

トンガ王国

海水取水システム改良計画基本設計調査報告書

# トンガ王国

## 海水取水システム改良計画

### 基本設計調査報告書

平成十一年三月

JICA LIBRARY



J1149458101

平成 11 年 3 月

国際協力事業団

水産エンジニアリング株式会社

10  
15.6  
IRT  
ARY

|          |
|----------|
| 詞無二      |
| CR (2)   |
| 99 - 045 |







**トンガ王国**

**海水取水システム改良計画**

**基本設計調査報告書**

**平成11年3月**

**国際協力事業団**

**水産エンジニアリング株式会社**



1149458(0)

## 序 文

日本国政府は、トンガ王国政府の要請に基づき、同国の海水取水システム改良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いたしました。

当事業団は、平成10年9月26日から10月19日まで基本設計調査団を現地に派遣いたしました。

調査団は、トンガ政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施いたしました。帰国後の国内作業の後、平成10年12月8日から12月12日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

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

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

平成11年3月

国際協力事業団

総裁 藤田 公郎

## 伝 達 状

今般、トンガ王国における海水取水システム改良計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

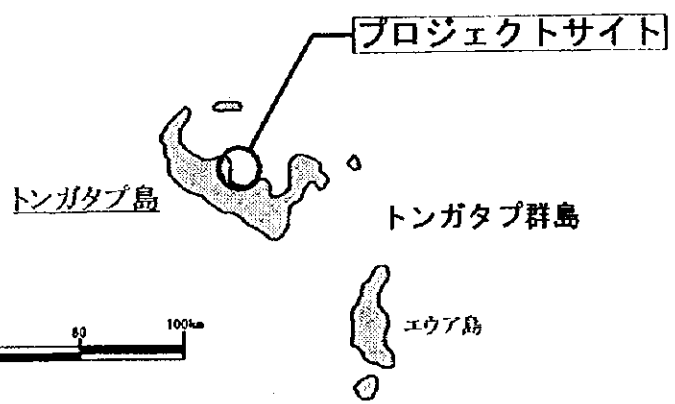
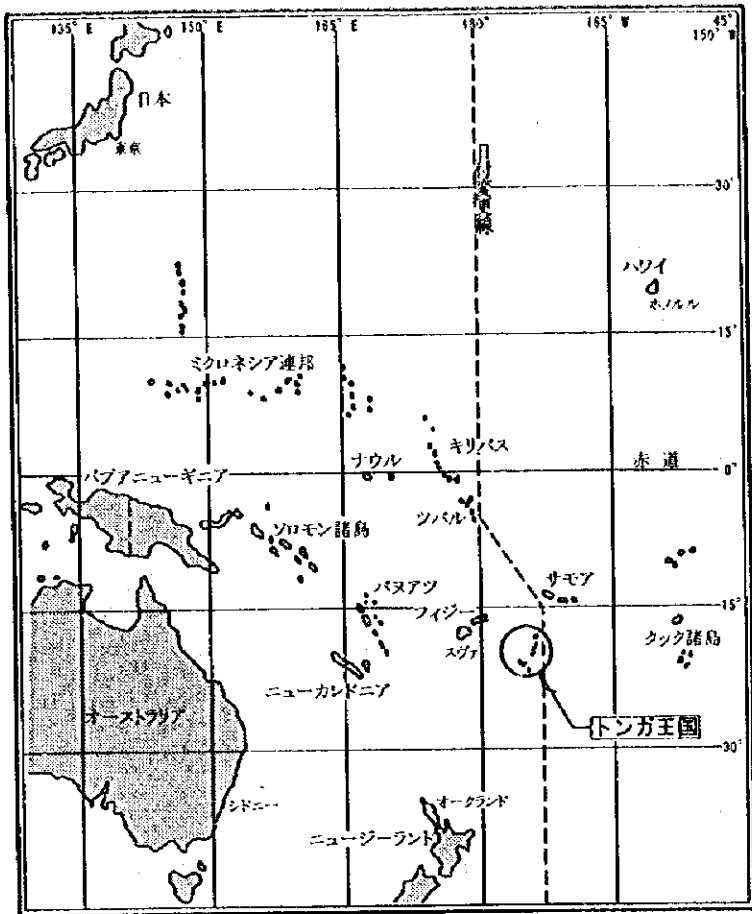
本調査は、貴事業団との契約に基づき、弊社が平成 10 年 9 月 18 日から平成 11 年 3 月 12 日までの約 6 ヶ月間にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、トンガの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

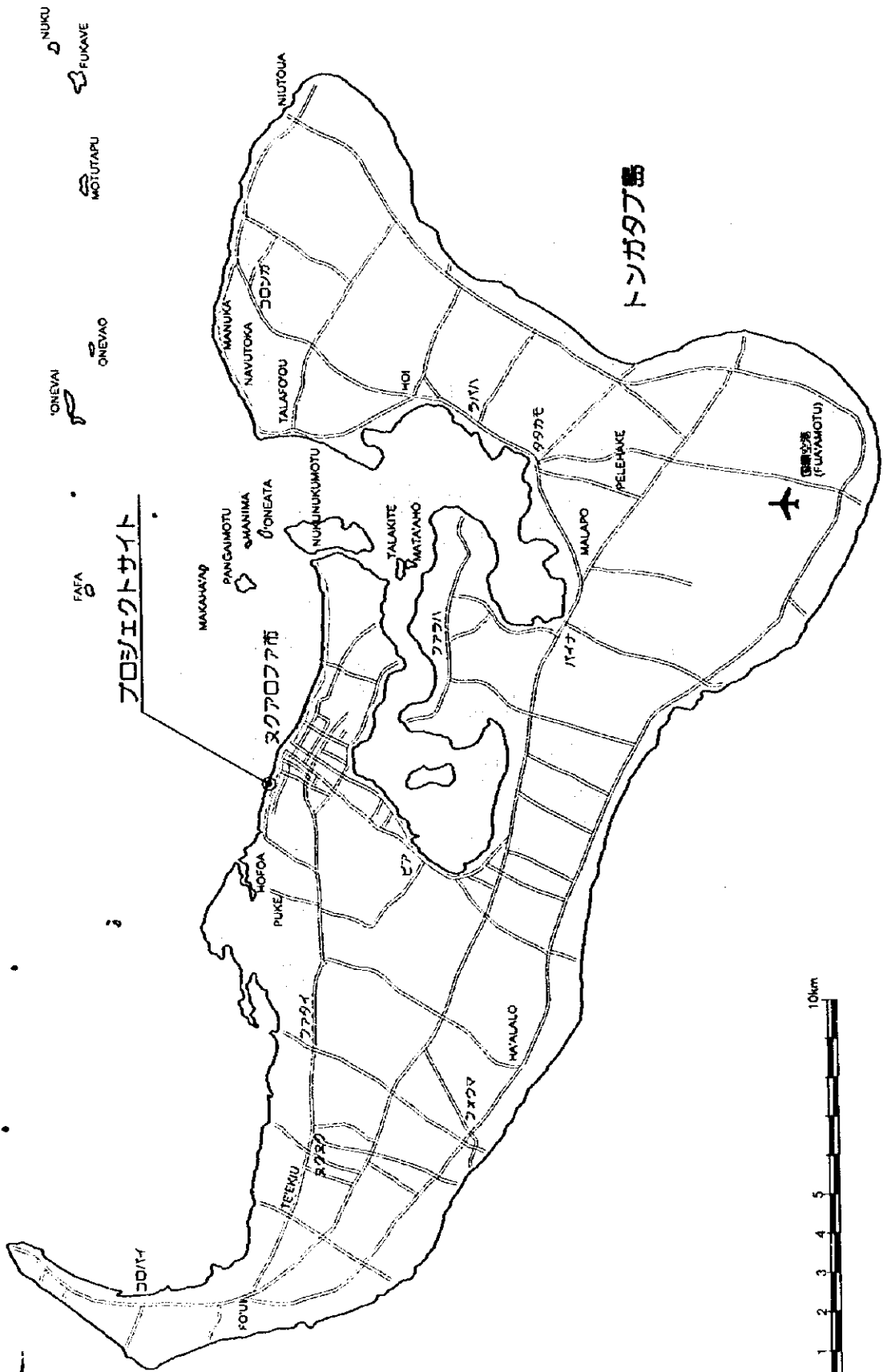
平成 11 年 3 月

水産エンジニアリング株式会社  
トンガ王国  
海水取水システム改良計画基本設計調査団  
業務主任 小笠原敏也





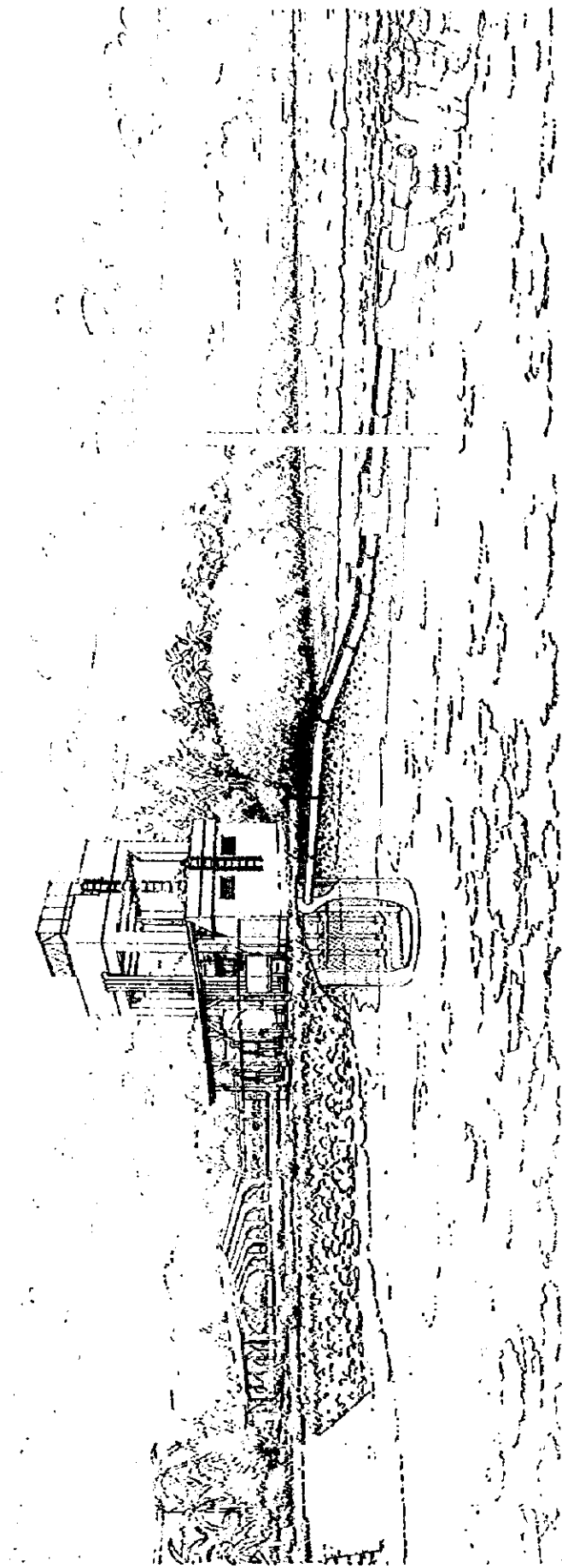
トンガ王国



トンガラフ島

プロジェクトサイト

サイト位置図



トンガ王国海水取水システム改良計画 完成予想図



水産研究センター養殖施設の全景

← 磯池から見た水産研究センターと  
着水ピット



← 計画取水口付近

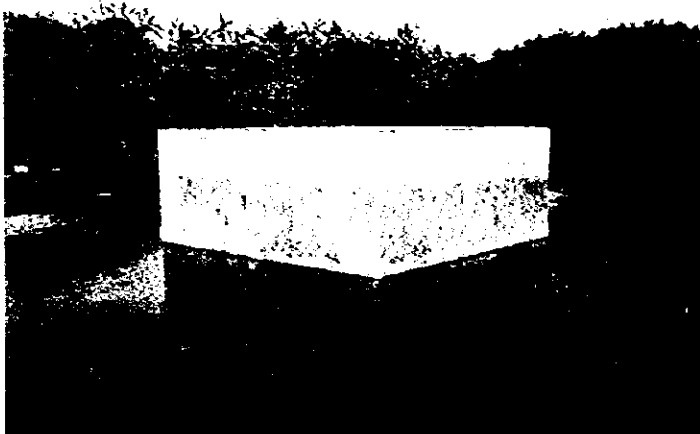




取水管先端部



取水管先端部  
(水中より撮影)



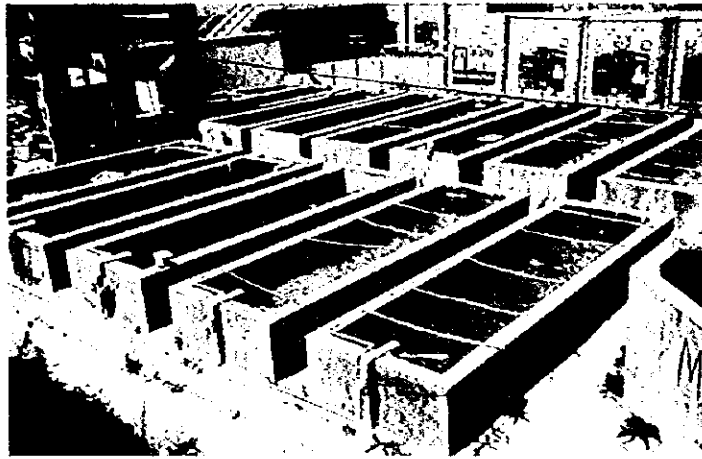
着水ピット



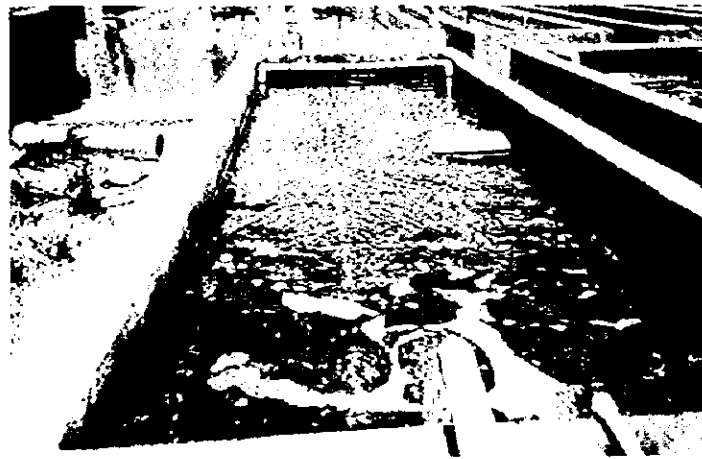
飼育場上屋



上屋内部の飼育水槽



屋外水槽



飼育状況



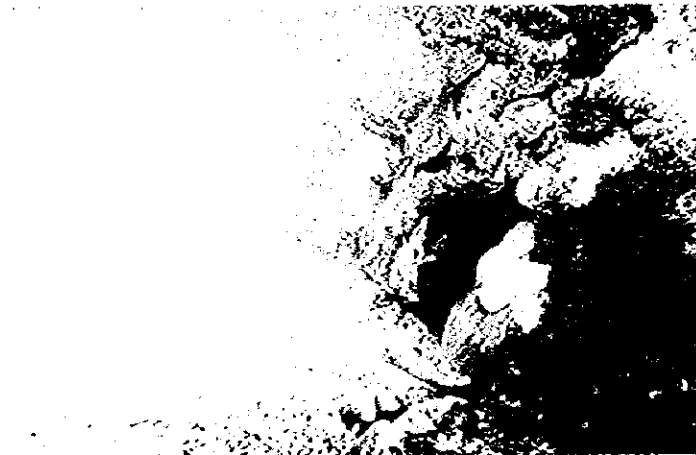
飼育中のシャコガイ



既存機械室  
(ポンプハウス建設予定地)



機械室内部  
(海水取水ポンプ)



← 礁原先端の海底の状況  
(計画取水口付近)

↓ 海洋育成場よりセンターを望む





## 略語集（アルファベット順）

|       |   |   |
|-------|---|---|
| FAO   | : | Food and Agriculture Organization of the United Nations |
| FFA   | : | Forum Fisheries Agency                                  |
| FRP   | : | Fiber reinforced plastic                                |
| GDP   | : | Gross Domestic Product                                  |
| IMF   | : | International Monetary Fund                             |
| JICA  | : | Japan International Cooperation Agency                  |
| PVC   | : | Polyvinyl chloride                                      |
| SPC   | : | South Pacific Commission                                |
| SPADP | : | South Pacific Aquaculture Development Project           |
| UNDP  | : | United Nations Development Programme                    |



## 要 約

トンガ王国は、南西太平洋のほぼ中央、日付変更線の西側に沿って点在する約 170 の島から構成された人口約 10 万人の島嶼国である。陸地の総面積は 748km<sup>2</sup> (対馬とほぼ同じ) であるが、同国の海岸線は 419km に及び、72 万 km<sup>2</sup> の経済専管水域を有している。

トンガの経済は、カボチャの対日輸出に代表される農業を基軸とする第一次産業によって支えられている。農林水産業の GDP に占める割合は 30% 以上、その生産物は総輸出額の 90% 以上に相当するなど、農林水産部門は雇用創出と外貨獲得の両面で重要な役割を担っているが、貿易収支は、地理的な隔絶性や天然資源の欠如が障害となって慢性的な赤字であり、これを海外からの援助と移民労働者からの送金で埋める経済構造となっている。トンガ政府は、農業に依存する同国の産業構造からの脱却を目指し、第七次国家開発計画 (1998/99~2000/2001 年) において農業、観光業および水産業を最優先開発分野とする政策を掲げ、従来目標である経済成長の維持に努力している。

水産業は、商業漁業、小規模沿岸漁業および珊瑚礁域で自給自足的に行われる伝統的な零細漁業に大別され、その漁獲量は全体で 3,424 トン (1998 年、FAO)、関連産業への直接従事人口は全就労人口の 3.6% であるが、就労人口の 16% 以上が何らかの形で間接的に水産業に関わり、さらに多くの人々がパートタイムあるいは自給的漁業を営むといわれ、特に村落および離島部では自給的漁業が生活の一部となっている。水産業は国内消費用の水産物を供給するうえで重要であるばかりでなく、同国の周辺海域にはマグロ等高度回遊魚の好漁場が拡がり、沿岸はシャコガイや宝飾用有用貝類の棲息適地となっているなど開発可能性の高い産業として有望視されている。

沿岸および珊瑚礁域における漁業は動物タンパクを供給するうえで重要な役割を担っているが、漁獲圧力が年々高まってきた結果、シャコガイ、ボラ、ナマコ、イセエビといった主要資源の枯渇が顕著である。このため漁獲サイズの制限、潜水具の使用禁止、ナマコ漁の禁止等の漁獲制限を行っているものの効果が表れるにはいたっておらず、種苗放流を含む抜本的な資源回復措置やタカセガイ、ヤコウガイなど有用新種の導入による珊瑚礁域の有効利用が望まれている。

我が国は、トンガにおける資源保全と有用漁業資源の養殖研究・開発発展を支援すべく、1977 年度の無償資金協力により試験研究施設として水産研究センターを建設した。同施設は、1982 年のサイクロンによって特に取水設備に大きな被害を受け、一時は使用不能な状態に陥ったが、施設の復旧と試験研究活動の一層の強化を目的としたプロジェクト方式技術協力 (1991 年 10 月から 5 年間) および引き続き 2 年間のフォローアップが実施され、シャコガイ、ヤコウガイ、タカセガイ等の増養殖開発研究に大きく貢献してきた。同協力期間中、取水システムについても改善が試みられたが、根本的なシステム改修はプロ技で対応可能な範囲を超えており、塩分濃度の低下による飼育生物の弊死、老朽化等による給水不良やポンプ故障の頻発などの問題解決には至っていない。

このように、同センターは無償資金協力と技術協力との連携によって所期の効果を発現している状況にあるが、礁池内から取水していることに起因する不安定な水質、養殖用飼育水の取水・排水システムの老朽化、水量不足等の問題を抱えており、プロ技フォローアップが終了した現在、今後の運営管理に大きな不安要素を残している。この問題を解決するためトンガ政府は同センターにおける取水・排水システムの改善計画を策定し、その実現のための協力につきわが国に要請してきた。

トンガ政府の要請を受けて、日本政府は本計画に関する基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団(JICA)は、海水取水システム改良計画に関する基本設計調査団を1998年9月に、また同年12月には基本設計概要書の内容を説明する調査団を同国に派遣した。

基本設計調査団は、海水取水システムの改良に係わる要請内容の確認、計画の妥当性の検証、規模および仕様等を検討するため、トンガの社会・経済状況、水産一般、既存研究施設の活動状況、計画対象地の基盤整備状況、建設事情、自然条件、プロジェクトの実施体制、維持管理計画等を内容とする現地調査ならびに建設予定地における地形測量と水質調査などの現地自然条件調査を実施した。

トンガ水産省との協議ならびに現地調査の結果から、調査団はトンガ国の課題である養殖技術開発と研究活動を充実し養殖の普及を図るためには、その役割の中心を担う水産研究センターにおける海水取水システムの改良が急務であり、併せて不足している飼育水槽の整備および待機施設の建設等を含む本プロジェクトを我が国無償資金協力の枠組みの中で実施する必要性は高いとの結論に達した。

本計画には、取水システムはそのコンポーネントの一部でも欠落することがあると全体として機能し得ないものであることから、給水・排水を含む一連のシステムを取り込むと同時に、調査の課程で問題が見いだされ、今後の活動のためには改善することが不可欠であると判断された施設・設備についても含むこととした。

本計画における日本側の協力部分の概要は以下のとおりである。

| 施設等                             | 計画内容の概要   |
|---------------------------------|---|
| 1) 取水システム<br>取水量<br>導水管<br>主要設備 | 取水位置：緑溝部、取水方式：導水管方式（セミサイフォン）<br>1.2m <sup>3</sup> /分<br>内径 350mm、延長 500m、樹脂被覆鋼管・PVC 管<br>取水ポンプ、ブローア、加圧式砂濾過槽、高架水槽等 |
| 2) ポンプハウス                       | 鉄筋コンクリート造 116.70m <sup>2</sup>  |
| 3) 待機施設                         | コンクリートブロック造 49.50m <sup>2</sup>   |
| 4) 飼育場上屋                        | 木構造 270.00m <sup>2</sup>  |
| 5) 排水溝および沈殿池                    | 鉄筋コンクリート造 280.00m <sup>2</sup>  |
| 6) 電気・給排水衛生設備                   | 場内配線・照明設備、非常用発電機等   |
| 7) 機材                           | シャコガイ飼育槽、ヤコウガイ・タカセガイ飼育槽等  |
| 8) 既存施設の撤去                      | 100m <sup>3</sup> 貯水槽、高架水槽架台、八角形飼育槽、飼育場鉄骨上屋、ウエットラボ天井配管・ラック等   |

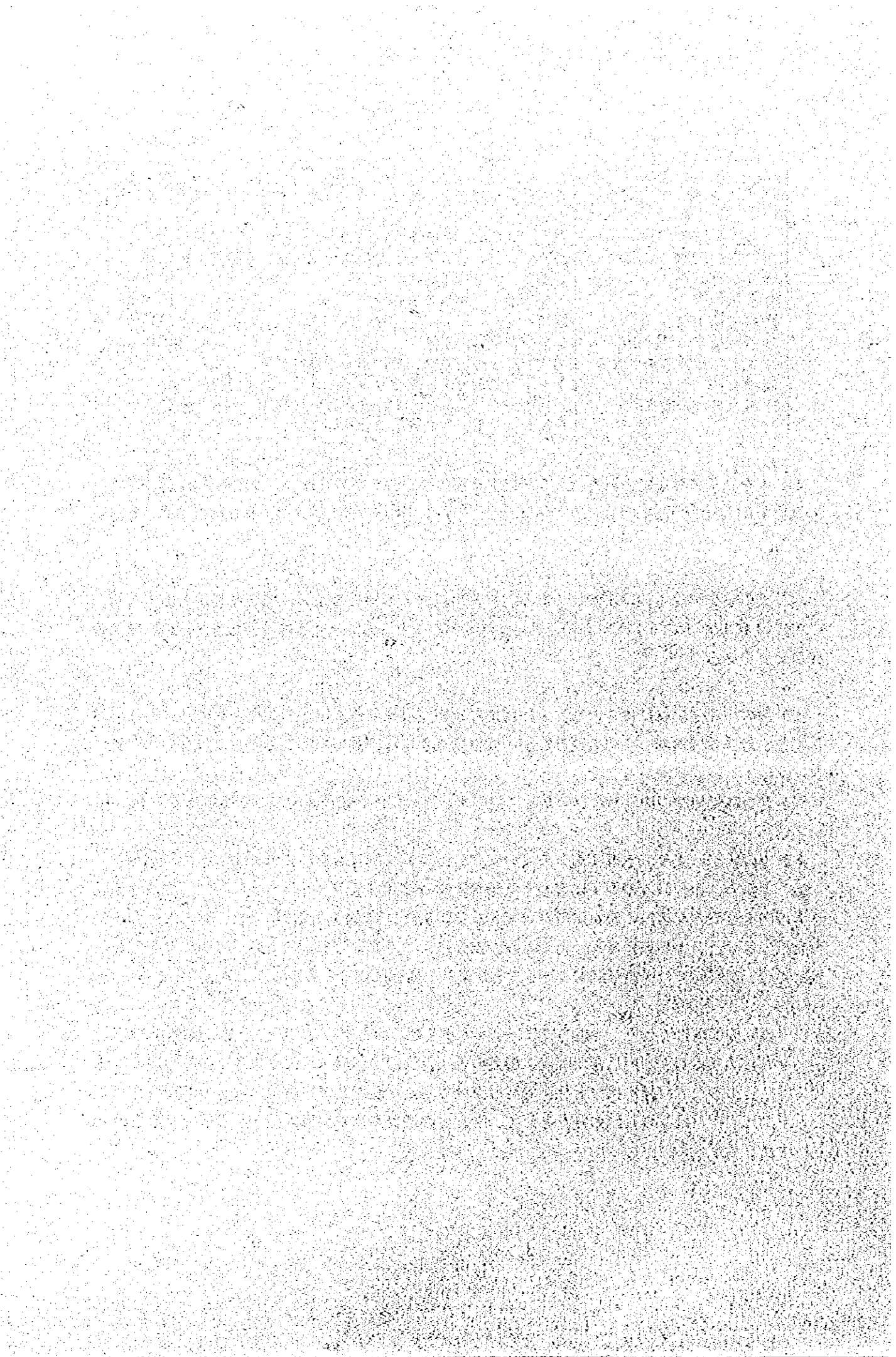
本計画を日本の無償資金協力により実施する場合に必要な事業費は、日本側約 2.37 億円、トンガ側約 0.01 億円と見込まれる。本計画の全体工期は、実施設計を含め 13 ヶ月程度が必要とされる。

本計画の事業実施主体は水産省である。計画施設および機材の運営維持管理費用として、新たに年間約 15,000 トンガドルが必要と見込まれていることから、水産省はこれらの予算の継続的確保が必要である。

本計画の施設・機材にはその取扱いに特別な技術指導や研修を要する高度なものは含まれておらず、また、設備機器の内容も既存施設の設備構成とほぼ同等であることから、現有的水産省スタッフによる運営管理が可能であると判断する。ただし、ポンプ、電気設備等の保守要員の育成・確保を含む運営体制の確立および非常時に対応するための休日勤務体制の確立が急務である。

本計画の実施により、水温・塩分濃度の安定した良質な飼育水を必要量確保することが可能となることから、塩分濃度の低下に起因する飼育生物の弊死事故がなくなると同時に、生残率・成長率の向上と健全な種苗の安定供給が可能となる。また、沈殿池の設置により、環境に対する負荷を減少させることが期待でき、待機施設の整備によって非常時の緊急対処が可能になる。こうした管理・運営面での機能が拡充されることにより、研究活動の一層の活性化が期待できる。

以上の直接効果によって、将来的にはシャコガイをはじめとする有用種の増養殖技術が普及し、離島を含む漁民に対する雇用と現金収入機会の創出、資源の保護・回復や生産物の輸出による外貨獲得に資するなど、環境保全と経済的發展を両立した水産開発が可能となるものと期待され、南太平洋地域における増養殖の拠点として、トンガの増養殖事業振興に大きく貢献できるものと見込まれる。



# 目 次

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 序 文                      |    |
| 伝達状                      |    |
| 位置図／透視図／写真               |    |
| 略語集                      |    |
| 要 約                      |    |
| 第1章 要請の背景                | 1  |
| 第2章 プロジェクトの周辺状況          | 3  |
| 2-1 水産セクターの開発計画          | 3  |
| 2-1-1 上位計画               | 3  |
| 2-1-2 財政事情               | 3  |
| 2-2 他の援助国、国際機関等の計画       | 4  |
| 2-3 我が国の援助実施状況           | 4  |
| 2-4 プロジェクト・サイトの状況        | 5  |
| 2-4-1 自然条件               | 5  |
| 2-4-2 社会基盤整備状況           | 8  |
| 2-4-3 既存施設・機材の現状         | 8  |
| 2-5 環境への影響               | 9  |
| 第3章 プロジェクトの内容            | 11 |
| 3-1 プロジェクトの目的            | 11 |
| 3-2 プロジェクトの基本構想          | 11 |
| 3-2-1 本センターの現状と改善の必要性    | 14 |
| 3-2-1-1 取水施設             | 14 |
| 3-2-1-2 濾過槽              | 17 |
| 3-2-1-3 給水施設・設備          | 17 |
| 3-2-1-4 ポンプハウス           | 19 |
| 3-2-1-5 排水システム           | 19 |
| 3-2-1-6 飼育場上屋            | 19 |
| 3-2-1-7 待機施設             | 20 |
| 3-2-1-8 既存施設の撤去          | 20 |
| 3-2-2 施設改善のための基本構想       | 21 |
| 3-2-3 計画内容の検討            | 22 |
| 3-2-3-1 基本諸元の設定          | 23 |
| 3-2-3-2 取水システムに関する代替案の検討 | 26 |
| 3-2-3-3 付帯施設・設備等に関する検討   | 35 |
| 3-3 基本設計                 | 40 |
| 3-3-1 設計方針               | 40 |
| 3-3-2 基本計画               | 42 |
| 3-3-2-1 設計条件             | 42 |
| 3-3-2-2 施設計画             | 43 |
| 3-3-2-3 機材計画             | 50 |
| 3-3-2-4 基本設計図            | 53 |
| 3-4 プロジェクトの実施体制          | 69 |
| 3-4-1 組織                 | 69 |
| 3-4-2 予算                 | 70 |

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 3-4-3 要員・技術レベル .....         | 70 |
| 第4章 事業計画 .....               | 71 |
| 4-1 施工計画 .....               | 71 |
| 4-1-1 施工方針 .....             | 71 |
| 4-1-2 施工上の留意事項 .....         | 72 |
| 4-1-3 施工区分 .....             | 72 |
| 4-1-4 施工監理計画 .....           | 73 |
| 4-1-5 資機材調達計画 .....          | 73 |
| 4-1-6 実施工程 .....             | 74 |
| 4-1-7 相手国側負担事項 .....         | 75 |
| 4-2 概算事業費 .....              | 75 |
| 4-2-1 概算事業費 .....            | 75 |
| 4-2-2 運営・維持管理費 .....         | 76 |
| 第5章 プロジェクトの評価と提言 .....       | 79 |
| 5-1 妥当性にかかる実証・検証及び裨益効果 ..... | 79 |
| 5-2 技術協力・他ドナーとの連携 .....      | 80 |
| 5-3 課題 .....                 | 81 |



## 第1章 要請の背景

トンガ王国は、南西太平洋のほぼ中央、日付変更線の西側に沿った南緯15度～23度30分、西経173度～177度の間に点在する約170の島から構成された島嶼国である。陸地の総面積は748km<sup>2</sup>（対馬とほぼ同じ）であるが、同国の海岸線は419kmに及び、72万km<sup>2</sup>の経済専管水域を有している。1996年のセンサスに基づく総人口は97,446人で、このうち68.3%にあたる66,577人がトンガタブ島に居住している。1986年～1996年の人口増加率は年平均約0.3%である。

トンガの経済は、農業を基軸とする第一次産業に支えられており、農林水産業のGDPに占める割合は30%以上、その生産物は総輸出額の90%以上に相当するなど、農林水産部門は雇用創出と外貨獲得の両面で重要な役割を担っているといえる。従来の主要産品はココナツ、バナナ、パニラ豆等であったが、1987年からはじまったカボチャの対日輸出が成功し、同国の外貨獲得に大きく貢献するようになった。しかし、市場がほとんど日本に限られるうえ、ヴァヌアツ、ニューカレドニア等の市場参入や連作障害などの影響により、やや陰りがはじめてきた。貿易収支は、他の太平洋島嶼国と同様に、地理的な隔絶性や天然資源の欠如が障害となって慢性的な大幅赤字であり、これを海外からの援助と移民労働者からの送金で埋める経済構造となっている。トンガ政府は、天候に好不調が左右されやすい農業に依存する同国の産業構造からの脱却を目指し、特に観光業と水産業を柱とする他産業の育成・開発をすすめることにより、従来の目標である経済成長の維持に努力している。

水産業は、同国経済水域内の豊富なカツオ・マグロ資源に根ざした商業漁業、専ら沿岸域で操業され国内消費向け魚類の生産手段としても重要な小規模沿岸漁業および珊瑚礁域で自給自足的に行われる伝統的な零細漁業に大別され、その漁獲量は全体で3,424トン（1998年、FAO）となっている。水産および加工など関連産業への直接従事人口は1,067人（1996年センサス）で全就労人口の3.6%であるが、就労人口の16%以上が何らかの形で間接的に水産業に関わり、さらに多くの人々がパートタイムによる漁業に従事あるいは自給的漁業者を営むといわれ、特に村落および離島部では自給的漁業が生活の一部となっている。水産セクターのGDPに占める割合は1992/93年度の6.9%から年々増加し、1996/97年度は10%を超えるものと推定されており、また、水産物の輸出額に占める割合も1992/93年度の12.9%から1995/96年度の23.2%へと増え、農業に次ぐ主要産業としての地位を固めている。

沿岸および珊瑚礁域における漁業は動物タンパクを供給するうえで重要な役割を担っており、自給的漁業によって250万トンガドル相当が生産されている（1996年、世界銀行）が、国民の水産物購買力の向上と漁具の近代化によって漁獲圧力が年々高まっている。この結果、シャコガイ、ボラ、ナマコ、イセエビといった主要資源の枯渇が顕著であり、漁獲サイズの制限、潜水具の使用禁止、ナマコ漁の禁止等の漁獲制限を行っているものの違法漁業が後を絶たず、種苗放流を含む抜本的な資源回復措置やタカセガイ、ヤコウガイなど有用新種の導入による珊瑚礁域の有効利用が望まれている。

我が国は、トンガにおける資源保全と有用漁業資源の養殖研究・開発発展を支援すべく、1977年に無償資金協力により試験研究施設として水産研究センターを建設し、1991年からは試験研究活動の一層の強化を目的として、同センターを拠点としたプロジェクト方式技術協力を実施し、

同協力のフォローアップ期間を経て、シャコガイ、ヤコウガイ、タカセガイ等の増養殖開発研究に貢献してきた。

このように、同センターは無償資金協力と技術協力との連携によって所期の効果を発現している状況にあるが、礁池内から取水していることに起因する不安定な水質、養殖用飼育水の取水・排水システムの老朽化、水量不足等の問題を抱えており、プロ技フォローアップが終了した現在、今後の運営管理に大きな不安要素を残している。この問題を解決するためトンガ政府は同センターにおける取水・排水システムの改善計画を策定し、その実現のため1997年に我が国に無償資金協力を要請してきた。

## 第2章 プロジェクトの周辺状況

### 2-1 水産セクターの開発計画

#### 2-1-1 上位計画

トンガ政府は、伝統的な独自の文化を取り込みつつ、社会・経済基盤の整備を推進することによって、価値観の相違はあるにせよ、2025年までに先進諸国と遜色のない水準まで、すべての国民生活の質を等しく向上させることを長期目標としている。この目標を達成するために、第七次国家開発計画（1998/99～2000/2001年）では、官営事業の効率化と堅実な開発環境の提供による民間部門の経済活性化を優先課題として取り上げ、これにより国内生産物の競争力を高め、民間部門の増強や政府・民間のサービス部門の合理化を推進することなどによって総合的な開発の原動力とすることを旨すとともに、開発施策の最優先分野として農業、水産業および観光業の3分野を掲げている。この3分野は伝統的に最も開発可能性が高いとされる同国経済の基幹であり、第七次国家開発計画では特に同分野における民間部門の果たす役割を強化するため、政府は民間部門の助成に必要な投資環境、インフラ等を整備することを重視している。

水産業は、国内消費用の水産物を供給するうえで重要であるばかりでなく、同国の周辺海域にはマグロ等高度回遊魚の好漁場が広がり、沿岸はシャコガイや宝飾用有用貝類の棲息適地となっているなど開発可能性の高い産業として有望視されており、輸出を推進することによる外貨獲得にも期待がかかっている。持続的な水産資源の開発と利用を目指した水産開発政策（1996～2000年）には、人的資源の育成、積極的な水産行政サービスの継続、カツオ・マグロ漁業への支援、南太平洋地域における増養殖の拠点としての地位の確立、小規模零細漁業への支援などが政策目標として盛り込まれ、養殖分野では進歩的かつ自立可能な養殖事業の確立を目指し、調査・研究活動の強化と適正養殖技術の開発を行っていく方針となっている。

水産研究センターは、1977年度の我が国の無償資金協力により設立されて以来、1991年から実施されたプロジェクト方式技術協力の成果によってシャコガイやヤコウガイ等の増養殖にかかる基礎技術が確立されるなど、トンガにおける水産増養殖研究・開発を行う中心施設として重要な役割を担ってきた。本計画は、老朽化等により活動の維持が困難となっている同センターの取水システムを改善することによって一層の活動強化を図ろうというものであり、上記の水産政策を実現するために不可欠な計画であると位置付けられる。

#### 2-1-2 財政事情

1990年代を通じてトンガの財政政策は経常予算と海外からの贈与や融資による開発予算が均衡するよう組まれてきた。1995/96年に公務員の給与が10%引き上げられたことにより、最近の経常予算に占める人件費の割合は50%以上に増加し、相対的に物品等購買費や維持管理費は減少している。トンガ政府の経常収支の推移は表2-1に示すとおりであり、水産省が占める過去3年間の経常予算の割合は1.0%～1.4%程度である。また、開発予算は1990年代を通じて年間およそ1,100万トンガドルの水準にあり、その63%程度がインフラ整備を含む経済開発に充てられている。水産セクターの開発予算に占める割合は、全体の10%程度の85万から110万トンガドル（1995/96

年～1997/98年)で推移している。トンガは、アジア開発銀行から融資を受けているが、世銀/IMF等による構造調整は受けていない。なお、トンガの社会・経済事情に関するデータは資料4に添付したとおりである。

表 2-1 トンガ政府経常収支の推移

(単位：トンガドル)

|      | 1995/96年度<br>(確定値) | 1996/97年度<br>(暫定値) | 1997/98年度<br>(予算) |
|------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 経常収入 | 64,644,044         | 61,683,988         | 63,048,004        |
| 経常支出 | 62,750,215         | 60,574,588         | 63,011,399        |
| 収 支  | 1,893,829          | 1,109,400          | 36,605            |

(出所：Kingdom of Tonga Recurrent Estimates 1998/97, Ministry of Finance)

## 2-2 他の援助国、国際機関等の計画

過去10年間のトンガ水産セクターへの援助は、我が国、オーストラリア、国連食料農業機構 (FAO)、国連開発計画 (UNDP)、南太平洋諸国会議漁業機関 (FFA)、南太平洋委員会 (SPC) 等をはじめとする18カ国 (機関) によって70件を越す協力が実施されているとされる。その多くは各種水産開発計画や政策の策定、評価、人的支援、研修などの技術協力で占められ、施設・機材等の供与にかかる案件は少ない。

養殖分野への援助は、オーストラリア、ニュージーランドおよび米国を中心として1960年代からはじまった。1980年代後半から1990年代前半にかけて、主にオーストラリア政府の資金協力によるシャコガイ養殖が本センターを拠点に実施され、現在の活動の基礎となった。FAO/UNDPによる地域水産支援計画において、1991年にタカセガイの導入と真珠養殖の可能性が示唆され、1992年にはタカセガイのヴァヴァウ島への移植事業が行われた。また、FAOによる南太平洋養殖開発計画 (SPADP) では、内水面養殖漁業、シャコガイ資源保護管理などを含むコンサルタント業務や、海藻養殖、タカセガイ種苗生産技術等に関するワークショップが開催されている。この計画の一環で、日本向けモズクの試験操業が1996年から本センターを拠点に続けられているが、一応の目途がたったことから1999年1月以降に拠点施設を移転して本格操業する予定となっている。一方、真珠貝の一種であるマベガイは1970年代に日本の業者によって導入されたものの、1982年のサイクロンで被害を受けて以来、トンガ政府との間で条件が折り合わず養殖事業から撤退していたが、1988年にヴァヴァウ島で同種の棲息が確認されたことから、SPADPの支援で養殖再開に向けた調整が行われている。水産研究センターにおける我が国のプロジェクト方式技術協力は、オーストラリア政府の資金協力を引き継ぐ形で実施されたものであり、FAOとの関連ではSPADPのワークショップを共同開催するなどの協力関係にあった。

## 2-3 我が国の援助実施状況

本計画の対象施設である水産研究センターは、トンガ周辺海域における水産資源を有効に利用し、同国国民に良質な水産物を安定的に供給することを目的とした、増養殖を含む多岐にわたる

漁業振興を推進するための中心機関として、1977年度の我が国の無償資金協力によって設立された。

その後、1991年10月2日～1996年10月1日の5年間、本計画対象施設を拠点に、トンガ水産省における養殖部門にかかる技術者の調査研究および管理能力の向上を図ることを目的として、プロジェクト方式技術協力による「トンガ水産増養殖研究開発計画」が実施され、同期間中、常時4～5名の長期専門家が派遣された。同協力により、1982年のサイクロン被害により使用不能に陥ったセンター施設が復旧されるとともに、シャコガイの種苗生産技術が確立され、タカセガイ、ヤコウガイ等の増養殖に関する基礎的研究が行われた。その後、1996年10月2日～1998年10月1日の2年間、2名の長期専門家による同協力のフォローアップを経て、これら貝類の基礎的な種苗生産技術の移転はほぼ達成された。今後、さらなる活動の強化を目的として、1999年2月から6ヶ月間の短期専門家の派遣が決定されている。

また、水産省への青年海外協力隊の派遣は1973年にはじまり、1998年10月現在までに累計39名（トンガ派遣隊員の22%）が漁具漁法、船舶機関、養殖、冷凍機器等の分野に配属された。このうち養殖隊員の派遣は1977年にはじまり、現在までに8名が配属されている。

水産セクターへの我が国の無償資金協力は表2-2のとおりである。

表2-2 水産分野への無償資金協力

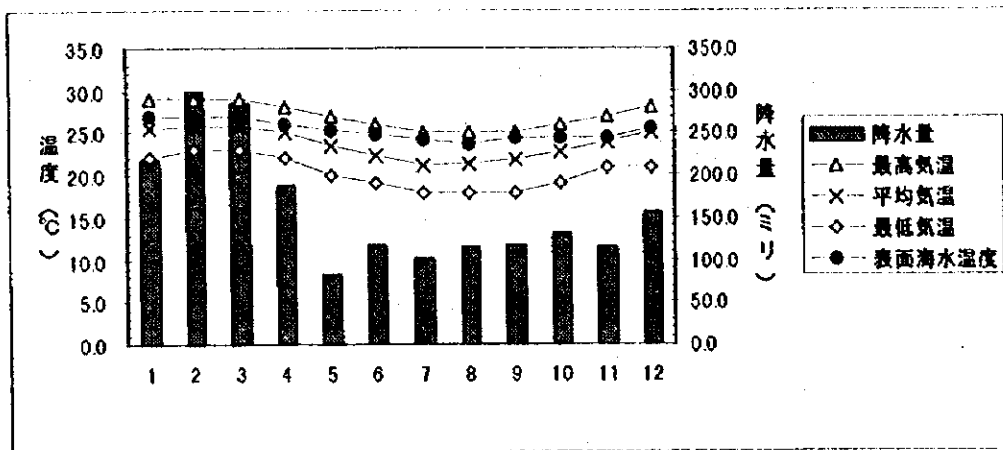
| 年度     | 案件名            | 金額     | 概要                                   |
|--------|----------------|--------|--------------------------------------|
| 1977年度 | 水産研究センター設立計画   | 4.00億円 | 水産研究センター（本計画の対象施設）の建設および小型カツオ漁船1隻の供与 |
| 1980年度 | 漁業訓練船建造計画      | 4.50億円 | マグロ漁業訓練船1隻の供与                        |
| 1982年度 | 零細漁業振興計画       | 2.00億円 | 小型漁船用エンジン、漁業資機材等の供与                  |
| 1985年度 | 水産物流通計画        | 5.41億円 | 冷蔵施設（8ヵ所）、小型漁獲物運搬船2隻の供与              |
| 1997年度 | まぐろ漁業調査訓練船建造計画 | 7.00億円 | マグロ漁業調査・訓練船1隻の供与                     |

## 2-4 プロジェクト・サイトの状況

### 2-4-1 自然条件

#### (1) 気象

トンガ王国の気候は全般に熱帯性気候であるが、構成する島々が南北に細長く点在することから、気候も若干の地域差がある。北部のヴァヴァウ島の年間平均気温が23.5℃であるのに対し、南部のトンガタブでは21℃となり、7月から8月にかけての最低気温は10℃近くまで低下する場合もある。ヌクアロファの平均降雨量は年間1,500mm程度で、高温多湿な12月から4月に降雨量が多くなる。12月から4月にかけてはサイクロン・シーズンでもあり、熱帯性低気圧が南下・襲来するが、島を直撃する頻度は高くない。1982年3月にトンガに甚大な被害をもたらしたサイクロン「アイザック」は最大級のものであり、その中心付近の最大風速は約61m/秒となっている。ヌクアロファにおける気象の概要を図2-1に示す。



(出典: Pacific Islands Pilot Vol. 11, 1969 等より図化)

図 2-1 ヌクアロファの気温・降水量・表面海水温度

## (2) 潮位

オーストラリアのフリンダー大学海洋学部が「南太平洋諸国潮位・気象観測プロジェクト」により運用している気象観測機器が計画サイトから約 2km 東のクイーン・サロワテ桟橋に設置されており、潮位観測データに基づいてヌクアロファの潮位表が発行されている。潮位表の潮位および時刻を実測値と比較した結果、ほぼ一致したことを確認した。同水域は 1/2 日周潮が顕著であり、大潮時の潮位差は 1.7m (+0.1m~+1.8m) となっている。

## (3) 流れ

1998 年 10 月 7 日から 8 日にかけて、計画サイト前面の礁原先端から沖合約 150m の地点で 25 時間連続潮流観測を実施した。この結果、下げ潮時あるいは上げ潮から満潮時にかけては北流になる傾向が見られたが、顕著な日周潮流は観測されず、また、表層、中層、底層とも流向・流速に顕著な差異は見られなかった。流測値は最大で 45cm/秒程度と微弱であり、碎波時の波力を考慮すれば設計上無視し得る。観測結果を資料 5-3 に示す。

一方、排水の影響を把握するために既存排水口付近から染料を流し、流れの傾向を目視観測した。この結果、上げ潮時には東から西に向かって汀線沿いに漂いながら拡散し、下げ潮時には南西から北東（海洋育成場方向）に向かって拡散する傾向が観測された。

## (4) 海底地形

既存取水ピットから礁原先端に至る鉛直方向、海洋飼育場方向および既存取水口周辺の海底地形測量を実施した。この際、礁池内については干潮時に徒歩可能であるので陸上測量を行い、礁原先端から沖合については音響測深機による深淺測量を行った。海底地形測量結果を資料 5-1 に示す。

## (5) 水質

受水槽、着水槽外部、既存取水口、海洋育成場およびリーフ外縁において干潮時、水素イオン濃度 (pH)、導電度、濁度、水温および塩分濃度の測定を行った。また、同じ場所から採水し、バクテリア試験 (一般細菌数、大腸菌数、ビブリオ菌数) を実施した。

調査期間中には降雨がほとんどなく、問題点として指摘されている塩分濃度の低下は観測されなかったが、礁原から岸に寄るほど濁度は高まる傾向にあった。バクテリア試験の結果、検出された菌数は沖合で少なく、礁池の岸よりで多くなる傾向が見られたことから、礁池内はある程度人為的な汚染が進行しているものと考えられる。

また、現在の海水の性状を把握するため、礁原外縁部において採水したサンプルを持ち帰り、懸濁物質、全窒素、全リン、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素、全水銀、カドミウム、鉛、六価クロム、ニッケル、鉄、銅、亜鉛等について水質分析を行った。全窒素および全リンについて礁原外縁部と海洋育成場の 2 箇所を比較した結果、いずれも海洋育成場からの検出値が高いことから、礁池内はある程度富栄養化が進んでいることが示唆された。

以上の水質検査結果を資料 5-4 および 5-5 に示す。

## (6) 生物

礁池内は、堆積土の多い陸側にアマモを優占種とする海草帯が発達し、礁原に近づくにしたがって疎らとなる。礁原から縁溝部にかけては、枝状サンゴ類やテーブル状サンゴ類を主体に水深約 10m 程度の範囲まで生きたサンゴが群生する。干潮時の礁池に棲息する主な動物種はナマコやヒトデ類で、タコ、エビジャコなども観察されるが有用水産種は概して少なく、希少種も観察されなかった。既存取水口および取水ピットにはフジツボ、カキなどの付着性動物は見られないが、取水管には若干の藻が付着している。また、サイト前面のマングローブにも付着生物は観察されなかった。このため、本計画の工事に際しては特に保全対策を講じる必要はないものと考えられるが、取水管径の設定にあたっては、付着藻類に対する若干の余裕が必要となる。

## (7) 底質

礁池内の地盤は造礁サンゴ類に由来する軟岩で形成され、その上に枝状サンゴ類の死骸片とシルト系の土が堆積するが、シルト系堆積土は陸側で厚くなっている。また、礁池内の深みおよび縁溝の底質は堆積したシルト混じりの珊瑚砂であるが、礁斜面では枝状サンゴ類の死骸片が主体となって堆積土はほとんど見られない。縁溝底部から採取した底土サンプルの粒度は、50~60 ミクロンを中心に 20~90 ミクロンの間に約 93% が分布している。粒度分布試験結果を資料 5-6 に示す。

## (8) 陸上地形

本計画サイトである水産省敷地内において、既存構造物の位置、地盤高を把握するための地形測量調査を実施した。陸上地形測量結果を資料 5-2 に示す。

## 2-4-2 社会基盤整備状況

### (1) 道路

計画地は、日本の無償資金協力であるトンガタブ島道路改良計画（1994/95年度）によって整備されたアスファスト舗装された幹線道路（Vuna Road）に接しており、工事期間中の大型車両の通行を含め、交通に支障はない。

### (2) 電力

幹線道路に沿って 11kV の送電線が架空配線されており、供給電圧は単相 240V、50Hz、三相 415V、50Hz である。幹線道路から新たに敷地内に整備される機械室の受電盤に引き込む必要があるが、停電が多く、トランス容量に十分な余裕があるわけでもないなどの電力供給事情を考慮すると、計画実施に当たっては電力局との十分な打ち合わせを行う必要がある。

### (3) 上下水道

上水道については敷地内の既存配管から直接分岐配管して使用する。市水の水質は石灰分を多く含むことから、雨水を煮沸消毒して飲食用に使用している住民も多い。また、水圧、水量ともに不足していることから、近々我が国の無償資金協力によって整備する検討されている状況にある。下水道は整備されておらず、汚水排水処理のためには浄化槽が必要となる。

### (4) その他

都市ガスは整備されていないことから、必要に応じてプロパンガスが使用されている。電話線は敷設されており、通信の問題はない。

## 2-4-3 既存施設・機材の現状

本計画の対象施設は、1977年度の我が国の無償資金協力によって建設された水産研究センターである。同センターは、水産省本省機能と飼育・理化学実験機能を持つ調査研究棟、シャコガイ、ヤコウガイ等の生産現場である屋外飼育場、研修・事務所棟、ボートヤードおよび飼料製造棟やポンプ室棟等の付帯諸施設などから構成されている（図 2-2 参照）。

同施設は、1982年3月に襲来したサイクロン「アイザック」によりポンプ室が浸水するなど特に取水関連設備に大きな被害を受け、一時は使用不能な状態に陥ったが、1991年10月から開始されたプロジェクト方式技術協力により飼育機能が復旧され、以来、飼育の主対象種も魚類から貝類に移行するとともに飼育量も増加してきた。この間、取水設備の改修や飼育水槽の増設等が行われ飼育機能は拡充されたものの、取水位置が水質の不安定な礁池内にあること、取水管が老朽化している上に必要水量が確保できないなどの問題を抱えている。

なお、既存諸施設の現状と個別の問題点については、本計画がセンター施設の再整備を主題とする計画であり、計画内容と密接な関連を持つことから、その詳細については3-2-1本センターの現状と改善の必要性の項で記載する。



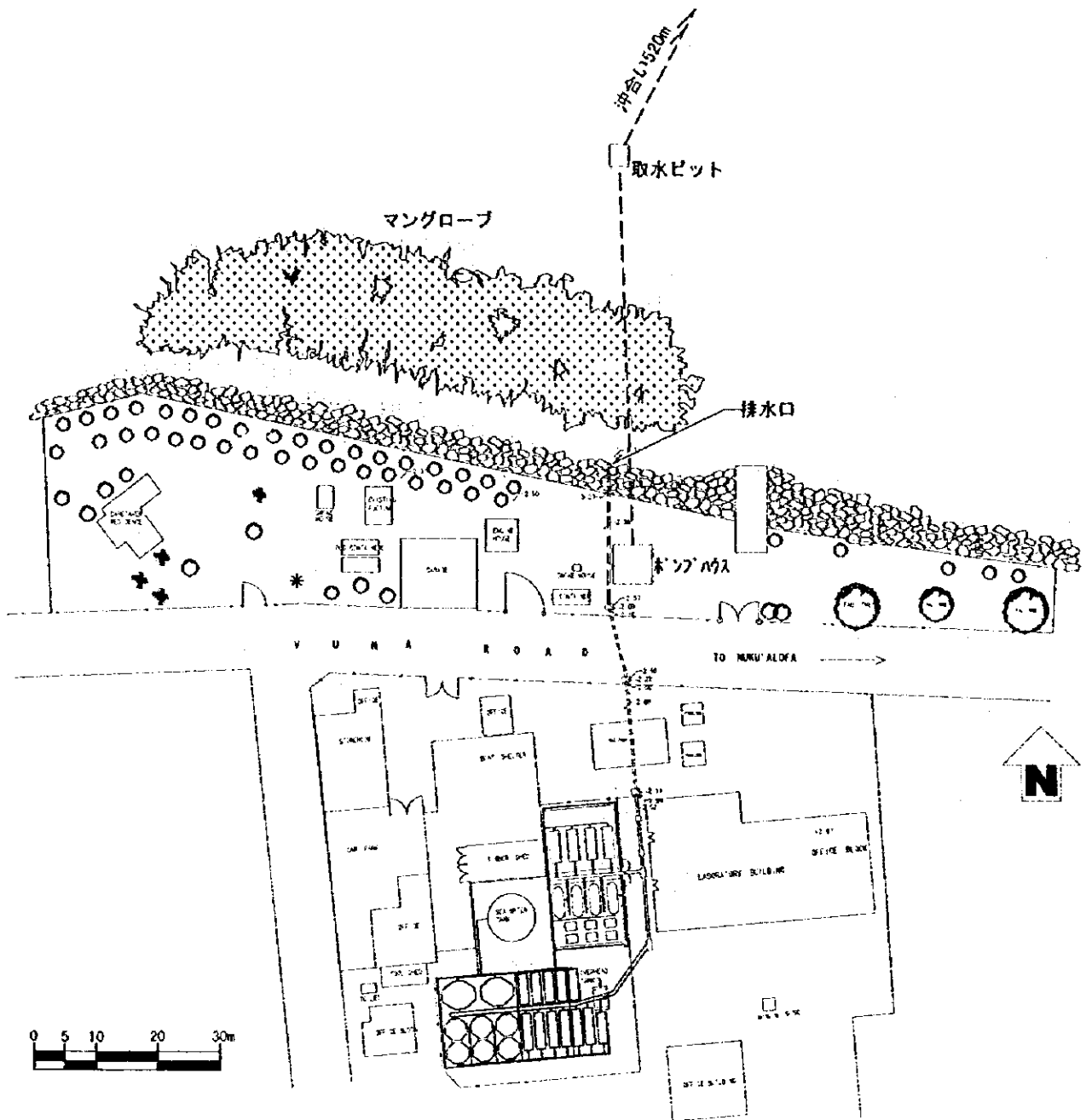


図 2-2 既存水産研究センターの配置

## 2-5 環境への影響

本計画の実施によって、施工段階においては、取水管敷設工事に伴う管路上のマングローブの伐採、礁池内での掘削・埋戻し、縁溝部の一部掘削等が必要であることにより、また、引き渡し後の活動段階においては、飼育排水が排出されることにより、それぞれマングローブ、サンゴおよび海水の水質など環境に対して若干の影響を与えることが予想される。

取水管路上のマングローブは、マングローブの植林普及のために水産省が植樹したものであり、

本計画の工事に伴う伐採面積も 300m<sup>2</sup>程度と小さいことから、その復旧は比較的容易であると考えられる。伐採許可はすでに水産省から得られており、取水管工事の完了後、水産省がこの部分の再植樹を行うことが確認されている。本計画においては、水産省の行うマングローブの復旧が容易にできるよう、取水管の敷設後に現状地盤高さに合わせて掘削土で埋め戻すこととする。

計画地の地先礁池内には、マングローブのほか、アマモ、ナマコ、ヒトデ、タコ、エビジャコなどが観察されるが、有用水産種は概して少なく、希少種も観察されていない。礁原から縁溝部にかけては、枝状サンゴ類やテーブル状サンゴ類を主体に水深約 10m 程度の範囲までサンゴが群生する。取水管の設置にあたっては、これらの自然環境に対する影響は避けられないが、予想される工程の大半が礁池内での単純な掘削と埋め戻しであるため、極力干潮時に施工することにより、海水の濁りの影響を低減することが可能であると判断する。このため、本件工事に際しては特に保全対策を講じる必要はないものと考えられるが、工事車両および労働者の立ち入り区域を制限するなど、直接的な影響範囲が広がらないよう施工する必要がある。

一方、水生生物の飼育施設においては、排泄物や餌の残滓などが排水に混ざって流出することにより、環境に多少なりとも負荷を与えることは免れ得ない。現状では、飼育排水が無処理のまま礁池に放流されているが、主飼育対象が餌料を必要としないシャコガイと生海藻を主餌料とするヤコウガイ・タカセガイであることから、施設からの排水が環境に与えている負荷は小さいといえよう。ただし、対象施設が南太平洋地域における養殖モデル施設を目指していることを考慮すると、このようなたれ流し状態は好ましいものではないことから、少なくとも沈殿で低減できるような有機物程度は取り除くことが可能な沈殿池の導入を行う必要があるものとする。

以上の措置を講じることにより、本計画が実施された場合においても、環境に対する影響は軽微であると判断する。

## 第3章 プロジェクトの内容

### 3-1 プロジェクトの目的

トンガの経済は、農業を基軸とする第一次産業に支えられており、農林水産部門は雇用創出と外貨獲得の面で重要な役割を担っている。1980年代後半からはじまったカボチャの対日輸出は、同国の外貨獲得に大きく貢献しているが、連作障害や他国の市場参入などにより陰りがではじめた。トンガ政府は、農業に依存する同国の産業構造からの脱却を目指し、特に観光業と水産業を柱とする他産業の育成・開発をすすめることにより、従来の目標である経済成長の維持に努力している。

水産業は、国内消費用の水産物を供給するうえで重要であるばかりでなく、同国の周辺海域にはマグロ等高度回遊魚の好漁場が拡がり、沿岸はシャコガイや宝飾用有用貝類の棲息適地となっているなど開発可能性の高い産業として有望視されており、これら水産物の輸出によって貿易収支の恒常的な赤字が改善されることに期待がかかっている。

我が国はトンガにおける水産業の発展を支援すべく、1977年に試験研究施設として水産研究センターを建設し、以来、数次にわたる水産無償資金協力を実施してきた。また、1991年から試験研究活動の一層の強化を目的として、同センターを拠点としたプロジェクト方式技術協力を実施し、同協力のフォローアップ期間を経て、シャコガイ、ヤコウガイ、タカセガイ等の増養殖開発研究に貢献してきた。

このように、同センターは無償資金協力と技術協力との連携によって所期の効果を発現している状況にあるが、礁池内から取水していることに起因する不安定な水質、取水設備の老朽化、拡張に伴う水量不足等の問題を抱えており、プロ技フォローアップが終了した現在、今後の運営管理に大きな不安要素を残している。本計画は、一層の運営強化と増養殖事業の発展に寄与するため、同センターの課題である良質な海水を必要量確保することを目的として、取水システム等の改善を行うものである。

### 3-2 プロジェクトの基本構想

計画対象施設である水産研究センターは1978年に竣工・引き渡しされたものの、1982年のサイクロンで取水関連設備に大きな被害を受けて使用不可能な状態に陥った。1991年に開始されたプロ技の一環としてセンター機能の復旧が行われ、取水設備を含む施設の改善が試みられてきたが、取水システムを根本的に改修することはプロ技で対応可能な範囲を超えるものであったことから、旧取水施設を利用しながらの応急処置的な改修に留まった。また、プロ技期間中に飼育対象が魚類主体から貝類主体に移行するとともに、飼育量の増加に対応して飼育水槽が拡充され、使用水量も増えてきた。このような経緯のなかで築後20年が経過し、本センターにおける研究活動は、塩分濃度の低下に起因する飼育生物の弊死、飼育槽への給水不足、老朽化したポンプの故障の頻発などによって、困難を伴った状況にある。センターの抱える問題の概要は以下のとおりにとまとめられる。

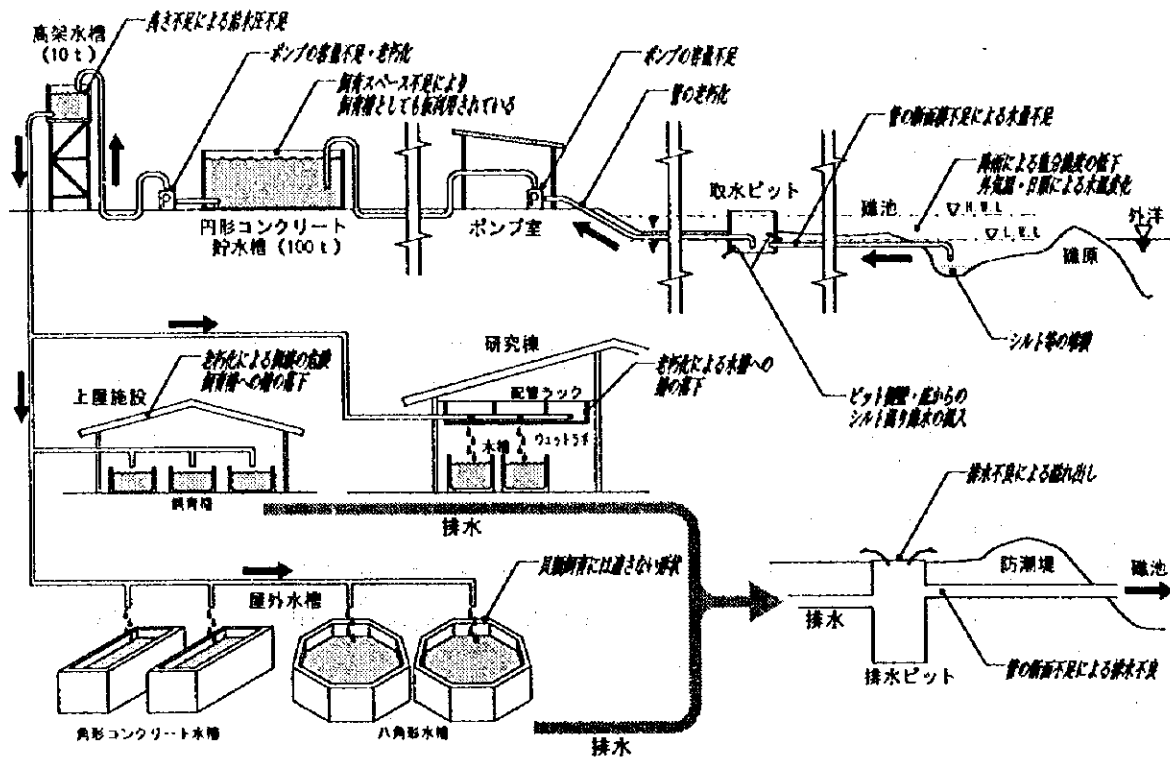


図 3-1 既存取水関連系統図と問題点の概要

(1) 不安定な水質

取水口は、外因により水質変化の影響を受けやすい礁池内に設置されているとともに、陸地近くに設置された着水槽から水質の好ましくない海水が浸透してくるため、水温の変動が大きい、降雨の後に塩分濃度が低下する、シルトが混入するなど、飼育に適した海水が得られない。また、老朽化した施設から落下する錆が飼育槽へ混入することも水質劣化の原因となっている。

(2) 水量の不足

取水管の一部はセンター設立当初からのものが使用されており、老朽化が著しい上、管の口径、ポンプ容量ともに現在の要求水量を満たすためには小さく、飼育水量が不足している。

(3) 排水容量の不足

飼育量の増大に伴い使用水量も増加してきたが、排水管は設立当初のまま利用されていることから断面積が不足しており、時として排水が追いつかず排水ピットから溢れ出す。

(4) 複雑な制御システム

プロ技において段階的に施設・設備の改修が行われたが、これらの改修は直面する緊急課題への応急的な処置であったことから、システム性がなく、故障時の対応に混乱が生じている。

(5) 飼育水槽の不足

調査・研究活動の成果によりセンターにおける貝類の飼育量は増大しているが、それに伴う飼

育水槽の整備が追いついていない。水槽の増設に利用可能な敷地面積が限られているため、貯水槽や貝類の飼育には適さない八角形水槽が使用されており、効率的な運用ができていない。

(6) 監視機能の欠如

養殖施設では、ポンプ、フロアー等の故障による飼育生物の弊死事故を防ぐため、通常、夜間や休日にも監視のための要員が配置される。本センターには宿直機能を持つ施設がなく、緊急時の対応が困難なことが事故を未然に防げない要因ともなっている。

以上のような問題が絡み合うことによって、本センターは本来行われるべき飼育ひいては研究活動の維持が困難な状況にある。トンガの増養殖振興を実現するうえで本センターの活動の活性化を図ることは重要であり、その最大の障害となっている取水システムを改善することが必要である。取水システムは、そのコンポーネントの一部でも欠落することがあると全体として機能し得ないものであることから、本計画には、給水・排水を含む一連のシステムを取り込むと同時に、調査の課程で問題が見いだされ、今後の活動のためには改善することが不可欠であると判断された施設・設備についても含むこととした。現地調査の結果、本計画の枠組みを表3-1のとおり設定することが妥当であると判断された。

表 3-1 本計画の枠組み（要請内容との対比）

| 機能   | 要請の内容                | 本計画の対象及び内容                             | 備考                               |
|------|----------------------|--|----------------------------------|
| 取水   | 導水管、取水ピット、高架水槽までの配管  | 同左                                     | 老朽化、容量不足等のため再整備が必要               |
| 濾過   | 貯水兼濾過槽               | 濾過槽                                    | 有害生物等の除去のために必要                   |
| 場内給水 | 取水ポンプ、高架水槽、場内配管、配線更新 | 取水ポンプ、高架水槽、場内配管、非常用発電機、フロアー、配線・制御盤等を含む | 新システムに合わせ、非常用発電機、フロアー、制御盤等の更新が必要 |
| 機器収納 | 機械室棟                 | ポンプハウス                                 | 機器収納に必要                          |
| 排水   | 排水溝、排水管              | 排水溝、排水管、沈殿池                            | 環境配慮のため沈殿池の導入が必要                 |
| 飼育   |                      | 飼育場上屋施設の架替                             | 老朽化が著しく架け替えが必要                   |
|      |                      | 飼育用水槽、種苗生産用水槽                          | 飼育機能の拡充が必要                       |
| 要員待機 | 宿直室（機械室内）            | 待機施設                                   | 非常時の対応等に必要                       |
| 場内保全 | 高架水槽の撤去              | 貯水槽、高架水槽、八角形水槽、ウェットラボの配管ラック等の撤去        | 飼育スペースの確保及び場内保全のために撤去が必要         |

本計画を進めるに当たっての基本方針を以下のとおり設定する。

- 1) 本センターの現状と問題点を分析し、その改善にかかる基本構想について提案するが、計画する規模・グレードは、現行の活動内容を維持するために必要な最小限度のものとする。

- 2) 水産省による独自の運営・維持管理が可能となるよう、技術的に現行スタッフで対応可能かつできるだけ維持管理費のかからない施設・設備を計画する。
- 3) センターでは施工期間中も飼育活動が継続されていることから、その運営に支障を来さないよう計画を行うものとする。

### 3-2-1 本センターの現状と改善の必要性

#### 3-2-1-1 取水施設

##### (1) 取水位置

既存取水システムの概略図を図 3-2 に示す。

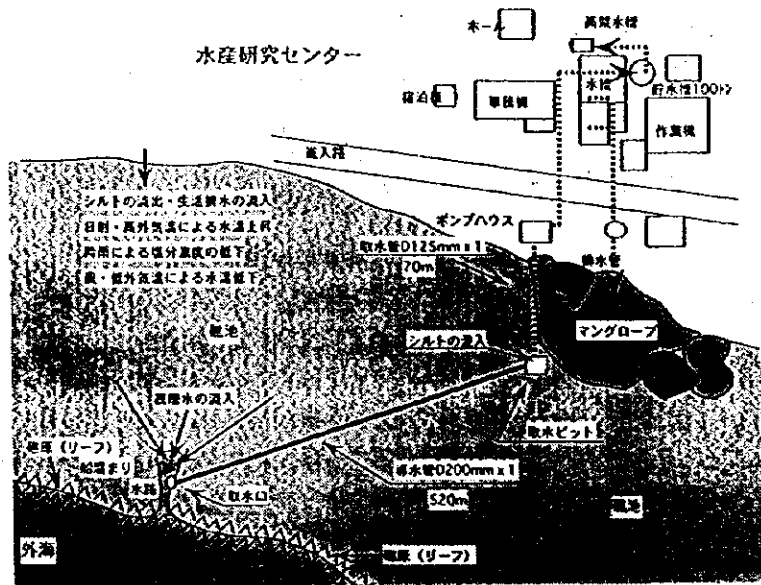


図 3-2 既存導水管の概略図

既存取水口の位置は、既存取水ピットから約 520m 沖合の礁原が切れ込んだ滞筋付近にある。距岸 500m 前後に発達した裾礁によって干潮時には外海と完全に仕切られる浅い礁池内に位置しており、以下の3点にまとめられる問題点を有している。

- a) 干潮時には外気温の影響を受ける
- b) 降雨の後に塩分濃度が低下する
- c) 堆積と濁り水の影響を受ける

##### a) 海水温の変動

取水口の水深はおよそ-1.0mであり、満潮時 (+1.50m)の実水深は-2.5m 程度確保されるが、最干潮時 (+0.10m)の実水深は-1.1m 程度まで浅くなる。下げ潮から干潮時にかけて、外気温の影響を受けた礁池の海水は、滞筋を開削した水路を通して外洋へ流出することから、外気温の低い冬

季には低温の海水を、また、外気温の高い夏期には高温の海水を取水するなど、取水温が安定しない原因となっている。1997年1月から1998年9月までの飼育水温記録では、最高水温36℃(1997年12月12日)、最低水温17℃(1997年7月28日他3回)、日間最大水温差7℃(1997年7月31日他8回)となっている。

b) 海水塩分濃度の低下

干潮時、礁池の水深は20cm前後と極めて浅くなり、一部は完全に干出する。このため降雨の際には塩分濃度が著しく低下し、陸からの浸透水の影響も数日間にわたって続くとされているが、通常では35‰程度の塩分濃度が大量の雨水によって極端な場合には15‰にまで希釈され取水されることとなる。塩分濃度の低下により、これまでに下表のような被害が発生している。

表 3-2 塩分濃度の低下による被害状況

|          |                                       |
|----------|---------------------------------------|
| 1993年8月  | ヴァヌアツから移入したヤコウガイの成貝50個体のうち、9個体が死滅     |
| 1997年1月末 | シャコガイ8,000個体、ヤコウガイ400個体、クカセガイ400個体が死滅 |
| 1998年2月  | シャコガイ2万個体以上が死滅                        |

c) 堆積と濁り水

濁り水を取水する原因は、海底の堆積泥・細砂が波浪によって容易に乱される1.0m程度の浅い水路に取水口が設置されていること、水路は人工的に掘削したものであるが年々堆積が進んで取水口先端部分は海底の堆積泥・細砂に半没した状態であるため、容易に堆積泥・細砂を含む海水が取水されることにある。取り込まれた堆積泥・細砂のうち、粒子の粗いものは管内に堆積して海水流入の阻害要因となり、さらに細かいものは飼育水槽まで運ばれて水質低下の要因となっている。

(2) 導水管

導水管は、汀線より約70mの地点に設けられた取水ピットから、管径200mmのPVC管1本で取水口に接続されている。干潮時の水位差を0.5m、配管距離を520mとして導水管から取水ピットへの流入量を求めると、同管の揚水能力はおおよそ650リットル/分となる。一方、取水ポンプ容量は5.5kW、500リットル/分であるので、管内の堆積、付着物等の経年変化による効率低下を考慮すれば、特に水位差の十分に確保できない干潮時には水量不足となると推測できる。なお、導水管からピットへの流入量の推算是、以下の式によった。

$$\text{流速 } V = \sqrt{2gh/1.5 + f \cdot l/D} = \sqrt{2 \cdot 9.8 \cdot 0.5 / 1.5 + 0.031 \cdot 520 / 0.2} = 0.345 \text{ m/s}$$

$$\text{流量 } Q = AV = 3.14 \cdot 0.01 \cdot 0.345 = 0.011 \text{ m}^3/\text{s} = 0.65 \text{ m}^3/\text{min}$$

- ・ PVC導水管口径                    D: 200 mm
- ・ 水位差                                h: 0.5 m
- ・ 配管距離                            l: 520 m
- ・ 摩擦損失係数                      f = 8gn<sup>2</sup>/R<sup>13</sup>; 0.031
- ・ カッターの粗度係数                n: 0.012

また、既存導水管には点検口がまったくないために管内堆積泥や付着物等の清掃作業が難しい上、改良工事を実施するとしてもシングル配管であることから飼育水の供給が止まってしまう問題があり、対応を難しくしている状況にある。

### (3) 取水ピットと取水配管

取水ピットと取水配管の現状は図 3-3 のとおりである。

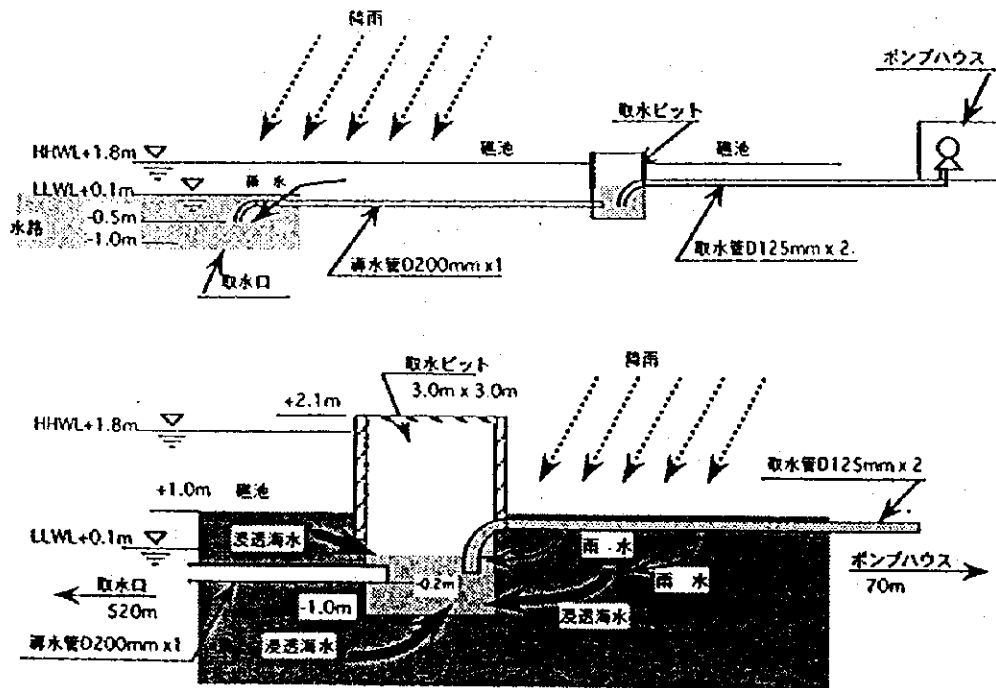


図 3-3 取水ピットと取水配管の現状

当初の取水ピットは、満潮時のみ取水を行うことを前提として計画されたものであり、汀線からおおよそ 70m 離れた地盤高 +0.7m の礁池内に設置された。その後、使用水量の増加に伴い干潮時にも取水する必要がでてきたことから、1994 年に現在の位置まで導水管が延長され、この際、満潮時に取水ピットが水没しないようピット上部 4 辺を +2.1m までコンクリート壁で立ち上げる改良工事が実施された。しかしピット下部は -1.0m のレベルまで掘り下げた素掘り構造のままとなっている。この取水ピットから陸上ポンプ施設まで PVC 製の口径 125mm 管が 1 本配管で接続されている。

既存取水ピットの問題は、継ぎ足された側壁と元の部分との接合が悪く隙間があいているとともに、底部は素掘り構造のままであることから、干潮時に取水すると側壁・底部からピット周囲の水質の悪化した海水が容易に浸入することである。安定しない水温、塩分濃度の低下、シルトの混入など、現在かかえる水質の問題の多くは、既存取水ピットに由来するものと考えられる。

取水ピットからポンプハウスまでの配管の問題は、設置後すでに 20 年を経過し老朽化が著しいことである。当初はパイプ 2 本が配管されていたが、特に地上に露出した部分の経年変化による



劣化が著しく、フランジやベンド管材部分で容易に亀裂を生じ漏水事故が頻発したため、1本は取水を廃止し、途中で切断してポンプ室周辺の雑排水管に転用している。現在は残る1本のパイプで取水を賄っており、常に破損事故に曝されている状況にあるため早急な対策が必要であると判断される。

### 3-2-1-2 濾過槽

海水中には、食害の原因となる魚類・甲殻類等の卵や稚仔をはじめ、飼育対象生物の育成を妨げ得るさまざまな浮遊生物・懸濁物質が含まれるため、種苗生産を行う施設では一般的に濾過海水が使用される。現在の取水システムには濾過装置が組み込まれておらず、これらの除去を目的に給水口にフィルターバッグが取り付けられているが、シルトによる目詰まりが著しく交換が煩雑である、目詰まりによる抵抗でフィルターバッグが外れてしまうために必要給水量を確保できない、フィルターバッグが外れて捕食生物が混入する、サンゴの産卵期には大量の卵が混入し除去仕切れないために一時的に飼育生物を他所へ移さざるを得ないなどの問題を抱えている。

本計画では、取水口を適正な位置に設置することによりシルトの混入を最小限に抑えられるものと期待できるが、主として生物の混入を防ぐための濾過装置を検討する必要があると判断する。

### 3-2-1-3 給水施設・設備

研究センターの既存の配管系統を図3-4に示す。

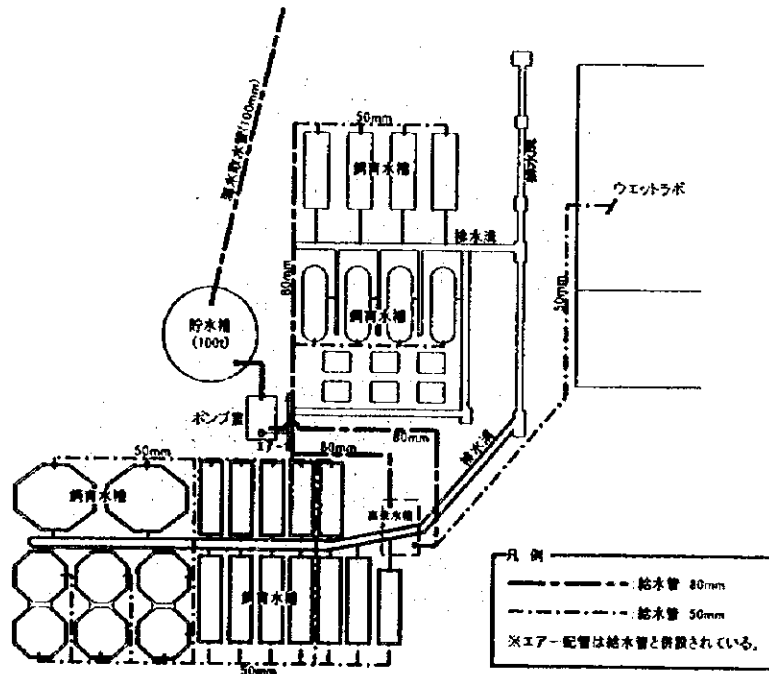


図3-4 場内給水設備図（現状）

#### (1) 高架水槽

既存施設には容量  $10\text{m}^3$  ( $5\text{m}^3 \times 2$ 基) のFRP製高架水槽がコンクリート架台の上に設置され

ており、海水はここから自然流下式に供給されている。高架水槽の問題は、設置高さが約4mと各水槽に給水するためには圧力が不足していることであり、特に端末に設置された水槽では給水不足状況にある。各水槽に均一で十分な飼育水を供給するためには、高架水槽架台を適正水圧が得られる高さに改善することが必要であると判断する。

高架水槽の容量は、現状の使用水量を維持する限りでは特に問題ない。ただし現在の使用水量は、シルトや生物等の混入を防止するために注水口にフィルターバッグが取り付けられていること、給水圧が不足していることなどの理由により、飼育槽への供給量が制限された状態での数量であり、本来の飼育に必要な水量を確保した上での使用水量ではない。したがって、本計画による必要水量を算定したうえで、高架水槽の容量を決定するものとする。

## (2) 場内配管

飼育海水は、ポンプ室から PVC100mm 管で一旦 100m<sup>3</sup> 貯水槽に貯水し、移送ポンプから PVC100mm 管にて 10m<sup>3</sup> 高架水槽（高さ約4m）に送水されている。高架水槽からは管径 80mm のメインパイプを配管し、順次必要に応じて管径 50mm の枝管で各水槽に分配される。高架水槽の設置高さが充分でないことに加え、一方向に伸びているメインパイプから順次分岐される方式であることから、配管の端末では給水圧が充分確保できないなど飼育水の給水に支障をきたしている。

## (3) 設備機材

表 3-3 設備関連器機リスト

| 設備機材        | 容量                             | 整備状況                  | 備考                     |
|-------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------|
| 取水ポンプ (A)   | 500リットル/分 5.5kW/hr             | 架台、外部、モーター外部の腐食が進んでいる | '96年更新                 |
| 取水ポンプ (B)   | 500リットル/分 5.5kW/hr             | 未使用、整備点検の上使用可能        | '97年購入                 |
| 移送ポンプ (A)   | 500リットル/分 3.5kW/hr             | 架台、外部、モーター部分の腐食が進んでいる | '95年設置                 |
| 移送ポンプ (B)   | 500リットル/分 3.5kW/hr             | 架台、外部、モーター部分の腐食が進んでいる | '95年設置、調査期間中にモーター部分が故障 |
| ブローア (A)(B) | 2.8m <sup>3</sup> /分 0.95kW/hr | 外見的には特に問題なし           | '95年設置                 |
| 発電機         | 20kVA 自動起動型                    | 外見的には特に問題なし           | '92年設置                 |

### 1) 取水ポンプ

取水ポンプのうち1台は稼働中であり、予備として1台が倉庫に保管されている。稼働中のものは既に2年以上運転されており、海水仕様ではあるものの架台やモーター外部の腐食が進んでいる状況にある。したがって現在使用しているポンプを計画設備に組み込んで継続使用することは難しいが、保管中のポンプは、今後の検討結果にもよるが、容量的に問題がなければ利用可能であると判断する。

### 2) 送水ポンプ

移送ポンプは交互運転方式にて運転されている。設置後およそ3年が経過しており、ポンプ外

部、架台、モーター部分の腐食が進んでいる状況にある。調査期間中にも電動部分に故障が発生し停止されており、今後長期にわたる使用は難しいと判断する。

### 3) フロアー

フロアーは、設置後およそ 3 年を経過した機材であるが、屋内に設置されていることから状態は比較的良好で、容量的に問題がなければ今後も何らかの形で継続使用が可能であると判断した。

### 4) 発電機

発電機は容量 20kVA の自動起動式であり、停電時の非常用電源として取水ポンプ、移送ポンプ、エアフロアー、養殖タンク上屋、JICA 専門家事務棟および水産局のコンピューター、空調機等をバックアップしている。発電機本体は設置後およそ 6 年を経過したものであるが、整備状況は良好であり、容量的に問題がなければ今後の継続使用が可能であると判断する。

### (4) 制御システム

現在の制御システムは、配電盤・架空配線等の一部に老朽化が見られる上、1983 年の高潮冠水後の修復に始まり数次に渡って施設の改修と拡張が整合なくなされた結果、系統図も整備されておらず、特に修理の際には混乱が生じている。制御システムの単純化は、労力を低減し、かつ事故・故障を少なくするなど、施設運営上のメリットが大きいと判断できる。

### 3-2-1-4 ポンプハウス

設備機器を収納するためには施設が必要となるが、既存の取水ポンプ・発電機室(木造約 35m<sup>2</sup>)および移送ポンプ・フロアー室(ブロック造約 11m<sup>2</sup>)は、取水システムが更新される場合には収納器機の内容が異なることから継続使用は難しく、新たな収容施設が必要であると判断する。

### 3-2-1-5 排水システム

飼育水槽からの排水は、排水溝を経由して施設外部の排水ピットに集められ、125mm×2 本の PVC 排水管で道路を横断し、防潮堤の手前に設置された排水ピットに流れ、防潮堤を貫通する PVC 管を通じてリーフに排出されている(図 2-2 参照)。現在の問題は、道路横断部分の PVC 排水管の容量が不足しているため、飼育槽の清掃など短時間に大量に排水する際には排水が追いつかず、排水枡から溢れ出すことである。

敷地測量の結果、敷地高と潮位(特に満潮時)の関係で配水勾配は 1/500 程度が確保できることから特に問題はないと考えられるが、十分な断面積を確保するとともに、ゴミ等の詰まりやすい現在の暗渠式から可能な限り清掃の容易な開渠式に改修することが必要であると考えられる。なお、現在の排水は無処理のまま放流されており、環境への負荷を軽減するために沈殿池の設置についても検討が必要であると判断する。

### 3-2-1-6 飼育場上屋

飼育水槽の一部には上屋が架かっているが、鉄骨部材から落下する錆が水槽に混入して水質悪

化の要因となっていることに加え、1978年に完成したものであることから母屋材（既に取り替えられている部分もある）および特に潮風に曝される南側部分では構造部分も老朽化が著しく、安全性が懸念される状況となっている。錆による水質悪化防止に加え、安全確保の観点からも、本計画に上屋施設の更新を含む必要があると判断する。

### 3-2-1-7 待機施設

当研究センターにおける養殖調査部の役割は大きい、現時点の専用施設は JICA 専門家によって建設された事務所棟に限られており、夜間や休日におけるポンプ停止などの非常時に緊急対処するための待機施設がないことから、しばしば事故による飼育生物の弊死を招く結果となっている。最近では商品価値の高い大型サイズのシャコガイも飼育されており盗難の懸念が増大していることや、産卵期の夜間作業のために待機する必要もあることなどを考慮すると、通常の保守管理に加え、警備機能の強化と作業員の夜間休息を兼ねた待機施設の必要性は高いと判断する。

### 3-2-1-8 既存施設の撤去

本計画が実施された場合には、取水ピット、貯水槽、高架水槽など既存施設の一部は不要となる。また、コンクリート製八角形水槽は魚類飼育を目的に設置されたものであり、貝類を主体に飼育されている現在では使用勝手の非常に悪いものとなっていることから、撤去について本計画で配慮されるよう先方から要望がだされた。

#### (1) 取水ピット

本計画による取水システムの改修後には、同ピットは不要となる。ただし、新導水管の清掃や何らかの事故の際にはバックアップ用としての利用価値もあることから、本計画では撤去しない方針とする。

#### (2) 貯水槽

当初、海水取水は満潮時に行うよう設定されていたことから、次に取水可能な満潮までの間に使用する海水をストックするため、100 m<sup>3</sup> 円形コンクリート貯水槽が設置された。その後 1994 年に常時取水可能なようにシステムが改善されたことから、現在はシルト等懸濁物の沈殿および取水ポンプの故障や急激な塩分濃度の低下などに対応するための予備貯水槽として残されているにすぎず、本計画によって取水システムが再整備された場合には不要となる。ただし、飼育水槽の不足を少しでも補うための対策として、タカセガイ、ヤコウガイなどが蓄養されている。取水システムの改善は、適正な飼育環境の提供を目的として実施されるものであり、その一環として蓄養機能を強化することは、本計画の構成要素として不可分であるが、蓄養機能の強化のためには貯水槽を撤去して新たな飼育スペースを確保する必要がある。取水システムは、飼育槽および給排水など一連の体系のもとで総合的に改善していく必要があり、既存貯水槽は施工上の障害物ともなることから、貯水槽の撤去を本計画の日本側負担工事として含めることが妥当であると判断する。

### (3) 八角形飼育水槽

飼育水槽のうち、コンクリート製八角形水槽（15m<sup>3</sup>×2基、7m<sup>3</sup>×6基）は魚類飼育試験用として設置されたものであり、貝類の飼育には形状、水深（約1.5m）ともに使用勝手が悪く、作業性を欠いているために利用度の低いものとなっている。上屋施設の架け替え工事に伴い、飼育中の貝類を水槽ごと移設しなければならないが、センターにはこのためのスペースがないことから、飼育活動を阻害しないよう施工するためには、既存施設の一部を取り壊すことにより代替地を確保する必要がある。代替地には給排水設備が必須であることから、利用度の低い八角形水槽部分をこれに充てることが適当であるが、この準備は着工前に終える必要があり、センターの活動を阻害しないよう施工条件を考慮すると、八角形水槽の撤去を日本側負担工事として、円滑な実施を図る必要があると判断する。

### (4) ウエットラボの配管ラック

ウエットラボは水生生物一般の飼育研究施設として建設されたが、築後20年近くを経て、使用目的が魚類の飼育研究から貝類の種苗生産主体に移行していることに加え、上架配管用のラックの老朽化、水圧不足等の理由から、現在の給水は別系統の配管から行われている。ウエットラボは主に種苗生産時に使用されていることから、ここでの飼育水は特に良質な海水が要求されるが、ラックは腐食が進み、落下した錆が水槽に入ることによって水質の悪化を招くなどの弊害がでている。種苗生産はセンターにおける最も重要な活動のひとつであり、前述したとおり、取水システムが一連の体系に基づいて改善されるべきものであることを考慮すると、老朽化の著しい既存配管およびラックの撤去を日本側で実施することが妥当であると判断した。

## 3-2-2 施設改良のための基本構想

以上の検討の結果、水産研究センターにおいて改善されるべき問題点と各コンポーネントの基本構想を表3-4のとおり設定し、その目標達成に必要な諸施設等を提供するものとする。

表 3-4 既存施設の問題点と改善のための基本構想

| 施設名           | 問題点   | 改善のための基本構想  |
|---------------|---|---|
| 取水口           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・水質条件<br/>礁池内にあるため陸水・雨水・外気温の影響を受け、塩分濃度の低下、シルトの混入、海水温の変化など、水質が安定しない</li> <li>・地形条件<br/>取水地点は堆積傾向にあり、既に取水口先端部は半没状態にある</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・水質条件<br/>海水温、塩分濃度、シルトともに外海と同等レベルの海水取水が可能なポイントを確認する</li> <li>・地形条件<br/>堆積、浸食、航路障害等の懸念のないポイントを確認する</li> </ul> |
| 導水管           | <ul style="list-style-type: none"> <li>管径が小さく必要水量が確保できない</li> <li>点検口がなく管内清掃ができない</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>必要使用水量を確保する</li> <li>清掃点検口を設置する</li> </ul>   |
| 取水ピット         | <ul style="list-style-type: none"> <li>側壁・底部からピット周辺のシルト混じり海水、外気温に影響された低・高温海水、降雨後の低塩分濃度海水が浸透する</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>周囲からの浸透水の影響を排除する(ただし既存ピットの継続使用はメリットが少ないため積極的には利用しない)</li> </ul>  |
| 濾過槽           | <ul style="list-style-type: none"> <li>現状では濾過槽がないため、食害生物やサンゴ卵等が混入し、飼育継続が困難となる場合がある</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>濾過槽を設置し、これら生物の混入を防止する</li> </ul>   |
| 高架水槽          | <ul style="list-style-type: none"> <li>容量不足が懸念される</li> <li>設置高さが十分ではなく必要水压が確保できない</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>将来需要と合う適正容量を検討する</li> <li>水槽架台の適正高さを確保する</li> </ul>  |
| 貯水槽           | <ul style="list-style-type: none"> <li>新規取水システムでは必要としない</li> <li>飼育スペースが不足している</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>解体撤去し、飼育スペースの確保に充てる</li> </ul>   |
| 排水システム        | <ul style="list-style-type: none"> <li>排水管径が適切ではなく、最大排水時には排水槽から溢れ出す</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>適正規模の排水溝(管)を整備する</li> </ul>  |
| ポンプハウスと制御システム | <ul style="list-style-type: none"> <li>系統的な制御システムが整備されておらず、現場で混乱が生じている</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>新規システムに合わせ単純化する</li> </ul>   |
| 設備機器          | <ul style="list-style-type: none"> <li>老朽化、容量不足の機材が多い</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>新規システムに合わせ更新する(できるだけ継続使用を考慮するが、大半の機材は老朽化あるいは容量不足で新規システムへの採用は難しい)</li> </ul>                                  |
| 場内配管          | <ul style="list-style-type: none"> <li>配管径、配管方式が適切でない</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>適正サイズ、配管方式を確立する</li> </ul>   |
| 飼育場土屋         | <ul style="list-style-type: none"> <li>錆の落下により飼育槽の水質が悪化する</li> <li>老朽化による倒壊の危険がある</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>解体撤去の上、新設する</li> </ul>   |
| 待機施設          | <ul style="list-style-type: none"> <li>該当する施設がないため夜間作業や緊急時の対応が困難</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>適正規模の施設を建設する</li> </ul>  |
| 既存施設の一部撤去     | <ul style="list-style-type: none"> <li>飼育スペースが不足している</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>解体・撤去し、飼育スペースに充てる</li> </ul>   |

### 3-2-3 計画内容の検討

各コンポーネントの設計を下記の手順にしたがって行う。

- ① 施設改善案を検討するため、以下の諸元を設定する。
  - a. 水質的な問題を解決するための基本方針の設定
  - b. センターの活動状況を踏まえた必要水量の算定
- ② ① a.の改善を実現するための取水位置について、代替案を検討し、適正案を計画する。
- ③ 取水方式、取水管材質、濾過方式について代替案を検討し、適正案を計画する。
- ④ 以上の検討結果を踏まえ、一連の取水システムとして完結するための付帯施設・設備について計画する。

### 3-2-3-1 基本諸元の設定

#### (1) 飼育用水の水質

飼育用水の水質について改善すべき問題点は以下のとおりである。

- ① 干潮時に外気温の影響を受けるため海水温度が安定しないこと
- ② 降雨の後に塩分濃度が低下すること
- ③ 降雨の後に濁り水を取水すること

以上の問題点に加え、海水中には食害の原因となる魚類・甲殻類等の卵や稚仔をはじめ、飼育対象生物の育成を妨げ得るさまざまな浮遊生物・懸濁物質が含まれることから、これらの対策の必要性が確認されている。これら水質に関する問題を改善するため、取水施設設定に当たっては以下の考え方を基本原則として計画を進める。

- a. 外気温、降雨、陸水等の影響による水温変化および塩分濃度の低下は、水深の浅い礁池に特有の現象である。したがって、礁池内からの取水は行なわない。
- b. シルトによる濁りの影響は、礁池内でも陸側で大きく、礁原に近づくほど小さくなる傾向にある。また、礁原外縁の外海水であっても、程度の差はあるものの荒天時にはシルトを含む海底泥の巻き上げによる濁り水の取水は避けられない。濁り水の問題は、主に既存取水ピットからの混入に起因するものであり、ピットが改修されればほぼ問題のないレベルまで解消されると考えられるが、外敵生物などの除去は不可欠であるため、濾過装置による海水処理を原則とする。
- c. 礁池内は富栄養化の傾向が見られることから、生活排水や産業排水の影響を受けていることは否定できないが、調査時点でその影響は飼育対象貝類に及んでいない。トンガタブ島の北側には大きく取り巻く環礁があり、海水交換が悪いことからサイト前面の海域は沖合水といえども透明度が低く、陸水の影響を常に受けていることは明らかであり、こうした事実から、本計画では塩分濃度、シルトおよび水温を除き、現状と同等程度の水質が確保されるものとする。

#### (2) 必要水量の算定

##### 1) 換水率の検討

飼育を担当した各専門家からの聞き取り調査および実際に飼育水槽の給水口で水量を測定した結果を基に、各水槽ごとの現状の換水率を表 3-5 にまとめた。また、参考として沖縄県における飼育事例による換水率を併記した。

表 3-5 閉取り調査による各水槽ごとの換水率

| 対象種   | 水槽名称            | 水槽容量<br>(m <sup>3</sup> ) | 実質容量<br>使用率(%) | 実質水槽<br>容量(m <sup>3</sup> ) | 現状設定換水率<br>(回転/日) | 沖縄県換水率<br>(回転/日) |
|-------|-----------------|---------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------|------------------|
| ヤコウガイ |                 |                           |                |                             |                   | 4.0              |
| ヤコウガイ | RW1~RW4         | 5.2                       | 90.0%          | 4.680                       | 4.0               | 4.0~10.0         |
| タカセガイ | K1~K4           | 4.8                       | 90.0%          | 4.320                       | 4.0               | 4.0~10.0         |
|       | GREENSNAIL      | 3.6                       | 90.0%          | 3.240                       | 11.0              | 4.0~10.0         |
|       | NRW6            | 3.7                       | 90.0%          | 3.330                       | 11.0              | 4.0~10.0         |
|       | NRW1            | 3.4                       | 90.0%          | 3.060                       | 11.0              | 4.0~10.0         |
| シャコガイ | NRW2~NRW4       | 3.4                       | 90.0%          | 3.060                       | 11.0              | 5.0~10.0         |
|       | NRW5, NRW7~NRW8 | 3.7                       | 90.0%          | 3.330                       | 11.0              | 5.0~10.0         |
|       | UP1             | 3.0                       | 90.0%          | 2.700                       | 6.0               | 5.0~10.0         |
|       | UP2~UP3         | 3.7                       | 90.0%          | 3.330                       | 6.0               | 5.0~10.0         |
|       | ML1~ML2         | 15.0                      | 20.0%          | 3.000                       | 6.0               | 5.0~10.0         |
|       | MS1~MS6         | 7.0                       | 20.0%          | 1.400                       | 6.0               | 5.0~10.0         |
|       | EXP1~EXP2       | 1.5                       | 90.0%          | 1.350                       | 6.0               | 5.0~10.0         |

現地における給水の現状は、シルトを取り除くために注水口にフィルターを設置していること、から供給量に制限を受けており、理想的な供給量ではないということであった。換水率が低いことによって起こる弊害は、水槽内での緑藻類の繁茂と成長率の低下である。緑藻類の繁茂は、水槽の清掃を大幅に困難にするばかりでなく、日陰や共生藻との栄養塩類の競合などによってシャコガイの成長阻害の一因となっていると考えられており、専門家が行った予備的調査では、シャコガイの場合、日間換水率 5 回以下と 10 回以上では、明らかに 10 回以上の方の成績がよかったとされる。ヤコウガイおよびタカセガイの場合にも換水率の高い方の成長が早く、殻厚・殻色が天然に近い状態になるとされる。このため現地においては可能な限り 10 回転以上の換水率となるよう給水し飼育されている。

沖縄県における換水率の事例では、ヤコウガイ 4 回転/日、タカセガイ 4~10 回転/日、シャコガイ 5~10 回転/日となっている。沖縄県の場合、冬季には海水温度が低下することから、換水率を高めることによって飼育水温が低下してしまうため、冬季の換水率は抑えられているが、条件のよい夏季の換水率は 10 回転/日となる。

一方トンガの場合、冬季の外気温が 10℃以下に低下することはあるものの、外洋水温度は 20℃程度あり、外気温や給気による水温低下を防ぐために換水率は高い方がよい。また、夏季に問題となっている飼育水温の上昇も換水率を高めることによって防ぐことができる。最適換水率に関しては今後の研究を待たなければならないが、当面は、これまでの知見から得られる 10 回転/日に対応可能なよう、設定を行うことが妥当であると考えられる。

## 2) 必要水量の検討

水産研究センターでの現在の主要対象種はヤコウガイ、タカセガイおよびシャコガイであり、他に若干種の貝類の飼育を行っている。主要対象種の種苗生産・育成は今後も継続、拡張していく意向であるが、施設建設当初の飼育対象であった魚類については、当面再開する予定はない。また、魚類飼育用として設計された八角形コンクリート水槽および本計画実施後には不要となる 100m<sup>3</sup> 貯水槽については取り壊し、その敷地を利用して貝類の飼育面積を拡張することが予定さ



れている。

このため本計画の必要水量の算定に当たっては、現状で適正と考えられる給水量に拡張部分への給水量を加算するとともに、これまで取水設備の能力不足により充分確保できなかった水槽の清掃用水や新規濾過設備の逆洗用水なども加味した形で算出を行うものとする。

拡張部分への給水量については面積比で算定を行った。拡張可能な面積は合計 375m<sup>2</sup>であり、既存の水槽設置面積と実質水槽容量の比が 1m<sup>2</sup>当たり 0.16m<sup>3</sup>となっていることから、375 m<sup>2</sup>× 0.16=60 m<sup>3</sup>程度の水槽が確保できるものと想定される。

表 3-6 将来的水槽需要予測

| 水槽名称  | 対象種  | 水槽数<br>(槽) | 実質水槽容量<br>(m <sup>3</sup> ) | 全水槽容積<br>(m <sup>3</sup> ) | 設置面積<br>(m <sup>2</sup> ) |
|---|--|------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| <現状面積と設置水槽容量>   |  |            |                             |                            |                           |
| RW1~RW4   | タカセガイ・ヤコウガイ  | 4          | 4.680                       | 18.72                      | 264                       |
| K1~K4   | タカセガイ・ヤコウガイ  | 4          | 4.320                       | 17.28                      |                           |
| GREENSNAIL  | タカセガイ・ヤコウガイ  | 1          | 3.240                       | 3.24                       | 210                       |
| NRW1~NRW4   | シヤコガイ・ヤコウガイ  | 4          | 3.060                       | 12.24                      |                           |
| NRW5~NRW8   | シヤコガイ・ヤコウガイ  | 4          | 3.330                       | 13.32                      |                           |
| UP1   | シヤコガイ  | 1          | 2.700                       | 2.70                       |                           |
| UP2~UP3   | シヤコガイ  | 2          | 3.330                       | 6.66                       |                           |
| EXP1~EXP2   | シヤコガイ  | 2          | 1.350                       | 2.70                       |                           |
| 小計  |  |            |                             | 76.86                      | 474                       |
| 76.86m <sup>3</sup> ÷474m <sup>2</sup> =0.16m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> → 1m <sup>2</sup> 当たり0.16m <sup>3</sup> の飼育槽が確保できるものとして計画する。 |  |            |                             |                            |                           |
| <拡張面積と設置可能水槽容量>   |  |            |                             |                            |                           |
| 貯水槽部分   | 180 m <sup>2</sup> ×0.16m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> =29m <sup>3</sup> |            |                             | 29.00                      | 180                       |
| 八角形水槽部分   | 195 m <sup>2</sup> ×0.16m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> =31m <sup>3</sup> |            |                             | 31.00                      | 195                       |
| 小計  |  |            |                             | 60.00                      | 375                       |
| 合計  |  |            |                             | 136.86                     | 849                       |

一方、現状の活動内容を維持する場合の適正水槽容量について、生産量、生産サイクル、生残率、飼育方法等に基づいて推定すると、およそ 87 m<sup>3</sup>と算出された。

表 3-7 現状の活動を維持する上で必要となる主な水槽数

| 飼育対象種       | 飼育段階              | 必要<br>水槽数 | 既存<br>水槽数 | 不足<br>水槽数 | 不足<br>水槽容積 (m <sup>3</sup> ) |
|-------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------------|
| シヤコガイ       | 種苗生産・中間育成         | 7         | 6         | 1         | 3                            |
| シヤコガイ       | 一時蓄養 (作業用)        | 1         | 0         | 1         | 3                            |
| シヤコガイ       | 蓄養                | 7         | 3         | 4         | 12                           |
| シヤコガイ       | 蓄養 (大型育成用)        | 4         | 0         | 4         | 12                           |
| タカセガイ・ヤコウガイ | 親貝養成              | 1         | 1         | 0         | 0                            |
| タカセガイ・ヤコウガイ | 種苗生産              | 4         | 4         | 0         | 0                            |
| タカセガイ・ヤコウガイ | 中間育成 (Phase I・II) | 4         | 4         | 0         | 0                            |
| タカセガイ・ヤコウガイ | 中間育成 (Phase III)  | 15        | 2         | 13        | 39                           |
| タカセガイ・ヤコウガイ | 最終中間育成            | 6         | 0         | 6         | 18                           |
| 合計          |                   | 49        | 20        | 29        | 87                           |

\* 水槽 1 基当たりの容量を既存 RC 流水式水槽と同等の 3m<sup>3</sup>として換算

敷地の制約により総容量 60 m<sup>3</sup>を大幅に超える水槽の増設は事実上困難であると予想されるこ

と、理想に近い飼育環境の提供は難しいとしても、貝類飼育に適した形状の水槽を導入することにより、飼育環境は現状と比較して大きく改善されると期待できることから、本計画においては、60 m<sup>3</sup>分の水槽増設について対象とすることが妥当であると考えます。

以上の検討を行った結果、飼育用水としての必要水量は950.42リットル/分程度になると推定される。これに水槽の清掃用水や濾過設備の逆洗用水などの余裕分として必要水量の20～30%程度を見込むと、本計画で対象とする水量は1.2m<sup>3</sup>/分程度とすることが妥当であると判断する。

表 3-8 必要水量の算定

| 水槽名称                      | 対象種         | 水槽数<br>(槽)              | 実質水槽<br>容量(m <sup>3</sup> ) | 換水率<br>(回転/日) | 1槽当り給水量<br>(l/min/槽) | 給水量<br>(l/min) |        |
|---------------------------|-------------|-------------------------|-----------------------------|---------------|----------------------|----------------|--------|
| ＜既存水槽部分への給水量（八角形水槽部分は除く）＞ |             |                         |                             |               |                      |                |        |
| RW1～RW4                   | タカセガイ・ヤコウガイ | 4                       | 4.680                       | 10.0          | 32.50                | 130.00         |        |
| K1～K4                     | タカセガイ・ヤコウガイ | 4                       | 4.320                       | 10.0          | 30.00                | 120.00         |        |
| GREENSNAIL                | タカセガイ・ヤコウガイ | 1                       | 3.240                       | 10.0          | 22.50                | 22.50          |        |
| NRW1～NRW4                 | シャコガイ・ヤコウガイ | 4                       | 3.060                       | 10.0          | 21.25                | 85.00          |        |
| NRW5～NRW8                 | シャコガイ・ヤコウガイ | 4                       | 3.330                       | 10.0          | 23.13                | 92.50          |        |
| UP1                       | シャコガイ       | 1                       | 2.700                       | 10.0          | 18.75                | 18.75          |        |
| UP2～UP3                   | シャコガイ       | 2                       | 3.330                       | 10.0          | 23.13                | 46.25          |        |
| EXP1～EXP2                 | シャコガイ       | 2                       | 1.350                       | 10.0          | 9.38                 | 18.75          |        |
| 小 計                       |             |                         |                             |               |                      | 533.75         |        |
| ＜拡張部分への給水量＞               |             | 1                       | 60.000                      | 10.0          | 416.67               | 416.67         |        |
|                           |             |                         |                             |               |                      | 必要給水量          |        |
|                           |             |                         |                             |               |                      | 950.42         |        |
| ＜余裕分＞                     |             | ※逆洗、清掃用（必要給水量の20～30%程度） |                             |               |                      |                | 249.58 |
| 合 計                       |             |                         |                             |               |                      | 1,200.00       |        |

### 3-2-3-2 取水システムに関する代替案の検討

#### (1) 取水口位置の選定

取水口位置は、水質条件と必要水量を確保した上で、下記の自然・社会的条件を満たす場所に設置することが必要となる。

- a) 安定した取水のために取水口付近の堆積・浸食等の懸念がないこと
- b) 船舶等の航路障害の懸念がないこと
- c) 工事期間中であっても飼育の継続に支障がないこと

取水位置の検討の対象として以下の5地点を示す。なお、最終的な候補地の絞り込みは、このうちの必要条件を満たす案について、工事期間、工事難易度、工事費等の建設的観点から評価を行い、決定するものとする。

- 1) 現在の取水ポイント（既存取水管を同位置のまま利用する）
- 2) 現状の導水管を沖合いまで延長したポイント（既存取水管に沖合取水管を接続する）
- 3) 海洋育成場の海寄りのポイント（新設）
- 4) 礁斜面のポイント（新設）
- 5) 礁原外側の縁溝ポイント（新設）

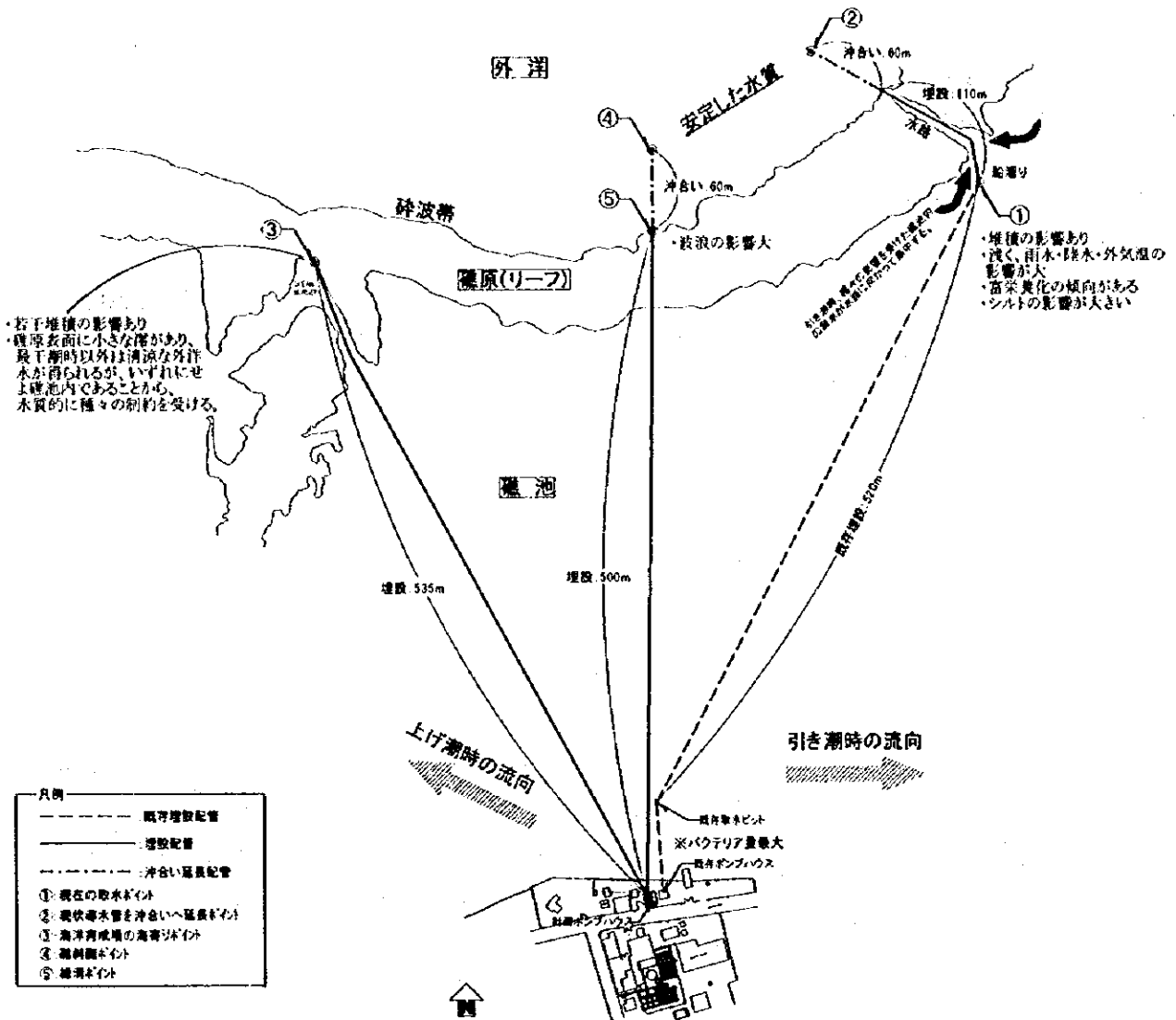


図 3-5 取水候補地位置図

### 1) 既存導水管の取水ポイントから取水する案

既存導水管の取水口の設置ポイントは、礁池内の滞筋近くに設けられており、潮の干満による海水の通り道に当たることから、関取り調査によると、塩分濃度の低下や水温の上昇など礁の影響を受ける（今回の調査期間内にはまとまった降雨が見られなかったため、塩分濃度の低下は観測されなかった）。

埋設導水管径は 200mm であり、新規に管径の大きな導水管を設置しない限り 1.2m<sup>3</sup>/分の要求水量を満足することができない。

自然・社会的条件から見た場合、サイクロン等の影響により年々堆積が進んでおり、既存取水管先端部分が一部埋没していることに加え、小型船舶の航路・泊地となっていることから、ここに恒久的な構造物を設置することは適切でない判断される。

工事期間中の飼育水を確保するためには、礁原縁辺に仮設ポンプを設置して良質な外海水を取水する必要があるが、施設前面海域は裾礁が距岸約 450m に大きく張り出しており、地形的条件からみて実施困難である。また、給水車等による供給は、現状の使用量が日当たり約 620m<sup>3</sup> であり、その半分を確保する場合でも 4 トン給水車換算 78 台/日の大量供給が必要であること、休日の作業体制の確立が困難であることなどから判断して現実的ではない。このように代替手段による飼育水の確保が難しいと判断されることから、計画案から除外する。

#### 2) 既存導水管を礁原外辺まで延長する案

この案は、取水部位を礁原外縁に延長することから、塩分濃度の低下、濁り、海水温度の変化などの問題はほぼ解消可能であると判断される。ただし新規に延長する部分の管径を大きくしても、既存導水管径が 200mm であるために、新たに管径の大きい導水管を設置しない限り 1.2m<sup>3</sup>/分の要求水量を満足することができない。

自然・社会的条件から見た場合、堆積、航路障害等の問題は解決される。工事期間中の飼育水の確保については、前述の候補地と同様に、導水管の代替手段によって安定的に飼育水を確保することは難しいと判断されることから、計画案から除外することが妥当であると判断する。

#### 3) 海洋育成場に取り水ポイントを設置する案

海洋育成場は、礁池の内側に自然に形成された最大水深 3m 程度の窪地であり、ここを利用してシャコガイが育成されている。

礁原の内側であるため波浪の影響を受け難く、付近の小さな滞で外海に通じていることから水質的には安定した外洋水を得やすく、取水口を設置するうえで好条件を有している。一方、礁池内であることから、干潮時には塩分濃度の低下や水温の変化などの影響を受ける可能性は否定できない。実際に、全リン・全窒素の分析結果は礁原の外側よりも高い値を示していたことから、礁池内側は生活排水等の影響をより強く受けていると考えるべきである。

要求使用水量を確保することについては、新規に適正規模の導水管を設置することから特に問題はない。

自然・社会的条件から見た場合、航路障害については問題ないが、サイクロン等により年々砂・シルトの堆積が進行している状況が観察されるなど、不利な条件を持っている。

工事期間中の飼育水確保については、既存取水システムを竣工まで維持して使用可能であるため特に問題ない。取水候補地として不利な自然条件を持つ反面、工事的には有利な条件を備えることから、計画案として検討を行うものとする。

#### 4) 取水口を礁斜面まで延長する案

取水口を礁原外洋側の礁斜面まで延長し、荒天時でも比較的表層波浪の影響が少ない水深から取水する案を採用することにより、干満に左右されず常時水質の安定した外洋水を取得することができるうえ、航路障害、堆積、浸食等の懸念がないポイントを任意に選定することが可能となる。

なお、計画地のリーフ沖での設計沖波波高は 5.4m であり、この場合の碎波水深は 4~5m であることから、これより浅い地点に取水口を設置するのは危険なため避ける必要がある。実際には、

砕波は限界水深の前後で起こることから、7m 以浅は砕波の影響範囲であると考えられるため、取水口の計画水深は、余裕を見込み、10m 程度に設定する必要がある。

すなわち現況海底地形をみると、水深10m 程度の海底はリーフ縁辺より、およそ 60m の距離にあり、この地点が取水口の設置位置として適当と考えられる。

養殖を行ううえで良質な水を安定して得ることは最重要課題であることから、水質的な見地、また取水口の構造的安定を確保する為には、この方式によることが候補の中で最適であると判断するが、一方、外洋に面しているために施工中の荒波の影響を直接受け、クレーン付き台船を用いた海上・海中工事が必要になるため施工の難易度は高くなり、建設コストも最大になるなどのデメリットがある。したがって、代替案として縁溝にピットを設置し、ここから取水する第 5 案を提案する。

#### 5) 縁溝のピットから取水する案

縁溝にピットを掘削し、ここに取水口を設置することにより、礁池からの流出泥砂、降雨後の低塩分濃度の低下、外気温の影響等をあまり受けない比較的安定した外洋水が確保可能となる。また、航路障害、堆積、浸食等の懸念もない。施工は、干潮時間を利用することによって全工程にわたり陸上工事として実施可能なことから、作業台船の必要もなく、第 4 案と比較して施工が容易となり、建設コストも安価となる。

しかしこの場合の問題は、水深 2~3m 程度のピットからの取水であることから、引き潮時に礁池内海水の影響を受けやすいこと、礁原の波砕帯に設置されるため荒天時の波浪を受け、海底から巻き上げられたシルトや表層のごみ等を含む海水を取り込むこと、気泡の吸い込みがあるためサイフォン方式やポンプダイレクト方式には向かないことなどである。

諸条件を水質的に考察した場合、取水口位置は①礁斜面案、②縁溝案、③海洋育成場案の順に評価される。この 3 案について工事期間、工事難易度、工事費等の建設的観点から検討し、総合判断して最終案とする。

工事期間については各案ともに大差はないが、海洋育成場案は取水管の埋設距離が最も長く、礁斜面案は気象状況の影響を受けやすいことを考慮すると、施工距離の短い順に①縁溝案、②海洋育成場案、③礁斜面案の順に評価される。

工事難易度については、礁原の内側だけで作業可能な海洋育成場案が容易であり、沖合いに取水管を設置する礁斜面案の難易度が最も高い。ここでの評価は①海洋育成場案、②縁溝案、③礁斜面案の順とする。

工費的には、配管距離の短い縁溝案が有利であり、次ぎに海洋育成場案となる。工事難易度の高い礁斜面案の場合、海上作業に要する作業台船の調達や潜水作業等の必要性から最も工事費が高くなる。したがって、ここでの評価は①縁溝案、②海洋育成場案、③礁斜面案の順とする。

以上を比較表にまとめると表 3-9 のとおりとなる。

表 3-9 取水口位置決定に関する比較表

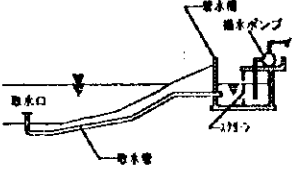
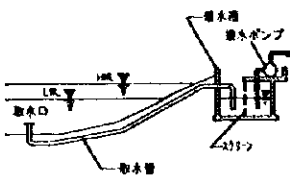
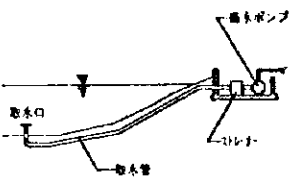
| 取水口位置              | ①既存取水部位<br>(既設/新) | ②導水管の延長<br>(既設/新)   | ③海洋浄化場<br>(新設)         | ④縁溝<br>(新設)                   | ⑤縁溝ピット<br>(新設)              |
|--------------------|-------------------|---------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 礁池内海水の影響           | ×                 | ○                   | △                      | ○                             | △                           |
| 堆積の影響              | ×                 | ○                   | ×                      | ○                             | ○                           |
| 碎波による影響            | ○                 | ○                   | ○                      | ○                             | △                           |
| 航路障害               | ×                 | ○                   | ○                      | ○                             | ○                           |
| 施工期間中の運営に<br>及ぼす影響 | ×                 | ×                   | ○                      | ○                             | ○                           |
| 必要水量の確保            | ×                 | ×                   | ○                      | ○                             | ○                           |
| 取水管延長距離            | 0m                | 埋設約 110m<br>沖合約 60m | 埋設約 535m               | 埋設約 500m<br>沖合約 60m           | 埋設約 500m                    |
| 施工難易度 (安易順)        | .                 | .                   | 1                      | 3                             | 2                           |
| 工事期間 (短い順)         | .                 | .                   | 1                      | 3                             | 2                           |
| 建設コスト (価格順)        | .                 | .                   | 2                      | 3                             | 1                           |
| 総合評価               | 採用不可              | 採用不可                | 問題多く採用<br>メリットが少<br>ない | 水質条件は最適<br>であるが、建設条<br>件に難がある | 水質、建設条件な<br>ど総合的な観点<br>から採用 |

取水口の設置位置は、水質条件からは礁斜面案が最適であると判断するが、反面、施工の難易度が高くなり、建設コストも最大となる。一方、縁溝ピット案は、取水が礁原縁辺の比較的浅い部分から行われるため、外気温度や陸水等の影響を受けて水質の劣化した礁池の海水を取り込む可能性は否定できないものの、塩分濃度が著しく低下する懸念もなく飼育に要求される水質は確保できることに加え、礁斜面案と比較して施工条件に優っておりメンテナンスも容易である。以上の検討結果を総合的に判断すると、取水口設置位置は、縁溝ピット案が最も妥当であると判断する。

## (2) 取水方式および取水ピット

本計画で検討の対象となる取水方式は、導水管方式およびポンプダイレクト方式であり、それぞれの概要は表 3-10 のとおりである。

表 3-10 取水方式の概要

|     | 導水管方式 (要請書の方式)  |   | ポンプダイレクト方式  |
|-----|---|---|---|
|     | 自然導入方式  | サイフォン(セミサイフォン)方式  |   |
| 概念図 |    |                              |                  |
| 概要  | 沖合の取水口より陸上の取水ピットまで、導水管で海水を導入し、取水ピット内のスクリーンで、塵埃・海藻を除去後にポンプで揚水する方式。   | 自然導入方式同様取水ピットを利用するが、取水管は比較的浅い位置に設置し、サイフォン(セミサイフォン)を利用して取水ピットに流入させる方式。   | 沖合の取水口と陸上のポンプを直結し取水する方式。  |
| 長所  | 取水ピットで取水口より流入した塵埃・海藻等の状況を目視確認することができ、流入した流入物は、取水ピット内で一時滞留する為、汚れを除去する沈砂池としての機能がある。またポンプ故障時でも、取水ピットは外海に繋がっているため、水中ポンプ等を利用し、比較的容易に外海水の確保が可能。 | 自然導入方式同様取水ピットにて流入物を除去できる。またポンプ故障時でも、サイフォンが切れていなければ、水中ポンプ等を利用し、比較的容易に外海水の確保が可能。自然導入方式よりも取水管位置が浅い分工事は容易で工事費も安い。 | 取水ピットが不要、取水管の敷設レベルは深くなくても良いので、工事は容易で工事費も安い。   |
| 問題点 | 取水管および取水ピットは海面より常時下にする必要があるため、潮位差が大きい場合には建設工事が大規模・難工事となる。本計画地の潮位差は約1.6mと比較的小さいものの、工事費は他の方式と比較して大きくなる。                                     | 取水管出口および取水ピットは海面より常時下にする必要があるため、潮位差が大きい場合には建設工事が大規模・難工事となる。またサイフォン起動時に別途真空ポンプが必要になる。                          | 取水ポンプ吸込口のストレーナーが海藻等の流入物による目詰まりを起こし易いので、頻繁に点検が必要である。目詰まり等でポンプがキャビテーションにより故障した場合には取水不能となり、外海水の確保が難しい。 |

ポンプダイレクト方式は取水管と取水ポンプを直接繋ぐ方式であることから、取水ピット建設の必要がなく最も安価な方式であるが、メンテナンスが頻繁に必要で安全性に欠けるため、現地事情には適さないと考えられる。導水管方式は現状システムと同様に取水ピットを設けていったん海水を受けてからポンプで送水する方式であり、これには安全性の高い自然導入方式および比較的工事が容易なサイフォン(セミサイフォン)方式がある。工事費、現地の施工性等を考えると、満潮時には自然導入が可能なセミサイフォン方式が妥当であると判断される。

取水ピット位置は、センターの運営に支障を来さないことを前提条件とした場合、既存ピットを利用することは困難であるため、メンテナンス性および非常事態への対応性を考慮し、陸上に取水ピットを設けることが妥当であると考えられる。

これらを比較表にまとめると表 3-11 のとおりとなり、導水管(セミサイフォン)方式による陸上取水ピット新設案が最も妥当であると判断する。

表 3-11 取水方式の比較検討表

| 取水方式        | ポンプダイレクト方式 | 自然導入方式 | セミサイフォン方式 |
|-------------|------------|--------|-----------|
| 取水ピット       | 不要         | 必要     | 必要        |
| ポンプへの負担     | 大          | 小      | 小         |
| 沈砂・除ごみ効果    | なし         | あり     | あり        |
| メンテナンス性     | 煩雑         | 容易     | 容易        |
| アクセシビリティ    | 最も容易       | 容易     | 容易        |
| 非常事態への対応    | 困難         | 最も容易   | 容易        |
| 施工難易度 (容易順) | 1          | 3      | 2         |
| 建設コスト (価格順) | 1          | 3      | 2         |
| 総合評価        | 不適         | 適      | 最適        |

### (3) 導水管

#### 1) 導水管の材質の検討

一般的に導水管に用いられる材質には、コンクリート系、鉄系、プラスチック樹脂系、ハイブリッド系などがあるが、本計画では、施工性、経済性を含む建設条件、自然条件、耐久性等から判断して、被覆鋼管系とプラスチック樹脂系を検討の対象とした。これらの特徴を表 3-12 に示す。

表 3-12 導水管の材質と特徴

| 種 類       |   | 特 徴   |
|-----------|---|---|
| 鉄系        | a) 鋼管                                       | 施工性、水密性が良好であり、ポリピッグによる水管更正 (*) は容易だが、腐食に弱い。 |
| 被覆鋼管系     | b) ポリエチレン被覆鋼管<br>c) ナイロン被覆鋼管<br>d) その他の被覆鋼管 | 鉄管の耐腐食性能を改善するために用いられる。                      |
| プラスチック樹脂系 | e) 塩化ビニール管<br>f) 強化プラスチック管<br>g) ポリエチレン管    | 土圧、衝撃に弱い、施工性に優れる。塩化ビニール管は材料費が最も安価である。       |

(\*) 砲弾状のピッグを高圧水で管内に圧送し、管内の付着生物を除去して維持管理を行う方法。

鋼管は、水密性、強度に優れているものの海水により腐食しやすいという問題がある。これを改善したのが樹脂被覆鋼管であり、取水管としての施工実績も比較的多い。一方、プラスチック樹脂系の管材は、施工性および耐腐食性に優れており、樹脂被覆鋼管に比べ安価であるが、紫外線により劣化しやすい、土圧や衝撃に弱いなどの強度的な問題がある。ただし強度的な問題は、適切な埋設配管を行うことにより、ある程度解決可能である。

ポリピッグによる水管更生を行うことを前提とした場合、導水管の材質は鉄系（被覆鋼管系）またはポリエチレン管にほぼ限られる。水管更生の作業はやや複雑であり、日本においても専門業者に依頼して行っているのが実状であることから、トンガにおいて定期的にこれを行うことはやや困難であると考えられる。将来的な予測は困難であるが、現地調査時点においてサイト付近で著しく取水の障害となるような付着生物は観察されなかったことから、水管更生は行わないものとして計画する。



配管材を比較検討した結果、本計画では、砕波帯に位置することから十分な強度が必要な取水口部分および水密性が要求されるサイフォン部分について被覆鋼管を採用し、礁池内の配管部分は塩化ビニール管を採用する。

## 2) 配管方式と配管径の検討

導水管の配管方式には、露出配管方式と埋設配管方式がある。本計画の場合、干潮時には一部干出する浅い礁池に導水管を敷設することから、波浪および紫外線から導水管を保護するとともに、航行する小型船舶の安全を確保するために埋設配管方式を採用する。

導水管の径は、 $1.2\text{m}^3/\text{分}$ の要求量に対する必要管径を検討した結果、 $350\text{mm}$ を採用することが妥当であると判断した。

## (4) 濾過方式

海水中には、食害の原因となる魚類・甲殻類等の卵や稚仔をはじめ、飼育対象生物の育成を妨げ得るさまざまな浮遊生物・懸濁物質が含まれることから、これらの除去を目的として特に種苗生産においては、通常、濾過海水が使用される。水産施設の原水の一次処理方法としては一般的に急速濾過が使用されており、これには重力式と圧力式が考えられるが、その概要は表3-13のとおりである。

表 3-13 濾過方式の比較

| 方式  | 重力式急速濾過  | 圧力式急速濾過   |
|-----|--|---|
| 概念図 |  |   |
| 概要  | 濾材上面に自由水面を持ち、槽内水位と流出水位との差(重力)で原水を濾材に通すことによって濾過する方式であり、上水道など大量処理が必要な施設で一般に使用されている。                        | 原水を取水ポンプで圧送し密閉された圧力容器内の濾材を通すことによって濾過する方式であり、比較的少量処理向きで実績も多い。  |
| 長所  | 槽上部が開放されているために、汚れを目視で確認しやすく、濾材の交換等のメンテナンスが比較的容易である。またRC製の場合、1槽当りの処理量が大きくできるため、大量処理が必要な場合には、比較的建設費が安価になる。 | 圧力容器を利用しているため、濾過した後の残圧で高架水槽または各設備に給水できる。また工場製作品のため現地施工期間が少なく、少量処理用としての実績が多い。  |
| 問題点 | 各設備への給水については別途に送水ポンプが必要となり、やや操作性が複雑となる。またRC製の場合、現地での施工が必要になり、水密性などの施工精度も必要になる。                           | 密閉されているために、汚れを目視で確認しにくく、濾材の交換等のメンテナンスが比較的困難である。また輸送の関係で、1基当りの処理量は最大 $80\text{m}^3/\text{h}$ 程度までであり、大量処理が必要な場合には比較的建設費が高価になる。 |

重力式急速濾過槽には表記の開放型とは別に逆洗水保有型がある。逆洗水保有型はサイフォン管を組み合わせて濾材の目詰まりに合わせて自動逆洗を行うものであるが、強制逆洗をする場合の操作が複雑で、別途に真空ポンプ等が必要になる場合もあることから、現地事情には適さないものと考えられる。

また、圧力式急速濾過槽にも手動型と自動制御型があり、自動制御型は差圧センサーやタイマー設定によって強制的に逆洗を行うもので日常の管理は楽である。ただし、自動バルブや電気制御を必要とすることから、故障した場合の対処は現地側独自では不可能であると考えられる。以上のことから、重力式の開放型と圧力式の手動型からどちらを採用するかについて検討を行う。

重力式は構造的に単純であり、汚れを目視で確認しやすく、濾材の交換等のメンテナンスが比較的容易であるなどメリットは大きい。ただし濾過槽までポンプアップした後、濾過処理水をいったん受水槽で受け、もう一度高架水槽にポンプアップする必要があることから、取水ポンプのほかに送水ポンプが必要となり、機械系統のトラブル発生リスクがその分大きくなる。濾過・受水槽を高架水槽と兼用することも可能であるが、現地の平坦な地形から考えると大規模な架台が必要で相当な重量となることから建設費が増大すること、濾材の交換が困難になることなどの新たなデメリットが生じる。

一方、圧力式の場合には、濾過処理水は直接高架水槽に送られるためポンプは1台でよいが、損失水頭が増すことから重力式よりも大きな容量の取水ポンプが必要となる。構造が単純で、保守管理が容易であり、本計画程度の処理量の場合、建設コストの比較では重力式とほぼ同額であるものの、運転コストの比較では経済的であるなどのメリットがある。反面、汚れの確認や濾材の交換等のメンテナンスが比較的困難である。しかし定期的な逆洗を行ってれば、濾材の交換頻度も少なく現地でも充分可能な作業であるため、実用的に大きな問題は生じないものと考えられる。また、双方とも当初はメーカー調達の濾材を用いるが、現地でも入手可能な濾過に適した砂を篩い分け、代替濾材として使用することによって、濾過精度は落ちるが実質的には問題のない濾材を現地調達できるものと考えられる。

以上を総合的に判断すると表 3-14 のとおりとなり、手動型圧力式急速濾過槽を採用することが適当であると判断される。

表 3-14 砂濾過方式の検討比較表

| 方式            | 重力式急速濾過 |        | 圧力式急速濾過 |       |
|---------------|---------|--------|---------|-------|
|               | 開放型     | 逆洗水保有型 | 手動型     | 自動制御型 |
| 受水槽           | 必要      | 必要     | 不要      | 不要    |
| 必要ポンプ台数       | 2       | 2      | 1       | 1     |
| 機構・構成部品       | △       | ×      | ○       | ×     |
| 日常の操作煩雑性      | △       | ○      | △       | ○     |
| 故障時の現地での対応可能性 | ○       | △      | ○       | ×     |
| 濾材の現地調達       | △       | △      | △       | △     |
| 建設コスト (安価順)   | 1       | 3      | 1       | 2     |
| 運転経費 (安価順)    | 2       | 2      | 1       | 1     |
| 総合評価          | 採用可     | 不適     | 最適      | 不可    |

### 3-2-3-3 付帯施設・設備等に関する検討

#### (1) 飼育関連設備機器

##### 1) 取水ポンプおよび濾過槽

海水供給は、取水ポンプ、濾過槽、高架水槽を通して各養殖タンクに供給される。海水の最大使用量は  $1.2\text{m}^3/\text{分}$  であり、取水ポンプ、濾過槽の容量設定はこれに対応できるものとするが、木材の交換時には比較的長時間作業を要すること、事故によるポンプ停止などの事態を考慮すると、単独設置した場合にはセンターの活動に支障を来す恐れがあることから、2系統方式によるリスク分散方式が適当であると判断する。常に最大使用量である  $1.2\text{m}^3/\text{分}$  が要求されているわけではないことから、取水ポンプおよび濾過槽の容量は  $0.6\text{m}^3/\text{分}$  として、メンテナンスや非常時でも最大使用量の 50% 程度の給水量が確保できる計画とする。ただし取水ポンプについては、通常のメンテナンスに加え、消耗、故障の発生が懸念されることから、スペアポンプ1台を加えた3台交互運転方式とする。

##### 2) 高架水槽

最大水量使用時にあってもポンプの休止時間は 15 分程度が確保可能のように設定すると、高架水槽の必要容量は、 $1.2\text{m}^3 \times 15\text{分} \div 0.8$  (実質水槽容積分) =  $22.5\text{m}^3$  となることから、本計画では規格近似容量  $24\text{m}^3$  を採用する。

##### 3) ブロアー

水槽に対する給気は、既存ブロアーの供給量が飼育水  $1\text{m}^3$  当たり 30.07 リットル/分程度であるので、これと同等規模として計画する。供給量の変動を考慮し、小容量のブロアーを複数台、ここでは3台程度で最大需要に対応し、需要の少ない時にはブロアーの稼働を停止してランニングコストの削減を図る計画とする。配管はヘッダー集中方式とし、スペア1台を含む4台の交互運転方式を採用する。

##### 4) 非常用発電機

非常用発電機の容量は、飼育のために必要なポンプ、ブロアー等の動力機器のすべてをバックアップするとともに、養殖関連施設の電灯、コンセント類を対象として計画する。計画動力機器および電灯・コンセントの電力負荷の合計は  $38.38\text{kVA}$  程度になるものと推定され、負荷の大きい海水取水ポンプの始動時負荷を考慮すると、 $50\text{kVA}$  の発電能力が必要である。

|               |           |
|---------------|-----------|
| a) 動力設備負荷     | 29.83 kVA |
| b) 電灯・コンセント負荷 | 8.55 kVA  |
| 合 計           | 38.38 kVA |

燃料タンクの容量は、勤務体制の関係で土・日曜日の燃料補給が困難な現地事情を考慮して、2日間分の消費燃料に相当する  $1,000$  リットルを確保するものとする。

## 5) 制御システム

制御システムは、高架水槽および取水ピット水位と対応する回路に限定して自動制御を行い、できるだけ簡易で分かり易いシステムを構築する。

計画設備系統図を図 3-6 に示す。

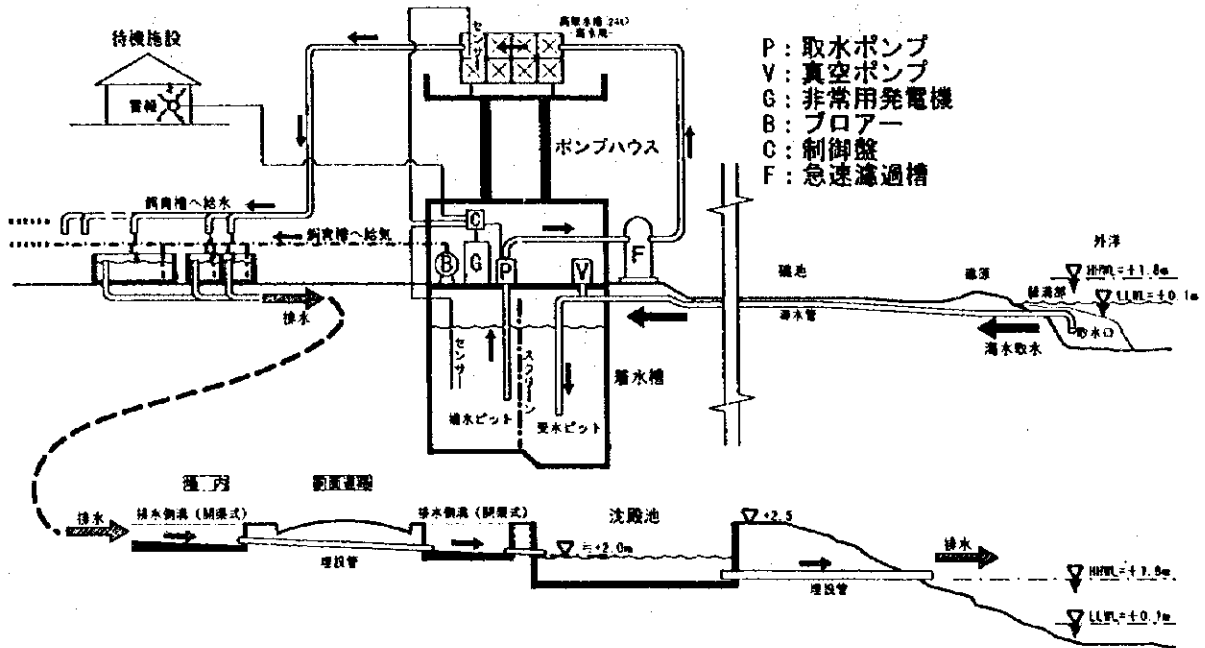


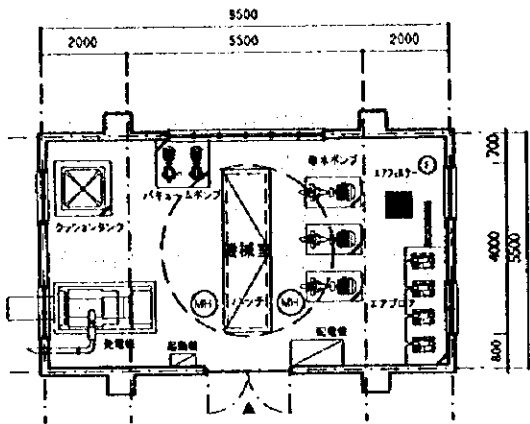
図 3-6 計画設備系統図

### (2) ポンプハウス

ポンプハウスは上記設備を収納するための施設であり、導水管からの海水を受ける取水ピット、ポンプ類（海水ポンプ、真空ポンプ、ブローア）、発電機、配電盤等が収納されるポンプ機械室、濾過装置、燃料タンクの設置スペースおよび高架水槽の設置部分から構成される。

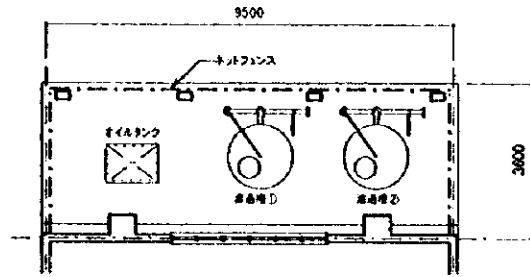
取水ピットは受水ピットと揚水ピットから構成される。規模は各配管と底部清掃作業を考慮して設定した。ポンプ機械室、濾過装置の設置スペースおよび高架水槽については、具体的な設備機器の配置を行い、メンテナンス・スペースと動線を考慮して以下のとおり必要床面積を算出した。

ポンプハウスの各スペースの配置計画を図 3-7 に示す。



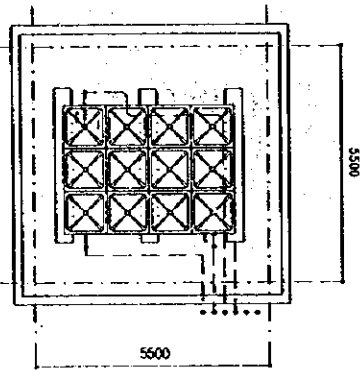
1.ポンプ機械室

$5.5\text{m} \times 9.5\text{m} = 52.25 \text{ m}^2$



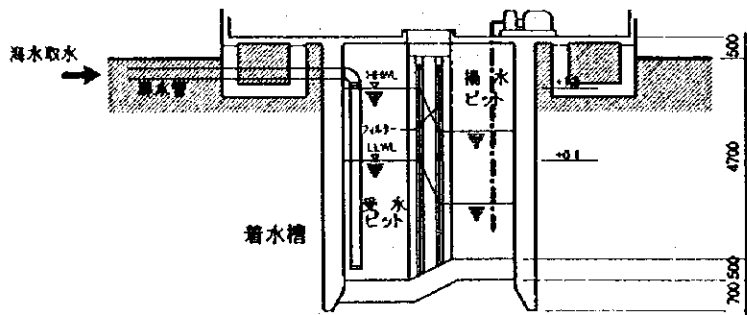
2.濾過装置、燃料タンクの設置スペース

$9.5\text{m} \times 3.6\text{m} = 34.20 \text{ m}^2$



3.高架水槽の設置スペース

$5.5\text{m} \times 5.5\text{m} = 30.25 \text{ m}^2$



4.取水ピット

直径 4.0m、深さ 5.0m

図 3-7 ポンプハウスの配置計画

(3) 排水溝および沈殿池

1) 排水溝

排水施設については原則的にメンテナンスの容易な開渠方式とする。排水量は、計画取水量に加え、飼育槽 2 槽を同時に全排水する場合に対応可能な 63.2 リットル/秒を対象とする。

|           |                      |             |
|-----------|----------------------|-------------|
| 計画取水量     | 1.2m <sup>3</sup> /分 | 20.0 リットル/秒 |
| 飼育槽からの排水量 | 21.6 リットル/秒 × 2 基    | 43.2 リットル/秒 |
| 合計        |                      | 63.2 リットル/秒 |

排水溝の動水勾配は、既存排水ピットから新設沈殿池までの距離と地盤高さを考慮して 1/500 とする。以上から排水溝の断面積を求めると  $0.4\text{m} \times 0.2\text{m} = 0.08\text{m}^2$  程度が必要規模となることから、幅 40cm を確保するものとする。なお、道路横断部分については開渠にできないことからカルバートを採用する。

## 2) 沈殿池

沈殿池の規模は、本来、十分な沈殿時間を見込んで設定する必要があるが、敷地および地盤高さの制約から、ここでは敷地利用が可能な範囲内での建設に留めるものとする。

沈殿池として確保可能な敷地は、前面道路と防潮堤間の  $8\text{m} \times 35\text{m}$  ( $280\text{m}^2$ ) である。一方、注水口として設定可能な地盤高さは  $+2.0\text{m}$  であり、設計高潮位が  $+1.8\text{m}$  であることから、実質的に確保できる沈殿池の水深は  $20\text{cm}$  以下となる。沈殿池としての機能を果たすため、池底レベルを  $+1.5\text{m} \sim +1.4\text{m}$  として水深  $50\text{cm}$  程度を確保すると、沈殿池の規模は  $140\text{m}^3$  となる。構造は、池周囲をコンクリート壁とし、池底を素堀とする。この場合、海水面が  $+1.4\text{m}$  を超えると池底からの逆流が生じるが、直接排水するよりは環境に対する負荷が低減できること、新種を試験的に導入する際の排水処理が可能になることなどのメリットがあることから、妥当であると判断する。

## (4) 飼育場上屋

既存飼育場上屋は、梁・柱ともに H 鋼材 ( $248 \times 124 \times 5 \times 8\text{mm}$ ) が使用され、妻側スパン  $12\text{m}$ 、梁間  $4.5\text{m} \times 5$  スパンで独立基礎構造が採用されており、屋根仕上げにはポリカーボネート波板が使用されている。完成後すでに 20 年以上が経過しており、潮風に曝された鉄骨部分の老朽化は著しいものの、コンクリート基礎部分は継続使用に耐えると判断されることから、本計画では基礎構造を除く鉄骨部分と屋根仕上げ部分を計画対象範囲とすることが妥当であると判断する。

計画規模は、上屋施設で飼育されているヤコウガイ・タカセガイの生産計画に大幅な変更はないということであるため、現在の上屋と同じ規模の  $12\text{m} \times 22.5\text{m}$  ( $4.5\text{m} \times 5$  スパン) として計画することで特に問題はないと判断する。

## (5) 待機施設

本施設は、夜間作業、非常時の緊急待機および夜間監視要員の通常待機のための施設である。通常の夜間監視の場合の待機要員は 1 名であるが、サイクロンなど予め荒天が予想される場合には 2 名以上の待機が必要であり、また、種苗生産時の夜間作業時には 5~10 名が勤務することを考慮し、2 名が仮眠することを想定した。

必要諸室は、仮眠室、休息室、給湯室、便所および洗面シャワー室である。平面計画は、仮眠室を独立居室とし、休息室および給湯室を共用部分として配置した。

諸室規模は、具体的な必要備品、家具の配置と動線を考慮して以下のとおり必要床面積を算出した。

待機施設の諸室配置計画を図 3-8 に示す。

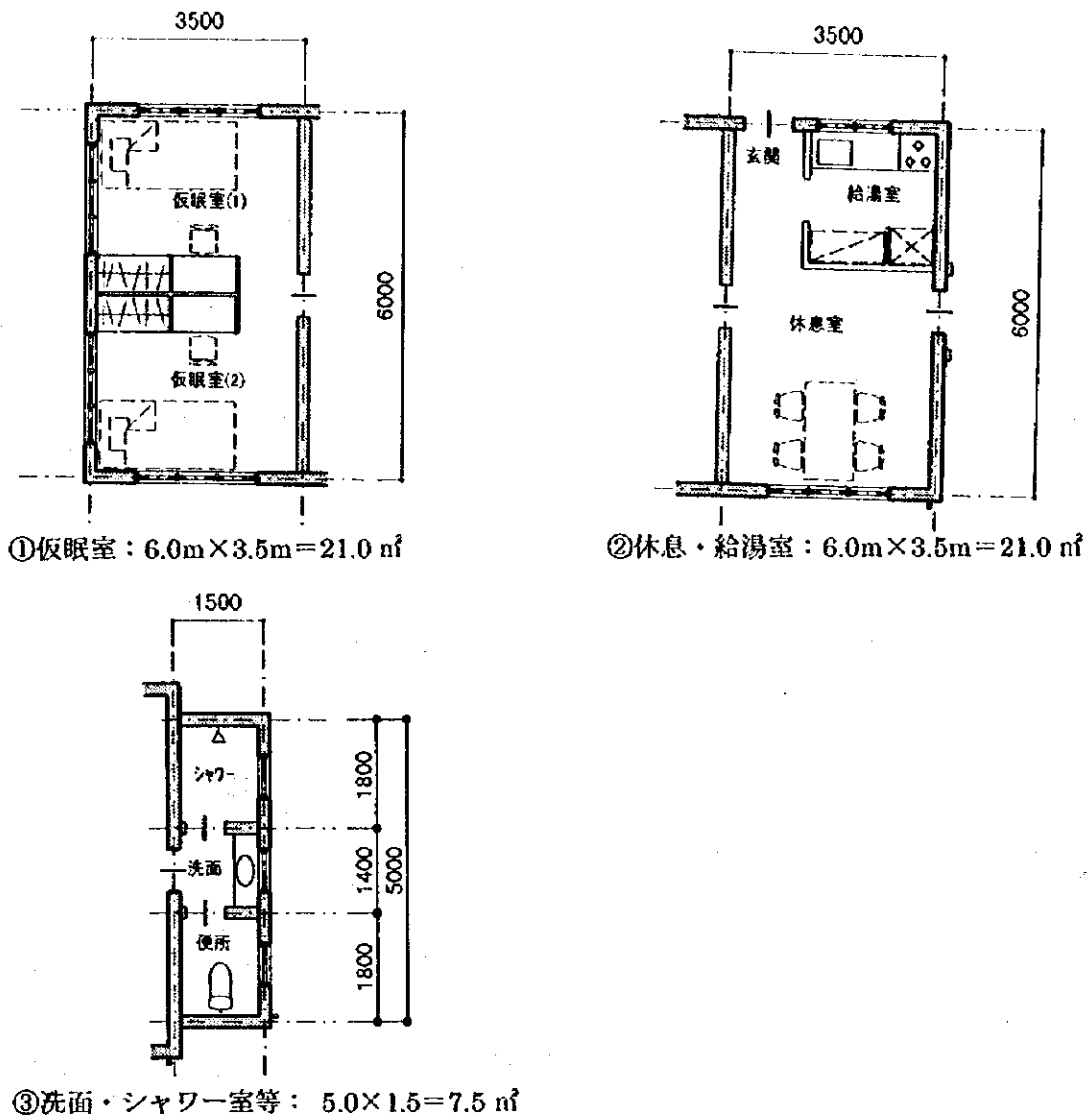


図3-8 待機施設の諸室配置計画図

#### (6) 既存施設の撤去

本計画は、水産研究センターの緊急課題である飼育水の質の改善と量の確保を目的として実施するものであり、この目的に即した機能的な取水システムを構築するものである。取水システムは、飼育槽および給排水を含む一連の体系のもとで総合的に構築するものであり、改善案を検討した結果、100m<sup>3</sup>貯水槽、八角形飼育槽およびウェットラボの上架配管・ラック等の解体・撤去は計画の構成要素として不可欠であると判断されたことから、本計画の日本側負担工事として実施するものとする。

一方、既存導水管および取水ピットについては、新規取水システム稼働後の必要性は少ないものの、更生することによりバックアップ施設として利用可能である。本施設に関しては本計画には含めず、トンガ政府側の対応事項とする。