

国際協力事業団
ボリビア国
持続的開発・環境省
経済開発省
サンタクルス県開発公社

ボリビア国

サンタクルス北部地域洪水対策計画調査

ファイナルレポート

要約

平成8年6月

JICA LIBRARY

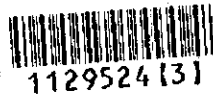


J 1129524 (3)

株式会社 パシフィックコンサルタンツインターナショナル
セントラルコンサルタンツ株式会社

社調二
J R
96-079

ボリビア国
サンタクルス北部地域洪水対策計画調査
ファイナルレポート
要約
平成8年6月
R2
S17
SSS



1129524 [3]

国際協力事業団

ボリヴィア国

持続的開発・環境省

経済開発省

サンタクルス県開発公社

ボリヴィア国

サンタクルス北部地域洪水対策計画調査

ファイナルレポート

要 約

平成8年6月

株式会社 パシフィックコンサルタンツインターナショナル
セントラルコンサルタント株式会社

本報告書では事業費を1995年10月時点の市場価格で見積り、ボリビアーノで表示した。また、使用した通貨換算率は以下の通りである。

US \$ 1.00 = Bs. 4.86 = Yen 100.00 (1995年10月の通貨換算率)

序 文

日本国政府はボリヴィア国政府の要請に基づき、同国のサンタクルス北部地域洪水対策計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成 7年 3月から平成 8年 6月までの間、3回にわたり、株式会社 パシフィック コンサルタンツ インターナショナルの 田中 元氏を団長とし、同社およびセントラル コンサルタント株式会社より構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ボリヴィア国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 8年 6月

国際協力事業団

藤田 公郎

総裁 藤田 公郎

サンタクルス北部地域洪水対策計画調査報告書

伝 達 状

平成 8年 6月

国際協力事業団

総裁 藤 田 公 郎 殿

ボリヴィア国サンタクルス北部地域洪水対策計画調査の最終報告書を提出します。本報告書は、平成 7年3月20日、平成8年1月22日、平成8年5月20日の3回にわたる国際協力事業団と株式会社パシフィック コンサルタンツ インターナショナルおよびセントラルコンサルタント株式会社の共同企業体との間で締結した契約に基づいて作成しました。

本報告書は、サンタクルス北部地域の洪水および排水問題の分析に基づき必要な対策に関するマスタープランを策定しました。さらにフィージビリティ調査にかかる優先プロジェクトについて選定しました。報告書は要約報告書、主報告書、付属報告書および資料集にとりまとめました。

本報告書を提出するにあたり、多大なご支援を賜った貴事業団、作業監理委員会、在ボリヴィア日本大使館の諸賢ならびにボリヴィア政府機関の関係各位に対し、心から感謝の意を表するとともに、本調査の成果がサンタクルス北部地域の洪水防御および排水改善と社会経済開発推進の一助となることを希望する次第です。

株式会社 パシフィック コンサルタンツ インターナショナル
ボリヴィア国 サンタクルス北部地域洪水対策計画調査
調査団長 田 中 元

調査結果の概要

サンタクルス北部地域洪水対策計画調査

調査結果の概要

1 背景

調査地域(約7,000 平方キロメートル)は、ボリビア国の東部を占めるサンタクルス県の首都、サンタクルス市の北側に広がる平坦な農業地帯である。サンタクルス県の人口は1,364,389人(1992年調査)で、これは国の総人口の21%を占めている。1992年における同県は国のGDPの30%を生産、最大のシェアを占めている。

調査地域は、1980年代の前半までに概ね開発され、現在は、大豆、米、サトウキビ、畜産等の主要な生産地帯であると同時に、県内の生産施設の大半がこの地域に立地する、農業/工業生産上最も重要な地域である。

しかし、調査地域は、地域の主要河川、グランデ川、ピライ川、ヤパカニ川およびそれらの支川の洪水氾濫により、度々洪水被害を受けている。なかでも1992年の洪水被害は記録上最大の洪水被害となった。地形は全体に平坦で、地区内に発達した窪地や底平地の多くは、常習的な排水不良地域を形成しており、調査地域の約35%が常習的な水害地域である。1992年洪水では調査地域の約70%が水害を受けたものと推定されている。特に、同地域の主要入植地である、オキナワを始めとし、アロマ、プエスト フェルナンデス、アントファガスタ及びサンファンの大半の地域が洪水危険地域に位置している。この広大な洪水危険地域および排水不良地域は地域の安定と今後の開発に取って、極めて深刻な問題となっている。

この計画調査では、洪水被害および排水不良の実態を調査し、調査地域の洪水防御及び排水改良の基本計画を策定した。

2 洪水防御 排水改良マスタープラン

2.1 基本事項

調査地域の洪水危険地域は、その浸水深、浸水期間、及び被害状況と土地利用の現状について評価し、洪水頻度が高く、しかも土地利用が高度化している地域を優先的に保全することとし、これに関する必要な対策を検討した。洪水危険地域を下記の2地区に区分した:

ー目標地域ー1：施設対策と非施設対策とで被害軽減を図る地域

上記地域の選定基準

- ー 市街地、集約農業地域など土地利用の高度化している地域で常時洪水の影響を受けている地域
- ー 市街地、集約農業地域など土地利用の高度化している地域で、1992年洪水で、浸水深さ0.5m、浸水期間2日以上と洪水の影響が重い地域

ー目標地域ー2：非施設対策で被害軽減を図る地域

上記地域の選定基準

- ー 牧場や森林など、土地利用が高度化していない地域で、常時洪水及び1992年洪水の影響を受けている地域
- ー 土地利用が高度化しているが、1992年洪水が浸水深0.5m以下、浸水期間2日以下で洪水の影響が比較的軽い地域

なおビライ川本川沿いの地域については、既にマスタープランがあるため、計画対象地域から除外した。

施設対策地域は河川流域および排水流域から下記の7つの地区に区分した。

a. チャネーパイロン地域

- ー1 チャネ川地区
- ー2 パイロン川地区
- ー3 チャネーチャクラス川地区
- ー4 チャネ支川地区
- ー5 オキナワ排水地区

b. サンファンーアントファガスタ地域

- ー1 サンファン地区
- ー2 アントファガスタ地区

計画洪水規模は対策の規模と被害軽減効果の関係を検討の結果、洪水防御施設は10年確率洪水、排水施設は5年確率洪水、各々許容たん水深30センチメートルを基本に計画した。なお、国道橋等の重要な基幹施設については調査地域の既往最大の1992年洪水の規模を考慮し、50年確率規模とした。

マスタープランの目標年次は国家計画(10年毎)及び"CORDECruz"の地方計画(5年毎)を考慮し、2010年とした。

調査地域の2010年のフレームワークは以下の通りである。

- CORDECruzの計画によると、調査地域の人口は年率2.3%で増加し、1992年の約20万人から約30万人になる。ただし人口は都市部で増加し、農村部は現状維持と推定している。
- CORDECruzの土地利用計画によると、調査地域は集約農業(含む畜産)地域に、指定している。調査地域はすでに開発済みなので、2010年の土地利用は1995年現在のものとおおむね同一と推定する。
- 国家経済開発計画は1995年からの10年間の平均経済成長率5%を目標としている。洪水危険地域の農地の安全・安定化により、地域の農業生産の増大、年率5%の成長の達成をはかる。

2.2 洪水および排水改良対策

洪水防御および排水改良対策は以下の構造物対策と非構造物対策とを計画した。:

(1) 構造物対策

目標地域-1の構造物対策は、洪水疎通能力の増大を目的とした河川改修、洪水の越流防止を目的とした築堤(含む道路兼用堤防)、排水能力の増大を目的とした排水路及び排水路網の整備を主体とする。

道路兼用堤防はヤバカニシート川流域とホチ川流域との間に計画した。これはこの二つの流域の洪水を分離することと、同時に洪水時の輸送路および避難路の強化を目的としている。

洪水防御および排水改良に必要な構造物対策を以下に示す。

地域/地区	河川改修 (KM)	幹線排水 (KM)	二次排水網 (KM ²)	道路兼用堤防 (KM)
1 チャネーパイロン地域				
-1 チャネ川地区	27.0	0.0	0.0	0.0
-2 パイロン川地区	32.0	6.5	50.0	0.0
-3 オキナワ排水地区	0.0	21.5	147.0	0.0
-4 チャネ支川地区	34.0	8.0	0.0	0.0
-5 チャネーチャクラス地区	36.5	21.0	284.0	0.0
2 サンファン-アントファガスタ地域				
-1 サンファン地区	14.1	41.3	115.0	0.0
-2 アントファガスタ地区	20.3	10.0	97.0	9.0
合計	163.9	108.3	693.0	9.0

チャネーパイロン地域は、ピライ川の洪水の影響を強く受けるチャネ川の状況を考慮して、下記の2案を計画した。

- 代替案-Iはチャネ川と他の4地区；パイロン川、チャネ支川、チャネーチャクラス及びオキナワ排水地区、で構成される。
- 代替案-IIは、代替案-Iからチャネ川を除外し、残りの4地区のみで構成される。

サンファン-アントファガスタ地域は、サンファンの既存の幹線排水路の流下能力（約2年確率規模）を考慮し、下記の2案を計画した。

- 代替案-Iはサンファンとアントファガスタの2地区から構成され、サンファンの既存の主排水路を補修能力を最大限に生かすとともに、ヤバカニシート川を改修（10年確率規模）し、両者一体として、洪水の流下をはかる。

- 代替案-IIもサンファンとアントファガスタとの2地区で構成する。サンファンの既存の主排水路とヤバカニシート川を分離し、主排水路を5年確率規模で改修し、ヤバカニシート川を10年確率規模で改修する。

(2) 非構造物対策

非構造物対策は、洪水危険地域全域に適用する。構造物対策は、完成までに長い期間を必要とするので、非構造物対策により出来るだけ洪水被害や浸水被害の軽減をはかることが必要である。

非構造物対策としては以下のものを計画をする。

a. 洪水防御のための非構造物対策

- 1 洪水危険地域の死傷者および被害の軽減を図るための洪水警報避難組織
- 2 不適正な土地利用に起因する洪水被害の軽減を図るための洪水対策および氾濫原管理
- 3 湿地帯および湿地林の自然の遊水効果や調節効果を維持、有効利用を図るための遊水地等の土地利用規制
- 4 自然環境資源の保全を図るための河川沿の森林の保全
- 5 洪水被害の軽減を図るための農地および森林地域の適正な管理

b. 排水改良のための非構造物対策

- 1 排水不良による被害の軽減を図るための土地利用の管理
- 2 排水不良による被害の軽減を図るための耐水性作物の導入

2.3 事業費

事業費は直接費、間接費および予備費からなり、間接費は用地買収、事務費、技術費および予備費を計上している。事務費、技術費および予備費はそれぞれ、直接費の5%、10%、15%を計上した。

1) 代替案-I

(単位: 1000 Bs.)

地域/地区	L/C	F/C	合計
1. チャネーパイロン	449,234	453,041	902,275
(1)チャネ川	82,582	93,166	175,748
(2)パイロン川	144,415	145,967	290,382
(3)チャネーチャクラス	110,375	107,675	218,050
(4)チャネ支川	66,771	59,508	126,279
(5)オキナワ排水	45,091	46,725	91,816
2. サンファン-アントファガスタ	92,613	94,727	187,340
(6)サンファン	42,042	44,796	86,838
(7)アントファガスタ	50,571	49,931	100,502
	541,847	547,768	1,089,615

注: 1.0 US\$ = Bs. 4.86 = Yen 100.0 (1995年10月現在)

2) 代替案-II

(単位: 1000 Bs.)

地域/地区	L/C	F/C	Total
1. チャネーパイロン	366,652	359,875	726,527
(1)チャネ川			
(2)パイロン川	144,415	145,967	290,382
(3)チャネーチャクラス	110,375	107,675	218,050
(4)チャネ支川	66,771	59,508	126,279
(5)オキナワ排水	45,091	46,725	91,816
2. サンファン-アントファガスタ	98,204	100,663	198,867
(6)サンファン	47,633	50,732	98,365
(7)アントファガスタ	50,571	49,931	100,502
Total	464,856	460,538	925,394

Note: 1.0 US\$ = Bs. 4.86 = Yen 100.0 (1995年10月現在)

2.4 実施期間は準備期間を含め1996-2010年とした。

2.5 洪水対策事業の経済便益は事業の“有”、“無”による洪水被害予測を比較して算出した。調査・評価した洪水被害は下記のものである。

- 家屋・資産の直接被害
- 農作物・家畜の直接被害
- 公共施設の被害
- 収入および利益の損失

経済評価による各地域のEIRR (%)の値は下記のとおりである。

地域/地区	代替案-I	代替案-II
1 チャネーパイロン地域	11.04	14.00
-1 チャネ川地区	Negative	.
-2 パイロン川地区	14.33	14.33
-3 オキナワ排水地区	12.21	12.21
-4 チャネ支川地区	12.52	12.52
-5 チャネーチャクラス地区	15.38	15.38
2 サンフアン-アントファガスタ地域	13.41	12.51
-1 サンフアン地区	9.97	8.48
-2 アントファガスタ地区	16.24	16.24

2.6 事業による環境上の影響については、河川改修に伴う洪水量の増加や、河道掘削にともなう地下水位の低下は河川沿いの環境に若干影響を与える可能性は予想され、顕著な環境上の悪影響はないものと判断するが、実施にあたっては事前にEIAの実施が必要だろう。

2.7 事業評価

マスタープランの構造物対策は技術、経済上の効率、社会及び環境影響の面から評価した。

技術効率は、浸水深、浸水地域の減少で評価、経済効率は、ボリヴィア国の資本の機会費用（10%～12%と推定）から、EIRRの値が10%以上妥当と評価した。

社会及び環境については、洪水危険地域の減少、環境上の悪い影響の多寡により評価した。

1) チャネーパイロン地域

この地域の構造物対策は、技術、経済、社会、環境上妥当である。

代替案-I、-IIともに、パイロン川、チャネ支川、チャネーチャクラス及びオキナワ排水路地区の浸水状況は、大幅に改善される。しかし、代替案-IIのチャネ川の水位は、10年確率洪水で、現況より0.5m～0.9m上昇する。

EIRRの値は、代替案-Iは11.04%、代替案-IIは14.00%で、ともに地域として妥当である。チャネ川を除くと、他の4地区のEIRRの値は、12.21%以上を示している。

社会的には構造物対策の実施より、470km²が守られ、その効果は高い。

社会的なプラスのインパクトとして、洪水被害の軽減、雇用機会の創出、常に洪水を心配する精神的負担の軽減、土地利用ポテンシャルの高揚が挙げられる。

環境上は、代替案-IIのチャネ川内区については洪水位の上昇に伴う悪影響が予測されるが、他は顕著な悪影響はないだろう。

技術、経済、社会及び環境上の観点から、洪水位の上昇に伴う社会、環境上の悪影響をさけるために、代替案-Iを選定する。

各地区の優先順位についての評価の結果は以下のようになる。

第1 優先地区

- チャネ川地区
- パイロン川地区
- オキナワ排水地区

第2 優先地区

- チャネーチャクラス地区

第3 優先地区

－ チャネ支川地区

2) サンファン－アントファガスタ地域

この地域の構造物対策は、技術、経済、社会、環境上妥当である。

代替案－I、－II共に、浸水状況は大幅に改善される。

構造物対策は、代替案－I、代替案－IIは全体として、EIRRの値はそれぞれ13.41%、12.51%を示し、妥当である。サンファンの構造物対策はEIRR 9.97%と妥当性の境界にある。

社会効果は、代替案－I、－II共に構造物対策によって、210km²の地域が守られ、最も先進的な農業地域であることを考慮すると、チャネ－パイロン川地区同様、その社会的プラスのインパクトは多く、その効果は極めて高いことが予想される。

環境上の悪影響は特にないものと判断される。

技術、経済、社会及び環境上から代替案－Iを選定する。各地区の優先順位は以下に示す。

第1 優先地域

－ アントファガスタ地区

第2 優先地区

－ サンファン地区

2.8 優先プロジェクト

優先プロジェクトの選定に当たっては、技術的效果、経済的效果、社会的影響、環境的な影響を総合的に評価し、特に技術的および経済的效果が大きく、社会的重要度の高い地域、地区における施設を緊急プロジェクトとして選定した。その結果、チャネ－パイロン地域の代替案－Iおよびサンファン－アントファガスタ地域の代替案－I内の緊急施設を優先プロジェクトに選定した。

(1) チャネーパイロン地域

- チャネ川地区
- パイロン川地区
- オキナワ排水地区

(2) サンフアン-アントファガスタ地域

- アントファガスタ地区

2.9 実施機関

洪水防御に関する既存の機関はMDS, SENASMHI, SEAPRI, CDF, COR DECRUZ, MDN および各市である。現在、地方政府機関の再編が進行中で、新しい組織はまだ明らかでない。実施機関は、提案の対策について、計画、実施および維持管理を実施する機能を持つことが必要である

2.10 実施計画

提案の対策の実施は次の2ステージに分ける：

ステージ-1： 準備期間（1996-2000年）

主要な実施項目は：

- 1 組織の準備
- 2 優先事業のF/S およびD/Dの実施
- 3 非構造物対策実施のための計画・法制度の準備
- 4 早期に実施が必要な対策の実施
- 5 水文観測網の改善
- 6 リオグランテ川、ピライ川、ヤパカニ川に関する補完的調査の準備および道路工事の実施

ステージ2： 対策の実施（2001-2010年）

- 1 マスタープランの実施機関の整備
- 2 F/S 結果による優先事業の実施
- 3 非構造物対策の実施
- 4 補完的調査および工事の実施

2.11 適切な維持管理活動は事業の期待する効果を実現するためには不可欠であり、マスタープランの実施期間および関連市当局が実施しなければならない。通例必要となる維持管理活動は下記に示す：

- 洪水予警報の水文観測網の監視、
- 規則に基づく土地利用の管理と規制、
- 河川および排水路、橋およびカルバートの様な関連施設の監視と定期的維持工事。

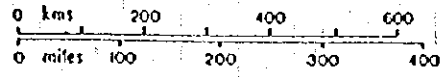
3 結論と勧告

- (1) マスタープランで提案した洪水防御および排水改良対策計画は技術ならびに経済効率、社会、環境上妥当である。この対策計画の実施により、洪水被害の軽減と同時に、地域の安全、安定化がはかられ、土地利用効率の向上、実質作付面積の増加、収量の増加、高生産性作物導入が可能になり、経済成長の国家目標である年率5%の成長が可能になる。又、雇用機会の創出等、高い社会的効果も期待できる。提案の対策計画実施に向け、速やかに準備を進めることが必要である。事業の期待する効果を達成するには、下記の提言について速やかな行動が必要である。
- (2) 調査地域のために、F/Sを早急に実施に実施することが必要である。
- (3) 非構造物対策を効果的にするには、非構造物対策のための法制度や計画の準備作業を速やかに開始する必要がある。
- (4) マスタープランの実施を円滑に推進するためには、実施機関の設立が必要である。

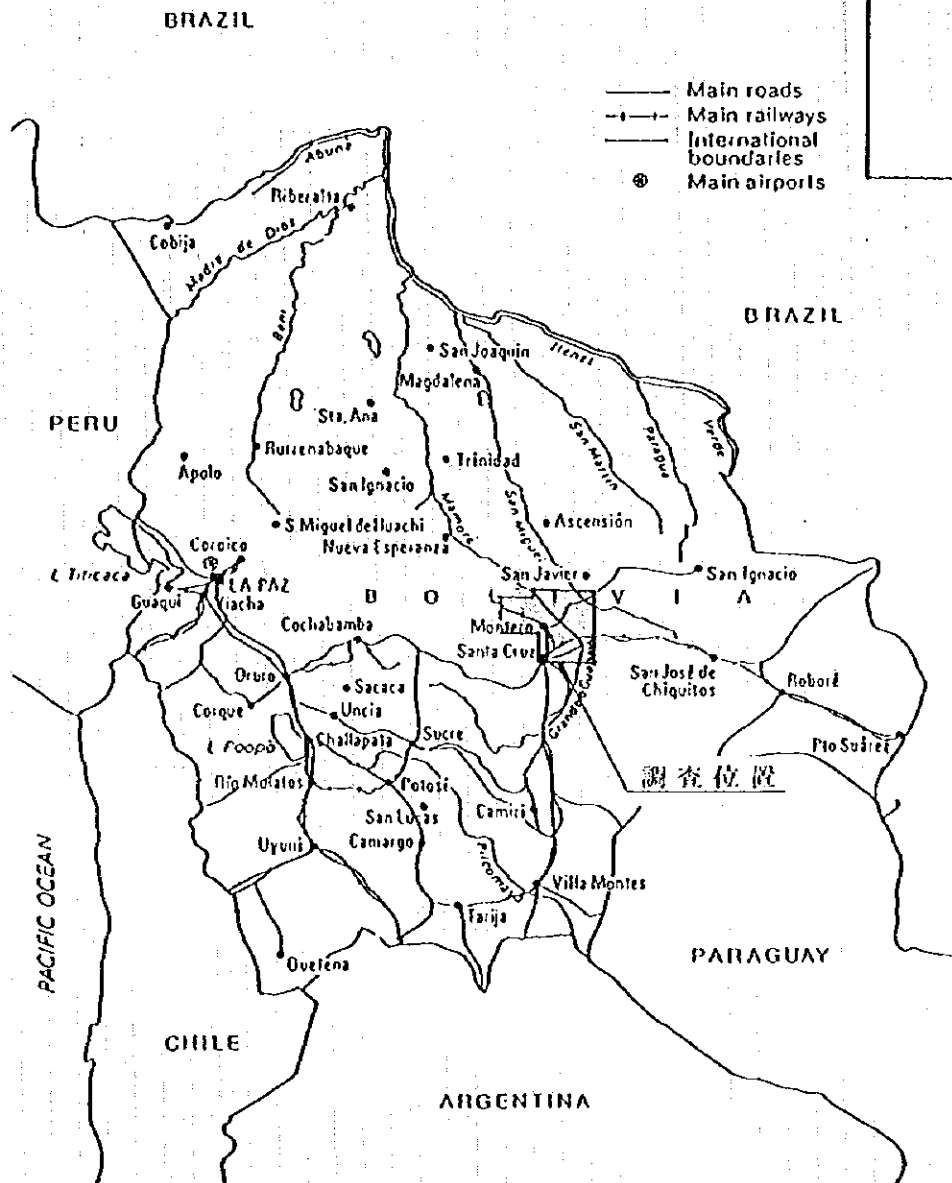
構造物対策や非構造物対策、土地利用の規制や管理を円滑に実施するためには、機関の設立には以下の諸点について考慮することが必要だろう。

- 機関は知事レベルの強力な実施調整機関であること
- マスタープラン計画調査のカウンターパートの一部を構成員に加える
- CORDECruz、SEARPIおよびSENAMIからも構成員を選定する

- 一 その機関は、事業の実施と実施後の維持管理に必要な新たな機関を設立するための義務を負う。
- (5) 既存の水文観測網の改善は早急に推進することが必要である。この早期改善は洪水警報／避難組織および補完的調査を効果的にすすめる上でも必要である。
- (6) マスタープランに示されるリオグランテ川、ピライ川、ヤパカニ川に関する補完的開発調査および域内道路の工事は地域開発をサポートするために実施することが望ましい。



- Main roads
- - - Main railways
- International boundaries
- ⊙ Main airports



調査位置図

計 画 概 要

PROJECT/SUBPROJECT	FLOOD MITIGATION AND DRAINAGE IMPROVEMENT MEASURES			PROJECT EVALUATION													
	STRUCTURAL MEASURES		PROJECT COST (1,000 Bs)	NON-STRUCTURAL MEASURES		ASSESSMENT				PROJECT VIABILITY							
				Technical Evaluation	Economic Evaluation (EIRR: %)	Social Impact (Protected Area: km ²)	Environmental Impact										
1. CHANE - PAILON			902,275			Highly effective	A	Feasible	11.04	A	High Impact	470.1	A	Negligibly small	B	High viability	A
1-1 Rio Chane	Improvement of Rio Chane	27.0 km	175,748			As the main stream area, indispensable for avoiding any adverse effect. More effective with flood control of the Rio Piray.	A	Not feasible	negative	C	Same as present	0.0	B	Same as present	B	High viability for avoiding any adverse effect. More effective with flood control of the Rio Piray.	A
1-2 Rio Pailon	Improvement of Rio Pailon Main Drainage Secondary Drainage	32.0 km 6.5 km 50.0 sq km	290,382			Indispensable as the main stream area	A	Highly feasible	14.33	A	High impact	117.8	A	Negligibly small	B	High viability as the stream area	A
1-3 Okinawa Drainage	Main Drainage Secondary Drainage	21.5 km 147.0 sq km	91,816			High necessity as the major drainage area	A	Feasible	12.21	A	High impact as the intensive landuse area	71.9	A	Negligibly small	B	High viability as the major drainage area	A
1-4 Quebrada Chane	Improvement of Qda. Chane Main Drainage	34.0 km 8.0 km	126,279			Effect to only limited area of the tributary area	C	Feasible	12.52	A	Medium impact as the extensive landuse area	54.0	B	Negligibly small	B	Low viability as the tributary area	C
1-5 Chane -Chacras	Improvement of Qda. Chacras Main Drainage Secondary Drainage	36.5 km 21.0 km 284.0 sq km	218,050			High necessity as the tributary area	B	Highly feasible	15.38	A	High impact as wide effective area	226.4	A	Negligibly small	B	Medium viability as the tributary area	B
2. SAN JUAN - ANTOFAGASTA			187,340														
2-1 San Juan	Improvement of A. Yapacanicito Main Drainage Secondary Drainage	14.1 km 41.3 km 115.0 sq km	86,838			Indispensable	B	Marginal	9.97	B	High impact as the intensive landuse area	81.4	A	Negligibly small	B	High viability	A
2-2 Antofagasta	Improvement of A. Jochi, A. Tacuaral Main Drainage Secondary Drainage Road Cum Embankment	20.3 km 10.0 km 97.0 sq km 9.0 km	100,502			Indispensable	A	Highly feasible	16.24	A	High impact as the local colony	128.9	A	Negligibly small	B	High viability	A
3. RIO GRANDE DOWNSTREAM																	
	None					Highly effective					High impact					High viability	
4. SOUTHERN PART																	
	None					Highly effective					High impact					High viability	
5. PALACIOS - PALOMETILLAS																	
	None					Effective					Medium impact					Medium viability	
6. RIO PIRAY	MASTER PLAN OF RIO PIRAY																

REMARKS

Ranking of viability for priority projects: A: High B: Marginal C: Low

マスタープランの実施計画

ITEMS	STAGE YEAR	STAGE-1 PREPARATION PERIOD					STAGE-2 IMPLEMENTATION OF URGENT WORKS										
		1 1996	2 1997	3 1998	4 1999	5 2000	1 2001	2 2002	3 2003	4 2004	5 2005	6 2006	7 2007	8 2008	9 2009	10 2010	
1. Institutional Arrangement																	
1-1 Establishing an organization to carry out the preparation works for implementation of the Master Plan																	
1-2 Establishing a new implementation organization to implement the Master Plan																	
1-3 Establishing a new organization for O/M activities																	
2. Execution of F/S and D/D on the Priority Projects																	
- Chane - Pailon Area																	
- San Juan - Antofagasta Area																	
3. Preparation of Regulation or Preliminary Design Related to the Non-structural Measures																	
4. Improvement of the Hydrological Observation Networks																	
- Installation of rain gauges																	
- Installation of water level gauges																	
5. Complementary Works and Studies																	
- Complementary development study																	
- Improvement of the secondary roads																	
6. Implementation of the Structural Measures Identified in the F/S																	
6-1 Chane - Pailon Area																	
(1) Rio Chane Basin																	
(2) Rio Pailon Basin																	
(3) Chane Chacras Basin																	
(4) Quebrada Chane																	
(5) Okinawa Drainage																	
6-2 San Juan - Antofagasta Area																	
(1) San Juan Basin																	
(2) Antofagasta Basin																	
7. Execution of Non-structural Measures																	
- Flood warning and evacuation system																	
- Flood proofing of settlements in the flood hazard area																	
- Land use control of the proposed retarding basins																	
- Preservation of protection forests along river channels																	
- Land use management for farmlands in the flood hazard area																	
- Land use management in the poor drainage area																	
- Planning habit management in the poor drainage area																	

ファイナルレポート
要約

目 次

1	調査概要.....	1
2	調査地域.....	1
3	社会経済.....	1
4	洪水および排水問題.....	2
5	水文.....	3
6	開発の動向.....	6
7	農業および土地利用.....	7
8	洪水および排水改良のマスタープラン.....	9
	8.1 基本的事項.....	9
	8.2 マスタープランの構成.....	11
	8.3 費用.....	12
	8.4 工事スケジュール.....	14
	8.5 環境.....	14
	8.6 事業評価.....	14
	8.7 実施機関.....	16
	8.8 実施計画.....	16
	8.9 維持管理計画.....	17
9	優先プロジェクト.....	17
10	結論と勧告.....	17

図 表 リ ス ト

表-1	土地利用計画概要.....	19
表-2	施工計画：CHANE - PAILON 地区(代替案 I).....	20
表-3	施工計画：SAN JUAN - ANTOFAGASTA 地区(代替案 I).....	21
表-4	施工計画：CHANE - PAILON 地区(代替案 II).....	22
表-5	施工計画：SAN JUAN - ANTOFAGASTA 地区(代替案 II).....	23
表-6	事業評価総括表 (代替案 I).....	24
表-7	事業評価総括表 (代替案 II).....	25
図-1	調査地域.....	26
図-2	行政区界図.....	27
図-3	流域区分図.....	28
図-4	1992年の洪水氾濫図.....	29
図-5	毎年の洪水氾濫図.....	30
図-6	1992年洪水の洪水原因図.....	31
図-7	排水不良区域図.....	32
図-8	各流域の比流量.....	33
図-9	CHANE川流域水理モデル図.....	34
図-10	YAPACANICITO川-JOCHI川-TACUARAL川流域水理モデル図.....	35
図-11	シミュレーションによるプロジェクト実施前の10年確率洪水 氾濫図 (CHANE川流域)	36
図-12	シミュレーションによるプロジェクト実施後の10年確率洪水 氾濫図 (CHANE川流域：代替案 I)	37
図-13	シミュレーションによるピーク流出量算定結果 (CHANE川流域：代替案 I)	38
図-14	シミュレーションによるプロジェクト実施前の10年確率洪水 氾濫図 (YAPACANICITO川-JOCHI川-TACUARAL川流域)	39
図-15	シミュレーションによるプロジェクト実施後の10年確率洪水 氾濫図 (YAPACANICITO川-JOCHI川-TACUARAL川流域：代替案 I)	40

図-16	シミュレーションによるピーク流出量算定結果 (YAPACANICITO 川-JOCHI 川-TACUARAL 川流域：代替案 I)	41
図-17	調査地域周辺の主要入植地	42
図-18	調査地域内の主要入植地	43
図-19	現況道路網図 (通年通行可能)	44
図-20	現況道路網図 (雨期不良、雨期通行不可)	45
図-21	農業から見た土地利用ゾーニング図	46
図-22	洪水対策方法によるゾーニング図	47
図-23	排水改良の基本方針	48
図-24	洪水対策および排水改良のターゲットエリア (CHANE-PAILON 地区)	49
図-25	洪水対策及び排水改良のターゲットエリア (SAN JUAN - ANTOFAGASTA 地区)	50
図-26	10年確率洪水における計画流量配分図 (CHANE-PAILON 地区：代替案 I)	51
図-27	10年確率洪水における計画流量配分図 (SAN JUAN - ANTOFAGASTA 地区：代替案 I)	52
図-28	洪水対策及び排水改良の施設配置計画図 (CHANE-PAILON 地区：代替案 I)	53
図-29	洪水対策及び排水改良の施設配置計画図 (SAN JUAN - ANTOFAGASTA 地区：代替案 I)	54

ボリヴィア国サンタクルス北部地域洪水対策計画調査
ファイナル レポート
(要約)

1 調査概要

これはボリヴィア共和国サンタクルス北部地域洪水対策計画調査のファイナルレポートの要約である。

調査地域は、サンタクルス市の北側に位置し、グランデ川とヤバカニ川に挟まれた農業地(約 7,000 平方キロメートル)である。調査地域を図-1に示す。

調査の目的は調査地域の洪水対策および排水改良対策について総合的な基本計画の作成と、調査を通じカウンターパートに技術移転を図ることである。なおピライ川に関しては、既に本川の整備と管理に関するマスタープランがあるので、他の河川の対策計画に関連し、必要となる既存資料の見直しに限定する。

調査の結果について以下に要約する。

2 調査地域

2.1 調査地域は、行政上アンドレ イバネス、ワルネス、イチロウ、サラおよびオピスポ サンテステヴァンの五つの郡からなり、同県では最も開発の進んだ地域である。行政区を図-2に示す。

2.2 地形は1/400-1/1,000で北に傾斜し、洪水や排水不良の影響を受けやすい窪地や低平地が多く分布している。河川水系は、グランデ川(106,000平方キロメートル)、ピライ川(10,660平方キロメートル)、ヤバカニ川(9,969平方キロメートル)およびそれらの支川流域からなる。河川水系を図-3に示す。

2.3 気候は乾季(4月-10月)、雨季(10月-3月)及び移行季(3-4月、9-10月)からなる。降雨量は地域および季節に偏り、東部:1274mm、西部:1898mm、である。年降雨の約60-70%が雨季に降る。

3 社会経済

3.1 1992年のサンタクルス県の人口は、1,364,389人で、これは国の総人口の21%を示している。1976年から1992年の県の年平均人口増加率は4.16%で、同国で最も高い人口増加率を示し、都市地域で6.21%、農村部は0.8%であった。

1992年の人口統計を基に推定された県の将来人口の予測は以下の通りである：

	人口	対全人口 (%)	人口増加率 (%)
1992	1,364,000	21.2	
1995	1,525,000	20.5	3.79 (1992-1995)
2000	1,821,000	21.9	3.61 (1995-2000)
2005	2,163,000	23.3	3.50 (2000-2005)
2010	2,552,000	24.9	3.36 (2005-2010)

3.2 同県は1992年時点でGDPの30%を占め、国内生産における同県のシェアは最大である。1988年から1992年の同国の国民一人当たりのGDPの伸び率は2.37% (USドルベース) で、1992年の値は804ドルである。同県の同期間における平均伸び率は4.29%を示し、1992年の同県の一人当たりGDPは1,177ドルである。

3.3 ボリヴィアのGDPの1988年から1992年の年平均成長率は3.85%を示している。各セクターのGDPの内、最も急速に伸びたのは14.39%の農業関連セクター内の加工業である。対照的に農業セクターの内の生産部門は0.83%と最も伸びが低い。農業関連セクターのGDPはボリヴィア国のGDPの17.7%を占めている。工業生産セクターのGDPに占める割合は15.4%である。

3.4 サンタクルス県は、農業および農業関連セクターのGDPは21.1%を占め、同期間の伸び率は最も高く、16.27%を示している。同県の農業セクターは年率10.32%と比較的高い伸び率を達成している。工業生産セクターは19.2%、貿易セクターは12.5%である。

4 洪水および排水問題

4.1 調査地域における過去の主な洪水発生年は以下のとおり：

東部： 1968,1972,1983 および 1992、

西部： 1963,1966,1982,1983,1991 および 1992。

調査地域では、1992年の洪水被害が最も激甚であった。

1992年洪水および平年の洪水の洪水危険地域および洪水被害について調査した。1992年洪水および平年の洪水危険地域はそれぞれ4,857平方キロメートル、2,444平方キロメートルと推定された。図-4および図-5にそれぞれの洪水氾濫域を示す。

4.2 洪水氾濫地域は洪水の原因により図-6に示す4地域に分けられる。それらの地域は：

- 1 グランデ川、ビライ川、ヤバカニ川による洪水氾濫地域、

- 2 自己流域の洪水氾濫地域、

- 3 自己流域の洪水およびピライ川の背水の影響による洪水氾濫地域、
 - 4 自己流域の洪水及びグランデ川、ピライ川、ヤバカニ川による洪水による洪水氾濫地域。
- 4.3 排水不良地域は主に排水上問題のある地形、土壌および水文条件によるが、農地造成や道路建設による人為的なものもある。排水不良地域を図-7に示す。
- 4.4 洪水対策施設については、サンタクルス市の洪水堤防およびグランデ川、ピライ川およびヤバカニ川の橋梁保護工のみである。
- 4.5 排水施設については、サンファン入植地に、ヤバカニ川に排水する7本の排水路からなる排水施設が存在する。この排水施設の排水能力は2年確率洪水以下である。オキナワ入植地にも2年確率洪水以下の排水能力を持った排水幹線がある。

5 水文

- 5.1 調査地域には雨量観測所が33ヶ所ある。このうち、サンタクルス（トロンピージョ）およびヴィルヴィル空港の観測所が一般的な気象観測所である。雨量観測網はピライ川沿いの中央部に偏在しており、東側および西側の地域には少ない。

雨量観測所のうち1975または1976年以前から日雨量を観測しているものは、10ヶ所である。その内、観測期間が比較的長い下記の4ヶ所をこの調査の主観測所とする。

— 1	5806 サンタクルス—トロンピージョ:	52 年間
— 2	61NP サーヴェドラ:	44 年間
— 3	コロニア サンファン デ ヤバカニ:	35 年間
— 4	オキナワII:	26 年間

主観測所の時間雨量資料は以下のとおりである：

— 1	25 NP サンタクルス	： 1973 - 1994 (21年間)
— 2	61 NP サーヴェドラ	： 1951 - 1994 (44年間)
— 3	オキナワII	： 1986 - 1994 (8年間)

- 5.2 水位観測施設はピライ川に2箇所、ヤバカニ川に1箇所、パロメチジャ川に1箇所の合計4箇所存在する。以前、グランデ川沿いのプエルト バイラスとその上流150 kmに位置するアバボの2箇所に水位観測所が存在したが、現在は存在していない。
- 5.3 1992年の年降雨量は、平均の2.0倍から2.5倍を示している。月降雨量は1月、2月および12月の月降雨量は平均の2.0倍から3.0倍、4月及び5月も2.0倍から4.0倍を示している。

- 5.4 1992年洪水の日降雨量については、1月の主観測所4ヶ所の降雨量記録によると、調査地域では、豪雨が4-6日間継続している。継続降雨量と日最大降雨量は下記の通りである：

観測所	継続降雨量	日最大降雨量
-サーヴェドラ	453.6 mm	220.4 mm
-オキナワII	374.0 mm	194.0 mm
-サンファン デ ヤバカニ	293.3 mm	196.5 mm
-サンタクルスートロンピージョ	168.1 mm	168.1 mm

- 5.5 1992年洪水の降雨量の確率評価の結果を下記に示す：

-サンタクルス：	2-5年確率
-サーヴェドラ：	100年確率以上
-オキナワII：	50-100年確率
-サンファン デ ヤバカニ：	5-10年確率

- 5.6 4主観測所の計画降雨パターンを検討した。サンタクルス及びサーヴェドラの降雨強度曲線により各々の計画降雨パターンを作成した。オキナワ-2及びサンファン デ ヤバカニの計画降雨パターンの作成には、サーヴェドラの計画降雨パターンを適用した。その理由は、オキナワ-2及びサンファン デ ヤバカニとサーヴェドラ又はサンタクルスとの間の年間最大日降雨量の相関について検討の結果、サーヴェドラとの相関のほうが、サンタクルスとの相関より高い。

- 5.7 流出解析は、チャネ川流域及びヤバカニシート-ホチータクアラルーテヘリア川流域について、米国土壤保全局が開発したSCS単位図法により行った。

(1) チャネ川流域

1) 計画降雨

流出解析は、サンタクルス、オキナワ-2、サーヴェドラの2、5、10、20、30、50および100年確率の計画降雨を使用した。

2) 流出

各流出点の流出、及びチャネ川流域の代表的地点における確率流出量を下に示す：

確率ピーク流出量 (m³/s)

位置	確率年		
	10一年	20一年	50一年
チャネ川 (下流)	1270	1510	1820
チャネ川 (上流)	1200	1420	1700
パイロン川 (国道9号)	1340	1580	1890
チャネ支川	390	460	540

チャネ川最下流の比流量を計算し図-8に示す。その値は約0.2-0.8 m³/s / km²である。これらの比流量はSEARPIのピライ川の計算結果と符合している。

(2) ヤバカニシート-ホチ-タクアラル-テヘリア川流域

1) 計画降雨

流出解析は、サンフアン デ ヤバカニの2、5、10、20、30、50および100年確率の計画降雨を適用した。

2) 流出

各流出点の流出、及びチャネ川流域の代表的地点における確率流出量を下に示す：

確率ピーク流出量 (m³/s)

位置	確率年		
	10一年	20一年	50一年
ヤバカニシート (下流)	540	630	740
ヤバカニシート (上流)	220	250	290
ホチ (中流)	270	310	360
タクアラル (中流)	330	380	440
テヘリア (下流)	210	240	280

比流量を計算し図-8に示す。この流域の流出の傾向は概ね、チャネ川流域と同じである。

5.8 チャネ川流域およびヤバカニシート - ホチ-テヘリア川流域の水理モデルを構築した。モデルは、河道と支流、氾濫地域、遊水地で構成している。モデルを図-9および10に示す。

各支流の流出はSCS法で計算し、河川へは側方流入とした。水理計算は不定流で行う。水理モデルは1992年洪水の洪水状況と比較し検証した。

5.9 シミュレーションは、各2年、5年、10年、20年および50年確率洪水について、プロジェクトのある場合 (WITH) とない場合 (WITHOUT) について実施した。

(1) チャネ川流域

シミュレーションは、チャネ川流域のプロジェクトのWITH/WITHOUTについて実施した。10年確率洪水のWITH、WITHOUTの想定氾濫域を図-11/-12に示す。代替案-1のピーク流量を図-13に示す。

パイロン地区、ケブラダ チャネ地区、チャネーチャクラス地区およびオキナワ排水地区の想定氾濫状況からわかるように、代替案-1、-2ともに改善の効果は高い。しかしチャネ川の洪水水位は、両案ともに水位が現状の氾濫水位より高まる。その理由は河川改修および排水改良による流量の増加と同時にピライ川の洪水水位の影響による。

(2) ヤバカニシート - ホチ - タクワラル - テヘリア川流域

シミュレーションは二つの代替案のプロジェクトのWITH/WITHOUTについて実施した。10年確率洪水のWITH、WITHOUTの想定氾濫域を図-14/-15に示す。代替案-1のピーク流量を図-16に示す。

サンファン地区とアントファガスタ地区の浸水状況は施設による改善の効果は非常に高い。

5.10 渴水解析の結果によると、1984年から1994年の間に、渴水年は1988年、1993年および1994年の3回である。4箇所の主要観測所における4ヶ月降雨の渴水規模について以下に示す。

観測所	1位	2位	3位
サンタクルス	1994 (49.4)	1988 (34.4)	1955 (18.9)
サーヴェドラ	1988 (200 以上)	1995 (31.9)	1993 (3.5)
オキナワ II	1995 (16.5)	1988 (12.8)	1993 (28.6)
コロニア サンファン	1988 (200 以上)	1995 (145.6)	1993 (28.6)

注：() 内は渴水の確率規模

6 開発の動向

6.1 調査地域は、1950年代および1960年代から急速に開発が進み、1980年代の前半までには大半開発されている。近年の県の開発トレンドは調査地域から地域外に、特に、東部に移っている。すなわち、グランデ川の東 (チャネ川の北及びヤバカニ川の西) に多数の新しい入植地が開発されている。最近開発された主なコロニーの位置を図-17に示す。

6.2 調査地域の主要コロニーは、オキナワを初め、アロマ、プエスト フェルナンデス、サン フアンおよびアントファガスタの5つがある。コロニーの総面積は1、334平方キロメートルで、大豆、米、砂糖キビ、畜産等の農業生産で重要な役を担っている。しかし、その大半は洪水危険地域に位置している（図-18）。

6.3 県の道路網は幹線道路と二次道路で構成している。幹線道路は国道 4号線、7号線及び 9号線から構成されている。国道 4号線及び7号線は舗装されている。グアビラールオ グランダ間の舗装は2年以内に実施の計画である。しかし、ほとんどの二次道路は砂利または土の道路である。道路状況の調査結果は以下に示す。

-1	アスファルト	187 km (8%)
-2	砂利	808 km (34%)
-3	土	1,354 km (58%)
	総延長	2,349 km

6.4 調査地域の道路で通年交通の可能なものは、約40%である。他の道路は、路盤不良、排水不良、維持管理で、1ヶ月から5ヶ月間は通行出来ない。道路の通行不能は農業生産物の輸送を妨げている。通年交通の可能な道路と不可能のものについては図-19、および-20に示す。

6.5 サンタクルス県の地域開発計画は、持続開発 環境省の作成した社会経済全体計画に基づきCORDECruzが作成し、新政策のスローガンである持続開発の実現を目指している。

6.6 CORDECruz によれば、調査対象地域の人口は2010年まで年率2.3%で増加し、1992年の約20万人から約30万人に増加する見込みである。この人口の増加は全て都市部で増加し、農村部は現状維持となる。

6.7 国家経済開発計画は1995年からの10年間の年平均経済成長率5%を目標としている。この目標を達成するための主な成長産業は農業、鉱業製品の輸出としている。

7 農業および土地利用

7.1 サンタクルス県の主要農作物は1988年までは米であったが、現在は大豆、砂糖キビ、米およびトモロシで、作付け面積の約75%を占めている。特に大豆は1990年から1994年にかけて作付け面積が爆発的に拡大した。

7.2 調査地域はサンタクルス県の農業生産の中心地となっている。作付け面積は全県の44%を占め、大豆、サトウキビ および米の生産量は県の全生産量の各々37%、89%、72%となっている。

家畜および鶏の生産も急速に伸びている。調査地域の主要な家畜は牛で、1994年は40万頭を飼育し、これは県の30%に相当する。卵および豚の生産も急速に伸びており、主要なセクターになりつつある。

7.3 県の農業関連工業は大部分調査地域に位置し、経済上や雇用上のみならず、農業および養鶏業の発展の上でも重要な役割を果たしている。大豆、サトウキビ、米、果実等主要作物の加工施設はまだ余力があり、特に、果実の生産には高い可能性がある。

7.4 調査地域の自然林は、農業開発にともない、1950年代から減少し、1984年にはその占める面積は20%に減少している。森林は主に河川沿いや耕作不適地に分布している。最近では二次林の増加が認められ、現在その面積は7.4%を占めている。二次林は1984年の未利用耕地の面積にほぼ対応していることから、かつて農地として開発されたが、その後放棄された地域と推定される。

7.5 調査地域の農業用地は、草地を含め、1984年までに開発されている。1984年以降は農業用地は変化していない、しかし農耕地と草地との比率が変化し、農耕地は増加し、草地は減少している。

単位面積あたりの年間の作付け面積からみると、農地の利用効率はまだ低い。小規模農家の年間の作付率は110%より低く、年間を通して作付けは一回程度である。

7.6 過去10年間、改良種子の使用量は、特に大豆および小麦が急速に増加しているが、単位面積当りの農作物の生産性は増加しておらず、むしろ低下している傾向がある。

7.7 洪水危険地域の農地は比較的肥沃で、利用度が高い。しかし大豆、トモロコシ、ソルガムおよび小麦の収穫面積とその作付け面積との比率は、洪水危険地域で低く、洪水が農業生産に大きく影響を与えている。

7.8 小規模農家が大规模農家と同一の作物を栽培しているため、農家収入は経営規模により大きく異なり、小規模農家の収入は低くなっている。小規模農家の組織化率は低く、その結果営農指導等、サービスを受ける機会も少ない。

7.9 国際市場での価格変動の影響を避けるために、農業の多角化が必要である。オキナワおよびサンファンでは、果樹、牧畜の導入により多角化を加速し、地方の維持と収入の安定化を計ろうとしている。しかし大半の農家は大豆、サトウキビ、米、トモロコシ等、従来の作物の栽培を継続することを望んでいる。多角化を図ろうとしている農家はまだ10%である。

7.10 調査地域の農業地域は図-21に示す9ゾーンに区分し、各ゾーンの対策案は表-1に示す。

8 洪水および排水改良のマスタープラン

8.1 基本的事項

(1) 策定方針

- 適切な対策は洪水防御および排水改良により、調査地域の安定、安全を図り、地域の持続的開発を推進する。
- 調査地域の洪水危険地域及び排水不良地域の、浸水深、浸水期間、被害形態ならびに土地利用の現況について評価し、対策計画を策定する。

(2) 対策地域

調査対象地域を、浸水深、浸水期間、洪水被害、土地利用等の状況から下記の日標地域に区分した(図-22/-23)：

- 日標地域-1：施設対策と非施設対策とで被害軽減を図る地域

上記地域の選定基準

- 市街地、集約農業地域など土地利用が高度化している地域で常時洪水の影響を受けている地域、
- 市街地、集約農業地域など土地利用が高度化している地域で、1992年洪水で、浸水深さ0.5m、浸水期間2日以上と洪水の影響が重い地域、

- 日標地域-2：非施設対策で被害軽減を図る地域

上記地域の選定基準

- 牧場や森林など、土地利用が高度化していない地域で、常時洪水及び1992年洪水の影響を受けている地域、
- 土地利用が高度化しているが、1992年洪水が浸水深0.5m以下、浸水期間2日以下で洪水の影響が比較的軽い地域。

なおピライ川本川沿いの地域については、既にマスタープランがあるため、計画対象地域から除外した。

構造物対策地域を河川および排水流域により2地域、7地区に区分した(図-24、25)。

- a. チャネーパイロン地域
 - 1 チャネ川地区
 - 2 パイロン川地区
 - 3 チャネーチャクラス地区
 - 4 チャネ支川地区
 - 5 オキナワ排水地区

- b. サンファン-アントファガスタ地域
 - 1 サンファン地区
 - 2 アントファガスタ地区

(3) 計画規模

洪水防御施設および排水改良施設の計画規模は、被害軽減効果との関係から以下に設定した：

- 1 洪水防御施設の計画規模は10年確率洪水とし、許容湛水深は30センチメートルとする、
- 2 排水改良施設の計画規模は5年確率規模とし、許容湛水深は30センチメートルとする。

なお、重要施設や公共的基幹施設については、1992年洪水規模を考慮して、計画規模は50年確率洪水規模とする。

10年確率洪水の各河川の洪水量を図-26および-27に示す。

(4) 目標年次

ボリビア国の国家計画が2010年を目標としていること、およびCORDECruzが5年毎の開発目標を設定していたことから、マスタープランの目標年次を2010年とし、準備期間5年間、主要施設の実施期間10年と計画した。

(5) マスタープランのフレームワーク

調査地域の2010年のフレームワークは、国家およびCORDECruz等の既存計画に沿って以下とした。

- 調査地域の人口は年率2.3%で増加し、1992年の約20万人から30万人となる。ただし、人口は都市部で増加し、農村部は現状維持となる。

- 一 調査地域の経済成長を、洪水危険地域の農地の安全、安定化による農業生産の拡大により、年率5%の成長を達成する。
- 一 調査地域はすでに開発済みなので、2010年の土地利用は1995年現在のものと大きな変化はない。

8.2 マスタープランの構成

(1) 構造物対策

目標地域-1の構造物対策は洪水疎通能力の増大を目的とした河川改修、洪水の越流防止を目的とした築堤（道路兼用堤防を含む）、排水能力の増大を目的とした排水路及び排水路網の整備を主体とする。

道路兼用堤防はヤバカニシート川流域とホチ川流域との間に計画した。これはこの二つの流域の洪水を分離することと、同時に洪水時の輸送路および避難路の強化を目的としている。

洪水防御および排水改良に必要な構造物対策の配置を図-28および-29に示す。

地域/地区	河川改修 (KM)	幹線排水 (KM)	二次排水網 (KM ²)	道路兼用堤防 (KM)
1 チャネーパイロン地域				
-1 チャネ川地区	27.0	0.0	0.0	0.0
-2 パイロン川地区	32.0	6.5	50.0	0.0
-3 オキナワ排水地区	0.0	21.5	147.0	0.0
-4 チャネ支川地区	34.0	8.0	0.0	0.0
-5 チャネーチャクラス地区	36.5	21.0	284.0	0.0
2 サンフアン-アントファガスタ地域				
-1 サンフアン地区	14.1	41.3	115.0	0.0
-2 アントファガスタ地区	20.3	10.0	97.0	9.0
合計	163.9	108.3	693.0	9.0

チャネーパイロン地域は、ピライ川の洪水の影響を強く受けるチャネ川の状況を考慮して、下記の2案を計画した。

- 一 代替案-Iはチャネ川と他の4地区、パイロン川、チャネ支川、チャネーチャクラス及びオキナワ排水地区で構成される。
- 一 代替案-IIは、代替案-Iからチャネ川を除外し、残りの4地区のみで構成される。

サンファン-アントファガスタ地域は、サンファンの既存の幹線排水路の流下能力（約2年確率規模）を考慮し、下記の2案を計画した。

- 代替案-Iはサンファンとアントファガスタの2地区から構成される。サンファンの既存の主排水路を補修し、その能力を最大限に生かすとともに、ヤパカニシート川を改修（10年確率規模）し、両者一体として洪水の流下を計る。
- 代替案-IIもサンファンとアントファガスタの2地区で構成する。サンファンの既存の主排水路とヤパカニシート川を分離する。主排水路を5年確率規模で改修し、ヤパカニシート川を10年確率規模で改修する。

(2) 非構造物対策

非構造物対策は、洪水危険地域全域に適用する。構造物対策は完成までに長い期間を必要とするので、非構造物対策により出来るだけ洪水被害や浸水被害の軽減を図ることが必要である。非構造物対策としては以下のものを計画する。

a. 洪水防御のための非構造物対策

- 1 洪水危険地域の死傷者および被害の軽減を図るための洪水警報避難組織
- 2 不適正な土地利用に起因する洪水被害の軽減を図るための洪水対策および氾濫原管理
- 3 湿地帯および湿地林の自然の遊水効果や調節効果を維持、有効利用を図るための遊水地等の土地利用規制
- 4 自然環境資源の保全を図るための河川沿の森林の保全
- 5 洪水被害の軽減を図るための農地および森林地域の適正な管理

b. 排水改良のための非構造物対策

- 1 排水不良による被害の軽減を図るための土地利用の管理
- 2 排水不良による被害の軽減を図るための耐水性作物/品種の導入

8.3 費用

(1) 工事費

工事費は1995年10月時点の市場価格及び1995年10月の外貨交換率により算定する。建設費は直接費及び間接費からなる。建設費の間接費は直接費の30%としその内訳は以下に示す：

- 予備費用： 5 %

-- 諸経費： 10 %

-- 利益： 15 %

(2) 事業費

事業費は、直接費、間接費及び予備費からなり、用地と補償費用、事務費、技術費用を含んでいる。事務費、技術費はそれぞれ、直接費の5%、10%を計上し、予備費は直接費の15%とした。

1) 代替案-I

(単位: 1000 Bs.)

地域/地区	L/C	F/C	合計
1. チャネーパイロン	449,234	453,041	902,275
(1)チャネ川	82,582	93,166	175,748
(2)パイロン川	144,415	145,967	290,382
(3)チャネーチャクラス	110,375	107,675	218,050
(4)チャネ支川	66,771	59,508	126,279
(5)オキナワ排水	45,091	46,725	91,816
2. サンファン-アントファガスタ	92,613	94,727	187,340
(6)サンファン	42,042	44,796	86,838
(7)アントファガスタ	50,571	49,931	100,502
	541,847	547,768	1,089,615

注: 1.0 US\$ = Bs. 4.86 = Yen 100.0 (1995年10月現在)

2) 代替案-II

(単位: 1000 Bs.)

地域/地区	L/C	F/C	Total
1. チャネーパイロン	366,652	359,875	726,527
(1)チャネ川	-	-	-
(2)パイロン川	144,415	145,967	290,382
(3)チャネーチャクラス	110,375	107,675	218,050
(4)チャネ支川	66,771	59,508	126,279
(5)オキナワ排水	45,091	46,725	91,816
2. サンファンアントファガスタ	98,204	100,663	198,867
(6)サンファン	47,633	50,732	98,365
(7)アントファガスタ	50,571	49,931	100,502
Total	464,856	460,538	925,394

Note: 1.0 US\$ = Bs. 4.86 = Yen 100.0 (1995年10月現在)

8.4 工事スケジュール

主要工事は2001年から2010年の10年間で実施するよう計画した(表-2~5)

8.5 環境

河川改修は流下能力の増加に伴い、下流河川沿いの生態環境、また改修に伴う掘削により地下水位に若干影響が考えられるが、環境上の顕著な悪影響は無いと思われる。しかし、次の段階でEIAの実施により確認する必要がある。

8.6 事業評価

洪水対策事業の経済便益はプロジェクトのWITH、WITHOUTにおける被害軽減額の差を評価する。洪水被害としては、家屋、農作物、家畜に対する直接被害、公共施設の被害、収入および利益の損失である。マスタープランの構造物対策について、技術的、経済効率(EIRR、NPV)、社会および環境上の観点から評価した。EIRRおよびNPVの値の評価にはボリビアにおける資本の機会費用を10%~12%と推定した。

EIRRの値と他の評価因子は要約し表-6および-7に示す。

マスタープランの構造物対策は技術、経済上の効率、社会及び環境影響の面から評価した。

技術効率は、浸水深、浸水地域の減少で評価、経済効率は、ボリビア国の資本の機会費用から、EIRRの値が10%以上を妥当と評価する。

社会及び環境については、洪水危険地域の減少、環境影響の多寡により評価する。

1) チャネーパイロン地域

この地域の構造物対策は、技術、経済、社会、環境上妥当である。

代替案-I、-IIともに、パイロン川、チャネ支川、チャネーチャクラス及びオキナワ排水路地区の浸水状況は、大幅に改善される。しかし、代替案-IIのチャネ川の水位は、10年確率洪水で、現況より0.5m~0.9m上昇する。

EIRRの値は、代替案-Iは11.04%、代替案-IIは14.00%で、ともに地域として妥当である。チャネ川を除くと、他の4地区のEIRRの値は12.21%以上を示している。

社会的には構造物対策の実施により、470 km²が守られ、その効果は高い。

社会的なプラスのインパクトとして、洪水被害の軽減、雇用機会の創出、常に洪水を心配する精神的負担の軽減、土地利用ポテンシャルの向上があげられる。

環境上は、代替案-IIのチャネ川内区については洪水位の上昇に伴う悪影響が予測されるが、他は顕著な悪影響はないだろう。

技術、経済、社会及び環境上の観点から、洪水位の上昇に伴う社会、環境上の悪影響をさけるために、代替案-Iを選定する。

各地区の優先順位についての評価の結果は以下のようになる。

第1優先地区

- チャネ川地区
- パイロン川地区
- オキナワ排水地区

第2優先地区

- チャネーチャクラス地区

第3優先地区

- チャネ支川地区

2) サンファンーアントファガスタ地域

この地域の構造物対策は、技術、経済、社会、環境上妥当である。

代替案-I、-II共に、浸水状況は大幅に改善される。

構造物対策は、代替案-I、代替案-IIは全体として、EIRRの値はそれぞれ13.41%、12.51%を示し、妥当である。サンファンの構造物対策はEIRR 9.97%と妥当性の境界にある。

社会効果は、代替案-I、-II共に構造物対策によって、210 km²の地域が守られ、最も先進的な農業地域であることを考慮すると、チャーネーパイロン川地区同様、その社会的プラスのインパクトは多く、その効果は極めて高いことが予想される。

環境上の悪影響は特にないものと判断される。

技術、経済、社会及び環境上から代替案-Iを選定する。各地区の優先順位は以下に示す。

第1優先地域

- アントファガスタ地区

第2優先地区

- サンファン地区

8.7 実施機関

洪水防御に関連する既存の機関はMDS、SENAMHI、SEARPI、CDF、CORDECruz、MDNおよび各市である。

現在、地方政府機関の組織の再編が進行中で、新しい組織はまだ明らかでない。マスタープランの実施機関は提案の対策につて、計画、管理および実施する機能を持つことが必要である。

8.8 実施計画

提案の対策の実施は次の2ステージに分ける：

ステージ-1：準備期間（1996-2000）

主要な実施項目は：

- 1 組織の準備、
- 2 優先事業の F/S および D/Dの実施、
- 3 非構造物対策実施のための計画、法制度の準備、
- 4 早期に実施が必要な対策の実施、
- 5 水文観測網の改善、
- 6 リオグランデ川、ピライ川、ヤパカニ川に関する補完的調査の準備および道路工事の実施。

ステージ-2：対策の実施（2001-2010）

- 1 マスタープランの実施機関の整備、
- 2 F/S結果による優先事業の実施、

- 3 非構造物対策の実施、
- 4 補完的調査および工事の実施。

8.9 維持管理計画

適切な維持管理活動は事業の期待する効果を実現するためには不可欠であり、マスタープランの実施期間および関連市当局が実施しなければならない。通例必要となる維持管理活動は下記に示す：

- 洪水予警報の水文観測網の監視、
- 規則に基づく土地利用の管理と規制、
- 河川および排水路、橋およびカルバートの様な関連施設の監視と定期的維持工事。

9. 優先プロジェクト

優先プロジェクトの選定に当っては、技術的効果、経済的効果、社会的影響、環境的影響を総合的に評価し、特に技術的および経済的効果が大きく、洪水防御面積が大きくかつ社会的重要度の高い地域、地区における施設を緊急プロジェクトとして選定した。

その結果、総合的評価の高いチャネーパイロン地域の代替案-1および サンファン-アントファガスタ地域の代替案-1の内の緊急施設をF/S優先地域に選定する。

(1) チャネーパイロン地域

- チャネ川地区
- パイロン川地区
- オキナワ排水地区

(2) サンファン-アントファガスタ地域

- アントファガスタ地区

F/SのTORはメインレポートのAPPENDIX-Cに添付してある。

10 結論と勧告

- (1) マスタープランで提案した洪水防御および排水改良計画は技術ならびに経済効率、社会、環境上妥当である。

この計画の実施により、洪水被害の軽減と同時に、地域の安全、安定化がはかられ、土地利用効率の向上等により作付面積の増加、収量の増加、高生産性作物の導入等が可能となり、経済成長の国家目標である年率5%の成長が可能となる。さらに、雇用機会の創出等、高い社会的効果も期待できる。

提案された計画の実施に向け、速やかに準備を進めることが必要である。事業実施により期待する効果を達成するには、下記の提言について速やかな行動が必要である。

- (2) 調査地域のために、F/Sを早急に実施に実施することが必要である。
- (3) 非構造物対策を効果的にするには、非構造物対策のための法制度や計画の準備作業を速やかに開始する必要がある。
- (4) マスタープランの実施を円滑に推進するには、事業の実施機関の設立が必要である。実施機関の設立に当たっては下記の諸点を考慮することが必要である：
 - 1 実施機関は知事レベルの高い実施能力と調整力が必要である。
 - 2 実施機関のメンバーには、このマスタープラン調査の内容に通じているカウンターパートの一部を含めることが望ましい、
 - 3 メンバーにはCORDECRUZ、SEARPI および SENAMHIからも選定することが必要だろう、
 - 4 この実施機関の責任の一つは、事業の実施および維持管理に必要となる新しい組織を設立することである。
- (5) 既存の水文観測網の改善は早急に推進することが必要である。この早期改善は洪水警報/避難組織および補完的調査を効果的にすすめる上でも必要である、
- (6) マスタープランで示唆しているリオグランデ川、ピライ川、ヤパカニ川に関する補完的開発調査および域内道路の工事は地域開発をサポートするために実施することが望ましい。