

エクアドル国

マナビ州チヨネ・ポルトビエホ川
流域水資源開発計画調査

最終報告書
(要約)

平成4年12月

国際協力事業団

エクアドル国

マナビ州チヨネ・ポルトビエホ川
流域水資源開発計画調査

最終報告書
(要約)

JICA LIBRARY



1112546(5)

26220

平成4年12月

国際協力事業団

国際協力事業団

26220

本調査において、次の通貨換算率を用いた。

S./1,550 = US\$1.0 = ¥128

1992年7月 現在

序文

日本国政府は、エクアドル共和国政府の要請に基づき、同国のマナビ州チヨネ・ボルト
ヴィエホ川流域水資源開発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3年5月から平成4年11月までの間、4回にわたり、日本工営（株）
の高橋修氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

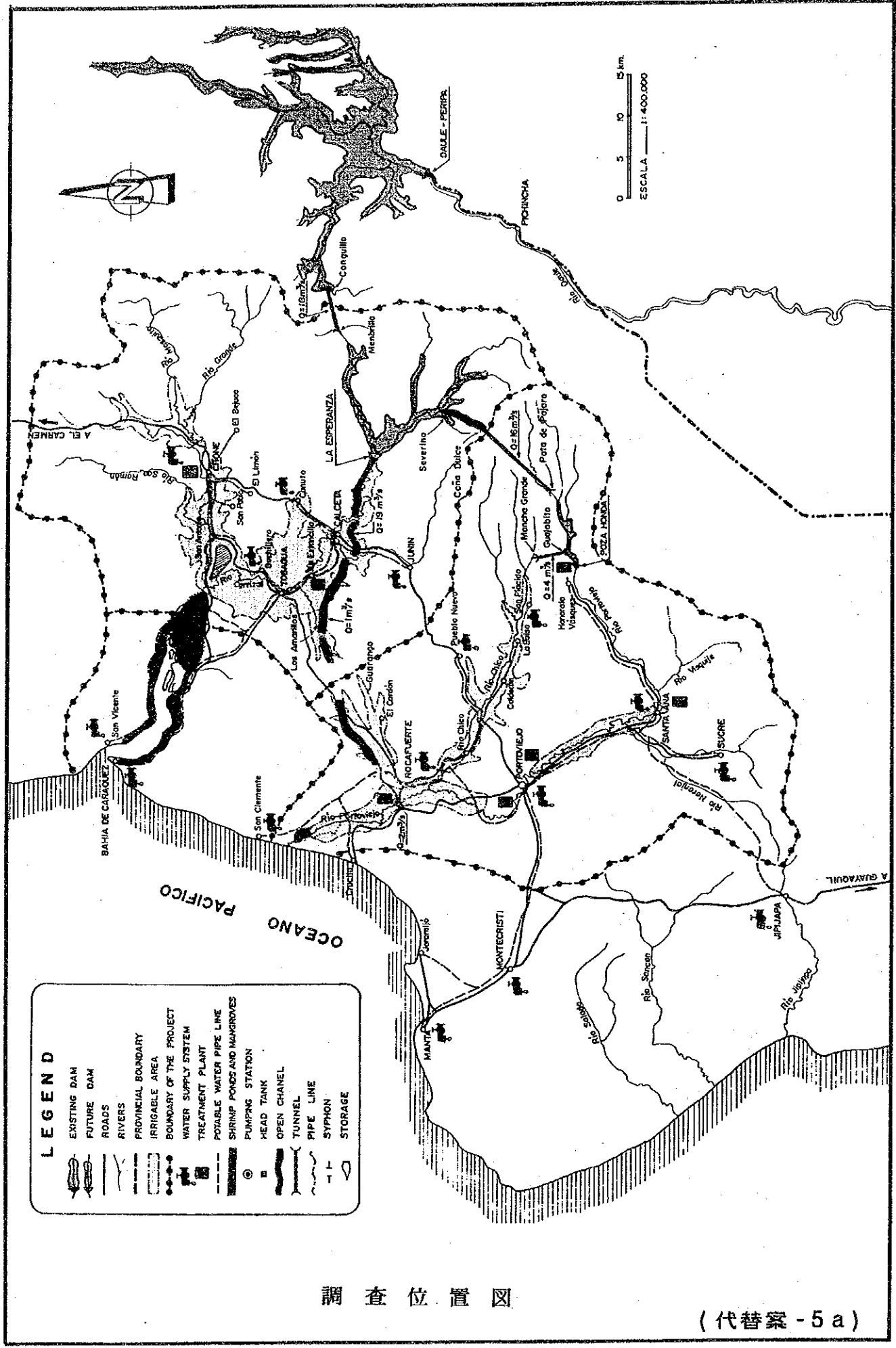
調査団は、エクアドル国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地
調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

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5年1月

国際協力事業団
総裁 柳谷謙介



調查位置圖

(代替案 - 5 a)

目次

	頁
1. 序論.....	1
2. 調査地域.....	1
3. 水需要予測量.....	2
4. 調査地域内及び周辺地域の水資源開発.....	3
5. 6 転流代替案.....	4
6. 最適代替案の選定.....	6
7. 選定された代替案の最適化.....	6
8. 追加実施した地質調査.....	7
9. プロジェクト施設の概略設計.....	7
10. 建設計画及び積算.....	9
11. 環境.....	10
12. プロジェクト評価.....	11
13. 組織・制度.....	12

1. 序論

マナビ州復興センター (CRM) は、同州の恒常的水不足を緊急に解決する観点から、国家開発委員会 (CONADE) 及びエクアドル水資源開発公社 (INERHI) の協力のもとで総合的マナビ州水資源総合開発計画 (PHIMA) 調査を 1986 年後半に開始した。米州機構 (OAS) は 1987 年後半に、日本政府も 1989 年前半に国際協力事業団 (JICA) を通じて同調査に参加した。

PHIMA調査に関する最終報告書は、1990年1月JICAによりOASとエクアドル政府 (CONADE, INERHI, CRM) の協力のもとで取りまとめられた。同調査では、チョネ及びポルトヴィエホ川両流域の水資源開発に関するフィージビリティー スタディー (本調査) の実施が提案されている。具体的には、既設ダウレベリバダムからチョネ・ポルトヴィエホ川流域への転流計画の調査であり、PHIMA調査で検討された6つの転流計画の調査が含まれている。

本調査はJICAが、CRM及び他政府諸機関の協力のもとで2つのフェーズに分けて実施したものである。：フェーズ 1 (1991年3月から1992年3月まで様々な転流計画の検討及び最適計画の選定を実施)、フェーズ 2 (1992年5月から1992年12月まで選定された計画に関するフィージビリティー スタディーを実施)

2. 調査地域

本調査地域は太平洋に面するマナビ州の中央部に位置し、同州の全面積 26 % に相当する 4,870 km² を有する。調査地域の人口は 1990 年時点で、マナビ州総人口の 47 % に相当する 484,500 人である。また、同州の労働力人口の 40 % 以上が農業や牧畜業に従事している。マナビ州の地域総生産高 (GRP) は、エクアドル全国の国内総生産高 (GDP) の約 7 % であるが、同州の農業・牧畜業部門の GRP はエクアドル全国の同部門の 14 %、マナビ州の全 GRP の 42 % を占めている。

主な農業生産物はコーヒー、ココア、とうもろこし、綿、バナナ/プラタノ及び柑橘類である。牧畜業、特に牛・豚の飼育はマナビ州の重要な産業である。また、海老の養殖は、チョネ及びポルトヴィエホ川下流域を含む幾つかの河口部で著しい発展をしてきている。マナビ州の主な輸出物は 1990 年時点でコーヒー

(4千万米ドル), 海老(3千2百万米ドル), 魚介類(2千8百万米ドル)及びココア(1千万米ドル)となっている。

調査地域はエクアドルの沿岸地域に位置し、第3紀の堆積岩から成る若年地層がゆるやかな山岳地帯を形成している。年平均降水量は、ポルトビエホ川流域で900mm, チョネ川流域で1,200mmで、その約90%が12月から5月までの雨季に集中している。

3. 水需要予測

調査地域の水需要予測は以下のとおりである。

都市用水及び工業用水の水需要予測 (百万m³/年)

年	ポルトビエホ流域	チョネ流域	合計
1995	47	13	60
2000	60	18	78
2005	78	25	103
2010	97	31	128
2015	124	38	162
2020	152	45	197

農業用水需要予測 (百万m³/年)

水系	/1 純面積 (ha)	/2 水需要予測
<u>チョネ川流域</u>		
カリザール~ チョネ	15,000	253
アマリーリヨス	1,000	19
小計	16,000	272
<u>ポルトビエホ川流域</u>		
グアランゴ	1,500	36
リオ・チコ	1,700	31
ペチーチェ・パサヘ	850	20
サンタ アナ	3,300	73
メイア	1,250	28
セイパルグアヤバ	4,650	111
小計	13,250	299
合計	29,250	571

/1 開発対象面積 (既存農地を含む)

/2 1/5確率渇水に対応

海老養殖用水需要予測量 (百万m³/年)

年	総面積 (ha)	純面積 (ha)	水需要予測量
1995	5,280	3,170	98
2000	5,550	3,330	102
2020	5,550	3,330	102

河川維持用水必要量 (百万m³/年)

水系	必要水量
チヨネ川 (ラ・エスペランザ ダム下流)	16
ポルトビエホ川 (ボザ ホンダ ダム下流)	8

4. 調査地域内及び周辺地域の水資源開発

ボザ ホンダ ダムは、1971年CRMによりポルトビエホ川上流域に建設された。同ダムは、有効貯水容量75 MCMを有し、年平均流入量106 MCMを流域面積175 km²から集水してボザ ホンダ上水供給システム(45 MCM年)、ボザ ホンダ 灌漑システム(25 MCM年、1,100 ha)及び河川維持用水(8 MCM年)に対する水供給を目的としている。

ダウレ ベリバダムは1987年グアヤス川流域開発委員会(CEDEGE)によりダウレ川上流域に建設された。同ダムは、有効貯水容量4,000 MCMを有し、年平均流入量5,000 MCMを流域面積4,200 km²から集水している。同ダムの目的は、洪水調節、都市用水供給、灌漑用水供給、水力発電及び転流によるマナビ州への水供給である。また、CEDEGEとCRMによる協定書によれば、CRMは最大18 m³/s、年間500 MCMのダウレ ベリバダム貯水量を転流する権利を有している。

CRMは、ダウレ ベリバダムが建設中であった1984年にダウレ ベリバダムからマナビ州中央部への転流プロジェクトの調査を開始した。1987年の同調査結果では、8.3 kmのトンネルによるダウレ ベリバダムからラ・エスペランサダムへの自然流下による最大12 m³/sの転流計画が、また13.3 kmの鋼管パイプラインと11.2 kmのトンネルによるダウレ ベリバダム下流約30 km地点のダウレ川からボザ ホンダダムへのポンプ圧送による転流計画(当初は8 m³/s、最終的には12 m³/s)が提案されている。これらの計画はJICAによる本調査で代替案2及び6として再検討が行われた。

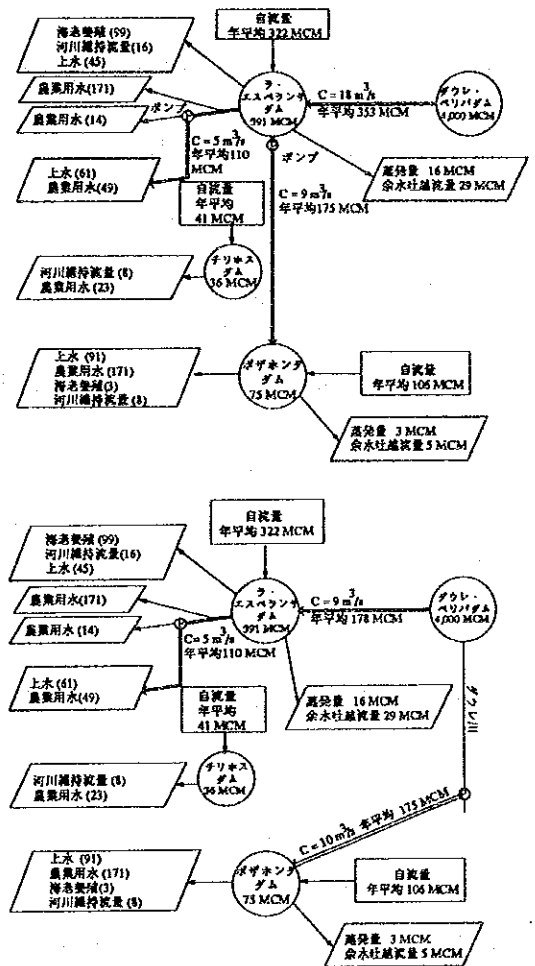
ラ・エスペランサ ダムの建設は 1996 年前半を完成目標として、1992 年前半 CRM により開始された。同ダムは、チヨネ川の主支川であるカリザール川の上流部に位置し、有効貯水容量 391 MCM を有して、年平均流入量 322 MCM を流域面積 445 km² から集水し、カリザール - チヨネ計画灌漑システム (253 MCM/年, 15,000 ha), チヨネ - ラ・エスタンシア上水供給システム (40 MCM/年), 河川維持用水 (16 MCM/年) に対する水供給及び洪水防御を目的としている。現在建設中であるラ・エスペランサ ダムが完成すれば、チヨネ川流域における雨季の常習的氾濫問題及び乾季の深刻な水不足問題の多くが解決できるものと考えられる。しかしながら、ポルトヴィエホ川流域の水不足問題はダウレベリパからポルトヴィエホ川流域への転流計画が実現されなければ依然として解決されない。

5. 6 転流代替案

次に示す6つの代替案を数種の転流計画の組み合わせにより策定した。

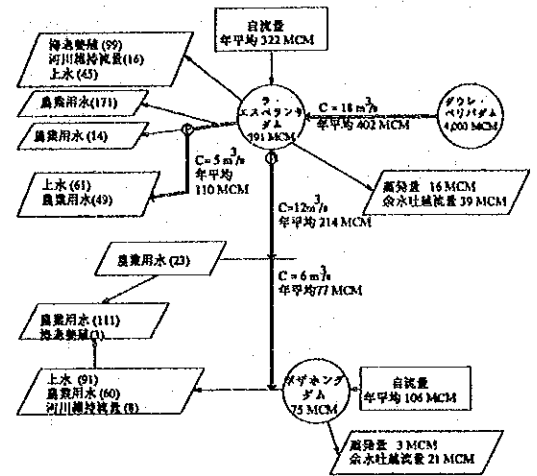
- 代替案 1 :
- ダウレベリパ ダム -
 - ラ・エスペランサ ダム転流計画 (18 m³/s)
 - ラ・エスペランサ ダム -
 - ボザホンダダム転流計画 (9 m³/s)
 - ラ・エスペランサ ダム -
 - グアランゴ地区転流計画 (5 m³/s)
 - チコ川上流部のチリホスダム

- 代替案 2 :
- ダウレベリパ ダム -
 - ラ・エスペランサ ダム転流計画 (9 m³/s)
 - ダウレ川 -
 - ボザホンダダム転流計画 (9 m³/s)
 - ラ・エスペランサ ダム -
 - グアランゴ地区転流計画 (5 m³/s)
 - チコ川上流部のチリホスダム



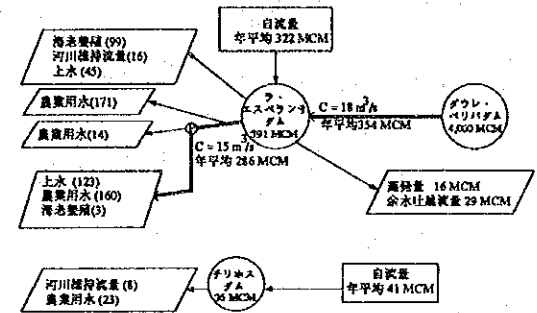
代替案 3 :

ダウレペリバダム -
 ラ・エスペランサダム転流計画 (18 m³/s)
 ラ・エスペランサダム -
 チコ川転流計画 (12 m³/s)
 チコ川 -
 ボルトヴィエホ川転流計画 (6 m³/s)
 ラ・エスペランサダム -
 グアランゴ地区転流計画 (5 m³/s)



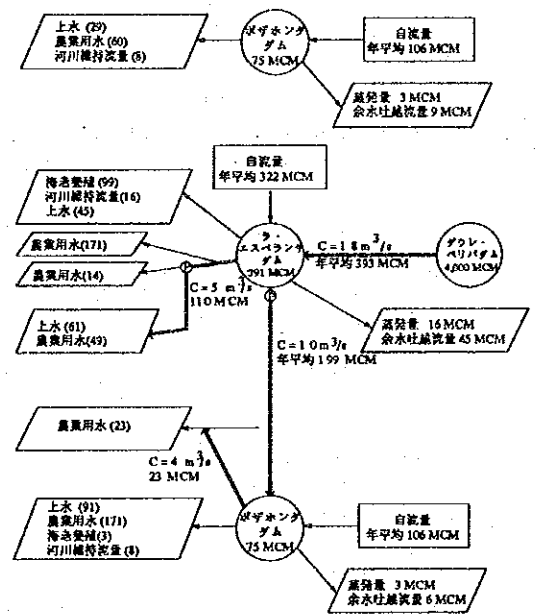
代替案 4 :

ダウレペリバダム -
 ラ・エスペランサダム転流計画 (18 m³/s)
 ラ・エスペランサダム -
 グアランゴ地区転流計画 (15 m³/s)
 チコ川上流部のチリホスダム



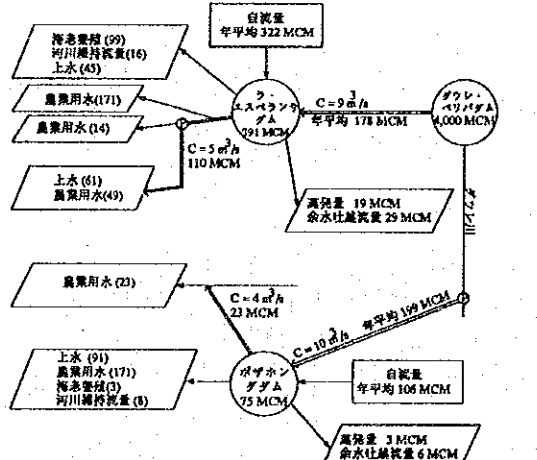
代替案 5 :

ダウレペリバダム -
 ラ・エスペランサダム転流計画 (18 m³/s)
 ラ・エスペランサダム -
 ボザホンダダム転流計画 (10 m³/s)
 ラ・エスペランサダム -
 グアランゴ地区転流計画 (5 m³/s)
 ボザホンダダム -
 チコ川転流計画 (4 m³/s)



代替案 6 :

ダウレペリバダム -
 ラ・エスペランサダム転流計画 (9 m³/s)
 ダウレ川 -
 ボザホンダダム転流計画 (10 m³/s)
 ラ・エスペランサダム -
 グアランゴ地区転流計画 (5 m³/s)
 ボザホンダダム -
 チコ川転流計画 (4 m³/s)



6. 最適代替案の選定

概略設計に基づき、各々の代替案に対するコストを以下のように算定した。

(百万米ドル)

コスト	代替案1	代替案2	代替案3	代替案4	代替案5	代替案6
建設費	258.0	289.0	232.0	245.0	210.0	248.0
年 O&M 費	4.5	7.0	4.2	3.7	5.0	7.7
総年経費	25.1	30.1	22.8	23.3	21.8	27.5

転流にともなう河川水・貯水池の水質に対する影響、家屋移転等の社会的影響を対象とした初期環境影響調査 (IEE) の結果によると、環境面において代替案 3, 5 及び 6 が最も推奨できる案で代替案 4 は最も推奨できない案である事が認められた。また、代替案 5 は代替案 3 よりもラ・エスペランサ ダムからボザ ホンダ ダムへの転流水の運用管理が容易である事が確認された。

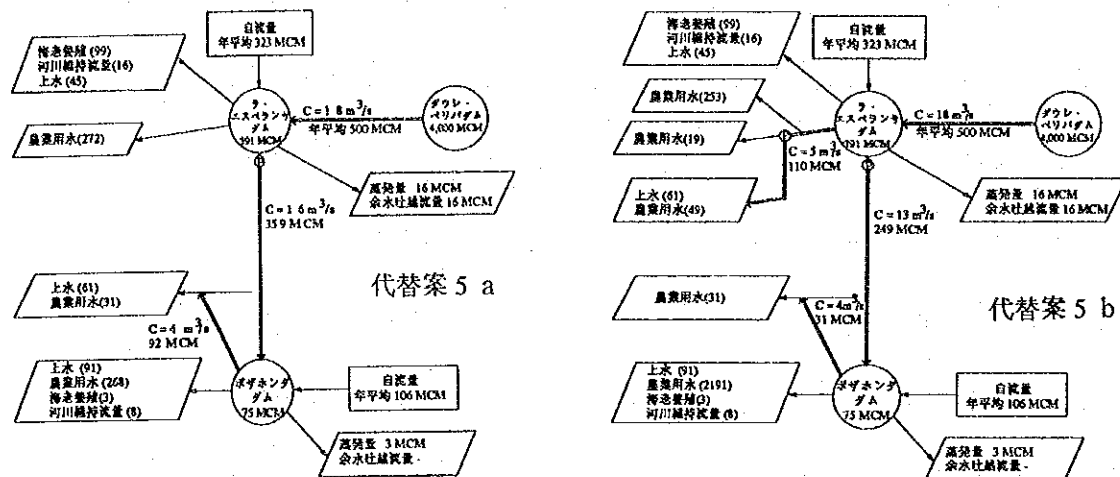
建設費、初期投資額、社会環境面への影響、O&M費等の種々の検討結果より、代替案 5 を今後ファイナリティースタディーで取り上げるべき最適計画と決定した。

7. 選定された代替案の最適化

5章で決定した最大転流量は、平均年農業用水需要予測量に基づいて設定されたものである。当然、渇水年においても水需要が満足されなければならない。貯水池運用シミュレーション計算の結果、ラ・エスペランサ ダムからボザ ホンダ ダムへの最大転流量を $10 \text{ m}^3/\text{s}$ から $13 \text{ m}^3/\text{s}$ に増加すれば、他の転流ルートでの最大転流量は変えなくとも渇水年における水需要が満たされることが判明した。これを代替案 5 b とした。

また、ラ・エスペランサ ダム - グアランゴ地区転流ルートの一部であるアマリヨス地区 - グアランゴ地区間のトンネルが、膨張性鉱物を含む脆弱地質であるため技術的に建設困難となる可能性があることから、ラ・エスペランサ ダム - グアランゴ地区転流ルートをやめ、代わりにラ・エスペランサ ダム - ボザ ホンダ ダム ルートの転流能力を $13 \text{ m}^3/\text{s}$ から $16 \text{ m}^3/\text{s}$ へ増加する代替案 5 a を立案した。代替案 5 a の建設費は、代替案 5 b の建設費の約 80% と安価で、環境面においてもエル・セイバル浄水場の取水地点

を変更すれば不利とならないことより、代替案 5 a が最適計画と判断され、同案に対する詳細環境影響評価を含むフェージビリティ スタディーを実施する事とした。



8. 追加実施した地質調査

6つの転流代替案比較のために実施した予備設計は、地表踏査、物理探査及び既往地質調査データにより推定した地質状況に基づいて行なったものであるが、その後本調査において、テストボーリング、サンプリング、岩石試験及び土質試験等の地質調査が追加実施された。これらは、選定された最適計画案である代替案 5 a の概略設計のために行なわれたものである。

この追加実施した地質調査結果によると、提案した全トンネルフォーメーションの地質は泥岩で、一軸圧縮強度は 60 kg/cm^2 から 100 kg/cm^2 で軟岩に分類され、透水係数は一般に低く、 10^{-5} cm/sec のオーダーである。また、土質試験の結果より、ラ・エスペランサダム・ボザホンダ転流ルートの開水路に沿った土質は多少膨張性を呈することより、設計及び建設に注意を要するものと判断された。

9. プロジェクト施設の概略設計

プロジェクトの諸元は以下のとおりである。

(1) ダウレバリバダム・ラ・エスペランサダム転流ルート

トンネル	通水能力	$18 \text{ m}^3/\text{s}$
	総延長	8.3 km
	勾配	1/1, 500
	内径	3.7 m, 標準馬蹄形, 自然流下式

(2) ラ・エスペランサダム・ボザホンダダム転流ルート

- ポンプ場	総流量	16 m ³ /s
	最大落差	76 m
	型式	渦巻き型2そう式
- バイプライン	総延長	250 m
	系列	2系列
	内径	2,100 mm
- ヘッドタンク	幅	12 m
	長さ	18 m
- 開水路	通水能力	16 m ³ /s
	総延長	5.4 km
	勾配	1/3,000
	断面	台形, コンクリートライニング (t = 10cm)
- サイホン	通水能力	16 m ³ /s
	箇所数	6箇所
	総延長	906 m
	最大落差	7 m - 47 m
- トンネル	通水能力	16 m ³ /s
	総延長	10.7 km
	勾配	1/1,500
	内径	3.5 m, 標準馬蹄形, 自然流下式

(3) ボザホンダダム・マンチャグランデ川転流ルート

- トンネル	通水能力	4 m ³ /s
	総延長	3.9 km
	勾配	1/1,500
	内径	2.5 m, 標準馬蹄形, 自然流下式

地質調査の結果、NATM工法がトンネル建設にもっとも適していると考えられた。ロードヘッダーをトンネル掘削に適用し、掘削後ただちにショットクリートで掘削面を吹き付け、数本のロックボルトを実際の岩盤状況に応じて施工するものとした。なお、トンネル全区間はコンクリートライニングとし、鋼製支保工を洪積層及びトンネル坑口の風化部に、排水孔をトンネル周辺部の水圧除去のために設計した。

開水路はコンクリートライニングとし、基礎は選別されたフィルター材で置換するものとした。また、基礎の土質状況に応じてトンネル掘削ズリをフィルター層の下に敷くものとした。

10. 建設計画及び積算

以下に示す建設計画をプロジェクトの実施に向け策定した。

- (1) 資金調達 : 1993年1月から1993年10月
- (2) コンサルタントの選定 : 1993年11月から1994年1月
- (3) 詳細設計及び入札書類の準備 : 1994年2月から1995年1月
- (4) 入札及び工事契約 : 1995年2月から1995年8月
- (5) 建設 : 1995年9月から2000年2月
- (6) プロジェクト運営開始 : 2000年3月から

建設費用は以下に示すとおりとなった。

項目	(千米ドル)		
	外貨	内貨	合計
1. 工区1			
ラ・エスペランサ ダム - ボザ ホンダ ダム	58,537	19,384	77,921
ボザ ホンダ ダム - マンチャ グランデ	8,667	3,237	11,904
小計 (1)	67,204	22,621	89,825
2. 工区2			
ダウレ ベリバ - ラ・エスペランサ ダム	31,780	13,031	44,811
小計 (1-2)	98,984	35,652	134,636
3. 用地取得費	—	100	100
4. 建設中にかかる管理費	—	2,693	2,693
5. エンジニアリング サービス	11,410	2,455	13,865
小計 (1-5)	110,394	40,900	151,294
6. 工事数量増に対する予備費	11,039	4,090	15,129
小計 (1-6)	121,433	44,990	166,423
7. 物価上昇に対する予備費	20,022	7,230	27,252
合計	141,455	52,220	193,675

S/1,550 = US\$1.0 = ¥128, 1992年7月現在

外貨及び内貨に対する建設費の支出計画は、建設計画に基づき以下のとおり算定された。

年	(千米ドル)		
	外貨	内貨	合計
1994	4,233	275	4,508
1995	20,050	7,463	27,513
1996	23,503	11,332	34,835
1997	26,420	12,137	38,557
1998	31,723	11,839	43,562
1999	34,279	8,739	43,018
2000	1,247	435	1,682
合計	141,455	52,220	193,675

11. 環境

プロジェクト諸元及び初期環境影響評価（IEE）の結果に基づき、本プロジェクトに対する詳細環境影響評価（EIA）を以下に示す4項目について検討した。

- (1) ラ・エスペランサ及びボザ ホンダ貯水池の水質に対する影響
- (2) 河川流況の変化に対する影響
- (3) 河川及び河口部における水質に対する影響
- (4) 生態系及び漁業に対する影響

本プロジェクトは、以下に示す対策を講ずれば環境面において特に問題ないと判断された。

- (1) エル・セイバル浄水場への取水地点を、水質の良い原水を得るためロカフェルテ付近のポルトヴィエホ川からチコ川への変更を将来考慮すること
- (2) ポルトヴィエホ川流域の下水処理システムの改善
- (3) 河口部及びチヨネ川下流域洪水氾濫平野の適正な土地利用の管理
- (4) シンボカル防潮堰の運用改善

上記EIAの結果より、たとえ本プロジェクトが環境面において特に問題ないと結論づけられたとしても、プロジェクトによって生ずる不確定な環境悪化要因をすべて排除する事は難しく、提案した対策の効果及び効率のモニタリングが非常に重要となる。特に、適切な環境管理・モニタリング計画（EMMP）は、プロジェクトの環境面に対する健全性かつプロジェクトの持続的発展を達成するために重要である。

12. プロジェクト評価

種々の原水価値に基づく上水供給の経済便益は下記に示すとおりである。

上水供給便益 (百万米ドル/年)

年	原水価値 (米ドル/m ³)		
	0.3	0.4	0.5
2000	4.4	5.8	7.3
2005	10.0	13.3	16.7
2010	15.6	20.8	26.0
2015	23.8	31.8	39.7
2020	33.6	44.8	56.0

灌漑及び養殖業に対する経済便益はそれぞれ 7.8 百万米ドル/年、7.3 百万米ドル/年と算定した。これらより、プロジェクトの経済的內部収益率 (EIRR) は、下記に示すとおりとなった。

原水価値 (US \$/m ³)	EIRR (%)
0.3	11.4
0.4	12.8
0.5	13.9

灌漑及び養殖業への水供給に対する財務便益は経済便益の半分とし、残り半分は農家が取得するものと設定した。原水価値を下記に示す3つのケースを設定し、プロジェクトの財務的內部収益率 (FIRR) を算定した結果は以下のとおりである。

原水価値 (US \$/m ³)	FIRR (%)
0.15	9.3
0.20	10.6
0.25	11.6

13. 組織・制度

プロジェクトの実施機関は、エクアドル政府農牧省（MAG）の管轄下にあるCRMである。協力機関は、MAGの管轄下にあるINERHI, CEDEGE, JRH及び公共保健省の管轄下にあるエクアドル公衆衛生公社（IEOS）である。また、CONADEはプロジェクトの優先順位付け、あるいは外国ローンの導入等に関して権限を有しており、プロジェクト実施に対して重要な役割を果たすものと考えられる。

マナビ州の多くの水資源開発プロジェクトは、CRMにより計画、調査、設計、建設、運用及び維持管理が行われてきた。現在、CRMの管轄で実施している主なプロジェクトは、ボザホンダ多目的プロジェクト及び建設中であるラ・エスペランサダムを含むカリザール・チョネ灌漑プロジェクトである。

CRMの現組織は、4つの部門から構成されている。すなわち、（1）組織を統括する部門、（2）全般に助言的役割を持つ部門、（3）経営・管理等の補助部門、及び（4）インフラストラクチャーと社会経済開発に関する2つの局を持つ実施部門である。これらのうち実施部門に関して、現在の組織を本調査で提案した転流プロジェクトを含むすべてのプロジェクトの効率的運営のため、下記に示すような改正案を提案した。

- （1）インフラストラクチャーに関する局を2つに分ける。1つはプロジェクトの詳細設計までを管轄する調査・設計局、もう1つは、プロジェクト事務所を設営しプロジェクトの建設及び運用・維持管理を行なう建設・運用・維持管理局である。
- （2）独立した環境部を社会経済開発局の管轄下に組織する。これは、インフラストラクチャーや社会経済の発展に伴い、今後益々重要となる環境面のモニタリング及び管理を専門的に実施するためである。

本転流プロジェクト室は、建設・運用・維持管理局内にプロジェクトの建設開始時に組織され、プロジェクトマネージャーが、プロジェクトの建設監督のため任命されることになる。

JICA