

3.1.8.4 農村電化

調査対象地域内の農村電化はほとんど進展していない。ジンバブエ国の電化事業は、ジンバブエ電力供給公社（Zimbabwe Electricity Supply Authority, ZESA）が中心となって実施している。しかしながら、同公社の農村電化への取組みは必ずしも積極的なものではない。ZESA の地方電化への取組みは、農村地帯近辺に存在する流通および成長の核となる街（ビジネスセンターあるいはグロースポイントと呼ばれ、基盤施設のある街）まで電気を供給する送電線網の建設に重点を置いており、それ以降の個々の農家への電力供給事業は現時点ではほとんど実施していない。

農家が個人または団体が個々の家屋に電気を引きたい場合には、前納金を収め、ビジネスセンターあるいはグロースポイントのある街の当局に対し、トランスホームから家屋までの配線工事を依頼することになる。しかし、現時点ではいずれの場合も、工事費が農家収入に比較し高いこともあり、農村電化はほとんど進展していない。

以上のような状況を反映して、調査対象地域の北ゴクエ郡、南ゴクエ郡、クウェクウェ郡等では電気が引かれている農家はほとんど無い。地方電化事業は「地方電化プログラム（Rural Electrification Program）」等の既存プロジェクトによって推進されているが、資金不足等により事業の進展は思わしくない。

3.1.8.5 コミュニティセンターおよびコミュニケーションシステム

現在、調査対象地域内にはコミュニティセンターはない。また、現況のコミュニケーションシステム、特に小農間のコミュニケーションシステムはほとんど発達していない。したがって、小農間のコミュニケーションは相互に会って情報交換することによって成立しているケースがほとんどである。その他の情報交換の場としては、農業改良普及員との面談、市場、ラジオ等のメディアがある。このような状況下にあっては、公共交通機関は地域道路網と共にコミュニケーションを側面から支える重要な役割を担っている。既存のビジネスセンター（サニヤティ、ニモビジネスセンター等）は地域の人々の情報交換の場所としてコミュニケーションセンターの役割を果たしている。

3.1.9 農業支援サービス

3.1.9.1 農業試験研究

(1) 農業試験研究体制

小規模農業部門のための農業試験研究は土地農業省の研究・専門家サービス局（DR&SS）が主に担当している。DR&SS の主な業務は、農業技術開発及び種子検定、土壌検定、農産加工業の衛生基準開発に係る専門家サービスである。DR&SS の組織は、作物部、畜産・草地部及び研究サービス部からなる。さらに、局長の直属機関として営農システム研究部（FSRU）がある。DR&SS は全国に 17 の研究所を研究分野別に設置しており、さらに 12 の試験場を運営している。DR&SS の試験研究に係る成果は高いレベルで維持されてきたが、最近の財政難及び経験を積んだ研究者の離職と相まってそのレベルは低下傾向にある。

ジンバブエに展開している主な農業研究所及び試験場は表 3.1.11 に示すとおりである。同表に明らかなどおり、多くの試験機関は商品作物生産地帯である NR II にあり、調査

対象地域が含まれる NR III には綿花研究所がカドマにあるだけである。

DR&SS 以外では、民間資金による農業試験研究も行われており、特に商品作物開発に於いて重要な役割を担っている。民間の試験研究機関の主なものは、タバコ研究評議会 (Tobacco Research Board)、農業研究信託 (Agricultural Research Trust)、ジンバブエ砂糖協会 (Zimbabwe Sugar Association)、及びジンバブエ種子会社 (Zimbabwe Seed Companies) である。また、ジンバブエ大学も各種農業試験研究を行っている。こうした試験研究の全ては、土地農業省の諮問機関である農業研究協議会 (ARC) により調整が計られる。

(2) 農業研究に係る政策

ジンバブエ農業政策の枠組み (1995-2020 年) に明記された農業研究活動に係る戦略は以下のとおりである。

- (a) 農民、普及員、研究者のニーズとリンクした需要に基づく試験研究の実施
- (b) 適応性試験研究の実施
- (c) 官と民の試験研究機関の緊密な連携
- (d) 試験研究内容の優先順位付けにおける参加型アプローチの導入
- (e) アフリカ地域及び世界レベルの開発と並行するための外部組織との連携
- (f) 研究サービスの費用回収 (自立採算) 及び商業化

上記(f)に関連する DR&SS の商業化は現在進捗中であり、契約研究 (有料化)、作物品種や家畜品種開発による特許権使用料、さらに関連サービスの有料化が行われる。加えて、土地・農業省はコンサルタントサービスや訓練を通じた、試験研究結果の市場価格での販売、各地の研究所や試験場の余分な土地や施設を利用した生産活動も計画している。

(3) 綿花研究所 (CRI)

CRI は 1925 年にカドマ (綿花の生産に適した NR III に属す) に設立され、その研究施設及び資機材は良く整っている。同研究所は所長の下に育種、農法、昆虫、病理、及び農場の 5 部門が組織されており、試験研究対象作物は設立以降綿花だけに限定されている。最近の重点研究項目は高品質・高生産性の雑種 (hybrid) 開発、有機栽培、色付き綿花開発である。

3.1.9.2 農業普及

(1) 組織及び職員配置

公的な農業普及サービスでは、特に小規模農業部門に於いて、土地・農業省の AGRITEX (農業技術普及サービス局) が最も重要な役割を果たしている。国家レベルに於ける AGRITEX の組織は、Field 部及び Agricultural Engineering & Technical 部の 2 部から構成されている。Field 部は州及び郡のラインを通じた農家レベルまでの普及を担当している。Agricultural Engineering & Technical 部は灌漑課、土壌・水保全課、技術課、農業管理、家畜生産サービス課、作物生産課、土地利用計画課、訓練課の 8 課体制である (図 3.1.9 参照)。

各州の AGRITEX の農業普及活動は、州レベルに配属されている上級農業普及オフィサー (CAEO) の監督の下に行われている。上級農業普及オフィサーは普及活動の他に、

州政府や AGRITEX 本部との連携並びに農業農村開発に係る数多くの州政府委員会への参加も行っている。各上級農業普及オフィサーの下には、最近まで、州普及組織の指導管理及び専門技術員 (SMS) グループの管理をそれぞれ担当する 2 人の主任農業普及オフィサー (PAEO) が配属されていた。しかし、AGRITEX の管理職員削減方針に従い、主任農業普及オフィサーは郡レベルの普及事務所等への配置転換が進められている。

郡レベル (全国 53 郡) の AGRITEX 普及活動は郡農業普及オフィサー (DAEO) の下に組織されている。郡農業普及オフィサーは現場農業普及員 (FAEO) (最近まで農業普及オフィサー/AEO・農業普及監督員/AES あるいは農業普及員/AEW として配置されていた) の行なう郡内の普及活動の調整業務を主な役割としている。さらに、州レベルでの上級農業普及オフィサーの役割と同様に、郡農業普及オフィサーも郡政府や州 AGRITEX 事務所との連携、農業農村開発に係る各種郡政府委員会への参加を行っている。郡 AGRITEX 職員の内、農家レベルでの普及活動を担当しているのは現場農業普及員で村落・村落区レベルに配属されている。

調査対象地域に関連する 3 郡の AGRITEX 普及職員の配置状況は表 3.1.12 に示したとおり、現場農業普及員 (FAEO) の数はカドマ郡に 42 人、北ゴクエ郡に 42 人、南ゴクエ郡に 57 人となっている。この配置状況に基づいて農業普及員一人当りの農家数を推計すると、カドマ郡では 670 世帯、北ゴクエ郡で 810 世帯、南ゴクエ郡で 930 世帯となる。AGRITEX では農業普及員一人当りの農家数は 400 世帯を目標としているが、現実の配置状況は目標に遠いといえることができる。また、AGRITEX は現在、農業普及員の資格向上を計っているが、現在配属されている職員の多くは単なる普及員資格保持者だけで農業専門学校卒業者や大学卒業者は殆どいない。

(2) 普及方法

現場農業普及員は小農に対する各種プログラムを実施している。農業普及員の活動は、定期的にコンタクトする農民グループを通じて行うのが一般的である。各作期の開始前に農業普及員は農民との間で「普及員・農民会議」を開催し、各グループの年間プログラムを農民と共に策定する。年間プログラムは農民グループの特性によって異なり、例えば、作物生産グループでは作物栽培プログラムを、畜産農家グループでは畜産プログラムを、灌漑農家では灌漑作物栽培プログラムを策定する。こうした各プログラムの内容に準じて農業普及員は特定の生産技術や実地訓練を農民のニーズに応じて提供する。各農民グループの構成員数は 100~150 農家である。

農業普及員の活動は、以前農業普及監督員として配置されていた上級の現場農業普及員によって監督される。農業普及員の訓練は月に 1~2 回程度の割合で配属地で行われている。また、州レベルでの農業普及員の訓練は、関係する州の AGRITEX 事務所、ドンボシャワ訓練所 (Domboshawa Training Center)、ハットクリフ技術訓練所 (Hatcliff Engineering Training Institute) 等を利用して必要に応じて行なわれている。農業普及員の訓練教官は AGRITEX の専門技術員やその他の専門機関の中から選任されることが一般的である。

マスターファーマー (MF) 訓練プログラムは、農民のための特別な訓練活動である。一般 MF は農業普及員の特別な訓練を AGRITEX の MF 教科課程に沿って 2 年間に亘り受けた人達である。高等 MF は一般 MF がさらに 1 年間の追加訓練の後、AGRITEX の

試験に合格した場合に与えられる資格である。MF 訓練プログラムの内容は良く構成されており、作物栽培、畜産、農家経営、生産物販売、家屋建築、保健衛生まで広くカバーしている。北ゴクエ郡の場合、一人の農業普及員が 10~20 人の MF 訓練を担当しており、普及員は比較的多くの時間を MF 訓練プログラムに向ける必要がある。農業普及員のその他の業務としては、展示圃場の運営と農民の現地視察の実施がある。最近では、ほぼ全ての展示圃場が種子会社等の民間企業の支援（種子や必要資機材の提供）の下に設置・運営されている。

(3) 農業普及政策

農業政策の枠組み（1995-2020 年）に述べられている農業普及に係る戦略は以下のとおりである。

- (a) 指導や関連するプロジェクト並びにプログラムの実施における技術利用者の積極的参加
- (b) 職員の専門技術能力向上を目的とした職場教育や短期間の訓練プログラム実施を通じた人的資源開発
- (c) 確固たる情報管理システムを通じた専門技術情報の開発及び最新化
- (d) 広域をカバーできる多量の情報機器導入
- (e) 上記必要資金に対する政府の継続した支援を商業化により実現
- (f) アグリビジネスやその他の農業関連民間企業が農民への農業普及サービスを実施するための支援

(4) 綿花訓練センター (CTC)

綿花訓練センター (CTC) は大規模綿花生産者の組合である商業綿花生産者協会 (CCGA) によって 1972 年に設立されており、カドマの中心から北東に約 5km に位置し、綿花研究所の隣りにある。綿花訓練センターの組織は訓練、研究、普及、商業農場管理の 5 部門から成っている。同訓練センターは、(i) 学識経験者の訓練・助言サービス提供を促進すること及び (ii) 将来の綿花生産開発を、特に大小両規模の新規生産者において確実なものにすることを目的に運営されている。同センターが訓練の対象とする作物は綿花に限定されており、綿花の栽培技術から市場流通まで、設立以来約 25,000 人の人達に訓練を提供している。

3.1.9.3 農民金融

ジンバブエの金融機関は 30 年以上もの間農業部門に信用貸付けを提供しているが、非公式な貸付けも特に共同体地区で広く普及している。非公式な貸付けには民間の金融業者、商人、商店主、親戚、友人などが含まれ、公式な貸付けにはアグリバンク (Agribank)、全国に支店を持つ 5 つの市中銀行、計画地域で最大手の貸し手である COTCO、CSC、過去 10 年にわたり貸し手としての役割が減少している協同組合、僅かな数の NGO、契約栽培に取り組んでいる企業数社などが含まれる。過去数年間において、契約栽培を行っている企業からの信用貸付けは益々重要になってきている。

金融機関の貸付けの多くは収益性の高い大規模商業農業部門に集中しており、小規模経営の農民は原則として独自のルートで必要な資金を調達している。1998 年 12 月にプロジェクト地域で行われた調査では、農民の 65% が 1997/98 年の作付けシーズンに信用貸

付けを利用しなかったり、利用出来なかったことが明らかとされた。同調査によれば、公的機関からの信用貸付けが利用出来なかった農民の主な営農資金源は、農産物の販売による現金収入や部落外で働いている家族からの送金などである。信用貸付けを利用出来ない理由としては、十分な抵当がない、保証人がいない、最近の貸付けに対する債務不履行等が上げられる。また、信用貸付けを利用しなかった主な理由としては、十分な資金があること及び作物生産目的で借金する事が恐ろしいことが上げられた。

共同体地区の農民のうち公的機関から何らかの信用貸し付けを受けているのは全国平均でわずか5%程度にすぎない。しかし、1998年12月の調査では、1997/98年作期の作物生産用に信用貸付けを受けた農民は35%であることが判明した。調査地域の信用貸付け利用者の割合は全国平均に比較して著しく高いといえる。これは主にこの地域に綿花生産者が多くCOTCOからの貸付けが普及していることによる。

アグリバンクは近年同行の改革や融資の質を重視するため顧客数をかなり削減したが、プロジェクト地域においても同行の融資は近年幾分制限されている。90年代初頭から中期にかけてアグリバンクの回収率は低かったが、これは早魃に起因するところもあるが、不十分な融資査定・管理によるものでもあった。アグリバンクから融資を受けた小規模経営者の全国的な数は1985年の100,000人から1998年には30,000人へと減少した。最近の調査を基にしたプロジェクト地域への融資の財源は次表に示す。

金融機関別の融資利用割合及び農家平均借入額

Source	Average Loan Size (Z\$)	Percentage of Recipients (%)
Agribank	3,300	26.1
COTCO	5,553	60.9
Cargill Company	1,935	4.3
Friends/Relatives	250	4.3
Cooperatives	5,000	4.3

プロジェクト地域の過去2年間のアグリバンクの貸出状況は次表のとおりである。

サニヤティ地区及び村落区17(入植地区)でのアグリバンクの貸付け状況(1997-99年)

	Loan Type	Beneficiaries (person)	Total Loans (Z\$)
SANYATI			
1997/98	Short term	30	242,962
	Medium term	11	330,000
1998/99	Short term	49	453,856
	Medium term	Nil	Nil
MUZVEZVE I			
1997/98	Short term	195	1,734,588
	Medium Term	6	87,000
1998/99	Short term	135	1,452,534
	Medium term	2	97,432

Source: Agribank branches in Sanyati and Muzvezve I

表に示されるとおり、プロジェクト地域の過去2年間のアグリバンクの貸出はかなり限られている。2つの支店、すなわち、サニヤティ及びムゼゼI(村落区17)に関する資料が示すように、1997/98年の短期融資は総数225件で平均融資額はZ\$8,800であり、1998/99年の総数は184件で平均融資額はZ\$10,360である。中期融資の件数は非常に限られている。短期融資の利息は1997/98年が年率34%、1998/99年が年率36.5%と高い。

事業実績の改善のため、アグリバンクは小規模農家貸付け、入植者貸付け、グループ貸付け等のスキームを通じた各種アプローチを実験的に開始している。グループ貸付けスキームは、小規模農民からの複数の融資申請をまとめる事で貸付けに係る費用を削減し、融資を受けたグループが共同責任を持つことで返済実績を上げる手段として促進されている。アグリバンクのグループ向け融資には資格基準が設けてられており、規模（グループの人数は10～25人でなければならない）、組織（グループには選ばれた責任者がいなければならない）、訓練（グループはアグリバンクの訓練を受けているべきである）、ステータス（グループ内に現在アグリバンクの債務不履行者である者は一人もいてはならない）等の基準を満たす事が必要である。アグリバンクによるグループ貸付けは1993年以来著しく増え、現在では小農への全融資額の半分余りを占めている。

ジンバブエの市中銀行5行は企業向けに事業展開しているが、農村部では主に当座貸越しを通じて大規模商業農家向けの短期融資と中小企業向けの短期融資を行っている。小規模農民への融資は、特に共同体地区に於いて非常に限定されている。

COTCOは大規模商業、小規模経営の両部門の登録綿花栽培者への融資を生産資材貸付けを通して行っている。小規模経営者に関しては、登録綿花栽培者のグループに対して、種子や肥料、農薬、噴霧器具が購入できるよう融資が行われる。生産資材貸付けは、年間に全国の農民約30,000人に貸付けを提供し、現在プロジェクト地域の農民にとっても最も重要な農業信用制度である。利息は市場の利率より低く、初期の資金は世界銀行の融資を通じて提供された。貸付けの返済はCOTCOに出荷される綿花の売上高から控除されるため回収率は高い。

特に灌漑農業の小規模経営農民向けの貸付けの財源で最近重要になっているのは、契約栽培を提供している企業である。これらの企業もプロジェクト地域で事業を行っており、事前告知した価格で農民からの集荷を請け負っており、種子、肥料、農薬等の供給も行っている。

農民に対する信用貸付けで問題となるのは、融資方針が過去の実績や抵当の有無等に基づいているため小農が多くの場合融資対象から除外される事である。事実、アグリバンクの全融資に小農が占める割合は10%にも満たない。また、財務管理に関する金融機関職員の訓練、専門知識も不足している。ジンバブエの現在の金融構造は小規模農民のニーズに応えるに適当なものではない。グループ貸付けがこのような問題を幾分克服してはいるもののまだ広く行き渡ってはいない。アグリバンクも追加の制度を設け、代替金融商品の開発等に取り組んでいる。こうした制度には、NGOを貸付けの促進者（facilitator）にする事を意図した連携スキームや農村地区の農業生産資材の利用効率を向上させるため地方の商人をターゲットにした地方生産資材供給スキームなどがある。だが、どちらの制度も実際には行われていない。全体的に、プロジェクト地域の農民が利用できる信用貸付けが不十分なのは明白である。

3.1.9.4 農業協同組合

カドマ郡の入植地区の村落区である村落区17には、入植プログラムのモデルBによって土地の割当てを受けた3つの生産者協同組合がある。割当てを受けた合計7,440haの内、現在作物栽培が行われているのは、僅か930ha（12%）である（下表参照）。なお、2つの協同組合はムニャティ川を水源とするポンプによる灌漑を行っており、合計約

100 ha の土地を灌漑している。

入植地区内の生産者協同組合

Items	Pazvavambua Coop.	Chiwirirano Coop.	Tashinga Coop.
Year established	1993	1996	1983
Member farmers	10	78	70
Area allocated	2,401 ha	2,658 ha	2,383 ha
Present cultivation area	70 ha	358 ha	500 ha
of which irrigated	70 ha	30 ha	0 ha
Irrigation method	Pump+splinkler	Pump+splinkler	-
Major crops cultivated	Maize, Cotton, Horticulture (tomato, cabbage, etc.)	Maize, Cotton, Horticulture (green maize, paplica, etc.)	Mize, Cotton
Farm machinery	1-tractor with attachments	No machinery; They hire it based on needs.	Draft power is used instead of machinery
No. of cattle	25	41	150

Source: Each cooperatives visited during January - February, 1999 period

これら協同組合に対する各種サービスは、国事・雇用促進・協同組合省協同組合局の郡事務所によって提供されている。主な支援としては組合運営・経営に係る訓練、普及サービス、生産物販売及び財政支援があげられるが、その程度は限られている。

3.1.9.5 非政府組織 (NGO)

ジンバブエに於ける 1980 年以前の NGO の活動は保健や教育等の福祉或いは宗教に関係するものが殆どであった。しかし、独立後は、国際 NGO を含む多くの NGO が地方の新しい所得向上や農業開発等の自発的活動に対しても支援を活発化してきている。ジンバブエの NGO の団体である非政府組織国際協会 (NANGO) のメンバーとしては全国で 180 の NGO があり、これらの多くは程度の差はあるものの上記した地方の新しい自発的活動を支援している。

ジンバブエには多くの NGO (国際 NGO を含む) が設立されているものの、調査対象地域での NGO の活動は限定されている。AGRITEX からの情報によれば、NGO の活動は調査対象地域よりさらに乾燥していて共同体開発関連プロジェクトが数多く行われているジンバブエ南東部等の他地域で活発に行われている。現在調査対象地域で行われている NGO の支援活動は、保健衛生 (Catholic Mission 及び Red Cross Society) 及び村落給水 (Manyura Mhanzi Trust) に関するものが中心である。しかし、NGO の共同体或いは村落開発に果たす役割は重要であり、事実、他地域での多くの開発計画に対して資金・技術支援を行っている。

3.1.10 環境

3.1.10.1 調査対象地域の地理的条件

調査対象地域は、サヴァンナ性混合樹林帯と定義される。ミオンゴまたはモパネと呼ばれる樹種が大半を占めている。その他、brachystegia、combretum、terminalia、grewia 及び accacia などの樹種が見られる。

南部アフリカでは Lowveld と呼ばれる低地性サヴァンナ地域にはツェツェバエが蔓延し

ているために、この地域は家畜や人間の居住には適さない。しかし、過去 30 年間におけるツェツェバエの駆除により、家畜や人間の居住が可能になりつつある。樹林帯は限られた地域に散在していて、主に農地周辺に残っているが、樹種はモパネが大半を占める。

1992 年に作成された Kudu Dam の EIA Report によると、調査対象地域周辺の生態系は次の二つに大別される。

(1) モパネ・アカシア樹林帯

モパネ植生地域では、灌木及び喬木様のモパネが大半を占めている。アカシアの植生地域では、ムウンガ (*Acacia nilotica*) 及びムパンガラ (*Dichrostachys cineria*) が大半を占める。ムニャティ川右岸側では樹高の高い木が多いが、これは商業農場がかなりの地区を占める前の状態を示している。鳥類は、上記にあげた樹種特有の種類が見られる。

(2) 河岸樹林帯

河岸樹林帯では、土中の水分及び河川沿いの土壌の肥沃さから、河岸特有の樹種がみられる。ヤナギ (*Salix subserrata*) が比較的多く見られるほか、ムスマ (*Diospyros mespiliformis*)、ムチェエテ (*Ziziphus mucronata*)、ムアフティ (*Brachystegia boehmii*) などが見られる。これらの樹種特有の鳥類が多く生息している。河川内部では、テラピア、クラリウス、カベンタなどの魚類が生息している。

野生動物は、クドウ、マントヒヒ、サル、リスなど限られた種が調査対象地域内に生息している。水没地域での地上種及び水中種のほとんどは、ジンバブエ国内で見られるものばかりである。従って、生態系の多様性はない。むしろ、貯水池が出来ることによって、周辺地域の生態系が多様化して来る傾向にあると言える。このことは、同時に、貯水池周辺の環境が経済的な価値を持つようになることを示唆している。

3.1.10.2 社会環境

(1) 農業、土地利用及び鉱山開発

調査対象地域における農業は、トウモロコシ、アワ及びヒエを自家消費及び現金作物用として耕作している。綿は最重要換金作物である。牛の飼育は、ジンバブエ農村部には欠かすことの出来ない重要な収入源及び食糧源である。また、多くの農家が自家消費用にヤギとニワトリを飼育している。過剰放牧、痩せた土壌、稚拙な農業技術などに早魃の影響が重なって、農村部の農地荒廃は比較的進んでいる。

金、ニッケル、石炭、アスベスト、銅、クロム、鉄、銀及びスズが調査対象地域周辺では採掘されている。早魃等により雇用機会を失った農村の男性が、手作業による鉱物資源採掘や、河川内部での鉱物資源の違法な採掘などに参加する例が増大しており、政府がこれを効果的にコントロールしているとは言い難い。

(2) 人口及び社会環境

ジンバブエの人口は年間 2.9% の割合で増加 (1992 年の国勢調査結果) している。これが農村部や中小都市への環境悪化を促進している。安全な飲料水を入手出来る人口の割合は、1992 年の国勢調査結果では、ゴクウェ 40.8%、クウェクウェ農村部 73.9%、カド

マ農村部 82.5%、ミッドランド州農村部 56.2%、西マシヨナランド州農村部 59.8%、ジンバブエ平均 64.3%となっている。以上の結果からは、ゴクウエの低率とカドマの高率が目立つ。

人口における男女の比率は、男性 85.9 に対して女性 100 である。男性は雇用機会を求めて農村部を離れることが多く、家庭に送金しないというケースも多い。従って、農村部での農作業の多くは女性に依存しているのが現状である。これは、サハラ砂漠以南のアフリカ諸国特有の現象でもある。国内における灌漑プロジェクトを訪問した結果でも、同様に女性が農作業を維持しているというケースが見られた。従って、当プロジェクトの営農ではこの事を念頭に入れて農業及び水管理を実施するよう留意すべきである。

衛生面では、プロジェクト実施地域にはマラリアが蔓延している点に注意すべきである。サニヤティのクリニックのデータでは、雨季の終わりの2月から4月にかけてマラリア発生率が最高になるとされている。また、住血吸虫は河川や灌漑プロジェクトには必ず付いてまわる問題である。

AIDS の発生率は高く、人口の 30% が HIV に感染していると言われる。農村部での AIDS の蔓延率は高く、女性が男性から被患する率は非常に高いようである。病気が原因で、収入の多くを消費する例が農村部では多く、そのために農村部における労働力が極端に不足するという例も報告されている。

(3) 社会調査結果

(a) 水没予定地域における農民の意向に関する調査

水没予定地域における住民は、1960年代にチリマンズ、シュルグウィ、ムベランガ、マシゴなどの各地から移住してきて、現在はマブラとシデケニ地区を形成している。これらの地区では女性が世帯主の 36~40% を占めているが、この原因は AIDS で男性の死亡率が高くなっていること、中小都市での雇用による移住、一夫多妻制及び離婚などによるものである。人口の 45% は 17 歳以下で、40% が 17~40 歳である。ムゼゼ I 入植地区では、約 80% の住民が過去 10 年間に入植してきている。

本調査地区の人口の 80% がボアホールから水を得ている。水質は年間を通じて良好である。穀類は、自家消費を上回る収穫がある場合には、綿と共に売却して現金収入を得る。蛋白源はニワトリや家畜の消費で補っている。ラッカセイやマメ類なども蛋白源として食用になっている。牛は、農作業用の動力源、緊急時の収入源となっており、また文化的な見地からも農村には欠かせない家畜である。また、3分の1農家は過去5年間に AGRITEX からの営農サービスを受けたことがないとのことである。

調査の結果、多くの住民は移転する場合にはグループ単位で移転したいと希望しており、特に女性にその傾向が強い。これは農作業を共同して行なうなどの、社会文化的な背景があるからである。農村では、農作業用の動力源としての牛や、数戸がまとまって農作業することは非常に重要なことなのである。従って、かなりの数の農家が近隣の灌漑地区に移転することを望んでいる。

(b) 水没予定地域インベントリー調査

水没予定地域のインベントリー調査によって、商店やボアホールなどのインフラストラクチャが明確になっている。スマンプウアでは、小学校と中学校の二つの学校があり、他にクリニック1ヶ所、教会8ヶ所及び製粉所が3ヶ所である。これらは数としては少ないが、其々に重要な役割を果たしている。しかし、殆どの施設は古くなっている。水没予定地域の住民はダム計画があることを以前から知っており、移転に対する補償が正当に実施されないことの恐れから、これら施設の改修あるいは新設を行っていない。

今回の調査結果によると、水没予定地域内にある3つの村落区の家屋資産価値は、バタナイ村落区で Z\$2,702,000 (US\$71,105)、クバタナ村落区で Z\$2,287,000 (US\$57,552) であり、コロニカ村落区では、Z\$2,854,000 (US\$75,105) となっている。移転コストはこれらの経済的損失よりも遥かに高額であるのは間違いない。

調査の結果、墓地など社会文化的に特別な価値がある場所があることがわかった。墓地については、伝統的な儀式を行なった後に移設する事が可能である。また、それほど重要ではないにせよ、5ヶ所の神聖な場所もある。そのうちの4ヶ所はムニャティ川及び支川にある水溜まりの部分である。これらは伝統的な儀式やキリスト教の洗礼等に用いられる場所である。残りの1ヶ所は、「カサウエの泉」と呼ばれる場所である。これら5ヶ所の神聖な場所はそれぞれに重要なつながりがあるわけではないが、失われれば村民が精神的な支柱を失う事は事実である。従って、経済的な価値を算出することは出来ないが、無視出来ない問題である。

水没予定地区内における教会を中心とする共同社会、特定の商店と村民との繋がり、市場流通システム等はプロジェクト実施とともに失われる社会環境の側面である。これらの経済的な価値を算出することは出来ないが、事業による影響は軽微であると考えられる。

3.2 クドゥダム灌漑農業開発計画

3.2.1 開発基本構想

3.2.1.1 開発目標

ジンバブエ国の農業セクターにおいては、従来大規模商業農場の果たす役割は重要であり、政府は彼らに対して水資源開発、農業支援サービス等を通じて必要な助成を行ってきた。しかし、近年個別農家の大半を占める伝統的共同体地区、入植地区や小規模商業農場の小規模農家の自立無くしては、国内の食料保障や国家農業の存立にかかわるとの認識に立ち、基本的農業政策の転換を目指している。1996年に出されたジンバブエ国農業政策枠組み(1995 - 2020年)においては、短・中期的な目標として、小規模経営農業の穀物収穫量の倍増、小規模農民の高価値農産物への移行、女性の参加促進、公的農業機関の改革、小規模農民灌漑面積の4万ha増加、水利用効率の改善、小規模経営者の肥料購入・利用の効率化向上があげられている。

このような背景の下に、本計画の開発目標は、調査対象地区の共同体地区や入植地区の小規模農家のボトムアップを図り、彼らの自立向上を通じて地域経済の発展・振興を目

指すものである。

3.2.1.2 開発ニーズ

調査対象地域はその大半が年間降雨量約 700mm の第三自然区域 (NR III) に属しており、殆どの農家は天水条件下で作物栽培や畜産を行っている。しかしながら、年間降雨量並びに月別降雨分布が年によって大きく変動するために、農業生産性は極めて低くかつ不安定となっており、従って農民は耕作改良技術の導入や肥料、改良品種等の投入に気が進まない状況にある。また、早魘が度々あり、これによって未だ灌漑開発が進んでいない共同体地区および入植地区の農家はかなりの打撃を受けている。

この様に不安定な作物生産はさらに共同体地区および入植地区の農家が十分な収穫を得ることが出来なかった後の次期作のための資金手当を困難ならしめており、小規模農家は自らが飼育している家畜、特に牛を売却することを余儀なくされ、結果として耕起・除草作業用の畜力が不足し適期栽培が不可能となり収量減に陥るといった悪循環となっている。

また、農業用の水不足に加えて、調査対象地域住民の飲料水・家庭用水や家畜の飲み水においても量的に年間を通じて確保することは非常に困難な状況に置かれていること、さらに対象地区周辺の各町に対する都市・工業用水の需要が年々増加していて 2020 年には深刻な水不足が生じること等、本地域における安定した水資源の確保が緊急の課題となっている。

3.2.1.3 開発ポテンシャル

(1) 人的資源

カドマ、ゴクエ北及びゴクエ南の 3 つの郡の中で調査対象地域の共同体地区および入植地区に関連する 10 村落区の 1998 年における人口は約 103,000 人で、世帯数は約 17,800 世帯となっている。上記 3 郡を担当している農業普及員の数は 114 人で、これは一人の農業普及員が平均して約 1,000 農家を担当していることになる。調査対象地域近辺の研究所および訓練センターとしては、カドマの町に綿花研究所や綿花訓練センター等がある。

(2) 土地資源

土壌調査にて土地の灌漑適性基準を基に土地資源ポテンシャルを評価した結果、約 23,000 ha の面積が同定されたが、これら灌漑適地は標高が El.850 m から El.950 m の範囲で散在している。

(3) 水資源

本地域で開発可能な水資源は、ムニャティ川とその支流群における地表水である。他に地下水もあるが、既に住民の飲み水・生活用水として井戸が使用されていることもあり、量的にもあまり期待できない。ムニャティ川は大河川であり、DWD が計画したクドウダムサイトでの流域面積は 17,520 km² で、過去 30 年間の平均年間流出量は約 900 MCM となっていて、大規模な水資源開発が期待出来る。ムニャティ川の支流群については、流域面積がそれほど大きくなく、またダムサイトの地形上の観点からも大規模な貯水池

としての適地が少ないので、十分な水資源ポテンシャルをもっているとはいえない。

3.2.1.4 開発制約要因

調査地区内外の現況把握調査を通して確認された農業開発制限要因は、以下の通りである。

(1) 自然面、物理面での制約

- (a) 平均年間降雨量が約 700 mm と少なく、降雨分布も 10 月から 3 月迄の夏季に年間降雨量の約 95% が集中し、冬季には殆ど雨がなく水不足となる。
- (b) 降雨量の年別変動が大きく、不安定な降雨パターンにより農産物の生産が安定しない。
- (c) 共同体地区及び入植地区では、既存耕地は小さく、耕地間には起伏があり、また土壌の問題もあって散在している。

(2) 技術面での制約

- (a) 計画地区内外では、小規模溜池や井戸水を利用した小規模灌漑農業も見られるが数も少なく、また灌漑面積も小さい。従って、殆どの地区住民は灌漑農業に対する経験がない。
- (b) 耕起、整地や運搬等の作業は人力と畜力に依存しており、また経済的な理由から肥料、農薬、高収量品種といった農業投入材の投入量が低いので農産物の生産性が低い。
- (c) 地区内の道路ネットワークは整備されておらず、幹線道路を除いて殆どの道路が未舗装のため、雨期には運行が不能となることが多く、このことが生産投入資機材や農業生産物の運搬を困難にしている。

(3) 社会経済面及び制度面での制約

- (a) 農業金融公社 (AFC) によって、農業投入材及び農機具の購入資金としてのローンが用意されているが、共同体・入植地区農家にとっては利子が高いことや十分な担保能力がないことから、これらの資金は活用されていない。
- (b) 共同体・入植地区のコミュニティーにおいては、共同体としての連帯感が一般的に希薄で既存の広域農民組織はみられない。農業協同組合は、共同体地域あるいは入植地域農業の振興において、特に農業金融公社による小規模農民融資計画において融資の受け皿として重要な役割を期待されてきたが、現状では入植地区で僅かにその活動がみられる程度である。
- (c) 計画地区はムニャティ川の右岸側が西マシヨナランド州、左岸側がミッドランド州に属している。本計画には多くの省庁並びに地方機関が関係するが、各機関の整備水準や本計画に対する認識度等にばらつきが見られる。

3.2.1.5 マスタープランにおける開発シナリオ

1994 年から 1995 年にかけて実施されたマスタープラン・スタディにおいては、以下に示す様にクドゥダム事業を実施する場合としない場合を設定し、さらに後者のクドゥダム事業を実施しない場合にはクドゥダム以外の水源手当をする場合としない場合についての 3 シナリオが設定された。

マスタープランにおける開発シナリオの概要

シナリオ	A 案	B - 1 案	B - 2 案
クドゥダム	有	無	
クドゥダム以外の水源手当	—	有	無
開発目的	広域灌漑農業をベースにした農業・農村開発	拠点的灌漑農業をベースにした農業・農村開発	灌漑農業開発を含まない農業・農村開発
開発内容	①クドゥダムの建設と大規模灌漑施設の整備 ②普及サービス、農産物流通施設や農民金融等の充実 ③農村生活環境の整備	①支流群における水源開発と小規模灌漑施設の整備 ②普及サービス、農産物流通施設や農民金融等の充実 ③農村生活環境の整備	①普及サービス、農産物流通施設や農民金融等の充実 ②農村生活環境の整備

マスタープラン・スタディでは、上記の各シナリオ毎に開発基本計画を策定し、概略事業費の積算および便益の算定等を通じて各シナリオを経済・財務・技術・組織・社会・環境の面から総合的な評価を行った。そして、検討の結果、シナリオ A、即ちムニャティ川を水源とするクドゥダム開発を含む灌漑農業開発を中核にして調査対象地域の共同体・入植地区の小規模農家のボトムアップを図る開発シナリオが最も優先度が高いとの結論が得られた。

3.2.1.6 開発基本構想

ムニャティ川下流域農業開発計画は、前述のマスタープラン・スタディの結果を受けてムニャティ川に水源としてクドゥダムを建設し、主に小農を対象とした大型灌漑事業を行おうとするもので、ジンバブエ国における小農灌漑開発の今後の方向を定める上で先駆的な役割を持つ事業である。しかしながら、前述の様に本計画の主体となる小農は灌漑農業に対する経験が殆どなく、共同体・入植地区の農村社会は相互扶助の意識が希薄であることから、灌漑農業の実施に当たっては農民組織、農業支援制度の整備も含め、総合的な農業開発を展開することが必要となる。本農業開発の基本概念は次の通りである。

- (1) 共同体及び入植地区を主とする農地に対する灌漑用水ならびに計画地区周辺の町に対する都市用水を供給するために適正な規模のクドゥダムをムニャティ川に建設する。
- (2) クドゥダム下流地区に灌漑農業を導入するために灌漑システムを整備する。
- (3) 農家収入を増加させるため灌漑地を効果的に配分する。
- (4) 主食作物自給の安定ならびに輸入の抑制、輸出による収益性の向上のための高付加価値作物の導入を考慮した計画作付体系の最適化を図る。
- (5) 灌漑地区における土地および水の有効利用を図る。
- (6) 環境配慮型営農計画を導入する。
- (7) 農業支援制度を改良する。
- (8) 農道及び給水施設を主にした農村基盤を整備する。
- (9) 事業実施及び維持管理を円滑に行なうために関連機関による委員会を設置し、その管轄下において新しいプロジェクトオフィスを設立する。

- (10) 環境緩和計画および環境モニタリング計画を策定する。
- (11) 対象地区農民の灌漑農業へのスムーズな移行を促すための技術訓練および試行錯誤的研究の場としてのパイロット地区を設定する。

3.2.2 水資源開発計画

3.2.2.1 概要

本調査対象地域内および周辺においては、農地に対する灌漑用水は勿論、各町に対する都市・工業用水の確保が重要な課題となっており、本計画では前項で述べた様にムニャティ川に大規模なクドゥダムを築造することが提案されている。そこで本項においては、水資源開発計画の策定、即ち現地調査を通して収集された既存調査のレビュー、河川流量および水利権の最新のデータの解析、灌漑用水ならびに都市用水の解析等を基に水収支解析を行って開発規模の検討を行い、環境面と経済性からクドゥダム規模の妥当性の検証を行う。

3.2.2.2 ムニャティ川流域の水資源

(1) 水文領域

ジンバブエ国における水文領域は、ゾーン A から F迄の6つの領域に分けられている。本計画地区はその内のゾーン C に属しており、領域内の河川は北方に流下している、水資源の開発はまだあまりなされていない。ゾーン C は以下に示す 23 のサブゾーンからなっている。

水文領域 C におけるサブゾーン

サブゾーン名	サブゾーンの数	面積 (km ²)	サブゾーン内主要河川名
CA1-CA2	2	9,479	アングワ
CH1-CH5	5	14,339	ムニャティ
CS	1	9,657	サニャティ
CUF1-CUF4	4	11,866	ウムフリ
CUG1-CUG2	2	6,925	ムセンゲシ
CUN1-CUN6	6	21,771	ムニャティ
CUS	1	3,215	ウムスウエスウエ
CZ1-CZ2	2	13,271	-
計	23	90,523	-

クドゥダムサイトはサブゾーン CUN1 に位置し、その流域であるサブゾーン CUN2 - CUN6 からの流量を受けている。クドゥダム流域におけるサブゾーンは、図 3.2.1 に示す通りであるが、次表の様に要約される。

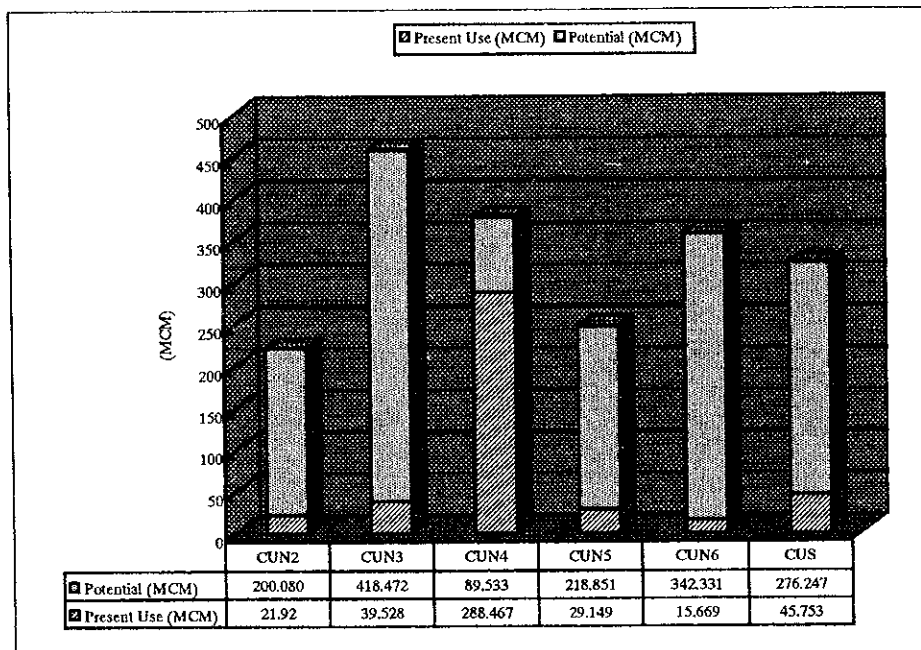
クドゥダム流域におけるサブゾーン

サブゾーン名	流域名	面積 (km ²)	平均年流量 (mm)	主要河川名
CUN2	ムニャティ	3,179	35	ムニャティ
CUN3	ロワーセバクエ	4,161	55	セバクエ
CUN4	アッパーセバクエ	2,705	70	セバクエ
CUN5	ンゲシ	1,775	70	ンゲシ
CUN6	アッパームニャティ	2,748	65	ムニャティ
CUS	ウムスウエスウエ	3,215	50	ウムスウエスウエ
計		17,783		

(2) 水資源ポテンシャル

クドゥダム流域内各サブゾーンにおける現在の水利用及び水資源ポテンシャルは、ジンバブエ政府によって算定されている。下図に示す様に、流域内サブゾーンの中ではCUN4ゾーンにおける水利用が一番高くなっている。クドゥダム流域の水資源開発ポテンシャルの総量は1,550MCMとみられ、このポテンシャルはクドゥダムの建設によって利用可能である。

クドゥダム流域における水利用現況と水資源ポテンシャル



3.2.2.3 水収支解析

(1) 1/10年確率クドゥダム利用可能量 (Dam Yield at 10% Risk)

Dam Yield at 10% Riskというのは、1/10年確率におけるダム利用可能量のことである。1992年にDWDによって作成されたクドゥダム設計書によると、Kudu Dam Yield at 10% Riskは年3億8千万トンと算出されているが、この値はダムによる水資源開発可能量に関する一般情報を与えるものであり水利用条件は特に考慮されていないので、灌漑可能面積を算定するためには灌漑用水量の時期的変動、ダムからの浸透ロス、下流河川維持用水等を考慮した詳細な水収支解析が必要となる。

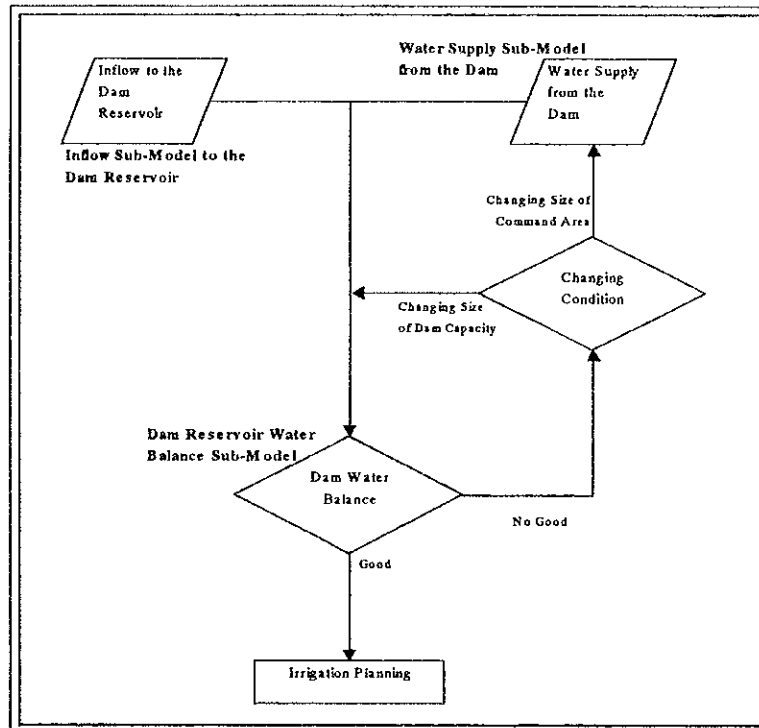
(2) 水収支解析モデル

水収支解析モデルは次の3つのサブモデルからなる。

- (a) 貯水池への流入サブモデル (ダム上流)
- (b) 貯水池からの水供給サブモデル (ダム下流)
- (c) 貯水池水収支サブモデル

上記3つのサブモデルの関係及び水収支解析の手順は、以下のフローチャートに示される。全体の水収支解析モデルは、図 3.2.2 に示す通りである。

水収支解析フローチャート



(a) 貯水池への流入サブモデル

流入サブモデルはクドウダム貯水池への流入量を算定するために作成されたもので、次の3つのパートからなる。

(i) 流量観測所における日流量記録

ムニャティ川流域における日流量記録は、DWDの水文セクションから入手した。今回の水収支解析には、ムニャティ川にあるC8観測所、クウェクウェ川にあるC9観測所、セバクエ川にあるC36観測所及びウムスウェスウェ川にあるC48観測所の計4ヶ所の流量記録を使用した。流量記録の中には欠測があるため、高い相関性のある観測所の比流量を用いてこれら欠測部分を補完した。

(ii) 流量観測所下流における水利権

流入サブモデルでは、流域内にある水利権を考慮する必要がある。流量観測所の上流にある水利権は、既に観測所での測定記録に反映されているので、観測所の

下流にある水利権のみを流入サブモデルに取り込んだ。水利権に関する資料は、DWD の水利権セクションから入手した。

(iii) 支流からの流入量

支流からの流量はサブモデル内の近傍の上流河川の比流量を用いて算出した。流域内における各流域面積は図 3.2.3 に示す通りである。

図 3.2.4 は、流入サブモデルの結果をまとめたものである。

(b) 貯水池からの水供給サブモデル

貯水池からの水供給サブモデルは、次の 3 項目から構成される。

(i) 計画灌漑地区に対する灌漑用水量

計画灌漑地区に対する灌漑用水量は、計画作付け体系に基づいて算出される。灌漑用水量の算定については次項 3.2.3 にて詳述する。

(ii) 計画地区周辺の町に対する都市用水

計画地区周辺の町に対する都市用水については、カドマ、クウェクウェ、グエル、ゴクエ、サニャティ及びネンブジャの各町に対して 2025 年における需要量を算出した。算出に当たっては、DWD の州事務所、各町センター及び地方郡評議会等から資料を収集し、これら資料を基に 2025 年における各町に対するクドゥダムからの都市用水必要供給量は、年間 6 千万トンと算定された。

(iii) ダム下流における河川維持用水

河川維持用水はダム下流における水利権、環境保全、漁業等のために必要となる。ムニャティ川は乾期には殆ど流量がないこと及びムニャティ川とマブファ川との合流点から下流には目立った灌漑地区がないことから、水供給サブモデルではクドゥダムとムニャティ川とマブファ川との合流点間の水利権用水量を河川維持用水量としてクドゥダムから放流することとした。

(c) 貯水池水収支サブモデル

水収支解析の手順は図 3.2.5 に示す通りである。貯水池水収支サブモデルとして次の公式が使用される。

$$Q_{(i+1)} = Q_{(i)} + Fin + DR - Wi - Wu - Wm - EL - SL$$

ここに、 $Q_{(i+1)}$:	$i+1$) 時における貯水容量
$Q_{(i)}$:	(i) 時における貯水容量
Fin	:	貯水池への流入量
DR	:	貯水池での有効雨量
Wi	:	灌漑用水量
Wu	:	都市用水量
Wm	:	河川維持用水
EL	:	蒸発ロス
SL	:	浸透ロス

(3) 水収支解析結果

クドウダム貯水池の H-A (貯水位-貯水面積) 及び H-Q (貯水位-貯水容量) 曲線は、図 3.2.6 に示す通りである。水収支解析は 1967 年 3 月から 1997 年 2 月迄の 30 年間に亘って旬 (10 日間) ベースにて実施した。

水収支解析における都市用水及び灌漑用水の水不足リスクは以下の通りとした。

(a) 都市用水不足リスク

$$WDR_{(U)} (\%) = NWD_{(U)} / (36 \times 30) \times 100$$

$WDR_{(U)}$: 都市用水不足リスク、4% (1/25 確率) 以下

$NWD_{(U)}$: 30 年間における水不足期間 (旬) の数

(b) 灌漑用水不足リスク

$$WDR_{(I)} (\%) = NWD_{(I)} / 30 \times 100$$

$WDR_{(I)}$: 灌漑用水不足リスク、20% (1/5 確率) 以下

$NWD_{(I)}$: 30 年間における水不足期間 (年) の数

上述の様に、都市用水と灌漑用水の不足リスクは異なっており、計算では都市用水に優先順位を置いている。即ち、都市用水不足リスクが 4% 以下になる様に必要な貯水量をまず確保し、その後灌漑可能面積を算定する様にプログラムを設定した。クドウダム規模の妥当性を検討する資料として、ダム規模と灌漑可能面積を算定したが、その結果は以下の通りである。尚、図 3.2.7 はダム最大規模の場合の水収支解析結果を示す。

クドウダム規模と灌漑可能面積

堤高 (m)	満水位 (EL.m)	貯水量 (MCM)	灌漑可能面積 (ha)	都市用水量 (MCM)
72.70	947.00	1,551.4	25,000	60.00
67.70	942.00	1,266.6	20,000	60.00
62.70	937.00	972.6	16,000	60.00
57.70	932.00	732.6	11,000	60.00
52.70	927.00	542.6	7,500	60.00
47.70	922.00	393.6	3,700	60.00

3.2.2.4 クドウダム最適規模

クドウダム規模の決定にあたっては、環境面及び事業の経済性を考慮する必要がある。クドウダム建設によって最大約 3,100 人 (約 500 戸) の住民が影響を受け移転が必要となる。フェーズ I 第一次現地調査にて実施した水没地区住民意向調査結果並びに調査期間中に 2 回開催した公聴会における意見等からは、ダム建設が住民の反対で出来ないという雰囲気ではないと判断される。勿論、移転には絶対反対という人も 10% 近くあり、賛成も条件付きという人も多いため、今後共ジンバブエ政府は補償問題を含めて地区住民との話し合いを進めていくことが重要である。住民の移転に対する考え方では、個人ベースではなく村落あるいは村落区単位での移転希望が高い。また、水没区域には特に保護すべき動植物は生息しておらず、歴史的・文化的に重要な遺跡も存在しないことが判明している。このことから自然環境・社会環境共ダム規模によって大きく影響の度合

いが変わることはないといえる。

次に事業の経済性の検討に当たっては、水需要を念頭におく必要がある。調査対象地区内および周辺には小農経営体系である共同体・入植地区と小規模商業農場および大規模商業農場等に広大な農地がある。今回の主調査対象の共同体・入植地区には現地調査の結果、約 23,000 ha の灌漑適地があることが判明しているが、この灌漑適地は散在しており、幹線用水路の標高との関係で重力で水がかかるところとそうでないところとに分類される。従って灌漑用水の供給に当たっては、クドゥダム規模との関連でこれら重力灌漑が可能な地区、ポンプ灌漑が必要となる地区並びに小規模商業農場や大規模商業農場への配水の経済性についての検討が必要となる。

以上のことを考慮し、前述の水収支解析結果を基に以下に示す 6 つのケースについて比較検討をおこなった。なお、以下のどのケースの場合も計画地区周辺の町に対する都市用水（年間 6 千万トン）は確保するものとしている。

クドゥダム最適規模ケーススタディ

Description	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
(1) Dam Height (m)	72.7	72.7	62.7	62.7	59.7	53.7
(2) Storage Capacity (MCM)	1,551.4	1,551.4	972.6	972.6	828.6	580.6
(3) Dam Embankment Volume(m ³)	9,557,000	9,557,000	6,068,000	6,068,000	5,237,000	3,842,000
(4) Irrigation Area(ha)	25,000	25,000	16,000	16,000	13,230	8,992
(a) Communal & Resettlement Area	14,500	18,207	9,280	16,000	13,230	8,992
(i) Gravity Irrigation Area	8,992	8,992	8,992	8,992	8,992	8,992
(ii) Pump Irrigation Area	5,508	9,215	288	7,008	4,238	0
(b) Large Scale Commercial Farm	4,500	6,793	2,880	0	0	0
(c) Small Scale Commercial Farm	6,000	0	3,840	0	0	0
(5) Main Irrigation Canal (km)	177.9	172.9	177.9	172.9	172.9	172.9
(a) Right Bank Canal	74.1	74.1	74.1	74.1	74.1	74.1
(b) Left Bank Canal	103.8	98.8	103.8	98.8	98.8	98.8

上記 6 ケースにつき概略の工事費と便益を算出し、経済評価を実施した。6 ケースにおける工事費、便益及び経済評価の結果は表 3.2.1 に示すが、その要約は次表の通りである。

ダム規模経済性比較検討結果

Case	Economic Cost (1000Z\$)	Economic Benefit (1000Z\$/year)	EIRR (%)
1	7,478,603	1,393,711	10.1
2	7,550,910	1,393,711	10.0
3	5,489,150	891,975	9.0
4	5,290,612	891,975	9.3
5	4,845,261	737,552	8.5
6	3,970,703	501,290	7.2

上表より、ケース 1 と 2、即ちダム規模最大で最大の灌漑面積（25,000ha）を持つ案が最も経済性が良いといえる。ケース 1 と 2 の違いは灌漑用水の配分の差であるが、表に

示される様に経済性には殆ど差がない。ケース1は、マスタープランで採用された配分率に従うもので、共同体・入植地区を主に、小規模商業農場および大規模商業農場にも灌漑用水を配分するものであり、第一次現地調査終了時のプログレス・レポートに対するジンバブエ政府との協議結果、「灌漑用水の配分については、原則としてマスタープラン時の配分率を採用するものとするが、他に経済性のより良い案があれば検討する」も踏まえて、本案、即ち“クドウダム規模は最大（堤高 72.7m、総貯水量 1,551.4MCM）で、共同体・入植地区で 14,500 ha、小規模商業農場で 6,000 ha 及び大規模商業農場で 4,500 ha の灌漑を行い、更に調査対象地区周辺の町に対する都市工業用水を供給する計画”とすることが妥当と思われる。

3.2.3 灌漑排水開発計画

3.2.3.1 計画灌漑地区と計画灌漑システム

(1) 計画灌漑地区

(a) 灌漑計画基準年

灌漑計画基準としては 20%リスク（1/5 年確率）を採用した。なぜなら本事業は一部都市・工業用水の供給を含むものの、灌漑を主目的とした事業なので、渇水年においても適切な運営計画を建てやすく水管理が容易だからである。電力・洪水防御等を含んだ多目的事業の場合、水管理は難しくなる。電力や洪水防御等が含まれるとその機能上、放水には様々な制限が付けられる。例えば水力発電については、1 年を通じて電力を供給する必要があるため、それに見合った水が 1 年中ダムに蓄えられていなければならない。また、適宜余剰水を放水する方が灌漑にとっては望ましいが、洪水防御の観点からは灌漑にとって不必要なときに余剰水を放水しなければならないときもある。多目的事業はこれらの必要条件によりリスクを低く設定しなければならない。しかしながら本事業ではこのような問題は無い。

一方、灌漑事業として考える場合、20%リスクを採用することにより 10%リスクを計画基準年とするよりも、灌漑対象面積は大きくなる。水不足が作物の生育とその収量に与える影響は、作物の種類と生育段階ごとの必要水量によって決まるが、少々水不足は作付体系や播種時期を調整することによって、水不足の被害を少なくすることができる。

また、本事業対象地区の降雨は 3 月になると減少し、降雨の傾向は把握しやすいので供給水量を見積もることができる。そのため冬季作物への水配分を決めやすく、また翌年の夏期作物まで余剰水をまわすこともできる。単体事業の場合渇水年の計画も立てやすいので、20%リスクは決して高いものではないと考えられる。

(b) 灌漑地区と灌漑方法

前項 3.2.2 で述べた様に、クドウダムは堤高 72.7m の最大規模が最適となり、この場合の灌漑可能面積は合計 25,000 ha である。この灌漑面積の内訳は、共同体及び入植地区で 14,500 ha、小規模商業農業地区で 6,000 ha、大規模商業農業地区で 4,500 ha となっている。小規模商業農業地区は幹線水路の最下流端に位置し、大規模商業農業地区はクドウダム貯水池の右岸部ハイランド部にあるが、灌漑地区は今

のところ確定されていない。共同体及び入植地区については、今回の調査結果に基づき以下の様に灌漑地区を確定した。

フェーズ I 第一次現地調査時に実施した土壌調査結果より、共同体・入植地区における灌漑適地は合計で約 23,000 ha と算定された。これら灌漑適地は標高が El. 850 m から El.950 m の範囲でブロック単位で存在し、地区内に散在している。本計画における灌漑地区の選定に当たっては、灌漑用水がクドウダムから供給されることから、ダム取水工から導水路としてムニャティ川の左右岸に建設される幹線用水路の路線並びにその水位が重要なポイントとなる。幹線用水路の選定は、ダムにおける取水位を基本条件とし、今回の現地調査にて作成された縮尺 1/15,000 のオルソフォトマップを使用して行った。この選定された幹線用水路の路線と水位から上記灌漑適地に対する適応をみると、総灌漑適地 23,000 ha の内、2,770 ha は計画幹線用水路の外側に離れて位置し標高もかなり高くなるので選定地からははずすこととした。残り 20,230 ha はムニャティ川の左右岸に配置される幹線用水路内あるいは水路沿いに位置しており灌漑候補地として考えられるが、標高の関係で幹線用水路から重力にて灌漑が可能な地区とポンプによる揚水が必要となる地区とに分けられる。灌漑地区の選定に当たっては経済性、運営の容易性を考慮し、重力灌漑可能地区（純灌漑面積：8,992ha）を最優先し、ポンプ灌漑地区（純灌漑面積：5,508ha）はなるべく標高の低い地区から選定した。次表はその内訳を示す(図 3.2.8 参照)。

灌漑面積

(単位 : ha)

Item	Irrigable Area		Net Irrigation Area Selected
	Gross Area	Net Area	
Gravity Irrigation Area	9,991	8,992	8,992
Pumping Irrigation Area	10,239	9,215	5,508
Pump Head			
< 5m	2,603	2,343	2,343
5m - 10m	2,106	1,895	1,895
10m - 15m	1,516	1,364	1,270
> 15m	4,014	3,613	-
Total	20,230	18,207	14,500

注) 純灌漑面積は、地区内の道路、灌漑施設等の用地を考慮して粗灌漑面積の 90%とした。

灌漑方法は、主に地形勾配、土壌、作物、灌漑用水深等によって決定される。当灌漑地区の土壌は主に粘土質であり、地形勾配は穏やかである。雨期における作物はトウモロコシ、綿花、ラッカセイ、野菜が提案されており、これら作物には畝間灌漑方式が適している。乾期の主要作物としては麦が提案されているが、この場合はボーダー灌漑が推奨される。ポンプ灌漑地区においても、幹線水路から高地にポンプによって揚水した後は重力式灌漑を行うものとする。

3.2.3.2 灌漑用水量

(1) 作物用水量

作物用水量の算定においては、基本的に FAO 出版の Irrigation and Drainage Paper No. 46 “CROPWAT: A Computer Program for Irrigation Planning and Management”、No. 24 “Crop

Water Requirements”、No.33 “Yield Response to Water” 及び UNDP / FAO / AGRITEX の共著にて出版されている “IRRIGATION MANUAL Second Edition 1994 (ZIM/91/005)” を用いた。

(2) 気象及び営農関連データ

気象データはカドマ及びゴクエ気象観測所より入手した。作付体系の各作物に関する営農関連データ、各生育段階の期間、作物係数、根群域深度、生長障害水分点、及び収量影響率は上述の “IRRIGATION MANUAL Second Edition 1994 (ZIM/91/005)” から引用した。

(3) 純灌漑用水量

作物用水量は FAO 作成のコンピュータプログラム “CROPWAT” を用い、全ての必要データが入手できたゴクエ気象観測所のデータを入力して、有効降雨量を考慮しない場合について算出した。有効降雨量は日降雨量を各旬の降雨量に変換したものから算出し、これを作物用水量から差し引いて純灌漑用水量を算出した。

(4) 総灌漑用水量

計画灌漑効率は、適用効率、送水効率、管理用水効率を考慮して 50% とし、これを純灌漑用水量に適用して総灌漑用水量を算出した。年間平均の月別総灌漑用水量を下表に示す。

月別灌漑用水量 (単位：MCM)

Category	Irrigation Area	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
For C.A./R.A.	14,500 ha	8.0	13.2	21.8	15.1	4.5	18.6	30.9	32.7	17.6	5.5	5.7	5.4	179.0
For S.S.C.F.	6,000 ha	3.3	5.5	9.0	6.2	1.8	7.7	12.8	13.5	7.3	2.3	2.4	2.2	74.0
For L.S.C.F.	4,500 ha	2.5	4.1	6.8	4.7	1.4	5.8	9.6	10.1	5.5	1.7	1.8	1.7	55.7
Total	25,000 ha	13.9	22.8	37.7	26.0	7.7	32.0	53.3	56.3	30.3	9.5	9.9	9.3	308.7

C.A. : Communal Area, R.A. : Resettlement Area, L.S.C.F. : Large Scale Commercial Farm, S.S.C.F. : Small Scale Commercial Farm

(5) 設計単位用水量

設計単位用水量は 1966 年から 97 年のゴクエの気象データを用い、計画作付体系を導入した場合の各年の総灌漑用水量として旬別に算出した。次表は 30 年間の中で大きい順に 1 番から 10 番目迄を表したものである。

最大灌漑用水量

Order	Peak Diversion Requirement (m ³ /s/ha)	Peak Decade
91	1.25	Feb-3 rd, 1991
83	1.25	Feb-3 rd, 1983
68	1.21	Feb-3 rd, 1968
90	1.15	Feb-3 rd, 1990
70	1.14	Feb-3 rd, 1970
71	1.12	Feb-3 rd, 1971
92	1.05	Feb-3 rd, 1992
94	1.05	Feb-3 rd, 1994
96	1.03	Feb-3 rd, 1996
85	1.03	Feb-3 rd, 1985

上表より、1/5年確率に相当する6番目の値は1.12 l/s/haであるが、農民が灌漑に慣れていないことや将来における作付け計画の変更等も考慮し、設計単位用水量は約5%の余裕をみて1.20 l/s/haとする。

3.2.3.3 灌漑施設の基本構想

(1) 水管理の概念

ジンバブエでは灌漑事業は小規模事業だけが実施・運営されてきた。共同体地区と入植地区での事業対象面積は最大で約500 haである。これらの事業は、不公平な水分配、不適切・不十分な水利用といった問題を抱えている。これらは小規模事業なので、灌漑システム運営や水管理に対し必要な事柄や原理をあまり考慮していない。問題点として、夜間は灌漑が行われていないこと、また、夜間貯留型貯水池が設けられていること等が挙げられる。小規模事業では夜間に幹線水路の水は貯水池に貯水される。また灌漑対象地区は2地区に分割されており、日中、この貯留水は対象地区のほぼ半分の面積にあたる1地区を灌漑し、残りの地区は水路から直接灌漑用水を取水する。これは、必要水量の半分の容量を持つダムが灌漑地区の始点に設けられたようなものである。一般的に農民は夜間に取水しない。しかし、渇水期などには昼夜ローテーションを組み取水を行う地区も出てきている。灌漑事業を成功させるためには、人為的に渇水状態を発生させて水資源は貴重な資源であると認識させ、水資源を効果的に利用する習慣を植え付けることが必要である。

夜間貯留型貯水池は、大規模事業では水量が多いので巨大な貯水池が必要になり、運営上の特別な制約や技術が必要となるので採用できない。また漏水やマラリア発生などの健康面に対する潜在的な危険性から考えても採用すべきではない。

水管理の持続的発展のために上記のような問題・弊害を考慮し、本計画の基本概念を下記のように設定した。

- 明確に定義した水配分と配水の原理
- 効率的な灌漑システムの設計
- 公平な配水
- 2次・3次水路レベルでの水分配スケジュールの固定
- 圃場レベルにおける水の有効利用
- 流量測定概念の導入
- 管理およびモニタリングの仕組み

- 水の経済概念
- 簡略かつ効果的な運営管理手順
- 研修および研究成果の採用
- マニュアルおよびガイドラインの作成等

(2) 水配分と配水の原理

水配分と配水の原理は、灌漑事業を計画・施工・運営する際の基盤となる。その際、問題となるのは水入手の可能性、水需要、入手可能性と需要の調整および妥協、農民への配水である。またできるだけ多くの農民に利益を保証する社会的義務があることも考慮しなければならない。現在のシステムでは配水が不公平になり、上流部で過剰灌漑が一般的に行われ末端の農民は水を確保できていない。事業対象地区での水配分と配水は、公正に行われなければならない。水路上流部と末端部との間の甚だしい配水量の差は、ローテーション制の配水システムを採用することにより解消できる。水供給は必要に応じて、また流量測定を取り入れて実施することにする。

(3) アプローチ

本事業は 1/5 確率年で計画されている。即ち 100 年に 20 年は十分な水が得られないことになる。そのため配水は (a) 十分な水資源が得られる場合、(b) 水資源が不足している場合、の 2 通りに分けて考える必要がある。

(a) 十分な水資源が得られる場合

水が十分供給できる場合、水管理はまず主根群域の水分状態を圃場容水量になるまで灌漑し、植物がしおれ点まで水分を吸収した後に再び灌漑を行い主根群域の水分不足を補うことを基本計画とする。即ち土壌水分が特定のレベルに達したときに灌漑が行われる。圃場容水量としおれ点の概念は、水路システムの灌漑スケジュールを固定させるのに十分な基準であることが証明されているからである。またこの考え方は作物の収量と土壌水分量の相関性にも関係しており、作物の特徴や生育段階、蒸発散量も考慮している。

配水スケジュールをこの様にして決定し、1 週間のサイクルの中で分配するために必要な水量を算定する。十分な水資源が得られる場合は、需要に見合った水量を修正ペンマン式で求め、灌漑必要水量を決定する。

(b) 水資源が不足している場合

水資源が不足しており、事業対象地区全体の作物に見合った水量が無い場合、下記の 2 通りの方法が考えられる。

- (i) 灌漑対象地区を減らし、新たに設定した灌漑地区の作物に対して必要水量を供給する。
- (ii) 科学的な根拠に基づき、事業対象地区全体の作物の必要水量を部分的に満たす。

ここでは (ii) 案を提案する。というのは、全事業地区への配水量が減少した場合、作物は生育段階においてのみ、わずかに水不足の被害を受ける程度だからである。

実際ある生育段階では、水が不足し必要水量に満たないと蒸発散量が植物への供給水量を上回る。このような状況下では植物の生育に悪影響が出る。しかし水不足が作物の生育に影響を及ぼすかどうかは、作物の種類と生育段階ごとの必要水量により決まる。一般的に作物は発芽、開花、結実期の時期の方が生育初期や生育後期に比べ水不足の影響を受けやすい。

これらを考慮し、水を十分に供給すべき時期の必要水量を算定し、スケジュールを決定すればよい。作付体系や播種時期、作物の種類をわずかに変えて生育時期をずらせば、水不足の被害を少なくすることができるのである。

(4) システム設計

システムの計画・運営上の基準を良くすることが、配水の公平さ及び農民への適時の水供給をおこなうためには不可欠である。全ての農民が季節に応じた水利権をあらかじめ知りそしてその水を得られるようになるために、配水システムは下記のように設計する必要がある。

- 適切に水を供給するため、制御地点、計測機器や調整施設を十分備えたネットワークを構築し、全ての水路に設計流量通りの水が流れるようにする。
- 現実的なシステム効率に基づいて運営計画を作り、農民が必要とするときに配分量が得られるようにする。
- 良く訓練された管理スタッフを置き、上記項目を遂行する。

(a) システムの構築

システム設計の基本方針は、日々の運営に対する政府機関の介入を極力減らしながらも上記項目を満たすようにすることである。作物の必要水量に見合う十分な水が得られるとき、システムは幹線・2次レベルでは完全に自己制御型・自動式になるようにし、制御がある程度必要とされるのは水量が満たないときだけになるように計画する。また、3次水路での水分配は農民が行うことにする。

従って、このネットワークは2段階に分けられる。第1段階は幹線水路などの送水レベルで、灌漑対象地区全体に水を供給する。第2段階は配水ネットワークで2次水路から各灌漑ブロックに配水し、灌漑ブロック内では水は3次水路によって配水される。このシステムでは、各2次水路はそれぞれ独立しており、幹線水路から各灌漑ブロックへ必要水量を配水する。2次水路は設計流量通りの水が流れているか、または完全に水が流れていないかのどちらかになる。

灌漑地区はこのような配水ネットワークによって灌漑を行う。各々の灌漑ブロックへ配水するための取り入れ口は2次水路に設けることとする。

(b) システムの構成要素

システムの各要素は水理的・ネットワーク理論的考察を取り入れ、システム全体がうまく機能するように慎重に取り扱われなければならない。

(i) 幹線水路

水はダムから左岸幹線水路に導水され、その後右岸幹線水路を分岐して2つ

の幹線水路を通じて送水される。流量はそのときの必要水量によって変わり、これらの幹線水路は常に満水位ということはない。幹線水路から圃場への直接配水は行わないようにする。

(ii) 2次水路

幹線水路から取水するのが2次水路である。また3次水路への配水のため、2次水路に取り入れ口が設けられる。定められた水配分を行うために2次水路は常に設計流量通りに水を流すか、あるいは水を止めている状態になる。幹線水路が満水位に保たれている場合、2次水路への分水工は設計水位に保たれる。

(iii) 3次水路

3次水路は2次水路から取り入れ口を通じ圃場へ水を供給する役割を持つ。

幹線水路においては、サイズ、制御施設の場所、放水工、安全に満水および減水させるためのゲート操作の決定、水損失、末端のネットワークからの情報伝達方法の確立が重要である。2次水路の留意点は、満水位を保つこと、および、制御・調節設備が正確な水量を各地区に確実に送水することである。3次水路では灌漑ブロックや圃場の微小地形を考慮した設計が重要になる。

(5) 幹線水路の設計

上述の灌漑施設設計概念及び経済性を勘案し、幹線水路路線、灌漑配水系統、水路形式、標準水路断面、河川横断構造物を以下の通りとした。

(a) 水路路線及び灌漑配水系統

クドゥダムで貯留された灌漑用水はダム取水工を通じて左岸幹線水路に導水される。左岸幹線水路は水路始点より6.4 km地点で右岸幹線水路を分岐し、右岸幹線水路はムニャティ川をサイフォンにて横断する。幹線水路の延長は左岸幹線水路103.8 km、右岸幹線水路74.1 kmの計177.9 kmである。

幹線水路路線は既存の1:5,000の地形図を用いて決定した。路線決定に当たっては、計画取水水位と各種の水頭損失を考慮しつつ、なるべく多くの灌漑面積を重力灌漑できるように計画した。この結果決定した水路路線及び灌漑配水系統をそれぞれ図3.2.8、図3.2.9に示す。

(b) 水路形式

水路形式の選定に当たっては、コンクリートライニング台形水路と鉄筋コンクリート矩形水路を比較検討した。用水の有効利用性、維持管理労力、施工性に関しては両者とも大きな違いはなく、経済的見地から両者を比較検討すると台形水路が有利となる。なお、ジンバブエ国内では旧ローデシア時代よりムティリアウエ水路(1960年代建設、水路延長:56 km)、トクワネ水路(1992年完工、水路延長:14 km、設計流量:14.5 m³/s)等のコンクリートライニング台形水路の施工実績がある。

以上より本計画では水路形式はコンクリートライニング台形水路を採用することとした。

(c) 標準水路断面

幹線水路の設計断面は、水路が受け持つ灌漑面積に設計単位用水量を乗じて得られた設計流量に基づき、粗度係数を $n=0.015$ として Manning 公式により決定した。設計流量は左岸幹線水路で $24.6\sim 7.2\text{ m}^3/\text{s}$ 、右岸幹線水路で $8.5\sim 0.8\text{ m}^3/\text{s}$ である。幹線水路には運営維持管理用の道路を敷設することとし、幅員 5 m、砂利舗装とする。原地盤と設計水位との関係より、盛土水路になる場合と掘削水路になる場合が考えられるが、盛土水路となる場合には水路形式 -A を、掘削水路となる場合には水路形式 -B を用いる。標準水路断面は、別冊図面集に示す。

(d) 横断構造物

ムニャティ川左右岸には数多くの支川があり、幹線水路がこれらの支川を横断する箇所には、水頭損失をなるべく小さくすること及び維持管理道路の連続性を確保するため、原則として水路橋を設置することとするが、地形的にやむを得ない場合はサイフォンを設置する計画とする。幹線水路の主要河川横断構造物は下記のとおりである。そのほかに、沢や山側からの出水が予想される箇所には、出水を安全に水路を横断して下流側に排除する施設として水路横断排水溝を設置する。また、幹線水路が既存道路を横断する箇所には水路をボックス・カルバート形式とする。これら構造物の標準断面図も、別冊図面集に示す。

主要河川横断構造物

右岸幹線水路				左岸幹線水路			
横断河川名	横断距離 (m)	水路設計流量 (m^3/s)	横断形式	横断河川名	横断距離 (m)	水路設計流量 (m^3/s)	横断形式
ムニャティ川	406	8.493	サイフォン	ンゴンドマ川	261	24.600	水路橋
ンチェレチェレ川	82	8.493	水路橋	名称不詳	182	16.107	水路橋
グリスナケ川	183	8.493	水路橋	名称不詳	72	16.107	水路橋
名称不詳	100	8.306	水路橋	名称不詳	188	16.107	水路橋
チェンブリ川	150	7.774	水路橋	グウェニャ川	1,252	16.018	サイフォン
名称不詳	133	7.626	水路橋	グワニカ川	112	15.908	水路橋
名称不詳	120	7.626	水路橋	ムタンケ川支流	80	15.908	水路橋
レンジ川	981	2.838	サイフォン	ムタンケ川	352	15.908	水路橋
名称不詳	500	7.626	水路橋	ムタンケ川支流	82	15.908	水路橋
名称不詳	350	7.626	水路橋	名称不詳	110	14.634	水路橋
				ムソロワバルクウェ川	291	14.373	水路橋
				名称不詳	127	14.373	水路橋
				ニャマチエネ川	175	14.373	水路橋
				ニャルバクウェ川支流-1	411	14.373	水路橋
				ニャルバクウェ川	137	13.739	水路橋
				ムソング川	405	10.650	水路橋
				カラヤ川	336	10.650	水路橋
				ウムチチ川	448	10.650	水路橋
				マビリビリ川	383	10.650	水路橋

3.2.3.4 水利組合

(1) 農民参加の必要性

水利組合の結成は参加型灌漑管理を実施するための第一段階である。参加型灌漑管理で

は、取り入れ口の管理から始まり、2次水路の管理、さらにはもっと高いレベルまでの意志決定を含めた管理義務が水利組合によりなされる。参加型灌漑管理では、水利組合が灌漑管理の権限と責任を受け持つことになる。これらを考慮し、水利組合はまず取り入れ口レベルで結成し、次第に上部組織を作るのが適当であると思われる。

水利組合結成の主目的は、灌漑効率を改善し、全ての農民に水を公平に分配することである。灌漑システムの運営・管理・維持に農民が参加することには下記のような狙いがある。

- (a) 2次水路レベルでの水配分や送水に関する意志決定や方針形成に農民が参加する。
- (b) 水利権、水の入手状況やその配分および作付計画・肥料や農薬などの情報を知る権利があることを農民達にアピールする。
- (c) 灌漑施設を維持し、灌漑効率を上げ公平な水配分を行い、水の有効利用を行う。
- (d) 維持管理プログラムや管理能力、実施体制を強化する。
- (e) 必要であれば特別な維持プログラムのために資金を供給する。

(2) 水資源開発及び配分に関する法令

ジンバブエ国における水資源開発及び配分については、ジンバブエ国家水公社条例 (ZINWA Act) No.11/98 と水条例 (Water Act) No.31/98 によって制定されている。

(a) ZINWA Act

ZINWA Act は、公社の設立・機能、公社評議会の人事・機能、公社の財政、水代の負担と徴収等に対して定められている。ZINWA は訴訟能力をもつ法人団体として設立されており、大臣の承認を持って、全国の水資源開発に係わるダム、貯水池、水路、水力発電所等の建設、維持管理に関する権限を有する。

(b) Water Act

新水条例は、ジンバブエにおける水資源開発と水利用のために制定されており、その内容は正副水系評議会の設立と評議会の権限、水利用許可、水不足時の水利用コントロール、水に関連する労役の確保、環境保全、水質の保護とコントロール等である。水条例は水系評議会を通じて水資源開発に強く寄与する。水系とはある特定河川の集水域であり、地方郡評議会 (RDC) の様に異なった行政区を含むこともあり、また他の国の一部を含むこともある。RDC は比較的小さい地区をカバーしているので、地区内にある河川水の開発については断片的になることが多く、ケースによっては他地区とオーバーラップすることもあることから、この様なことを避け、水資源の最適且つ持続的な開発をする上で水系評議会を通じての水系単位での水資源開発が必要である。

(3) 水系評議会の管轄域における水管理

ロワームニャティ副水系評議会設立は既に計画されており、水条例 (Water Act No.31/98) に沿って水管理が行われることになっている。水の配分については大臣の委任を受けており、農村、都市、工業、鉱業、農業等各部門の開発に対し、国家的見地か

ら水資源の効果的・効率的な配分をすることが重要となる。この機能を果たすためには、各部門の消費者や水系評議会の活動が促進されることになる。

(4) 圃場レベルの組織作り

上述の様にロワームニャティの副水系評議会は既に計画されているが、現在必要なのは圃場レベルの水利組合の結成、さらに上位機関の結成である。組織作りの基本構想として、最小水利単位である取り入れ口レベルから組合結成を始め、徐々に2次水路レベルに拡張していくことにする。

(a) 水利組合の構造

水利組合の構造は、利用可能な法律上の枠組みによるが、一般的な経営の概念から言って、水利組合の規模は結合力が弱まる程大きくてはいけなく、実行性が無い程小さくてもいけない。設立当初の組織の活動は、各2次水路の取り入れ口付近の運営に的を置くことになる。当初2次水路の運営管理は3.2.10節にて提案する「ムニャティ川下流域農業開発公団(LMADA)」の責任になる。そして水利組合が2次水路の一部分の運営管理を通じて経験をj得てその活動が持続的になったところで活動範囲を2次水路レベルにまで広げる。このことから水利組合の組織は(i)取り入れ口委員会、(ii)水利組合及び(iii)組合連合という3段階のレベルを経ることを提案する。

(b) 実施のプロセス

職員の訓練及びオリエンテーション、住民参加型地域評価、水利組合の結成と業務の引継等の活動は、幹線水路の施工前に始めることが提案される。

3.2.3.5 排水計画

(1) 排水システム

排水とは大雨や過度の灌漑用水、送水路からの漏水などが原因で起こる余分な地表水を取り除くことである。灌漑農業を実施し、持続的に収穫を得るためには排水が重要である。耕地での排水の主な目的は根群域の土壌の水分・空気・塩が植物にとって好ましいバランスに保つことである。灌漑農業においてこのようなバランスを保つため、排水は不可欠である。適切な排水を行えば、行わない場合に比べ収量は増加する。

地表排水は主に下記のようなになる。

- (a) 圃場排水システム—緩やかな勾配の水路で、圃場の余剰水を集める。
- (b) 取り付け排水路—中間的な集水排水路で、様々な圃場排水システムと副幹線排水路・幹線排水路をつなぐ。
- (c) 幹線排水路—幹線・副幹線排水路は掘削された水路、あるいは自然の排水路で、取り付け排水路や圃場排水システムからの余剰水を排水する。

本事業対象地区は新規灌漑地区であり、耕地を含み土地の殆どは凹凸のある不規則な地形をしている。この場合窪地に水が溜まり、灌漑が非効率になる。農民は自分達自身の手で表層をならし、緩やかな傾斜を圃場につけ、水流の制御と排水ができるようにする。

(2) 事業対象地区の排水の必要性

排水路の必要性は、地区の自然地理・土壌・降雨・心土の水分状態や作付作物の種類により決まる。調査対象地区の標高は 800m から 1,000m の間である。ムニャティ川の右岸はムニャティ川に向かって緩やかに傾斜しており、サクラグウェ川を除いたほとんどの支流が東から西へとムニャティ川に向かって流れ込んでいる。一方左岸ではマフンガブシ台地とチンワバエズ丘が特徴的であり、このような台地から支流が多数流れ込んでいる。

灌漑地区は均一な斜面上にあり、小河川の近くに分散している。これらの小河川は排水路としての役割を期待できる。このように小河川から大きな河川への自然排水システム構築が見込まれるので、地表排水システム構築に関しては問題がないと考えられる。しかし灌漑事業の発展のため、灌漑地区には自然河川に排水するための取り付け排水路が必要になる。

(3) 排水量の決定

降雨からの排水量を求める方法で最も優れた方法は、Soil Conservation Service Method である。この方法は米国土壌保全協会 (United States Soil Conservation Services) によって開発されたもので、降雨前の土壌水分、浸透や透水性等の土壌特性、土地利用や作物体系等を考慮した方法である。

一般的に排水システムは 5 年確率 (20% の確率) の最大降雨量によっておこる排水を基準に設計される。しかし、排水が重要視される場合は 10% 確率が採用される。本計画では 10 % 確率を採用する。排水量を見積もる際に基準とする降雨量は、確率年から決定される。また、排水路の設計には 24 時間降雨量が通常用いられる。ゴクエ気象観測所の 1964 年から 1998 年までの日雨量データを入手し、1 年毎の 24 時間雨量の最大値を計算した。初期抽出量 (Ia) は降雨が地表に落ちる前に葉等に溜まったり、地表に湛水したり、土壌に蓄えられたりすることにより発生する。その量は最大容水量 (S) に関係する。この関係は初期水分条件を考慮した土壌の排水能力によって決定される。流域の降雨量と初期抽出量、最大容水量を上記の公式に入力し、流域の排水量を求めた結果、単位排水量は 1.76 l/s/ha と算出された。

3.2.4 農業開発計画

3.2.4.1 土地利用及び土地配分計画

計画地域の土地利用将来計画は、前項で述べた開発基本構想に基づき、灌漑農業を振興すべく策定した。灌漑農業に適する土地は、灌漑に適し、水路のレイアウトに合致したところを選定した。選定した灌漑適地は図 3.2.8 に示した通りである。計画では 1,451 ha の灌木地域を灌漑農業に転換し、さらに天水栽培地域のうち 13,049 ha を灌漑して、合計 14,500 ha を将来灌漑することとした。土地利用の詳細は次表に示した。

将来土地利用 (ha)

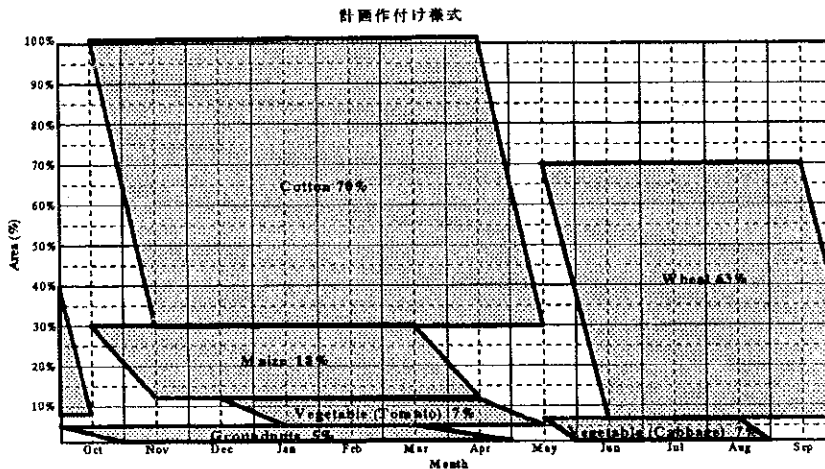
Present Land Use		Future Land Use	
1. Bush	38,300	1. Bush	36,849
2. Cultivated area	39,800	2. Irrigated area	1,451
3. Residential area	3,900	3. Rainfed cultivated area	26,751
4. Rivers	800	4. Irrigated area	13,049
		5. Residential area	3,900
		6. Rivers	800
Total	82,800		82,800

農業土地利用の規則によると、自分の土地が灌漑可能となる農民は土地を国に返還しなければならないが、灌漑農地は再配分されることになっている。

3.2.4.2 作物作付け体系

下図に示す計画作物作付け体系は以下に述べる点を考慮して決めた。

- (1) トウモロコシ、ラッカセイなどの自家消費需要
- (2) 農作業に利用できる労働力
- (3) 作物 ha 当たりの収益性
- (4) 作物の販売流通性、特に輸出作物
- (5) 灌漑水収支バランス



作物選定に当たっては、次の 12 作物の導入可能性を検討した。即ち、トウモロコシ、ラッカセイ、綿花、トマト、キャベツ、パプリカ、ベイビーコーン、水稲、タバコ、コムギ、ドライビーン、サトウキビである。内、サトウキビは気候的にあわないのではずした。計画地域はサトウキビを経済的に栽培するには温度が低すぎるからである。タバコも世界的に見て長期的展望が悪いことを考え除くこととした。水稲もこれが新規作物で、農民が保守的で受容性が低いこと、さらに水稲を普及する技術的サポート体制が殆どできていないことから除外することとした。作物の自家消費需要は、本調査団が実施した農家調査結果から得られた一人当たりの消費量を基礎にして算定された。一人当たりの年間消費量は、トウモロコシが 136 kg、ラッカセイが 16.8 kg と見積もられた。このデータを利用しての最低必要農地は、次表に示すように 1 戸当たり、トウモロコシ 0.16 ha、ラッカセイ 0.05 ha となる。

作物の自家消費需要

Crops	Percapita consumption (kg/year)	Family size (persons)	Annual consumption (kg/year)	Yields (ton/ha)	Land required (ha)
Maize	136	7.1	966	6.0	0.16
Groundnuts	16.8	7.1	119	2.5	0.05

利用可能な月別自家労働力は、平均家族数を 7.1 人として計算した。雨天の日は労働日から除外した。モデルとする家族構成は、3 人は就学中の子供とし、残りの家族 4.1 人が農作業に従事できるとした。9 作物の農作業別必要労働力は月別に推定し、結果を表 3.2.2 に示した。

事業を実施した場合の将来収量は、次表に示す既存の灌漑地区の収量を参考にして予測した。

既存灌漑地区での作物収量

Crops	Yields(ton/ha)
Maize	5.8
Wheat	5.2
Cotton	2.4
Groundnuts	2.7

Source : The Agricultural Sector of Zimbabwe
Statistical Bulletin - 2000

目標収量は以下の様に設定した。

目標収量

Crops	Yields(ton/ha)
Maize	6.0
Cotton	2.5
Groundnuts	2.5
Wheat	4.2
Tomatoes	75.0
Cabbage	50.0
Dry beans	2.0
Paprika	3.0
Baby corn	1.0

事業を実施しなかった場合の作物収量は、ゴクエ郡の過去 8 年間のデータの平均値を採用した。これはゴクエ郡は計画地域と同様な気候、土壌条件を有していると同時に、高収量を達成している大規模商業農場がないからである。

事業を実施しなかった場合の収量

Crops	Yields(ton/ha)
Maize	0.8
Cotton	0.6
Groundnuts	0.5

作物の収益性は収入と支出を表している作物収支表に基づいて検討した。収支表には労働量、施肥量、薬剤量などの資材量が表されている。作物収支表は事業がない場合とある場合との 2 通り作成し、その詳細はそれぞれ表 3.2.3、3.2.4 に示した。

計画作付け様式の決定に当たっては、ジンバブエ国内市場動向と輸出市場の将来性を考慮した。2010 年以降の開発事業完工時における当該地域へ導入される作物と期待される生産量は下表の通りである。

提案作物と予想される生産量

Commodity	Crop Season	Crop Area (ha)	Expected Production (ton)
Maize	Summer	4,500 (18%)	27,000
Cotton	Summer	17,500 (70%)	43,750
Groundnuts	Summer	1,250 (5%)	3,125
Wheat	Winter	15,750 (63%)	66,150
Vegetable (Tomatoes)	Summer	1,750 (7%)	131,250
Vegetables (Cabbage, etc.)	Winter	1,750 (7%)	87,500

ジンバブエでは、トウモロコシ生産は平均して毎期約 130 万 ha から 150 万 ha 作付けされている。生産量は大きく変動するが、平均 150 万トンから 250 万トンとなっている。クドウダム事業によって期待される生産量の増加は、年間 27,000 トンで、これは現在の年間生産量のおおよそ 1.3%に相当する。現在の一人当たりの消費割合で計算しても、現時点の人口増加率では、増加する人口を養うために毎年 36,000 トンのトウモロコシの増加が必要である。今後 10 年間に亘り予想される年率 2.1%の人口増加を考慮すると、2010 年までに、毎年 47,000 トンの増加が必要となる。加えて、これまで生産量が国内需要を上回っている場合には、トウモロコシを輸出してきている。1998 年以前の過去 4 年間に亘る輸出の平均は 308,000 トンとなっている。従って、2010 年以降、クドウダムによる生産量 27,000 トンの追加により、増加している国内需要を満たすことができると見込まれ、輸出も可能となるであろう。

綿花生産は、年間平均約 28 万トンであるが、生産量は極めて上下しやすい。過去 10 年間における増加の大部分は、共同体部門からである。2011 年以降、クドウダムにより灌漑農地で見込まれている生産量の増加は、現在の生産量レベルの 16%増であり、これは生産量の大幅な拡大となる。しかしながら、繊維産業による国内繰綿需要はここ数年間で急激に増加しており、繊維産業は国内繰綿の使用を 1997 年までの 3 年間で、平均 36,000 トン（繰綿）から平均 177,000 トン（繰綿）に増加させた。ここ数年の間、繊維会社は著しい新規投資を行なっているので、将来繰綿の使用量は大きく上昇すると見込まれる。繊維業界の取引高からも、この業界の先行動向が上向きであることが予見され、輸出市場についても綿関連の輸出はこれからも伸びると予想される。ここ数年間、繰綿全生産量の 75%が輸出されており、繰綿輸出は急激な上昇を記録し続け、1994 年までの 3 年間の平均 24,000 トンから 1997 年までの 3 年間の平均 438,000 トンまで輸出は増加した。輸出市場は、天然繊維素材への世界的な需要を反映して、今後も好景気が続くと思われる。2010 年以降、クドウダムによって増加する年間 43,750 トンの綿花生産は、国内及び国外輸出市場の需要を満たす役割を果たすことになる。

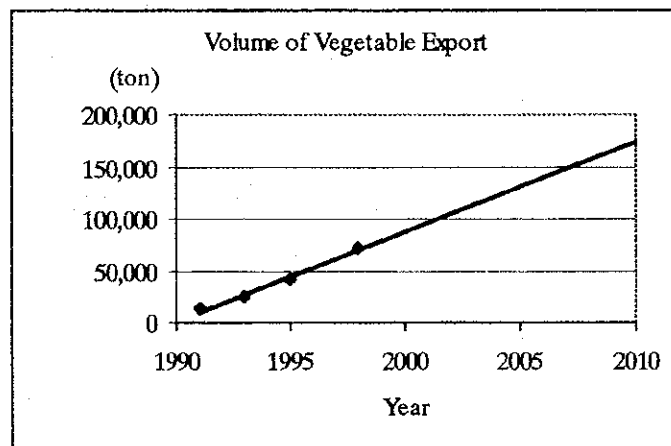
ラッカセイの年間生産量は、約 20 万 ha の土地からおおよそ 10 万トンである。大抵のラッカセイは生産量のずっと低い共同体地区で栽培され、農家の家庭消費用となる。ラッカセイの輸入はないものの、国内需要の増加と生産の減少のために輸出をしなかった時期を経た後、1993 年から 1994 年まで定期的に輸出されている。人口の増加と個人消費量増加の結果、2010 年以降、1 年間に必要とされるラッカセイの増加分は、年間 3000 トンと予想される。クドウダムによる灌漑により、2010 年以降の生産量は 3,125 トンと

推計される。家庭内消費に加え、油の需要が増加しているため、搾油業界はラッカセイの需要を増していくであろう。クドウダムによるラッカセイ生産の増加は、食料向け家庭内需要の増加並びに搾油業者や輸出目的からの需要を満たすことができる。

作付け様式ではコムギ栽培を重要視している。コムギ栽培は、現在灌漑大規模商業農地で行なわれている。コムギ生産量は、平均して年間約 225,000 トンから 250,000 トンであり、1 年間に平均して約 325,000 トンが輸入されている。コムギに対する補助金がカットされた 3 年間は除いては 1985 年以降、国内のコムギ需要は急激に伸びている。現在のところ、国内必要量のうち 2 分の 1 は輸入によって賄われている。今後 10 年間で国内コムギ需要は急上昇すると予想され、個人消費量も確実に上昇すると思われる。クドウダムによる灌漑では 15,750 ha の土地にコムギを栽培することが提案され、年間約 66,000 トンあまりのコムギの供給を計画しているが、これは、予想される国内必要量のほんの一部分にしか過ぎない。人口増加率を 2.1%、国民 1 人当たりの消費量を 45 kg と仮定するならば、2010 年までに国内で必要とされるコムギの量は約 74 万トンと見込まれる。国内でのコムギ生産が輸入に対して競争力を持つようになれば、現在の輸入に代替して生産される見込みがある。さらには南アフリカ地域は年間 85 万トンのコムギを消費し食料が不足する地域なので、これら近隣諸国への輸出の展望も明るい。

生鮮野菜の輸出量もここ数年急激に伸びてきている。1991 年から 1998 年にかけての輸出量は下図のように示される。

野菜輸出の量



1991 年から 1998 年までの生鮮野菜輸出の直線的な増加傾向は、予想ではクドウダム事業が生産を開始する 2010 年まで続くとみられ、2010 年には輸出量が 175,000 トンとなり輸出額にして 20 億ジンバブエドルになると見込まれる。クドウダムの灌漑で提案されている作付け様式では、野菜生産に 3,500ha が使用される。このうち約半数はチェグトゥウでのトマト加工工場及びその他の輸出向けトマトジュースやトマトペーストを製造する加工業者によって使われる缶詰用トマト用栽培に使用される。これらの加工業者はトマトの契約栽培に依存しており、本事業計画では、1,750ha でのトマト栽培を提案し、これにより 131,250 トン生産できると見込まれる。残り半分の 1,750ha での野菜生産量は 87,500 トンと見積もられる。選別と損失によるロスを考慮すると、輸出向けに使用できる量は 78,850 トンと推定される。クドウダム灌漑による野菜生産は、予想さ

れる 2010 年の輸出量 175,000 トンの約半分になる。

ジンバブエ園芸作物評議会 (ZHC) は、通貨切下げ後、ヨーロッパを輸出先とするアフリカ大陸内の競合相手に対して、ジンバブエは競争力を持っていると見ている。最終的な数値は入手出来ていないが、1999 年において輸出は急激に上昇しており、2000 年についてもこれまでのところ同じ傾向は続いていると見られる。したがって、2010 年度における 175,000 トンの輸出は可能と思われる。ジンバブエはこれまで園芸作物輸出を支援するための包装・輸送関連のインフラに多大な設備投資を行なってきており、ヨーロッパ向けの空輸設備も十分に整備されており、さらなる拡大も計画されている。

3.2.5 畜産開発計画

3.2.5.1 開発のアプローチ

調査対象地域において畜産部門は作物部門に継ぐ重要な経済活動であり、将来の開発に大きなポテンシャルを持つ。しかし、3.1.5 節で述べたようにその開発ポテンシャル実現化には克服すべき家畜衛生・栄養、品種、家畜用水不足・旱魃、不適切な放牧地管理、マーケティング等多くの阻害要因がある。従って、畜産開発はこれら阻害要因の解決；家畜衛生・栄養条件の改善、品種改良、家畜用水源開発、放牧地管理、マーケティング等を対象として実施する必要がある。

しかし、本プロジェクトでは以下の方針に基づき、家畜用水供給の改善及び牧区管理改善を畜産部門開発のアプローチとして採用することとした。

- 灌漑計画により開発される水資源の畜産部門開発への利用
- ポテンシャルの大きい開発分野のデモンストレーションを考慮した計画
- 受益者・収益コミュニティの計画への十分な寄与を計画し、開発事業のオーナーシップ確保を図る
- プロジェクトの灌漑開発計画への何らかの寄与が期待できる計画
- 灌漑地での飼料作物生産は作物生産に比べ収益性が低いので本計画での導入は考えない

以上の方針に基づき選定された本プロジェクトでの畜産開発計画、家畜用水開発スキーム及び牧区開発パイロットスキーム、は以下のとおりである。

3.2.5.2 畜産開発計画

(1) 家畜用水開発スキーム

放牧地での用水源の制限は調査対象地域における草地資源の有効利用を阻害する最大の要因となっており、本スキームは灌漑幹線及び二次水路沿いに家畜飲料水槽を設置することを目的とする。放牧地水路沿いに家畜用水源を確保することは地域の草地資源の有効利用を可能にし、結果として家畜群放牧労力の節約をもたらす。また、家畜の採食そのものに消費する時間を長くすることとなる。さらに、特に乾期においては、水不足のために利用されていなかった放牧地の利用が可能となる。スキームの目的及び計画概要は以下のとおりである。

畜産用水開発スキーム概要

Scope	Construction of water troughs along main & secondary canals	
Components	Size of a trough	3 m ³ (length 6m, width 0.7m, depth 0.7m)
	Specification	Brick made with cement lining
	Volume of works along main canals	36 units (approx. 5km interval)
	Volume of works along 2 nd canals	36 units
	Total volume of works	72 units

(2) 牧区開発パイロットスキーム

草地の低い放牧容量及び草地資源の荒廃と浸食をもたらす過放牧が調査地域の畜産が抱えるもう一つの大きな阻害要因である。本スキームはプロジェクト関連 10 村落区に牧欄で区画された牧区を開発し、地域にパイロット規模での管理放牧を導入することを目的とする。

本牧区開発スキームの実施により期待される便益は以下のとおりである。

- 放牧労力の大幅な節減
- 管理放牧の導入による浸食に起因する表土流亡の軽減、灌漑水路・農地への土砂の堆積防止の効果
- 放牧容量の回復と過放牧の回避（放牧容量の現況 1 家畜単位：8-12ha から潜在容量 1 家畜単位：5-9ha 程度への回復）
- 数年後には草地生産量に対応した放牧の確立とそれによる家畜生産性の向上、さらに放牧管理導入による草地資源の改善が期待できる
- 家畜が現況に比べより長期間放牧されることになり、結果として生産性改善が期待される

スキームの目的及び計画概要は以下のとおりである。

牧区開発パイロットスキーム概要

Scope	Establishment of fully fenced grazing blocks with water troughs	
Components	Size of a block	600 ha/block
	Length of fencing/block	Boundary-6km; internal-11km; total-17km
	No. of blocks	10 blocks (1 each for project related wards)
	No. of troughs	10 troughs (1 each for a block)
	Total volume of works	10 blocks

3.2.6 農村インフラ整備計画

3.2.6.1 基本方針

現地調査結果を総合的に考慮すると、今後整備すべき農村インフラは飲料水施設（井戸）、道路、学校、病院、診療所、家庭電化、流通施設等多岐にわたる。しかしながら、本プロジェクトの最終的目標は、灌漑農業の導入により、農作物の生産性の拡大・安定化を達成し、農家収入の向上を図り、これによって農家の生活水準の向上に資することにある。したがって、本地域の農業開発計画は、上述の目標を側面から支援する観点から策定することが基本となる。計画地区は灌漑農業の導入により、営農形態の変化と栽培作物が多様化することが考えられ、インフラ整備計画としてはこれらの変化にも対応できるものでなければならない。このためには、農村道路の整備、流通施設の充実を図る一方、飲料水施設、学校、病院、診療所等の社会インフラへのアクセスを改善し、農

村社会における福祉の向上を支援する計画も標記目標の達成に重要である。

既述したように、学校、病院、クリニック等、社会インフラ自体の整備は重要かつ緊急の課題であるが、本プロジェクトは基本的に農業開発プロジェクトであることに鑑み、これらの社会インフラは他セクターあるいは既存プロジェクトの推進等によって整備すべきであると考え。したがって、本プロジェクトにおいては農村生産活動および農村生活をより直接的に支援するインフラ、すなわち農村道路、農村給水施設（井戸）、コミュニティセンター等に限定してインフラ整備計画を策定する。

3.2.6.2 農村道路整備計画

本計画では、農産物の輸送と市場へのアクセスの改善および日常生活における社会インフラへのアクセスの改善等を目途とした農村道路の整備・拡充計画に限定するものとする。すなわち、基本的には大規模な道路の改修・改良は行わず、既存の小径および狭幅員盛土道路を最低限 3.0 m まで拡幅し、盛土状態を改善した後、20 cm 厚の砂利舗装を行う程度の道路改修計画にとどめるものとする。具体的には、表 3.2.5 に示す様に灌漑適地近傍に位置する集落から地方幹線道路へ至る未改修道路（地方局管轄下の道路）を改修するものとし、改修総延長は 279 km である。

3.2.6.3 飲料水施設整備計画

本計画の策定に当たっては、「国家地方給水・衛生プログラム」において提示されているボアホールの密度、250 人/ボアホールの基準を満たすことを目途とした。表 3.2.6 に示す様に 90 本の既存井戸の改修と 101 本の新規井戸の建設が提案される。これによって、現在飲料水用井戸が著しく不足しているサニャティ共同体地区、チシナ-I 地区およびチシナ-II 地区の給水状況が改善されることが期待される。

3.2.6.4 コミュニティー・センターの建設及びコミュニケーション・システムの改善

コミュニティーセンターについては、原則的に新規建築物は計画しない。本レポートのパート 4 にて記述する様に、パイロットプロジェクトの一環としてニャルパクエに約 300 人を収容出来るコミュニティーセンターを建設することを提案しているので、このセンターが地域住民のコミュニケーションに、そして地域の情報伝達手段として有効かつ効率的に機能していると判断された場合に、クドウダム灌漑農業開発計画地区全体に波及させることが望ましいと考えられる。

調査対象地域を対象としたコミュニケーション・システムの改善は、移動式の情報伝達システムを構築して村落を巡回することにより情報の伝達と農業知識の普及を図るものとする。具体的にはオーディオ器機によって、農民の日常的農業活動に役立つ情報と知識を提供しようとするものである。オーディオ器機は 3 つのグループによって取り扱うものとする。各グループはオーディオ器機 1 台と移動用車両 1 台を保有し、各村落を巡回し、視覚および口頭による情報の普及に努めるものとする。なお、1 グループは 3 人で構成するものとし、構成メンバーは AGRITEX の農業普及員から選任するものとする。

3.2.7 農業支援サービス強化計画

3.2.7.1 農業試験研究及び普及

(1) 農業試験研究

ジンバブエの農業試験研究システムは、大農の高い生産性を支援して来た経緯があり、比較的良く整備されている。しかし、本計画の試験研究面での支援を考慮した場合以下の点に留意する必要がある。

- (a) 計画地区に関連する3郡の公的試験研究施設としては綿花研究所が一つあるだけで、他の作物を対象とする試験研究施設はない。
- (b) 試験研究と普及活動の連携システムが確立されておらず、試験研究の成果が普及活動に利用できない状況にある。
- (c) 現在、土地・農業省が推進している試験研究活動の商業化政策は、本計画策定に於いても十分に留意する必要がある。

上述の留意点に基づき、本計画の試験研究に係る提案は以下の基本方針で行うこととする。

- (a) 育種等の高いレベルの試験研究を対象とした新規の研究施設の設置は本計画の中では行わない。しかし、他の試験研究機関が開発・提供する作物品種や生産技術の現地適応試験を行うための施設設置の必要性は高い。こうした概念に基づく施設は、本計画の中で提案する(3.2.10節参照)ムニャティ川下流域農業開発公団(LMADA)の中の一つの部門として計画する。
- (b) 試験研究を担当する部門の目的は、灌漑条件下に於ける適正生産技術の確立であり、実地試験並びに適応試験を中心に、主に小農の農地を利用して行うこととする。
- (c) 適応試験の実施においては、受益者である農民側の各種条件を十分に理解する必要がある。例えば、農民の家族労働力や生産資機材の利用可能性、農民参加を通じて初めて明らかになる小農の試験研究に対するニーズ等について吟味する必要がある。

以上の基本方針に基づき、提案する試験研究部門の主要業務は以下のとおりとする。

- (a) 民間セクターを含む他の試験研究機関との連携を通じ、研究技術開発のモニタリングを行うと共に関連研究成果の収集を行う。
- (b) 他の試験研究機関から提供される研究成果に基づく現地適応試験を実施する。
- (c) 農業普及員が運営する展示圃場計画を策定する。

ムニャティ川下流域農業開発公団の試験研究部門は、灌漑農業開発に主眼をおいた各種試験研究を行うが、同時に畜産(特に畜力として重要)を側面支援するための草地を対象とした試験研究も行い、地区内の農業生産システム改善に寄与することとする。

(2) 農業普及

AGRITEXの機構改革は農業支援・管理計画(ASMP)の下で現在推進されている。農

業支援・管理計画では、AGRITEX がより合理的で対費用効果の高い普及サービスを提供できる組織に転換することを目指して、組織再編や普及職員の配置替え、さらには、普及サービスのいくつかの分野の商業化が行われている。一方、適切な農業普及体制の開発・導入は、実施機関の費用負担を増加させるものではあるが、本計画を成功させるためには不可欠なものである。特に計画初期の段階に於いて、十分な支援がなされてこそ期待される作物生産及び収入増加が小農レベル引いては国家レベルで達成されることとなる。

また、受益者である農民側の特徴として、(i) 多くの農民にとって灌漑農業の経験が殆どないこと、(ii) 家畜の中では牛が最も多く飼育されており耕作や運搬作業に重要な役割を果たしていること、(iii) 農民の教育水準は全般に低く約半数の世帯主が学校教育を受けていないか小学校中退者であること、(iv) 女性の農作業に於ける重要性が特に作物栽培において高いこと、(v) 一方、女性の情報収集活動に於ける役割は低く多くは男性が行っていること等があげられる。

以上のことから、本計画で提案する農業普及サービスは、以下の基本方針のもとに計画する。

- (a) 灌漑地区農民に対する灌漑農業技術の指導・普及体制確立を目的として、プロジェクト地区ムニャティ川兩岸に灌漑農業技術普及センター (IAEC) を設立する。左岸地区ではパイロットプロジェクトでニャルパクウェ地区に建設される農業普及センターの拡充により IAEC を設立するものとし、右岸地区ではセケダム灌漑地区に IAEC を設立するものとする。同センターは LMADA の農業部によって運営され、プロジェクトで実施される普及サービスの拠点施設として位置付けられることとなる。
- (b) 導入する普及サービスは能力のある普及職員を適切に配置し、加えて既存施設の利用を可能な限り図り対費用効果が高いものとする。
- (c) 普及サービスは主に灌漑地区農民を対象に提供するが、畜力確保の観点から草地改良に対する支援も行う。
- (d) 密度の高い普及サービスを計画初期の約 5 年間に亘り行い、その後は、少ないサービスでも 3 次水路灌漑システムの維持管理及び作物栽培を農民自身が主体となって実施できるようにする。
- (e) 民間部門、特に生産資機材供給会社及び契約栽培会社を巻き込んだ普及サービス活動を行う。

本計画の枠組みの中で実施される農業普及サービスの主な役割は以下のとおりである。

- (a) 農民の灌漑条件下での生産活動を確実にするための技術支援。
- (b) 各 3 次水路システムの維持管理を担当する水利組合設立に対する支援。
- (c) LMADA の試験研究部門との協調による、灌漑システム維持管理技術訓練の実施。
- (d) 生産資機材供給会社及び契約栽培会社との緊密な協力関係を維持し、民間セクターによる灌漑農業技術に係る訓練提供の促進。

以上の農業普及サービスを提供するに当たり、提案するムニャティ川下流域農業開発公団

の中に「普及・維持管理支援課」を設置する必要がある。この部は、既存3郡（カドマ、北ゴクエ、南ゴクエ）のAGRITEXに代わり、灌漑地区農民を対象に普及サービスを担当する。普及職員は、現在配置されている職員に限定せず、西マシヨナランド州及びミッドランド州、あるいはその他の州や郡のAGRITEX事務所から集めることになる。現段階での普及職員の必要人数の推計は難しいが、少なくとも3つの3次水路システム（一般的には約100ha/3次水路システム）に一人の普及職員の配置が必要になるものと考えられる。普及職員の配置に当っては、女性の作物生産活動に於ける役割の重要性からして、少なくとも職員の20%程度は女性にすべきである。また、殆どの普及職員は灌漑農業の知識が不足しているため、配属前にはこうした面での訓練を既存施設（綿花訓練センター、ドンボシャワ訓練所、ハットクリフ技術訓練所）を利用して行う必要がある。

3.2.7.2 信用貸付け利用促進計画

小農への信用貸付けの方法はここ数年で大きな変化を遂げてきている。特にアグリバンクとCOTCO（両者で調査地域の貸付けのほぼ90%を占める）が提供する信用貸付けの大半は現在グループ貸付けに割り当てられるようになってきている。従って、本計画に於いてもグループ形成が重要となる。グループ形成により、農民はCOTCO及びアグリバンクが推進しているグループ貸付けスキームへの参加が可能となる。アグリバンクにとっては、グループ貸付けは小農からの複数の融資申請をまとめる事で貸付け実行に係る費用を削減し、又、グループ貸付けが共同責任による返済を必要とすることから仲間からの圧力で返済実績を上げる手段となる。又、生産者グループを形成する事は農民にとって他の面でも利益となる。

上記した内容に基づく本計画に於ける信用貸付けに係る提案は以下のとおりである。

- (1) グループ形成が現在作物生産のための貸付けを受ける基本条件となっている。従って、本計画に於いては、生産者グループにせよ、水利用者グループにせよ、農民グループ形成のための活動を行う。しかし、グループ形成により農民が全ての作物生産に対して融資を受けれることができるわけではない。綿花栽培の農民はCOTCOからのグループ貸付けを受ける資格を持つこととなる。アグリバンクのグループ貸付けも、綿花以外の作物生産に対する農民の短期融資ニーズを満たす役割を担うものであるが貸出しは限定されている。また、輸出企業及び農産加工業者の外部栽培者として野菜を栽培することになる農民は、こうした企業から種子、肥料、農薬等の購入のための貸付けを受けることが可能となる。しかし、トウモロコシ、ラッカセイ、コムギの栽培者がアグリバンク融資を利用できない場合は、他の借入先を探さなければならないことになる。本計画ではこれら作物の生産も灌漑条件下で実施することを計画しているため、上記した農民グループ形成のための活動に加え、以下の活動を行うことが望まれる。
- (2) ムニャティ川下流域農業開発公団は、アグリバンクに対し農民のコムギ、トウモロコシ、ラッカセイ栽培用にグループ貸付けを供与するよう要請する必要がある。これら3作物の年間生産費の総額は現在価格で約Z\$2億6,700万と推計される。加えて、現在、グループ貸付けの資格取得の前提条件としてアグリバンクが提供している訓練を強化・提供するよう同行との間で調整を行う必要がある。又、ムニ

ャティ川下流域公団普及員がアグリバンクを支援し、農民が信用貸付け資格を得るための組織作りを行うよう促すことも重要な活動となる。

- (3) ムニャティ川下流域農業開発公団は、また、COTCO に対し計画地区で毎年栽培される 17,500 ha の綿花生産に対する貸付け供与について要請を行う必要がある。この綿花生産に係る年間生産費の総額は現在価格で Z\$1 億 5,300 万と推計される。加えて、計画灌漑地区周辺に適当な数の集荷ポイントを設立するよう COTCO に対して要請する必要がある。

3.2.7.3 流通改善計画

価格の自由化、輸出入の自由化等の法的緩和による市場改革が行われた結果、農産物の流通・加工に多くの業者が参入し、かつ競争環境を作り出すとともに市場による価格決定が行われるようになった。農業政策の枠組み（Agricultural Policy Framework 1995-2020）では、政策及び構造的な課題は解決済みで今後はインフラストラクチャーに力を注ぐべきだとしている。

(1) 市場介入の原理

プロジェクト地域における市場計画は、政府の既存施策の枠組みの中で作成しなければならない。即ち、現状では、市場流通の規制緩和が行われた結果、農産物及び生産資材の市場価格は、より競争的な市場原理に基づいて決定されているということである。一方、こうした市場の構造や機能により、市場に歪みが生じている可能性があることも認識する必要がある。このような市場の歪みは、適切な政策や市場介入により、農民が農業生産資材の購入や生産物の販売に於いて不利益を被ることがないように対処する必要がある。さらに、公平さの観点から考えても、例えば、農村の遠隔さ、社会・生産基盤の未整備、農業生産資材の不足、市場情報の不足等は、市場への介入がなされ得るものである。本プロジェクトの流通改善計画の策定に於いては、こうした市場の歪みや失敗さらに公正さに基づいた市場介入を提案することである。

(2) 農産物運搬道路

市場計画の作成に当たって不可欠なことは、プロジェクト地域において満足出来るような道路ネットワークの構築である。プロジェクト地域から最寄りの市場までの距離は 3.5km~65 km で、平均では 25 km である。灌漑予定地区農家が各々の農地から 5 km 以内に道路へ出れる年中通行可能な農道の整備が必要である。灌漑予定地域の詳細な道路事情をみると、幅が 3 m 以上の道路が多く存在しており、農家が資材や農産物を運搬するのに 5 km 以上を牛車・馬車を利用しなくても済む。しかし、道路の状態が悪く、年間幾度も通行不可能となる。このような道路を年中通行可能になるよう改修が必要である。

(3) 農産物の集荷ポイントと生産資材の販売ポイント

農産物の主な取引組織である穀物流通評議会（GMB）、綿花流通評議会（COTCO）、乳製品流通評議会（DMB）と冷蔵貯蔵委員会（CSC）や民間の農業生産資材販売業者や農産物買取業者などと連携をとり、一時的な集荷ポイントを設置することを促める（プロジェクトの費用には含まれない）。上記の業者に対して、集荷と販売が出来るよう事

務所の場所や倉庫などを提供すること（費用を回収するように）を促める。既に、GMBとCOTCOがサニャティ、ゴクエ及びネンブジアにおいて拠点を持っている。シードコ（Seedco）もネンブジアに種子販売所を持っている。穀物や綿花の配送距離は遠くても農家から15 km以内にすべきである。

(4) グロスポイント（Growth Point）の整備

定住計画が完成したところの共同・入植地区の灌漑開発地区の農家人口は10万人を上回ると予想され、集中する人口に対し経済活動の場を提供するための、政府機関、民間業者、農業生産資材取り引き業者、金融機関などが必要となる。社会・行政組織を完備した（例えば、道路、下水、飲料水、学校及び、官庁、食料店、オフィス、銀行、郵便局など）新たなグロスポイントを設置する必要がある。拠点はマルング(Marungu)やガニユングビジネスセンター(Ganyungu Business Center)のような中心地に設置すべきである。グロスポイントの他に、農家が時折新鮮な農産物を販売できるようなオープンマーケットを設置することも必要である。このようなオープンマーケットは敷地約360 m²(約60 x 60m)とし個々の業者に屋根付き、コンクリート床、3面開放の小販売区画(4x4m)を提供する。必要となるマーケットの施設は、水・電気供給施設、計量ルーム、計量機器、トラックの荷降ろし場、下水・ごみ処理施設、トイレ、電話、マネージャー・事務員室、警備員室である。マネージャーは場所代を徴収し施設のメンテナンスを行う。

(5) 生産者組合

200世帯程度の農家で構成する生産者組合を組織しムニャティ川下流域農業開発公団に登録する。この組合は農業生産資材の大部分を購入し、作物生産のための融資についてグループ交渉を行う。また、多量購入に対しての利子、外部業者との販売契約等の交渉、品質管理を行う。組合は、農業生産資材の多量購入と農産物の販売に関しても団体交渉を行い交渉を有利に進めるメリットがある。生産者組合は銀行に普通口座を持つことと組合員は財務及びマネージメントについて研修を受ける必要がある。生産者組合の事務所兼集出荷施設も設ける必要がある。この施設には、事務室、会議室に加え、種子や肥料等保管用の倉庫、生鮮農産物の選別、袋詰め等を行う屋根付きの集出荷場も設けるべきである。

(6) 市場振興活動

市場振興を担当する部門を提案するLMADA(3.2.10節参照)の中に設ける。同部門はプロジェクト全域の農家に対し、農産物の販売や農業生産資材の購入に関する支援を行う。同部門は直接的にも間接的にも農産物や生産資材の取引は行わない。同部門の役割は、輸出業者、加工業者、農業生産資材販売業者に折衝を行い市場を開拓すると共に農産物の販売や生産資材購入の際の農家の交渉力を増すために農家を組織化することである。契約栽培により生産及び販売リスクが減少すると考えられる。同部門が市場の動向を観察するとともに、高価値農産物の輸出及び加工の可能性も開拓する。市場価格制度導入後の農家の経験によれば、このようなサービスの提供は、小農の正当な農産物価格及び市場情報入手に於いて必要である。

市場振興部門の具体的な機能は、(a)市場動向のレビュー、市場傾向・可能性の分析、農家所得の分析、新規作物導入によるリスクや代替作物に係る農民教育、(b)ジンバブ

エ園芸作物評議会のような輸出及び生産者組織と常時接触を計ることによる生鮮農産物需要と供給に係る情報の入手、(c) 農業生産資材の市場と価格の観察結果に基づく農家への助言、(d) 生産者組合の結成、財務・管理、農業生産資材の購入及び農産物の販売に係る助言、(e) 農家が加工業者・輸出業者と契約を結ぶ際の、価格、選別、運搬等に関する支援、(f) 生産、便益、販売可能な余剰についての統計情報の収集、(g) 契約に関し農家や生産者組合に対する法的な助言、(h) AGRITEX 及び研究機関などと連携をとり、生産、流通、選別、品質管理、運搬、冷蔵及び輸出規則などに係る普及等である。

3.2.7.4 農業支援サービス強化プログラム

前節で提案された農業支援サービス強化施策に基づき選定された、プロジェクトで実施を計画する農業支援サービス強化プログラムは以下のとおりである。

(a) 灌漑農業技術普及センター (IAEC) 設立

パイロットプロジェクトで建設される農業普及センターの拡充によるニャルパクウェ地区及びセケダム灌漑地区の2ヶ所でのIAECの設立。設立計画内容は事務所、訓練・集会所、倉庫等のIAEC施設の建設、事務所備品・機材及び訓練機材の調達である。

(b) 現地適応試験

作物選定・栽培、灌漑法、水管理、草地改良・管理等に係る現地適応試験。

(c) 普及プログラム

圃場プログラム (小規模・大規模展示圃)、農民訓練プログラム (耕種法、水管理、農民組織、草地管理等)、視察旅行。

(d) 水利組合設立指導・支援

3次水路毎の水利組合設立指導・支援 (プログラム内容はマスガイダンス・訓練・ワークショップ・設立支援等)。

(e) 農民組織設立指導・支援

牧区開発パイロットスキーム受益農民組織の強化あるいは設立指導・支援。

農業支援サービス強化プログラムの詳細は表 3.2.7 に示した。農産物運搬道路の改修は3.2.6 節に計画されており、普及職員の能力向上訓練はプロジェクト事務所設立・運営のなかで実施されることとなる。また、オープンマーケット開設はパイロットプロジェクトにおいてパイロットケースとして計画されている。

3.2.8 クドウダム設計のレビュー

限られた水資源を開発するというジンバブエ国の政策に基づいて、ムニャティ川にクドウダムを建設するという計画が1960年代にたてられ、1993年にはジンバブエ政府の予算でダムの設計が実施された。DWDにて設計されたクドウダムの概要は次の通りである。

クドウダムの概要

Hydrological Data		Dam body	
River	Munyati	Main dam	
Major tributaries	Nyamalani, Mazde Umsweswe, Zhombe Sesombi, Sebakwe	Dam type	Zoned fill dam
Catchment area	17,520 km ²	Height of dam	72.70 m
Mean annual rainfall	700 mm	Crest level	EL. 955.20 m
Mean annual runoff	56.7 mm	Crest length	860.00 m
Yield at 10% risk	993 x 10 ⁶ m ³ 380 x 10 ⁶ m ³	Crest width	8.00 m
		Slope upstream	1:2.4 - 1:2.6
		downstream	1:2.0 - 1:2.3
		Embankment volume	6.2 x 10 ⁶ m ³
Reservoir		Saddle dam	
Surface area at FSL	7,800 ha	Dam type	Zoned fill dam
Full supply capacity	1,551.40 x 10 ⁶ m ³	Height of dam	30.00 m
Live storage	1,426.85 x 10 ⁶ m ³	Crest length	875.00 m
Dead storage	60.00 x 10 ⁶ m ³	Crest width	8.00 m
Sediment volume	64.55 x 10 ⁶ m ³	Slope upstream	1:2.5
High flood level	EL. 953.12 m	downstream	1:2.0 - 1:2.1
Full supply level	EL. 947.00 m	Embankment volume	1.3 x 10 ⁶ m ³
Minimum level	EL. 905.00 m		
River bed level	EL. 882.50 m		
Spillway		Outlet works	
Type	Ungated ogee type	Type	Intake tower
Crest length	300 m	Tunnel Diameter	2.5 m
Design flood discharge	12,122 m ³ /s (2000 year flood)	Length	650 m
Overflow depth	6.12 m	Outlet capacity (at level of 10% full capacity)	31.49 m ³ /s

今回の調査ではこれら水開発局 (DWD)によって実施された設計のレビューを設計時のデータならびに今回の調査で実施した補足調査結果を用いて行ったものであり、以下にそのレビュー結果を示す。

3.2.8.1 ダムサイトの地質

ダムサイトにおける地質調査は、1990/91年にDWDのよって実施されており、その調査内容は次表の通りであり、調査結果は1991年に地質調査報告書にとりまとめられている。

DWDによって実施されたクドウダムサイトにおける地質調査

Location	Boring	Seismic Exploration	Test Pitting	Laboratory Testing
Main Dam	16	○	○	
Saddle Dam	8	○	○	
Spillway	6	○		
Intake Facilities	6			
Borrow Area			○	○

ダムサイトの基盤岩は河床部及び右岸側は玄武岩で、左岸側は珪質粘土岩、アレナイト(砂質岩)、礫岩等の堆積岩である。この基盤岩はとても堅質であり、深層はもとより浅層及び剪断変形に沿った劣化・風化部分でさえ一軸圧縮強度が58.9 N/mm²以上と推定される。また、DWDの設計報告書にも記述されている河床部の断層は、それほど大きな危険性はない。剪断変形部分は密着しており、相当の深さまで風化しているようだが、粘性土の堆積はない。

強度の点から見ると、それぞれ左岸側では岩表層から1~5 mの深さに、右岸側では5

～10 mの深さに基礎となりうる層がみられる。河床部や段丘堆積物の下層では表層部の除去を除いて岩掘削の必要はない。DWDによる設計時には透水試験は行っていないが、左岸側の基盤岩は透水性が高く、水密性を高めるために相当数のグラウトを行う必要がある。これに加え左岸側の尾根線に沿って水密性を持たせるために、かなりの長さのリムグラウティングが必要となる。なぜなら、左岸側のアバットメント部分の地山が比較的薄く、十分な浸透路長を確保できないからである。右岸側での多量の岩掘削および左岸側における多数のグラウト注入を避けるためには、基礎状況、透水性などの地質・土質的条件を確認した上で、現在のダム軸を100～200 m上流に移すことが考えられる。

地表堆積物は表層土、残積土、崖錘堆積物、段丘堆積物、河川堆積物から成る。崖錘堆積物は兩岸の表層に5 mの厚さで堆積しており、段丘堆積物はその下に左岸側で15～20 m、右岸側で8～12 mの厚さで堆積している。その他の堆積物は部分的に見られるが、堆積層はどれも薄い。これらの堆積層はダム敷きから除去し、堆積土の土質的性格によってはダム堤体の材料として使用できる可能性がある。

3.2.8.2 築堤材料

クドウダムは堤高約73 mのゾーン型フィルダムとして1993年にDWDによって設計が行われている。今回の第1次現地調査では、ロックフィルダム建設の可能性と土質材料特性（特に土取場の深度2 m以深）の精査を目的として追加調査の実施を提案した。

(1) 土質材料

DWDが実施した堤体材料調査報告書によると、29ヶ所の土取り場から得られるコア材料の量は約 $6.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ で、これは必要数量の約2.5倍となっているのに対し、シェル材料は、 $2.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ で必要数量の約半分しか得られないことになっている。調査報告書では各土取り場におけるテストピットの深さは2 mで、その内上層部の1 mがコア材料に、下層部の1 mがシェル材料として利用可能としている。しかしながら、今回の土取り場の現地踏査からは、上記25ヶ所の土取り場のかなりの場所では深さ5 m以上のところでも堤体材料として使用可能な材料が期待出来ると判断された。また、土取り場の表層土には有機物が含まれており、一般的に堤体材料としてはその含有率は3%以下であるべきとされていることから、多量のロスを考慮する必要がある。加えて土取り場は出来るだけ範囲を広げず、まとまったところから材料を確保することが経済的にも有利となる。以上のことから、今回の調査では追加調査として、土取り場をしばって10ヶ所のテストピットを掘削した。各テストピットの深さは5 mとし、各ピットからサンプル土を採取して土質試験を実施した。

DWD設計によるゾーン型フィルダムの標準断面では、土質材料のなかからコア材料を中央部分とし、上下流にシェルゾーンを配置したゾーニングがなされている。しかしながら、DWDによる調査と今回の追加調査で得られた土質材料の試験結果から判断すると、明らかに粒度分布が異なるものを除いて、コア材料とシェル材料を選別採取することは困難である。このことから、コア材料とシェル材料の配置計画に当たっては、

- ・ 主として遮水性に重点を置いたゾーンをコアゾーン
- ・ 主として強度に重点を置いたゾーンをシェルゾーン

とすることが推奨される。コアゾーンには透水係数が $k=1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ 以下の不透水性

材料を、シェルゾーンには透水係数が $k=1 \times 10^{-4}$ cm/s 以上の半透水性材料を使用する事が望まれる。また、せん断強度 (C', ϕ') は広範囲に分布するが、平均的にコアゾーンで $\phi'=25^\circ$ 、シェルゾーンで $\phi'=30^\circ$ 程度が期待できると思われる。

(2) 砂礫材料

DWD の調査報告書では、砂礫材料はダムサイトの約 300 m から 1,000 m 上流の河床で得られるが、その量は 42,400 m³ でフィルター材必要数量の半分しかなく、他に採取場所を探す必要があるとしている。今回の調査では、主として堤体下流部を踏査し、約 1 ~ 3 km 下流部に深さ 1 m のテストピットを 5ヶ所掘削し河床堆積物を調査した。調査結果から、砂礫材料はフィルターゾーンへの流用が期待されるほか、コンクリート用細骨材の候補材としても期待出来ると判断される。

(3) ロック材料

DWD 調査報告書によると、ダムサイト周辺にはロック材料は無く、約 12-15 km 北東の離れた場所で得られる可能性があるとなっている。今回のダムサイト周辺現場踏査結果では、約 4 km 上流部にロック材として使用可能な採取地を発見し、いくつかの岩片を採って強度試験を実施した。その結果は、材料はロック材及びリップラップ材として期待出来ることを示している。ただし、賦存量の確認は行われていないので、今後詳細な調査が必要である。

3.2.8.3 堤体

(1) ダムタイプ・ダム軸

(a) ダムタイプ

DWD による設計報告書では、クドウダムのダムタイプにはゾーン型フィルダムが採用されている。これはダムサイト近傍より良質なロック材料を大量に入手することが困難と判断されたためである。しかし、今回の現地調査ではダムサイト上流 4~5 km の右岸側に原石山候補地が確認された。現時点では、原石山から得られるロック材料の質や量は不明である。しかし、ダムサイトの左右岸に位置する既存のボーリングコアを用いた岩石試験（圧縮強度、吸水率、比重）の結果では、これらの岩石材料はロック材として遜色ないことが判明した。このことから、ダムタイプの選定に関して、ゾーン型フィルダムとロックフィルダムの両者について比較検討を行った。両者の概算工事費の比較検討の結果、ゾーン型フィルダムとロックフィルダム両者の差はわずかではあるものの、ゾーン型フィルダムの経済的優位性が認められたことから、クドウダムのダムタイプは原設計通りゾーン型フィルダムとする。但し、本ダムは堤高が約 72 m と高い事から、間隙圧や変形に対する安全性を考慮すると、ロックフィルダムの方が適していると思われるので、今後ダムサイトにおける原石山の位置、ロック材料の賦存量及び岩質に関する詳細な調査を実施し、ロックフィルダム採用の可能性を検討することが望まれる。

(b) ダム軸

ダム軸を選定する場合の留意点は、(i) ダムの基礎として変形止水性や強度の面

で問題がないこと、及び (ii) 最小の堤体積や掘削量で最大の貯水量が確保されることである。現計画のダム軸は、上記を満足するものであるが、地形図に見られる様に現ダム軸の左岸側には発達した沢地形が認められる。さらに、左岸側の EL930 以上にはレキ岩が分布している。ボーリングコアの観察結果ではレキ岩部の透水性は他の部分より高いことが想定される。ダム軸を選定する際には、地山を迂回する浸透水に対しても十分な安全性を確保することが必要である。基礎の浸透破壊（パイピング）に対する安全性を評価する方法にクリープ比を用いる方法がある。ここでは Bligh（ブライ）の示した方法により基礎のパイピングに対する検討を行った。図 3.2.10 に、現計画のダム軸とこれを上流側に 100m 移動させた場合のダム軸を示した。

図中に示した流線に対してクリープ比を求めると、現ダム軸で 11.5、上流 100 m 案で 14.7 となる。これに対し、レキ岩の透水性な部分が砂・砂利～粗砂から成ると想定すると、必要なクリープ比は 9～12 である。したがって現ダム軸でのクリープ比は十分とは言えず、新しいダム軸として上流へ約 100 m 移動させることが提案される。なお、この場合貯水容量は減少するが、その量は総貯水量（1,551.4 百万 m^3 ）の 0.26% にすぎない。しかしながら、このダム軸を移動させるに当たっては新サイトの地質状況を確認する必要がある。また、現設計通りのダム軸を採用する場合には浸透に対する対策が必要である。

(2) 地震力

ジンバブエ国は、地震地帯の領域外に位置すると考えられており、ジンバブエ国内で完成したダムの設計には地震力は考慮されていない。ここでは、設計地震力に関する考え方として以下を提案する。

- (i) 基本的な方針として地震力は考慮しない。
- (ii) ジンバブエ国内で発生した過去の地震記録を可能な限り多く収集し、これに統計処理を施して将来起こり得る地震によって発生する最大加速度の期待値を求める。
- (iii) すべりに対する安全率 (F_s) として
地震力を考慮しない場合 …… $F_s \geq 1.2$
統計処理による地震力を考慮する場合 …… $F_s \geq 1.1$

上記の提案は、クドウダムは規模が大きく、万一の破堤による下流域の被害は計り知れないため 200 年確率相当の地震が発生した場合にも少なくとも $F_s \geq 1.1$ を確保しようとするものである。収集した過去 26 年間（1973-1998）の地震記録を基に、200 年確率相当の地震による最大加速度の期待値は約 45gal と算定された。

(3) 堤体の安定計算

安定計算は、貯水位が設計洪水位、常時満水位、中間水位及び完成後の 4 ケースについて、円形すべり面法を用いて行なわれた。その結果、図 3.2.11 に示される様に、堤体上流部の勾配は 1:2.4 から 1:2.6 に、下流部の勾配は 1:2.6 から 1:2.8 にすることが提案される。

3.2.8.4 基礎処理

ダムサイトでは原設計時 DWD によって数多くのボーリングが行われているが、透水試験は実施されていない。原設計では一列のカーテングラウトが計画されているのみである。ボーリングコアや柱状図の観察から、基礎深部の岩盤は良好と判断され一列のカーテングラウトで良いと思われるが、表層部は透水性を改良するために原案のカーテングラウトの上下流に各々一列の補助カーテングラウトをすることが提案される。更に、基礎の水密性を高めコアゾーンと基礎境界面の一体化を図るために、ブランケットグラウトを施工することが望ましい。

3.2.8.5 洪水吐

DWD 設計における洪水吐は、2000 年確率洪水量を対象とし、越流堰部のみをコンクリート構造物とした設計がなされている。越流後の流水は、洪水量の大小にかかわらず自然状態の地山を流下し河川に流入する。地質調査の結果からは、越流堰より下流の地山には玄武岩風化層や崖錐堆積層が少なくとも 5 m 以上分布していると想定される。この場合、越流水はこれらの地山を徐々に浸食し、地山を荒廃させることが考えられる。

一方、ジンバブエ国では洪水吐の設計洪水量に関して、経済性の点から非常用洪水吐は 2000 年確率とするものの、250 年確率洪水流量を常用洪水吐の対象洪水量としている場合もある。このことから、発生頻度の高い 250 年確率までの洪水は、常用洪水吐により安定した流況で河川に放流することとし、それ以上の洪水は非常用洪水吐で対処する計画とすることが提案される。以上より、常用洪水吐は 250 年確率洪水量を流下できる規模とし、安定した流況を確保するためコンクリート構造物として計画する。非常用洪水吐は、超過確率 2000 年洪水量が排除できる規模とし、流入部のみをコンクリート構造とし、河川へ接続する放流路は自然流路を使用する計画とする。

3.2.8.6 仮排水トンネルの検討

一般的にフィルダムは越流に対する抵抗性に乏しく、建設中であっても天端を越流する事態は避けるべきである。ジンバブエ国の中小河川は一般に河床幅が広く、乾期には河川水が消滅することが多い。ジンバブエ国ではこのような河川の特性を活かし、ダムの建設時に仮排水路を設けないのが一般的である。即ち、乾期に盛立てた堤体の一部に予めセキを設け、雨期の洪水にそなえる方法である。

DWD の原設計においてもこの方法が採られており、仮排水トンネルは考慮されていない。しかし、クドウダムは盛土量が約 950 万 m^3 と大規模であり、工事期間も約 5 年は必要で雨期を何回か越さなければならない。更に、ダムサイトにおける流域面積が 17,000 km^2 と大きく工事中には大きな洪水が予想される。従って、上記に示す仮排水路なしの施工方法を採用する場合は、いくらこれ迄の実績があるとはいえ堤体部の越流部分の保護や前に盛られた堤体に新たな盛土を行う場合の両者の接合部の施工等に特に慎重な配慮が必要となる。より安全な工事の観点からいえば、最良の方法は工事期間中に想定される洪水量をはける仮排水トンネルを設置することであるが、これは工事費がかなり大きくなるので、折衷案として原設計の取水トンネルの断面を大きくするとともにもっと低い位置に設け、これを仮排水路の一部として使用し、出来るだけ堤体に設けるセキからの越流を少なくすることが提案される。