# チュニジア国
# ４都市下水整備事業（TS-P9）現況調査
# ファイナルレポート

平成 24 年 12 月
（2012 年）

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

株式会社 エヌジェーエス･コンサルタンツ

| 中欧 |
| --- |
| JR |
| 12-026 |

# 目　　次

**略語**----2
**調査対象地域位置図**----3

**第 1 章　調査の背景と目的**----4
1.1　調査の背景----4
1.2　調査の目的----4
1.3　調査業務の概要----4
1.4　業務の範囲----5
1.5　調査日程----5
1.6　調査団員----5

**第 2 章　チュニジア国における下水道セクターの概要**----6
2.1　チュニジア下水整備公社(ONAS)----6
2.1.1　ONAS の法的位置づけと機能----6
2.1.2　ONAS の組織----6
2.2　下水道に係る法規制の状況----8
2.2.1　事業場排水の水環境への排出基準----8
2.2.2　下水処理水の農業利用に関する基準----10
2.2.3　下水汚泥の農業利用に関する基準----10

**第 3 章　スファックス市の概況**----12
3.1　地理的条件----12
3.2　自然的条件----12
3.2.1　地形----12
3.2.2　気候----12
3.3　社会的条件----13
3.3.1　産業----13
3.3.2　人口----13
3.4　下水道整備の概要----14
3.4.1　下水管ネットワーク----14
3.4.2　下水処理場----14

**第 4 章　現地調査結果**----16
4.1　スファックス南部下水処理場の概要----16
4.1.1　計画諸元----16
4.1.2　処理フローチャート----17
4.1.3　施設概要----18
4.1.4　処理の状況----20
4.2　処理プロセスの運転状況と評価----23
4.2.1　運転状況----23
4.2.2　プロセス内部の物質収支----23
4.2.3　処理プロセスの改善案----24
4.3　各施設の機能診断----26
4.3.1　予備処理施設----26
4.3.2　反応槽----29
4.3.3　最終沈殿地----34
4.3.4　汚泥処理設備----35

4.3.5 その他ポンプ設備----39
4.3.6 電気設備----39
4.4 F/S 調査結果の妥当性検討----47
4.4.1 F/S 調査の提案内容----47
4.4.2 提案内容の妥当性検討----48
4.5 施設改善のための技術提案----50
4.5.1 プロセス及び施設改善のための技術提案----50
4.5.2 短期的対応と長期的対応との区分----54
4.5.3 処理場全体の運転管理に関する提案----55
4.5.4 維持管理体制----57
4.5.5 その他の事項----59

**第 5 章 結論及び提言**----61
5.1 結論----61
5.2 提言----61

**付属資料**
資料 1 主要面談者
資料 2 議事録
資料 3 収集資料リスト
資料 4 写真集
資料 5 物質収支計算表
資料 6 機能診断一覧表
資料 7 水質データ
資料 8 好気槽エアレーション方式の件

**略語**

| Abbreviation | Definition | |
|---|---|---|
| | **Institutions/Organizations** | |
| ANPE | Agence Nationale de Protection de l'Environment | 国家環境保全庁 |
| C/P | Counterpart | カウンターパート |
| EIA | Environmental Impact Assessment | 環境影響評価 |
| F/R | Final Reprt | ファイナルレポート |
| IC/R | Inception Report | インセプションレポート |
| JICA | Japan International Cooperation Agency | 国際協力機構 |
| KfW | Kreditaustalt für Wiederaufbau | ドイツ復興金融公庫 |
| L/A | Loan Agreement | ローン・アグリーメント |
| ONAS | Office National del' Assainissement | チュニジア下水整備公社 |
| O/M | Operation and Maintenance | 運転・維持管理 |
| BOD | Bio-chemical Oxygen Demand | 生物化学的酸素要求量 |
| COD | Chemical Oxygen Demand | 化学的酸素要求量 |
| DO | Dessolved Oxygen | 溶存酸素 |
| MLSS | Mixed Liquor Suspended Solod | 混合液浮遊物質 |
| ORP | Oxigen reduction potential | 酸化還元電位 |
| PID | Propotional plus integral plus derivative control | ピーアイディー制御 |
| SS | Suspended Solid | 浮遊物質 |

## 調査対象地域位置図

チュニジア位置

# 第 1 章 調査の背景と目的

## 1.1 調査の背景

チュニジア国では、80 年代の経済成長に伴う環境汚染や人口増加等を要因に、 都市の衛生状況の改善や地下水汚染防止等を目的として、チュニジア下水整備公社（以下、「ONAS」）による下水道整備事業が進められてきた。スファックスの人口は、1996 年には 43 万人であったが、2007 年時点で、約 50 万人にまで増加している(約 16% 増、出所:ONAS)。また下水量は 1997 年の約 15,000 $m^3$/日から 2007 年には約 34,000 $m^3$/日となっている(出所:同上)。ただしこれらの増加率には都市による相違があり、例えばケビリの人口増加率は 1996 年当時、年率 4%の増加が予測されていたが、1996 年から 2007 年までの年平均増加率はわずかに 0.5%に止まっている。他の 3 都市も同様の傾向にある。

かかる背景において、 当時、下水道整備のニーズが高かったスファックス、ケビリ、ドゥーズ、ズリバの 4 都市を対象とした「4 都市下水整備事業」(1996 年度承諾、 貸付完了 2006 年)（以下、「本円借款事業」 ）を実施した。本円借款事業により、これら 4 都市における下水処理場の新設・改築及び下水道管渠網の整備による下水サービスの普及を通じた、地下水汚染の防止及び住環境の向上が図られた。

本円借款事業のうち、同国第二の都市であるスファックスの南部下水処理場は、1982 年にラグーン方式で建設されたが、人口増加や水需要の拡大により、当初想定 していた流入下水量を上回ったため、本事業にて水処理施設能力を拡張した（設計処理量は、24,000$m^3$/日から 49,500$m^3$/日へ増大、 ステップ流入式三段硝化脱窒方式）。

同処理場の現在の設計能力は、汚水処理人口 525,800 人、生物化学的酸素要求量 21,600 Kg$BOD_5$/日であり、2010 年時点において、水量負荷は 35,400$m^3$/日で稼働率 72%、BOD 負荷は 16,600Kg$BOD_5$/日で稼働率 77%となっている。

しかしながら、 エアレーターを始めとする処理設備の不具合が頻発し、放流水質基準を十分に満たすオペレーションが行われていない。このような状況を受け、チュニジア政府は我が国に対し、スファックス南部下水処理場における現況調査の要請を行った。

## 1.2 調査の目的

チュニジア政府から現況調査実施の要請があったスファックス南部下水処理場を対象として、電気・機械設備および処理プロセスに係る現況調査を実施するとともに、処理設備の運営・維持管理の調査を行い、調査復旧のための方策の検討を実施するものである。

## 1.3 調査業務の概要

**(1) 調査名**

4 都市下水整備事業（TS-P9）現況調査

**(2) 本円借款事業の目的**

スファックス、ケビリ、ドゥーズ、ズリバの 4 都市における下水処理場の新設・改築及び下水道管渠網の整備

**(3) 要請概要**

スファックス南部下水処理場の現況調査

**(4) 対象地域**

スファックス県スファックス市

**(5) 関係官庁･機関**

・チュニジア下水整備公社（Office National de l’Assainissement、ONAS）

・チュニジア投資・国際協力省（Ministère de l’Investissement et de la Coopération Internationale）

**(6) 本調査に関連する我が国の主な援助活動**

「4 都市下水整備事業」（円借款 ； 承諾金額 63.89 億円、1996 年 L/A 調印）

### 1.4 業務の範囲

本調査業務は、スファックス南部下水処理場の現況調査について、「調査の目的」に記述した 業務の内容に示す事項の調査を実施し、調査の成果品として報告書等を作成するものであり、原則、貴機構が ONAS との間で合意した協議議事録（M/M）に基づき実施するものである。

### 1.5 調査日程

現地調査の日程は表 1.1 に示すとおりである。

**表 1.1 現地調査日程表**

| 行程 | 月日 | | 宿泊地 | 予定 | | 摘要 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AM | PM | |
| 1 | 10/14 | Sun | 機内 | 21:10 羽田－22:25 関空(EK6250)<br>23:40 関空発(EK317) | | |
| 2 | 10/15 | Mon | チュニス | 04:50 ドバイ着<br>09:35 ドバイ－12:50 チュニス(EK747)<br>PM 調査準備 | | |
| 3 | 10/16 | Tue | スファックス | 09:00 JICA チュニジア事務所訪問<br>10:00 投資・国際協力省 (MICI) 訪問,ONAS と協議 | チュニスースファックス<br>17:00 スファックス事務所訪問・協議 | |
| 4 | 10/17 | Wed | スファックス | 南部処理場訪問、南部処理場現地調査 | 南部処理場調査、資料収集、ヒアリング | |
| 5 | 10/18 | Thu | スファックス | 水質測定、資料収集、ヒアリング | 水質測定、資料収集、ヒアリング | |
| 6 | 10/19 | Fri | スファックス | 水質測定、資料収集、ヒアリング | 資料収集、ヒアリング調査結果取り纏め | |
| 7 | 10/20 | Sat | スファックス | ヒアリング、調査結果取り纏め | 調査結果の取り纏め | |
| 8 | 10/21 | Sun | スファックス | 調査結果の取り纏め | 調査結果の取り纏め | |
| 9 | 10/22 | Mon | チュニス | ONAS スファックスと現地調査結果についての確認・協議 | 12:00 ONAS スファックスに報告<br>スファックスーチュニス | |
| 10 | 10/23 | Tue | チュニス | 9:00 ONAS 訪問、調査結果の下協議 | 現地調査結果概要報告書作成 | |
| 11 | 10/24 | Wed | チュニス | 10:00 ONAS への説明・協議 | 16:00 JICA 報告・報告書提出 | |
| 12 | 10/25 | Thu | 機内 | 15:05 チュニス－23:55 ドバイ(EK748) | | |
| 13 | 10/26 | Fri | 東京 | 02:50 ドバイ－17:35 成田(EK318) | | - |

### 1.6 調査団員

| 氏名 | 担当 | 摘要 |
|---|---|---|
| 田岡　範久 | 総括／下水処理プロセス | |
| 藤原　廣輝 | 処理施設リハビリ(機械設備) | |
| 渡部　透 | 処理施設リハビリ(電気設備) | |
| 太田　量介 | 水質測定／業務調整 | 自社負担 |

# 第 2 章 チュニジア国における下水道セクターの概要

## 2.1 チュニジア下水整備公社(ONAS)

### 2.1.1 ONAS の法的位置づけと機能

ONAS は、衛生部門を管理する権限を有する機関として 1974 年 8 月 3 日付けの法 No. 73/74 に基づいて設立された。その後 1993 年の法改正（法 No. 93/41）により、下水道の管理者としての役割とともに水環境の保護とその汚染源への対策を実施する役割も担うようになった。ONAS は財務的に自立した公共事業機関として法的に位置づけられている。

ONAS の取り組んでいる分野としては、以下のものがある。

調査・研究：下水道、下水処理場、ポンプ場に関連した地方自治体のマスタープラン、フィージビリティ・スタディ、事業実施計画を策定する。

事業：公的または民間の開発者等とともに衛生プロジェクト及び環境保全プロジェクトを実施する。

運転・管理：ネットワークと下水処理場の運転・維持管理を行う。

技術支援：水質汚染対策に関連する分野で地方自治体やその他の公共／民間団体への技術支援やアドバイスを提供する。

ONAS の業務内容

- 水質汚濁発生源対策
- 法で規定された都市衛生施設の建設及び管理、運営、保守、更新
- 処理水と汚泥のセクタ流通及び販売促進
- 衛生プロジェクトの計画と実施
- 下水処理と雨水排水が統合したプロジェクトの開発と実施

### 2.1.2 ONAS の組織

現在の ONAS の組織は 2006 年の政令 No.395 により定められており、組織は中央部門と地域部門とに大別できる。中央部門はさらに、全体的な方向性に関与する組織、ロジスティックスをサポートする組織、運営に関与する組織の 3 つに分類され、全体として 12 の部署から構成される。

地域部門は 4 つの地域部（大チュニス、北、中央、南）に分かれ、各地域部はそれぞれ地域事務所を有しており、地域事務所の総数は 24 である。

調査対象のスファックス南部処理場は、南地域部のスファックス地域事務所の浄化部（Division Epuration）に所属し、ここで他の 6 カ所の下水処理場とともに管理、運営されている。

図 2.1 に ONAS 上部組織の組織図を、また図 2.2 にスファックス事務所の組織図をそれぞれ示す。

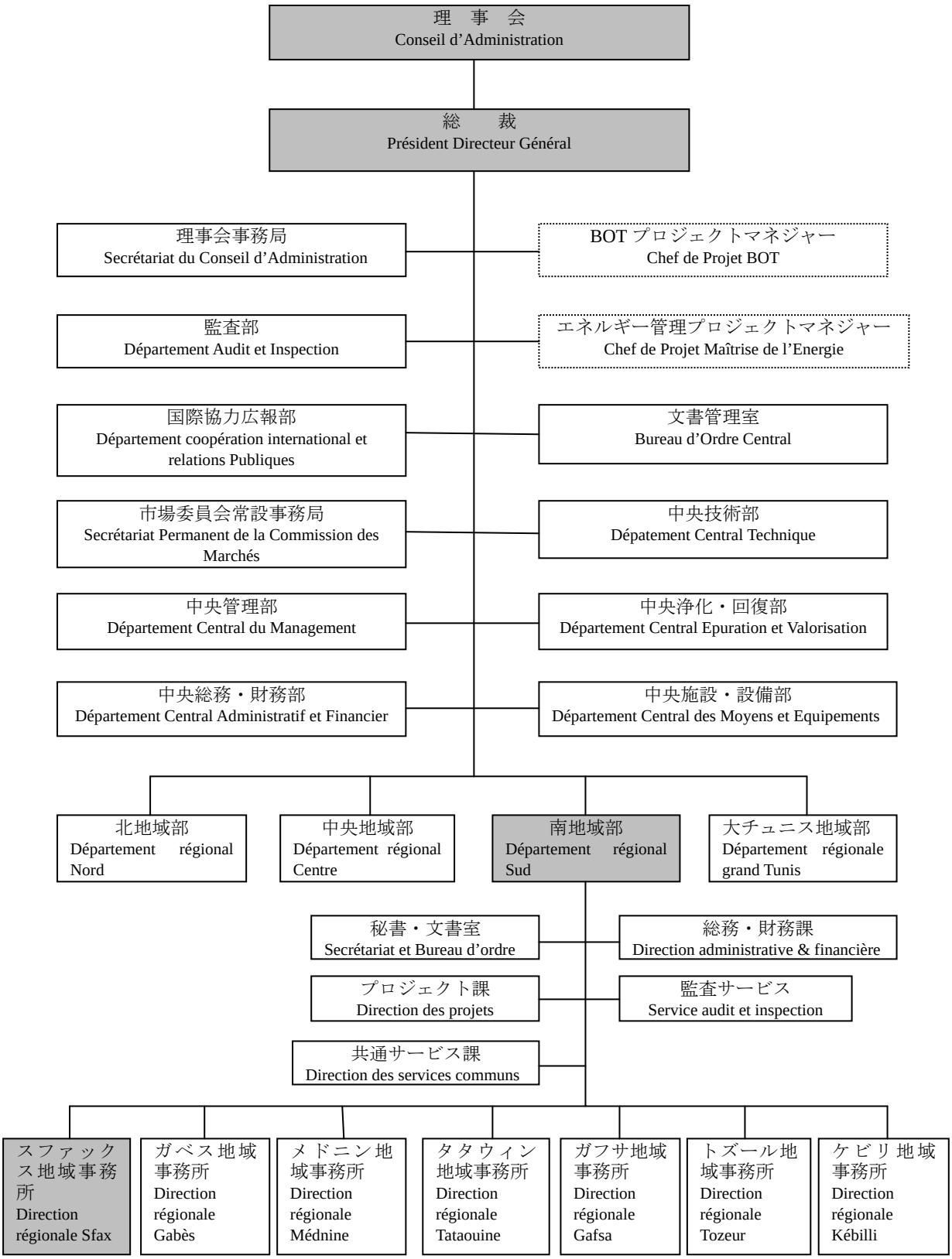
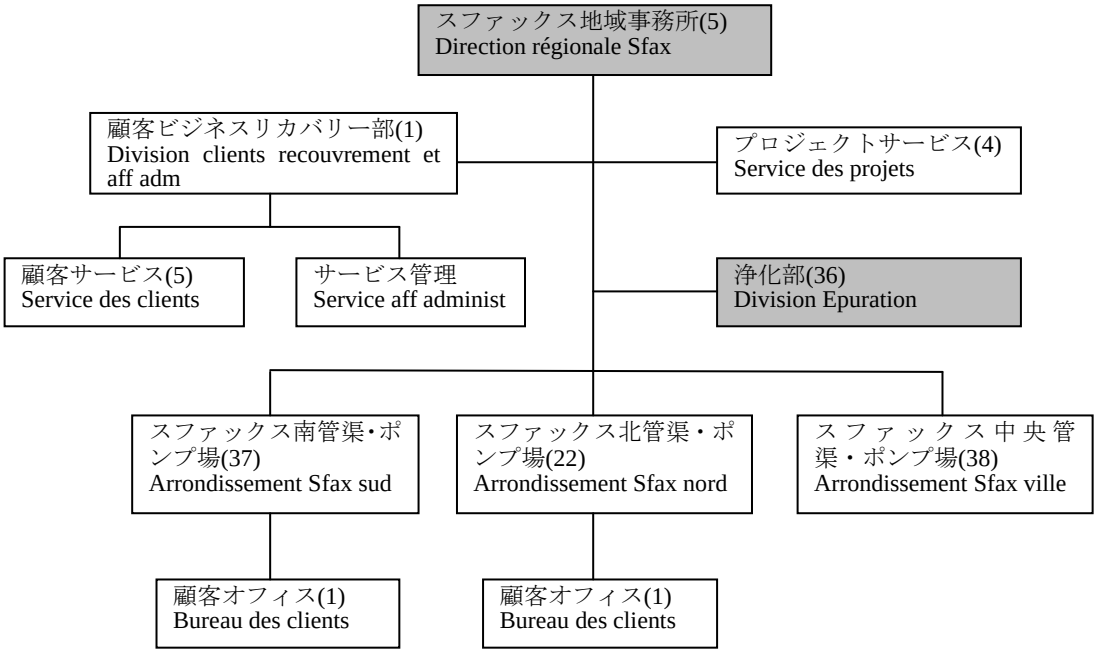



**図 2.1 ONAS 上部組織の組織図**




（ ）はスタッフの人数

**図 2.2 スファックス地域事務所の組織図**

## 2.2 下水道に係る法規制の状況

下水道及び環境保全に係る法規制としてチュニジア国においては、①事業場排水の水環境への排出基準（NT 106.002)、②下水処理水の農業利用に関する基準（NT 106.03)、③下水汚泥の農業利用に関する基準（NT 106.20）が制定されている。

### 2.2.1 事業場排水の水環境への排出基準

当該排水基準（NT 106.002）は農業省、国家経済省、公共保健省、設備・住宅省の 4 省の共同作業により 1989 年に制定された。排出基準は海域に放流する場合、淡水域に排水する場合、下水道に放流する場合のそれぞれについて放流水質の上限が定められている。

事業場排水の監視は、国家環境保護庁により行われており、違反者に講ずる行政措置としては、違反の程度に応じレターによる警告から事業場の閉鎖命令に至るまでの段階がある。過去に事業場の閉鎖命令を通達したケースは数例ある。

**表 2.1 事業場排水の水環境への排出基準**

| | 水質項目 | コード | 単位 | 放流先の区分 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 海域 | 淡水域 | 下水道 |
| 1 | 水温 | 水温 | ℃ | 35℃以下 | 25℃以下 | 35℃以下 |
| 2 | 水素イオン濃度 | pH | | 6.5-8.5 | 6.5-8.5 | 6.5-9 |
| 3 | 浮遊物質 | SS | mg/ℓ | 30 | 30 | 400 |
| 4 | 沈殿性物質 | MD | ml/ℓ（2 時間） | 0.3 | 0.3 | - |
| 5 | 化学的酸素要求量 | COD | mg/ℓ | 1 日平均 90 | 1 日平均 90 | 1,000 |
| 6 | 生物化学的酸素要求量 | $BOD_5$ | mg/ℓ | 30 | 30 | 400 |
| 7 | 塩素イオン | Cl | mg/ℓ | - | 600 | 700 |
| 8 | 活性塩素 | $Cl_2$ | mg/ℓ | 0.05 | 0.05 | 1 |
| 9 | 二酸化塩素 | $ClO_2$ | mg/ℓ | 0.05 | 0.05 | 0.5 |
| 10 | 硫酸イオン | $SO_4$ | mg/ℓ | 1,000 | 600 | 400 |
| 11 | マグネシウム | Mg | mg/ℓ | 2,000 | 200 | 300 |
| 12 | カリウム | K | mg/ℓ | 1,000 | 50 | 50 |
| 13 | ナトリウム | Na | mg/ℓ | - | 300 | 1,000 |
| 14 | カルシウム | Ca | mg/ℓ | - | 500 | - |
| 15 | アルミニウム | Al | mg/ℓ | 5 | 5 | 10 |
| 16 | 色度 | 色度（白金コバルト） | mg/ℓ | 100 | 70 | - |
| 17 | イオウ | S | mg/ℓ | 2 | 0.1 | 3 |
| 18 | フッ素 | F | mg/ℓ | 5 | 3 | 3 |
| 19 | 硝酸イオン | $NO_3$ | mg/ℓ | 90 | 50 | 90 |
| 20 | 亜硝酸イオン | $NO_2$ | mg/ℓ | 5 | 0.5 | 10 |
| 21 | 有機アンモニア | Org-$NH_4$ | mg/ℓ | 30 | 1 | 100 |
| 22 | 全リン | T-P | mg/ℓ | 0.1 | 0.05 | 10 |
| 23 | フェノール類 | | mg/ℓ | 0.05 | 0.02 | 1 |
| 24 | 油脂類 | | mg/ℓ | 20 | 10 | 30 |
| 25 | 鉱物性油脂 | | mg/ℓ | 10 | 2 | 10 |
| 26 | 塩化溶媒 | | mg/ℓ | 0.05 | 0 | 0.1 |
| 27 | アルキルベンゼンスルホン酸 | ABS | mg/ℓ | 2 | 0.5 | 5 |
| 28 | ホウ素 | B | mg/ℓ | 20 | 2 | 2 |
| 29 | 鉄 | Fe | mg/ℓ | 1 | 1 | 5 |
| 30 | 銅 | Cu | mg/ℓ | 1.5 | 0.5 | 1 |
| 31 | スズ | Sn | mg/ℓ | 2 | 2 | 2 |
| 32 | マンガン | Mn | mg/ℓ | 1 | 0.5 | 1 |
| 33 | 亜鉛 | Zn | mg/ℓ | 10 | 5 | 5 |
| 34 | モリブデン | Mo | mg/ℓ | 5 | 0.5 | 5 |
| 35 | コバルト | Co | mg/ℓ | 0.5 | 0.1 | 0.5 |
| 36 | 活性臭素 | $Br_2$ | mg/ℓ | 0.1 | 0.05 | 1 |
| 37 | バリウム | Ba | mg/ℓ | 10 | 0.5 | 10 |
| 38 | 銀 | Ag | mg/ℓ | 0.1 | 0.05 | 0.1 |
| 39 | ヒ素 | As | mg/ℓ | 0.1 | 0.05 | 0.1 |
| 40 | ベリリウム | Be | mg/ℓ | 0.05 | 0.01 | 0.05 |
| 41 | カドミウム | Cd | mg/ℓ | 0.005 | 0.005 | 0.1 |
| 42 | シアン | CN | mg/ℓ | 0.05 | 0.05 | 0.5 |
| 43 | 六価クロム | Cr-Ⅵ | mg/ℓ | 0.5 | 0.01 | 0.5 |
| 44 | 三価クロム | Cr-Ⅲ | mg/ℓ | 2 | 0.5 | 2 |
| 45 | アンチモン | Sb | mg/ℓ | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 46 | ニッケル | Ni | mg/ℓ | 2 | 0.2 | 2 |
| 47 | セレニウム | Se | mg/ℓ | 0.5 | 0.05 | 1 |

### 2.2.2 下水処理水の農業利用に関する基準

下水処理水の農業利用に関する水質基準（NT 106.03）は 1989 年に制定された。その内容は次に示すとおりである。

BOD, COD, SS の水質水質項目は、放流水基準と同じ値となっている。一方、塩化物、寄生虫卵の許容限度が追加されており、処理水利用に際しての、植物の成長や人の健康への影響がある程度配慮されている。

**表 2.2 下水処理水の農業利用に関する基準**

| | 水質項目 | コード | 単位 | 水質の許容限度 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 水素イオン濃度 | pH | | 6.5-8.5 |
| 2 | 電気伝導度 | | μs/cm | 7,000 |
| 3 | 化学的酸素要求量 | COD | mg/ℓ | 1 日平均 90 |
| 4 | 生物化学的酸素要求量 | $BOD_5$ | mg/ℓ | 30 |
| 5 | 浮遊物質 | SS | mg/ℓ | 30 |
| 6 | 塩化物 | | mg/ℓ | 2,000 |
| 7 | フッ素 | F | mg/ℓ | 3 |
| 8 | 有機塩素 | | mg/ℓ | 0.001 |
| 9 | ヒ素 | As | mg/ℓ | 0.1 |
| 10 | ホウ素 | B | mg/ℓ | 3 |
| 11 | カドミウム | Cd | mg/ℓ | 0.01 |
| 12 | コバルト | Co | mg/ℓ | 0.1 |
| 13 | クロム | Cr | mg/ℓ | 0.1 |
| 14 | 銅 | Cu | mg/ℓ | 0.5 |
| 15 | 鉄 | Fe | mg/ℓ | 5 |
| 16 | マンガン | Mn | mg/ℓ | 0.5 |
| 17 | 水銀 | Hg | mg/ℓ | 0.001 |
| 18 | ニッケル | Ni | mg/ℓ | 0.2 |
| 19 | 鉛 | Pb | mg/ℓ | 1 |
| 20 | セレニウム | Se | mg/ℓ | 0.05 |
| 21 | 亜鉛 | Zn | mg/ℓ | 5 |
| 22 | 寄生虫卵 | | 個/1000mℓ | 1 |

### 2.2.3 下水汚泥の農業利用に関する基準

下水汚泥の農業利用に関する基準は、2002 年 3 月に基準化技術委員会（TC 106）により、作業が行われ採択された。その後、関係省庁（公共保健省、農業・水資源省、環境・開発省、工業省、ONAS 等）の承認を経て公共の閲覧に付された。公共からの反対はなく、2002 年 11 月にチュニジア基準（NT 106.20）として制定された。

**(1) 下水汚泥中に含まれる重金属類の上限値**

| パラメータ | カドミウム | クローム | 銅 | 水銀 | ニッケル | 鉛 | 亜鉛 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 許容限度(mg/kgDS) | 20 | 500 | 1000 | 10 | 200 | 800 | 2000 |

**(2) 汚泥利用量の上限値**

5 年間で 1 ヘクタール当たり最大 30 TonDS まで

**(3) 汚泥の利用を禁ずる土の重金属類含有量の上限値**

| パラメータ | カドミウム | クローム | 銅 | 水銀 | ニッケル | 鉛 | 亜鉛 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 許容限度(mg/kgDS) | 3 | 150 | 140 | 1.5 | 75 | 150 | 300 |

**(4) 10 年間に土へ蓄積される重金属類の上限値**

| パラメータ | カドミウム | クローム | 銅 | 水銀 | ニッケル | 鉛 | 亜鉛 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 許容限度($g/m^{2)}$ | 0.06 | 3.00 | 3.00 | 0.03 | 0.60 | 3.00 | 9.00 |

**(5) 利用の制限**

汚泥は、18 ヶ月以内に収穫する野菜類や土に直接触れた野菜類、生で食用とする野菜類に対して利用してはならない。

# 第 3 章 スファックス市の概況

## 3.1 地理的条件

スファックス市はスファックス県の県都であり、人口 55 万人（2012 年推計）を有する。東側を海に、北側をマーディア県とケルアン県に、西側をシディ・ブジド県に、南側をガベス県に接している。同市はチュニスの南方 270km 地点に位置し、スースから 137km、シディ・ブジドから 122km、ガフサから 190km、ガベスから 137km の距離にある。

## 3.2 自然的条件

### 3.2.1 地形

スファックス市は沿岸の沖積平野に発展した都市で、概して起伏に乏しい単調な地形である。標高も低く、同市の大半が 5～30m に位置する。特に沿岸部は標高が 1ｍを下回る地域がみられる。市の郊外地域は海に向かって土地が傾斜しているが、その勾配は乏しく、0.3～1%であり、沿岸部ではさらに乏しくなる。

地下水位は自然地盤から深さ 1.7m 付近に位置する。地下水はすぐそばの海水の影響により、塩分濃度が高いことが判明している。

### 3.2.2 気候

スファックス市は半乾燥気候であるが、地中海が存在することにより、かなり穏やかである。気候は海の影響による温暖な季節と寒い季節を特徴とする。

#### (1) 風向

スファックス地域は 1 年を通じてほぼ途絶えることなく風が吹いている。風力階級 0 の日は平均 15%しか見られない。風は主に北（北西～北東）、東、西から吹く。秋から春にかけて、かなりの強風が吹く場合がある。

#### (2) 気温

気温は概して高く、年間平均気温は 19℃ほどである。最も寒い月（1 月）の平均最低気温は 7℃である。最高気温は一般に 8 月に記録され、8 月の平均最高気温は 32℃であり、ときには 40℃を超えることもある。湿度は海水の蒸発のため高い数字となる。

#### (3) 降水量

スファックスの年間平均降水量は 203㎜ である。一般に 5 月から 8 月にかけては降水量が少ない乾期となる。しかし、地中海の他の地域と同様、降雨は非常に不規則であり、雨の降る日数は少ないが、時にきわめて激しいものとなることもある。

**表 3.1 スファックスの月別気温及び降水量**

| 月 | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 年間 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 平均最高気温(℃) | 16 | 17 | 19 | 21 | 24 | 28 | 31 | 32 | 29 | 26 | 21 | 17 | 23.5 |
| 平均最低気温(℃) | 7 | 8 | 9 | 12 | 16 | 19 | 22 | 23 | 21 | 17 | 12 | 8 | 14.4 |
| 平均降水量(mm) | 23 | 15 | 23 | 20 | 10 | 5 | 0 | 3 | 23 | 33 | 25 | 23 | 203 |

(出典)Weatherbase

### 3.3 社会的条件

#### 3.3.1 産業

スファックス市は経済活動において、首都に次ぐチュニジア第 2 の都市であり、主たる産業は、工業（リン鉱石の加工)、農業及び農産物加工（オリーブ、オリーブ油、ナッツ)、漁業（チュニジア第 1 の貿易漁港）などである。

また、輸送のためのインフラも整備されており、国道及び高速道路や鉄道（旅客・貨物）が通じているほか、商業港と空港を有している。

#### 3.3.2 人口

スファックスの南部及び北部下水処理場は、中央コミューンと 6 つの周辺コミューン（サキエ・エデア、サキエ・エズィ，エレン，グレムダ，シヒア，ティナ）からなるグラン・スファックスを対象区域としている。グラン・スファックスの人口は、1994 年に 39 万 5 千人であったものが、2012 年には 54 万 8 千人に増加している（この間の年平均増加率 1.8%)。また、グラン・スファックスのうち、南部処理場に関連する区域の人口は、1994 年に 25 万 9 千人であったものが、2012 年には 35 万 3 千人に増加した（この間の年平均増加率 1.7%)。スファックス南部処理場詳細設計調査報告書（2000 年）においては、1994 年以降の平均人口増加率を 2.1%と予測しているが、実際の人口はこれより小さい増加率で推移している。

**表 3.2 グラン・スファックスの人口推移**

| | コミューン | 1994 | 2004 | 2006 | 2008 | 2010 | 2012 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S | スファックス 1 | 189,301 | 219,245 | 224,702 | 230,677 | 237,421 | 242,876 |
| N | スファックス 2 | 41,554 | 48,127 | 49,325 | 50,636 | 52,117 | 53,314 |
| N | サキエ・エデア | 30,238 | 41,477 | 43,017 | 44,161 | 45,453 | 46,590 |
| N | サキエ・エズィ | 34,986 | 45,571 | 47,093 | 48,822 | 50,720 | 52,359 |
| S | エレン | 32,174 | 38,635 | 39,805 | 41,266 | 42,870 | 44,233 |
| S | グレムダ 1 | 18,209 | 23,250 | 24,085 | 24,969 | 25,940 | 26,789 |
| N | グレムダ 2 | 10,694 | 13,655 | 14,145 | 14,664 | 15,234 | 15,733 |
| N | シヒア | 19,286 | 23,915 | 24,651 | 25,556 | 26,550 | 27,396 |
| S | ティナ | 18,835 | 27,552 | 30,430 | 33,076 | 36,039 | 39,140 |
| | グラン・スファックス計 | 395,277 | 481,427 | 497,253 | 513,827 | 532,344 | 548,430 |
| | うち南部 | 258,519 | 308,682 | 319,022 | 329,988 | 342,270 | 353,038 |
| | うち北部 | 136,758 | 172,745 | 178,231 | 183,839 | 190,074 | 195,392 |

（出典）Statistiques Du taux de branchement Au reseau public d'assainissement, Juillet 2012, ONAS

### 3.4 下水道整備の概要

#### 3.4.1 下水管ネットワーク

グラン・スファックスの下水管ネットワークは、3 つの排水区域から構成される。

① 中心部区域：環状水路・環状 4 号線より内側の合流式区域
② 南部区域：環状 4 号線より外側の区域で、グレムダ道路より南側の区域
③ 北部区域：環状 4 号線より外側の区域で、グレムダ道路より北側の区域

これら 3 区域から排出される下水は、中心部区域と南部区域はスファックス南部下水処理場で、北部地区についてはスファックス北部下水処理場でそれぞれ処理されている。

環状 4 号線沿いには、新しい遮集幹線が敷設され、南部区域の放射状道路に敷設されている下水管の排水はすべてこの遮集管に集められ、「製塩所」ポンプ場（SR2）を経由して南部下水処理場へ送水されている。

### 3.4.2 下水処理場

グラン・スファックスの下水はスファックス南部処理場と北部処理場で処理されている。下水処理場の概要は以下に示すとおりである。

**表 3.3 スファックス下水処理場の概要**

| 項目 | | | 南部下水処理場 | 北部下水処理場 |
|---|---|---|---|---|
| 施設能力(最大下水処理能力:$m^3$/日) | | | 49,500 | 17,900 |
| 処理方式 | | | ステップ流入式三段硝化脱窒法 | オキシデーション・ディッチ法 (＊) |
| 処理状況 (2011 年) | 接続数 (件) | 家庭 | 91,230 | 13,816 |
| | | 観光 | 31 | 0 |
| | | 工場 | 13,922 | 183 |
| | | 計 | 105,183 | 13,999 |
| | 日平均処理水量($m^3$/日) | | 34,028 | 7,798 |
| | BOD (mg/ℓ) | 流入 | 415 | 480 |
| | | 放流 | 67 | 24 |
| | | 除去率% | 83.9 | 95.0 |
| | SS (mg/ℓ) | 流入 | 480 | 495 |
| | | 放流 | 64 | 23 |
| | | 除去率% | 86.7 | 95.4 |

(出典)ONAS

2011 年現在、処理場の平均稼働率（日平均処理水量／処理能力）は、南部が 68.7%、北部が 43.6%である。処理水質については、北部が良好で BOD, SS ともに排水水質基準を下回っているのに対し、南部は処理機能不全のため両指標とも排水水質基準が達成できていない。

達成できない場合の措置等については、前述の 2.2.1 項を参照のこと。

＊　オキシデーション・ディッチ法は、無終端水路を反応槽とし、機械式エアレーション装置あるいは散気エアレーション装置を用いて活性汚泥処理を行い、最終沈澱池で固液分離を行う下水処理方法である。低負荷条件で運転されるため、流入下水量や水質・水温の変動があっても安定した有機物除去が行えるという特徴がある。

# 第 4 章 現地調査結果

## 4.1 スファックス南部下水処理場の概要

スファックス南部下水処理場は、スファックス市の南部、港と製塩場の間に広がる入り江の中に位置する。同処理場はスファックス市中心部及びスファックス市南部の２つの排水区域の汚水を受け入れている。

### 4.1.1 計画諸元

スファックス南部下水処理場は 1983 年にエアレーテッド・ラグーン方式により最初の処理施設が建設された。その後、2006 年に既存施設がリハビリ、拡張され、現在の施設となっている。現在の施設は、既存のばっ気ラグーンを改造して 3 段の無酸素槽と好気槽を設け、窒素除去に対応できる施設となっている。

**(1) 基本事項**

・名称：スファックス南部下水処理場
・現況地盤高：+4.0～+5.0m
・下水収集システム：合流式
・処理方式：
　水処理：3 段ステップ流入式硝化脱窒方式
　汚泥処理：重力濃縮＋天日乾燥あるいは機械脱水
・処理水放流先：地中海（一部再利用：灌漑用水）
・計画目標年次：2016 年
・計画処理人口：407,200 人
・供用開始年：
　旧施設（曝気ラグーン方式）：1983 年
　3 段ステップ流入式に改造　：2006 年

**(2) 計画下水量**

**表 4.1 計画下水量**

| 項　目 | | $m^3$/日 | $m^3$/hr | $m^3$/min | $m^3$/sec | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計画日最大下水量 | Q1 | 49,500 | 2,062.5 | 34.38 | 0.573 | |
| 計画時間最大下水量 | Q2 | 118,344 | 4,931.0 | 82.18 | 1.370 | |
| 最大下水量 | Qmax | 177,600 | 7,400.0 | 123.33 | 2.056 | 雨天時相当 |

（出典：詳細設計調査報告書、2000 年）

**(3) 計画下水水質**

**表 4.2 計画下水水質**

| 項 目 | | 流入 (mg/ℓ ) | 放流 (mg/ℓ ) | 除去率 (mg/ℓ ) | 備 考 |
|---|---|---|---|---|---|
| 生物化学的酸素要求量 | BOD | 436 | 30 | 93 | |
| 浮遊物質 | SS | 305 | 30 | 90 | |
| 化学的酸素要求量 | COD | 654 | 90 | 86 | |
| 全リン | T-P | 16 | 3 - 5 | | |
| リン酸態リン | PO4-P | 11 | | | |
| 全窒素 | T-N | 70 | 50 | 29 | |
| アンモニア性窒素 | $NH_4$-N | 56 | 15 | 73 | |

(出典：詳細設計調査報告書、2000 年)

**4.1.2 処理フローチャート**

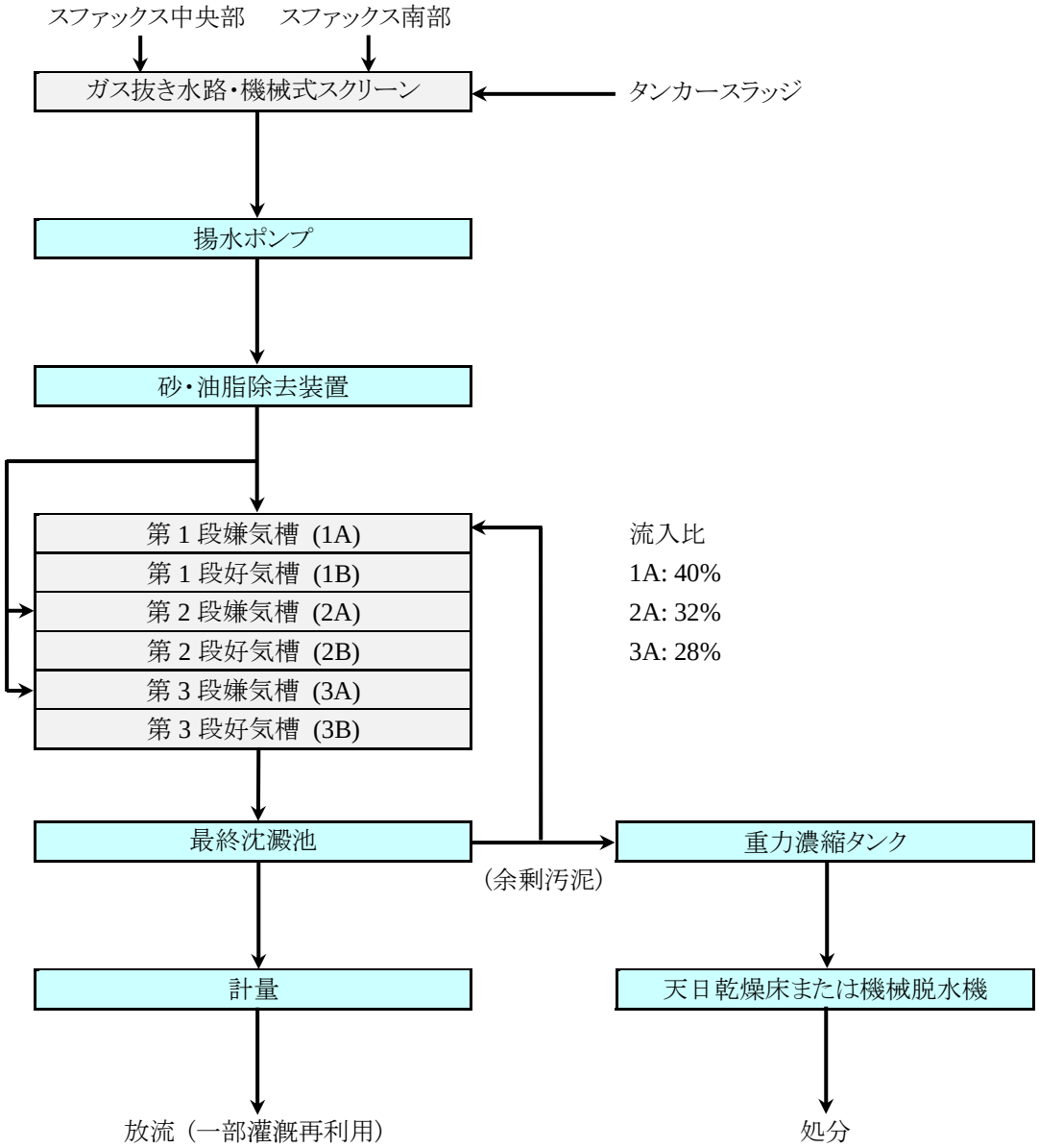



**図 4.1 処理フローチャート**

### 4.1.3 施設概要

**表 4.3 施設概要**

| 項 目 | 型式・寸法・仕様 | 数 量 | | 備 考 (設置年等) |
|---|---|---|---|---|
| | | Duty | Standby | |
| **1.前処理施設** | | | | |
| (1)ガス抜き水路 | ・ガス抜き水路:<br>水路寸法:巾 3.0m × 長 33.0m × 水深 1.1m<br>滞留時間:約 5.0 分 | 1 | | 1983 年 |
| | ・ガス抜きブロワ:<br>型式:ロータリーブロワ<br>仕様:225m$^3$/hr × 1.3bar × 4kW | 1 | 1 | 2006 年 |
| (2).機械式スクリーン | ・機械式スクリーン:<br>型式:機械式細目スクリーン<br>水路寸法:W1.4m × H2.0m、目幅:6.0mm<br>仕様:目幅 6.0mm × 0.55kW | 2 | | 2006 年 |
| | ・搬送コンベヤ:<br>型式:ベルトコンベヤ<br>仕様:ベルト幅 600mm × 長 7.0m × 1.1kW | 1 | | 2006 年 |
| (3).揚水ポンプ | 型式:スクリューポンプ | | | |
| | No.1,2 Dia.1,600mm × 2,250m$^3$/hr × 3.45mH × 55kW | 2 | | 1983 年 |
| | No.3 Dia.1,700mm × 2,902m$^3$/hr × 3.45mH × 45kW | 1 | | 2006 年 |
| (4).砂・油脂除去施設 | ・砂・油脂除去複合装置:<br>型式:エアレーション沈砂池／浮上油脂スクレーパ除去方式<br>水路幅 4.0m × 水路長 20.0m × 2 水路/1 池<br>移動台車／スクレーパ:1 unit/1 池<br>水中サンドポンプ、30m$^3$/hr × 2.4kW × 2 台/1 池 | 2 | | No.1:1983 年<br>No.2:2006 年 |
| | ・砂・油脂除去装置用ブロワ:<br>型式:ロータリーブロワ、 仕様:843m$^3$/hr × 11kW | 2 | 1 | 2006 |
| | ・砂分離機:<br>型式:スクリューコンベヤ、仕様:0.6m3/hr × 0.55kW | 1 | | 2006 |
| **2.反応槽** | | | | |

・処理方式:3 段ステップ流入式硝化脱窒法

・池型式:土堰堤式

| 段数 | 1 段目 | | 2 段目 | | 3 段目 | | 計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 池 No. | 1A | 1B | 2A | 2B | 3A | 3B | |
| 形態 | 嫌気 | 好気 | 嫌気 | 好気 | 嫌気 | 好気 | |
| ステップ流入比(%) | 40 | | 32 | | 28 | | |
| 流入量(m$^3$/日) | 19,800 | | 15,840 | | 13,860 | | 49,500 |
| 池底面寸法(m) | 53×124 | 53×75.5 | 53×(45/90) | 53×(45/90) | 53×75.5 | 53×69 | |
| 池水深(m) | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | |
| 池容量(m$^3$) | 25,000 | 16,000 | 16,000 | 16,000 | 16,000 | 16,000 | 105,000 |
| 滞留時間(hr) | | | | | | | 50.9 |

| 項 目 | 型式・寸法・仕様 | 数 量 | | 備 考 |
|---|---|---|---|---|
| | | Duty | Standby | (設置年等) |
| 反応槽 | ・汚泥返送比:100%、返送汚泥濃度:8,800mg/ℓ<br>・平均 MLSS 濃度:4,490mg/ℓ<br>・設計水温:冬季 15℃、夏季 27℃<br>・槽内 DO 濃度:2.0mg/ℓ | | | 2006 年改造 |
| | ・アジテータ:<br>型式:水中プロペラミキサー(FLYGT 社)<br>仕様:Dia.580mm × 水力 8511N × 5.5kW | 50 | | 2006 年 |
| | ・エアレーター:<br>型式:フロート付縦軸表面エアレーター(LANDUSTRIE 社)<br>仕様:Dia.2.7m × 130kg$O_2$/hr × 75kW(2 速モーター) | 16 | | 2006 年 |
| **3 最終沈澱池** | | | | |
| (1)最終沈澱池 | 型式:周辺駆動式汚泥掻寄機付円形沈澱池<br>仕様:Dia.43.0m × D3.50m × 0.18kW<br>水面積負荷:8.5$m^3/m^2$/日 | 4 | | 2006 年 |
| (2)返送汚泥ポンプ | 型式:パイプケーシング内水中モータポンプ(可変速)<br>仕様:750ℓ/s × 3.4mH × 45kW | 2 | 1 | 2006 年 |
| (3)余剰汚泥ポンプ | 型式:槽外型汚泥ポンプ<br>仕様:38.4ℓ/s × 2.5mH × 2.4kW | 1 | 1 | |
| **4.汚泥処理設備** | | | | |
| (1)汚泥濃縮タンク | 型式:中心駆動汚泥掻寄機付円形濃縮タンク<br>仕様:Dia.13.0m × D3.5m × 0.5kW | 2 | | 1983 年<br>2006 年機器更新 |
| (2)濃縮汚泥ポンプ | 型式:一軸ねじ式ポンプ<br>仕様:90$m^3$/hr × 1bar × 15kW | 1 | 1 | |
| (3)天日乾燥床 | 型式:天日乾燥床<br>仕様:幅 12m × 長 30m<br>計画乾燥日数:30 日、投入汚泥厚:0.5m、<br>計画投入汚泥濃度:5.0% | 58 | | 38 床:2006 年<br>20 床:2010 年 |
| (4)機械脱水機 | 型式:ベルトプレス脱水機<br>仕様:ろ布幅 1.6 m × 600kgDS/hr × 1unit、<br>脱水汚泥目標濃度:25%<br>計画運転時間:計画汚泥量の 50%を処理対象とし、5 日/週、14 時間/日 | 1 | | 2006 年 |
| **5.その他ポンプ設備** | | | | |
| (1)プラント用水ポンプ | 型式:横軸渦巻ポンプ<br>仕様:30$m^3$/hr × 65m × 15kW | 1 | 1 | 2006 年 |
| (2)排水ポンプ | 型式:水中汚水ポンプ<br>仕様:9.24ℓ/s × 14.4m × 2.4kW | 1 | 1 | |
| **6.電気設備** | | | | |
| (1)監視制御設備 | グラフィック監視盤 : 屋内自立ベンチボード形、モザイクグラフィック式 | 1 | | 2006 年 |
| | 監視用自動制御盤 : 屋内自立形、シーケンサー(PLC) | 1 | | 2006 年 |
| | 情報処理 PC : デスクトップ形、パーソナルコンピュータ | 1 | | 2011 年更新(製造は 2008 年) |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| (2)受変電設備 | 変圧器：油入式、30kV/0.4kV、1250kVA | 2 | | 2006 年<br>契約電力<br>1200kW |
| (3)自家発電設備 | ディーゼル発電装置：ラジエーター式、オープン形、500kVA | 1 | | |
| (4)計装設備 | スクリーン水位差計：超音波式、検出器 2 台 | 1 | | 2006 年 |
| | DO 計：浸漬式溶存酸素濃度測定装置 | 3 | | 2006 年 |
| | 返送汚泥流量計：電磁式、口径 1200mm、0-1360ℓ /s | 1 | | 2006 年 |
| | 余剰汚泥流量計：電磁式、口径 150mm | 1 | | 2006 年 |
| | 放流流量計：電磁式、口径 1000mm、0-2060ℓ /s | 1 | | 2006 年 |
| | 放流水水質分析装置：検出器 4 台(PH、温度、導電率、濁度)、サンプリング式、屋内キャビネット収納型 | 1 | | 2006 年 |

### 4.1.4 処理の状況

最近 5 年間の処理状況を以下に示す。接続数はこの 5 年間で 3 割程度増加しているが、日平均処理水量はここ 3 年間は 3 万 5 千㎥/日程度にとどまっている。処理水質は 2009～2010 年には比較的良好であったが、2011 年には悪化している。しかし、処理水の排水基準（BOD：30mg/ℓ，SS：30mg/ℓ）は、ここ 5 年間で一度も達成していない。

処理水の農業用への再利用率は 2007 年で 36%であったのが、毎年減少しており、2011 年には 14%にとどまっている。この原因として再利用できる農地面積が限られていることと、処理水の水質の問題が考えられる。

乾燥汚泥の発生量は年間 6,000$m^3$程度である。機械脱水設備は 2009，2010 年の 2 年間で本格的に使用され、処理量は全体の 1 割程度であったが、2011 年以降は使用されていない。

**表 4.4 最近 5 年間の処理状況**

| 項 目 | | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 接続数（件） | 家庭 | 72,861 | 71,397 | 74,967 | -- | 91,230 |
| | 観光 | 33 | 33 | 33 | -- | 31 |
| | 工場 | 9,133 | 9,400 | 9,870 | -- | 13,922 |
| | 計 | 82,027 | 80.830 | 84,870 | -- | 105,183 |
| 日平均処理水量($m^3$/日) | | 28,184 | 30,563 | 36,445 | 35,408 | 34,028 |
| BOD (mg/ℓ) | 流入 | 575 | 591 | 523 | 468 | 415 |
| | 放流 | 80 | 66 | 38 | 40 | 67 |
| | 除去率% | 86.1 | 88.8 | 92.7 | 91.5 | 83.9 |
| SS (mg/ℓ) | 流入 | 529 | 520 | 785 | 516 | 480 |
| | 放流 | 59 | 45 | 33 | 40 | 64 |
| | 除去率% | 88.9 | 91.3 | 95.8 | 92.2 | 86.7 |
| 処理水再利用量 | 利用量($m^3$/日) | 10,185 | 7,250 | 8,212 | 7,525 | 4,933 |
| | 利用率(%) | 36.1 | 23.8 | 22.5 | 21.3 | 14.5 |
| 乾燥汚泥発生量($m^3$/年) | 天日乾燥 | 3,221 | 6,282 | 6,002 | 5,145 | 5,730 |
| | 機械脱水 | 15 | 0 | 305 | 765 | 0 |
| | 合計 | 3,236 | 6,282 | 6,307 | 5,910 | 5,730 |

（出典）ONAS

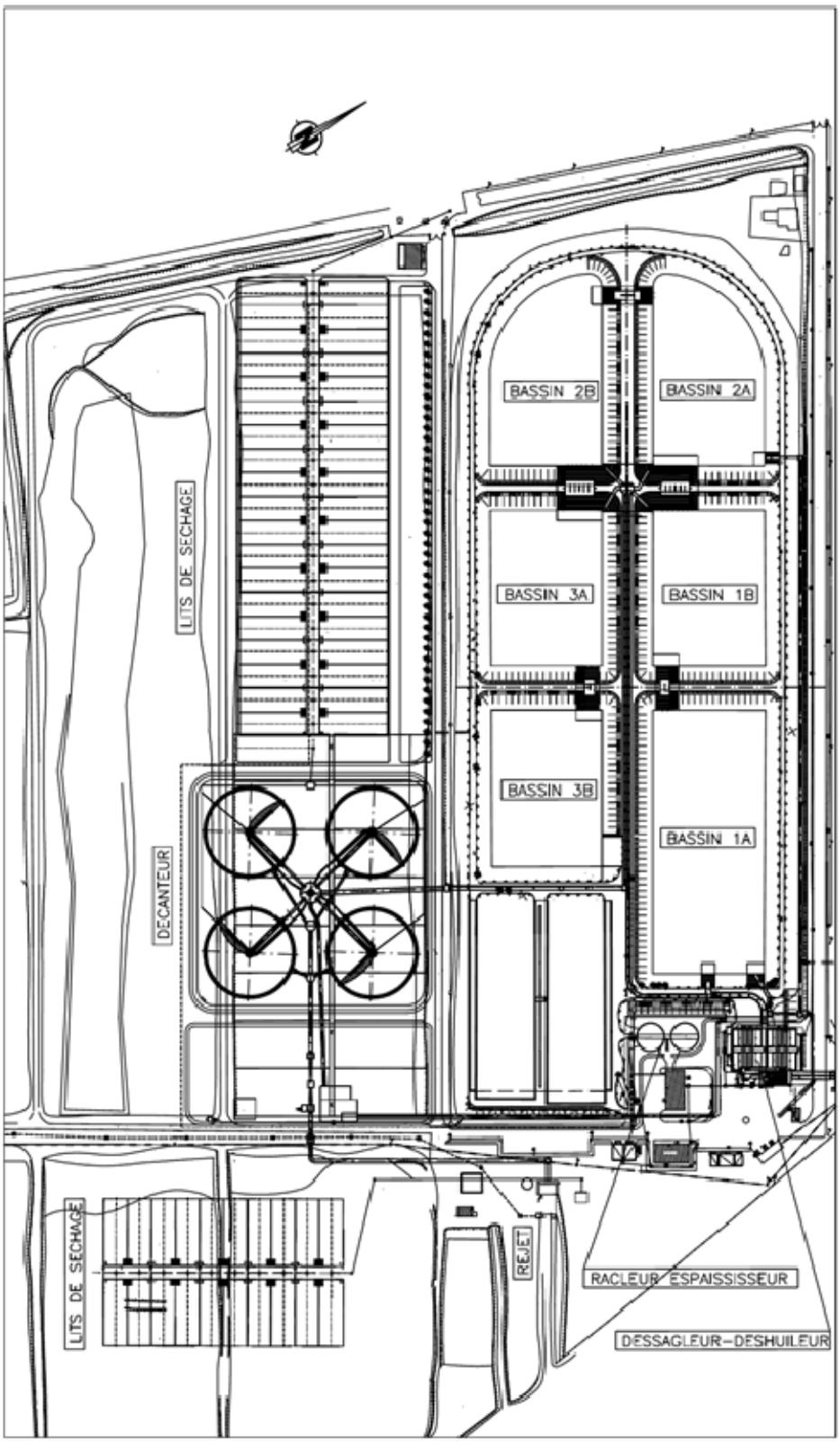



**図 4.2 スファックス南部下水処理場一般平面図**

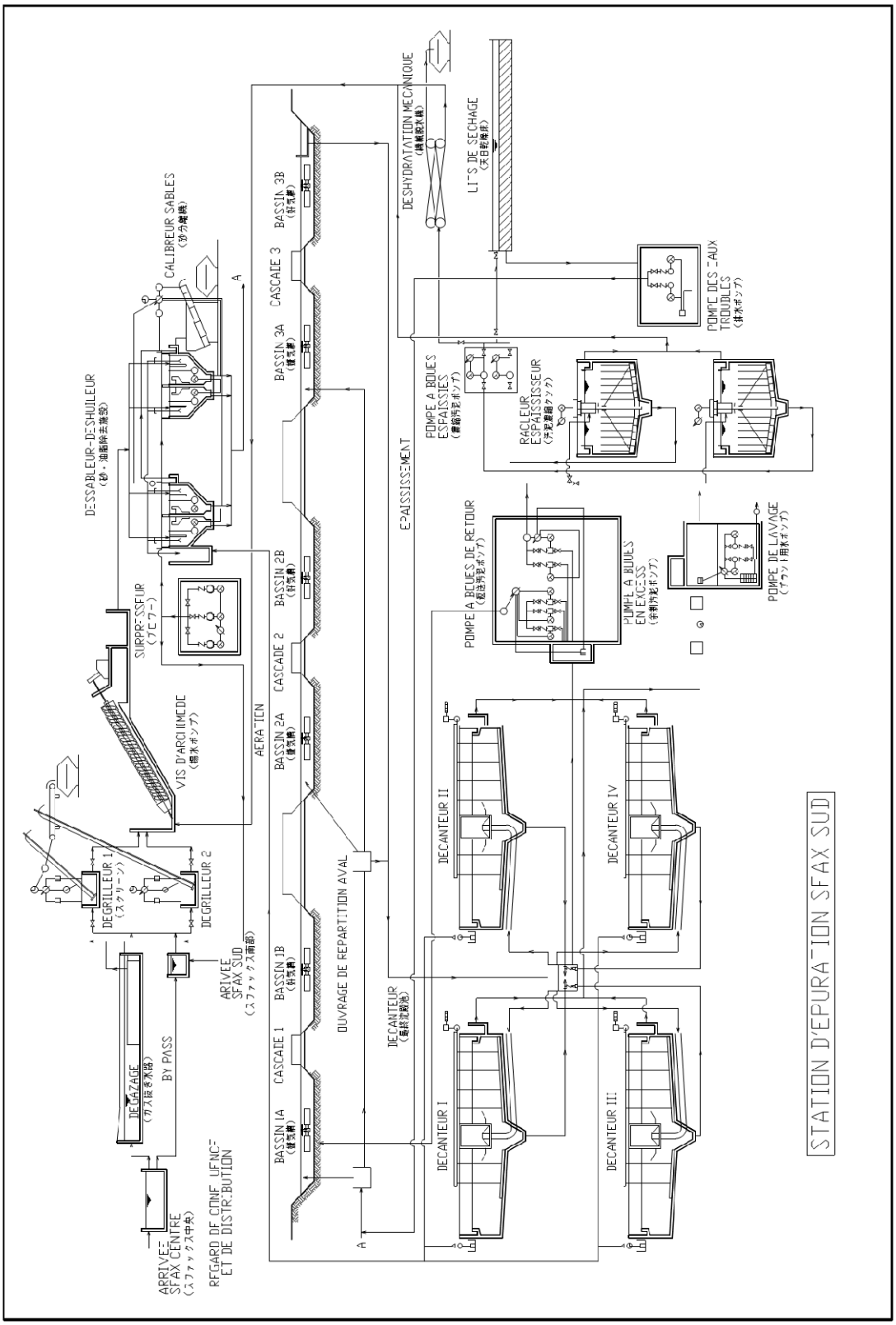



**図 4.3 スファックス南部下水処理場フローシート**

## 4.2 処理プロセスの評価

### 4.2.1 運転状況

#### (1) 運転データからの考察

・設計諸元値とONASから入手した運転データ(資料7参照)の比較は次のとおりである。

**表 4.5 運転データ**

| 項 目 | 処理水量 ($m^3$/日) | BOD (mg/ℓ) | | SS (mg/ℓ) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 流入 | 処理水 | 流入 | 処理水 |
| 設計諸元値 | 49,500 | 436 | 30 | 305 | 30 |
| 2011, 年間平均 | 34,028 | 415 | 67 | 480 | 64 |
| 2012(1月-8月)、平均 | 38,218 | 432 | 110 | 428 | 118 |

(出典:ONAS運転レポート)

・流入水量:2006年供用開始以降年々増加している。 2012年の月別では35,000$m^3$/日から43,000$m^3$/日の範囲であり、設計諸元値に近づきつつある。

・BOD値：現行の流入値は概ね設計諸元値程度であるが、処理水値は目標諸元値を大きくオーバーしており、処理機能に問題あることを示している。処理水値は年々悪化しており、2009年は40mg/ℓ 程度に対し、2011年は67mg/ℓ 、2012年は110mg/ℓ となっている。処理機能回復のために早急に何らかのプロセス改善が求められる。

・SS値：流入値、処理水値とも諸元値を大きくオーバーしており、これも処理機能に問題あることを示している。SSも処理水値は年々悪化しており、2009年は40mg/ℓ に対し、2011年には64mg/ℓ 、2012年は118mg/ℓ となっている。

・T-N(トータル窒素)平均値について、設計諸元値(流入70mg/ℓ 、処理水50mg/ℓ )に対し、2011年Annual Reportよると、流入84.1mg/ℓ 、処理水53mg/ℓ である。現行のステップ流入式硝化脱窒法は高い窒素除去率を得られる処理プロセスであるが、その機能が発揮されていない。

#### (2) 処理機能悪化の原因

反応タンク内混合液は黒色、最終沈澱池越流水は濃灰色で透視度がゼロであることなどから、汚泥の腐敗が進み施設全体が嫌気化状態になっており、適切な好気性処理機能が確保できていない。その原因は次のように考えられる。

a. 嫌気化した下水の流入。

b. 嫌気槽での撹拌不足に伴う汚泥堆積腐敗や好気槽での酸素供給不足に伴う嫌気化の進行。

c. 汚泥引き抜き処理不足により、系内に堆積した汚泥が腐敗化・嫌気化して施設内を循環し、処理に悪影響を及ぼしている。

d. 既設反応槽は1系列のみのため、機器故障等の不具合が発生して池を空にすると、池有効容量が大きく減少し、処理に悪影響を及ぼす。

e. 工場廃水の流入も問題とされている。特にオリーブ工場が稼働する10月から4月までに流入することが多く、毒性のフェノール排水が流入することもある。

### 4.2.2 プロセス内部の物質収支

・系内の固形物のバランスを検討するために設計諸元値と運転現況値にて物質収支計算を行った。その結果を資料5、要約を表4.6に示す。

**表 4.6 物質収支計算結果 1**

| 項　目 | 物質収支計算値 | | | 現況値 |
|---|---|---|---|---|
| | CASE.1:設計諸元値 | CASE.2:流入水量･水質現況値 | CASE.3:水量･水質現況値 | |
| 流入水量($m^3$/日) | 49,500 | 38,218 | 38,218 | 38,218 |
| 流入 SS(mg/ℓ) | 305 | 428 | 428 | 428 |
| 処理水 SS(mg/ℓ) | 30 | 30 | 118 | 118 |
| 余剰汚泥発生量(TonDS/日) | 12.3 | ***13.9*** | ***9.8*** | ***(現況処理量) 4.2*** |

・CASE.2 および CASE.3 の余剰汚泥発生量は各々13.9TonDS/日、9.8TonDS/日である。これに対して現況の余剰汚泥処理量はかなり少なく 4.2TonDS/日である。これらの差分は施設内に堆積腐敗し、系内を循環し嫌気化の原因ともなっている。汚泥処理が不足しているため、早急にこれらの堆積汚泥を排出処理し、健全な好気性処理機能を確保しなければならない。

### 4.2.3 処理プロセスの改善案

・現行のステップ流入式硝化脱窒法は窒素除去率が高く、日本でも実績が多い。同法に関する日本の設計手法に基づき既設の設計内容を確認したところ、設計諸元（池容量、返送率等）は概ね満足しており、
適切な運転が行われれば高い BOD 除去と窒素除去が可能である。よって、現行の同方式を継続することが推奨される。
・反応槽の処理運転の安定化および管理容易化のため、現行 1 系列を分割して 2 系列に改造する。改造概要案を図 4.4 に示す。
・嫌気槽での撹拌機能の改善、好気槽での酸素供給機能の改善を図り、施設内での汚泥堆積・嫌気化を防止する。
・適切な好気性処理機能を確保するために、系内に堆積循環している腐敗化汚泥を早急に系外へ排出処理しなければならない。そのために既設天日乾燥床および機械脱水機をフル稼働すべきである。また、今後、必要に応じて適時処理施設の増設が必要である。

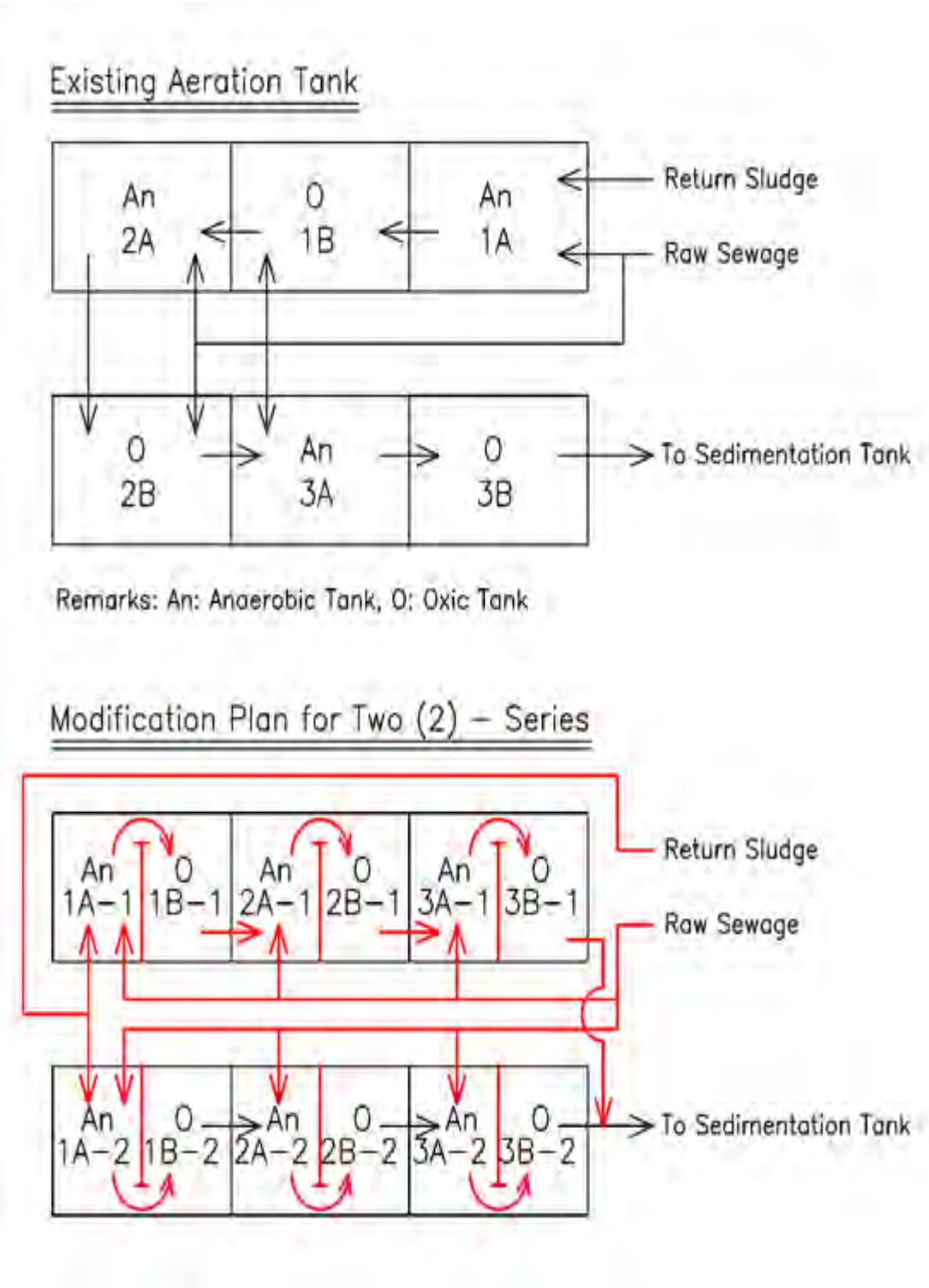



**図 4.4　反応槽 2 系列改造案**

### 4.3 各施設の機能診断

#### 4.3.1 予備処理施設

**(1) ガス抜き施設**

a. 施設概要

・設置目的：流入水をコンクリート水路に流下し、水路底部から空気吹き込むことにより流入水中のガス抜きを行う。

写真 4-1 ガス抜き水路 1

写真 4-2 ガス抜き水路 2

写真 4-3 ガス抜きブロワ

b. 運転状況及び問題点

・ガス抜きブロワは順調に運転されており、ガス抜きが行われている。
・ガス抜き水路は大気解放のため、臭気が拡散されている。
・流入下水の色は黒色であり、かなり嫌気化が進行している。
・タンクローリーにより、下水道管接続されていない地域のセプティック・タンク堆積汚泥が投入されている。一日あたり約 100㎥/日。これも嫌気化状態の汚泥であり黒色系である。

c. 改善案

・流入下水の嫌気化を低減する方策として、下水管内の堆積物清掃除去、また、必要ならば圧送管部での空気注入等を実施する。
・臭気ガス拡散が問題になる場合は、それを低減するために、水路にカバーを設けてガスを捕集し、ガスフィルター（生物床、活性炭等）を設けた方がよい。

**(2) 機械式スクリーン**

a. 施設概要

・設置目的：流入水中の夾雑物除去

写真 4-4 機械式スクリーン1

写真 4-5 機械式スクリーン 2

写真 4-6 搬送コンベヤ

b. 運転状況及び問題点

・現在、No. 1 のみ運転している。No. 2 は故障中であるが、一カ月以内に補修される予定。

・機械式スクリーンの機能は良好であり、目巾 6mm の仕様も妥当である。タイマーによる自動運転が行われている。ベルトコンベヤも特に支障なく運転されている。

・スクリーンかす発生量は、一日あたり約 5m$^3$。

c. 改善案

・日常のメンテナンスを適切に行うことにより機能保持される。

**(3) 揚水ポンプ設備**

a. 施設概要

・設置目的：機械スクリーンを通過した流入下水を砂・油脂除去装置流入レベルまで揚水する。

写真 4-7 揚水ポンプ全景

写真 4-8 ポンプ下端部

写真 4-9 ポンプ駆動装置

b. 運転状況及び問題点

・雨天時最大水量（7,400m$^3$/hr）時：予備なし全台運転、時間最大（3,770m$^3$/hr）時：1 台予備。

・現在、No. 1 および No. 3 が運転可。No. 2 は減速機補修中である。

・全機とも揚水機能に支障ないが、流入砂によるインペラー表面や外筒浸食による効率低下が認められるので、ONAS にて、近々インペラー表面補修や外筒コンクリート表面補修が行われる予定。

・No. 1 および No. 2 は設置後 29 年経過しており、数年後に更新が予定されている。

・水位計による台数制御自動運転が行われている。
・特に定期的なメンテナンスが必要な減速機の上に吊り上げ装置が無い。これはかなりの重量物なため取り外しに苦慮している。
・ポンプモーターは 2 速切替式である。

c. 改善案
・インペラーやコンクリート表面の浸食を低減するため、ポンプ上流部に砂除去施設を設置することが望ましい。
・減速機上部にメンテナンス用吊り上げ装置の設置が望ましい。

**(4) 砂･油脂除去施設**

a. 施設概要
・設置目的：流入水中の砂および油脂除去

写真 4-10 砂･油脂除去施設

写真 4-11 移動台車／スクレーパ

写真 4-12 砂分離機

b. 運転状況及び問題点
・No.1 および No.2 とも運転中であるが、No.1 は構造物・機械電気設備とも相当の経年劣化が認められる。ONAS による電気品等を含めた大幅な補修が予定されている。
・砂除去機能は確保されているが、油脂除去機能は低いと思われる。
・砂分離機は順調に運転している。砂発生量は、一日当たり約 5～6$m^3$/程度。
・除去装置用ブロワは順調に運転している。

c. 改善案
・油脂除去機能の改善について、油脂排出部にスクレーパの洗浄装置を設けることが提案される。

### 4.3.2 反応槽

#### (1) 反応槽

a. 施設概要

・処理方式：3 段ステップ流入式硝化脱窒法

・池型式：土堰堤式

・池諸元：既設反応槽諸元を表 4.7、反応槽詳細図を図 4.5 に示す。

**表 4.7 反応槽諸元**

| 段数 | 1 段目 | | 2 段目 | | 3 段目 | | 計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 池 No. | 1A | 1B | 2A | 2B | 3A | 3B | |
| 形態 | 嫌気 | 好気 | 嫌気 | 好気 | 嫌気 | 好気 | |
| ステップ流入比(%) | 40 | | 32 | | 28 | | |
| 流入量($m^3$/日) | 19,800 | | 15,840 | | 13,860 | | 49,500 |
| 池底面寸法(m) | 53×124 | 53×75.5 | 53×(45/90) | 53×(45/90) | 53×75.5 | 53×69 | |
| 池水深(m) | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | |
| 池容量($m^3$) | 25,000 | 16,000 | 16,000 | 16,000 | 16,000 | 16,000 | 105,000 |
| 滞留時間(hr) | | | | | | | 50.9 |

・汚泥返送比：100%、返送汚泥濃度：8,800mg/ℓ

・平均 MLSS 濃度：4,490mg/ℓ

・設計水温：冬季 15℃、夏季 27℃

・槽内 DO 濃度：2.0mg/ℓ

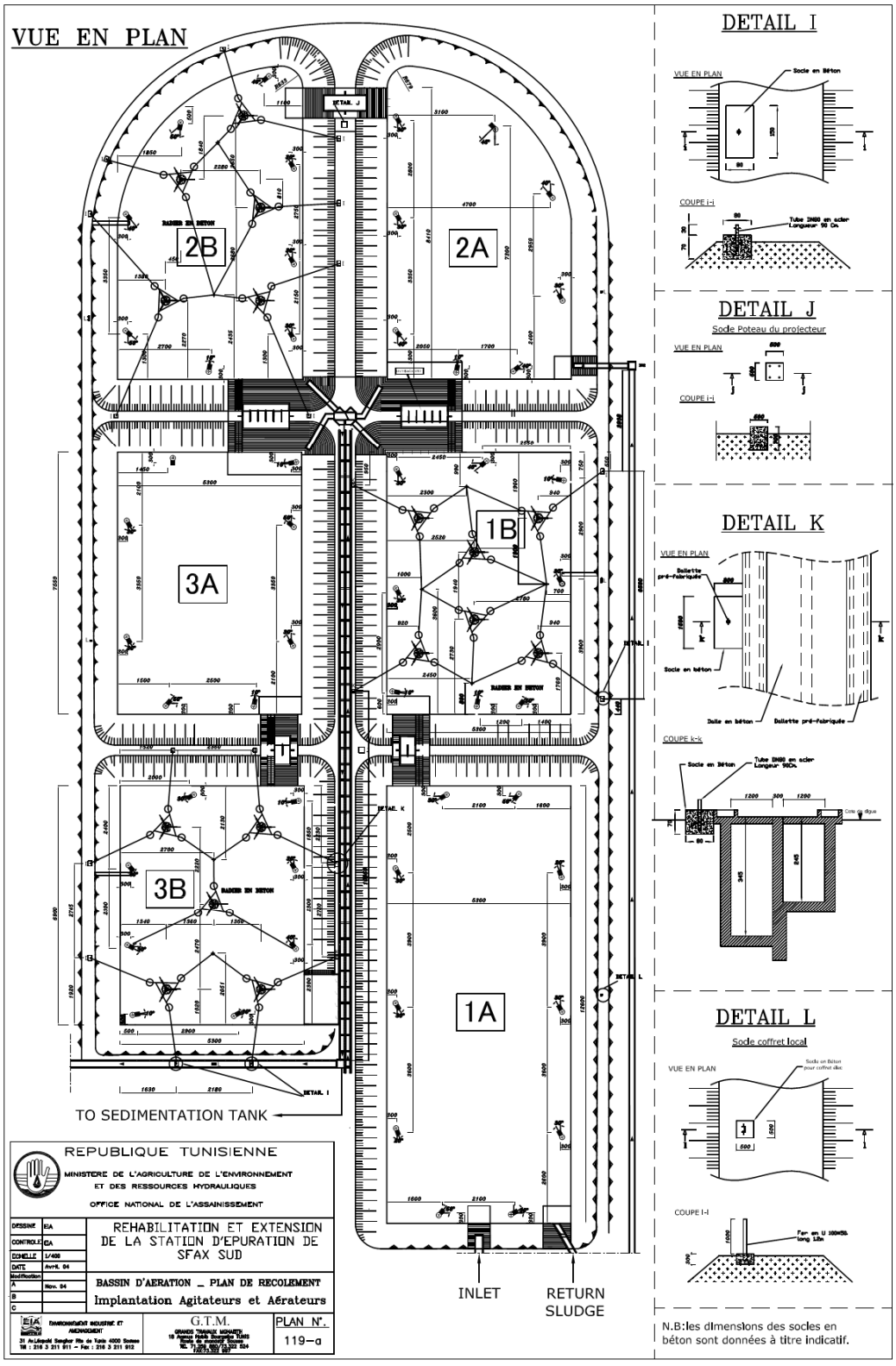



**図 4.5 既設反応槽詳細図**

b.　詳細設計および施工の状況

・詳細設計：

実施者：GKW CONSULT（ドイツ)、実施年：2000 年

・施工：

施工業者：Grands Travaux Meghaeith（チュニジア)・Environnement Industrie et Amenagement（チュニジア）　JV 、竣工年：2006 年

・既設アジテータおよびエアレーター型式採用理由について、詳細設計報告書に特に記載は無いが、機器そのものは、このような施設に一般的に使用されている型式である。ただし、メンテナンスのためには大掛かりなブリッジや吊り上げ装置が必要なところ、それらが設置されていない。

**(2)既設エアレーターおよびアジテータの運転状況**

表 4.8 に現状の運転可能台数を示す。アジテータおよびエアレーターとも稼働率が低く、処理に影響が大きい。

**表 4.8　既設アジテータおよびエアレーター運転可能台数**

注:運転可能台数／全設置台数

| 機　器 | 1A | 1B | 2A | 2B | 3A | 3B | 計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| アジテータ | 0/10 | 4/8 | 5/8 | 3/8 | 6/8 | 7/8 | 25/50 |
| エアレーター | ― | 1/6 | ― | 3/5 | ― | 4/5 | 8/16 |

**(3)　嫌気槽**

写真 4-13　嫌気槽 1A

写真 4-14　嫌気槽 2A

写真 4-15　取り外されたアジテータ

a.　運転状況及び問題点

・嫌気槽 1 A は、アジテータ故障補修のため、半年前から運転停止しており、現在は排水乾燥されている。底部には相当の汚泥が堆積している（約 0.5～0.6m)。

・嫌気槽では、故障機による稼働率低下もあり、撹拌能力不足が認められる。それに伴い底部に汚泥堆積が多く、その汚泥の嫌気化が進行し処理に悪影響を及ぼしている。

・嫌気槽および好気槽とも混合液は黒色であり、嫌気が進行している。

・アジテータは手動により間欠交互運転が行われている。

・撹拌能力不足により、槽内均一撹拌が行われていない。汚泥堆積防止のための底部流速（0.3m/s 以上）が確保されていない。

①現状の撹拌効果を確認するため、調査団は嫌気槽 3A の MLSS(混合液中浮遊固形物)濃度分布調査を行った。その結果を資料 7 水質データに示す。池岸から 2.0m 位置の水深 1.0m 付近：2,000～

3,000mg/ℓ 、水深 2.0m 付近：3,000～4,000mg/ℓ 、池中央部では、水深 2.0m 付近：11,000mg/ℓ 、水深 2.0m 以下では機器で測定不能、すなわち汚泥が堆積している。これより、故障機のこともあるが、総じて撹拌能力不足であることが認められた。
②撹拌に必要なエネルギー投入量(Pr)から検討すると次のとおりである。
Pr は池形状やアジテータ型式によって異なる。既設池形状（長方形池）および既設アジテータ型式（水中プロペラミキサー）の場合、一般に Pr＝4.0W/$m^3$ である。
A3 の場合、既設機の Pr＝5.5kW×8 台×1/16,000$m^3$＝2.75W/$m^3$＜4.0W/$m^3$。
よって、全台運転しても撹拌能力不足と考えられる。
③台数設定にあたって、故障や点検に伴う機器の稼働率が考慮されておらず、結果的に稼働率が低くなっている。
・メンテナンスが非常に困難である。
　アジテータ本体は水中のポストの底部に固定されており、かつ上部に吊り上げ装置無いため、日常的なアクセスおよび吊り上げ点検が不可能。点検するためには池を空にしなければならない。そのため、故障機が発生しても、それが複数台以上になってから池を空にして対処することにしている。故障機の対処は業者に外注している。
・故障原因の大部分はメカニカルシール部の漏れにより水中モーターが損傷している。このような水中モーター機器の場合は、予防保全として概ね 3 カ月に一回点検する必要があるが、現状ではその作業が不可能なので故障率が高くなっているものと推察される。また、適切な定期点検が実施されていないため、故障発生時は重故障になることが多い。

b. 改善案
・当施設において既設型式は適切ではなく、他型式に変更することが望ましい。
・変更案として、次の理由によりフロート付斜軸スクリューミキサーの採用が推奨される。ミキサー詳細については「資料８　アジテータ／エアレーター参考資料」参照のこと。
①モーターが水上部にあり、池岸に引き寄せることが可能。池を空にすることなく点検できる。水中モーター式に比べて点検頻度はかなり低減でき、機器寿命も長い。
②撹拌効果が高く、必要エネルギー投入量は既設機より小さい。

**(4) 好気槽**

写真 4-16　好気槽

写真 4-17　エアレーター

写真 4-18　エアレーター補修作業

a. 運転状況及び問題点
・エアレーターは手動による間欠交互運転が行われている。

・計画上の必要酸素供給量の確認：
詳細設計時の必要酸素量：除去 BOD1kg 当たり 2.4kg$O_2$
日本の設計手法による試算値：除去 BOD1kg 当たり 2.49kg$O_2$
よって、設計値は概ね妥当である。
・実際のエアレーター酸素供給能力不足：
詳細設計では全エアレーター24 時間運転で計画されているが、実際には機器管理上の間欠交互運転、点検や補修等を考慮して、稼働率を 0.8 程度に設定するが、詳細設計ではそれが考慮されていない。現状の運転台数で目標処理水 BOD を達成するための必要酸素供給量は次のとおりである。
130kg$O_2$hr/台×8 台×20hr／除去 BOD 量（38,218m$^3$/日×(432－30)mg/ℓ ×1/1000)
＝1.3kg$O_2$/除去 BODkg ＜2.4
現状ではあきらかに不足している。
既設エアレーターの単位酸素供給能力：130kg$O_2$hr/75kW＝1.73kg$O_2$/kW
・メンテナンスが非常に困難である。頻度の高い定期点検が必要な減速機を有するが、池内でのアクセスが困難であり、駆動部点検が容易ではない。モーター損傷が多い。
また、重量物のため駆動部交換する際はクレーン等が必要である。
・池内での均一混合撹拌を確保するため、アジテータとの併用が必要である。

b.改善案
・前述 a の問題点から、既設表面エアレーターの使用を継続するのは好ましくない。
・改善策として次の 2-CASE が考えられる。これらの概略比較検討結果を「資料 8 好気槽エアレーション方式の検討」に示す。
CASE.1:フロート･ブロワ付き斜軸スクリュー式エアレーターに変更
・酸素供給能力は 2.4kg$O_2$hr/kW であり、既設機に比べ電力費低減できる。
・アクセス容易。減速機が無いので点検頻度も少なく機器寿命も長い。
・撹拌効果高いので、別途アジテータは不要。その分もコスト低減できる。
・既設構造物の改造は必要ない。
CASE.2:散気装置＋ブロワ方式に変更
・エネルギー効率は良いが、散気装置設置のためには池底を水平にすることが重要であり、そのためのコンクリート工事やブロワおよび空気配管の新設、ブロワ室の建設、等が必要である。
・池形状から見て、散気装置の効率的な配置方法や攪拌機の併用の要否等について、さらなる詳細検討が必要である。
・散気装置の酸素溶解効率は水深に比例するが、既設池水深は 3.5m であり、その分酸素溶解効率が小さくなるので詳細検討必要。

今回の検討においては、次の理由により CASE.1 の採用が推奨される。
・当処理場においてはエアレーション設備を早急に改善しなければならない。その点では工期が短い CASE.1 が有利。
・費用面では構造物改造不要の CASE.1 が有利。また、この型式は機器寿命が長く、稼働実績から見て適切なメンテナンスが実施されれば概ね 15 年以上使用できる。
・維持管理面では稼働機器数の少ない CASE.2 が有利と言えるが、CASE.1 の機器は構造シンプルで

メンテナンスも容易である。

### 4.3.3 最終沈澱池設備

#### (1) 最終沈澱池汚泥掻寄機

a. 施設概要

・設置目的：反応槽流出水の沈降固液分離

写真 4-19 最終沈澱池

写真 4-20 汚泥引抜ゲートピット

写真 4-21 浮遊物除去装置

b. 運転状況及び問題点

・4 池とも運転中である。既設水面積負荷は妥当な値である。

・浮遊物除去装置（ガイドプレート＋水中ポンプ）がうまく機能していない。

・汚泥引抜きはポンプ直接引き方式ではなく、沈澱池と汚泥ピットの水位差による自然流下引き抜き方式である。そのため汚泥引き抜き管が閉塞した場合、その対応に苦慮している。現場調査時に No.4 池の引き抜き管が閉塞しているため、池内に相当の汚泥堆積が認められた。これも汚泥腐敗・嫌気化の一因でもある。

c. 改善案

・浮遊物除去装置の方式を変更する。浮遊物スキマー＋浮遊物受けボックス（越流部）に変更・改造し、浮遊物は池外に排出する。

・汚泥引き抜き管のフラッシング運転を容易に、かつ頻度多く実施するために、既設手動ゲートを電動化する。

#### (2) 返送汚泥ポンプ

a. 施設概要

・設置目的：最終沈澱池から反応槽へ汚泥を返送する。

型式：パイプケーシング内水中モータポンプ（可変速）

仕様：750ℓ /s×3.4mH×45kW×（2 units duty + 1 unit standby）

写真 4-22　返送汚泥ポンプ棟

写真 4-23　返送汚泥ポンプ

写真 4-24　吐出管

b.　運転状況及び問題点
・ポンプ容量は必要返送汚泥量を十分に満足している。
・現在 2 台運転可、 1 台補修中。
・故障の原因はメカニカルシールの漏れが多い。
c.　改善案
・水中ポンプのメカニカルシールについては、定期点検を適切に行うことで、故障の頻度を低減可能。

**(3) 余剰汚泥ポンプ**

a.　施設概要
・設置目的：最終沈殿池から余剰汚泥を引き抜き汚泥濃縮タンクへ送泥する。

写真 4-25　余剰汚泥ポンプ

写真 4-26　吐出管

写真 4-27　余剰汚泥ポンプ

b.　運転状況及び問題点
・2 台とも運転可。今のところ特に問題なし。

c.　改善案
・特になし

### 4.3.4 汚泥処理設備

**(1) 汚泥発生量の見直し**

・流入 SS 濃度上昇に伴い汚泥発生量の見直しを行う。
・詳細設計時では、濃縮汚泥濃度 5. 0%とされているが、一般に余剰汚泥の重力濃縮では厳しい値であり

実績も 3%程度である。よって 3.0%に変更する。

・「資料 5 物質収支計算」の結果要約を表 4.9 に示す。

**表 4.9 物質収支計算結果 2**

| 項 目 | | 単位 | CASE.1-1<br>詳細設計諸元 | CASE.1-2<br>今回見直し | CASE.2<br>現況流入条件 | 備 考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.計算条件 | 下水量 | $m^3$/日 | 49,500 | 49,500 | 38,218 | |
| | 流入 SS | mg/ℓ | 305 | 430 | 428 | 実績値で見直し |
| | 濃縮 SS | % | 5.0 | 3.0 | 3.0 | 今回見直し |
| 2.余剰汚泥 | 固形物 | DSkg/日 | 12,335 | 18,139 | 13,933 | |
| | 濃度 | % | 0.8 | 0.8 | 0.8 | |
| | 汚泥量 | $m^3$/日 | 1,542 | 2,267 | 1,742 | |
| 3.濃縮汚泥 | 固形物 | DSkg/日 | 11.102 | 16,325 | 12,540 | |
| | 濃度 | % | 5.0 | 3.0 | 3.0 | |
| | 汚泥量 | $m^3$/日 | 222 | 544 | 418 | |
| 4.脱水汚泥 | 固形物 | DSkg/日 | 9,991 | 14,693 | 11,286 | |
| | 濃度 | % | 25.0 | 25.0 | 25.0 | |
| | 汚泥量 | $m^3$/日 | 40 | 59 | 45 | |

**(2) 汚泥濃縮タンク**

a. 施設概要

・設置目的：余剰汚泥の濃縮および沈降固液分離

写真 4-28 汚泥濃縮タンク全景

写真 4-29 汚泥濃縮タンク 1

写真 4-30 汚泥濃縮タンク 2

b. 容量チェック

・固形物面積負荷：

CASE.1-1 詳細設計時：46.5kgDS/日

CASE.1-2 今回見直し：68.4kgDS/日、概ね妥当な値である。

c. 運転状況及び問題点

・2 槽の交互バッチ運転を行っている。機能上は問題ない。

・タンク内汚泥は引き抜き不足のため嫌気化が進行している。

d. 改善案

・運転管理上、毎日適量の汚泥引き抜きが必要である。

### (3) 濃縮汚泥ポンプ

a. 施設概要

・設置目的：汚泥濃縮タンクから濃縮汚泥を引き抜き天日乾燥床あるいは機械脱水機に送泥する。

写真 4-31 濃縮汚泥ポンプ 1

写真 4-32 濃縮汚泥ポンプ 2

写真 4-33 濃縮汚泥ポンプ 3

b. 容量チェック

CASE.1-2 における既設ポンプ運転時間：544m³/日／90m³/hr ＝ 6.0hrs/日、特に支障なし。

c. 運転状況及び問題点

・2 台とも運転可であり、今のところ問題なし。容量としては計画発生汚泥量に対し役 10 時間運転。

d. 改善案

・運転管理上、毎日適量の汚泥引き抜きが必要である。

### (4) 天日乾燥床

a. 施設概要

・設置目的：濃縮汚泥を脱水乾燥する。

写真 4-34 天日乾燥床 1

写真 4-35 天日乾燥床 2

写真 4-36 乾燥汚泥

b. 容量チェック

・既設乾燥床面積：幅 12m×長 30m×58 床＝20,880m²

・CASE.1-2 今回見直し値での必要面積：544m³/日×30 日×1/0.5m ＝32,640m²

・CASE.2 現況流入条件での必要面積：418m³/日×30 日×1/0.5m ＝25,080m²

・上記計算結果から、CASE.1-2、CASE2 とも既設乾燥床では容量不足である。

c.　運転状況及び問題点
・乾燥日数は夏季 15 から 20 日、冬季最大 40 日程度。
・現状では乾燥効果高い。

d.　改善案
・運転管理上、天日乾燥床を効率的に運用し、汚泥処理量を増加させるべきである。
・今回見直し発生汚泥量に対しては、既設乾燥床では容量不足である。
詳細設計時は全量乾燥床で処理するものとして、機械脱水機は予備的扱いであったが、今後は乾燥床と機械脱水機の併用運転が望ましい。

**(5) 機械脱水機**
a.　施設概要
・設置目的：濃縮汚泥を脱水する。

写真 4-37　機械脱水機

写真 4-38　機械脱水機

写真 4-39　高分子凝集剤設備

b.　運転状況及び問題点
・機器機能上は特に支障なく運転可であるが、処理能力が小さい。
・長時間運転するためには相応の人員が必要であり、現在確保できていない。
現在は天日乾燥床を主に使用している。

c.　改善案
・天日乾燥床と併用運転するが、必要汚泥処理量に応じて、脱水機の増設を検討する必要がある。
・脱水機運転に関わる人員増が必要である。
・機械脱水機増設台数の検討：
対象汚泥量：発生汚泥の 50%とする。
型式：既設と同様にベルトプレス型と仮定する。
ろ過速度：最大 300kgDS/m/hr と設定する。
運転時間：6 時間/日、5 日/週、と仮定する。
CASE.1-2：
必要ろ布幅：16,325 × 0.5 × 7/5 × 1/6 × 1/250 －既設機（1.6m）= 6.0m、
余裕を見て、ろ布幅 2.5m×3 台増設とする。
CASE.2：現況

必要ろ布幅：12,540 × 0.5 × 7/5 × 1/6 × 1/250 －既設機（1.6m）= 4.3 m、
当面、天日乾燥床処理能力を考慮し、ろ布幅 2.5m × 1 台増設とする。

### 4.3.5 その他ポンプ設備

#### (1) プラント用水ポンプ

a. 施設概要

・設置目的：場内洗浄水、脱水機洗浄水、薬品溶解水等のプラント用水を供給するものである。

写真 4-40 プラント用水ポンプ棟

写真 4-41 プラント用水ポンプ

写真 4-42 プラント用水ポンプ

b. 運転状況及び問題点

・2 台とも運転可、今のところ問題なし。

c. 改善案

・特になし

#### (2) 排水ポンプ

a. 施設概要

・設置目的：機械脱水機や天日乾燥床からの排水を受ける排水ピットに設置し、反応槽流入部へ返水する。

b. 運転状況及び問題点

・2 台とも運転可、今のところ問題なし

c. 改善案

・特になし

### 4.3.6 電気設備

#### (1) 監視制御設備の問題点と対策

a. 施設概要

・中央監視設備は、管理棟制御室にグラフィック監視操作盤、監視用自動制御盤及び情報処理 PC（パソコン）が設けられている。

・グラフィック監視操作盤は、スファックス南部処理場の処理プロセスについて運転表示や操作モ

ード表示及び警報を表示し、デスク部の操作スイッチによって運転モード切換えや運転停止操作を行っている。
・監視用自動制御盤（Synoptique）では、電気室自動制御盤からの情報信号を受信してグラフィック監視操作盤に表示信号を出力し、監視操作盤からの操作信号を電気室自動制御盤へ送信している。
・情報処理 PC は、グラフィック画面表示や操作機能、プロセス計装表示、統計データ処理等の必要な機能を有している。

写真 4-43
監視操作盤

写真 4-44
監視用自動制御盤

写真 4-45
情報処理 PC

b.　運転状況及び問題点
・変圧器棟（TGBT/TMT）、管理棟（TBE）、スクリーン・揚水ポンプ設備（TPT）、返送汚泥ポンプ棟（TBB）電気室の自動制御盤及び管理棟制御室の自動制御盤（Synoptique）が十分な機能を発揮していない。
・主な原因としては電気室の自動制御盤におけるプログラマブルコントローラの CPU、電源、入出力装置に問題が生じていると考えられる。
・グラフィック監視操作盤は、必要なプロセス表示機能や操作機能を有しているが、一部の計器に動作不良が生じている。
・情報処理 PC は十分な情報量と表示機能や操作機能を有している。しかし、自動制御盤が機能不全になっているため十分な機能が果たせない状況である。
・これら問題点の原因は、電気室・制御室の環境維持が不十分であること、及び自動制御盤に換気機能が設けられていないことが挙げられる。特に電子機器で構成される自動制御盤や情報処理 PC は、それらを設置する室内環境を要求される条件に維持しなければならない。例えば、室内温度を 40℃以下に維持することや、埃・湿気・腐食性ガス等を侵入させてはならない。

写真 4-46
監視操作盤（裏面）

写真 4-47
監視用自動制御盤（内部）

写真 4-48
管理棟電気室ドア

c. 改善案

① 空調設備の設置

・第一に優先すべきことは、電気室及び制御室の空調設備を改修設置することである。
・その方法としては、空調設備を設ける方法と換気設備を設ける方法が考えられる。
・換気設備による方法は、多量の外気を取り入れるために埃やガスが侵入し塩害による腐食等のリスクを負うと考える。
・そこで、外気の取り入れを出来るだけ抑える方法として空調設備方式を推奨する。
・既設においても空調設備が設けられていたが室外機の故障によって機能停止となった。その原因は、空調機器の材質・仕様が本処理場の立地条件に合っていなかったものと考えられる。本処理場は、塩害を受けやすいことや隣接する事業所からリン鉱石のほこりが侵入すること及び処理場内の腐食性ガスによる影響を受けるなど非常に環境条件が厳しい場所に立地している。
・従って、空調設備を設置する場合は十分な対策を講じることが必要である。
・その方法は外部に設置する冷房機仕様を重耐塩害仕様や耐腐食性ガス仕様にすることである。
・また、外部室外機を定期的に水洗いしてメンテナンスすることも有効と考えられる。
・そのため、室外機は清掃などのメンテナンス可能な場所に設置して近くに水洗い用散水栓を設けるなどの対策を行うことが必要である。

② 電気室等の運営方法改善

・電気室や制御室のドアは埃やガスが侵入しないように常時閉鎖して運営する。
・また、自動制御盤や監視操作盤のドア、背面パネル等は外したままにしない。
・自動制御盤等のケーブル用開口は密閉する。

③ 盤内の換気

・自動制御盤の盤内部が温度上昇しないよう給気開口（フィルタ付き）や換気ファン機能を設けたものにする。この方法は、ファンやフィルタの取替え等の新たな維持管理を必要とするが、高価で重要な自動制御盤の機能を維持するためには必要な対策である。

写真 4-49
参考例-換気口フィルタ（日本）

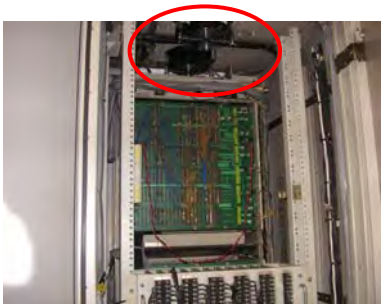


写真 4-50
参考例-換気ファン（日本）

### (2) 受変電設備の問題点と対策

a. 施設概要

・本処理場内の使用電力はチュニジア電力会社から 30kV1 回線で変圧器棟（TGBT）に受電している。
・変圧器は 1250kVA，2 バンクにより 30kV/0.4ｋＶに降圧して処理場内のサブ電気室に配電している。

b. 運用状況及び問題点

・変圧器室や電気室の換気が不足している
・搬出入口を開放しているため鳥が侵入し電気系統に鳥の巣が出来て危険な状況が生じている。
・変圧器系統の点検は全体停電によって行わなければならない。
・これは、日常のメンテナンスでは対応が困難である。

写真 4-51
変圧器棟電気室ドア

写真 4-52
変圧器一次断路器

写真 4-53
変圧器

c. 改善案

① 空調設備の設置

・前記と同様に、変圧器室及び電気室に空調設備または換気設備を改修設置することである。
・変圧器室は多量の発熱量が発生するため、換気設備による方法が適当と考えられる。
・換気設備による方法では、外気の給気口から埃や雨が侵入しないようフィルタを設け、開口部をフード形式にすることや鳥などの侵入を防ぐために防鳥網を設けることが必要である。

② 変圧器室等の運営方法改善

・前記と同様、電気室や制御室のドアは埃やガスが侵入しないように常時閉鎖して運営する。
・配電盤のドア、背面パネル等は外したままにしない。
・配電盤等のケーブル用開口は密閉する。

③ 2 系統構成の構築

・受変電系統を 2 系統構成として部分停電によるメンテナンスを可能にする。そのために変圧器一次開閉器の構成見直しや変圧器二次母線に開閉器盤設置を行う。

④ 閉鎖形配電設備形式

・将来的には閉鎖形配電設備形式に見直して安全性や維持管理性の向上を図ることが必要である。

d. 高調波発生の問題点と対策

・回転数制御装置やその他の要因により電気系統に高調波が発生して問題となっている。
・コンデンサ設備の過負荷及び電磁接触器の過負荷や故障の一因になっていると考えられる。

写真 4-54
コンデンサ盤電磁接触器（焼損）

写真 4-55
コンデンサ盤

・コンデンサ設備に直列リアクトルを設けることや、電磁接触器選定において余裕を見込んだ機器選定を行うことが必要である。
・高調波は将来的には増加していくことが予想される。そのため、将来は高調波抑制対策フィルタや高調波抑制用コンバータ等の設置が必要と考える。

### (3) 電気室の問題点と対策

a. 施設概要

・本処理場では変圧器棟(TGBT)からの電源供給を受けて、エアレーション設備のための管理棟(TBE)、スクリーン・揚水ポンプ設備（TPT)、返送汚泥ポンプ棟（TBB）電気室のサブステーションを構成している。

b. 運用状況及び問題点

・前記の通り、設備への影響として、臨海部に立地して塩害を受けやすいことや隣接する事業所からリン鉱石のほこりが侵入すること及び処理場内の腐食性ガスによる影響を受けることがあげられる。
・電気室環境は、機器の機能保持や長寿命実現のために良好な環境にしなければならない。
・電気室は埃や腐食性ガスの侵入を防ぎ、一定温度以下の良好な環境を実現しなければならない。
・現状は空調設備が故障して機能が発揮できていない。
・換気ファンに取り換えた個所もあるが、機能的に不十分な状況である。

写真 4-56
管理棟電気室

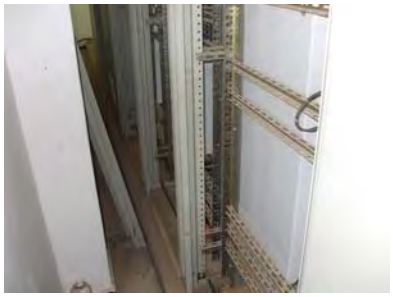


写真 4-57
返送汚泥ポンプ盤（裏面）

写真 4-58
前処理電気室ドア

c.　改善案

① 空調設備の設置

・対策としては、空調設備を新たに設置することが優先される。

・何故なら、換気ファンによって多量な外気を取り入れることは機器の腐食やほこりの侵入を招くために好ましくないためである。

・空調設備を設置する場合も十分な対策を講じることは前記のとおりである。

・また、換気ファンによる対策を行うことも考えられる。

・その場合は、外気の給気部に適切なフィルタ装置を設置して、塩害対策やほこりの侵入を防止する対策が必要である。

② 電気室の運営方法改善

・前記と同様、電気室のドアは埃やガスが侵入しないように常時閉鎖して運営する。

・配電盤のドア、背面パネル等は外したままにしない。

・配電盤等のケーブル用開口は密閉する。

### (4) 自家発設備の問題点と対策

a.　施設概要

・本処理場では変圧器棟（TGBT）発電機室に非常用発電装置 0.4kV，500kVA を設置している。非常用発電機からの電源は、スクリーン設備、揚水ポンプ設備、曝気槽攪拌機及び最終沈殿池設備等に電源供給が行われる。

b.　運用状況及び問題点

・維持管理では週 1 回 15 分，1 月当たり 1 時間の試運転が行われている。

・現状では特に問題は見られないがラジエーターに発錆が見られる。

写真 4-59
自家発電機

写真 4-60
排ガス消音器

写真 4-61
自家発排気口（屋外）

c.　改善案

・ラジエーター排気口からの外気侵入により発錆が進行しているものと考えられる。

・ラジエーター排気口にフード形式の外気侵入を防止する処置が必要である。

### (5) 計装設備の問題点と対策

a.　施設概要

・本処理場では、処理プロセスの制御、監視及び運転管理のために計測装置を設置している。

b.　運用状況及び問題点

・スクリーン上流下流水位計は十分な機能となっていない。

・曝気槽 No. 2DO 計は設置位置が流入部となっている。さまざまな設置位置を検討した結果ではあるが、適当な位置とは考えられない。また、No. 2DO 計は故障中である。

写真 4-62
No.2DO 計

写真 4-63
返送汚泥流量計ピット

写真 4-64
返送汚泥流量計

・返送汚泥流量計、余剰汚泥流量計及び汚泥脱水機供給汚泥流量計は、現場指示計が地下ピット内や天井下の高所に設置しており，現場での計測値確認が容易でない状況である。

・放流水水質測定装置では電気伝導度計が故障中である。

写真 4-65
脱水機供給汚泥流量計（全景）

写真 4-66
脱水機供給汚泥流量計（拡大）

c.　改善案

・スクリーンの自動制御はタイマー制御により十分な機能を発揮している。よって、上流下流水位計による自動制御は特に継続しなくてもよいと考えられる。

・曝気槽 DO 計は曝気槽内の DO 分布が一定でないことから、一部の DO 測定は可搬式の採用により DO の確認を容易にすることが考えられる。

・返送汚泥流量計等の現場指示計が本体の指示計しかない状況である。

・そのため、現場指示値を読み取るために、地下の流量計ピットに降りて確認しなければならない。

・地上または電気室に流量指示計を設けることが必要である。

### (6) ケーブルの問題点と対策

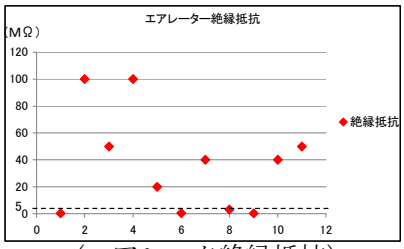
a.　施設概要

・本処理場では、電動機の電源ケーブル等に問題が生じている。

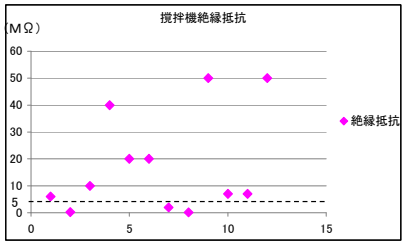
b.　運用状況及び問題点

・曝気槽のエアレータや撹拌機等でケーブル及びモーター回路の絶縁低下が問題となっている。

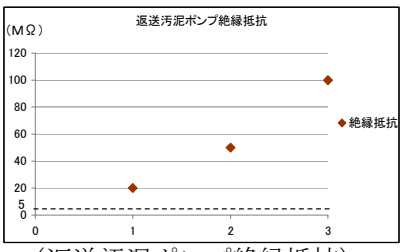
・稼働中のエアレータ、撹拌機及び返送汚泥ポンプについて、絶縁抵抗を測定した。その結果を下図に示す。




（エアレータ絶縁抵抗）




（撹拌機絶縁抵抗）




（返送汚泥ポンプ絶縁抵抗）

図 4.6　絶縁抵抗測定結果

（注記）1. 判定基準は 5MΩ以上を合格とする。
2. 100 は 100MΩ以上を示す。

・上図によると、測定した機器において判定基準の 5MΩ以上を満足していない機器が多数存在している。そのため、早急な対策が求められている状況である。

・原因として以下の点が挙げられる。

・ケーブルの張力がジャンクションボックスのケーブル端子に直接掛かっている。

・ケーブルの接続端子が密閉施工されていない。

写真 4-67
エアレータ（全景）

写真 4-68
ジャンクションボックス

写真 4-69
ジャンクションボックス（下部）

・ケーブル保護の施工が出来ていない。

写真 4-70
スクリーン上流水位計

写真 4-71
スクリーン操作盤

写真 4-72
揚水ポンプモーターケーブル

c. 改善策
・必要なケーブルサポートを行ってケーブルの施工方法を改善する。
・水中ケーブルは適切な仕様のケーブルを用いる。
・ケーブル保護管等を用いて適切なケーブル保護を施工する。

## 4.4 F/S 調査結果の妥当性検討

### 4.4.1 F/S 調査の提案内容

ONAS はスファックス南部処理場のリハビリに関する F/S 調査を現地のコンサルタントへ委託した。レポートは 2012 年 10 月現在で、まだドラフトの状態であり、ONAS が内容を吟味・コメント作成中である。したがって、内容はまだ最終化されたものではないが、以下に F/S で提案されたリハビリの内容を記述する。

#### (1) リハビリ・改善のシナリオ

F/S 調査においては、短期、中期、長期の目標としてそれぞれ 2016 年、2026 年、2031 年の将来を設定している。各将来年次の流入下水量と BOD 量を予測し、これに対応して施設を段階的にリハビリ、改善するよう提案している。その際、次に示すように将来ともスファックス南部処理場を使い続ける場合と、新しい処理場を別の用地に建設し、スファックス南部処理場の機能を段階的に新しい処理場に移し最終的には既存の処理場を廃止する 2 通りのシナリオを作成している。

**表 4.10 リハビリ・改善のシナリオ**

| シナリオ | スファックス南部処理場 | 新処理場 | 合計 |
|---|---|---|---|
| 1. スファック南部処理場を使い続ける | 2016: BOD 21.6 t/日<br>2026: BOD 30t/日<br>2031 BOD 40t/日 | -<br>-<br>- | 2016: BOD 21.6 t/日<br>2026: BOD 30t/日<br>2031 BOD 40t/日 |
| 2. スファックス南部処理場を将来的に廃止する | 2016: BOD 21.6 t/日<br>2026: BOD 15t/日<br>2031 BOD 15t/日 | -<br>2026: BOD 15t/日<br>2031 BOD 25t/日 | 2016: BOD 21.6 t/日<br>2026: BOD 30t/日<br>2031 BOD 40t/日 |

スファックス処理場を将来的に廃止するシナリオの背景には、現在の用地が今後進展する都市化の影響にさらされること、近隣に処理水を農業利用する場所がないこと、土質の状態が良くないこと等がある。

#### (2) スファックス南部処理場のリハビリの提案内容

シナリオ１とするか 2 とするかの結論は、現段階では決定されていないが、シナリオ１及び２のいずれのケースにおいても、少なくとも 2031 年まではスファックス南部処理場を使い続ける続けることになる。

F/S レポートにおいては、シナリオ１については、短期（2016 まで）と長期（2016 以降）とに区分してスファックス南部処理場において必要とされるリハビリの内容を提案している。また、この短期のリハビリの内容は、シナリオ 2 においても 2031 年までは同じ内容である。

シナリオ１において提案されているリハビリの内容は表　4.11 のとおりである。

**表 4.11 F/S で提案されているリハビリの内容**

| ターム | 区分 | 施設 | リハビリの内容 | 摘要 |
|---|---|---|---|---|
| 短期<br>（2016 まで） | 予備処理 | グリース除去装置 | 機械設備のリハビリ | |
| | | 除砂・油装置 | 機械設備のリハビリ | |
| | | $H_2S$ 除去水路 | 滞留時間、空気量を増やし能力強化する。バイオフィルターを設置する。 | |
| | | スクリューポンプ | 古い 2 台のリハビリ | |
| | 反応槽 | A1 層 | 容量を 15,000$m^3$ に減らし、阻流板を設置し水流を確保する。ミキサーの増設、設置位置の変更 | |
| | | A2, A3 | 無酸素槽を好気槽に変え、エアレーションを散気板方式にする。 | |
| | | B1, B2, B3 | エアレーションを散気板方式にする。 | |
| | 二次処理 | 最終沈殿池 | スカム除去装置、汚泥掻き寄機のリハビリ | |
| | 汚泥処理 | 返送汚泥ポンプ・余剰汚泥ポンプ室 | スピード・バリエータの取り替え、エアコンの設置、電気盤のリハビリ | |
| | 計装 | 電気制御盤 | 部品のリハビリ | |
| | その他 | Salines ポンプ場 | 除砂設備の設置 | |
| 長期<br>（2016 以降） | 予備処理 | | 短期のリハビリで対応＋増設 | |
| | 一次処理 | 最初沈殿池 | 新たに設置 | |
| | 反応槽 | | 短期のリハビリで対応。最初沈殿池設置により BOD 負荷が半減する。 | |
| | 二次処理 | 最終沈殿池 | 短期のリハビリで対応＋増設 | |
| | 汚泥処理 | 汚泥消化施設 | 新たに設置 | |
| | | | | |

特筆すべきリハビリ内容として、処理プロセスを現在用いられているステップ流入式三段硝化脱窒法から嫌気・好気活性汚泥法に変更していることがあげられる。

### 4.4.2 提案内容の妥当性検討

シナリオ１，２のいずれにおいても、スファックス南部処理場は当面の間、使い続けられる。そこで、F/S で提案されている短期のリハビリ内容の妥当性を検討する。

提案されているリハビリの内容は、施設・装置のリハビリと処理プロセスの変更とに分けられる。提案されている施設・装置個々のリハビリ内容については、当調査団も現地で施設の状態を調査し、同様のリハビリの必要性をを確認した。

一方、F/S で提案されている処理プロセスの変更は、短期的に実施する対策としては、以下のような問題がある。

- 現在のスファックス南部処理場の処理方式（ステップ流入式三段硝化脱窒法）は、流入下

水中のの高濃度窒素の除去および地中海の水質保全に関する多国間条約であるバルセロナ条約を踏まえて 2000 年に再設計されたもので、適正な運転管理を行えば 70-80%の窒素除去が可能である。

一方、提案されている処理プロセス（嫌気・好気活性汚泥法）は反応槽の処理能力を増やすことを目的とされているが、この方式は基本的にリン除去に適した方法であり、窒素除去に大きな期待はできない。また、F/S の短期(2016 年)対応の流入水量は 49,500m³/日であるが、もともと既設の計画水量と同じ値であり、現在の流入 BOD も計画値と大差ない。よって、現段階で早急に反応槽の処理能力を増やす必要性はないものと考えられる。

これより、現況の高い流入窒素濃度からみて、処理水水質基準を安定的に確保することを重視して、当面は現行のステップ流入式三段硝化脱窒法を継続することが推奨される。

- 散気板によるエアレーションは、エネルギー効率において機械式ばっ気よりも優れているが、現在の池に設置するためには、装置を置く池の底面の仕上げ（コンクリートを打設し、水平に仕上げる）が必要であり、こうした付帯的な工事に費用と時間がかかる。また、散気板の酸素溶解効率は水深に比例するが、既設の池は水深 3.5m と比較的浅いため、その分効率が小さくなることを考慮する必要がある。
- エアレーションするためには、送風機設備と空気管の敷設が必要である。こうした新たな建築施設や機械・電機設備の建設が必要となる。

**表 4.12 F/S の提案内容の妥当性の判断結果**

| 区分 | 施設 | F/S 提案のリハビリ内容 | 妥当性の判断 |
|---|---|---|---|
| 予備処理 | グリース除去装置 | 機械設備のリハビリ | 妥当である |
| | 除砂・油装置 | 機械設備のリハビリ | 妥当である |
| | $H_2S$ 除去水路 | 滞留時間、空気量を増やし能力強化する。バイオフィルターを設置する。 | 妥当である |
| | スクリューポンプ | 古い 2 台のリハビリ | 妥当である |
| 反応槽 | A1 層 | 容量を 15,000m$^3$ に減らし、阻流板を設置し水流を確保する。ミキサーの増設、設置位置の変更 | 窒素の除去効率が落ちる。散気板設置にかなりの土木付帯工事が必要。送風設備、空気管の新設が必要となり、短期的なリハビリ方法としては問題がある。 |
| | A2, A3 | 無酸素槽を好気槽に変え、エアレーションを散気板方式にする。 | |
| | B1, B2, B3 | エアレーションを散気板方式にする。 | |
| 二次処理 | 最終沈殿池 | スカム除去装置、汚泥掻き寄機のリハビリ | 妥当である |
| 汚泥処理 | 返送汚泥ポンプ・余剰汚泥ポンプ室 | スピード・バリエータの取り替え、エアコンの設置、電気盤のリハビリ | 妥当である |
| 計装 | 電気制御盤 | 部品のリハビリ | 妥当である |
| その他 | Salines ポンプ場 | 除砂設備の設置 | 妥当である |

## 4.5 施設改善のための技術提案

### 4.5.1 プロセス及び施設改善のための技術提案

#### (1) 技術提案

プロセスおよび施設改善のための技術提案を表 4.13 に示す。なお、表中の技術提案のうち、改善を要する項目の実施優先度（A＞B＞C）を記述する。

**表 4.13 プロセスおよび施設改善のための技術提案**

| 区分 | 施設 | 技術提案 | 優先度 |
|---|---|---|---|
| 処理プロセス | | ・窒素除去に優れる現行のステップ流入式硝化脱窒法を継続する。嫌気槽での撹拌機能および好気槽での酸素供給機能の改善を早急に行う。<br>・系内に循環している嫌気化腐敗汚泥を速やかに系外へ排出処理し、好気性処理機能を確保する。<br>・処理運転安定化のために反応槽を 2 系列に改造する。 | A |
| 予備処理 | ガス抜き水路 | ・流入下水嫌気化低減のため、下水管内清掃や圧送管への空気注入等を検討する。 | A |
| | | ・臭気拡散が問題になるならば、水路カバー設けてガス補修しガスフィルター（生物床、活性炭等）設置することが望ましい。 | C |
| | 機械式スクリーン | ・経年劣化に応じて適時補修／更新 | |
| | 揚水ポンプ | ・経年劣化に応じて適時補修／更新 | |
| | | ・減速機メンテナンス用として上部に吊上装置設置 | A |
| | 砂･油脂除去装置 | ・経年劣化に応じて適時補修／更新<br>・油脂排出部にスクレーパの洗浄装置設置 | C |
| 反応槽 | 嫌気槽 | ・槽内均一混合撹拌し汚泥堆積防止するため、アジテータ型式をフロート付き斜軸スクリューミキサーに変更 | A |
| | 好気槽 | ・必要酸素供給機能および撹拌機能を確保するために、エアレーター型式をフロート･ブロワ付斜軸スクリュー式エアレーターに変更 | A |
| 最終沈澱池 | 汚泥掻き寄せ機 | ・経年劣化に応じて適時補修／更新 | |
| | | ・浮遊物除去装置方式変更 | B |
| | | ･汚泥引抜管フラッシングを容易に行うため手動ゲートを電動化する | A |
| | 返送汚泥ポンプ | ・経年劣化に応じて適時補修／更新 | |
| | 余剰汚泥ポンプ | ・経年劣化に応じて適時補修／更新 | |
| 汚泥処理 | 汚泥濃縮タンク | ・経年劣化に応じて適時補修／更新 | |
| | 濃縮汚泥ポンプ | ・経年劣化に応じて適時補修／更新 | |
| | 天日乾燥床 | ・経年劣化に応じて適時補修／更新 | |
| | 機械脱水機 | ・経年劣化に応じて適時補修／更新 | |
| | | ・必要処理汚泥量に応じて適時脱水機増設、当面、ベルトプレス脱水機　ろ布幅 2.5m×１台増設 | A |
| その他ポンプ設備 | 用水ポンプ | ・経年劣化に応じて適時補修／更新 | |
| | 排水ポンプ | ・経年劣化に応じて適時補修／更新 | |

| 区分 | 施設 | 技術提案 | 優先度 |
|---|---|---|---|
| 電気設備 | 空調設備 | ・電気室 4 か所と管理棟制御室に空調設備を設置<br>・室外機は重耐塩害仕様<br>・変圧器室に換気ファンを設置<br>・変圧器室給気口にフィルタ、防鳥網を設置 | A |
| | 監視制御設備 | ・監視用自動制御盤 1 か所及び電気室自動制御盤 4 か所に換気用開口（フィルタ付）と換気（排気）ファンを改造設置 | A |
| | 受変電設備 | ・高調波対策としてコンデンサに直列リアクトルを設置 | A |
| | 自家発設備 | ・屋外ラジエーター排気口に外気侵入の防止用フードを設置 | A |
| | 計装設備 | ・曝気槽内の溶存酸素分布測定用に可搬式 DO 計を導入<br>・返送汚泥流量計、余剰汚泥流量計、汚泥脱水供給汚泥流量計に巡回目視が容易にできる現場指示計を設置 | A |
| | ケーブル | ・必要個所のケーブルサポートやケーブル保護管を施工 | A |

**(2)技術提案に係る概算工事費**

表 4. 13 に示すプロセス改善のための技術提案に係る概算工事費を表 4. 14 に示す。なお、予算が限られている場合は、表中の優先度 AA の項目（反応槽関連）を優先するべきである。

**表 4.14 プロセス改善のための技術提案に係る概算工事費** (単位:百万円)

| 施 設 | 内 容 | 概算工事費 | 備 考 | 優先度 |
|---|---|---|---|---|
| 1.直接工事費 | | | | |
| 1)反応槽 2 系列化 | ・阻流壁設置(6 カ所)<br>・流入水路延伸<br>・返送汚泥管延伸<br>・返送汚泥分配槽(可動堰 2 門付)設置<br>・流出水路延伸 | 37.3 | | AA |
| 2)揚水ポンプ | ・駆動装置吊上装置設置 | 0.2 | | A |
| 3)反応槽 | ・池底部堆積汚泥除去費用 | 2.8 | | AA |
| | ・嫌気槽アジテータ(スクリュー式)<br>5.5kW × 38 台 | 38 | 稼働率 75%、<br>予備 2 台含む | AA |
| | ・好気槽エアレーター(スクリュー式)<br>55kW × 10 台、45kW × 22 台 | 165 | 稼働率 75%、<br>予備 2 台含む | AA |
| | ・同上用電気設備<br>動力制御盤(既設改造、8＋16 面)<br>現場操作盤<br>エアレーター電源盤<br>監視設備改造工事(反応槽関係) | 91 | | AA |
| 4)最終沈殿池 | ・汚泥引抜ゲート電動化(4 門) | 1 | | A |
| | ・同上用電気設備<br>動力制御盤、現場操作盤<br>監視設備改造工事(最終沈殿池関係) | 7 | | A |
| 5)機械脱水機増設 | ・ベルトプレス脱水機:ろ布幅 2.5m x1 台<br>・高分子凝集剤設備(1式)<br>・汚泥供給ポンプ(2 台)<br>・ベルトコンベヤ(1 台)<br>・洗浄水ポンプ(2 台)<br>・脱水機棟増設 | 36.1 | | A |
| | ・同上用電気設備:動力制御盤、<br>監視設備改造工事(脱水機関係) | 12 | | A |
| 6)電気設備 | ・空調設備工事:電気室 4 か所、制御室 1 ヵ所 | 8 | | A |
| | ・換気ファン工事:変圧器室 | 2 | | |
| | ・コンデンサ盤改造工事 | 7 | | |
| | ・自動制御盤改造工事:<br>電気室 4 か所、制御室 1 か所 | 2 | | |
| | ・自家発排気口改造工事:<br>ラジエーター屋外排気口用フード | 1 | | |
| | ・計装設備:<br>可搬式 DO 計、流量現場指示計盤 | 1 | | |
| | (小計) | (21) | | |
| 直接工事費計 | | 411.4 | | |
| 2.諸経費 | | 123.4 | 直工費×約 30% | |
| 3. 本工事費計 | | 534.8 | | |

**(3) 技術提案に係る改善工事の実施について**

ONAS は全国的に処理施設の建設およびメンテナンスを行っており、相応の技術・経験を有する。よって、今回、表 4.13 および表 4.14 に示す技術提案については、技術面および施工面からみて ONAS で実施可能な内容である。 ただし、実施に当たっては経験豊富な技術アドバイザーを確保することが望ましい。

参考までに、表 4.14 に示す優先度(A)の改善工事に係る概略工事工期を表 4.15 に示す。
なお、表中の各工事とも同時に並行して実施可能であるが、「5.電気設備工事」を行う場合は、他項目（1～4）と内容および工事工程を調整の上実施すべきである。

**表 4.15 改善工事に係る概略工事工期**

| 改善工事内容 | | 土建工事工期<br>あるいは<br>機器調達期間(月数) | 機器据え付け<br>工事工期<br>(月数) | 合計<br>(月数) |
|---|---|---|---|---|
| 1.反応槽改善工事 | 1)反応槽 2 系列化(池底部堆積汚泥除去含む) | 5.0 | － | 7.0 |
| | 2)アジテータ・エアレーター・同上電気設備 | 5.0 | 2.0 | |
| 2.揚水ポンプ駆動装置吊り上げ装置 | | 1.0 | 0.5 | 1.5 |
| 3.最終沈澱池汚泥引き抜きゲート電動化 | | 4.0 | 1.0 | 5.0 |
| 4.機械脱水機増設 | 1)脱水機棟増設 | 5.0 | － | 8.0 |
| | 2)機械・電気設備 | 5.0 | 3.0 | |
| 5.電気設備 | 空調・換気・盤改造・計装等一式 | 5.0 | 2.0 | 7.0 |

### 4.5.2 短期的対応と長期的対応との区分

**(1) 短期的対応**

ONAS が現在策定中の F/S 調査においては、スファックス南部処理場は将来廃止するというシナリオも検討されている。この場合でも、2031 年までは現在の処理場を存続させることとしており、少なくとも今後 20 年間程度は当該処理場の稼働が続くことになる。

現在の処理場の機能不全は、反応槽のエアレーター及びアジテーターの故障によって、ばっ気・攪拌が十分行われず、池に汚泥が堆積して池全体が嫌気状態に陥っていることによるものである。その結果、極端に水質が悪化した処理水が公共水域に放流され続けており、このような状況は早急に改善されなければならない。従って、一刻も早く沈殿した汚泥を除去して好気状態に回復させるとともに、新しいエアレーターとアジテーターを設置して健全な処理が行える環境を整える必要がある。

その意味で前節において記述した施設改善の技術提案は、ここ 1～2 年で実施すべき短期的対応といえる。

**(2) 長期的対応**

スファックス南部処理場に関連する長期的対応として、以下の事項を提案する。

① マスタープランの作成

南部処理場の処理能力 49,500㎥/日は現在の計画においては、2016 年を目標にした数値である。従って計画通りに推移すれば、2016 年以降は処理能力不足をきたすことになる。このため、マスタープランを作成して、人口動向や下水管の整備計画を長期的に見通して、これを踏まえて処理場の拡張計画を策定することが必要である。また、処理場の拡張は、既存の用地内で行うという前提に立った場合、最初沈殿地を設置して反応槽にかかる負荷を減らすことにより下水量の増加に対応し、汚泥処理は嫌気性消化プロセスを導入してバイオガスを回収する方式が有望と考えられる。

② 処理水の農業利用について

現在の再利用ポンプで送水できる農地は面積に制約があるため、処理水の再利用を増やす場合、遠くの農地で利用することも配慮しておく必要がある。その場合、ポンプ送水はコストがかかるので、タンクローリーで輸送できるよう配慮しておく必要がある。

③ 汚泥処分について

現在、脱水・乾燥汚泥は処理場内で埋立処分されているが、将来も継続して汚泥処分を実施していくためには、他所に埋立等の汚泥処分先を確保することが重要である。

一方、ONAS は、汚泥の有効利用(農地還元)も積極的に検討しており、他処理場で汚泥コンポストの

実験も行われている。汚泥農地還元を検討するに際しては、汚泥中の有害物の含有、対象作物および需要量等について十分に調査の上、計画すべきである。

また、汚泥の再利用を促進するに際し、減量化と施用時の悪臭や作物の障害を防止するため、コンポスト化施設を設置することが望ましい。コンポスト化施設は、前調整工程、発酵工程、製品化工程から構成されるが、発酵工程において堆積形を用い、原料や添加物の混合・攪拌・移送をショベルローダで行う簡易方式が推奨される。

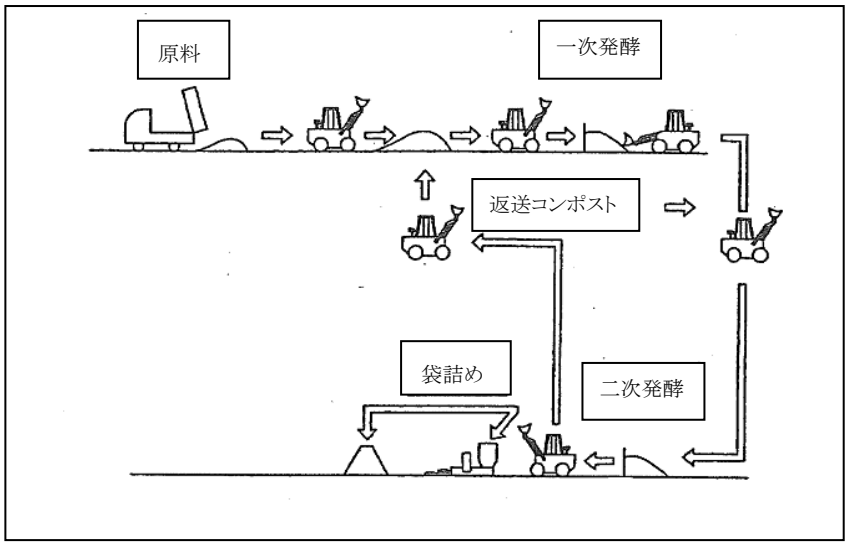



**図 4.7 簡易方式のフロー**

### 4.5.3 施設全体の運転管理手法の提案

**(1)運転管理状況**

下水処理場の維持管理業務を大きく分けると、運転管理施設の保全、管理、水質管理があげられる。

機器の保全・管理状況について、各機器の取り扱い説明書が完備されており、年間の保守点検スケジュールに基づき実施されている。また必要に応じて修理も行われている。ただし、反応槽のアジテータとエアレーターについては、その設置状況から定期的な保守点検作業の実施が困難となっている。

水質管理について、定期的な水質分析を外部に委託し、その結果が整理されている。

**(2) 反応槽の異常と運転管理上の改善策**

正常な活性汚泥は、黄褐色から茶褐色を呈しているが、現況はほとんど黒色であることから処理に異常ありと判断できる。

セクション 4.3 で既に述べたが、その理由と改善策は次のとおりである。

① 系内での硫化物の体積：

反応槽内での汚泥堆積（デッドスペースの存在)、最終沈澱池での汚泥堆積、有機物負荷とエアレーションの不均衡による反応槽の嫌気化等である。

(改善策)

・反応槽内の撹拌・エアレーション方式の改善と適切な運転管理の実施

・流入状況に応じて定期的に物質収支計算を行って必要汚泥処理量を把握し、汚泥引き抜き処理を確実に実施する。

② 下水管路内に堆積した汚泥の流入：

流入下水も黒色であることから、相当量の嫌気化汚泥が下水管路内に堆積していると考えられる。

(改善策)

・下水管内汚泥堆積調査および各点での水質調査を行い、必要に応じて管内清掃作業や圧送管部で

の空気注入等を実施することを検討する。

③ 工場排水の流入
（改善策）
・原因工場の指導等を徹底する。

**(3) 3 段ステップ流入式硝化脱窒法の反応槽運転管理の留意点**

本法においては、次の項目について適切に管理しなければならない。

① MLSS 濃度について

各段の MLSS 濃度を測定することにより流入水の分配状況を確認し、不都合あれば各段への流入量を調整して、設定 MLSS 濃度を維持することが必要である。MLSS 濃度は汚泥管理および脱窒反応に必要な操作要因である。

② BOD-SS 負荷

脱窒反応に係る脱窒速度は BOD-SS 負荷の影響を受けるため、特に低水温期には脱窒反応が十分に行われるように BOD-SS 負荷を維持する。

③ 酸化還元電位(ORP)について

嫌気槽における無酸素状態の保持は脱窒反応を促進させる上で極めて重要である。無酸素状態の把握には ORP の測定を行うのが望ましい。ORP が低いほど脱窒反応が良好に行われる。ORP が高く、脱窒反応が充分進行していない場合には、好気槽末端の DO を調整する。

④ 好気槽の管理について

好気槽では硝化を阻害しない程度の DO を維持すべきである。通常、1～2mg/ℓ 程度が維持されていれば硝化が著しく阻害されることはないが、運転の中で $NH_4$-N が残留しない最低限の DO 濃度を確認し、それを日常の管理目標にする。また、各段の $NH_4$-N 濃度を適宜測定することで硝化の進行状況を確認する必要がある。

⑤ 嫌気槽の管理について

脱窒に対する影響因子は、有機物質濃度、$NO_3$-N 濃度、C/N 比、DO 濃度、pH、水温などが考えられるが、嫌気槽の運転管理においては脱窒反応に利用されうる有機物負荷および硝化タンクから持ち込まれる DO が主たるポイントである。適切な脱窒が行われる値を把握しておく。

**(4) 電気設備**

① 適正な維持管理

・設備を予防保全的な視点により適正に維持管理することは、処理場機能の停止や事故を未然に防止すると共に、設備のライフサイクルを延ばすために重要である。
・適正な維持管理は、日常的な点検や定期的な点検・調査によって施設の状態を把握することにより、施設の劣化や異常を早期に発見し、適切な対応をとるために重要である。
・適正な維持管理は、施設の劣化や異常に対し必要な整備や修繕によって早期に正常な機能を回復させなければならない。

② 電気室の環境管理

・電気室の環境を適正に維持することは、設備の機能停止や事故を防止しライフサイクルを延ばすために重要である。

・本処理場は、塩害やリン鉱石のほこり及び腐食性ガス等の影響で非常に厳しい環境条件に立地している。
・よって、電気室の環境は、塵・埃や腐食性ガス及び風雨の侵入を防ぎ、40℃以下の適切な室温に維持しなければならない。
③ 配電盤の管理
・配電盤は、盤内部に塵・埃や腐食性ガスの侵入を防ぎ、40℃以下の適切な温度に維持しなければならない。
・そのために、配電盤扉や裏面は、常時閉鎖して運転しなければならない。
・配電盤は、日常的に目視点検を行い、計器や表示灯・継電器等の異常に対しては、整備や部品交換を行い速やかに機能回復を図らなければならない。
・本処理場は塵や埃の侵入が著しい環境条件であるため日常的に盤内外の清掃を行う必要がある。
④ 自動制御盤の管理
・自動制御盤はバックアップ用バッテリーや電子基板等の定期的な交換を行う必要がある。
・自動制御盤は精密部品で構成されているため、日常的な盤内外の清掃を優先して行う必要がある。
⑤ 定期点検の外部委託
・計装設備や自動制御盤・情報処理 PC は、装置の点検や校正、部品交換を行うために 1 年周期程度で外部専門業者に保全点検委託を行うことが望ましい。

### 4.5.4 維持管理体制

**(1) 現状**

ONAS のスファックス地域事務所が管轄する 7 カ所の下水処理場は、浄化部のスタッフ 36 名により維持管理されている。そのうち、スファックス南部処理場は表 4.15 に示す 14 名の体制で維持管理が実施されている。機械の故障・トラブルが発生した場合、スペシャリスト 1 名とテクニシャン１～2 名が現場に行き、トラブル状況の診断を行う。原因となった問題の複雑さにより、処理場のスタッフが修理するか、外部の業者に委託するかが決定される。その際、ONAS 地域部の維持管理セクションのスタッフがサポートすることもある。基本的には大きな装置（例：スクリーン、エアレーター、攪拌機等）の修理は業者と維持管理契約を交わして実施している。ポンプのトラブルは、スタッフが分解して故障の原因を調査し、内部での修理が困難な場合は、直接業者に持ち込んで修理を依頼する。

なお、機器の点検活動（グリース、油の交換、パネルの状態の確認等）については、点検計画を作成し、その計画に基づいて実施している

**表 4.15 メンテナンス本部　STP 管理体制の組織、各部署の役割**

| 職種 | 正／契約 | 職務分担 | 休日のシフト | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 |
| エンジニア（場長） | 正 | 下水道施設の運営及び機械設備の管理、プログラミング | | | | | | ■ | ■ |
| スペシャリスト１ | 正 | 定期的メンテナンス計画の作成、電気機械のコントロール及びメンテナンス | | | | | | ■ | ■ |
| スペシャリスト２ | 正 | スペシャリスト１の作業のシフト（22:00-6:00） | | | | ■ | ■ | | |
| テクニシャン１ | 正 | あらゆる作業の補助(14:00-22:00) | ■ | ■ | | | | | |
| テクニシャン２ | 正 | 施設内の環境、植栽スペースの管理 | ■ | | | | | | ■ |
| テクニシャン３ | 正 | 機械設備の確認と軽微な故障の修理(午前中のみ) | | ■ | ■ | | | | |
| テクニシャン４ | 正 | 施設内の環境、植栽スペースの管理 | | | | | | ■ | ■ |
| テクニシャン５ | 正 | 汚泥乾燥機の運転、定期的なメンテナンス | | | | | | ■ | ■ |
| 作業員 | 正 | あらゆる作業の補助(6:00-14:00) | | | | | | ■ | ■ |
| 作業員 | 正 | 施設内の環境、植栽スペースの管理 | | | | | | ■ | ■ |
| ガーデニング | 正 | 施設内の植栽の管理 | | | | | | ■ | ■ |
| ドライバー | 正 | 施設におけるゴミの収集・運搬及びショベルカー(BOBCAT)を用いての砂・乾燥汚泥の運搬 | | | | ■ | ■ | | |
| 警備員 | 契約 | 施設の警備(1 週間ごとに日中・夜間のシフト交代) | | | | | | | |
| 警備員 | 契約 | 施設の警備(1 週間ごとに日中・夜間のシフト交代) | | | | | | | |

**(2) 提案**

上述のように現在の組織は専門分野ごとのセクションがなく、フラットな組織であり、技術的な対応は 2 名のキーパーソン（主として機械・電気対応）の主導のもとで、他のスタッフは基本的にすべての業務の補助をキーパーソンの指示に従って行っている。

維持管理体制の改善案として、専門分野ごとのセクションを置くことを提案する。各セクションのリーダーには資格を有する技術者をあてがい、セクションのスタッフはリーダーの指示に従って業務を実施する体制とする。また、プロセス管理を行うためには、主要施設の流入／流出のポイントで常時水質のモニタリングが行える状態にしておくことが必要である。このため、処理場内に水質分析室を設置することが望ましい。

図 4.8 に推奨する維持管理体制（案）を示す。

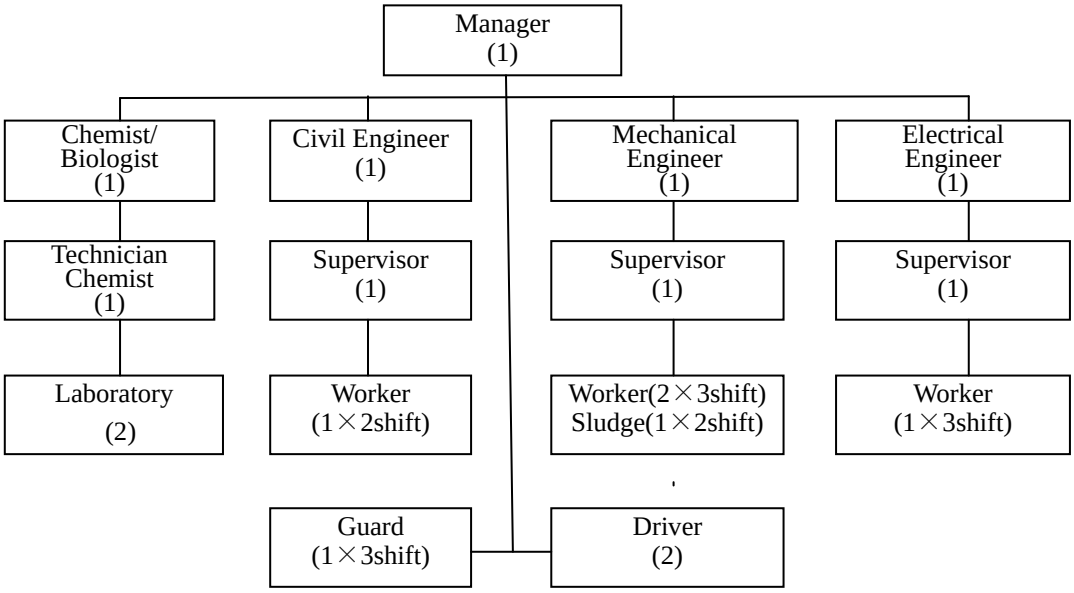



**図 4.8 スファックス南部処理場の維持管理体制案**

### 4.5.5 その他の事項

#### (1) 工場排水対策

スファックス南部処理場には多くの工場排水（主として農産加工業）が流入している。工場排水の下水道への放流は、NT106.002 により水質基準が設けられているが（たとえば BOD 400mg/ℓ 以下、SS 400mg/ℓ 以下）、この規制が十分守られていないため、処理場の流入水質は、BOD, SS ともに 400mg/ℓ をはるかに超えている。ONAS は主要な工場に対し、排水の水質検査を定期的に実施しているが、基準を超えていても、注意・勧告を工場側に通知することに留めており、それ以上の強制力を発動する（接続の停止等）ことはほとんどない。また、オリーブの絞りかすをマンホールに投棄する業者もあり、このような違法行為に対しても同様の措置をとっている。

工場排水の水質規制は、下水処理場の処理機能を保護する上で重要であることから、より厳しく監視し是正措置を講ずることが望ましい。参考として、日本における工場排水の監視・対策を紹介する。

日本における工場排水の監視、対策

- 放流する工場の排水量、水質を下水道管理者に届けさせる。
- 放流基準を上回る工場には処理施設を設置させ、放流基準を遵守させる。
- 下水道管理者は必要に応じ、工場への立ち入り検査を実施する。
- 基準値を上回る工場には改善措置を要求する。
- 何度も基準値を守らない悪質な業者には罰則を科す（罰則の内容は条例で定める）。

#### (2) 海水の流入について

処理場流入水の塩分濃度は 3,500～4,500mg/ℓ であり、海水の影響を受けている。スファックス

の中央地区（環状 4 号線の内側の地域）は地盤が低く合流式で下水管が整備されており、老朽管が多い。海水は主としてこの老朽管の継ぎ目やクラックから侵入しているものと考えられる。

海水の侵入を防止するためには、老朽管の更新計画を作成し、その計画にしたがって順次老朽管を更新することが必要である。更新する管の材質としては、止水性の高いポリエチレン管（HDPE）や強化プラスチック管（FRP）の採用が推奨される。

**(3) 臭気対策について**

処理場の周辺住民から臭気に関するクレームが発生しているが、下水処理場の臭気問題は、どの国においても共通する課題である。

都市部の処理場では、施設にカバーを付けて外部と遮断し、発生源のガスをダクトで集め脱臭しているケースがあるが、スファックス南部処理場の場合、施設面積が大きいのでこの方法は現実的でない。

臭気は下水が嫌気状態になると強くなるので、まずは池に堆積した汚泥を除去し好気状態することが肝要である。

臭気拡散の緩和策として、敷地境界付近に高木の樹木を植樹することも、ある程度は有効である。

# 第 5 章 結論と提言

## 5.1 結論

スファックス南部下水処理場は、2006 年の供用開始以降、流入水量は年々増加している。2012 年の月別流入水量は 35,000㎥/日から 43,000㎥/日の範囲であり、設計流量に近づきつつある。しかし、処理水質は 2009～2010 年には比較的良好であったものの、処理水は、ここ 5 年間で一度も排水基準を達成しておらず、特に 2011 年以降の処理水質は著しく悪化している。処理水質悪化の原因は、反応槽のエアレーター及びアジテーターの故障によって、ばっ気・攪拌が十分行われず、池に汚泥が堆積して池全体が嫌気状態に陥っているためである。従って、池に沈殿した汚泥を除去して好気状態に回復させるとともに、反応槽を改善して健全な処理が行える環境を整える必要がある。

反応槽の改善内容は、まず現在の 1 系列システムを維持管理が容易になるように 2 系列に変更する。また、エアレーション・攪拌方式は池を空にすることなく維持管理が可能な方式に変更する。その方式として、①フロート・ブロワ付き斜軸スクリュー式エアレーター方式、②散気装置＋ブロワ方式の 2 案が考えられるが、工期、経済性の面から①フロート・ブロワ付き斜軸スクリュー式エアレーター方式が推奨される。

さらに、堆積した大量の汚泥を引き抜き、脱水するために機械脱水機を 1 台増設することが必要である。

電気設備においては、臨海部という立地条件から塩害を受けやすいことや隣接する事業所からリン鉱石の埃が侵入しやすいこと及び処理場内の腐食性ガスの影響を受けることから、これらの侵入を防ぎ、一定温度以下の良好な環境を実現するために空調設備の設置が必要である。

加えて、ONAS が現在策定中の F/S 調査においては、スファックス南部処理場は将来廃止するというオプションもあるが、この場合でも、2031 年までは現在の処理場を存続させることとしている。暫定的な位置づけとなる処理場を 20 年間運転し続けることは、維持管理面において好ましくなく、現在の用地内で、運転を続けながら拡張を行うことが望ましい。

## 5.2 提言

上述したように、スファックス南部下水処理場からは、極端に水質が悪化した処理水が公共用水域に放流され続けており、このような状況は早急に改善されなければならない。従って調査団は、一刻も早く上記の改善対策を講ずることを ONAS に提言する。

また、今後長期間にわたりスファックス南部処理場を適正に運転・維持管理していくために、以下の事項を ONAS に提言する。

**(1) 維持管理体制について**

維持管理体制の改善案として、専門分野ごとのセクションの設置を提案する。各セクションのリーダーには資格を有する技術者をあてがい、セクションのスタッフはリーダーの指示に従って業務を実施する体制とする。また、プロセス管理を行うためには、主要施設の流入／流出のポイントで常時水質のモニタリングが行える状態にしておくことが必要である。このため、処理場内に水質分析室を設置することが望ましい。

**(2) 処理施設の機能保全について**

① 工場排水の水質規制は、下水処理場の処理機能を保護する上で重要であることから、日本の監

視・対策方法を参考にし、より厳しく監視し是正措置を講ずることが望ましい。
② 処理場への海水の侵入を防止するためには、その侵入源である低地部の老朽管の更新計画をし、その計画にしたがって順次老朽管を更新することが必要である。更新する管の材質としては、止水性の高いポリエチレン管（HDPE）や強化プラスチック管（FRP）の採用が推奨される。また、老朽管の更生についても考慮すべきである。管の更生工法は、日本においては多くの実績がある。既設管内に新管または既設管と一体となって所定の外力に耐えうる構造の管を構築するもので、基本的に道路の掘削を伴わず施工できることから、工事上の諸制約への対応、工期およびコスト面で利点が多い。

**(3) 臭気対策について**

臭気拡散の緩和策として、敷地境界付近に高木の樹木を植樹することも、ある程度は有効である。臭気は下水が嫌気状態になると強くなるので、まずは池に堆積した汚泥を除去し好気状態することが肝要である。

**(4) マスタープランの必要性**

今後の処理場の拡張に際しては、マスタープランを作成して、人口動向や下水管の整備計画を長期的に見通して、これを踏まえて処理場の拡張計画を策定することが必要である。

**(5) 処理水及び汚泥の再利用について**

① 現在の処理水再利用ポンプで送水できる農地は面積に制約があるため、処理水の再利用を増やす場合、遠くの農地で利用することも配慮しておく必要がある。その場合、ポンプ送水はコストがかかるので、タンクローリーで輸送できるよう配慮しておくことが望ましい。
② 汚泥の再利用を促進するに際し、減量化と施用時の悪臭や作物の障害を防止するため、コンポスト化施設を設置することが望ましい。コンポスト化施設は、前調整工程、発酵工程、製品化工程から構成されるが、発酵工程において堆積形を用い、原料や添加物の混合・攪拌・移送をショベルローダで行う簡易方式が推奨される。