

出所：JICA 調査団

図 2.5-2：各地域の井戸水の分析結果（温度、pH、塩素、ホウ素及び硬度）

### 2.5.3 浄水場

水資源として、井戸水と海水がある。井戸水は塩素処理によって殺菌されている。海水淡水化プラントは逆浸透膜法（SWRO）が以下の場所で運転されている。

- Praia: 固定式 5,000 m<sup>3</sup>/日 x 1 系列、コンテナタイプ 1,200 m<sup>3</sup>/日 x 2 系列
- Santa Cruz: 500 m<sup>3</sup>/日 x 1 系列

## 1) Praia の逆浸透膜法海水淡水化プラント(SWRO)

全体フローは図 2.5-3 参照。

- 建設資金： スペインからの援助による。
- 容量： 公称 5,000 m<sup>3</sup>/日、実際 4,660 m<sup>3</sup>/日
- 場所： プライア市から 4 km 西
- プラント建設会社： Pridesa 社（スペイン）
- 5,000m<sup>3</sup>/日もう 1 系列をスペインファンドで近々増設予定
- プラントは 2002 年から ELECTRA により運転・維持管理されている
- 主要機器仕様
  - 取水： 海岸井戸 3 基
  - 二層ろ過機： 2 基、もう 1 基の増設スペース
  - カートリッジフィルタ： 2 基
  - 高圧ポンプ（タービン型エネルギー回収装置付き）： 3 基, Sulzer 社、揚程 70kg/cm<sup>2</sup>
  - RO 装置： 2 系列, 80 ベッセル (71 ベッセル運転)、それぞれのベッセルは DOW 社の 8 インチエレメント(SW30HR-370) 7 本で構成
  - 生産水タンク： 1,500 m<sup>3</sup> (1,200 m<sup>3</sup>/日 x 2 プラントと共用)
- 運転員
  - 2 オペレータ/シフト x (3+1) = 8 と 2 名の交代要員（非常時）、計 10 名、これに加えてマネージャー等
  - 総務関係人員： 発電所と兼ねて勤務
  - メンテナンス： ELECTRA 本社から必要に応じて来所
- 運転状況
  - 回収率： 40.9% (供給海水 474 m<sup>3</sup>/時, 生産水 194 m<sup>3</sup>/時)
  - 塩濃度： 供給水 52,300 μ S/cm, 生産水 1,030 μ S/cm
  - 供給圧力： 68.8 kg/cm<sup>2</sup>、ベッセルの圧損 1.99 kg/cm<sup>2</sup>
  - 電力： SWRO プラントで 800 kW、隣接の発電所（出力 25 MW）より供給
  - 消費電力 4.27 kW/m<sup>3</sup>
    - (注) 同サイト内にある 1,200 m<sup>3</sup>/day コンテナ式海水淡水化装置（2 系列）は近代的エネルギー回収設備のため消費量は少なく 2.6 kW/m<sup>3</sup>になっている
  - 海水温度： 季節にもよるが概して 19-22 °C

- ELECTRA は、膜がファウリングを起こしており、クリーニングが必要だと認識している。実際、膜のクリーニングは年に1-2回行われ、2010年の6月には膜全数を交換されることになっていたが未実施。実際に2002年の操業開始後、毎年12% (注) の膜の交換が行われる予定であったが、実際には交換されていない。この結果生産水量が低下してきている。  
(注) 年率12%の交換は一般的なプラントと比較すると少ない。本F/Sでは一般的なプラントでの交換率である年20% (5年で全交換) で試算した。
- 生産水の水質に関してはカーボヴェルデ共和国の規格はなく、WHOのガイドラインに従っている。特に電気伝導度とpH。後処理ではpHと硬度成分がモニターされ、生産水タンクで調整されている。塩素滅菌は生産水タンクではなく配水池で行われている。これは送水ラインの腐食防止のためである。
- コンテナタイプ SWRO : 1,200m<sup>3</sup>/日 x 2 系列  
固定式の能増が完成すれば、他地域あるいは他島に移設される様であるが、現在はプライアにて稼働中。

## 2) サンタクルス逆浸透膜法海水淡水化プラント(SWRO)

全体フローは図 2.5-4 参照。

- 建設資金 : カーボヴェルデ共和国自己資金による
- 容量 : 500 m<sup>3</sup>/日
- 場所 : アチャダポンタ (Pedra Badejo から 5 km 東南)  
プラントサイトはカーボヴェルデ共和国インフラ省で選定された。またプラントはカーボヴェルデ共和国政府によって建設され、2009年5月に運転開始。運転維持管理は Santa Cruz の SAAS によって行われている。
- 主要機器仕様
  - 取水 : 井戸ポンプ (2 基)、各 51 m<sup>3</sup>/時、揚程 60 m
  - 二層ろ過機 : 3 基 (うち 1 基は逆洗)
  - カートリッジフィルタ : 2 基
  - 高圧ポンプ (エネルギー回収装置付き) :  
1 基、Grundfos 社、  
55 m<sup>3</sup>/時 x 575 m x 83 kW (エネルギー回収付)
  - RO 装置 : 1 系列。6 ベッセル、それぞれのベッセルは PROTEC 社の 8 インチエレメント 6 個で構成
  - 生産水タンク : あり
  - ディーゼル発電機 : 200 kW

- 運転員： 3シフト（1名/シフト、プラス夜間作業）、計6名

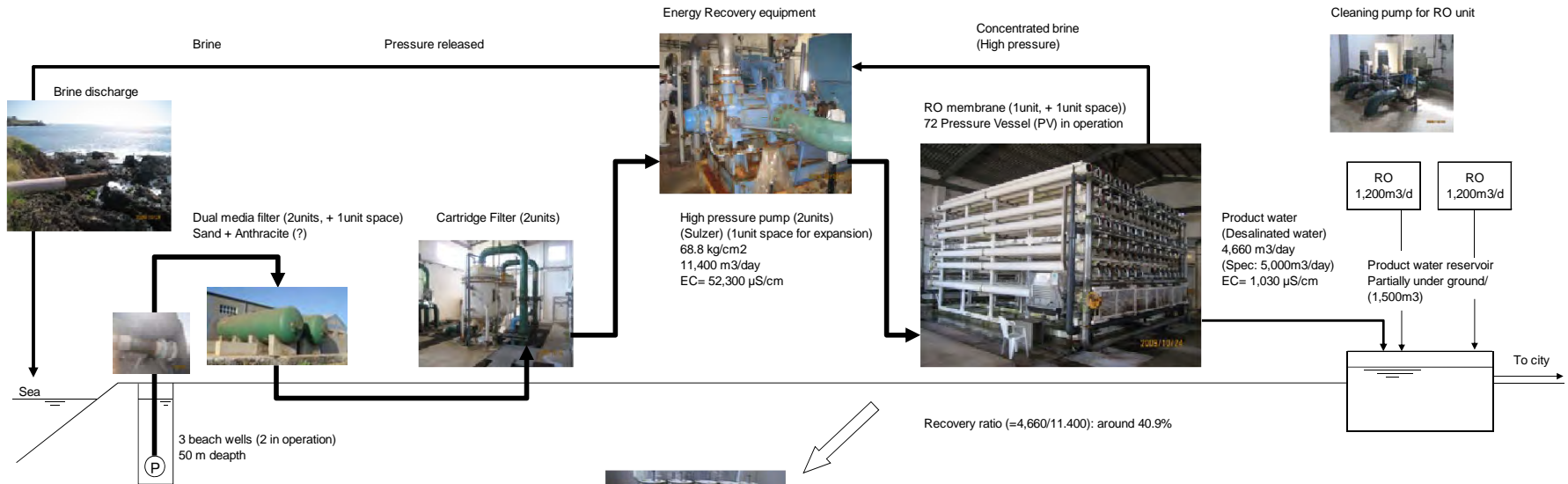
➤ 運転状況

電気は系統電源の建設は終わっているが、系統電源は供給されていない。ディーゼル発電機が設置されている。軽油の消費量は600リットル/日である。水の生産コストはおよそ185 CVE/m<sup>3</sup>と推測されている。

軽油価格の高騰や入手難で最近は殆ど運転していないとのこと。

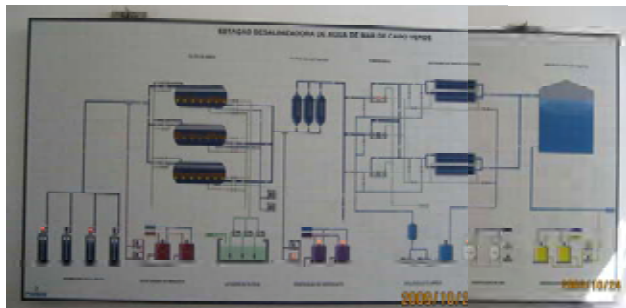
本プラントは、小規模ゆえまた稼働率も低いため、本 F/S で検討した既設の装置一覧からは除外した。

Note: Data collected on 4 February, 2010 at plant site.



2-52

Major flow diagram (Control panel)



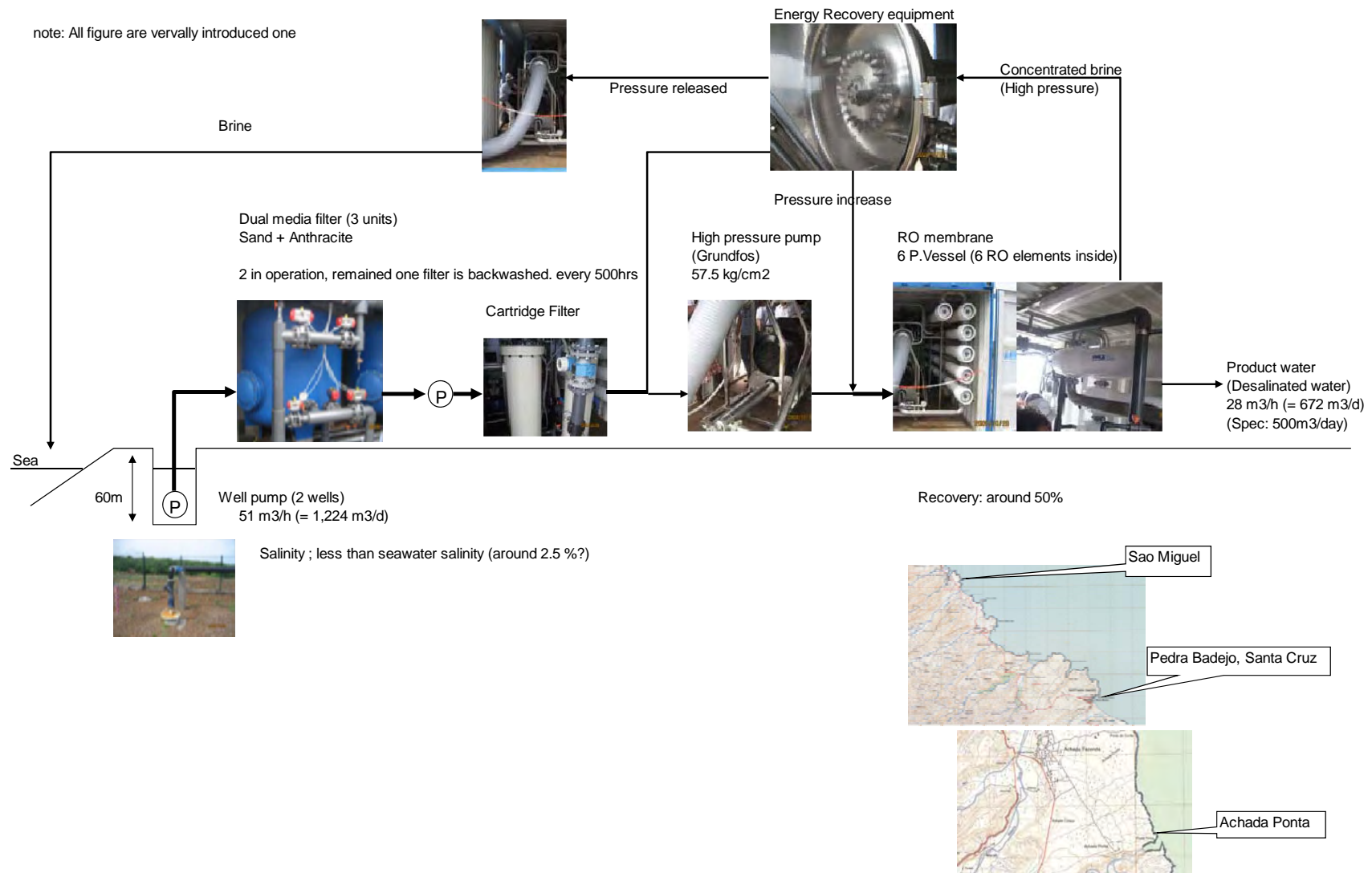
RO membrane  
8 inch dia x 40 inch length  
SW30HR-370 (DOW)  
7 elements are loaded in 1 PV.

Location



出所：JICA 調査団

図 2.5-3：プライア海水淡水化プラント全体フロー



出所：JICA 調査団

図 2.5-4：サンタクルス海水淡水化プラント全体フロー

## 2.5.4 送水及び給配水システム

大半の SAAS では管路図面が存在していない。給配水施設の現状を把握することが不可能であるが、不十分な維持管理と高い漏水率が主に共通している。サンチャゴ島の施設は以下の表 2.5-9 の通りである。

表 2.5-9 : 既存の施設

郡	既存の施設	施設の詳細	
タラファル	送水管 ポンプ 貯水槽	送水管 配水管 管材 ポンプ 井戸の深さ 生産容量 殺菌方法 貯水槽 給水管 漏水率	不明 不明 塩化ビニル、高密度ポリエチレン 12 井戸、66~360m <sup>3</sup> /日 100~150m 2,700m <sup>3</sup> /日 塩素処理 28 基、総容量 2,032m <sup>3</sup> 700 世帯 接続率は 86% 25%
サオミゲル	送水管 ポンプ 貯水槽	送水管 配水管 管材 ポンプ 殺菌方法 貯水槽 給水管	不明 不明 塩化ビニル、高密度ポリエチレン 10 井戸、1.5-20m <sup>3</sup> /日 うち 2 基は太陽光エネルギー、 1 基は風力エネルギーによる 塩素処理 35 基、総容量 2,058m <sup>3</sup> 2,210 世帯(2007) 接続率は 60%
サオサルバドール ドムンド	送水管 ポンプ 貯水槽	送水管 配水管 管材 ポンプ 殺菌方法 貯水槽 給水管 タンク車	不明 不明 塩化ビニル、高密度ポリエチレン 井戸、ポンプ無し 塩素処理 50 m <sup>3</sup> + 2x40 m <sup>3</sup> 276 世帯 接続率は 15% 3 台 (10,11,17m <sup>3</sup> )
サンタクルス	新設淡水化プラント 送水管 ポンプ	サンタクルス 送水管 配水管 管材 ポンプ 殺菌方法 貯水槽 給水管 下水処理	不明 不明 塩化ビニル、高密度ポリエチレン 8 井戸、1,000m <sup>3</sup> /日 塩素処理 45 基 (10~1,000m <sup>3</sup> ) 700 ユニット 浄化槽式

		ペドラバデジョ 送水管 不明 配水管 不明 管材 塩化ビニル、高密度ポリエチレン ポンプ 8井戸、1,000m <sup>3</sup> /日 殺菌方法 塩素処理 貯水槽 10基 (10~1,000m <sup>3</sup> ) 給水管 700ユニット 下水処理 浄化槽式 海水淡水化プラントあり (生産能力 500m <sup>3</sup> /日)
サオ ドミンゴス	深井戸ポンプ 貯水槽 給配水管	送水管 不明 配水管 不明 管材 塩化ビニル、高密度ポリエチレン 井戸 2本で 500m <sup>3</sup> /日 ポンプ 156, 72, 153, 240m <sup>3</sup> /日 殺菌方法 塩素処理 貯水槽 54基、11~200 m <sup>3</sup> 給水管 800世帯 接続率は90%
プライア	淡水化プラント 送水管 ポンプ	送水管 不明 配水管 総延長 151km、口径 50~400mm 管材 鋼管、塩化ビニル、高密度ポリエチレン ポンプ 不明 殺菌方法 塩素処理 貯水槽 8基、400~2,500 m <sup>3</sup> 総容量 8,760 m <sup>3</sup> 給水管 17,000世帯
リバイラ グランデ	送水管 ポンプ 貯水槽 図面無し	送水管 不明 配水管 不明 管材 塩化ビニル、高密度ポリエチレン ポンプ 4井戸、農業用水と兼用 殺菌方法 塩素処理 貯水槽 10基、8~55 m <sup>3</sup> 、総容量 280 m <sup>3</sup> 加えてアシャダフォルテに 1,000m <sup>3</sup> 建設中 給水管 629(接続済み) 153(計画中)
サオロレンソ オルガオス	送水管 ポンプ 貯水槽 図面無し	送水管 不明 配水管 不明 管材 塩化ビニル、高密度ポリエチレン ポンプ 8本の井戸に 2~10m <sup>3</sup> /日運用 1台は太陽光発電による 殺菌方法 塩素処理 貯水槽 14基、15~200m <sup>3</sup> 給水管 1,200世帯 接続率は約 42%
サンタ カタリーナ	送水管 ポンプ	送水管 不明 配水管 不明 管材 塩化ビニル、高密度ポリエチレン ポンプ 合計で 1,000m <sup>3</sup> /日 殺菌方法 塩素処理 貯水槽 不明 給水管 4,906世帯

出所：SAAS 及び郡庁からの収集情報（2010年）



### 2.5.5 各郡での水供給システム

#### (1) タラファル郡

##### 概要：

タラファルは、島の北端に位置している。2008年の人口はおよそ22,500人である。

貯水池の運転に関しては、150 m<sup>3</sup>の2つのタンクが毎日運転されている。一日目の午前5:00から午後2:00の間に、2つのタンクの一方を用いて、タンクが空になるまで6,000人の人口に対し、高低差を利用した給水が行われている。同時に午前7:00から正午までもう一方のタンクにポンプ(38 m<sup>3</sup>/日)で水が貯められる。次の日には、双方のタンクを交代する。

観光開発の計画がある。西海岸には海亀が産卵しに来るビーチがある。それ故西海岸は淡水化プラントの候補地としては適当でない。

現状の水供給概要は以下である。

- 2008年の生産水量は422,000 m<sup>3</sup>。うち75%を飲料用、25%を農業用に使用
- 人口の98%が飲料水にアクセス可能。86%が給水管接続。高所に住む1,000人程はタンク車で配水
- 現状12本の井戸が飲料水用
- 4本の井戸が海岸端にあり1本は塩水混じりであるので農業用として使用
- 井戸の深さは100～150 m
- 28基の貯水槽(合計2,032 m<sup>3</sup>)が供用中

#### (2) サオミゲル郡

##### 概要：

サオミゲルは、水源として塩水の有効利用が重要であるとしている。それゆえ、淡水化プラント建設のアイデアを持っており、候補地まで検討している。人口は2008年に約17,300人。

2007年からPPPの資金による海水淡水化プラントの計画があるものの、交渉は合意に至っていない。

現状の水供給概要は以下である。

- 60%の世帯が給水管接続
- 漏洩損失は15-20%.
- 35の貯水槽(計2,058 m<sup>3</sup>)が供用中

- ▶ サオミゲルで計画されている淡水化プラントは島の北部に水を供給するものである。イタリアの民間会社 CAIS をリーダーとする官民パートナーシップ会社が、テイク・オア・ペイ方式の契約の下、水を生産する予定である。
- ▶ ただ PPP コンソーシアム (CAIS 社) が提案している 2.95 ユーロ/m<sup>3</sup>の水料金は郡との間で合意されていない。

### (3) サオサルバドールドムンド郡

#### 概要：

サオサルバドールドムンドは、2005 年にサンタカタリーナ郡から分離し設立された。しかしながら水供給は未だサンタカタリーナに頼っている状況である。自前の SAAS はまだ設立されていない。この郡のほとんどは高地にある。人口は 2008 年で約 10,500 人。世帯の給水管接続率は非常に低い。

凡そ 40.3%の住民が衛生的な飲み水にアクセスできるものの、国の目標値 85.0%には遠く及ばない状況である。衛生的な飲み水にアクセスできない住民については、泉や表流水から日々の生活用水を得ている。2つの町のみが水道管に接続されているが、他の 16 の町については給水車から給水されている。

現状の水供給概要は以下である。

- ▶ 水供給は未だサンタカタリーナに依存。現状 730m<sup>3</sup>/週の水がサンタカタリーナより不定期に供給されている
- ▶ 給水管接続は 276 世帯(15~16%)
- ▶ 不足の水はサオドミンゴスやサンタクルスからタンク車で供給される
- ▶ 郡は 17, 11, 10 m<sup>3</sup>のタンク車 3 台を保有している
- ▶ インフラ省の資金で配水ネットワークを更新しようとする計画があり。配水ネットワークの更新と現状ついていないポンプを 5 本の井戸に設置することで始めて自前の配水システムを持つことになる。
- ▶ ポルトガルの資金によるダム建設計画がある

### (4) サンタクルス郡

#### 概要：

新規の淡水化プラントが 2009 年 5 月から稼働。このプラントの電源は自前のディーゼル発電機である。従いエネルギーコストが高く、生産水コストは 185 CVE/m<sup>3</sup>である。人口は 2008 年で約 29,000 人。

小規模な港湾施設を伴った中国の資金によるセメント工場の計画及び大規模な港湾施設計画のための調査が予定されている。

現状の水供給概要は以下である。

- 水供給のターゲットは 50 リットル/日/人であるが実際は漏洩により 30 リットル/日/人である。盗水は供給水の 30%
- 給水時間は高地で 1～2 時間/日、低地で 8～10 時間/日
- 水源は以下：
  - アシャダポンタの淡水化プラント (500 m<sup>3</sup>/日)、2009 年 5 月より運転開始。
  - 8 井戸 (1,000 m<sup>3</sup>/日)
- 井戸水と淡水化プラント水を 2 基の主配水池 (1,000 m<sup>3</sup>、450 m<sup>3</sup>) で混合して使用
- 貯水槽：45 基 (10～1,000 m<sup>3</sup>)
- 水栓とメータのある接続世帯は全体の 90%

#### (5) サオドミンゴス郡

##### 概要：

サオドミンゴスはサンタクルスより分離して設立された。人口は 2008 年で約 14,200 人。

6,000 から 7,000 人を対象 (郡全体人口の 50%相当) としたルクセンブルグ政府の資金による配水網の整備事業を実施中である。

また、将来的な地下水の容量について懸念があり、サンフランシスコの海岸に建設する 2,500 m<sup>3</sup>/日の海水淡水化プラント及び既存配管網に接続するための全長 9 km の配管からなる総額 2.2 百万ユーロの計画が 2009 年 2 月に INGRH 及びルクセンブルグに提出されている。

現状の水供給概要は以下である。

- 主に 2 本の井戸 (500 m<sup>3</sup>/日) により水量は十分
- 約 800 世帯が給水管接続
- 貯水槽：54 基 (11～200 m<sup>3</sup>)
- 水質として 3 個のパラメーターを毎月試験している (pH、電気伝導度、残留塩素)
- 自動遠隔制御システムを井戸ポンプと貯水槽に適用

**(6) プライア郡**概要：

プライアはカーボヴェルデ共和国の首都である。人口は2008年で約124,000人である。島の人口の40%がプライアに住んでいる。飲料水源は主に3基の淡水化プラントである。

現状の水供給概要は以下である。

- 水源は主に海水淡水化プラントである
  - 5,000 m<sup>3</sup>/日 x 1 系列 (将来のため1系列増設用のスペース確保している)
  - 1,200 m<sup>3</sup>/日 x 2 系列 (コンテナタイプ)
- 現状で15,500 m<sup>3</sup>/日の飲料水要求がある (ELECTRA のよる見解)
- ELECTRA がプライアの淡水化プラント、送配水を運転管理している
- 主な貯水槽は1,500 m<sup>3</sup> (淡水化プラントサイト)、2,500 m<sup>3</sup> と 1,000 m<sup>3</sup> (モンテバボサ)、700 m<sup>3</sup> (エウジェニオリマ)、400 m<sup>3</sup> (アシャダサオフィリペ)、1,500 m<sup>3</sup> (ポンタダグア)、400 m<sup>3</sup> (空港近くのアシャダグラントラス) 等
- 上記の貯水槽は送水ラインを通して連結されており、効率的に送配水されているが、ポンプと貯水槽の遠隔制御はなされておらず、モンテバボサの塩素滅菌でさえ手動でなされている。さらに全ての機器は適切なメンテナンスと更新がなされておらず、概してかなり悪い状況にある。

**(7) リビエラグランデ郡**概要：

この郡は新規に設立された郡である。SAAS はまだ設立されていない。2008年の人口は約9,600人。

現状の水供給概要は以下である。

- 湧き水が安定して十分にある。一部は隣接のPraiaに供給されている
- 4本の井戸が存在し、農業用と飲料水用に使われている
- 貯水槽：10基 (容量は8-55 m<sup>3</sup>)
- 新規のコンクリート製貯水槽 (1,000 m<sup>3</sup>) がアシャダフォルテで建設中
- 塩素滅菌は貯水槽でなされている
- 水消費量は20リットル/日/人
- 629世帯の給水管接続。2010年にさらに153の給水管接続を予定

**(8) サオロレンソオルガオス郡**概要：

この郡はサンタクルスから分離して設立された。人口は2008年で約9,000人、面積は約40km<sup>2</sup>。この郡は農村地帯で高地にある。将来的に田園の観光開発を期待している。

現状の水供給概要は以下である。

- 8本の井戸が稼動。それぞれの井戸の生産量は2-10 m<sup>3</sup>/時
- 井戸水は飲料用と農業用に使われている
  - 雨季: 60% が農業用、40% が飲料用
  - 乾季: 40% が農業用、60% が飲料用
- 滝の水も塩素滅菌した後、飲料用に使われている
- 貯水槽
  - 飲料用：14基（15～200 m<sup>3</sup>）
  - 農業用：12～17基
- 接続メータ数は約1,200。メータなしの接続世帯も少なからずある。給水管接続率は42～45%
- この郡のダムは中国の援助で建設されたが、まだ使用計画が決定されていない。

**(9) サンタカタリーナ郡**概要：

この郡の人口は2008年で約47,000人であり、サンチャゴ島ではプライアに次ぐ第2の郡である。アソマダはこの郡にある。ほとんどが海拔500m以上の高地に位置している。

現状の給水能力は1,000 m<sup>3</sup>/日（一人当たり一日16リットル程度）に限られており、現在の需要である3,000 m<sup>3</sup>/日（人口60,000人×50リットル/日）には遠く及ばない。

加えて、観光や産業に係る需要を除外して考えたとしても、世界保健機構（WHO）が推奨する最低レベルの生活用水だけでも、2029年には3,775 m<sup>3</sup>/日が必要である。

フランス開発庁（AFD）の資金による上下水整備事業（10百万ユーロ）が実施中である。本事業により、既存の給水能力に対し、井戸水を用いた一日当たり500 m<sup>3</sup>の給水量の増加が期待されている。

現状の水供給概要は以下である。

- 一部の水は人口約10,500人の隣接郡サオサルバドールドムンドに供給されている

- ▶ 現状の漏水率は30～40%
- ▶ 2009年12月現在、4,906世帯が給水管接続している
- ▶ 観光開発及び屠殺場が計画されている

## 2.6 水道料金と上水事業のマネジメント

### 2.6.1 現在の水道料金と上水事業マネジメント

各上水事業体の水料金体系をみると、管路接続された顧客に対してはすべての事業体で従量制の料金体系で採用されている。しかしながら、その料金レベル、水消費量の料金ブロックには大きい差異が認められる。これは公共水栓、給水車による水販売価格においても同様のことがいえる。

また、全体的な特徴として、1) 給水形態別にみると、給水車による水料金が最も高い料金設定になっており、これには給水車の燃料代が大きく影響していること、2) 農村地域に居住する比較的低収入の貧困層が、料金の高い給水車による水を購入しなければならない現象が生じていること、3) 水料金設定は ELECTRA 社を除き、各 SAAS と各郡政府の協議によって設定されていること、4) ほとんどの水事業体で事業経営は赤字に陥っており、各郡政府からの補助金によって赤字分を補填している状況であること、5) そのため、事業投資する財務的余裕がほとんどないこと、があげられる。

#### (1) ELECTRA

##### 1) 水道料金

プライア市の現在の水道料金は、ELECTRA 社の財務経済モデルが分析された後、ARE によって2008年に更新された。水道料金レベルは前回料金に比べて8.6%増加している。

ELECTRA と SAAS の水道料金を比較すると、ELECTRA の水道料金体系は、(1) 累進的料金体系となっており、第1ブロックと第2ブロックの差は47%、第2ブロックと第3ブロックの差は33%であり、一般にこれらの%は SAAS のものに比べて高い率となっている。(2) 第1ブロックの料金は234 エスクード/m<sup>3</sup>で、サオドミンゴス、サンタクルス、サオミゲルの220 エスクード/m<sup>3</sup>と概ね同等であり、またリベイラグランデの253 エスクード/m<sup>3</sup>とサオロレンソオルガオスの500 エスクード/m<sup>3</sup>よりも低い料金となっている。SAAS 間の料金体系はその管轄地域ごとに異なっており統一性が無いため、一つの結論に導くことは困難であることを考慮する必要がある。

##### 2) 水事業経営

一方、ELECTRA 社全体の財務状況をみると、有効な最新データがある2003～2008年

間は、2006年を除き、赤字の状態が続いている。財務的不健全の主な理由は、一般的に営業利益と投資が全体的に不足していることと認識されている。上水事業の営業利益は、水道料金の改正の影響もあって、2006年の8億8,330万エスクードから2008年の9億2700万エスクードへと約5%の増加を達成している。水の平均販売料金は、2006年の298エスクード/m<sup>3</sup>から2008年の325エスクード/m<sup>3</sup>へと増加することに成功している。

上水事業の主な課題として、依然30.6%（2008年）と高い無収水率と約90%（2008年）と比較的低い水道料金回収率が課題として残されている。

現在の水料金表は次の通りである。

表 2.6-1：ELECTRA の水料金表（2008年）

(単位: CVE/m<sup>3</sup>)

分類	基本料金	税金 (IVA)	合計
		(15%×20%T)	
<b>一般</b>			
0 - 6 m <sup>3</sup>	227.25	6.82	234.07
6 - 10 m <sup>3</sup>	333.51	10.01	343.52
10 m <sup>3</sup> <	443.83	13.32	457.15
<b>ビジネス産業(事務所, 工場, etc)</b>			
	390.50	11.71	402.21
<b>観光 (ホテル, ペンション, etc)</b>			
	505.43	15.16	520.59
<b>ソーシャル (病院, 学校, NGO etc)</b>			
	251.45	7.54	259.00
<b>商業・サービス業 (公共サービス, 商業サービス, etc)</b>			
≤20 m <sup>3</sup>	407.62	12.23	419.84
20 m <sup>3</sup> <	475.35	14.26	489.61
<b>給水車 I (Hospital, School, Public tab, Social institution, NGO, etc)</b>			
	253.65	7.61	261.26
<b>給水車 II (Other purposes)</b>			
	423.51	12.71	436.22

出典: ELECTRA

(承認 27/Jun/2008)

<特記事項>

(1) 上記の表は主な水料金の項目を示しており、他の項目（接続料、レンタル料など）については省略している。

## (2) ADA 社 (ADA)

### 1) 水道料金

プライア市の共同水栓からの家庭用水料金は、25リットル当たり12エスクードであり、これは480エスクード/m<sup>3</sup>に相当する。また給水車による直接給水は850エスクード/m<sup>3</sup>である。ADAは、ELECTRAより淡水化処理された水を262エスクード/m<sup>3</sup>で購入している。2009年実績は、家庭用137,273 m<sup>3</sup>、公共用は137,273 m<sup>3</sup>であった。ADAは、給水車

を2台のみ保有しているが、すでに20年以上稼働しているためしばしば故障に見舞われている。

公共水栓から家庭までの水輸送は、給水車の燃料費に大きな影響を受けたため、必然的にELECTRAの水料金より高いものとなる。共同水栓の単価480エスクード/m<sup>3</sup>は、ELECTRAの第1ブロックの単価234エスクード/m<sup>3</sup>の倍以上となっている。

表 2.6-2 : ADA の水道料金

サービス形式	水料金
貯水槽 (共同水栓)	12CVE/25l ≒ 480CVE/m <sup>3</sup>
給水車 (直接配給)	850CVE/ m <sup>3</sup>

出所 : ADA

## 2) 水事業経営

ADAの財務状況は概して赤字である。理由は、1) 事業利益は、売水価格より水の購入価格との差額から必要経費を差し引いたものであり、2) 戸別接続給水については利益を見込めるがADAの事業スコープには含まれていない。特に、2010年2~4月のELECTRAの取水ポンプ故障を原因とした水不足問題により通常の売水量が70%のレベルまで減少しており、サオドミンゴスおよび民間の飲料水会社から水を仕入れなければならなかった。これにより財務状況はさらに厳しいものとなり、2010年5月にはプライア市に財政支援申請を行わなければならなかった。

同じ一つの郡内でありながら、水事業者がELECTRAとADAに分離されているという構造的問題を指摘することができる。利益が見込めると思われる公共接続給水サービスは1990年代末にELECTRAが行うことになった。以後、ADAは公共水栓からの給水に特化することになっている。ADAの事業は、ELECTRAとの比較において低い利益しか見込めない事業により構造的に苦しんでいるということができよう。

## (3) 水・衛生オートノムサービス (SAAS)

### 1) 水道料金

SAASの水料金設定は、AREが経済的規制の責務を担うとされているものの、ほとんどAREによって着手されていない。水料金の設定は、依然として、地方(SAAS)の課題となっている。したがって、消費量単位や水料金レベルといった水料金表の内訳は、SAASの中でも一貫しておらず、多様である。例えば、飲料水の最低料金をみると、サンタカタリーナの80エスクード/m<sup>3</sup>からサンローレンス・オルガオスの500エスクード/m<sup>3</sup>のまでと幅が広い。



水料金設定の方法は、1) 各々の SAAS が新しい水料金設定の提案書を作成し、2) SAAS がそれぞれの地方自治体政府に提案を申請し、3) 必要な変更を行い地方自治体の議会で承認される。SAAS によっては、正式な調査結果に依拠したものではないが住民の社会経済状況を考慮した上で、新たな料金体系を設定すると説明している。

現在の水料金と業務指標は次に示すとおりである。

表 2.6-3 : 水料金表 (SAASs)

	サドミンゴス		サンタクルス		サオミゲル		タラファル		サンカターナ		リベiraグラデ		サオロンソルガオス		サオサルパドール	
	単位	CVE/m3	単位	CVE/m3	単位	CVE/m3	単位	CVE/m3	単位	CVE/m3	単位	CVE/m3	単位	CVE/m3	単位	CVE/m3
飲料水 (一般)	0-4	220	0-6	220	0-6	220	0-5	108	0-5	80	0-6	253	基本料金 500 (A) 150 (B) 170 (C) 300 (D)	500	80	
	4-8	280	6-10	280	6-10	280	5-10	134	5-10	120	6-10	354		150	310	
	8<	350	10<	340	10<	350	10-15	189	10-15	150	10<	442		11-15	170	270
							15<	269	15<	200	15<	200		15<	300	200
公共水栓	TT	262					TT	450-1000	TT	290	PL TT	550 700	PL TT	3CVE/ 20L 5CVE/ 20L		
直接配水	TT	660-960							TT	700			TT	1200		
灌 漑	Dry Drop	25 15	Dry Drop	25 15	Dry Drop	35 22			Dry Drop	15 8						

出所: SAAS

<特記事項>

(1) TT --- 給水車, PL --- パイプライン

(2) 上記表に示された上水料金は、飲料水及び灌漑用水を目的とするものであり、他の目的(商業、公共施設など)の上水料金は省略している。

(3) サオロンソルガオスSAASの場合、上水料金は2料金ブロックシステムとなっている(基本料金+消費量料金)。もし消費量が6 m<sup>3</sup>を超えなければ、水料金は500CVEのみ請求される。

(4) サオサルパドールSAASの場合、水は次から購入されている: (A) サンカターナSAASより(PL)、(B) サドミンゴスより(TT)、(C) サンタクルスより(TT)、(D) サンカターナより(TT)。

表 2.6-4 : SAASs の主な業務指標

項 目		サドミンゴス	サンタクルス	サオミゲル	タラファル	サンカターナ	リベiraグラデ	サオロンソルガオス	サオサルパドール
基礎情報	水供給								
	- 飲料水	47%	80%	N.A.	75%	99%	33%	40-60%	100%
	- 灌漑	53%	20%	N.A.	25%	1%	N.A.	40-60%	0% #1
	接続数	800	5,000	N.A.	3,724	4,906	782	860	276
従業員数	93	23	N.A.	57	96	16	31	18	
業務指標	無収入水率 (%)	12%	35%	15-20%	0.5%	30-40%	N.A.	10-12%	N.A.
	1000接続数当り従業員数	116	4.6	N.A.	15	20	20	36	65
	水料金回収率(%)	88%	N.A.	N.A.	85%	60%	67%	80%	N.A.
	営業比率#2	0.77	0.97	0.71	0.98	0.82	N.A.	N.A.	N.A.

#1 --- サンサルパドールSAASでは幾つかの灌漑用井戸があるものの、それらはSAASによって管理されていない。

#2 --- 営業比率 = 年間収入(SAAS全体)/年間支出(SAAS全体)

出所: SAAS

## 2) 水事業経営

水道料金と上水事業に関して、本調査で抽出された、あるいは国際ドナー機関が行なっ

た他調査の結果から、SAASの主な特徴と課題は次のようにまとめられる<sup>1</sup>。:

- 多くのSAASは悪循環に陥っている。すなわち、各世帯や公共機関からの未回収債務が多く、多くのSAASは財務的に赤字に陥っている。その結果、SAASの多くは古い既存施設への十分な投資を行なうことができなくなっている。
- SAASの収入は、営業利益率の低いパフォーマンスが物語っているように、支出や将来の投資をカバーできるほど十分ではない
- 飲料水の水料金は一般的に低く、生産コストをカバーしていない
- 同じSAASの水道料金の中でも、1 m<sup>3</sup>当たりの水道料金価格には開きがある。最も開きがあるケースでは、最高料金と最低料金の差は約10倍にも及ぶ。
- 灌漑用水の水供給はほとんど赤字状態であり、給水車による配水もSAASの財務バランスに深刻なダメージを与えている。一方、特にサオサルバドール、サンロレンソオルガオス、サオドミンゴス、サンタカタリーナ郡では、貧困層は農村地域の丘陵地域に居住する傾向がある。
- 接続数当りの職員数は多くのSAASで人数が多く、したがって人件費は国際的な基準から比較すると全体の支出の中で大きい部分を占めている。
- 水料金回収率は幾つかのSAASで低く、IEC活動が活発でないため、水料金を支払う慣習が消費者に根付いていない
- 多くの職員の能力は、訓練が欠けていることもあり十分に開発されていない
- 無収水率は幾つかのSAASで20-40%と依然高い数値である

## 2.6.2 経済監督庁 (ARE) による上水料金設定

経済監督庁 (ARE) は、ELECTRA 社、CAIS プロジェクト、サオアンタオ島のポルト・ノボ郡 Aguas de Porto Novo 社のケースで、海水淡水化水の上水料金設定に関与している。一方で、経済監督庁 (ARE) はサンチャゴ島のほとんどの郡における上水料金設定には参加しておらず、依然として地方自治体の取扱いになっている。ポルト・ノボ郡の場合、経済監督庁とコンセッション契約会社は、BOT スキームをともなったコンセッション契約の下で、上水料金算定の一つの数式を使用して料金設定を行った。経済監督庁によると、この数式は当 F/S プロジェクトでの上水料金算定にも応用できるものとしている。この数式の概要は次

<sup>1</sup> 例えば、ルクセンブルク開発庁(2008) “Elaboração de um modelo de cálculo das tarifas de água, PROJECTO CVE/069 – ÁGUA DE SÃO DOMINGOS (Fase II), Relatório final”, オーストリア開発庁及び国際水衛生センター(IRC)(2005) “Estudo sobre a reforma da estrutura tarifária dos Serviços Autónomos de Água e Saneamento Santiago, Cabo Verde, PROJECTO ÔEZA 2108-00/03 APOIO AOS SERVIÇOS AUTÓNOMOS DE ÁGUA E SANEAMENTO DOS MUNICIPIOS DO INTERIOR DE SANTIAGO, Relatório Final”.

に示すとおりである。

数式： $(Tc + To) * \text{最少上水買取量}(\text{ク・ア・ペイ}) + (Te) * \text{全上水供給量}$

内訳:

- **Tc** - フラットレートで調整なし。資本コスト（投資リカバリー）に対応する。
  - 建設コスト、プロジェクトの投資収益率、契約や与信約定書の金利負債を反映
  - これらのコストは、施設の耐用年数分の投資コスト及び減価償却コストから計算される年間コスト（初期コストの分割償却の概念によって生産コストの計算が可能。）として振り分けられる。
- **To** - フラットレートで調整あり。運営・維持管理コストに対応する。
  - 運営・維持管理コストに関するすべてのコスト。契約期間の長さに沿って、予測の可否にかかわらずプロジェクト調整されるインフレーション。
- **Te** - エネルギーコストに対応した変数比率
  - プロジェクト推進者によって消費量から固定され、上水料金及びディーゼル、電気
- **Vmin** - 契約期間内の最少月間上水買取量。その値によって計算される  $\text{m}^3/\text{日}$ 。

出所：経済監督庁（ARE）

経済監督庁は  $Te$  や  $To$  の調整可能な変数について、例えば燃料価格や運営・維持管理費用の変動を考慮した上で、もし必要な際には見直しを行う。

一方、CAIS プロジェクトでは、海水淡水化施設の建設費やその運営・維持管理費用をカバーするために、官民企業である CAIS と経済監督庁は海水淡水化水の販売価格を  $2.97 \text{ ユーロ}/\text{m}^3$  で、関連するサンタクルス、サオミゲル、サンタカタリーナの各郡政府に提案している。しかしながら、関連する各 SAAS へのインタビュー調査によると、この価格は各 SAAS や住民にとって高い価格であるとしてまだ承認されていない。上水料金設定の方法については、経済監督庁は、資本コスト、運営・維持管理コスト、エネルギーコストの積み上げ方式が従来とられている。住民の支払可能額について、上水料金設定のプロセスの中にどのように反映させるかについては十分に考慮されておらず、依然、課題として残されている。

### 2.6.3 支払可能額

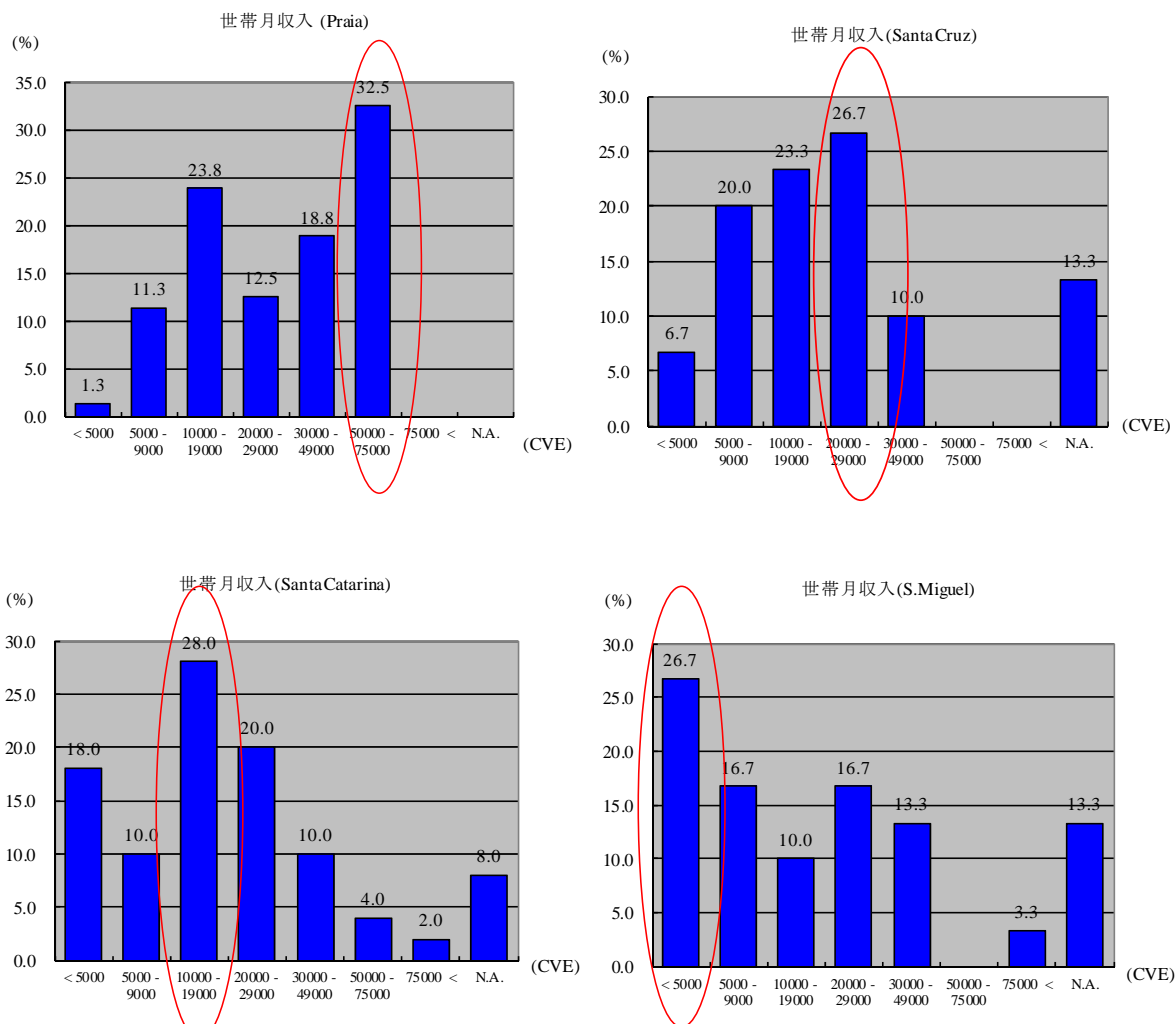
#### (1) 世帯収入ギャップ

社会経済調査の結果によると、プライア郡とその他7郡の間で、世帯収入月額レベルに顕著な差がみられる（図 2.6-1）。同調査では、世帯収入レベルは7つに分類された。もっとも世帯収入月額が多いクラスは、プライア郡で「50,000 – 75,000 CVE」（回答者の 33%）であった。対照的に、もっとも世帯収入レベルが低かったのは「10,000 – 19,000 CVE」（25 – 40%）であった。サオミゲル郡では「5,000 CVE 以下」がもっとも回答が多く、その割合は

<sup>2</sup> 約  $320 \text{ CVE}/\text{m}^3$  に相当（1 ユーロ = 110.265 CVE、2010年2月25日のレート）

27%を占めた。

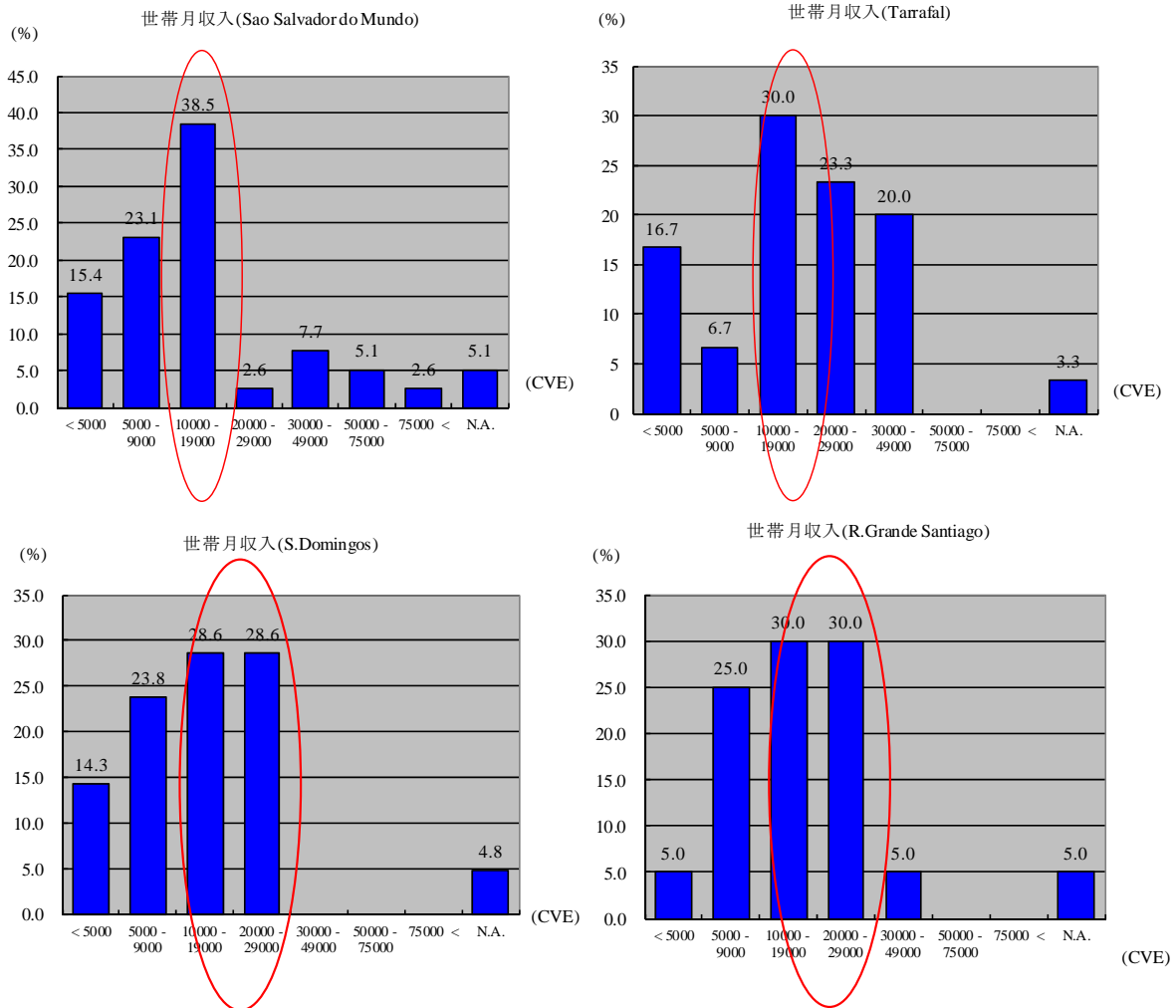
ここでの分析は、カーボヴェルデ共和国の世帯収入に関する国家統計がないことから、調査団が実施した社会経済調査の結果に大きく依存せざるえないものの、プライア郡の世帯収入レベルは、他郡と比較して2倍以上高くなっていると推察される<sup>3</sup>。



出所：JICA 調査団社会経済調査

図 2.6-1(1)：世帯収入レベル（郡別）

<sup>3</sup>一般的に、正確な世帯月収入額や支出額の回答を得るのは容易でないことを考慮する必要があるが、一方で今回の社会経済調査の結果は、回答を7つに分類された収入クラスから選択する形式であるため、比較的事実を反映していると解釈することが可能である。



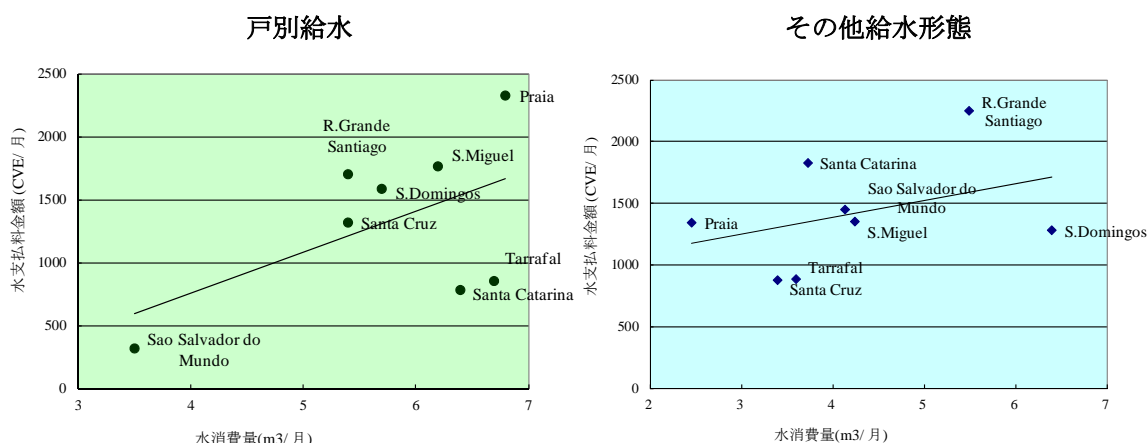
出所：JICA 調査団 社会経済調査

図 2.6-1(2)：世帯収入レベル（郡別）

(2) 月間上水消費量の差

1 世帯当たりの月間上水消費量と月間上水料金支払額を図 2.6-2 に示す。

戸別給水の場合、1 世帯当たりの月間上水消費量は、サオサルバドールドムンド郡を除いて概ね 5 - 7 m<sup>3</sup>の間である。プライア郡の世帯がもっとも上水消費量が多いものの、タラファル郡、サンタカタリーナ郡、サオミゲル郡も同程度の水量を消費しており、郡間で特に大きい違いはみられない。



出所：JICA 調査団社会経済調査

図 2.6-2：1世帯当たりの月間上水支払料金と月間上水消費量 (SAAS)

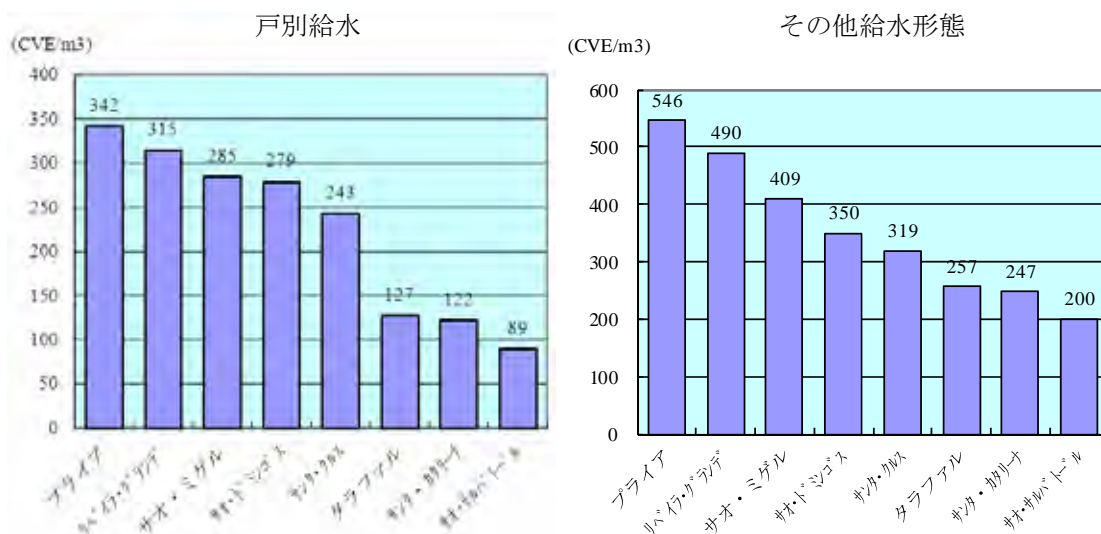
### (3) 月間上水支払料金の差

戸別給水の場合、他郡に比べ、プライア郡の世帯がもっとも上水に支払う額が大きい。対照的に、タラファル郡、サンタカタリーナ郡、サオサルバドールドムンド郡の世帯は、上水への支出が比較的少ない。タラファル郡とサンタカタリーナ郡においては、1世帯当たりの上水消費量はプライア郡の世帯とほとんど同じであるにもかかわらず、その支出額が少ないことは注目すべき点である。

### (4) 1 m³当たりの上水支払料金

戸別給水の場合 1 m³当りの月間上水支払料金をもっとも高いのはプライア郡であり、342 CVE/m³であった。この支払額は、もっとも単価が低かったサオサルバドールドムンド郡の 89 CVE/m³よりも4倍近く高いものであった。特徴的なのは、タラファル郡、サンタカタリーナ郡、サオサルバドールドムンド郡の 1 m³当りの上水支払料金月額は低いレベルに留まっていることであり、この理由としては、これらの郡の上水料金が他郡よりも低いレベルであったためと考えられる。

その他の給水形態の場合、1 m³当りの月間上水支払料金をもっとも高かったのは、プライア郡であり、546 CVE/m³であった。続いて、サンタカタリーナ郡 490 CVE/m³、リベイラグランデ郡 409 CVE/m³となっている。戸別給水の場合と比較して、サオドミンゴス郡を除いたすべての郡で、月間上水支払料金は高くなっている。おそらくこの理由としては、(1) タンクトラックによる給水の運営・維持管理費用（特に燃料費）が戸別給水の場合よりも比較的高くなっていること、(2) その配送費は、例えば異なる給水形態間での利益の内部相互補助 (cross-subsidy) によって特に調整されることなく、単純に上水料金に課せられていること、が考えられる。



出所：JICA 調査団による社会経済調査

図 2.6-3：m³当りの世帯水支払料金単価（郡別）

### (5) 上水料金と支払意思額

住民の支払意思額については、2.7 で述べるように、プライア郡とサンタカタリーナ郡を除き、全回答者の 80-88%はもっとも安い上水料金クラス 200-350 CVE/m³を望んでいる。一方でこの結果は、全回答者の 10-12%だけしか、200-350 CVE/m³より高い上水料金レベルを支払う意思がないと解釈することもできる。プライア郡とサンタカタリーナ郡はそれぞれカーボヴェルデで第 1、第 2 の都市規模であり、この支払意思額に対する違いは、おそらく世帯収入レベルの差に密接に関係していると思われる。

### (6) 世帯における上水支払料金のレベル

当調査では、世帯月収の収入クラスの最大値を使用して、1世帯がひと月に上水料金として支払う額が、世帯月収の何%を占めるかを予備的に試算した<sup>4</sup>。その結果、戸別給水及びその他給水形態の両方の場合において、サオドミンゴス郡、リベイラグランデ郡、サオミゲル郡では、世帯月収の合計の 5%以上を上水料金として支払っていた。

国際的な経験では、上水に費やす支払額は世帯月収の 3-5%以下というのが一つの目安となっている。上述した郡では、上水の支払額はこの経験値を上回っていると想定される。しかしながら、当セクションでは次の理由からこの結果を参考として取り扱うにとどめる：(1) 一般的に、貧困層は月当たりの上水消費量が少なく、上水支払額もおそらく平均よりも少な

<sup>4</sup> 試算には、各世帯月収入クラスの最大値を採用した。例えば、世帯月収入「50,000 - 75,000 CVE」の収入クラスでは、75,000 CVEを計算値として使用した。この場合、上水支払額が、選ばれた世帯月収入クラスの最大値である“75,000CVE”の何%を占めているか、について計算を行った。

いと考えられること、(2) 社会経済調査の一般家庭用上水の回答者数は、全島で300サンプルに限られていること。

表 2.6-5：上水支払料金額と世帯収入レベル（郡別）

		南部			北部				
		サントミコス	リベiraグランデ	プライア	サンタクルス	サオミゲル	サンタカタリーナ	サオサルバドール	タラファル
<b>戸別給水</b>									
月平均上水支払料金 (CVE)		1,589	1,700	2,328	1,314	1,766	780	313	853
世帯月收入 (CVE)	計算使用値								
< 5,000	5,000	31.8%	34.0%	46.6%	26.3%	35.3%	15.6%	6.3%	17.1%
5,000 - 9,000	9,000	17.7%	18.9%	25.9%	14.6%	19.6%	8.7%	3.5%	9.5%
10,000 - 19,000	19,000	8.4%	8.9%	12.3%	6.9%	9.3%	4.1%	1.6%	4.5%
20,000 - 29,000	29,000	5.5%	5.9%	8.0%	4.5%	6.1%	2.7%	1.1%	2.9%
30,000 - 49,000	49,000	3.2%	3.5%	4.8%	2.7%	3.6%	1.6%	0.6%	1.7%
50,000 - 75,000	75,000	2.1%	2.3%	3.1%	1.8%	2.4%	1.0%	0.4%	1.1%
<b>その他給水形態</b>									
月平均上水支払料金 (CVE)		1,280	2,249	1,343	873	1,354	1,828	1,447	889
世帯月收入 (CVE)	計算使用値								
< 5,000	5,000	25.6%	45.0%	26.9%	17.5%	27.1%	36.6%	28.9%	17.8%
5,000 - 9,000	9,000	14.2%	25.0%	14.9%	9.7%	15.0%	20.3%	16.1%	9.9%
10,000 - 19,000	19,000	6.7%	11.8%	7.1%	4.6%	7.1%	9.6%	7.6%	4.7%
20,000 - 29,000	29,000	4.4%	7.8%	4.6%	3.0%	4.7%	6.3%	5.0%	3.1%
30,000 - 49,000	49,000	2.6%	4.6%	2.7%	1.8%	2.8%	3.7%	3.0%	1.8%
50,000 - 75,000	75,000	1.7%	3.0%	1.8%	1.2%	1.8%	2.4%	1.9%	1.2%

--- 1世帯あたりの月平均上水支払料金額が、世帯月收入の5%を超えている場合  
出所: JICA調査団による社会経済調査

#### 2.6.4 上水料金設定における主な原則

一般的に、上水料金設定においては、下記の原則が守られることが必要とされている：(1) 受益者負担の原則、(2) コストリカバリーできる料金設定、(3) 支払可能な料金システム、(4) 上水料金と政府補助金との融合による貧困層に資する料金システム。この内、原則(2)は原則(3)、(4)としばしば矛盾する場合があるため、政府補助金や税控除などの適切な措置が国・地方政府によって施されることが通常である。

上水料金の設定にあたっては、世帯収入レベルの違い、支払可能額の違い、及び地域間の $1\text{m}^3$ 当りの上水支出額の違いを十分考慮することが重要である。カーボヴェルデ政府は、オプションとして将来的に南部と北部の給水システムを一つに統合することを想定しており、



仮にそうなった場合、同じ給水システムから供給される上水については、同じ上水料金帯体系が適用されるのが一般的である。一方で、プライア郡とその他郡では、住民の支払可能額や上水事業の持続性の面から、同じ上水料金を設定することはおそらく望ましいとはいえない。なぜなら、プライア郡の世帯収入レベルは明らかにその他郡の世帯収入レベルよりも高いからである。国際的な経験では、上水支払月額額は世帯月収の3-5%以下であることが望ましいとされており、したがって、上水料金設定の際にこの点に配慮することは必要不可欠である。

## 2.7 社会経済分析の結果

### 2.7.1 水使用量

本分析においては、まず代表サンプルを入手する上で調査対象とする一般家庭、ホテル、産業施設、公共施設を特定した。

表 2.7-1：各郡におけるサンプル数

郡	2008年			サンプル数			
	合計	男性	女性	一般家庭	ホテル	産業施設	公共施設
タラファル	22,453	9,873	12,580	30	1	1	1
サンタカタリーナ	46,866	21,055	25,811	50	2	2	2
サオパルド・ルドムト	10,560	4,698	5,862	20	0	1	1
サンタクルス	28,989	13,518	15,471	30	2	2	2
サオロレンソオルガオス	8,961	4,187	4,774	20	0	1	1
プライア	123,741	60,318	63,423	80	12	10	10
リバイラグランデ	9,639	4,482	5,157	20	1	1	1
サオドミンゴス	14,230	6,834	7,396	20	1	1	1
サオミゲル	17,291	7,514	9,777	30	1	1	1
合計	<b>282,730</b>	<b>132,479</b>	<b>150,251</b>	<b>300</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>

本分析中に使用している「貧困」、「中間」、「富裕」の分類は、家庭ごとの以下の可処分所得レベルに従ってそれぞれ定義されている。

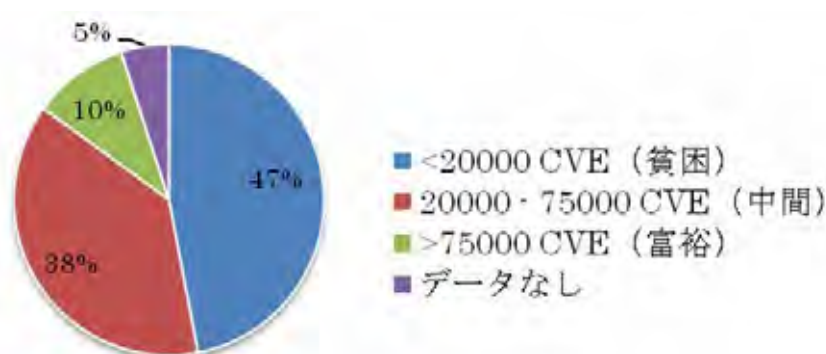
- 貧困：19,000 エスクード(CVE)/月以下
- 中間：20,000 エスクード(CVE)/月以上 75,000 エスクード(CVE)/月未満
- 富裕：75,000 エスクード(CVE)/月以上

### 2.7.2 一般家庭

#### (1) 一般家庭における月間収入

調査を実施した 300 件の一般家庭の内、約 21%が 20,000 CVE から 29,000 CVE の月間収入を得ている。20,000 CVE から 75,000 CVE の収入を得ている中間層は、約 38%であり、75,000

CVE以上の収入を得ている富裕層は、約10%である。約47%は、収入が19,000 CVE以下の貧困層である。



出所：JICA 調査団社会経済調査

図 2.7-1：一般家庭の月間収入

## (2) 水道料金及び水道使用量

一般家庭が支払う公共水道料金は月間平均で約1,400 CVEであり、最低額は72 CVE、最高額は約8,000 CVEである。

一方、一般家庭がその他の水供給元に支払う金額は月間平均で約1,400 CVEであり、最低額は100 CVE、最高額は約4,900 CVEである。

公共水道網からの上水の月間平均水使用量は、約6.0 m<sup>3</sup>/月である。平均水使用量が最も多い(6.0 m<sup>3</sup>/月以上)のは、プライア(6.8 m<sup>3</sup>/月)、タラファル(6.7 m<sup>3</sup>/月)、サンタカタリーナ(6.4 m<sup>3</sup>/月)、及びサオミゲル(6.2 m<sup>3</sup>/月)である。最も平均水使用量が少なかったのは、サオサルバドールドムンド(3.5 m<sup>3</sup>/月)である。

一般家庭の平均家族構成およびこの月間平均水使用量から、以下の一日一人当たりの使用量が算出される。

表 2.7-2：一般家庭の平均水使用量（公共水道）

郡	一般家庭の平均水使用量（公共水道）	
	(m <sup>3</sup> /月/人)	(リットル/日/人)
タラファル	1.4	46.6
サンタカタリーナ	1.2	40.0
サンタクルス	0.9	30.0
プライア	1.5	50.0
サオドミンゴス	1.0	33.3
サオミゲル	1.1	36.6
ササルバドールドムント	0.7	23.3
リベイラグランデ	0.9	30.0

出所：JICA 調査団社会経済調査

その他の水源からの水の月間平均水使用量は、約 4.0 m<sup>3</sup>である。最大の平均水使用量 (5.0 m<sup>3</sup>/月以上) は、サオドミンゴス (6.4 m<sup>3</sup>/月) 及びリベイラグランデ (5.4 m<sup>3</sup>/月) で記録されており、最低の平均水使用量 (3.0 m<sup>3</sup>/月未満) は、サンタクルス (2.5 m<sup>3</sup>/月) で記録されている。

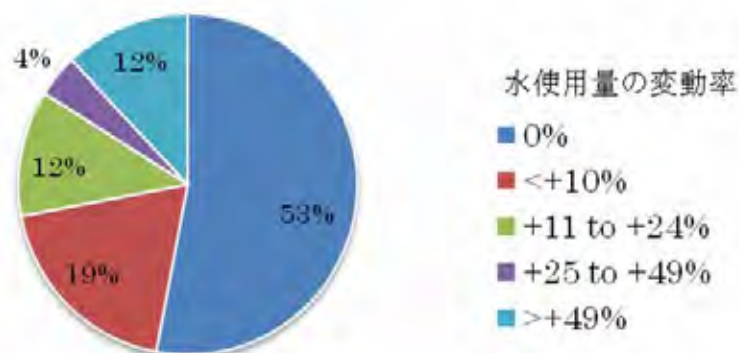
一般家庭の平均家族構成及びこの月間平均水使用量から、以下の一日一人当たりの使用量が算出される。

表 2.7-3 : 一般家庭の平均水使用量 (他の水源)

郡	一般家庭の平均水使用量 (他の水源)	
	(m <sup>3</sup> /月/人)	(リットル/日/人)
タラファル	0.8	26.6
サンタカタリーナ	0.7	23.3
サンタクルス	0.5	16.6
プライア	0.5	16.6
サオドミンゴス	1.1	36.6
サオミゲル	0.8	26.6
ササルバトールドムント	0.8	26.6
リベイラグランデ	0.9	30.0

出所：JICA 調査団社会経済調査

「年間を通して見た場合、ある時期において、家庭の水の使用量はどの程度変動しているか？」との質問に対して、殆どの人 (約 53%) は年間を通して変動はないと考えている。約 19% は、変動の幅が 10% 未満であると回答し、12% は、変動の幅は 11% から 24% であると回答している。



出所：JICA 調査団社会経済調査

図 2.7-2 : 水使用量に変動があると考える家庭の割合

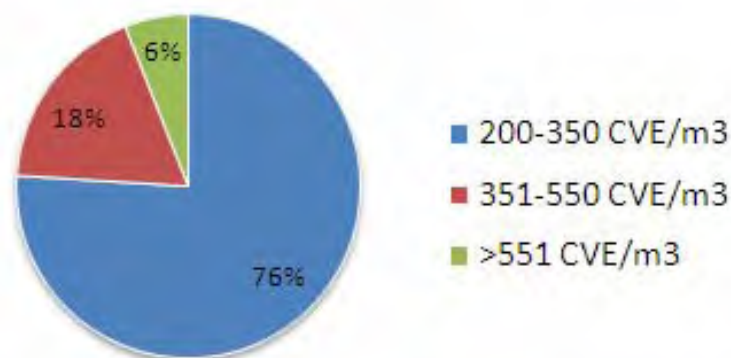
「水の供給に制限がない場合、水使用量はどの程度増加するか？」との質問に対しては、平均水使用量が約 16% 程度増加する、との結果が出ている。これは、現在、水道へのアク

セスが非常に限られているため、使用可能量が増えれば、当然、使用量も増える事を示している。

### (3) 水道料金の支払い能力及び支払い意思

回答者の約 71 %は、サービスが改善すればもっと水道料金を支払っても良いと回答している。

水道料金をもっと支払っても良いと回答した回答者の約 76%は、提示された最も安い価格帯（200 CVE/m<sup>3</sup>から 350 CVE/m<sup>3</sup>）であれば水道料金を支払っても良いと回答している。郡別に見ると、プライアを除く、他の全ての郡の回答者の 70%以上が、この価格帯での支払いに同意している（プライアは、約 61%）。一方、その上の価格帯(351 CVE/m<sup>3</sup>から 550 CVE/m<sup>3</sup>)の水道料金を支払ってもよいと回答したのは、約 18%に留まった。



出所：JICA 調査団社会経済調査

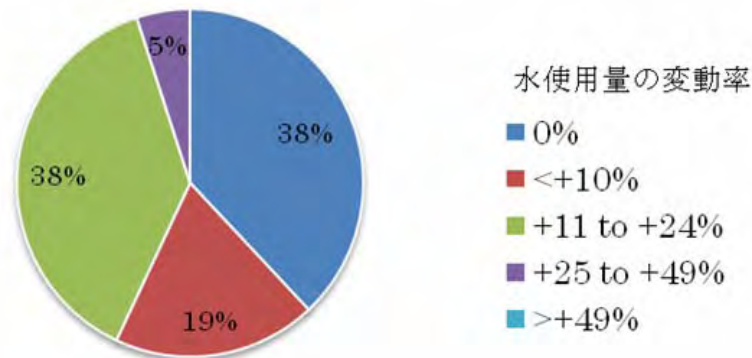
図 2.7-3：水道料金別の支払い意思

### 2.7.3 産業施設

水道水の月間水使用量について、調査を実施した全ての産業分野における、最も少ない使用量は、0.5 m<sup>3</sup>/月（サンタクルス）、最も多い使用量は、300 m<sup>3</sup>/月（プライア）であり、平均は約 90.0 m<sup>3</sup>/月であった。

その他の水源からの平均水使用量は、約 280 m<sup>3</sup>/月である。最も少ない使用量は、0.5 m<sup>3</sup>/月（サンタクルス）、最も多い使用量は、2,700 m<sup>3</sup>/月（Águas de Cabo Verde、プライア市）である。

「年間を通してみた場合、ある時期において、施設の水の使用量はどの程度変動しているか？」との質問に対しては、62%が年間を通して使用量の変動があると回答している。回答者の 19%が変動の割合は 10%以下であると回答し、約 38%が変動の割合は 11%から 24%と回答し、約 5%が変動の割合は 25% から 49%とそれぞれ回答している。



出所：JICA 調査団社会経済調査

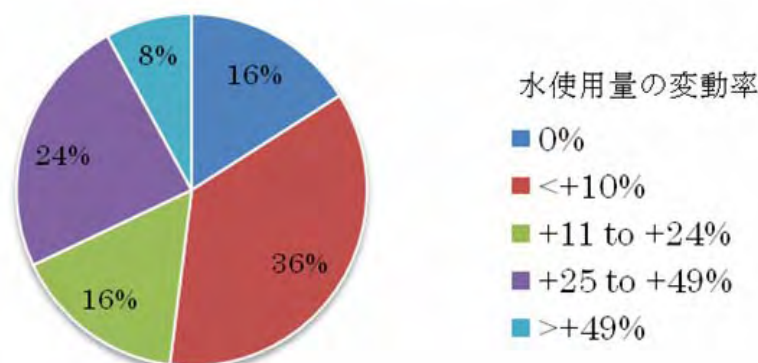
図 2.7-4：水使用量に変動があると考える施設の割合

#### 2.7.4 公共施設

水道水の月間水使用量について、調査を実施した施設における、最も少ない使用量は、2.0 m<sup>3</sup>/月（サオミゲルのユース・センター）、最も多い使用量は、2,700 m<sup>3</sup>/月（Agostinho Neto 病院、プライア市）であり、平均は約 150 m<sup>3</sup>/月であった。

その他の水源からの水の平均水使用量は、約 470 m<sup>3</sup>/月である。最も少ない使用量は、2.0 m<sup>3</sup>/月（プライア市の ING）、最も多い使用量は、2,400 m<sup>3</sup>/月（サンタカタリーナのサンタカタリーナ病院、井戸を所有）である。

「年間を通して見た場合、ある時期において、施設の水の使用量はどの程度変動しているか？」との質問に対しては、大多数が年間を通して使用量の変動があると回答している。回答者の 36%が変動の割合は 10%以下であると回答し、約 24%が変動の割合は 11%から 24%と回答し、約 5%が変動の割合は 25% から 49%とそれぞれ回答している。



出所：JICA 調査団社会経済調査

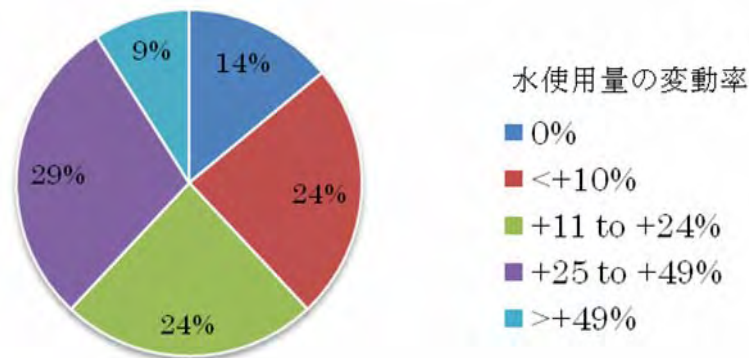
図 2.7-5：水使用量に変動があると考える施設の割合

### 2.7.5 宿泊施設

水道水の月間水使用量について、調査を実施した 21 のホテルにおける、最も少ない使用量は、9.0 m<sup>3</sup>/月（プライア市）、最も多い使用量は、450 m<sup>3</sup>/月（いずれもプライア市）であり、平均は約 84.0 m<sup>3</sup>/月であった。

その他の水源からの水の平均水使用量は、約 200 m<sup>3</sup>/月である。最も少ない使用量は、0.5 m<sup>3</sup>/月（サンタクルス）、最も多い使用量は、1,200 m<sup>3</sup>/月（プライア市）である。

「年間を通して見た場合、ある時期において、ホテルの水の使用量はどの程度変動しているか？」との質問に対しては、大多数（86%）が年間を通して使用量の変動があると回答している。回答者の 24%が変動の割合は 10%以下であると回答し、約 24%が変動の割合は 11%から 24%と回答し、約 29%が変動の割合は 25%から 49%とそれぞれ回答している。



出所：JICA 調査団社会経済調査

図 2.7-6：水使用量に変動があると考えるホテルの割合

## 2.8 ドナーによる援助

### 2.8.1 日本政府

日本政府は、2009 年、サンチャゴ島における発電・配電能力の強化を目的として、アフリカ開発銀行との協調融資で実施した、最初の円借款案件の交換公文に署名した。日本政府は食糧援助を継続的に実施する一方で、無償案件については 1999 年以降、サオビセント島のミンデロ漁港整備事業、プライアの港湾拡張事業等の案件を実施している。また、サンチャゴ島においては、本 F/S プロジェクトに先立ち、飲料水開発の分野において、本邦無償資金を供与し、2002 年より現在まで二度にわたって給水施設の建設ならびに地下水調査用資機材、維持管理用車両等、また同時に SAAS に対する技術指導ならびに村落住民への衛生啓蒙活動を実施している。

## 2.8.2 他ドナー

「カ」国政府のミレニアム開発目標では、より広域の自治体への飲料水供給サービスの改善が必要であるとしているが、サンチャゴ島には、「カ」国政府による上下水道整備に関するマスタープランは存在しない。現在、様々なコンセプトの下、複数のドナー案件が進行しているが、対象地域は、郡単位に留まっていると共に、複数の郡を対象としていない。また、全てのドナーの共通認識として、調和のとれた上下水道システムの整備のためのドナー間調整の重要性をあげることができ、現在、在プライアの欧州連合代表事務所が議長となってドナーとカーボヴェルデ政府機関を交えた「水衛生セクターグループ」を組織し、当該セクターリフォームの指標と優先手段、新規プロジェクトの計画と目的、水セクターへの資金援助プログラム等について2カ月毎に議論と情報交換を行うことになった。第一回会合は、2010年11月24日に開催された。ドナーの援助対象となる水道施設案件としては、海水淡水化設備の建設及び補機の供給、貯水槽の建設、配水管の敷設、灌漑ダムの建設、都市部の配水網整備、SAAS及びELECTRAの経営改善などがある。

ドナーによる活動とは別に、PPPコンセッションの計画についても官報 Decree-Law No.36/2008, 10<sup>th</sup> November, 2008 で承認されている事は重要である。コンセッション企業はCAISという略称で、「カ」国政府が10%、イタリア企業が90%出資している。同社は公共事業、特にサンチャゴ島内陸部への供給を目的とした淡水の製造を、BOT (Build, Operate and Transfer) スキームのコンセッション事業として実施する独占権を得ている。淡水化水の供給対象地域は、サンタカタリーナ郡、サンタクルス郡、サオミゲル郡、サオロレンソオルガオス郡及びサオサルバドールドムンド郡である。

CAISは、サオミゲル郡のカリエタ市に生産能力3,500 m<sup>3</sup>/日の海水淡水化設備の建設を計画しており、さらにサンタクルス郡のペドラバデジョにも、生産能力1,000 m<sup>3</sup>/日の海水淡水化設備の建設を計画している。なお、関係当局との正式合意については、生産水の売単価が高額なため現在のところサスペンドされている。

ドナーの援助に関しては、表2.8-1を参照されたい。

### (1) 世界銀行

世界銀行は、サンチャゴ島における水・エネルギー分野関連の計画を進めている。この計画にはELECTRAの将来の政策制度改善及び「水・エネルギー部門の再構築」計画の準備が含まれている。発電の他、プライア市への上水供給能力拡大のため、増設も見込んだ生産能力5,000 m<sup>3</sup>/日の海水淡水化設備をプライア市のパルマレージョ地区に建設すると共に、3,000 m<sup>3</sup>の貯水槽の建設も計画している。同計画の内容は、2010年3月18日付の案件評価報告書に記載される予定である。生産能力5,000 m<sup>3</sup>/日の海水淡水化設備は、数年内に建設されることが期待されている。

## (2) アフリカ開発銀行

アフリカ開発銀行は、INGRH と共同で、国レベルの地下水開発の研究調査を無償案件として進めている。

## (3) 欧州連合

欧州連合は、OPEC 国際開発基金（OFID）と共同で、一般家庭への給水網整備への融資を実施している。欧州連合は、「カ」国に水問題を解決するためには、責任ある政府機関の存在が不可欠と考えている。

## (4) スペイン政府

スペイン政府は、過去に援助を行った現存の ELECTRA の海水淡水化設備施設内に、生産能力 5,000 m<sup>3</sup>/日の設備を増設する為の資金を融資する予定である。増設工事は 2010 年末までに終了する見込である。スペイン政府はリベイラグランデ郡に、2010 年に完成した容量 1000m<sup>3</sup>の貯水槽を援助している。

## (5) ポルトガル政府

ポルトガル政府は、緊急案件の 3つの灌漑ダムに対し、政府間協定に基づいた、タイド融資を実施している。融資の対象となるダムは 1) Salinero ダム(リベイラグランデ郡)、2) Faveta ダム (サオサルバドールドムンド郡)、3) Saquinho ダム (サンタカタリーナ郡) である。集められた水は、点滴灌漑による農業専用で使用される。

## (6) フランス開発庁

フランス開発庁 (AFD) は、SAAS の経営改善に加え、サンタカタリーナ郡の飲料水増産及びアソマダ市の下水設備計画実施の為に 1,000 万ユーロの融資に合意した。AFD は、既存の給水管の補修やポンプの遠隔管理システムの導入等による給水網の改善を示唆している。しかしながら、AFD が実施するプロジェクトによる水の増産量は、521 m<sup>3</sup>/日に留まる。したがって、フランス開発庁としては、実施中の地下水生産増強と無収水率減少のための計画が完了した場合にも、サンタカタリーナ郡の将来の水需要には地下水のみでは不十分であると認識している。

## (7) ルクセンブルグ開発庁

ルクセンブルグ開発庁 (Lux-Development) は、近年 2007 年にサオドミンゴス郡で開始された無償プロジェクト「協力プログラム指針 (PIC) フェーズ 2」を完了させた。このプロジェクトには、給配水管、ポンプ場、貯水槽、現存給水網の補修補強、個人用浴室、浄水層、



下水システム等が含まれている。ルクセンブルグ開発庁は、サオドミンゴ郡より海水淡水化プラントの要請を受け取っており、将来の援助のコンポーネントとして可能性を検討している。

#### (8) インド政府

インド政府による融資は、コンセッション会社 CAIS のサオミゲル郡の海水淡水化設備からアソマダ市までの全長 18 km の送水管の建設に充てられるとされているが、実現性については不透明である。送水管のサイズは、水の生産量 3,500 m<sup>3</sup>/日に対応している。

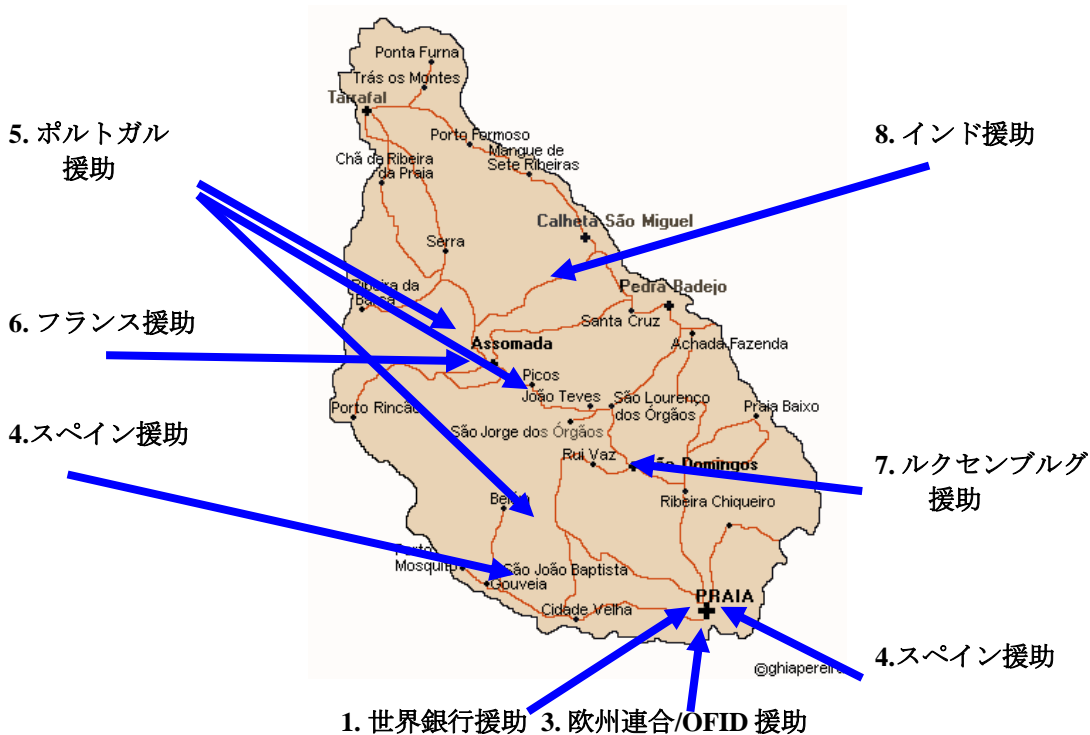
以上の内容を纏めると、下表のとおり。

表 2.8-1：ドナーによる水資源関係援助案件

No.	ドナー	案件	生産量	場所	現状・予定
1	日本政府	Santiago 島地下水開発計画	350m <sup>3</sup> /日	6 郡 23 集落	2009 年
2	世界銀行	海水淡水化プラント	5,000m <sup>3</sup> /日	Praia	2012
3	アフリカ開発銀行	地下水開発	研究調査	全島	進行中
4	欧州連合/OFID	給排水網	—	Praia	進行中
5	スペイン政府	海水淡水化プラント	5,000m <sup>3</sup> /日	Praia	2010
6	ポルトガル政府	灌漑ダム 3ヶ所	—	SC, SSDM, RGDS	2010
7	フランス開発庁	給配水網、下水施設	521m <sup>3</sup> /日	Santa Catarina	2010
8	ルクセンブルグ開発庁	給配水網、貯水槽 等	—	Sao Domingos	2009 年完了
9	インド政府	送水管	18 km	Sao Miguel - Assomada	2011 年予定

出所：MTIE

2. アフリカ開発銀行援助：全島対象

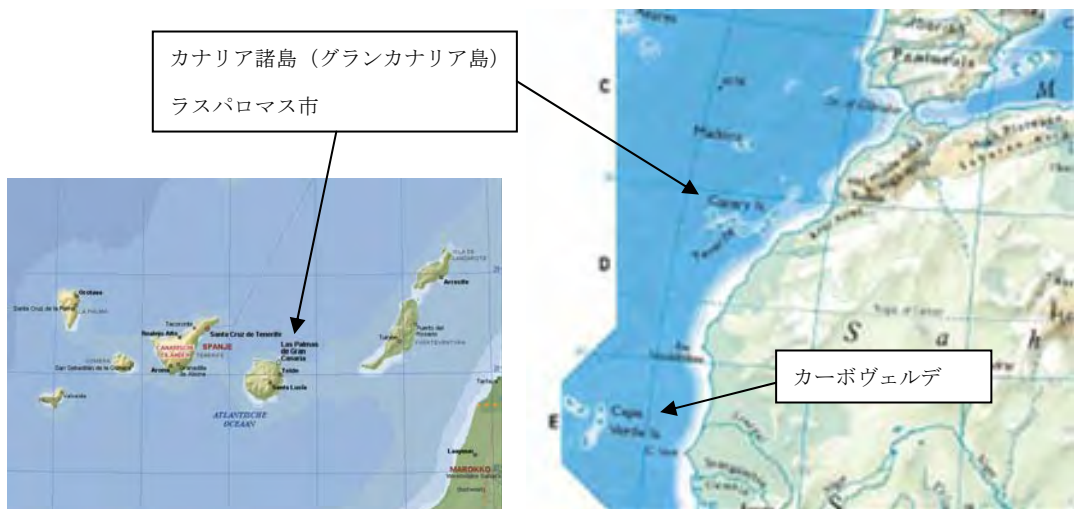


出所：JICA 調査団

図 2.8-1：他ドナーによる援助案件

2.9 近隣地域カナリア諸島における RO 膜式海水淡水化施設例

本調査対象地に近接しているカナリア諸島は、カーボヴェルデとポルトガルのほぼ中間に位置する大西洋上の島嶼群島でスペインの一部である。



カナリア諸島では、カーボヴェルデと同様の気候ゆえ水資源確保が長年の課題になっていた。同諸島は7つの島から構成されているが、その中の主要な島がグランカナリアである。この島は人口約40万人のラスパロマス市を擁し、カナリア諸島全体としては約200万人の人口をかかえる大西洋上の重要な群島である。この地域は欧州からの観光客も多く、同島の観光産業にとって水資源の確保は非常に重要になっている。また、観光産業以外に、バナナ、トマト、スイカ、イチゴ等の野菜・果物育成も盛んでこれらの生産にも水の確保が重要になっている。一方、大西洋上の水産資源として、たこ、マグロ等の売買も行われている場所であり、これらの魚介類のためにも水が必要になっている。

同群島は、グランカナリアだけでなく他の構成諸島も同様な地勢をしており、井戸水にたよることは水資源の安定的確保にならない。そこで、古くから、脱塩技術を用いて必要な水量を確保するようになった。その結果、同島には、単にRO膜法だけではなく、蒸発法、電気透析法等も採用され、運転されている。ただし、最近はそのコストの安さ、実績からRO膜法の普及がすすんでいる。

このグランカナリアは、日本からカーボヴェルデへの移動途上の位置にあり、リスボンからの便もラスパロマスに立ち寄るものもある。したがって、その機会を利用して、同島のROプラントの実態を数か所調査した。今次調査期間で得られた情報として以下の実例がある。これらの実績は今後のカーボヴェルデ国におけるRO膜法式脱塩設備運転上の参考になるものである。

下記の例でわかるように、今次F/Sで設定した海水淡水化施設設計用の海水条件は、近海であるカナリア諸島の水質からみても妥当であると言える。

#### (1) 島北部の例（プライア類似規模海水淡水化 5,000 m<sup>3</sup>/日＋ホウ素が監視項目）

ここでは、プライアと類似の海水淡水化施設を2010年6月から稼働開始した。このプラントの生産水は農業用に利用されるものであるが、水質はEU基準に準拠している。ここではホウ素も監視項目に入っており、運転後定期的にホウ素濃度を測定している。なお、常時の監視項目は電気伝導度主体のため、個別分析は連続ではない。

ホウ素は、EU基準ゆえ1.0 ppmが制限値になっている。

設計条件は

取水方式	: 海岸井戸
海水濃度	: 38,000-38,500 ppm
海水中のホウ素濃度	: 4.5～5.5 ppm
海水 pH	: 7.7
海水温度	: 23-27 度 C
回収率	: 45%

生産水量	: 5,000 m <sup>3</sup> /日
生産水質	: 270-300 μ S/cm (約 150 ppm)
生産水中のホウ素濃度	: 0.6~0.8 ppm
運転圧力	: 62 bar
RO 膜	: 日本製ポリアミド系スパイラル膜

### (2) 島東部の例 (2,500 m<sup>3</sup>/日海水淡水化+風力発電)

ラスパロマス空港 (島の東部に位置している) 南部にある農業用の水を生産している装置で、エネルギー源としてその一部を風力発電でまかなっているプラントである。ここはプラリアの 5,000 m<sup>3</sup>/日施設と同時期の 2002 年から稼働。本プラントは農業用であるが、1 ユーロ/m<sup>3</sup>をはるかに下回る価格で農家に水を販売している。運営維持は運転員 1 人/シフトで計 4 人、これにマネージャーが 1 人の体制をとっている。簡単な保守はこの作業員でこなすが、大掛かりな補修の場合は提携先のメンテナンス会社に外注している。

消費電力は、取水、脱塩設備、ユーザまでの送水ポンプ関連を含めて 4.1 kWh/m<sup>3</sup>である。脱塩設備にはアメリカ ERI 社製のエネルギー回収設備が設置されている。

当該設備には、カーボヴェルデからも 2 年前にミッションが訪問したとのことである。

取水方式	: 海岸井戸
海水濃度	: 38,000 ppm
生産水量	: 2,500 m <sup>3</sup> /日
生産水質	: 800 μ S/cm (約 500 ppm)
RO 膜	: (アメリカ製+日本製) ポリアミド系スパイラル膜

### (3) 島南部の例 (高回収率方式海水淡水化例)

ここにはグランカナリアの電力会社が、飲料水供給事業もやっているプラントである。

取水はオープン取水で、それを通常の海水淡水化装置 (Bank1 部分) に通して約 40%を回収。残りの 60%の濃縮水は通常は海に投棄されるが、ここではその濃縮水からさらに淡水を回収し (Bank2 部分)、システム全体としては 55%回収を達成している。この設備は、取水や前処理設備を増設することなく生産水の水量増を達成できるために、業界関係者には稼働直後は広く紹介された施設である。

一部の設備は発注者が所有しているが、一部の系列は設計・建設担当会社が所有ならびに運営・維持管理等までおこなっているいわゆる BOT(Build Own Operation)形式をとっているプラントである。現在は 15 人で運転中。全部で 6 系列稼働しているが Bank 1 での生産水量計は約 19,000 m<sup>3</sup>/日、Bank2 が 7,300 m<sup>3</sup>/日の合計 26,300 m<sup>3</sup>/日を生産。

膜は日本製ポリアミド系スパイラル膜が主に使用されている。

この地域は、欧州、特にドイツからの観光客が多く、ホテル、コンドミニアムも多い。これらの顧客に優良な水を供給することは観光産業面からも重要な政策になっており、このプラントの重要な役割になっている。

#### (4) その他

カナリアは、以前から産業化や、水産資源類の物流がすすんだ関係で産業に必要な物資も欧州本土並みに入手できる。この点がカーボヴェルデと違う点であり、今後カーボでの設備運転維持管理上の留意事項になる。すなわち、設備が故障等した場合に、代替部品の入手に時間がかかることが多いので、必須部品は予め施設内かサンチャゴ島内に確保できる体制を検討しておくことが肝要といえる。

また、農業用として作物によっては塩分濃度の影響をうけるため、カナリア諸島では井戸水が使えないケースが多い。この対策として多くの農家がRO生産水を使用している。その塩分濃度の限度は種類により違っている。以下は、同島で生産されている代表的な作物の許容塩分濃度である。主要産物であるバナナは非常に低濃度の水が要求されていることがわかる。

トマト	: 1,500 mg/l
スイカ、パパイア等	: 800 $\mu$ S/cm (500 mg/l 程度)
バナナ	: 400 $\mu$ S/cm (250 mg/l 程度)

## 第3章 基本計画



## 第3章 基本計画

### 3.1 基本条件

#### 3.1.1 2020年の人口見通し

サンチャゴ島の郡ごとの人口分布は非常に偏っている。INE (Institute Nacional de Estadisticas) の推計によると2010年と2020年の人口は表3.1-1のとおりであり、地方から都市部への人口流入による都市部と郡部の人口差が拡大してきている。特に首都のプライア市ではこの傾向が強い。

表 3.1-1：サンチャゴ島における人口動向（2000年-2010年）

Municipality	2012		2020				
	Total	%	Total	% Urban	Urban	% Rural	Rural
Tarrafal	24,663	8.05	28,577	34.0	9,716	66.0	18,861
Santa Catarina	50,332	16.43	58,321	32.0	18,663	68.0	39,658
São Salvador do Mundo	11,355	3.71	13,157	13.5	1,776	86.5	11,381
Santa Cruz	31,157	10.17	36,102	40.0	14,441	60.0	21,661
São Lourenço dos Orgaos	9,626	3.14	11,154	20.0	2,231	80.0	8,923
Praia	136,339	44.51	157,978	98.5	155,609	1.5	2,370
Ribeira Grande de Santiago	9,664	3.15	11,562	15.1	1,748	84.9	9,814
São Domingos	14,957	4.88	17,331	16.0	2,773	84.0	14,558
São Miguel	18,242	5.95	21,137	35.0	7,398	65.0	13,739
Total (Santiago Island)	306,335	100.00	355,319	304.1	214,355	595.9	140,965

出所: Instituto nacional de Estatística / Resultado de Revisão das Projecções Demograficas 2000-2020

#### 3.1.2 2020年における水消費量動向

##### (1) INGRHによる推定

INGRHの2000年における“*National Vision on Water, Life and Environment on the horizon 2025*”によると、1996年～1997年の水道管連結家庭における平均水消費量は50リットル/日/人で、連結していない家庭は15リットル/日/人と予測されていた。表3.1-2と表3.1-3に示すようにこれらの消費量は2010年、2020年は増加することが予想されている。



表 3.1-2 : INGRH のよる都市部における一人あたりの水消費量動向推定

年	都市部			
	公共水道管 接続率 (%)	水消費量 (リットル/人/日)	公共水道管 未接続率 (%)	水消費量 (リットル/人/日)
1996-1997	—	50	—	15
2010	90	100	10	25
2020	100	150	—	(note)

(注) INGRH との協議中に 2020 年の消費量は、都市部地方部ともに 50 リットル/人/日に修正された

出所：JICA 調査団

表 3.1-3 : INGRH のよる地方部における一人あたりの水消費量動向推定

年	地方部			
	公共水道管 接続率 (%)	水消費量 (リットル/人/日)	公共水道管 未接続率 (%)	水消費量 (リットル/人/日)
1996-1997	—	—	—	15 (7-25)
2010	20	50	80	25
2020	25	80	75	50

出所：JICA 調査団

なお、消費量に関連する事項として、INGRH と SAAS から将来の公共水道管接続率と漏えい率・無収水率割合の目標を表 3.1-4 と表 3.1-5 のように設定していることが紹介された。

表 3.1-4 : 水道管接続率目標

year	South			North					
	Praia	Ribeira Grande	Sao Domingos	Tarrafal	Sao Miguel	SS do Mundo	Santa Catarina	Santa Cruz	Sao Lourenco
2007	47.3%	10.9%	9.9%	64.1%	53.7%	15.4%	48.8%	76.9%	43.9%
2020	99.0%	90.0%	90.0%	95.0%	90.0%	80.0%	95.0%	95.0%	90.0%

出所：INGRH & SAAS

表 3.1-5 : 漏えい率・無収水率目標

year	South			North					
	Praia	Ribeira Grande	Sao Domingos	Tarrafal	Sao Miguel	SS do Mundo	Santa Catarina	Santa Cruz	Sao Lourenco
2007	24%	20%	10%	24%	16%	20%	28%	28%	10%
2020	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%

出所：INGRH &amp; SAAS

**(2) PAGIRH による家庭での水消費量予測**

この他、“Action Plan and Integrated Management of Water Resources (PAGIRH)” の中では、2020年の水需要量が下記的前提条件下で予測されている。

## 1) 人口動向

人口増加率は現状の年率 2.5%年が維持される。これらは Instituto Nacional de Estatística (INE)が推定している 2020年の動向推定の条件でもある。地方部は人口の都市集中化により相対的に減少する傾向になっている。

## 2) 一人あたりの水消費動向

表 3.1-6 のように、2007年の家庭における一人あたりの平均水消費量は都市部で 60 リットル/人/日、地方部で 25 リットル/人/日である。また家庭外の公共の場所での消費量は、都市部で 20 リットル/人/日、地方部で 5 リットル/人/日と推定されていた。

PAGIRH では、2015-2020年には都市部の家庭での消費量は 60 リットル/人/日から 120 リットル/人/日に、地方部では 25 リットル/人/日から 55 リットル/人/日に増加すると推定している。また、公共場所での消費量は、都市部で 20 リットル/人/日から 25 リットル/人/日に、地方部では 5 リットル/人/日から 10 リットル/人/日に増加すると推定している。

表 3.1-6 : 一人あたりの水消費量予測

	2007年		2015-2020年	
	都市部 (リットル/人/日)	地方部 (リットル/人/日)	都市部 (リットル/人/日)	地方部 (リットル/人/日)
家庭用	60	25	120	55
公共場所	20	5	25	10

出所：PAGIRH

## (3) PAGIRH による観光客用途推計

表 3.1-7 に示すように、2015 年までは経済が年率 20% で、その後 2020 年までは年率 10% で成長する前提で推定している。これによると観光客による平均水使用量は 2007 年には 200 リットル/人/日であり、その後 2010 年には 250 リットル/人/日、2015 年には 370 リットル/人/日、2020 年には 400 リットル/人/日と推計されている。これは 2020 年には年間必要量としては 3.4 百万  $m^3$  に相当することになる。

表 3.1-7：観光客要途必要水量（2007 年-2020 年）

	2007	2010	2015	2020
観光客予測人数 / 年	1,559,808.4	2,312,116.0	4,455,607.0	8,586,262.0
観光客予測人数 / 年	4,273.4	6,334.6	12,207.1	23,524.0
一人当たり消費量 (リットル/日)	200	250	370	400
計 $m^3$ /日	854.7	1,583.6	4,516.6	9,409.6
計 $m^3$ /年	311,961.7	578,029.0	1,648,574.6	3,434,504.8

出所：PAGIRH

MTIE 観光局によると観光客用のホテルのベッド数の将来予測は表 3.1-8 のようになっている。サンチャゴ島の 2008 年における観光客用ベッド数は 1,150 床で 2020 年には 4,600 床と推定されている。本 F/S では、この 4,600 床を表 3.1-10 のように各郡に割り当てて需要量を試算した。

表 3.1-8：観光客用ベッド数動向予測（単位：床）

	2008	2010	2015	2020
全国	11,420	14,111	28,383	57,088 (注 1)
サル島	5,838	--	--	--
サンチャゴ島	1,150	--	--	4,600 (注 2)
他の島	4,432	--	--	--

出所: MTIE 観光局

注 1：観光局によると 2015 年までには全国では年 15% の成長率を予測している。2020 年はデータがないので、2015 年以降を同率で成長するとして推定した。

注 2：観光局によると、年率 15% は若干楽観的すぎるとの意見もあったので、サンチャゴ島については調査団により年率 12% の成長率に修正した。

#### (4) 本調査にあたっての結論

水の消費量については、上述(1)、(2)、(3)節に記載のように各種機関により種々の予測がなされている。これらのデータをもとに、また関係者からのヒアリング結果等を踏まえ、各形態における一人1日あたりの消費量を下記の表 3.1-9 のように結論づけた。

表 3.1-9：本調査に使用する水消費量

	都市部(*) (リットル/日/人)	地方部(*) (リットル/日/人)
水道管接続家庭	150	80
水道管未接続家庭	50	50
ホテル用途	300	300

(\*)都市部、地方部の区分は、統計局の定義に準拠

出所：JICA 調査団

#### 3.1.3 必要生産水量

3.1.1 項および 3.1.2 項で得られた人口動向ならびに水消費量の基礎にして、2020 年の各郡ごとの生活用水の必要生産水量を表 3.1-10 のように推定した。なお、この数値は、人口の季節変動は考慮していない。

海外からの観光客用途については季節変動として 40%のピークを考慮した。また一般産業用途も関係者に対してのインタビュー形式で情報を収集して推定したが、サンチャゴ島は、水を大量に消費する産業は存在しないので、この用途の全体に対する割合は大きくない。

漏えい率、無収水については前記表 3.1-5 の割合を使用した。

必要生産水量として、まず生活用水、観光客用途、一般産業用途の計  $47,492\text{m}^3/\text{日}$  (同表“C 項”)に、ホテルを主体とするピーク時の追加需要  $356\text{m}^3/\text{d}$ (同表“j 項”)を加えた  $47,848\text{m}^3/\text{日}$ が算出される。それに漏えい率等を考慮して最終的に  $56,229\text{m}^3/\text{日}$  (同表“E 項”)が得られた。

表 3.1-10 : 2020 年における推定消費量および必要生産水量 (m<sup>3</sup>/日)

items		South			South total	North						North total	Total	data source
		Praia	Ribeira Grande	Sao Domingos		Tarrafal	Sao Miguel	SS do Mundo	Santa Catarina	Santa Cruz	Sao Lourenco			
<b>a. Target Year (2020) Population (person)</b>		157,978	11,562	17,331	186,871	28,577	21,137	13,157	58,321	36,102	11,154	168,448	355,319	Institute Nacional de Estatistica (INE)
a1	- Urban	155,609	1,746	2,772	160,127	9,717	7,398	1,776	18,663	14,441	2,231	54,226	214,353	INE
a2	- Rural	2,369	9,816	14,559	26,744	18,860	13,739	11,381	39,658	21,661	8,923	114,222	140,966	INE
b. Overall Pipeline Service Coverage (%)		99.0%	90.0%	90.0%		95.0%	90.0%	80.0%	95.0%	95.0%	90.0%			Steering Committee (SAAS)
in 2007		47.3%	10.9%	9.9%		64.1%	53.7%	15.4%	48.8%	76.9%	43.9%			INE
c. Served Population		Connection ratio in Urban, data by INGRH : 100 %												
c1 = a x b	Overall population served by pipe network	156,398	10,406	15,598	182,402	27,148	19,023	10,526	55,405	34,297	10,039	156,438	338,839	Connection ratio (Urban Total)
c2 = a1 x Connection ratio (%)	- Urban, with pipe connection	155,609	1,746	2,772	160,127	9,717	7,398	1,776	18,663	14,441	2,231	54,226	214,353	100%
c3 = c1 - c2	- Rural, with pipe connection	789	8,660	12,826	22,275	17,431	11,625	8,750	36,742	19,856	7,808	102,212	124,486	Connection ratio (Rural Total)
c4 = a - c1	Overall population, NOT served by pipe	1,580	1,156	1,733	4,469	1,429	2,114	2,631	2,916	1,805	1,115	12,011	16,480	88%
c5 = a1 - c2	- Urban, without pipe connection	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
c6 = a2 - c3	- Rural, without pipe connection	1,580	1,156	1,733	4,469	1,429	2,114	2,631	2,916	1,805	1,115	12,011	16,480	
d. Per-Capita Average Demand (litter/person/day)														
d1	- Urban, with pipe connection	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150			INGRH
d2	- Rural, with pipe connection	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80			INGRH
d3	- Urban, without pipe connection	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			INGRH
d4	- Rural, without pipe connection	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			INGRH
e. Domestic demand (m3/day)														
e1 = c2 x d1	- Urban, with pipe connection	23,341	262	416	24,019	1,458	1,110	266	2,799	2,166	335	8,134	32,153	
e2 = c3 x d2	- Rural, with pipe connection	63	693	1,026	1,782	1,394	930	700	2,939	1,588	625	8,177	9,959	
e3 = c5 x d3	- Urban, without pipe connection	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
e4 = c6 x d4	- Rural, without pipe connection	79	58	87	223	71	106	132	146	90	56	601	824	
A = e1 + e2 + e3 + e4	Domestic Demand (m3/day)	23,483	1,012	1,529	26,024	2,923	2,145	1,098	5,885	3,845	1,015	16,911	42,936	
f. Tourism Demand														
f1	Number of Beds (beds)	2,400	100	100	2,600	200	100	0	500	200	0	1,000	3,600	MTIE(Tourism dept) + Study team
f2	Expected Average Occupancy	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%			Study team
f3	Per-Capita Demand (litter/bed/day)	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300			MTIE(Tourism dept) + Study team
f = f1 x f2 x f3	Tourism Sub total (m3/d)	504	21	21	546	42	21	0	105	42	0	210	756	
g. Industries, office, hospital, others (m3/day)		3,000	0	50	3,050	50	100	0	500	100	0	750	3,800	MTIE(Industry dept) + Study team
B = f + g	Non-Domestic Demand (m3/day)	3,504	21	71	3,596	92	121	0	605	142	0	960	4,556	
C = A + B	Total Net Water Demand (m3/day)	26,987	1,033	1,600	29,620	3,015	2,266	1,098	6,490	3,987	1,015	17,871	47,492	
h. Leakage Ratio (%)		15	15	15		15	15	15	15	15	15			Steering Committee (SAAS)
NOW		24	20	10		24	16	20	28	28	10			SAAS
D = C / (100% - h%)	Day Average Demand (m3/day)	31,750	1,216	1,882	34,848	3,548	2,666	1,292	7,635	4,690	1,194	21,025	55,873	
i. Seasonal Peak Factor (Tourism)		1.4	1.4	1.4		1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4			Study team
j. f x (i-1) / (100%-h%)	Seasonal Additional Demand (m3/day)	237	10	10	257	20	10	0	49	20	0	99	356	
E = D + j	Daily Maximum Demand (m3/day)	31,987	1,226	1,892	35,105	3,567	2,676	1,292	7,684	4,710	1,194	21,124	56,229	
		57%	2%	3%	62%	6%	5%	2%	14%	8%	2%	38%	100%	
<b>2. Existing plant, including planned plant</b>														
Existing Desalination Plant		5,000	(Palmarejo)		5,000							0	5,000	
Planned plant												(Achada Ponta)		
by Spanish fund		5,000	(Palmarejo)		5,000								5,000	
by World Bank fund		5,000	(Palmarejo)		5,000								5,000	
<b>Total</b>					15,000							0	15,000	
<b>3. Necessary additional plant (1-2)</b>														
Detail figure (m3/d)					20,105							21,124	41,229	
Round figure (m3/d)					20,000							20,000	40,000	

出所 : JICA 調査団

## 3.2 基本計画

### 3.2.1 F/Sプロジェクトの対象範囲

対象地は表 3.2-1 に記載のサンチャゴ島全郡であり、水は生産場所から各郡単位に設置される一次貯水槽まで送られる。

本 F/S 調査での必要生産水量を決定する上で、他ドナーによりすすめられている案件については、その実施が確固たるもの以外は考慮しないことにした。もし今後それらの計画が本案件より先に具体化した場合は、その水量は本 F/S プロジェクトから控除されることになる。

表 3.2-1：対象郡

対象郡	図 3.3-1 中の略称
Praia	--
Ribeira Grande de Santiago	RbGr
São Domingos	SDmg
São Miguel	SMG
Santa Catarina	SCTr
Santa Cruz	SCRZ
São Salvador do Mundo	SSdM
São Lourenço dos Orgaos	SLdO
Tarafal	TRFL

出所: JICA 調査団

### 3.2.2 設備計画

#### (1) 必要生産水量

3.1.3 節に記載のように必要生産水量は 56,229 m<sup>3</sup>/日あるが、F/S プロジェクトとして必要な生産水量の設定を以下のようにおこなった。

- 2020 年の必要生産水量 : 56,229 m<sup>3</sup>/日 (概数 55,000 m<sup>3</sup>/日)
  - 2010 年時点における既設施設の生産水量 : 5,000 m<sup>3</sup>/日 (プライア市パルマレージョ)
- (注) プライア市パルマレージョに併設されているコンテナ式海水淡水化装置 (1,200 m<sup>3</sup>/日、2 系列) はサンチャゴ島の給水状況が改善される段階で他の島へ移設する計画があるのでこの検討では考慮しないこととする。また、サンタクルス郡アシャダボンタのコンテナ式海水淡水化装置 (500 m<sup>3</sup>/日、1 系列) も小型ゆえ考慮しないことにした。したがって、本検討上での既設施設による生産水量は 5,000 m<sup>3</sup>/日とした。
- 増設が具体化している施設の生産水量 : スペイン政府援助案件 (5,000 m<sup>3</sup>/日)
  - : 世界銀行援助案件 (5,000 m<sup>3</sup>/日)
  - 必要増設量 : 40,000 m<sup>3</sup>/day (55,000 – 5,000 x 3 基)

## (2) 水質

カーボヴェルデには飲料水用の水質基準は存在していない。現在、健康保健省は基準設定のために準備をすすめているがこの作業は終了していない状況である。ただし、基本的な方針としては、WHOの基準値に準拠するとの考え方であるので本F/SとしてはWHOに準拠して生産水の水質基準を設定した。主要な項目の一部を表3.2-2に示す。この中で、全溶解性物質TDSは1,000 mg/lであるが、ホウ素の基準値が0.5 mg/lも重要項目としてシステムを検討する。

なお、ホウ素の取り扱いについては、後述4.1.1(1)節に記載する。

表 3.2-2 : 各基準による飲料水の水質基準の一部 (WHO、アメリカ、EUおよび日本)

Item	WHO	USA	EU	Japan
1. Inorganics				
Aluminum	0.2	0.05 ~ 0.2	0.2	0.2
Ammonia	1.5		0.5	
Antimony	0.005	0.006	0.005	0.002
Arsenic	0.01	0.05	0.01	0.01
Asbestos	U	7 (Mil./L)		
Barium	0.7	2		
Beryllium	NAD	0.004		
Boron	0.5		1	1
Cadmium	0.003	0.005	0.005	0.01
Chloride	250	250	250	200
pH	—	6.5 ~ 8.5	6.5 ~ 9.5	5.8 ~ 8.6
Selenium	0.01	0.05	0.01	0.01
Silver	U	0.01		
Sodium	200		200	200
Sulfate	250	250	250	
Tin	U			
Total Dissolved Solids	1000	500		500 ~ 200
Uranium	0.002	0.03		0.002
Zinc	3	5		1
Thallium		0.002		
2. Organics				
Carbon tetrachloride	0.002	0.005		0.002

(注 1)単位 t: 特記外 mg/l.

(注 2) WHO のホウ素 0.5 mg/l は暫定基準

(注 3) EU 基準では TDS は明記されていない。しかし電気伝導度基準で 2,500  $\mu$  S/cm 於 20 度 C が規定されている。

出所：日本国厚生労働省 HP: [www.mhlw.go.jp/shingi/2002/11/s1108-5g.html](http://www.mhlw.go.jp/shingi/2002/11/s1108-5g.html)

## (3) 地下水との混合

- 1) 2009 年度に実施したフェーズ 1 で地下水との混合利用も検討すべくカーボヴェルデ国からの地下水に関する利用方針を確認したところ、同国としては飲料水用には海水

淡水化水を利用し、その給水施設が完成した段階にはこれらの地下水は農業用に利用するという方針が設定されていることが判明した。

なお、前述のホウ素低減策として海水淡水化水と地下水との混合も検討したが、図4.1-2のように海水淡水化水のホウ素濃度は規制値（0.5 mg/l）の1.8倍ゆえ、混合する地下水（ホウ素濃度は0 mg/lと仮定）は、海水淡水化水とほぼ同量が必要になってくる。このことから地下水を大量に使用することは上記方針に合わないもので、この点からも混合する案は計画から外した。

2) そこで、本 F/S としては、下記方針ですすめることにした。

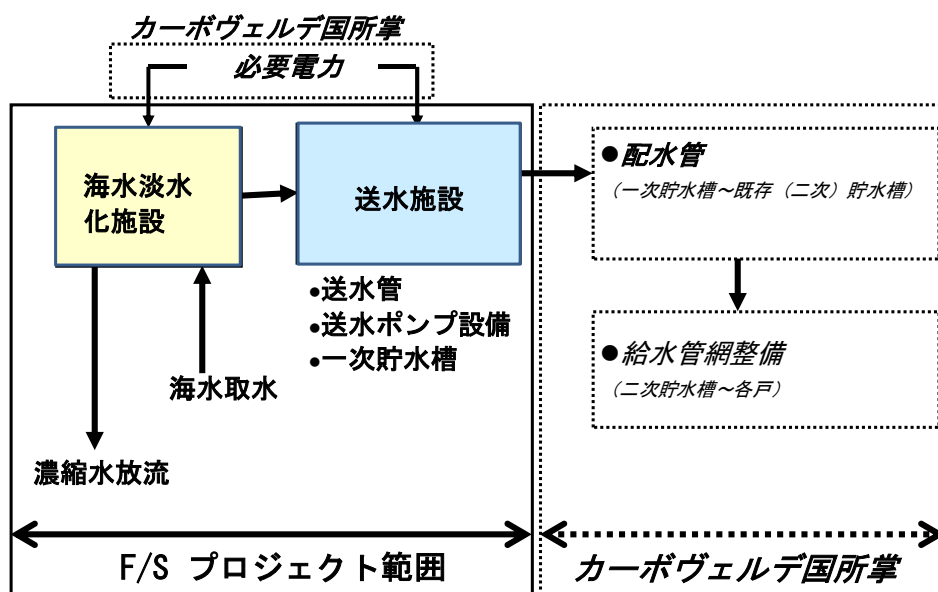
- 水資源としては海水とする。
- 地下水との混合はしない。

#### (4) 水供給網

水供給プロジェクトの概念は図 3.2-1 のとおりである。また、本 F/S の範囲とカーボヴェルデ国の担当範囲も同図に示すが、主要区分は以下のとおりである。

- 1) 新規造水設備（海水淡水化設備）を最適な場所に建設する。
- 2) 海水淡水化設備から対象郡ごとの貯水槽まで、配水ポンプを含む配水管網を建設。

当該新設貯水槽から、既存貯水槽および各戸までの給水管は F/S プロジェクトには含まず、カーボヴェルデ国の所掌とする。



出所：JICA 調査団

図 3.2-1：水供給プロジェクト概念図



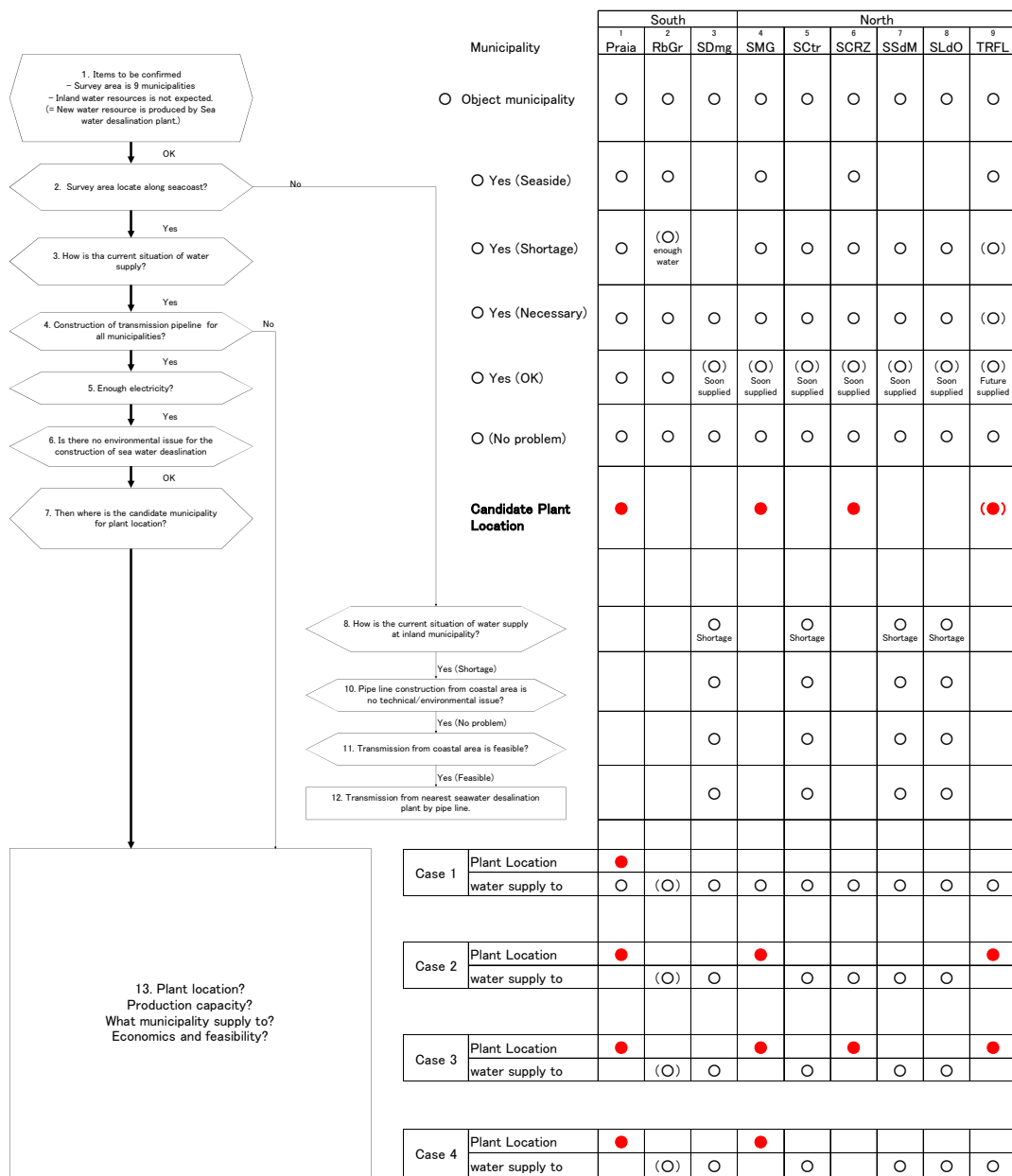
### 3.3 F/S プロジェクト選定

#### 3.3.1 F/S プロジェクト選定

(注) 本節 3.3.1 では 2009 年度のフェーズ 1 段階での選定結果を記載する。その後、この結果をベースに 2010 年 4 月以降さらに検討し、ケース 4 が新たに追加された。ケース 4 については 3.3.2 節に記載する。

##### (1) 選定フロー

第 1 次現地調査時点でカーボヴェルデ政府側に説明ならびに同意された選定フローにしたがって検討した結果、各対象地域（郡）の状況は下図 3.3-1 のようになった。



出所：JICA 調査団

図 3.3-1：F/S プロジェクト選定結果

これにより、2010年2月にフェーズ1段階でのF/Sプロジェクトの検討対象候補として下記3ケースが選定された。

ケース1：1ヶ所（プライア）に海水淡水化施設を建設し、そこから全島の各郡にパイプラインで送水する。

ケース2：3ヶ所（プライア、サオミゲル、タラファル）に海水淡水化施設を建設し、もよりの各郡にパイプラインで送水する。

ケース3：4ヶ所（プライア、サオミゲル、サンタクルス、タラファル）に海水淡水化施設を建設し、もよりの各郡にパイプラインで送水する。

各ケースの長所短所については以下の(2)～(4)項に記載のとおりである。

### Case 1



### Case 2



### Case 3



出所：JICA 調査団

図 3.3-2：候補ケース説明図

## (2) ケース1

- 予測される長所

- 1) 海水淡水化施設建設費は、他のケースに比較して安価
- 2) 淡水化設備の集中管理が可能

- 予測される短所

- 1) 送水管建設費が高い

- 2) 送水ポンプ基地建設コストが高い
- 3) 造水担当が予測される ELECTRA 社と現行の水供給を担当している各郡の SAAS との業務分担につき整理が必要
- 4) 送水距離および量が多くなるので漏水の可能性が大きくなる
- 5) 異常時の場合に、造水設備が 1 か所ゆえ複数の場合に比較してバックアップが困難

### (3) ケース 2

#### - 予測される長所

- 1) 送水管建設費は、他のケースに比較して安価
- 2) ポンプ基地建設コストが安価
- 3) 各郡での就業機会の増加
- 4) プライア以外の造水設備を SAAS が運転する場合、ELECTRA 社とのコンフリクトが減少
- 5) 造水設備が複数化するので 1 ヶ所のプラントが異常状態になっても危険分散ができる

#### - 予測される短所

- 1) 造水設備建設費合計はケース 1 より高い
- 2) 造水設備が分散化することによる維持管理費用合計がケース 1 より高くなる
- 3) 運転要員の教育コストが高くなる。

### (4) ケース 3

#### - 予測される長所

- 1) 送水管建設費は、他のケースに比較して安価
- 2) ポンプ基地建設コストが安価
- 3) 各郡での就業機会の増加
- 4) プライア以外の造水設備を SAAS が運転する場合、ELECTRA 社との事業線引き問題が減少
- 5) 造水設備が複数化するので 1 ヶ所のプラントが異常状態になっても危険分散ができる

- 6) 他のドナーの話が入ってきた場合に、本 F/S プロジェクトとの分担についての調整が容易

- 予測される短所

- 1) 造水設備建設費合計はケース 1 より高い
- 2) 造水設備が分散化することによる維持管理費用合計がケース 1 より高くなる
- 3) 運転要員の教育コストが高くなる。

## (5) 比較

この段階では検討のための条件がまだ確立されていないので予想建設費、運転維持管理費、環境評価コストについての相対的な比較しかできなかった。結果として、ケース 2 の建設費はケース 1 の 77%、ケース 3 は同様に 74%と推定された。

### 3.3.2 F/S 対象プロジェクトの引き続いての検討

#### (1) ケース 4

2010 年 4 月からのフェーズ 2 で上述のケースがさらに検討されたが、その結果、カーボヴェルデ政府と JICA はケース 2 及び 3 の延長線上にあるケース 4 の採択をすることで合意した。ケース 4 のイメージを図 3.3-3 に示す。

この案は 2010 年 6 月に実施の第 3 回ステアリングコミティで確認されたので、調査団はフェーズ 2 でケース 4 を事業性検討 (F/S) の対象として、建設費関係 (CAPEX)、運転費関係 (OPEX)、環境評価関係 (IEE)、資金計画等の検討をおこなった。

CABO VERDE - Water Supply System of Santiago Island



Altitude levels are indicative  
Pumps location and reservoirs locations are indicative

(注) 図中、R は Reservoir (貯水槽) を意味し、その後の数値は容量を表示。矢印付きの数値は概略の海拔 (単位メートル) を示す。

図 3.3-3 : ケース 4 イメージ

建設予定送水管、貯水槽容量およびポンプ基地数量は以下のとおりである。

送水管		貯水槽	ポンプ基地数
起点	終点	容量 (m <sup>3</sup> )	
南部			
Palmarejo	Praia	5,000 x 2	1
(Palmarejo)	Porto Mosquito	200	1
(Palmarejo)	Ribeira Chiquero	2,000	2
Ribeira Chiqueco	Sao Domingos	1,000	1
北部 †			
Calheta	Sao Miguel	7,000	1
Sao Miguel	Santa Cruz	3,000	-
Sao Miguel	Tarrafal	2,000	1
Sao Miguel	Assomada	5,000	5
Santa Cruz	Sao Lourenco	600	1
Assomada	Sao Salvador	600	1
連結 (*)			
Sao Salvador	Sao Lourenco	-	1
Sao Domingo	Sao Lourenco	-	1

(\*)南北各系統の接続、および北部の環状路を接続することにより、相互補給が可能になり一部異常発生時のバックアップ体制が可能になる。これはオプションとして位置付け、本 F/S 検討では範囲外とする。

## (2) ケース 4 の優位点

- 1) 北部地域での海水淡水化施設の集中化ができる。
- 2) 南部における送水管の仕様がケース 1 に比較して小規模で済む。
- 3) 北部と南部は運転管理を切り離して検討することも可能なため、北部において他のドナーとの交渉が進んだ場合でも、本案ではその対応が容易になる。
- 4) 南北で類似規模の海水淡水化施設になるので、いずれかでトラブルが発生した場合でも相互支援ができやすいシステムになる。

### 3.4 F/S プロジェクトの概要

#### 3.4.1 F/S プロジェクト範囲

今後展開する F/S プロジェクトの概要をまとめると以下のようになる。

(1) 原水

飲料水確保の手段としての水資源は海水のみを対象にする。地下水は使用しない。

(2) 海水淡水化施設

RO 膜式海水淡水化施設を下記 2 か所に建設する

南部用：パルマレージョ（プライア郡）

北部用：カリエッタ（サオミゲル郡）

(3) 送水管

海水淡水化施設から各郡向けの貯水槽までの送水用。同貯水槽から既設の貯水槽まで、および既設貯水槽から各戸までは本 F/S には含めない。

(4) 電力

系統電源からの供給は可能との前提。自家発電装置は設けない。

#### 3.4.2 カーボヴェルデ国で準備・負担してもらう主要項目

以下の項目は、カーボヴェルデ国で準備・負担してもらう項目のため、本 F/S には含めない。

(1) 土地の取得、整備

(2) 配水管・給水管:

F/S プロジェクトで建設する各郡向けの一次貯水槽から既存の中小貯水槽（二次貯水槽）まで、および同既存貯水槽から各戸までの給水管

(3) 環境影響評価(EIA)

(4) 詳細設計費、建設業者選定業務、同工事監督費用等

(5) 建設中発生金利、操業要員教育費用、各種法的手続き・申請費用等のいわゆる操業前費用

## 第4章 プロジェクトの事業性検討





## 第4章 プロジェクトの事業性検討

### 4.1 設備の概念設計

#### 4.1.1 海水淡水化施設設計条件と基本仕様

##### (1) 水質

##### 1) 海水淡水化施設への供給海水

本プロジェクトで計画する海水淡水化施設で使用する海水の水質は、現在プライアとサンタクルスで稼働中の海水淡水化施設に供給されている海水水質を参考にして設定した。JICA 調査団が第3次現地調査期間中（2010年5月11日～7月11日）に両施設で採取した海水の分析結果は表 2.5-6 及び表 2.5-8 のとおりであるが、その主要データを表 4.1-1 に示す。これによると、塩分濃度（TDS）はそれぞれ 38,000 mg/l と 31,000 mg/l となっている。

表 4.1-1：海水淡水化施設建設候補地の海水の水質

場所	既存施設使用海水		施設候補地近傍海水		
	プライア	サンタクルス	プライア	サオミゲル	タラファル
TDS (mg/l)	38,000	31,000	41,000 ~ 42,000	39,000 ~ 40,000	38,000
塩素イオン (mg/l)	20,000 ~ 21,000	17,000 ~ 19,000	23,000 ~ 25,000	20,000	21,000
ホウ素 (mg/l)	4 - 5	3	5	5	5
温度(度 C)	15.1 - 15.2	23.6 - 24.0	24.6 - 25.1	26.7	26.3-26.4
pH (--)	7.7 - 7.8	7.5	8.2	8.2	8.2

出所：JICA 調査団

本 F/S プロジェクトでは、本計画の取水形態に近いプライアの TDS 38,000 mg/l と塩素イオン濃度 20,000 mg/l に考慮してイオンバランスを検討し、海水淡水化施設への供給海水の基本データを設定した。主要指標は以下のとおりである。

TDS :	37,800 mg/l
ホウ素 :	5 mg/l
水温 :	20°C
pH :	7.8

上記以外の設計上必要なイオンのデータは表 2.5-8 の分析データおよび周辺海水情報を参考にして推定した。

## 2) 海水淡水化施設からの生産水

3.2.2項に述べているように生産水の水質はWHO（World Health Organization）の飲料水ガイドラインに沿うように処理することとしているが、特に以下の項目について留意して設備を検討した。

TDS：	1,000 mg/l 以下
塩素イオン（Cl <sup>-</sup> ）：	250 mg/l 以下
ホウ素(B)：	0.5 mg/l 以下（注）
pH：	6.5~9.5（WHO ガイドラインには規定が無いので EU 基準値に準じた）

### （注）ホウ素濃度規制値

本検討にあたり、ホウ素濃度については2008年のWHOガイドライン第3版に準拠して0.5 mg/lと設定した。

なお、2009年11月9～13日に開催されたWHO飲料水基準設定委員会ではこの基準値を2.4mg/lに変更することが推薦され、2011年に発行が予定されているWHOガイドライン第4版にその内容を反映することになった。

さらにカーボヴェルデ国の健康保健省が2010年7月29日に法令No. 8/2004 of 02/23/2004, B. O. no 6として発布した同国水基準（Water Code）によると、飲料水中のホウ素濃度の基準値としては1.0mg/lとすることになっている。

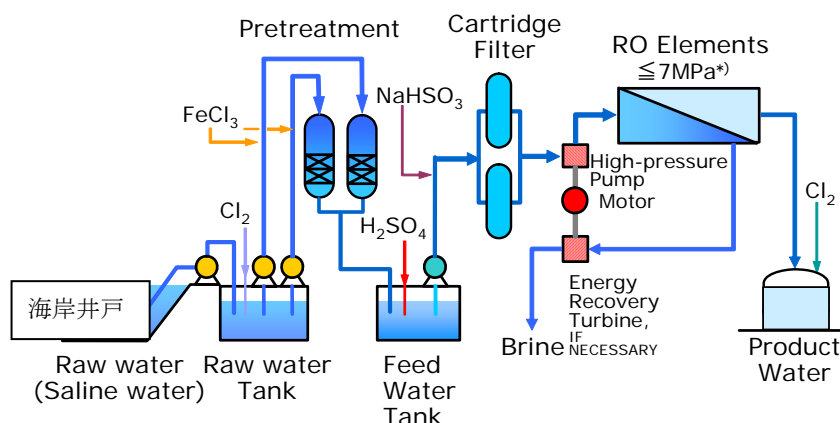
このように、このホウ素基準値は変更される動きにある。しかし、本F/Sの設備検討にあたっては、考慮すべき基準としては、その時点で実際に適用されている基準値に準拠することにしたため、実際に設備仕様の骨格を固めた2010年6月の「中間報告書（Interim Report）」作成時の基準である0.5mg/lで計画をすすめた。

将来、ホウ素濃度が緩和に向かいそれが実行に移された段階では、RO膜システムの1段化等を含めた見直しを詳細設計等の段階ですることは可能である。

## (2) 海水淡水化施設、設備内容

### 1) 基本プロセス

海水淡水化施設のフロー概要は図 4.1-1 に示すように、海水取水設備、前処理設備、RO膜設備、生産水処理設備及び薬剤注入設備等からなっている。今次計画では海水は海岸井戸から汲み上げ、濃縮海水は取水地点から十分な距離をとった海域に放流する。生産水は、pH調整、硬度調整や殺菌処理等の後処理を施した後に貯水槽へ送る。これらの各設備の詳細は4.1.3項に記載する。



出所：JICA 調査団

図 4.1-1：海水淡水化施設の基本フロー

## 2) 施設能力

1 系列の生産能力は  $5,000 \text{ m}^3/\text{日}$  とする。この  $5,000 \text{ m}^3/\text{日}$  は海水淡水化業界で一般的に採用されている一系列としての生産能力であり、プライアの既設海水淡水化施設、およびその近接地に近い将来の建設が計画されているスペイン資金や世界銀行資金による海水淡水化施設も同規模のものになっている。

## 3) 2 段式 RO システム

RO 膜方式の海水淡水化施設では、生産水中のホウ素濃度が WHO ガイドラインを単段の RO システムで達成すること非常に困難である。そのため本計画では生産水を更に RO システムによって処理をする 2 段式 RO システムを採用した。1 段目の RO システムによる生産水の回収率は 45% であり、2 段目の同システムによる回収率は 88.9% であり、総合回収率としては 40% を計画した。

なお、上記 1 段目からの濃縮水はエネルギー回収装置を経た後海域へ排出し、2 段目からの濃縮水もそのホウ素濃度が高いので回収することなくこれも又海域へ排出するよう計画した。

上記についての概略マテリアルバランスを図 4.1-2 に示す。

(注) ホウ素濃度低減の手法として地下水との混合も検討したが、3.2.2(3)節に記載のように混合用地下水の必要量が多くなり、カーボヴェルデ国の方針とも違ってくるため、2 段式の RO システムを採用した。

4) 生産水タンク

海水淡水化プラントの建設地に設置する生産水タンクの容量は1日あたり生産量の1/3とする。施設トラブル時は、このタンクおよび各地の貯水槽の水を有機的に活用することにより、断水状態をできるだけ短時間におさえるようにできる。

5) その他の必要設備、例えば受電設備、薬注設備、RO膜洗浄設備、システムコントロール室等の設置も計画に含めている。

**(3) 設備稼働時間**

海水淡水化施設は、その性格上、24時間/日で365日/年の連続稼働として設計する。

**(4) 電気**

電気は公共配電系統からの供給を受ける前提で計画する。

2段式RO

注1

N : 圧力容器(PV)数量  
n : 1PVに装填されているRO膜の数量

水質単位: mg/l

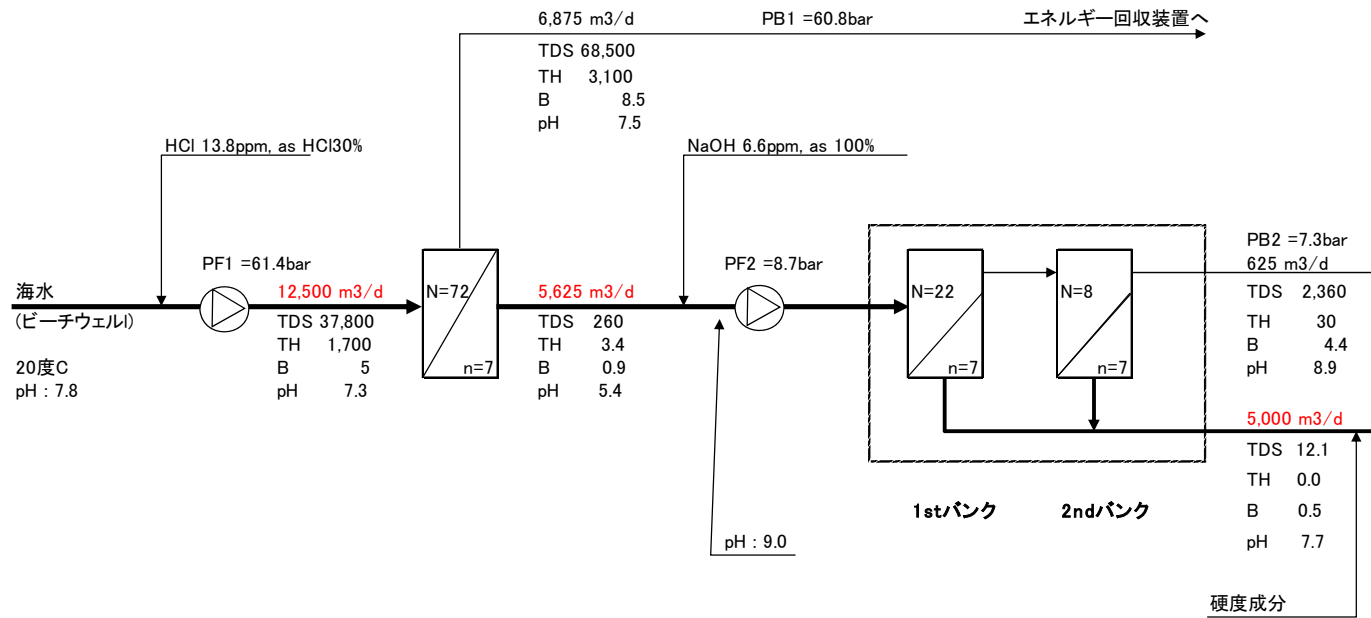
TH: Total Hardness(全硬度成分)

B: Boron (ホウ素)

PF: Pressure Feed(運転圧力)    PB: Pressure Brine(濃縮水圧力)

注2

1. 図は5年後の予測マテバラを示す
2. 5年後の膜の汚れによる生産水量低下割合前提(スタート時100%) : 1段目80%、2段目94%
3. 生産水質劣化割合前提: 1段目7%/年、2段目10%/年



1段目

RO : 8インチスパイラル型(海水用) x 504本  
回収率: 45%

2段目

RO : 8インチスパイラル型(かん水用) x 210本  
回収率: 88.9%

出所: JICA 調査団

図 4.1-2: 海水淡水化施設予測マテリアルバランス

## 4.1.2 設計条件と基本仕様－送水設備

### (1) 送水パイプライン

海水淡水化プラントで生産した飲料水は、ポンプ揚水と自然流下システムの組み合わせにより、各市に隣接して設置された主要の貯水池に送られる。サンチャゴ島の地形の起伏に従って、高い水圧が必要になる地域が存在する。設計条件と建設費を最適化するため、以下のとおり2種類の配管材料を選択するものとする: 高圧力主管用には内部セメントライニングを施したダクタイル鋳鉄管 (DICTL)、それ以外の送水管には高密度ポリエチレン管 (HDPE) を使用する。送水管は、可能な限り1メートル程度の深さの地中に埋設し、ユニット式バルブ、空気弁、ウォッシュアウトバルブ、消火栓、対水撃音設備、データ通信用光ファイバー線および警告音テープを設置する。

### (2) ポンプ場

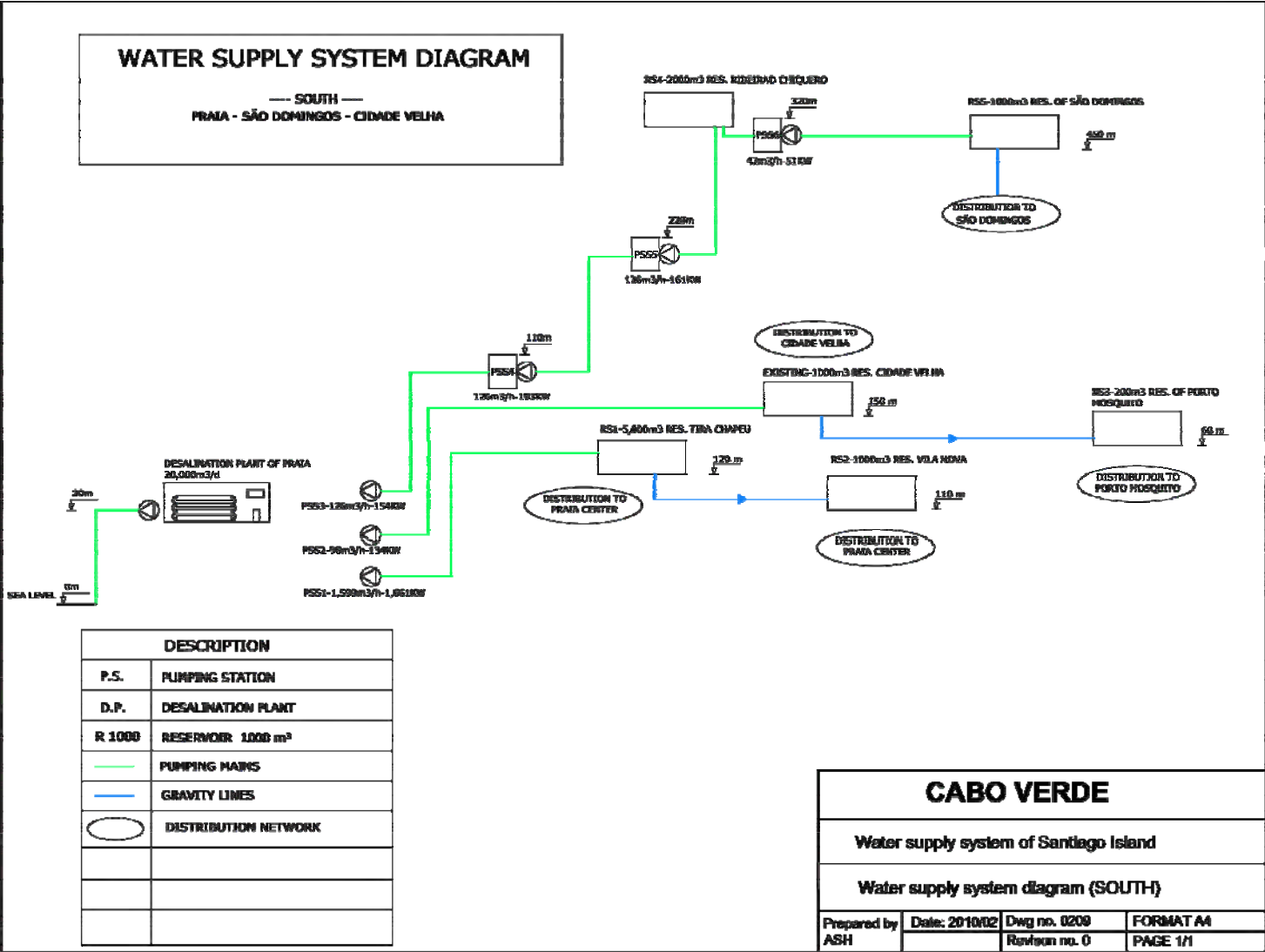
ポンプ場は基本的に貯水池に連結する。これらの装置の運転と保守を容易にし、また最適化するために、ポンプやモータは可能な限り同様の仕様とする。計画する送水網システムにおいては、ブースタータイプのポンプ場は考慮に入れない。また、運転と保守を容易にするため、完全自動化運転は採用しないものとする。貯水池に設置した水準計により、ポンプ場を制御する。

### (3) 貯水池

貯水池は方形の鉄筋コンクリート仕様とし、基本的に1,000 m<sup>3</sup>のモジュールにより構成するものとする。貯水池は標高の高い丘上に設置し、既存の配水網への接続を通して自然流下による配水を行う。貯水池の容量は、連続供水の実施とピーク需要に対する安全率を考慮して計画する。既存送水網により各家庭へ十分な送水を行うことができない地域については、給水タンク車用の追加接続を考慮する。

南部および北部における2つの給水システム図を図4.1-3と図4.1-4にそれぞれ示す。

4-7



出所：JICA 調査団

図 4.1-3：給水システム図（南部）