

1999年10月

国際協力本部報告書

1999年10月

1999年10月

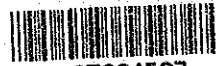
国際協力本部報告書

ペルー共和国

リマック川防災対策計画調査

主報告書

JICA LIBRARY



1065224[6]

1988年3月

国際協力事業団

報告書一覽表

- Vol.1 Summary Report (Spanish)
- Vol.2 Main Report
- Vol.3 Supporting Report I
- Appendix
- I : Geological and Topographical Feature
 - II : Meteorological and Hydrological Conditions
 - III : Land Use and Vegetation Conditions
 - IV : River and River Basin Features
 - V : Conditions of Related Structures
 - VI : Conditions of Past Disaster and Damage
 - VII : Disaster Management Conditions
 - VIII : Conditions for Project Cost Estimate
 - IX : Socio-Economic Conditions
- Vol.4 Supporting Report II
- Appendix
- X : Study on Structural Plan for Debris Flow and Slope Failure Disaster
- Vol.5 Supporting Report III
- Appendix
- XI : Study on Structural Plan for Inundation Disaster
 - XII : Study on Non-Structural Plan
- Vol.6 Data Book

國際協力事業団	
受入 月日 '88. 5. 6	109
登録 No. 17555	66.7
	SDS

序 文

日本国政府は、ペルー共和国の要請に基づき、同国のリマック川防災対策に関するマスタープラン調査を行う事を決定し、その実施を国際協力事業団に委託した。当事業団は、昭和62年2月から3月、同年6月から7月、同年9月から10月、及び昭和63年1月にかけて、日本工営株式会社 西川龍三氏を団長とし、同コンサルタンツのメンバーによって構成される調査団を派遣した。

調査団は、ペルー共和国の関係各位と調査についての討議を行い、リマック川流域全体に対する現地調査を実施した。同調査団は、帰国後本調査で得られた結果と資料に基づいて問題点の解析及び計画検討を行い、ここにリマック川防災対策計画に関する本報告書を作成した。

本報告書がリマック川流域の開発に資すると共に同国と日本の友好親善をより一層深める事に貢献できれば幸いである。

終わりに、本調査に際し多大の御協力を頂いたペルー共和国政府関連機関の関係各位に対し深く感謝の意を表するものである。

昭和63年3月

国際協力事業団

総裁 柳谷謙介

リマック川防災対策計画調査

伝 達 状

国際協力事業団

総裁 柳谷 謙 介 殿

ペルー共和国リマック川防災対策計画調査の最終報告書を提出いたします。本報告書は、国際協力事業団と国家防災庁 (INDC) との間でとりかわされた合意書に基づいて実施されたリマック川防災対策計画についての調査結果を提示したものであります。

報告書には、流域防災上の問題点、これに対処すべき対応策、流域全体の防災計画のマスタープランスタディの調査結果が示されています。

報告書は、各々要約、主報告書および附属報告書に分冊されております。要約には、マスタープランスタディの結果の概要を記述してあります。主報告書には防災計画をその背景、状況、条件を含めて記述してあります。附属報告書には計画策定に用いた条件、方法論等の詳細を記述いたしました。さらに、資料集も併せて作成いたしましたので、ここに提出いたします。

本報告書を提出するにあたり全調査期間に亘り多大なご支援を賜った貴事業団、作業監理委員会、外務省、在ペルー日本国大使館及びペルー政府諸機関の関係各位に対し心から感謝の意を表するものであります。

本調査の成果が、リマック川流域の今後の社会開発及び経済発展と福祉向上のために資するならばこれに優る光栄はないと考える次第であります。

昭和 63 年 3 月

調査団長

西川 龍三

略 語

1. ペルー諸機関の略語

CENTROMIN S.A.	ペルー中央鉱山会社
CAPECO +	ペルー建設学会
CONCITEC	科学技術国家審議会
COOPOP	人民協力機構
CORDE CALLAO	カイヤオ開発公団
CORDE LIMA	リマ開発公団
CORPAC	ペルー航空旅行協同組合
C. P. L.	リマ州役所
DGAF	空軍省航空写真部
DGASI	農業省かんがい局
DHNM	海軍省水文航海局
ELECTRO LIMA	リマ電力
ELECTRO PERU	ペルー電力
ENACE	建築国家企業体
ENAFER S. A.	国鉄
IGN	国土地理院
IMARPE	ペルー海洋庁
INADE	開発庁
INAF	農業用地開発庁
INDC	国家防災庁
INE	国家統計庁
INP	国家計画庁
INFOR	森林動物協会
INGEMMET	地質鉱山冶金研究所
INVERMET	首都圏整備公団
MINIS. AERON.	航空省

MINIS. AGRIC.	農業省
MINIS. ECON.	経済財務省
MINIS. EDUCA.	教育省
MINIS. ENERGI.	エネルギー鉱業省
MINIS. GUERRA	戦争省
MINIS. INDUS.	工業観光貿易省
MINIS. INTER.	内務省
MINIS. PESQ.	漁業省
MINIS. PRESID.	大統領府
MINIS. RREE	外務省
MINIS. SALUD	厚生省
MINIS. TRABJ.	労働省
MINIS. TRANSP.	運輸通信省
MINIS. VIVIE.	住宅建設省
MUN. DIS. LIMA	リマ市役所
MUN. DIS. CALLAO	カイヤオ市役所
MUN. DIS. ATE	アテ市役所
MUN. DIS. CHACL.	チャクラカヨ市役所
MUN. DIS. CHOS.	チョシーカ市役所
MUN. DIS. MATUCANA	マツカナ市役所
MUN. DIS. SANMATEO	サンマテオ市役所
NCTL +	自然科学地方技術機構
ONERN	自然環境評価研究所
PREDES +	防災研究所
PRES.CO.MI.	内閣統轄府
SAN	航空写真公社
SE/CNDC	国家防災会議事務局
SEDAPAL	リマ上下水道公社
SENAPA	上下水公社

SENAMHI

気象庁

SNI

国立工業協会

UNFV

フェデリコビルアレアル大学

UNMSM

サンマルコ大学

UNA

国立農業大学

UNI

国立工科大学

2. 計測計量単位の略語

mm

ミリメートル

cm

センチメートル

m

メートル

Km

キロメートル

S or sec

秒

min

分

h or hr

時間

d

日

y or yr

年

cm²

平方センチメートル

m²

平方メートル

ha

ヘクタール

Km²

平方キロメートル

cm³

立方センチメートル

m³

立方メートル

l

リットル

g

グラム

Kg

キログラム

ton

トン

%

パーセント

°

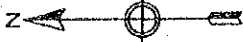
度

°C	度 (摂氏)
10 ³	千
10 ⁶	百万
10 ⁹	十億
m ³ /sec	立方メートル/秒
KWH	キロワットアワー
MWH	メガワットアワー
US\$	アメリカ ドル
I/.	ペルー インチ
¥	日本 円

3. その他の略語

JICA	国際協力事業団
GDP	国内総生産
GRDP	地域国民総生産
GNP	国民総生産
Ref.	参照
O&M	維持管理
El.	標高
WL	水位
HWL	高水位
FWL	洪水位
LWL	低水位

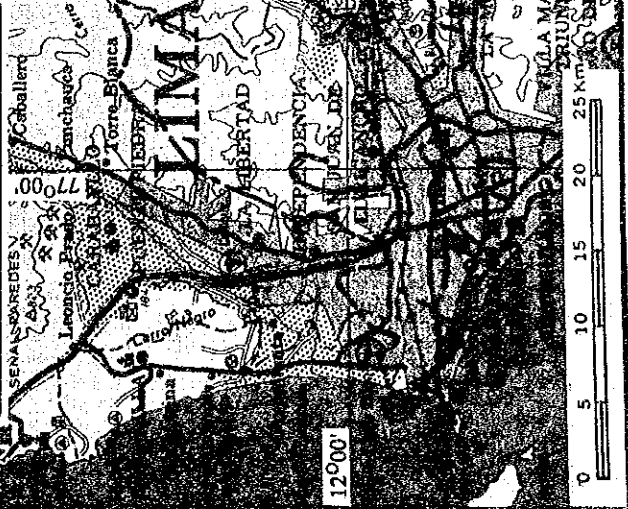
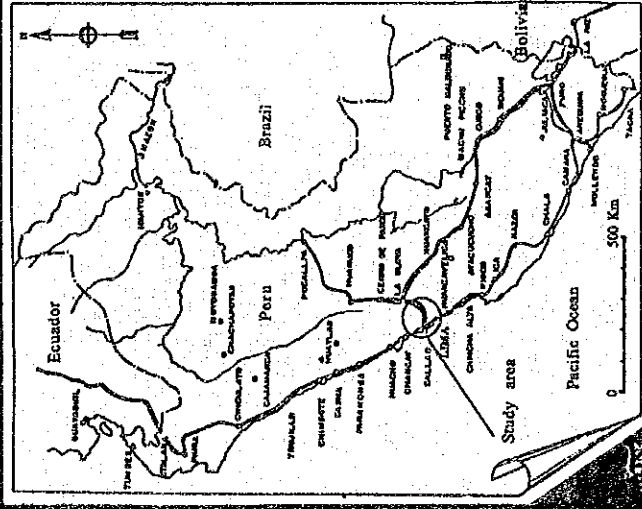
JUNIN



LOCATION MAP

76°30'

11°30'



1200'

要 約

リマック川防災対策計画調査

主報告書・要約

プロジェクトの経緯

1. Rimac川はペルー共和国の首都圏を流れる重要河川であり、Lima首都圏を含め流域のさまざまな水需要に対する水資源として極めて重要な役割を果たしている。一方、土石流・斜面崩壊及び洪水氾濫による災害も頻繁に発生しており、毎年人命の損失や家屋・施設の損壊、もしくは主要幹線交通の遮断等甚大な被害を引き起こしている。特に近年においては、エルニーニョ現象と呼ばれる異常気象現象の影響を強く受けて大規模な災害が発生している。
2. このような状況に鑑み、ペルー政府は1985年1月、Rimac川流域防災対策計画マスタープラン・スタディの実施を決定し、このマスタープラン・スタディに対する技術協力を日本政府に要請した。日本政府は、この要請を受けて上記マスタープラン・スタディを実施する事を決定すると共に、国際協力事業団(JICA)がこれを担当する事となった。また、ペルー政府側はINDC(国家防災庁)が、カウンターパート及びペルー政府側の調整機関として協力する事となった。さらに、本調査はペルー政府の協力を得てJICA調査団によって実施される事となったが、その他に作業監理委員会が設置され、本調査に係わる主要討議に参加して的確なアドバイスを行う事となった。
3. JICAは、1986年8月及び11月の2回にわたって事前調査団を派遣して作業の内容を具体的に決定すると共に調査団を1987年2月より派遣し調査を開始した。以降2回にわたる現地調査と国内での分析・解析及び中間報告書及び最終報告書(草案)に対する討議を通してRimac川防災対策計画マスタープランの策定が行われ、1988年3月マスタープラン・スタディに関する最終報告書が提出された。
4. 本報告書は、各々要約、主報告書および附属報告書並びに資料集から構成されている。要約には、マスタープラン・スタディの結果の概要が記述されている。主報告書には防災計画をその背景、状況、条件を含めて記述しており、附属報告書には計画策定に用いた条件、方法論等の詳細が記述されている。

計画地域の概要

5. 約3,500 km²の流域面積を有するRimac川流域は、Lima首都圏の海岸部及びHuarochiri州に位置するRimac川中・上流域に広がる山間部に分けられる。

ペルー国全人口の約26%がCallao及びLima両市で構成されるLima首都圏に集中しているため、同首都圏での人口密度は1,000人/km²以上と極端に高く、一方山間部の人口密度は14人/km²と少なくなっている。さらに、Lima首都圏では1970年代に増加した人口の約60%は地方からの移住者であることから、同首都圏への人口集中及びこれに伴う住宅問題・貧困地区の拡大は近年ペルー国内の大きな社会問題の1つとなっている。

また上記と共に、重大な社会問題の1つとして、土石流・斜面崩壊及び洪水氾濫等の自然災害があげられる。Rimac川流域内では、災害の起こり易い地区に貧困地区が形成されているため、これらの住民に対する移転及び住宅供給等の住宅政策の実施が社会的

に極めて重要となっている。従って、この政策を推進する上で、公共投資に対する資金の確保は緊急性を要するものと考えられる。

流域経済の特色の一つとしてLima首都圏と山間部の相互依存があげられる。首都圏と山間部を結ぶ国道20号線と鉄道は、運輸基盤施設として流域経済を活性化する機能を果たしている。従って一度災害が発生すれば、施設への損害ばかりでなく交通がある期間遮断されることによる社会・経済への影響も無視することができない。このため、災害防止計画の重要性及び緊急性は経済的観点からも非常に高いと言える。

6. Rimac川流域の地質は、ジュラ紀から第3紀にかけての火成岩層、白亜紀から第3紀の貫入岩及び第4紀の堆積物より成っている。

流域の上・中流域では、第3紀の貫入岩層が広く分布している。この層はさらに、溶岩、角礫岩、凝灰岩よりなる安山岩系相からなる下層部と火山活動に伴う凝灰岩及び泥岩のような火山系砂礫より成る流紋岩系相の上層部とに大別される。流域の中・下流域は種々の貫入岩の相が見られる。これら貫入岩は白亜紀から第3紀の花崗岩、花崗閃緑岩、及び安山岩より成っている。また、深成岩が大規模にその底盤を形成している。最下流域では、第4紀の堆積層が大規模に広がり、Lima首都圏の台地を形成している。

Rimac川流域は乾燥または半乾燥地に属しており、降雨が少ないために植生がほとんど見られない。そのため、風化が著しく進行している。特に中・下流域においては、花崗岩の風化による未固結堆積物の生産は極めて大規模である。

7. Rimac川流域の地形は、海拔0mからNudo Sulcon山の最大標高5,650mまで大きく変化し、また流域の中・上流部はアンデス山脈に属する4,000m以上の山々に囲まれて極めて急峻な地形を示しており、この急峻な地形がさまざまな災害を引き起こす大きな要因の一つとなっている。

8. Rimac川流域は、南アメリカ大陸の西海岸、アンデス山脈と太平洋の間に位置し、狭い帯状に広がっている。前述の如く流域の地形が極めて急峻であることから、流域の気象現象は複雑であり、またエクアドルとペルーの海岸に沿って熱帯海水が移動する事によって起こるエルニーニョ現象によってもかなり影響を受けている。

年間降雨量は海岸付近での10mm/年から山岳地帯の1,000mm/年まで大きく変化している。特に海岸付近ではフンボルト海流が海面上の空気を冷やし、これが上昇気流の発生を妨げるため、降雨が少なくなっている。また海岸線に近づく程、より降雨が少なくなる傾向がみられる。一方、アンデスの山岳地帯では上記の影響が薄れるため比較的降雨は多くなっている。

Rimac川の流量は上流域の降雨パターンに大きく支配されており、1月から4月までの4ヶ月間に総流量の65%が流出する。Chosica水位観測所は流域全体の70%の流域面積を占める位置にあり、この地点での年平均流量は32m³/secとなっている。また、最大流量は1925年3月19日に記録された500m³/secとなっている。

収集データを基に単位図法を用いてChosica地点での確率洪水流量の算定を行った。その結果は以下に示される通りである。

生起確率年(年)	洪水ピーク流量 (m ³ /sec)
5	290
10	380
25	490
50	580
100	660
200	740
500	820
1,000	920

9. Rimac川流域内の各土地利用項目の面積の割合は、次の通りである。

(a) 集落(市町村)	4.6%
(b) 農地(平地)	1.7%
(c) 農地(山腹斜面)	7.1%
(d) 山地(植生がほとんどない)	30.0%
(e) 山地(植生がある)	34.6%
(f) 沼地/湿地	0.8%
(g) 氷河/万年雪	0.9%
(h) 湖	0.3%

上記でわかるように、流域のほぼ70%が山地域である。平地はRimac川の下流域に広がっているLima-Callao首都圏域と中下流域のRimac川及びSanta Eulalia川沿いに限定される。

山地域の大部分は、植生のない裸地又は植生があっても草、サボテン及び低かん木が散在している程度の地域である。植生は中上流域の山腹斜面及びU字谷で比較的発達しており野菜栽培、牧草地として使用されている。また、中上流域には多くの中小規模の鉱山があり、各々集落を形成している。そして、本流沿いの谷底平野には、Chosica、San Mateo、Surco、Matucana等幾つかの町があり、農地も狭いながら発達している。主要国道及び鉄道が主流に沿って走っている。

下流域の平地では、Lima首都圏が形成されており、各種の建物・施設及び構造物が建設され、土地利用度が高い地域となっている。またこの郊外地域は、畑地及び行楽地としても有効に利用されている

防災計画策定方針

10. 防災計画は、次の基本方針に基いて策定されている。

- (1) 災害の防止・軽減のためには流域全体の一貫した総合的管理が最も重要であり、災害防止計画は流域全体の一貫した総合的管理を重視して検討するものとする。
- (2) 従って、防災対策計画は、施設の方策及び非施設の方策の両面から検討するものとする。
- (3) 施設の方策では、災害の形態・対策法の相異を考慮して土石流・斜面崩壊災害対策と洪水災害対策に分けて対策の検討を行い、最終的に非施設の方策と併せ総合的災害防止計画を確立するものとする。

土石流・斜面崩壊災害対策

11. 土石流・斜面崩壊災害対策は、次の様に策定されている。

(1) 溪流及び斜面地区の区分けと分類

図 IV-2-1 に示される様に Rimac 川流域を 75 溪流地区及び 71 斜面地区に分割し、溪流及び斜面地区ごとに対策の検討を行っている。

また対策の検討においては、各溪流及び斜面地区の土石流・斜面崩壊災害に対する危険度及び人口・資産等の被害対象物の集中度が大きく異なるため、マスタープランの効率的策定を目的として危険度・被害対象物の集中度に応じて、次の 3 段階の検討レベルに分類し検討を行っている。

- グループ A : 災害発生の経験もあり危険度・被害対象物の集中度が最も高い地区であり、個々の対象地域ごとに詳細な対策検討を行っている。
- グループ B : 危険度・被害対象物の集中度は比較的小さいため、グループ A の検討を通して得られた対策のタイプを各々の地区の条件に応じて適用し、予備的な対策検討にとどめている。
- グループ C : 危険度・被害対象物共に非常に少ないため、特に対策の検討は行っていない。

上記分類を次の 3 段階の危険度レベル、3 段階の被害対象物レベルおよび分類基準に基づき実施した。

危険度レベル

- レベル A : 危険度が非常に高い
- レベル B : 比較的危険度は比較的小さい
- レベル C : 危険度は非常に低い

被害対象物レベル

- レベル A : 被害を受ける資産が非常に多い
- レベル B : 資産は比較的少ない
- レベル C : 資産はほとんどない

分類基準

- グループ A : 危険度レベル及び被害対象物レベル共にレベル A と判定された地区
- グループ B : レベル A にランクされた地区を除き危険度レベル及び被害対象物レベル共にレベル C を含まない地区
- グループ C : 危険度レベルもしくは被害対象物レベルのいずれかがレベル C と判定された地区

各溪流地区及び斜面地区に対する分類の結果は、次の通りである。

グループ A

- (a) 溪流地区 : 下記 7 地区

R-6	Quirio
R-7	Pedregal
R-8	Carosio
R-9	Corrales
R-19	Rio Seco
R-32	Paihua
S-1	Cashahuacra

(b) 斜面地区 : 対象地区なし

グループ B

(a) 溪流地区 : 計 23 地区

(b) 斜面地区 : 計 25 地区

グループ C

(a) 溪流地区 : 計 45 地区

(b) 斜面地区 : 計 46 地区

(2) 施設計画

(a) 計画土石流出量

土石流施設計画は、約100年確率規模の長期土石流出量に対して計画されている。長期土石流出量は過去の記録から1987年3月にPedregal溪流地区で発生した土石流出量(157,200 m³)、各溪流地区の流域面積、流出量測定の精度を考慮した安全率(1.2)及び植生の状況に応じて決定される軽減係数に基いて算定した。各溪流地区に対する計画土石流出量は、表 IV-7-1 に示されている。

(b) 土石流災害防止対策法

土石流災害防止対策法は、各溪流地区の状況に応じて次の3方法に大別される。 < 図 IV-5-4 参照 >

タイプ A

対象地域において家屋等の被害対象物の集中が著しいために、土石流の発生を阻止するとともに泥流を安全に処理する必要がある。このために、砂防堰堤による土石流の阻止と流路工による泥流の安全処理を計画する。

タイプ B

地区内における住居の集中度が低く費用をかけて土石流を抑制する事を考える必要はなく、被害対象物を安全に保護する方法が得策である。このため、土石流を安全に水路内に導くと共に、被害対象物を保護することを計画する。

タイプ C

土石流が河道を塞ぎ、堰上げることにより氾濫災害を引き起こす場合がある。このような溪流地区については、土石流の流出を極力減少させると共に、土石流を安全に河川に流入させる対策が必要である。そのため、砂防堰堤による土砂生産及び流出の抑制並びに河道線形の改善等を計画する。

上記タイプ A 及びタイプ B の対策法は、さらに各々次の2方法に区分される。

タイプA

- タイプA1 : 砂防堰堤建設の適地があり、正規の完全な対策を計画する。
- タイプA2 : 砂防堰堤建設の適地がないため流路工と流路工に土石流を導くため導流堤を計画する。

タイプB

- タイプB1 : 住居はなく鉄道・道路の保護のみを考えればよいため、導流堤で土石流の方向を制御すると共に鉄道・道路の保護を計画する。
- タイプB2 : 小規模ながら住居が存在するため導流堤で住居を保護するとともに、扇状地頂部で遊砂地を設置し土石の流出及び方向の制御を計画する。

各溪流地区の施設計画は、上記の対策法を各溪流地区の状況に応じて適用し、策定されている。

(c) 斜面崩壊災害防止対策法

斜面崩壊災害は、斜面にある小溪流からの土石流と斜面の崖くずれとに大別される。この土石流及び崖くずれが鉄道・道路を閉鎖する災害を防止することが必要である。このための効果的対策法としては、

- 小溪流からの土石流に対し橋梁で鉄道または道路災害を避ける。
- 小溪流からの土石流に対しロックシェッドトンネルで鉄道または道路を保護する。
- 崖くずれに対しては土留壁でくずれを阻止する。

の3方法であると考えられるため、これら3方法を要所に配置することにより斜面崩壊に対する施設計画が策定されている。

(d) 施設計画及び経済評価

上記対策方法及び各地区の状況から、各溪流地区及び斜面地区に対する施設計画を策定した。以下に各地区に提案される対策方法、施設及びこれらに対する建設費、並びに経済評価の結果の概要を示す。尚、経済評価においては、(1) 経済寿命を50年、(2) 維持・管理費を直接工事費の0.5%、及び(3) 流域の経済的進展を考慮して便益の増加率を3%と仮定し、解析を行った。

溪流地区	施設 型式	防御施設					建設費 (千 US\$)	EIRR (%)	
		ダム (箇所)	流路工 (km)	堤防 (km)	橋梁 (箇所)	トンネル (箇所)			
(A) グループ A									
R-6	Quirio	A1	2	1.8	-	2	-	8,623.4	5.25
R-7	Pedregal	A1	3	1.9	-	2	-	11,649.4	5.65
R-8	Carosio	A2	1	0.3	-	1	-	1,432.7	9.85
R-9	Corrales	A2	2	0.2	-	-	1	3,054.5	6.02
R-19	Rio Seco	B1	-	-	1.5	2	2	3,145.9	10.12
R-32	Paihua	C	2	-	0.5	-	-	6,442.1	5.09
S-1	Cashauacra	B2	1	0.4	12.5	1	-	3,057.4	4.15
(B) グループ B									
R-1	Chacracayo	A1	3	3.3	-	-	-	9,448.2	8.99
R-2	Chacrasana	A1	1	1.1	-	-	-	4,534.0	3.19
R-3	Carifornia	A1	1	1.3	-	-	-	8,101.6	4.79
R-4	Santa Maria	A1	1	1.0	-	-	-	4,436.3	3.39
R-5	La Cantuta	A1	3	1.2	-	-	-	14,465.5	-0.24
R-10	La Ponda	A1	4	1.3	-	-	-	8,677.1	2.31
R-11	Santa Ana	B1	-	0.4	0.6	1	-	2,071.4	11.54
R-13	Cupiche	B1	-	0.4	0.5	1	-	1,427.8	12.79
R-15	Canchacalla	C	5	0.5	0.5	-	-	27,160.9	-2.09
R-16	Guayabo	B2	2	0.4	-	1	-	1,101.2	14.94
R-17	Agua Salada	B1	-	0.5	0.5	1	-	1,760.4	10.90
R-18	Esperanza	B1	-	-	0.4	1	-	1,184.8	14.30
R-23	Huacre	B1	-	0.5	0.5	-	-	575.6	3.75
R-24	Matata	B1	-	0.5	0.5	1	-	1,135.1	3.71
R-25	Cuchimachay	A1	2	1.1	-	1	-	2,946.7	2.90
R-31	Chucumayo	B2	1	0.7	1.6	1	-	2,818.1	8.45
R-33	1Chacahuaro	B2	1	0.3	-	-	-	428.6	17.90
R-34	Pancha	C	3	0.5	-	-	-	7,976.9	-1.07
R-35	Viso	C	2	0.5	-	-	-	2,404.1	3.96
R-37	Parac	C	3	0.3	-	-	-	15,033.6	-0.89
S-2	Pedonda	B2	1	1.3	1.3	1	-	1,959.7	4.12
S-3	Infiernilla	B1	-	0.4	0.4	-	-	1,028.2	5.07
S-5	Lucuma	B1	-	0.9	0.9	1	-	1,093.0	4.73

斜面地区	防御施設			建設費 (千 US\$)	EIRR (%)	
	橋梁 (箇所)	トンネル (箇所)	土留壁 (km)			
(A) グループ A : 計画対象なし						
(B) グループ B						
R-/0	River mouth-Jicamarca	-	-	15.0	15,535	0.68
R-/1	River mouth-Chacracayo	-	-	18.0	19,007	-0.04
R-0/2	Jicamarca-Chacrasana	-	-	2.0	2,453	-
R-1/3	Chacracayo-Carifornia	-	-	0.05	52	13.67
R-4/6	Santa Maria-Ronda	-	-	0.11	114	-2.42
R-6/7	Quino-Pedregal	-	-	1.5	1,558	-4.06
R-7/8	Pedregal-Carosio	-	-	0.68	706	0.15
R-8/9	Carosio-Corrales	-	-	0.2	207	2.29
R-9/-	Corrales-Confluence	-	-	0.2	207	0.45
R-10/-	La Ronda-Confluence	-	-	0.04	41	6.68
R-/11	Confluence-Santa Ana	-	-	0.32	333	6.23
R-/12	Confluence-san Juan	1	3	0.08	83	10.64
R-11/13	Santa Ana-Cupiche	-	7	0	3,319	5.22
R-13/16	Cupiche-Guayabo	-	2	0.66	4,049	3.64
R-16/17	Guayabo-Agua Salada	2	8	0	2,157	3.46
R-19/20	Rio Seco-Esperanza	2	13	0.05	5,723	4.39
R-20/21	Esperanza-Verrugas	2	8	0.01	6,373	4.50
R-21/23	Verrugas-huacre	1	2	0.08	4,863	4.76
R-22/27	Linday-yamajune	-	7	0.04	5,077	4.47
R-26/29	Chacamaza-barranco	-	3	0.04	482	1.02
R-31/33	Chucumayo-Chacahuaro	4	4	0.9	1,124	3.50
R-37/40	Parac-R.Blanco	-	-	1.42	2,340	8.92
S-/4	Confluence-Alcula	-	-	0.11	114	9.30
S-1/2	Chashaju-Redonda	1	5	0.11	429	3.02
S-2/3	Redon-Infiernilla	-	4	0.09	345	2.85

上表において、E. I. R. R (内部収益率) が 8% 以上を示す計画は、十分に経済的に妥当であると評価される。表に見られる通り、全対象地域の約 25% は 8% 以上の E. I. R. R を示し、約 70% が 3% 以上の E. I. R. R を示している。また全計画を対象として経済評価を行った結果、E. I. R. R は 5.4% となり比較的経済性は良いものと判断される。さらに、数値に表れていない人命の救助と民生の安定という極めて大きい施設計画の社会的効果を考え合わせるならば、本施設計画は十分に妥当なものとして評価できる。(下記注記参照)

注記) ベルー国の資本の機会費用 (Opportunity Cost of Capital) を、世界銀行等が定めている規準に基づき 8% とした。

資本の機会費用とは、各々の国の資本の投資に対する収益性と定義され、具体的には、国の資本が収益性の高いプロジェクトから順に分配されていったとき、最後に分配を受けたプロジェクトの収益性の事である。

世界銀行等が上記資本の機会費用を各々の国の経済状態によって定めており、プロジェクトの内部収益率 (E. I. R. R) がこの資本の機会費用以上あれば経済的に妥当であると評価されるものである。

洪水災害対策

12. 洪水災害対策は、次の様に策定されている。

(1) 流域の分類

土石流・斜面崩壊災害対策で対象地域の分割と検討レベルの分類を行ったと同様に、洪水災害対策においても流域の危険度・被害対象の集中度に応じて検討のレベルを次の3段階に分類している。

- グループ A : 危険度及び緊急性が高いため、代替案の比較検討を通して計画を策定する。
- グループ B : 危険度及び緊急度が比較的低いとため、特に代替案の比較検討は行わず、水理解析結果に基づき必要箇所に適切な対策を提案する。
- グループ C : 危険度及び緊急度が非常に低いとため、本調査では特に検討は行わない。

流域区分及び分類は、流域の危険度及び被害対象物の集中度の相違を考慮して次の様に行われている。

流域区分	位置	分類
(1) Rimac 川		
(a) 上流域	Matucana より上流	C
(b) 上・中流域	Matucana から Sta. Eulalia 川との合流点まで	B
(c) 中・下流域	合流点から Atarjea Weir まで	A
(d) 下流域	Atarjea Weir より下流	A
(2) Sta. Eulalia 川		
(a) 上流域	Autisha より上流	C
(b) 下流域	Autisha より合流点まで	C
(3) Jicamarca 川		
(a) 上流域	Jicamarca 川河口より 4 km 地点より上流	C
(b) 下流域	Jicamarca 川河口より 4 km 地点まで	A

上記区分け及び分類は、図 V-4-1 に示されている。

(2) 施設計画と評価

(a) グループ A

代替案の検討

代替案の検討では、本マスタープラン・スタディが防災計画の基本的指針を与えることが主目的であることを考慮し、河幅、河道線形、遊水池の効果、洪水放流路の可能性及び洪水調節ダムの可能性等計画にかかわる基本的事項の検討を通して、代替案を設定した。

100年確率洪水である $660 \text{ m}^3/\text{sec}$ の計画高水流量に対する代替案は、以下の通りである。

(i) 合流点 - Huampani Bridge 区間

この区間約 12 km は、河川敷地内に人家等が侵入し人工的に著しく河幅が縮小されている。河幅は平均で約 20 m となっているが、660 m³/sec の計画高水流量に対処するためには最低 40 ~ 50 m の河幅が必要であり、洪水に対して極めて危険な状況にある。対策法として次の 2 方法が考えられるのでその比較検討を行っている。

ケース A-1 : 現状の河道の拡幅は行わずに、コンクリート壁または堤防で保護する。

ケース A-2 : 河道の拡幅及び線形の改善のため、全面改修を行う。

(ii) Huampani Bridge - Atarjea Weir 間

この区間は著しく河幅が広がっている。洪水に対する遊水効果と共に砂及び礫が下流域に流下するのを防ぐ長所もあるが、一方この区間で河道が乱れ堤防等の破壊を引き起こしている短所もあり、この区間の望ましい河幅の検討が必要である。このため、次の代替案を設定し比較検討を行った。

ケース B-1 : 現状の遊水効果を考慮し、現状の河幅を維持しつつ必要な河川改修のみを行う。

ケース B-2 : 通常の河幅に改修する。

(iii) Atarjea Weir - 河口区間

河口より約 10 km 地点に狭窄部がある。その延長は約 1 km、河幅は 15 ~ 20 m となっている。また、兩岸は 20 ~ 30 m の高さの絶壁になっており、洪水により洗掘され易い状況にある。この兩岸には人家が密集し極めて危険な状態にあるため、この狭窄部の改修が必要である。対策として次の 2 方法が考えられるためその比較検討を行った。

ケース C-1 : 現状の河道に沿って必要な拡幅に改修する。

ケース C-2 : 捷水路により河道線形を改善し、全面改修を実施する。

(iv) 洪水放流路及び洪水調節ダム案

洪水放流路及び洪水調節ダム案についても検討を行った。検討の結果、洪水放流路案は現在の下流域の開発状況からその補償費が極めて莫大な額になり有利な案となり得ないことが判明した。また、洪水調節ダム案の検討結果は、著しい堆砂のため洪水調節容量の効果的確保が困難で有利な案となり得ない事を示した。この結果より、上記 2 案については代替案として検討は行わない事とした。

(v) Jicamarca 川下流域

Jicamarca 川で起こる洪水災害は、Jicamarca 川自体の通水能力の不足によるのではなく、Rimac 川との合流点に設けられている暗渠の通水能力が不足しているために生じているものである。このため、この暗渠の改善が唯一の対策であり、特に検討すべき代替案はない。

従って、上記で掲げたケース (A-1, A-2)、(B-1, B-2) 及び (C-1, C-2) が検討すべき代替案となり、これらの組合せについて比較検討が行われている。また、これら代替案は付図 V-5-4 に示されている。

建設費

各代替案に対する建設費は、次に示される通りである。

単位：10³ US\$

グループ(A) の流域	各区間の 代替案	計画代替案の組合せ							
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1. Rimac川									
- 合流点・Huampani Bridge間	A-1	13,643	13,643	13,643	13,643				
	A-2					16,920	16,920	16,920	16,920
- Huampani Bridge・ Atarjea Weir間	B-1	12,547	12,547			12,547	12,547		
	B-2			46,572	46,572			46,572	46,572
- Atarjea Weir・河口間	C-1	17,166		17,166		17,166		17,166	
	C-2		24,369		24,369		24,369		24,369
2. Jicamarca川下流域		599	599	599	599	599	599	599	599
計		43,955	51,158	77,980	85,183	47,232	54,435	81,257	88,460

代替案の選定

代替案の選定は、経済、社会及び技術的側面から行われている。

(i) 経済評価

便益は、施設計画実施による洪水被害軽減額とし、確率洪水に対する想定洪水氾濫域内の資産調査、水理解析結果及び日本の建設省が確立した水深に対する各資産の被害率を基に算定されている。

上記に基づく経済分析結果は、以下に示される通りである。

代替案の組合せ	E. I. R. R. (%)
(1) (A-1, B-1, C-1)	16.6
(2) (A-1, B-1, C-2)	15.9
(3) (A-1, B-2, C-1)	10.5
(4) (A-1, B-2, C-2)	9.5
(5) (A-2, B-1, C-1)	15.9
(6) (A-2, B-1, C-2)	13.8
(7) (A-2, B-2, C-1)	10.1
(8) (A-2, B-2, C-2)	9.2

(ii) 技術的・社会的評価

代替案に対する技術的・社会的評価結果は、以下の通りである。

ケース A-1 は、堤防もしくはコンクリート壁で保護されたとしても激しい流水(100年確率洪水時の水深約 5.0 m、流速 7.0 m/sec)のため小さい欠陥部より災害につながる高い危険性が残ると共に、洗掘や施設の維持・管理の面でも不利である。一方、ケース A-2 では、100年確率洪水時の水深は約 2.5 m となり安全度は著しく高まる。社会的制約は増加するが災害に関する住民の教育と代替地の準備などを十分に行うことによって解決可能と考えられ、技術的・社会的見地からケース A-2 が望ましいものと考えられる。

ケース B-1 と B-2 の比較では、現況河道が有する洪水ピーク流量の軽減効果及び砂礫の下流部への流下防止効果が高く評価される。このような自然の条件を変え

た場合予期せぬ種々の問題を引き起こす可能性もある事からケース B-1 が望ましいと考えられる。

ケース C-1 と C-2 の比較では、次の理由でケース C-1 が選択される。即ち、ケース C-2 が技術的には望ましい。しかしケース C-2 の技術的メリットはその著しい社会的制約の増加を押してまでも実施する程大きいものではないと判断された。

(iii) 代替案の選定

代替案の中で最も高い内部収益率は (A-1, B-1, C-1) の代替案であるが、(A-2, B-1, C-1) の内部収益率は 15.9% と 2 番目に高い事及び技術的・社会的側面から総合的に判断し、(A-2, B-1, C-1) を洪水災害対策施設計画として選定するものとする。

上記の結論に基づいて作成された施設計画を図 V-7-1 に示す。但し、この図はマスタープラン・スタディの段階で予備的に作成されたものであり、さらに詳細な調査・検討を通して必要な修正がなされるべきものである事を注記する。

(b) グループ B

グループ B として分類された区域は、Rimac 川の Matucana 合流点間である。この区間の 100 年確率洪水 $310 \text{ m}^3/\text{sec}$ に対する水理解析結果は、この区間で氾濫が起きない事を示した。

しかし Corcona 付近は、道路標高が低く堤防も貧弱であるため、その補強を提案している。また、Torna Mesa 付近では河床砂礫の堆積が著しく、安全な流路となっていない河道区間が部分的に見られるため、その区間の河床砂礫の掘削を実施することを提案している。この区間に対して提案された施設計画は図 V-8-1 に示される通りである。

上記グループ B の施設計画に対する総建設費は、2,080 千 US\$ となる。しかし、便益に関しては現状の状態では被害が発生しないためにゼロとなり、従って経済的指標としては E.I.R.R がマイナスになってしまう結果になっている。しかし、技術的・社会的見地から安全性の確保が望ましく、提案した施設計画は必要であると考えられる。

(c) 洪水災害対策計画の経済評価

本洪水災害対策計画に対する内部収益率は、グループ A 及び B を含め 15.5% と高い経済性を示している。さらに、数値に表れていない人命の救助と民生の安定という極めて大きい施設計画の社会的効果を考え合わせるならば、本施設計画は十分に妥当なものとして評価できる。

非施設の方策

13. 現在、流域全体を一貫して管理する組織が確立されていないため、種々の災害を誘起する行為に対する規制等は成されていない。危険地への不法な侵入、河川への捨土・ゴミの投棄、種々の乱開発、等がその例である。また、災害に対する備えが不十分であることから、災害による被害を著しく増大せしめる結果にもなっている。1987年3月災害時の被災地に対する対応の不十分さが如実にこれを物語っている。

このような管理の現況から、施設の方策の実施と伴に行政的・非施設対策が極めて重要であると考えられる。

14. 上記のような流域管理の現況を考慮し、次の非施設の方策が提案されている。

- (a) 危険地の土地利用規制の確立とその実施。
- (b) 流域全体を一貫して総合管理するための管理組織の確立及びその実施
- (c) 次のような災害に対する準備体制の確立。
 - 災害通報システムの確立
 - 警報・避難システムの確立
 - 各地域ごとの緊急時防災組織の確立
 - 緊急時必要物資の準備
 - 気象・水文観測システムの強化
 - 国家規模での災害救助システムの確立
- (d) 施設の計画を一貫し組織的に実施していくための責任ある機関の設立
- (e) 河川及び河川施設を一貫して維持・管理する機関の設立とその実施
- (f) 施設計画を設計・実施していくにあたり必須となる技術者の養成

図 VI-2-1 及び図 VI-2-3 は、危険地の土地利用規制、流域全体の一貫した管理、及び施設の計画の実施のための組織並びに国家規模の災害救助体制の一例を参考として示している。

実施計画

15. 土石流・斜面崩壊及び洪水災害対策計画に対する実施計画は、図 VIII-2-1 及び VIII-2-4 に示される通りである。この実施計画に基づき算定された内部収益率は、(1) 土石流・斜面崩壊災害対策計画 5.4%、(2) 洪水災害対策計画 15.5%、(3) 全体 8.6% と高い値を示している。また、実施計画の検討結果は経済的観点からもさらには人命の損失防止・民生の安定という社会的観点からも提案される対策の早期実施が望ましい事を示している。

尚、図 VIII-2-1 及び VIII-2-4 に示されている実施計画については、マスタープラン・スタディの段階で予備的に作成されたものであるため、実際の実施に当っては詳細な調査・検討及び財政条件などを勘案し再検討を要するものであることを注記する。

提言

17. 提言される事項は、次の通りである。

(1) 土石流、斜面崩壊及び洪水災害に対して策定された防災対策マスタープランを上位基本計画とし、この上位基本計画に基づき流域全体の一貫した総合防災対策計画の実施が特に重要であり第一に提言されるべき事項として取り上げられる。

(2) 一方、この総合防災対策計画の実現にはかなりの時間が必要であるが、緊急度が高く特にその早期実施が望まれる事項があるため、以下の提言がなされている。

- (a) グループ A に分類されている7 渓流地区の土石流災害対策は危険度・緊急度が高くその実施が急務である。他方、提案されている対策はさらに詳細な地形・

地質調査等行いその技術的・経済的フェージビリティを確認する必要がある。従って、このフェージビリティ・スタディ実施に必要な手続を早期に着手する事が必要である。

- (b) 下流域の都市部においては、開発が進んでおり洪水災害に対する危険度・緊急度が極めて高いため、下流域について次の対策の実施が急務である。

- 河口より9~10.5 kmに位置する狭窄部より下流の河床掘削及びゴミ・捨土の除去並びに護岸。

- 上記狭窄部より上流の河床掘削及びゴミ・捨土の除去並びに護岸。

- 上記狭窄部の拡幅。

また、狭窄部拡幅のために必要な土地取得を早急に実施する必要がある。

- (c) 中流域では、堤防の欠壊等河川構造物の破損が多く、多くの地点で見られる。これらの河川構造物に対する修復工事の緊急度も下流域に対する対策と同程度に高い事から、下流域の対策と同時着工とし緊急に実施する必要がある。

- (d) 上流部 (Huampani Bridge - 合流点間) の洪水災害防止対策はかなり大規模な土地取得を必要とするため、早急に土地取得に着手すべきである。

- (e) 提案された非施設的方法はすべて早期に実施に移すことが望ましいが、その中でも特別緊急度の高い事項としては、(i) 河川敷地内へのゴミ・捨土の厳禁、及び(ii) 危険地への新たな不法侵入の厳禁、の2項目でありその即時実施を勧告する。

- (f) 上記(b)~(d)の実施に当たっては、実施に先立ってさらに詳細な調査、測量、設計作業などが必要となってくる。このため、これら作業のための資金調達など必要手続を進める必要がある。

(3) 防災の観点から重要度が高く且つ長期的視野に立って推進していく必要のある植生の研究に早期に着手する事を提言する。流域に植生を成功させるためには独自の条件に対して継続的な研究と資料の蓄積が必要であり、諸外国の研究成果等を参考にしつつ独自の研究を進めるべきである。

(4) 流域の降雨及び災害のパターンを考慮すると降雨状態の予測を可能にするレーダー雨量計システム設置の必要性は非常に高い。流域にこのシステムを設置する事は、技術的に可能であると共に災害防止の観点から著しく効果的であると考えられる。従って、流域にレーダー雨量計システムを設置するための検討を進める事を提言する。

レーダー雨量計設置に当たり特に重要と考えられる事は、通信・警報システム、データ分析システムあるいはその組織体制の確立等基本的事項の整備・拡充を合わせ考える事がレーダー雨量計の機能を十分に発揮する上で不可欠であり極めて重要であるので特に注記する。

(5) 防災対策施設計画を実施していくにあたり不可欠である技術者の養成にも時間を要するため、その早期着手を提言する。また、このため早期に技術者訓練センター等の施設を設立することが望ましくそのための必要手続に着手すべきである。

リマック川防災対策計画調査

主報告書

序 文

伝達状

略語

Rimac川流域概要図

要約

目 次

第 I 章 序 論

第 II 章 計画対象地域

第 III 章 防災対策策定の基本方針及び基準

第 IV 章 土石流・斜面崩壊対策

第 V 章 洪水災害対策

第 VI 章 非施設の方策

第 VII 章 Rimac川防災対策計画マスタープランのまとめ

第 VIII 章 Rimac川防災対策・実施計画

第 IX 章 提 言

補足説明 1. 植生に対する検討及び提言

2. Rimac川流域におけるレーダー雨量計設置の必要性及び可能性に関する検討

第 I 章 序 論

目 次

	頁
1 背景	I-1
2 調査目的及び範囲	I-1
3 調査実施体制	I-2
4 技術移転	I-2
5 報告書	I-3

附 表

I-3-1 作業監理委員、調査団及びカウンターパート名簿

第 I 章 序 論

1. 背 景

ペルー共和国の首都圏を貫流する Rimac 川は、都市・工業用水、かんがい用あるいは発電等の水資源として極めて重要な役割を果たしている。

一方、この流域は洪水や土石流等によって著しい被害を受けている。このような災害はほとんど毎年起こっており、交通遮断、人命の損失、施設の破壊など甚大な被害を及ぼす結果となっている。特に近年エルニーニョと呼ばれる異常気象によって、流域全体に災害の発生が際立っているため、防災対策の策定が急務となっている。

このような状況に鑑み、ペルー政府は 1985 年 1 月 Rimac 川流域防災対策マスタープランの策定に関して、日本政府の技術協力を要請する事となった。日本政府はこの要請に応え、Rimac 川流域防災対策マスタープラン・スタディを両政府間の技術協力同意書に従って実施する事を決定すると共に、日本政府の国際技術協力実施機関である国際協力事業団 (JICA) がペルー政府の国連機関の協力を得て実施することになった。またペルー政府側は、国家防災委員会 (CNDC) がペルー政府の調整機関として協力する事となった。(注記: 国家防災委員会 (CNDC) は調査期間中の組織変えにより、国家防災庁 (INDC) となった)

JICA は、1986 年 8 月及び 11 月の 2 度にわたり事前調査団を現地に派遣して調査内容の細かい取り決めを行った後、1987 年 2 月初めより調査団を派遣し調査を開始した。以降、1987 年 2 月 1 日～3 月 31 日、及び 6 月 10 日～7 月 9 日の 2 度にわたる現地調査を通して各種資料収集と検討が行われた。

1987 年 10 月には、判明した事項、調査の基本方針及び予備的検討結果等を取りまとめた中間報告書が作成された。また、1988 年 1 月には調査・検討事項をすべて取りまとめた最終報告書(草案)が作成された。

これら中間報告書及び最終報告書(草案)については、ペルー政府、作業監理委員会及び調査団間で討議・意見交換が行われ、これら討議結果を踏まえて当最終報告書が作成された。

2. 調査目的及び範囲

本調査の目的は、流域面積約 3,300 km² の Rimac 川流域の防災対策マスタープランを策定する事である。

従って、上記目的を達成するために、調査は次の事項について実施されている。

(A) 資料収集

- 地形・地質図
- 気象・水文資料
- 土地・水利用資料
- 推砂及び水質資料
- 治水、洗掘防止対策に関連する既存施設の資料

- 洪水、洗掘その他災害による被害資料
- 災害防止に関する既存計画及び調査

(B) 踏 査

(C) 現地調査

- 過去の洪水・土石流被害及び堆砂量調査
- 河川測量
- 水文観測

(D) 調査に関連する資料の評価と分析

(E) 防災対策マスタープランの策定

- 防災対策基本計画
- 防災対策関連構造物の基本レイアウト
- 防災対策主要構造物の予備的設計
- 構造物の維持・管理プログラム
- 実施計画と費用積算
- 河川管理組織
- 警報・避難システム
- 社会・経済的影響度

(F) ベル側カウンターパートに対する技術移転

3. 調査実施体制

本調査のための組織は、(i)ベル政府の相手側機関及び調整機関として協力する INDC、(ii)日本政府により組織された作業監理委員会、及び(iii)各分野の専門家よりなる JICA 調査団により構成された。

本調査は、JICA 調査団が実施を担当すると共に調査を通してカウンターパートへの技術移転を実施、ベル政府は調査のための各種協力の供与、また作業監理委員会は調査団によって作成された主要報告書の討議に参加し必要なアドバイスを行うという組織体制の下で実施された。

作業監理委員会、JICA 調査団及びベル政府側の構成要員は添付表 I-3-1 に示される通りである。

4. 技術移転

本調査では Rimac 川流域の防災対策の検討と共にベル側のカウンターパートへの技術移転が重視されたため、各専門家によるレクチャー、セミナーあるいは訓練生の日本への派遣など調査期間中積極的に技術移転が行われた。

実施されたレクチャー、セミナー及びその内容の概要は、次の通りである。

講 師	レクチャー/セミナーの概要	日 時	場 所
元木佳弘 (水文担当)	流量計による流量測定の実習	1987年3月18日	San Mateo
西川龍三 (総括担当)	日本における自然災害と防災行政組織	1987年2月27日	INDC
多田 宗則 (社会・経済担当)	防災対策における経済評価の必要性和方法	1987年7月6日	INDC
岡田 弘 (土石流災害対策担当)	地スベリ、斜面崩壊及び土石流災害対策の紹介	1987年7月6日	ONERN
鈴木 守 (地質担当)	自然災害のメカニズム	1987年7月6日	ONERN
桜井正明 (災害調査担当)	日本における土石流の紹介と災害調査の方法	1987年7月6日	ONERN
小野寺寛 (施工・積算担当)	施工計画及び費用積算の基本条件	1987年7月6日	ONERN
藤田師三 (副総括担当)	Rimac川流域防災対策計画調査中間報告書の詳細説明	1987年9月18日	INDC
尾田栄章 (特別講師)	国土防災行政政策企画	1988年1月21日	CENTRO CIVICO
大久保駿 (作業監理委員)	治水行政	1988年1月21日	CENTRO CIVICO
矢野勝太郎 (作業監理委員長)	砂防計画	1988年1月21日	CENTRO CIVICO
福田正晴 (作業監理委員)	河川計画	1988年1月22日	CENTRO CIVICO
矢野勝太郎 (作業監理委員長)	Rimac川防災対策計画の基本事項	1988年1月22日	CENTRO CIVICO
西川龍三(総括) 藤田師三(副総括) 岡田 弘(土石流災害)	Rimac川防災対策計画の概要	1988年1月22日	CENTRO CIVICO

5. 報告書

Rimac川流域報防災対策マスタープラン・スタディの報告書は、(1)主報告書要約、(2)主報告書、(3)附属報告書、(4)資料集より成立っている。

報告書の構成は次の通りである。

報告書の構成

第1巻 主報告書要約(スペイン語)

第2巻 主報告書(英語、日本語)

第3巻 附属報告書 - I (英語)

付録 I : 地質・地形
II : 気象・水文
III : 土地利用及び植生
IV : 河川及び流域特性
V : 関連構造物
VI : 過去の災害・被害
VII : 害災管理
VIII : 費用積算
IX : 社会・経済

第4巻 附属報告書 - II (英語)

付録 X : 土石流・斜面崩壊災害施設計画

第5巻 附属報告書 - III (英語)

付録 XI : 洪水災害施設計画
XII : 非施設の計画

第6巻 資料集(英語)

附表

表 I-3-1 作業監理委員、調査団及びカウンターパート名簿

<u>Advisory Committee</u>	<u>Study Team</u>	<u>Counterpart Officers</u>
Chairman :	Team Leader :	Chief Counterpart :
K.Yano (/1)	R.Nishikawa (NK)	Jorge A.Del Aguila Sánchez (INDC)
Member :	Acting Team Leader :	Counterpart :
Y.Ogawa (MOC) (1987.1-1987.3)	N.Fujita (NK)	César Arguedaz Madrid (INDC)
S.Ohkubo (MOC) (1987.4-)	Member :	Guillermo Chamorro Rodríguez (INDC)
M.Fukuda (MOC)	H.Okada (NK)	Victor Murillo Pino (INDC)
	M.Suzuki (/2)	Oscar Trejo Oviedo (INDC)
Coordinator :	M.Sakurai (/3)	Other Contacting Officers :
K.Nakagawa (JICA)	Y.Motoki (NK)	Lenkisa Angulo Villarreal (INDC)
	S.Ezaki (NK)	Enrique Huiza Valverde (USMSM)
	M.Onodera (NK)	Filiberto Matos Flores (DHINA)
	M.Tada (NK)	Jorge Lam Ramírez (DHINA)
		Cesar Del Carmen (DHINA)
		Nicolas Carrión (ELECTROLIMA)
		Jose Córdova (SEDAPAL)
		Gerardo Perez (IGN)
		Vivar Gamarra (DIGAF)
		Juan de La Cruz (UNMSM)
		Herman Gabanillas (II RDC)
		Pedro Quevedo (Privado Espec. obras Hidraul.)
		Edmundo Turpaud (Minist. Agric.)
		Angal Lema (CORLIMA)
		Fernando Moreno (COOPOP)
		Juan Medina (Minist. Viv.)
		Benjamín Villanueva (Minist. Transp.)
		Maximo Fuentes (Minist. Agric.)
		Pedro Abad Velez (CORLIMA)
		Luis Cabrera López (INDC)
		Benites (Minist. Agric.)
		Water Gómez (SENAMHI)
Special Abbreviations		
MOC	: Ministry of Construction	
JICA	: Japan International Cooperation Agency	
NK	: Nippon Koei Co., Ltd.	
INDC	: Instituto Nacional de Defensa Civil	
UNMSM	: Universidad Nacional Mayor de San Marcos	
DHINA	: Dirección de Hidrología y Navegación de la Marina	
ELECTROLIMA	: Empresa de Electricidad de Lima	
SEDAPAL	: Servicio de Agua Portable y Alcantarillado de Lima	
IGN	: Instituto Nacional Geografico	
DIGAF	: Direccion General de Aerofotografía	
CORLIMA	: Cooperacion de Desarrollo de Lima	
COOPOP	: Cooperacion Popular	
INGEMET	: Instituto Geográfico Minero y Metalurgico	
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología y Hidrología	
Remarks :		
/1	Sabo and Landslide Engineering Center	
/2	Tobishima Construction Co., Ltd.	
/3	Ringyodoboku Consultant	

第II章 計画対象地域

目 次

	頁
1. 社会・経済	II-1
1.1 概 要	II-1
1.2 ベルギー国内の社会・経済状況	II-1
1.2.1 自 然	II-1
1.2.2 人 口	II-2
1.2.3 マクロ的経済状況	II-2
1.3 流域内社会・経済状況	II-2
1.3.1 行政区分	II-2
1.3.2 地理的状況	II-3
1.3.3 社会状況	II-3
1.3.4 地域内総生産	II-3
1.3.5 産 業	II-4
1.3.6 社会基盤施設	II-4
1.3.7 防災事業の経済的重要度	II-5
2. 地質及び地形	II-5
2.1 地 質	II-5
2.2 地 形	II-8
2.3 災害多発地域の地質及び地形	II-9
3. 気象・水文	II-9
3.1 気 象	II-9
3.1.1 概 要	II-9
3.1.2 降 雨	II-10
3.1.3 その他	II-10
3.2 水 文	II-10
3.2.1 概 要	II-10
3.2.2 流 量	II-11
3.2.3 その他	II-12

	頁
4. 土地利用及び植生	II - 12
4.1 土地利用	II - 12
4.2 植 生	II - 13
5. 流域及び河道	II - 13
6. 災害管理	II - 15
6.1 概 要	II - 15
6.2 流域内諸施設の管理状況	II - 15
6.2.1 流域内の諸施設	II - 15
6.2.2 維持管理	II - 16
6.3 非施設の災害管理	II - 16
6.3.1 法 律	II - 16
6.3.2 被災住民への支援	II - 16
6.3.3 防災広報活動	II - 17
6.4 河川及び災害管理関連諸機関	II - 17
6.4.1 概 要	II - 17
6.4.2 国家防災庁 (INDC)	II - 17
7. 過去の災害および被害	II - 19
7.1 概 要	II - 19
7.2 1983年災害	II - 19
7.3 1987年3月災害	II - 20
7.3.1 降 雨	II - 20
7.3.2 洪水流量	II - 20
7.3.3 土石流災害	II - 21
7.3.4 洪水氾濫災害	II - 21
8. 災害被害項目	II - 23
8.1 概 要	II - 23
8.2 一般家屋及びビルディング	II - 23
8.3 内部資産	II - 25
8.4 農作物	II - 25

	頁
8.5 公共施設及び復旧工事費	II-25
8.6 間接被害	II-26
8.7 被害額	II-27
8.8 土地利用及び経済活動の進展	II-27
9. 既存防災対策計画	II-28

附 表

II-1-1	人口の地域分布
II-1-2	経済指標
II-1-3	Rimac川流域内人口、人口増加率及び人口密度
II-1-4	地域内総生産(1979年価格レベル)
II-2-1	Rimac川流域内地質構成単位
II-3-1	Rimac川流域内降雨観測所における月雨量
II-3-2	Campo do Marte 観測所月雨量記録(1/2 ~ 2/2)
II-3-3	Ñaña 観測所月雨量記録
II-3-4	Matucana 観測所月雨量記録
II-3-5	Milloc 観測所月雨量記録
II-3-6	湖沼の主要諸元
II-3-7	Rio Blanco 水位観測所月流量記録
II-3-8	San Mateo 水位観測所月流量記録
II-3-9	Chosica R-2 水位観測所月流量記録
II-3-10	Chosica R-2 水位観測所年最大流量
II-7-1	1987年3月災害記録
II-7-2	1987年3月の溪流地区における土石流量
II-8-1	建物の1件当たり建設費
II-8-2	内部資産
II-8-3	農業経済指標
II-8-4	工業部内における地域総生産(1987年価格レベル)

附 図

- II - 2 - 1 Rimac川流域地質図
- II - 2 - 2 Rimac川流域岩相図
- II - 2 - 3 Rimac川流域高低差図(1)
- II - 2 - 4 Rimac川流域高低差図(2)
- II - 2 - 5 標高による地域区分図
- II - 3 - 1 年雨量等雨量線図
- II - 3 - 2 Rimac川流域内年雨量の変遷
- II - 3 - 3 Chosica水位観測所流域ハイドログラフ
- II - 4 - 1 Rimac川流域・土地利用図
- II - 4 - 2 Rimac川流域・植生図
- II - 5 - 1 Rimac川河道平面図
- II - 5 - 2 Rimac川及びSanta Eulalia川河道縦断図
- II - 6 - 1 国家防災庁組織図(INDC)
- II - 6 - 2 国家防災委員会組織図(SE/CNDC)
- II - 7 - 1 災害多発地区位置図
- II - 7 - 2 1987年3月災害時被災地区位置図

第II章 計画対象地域

1. 社会・経済

1.1 概要

この節では社会・経済状況の検討を行っているが2つの部分に大別される。1つは国の社会・経済であり、ペルー国の社会状況及び経済活動を把握するためにペルー国についての全般的な状況説明を行っているものである。他の1つは防災対策マスタープラン・スタディの対象地域である Rimac 川流域の社会・経済状況の検討である。

この節の主要目的は、Rimac 川流域をとりまく社会・経済状況から防災対策の必要性を考え、当マスタープラン・スタディの下で考えられた防災計画がいかに重要かつ緊急度の高いものであるかということを確認にすることである。従って、ペルー国全体の社会・経済の分析よりも流域をとりまくその分析に主眼が置かれている。

Rimac 川流域の地域特性は、ペルー国の中央部に位置する地理的条件及び流域面積は 3,500 km² と小さいにも拘わらず海岸から山地まで東西に延びる流域の形状によって推察できる。即ち、Lima 首都圏の大部分は Rimac 川流域内にあって、行政・経済活動はペルーの最も重要な地区であるこの首都圏に集中している。また、流域の経済はその地理的条件から首都圏と山岳地帯との相互依存という特徴をもっており、ペルーの地方部の大部分がそうであるように流域の経済も原材料は山岳部より沿岸部へ、消費材は沿岸部より山岳部へと供給される構造である。従って、輸送施設が地域経済を活性化するため非常に重要な役割を果たしている。

上記のような状況から、流域及び主要施設を土石流や洪水災害による甚大な被害から守る防災計画の重要性が容易に理解されるところである。また、本調査では、貧民地区の社会的問題やその住宅問題の解決が災害による人命損失の減少に繋がると考えられるため、これらの問題についても検討されている。

1.2 ペルー国内の社会・経済状況

1.2.1 自然

ペルー国は、地理的に Costa (沿岸)、Sierra (山地)、及び Selva (森林地帯) と呼ばれる3つの地域に分類される。海岸線と Andes 山脈に囲まれた Costa は北から南へ長く続く通廊状の平原である。Andes 山脈にその水源を持つ多くの川が急流をなして Costa に流れ込み、さらに太平洋に注いでいる。

Sierra は、そのほとんどが未開発のまま残されている山岳地帯であり、鉱物や水資源に恵まれている。Selva は、Amazon 流域に広がる広大な森林地帯である。Andes 山脈の近くにおいて高い標高を持つ Selva は、Selva Alta と呼ばれており、良質の土壌と排水条件によって高い農業開発のポテンシャルを有している。

1.2.2 人口

添付表 II-1-1 は、1981 年の人口を地理的及び行政的区分で示すものである。地理的分布に見るとおり総人口の 51% が Costa に集中しており、ついで Sierra における 41%、Selva の 8% となっている。

都市と農村域での人口分布では、Costa では人口の 85% が都市に集中しており、一方 Sierra と Selva では都市部と農村域の区別なくほぼ均等に分布している。

行政区分での人口分布では首都圏とその他の地域間で著しい対照がみられる。即ち、総人口の 28% が総国土のわずか 3% という狭い Callao 及び Lima 市に定住しており、その結果、人口密度では首都圏で 1,197 人/km² の高密度に対し、その他の地域では 10 人/km² という相異を示している。

1.2.3 マクロ的経済状況

ペルーの最近の経済活動に関する限り、インフレの加速によって 1983 年の厳しい不景気に見舞われている。国民総生産 (GNP) は 12% に落ち込み、一方消費者価格は、1982 年 12 月と 1983 年 12 月の間に 110% に上昇している。

IADB によって出された "Economic and Social Progress in Latin America" によれば、1983 年のペルーの経済について次のように報告をしている：即ち、悪天候が全体経済に影響を及ぼし、農業生産や漁業生産が著しく落ち込んだ。海流の温度変化が漁業生産に影響を与えるとともに、降雨による洪水が北部の農産物に被害を与えたものである。石油の生産も前年に比べると低下しており、これは洪水や地スベリが北部ペルーのパイプラインに被害を与えたためである。

悪天候による災害がペルー経済にどの程度影響を与えたかは定かでないが、災害によって生じた消費者物資の不足はインフレ率を上げた原因の一つである。その結果購買力が低下し、個人消費も 1983 年には 10% 低下している。1983 年は政府予算に関する目すべき年である。即ち、1983 年には予算超過が 2,350 百万インティスに増加しており、これは被害を受けた経済部門の復旧のために公共投資が必要であったためである。

1981 年に歳出・歳入の不均衡が生じたがこれが負債を増加させる結果となり、利子と返済金よりなる負債が増加した。1983 年には、返済条件が変わったので負債率は 26% に減少したものの総負債額は 12,630 百万 US\$ に増加したと報告されている。予算と負債に関する資料は添付表 II-1-2 に示されるとおりである。

1.3 流域内社会・経済状況

1.3.1 行政区分

ペルーの行政区分は州、県、郡及び特別州という構成に基づいており、Rimac 川流域は Callao 州と Lima 県に属している。より正確に言えば、流域に関係する行政区は Callo 州、及び Lima 州の Lima 県と Huarochiri 州である。

1.3.2 地理的条件

約 3,500 km² の流域面積をもつ Rimac 川流域は Callao と Lima 市をカバーする Costa と Huarochiri の北部に相当する部分をカバーする Sierra よりなっている。海岸線が太平洋に面する Costa 地域では Humboldt 海流と呼ばれる寒流のため平均温度が約 18°C であり、Sierra に属する Huarochiri 州北部は標高 1,000 m から 5,000 m の山岳地帯となっている。

1.3.3 社会状況

表 II-1-3 に示される様に、Callao-Lima 首都圏と Huarochiri 州は極めて対照的である。国の総人口の 28% が、3,850 km² の首都圏に集中しているために極めて対照的人口密度を示しており、首都圏ではその人口密度が、1,000 人/km² 以上にもなっているのに対し Huarochiri では 14 人/km² となっているのである。

Lima 首都圏への人口集中は著しく、1972 年-1981 年の 10 年間の人口増分は 405,863 人を記録し、このうち約 60% は移住者により占められる。首都圏への移住は、土地改良により加速され、不法移住地区のスラム化等 Pueblo Joven の様な社会問題を引き起こしている。

主要な社会問題として、Lima 首都圏の社会環境の改善が掲げられる。他の発展途上国と同様に、ペルーにおいても人口の著しい増加に伴う社会問題に直面している。住居不定者の問題は、Lima 市内の至る所でみられる。不法家屋の建設は、Pueblo Joven と呼ばれるスラム街を形成する移住者と密接に結びついていると考えられる。

1981 年 Census においては、Pueblo Joven は Lima 市内全家屋の 23% を占めるに至っている。また Rimac 川河道沿にも多くのスラムが拡がっている。

北部 Huarochiri における住民に関しては、Lima 首都圏でみられる様な家屋の不足はみられないが、豪雨が発生すると土石流による被害を受けやすく危険地域となる丘陵地斜面や扇状地に多くの家屋が存在している。

1.3.4 地域内総生産

地域内総生産 (GRDP) は、各関連省庁の管轄ごとに集計されており、流域内の各州ごとの GRDP を算定することは難しい。しかし、Lima 州の第 2 次及び第 3 次産業の労働人口は、Lima-Callao 州管轄区域内労働力人口の 90% 以上を占めている事から、第 1 次産業を除き流域内の GNDP は Lima-Callao 州管轄区域の GRDP にほぼ等しいと仮定した。

表 II-1-4 に Lima-Callao 州管轄区域の GRDP を示す。近年 (1979-1982) の GRDP は 4% と安定した成長を維持していたが、1983 年に前年比 13% の著しい減少を示した事が判る。製造業は、1983 年災害で最も大きな打撃を受け、前年比 19% の減少を示し、その額も 416 百万インティスと 1979 年よりも低い額となった。商業・サービス業部門も同様に 14% の減少を示し、1979 年時と同等もしくはそれ以下の低い額となった。

1.3.5 産 業

Huarochiri州は、鉱業生産とその埋蔵量の多さでよく知られている。主要な鉱物は鉛、銅、及び亜鉛で、特に Chicia 地区で盛んである。鉛及び亜鉛は国全体の生産量の10%を占めている。

鉱業生産は重要な輸出産品となっており、1984年には全輸出額の45%を占めるに至っている。このため、Rimac川流域内で生産もしくは埋蔵されているこれらの自然資源は、外資獲得という点で非常に重要な位置を占めている。

Lima - Callao 首都圏はペルー国内の工業基地の役割を果たしており、これらは製造業部門の同地区への集中の度合いからも明白である。即ち、事業所数、付加価値及び総生産額の約70%、労働人口の75%が Lima - Callao 首都圏に集中している。

消費財が主要生産物であり、中間産品は主に塗料、薬品及び石けん等の化学薬品および石油精製である。大半の事業所は従業員5~9人の小規模なものであるが、付加価値及び生産額の75%以上は一部の大規模事業所により占められている。

Rimac川流域内の農業部門の主要産品は、トウモロコシ、キャッサバ、アボガド、かぼちゃ等であり、これらは Lurigancho、Chiclo、Matucana、及び San Mateo で生産されている。

1.3.6 社会基盤施設

Lima - Callao 首都圏における住宅問題について前節 1.3.3 で述べた様に、住居施設の不足は、重大な社会問題となっている。住宅省は新規住宅施設の建設をこれに対する予算は少ないものの重要項目として掲げている。この住宅建設計画は主として住居不定者及びそのスラムの移転を対象としている。しかし、これらの計画に対する予算の不足はまた Rimac 川沿いの中上流域に居住する人々をも含め移転計画の実施を難しくしている。

水供給に関しては、水供給公社の (SEDAPAL) の水供給用パイプからの不法給水が SEDAPAL の近年の問題点として掲げられている。しかし、この点に関しても予算不足のため水供給施設の改善は進んでいない。さらに、Rimac 川の水質も中流部での土石流および泥流の流入また上流部での鉱屑の混入により悪化している。

Rimac 川流域内の主要交通手段は、国道 20 号線及び Rimac 川沿いを走る鉄道に代表される。首都圏と山岳部を結ぶこの運輸施設は、これらの地域の経済が互いに依存しているため経済的に重要となっている。Rimac 川中上流部における Carretera Central (国道 20 号線) は山間部を通るため、鉄道と同様に土石流の危険にさらされている。これに対し、ペルー政府は Ricald Palma - Matucana 間の国道 20 号線の復旧工事、及び Surco - Matucana 間のバイパスの建設を実施している。

1.3.7 防災事業の経済的重要度

Rimac川流域内においてHuaycoと呼ばれる土石流及び洪水災害による被害が社会的に甚大であるという事を考えると、防災事業の実施に対する社会経済的要請は非常に高いものと判断される。

国道20号線復旧工事費は、1983年災害時の運輸部間の開発予算の2%、5百万インティスにも達している。また同災害時に被災した社会基盤施設の復旧工事費は1.5百万インティスで、これはエネルギー部門の開発費用の約1/4に当たる。

首都圏及び山地部門の経済的な相互依存関係は、山地部及び森林地域の開発を促進しようとする政府方針によりさらに強化されるものと考えられる。この様な状況のもとで、主要幹線となっている国道20号線及び鉄道が土石流により被害を受けた場合には、工業部門の操業停止に伴う経済的損失は多大な額になるものと予測される。さらに、災害による消費財の不足は物価の高騰を招きひいては消費者の購買力の低下を引き起こす。

防災事業実施による経済的便益は防災施設により守られる社会的資産であり、これが防災事業の経済的重要度の指標となる事は容易に理解されるであろう。

2. 地質及び地形

2.1 地質

(1) 概要

収集資料に基づき作成されたRimac川流域内の地質図及び岩相図を図II-2-1、及びII-2-2に示す。一般に、Rimac川流域は、ジュラ紀から第3紀の堆積岩及び火山岩、白亜紀から第3紀の貫入岩及び第4紀堆積物から成っている。Rimac川流域の地質構成を表II-2-1に示す。

ジュラ紀層は、Lima市北部で見られNW-SEの方向に太平洋岸に沿って伸びている。この層は主としてチャート、頁岩等を含む安山岩質進出岩から成っている。

白亜紀層は北西方向に走り、Rimac川流域においては不規則に露出している。この層は未固結状態の海成の石灰相に富んでおり、マール、頁岩、石英を含む石灰岩から成っている。しかし、主として安山岩質溶岩及び火山砕屑物から成る火山岩相も海岸線に見られる。白亜紀層はNW-SEに伸びているが、この軸及び東西方向に多くの断層が見られる。

白亜紀上期から始新世中期の地層が、Rimac川最上流部の狭隘部で見られ、後期白亜紀層上に不整合に形成されている。この層は主として大陸性の堆積物から成っている。この層の下部は砂岩、頁岩、及び泥岩から成り、また上部は砂岩及び赤色頁岩からなる礫岩により構成されている。

第3紀層はRimac川中上流部に広く分布しており、この層の構成要素である火山性物質の性質から上・中・下層の3つの部分に大別される。

下層から中層下部は、主として凝灰岩質砂岩、火山礫凝灰岩、砂岩、及び泥岩を含む溶岩、角礫岩及び凝灰岩から成る安山岩相である。

その後火山活動が酸性相に変えたため、中層上部から上層においては流紋石英安山岩もしくは流紋岩相を呈している。この層は、凝灰岩質砂岩及びシルト岩の変成岩の様な進出岩及び火山性堆積物から成っている。

安山岩及び玄武岩は、最上流部の高原地域にみられ、これらは中新世 - 鮮新世のものであると考えられる。

西部 Cordillera 地区の西部地域においては、種々の貫入岩相が見られ、これらは白亜紀及び第3紀の花崗岩及び花崗閃緑岩、及び白亜紀の安山岩から成っている。これらの走向はNW-SE軸に平行に西部Cordillera地区に向かって伸びている。また、大規模な深成岩体もこの地域に存在している。

安山岩、流紋石英安山岩、及び粗面安山岩等の小規模な貫入岩体は、第3紀層中に見られる。

調査対象地域には多くの鉱山が存在する。これらの主たる採取鉱物はAndes山脈地殻構造形成過程での中新世の地殻変動における火成活動により形成されている。これらの鉱山からは、方鉛鉱、スフェルライト、黄銅鉱及び黄鉄鉱を含む重晶鉱等種々の鉱物が採掘されている。

第4紀堆積物は、更新世及び完新世の堆積物に大別される。またこれらは河岸段丘、水河、現世統の河川及び崖錐堆積物から形成されており、Lima市地表面を形成する堆積物はこれらの中で最も大きい堆積地形を形造っている。これらの堆積物の間には、粘性土を含む砂礫から成る厚い層が見られる。また堆積物の大半はおそらく更新世において形成されたものと考えられ、Rimac川の扇状地堆積物により覆われている。

(2) 風化作用

Rimac川流域は乾燥もしくは半乾燥気候帯に位置し、その植生は非常に悪い状況下にある。また、第3紀に形成されたAndes山脈は多くの断層及び破碎帯を有している。

この様に、Rimac川流域は多くの災害を発生させる要因となる風化作用にさらされている。Rimac川流域における風化の詳細な状況は、次に述べる通りである。

Rimac川中下流部

Rimac川中下流部には、花崗岩が広範囲に分布しており、これらは著しく風化が進行している。即ち、この地域では、日本において“まさ”と呼ばれる花崗岩の風化した砂が多く見られる。“まさ”の存在は、岩塊が物理・化学作用にさらされ花崗岩としての構造及び組織を維持し砂岩に変形するという風化作用が進行しているという事を意味している。

前述の風化作用は一般的に花崗岩の様に粗粒鉱物を含む岩において見られるが、流域の状態から判断すると、物理的、化学的風化が強く影響を与えているものと考えられる。

また流域内には、莫大な量の比較的大きな岩塊が見受けられるが、これらの発生機構は次の通りと考えられる。即ち、風化作用は最初に節理に沿って進行し、最終的にこの節理に沿って分離し、上記の岩塊が発生する。Rimac川流域内の花崗岩は、比較的大きな間隔で節理が存在する。このため、この地域の岩塊は比較的大きいものとなっている。また、これらの大半の形状は球形をしており、これは花崗岩中の節理の性質及び風化作用によるものと考えられる。

Rimac川中上流部

中流部の白亜紀層に属する岩は、層理面と平行に発達したスレート劈開を有するマールもしくは石灰岩の存在が示す様に強い構造運動を受けている。さらに、断層中に浸透した水は、断層粘土を柔らかくし、最終的に岩塊の状態を一層悪くしている。

第3紀の火山岩及び堆積岩が中上流部に分布している。これらの岩に対する風化の状況は凍結及び分解の強い影響を受けている地域を除き、中流部の白亜紀層に属する岩とはほぼ同様である。

粘性土の他この地域には種々の大きさの岩塊が存在する。これらの岩塊は角張っており、下流部に存在する岩塊と比較すると比較的小さい。これは岩塊の形状及び大きさの点から火山岩及び堆積岩中に形成される節理の状況の違いによるものと考えられる。また植生の違いも考えられるが、これらの地域には多くの峡谷が存在し、またそこは集中豪雨にさらされる地域であり、浸食及び風化が著しい事から考えると主因とは考えられない。

(3) 未固結堆積物

更新世において形成された河岸段丘がRimac川及びその支川である Santa Eulalia川沿いに見られる。Chosica近郊は2~3層の現世統の河川堆積物からなり、段丘の高さは10~50mとなっている。またこれらの河岸段丘を形成する堆積物はChosica上流部においても存在しており、30~50mの厚さで礫、砂及び粘土から成っている。この層の大半は礫で占められ、大きさはこぶしくらいのものから径1m以上のものまで存在している。また形状は球形をしている。

Santa Eulalia川上流部では、河床より120mの高さまで堆積した古い層も見られる。これらは氷河時代に形成されたものと推定される。またこの層を構成する岩の形状は角張っており、大きさは一様ではない。同様の堆積物は他の支川流域においても存在し、ペルーにおいては“Older Huaycos”と呼ばれている。

完新世の地層に属するこの堆積物は、扇状地堆積物、現世統の河川及び氷河堆積物及び山地・丘陵部の斜面堆積物に分類される。

Rimac川左岸の Chucumayo 溪流地区及び右岸の Canchacalla 溪流地区は、谷の出口で扇状地が形成されている。また、このような扇状地形は Santa Eulalia 川の Redonda、Alcula、及び Santa Domingo 溪流地区においても見られる。

現世統の河川堆積物は、扇状地堆積物を含むものの独立して存在する。中上流部においては、河床に礫、砂及び粘土からなる堆積物が厚く広範囲に分布している。この堆積物の量は、特に Carapongo 下流において莫大なものとなっている。

土石流により形成された段丘が多く見られ、詳細な調査が実施されれば土石流発生の歴史の変遷も解明されることが考えられる。本調査においては、高さ150mの2層からなる土石流により形成された段丘がPancha溪流地区において確認されたのみである。この段丘の形成は現世統の土石流によるものと考えられる。

斜面堆積物は36～38度の急斜面で崖錐もしくは岩屑として中上流域で広く分布している。

2.2 地 形

図II-2-3にRimac川流域内の高低差図(1メッシュ約5km×5kmの最高標高と最低標高との差)を示す。図II-2-4は、高低差を(A)0-450m、(B)500-950m、(C)1,000-1,450m、及び(D)1,500m以上のグループに分けて示している。図II-2-5は1,000m毎の標高に分けた場合の地域区分図である。

図II-2-4から判る様に、Rimac川流域内では大半の部分が(C)及び(D)の範ちゅうに含まれており、全体的に斜面勾配が非常に急斜面となっている事がわかる。

Rimac川流域は、地形的に最上流部、上流部、中流部及び下流部に大別される。各々の地区の地形の特性は、次の通りである。

(1) 下流部(河口-Caranpongo間)

粘性土を含む砂及び礫から成る厚い堆積物の層が広い平坦地及び海岸線に沿って高い崖を形成してRimac川下流部に広く分布している。

Rimac川は、Lima市北部から流入し同市を貫流している。河幅は河口部で60～80mであるが、河口より9-10.5m地点には河幅約15-20m、河岸からの高さ約20mの狭隘部が存在する。またこの狭隘部からAtarjea堰までの河幅は40～80mとなっている。

Rimac川下流部の河道は都市河川となっており、横断面形状は可成り改修がなされた形状となっている。

Atarjea堰から上流は河幅200～400mで河床は礫、砂及びその他の堆積物により上昇しており、同様の状況がChaclacayoまで続いている。

Rimac川下流部の山地部は花崗岩から成っており、山地斜面は斜面底部を除き約30度以上の急勾配斜面を形成している。

(2) 中流部(Caranpongo-Matucara)

Rimac川中流部河道状況は比較的变化している。河岸段丘が河道沿いに見られるが、河岸から河床までの深さは比較的浅い。

この地区の河道区間では、Canchacalla、Rio Seo、Chucumayo及びPancha等多くの支流が流入している。

中流部での河道形状はV字谷を形成しており、河床は沖積堆積物が厚く覆っている。河道は急勾配河川となっているが、岩の露頭は見られない。この事から、この区間の河道では河道側面の浸食が現在卓越しているものと考えられる。

Rimac川本川及び支川の谷は、急斜面を形成し、多くの地点で急崖が見られる。崖錐及び岩屑が岩の露頭を除き谷の斜面で見られ、またそれらの傾斜角は36~38度と急である。

(3) 上流部 (Metucana - Chicla)

Rimac川は、この地区で標高4,000~5,000mの渓谷を流下する。このため河道沿いの多くの部分で長い急勾配斜面と急崖が見られる。また多くの小規模な峡谷が崖錐の斜面や大規模な崖錐堆積地を形成している。

河道は深いV字谷を形成し、現在その峡谷はさらに掘り下げられる傾向にある。

(4) 最上流部 (標高4,100~4,600mのPlateau地区)

Plateau地区は標高4,100~4,600mに位置する。この地区では、山地及び丘陵部で万年雪が存在する。またこの地区で最も高い山は、Nudo Sullconの5,650mある。Tidio峠は標高4,843mでRimac川流域とアマゾン河流域との流域界に位置している。

2.3 災害多発地域の地質及び地形

主要な災害多発地域として、Quirio、Pedregal、Carosio、Corrales、Rio Seco、Paihua及びCashahuacra等の各溪流地区が掲げられる。これらの地区の地質及び地形的特性の詳細については、附属報告書I、付録Iに記されている。

3. 気象・水文

3.1 気象

3.1.1 概要

Rimac川流域は、南緯11°32'-12°15'、西経76°08'-77°10'に位置し、ペルー国の中心部に位置するLima市を含み約3,300km²の流域面積を有している。Rimac川はAndes山脈に源を發し、そこから南北に流れ、中流部でゆるく西方に蛇行しながらLima首都圏を貫流し、Callao地点で太平洋に達する。

Rimac川流域は南アメリカ大陸西部のアンデス山脈と太平洋にはさまれた地域に位置しており、流域内の地盤標高差が大きいという特徴を持つ。このため、流域内の気象状況も河道長が150kmであるにも拘わらず複雑である。

年間雨量は、海岸部での10mmから山地部での1,000mmまで変化する。また年間平均気温も海岸線で20°Cから山地部で5°Cと差が大きい。

流域内の一般的気象特性は一般的にエル・ニーニョと呼ばれている現象に左右されていると思われる。エル・ニーニョは、熱帯地域の海水がエクアドル及びペルーの海岸を南方に移動する現象であり、定期的にチリの海岸線にまで北方の暖かい水が流入している。過去20年間では、主要なエル・ニーニョ現象が1972-1973年、1976年及び1982-1983年に発生し、1982-1983年のエル・ニーニョは過去記録されたものの中で最も大規模なものであった。

3.1.2 降 雨

海岸地域においては、降雨は1年を通して非常に少ない。これはHunboldt海流により海面上の空気が冷やされ、上昇気流の発生を妨げているためと考えられる。このため、海外線に近づくとつれて降雨量は少なくなっている。反対に、Andes山脈の山間部では、Hunboldt海流の影響がうすれ、比較的降雨量の多い地域となっている。

平均年雨量は海岸部に近い Campo de Marto 降雨観測所地点で 24 mm (1929-1982年平均)、また流域最上流の Milloc 観測所で 860 mm (1965-1986年平均)となっている。Callaoから東方約70 km海岸部に位置する Ñaña 観測所では、Milocと比べるとかなり少ない降雨量が記録されている。流域平均年雨量は、約400 mmとなっている。

Rimac川流域内の主要降雨観測所の平均月雨量及び年雨量を表II-3-1、また Campo de Marte、Ñaña、Matucana 及び Milloc の月雨量を表II-3-2からII-3-5に示す。

平均年雨量に基づく等雨量線図および Campo de Marte、Matucana、Bellavista、Miloc 及び Carampowa 降雨観測所の月雨量分布を図II-3-1に示す。同図から判る様に、下流部に位置する Chosica 地点での降雨量は山間部に比べ非常に少なくなっている事がわかる。また図II-3-2に年間雨量の変遷を Campo de Marte、Miloc 及び Matucana 地点について示している。

流域平均確率1日雨量は次の様に算定されている。

確率年	2	5	25	50	100	200	500	1000
流域平均確率1日雨量 (mm)	12.8	16.6	22.3	24.6	26.9	29.2	32.3	34.7

流域平均確率1日雨量の検討を各溪流地区についても実施した。これらの検討結果の詳細は附属報告書I、付録IIに示されている。

3.1.3 その他

降雨以外の流域内の気象状況(気温、湿度、蒸発散量、風、日照時間等)についても調査を行った。調査結果は附属報告書I、付録IIに示されている。

3.2 水 文

3.2.1 概 要

Rimac川流域は、Rimac川本川、主要支川である Santa Eulalia川及び“Quebrada”と呼ばれる多くの支流とから成っている。Rimac川本川と Santa Eulalia川は、Lima市の衛星都市として機能している Chosicaの直上流で合流する。合流点での各々の流域面積は、Rimac川 1,228 km²、Santa Eulalia川 1,085 km²である。

標高4,500 m以上の最上流部においては氷河谷が山のすそのに残っており、そこでは“Laguna”と呼ばれる小湖沼群を見る事ができる。これらの湖沼の主要諸元を表II-3-6に示している。

Rimac川の流量は、主として上流部での降雨形態に左右される。Chosica水位観測所での1969-1987年の流量記録によれば、年平均流量 $32\text{ m}^3/\text{sec}$ と算定される。また年間流出量の約65%は1月から4月の4ヵ月間に流出する

Rimac川流域の水資源としては、Rimac川水系の他のLaguna Marcapomacochaの湖沼水が開水路及びトンネルによりSanta Eulalia川に導水されている。年間平均導水流量は $4\text{ m}^3/\text{sec}$ 、また導水路トンネル延長及び容量は各々10 km、 $12\text{ m}^3/\text{sec}$ である。

Rimac川の水力発電は1920年に開始され、現在Rimac川本川3ヶ所、Santa Eulalia川に2ヶ所の発電所が設置されている。これらの発電所は統合システムで結ばれており、首都圏への送電を行っている。総発電容量は540 MWである。

河口より約21 km上流のAtarjea地点には、上水用の取水堰及び上水場がSEDAPALにより設置・運営されている。

近年Rimac川の水質汚濁の問題が首都圏の拡大と共に重要な問題となってきている。これに対し、SEDAPAL及びDGASIは、Rimac川沿いの幾つかの地点で水質調査を実施している。

3.2.2 流 量

流域内における水位観測は、SENAMHIによりRio Blanco、San Meteo及びChosicaの地点で自記水位計により行われており、またELECTROLIMが発電上主要地点となるTownborough、Milloc、Scheque及びAutishe地点で実施している。Milloc地点での導水路出口では、自記水位計がMantaro川水系からの導水量を測定するために設置されている。

Chosica地点での月最大日平均流量記録によれば最大値 $276\text{ m}^3/\text{sec}$ が1981年2月記録されている。Chosica地点での日流量記録に基づく年間の流量変化を最渇年、最豊年及び平水年について図II-3-3に示す。また表II-3-10にChosica地点での年最大流量、下表に確率洪水ピーク流量を示す。

確率年	確率洪水ピーク流量 (m^3/sec)
2	150
5	290
10	380
25	490
50	580
100	660
200	740
500	820
1,000	920

上記に関する詳細は、附属報告書I、付録IIに示されている。

3.2.3 その他

水文に関連する水力発電、農業用水、上下水等の水利用状況、水質、堆砂及び潮位に関する調査結果及びその詳細は附属報告書Ⅰ、付録Ⅱに示されている。

4. 土地利用及び植生

4.1 土地利用

流域全体土地利用図を図Ⅱ-4-1に示す。土地利用区分各の面積比は、次の通りである。

土地利用区分	構成比 (%)
(a) 町/村	4.6
(b) 農耕地 (平坦地)	1.7
(c) 農耕地 (山地部斜面)	7.1
(d) 山地部 (植生なし)	30.0
(e) 山地部 (植生あり)	34.6
(f) 低湿地	0.8
(g) 氷河/万年雪	0.9
(h) 湖沼	0.3

注) 上表中、河川、鉄道、道路の面積を除く。

Rimac川流域の約90%は山地部であり、平坦地はわずかにLima首都圏を形成する下流部及びRimac川、Santa Eulalia川沿いの中流部に存在するのみである。

山地部においては、その大半が植生がないかもしくは植生があってもわずかに草、サボテン及び低灌木が生えた荒地となっている。上流部の山地及び広いV字谷の斜面においては、野菜の栽培もしくは牧畜が行われている。中上流部では多くの小規模な採鉱が見られ、これに伴い山地斜面に村が発達している。また、Rimac川及びSanta Eulalia川沿いの中流部ではChosica、San Mateo、及びMatucanaの町が並び、ここでは農業が発達している。これら山地部間を国道及び鉄道が走り、これらはペルー経済及び社会の主要幹線として機能している。

下流部に位置する平坦地においては、種々の建物、施設及び構造物が見られ、Lima首都圏と成っている。この地域の土地利用の程度は比較的高く、首都圏近郊でさえ町々が並び、鉄道・道路等も建設されている。またその郊外は農地及びリゾート地域となっている。

Rimac川及びSanta Eulalia川沿いの詳細な土地利用状況は、災害多発地区での状況と併せて、本報告書及び附属報告書に示されている。

4.2 植生

Rimac川流域内の植生を図II-4-2に示す。また植生区分各の構成比は次の通りである。

植生区分	構成比(%)
(a) 町/村 Δ	4.7
(b) 農耕地/森林	9.0
(c) 草地/低灌木(高/低)	21.8
(d) 草地/低灌木(低)	30.4
(e) サボテンがわずかに生えている土地	14.1
(f) 植生なし	19.1
(g) 湖沼/低湿地/氷河	0.9

Δ : 公園、道路、家屋の敷地内に多くの植生が見られる。

上表から判る様に、Rimac川流域の約35%は植生が殆ど無い状態であり、また約50%は、草及び低灌木が生えた荒地となっている。また、これらの草及び低灌木の植生もそれ程厚いものではない事から、植生のまったく無い地域はより広範囲に広がっているものと考えられる。農耕地及び森林はRimac川及びSanta Eulalia川沿いで見られる。

種々の野菜類がRimac川本川及びSanta Eulalia川沿いの河岸及び本川下流部において栽培されている。栽培作物としては、トマト、ニンジン、レタス、むらさきうまごやし等である。また果実の栽培も中流部で行われており、バナナ、アボガド、りんご等が生産されている。またサボテンの栽培も行われている。トウモロコシ及びジャガイモの生産は自然植生のある地域の斜面上で行われている。また松及びユーカリによる植林がRimac川本川中上流部の河岸沿いで実施されている。

5. 流域及び河道

Rimac川流域及び河道の主要諸元は次の通りである。また詳細については附属報告書I、付録IVに示されている。

(1) 流域面積

- (A) 総面積 : 3,230 km²
- (B) Rimac川及びSanta Eulalia川合流点上流における両川の流域面積
 - (a) Rimac川 : 1,230 km²
 - (b) Santa Eulalia川 : 1,020 km²
 - (c) 計 : 2,250 km²

(2) 河道長

河口より下記主要地点まで河道長は、次の通りである。

- (A) Rimac川及びSanta Eulalia川合流点 : 56 km
- (B) Cocachacla : 71 km

(C)	Surco	:	84 km
(D)	Matucana	:	91 km
(E)	San Mateo	:	107 km
(F)	Chicla	:	115 km
(G)	Rimac 川総延長		
	(a) Antaranra 溪流地区	:	129 km
	(b) Pucacocha 溪流地区	:	132 km
(H)	Santa Eulalia 川及び Acobamba 川合流点 (Santa Eulalia 川及び Rimac 川合流点より)	:	39 km
(I)	Santa Eulalia 川総延長 (Santa Eulalia 川及び Rimac 川合流点より)	:	56 km

(3) 河 幅

Rimac 川本川沿いの下記各区間での河幅は、次の通りである。

区 間	河幅 (m)
(A) Matucana 上流	3 - 10
(B) Matucana - Chosica 区間	10 - 40
(C) Chosica - Chaclacayo 区間	25 - 100
(D) Chaclacayo - Atarjea 区間	50 - 300
(E) Atarjea - 河口	10 - 200

(4) 河川勾配

Rimac 川の河川勾配は、次の通りである。

区 間	河幅 (m)
(A) 0 - 10 km (Lima 市内)	1/104
(B) 10 - 20 km	1/64
(C) 20 - 30 km	1/61
(D) 30 - 40 km	1/59
(E) 40 - 50 km	1/55
(F) 50 - 60 km (Chosica 市内)	1/38
(G) 60 - 70 km	1/32
(H) 70 - 80 km	1/26
(I) 80 - 90 km	1/19
(J) 90 km 以上	-

図 II-5-1 及び II-5-2 に河道縦断図を示す。

6. 災害管理

6.1 概要

現在、Rimac川流域における災害管理体制の不充分さから種々の災害が発生し、またその被害を大きくしている。

本節では、防災対策策定においてこれを反映させる事を目的として現況管理の調査を行っている。

6.2 流域内諸施設の管理状況

6.2.1 流域内の諸施設

Rimac川沿いには、以下に示す河川構造物、河川関連構造物及びその他種々の施設が存在する。

- (a) 道路
- (b) 鉄道
- (c) 橋梁
- (d) 堤防
- (e) パラベットウォール
- (f) 水路工、護岸、床止め
- (g) 上工水取水施設
- (h) かんがい用水取水施設
- (i) ダムを含む水力発電施設
- (j) 水制工
- (k) 精油所への水供給のための取水施設
- (l) 家屋
- (m) その他

上記の中、大半の施設はRimac川沿いに設置されている。また支流流域においては、施設規模は比較的小さいものとなっている。

河川構造物が防災対策上建設されており、主要なものとしては、(a)堤防、(b)パラベットウォール、(c)水路工、及び(d)水制工があげられる。

その他の諸施設は各々の目的のために建設されているが、この中には、河川の正常な流れを妨げ河道の流下能力を低下させる等、防災上好ましくないと考えられるものもある。

全流域を対象とした防災施設計画は策定されておらず、既存施設は限られた範囲もしくは目的のために建設されている。防災施設は常に災害発生後その災害地域のみを救済するため無計画に建設されている。このためその下流域においては、洪水流量の増加をきたし洪水被害を受ける事も考えられる。

加えて、設計及び施工技術の点から幾つかの構造物は永久構造物として不十分な構造となっているものもある。特に堤防の設計及び施工については将来改善する必要があると考えられる。

6.2.2 維持管理

Rimac川及びSanta Eulalia川沿いに建設されている諸施設に関して統一された維持管理基準は設定されていない。しかし、水利用目的別で見ると、各施設の維持運営・管理は1つの組織もしくは事務所で実施されており、以下に目的別に分類した運営機関を示す。

- | | | |
|-----|------------|----------------|
| (a) | 水力発電施設 | : ELECTRO LIMA |
| (b) | かんがい用水取水施設 | : 農業省 |
| (c) | 上工水取水施設 | : SEDAPAL |
| (d) | 鉄道及び鉄道橋 | : ENAFER |
| (e) | 道路及び道路橋 | : 運輸省 |

河川構造物及びその他の諸施設については、その所有者及びその位置によりその維持管理機関は異なっている。例えば、堤防については、Corcona地区では近傍の鉱山会社、Ñaña地区の左岸部はCOOPOP、また河口部付近の堤防はペルー海軍によりなされている。一部の河道沿いにみられるパラベットウォールも個人もしくは地域住民により行われている。

前述した様な施設を必要とする事務所もしくは住民、あるいはその施設に関連する機関が一般的に建設費及び維持管理費を負担しており、また、もし関連機関が幾つかある場合には分担して行っている。

現状では、異なった機関間の協力及び調整を行うためのシステムは存在しない。しかし、通常各機関間で要請があれば援助は行っている。例えば、ELECTRO LIMAは、SEDAPALの要請に応じて貯水池からの無効放流を行う場合もある。

6.3 非施設の災害管理

6.3.1 法律

現在、ペルーにおいては多くの法律が施行されている。しかし、河川及び災害管理に関する特定の法律は存在しない。このため、防災及び河川利用上の規則を調べる場合には、関連法規の幾つかを参照せねばならないような状態で、そのためさまざまな規則の実施を難しくしている。

河川及び災害管理に関連する法律及び規範は附属報告書I、付録VIIに紹介されている。

6.3.2 被災住民への支援

現在災害被害を減少させるための特定の方策は実施されていないが、災害発生後の被災住民への支援活動は行われている。支援活動は主として関連する政府機関により実施される。その支援活動の内容及び実施機関は次の通りである。

- (a) 運輸省による道路・鉄道の復旧
- (b) 住宅省による被災住民に対する住居の供給
- (c) 厚生省による被災住民に対する医療活動

- (d) 地方自治体による支援物資の供給及び住民への広報活動
- (e) 国家防災委員会による災害情報収集及び広報活動並びに各機関の調整

6.3.3 防災広報活動

国家防災委員会は非常時の他常時においても会議を開催している。委員会の構成は災害に関連する政府諸機関の関係者より成っており、会議においては災害時の情報及び資料等について議論される。また国家防災委員会は場合により災害防止の必要性及び重要性についての広報活動も実施する。

6.4 河川及び災害管理関連諸機関

6.4.1 概要

Rimac川流域全体の災害防止に関して、統一された管理機構は存在しない。各関連政府諸機関は、各々の予算で建設・設置した構造物・施設を独自に運営している。

しかし、非常時に各関連機関の相互の調整を行い、災害発生時のすべての活動を管理することを目的として、国家防災委員会 (CNDC) が1972年に設置された。CNDCの名称は近年 INDC (Instituto Nacional de Defensa Civil) と変更されたがその活動は現在でも行われている。

INDCに加えて、災害防止に関連する多くの機関があり、INDCはこれらの中で最も主要な関連機関として位置付けられる以下に紹介する。その他の関連諸機関については附属報告書 I、付録 VII に紹介されている。

6.4.2 国家防災庁 (INDC)

国家防災委員会 (CNDC) が、50,000人以上の死者を出した Huaraz 地区における大地震の発生後の1972年に関連機関相互の調整を行うために設置された。それ以後、CNDCの活動は継続されており、災害経験を蓄積すると共に災害防止の重要性に対する住民の意識の改善等を行ってきた。しかし、CNDCの機能をさらに強化するため、最近組織の再編成を行い自治権を備えた INDC として発足した。

しかし、1987年8月にこの再編成がなされたため、INDCの組織はまだCNDCのそれと実質的に同じものである。以下にその内容を紹介する。

INDC 及び INDC の執行機関である SE/INDC の組織図を図 II-6-1 及び II-6-2 に示す。組織及び活動の詳細は、以下の通りである。

(A) 組織

構成

INDCは、法律に基づき次の各組織により構成される。

- 内務省
- 厚生省
- 農業省
- エネルギー鉱業省
- 運輸省
- 住宅省
- 文部省
- 軍隊の長官

機構

組織図に示される様に、INDCは下部機関として各行政単位に分けて、次の地区防災委員会を設置している。これらの地区防災委員会は各委員会ごとに定められた目的を達成するため定期的に会議を開催している。

- (a) 国家レベル : 内務大臣を長とし、ペルー全土を管轄する。Lima市に事務局として Secretarta Ejecutive Nacional を置いてある。
- (b) 地域レベル : Piura、Lima、Arequipa、Cuzco 及び Iquitos に本部を置き、各々の地域を管轄している。また事務局として各地域に Secretarta Ejecutive Regional を置いている。
- (c) 州レベル : 各州に設置。
- (d) 県レベル : 各県に設置。
- (e) 郡レベル : 各郡に設置。

注) 州レベル以下の委員会に対しては、事務局は設置されていない。

地域レベルの各委員会の統轄範囲

各委員会の統轄範囲に属する州は、次の通りである。

(a) 第1地域

- Piura
- Tumbes
- Lambayeque
- La Libertad
- Cajamarca
- Amazonas

(b) 第2地域

- Lima
- Ancash
- Ica
- Pasco
- Huancavelica
- Junin

- Huanuco
- Ayacucho
- Provincia Constitucional del Callao
- Ucayali
- (c) 第3地域
 - Arequipa
 - Moquegua
 - Tacna
- (d) 第4地域
 - Cuzco
 - Apurimac
 - Madre de Dios
- (e) 第5地域
 - San Martin
 - Loreto

(B) 活動

INDCの主たる活動は、(i)災害時の関連諸機関の調整、(ii)災害調整及び報告書の作成、(iii)災害に関する情報及び資料の収集、及び(iv)災害防止のための啓蒙活動である。しかし、INDCは上記の活動に対して十分な機能を有しているとは必ずしも言い切れない。これらの活動状況の詳細は、附属報告書I、付録VIIに示されている。

7. 過去の災害及び被害

7.1 概要

過去の災害に関する記録及び情報によれば、Rimac川流域内においてはほとんど毎年土石流、洪水氾濫及び斜面崩壊等が発生し、被害を引き起こしている。過去の災害発生地点を図II-7-1に示す。1983年及び1987年に発生した災害は大規模災害であった事から、本調査においては特にこれらの災害に対しては詳細に調査・検討を行った。また、1987年災害については調査団のLima滞在中であったことから詳細に現地踏査を実施することができた。

7.2 1983年災害

1983年における自然災害の発生は、Rimac川流域だけでなく他のペルー国内でも顕著であった。1983年1月から6月までのCNDCの資料によれば、総死傷者数は285人(死者52人、傷者233人)に達し、その大半はRimac川流域内で発生している。同年2月から3月にかけての降雨量はエル・ニーニョ現象による集中豪雨のために急激に増加し、Matucana地点での2~3月雨量は、2月の62.8mmから3月の189.2mmとなった。その結果、Chosica-San Mateo間のRimac川中流部の住居地区及びLima市と山地部を結ぶ

国道 20 号線及び鉄道に対して甚大な被害を引き起こした。このため流域内の交通網は長期間に亘り遮断された。

7.3 1987 年 3 月災害

表 II-7-1 に示す様に、1987 年 3 月 9 日頃土石流及び斜面崩壊の発生に伴い大規模災害が引き起こされた。これらの災害発生地区を図 II-7-2 に示す。

この災害は発生地点及びその災害発生状況から次の様に分類される。

- (a) Chosica 地区の 5 溪流地区で発生した土石流災害
- (b) Rimac 川右岸沿いに位置する Campoy/Zarte 地区での洪水氾濫災害。主因は Rimac 川下流部の主要支川である Jicamarca 川の洪水氾濫であった。
- (c) La Cantuta 溪流地区での土石流災害、Santa Rosa de Pallo Bajo 村で発生した斜面崩壊、及び Huachipa 地区での Rimac 川本川からの洪水氾濫災害。これらの被害は比較的小さいものであった。

1987 年 3 月災害の発生状況は、次に示す通りである。

7.3.1 降 雨

降雨の継続時間は現地での聞き込み調査によればほぼ午後 3:00~7:00 の約 4 時間と考えられる。Chosica 地区においては、午後 3 時間頃降り始め、4 時頃の 15~30 分間豪雨が発生し、それ以後霧雨の状態午後 7:00 頃まで降り続いた。Chosica 地区での 3 月 9 日の総雨量は、Autisha 降雨観測所の記録および現地での聞き込み調査の結果から、20~50 mm と推定される。この値は Chosica 地区に位置する La Cantuta 観測所の 8 年間の最大日雨量が 32.2 mm である事及び聞き込み調査による同災害時の降雨分布から判断して信頼しうるものと考えられる。

7.3.2 洪水流量

1987 年 3 月災害時の災害発生地点での最大流量を各溪流地区での聞き込み調査から得られた洪水痕跡及び最大水位並びに推定した洪水流速から推定した。その結果は次の通りである。

溪流地区	流域面積 (km ²)	最大流量 (m ³ /sec)
Quirio	10.4	50
Pedregal	10.6	160
Cashahuacra	15.1	140

Carosio 及び Corrales の各溪流地区での最大流量は、資料不足からその推定を行っていない。

7.3.3 土石流災害

各溪流地区における発生土石流量を表II-7-2に示す。また Pedregal 溪流地区での聞き込み調査により得られた災害の発生状況は、次の通りである。

- (a) 数回土石流が発生した。
- (b) 土石流量が徐々に増加した。
- (c) 大音響及び地響きが発生した。
- (d) 水位の上昇に伴い岩屑の規模及び量が増加した
- (e) 大きな玉石が見られる様になった。
- (f) 土石流の堆積地点では、大きな玉石の堆積及び移動が繰り返された。
- (g) 土石流の方向は大きな玉石の堆積により変更が加えられた。
- (h) 被害は大きな玉石の影響を受け甚大なものとなった。
- (i) 土石流の構成単位も水位の低下に伴い小さいものとなった。

被害状況は、次の通りであった。

この災害による死傷者数は、各々 38 人、12,414 人に達した。死傷者の詳細については不明であるが、地元警察の発表では、死者 38 人のうち 19 人の遺体とその発見場所が確認されている。

- (a) Corrales 溪流地区 4 人
- (b) Padregal 溪流地区 15 人

被災した家屋は、全壊及び半壊を含み 700～1,000 件にものぼっている。これらの 60% は Padregal 溪流地区に位置し、またその倒壊の主因は土石流の堆積によるものであった。土石流の主流路に当たった地区での家屋の倒壊はひどく、殆どが完全に破壊されている。主流路周辺では、家屋の位置及び形式により倒壊の程度は異なっている。

さらに、被害は水力発電施設、運輸施設、水供給施設等にも及んだ事が報導されている。

上記の直接被害に加えて、間接被害も甚大であった。SE/CNDC の災害調査報告ではこの点について触れられていないが、この災害による間接被害がペルー経済に与えられた影響も甚大であったと考えられる。最も大きな被害は国道 20 号線の交通遮断であった。また、導水路における土石流による Huampani 発電所の発電停止及び水供給施設の破壊による水供給の停止も甚大であったと考えられる。

7.3.4 洪水氾濫災害

(A) 氾濫状況

Jicamarca 川の常時の水量は小さいものであるが、1987 年 3 月 9 日に発生した災害時には、上流部での豪雨の発生により洪水が発生し、午後 5:00 頃 2 ヶ所からの洪水氾濫を引き起こした。

Rimac 川本川と Jicamarca 川との合流点上流 5 km に位置する Jicamarca 川と道路が交差する地点において、その地点に設置されているカルバートの容量が小さく、またこの周辺の河道の線形がこの地点で極端に曲がった形状をしていたため、洪水流により運ばれた流木がこのカルバートを午後 5:00～6:00 の約 1 時間に亘り閉塞した。このため Jicamarca 川上流左岸部でも洪水氾濫を引き起こした。この洪水により、農地、家屋及

び道路の一部が被害を受けたが、交通網の遮断は一時的なものであった。カルバート地点の流木は、水位の低下と共に自然に排出されている。

Jicamarca 川と Rimac 川合流点では、新設された高速道路下のコルゲートパイプが午後 5:00 頃流木により閉塞され急激に水位が上昇したため、Jicamarca 川から溢水し、その洪水流は Rimac 川右岸沿いの Campoy 地区に流入した。この時の浸水深は、溢水部で最大 1~1.5 m、継続時間約 3 時間であった。その後水位は徐々に下がり、午後 10 時~11 時頃には浸水地区はなくなっている。この洪水時において、Rimac 川右岸沿いに溢水・流入した洪水流は、主として既設道路沿いに流れ排水された。また浸水深は、越流部から遠い地点ほど浅くなっている。洪水氾濫は、合流点下流の旧 Lima 市中心部でも、最大幅約 1 km、狭い部分で約 30 m に亘り洪水氾濫による浸水が発生している。この洪水流は、泥を多く含んでいたが、玉石等の岩は含まれていない。これらの泥の堆積深は場所により異なり、流速が比較的速い越流部近傍で約 10~20 cm と浅く、住宅地区等では、深さ約 1 m 以上の部分も見られた。

(B) 被害状況

SE/CNDC の被害調査報告書では、この洪水災害による被害を次の様に報告している。

(a) 家 屋

- 全壊	149 件
- 半壊	50 件
- 流出	46 件

(b) 井 戸

- Huachipa - Campoy 及び Zarte 地区に設置されたいる 1,300 本の井戸の中、316 本(約 25%)がその機能を失いまた他の多くは濁水の混入がみられた。

(c) 学 校

- 2 大学が浸水した。

(d) 道 路

- Zarte 地区において総延長 20 km に亘り既設道路が洪水流により運ばれた 7,000 m³ の砂により埋められた。
- Campoy 地区では、約 2 km の区間で泥に埋められた。

(e) 発 電

- 1 変電所が被災した。

(f) 農 業

- Cajamarquilla 地区で 80 ha の農地が冠水した。
- 約 5,000 羽のニワトリが死亡。
- 1,500 m に亘りかんがい 2 次水路が埋められた。
- その他

(g) 公 園

- 約 60% の公園が水と泥で埋められた。Zarte 地区の公園ではその深さは 50 cm に及んだ。
- 14 ha の植物園が泥で埋められた。

家屋の倒壊は流速が比較的速くまた浸水深が深い越流部から約 500 m の範囲で主に発生した。特に洪水流が本川へ流れ込む地点となった Campoy 及び Zarte 地区の境界点では、家屋の倒壊は顕著であった。これら家屋では泥水が約 0.3～1.0 m の深さで侵入し、家内資産もまた流出している。被災した家屋数は浸水面積の増大に伴い多くなっている。

道路へ堆泥した厚さは薄いものであったが、このために道路網が遮断され人口密集地区では被害を甚大なものとした。

8. 災害被害項目

8.1 概要

後述される防災対策計画及びその施設計画策定上、これらの計画に対する便益を推定することが、本計画の経済的妥当性を検討する上で必要となる。便益は施設計画の実施による被害軽減額として算出されるため、本節では洪水及び土石流による被害額の算定に際して対象とする被害項目について述べる。

被害項目の選定に際しては、洪水及び土石流災害を受けた地区での資産調査結果に基づいた。本調査で対象とした直接被害項目は、次の通りである。

- (a) 一般家屋(家屋の質の点から、上・中・下級の3段階に分類)
- (b) ビルディング及び工場(商店、学校、政府機関事務所、工場及びその他)
- (c) 農作物及び畜牛
- (d) 公共施設(道路、橋、井戸、公園及びその他)

さらに、堆積した土及び岩、並びに倒壊した家屋の除去等の復旧工事費を上記4項目に加えた。また災害による経済活動の停止に伴う間接被害額を運輸網、特に道路の遮断に伴う工業部門の操業停止損失として推定した。

各被害項目の資産価値としては、1987年6月価格を基準とした。

8.2 一般家屋及びビルディング

建物ごとの建設費を次の様に単位床面積当たりの建設単価、標準的な床面積及び耐用年数経過後の残存価値をもとに算定した。

(1) 単位床面積当たりの建設単価

(A) 一般家屋

一般家屋の建設費はその質により大きく異なるため、(a)上級、(b)中級、及び(c)下級の3段階に分け算出を行った。

(B) ビルディング

単位床面積当たりの建設単価を各ビルディング(商店、工場、学校等)ごとに算出。

(C) 単位床面積当たりの建設単価

各建物の単位床面積当たりの建設単価は、次の通りである。

建 物	単価 (インテイス/m ²)
a) 一般家屋	
上 級	10,000
中 級	5,000
下 級	2,000
b) 商 店	4,000
c) 学 校	5,000
d) 政府機関事務所	7,000
e) 工 場	5,000
f) 商業ビル	8,000

(2) 標準床面積

標準床面積は、現地での聞き込み調査及び踏査により算定した。

建 物	床 面 積 (m ²)
A) 一般家屋	
上 級	200
中 級	120
下 級	60
B) 商 店	1,000
C) 学 校	500
D) 政府機関事務所	500
E) 工 場	2,000
F) 商業ビルディング	500

(3) 建設費

各建物建設費を購入価格と残存価値との平均値として算出した。残存価値は現地での資料に基づき、下記の購入費用に対する残存価値との比を算出し、その算定を行った。

(A) 一般家屋	:	上級	0.9
		中級	0.8
		下級	0.7

(B) その他	:		0.8
---------	---	--	-----

各建物の建設費は次式により算出されている。

$$\text{建設費} = (\text{単位床面積当たり建設単価} \times \text{標準床面積} + \text{残存価値}) \times 0.5$$

結果は、表II-8-1に示されている。

8.3 内部資産

一般家屋の内部資産の推定に際しては、中級に属する家屋の家財の数及び種類を想定しこれより中級家屋の内部資産を算出した。また上・下級の家屋の内部資産は、中級家屋との建設費の比により推定した。

他の建物については、製造工場についてのみ資料が存在したので製造工場における資産を製品、投入資材及び主な機材であると仮定し、それらの工場内にある期間等を考慮し、1事業所当たりの内部資産を推定した。またその他については製造工場における内部資産と建物建設費との比を基に推定した。各建物の内部資産は、表II-8-2に示されている。

8.4 農作物

災害多発地区内では種々の野菜、穀類及び果実の栽培が行われているが、それほど規模は大きくない。これらの中、トマト及びトウモロコシがこの地区の代表作物となっている。この地区の農耕地を多収量地区及び少収量地区に大別し、また被害額は前述の2作物の純益であり、収穫の時期に被害を受けると仮定して算定した。結果は表II-8-3に示されている。

8.5 公共施設及び復旧工事費

災害時に被害を受けると予想される公共施設として、道路、橋梁及び井戸があげられる。これらの施設の建設単価は次の通りである。

(A) 道路

- 幅7~20mの舗装道路 3,000 インティス/m²
- 幅約6mの無舗装道路 100 インティス/m²

(B) 橋梁

- スパン長30~40mのコンクリート国道橋 8,000 インティス/m²
- 未舗装のコンクリート道路橋 3,000 インティス/m²
(スパン長10m)

- (C) 井戸(深さ100M、径6.6cmの礫層を掘削) 1,200 インティス/m

災害発生後、堆積した土砂及び礫を除去するための費用を復旧工事費とした。除去作業をブルドーザーで実施するものとして、工事単価を次の通り算定した。

- (D) 玉石を含む岩/倒壊家屋 200 インティス/m³

- (E) 土砂 70 インティス/m³

8.6 間接被害

交通網が土石流及び泥流の堆積により遮断された場合、社会・経済分野における間接被害は甚大な問題となる。Rimac川流域内には“Carretera Central”と呼ばれる国道20号線及びLima首都圏と山地部を結ぶ鉄道が存在するため、交通の遮断による間接被害は種々の被害項目のうちで最も重要なものとなる。実際これらの主要幹線沿いの溪流地区で発生した災害は長期間に亘り交通を遮断し、多額の経済的損失をもたらした。特に、製造業部門では主要な中間産品もしくは半完成産品は国道20号線及び鉄道により輸送されているため、販売・製造の機会損失に直面している。

資料としてこれらの間接被害に関する記録はないが、本調査では間接被害額を製造業部門の製品の販売ができない事による付加価値の経済損失として推定した。Lima首都圏の経済に影響を与える間接被害を次の仮定により算出した。

(A) 山地部からLima首都圏への積送品の場合、鉱業産品は大半が国道20号線及び鉄道によりLima市へ輸送される。この場合他の輸送貨物は過去のLima市への輸送貨物に関する資料に基づき約1/4と推定される。この点で、Lima首都圏への鉱石が中間産品として供給される鉄金属加工業は、前述の交通網の遮断が発生した場合には完全に被害を受ける唯一の部門である。鉱石を除く貨物が供給される他の工業部門に関しては、その影響度合いは25%程度と考えられる。

(B) Lima首都圏から山地部への貨物に関しては、Junin及びPascoに輸送する場合大半は国道20号線及び鉄道が使用されている。このため、Junin及びPascoにおける工業部門は、交通網が遮断された場合に完全に被害を受けるものと考えられる。

(C) 従って、交通が1日遮断された場合のLima経済が受ける間接被害額は次式により算定される。

$$(\text{鉄金属加工業のGRDP} \times 1.0 + \text{他の工業部門のGRDP} \times 0.25) \times 1/365$$

また山地部では

$$(\text{影響を受ける工業部門のGRDP}) \times 1/365$$

となり、これより総間接被害額は表II-8-4に示されるGRDPに基づき50百万インティス/日と推定されている。

8.7 被害額

前述した各被害項目に対する被害額は、次の通りである。

被害項目	被害額(百万インテイス)	
(A) 一般家屋(内部資産を含む)		
上級	2.45	/件
中級	0.75	/件
下級	0.13	/件
(B) ビルディング		
商店	3.76	/件
学校	2.50	/件
政府機関	3.50	/件
(C) 農地		
多収量	0.03	/ha
少収量	0.01	/ha
(D) 公共施設		
舗装道路	0.003	/m ²
未舗装道路	0.0001	/m ²
国道橋	0.008	/m ²
一般橋梁	0.003	/m ²
公園	0.0005	/m ²
その他(水路等)	—	式
(E) 復旧工事		
礫の除去	0.0002	/m ³
泥の除去	0.00007	/m ³
(F) 間接被害		
国道20号線	50	/日
Sta Eulalia 主要道路	5	/日

8.8 土地利用及び経済活動の進展

計画対象地域内の土地利用は年々高度化され、人口及びその資産も増加している。また流域内の経済活動も年々活発になっていることから、将来における被害ポテンシャルも増大する事となる。

流域内における土地利用及び経済活動の年平均増加率は、人口、国民総生産(GDP)、地域総生産(GRDP)に基づき3%と推定されている。以下にその検討を示す。

(1) 人口

次表に1980-1984年のペルー及び流域内の人口を示す。

(単位：千人)

	1980	1981	1982	1983	1984
ペルー	17,295.3	17,754.8	18,225.7	18,707.0	19,197.9
増加率	-	2.66%	2.65%	2.65%	2.62%
流域内	4,668.6	4,836.3	5,005.6	5,176.8	5,439.1
増加率	-	3.59%	3.50%	3.42%	3.33%

上表より判る様に、ペルー及び流域内の人口は、各々2.6~2.65%、3.3~3.6%で毎年増え続けていることが判る。この事より、今後の流域内の人口増加率を3%/年と仮定する事は妥当であると判断される。

(2) GDP及びGRDP

次表に1970年及び1980-1984年のGDP及び流域内のGRDPを1979年価格で示す。

(単位：千人)

	1970	1980	1981	1982	1983	1984
GDP	2,596.4	3,646.7	3,807.7	3,817.3	3,346.0	3,478.3
増加率	-	3.5%	4.4%	2.5%	-12.3%	4%
GRDP	-	1,666.2	1,752.6	1,934.5	1,501.3	1,530.7
増加率	-	5.2%	-1.0%	-1.0%	-13.4%	2.0%

上表に示される様に、1970年から1980年の10年間のGDPは年率3.5%で増加した。1983年にはマイナス成長も見られるが、1984年には年率4%に回復している。上記より、今後の国家経済の伸び率を年率3%と仮定するは妥当であると判断される。

9. 既存防災対策計画

流域内における主要な既存防災対策計画として次のものがあげられる。

- (1) Estudio Geomorfologico aplicado al control de huaycos en la Cuenca del Rio Seco (ONERN)
(Rio Seco 溪流地区における土石流防止対策についての地形学的調査)
- (2) Seguridad Fisica Contra huaycos, desbordes, deslizamientos - San Metro - Prov. Huarochiri (PREDES)
(Huarochiri 県、San Mateo 地区における土石流、洪水及び地すべり対策に関する調査)

- (3) Estudios de Seguridad Fisica contra huaycos, desbordes, deslizamientos - San Meteo - Prov. Huarochiri (PREDES)
(Huarochiri 県、Surco 地区における土石流、洪水及び地すべり対策に関する調査)
- (4) Estudio de Seguridad Fisica de los poblados de San Jose Palles (PREDES)
(San Jose Palles 地区防災対策に関する調査)
- (5) Estudios Geotecnicos de Seguridad Fisica de Obras de Ingenieria Ubicados en la cuenca del Rio Rimac (INGEMENT)
(Rimac 川流域内の構造物の安全性に関する土質地質調査)
- (6) Reconnaissance Report on Callao Naval Base, Rio Rimac Basin, Lima, Peru
(US Army Corp of Engineers)
(1984年2月に発生した洪水災害調査)
- (7) Proyecto de Encauzamiento del Rio Rimac Sector : Puente Los Angles - Puente Huachipa Estudio Especial (PREDES)
(Pte Los Angeles - Pte Huachipa 間の河川改修計画)

上記に示される様に、防災対策調査は個々にまた限られた地域に対してなされており、流域全体を対象とする防災対策計画未だ策定されていない。

附 表

表 II-1-1 人口の地域分布

Land Use	(Unit : thousand ha)			
	costa	Sierra	Selva	Total
Urban	7,745.8 (67.0)	3,107.6 (27.0)	656.0 (6.0)	11,509.4 (100.0)
Rural	1,367.7 (21.9)	4,221.9 (67.5)	655.8 (10.6)	6,254.4 (100.0)
Total	9,113.5 (51.3)	7,329.5 (41.3)	1,311.8 (7.4)	17,754.8 (100.0)

Source : Direction General de Demografia

Remarks : Parentheses Indicates Distribution Percentage

表 II-1-2 経済指標

	1979	1980	1981	1982	1983
(Unit: million Intis)					
Government Finance					
Revenue	552.2	1,019.3	1,522.5	2,493.3	3,732.0
Expenditure	570.2	1,159.3	1,938.4	3,050.2	6,083.0
Deficit	-18.0	-140.0	-415.9	-556.9	-2,351.0
(Unit: million US \$)					
Trade Balance	1,598.9	762.7	-869.5	-744.0	39.4
Current Account	622.5	-72.3	-1,889.4	-1,777.0	-1,092.4
Capital Account	413.6	725.5	1,165.9	1,638.0	1,026.7
Balance of Payment	1,076.1	653.2	-723.5	-139.0	-65.7
(Unit: million US \$)					
Total Debt	9,334	9,594	9,638	11,097	12,632
Public	7,997	8,390	8,475	9,951	n.a.
Private	1,337	1,204	1,163	1,146	n.a.
Debt Service	919	1,501	1,895	1,536	779
Export Value	3,491	3,899	3,248	3,043	2,970
Debt Service Ratio (%)	26	38	58	50	26

Source : ECLAC IMF, Compendio Estadístico

表 II -1-3 Rimac川流域内人口、人口増加率及び人口密度

Province	Area (km ²)	1972	1981	Annual Growth	Density
				Rate 1971-1981 (%)	1981 Person/km ²
Lima	3,701	2,981,292	4,164,597	3.8	1,125
Callao	148	321,231	443,413	3.6	2,996
Huarochiri	4,487	50,729	59,792	1.8	14

表 II -1-4 地域内総生産 (1979年価格レベル)

Sector	(Unit: million intis)					
	Calender Year					
	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Agriculture	53.4	54.3	51.2	52.8	50.1	45.4
Fishery	3.1	2.0	2.1	2.7	1.9	2.1
Mining	16.9	15.3	11.2	16.7	14.2	14.2
Manufacturing	472.2	517.0	528.1	510.9	416.1	424.3
Construction	60.4	66.6	79.0	81.4	62.9	64.0
Commerce	378.1	409.7	432.0	423.8	365.7	362.7
Lease Service	35.0	36.8	38.7	39.2	39.8	40.6
Public Service	110.1	120.6	124.3	125.8	135.0	143.6
Other Service	414.2	444.7	485.8	481.1	415.6	433.8
Total	1,543.5	1,666.2	1,752.6	1,734.5	1,501.3	1,530.7

Source : Producto Bruto Interno (National Statistical Office)

表 II - 2 - 1 Rimac川流域内地質構成單位

LITHOLOGY UNITS

UNIT I QUATERNARY DEPOSITS

UNIT II VOLCANIC ROCKS

II An	ANDESITE
II rda	RHYOLITE
II Ta	TRAUQUYANDESITE
II br	BRECCIA

UNIT III VOLCANIC - SEDIMENTARY ROCKS

III A	VOLCANIC CONGLOMERATE, ANDESITIC EXTRUSIVES, SILT AND SANDSTONE
III B	TUFF, TUFFACEAS SANDSTONE AND LIMESTONE
III AB	INCLUDE ROCKS OF III A AND III B
III C	SANDSTONE, ANDESITE AND CONGLOMERATE
III D	TUFF, SANDSTONE AND SILSTONE
III E	ANDESITE EXTRUSIVE
III	ANDESITIC LAVAS, MUDSTONE, MARL, CHERT

UNIT IV SEDIMENTARY ROCKS

IV A	LIMESTONE
IV B	SHALE, SANDSTONE, QUARZITE, SILSTONE
IV C	SANDSTONE, SILSTONE, SHALE, CONGLOMERATE
IV D	LIMESTONE, SILSTONE

UNIT V INTRUSIVE ROCKS

V gr	GRANITE
V Tgd	TONALITE - GRANODIORITE
V MZ-gd	MONZONITE - GRANODIORITE
V di	DIORITE
V gd	GRANODIORITE
V Tdi	TONALITE - DIORITE
V gb-di	GABRO DIORITE

表 II - 3 - 1 Rimac川流域内降雨観測所における月雨量

													(Unit : mm)	
Station name	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total	
Hipolito Unanue 1969-72	4.1	0.0	0.3	0.2	0.4	2.2	3.0	3.1	2.8	0.5	1.1	0.3	18.0	
Limatambo 1950-62	1.8	0.9	0.7	0.2	2.0	3.9	6.1	6.9	7.4	4.8	2.2	1.4	38.3	
Campo de Marte 1927-82	1.0	0.5	0.5	0.2	1.8	3.3	4.1	5.0	4.6	1.8	0.9	0.6	24.3	
A Von Humboldt 1966-72	2.8	0.8	0.8	0.3	1.1	2.3	2.4	2.3	1.7	1.7	0.8	0.7	17.7	
La Molina 1930-61	0.8	0.7	0.7	0.8	1.8	2.9	3.0	2.8	2.4	1.1	0.6	0.6	18.2	
Nana 1964-84	1.5	0.7	1.7	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	4.7	
Chosica 1948-54	4.6	4.6	4.9	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.4	2.0	18.0	
Santa Eulalia 1969-72	29.8	16.3	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.5	0.6	6.9	106.8	
Carampoma 1966-72	85.2	85.6	84.0	24.8	3.5	0.2	0.2	1.2	13.0	29.8	2.5	29.1	359.1	
Bellavista 1947-71	114.0	135.0	121.2	46.1	17.6	2.6	2.2	6.6	18.1	37.2	48.6	90.0	639.2	
San Jose de Parac 1966-69	80.5	109.1	112.2	9.2	0.5	0.0	0.8	0.0	3.3	48.5	19.3	47.6	431.0	
Casapalca 1947-71	117.8	131.8	119.3	59.6	25.8	12.6	8.0	11.8	35.4	51.8	54.5	91.0	719.4	
Milloc 1965-86	125.6	149.3	141.2	64.8	22.7	14.9	13.3	16.5	42.7	73.3	76.8	117.1	858.2	
Mina Colqui 1969-71	122.4	140.2	144.0	57.2	7.7	0.4	0.3	3.0	29.0	59.2	53.0	180.2	796.6	
Lag. Quisha 1969-72	173.2	142.2	175.4	90.1	24.6	1.4	14.6	14.1	61.4	86.2	62.0	175.0	1020.2	
Lag. Pirhua 1970-72	177.3	142.1	189.8	70.4	22.4	0.2	13.8	10.1	40.4	88.1	42.2	149.4	946.2	
Ticlo 1956-67	92.7	128.3	101.9	58.6	29.7	8.0	10.5	20.6	43.5	61.2	50.8	82.1	687.9	
Matucana 1964-85	44.6	64.8	93.7	14.3	2.0	0.2	0.0	0.1	3.5	7.8	7.4	33.8	272.2	

表 II - 3 - 2 Campo do Marte 觀測所月雨量記錄 (1/2)

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	Mar	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
1927	-	-	2.4	1.0	1.3	6.4	5.0	9.4	11.2	2.0	3.5	0.2	-
1928	-	-	-	-	-	-	-	5.7	1.9	1.1	0.6	0.5	-
1929	0.8	0.0	2.0	0.0	4.5	6.5	3.5	6.9	7.3	2.0	2.2	1.7	37.4
1930	0.2	0.5	0.4	1.0	3.6	3.5	4.3	5.8	7.9	3.7	1.6	0.3	32.8
1931	0.0	0.0	0.2	0.0	1.5	6.6	13.9	10.2	7.6	2.5	1.8	1.0	45.3
1932	2.5	2.7	0.1	0.3	9.1	2.6	8.4	10.0	9.8	3.1	0.8	0.2	49.6
1933	0.5	0.0	0.4	0.0	0.8	2.1	4.4	11.4	7.1	1.5	0.2	0.2	28.6
1934	0.6	1.2	0.5	0.0	1.0	8.3	7.4	9.4	8.7	2.0	0.6	0.5	40.2
1935	3.6	0.2	0.5	0.0	0.3	6.4	8.8	5.3	8.9	1.6	2.4	0.1	38.1
1936	1.4	0.2	0.1	1.6	4.4	4.4	6.7	7.9	6.1	4.1	3.8	1.9	42.6
1937	0.3	0.1	0.4	0.4	3.2	4.9	9.6	8.1	10.4	0.8	0.6	2.0	40.8
1938	2.2	0.4	0.9	0.1	2.0	5.1	9.0	10.8	6.0	2.8	4.5	2.5	46.3
1939	0.4	0.0	0.5	0.1	3.7	6.0	3.8	4.1	1.3	2.4	0.7	0.0	23.0
1940	0.0	0.4	0.0	0.1	7.1	6.7	3.4	6.5	5.8	4.6	0.4	2.4	37.4
1941	1.0	0.8	1.0	3.0	11.1	11.2	4.3	8.3	5.1	6.9	4.8	1.5	59.0
1942	3.0	0.2	1.1	0.0	2.3	4.1	7.4	8.9	7.3	5.1	1.3	0.0	40.7
1943	1.3	0.0	0.5	0.1	0.7	9.2	12.2	14.1	12.1	1.2	0.1	-	-
1944	0.0	0.4	0.3	0.3	3.3	1.9	9.0	9.4	4.8	0.8	0.4	0.3	30.9
1945	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	3.8	4.2	2.5	0.5	0.0	0.2	11.4
1946	0.1	1.0	0.3	0.0	0.4	8.6	7.2	4.6	4.2	2.4	1.8	1.5	32.1
1947	0.7	0.0	0.0	0.0	0.2	1.5	2.7	4.0	3.2	2.1	0.4	0.1	14.9
1948	0.0	0.4	0.0	0.7	3.5	2.2	0.8	3.7	4.2	2.0	0.2	0.1	17.8
1949	0.0	0.0	2.1	0.0	0.2	6.3	5.7	5.1	4.1	0.0	0.7	0.0	24.2
1950	-	0.0	0.0	0.0	0.4	4.9	5.3	8.3	7.2	3.1	0.5	1.9	-
1951	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	0.9	1.5	4.1	3.4	4.4	3.2	0.7	21.7
1952	5.2	0.0	0.4	0.0	0.1	5.1	5.5	5.1	2.4	3.2	1.9	0.0	28.9
1953	0.0	0.0	0.0	0.0	10.6	9.2	14.8	12.0	6.4	1.7	2.4	0.7	57.8
1954	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	2.2	2.0	4.1	2.7	1.3	1.0	0.3	18.6
1955	0.5	0.2	0.4	0.0	0.3	2.8	3.6	4.4	3.7	2.3	0.3	0.1	18.6
1956	0.2	1.8	0.6	0.2	2.5	4.4	3.4	1.6	5.6	2.5	0.0	0.0	22.8
1957	0.1	1.5	0.5	0.0	1.0	0.2	2.7	2.7	5.5	3.1	0.7	1.0	19.0
1958	5.3	0.2	0.8	0.0	1.2	5.8	1.7	2.2	3.3	1.1	0.9	0.1	22.6
1959	0.1	0.5	0.0	1.0	2.1	2.4	5.0	6.9	1.5	1.0	0.8	2.4	23.7
1960	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.0	1.7	2.9	4.4	3.5	0.5	0.0	15.5
1961	0.0	1.4	0.9	0.2	0.0	3.3	3.8	3.2	8.1	1.3	0.0	0.0	22.2
1962	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	3.2	9.3	5.6	13.9	2.9	0.5	0.0	35.9
1963	0.0	1.5	0.0	0.3	1.4	0.9	0.2	2.5	6.1	2.3	0.8	0.0	16.0
1964	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	1.3	3.3	0.2	0.1	0.0	0.0	5.8
1965	0.0	0.6	0.0	0.0	3.0	0.2	1.3	0.5	6.5	2.4	0.2	0.1	14.8
1966	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	1.8	0.2	1.3	1.7	0.5	0.5	1.5	7.9
1967	0.9	0.6	1.6	0.0	0.4	0.4	2.3	1.2	1.4	0.3	0.2	0.5	9.8
1968	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.6	1.0	0.9	0.8	0.1	0.1	3.7
1969	0.0	0.0	0.0	0.6	0.5	3.5	1.8	2.9	0.9	0.0	2.3	0.5	13.0
1970	17.4	0.6	0.3	0.0	0.6	2.5	4.4	1.2	1.6	0.1	0.6	0.2	29.5

表 II - 3 - 2 Campo do Marte 観測所月雨量記録 (2/2)

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	Mar	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
1971	0.4	0.0	0.0	0.0	1.0	3.1	1.8	6.4	1.8	0.7	0.0	0.0	15.2
1972	0.2	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.9	0.6	5.3	1.9	0.3	0.6	10.7
1973	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.5	1.2	0.2	0.6	0.1	3.3
1974	0.0	5.0	0.0	0.1	0.5	2.5	1.4	3.1	0.3	0.3	0.0	1.8	15.0
1975	0.3	1.5	0.0	0.0	1.8	1.1	1.2	1.0	0.2	0.4	0.1	0.1	7.7
1976	0.0	-	-	0.0	1.4	0.3	0.0	0.4	2.5	1.4	0.0	0.2	-
1977	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.4	2.6	1.4	4.0	0.6	0.2	0.6	10.1
1978	0.0	0.0	0.4	0.2	0.1	0.1	0.3	1.6	1.2	0.6	0.0	0.0	4.5
1979	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.2	0.2	2.0	0.7	1.4	0.1	0.3	6.4
1980	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.3	1.3	0.7	1.2	0.1	0.0	0.1	4.8
1981	-	0.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.4	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-
1982	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.5	-	-	-	-	-	-
Mean	1.0	0.5	0.5	0.2	1.8	3.3	4.1	5.0	4.6	1.8	0.9	0.6	24.1

表 II - 3 - 3 Naña 観測所月雨量記録

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	Mar	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
1964	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.6
1965	0.0	0.6	0.7	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.7	3.6
1966	2.9	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.5	1.5	2.0	8.7
1967	5.0	6.1	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.2
1968	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-
1969	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	-	0.0	0.0	0.0	-	-
1970	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	0.0	-
1971	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	-
1972	-	-	-	-	-	-	-	0.0	-	0.0	0.0	-	-
1973	-	-	-	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-
1974	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	1.4
1975	0.8	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7
1976	8.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	10.8
1977	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	2.9
1978	0.0	0.0	1.5	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7
1979	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0
1980	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-
1981	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	-
1982	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1983	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.0	-	-	-
1984	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-
Mean	1.5	0.7	1.7	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	4.6

表 II - 3-4 Matucana 觀測所月雨量記錄

Unit:mm

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	Mar	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
1964	-	64.6	57.6	61.1	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	6.0	33.2	-
1965	55.4	82.8	69.8	10.5	2.6	0.0	0.0	0.0	3.8	13.7	6.7	24.8	270.1
1966	61.6	38.7	52.5	22.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	0.0	37.0	230.3
1967	77.3	147.7	97.1	17.2	3.7	0.0	-	-	2.1	15.2	4.3	8.4	-
1968	24.9	24.9	33.3	11.2	7.7	-	-	-	-	-	-	-	-
1969	11.4	54.6	73.3	26.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	18.1	24.1	55.2	263.9
1970	106.9	8.9	35.4	29.1	9.1	0.0	0.0	0.0	21.8	14.5	5.4	53.8	284.9
1971	57.4	72.6	116.0	27.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	1.2	43.0	324.2
1972	63.5	106.2	144.8	13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	12.6	5.0	48.2	395.6
1973	82.3	80.8	58.7	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	33.9	8.3	7.5	56.9	334.1
1974	45.3	76.4	75.8	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.6	4.6	21.3	233.8
1975	33.4	59.0	118.3	8.9	6.2	0.8	0.0	0.0	1.3	7.0	12.4	40.1	287.4
1976	70.3	73.4	58.1	0.5	0.5	0.9	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	26.2	230.7
1977	32.9	69.5	37.8	2.7	5.9	0.0	0.0	0.0	2.5	0.6	28.7	26.2	206.8
1978	29.1	29.8	21.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	7.8	12.6	107.2
1979	15.1	43.2	65.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.9	-	-
1980	18.0	8.3	21.0	18.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.1	0.0	13.7	93.9
1981	62.0	43.4	72.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	1.5	33.9	217.8
1982	28.2	25.3	29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	0.9	93.7
1983	9.5	62.0	169.2	25.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.7	299.3
1984	34.1	196.8	86.5	10.5	1.0	1.8	0.0	0.0	0.0	20.5	29.2	73.4	453.8
1985	17.9	55.7	67.7	8.7	2.2	0.0	0.0	1.6	2.7	1.7	0.0	-	-
Mean	44.6	64.8	71.0	14.3	2.0	0.2	0.0	0.1	3.5	7.8	7.4	33.8	249.3

表 II - 3-5 Milloc 觀測所月雨量記錄

Unit:mm

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	Mar	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
1965	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76.0	37.0	146.0	-
1966	196.0	108.0	130.0	72.0	25.0	-	7.0	5.0	68.0	181.0	181.0	146.0	-
1967	177.0	229.0	199.0	60.0	45.0	9.0	27.0	25.0	51.0	138.0	55.0	80.0	1095.0
1968	132.0	108.5	112.0	37.2	27.0	13.5	9.0	38.0	35.5	89.5	80.0	59.0	741.2
1969	68.5	122.0	107.0	117.5	6.0	6.0	19.1	14.5	60.0	55.5	74.5	190.0	840.6
1970	175.0	60.0	100.5	86.0	46.0	3.0	15.5	10.5	97.0	78.0	57.0	171.0	899.5
1971	112.0	177.7	183.0	66.5	20.5	-	-	22.5	15.0	48.5	64.0	183.0	-
1972	129.0	125.0	222.0	76.5	5.0	-	20.5	-	46.5	67.0	34.0	142.0	-
1973	161.7	191.7	175.1	125.6	31.5	4.5	24.4	23.5	61.0	105.2	69.4	156.3	1129.9
1974	167.1	107.0	154.7	49.2	8.0	6.6	3.7	20.6	34.9	47.9	66.9	51.4	718.0
1975	30.8	115.5	171.4	53.6	68.6	15.2	-	21.3	54.4	40.2	59.3	96.1	-
1976	128.7	145.8	95.2	42.8	23.2	48.2	2.7	28.3	27.8	15.9	24.5	68.7	651.8
1977	106.8	166.2	83.7	29.1	44.6	-	2.3	3.5	32.0	24.3	125.8	95.0	-
1978	119.4	155.9	83.3	29.3	2.0	19.1	17.2	5.2	37.2	59.3	69.8	69.0	666.7
1979	53.3	165.9	155.7	55.2	16.0	7.6	14.4	0.0	25.1	36.6	48.4	71.4	649.6
1980	162.0	76.6	130.3	45.0	7.2	20.2	37.0	5.2	16.2	170.1	131.9	122.0	923.7
1981	139.6	219.6	128.8	52.0	3.2	1.2	1.4	22.0	39.4	89.6	152.0	113.0	961.8
1982	145.6	241.0	98.4	68.4	0.0	-	13.2	51.8	41.2	81.2	125.0	103.8	-
1983	97.0	89.6	133.8	97.6	9.0	18.4	2.4	3.6	38.2	65.8	33.2	124.8	713.4
1984	77.2	203.8	131.2	37.0	12.2	29.8	0.0	2.4	-	112.4	112.0	159.6	-
1985	52.5	113.8	143.8	96.4	29.2	21.8	2.4	2.0	30.8	7.2	52.4	111.1	663.4
1986	206.7	212.6	226.7	-	46.9	-	34.2	25.6	-	23.2	36.5	-	-
Mean	125.6	149.3	141.2	64.8	22.7	14.9	13.3	16.5	42.7	73.3	76.8	117.1	819.6

表 II - 3 - 6 湖沼の主要諸元

Name of Lagunas	Altitude (El.m)	Effective storage volume (MCM)
Santa Eulalia river basin		
Quisha	4,648	8.7
Carpa	4,544	17.8
Huansa	4,361	6.3
Sacsa	4,382	14.9
Quila	4,530	1.8
Piti-Piti	4,625	6.5
Huamper	4,628	3.3
Huachua	4,570	5.0
Chiche	4,491	2.2
Pucro	4,435	2.0
Misha	4,650	0.7
Canchis	4,421	2.1
Huallunca	4,510	1.6
Pirhua	4,740	0.9
Manca	4,530	1.6
Sub-total		75.4
Marcapomacocha river basin		
Antacoto		62.5
Marcacocha		10.7
Marcapomacocha		14.8
Sangarar		9.0
Sub-total		97.0
Grand total		172.4

Source : ELECTROLIMA

表 II - 3 - 7 Rio Blanco 水位觀測所月流量記錄

Year	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Mean
1968-69	-	1.2	2.0	4.1	1.8	6.0	7.1	5.2	1.5	1.1	0.8	0.8	-
69-70	0.8	1.4	1.8	7.2	10.5	6.5	5.4	4.2	2.7	1.1	0.7	0.6	3.6
70-71	1.5	1.9	1.4	4.6	6.1	7.8	9.1	5.2	1.8	1.0	0.7	0.6	3.5
71-72	0.7	0.8	0.8	4.2	5.8	7.5	11.9	7.1	2.2	1.1	0.8	0.7	3.6
72-73	0.8	1.6	1.2	3.0	7.5	8.4	8.3	5.7	1.6	0.7	0.5	0.4	3.3
73-74	0.5	0.9	1.4	3.9	6.1	7.6	7.0	4.1	1.3	0.8	0.5	0.5	2.9
74-75	0.5	0.7	0.8	2.1	4.3	4.6	9.1	4.8	3.4	1.5	1.0	0.9	2.8
75-76	1.4	1.4	1.8	3.3	8.6	12.8	11.2	4.7	2.6	1.0	0.7	0.7	4.2
76-77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
77-78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
78-79	0.8	1.1	-	3.6	2.3	13.7	14.7	5.7	2.2	1.0	0.8	0.8	-
79-80	0.8	0.9	1.2	1.3	6.1	5.3	6.7	3.6	1.2	0.9	0.8	0.7	2.5
80-81	0.8	3.8	5.7	9.2	14.3	30.3	23.6	7.5	6.5	-	-	-	-
Mean	0.9	1.4	1.8	4.2	6.7	10.0	10.4	5.3	2.5	1.0	0.7	0.7	3.3

表 II - 3 - 8 San Mateo 水位觀測所月流量記錄

Year	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Mean
1968-69	-	6.9	9.2	11.3	9.8	14.5	18.3	17.8	10.1	7.6	5.9	6.4	-
69-70	6.9	7.8	9.4	16.8	27.3	20.0	17.3	15.9	13.2	9.1	7.5	6.6	13.2
70-71	8.0	8.8	8.9	13.8	16.6	21.9	26.8	16.5	10.6	8.0	6.7	6.1	12.7
71-72	5.9	7.6	7.2	12.7	15.8	18.6	31.1	22.9	12.7	9.0	8.1	6.8	13.2
72-73	7.5	9.1	8.5	12.2	21.0	27.1	26.2	20.5	11.6	7.7	5.6	4.6	13.5
73-74	4.6	6.1	7.4	13.8	20.0	24.2	24.8	16.8	9.1	6.9	5.0	4.2	11.9
74-75	4.5	6.0	7.8	10.3	14.1	15.3	26.7	16.4	13.4	8.8	7.3	7.0	11.5
75-76	7.5	8.8	14.6	15.5	19.5	26.4	23.9	16.8	12.1	9.3	8.2	7.2	14.2
76-77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
77-78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
78-79	9.7	10.8	-	-	16.3	23.2	25.4	19.0	13.5	10.4	8.8	8.0	-
79-80	8.5	9.2	10.3	10.9	15.6	16.3	17.3	14.3	10.1	8.8	8.4	7.2	11.4
80-81	7.6	11.9	12.5	14.5	18.0	29.2	25.9	16.8	11.8	9.1	7.4	7.0	14.3
81-82	6.1	9.0	11.9	14.5	17.4	29.1	21.4	16.4	11.7	9.3	6.9	6.4	13.3
Mean	7.0	8.5	9.8	13.3	17.6	22.2	23.8	17.5	11.7	8.7	7.2	6.5	12.9

表 II - 3 - 9 Chosica R-2 水位觀測所月流量記錄

Year	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Mean
1969-70	15.6	15.9	17.3	43.2	85.6	36.4	45.6	37.5	25.2	20.8	18.7	17.4	31.6
70-71	18.7	18.2	17.5	23.7	40.2	48.1	78.0	40.4	22.3	21.8	20.1	20.2	30.8
71-72	19.7	18.7	15.9	26.7	48.0	65.3	140.6	66.3	22.4	17.0	15.3	15.6	39.3
72-73	13.3	14.5	16.6	26.0	56.8	61.8	76.0	59.5	20.7	12.9	11.8	11.0	31.7
73-74	9.6	11.6	13.1	23.3	36.8	47.1	56.2	32.2	15.1	11.6	9.6	11.2	23.1
74-75	13.1	15.6	15.1	11.6	18.7	18.7	100.4	39.3	28.5	23.6	21.3	22.3	27.4
75-76	21.6	20.4	21.9	22.9	41.4	76.1	65.0	36.8	20.9	19.3	16.6	16.8	31.6
76-77	17.5	17.6	18.6	18.2	20.8	71.0	57.0	33.8	25.0	19.4	19.0	19.3	28.1
77-78	19.2	19.6	29.9	31.1	37.8	78.1	45.3	30.3	18.4	17.2	18.3	17.0	30.2
78-79	16.4	17.6	17.8	21.1	19.8	75.3	96.2	36.3	18.1	17.9	16.7	17.1	30.9
79-80	18.3	18.4	18.3	18.6	28.7	29.1	39.2	31.9	17.5	18.0	14.8	14.7	22.3
80-81	18.1	17.6	18.3	22.7	36.9	86.8	72.6	43.7	21.9	21.3	19.8	21.1	33.4
81-82	21.0	14.6	16.7	23.0	29.0	53.6	51.0	45.4	38.8	33.4	29.7	30.6	32.2
82-83	23.3	23.6	28.1	26.3	31.3	28.9	58.6	71.4	28.9	28.2	22.9	19.0	32.5
83-84	15.5	26.3	25.5	35.3	32.0	67.6	53.7	34.4	25.2	31.1	28.8	27.8	33.6
84-85	25.7	26.9	27.2	-	-	-	-	-	-	36.6	26.9	30.6	-
85-86	24.8	24.3	27.9	39.7	84.0	92.4	103.5	74.1	55.3	23.9	24.1	23.8	49.8
86-87	21.6	18.8	23.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mean	18.5	18.9	20.5	25.8	40.5	58.5	71.2	44.6	25.3	22.0	19.7	19.7	31.8

表 II - 3 - 10 Chosica R - 2 水位観測所年最大流量

Hydro- logical year	Date	Gage height (m)			Discharge (m ³ /sec)	
		/1 Hmax	/2 Hmed	/3 Hinst	/4 Qmax	/5 Qinst
1968-69	Mar. 3	1.57	1.56	1.72	81.4	113.2
69-70	Jan.16	2.13	2.06	2.17	158.0	161.0
70-71	Mar.17	1.87	1.82	1.96	139.0	138.0
71-72	Mar.11	1.38	1.35	1.56	210.0	95.6
72-73	Feb. 5	1.75	1.72	1.86	115.0	128.0
73-74	Mar. 3	1.60	1.56	1.74	79.1	115.4
74-75	Mar.24	1.70	1.66	1.82	144.0	124.0
75-76	Feb. 7	1.50	1.41	1.66	116.0	106.6
76-77	Feb.19	1.72	1.62	1.84	162.0	126.0
77-78	Feb.24	1.70	1.66	1.82	151.0	124.0
78-79	Mar. 8	1.69	1.66	1.81	144.0	123.0
79-80	Jan.27	1.44	1.31	1.61	91.5	101.1
80-81	Feb. 7	1.80	1.74	1.90	216.0	132.0
81-82	Feb. 5	1.16	1.14	1.38	72.0	76.2
82-83	Apr. 8	1.32	1.30	1.51	108.0	90.1
83-84	Feb.13	2.20	2.08	2.23	103.5	167.3
84-85	-	-	-	-	-	-
85-86	Jan.29	1.41	1.24	1.59	164.2	98.9

Remarks : /1 Maximun gage reading record on the day when mean discharge is the largest in certain year.
 /2 Mean gage height on the day when mean discharge is the largest in certain year.
 /3 Instaneous peak water level estimated from Hmax.
 /4 Annual maxmum mean daily discharge.
 /5 Instantaneous peak discharge estimated by the rating curve established in 1984.
 (Rating table No. 02909 in SENAMHI)

Source : SENAMHI

表 II -7-1 1987年3月災害記錄

Place	Date	Disaster	Damage			Note
			dead person	injur. person	broken high houses way	
Qda La Cantuta	March 2	Debris flow		(2)		Club facilities
Santa Rosa de Pallo Bajo	March 8	Slope failure		14		Downstream area of Santa Eulalia
Huachipa, Campoy, Zarate, Rimac	March 9	Inundation		245		Road: 22 Km Farm land: 80 ha College: 2
Qda Quirio Qda Pedregal Qda Corosio Qda Corrales Qda Cashahuacra	March 9	Debris flow	38	12,414	650	School: 4 Farm land: 0.5 ha Waterway for power: 2 Km
Huachipa (Santa Rosa)	March 9	Inundation		(2)		Over I./222,000,000
Total			38	12,414	913	

Note: Data from SE/CNDC

表 II-7-2 1987年3月の溪流地区における土石流量

NAME OF QDA	TYPE	CATHMENT AREA	AVERAGE SLOPE	S L O P E			DEPOSIT SECTION	DEPOSIT AREA	DEPOSIT VOLUME	DEPOSIT VOLUME PER 1 KM ²	AVERAGE DIAMETER OF DEPOSITING BOULDERS
				km ²	%	%					
Qda Quirio (R-6)	Valley	10.4	23	9-15	5-7	4.1	14,100	1,400	0.5		
Qda Pedregal (R-7)	"	10.6	25	9-14	3-11	30.0	157,200	14,800	1.0-2.0		
Qda Corosio (R-8)	Slope	0.4	76	45-60	13-26	2.3	4,400	8,800	0.5		
Qda Corrales (R-9)	"	1.4	72	22-45	12-18	5.2	21,700	15,500	0.5		
Qda Cashahacra	"	15.1	31	9-16	7-9	21.0	102,000	6,800	1.0		
Total		37.9	-	-	-	62.6	299,400	7,900	-		

表 II - 8 - 1 建物の1件当たり建設費

Item	Building Cost (Million Intis)
Residential house	
upper class	1.90
middle class	0.54
lower class	0.10
Market facility	3.60
School	2.25
Government office	3.15
Factory	9.00
Commercial building	3.60

Source: Official data from several government institutions.

表 II - 8 - 2 内部資産

Item	Value of Inventory (Million Intis)
Household effect	
upper class	0.55
middle class	0.15
lower class	0.03
Market facility*	0.16
School*	0.25
Government office*	0.35
Factory	1.80
Commercial building*	0.63

Note: Since data are not enough for estimating inventory value of buildings noted by (*), inventory value of them is calculated in such that building cost of them is multiplied with the ratio of stock value to building cost in manufacturing establishment.

表 II - 8 - 3 農業経済指標

	Tomato		Maize	
	Good harvest	Poor harvest	Good harvest	Poor harvest
Yield (ton/ha)	17	10	4	3
Price (Intis/ton)	3,000	3,000	4,000	4,000
Gross income (I/ha)	51,000	30,000	16,000	12,000
Production cost (I/ha)	20,000	20,000	4,400	4,400
Net income (I/ha)	31,000	10,000	11,600	7,600

Source: Ministry of Agriculture

表 II - 8 - 4 工業部内における地域総生産 (1987年価格レベル)

Unit: Million Intis

Lima + Callao		Junion + Pasco	
Sector		Sector	
Food	13,493.2	Textile	190.0
Drink	10,298.1	Food	329.4
Ferrous metal	1,457.1	Drink	144.1
Furniture	1,760.0	Paper	-
Chemical	17,018.9	Platic	-
Construction	11,780.0	Chemical	-
Mineral	3,300.0	Petroleum Pro.	24.7
		Hotel/ Restaurant	1,160.0

Source: Basic statistics (Ministry of Industry)
National Census of Peru (Input-Output Table)
GRDP Statistics by Department

附 圖

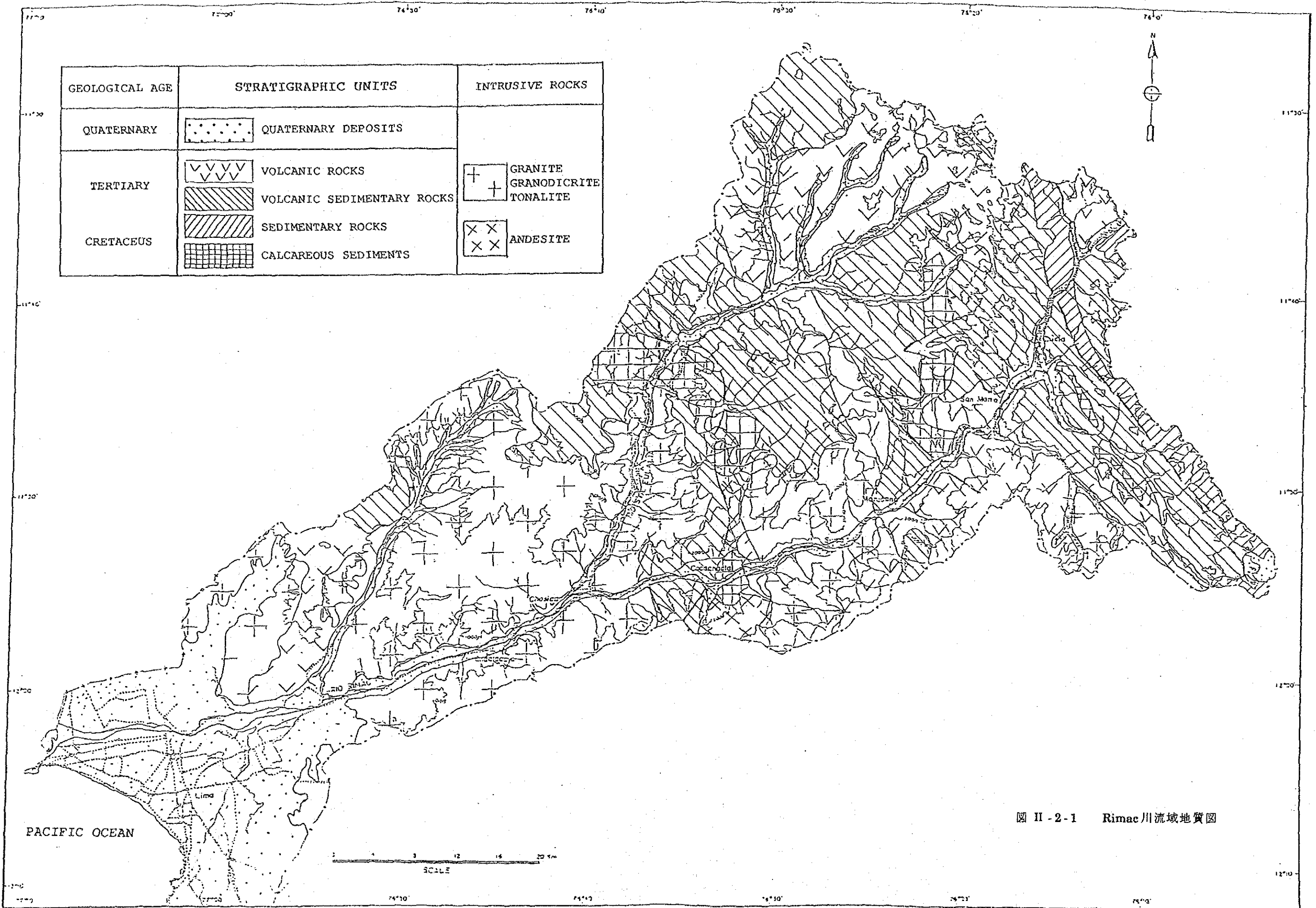
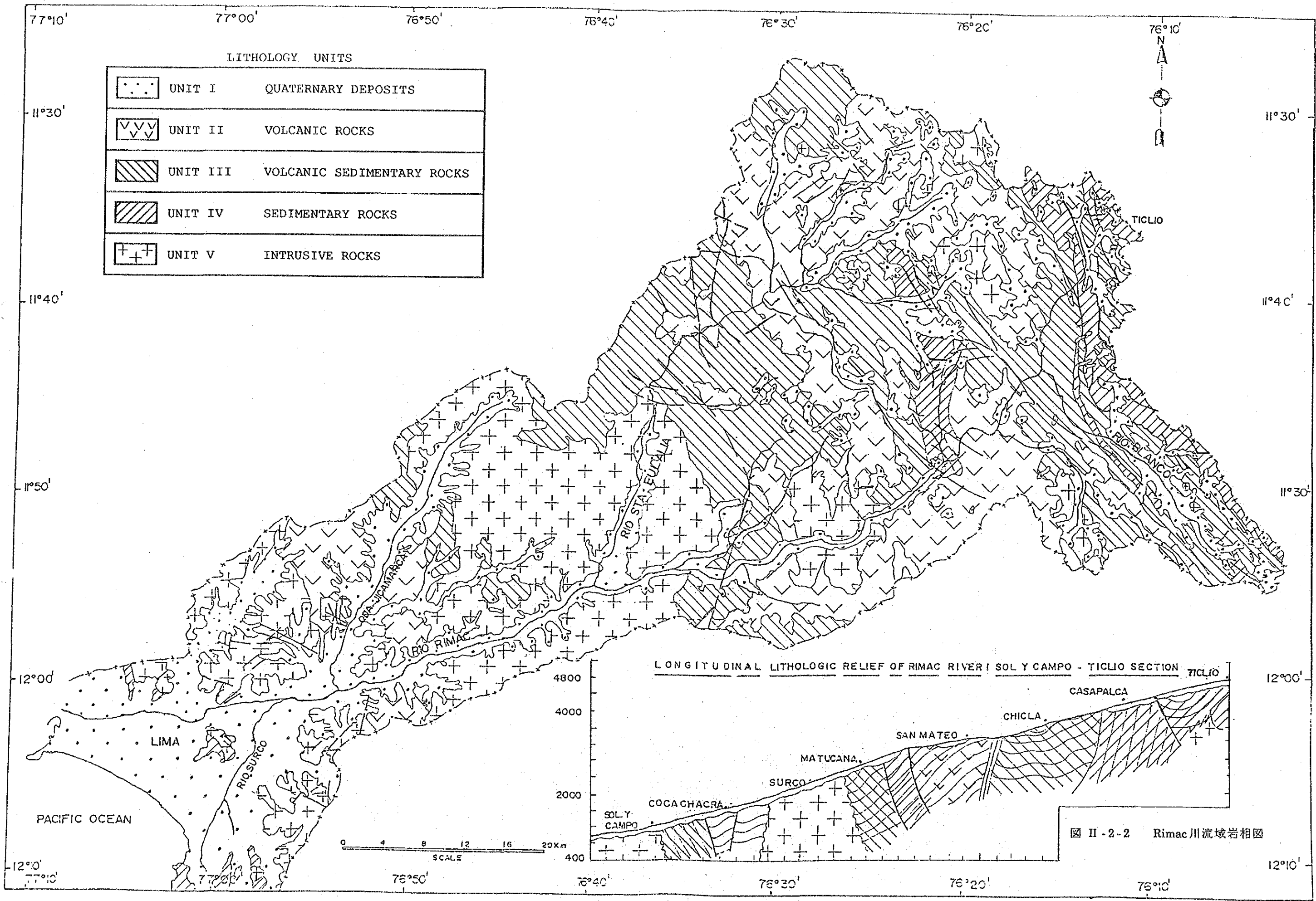
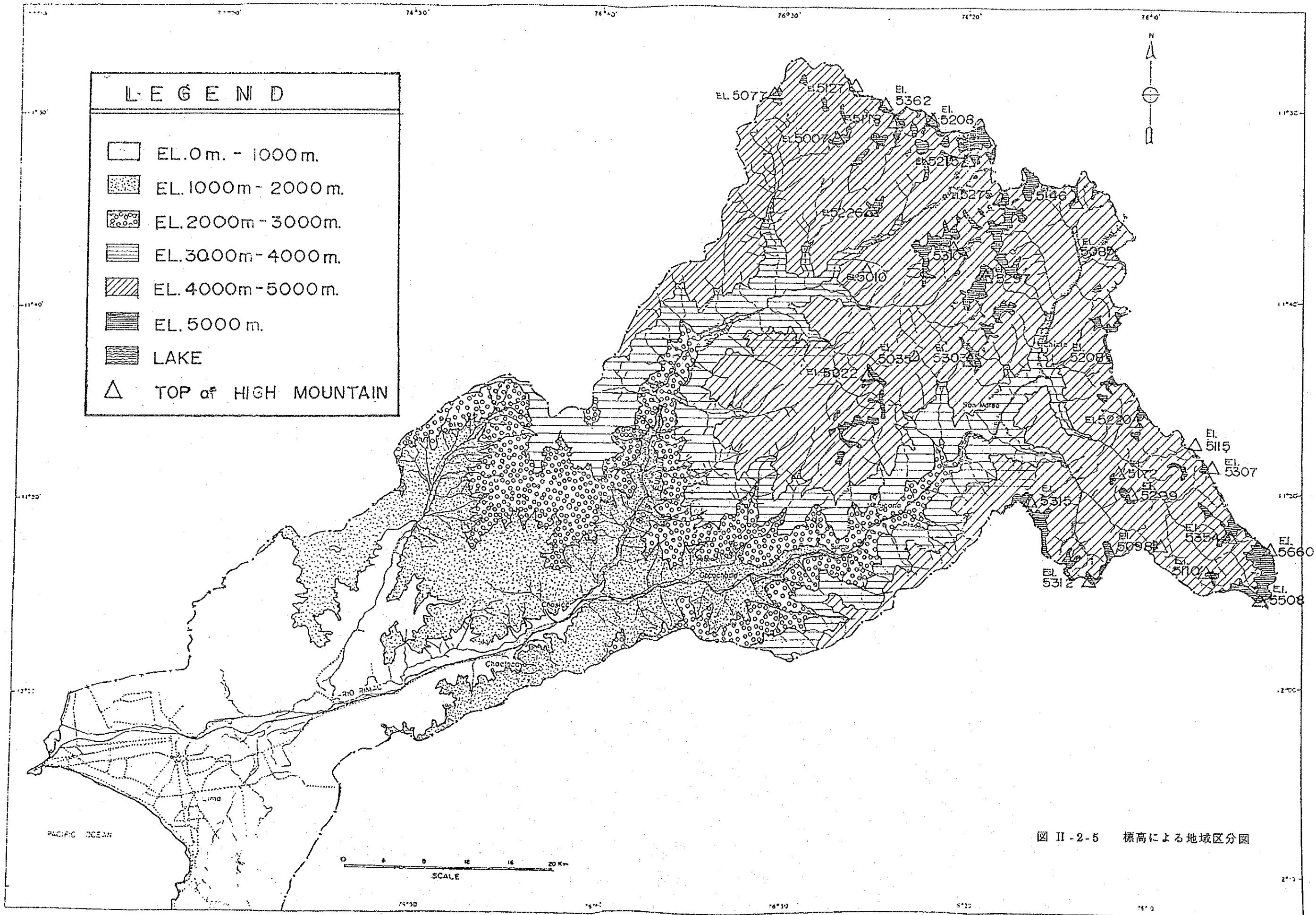


圖 II - 2 - 1 Rimac 川流域地質圖





LEGEND

	EL. 0m. - 1000m.
	EL. 1000m - 2000m.
	EL. 2000m - 3000m.
	EL. 3000m - 4000m.
	EL. 4000m - 5000m.
	EL. 5000 m.
	LAKE
	TOP of HIGH MOUNTAIN

図 II - 2 - 5 標高による地域区分図

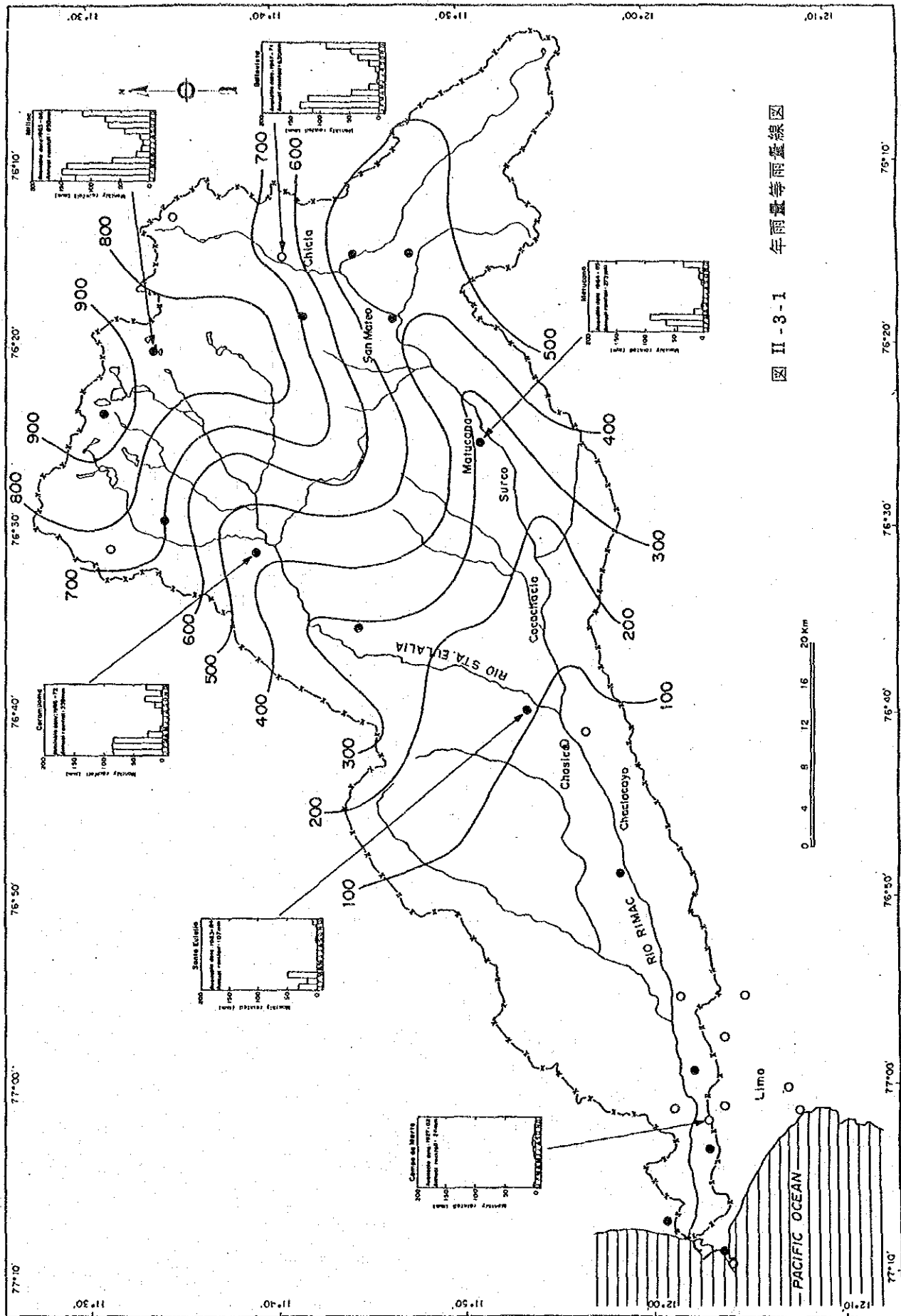


图 II-3-1 年雨量等雨线图

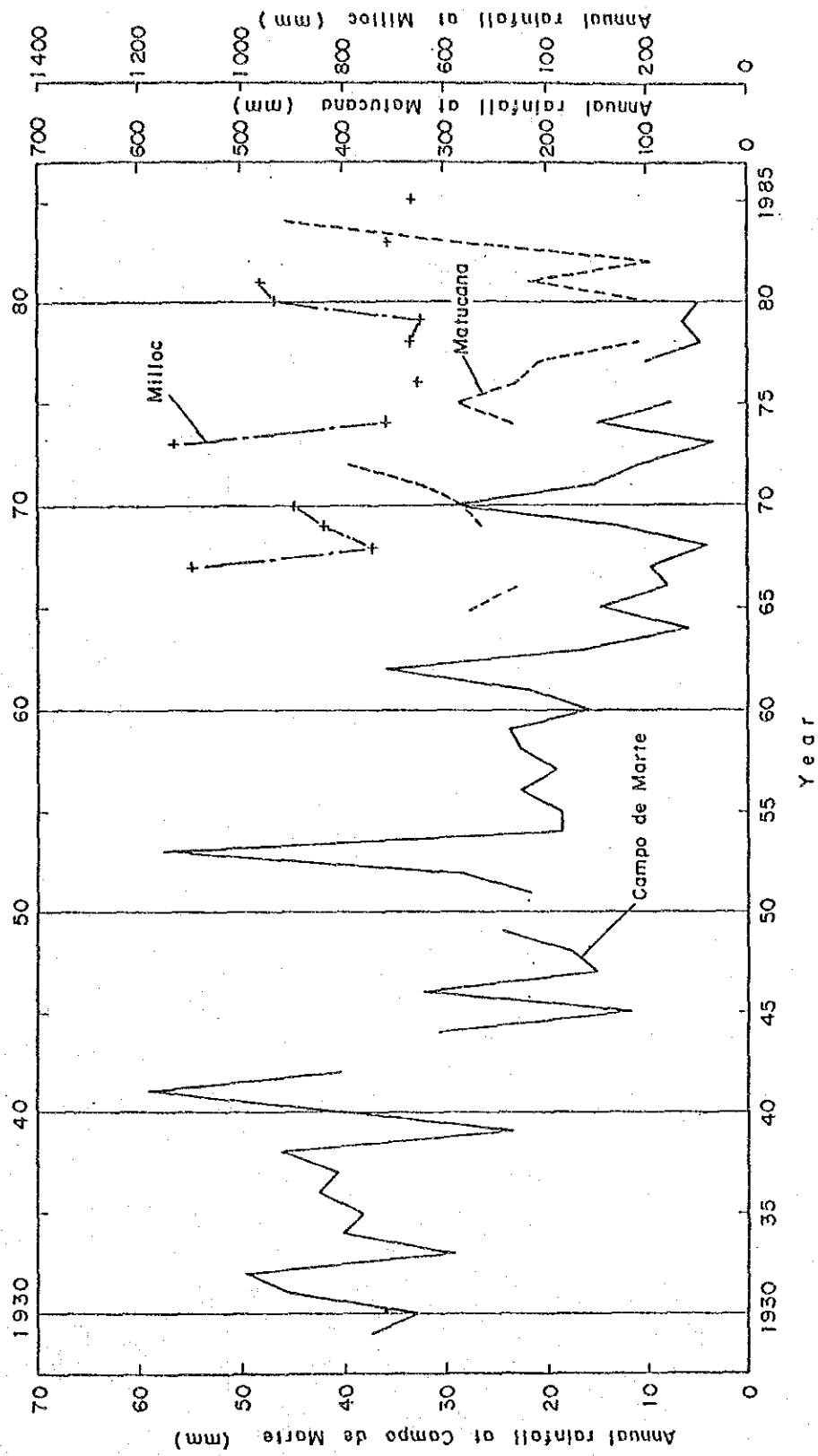


图 II - 3 - 2 Rimac川流域内年雨量の変遷

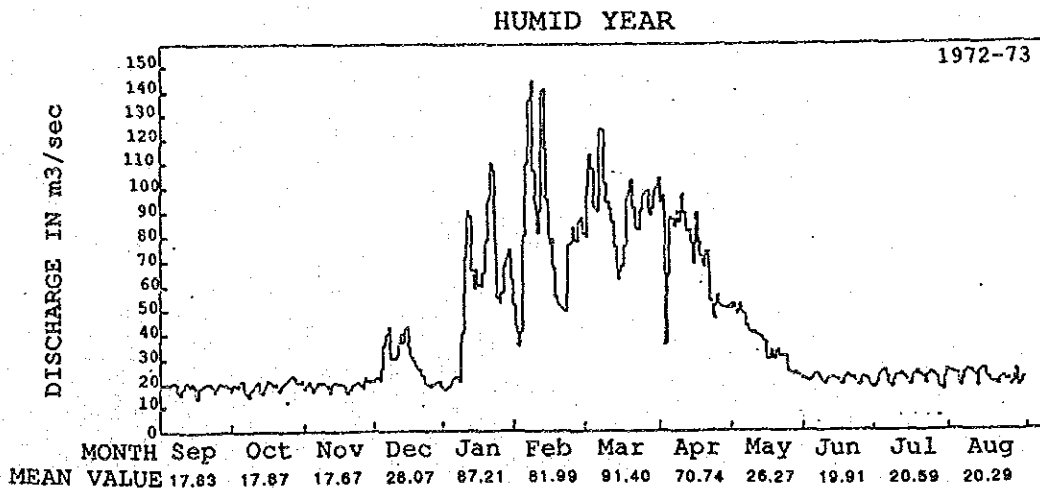
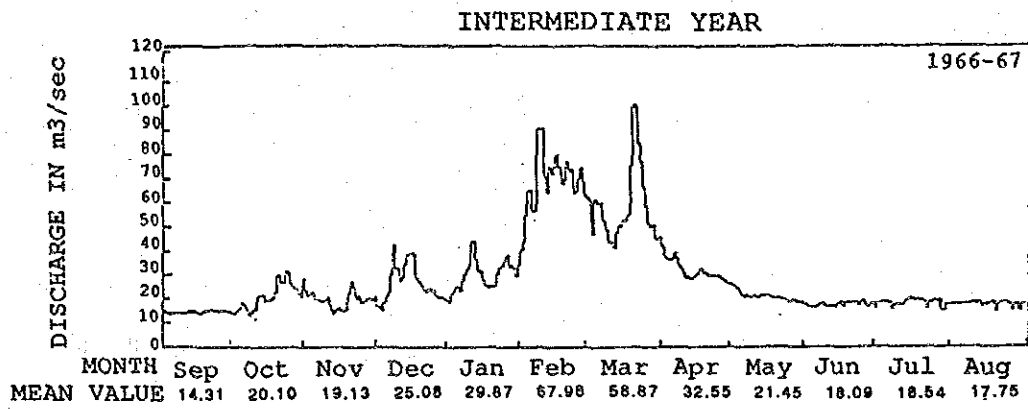
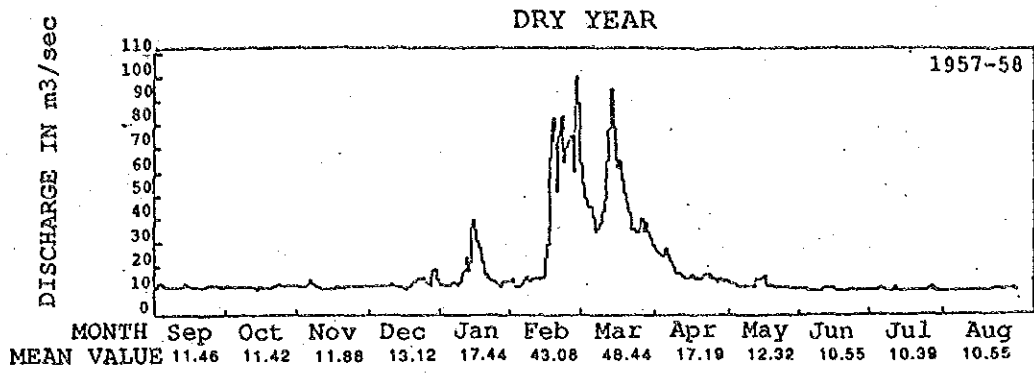


図 II - 3 - 3 Chosica 水位観測所流域ハイドログラフ

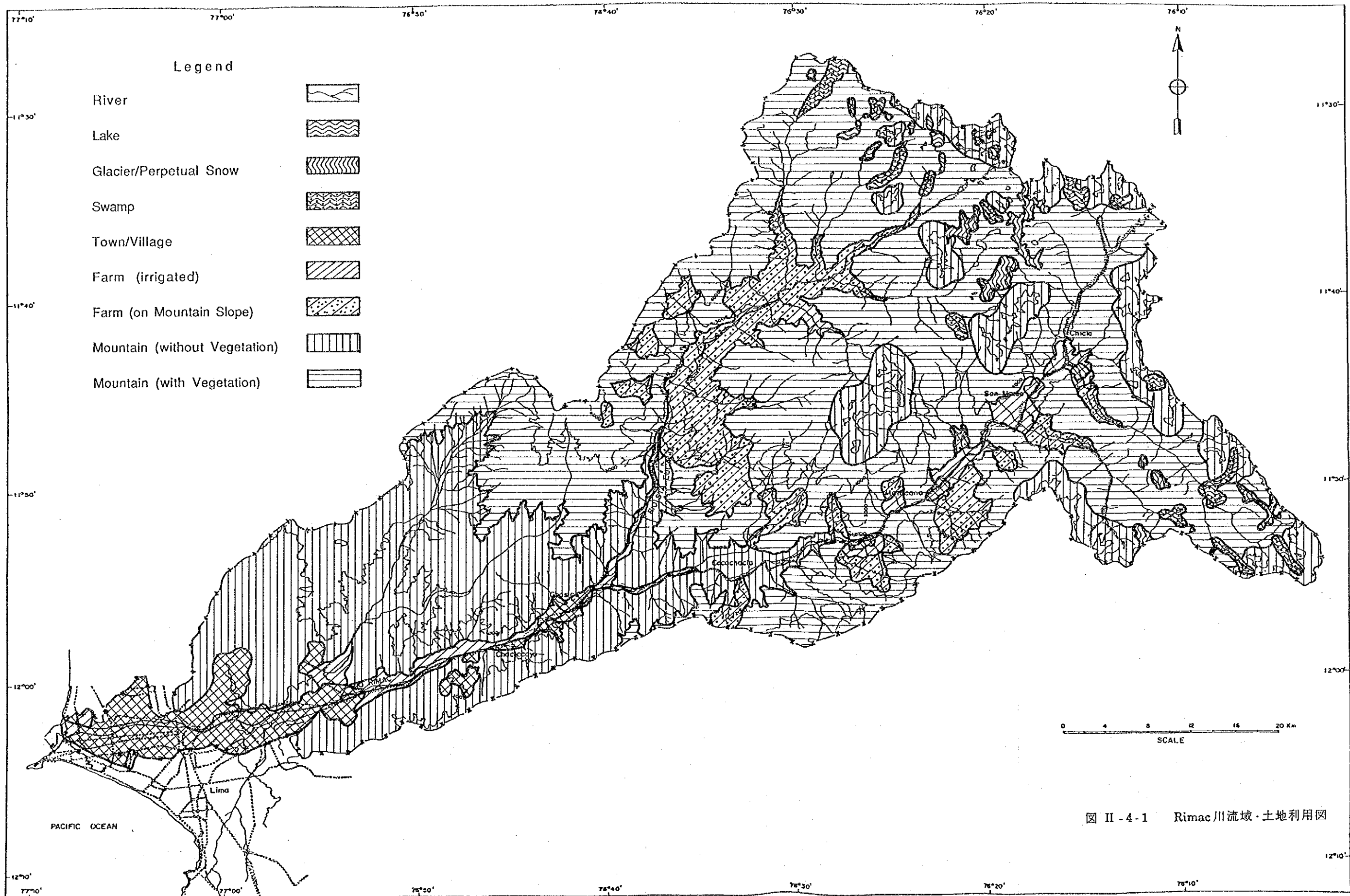


图 II - 4 - 1 Rimac 河流域·土地利用图

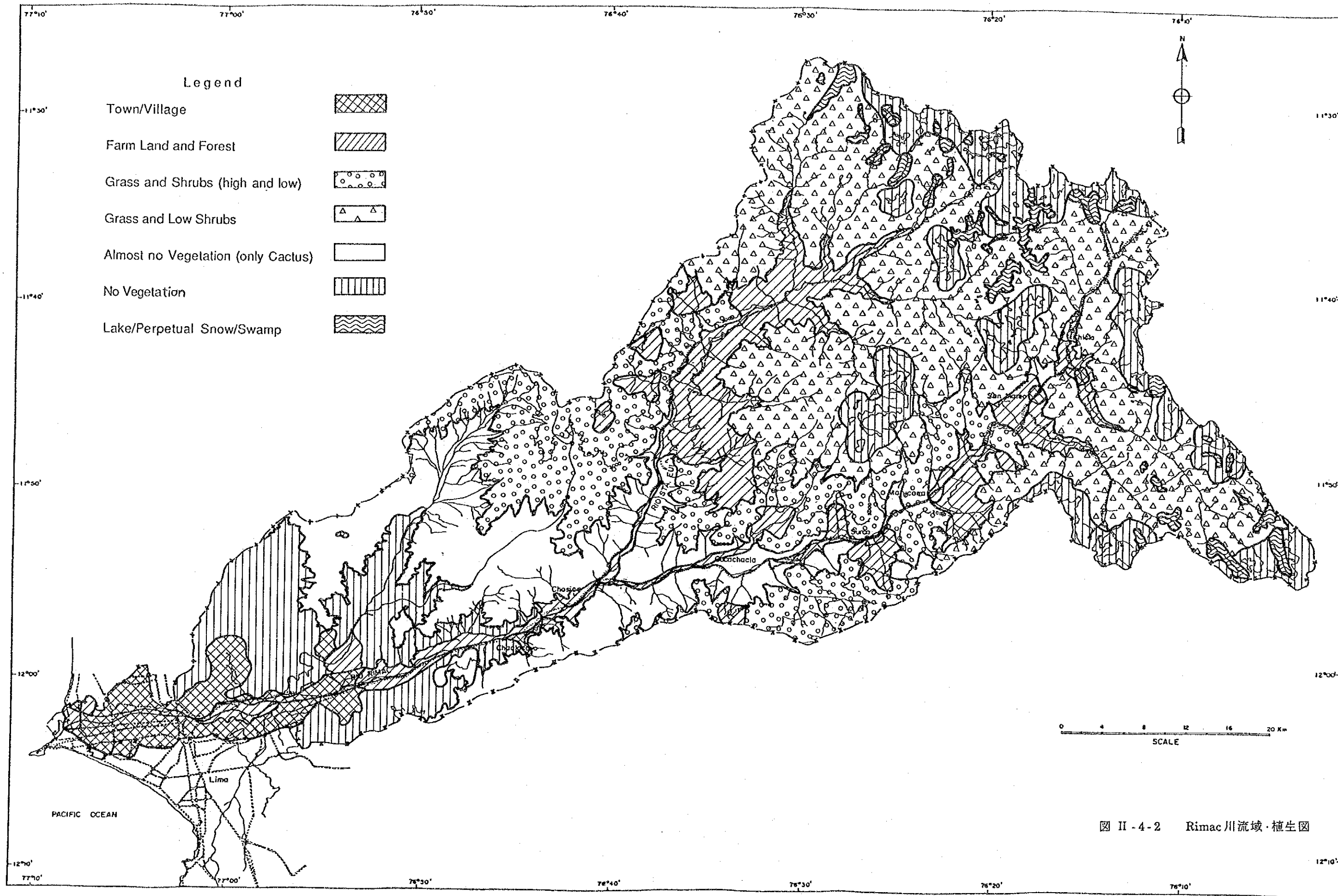


图 II - 4 - 2 Rimac 河流域·植生图

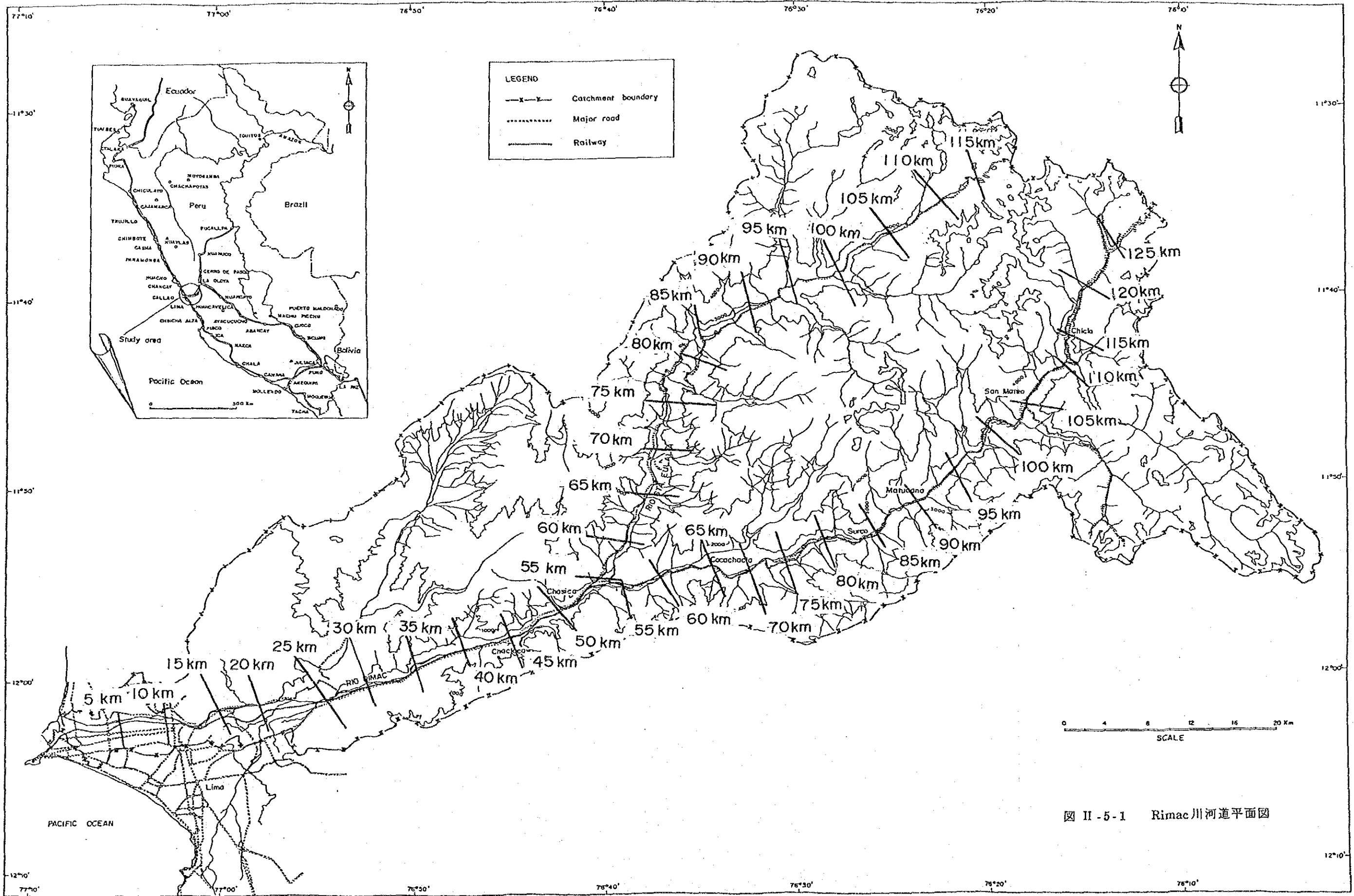


图 II - 5 - 1 Rimac 川河道平面图

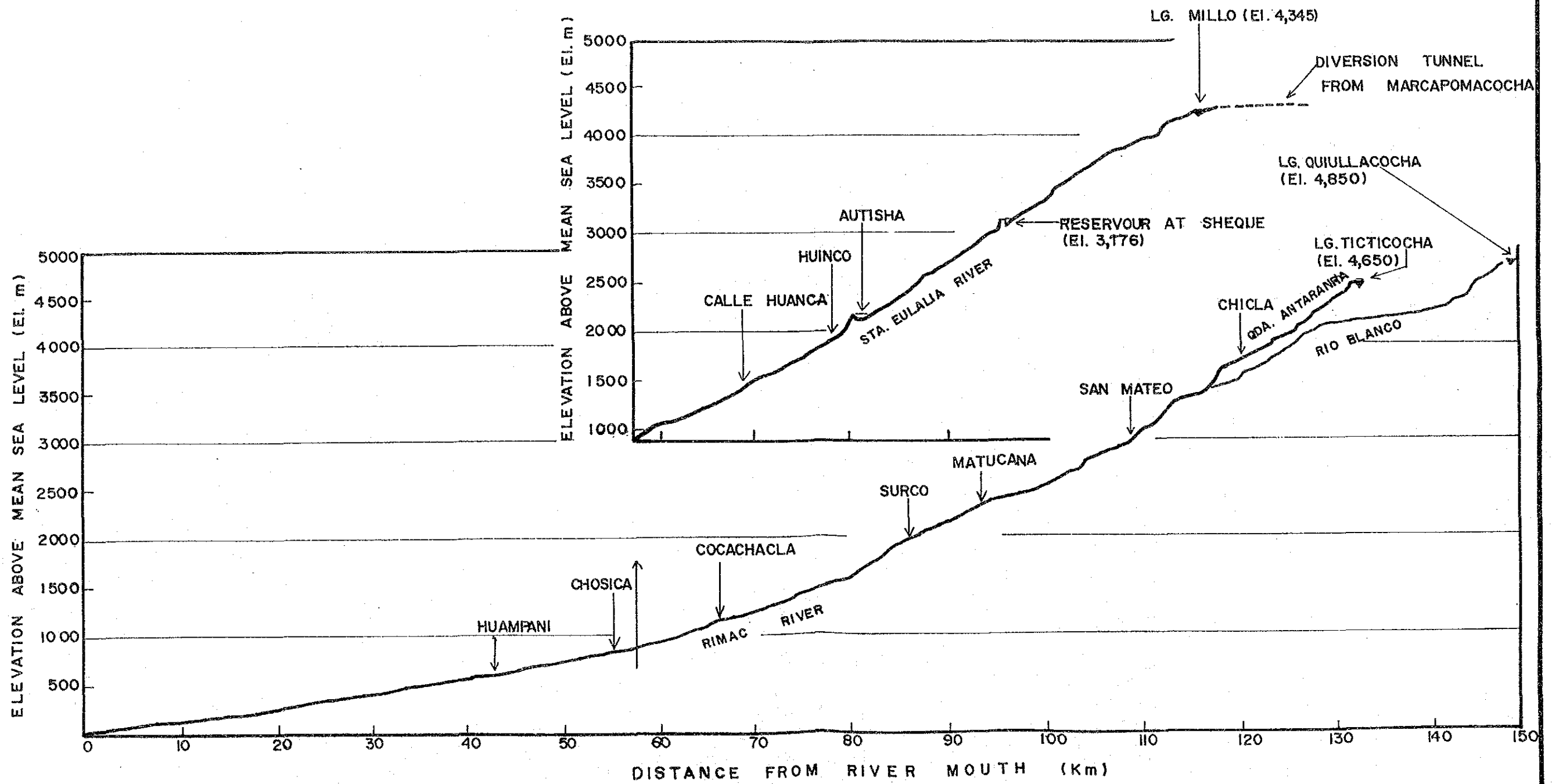


図 II - 5 - 2 Rimac川及びSanta Eulalia川河道縦断面図

圖 II - 6-1 國家防災行政組織圖 (INDC)

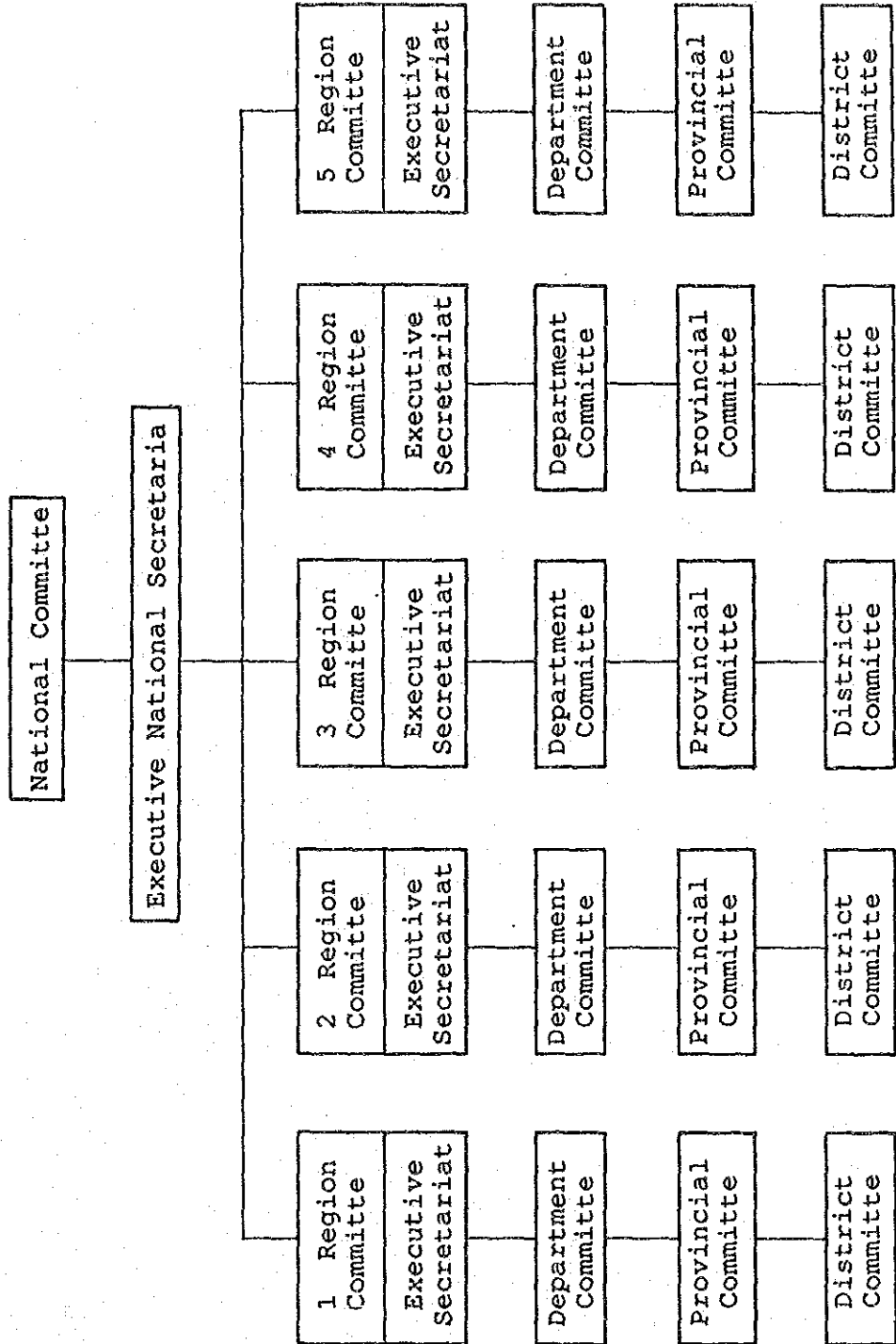
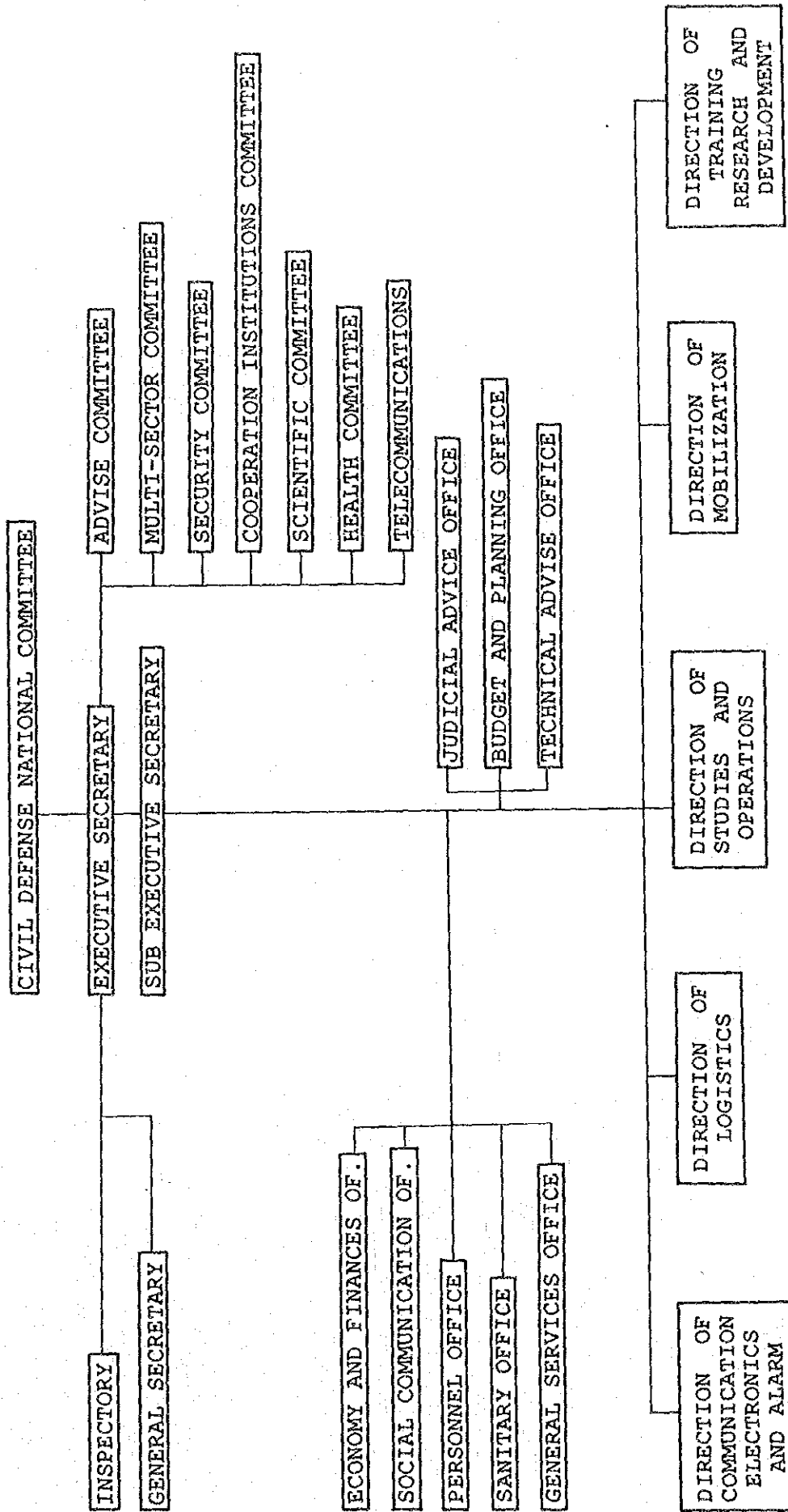


图 II - 6-2 国家防灾委员会组织图 (SE/CNDC)



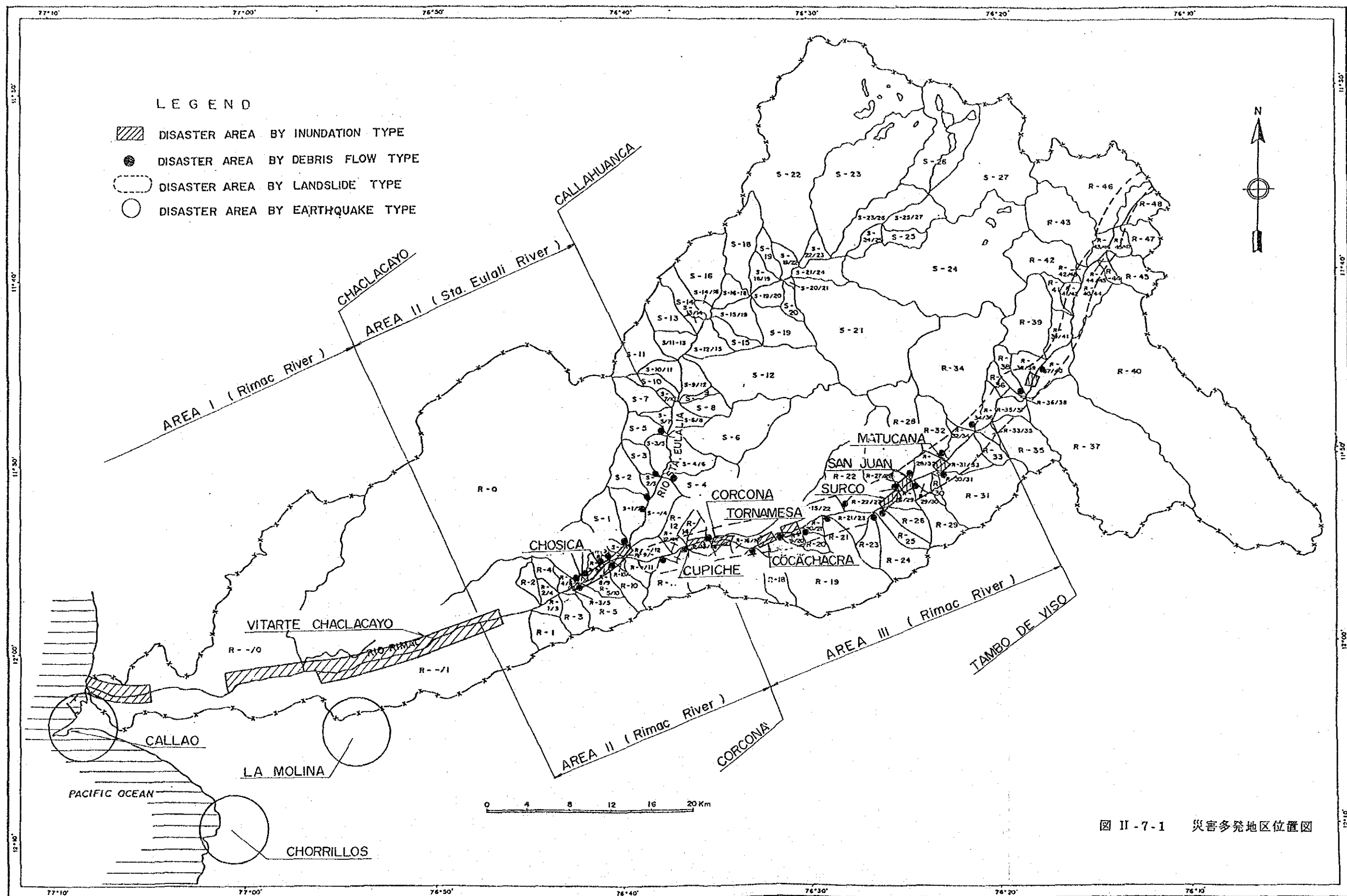


图 II-7-1 灾害多发地区位置图

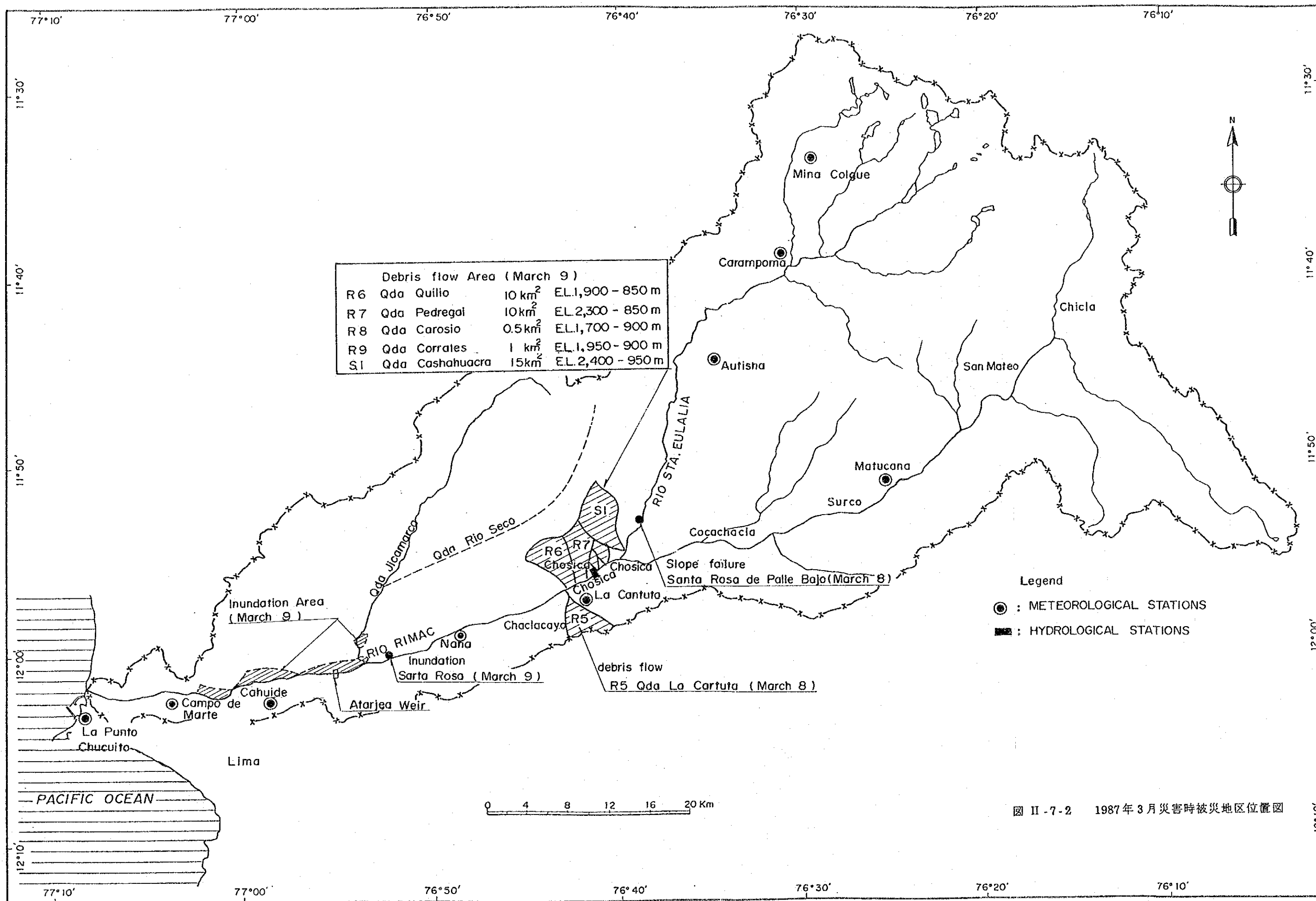


图 II - 7 - 2 1987年3月灾害时被灾地区位置图

