

国際協力事業団

ヴェネズエラ共和国

環境天然資源省

アプレ川河川改修計画調査

最終報告書

要約

平成5年11月

日本工営株式会社
日本建設コンサルタント株式会社
国際航業株式会社

国際協力事業団

ヴェネズエラ共和国
環境天然資源省

アプレ川河川改修計画調査

最終報告書

要 約

JICA LIBRARY



1112286181

平成 5 年11月

日 本 工 営 株 式 会 社
日本建設コンサルタント株式会社
国 際 航 業 株 式 会 社



本報告書では、事業費を1993年2月価格で見積り、ボリバールで表示した。
また、使用した通貨換算率は以下の通りである。

1.00米ドル＝82.00ボリバール＝119.72円
(1993年2月17日の通貨換算率)

序文

日本国政府は、ヴェネズエラ共和国政府の要請に基づき、同国のアブレ川河川改修計画にかかる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4年3月から平成5年10月までの間、4回にわたり日本工営株式会社の竹内洋市氏を団長とし、同社、日本建設コンサルタント株式会社および国際航業株式会社から構成される調査団を現地に派遣いたしました。

調査団は、ヴェネズエラ共和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。

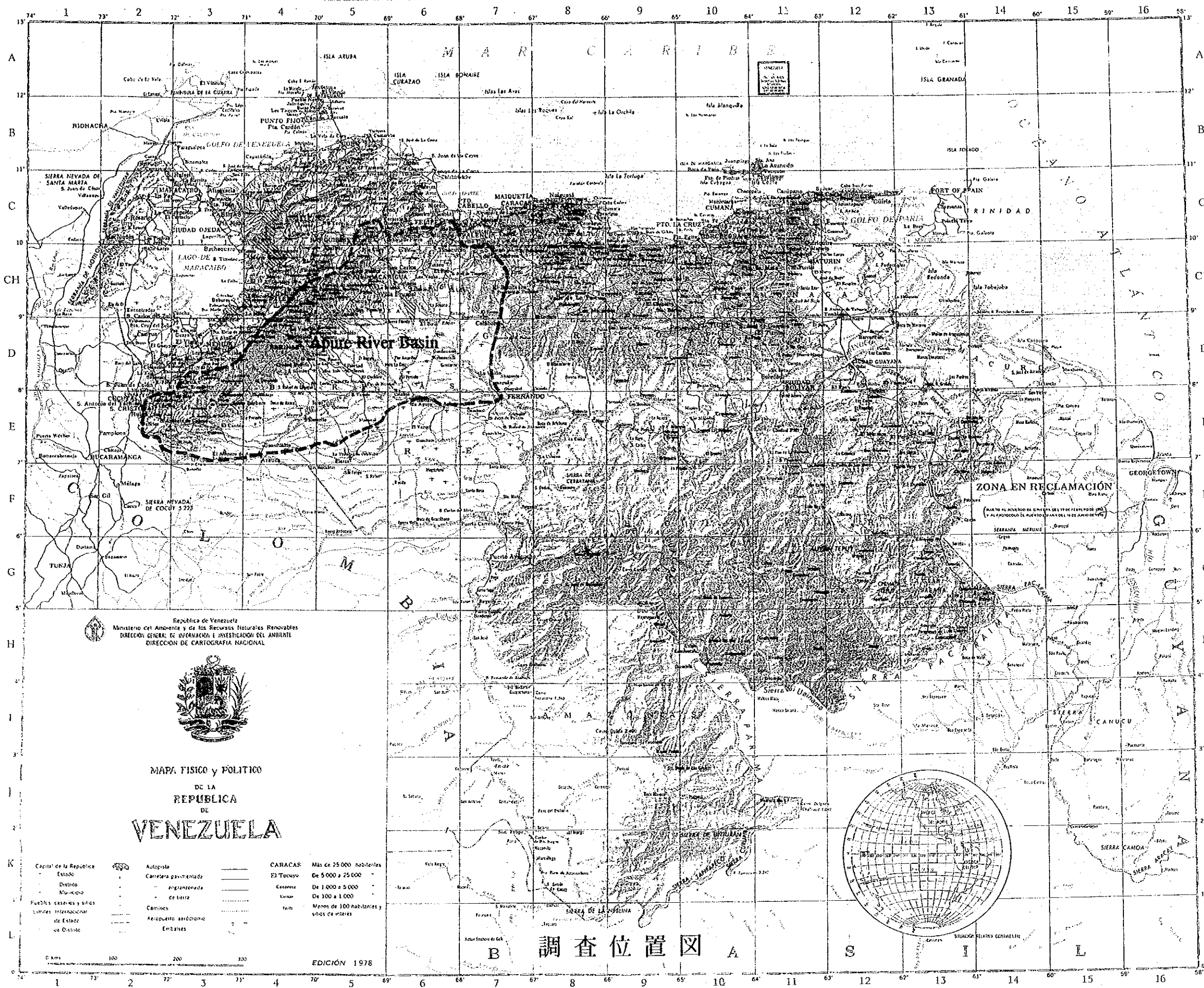
この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

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11月

国際協力事業団

総裁 柳谷謙介



República de Venezuela
Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables
DIRECCIÓN GENERAL DE INFORMACIÓN E INVESTIGACIÓN DEL AMBIENTE
DIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA NACIONAL



MAPA FISICO y POLITICO
DE LA
REPUBLICA
DE
VENEZUELA

Capital de la República	Autopista	CARACAS	Más de 25 000 habitantes
Estado	Carretera pavimentada	El Tocuyo	De 5 000 a 25 000
Distrito	Carretera en construcción	Cocorote	De 1 000 a 5 000
Municipio	Calle	San Carlos	De 100 a 1 000
Pueblos indígenas y sitios	Caminos	Tepe	Menos de 100 habitantes y sitios de interés
Límites internacionales de Estado	Aeropuerto aduanero		
de Distrito	Embalses		

0 100 200 300
Kms

EDICIÓN 1978

調査位置図

アブレ川河川改修計画調査 調査概要

序

1. 調査の目的

本調査は、アブレ川の河道安定化および洪水被害軽減を計るため、河川改修の基本方針と対策の策定を目的とする。併せて、調査業務を通じ、ヴェネズエラ側への技術移転をおこなう。

2. 調査対象地域

本調査の調査対象地域は以下のとおりである。

- 1) 河道安定化検討の対象地域は、アブレ川本川のオリノコ川合流点からガスダリートまで、およびボルトゲッサ川のサンフェルナンドからエルバウルまでとする。
- 2) 洪水被害軽減検討の対象地域は、アブレ川、マスバロ川及びボルトゲッサ川に囲まれた区域とする。
- 3) 本調査に関連する水文・水理検討はアブレ川全流域を対象とする。

3. アブレ川

アブレ川は、オリノコ川の最大支川の1つである。ヴェネズエラ国のアンデス山脈の南西端のコロンビア国境付近に源を発する。流域面積はサンフェルナンドで111,800 km²である。アブレ川本川の延長は、オリノコ川合流点からガスダリート付近のレモリーノ橋まで681 kmである。アブレ川の主要支川として、アンデス山脈からマスバロ川、バグエイ川、カナグア川、スリバ川、カバロ川、ウリバンテ川、およびサラレ川、右岸の平野部からガリティコ川が流入する。

河道安定化計画

5. 舟運のための河道安定化策

河道の舟運能力を改良するには基本的に2つの対策が考えられる。つまり、河道の流量を増大させる流況改善策と船の航行に十分な断面にするための河道改修策である。検討に当たっては、PROAその他の関連機関の計画案をとり込むよう努めた。

- 1) 流況改善：発電後の放流水を利用する導水路案
- 2) 河道改修：
 - a. 大分岐水路のもぐり堰及び締切堤による処理案
 - b. 法線変更及びショートカット水路による屈曲部水路法線の整正
 - c. 水路断面の改修：中島処理、水路しゅんせつ、リバートレーニング、及び暫定的河道断面改修

6. 短期計画

短期計画は次の目標の達成を目的とする。

- 1) アブレ川：サンフェルナンド港下流では8ヶ月、サンフェルナンド港からサントスルサルド港では7ヶ月の舟運を可能にする。
- 2) ボルトゲッサ川：サンフェルナンド港からエルバウル港まで8ヶ月の舟運を可能にする。

短期計画には次の諸工事が含まれる。

- 1) 導水路工事：カバロ・ウリバンテ・ビエホ導水路でラプエルトサ発電所の初期開発段階に対応する放流水を導流する。
- 2) 大分岐水路処理工事：チレル地点及びブラボ／ガルサス地点
- 3) 河道法線整正工事：アブレ川の曲率半径320m未満及びボルトゲッサ川の曲率半径150m未満の屈曲部の整正。
- 4) 河道断面改修工事。

7. 中期計画

中期計画は次の目標の達成を目的とする。

- 1) アブレ川：サンフェルナンド港下流では9ヶ月、サンフェルナンド港からサントスルサルド港では8ヶ月の舟運を可能にする。
- 2) ボルトゲッサ川：サンフェルナンド港からエルバウル港まで9ヶ月の舟運を可能にする。

中期計画には次の諸工事が含まれる。

- 1) 導水路工事：カバロ・ウリバンテ、ビエホ導水路で、ラプエルトサ発電所の最終開発段階に対応する放流水を導流する。
- 2) 河道法線整正工事：アブレ川の曲率半径560m未満、ボルトゲッサ川の曲率半径240m未満の屈曲部の整正。
- 3) 河道断面改修工事。

8. 事業費見積

本事業の実施に必要な事業費を1993年2月時点の為替レートを用い米ドルで見積った。結果は以下のとおり。

- 1) 短期計画 : 53,705千米ドル
- 2) 中期計画 : 74,587千米ドル
- 3) 短期計画+中期計画 : 128,293千米ドル

9. 経済性の検討

舟運の便益は主に陸上輸送との比較において、河道安定化事業により延長された舟運期間に対する輸送費の軽減額を以って見積もる。PROAが暫定的に作成した荷物量と輸送費資料に基づき河道安定化計画の経済性を試算すると以下のとおりである。

計画	内部収益率(%)	費用便益比	純便益(千米ドル)
1)短期計画	17.7	1.72	38,677
2)中期計画	13.7	1.46	46,666

治水計画

10. 計画対象地区

治水計画の対象地区は 21,000 km² の広さを持ち、南をアブレ川、北および東をボルトゲッサ川、西を地方道 2 号線を境とする地域である。対象地区は広大で、かつ大半が自然状態にある。したがって、環境面に十分配慮する必要がある。

11. 防御地区

治水計画の目標となる防御地区は排水改良の可能性があり、かつ、将来の土地利用計画を持つ地区とした。結果として、下記の 4 地区を選定した。

- 1) A地区 : イグエス川（カーニョ）右岸域に広がる地区
- 2) B地区 : ガナレ川中流右岸域に広がる地区
- 3) C地区 : アブレ川左岸域に広がる地区
- 4) D地区 : サン・フェルナンド市とその周辺

D地区は上流A地区、B地区及びC地区の治水工事による影響が予想されることからサン・フェルナンド市の治水安全度の向上を計る必要があるため選定した。

12. 治水計画案

各防御地区に対し、堤防、ダム、遊水池等による代替案を考え、技術面および環境面より検討した結果、下記の治水案を採用することとした。

- 1) A地区 : ボルトゲッサ川右岸堤(A1案)
- 2) B地区 : ガナレ川右岸堤 (B1案)
- 3) C地区 : アブレ川左岸堤 (C1案) またはアブレ式モジュール (C3 案)
- 4) D地区 : 上記3地区の治水による影響はないので提案すべき治水案はない。

本検討で提案する対象地区全体の治水計画案は上記案を統合したものである。

13. 長期計画

長期計画の目的は提案した下記の治水計画案の全体を完成させることを目標とする。

- 1) ボルトゲッサ川右岸堤の建設 (延長 187 km)
- 2) ガナレ川右岸堤の建設 (延長 145 km)
- 3) アブレ川左岸堤 (延長 155 km) またはアブレ式モジュール (対象地区未定) の建設

14. 短期計画

短期計画の目標は、長期計画の中の効率的工事および優先的工事の実施である。本検討では、下記の工事を短期計画として取り上げた。

- 1) ボルトゲッサ川右岸堤の一部区間 (延長 103 km) : 鉄道建設プロジェクトと関連する国道 8 号線からヌエバ・フロリダまでの区間の建設。
- 2) ガナレ川右岸堤の一部区間 (延長 25 km) : 既存道路をつなぎ、堤防兼用とする。

15. 事業費見積

本治水計画の実施に要する事業費は1993年2月時点の為替レートを円米ドルで見積った。結果は以下の通りである。

- 1) A1案 : 34,185千円ドル
- 2) B1案 : 25,553千円ドル
- 3) C1案 : 34,110千円ドル
- 4) 全体 : 93,848千円ドル

16. 経済性の検討

本治水計画による便益は洪水被害軽減便益と土地高度化便益である。見積った事業費と便益を基に、内部収益率、費用便益比および純便益を算定すると、以下のようになる。

治水案	内部収益率(%)	費用便益比	純便益 (千円ドル)
A1案	11.0	1.39	9,124
B1案	11.0	1.45	7,295
C1案	6.6	0.82	-5,212
全体	9.2	1.15	7,614

事業実施計画

17. 実施計画

短期計画をまず実施し、続いて中期および長期計画を実施するものとする。事業の実施計画は以下のとおりとなる。

- 1) 河道安定化計画
 - (1) 事業化準備 : 1年目から5年目
 - (2) 短期計画 : 1年目から7年目
 - (3) 中期計画 : 6年目から17年目
- 2) 治水計画
 - (1) 事業化準備 : 1年目から5年目
 - (2) 短期計画 : 2年目から10年目
 - (3) 長期計画 : 8年目から20年目

アプレ川河川改修計画調査

最終報告書

要 約

目 次

調査位置図

調査概要

略語

	頁
第1章 序論	1
1.1 背景	1
1.2 調査の目的	1
1.3 調査対象地域	1
1.4 調査作業	1
第2章 調査地域	2
2.1 位置	2
2.2 地質	2
2.3 気候	2
2.4 アプレ川	2
2.5 流域面積	3
第3章 調査	3
3.1 測量	3
3.2 材料調査	3
3.3 水文・水理調査	4
3.4 農業・土地利用調査	4
3.5 経済・社会調査	4
3.6 環境調査	4
第4章 基礎的検討	4
4.1 地形解析	4

4.2	洪水解析	4
4.3	降雨解析	5
4.4	洪水流出解析	5
4.5	洪水氾濫解析	5
4.6	年間流出率	5
4.7	水位	6
4.8	河道解析	6
4.9	オリノコ川の影響範囲	6
4.10	流下能力	6
4.11	年間流砂量	7
第5章	河道安定化計画の検討	7
5.1	河道改修工事	7
5.2	PROA による工事	8
5.3	河道の一般特性	8
5.4	経年変化	9
5.5	洪水期を経た変動	9
5.6	評価基準	9
5.7	アプレ川の評価	10
5.8	ポルトゲッサ川の評価	11
5.9	河道安定化の方針	12
5.10	流況改善	12
5.11	河道改修	12
5.12	段階的計画	13
5.13	短期計画	13
5.14	中期計画	14
5.15	長期計画	14
5.16	事業費見積	14
5.17	経済性の検討	15
5.18	環境問題の検討	15
第6章	治水計画の検討	15
6.1	対象地区	15
6.2	水理特性	15
6.3	既存および計画河川堤防	16
6.4	既存および計画ダム	16
6.5	既存洪水吐および計画放水路	16
6.6	既存および計画プロジェクト	16
6.7	既存土地利用計画	17

6.8	基本考察	17
6.9	計画手順	17
6.10	防御地区	17
6.11	計画規模	18
6.12	可能対策工	18
6.13	両岸堤建設の可能性	18
6.14	ダムの効果	18
6.15	アプレ式モジュールの適用性	19
6.16	現河道の拡幅と河床掘削の可能性	19
6.17	A地区の代替案	19
6.18	B地区の代替案	20
6.19	C地区の代替案	20
6.20	D地区の代替案	20
6.21	水理検討	21
6.22	A地区採用案	21
6.23	B地区採用案	22
6.24	C地区採用案	22
6.25	D地区採用案	22
6.26	環境面からの考察	22
6.27	治水計画案	23
6.28	施設設計方針	23
6.29	事業費見積	23
6.30	経済性の検討	24
第7章	マスタープランの策定	24
7.1	計画の構成	24
7.2	河道安定化計画	24
7.3	治水計画	25
7.4	河道安定化計画実施工程案	26
7.5	治水計画実施工程案	27
第8章	結論と勧告	27
8.1	河道安定化計画結論	27
8.2	河道安定化計画勧告	28
8.3	治水計画結論	28
8.4	治水計画勧告	29

付 表

表 - 1	治水検討対象ダムの諸元	30
表 - 2	各ブロック毎の最大湛水深 (10年確率) (1/2)	31
表 - 3	各ブロック毎の最大湛水深 (10年確率) (2/2)	32

付 図

図 - 1	調査地域	33
図 - 2	全体作業の流れ	34
図 - 3	アプレ川の一般特性 (1/2)	35
図 - 3	アプレ川の一般特性 (2/2)	36
図 - 4	アプレ川の舟運問題箇所	37
図 - 5	ポルトゲッサ川の舟運問題箇所	38
図 - 6	河道安定化策	39
図 - 7	舟運問題箇所位置：アプレ川 (1/8)	40
図 - 7	舟運問題箇所位置：アプレ川 (2/8)	41
図 - 7	舟運問題箇所位置：アプレ川 (3/8)	42
図 - 7	舟運問題箇所位置：アプレ川 (4/8)	43
図 - 7	舟運問題箇所位置：アプレ川 (5/8)	44
図 - 7	舟運問題箇所位置：アプレ川 (6/8)	45
図 - 7	舟運問題箇所位置：アプレ川 (7/8)	46
図 - 7	舟運問題箇所位置：アプレ川 (8/8)	47
図 - 8	舟運問題箇所位置：ポルトゲッサ川 (1/2)	48

図-8	舟運問題箇所位置：ポルトゲッサ川 (2/2)	49
図-9	湛水常襲地区	50
図-10	排水問題解決の可能性	51
図-11	対象地区内外の河川の現況流下能力	52
図-12	既存河川堤防およびその他の構造物の位置	53
図-13	ポルトゲッサ川流域内既存および計画ダム位置	54
図-14	既存洪水吐および計画放水路	55
図-15	農業用保全地区と既存農業開発プロジェクト	56
図-16	治水計画検討のための防御地区	57
図-17	確率洪水ピーク流量（既存および計画ダム考慮、10年確率）	58
図-18	アプレモジュール概略図	59
図-19	各防御地区治水代替案	60
図-20	治水計画案	61
図-21	計画堤防横断と計画堤防位置	62
図-22	実施工程案	63

略語

MARNR	:	環境天然資源省
JICA	:	国際協力事業団
PROA	:	オリノコ・アブレ計画総局
DHM	:	水文気象局
INC	:	運河庁
ICN	:	国立地理研究所
DC	:	地理局
DPRH	:	水理土壌植生動物計画局
DPC	:	保全計画局
DEP	:	調査計画局
PROFAUNA	:	野生生物保全局
CVS	:	ヴェネズエラ南西開発公社
CVG	:	ヴェネズエラ グァヤナ開発公社
LNH	:	国立水工研究所
AUDUBON	:	オースボーン協会
BID	:	米州開発銀行
FUDENA	:	自然保護財団
INPARQUES	:	国立公園研究所
UCV	:	ヴェネズエラ中央大学
UNELLEZ	:	国立西部ジャノス大学

第1章 序 論

1.1 背 景

ヴェネズエラ政府の要請を受け、日本政府は、実施機関である国際協力事業団（JICA）を通じ、「ヴェネズエラ国アブレ川河川改修計画調査」への技術協力の提供を決定した。

1.2 調査の目的

本調査は、アブレ川の河道安定化および洪水被害軽減を計るため、河川改修の基本方針と対策の策定を目的とする。併せて、調査業務を通じ、ヴェネズエラ側への技術移転をおこなう。

1.3 調査対象地域

本調査の調査対象地域は以下のとおりである。（図－1）

- 1) 河道安定化検討の対象地域は、アブレ川本川のオリノコ川合流点からガスダリートまで、およびポルトゲッサ川のサンフェルナンドからエルバウルまでとする。
- 2) 洪水被害軽減検討の対象地域は、アブレ川、マスパロ川及びポルトゲッサ川に囲まれた区域とする。
- 3) 本調査に関連する水文・水理検討はアブレ川全流域を対象とする。

1.4 調査作業

本調査の全作業期間は、1992年3月の調査開始から、1993年11月の最終報告書の提出までの21ヶ月間である。検討期間は4段階に分けられ、各段階はヴェネズエラでの現地調査および日本での国内作業より成る。調査はヴェネズエラ国環境天然資源省（MARNR）とJICA調査団の協力により効果的に実施された。本調査に関係するのはMARNRの諸機関で、PROA、LNH、DHM、DC、DPRH、DEP、DPCおよびCVSである。このうち、PROAとLNHは本調査に対し、共同してMARNRの幹事機関の役割を果たした。（図－2）

第2章 調査地域

2.1 位 置

調査地域はオリノコ川最大の支川であるアプレ川流域を包含し、北緯7度から10度、西経66度から73度に位置する。流域は北部境界が海岸山脈、西部境界がアンデス山脈になっている。ヴェネズエラ・ジャノスと呼ばれる広大な平原がオリノコ川とアンデス山脈及び海岸山脈の間に広がっている。アプレ川流域は、行政的には、バリナス、ポルトゲッサおよびコヘーデス州の全て、タチラとアプレ州の一部を含み、メリダ、トゥルヒージョ、ララ、カラボボおよびガリコ州の小部分を含む。(図-1)

2.2 地 質

多くの入り組んだ断層を伴って中世代と第三紀の岩が山麓地帯で接している。カリブ断層沿いでは、ボコノ断層同様、これまで多くの地震が発生してきた。アンデス山脈と海岸山脈は、白亜紀以来、地殻隆起運動の影響を受けてきた。一方、アプレ川流域は、沈降の影響を受けてきており、従って、中世代と第三紀の地層が流域に厚く堆積することとなった。これらの地層は、現在、第四紀層で覆われている。

2.3 気 候

調査地域は、ケッペンの気候区分によると、大部分が熱帯サバナ気候に分類される。降雨は調査地域の気候で最も特徴的で、年間降雨量は平野部で1,200mmから1,600mm、山間部で2,800mmである。調査地域の雨期は4月から11月である。最高気温は3月に、最低は11月に観測されるがその差はわずかである。月平均気温は、平野部では年間を通じ25℃から29℃である。

2.4 アプレ川

アプレ川は、ヴェネズエラ国のアンデス山脈南西端のコロンビア国境付近に源を発する。流域面積はサンフェルナンドで111,800km²である。アプレ川本川の延長は、オリノコ川合流点からガスタリート付近のレモリーノ橋まで681kmである。アプレ川の主要支川として、海岸山脈よりガリコ川、アンデス山脈からポルトゲッサ川、マスパロ川、パグエイ川、カナグア川、スリバ川、カパロ川、ウリバンテ川およびサラレ川、右岸の平野部からガリティコ川が流入する。

2.5 流域面積

主要基準地点上流の流域面積は以下のとおりである。

- 1) アブレ川本川 : 111,800km² (サンフェルナンド地点)
 - a) レモリーノ橋 : 8,400km²
 - b) プルスアル : 40,000km²
 - c) エルサマン : 48,000km²
 - d) サンフェルナンド : 111,800km²
- 2) ポルトゲッサ川 : 54,600km² (アブレ川合流点)
 - a) エルバウル : 13,200km²
 - b) エルホバリート : 23,300km²
 - c) カマガン : 54,400km²

合流点でアブレ川本川(57,200km²)とポルトゲッサ川(54,600km²)の流域面積はほぼ等しいが、その性状は著しく異なる。アブレ川本川は河道幅が広く場所により網状を呈しているが、ポルトゲッサ川は河道幅が狭く蛇行している。

第3章 調査

3.1 測量

アブレ川とポルトゲッサ川の測量を 1992 年 5 月から 7 月及び 1993 年 1 月から 3 月の二度にわたり実施した。測量内容は以下の通りである。

- 1) 河道横断測量 : 191 断面
- 2) 水準測量 : 総延長 430 km

3.2 材料調査

アブレ川、ポルトゲッサ川、それらの支川およびオリノコ川について以下の調査を行なった。

- 1) 河床材料調査 : 本支流合計 39 地点
- 2) ボーリング調査 : アブレ川とポルトゲッサ川で 13 地点
- 3) テストピット調査 : アブレ川とポルトゲッサ川で 13 地点
- 4) 室内試験 : 5 種

3.3 水文・水理調査

以下の水文・水理諸調査を調査期間中に実施した。

- 1) 資料収集・分析
- 2) 浸水域調査
- 3) 流量観測
- 4) 流送土砂量調査
- 5) 水位観測
- 6) 水質調査

3.4 農業・土地利用調査

対象地区の農業の現況、既存および将来の農業開発計画、現況および将来の土地利用等の調査を実施した。

3.5 経済・社会調査

人口、労働力、国内総生産、物価指数および外国為替レートなどの調査地域における社会・経済状況を調査した。

3.6 環境調査

対象地区の環境の現状、法制、保全対象物等の調査を行なった。また、環境専門家および関係者よりの意見聴取のため、環境ワークショップを開催した。

第4章 基礎的検討

4.1 地形解析

治水計画案検討の基礎資料としての調査地域の等高線図および湛水分布図を作成した。等高線図は20 m 間隔の等高線の入った 10 万分の一の地形図を基に 5 m 間隔の等高線を補完した上で湛水域資料等を参照し作成した。また、湛水分布図は主に衛星画像写真の判読により作成した。

4.2 洪水解析

洪水解析は水文的水文流出解析と水理的洪水氾濫解析によりなる。水理的洪水氾濫解析は治水計画対象地区が広大な湛水地帯であることから通常的水文的水文流出解析手法では施設の効果を把握することが難しいため採用した。このため、洪

水氾濫解析は治水計画対象地区について行ない、残りの流域については洪水流出解析を行なうものとした。

4.3 降雨解析

計画降雨は対象地区の長期の湛水を考慮して雨期をカバーする8ヶ月降雨とした。降雨波形はポルトゲッサ流域内で既往最大である1981年のものを採用した。また、流域平均雨量は61雨量観測所を選び、ティーセン法により求めた。確率雨量はガンベル法により算定した。主要流域の10年および50年確率の8ヶ月流域平均雨量は以下の通りである。

(単位: mm)			
確率	アプレ川上流域	ポルトゲッサ川流域	全流域
10年確率	1,942	1,576	1,742
50年確率	2,184	1,808	1,958
1981年実績	2,004	1,623	1,818

注: 全流域はサンフェルナンドより上流のアプレ川流域である。

4.4 洪水流出解析

洪水流出計算は貯留関数法により行なった。洪水流出モデル構築のため、アプレ川流域(洪水氾濫解析対象地区除く)を107の小流域と17の河道に分割した。確率洪水流出量は先に計算した確率雨量を基に、下記のダム条件で計算した。

- ダムなし
- 既存ダムのみ
- 既存ダムと計画ダム

モデルの各定数の同定は1976年および1981年の洪水に対し行なった。

4.5 洪水氾濫解析

洪水氾濫計算はポンドモデル法により行なった。対象は治水計画地区である。計算のため、対象地区を495のメッシュに分割した。1つのメッシュの標準の大きさは10 km x 10 kmである。対象地区への流入量は先に計算した既存ダムありの場合の洪水流出量と自流域の雨量である。定数の同定は1976年と1981年に洪水に対して行なった。計算は治水計画における各代替案に対し行なった。

4.6 年間流出率

アプレ川本川の年間流出率(年流出量/年降雨量)は、レモリーノ橋地点で0.84、サンフェルナンド地点で0.41で下流へ向け減少する。ポルトゲッサ川の流出率は

エルバウル地点で0.14、カマガン地点で0.20と下流へ行くに従いわずかに増大する。ポルトゲッサ川の流出率は著しく小さい。これは流域内の蒸発による損失、少ない降雨、あるいは地下水の動きに起因するものであろう。

4.7 水 位

アプレ川の水位ハイドログラフは8月に最高、3月あるいは4月に最低となる年1周期の波形である。水位の日・月単位での変動はわずかである。例えば、年最高水位と最低水位の差はサンフェルナンドで約6mから7m、ブルスアルで4mであるが、洪水期の月間変動はわずか0.5mあるいはそれ以下である。

4.8 河道解析

舟運可能性の評価および河道の水理特性解析のため、不等流計算モデルを作成した。アプレ川のモデルには、1992年3月にPROAが測量した28断面を用い、INCの深浅測量による21断面で補足した。河口（オリノコ川合流点）からレモリーノ橋に至る全延長681kmの河道モデルに対して49断面が組み込まれた。ポルトゲッサ川のモデルに関しては、河口（アプレ川合流点）からエルバウル港に至る約249kmの河道について、1989年10月に実施したPROAの深浅測量39断面を用いた。ポルトゲッサ川の断面は全て水面からの深浅測量結果であり、舟運能力評価のための河道モデルは、測量時水位をもとに河床縦断形を仮定し粗度係数を逆算して作成した。

4.9 オリノコ川の影響範囲

不等流計算によると、アプレ川はオリノコ川合流点から94 km（アリチューナから29 km下流付近）までオリノコ川の背水による影響を受けている。アリチューナより下流のアプレ川河道はオリノコ川の影響の下に形成されていると考えられる。

4.10 流下能力

不等流計算に基づき推定したアプレ川の河道満杯流量は以下のとおりである。流下能力及び年間流砂量は、本件計画策定に直接用いる諸元ではないが、河道の特性を示す指標であり、また、今後の構造物検討に有用な値であることから、算出可能なものについて検討した。

区 間 (河口からの距離)	河道満杯流量(m ³ /s)		備 考
	平均	最小	
0 - 70 km	2,290	2,210	最下流区間
70 - 130 km	2,480	1,750	大分岐河道区間
	(1,760)	(1,110)	(アプレ川本川のみ)
130 - 195 km	4,140	2,990	大分岐には含まれた区間
195 - 275 km	3,150	3,150	大分岐河道区間
	(1,380)	(1,380)	(アプレ川本川のみ)
275 - 450 km	3,380	2,500	エルサマンーブルスアル間
450 - 520 km	2,080	1,800	ブルスアルースリパ川間
520 - 680 km	910	600	スリパ川ーガスダリート間

4.1.1 年間流砂量

アプレ川における現状河道の年間流砂能力を区間平均値として次の通り算定した。

区 間	年間流砂量 (mil.m ³ /yr)	区間延長 (km)	平均川幅 (m)
河口～サンフェルナンド間	14.7	167.3	340
サンフェルナンド～エルサマン間	15.2	180.8	342
エルサマン～ブルスアル間	14.5	94.1	522
ブルスアル～スリパ川間	13.0	81.4	501
スリパ川～レモリーノ橋	14.3	139.8	265

第5章 河道安定化計画の検討

既往調査及び工事

5.1 河道改修工事

アプレ川の改修は水資源開発とともに1960年代に始まった。これまでに行われた河道改修工事は主に町や村、公共施設および農地を洪水と河岸侵食から守るためのものである。近年、航路としてのアプレ川の調査・工事が開始された。

5.2 PROAによる工事

4つの河川港が計画され、現在工事中である。

- | | |
|--------------------|-------|
| 1) サンフェルナンド港 | : 既 設 |
| 2) エルバウル港 | : 施工中 |
| 3) ヌートリアス港 (プルスアル) | : 既 設 |
| 4) サントスルサルド港 | : 既 設 |

河道改修工事については、調査・設計がすでに実施されている箇所もある。オリノコ・アプレ水系の舟運マスタープラン調査の実施が別途予定されている。

河道特性

5.3 河道の一般的特性

アプレ川的主要な特性を、区間毎に述べると以下のとおりである。(図-3)

- 1) 区間A 1 (河口からサンフェルナンド港まで) : 地盤勾配は1/8,500。この区間には大規模な分岐水路が発達し、流路は網状を成していない。アプレ川の川幅は120mから600mに変化し、平均257mである。分岐水路も含めると、135mから600mで平均340mとなる。
- 2) 区間A 2 (サンフェルナンド港からポルトゲッサ川合流点まで) および区間A 3.1 (ポルトゲッサ川合流点からアプリートまでのアプレ川) : 地盤勾配は1/7,200。この区間には大規模な分岐水路が発達し、流路は網状を成していない。アプレ川の川幅は100mから560mに変化し、平均251mである。分岐水路も含めると、250mから560mで平均342mとなる。
- 3) 区間A 3.2 (アプリートからヌートリアス港まで) : 地盤勾配は1/5,000。流路は網状を成す。川幅は200mから880mに変動し平均522mである。
- 4) 区間A 4.1 (ヌートリアス港からスリパ川合流点まで) : 地盤勾配は1/4,200m。この区間には主要な支川が合流している。流路は網状を成す。川幅は220mから800mに変化し平均501mである。
- 5) 区間A 4.2 (スリパ川合流点からサントスルサルド港まで) : 地盤勾配は1/2,500。主要な支川の合流はなく、流路も網状化していない。川幅は100mから370mに変化し平均265mである。

5.4 経年変化

1988年（縮尺1/10,000）と1960～66年（縮尺1/25,000）の地形図を比較すると、左右河岸の変動は区間 A3.2 及び A 4.1 で活発である。

5.5 洪水期を経た変動

1992年6、7月及び1993年1、2月に測量した河道断面を比較した。河道特性と一洪水期を経た河道の変化の概要は次のとおりである。

- 1) カマガン地点の河道は深くせまく、川幅水深比(B/hm)が19である。一方、ガスダリート及びブルスアル地点では河道は比較的平たんで、川幅水深比がそれぞれ72及び82である。
- 2) 最大河道水深、河道幅及び河岸移動については、ガスダリートとブルスアルの変化が顕著である。カマガン地点の水路はこれら二地点に比し、安定である。
- 3) 最大水深と平均水深の比の(hmax/hm)の最大値はガスダリート、ブルスアル、カマガンでそれぞれ3.5、3.0、2.0である。
- 4) ガスダリートとブルスアル地点の水深比(hmax/hm)は、最大水深位置が河岸に近い程大きくなるという共通な傾向を示しているが、カマガン地点では、最大水深位置との明かな関係がなく、他の地点とかなり異なっている。
- 5) ガスダリートとカマガン地点については1992年と1993年断面の水深比(hmax/hm)間に顕著な差異はみられないが、ブルスアル地点では1992年の水深比の上限値が1993年のその約半分になっている。低水流による埋戻し効果によるものと思われる。

舟運能力の評価

5.6 評価基準

河道の舟運能力を次の評価基準に従い水深、川幅、曲率半径の面から検討した。

1) 航路規格基準

	アブレ川	ポルトゲッサ川
a) 水深	2.00m 以上	1.70m 以上
b) 河幅	80m 以上	30m 以上
c) 曲率半径	560m 以上	240m 以上

- 2) 流況基準：舟運可能期間の基準として各観測所における平均流況の年最小値からの順位（日数）に対応する日流量を適用する。流況地点としてはアブレ川については、サンフェルナンド、エルサマン、ブルスアル、レモリ

ーノ橋、またポルトゲッサ川についてはカマガン、エルホバリートとエルバウルの各観測所を採用した。

5.7 アブレ川の評価

不等流計算モデルと地形図を用いて舟運問題箇所の評価を行った。(図-4)

1) 水深問題箇所 (2.00m 未満)

舟運月数 (月)	区間 A 1 (断面数)(%)	区間 A 2 (断面数)(%)	区間 A 3 (断面数)(%)	区間 A 4 (断面数)(%)
12	43 (9.4)	24 (15.2)	367 (23.2)	423 (29.1)
11	25 (5.5)	18 (11.4)	331 (20.9)	359 (24.7)
10	21 (4.6)	17 (10.8)	272 (17.2)	289 (19.9)
9	11 (2.4)	13 (8.2)	214 (13.5)	192 (13.2)
8	3 (0.7)	6 (3.8)	148 (9.4)	95 (6.5)
7	1 (0.2)	3 (1.9)	38 (2.4)	45 (3.1)
6	0 (0)	1 (0.6)	6 (0.4)	26 (1.8)
5	0 (0)	0 (0)	0 (0)	18 (1.2)
合計断面	(458)	(158)	(1,581)	(1,455)

(注) 区間 A 1 の下流部 95.74km は横断資料がないため上記集計に含まれていない。

2) 川幅問題箇所 (80m 未満)

舟運月数 (月)	区間 A 1 (断面数)(%)	区間 A 2 (断面数)(%)	区間 A 3 (断面数)(%)	区間 A 4 (断面数)(%)
12	6 (55)	0 (0)	9 (56)	12 (71)
11	4 (36)	0 (0)	9 (56)	9 (53)
10	1 (9)	0 (0)	7 (44)	5 (29)
9	1 (9)	0 (0)	4 (25)	2 (12)
8	0 (0)	0 (0)	1 (6)	0 (0)
7	0 (0)	0 (0)	1 (6)	0 (0)
6	0 (0)	0 (0)	1 (6)	0 (0)
合計断面	(11)	(3)	(16)	(17)

3) 曲率半径問題箇所 (560m未満)

曲率半径	区間A 1	区間A 2	区間A 3	区間A 4
560m未満(箇所数(km/箇所))	12 (14)	0 (-)	16 (16)	12 (18)
内320m未満 (箇所数)	6	0	5	5
区間河道長 (km)	167.3	24.9	250.0	221.2

- 4) まとめ：アプレ川の主要な問題は水深の不足である。水深から判断し、現状のアプレ川の舟運可能月数は、区間A 1で8カ月、区間A 2及びA 3で6カ月、区間A 4で4カ月と評価される。なお、問題区間が1%以下の場合は維持工事等の小規模改修で対処できると考え舟運可能区間とみなした。9カ月以上の舟運に対しては川幅も問題となってくる。

5.8 ポルトゲッサ川の評価

アプレ川と同様の手法で舟運問題箇所の評価を行った。(図-5)

1) 水深問題箇所 (1.70m 未満)

舟運月数 (月)	区間P 1 (断面数)(%)	区間P 2 (断面数)(%)
12	3 (10)	0 (0)
11	1 (3)	0 (0)
10	1 (3)	0 (0)
9	1 (3)	0 (0)
8	0 (0)	0 (0)
合計断面	(31)	(8)

2) 川幅問題箇所 (30m 未満)

舟運月数 (月)	区間P 1 (断面数)(%)	区間P 2 (断面数)(%)
12	15 (48)	8 (100)
11	9 (29)	8 (100)
10	7 (23)	5 (63)
9	3 (10)	3 (38)
8	0 (0)	1 (13)
合計断面	(31)	(8)

3) 曲率半径問題箇所 (240m未満)

曲率半径	区間 P 1	区間 P 2
240m未満(箇所数(km/箇所))	27 (8)	5 (7)
内150m未満 (箇所数)	5	2
区間河道長 (km)	214.8	33.7

- 4) まとめ：川幅と曲率半径の不足がボルトゲッサ川の主要な問題である。川幅から考えると、現状河道の舟運可能期間は区間 P 1 で 8 ヶ月、区間 P 2 で 7 ヶ月である。9 ヶ月以上の舟運を可能にしようとする問題箇所は急激に増大する。

舟運のための河道安定化対策

5.9 河道安定化の方針

河道の舟運能力を改良するには基本的に 2 つの対策が考えられる。つまり、河道の流量を増大させる流況改善策と舟の航行に十分な断面にするための河道改修策である。検討に当たっては、PROAその他の関連機関の計画案をとり込むよう努めた。(図-6)

5.10 流況改善

各種対策案の効果の検討結果に基づき、次の河道安定化計画策定の方針を設定した。

- 1) アブレ上流流況改善：カパロ - ウリバンテビエホ導水路案を計画に取り入れる。しかし、舟運のための新設ダムは考えず、発電後の放流水を使用する。
- 2) アブレ中流流況改善：ボコノ - マスパロ導水路案は、取り上げない。当初段階でもその舟運に対する効果は低く、その上、将来のかんがい用水需要増に伴いさらに低下するためである。
- 3) ボルトゲッサ上流流況改善：コヘーデス - エルフラスコ導水路案は現調査では考慮しない。しかし、将来、舟運マスタープランに基づき舟運能力の向上を計るとき経済性を確認した上で、採用される場合もある。

5.11 河道改修

各種河道改修案の効果検討結果に基づき、次の河道安定化計画策定の方針を設定した。

- 1) チレル地点とブラボ／ガルサス地点の大分岐水路処理を計画に取り込む。チレル地点の対策は分岐水路への分流量を安定させるのに役立つであろうし、ブラボ／ガルサス地点の処理はアプレ本川の流況改善に役立つ。しかし、これらの対策に当たっては、さらに河道、施設及び環境に関する調査が必要である。
- 2) 河道法線の整正：法線変更及びショートカット水路を蛇行水路の曲率半径問題箇所の基本的対策とする。
- 3) 河道断面改修：種々の対策を検討したが、これらは今後、水理模型実験、現場での実物試験により技術を積み重ね、アプレ川に適用可能な工法として、開発を進める必要がある。

河道安定化計画の策定

5.1 2 段階的計画

河道安定化計画として、後述の7.2項に示す短期計画、中期計画、長期計画の3段階の計画を策定した。これらの段階的計画の目標は、現状河道の舟運能力と現時点での河道改修工事の限度を考慮して設定した。河道改修工事の限度としては、全河道延長の10%迄と仮定し、これを中期計画の目標とした。短期計画はただちに実施すべき工事で、目標を現状舟運能力と中期計画目標の間に設定した。長期計画は今後策定される舟運マスタープランに従って検討されることとなる。

(図-7～8) 各段階的計画に含まれる工事は以下のとおりである。

(1) 短期計画

- 1) 導水路工事：カパロ－ウリバンテ・ビエホ導水路でラブエルトサ発電所の初期開発段階に対応する放流水を導流する。
- 2) 大分岐水路処理工事：チレル地点及びブラボ／ガルサス地点。
- 3) 河道法線整正工事：アプレ川の曲率半径320m未満及びポルトゲッサ川の曲率半径150m未満の屈曲部の整正。

(2) 中期計画

- 1) 導水路工事：カパロ－ウリバンテ、ビエホ導水路で、ラブエルトサ発電所の最終開発段階に対応する放流水を導流する。
- 2) 河道法線整正工事：アプレ川の曲率半径560m未満、ポルトゲッサ川の曲率半径240m未満の屈曲部の整正。
- 3) 河道断面改修工事：区間A1、A2、P1、P2に対しては9ヶ月及び区間A3、A4に対しては8ヶ月の舟運を可能にする断面改修。

(3) 長期計画：今回は検討しない。

5.13 事業費見積

本事業の実施に必要な工費を1993年2月時点の為替レートを用い米ドルで見積った。結果は次のとおり。

事業費	(単価：千米ドル)		
	短期計画	中期計画	合計
1)工事費	40,013	55,576	95,589
a)準備工 (10%)	3,637	5,053	8,690
b)導水路工事	3,020	0	3,020
c)大分岐水路処理工	1,029	0	1,029
d)河道法線整正工	20,941	27,813	48,754
e)河道断面改修工事	10,326	21,239	31,565
f)雑工事 (3%)	1,060	1,471	2,531
2)用地取得費	5	2	7
3)管理費	2,001	2,780	4,781
4)技術費	6,803	9,448	16,251
5)予備費 (10%)	4,883	6,781	11,664
6)合計	53,705	74,587	128,293

5.14 経済性の検討

水上輸送は低い運賃で大量の輸送がでる利点がある。舟運の便益は主に陸上輸送との比較において、河道安定化事業により延長された舟運期間に対する輸送費の軽減額を以って見積もる。舟運計画マスタープランがまだ策定されていないのでPROAが予備的に検討している荷物資料および輸送単価に基づき河道安定化計画の経済性を概略試算すると次のとおりである。

計画	内部収益率(%)	費用便益比	純便益(千米ドル)
1)短期計画	17.7	1.72	38,677
2)中期計画	13.7	1.46	46,666

5.15 環境問題の検討

舟運のための河道安定化は流況改善と河道改修により達成する。河道改修には大分岐水路処理、河道法線整正、河道断面改修及び護岸が含まれる。河道安定化工事は、河道及び周辺地域への変化を大なり小なりもたらすこととなろう。これらの変化のうち、締切堤及びもぐり堤下流部の大分岐水路、及び浚渫の土捨て用地における影響が注視すべきものであろう。このため事業計画の進捗に伴いより詳細

な調査を実施する必要がある。調査には次の事項が含まれることとなろう。

- 1) 水利用の実態調査
- 2) 生態系の現状調査
- 3) 保全対象の設定

これらの調査検討に基づき、計画及び設計を必要に応じ、住民の既得権益に対する補償や生態系の保全が計れるよう見直すべきである。

第6章 治水計画の検討

検討対象地区

6.1 対象地区

治水計画の対象地区は21,000 km²の広さを持ち、南をアプレ川、北および東をポルトゲッサ川、西を地方道2号線を境とする地区である。対象地区は広大で、かつ大半が自然状態にある。したがって、環境面に十分配慮する必要がある。治水工事による地区内の水理条件の急激な変化は環境に大きな影響を与えるであろう。対象地区内の主要河川は上記アプレ川とポルトゲッサ川および地区の中心部を流れるガナレ川である。その他に、"カーニョ"と呼ばれる多くの小河川がある。対象地区は行政的にはバリナス州、ポルトゲッサ州およびコヘーデス州にまたがっている。また、アリスメンディ地区は西部平地の内のアプレ低地の中心として知られている。(図-1)

対象地区の現況

6.2 水理特性

湛水常襲地区は対象地区内に広く分布している。原因は河川の氾濫、降雨そのものおよび河川の氾濫による滞留の3つ分けられる。面積は合計で11,200 km²にものほり、対象地区の53%を占める。河川の氾濫は地区内の主要河川であるポルトゲッサ川、ガナレ川及びアプレ川沿いで起こっている。(図-9～11)

一方、MARNRの調査検討によれば対象地区内の排水改良の可能性は大きく3つに分類される。可能性が低いもしくはほとんどない地区が対象地区の半分を占める。可能性のある地区は上中流域およびアプレ川の右岸域に広がり、可能性のほとんどない地区は下流域に広がっている。地区内および周辺の河川の現況流下能力は以下に示すようにそれらの流域面積に比しかなり小さい。

河川	流域面積 (km ²)	基準点	流下能力 (m ³ /s)
1. アブレ川	111,800	サンフェルナンド	6,900
2. アブレ川	40,000	ブルースアル	3,800
3. ポルトゲッサ川	23,300	エルホバリート	600
4. ポルトゲッサ川	54,400	カマグアン	1,200
5. ガナレ川	-	アリスメンディ	200
6. ガナレ川	-	ラ・ウニオン	140

6.3 既存および計画河川堤防

対象地区内に現在までに建設された河川堤防は7ヶ所ある。また、計画のものはポルトゲッサ川右岸を通る鉄道計画の一貫としての河川堤防がある。(図-12)

6.4 既存および計画ダム

対象地区が含まれるポルトゲッサ川流域には7つのダムが既に建設されており、さらに2つのダムが建設予定である。ダム流域の合計は10,960 km²。有効貯水量および洪水調節容量の合計はそれぞれ $6,325 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、 $797 \times 10^6 \text{ m}^3$ である。(表-1、図-13)

6.5 既存洪水吐および計画放水路

サン・フェルナンドの北、約6 kmのアト・ゴリン地点にカマグアン-サン・フェルナンド道路を横断して、ポルトゲッサ川の氾濫水をアブリート川へ流下させる既存の洪水吐がある。幅は400 mであるが橋梁により120 mに狭められている。また、低水路を備えていない。延長は10 kmで計画流量は50年確率洪水に対して190 m³/sである。一方、計画の放水路は既存洪水吐の北、約3 kmのソンプレリート地点にポルトゲッサ川よりアブリート川への放水路がMARNRにより計画されている。幅は400 mで60 m幅の低水路を備えているが橋梁で85 mに狭められている。延長は18 km、設計流量は50年確率洪水に対し440 m³/sである。(図-14)

6.6 既存および計画プロジェクト

対象地区内では上流域に位置するガナレ・マスバロ農業開発プロジェクトが唯一のものである。一方、計画中のものは2つある。1つはガナレ・マスバロ農業開発プロジェクトの拡張であり、他の1つは前述のポルトゲッサ川右岸を通る鉄道

建設プロジェクトである。鉄道建設プロジェクトは近い将来の実施が予定されている。（図－12、15）

6.7 既存土地利用計画

MARNR の作成したバリーナス、ポルトゲッサおよびコヘーデスの各州のゾーニングプランが既存の土地利用計画である。同プランは 2010 年までの各州の土地利用計画を描いたものである。計画土地利用の大半は農業（牧畜）であり、利用の優先度により 3 つの地区に分類されている。一方、洪水氾濫原は対象地区の 27 %（約 5,700 km²）を占め、土地利用計画のない土地も 29 %（約 6,000 km²）を占める。（図－15）

治水計画の基本構想

6.8 基本考察

洪水氾濫の軽減のため対象地区内の河川の流下能力を増加を考えるのは一般的である。しかし、本地区の場合、下流サン・フェルナンド狭さく部への洪水の集中を招き、また、同狭さく部の流下能力の増加が難しいことから好ましくない。また、洪水氾濫水は被害を起こす一方で、地区住民の水資源として役立っている。さらに、対象地区は大半が自然状態にあるので、環境面よりの考慮も重要である。したがって、本検討で提案する治水計画案は湛水条件の変更と遊水による流出の抑制を考えた案となろう。

6.9 計画手順

治水計画の立案手順は概略以下の通りである。

- 1) 防御地区の選定
- 2) 計画規模の選定
- 3) 可能対策工の選定
- 4) 代替案の立案
- 5) 各代替案の検討
- 6) 環境面よりの考慮
- 7) 治水計画案の決定

6.10 防御地区

治水計画の目標となる防御地区は排水改良の可能性がある、かつ、将来の土地利用計画を持つ地区とした。結果として、下記の 4 地区を選定した。（図－16）

- 1) A地区：イグエス川（カーニョ）右岸域に広がる地区
- 2) B地区：ガナレ川中流右岸域に広がる地区
- 3) C地区：アブレ川左岸域に広がる地区
- 4) D地区：サン・フェルナンド市とその周辺

D地区は上流A地区、B地区、及びC地区の治水工事による影響が予想されることからサン・フェルナンド市の治水安全度の向上を計る必要があるため選定した。

6.1.1 計画規模

計画規模は10年確率規模とした。これはヴェネズエラにおいて非都市部の治水計画等で採用される規模である。ポルトゲッサ川流域の10年確率降雨量は同流域の既往最大である1981年の降雨量の96%に相当する。

6.1.2 可能対策工

本治水計画において適用可能と思われる対策工として以下のものが考えられる。

- 1) 堤防
- 2) 放水路
- 3) 遊水地（自然および人工）
- 4) ダム
- 5) 現河道の拡幅および掘削

計画のための予備検討

6.1.3 両岸堤建設の可能性

対象地区内の洪水氾濫水を河道に閉じ込めた場合について1981年の洪水について流出計算を行なった。計算結果によれば、ポルトゲッサ下流のカマグアン地点でのピーク流量は下流区間河道中10 km 対して、6,800 m³/s に達する。アブレ川サン・フェルナンド地点の現況流下能力（河道満杯で6,900 m³/s）とその流下能力の大幅増加が難しい現状では両岸堤により洪水を河道内に閉める案は適当でない。本地区の場合、その地形的特徴を生かし、片堤防によりゆるやかに氾濫流を制御する案が適当であろう。

6.1.4 ダムの効果

ボコノ・ツクピドダムを除く、既存6ダムおよび計画2ダムは対象地区内の洪水軽減効果はない。その理由はこれらのダムが対象地区から遠いという地理的条件と対象地区を含むポルトゲッサ川流域の8ヶ月間全流出量に対して、ダムの合

計有効貯水量と洪水調節容量がそれぞれ9%、1%と小さいためである。(図-13)

6.15 アプレ式モジュールの適用性

対象地区では治水とともに水資源の保全も重要である。アプレ式モジュール(小型貯水池)はこの目的に沿うものとして考えられている(図-18)。アプレ・モジュールは自流域の10年確率降雨の90%を貯留する遊水効果を持つ。アプレ・モジュールは乾期のための水を貯留できる利点を持つとともに、土地利用が牧畜に限られるが集約的な牧畜により利益を上げることが出来るので、開発目的で導入すべきであろう。

6.16 現河道の拡幅と河床掘削の可能性

現河道の流下能力を増すために拡幅または河床掘削を行なうことは一般的である。しかしながら、本検討では下記の理由で採用しなかった。

- 下流への洪水の集中。
- 河岸の森林の消失により河道の安定を損なうこと。
- 乾期の河川水深の減少による舟運への影響。

治水代替案の立案

6.17 A地区の代替案

A地区の防御方法としては下記のものが考えられる。(図-19)

- a) 洪水氾濫防御の堤防
- b) 洪水ピークカットのダム

しかしながら、ダム案はA地区防御に有効な計画ダムがないことから除外した。本地区およびその周辺地区の湛水の主原因がボルトゲッサおよびイグエス川の氾濫にあることを考えて、代替案は下記の3案を選定した。各案とも堤防延長は地区をカバーするように国道5号線よりボルトゲッサ川とイグエス川の合流点までとした。

- 1) A1案：ボルトゲッサ川右岸堤(延長187km)
- 2) A2案：イグエス川右岸堤(延長190km)
- 3) A3案：ボルトゲッサ川右岸堤(上流側)とイグエス川左岸堤(下流側)
(延長185km)

6.18 B地区の代替案

B地区の防御方法としては下記のものが考えられる。(図-19)

- a) 洪水氾濫に対する堤防
- b) 洪水ピークカットのためのダム
- c) 現河道の改修

しかしながら、ダム案はB地区防御に有効な計画中のダムがないので除外した。B地区をガナレ川の氾濫から守り、同地区内の湛水を軽減するために、代替案として下記の3案を選定した。

- 1) B1案：ガナレ川右岸堤(延長145km)
- 2) B2案：ガナレ川右岸堤(延長145km)とガナレ・ビエホ川の改修(延長95km)

両案とも堤防の延長はヴェグイクスからラ・オヤダ南東までとし、ガナレ・ビエホ川の改修はガナレ川との分岐点付近より東への転流点までとする。B2案はガナレ・ビエホ川の改修規模によりさらに下記の2案に分れる。

B2A案：ガナレ・ビエホ川の中を25m、深さを3mとする。

(流下能力は約100m³/s)

B2B案：ガナレ・ビエホ川の中を50m、深さを3mとする。

(流下能力は約200m³/s)

6.19 C地区の代替案

C地区の防御方法としては下記のものが考えられる。(図-19)

- a) 洪水氾濫に対する堤防
- b) 特定の地区を守るアプレ式モジュール

アプレ川の氾濫からC地区を守る目的で代替案は下記の3案を選定した。

- 1) C1案：アプレ左岸堤(プエルト・ヌートリアスからサマナットまでの延長155km)
- 2) C2案：アプレ左岸堤(プエルト・ヌートリアスからアブリートまでの延長105km)
- 3) C3案：アプレ式モジュール(環境保全対象となる湿地以外の地区)

6.20 D地区の代替案

D地区の治水の目的はA地区、B地区およびC地区の治水により起きるであろう影響に対処して、同地区の治水安全度を上げることである。対策として下記のもの

が考えられる。(図-19)

- a) 現況アブレ川の拡幅
- b) アブレ川の負担軽減のための放水路
- c) サン・フェルナンドへの洪水集中を制御するための遊水池
- d) サン・フェルナンド周辺の既存堤防の嵩上げ
- e) サン・フェルナンド下流のアブレ川水位の低下

上記の内、a)の方法は現状では難しく、e)の方法は地形的に効果が小さい。d)の方法は水理条件の改善とならないので他の方法が有効でない場合に採用すべきであろう。したがって、代替案はb)とc)の方法に対して下記の3案を選定した。

1) D1案：ポルトゲッサ川よりアブリート川への放水路

この案はさらに下記の2ケースに分れる。

D1A案： 既存洪水吐の改良

D1B案： 既存洪水吐の改良と新設放水路

改良後の洪水吐と新設放水路は同じ断面を持ち、全幅 400 m、低水路幅 60 m (底幅) である。

2) D2案：アブレ式モジュールによる遊水

代替案の検討

6.2.1 水理検討

各代替案の効果および影響をポンドモデル法により水理的に検討し、各案のブロック毎の湛水深、現況からの変化量および主な変化量を求めた。(表-2)

6.2.2 A地区採用案

代替案の内、A2案とA3案は左岸側湛水深をA1案の約半分に軽減するが受益地も約30%減らすためA1案に比し経済性に劣る。一方、A1案はポルトゲッサ川左岸域の湛水位を40～50 cm 上昇させるが、地形的に湛水域があまり広がらないこと、また、予備調査段階ではあるが環境面も特に問題ないことから採用した。また、堤防を国道5号線と8号線を結ぶ道路兼用とすることで経済効果が見込める。(図-20)

6.23 B地区採用案

代替案の内、B2A案、B2B案とも現況河道の改修効果は湛水深換算で3~6 cmと小さく、また、工費もB1案の2~3倍になる。一方、B1案は対象地区の湛水深軽減は5 cm程度と大きくはないが、ガナレ川の氾濫を防ぐことは本地区の治水において基本的であることから採用した。また、本案は堤防を道路として使った場合の経済効果および120 kmの既存道路が堤防として使える利点がある。(図-20)

6.24 C地区採用案

C1案、C2案ともアプレ川の水位を最高1 m程度上昇させるがその影響はサン・フェルナンドまでは届かない。C2案の場合、アプリート下流区間で最高0.5~1 m程度の越流が残る。C1案とC3案についてはより詳しい検討ののち決定すべきであり、本検討では採用案はC1案またはC3案とした。(図-20)

6.25 D地区採用案

本地区については各案の効果が小さいこと、上流のA地区、B地区およびC地区の影響がサン・フェルナンドまで及ばないことから採用案はない。ただし、同地区の現況の治水安全度を向上させるとすれば周囲の堤防を嵩上げする案が経済的であろう。D1案の放水路によるサン・フェルナンド地点のアプレ川の水位低下は10~20 cm程度である。また、D2案のアプレ式モジュールによる遊水効果は低地中心部で約10 cmの湛水深減である。(図-20)

6.26 環境面からの考察

対象地区の大半は現状自然状態にあり、環境面よりの配慮は重要である。最終的な結論にはさらに詳しい調査検討が必要であるが、本調査では特に問題となるような環境への影響は見あたらない。ポルトゲッサ川とガナレ川の右岸堤で守られる地区(A地区とB地区)ではすでに人間の手が入っており自然への影響が見られる。したがって、計画の堤防による生態系への大きな影響はないであろう。逆に、河川の氾濫から同地区を守ることにより既存の初歩的農業開発の定着を促すことになる。一方、アプレ川の左岸堤により守られるC地区はA地区、B地区に比べ、より人間の手が加えられていない。したがって、堤防による環境への影響を堤防建設前に検討すべきである。もし、堤防の建設が環境上、許容できないならば、個々の地区をモジュール等で守る案を河川の連続堤の代替案として考えるべきであろう。

治水計画案の策定

6.27 治水計画案

本検討で提案すべき治水計画案は下記の各防御地区に対し選定した治水案を統合したものとなる。(図-20)

- A地区に対するA1案 (ポルトゲッサ川右岸堤)
- B地区に対するB1案 (ガナレ川右岸堤)
- C地区に対するC1案またはC3案 (アプレ川左岸堤またはアプレ式モジュール)

各地区治水案を統合した場合の湛水状況はそれらの案を単独で実施した場合と大差ない。したがって、全体治水計画案は各地区治水案をそのまま統合したものとする。

6.28 施設設計方針

堤防は堤防道路として設計する。天端は幅10mとし、アスファルト舗装を行なう。堤防高は最低2m、余裕高は1mとする。また、既存の水路や排水路のある地点には樋管を設けるものとする。環境への影響の緩和を考え、陸側の連続した土取場の他に河川側に緩やかな法面をもつ円形の土取場を作るものとする。(図-21)

6.29 事業費見積

本治水計画の実施に要する事業費は1993年2月時点の為替レートを用いて米ドルで見積った。結果は以下の通りである。

事業費	A1案 (千米ドル)	B1案 (千米ドル)	C1案 (千米ドル)	全体案 (千米ドル)
1) 工事費	25,312	18,916	25,283	69,512
a) 準備工 (10%)	2,240	1,674	2,238	6,152
b) 基礎掘削	960	740	790	2,490
c) 築堤	19,400	14,500	19,925	53,825
d) 法覆工	1,240	900	1,060	3,200
e) 樋門	800	600	600	2,000
f) 雑工事 (3%)	672	502	671	1,845
2) 用地取得費	187	145	155	487
3) 管理費	1,275	953	1,272	3,500
4) 技術費	4,303	3,216	4,298	11,817

5) 予備費 (10%)	3,108	2,323	3,101	8,532
6) 合計	4,185	25,553	34,110	93,848

6.3.0 経済性の検討

本治水計画による便益は洪水被害軽減便益と土地高度化便益である。見積った事業費と便益を基に、経済的内部収益率、費用便益比および純便益を算定すると以下のようなになる。

治水案	年便益 (千米ドル)	経済的 内部収益率(%)	費用 便益比	純便益 (千米ドル)
A1案	4,482	11.0	1.39	9,124
B1案	3,473	11.0	1.45	7,295
C1案	4,042	6.6	0.82	-5,212
全体	11,286	9.2	1.15	7,614

第7章 マスタープランの策定

7.1 計画の構成

アブレ川河川改修計画調査は、河道安定化計画と洪水防御計画の2要素からなる。河道安定化計画では導水路および大分岐処理工を洪水時流況に大きな変化を生じないように計画しており、一方、治水計画では湛水の大規模な排除や河道の拡幅を意図しておらず、乾期の流況に影響を与えない計画となっているので独立に計画策定できる。また、これらの計画は目的、問題点及び計画水準も異なっており、今後の事業推進の観点からも個別の計画として扱うのが良いと考える。

7.2 河道安定化計画

(1) 短期計画

短期計画は次の目標の達成を目的とする。

- 1) アブレ川：サンフェルナンド港下流（区間A1）では8ヶ月、サンフェルナンド港からサントスルサルド港（区間A2、A3、A4）では7ヶ月の舟運を可能にする。
- 2) ポルトゲッサ川：サンフェルナンド港からエルバウル港（区間P1、P2）まで8ヶ月の舟運を可能にする。

短期計画には次の諸工事が含まれる。

- 1) 導水路工事：カパロ - ウリバンテ・ビエホ導水路でラプエルトサ発電所の初期開発段階に対応する放流水を導流する。
- 2) 大分岐水路処理工事：チレル地点及びブラボ／ガルサス地点。
- 3) 河道法線整正工事：アプレ川の曲率半径320m未満及びボルトゲッサ川の曲率半径150m未満の屈曲部の整正。
- 4) 河道断面改修工事：区間A 1、A 2、P 1、P 2に対しては8ヶ月及び区間A 3、A 4に対しては7ヶ月の舟運を可能にする断面改修。

(2) 中期計画

中期計画は次の目標の達成を目的とする。

- 1) アプレ川：サンフェルナンド港下流（区間A 1）では9ヶ月、サンフェルナンド港からサントスルサルド港（区間A 2、A 3、A 4）では8ヶ月の舟運を可能にする。
- 2) ボルトゲッサ川：サンフェルナンド港からエルバウル港（区間P 1、P 2）まで9ヶ月の舟運を可能にする。

中期計画には次の諸工事が含まれる。

- 1) 導水路工事：カパロ - ウリバンテ、ビエホ導水路で、ラプエルトサ発電所の最終開発段階に対応する放流水を導流する。
- 2) 河道法線整正工事：アプレ川の曲率半径560m未満、ボルトゲッサ川の曲率半径240m未満の屈曲部の整正。
- 3) 河道断面改修工事：区間A 1、A 2、P 1、P 2に対しては9ヶ月及び区間A 3、A 4に対しては8ヶ月の舟運を可能にする断面改修。

7.3 治水計画

(1) 長期計画

長期計画の目的は提案した治水計画案の全体を完成させることである。長期計画は大きく下記の3つの事業に分れる。

- 1) ボルトゲッサ川右岸堤の建設（延長 187 km）
- 2) ガナレ川右岸堤の建設（延長 145 km）
- 3) アプレ川左岸堤（延長 155 km）またはアプレ式モジュール（対象地区未定）の建設

長期計画での上記3事業の実施順位は、経済面および環境面を考えて以下のようになろう。

実施順位	工事
1位	ポルトゲッサ川右岸堤の建設
2位	ガナレ川右岸堤の建設
3位	アブレ川左岸堤またはアブレ式モジュールの建設

(2) 短期計画

短期計画の目標は、長期計画の中の効率的工事および優先的工事の実施である。本検討では、下記の工事を短期計画として取り上げる。

- 1) ポルトゲッサ川右岸堤の一部区間（延長 103 km）：鉄道建設プロジェクトと関連する国道8号線からヌエバ・フロリダまでの区間の建設。
- 2) ガナレ川右岸堤の一部区間（延長 25 km）：既存道路をつなぎ、堤防兼用とする。

7.4 実施工程案

(1) 河道安定化計画

短期計画をまず実施し、続いて輸送荷物の増加に従い経済性を考え中期計画を実施するものとする。暫定的な実施計画を提案するが、これは舟運マスタープラン策定後に再検討すべきである。事業に含まれる工事の施工順序は以下の通りとなろう。（図-22）

- 1) 事業化準備：1年次から5年次
 - a) 舟運マスタープラン調査
 - b) フィージビリティ調査
 - c) 予算化手続
- 2) 短期計画：1年次から7年次
 - a) 準備：1年次から2年次
 - b) 詳細設計：1年次から2年次
 - c) 建設工事：3年次から7年次
- 3) 中期計画：6年次から17年次
 - a) 準備：6年次から7年次
 - b) 詳細設計：6年次から7年次

c) 建設工事：8年次から17年次

4) 長期計画：計画せず。(18年次以降)

(2) 治水計画

短期計画を先づ実施し、次に長期計画をするものとする。提案の治水工事は以下の順序で行なうものとする。(図-22)

1) 準備期間：1年次から5年次

- a) フィージビリティスタディ調査
- b) 予算化手続

2) 短期計画：2年次から10年次

- a) 準備：2年次から3年次
- b) 詳細設計：4年次から5年次
- c) ポルトゲッサ右岸堤の一部建設(延長103 km)：6年次から8年次
- d) ガナレ川右岸堤の一部建設(延長25 km)：9年次から10年次

3) 長期計画：8年次から20年次

- a) 準備：9年次から10年次
- b) 詳細設計：9年次から10年次

第8章 結論と勧告

8.1 河道安定化計画

(1) 結論

- 1) 予想される舟運量から考え全面的な舟運のための河道改修は経済的観点から困難と判断される。従って、アブレ川及びポルトゲッサ川の舟運のための河道改修に当たっては、現状河道の特性に最大限配慮して計画・設計すべきである。
- 2) アブレ川の主要な舟運問題は水深の不足である。アブレ川の舟運可能月数はサンフェルナンド下流で8ヶ月、その上流では6ヶ月である。ポルトゲッサ川については、水路幅の不足と屈曲部が主要な問題点である。現状ポルトゲッサ川の舟運能力はコヘーデス河合流点下流で8ヶ月、同地点上流部で7ヶ月である。

3) 舟運のための河道安定化計画として短期、中期、長期計画の3段階を検討した。段階的計画の目標は次のとおりである。

a) 短期計画：オリノコ川 - サンフェルナンド港 - エルバウル港の区間は8ヶ月、サンフェルナンド港 - ヌトリアス港 - サントスルサルド港区間は7ヶ月の舟運を可能にする。

b) 中期計画：オリノコ川 - サンフェルナンド港 - エルバウル港の区間は9ヶ月、サンフェルナンド港 - ヌトリアス港 - サントスルサルド港区間は8ヶ月の舟運を可能にする。

c) 長期計画の詳細検討は行なわなかった。

4) 予備的な検討によると、計画は経済的に妥当と評価された。

(2) 勧告

河道安定化計画の今後の調査に対し、次項を勧告する。

1) 舟運マスタープラン調査を可及的すみやかに実施すること。マスタープランは河道安定化を含む舟運に関する全ての活動の基礎となるものである。河道安定化事業の経済性及び実施計画の再検討を近く実施予定の舟運マスタープラン調査の中で行うべきである。

2) 河道安定化対策に関する河川地形的、水理的調査、特に導水路工事及び大分岐水路処理に対しては、今後さらに調査を実施すること。

3) 舟運のための河道安定化策を現状評価に基づき提案したが、さらに、アブレ川及びポルトゲッサ川により適合した河川改修の具体策を、実験室における水理模型実験及び現場での実物試験を通じて開発すること。

8.2 治水計画

(1) 結論

提案の治水計画はA地区のポルトゲッサ川右岸堤、B地区のガナレ川右岸堤およびC地区のアブレ川左岸堤またはアブレ式モジュール（対象地区未定）である。アブレ式モジュール案を除く各案の経済評価によれば、A、B両地区の堤防案の経済性は十分であるが、C地区の堤防案の経済性は多少低い。したがって、ポルトゲッサ川とガナレ川の右岸堤については環境面に配慮しつつ、次の検討へ進んでよい。但し、治水の問題は周辺住民の生命や生活に影響を及ぼすものであり、必ずしも経済的観点からのみではその計画の実施の適否を判断できない面がある。C地区はより詳しい環境調査および影響評価が必要な地区であり、アブレ川左岸堤の実施に際しては先ず環境面の評価をすべきであろう。

(2) 勧告

治水計画案の次段階の検討のために、次項を勧告する。

- 1) 水文、水理、地形、地質等の基礎資料および情報をシステムチックに集積すること。
- 2) 環境面に配慮しつつ、対象地区の具体的な地域計画および流域計画を立案すること。
- 3) 治水計画は上記地域計画および流域計画との整合をとること。

付表

表-1 治水検討対象ダムの諸元

Dam	Status	Owner	Function	Catchment Area (km ²)	Gross Storage (mil m ³)	Effective Capacity (mil m ³)	Flood Control Capacity (mil m ³)	Spillway Capacity (m ³ /s)
1. Bocono-Tucupido	Constructed	CADAFE/MARNR	P, I, W, F	2,020	3,485	2,595	249	687
2. Guaremal	Constructed	-	F	-	4	(Filled up with sediment)		
3. Las Majaguas	Constructed	MARNR	I, F	100	304	303	41	60
4. Cabuy	Constructed	MARNR	I	44	11	10	4	80
5. Pao Cachinche	Constructed	INOS	I, W	940	170	165	67	760
6. Pao La Balsa	Constructed	INOS	I, W	2,700	394	369	56	60
7. Tisnados	Constructed	MARNR	I, F	1,480	870	820	229	486
8. Yacambu	Under Construction	MARNR	I, W, F	335	435	313	26	480
9. Las Palmas	Under Bidding	MARNR	P, I, W, F	4,325	1,920	1,750	125	170

Note : - Data are not available.
P - Power generation
I - Irrigation
W - Water supply
F - Flood control

As of March 1993

表-2 各ブロック毎の最大湛水深 (10年確率) (1/2)

Block No.	Present Condition	A1 Depth Difference	B1 Depth Difference	B2A Depth Difference	B2B Depth Difference	C1 Depth Difference	C2 Depth Difference
1	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
2	0.35	0.77	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
3	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
5	0.05	0.05	0.06	0.06	0.01	0.05	0.05
6	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
7	0.24	0.10	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
8	0.29	0.41	0.30	0.29	0.29	0.29	0.29
9	0.18	0.18	0.20	0.19	0.01	0.18	0.18
10	0.17	0.17	0.24	0.24	0.07	0.17	0.17
11	0.37	0.17	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
12	0.52	0.40	0.53	0.53	0.01	0.52	0.52
13	0.07	0.07	0.06	0.06	-0.01	0.07	0.07
14	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
15	0.14	0.14	0.14	0.12	0.12	0.14	0.14
16	0.30	0.30	0.25	0.23	-0.07	0.30	0.30
17	0.49	0.45	0.49	0.48	-0.01	0.49	0.49
18	1.77	1.74	1.78	1.78	0.01	1.77	1.77
19	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
20	0.41	0.41	0.41	0.41	0.42	0.13	0.13
21	0.50	0.50	0.47	0.52	0.02	0.36	0.36
22	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.09
23	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
24	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.90	1.90
Note :		Dike for Portuguesa river (right bank)					
A1		Dike for Portuguesa river (right bank)					
B1		Dike for Guanare river (right bank)					
B2A		Dike for Guanare river (right bank)+improvement of Guanare Viejo river					
B2B		Dike for Guanare river (right bank)+improvement of Guanare Viejo river					
C1		Dike for Apure river (left bank)					
C2		Dike for Apure river (left bank-shortened)					
D1A		Diversion channel by improvement of existing floodway					
D1B		D1A + new diversion channel					
D2		Retarding basin applying Apure type module					
Overall		Plan A1+Plan B1+Plan C1					

表-2 各ブロック毎の最大湛水深 (10年確率) (2/2)

Block No.	D1A Depth Difference	D1B Depth Difference	D2 Depth Difference	Overall Depth Difference
1	0.25	0.25	0.25	0.25
2	0.35	0.35	0.56	0.77
3	0.10	0.10	0.10	0.10
4	0.13	0.13	0.13	0.13
5	0.05	0.05	0.05	0.06
6	0.12	0.12	0.11	0.11
7	0.24	0.24	0.62	0.10
8	0.29	0.29	0.40	0.41
9	0.18	0.18	0.18	0.18
10	0.17	0.17	0.17	0.24
11	0.37	0.37	0.51	0.17
12	0.52	0.52	0.56	0.41
13	0.07	0.07	0.07	0.06
14	0.08	0.08	0.08	0.08
15	0.14	0.14	0.14	0.14
16	0.30	0.30	0.30	0.25
17	0.49	0.49	0.40	0.41
18	1.77	1.77	1.67	1.74
19	0.13	0.13	0.17	0.13
20	0.41	0.41	0.41	0.13
21	0.50	0.50	0.43	0.31
22	0.07	0.07	0.43	0.07
23	0.31	0.31	0.30	0.31
24	1.28	1.28	1.90	1.90
25			0.62	0.62

Note: A1 Dike for Portuguesa river (right bank)

B1 Dike for Guanare river (right bank)

B2A Dike for Guanare river (right bank)+improvement of Guanare Viejo river

B2B Dike for Guanare river (right bank)+improvement of Guanare Viejo river

C1 Dike for Apure river (left bank)

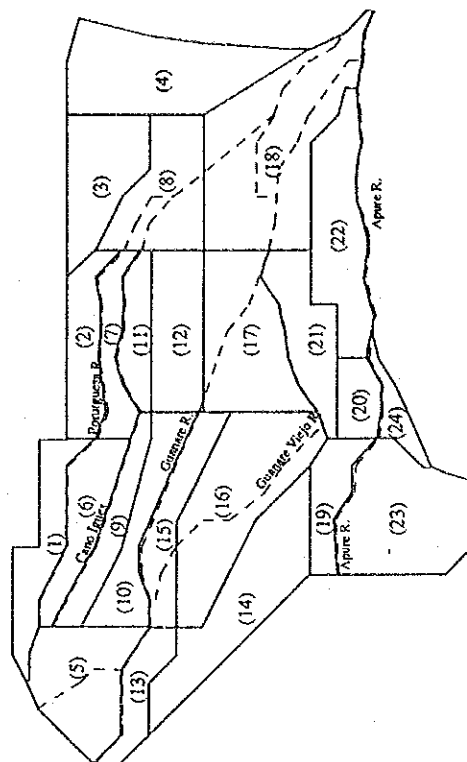
C2 Dike for Apure river (left bank-shortened)

D1A Diversion channel by improvement of existing floodway

D1B D1A + new diversion channel

D2 Retarding basin applying Apure type module

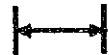
Overall Plan A1+Plan B1+Plan C1



付図

Legend

 Flood Management Study Area

 River Channel Stabilization Study Section

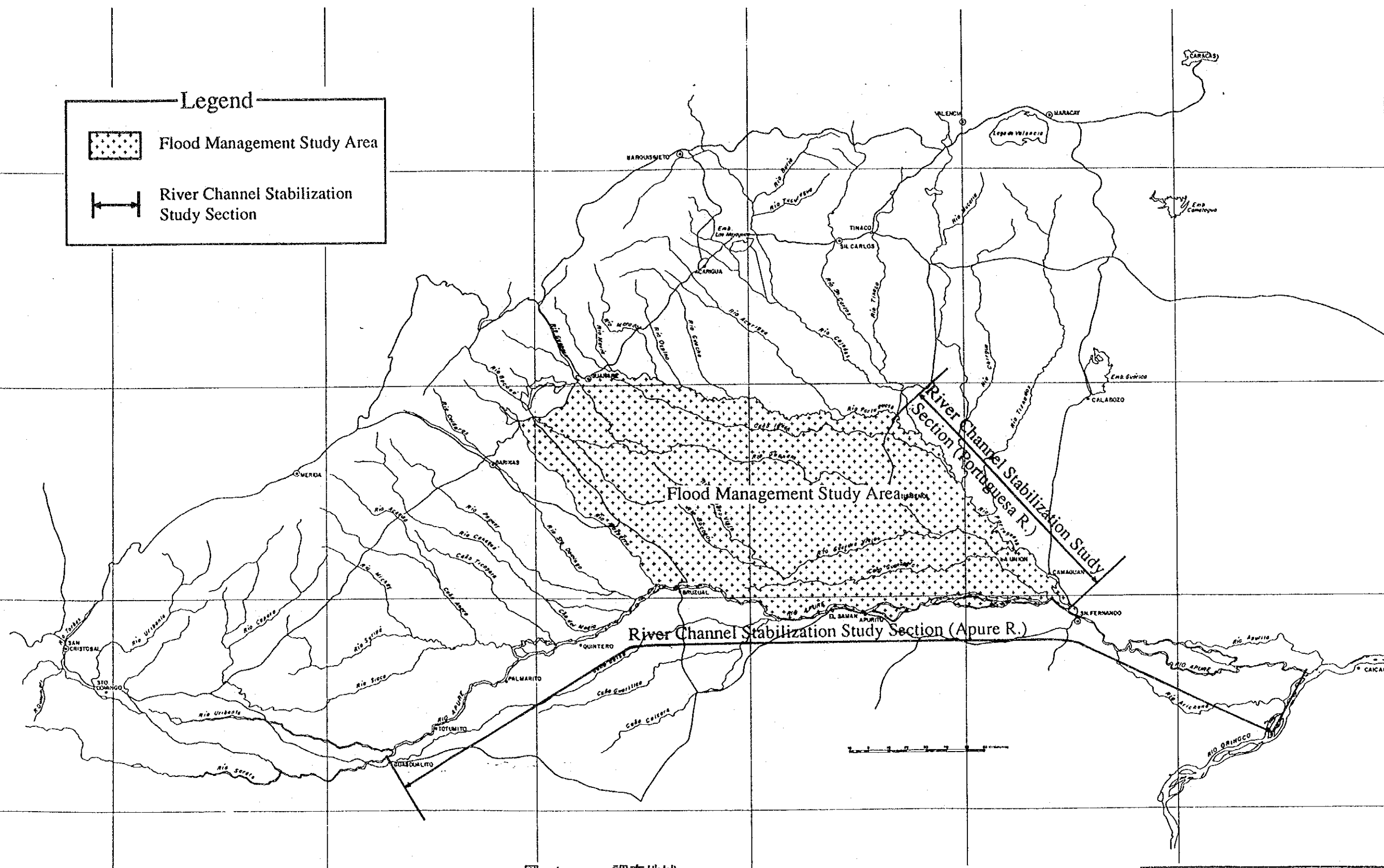


図 - 1 調査地域

THE REPUBLIC OF VENEZUELA
COMPREHENSIVE IMPROVEMENT
OF THE APURE RIVER BASIN
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

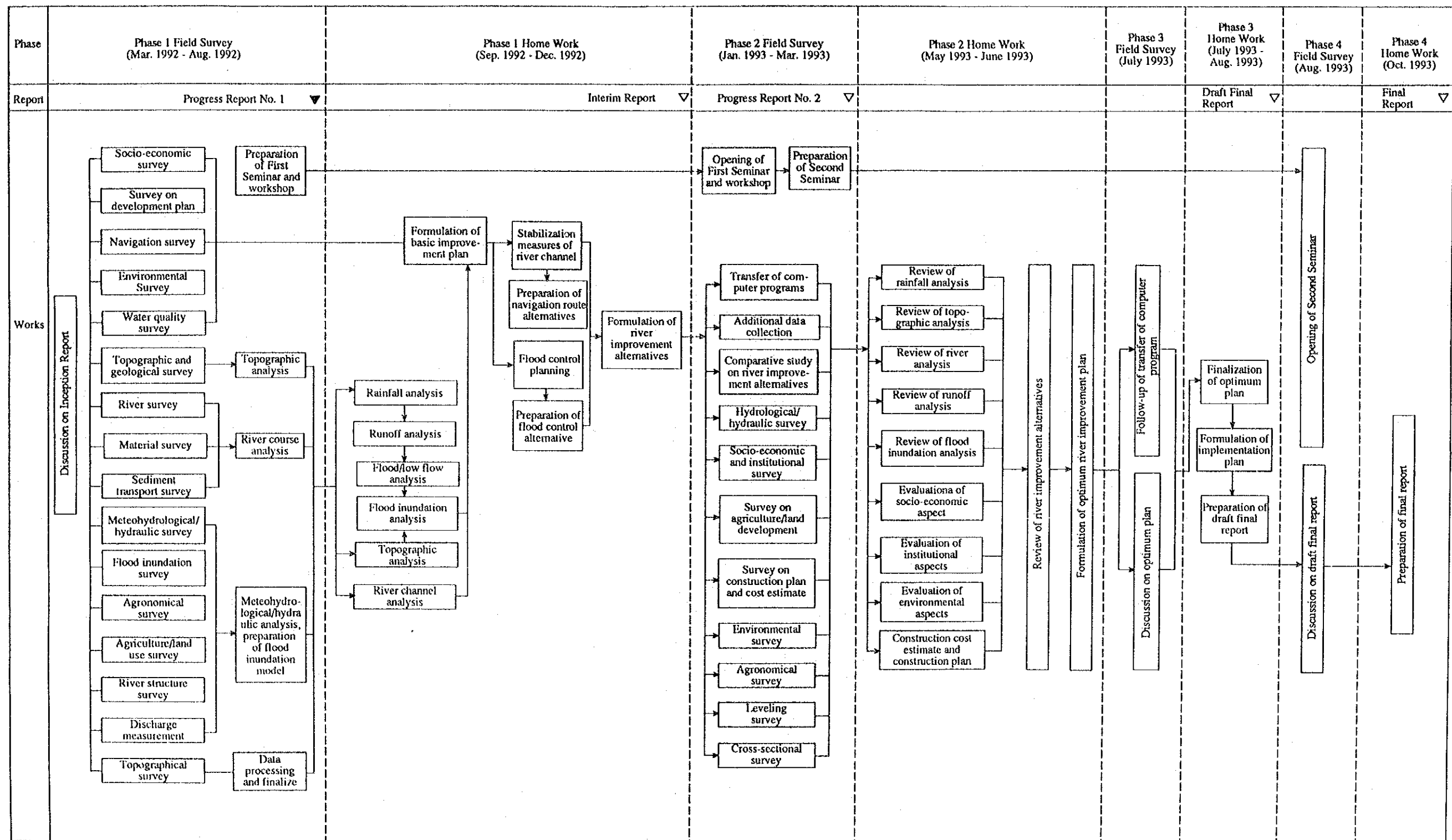


図 - 2 全体作業の流れ

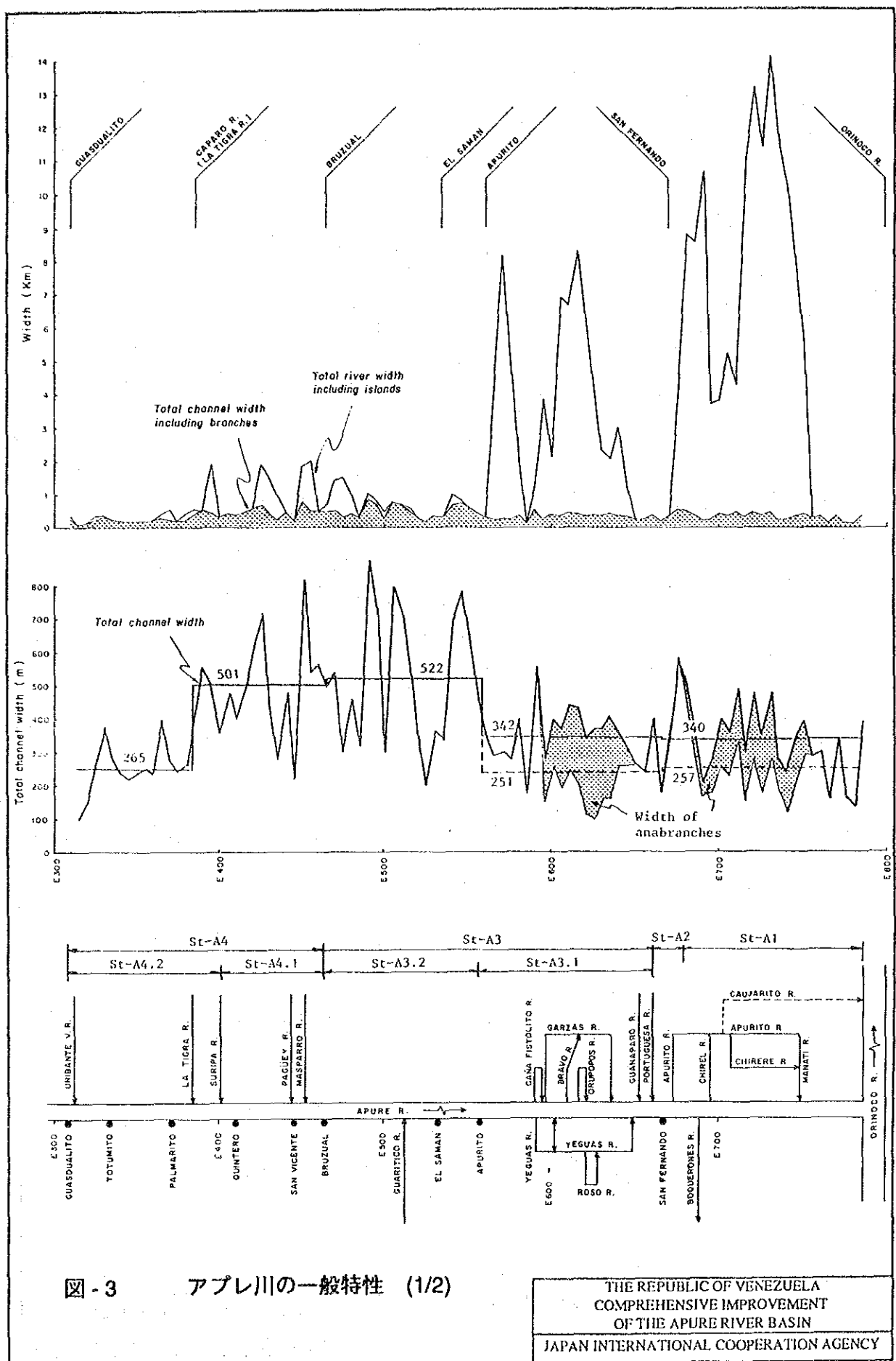


図-3 アプレ川の一般特性 (1/2)

THE REPUBLIC OF VENEZUELA
COMPREHENSIVE IMPROVEMENT
OF THE APURE RIVER BASIN
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

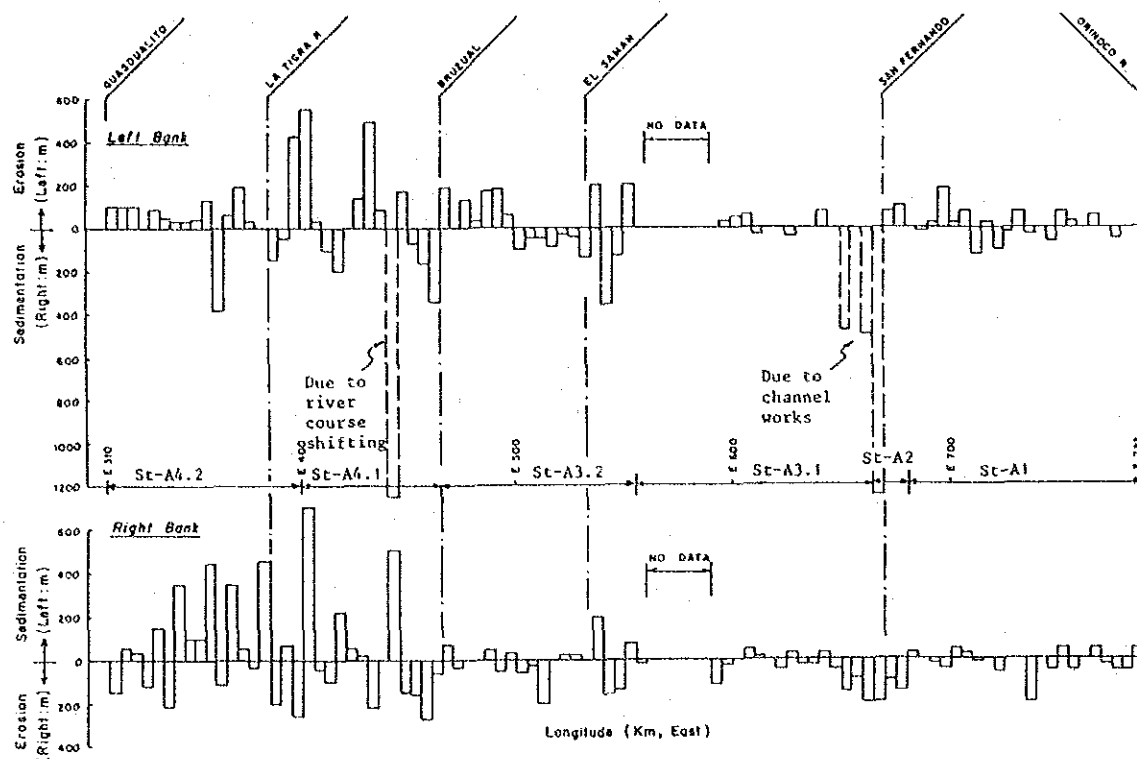
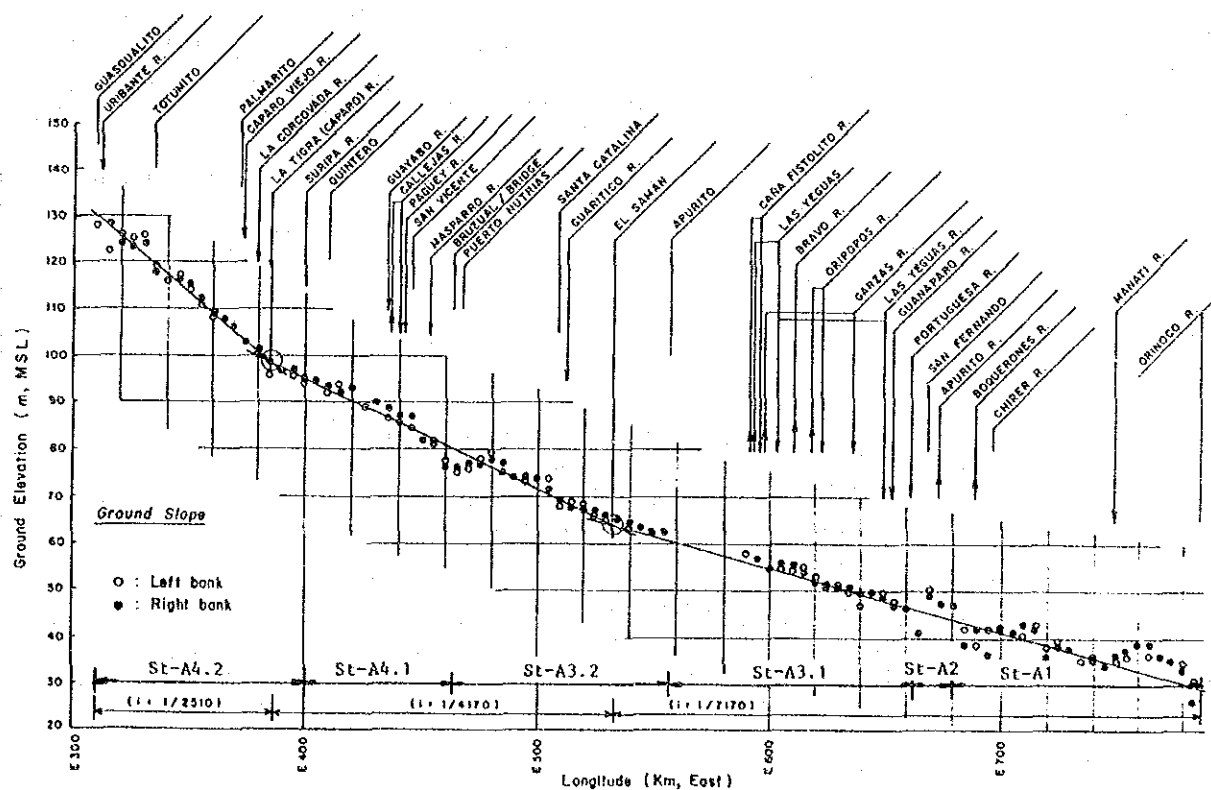


図 - 3 アプレ川の一般特性 (2/2)

THE REPUBLIC OF VENEZUELA
COMPREHENSIVE IMPROVEMENT
OF THE APURE RIVER BASIN
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

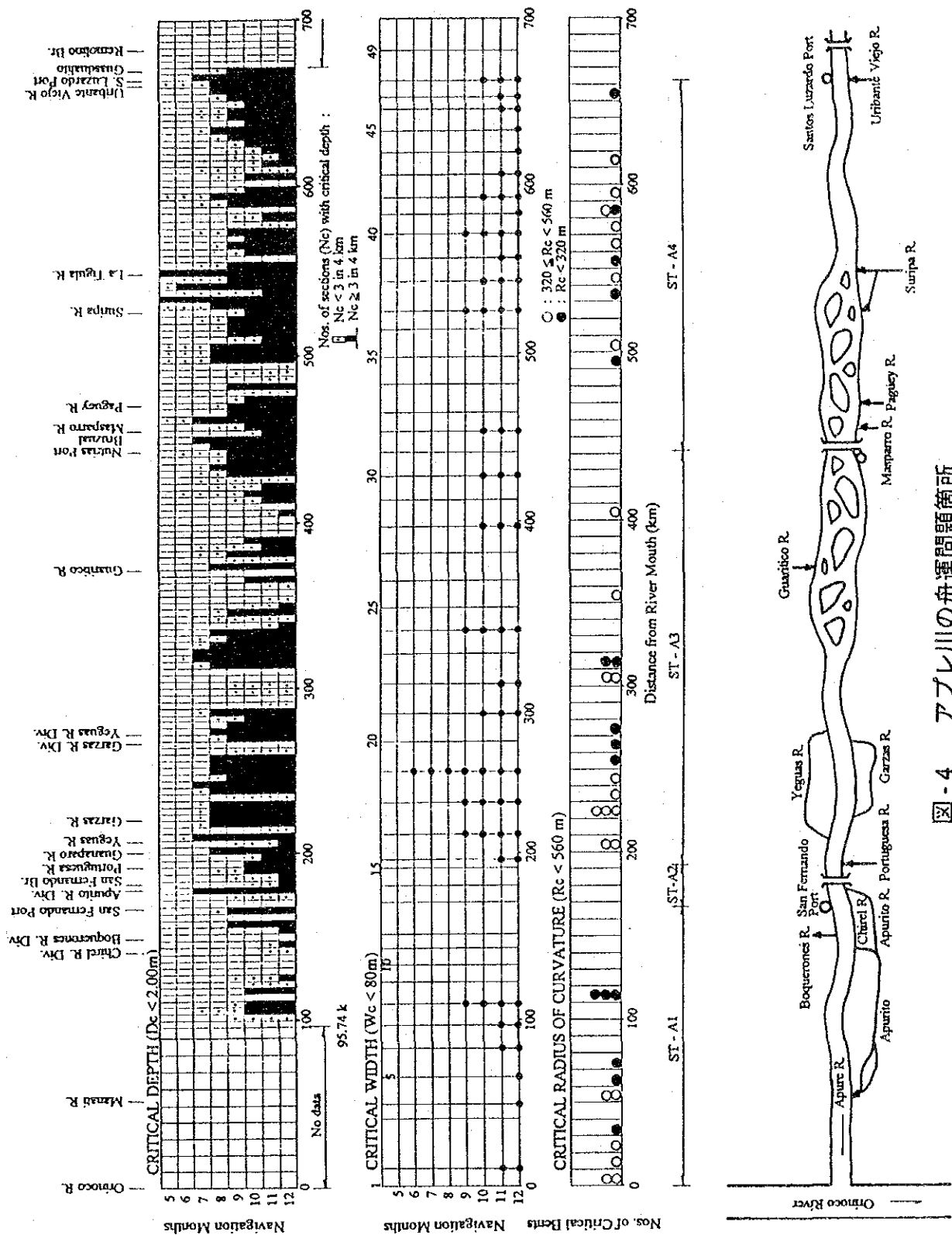


図-4 アブレ川の舟運問題箇所

THE REPUBLIC OF VENEZUELA
COMPREHENSIVE IMPROVEMENT
OF THE APURE RIVER BASIN
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

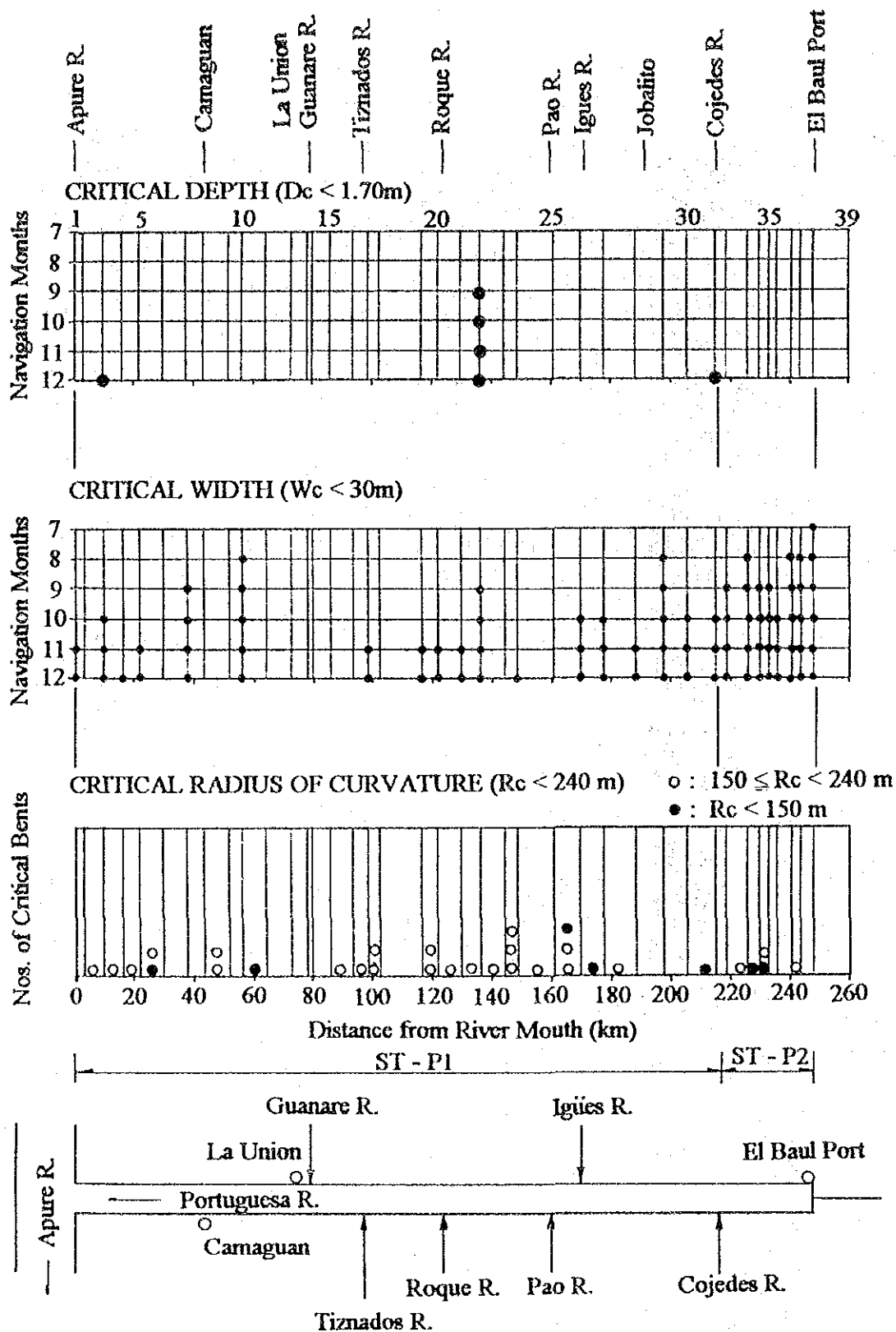


図 - 5 ポルトゲッサ川の舟運問題箇所

THE REPUBLIC OF VENEZUELA
COMPREHENSIVE IMPROVEMENT
OF THE APURE RIVER BASIN
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

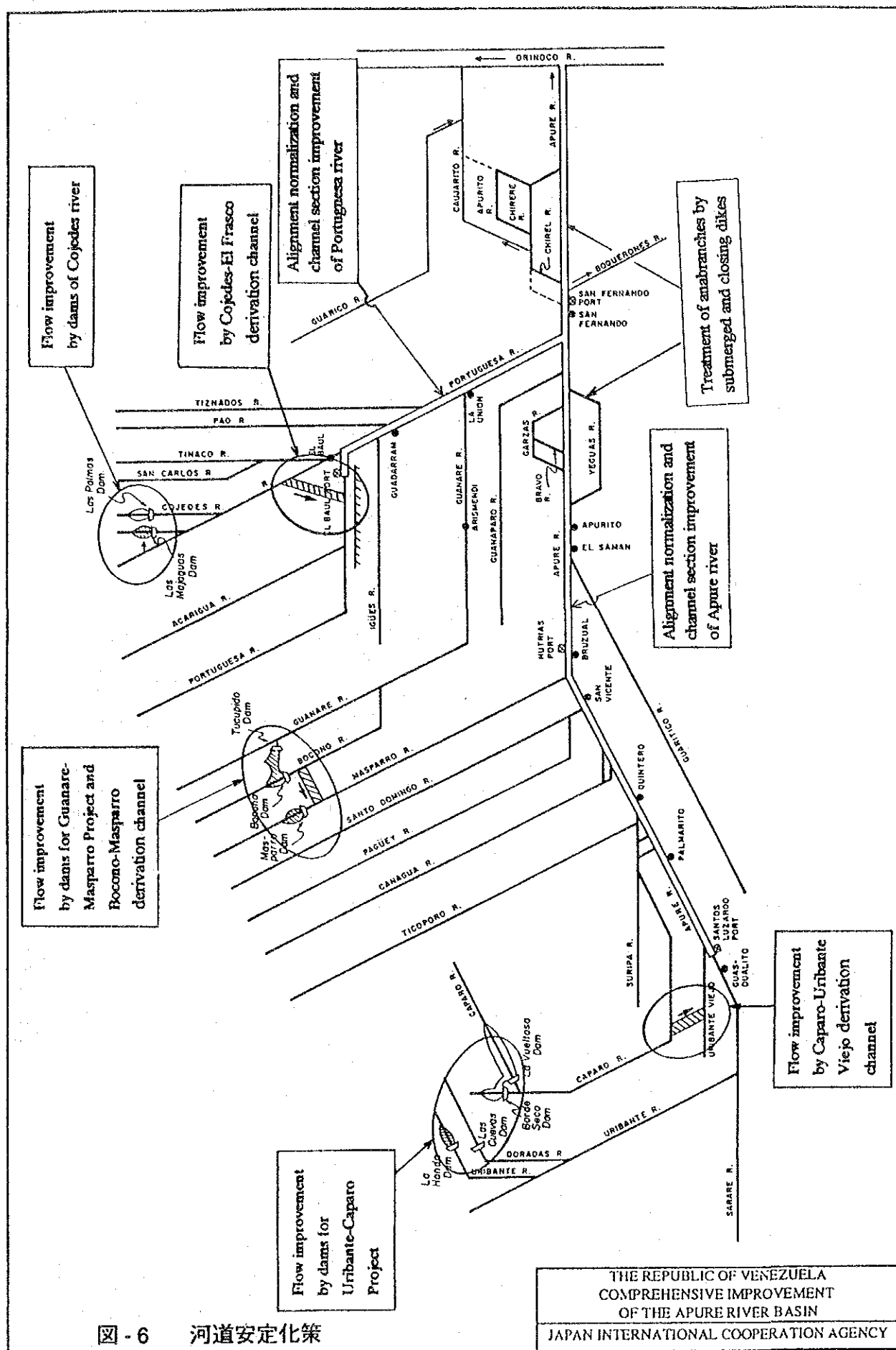
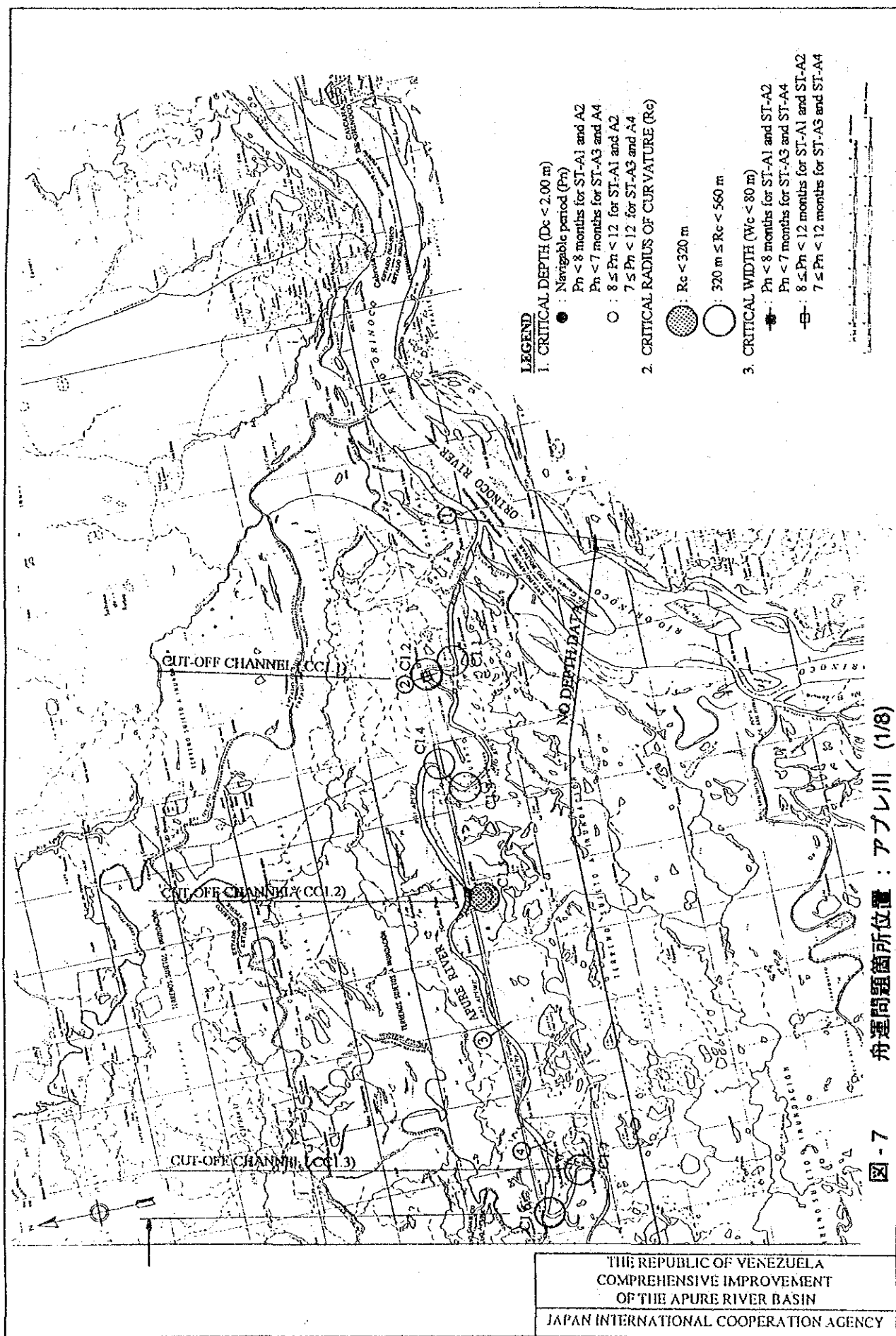


図 - 6 河道安定化策



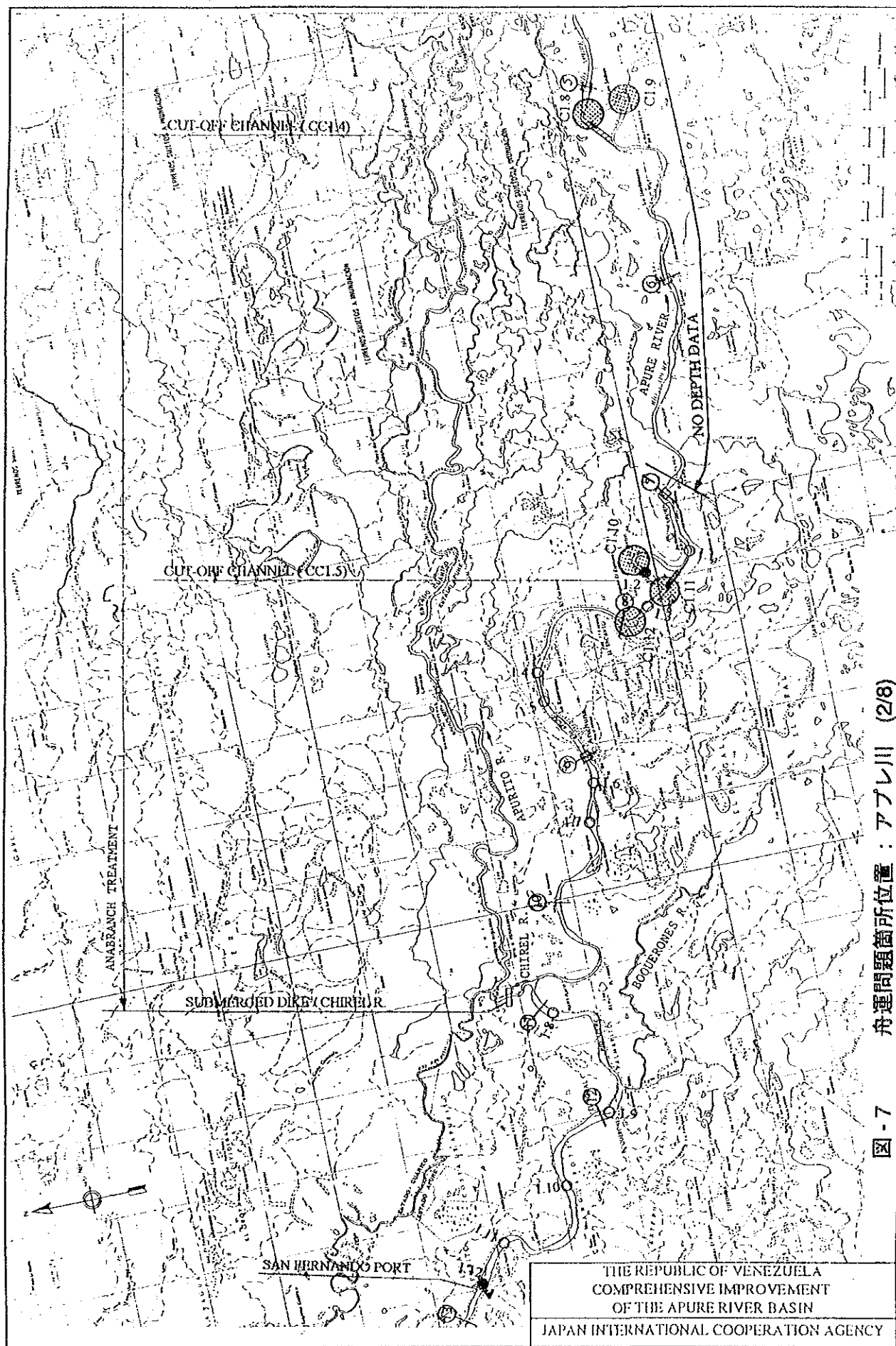


図-7 舟運問題箇所位置：アブレ川 (2/8)

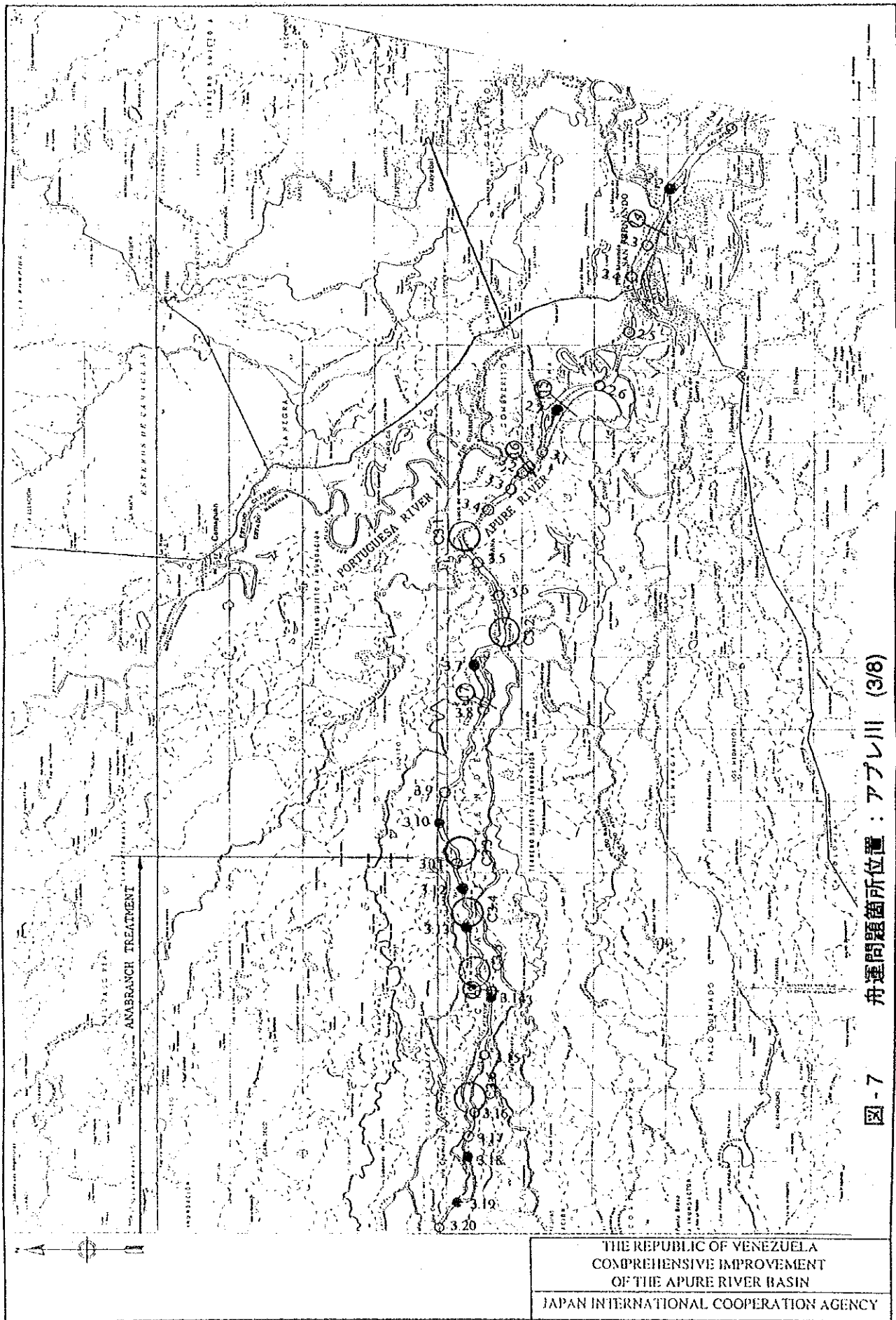


図-7 舟運問題箇所位置：アブレ川 (3/8)

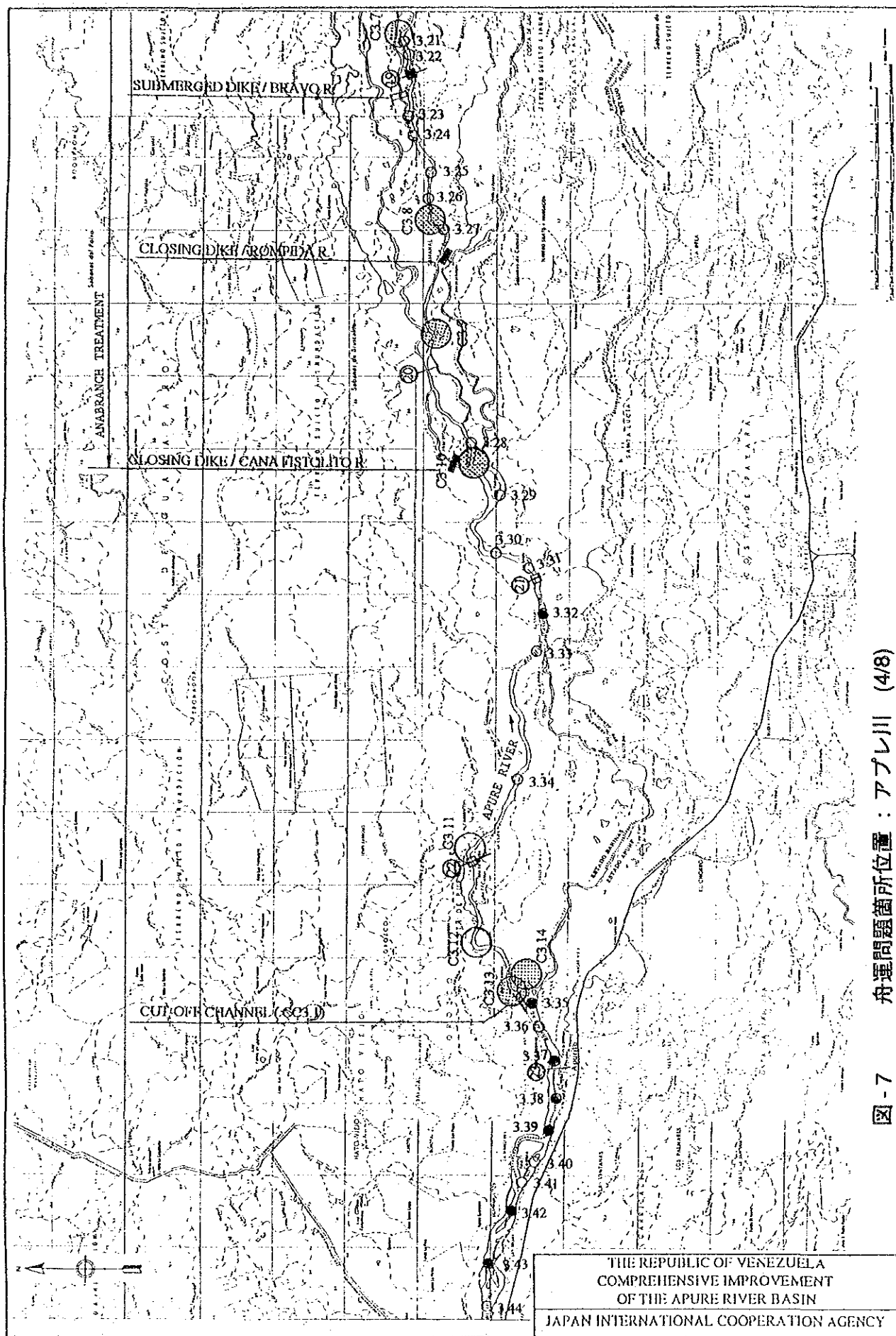


図-7 舟運問題箇所位置：アブレ川 (4/8)

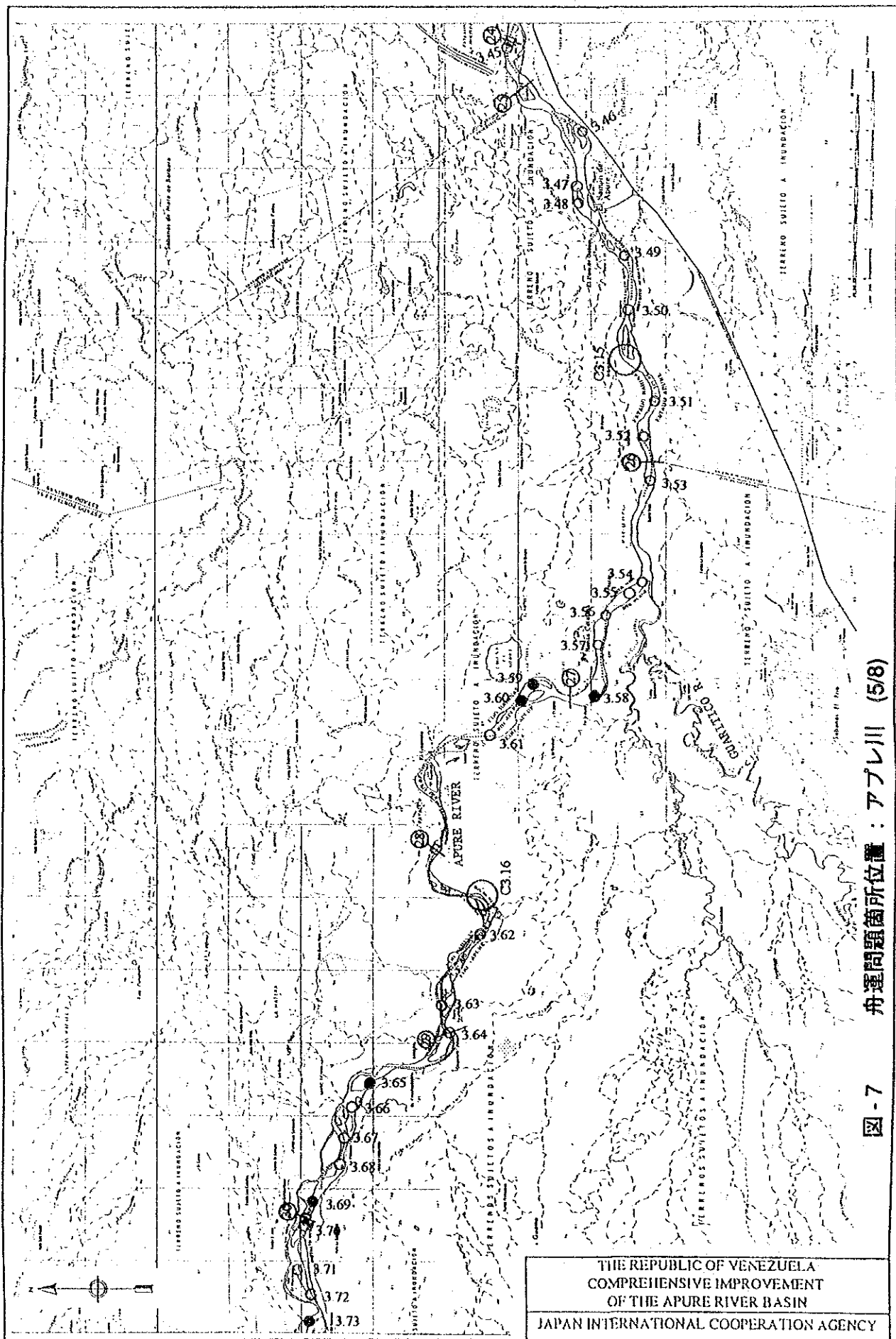


図-7 舟運問題箇所位置：アプレ川 (5/8)

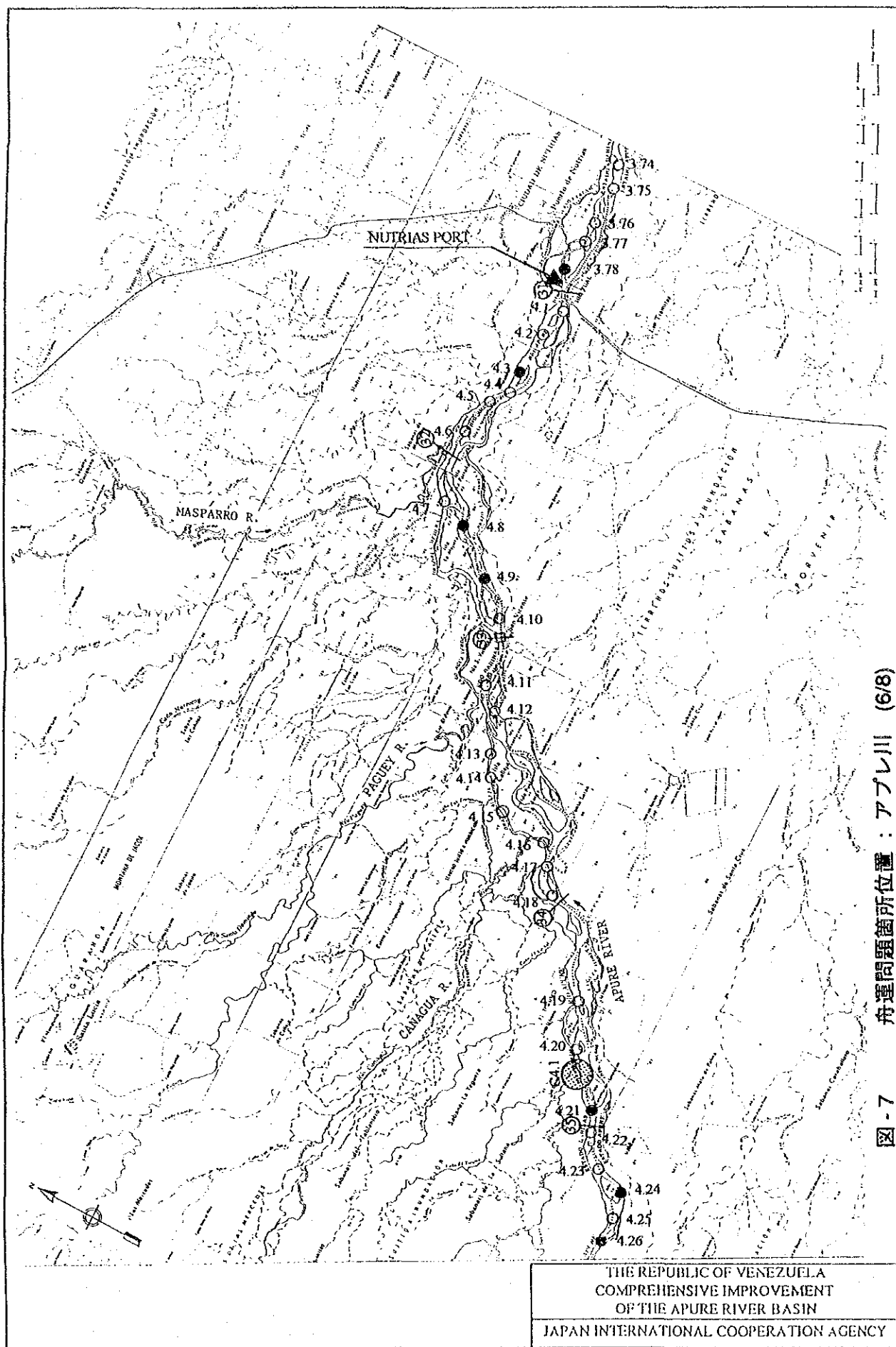


図-7 舟運問題箇所位置：アブレ川 (6/8)

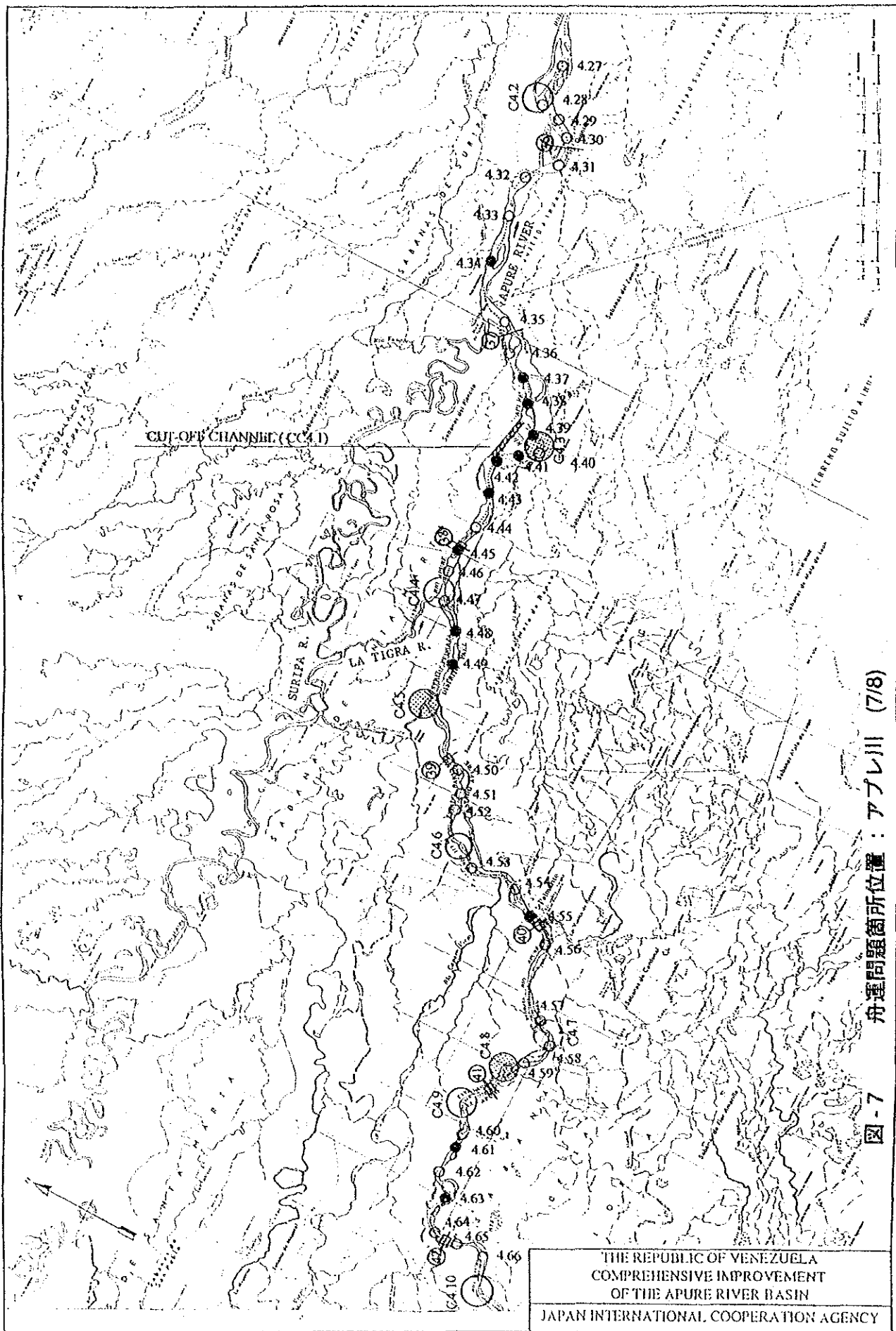


図-7 舟運問題箇所位置：アプーレ川 (7/8)

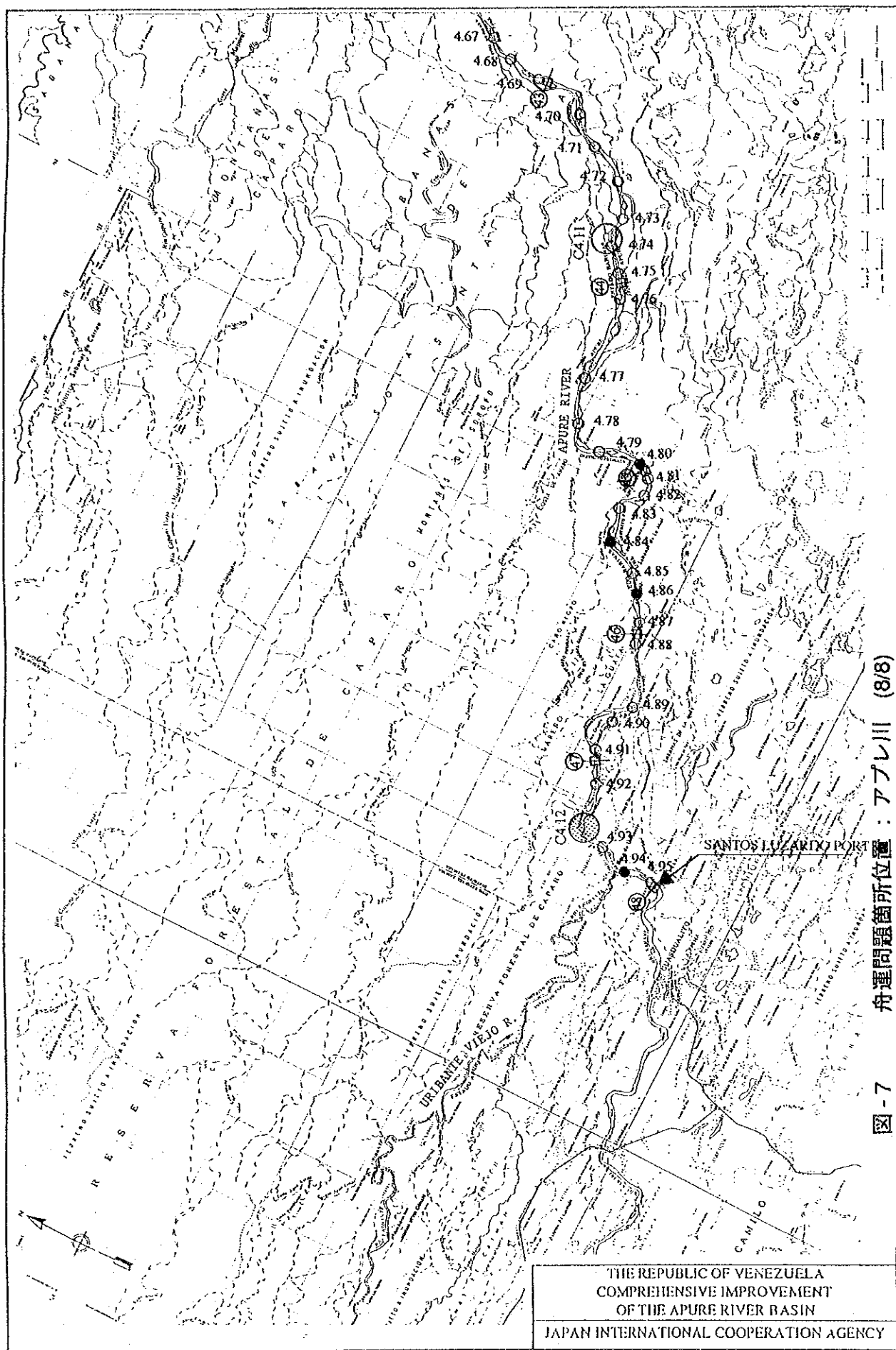


図-7 舟運問題箇所位置：アブレ川 (8/8)

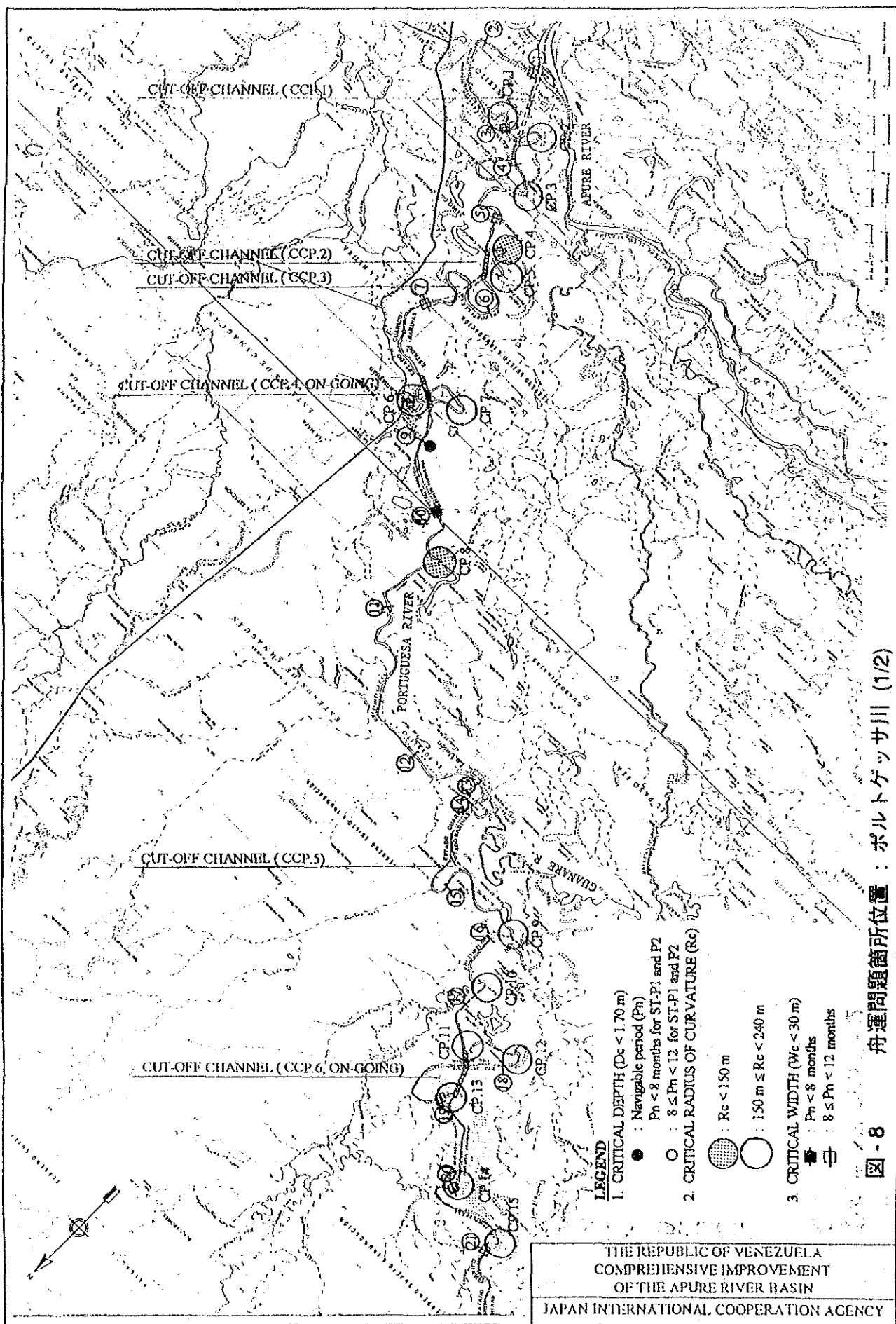


図-8 舟運問題箇所位置：ポルトゲッサ川 (1/2)