

エクアドル共和国  
国立養殖・海洋研究センター計画  
基本設計調査報告書

昭和63年9月

国際協力事業団

無計二

88-123



18453

JICA LIBRARY



1071346L93



エクアドル共和国  
国立養殖・海洋研究センター計画  
基本設計調査報告書

昭和63年9月

国際協力事業団

国際協力事業団

18463

## 序 文

日本国政府は、エクアドル共和国政府の要請に基づき、同国の国立養殖・海洋研究センター計画にかかる基本設計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した。

当事業団は、昭和63年5月28日より6月17日まで、(財)海外漁業協力財団水産専門員 白旗総一郎氏を団長とする基本設計調査団を現地に派遣した。

調査団は、エクアドル国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクトサイト調査及び資料収集等を実施し、帰国後の国内作業、ドラフト・ファイナル・レポートの現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

本報告書が、本プロジェクトの推進に寄与するとともに、エクアドル共和国の養殖・海洋研究開発の振興に成果をもたらし、ひいては両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

終りに、本件調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

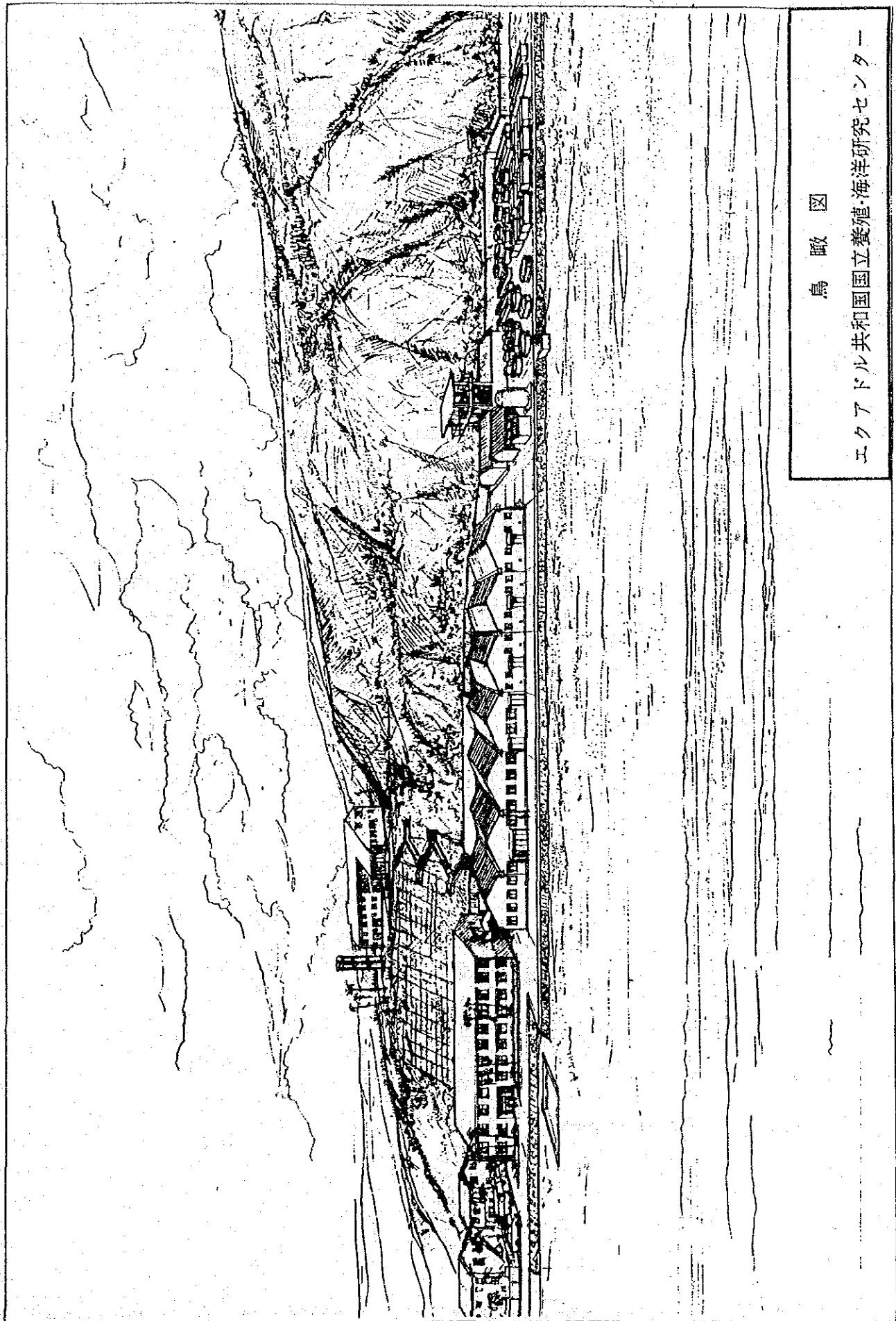
昭和63年9月

国際協力事業団

総裁 柳 谷 謙 介





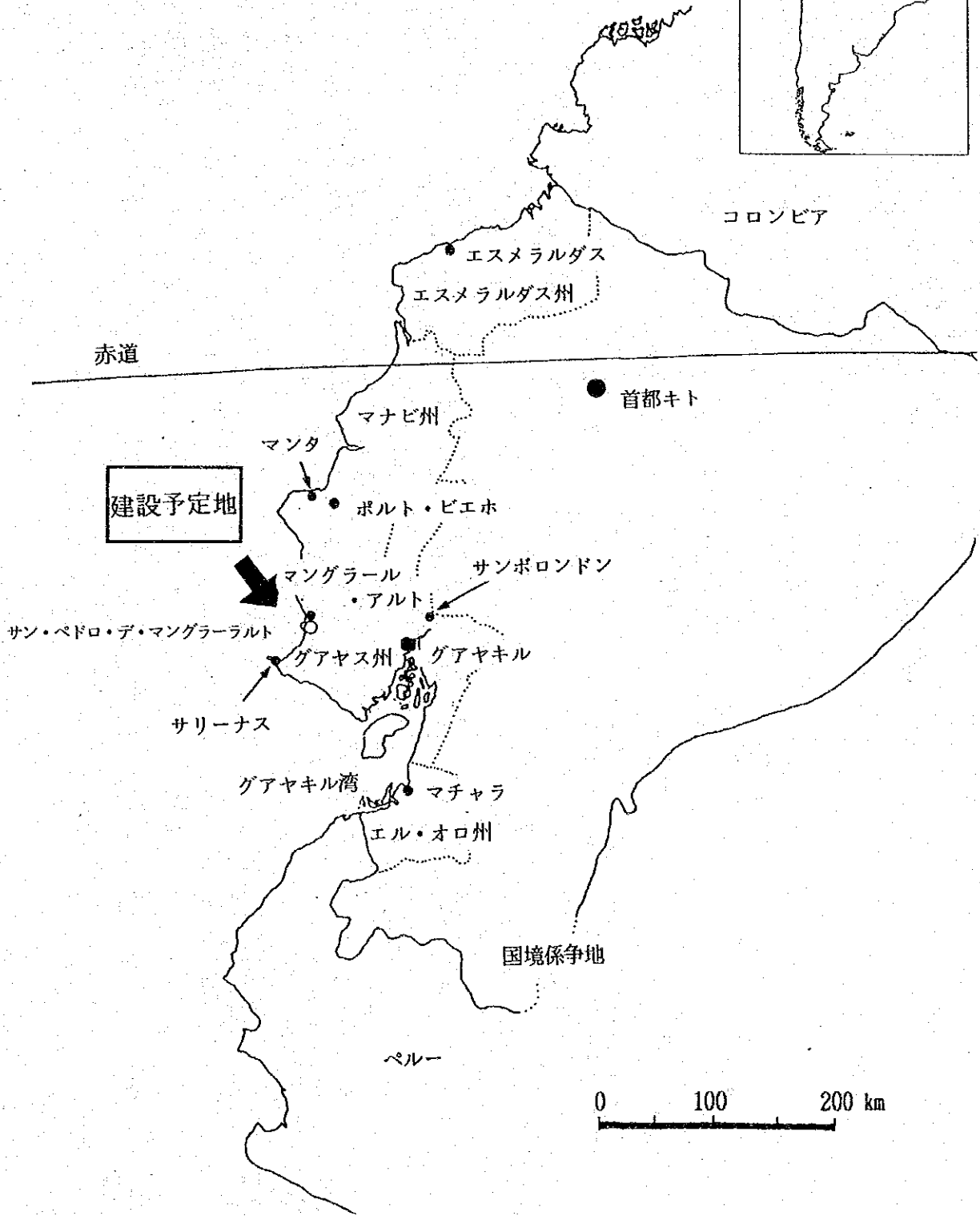


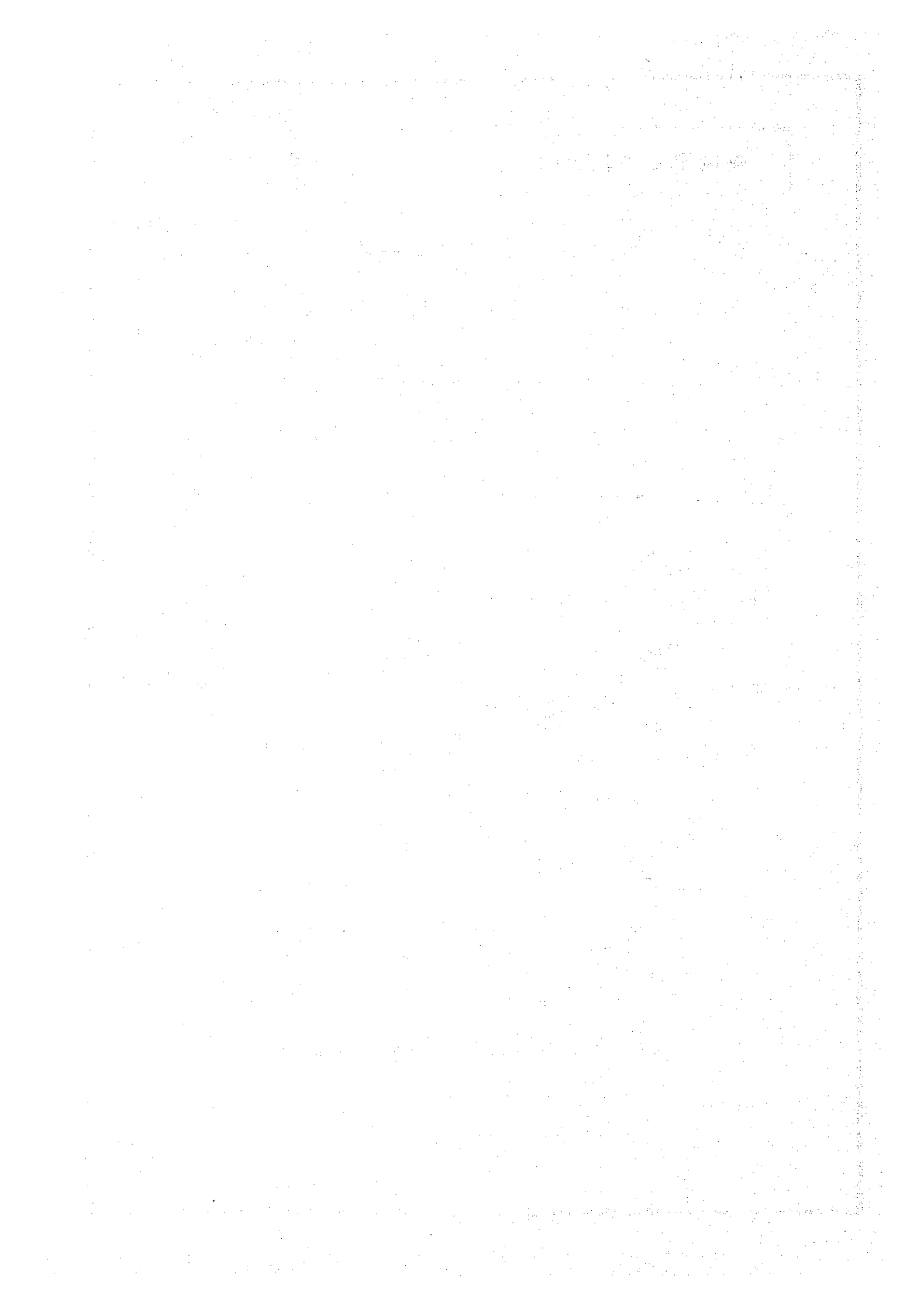
鳥瞰図

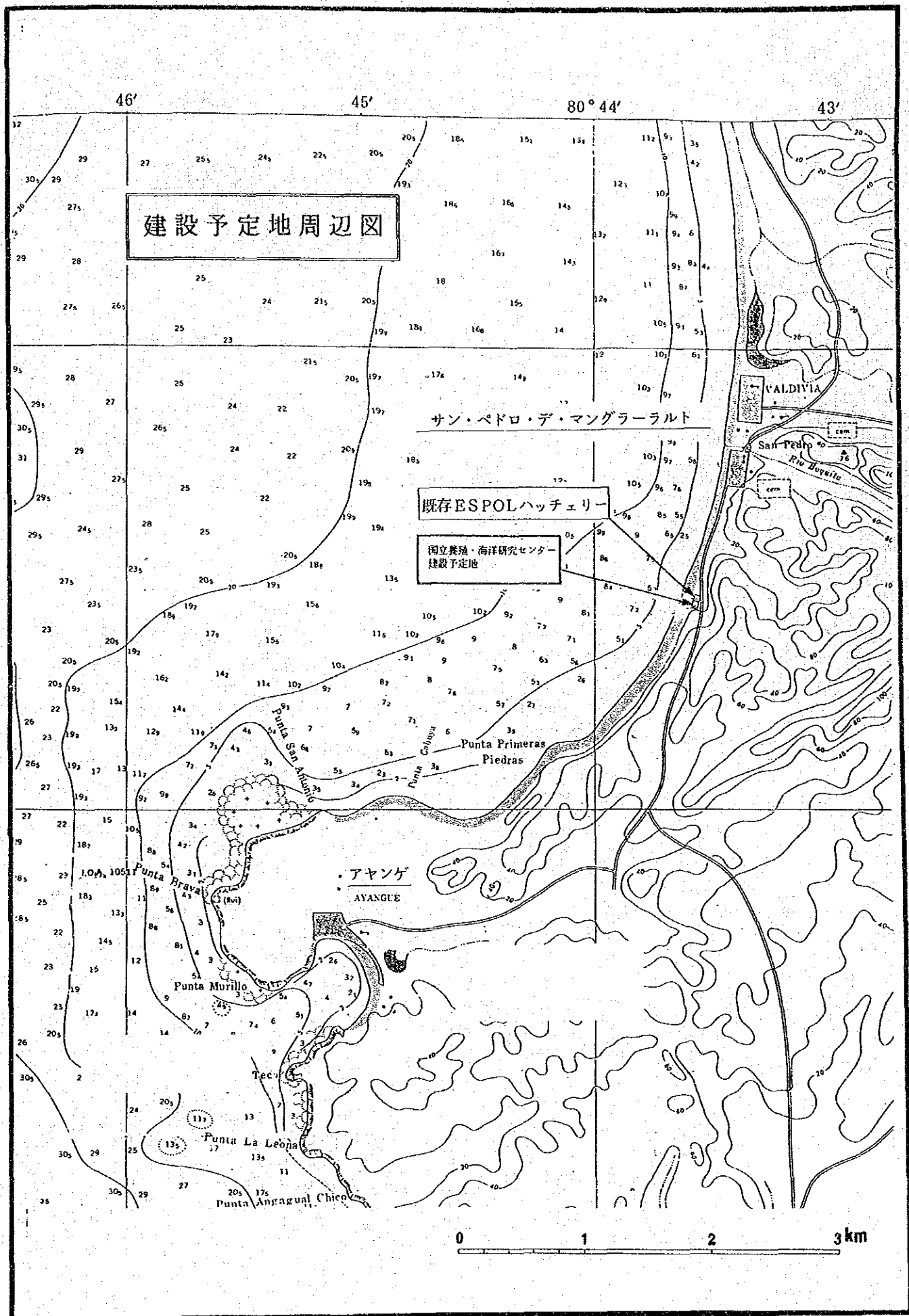
エクスドル国立養殖海洋研究センター



建設予定地位置図







建設予定地周辺図

サン・ペドロ・デ・マングラール

既存ESPOLハッチェリー

独立養殖・海洋研究センター  
建設予定地

アヤンゲ  
AYANGLE

0 1 2 3 km



# 要 約





## 要 約

エクアドル共和国は南米大陸の太平洋側赤道直下に位置し、北はコロンビア、南はペルーに接している。国土の中央を南北にアンデス山脈が走り、地勢的には中央部の山岳地帯(標高2,500～3,000m)、西部の海岸地帯、そして東部のアマゾン熱帯雨林地帯の3つに大別される。

同国は赤道直下に位置しているにもかかわらず、多様な地勢とフンボルト海流(寒流)およびその沖合を流れる中米海流(暖流)の影響により様々な気候条件を有している。海岸地帯の気候は亜熱帯性で、月平均気温は周年24～26℃と変動幅は小さい。南西地域の年間降雨量は300mm前後と少なく、1～5月の雨期に集中する。

1982年の人口センサスによると、総人口は約806万人である。都市部の人口集中傾向が著しく、特に首都キト市および同国最大の貿易港であるグアヤキル市にはそれぞれ、84万人、120万人が居住し、この両市で総人口の25%を占めている。

同国はバナナ、カカオ、コーヒー等の熱帯農産物を主とする農業国であったが、1960年代末にアマゾン地方で発見された原油の輸出が軌道に乗り、1970年代には目覚ましい経済成長を達成した。1980年代に至り、長期にわたる原油国際価格の低迷により歳入が減少し、加うるに大地震により石油パイプラインが破壊されたため、原油生産が激減し経済活動は落ち込んでいる。

1986年の一人当たりGDPは135,048スクレであり、当時のレート、1US\$=150スクレで換算すると約900US\$の水準にある。1986年の輸出金額の内訳では、石油(983百万US\$)に次いで水産物が第2位(388百万US\$)となっており、輸出向け水産物の70%以上を占めるエビに関連する産業は同国における重要な外貨獲得部門になっている。

現行の国家開発計画(1984～1988)では1980年代前半における危機的状況の経済立て直しを行うため、各産業での生産振興が図られ、1987年時点で多くの分野で生産目標に達し、最大の基幹産業である石油生産が低迷しているものの、同国の経済は回復途上にある。現在次期国家開発計画は作成途上にあるが、養殖業は同開発計画において石油に次ぐ外貨獲得産業であり、一層の振興策がとられるものと考えられる。

エクアドル沿岸は暖流と寒流の合流地域に面し、豊富な水産資源を有している。しかしながら、同国の漁場は十分開発されているとは言いがたく、かつ年々の漁獲高も不安定な状態にある。

一方、1968年頃からエルオロ地方で始められたエビ養殖は、1970年代後半から徐々に沿岸各州に広まった。1980年代には急速に発展し、1987年には3億US\$強の輸出額に達し、エクアドル経済の基幹産業にまで成長している。しかしながら、エビ養殖の急速な発展に伴い、種苗不足、病気の多発などの弊害も出始めている。エクアドルにおける養殖業は、エビ養殖そのものの問題点だけでなく、エビ養殖に集中化したために魚類や貝類の養殖技術の立ち遅れも招いている。

このような現状を踏まえ、同国政府は養殖および養殖関連産業の振興を重要な国家政策のひとつに位置づけ、1982年より国立沿岸技術院 (Escuela Superior Politécnica del Litoral; 以下ESPOL と称す) にてエビ種苗生産研究を中心としたパイロットプロジェクトに着手し、種苗生産および養殖技術開発と普及活動をおこなってきた。エクアドル共和国政府は、このパイロットプロジェクトで得られた経験、知識を生かして養殖技術の開発研究内容の充実を図るため、国立養殖・海洋研究センター建設計画 (以下「本計画」と称す) を作成し、本計画の実施に必要な施設・機材の無償資金協力を我が国に要請した。我が国はこれに応え、1988年2月事前調査団を現地に派遣し、要請の背景、目的、内容等を把握し、本計画実施のための協力の必要性を確認した。また、事前調査の結果に基づき、本計画に関する基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団を通じて基本設計調査団を1988年5月28日から6月17日まで同国に派遣した。

現地調査では、養殖・種苗生産活動を中心とする水産業の現状、関連開発プロジェクトおよび本計画の実施機関であるESPOLの組織・運営体制等の計画の背景を把握するとともに、自然条件調査、周辺インフラの整備状況等の調査を行った。帰国後、本計画の目的および計画内容について検討したうえで、基本計画、建設計画を作成し報告書にとりまとめた。

本計画の目的は国立養殖・海洋研究センター (以下「本センター」と称す) の設立により、養殖対象種に関する実用的な研究を実施するとともに、その成果を関連分野に技術移転し産業の発展に資することにある。計画地はグワヤス州サンペトロ・デ・マンガラーラに位置し、ESPOL 既存エビふ化場に隣接している。

本センターではエビおよび有用魚種と考えられる貝類、魚類を対象に、①養殖技術に関する基礎・応用研究、②養殖技術の普及に関する研修活動、③魚介類の研究・生産に関する活動を行う。

現地調査の結果を検討し、自然条件、建築事情、維持管理体制等を充分考慮したうえで、本センターの活動計画に対し十分な機能を発揮しうるよう、各施設・機材について基本設計を行った。

施設・機材の内容は以下の通りである。

a) 主研究棟

管 理 部 門； 所長室、技術顧問室、秘書室、管理事務室、倉庫

基 礎 研 究 部 門； 飼育実験室（A、B）、微生物学・病理学研究室、栄養化学研究室、顕微鏡分析室、生理・遺伝学研究室、環境分析研究室、研究員室、倉庫

技 術 研 修 部 門； 図書資料室、研修実験室、研修用飼育実験室、教室、倉庫、講堂、控室

その他； 便所、廊下、玄関（展示ホール）、階段室、湯沸室、屋外階段

b) 実験棟

応 用 研 究 部 門； 魚類養殖研究室、研究員室、顕微鏡分析室、動物プランクトン研究室、植物プランクトン研究室、貝類養殖研究室、ウェットラボ、エビ類養殖研究室、餌料生物大量培養室、エビ産卵実験室、エビ成熟実験室、無菌室

その他； 便所、廊下、倉庫

c) 宿 舎

； 研修生用寢室、ESPOL研究員用寢室、招待研究者用寢室、厨房、食堂、談話室、便所・シャワー室、エントランスホール・廊下、階段室、倉庫

d) 屋外水槽エリア

； 魚類飼育水槽、エビ飼育水槽、貝類飼育水槽、クロレラ培養槽、アルテミアふ化槽、屋外循環水槽、研修生用実験水槽

e) 機械棟

； 受変電・発電機械室、空気ブロー室、ボイラー室、飼料製造プラント、倉庫・作業室

f) 海水取水・貯水・排水施設

； 海水直接取水施設、砂ろ過施設、海水間接取水施設、海水貯水槽、揚水ポンプ室、海水排水浄化槽

g) 淡水取水・貯水施設； 淡水貯水槽、淡水高架水槽

h) 構内道路、外階段および駐車場

i) 実験・研究用機材； 分析用機材、光学機材、種苗生産実験用機材、フィールド調査用機材、汎用実験機材、備品

j) 研修用機材； 研修、セミナー用視聴覚機材、学生実習用機材

k) 研修・研究用補助機材

l) 機材工具

m) 車輛、ボート

本計画に必要な事業費は約14億円（日本側負担分；約 13.86億円、エクアドル側負担分、約13,285千円）と見込まれる。

本計画の実施スケジュールについては、施工箇所が海崖部と海岸部および海上の3ヵ所に分散し、建築工事と海上土木工事を狭い敷地内で同時に実施することが必要である。工期については、次表の如く2期に分け施工する予定である。

	工 事 内 容
第 1 期	海岸部の実験棟、屋外水槽エリア、機械棟の建築工事および間接取水施設
第 2 期	海崖上部の宿舍、海岸部の主研究棟の建築工事、海上部の土木工事および直接取水施設

本施設の運営機関はESPOLであり、本計画に必要な職員は主に同大学の海洋工学部を中心に要員確保される予定である。

本施設の運営に必要な予算は年間、約82百万スクレ（約 2,500万円）と推定される。一方、本施設の運営に伴い民間部門への研修、技術指導による収入が見込まれる他 ESPOL既存ふ化場でのエビ種苗販売額の30%が本施設の運営に充てられることになっている。これらの収入合計は約43百万スクレ（約 1,300万円）と見込まれ、残りの約38百万スクレ（約 1,200万円）は政府からの補助金が充当される。

ESPOL 既存ふ化場の運営実績および養殖重視の国家政策からみて、この運営費の確保の実現性は高いと判断される。

本計画の実施により、養殖生産拡大上必須条件となっている諸問題（種苗安定供給、魚病対策、安価な飼料供給等）に対し、基礎的研究および応用的研究を通じて有効な技術が開発されるとともに、これら最新技術は技術研修、指導等を通じ民間業者へ普及される。

このように、本計画による養殖研究施設、研究用資機材等の整備は同国の基幹産業であるエビ養殖業の質的向上および安定生産に大きく貢献し、また、他魚種の養殖開発パイロット事業としての役割を果たすことが十分期待され、日本国政府が無償資金協力を行う意義は大きいと判断される。

## 目 次

序 文	
要 約	
第1章 緒 論	1
第2章 計画の背景	3
2.1 エクアドル共和国の概要	3
2.1.1 国土・人口	3
2.1.2 国家経済	3
2.1.3 国家開発計画	4
2.2 水産業の概要	5
2.2.1 水産一般事情	5
2.2.2 養殖・種苗生産活動の概要	7
2.2.3 水産関連行政	9
2.3 国立沿岸技術院 (ESPOL)概要	10
2.3.1 組織、運営体制	10
2.3.2 既存養殖関連プロジェクト	10
2.3.3 将来計画	12
2.4 要請の経緯と内容	14
2.4.1 要請の経緯	14
2.4.2 要請の内容	14
第3章 計画地の概況	17
3.1 計画地の現況	17
3.2 社会経済状況	17
3.3 自然条件	18
3.3.1 自然概況	18
3.3.2 地形・地質	18
3.3.3 潮位・潮流計測	28
3.3.4 水 質	30
3.3.5 波 浪	31
3.4 社会基盤の状況	34
3.5 一般建設事情	35
第4章 計画の内容	37
4.1 計画の目的	37

4.2	要請内容の検討	37
4.2.1	計画内容の検討	37
4.2.2	要請施設、機材の検討	38
4.3	計画の内容	40
4.3.1	実施機関と運営体制	40
4.3.2	センターの活動内容	40
4.3.3	施設の概要	46
第5章	基本設計	51
5.1	基本設計方針	51
5.2	基本設計条件の検討	51
5.2.1	施設の設計条件	51
5.2.2	機材の設計条件	53
5.3	施設の基本計画	53
5.3.1	配置計画	53
5.3.2	建築・土木計画	54
5.3.3	構造計画	56
5.3.4	取水施設計画	57
5.3.5	設備計画	59
5.3.6	材料工法計画	64
5.3.7	基本設計図	66
5.4	機材の基本計画	75
5.4.1	機材計画	75
5.4.2	機材リスト	75
5.5	技術協力	81
第6章	事業実施計画	83
6.1	事業実施体制	83
6.2	工事負担区分	83
6.3	施工計画	84
6.3.1	施工方針	84
6.3.2	施工上の留意事項	84
6.3.3	施工、監理計画	84
6.3.4	資機材調達計画	85
6.4	実施スケジュール	85
6.5	概算事業費	86

第7章	管理運営計画	87
7.1	管理運営体制	87
7.2	管理運営計画	88
7.3	管理運営費	89
第8章	事業評価	91
8.1	事業実施の効果	91
8.2	事業実施の妥当性	91
第9章	結論と提言	93
9.1	結論	93
9.2	提言	93

付属資料

付属資料 1	95
1.1 調査団の構成	95
1.2 現地調査日程	96
1.3 面会者リスト	99
1.4 協議議事録	103
1.5 収集資料リスト	117
付属資料 2	121
付表 1 社会経済指標 (1981~1986)	121
付表 2 魚種別年間漁獲量 (1981~1986)	122
付表 3 エクアドルの漁船隻数 (1981~1986)	122
付表 4 エクアドルの水産物輸出 (1980~1987)	123
付表 5 ESPOL の一般予算 (1983~1987)	123
付表 6 土の工学的分類体系	124
付表 7 潮位読取值と分潮	125
付表 8 ESPOL の既往の水質調査結果	127
付図 1 エクアドル水産行政機構組織図	128
付図 2 ESPOL の研究部門の組織図	129
付図 3 深浅測量図	130
付図 4 等深線図	131
付図 5 地形・地質調査範囲および調査地点	132
付図 6 地質想定断面図	133
付図 7 三軸圧縮試験結果	134
付図 8 沿岸部の潮流速および流向実測図	136
付属資料 3	137
パイロットスケールでの目標種苗生産量 および飼育水槽の規模	
付属資料 4	141
主要飼育水槽の必要数	
付属資料 5	149
管理運営費算定根拠	
付属資料 6	155
収入算定内訳	



# 第1章 緒論



## 第1章 緒 論

エクアドル共和国は広大な沿岸低地を利用した養殖業が近年飛躍的に発展し、世界でも有数のエビ養殖生産・輸出国となっている。同国政府は養殖および養殖関連産業の振興を重要な国家政策のひとつとして、国立沿岸技術院 (Escuela Superior Politécnica del Litoral : ESPOL) にて、エビ種苗生産のパイロットプロジェクトに着手し、種苗生産および養殖技術開発と普及活動を行ってきた。

これらの成果を踏まえ、同国政府はエビのみでなく、貝類、魚類をも対象とする総合的な養殖研究を進めるとともに、学生の指導および民間部門に対する研修を計るため、「国立養殖・海洋研究センター計画」を策定し、計画実施において必要な施設・機材の整備について我が国に無償資金協力を要請した。

この要請に基づき、日本国政府は本計画の意義および妥当性の検討、最適計画案の作成のため、基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団は勸海外漁業協力財団水産専門員 白旗総一郎氏を団長とする基本設計調査団を1988年5月28日から同年6月17日まで同国に派遣した。本調査では、要請の背景と計画の目的について確認するとともに、日本国の無償資金協力の制度・実施体制等につきエクアドル側関係者に説明し、両国政府の責任範囲を確認した。また、建設予定地の適正および周辺インフラの整備状況、同国における養殖・種苗生産活動、建設事情等の調査を行い、本計画の意義および妥当性について検討したうえで本計画の基本設計を作成した。

また、国際協力事業団は基本設計調査報告書の内容を最終的に協議し、確認するために、1988年8月11日より8月20日まで、勸海外漁業協力財団水産専門員 白旗総一郎氏を団長とするドラフト・レポート説明調査団を現地に派遣した。

本報告書は、以上の調査の結果をとりまとめたものである。なお上記調査団の構成、調査日程および協議議事録は付属資料として巻末に収録した。



## 第2章 計画の背景



## 第2章 計画の背景

### 2.1 エクアドル共和国の概要

#### 2.1.1 国土・人口

エクアドル共和国は南米大陸の太平洋側、赤道直下に位置し、北はコロンビア、南はペルーに接している。国土の中央を南北にアンデス山脈が走り、地勢的には中央部の山岳地帯（標高2500～3000m）、西部の海岸地帯そして東部のアマゾン熱帯樹林地帯の3つに大別される。また、海岸から約1000km西にダーウィンの進化論で有名なガラパゴス諸島（コロン諸島）を領有しており、全国土面積は281,341km<sup>2</sup>である。

エクアドルは赤道直下に位置しているにもかかわらず、上述のような多様な地勢とフンボルト海流（寒流）およびその沖合を流れる中米海流（暖流）の影響により、比較的狭い国土にもかかわらず様々な気候条件を有している。海岸地帯の気候は亜熱帯性で、月平均気温は周年24～26℃と変動巾は小さい。年間降雨量は300mm前後と少なく、1～5月の雨期に集中する。

1982年の人口センサスによると、総人口は約806万人である。都市部の人口集中傾向が著しく、特に首都キトおよび同国最大の貿易港であるグアヤキル市にはそれぞれ、84万人、120万人が居住し、この両市で総人口の25%を占めている。

#### 2.1.2 国家経済

エクアドル共和国はバナナ、カカオ、コーヒー等の熱帯農産品を主とする農業国であったが、1960年代末にアマゾン地方で発見された原油の輸出が軌道に乗り、1970年代には目覚ましい経済成長を達成した。1980年代に至り、長期にわたる原油国際価格の低迷により歳入が減少し、加うるに大地震により石油パイプラインが破壊されたため原油生産が激減し、外貨収入は減少している。

以上のような社会経済情勢により、現地通貨スクレの対ドルレートは、1988年6月時点では1ドル＝460～500スクレと1年前に比較し半減した。一方、最近の貿易収支は再び好転のきざしを見せており、1988年1月～5月期の貿易黒字は299.2百万ドルと地震災害を被った前年同期（73.0百万ドル）の4倍となっており、経済回復のきざしも見えている。

1986年の一人当たりGDPは135,048スクレであり、当時のレート、1ドル＝150スクレで換算すると900ドルの水準にある。

1986年の輸出金額の内訳では、石油（983百万ドル）について水産物が第2位（388百万ドル）となっており、輸出向水産物の70%以上を占めるエビに関連する産業は同国における最も重要な外貨獲得部門になっている（付表1）。

### 2.1.3 国家開発計画

旧政権による国家開発計画 (Plan Nacional de Desarrollo, 1985 - 1988) は1980年代初期の国内経済の危機的状況を打破するため、次のような政策目標のもとに策定された。計画期間中の GDP年平均成長率は 3.5% に置かれている。

#### 1) 経済危機に対応した緊急政策

- 経済成長のための必要環境の整備
- 国内経済アンバランスの進捗阻止
- 国際市場への輸出製品の積極的参入
- 民間部門の投資環境の整備および外貨導入の促進

#### 2) 社会問題、社会成長と安定化に関する継続的政策

- 輸出品および国内向け重要製品の生産量の増大
- 公共部門および民間部門の投資促進
- 対外および国内負債の減少、さらに国内経済安定化を目的とするインフレの抑制

国家開発審議会 (Consejo Nacional de Desarrollo : CONADE)による1987年度の経済見通しによると、地震災害および原油価格の下落による石油輸出部門はマイナス成長となるものの、非石油部門の経済成長率は 3.7% になる見込みで1986年度の成長率 (1.7%) を大きく上回ることが予想されている。

水産部門においては、沿岸、沖合漁業の振興とともに養殖開発に重点が置かれ、特にエビ輸出については、1988年目標値として、25,000トン (2億1千万ドル) が見込まれた。この目標値は近年のエビ養殖事業の拡大により、1986年時点ですでに達成されている。

このような背景のもとで、1988年8月15日民主左翼党 (Izquierda Democrática) ロドリゲス大統領による新政権が発足された。新政権による開発計画は現在作成中であるが、前ESPOL教授のルイス・パロディ氏が副大統領に就任し、同氏からは引き続き養殖分野の振興に優先順位を与えることは間違いないとのコメントが得られている。したがって、新政権においても本計画の重要性は充分認識されるものと判断される。



## 2.2 水産業の概要

### 2.2.1 水産一般事情

#### (1) 漁業概況

エクアドル沿岸は中米海流（暖流）とフンボルト海流（寒流）の合流地域に面し、ガラパゴス諸島を含む同国の領海水域は極めて良好な漁場環境に恵まれている。対象魚種はカツオ、マグロ、アジ、サバなどの浮魚類からニベ、タラなどの底魚あるいはエビ類と多様性に富んでいる。しかしながら、同国の漁業は十分開発されているとは言い難く、かつ年々の漁獲高も不安定の状態にある。これは、十分な水産資源研究が行われていないこと、さらに「エルニーニョ」などの海況異変の影響を受けやすいことなどに起因する。

内水面漁業はペルーとの国境沿いに位置するロスリオス州で主に営まれている。ナマズ、カラシンなどを漁獲しているが、いずれも漁獲高は低く、零細漁業が主体である。

一方、1968年頃からエルオロ地方で始められたエビ養殖は、1970年代後半から徐々に沿岸各州に広まった。1980年代には急速に発展し、現在ではエクアドル経済の基幹産業にまで成長している。しかし、急激なエビ養殖の発展にともなって、種苗不足、魚病の多発などの弊害も生じ始めている。エビ以外の養殖は未だほとんど行われていない。

#### (2) 漁獲生産量

1981～1986年の魚種別漁獲量を付表2に示す。

最近6年間の漁獲量の推移にも海況（エルニーニョ）の影響がみられ、特に1983年には養殖エビ、甲殻類、貝類を除き、生産量は激減している。

ヒラ・イワシ類およびサバ類が多く漁獲され、生産量全体の50～80%を占めている。これらの浮魚漁業（カツオ・マグロ類を含む）は、そのほとんどが大規模漁業である。

一方、零細漁民は主に沿岸海域でその他の魚類（シイラ、イサキ、スズキ類等）を漁獲している。

エビの生産量は全体として増加傾向にある。天然エビはグアヤス河口水域やエスメラルダ州沿岸水域で獲られている。一方、特に養殖エビの生産量の増加は著しく、最近6年間で約3.5倍の伸びを示し、1986年の養殖エビの全生産量に占める割合は83%に達している。大部分のエビはグアヤキル地区で冷凍品に加工後、輸出されている。

#### (3) 漁具・漁法

自国籍漁船数は年々増加し、1986年には2000隻弱になっている（付表3）。

このうち、カツオ・マグロ漁船は、隻数こそ51隻と少ないが、総トン数では80%を占め、大型船が主体であることを示している。一方零細漁船数は全体の75%を占めるが、総トン数では10%に満たない。エビトロール漁船は隻数も多く（全体の13%）、総トン数も全体の25%を占めている。

カツオ・マグロ漁業は従来一本釣り漁であったが、近年ではまき網漁に移行しており、イワシ・サバ漁業もまき網漁が主体となっている。

一方、零細漁船は、刺網、投網、曳網、曳縄、釣り等の様々の漁法により操業している。

#### (4) 漁業施設

遠洋漁業の基地となっているマンタ漁港の他、冷凍工場、かん詰工場、魚粉工場などが専用の棧橋を有し、漁港としての機能を果たしている。また、各地に点在する商港も、漁港としての諸設備は備えていないものの、大・中型漁船の接岸に利用されている。

一方、民間企業の陸上施設は、その規模・内容によって税制上の優遇措置を受けられることもあって、冷蔵庫、製氷施設等の施設を有しているが、十分な鮮度を保持するための超低温装置などは少ない。

漁船の建造および修理を行う施設は乏しい。現在20数社の造船業者および約40の修理施設があるが、修理施設の規模は小さく100トン以上の船の上架は不可能である。

造船所は主に木造船を建造しており、鋼船および機関、漁業資機材、航海計器類は輸入に頼っているのが実状である。近年FRP漁船の製造工場が建設され、小型漁船については、木船からFRP船への移行が行われている。

#### (5) 消費と流通

海岸に面した地域では鮮魚が消費されているが、高原地帯の都市部では塩干品が主に消費されている。これは流通手段に乏しいことに起因するだけでなく、全国的に冷凍魚に対する嗜好がほとんどないことによる。また、かん詰の需要もほとんどない。年間消費量は鮮魚と塩干品を合わせて3万トンにも満たない。

漁業先進国でみられるようなセリや入札の制度はなく、仲介人が直接漁民から魚を買いとる流通形態となっている。

#### (6) 貿易

総輸出額および水産物輸出額を付表4に示す。

総輸出額中に占める水産物の割合は年々高まり、1980年の6%から1986年には18%に達している。特にエビ養殖業の急速な発展に伴う冷凍エビの輸出が大幅に伸び、1980年には水産物総輸出額の37%を占めていたものが、1986年には75%を占めるにいたっている。マグロ類の輸出は順調で、6年間に7倍に伸びている。

輸出相手国はアメリカ（エビ、冷凍魚）、日本（マグロ、エビ、魚粉）、カナダ（エビ）、スペイン（エビ、魚粉）が主体である。またコロンビアなどの近隣国にはかん詰が輸出されており、最近では東南アジアへもかん詰原料としてのサバ等の冷凍魚が輸出されている。

## 2.2.2 養殖・種苗生産活動の概要

### (1) 養殖概況

エクアドルの養殖はそのほとんどがエビの単一養殖である。基礎研究では淡水魚（ティラピア、チャメ等）あるいは貝類の研究も行われているが、未だ商業化には至っていない。

### (2) エビ養殖の背景

エクアドルのエビ養殖は1968年にエルオロ地方の民間業者によって始められた。当初は捕獲した種エビを池に放し、天然餌料で飼育するという粗放的方法であったが、今では施肥や投餌などを積極的に行う、半集約～集約的養殖が実践されている。また、エビ養殖が始まった頃には、需要もあまり高くなく、大きな期待も寄せられていなかったが、北アメリカを中心とするエビ需要の急速な高まりにともなって、エビ養殖自体も急成長をとげた。今では、エビ輸出は同国の外貨獲得源の主要な産業となっている。

対象種はホワイト系種で、*Penaeus vannamei*と *P. stylirostris*である。

生産量は当初の粗放的養殖によって年間1 ha当り0.3トン程度であったが、施肥および投餌による方法で、現在は年間0.5～2.2トン/haの生産量をあげている。また養殖池面積は1974年に600haであったものが、1985年には87,000ha、さらに1987年には10万ha以上に達している。

### (3) 養殖方法

一般のエビ養殖と同じく、エクアドルにおいても、粗放的、半集約的および集約的養殖がみられる。

#### ① 粗放的養殖

1 ha当り1万～1万5千の稚エビを放養し、年間約0.3トン/haの生産をあげている。施肥、投餌等はおこなわず、水の交換は潮汐を利用している。エルオロ州に多い。

#### ② 半集約的養殖

養殖池に稚エビを放養するまえに中間育成を行う。放養尾数は1 ha当り3～6万尾。施肥を行い、一部投餌もする。年間0.5～1.1トン/haを生産する。

#### ③ 集約的養殖

放養尾数は8～10万/haで、施肥および投餌を行い、水交換はポンプを利用する。年間1 ha当り1.4～2.2トンの収量をあげる。

### (4) 親エビ・種苗生産

種苗の供給は1979年までは完全に天然産に依存していた。1980年代に入って種苗生産が行われ始めたが、現在、種苗の70%は天然産に頼っており、将来的には50%を種苗生産でまかなう計画を打ち出している。

天然産稚エビは河口域あるいは砕波帯で、曳網やバタフライタイプの小型網で捕獲され

ている。捕獲した稚エビの取扱い方、特に一時的な飼育や輸送手段が未発達なため、捕獲後の死亡率は大変高く、より適応性の高い稚エビ供給の必要性が高まっている。

一方、種苗生産は沿岸4州で行われている(表2.1)。特に、グアヤス州には16のふ化場(全体の55%)があり、1986年には2830百万尾の種苗(全体の56%)が生産された。

表 2.1 エクアドル4州のエビふ化場数(稼働中のみ)と生産種苗数(1986)

	ふ化場数	生産種苗数(百万尾)
全 国	29	5,014
エスメラルダス州	3	120
マナビ州	7	825
グアヤス州	16	2,830
エルオロ州	3	1,239

親エビの漁期は主に11~2月で、刺網等によって漁獲されている。オフシーズンには北部沿岸で漁獲される親エビを空輸あるいは陸送して用いている。成熟技術および施設を有する一部のふ化場では未成熟親エビを購入している。これは成熟と未成熟親エビの値段が10倍近くも違うため(成熟したものは2500~3000スクレ/尾に対して未成熟エビは300スクレ/尾)である。

ふ化した種苗はポストラバ期のPL<sub>7-8</sub>で出荷される。種苗生産施設には、寒流の影響で沿岸域の水温が飼育適水温よりも低いため、加温設備が不可欠である。

#### (5) 労働力

国内には専門技術者が不足している。現在、現場の指導的立場にあるのはアメリカ人、フランス人、フィリピン人などの外国人である。国内ではBSPOLなどによって技術者の養成研修が行われているが、人材の十分な供給には至っていない。また、経験豊富な公的部門の多くの専門家が、よりよい報酬を求め、行政、教育、研究の立場から民間部門へ移行していることも問題である。

現在、BSPOLを始め、国立サンタエレナ技術学校、マチャラ大学およびマナビ技術大学などで、エビ養殖の専門技術者の養成コースが開かれている。

#### (6) 輸 出

養殖エビはグアヤキル等にある冷凍加工場に運ばれ、無頭凍結され、主にアメリカに輸出されている。輸出金額は1980年の5700万ドル(1万トン)から1986年には3億ドル(3

万トン弱)、さらに1987年には約4億ドル(4万7千トン、天然産も含む)へと飛躍的に伸びた。しかし、主な輸出先であるアメリカでの市場占有率は1983年の15%から1985年には12%へと減少した。これは東南アジア各国のエビが台頭してきたためである。しかしながらアメリカのエビ需要は高く、今後もエクアドルを含めた供給国の生産増加もアメリカ市場で吸収されうると予測されている。

#### (7) 問題点

急激なエビ養殖の発展は、外貨獲得の基幹産業として重要な位置を占めるにいたったが、一方で種苗の不足を始め、病気の発生、餌料開発の立ち遅れなどの問題点も生じさせた。さらに養殖技術者の不足は研修・普及活動の重要性を示している。エビ養殖に集中したために、エビ養殖そのものの問題点だけでなく、養殖種の単一化をきたし、魚類や貝類の養殖技術の立ち遅れも招いている。

### 2.2.3 水産関連行政

#### (1) 水産行政組織

水産行政は商工統合漁業省(Ministerio de Industrias, Comercio, Integración y Pesca)が管轄している。同省のうち、水産行政を司るのは漁業資源担当次官(Subsecretario de Recursos Pesqueros)で、その下に漁業総局(Dirección General de Pesca)があり、水産業全般の指導、監督業務を行い、また水産業に関する政策、計画の立案や水産行政の企画にあたっている。また、必要な法案の作成、企業の許認可、水産物の輸出基準価格の決定などの漁業政策上の基本事項については、国家漁業開発審議会(Consejo Nacional de Desarrollo Pesquero)が権限をもっている。同審議会はエクアドルの水産行政の最高国家機関で、議長は商工統合漁業大臣あるいは漁業資源担当次官があたり、構成メンバーには外務省、大蔵省、資源動力省など関連各省の大臣および海軍長官が含まれる。

研究、教育機関としては、国立水産研究所(Instituto Nacional de Pesca : INP)、マントア漁業学校(Escuela de Pesca-Manta)および漁業公社(Empresa Pesquera Nacional : EPNA)がある。

なお、エクアドルの水産行政組織機構図は付図1に示されている。

#### (2) 水産関連法規

エクアドルは、1982年8月の「サンチャゴ宣言」に基づき、チリやペルーと歩調を合わせいち早く領海200海里を設定している。その根本理念は「領海水域、沿岸、湖沼、天然および人口の運河に存在する水棲生物資源は国家財産であり、これらの生物は当然国家により規制・コントロールされる」とするものである。この理念に基づき、水棲生物資源の調査、漁獲、保存・保護およびその利用と漁業振興を促すことを目的として、1974年2月

「漁業および漁業振興法」(Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero: No. 178)を公布、引き続き同年8月「漁業および漁業振興法施行規則」(Reglamento a la Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero: No. 759)を制定している。

## 2.3 国立沿岸技術院 (ESPOL) の概要

### 2.3.1 組織、運営体制

#### (1) 研究・教育組織

研究・教育部門は4学部を柱に、各種研究センターおよび研究サービスセンター(各々5センターおよび4研究所)、漁業技術専門学校などを含む技術専門学校(6校)からなり、各学部に付属研究施設等をもっている。例えば海洋工学部には、サンペドロ・デ・マングラーラルトのエビ類種苗生産研究所、サンボロンドンの魚類養殖研究所およびグアヤキル湾河口域のカキ養殖育成施設などを有している。海洋工学部には4コースが設けられ、学士の育成が行われている。

なお、ESPOLの研究・教育部門組織図は付図2に示した。

#### (2) 運営予算

ESPOLの一般予算は運営費・開発費・特別費および研究費に区分され、一般予算の70%前後は運営費である。1983~1987年のESPOLの一般予算および各区分の割合を付表5に示す。このうち特別費の各項目についての支出と収入は次表に示す通りである。

表 2.2 ESPOLの特別費の内訳 (1983~1987年の5年間の合計)  
(単位:千スクレ)

項 目	収 入	支 出
管 理 部 門	78,734	39,305
考 古 学 研 究 セ ン タ ー	38,459	40,601
電 気 工 学 部	39,299	34,791
海 洋 工 学 部	177,845	189,010
機 械 工 学 部	27,363	25,040
化 学 研 究 所	27,458	25,874
コ ン プ ュ ー タ ー サ ー ビ ス セ ン タ ー	34,192	31,171
そ の 他	77,624	85,351
合 計	522,764	501,286

### 2.3.2 既存養殖関連プロジェクト

ESPOLでは、1984年より同国では最初の養殖研究コースを開設し、学生の教育を行うとともに次のような養殖プロジェクトを実施してきた。これらのプロジェクトは主に海洋工学部(Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar)が中心となって進めている。特に、エビ種苗生産プロジェクトにおける研究、研修・普及活動は、同国のエビ種苗

生産技術の向上に果たした役割が大きく、海外からも高い評価を受けている。

(1) エビ種苗生産プロジェクト (Proyecto Cultivo de Larvas de Camarón)

1984年開発投資基金 (Fondo Nacional de Preinversiones: FONAPRE) の資金協力を得て開始されたエビ種苗生産および研究のパイロットプロジェクトである。施設は、グアヤキル市から車で約3時間のサンベドロ・デ・マンガラーラルト (本計画建設予定地に隣接する) に位置し、親エビの成熟試験、餌料生物の培養研究等を実施するとともに本格的な種苗生産を行い、現在月間約150万尾の稚エビ生産体制を確立している。生産された稚エビは、民間の養殖業者に販売され同施設の運営財源とされている。ここで生産される稚エビは民間ふ化場よりもやや大きいPL<sub>12</sub>前後であり、また健全な種苗の生産、出荷に努めていることから、養殖業者の評価は高い。種苗の生産販売実績は表2.3のとおりである。本計画の実施により研究センターが完成し将来的に、既存施設を種苗生産活動のみに集中した場合、月産400～600万尾の稚エビ生産が可能と判断される。

表 2.3 ESPOLの既存エビ種苗生産プロジェクトの実績  
(単位：千尾)

	1984年	1985年	1986年	計	1987年(3月まで)
1月	0	0	1,585	1,585	2,867
2月	0	260	397	657	987
3月	0	628	1,656	2,284	1,396
4月	48	465	300	813	—
5月	0	1,815	1,644	3,459	—
6月	0	2,009	333	2,342	—
7月	0	499	459	958	—
8月	0	14	0	14	—
9月	0	0	0	0	—
10月	0	409	1,800	2,209	—
11月	0	1,948	720	2,668	—
12月	0	1,110	4,646	5,756	—
合計	48	9,157	13,540	22,745	5,250

また、同プロジェクトでは、民間を対象とした有料のセミナーおよび研修コースを開設しており、技術普及に努めるとともにその収入も運営予算の一部として補填している。セミナー、研修コースの実績は表2.4のとおりであり、1987年には計217名の研修を実施している。セミナー、研修コースの参加者は国内のみでなく近隣のペルー、コロンビア等からも参加している。

サンベドロ・デ・マンガラーラルト近隣には、宿泊施設が少なく、グアヤキル在住の職員は、ふ化場内の宿泊施設を利用する者が多い。この場合、10日間程度滞在したのち4日間グアヤキルに戻るといった日程が一般的である。

表 2.4 ESPOLの既存研修・セミナー

年次	月	内 容	日数	参加学生数
1983	10月	セミナー：養殖とマングローブ林	4日	180
	10月	第1回研修コース（対民間）	40日	15
1986	11月	エビ種苗生産技術	2日	90
1987	3月	第2回研修コース	44日	9
	1月	アルテミアコース：Aグループ	5日	17
	1月	アルテミアコース：Bグループ	4日	20
	3月	マチャラ大学学生の研修	30日	3
	2月	第1回微生物学研修	4日	11
	5月	第2回微生物学研修 （海面養殖への応用）	7日	12
	6月	セミナー：ESPOLエビ種苗生産技術	2日	145

(2) 淡水養殖プロジェクト (Estación Piscícola Experimental el Chame)

ティラピアおよび在来種のチャメ *Dormitator latifrons* を対象とした淡水魚の養殖研究プロジェクトであり、1986年より開始されている。運営にあたっては、米国国際開発局 (Agencia Internacional para el Desarrollo : AID) および大学・工科大学国家審議会 (Consejo Nacional de Universidades y Escuelas Politécnicas : CONUEP) の資金援助を受けている。施設はグアヤキルから車で1時間のサンボロンドンからグアヤス川を船で約10km遡った対岸に位置し、約10haの淡水養殖実験池を有している。同施設の機材の内、船外機船、魚輸送箱、魚網等は我が国から機材供与されたものである。

現在、ソ連に留学経験のある技術者を中心にティラピアの性転換等の実験が行われている。

(3) カキ養殖パイロットプロジェクト

在来種のマガキの一種 *Crassostrea columbiensis* を用いて再生産、成長等の予備的実験を行っており、今後チリ経由で導入した日本産のマガキ（サンベドロ・デ・マンガラーラルトのエビ種苗生産プロジェクトサイトで稚貝を飼育中）等について実験する予定である。

2.3.3 将来計画

ESPOL は1988年にESPOL 2000年プラン (BSPOL 2000) を発表し、21世紀へ向けてのプランを提案している。以下に、この提案に述べられている将来計画を、とくに水産関連分野について整理する。

(1) 産学共同の協力体制

科学工学研究センター (Centro de Investigación Científica y Tecnológica: CICYT) は当大学内の研究活動の促進調整をはかる機関であり、産学共同の協力体制を強化する役



割をもつ。創設後、すでにめざましい成果をあげている。今後も民間企業との間に協定を結びつつ、発展的な形で相互協力を推進していく。

## (2) 科学技術研究開発計画

新規開発について以下の分野が想定されている。

- a) 石 油
- b) 鉱 物
- c) 漁業、養殖を含む食糧分野
- d) 農業関連産業

特に研究分野においては、基礎研究あるいは応用研究とも研究自身を目的とするのではなく、国家開発に役立つものでなければならないと断言している。

さらに、これらの開発計画を推進するため、研究センターの設立を予定しており、水産関係では以下の2センターが挙げられている。

### ① 国立養殖・海洋研究センター

国内消費のための生産拡大と対外経済部門強化を目指してエビ、カキ、海洋魚類、その他の種に関する総合的な知識の取得と普及を目的とし、一般的な藻類や海洋生物学の研究も実施される。

### ② 魚類養殖センター

テラピア、チャメ等の知識の普及や改善のため、同センターの活動を促進する。農業と魚類など、混合養殖の研究も実施される。

## (3) 大 学 院

現在、ESPOLでは経営学部で修士の学位を与えている。水産養殖コースでも大学院を創設したが、未だ学位の授与にはいたっていない。目標を1992年に置いて水産養殖学修士の学位を授与できるよう準備する。

## (4) 新課程の創設

国家開発の優先分野で要求される基礎科学、工学、技術等を強化するため、12課程の創設案を提示している。このうち水産関係課程は以下の2つである。

- ① 生物海洋学科
- ② 海洋化学環境学科

## (5) 他の高等教育センターとの関係

ESPOLを国家の研究者養成機関とすることを提案している。

## (6) 資 金

ESPOLは世銀等の国際機関とともに国内外の機関に各種プロジェクトを提示し、これらに協力をしてもらえる機関と特別な計画案を各々作成することが望ましいとしている。

## 2.4 要請の経緯と内容

### 2.4.1 要請の経緯

エクアドル共和国は沿岸のマングローブ域を利用したエビ養殖業の飛躍的な発展により、世界でも有数のエビ養殖・輸出国となっている。1970年代後半から1980年代前半におけるエビ養殖業の発展は豊富な天然エビ種苗に支えられたものであったが、近年では天然種苗の量的不足、採捕の不確実性および品質のばらつき等の問題より種苗供給の比重はふ化場による人工種苗に移行しつつある。現在、同国沿岸では、数10ヵ所の民間ふ化場が稼働しているが、稚エビ生産量は不十分であり、種苗不足により遊休化している養殖池も多い。

このような状況を踏まえ、同国政府は養殖および養殖関連産業の振興を重要な国家政策のひとつとして位置づけ、1982年より ESPOLにてエビ種苗生産研究のパイロットプロジェクトに着手し、技術開発と普及活動を行ってきた。

エクアドル共和国政府は、このパイロットプロジェクトで得られた経験、知識を生かしてさらに研究、研究内容の充実を図るべく、国立養殖・海洋研究センター計画を作成し、本計画において必要な施設、機材の無償資金協力を我が国に要請した。我が国では、これに对应1988年2月事前調査団を現地に派遣して要請の背景、目的、内容等を把握するとともに、本計画のための協力の必要性を確認し、その結果、本計画に関する基本設計調査を実施したものである。

### 2.4.2 要請の内容

基本設計調査時に、両国政府により最終的に確認された要請内容は以下のとおりである。

#### (1) 計画名

エクアドル共和国国立養殖・海洋研究センター計画

#### (2) プロジェクトサイト

グワヤス州サンペドロ・デ・マンガラーラルト

#### (3) 施設および機材の内容

##### 1) 施設

1. 主研究棟
2. 副研究棟
3. 訪問研究者用宿舎
4. 学生用および技術者用宿舎、食堂、社会施設\*
5. 駐車場
6. 機械棟

7. 取水施設および貯水槽

8. 屋外実験用飼育施設

9. 棧橋

2) 機材

1. 研究用機材

2. 研修用機材

3. 種苗生産用機材

4. 施設維持管理用機材

5. 車両・ボート

6. 事務用機材

\* 注：技術者用宿舎は、一時的滞在のために利用されるものである。



### 第3章 計画地の概況



## 第3章 計画地の概況

### 3.1 計画地の現況

計画地は、エクアドル共和国東部太平洋岸の一部を占めるグアヤス州にあり、グアヤス州の州都グアヤキル市の東方約170kmの海岸部、南緯1°57′、東経80°43′に位置するサンペドロ・デ・マンガラーラルトである。計画地は、既存 ESPOLふ化場と海岸に並行して隣接し、前方は太平洋、後方は高さ30～40mの海崖がせまっている。計画対象地域の面積は約3haで、海崖上部と海岸部からなっているが、海崖斜面部の利用は困難なことから、実際に利用可能な敷地面積は約1.3haである。既存 ESPOLの土地は民間からの借地であり、10年ごとに借地契約を更新している。本計画対象の用地については、エクアドル政府が土地を買上げた後、ESPOLにその所有権が移管される予定となっている。

### 3.2 社会経済状況

計画地のあるグアヤス州は、17県に分かれ、そのうちグアヤキル、サンタエレナおよびサリーナスは同州海岸部の主要都市である。特にグアヤキル市は、エクアドル共和国の中で、政治の中心の首都キトに対し、経済の中心として同国最大の都市を形成している。

グアヤキル市が現在抱えている都市問題には、都市域の無秩序な拡大、飲用水の不足、大量な失業者、下水設備の不足、都市交通手段の不足、適切な居住環境を有する住宅の不足、ごみ・廃棄物の収集・廃棄の不適、医療施設の不足、水質汚染および中心市街地周縁のスラム化等があげられる。

特に、飲用水の不足は一番の問題であり、グアヤキル市内でも上水道が整備されていない地区には給水車が巡回している状況である。熱帯性高温準乾燥気候に属するグアヤス州で、この飲用水不足はグアヤキル市以外の海岸部についても同様であり、サンタエレナおよびサリーナスはグアヤキル市から導水管で給水されており、このことが、グアヤキル市への取水源に負荷をかけている一因ともなっている。計画対象地への給水は、グアヤキル市から補給されておらず、同地区内の小規模な淡水源から給水車によって給水されている状況である。計画地から南に車で40～50分のところにあるサリーナスは、エクアドル共和国有数の海洋リゾート地として開発され、週末にはグアヤキル市から海水浴やレジャー目的の観光客が多く訪れる場所である。また、ラ・リベルタード～サンバブロ～パルマル～アヤンゲ～計画地までの海岸ゾーンは、民間のエビふ化場が林立し、サリーナスは観光・レジャー産業の発達とともに、エビ養殖の外国人技術者等の居住地およびエビ養殖産業との関係から、近年人口は増加している地域となっている。

### 3.3 自然条件

#### 3.3.1 自然概況

エクアドルの北部海岸は多雨の密林地帯であるが、南に下るに従い降雨量も少なくなり、ペルーとの国境付近では砂漠地帯になっている。気候は二つに分かれ、乾期（5月から12月）と、雨期（1月から4月）である。年間降雨量はエルニーニョの影響で大きく変動する。

エクアドルからペルーにかけての沿岸では年間を通じて海面水温が20℃を超えることは殆どなく、他の赤道海域にくらべて非常に冷たくなっている。これは沖合および沿岸寄りの2つの流帯をもつ寒流（フンボルト海流）が北上しているとともに、沿岸部で南西貿易風の影響によって下層の冷水が湧昇しているためである。

フンボルト海流の沿岸分岐流の北上は、乾期に赤道に達した後、赤道反流と接する。雨期には貿易風が弱まるため、沿岸湧昇が減り、フンボルト海流の速度と流帯が減少する。そのため、エルニーニョの沿岸暖流は、ペルー沿岸にまで達する。これは周期的に発生するエルニーニョである。一方、エルニーニョイベントとは、南米西岸地帯、太平洋赤道地帯で豪雨・海面温度上昇・海面水位上昇を発生する現象である。近年の研究によるとこの現象は地球規模の範囲で見られることが知られている。

エルニーニョによる異常気象を除くと、エクアドル沿岸の気候は穏やかで、異常低気圧による局地的暴風雨（台風、ハリケーン等）や日本海の冬期に発生する厳しい季節風のようなものは存在しない。

計画地付近のサリーナス測候所の記録では年平均最大風速は16m/秒以下となっている。

計画地近辺の気候データは不明であるが、サイトに近いグアヤキル市の統計では表3.1のとおりである。

表 3.1 グアヤキル市の月別気候統計

項目	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均値
平均気温		25.5	26.0	26.4	26.3	25.6	24.4	23.5	23.2	23.8	24.0	24.6	25.4	24.9
降水量		212	289	292	207	54	11	4	0	0	1	2	28	91.7
平均湿度		79	79	80	78	75	78	78	76	76	76	75	73	77

単位：気温（℃）、降水量（mm）、湿度（%）

#### 3.3.2 地形・地質

##### (1) 地形・地質調査

・計画地の地形・地質を把握するため、計画地前面の深淺測量、地質調査および底質調査を実施した。



深浅測量範囲は、海岸沿いに 800m、沖合に1300mの 104haである。測量方法は沖合部は音響測深法（エコーサウンダー）により、また汀線部はスタッフによる水準測量法によって行った。測量結果は深浅図および等深線図として付属資料2に収録した（付図3および付図4参照）。

土質調査は、既存の ESPOLふ化場の南西の敷地境界点より20m南の地点を基点として、海岸にはほぼ直交する線上で陸上部3箇所、海上部2箇所の計5箇所の地点について実施した。

底質調査は、取水管設置予定線上部の海底表層の地形と底質状況を調べるため、ダイバーにより取水予定点を含め10mピッチで写真撮影を行うとともに取水予定点部の海底表層土を採取した。

これらの調査範囲および調査地点を付図5に示す。

## (2) 地形・地質概況

計画地前面の海岸線は北から南に向ってゆるい湾曲線を示し、南1.6km地点にあるサンアントニオ岬付近ではほぼ西方に向う形状をなしている。このため、計画地は北から西南西の間が太平洋に面していることになる。

計画地前面は天然の浜となっているが、背面には標高30~40mの海崖があり、この海崖は浜に沿って延びて、サンアントニオ岬の台地に接続している。サンアントニオ岬の前面は岩礁が露出しているが、計画地付近に岩礁はみられない。

海崖は斜面から頂部に至るまで灌木で覆われているが、所々に降雨による侵食で深くえぐられた跡が見受けられ、このような箇所では地肌が剥き出しになっている。

付図3の深浅測量図および地質調査に基づいて作成した地質調査測線上の想定断面図を付図6に示した。以下、付図6に基づいて地形および地質状況を述べる。

海崖頂部の標高は大潮平均低潮面から34.8mで、法面角度は平均して約32°である。海崖表層の土質は粒度分布から粘土質シルトに分類され、層厚は頂部で4.3m、海崖下で2.2mである。この表層には部分的にレンズ状の細砂と石こうおよび頁岩の破片を含んでいる。この層の下部は固結した粘土でボーリングそのものが極めて困難である。この粘土層の層厚は今回の調査では解っていないが、海崖から前浜にかけて分布し、基盤層を形成していると思われる。この層にも石こうと頁岩の破片が含まれている。

海崖下部の標高は大潮平均低潮面から7.6m前後で、表層は海崖法面の侵食土が堆積し、その下に層厚1.8mの砂層がある。この砂層の下は海崖部と同一の固結粘土層となっており、標準貫入抵抗値（以下N値という）は6"の貫入に50を記録し極めて固い。

計画地前面の浜は前浜と後浜の区分が可能で、前浜は約100m、後浜は約70mである。この砂層厚は前浜と後浜の境界点付近で最も厚く、約3.5mを示すが、その地点から外浜

に向うにつれて減少し干潮汀線より40~50m沖合、水深約1.5mの地点でほとんどなくなり、岩礁が露出している。

この部分の海底勾配は1/10~1/20の急勾配を示し、幅は50m前後で汀線にほぼ平行してこの海域を縦断しており、先端部の水深は約5mである。この区間が岩礁となっていることは、地質調査測線の南180mの地点で実施された取水ラインのための底質調査からも明らかとなっている。

この岩礁帯の沖合は極めてなだらかな勾配となっており、地質構成は、表層に薄層のシルト質砂がみられる他は岩礁となっている。エコーサウンダーによる測深記録からも所々に岩礁の露出しているらしいことが認められる。沖合部は所々に1m弱の隆起部や窪地がみられるものの小規模であり、沿岸砂州のようなものは存在しない。このことから沖合部にはほとんど砂の堆積層はないものと考えられる。

### (3) 土質分類

土は土粒子の粒径によって、礫から砂については特定粒子の含有率に基づいて、またシルト以下の細粒土は、液性限界(W<sub>L</sub>)と塑性指数によって工学的に分類される。付表6には日本統一土質分類法(JSF規格M1-73)に基づく分類法を示した。エクアドルの土質分類もほぼ同一のものが用いられている。付図6に示した土質分類はこれらに基づいて行われたものである。

### (4) 砂質土の特性

浜部分の砂質土の粒径加積曲線を図3.1に示す。これより、工学的に重要な中央粒径(D<sub>50</sub>)および均等係数U<sub>1</sub>、曲率係数U<sub>2</sub>を求めると表3.2に示す通りとなる。

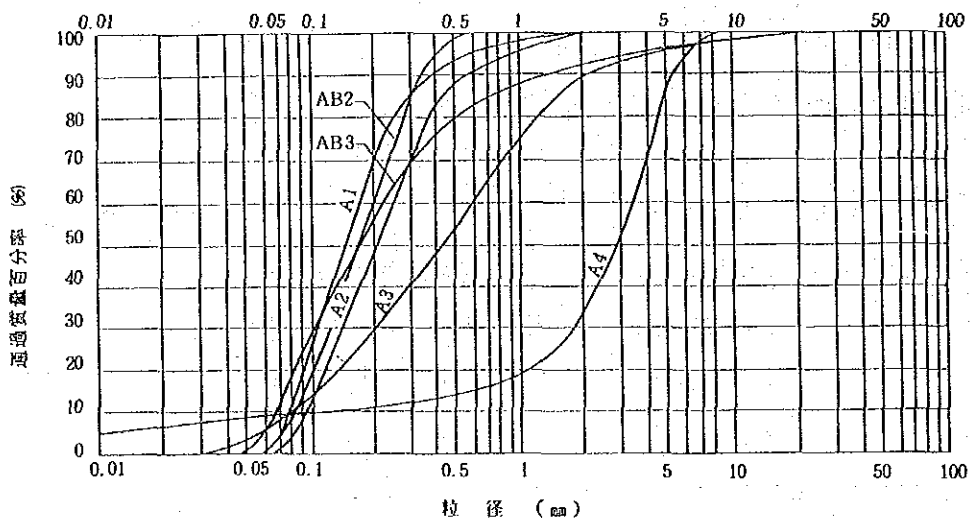


図3.1 粒径加積曲線

表 3.2 中央粒径 ( $D_{50}$ )、均等係数  $U_c$ 、曲率係数  $U_c'$

調査地点	調査深度(m)	$D_{50}$	$D_{10}$	$D_{30}$	$D_{60}$	$U_c$	$U_c'$
A	0.75	0.14	0.076	0.105	0.166	2.18	0.87
A	1.75	0.20	0.093	0.135	0.240	2.58	0.82
A	2.75	0.43	0.081	0.200	0.600	7.41	0.82
A	3.55	2.82	0.107	1.780	3.390	31.68	8.73
BAB2	1.75	0.17	0.083	0.117	0.200	2.41	0.82
AB3	2.60	0.16	0.068	0.100	0.214	3.14	6.87

ここに  $D_{10}$ : 10% 粒径 (mm)

$D_{30}$ : 30% 粒径 (mm)

$D_{60}$ : 60% 粒径 (mm)

$$U_c = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$U_c' = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10} \times D_{60})}$$

$U_c$ 、 $U_c'$  から判断すると、粒度分布はいずれもよいとはいえないが、深度が深くなるにつれてよくなるのが判る。なお、A4 は F 層の粘性土との境界付近にあり、粒度分布もその影響をうけているようであるが、礫分が主体になっている。

一方、この粒度分布から排水の容易性をみると図 3.2 に示すように全ての粒度分布は図の ABC のラインの右側に位置し排水は容易である。したがって、ウェルポイント工法による海水取水は砂の粒度分布については問題ないが、砂層厚が薄いので必要十分な海水が得られるか否かは慎重な検討が必要である。

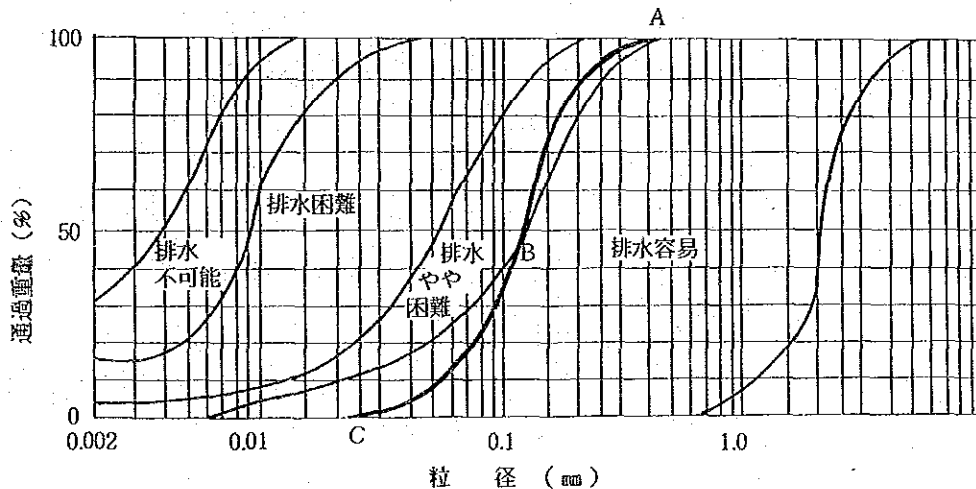


図 3.2 ウェルポイント工法の適性範囲と粒度

砂質土の単位体積重量分布を図3.3に示す。

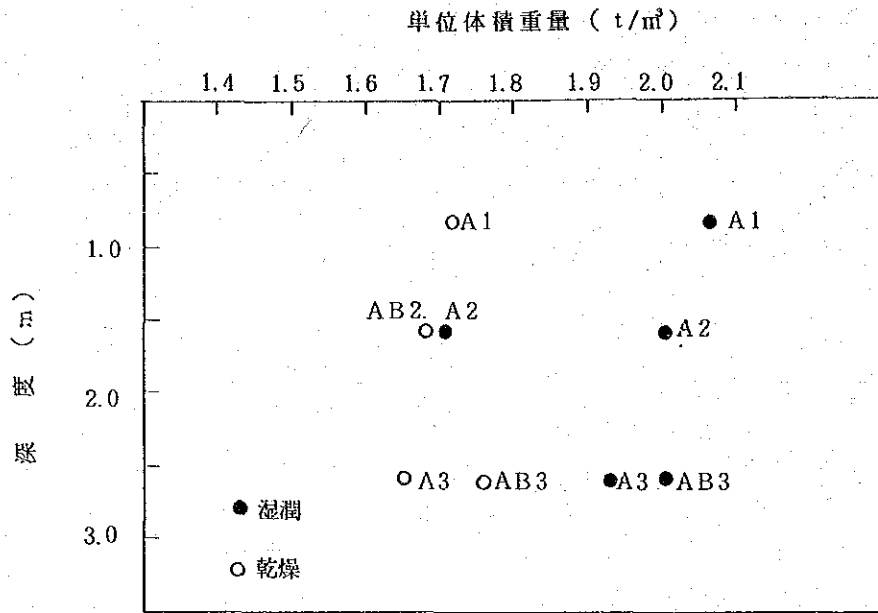


図 3.3 砂質土の単位体積重量分布

湿潤状態の単位体積重量 ( $\gamma_s$ ) の平均値は $1.98\text{t/m}^3$ 、また含水比 ( $\omega$ ) の平均値は16.2%を示し、コンシステンシはかなり締った状態である。

N値分布を図3.4に示す。

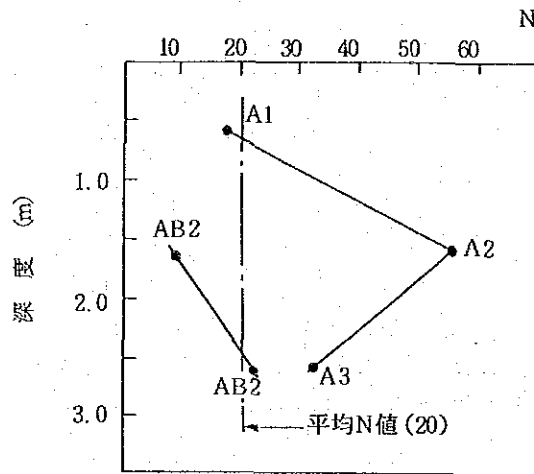


図 3.4 砂質土のN値分布

この地帯の砂質土は粒子が揃っており、均質な地盤を形成しているとみられることからA2点のN値55は転石等の影響を受けた異常値と思われる。したがって、このN値を除くと深度と共にN値も増加する傾向がみられ、基礎構造物設計用のN値はA2を除く平均N

値をとり  $N = 20$  の砂地盤として取扱ってよい。

$N = 20$  と設定すると、砂のせん断抵抗角（内部摩擦角） $\phi$  は、 $\phi = 30^\circ$  となる。

$$(\phi = \sqrt{12N + 15} = \sqrt{12 \times 20 + 15} = 30.5^\circ \approx 30^\circ)$$

一方、砂質土の三軸圧縮試験は A 3 点のサンプリング資料に基づいて行った。砂地盤から乱さない試料を採取する方法は確立されておらず、今回の試験も実験室で再生された試料に基づくものであり、これから求められるせん断抵抗角は参考値とする。三軸圧縮試験結果を図 3.5 に示す。地震時の砂の液状化（流動化）については十分に安全である。

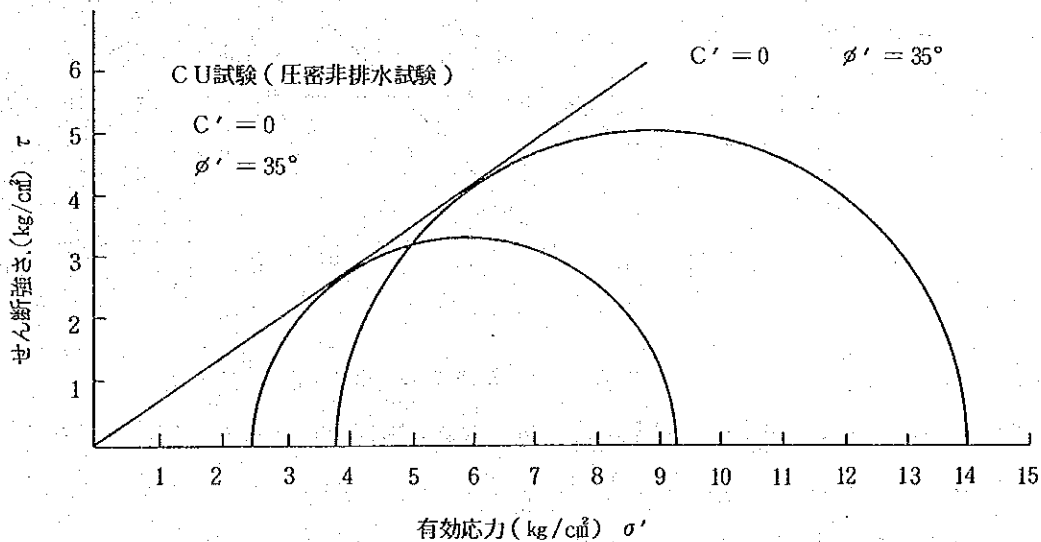


図 3.5 A 3 点の砂の三軸圧縮試験

(5) 粘性土の特性

計画地周辺の粘性土は、海崖部分の B 地点および A B 地点の表層部分を除いて、極めて固くまた乾燥した状態にある。液性限界 ( $W_L$ ) と塑性指数 ( $I_p$ ) を用いて、粘性土を分類した結果を図 3.6 に示した。

測定値はいずれも A 線の下に分布し、分類上は CH、ダイレクンシー現象がなく、乾燥強さが高い粘土であることを示している。

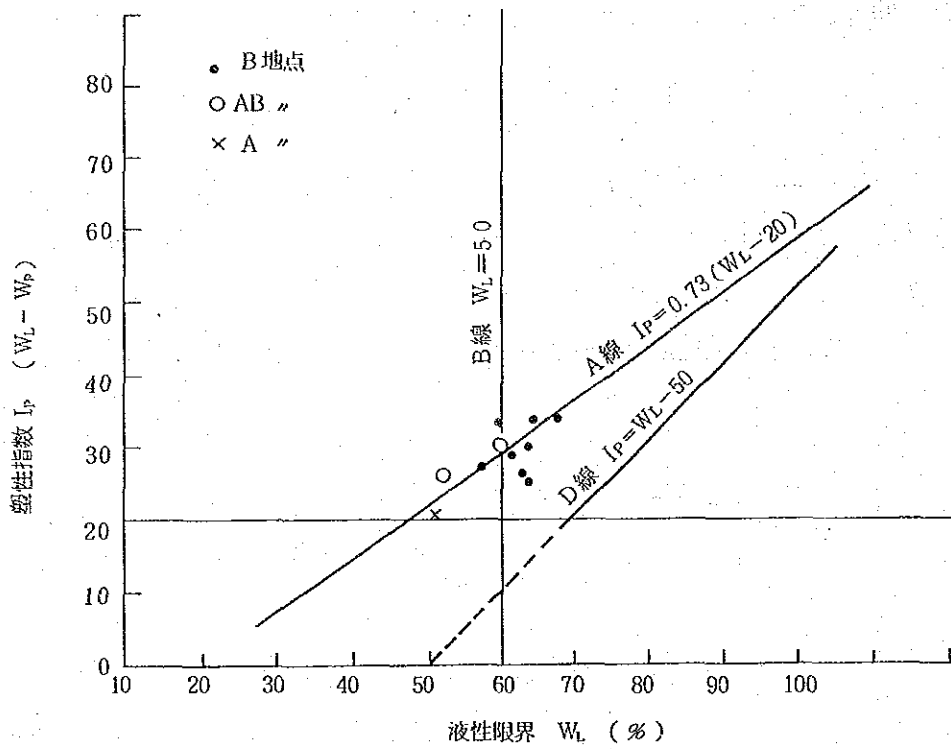


図 3.6 粘性土の分類

図 3.7 は正規圧密粘土の内部摩擦角と塑性指数の関係を示したもので、本図から  $\phi'$  は、

B 1 ~ B 4 点	$30 \leq I_p \leq 34$	$\therefore \phi' \approx 28^\circ$
B 5 ~ B 9 点	$25 < I_p < 29$	$\therefore \phi' \approx 29^\circ$
A 4 点	$I_p = 26$	$\therefore \phi' \approx 29^\circ$

となる。

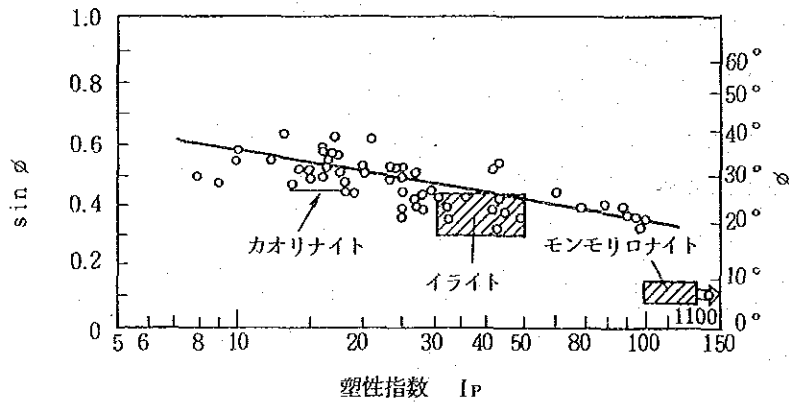


図 3.7 正規圧密粘土の内部摩擦角と塑性指数の関係

また、圧密沈下量の推定に用いる圧縮指数（ $C_c$ ）は、スケンプトンによる液性限界（ $W_L$ ）と圧縮指数（ $C_c$ ）の関係から求められる。

本図は有機物を多量に含む土、若しくは $W_L > 100$ である土、および $W > W_L$ である場合には適用できないが、計画地近辺の粘性土はこれらの条件に当てはまらず、適用することができる。海崖B地点での $W_L$ の平均値は62であることから、 $C_c = 0.4$ と推定される。

図3.8はB地点のN値分布である。表層部のN値は1箇所のみしか得られていないが、上層土を代表するものとして $N = 12$ とし、下層土は平均N値40とすると、基礎設計用一軸圧縮強度 $q_u$ は大崎の式（ $q_u = 0.4 + N/20$ ）を適用して、

$$\text{上部} \quad q_u \approx 1.0 \text{ kg/cmf}$$

$$\text{下部} \quad q_u \approx 2.5 \text{ kg/cmf}$$

となる。

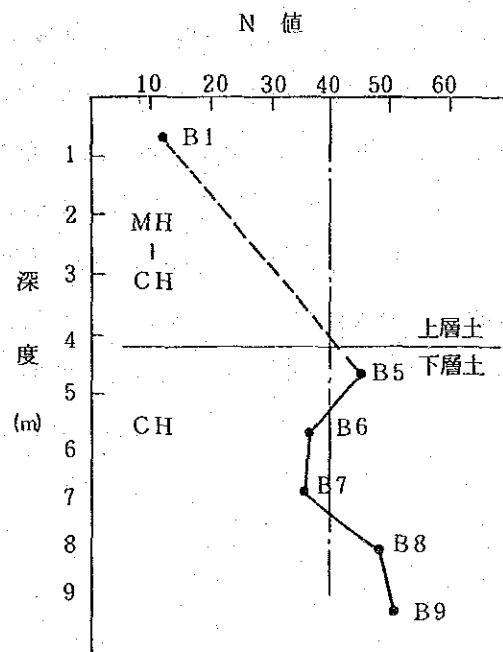


図 3.8 B 地点の N 値分布

粘性土の三軸圧縮試験結果をまとめて表3.3に示す。試験はA地点1箇所、B地点2箇所の計3箇所で行った。三軸圧縮試験のモールの応力円は付図7にとりまとめている。

表 3.3 粘性土の三軸圧縮試験結果

サンプリング地点	土質区分	試験方法	C	$\phi$	
B 5	4.50-5.00	CH	UU	0.90	0
B 6	5.50-6.10	CH	UU	0.20	35.0
A 4	3.50-4.00	CH	UU	1.05	0

注) CH:粘土                                      UU:非圧密非排水試験  
 CU:圧密非排水試験  
 C :粘着力 (kg/cm<sup>2</sup>)                       $\phi$ :せん断抵抗角 (°)

基礎の安定解析等の設計には、UU試験結果を用いることから、B地点の場合、B5のデータを使用する。

下層土の一軸圧縮強度 $q_u$ は、先に $q_u = 2.5 \text{ kg/cm}^2$ とN値から設定した。今、 $C = q_u / 2$ とすると、 $C = 1.25 \text{ kg/cm}^2$ となり三軸圧縮試験の精度から考えると比較的良い対応を示している。したがって、設計上はN値から定めた $q_u$ を使用するものとする。

また、A地点の上部砂層の下にある粘性土は、付図6に示すように、海崖から連続して延びてきているもので、設計上の取扱はB地点の下層土と同一とする。

海崖の法面の崩壊については、豪雨時に表層土砂が流出する危険性を除いて、ほとんど問題はないと考えられる。海崖部のコアは $C = 12.5 \text{ t/cm}^2$ の粘性土となっていることから、Janbuの安定図表を用いて安全率を求めてみると、いずれの破壊に対しても安全率は2前後が確保されている。

$$\cdot \text{斜面先破壊} \quad F = 6.4 \times \frac{12.5}{1.8 \times 22} = 2.02$$

$$\cdot \text{底部破壊} \quad F = 6.1 \times \frac{12.5}{1.8 \times 22} = 1.93$$

$$\cdot \text{斜面内破壊} \quad F = 6.4 \times \frac{12.5}{1.8 \times 22} = 2.02$$

(6) 底質調査

海水取水管敷設のため、取水予定点の底質土のサンプリングおよび敷設予定線上の海底状況を知るための写真撮影を行った。調査測線位置については、(1) 地形・地質調査範囲および調査地点を参照のこと。写真撮影点を図3.9に示す。



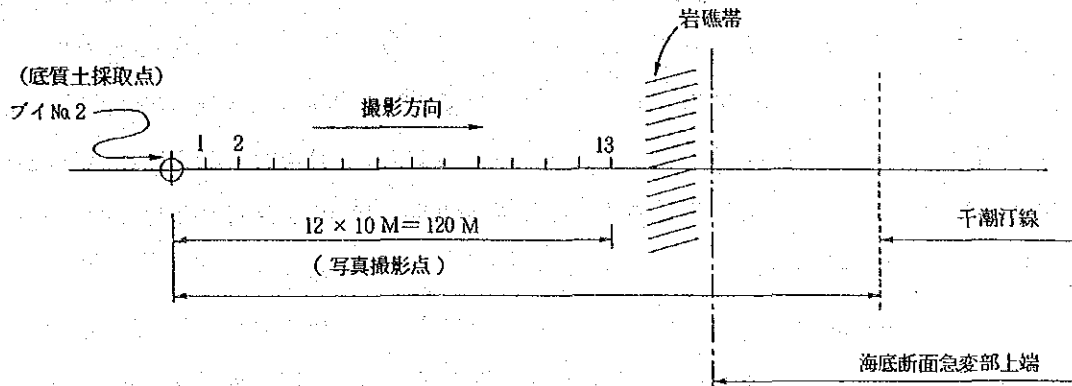


図 3.9 底質調査要領

ブイ No. 2 地点の水深はおよそ 6 ~ 7 m、半径 5 m 位の円の中に、小さな岩礁の露出しているのが観察された。ただし、岩礁の海底面からの突起高さはいずれも 150mm 以下である。ブイ No. 2 から海岸に向う測線には岩礁の突起はみられず、底質は礫混りの砂質土で波の作用によって表面はさざ波状になっている。このうねりの波長は約 100mm、高さはおよそ 25mm である。水中の可視距離は約 1 m である。撮影地点 No. 13 から海岸に向って、海底は急勾配となり砕波する波によって視界が極めて悪くなり、ダイバーの撮影作業を妨げ写真撮影は不可能となった。なお、この付近は岩礁帯となっており、波高は 1.5 m 前後と推定される。

ブイ No. 2 の地点で採取した底質土の粒度分布を図 3.10 に示す。土粒子の構成は礫分、砂分 50%、シルト分 24% であることから、土質名はシルト質砂と分類され、土質調査点 C、D 点と同一の土質である。

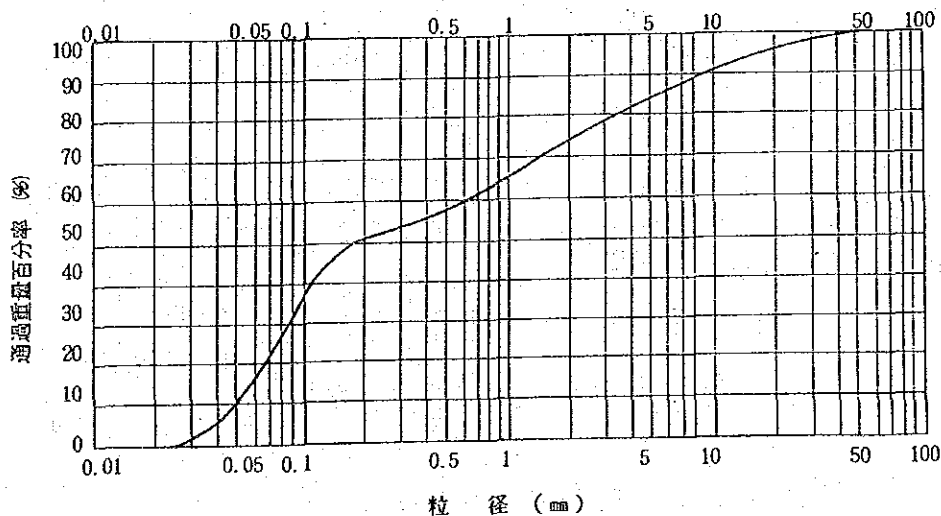


図 3.10 海水取水点部の底質の粒計加積曲線