

(2) 排水による汚染

アラビア湾の沿岸域には無数の汚染源がある。家庭及び都市汚染源については、未処理の下水あるいはabattoir wasteが多くの場所で放流されている。例えば、Al-Khobar、Al-HasaおよびAl-Qatifでは17万5千人分に相当する下水が毎日アラビア湾に放流されており（IUCN 1987）、醜い固形物・グリースマット、局地的な富栄養化、BODの上昇、藻類の繁茂等の問題が起こっている。

工場・事業所も重大な汚染源である可能性が高い。工場はJubayl、Saffaniya、Jubaymaおよびタルート湾周辺（Ras Tanra、Qatif、Al Khobalを含む）に集中している。主要な工場は精油所、石化プラント、発電所、造水プラント、廃水処理プラント等である。肥料工場、精油所等からの排水には重金属が含まれている可能性があり、一部の港あるいは工業地域近辺では高濃度の鉛、水銀、銅がivalvesあるいは魚から検出されたとの報告がある。高濃度のカドミウム、亜鉛およびバナジウムが底質から検出されたとの報告もある（Linden et al. 1990）。一方、最近の調査では、銅およびカドミウムについてはそれ程ひどくはないとの報告もある（Coles and McCain 1990）。

(3) その他

海岸の埋立及び埋立用の土砂を採取するための浚渫がアラビア湾の沿岸・海洋環境に重篤な影響を与えているとの報告がある。マングローブ林は殆ど姿を消し、現在残っているマングローブ林は4 km²に過ぎない。また埋立の際に流出する土砂が海底に堆積し、生態系に様々な影響を与えている。

固形廃棄物については、量的には、オイルスラッジが最大の問題である（Linden et al. 1990）。また、海岸に集積された固形廃棄物が風や潮流により運ばれ、海面を漂流したり、海岸に漂着したりしている。更に、これらの固形廃棄物に含まれる有毒物質が海洋環境に悪影響を及ぼしている可能性もある。

2.5 生態系

アラビア湾は高温・高塩分濃度という特殊な環境を有するため、他とは異なった海洋生物が生息している。重要な種は以下の通りである。

(1) 鳥類

アラビア湾、特に潮間平地は、鳥類の重要な生息地になっている。冬季には70種以上、100～200万羽の鳥が観察される。主要な鳥はチドリ・シギ等の渡り鳥(約30種)、カモメ・アジサシ類(約13種)、カイツブリ、ペリカン、サギ、シラサギ、ウ等である。Socotra CormorantはThreaten種である。

(2) ウミガメ

Green Turtle及びHawksbill Turtleの2種類はアラビア湾に広く分布している。Karan、Karayn、Jana、Harqus及びJurayd等の島では産卵も行なわれている。上記2種以外に、Leatherback Turtle、Loggerhead Turtle及びOlive Ridley Turtleの生息が確認されている(産卵は確認されていない)。これらの5種のウミガメは1990年に国際自然保護連合(IUCN)のRed Listに絶滅危惧種として登録され、Loggerhead Turtleは危急種に、その他は脆弱種に指定されている。

(3) 海獣

アラビア湾にはイルカ、クジラ、ジュゴン等の海獣が生息している。ジュゴンはIUCNのRed Listに危急種として登録されている。

(4) 脆弱域

アラビア湾における脆弱域の分布を図2.4にまとめる。

IUCN/MEPAは、1987年の沿岸域管理計画の中で、以下の地域を重要地域として指定している。

- 1) Saffaniya/Manifah Bay Complex
- 2) Harqus Island
- 3) Arabiyah Island
- 4) Karan Island
- 5) Kuayn Island
- 6) Jana Island
- 7) Jurayd Island
- 8) Abu'Ali/Dawhat Dafi/ Musallamiyah Complex
- 9) Tarut Bay Complex
- 10) Al'Uqayr Bay
- 11) South Gulf of Salwah

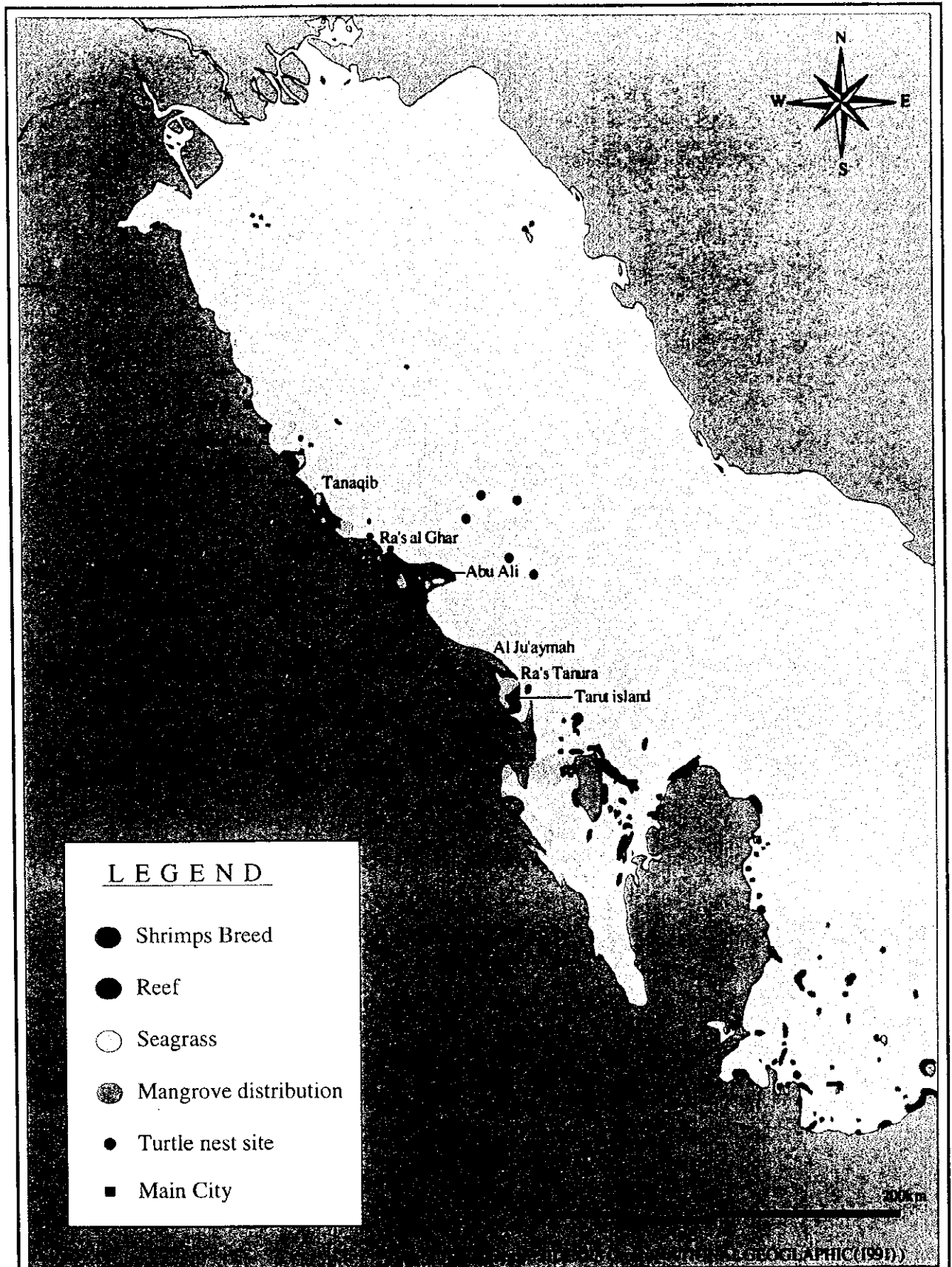


図2.4 アラビア湾における脆弱域の分布

3. 環境管理の現状

3. 環境管理の現状

3.1 概要

ここ数十年の間、サウディ・アラビア国は石油産業による莫大な収益に基づいた急速な工業化、近代化を進めてきた。アラビア湾及び紅海沿岸における急速な人口増加に起因する都市化によって、社会構造は従来の自給自足経済に基づいた移住生活から、市場経済に基づいた都市生活へと大きな変化を遂げた。これらの変化は新たな環境への悪影響を招く結果となった。サウディ・アラビア国政府は国際機関や議会との決定に基づき、環境を保護するために必要な新たな政府機関の設置及び政令の制定を行った。しかしながら、未だ解決すべき問題が山積しているという現状にある。

3.2. 政府の活動

3.2.1 政策方針

上述したように、サウディ・アラビア国における特徴的な社会現象は、急速な経済発展、工業化、都市化である。

サウディ・アラビア国は地理的に見て西側を紅海に、東側をアラビア湾に挟まれている。紅海及びアラビア湾は半閉鎖的な海洋であること、石油を産出すること、大量の原油を積んだタンカーや海外の一般船舶などの往来が非常に激しいことで特徴づけられる。また、湾岸周辺諸国間の紛争や戦争（1980年のイラン・イラク戦争、1991年の湾岸戦争）も数回にわたって繰り返された。この様な状況のために、サウディ・アラビア国の環境は甚大な被害を受け、サウディ・アラビア国政府は環境の壊れやすさを認識するとともに、土地、海洋、大気を環境破壊から守ることの重要性を強調するようになった。

1981年に政府はMinistry of Defense and Aviation by Royal Decree No. 7/M/8903に基づくMeteorology and Environment Protection Administration (MEPA)を設置し、汚染の管理、環境保護、環境基準の設置等の環境に対する直接責任主体としてこれを位置付けた。同様に、1986年には絶滅の危機に瀕している野生生物の保護を目的としてRoyal Decree No. M/22に基づくNational Commission for Wild Life Conservation and Development

(NCWCD)を設置した。これら2つの独立した環境関連政府機関とともに、1981年に政府は省庁間の連絡調整のためのEnvironment Protection Coordination Committee、及び国家レベルの環境問題を扱う最高評議会としてのMinisterial Committee for Environmentを設置した。最近、組織の強化を目的として一部が改変された（図3.2.1）。

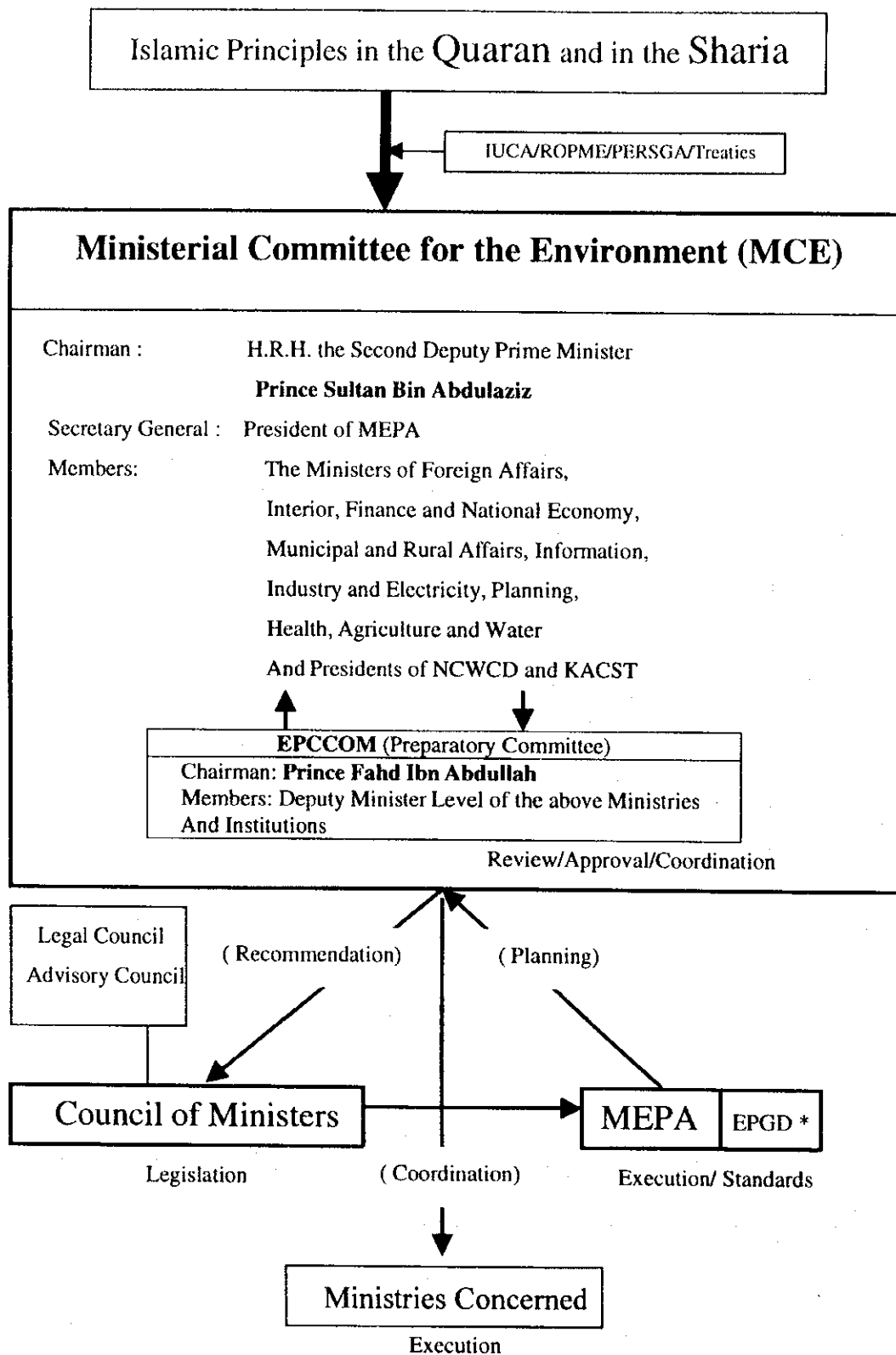


図 3.2.1 サウディ・アラビア国における環境保護体制

3.2.2 環境法規及び基準

サウディ・アラビア国政府は環境に関する以下のような法規及び基準を定めている。

- Royal Decree No.M/22(3/5/1398H:1979G)：環境の範囲に関する規定。
- Royal Decree No. M/26(25/5/1398H:1979G)：鳥類及び野生動物の狩猟に関する規定。
- MEPA No. 1401-01 Environmental Standards：環境基準。
- Ministerial Resolution No.271(23/11/1404H:1984G)：工業活動（セメント及び石膏）に関する規定。
- Royal Order 1182/8(5/7/1405H:1985G)：森林保護に関する規定。
- Ministerial Resolution No. 157(20/11/1411H:1991G)：海洋汚染防止に関する規定。

上述の法律に加え、サウディ・アラビア国政府は以下に示すような地域的・国際的な機関に加入し、環境保護・保全に関するいくつかの重要な協定を結んでいる。

- United Nations Environment Program (UNEP)
- United Nations Development Program (UNDP)
- The World Conservation Union (IUCN)
- Inter-governmental Oceanographic Commission (IOC)
- The Arab League Decisions 1407H(1986)："the Arab Declaration on Environment and Development"を採用している。
- The Advisory Committee on Protection of the Sea (ACOPS)
- Decision of the Heads of State of the Gulf Cooperation Council 1407H(1983)
- Regional Organization for the Protection of the Marine Environment (ROPME)：湾岸8ヶ国が参加している。
- Saudi Sudanese Joint Red Sea Commission
- Regional Organizations of the Red Sea and Gulf of Aden (PERSUGA)
- Center for Environment and Development for Arab Region and Europe (CDARE)

3.2.3 環境関連機関

環境保護及び管理に直接携わっている政府機関はMEPAとNCWCDである。

MEPA: Meteorology and Environmental Protection Administration.

NCWCD: National Commission for Wildlife Conservation and Development.

これに加え、政府はRoyal Decree No.A/90 dated 27/8/1412H (1992)において各省庁の環境保護に対する責任について以下のように定めている。

- ・ 農業・水資源省 (Ministry of Agriculture & Water)

牧場、森林、農地の利用、紅海及びアラビア湾沿岸における海水淡水化プラント設置に関するナショナル・プランの制定を行う。その他に、農業用水及び漁業に関する許可証の発行とともに土地、水、牧場、森林に関する維持・管理・発展に関する業務を行う。

- ・ 金融経済省 (Ministry of Finance and National Economy)

省庁が実施する環境プロジェクトに必要な融資を行う。

- ・ 石油・鉱物資源省 (Ministry of Petroleum and Mineral Resources)

Saudi Aramco Co. (石油・鉱物資源省の管理下にある国営企業) 及びArabian Oil Co. (2000年3月までSaudi Aramco Co.の管理下にあったがその後石油・鉱物資源省の管理下に置かれた) を通じ、MEPAと協同した環境活動の実施を担う。

- ・ 保健省 (Ministry of Health)

健康の保護に基づいた環境管理の実施。

- ・ 工業・電気省 (Ministry of Industry and Electricity)

工業事業に関する許可証の交付。

- ・ 内務省 (Ministry of Interior)

化学物質、放射性物質等の評価。

- ・運輸省 (Ministry of Transportation)
船舶からの重油漏れ・海洋汚染の防止、有害廃棄物の輸送等を管轄する。
- ・企画省 (Ministry of Planning)
5ヶ年計画の策定を通じて経済、社会、環境の統合的な政策方針を決定する。
- ・自治省 (Ministry of Municipal and Rural Affairs)
固形廃棄物 (工業、医療、建設) の廃棄、上水道、下水道を管理する。公衆衛生に関する業務を行う環境部が設置されている。
- ・広報省 (Ministry of Information)
環境保護に関する国民の意識向上のための業務を担う。
- ・貿易省 (Ministry of Trade)
環境を保護するような商品の品質基準の制定。
- ・Jubail・Yanbu王立委員会 (Royal Commission for Jubail and Yanbu)
MEPAとの協定に基づいてJubail及びYanbu工業都市の全ての環境保護に関する業務を担う責任主体。MEPAと同様のシステムに従い、大気汚染、廃棄物管理等の環境項目に関する監視を行う。
- ・Riyadh市統括委員会 (The Higher Committee for Riyadh City Development)
MEPAと協同し、Riyadh市開発計画の策定及び実施を担う。
- ・King Abudulaziz工業科学都市 (King Abudulaziz City for Science and Technology)
天然資源の有効な活用を目指す。

3.2.4 MEPAの活動

- ・歴史
近年、急速な経済の発展に伴い発生した環境汚染は無視できないレベルに達し、特に繰り返されるアラビア湾の重油漏れはサウディ・アラビア国の領海の水質に重

大な被害を与えた。政府はこの状況に対処するために、1981年に従来あった General Directorate of MeteorologyをRoyal Decree No. 8903 dated 21/4/1401に基づいた防衛航空省（Ministry of Defense and Aviation）に所属する機関であるMeteorology and Environmental Protection Administration（MEPA）へと改変した。

・組織

歴史的な経過からも分かるように、environment protection administration departmentは防衛航空省に所属しているmeteorology administration departmentに新しく加えられたものである。MEPAは軍に属する機関ではあるが、MEPAの職員及び機能は全体として文民のものとされている。MEPAの組織図を図3.2.2に示す。

・役割と責任

MEPAは以下のような活動に対する責任主体であるとされている。

- 環境汚染を防止し、環境基準及び環境政策を提案するための環境調査・モニタリングの実施。
- 環境に甚大な影響を与えるような緊急事態に対処するための方策の提案。
- 環境問題に対処する環境保護法案、政策の提案及び環境アセスメントの実施。
- 汚染の現況把握と将来予測（情報は文書化し、容易に検索可能とする）。
- 地域的・国際的な観点から見た環境保護水準の保持・促進。
- 環境基準及び汚染管理・環境保護のための規制の制定／環境に影響を与える工業活動・農業活動に対する許可発行に関する適切な機関による適正な審査の実施。

3.2.5 MEPA Eastern Provinceの実質的業務

・組織

MEPAの組織においては、MEPA Eastern Province (MEPA EP)はEnvironmental Protection General Directorateには属さず、National Meteorology and Environmental Centerの下に置かれている。図3.2.3におけるMEPA EP組織図からも分かるように、Environmental Protection DivisionはMeteorology Divisionと比較して人員が少ない。

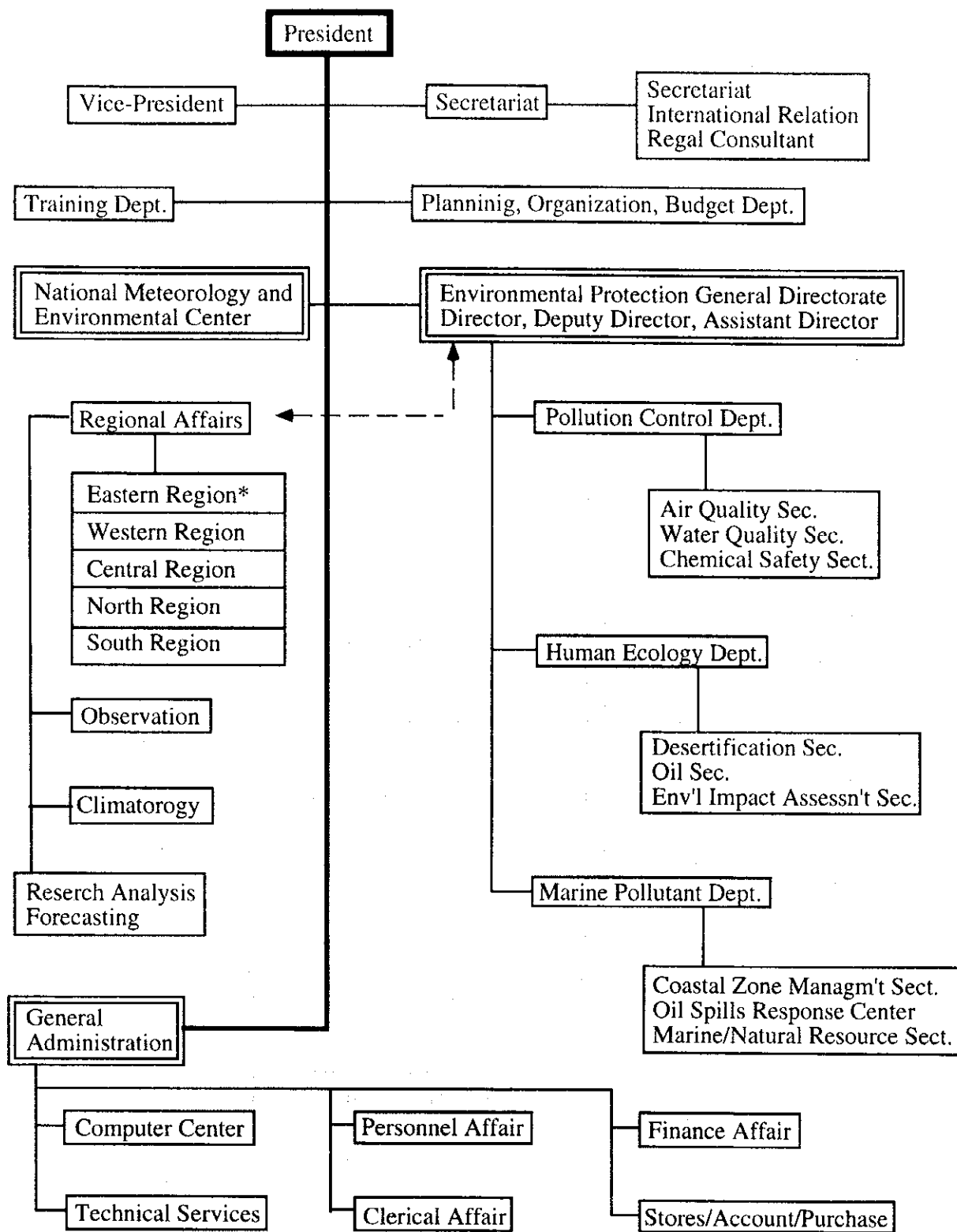


図 3.2.2 MEPA の組織図

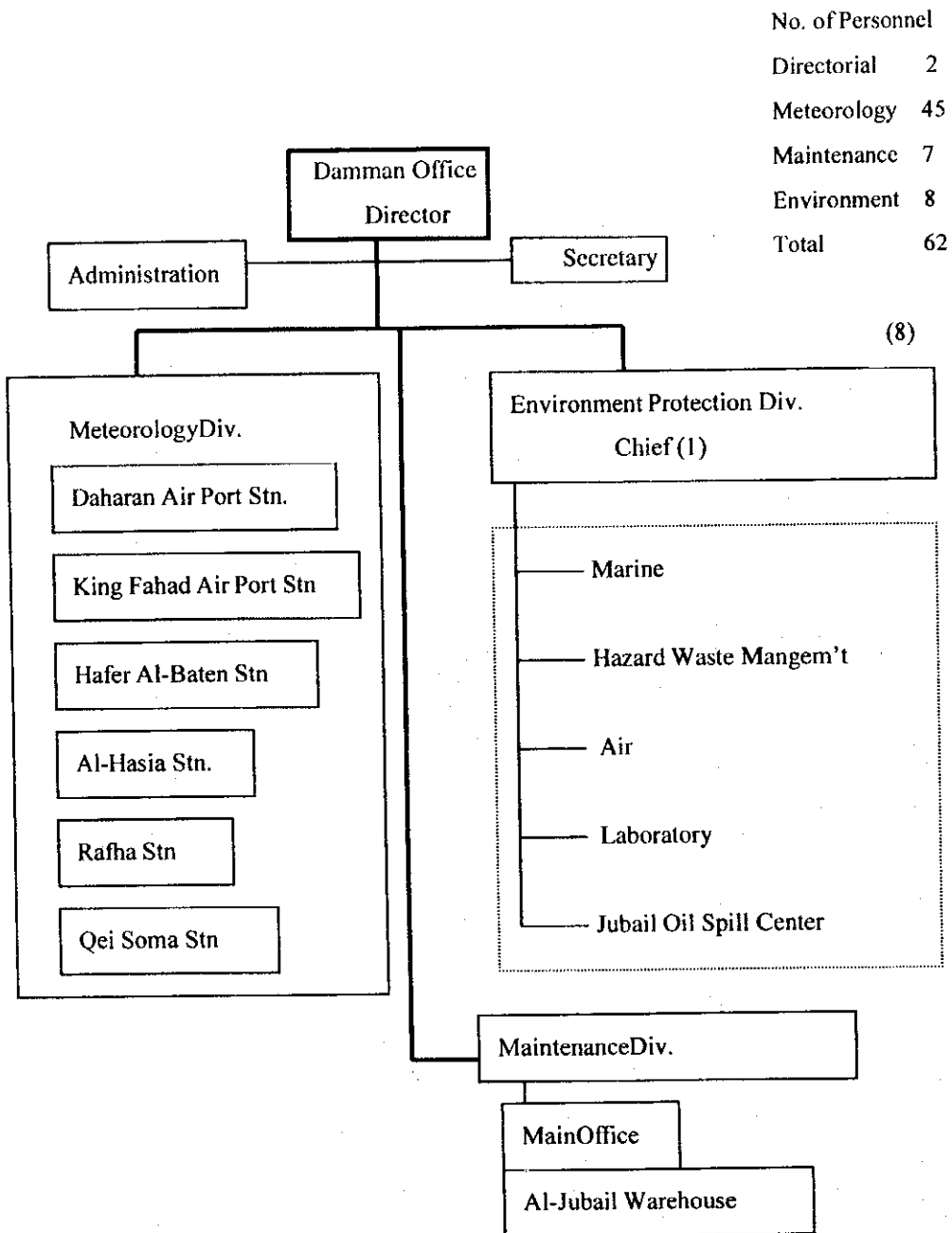


図 3.2.3 MEPA EP の組織図

・ 役割と責任

MEPA EPの役割と責任に関する文書が入手できなかったため、組織図及びスタッフに対するインタビューにより以下のような役割及び責任を推定した。

- 気象観測
- 気象データの保存・解析
- 海洋汚染の防止
- 有害廃棄物の管理
- 大気汚染の防止
- 重油漏れの防止
- 実験業務
- 施設・設備のメンテナンス
- その他MEPAによって指示される業務

・ 実験室の状態

MEPA EPの中には実験室用のスペースとして全部で450m²が割り当てられ、研究室、備品庫、実験室等に分けられている。実験室には水道、シンク、実験用スタンダード等が備え付けられているが、薬品類が不足しており、実験業務に支障をきたしている。JICAは本調査のモニタリング及び分析業務に必要な機材及び薬品を提供した。今後、MEPAは本調査の分析業務を行い、技術移転の受け皿となるような数人の専門家を配置する必要があると考えられる。

・ 予算の状況

MEPA EPの全ての支出はMEPA本部によって管理されていると推定される。一般歳出（給料、維持コスト等）はMEPA本部によってあらかじめ決定されており、特別歳出については本部の予算が許す場合には本部によって支出される。つまり、MEPA EPは予算面で独立しておらず、MEPA EP自体の予算についても決定する権利がないという現状にある。この様な状況のため、MEPA EPは会計年度毎に支出項目及び金額を把握する必要性についてはほとんど認識していない。

4. 環境の現状

4. 環境の現状

4.1 水域現況調査の概要

本調査における目的の1つはアラビア湾岸の水質汚染の現況を把握することである。

この目的のために、以下のような調査が実施された。

- 1) 衛星画像解析
- 2) 予備現地調査
- 3) モニタリング調査

「衛星画像解析」は、LANDSAT TMデータを用いてアラビア湾全域における汚染の状況を可視化する目的で行われた。衛星画像による調査では、浮遊物質(SS)、クロロフィル、油分及び水温の分布について解析が行われた。この解析の結果は水質の現況データとよく一致し、調査地域内でモニタリングポイントを選定する上での重要な基礎的情報を提供した。

「予備現地調査」とは、第2次現地調査においてアラビア湾の水質の基本的特性を把握するために **Intensive Study Area** 内で実施されたフィールド調査を指す。この調査では、基本的な水質に関するパラメーターについて、携帯メーターによる測定もしくは既存資機材によるサンプリング分析が行われた。いくつかの地点においては、シュノーケル潜水調査による海底状況の観察も行った。この調査の結果は、第3次現地調査において水質モニタリング計画を策定する上での基礎となる有用なデータを提供した。また、この調査はC/PであるMEPAに水質モニタリングの基礎的方法を理解させる上でも役立った。

「モニタリング調査」とは、第3次現地調査において **Intensive Study Area** 内で実施された水質及び底質モニタリング調査を指す。このモニタリング調査を実施するために、実験室への分析機器の導入、モニタリング機器の整備、C/PであるMEPAに対する水質モニタリングに関する技術移転が実施された。第3次現地調査におけるモニタリング調査は1999年10～11月に実施され、アラビア湾岸の水質及び底質の汚染状況に関する様々な情報を得ることができた。

以上の調査データに第4次現地調査において収集されたモニタリングデータを加え、対象沿岸域の水質に関する詳細な分析が行われた。この分析結果は、アラビア湾沿岸域にかかる将来モニタリング計画を策定する上で活用された。

4.2 衛星画像解析

4.2.1 衛星画像解析の概要

衛星画像データは、比較的広い地域に対する概略的かつ高密度の解析調査を行う場合に広く用いられており、衛星リモートセンシングを利用した水質モニタリングの潜在的能力については以前から期待されている。

本調査では、LANDSAT Thematic Mapper (TM)の衛星画像データを使用し、アラビア湾のIntensive Study Area内の水質汚染状況について概略を把握した。

第3次国内作業においては、サウディ・アラビア国のアラビア湾沿岸域を対象として、SS、クロロフィルa、油汚染の分布を示す5万分の1の図板（プレート）が作成された。

この作業においては、LANDSAT TMのPath/Row 165/040-041-20 Jan 1999、164/041-12 Dec 1998、164/042-12 Dec 1998、163/042-21 Dec 1998及び163/043-03 Nov 1998の5つのシーンが使用された。これらの解析結果によりアラビア湾沿岸域におけるSS、クロロフィルa、油膜の分布状況の概略が把握された。

第4次現地調査においては、JeddahにあるMEPAのGeophysical and Remote Sensing Unitにおいて衛星画像解析を実施し、画像解析にかかる技術移転が実施された（2000年6月21日～7月12日）。

この解析は、Intensive Study Areaを対象として、水温、浮遊物質、クロロフィル及び土地利用形態を表す分布図を作成する目的で実施された。

この解析においては、水質データの現地モニタリング期間に一致する時期に撮影された衛星画像を用い、Intensive Study Areaにおける水温、浮遊物質、クロロフィル濃度分布図の作成及び土地利用形態の分布図の作成が行われた。また、解析結果に基づき、実測値との相関関係の検討を行った。

解析対象画像としては、フィールド調査期間と同時期（1999年10月12～21日）に撮影された3シーン（Path/Row 164/041, 12 Oct 1999; Path/Row 164/042, 12 Oct 1999 and Path/Row 163/042, 21 Oct 1999）が使用された。

4.2.2 第3次調査における衛星画像解析結果

(1) 浮遊物質 (SS) 分布図 (プレート1)

LANDSAT TMデータにおけるバンド2の解析により、アラビア湾の浮遊物質 (SS) の濃度分布に関する情報が明らかになった。

SS濃度は、作成したSS分布図において6段階に表示した (高濃度側から、赤>オレンジ>黄色>緑>シアン>青の順)。衛星画像解析においては、雲がノイズとして影響しているが、SS分布図により高濃度のSSが海岸域に集中する傾向が明らかになった。

1999年10~11月のフィールド調査においては、T7において12mg/Lという高いSS濃度が測定されたが、SS分布図においてもこの地点は赤色を示している。J1におけるSS濃度は2mg/Lであり、分布図においてはシアン色に含まれており、T4におけるSS濃度は9mg/Lであり、分布図においてはオレンジ色で示されている。また、他のモニタリング地点においても現地モニタリングデータと衛星画像解析結果との間に良好な相関が認められた。衛星画像が取得された日時とフィールド調査が実施された日時が隔たっていたにも関わらず、衛星画像解析結果とフィールド調査結果は高い相関性を示すことが確認された。

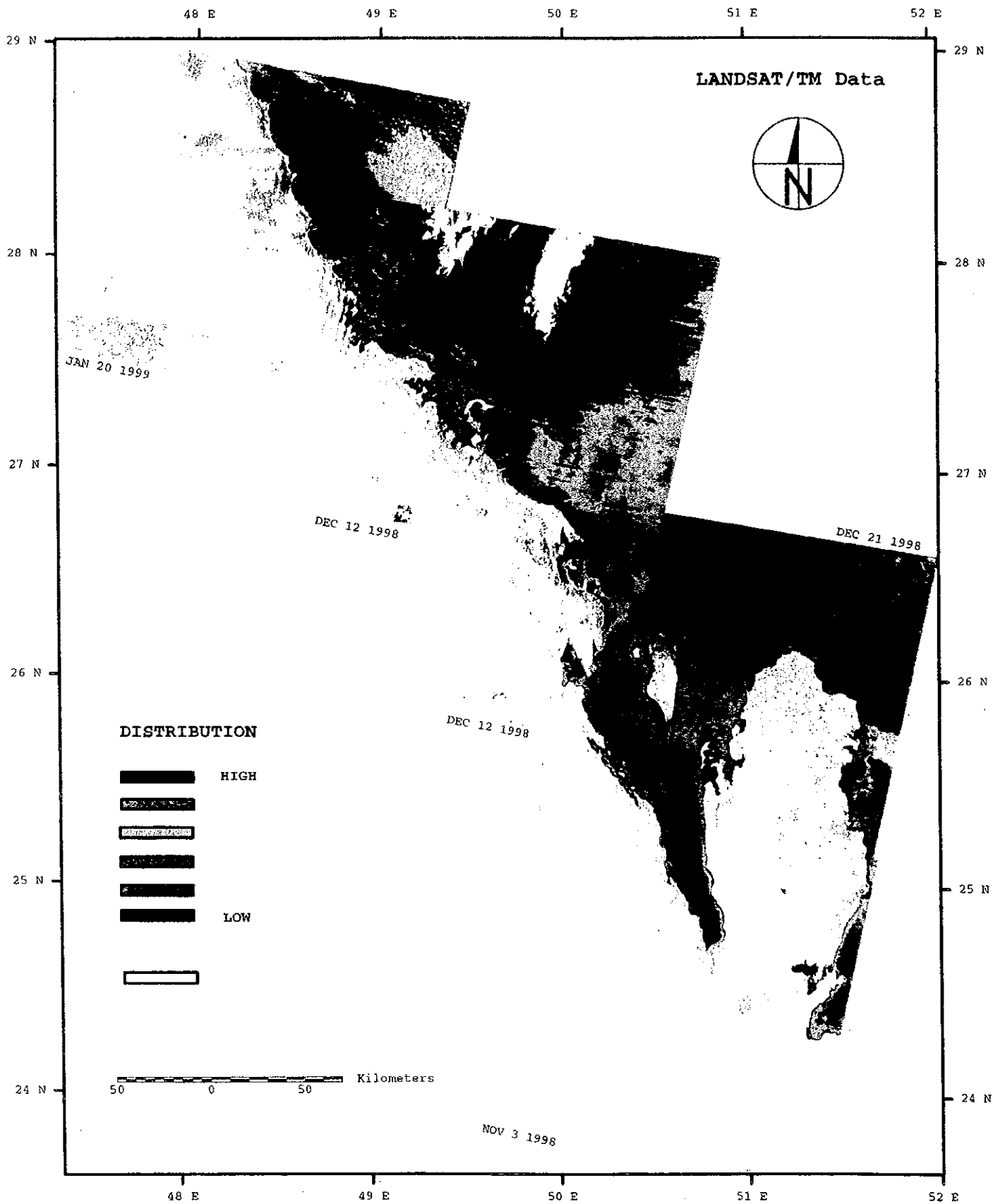
(2) クロロフィル分布図 (プレート2)

クロロフィルaの濃度は、作成された分布図において5段階で表示している (高濃度側から赤>オレンジ>黄色>緑>シアン>青の順)。SSの解析結果同様、クロロフィルaも海岸線に沿って高濃度に分布することが明らかになった。1999年10~11月のフィールド調査では、大部分のモニタリング地点においてクロロフィル濃度は非常に低い値であったが、衛星画像解析においても同様の傾向が示された。

(3) 油汚染分布図 (プレート3)

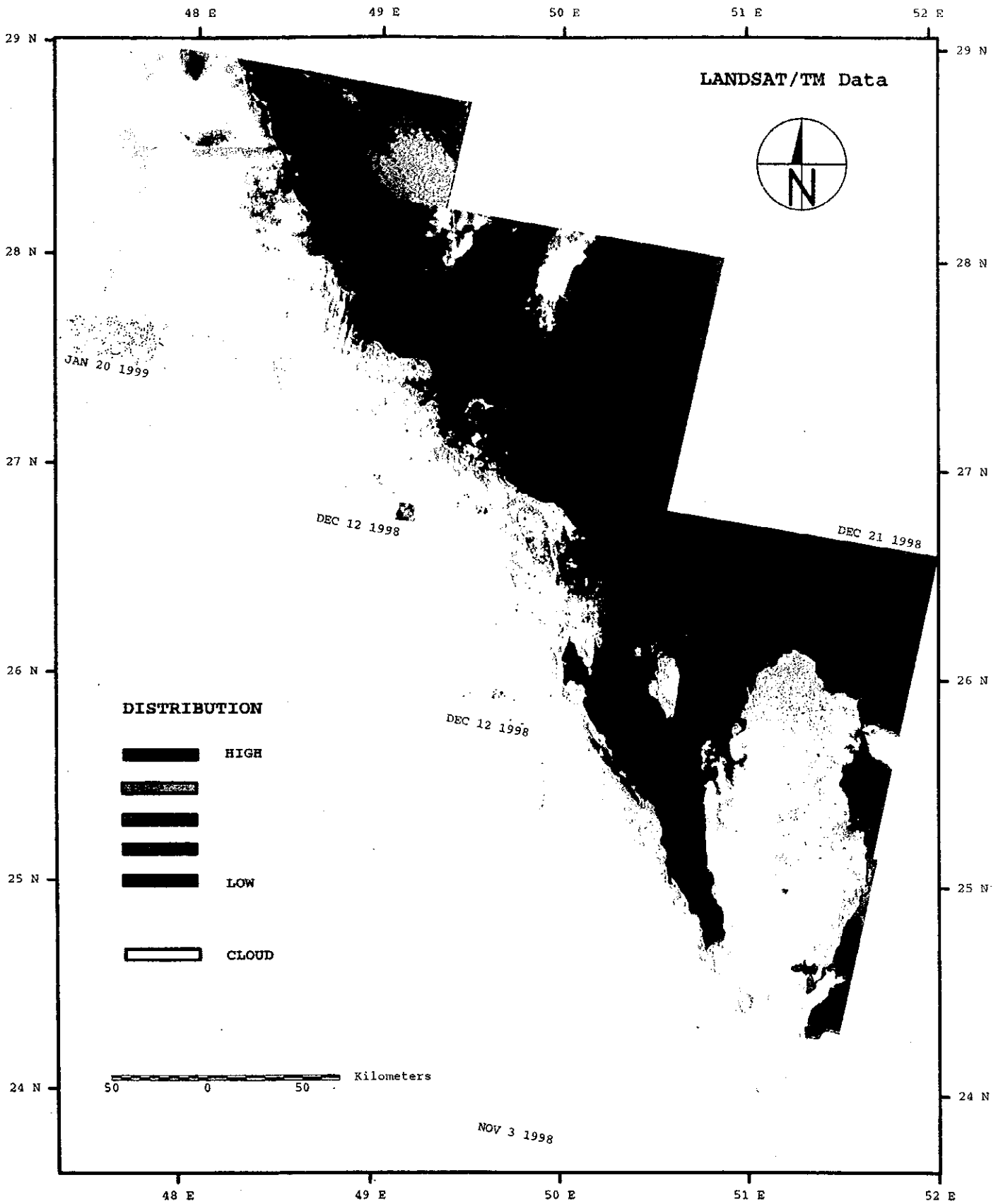
本解析において作成された油汚染分布図は、海面上の油膜の分布を示すものである。海洋において大量の油流出が起こった場合には、油汚染は衛星画像解析によって確実に観測することができるが、この衛星画像解析からは明確な油膜分布は把握されなかったため、この海域における大きな油流出の発生はないものと考えられる。1999年10~11月のフィールド調査においては、Intensive Study Area内の大部分のモニタリング地点において油分は検出されず、衛星画像解析結果との一致を示した。調査期間においては油流出は観測されなかったが、油の流出の様子は衛星画像解析によって確実な観測が可能であることから、油汚染モニタリングに対する衛星画像解析の重要性については常に認識される必要がある。

Suspended Solids Distribution - Arabian Gulf, Saudi Arabia



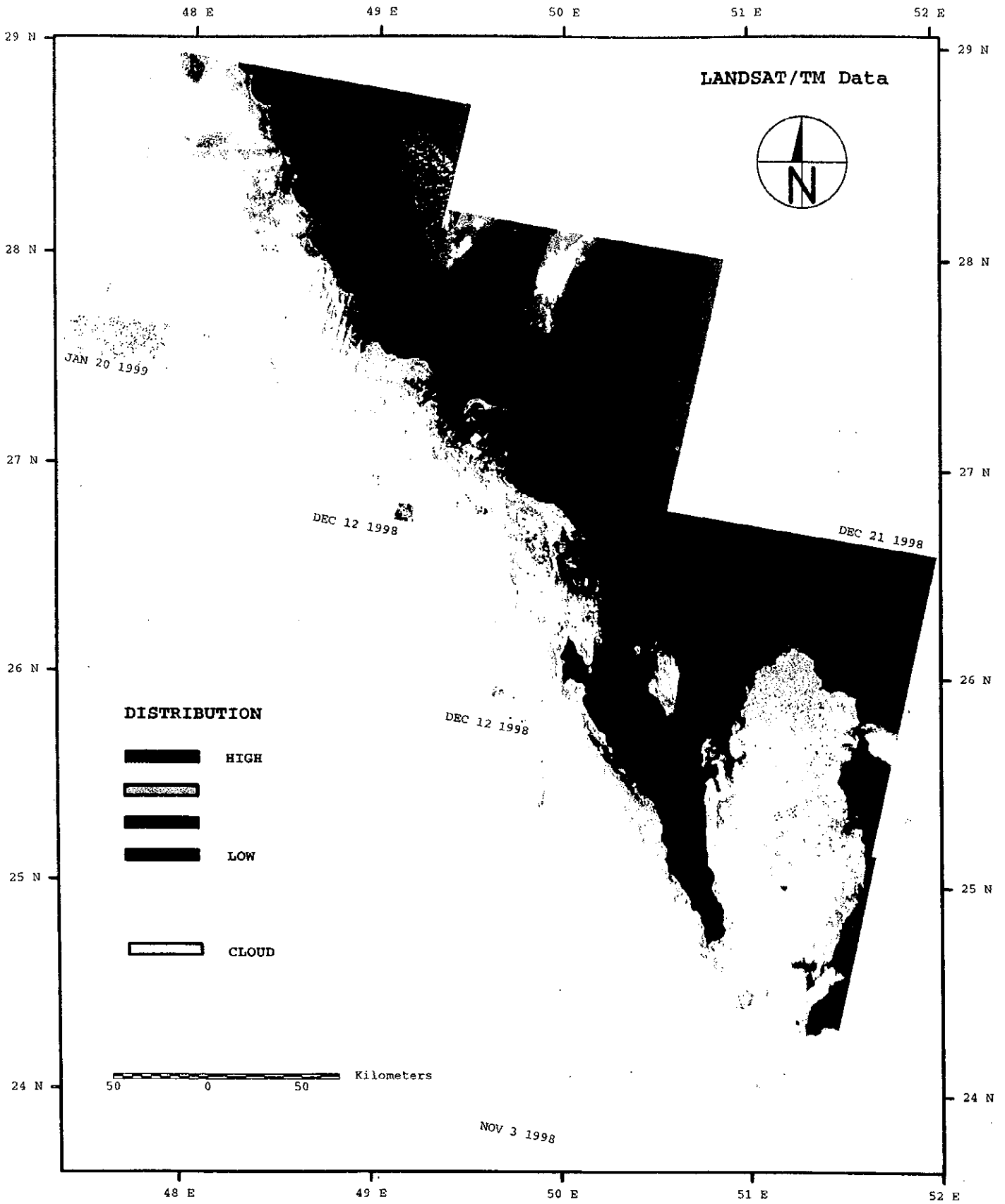
プレート1 浮遊物質分布図

Chlorophyll Distribution - Arabian Gulf, Saudi Arabia



プレート2 クロロフィル分布図

Oil Pollution Distribution - Arabian Gulf, Saudi Arabia



プレート3 油汚染分布図

4.2.3 第4次調査における衛星画像解析結果

(1) 水温分布

海水面の温度分布のモニタリングは、衛星画像解析の海域モニタリングに対する適用例の中でも最も一般的なものの一つである。衛星画像による海水面の温度分布にかかる解析は、第4次現地調査において初めて実施された。

解析結果では、対象海域における海水面温度は26.5℃～27.5℃の範囲と観測された。また、小さなパッチ状の高温域が浅海域および工業活動や生活活動の盛んな地域（Jubail 共用排水口、SAFCO排水口等）に近接した海岸域において観測された。これらの高温域は、温排水の影響によるものと考えられ、実測データとも一致している。

(2) 浮遊物質分布（プレート4）

1999年12月の衛星画像解析結果によれば、調査対象域におけるSS濃度の範囲は0.4～7 mg/Lの範囲にあると推定される。高濃度のSSは海岸付近に集中して観測され、沖合におけるSS濃度は1.4～3 mg/L程度であった。これらの解析結果は実測値との間に相関性が認められた。

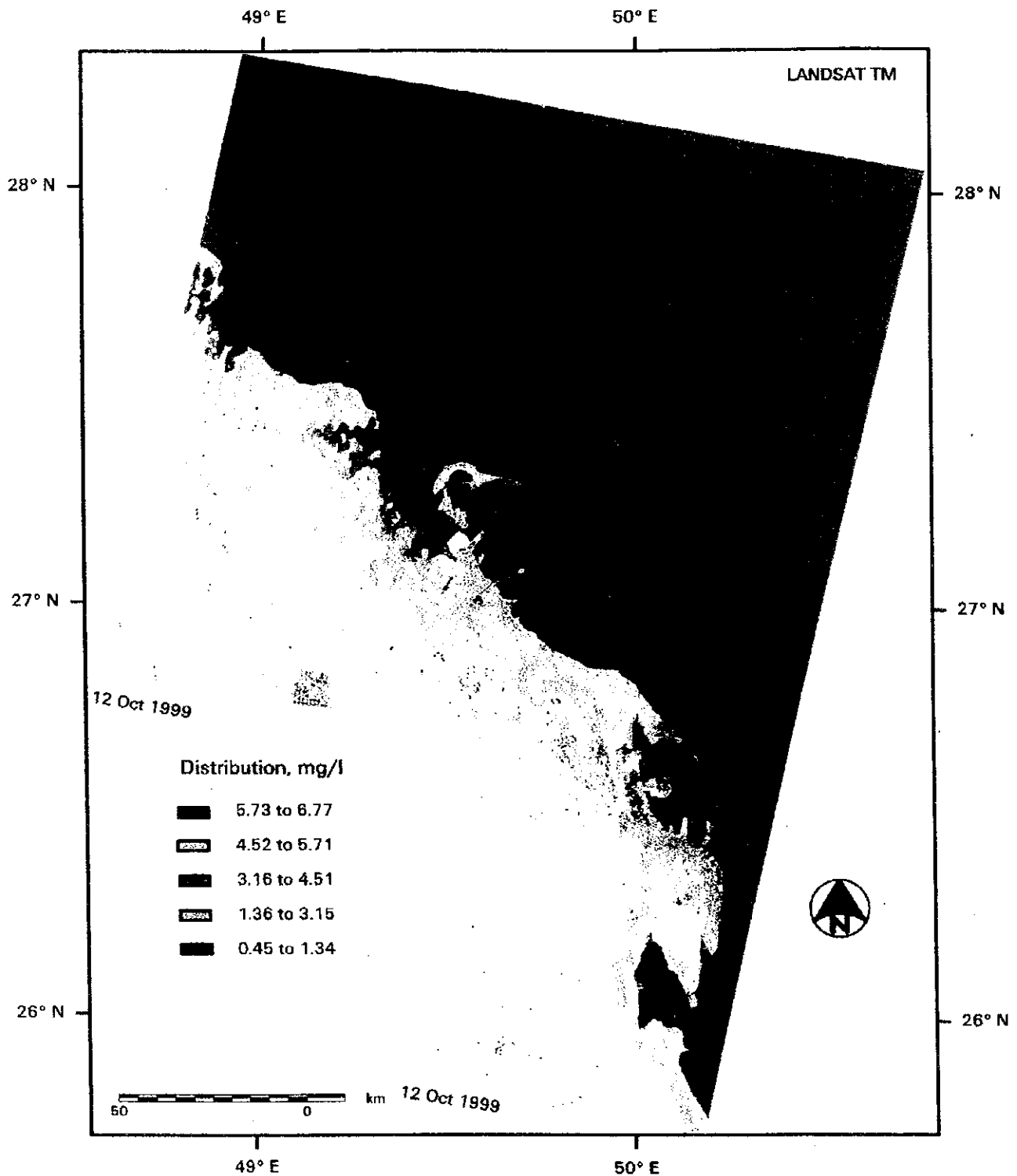
(3) クロロフィル分布（プレート5）

クロロフィルaの濃度分布の画像解析結果は、フィールドにおける測定結果との良好な相関関係を示した。概して、Intensive Study Area内はクロロフィルa濃度が低いが、Tarut Bay北東部、Tarut Island北東部、Al Azaziz等の海岸近接部においては、部分的に高いクロロフィルa濃度が観察され、対象域北東部においては中程度（0.47～0.64 μ g/L）のクロロフィルa濃度が観測された。

(4) 土地形態分布（プレート6）

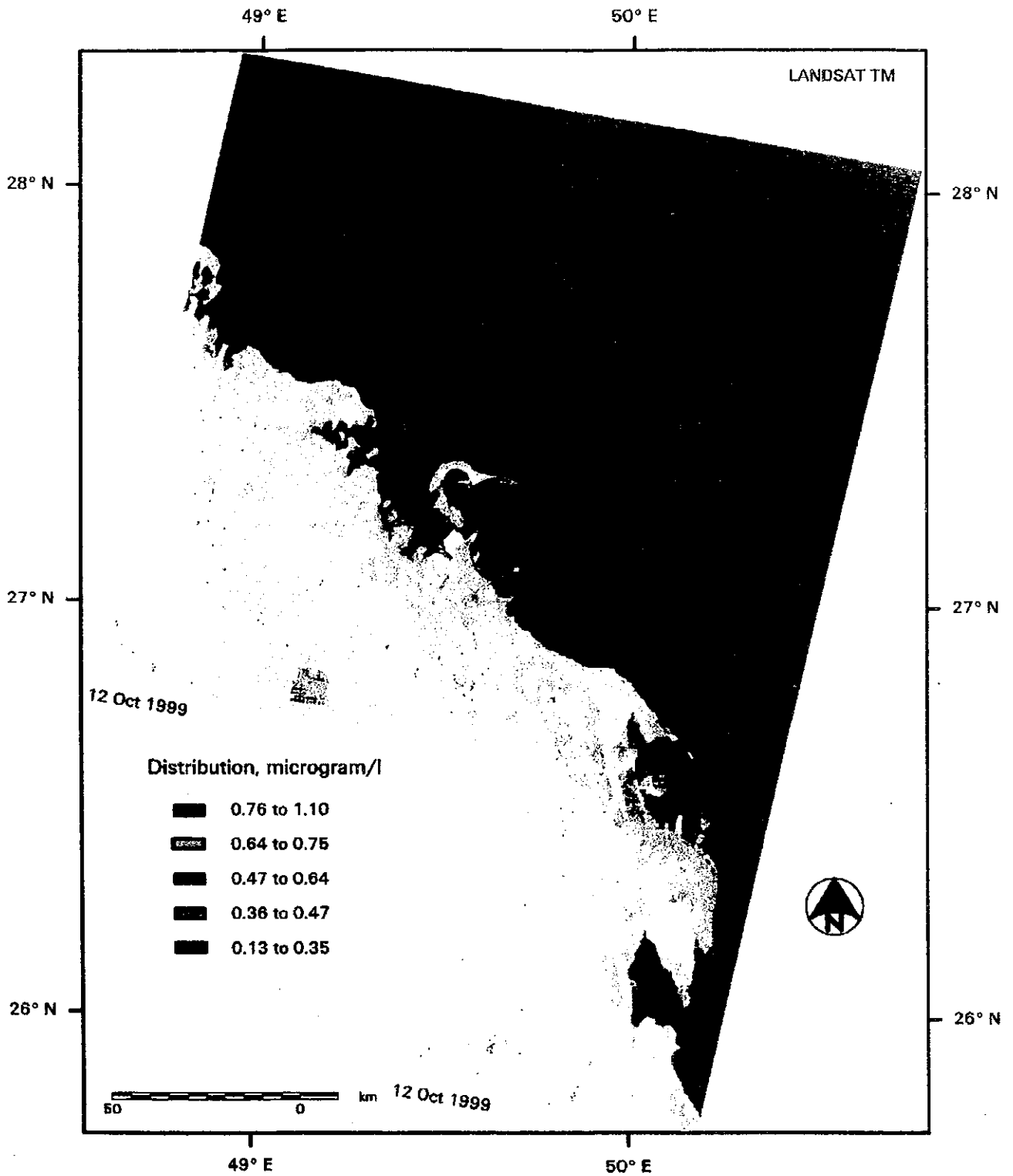
沿岸域の土地形態にかかる解析の結果、最も広い範囲を占めていたのは「浅海域」であった。陸域の半分以上は開発の進んだ住宅地域に区分されるが、解析の結果から詳細な海岸線の現況（埋立地、建造物密集地、浚渫水路等）についても把握することができた。また、マングローブと珊瑚礁は非常に狭い範囲を占めるに過ぎないことが示された。

Suspended Solids Distribution - Arabian Gulf, Saudi Arabia



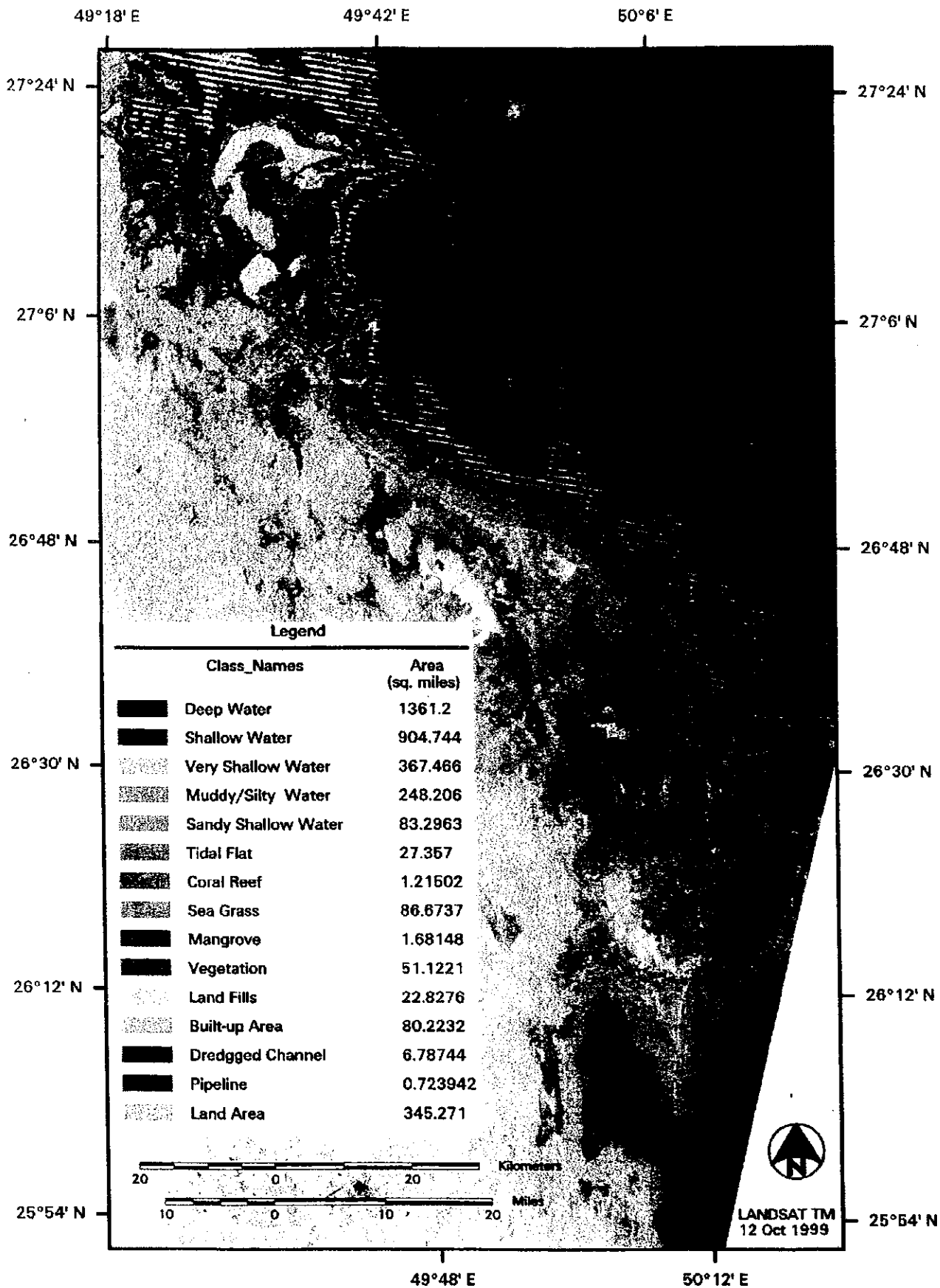
プレート4 浮遊物質分布図

Chlorophyll Distribution - Arabian Gulf, Saudi Arabia



プレート5 クロロフィル分布図

Coastal Mapping - Intensive Study Area, Arabian Gulf, Saudi Arabia



プレート6 土地利用形態分布

4.2.4 衛星画像解析結果の考察

解析結果から衛星画像解析は、水質を評価する上で有効な手段でとなりうることが示唆された。また、LANDSATの広大かつ連続的なカバレッジによって、調査地域全体を入手可能なTMデータでカバーすることができ、解析されたTMデータは、衛星画像取得日時における現地観測データが欠けていたにも関わらず、水質の分布状況について有用なデータを提供した。衛星画像解析によって作成された浮遊物質、クロロフィル、油汚染の分布図は、モニタリングデータの評価やレポートの作成の上で非常に重要な参考資料となりうると思われる。

また、本調査で得られた水質分析結果は、Intensive Study Area内における水質パラメーターの分布図の作成の際に積極的に活用されることが望ましい。さらに、海面温度分布、珊瑚礁及び海岸線のマッピングも衛星画像を用いて行うことが可能である。リモートセンシングデータの海域モデルへの適用は、Intensive Study Areaにおける概略的・統合的なモニタリングの能力を高める上で非常に有効であると考えられる。

しかし一方で海洋及び陸域の環境状況は密接に関連し合って複雑に変化するため、衛星画像解析がモニタリングの目的を達成するのに十分な情報を提供するとは限らない。従って、定常的な現地モニタリング調査は、概略的な性質を持つリモートセンシングデータの解析を有効なものとするためには不可欠である。

4.2.5 将来的なモニタリングに対する提案

海洋の環境問題を取り扱う場合には、汚染排出・工場排水・油漏れ・海岸開発といった複雑な問題に直面することになる。このような場合において、観測衛星を利用したリモートセンシングは対象地域の履歴や最新情報を収集する上で、費用対効果の大きい有効な方法となりうる。

また、衛星画像解析を利用することにより、現地の測定分析だけでは把握できない水質の分布状況や海岸線の変化等についても情報を得ることができる。したがって、実地モニタリングと衛星画像解析を併用することで、沿岸域の環境をより詳細に把握することが可能となる。

将来的には、衛星画像解析技術がアラビア湾の水域管理に有効な手段となると考えられる。しかしながら、現在、MEPAは衛星画像解析に関するノウハウを有しておらず、衛星画像解析技術者も不在である。

本調査においては、衛星画像解析に関する技術が移転されたが、MEPAは今後、さらに外部の衛星画像解析機関との関係を保ち、衛星画像解析技術者の育成を行うことが望ましい。また、すでにMEPAが所有しているGISシステムへの解析結果データの援用を図ることで、アラビア湾全域を対象としたより広域な水域管理の実現を目指すことも可能となる。

将来的には、LANDSAT・SPOT・IRS等の観測衛星からの画像を活用したモニタリングシステムを構築し、広域を対象とした沿岸域管理に資することも考えられる。

4.3 予備現地調査

第2次現地調査において、**Intensive Study Area**における水域環境の一般的特性を把握し、モニタリング計画の策定に必要な情報を収集するために予備現地調査が実施された。この調査においては、水域環境モニタリングにかかる技術移転及び調査対象域の特性把握を目的として、全部で37の水質・底質サンプルが収集された。

4.3.1 目的

第2次現地調査（1999年6～7月）で実施されたフィールド調査の主な目的は以下のようである。

- 調査地域である **Intensive Study Area** の概況把握
- 水質モニタリングを実施するための適切な調査地点の抽出
- 海上調査に必要なCoastguardとの協力体制の構築

4.3.2 調査地点及び日程

予備現地調査は1999年6月13～27日に実施された。また、実験室での試料分析業務は1999年6月19～28日に行われた。フィールド調査においては、**Intensive Study Area**の特性を反映するような38箇所の調査地点が選定された。調査地点の位置を図4.3.1に、調査スケジュールを表4.3.1に示す。

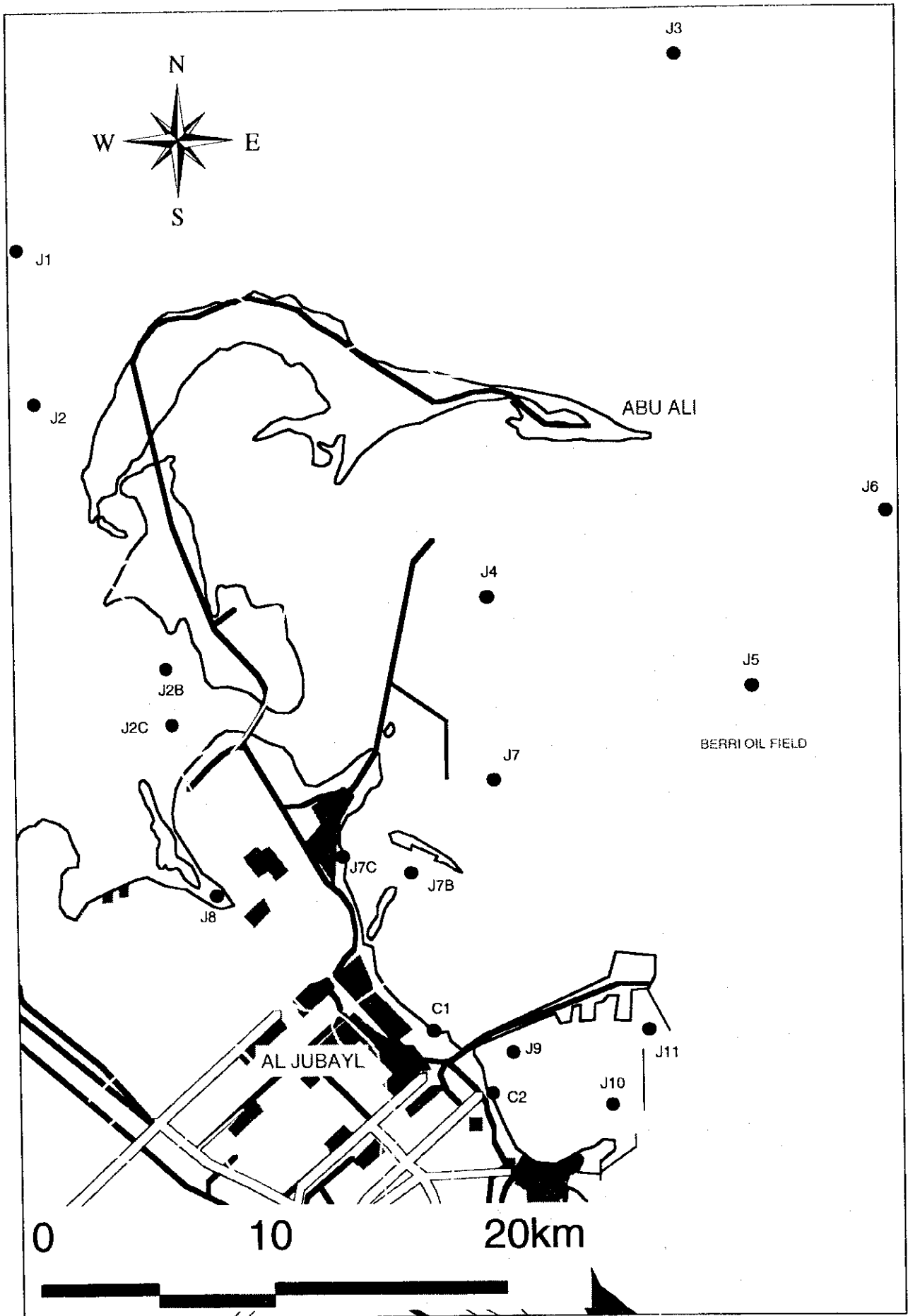


図4.3.1 (1) モニタリングポイント

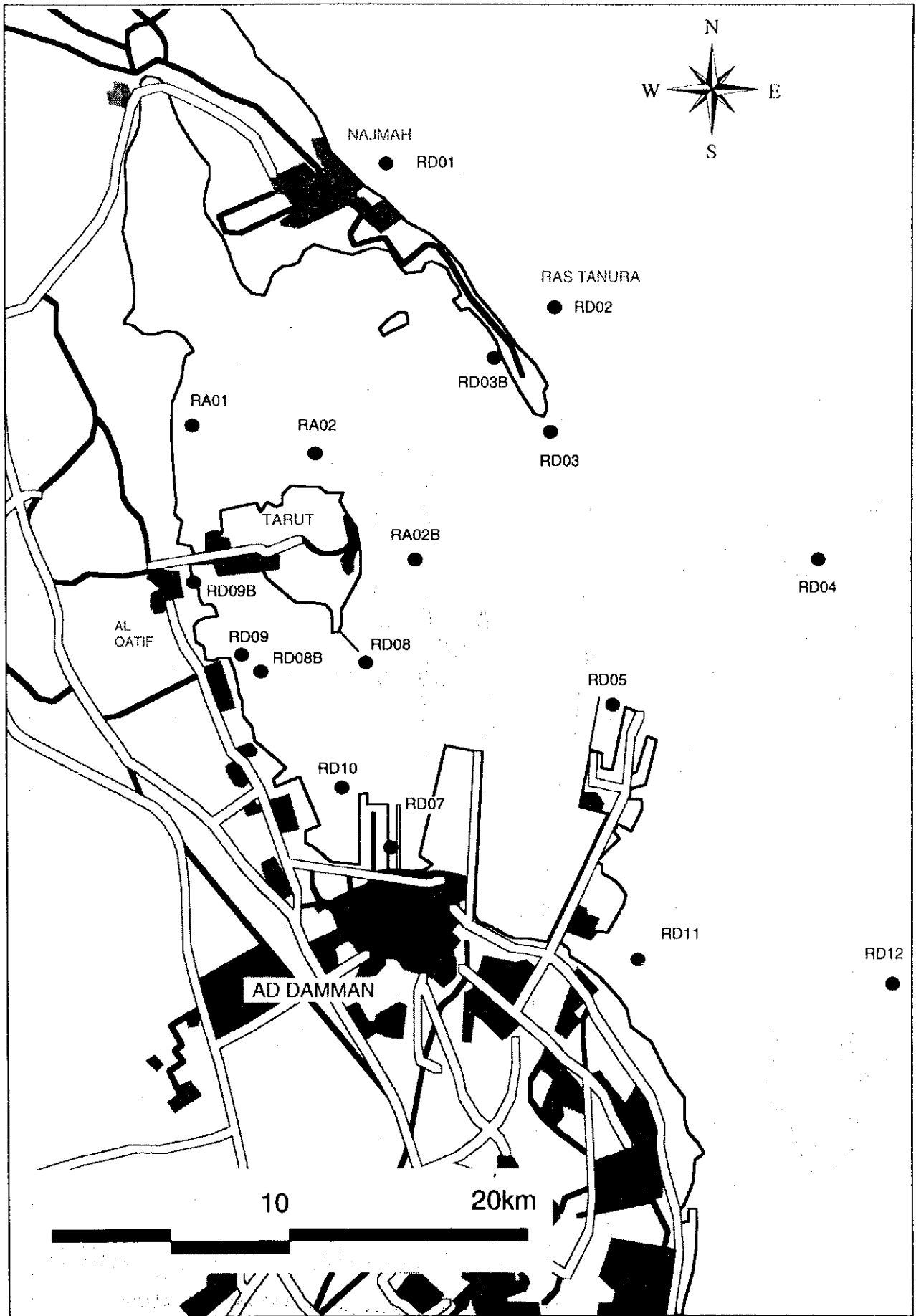


図4.3.1 (2) モニタリングポイント

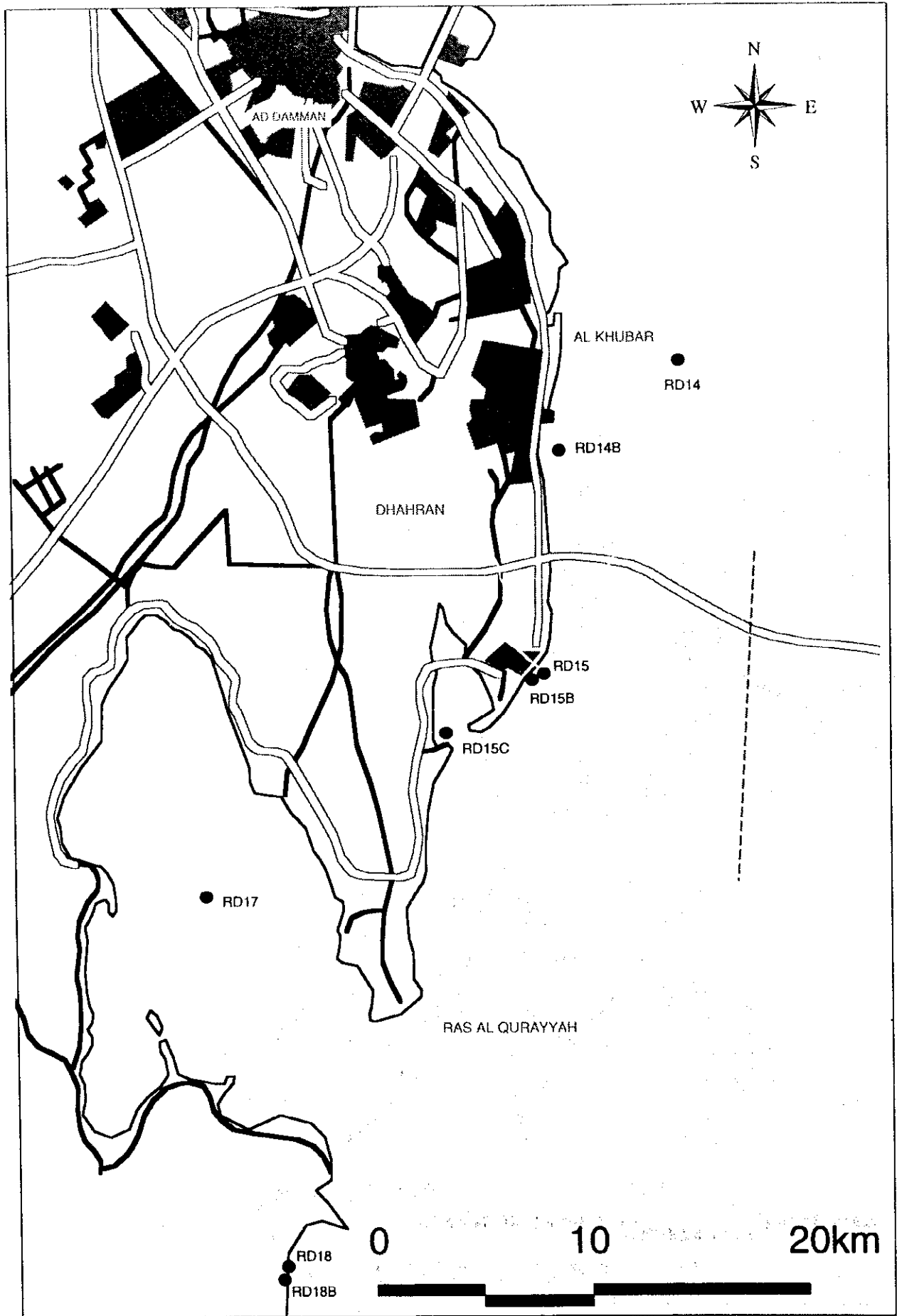


図4.3.1 (3) モニタリングポイント

表4.3.1 モニタリングスケジュール

実施日	地域	コード番号	地点名
1999.6.13	Al Jubail	J7A	ARAMCO South Terminal
	Al Jubail	J7B	Fanateera Island
	Al Jubail	J7C	Fanateera Marina
	Al Jubail	J9	Shared Industrial Outfall
	Al Jubail	J10	Jubail Harbour
1999.6.14	Al Jubail	J11	Jubail Industrial Port Tank farm North
	Al Jubail	J3	Abu Ali North
	Al Jubail	J5	Berri Oilfield
	Al Jubail	J6	Outer Shoal
1999.6.15	Al Jubail	J2B	Dawhat Dafi Bay
	Al Jubail	J8	Maduraigh Marina
	Al Jubail	C01	Storm outfall of Jubail Industrial City(1)
1999.6.16	Al Jubail	C02	Storm outfall of Jubail Industrial City(2)
1999.6.19	Ra's Tannurah	RD01	ARAMCO Oil Refinery Outfall
	Ra's Tannurah	RD02	Sea Island Termnl
	Ra's Tannurah	RD03	South Sand Spit
	Ra's Tannurah	RD03B	Platform reef (Almost dead)
	Ra's Tannurah	RD04	Marine coral reef (Najwah Island)
1999.6.21	Tarut Bay	RA01	North side of Tarut Is
	Tarut Bay	RA02	Inshore north of Tarut
	Tarut Bay	RD8	Fishing Fleet jetty
	Tarut Bay	RD8B	South central Tarut
	Tarut Bay	RD9	Qatif Marina dredged
	Tarut Bay	RD9B	Qatif S/W drain
1999.6.23	Dammam	RD10	Near ARAMCO Reclaim Island
	Dammam	RD11	SAFCO corner
	Dammam	RD12	Kaskus Island
	Dammam	RD4	Najwah Island
	Dammam	RD5	Dammam Harbour
	Dammam	RD7	Small boat Harbour
1999.6.26	Al Khobar	RD14	Al Benhani Islet
	Al Khobar	RD14B	Sewage Outfall
	Al Khobar	RD15	Desalination intake
	Al Khobar	RD15B	Desalination outfall
	Al Khobar	RD15C	Residential marinas
1999.6.27	HalfMoon Bay	RD17	Centre of HM Bay
	Al Qurayyah	RD18	Power station intake
	Al Qurayyah	RD18B	Power station outfall

4.3.4 水質パラメーター及び採集方法

予備現地調査では、Insentive Study Areaにおいて以下の様な項目及び調査方法で測定分析が実施された。

調査内容・項目	調査機材・方法
水深	: 20m及び30m測深索
表層流の流向・流速	: 浮子、ストップウオッチ
pH	: 携帯式メーター
DO	: 携帯式メーター
温度	: 棒状温度計・携帯式メーター
透明度	: セッキ板
採水作業	: ビニールバケツ、ポリびん、クーラー、氷
TSS/COD _{Mn} /蒸発残留物	: ラボ分析 (37試料)
海底調査 (水深5m以浅)	: 潜水調査、水底写真撮影、底質サンプラー

4.3.5 調査結果及び調査地域の特性

上記の調査結果ならびに収集された関連情報に基づいて、Insentive Study Areaの特徴についての考察が行われた。

1) フィールドにおける測定調査

フィールドにおける測定調査結果を表4.3.2に示す。陸上排水の混合域を含むInsentive Study Area内の温度、pH、DO、透明度の測定結果からは、著しい水質汚染の傾向は見出せなかった。ただし、Jubail Industrial City及びAl Khobar Sewage Treatment plantからの排水口付近においては限定的な汚染状況が認められた。

2) 実験室における分析

MEPA実験室において行われた採取試料の化学分析結果を表4.3.3に示す。蒸発残留物 (TS)、総浮遊物質量 (TSS) 及び化学的酸素要求量 (COD_{Mn}) の分析値の変動は、沿岸部と沖合との濃度差、卓越した南からの海流に基づく南北での濃度差等の自然的由来による変動範囲に収まっている。また、全体として化学分析の結果はフィールド調査において想定された結果と一致した。

3) 調査対象域の特徴

フィールド測定ならびに海底・海岸線調査、現地収集資料に基づき、Insentive Study Areaにおける水質状況についての概況がまとめられた。

Insentive Study AreaはDafi Dalwhat (Abu Aliの北部・東部) からHalf Moon Bay (Al-Khobarの南部) までの約180kmの海岸線を占め、海岸形態や開発状況の度合いから便宜的に6つの区域(ゾーン)に分けられた。北から南に向かって各ゾーンの状況を以下に示す。

Zone D : Dawhat ad-Dafi Bay

このゾーンはJubail Marine Wildlife Sanctuary内にある広くて浅い湾域である。このゾーンはAbu Aliの西側から南に向かって広がり、南端部には近年開発が進んでいるMaguraih Marinaがある。この湾は浅いために蒸発が盛んであり、その結果として塩分濃度が極めて高いという特性を持つ。1980年代中盤のAramco舗装道路建設期間中に、Jubail湾の入口(Abu Ali南部)は閉鎖され南西部の海岸は埋め立てられているが、その他の場所では開発行為はほとんど行われていない。このゾーンの北部は広大な海藻(主として*Halodule uninervis*)の生育地である。南部には*Avicennia*マングローブ林、塩性植物灌木林、高潮間帯sabkhas等の植生によって覆われた砂質のGurnah島が存在する。しかしながら、これらの区域は1991年の湾岸戦争で油汚染被害にあったため、現在もKF University Research InstituteのMarine Studies Sectionが継続的なモニタリングを行っている。また、この湾は重要な魚の繁殖地でもあり、漁業やスポーツフィッシングの場としての役割も持っている。

現在のところ、このゾーンには排水口はなく、工業開発・住宅開発も行われていない。従って、このゾーンはJICA/MEPAの調査においては、人為による影響を受けず、自然的な蒸発の影響を主な決定要因として海水の化学的性質が決定されている場所とみなされる(ただし、潮間帯においては部分的に1991年の湾岸戦争時の油が残されている)。また、このゾーンはより富栄養化の進んだTarut Bayにおいてマングローブの生育地に適した水質をコントロールする上での指標としての役割も持つと考えられる。

Zone J : Jubail Bay

このゾーンはAbu Ali 島から南に向かってnew Jubail harbour、old town of Jubail とその漁港を通り、南端はKSA Navy Base南部のGaslan発電所までの区域である。このゾーンは、Berri沖合油田、Fanaterria Corniche建設のための埋立・浚渫工事、マリーナ・人工島の開発、Jubailの新港及びタンカーファームの建設、JubailのRoyal Commissionの管理下にあるJubail共用排水口、商用港、漁港、Navy Base近傍のSWCC淡水化プラント等、開発及び工業活動が活発な区域を含んでいる。重要な生育地としては、Fanateerra島から北に広がる水深がLAT以下1-3mの広大な海藻の生育地がある。また、Fanateerra島はアジサシの

生育地としても重要である。このゾーンは多くの点的排出源からの影響をはかる上で重要であり、その中でも、(a)Jubail共用排水口、(b)Berri沖合油田生産基地、(c)SWCC淡水化プラント排出口の3地点は非常に重要であると考えられる。

Zone R : Ras Tannura Peninsula

このゾーンはGaslan発電所から南に向かってRas Tannuraの砂嘴の先端までの範囲である。他地域と分離された比較的開けた海岸であり、Saudi Aramco Sea Island Terminalとその製油所がここには含まれる。このゾーンの潮間帯は砂浜海岸と、それに面する石灰岩及び粗い炭酸性の砂層に覆われた部分から構成されているが、これらの砂層は長年にわたって南からの海流に晒されてきたため、砂層が薄い若しくは存在しない場所においては海藻パッチの形成を支えてきた。また、Ras Tannuraの先端部には陸域に近い場所で珊瑚礁が発達している。このゾーンは未精製原油の積出港及び製油所からの排水等、石油関連の施設からの影響をはかるための例として重要である。

Zone T : Tarut Bay

このゾーンはRas Tannuraの先端から南に向かってDammam Portまでの広大な湾であり、Tarut Island（住宅地域であるTarutを含む）と、それに近接した海岸の都市であるAl Qatifとを結ぶ道路によって南北に二分される。このゾーンは、下水処理網の整備が不十分な都市から排出される地下水及び表層水による栄養塩類汚染域として注目される。Qatif市街の排水は、マングローブ域に排出されていると考えられる。Tarut Bayにおける重要な生物生息地としては、(a)Tarut Island北部及び南部沿岸のマングローブ林、(b)Tarut Islandの北部、南部、東部沖合の開発されていない浅海域に広がる海藻類のベッド、(c)Nazwah Islandの珊瑚礁、がある。Tarut IslandとDammam付近の沿岸部はサウディ・アラビア国の中でも最も開発が進んでいる場所であり、浚渫、埋立、港湾護岸・マリーナ等の建設が20年以上にわたって継続している。Qatifの都市排水、Ramos（Tarut北部）の下水処理施設排水口、北東部の製油所排水以外にも、このゾーンはDammam港の北の狭い漁港において古くから油及び変電設備からの汚染が存在している。

ZoneK : Al Khobar

このゾーンはDammam Portから南に向かってQurayyah半島までの区域であり、Al-Khobal/Dhahranの都市域、SAFCO肥料工場排水口、Al Khobar下水処理プラント、As-Azir海水淡水化プラント等を含み、注目されるべき海域である。さらにこのゾーンはAl Khobarの整備護岸、KSA-Bahrain国際道路、レクリエーション用のマリーナ、As-Azirの

入り江に近接した住宅地等も含む。また、Kascus Islandと類似した沖合の海藻の生育地や漁場も含まれる。Dammam Portの潮上帯においては、SAFCO肥料工場の排水口から沖合に向かって海藻の生育地が存在する。

ZoneH : Half-Moon Bay and Agraiha Area

Insentive Study Areaの最南端に位置するこのゾーンは蒸発量が多い広大な湾で、海水の蒸発量に流入量が依存しているため、北端部においては塩分量が60g/kgを超えている。この湾域はレクリエーション及びスポーツフィッシングの場として急速に人気を集めている場所で、東岸・西岸に別荘地が発達している。このゾーンでは北風が比較的遮断されているため、北部から流されてきた浮遊物質及び栄養塩類の沈降が起り、湾の中央部は粒径の小さい底質が堆積している。このゾーンの南端にはRas al'Qurayyahの発電所の冷却水取水口及び放水口が存在する。

表4.3.2 フィールド測定結果

地点名	コード 番号	実施日	緯度	経度	水深 (m)	水温 (C°)	pH (-)	DO (mg/l)	透明度 (m)
Jubail Region									
Dawhat Dafi Bay	J2B	1999.6.15	27°10.0'N	48°29.2'E	2.6	31.9	8.10	6.2	1.5
Abu Ali North	J3	1999.6.14	27°22.6'N	49°45.5'E	35.0	30.8	8.12	6.6	15.0
Berri Oilfield	J5	1999.6.14	27°12.5'N	49°43.0'E	16.0	31.4	8.16	6.6	11.0
Outer Shoal	J6	1999.6.14	27°13.6'N	49°48.8'E	6.9	31.0	8.20	6.5	6.9
ARAMCO South Terminal	J7A	1999.6.13	27°08.0'N	49°37.3'E	1.9	33.7	8.27	8.3	>1.9
Fanateera Island	J7B	1999.6.13	27°07.0'N	49°35.1'E	1.1	33.0	8.20	8.2	>1.1
Fanateera Marina	J7C	1999.6.13	27°07.1'N	49°33.1'E	4.6	31.2	8.18	8.3	2.4
Maduraigh Marina	J8	1999.6.15	27°07.1'N	49°30.4'E	3.4	31.7	8.15	5.4	2.7
Shared Industrial Outfall	J9	1999.6.13	27°03.6'N	49°37.8'E	4.5	41.0	8.14	7.5	2.4
Jubail Harbour	J10	1999.6.13	27°02.5'N	49°41.8'E	5.0	32.3	8.20	6.5	3.3
Jubail Port Tank farm North	J11	1999.6.14	27°04.5'N	49°42.5'E	20.0	31.7	8.17	6.6	8.2
Storm outfall of Jubail Ind. City(1)	C01	1999.6.15	27°04.5'N	49°35.2'E	<1	32.1	8.21	6.8	-
Storm outfall of Jubail Ind. City(2)	C02	1999.6.16	27°04.5'N	49°38.2'E	<1	30.6	8.31	7.1	-
Ra's Tannurah Region									
ARAMCO Oil Refinery Outfall	RD01	1999.6.19	26°37.8'N	50°09.9'E	6.0	31.8	8.15	6.5	3.0
Sea Island Termnl	RD02	1999.6.19	26°39.7'N	50°11.1'E	32.0	31.8	8.18	6.2	6.0
South Sand Spit	RD03	1999.6.19	26°42.8'N	50°08.6'E	2.7	31.6	8.11	6.7	4.9
Platform reef (Almost dead)	RD03B	1999.6.19	26°41.8'N	50°06.6'E	-	-	-	-	-
Tarut - Dammam Region									
North side of Tarut Is	RA01	1999.6.21	26°35.8'N	50°00.8'E	0.7	30.5	8.07	5.7	0.6
Inshore north of Tarut	RA02	1999.6.21	26°36.1'N	50°03.5'E	0.9	32.1	8.27	6.6	>0.92
Marine coral reef(Najwah Is)	RD04	1999.6.19	26°33.0'N	50°15.3'E	0.8	32.7	8.21	8.6	>0.8
Dammam Harbour	RD5	1999.6.23	26°28.2'N	50°13.8'E	8.5	30.1	8.15	7.4	3.2
Small boat Harbour	RD7	1999.6.23	26°26.9'N	50°07.7'E	1.2	32.5	8.22	6.0	0.3
Fishing Fleet jetty	RD8	1999.6.21	26°32.5'N	50°03.5'E	3.3	31.6	8.22	5.8	0.6
South central Tarut	RD8B	1999.6.21	26°32.4'N	50°03.6'E	3.0	31.6	8.16	6.1	0.8
Qatif Marina dredged	RD9	1999.6.21	26°32.8'N	50°01.7'E	8.2	30.6	8.22	5.8	0.9
Qatif S/W drain	RD9B	1999.6.21	26°38.5'N	50°05.3'E	-	-	-	-	-
Near ARAMCO Reclaim Island	RD10	1999.6.23	26°29.5'N	50°06.7'E	1.9	32.6	8.30	6.4	1.3
SAFCO corner	RD11	1999.6.23	26°24.5'N	50°11.9'E	0.8	32.9	8.30	7.8	0.8
Kaskus Island	RD12	1999.6.23	26°24.8'N	50°18.1'E	1.6	33.4	8.22	6.0	>1.6
Al Khobar Region									
Al Benhani Islet	RD14	1999.6.26	26°15.2'N	50°19.6'E	>20	33.7	8.44	6.2	6.7
Sewage Outfall	RD14B	1999.6.26	26°14.4'N	50°13.4'E	5.3	33.8	8.40	5.9	0.3
Desalination intake	RD15	1999.6.26	26°10.4'N	50°12.8'E	-	33.5	8.42	5.8	2.7
Desalination outfall	RD15B	1999.6.26	26°10.6'N	50°12.7'E	6.0	39.3	8.46	7.0	2.2
Residential marinas	RD15C	1999.6.26	26°09.6'N	50°11.8'E	-	34.6	8.41	6.9	2.6
HalfMoon Bay									
Centre of HM Bay	RD17	1999.6.27	26°04.0'N	50°03.0'E	3.5	32.6	8.25	5.6	>3.5
Al Qurayyah									
Power station intake	RD18	1999.6.27	25°51.6'N	50°07.3'E	4.1	35.4	8.25	7.5	2.7
Power station outfall	RD18B	1999.6.27	25°51.1'N	50°07.6'E	-	39.0	8.14	6.9	-

表4.3.3 化学分析結果

No.	サンプル 番号	サンプル 実施日	サンプル 時間	サンプル 容器	サンプル 数	備考	COD mg/L	TSS mg/L	TS %
Jubail Region									
1	J 2B	1999.6.15	10:08	1 liter, P	1		3	18	5.5
2	J 3	1999.6.14	12:44	1 liter, P	4	control area	2	4	4.3
3	J 5	1999.6.14	14:54	1 liter, P	2		1	5	4.4
4	J 6	1999.6.14	14:00	1 liter, P	2		2	7	4.5
5	J 7	1999.6.13	15:27	1 liter, P	2	seaweeds area	2	7	4.6
6	J 7B	1999.6.13	16:25	1 liter, P	2	Fanateer Island	2	9	4.6
7	J 7C	1999.6.13	17:08	1 liter, P	2	harbor	2	8	4.6
8	J 8	1999.6.15	11:30	1.5 L, PET	2	Mardumah marina	4	9	5.7
9	J 9	1999.6.13	11:35	1 liter, P	3	polluted area	2	7	4.5
10	J 10	1999.6.13	10:10	1 liter, P	2	polluted area	2	6	4.3
11	J 11	1999.6.14	16:15	1 liter, P	1		2	10	-
12	C1	1999.6.16	9:30	1.5 L, PET	1		2	10	4.6
13	C2	1999.6.15	17:50	1 liter, P	1		3	17	4.7
Ras Tannurah Region									
14	RD1	1999.6.19	11:05	1 liter, P	2		2	7	4.4
15	RD2	1999.6.19	11:55	1 liter, P	2		2	5	4.4
16	RD3	1999.6.19	12:35	1 liter, P	2		2	6	4.6
Tarut-Damman Region									
17	RD4	1999.6.23	14:30	1 liter, P	1		1	6	4.5
18	RD5	1999.6.23	15:10	1 liter, P	2		2	8	4.5
19	RD7	1999.6.23	11:00	1 liter, P	2	polluted area	4	21	4.5
20	RA1	1999.6.21	10:00	1 liter, P	2		4	11	4.9
21	RA2	1999.6.21	10:59	1 liter, P	2	polluted area	5	10	5.2
22	RD8	1999.6.21	11:55	1 liter, P	2		3	11	4.8
23	RD8B	1999.6.21	12:20	1 liter, P	1		-	7	4.7
24	RD9	1999.6.21	12:50	1 liter, P	2		4	9	4.9
25	RD10	1999.6.23	10:30	1 liter, P	2		2	8	4.6
26	RD11	1999.6.23	12:20	1 liter, P	2		2	8	4.6
27	RD12	1999.6.23	14:00	1 liter, P	2		1	7	4.5
Al Khobar Region									
28	RD14	1999.6.26	11:50	1 liter, P	2		2	6	5.0
29	RD14B	1999.6.26	10:50	1 liter, P	2	much suspended	3	24	3.6
30	RD15A	1999.6.26	12:50	1 liter, P	2		2	15	5.7
31	RD15B	1999.6.26		1 liter, P	2	desalination outlet	2	12	5.9
30	RD15c	1999.6.26		1 liter, P	2	outlet #2	2	9	5.7
32	RD15C	1999.6.26	14:30	1 liter, P	2		3	13	5.6
Half Moon Bay									
33	RD17	1999.6.27	10:00	1 liter, P	2		2	6	6.4
33	RD-17b	1999.6.27	10:50	1 liter, P	1		-	8	6.5
Al Qurayyah									
34	RD18	1999.6.27	12:00	1 liter, P	2	Power plant intake	2	7	6.0
35	RD18B	1999.6.27		1 liter, P	2	Power plant out fall	2	7	5.9

COD: Chemical Oxygen Demand by Permanganate Method

TSS: Total Suspended Solids dried at 105 °C

TS: Total Solids dried at 105 °C (nearly equal to TDS or Salinity for these samples)

4.4 モニタリング調査

4.4.1 目的

モニタリング調査の目的は以下になる。

- ・ **Intensive Study Area** の6つのゾーンごとの水質・底質に関する基礎的情報を得る。
- ・ **Intensive Study Area** 内の主要な汚染源において試料採取・分析を行い、水質及び底質に対する汚染影響を調査する。**Intensive Study Area** における主要汚染源としては以下のものがあげられる。
 - 共同工業排水口（残留塩素、金属、油分、栄養塩類、有機物）
 - 下水処理施設排水口（栄養塩類、大腸菌群、富栄養指標）
 - 淡水化プラント排水口（残留塩素、重金属）
 - 製油所排水口（有機物質、油分、微量金属）
 - 都市排水路（栄養塩類、富栄養指標、金属、有機物、油分）
 - 発電所排水口（残留塩素、金属、富栄養指標）
 - 原油積出港（油分、金属）
 - 沖合原油生産基地（金属、油分）
 - 商業港（有機物、油分、金属）
 - 漁港（栄養塩類、大腸菌群）
 - 海岸域からの固形・液体廃棄物の排出及び地下水による汚染（栄養塩類、大腸菌群、金属、有機物、富栄養指標）
 - 海岸域の住宅地域及びマリーナ開発による汚染（栄養塩類、富栄養指標）
- ・ C/Pへの技術移転を通じたMEPAのアラビア湾岸モニタリング能力の強化。

4.4.2 フィールド調査地点

調査は、Dawhat ad-Dafi Bay地域（Zone D）、Jubail地域（Zone J）、Ras Tanura地域（Zone R）、Tarut Bay地域（Zone T）、Al-Khobar-Dammam地域（Zone K）、Half-Moon Bay and Agraiha地域（Zone H）において実施された。

各調査地点は、調査の目的を考慮して、図-4.4.1に示した34ヶ所が選定された。

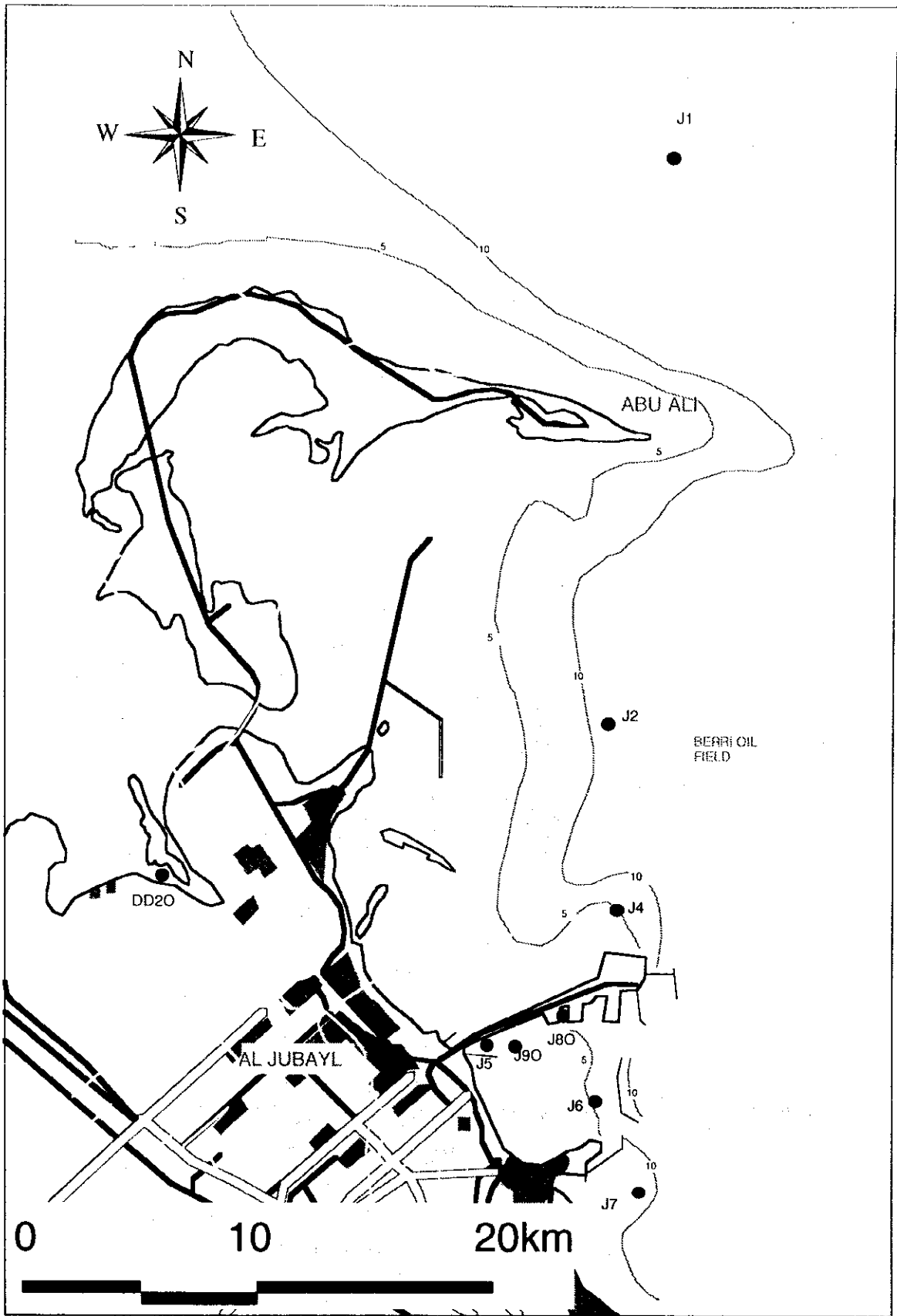


図4.4.1 (1) サンプル採取地点

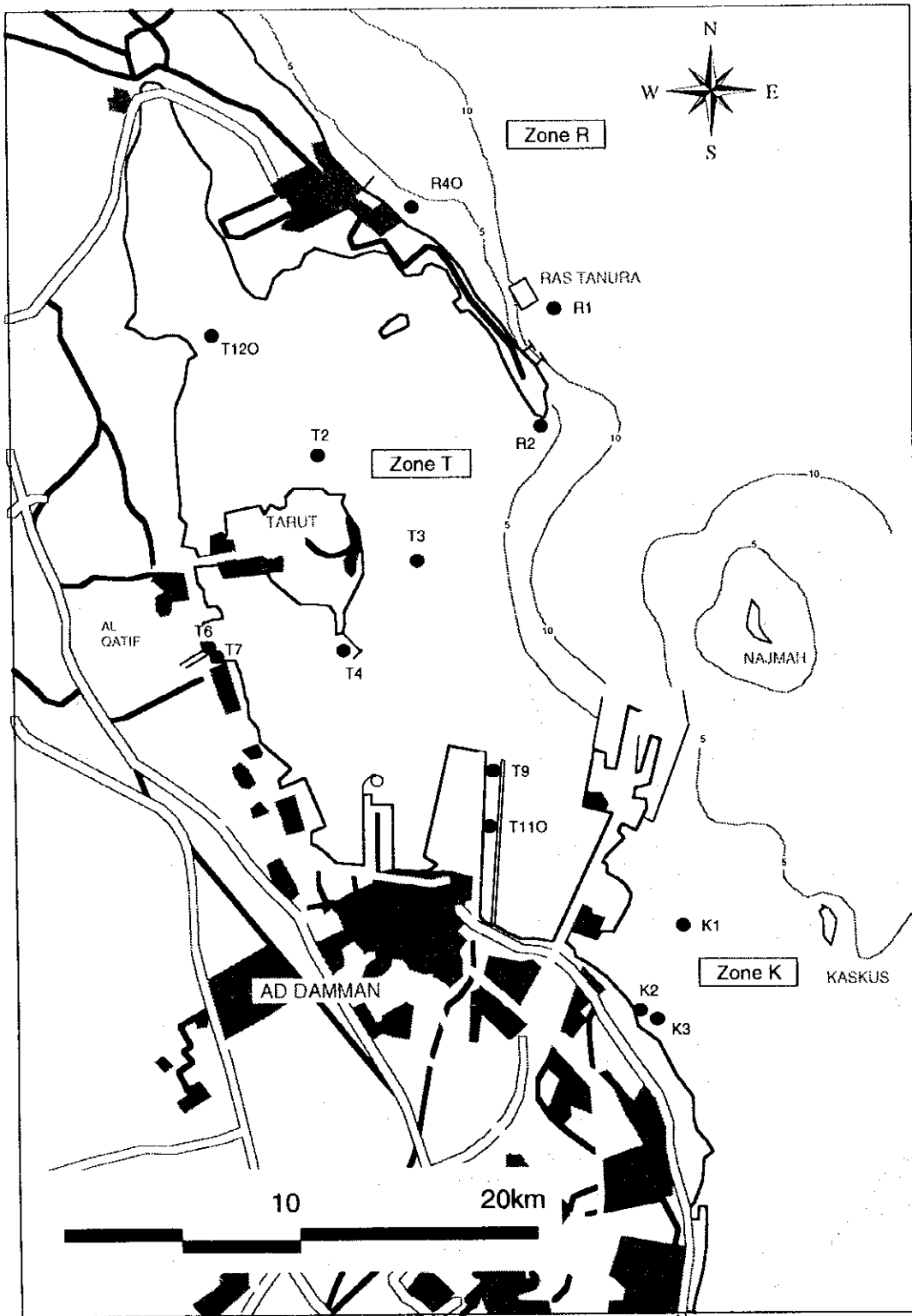


図4.4.1 (2) サンプル採取地点

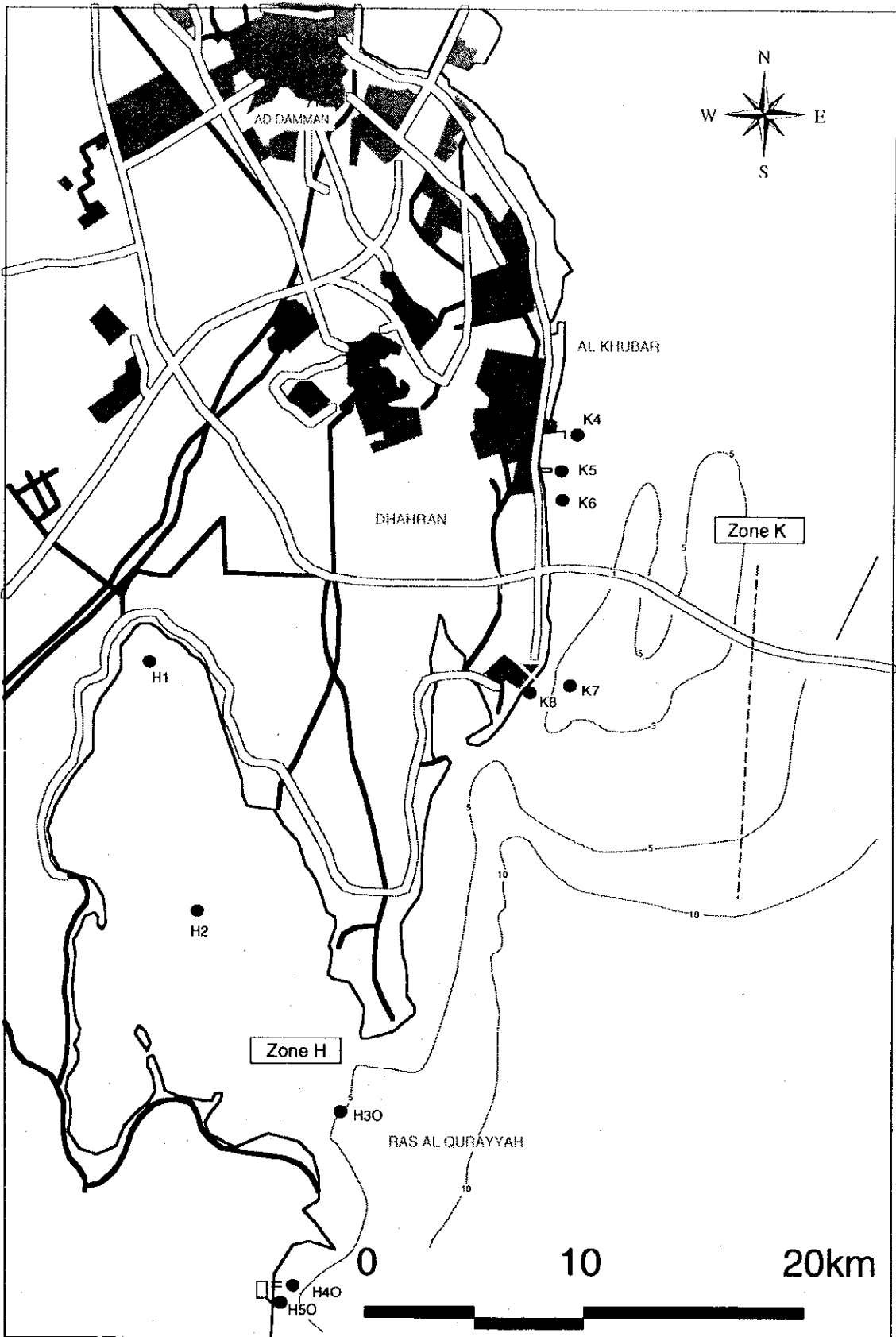


図4.4.1 (3) サンプル採取地点

4.4.3 調査期間

第3次現地調査におけるフィールド調査は1999年10月16日～11月8日に、また第4次現地調査におけるフィールド調査は、2000年6月7日～7月28日に実施した。

1回目の調査期間はサウディアラビア国の秋季、2回目は夏季とみなされる。

4.4.4 調査方法

1) 水質・底質サンプリング

a. 水質

水質サンプルの採取は、調査地点の位置と深さに応じ、Van Dorn型水質サンプラーもしくはポリバケツを用いて実施した。サンプルは各分析項目に応じ、ラベルを付けたボトルに入れ、必要に応じて保存薬品を加え、氷を入れたクーラーボックス中で4℃程度に保ち保管・運搬した。サンプルは全て許容保存時間以内に実験室に運搬された。分析項目毎のサンプル容器、保存薬品及び許容保存時間についての詳細を表4.4.1に示す。

また、いくつかの調査地点においては分析結果の検証のためにQAサンプルを採取した。QAサンプルは一次サンプルと同様に取扱い、クロスチェックのためにJubailの分析会社(BecA'h)へ送った。

b. 底質

潮下帯の底質サンプルは、ステンレス鋼製のVan Veen GrabもしくはEkman Box Grabを用いて採取し、潮間帯の底質サンプルはポリカーボネイト製のコアチューブを用いて採取した。

化学分析用の底質サンプルは表層(底質表面から0-5cm)から採取した。採取されたサンプルは清潔なステンレス製のトレー上において混合し、そこから必要量のサンプルが分取された。底質サンプルは、用途に応じて無菌のWhirl-Pakバッグ、Ziplockバッグもしくはガラスジャーを用いて保管し、氷を入れたクーラーボックス中で4℃程度に保ち運搬した。水質と同様、底質についてもQAサンプルの採取・送付を行った。

2) 現場測定

a. 水質

調査地点の確定は携帯式Magellan GPSを用いて行った。調査地点周辺及び水質の一般的特性に関するパラメーターはサンプル採取時に同時に測定・記録された。

風向と気温は、それぞれSilvaエアスピードメーター及びガラス気温計を用いて測定した。表層水及び深層水のpH・DO・温度・塩分濃度については携帯式の多項目メーター

(Hydrolab multi-probe) を用いて測定した。透明度及び水深については、それぞれセッキ板及び測深索を用いて測定した。

Intensive Study Areaの水流の特性を把握するために、流速・流向について電磁式センサーを用いて測定した。風速・風向、波高、潮の状況等の気象・海象の状況についても記録した。

b. 底質

各底質調査地点において、卓越粒径、性質、色、臭気、酸化還元電位等の底質に関する一般的なパラメーターについて、サンプル採取直後に観察・測定が行われた。

3) 実験室での分析

a. 水質

全ての水質サンプルは試料受渡シートに従い、実験室内の試料用冷蔵庫において4℃で保管した。全てのサンプルはUSEPAあるいはJISの定める方法に従い、許容保存時間以内に分析された。

b. 底質

底質サンプルは、実験室内の冷凍庫において-10℃以下で冷凍保存した。

4) プランクトン調査

a. サンプリング

プランクトンサンプルは、NXX13北側式プランクトンネット（メッシュサイズ0.001mm；口面積0.07m²）を海底から表面に向かって垂直に牽引して採取した。ろ過水量の推定のために必要な牽引距離についても記録した。ろ過水量は以下の数式を用いて算出した。

$$V=A \times d \times Sw$$

ここで、

V=ろ過水量

A=プランクトンネットの口面積

d=プランクトンネットの牽引距離

Sw=海水ろ過率（Kitaharaプランクトンネットでは82%）

標準的なネット洗浄で得られたサンプルはラベルを付けたポリエチレンボトルに入れ、直ちに10%ホルマリン緩衝液を加えて保存した。また、プランクトンネットを用いた

採取方法に加え、ボトルサンプリング法での採取も行われた。この方法においては2Lのボトル2本に海水を採取し、濃度が10%になるようにホルマリンを加え、保存した。

b. プランクトンの計数及び分析

プランクトンの実験室における分析は、体積の測定、分類群の同定、同定されたプランクトンの計数からなる。各分析の詳細な方法について以下に述べる。

i) 体積の測定

サンプルはシリンダーに移しかえて24時間放置し、沈殿物の体積の全サンプルに占める割合について記録した。

ii) 分類群の同定

少量 (0.1ml) のサンプルをスライドグラスに滴下して光学顕微鏡で観察し、目・科・属もしくは種のレベルで分類群の同定を行った。各分類群の相対量 (出現頻度) については以下の方法を用いて記載した。

+	rare	(出現頻度<10%)
++	uncommon	(出現頻度20-30%)
+++	common	(出現頻度40-60%)
++++	frequent	(出現頻度70-80%)
+++++	abundant	(出現頻度>90%)

iii) 同定されたプランクトンの計数

少量 (0.1ml) のサンプルを76×26mmの10 μ メッシュのスライドグラスに滴下して光学顕微鏡で観察し、各分類群に属するプランクトンの数を3回計数した。1Lのサンプル中に含まれるプランクトンの数は以下の数式を用いて算出した。

$$A = (a_1 + a_2 + a_3) \times 10,000 / 3n$$

ここで、

A=1ml当たりの単位数

a₁+a₂+a₃=各計数時に得られたプランクトン数

n=濃度係数 (=1/希釈係数)

この計算結果はShannon-Weaverの多様性指数 (D) の算出に用いられる。これについ

て以下に示す。

$$D = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

ここで、

$$p_i = N_i / N$$

s = サンプル中の種数

N = サンプル中の個体数

N_i = サンプル中の種別の個体数

表4.1.1 サンプル容器, 保存・維持時間

分析項目	容器の種類	容量 (ml)	保存方法	維持時間
Total Suspended Solid	Plastic	1000	Cool, 4°C	48hrs
Residual Chlorine	Plastic	1000	Cool, 4°C	Immediately
COD / TOC Ammonia, Total Kjeldahl Nitrogen Total Phosphorus	Plastic	2000	Cool, 4°C	48hrs
Cyanogen	Plastic	500	Cool, 4°C add NaOH, pH>12	14days
Metals	Plastic	500	add HNO ₃ , pH<2	28days (Hg), 6 months (others)
Phenols	Glass	500	Cool, 4°C add H ₂ SO ₄ , pH<2	28days
Oil & Grease, TPH	Glass	1000	Cool, 4°C add HCl, pH<2	28days
BTEX (Benzene, Toluene, Etylbenzen, Xylene)	Glass with teflon liner cap	250	Cool, 4°C add HCl, pH<2	14days
Chloropyll	Plastic	1000	Cool, 4°C	Immediately to filtrate 28days (Frozen)
Total Coliform	Plastic (sterilized)	125	Cool, 4°C	24hours

4.4.5 調査結果

(1) 第3次現地調査（秋期調査）

1) 水質調査

第3次現地調査における各調査地点のフィールド測定結果を表4.4.2に、ラボにおける水質試料の分析結果を表4.4.3に示す。

2) 底質調査

第3次現地調査における底質試料の分析結果を表4.4.4に示す。

(2) 第4次現地調査（夏期調査）

1) 水質調査

第4次現地調査における各調査地点のフィールド測定結果を表4.4.5に、ラボにおける水質試料の分析結果を表4.4.6に示す。

2) 底質調査

第4次現地調査における底質試料の分析結果を表4.4.7に示す。

3) プランクトン調査結果

第4次現地調査におけるプランクトンは動物プランクトンが主体であり、植物プランクトンの数は極端に少ない傾向を示した。また、プランクトンの個体密度も秋期に比べて低い結果となった。

動物プランクトンは主にCopepoda類や二枚貝幼生が多く見られた。植物プランクトンとしては、赤潮の原因種である*Trichodesmium erythraeum*が認められた。

(3) 考察

1) 水質調査結果

アラビア湾における汚染状況を評価するために、第3次現地調査および第4次現地調査における水質項目の最大値を表4.4.8に要約した。また、各地点における測定値を排出基準値、環境基準値と比較した。

基準値はサウディ・アラビア国およびロイヤルコミッションにおける基準値の他、日本の基準とも比較した。さらに、EPA、ANZECC、カナダ等の基準値を基に、海洋生態系を保護する上で望ましい水質を暫定的な"Alert Value"として設定し、調査結果との比較を行った。

比較結果よりK2、K5、T6、T7の各地点については、ケルダール態窒素、アンモニア、リン等の富栄養化物質について排水基準を上回る汚染物質濃度が検出されており、これらの排水は環境に対して深刻な影響を与える可能性がある。

環境基準（Ambient Seawater Quality Standard）を越える値が検出された水質項目としてはTSS、TOC等の基本的項目、ケルダール態窒素、アンモニア、リン等の富栄養化物質に加え、Oil&Grease、TPH等の石油汚染に関連する水質項目がある。

以上の比較結果に基づき、各測点を汚染程度に従い4段階に分類した。

分類においては、基準値との比較結果を基に、環境基準値を上回る値が調査期間を通じて4回または4項目以上測定された地点をLevel 4、3回または3項目について基準値を超えた地点をLevel 3、2回または2項目について基準値を超えた地点をLevel 2、それ以下のものをLevel 1とした。

各測点と分類結果について図4.4.2に示す。

図4.4.2より、汚染傾向の著しい地点は沿岸域、特にTarut湾およびKhobar前面水域に集中していることがわかる。

Tarut湾では水域が閉鎖的の形状であることも関連し、汚染の顕在化が著しいものと考えられる。特に都市排水流入域（T6,T7）および漁港（T4,T110）における汚染については注意が必要である。

Khobar前面水域は開放的な水域形状と早い流速のため汚濁の顕在化は、Tarut湾ほどではないが、肥料工場排水口周辺（K2,K3）、下水処理施設周辺（K4、K5、K6）において今後集中的なモニタリング調査と汚染対策検討が必要である。

固定排出源のうち脱塩施設、発電所等からの排水については、現状では環境への影響はあまり大きくないと考えられる。

2) 底質調査結果

底質についても水質と同様に測定値と基準値の比較を行った。比較結果を表4.4.9に示す。

海域底質に関する排出基準および環境基準値はサウディ・アラビア国内および日本国内では定められていないことから、比較には暫定的な（Interim）"Alert Value"を用いた。

底質については、TOC、金属類（Cr、Cd、Cu、Hg、Ni、Pb、V、Zn）、TPHにおいて"Alert Value"を超えている。

底質の汚染状況を汚染程度に従い分類した結果を図4.4.3に示す。

水質の悪化地点と底質悪化地点はほぼ一致しており、Tarut湾およびKhobar前面水域に集中しているが、底質に関しては、ジュベール沖合のバックグラウンド測定点（J1）、Rastnuraの石油精製施設周辺（R40）についても充分注意する必要がある。

3) プランクトン調査結果

プランクトン調査の結果は第3次現地調査時（秋期）と第4次現地調査時（夏期）では大きく異なる傾向を示し、プランクトン個体数は秋期に増殖し、夏期には密度が低下していた。

結果よりアラビア湾におけるプランクトンの増殖は秋期から冬期に生じる可能性が考えられる。

本プロジェクトの調査では冬期および春期のデータを得ることができなかったが、同時期の調査を行うことにより、アラビア湾におけるプランクトンの季節変動および赤潮時期についての貴重な情報が得られるものと考えられる。

USEPAのガイドラインによれば、藻類の密度について以下のような'Alert level' が示されている。

Alert Level I：緑藻類について500-2000個体/ml

Alert Level II：緑藻類について2000-15000個体/ml

Alert Level III：緑藻類について15000個体/ml以上

本調査において認められた緑藻類*Trichodesmium*の密度はいずれもAlert level'以下であり、問題を生じるレベルではなかった。

プランクトンの多様性指数については通常沿岸域で1-2.5の間の値を示し、汚染域または河口域では一般に低い値を示す。

また外洋では3.5～4.5の値が一般的である。

本調査の多様性指数は大半が通常の値の範囲内であったが、JubailとK3はこれより低い値を示した。

しかしJubailでは栄養塩類濃度が特に高い傾向は認められておらず、必ずしも汚染によるものとは判断できない。

(4) 結 論

調査結果より、以下のような事項が示唆された。

- 1) Tarut湾、Dammam港、及びKhobar沿岸では、陸域からの排水に起因して水質悪化が著しい水域が認められる。特に下水処理施設、肥料工場、都市排水等の影響が大きい傾向が認められる。
- 2) Darin Jetty等のTarut湾内の漁港では顕著な水質悪化が見られ、漁港がアラビア湾における主要汚染源の一つとなっている可能性がある。
- 3) 沿岸域においては特に窒素、リン等の富栄養化物質による水質汚染が顕著である。一方金属類による水質汚染は軽微である。
- 4) 水質中には金属による汚染が認められない地点においても、底質中に汚染物質の蓄積が認められる場合がある。特に金属類 (Cr、Cd、Cu、Hg、Ni、Pb、V、Zn) およびTPHについては高い濃度が検出されている。
- 5) 沖合では、水質は良好であるが、底質は石油採掘による悪化の傾向が認められる。特にニッケル等の石油採掘に伴うパラメータが高い濃度で検出されている。
- 6) プランクトン調査の結果は著しい季節変化を示した。年間を通じてのプランクトン個体の変動傾向を把握する必要がある。

表4.4.2 (1) フィールド測定結果 (第3次現地調査)

Site Code	Site Name	Location (GPS)		Sampling		MET-OCEAN CONDITIONS										FIELD WATERT PARAMETERS									
		Lat.	Long.	Date	Time	Air Temp. (°C)	Cloudiness (%)	Wind Direction (°)	Wind Speed (m/s)	Wave Height (m)	Depth (m)	Water Current Direction (°)	Water Current Speed (cm/s)	Water Temp. (°C)	Salinity (g/L)	pH	DO (mg/L)	Turbidity (NTU)	Water Clarity (m)	Water Color	Odor	Sheen	Rubbish	Res.Cl	
																								as Total (mg/L)	as Free (mg/L)
DD20	Gumah Island	27° 07.92'N	49° 29.16'E	30.Oct.99	16:00	32.0	0	52.5	2-3	<0.05	5.2	52.5	14	27.5	52	8.15	5.6	-	2.25	Green	no	no	no	0.04	0.01
J1	Abul Ali North	27° 23.49'N	49° 44.59'E	31.Oct.99	11:30	33.5	40	35.4	3-4	<0.5	32	290(surf.) 310(5m)	6-9(surf.) 21(5m)	29.7	40	8.4	5.9	-	5.75	Green	no	no	no	0.07	0
J2	Berri Oil Field	27° 10.54'N	49° 42.07'E	31.Oct.99	15:50	30.3	70	70.5	4-5	<0.5	25	-	-	29.7	40	8.22	5.4	-	11.5	Green	no	no	no	0.02	-
J4	North Jubail	27° 07.56'N	49° 41.33'E	31.Oct.99	16:15	30.5	40	123.6	4-5	<0.3	6.8	-	-	25.5	40.2	8.3	5.3	-	>6.9	Green	no	no	no	0.02	-
J5	Jubail Shared Outfall	27° 03.36'N	49° 37.22'E	1.Nov.99	12:30	35.5	0	298	5-6	<0.3	9.3	30	25	34.8	40.4	8.24	5.29	-	4.1	blue	no	no	algae	0.01	-
J6	Jubail Harbour	27° 02.54'N	49° 40.97'E	1.Nov.99	10:25	33.0	20	206	2	<0.3	6	350(surf.) 90(5m)	7(surf.) 8(5m)	28.9	40.6	8.26	5	-	>6.0	blue	no	no	little from fertilizer	0.07	0.05
J7	South Jubail	27° 00.98'N	49° 42.24'E	1.Nov.99	9:35	29.0	20	174	3	<0.3	10.3	260(surf.) 260(5m)	6(surf.) 4(5m)	29	40.4	8.23	5.2	-	9.2	blue	no	no	no	0.03	0.02
J8O	Jubail Boat Harbour	27° 05.08'N	49° 40.92'E	1.Nov.99	13:35	32.5	20	24.6	5-6	<0.1	5	-	-	29.3	40.3	8.01	5.01	-	>5.0	Green	no	no	no	0.05	0.05
J9O	Near Jubail Outfall	27° 03.54'N	49° 37.70'E	1.Nov.99	11:30	36.3	10	350	5	<0.2	5.5	90(surface) 260(4m) 70(3m) 100(2m)	15(surf.) 4(4m) 20(3m) 6(2m)	34.22(S) 31.0(B)	40.3(S) 40.7(B)	8.27(S) 8.32(B)	4.95(S) 4.43(B)	-	3.3	Green	no	no	little algae	0.04	0.02
H1	Half Moon Bay - North	26° 12.00'N	50° 02.24'E	6.Nov.99	11:50	29.5	0	S	5	<0.5	4.45	-	-	27	61	8.08	5.15	-	>4.45	Green	no	no	no	0.10	0.0
H2	Half Moon Bay - mid	26° 04.05'N	50° 04.94'E	6.Nov.99	10:35	30.0	0	225.3	1	<0.1	5.7	86(S) 233(3-4m) 227(B)	7.5(S) 6(3-4m) 3-5(B)	25.8(S) 25.7(B)	56.3(S) 59.3(B)	8.0(S) 8.1(B)	5.18(S) 4.73(B)	-	>5.7	Dark Green	no	no	no	0.07	0.05
H3O	Half Moon Bay - South	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R1	Sea Island Terminal	26° 39.73'N	50° 11.04'E	8.Nov.99	12:35	31.0	0	159.1	6	<1	26.85	175	36	27.7(S) 27.6(B)	41.3(S) 41.4(B)	8.20(S) 8.12(B)	5.52(S) 5.69(B)	-	9.7	Dark Green	no	no	no	0.07	0.07
R2	Ras Tannura Spit	26° 37.60'N	50° 09.81'E	20.Oct.99	11:10	31.5	0	42.7	6	<0.5	6.7	215(S) 223(B)	45(S) 20(B)	29.8(S) 29.5(B)	40.8(S) 40.6(B)	8.15(S) 8.15(B)	5.2(S) 5.2(B)	-	6	Dark Green	no	no	no	0.08	0.07
R4O	Refinery Outfall	26° 41.86'N	50° 06.48'E	8.Nov.99	13:50	32.0	0	130	4	<0.5	1.9	170	11	28.5	41.2	8.13	6.85	-	>1.9	Pale Green	no	no	no	0.11	0.04
T1	Tarut - Zur	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T2	Tarut - Zur	26° 36.52'N	50° 04.94'E	18.Oct.99	13:21	30.5	0	51.9	4	<0.2	1.3	85	17	29.6	43.5	8	5.32	-	-	Pale Green	no	no	no	0.06	-
T3	Tarut - East	26° 33.83'N	50° 06.67'E	18.Oct.99	14:30	30.0	0	42.7	5	<0.2	1.36	120	3	29.5	43.1	8.2	8.2	-	>1.36	Pale Green	no	no	no	0.07	-
T4	Tarut - Darin	26° 32.43'N	50° 05.11'E	18.Oct.99	15:20	28.5	0	42.7	42.7	<0.2	2.76	140	3	29.1	42.4	8.15	5.65	-	-	Pale Green	no	no	no	0.06	-

表4.4.2 (2) フィールド測定結果 (第3次現地調査)

Site Code	Site Name	Location (GPS)				Sampling		MET-OCEAN CONDITIONS											FIELD WATERT PARAMETERS									
		Lat.	Long.	Date	Time	Air Temp. (°C)	Cloudiness (%)	Wind Direction (°)	Wind Speed (m/s)	Wave Height (m)	Depth (m)	Water Current Direction (°)	Water Current Speed (cm/s)	Water Temp. (°C)	Salinity (g/L)	pH	DO (mg/L)	Turbidity (NTU)	Water Clarity (m)	Water Color	Odor	Sheen	Rubbish	Res.Cl				
																								as Total (mg/L)	as Free (mg/L)			
T6	Qatif/Anik urban drain	26° 30.55'N	50° 02.11'E	17.Oct.99	14:40	26.0	0	64	3	-	40-60	-	33	31.9	3.9	7.4	2.2	-	<0.3	Dark Green	weak sewage smell	no	no	no	0.1	-		
T7	Qatif/Anik Drain Mouth	26° 30.53'N	50° 02.57'E	17.Oct.99	15:50	29.5	0	58.3	5	<0.1	0.5	-	-	30	12.5	8	9.2	-	<0.3	dark green	sewage smell	no	no	no	0.05	-		
T9	Dammam Fishing Harbour - East	26° 29.46'N	50° 08.14'E	23.Oct.99	13:05	32.5	0	30.9	5	<0.5	4	256	31	27.9	41.7	8.02	5.5	-	2.2	green	no	no	no	0.14	0.08			
T110	Dammam Fishing Harbour	26° 27.55'N	50° 08.00'E	23.Oct.99	11:55	30.0	0	26.6	5	<0.1	1.3	0	0	27.5	41.6	8.3	5.63	-	0.72	Pale Green	no	no	no	0.07	0.03			
T120	Swfwa	26° 38.95'N	50° 01.15'E	17.Oct.99	12:30	32.7	0	102.4	5	<0.2	0.5	40	2	30.4	45.3	8.1	5.3	-	>0.5	blue/green	no	no	no	0.12	-			
K1	Dammam South	26° 25.14'N	05° 01.26'E	23.Oct.99	15:00	32.7	0	27.8	6	<0.4	1.7	220	18	28	42	8.08	5.74	-	>1.7	Pale Green	no	no	no	0.08	0.01			
K2	SAFCO outfall	26° 24.52'N	50° 11.42'E	16.Oct.99	13:40	34.0	0	42.5	4.5	-	-	-	-	37.5	-	-	-	-	-	little milky	little smell	-	-	no	no	0.13	-	
K3	SAFCO south	26° 24.47'N	50° 11.90'E	23.Oct.99	15:43	30.7	0	332.8	6	<0.5	1.2	0	0	27.2	42.7	8.2	6.31	-	>1.2	Pale Green	no	no	no	0.04	-			
K4	Khobar Central	26° 14.94'N	50° 13.37'E	7.Nov.99	11:25	32.1	0	171.2	4-5	<0.1	4.1	0	25	26.7	47.3	8.04	5.73	-	1.3	pale green	no	no	no	0.12	0.05			
K5	Khobar STP Outfall	26° 14.45'N	50° 13.41'E	7.Nov.99	12:10	30.3	0	171.8	5	<0.2	4.9	5	50	29.14	31	7.84	6.35	-	0.7	pale green	no	no	no	0.17	0.09			
K6	Khobar South	26° 14.33'N	50° 13.50'E	7.Nov.99	10:45	31.0	0	SSE	4-5	<0.1	7.85	0	75(S) 50(B)	26.26	47.6	8.17	5.8	-	1.6	pale green	no	no	no	0.08	0.02			
K7	Desalination intake	26° 10.40'N	50° 13.02'E	7.Nov.99	9:17	30.2	0	178.6	4-5	<0.2	6.9	10(S) 360(B)	30(S) 25(B)	26.3(S) 26.1(B)	49.0(S) 49.7(B)	8.10(S) 8.15(B)	5.90(S) 5.0(B)	-	1.7	pale green	no	no	no	0.09	0.02			
K8	Desalination Outfall	26° 10.58'N	50° 12.70'E	7.Nov.99	9:47	30.0	0	170.9	4	<0.2	4.85	40(S) 50(B)	30(S) 24(B)	30.93(S) 27.6(B)	50	8.09	5.05(S) 5.2(B)	-	2.2	pale green	no	no	no	0.15	0.05			
H40	Power Station Intake	25° 51.62'N	50° 07.31'E	25.Oct.99	12:10	37.5	0	250.2	4	<0.1	4.5	-	-	29	54.1	7.98	5.7	-	>4.5	Dark Green	no	no	no	0.18	0.06			
H50	Power Station Outfall	25° 51.23'N	50° 07.57'E	25.Oct.99	12:35	37.0	0	224.2	3	-	1.9	-	-	34.3	53.6	8	4	-	-	pale green	little smell	no	no	0.13	0.12			

表4.4.2 (3) フィールド測定結果 (第3次現地調査)

Site Code	Site Name	Location (GPS)		Sampling		SEDIMENT PARAMETERS					Observation and Comment
		Lat.	Long.	Date	Time	Color	Odor	Texture	Sediment Temp.	ORP	
									(°C)	(mv)	
DD20	Gumah Island	27° 07.92'N	49° 29.16'E	30.Oct.99	16:00	gray	no	sandy	-	24	Sediment is little oily. (Extra sample)
J1	Abul Ali North	27° 23.49'N	49° 44.59'E	31.Oct.99	11:30	gray	little (H ₂ S)	muddy	27.7	-	
J2	Berri Oil Field	27° 10.54'N	49° 42.07'E	31.Oct.99	15:50	gray	no	sandy	-	-	
J4	North Jubail	27° 07.56'N	49° 41.33'E	31.Oct.99	16:15	-	-	-	-	-	Sediment sampling was impossible because sediment was rocky.
J5	Jubail Shared Outfall	27° 03.36'N	49° 37.22'E	1.Nov.99	12:30	dark gray	little (H ₂ S)	sandy	-	-40	Water sampling point was 50-100m far from outfall, sediment point was 300m.
J6	Jubail Harbour	27° 02.54'N	49° 40.97'E	1.Nov.99	10:25	slight gray	no	sandy	-	-	
J7	South Jubail	27° 00.98'N	49° 42.24'E	1.Nov.99	9:35	clay	no	sandy	-	-	
J8O	Jubail Boat Harbour	27° 05.08'N	49° 40.92'E	1.Nov.99	13:35	gray	no	sandy	-	-34	
J9O	Near Jubail Outfall	27° 03.54'N	49° 37.70'E	1.Nov.99	11:30	-	-	-	-	-	
H1	Half Moon Bay - North	26° 12.00'N	50° 02.24'E	6.Nov.99	11:50	-	-	-	-	-	
H2	Half Moon Bay - mid	26° 04.05'N	50° 04.94'E	6.Nov.99	10:35	-	-	-	-	-	Extra water sample for H3O
H3O	Half Moon Bay - South	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sampling was not conducted because of petro shortage. Substitute sample was taken at H2
R1	Sea Island Terminal	26° 39.73'N	50° 11.04'E	8.Nov.99	12:35	gray	no	Sandy silt	27.5	-30	Very Small tarball was observed in the sediment.
R2	Ras Tannura Spit	26° 37.60'N	50° 09.81'E	20.Oct.99	11:10	creamy	no	Silty sand	29	84	Old tarballs was observed in the sediment.
R4O	Refinery Outfall	26° 41.86'N	50° 06.48'E	8.Nov.99	13:50	creamy	no	Sandy	28.9	-55	
T1	Tarut - Zur	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No sample site. Just coral reef condition check
T2	Tarut - Zur	26° 36.52'N	50° 04.94'E	18.Oct.99	13:21	creamy	no	shelly coarse	-	56	Shally sediment. Hermit crab was observed.
T3	Tarut - East	26° 33.83'N	50° 06.67'E	18.Oct.99	14:30	-	-	-	-	-	
T4	Tarut - Darin	26° 32.43'N	50° 05.11'E	18.Oct.99	15:20	gray	little smell	silty sand	28.5	-56	Soft fine Sediment

表4.4.2 (4) フィールド測定結果 (第3次現地調査)

Site Code	Site Name	Location (GPS)				Sampling		SEDIMENT PARAMETERS					Observation and Comment
		Lat.	Long.	Date	Time	Color	Odor	Texture	Sediment Temp.	ORP			
									(°C)	(mv)			
T6	Qatif/Anik urban drain	26° 30.55'N	50° 02.11'E	17.Oct.99	14:40	-	-	-	-	-	-	Drain channel, fresh water	
T7	Qatif/Anik Drain Mouth	26° 30.53'N	50° 02.57'E	17.Oct.99	15:50	-	-	-	-	-	-	Near the sewage outfall	
T9	Dammam Fishing Harbour - East	26° 29.46'N	50° 08.14'E	23.Oct.99	13:05	dark gray	no	Silty sand	27	124			
T110	Dammam Fishing Harbour	26° 27.55'N	50° 08.00'E	23.Oct.99	11:55	dark gray	weak smell	silty sand	27	16			
T120	Swfwa	26° 38.95'N	50° 01.15'E	17.Oct.99	12:30	-	-	silty sand	-	-	-	Mangrove area. New mangrove is growing. Plenty of animal life, fish, shrimp	
K1	Dammam South	26° 25.14'N	05° 01.26'E	23.Oct.99	15:00	medium gray	no	shilty coarse sand	28	16.4		Sgrass was observed on the bottom.	
K2	SAFCO outfall	26° 24.52'N	50° 11.42'E	16.Oct.99	13:40	dark gray	little smell	sticky and clayey	-	-212		Hashim can smell ammonia clearly. Birds are drinking. Surface sediment (0-10cm) is gray, below 10cm is dark. Biology activity is low.	
K3	SAFCO south	26° 24.47'N	50° 11.90'E	23.Oct.99	15:43	medium gray	no	silty medium sand	26	98		Bottom condition: 50% of algae mat, 30% Rock, 20% sand.	
K4	Khobar Central	26° 14.94'N	50° 13.37'E	7.Nov.99	11:25	dark gray	no	silty sand	26.5	-37			
K5	Khobar STP Outfall	26° 14.45'N	50° 13.41'E	7.Nov.99	12:10	gray	no	gravelly sand	27.1	-41		Sediment: Silty coarse gravelly sand	
K6	Khobar South	26° 14.33'N	50° 13.50'E	7.Nov.99	10:45	creamy	no	coarse	26.3	-51			
K7	Desalination intake	26° 10.40'N	50° 13.02'E	7.Nov.99	9:17	-	-	-	-	-	-		
K8	Desalination Outfall	26° 10.58'N	50° 12.70'E	7.Nov.99	9:47	dark gray	no	silty coarse sand	28.5	-40			
H40	Power Station Intake	25° 51.62'N	50° 07.31'E	25.Oct.99	12:10	-	-	-	-	-	-		
H50	Power Station Outfall	25° 51.23'N	50° 07.57'E	25.Oct.99	12:35	dark gray	no	Sandy shilty coarse sand	30	53			

表4.4.3 水質分析結果 (第3次現地調査)

SAMPLE DETAILS				LABORATORY RESULTS - WATER SAMPLES																									
Site Code	Site Name	Sampling		TSS	TOC	TKN	NH4	TU P	Chl.A	Mg	As	Cr	Hg	Cd	Co	Cu	Ni	Pb	Zn	Oil & Gre	TPH	Benzene	Toluene	Ethylene	Xylene	Phenol	CN	Res. C1	
		Date	Time	mg/l	ppm	mg/l	mg/l	mg/l	_g/l	g/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
DD2B	Gumrah Island	30.Oct.99	16:00	-	-	1.5	-	<0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J1	Abul AH North	31.Oct.99	11:30	2	2	1.5	<0.2	<0.01	1.3	1.5	<0.01	<0.1	<0.005	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.1	<0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.01	<0.5
J2	Berri Oil Field	31.Oct.99	15:50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J4	North Jubail	31.Oct.99	16:15	1	-	1.5	-	0.01	<0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
J5	Jubail Shared Outfall	1.Nov.99	12:30	3	2	1.5	<0.2	0.01	-	1.5	-	<0.1	<0.005	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.1	<0.01	<0.2	-	-	-	-	-	<0.005	<0.01	<0.5	
J6	Jubail Harbour	1.Nov.99	10:25	2	1	1	-	0.01	0.3	-	<0.01	<0.1	<0.005	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.1	<0.01	-	-	-	-	-	-	-	<0.01	-	
J7	South Jubail	1.Nov.99	9:35	-	1	0.8	-	0.01	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
J80	Jubail Boat Harbour	1.Nov.99	13:35	<1	-	-	-	-	-	-	<0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.2	<0.1	-	-	-	-	-	-	-	
J90	Near Jubail Outfall	1.Nov.99	11:30	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.5	
R1	Sea Island Terminal	8.Nov.99	12:35	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.2	<0.1	-	-	-	-	-	-	-	
R40	Refinery Outfall	8.Nov.99	13:50	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.1	<0.01	-	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	-	<0.5	
T2	Tarut - Zur	18.Oct.99	13:21	<1	3	1	<0.2	0.02	2.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
T3	Tarut - East	18.Oct.99	14:30	1	-	<0.1	<0.2	0.01	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
T4	Tarut - Darin	18.Oct.99	15:20	9	4	1	<0.2	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
T6	Qatif/Anik urban drain	17.Oct.99	14:40	7	12	5	4.2	0.88	54	0.17	<0.01	<0.1	<0.005	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.1	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
T7	Qatif/Anik Drain Mouth	17.Oct.99	15:50	12	11	3.6	2.7	0.64	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TJ10	Dammam Fishing Harbour	23.Oct.99	11:55	3	5	1	<0.2	0.04	-	-	<0.01	<0.1	<0.005	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.1	<0.01	<0.2	0.2	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.005	-	-	
TJ20	Sufwa	17.Oct.99	12:30	10	-	1	<0.2	0.01	3.8	1.7	<0.01	<0.1	<0.005	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.1	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
K1	Dammam South	23.Oct.99	15:00	4	-	0.8	-	<0.01	<0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
K2	SAFCO outfall	16.Oct.99	13:40	3	48	130	90	0.20	-	0.13	<0.01	0.2	<0.005	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.1	0.20	0.6	-	-	-	-	-	-	<0.01	3.5	
K3	SAFCO south	23.Oct.99	15:43	5	3	1.5	-	0.01	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
K4	Khobar Central	7.Nov.99	11:25	3	2	1.5	<0.2	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	
K5	Khobar STP Outfall	7.Nov.99	12:10	8	5	2.5	0.4	1.03	-	-	<0.01	<0.1	-	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.1	0.02	<0.2	-	-	-	-	-	-	-	16	
K6	Khobar South	7.Nov.99	10:45	4	2	1	-	0.02	-	1.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
K7	Desalination intake	7.Nov.99	9:17	-	-	-	-	-	-	1.8	-	-	-	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.1	<0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.5	
K8	Desalination Outfall	7.Nov.99	9:47	-	-	-	-	-	-	1.9	<0.01	<0.1	-	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.1	<0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.5	
H1	Half Moon Bay - North	6.Nov.99	11:50	1	-	1.5	-	<0.01	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
H2	Half Moon Bay - mid	6.Nov.99	10:35	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
H40	Power Station Intake	25.Oct.99	12:10	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
H50	Power Station Outfall	25.Oct.99	12:35	<1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.1	<0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

表4.4.4 底質分析結果 (第3次現地調査)

SAMPLE DETAILS				LABORATORY RESULTS - SEDIMENT SAMPLES																
Site Code	Site Name	Sampling		Ign. Loss %	TOC %	As mg/kg	Cr mg/kg	Hg mg/kg	V mg/kg	Cd mg/kg	Co mg/kg	Cu mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg	TPH mg/kg	Benzene mg/kg	Toluene mg/kg	Ethylene mg/kg	Xylene mg/kg
		Date	Time																	
DD20	Gumah Island	30.Oct.99	16:00	13.4	3.2	1.6	<50	-	<100	<1	19	12	31	35	16	19	-	-	-	-
J1	Abul Ali North	31.Oct.99	11:30	18.9	2.1	0.48	<50	<0.05	<100	<1	24	21	71	40	22	15	<2	<2	<2	<2
J2	Berri Oil Field	31.Oct.99	15:50	5.1	-	-	<50	-	<100	<1	20	14	28	43	11	17	-	-	-	-
J4	North Jubail	31.Oct.99	16:15	-	-	-	<50	-	<100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J5	Jubail Shared Outfall	1.Nov.99	12:30	2.7	0.36	-	<50	<0.05	<100	<1	11	6	25	21	13	-	-	-	-	-
J6	Jubail Harbour	1.Nov.99	10:25	4.0	1.2	1.03	<50	<0.05	<100	<1	15	9	20	31	<10	10	-	-	-	-
J7	South Jubail	1.Nov.99	9:35	3.1	-	-	-	-	-	3	16	<5	20	30	<10	-	-	-	-	-
J80	Jubail Boat Harbour	1.Nov.99	13:35	-	-	-	<50	-	-	3	17	14	20	35	10	9	<2	<2	<2	<2
R1	Sea Island Terminal	8.Nov.99	12:35	6.7	1.5	-	-	-	<100	3	20	20	35	48	70	<5	<2	<2	<2	<2
R2	Ras Tannura Spit	20.Oct.99	11:10	2.7	-	-	<50	-	<100	<1	17	6	21	26	16	<5	-	-	-	-
R40	Refinery Outfall	8.Nov.99	13:50	2.9	-	1.3	<50	<0.05	<100	3	17	7	21	36	<10	38	<2	<2	<2	<2
T2	Tarut - Zur	18.Oct.99	13:21	3.1	0.36	-	-	-	-	3	17	6	19	35	<10	-	-	-	-	-
T4	Tarut - Darin	18.Oct.99	15:20	11.7	3.4	-	-	-	-	<1	22	40	51	57	110	31	-	-	-	-
T6	Qatif/Anik urban drain	17.Oct.99	14:40	2.3	0.61	0.68	<50	-	-	2	11	8	19	27	24	96	-	-	-	-
T110	Dammam Fishing Harbour	23.Oct.99	11:55	2.7	0.15	1.1	<50	0.28	<100	<1	10	6	29	24	23	<5	<2	<2	<2	<2
K1	Dammam South	23.Oct.99	15:00	26.4	0.56	0.83	<50	-	-	3	19	7	22	39	13	-	-	-	-	-
K2	SAFCO outfall	16.Oct.99	13:40	10.7	4.1	1.1	570	0.16	<100	<1	16	41	48	56	2100	-	-	-	-	-
K3	SAFCO south	23.Oct.99	15:43	4.7	1.1	0.93	-	-	-	3	17	9	22	42	130	-	-	-	-	-
K4	Khebar Central	7.Nov.99	11:25	5.2	1.5	0.98	<50	-	-	3	18	14	28	36	19	-	-	-	-	-
K5	Khebar STP Outfall	7.Nov.99	12:10	4.3	1.2	1.01	<50	-	-	3	17	10	25	36	13	-	-	-	-	-
K6	Khebar South	7.Nov.99	10:45	-	0.86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K8	Desalination Outfall	7.Nov.99	9:47	2.7	0.34	1.3	<50	-	-	1	9	10	23	21	11	-	-	-	-	-
H1	Half Moon Bay - North	6.Nov.99	11:50	-	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H50	Power Station Outfall	25.Oct.99	12:35	1.2	-	-	-	-	-	<1	<5	<5	10	<20	<10	-	-	-	-	-