

8. 石油ガス災害等緊急対応に係るマスタープラン

8.1. 序論

ペルシャ湾における海洋及び沿岸地域における石油ガス開発の事業活動に起因する不測の油流出事故は、その事業海域、地域に留まらず湾内の海洋環境に直接影響を及ぼす危険性を有している。そして、石油ガス開発の事業者には、油流出事故の予防と共に、事故発生時の流出油による海洋環境及び周辺海域の社会影響の軽減を目的とした適切な事故対応が求められる。

イランでは港湾海洋局（PMO）により、船舶の航行をはじめとする海洋、沿岸における経済活動に伴う海洋における全ての油流出事故を対象とした国家油流出緊急計画（NOSCP）が策定されている。この NOSCP は事故の際の流出油の量とその影響の大きさにより Tier 1（小規模）、Tier 2（中規模）、そして Tier 3（大規模）の3段階の対応を基本戦略とし、Tier 1 の油流出事故は流出源である施設の操業者（会社）、Tier 2 は PMO の地域支部、Tier 3 は PMO 本部が事故対応を執ることを定めている。

このような緊急対応の枠組みにおいて、石油ガス開発の関連施設からの油流出事故の初期対応及び Tier 1 油流出についてはその関連施設の操業会社による適切な事故対応が求められ、関連各社の油流出対応計画（OSRP）は NOSCP の重要な一部に組み込まれる。

NOSCP の体制、基本戦略に基づき、石油産業の統括機関である石油省（MOP）は石油産業の OSRP の強化に係る戦略を以下のように定めた。

- ペルシャ湾及び沿岸地域の石油、ガス開発関連施設の Tier 1 OSRP の策定
- 効果的な対応作業に必要な資器材、人材等の配備
- OSRP の準備に必要な技術的、経済的な支援
- OSRP 強化に向けた PMO との綿密な調整

なお、各パイロット地域における操業会社の OSRP の整備状況は以下の通りである。

(i) Mahshahr

- 同地域の油流出対応は TTPC と地域の PMO 支部との共同で実施する体制が構築され、現場での対応活動は MPO が実施する。

(ii) Khark 島

IOOC :

- ペルシャ湾内のすべての開発海域を対象とした基本 OSRP は既に策定されている。
- Khark 開発海域の各生産施設の Tier 1 OSRP は現在策定中である。

IOTC :

- Khark 島の原油輸出ターミナルの OSRP は策定され、PMO の承認を取得している。必要な対応資器材の配備は完了している。

(iii) Assaluyeh

TTPC :

- 石油化学製品の出荷施設の OSRP は策定されているが、最大 15 トンの油流出を対象としている。（NOSCP では最大 50 トンの対応を求めている。）

SPGC :

- コンデンセートの出荷施設（SPM）を対象とした OSRP の準備は進められていない。

本章では海洋及び沿岸地域で石油ガス開発が行われている各パイロット地域における OSRP の策定、強化の手順、方法を、また石油省（MOP）の役割を検討する。

8.2. 油流出事故対応に係る基本方針

8.2.1. 国家油流出緊急計画（NOSCP）

イラン国内の海洋及び河川における油流出事故による環境社会影響の最小化を目的とした対応計画は、国家油流出緊急計画（NOSCP）の枠組み、手順により実施することが定められている。石油ガス開発事業に係る油流出対応計画（OSRP）は NOSCP の制度の重要な一部を成すものであり、その基本的な方針、対応手順は NOSCP に準拠することが求められる。NOSCP の油流出事故に対する基本方針、対応戦略は以下の通りである。

(1) 所轄機関

イラン政府は 1997 年に海洋での大規模な油流出事故の協力の枠組みに係る国際条約 Oil Pollution Preparedness, Response and Cooperation (OPRC) 1990 を批准している。それに従い、OPRC 条約の所轄機関として PMO が指名され、これに基づき PMO は国家油流出緊急計画（National Oil Spill Contingency Plan : NOSCP）を策定した。なお、PMO の NOSCP の担当部署は Department of Safety and Marine Environment Protection であり、同部署は海上における災害時の緊急人命救助も担当する。

(2) NOSCP

油流出の緊急対応の基本的な戦略は、流出事故の規模、海上での汚染海域の範囲による 3 段階の段階的な対応である。

段階 (Tier)	流出量	担当組織
● Tier 1 小規模	50 トン以下	施設の操業会社
● Tier 2 中規模	50~500 トン	地域の OSR 組織
● Tier 3 大規模	500 トン以上	PMO 及び MEMAC

流出源となる施設の操業会社は、所有する対応資機材を使用し、Tier 1（50 トン以下）の小

規模な油流出への対応に責任を持つ。Tier 2（50~500 トン）の中規模な油流出への対応は当該地域の PMO 支局の指揮の下、地域 OSR チームが施設の操業会社と共に、それぞれの対応機器を動員して対応する。

一方、Tier 3（500 トン以上）大規模油流出の場合は、流出油の拡散範囲が広がり、隣国への越境が予想される。その際は湾岸諸国間で事前に決められた相互支援プログラムの手順に従い、MEMAC の支援の下、PMO が対応活動を実施する。

(3) 緊急連絡ポイント

PMO は緊急時の連絡先としてペルシャ湾内に 5 箇所、オマーン湾に 1 箇所の緊急連絡ポイント（Emergency Contact Point）を設置している。これらの緊急連絡ポイントは PMO の Department of Safety and Marine Environment Protection がその運営を担当している。これらの緊急連絡ポイントは同海域の緊急事故の連絡先として IMO、ITOPF 等の関連の国際機関に正式に登録されている。また、これらの施設にはそれぞれの担当海域の油流出対応（OSR）センターとしての機能を有し、必要な緊急対応機材の基地を備えている。

8.2.2. 石油ガス開発施設の OSRP

石油ガス開発事業における各施設の OSRP はイランの NOSCP に組み込まれて、NOSCP の基本対応戦略の重要な一部となっており、NOSCP に準拠した対応体制、連絡手順、対応方法を執ることが求められる。石油ガス開発事業における各施設の OSRP の策定、強化に係る方針は以下とする。

(1) OSRP の目的

各施設の OSRP は以下を目的とする。

- 油流出の事故対応に参加する人員の健康と安全の確保
- 油流出による環境社会影響の最小化
- 有効且つ適切な対応手順の設定
- イランの関連法規に準拠した対応活動の実施
- 対応活動における関係組織間の円滑な情報伝達
- 環境、社会影響及び操業の復旧

(2) 対象海域

当該施設の周辺海域を含む操業海域全域を対象とする。また、当該施設間及び施設、本土間の事業者が操業する海底パイプラインルート沿いの海域を含むものとする。なお、他の事業者、組織が関与する海域に隣接、あるいは重複する場合は、上位の監理機関、PMO と協議、調整の上、決定する。

(3) 対象油流出

対象海域内の施設及び同海域内の操業関連船舶からの油流出を対象とする。また、同海域を航行するその他の船舶の油流出及び他の海域からの流出油については、本船あるいは PMO からの要請に基づき対応の対象とする。

(4) 対応活動の範囲

当該施設及び船舶からの全ての油流出事故に係る定められた初期対応を行う。そして、Tier 1（小規模：流出量 50 トン以下）油流出の場合は、同施設に配備された対応資機材、人員を動員し、事業者自身の管理の下、その対応に当たる。また、油流出が Tier 2 あるいは Tier 3 と判断された場合は、NOSCP の上位機関に通報、報告し、担当機関の指揮に従い、対応活動を実施する。

なお、当該施設の立地条件（PMO 地域支局から遠距離）、あるいは操業会社の対応能力により、PMO との協議に基づき、施設の対応の範囲を Tier 2 に拡大することも考慮する。

(5) 関連法規及び参照基準、指針

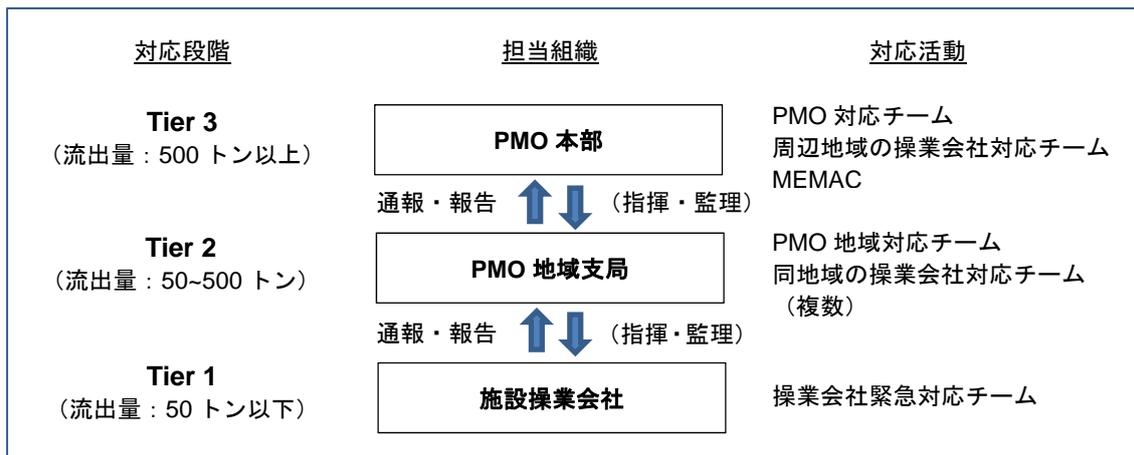
各施設の OSRP は、その策定及び実施に際し、以下を準拠、あるいは参照する。

- 労働安全・健康、海洋環境保護、石油ガス開発、港湾、船舶航行等に関する国内法
- 海洋の環境保全、汚染防止、安全、油流出対応に係る国際条約
 - Convention on the International Marine Organization, 1948 (IMO Convention 48)
 - International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78)
 - International Convention for Safety of Life at Sea (SOLAS Convention)
 - International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Cooperation, 1990 (OPRC Convention)
- ペルシャ湾岸諸国間の地域条約
 - ROPME Kuwait Regional Convention for Co-operation on the Protection of the Marine Environment from Pollution (1978)
 - Agreements/ Protocols regarding co-operative responses for the oil spill incidents
- OSRP 策定に係る PMO のガイドライン
- 国際的な OSRP 関連ガイドライン：IPIECA、ITOPF 等

8.3. 油流出緊急体制

8.3.1. NOSCP の油流出緊急対応体制

NOSCP の油流出対応の基本戦略は流出油の量、あるいは環境影響の大きさ、範囲に基づき 3 段階の対応を基本戦略とし、対応組織の責任範囲、能力に基づき各レベルに応じた緊急対応の体制を以下のように定めている。（図 8.3.1-1 参照）



出所: 調査団

図 8.3.1-1 NOSCP の油流出緊急対応体制

Tier 1

小規模な油流出事故（油流出量：50 トン以下）の対応。事故発生源の施設の操業会社（オペレーター）がその全ての対応を行う。操業会社は事故の内容、対応活動の状況を上位の対応組織である同地域の PMO 支局に連絡、報告する。

また、流出事故が Tier 2 へ拡大する恐れが認められた場合は、速やかに PMO 支局に通報し、その指揮、監理下に入る。

Tier 2

中規模な油流出事故（油流出量：50~500 トン）の対応。地域の PMO 支局は事故発生もとの操業会社に加え、同支局、同地域内の他の事業会社の緊急対応チームを動員し、対応活動の指揮、監理を行う。PMO 支局はその事故の内容、対応活動の状況を上位の対応組織である PMO 本庁に連絡、報告する。

また、PMO 支局は事故状況の監視を行い、Tier 3 へ拡大する恐れが認められた場合は、PMO 本庁に通報し、その指揮、管理下に入る。

Tier 3

大規模な油流出事故（油流出量：500 トン以上）の対応。PMO 本庁の緊急対応チームは当該地域及び周辺地域の PMO 支局の対応チームを動員し、また各 PMO 支局は同地域内の操業会社（複数）を動員し、対応活動の指揮を執る。また、各 PMO 支局は同地域内の対応活動の監理を行う。

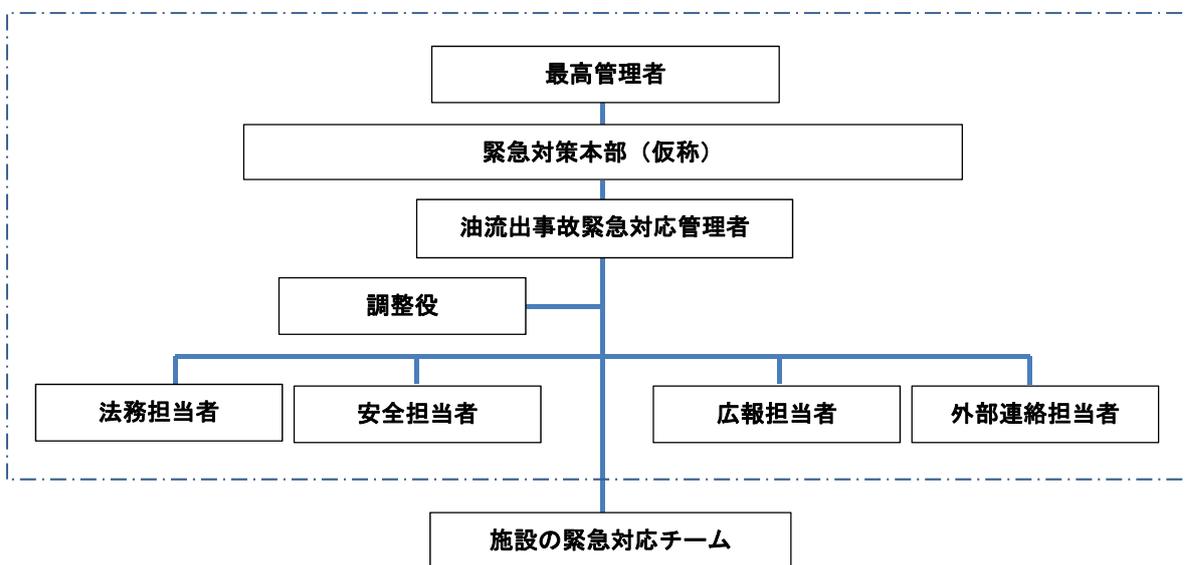
さらに、PMO 本庁は国内の関連省庁、関連組織から構成される緊急作業部会（委員会）を召集し、情報の共有、支援・協力の要請、調整を行う。一方、事故がさらに拡大し、流出油が隣国への越境が予想される場合は、ペルシャ湾岸諸国間で結ばれた相互支援協定に基づき、隣国及び海洋共同防災センター（MEMAC）に連絡し、関連諸国の支援を要請する。

8.3.2. 各施設の緊急対応組織

石油ガス開発事業会社は、上記の NOSCP 緊急対応体制に基づき、同社の包括的な緊急対応体制の下に、油流出事故の緊急対応体制を構築し、各施設に油流出事故の緊急対応組織を設置する。

(1) 本社緊急対応組織

事業会社は最高管理者を長とした重大な石油ガス災害発生時の緊急対応体制の下に、油流出事故を担当する緊急管理者を配置し、さらに油流出事故に際し油流出事故緊急管理者を補佐する法務、安全、広報、外部連絡の担当者及び調整役を配置する。ただし、同社の緊急対応組織に既に設置されている場合は、彼らが油流出事故の際にはその任に当たる。（図 8.3.2-1 参照）



出所: 調査団

図 8.3.2-1 本社の油流出緊急対応組織

なお、本社における油流出事故に係る各担当者の役割は以下の通りである。

油流出事故緊急対応管理者

- 事故の全容、及び現状の把握
- 全ての緊急対応の管理
- 事故対応の段階（Tier）及び Tier の拡大の決定
- 施設の緊急対応チームの対応活動の監理

法務担当者

- 緊急対応管理者に対する法的事項に関する助言と専門知識の提供

安全担当者

- 対応活動に係る人員及び影響を受ける地域の住民に対する健康、安全確保に関する緊急対応管理者及び施設の緊急対応チームへの助言と専門知識の提供

広報担当者

- 報道機関、影響を受ける地域社会への情報の提供
- 事故による地域への影響、損害に関する苦情への対応と処理

外部連絡担当者

- 対応イ活動全般に係る外部組織、利害関係者及び地域社会とのコミュニケーション

調整役

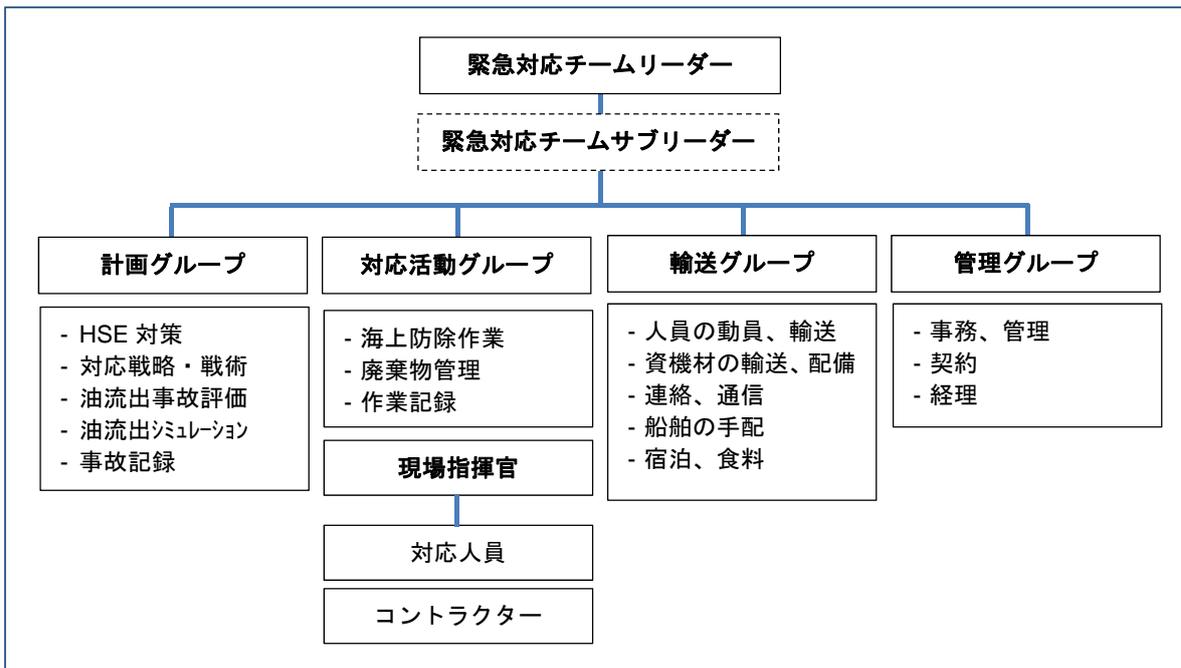
- 対応活動状況の管理全般にわたる緊急対応管理者の補助
- 関連組織、行政機関との対応活動の調整
- 油流出事故の対応に関する十分な知識、経験の必要性

(2) 施設の緊急対応組織

各施設には油流出事故に際し、直接その対応に当たる緊急対応チームが組織される。緊急対応チームには油流出事故対応として必要な以下の機能が求められる。

- 油流出事故の発生に際し、その状況についての的確に通報、報告する。
- 事故について十分な情報を収集し、適切に状況を評価する。
- 有効な対応戦略、戦術、方法を計画する。
- 対応作業にあたり関連組織、所轄機関との適切な調整を行う。
- 対応活動に必要な資機材、人員などの十分な対応資源を動員、配備する。
- 適切、有効な対応活動を実施する。
- 全ての対応活動を正しく管理、監督する。
- 対応活動において適切な報告、情報交換を行う。

このような機能を有する各施設の緊急対応チームの組織の一例を図 8.3.2-2 に示す。



出所: 調査団

図 8.3.2-2 施設の緊急対応チーム組織（参考）

緊急対応チームは事故現場における全ての対応作業の監理を行う緊急対応チームリーダーの下、有効な対応活動に必要な各機能を果たす計画、対応活動、輸送、管理グループから編成される。そして対応活動グループには事故現場で直接対応作業の指揮を執る現場指揮官（オンシーンコマンダー）と必要な人員、作業の支援を行うコントラクターが配置される。なお、必要に応じ、緊急対応チームサブリーダーを設置する。

これらの緊急対応チームは同施設の運転、保守などの常駐している要員の中から事前に割り当てられたメンバーで編成される。緊急対応チームを構成する主要な担当者及びグループの役割、責任は以下の通りである。

緊急対応チームリーダー

- 同施設の従業員、対応活動に参加する人員の安全、また施設の安全を確保する。
- 発生した油流出事故による HSE、そして施設の操業への二次的な影響の最小化を図る。
- 対応活動における全ての連絡、情報交換の基点となる。
- 流出事故の正確な情報を収集し、その状況を的確に把握する。
- 油流出の停止、あるいは最小にする手段を検討し、実施する。
- 必要に応じ、施設の従業員に対し緊急退避の判断を下す。
- 事故対応の戦略を決定し、対応計画の目標を設定する。
- 全ての対応活動を管理、監督する。
- 迅速、且つ効果的な緊急対応を実施するため、現場での活動、経費についての決定権限を持つ。

なお、一般的に当該施設の最高管理者、あるいは運転管理者、HSE 管理者がその任に当たる。

緊急対応チームサブリーダー

- 緊急対応チームリーダーを補佐する。
- 流出事故の状況の変化、対応活動を監視する。
- 流出事故の Tier 2 への拡大に際し、関連機関、他の対応チームとの調整を行う。
- チームリーダーから委譲された業務を実施する。
- チームリーダー不在の場合、リーダーを代行する。

計画グループ

- 流出事故に関する情報を収集し、事故の状況を的確に評価する。
- 有効な対応戦略、防除作業、方法を計画する。
- 流出事故の状況の変化、防除作業のモニタリングを行い、記録する。
- 対応活動に関する情報を収集し、対応活動の効果を評価し、より効果的な対応計画を検討する。
- 流出事故、対応活動に係る記録、文書を管理する。

対応活動グループ

- 対応活動の参加要員の安全を確保する。
- 対応資機材の現場への配備及び防除作業を実施する。
- 対応活動の目標に向け動員した対応資源、防除作業を適切に管理する。

現場指揮官（オンシーンコマンダー）

- 対応計画の対応戦略、目標を理解する。
- 流出現場の状況（流出油、気象、海象）を把握し、作業の安全を確認する。
- 対応計画に基づき、現場での防除作業を指揮、監督する。
- 対応チームリーダーに対し、現場での流出油の状況、防除作業の効果、進捗状況について正確に連絡する

輸送グループ

- 対応活動の人員を手配し、召集する。
- 対応活動に必要な防除資機材を調達、準備する。
- 人員、防除資機材を輸送する。
- 対応活動に使用する専用の通信手段を整える。
- 人員の宿発設備、食料、水などを準備する。
- 必要に応じ、外部の緊急対応資源の手配をする。

管理グループ

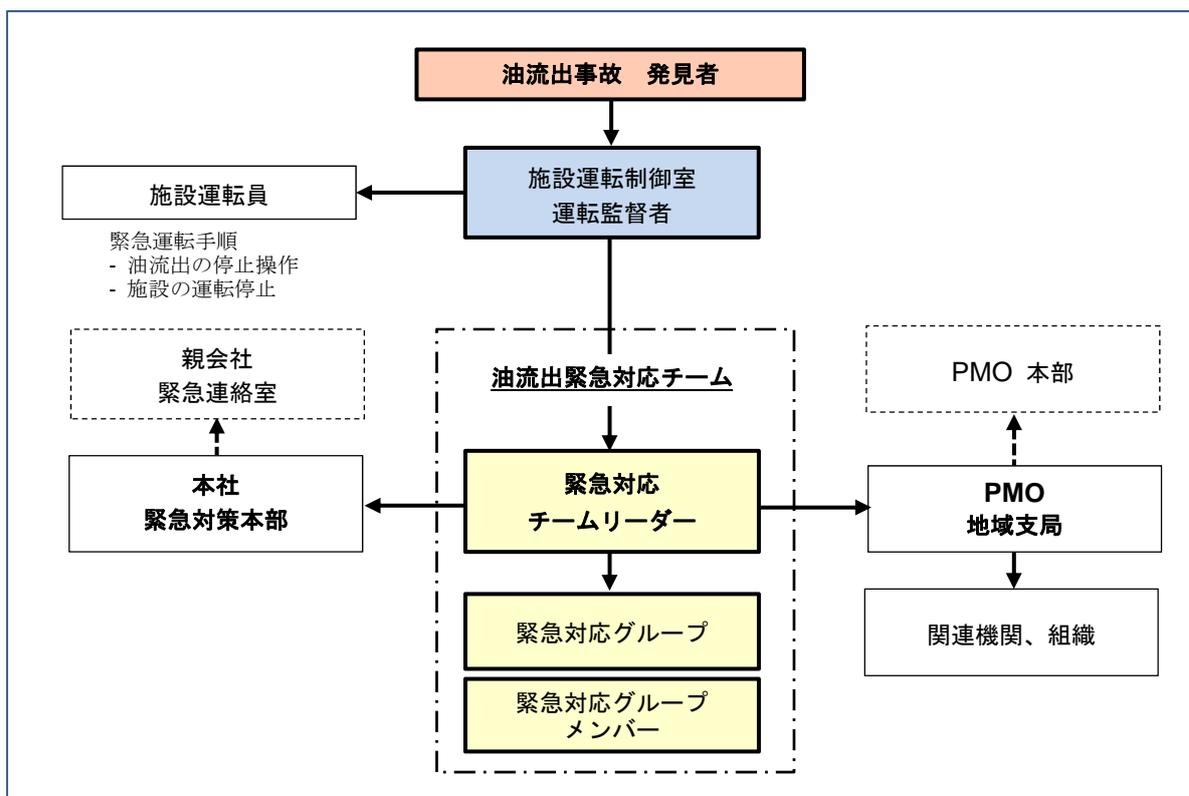
- 全ての対応活動に関する事務管理を担当する。
- 必要に応じ、対応活動に必要な追加の資機材、人員をコントラクター、業者に手配する。

- 対応活動に要した経費を管理する。
- 現場海域における利害関係者からの苦情、要請を調整し、管理する。

8.3.3. 緊急連絡体制

(1) 緊急連絡手順

各施設における油流出事故発生時の初期対応における基本的な緊急連絡手順を図 8.3.3-1 に示す。



出所: 調査団

図 8.3.3-1 緊急連絡体制

油流出事故発見者

- ① 予め決められた緊急連絡手順、方法に従い、同施設の運転監督者（運転制御室）に事故の発生とその状況を報告する。

運転監督者

- ② 事故発生の状況を把握するため、事故発見者から必要な情報を収集する。（事故発生場所、油の流出源と油の種類、流出量、負傷者の有無、施設・設備の破損状況等）
- ③ 事故の状況を同施設の最高管理者（緊急対応チームリーダー）に事故の発生とその状況を

通報する。

- ④ 予め決められた緊急時の施設、設備の運転手順に従い、油流出の抑制、運転の停止等の措置を講じる。

緊急対応チームリーダー

- ⑤ 各緊急対応グループとそのメンバーを招集する。併せて、本社の緊急対策本部、PMO 地域支局に事故の発生とその状況を報告する。
- ⑥ 正確な事故情報に基づき、計画グループと共に事故の状況を評価し、本社の緊急対策本部と協議の上、対応段階（Tier）を決定し、MPO 地域支局に報告する。

緊急対応チームリーダー、計画グループ

- ⑦ 対応段階 Tier 1 の場合は、流出油の拡散状況、気象、海象条件等を考慮の上、対応戦略、戦術、安全対策を検討し、防除計画を策定し、活動グループにその計画を指示する。
- ⑧ 対応段階 Tier 2, 3 の場合は、事故状況、流出油の拡散を監視し、PMO 地域支局の緊急対応チームの指示に従い、対応活動を実施する。

(2) 油流出事故情報

緊急対応チームの計画グループは、チームリーダーの指示の下、事故及び流出油の状況に関するより正確な情報の収集を行い、有効な対応戦略、戦術の検討、また対応活動に参加するチームメンバーの健康、安全を配慮した対応計画を策定する。そして、油流出事故の初期対応としての事故情報には以下のものが必要である。

- 事故発生の日時、場所（海域）
- 油流出源と事故原因、
- 火災、死傷者の有無
- 施設、設備の破損状況、
- 施設の操業、運転への影響
- 油流出の状況
 - 流出油の種類、量
 - 流出状況：一時的（流出停止）、流出連続、間もなく停止の見込み、その他
 - 揮発ガス、有害ガスの有無
 - 流出油の拡散方向、範囲（現状及び予測）
- 気象、海象
 - 気候、風向、風速、気温、視界、気象予測
 - 海流、波高、潮汐

油流出事故の初期対応として事故状況の把握に必要なより正確な情報の収集が重要である。初期対応の手順として、事故発生時に収集、確認すべき項目を予め纏めた、簡便なチェックリストの準備が有効である。

8.3.4. 外部支援体制

Tier 1 油流出事故への対応は、基本的に当該施設、あるいは操業会社の緊急対応チームにて実施するものである。一方、同海域で複数の会社、組織が操業、活動を実施する場合、油流出事故の対応には協働、相互支援、あるいは重複を避け、どちらかへの委託による迅速、且つ効率的な対応が可能となる。

Khark 島周辺海域では IOOC、IOTC の 2 社が操業を行い、それぞれ独自の OSRP を策定し、各施設からの油流出事故への対応を検討している。各 OSRP への協働、相互支援による対応を盛り込むことによる効率化が必要である。

また、Mahshahr 地域には PMO 地域支局があり、PMO 地域支局には同海域の油流出事故に対応可能な十分な対応資源が配備されている。従って、IOTC は同社の港湾施設での操業に起因する油流出事故への対応は、全て PMO に委託する体制が構築されている。

一方、各海洋石油ガス生産施設（プラットフォーム）には Tier 1 油流出事故に対応した OSRP の準備が求められるが、遠隔海域における石油ガス開発の生産施設では、その立地条件により、Tier 1 及び Tier 2 の OSRP が求められる。その際、当該施設には Tier 2 に対応可能な体制構築、対応能力の強化が必要となる。これには当該施設の緊急対応チームの増強に加え、同海域の他の施設の緊急対応チームの支援による対応、あるいは外部の油流出対応会社、機関への委託による対応が必要である。

従って、このような生産施設の OSRP には Tier 2 油流出に対応した外部支援を可能にする関連施設、他の外部組織との事前の調整、契約による対応体制を構築する。

8.4. 油流出事故による環境社会影響の予測

(1) 油流出のシミュレーション

流出油を防除する目的は、油流出事故による海洋及び沿岸地域の環境と社会経済への影響、被害を最小限に抑えるためである。また環境・社会影響を配慮した場合、流出油を可能な限り短時間で回収/処理することは、付近海岸線等の汚染を最小化するために重要となる。

米国のあるデータは、事故発生直後の1時間以内にオイルフェンスを展開して回収作業を開始できれば、浮流油1 barrel (約159 liter) 当たりの防除にかかる費用は約300US\$であるが、これらの作業に2時間以上要すれば、その費用は4倍以上に跳ね上がることが示されている¹。このような事態を防ぐために、経済的な負担を配慮した効果的な防除計画を立案しなければならない。

流出油の防除には様々な防除措置があるが、油の種類とその性状、拡散状況、気象・海象状況といった種々の条件によって有効な防除方法が異なるので、防除作業を実施する際には第一に流出油の拡散及び性状の変化の状況について把握する必要がある。流出油の状況を予測する

¹ 北海道北岸における流出油事故への準備及び対応に関する地域緊急時計画（要約版）2007年 サハリンエナジー社、(独法) 海上災害防止センター。

ために流出油モデルが広く使用されている。

本プロジェクトでは、潜在的な油流出事故による流出油の拡散状況を予測するため、イランで使用する最適な流出油モデルとして GNOME と ADIOS2 を組み合わせたものを採用し、いくつかの油流出事故を想定したケーススタディーを実施した（5.4.2 を参照）。

今回のケーススタディーを通して、流出油の軌跡については GNOME、風化過程については ADIOS2 を活用することにより、シミュレーションが可能であり、これらの結果は各パイロット地域における油流出事故の防除計画立案の材料として利用できることが明確になった。

シミュレーション結果（Aboozar 油田、Khark 島の流出油の軌跡予測）の例を図 8.4-1、8.4-2 に示す。



出所: 調査団

図 8.4-1 Aboozar 油田で発生した流出事故の 5 日後の軌跡 (季節: 11 月-1 月、風向: 北東)



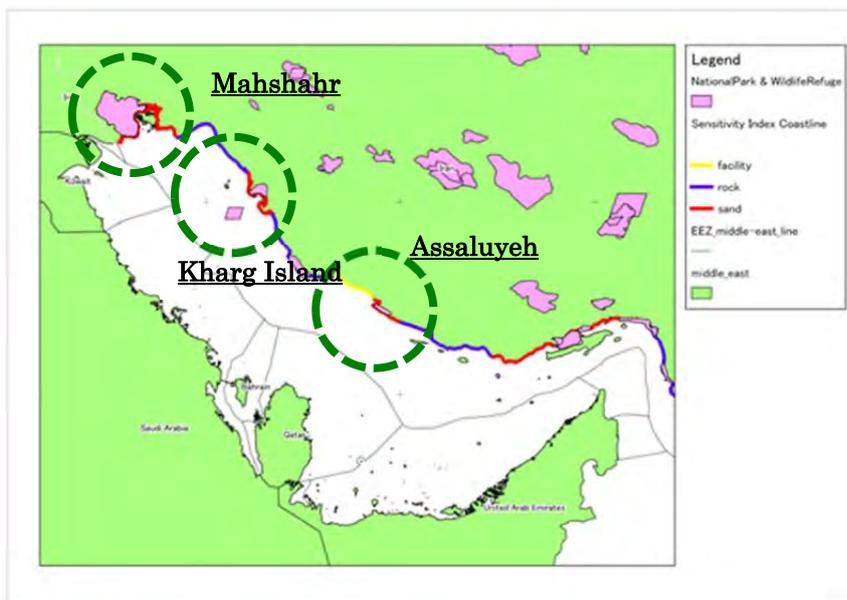
出所: 調査団

図 8.4-2 東側の棧橋で発生した流出事故の 5 日後の軌跡 (季節: 2 月-10 月、風向: 北西)

またこれらの軌跡解析の結果は、沿岸の環境脆弱地域を示した環境脆弱性指標（ESI）図と対比することにより、流出油の漂着が予想される沿岸地域における防除作業の優先順位の検討に使用することができる。一般的に環境脆弱性指標図は地理情報システム(GIS)を介してデー

データベース化し、活用されている。GNOME による解析結果は GIS にインポートできる形式での出力が可能であり、防除計画立案の際には双方の結果を同一画面で視覚化でき、非常に有効である。

GIS のアプリケーションは、近年のソフトウェアのオープンソース化に伴い、様々なアプリケーションが公開されており、これらの GIS を併用することにより、より効果的な防除計画の立案が可能になると考えられる（図 8.4-3 参照）。



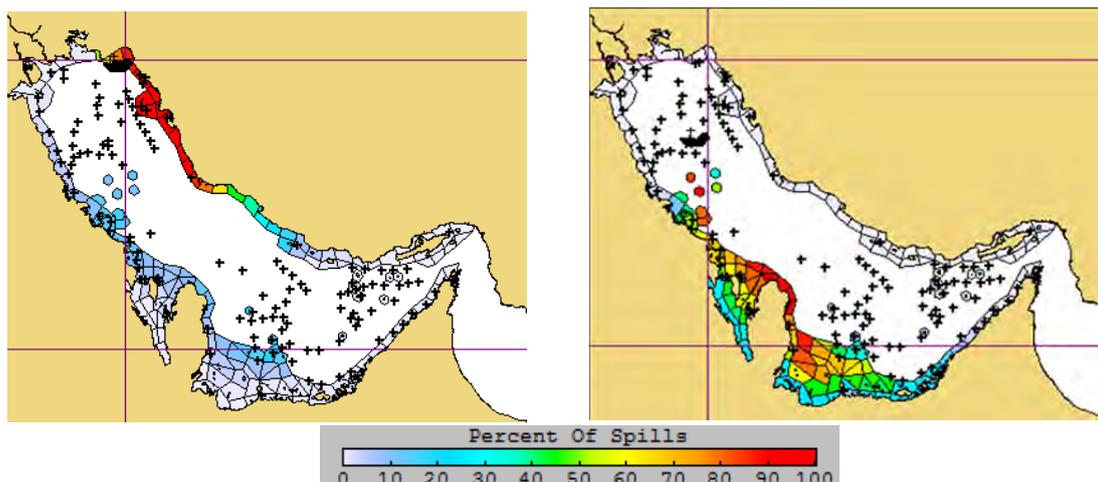
出所: 調査団

図 8.4-3 GIS 上の保全地域と海岸線の環境脆弱性指標（参考）

ペルシャ湾沿岸に係る環境脆弱性指標図は DOE により既に作成されている。これらの環境脆弱性指標図を活用した沿岸地域の防除計画の立案が必要と思われる。

(2) 環境社会影響の予測

本プロジェクトでは、流出油の軌跡、風化過程に加え、ペルシャ湾における潜在的な流出油の軌跡の統計データに基づく特定の海岸線に流出油の漂着モデル（Trajectory Analysis Planner : TAP）を使用した。ペルシャ湾北部の主要洋上原油生産プラットフォームからの油流出事故（中質原油、50 トン）を想定、沿岸地域への流出油の漂着確率（%）の予測し、沿岸の環境保全地域への影響の予測を試みた（5.4.2 (2)参照）。予測結果を図 8.4-4 及び図 8.4-5 に示す。



出所: 調査団

図 8.4-4 流出源 Bahrgan Sar
(2-10月60日後)

図 8.4-5 流出源 Foroozan
(2-10月60日後)

事故発生地点：原油生産プラットフォーム（Bahrgan Sar、Nowruz、Aboozar、Foroozan）、季節（11月 - 1月、2月 - 10月）により相違はあるが、最悪のケースとして、ペルシャ湾奥部から Bushehr 州中部の海岸への漂着確率 70-80%が予想された。また、対岸の Saudi Arabia、Bahrain、Qatar、UAE の海岸への漂着の可能性（30-75%）も予測された。更にイラン国内沿岸の自然保全地域（Heleh、Mond、Seraj、Faror 島、Hara、その他）への流出油の漂着の可能性 50-90%と予想された。本プロジェクトのパイロット地域への影響として Khark 島が 80%、一方、Mahshahr、Assaluyeh は少ないと予想された。

以上の結果から、湾内北部海域の原油生産プラットフォーム及び同海域の関連施設から油流出事故による影響範囲は同湾奥部、Bushehr 州を含む沿岸地域に至り、同地域沿岸の自然環境のみならず、漁業、港湾などの社会、経済活動への影響も予想される。また、小規模の油流出事故であっても、事故の発生場所、季節、気象条件等により、同湾対岸諸国の環境、産業への影響の可能性が予測される。

これらの油流出シミュレーションの結果から、同海域の原油生産施設からの油流出事故に際し、予想される環境、社会影響の最小化を目的とした、適切、有効な油流出対応計画の必要性が確認された。今後、関連石油会社による、防除対象地域の特定、優先順位の決定、防除方法などを含む施設、地域ごとの油流出対応計画の策定が必要である。

8.5. 油流出事故の基本対応戦略・防除作業

8.5.1. 油流出事故の評価

(1) 対応段階（Tier）の決定

施設の緊急対応チームは事故の状況、流出量、流出油の拡散の範囲、油流出による環境、社

会影響の大きさ、そして当施設の対応能力等を評価し、対応段階（Tier）を決定する。各段階の油の流出量（目安）及び評価、判定基準は以下の通りである。

段階	油流出量	評価、判定基準
Tier 1	50 トン以下	- 流出油の拡散が施設の操業海域に留まる - 環境社会影響の拡大が予想されない - 当該施設の緊急対応チーム単独で対応可能
Tier 2	50~500 トン	- 流出油の拡散が周辺海域に拡大 - 他の緊急対応チームの支援、協働が必要 - 流出油の隣国への越境が予想されない
Tier 3	500 トン以上	- 流出油の拡散がさらに周辺海域に拡大 - 他の緊急対応チームの支援、協働が必要 - 流出油の隣国への越境が予想される

なお、油流出量が 50 トン以下であっても、流出量の増加等が予想され、当該施設の緊急対応チーム単独にて適切な対応が困難と判定された場合は、Tier 2 と決定する。また、油流出量が 500 トン以下であっても、海流、気象条件などにより、流出油の隣国への越境が予想される場合は Tier 3 と決定する。

対応段階が決定され対応活動が開始されても、流出油の拡散状況の変化、対応活動の進捗状況に応じて、追加の対応が必要と判断された場合は、速やかに対応段階（Tier）を変更し、適切な対応を執ることが必要である。

(2) 安全性評価

緊急対応チームの計画グループは、同施設で発生した油流出事故の情報に直ちに対応活動に関する安全評価を実施する。安全評価の目的は、対応活動に参加する人員に対する健康、安全方針に基づき、油流出事故に起因するあらゆる潜在的な危険性を特定し、実施する対応活動に伴う危険の回避、軽減を図ることである。安全性評価の結果は、実施する対応活動の戦略、防除計画の検討に反映される。

安全性評価の対象は油流出事故の対応人員に対するもので、その評価には以下が含まれる。

- 事故発生時刻、場所
- 事故発生時の火災、爆発、負傷者の有無
- 流出源及び流出状況（流出停止、連続流出、簡潔流出）
- 流出油の拡散状況： 漂流方向、範囲
- 流出油の種類及び特性： 気化ガス、有害ガス（H₂S）の有無
- 気象： 気温、風向、風速、視界、天気予報
- 海象： 海流、波高、潮汐
- 近傍の他施設への流出油の影響の有無

8.5.2. 対応戦略の選定

(1) 優先事項

油流出対応活動において配慮すべき事項と優先順位は以下の通りである。

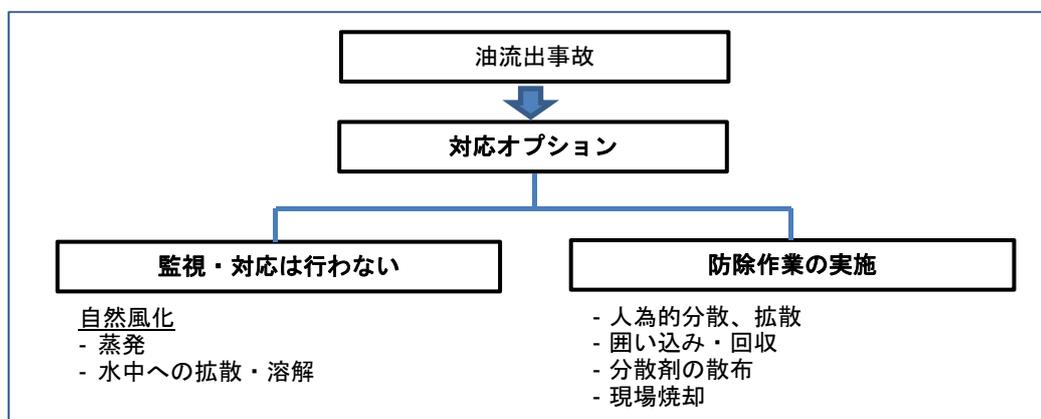
- 対応活動に参加する人員及び環境を受ける地域の人々の安全
- 海洋環境、野生生物
- 地域、海域の社会、経済活動
- 施設の操業

また、適切、且つ有効な油流出事故の対応戦術、防除方法は以下の条件に基づき選択する。

- 防除活動による総合的な環境影響の軽減効果
- 最も高い浄化効果、最も低い環境社会影響
- 対応資源の有効使用
- 廃棄物の最少化

(2) 対応のオプション

緊急対応チームの計画グループは、油流出事故の状況、流出油の種類、事故現場の位置、事故発生時の気象、海象状況等、また安全性評価の結果に基づき、事故対応に係る最初の選択をする。選択肢は「監視（防除作業は行わない）」と「防除作業の実施」である（図 8.5.2-1 参照）。



出所: 調査団

図 8.5.2-1 対応オプション

「監視」は積極的な流出油の防除作業は行わず、流出油の自然な風化、海面、海中への拡散・溶解に委ねる方法である。一方、「防除作業」には以下の方法が含まれる。

- 人為的な流出油の海面、海中への拡散
- 海面での流出油の囲い込みと回収
- 分散剤の散布

- 現場（海面）での焼却
- 海岸の保護、浄化

なお、現場焼却法はMEMACにより推奨されていない。

一般的に、これらの対応戦術、対応方法は流出油の種類、物理的な性質により適切なものが選択される。各種の流出油に対する適用の優先度を表 8.5.2-1 に示す。

表 8.5.2-1 戦術・対応方法の選択

油種	優先度	方法	理由・条件
グループ 1 揮発油 軽質油	1	監視・自然風化	自然蒸発、分散が容易
	2	沿岸の保護	沿岸の環境影響が大きい
	3	人為的拡散（軽油のみ）	沿岸海域、少量の漏れに適用可
	ナフサ ガソリン 軽油 灯油	不可	人為的拡散（その他の油種）
不可		分散剤の散布	不適
不可		囲い込みと回収	蒸発ガスの発生
不可		現場焼却	MEMAC 不推奨
グループ 2 中質油 原油	1	囲い込みと回収	海上での回収が比較的容易
	2	分散剤の散布	迅速な対応が可能、乳化抑制
	3	監視・自然風化	少量の漏れに適用可
	4	沿岸の保護	沿岸の環境影響が大きい
	不可	人為的拡散	乳化しやすい
不可	現場焼却	MEMAC 不推奨	
グループ 3 重質油 重油	1	囲い込みと回収	海上での回収が比較的容易
	2	分散剤の散布	重質油用の分散剤を使用
	3	沿岸の保護	沿岸の環境影響が大きい
	4	監視・自然風化	少量の漏れに適用可
	不可	人為的拡散	乳化しやすい
不可	現場焼却	MEMAC 不推奨	

出所: 調査団

グループ 1 の油種の流出に対しては、対応人員の安全を考慮し、監視・自然風化を最優先とする。グループ 2、3 の原油、重油については、囲い込みと海上での回収が優先的に適用する。

8.5.3. 防除方法

(1) 人為的な拡散、分散

薄い油膜あるいはコンデンセート等の高揮発性の油は、海上施設または船上に設置された消

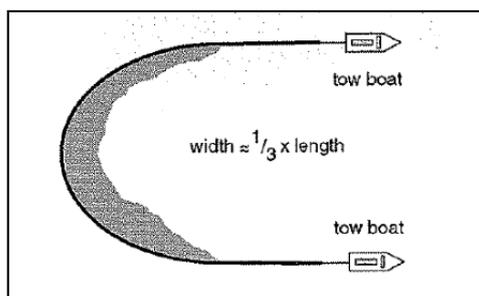
化ノズルからの海水放出により、流出源（施設、船舶）から拡散することができる。また、このような油は船のスクレーの攪拌により効果的に分散することができる。

(2) 囲い込み及び回収

囲い込みの目的は、移動式オイルフェンスを使用し、海面上の流出した油の回収作業を容易にするため、一か所に集めて油膜を厚くすることである。この作業には、短時間で如何に多くの回収可能な量の油を囲い込むかが求められ、以下のようなオイルフェンスの使用法による囲い込み、回収の方法がある。

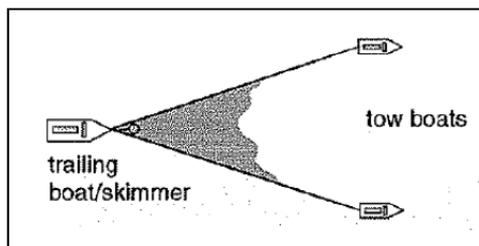
U型

2隻のボートによりU型に展開したオイルフェンスを曳航し油を集める。ボートは流出油の下流に保持、あるいは上流の流出源に向け移動する。



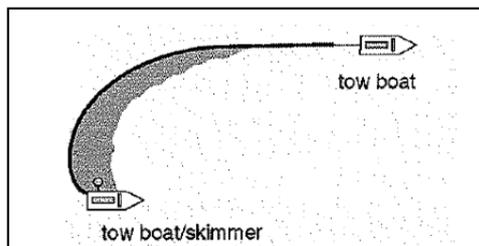
V型

3隻のボートとオイルスキマー（1台）を使用し、オイルフェンスをV型に展開、または2隻のボートと牽引式スキマーを使用する。



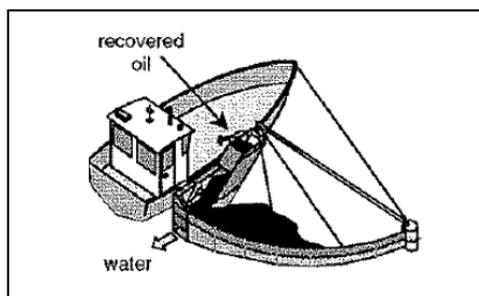
J型

J型に展開したオイルフェンスを2隻のボートで曳航し、後方のボートで集めた油を回収する。



側舷掃油

ボートの側舷のアームにU型のオイルフェンスを固定し、最後部のスキマーにより油を回収する。



出所: 調査団

図 8.5.3-1 囲い込みと油回収

効果的なオイルフェンスの展開場所と目標とする流出油の特定には航空機による上空からの支援が必要である。航空機は上空から下方の視界が良好な上翼機またはヘリコプターを使用し、GPS装置及びボートと直接交信可能なHF無線を搭載する。

オイルフェンスにより集めた油の回収には、油の種類、油膜の厚さ、海面の条件により、各種のオイルスキマーを使用する。代表的なオイルスキマーには、電動または油圧駆動の堰式、ディスク式、ブラシ式などがある（図 8.5.3-2 参照）。

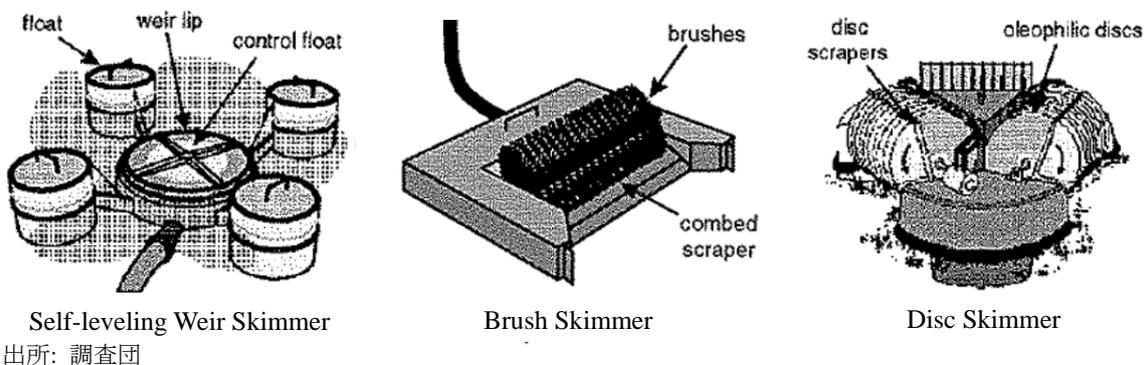
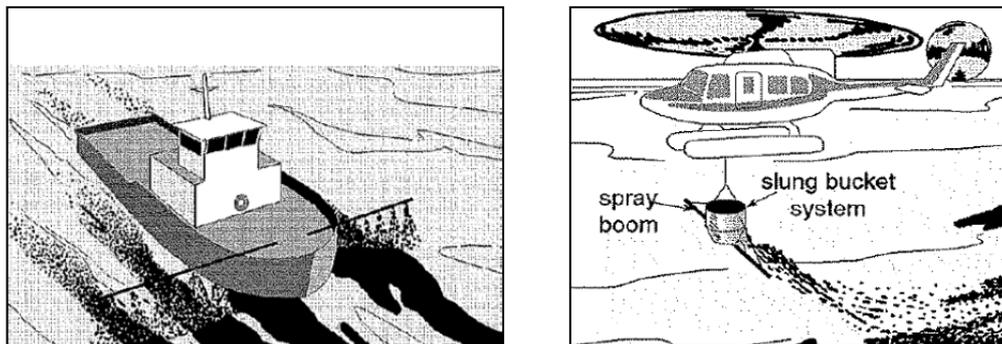


図 8.5.3-2 オイルスキマー

(3) 分散剤

分散剤は流出油の海面での自然分散、バイオ分解の促進を目的として使用する。分散剤の使用は、沿岸の生態環境、海岸及び野生生物の生息地への影響の最小化に有効な水中の油分濃度に基づき決定する。水面の流出油の粘度は風化（軽質分の蒸発）により急速に増加するため、分散剤は油の流出後、可能な限り早く使用する（一般的に、分散剤は粘度 2,000 cSt 以下の油に有効である。）。

分散剤は散布装置を取り付けたボートまたは航空機から散布する。なお、荒天時における分散剤の散布は効果が期待されない。（図 8.5.3-3）参照）



出所: 調査団

図 8.5.3-3 分散剤の散布

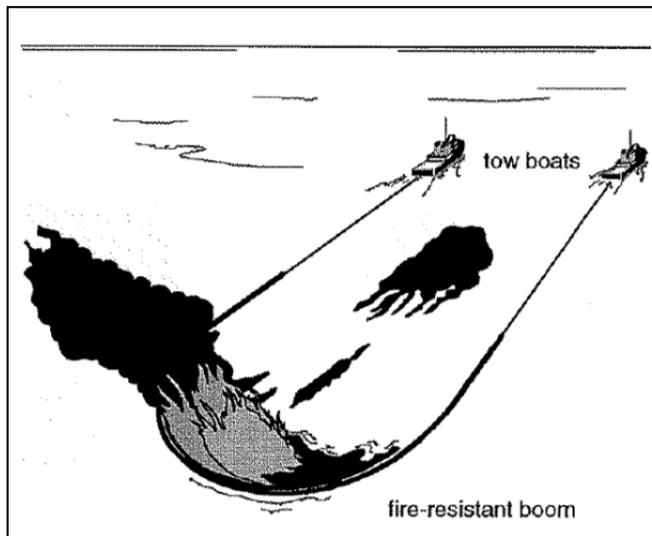
アラビア湾では ROPME/ MEMAC が指定した低毒性の分散剤の使用が規定されている。分散剤の使用可能な海域については、脆弱な海洋または沿岸環境の分散剤による潜在的な影響を未然に防止するため、各 OSRP によって予め規定される。

(4) 現場燃焼

流出油の現場燃焼は、海上で囲い込んだ油を十分な監視、制御の下で焼却処理する方法である。（ず 8.5.3-4 参照）燃焼は、油の回収、他の場所への移送を行わず、オイルフェンスで囲い込み、その場で行う。

海上では油膜の厚さが 2~3mm 以上の場合、燃焼可能である。海上での油膜の厚さを確保するため、油の囲い込みには耐火性のオイルフェンスを使用する。現場燃焼は、現場の海流が囲い込み作業が可能な 0.4m/秒（0.7 ノット）以下の条件の下で、U 型の耐火オイルフェンスにより囲い込み、その場で実施する。

油への着火にはボートからのプロパン着火栓、またヘリコプターからの点火材投下の 2 つの方法がある。



出所: 調査団 図 8.5.3-4 現場燃焼法

現場燃焼の実施には各 OSRP において以下の事項を検討し、計画を策定する。

- 気象、海象条件（風速、風向、海流、波高）
- 作業要員の健康、安全リスク
- 煙の拡散方向
- 潜在的な環境影響及び地域全体の環境影響軽減への有効性
- 周辺海域の船舶、地域住民その他の利害関係者への通報

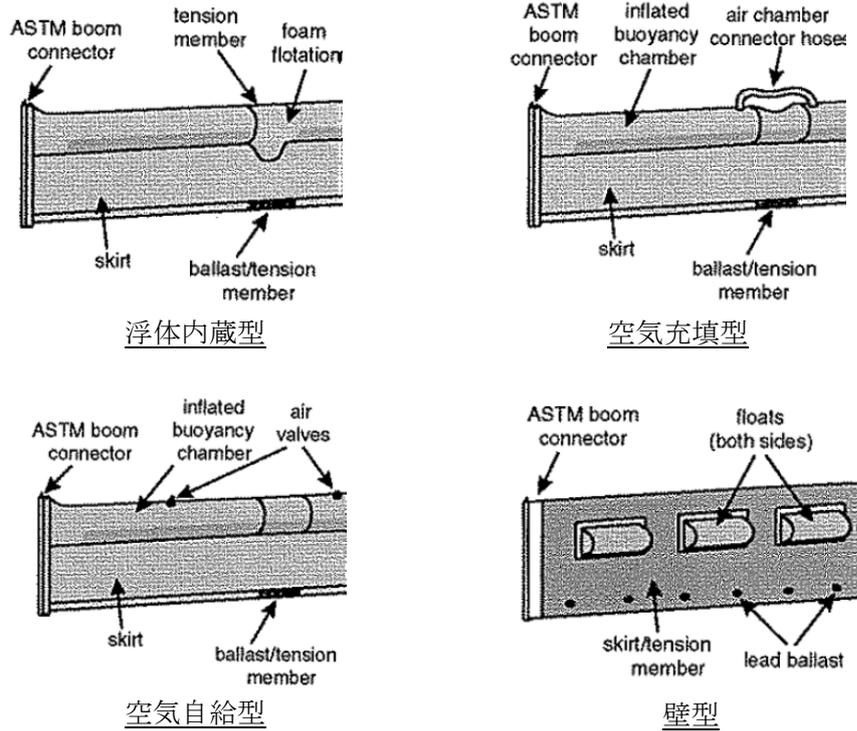
対応計画における現場燃焼法の実施には、各 OSRP で決められた手順に従い、地域の関連行政機関から事前の承認を取り付ける。

なお、ROPME/MEMAC では当現場焼却法を原則禁止している。

(5) 海岸線の防除、浄化

1) 海岸線の保護

流出油からの海岸線の脆弱地域の保護のため、海面に移動式の浮遊式オイルフェンスを展開し、流出油の岸への漂着の防止、漂流方向の変更、あるいは油の回収を行う。浮遊式オイルフェンスはその浮体構造、用途により 4 種類がある（図 8.5.3-5 参照）。



出所: 調査団

図 8.5.3-5 浮遊式オイルフェンス

いずれの種類のものでも水面上部にでる部分（乾舷部）と水面下の部分（スカート部）がある。大型のオイルフェンスは外洋、小型のものは内海または穏やかな水域で使用する。海岸線の防御を迅速に行うため、対象海域における油流出シナリオに基づき、各 OSRP にてオイルフェンスの基本配備計画を予め検討する。事故発生時の効果的なオイルフェンスの配備は事故の状況、流出油の予想軌跡、気象、解消状況により適切なものを選択する。

2) 海岸の浄化

海岸の浄化は、油が漂着した海岸地域の自然回復の促進を目的とする。この目的に合った浄化方法は、海岸の特徴、漂着した油の状態（油の種類と量）の双方に適したものを選択する。適用可能な浄化、処理方法には以下の5つものがある。通常、有効な2つあるいはそれ以上の方法を組み合わせて浄化作業を行う。

- 自然回復
- 人為的な処理
 - 洗浄
 - 除去
 - 現場処理
- 化学的、生物的（バイオ）復旧

自然回復

少量の軟らかい油で汚染された海岸は周囲の環境で自然に回復する。自然回復は人為的な操作なしに汚染地域の回復に任せる方法である。そして、自然回復は以下の場合に適用する。

- 人為的な洗浄、処理により環境影響がさらに大きくなる
- 洗浄、処理方法が適用不可能
- 洗浄、処理後に自然回復の促進が期待できない
- 現場の作業環境に人員の健康、安全のリスクが伴う（悪天候、危険な作業場所等）

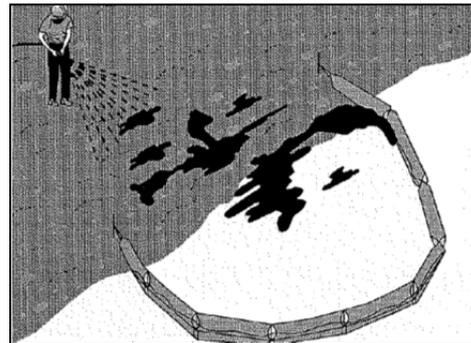
一方、汚染地域が生態系あるいは経済的に重要な場合、迅速な復旧が求められ、そのような地域には自然回復は適さない。自然回復の適用には地域全体の影響軽減と有効性の評価が必要である。

洗浄

海岸に漂着した油の洗浄には、水流、冷水、温水の高圧洗浄、または蒸気洗浄などの方法がある。洗浄方法には洗浄、洗浄水の収集/囲い込み、回収及び除去した油、洗浄水の処理などの工程が必要となる。そして、洗浄は以下の作業を伴う。

- オイルフェンスによる油、洗浄水の囲い込みとオイルスキマーによる回収
- 回収した油、洗浄水の移送用の配管または排水溝による油タンクへの移送

洗浄作業の計画には、海岸、干潟の下流域に水生植物、動物の生息域が認められた場合、これらの植生、動物への影響の軽減、回避を考慮する。作業の実施時間を満潮時、あるいは中潮時に設定することでこれらの生態系への影響の回避が可能である（これらの生態系は一般的に海面下に生息する。）。



出所: 調査団

図 8.5.3-6 洗浄

除去

これは海岸地域から漂着した油、または油が付着した（汚染した）堆積物、砂、砂利、瘦躯体を取り除く作業である。この作業には以下の方法がある。

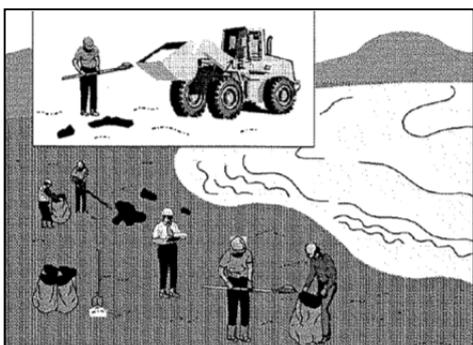
- 手作業による除去
油、油が付着したものを手及び簡単なあ道具を使用して除去する
- 吸引
溜まった油をバキュームポンプ使用し取り除き回収タンクに集める
- 機械除去
油、油が付着したものを機械を使用し取り除く
- 植生伐採
付着した油の他の植物への拡散、動物、鳥への付着の防止、また植生の復旧の促進の

ため、汚染した植生を取り除く

- 吸着処理

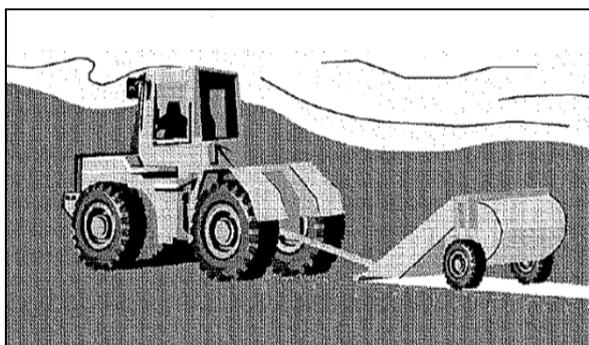
特定の場所に吸着材（形状：マット、布、毛布、帯、ほうき、ロープなど）を設置し、油を吸着除去する

機械による除去作業には一般的な土木作業用の機械及び道具を使用する。一方、海岸の清掃及び油の吸着処理には流出油の除去専用で製作された特殊な機械、吸着材を使用する。適切な方法の選択には、対象を地域の広さ、漂着油の種類、量、作業場所の状況と機材の搬入方法、及び作業方法の効果の予測コスト、作業期間、廃棄物の量などを考慮することが重要である。



出所: 調査団

図 8.5.3-7 手作業による除去



出所: 調査団

図 8.5.3-8 機械除去

現場処理

この方法は漂着油の風化（蒸発）、自然浄化を促進、増加するため、油の性質の変化、あるいは干潟域における油を移動を目的とするものである。この処理の基本的な方法には以下のものがある。

- 攪拌
油の蒸発、他の浄化効果（油分の希釈等）の促進のため、大気及び海水への暴露面積を増加
- 油が付着した砂の移動
漂着油及び油が付着したものを波打ち際に移動し波による自然浄化を促進
- 燃焼
現場での焼却により海岸に滞留した油、及び油付着物の除去あるいは減量

これらの方法の実施には、処理により期待される油の風化（蒸発等）、自然浄化率の促進効果の評価が必要である。なお、大規模な現場燃焼の実施には、地域の関連行政機関の事前の許可が求められる。

化学的、生物的（バイオ）処理

この処理法は、漂着油の凝固、また自然復旧効果の促進を目的とするもので、以下の基本的な方法がある。

- 分散剤
油滴の細分化による油の水中への分散により油の自然風化、浄化を促進
- 海岸洗浄
洗浄剤を使用し、砂、砂利に付着した油を除去、回収
- 凝固剤、低粘化剤
凝固剤は油を固化またはゲル（ゼリー）化し、回収の容易化
低粘化剤は油の粘度を下げ、収集、回収を促進
- 富栄養化、バイオ浄化
海岸に栄養分（肥料）を散布し、自然のバイオ浄化作用の促進

分散剤、洗浄剤、凝固剤等の薬剤の使用は、沿岸、海岸線の OSRP の策定時に、関連行政機関の事前の承認、許可の対象となる。これらの方法の適用についての検討には、小規模な実地での試験による各方法の効果、適用性の評価が必要である。

バイオ浄化は効果的な方法であるが、他の方法と比較して、処理に要する期間が長い。バイオによる浄化率は気温、現場の富栄養度に因り大きく左右する。

(6) 野生生物の保護

油流出により影響された地域の野生生物の保護は油流出事故の対応活動の一つである。野生生物保護の基本戦略は、以下の方法による予想される流出油の野生生物の個体及び生息域への暴露の予防、最小化である。

- 油流出及び流出油の拡散の抑制
- 予測される流出油の漂着地、あるいは通過海域からの野生生物の移動

野生生物の保護を目的とした流出油の拡散抑制は、対応資源の配備などの対応計画に含まれる。音響（警笛、警報音等）、威嚇（風船、カカシ）、車両、ボート、航空機、人による追い立ては野生生物の安全な地域への移動に有効である。また、流出油が沿岸の生息地に漂流した場合、油に暴露した野生生物の救命、リハビリが必要である。油の塗れた野生生物の捕獲には危険が伴い、人員、野生生物双方の安全の確保により、保護活動が達成される。野生生物の保護計画は OSRP の主要な一部として以下のことを検討し、策定する。

- 対応人員の安全確保
- 十分な資質、経験のある研究機関、組織あるいは専門家の協力

8.5.4. リモートセンシング技術の適用

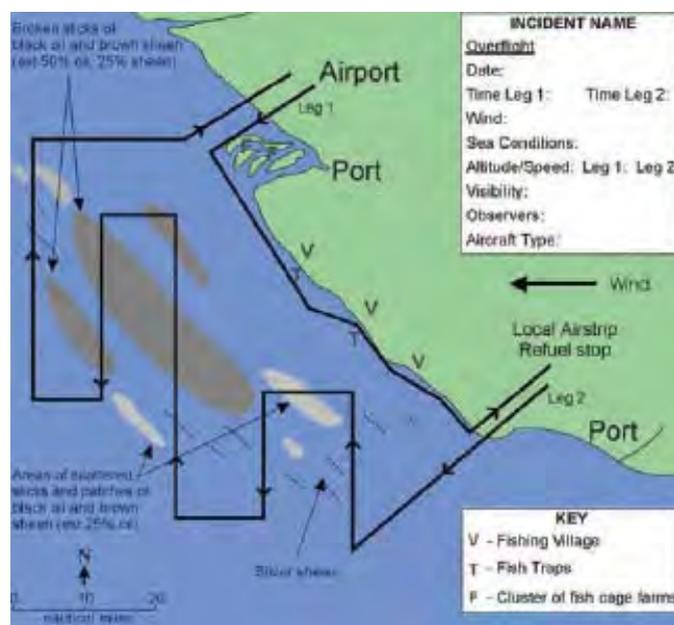
(1) 上空観測

リモートセンシング技術を使用した流出油の検出方法として合成開口レーダ（SAR）などの高性能センサーを搭載した人工衛星、または航空機の利用が挙げられる。人工衛星による観測は、データの取得から流出油の特定までに時間を要するため、時々刻々と変化する流出油の防除対応には不向きである。航空機においても高性能センサーによる観測は人工衛星と同様に不向きである。したがって、航空機による視覚観測が最も便利な方法と考えられる。

航空機による視覚観測を行う際の観測者は流出油の観測に慣れていないパイロットが想定される。したがって、観察者から流出油事故の対策を立案するために正確な情報を得るために、観測内容の明確化と用語の標準化が必要である。

(2) 探索方法

通常、大きな海域にわたって油の存・不在を確かめるには、上空観測を系統的に計画することが必要となる。はしご探索は、エリア調査に最も経済的な方法として頻繁に使用されている（図 8.5.4-1 参照）。探索の計画時に、視認性、高度、フライト時間の予測、および燃料使用に細心の注意を要する。浮遊する油には、細長く、風の方向に平行になり、通常 30-50m 程度に、長く細く連なる「干し草の列」のように流れる傾向がある。油の検知の可能性を上げるには、卓越風の方向に横切って、はしご探索を行うのが良いと思われる。



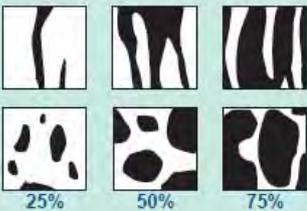
出所: ITOFF

図 8.5.4-1 流出油の分布と飛行ルート（例）

(3) 観測結果

上空観測による項目として、流出油の位置や性状が挙げられる。流出油の観測に慣れていない観測者には、表 8.5.4-1 のような早見表を作成・提供が有効と思われる。

表 8.5.4-1 上空観測時に記録すべき主な項目

Feature	Data	Comment		
Location and extent	Latitude and longitude (preferably by GPS) for location of slicks GPS readings for centre or edges of large slicks	It is important to retain a sense of scale so that what is observed on the water is not exaggerated when being recorded. It is worth establishing a mental picture of distance on the outward leg of a flight by observing and noting recognisable land features. When observing large areas affected by oil, the presence of any ships is useful in gauging the scale of slicks. Regular reference to GPS readings is useful to confirm estimates made visually.		
Colour	For oil slicks: Black, Brown, Orange For sheen: Silver, Iridescent (rainbow)	Colour offers an important indication of oil thickness. For oil slicks, a brown or orange colour indicates likely presence of water-in-oil emulsion. In terms of oil spill response, sheen may be disregarded as it represents a negligible quantity of oil, cannot be recovered or otherwise dealt with to any significant degree by existing response techniques, and is likely to dissipate readily and naturally. Depending on the circumstances, sheen may often be omitted from the final report prepared after the flight.		
Character	Windrow, Slick, Patch, Streak	Observers should avoid too many descriptive phrases and should apply their selected terms consistently throughout.		
Features	Leading Edge	If the thick oil characterising the leading edge of a slick can be identified, it should be denoted by a heavier line on maps and referenced in accompanying reports.		
Coverage	 <p>25% 50% 75%</p>	For response efforts to be focused on the most significant areas of oil pollution, it is important to have information on the relative and heaviest concentrations. To avoid distorted views it is necessary to look vertically down on the oil when assessing the distribution. It is difficult to make an accurate assessment of the % coverage and it is advisable not to try to be too precise with the estimation. The diagrams may be used as a reference guide. More experienced observers may be able to interpolate intermediate coverage.		
<p>The adoption of common terms can also provide an indication of the amount of oil present in a given area. In combination, the estimate of % coverage together with selected terms, provides a consistent and flexible method of describing the amount of oil in an area to a degree of accuracy sufficient for response decisions to be made.</p>				
Traces <10%	Scattered 25%	Patchy 50%	Broken 75%	Continuous >90%

出所: ITOPF

8.5.5. 油流出シミュレーションの適用

流出油事故が発生した場合、防除対策を立案するために流出油の軌跡と性状の変化を予測する必要がある。流出油モデルは、このような問題を解決するツールとして利用される。流出油の軌跡の予測は、オイルフェンスの展張計画の立案、海岸へ漂着する時間の算定に利用できる。また、流出油の性状の把握は、分散剤の使用の可否の判断材料となる。

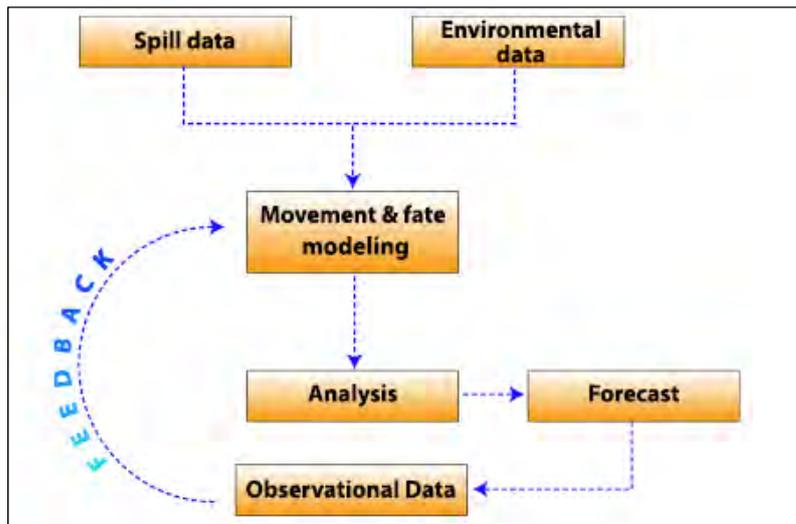
流出油の動向を予測するためには、可能な限り最新の事故状況と気象・海象情報を収集する必要があり、流出油モデルによる出力は現場の状況の変化に伴う観測データの更新を行い、その都度再計算を行い常に最新の予測をする必要がある。

(1) GNOME

NOAA が提供する GNOME は流出油の軌跡を見積もることができる。ただし、GNOME はワーストケースのシナリオを想定した設計となっており、流出油の風化過程の出力は簡略化（蒸発のみ）されていることに注意しなければならない。また、本プロジェクトで得られた GNOME のシミュレーション結果は事前に想定された油流出事故のシナリオに基づいた予測であり、事故発生時の流出油の拡散、風化過程の正確な予測には、航空機による上空観測を含めた現場観測（軌跡、風化状況の推移）で得られた実際の情報に基づきシナリオを修正し、流出油の軌跡、風化過程を予測することが必要である。

(2) ADIOS2

NOAA が提供する ADIOS2 は油の風化過程を迅速に予測することができる。ADIOS2 は分散剤使用時の目安となる粘度の経時変化を見積もることができる。分散剤の適用は、粘度が 2,000cSt 以下であれば有効なので、ADIOS2 より流出油の粘度を見積もることにより分散剤の使用の可否判断の目安とすることができる。また、現場観測（目視による分散効果）によりシナリオを修正することも必要である。



出所: Trajectory Analysis handbook, NOAA, 2002

図 8.5.5-1 流出油予測のフロー図

8.6. 対応資源計画

油流出事故の対応に必要な緊急体制の構築、そして防除活動の戦略、方法の効果的な実施には、適切な対応資源の確保、配備が不可欠である。これらの各施設において準備すべき対応資源について以下に述べる。

8.6.1. 人材

油流出事故に係る施設の緊急対応チーム、対応活動グループ及び関連の支援組織は、当該施設の日常の操業、設備の運転・保全要員、また、必要に応じ、動員可能な関連船舶の乗組員、コントラクターにより構成される。従って、緊急時の対応に備え、事前に各チーム、グループの作業、管理、監督を担当するメンバーを指名し、緊急時の役割を定めて、迅速な動員、適切な対応活動を可能にすることが必要である。

指名されたこれらのメンバーはチーム、グループごとに緊急時の役割、氏名、所属部署、連絡先を示した緊急対応メンバーリストに登録し、変更が生じた場合は速やかに改訂する。

8.6.2. 防除資機材

予想される油流出事故に対する対応資機材の準備は、適切かつ効果的な作業にとって重要であり、Tier 1 の油流出事故に必要な対応資源は、施設の操業会社が準備する。これらの対応資機材は洋上での油の回収、処理、海岸線の防護、浄化などのための機器および資材であり、主要な機器、資材には以下のようなものが含まれる。

- オイルフェンス
- 油回収装置（スキマー）

- 回収油仮貯蔵容器（タンク）
- 分散剤散布装置
- 作業用ボート（オイルフェンス展張、油回収、分散剤散布、監視、その他）
- 高圧洗浄機
- 油吸引ポンプ
- 油吸着材（マット、ロープ、モップ等）
- 油分散剤

さらに、対応資機材には、ガスの測定、照明器、発電機、作業用保護具、一般工具等、モニタリング、また事故の監視および資機材の貯蔵、保全のための施設及び対応資機材の輸送用の船舶、車両、クレーンなどが含まれる。

Tier 2 油流出事故の対応には、当該地域を担当する PMO 地域支局の指揮の下、当該施設の資機材に加え、PMO、近隣のその他の施設の資材機材を動員し、対応活動を行う。また、Tier 3 では、国内の PMO、操業会社の資機材を動員し、必要に応じ、MEMAC 及び隣国の対応チームの支援を受ける。

なお、各パイロット地域のうち、OSRP の整備、対応資機材の配備が必要な地域は Khark 島及び Assaluyeh である。これらの地域の各操業会社の油流出対応チームにて配備が必要と想定される対応資機材、これら資機材の調達に要するコスト（概算）を表 8.6.2-1 に示す。

表 8.6.2-1 必要対応資機材

対応資機材（セット）	Khark 島			Assaluyeh
	生産プラットフォーム (2箇所)	IOOC	IOTC	
洋上対応				
・オイルフェンス（曳航式）	2	1	1	
・オイルフェンス（固定式）	2	2		1
・油回収装置（スキマー）	2	1	1	1
・回収油仮貯蔵タンク（浮遊式）	2	1	1	1
・油分散剤散布装置	2	1		1
海岸線の保護				
・オイルフェンス（固定式）		1	1	2
・オイルフェンス（空気式）		1	1	2
・油回収装置（スキマー）		2		1
海岸の浄化				
・ブラシ洗浄機		1	1	2
・高圧洗浄機		1	1	2
・油吸引ポンプ		1	1	2
・回収油仮貯蔵タンク		5		10
・油吸着材		1式	1式	1式
・移動式焼却炉（軽量型）		2	1	4
・付属品等		1式	1式	1式
概算調達コスト小計	8,100	4,600	800	4,700
合計（US\$1,000）		18,200		

出所: Lamor Corporation Ab, Finland

注記 ・ IOTC は既に一部の対応資機材の配備を完了しているため、上表はその補充分を示す。

- ・ Khark 島及び周辺海域の対応活動には IOOC 及び IOTC の設備を共用する。
- ・ 流出油の防除作業は各社が保有する既存のボート、船舶を使用する。
- ・ 上記資機材の貯蔵、保全、移動、運搬に要する設備、機器、車両等は含まず。

8.6.3. 財源

油流出事故に伴い生じた環境汚染の回復及び社会経済的な被害（損害）の補償に要するすべての費用は、事故の発生源である施設の操業会社・組織が負担することが定められている。これらの費用に必要な財源の確保は、油流出対応の準備の中でも最も重要な要素の一つであり、その財源として以下の準備が必要である。

- ・ 予算
 - 油流出対応および管理施設の建設

- 対応資機材の準備及び調達
- 担当者と対応チームの結成
- 機器のメンテナンス、人員の訓練と演習
- 小規模流出に対する緊急対応
- 基金
 - 外部の対応資源も含めて、油流出対応作業にかかる支出
 - 影響を被った地域の復元や調査のための費用
 - 環境及び社会経済的損害に対する補償
- 保険
 - 油流出対応及び防除作業に係る経費や費用
 - 経済損失に対する補償
 - 施設の破損や施設の運転休止に伴う損失（ビジネス）

Tier 1 油流出事故対応の財源は各施設の操業会社・組織が準備するが、Tier 2 及び Tier 3 油流出の場合は、事故による影響の範囲、被害が拡大し、その対応、復旧、補償に要する費用が高額になることが予想される。その際、事故発生源である施設の操業会社、組織に全ての負担を課す事は困難であり、上位組織である同産業セクターの国営企業（公社）、さらに所轄の行政機関（石油省）の関与が必要となる。

従って、石油ガス開発業界におけるこれらの石油災害への適切な対応、環境社会影響に対する復旧、補償に要する財源に関する法的枠組みの検討が必要である。

8.7. 油流出対応計画（OSRP）

8.7.1. OSRP の構成

石油ガス開発関連施設の操業会社は、各開発海域、地域における施設の操業に伴う潜在的な油流出事故に対応した油流出対応計画（OSRP）の策定が求められている。この施設の OSRP は同施設で発生した Tier 1 油流出事故に対応したで、これは PMO を所轄機関とした国家油流出緊急計画（NOSCP）を構成する重要な一部である。

各施設の OSRP は、国際的な石油ガス開発関連機関（IPIECA）のガイドライン及び PMO の指針に準拠し、以下の構成とする。

【戦略】

1. 導入
 - 目的
 - 定義
 - 対象海域、適応範囲
2. 油流出事故のリスク評価

- 事故発生源、流出油の拡散予測
 - 周辺海域の環境社会影響を受けやすい地域
3. 基本戦略（段階的対応）
 4. 緊急対応組織、役割、責任
 5. 報告、連絡、指揮
 6. 対応資源（人材、防除資機材等）
 7. 教育、演習

【対応活動】

8. 初期対応手順
9. 対応計画（流出油の防除戦術、方法）
10. 対応資源の動員、配備
11. 対応活動の指揮
12. 対応計画の変更
13. 流出油の防除方法
 - 囲い込みと回収
 - 分散剤
 - 海岸の浄化
14. 廃棄物の処理
15. 安全対策
16. 対応活動の終了

【関連情報・資料】

17. 海図、地図、施設図
18. 気象、海象情報
19. 緊急連絡先リスト（緊急対応組織メンバー、外部関連機関、組織等）
20. 対応資機材リスト
21. 流出の可能性のある油の成分、特性
22. 使用する薬品類の成分、特性、有害性（MSDS）
23. チェックリスト、連絡・報告書の書式
24. その他 関連情報、手順、マニュアル

8.7.2. 関連機関の承認

施設の OSRP は NOSCP の一部を構成するものとして、規定の手順に従い PMO 地域支局に提出し、その内容について審査を受ける。PMO からの指摘事項については PMO との協議の上、修正を加える。PMO の承認を得た後、施設の OSRP として発効する。

8.7.3. OSRP の管理

施設の OSRP は操業会社の HSE 管理システムの事故管理計画書のひとつとして、同社内の所定の HSE 管理手順に基づき、管理者の承認を得て正式な緊急対応計画書として登録される。

OSRP の組織、人員の変更、対応資機材の変更、追加があった場合は、速やかにそれを反映して OSRP を修正する。また、担当部署、管理者による定期的なレビュー、さらに定期的な演習の結果、あるいは実際の事故対応の成果に基づき適切に改訂を行う。

8.8. 油流出事故後の活動

8.8.1. 報告

対応活動の終了後、実施した対応活動の有効性の確認及び現 OSRP の改善を目的として、全ての緊急対応チームの活動と機能、対応機器と対応手順の実績の評価を行う。対応活動を実施した緊急対応チームは以下の内容を含む事故対応に関する報告書を作成する。

- 油の流出源と原因
- 流出油の種類と量及び流出油の拡散状況
- 緊急対応チームが実施した対応活動
- 油流出事故計画及び対応活動の成果に対する評価
- 対応に要したコストと資材
- 流出油の影響範囲
 - 事故による環境影響の評価
 - 環境及び社会経済的な被害に対する苦情、請求
 - 油流出シミュレーションの精度の確認
- 改善に向けた検討事項

当報告書は操業会社本社の緊急対策本部、上位の国営石油会社（公社）及び PMO 地域支局に提出する。

8.8.2. 事故後のモニタリング

施設の操業会社あるいは地域の DOE 出先機関は、環境分野の関連研究機関あるいは専門家を含む事故後の環境モニタリングチームを編成する。モニタリング調査の目的は、油流出事故の影響を受けた地域の環境被害を特定し、野生生物の生息地など被害を受けた脆弱地域の復旧状況、復旧率を評価する事である。

これらの調査結果に基づき、影響地域の環境復旧の範囲及び復旧の可能性を把握し、調査結果及び必要な追加復旧作業を記載した報告書を作成し、関連行政機関に提出する。

8.9. 教育、訓練計画

8.9.1. 緊急対応組、人員の能力強化

油流出事故の緊急対応に係る対象施設及び操業会社本社の対応組織の全てのメンバーは、適切な緊急対応の実施、管理に必要な知識、技術の強化を図るため、定期的に教育、訓練計画を策定し、その実施が必要である。

国際海事機関（IMO）は OPRC 条約を通して、船舶航行及び海洋石油ガス開発等を対象とした海洋の油汚染の防止、油流出事故に対する OSRP の準備、及び包括的な教育、訓練計画の策定を求めている。これに関連して、IMO は油流出事故対応の教育、訓練のプログラムとして以下3つのコースを定めている。

<u>コース</u>	<u>内容</u>
レベル 1	<p>対象： 対応活動グループメンバー</p> <p>目的： 初期対応技術、小対応グループの監理の強化</p> <p>日数： 3 – 5 日間</p>
レベル 2	<p>対象： 対応活動グループリーダー、現場監督者（オンシーンコマンドー）</p> <p>目的： 対応活動の指揮、管理能力の強化（ 対応戦略、戦術、対応計画の策定）</p> <p>日数： 5 日間（演習を含む）</p>
レベル 3	<p>対象： 緊急対応管理責任者</p> <p>目的： 緊急対応における主要管理者の役割、責任の認識、指揮、管理能力の強化</p> <p>日数： 2 日間</p>

8.9.2. 緊急対応演習

上記の教育、訓練に加え、OSRP における各緊急対応組織、各管理者の役割が適切に機能しているかを評価するため、以下の実地、あるいは室内での演習が効果的である。

- 緊急事故連絡演習
- 机上全体演習
- 対応資機材の取扱演習
- 緊急対応管理演習

策定された OSRP は、これらの演習を通して、その適正、有効性を評価するため定期的なレビューが必要である。これらの演習計画とその結果の評価、そしてその評価結果に基づく OSRP

の改善は OSRP の一部に組み込むことが必要である。緊急対応演習における OSRP の適正評価の対象項目は以下の通りである。

- 油流出源及びリスクの現実的な評価
- 防御、保護地域の優先順位
- 防除活動の戦略
- 緊急対応組織と役割、責任
- 対応資機材、人員の動員、配備、活動能力
- 回収油、廃棄物の仮貯蔵場所及び搬送経路
- 事故状況の評価と状況変化に伴う戦略変更手順
- サイト（海上、沿岸、上空）間の効果的な連絡
- 対応体制、手順に関する重大な欠陥
- 対応計画の周辺地域、その他の活動への影響

8.10. 油流出事故の予防

油流出対応計画（OSRP）は海洋の石油ガス開発における関連施設、設備からの潜在的な油流出事故による周辺海域の環境社会影響の軽減、復旧を目的とした二次的（受動的）な対応計画であり、潜在的な事故を未然に予防することが一次的な対策である。以下に海洋石油ガス開発に伴う油出事故のリスク、そして石油ガス開発において執るべき油流出事故の予防対策について述べる。

8.10.1. 石油ガス開発の油流出リスク

海洋石油ガス開発のプロジェクトは、坑井の掘削作業、生産施設の設置作業を含む建設段階、建設完了後の生産段階から成り、各段階のプロジェクト活動における油流出のリスクを伴う主な事故として以下のものが想定される。（詳細は 5.4.1 (1) 参照）

<u>プロジェクト段階</u>	<u>プロジェクト活動</u>	<u>油流出事故の原因</u>
• 建設段階	• 坑井掘削作業	- 坑井の暴噴 - 坑井設備の欠陥 - リグの転倒、沈没
	• 生産施設の設置工事	- 工事用船舶の衝突 - 燃料貯蔵、供給設備の欠陥
• 生産段階	• 生産施設の運転	- 生産設備、制御機器の欠陥、破損 - 海底パイプラインの欠陥、腐食 - 運転、資材運搬用船舶の衝突、沈没 - 自然災害による設備の破損 - 設備、機器の誤操作
	• 油輸出ターミナル	- 出荷設備の欠陥、破損 - 船舶の衝突 - 自然災害による設備の破損 - 設備の誤操作

海洋石油ガス開発において最も大きな油流出の原因となり得る事故は坑井掘削時の暴噴事故であり、流出油の影響は、その規模、気象、海象状況により周辺海域に留まらず、隣接する沿岸、隣国の海域、ペルシャ湾全域に及ぶことが予想される。

一方、小規模ではあるが、老朽化した海底パイプライン、設備機器の腐食による油の漏洩が、一般的に多く発生している。

8.10.2. 油流出事故の予防対策

石油開発施設、生産施設及びこれら施設の運転の健全性は、油流出の原因となる事故の予防と大きな関連があり、それは適切な施設の設計、建設、メンテナンス、及び、運転方法等の結果として現れる。それは各設備、機器が構造的、機械的に適切であり、設計通りに正しく機能することで目的が達成される。また、健全な施設の運転は、運転に伴う潜在的なリスクの管理を含む適切な施設と運転の管理システム及びその適切な手順の実施により確保される。これら操業の健全性は、十分な資質を備えた有能な管理者と従業員からなる機能的な組織により維持される。

(1) 施設の健全性の確保

1) 設備設計基準

石油ガス開発関連の生産施設は、開発計画、生産計画に基づき、施設の立地条件等を考慮し、石油セクターあるいは企業ごとに定められた設計基準に準拠して設計が行われる。設計基準に

は、運転条件（設計条件）に基づく生産施設を構成する設備、機器、配管等の機能、強度、使用する材料の選定、設備の運転を制御、監視する制御システム、さらに腐食防止対策などが規定されている。

設備の安全性、耐久性は設定される設計条件、適用する設計基準により、大きく左右される場合があり、施設の健全性の確保には適切な設計条件の設定及び的確な設計基準の適用が必要である。石油相は、前述のとおり 1990 年代に IPS (Iran established Iranian Petroleum Standards) を策定したが、IPS は石油関連施設の建設、運転に必要な、関連技術、設計、建設、メンテナンス、点検、安全、環境等の部門から構成され、世界の石油業界の要求の動向に基づき定期的に見直し、改訂が行われている。

各石油セクターの国営石油会社（公社）は、設計段階における施設の健全性の確保のため、IPS に基づき、もしくは関連の国際基準、慣例に習い、各社の生産施設に適用する設備の設計基準の見直し、または策定が必要である。

2) 設備の安全性評価

設備設計の各段階において、計画された設備の安全性を評価するため、機器、プロセス、制御システムなどを含む設備全体の総合的な危険性の予測、リスク評価が行われる。これには HAZID (Hazard Identification Analysis : 危険源特定分析)、HAZOP (Hazard and Operability Analysis : 危険・操業性分析) などの手法が一般的に採用されている。計画された設備において、これらの手法により特定、評価された潜在的なリスクの内、油流出事故を含む重大な事故の原因となり得るものについては、そのリスクを許容値内に軽減するよう、設備計画、設計の改善が図られる。HAZID、HAZOP などのリスク評価は設備設計の初期段階から行われ、設計段階の進捗に伴い、重大な事故の危険性については詳細な定量的リスク分析 (Quantitative Risk Analysis : QRA) が行われ、設計された設備の安全性の確認と共に、必要に応じさらなるリスクの軽減が図られる。

これらの安全性評価は設備の健全性、安全性を確保するための施設計画、設備設計における必須な手順であり、これらの作業には設計部署（コントラクターを含む）のみならず、設備の運転、保守、HSE などの担当部署の参加が重要である。

油流出事故の原因となり得る生産設備の潜在的な危険性の回避、リスクの軽減を図るため、各石油ガスセクターの国営会社（公社）及び操業会社において、設備計画、設計にかかる明確なリスク管理基準、手順を定め、実施することが必要である。

3) 設備保全

施設や各設備の品質は、それらを構成する材料の経年的な劣化、腐食、磨耗などにより低下する。このような現象は運転の安定性、安全性に直接関係する。たとえば、海底パイプラインからの少量な油漏れの主な原因はパイプの内面あるいは外面の腐食によるものと考えられ、これは海上の石油生産における大きな解決すべき問題のひとつである。

従って、予想されるこのような事故の予防のため、施設の適切な点検とメンテナンスによる

運転に関わる既設の施設、機器の品質の確保が必須である。

保全計画には、点検、検査、そしてその結果に基づく各設備の状態（コンディション）の把握、余寿命の予測、そして有効な補修計画、また設備の重要度、危険度に基づく定期的な点検、補修を行う予防保全などがある。設備からの不測の油漏洩、流出事故の防止には各施設における適切な保全計画の策定と実施が必要である。

(2) 適切な施設・設備の運転管理

施設の安全と安定操業は、その施設の目的、特徴、サイトの立地条件及び運転に伴う潜在的なリスクに基づき策定された適切な運転手順の実施により達成される。その実施のため、各生産施設には文書化された運転手順、マニュアル、また緊急時の安全操作手順等を含む明確な運転管理システムが必要である。潜在的なリスクの軽減と油流出の原因となりうる事故の予防を図るため、このような運転管理システムの適切な実施もまた、重要である。

各セクターの国営石油ガス会社（公社）は傘下の操業会社を対象として、同セクターの設備の目的、特徴を踏まえた設備の運転管理システムの整備が必要である。各操業会社では、設備（プラント）ごとの運転手順、マニュアル、また緊急時の安全操作手順等の整備が必要である。また、これらの運転管理文書は、定期的な見直しと適切な改訂が必要である。

(3) 人員の能力強化

施設・設備、運転、管理の間には「人」が介在する。施設・設備、運転、管理に関わるヒューマンファクター（人的要因）は個人間で互いに影響し合い、それは施設の操業の健全性を確保する上で大きなウェイトを占める。施設の運転、管理に係るヒューマンファクターはそれらに関与する人員の資質、能力、また個人の性格により異なる。従って、施設の運転に関わる人員の資質、能力、また HSE に関する意識を高めるためには、全社的及び各サイトにおける包括的な技術、管理に関する教育・訓練計画の策定が必要である。

各セクターの国営石油ガス会社（公社）は同社の技術及び操業管理部門を対象とした、設備計画、設備設計及び設備の運転管理に関する教育計画の見直しを行い、設備、操業の安全、リスク管理を強化した内容の教育計画の策定が必要である。

一方、傘下の各操業会社は、設備設計部門、設備の運転、保守部門の各階層の担当者を対象とした実務に特化した教育計画の策定と実施が必要である。

(4) 適切な関連船舶の管理

地域の海域を航行、また港、ターミナルを出入りするタンカーの安全は当該地域の海上交通管理事務所の航行管理システム及び港、ターミナルの所定の着棧、離棧手順、さらに、乗船している船長及び仕官の資格、能力及び関連の国際条約、法律により規定されている安全設備、適切な操船により確保される。

外国船の監督制度（Port State Control : PSC）は国内の港に外国船籍の船が入港する際、本船が国際条約の規定に従い十分な安全対策、設備を備え、またこれらの基準に満たす資格を持つ

た人員が乗船しているかを確認する制度である。

これに関して、所轄機関である Port and Marine Organization (PMO) はイランの領海における船舶航行の安全確保と海洋環境の保護に関する様々な活動を進めている。また PMO は、PSC に関するイランを含むインド洋に面した諸国間で合意された Agreement in the Indian Ocean Memorandum Agreement (IOMOU) に基づき、イランの領海を航行、また国内の港に入港する船舶に対し、その安全を確保するため、ペルシャ湾を含む全ての港、原油ターミナルにおいて PSC を実施している。

国際的なタンカーの油流出事故統計によると、少量（7 トン以下）の油流出事故の大半は原油ターミナルにおける荷役作業中に発生している。そしてイラン国内では原油輸出ターミナルの出荷作業時に発生した事故の対応はターミナルの操業会社（IOTC）が担当する。

タンカー関連の油流出事故の予防対策として、輸出ターミナルの出荷設備の健全性の維持、出荷作業管理の適正化が必要である。操業会社による設備保全計画、運転管理計画の見直し、そして必要に応じた改善計画の策定が必要である。

一方、荷役作業が終了し、原油を搭載したタンカーが油流出事故を起こした場合は、その責任は事故当事者であるタンカーの運行会社とその法的な責任を負うことになる。しかし、その事故の原因、あるいはタンカーから多量の油流出の原因がタンカーの航行、タンカーの構造上の問題に起因した場合、そのタンカーの運行会社と共に、不適格なタンカーに油を搭載したとして、タンカーへ原油を出荷した石油会社、ターミナル操業会社への社会的な責任が追求されることになる。

このような事態を防ぐため、厳格な PSC の規格と、PMO、石油会社双方による PSC の遵守が必要である。

8.11. 石油省（MOP）の役割

イランでは、海上での油流出事故対応の所轄機関である PMO にて国家油流出緊急計画（NOSCP）が策定され、その基本戦略として3段階の緊急対応とそれぞれの段階の担当組織を、Tier 1 は流出源である施設の操業会社、Tier 2 は PMO の地域機関、そして Tier 3 は MEMAC の支援を得た PMO、と定めている。これに基づき、PMO は Tier 2 及び Tier 3 の緊急対応計画を既に整え、これらの計画は実施可能な状況である。一方、石油省（MOP）傘下の各操業会社が担当する施設（現場）レベルの Tier 1 の対応計画（OSRP）とそれに必要な様々な備えは、各社にて現在整備が進められている。これら石油産業関連施設の Tier 1 対応計画の整備に係る石油省（MOP）の役割を以下に述べる。

8.11.1. 傘下国営石油ガス会社（公社）の監理

各石油ガス操業会社は上位の国営石油ガス会社(公社)により直接監理されており、石油省はこれらの公社を統括、監理する。従って、操業会社の OSRP の整備は所轄の各公社の指導、監

理の下で行われる。これらの OSRP 整備に係る石油省による各公社の監理には以下の項目が含まれる。

- 各公社への OSRP に係る方針、目標の明示及び OSRP 整備の指示
- 傘下の各操業会社の OSRP 整備状況の把握
- 該当する各操業会社の OSRP 整備計画の促進
- 油流出事故の予防対策計画の促進
- OSRP 整備、油流出事故防止に係る技術面、資金面の支援

8.11.2. 関連機関との調整

施設（現場）レベルの OSRP の整備、運用には海上での油流出事故対応を所轄する PMO 及び国家油流出緊急計画（NOSCP）における関連省庁、組織から成る作業グループとの調整が必要である。各パイロット地域の Tier 1 OSRP は現在準備が進められているが、その進捗状況は各地域の様々な事情により異なる。それぞれの準備作業の促進には、各地域の関連組織間での以下の点について十分な検討が必要である。

- 関係組織間での OSRP の重要性に関する一致した認識
- 施設と運転活動の潜在的な油流出リスクの特定
- 潜在的な油流出による環境、社会影響の評価
- 油流出事故の初期対応の主責任組織の確認
- 当該地域における緊急対応体制の決定
- 実施可能、且つ有効な Tier 1 OSRP の策定
- Tier 1 OSRP の承認及び NOSCP への統合

8.11.3. 関連法の整備

NOSCP では、石油ガス開発関連施設からの潜在的な油流出事故の適切な対応は、その施設の操業会社の責任において準備し、実施することが定められている。また、油流出事故の発生により、周辺海域、沿岸の流出油による環境汚染、さらに地域の漁業などの産業への影響、被害が予想される。このような環境汚染の浄化・復旧作業、地域社会への影響、被害に対する補償などに要する財源に関する事前の確保が必要である。

石油ガス関連事業の民営化が進む中、OSRP をはじめとする油流出事故の対応に係る準備、緊急対応の作業及び油流出事故による被害に対する補償に要する費用の負担、財源の備えに関する関連法の見直しと新たな整備が必要である。

8.12. マスタープランの活動項目

上記各節にて各パイロット地域における OSRP の策定、強化の手順、方法を、また石油産業の監督官庁である石油省の役割を述べた。これに基づく石油省及び各パイロット地域の操業会社にて実施すべき OSRP 強化に係るマスタープランのアクション項目は表 8.12-1 以下の通りである。

表 8.12-1 OSRP 強化に係るマスタープランのアクション項目

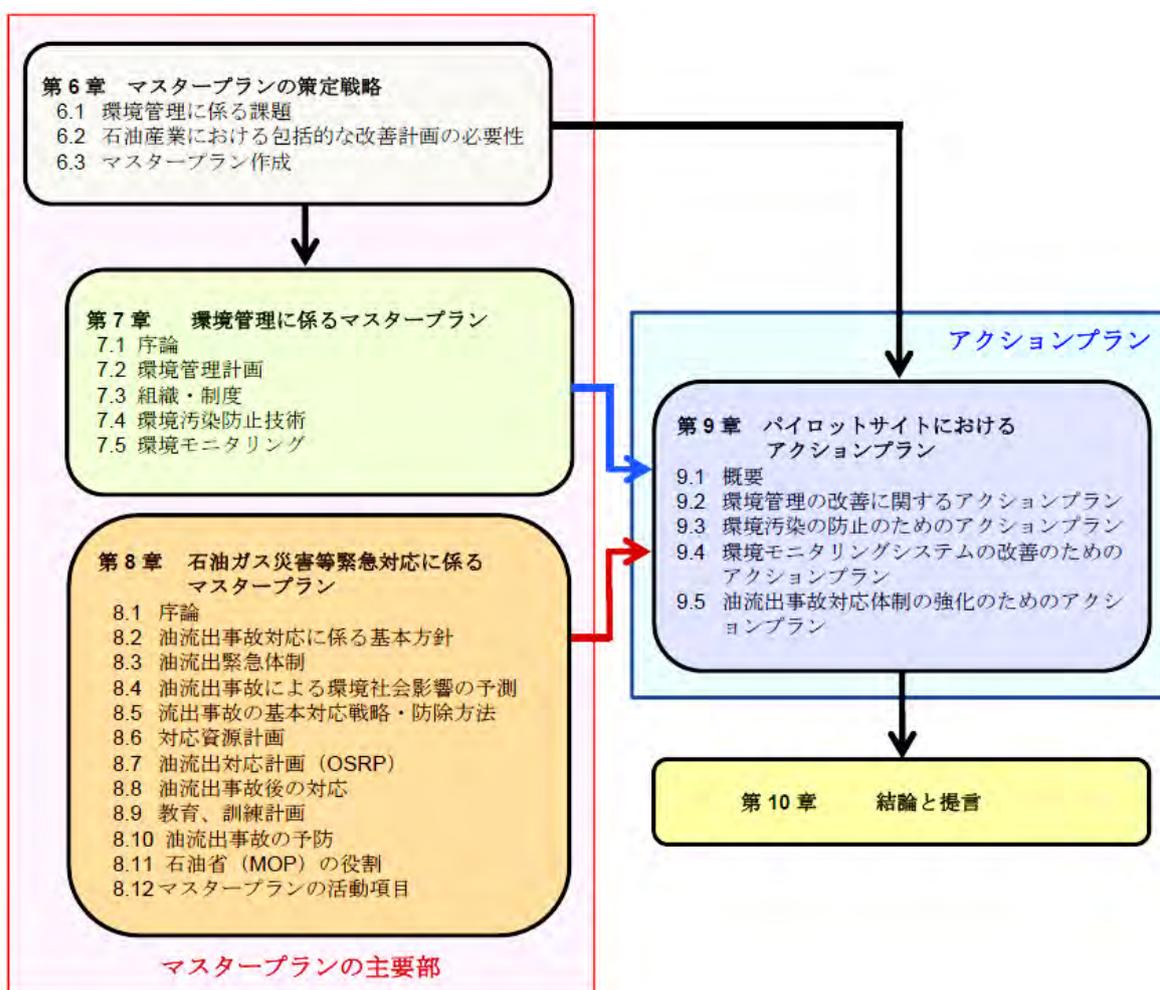
	アクション項目
アクション 1	各パイロット地域の油流出事故対応の準備状況の再確認
アクション 2	油流出事故対応体制強化に係る方針、目標の決定
アクション 3	油流出事故対応体制の整備
	3-1 油流出事故対応体制の構築
	3-2 石油セクター内（MOP・公社・操業会社）：役割、責任の明確化
	3-3 PMO 及び関連組織との調整
アクション 4	OSRP の策定、強化計画の立案
アクション 5	油流出事故のリスク分析及び環境社会影響の評価
アクション 6	OSR 基本戦略の策定
アクション 7	OSRP の策定、強化
	7-1 新規 OSRP の策定
	7-2 既存 OSRP のレビュー、強化
アクション 8	対応資機材の調達
アクション 9	教育、訓練
アクション 10	OSRP の承認
アクション 11	油流出事故の予防対策
	11-1 設備の安全性評価
	11-2 設備保全計画の見直し、改善
	11-3 設備の運転管理の見直し、改善
	11-4 運転、保全要員の能力強化
	11-5 関連船舶の適切な管理（運航及び入港）
アクション 12	関連法の整備
アクション 13	事業資金の準備

9. パイロット地域におけるアクションプラン

9.1. 概要

(1) アクションプランの構成

環境管理におけるアクションプランは、下図 9.1-1 の示すように本報告書の第 6 章のマスタープランの戦略、第 7 章の環境管理計画（管理体制/パイロット地域の汚染緩和における対策技術・改善計画、及び第 8 章の緊急流出油対応計画で抽出した改善課題を具体的なアクションプランとして、9.2 項以降に環境管理及びパイロット地域毎に取りまとめたものである。



出所: 調査団

図 9.1-1 マスタープランとアクションプランの関係図

(2) 目標管理と責任分担

プランを纏めるに際して実現化が可能となるように、短期/中期/長期目標を設定し、さらに目標管理のための主担当組織名を明記して責任体制や予算化し易いように配慮した。

9.2. 環境管理の改善に関するアクションプラン

7.3.1 節及び 7.3.3 節において、HSE 管理体制及びその中における環境管理の体制に係るマスタープランのアクション項目を示した。同マスタープランの実行に際し、石油省（MOP）、関連公社、ゾーン管理会社、操業会社における活動項目を以下に、またそのアクションプランを表 9.2 に示す。

9.2.1. 石油省（MOP）

マスタープランの実施には、石油省の能力強化、関係者の役割の明確化、必要な法制度の整備が必要となる。これらを石油省が主体的に進めていくために、HSE-MOP が実施すべき事項は以下のとおりである。

- ① 石油省の組織体制の改善
- ② 環境保護課の能力強化
- ③ HSE 管理における主要な関係者の役割の再定義
- ④ HSE-MOP の監督体制の構築
- ⑤ 環境管理の権限委任
- ⑥ HSE 文化発展の促進
- ⑦ 石油産業における環境保護に特化した規制の策定
- ⑧ 資源配分の適正化
- ⑨ EIA 手順の改善

9.2.2. 公社

公社は、HSE-MOP とともに石油産業の各部門における環境管理を監督する責任があり、マスタープランにおいて公社が実施すべき事項は以下のとおりである。

- ① 環境モニタリングシステムの改善
- ② 環境管理の権限委任に基づく、IPS の更新に必要な情報の収集と定期更新
- ③ HSE 実施体制の合理化
- ④ HSE 文化の発展促進及び各社による HSE 文化発展状況の評価
- ⑤ 組織全体での調整・連携を促進するための統合 HSE 管理システムのグッドプラクティスの共有促進と小グループ活動の実施
- ⑥ 石油・ガス産業が順守する必要のある法制度の枠組みの把握

- ⑦ 1つの工業団地内での総量規制のための施策の導入
- ⑧ 資源配分の合理化
- ⑨ 職員の配置計画及び目標年の設定、及び教育・研修プログラムの計画

9.2.3. ゾーン管理会社

ゾーン管理会社は、工業地帯全体の環境管理を監督する責任があり、マスタープランにおいてゾーン管理者が実施すべき事項は以下のとおりである。

- ① 統合環境モニタリングシステムの運用
- ② ゾーン内の操業企業による環境保護達成状況の評価
- ③ HSE 実施体制の合理化
- ④ 組織全体での調整・連携を促進するための統合 HSE 管理システムのグッドプラクティスの共有促進と小グループ活動の実施
- ⑤ 環境排出物のフローシートと排出場所のマップの作成
- ⑥ モデル地域での総量規制の試行
- ⑦ 職員の配置計画及び目標年の設定、及び教育・研修プログラムの計画

9.2.4. 操業会社

操業会社は環境汚染の低減に努める責任があり、マスタープランにおいて操業会社が実施すべき事項は以下のとおりである。

- ① 統合環境モニタリングシステムへの参加
- ② HSE 実施体制の合理化
- ③ 組織全体での調整・連携を促進するための統合 HSE 管理システムのグッドプラクティスの共有と小グループ活動の実施
- ④ 環境ハザードマップを作成するための、環境汚染物質の発生する工程及び場所に関する情報提供
- ⑤ 1つの工業団地内での総量規制のための施策導入に向けた、モデル地域での総量規制の目標値検討のためのモニタリングデータの蓄積
- ⑥ 資源配分の合理化
- ⑦ 職員の配置計画及び目標年の設定、及び教育・研修プログラムの計画

9.3. 環境汚染防止のためのアクションプラン

9.3.1. 石油省（MOP）

MOP は各パイロット地域の環境汚染防止のマスタープランの統括機関であり、傘下の関連する公社及び各パイロット地域のゾーン管理者への管理、支援を通して各地域におけるマスタープランの推進を図る。また、MOP は関連公社、ゾーン管理者、操業会社、さらに環境汚染

防止にかかる所轄機関である DOE、地方行政機関等からなる実行委員会を編成、主導し、マスタープランを管理するものとする。

マスタープランの実施に際し、MOP が執るべき事項は以下の通りである。

- ① 各パイロット地域の環境汚染状況の再確認
- ② 環境汚染防止に係る方針、目標の決定
- ③ 各パイロット地域の環境汚染防止体制の整備
 - ・ 環境汚染防止体制の構築
 - ・ MOP・公社・ゾーン管理者、操業会社の役割、責任の明確化
 - ・ DOE 及び関連組織との調整
- ④ 環境汚染防止マスタープランの決定、アクションプランの承認
- ⑤ 環境汚染防止対策の強化
- ⑥ 技術支援
- ⑦ 関連法の整備
- ⑧ 事業資金の準備

9.3.2. Mahshahr

(1) 大気汚染防止

7.4.2の(6)項において同地域の大気汚染防止に係るマスタープランのアクション項目を示した。同マスタープランの実行に際し、石油省(MOP)、関連公社、ゾーン管理会社、Mahshahr地域の操業会社が実施すべき活動項目を以下に、またそのアクションプランを表9.3-1に示す。

- ① 対象地域における大気質、汚染状況の把握
- ② 汚染物質の排出源及び排出量の特定
- ③ 大気汚染の原因の確認
- ④ 環境対策方針の検討（排出基準、総量規制）
- ⑤ 環境影響の軽減目標の設定
- ⑥ 効果的な大気汚染対策の選定
 - ・ 排出ガス、汚染物質の削減
 - フレアガス量の削減
 - フレアスタックの燃焼効率の改善
- ⑦ 大気汚染対策計画の策定
 - ・ 汚染対策設備の改善、設置
- ⑧ 事業予算の準備
- ⑨ 事業実施（設計、資材調達、建設）

(2) 水質汚濁防止

7.4.3 の(5)項において、水質汚濁防止に係るマスタープランのアクション項目を示した。同マスタープランの実行に際し、ゾーン管理会社、Mahshahr 地域の操業会社における活動項目を以下に、またそのアクションプランを表 9.3-2 に示す。

<排水管理>

Mahshahr 地域における排水管理は PSEZ 及び操業会社により実施されている。NPC は MOP の排水管理に係る方針・目標に沿って PSEZ 及び操業会社を監理、支援する立場にあると同時に、Mahshahr 地域における排水管理に関する事項を MOP へ報告する立場にある。ゾーン管理会社（PSEZ）及び操業会社の排水管理のための活動項目は以下のとおりである。

- ① 排水管理についての課題の整理
- ② 排水系統のインベントリー調査
- ③ 現在及び将来予想される排水管理上の課題の改善策の検討
- ④ 排水管理の方針についての検討
- ⑤ 排水管理計画の作成
- ⑥ 事業資金の調達
- ⑦ 排水処理設備の増強（新設・改造、技術導入）

9.3.3. Khark 島

(1) 大気汚染防止

7.4.2 の (6)項にて Khark 島における大気汚染防止に係るマスタープランのアクション項目を示した。同地域ではフレアスタックによる余剰随伴ガスの焼却処理が行われており、その有効利用が課題となっている。マスタープランの実行に際し、石油省（MOP）、関連公社、同地域の操業会社の活動項目を以下に、またそのアクションプランを表 9.3-1 に示す。

- ① 対象地域における大気質、汚染状況の把握
- ② 汚染物質の排出源及び排出量の特定
- ③ 大気汚染の原因の確認
- ④ 環境対策方針の検討（排出基準、総量規制）
- ⑤ 環境影響の軽減目標の設定
- ⑥ 効果的な大気汚染対策の選定
 - ・排出ガス、汚染物質の削減
 - フレアスタックの燃焼効率の改善（無煙化）
 - フレアガスの回収、有効利用
- ⑦ 大気汚染対策計画の策定（概念設計、基本設計）
 - ・汚染対策設備の改善、設置
- ⑧ 事業予算の準備
- ⑨ 事業実施（設計、資材調達、建設）

(2) 水質汚濁防止

7.4.3 の(5)項において、水質汚濁防止に係るマスタープランのアクション項目を示した。同マスタープランの実行に際し、関連公社、Khark 島地域の操業会社における活動項目を以下に、またそのアクションプランを表 9.3-2 に示す。

<排水管理>

Khark 島地域における排水管理は操業会社により実施されている。NIOC 及び NPC は MOP の排水管理に係る方針・目標に沿って操業会社を監理、支援する立場にあると同時に、Khark 島地域における排水管理に関する事項を MOP へ報告する立場にある。操業会社の排水管理のための活動項目は以下のとおりである。

- ① 排水管理についての課題の整理
- ② 排水システムのインベントリー調査
- ③ 現在及び将来予想される排水管理上の課題の改善策の検討
- ④ IOTC と IOOC の共同排水処理のための排水管理の方針についての検討
- ⑤ 排水管理計画の作成
- ⑥ 事業資金の調達
- ⑦ 排水処理設備の増強（新設・改造、技術導入）

<地下圧入>

Khark 島地域における排水の地下圧入プロジェクトの実施に際し、NIOC は MOP の地下圧入プロジェクトに係る方針・目標に沿って IOOC を監理、支援する立場にあると同時に、Khark 島地域における排水の地下圧入プロジェクトに関する事項を MOP へ報告する立場にある。IOOC 及び IOTC の排水の地下圧入のための活動項目は以下のとおりである。

- ① 地下圧入に係る情報の整理
- ② 地下圧入先の調査（地下水脈調査、油層評価）
- ③ 地下圧入計画の作成
- ④ 事業資金の調達
- ⑤ 圧入水処理設備及び圧入設備の概念検討・設計
- ⑥ 圧入水処理設備及び圧入設備の建設
- ⑦ 排水の地下圧入の実施

(3) 汚染土壌の浄化・復旧

第7章 7.4.4 節にて Khark 島の貯留池及び周辺の地域の油汚染土壌の浄化、復旧技術を述べた。本節では油汚染地域の復旧に係るマスタープランにおける活動を以下に述べる。

- ① 油汚染地域の状況調査
 - ・土壌の性状、物性、油分成分、濃度、汚染範囲、深度等
- ② 当該地域の浄化、復旧後の利用計画の検討

- ③ 浄化、復旧作業の内容、浄化仕様の決定
- ④ 適用可能な浄化技術の選定
- ⑤ プロジェクト実施計画の策定
- ⑥ プロジェクト資金（予算）の準備
- ⑦ プロジェクトの実施
- ⑧ 浄化、復旧後の残存環境影響の評価

なお、当プロジェクトは、懸案となっている IOOC、IOTC の既設排水処理システムの改善計画の完了後に開始するものとする。

当プロジェクトのアクションプランを表 9.3-3 に示す。

(4) 廃棄物管理の適正化

前章 7.4.5 (4)節にて環境保全を目的として、Khark 地域特有の海洋石油開発の坑井掘削に伴い排出される掘削屑の管理について検討を行った。これらの掘削廃棄物管理の強化に係るマスタープランに含まれる活動は以下の通りである。

- ① 掘削廃棄物の種類、排出量の把握・予測（Inventory）：現在及び将来
- ② 廃棄物の成分、有価性の評価（リサイクル、再利用の可能性）
- ③ 廃棄物の物理的、化学的な特性の調査
 - 形状、化学成分、危険性・有害性等
- ④ 最終処分方法の決定：リサイクル・再利用・廃棄（掘削屑の地下圧入を含む）
- ⑤ 最終処分（埋立処分）の HSE リスク評価
- ⑥ 最終処分に必要な処理基準（許容残留油分濃度等）の決定
- ⑦ 最終処分、処理条件の検討
 - 処理時間、処理位置、広さ、コスト、油分回収の要否、等
- ⑧ 適用可能な処理方法の検討
- ⑨ 技術的、経済的実行可能性の調査
- ⑩ 廃棄物管理に対する企業方針に基づく処理方法の決定
- ⑪ 予算の準備
- ⑫ 廃棄物処理設備の調達・据付
- ⑬ 廃棄物処分、処理の実施及びモニタリング
- ⑭ 廃棄物管理実績の評価

当プロジェクトのアクションプランを表 9.3-4 に示す。

9.3.4. Assaluyeh

(1) 大気汚染防止

7.4.2の(6)項において同地域の大気汚染防止に係るマスタープランのアクション項目を示した。同地域では大規模なガス精製及び石油化学コンビナートの運転に伴う、フレアガスを含む各プラントから排出される多量の排出ガスによる大気汚染が大きな問題となっている。マスタープランの実行に際し、石油省（MOP）、関連公社、ゾーン管理会社、Assaluyeh地域の操業会社における活動項目を以下に、またそのアクションプランを表9.3-1に示す。

- ① 対象地域における大気質、汚染状況の把握
- ② 汚染物質の排出源及び排出量の特定
- ③ 大気汚染の原因の確認
- ④ 環境対策方針の検討（排出基準、総量規制）
- ⑤ 環境影響の軽減目標の設定
- ⑥ 効果的な大気汚染対策の選定
 - ・ 排出ガス、汚染物質の削減
 - フレアガスの削減
 - フレアガスの回収、有効利用
 - 燃焼機器の高燃焼効率化
 - プラント機器からのガス漏洩の防止
 - ・ 汚染物質の処理（除去）
 - 燃焼ガス煤塵、脱硝設備の設置
 - ・ 大気拡散の改善
 - フレアシステムの見直し、最適化
- ⑦ 大気汚染対策計画の策定（概念設計、基本設計）
 - ・ 施設運転の改善
 - ・ 汚染対策設備の改善、設置
- ⑧ 事業予算の準備
- ⑨ 事業実施（設計、資材調達、建設）

(2) 水質汚濁防止

7.4.3の(5)項において、水質汚濁防止に係るマスタープランのアクション項目を示した。同マスタープランの実行に際し、ゾーン管理会社、パイロット地域の操業会社における活動項目を以下に、またそのアクションプランを表9.3-2に示す。

<排水管理>

Assaluyeh地域における排水管理はPSEEZ、PNOSC及び操業会社により実施されている。NIOC及びNPCはMOPの排水管理に係る方針・目標に沿ってPSEEZ、PNOSC及び操業会社を監理、支援する立場にあると同時に、Assaluyeh地域における排水管理に関する事項をMOP

へ報告する立場にある。PSEEZ、PNOSC 及び操業会社の排水管理のための活動項目は以下のとおりである。

- ① 排水管理についての課題の整理
- ② 排水系統のインベントリー調査
- ③ 現在及び将来予想される排水管理上の課題の改善策の検討
- ④ 排水管理の方針についての検討
- ⑤ 排水管理計画の作成
- ⑥ 事業資金の調達
- ⑦ 排水処理設備の増強（新設・改造、技術導入）

9.4. 環境モニタリングシステムの改善のためのアクションプラン

7.5 章において環境モニタリングに係るマスタープランと、Mahshahr、Khark 島、Assaluyeh のそれぞれのパイロット地域におけるアクションプランについて述べた。同マスタープランの実行に際し、各パイロット地域における活動項目を以下に、またそのアクションプランを表 9.4 に示す。

9.4.1. Mahshahr

Mahshahr 地域では、PETZONE の管理は PSEZ 社が実施している。なお、PETZONE の東方約 8km には石油製品出荷施設 (Mahshahr ターミナル) があり、Abadan 製油所 (NIORDC 傘下) が所有している。このため、当該地区では PETZONE と Abadan の 2 地区共同で地区の環境管理を行うことを想定している。なお、モニタリングに関する石油省 (MOP)、Mahshahr 地域の関連公社、ゾーン管理会社、操業会社の責任区分は、表 7.5.4-2 に示した。

(1) モニタリング体制の確立

7.5.3 章で提案したように、モニタリング体制は 2-3 年のうちに確立することとする。また、モニタリング結果を評価委員会により定期的に評価し、環境改善策を更新する。

(2) DOE とのオンライン化

5 ヶ年計画に基づき、各会社によるモニタリングデータは、DOE とオンライン化されることになっている。現時点ではモニタリング項目については明確ではないが、効率的な環境管理や異常値が発見された際の迅速な対応のために、データはゾーン管理者とも共有されるべきである。そのため、DOE のオンラインシステムとの統合のための予算を確保することとする。

(3) 定期大気モニタリングの自動化と統合

MOP へのヒアリングによると、5 ヶ年計画に基づく各会社によるオンライン化は大気モニタリングが優先されるようである。従って、PSEZ (ゾーン管理者) による地域の環境を対象とした定期大気モニタリングも中期ベースでオンライン化することとする。

(4) 排水モニタリングの自動化と統合

大気モニタリングの自動化と統合に続き、主要点におけるゾーン管理者による排水モニタリングを長期ベースでオンライン化し、関係機関とのデータ共有を図る。

(5) モニタリング地点の適正配置の検討

より効率的な環境管理のために、環境の改善に基づき、適切なモニタリング地点の配置を定期的に検討する。

9.4.2. Khark 島

Khark 島地域では、現状の体制をできる限り変えないことを前提に、IOOC、IOTC および民営化された KPC を統括するゾーン管理者を組織し、NIOC の管理下に置くことを想定した。なお、モニタリングに関する石油省（MOP）、Khark 島地域の関連公社、ゾーン管理会社、操業会社の責任区分は、表 7.5.4-6 に示した。

(1) モニタリング体制の確立

7.5.3 章で提案したように、モニタリング体制は 3-4 年のうちに確立することとする。また、モニタリング結果を評価委員会により定期的に評価し、環境改善策を更新する。

(2) 大気モニタリングの現行のオンラインシステムの統合

現時点でそれぞれ別々に稼働している現行のオンラインシステムを統合し、一元管理を短期ベースで行うこととする。随伴水の地下圧入対策も検討されていることから、フレアライン監視の自動化も行う。

(3) DOE とのオンライン化

5ヶ年計画に基づき、各会社によるモニタリングデータは、DOE とオンライン化されることになっている。現時点ではモニタリング項目については明確ではないが、効率的な環境管理や異常値が発見された際の迅速な対応のために、データはゾーン管理者とも共有されるべきである。そのため、DOE のオンラインシステムとの統合のための予算を確保することとする。

(4) 排水モニタリングの自動化と統合

排水設備増強や貯留地清掃に合わせて、陸上部における排水モニタリングの自動化・統合化を中期ベースで行うこととする。

(5) 洋上プラットフォームとの情報共有

排水モニタリングの自動化に続き、洋上プラットフォームからの情報をオンライン化、共有を長期ベースで行うこととする。

(6) モニタリング地点の適正配置の検討

より効率的な環境管理のために、環境の改善に基づき、適切なモニタリング地点の配置を定期的に検討する。

9.4.3. Assaluyeh

Assaluyeh 地域におけるモニタリング計画では、現状の体制をできる限り維持することを前提とし、ゾーン全体統括を PSEEZ が務め、PNOSC および SPGC がそれぞれ管轄の企業を統括する体制とした。なお、モニタリングに関する石油省（MOP）、Assaluyeh 地域の関連公社、ゾーン管理会社、操業会社の責任区分は、表 7.5.4-10 に示した。

(1) モニタリング体制の確立

7.5.3 章で提案したように、モニタリング体制は 2-3 年のうちに確立することとする。また、モニタリング結果を評価委員会により定期的に評価し、環境改善策を更新する。

(2) DOE とのオンライン化

5 ヶ年計画に基づき、各会社によるモニタリングデータは、DOE とオンライン化されることになっている。現時点ではモニタリング項目については明確ではないが、効率的な環境管理や異常値が発見された際の迅速な対応のために、データはゾーン管理者とも共有されるべきである。そのため、DOE のオンラインシステムとの統合のための予算を確保することとする。

(3) 定期大気モニタリングの自動化と統合

MOP へのヒアリングによると、5 ヶ年計画に基づく各会社によるオンライン化は大気モニタリングが優先されるようである。従って、PSEEZ（ゾーン管理者）による地域の環境を対象とした定期大気モニタリングも短期ベースでオンライン化することとする。

(4) 排水モニタリングの自動化と統合

大気モニタリングの自動化と統合に続き、主要点におけるゾーン管理者による排水モニタリングを中期ベースでオンライン化し、関係機関とのデータ共有を図る。

(5) 総量規制制度の導入

Assaluyeh 地域では、産業地域の拡大による環境影響の増大が懸念されることから、総量規制制度の導入を長期ベースで検討することとする。

(6) モニタリング地点の適正配置の検討

より効率的な環境管理のために、環境の改善に基づき、適切なモニタリング地点の配置を定期的に検討する。

9.5. 油流出事故対応体制の強化のためのアクションプラン

第8章ではイランの石油産業における油流出事故対応体制の強化に係るマスタープランについて述べたが、同プランの実現に向けた石油省、国営石油公社及び各パイロット地域の関連操業会社が実施すべき活動を以下に、またそのアクションプランを表9.5に示す。

9.5.1. 石油省（MOP）

石油省（MOP）は油流出事故対応体制の強化に係るマスタープランの統括機関であり、傘下の国営石油ガス会社(公社)への監理、支援を通して各石油ガス操業会社による同プランの推進を図る。マスタープランの実施に際し、MOP が実施すべき事項は以下の通りである。なお、同マスタープランは、MOP 主導による関連国営公社、操業会社、さらに主要関連組織であるPMO、DOE等からなる実行委員会を編成し、管理するものとする。

- ① 各パイロット地域の油流出事故対応の準備状況の再確認
- ② 油流出事故対応体制強化に係る方針、目標の決定
- ③ 油流出事故対応体制の整備
 - ・ 油流出事故対応体制の構築
 - ・ 石油セクター内（MOP・公社・操業会社）：役割、責任の明確化
 - ・ PMO 及び関連組織との調整
- ④ OSRP の策定、強化計画の立案
- ⑤ 油流出事故防止対策の強化
- ⑥ 技術支援
- ⑦ 関連法の整備
- ⑧ 事業資金の準備

9.5.2. Mahshahr

Mahshahr 地域では海域における油流出事故対応を統括する PMO の地域支局が同海域の石油関連会社の委託を受け、Tier 1 の油流出事故の対応を執る体制が整備されている。従って、PETZONE の製品出荷業務（港湾施設の操業）を担当する TTPC の事故発生時の初期対応であり、PMO への事故通報、状況の報告である。TTPC の当マスタープランの活動項目は以下の通りである。

- ① 既存 OSRP のレビュー及び強化
- ② 教育、訓練
- ③ 油流出事故の予防対策

9.5.3. Khark 島

Khark 島では操業会社である IOOC 及び IOTC が油流出事故の対応を担当し、IOOC は同社の全操業海域を包括する基本 OSRP を策定しているが、Khark 海域の原油生産プラットフォーム等を対象とした Tier 1 OSRP の策定が懸案となっている。一方、IOTC は同社が担当する原油輸出ターミナルの操業海域の OSRP(案)を策定し、対応資機材の準備を進めている。今後、IOOC の OSRP との協調、統合に向けた調整が行われる。マスタープランにおける各社の活動項目は以下の通りである。

(1) IOOC

- ① 油流出事故のリスク分析及び環境社会影響の評価
- ② 油流出対応の基本戦略の策定
- ③ OSRP の策定
 - 洋上原油生産プラットフォーム (Aboozar, Foroozan)
 - Khark 島 (Dorood 1, 2)
- ④ 対応資機材の調達
- ⑤ 教育、訓練
- ⑥ 油流出事故の予防対策
- ⑦ 事業資金の準備
- ⑧ OSRP の承認

(2) IOTC

- ① OSRP(案)のレビュー、改訂 (IOOC との協調、統合を含む)
- ② 対応資機材 (追加)の調達
- ③ OSRP の承認
- ④ 教育、訓練
- ⑤ 油流出事故の予防対策
- ⑥ 事業資金の準備

9.5.4. Assaluyeh

Assaluyeh 地域では PSEEZ の製品出荷施設 (コンデンサート出荷用 SPM を含む) を担当する TTPC が油流出事故の対応を担当し、既に OSRP(案)を策定している。同地域のマスタープランにおける TTPC の活動には以下が含まれる。

- ① 油流出事故のリスク分析及び環境社会影響の評価
- ② 既存 OSRP のレビュー、強化
- ③ 対応資機材 (追加)の調達
- ④ 教育、訓練
- ⑤ 油流出事故の予防対策

⑥ 事業資金の準備

油流出事故の予防は事故発生時の対応と同様に優先すべき事項であり、それには各パイロット地域の石油、ガス開発及び操業活動の様々な分野での課題が含まれる。油流出事故予防対策は各地域における定期的な施設及びその運転の健全性のレビュー・改善活動（キャンペーン）により効果的に実施することが可能である。なお、同活動の推進には関連組織のトップマネジメントの強力なリーダーシップの下、各分野における十分な資質を持つ担当者により実施することが必要である。

表9.2 環境管理の改善に関するアクションプラン

戦略・アクション	M/P 記載場所	責任機関	短期		中期		長期			
			1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	
			1393年	1394年	1395年	1396年	1397年	1398年	1399年	
			2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	
[環境管理]										
1. HSE管理体制の再構築										
1-1 石油省の組織体制の改善	7.3.1	HSE-MOP								
1-2 石油省HSE部の環境保護課の能力強化	7.3.1	HSE-MOP								
1-3 HSE管理における主要な関係者の役割の再定義	7.3.1	HSE-MOP								
1-4 石油省HSE部の監督体制の構築	7.3.1									
1) 既存の委員会への監督機能の付与	7.3.1	HSE-MOP								
2) 環境モニタリングシステムの改善	7.3.1 7.3.5	HSE-MOP								
- 統合環境モニタリングシステムの制度化		←環境モニタリングに関する節を参照								
- 統合環境モニタリングシステムの採用と傘下企業への周知		←環境モニタリングに関する節を参照								
- 統合環境モニタリングシステムの運用		←環境モニタリングに関する節を参照								
- 統合環境モニタリングシステムへの参加		←環境モニタリングに関する節を参照								
1-5 環境管理の権限委任										
1) IPSの更新	7.3.1	HSE-MOP								
- IPS更新の会社への委任										
- IPS更新に必要な情報の収集と定期的更新		公社								
2) 操業企業の環境保護の達成状況の評価	7.3.1	HSE-MOP								
- ゾーン管理者への環境保護達成状況の評価に関する権限の委任										
- ゾーン内の操業企業による環境保護達成状況の評価の実施		ゾーン管理者								
1-6 HSE実施体制の合理化	7.3.1									
- 各部署の所掌範囲の見直しと合理化に向けたトップによるイニシアティブ		公社								
- 各部署の所掌範囲の見直しと合理化に向けたトップによるイニシアティブ		ゾーン管理者								
- 各部署の所掌範囲の見直しと合理化に向けたトップによるイニシアティブ		操業会社								
2. HSE文化発展の促進										
2-1 HSE文化発展の方向性の提示	7.3.1	HSE-MOP								
2-2 各社によるHSE文化発展状況の評価促進	7.3.1	HSE-MOP								
		公社								
2-3 組織全体での調整・連携の促進										
1) 統合HSE管理システムの定義づけ	7.3.1	HSE-MOP								
2) 石油・ガス企業による統合HSE管理システムのグッドプラクティスの共有	7.3.1	HSE-MOP								
- グッドプラクティスに関する事例収集										
- グッドプラクティスに関する事例収集と傘下企業への共有の促進		公社								
- グッドプラクティスに関する事例収集とゾーン内の操業企業への共有の促進		ゾーン管理者								
- グッドプラクティスに関する事例収集と企業内での共有の促進		操業会社								
3) 小グループ活動の促進	7.3.1	HSE-MOP								
		公社								
		ゾーン管理者								
		操業会社								
3. 石油産業における環境保護に特化した規制の策定										
3-1 石油・ガス産業が順守する必要のある法制度の枠組みの把握	7.3.1	HSE-MOP								
		公社								
3-2 ワンゾーン・ワンマネジメント方式の制度化	7.3.1	HSE-MOP								
3-3 環境ハザードマップに基づく環境管理の実施	7.3.1									
- 環境排出物のフローシートと排出場所のマップの作成		ゾーン管理者								
- 環境汚染物質の発生する工程・場所に関する情報提供		操業会社								
3-4 1つの工業団地内での総量規制のための施策の導入	7.3.1 7.3.3									
- 総量規制の制度化		HSE-MOP								
- モデル地域での総量規制の試行に向けた準備(目標値の検討)		公社								
- モデル地域での総量規制の試行		ゾーン管理者								
- モデル地域での総量規制の目標値検討に向けたモニタリングデータの蓄積		操業会社								
4. 資源配分の合理化										
4-1 環境保護の側面からの施設の操業レベルの把握	7.3.1	HSE-MOP								
4-2 環境負荷削減のための先端技術の導入	7.3.1 7.4	HSE-MOP								
		公社								
		操業会社								
4-3 環境保護への資源配分の効果の評価	7.3.1									
5. EIA実施手順の改善										
5-1 石油産業に特化したEIAガイドライン及びチェックリストの作成	7.3.1 7.3.2	HSE-MOP								
		公社								
5-2 石油産業に特化した戦略的環境影響評価(SEA)ガイドラインの作成	7.3.1 7.3.2	HSE-MOP								
		公社								
5-3 石油産業に特化した企業の社会的責任(CSR)手順書の作成	7.3.1 7.3.2	HSE-MOP								
		公社								
6. すべてのレベルでの能力開発の促進										
6-1 職員の配置計画及び目標年の設定	7.3.1	HSE-MOP								
		公社								
		ゾーン管理者								
		操業会社								
6-2 教育・研修プログラムの計画	7.3.1	HSE-MOP								
		公社								
		ゾーン管理者								
		操業会社								

表9.3-1 大気汚染防止のためのアクションプラン

戦略・アクション	M/P 記載場所	責任機関	短期		中期		長期		
			1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目
			1393年	1394年	1395年	1396年	1397年	1398年	1399年
			2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
大気汚染防止									
1. Mahshahr	7.4.2(2)	NPC/PSEZ/Company							
(1) 対象地域における大気質、汚染状況の把握		HSE/Eng/Ope	■						
(2) 汚染物質の排出源及び排出量の特定		HSE/Eng/Ope	■						
(3) 大気汚染の原因の確認		HSE/Eng/Ope	■						
(4) 環境対策方針の検討(排出基準、総量規制)		HSE/Eng/Ope	■						
(5) 環境影響の軽減目標の設定		HSE/Eng/Ope	■						
(6) 効果的な大気汚染対策の選定		HSE/Eng		■					
・ 排出ガス、汚染物質の削減				■					
- フレアガス量の削減				■					
- フレアスタックの燃焼効率の改善				■					
(7) 大気汚染対策計画の策定		HSE/Eng			■				
・ 汚染対策設備の改善、設置					■				
(8) 事業予算の準備		HSE/Eng			■				
(9) 事業実施(設計、資材調達、建設)		HSE/Eng			■				
2. Khark 島	7.4.2(2)	NIOC/IOOC							
(1) 対象地域における大気質、汚染状況の把握		HSE/Eng/Ope	■						
(2) 汚染物質の排出源及び排出量の特定		HSE/Eng/Ope	■						
(3) 大気汚染の原因の確認		HSE/Eng/Ope	■						
(4) 環境対策方針の検討(排出基準、総量規制)		HSE/Eng/Ope	■						
(5) 環境影響の軽減目標の設定		HSE/Eng/Ope	■						
(6) 効果的な大気汚染対策の選定		HSE/Eng		■					
・ 排出ガス、汚染物質の削減				■					
- フレアスタックの燃焼効率の改善(無煙化)				■					
- フレアガスの回収,有効利用				■					
(7) 大気汚染対策計画の策定		HSE/Eng			■				
・ 汚染対策設備の改善、設置					■				
(8) 事業予算の準備		HSE/Eng			■				
(9) 事業実施(設計、資材調達、建設)		HSE/Eng			■				
3. Assaluyeh	7.4.2(2)(4)	NPC/NIGC/PSEEZ /Company							
(1) 対象地域における大気質、汚染状況の把握		HSE/Eng/Ope	■						
(2) 汚染物質の排出源及び排出量の特定		HSE/Eng/Ope	■						
(3) 大気汚染の原因の確認		HSE/Eng/Ope	■						
(4) 環境対策方針の検討(排出基準、総量規制)		HSE/Eng/Ope	■						
(5) 環境影響の軽減目標の設定		HSE/Eng/Ope	■						
(6) 効果的な大気汚染対策の選定		HSE/Eng		■					
・ 排出ガス、汚染物質の削減				■					
- フレアガスの削減				■					
- フレアガスの回収,有効利用				■					
- 燃焼機器の高燃焼効率化				■					
- プラント機器からのガス漏洩の防止				■					
・ 汚染物質の処理(除去)				■					
- 燃焼ガス煤塵,脱硝設備の設置				■					
・ 大気拡散の改善				■					
- フレアシステムの見直し,最適化				■					
(7) 大気汚染対策計画の策定		HSE/Eng			■				
・ 施設運転の改善					■				
・ 汚染対策設備の改善、設置					■				
(8) 事業予算の準備		HSE/Eng			■				
(9) 事業実施(設計、資材調達、建設)		HSE/Eng			■				

表9.3-2 水質汚濁防止のためのアクションプラン

戦略・アクション	M/P 記載場所	責任機関	短期		中期		長期			
			1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	
			1393年	1394年	1395年	1396年	1397年	1398年	1399年	
			2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	
排水管理										
1. Mahshahr										
(1) 排水管理についての課題の整理		PSEZ (HSE), 操業会社 (HSE, Ope*)	■							
(2) 排水系統のインベントリー調査	7.4.3	操業会社(HSE, Ope)	■	■						
(3) 現在及び将来予測される排水管理上の課題の改善策の検討	7.4.3	操業会社(HSE, Ope)		■						
(4) 排水管理の方針についての検討		PSEZ (HSE), 操業会社 (HSE)		■						
(5) 排水管理計画の作成	7.4.3	PSEZ (HSE), 操業会社 (HSE, Ope)			■					
(6) 事業資金の調達		操業会社			■					
(7) 排水処理施設の増強(新設、改造、技術導入)		操業会社				■	■	■	■	■
小 - 前処理装置の設置 (Fajr PC) 等 中 - MBRの導入 (Tordgouyan PC) 等 大規模工事 - 水鏡法からイオン交換膜法への転換 (BIPC) - 排水処理施設の増強 (BIPC, Razi PC) 等										
2. Khark Island										
(1) 排水管理についての課題の整理		操業会社(HSE, Ope)	■							
(2) 排水系統のインベントリー調査	7.4.3	操業会社(HSE, Ope)	■	■						
(3) 現在及び将来予測される排水管理上の課題の改善策の検討	7.4.3	操業会社(HSE, Ope)		■						
(4) IOOCとIOOCの共同排水処理のための排水管理の方針についての検討		IOOC (HSE), IOOC (HSE)		■						
(5) 排水管理計画の作成	7.4.3	操業会社(HSE, Ope)			■					
(6) 事業資金の調達		操業会社			■					
(7) 排水処理施設の増強(新設、改造、技術導入)		操業会社				■	■	■	■	■
- 油除去設備の増設/新設 (IOOC, IOOC) 等										
3. Assaluyeh										
(1) 排水管理についての課題の整理		PSEEZ (HSE), PNOSC (HSE), 操業会社 (HSE, Ope)	■							
(2) 排水系統のインベントリー調査	7.4.3	操業会社 (HSE, Ope)	■	■						
(3) 現在及び将来予測される排水管理上の課題の改善策の検討	7.4.3	操業会社 (HSE, Ope)		■						
(4) 排水管理の方針についての検討		PSEEZ (HSE), PNOSC (HSE), 操業会社 (HSE)		■						
(5) 排水管理計画の作成	7.4.3	PSEEZ (HSE), PNOSC (HSE), 操業会社 (HSE, Ope)			■					
(6) 事業資金の調達		操業会社			■					
(7) 排水処理施設の増強(新設、改造、技術導入)		操業会社				■	■	■	■	■
■ - 前処理装置の設置 (Mobin PC) 等 ■ - 生物処理の導入 (SPGC) 等										
排水の地下圧入										
1. Khark Island										
(1) 地下圧入に係る情報の整理	7.4.3	NIOC, IOOC	■	■						
(2) 地下圧入先の調査(地下水脈調査、油層評価)	7.4.3	NIOC, IOOC	■	■						
(3) 地下圧入計画の作成		NIOC			■					
(4) 事業資金の調達	7.4.3	NIOC			■	■	■			
(5) 圧入水処理設備及び圧入設備の概念検討・設計	7.4.3									
(5-1) 概念検討		NIOC			■					
(5-2) 基本設計		NIOC				■	■			
(5-3) 詳細設計		NIOC					■	■		
(6) 圧入水処理設備及び圧入設備の建設	7.4.3	NIOC						■	■	■
(7) 排水の地下圧入の実施		IOOC								■

* 操業部門

表9.3-3 Khark島における汚染土壌の浄化・復旧のためのマスタープラン

戦略・アクション	M/P 記載場所	責任機関	短期		中期		長期				
			1年次	2年次	3年次	4年次	5年次	6年次	7年次		
			1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399		
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020		
汚染土壌の浄化・復旧											
1. Khark 島			NIOC/IOOC/OTC								
(1) 油汚染地域の状況調査	7.4.4 (2)	HSE/Eng		■							
(2) 当該地域の浄化、復旧後の利用計画の検討	7.4.4 (3)	HSE/Eng		■							
(3) 浄化、復旧作業の内容、浄化仕様の決定	7.4.4 (2)(3)	HSE/Eng									
(4) 適用可能な浄化技術の選定	7.4.4 (1)	HSE/Eng		■							
(5) プロジェクト実施計画の策定	7.4.4 (2)(3)	HSE/Eng		■							
(6) プロジェクト資金(予算)の準備		HSE/Eng		■							
(7) プロジェクトの実施		HSE/Eng		■							
(8) 浄化、復旧後の残存環境影響の評価		HSE/Eng			■	■		■		■	

表9.3-4 カーグ島における廃棄物管理(掘削屑)のためのマスタープラン

戦略・アクション	M/P 記載箇所	責任機関	短期		中期		長期		
			1年次	2年次	3年次	4年次	5年次	6年次	7年次
			1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Wastes Management (Drill Cuttings)									
1. Khark Island	7.4.5 (4)	NIOC/IOOC/IOTC							
(1) 掘削廃棄物の種類、排出量の把握・予測(Inventory):現在及び将来		HSE/Eng							
(2) 廃棄物の成分、有価性の評価(リサイクル、再利用の可能性)		HSE/Eng							
(3) 廃棄物の物理的、化学的な特性の調査 - 形状、化学成分、危険性・有害性等		HSE/Eng							
(4) 最終処分方法の決定・リサイクル・再利用・廃棄(掘削屑の地下圧入を含む)		HSE/Eng							
(5) 最終処分(埋立処分)のHSEリスク評価		HSE/Eng							
(6) 最終処分に必要な処理基準(許容残留油分濃度等)の決定		HSE/Eng							
(7) 最終処分、処理条件の検討 - 処理時間、処理位置、広さ、コスト、油分回収の要否、等		HSE/Eng							
(8) 適用可能な処理方法の検討		HSE/Eng							
(9) 技術的、経済的実行可能性の調査		HSE/Eng							
(10) 廃棄物管理に対する企業方針に基づく処理方法の決定		HSE/Eng							
(11) 予算の準備		HSE/Eng							
(12) 廃棄物処理設備の調達・据付		HSE/Eng							
(13) 廃棄物処分、処理の実施及びモニタリング		HSE/Eng							
(14) 廃棄物管理実績の評価		HSE/Eng							

表9.4 環境モニタリングシステムの改善のためのアクションプラン

戦略・アクション	M/P 記載場所	責任機関	短期		中期		長期			
			1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	
			1393年	1394年	1395年	1396年	1397年	1398年	1399年	
			2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	
[Environmental Monitoring]										
1. Mahshahr										
1-1 モニタリング体制の構築	7.5.3 7.5.4	ゾーン管理者	■		■					
1-2 DOEとのデータオンライン化	7.5.3 7.5.4	ゾーン管理者			■					
1-3 大気定期モニタリングの自動化と統合	7.5.3 7.5.4	ゾーン管理者				■				
1-4 排水モニタリングの自動化と統合	7.5.3 7.5.4	ゾーン管理者						■		
1-5 モニタリング地点の訂正配置の検討	7.5.3 7.5.4	ゾーン管理者						■		■
2. Khark島										
2-1 モニタリング体制の構築	7.5.3 7.5.4	ゾーン管理者	■		■					
2-2 大気モニタリングの現行のオンラインシステムの統合	7.5.3 7.5.4	ゾーン管理者		■						
2-3 DOEとのデータオンライン化	7.5.3 7.5.4	ゾーン管理者			■					
2-4 排水モニタリングの自動化と統合	7.5.3 7.5.4	ゾーン管理者					■			
2-5 洋上プラットフォームとゾーン管理者との情報共有	7.5. 7.5.	ゾーン管理者						■		
2-6 モニタリング地点の適正配置の検討	7.5.3 7.5.4	ゾーン管理者						■		■
3. Assaluyeh										
3-1 モニタリング地点の構築	7.5.3 7.5.4	ゾーン管理者	■		■					
3-2 DOEとのデータオンライン化	7.5.3 7.5.4	ゾーン管理者			■					
3-3 大気定期モニタリングの自動化と統合	7.5.3 7.5.4	ゾーン管理者		■						
3-4 排水モニタリングの自動化と統合	7.5.3 7.5.4	ゾーン管理者				■				
3-5 総量規制の導入	7.5.3 7.5.4	ゾーン管理者						■		
3-6 モニタリング地点の適正配置の検討	7.5.3 7.5.4	ゾーン管理者						■		■

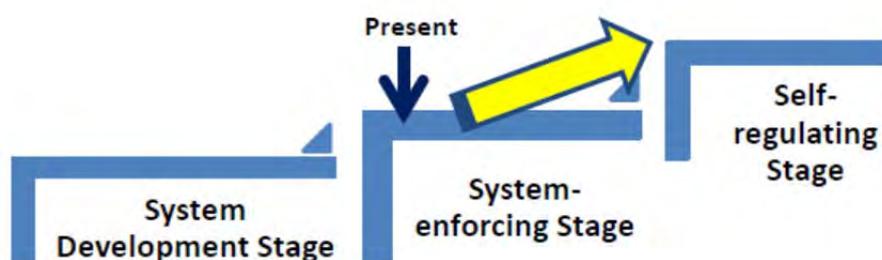
表9.5 油流出事故対応体制の強化のためのアクションプラン

戦略・アクション	M/P 記載場所	責任機関	短期		中期		長期		
			1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目
			1393年	1394年	1395年	1396年	1397年	1398年	1399年
			2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
油流出事故対応体制の強化									
1. 石油省 (MOP)									
(1) 各パイロット地域の油流出事故対応の準備状況の再確認	8.7.3	HSE							
(2) 油流出事故対応体制強化に係る方針、目標の決定	8.3.1	HSE							
(3) 油流出事故対応体制の整備		HSE							
・ 油流出事故対応体制の構築	8.3.2	HSE							
・ 石油セクター内 (MOP・公社・操業会社) の役割、責任の明確化	8.1.1	HSE							
・ PMO及び関連組織との調整	8.11.2	HSE							
(4) OSRPの策定、強化計画の立案	8.3.1	HSE							
(5) 油流出事故防止対策の強化	8.1	HSE							
(6) 技術支援	8.11.1	HSE							
(5) 関連法規の整備	8.11.3	HSE							
(6) 事業資金の準備	8.6.3	HSE							
2. Mahshahr									
NPC/SPEZ/TTPC									
(1) 既存OSRPのレビュー、強化		HSE							
(2) 教育、訓練	8.9	TTPC/PMO							
(3) 油流出事故の予防対策	8.6.3	HSE							
3-1 Khark 島 (原油生産施設)									
NIOC/IOOC									
(1) 油流出事故のリスク分析及び環境社会影響の評価	8.5.1	HSE							
(2) 油流出対応の基本戦略の策定	8.5.2	HSE							
(3) OSRPの策定		HSE							
- 洋上原油生産プラットフォーム (Aboozar, Foroozan)	8.5, 8.7	HSE							
- Khark 島 (Dorood 1 & 2)	8.5, 8.7	HSE							
(4) 対応資機材の調達	8.6.2	HSE							
(5) 教育、訓練	8.9	IOOC/IOTC							
(6) 油流出事故の予防対策	8.10.2	Eng/Ope							
(7) 事業資金の準備	8.6.3	HSE							
(8) OSRPの承認	8.7.2	PMO							
3-2 Khark 島 (原油輸出ターミナル)									
NIOC/IOTC									
(1) OSRP(案)のレビュー、改訂	8.5, 8.7	HSE							
- IOOCのOSRPとの協調/統合	8.7.3	HSE							
(2) 対応資機材 (追加)の調達	8.6.2	HSE							
(3) OSRPの承認	8.7.2	HSE							
(4) 教育、訓練	8.9	IOTC/IOOC							
(5) 油流出事故の予防対策	8.10.2	Eng/Ope							
(6) 事業資金の準備	8.6.3	HSE							
4. Assasluyeh									
PSEEZ/TTPC									
(1) 油流出事故のリスク分析及び環境社会影響の評価		HSE							
(2) 既存OSRPのレビュー、強化	8.7.3	HSE							
(4) 対応資機材 (追加)の調達	8.6.2	HSE							
(5) 教育、訓練	8.9	TTPC/PMO							
(6) 油流出事故の予防対策	8.10.2	Eng/Ope							
(7) 事業資金の準備	8.6.3	HSE							

10. 結論と提言

10.1. 本マスタープランの位置づけ

本マスタープランを運用していくにあたっては、現在のイランの石油産業における環境管理システムの発展段階がどの位置にあり、本マスタープランがどの段階へ向かっていくためのものであるかを認識しておくことが重要である。図 10.1-1 は石油産業における管理システムの発展段階を示したものである。初期段階であるシステム形成期には、石油産業の環境政策が立案され、環境法に従った排出基準値の順守、環境モニタリング・監視等の体制が確立されていく。次に本格的な稼働期に入り、法規制に基づいた環境管理システムの運用、環境モニタリングの強化、環境改善の実施及び促進活動が進められていく。最後の自律期に入ると、石油産業と地域住民の協力により自発的に環境意識に基づく管理体制が形成されていく。



出所：調査団

図 10.1-1 環境管理システムの発展段階

システム形成期：	石油産業の環境政策、環境法に従った排出基準値の順守、環境モニタリング・監視体制等の確立
本格的な稼働期：	法規制に基づいた環境管理システムの運用、環境モニタリングの強化、環境改善の実施及び促進活動
自律期：	石油産業と地域住民の協力による自発的な環境意識に基づく管理体制の形成

多くの中東湾岸・アフリカ産油国における HSE 管理システムは、システム形成期、或いは本格的な稼働期に位置している。唯一自律期へ至っていると判断されるのは、3.5 節で記載したように UAE におけるアブダビ国営石油会社（ADNOC）であり、欧州大手石油企業のモデルを独自に発展させた HSE 管理システムを運用している。

現在のイラン国石油産業における HSE 管理システムは、石油省 HSE 部を主幹として 1990 年後半から HSE システムの形成期が開始され、2003 年頃には全石油産業分野に浸透し、確立できたと推察している。一方、1990 年代中期から外資導入政策もあり、本格的なイランの海洋石油・ガス田開発計画実施の時期が到来し、急速且つ強力に油・ガス田開発計画が推進された。

特に Assaluyeh 地域には、巨大ガス田開発（サウスパースガス田）に伴いガス精製工場、石油化学工場が次々誘致された結果、大気汚染問題が深刻になっており、環境改善策を実施する事が急務になっている。これらは大規模開発に伴う環境管理計画の進め方等の開発方法論の未熟さや、環境庁における大規模工業開発に対応した法整備等の遅れが主たる要因であると考えられる。同様に、他のパイロット地域の Mahshahr や Khark 島も同種の環境課題を抱えている。

さらにパイロット地域の環境課題の多くは、ベストプラクティスに基づく最新の処理技術の導入されていないことが最大の環境汚染の要因である。イランの現在の石油産業の環境管理システムの成長段階は、HSE 管理システムの成熟度の観点から評価すると本格的稼働期の初期段階に位置すると判断される。それ故、未だ運用面の方針の不統一、制度設計上の不備、及び管理能力の不足等が顕在している。イランにおいては、本マスタープラン・アクションプランを第1歩の改善策として実践し、最終的には独自の環境文化を発展させた自律型の HSE 管理体制の構築を目指す必要がある。

10.2. 優先度の高いアクションプラン

本マスタープランで提案しているアクションプランは、HSE 組織制度分野では約 30 の行動、更にパイロット地域の環境汚染対策分野で約 80 の行動を提案している。これらのアクションプランの中で、環境管理システムを発展させる上で欠かせないもの、及び地域の環境保全のために早急に実施すべきものを優先度の高い緊急プランとして取り上げた。以下の 6 つの行動が優先度の高いものであり、個々のプランの概要を以下に示した。

- ▶ 石油省の管理体制整備と強化
- ▶ ワンゾーン・ワンマネジメント方式の制度化（各パイロット地域）
- ▶ フレアガス削減計画（Assaluyeh 地域、ガス精製工場）
- ▶ 大気汚染物質の排出抑制計画（Assaluyeh 地域、ガス精製工場）
- ▶ 原油生産設備における処理生産水のゼロエミッション計画（Khark 島地域）
- ▶ クリーナープロダクションの適用による水銀のゼロエミッション計画（Mahshahr 地域、BIPC 社）

(1) 石油省の管理体制整備と強化

現状の HSE 組織制度は本格的稼働の初期段階に位置し、システムの適切な運用が進んでいない。したがって、このアクションプランは最も優先度が高いものと位置付けている。このプランは石油産業のトップである石油省が強力なリーダーシップを持って権限強化と体制の整備を実施することにある。また、このプランでは既存の特別環境委員会のもとに「ワーキンググループ」を創設して、本マスタープランの推進役としての機能を果たすことを提案している。これによって、実施計画が確実に推進されると判断している。

(2) ワンゾーン・ワンマネジメント方式の制度化（各パイロット地域）

パイロット地域のゾーン管理に関しては、Mahshahr 地域は PSEZ、Assaluyeh 地域は PSEEZ が統括管理している。一方、Khark 島地域においては、IOOC、IOTC、KPC 等の企業が存在し

ているが、一元化したゾーン統括組織が存在していない。ここでの制度上の課題はゾーン統括組織の権限不足もしくは不在と環境モニタリング機能の未整備が挙げられる。したがって、本マスタープランでは、石油産業地域における一元的な環境管理手法として、「ワンゾーン・ワンマネジメント方式」を早期に制度化する事を提案している。この改善によって、パイロット地域の環境管理体制の運営が円滑に進むと判断する。環境管理に関する権限を一元化することにより管理責任が明確となり、ゾーンの環境モニタリングデータ把握、モニタリング設備の増強計画やハザードマップの作成等のプランが有効に機能する事になる。本アクションプランは環境管理体制の改善に関するアクションの中でも特に重要なものであるため、別添 10 に詳細計画を示した。

(3) フレアガス削減計画（Assaluyeh 地域、ガス精製工場）

Assaluyeh 地域の大气汚染は、深刻な汚染状況と判断される。この 1 つの発生源はガス精製工場のフレアガスである。本マスタープランの戦略と基本方針で述べているように、環境改善技術の導入の基本は、ベストプラクティス手法を用いた改善計画の立案である。フレアガスに関しては、「ゼロフレアリングプロジェクト」として、世界各国の石油産業が取り組んでいる最優先のテーマである。このコンセプトの目的は、環境汚染物の抑制とガス資源の有効利用を推進する事にある。本マスタープランの大气汚染削減の項で、このコンセプトに基づいた Assaluyeh 地域におけるガス精製工場のフレアガス削減計画を提案した。

この提案では、まず操業会社がプラント運転技術を駆使して余剰ガスを抑制する事が第 1 歩である。更に第 2 段階では余剰なフレアガスを回収・有効利用し、「ゼロフレアリング」構想を実現することにある。有効利用の方法として、その他工場での燃料、油田への EOR、今後の開発される Phase 14 の原料等への利用が考えられる。したがって、Assaluyeh 地域においてどのような有効利用が最適か、油層工学、生産企画、運転管理、設備安全設計の観点を含む具体的な計画を早急に作成する必要がある。

(4) 大気汚染物質の排出抑制計画（Assaluyeh 地域、ガス精製工場）

Assaluyeh 地域の大气汚染は先の「フレアガス削減計画」でも触れたように、工場からの排出ガスが主たる汚染源である。本マスタープランでは、総量規制による大気汚染源排出量の削減も提案しているが、同規制の制定までには多くの検討を要し、長い時間が必要である。したがって、総量規制の制定前に、汚染物質除去装置の設置を進め、現状の深刻な大気汚染を大幅に抑制することが急務である。アクションプランでは、ベストプラクティス手法に基づき、先端技術を活用した汚染除去装置（NO_x、SO_x、PMの除去）の導入を排出源である大容量ボイラー等の燃焼設備に設置することを提案している。

(5) 原油生産設備における処理生産水のゼロエミッション計画（Khark 島地域）

現在の原油生産設備における生産水処理の流れは、処理設備にて油分濃度を許容値まで低下させた後に海へ投棄するというものである。この方式の下では、油分以外の水溶性有機物や許容油分量はペルシャ湾へ流入し、蓄積していくことから、長期的な環境保全の視野からすると望ましい方式ではない。ペルシャ湾岸諸国においては、既に生産水処理の手法は地下圧入方式に転換されており、本マスタープランにおいてもこの方式を提案している。「ゼロエミッション」

構想に基づき、この地下圧入方式において生産水を油田の EOR として利用するのか、地下の水脈へ廃棄するのか、油層工学、生産計画、操業運転、設備設計の面から早期の検討が必要である。

(6) クリーナープロダクションの適用による水銀ゼロエミッション（Mahshahr 地域、BIPC）

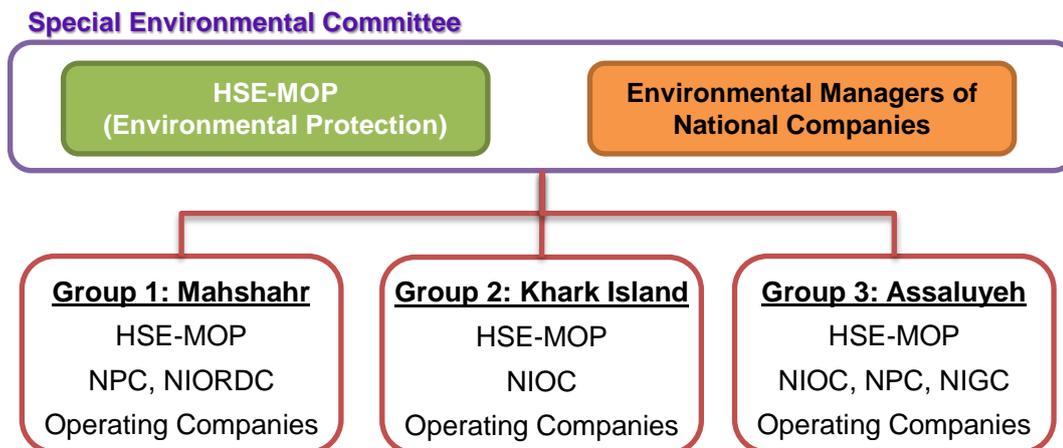
石油化学工場におけるクリーナープロダクション手法の導入は、本マスタープランで提唱する「ゼロエミッション」構想の1つである。このプランは、水銀電極を使用するプロセスから水銀を使用しない生産プロセスに転換するものである。1980年代以前に建設された石油化学設備に対しては、クリーナープロダクションを積極的に導入していくことが最優先のアクションである。したがって、本プランをモデルケースとして、最優先課題として推進する事が求められる。

10.3. 本マスタープランの実施促進に向けた提言

本マスタープランの実施促進のためにに向けた5つの提言を以下に示す。

(1) ワーキンググループの創設

- 本マスタープランの実施には石油大臣による承認の後、予算の確保、関連機関との調整、実施機関の人員配置などが必要になり、これらの手続きだけでも膨大な時間と労力が必要となる。よって、石油省や石油・ガス企業は、短期目標の中の優先度の高い項目をスタート地点にして段階的なアプローチをとることを提言する。その第1歩として、石油省の特別環境委員会の下にワーキンググループを創設する（図 10.3-1 参照）。
- このワーキンググループの役割は、アクションプランの詳細実施案の策定、関係機関との連絡・調整、及び実施状況のモニタリングを行い、目標達成度を評価する。モニタリング・評価結果は特別環境管理委員会に報告をする。
- ワーキンググループは、本マスタープラン実施期間中存続させる組織であり、専任の担当官を配置する。なお、このワーキンググループはパイロット地域ごとに設置する（グループ1：Mahshahr 担当、グループ2：Khark 島担当、グループ3：Assaluyeh 担当）ことが望ましい。



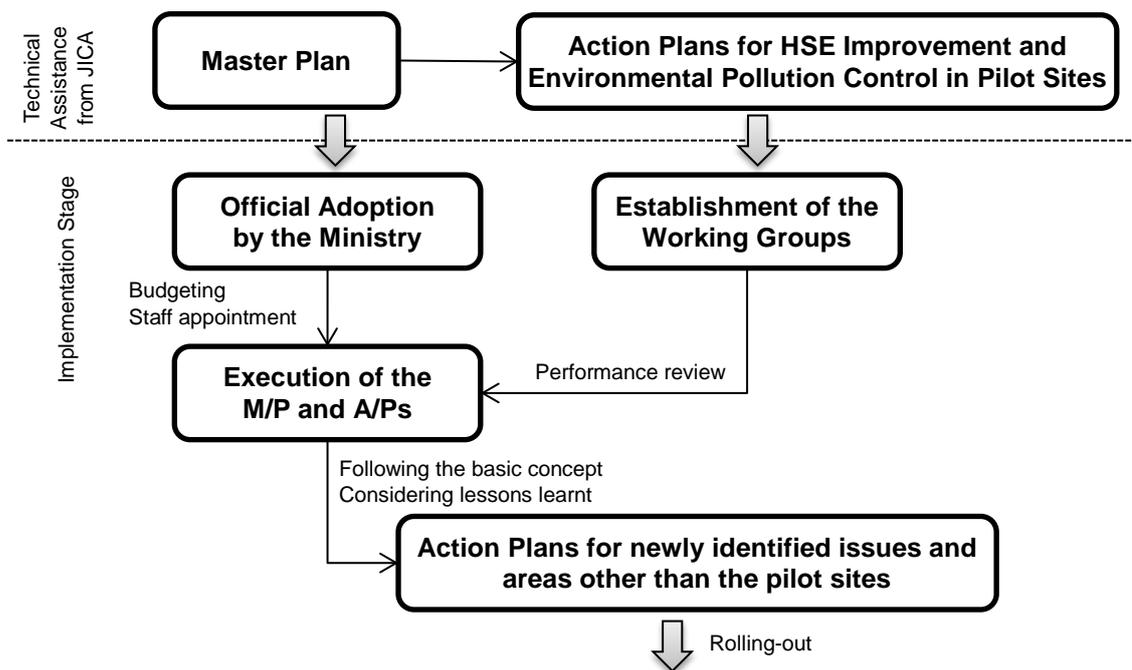
出所：調査団

図 10.3-1 本マスタープラン実施促進のためのワーキンググループ

(2) マスタープラン・アクションプランの他地域への拡大化

- 図 10.3-2 に示したように、石油省は本調査の対象パイロット以外の地域に対しても、本調査で提案されているベストプラクティス手法を用い、内陸やオマーン湾の石油・ガス生産基地や石油化学工場に対して、新たなアクションプランを策定し、環境改善を拡大していくことが望ましい。大気汚染のケースを石油精製所（NIORDC）に当てはめた事例を図 10.3-3 に示した。
- 上記以外にも、NIOC が管轄する陸上油・ガス田におけるフレアガス削減や生産水の管理、NPC 統括する石油化学工場の排水管理等も同様にアクションプランを策定し、他地域への拡大化を進めていくべきである。

EMPI Project



出所：調査団

図 10.3-2 マスタープランの実施及び他地域への展開

Function of facilities	Pilot Area (Example)			Other applicable sites in Persian Gulf				
	Mahshahr Petrochemical Complexes	Khark Crude Oil & Gas Production	Assahyeh Gas Production	Crude Oil & Gas Production	Crude Oil Refining	Petrochemical Complex	Crude Oil Storage & Loading	Fuel Oil Storage & Loading Terminal
Main Company in charge	NPC/PSEZ	NIOC/IOOC	NIOC/PSEEZ/SPGC	NIOC/IOOC	NIORDC	NPC	NIOC/IOOC	NIORDC
Air	Flare Gas Reduction	X	O	O	O	X	X	X
	Flaring Control	O	X	X	X	O	O	X
	Flue Gas Reduction & Control	O	O	X	X	O	O	X
Waste Water	Produced Water Control	X	O	O	O	X	X	X
	Waste water Treatment	O	X	O	X	O	O	X
	Waste water monitoring	O	O	O	O	O	O	X
Waste Materials	Oily Sludge Treatment	O	O	O	O	O	O	O
	Waste Treatment	O	O	O	O	O	O	O
	Waste Disposal	O	O	O	O	O	O	O
Oil Spill Response	Drilling Mud & Cuttings	X	O	X	O	X	X	X
	Crude oil Spill	X	O	X	O	O	X	O
Protection Area	Fuel Oil spill	X	O	X	O	O	O	O
	Ecosystem	O	O	O	O	O	O	O
Capacity Assessment	National conservation Area	O	O	O	O	O	O	O
	Organization	O	O	O	O	O	O	X
Manpower Training	HSE management	O	O	O	O	O	O	X
	Manpower Training	O	O	O	O	O	O	X

出所：調査団

図 10.3-3 パイロット地区以外への拡大化

(3) ベストプラクティス手法導入の啓発

- 新石油大臣は、今後の石油省の方針として、先端技術を利用した石油増産計画やサウスパースガス開発を更に発展させ、石油化学製品の輸出強化策を推進させる事を政策として公表している。この政策に合わせ、本省 HSE 部や関連組織は、7章で提案したベストプラクティス手法を用いた先端技術の設備設計の導入を石油・ガス企業各社に啓発していくことが望ましい。本省 HSE 部には大規模工場の環境管理を充実させる義務・責任があることから、ワークショップで研修した 10 項目の成果を発展させ、石油業界全体へのベストプラクティス啓発活動を率先して実施すべきである。

(4) 教育・研修プログラム

- 人材能力開発プログラムの実施は、本マスタープラン及びアクションプランを実践していく上での必須条件であり、7.3 節で示した表 7.3.1-5 のように、組織の上層部、環境担当管理職、環境専門官毎に研修プログラムを作成し、適宜人材教育を企画する事が必要である。したがって、本省 HSE 部及び石油・ガス企業は、アクションプランに合わせた研修プログラムを実施するための予算化が必要である。
- この教育プログラムでは、国内研修だけでなく、海外の環境改善の先端技術や管理手法を学ばせる機会を作る努力をすることが望ましい。
- 先進国の政府機関や石油業界では、常に海外研修生を受け入れている研修機関があるので、この研修情報を集め、活用する機会を設ける事が必要である。日本での研修機関は以下の 3 機関で実施している。
 - ◇ JICA：一般の環境管理手法、地球温暖化対策、海上防災等
 - ◇ JOGMEC：石油・ガス開発分野における HSE 管理、や環境対策技術等
 - ◇ JCCP：石油精製・石油化学分野における HSE 管理、や環境対策技術等

(5) 環境管理活動の持続性

- 石油業界における環境管理の最終ゴールは、10.1 節で説明したように、石油産業と地域住民の協働による自発的な環境意識に基づく自発的な環境管理の体制に発展させていくことにある。それには、本省 HSE 部は、強力なリーダーシップと適切な政策によって環境文化育成を促進していく責任がある。したがって、上記 (1) 及び (4) で提言している事項を確実に実践し、段階的に発展・持続させることを念頭に、今後新たな環境課題に対するアクションプランを策定していく事が望ましい。

最後に、本調査を実施するにあたって、本省 HSE 部、4 公社(NIOC、NIGC、NPC、NIORDC)、パイロット地域の管理会社 (PSEEZ 及び PSEZ)、パイロット地域の操業会社 (BIPC、Razi PC、Tondgouyan PC、Fajr PC、IOOC、IOTC、POGC、SPGC、Mobin PC)、RIPI (石油産業研究所)、及び外部協力官庁 (DOE 及び PMO) など多くの機関、企業に協力を頂いた。本調査を実施できたのはこれらの機関、企業の参加のおかげであり、調査団はここに関係者の協力に対して深い感謝の意を表したい。このような石油・ガス企業及び関連機関の協力がマスタープラン実施の礎になると確信する。

添付資料

4.1	：	Mahshar 海域における水質・底質サンプリング調査報告書
5	：	油流出モデルによるシミュレーション
7.5-1	：	環境モニタリングの報告様式案
7.5-2	：	水質、底質、土壌の環境モニタリング項目と意義
7.5-3	：	各環境モニタリング地点の選定理由
10	：	実施計画案：ワンゾーンワンマネジメント方式

添付資料 4.1

Mahshahr 海域における水質・底質

サンプリング調査報告書

Acronyms and abbreviations

ASTM	American Society for Testing and Materials
BGLB	Brilliant Green Lactose Bile
BOD	Biological Oxygen Demand
COD	Chemical Oxygen Demand
CSR	Corporate Social Responsibility
DBP _s	Disinfection Byproducts
DO	Dissolved Oxygen
DOE	Department of Environment
DST	Daylight Saving Time
EC	Electrical conductivity
EPA	Environmental Protection Agency
GPS	Global Position System
HSE	Health, Safety and Environment
JBIC	Japan Bank for International Cooperation
JICA	Japan International Corporation Agency
JOCV	Japan Overseas Cooperation Volunteers
JTU	Jackson Turbidity Units
LST	Lauryl Tryptose
MOP	Ministry of Petroleum
MPN	Most Problem Numbers
NIOC	National Iranian Oil Company
NOM	Natural Organic Matter
NPC	National Petroleum Company
NTU	Nephelometric Turbidity Units
PETZONE	Petrochemical Special Zone
pH	Potential of Hydrogen
PMO	Ports and Maritimes Organization
PSEZ	Petrochemical Special Economic Zone
RIPI	Research Institute of Petroleum Industry
TDS	Total Dissolved Solid
TKN	Total Kjeldahl Nitrogen
TOC	Total Organic Carbon
TPH	Total Petroleum Hydrocarbon
TSS	Total Suspended Solid
WHO	World Health Organization
RO	Reverse Osmosis
NM	Nautical Mile

Table of Contents

1	<i>Objectives</i>	1
2	<i>Outline of the Survey</i>	1
2.1	Overview of the Target Area	1
2.2	Survey Location	4
2.3	Survey Schedule	5
2.4	Survey Items and Methodology	5
3	<i>Results of the Survey</i>	9
3.1	Survey in April 2013	9
3.1.1	Survey Timing	9
3.1.2	Result of the Survey.....	10
3.1.3	Discussion	10
3.2	Survey in May 2013	13
3.2.1	Survey Timing	13
3.2.2	Result of the Survey.....	14
3.2.3	Discussion.....	15
3.3	Survey in June 2013	34
3.3.1	Survey Timing	34
3.3.2	Result of the Survey.....	35
3.3.3	Discussion	36
3.4	Survey in August (1st trial) 2013	38
3.4.1	Survey Timing	38
3.4.2	Result of the Survey.....	39
3.4.3	Discussion	40
3.5	Survey in August (2nd trial) 2013	43
3.5.1	Survey Timing.....	43
3.5.2	Result of the Survey.....	43
3.5.3	Discussion.....	45

3.6	Survey in September 2013.....	65
3.6.1	Survey Timing	65
3.6.2	Result of the Survey.....	66
3.6.3	Discussion	66
3.7	Survey in October 2013.....	69
3.7.1	Survey Timing	69
3.7.2	Result of the Survey.....	70
3.7.3	Discussion.....	70
4	<i>Time Series Variation</i>	73
5	<i>Findings from the Survey.....</i>	77
6	<i>Recommendation for the Future Plan.....</i>	78
6.1	Environmental Monitoring.....	79
6.2	Monitoring System	79
6.3	Structure of the Monitoring Team	80
	<i>Reference</i>	81
	<i>Annex A Survey result</i>	84
	<i>Annex B Munsel color index</i>	111
	<i>Annex C Beaufort scales</i>	112
	<i>Annex D Vertical Profile of in-situ and laboratory parameters.....</i>	113
	<i>Annex E National ambient water standards for Persian Gulf and Oman Sea.....</i>	121

1 Objectives

The aim of this task is to convey the environmental baseline study (EBS) and to grasp the characteristics of seawater and sediment quality, which will be used in the environmental assessment and future planning. This data will be used to distinguish if the construction or operational criteria are required to be changed to avoid the environmental impact. It will also be used as a basis to judge which environmental effect on seawater and sediment quality shall be assessed.

The expected outputs from this study are as follows:

- To identify the extent and quality of sea water and sediments within the study area that may potentially be affected by the petrochemical facilities.
- To determine the presence and nature of any potential contaminants present within sea water and sediments in areas likely to be affected by development activities.
- To provide an idea for developing appropriate management/mitigation measures to deal with potentially significant effects on water quality and sediment quality likely to arise as a result of the development.
- To understand the present environmental situation in the ambient sea area (seawater and sediment).
- To establish efficient and effective environmental monitoring program for MOP and environmental management bodies in Mahshahr.
- To establish clear objectives of the environmental monitoring programs in petrochemicals zones in order to raise public awareness.
- To compare and analyze compliance with seawater and sediment quality guidelines.

2 Outline of the Survey

2.1 Overview of the Target Area

Persian Gulf is bordered by Oman and the United Arab Emirates on the south, Qatar, Bahrain and Saudi Arabia on the west, Kuwait and Iraq on the north and Iran along the entire east coast. The gulf sits on top of the largest hydrocarbon reserve in the world, which makes this area extremely important for oil production and one of the most important strategic waterways in the world. Maximum depth is 90 m, whereas the narrowest point is only 56 km wide (See Figure 2.1.1).

The Persian Gulf is considered among the highest anthropogenically impacted regions in the world. Heavy-metal contamination in the coastal and marine environments is becoming an increasingly serious threat to both the naturally stressed marine ecosystems and humans that rely on marine resources for food, industry and recreation through a variety of sources and activities including sewage and industrial effluents, brine discharge, coastal modifications and oil pollution.

Another peculiar characteristic of the Persian Gulf marine environment is the presence of coral reef colonies and plant species that thrive in areas which mark tidal movements. The mangrove forest in the Persian Gulf, which is a continuation of the forests in Southeast Asia and the Indian Ocean, is also very important from the ecological viewpoint.

The coral reefs are crucial in controlling the water flow and they hold various kinds of fish, particularly the smaller species. The mangrove species, *Avicennia marina*, which is peculiar to the Persian Gulf and the Gulf of Oman, are among the sea resources that provide ideal living environments for crustaceans such as shrimps and also for other marine life.



Source: www.worldatlas.com

Figure 2.1.1 Outline of Persian Gulf

Musa estuary is a complex of tidal channels in the North West part of the Persian Gulf (Mahshahr) and it is consisted of several estuaries, creeks and a main canal (See Figure 2.1.2). The second largest port of Iran (Imam Khomeini Port) is situated in the north of Musa

estuary, and it's related to the Persian Gulf through a 60 km length canal. There are several sources of anthropogenic pollutants including petrochemical industries, oil transportations and agricultural activities, which produce and release large concentrations of contaminants such as heavy metal into the sea water. Like many other estuaries, Musa Estuary is an important place for fisheries and aquaculture activities. Considerable amount of fish and shrimp are caught from this estuary annually, which is introduced to the markets. The presence of high concentrations of contaminants in the aquatic environment could result in bio-accumulation and bio-magnification by marine organisms and increase the risk of toxicity in the people who consumed contaminated seafood.



Source: Google Earth

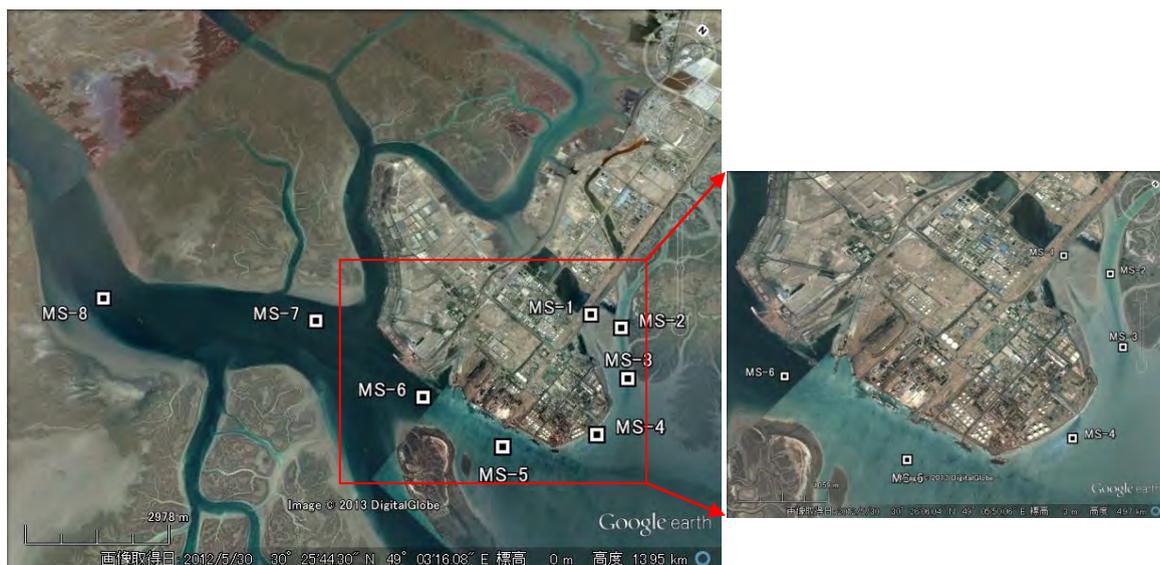
Figure 2.1.2 Musa Estuary and the Study Area

2.2 Survey Location

Prior to conducting the study, sampling locations were determined by carrying out the field reconnaissance at the Musa Estuary, considering the pollutant sources (petrochemical effluents, the locations of discharge outlets, etc.) and sensitive area (Mangrove forest) which plays a vital role for aquatic organisms especially for the conservation of biota and fishing area and many other respects. And eight (8) sampling points were selected for survey seawater and sediment quality (See Table 2.2.1). Figure 2.2.1 shows the locations of eight (8) sampling points, consisting of seven (7) target points and one (1) as a control point in Mahshar.

Table 2.2.1 Sampling locations

Sampling Point	Latitude (N)	Longitude (E)	Depth (m)	Note
MS-1	30° 27' 20.00"	49° 06' 06.10"	1.5	Monitoring point
MS-2	30° 27' 26.09"	49° 06' 33.19"	>5	
MS-3	30° 26' 56.30"	49° 07' 02.20"	>5	
MS-4	30° 26' 07.40"	49° 07' 08.60"	1.8	
MS-5	30° 25' 16.50"	49° 06' 15.70"	>20	
MS-6	30° 25' 07.00"	49° 05' 00.60"	>30	
MS-7	30° 24' 58.90"	49° 03' 06.70"	>30	
MS-8	30° 23' 25.08"	49° 00' 29.52"	>40	Control point



Source of image: Google Earth Others: Study team

Figure 2.2.1 Survey Locations

2.3 Survey Schedule

Table 2.3.1 shows the survey schedule. The frequency of sampling is basically once (1) per month for the basic parameters and total number of seven (7) samplings were conducted during the project. Out of seven samplings, two (2) times are the sampling for heavy metals in water and for sediment quality.

Every survey was conducted at the timing of ebb tide in the spring tide, which is considered that the discharged water from PETZONE spreads widely and the influence from the area would be well understood.

Table 2.3.1 Survey Schedule

		2013									
		April	May	June	July	August	September	October			
		1392									
		Ordibehesht	Khordad	Tir	Mordad	Shahrivar	Mehr	Aban			
Sea water	Genral items		■	■	■	■	■	■			
	Heavy metals		■	■			■	■			
Sediment			■			■					
Survey date (in Gregorian calendar)			27 28	11 12 14		25 26		14 15	27 28	21 22	19 20
Timeing of spring tide			28	12		25		9	23	22	21

Source:Study team

Due to restrictions of the holy month of Ramazan (July sampling), sampling date in July was postponed to beginning of the August.

2.4 Survey Items and Methodology

Survey items, layers, frequency are summarized in Table 2.4.1. Instruments which were used for field observation are shown in Table 2.4.3. Analytical method of each parameter and the detection limit are listed in Table 2.4.2 and equipment used for chemical analysis is presented in Table 2.4.4.chemical analysis is shown in Table 2.4.4.

Table 2.4.1 Survey Items, Frequency, Number of samples

Item	Frequency, Layer
1. Field observation	
Time, Air temperature, Depth, Water color, Transparency, Odor, Tidal Condition and Current	8 locations ×7 times
2. Seawater	
(1) General Items	
Water temperature	8 locations ×7 times× every 1 m
Salinity	8 locations ×7 times× every 1 m
Conductivity	8 locations ×7 times× every 1 m
pH	8 locations ×7 times × 3 layers
Turbidity	8 locations ×7 times × 3 layers
Suspended solid	8 locations ×7 times × 3 layers
Dissolved Oxygen	8 locations ×7 times × 3 layers
COD	8 locations ×7 times × 3 layers
Total Organic Carbon (TOC)	8 locations ×7 times × 3 layers
Oil Contents	8 locations ×7 times × 3 layers
Coliform Bacteria	8 locations ×7 times × 3 layers
Total Nitrogen	8 locations ×7 times × 3 layers
Total Phosphorus	8 locations ×7 times × 3 layers
(2) Heavy Metals, etc.	
Aluminum (Al)	8 locations ×2 times × 3 layers
Arsenic (As)	8 locations ×2 times × 3 layers
Cadmium (Cd)	8 locations ×2 times × 3 layers
Cyanide (CN)	8 locations ×2 times × 3 layers
Chromium (Cr ⁺⁶)	8 locations ×2 times × 3 layers
Cobalt (Co)	8 locations ×2 times × 3 layers
Copper (Cu)	8 locations ×2 times × 3 layers
Iron (Fe)	8 locations ×2 times × 3 layers
Methyl Mercury (Hg)	8 locations ×2 times × 3 layers
Mercury (Hg)	8 locations ×2 times × 3 layers
Manganese (Mn)	8 locations ×2 times × 3 layers
Magnesium (Mg)	8 locations ×2 times × 3 layers
Nickel (Ni)	8 locations ×2 times × 3 layers
Lead (Pb)	8 locations ×2 times × 3 layers
Zinc (Zn)	8 locations ×2 times × 3 layers
Phenols	8 locations ×2 times × 3 layers

Item	Frequency, Layer
3. Sediment	
Specific Gravity	8 locations × 2 times
Moisture Content	8 locations × 2 times
Grain Size	8 locations × 2 times
Total Organic Carbon (TOC)	8 locations × 2 times
Total Petroleum Hydrocarbon	8 locations × 2 times
Aluminum (Al)	8 locations × 2 times
Arsenic (As)	8 locations × 2 times
Cadmium (Cd)	8 locations × 2 times
Cyanide (CN)	8 locations × 2 times
Chromium (total)	8 locations × 2 times
Chromium (Cr ⁺⁶)	8 locations × 2 times
Cobalt (Co)	8 locations × 2 times
Copper (Cu)	8 locations × 2 times
Iron (Fe)	8 locations × 2 times
Methyl Mercury (Hg)	8 locations × 2 times
Mercury (Hg)	8 locations × 2 times
Manganese (Mn)	8 locations × 2 times
Magnesium (Mg)	8 locations × 2 times
Nickel (Ni)	8 locations × 2 times
Lead (Pb)	8 locations × 2 times
Zinc (Zn)	8 locations × 2 times
Total Sulfur (T-S)	8 locations × 2 times

Table 2.4.2 Instruments Used for Field Observation

Item	Method, Instrument	Note
Location	GPS, GARMIN, 12 CX, Made in USA	
Air temperature	Temperature sensor, Multi analyzer	
Wind	Visual observation	Beaufort grade
Wave	Visual observation	Beaufort grade
Depth	Examine with anchoring, Ship echo sounder	
Current	Visual observation	
Watercolor	Visual observation	Muncel color code
Sediment color	Visual observation	Muncel color code
Transparency	Secchi disk	

Table 2.4.3 Analytical Methodology and Detection Limit

Category	Parameter	Analytical Methodology	Detection limit
Water quality (General parameter)	Turbidity	ASTM D1889	0.1 NTU
	Suspended solid	Standard Method 2540 D	0.1 mg/l
	COD	Standard Method 5220 B	
	TOC	Standard Method 5310 B	1 mg/l
	Oil contents	ASTM D7066	0.2 mg/l
	Coliform bacteria	Standard method 9215B	2 MPN index/100
	Total nitrogen	Standard Method 419D, 4500B,	0.2 mg/l as N
	Total phosphorous	ASTM D515	0.2 mg/l as P
Water quality (Heavy metal)	Aluminum (Al)	St. Methods 3111E	0.1 mg/L
	Arsenic (As)	St. Methods 3112	1 µg/l
	Cadmium (Cd)	St. Methods 3111C	1 µg/l
	Cyanide (CN)	ASTM D2036	5 µg/l
	Chromium (Cr)	St. Methods 3111C	0.1 µg/l
	Cobalt (Co)	St. Methods 3111C	0.1 µg/l
	Copper (Cu)	St. Methods 3111C	0.1 µg/l
	Iron (Fe)	St. Methods 3111C	0.01 mg/l
	Methyl Mercury (Hg)	Home-made method	5 µg/l
	Mercury (Hg)	St. Methods 3112	1 µg/l
	Manganese (Mn)	St. Methods 3111C	0.1 µg/l
	Magnesium (Mg)	St. Methods 2340C	0.05 mg/l
	Nickel (Ni)	St. Methods 3111C	0.1 µg/l
	Lead (Pb)	St. Methods 3111C	0.1 µg/l
	Zinc (Zn)	St. Methods 3111C	0.01 mg/l
	Phenols	ASTM D1783	1 µg/l
Sediment quality	Specific Gravity	ISO 7202	---
	Moisture Content	ISO 11465	---
	Total Organic Carbon (TOC)	Based on the manual of TOC analyzer	0.1 Mass %
	Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)	ASTM D 5368, D 5369, D7066	0.7 µg/g
	Aluminum (Al)	ASTM D 3974, St. Methods	25 µg/g
	Arsenic (As)	ASTM D 3974, St. Methods 3112	0.025 µg/g
	Cadmium (Cd)	ASTM D 3974, St. Methods	2 µg/g
	Cyanide (CN)	ASTM D2036	0.1 µg/g
	Chromium (total)	ASTM D 3974, St. Methods	2 µg/g
	Chromium (Cr+6)	ASTM D 3974, St. Methods	---
	Cobalt (Co)	ASTM D 3974, St. Methods	2 µg/g
	Copper (Cu)	ASTM D 3974, St. Methods	2 µg/g
	Iron (Fe)	ASTM D 3974, St. Methods	2 µg/g
	Methyl Mercury (Hg)	JRC technical reports EUR 25830	0.01 µg/g
	Mercury (Hg)	US EPA 3200, St. Methods 3112	0.025 µg/g
	Manganese (Mn)	ASTM D 3974, St. Methods	2 µg/g
	Magnesium (Mg)	ASTM D 3974, St. Methods	2 µg/g
	Nickel (Ni)	ASTM D 3974, St. Methods	2 µg/g
	Lead (Pb)	ASTM D 3974, St. Methods	2 µg/g
	Zinc (Zn)	ASTM D 3974, St. Methods	2 µg/g
Total Sulfur (T-S)	Based on sulfur analyzer's manual	---	

Table 2.4.4 Equipment Used for Chemical Analysis

Equipment	Equipment Model
Atomic Absorption Spectroscopy	Perkin Elmer AAS-2380 & AAnalyst 700
UV-Vis spectrometer	PG instrument, T 80+
Water purification system	
TOC analyzer	Rosemount analytical, Dohrmann DC-190

3 Results of the Survey

3.1 Survey in April 2013

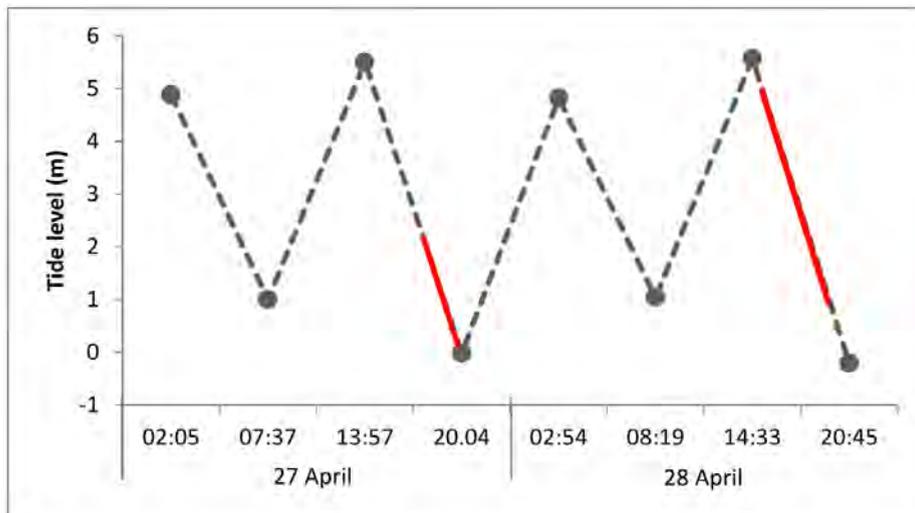
3.1.1 Survey Timing

shows the time table of the survey and Figure 3.1.1 shows the tide timing at the survey, respectively.

Table 3.1.1 Time Table of the Survey (April, 2013)

Date	Time	Site	Note
Saturday, 27 April 2013	16 to 20	MS-1 to MS-6	Water sampling &
Sunday, 28 April 2013	15 to 19	MS-7 & MS-8	In-situ monitoring

Source: Study team



Source: Tide table (<http://www.iranhydrography.org/default.asp>)

Red line shows the timing of the survey

Figure 3.1.1 Tide Timing at the Survey (April, 2013)

3.1.2 Result of the Survey

Summary of the survey results is presented in Table 3.1.2 and raw data is stored in Annex A. data is stored in Annex A.

Table 3.1.2 Summary of the Survey Result

Survey date: Apr. 27-28, 2013

Category	Parameter	Unit	Environmental standard (*1)	Apr		
				Min	Max	Ave
Water quality (Field measurement)	Water temperature	°C	(*2)	23.9	26.5	24.8
	Salinity	-	(*3)	41.0	44.3	43.1
	Conductivity	mS/cm		0	0	7
	pH	-	6.5-9.0	64.2	67.0	66.0
	DO	mg/L	> 3 (*4)	8.12	8.79	8.24
Water quality (Analysis: general parameters)				7.45	7.86	7.65
	Turbidity	NTU		9	166	105
	Suspended solid	mg/L	(*5)	2	112	55
	COD	mg/L as O ₂	5	8	16	14
	TOC	mg/L as C		1.6	1.9	1.8
	Oil contents	mg/L	(*6)	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	Coliform bacteria (*10)	MPN Index/100ml	500 (*7)	<2	<2	<2
	Total nitrogen	mg/L as N	0.4 (*8)	0.67	4.20	2.70
Total phosphorous	mg/L as P	0.045 (*9)	<0.2	<0.2	<0.2	

Source: Study team

Note: Red letter means excess of the standard/criteria value

*1: Standard for Ambient Water in Persian Gulf and Oman Sea (draft), Class 6: Industrial zone or Port, DOE.

*2 Water temperature: ±3 of natural temperature of receptive source

*3 Salinity: It should be no more than 10 percent of minimum natural salinity of the region.

*4 DO: 40% of Saturation

*5 Suspended Solid: Its increase should not be more than its daily, monthly, annual average considering standard deviation.

*6 Oil contents: There should be no oil layer, foam visible on its surface.

*7 Coliform bacteria: Fecal coliform should be less than 100 CFU/100ml.

*8 Total nitrogen: The value of Nitrate-nitrogen is used in this table.

*9 Total phosphorous: The value of Phosphate-phosphorus is used in this table.

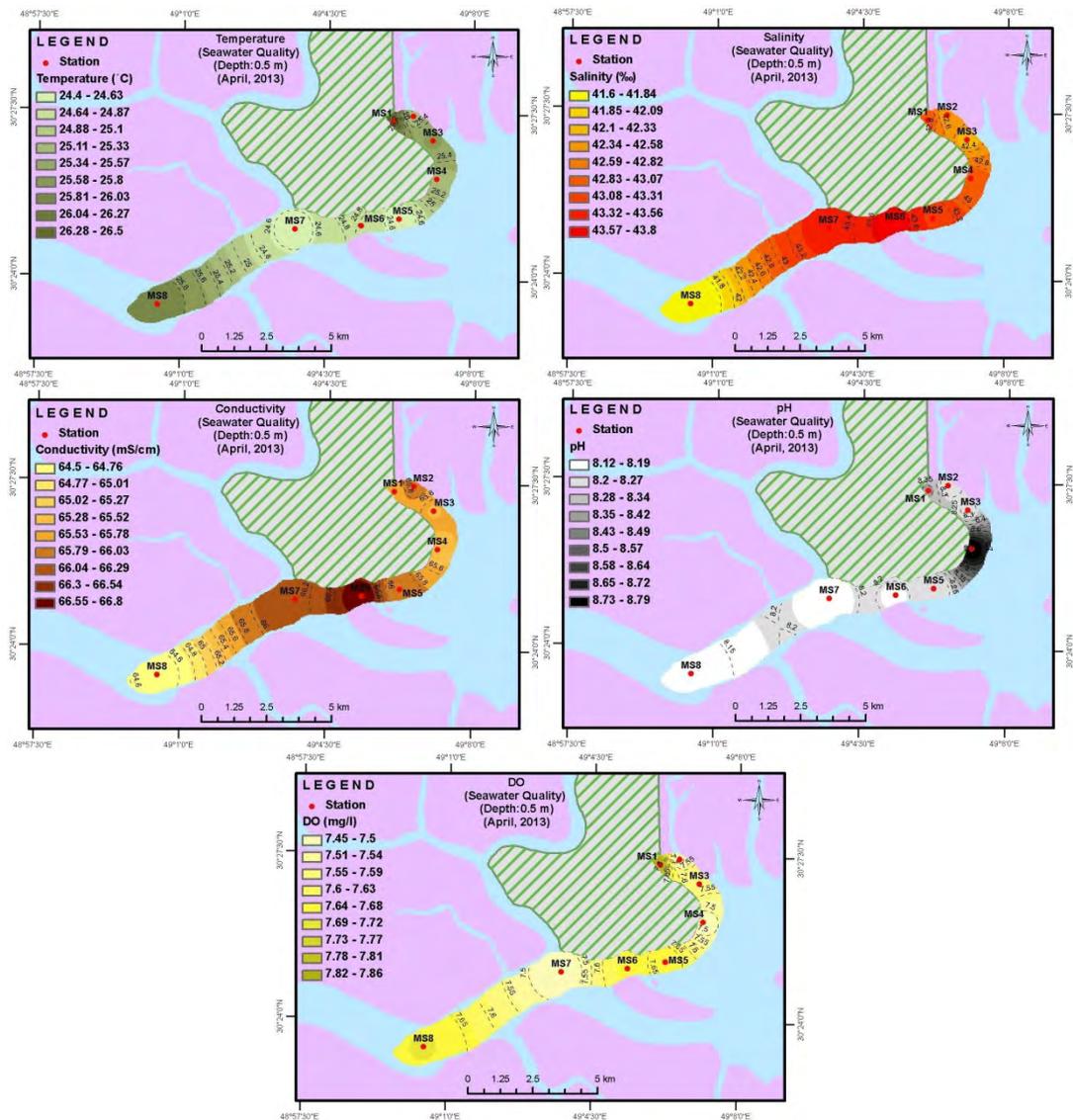
*10 Total coliform was analyzed in Apr., May, Jun. and Aug-1, while fecal coliform analyzed in Aug-2, Sep. and Oct.

3.1.3 Discussion

a) Field measurement

Horizontal distribution of the field measurement parameters (in-situ parameters) is shown in Figure 3.1.2.

The seawater temperature ranges from 23.9–26.5°C with an average of 24.7 °C. The electrical conductivity (EC) varies from 64.2–67.0 mS/cm (average, 65.95 mS/cm). The minimum, maximum and average of salinity in the seawater samples are 41.00, 44.30 and 43.15, respectively. The highest values of conductivity and salinity shows in MS-2 and MS-5, respectively. The range and average of pH are 8.12–8.79 and 8.26. The dissolved oxygen (DO) varies between 7.45–7.86 mg/l with an average of 7.65 mg/l. Vertical profiles of in-situ parameters are shown in Annex D.



Source: Study team

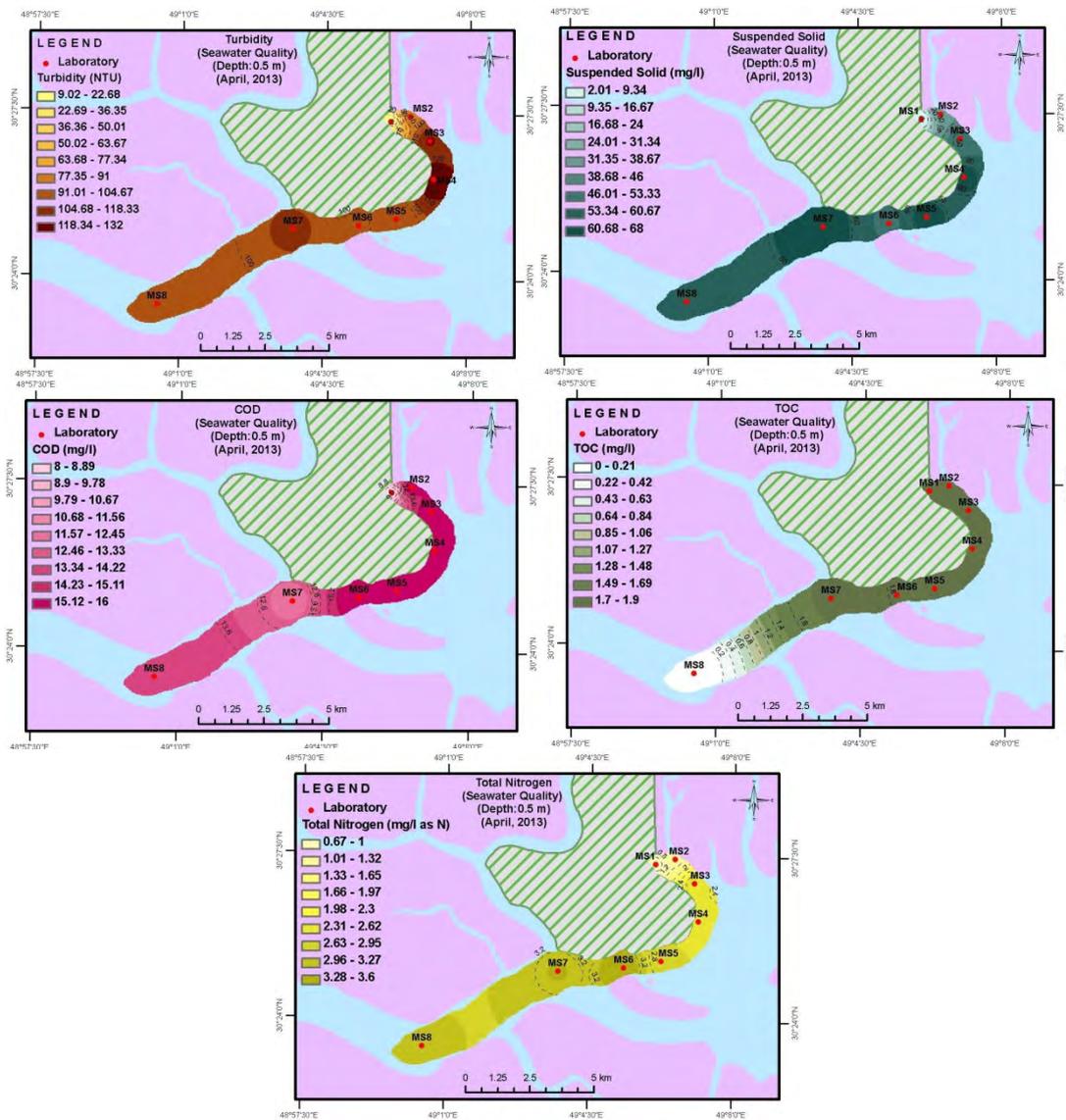
Figure 3.1.2 Horizontal Distribution of In-situ Parameters

b) Laboratory analysis

Horizontal distribution of the parameters of laboratory analysis (laboratory parameters) is shown in Figure 3.1.3.

Turbidity in MS-3 and MS-8 is higher than the other stations. Distribution of suspended solid is similar to the one of turbidity, MS-3 and MS-8 are higher than other sampling points. Chemical oxygen demand (COD) ranges between 8 and 16 mg/l with the average of 14.33 mg/l. Total organic carbon (TOC) values are similar to COD values and the variation of TOC are very low. Total nitrogen shows highest in MS-5 (2m below surface). It might be related to the discharge from PETZONE.

Vertical profiles of laboratory parameters are shown in Annex D.



Source: Study team

Figure 3.1.3 Horizontal Distribution of the Laboratory Parameters

3.2 Survey in May 2013

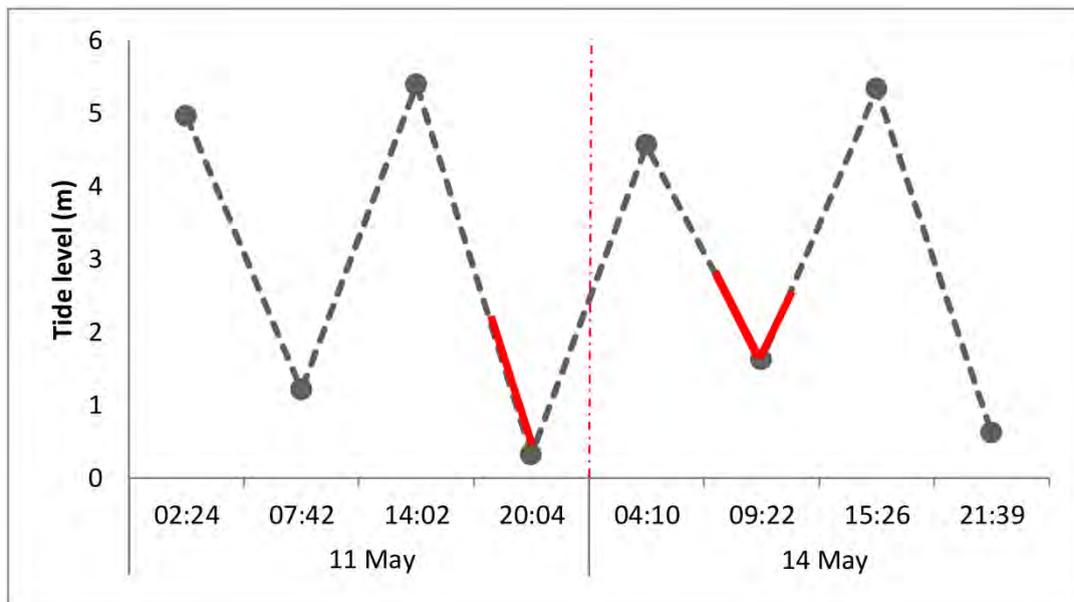
3.2.1 Survey Timing

Table 3.2.1 shows the timetable of the survey and Figure 3.2.1 shows the tide timing of the survey, respectively.

Table 3.2.1 Time Table of the Survey (May, 2013)

Date	Time	Site	Note
Saturday, 11 May 2013	16 to 19	MS-1 to MS-4	Water, sediment sampling & in-situ monitoring
Sunday, 12 May 2013	7 to 11	MS-5 to MS-6	
Tuesday, 14 May 2013	7 to 11	MS-7 to MS-8	

Source: Study team



Source: Tide table (<http://www.iranhydrography.org/default.asp>)

the red line shows the timing of the survey

Figure 3.2.1 Tide Timing at the Survey (May, 2013)

3.2.2 Result of the Survey

Summary of the survey results is shown in Table 3.2.2 and raw data is stored in Annex A.

Table 3.2.2 Summary of the Survey Result

Survey date: May 11-12, 14, 2013

Category	Parameter	Unit	Environmental standard (*1)	May		
				Min	Max	Ave
Water quality (Field measurement)	Water temperature	°C	(*2)	26.6	31.9	27.8
	Salinity	-	(*3)	41.70	43.10	42.72
	Conductivity	mS/cm		67.7	74.4	69.6
	pH	-	6.5-9.0	8.14	8.27	8.20
	DO	mg/L	> 3 (*4)	6.53	7.69	7.27
Water quality (Analysis: general parameters)	Turbidity	NTU		22	157	83
	Suspended solid	mg/L	(*5)	20	168	78
	COD	mg/L as O ₂	5	8	18	15
	TOC	mg/L as C		1.7	2.1	1.9
	Oil contents	mg/L	(*6)	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	Coliform bacteria (*10)	MPN Index/100ml	500 (*7)	<2	<2	<2
	Total nitrogen	mg/L as N	0.4 (*8)	0.68	0.88	0.83
	Total phosphorous	mg/L as P	0.045 (*9)	<0.2	<0.2	<0.2
Water quality (Analysis: heavy metals)	Aluminum (Al)	mg/L		<0.1	<0.1	<0.1
	Arsenic (As)	micro-g/L	50	<1	<1	<1
	Cadmium (Cd)	micro-g/L	10	<0.1	<0.1	<0.1
	Cyanide (CN)	micro-g/L		<5	<5	<5
	Chromium (Cr)	micro-g/L	50	<0.1	0.5	0.3
	Cobalt (Co)	micro-g/L		0.1	1.5	0.6
	Copper (Cu)	micro-g/L	50	<0.1	0.5	0.3
	Iron (Fe)	mg/L	0.3	0.01	0.03	0.02
	Methyl Mercury (Hg)	micro-g/L	0.2	-	-	-
	Mercury (Hg)	micro-g/L	0.5	<1	<1	<1
	Manganese (Mn)	micro-g/L	100	<0.1	<0.1	<0.1
	Magnesium (Mg)	mg/L		1681	1717	1693
	Nickel (Ni)	micro-g/L	50	2	4.3	2.7
	Lead (Pb)	micro-g/L	40	0.30	1.20	0.68
	Zinc (Zn)	mg/L	100	<0.01	<0.01	<0.01
Phenols	micro-g/L	0.05	<1	<1	<1	
Sediment quality (Analysis)	Specific Gravity	g/cm ³		1.1	1.6	1.4
	Moisture Content	Mass%		0.31	0.85	0.66
	Total Organic Carbon (TOC)	Mass%		0.18	0.54	0.34
	Total Petroleum Hydrocarbon	micro-g/g.dw	550	41	158	111
	Aluminum (Al)	mg/g.dw		3.2	11.6	9.7
	Arsenic (As)	micro-g/g.dw	20	0.1	2.1	1.3

Category	Parameter	Unit	Environmental standard (*1)	May		
				Min	Max	Ave
	Cadmium (Cd)	micro-g/g.dw	1.5	3.2	4.2	3.8
	Cyanide (CN)	micro-g/g.dw		<0.1	<0.1	<0.1
	Chromium (total)	micro-g/g.dw	80	13.9	38.2	30.9
	Chromium (Cr+6)	micro-g/g.dw		-	-	-
	Cobalt (Co)	micro-g/g.dw		12.5	37.7	22.3
	Copper (Cu)	micro-g/g.dw	65	3.2	26.4	16.1
	Iron (Fe)	mg/g.dw		6.8	22.4	16.1
	Methyl Mercury (Hg)	micro-g/g.dw		-	-	-
	Mercury (Hg)	micro-g/g.dw	0.15	<0.05	0.2	0.1
	Manganese (Mn)	micro-g/g.dw		239	510	434
	Magnesium (Mg)	mg/g.dw		19.1	54.6	44.6
	Nickel (Ni)	micro-g/g.dw	21	31	187	105
	Lead (Pb)	micro-g/g.dw	50	25.6	29.7	28.4
	Zinc (Zn)	micro-g/g.dw	200	46	118	86
	Total Sulfur (T-S)	mg/g		0.03	2.70	0.99
	Grain size			-	-	-
	Sand (>0.04mm & <1mm)	%		6.0	86.0	20.3
	Silt (>0.002mm & <0.04mm)	%		5.0	47.0	38.0
	Clay (>0.0002mm & <0.002mm)	%		9.0	51.0	41.8

Source: Study team

Note: Red letter means excess of the standard/criteria value

*1: Standard for Ambient Water in Persian Gulf and Oman Sea (draft), Class 6: Industrial zone or Port, DOE.

*2 Water temperature: ± 3 of natural temperature of receptive source

*3 Salinity: It should be no more than 10 percent of minimum natural salinity of the region.

*4 DO: 40% of Saturation

*5 Suspended Solid: Its increase should not be more than its daily, monthly, annual average considering standard deviation.

*6 Oil contents: There should be no oil layer, foam visible on its surface.

*7 Coliform bacteria: Fecal coliform should be less than 100 CFU/100ml.

*8 Total nitrogen: The value of Nitrate-nitrogen is used in this table.

*9 Total phosphorous: The value of Phosphate-phosphorus is used in this table.

*10 Total coliform was analyzed in Apr., May, Jun. and Aug-1, while fecal coliform analyzed in Aug-2, Sep. and Oct.

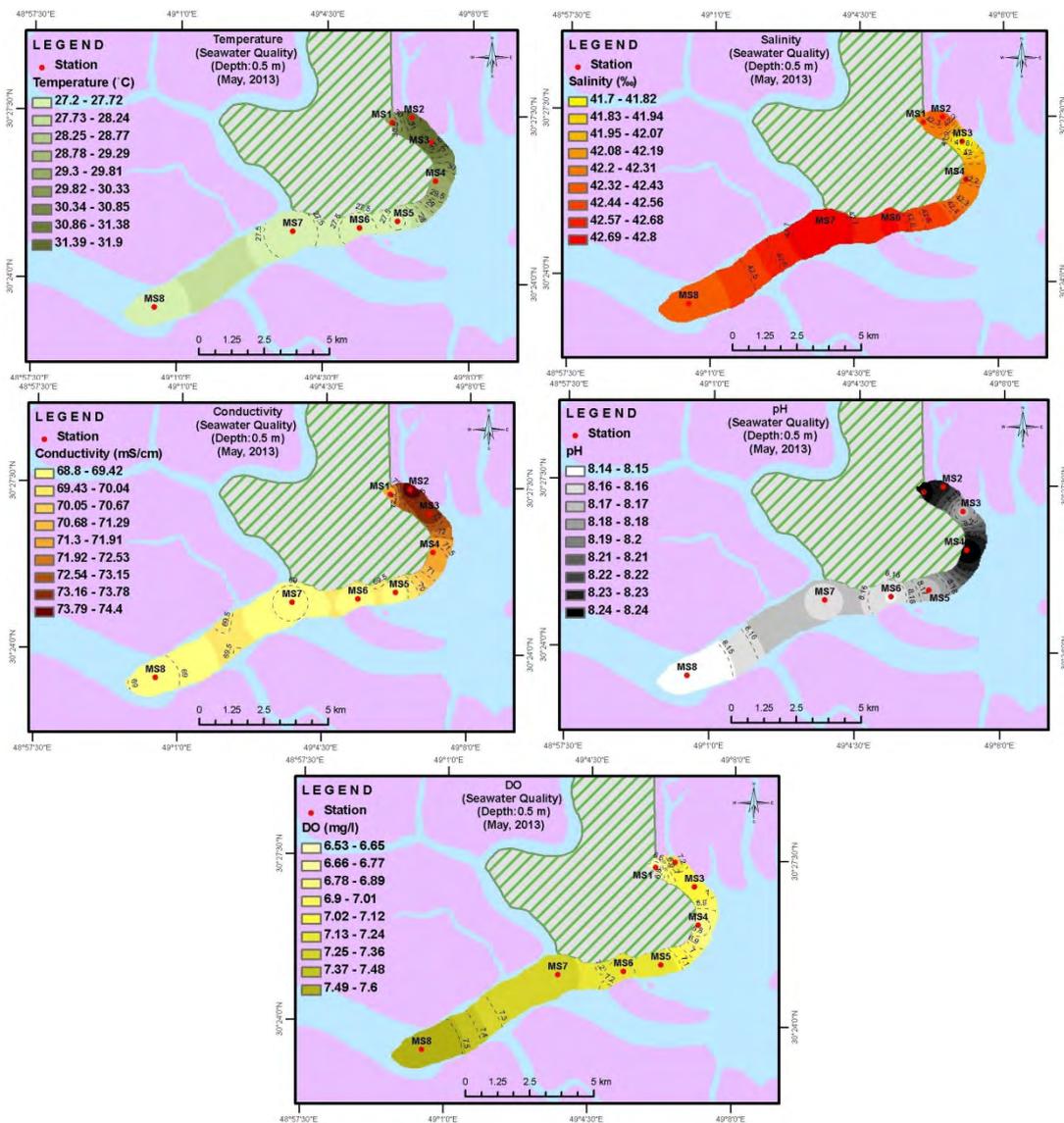
3.2.3 Discussion

a) Field measurement

Horizontal distribution of the field measurement parameters (in-situ parameters) are shown in Figure 3.2.2.

The water temperature ranges from 26.6–31.9 °C with an average of 27.82 °C. The high values of temperature are seen at stations from MS-1 to MS-4. The pH shows minor variations from 8.14

to 8.27, with the average value of 8.20. The ranges of DO in samples are between 6.53 and 7.69 mg/l with the average of 7.23 mg/l. The lowest DO concentration shows in MS-1, probably indicates that discharge of industrial effluents to the estuary. The minimum, maximum and average of EC values are 67.7, 74.4 and 69.64 mS/cm, respectively. The high conductivity is observed from MS-1 to MS-4. Salinity value in the study area indicates the Persian Gulf ranges (41.7-43.1, with an average of 42.7). Vertical profiles of in-situ parameters are presented in Annex D.

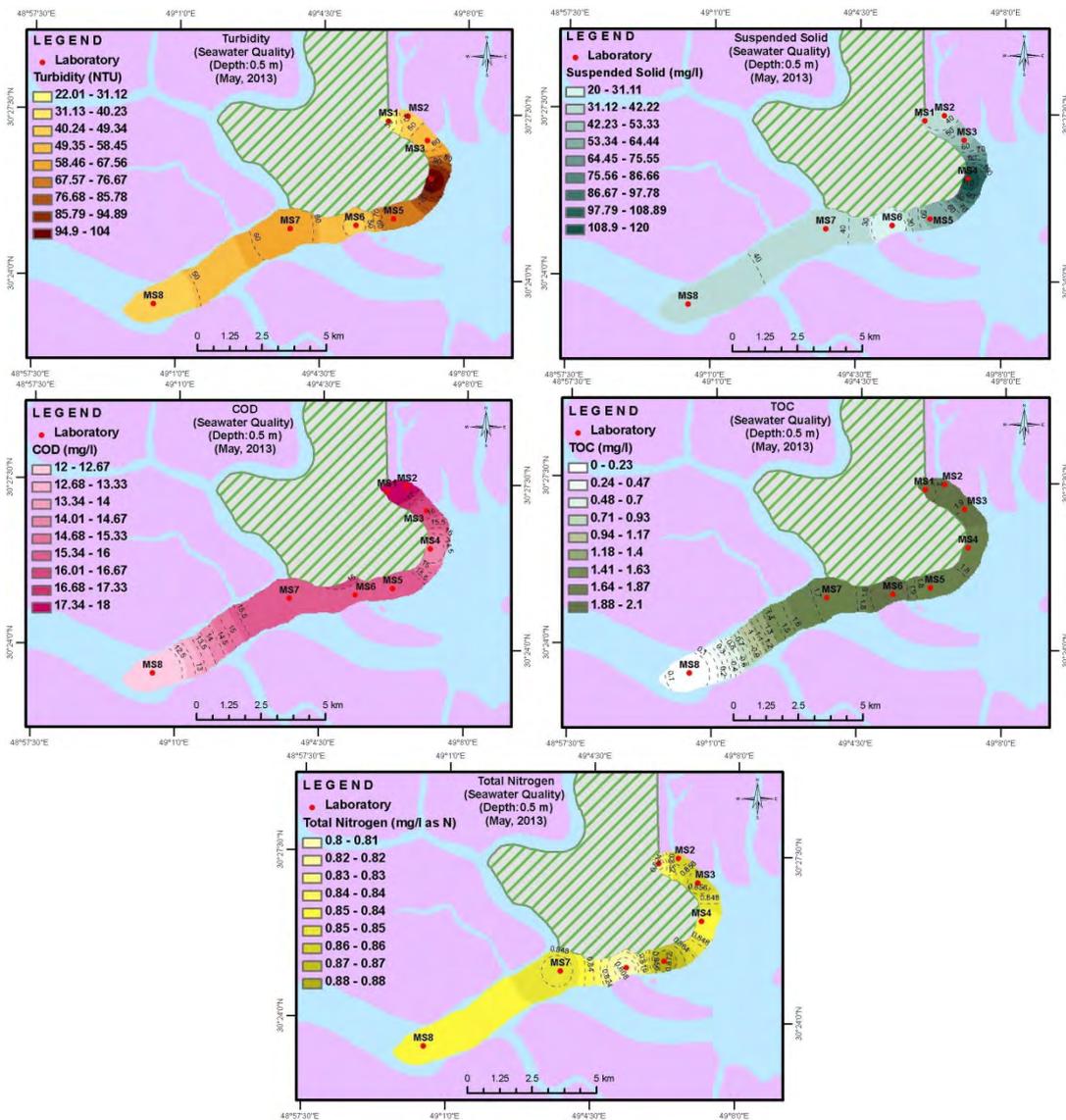


Source: Study team

Figure 3.2.2 Horizontal Distribution of In-situ Parameters

b) Laboratory analysis

Horizontal distribution of the laboratory analysis parameters (laboratory parameters) is shown in Figure 3.2.3. Turbidity in MS-2 (2m below surface) and MS-3 (2m below surface) is more than other stations. It appears that the water turbulence at the near bottom surface is the main factor. Suspended solid in MS-2 (2m below surface) and MS-3 (2m below surface) is turbid much more than other stations. The variation of COD is between 8 and 18 mg/l with the average of 14.7 mg/l. The maximum of TOC is recorded in MS-2 and TOC values show minor variation between stations. The variation of total nitrogen is very low in the area and the average value is 0.83 mg/l as N. Vertical profiles of laboratory parameters are presented in Annex D.



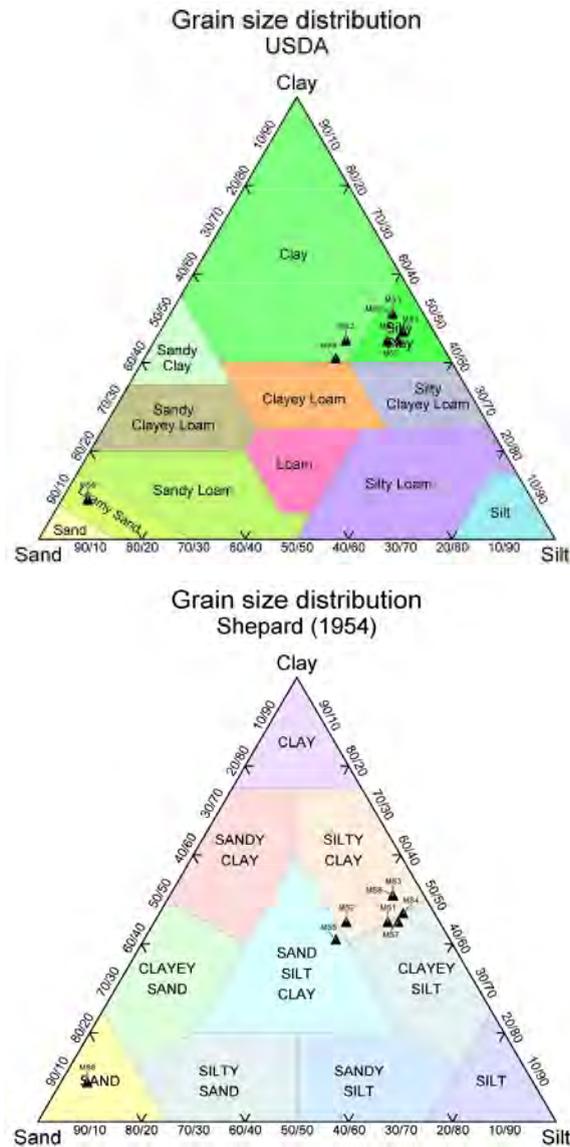
Source: Study team

Figure 3.2.3 Horizontal Distribution of Laboratory Parameters

c) **Sediment texture**

Surface sediments mainly consist of fine materials in the study area (see Figure 3.2.4). According to the USDA classification (Schoeneberger et al., 2002), texture of sediment samples is categorized into Clay (MS-2 and MS-5) and Silty-Clay (MS-1, MS-3, MS-4, MS-7 and MS-8). Particle size distribution shows significantly different in MS-6 that classified as the Loamy-Sand texture.

According to the Shepard classification (Shepard, 1954), the texture of the surface sediment in the survey area is categorized into Silty-Clay (MS-2, MS-3 and MS-8), Clayey-Silt (MS-1, MS-4 and MS-7), Sand-Silt-Calv (MS-5) and Sand (MS-6).



Source: Schoeneberger et al., 2002 and Shepard, 1954

Figure 3.2.4 Classification of Sediments

d) Heavy metals

Summary of the survey results is presented in Table 3.2.2 and raw data is stored in Annex A. data is stored in Annex A.

The result shows that Arsenic (As) in all seawater samples are less than 1 µg/l, while the concentration of As in sediment varies from 0.1 to 2.1 µg/g. The highest concentration is recorded in MS-8, (2.1µg/g), and the second highest station is MS-4 with 1.7µg/g arsenic. The least value of As observed in MS-5 (0.1µg/g). MS-1 and MS-2 show the same concentration and the other sampling points nearly show similar values (See Figure 3.2.6).

Cadmium (Cd) is not detected in seawater samples, but average of cadmium in sediment is 3.8 µg/g (See Figure 3.2.6). MS-6 shows the least concentration of Cd, 3.2 µg/g, and MS-1 shows the maximum concentration, 4.2 µg/g. The order of concentration of Cd in other stations is as follows:

MS-2 (4.0 µg/g) > MS-3 (3.8 µg/g) > MS-4 (3.8 µg/g) > MS-5 (3.4 µg/g) > MS-7 (3.9 µg/g) > MS-8 (3.7 µg/g)

Chromium (Cr) level in sediment is much higher than seawater samples. Cr in seawater samples shows between 0.1 – 0.5 µg/l with the highest concentration in MS-1 and MS-2 at 2m below surface and the lowest concentration in MS-7 and MS-8 at 2m below surface, and 10m below surface of MS-5 and MS-6 (less than 0.1 µg/l). The average concentration of Cr in sediment is 30.9 µg/g, with a maximum in MS-5, 38.2 µg/g and minimum in MS-6, 13.9 µg/g. Cr values for other stations are: MS-1, 35.4 µg/g, MS-2, 34.5 µg/g, MS-3, 34.4 µg/g, MS-4, 32.5 µg/g, MS-7, 31.0 µg/g and MS-8, 27.1 µg/g (See Figure 3.2.6).

Cobalt (Co) concentration in sediment and seawater samples are much different. Co in seawater varies between 0.1 – 1.5 µg/l. MS-1 shows the maximum level of Co, 1.5 µg/l, and the minimum is observed in MS-8 at 10m below the surface, 0.1 µg/l. The level of cobalt decreases from MS-1 to MS-8 (See Figure 3.2.5). The average concentration of Co in sediment is 22.3 µg/g, with a maximum in MS-1, 37.7 µg/g and minimum in MS-6, 12.5 µg/g. Co values for other stations are: MS-2, 18.9 µg/g, MS-3, 22.0 µg/g, MS-4, 23.9 µg/g, MS-5, 18.9 µg/g, MS-7, 23.1 µg/g, and MS-8, 21.6 µg/g (See Figure 3.2.6).

Copper (Cu) in seawater ranges 0.1- 0.5 µg/l. MS-8 at 10m below the surface shows the minimum level of Cu, 0.1 µg/l, and MS-1, MS-2 (2m below surface) and MS-5 (all depths)

show maximum concentration, 0.5 µg/l (See Figure 3.2.5). The average concentration of Cu in sediment is 16.1 µg/g, with a maximum in MS-1, 26.4 µg/g, and the minimum in MS-6, 3.2 µg/g. Cu values in other stations are: MS-2, 18.0 µg/g, MS-3 and MS-4, 19.1 µg/g, MS-5, 12.6 µg/g, MS-7, 17.4 µg/g and MS-8, 13.3 µg/g (See Figure 3.2.6).

The concentration of Iron (Fe) in seawater and sediment varies with a big difference. Fe level ranges from 0.01 to 0.03 mg/l in seawater samples (See Figure 3.2.5), while sediments show average 16.1 mg/g. The maximum concentration of iron is observed in MS-1, 22.4 mg/g. MS-6 shows the lowest level of Fe, 6.8 mg/g. Fe values in other stations are: MS-2, 16.9 mg/g, MS-3, 17.5 mg/g, MS-4, 17.3 mg/g, MS-5, 15.7 mg/g, MS-7, 17.2 mg/g and MS-8, 14.7 mg/g (See Figure 3.2.6).

Nickel (Ni) in seawater ranges 2.0- 4.3 µg/l. MS-6 at 2m below surface shows the maximum level of Ni, 4.3 µg/l, while 2.3 µg/l in 0.5m below the surface and 2.9 µg/l in 10m below surface, respectively. On the other hand, stations MS-8 show the minimum level of Ni at 10m below surface, 2.0 µg/l. MS-2 and MS-7 show the second greatest Ni concentration, average 3.3 µg/l (See Figure 3.2.5). The average concentration of Ni in sediment is 105 µg/g with a maximum in MS-1, 187 µg/g, and minimum in MS-6, 31 µg/g. Ni values in other stations are: MS-2, 102 µg/g, MS-3, 108 µg/g, MS-4, 106 µg/g, MS-5, 95 µg/g, MS-7, 112 µg/g and MS-8, 97 µg/g (See Figure 3.2.6).

Lead (Pb) in seawater ranges between 0.1 to 1.2 µg/l. MS-7 and MS-8 in 10m below surface show the minimum level of Pb, less than 0.1 µg/l, and MS-2 (2m below surface) and MS-7 (0.5m below surface) show the maximum concentration, 1.2 µg/l. The second greatest concentration is observed in MS-4, 1.1 µg/l (See Figure 3.2.5). The average concentration of Pb in sediment is 28.4 µg/g, with a maximum in MS-6, 29.7 µg/g and minimum in MS-5, 25.6 µg/g. Pb values in other stations are: MS-1, 27.8 µg/g, MS-2 and MS-3, 29.1 µg/g, MS-4, 29.6 µg/g, MS-7, 28.4 µg/g and MS-8, 28.0 µg/g (See Figure 3.2.6).

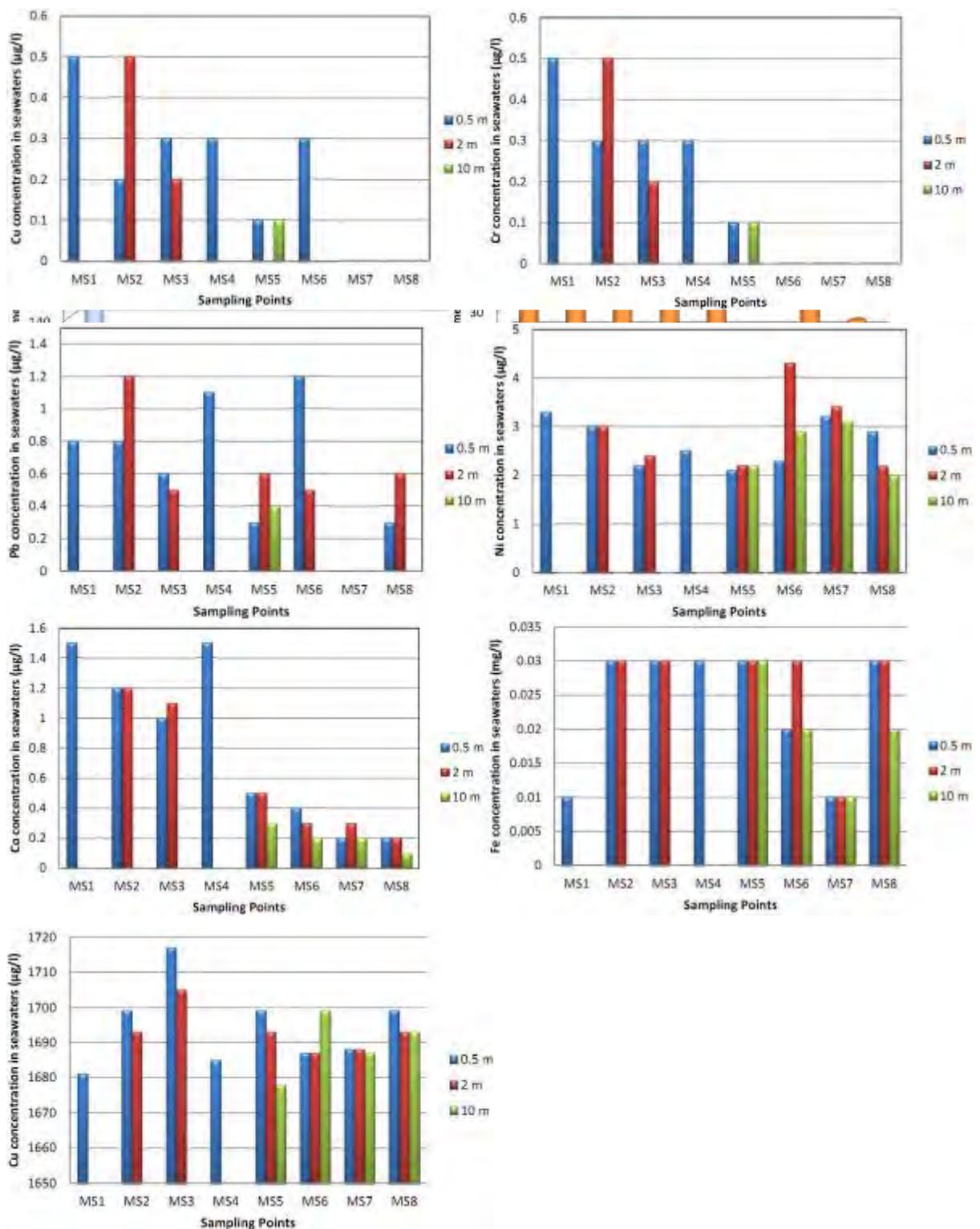
The result showed that Zinc (Zn) in all seawater samples is less than 0.01 mg/l, while the concentration of Zn in sediment varies. The average concentration of Zn in sediment is 86.0 µg/g, with a maximum in MS-1, 118 µg/g, and minimum in MS-6, 46.0 µg/g. Zn values in other stations are: MS-2, 109 µg/g, MS-3, 103 µg/g, MS-4, 115 µg/g, MS-5, 63.0 µg/g, MS-7, 70.0 µg/g and MS-8, 64.0 µg/g (See Figure 3.2.6).

Seawater samples are free of Manganese (Mn), less than 0.1 µg/l. While sediments show a much higher concentration of Mn. The average concentration of Mn in sediment is 434 µg/g with a maximum in MS-7, 510 µg/g, and minimum in MS-6, 239 µg/g. Mn values in other stations are: MS-1, 458 µg/g, MS-2, 451 µg/g, MS-3, 463 µg/g, MS-4, 454 µg/g, MS-5, 443 µg/g and MS-8, 457 µg/g (See Figure 3.2.6).

Methyl Mercury (Me-Hg) and Mercury (Hg) in seawater samples are less than 1 µg/l. Also, Me-Hg in sediment samples is less than 0.01 µg/g, except MS-1 with 0.16 µg/g. While Hg in sediment is not detected in MS-5, MS-6, MS-7 and MS-8, MS-1 to MS-4 show different concentration of Hg. Maximum Hg is observed in MS-1, 0.16 µg/g, and minimum Hg is in MS-2 and MS-4, 0.07 µg/g. Hg concentration in MS-3 is 0.15 µg/g (See Figure 3.2.6).

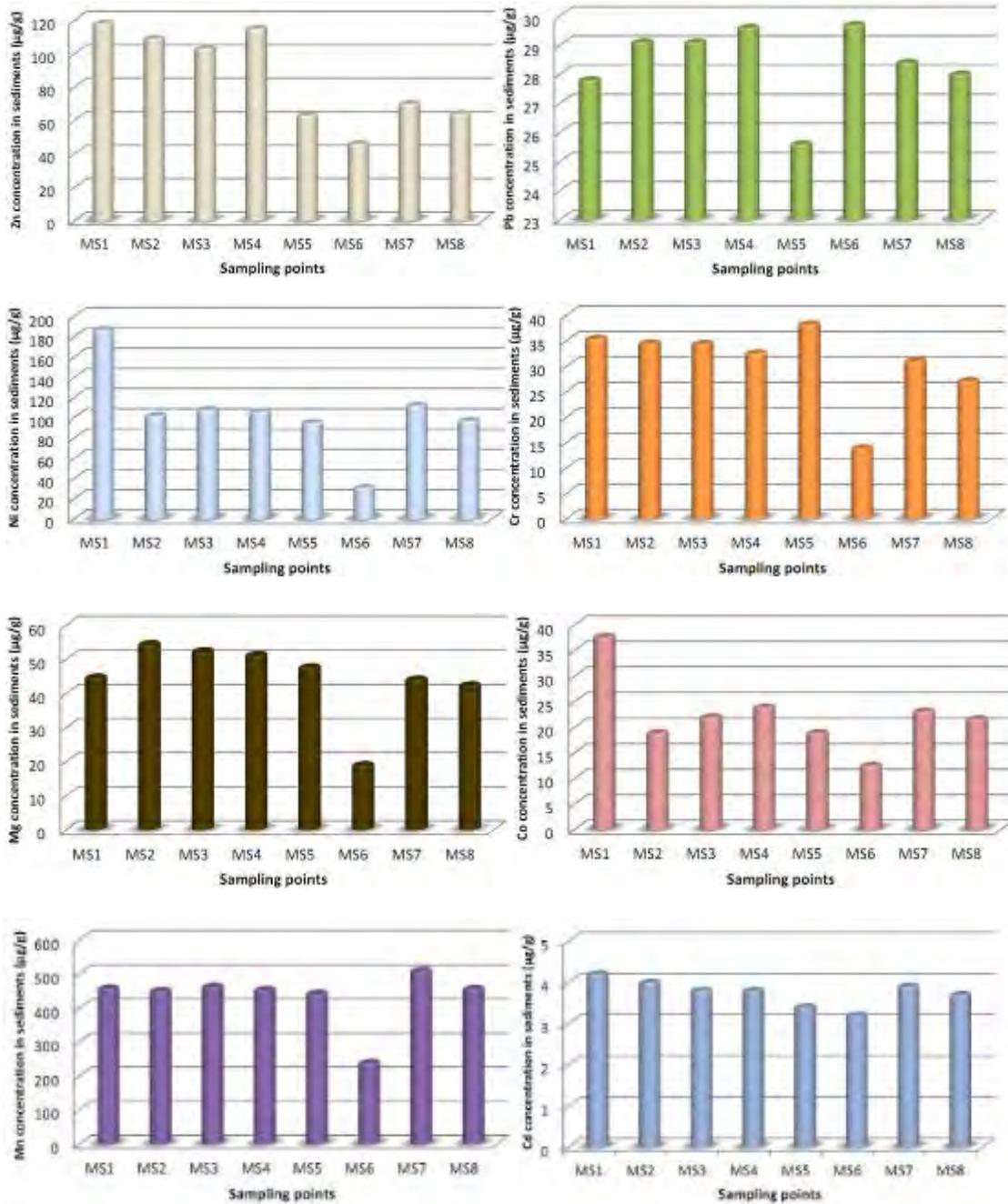
The concentration of Aluminum (Al) in seawater and sediment samples is not on the same scale because of erratic changes in concentration values in sediment. Seawater samples show less than 0.1mg/l Al, while sediments show average 9.7 mg/g. Maximum concentration of Al is observed in MS-4, 11.6 mg/g. MS-6 shows the lowest level of Al, 3.2 mg/g. All values in other stations are: MS-1, 11.2 mg/g, MS-2, 11.0 mg/g, MS-3, 11.3 mg/g, MS-5, 9.8 mg/g, MS-7, 10.1 mg/g and MS-8, 9.0 mg/g (See Figure 3.2.6).

Magnesium (Mg) concentration in seawater samples ranges from 1717 to 1681 mg/l. MS-1 show minimum level of Mg, 1681 mg/l and MS-3 at 0.5 m below surface show the maximum concentration of Mg, 1717 mg/l. 2m below surface at MS-3 shows 1705 mg/l. The concentration of Mg in other station are: MS-2 at 0.5m below surface, 1699mg/l, at 2m below surface, 1693mg/l, MS-4, 1685 mg/l, MS-5 at 0.5m below surface, 1699mg/l, at 2m below surface, 1693mg/l, at 10m below surface, 1687mg/l, MS-6 at 0.5m and 2m below surface, 1687mg/l, at 10m below surface, 1699 mg/l, MS-7 at 0.5m and 2m below surface, 1688mg/l, at 10m below surface, 1687 mg/l and MS-8 at 0.5m below surface, 1699mg/l, at 2m and 10m below surface, 1693mg/l (See Figure 3.2.5). The average concentration of Mg in sediment is 44.6 mg/g. Maximum level of Mg is observed in MS-2, 54.6 mg/g, and MS-6 show the minimum concentration, 19.1 mg/g. Other stations show various concentrations of Mg; MS-1, 44.8 mg/g, MS-3, 52.5 mg/g, MS-4, 51.4 mg/g, MS-5, 47.8mg/g, MS-7, 44.2 mg/g and MS-8, 42.5 mg/g (See Figure 3.2.6).



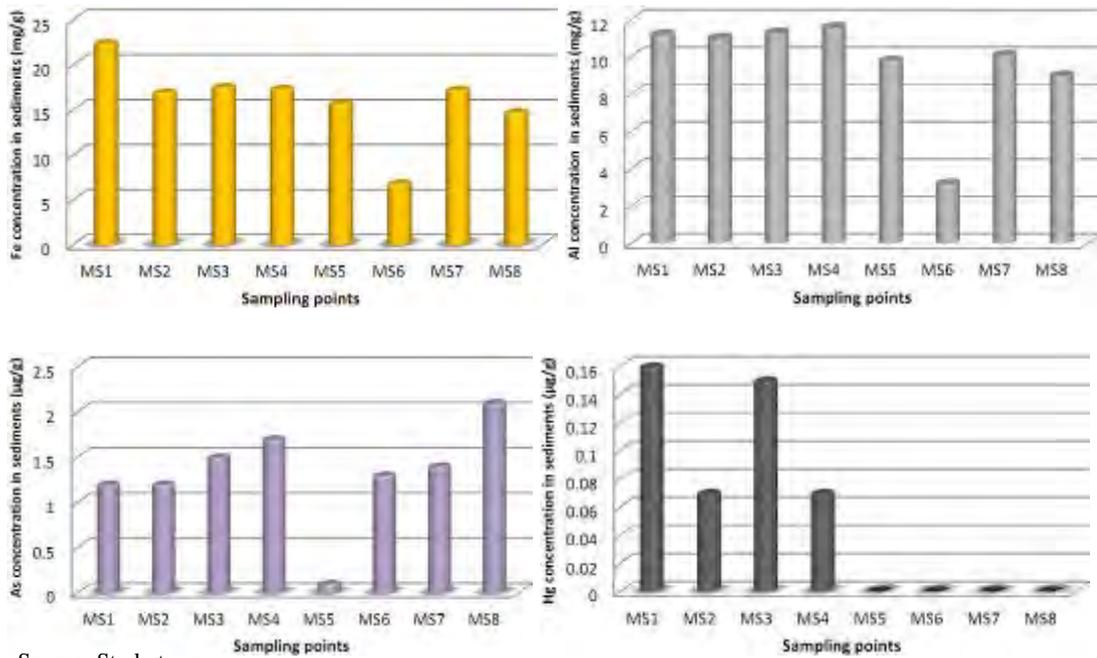
Source: Study team

Figure 3.2.5 Heavy Metal Concentrations in Seawater Samples



Source: Study team

Figure 3.2.6 (1) Heavy Metal Concentrations in Sediment Samples



Source: Study team

Figure 3.2.6 (2) Heavy Metal Concentrations in Sediment Samples

The average concentrations of trace elements and heavy metals in the study area (May 2013) and their concentration in seawater in south Persian Gulf countries including Bahrain, UAE, Oman, Saudi Arabia and also average concentration of trace elements in natural seawaters (Kabata-Pendias and Pendias, 1999) are shown in Table 3.2.3. The maximum concentrations of Cu and Zn, Fe, Hg and Pb, and Cd are recorded in UAE, Saudi Arabia, Bahrain and Oman, respectively. Each element shows minor variation in concentrations (with the exception of Pb, Co and Ni), with low standard deviations.

By comparing with the natural seawaters (Kabata-Pendias and Pendias, 1999), the average concentrations of Co, Cu, Fe, Ni and Pb are higher than the average concentrations of trace elements in natural seawaters (See Figure 3.2.7). 100% of the total of seawater samples at all depths for Co, Fe and Ni, 67% for Pb, 28% for Cu, and 11% for Cr exceed the average concentration of natural seawaters (See Figure 3.2.8). Thus, Co, Fe, Ni, Pb, Cu and Cr are the major pollutants in the study area may pose health risk of aquatic life and the residents in the area and the water receiving areas.

Table 3.2.3 Comparison of Heavy Metals Concentration in Seawater between the Study Area and Other Persian Gulf Countries

Parameter	Unit	Study Result			Bahra in ^A	UAE A	Oman A	Saudi Arabi a ^A	CCM E ^B	Mahs hahr ^C	Seaw ater ^D
		Min	Max	Mean							
Al	mg/	<0.	<0.	<0.1	---	---	---	---	---	---	0.002
As	μ/L	<1	<1	<1	---	---	---	---	12.5	<5	7
Cd	μ/L	<0.	<0.	<0.1	11-16	<2-12	30	0.31-	0.12	<10	0.1
Cr	μ/L	<0.	0.5	0.29	---	---	---	---	56 as	<10	0.3
Co	μ/L	0.1	1.5	0.61	---	---	---	---	---	<10	0.01
Cu	μ/L	<0.	0.5	0.28	20-30	80-	130	0.9-	---	<10	0.2
Fe	mg/	0.0	0.0	0.02	---	---	---	0.01-	---	0.038-	0.001
Hg	μ/L	<1	<1	<1	10-25	9-20	7	---	0.016	<2	0.02
Mn	μ/L	<0.	<0.	<0.1	---	---	---	---	---	---	0.2
Ni	μ/L	2.0	4.3	2.73	---	---	---	0.52-	---	<20	0.5
Pb	μ/L	0.3	1.2	0.68	20-	30-60	30	0.01-	---	<20	0.03
Zn	mg/	<0.	<0.	<0.0	0.06-	0.002-	0.4	0.005-	---	---	0.002

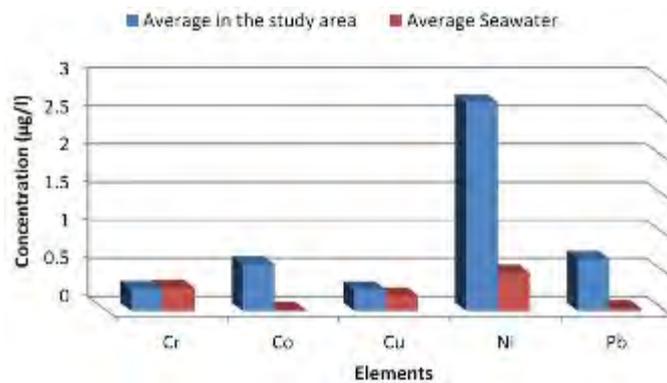
Source:

A: Heavy metal concentrations of seawater in south of Persian Gulf (Marine Pollution Bul., 1997).

B: Canadian Council of Ministers of the Environment 1999.

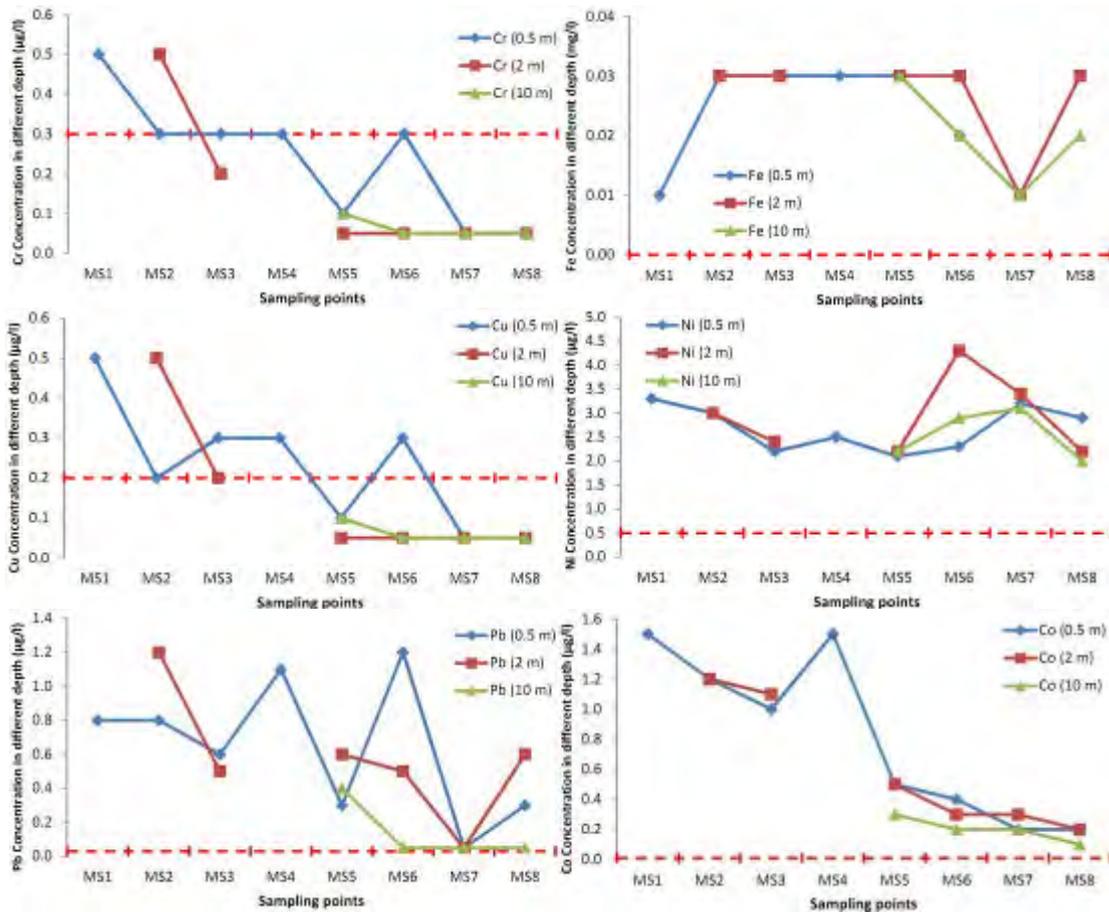
C: Heavy metal concentrations in sediment of PETZONE, 2008.

D: Mean concentrations of trace elements in natural seawater (Kabata-Pendias and Pendias, 1999)



Source: Kabata-Pendias and Pendias, 1999

Figure 3.2.7 Average Concentration of Cr, Co, Cu, Ni and Pb in the Study Area and Natural Seawater



Source: The study team and Kabata-Pendias and Pendias, 1999
 The red dash line shows the average concentration in natural sea water.

Figure 3.2.8 Heavy Metal Concentration in Each Survey Point

The water quality guidelines for protection of aquatic life (CCME¹) specifies only As, Cd, Cr³⁺ and Hg. The concentrations of these elements in the study area are lower than CCME standard.

The range and average concentrations of trace and heavy metals in the surface sediment expressed on a dry-weight are summarized in Table 3.2.2. This leads to the following ranking based on the concentrations:

Al>Fe>Mn>Ni>Zn>Cr>Pb>Co>Cu>Cd>As>Hg

The average concentrations of trace elements and heavy metals in sediment samples of the study area (May 2013) and their concentration in sediment of south Persian Gulf countries (ROPME, 1998-2000) including Bahrain, UAE, Oman, Saudi Arabia, Qatar, Kuwait and also mean concentrations of trace elements in continental crust (Mason and Moore, 1995; Reimann and Caritat, 1998) are presented in Table 3.2.4 and Figure 3.2.9. The maximum concentrations of

¹ CCME: Canadian Council of Ministers of the Environment

Cd, Co, Cr and Zn are recorded in Kuwait, Ni in Oman, Pb in Bahrain, and Al, Fe and Cu in continental crust. As and Hg concentrations are not measured in ROPME project, whereas in this study, Hg concentration is higher than average of continental crust.

Table 3.2.4 Comparison of Heavy Metal Concentration in Sediment between the Study Area and Other Persian Gulf Countries

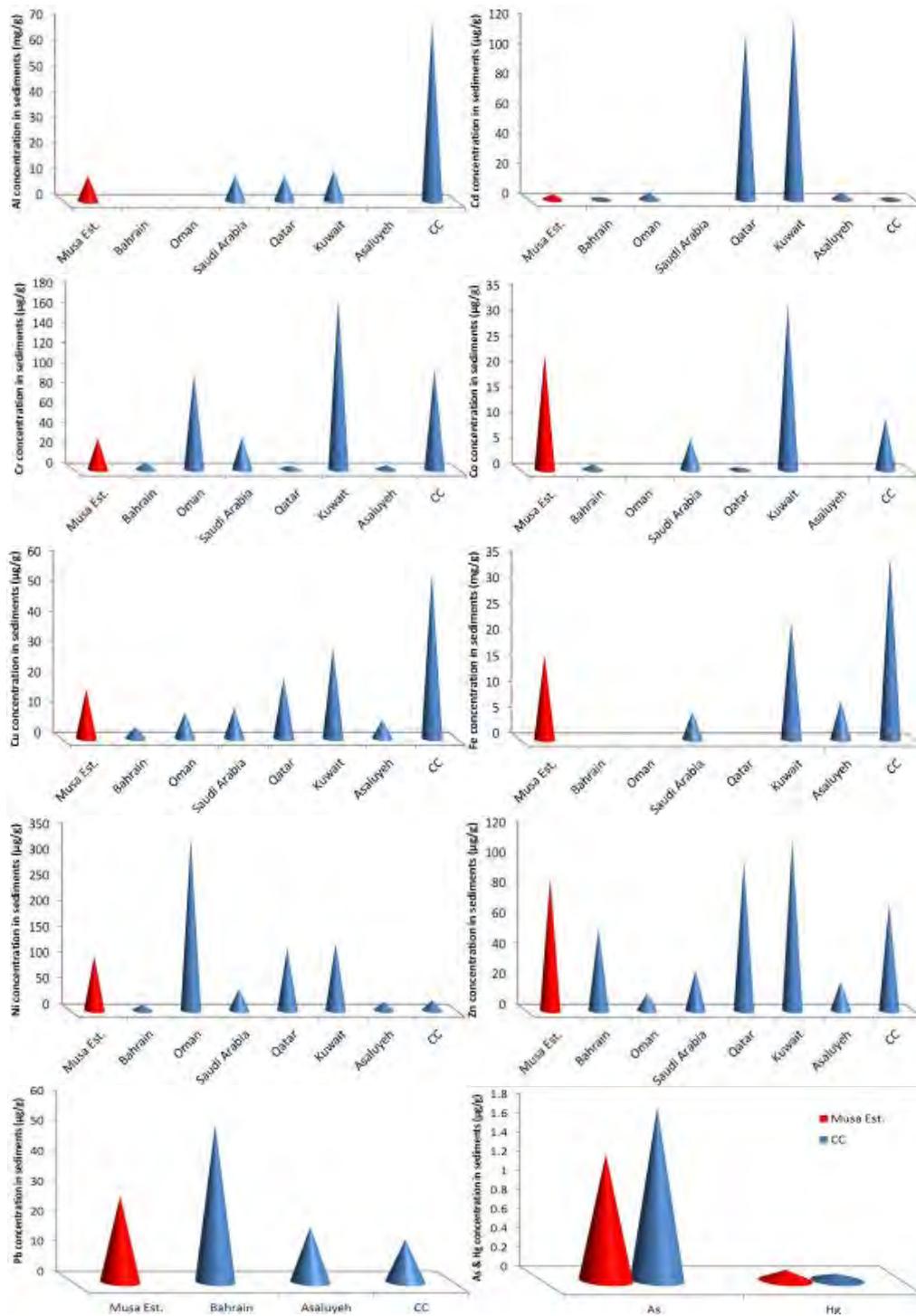
Parameters	Unit	Study Result			Bahrain ^A	Oman ^A	Saudi Arabia ^A	Qatar ^A	Kuwait	Asaluyeh ^A	Continental Crust ^B	Mahsahr ^C
		Min	Max	Mean								
Al	mg/g.	3.20	11.6	9.65	---	---	10 ^A	9.8 ^A	12 ^A	---	69	---
As	µg/g.	0.10	2.10	1.31	---	---	---	---	---	---	1.8	3.6-
Cd	µg/g.	3.20	4.20	3.75	0.1 ^A	4.82	---	110 ^A	120	5.1 ^A	0.1	<1
Cr	µg/g.	13.9	38.2	30.8	7 ^D	95.4	32.3	3.8 ^D	170 ^D	4.3 ^A	100	69-
Co	µg/g.	12.5	37.7	22.3	1.2 ^D	---	6 ^D	0.5 ^D	32.2	---	10	11-
Cu	µg/g.	3.20	26.4	16.1	3.9 ^D	8.7 ^A	9.9 ^D	20 ^A	30	6.1 ^A	55	22-
Fe	mg/g.	6.80	22.4	16.0	---	---	5.3 ^D	---	22.6	7.3 ^A	35	23-
Hg	µg/g.	<0.0	0.16	0.11	---	---	---	---	---	---	0.07	0.05-
Mn	µg/g.	239.	510.	434.	---	---	---	---	---	---	900	---
Ni	µg/g.	31.0	187.	104.	10.9	329.5	41.6	120 ^A	130	17 ^A	20	70-
Pb	µg/g.	25.6	29.7	28.4	52 ^A	---	---	---	---	18.1	14	11-
Zn	µg/g.	46.0	118.	86.0	54 ^A	11.3	26.3	98 ^A	112	19.3	70	50-

Source:

A: Heavy metal concentrations of sediment of Persian Gulf (ROPME, 1998-2000).

B: Mason and Moore, 1995; Reimann and Caritat, 1998.

C & D: Heavy metal concentrations in sediment of PETZONE, 2008.

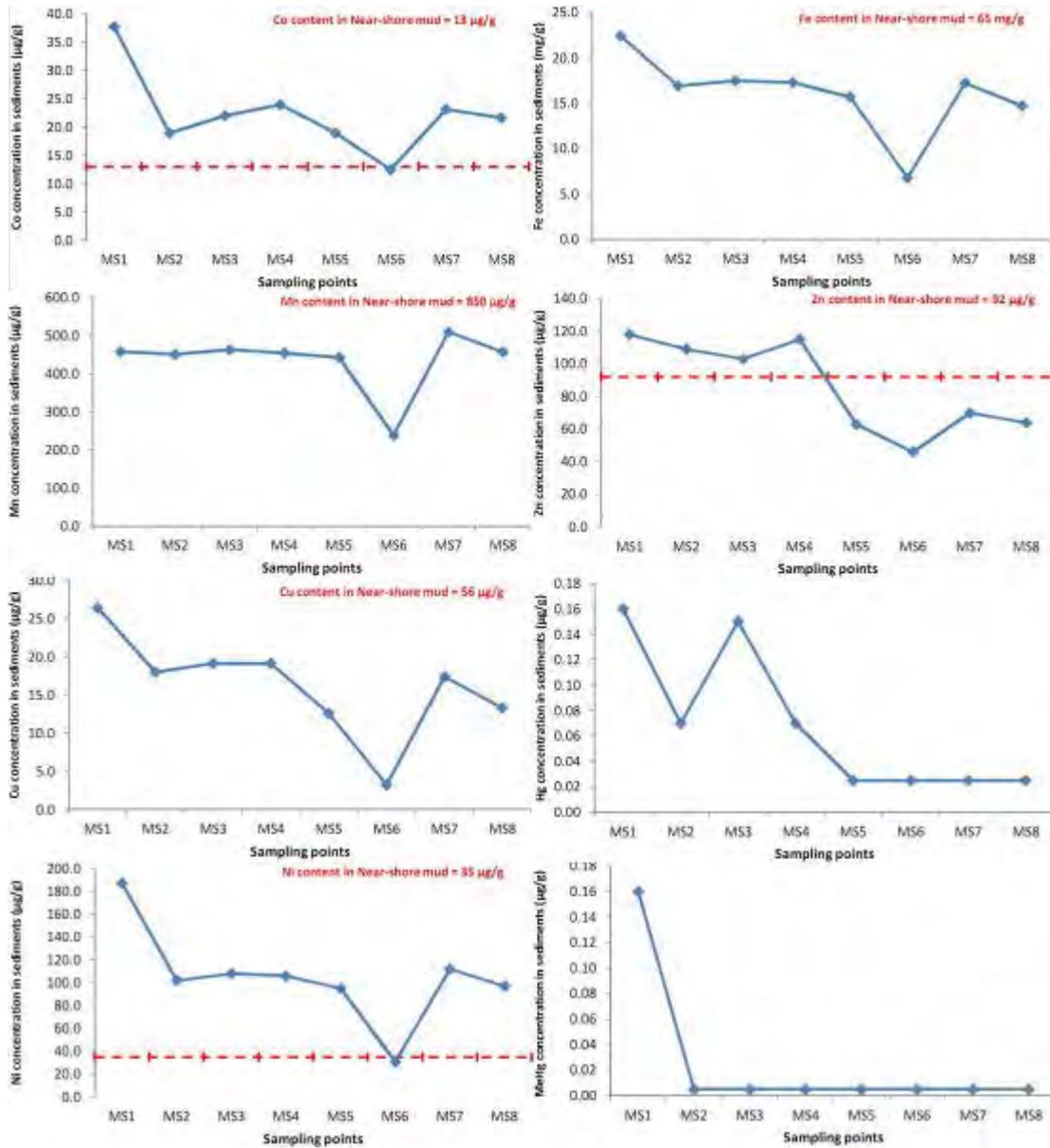


Source: ROPME, 1998-2000, Mason and Moore, 1995, Reimann and Caritat, 1998

Figure 3.2.9 Comparison of Heavy metal Concentration in Sediment between Different Study

In order to observe the accumulation pattern of elements in sediment, the metal concentrations in each sampling points are shown in Figure 3.2.10. The patterns of Mn, Cu, Ni, Fe, Al, Cd and Cr variation in sediment are similar and comparable, whereas Co, Zn, Hg, Me-Hg, As and Pb show different patterns.

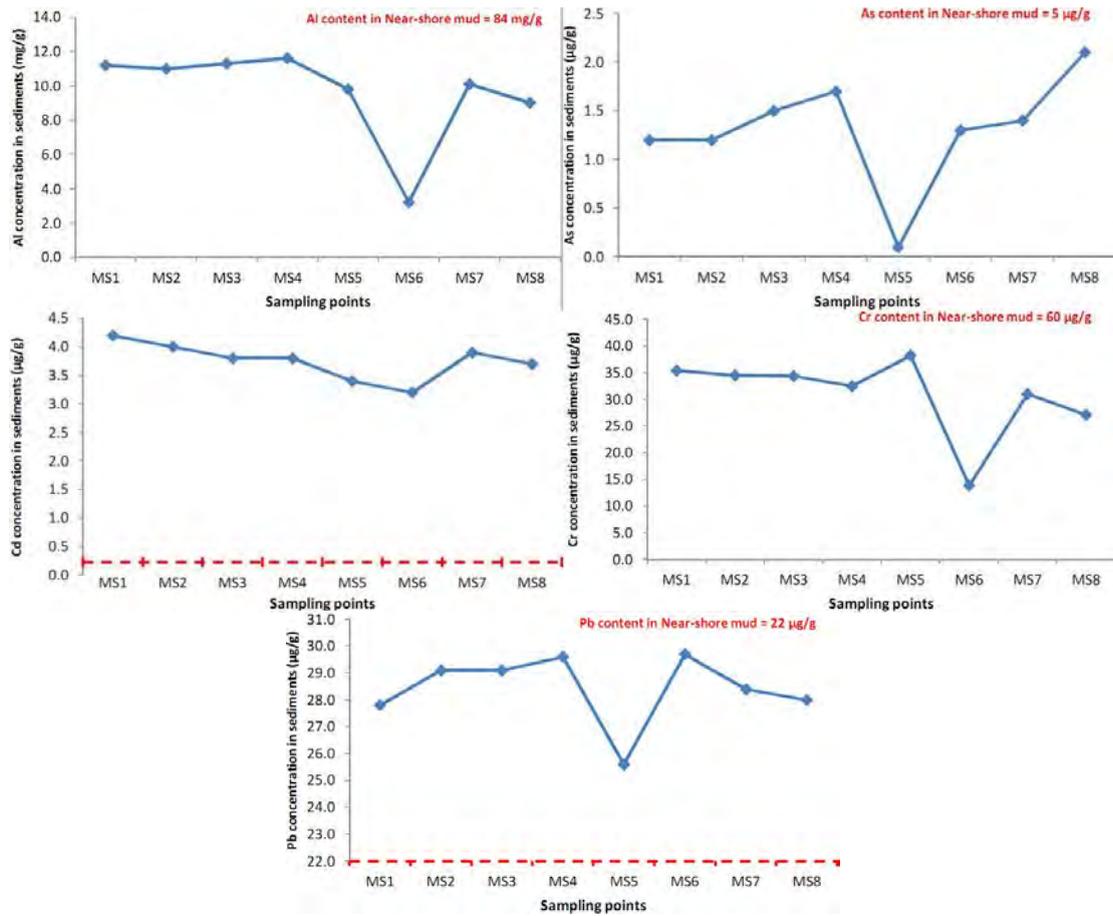
Horizontal distributions of heavy metals in seawater and sediment are shown in Figure 3.2.11 and Figure 3.2.12 respectively.



Source: Study team, ROPME, 1998-2000, Mason and Moore, 1995, Reimann and Caritat, 1998

The red dash line shows the average concentration in continental crust.

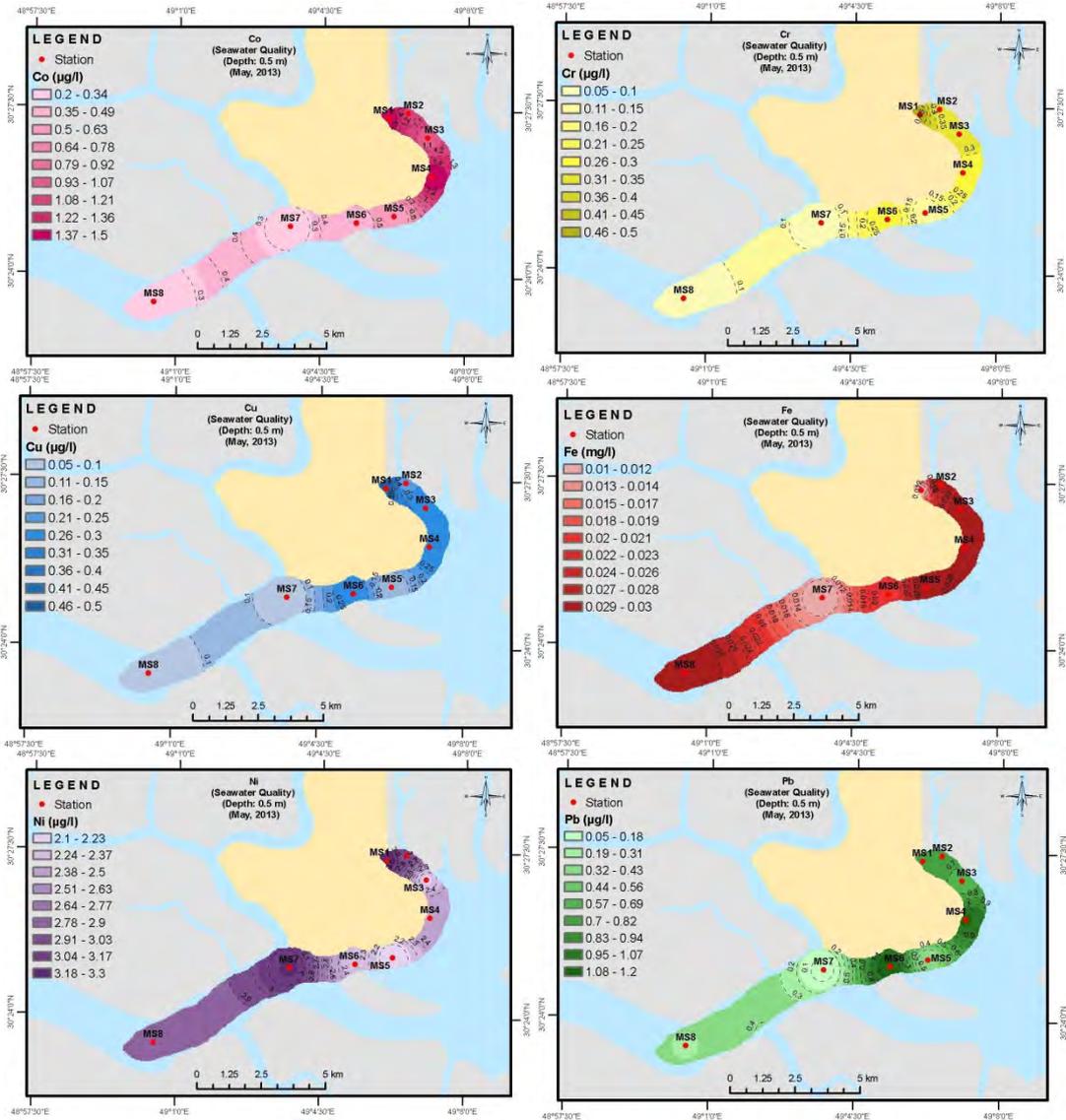
Figure 3.2.10 (1) Trace and Heavy Metal Concentration in Each Sampling Point



Source: Study team , ROPME, 1998-2000, Mason and Moore, 1995, Reimann and Caritat, 1998

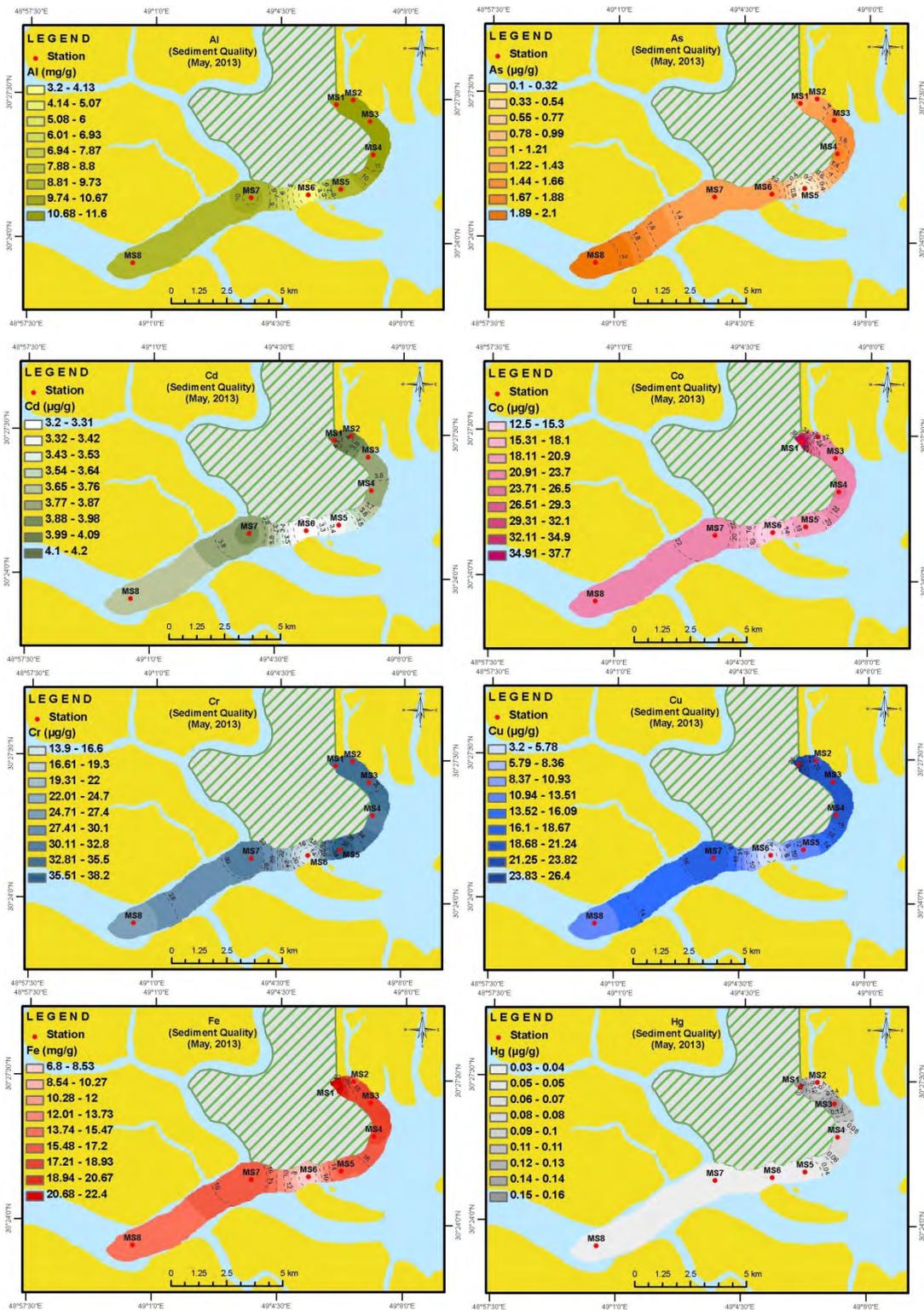
The Red dash line shows the average concentration in continental crust.

Figure 3.2.10 (2) Trace and Heavy Metal Concentration in Each Sampling Point



Source: Study team

Figure 3.2.11 Horizontal Distribution of Heavy Metal Concentration in Seawater (0.5 m).



Source: Study team

Figure 3.2.12 Horizontal Distribution of Heavy Metal Concentration in Sediment

In order to detect the pollution level in sediment of the study area (PETZONE) and to detect the impact to aquatic life and especially benthic organisms, the concentrations of elements

detected in this study were compared with the Effects Range Low (ERL) and the Effects Range Medium (ERM) values by NOAA Marine Sediment Quality Guideline and the Threshold Effect Level (TEL) and the Probable Effect Level (PEL) by the Canadian Interim Marine Sediment Quality Guideline (ISQG, CCME, 2002) (See Table 3.2.5). The TEL is the level below which adverse effects rarely occurred and the PEL is the level above which adverse effects frequently occurred.

In this study, the maximum and the average concentration of As, Cr, Pb and Zn in sediment do not exceed the sediment quality guidelines (ISQG/TEL) and pose no environmental concerns.

Cu concentrations in sediment in three sampling points exceed the ISQG/TEL. Relatively higher Cu levels in some stations (MS-1, MS-3 and MS-4) might be originated from discharges of wastewater in Mahshahr petrochemical zone.

Sediment quality guideline and the TEL do not specify the Mn concentration, but the concentration of Mn in two sampling stations (MS3 and MS7) is higher than the ERL that should be taken into consideration.

However the concentrations of Hg in all sediment samples are lower than the ERM and the ERL, while two sampling points (MS1 and MS3) are higher than ISQG/TEL.

The concentrations of Ni and Cd in all sediments are higher than the TEL and the ERL. Moreover, the Ni concentration in seven sampling points is greater than the ERM that can be harmful to benthic organisms. Nickel has a high natural background in this mineral-rich region. A part of the high level of Ni in the sediment might be originated from natural mineralization of ophiolitic rocks (De Mora et al., 2004). High nickel concentrations in sediment samples and lower concentration of Cr and Co in sediment indicate that there is some other source of nickel in the study area. Concentrations of cobalt in five sampling stations were higher than freshwater sediments (20 µg/g; Canadian Technical Report. 2004).

Comparing the element concentration in eight sampling stations, it is understood those are relatively higher than in similar areas. Maximum levels of Co, Ni, Cu, Fe, Hg, Zn, Cd and Me-Hg are observed at MS-1. Maximum levels of Al, Cr, Pb, Mn and As are observed in MS-4, MS-5, MS-6, MS-7 and MS-8 sampling points, respectively. In this comparison, elevated levels do not indicate whether there are potential toxicological concerns associated with these levels for Al, Fe, As, Cr, Cu, Hg, Pb and Zn.

Table 3.2.5 Comparison of Sediment Concentration between the Survey Result and the Guideline Values by NOAA and ISQGs Marine Sediment Quality Guideline

Elements	Average in this study	ISQG/TE	ERL	ERM	PEL	Near-shore
Al (mg/g)	9.65	---	---	---	---	84
As (µg/g)	1.31	7.24	8.2	70	41.6	5
Cd (µg/g)	3.75	0.7	1.2	9.6	4.2	---
Cr (µg/g)	30.88	52	81	370	160	60
Co (µg/g)	22.33	---	---	---	---	13
Cu (µg/g)	16.14	18.7	34	270	108	56
Fe (mg/g)	16.06	---	---	---	---	65
Hg (µg/g)	0.11	0.13	---	---	0.7	---
Mn (µg/g)	434.38	---	460	1100	---	850
Ni (µg/g)	104.75	< 20	21	52	>50	35
Pb (µg/g)	28.41	30.2	47	220	112	22
Zn (µg/g)	86.00	124	---	---	271	92

Source: NOAA Marine Sediment Quality Guideline

Canadian Interim Marine Sediment Quality Guideline (ISQG, CCME, 2002)

Note: * Average concentration of trace elements in near-shore muds (Martin and Whitfield 1983)

ERL: Effects Range Low

ERM: Effects Range Medium

TEL: Threshold Effect Level

PEL: Probable Effect Level

SQG: Sediment Quality Guidelines (CCME, 2002)

3.3 Survey in June 2013

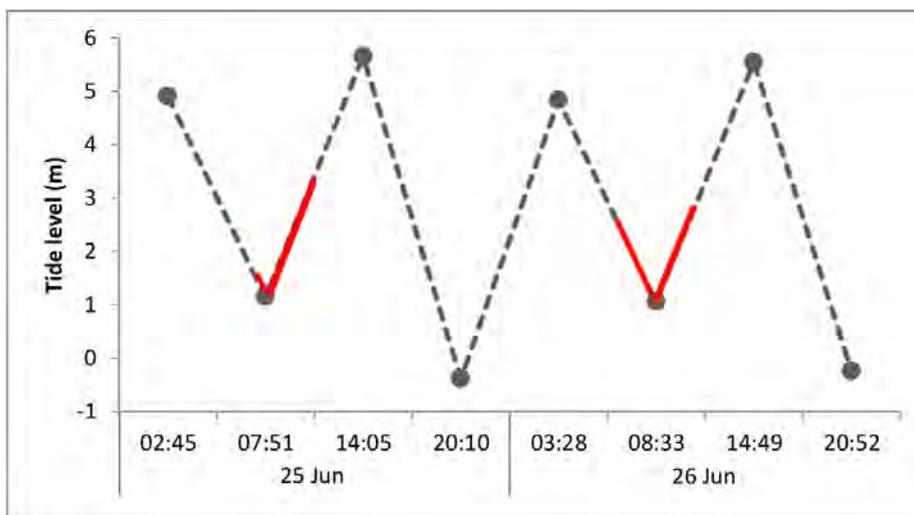
3.3.1 Survey Timing

Table 3.3.1 shows the timetable of the survey and Figure 3.3.1 shows the tide timing of the survey, respectively.

Table 3.3.1 Time Table of the Survey (Jun., 2013)

Date	Time	Site	Note
Tuesday, 25 June 2013	7 to 11	MS-4 to MS-4	Water sampling & in-situ monitoring
Wednesday, 26 June 2013	7 to 12	MS-5 to MS-8	

Source: Study team



Source: Tide table (<http://www.iranhydrography.org/default.asp>)

Red line shows the timing of the survey

Figure 3.3.1 Tide Timing at the Survey (June, 2013)

3.3.2 Result of the Survey

Summary of the survey results is shown in Table 3.3.2 and raw data is stored in Annex A.

Table 3.3.2 Summary of the Survey Result

Survey date: Jun. 25-26, 2013

Category	Parameter	Unit	Environmental standard (*1)	Jun		
				Min	Max	Ave
Water quality (Field measurement)	Water temperature	°C	(*2)	28.5	30.9	29.2
	Salinity	-	(*3)	42.90	44.60	43.95
	Conductivity	mS/cm		71.6	73.6	72.9
	pH	-	6.5-9.0	8.37	8.46	8.42
	DO	mg/L	> 3 (*4)	6.49	7.58	7.31
Water quality (Analysis: general parameters)	Turbidity	NTU		25	231	127
	Suspended solid	mg/L	(*5)	20	240	121
	COD	mg/L as O ₂	5	12	24	14
	TOC	mg/L as C		1.7	3.6	2.1
	Oil contents	mg/L	(*6)	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	Coliform bacteria (*10)	MPN Index/100ml	500 (*7)	<2	<2	<2
	Total nitrogen	mg/L as N	0.4 (*8)	0.36	0.93	0.67
Total phosphorous	mg/L as P	0.045 (*9)	<0.2	<0.2	<0.2	

Source: Study team

Note: Red letter means excess of the standard/criteria value

*1: Standard for Ambient Water in Persian Gulf and Oman Sea (draft), Class 6: Industrial zone or Port, DOE.

*2 Water temperature: ± 3 of natural temperature of receptive source

- *3 Salinity: It should be no more than 10 percent of minimum natural salinity of the region.
- *4 DO: 40% of Saturation
- *5 Suspended Solid: Its increase should not be more than its daily, monthly, annual average considering standard deviation.
- *6 Oil contents: There should be no oil layer, foam visible on its surface.
- *7 Coliform bacteria: Fecal coliform should be less than 100 CFU/100ml.
- *8 Total nitrogen: The value of Nitrate-nitrogen is used in this table.
- *9 Total phosphorous: The value of Phosphate-phosphorus is used in this table.
- *10 Total coliform was analyzed in Apr., May, Jun. and Aug-1, while fecal coliform analyzed in Aug-2, Sep. and Oct.

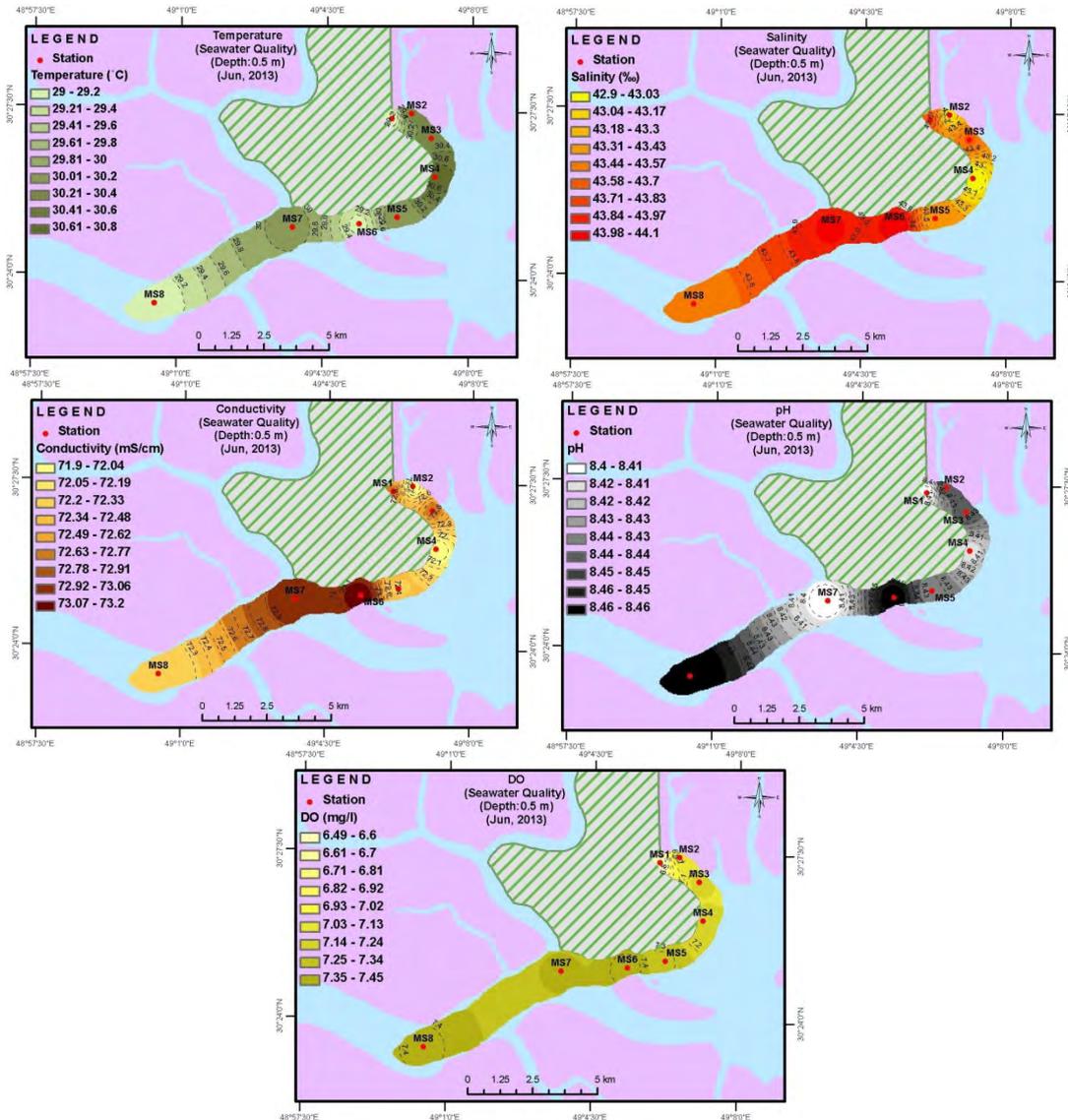
3.3.3 Discussion

a) Field measurement

Horizontal distribution of the field measurement parameters (in-situ parameters) are shown in Figure 3.3.2.

The water temperature ranges from 28.5–30.9 °C with an average of 29.26 °C. The pH of seawater samples varies between 8.37 and 8.46 with an average of 8.42 during this period. The variation of EC and salinity are minor, ranging between 71.6 and 73.6 mS/cm (average=72.89 mS/cm), and 42.9 and 44.6 (average=43.94), respectively. Dissolved oxygen ranges 6.49–7.58 mg/l. The lowest DO shows at MS-1, suggesting the possibility of influence from discharge of industrial effluents in the study area.

Vertical profiles for in-situ parameters are shown in Annex D.



Source: Study team

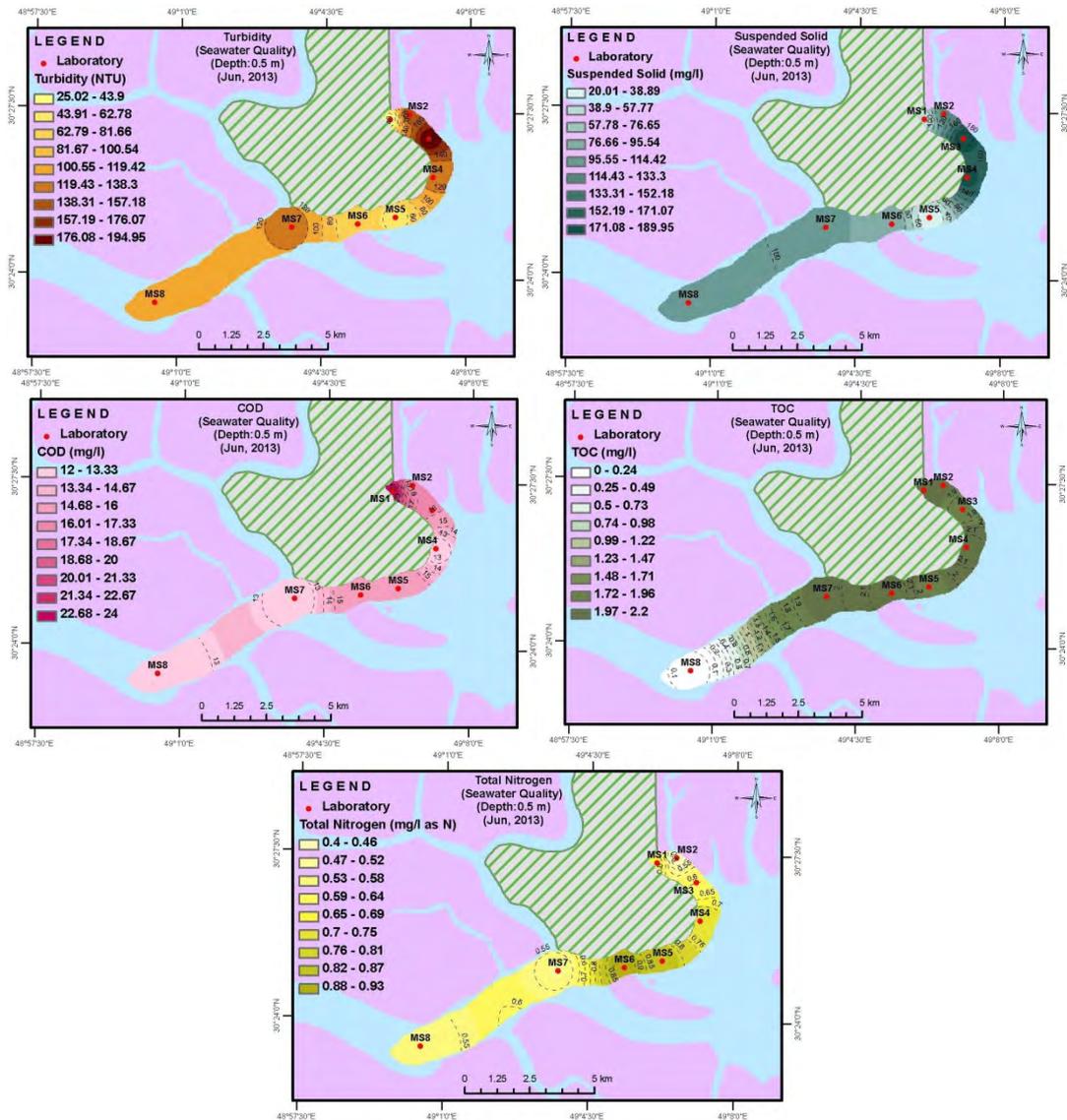
Figure 3.3.2 Horizontal Distribution of In-situ Parameters

b) Laboratory analysis

Horizontal distribution of the parameters of laboratory analysis is shown in Figure 3.1.3.

Turbidity in MS-2, MS-3 and MS-8 (10m below surface) is high, compared to the other sampling points. Suspended solid in MS-2 is the highest and the average of Suspended solid is 121 mg/l. COD in MS-1 shows the highest value (24 mg/l) and the other stations show relatively similar values. TOC values are precisely similar to COD parameters and the maximum of TOC is observed in MS-1. Total nitrogen ranges from 0.36 to 0.93 mg/l and MS-6 (0.5m below surface) shows the maximum value.

Vertical profiles of laboratory parameters are presented in Annex D.



Source: Study team

Figure 3.3.3 Horizontal Distribution of the Laboratory Parameters

3.4 Survey in August (1st trial) 2013

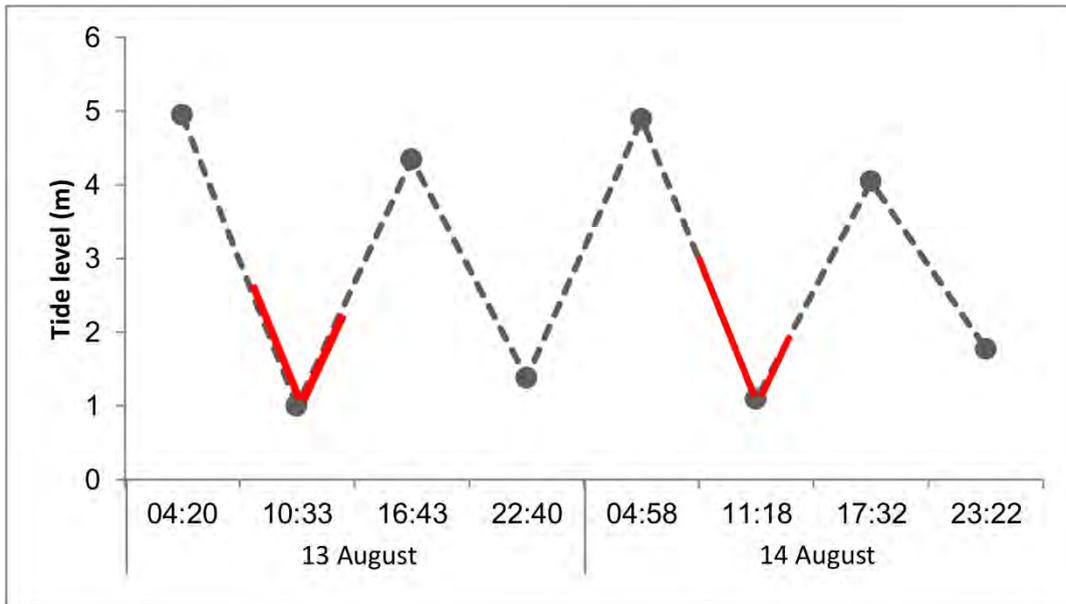
3.4.1 Survey Timing

Table 3.4.1 shows the timetable of the survey and Figure 3.4.1 shows the tide timing of the survey, respectively.

Table 3.4.1 Time Table of the Survey (August-1, 2013)

Date	Time	Site	Note
Tuesday, 13 August 2013	8 to 12	MS-1 to MS-4	Water sampling & in-situ monitoring
Wednesday, 14 August 2013	9 to 13	MS-5 to MS-8	

Source: Study team



Source: Tide table (<http://www.iranhydrography.org/default.asp>)

Red line shows the timing of the survey

Figure 3.4.1 Tide Timing at the Survey (August-1, 2013)

3.4.2 Result of the Survey

Summary of the survey results is shown in Table 3.4.2 and raw data is stored in Annex A.

Table 3.4.2 Summary of the Survey Result

Survey date: Aug. 13-14, 2013

Category	Parameter	Unit	Environmental standard (*1)	Aug-1		
				Min	Max	Ave
Water quality (Field measurement)	Water temperature	°C	(*2)	30.6	32.9	31.4
	Salinity	-	(*3)	45.20	47.40	46.27
	Conductivity	mS/cm		77.5	83.5	80.6
	pH	-	6.5-9.0	5.67	8.46	8.23
	DO	mg/L	> 3 (*4)	5.47	6.44	6.02
Water quality (Analysis: general parameters)	Turbidity	NTU		14	222	86
	Suspended solid	mg/L	(*5)	30	270	105
	COD	mg/L as O ₂	5	7	24	12
	TOC	mg/L as C		1.9	8.6	2.7
	Oil contents	mg/L	(*6)	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	Coliform bacteria (*10)	MPN Index/100ml	500 (*7)	7	920	129
	Total nitrogen	mg/L as N	0.4 (*8)	0.52	1.24	0.84
Total phosphorous	mg/L as P	0.045 (*9)	<0.2	<0.2	<0.2	

Source: Study team

Note: Red letter means excess of the standard/criteria value

*1: Standard for Ambient Water in Persian Gulf and Oman Sea (draft), Class 6: Industrial zone or Port, DOE.

*2 Water temperature: ± 3 of natural temperature of receptive source

*3 Salinity: It should be no more than 10 percent of minimum natural salinity of the region.

*4 DO: 40% of Saturation

*5 Suspended Solid: Its increase should not be more than its daily, monthly, annual average considering standard deviation.

*6 Oil contents: There should be no oil layer, foam visible on its surface.

*7 Coliform bacteria: Fecal coliform should be less than 100 CFU/100ml.

*8 Total nitrogen: The value of Nitrate-nitrogen is used in this table.

*9 Total phosphorous: The value of Phosphate-phosphorus is used in this table.

*10 Total coliform was analyzed in Apr., May, Jun. and Aug-1, while fecal coliform analyzed in Aug-2, Sep. and Oct.

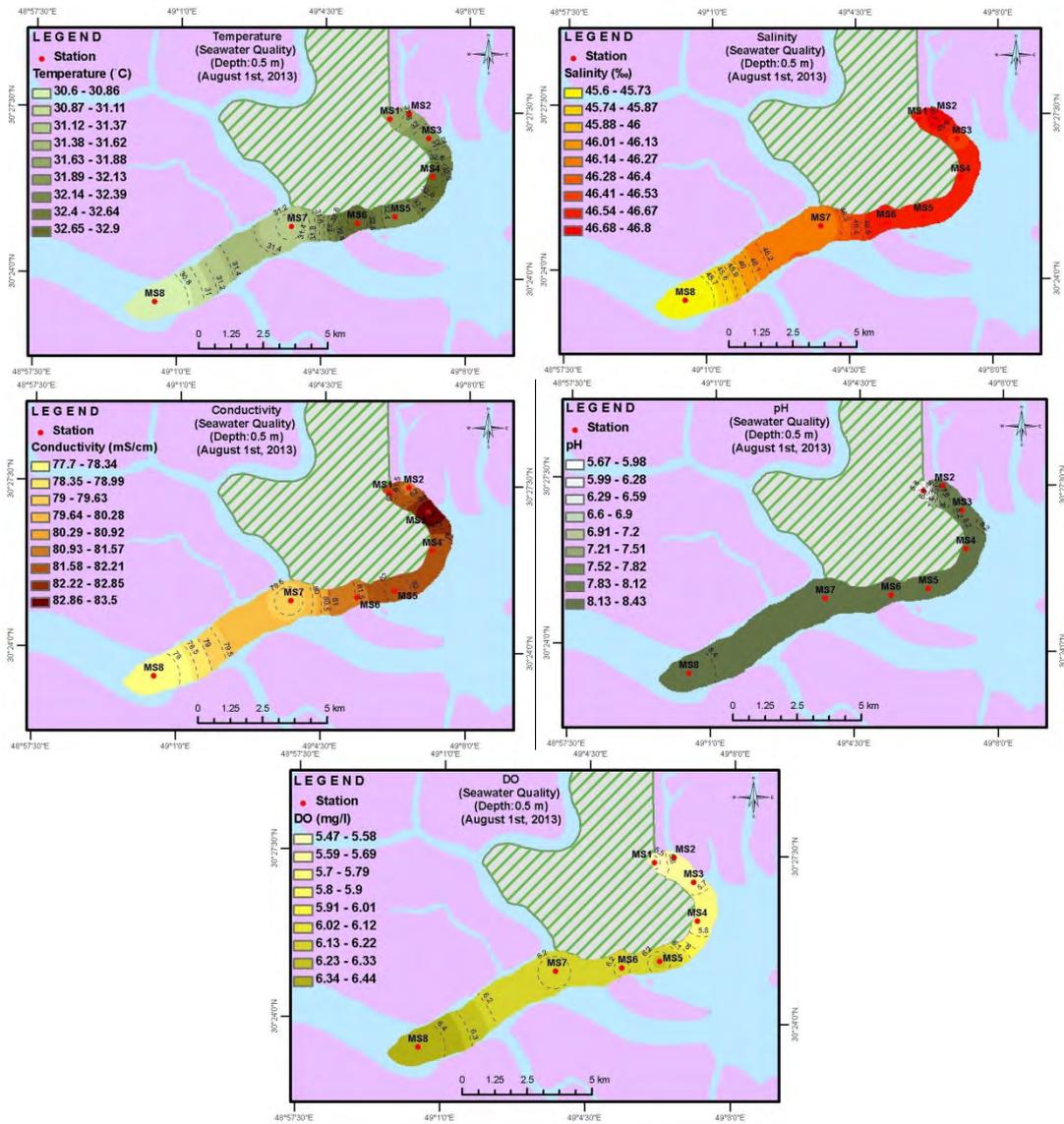
3.4.3 Discussion

a) Field measurement

Horizontal distribution of the field measurement parameters (in-situ parameters) are shown in Figure 3.4.2.

Seawater samples of different stations show relatively homogeneous values of temperature, varying between 30.60 and 32.90 °C with an average of 31.55 °C. The pH values in seven stations are very homogeneous and present a narrow range of variation (between 8.31 and 8.46), but it is 5.67 in MS-1 indicate that possibly discharge of PETZONE effluents. Values of EC vary between 77.5 and 83.5 mS/cm. The average of EC is 80.77 mS/cm which it is higher than EC in other sampling periods. The salinity shows a low range of variation from 45.20 to 47.40

with an average of 46.33. The ranges of DO in seawater samples are between 5.47 and 6.44 mg/l with the average of 6.09 mg/l. The lowest DO concentration is in MS-1, probably indicates that discharge of industrial effluents in the study area. The average of DO values is smaller than other sampling periods. Vertical profiles of in-situ parameters are illustrated in Annex D.



Source: Study team

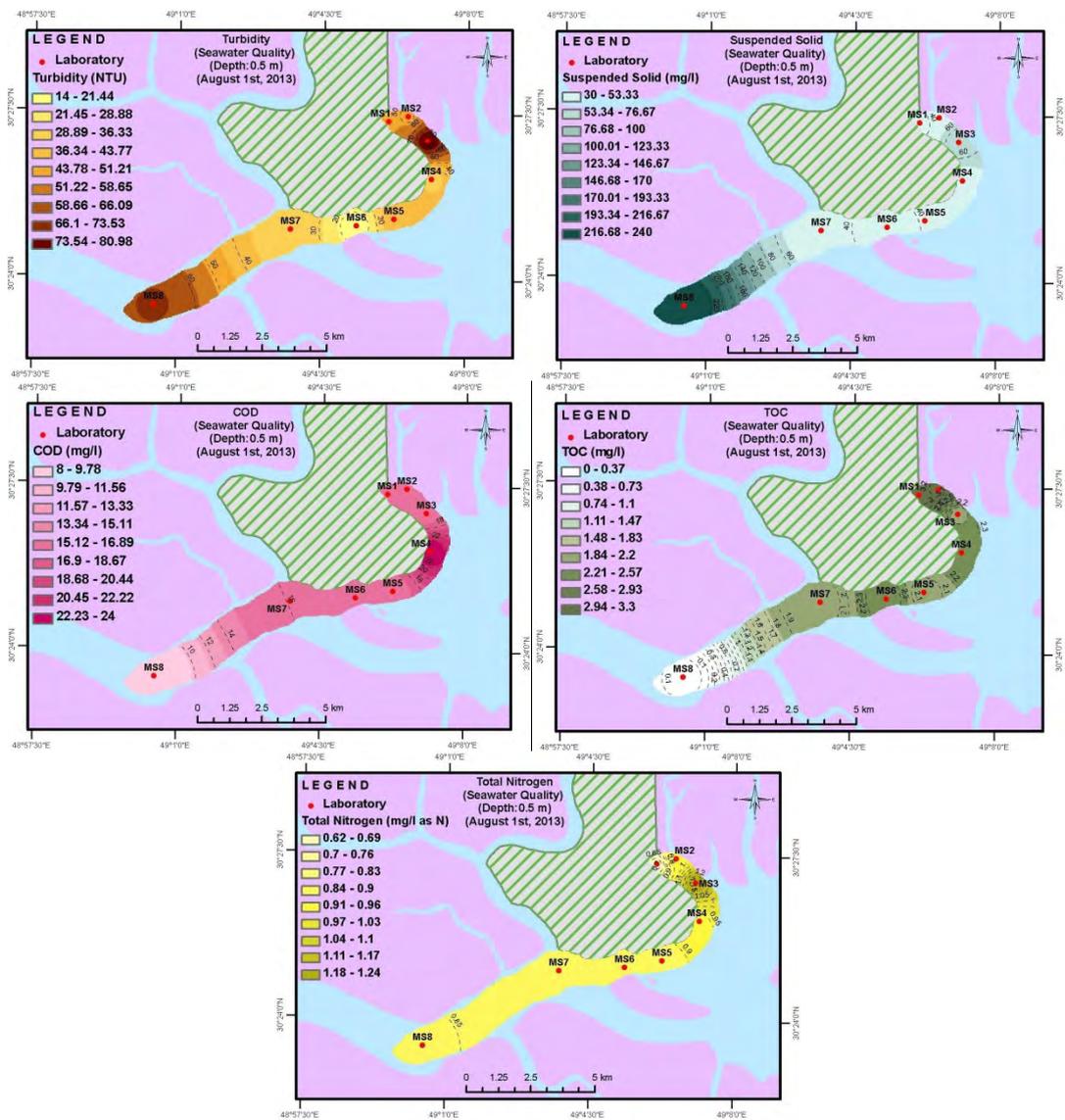
Figure 3.4.2 Horizontal Distribution of In-situ Parameters

b) Laboratory analysis

Horizontal distribution of the parameters of laboratory analysis is shown in Figure 3.4.3. The highest turbidity is recorded in MS-2 (2m below surface) and MS-3 (2m below surface). Suspended solid parameter is high in MS-5 (2m below surface) and MS-3 (2m below surface),

MS-8 (0.5m below surface) and MS-2 (2m below surface). COD in MS-4 shows the highest value (24 mg/l). TOC concentration in MS-1 (8.6 mg/l) is higher than the other stations. Total nitrogen concentration varies from 0.52 to 1.24 mg/l, the highest value (1.24 mg/l) is observed in MS-3 (0.5 m).

Vertical profiles of laboratory parameters are presented in Annex D.



Source: Study team

Figure 3.4.3 Horizontal Distribution of the Laboratory Parameters

3.5 Survey in August (2nd trial) 2013

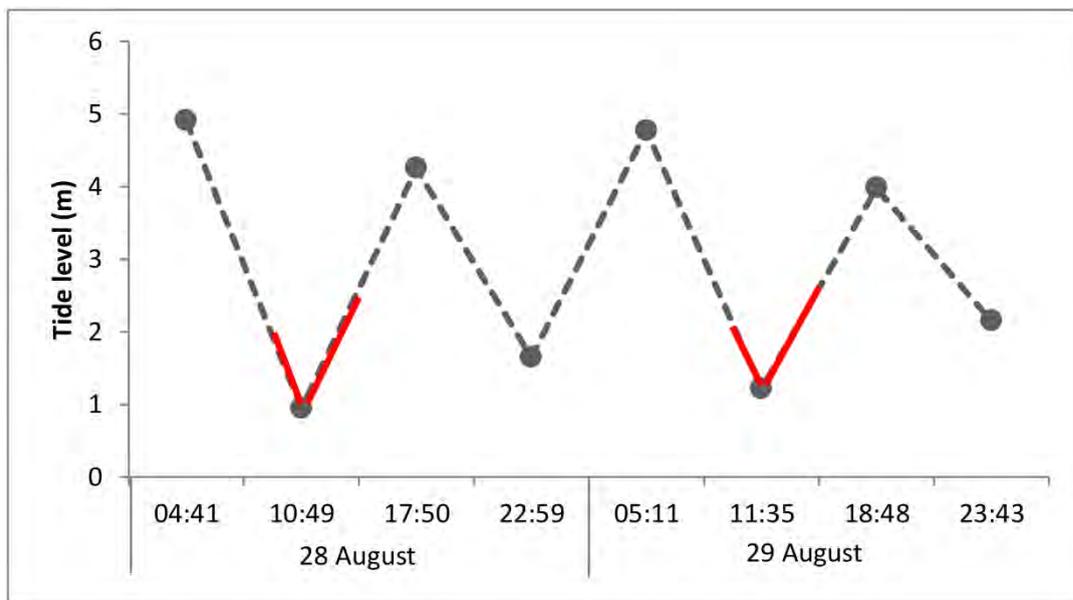
3.5.1 Survey Timing

Table 3.5.1 shows the time table of the survey and Figure 3.5.1 shows the tide timing at the survey, respectively.

Table 3.5.1 Time Table of the Survey (August-2, 2013)

Date	Time	Site	Note
Wednesday, 28 August 2013	9 to 13	MS-1 to MS-4	Water, sediment sampling & in-situ monitoring
Thursday, 29 August 2013	9 to 15	MS-5 to MS-8	

Source: Study team



Source: Tide table (<http://www.iranhydrography.org/default.asp>)

The red line shows the timing of the survey

Figure 3.5.1 Tide Timing at the Survey (August-2, 2013)

3.5.2 Result of the Survey

Summary of the survey results is shown in Table 3.5.2 and raw data is stored in Annex A.

Table 3.5.2 Summary of the Survey Result

Survey date: Aug. 28-29, 2013

Category	Parameter	Unit	Environmental standard (*1)	Aug-2		
				Min	Max	Ave
Water quality (Field measurement)	Water temperature	°C	(*2)	28.4	32.2	30.5
	Salinity	-	(*3)	34.90	46.30	43.62
	Conductivity	mS/cm		60.4	84.0	74.7
	pH	-	6.5-9.0	8.25	8.54	8.35
	DO	mg/L	> 3 (*4)	5.58	6.54	6.29
Water quality (Analysis: general parameters)	Turbidity	NTU		20	125	41
	Suspended solid	mg/L	(*5)	20	140	45
	COD	mg/L as O2	5	8	24	13
	TOC	mg/L as C		1.6	2.9	2.3
	Oil contents	mg/L	(*6)	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	Coliform bacteria (*10)	MPN Index/100ml	500 (*7)	<2	384	112
	Total nitrogen	mg/L as N	0.4 (*8)	0.65	1.30	0.84
Total phosphorous	mg/L as P	0.045 (*9)	<0.2	<0.2	<0.2	
Water quality (Analysis: heavy metals)	Aluminum (Al)	mg/L		<0.1	<0.1	<0.1
	Arsenic (As)	micro-g/L	50	<1	<1	<1
	Cadmium (Cd)	micro-g/L	10	<0.1	<0.1	<0.1
	Cyanide (CN)	micro-g/L		<5	<5	<5
	Chromium (Cr)	micro-g/L	50	<0.1	0.1	<0.1
	Cobalt (Co)	micro-g/L		<0.1	<0.1	<0.1
	Copper (Cu)	micro-g/L	50	<0.1	2.5	1.4
	Iron (Fe)	mg/L	0.3	<0.1	0.01	0.01
	Methyl Mercury (Hg)	micro-g/L	0.2	-	-	-
	Mercury (Hg)	micro-g/L	0.5	<1	<1	<1
	Manganese (Mn)	micro-g/L	100	<0.1	0.44	0.44
	Magnesium (Mg)	mg/L		1869	1954	1910
	Nickel (Ni)	micro-g/L	50	0.8	3.1	1.7
	Lead (Pb)	micro-g/L	40	0.1	1.5	0.4
	Zinc (Zn)	mg/L	100	<0.01	<0.01	<0.01
Phenols	micro-g/L	0.05	<1	<1	<1	
Sediment quality (Analysis)	Specific Gravity	g/cm ³		1.0	1.3	1.2
	Moisture Content	Mass%		39.00	73.90	53.55
	Total Organic Carbon (TOC)	Mass%		0.30	0.57	0.42
	Total Petroleum Hydrocarbon	micro-g/g.dw	550	33	155	77
	Aluminum (Al)	mg/g.dw		6.7	10.0	8.2
	Arsenic (As)	micro-g/g.dw	20	1.5	2.3	1.7
	Cadmium (Cd)	micro-g/g.dw	1.5	1.2	2.1	1.6
	Cyanide (CN)	micro-g/g.dw		<0.1	<0.1	<0.1
	Chromium (total)	micro-g/g.dw	80	20.8	33.0	27.3
Chromium (Cr+6)	micro-g/g.dw		-	-	-	

Category	Parameter	Unit	Environmental standard (*1)	Aug-2		
				Min	Max	Ave
	Cobalt (Co)	micro-g/g.dw		16.6	20.5	19.1
	Copper (Cu)	micro-g/g.dw	65	12.9	18.7	15.5
	Iron (Fe)	mg/g.dw		12.3	18.0	14.9
	Methyl Mercury (Hg)	micro-g/g.dw		<0.01	0.06	<0.06
	Mercury (Hg)	micro-g/g.dw	0.15	<0.05	1.90	0.66
	Manganese (Mn)	micro-g/g.dw		271	372	329
	Magnesium (Mg)	mg/g.dw		11.0	21.6	18.2
	Nickel (Ni)	micro-g/g.dw	21	3.1	80.1	56.4
	Lead (Pb)	micro-g/g.dw	50	21.1	26.7	22.9
	Zinc (Zn)	micro-g/g.dw	200	36.4	69.4	52.4
	Total Sulfur (T-S)	mg/g		1.3	8.0	2.5
	Grain size					
	Sand (>0.04mm & <1mm)	%		4.0	38.0	21.8
	Silt (>0.002mm & <0.04mm)	%		27.0	53.0	39.8
	Clay (>0.0002mm & <0.002mm)	%		23.0	51.0	38.5

Source: Study team

Note: Red letter means excess of the standard/criteria value

*1: Standard for Ambient Water in Persian Gulf and Oman Sea (draft), Class 6: Industrial zone or Port, DOE.

*2 Water temperature: ± 3 of natural temperature of receptive source

*3 Salinity: It should be no more than 10 percent of minimum natural salinity of the region.

*4 DO: 40% of Saturation

*5 Suspended Solid: Its increase should not be more than its daily, monthly, annual average considering standard deviation.

*6 Oil contents: There should be no oil layer, foam visible on its surface.

*7 Coliform bacteria: Fecal coliform should be less than 100 CFU/100ml.

*8 Total nitrogen: The value of Nitrate-nitrogen is used in this table.

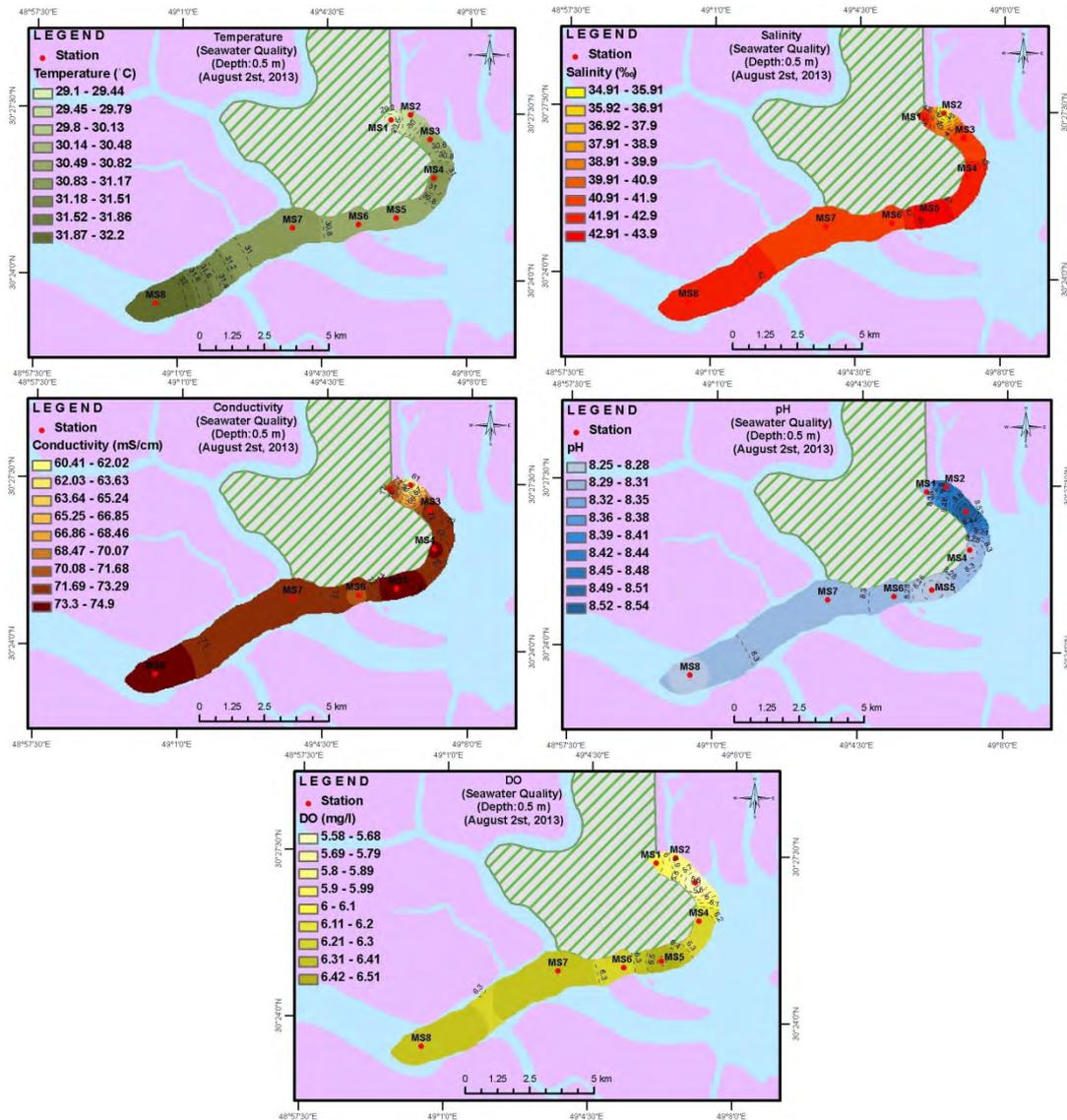
*9 Total phosphorous: The value of Phosphate-phosphorus is used in this table.

*10 Total coliform was analyzed in Apr., May, Jun. and Aug-1, while fecal coliform analyzed in Aug-2, Sep. and Oct.

3.5.3 Discussion

a) Field measurement

Horizontal distribution of the field measurement parameters (in-situ parameters) are shown in Figure 3.5.2. The water temperature ranges from 28.4–32.2 °C with an average of 30.5 °C. The pH varies from 8.25 to 8.54 with an average value 8.35, indicating the alkaline nature of seawater. The EC values range from 60.4 to 84 ms/cm with an average of 74.51 mS/cm. Salinity values range from 34.9 to 46.3 with an average value of 43.49. The dissolved oxygen varies between 5.58–6.54 mg/l with an average 6.33 mg/l. Vertical profile of in-situ parameters are presented in Annex D.



Source: Study team

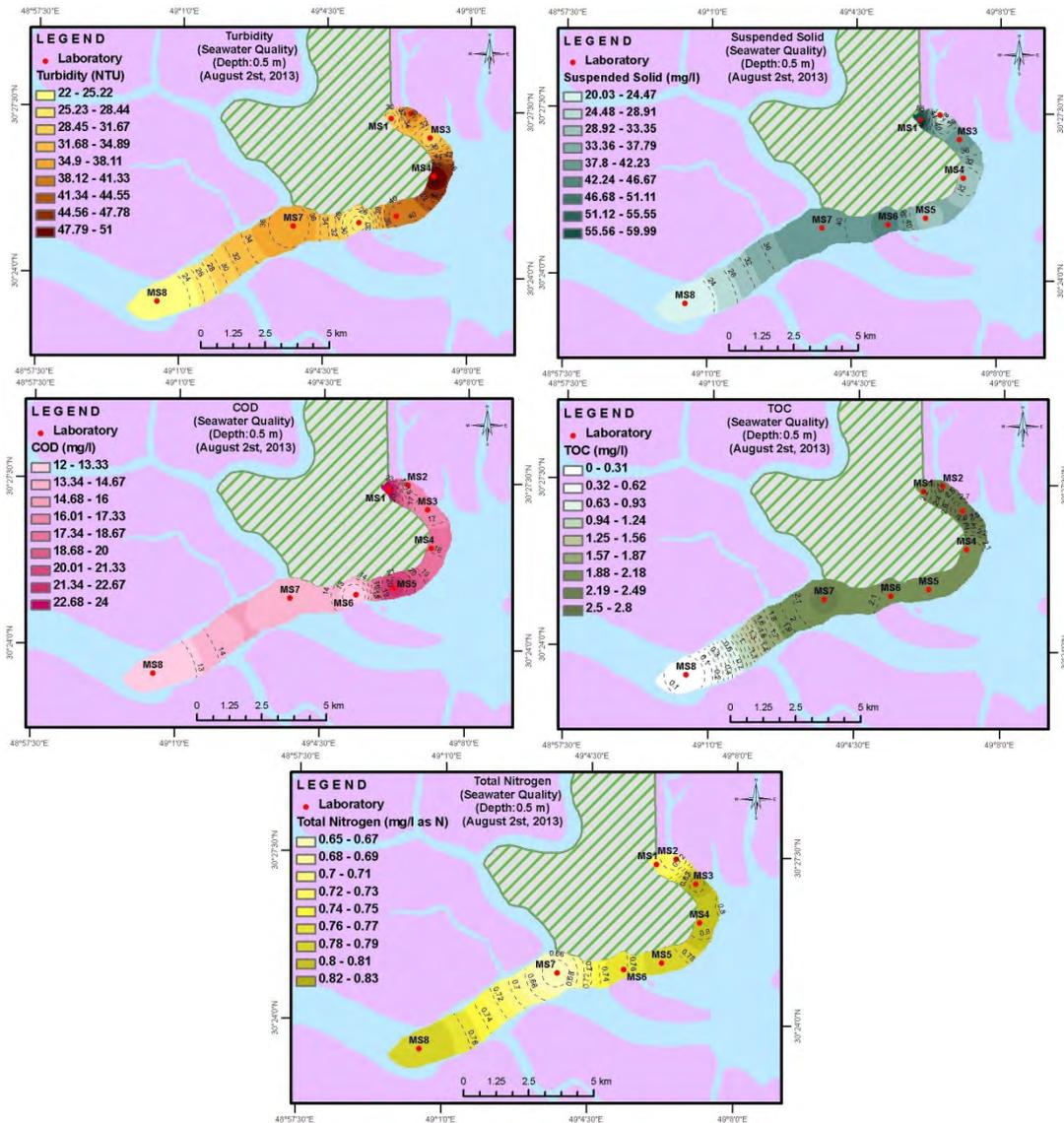
Figure 3.5.2 Horizontal Distribution of In-situ Parameters

b) Laboratory analysis

Horizontal distribution of the parameters of laboratory analysis is shown in Figure 3.5.3.

Turbidity in MS-2 (2m below surface) is the highest value and the other stations are very low and close together. Suspended solid in MS-2 (2m below surface) shows the highest value and the others are similar together. COD ranges from 8 to 24 mg/l and the maximum COD is recorded in MS-1 (0.5m below surface) and MS-5 (5m below surface). TOC ranges from 2 to 2.9 mg/l. Total nitrogen varies between 0.65 and 1.3 mg/l and the highest value is observed in MS-8 (10m below surface).

Vertical profiles of laboratory parameters are shown in Annex D.

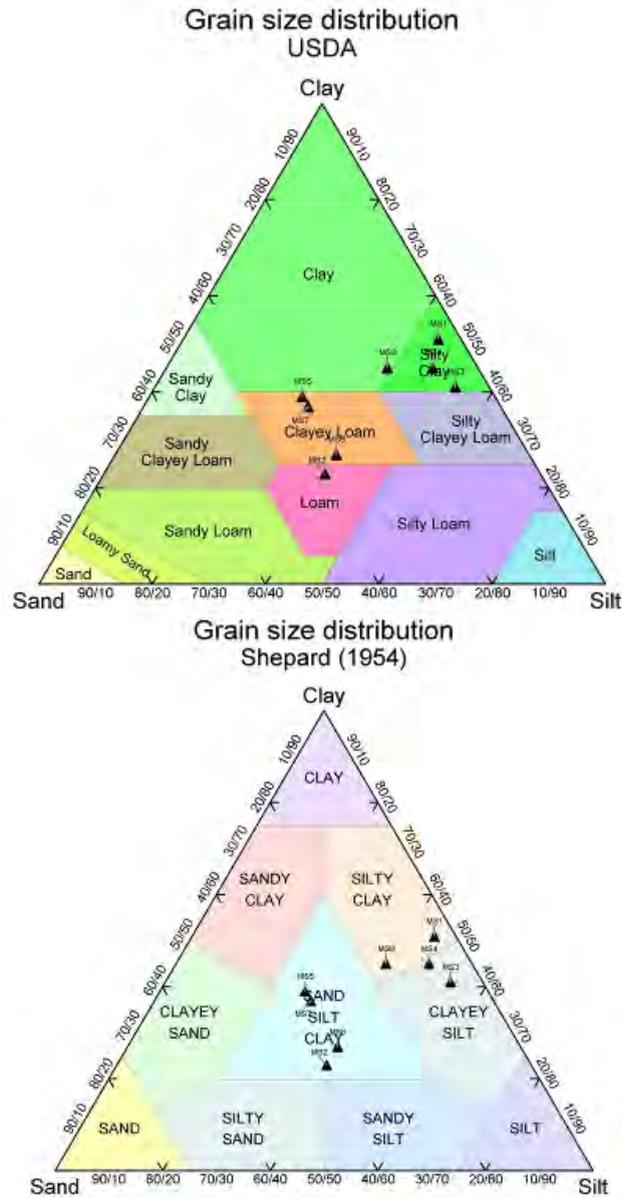


Source: Study team

Figure 3.5.3 Horizontal Distribution of Laboratory Parameters

c) Sediment texture

Particle size distribution in sediment samples shows minor differences. Sediment samples have fairly evenly distributed proportions of sand (2-0.05 mm), silt (0.05-0.002mm) and clay (<0.002 mm). According to the USDA classification scheme (Schoeneberger et al., 2002), the sediment samples are categorized as Loam (MS-2), Calyey-Loam (MS-5, MS-6 and MS-7), Clay (MS-8) and Silty-Clay (MS-1, MS-3 and MS-4) classes. According to the Shepard diagram (Shepard, 1954), sediment textures in the study area are classified as Silty-Clay (MS-1 and MS-8), Clayey-Silt (MS-3 and MS-4) and Sand-Silt-Clay (MS-2, MS-5, MS-6 and MS-7) classes (See Figure 3.5.4).



Source: Schoeneberger et al., 2002 and Shepard, 1954

Figure 3.5.4 Classification of Sediments

d) Heavy metals

Summary of the survey results is presented in Table 3.5.2 and raw data is stored in Annex A.

The result shows that Arsenic (As) in all seawater samples is less than 1 µg/l, while sediments contain various concentrations of arsenic from 1.5-2.3 µg/g. The highest concentration is observed in MS-8, 2.3 µg/g, and the second greatest is in MS-5 with 1.8 µg/g As. The lowest concentration is observed in MS-1, MS-2 and MS-4, 1.5 µg/g. MS-3 and MS-6 show the same

concentration, 1.6 $\mu\text{g/g}$, and MS-6 and MS-7 show 1.8 and 1.7 $\mu\text{g/g}$ arsenic, respectively (See Figure 3.5.6).

Seawater samples show free of Cadmium (Cd), but average 1.6 $\mu\text{g/g}$ of cadmium is detected in sediment. MS-7 show the least concentration of cadmium, 1.2 $\mu\text{g/g}$, and MS-1 shows the maximum concentration, 2.1 $\mu\text{g/g}$. The values in other stations are: MS-2, 2.0 $\mu\text{g/g}$, MS-3, 1.7 $\mu\text{g/g}$, MS-4, 1.6 $\mu\text{g/g}$, MS-5, 1.5 $\mu\text{g/g}$, MS-6, 1.4 $\mu\text{g/g}$ and MS-8, 1.5 $\mu\text{g/g}$ (See Figure 3.5.6).

Chromium (Cr) level in sediment is much higher than in seawater samples. Cr in seawater samples is less than 0.1 $\mu\text{g/l}$. The average concentration of Cr in sediment is 27.3 $\mu\text{g/g}$, with a maximum in MS-3, 33.0 $\mu\text{g/g}$ and minimum in MS-5, 20.8 $\mu\text{g/g}$. Cr values in other stations are: MS-1, 32.3 $\mu\text{g/g}$, MS-2, 22.9 $\mu\text{g/g}$, MS-4, 28.1 $\mu\text{g/g}$, MS-6, 25.9 $\mu\text{g/g}$, MS-7, 24.0 $\mu\text{g/g}$ and MS-8, 31.5 $\mu\text{g/g}$ (See Figure 3.5.6).

Cobalt (Co) concentration in sediment and sea water samples are much different. Co in sea water is less than 0.1 $\mu\text{g/l}$. The average concentration of Co in sediment is 19.1 $\mu\text{g/g}$, with the maximum in MS-3, 20.5 $\mu\text{g/g}$, and the minimum in MS-5, 16.6 $\mu\text{g/g}$. Co values in other stations are: MS-1, 20.1 $\mu\text{g/g}$, MS-2, 19.8 $\mu\text{g/g}$, MS-4, 19.6 $\mu\text{g/g}$, MS-6, 17.2 $\mu\text{g/g}$, MS-7, 18.8 $\mu\text{g/g}$, and MS-8, 20.1 $\mu\text{g/g}$ (See Figure 3.5.6).

Copper (Cu) in seawater ranges 0.1- 2.2 $\mu\text{g/l}$. MS-3 at 0.5m below surface, MS-4 and MS-6 at 2m below surface and MS-8 at 0.5m below surface shows the minimum concentration of Cu, less than 0.1 $\mu\text{g/l}$, and MS-2 at 0.5m below surface shows the maximum concentration, 2.2 $\mu\text{g/l}$. The concentration in other seawater samples are: MS-1, 2.5 $\mu\text{g/l}$, MS-2 at 2m below surface, 0.1 $\mu\text{g/l}$, MS-3 at 2m below surface, 1.6 $\mu\text{g/l}$, MS-5 at 0.5m below surface, 0.1 $\mu\text{g/l}$, at 2m below surface: 1.4 $\mu\text{g/l}$, at 10m below surface, 0.94 $\mu\text{g/l}$, MS-6 at 0.5m below surface, 1.8 $\mu\text{g/l}$, at 10m below surface, 0.89 $\mu\text{g/l}$, MS-7 at 0.5m below surface, 1.4 $\mu\text{g/l}$, at 2m below surface, 0.1 $\mu\text{g/l}$, at 10m below surface, 0.1 $\mu\text{g/l}$ and MS-8 at 2m below surface, 0.1 $\mu\text{g/l}$, at 10m below surface, 0.3 $\mu\text{g/l}$ (See Figure 3.5.6). The average concentration of Cu in sediment is 15.5 $\mu\text{g/g}$, with a maximum in MS-8, 18.7 $\mu\text{g/g}$ and minimum in MS-2, 13.0 $\mu\text{g/g}$. Cu values in other stations are: MS-1, 17.2 $\mu\text{g/g}$, MS-3 and MS-4, 18.5 $\mu\text{g/g}$, MS-4, 16.6 $\mu\text{g/g}$, MS-5, 12.9 $\mu\text{g/g}$, MS-6, 13.2 $\mu\text{g/g}$ and MS-7, 14.0 $\mu\text{g/g}$ (See Figure 3.5.6).

The concentration of Iron (Fe) in water and sediment shows the same level because of erratic changes in concentration values in sediment. Fe level in seawater samples is less than 0.1 mg/l ,

while, concentration in sediment shows average 14.9 mg/g. Maximum concentration is observed in MS-8, 18.0 mg/g. MS-5 shows the lowest level of Fe, 12.3 mg/g. Fe values in other stations are: MS-1, 16.1 mg/g, MS-2, 12.9 mg/g, MS-3, 16.3 mg/g, MS-4, 15.7 mg/g, MS-6, 14.3 mg/g and MS-7, 13.4 mg/g (See Figure 3.5.6).

Nickel (Ni) in seawater ranges 0.8- 3.1 $\mu\text{g/l}$. MS-3 at 2m below surface shows the maximum level of Ni, 3.1 $\mu\text{g/l}$, while it is 1.7 $\mu\text{g/l}$ at 0.5m below surface. On the other hand, MS-8 shows the minimum level of Ni at 10m below surface, 0.8 $\mu\text{g/l}$, but at 0.5m and 10m below surface show 1.6 and 2.0 $\mu\text{g/l}$, respectively. The concentration of Ni in other station are: MS-1, 1.8 $\mu\text{g/l}$, MS-2 at 0.5 and 2m below surface, 1.4 $\mu\text{g/l}$, MS-3 at 0.5m below surface, 1.7 $\mu\text{g/l}$, MS-4, 1.5 $\mu\text{g/l}$, MS-5 at 0.5m below surface, 1.6 $\mu\text{g/l}$, at 2m below surface, 1.8 $\mu\text{g/l}$, at 10m below surface, 1.7 $\mu\text{g/l}$, MS-6 at 0.5m below surface, 2.3 $\mu\text{g/l}$, at 2m below surface, 2.0 $\mu\text{g/l}$, at 10m below surface, 1.8 $\mu\text{g/l}$ and MS-7 at 0.5m below surface, 2.0 $\mu\text{g/l}$, at 2m below surface, 1.0 $\mu\text{g/l}$ at 10m below surface, 1.9 $\mu\text{g/l}$ (See Figure 3.5.5).

The average concentration of Ni in sediment is 62.7 $\mu\text{g/g}$, with a maximum in MS-3, 80.2 $\mu\text{g/g}$ and minimum in stations MS-2 and MS-7, 53 $\mu\text{g/g}$. Ni values in other stations are: MS-1, 72.7 $\mu\text{g/g}$, MS-4, 69.8 $\mu\text{g/g}$, MS-5, 55.2 $\mu\text{g/g}$, MS-7, 59.2 $\mu\text{g/g}$ and MS-8, 58.2 $\mu\text{g/g}$ (See Figure 3.5.6).

Lead (Pb) in seawater ranges between 0.1 to 1.5 $\mu\text{g/l}$. Stations MS-1, MS-2, MS-3 at 0.5m below surface, MS-6 at 2m below surface and MS-8 at 10m below surface show the minimum concentration of Pb, less than 0.1 $\mu\text{g/l}$ and MS-4 show maximum concentration, 1.5 $\mu\text{g/l}$. The concentration of Pb in other stations are: MS-3 at 2m below surface, 0.1 $\mu\text{g/l}$, MS-5 at 0.5 and 10m below surface, 0.2 $\mu\text{g/l}$, at 2m below surface, 0.5 $\mu\text{g/l}$, MS-6 at 0.5m below surface, 0.3 $\mu\text{g/l}$, at 10m below surface, 0.1 $\mu\text{g/l}$, MS-7 at 0.5m below surface, 0.1 $\mu\text{g/l}$, at 2m below surface, 0.5 $\mu\text{g/l}$, at 10m below surface, 0.2 $\mu\text{g/l}$, MS-8 at 0.5m below surface, 0.3 $\mu\text{g/l}$, at 2m below surface, 0.5 $\mu\text{g/l}$ (See Figure 3.5.5).

The average concentration of Pb in sediment is 22.9 $\mu\text{g/g}$, with a maximum in MS-8, 26.7 $\mu\text{g/g}$ and the minimum in MS-7, 21.1 $\mu\text{g/g}$. Pb values in other stations are: stations MS-1 and MS-4, 22.0 $\mu\text{g/g}$, MS-2, 22.3 $\mu\text{g/g}$, MS-3, 25.3 $\mu\text{g/g}$, MS-5, 22.2 $\mu\text{g/g}$ and MS-6, 21.3 $\mu\text{g/g}$ (See Figure 3.5.6).

The result showed that Zinc (Zn) in all seawater samples is less than 0.01 mg/l, while the concentration of Zn in sediment varies. The average concentration of Zn in sediment is 52.4 $\mu\text{g/g}$, with the maximum in MS-8, 69.4 $\mu\text{g/g}$, and the minimum in MS-7, 36.4 $\mu\text{g/g}$. Pb values in other

stations are: MS-1, 61.8 $\mu\text{g/g}$, MS-2, 47.1 $\mu\text{g/g}$, MS-3, 68.7 $\mu\text{g/g}$, MS-4, 52.6 $\mu\text{g/g}$, MS-5, 42.2 $\mu\text{g/g}$ and MS-6, 41.2 $\mu\text{g/g}$ (See Figure 3.5.6).

Seawater samples are free of Manganese (Mn), less than 0.1 $\mu\text{g/l}$, except MS-8 at 2m below surface with 0.44 $\mu\text{g/l}$ Mn. However, concentrations in sediment show much higher concentration of Mn. The average concentration of Mn in sediment is 329 $\mu\text{g/g}$, with a maximum in MS-1, 372 $\mu\text{g/g}$ and minimum in MS-5, 271 $\mu\text{g/g}$. Mn values in other stations are: MS-2, 354 $\mu\text{g/g}$, MS-3, 347 $\mu\text{g/g}$, MS-4, 355 $\mu\text{g/g}$, MS-6, 324 $\mu\text{g/g}$, MS-7, 308 $\mu\text{g/g}$ and MS-8, 298 $\mu\text{g/g}$ (See Figure 3.5.6).

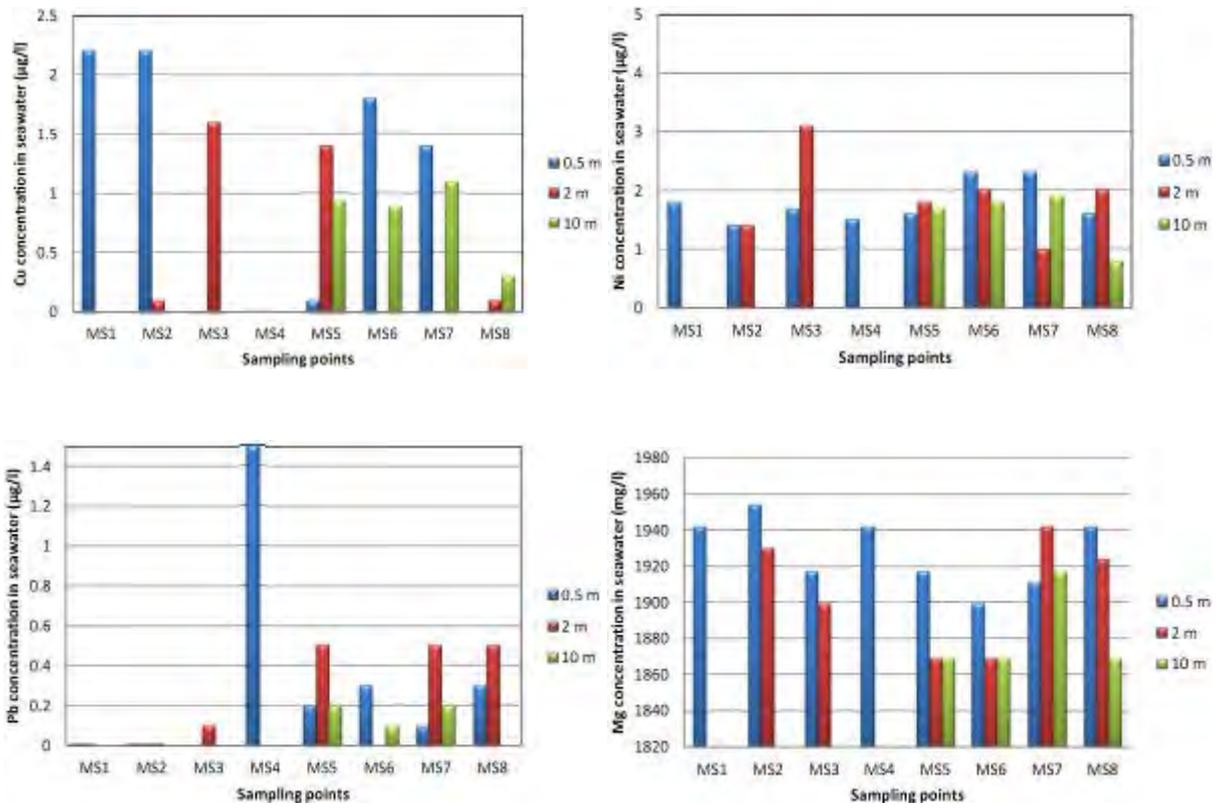
Methyl mercury (Me-Hg) and Mercury (Hg) in sea water samples are less than 1 $\mu\text{g/l}$. Also, Me-Hg in sediment samples are less than 0.01 $\mu\text{g/g}$. While Hg is not detected in MS-5, MS-6 and MS-7, MS-1, 2, 3, 4 and MS-8 show different concentrations of Hg. The maximum Hg is detected in MS-1, 0.7 $\mu\text{g/g}$ and the minimum Hg is observed in MS-8, 0.1 $\mu\text{g/g}$. Hg concentration in MS-2 , MS-3, MS-4 are 0.26, 1.9 and 0.34 $\mu\text{g/g}$, respectively (See Figure 3.5.6).

The concentration of Aluminum (Al) in seawater and sediment samples is not the same level because of erratic changes in concentration values in sediment. Sea water samples show less than 0.1 mg/l Al, while average concentration of Al in sediment is 8.2 mg/g . The maximum concentration of Al is detected in MS-3, 10 mg/g . MS-5 shows the lowest level of Al, 6.7 mg/g . Al values in other stations are: MS-1, 9.2 mg/g , MS-2, 6.9 mg/g , MS-4, 9.0 mg/g , MS-6, 8.2 mg/g , MS-7, 7.1 mg/g and MS-8, 8.6 mg/g (See Figure 3.5.6).

Magnesium (Mg) concentration in sea water samples differs from 1869 to 1954 mg/l . MS-2 at 0.5m below surface shows the maximum level of Mg, 1954 mg/l , although it shows 1930 mg/l at 2m below surface. MS-8 at 10 m below surface shows the lowest concentration of Mg, 1869 mg/l . This station shows 1942 and 1929 mg/l Mg at 0.5 m and 2 m below surface, respectively. The concentration of Mg in other station is: MS-1, 1942 mg/l , MS-3 at 0.5m below surface, 1917 mg/l , at 2m below surface, 1899 mg/l , MS-4, 1942 mg/l , MS-5 at 0.5m below surface, 1917 mg/l , at 2m and 10m below surface, 1869 mg/l , MS-6 at 0.5m below surface, 1899 mg/l , at 2m and 10m below surface, 1869 mg/l , MS-7 at 0.5m below surface, 1911 mg/l , at 2m below surface, 1942 mg/l at 10m below surface, 1917 mg/l (See Figure 3.5.5).

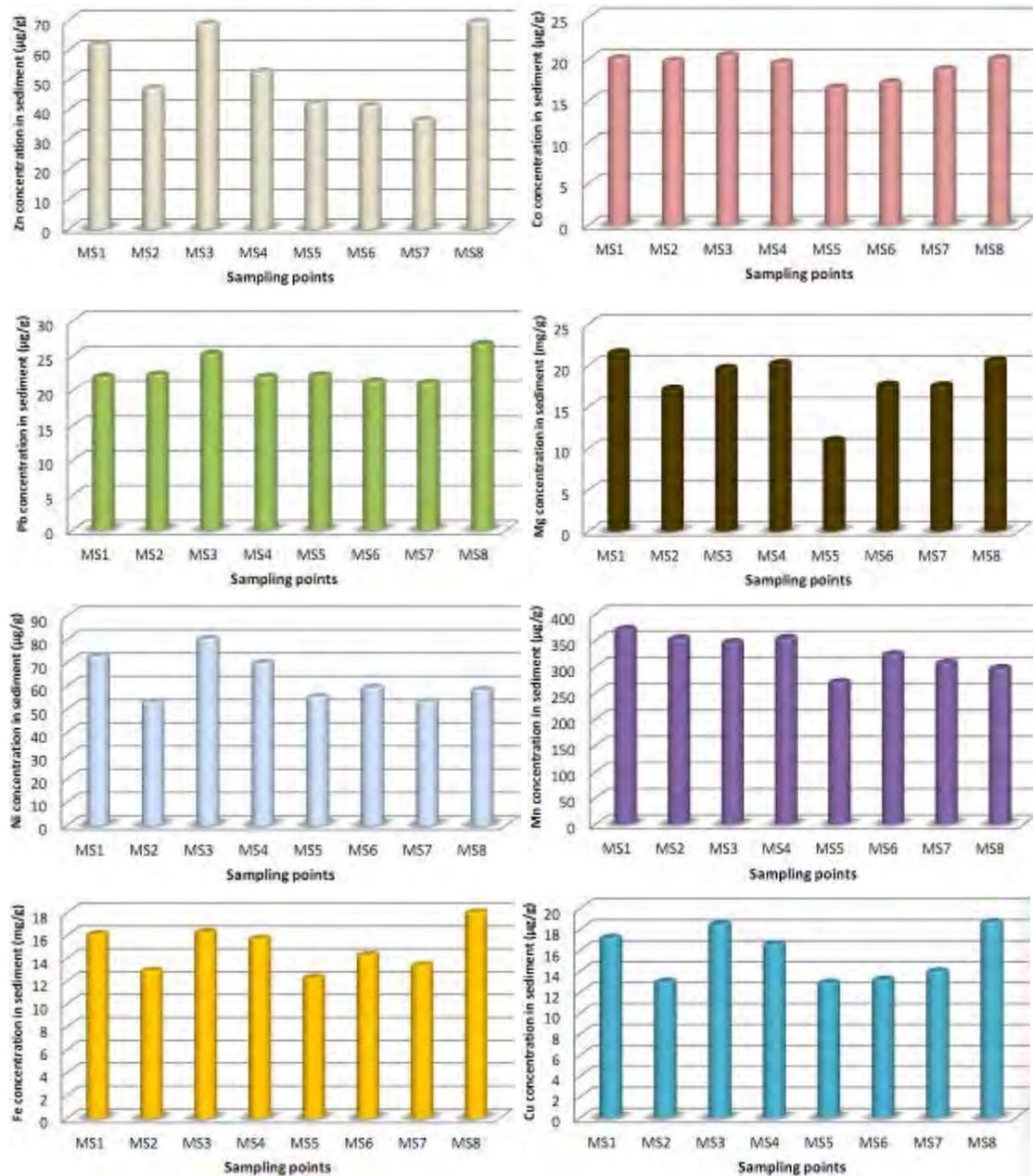
The average concentration of Mg in sediment is 18.2 mg/g . Maximum level of Mg is observed in MS-1, 21.6 mg/g , and MS-5 shows the minimum concentration, 11.0 mg/g . Other station

shows various concentrations of Mg; MS-2, 17.2 mg/g , MS-3, 19.7 mg/g , MS-4, 20.3 mg/g, MS-6, 17.7 mg/g, MS-7, 17.6 mg/g and MS-8, 20.6 mg/g (See Figure 3.5.6).



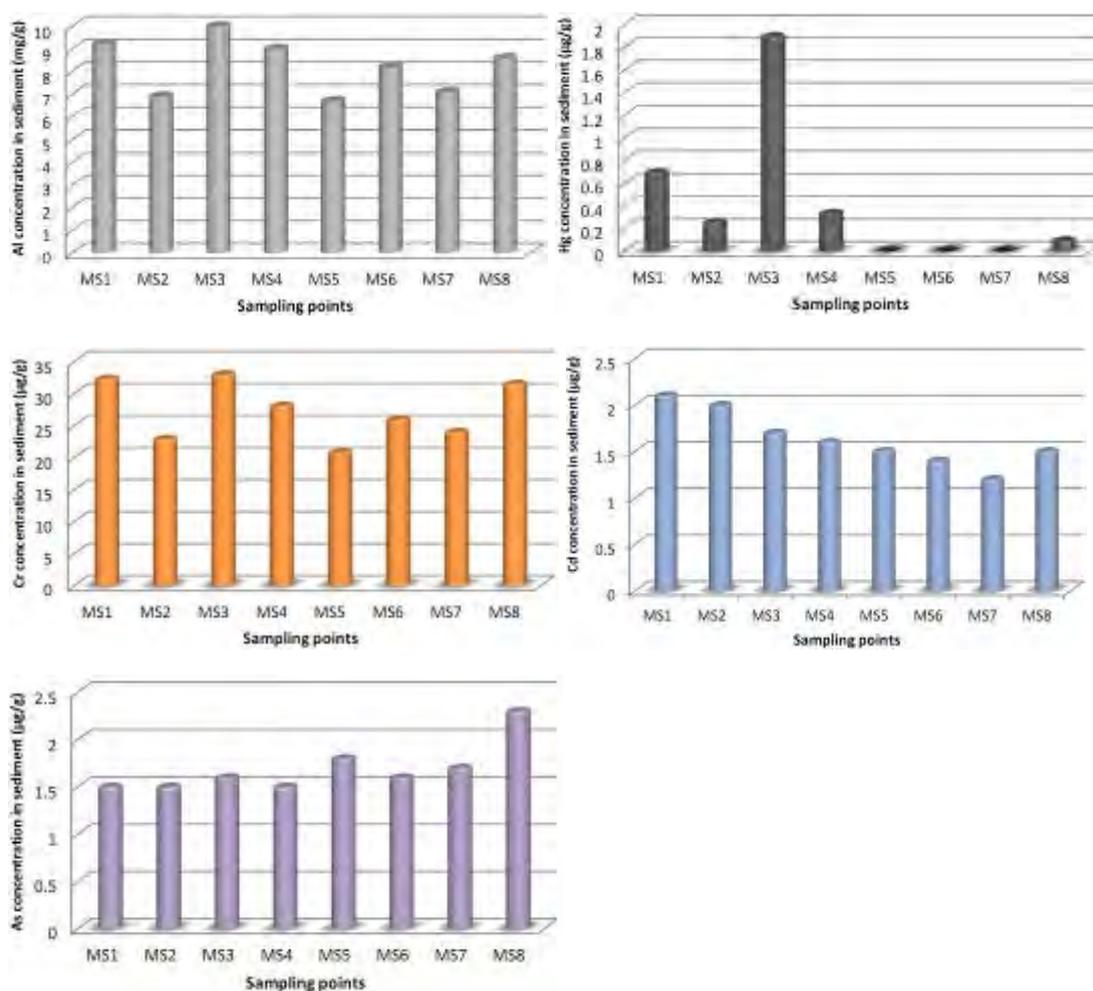
Source: Study team

Figure 3.5.5 Heavy Metal Concentrations in Seawater Samples



Source: Study team

Figure 3.5.6 (1) Heavy Metal Concentrations in Sediment Samples



Source: Study team

Figure 3.5.6 (2) Heavy Metal Concentrations in Sediment Samples

The average concentration of trace elements and heavy metals in the study area and their concentrations in seawater of south Persian Gulf countries including Bahrain, UAE, Oman, Saudi Arabia and also average concentrations of trace elements in natural seawaters (Kabata-Pendias and Pendias, 1999) are presented in Table 3.5.3. Each element displays a minor variation in concentrations (with the exception of Pb, Cu and Ni), reflecting by the low standard deviations. By comparing the natural seawaters (Kabata-Pendias and Pendias, 1999), the average concentration of Cu, Ni and Pb are higher than the average concentrations of trace elements in natural seawaters (See Figure 3.5.7). 100% of the total of seawater samples at all depths of Ni, 67% of Pb, and 55% of Cu exceed the averaged concentrations in natural seawaters (See Figure 3.5.8). Thus, Ni, Pb and Cu are the major pollutants in the study area and may pose health risk of aquatic life and also the residents in the region and the water receiving areas.

Table 3.5.3 Comparison of Heavy Metals Concentration in Seawater between the Study Area and Other Persian Gulf Countries

Parameter	Unit	Survey Result			Bahrai n ^A	UAE A	Oman A	Saudi Arabi a ^A	CCM E ^B	Mahs hahr ^C	Seawa ter ^D
		Min	Ma x	Me an							
Al	mg/	<0.	<0.	<0.	---	---	---	---	---	---	0.002
As	μ/L	<1	<1	<1	---	---	---	---	12.5	<5	7
Cd	μ/L	<0.	<0.	<0.	11-16	<2-12	30	0.31-	0.12	<10	0.1
Cr	μ/L	<0.	<0.	<0.	---	---	---	---	56 as	<10	0.3
Co	μ/L	<0.	<0.	<0.	---	---	---	---	---	<10	0.01
Cu	μ/L	<0.	1.8	0.8	20-30	80-	130	0.9-	---	<10	0.2
Fe	mg/	<0.	<0.	<0.	---	---	---	0.01-	---	0.038-	0.001
Hg	μ/L	<1	<1	<1	10-25	9-20	7	---	0.016	<2	0.02
Mn	μ/L	<0.	<0.	<0.	---	---	---	---	---	---	0.2
Ni	μ/L	0.8	2.3	1.7	---	---	---	0.52-	---	<20	0.5
Pb	μ/L	0.1	0.5	0.2	20-	30-60	30	0.01-	---	<20	0.03
Zn	mg/	<0.	<0.	<0.	0.06-	0.002-	0.4	0.005-	---	---	0.002

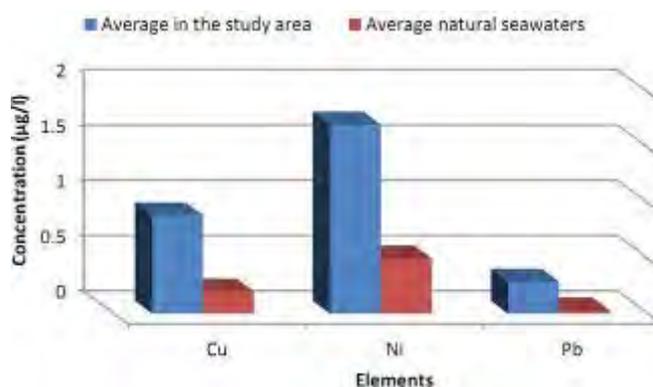
Source:

A: Heavy metal concentrations of seawater in south of Persian Gulf (Marine Pollution Bul., 1997).

B: Canadian Council of Ministers of the Environment 1999.

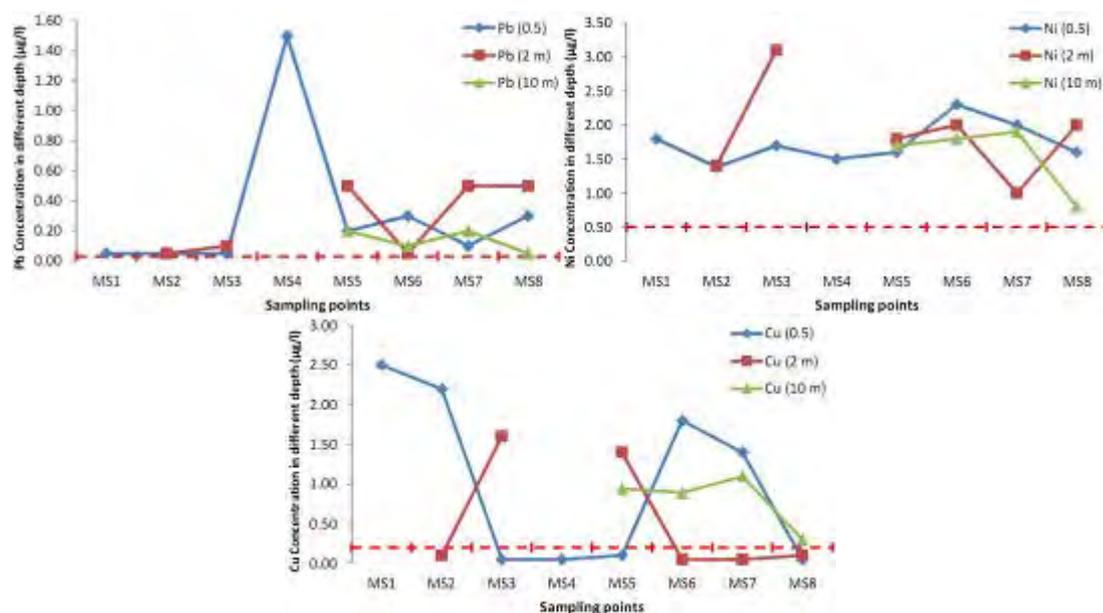
C: Heavy metal concentrations in sediment of PETZONE, 2008.

D: Mean concentrations of trace elements in natural seawater (Kabata-Pendias and Pendias, 1999)



Source: Kabata-Pendias and Pendias, 1999

Figure 3.5.7 Average Concentration of Cr, Co, Cu, Ni and Pb in the Study Area and Natural Seawater



Source: The study team and Kabata-Pendias and Pendias, 1999

The Red dash line shows the average concentration in natural sea water.

Figure 3.5.8 Heavy Metal Concentration in Each Survey Point

The water quality guidelines for protection of aquatic life (CCME²) specifies only As, Cd, Cr³⁺ and Hg. The concentrations of these elements are lower than CCME standard.

The range and average concentrations of trace and heavy metals in the surface sediment expressed on a dry-weight are summarized in Table 3.5.2. This leads to the following ranking based on the concentrations:

Al>Fe>Mn>Ni>Zn>Cr>Pb>Co>Cu>As>Cd>Hg

The average concentrations of heavy metals in sediment samples of the study area and their concentration in sediment of south Persian Gulf countries (ROPME, 1998-2000) including Bahrain, UAE, Oman, Saudi Arabia, Qatar, Kuwait and also mean concentrations of trace elements in continental crust (Mason and Moore, 1995; Reimann and Caritat, 1998) are shown in Table 3.5.4 and Figure 3.5.9. The maximum concentrations of Cd, Co, Cr and Zn are recorded in Kuwait, Ni in Oman, Pb in Bahrain, and Al, Fe and Cu in continental crust. As and Hg concentrations were not measured in ROPME project, whereas in this study Hg concentration is higher than average of continental crust.

² Canadian Council of Ministers of the Environment

Table 3.5.4 Comparison of Heavy Metal Concentration in Sediment between the Study Area and Other Persian Gulf Countries

Parameters	Unit	Survey Result			Bahrain ^A	Oman ^A	Saudi Arab	Qatar ^A	Kuwait ^A	Asalyeh ^A	Content	Mahshahr ^C
		Min	Max	Mean								
Al	mg/g.	6.70	10.0	8.10	---	---	10 ^A	9.8 ^A	12 ^A	---	69	---
As	µg/g.	1.50	2.30	1.69	---	---	---	---	---	---	1.8	3.6-
Cd	µg/g.	1.20	2.10	1.63	0.1 ^A	4.82	---	110	120	5.1 ^A	0.1	<1
Cr	µg/g.	20.8	33.0	27.3	7 ^D	95.4	32.3	3.8 ^D	170	4.3 ^A	100	69-
Co	µg/g.	16.6	20.5	18.9	1.2 ^D	---	6 ^D	0.5 ^D	32.2	---	10	11-
Cu	µg/g.	12.9	18.7	15.5	3.9 ^D	8.7 ^A	9.9 ^D	20 ^A	30	6.1 ^A	55	22-
Fe	mg/g.	12.3	18.0	14.9	---	---	5.3 ^D	---	22.6	7.3 ^A	35	23-
Hg	µg/g.	<0.0	1.90	0.39	---	---	---	---	---	---	0.07	0.05-
Mn	µg/g.	271.	372.	327.	---	---	---	---	---	---	900	---
Ni	µg/g.	53.0	80.1	63.4	10.9	329.	41.6	120	130	17 ^A	20	70-
Pb	µg/g.	21.1	26.7	23.0	52 ^A	---	---	---	---	18.1	14	11-
Zn	µg/g.	36.4	69.4	52.5	54 ^A	11.3	26.3	98 ^A	112	19.3	70	50-

Source:

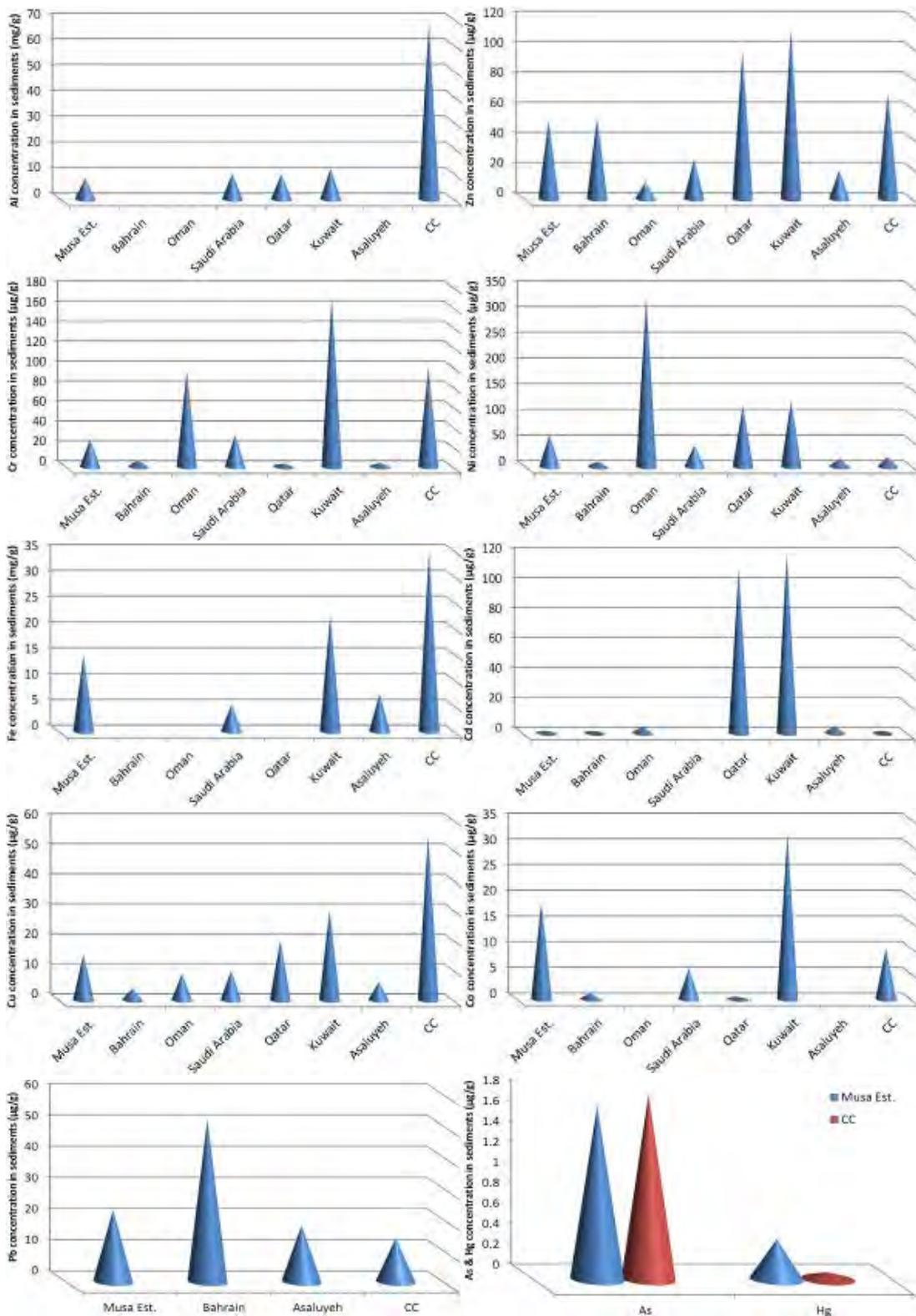
A: Heavy metal concentrations of sediment of Persian Gulf (ROPME, 1998-2000).

B: Mason and Moore, 1995; Reimann and Caritat, 1998.

C & D: Heavy metal concentrations in sediment of PETZONE, 2008.

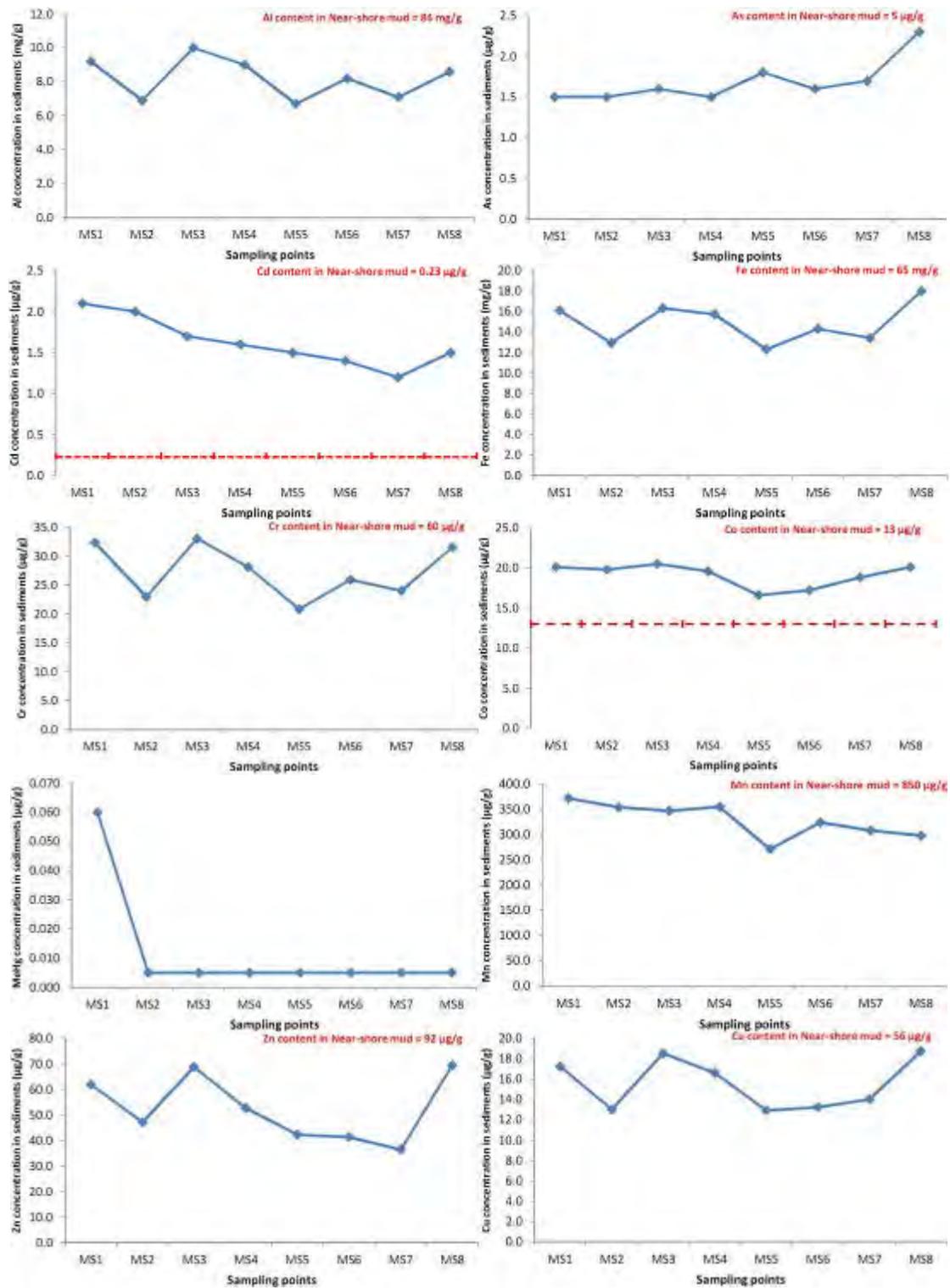
In order to detect the accumulation pattern of elements in sediment, the metal concentrations are plotted versus sampling points in Figure 3.5.10. The patterns of Zn, Cu, Ni, Fe, Al and Cr variation in sediment are similar and comparable, whereas Co, Mn, Hg, MeHg, As, Cd and Pb in sediment samples show different patterns.

Horizontal distributions of heavy metals in seawater and sediment are shown in Figure 3.5.11 and Figure 3.5.12 respectively.



Source: ROPME, 1998-2000, Mason and Moore, 1995, Reimann and Caritat, 1998

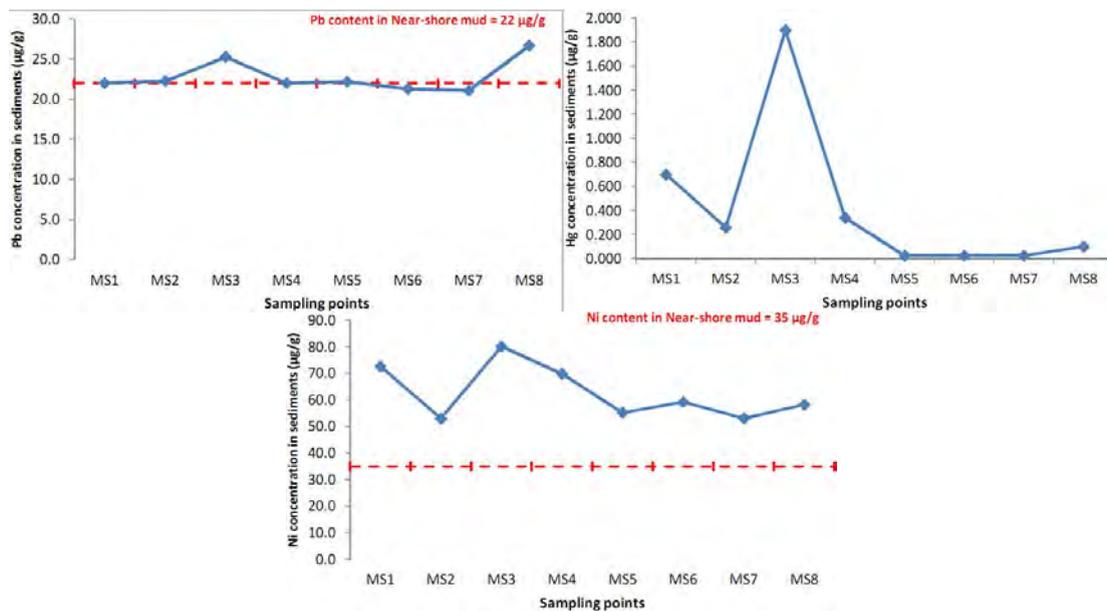
Figure 3.5.9 Comparison of Heavy metal Concentration in Sediment between Different Study



Source: Study team, ROPME, 1998-2000, Mason and Moore, 1995, Reimann and Caritat, 1998

The Red dash line shows the average concentration in continental crust.

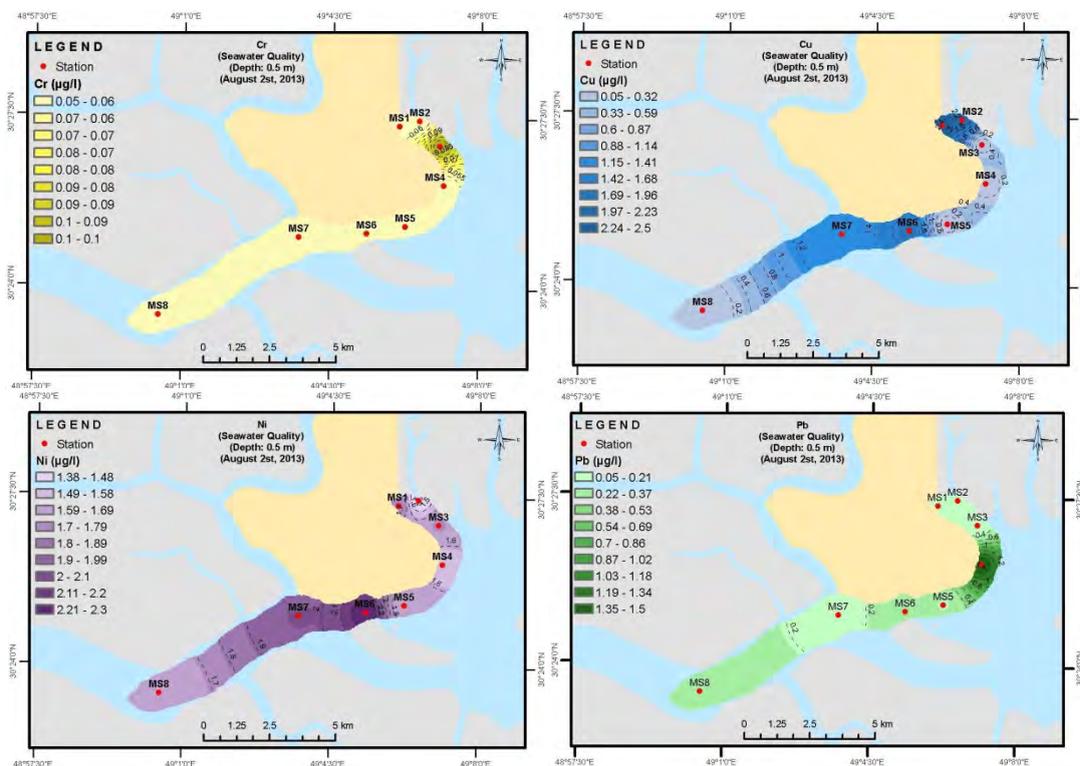
Figure 3.5.10 (1) Trace and Heavy Metal Concentration in Each Sampling Point



Source: Study team, ROPME, 1998-2000, Mason and Moore, 1995, Reimann and Caritat, 1998

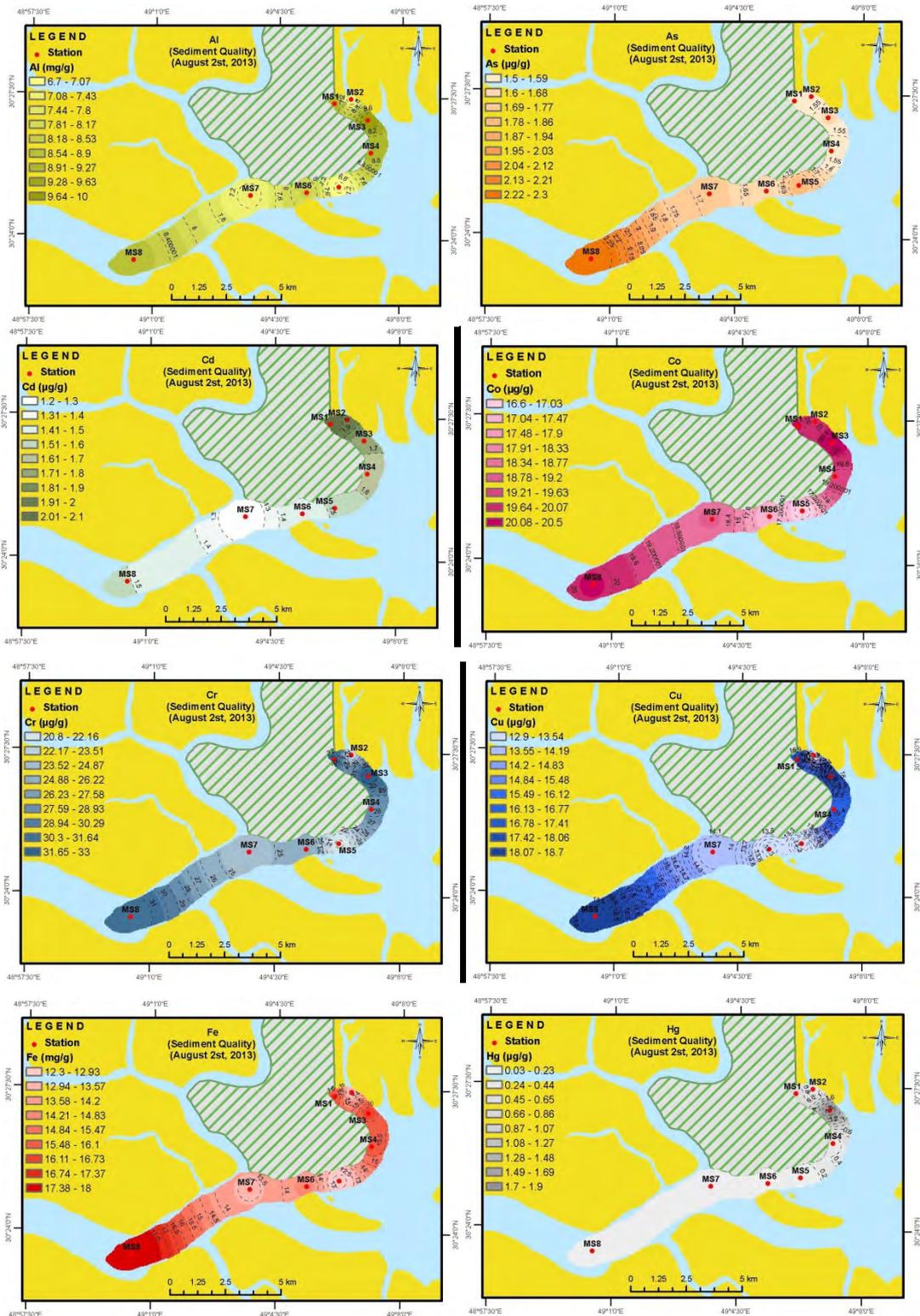
The Red dash line shows the average concentration in continental crust.

Figure 3.5.10 (2) Trace and Heavy Metal Concentration in Each Sampling Point



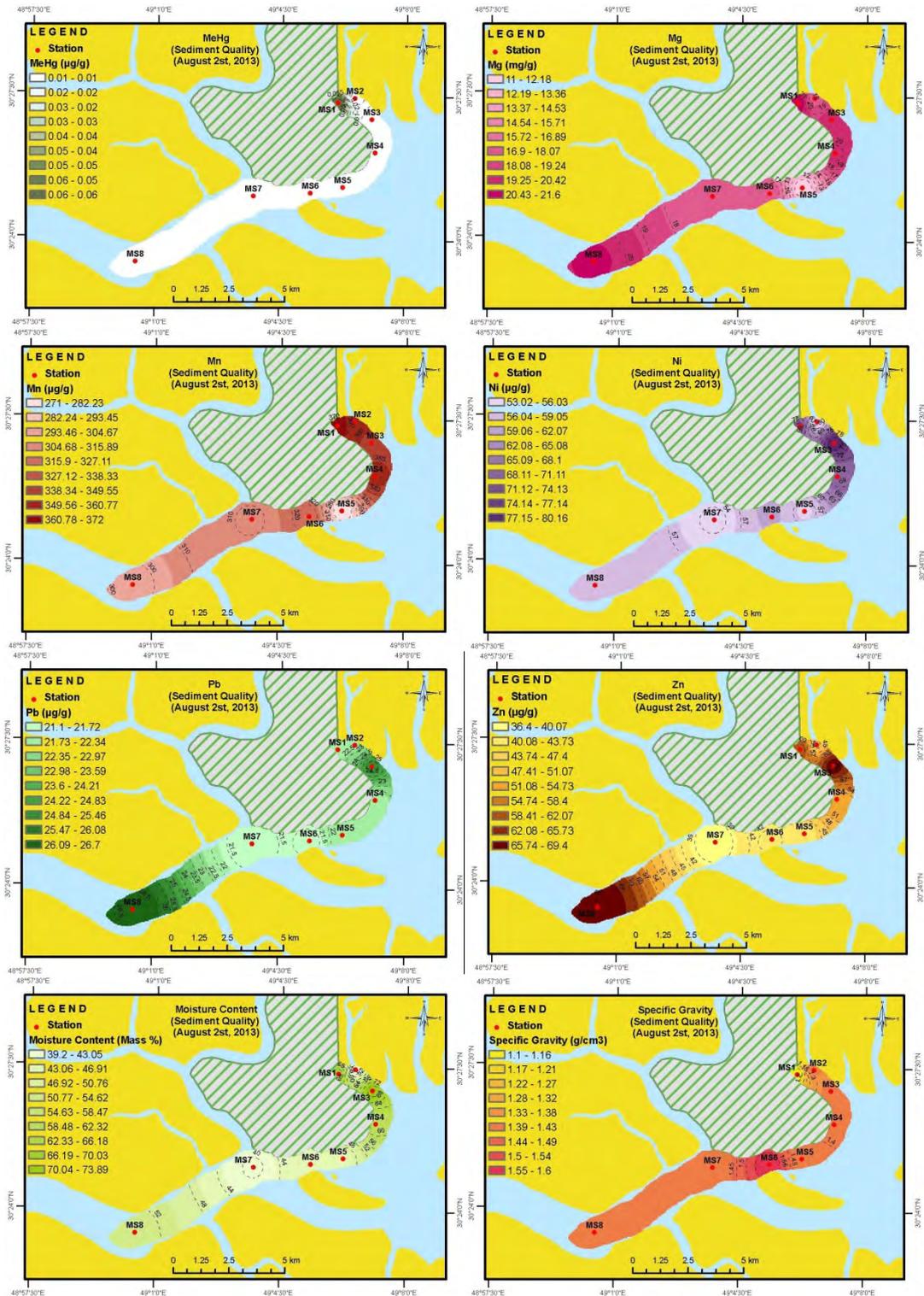
Source: Study team

Figure 3.5.11 Horizontal Distribution of Heavy Metal Concentration in Seawater.



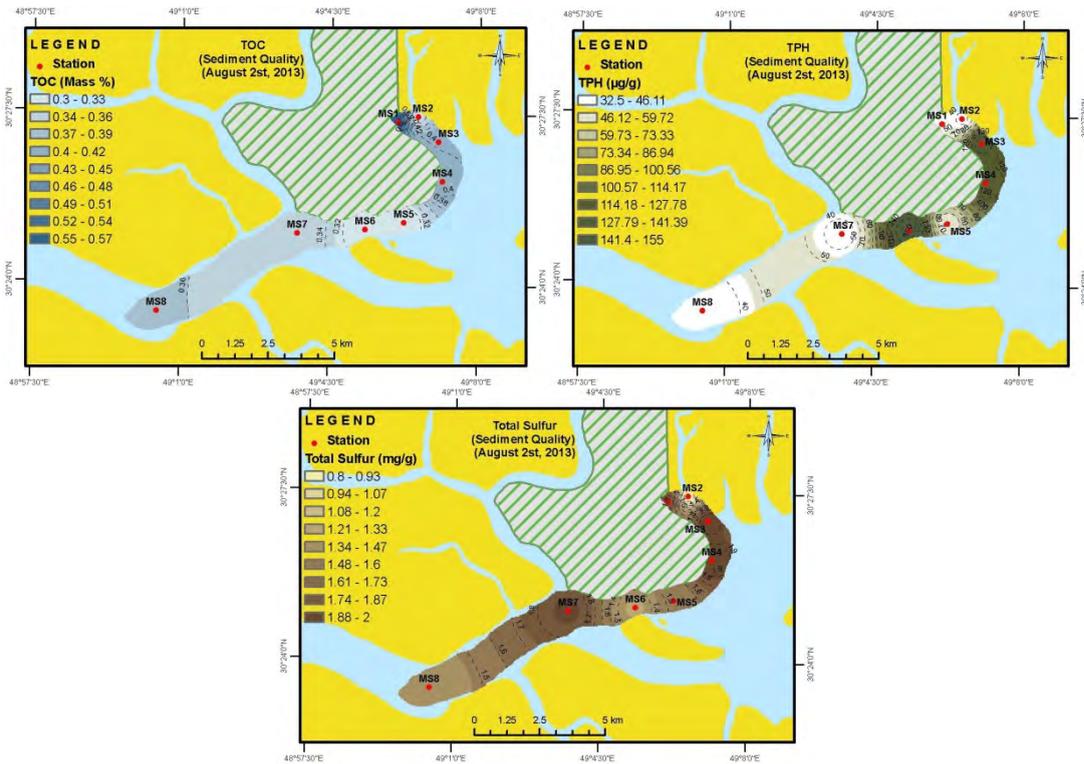
Source: Study team

Figure 3.5.12 (1) Horizontal Distribution of Heavy Metal Concentration in Sediment



Source: Study team

Figure 3.5.12 (2) Horizontal Distribution of Heavy Metal Concentration in Sediment



Source: Study team

Figure 3.5.12 (3) Horizontal Distribution of Heavy Metal Concentration in Sediment

In order to detect the pollution level in sediment in the study area (PETZONE) and to detect the impact to benthic organisms, the concentrations of trace elements detected in this study are compared with the Effects Range Low (ERL) and the Effects Range Medium (ERM) values by NOAA Marine Sediment Quality Guideline and the Threshold Effect Level (TEL) and the Probable Effect Level (PEL) by the Canadian Interim Marine Sediment Quality Guideline (ISQG, CCME, 2002) (See Table 3.5.5). The Threshold Effect Level (TEL) is the level below which adverse effects rarely occurs and the Probable Effect Level (PEL) is the level above which adverse effects frequently occurs.

In this sampling period, the maximum and average concentration of As, Cr, Cu, Pb and Zn in sediment do not exceed the sediment quality guidelines (ISQG/TEL) and pose no environmental concerns. Cu concentration of sediments in two sampling points (MS-3 and MS-8) are close to the ISQG/TEL.

Sediment quality guideline and TEL are not determined for Mn, but the concentration of Mn in all of the sampling stations is lower than ERL.

The concentration of Hg in all the sediment samples is lower than PEL, while in four sampling points (MS-1, MS-2, MS-3 and MS-4) are higher than ISQG/TEL.

The concentrations of Ni and Cd in all sediments are higher than TEL and ERL. Moreover, Ni concentrations in all of sampling stations are higher than ERM that can be harmful to benthic organisms. Nickel has a high natural background in this mineral-rich region. A part of the high level of Ni in the sediments could be the result of natural mineralization of ophiolitic rocks (De Mora et al., 2004). High nickel concentrations in sediment samples and lower concentration of Cr and Co in sediment indicate that there is another source for nickel in the study region.

Concentrations of cobalt in three sampling stations (MS-1, MS-3 and MS-8) are higher than freshwater sediments (20 µg/g; Canadian Technical Report. 2004). Comparing the element concentration in eight sampling stations demonstrate that relatively elevated concentrations of some elements occurred in similar areas.

Maximum levels of Cd and MeHg are detected at the MS-1 sampling point, Al, Cr, Pb, Hg and Ni at the MS-3 sampling point, and As, Fe, Cu and Pb at the MS-8 sampling point.

Maximum detected levels of Co (20.1µg/g) are observed in MS-1 and MS-8.

In this comparison, elevated levels do not indicate whether there are potential toxicological concerns associated with these levels for Al, Fe, As, Cr, Cu, Hg, Pb and Zn.

Table 3.5.5 Comparison of Sediment Concentration between the Survey Result and the Guideline Values by NOAA and ISQGs Marine Sediment Quality Guideline

Elements	Average in this study	ISQG	ERL	ERM	PEL	Nearshore muds
Al (mg/g)	8.10	---	---	---	---	84
As (µg/g)	1.69	7.24	8.2	70	41.6	5
Cd (µg/g)	1.63	0.7	1.2	9.6	4.2	---
Cr (µg/g)	27.31	52	81	370	160	60
Co (µg/g)	18.98	---	---	---	---	13
Cu (µg/g)	15.57	18.7	34	270	108	56
Fe (mg/g)	14.93	---	---	---	---	65
Hg (µg/g)	0.39	0.13	---	---	0.7	---
Mn (µg/g)	327.20	---	460	1100	---	850
Ni (µg/g)	63.45	< 20	21	52	>50	35
Pb (µg/g)	23.07	30.2	47	220	112	22
Zn (µg/g)	52.52	124	---	---	271	92

Source: NOAA Marine Sediment Quality Guideline

Canadian Interim Marine Sediment Quality Guideline (ISQG, CCME, 2002)

Note: * Average concentration of trace elements in near-shore muds (Martin and Whitfield 1983)

ERL: Effects Range Low

ERM: Effects Range Medium

TEL: Threshold Effect Level

PEL: Probable Effect Level

SQG: Sediment Quality Guidelines (CCME, 2002)

3.6 Survey in September 2013

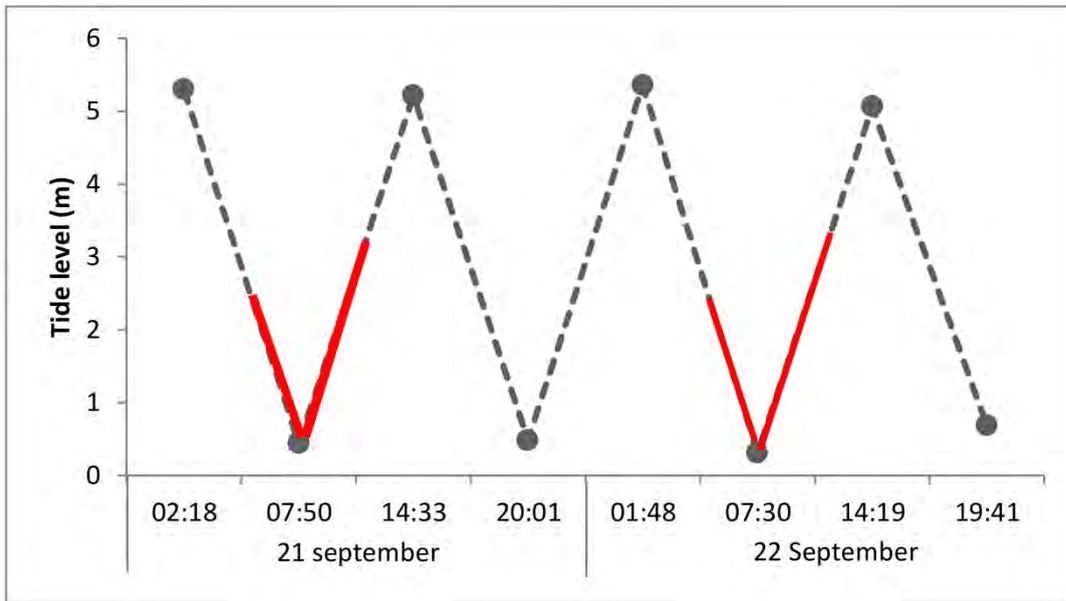
3.6.1 Survey Timing

Table 3.6.1 shows the timetable of the survey and Figure 3.6.1 shows the tide timing of the survey, respectively.

Table 3.6.1 Time Table of the Survey (September, 2013)

Date	Time	Site	Note
Saturday, 21 September 2013	6 to 11	MS-1 to MS-4	Water sampling & in- situ monitoring
Sunday, 22 September 2013	6 to 12	MS-5 to MS-8	

Source: Study team



Source: Tide table (<http://www.iranhydrography.org/default.asp>)

Red line shows the timing of the survey

Figure 3.6.1 Tide Timing at the Survey (September, 2013)

3.6.2 Result of the Survey

Summary of the survey results is shown in Table 3.6.2 and raw data is stored in Annex A.

Table 3.6.2 Summary of the Survey Result

Survey date: Sep. 21-22, 2013

Category	Parameter	Unit	Environmental standard (*1)	Sep		
				Min	Max	Ave
Water quality (Field measurement)	Water temperature	°C	(*2)	29.8	31.3	30.2
	Salinity	-	(*3)	40.60	44.70	43.16
	Conductivity	mS/cm		69.5	76.0	73.6
	pH	-	6.5-9.0	8.44	8.61	8.52
	DO	mg/L	> 3 (*4)	5.90	6.61	6.49
Water quality (Analysis: general parameters)	Turbidity	NTU		31	176	100
	Suspended solid	mg/L	(*5)	10	240	97
	COD	mg/L as O ₂	5	12	48	17
	TOC	mg/L as C		1.9	3.8	2.5
	Oil contents	mg/L	(*6)	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	Coliform bacteria (*10)	MPN Index/100ml	500 (*7)	<2	71	23.2
	Total nitrogen	mg/L as N	0.4 (*8)	0.56	0.88	0.67
Total phosphorous	mg/L as P	0.045 (*9)	<0.2	<0.2	<0.2	

Source: Study team

Note: Red letter means excess of the standard/criteria value

*1: Standard for Ambient Water in Persian Gulf and Oman Sea (draft), Class 6: Industrial zone or Port, DOE.

*2 Water temperature: ± 3 of natural temperature of receptive source

*3 Salinity: It should be no more than 10 percent of minimum natural salinity of the region.

*4 DO: 40% of Saturation

*5 Suspended Solid: Its increase should not be more than its daily, monthly, annual average considering standard deviation.

*6 Oil contents: There should be no oil layer, foam visible on its surface.

*7 Coliform bacteria: Fecal coliform should be less than 100 CFU/100ml.

*8 Total nitrogen: The value of Nitrate-nitrogen is used in this table.

*9 Total phosphorous: The value of Phosphate-phosphorus is used in this table.

*10 Total coliform was analyzed in Apr., May, Jun. and Aug-1, while fecal coliform analyzed in Aug-2, Sep. and Oct.

3.6.3 Discussion

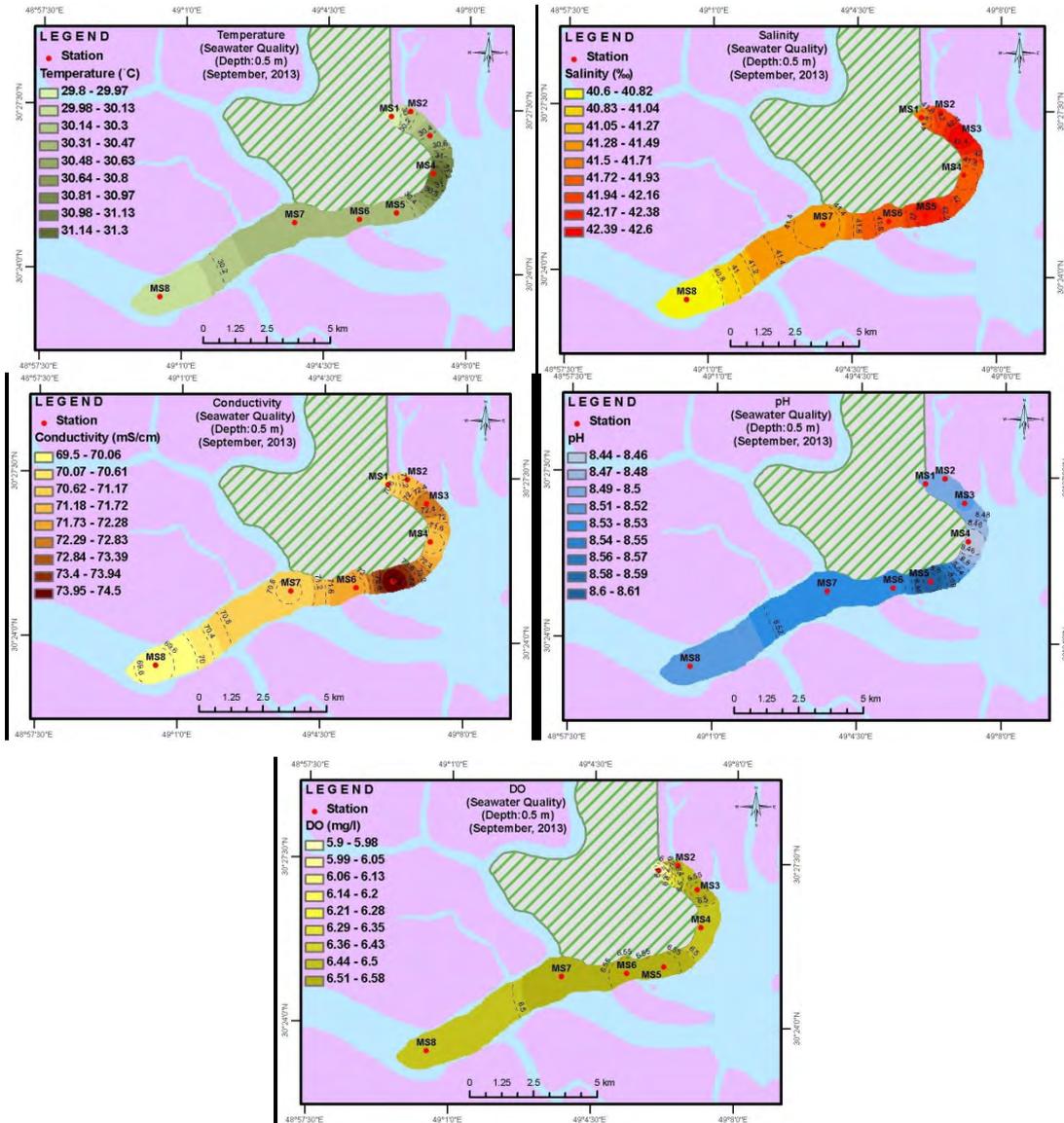
a) Field measurement

Horizontal distribution of the field measurement parameters (in-situ parameters) are shown in Figure 3.3.2.

The water temperature ranges from 29.8 to 31.3 °C (average: 30.22 °C). The pH varies from 8.44 to 8.61 with an average value 8.53, which indicate that seawater is alkaline in nature. The

DO concentration varies between 5.80–6.63 mg/l with an average 6.49 mg/l. The EC in the study area varies from 69.5 to 76 mS/cm with an average of 73.62 mS/cm. Salinity varies between 40.6 and 44.7 with an average value of 43.18.

Vertical profiles for in-situ parameters are shown in Annex D.



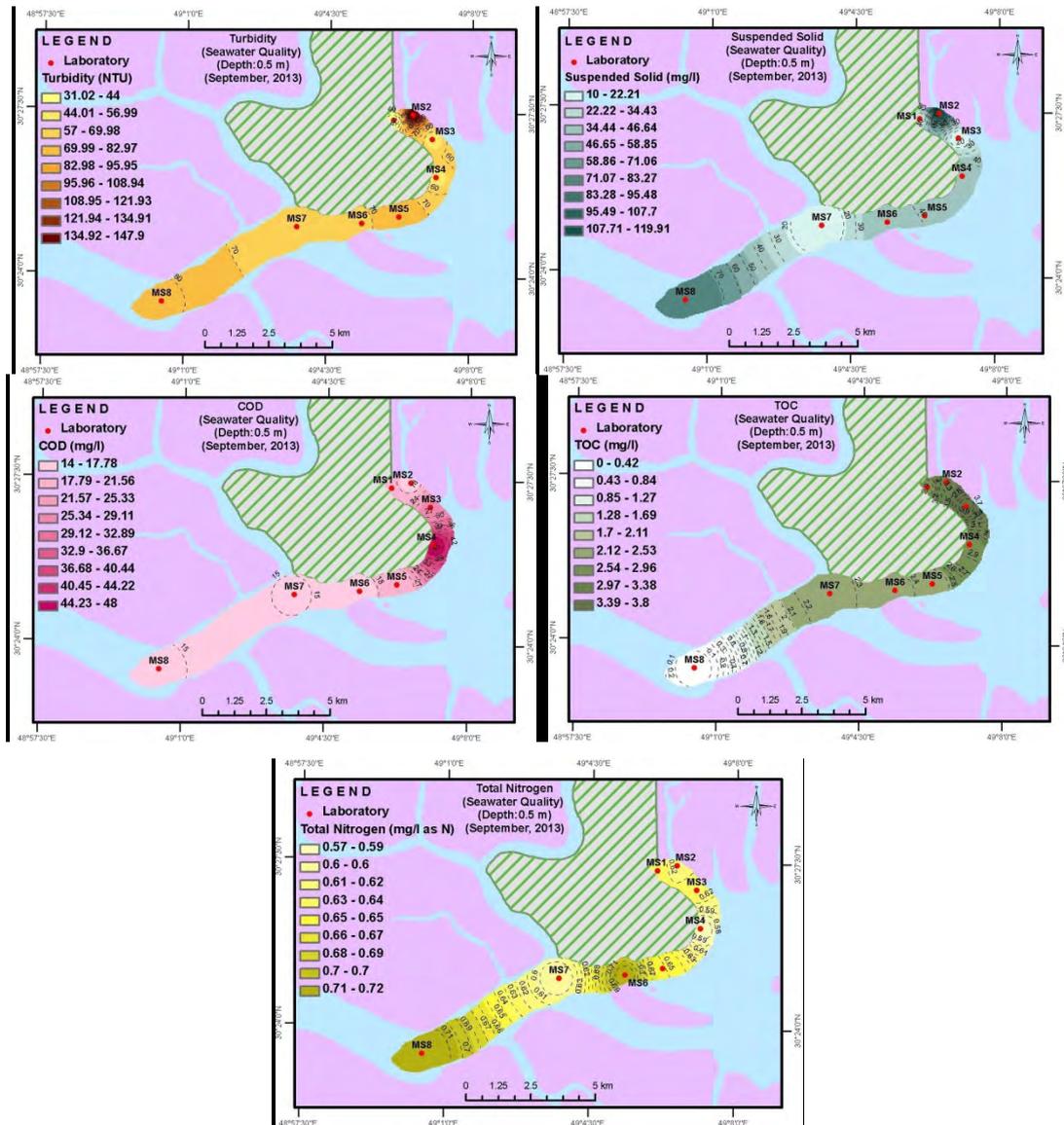
Source: Study team

Figure 3.6.2 (1) Horizontal Distribution of In-situ Parameters

b) Laboratory analysis

Horizontal distribution of the parameters of laboratory analysis is shown in Figure 3.6.3. Turbidity varies between 31 and 190 mg/l and MS-3 (2m below surface) shows the highest

value. Suspended solid varies between 10 and 240 mg/l and MS-8 (10m below surface) shows the maximum concentration. COD in MS-4 (0.5m below surface) shows the highest value and the others are relatively similar. TOC varies between 1.9 and 3.8 mg/l and MS-4 (0.5m below surface) shows the highest value. Total nitrogen concentration varied from 0.58 to 0.88 mg/l. The highest nitrogen concentration is observed in MS-5 (2m below surface). Vertical profiles of laboratory parameters are shown in Annex D.



Source: Study team

Figure 3.6.3 Horizontal Distribution of the Laboratory Parameters

3.7 Survey in October 2013

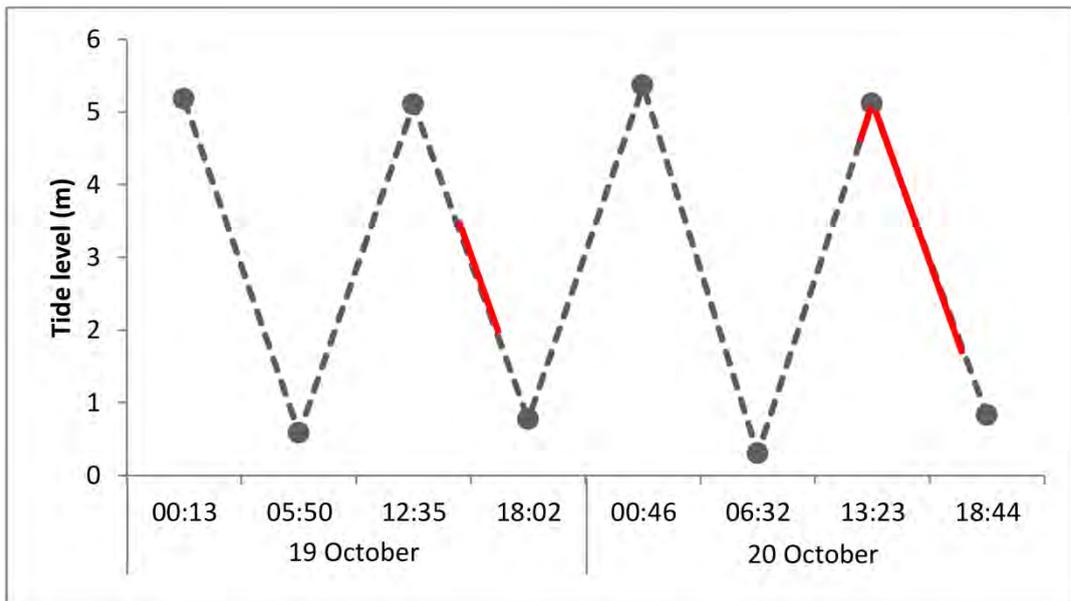
3.7.1 Survey Timing

Table 3.7.1 shows the time table of the survey and Figure 3.7.1 shows the tide timing at the survey, respectively.

Table 3.7.1 Time Table of the Survey (October, 2013)

Date	Time	Site	Note
Saturday, 19 October 2013	2 to 4	MS-1 to MS-4	Water sampling & in- situ monitoring
Sunday, 20 October 2013	1 to 5	MS-5 to MS-8	

Source: Study team



Source: Tide table (<http://www.iranhydrography.org/default.asp>)

Red line shows the timing of the survey

Figure 3.7.1 Tide Timing at the Survey (October, 2013)

3.7.2 Result of the Survey

Summary of the survey results are shown in Table 3.7.2 and raw data is stored in Annex A.

Table 3.7.2 Summary of the Survey Result

Survey date: Oct. 19-20, 2013

Category	Parameter	Unit	Environmental standard (*1)	Oct		
				Min	Max	Ave
Water quality (Field measurement)	Water temperature	°C	(*2)	24.8	25.5	25.1
	Salinity	-	(*3)	35.60	50.30	42.00
	Conductivity	mS/cm		56.1	76.8	65.1
	pH	-	6.5-9.0	6.34	8.66	8.34
	DO	mg/L	> 3 (*4)	6.98	7.67	7.33
Water quality (Analysis: general parameters)	Turbidity	NTU		19	96	67
	Suspended solid	mg/L	(*5)	70	200	103
	COD	mg/L as O ₂	5	10	25	17
	TOC	mg/L as C		2.2	3.5	2.7
	Oil contents	mg/L	(*6)	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	Coliform bacteria (*10)	MPN Index/100ml	500 (*7)	< 2	23	11
	Total nitrogen	mg/L as N	0.4 (*8)	0.53	0.84	0.64
Total phosphorous	mg/L as P	0.045 (*9)	<0.2	<0.2	<0.2	

Source: Study team

Note: Red letter means excess of the standard/criteria value

*1: Standard for Ambient Water in Persian Gulf and Oman Sea (draft), Class 6: Industrial zone or Port, DOE.

*2 Water temperature: ± 3 of natural temperature of receptive source

*3 Salinity: It should be no more than 10 percent of minimum natural salinity of the region.

*4 DO: 40% of Saturation

*5 Suspended Solid: Its increase should not be more than its daily, monthly, annual average considering standard deviation.

*6 Oil contents: There should be no oil layer, foam visible on its surface.

*7 Coliform bacteria: Fecal coliform should be less than 100 CFU/100ml.

*8 Total nitrogen: The value of Nitrate-nitrogen is used in this table.

*9 Total phosphorous: The value of Phosphate-phosphorus is used in this table.

*10 Total coliform was analyzed in Apr., May, Jun. and Aug-1, while fecal coliform analyzed in Aug-2, Sep. and Oct.

3.7.3 Discussion

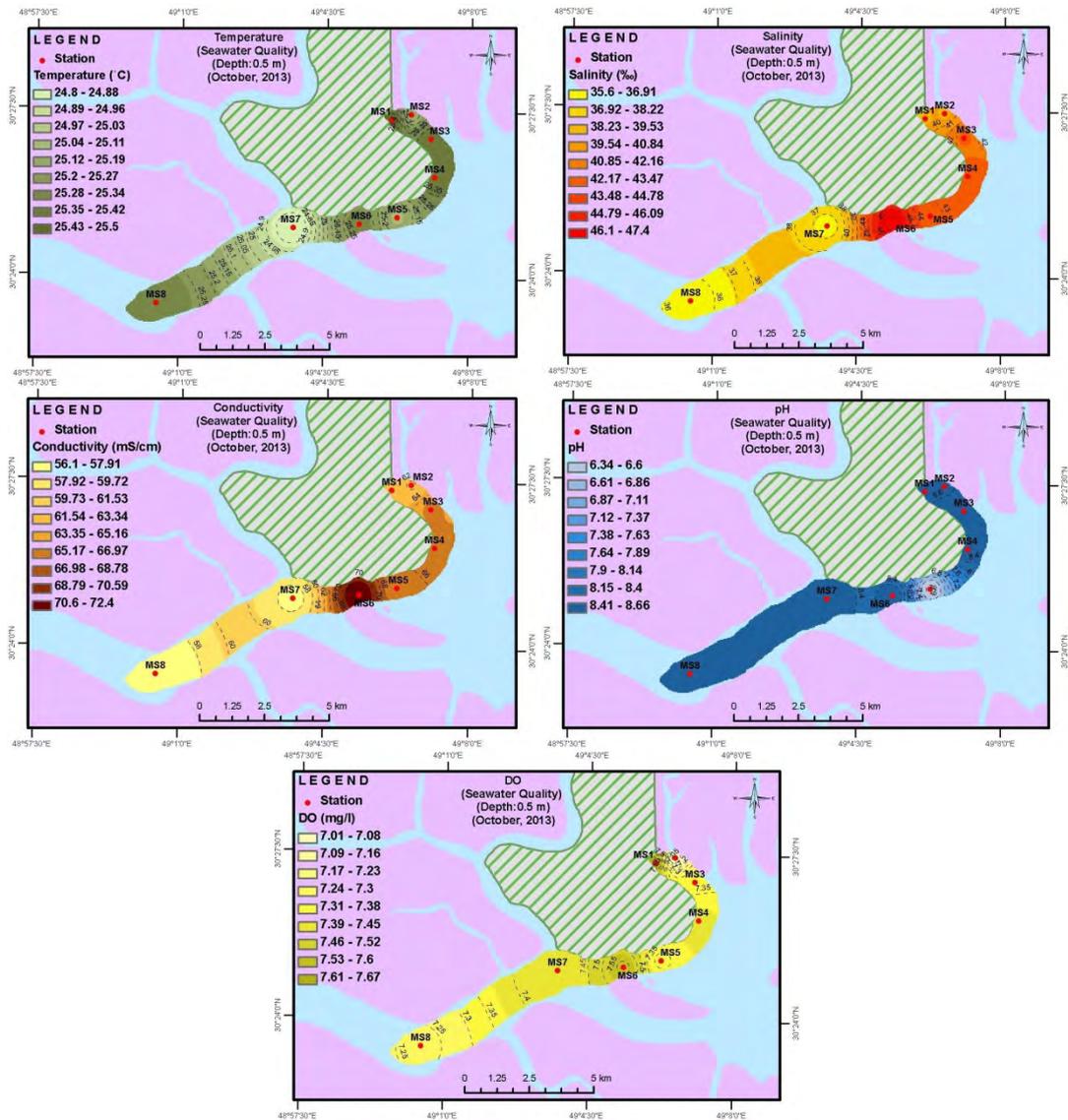
a) Field measurement

Horizontal distribution of the field measurement parameters (in-situ parameters) are shown in Figure 3.7.2.

The water temperature ranges from 24.8–25.5 °C with an average of 25.1 °C. The pH values vary from 6.34 to 8.66 with an average value 8.40, indicating the alkaline nature of seawater.

The EC values range from 56.1 to 76.8 mS/cm with an average of 65.1 mS/cm. Salinity ranges from 35.6 to 50.3 with an average value of 42.1. The dissolved oxygen varies between 6.98–7.67 mg/l with an average 7.32 mg/l.

Vertical profiles of in-situ parameters are illustrated in Annex D.



Source: Study team

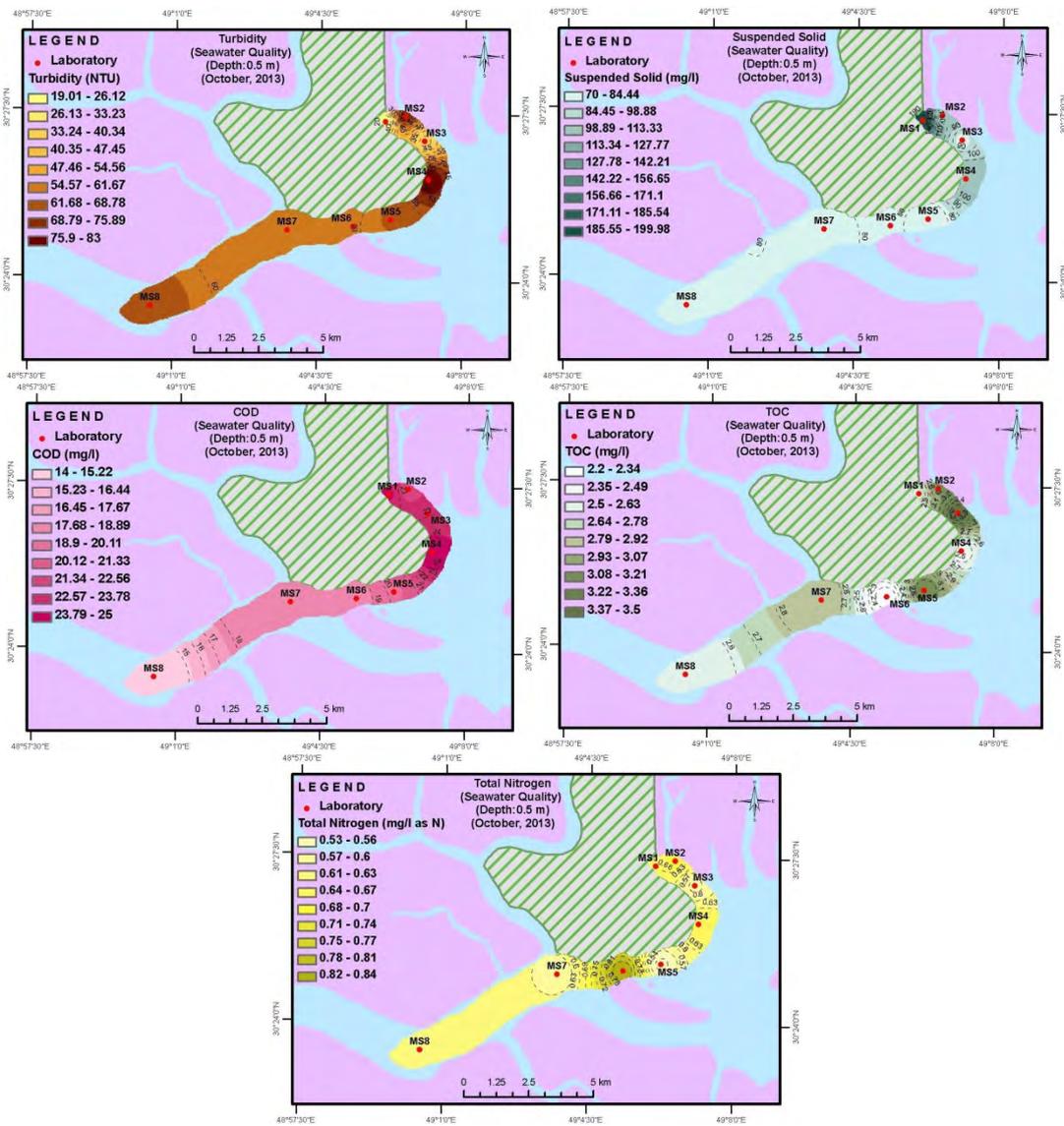
Figure 3.7.2 Horizontal Distribution of In-situ Parameters

b) Laboratory analysis

Horizontal distribution of the parameters of laboratory analysis is shown in Figure 3.7.3.

Turbidity in seawater samples varies between 19 and 96 mg/l and MS-2 (2m below surface) shows the highest value. Suspended solid varies between 70 and 200 mg/l with the maximum concentration in MS-7 (2m below surface). COD in MS-4 (0.5m below surface) shows the highest value and the others are relatively similar. TOC in MS-3 (0.5m below surface) shows the highest value (3.5 mg/l) and in other stations it varies between 2.2 and 3.5 mg/l. Total nitrogen concentration varies from 0.53 to 0.84 mg/l. The highest nitrogen concentration is observed in MS-6 (0.5m below surface).

Vertical profiles of laboratory parameters are shown in Annex D.



Source: Study team

Figure 3.7.3 Horizontal Distribution of the Laboratory Parameters

4 Time Series Variation

Time series of minimum, maximum and average of monthly monitoring parameters is shown in Figure 3.7.1.

Red line in each graph shows the standard value of the Standard for Ambient Water in Persian Gulf and Oman Sea (draft), Class 6: Industrial zone or Port, prepared by DOE.

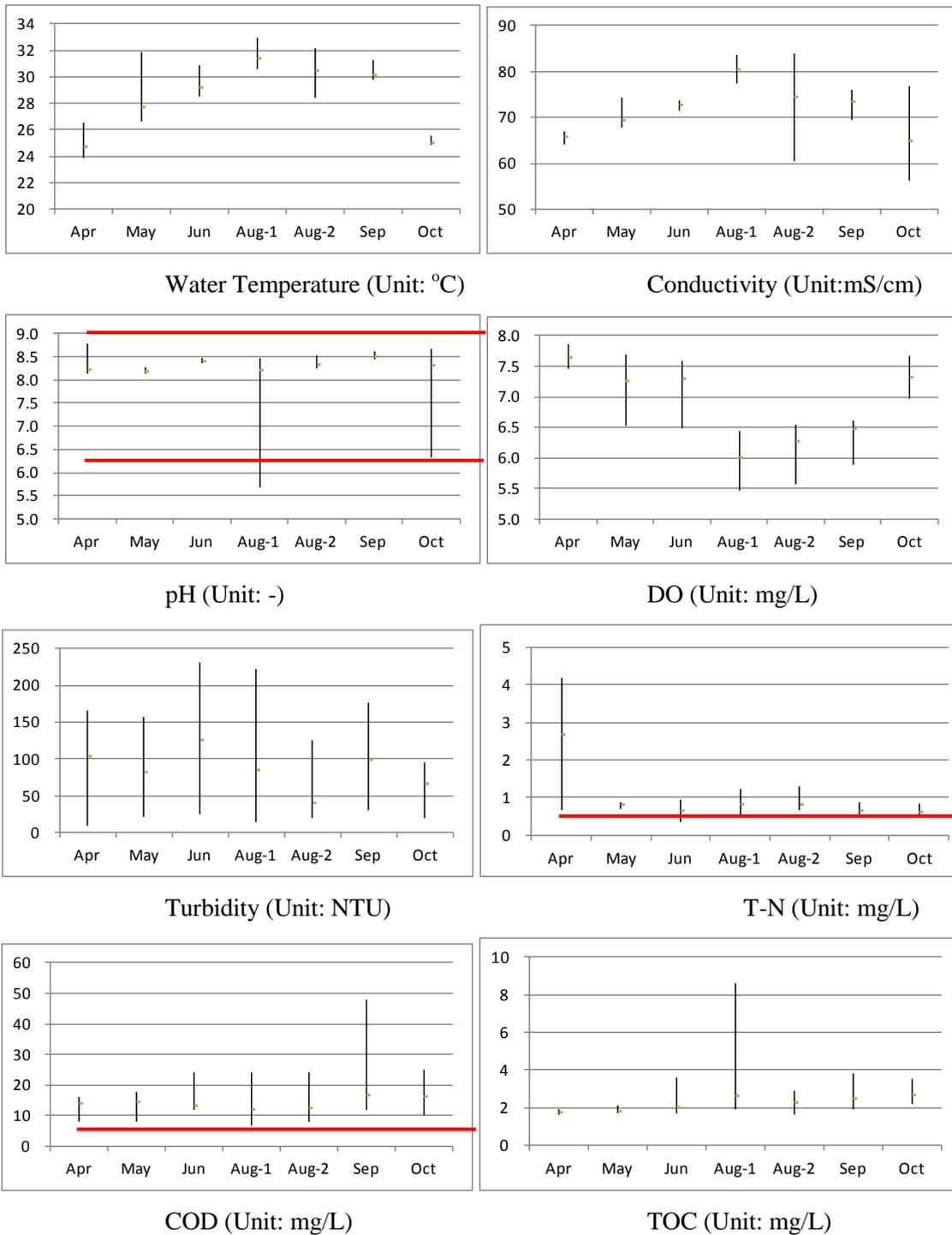
Water temperature is the highest in August, while DO shows the lowest in August. This is considered because of higher demand of oxygen consumption by the decomposition process of organic matters in the water due to high water temperature.

Fluctuation of pH is occasionally high leading excess of the standard value, suggesting some impacts of discharges from the PETZONE.

T-N and COD steadily exceed the standard value and the temporal trend of COD and TOC shows an increase of nutrient level in the area, suggesting the nutrient load from PETZONE might be increasing.

Horizontal distribution of COD in each month is shown in Figure 3.7.2 and horizontal distribution of major parameters in May and August is shown in Figure 3.7.3. The figures of horizontal distribution of COD and Lead in water quality and Cadmium, Mercury, Nickel and Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) in sediment quality show a tendency that each value is high at upper stream in the watercourse of surrounded area of the PETZONE and low at downstream, suggesting the impact from the PETZONE.

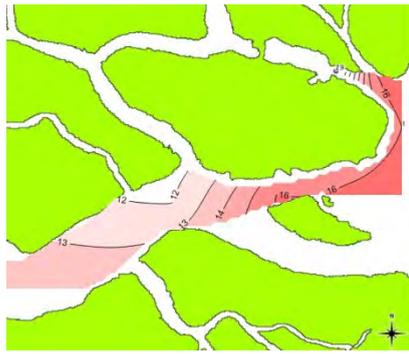
Therefore continuous monitoring is considered important to assess the temporal change of the impact from the PETZONE to the surrounded area and to evaluate the effect of planned improvements of the facilities in the PETZONE.



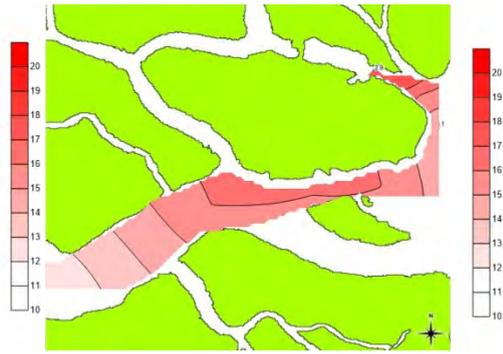
Source: Study team

The red line in each graph indicates the standard value of the Standard for Ambient Water in Persian Gulf and Oman Sea (draft), Class 6: Industrial zone or Port, DOE

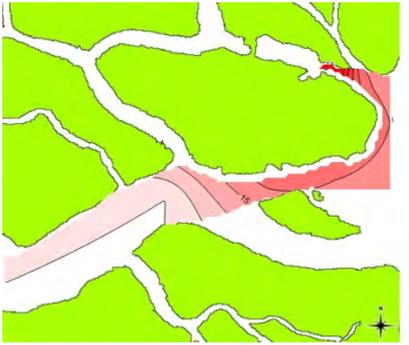
Figure 3.7.1 Time Series of Minimum, Maximum and Average of the Monthly Monitoring Parameters, 2013



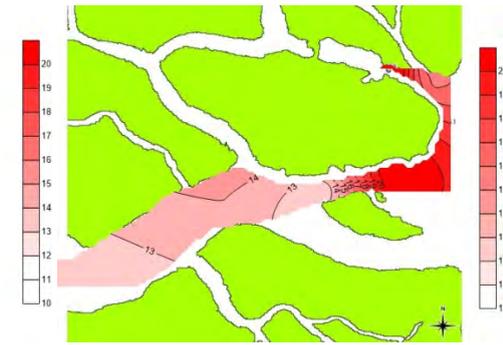
April



May



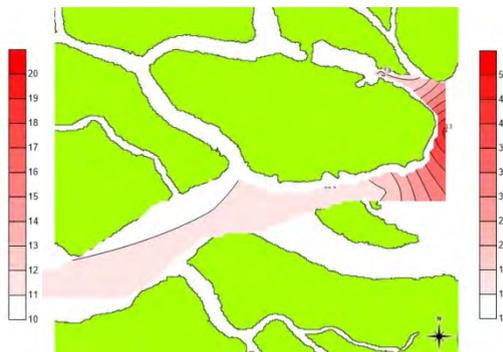
June



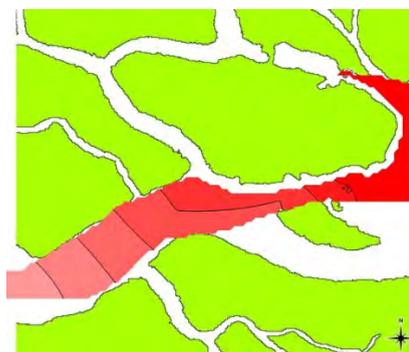
August (1)



August (2)



September

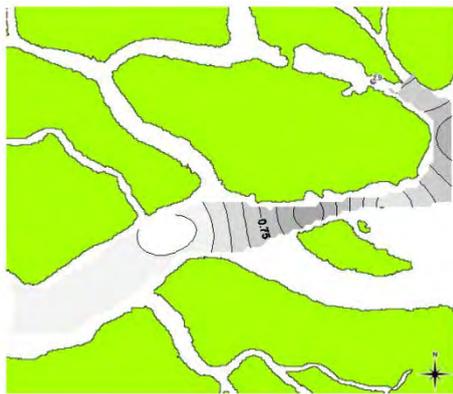


October

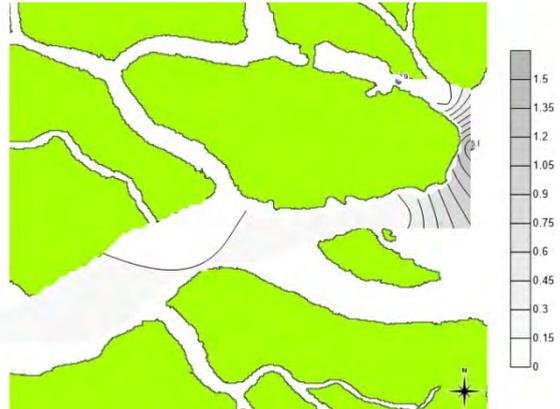
Unit: mg/L

Source: Study team

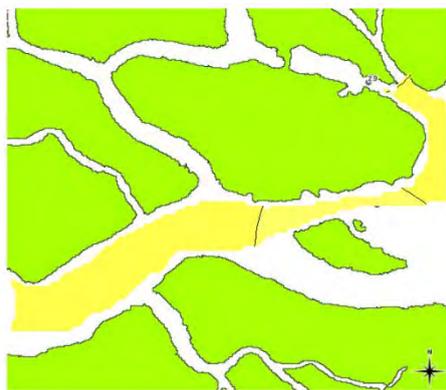
Figure 3.7.2 Horizontal Distribution of COD in each month, 2013



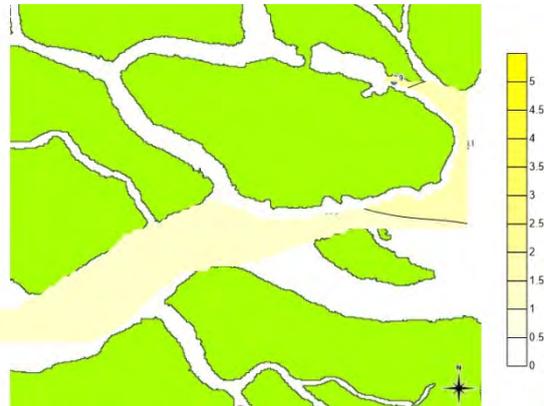
Lead (Water quality, May)



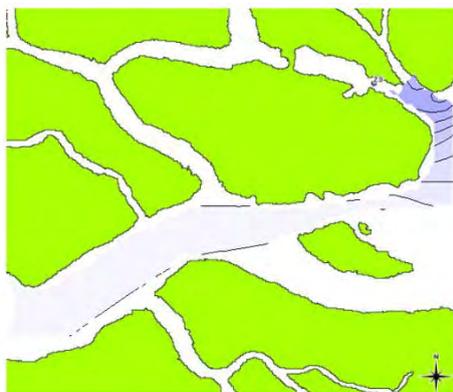
Lead (Water quality, August)



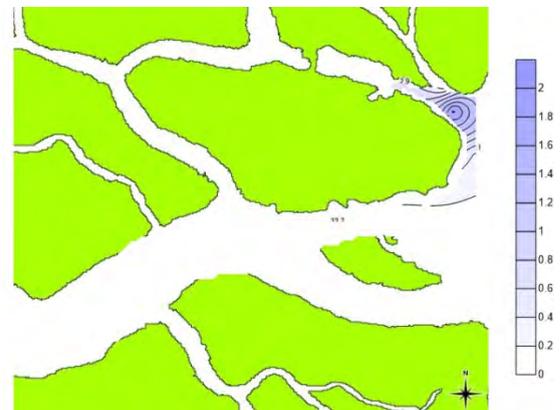
Cadmium (Sediment quality, May)



Cadmium (Sediment quality, August)



Mercury (Sediment quality, May)



Mercury (Sediment quality, August)

Source: Study team

Unit of water quality: micro-g/L

Unit of sediment quality: micro-g/g.dw

Figure 3.7.3 Horizontal Distribution of Major Parameters (May and August, 2013)

5 Findings from the Survey

Followings from the series of survey are summarized as findings:

- Semidiurnal tide is dominant in this area and the difference of tide level between the high-tide and the low-tide reaches 5m.
- This great difference of the tide level causes high-speed tidal current and results in the active vertical mixing of the water mass. Vertical distribution of water temperature and salinity (0-10m below surface) shows that the difference of the value at 0.5m below surface and 10m below surface is significantly smaller, suggesting that vertical mixing is great.
- No clear evidence of the high concentration of increased oil & grease in water and total petroleum hydrocarbons (TPHs) in sediment was identified. It means oil contamination in this country is small.
- pH value in MS-1 shows the lowest (5.67) in the 4th sampling (13 August 2013). This might be considered the effluent discharge from PETZONE changed the pH to acidic conditions.
- T-N and COD steadily exceed the draft standard value by DOE and the temporal trend of COD and TOC shows increase of nutrient level in the area, suggesting the nutrient load from PETZONE might be increasing.
- Since the sampling point MS-1 tends to show higher COD concentration than other sampling points, effluent discharge, whose outlet is close to MS-1, might be one of the sources of entrance of different of chemicals to seawater.
- Although Mercury (Hg) is not detected in seawater, Hg in sediment is detected at several survey points and its concentration exceeds the guideline value. Therefore, it should be followed up in the further survey.
- The concentrations of Co, Pb and Cu elements in seawater are higher than natural seawater values and the concentrations of Co, Pb and Cd elements in sediment are relatively high. These are the major pollutants in the study area and may pose risk for aquatic life and also the residents in the region and the water receiving areas.
- The concentration of Ni in both seawater and sediments is very high and it is necessary to pay attention about this increment of concentration.
- Since harmful substances such as Mercury and Chromium in water, and Arsenic, Cadmium and Mercury in sediment are detected, although those concentrations are low, and the possibility of increase of nutrient level is considered, continuous monitoring in sea area is necessary.

6 Recommendation for the Future Plan

The study should be designed to confirm or refute the presence of pollutants, to determine the spatial extent of chemical contamination (both in surface and in deeper sediments), to identify chemical gradients (which can be used to identify possible sources of contamination), and to identify the location of sediment hot spots. Data from toxicity tests (including whole- sediment and pore-water tests), benthic invertebrate community assessments, and fish community assessments can provide important information for evaluating the effects of contaminated seawater and sediments on aquatic organisms. In addition, bioaccumulation assessments can be used to assess the potential effects of pollutants that tend to bioaccumulate in the food web and, in so doing, pose risks to aquatic-dependent wildlife and/or human health. The results of sediment toxicity tests can be used to assess the bioavailability of contaminants in the field/collected seawater/sediments. The responses of organisms exposed to field collected sediments are often compared to the response of organisms exposed to a control and/or reference sediment. While whole seawater/sediment chemistry, seawater/sediment toxicity, and benthic invertebrate community structure play important role in this investigation, in this way, it is possible to identify the contaminants at the site. For instance, identification and determination of volatile organic compounds are very important for investigation. While the results of chemical analyses of environmental samples provide important information for assessing the risks that contaminated seawater/sediments pose to human health and environmental receptors, other types of data should also be collected during investigation to confirm the results of such assessments and to provide multiple lines of evidence for assessing risks to ecological receptors.

General approaches to conduct bioaccumulation assessments include:

- It is recommended to measure Tributyltin (TBT) in seawater and sediment. TBT chemical is very toxic and harmful to aquatic organisms and fishes. It is used for anti-algae and antifouling in ships and boat painting,
- Trihalomethanes (THMs) identifications and determinations in seawater is very essential especially near petrochemical effluents zones,
- Bioassay tests and toxicity tests are highly recommended,
- Since Chlorophyll a is a very important test for marine waters, it is recommended to perform the test in the future survey,
- Sequential extraction analysis to predict heavy metal bioavailability in sediment, and
- Elements such as V, Mo and Rare Earth Elements (REE) are recommended to include in the future tests for source identification and estimation of pollution degree, and ratio calculation for some elements (Ni/V).

It is suggested that to consider a sampling point as a background station for determination of anthropogenic and natural or geogenic contamination.

6.1 Environmental Monitoring

Environmental monitoring can be defined as the systematic sampling of air, water, soil, and biota in order to observe and study the environment, as well as to derive knowledge from this process.

Monitoring can be conducted for a number of purposes, including establishing environmental “baselines, trends, and cumulative effects” to test environmental modeling processes, to educate the public about environmental conditions, to inform policy design and decision-making, to ensure compliance with environmental regulations, to assess the effects of anthropogenic influences, or to prepare an inventory of natural resources.

6.2 Monitoring System

Monitoring is the systematic collection and analysis of information as a project progresses. It is aimed at improving the efficiency and effectiveness of a project or organization. It is based on targets set and activities planned during the planning phases of work. It helps to keep the work on track, and can let management know when things are going wrong. If it is conducted properly, it will be a valuable tool for good management, and it provides a useful base for evaluation. It enables you to determine whether the resources you have available are sufficient and are being well used, whether the capacity you have is sufficient and appropriate, and whether you are doing what you planned to do.

There are various products for system monitoring offer the widest range of possibilities:

- Wireless or internet based,
- Compact or complex,
- Concise or elaborate.

Online monitoring systems for air pollution and water and wastewater recently have been subjected in the world widely. In this project, multi analyzer for in-situ analysis such as EC, pH, T, etc. are widely used. In the future, new and modern instruments for in-situ analysis will be applied. Laboratories, which are involved in analysis of pollutants , also must be equipped with advanced analytical instruments such as high resolution GC/MS, LC/MS, GC/ECD (for halogenated compounds) and etc.

6.3 Structure of the Monitoring Team

For this monitoring survey, around ten (10) people shall be engaged in sampling, extraction, analysis and data collection and data interpretation.

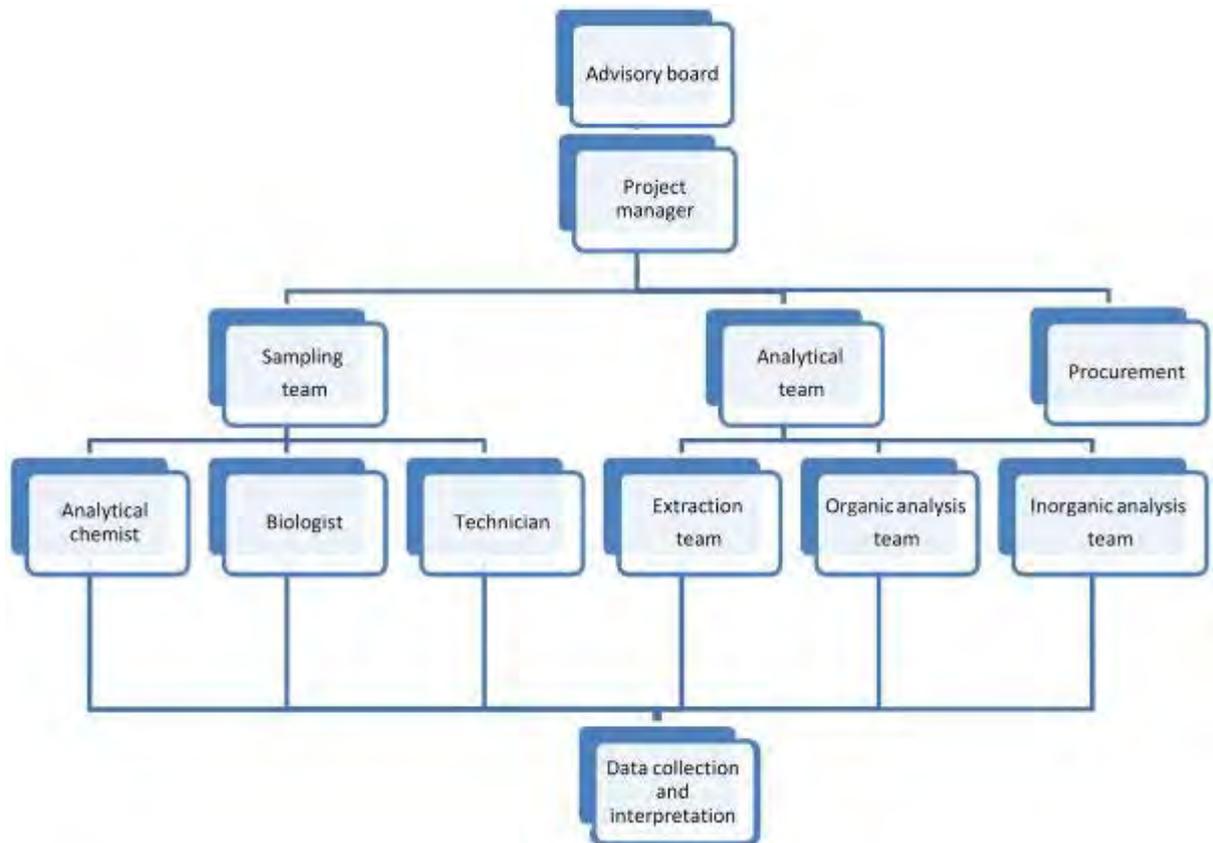


Figure 5.3.1 Proposed Organizational Chart for Monitoring

Reference

- ASTM, D3590, Standard Test Methods for Total Kjeldahl Nitrogen in water, Reapproved 2006
- Burgherr, P. 2007. In-depth analysis of accidental oil spills from tankers in the context of global oil spill trends from all sources. *Journal of Hazardous Materials*, 140: 245–256.
- CCME, 1999, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, method 3111C.
- CCME, 1999, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, method 3111E.
- CCME, 1999, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, method 3112.
- Hamilton, E.I. 1994. The Geobiochemistry of cobalt. *The Science of the Total Environment*. 150: 7-39.
- Huijjer, K. 2005. Trends in oil spills from tanker ships 1995–2004. Paper presented at the 28th Arctic and Marine Oil spill Program (AMOP) Rechniqueal Seminar, 7–9 June 2005, Calgary, Canada.
- Julius B. Cohen Practical Organic Chemistry 1910
- Kabata-Pendias A, Pendias H (1999) Biogeochemistry of trace elements, 2nd ed., Wyd Nauk PWN, Warszawa
- Lachat Instruments 1995. Total Kjeldahl Nitrogen in Soil/Plant. QuickChem Method 13-107-06-2-3.
- M.Godarzi Nik, B. Shahbazi, K. Grigoryan, 2012, the study of mercury pollution distribution around chlor-alkali petrochemical complex, Bandar imam, southern iran”, *Environ. Earth Sci.*
- Martin, J. M. and Whitfield, M. (1983), the significance of the river input of chemical elements to the ocean. In *trace metals in seawater*, C.S. Wong, E.A. Boyle, K.W. Bruland, J.D. Burton and E.D. Goldberg (eds), 96-265. New York: Plenum.
- ROPME., 1999. State of the marine environment report 1999. The Land Base of the Persian Gulf, ROPME, Marine Department of Environmental Organization of Iran.

- Schmidt-Etkin, D. 2011. Spill occurrences: a world overview. In: Oil spill science and technology Chapter 2, pp. 7–48 (Fingas, M., ed.). Gulf Professional Publishing. ISBN 978-1-85617-943-0.

- Huijjer, K. 2005. Trends in oil spills from tanker ships 1995–2004. Paper presented at the 28th Arctic and Marine Oilspill Program (AMOP) Technical Seminar, 7–9 June 2005, Calgary, Canada.

- Burgherr, P. 2007. In-depth analysis of accidental oil spills from tankers in the context of global oil spill trends from all sources. *Journal of Hazardous Materials*, 140: 245–256.

- Schmidt-Etkin, D. 2011. Spill occurrences: a world overview. In: Oil spill science and technology Chapter 2, pp. 7–48 (Fingas, M., ed.). Gulf Professional Publishing. ISBN 978-1-85617-943-0.

ANNEX

Annex A Survey result

[April 2013]

	MS-1					MS-2					MS-3					MS-4				
Date	27 Apr., 2013					27 Apr., 2013					27 Apr., 2013					27 Apr., 2013				
Time	16:00					16:20					18:00					18:45				
Longitude	30° 27' 19.9"N					30° 27' 26.4"N					30° 26' 56.2"N					30° 26' 07.5"N				
Latitude	49° 06' 05.0"N					49° 06' 33.3"N					49° 07' 02.5"N					49° 07' 08.7"N				
Air temperature(°C)	28.0					25.6					25.6					25.6				
Wind ¹	S, 2					S, 2					S, 2					S, 2				
Wave (cm)	10					20					10					No wave				
Depth (m)	0.8					5.0					5.0					1.6				
Current (Direction, knot)	No current					S, 2					S, 2					S, 0.5				
Water color ²	5GY6/10 (strong yellow green)					5.5Y7/5 (dull yellow)					5.5Y7/5 (dull yellow)					5.5Y7/5 (dull yellow)				
Transparency (m)	0.20					0.20					0.20					0.18				
Below water sur	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)
0.5	26.5	43.00	65.7	8.36	7.86	25.1	42.40	65.9	8.21	7.49	25.6	42.20	65.5	8.23	7.55	25.3	42.91	65.4	8.79	7.47
1						25.2	42.95	66.3	---	---	25.2	42.50	65.6	---	---	25.3	42.80	65.7	8.43	7.70
2						25.7	42.70	67.0	8.21	7.57	25.5	42.60	66.0	8.24	7.56					
3						25.4	42.63	66.2	---	---										
4						25.4	42.80	66.2	---	---										
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
Remarks																				
Note:																				
	1 Beaufort grade																			
	2 Muncel color code																			

	MS-5						MS-6					MS-7					MS-8				
Date	27 Apr., 2013						28 Apr., 2013					28 Apr., 2013					28 Apr., 2013				
Time	19:15						19:45					18:25					15:45				
Longitude	30° 25' 16.6"N						30° 25' 07.2"N					30° 25' 02.2"N					30° 23' 24.1"N				
Latitude	49° 06' 15.2"N						49° 05' 20.5"N					49° 03' 44.6"N					49° 00' 27.6"N				
Air temperature(°C)	25.2						24.5					23.8					32.0				
Wind ¹	No wind						S, 1					S, 2					S, 1				
Wave (cm)	No wave						No wave					No wave					No wave				
Depth (m)	>10						>40					>30					>40				
Current (Direction, knot)	No current						W, 2					W, 1					W, 0.5				
Water color ²	5.5Y7/5 (dull yellow)						5.5Y7/5 (dull yellow)					5.5Y7/5 (dull yellow)					5.5Y7/5 (dull yellow)				
Transparency (m)	0.20						0.17					0.20					0.20				
Below water surf	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	
0.5	24.4	43.30	65.8	8.20	7.68	24.8	43.80	66.8	8.18	7.64	24.5	43.40	66.2	8.17	7.45	25.9	41.60	64.5	8.12	7.68	
1	24.5	44.30	66.3	---	---	24.6	44.00	66.5	---	---	24.4	43.30	66.1	---	---	25.0	41.60	64.2	---	---	
2	24.1	43.70	65.8	8.20	7.75	24.2	44.10	66.4	8.20	7.81	24.9	43.10	66.2	8.18	7.57	26.5	41.00	66.0	8.12	7.82	
3	24.2	43.74	65.6	---	---	24.3	44.20	66.5	---	---	24.4	43.30	66.2	---	---	26.4	41.20	65.3	---	---	
4	24.3	43.80	65.5	---	---	24.2	44.15	66.5	---	---	24.5	43.20	66.1	---	---	26.3	41.20	66.0	---	---	
5	24.2	43.90	66.4	---	---	24.5	44.00	66.8	---	---	24.6	43.40	66.2	---	---	24.7	42.20	64.7	---	---	
6	24.0	44.15	66.3	---	---	24.2	44.20	66.5	---	---	24.7	43.51	66.3	---	---	24.6	42.40	64.8	---	---	
7	24.1	44.00	66.4	---	---	24.7	43.90	67.0	---	---	24.8	43.50	66.6	---	---	24.2	42.50	64.5	---	---	
8	24.0	43.80	66.3	---	---	24.5	44.10	66.7	---	---	24.6	43.50	66.3	---	---	24.3	42.40	64.5	---	---	
9	23.9	43.90	66.4	---	---	24.5	44.15	66.9	---	---	24.7	43.50	66.4	---	---	24.1	42.70	64.6	---	---	
10	23.9	43.80	65.9	8.22	7.78	24.5	43.90	66.8	8.18	7.70	24.7	43.30	66.3	8.16	7.52	24.9	41.90	64.6	8.17	7.84	
Remarks																					
Note:																					
1	Beaufort grade																				
2	Muncel color code																				

Category	Parameter	Unit	MS-1			MS-2			MS-3			MS-4		
			0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m
Water quality (General parameter)	Turbidity	NTU	9	-	-	89	92	-	120	156	-	132	-	-
	Suspended Solids	mg/L	2	-	-	36	44	-	52	76	-	64	-	-
	COD	mg/L as O ₂	8	-	-	16	16	-	16	16	-	16	-	-
	TOC	mg/L as C	1.9	-	-	1.9	1.8	-	1.9	1.8	-	1.8	-	-
	Oil contents	mg/L	< 0.2	-	-	< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	-	-
	Coliform bacteria	MPN Index/100ml	ND	-	-	ND	-	-	ND	ND	-	ND	-	-
	Total nitrogen	mg/L as N	0.67	-	-	1.10	2.90	-	2.60	2.60	-	2.60	-	-
	Total phosphorous	mg/L as P	< 0.2	-	-	< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	-	-

Category	Parameter	Unit	MS-5			MS-6			MS-7			MS-8		
			0.5m	2m	10m									
Water quality (General parameter)	Turbidity	NTU	95	107	103	101	109	113	107	85	116	95	92	166
	Suspended Solids	mg/L	64	44	60	52	32	64	68	32	68	60	56	112
	COD	mg/L as O ₂	16	16	16	16	14	16	12	14	12	14	12	12
	TOC	mg/L as C	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6
	Oil contents	mg/L	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	Coliform bacteria	MPN Index/100ml	ND											
	Total nitrogen	mg/L as N	2.70	4.20	2.90	3.60	2.10	3.40	3.30	2.90	3.00	3.00	2.50	2.50
	Total phosphorous	mg/L as P	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2

[May, 2013]

	MS-1					MS-2					MS-3					MS-4				
Date	11 May, 2013					11 May, 2013					11 May, 2013					11 May, 2013				
Time	16:00					16:30					17:15					18:15				
Longitude	30° 27' 19.9"N					30° 27' 26.4"N					30° 26' 56.2"N					30° 26' 07.5"N				
Latitude	49° 06' 05.0"N					49° 06' 33.3"N					49° 07' 02.5"N					49° 07' 08.7"N				
Air temperature(°C)	35.7					36.3					35.5					34.8				
Wind ¹	S, 1					S, 1					SW, 1					SW, 1				
Wave (cm)	No wave					No wave					No wave					No wave				
Depth (m)	1.6					2.8					5.0					3.0				
Current (Direction, knot)	No current					S, 1					S, 2					S, 0.5				
Water color ²	10GY4.5/7 (strong yellowing green)					5GY5/8 (deep yellow green)					5GY6/4 (leaf)					5GY6/4 (leaf)				
Sediment color ²	N4.5 (dark medium gray)					5.5Y4/4 (olive)					2.5Y4/4 (brownish olive)					2.5Y4/4 (brownish olive)				
Transparency (m)	0.40					0.25					0.22					0.17				
Below water surface (m)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)
0.5	29.8	42.30	71.5	8.24	6.53	31.7	42.40	74.4	8.22	7.21	31.9	41.70	73.5	8.17	7.10	29.7	42.20	71.4	8.24	6.75
1						31.1	42.10	74.2	---	---	31.6	41.90	73.6	---	---	29.8	42.30	71.5	---	---
2						30.7	41.70	74.1	8.15	7.04	31.4	42.10	73.5	8.20	6.86					
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
Remarks																				
Note:																				
	1 Beaufort grade																			
	2 Muncel color code																			

	MS-5					MS-6					MS-7					MS-8				
Date	12 May, 2013					12 May, 2013					14 May, 2013					14 May, 2013				
Time	7:00					8:00					7:55					8:45				
Longitude	30° 25' 16.6"N					30° 25' 07.2"N					30° 25' 02.2"N					30° 23' 24.1"N				
Latitude	49° 06' 15.2"N					49° 05' 20.5"N					49° 03' 44.6"N					49° 00' 27.6"N				
Air temperature(°C)	29.7					29.6					28.1					30.2				
Wind ¹	No wind					W,1					No wind					W, 2				
Wave (cm)	No wave					No wave					No wave					No wave				
Depth (m)	35.0					51.0					52.0					45.0				
Current (Direction, knot)	SW, 0.5					E, 1					W, 0.5					E, 0.25				
Water color ²	5GY6/4 (leaf)					10GY4.5/7 (strong yellowish green)					5GY6/4 (leaf)					10GY4.5/7 (strong yellowish green)				
Sediment color ²	5.5Y4/4 (olive)					9YR4/4 (yellowish brown)										5.5Y4/4 (olive)				
Transparency (m)	0.26					0.33					0.24					0.27				
Below water surface (m)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)
0.5	27.4	42.50	69.2	8.17	7.17	27.6	42.70	69.2	8.15	7.22	27.2	42.80	68.8	8.16	7.29	27.6	42.40	68.9	8.14	7.60
1	26.9	43.10	68.9	---	---	27.3	43.00	69.2	---	---	27.1	42.90	68.8	---	---	27.0	42.50	68.7	---	---
2	27.0	43.10	69.0	8.27	7.45	27.3	43.00	69.2	8.20	7.51	28.9	42.50	70.8	8.20	7.43	27.1	42.90	68.5	8.19	7.59
3	26.9	43.10	68.8	---	---	27.2	43.10	69.2	---	---	27.2	42.90	69.0	---	---	26.7	42.90	68.3	---	---
4	27.0	43.10	69.0	---	---	27.2	43.00	69.1	---	---	27.2	42.90	68.6	---	---	26.7	42.80	68.2	---	---
5	26.9	43.10	68.9	---	---	27.5	42.80	69.2	---	---	27.3	42.80	68.9	---	---	26.8	42.60	68.1	---	---
6	27.0	43.10	68.9	---	---	27.3	42.90	69.2	---	---	27.3	42.70	69.1	---	---	26.6	42.70	67.7	---	---
7	26.9	43.10	68.9	---	---	27.3	43.00	69.2	---	---	27.6	42.40	68.9	---	---	26.6	42.60	67.9	---	---
8	26.9	43.10	68.9	---	---	27.1	42.90	68.9	---	---	27.2	42.90	68.8	---	---	26.8	42.70	68.1	---	---
9	26.9	43.10	68.9	---	---	27.1	42.90	69.9	---	---	26.9	42.90	68.9	---	---	26.8	42.70	67.9	---	---
10	26.9	43.10	69.0	8.26	7.57	27.2	42.90	69.0	8.22	7.50	28.0	42.70	69.7	8.22	7.34	26.8	42.70	68.1	8.24	7.69
Remarks											The direction of water has just changed, so the mixing of water in several layers may occur. The temperature profile is not logical. Sampling position for sediment was moved to 30°24'20.0"N, 49°03'04.7"E due to difficulty of sampling of sediment.					Due to the difficulty of sampling sediment, the location was changed to 30° 23' 54.5" N, 49° 00' 35.6" E with the depth of 14.8 m.				
Note:																				
1	Beaufort grade																			
2	Muncel color code																			

Category	Parameter	Unit	MS-1			MS-2			MS-3			MS-4		
			0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m
Water quality (General parameter)	Turbidity	NTU	22	-	-	46	137	-	56	157	-	104	-	-
	Suspended Solids	mg/L	40	-	-	30	168	-	52	164	-	120	-	-
	COD	mg/L as O ₂	18	-	-	18	18	-	16	14	-	14	-	-
	TOC	mg/L as C	2.0	-	-	2.1	2.1	-	1.9	1.9	-	1.9	-	-
	Oil contents	mg/L	<0.2	-	-	<0.2	<0.2	-	<0.2	<0.2	-	<0.2	-	-
	Coliform bacteria	MPN Index/100ml	<2	-	-	<2	<2	-	<2	<2	-	<2	-	-
	Total nitrogen	mg/L as N	0.82	-	-	0.86	0.87	-	0.86	0.83	-	0.84	-	-
	Total phosphorous	mg/L as P	<0.2	-	-	<0.2	<0.2	-	<0.2	<0.2	-	<0.2	-	-
Water quality (Heavy metal)	Aluminum (Al)	mg/L	<0.1	-	-	<0.1	<0.1	-	<0.1	<0.1	-	<0.1	-	-
	Arsenic (As)	micro-g/L	<1	-	-	<1	<1	-	<1	<1	-	<1	-	-
	Cadmium (Cd)	micro-g/L	<0.1	-	-	<0.1	<0.1	-	<0.1	<0.1	-	<0.1	-	-
	Cyanide (CN)	micro-g/L	<5	-	-	<5	<5	-	<5	<5	-	<5	-	-
	Chromium (Cr)	micro-g/L	0.5	-	-	0.3	0.5	-	0.3	0.2	-	0.3	-	-
	Cobalt (Co)	micro-g/L	1.5	-	-	1.2	1.2	-	1.0	1.1	-	1.5	-	-
	Copper (Cu)	micro-g/L	0.5	-	-	0.2	0.5	-	0.3	0.2	-	0.3	-	-
	Iron (Fe)	mg/L	0.01	-	-	0.03	0.03	-	0.03	0.03	-	0.03	-	-
	Methyl Mercury (Hg)	micro-g/L	-	-	-	--	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mercury (Hg)	micro-g/L	<1	-	-	<1	<1	-	<1	<1	-	<1	-	-
	Manganese (Mn)	micro-g/L	<0.1	-	-	<0.1	<0.1	-	<0.1	<0.1	-	<0.1	-	-
	Magnesium (Mg)	mg/L	1681	-	-	1699	1693	-	1717	1705	-	1685	-	-
	Nickel (Ni)	micro-g/L	3.3	-	-	3.0	3.0	-	2.2	2.4	-	2.5	-	-
	Lead (Pb)	micro-g/L	0.80	-	-	0.80	1.20	-	0.60	0.50	-	1.10	-	-
	Zinc (Zn)	mg/L	<0.01	-	-	<0.01	<0.01	-	<0.01	<0.01	-	<0.01	-	-
Phenols	micro-g/L	<1	-	-	<1	<1	-	<1	<1	-	<1	-	-	

Category	Parameter	Unit	MS-5			MS-6			MS-7			MS-8		
			0.5m	2m	10m									
Water quality (General parameter)	Turbidity	NTU	75	88	71	47	71	115	63	113	114	46	82	87
	Suspended Solids	mg/L	54	72	72	20	54	96	42	86	110	32	87	100
	COD	mg/L as O2	16	16	14	16	16	14	16	16	16	12	8	8
	TOC	mg/L as C	1.8	1.9	1.8	1.7	1.8	1.9	2.0	1.7	1.8	1.7	1.8	1.7
	Oil contents	mg/L	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
	Coliform bacteria	MPN Index/100ml	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
	Total nitrogen	mg/L as N	0.88	0.88	0.88	0.80	0.85	0.77	0.85	0.83	0.86	0.84	0.68	0.81
	Total phosphorous	mg/L as P	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Water quality (Heavy metal)	Aluminum (Al)	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	Arsenic (As)	micro-g/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Cadmium (Cd)	micro-g/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	Cyanide (CN)	micro-g/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Chromium (Cr)	micro-g/L	0.1	<0.1	0.1	0.3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	Cobalt (Co)	micro-g/L	0.5	0.5	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1
	Copper (Cu)	micro-g/L	0.1	<0.1	0.1	0.3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	Iron (Fe)	mg/L	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02
	Methyl Mercury (Hg)	micro-g/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	--	--	--
	Mercury (Hg)	micro-g/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Manganese (Mn)	micro-g/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	Magnesium (Mg)	mg/L	1699	1693	1687	1687	1687	1699	1688	1688	1687	1699	1693	1693
	Nickel (Ni)	micro-g/L	2.1	2.2	2.2	2.3	4.3	2.9	3.2	3.4	3.1	2.9	2.2	2.0
	Lead (Pb)	micro-g/L	0.30	0.60	0.40	1.20	0.50	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.30	0.60	<0.1
	Zinc (Zn)	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Phenols	micro-g/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Category	Parameter	Unit	MS-1			MS-2			MS-3			MS-4		
			0.5m	2m	10m									
Sediment quality	Specific Gravity	g/cm ³	1.10			1.40			1.40			1.40		
	Moisture Content	Mass%	77.0			54.0			77.0			85.0		
	Total Organic Carbon (TOC)	Mass%	0.54			0.30			0.36			0.41		
	Total Petroleum Hydrocarbon	micro-g/g.dw	158			126			129			158		
	Aluminum (Al)	mg/g.dw	11.2			11.0			11.3			11.6		
	Arsenic (As)	micro-g/g.dw	1.2			1.2			1.5			1.7		
	Cadmium (Cd)	micro-g/g.dw	4.2			4.0			3.8			3.8		
	Cyanide (CN)	micro-g/g.dw	<0.1			<0.1			<0.1			<0.1		
	Chromium (total)	micro-g/g.dw	35.4			34.5			34.4			32.5		
	Chromium (Cr+6)	micro-g/g.dw	-			-			-			-		
	Cobalt (Co)	micro-g/g.dw	37.7			18.9			22.0			23.9		
	Copper (Cu)	micro-g/g.dw	26.4			18.0			19.1			19.1		
	Iron (Fe)	mg/g.dw	22.4			16.9			17.5			17.3		
	Methyl Mercury (Hg)	micro-g/g.dw	-			-			-			-		
	Mercury (Hg)	micro-g/g.dw	0.16			0.07			0.15			0.07		
	Manganese (Mn)	micro-g/g.dw	458			451			463			454		
	Magnesium (Mg)	mg/g.dw	44.8			54.6			52.5			51.4		
	Nickel (Ni)	micro-g/g.dw	187			102			108			106		
	Lead (Pb)	micro-g/g.dw	27.8			29.1			29.1			29.6		
	Zinc (Zn)	micro-g/g.dw	118			109			103			115		
	Total Sulfur (T-S)	mg/g	2.70			1.50			1.90			1.60		
Grain size			-		-			-			-			
	Sand (>0.04mm & <1mm)	%	10.0			18.0			6.0			6.0		
	Silt (>0.002mm & <0.04mm)	%	45.0			37.0			43.0			47.0		
	Clay (>0.0002mm & <0.002mm)	%	45.0			45.0			51.0			47.0		

Category	Parameter	Unit	MS-5			MS-6			MS-7			MS-8		
			0.5m	2m	10m									
Sediment quality	Specific Gravity	g/cm ³		1.40			1.60			1.40			1.40	
	Moisture Content	Mass%		69.0			31.0			70.0			62.0	
	Total Organic Carbon (TOC)	Mass%		0.30			0.18			0.33			0.29	
	Total Petroleum Hydrocarbon	micro-g/g.dw		94			105			80			41	
	Aluminum (Al)	mg/g.dw		9.8			3.2			10.1			9.0	
	Arsenic (As)	micro-g/g.dw		0.1			1.3			1.4			2.1	
	Cadmium (Cd)	micro-g/g.dw		3.4			3.2			3.9			3.7	
	Cyanide (CN)	micro-g/g.dw		<0.1			<0.1			<0.1			<0.1	
	Chromium (total)	micro-g/g.dw		38.2			13.9			31.0			27.1	
	Chromium (Cr+6)	micro-g/g.dw		-			-			-			-	
	Cobalt (Co)	micro-g/g.dw		18.9			12.5			23.1			21.6	
	Copper (Cu)	micro-g/g.dw		12.6			3.2			17.4			13.3	
	Iron (Fe)	mg/g.dw		15.7			6.8			17.2			14.7	
	Methyl Mercury (Hg)	micro-g/g.dw		-			-			-			-	
	Mercury (Hg)	micro-g/g.dw		<0.05			<0.05			<0.05			<0.05	
	Manganese (Mn)	micro-g/g.dw		443			239			510			457	
	Magnesium (Mg)	mg/g.dw		47.8			19.1			44.2			42.5	
	Nickel (Ni)	micro-g/g.dw		95			31			112			97	
	Lead (Pb)	micro-g/g.dw		25.6			29.7			28.4			28.0	
	Zinc (Zn)	micro-g/g.dw		63			46			70			64	
Total Sulfur (T-S)	mg/g		0.09			0.04			0.09			0.03		
Grain size														
	Sand (>0.04mm & <1mm)	%		22.0			86.0			8.0			6.0	
	Silt (>0.002mm & <0.04mm)	%		37.0			5.0			47.0			43.0	
	Clay (>0.0002mm & <0.002mm)	%		41.0			9.0			45.0			51.0	

[June, 2013]

	MS-1					MS-2					MS-3					MS-4				
Date	25 Jun., 2013					25 Jun., 2013					25 Jun., 2013					25 Jun., 2013				
Time	7:45					8:30					9:20					10:10				
Longitude	30° 27' 19.9"N					30° 27' 26.4"N					30° 26' 56.2"N					30° 26' 07.5"N				
Latitude	49° 06' 05.0"N					49° 06' 33.3"N					49° 07' 02.5"N					49° 07' 08.7"N				
Air temperature(°C)	32.3					35.8					36.8					39.2				
Wind ¹	W, 1					W, 1					W, 1					W, 1				
Wave (cm)																				
Depth (m)	0.9					5.0					<3.0					1.5				
Current (Direction, knot)																				
Water color ²	5GY6/10 (strong yellow green)					5.5Y7/5 (dull yellow)					5GY5/8 (deep yellow green)					5GY6/10 (strong yellow green)				
Transparency (m)	0.22					0.18					0.22					0.18				
Below water surface (m)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)
0.5	29.0	43.70	72.7	8.40	6.49	30.4	43.00	71.9	8.44	7.13	30.4	43.60	72.7	8.44	7.16	30.8	42.90	71.9	8.41	7.14
1						28.9	43.10	71.6	---	---	29.2	43.20	72.2	---	---	30.2	43.00	72.7	8.40	7.31
2						29.9	43.90	72.9	8.43	7.39	29.9	43.70	72.8	8.43	7.40					
3						29.0	44.00	73.0	---	---										
4						29.0	44.00	73.0	---	---										
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
Remarks																				
Note:																				
1 Beaufort grade																				
2 Muncel color code																				

	MS-5					MS-6					MS-7					MS-8				
Date	26 Jun., 2013					26 Jun., 2013					26 Jun., 2013					26 Jun., 2013				
Time	7:30					8:50					9:50					10:55				
Longitude	30° 25' 16.6"N					30° 25' 07.2"N					30° 25' 02.2"N					30° 23' 24.1"N				
Latitude	49° 06' 15.2"N					49° 05' 20.5"N					49° 03' 44.6"N					49° 00' 27.6"N				
Air temperature(°C)	35.3					36.9					39.6					42.3				
Wind ¹	W, 1					N, 1					W, 2					W, 1				
Wave (cm)																				
Depth (m)	>10					>50					>50					>40				
Current (Direction, knot)																				
Water color ²	5GY6/10 (strong yellow green)					5GY5/8 (deep yellow green)					5GY5/8 (deep yellow green)					5GY6/4 (leaf)				
Transparency (m)	0.22					0.22					0.20					0.20				
Below water surface (m)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)
0.5	30.2	43.30	72.3	8.43	7.31	29.1	44.10	73.2	8.46	7.45	30.1	44.00	73.0	8.40	7.36	29.1	43.50	72.2	8.46	7.41
1	29.2	43.40	72.5	---	---	29.0	44.00	73.0	---	---	29.0	44.10	73.2	---	---	28.9	43.60	72.3	---	---
2	30.6	43.10	72.6	8.37	7.27	29.8	44.30	73.2	8.45	7.40	29.7	44.20	73.3	8.44	7.40	29.6	43.60	72.3	8.45	7.53
3	29.1	43.70	72.8	---	---	28.9	44.30	73.4	---	---	29.0	44.30	73.4	---	---	28.7	43.70	72.2	---	---
4	29.1	43.90	73.0	---	---	28.9	44.40	73.5	---	---	28.9	44.30	73.4	---	---	28.5	43.80	72.1	---	---
5	29.0	44.00	73.1	---	---	28.9	44.20	73.5	---	---	28.9	44.40	73.5	---	---	28.5	43.90	72.2	---	---
6	29.0	44.10	73.2	---	---	28.9	44.10	73.5	---	---	28.9	44.30	73.4	---	---	28.5	43.90	72.1	---	---
7	29.0	44.10	73.2	---	---	28.9	44.50	73.6	---	---	28.9	44.40	73.5	---	---	28.5	44.00	72.3	---	---
8	28.9	44.20	73.3	---	---	28.9	44.40	73.6	---	---	28.9	44.40	73.5	---	---	28.5	44.10	72.4	---	---
9	28.9	44.20	73.2	---	---	28.9	44.50	73.5	---	---	28.9	44.40	73.5	---	---	28.5	44.10	72.4	---	---
10	29.5	44.10	73.0	8.39	7.58	30.3	44.60	73.6	8.40	7.42	30.9	44.40	73.6	8.43	7.42	29.2	44.30	72.5	8.39	7.40
Remarks																				
Note:																				
1	Beaufort grade																			
2	Muncel color code																			

Category	Parameter	Unit	MS-1			MS-2			MS-3			MS-4		
			0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m
Water (General parameter)	Turbidity	NTU	25	-	-	159	231	-	195	224	-	124	-	-
	Suspended Solids	mg/L	40	-	-	120	240	-	190	210	-	180	-	-
	COD	mg/L as O ₂	24	-	-	16	12	-	16	12	-	12	-	-
	TOC	mg/L as C	3.6	-	-	2.0	1.9	-	2.0	1.8	-	1.8	-	-
	Oil contents	mg/L	< 0.2	-	-	< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	-	-
	Coliform bacteria	MPN Index/100ml	7	-	-	15	-	-	3	-	-	3	-	-
	Total nitrogen	mg/L as N	0.68	-	-	0.40	0.49	-	0.60	0.78	-	0.75	-	-
	Total phosphorous	mg/L as P	< 0.2	-	-	< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	-	-

Category	Parameter	Unit	MS-5			MS-6			MS-7			MS-8		
			0.5m	2m	10m									
Water (General parameter)	Turbidity	NTU	51	55	128	66	127	148	128	89	124	103	78	225
	Suspended Solids	mg/L	20	70	100	90	90	150	100	70	120	110	60	210
	COD	mg/L as O ₂	16	12	12	16	12	12	12	12	12	12	12	12
	TOC	mg/L as C	2.2	2.1	1.7	1.9	2.1	1.8	2.2	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9
	Oil contents	mg/L	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	Coliform bacteria	MPN Index/100ml	11	-	-	9	-	-	3	-	-	15	-	-
	Total nitrogen	mg/L as N	0.84	0.82	0.82	0.93	0.63	0.87	0.51	0.36	0.86	0.52	0.67	0.53
	Total phosphorous	mg/L as P	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2

[August-1, 2013]

	MS-1					MS-2					MS-3					MS-4				
Date	13 Aug., 2013					13 Aug., 2013					13 Aug., 2013					13 Aug., 2013				
Time	9:30					10:10					10:40					11:20				
Longitude	30° 27' 19.9"N					30° 27' 26.4"N					30° 26' 56.2"N					30° 26' 07.5"N				
Latitude	49° 06' 05.0"N					49° 06' 33.3"N					49° 07' 02.5"N					49° 07' 08.7"N				
Air temperature(°C)	39.5					40.6					44.8					44.5				
Wind ¹	-, 0					-, 0					-, 0					-, 0				
Wave (cm)	-					-					-					-				
Depth (m)	1.5					2.5					6.0					2.5				
Current (Direction, knot)	-					-					-					-				
Water color ²	5GY 5/8 (deep yellow green)					5GY 6/4 (leaf)					5GY6/4 (leaf)					5GY6/4 (leaf)				
Transparency (m)	0.25					0.25					0.22					0.30				
Below water surface (m)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)
0.5	31.7	46.60	82.1	5.67	5.47	31.8	46.80	81.3	8.37	5.64	32.1	46.50	83.5	8.33	5.68	32.9	46.60	81.7	8.34	5.76
1						32.3	47.30	82.3	8.37	5.67	32.9	47.30	82.2	8.38	5.69	32.8	46.50	81.6	8.35	5.77
2						32.3	47.30	82.4	8.36	5.65	32.9	47.40	83.2	8.35	5.68	32.9	46.60	81.7	8.35	5.77
3											32.8	47.30	83.4	8.35	5.69					
4											32.9	47.30	83.2	8.34	5.69					
5											32.9	47.40	83.2	8.34	5.69					
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
Remarks																				
Note:																				
	1 Beaufort grade																			
	2 Muncel color code																			

	MS-5					MS-6					MS-7					MS-8				
Date	14 Aug., 2013					14 Aug., 2013					14 Aug., 2013					14 Aug., 2013				
Time	10:00					10:40					11:20					12*20				
Longitude	30° 25' 16.6"N					30° 25' 07.2"N					30° 25' 02.2"N					30° 23' 24.1"N				
Latitude	49° 06' 15.2"N					49° 05' 20.5"N					49° 03' 44.6"N					49° 00' 27.6"N				
Air temperature(°C)	40.6					42.5					44.8					46.9				
Wind ¹	-, 0					-, 0					S, 1					N, 1				
Wave (cm)	-					-					-					-				
Depth (m)	>10					>40					>30					>40				
Current (Direction, knot)	-					-					-					-				
Water color ²	5GY6/4 (leaf)					5G5/4 (dull green)					5GY5/8 (deep yellow green)					5GY5/8 (deep yellow green)				
Transparency (m)	0.40					0.22					0.28					0.32				
Below water surface (m)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)
0.5	32.3	46.60	82.1	8.31	6.24	32.9	46.60	81.5	8.35	6.21	31.1	46.20	79.3	8.38	6.22	30.6	45.60	77.7	8.43	6.44
1	31.8	46.70	82.3	8.37	6.14	32.0	46.50	81.4	8.35	6.23	31.5	46.00	79.6	8.37	6.24	30.6	45.50	77.5	8.42	6.43
2	31.7	46.50	82.2	8.34	6.12	31.8	46.60	81.5	8.34	6.18	30.8	46.20	79.7	8.38	6.24	30.6	45.50	77.8	8.43	6.42
3	31.6	46.40	82.2	8.32	6.12	31.7	46.60	81.4	8.34	6.15	30.7	45.70	79.3	8.40	6.23	30.6	45.50	78.4	8.43	6.42
4	31.6	46.40	82.1	8.32	6.11	31.7	46.50	81.4	8.35	6.14	31.0	46.10	80.3	8.39	6.22	30.6	45.40	77.7	8.42	6.41
5	31.6	46.40	82.1	8.34	6.07	31.6	46.60	81.5	8.34	6.14	30.9	46.10	79.4	8.39	6.22	30.6	45.40	78.2	8.42	6.40
6	31.6	46.50	82.2	8.34	6.07	31.6	46.60	81.5	8.35	6.14	30.6	46.10	79.6	8.40	6.21	30.6	45.40	77.8	8.41	6.40
7	31.6	46.40	82.3	8.36	6.05	31.6	46.50	81.4	8.35	6.13	30.9	46.10	79.8	8.40	6.20	30.6	45.40	78.0	8.41	6.39
8	31.4	46.40	82.3	8.37	6.04	31.5	46.60	81.4	8.35	6.14	31.0	46.00	79.8	8.41	6.19	30.6	45.40	78.1	8.39	6.38
9	31.5	46.60	82.3	8.36	6.02	31.5	46.60	81.3	8.34	6.10	31.0	46.20	79.4	8.42	6.18	30.7	45.30	78.0	8.35	6.38
10	31.4	46.80	82.2	8.37	6.02	31.5	46.50	81.3	8.34	6.08	30.8	46.00	79.7	8.40	6.17	30.9	45.20	77.5	8.46	6.37
Remarks																				
Note:																				
1	Beaufort grade																			
2	Muncel color code																			

Category	Parameter	Unit	MS-1			MS-2			MS-3			MS-4		
			0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m
Water (General parameter)	Turbidity	NTU	50			49	213	-	81	222	-	33	-	-
	Suspended Solids	mg/L	30			50	200	-	70	240	-	50	-	-
	COD	mg/L as O ₂	16			16	8	-	16	16	-	24	-	-
	TOC	mg/L as C	8.6			3.2	2.8	-	3.3	2.1	-	2.1	-	-
	Oil contents	mg/L	< 0.2			< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	-	-
	Coliform bacteria	MPN Index/100ml	920			26	-	-	21	-	-	28	-	-
	Total nitrogen	mg/L as N	0.62			0.93	1.02	-	1.24	1.04	-	0.94	-	-
	Total phosphorous	mg/L as P	< 0.2			< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	-	-

Category	Parameter	Unit	MS-5			MS-6			MS-7			MS-8		
			0.5m	2m	10m									
Water (General parameter)	Turbidity	NTU	40	107	126	14	65	95	33	67	97	67	74	118
	Suspended Solids	mg/L	40	270	140	30	63	83	40	60	90	240	160	30
	COD	mg/L as O ₂	16	16	8	16	7	7	16	8	8	8	8	8
	TOC	mg/L as C	2.2	2.1	2.0	2.0	2.2	2.5	2.4	2.2	2.3	1.9	2.1	2.0
	Oil contents	mg/L	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	Coliform bacteria	MPN Index/100ml	11	-	-	11	-	-	7	-	-	11	-	-
	Total nitrogen	mg/L as N	0.87	0.90	0.89	0.86	0.56	0.54	0.89	0.86	0.52	0.84	0.82	0.85
	Total phosphorous	mg/L as P	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2

[August-2, 2013]

	MS-1					MS-2					MS-3					MS-4				
Date	28 August, 2013					28 August, 2013					28 August, 2013					28 August, 2013				
Time	13:00					13:30					12:00					11:15				
Longitude	30° 27' 19.9"N					30° 27' 26.4"N					30° 26' 56.2"N					30° 26' 07.5"N				
Latitude	49° 06' 05.0"N					49° 06' 33.3"N					49° 07' 02.5"N					49° 07' 08.7"N				
Air temperature(°C)	45.0					45.8					36.5					35.5				
Wind ¹	N, 4					N, 1					N, 2					N, 2				
Wave (cm)	50					50					50					50				
Depth (m)	1.0					2.0					3.0					2.0				
Current (Direction, knot)	S					-					S					E				
Water color ²	5GY 5/8 (deep yellow green)					5GY 5/8 (deep yellow green)					5GY 5/8 (deep yellow green)					5GY 6/10 (strong yellow green)				
Sediment color ²																				
Transparency (m)	0.20					0.27					0.20					0.20				
Below water surface (m)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)
0.5	29.1	42.60	72.2	8.30	6.04	29.8	34.90	60.4	8.49	5.87	30.6	42.00	72.7	8.54	5.58	31.2	42.40	73.5	8.27	6.28
1	29.0	43.40	70.8	8.32	5.90	28.9	43.00	72.1	8.41	5.94	30.3	42.70	72.8	8.38	5.86	31.4	43.10	73.7	8.30	6.29
2						28.4	44.10	72.3	8.39	6.07	29.8	43.70	73.6	8.36	6.48	31.5	43.70	73.7	8.32	6.19
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
Remarks																				
Note:																				
	1 Beaufort grade																			
	2 Muncel color code																			

	MS-5					MS-6					MS-7					MS-8				
Date	29 August, 2013					29 August, 2013					29 August, 2013					29 August, 2013				
Time	10:30					10:00					11:15					11:45				
Longitude	30° 25' 16.6"N					30° 25' 07.2"N					30° 25' 02.2"N					30° 23' 24.1"N				
Latitude	49° 06' 15.2"N					49° 05' 20.5"N					49° 03' 44.6"N					49° 00' 27.6"N				
Air temperature(°C)	31.0					31.0					49.0					49.0				
Wind ¹	N, 1					N, 1					N, 1					N, 1				
Wave (cm)	-, 0					50					50					50				
Depth (m)	25.0					25.0					30.0					> 40.0				
Current (Direction, knot)	S					S					S					-				
Water color ²	5GY 5/8 (deep yellow green)					5GY 5/8 (deep yellow green)					5GY 5/8 (deep yellow green)					5GY 5/8 (deep yellow green)				
Sediment color ²																				
Transparency (m)	0.40					0.45					0.38					0.47				
Below water surface (m)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)
0.5	30.6	43.90	74.9	8.25	6.51	30.7	41.50	71.5	8.29	6.28	31.0	41.90	72.5	8.31	6.39	32.2	42.40	73.7	8.28	6.34
1	30.4	43.90	74.9	8.28	6.53	30.6	42.20	72.5	8.31	6.35	30.8	42.40	73.3	8.34	6.39	31.0	42.60	73.7	8.31	6.41
2	30.6	43.90	75.6	8.31	6.54	30.5	42.70	73.2	8.32	6.38	30.7	43.10	73.9	8.35	6.40	31.0	42.90	74.2	8.33	6.40
3	30.6	45.20	76.8	8.32	6.53	30.5	42.90	73.5	8.33	6.41	30.5	43.60	74.5	8.36	6.39	31.0	43.30	74.7	8.33	6.41
4	30.6	45.50	77.3	8.33	6.49	30.5	43.30	74.1	8.34	6.42	30.5	43.80	74.9	8.36	6.38	31.0	43.50	75.1	8.34	6.42
5	30.4	45.80	77.8	8.33	6.48	30.4	43.60	74.5	8.34	6.42	30.5	44.00	75.1	8.36	6.38	30.9	43.70	75.3	8.34	6.42
6	30.6	45.90	77.9	8.34	6.46	30.4	43.80	74.7	8.35	6.42	30.4	44.10	75.3	8.37	6.38	30.9	43.80	75.4	8.35	6.42
7	30.5	46.10	78.1	8.34	6.45	30.4	43.80	74.8	8.35	6.43	30.3	44.30	75.5	8.37	6.37	30.8	43.90	75.5	8.35	6.42
8	30.5	46.20	78.3	8.35	6.45	30.4	43.90	74.9	8.36	6.44	30.3	44.40	75.6	8.37	6.37	30.9	43.90	75.6	8.36	6.42
9	30.5	46.30	78.4	8.35	6.44	30.4	44.00	75.0	8.36	6.42	30.3	44.50	75.7	8.37	6.36	30.9	44.00	75.7	8.36	6.42
10	30.5	46.20	84.0	8.35	6.44	30.4	44.10	75.1	8.36	6.42	30.3	44.50	75.8	8.37	6.35	30.8	44.10	75.8	8.36	6.42
Remarks											Sampling position for sediment was moved to 30°24'20.0"N, 49°03'04.7"E due to difficulty of sampling of sediment.					Due to the difficulty of sampling sediment, the location was changed to 30° 23' 54.5" N, 49° 00' 35.6" E with the depth of 14.8 m.				
Note:																				
1	Beaufort grade																			
2	Muncel color code																			

Category	Parameter	Unit	MS-1			MS-2			MS-3			MS-4		
			0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m
Water quality (General parameter)	Turbidity	NTU	29	-	-	40	125	-	30	23	-	51	41	-
	Suspended Solids	mg/L	60	-	-	20	140	-	40	34	-	30	32	-
	COD	mg/L as O2	24	-	-	16	12	-	16	12	-	18	22	-
	TOC	mg/L as C	2.9	-	-	2.1	2.1	-	2.4	1.6	-	2.8	2.0	-
	Oil contents	mg/L	< 0.2	-	-	< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	< 0.2	-
	Coliform bacteria*1	MPN Index/100ml	384	-	-	39	-	-	13	-	-	10	-	-
	Total nitrogen	mg/L as N	0.72	-	-	0.70	0.80	-	0.83	1.20	-	0.81	0.78	-
	Total phosphorous	mg/L as P	< 0.2	-	-	< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	< 0.2	-
Water quality (Heavy metal)	Aluminum (Al)	mg/L	< 0.1	-	-	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1	-	-
	Arsenic (As)	micro-g/L	< 1	-	-	< 1	< 1	-	< 1	< 1	-	< 1	-	-
	Cadmium (Cd)	micro-g/L	< 0.1	-	-	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1	-	-
	Cyanide (CN)	micro-g/L	< 5	-	-	< 5	< 5	-	< 5	< 5	-	< 5	-	-
	Chromium (Cr)	micro-g/L	< 0.1	-	-	< 0.1	< 0.1	-	0.1	< 0.1	-	< 0.1	-	-
	Cobalt (Co)	micro-g/L	< 0.1	-	-	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1	-	-
	Copper (Cu)	micro-g/L	2.5	-	-	2.2	0.1	-	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1	-	-
	Iron (Fe)	mg/L	< 0.1	-	-	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1	-	-
	Methyl Mercury (Hg)	micro-g/L	< 1	-	-	< 1	< 1	-	< 1	< 1	-	< 1	-	-
	Mercury (Hg)	micro-g/L	< 1	-	-	< 1	< 1	-	< 1	< 1	-	< 1	-	-
	Manganese (Mn)	micro-g/L	< 0.1	-	-	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1	-	-
	Magnesium (Mg)	mg/L	1942	-	-	1954	1930	-	1917	1899	-	1942	-	-
	Nickel (Ni)	micro-g/L	1.8	-	-	1.3	1.4	-	1.7	3.1	-	1.5	-	-
	Lead (Pb)	micro-g/L	< 0.1	-	-	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1	0.10	-	1.50	-	-
	Zinc (Zn)	mg/L	< 0.01	-	-	< 0.01	< 0.01	-	< 0.01	< 0.01	-	< 0.01	-	-
Phenols	micro-g/L	< 1	-	-	< 1	< 1	-	< 1	< 1	-	< 1	-	-	

Category	Parameter	Unit	MS-5			MS-6			MS-7			MS-8		
			0.5m	2m	10m									
Water quality (General parameter)	Turbidity	NTU	41	48	45	25	32	41	37	51	60	22	20	26
	Suspended Solids	mg/L	32	60	42	44	20	50	40	50	60	22	28	32
	COD	mg/L as O2	22	16	8	12	8	8	14	8	8	12	8	8
	TOC	mg/L as C	2.0	2.7	2.6	2.0	2.6	2.6	2.1	2.2	2.0	2.2	2.4	2.5
	Oil contents	mg/L	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
	Coliform bacteria*1	MPN Index/100ml	<2	<2	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-
	Total nitrogen	mg/L as N	0.78	0.81	0.75	0.76	0.78	0.92	0.65	0.81	0.85	0.78	0.80	1.30
	Total phosphorous	mg/L as P	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Water quality (Heavy metal)	Aluminum (Al)	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	Arsenic (As)	micro-g/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Cadmium (Cd)	micro-g/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	Cyanide (CN)	micro-g/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Chromium (Cr)	micro-g/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	Cobalt (Co)	micro-g/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	Copper (Cu)	micro-g/L	<0.1	<0.1	<0.1	1.8	<0.1	0.9	1.4	<0.1	1.1	<0.1	<0.1	<0.1
	Iron (Fe)	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	Methyl Mercury (Hg)	micro-g/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Mercury (Hg)	micro-g/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Manganese (Mn)	micro-g/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.44	<0.1
	Magnesium (Mg)	mg/L	1917	1869	1869	1899	1869	1869	1911	1942	1917	1942	1924	1869
	Nickel (Ni)	micro-g/L	1.6	1.8	1.7	2.3	2.0	1.8	2.0	1.0	1.9	1.5	2.0	0.8
	Lead (Pb)	micro-g/L	0.20	0.50	0.20	0.30	<0.1	0.10	0.10	0.50	0.20	0.30	0.50	0.30
	Zinc (Zn)	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Phenols	micro-g/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	

Category	Parameter	Unit	MS-1			MS-2			MS-3			MS-4		
			0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m
Sediment quality	Specific Gravity	g/cm ³	1.12			1.18			1.04			1.13		
	Moisture Content	Mass%	70.5			41.3			73.9			61.1		
	Total Organic Carbon (TOC)	Mass%	0.57			0.32			0.54			0.41		
	Total Petroleum Hydrocarbon	micro-g/g.dw	40			36			140			130		
	Aluminum (Al)	mg/g.dw	9.2			6.9			10.0			9.0		
	Arsenic (As)	micro-g/g.dw	1.5			1.5			1.6			1.5		
	Cadmium (Cd)	micro-g/g.dw	2.1			2.0			1.7			1.6		
	Cyanide (CN)	micro-g/g.dw	<0.1			<0.1			<0.1			<0.1		
	Chromium (total)	micro-g/g.dw	32.3			22.9			33.0			28.0		
	Chromium (Cr+6)	micro-g/g.dw	-			-			-			-		
	Cobalt (Co)	micro-g/g.dw	20.1			19.8			20.5			19.6		
	Copper (Cu)	micro-g/g.dw	17.2			13.0			18.5			16.6		
	Iron (Fe)	mg/g.dw	16.1			12.9			16.3			15.7		
	Methyl Mercury (Hg)	micro-g/g.dw	0.06			<0.01			<0.01			<0.01		
	Mercury (Hg)	micro-g/g.dw	0.70			0.26			1.90			0.34		
	Manganese (Mn)	micro-g/g.dw	372			354			347			355		
	Magnesium (Mg)	mg/g.dw	21.6			17.2			19.7			20.3		
	Nickel (Ni)	micro-g/g.dw	73			53			80			70		
	Lead (Pb)	micro-g/g.dw	22.0			22.3			25.3			22.0		
	Zinc (Zn)	micro-g/g.dw	62			47			69			53		
Total Sulfur (T-S)	mg/g	1.90			8.00			2.00			2.00			
Grain size														
	Sand (>0.04mm & <1mm)	%	4.0			38.0			6.0			8.0		
	Silt (>0.002mm & <0.04mm)	%	45.0			39.0			53.0			47.0		
	Clay (>0.0002mm & <0.002mm)	%	51.0			23.0			41.0			45.0		

Category	Parameter	Unit	MS-5			MS-6			MS-7			MS-8		
			0.5m	2m	10m									
Sediment quality	Specific Gravity	g/cm ³		1.26			1.24			1.23			1.03	
	Moisture Content	Mass%		45.7			44.4			39.0			52.5	
	Total Organic Carbon (TOC)	Mass%		0.30			0.54			0.35			0.36	
	Total Petroleum Hydrocarbon	micro-g/g.dw		50			155			33			33	
	Aluminum (Al)	mg/g.dw		6.7			8.2			7.1			8.6	
	Arsenic (As)	micro-g/g.dw		1.8			1.6			1.8			2.3	
	Cadmium (Cd)	micro-g/g.dw		1.5			1.4			1.2			1.5	
	Cyanide (CN)	micro-g/g.dw		<0.1			<0.1			<0.1			<0.1	
	Chromium (total)	micro-g/g.dw		20.8			25.9			24.0			31.5	
	Chromium (Cr+6)	micro-g/g.dw		-			-			-			-	
	Cobalt (Co)	micro-g/g.dw		16.6			17.2			18.8			20.1	
	Copper (Cu)	micro-g/g.dw		12.9			13.2			14.0			18.7	
	Iron (Fe)	mg/g.dw		12.3			14.3			13.4			18.0	
	Methyl Mercury (Hg)	micro-g/g.dw		<0.01			<0.01			<0.01			<0.01	
	Mercury (Hg)	micro-g/g.dw		<0.05			<0.05			<0.05			0.10	
	Manganese (Mn)	micro-g/g.dw		271			324			308			298	
	Magnesium (Mg)	mg/g.dw		11.0			17.7			17.6			20.6	
	Nickel (Ni)	micro-g/g.dw		55			59			53			58	
	Lead (Pb)	micro-g/g.dw		22.2			21.3			21.1			26.7	
	Zinc (Zn)	micro-g/g.dw		42			41			36			69	
Total Sulfur (T-S)	mg/g		1.50			1.30			1.90			1.40		
Grain size														
	Sand (>0.04mm & <1mm)	%		34.0			34.0			34.0			16.0	
	Silt (>0.002mm & <0.04mm)	%		27.0			39.0			29.0			39.0	
	Clay (>0.0002mm & <0.002mm)	%		39.0			27.0			37.0			45.0	

[September, 2013]

	MS-1					MS-2					MS-3					MS-4				
Date	21 Sep., 2013					21 Sep., 2013					21 Sep., 2013					21 Sep., 2013				
Time	16:45					16:15					15:45					15:15				
Longitude	30° 27' 19.9"N					30° 27' 26.4"N					30° 26' 56.2"N					30° 26' 07.5"N				
Latitude	49° 06' 05.0"N					49° 06' 33.3"N					49° 07' 02.5"N					49° 07' 08.7"N				
Air temperature(°C)	34.0					32.8					34.6					39.3				
Wind ¹	N, 2					N, 3					N, 4					N, 2				
Wave (cm)	25					100					100					70				
Depth (m)	2.0					4.0					5.5					4.5				
Current (Direction, knot)	S					S					S					S				
Water color ²	10GY 4.5/7 (strong yellowish green)					5GY 6/4 (leaf)					5GY 5/8 (deep yellow green)					5GY 5/8 (deep yellow green)				
Transparency (m)	0.47					0.17					0.27					0.25				
Below water sur	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)
0.5	29.8	41.50	70.4	8.48	5.90	30.2	42.10	71.5	8.48	6.53	30.4	42.60	72.8	8.50	6.58	31.3	41.70	71.4	8.44	6.45
1	29.8	41.80	70.9	8.47	5.80	29.9	42.20	71.6	8.51	6.52	30.3	43.00	73.4	8.51	6.63	30.7	42.40	72.4	8.47	6.52
2						29.9	42.70	72.4	8.51	6.51	30.3	43.80	74.6	8.52	6.61	30.5	42.90	73.1	8.48	6.53
3						29.9	43.20	73.9	8.51	6.51	30.3	44.20	75.1	8.52	6.57	30.4	43.30	73.7	8.48	6.54
4						29.9	43.70	-	8.51	6.50	30.2	44.50	75.4	8.52	6.52	30.2	43.80	74.4	8.50	6.53
5											30.2	44.50	75.5	8.52	6.54					
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
Remarks																				
Note:																				
	1 Beaufort grade																			
	2 Muncel color code																			

	MS-5						MS-6						MS-7						MS-8					
Date	22 Sep., 2013						22 Sep., 2013						22 Sep., 2013						22 Sep., 2013					
Time	17:00						16:00						15:30						15:00					
Longitude	30° 25' 16.6"N						30° 25' 07.2"N						30° 25' 02.2"N						30° 23' 24.1"N					
Latitude	49° 06' 15.2"N						49° 05' 20.5"N						49° 03' 44.6"N						49° 00' 27.6"N					
Air temperature(°C)	32.0						32.5						34.9						31.1					
Wind ²	N, 2						E, 2						N, 2						N, 1					
Wave (cm)	50						50						50						40					
Depth (m)	34.0						35.0						> 30						> 50					
Current (Direction, knot)	W						W						S						S					
Water color ²	5GY 6/10 (strong yellow green)						5GY 6/10 (strong yellow green)						5GY 5/8 (deep yellow green)						5GY 6/10 (strong yellow green)					
Transparency (m)	0.15						0.15						0.38						0.15					
Below water surf	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)				
0.5	30.3	42.30	74.5	8.61	6.58	30.3	41.80	71.8	8.53	6.57	30.4	41.30	70.7	8.53	6.52	30.0	40.60	69.5	8.50	6.49				
1	30.1	42.60	74.5	8.54	6.56	30.4	41.90	71.9	8.53	6.57	30.3	41.40	71.0	8.54	6.49	30.0	41.10	70.3	8.53	6.51				
2	30.2	43.00	74.5	8.53	6.55	30.3	42.70	73.1	8.53	6.55	30.3	42.30	72.3	8.54	6.49	30.1	42.00	71.7	8.55	6.54				
3	30.1	43.60	74.9	8.53	6.54	30.3	43.40	74.0	8.54	6.52	30.3	42.80	73.0	8.54	6.49	30.2	42.60	72.5	8.55	6.55				
4	30.2	43.90	75.3	8.53	6.53	30.2	43.70	74.4	8.53	6.50	30.3	43.10	73.5	8.54	6.49	30.2	43.00	73.1	8.55	6.54				
5	30.2	44.10	75.5	8.53	6.53	30.2	43.90	74.8	8.54	6.48	30.3	43.40	73.8	8.54	6.49	30.2	43.20	73.5	8.55	6.54				
6	30.3	44.30	75.2	8.53	6.52	30.1	44.10	74.8	8.54	6.48	30.2	43.60	74.2	8.54	6.49	30.2	43.30	73.6	8.55	6.55				
7	30.2	44.50	75.5	8.53	6.51	30.1	44.20	74.9	8.54	6.47	30.2	43.80	74.4	8.54	6.48	30.1	43.40	73.7	8.55	6.53				
8	30.2	44.60	75.7	8.53	6.51	30.1	44.30	75.2	8.54	6.47	30.2	43.80	74.5	8.54	6.49	30.1	43.50	73.9	8.55	6.53				
9	30.2	44.60	75.8	8.53	6.51	30.1	44.40	75.3	8.54	6.47	30.2	44.00	74.7	8.54	6.47	30.1	43.60	74.1	8.55	6.54				
10	30.2	44.70	76.0	8.53	6.51	30.1	44.50	75.4	8.54	6.45	30.2	44.10	74.9	8.54	6.47	30.1	43.70	74.2	8.55	6.53				
Remarks																								

Note:

- 1 Beaufort grade
- 2 Muncel color code

Category	Parameter	Unit	MS-1			MS-2			MS-3			MS-4		
			0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m
Water quality (General parameter)	Turbidity	NTU	31	-	-	148	167	-	52	42	-	55	-	-
	Suspended Solids	mg/L	20	-	-	120	140	-	10	190	-	44	-	-
	COD	mg/L as O ₂	18	-	-	16	14	-	26	16	-	48	-	-
	TOC	mg/L as C	2.9	-	-	2.8	2.2	-	3.4	2.9	-	3.8	-	-
	Oil contents	mg/L	< 0.2	-	-	< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	-	-
	Coliform bacteria*1	MPN Index/100ml	71	-	-	11	-	-	9	-	-	21	-	-
	Total nitrogen	mg/L as N	0.63	-	-	0.61	0.86	-	0.63	0.65	-	0.57	-	-
Total phosphorous	mg/L as P	< 0.2	-	-	< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	-	-	
*1 Fecal coliform was analyzed in this sampling.														

Category	Parameter	Unit	MS-5			MS-6			MS-7			MS-8		
			0.5m	2m	10m									
Water quality (General parameter)	Turbidity	NTU	79	79	73	69	53	143	61	176	171	81	161	158
	Suspended Solids	mg/L	40	90	30	40	50	170	10	130	180	80	170	240
	COD	mg/L as O ₂	18	16.5	14	16	14	12	14	12	12	14.5	12.5	12
	TOC	mg/L as C	2.9	2.8	2.5	2.4	2.1	2.1	2.3	2.1	1.9	2.2	2.1	2.1
	Oil contents	mg/L	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	Coliform bacteria*1	MPN Index/100ml	< 2	-	-	< 2	-	-	4	-	-	< 2	-	-
	Total nitrogen	mg/L as N	0.65	0.88	0.56	0.72	0.66	0.72	0.59	0.61	0.59	0.72	0.81	0.61
Total phosphorous	mg/L as P	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	
*1 Fecal coliform was analyzed in this sampling.														

[October, 2013]

	MS-1					MS-2					MS-3					MS-4				
Date	19 Oct., 2013					19 Oct., 2013					19 Oct., 2013					19 Oct., 2013				
Time	15:45					15:15					15:00					14:30				
Longitude	30° 27' 19.9"N					30° 27' 26.4"N					30° 26' 56.2"N					30° 26' 07.5"N				
Latitude	49° 06' 05.0"N					49° 06' 33.3"N					49° 07' 02.5"N					49° 07' 08.7"N				
Air temperature(°C)	26.7					31.2					26.7					30.1				
Wind ¹	N					W					S					N				
Wave (cm)	50					50					50					50				
Depth (m)	1.0					2.5					5.0					1.0				
Current (Direction, knot)	S					S					S					S				
Water color ²	5GY 5/8 (deep yellow green)					5.5Y 6/10					5.5Y 6.5/1.5 (grayish leaf)					5.5Y 6.5/1.5 (grayish leaf)				
Transparency (m)	0.55					0.24					0.23					0.23				
Below water sur	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)
0.5	25.5	39.40	62.0	8.66	7.67	25.1	39.40	61.9	8.62	7.01	25.4	42.30	65.5	8.56	7.35	25.4	42.60	65.9	8.53	7.39
1						25.2	39.60	62.1	8.66	6.99	25.2	42.40	65.6	8.59	7.35	25.3	42.70	66.0	8.55	7.34
2						25.2	39.80	62.4	8.66	6.98	25.2	42.70	65.9	8.60	7.34	25.2	42.90	66.1	8.59	7.33
3						25.3	40.00	62.6	8.66	6.98	25.1	43.00	66.4	8.61	7.32	25.1	43.10	66.5	8.60	7.31
4																25.0	43.50	66.9	8.61	7.31
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
Remarks																				
Note:																				
	1 Beaufort grade																			
	2 Muncel color code																			

	MS-5						MS-6						MS-7						MS-8					
Date	20 Oct., 2013						20 Oct., 2013						20 Oct., 2013						20 Oct., 2013					
Time	13:00						16:45						16:00						15:30					
Longitude	30° 25' 16.6"N						30° 25' 07.2"N						30° 25' 02.2"N						30° 23' 24.1"N					
Latitude	49° 06' 15.2"N						49° 05' 20.5"N						49° 03' 44.6"N						49° 00' 27.6"N					
Air temperature(°C)	31.9						25.6						26.1						29.3					
Wind ¹	N						NE						NE						NE					
Wave (cm)	50						50						50						50					
Depth (m)	35.0						> 40						> 40						> 50					
Current (Direction, knot)	E						E						E						W					
Water color ²	5.5Y 6.5/1.5 (grayish leaf)						5GY 5/8 (deep yellow green)						5GY 5/8 (deep yellow green)						5GY 5/8 (deep yellow green)					
Transparency (m)	0.25						0.27						0.35						0.24					
Below water surf	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)	Water temperature (°C)	Salinity	Conductivity (mS/cm)	pH	DO (mg/L)				
0.5	25.1	43.00	66.2	6.34	7.34	25.3	47.40	72.4	8.56	7.56	24.8	36.50	57.2	8.58	7.41	25.3	35.60	56.1	8.57	7.24				
1	25.1	43.20	66.5	6.51	7.30	25.2	47.80	72.9	8.58	7.53	24.8	36.70	57.4	8.61	7.39	25.1	35.80	56.3	8.58	7.26				
2	25.0	43.20	67.3	6.58	7.30	25.1	48.20	73.5	8.59	7.51	24.8	37.20	58.1	8.62	7.37	25.0	36.40	57.2	8.60	7.28				
3	24.9	44.10	67.6	7.93	7.29	25.1	49.10	74.8	8.60	7.49	24.9	37.60	58.8	8.62	7.35	25.0	37.10	58.1	8.61	7.29				
4	24.9	44.20	67.8	7.92	7.29	25.1	49.70	75.5	8.60	7.47	24.9	38.00	59.3	8.62	7.34	25.0	37.60	58.8	8.61	7.28				
5	24.9	44.30	67.9	7.92	7.27	25.1	49.80	76.0	8.61	7.45	24.9	38.20	59.7	8.62	7.33	25.0	37.80	59.0	8.62	7.27				
6	24.9	44.40	68.1	7.93	7.27	25.1	49.90	76.1	8.61	7.44	25.0	38.50	60.0	8.62	7.31	24.9	38.00	59.3	8.62	7.27				
7	24.9	44.60	68.3	7.92	7.26	25.1	50.00	76.4	8.61	7.42	25.0	38.60	60.1	8.62	7.30	24.9	38.10	59.7	8.62	7.27				
8	24.9	44.70	68.4	7.89	7.26	25.2	50.10	76.6	8.61	7.40	25.0	38.70	60.2	8.62	7.29	25.0	38.20	59.8	8.62	7.28				
9	24.9	44.80	68.5	7.90	7.26	25.1	50.20	76.7	8.62	7.39	25.0	38.80	60.4	8.62	7.28	25.0	38.30	59.9	8.63	7.26				
10	24.9	44.90	68.6	7.87	7.24	25.1	50.30	76.8	8.62	7.38	25.0	38.90	60.5	8.63	7.27	25.0	38.40	64.6	8.63	7.27				
Remarks																								

Note:

1 Beaufort grade

2 Muncel color code

Category	Parameter	Unit	MS-1			MS-2			MS-3			MS-4		
			0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m	0.5m	2m	10m
Water quality (General parameter)	Turbidity	NTU	19	-	-	74	96	-	33	40	-	83	-	-
	Suspended Solids	mg/L	200	-	-	100	120	-	80	150	-	110	-	-
	COD	mg/L as O ₂	24	-	-	22	16	-	23	14	-	25	-	-
	TOC	mg/L as C	2.6	-	-	3.1	2.7	-	3.5	2.4	-	2.4	-	-
	Oil contents	mg/L	<0.2	-	-	<0.2	<0.2	-	<0.2	<0.2	-	<0.2	-	-
	Coliform bacteria*1	MPN Index/100ml	23	-	-	11	-	-	<2	-	-	9	-	-
	Total nitrogen	mg/L as N	0.66	-	-	0.68	0.59	-	0.56	0.79	-	0.66	-	-
Total phosphorous	mg/L as P	<0.2	-	-	<0.2	<0.2	-	<0.2	<0.2	-	<0.2	-	-	

*1 Fecal coliform was analyzed in this sampling.

Category	Parameter	Unit	MS-5			MS-6			MS-7			MS-8		
			0.5m	2m	10m									
Water quality (General parameter)	Turbidity	NTU	62	74	88	60	74	76	57	69	79	63	78	88
	Suspended Solids	mg/L	70	70	100	80	70	100	70	200	90	70	90	80
	COD	mg/L as O ₂	20	16	12	18	16	12	18	16	10	14	12	10
	TOC	mg/L as C	3.2	2.8	2.9	2.2	2.9	2.5	2.9	2.6	2.8	2.5	2.4	2.4
	Oil contents	mg/L	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
	Coliform bacteria*1	MPN Index/100ml	3	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-
	Total nitrogen	mg/L as N	0.53	0.59	0.69	0.84	0.56	0.63	0.58	0.63	0.67	0.62	0.61	0.61
Total phosphorous	mg/L as P	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	

*1 Fecal coliform was analyzed in this sampling.

Annex B Munsell color index

色相の色見本

10BG4/10 vivid blue green 青色	5B2/4 dark greenish blue 暗青色	5B3/8 deep greenish blue 青色	10B3/8 deep blue 青色	3PB2.4/8 deep blue 紺色	3PB1.5/4 dark blue 濃紺色
5G3.5/7 deep green 緑色	10G3/7 deep bluish green 緑色	5BG3.5/7 deep blue green 緑色	5G2.4/3 dark green 暗緑色	10G2.4/3 dark bluish green 暗緑色	5BG2.4/3 dark blue green 暗青緑色
5G6/8 strong green 無し	5GY6/10 strong yellow green 無し	5GY5/8 deep yellow green 黄緑色	10GY4.5/7 strong yellowish 黄緑色	5GY3/3 grayish olive green 暗灰黄緑色	10GY3/4 dark yellowish green 暗緑色
5G6/1.5 light grayish green -	5BG5.5/1.5 light grayish green 灰色	5GY6.5/1.5 grayish leaf -	5GY6/4 leaf 灰黄緑色	5G5/4 dull green 灰緑色	5G3.5/1.5 grayish green 暗灰色
5BG5/4 dull blue green 灰青緑色	5B4.5/5 dull greenish blue -	5B4/11 vivid greenish blue 青色	5BG4.5/10 vivid blue green -	9G5/10 vivid bluish green 緑色	4G5.5/10.5 vivid green 黄緑色
10Y6.5/10 olive yellow 黄茶色	5.5Y7/5 dull yellow 灰黄色	2.5Y6/8 gold -	5.5Y6/8 olive yellow 黄土色	5.5Y4/4 olive 緑褐色	2.5Y4/4 brownish olive 茶色
9YR4/4 yellowish brown 茶色	5YR2.4/4 dark brown 暗茶色	5YR4/4 brown 茶色	5YR2/1.5 dark grayish brown 暗褐色	9YR3/3 dark yellowish brown 褐色	10R2/3 dark reddish brown 暗赤褐色
10R3/5 reddish brown 赤茶色	10R4/2 grayish brown 灰茶色	5YR4.5/2 grayish brown 灰茶色	5YR3/0.5 dark brownish gray 灰黒色	3PB4/1 dark bluish gray 無し	3PB3/2 dark grayish blue -
5YR5.5/4 light brown 淡茶色	9YR6.5/5 light yellowish brown 淡灰色	5.5Y6/2 grayish yellow 灰色	5G5.5/0.5 greenish gray -	5B5.5/2 grayish blue -	10B3.5/3 grayish blue -
5BG6.5/2 light grayish green -	2.5Y7.5/0.5 yellowish gray 淡灰色	5YR5.5/0.5 brownish gray 灰色	N4.5 dark medium gray 暗灰色	N3.5 dark gray 暗灰色	N2.4 dark gray 灰黒色

※日本色研色名帳 220(財団法人 日本色研研究所)より抜粋
Source: Munsell color

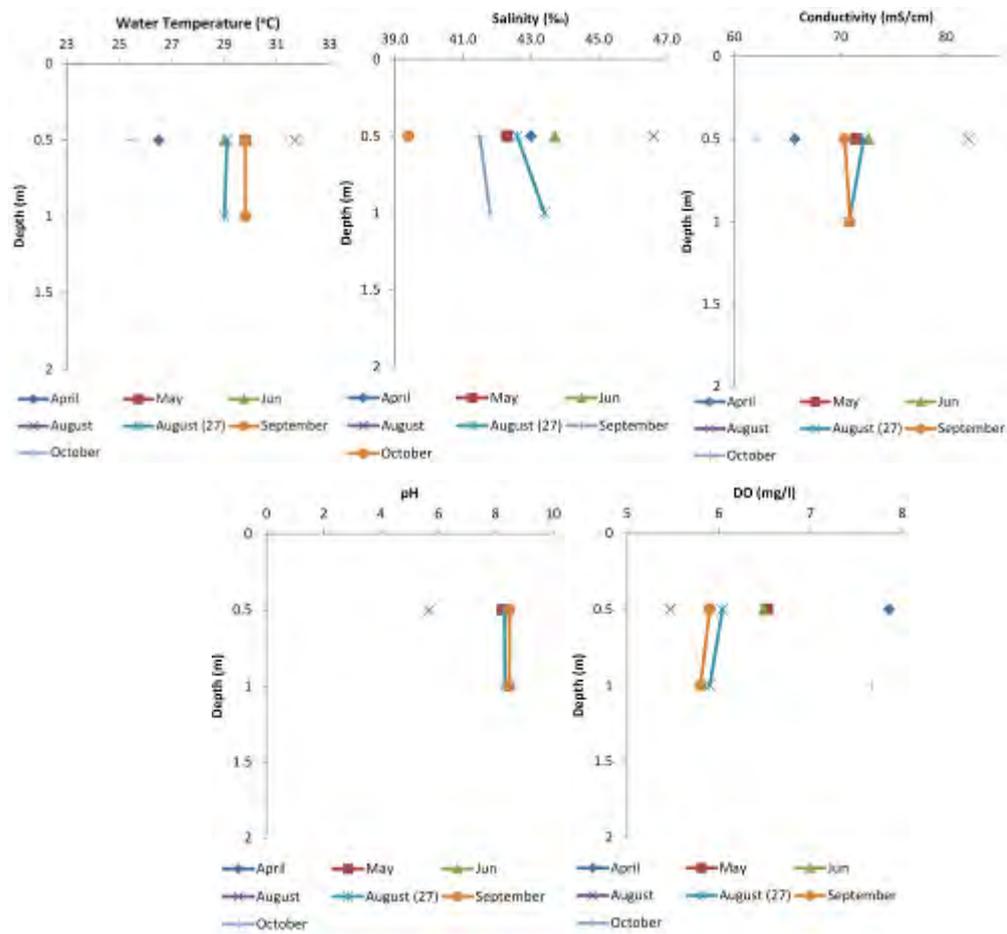
Upper: Munsell color
Middle: English name
Lower: Japanese name

Annex C Beaufort scales

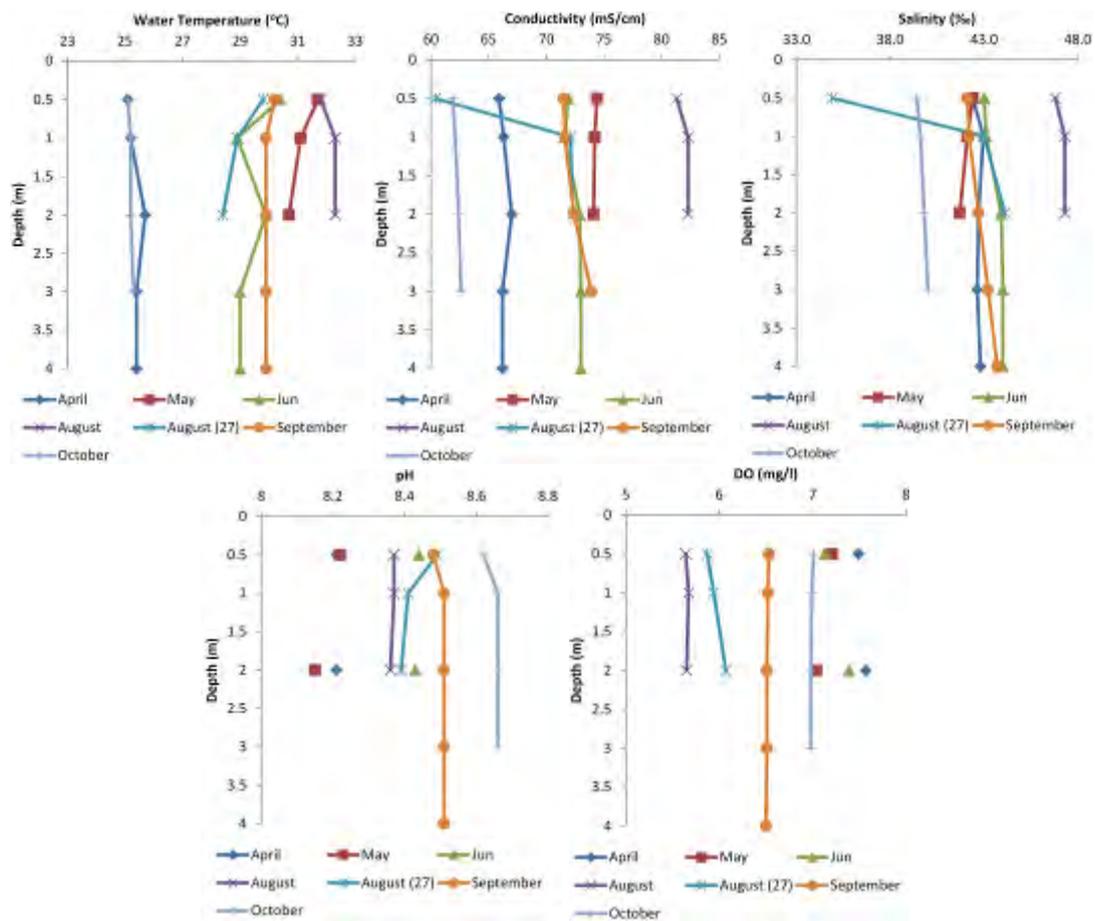
Class	Wind velocity		Explanation	
	m/s	Km/h	On the land	On the ocean
0	0.0 to 0.3	Under 1	Smoke rises straight.	Surface is like a mirror
1	0.3 to 1.6	1 to 6	We can know direction. But can't feel.	Ripples is like a scale
2	1.6 to 3.4	6 to 12	We can feel wind. Leaves are moved.	We see short waves clearly. The top of wave is glassy.
3	3.4 to 5.5	12 to 20	Leaves and twigs are moved always.	The top of wave becomes to break. Sometimes white-crested waves appeared.
4	5.5 to 8.0	20 to 29	A cloud of dust rises. Pieces of paper fly up.	White-crested waves increase.
5	8.0 to 10.8	29 to 30	Shrubs become to swing. A wave crest appears on a lake and a pond.	A many white-crested waves appear. Sometimes spray is appeared.
6	10.8 to 13.9	30 to 50	Big branches swing. It's difficult to put up an umbrella.	Big waves appear. The top of wave with white bubble appear everywhere.
7	13.9 to 17.2	50 to 62	Trees swing. It's difficult to walk against wind.	Waves become bigger. The top of wave is broken and makes white bubble. And it flows down the wind.

Scale	Explanation	Height of waves (m)
0	Surface is like a mirror	0
1	There are Ripples	0 to 0.1
2	Wave crest is glassy.	0.1 to 0.5
3	A little waves	0.5 to 1.25
4	Pretty waves	1.25 to 2.5
5	The height of wave is more or less high.	2/5 to 4/0
6	The height of wave is pretty high.	4.0 to 6.0
7	Waves become rough.	6.0 to 9.0
8	Waves become quite rough.	9.0 to 14.0
9	Abnormally.	Over 14.0

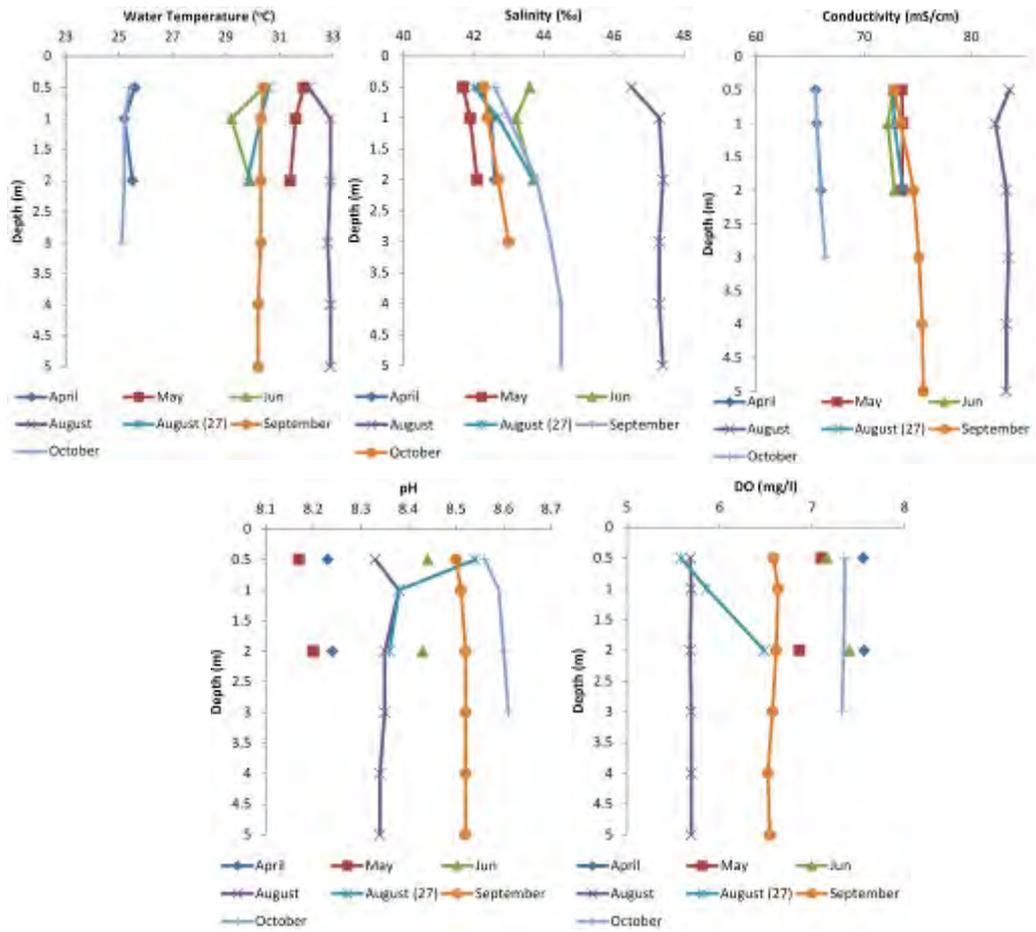
Annex D Vertical Profile of in-situ and laboratory parameters



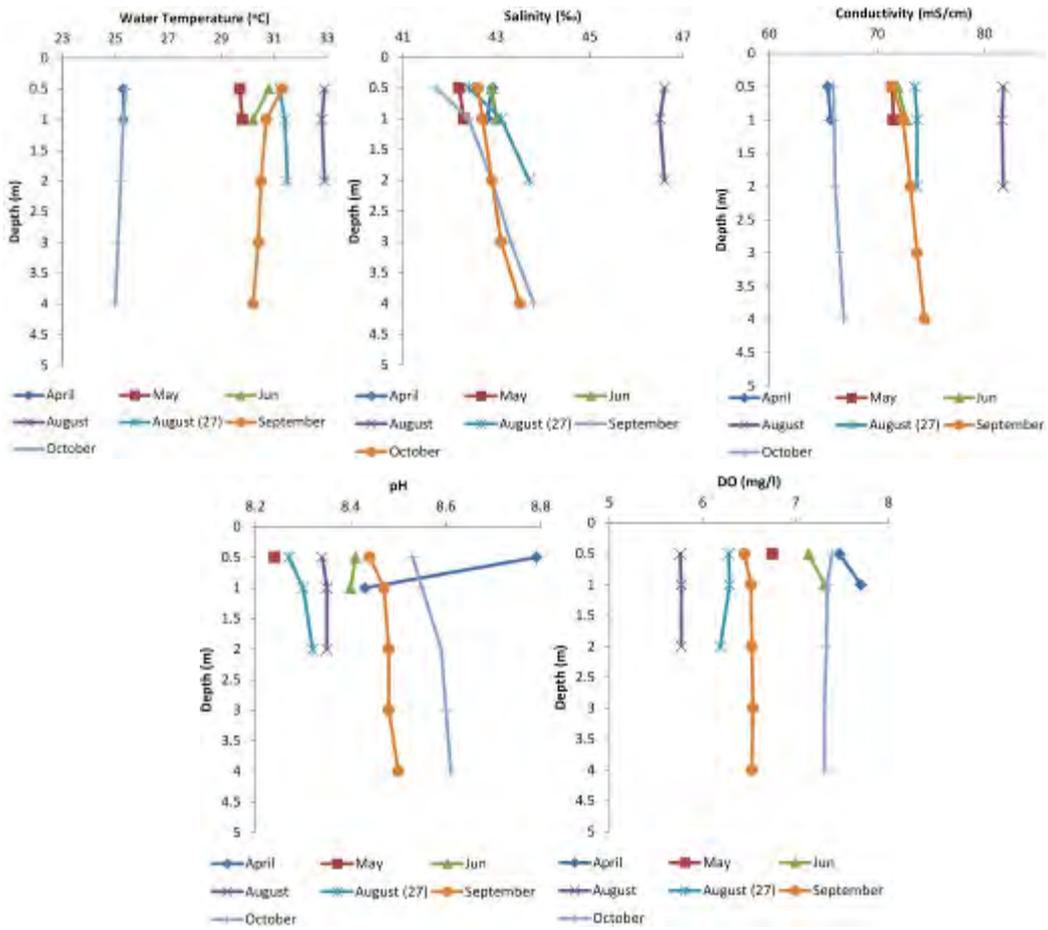
MS-1



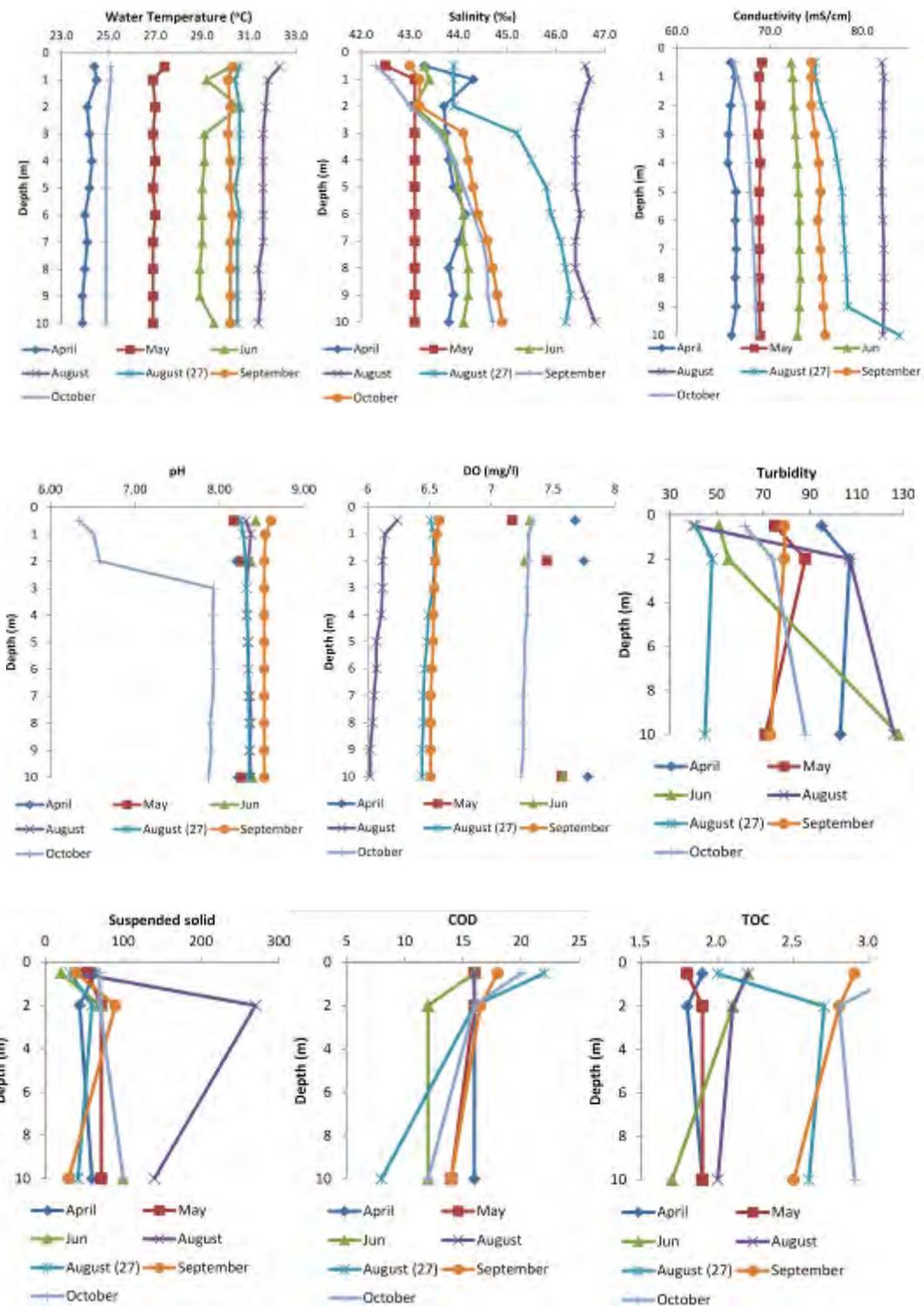
MS-2



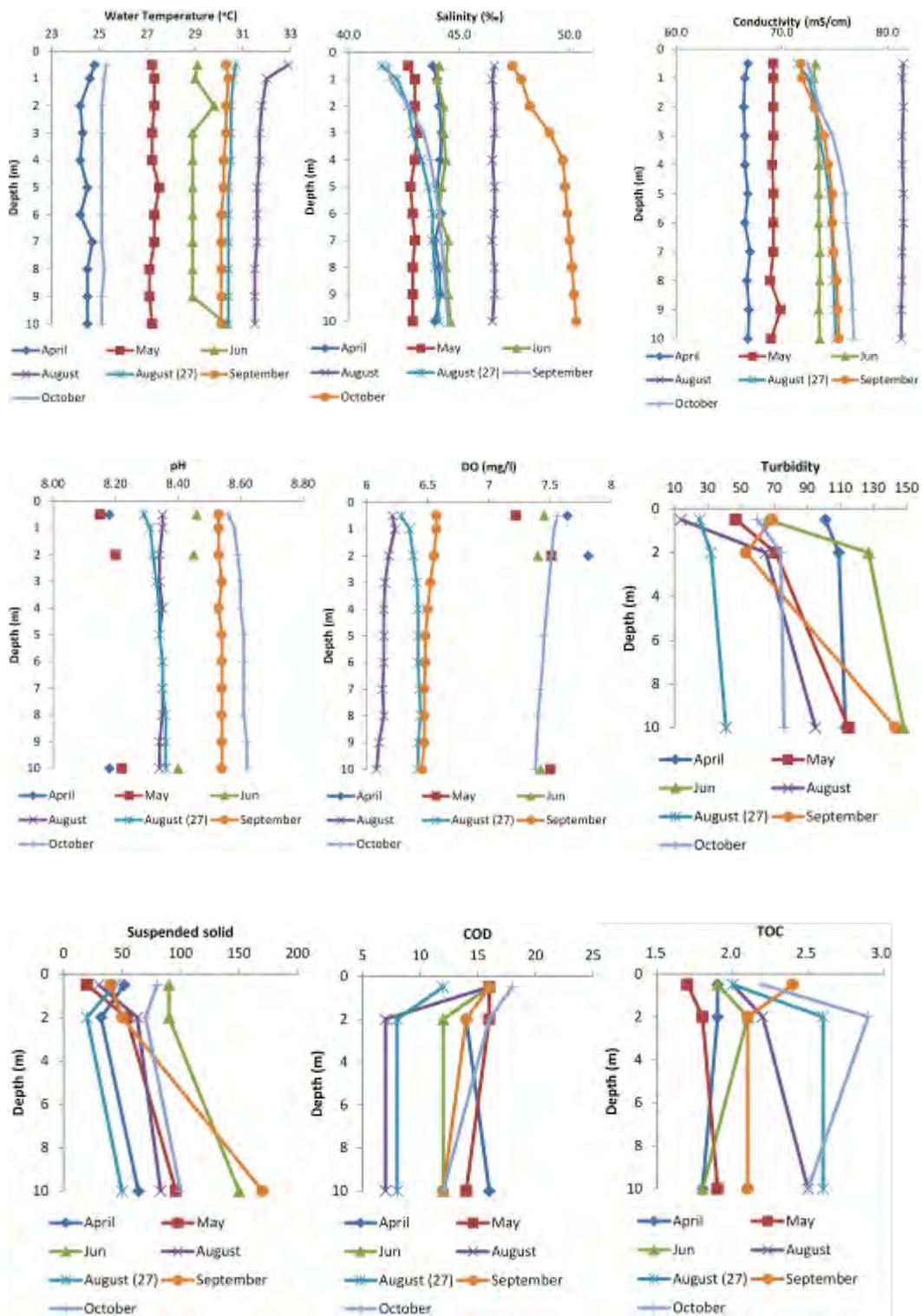
MS-3



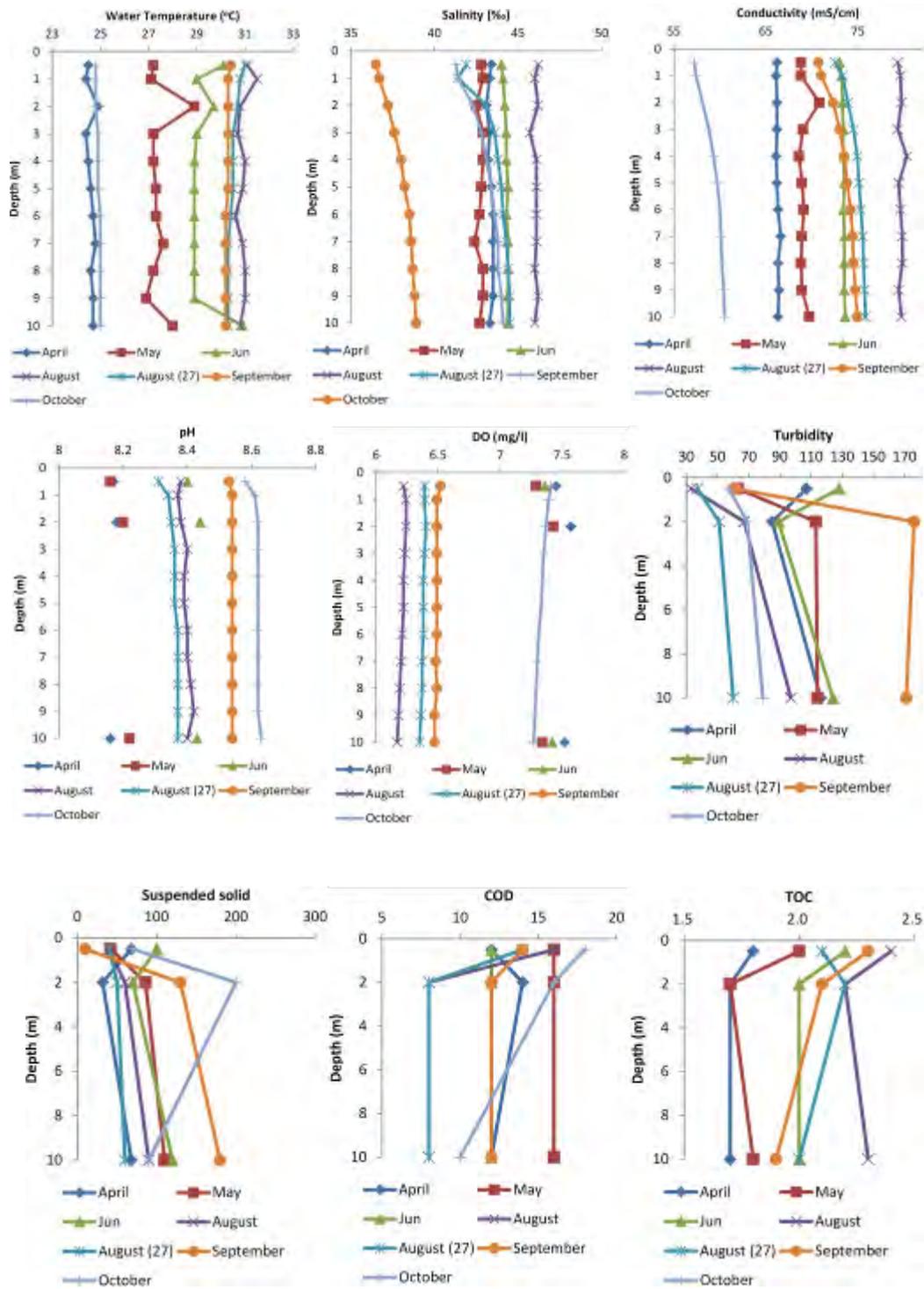
MS-4



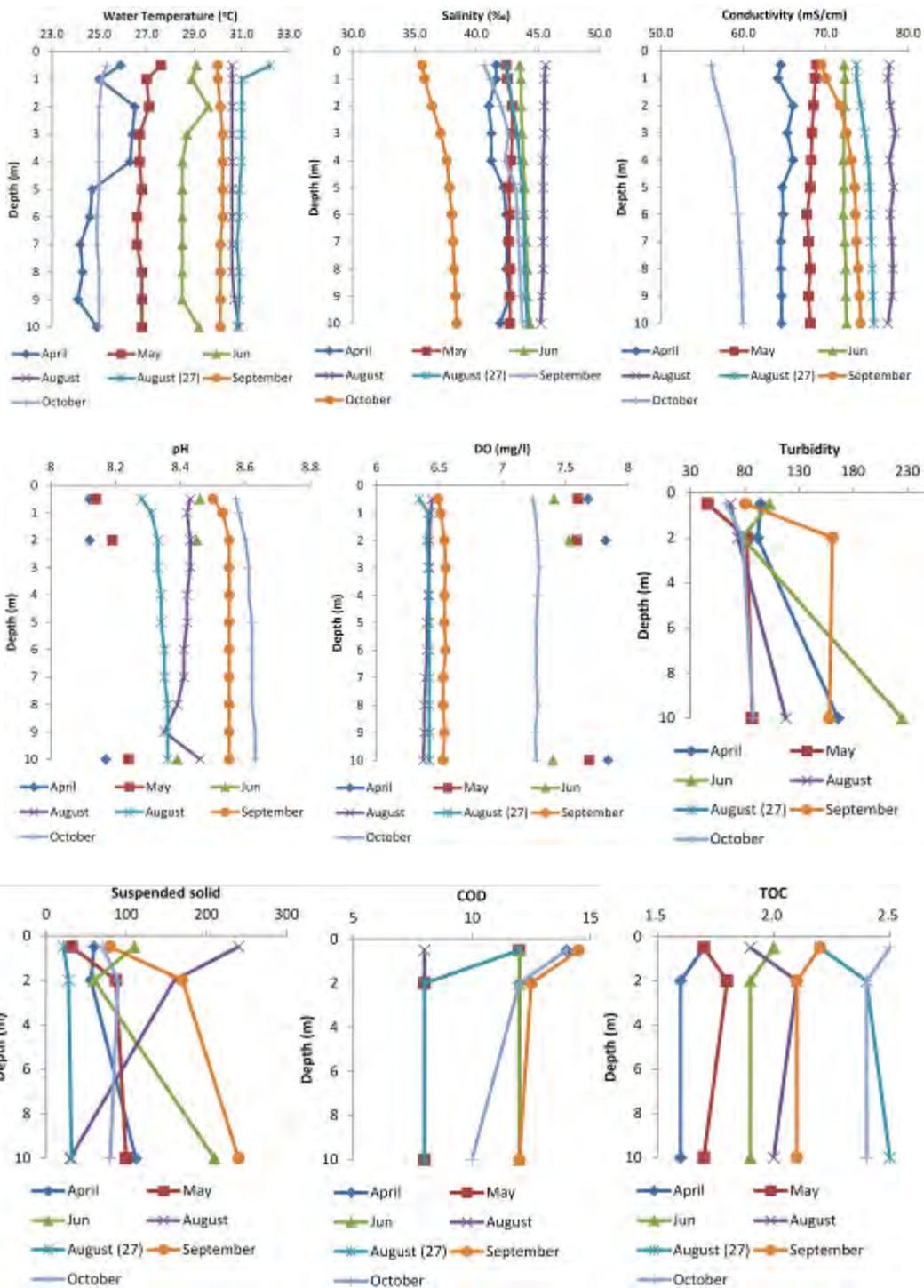
MS-5



MS-6



MS-7



MS-8

Annex E National ambient water standards for Persian Gulf and Oman Sea

Parameter	Allowed value in different classification of Persian Gulf and Oman Sea waters					
	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	Class 6
Color ³	No significant Color					
Odor	No Odor					
Temperature	Its temperature should not increase more than 1 C from regional temperature due to human activities and no more than 2 C in other seasons *			---	Its temperature should not increase more than 1 C from regional temperature due to human activities and no more than 2 C in other seasons	±3 of natural temperature of receptive source
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-9
Turbidity ⁴	30 NTU (Nephelo Turbidity Unit)					---
Dissolved Oxygen (mg/l)	⁵ >5 mg/l	⁶ >5 mg/l	⁷ >5 mg/l	>4 mg/l	>4 mg/l	>3 mg/l
	60% of Saturation	60% of Saturation	60% of Saturation	50% of Saturation	50% of Saturation	40% of Saturation

³ This parameter is caused by parameters like Krizols, Phenols, Naftha, Benzene, Tolouen and etc. which produce a noticeable color of salt crystals and it contaminates fishes. Generally color and odor should not harm the uses of the area.

⁴ If turbidity is measured by Secchi disk, the depth of Secchi disk should be more than 1 meter.

⁵ To protect aquatic environment it should not be less than 3.5 ,g/l in the entire year.

⁶ To protect aquatic environment it should not be less than 3.5 ,g/l in the entire year.

⁷ To protect aquatic environment it should not be less than 3.5 ,g/l in the entire year.

Parameter	Allowed value in different classification of Persian Gulf and Oman Sea waters					
	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	Class 6
Total suspended ⁸ solids	Its increase should not be more than its daily, monthly, annual average considering standard deviation.					
Salinity	It should be no more than 10 percent of minimum natural salinity of the region					
Oil and floating grease	Oil slick, foam or other suspended material should not appear on its surface					There should be no oil layer, foam visible on its surface
(mg/l) BOD ₅	1		3		5	
(mg/l) COD	2		3		5	
Anion Surfactant (mg/l) detergent (LAS)	0.03				0.10	
PAHs (µg/l)	<0.5		<1		<5	

⁸ There should be no sanitary waste water or waste

Parameter	Amounts of allowed concentrations in various classes of Persian Gulf and Oman Sea Waters					
	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	Class 6
Total Petroleum Hydrocarbons (µg/l)	< 0.5		< 1		< 5	
Oil and Grease (mg/l)	0.1		Not visible to naked eye			
Total Coliform Bacteria MPN /100ml	< 500					
Fecal Coliform CFU/100ml	< 70				< 100	
Fecal Streptococci CFU/100ml	< 100					
Nitrate/Nitrogen (µg-N/l)	< 20		< 60			
Phosphate-Phosphorus (µg-N/l)	< 15		< 45	< 15	< 45	
Ionized Ammonium (µg-N/l)	< 70		< 100	< 70		
None-organic Nitrogen (N)	< 200		< 300		< 400	< 400
Total Mercury (µg/l)	0.1		0.2		0.5	
Methyl Mercury (µg/l)	0.012		0.025		0.2	
Cadmium (µg/l)	1		5		10	
Total Chrome (µg/l)	5		10		50	
Lead (µg/l)	5		10		40	
Copper (µg/l)	5		10		50	
Manganese (µg/l)	100					
Zinc (µg/l)	10		20		100	
Iron (µg/l)	300					
Arsenic (µg/l)	20		30		50	
Nickel (µg/l)	20		30		50	
Selenium (µg/l)	10		20		50	
Phenol (µg/l)	0.005		0.010		0.050	
Fluoride (µg/l)	1					
PCBs	Not visible					
Chlorinated pest control Alderin (µg/l)	No more than 1.3					

Parameter	Amounts of allowed concentrations in various classes of Persian Gulf and Oman Sea Waters					
	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	Class 6
Chloride ($\mu\text{g/l}$)	No More than 0.004					
DDT ($\mu\text{g/l}$)	No More than 0.001					
Delderin ($\mu\text{g/l}$)	No more than 0.0019					
Anderin ($\mu\text{g/l}$)	No more than 0.0023					
Andosolphan ($\mu\text{g/l}$)	No more than 0.0087					
Heptachlorine ($\mu\text{g/l}$)	No more than 0.0036					
Lepandan ($\mu\text{g/l}$)	No more than 0.16					
Pest Controls ($\mu\text{g/l}$) Alachlor Ametryn Atrazine Carbaryl Carbendazim Chlorpyrifos 2,4-D Diuron Glyphosate Malathion Mancozeb Methyl Parathion Parathion	Not Visible					

Since there's possibility that an area with one usage is also used for other purposes. In such cases that there might be more than one land usage for an area, it's suggested to consider the stricter standard for the area. For example: if in an area there are both sensitive coastal ecosystems and swimming usages, the standard for sensitive ecosystems is preferable.

添付資料 5

油流出モデルによるシミュレーション

The project preliminarily examined the predicted trajectories, fates and probabilities of the oils accidentally spilled from the pilot areas defined by the project and major offshore crude production fields of Iran using trajectory model (GNOME and ADIOS2) and stochastic model (Trajectory Analysis Planner: TAP). The findings of the modeling are described hereunder.

1. Trajectory modeling

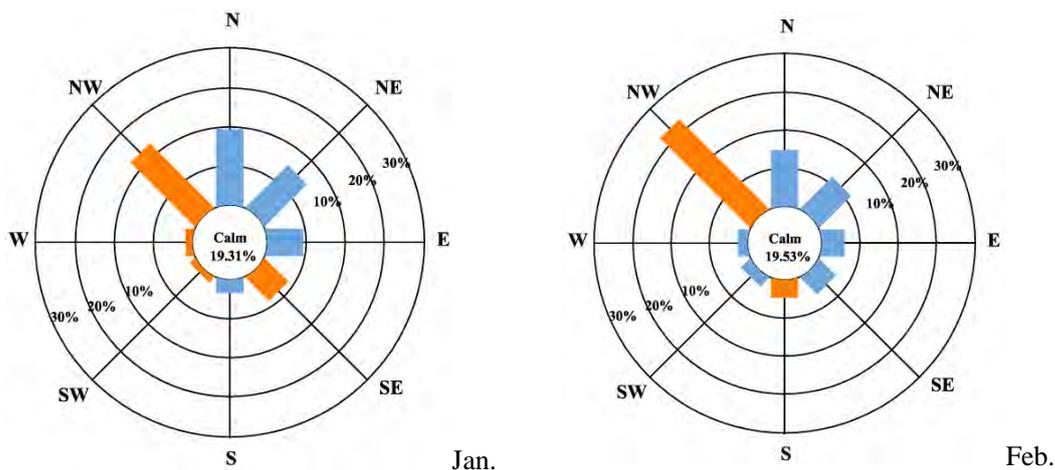
1.1 Conditions of simulation

(1) Basic condition

NOAA discloses the compiled file of the geography (shoreline) and oceanic condition (flow of the river, current field) for ROPME sea area. The modelling study by GNOME in this project utilized the data file after downloaded via internet.

(2) Meteorological condition

For the meteorological condition, it is possible to enter the wind direction and speed in GNOME and ADIOS2. For the wind data input condition, this application prepares two types which supports the constant and every time option. IOOC (2002)¹ reported that the wind direction and wind speed rose for every month, according to statistical data from 1989 to 1998 in Khark Island (Figure 5.4.2-1). This result is applied as the typical wind information in the Persian Gulf because this wind information was observed in the north part of the Persian Gulf and could be used as ocean wind. The wind direction in the Persian Gulf from February to October is predominantly from north west, and biased from the northeast from November to January. So the simulation will be carried out using the two separated seasons.



¹ Project on Environmental Studies of Siri, Lavan, Bahregan, Khark Operational Regions, Spring. 2002, IOOC.

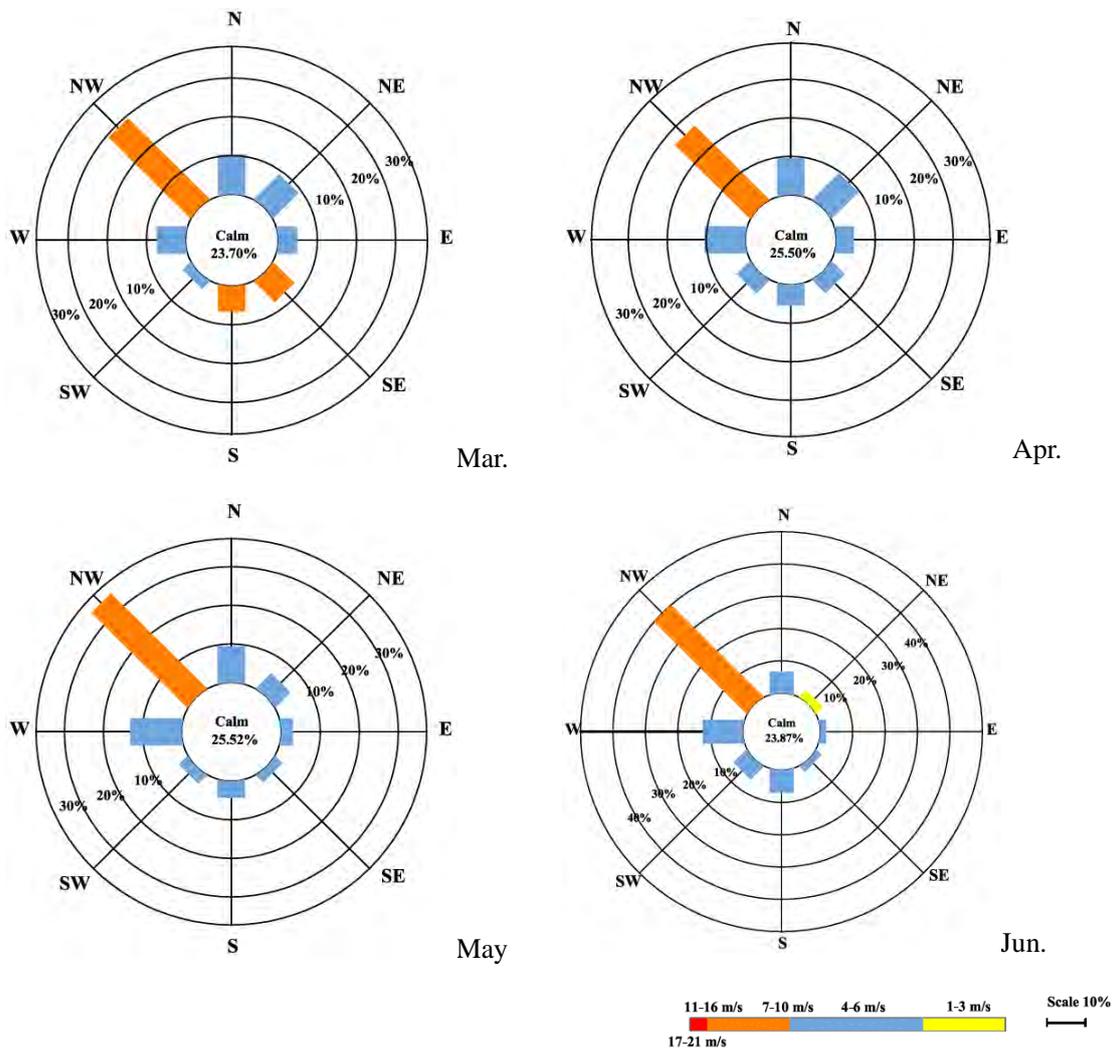
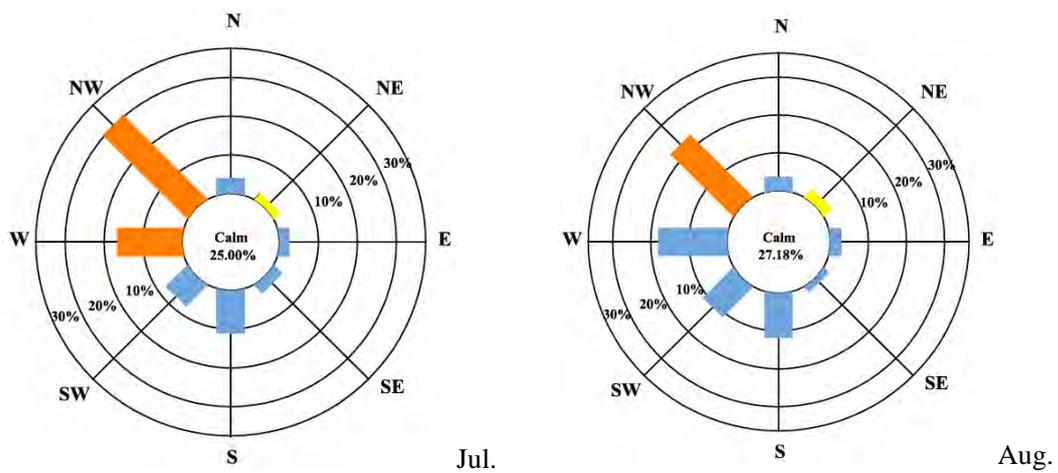


Figure 1.1-1 Windrose for Khark Island



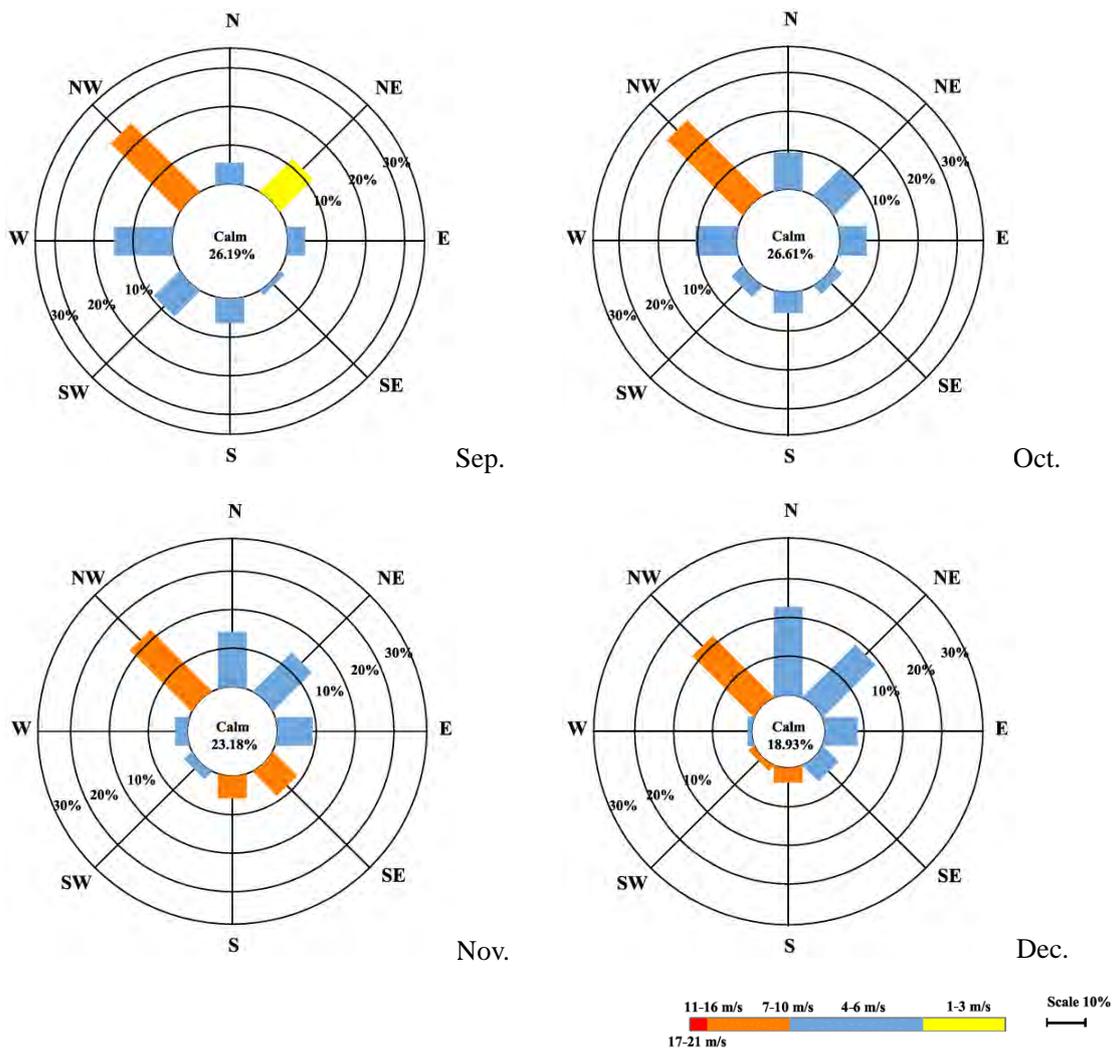


Figure 1.1-1 Windrose for Khark Island (continue)

1.2 Oil Spill Scenarios

The level of the oil spill accident assumed as Tier 1 scenario is 50 tons. This level indicates that each national corporation and its affiliated companies must protect the spilled oil by themselves if an oil spill accident occurred.

A number of the spill sources come from the loading facility and tanker and support boat due to collision with another boat. If the pipeline which was placed on the seafloor to transport the oil to mainland is aging, the leakage from it is considered.

The spill scenario for Mahshahr assumed that ship collision happened at the junction in Pilot area in the north part of the Persian Gulf. In Assaluyeh, some facility is treating the HNS such as condensate and has single point mooring (SPM) system for product loading. The spill scenario for Assaluyeh is assumed to happen at SPM system, offshore for loading of condensate. On Khark Island, there are 2 loading facilities. And there are many platforms around Khark Island as well. The spill scenario for Khark Island is assumed to happen at jetty, loading facility and main platform.

When simulated according to Tier 1 scenario (amount of spilled oil: 50 tons, release condition: instantaneous), each parameter are set as follows.

- GNOME and ADIOS2
 - Amount of spilled oil: 50 metric tons
 - Duration: 5 days
 - Season: 2 seasons (Feb-Oct, Nov-Jan)
 - Wind direction: Northwest (315 deg, Feb-Oct), Northeast (23 deg, Nov-Jan)
 - Wind speed: 6 knots (approx. 3 m/s), 10 knots (approx. 5 m/s), 14 knots (approx. 7 m/s)
 - Current field: Wind driven current, River outflow from the Shatt al Arab, Reverse Estuary
 - Release condition: instantaneous
- ADIOS2
 - Water temperature: 30 deg C (Feb-Oct), 25 deg C (Nov-Jan)
 - Salinity: 3.5%

Table 1.2-1 Oil spill scenarios in each pilot area

Scenario	Spill source	Longitude	Latitude	Types of oils	Spill situation
No.01	Closed-off section of the Persian Gulf	49 ° 01' 16.62"	29 ° 56' 04.60"	Bunker C Fuel Oil	Outflow of fuel oil due to ship collision
No.02	Bahrgan Sar oil field	49 ° 45' 53.00"	29 ° 55' 04.00"	Bahrgan Sar/ Nowruz (crude)	Spill accident at offshore unit
No.03	Nowruz oil field	49 ° 24' 45.00"	29 ° 34' 54.00"		
No.04	Aboozar oil field	49 ° 29' 47.66"	29 ° 20' 07.43"	Aboozar (crude)	
No.05	Foroozan oil field	49 ° 40' 02.00"	28 ° 35' 19.00"	Foroozan (crude)	
No.06	East Jetty, Khark Island	50 ° 20' 22.31"	29 ° 13' 46.76"	Iranian Heavy	Spill accident at loading facility
No.07	West Jetty, Khark Island	50 ° 17' 10.90"	29 ° 13' 35.06"		
No.08	SPM in Assaluyeh	52 ° 32' 57.68"	27 ° 27' 26.52"	Algerian condensate*	

*: Type of oil selected the kerosene/jet Fuels that evaporate readily for trajectory analysis and Algerian condensate for weathering processes.

1.3 Modeling Results

(1) Trajectory analysis

The trajectory of the spilled oil was analyzed using GNOME in accordance with the scenarios shown in Table 1.2-1.

The possibilities of oil drifting to shores of respective scenarios are indicated in Table 1.3-1 and predicted trajectories of each scenario are described below.

Table 1.3-1 Possibility of drifting ashore to each country after 5 days

Scenarios		No. 01	No. 02	No. 03	No. 04	No.05	No. 06	No. 07	No. 08
		Closed-off section of the Gulf	Bahrgan Sar oil field	Nowruz oil field	Aboozar oil field	Foroozan oil field	East Jetty , Khark Island	West Jetty Khark Island	SPM in Assaluyeh
Iran	Feb-Oct	-	-	-	-	-	✓	✓	✓
	Nov-Jan	-	-	-	-	-	✓	✓	✓
Other countries	Feb-Oct	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nov-Jan	✓	-	-	-	-	-	-	-

- **Scenario No. 01 Closed-off section of the Persian Gulf**



Figure 1.3-1(1) Trajectory of the spilled oil after 5 days in the closed-off the Persian Gulf (Season: Feb-Oct, Wind direction: Northwest)



Figure 1.3-1(2) Trajectory of the spilled oil after 5 days in the closed-off the Persian Gulf (Season: Nov-Jan, Wind direction: Northeast)

If the wind direction is from northwest in Feb-Oct, the spilled oil is distributed in Iran territorial waters. For each wind speed, the spilled oil didn't drift down to the shoreline. If the wind direction is from the northeast in Nov-Jan, the spilled oil is distributed in Iran territorial waters. Although the spilled oil didn't drift down to the shoreline in 6 knots and 10 knots of wind speed, the spilled oil drifted down to remote Island located the east part of Failaka Island in Kuwait in 14 knots of wind speed.

- **Scenario No. 02 Bahrgan Sar oil field**



Figure 1.3-1(1) Trajectory of the spilled oil after 5 days at Bahrgan Sar oil field (Season: Feb-Oct, Wind direction: Northwest)



Figure 1.3-2(2) Trajectory of the spilled oil after 5 days at Bahrgan Sar oil field (Season: Nov-Jan, Wind direction: Northeast)

If the wind direction is from northwest in Feb-Oct, the spilled oil is distributed near the shoreline from north to middle in the province of Bushehr. But the spilled oil didn't drift down for each wind speed. If the wind direction is from the northeast in Nov-Jan, the spilled oil distributed in Iran territorial waters. However the part of spilled oil is distributed in Kuwait territorial waters if wind speed is 14 knots.

- **Scenario No. 03 Nowruz oil field**



Figure 1.3-3(1) Trajectory of the spilled oil after 5 days at Nowruz oil field (Season: Feb-Oct, Wind direction: Northwest)



Figure 1.3-3(2) Trajectory of the spilled oil after 5 days at Nowruz oil field (Season: Nov-Jan, Wind direction: Northeast)

Although the spilled oil moved toward Khark Island if the wind direction is from northwest in Feb-Oct, the spilled oil didn't drift down to shoreline for each wind speed. If the wind direction is from the northeast in Nov-Jan, the spilled oil is distributed in Kuwait territorial waters.

- **Scenario No. 04 Aboozar oil field**



Figure 1.3-4(1) Trajectory of the spilled oil after 5 days at Aboozar oil field (Season: Feb-Oct, Wind direction: Northwest)



Figure 1.3-4(2) Trajectory of the spilled oil after 5 days at Aboozar oil field (Season: Nov-Jan, Wind direction: Northeast)

Although the spilled oil moved toward south in Khark Island if the wind direction is from northwest in Feb-Oct, the spilled oil didn't drift down to shoreline for each wind speed. If the wind direction is from the northeast in Nov-Jan, the spilled oil is distributed in Kuwait territorial waters. In 14 knots of wind speed, the spilled oil had the possibility to move toward Saudi Arabia territorial waters.

- **Scenario No. 05 Foroozan oil field**

If the wind direction is from northwest in Feb-Oct, the spilled oil didn't drift down to shoreline for each wind speed. If the wind direction is from the northeast in Nov-Jan, the spilled oil is distributed in Saudi Arabia territorial waters.



Figure 1.3-5(1) Trajectory of the spilled oil after 5 days at Foroozan oil field (Season: Feb-Oct, Wind direction: Northwest)



Figure 1.3-5(2) Trajectory of the spilled oil after 5 days at Foroozan oil field (Season: Nov-Jan, Wind direction: Northeast)

- **Scenario No. 06 East Jetty of Khark Island**

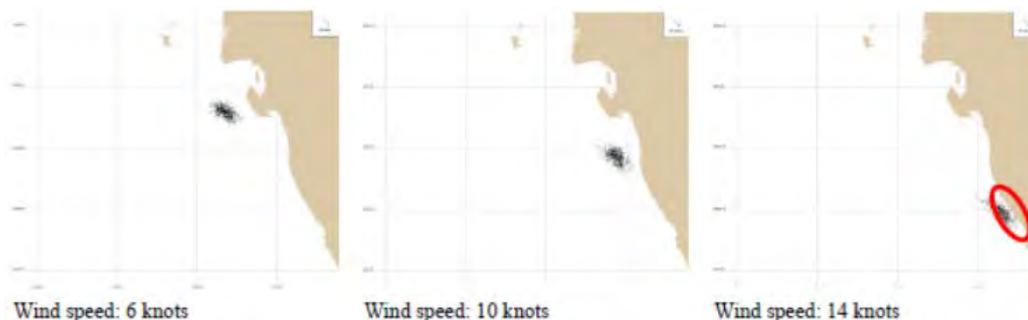


Figure 1.3-6(1) Trajectory of the spilled oil after 5 days at the jetty of east side in Khark Island (Season: Feb-Oct, Wind direction: Northwest)

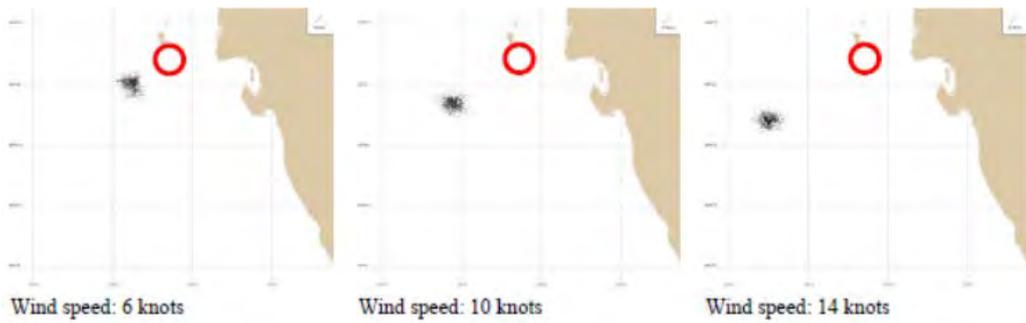


Figure 1.3-6(2) Trajectory of the spilled oil after 5 days at the jetty of east side in Khark Island (Season: Nov-Jan, Wind direction: Northeast)

For 6 knots and 10 knots, although the spilled oil didn't drift down to shoreline if the wind direction is from northwest in Feb-Oct, the spilled oil drifted down to shoreline located approx. 13 km from Mond protection area if the wind speed is 14 knots. If the wind direction is from the northeast in Nov-Jan, the spilled oil drifted down to the south part of Khark Island. After that, although the spilled oil moves toward the southwest, it remained in Iran territorial waters.

- **Scenario No. 07 East Jetty of Khark Island**

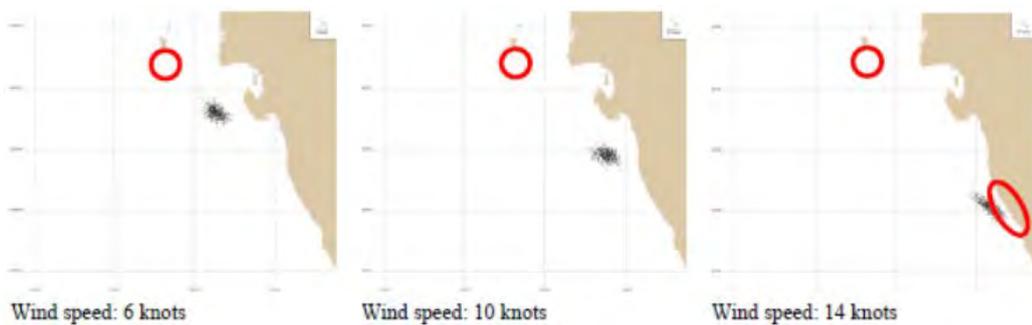


Figure 1.3-7(1) Trajectory of the spilled oil after 5 days at the jetty of west side in Khark Island (Season: Feb-Oct, Wind direction: Northwest)

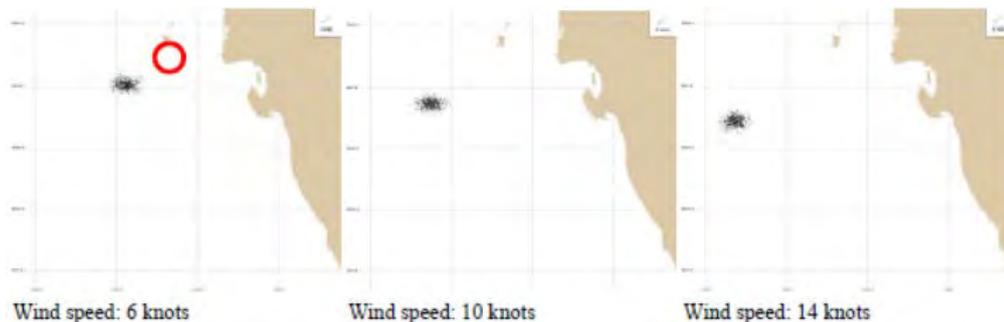


Figure 1.3-7(2) Trajectory of the spilled oil after 5 days at the jetty of west side in Khark Island (Season: Nov-Jan, Wind direction: Northeast)

If the wind direction is from northwest in Feb-Oct, the spilled oil drifted down to the south part of

Khark Island for each wind speed. After that, although the spilled oil didn't drift down to shoreline for 6 knots and 10 knots, it drifted down to shoreline located approx. 20 km from Mond protection area. However if the wind direction is from the northeast in Nov-Jan, the spilled oil drifted down to the south part of Khark Island in 6 knots because the wind speed was weak and the spilled oil became diffuse by dominated current field, preventing it from drifting down to the shoreline and distributed in Iran territorial waters.

- **Scenario No. 8 SPM system at Assaluyeh**



Figure 1.3-8(1) Trajectory of the spilled oil after 5 days at the SPM system at offshore for loading of condensate, Assaluyeh (Season: Feb-Oct, Wind direction: Northwest)



Figure 1.3-8(2) Trajectory of the spilled oil after 5 days at the SPM system at offshore for loading of condensate, Assaluyeh (Season: Nov-Jan, Wind direction: Northeast)

If the wind direction is from northwest in Feb-Oct, the spilled oil drifted down to the shoreline in bay of Naiband. However if the wind direction is from the northeast in Nov-Jan, the spilled oil drifted down to the nose section of the peninsula in 6 knots because the wind speed was weak and the spilled oil became diffuse by dominated current field, preventing it from drifting down to the shoreline and distributed in Iran territorial waters.

(2) Weathering processes

Weathering processes is calculated using Bunker C Fuel Oil, Algerian condensate and crude oils such as Bahrgan Sar /Nowruz, Aboozar, Foroozan, Iranian heavy which are produced in Iran. Duration of weathering is to be 5 days. The physical and chemical property of each oil mainly used the data by

Jokuty et al (1999) ² in database on ADIOS2. For Foroozan, it used the data by McNamara (1995) ³ because the output by Jokuty et al (1999) seemed to be a failure.

When comparing the Bunker C Fuel Oil, Crude Oil (Aboozar) including Iranian Heavy and condensate, each condition of oil varied widely (Figure 5.4.2-2). If the wind speed is 6 knots, each oil evaporated and remained on the sea surface, not mostly be naturally dispersed. For the quantity of evaporation for each oil after 5 days, Bunker C Fuel Oil was approx. 10 %, Aboozar was approx. 40 % and condensate was approx. 98 %. If the wind speed is 14 knots, each oil is dispersed, evaporated and remain on the sea surface. The natural dispersion of Bunker C Fuel Oil depended on the wind speed remarkably and dispersed approx. 60 % of the total after 5 days. Natural dispersion of Aboozar crude oil and condensate was only a few %, and majorities of the crude oil and condensate were remaining and evaporation respectively.

For response to oil spill, chemical dispersant is practically applied and in general it is effective for the spilled oil on water if the viscosity of the spilled oil is not greater than 2,000 cSt. Table 1.3-2 shows the estimated time zone (hours) for effective dispersant application after released to sea where the viscosity of spilled oil reaches 2,000cSt.

Table 1.3-2 Time zone (hour) for the chemical dispersant application in various weather conditions (wind speed)

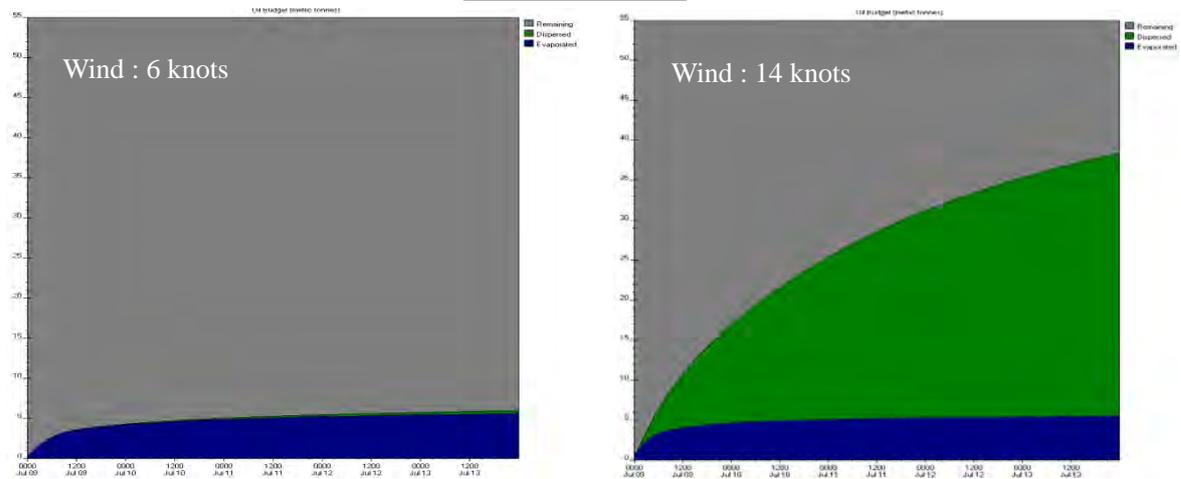
Water temp.	Wind speed (knots)	Type of spilled oil				
		Bahrgan Sar /Nowruz crude	Aboozar crude	Foroozan crude	Iranian Heavy crude	Algerian condensate
25 deg C	6	9-12	15-18	33-36	33-36	21-24
	10	3-6	6-9	12-15	12-15	9-12
	14	0-3	3-6	6-9	6-9	3-6
30 degC	6	12-15	18-21	42-45	30-33	30-33
	10	6-9	6-9	15-18	9-12	12-15
	14	3-6	3-6	9-12	6-9	6-9

Figure 1.3-9 shows the comparison of weathering progress of the respective spilled oils on water as time passes.

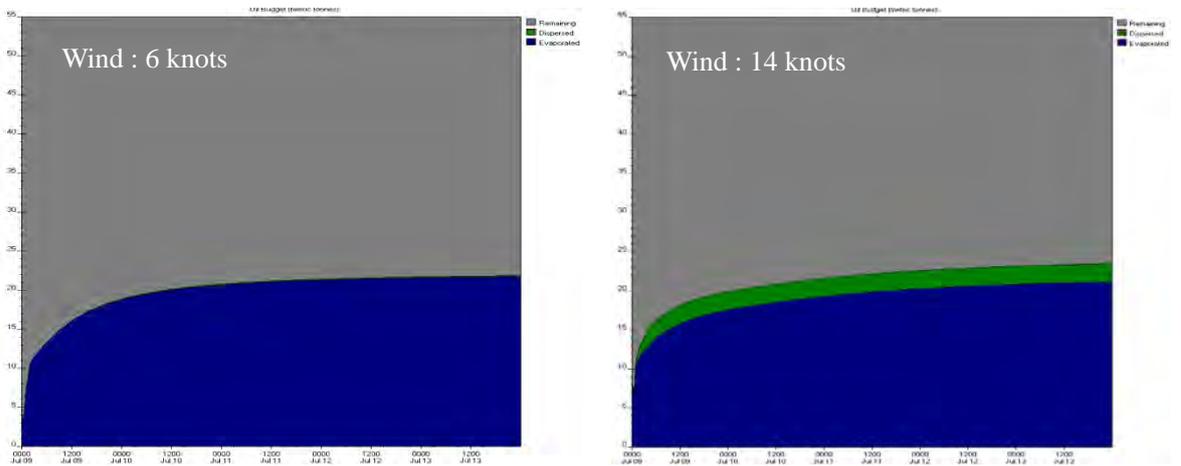
² Jokuty, P., Z. Wang, M. Fingas, B. Fieldhouse, P. Lambert, and J. Mullin, "Properties of Crude Oils and Oil Products", EE-165, Environment Canada, Ottawa, ON, 1234 p., 1999.

³ McNamara, J. (ed.), 1995, Oil & Gas Journal Data Book. Tulsa, OK: Pennwell Books. 411pp.

Bunker C Fuel Oil



Aboozar crude



Algerian condensate

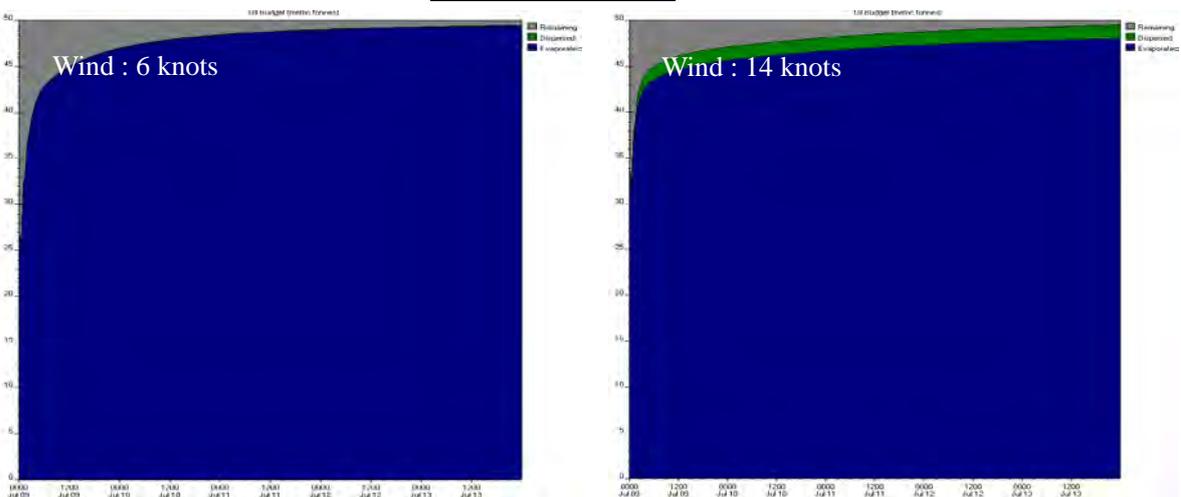


Figure 1.3-9 Comparison of weathering progress of spilled oils (Water temperature: 30 deg C)

The calculated weathering progress of the spilled oil in each spill scenario are summarized as follows.

- **Scenario No. 01 Closed-off section of the Persian Gulf (Bunker C Fuel Oil)**

The trend of viscosity of Bunker C Fuel Oil converged approx. 2,000 cSt, and is not dependent on the variation of the wind speed and water temperature. For the flux of Bunker C Fuel Oil, the percentage of evaporation was 10 % without relying on the variation of the wind speed and water temperature. The quantity of the natural dispersion increased depending on the variation of the wind speed and water temperature. As a result of the percentage of the natural dispersion, 20-30 % is dispersed if the wind speed is 10 knots and 50-60 % if the wind speed is 14 knots.

- **Scenario No. 02, & 03 Bahrgan Sar and Nowruz oil field (Bahrgan Sar/ Nowruz)**

The trend of the viscosity of Bahrgan Sar/ Nowruz is dependent on the variation of the wind speed. The viscosity of Bahrgan Sar/ Nowruz rose exponentially if the wind speed is 6 knots. If the wind speed is 10 knots, the viscosity rose exponentially till 4 days. After that, the viscosity converged approx. 200,000 cSt in case of 30 deg C and approx. 400,000 cSt in case of 25 deg C, water temperature. For 16 knots of the wind speed, the viscosity rose exponentially till 2 days. After that, the viscosity converged approx. 200,000 cSt in case of 30 deg C and approx. 400,000 cSt in case of 25 deg C, water temperature. For the flux of Bahrgan Sar/ Nowruz, the percentage of evaporation was approx. 38 % without relying on the variation of the wind speed and water temperature. The natural dispersion was 0 % in case of 6 knots and 1-2 % in case of 10 knots and 14 knots, wind speed. So if Bahrgan Sar/ Nowruz is released, it always remains approx. 60 % on the sea surface.

- **Scenario No. 04 Aboozar oil field (Aboozar)**

The trend of the viscosity of Aboozar depended on the variation of the wind speed. The viscosity of Aboozar rose exponentially if the wind speed is 6 knots. If the wind speed is 10 knots, the viscosity rose exponentially till 4 days. After that, the viscosity converged approx. 70,000 cSt in case of 30 deg C and approx. 15,000 cSt in case of 25 deg C, water temperature. For 16 knots, the viscosity rose exponentially till 2 days. After that, the viscosity converged approx. 70,000 cSt in case of 30 deg C and approx. 15,000 cSt in case of 25 deg C, water temperature. For the flux of Aboozar, the percentage of evaporation was approx. 38 % without relying on the variation of the wind speed and water temperature. The natural dispersion was 0 % in case of 6 knots and 2-4 % in case of 10 knots and 14 knots, wind speed. So if Aboozar is released, it always remains approx. 60 % on the sea surface.

- **Scenario No. 05 Foroozan oil field (Foroozan)**

The trend of the viscosity of Foroozan depended on the variation of the wind speed. The viscosity of Foroozan rose exponentially if the wind speed is 6 knots. If the wind speed is 10 knots, the viscosity rose exponentially till 4 days. After that, the viscosity converged approx. 15,000 cSt in case of 30 deg C and approx. 20,000 cSt in case of 25 deg C, water temperature. For 16 knots, the viscosity rose exponentially till 2 days. After that, the viscosity converged approx. 15,000 cSt in case of 30 deg C and approx. 20,000 cSt in case of 25 deg C, water temperature. For the flux of Foroozan, the percentage of

evaporation was approx. 40 % without relying on the variation of the wind speed and water temperature. The natural dispersion was 0 % in case of 6 knots and 6-10 % in case of 10 knots and 14 knots, wind speed. So if Foroozan is released, it always remains approx. 50-60 % on the sea surface.

- **Scenario No. 06 & 07 East and West Jetty of Khark Island (Iranian Heavy)**

The trend of the viscosity of Iranian Heavy depended on the variation of the wind speed. The viscosity of Iranian Heavy rose exponentially if the wind speed is 6 knots. If the wind speed is 10 knots, the viscosity rose exponentially till 4 days. After that, the viscosity converged approx. 20,000 cSt. For 16 knots, the viscosity rose exponentially till 2 days. After that, the viscosity converged approx. 20,000 cSt. For the flux of Iranian Heavy, the percentage of evaporation was approx. 36 % without relying on the variation of the wind speed and water temperature. The natural dispersion was 0 % in case of 6 knots and 5-6 % in case of 10 knots and 14 knots, wind speed. So if Iranian Heavy is released, it always remains approx. 60-65 % on the sea surface.

- **Scenario No. 08 SPM system in Assaluyeh (Algerian Condensate)**

The trend of the viscosity of Algerian Condensate depended on the variation of the wind speed. The viscosity of Algerian Condensate rose exponentially if the wind speed is 6 knots. If the wind speed is 10 knots, the viscosity rose exponentially till 4 days. After that, the viscosity converged approx. 20,000 cSt in case of 30 deg C and approx. 40,000 cSt in case of 25 deg C, water temperature. For 16 knots, the viscosity rose exponentially till 2 days. After that, the viscosity converged approx. 20,000 cSt in case of 30 deg C and approx. 40,000 cSt in case of 25 deg C, water temperature. For the flux of Algerian Condensate, the percentage of evaporation was approx. Over 95 % without relying on the variation of the wind speed and water temperature. The natural dispersion was 0 % in case of 6 knots and 1-2 % in case of 10 knots and 14 knots, wind speed. So if Algerian Condensate is released, it always remains approx. 1-3 % on the sea surface.

2. Stochastic model

2.1 Impacts of spilled oil from major offshore oil fields on coastal areas

The project examined the possibilities of the impacts of spilled oils from the major offshore crude production facilities (Bahrgan Sar, Nowruz, Aboozar, Foroozan) located in north-east region of the Gulf on the environmental sensitive areas along the coasts using the functions of “Impact Analysis” and “Site Oiling Analysis” of the stochastic model of Trajectory Analysis Planner (TAP).

The parameters set in the model are as follows.

- Type of oil: Medium Crude
- Amount of spilled oil: 50 metric tons
- Season: Nov-Jan, Feb-Oct
- Acceptable amount on shoreline (threshold amount) : 1 metric ton
- Term: After 9, 33 and 60 days

(1) Bahrgan Sar platform

The impact from Bahrgan Sar platform in closed-off section of the Persian Gulf was forecasted.

The spilled oil after 9 days drifted down to the shoreline from closed-off section of the Persian Gulf to the middle of the province of Bushehr. The area with a high probability of drifting down to the shoreline was closed-off section of the Persian Gulf in all season. The percentage was 81 % in Nov-Jan and 74 % in Feb-Oct. The spilled oil after 33 days is extended to Mond protection area in the province of Bushehr, including Khark Island. The percentage of drifting down to Khark Island was approx. 99 % in Nov-Jan. The percentage of drifting down to the shoreline of Mond protection area was Over 50 % in Nov-Jan. The spilled oil after 60 days is extended to all parts of the province of Bushehr including Lavan Island. For other country, it drifted down to the shoreline of bordering countries of the Persian Gulf (excluding Iraq and Oman), about 10-20 % of the time.

The pilot area with the highest amount of the spilled oil on the shoreline was Khark Island. The pilot area with the smallest amount was Marshahr. One reason for such is due to the wind direction which is dominated from northwest. Another reason is the influence from the outflow of the Shatt Al Arab.

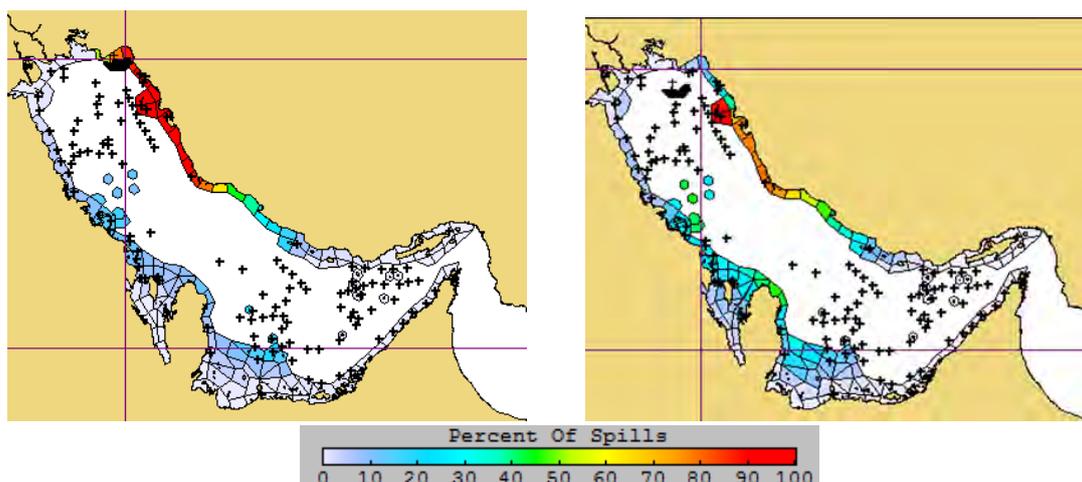


Figure 2.1-1 Bahrgan Sar (Feb-Oct, 60 days) Figure 2.1-2 Nowruz/Aboozar(Nov-Jan, 60days)

(2) Nowruz and Aboozar platform

When forecasting the impact from Nowruz and Aboozar platform, the result was similar because both platforms are closed. The evaluation was conducted for Nowruz platform on behalf of both platforms.

The spilled oil after 9 days drifted down to around Khark Island. The percentage was 17 % in Nov-Jan and 7.2 % in Feb-Oct. The spilled oil after 33 days is extended to the shoreline of the province of Bushehr including Khark Island. And the spilled oil drifted down to Kuwait, Saudi Arabia and Bahrain. The spilled oil after 60 days is extended to all parts of the province of Bushehr including Lavan Island. For other country, it drifted down to the shoreline of bordering countries of the Persian Gulf but excluding Iraq and Oman.

The pilot area with the highest amount of the spilled oil on the shoreline was Khark Island. All the spilled oil drifted down to Khark Island. The pilot area with the smallest amount of drifting down to the shoreline was Marshahr. One reason why is due to the wind direction which is dominated from northwest. Another reason why is the influence from the outflow of the Shatt Al Arab.

(3) Foroozan platform

The impact from Foroozan platform bordering EEZ with Saudi Arabia was forecasted.

The spilled oil after 9 days didn't move to Iran. But it drifted down to a remote Island in Saudi Arabia. The spilled oil after 33 days is extended to Bahrain and Qatar in addition to Saudi Arabia. If the season is Feb-Oct, the spilled oil is extended to UAE. For Iran, a few percentage of the spilled oil drifted down to Khark Island in Nov-Jan. The spilled oil after 60 days drifted down to Saudi Arabia, Bahrain, Qatar and UAE. For the percentage of drifting down to Iran, it was 9.4 % in Khark Island and 3.4 % in Assaluyeh in Nov-Jan.

If the spill source is set in Foroozan platform, the quantity on the shoreline of each pilot area was small. The reason why is because Foroozan platform is located near the border of EEZ with Saudi Arabia. When occurred at Foroozan platform, the spilled oil is transported to Qatar because the wind direction dominates from northwest and the current direction around Foroozan platform is mainly from the northwest. Although the spilled oil drifted down to Khark Island and Assaluyeh when the accident occurred in Nov-Jan, the amount is small. In Feb-Oct, the amount of the spilled oil is very small.

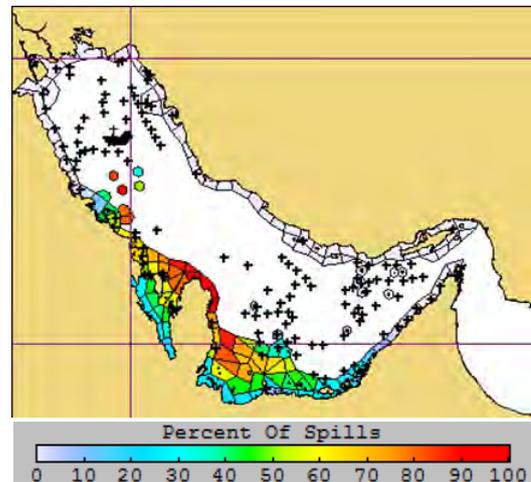


Figure 2.1-3 Foroozan (Feb-Oct, 60 days)

2.2 Impacts of spilled oil from major offshore oil fields on pilot areas

The possible impacts of oil spill from the major offshore oil fields on the designated pilot areas were evaluated using the function of “Threat Zone Analysis”. The parameters for the modeling are as follows.

- Type of oil: Medium Crude
- Amount of spilled oil: 50 metric tons
- Season: Nov-Jan, Feb-Oct
- Acceptable amount on shoreline (threshold amount) : 1 metric ton
- Term: After 9, 33 and 60 days

(1) Mahshahr

The number of the spill point that influences Mahshahr is small because the incidence of the spill

accident around Mahshahr is low. And as Shatt Al Arab river positions is close to Mahshahr, it has no significant impact on Mahshahr too. If the spill accident occurred at Bahrgan Sar platform, the closest the spill point to Mahshahr, the extent of effect to Mahshahr is only a few percentage.

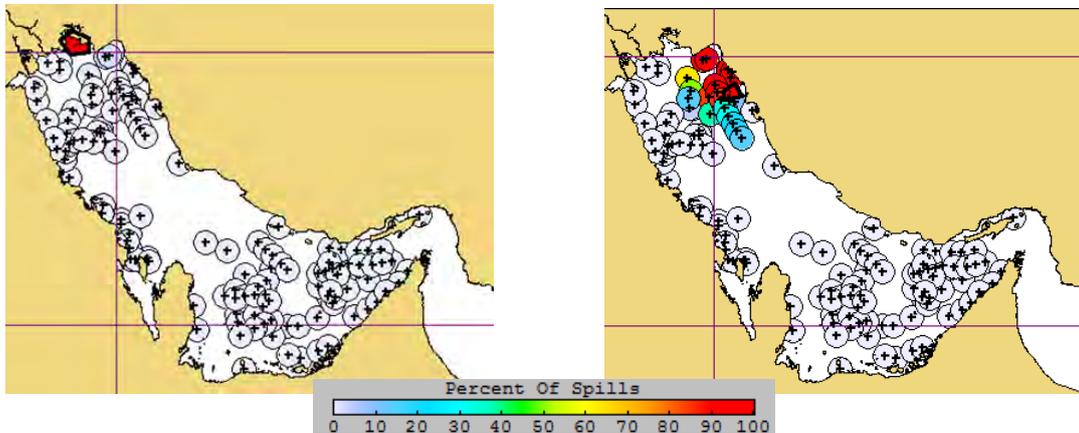


Figure 2.2-1 Mahshahr (Feb-Oct, 60 days)

Figure 2.2-2 Khark Island (Feb-Oct, 60days)

(2) Khark Island

The spill point around Khark Island has a significant impact on Khark Island because the major platforms are located around it. The possibility of the spill drifting to Khark Island after 9 days was over 90 % of the spill points within a semicircle on the north that was set within approx. 40 km in radius centering around Khark Island. The elapsed time that Bahrgan Sar platform indicated over 80 % was after 15 days. The elapsed time that Nowruz and Aboozar platform indicated over 80 % was 33 days in Nov-Jan. The extent of effect from Nowruz and Aboozar platform was less than 65 % in Feb-Oct. If the spill accident occurred in other country, the extent of effect is low in all things. In this case, up to 2.2 % in Saudi Arabia close to Foroozan platform. Comparing the season, the term of Nov-Jan was higher than the term of Feb-Oct.

(3) Assaluyeh

The spill point that was set around Assaluyeh is small because this area has no potential for spill accident to occur. The spill point impacting after 9 days was just 1 site around the North Pars gas field (11 % in Nov-Jan, 1.6 % in Feb-Oct). The spill point impacting after 33 and 60 days is in Iran territorial waters only. Especially, the extent of effect at Khark Island and at northern part of the province of Bushehr was bigger. Comparing the season, the term of Nov-Jan was higher than the term of Feb-Oct.

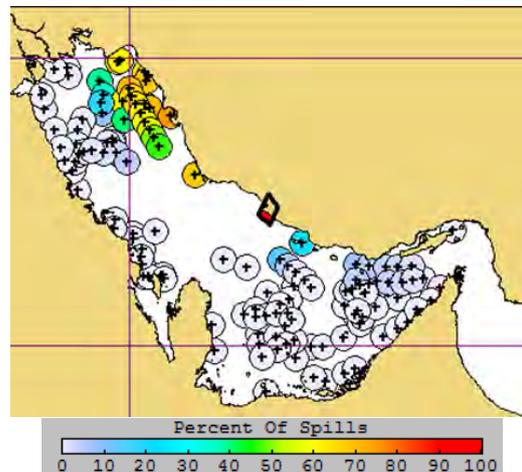


Figure 2.2-3 Assaluyeh (Nov-Jan, 60 days)

2.3 Impacts spilled oil from major offshore oil fields on the natural conservation areas

The protection area in Iran is compiled by DOE. At the westward of Mahshahr, a quite large area named Shadegan Marsh spreads, which is designated as the National Wild Life Refuge, also as international wetland (Ramsar). A coral reef distributes around Khark Island. Kharko Island located at northeast of Khark Island is designated a wildlife refuge. In Assaluyeh, there is a Naiband National Park. Naiband National Park is designated as the first marine national park in 2004, combining Naiband protected area, Hara Naiband area and a part of the Persian Gulf. Naiband National Park consists of coral reefs, sandy beaches, mangrove forests and land area. Sandy beaches provide the nesting area for turtles. Other protection area adjoining coastal land area described in Figure 2.3-1 .

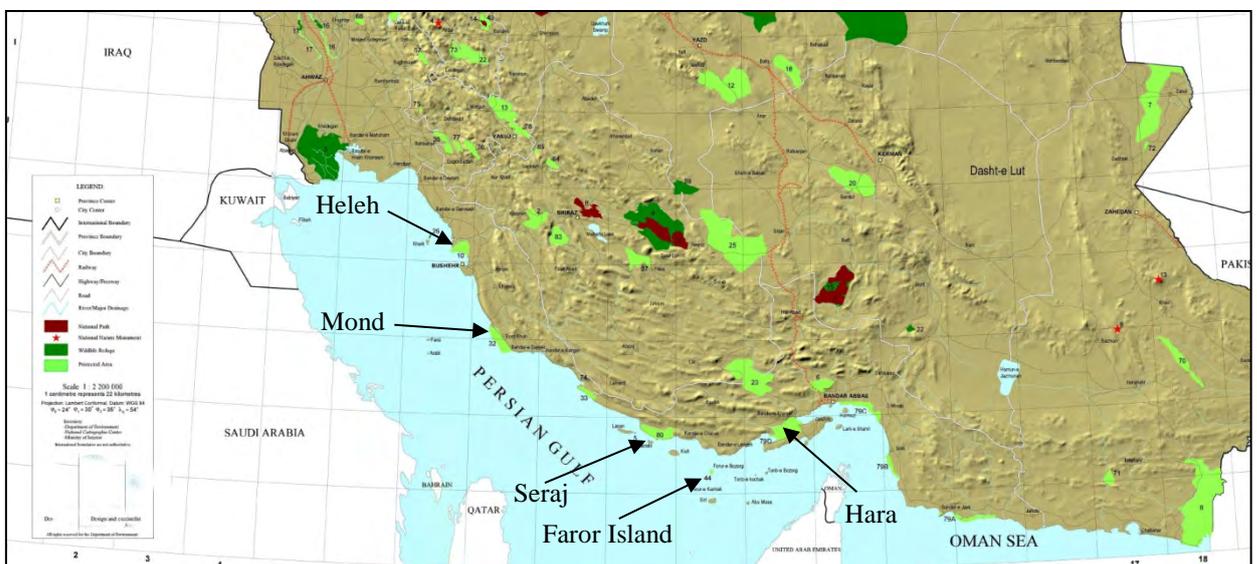


Figure 2.3-1 Protection area in Iran

Impact to each protection area is evaluated using the function of Threat Zone Analysis similar to each pilot area. Each parameter are set as follows. Also, the evaluation of Shadegan March spreads and Naiband National Park are omitted because the two areas is the same as that of Mahshahr and Assaluyeh.

- Type of oil: Medium Crude
- Amount of spilled oil: 50 metric tons
- Season: Nov-Jan, Feb-Oct
- Acceptable amount on shoreline (threshold amount) : 1 metric ton
- Term: After 9, 33 and 60 days

(1) Heleh protection area

The spill point influencing Heleh protection area is distributed at the north part of Persian Gulf in Iran

territorial waters. The influencing spill point after 9 days was 3 points around the shoreline of a northern part of the province of Bushehr. The level of impact was over 90 %. After 33, 60 days, Bahrgan Sar oil field including previous area was over 90 %. Comparing the season, the term of Nov-Jan was higher than the term of Feb-Oct.

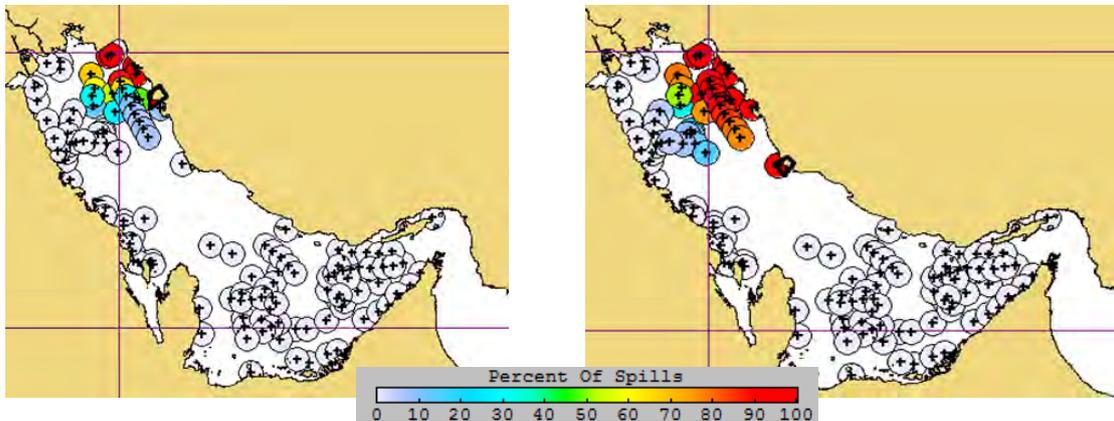


Figure 2.3-2 Helah (Nov-Jan, 60 days)

Figure 2.3-3 Mond (Nov-Jan, 60days)

(2) Mond protection area

The spill point influencing Mond protection area is distributed at the north part of Persian Gulf in Iran territorial waters. The influencing spill point after 9 days was 1 site at the bay entrance in Bushehr city and indicated over 80 %. After 33, 60 days, the extent of effect indicated over 80 % at Bahrgan Sar oil field and around Khark Island in Nov-Jan. On the other hand, the influencing spill point that indicated over 80 % after 33 days in Feb-Oct was 3 sites close to the shoreline at the north part of the province of Bushehr. The Bahrgan Sar oil field was added to the previous site after 60 days. For the extent of effect about other countries, the maximum value indicated 1.6 % after 33 days and 14 % after 60 days in Nov-Jan. These influencing spill points is located in Saudi Arabia territorial waters, near Foroozan platform. In Feb-Oct, the influencing spill point after 60 days is located in Saudi Arabia territorial waters and the extent of effect was low because the maximum value indicated is only 1.0 %. Comparing the season, the term of Nov-Jan was higher than the term of Feb-Oct.

(3) Seraj protection area

The spill point influencing Seraj protection area is distributed at the south part of the Persian Gulf. The influencing spill point, which indicated over 80 %, was just 1 site near Lavan Island. The value of the extent of effect was over 95 % after 9 days and approx. 100 % after 33 and 60 days. The influencing spill point that indicated 70-80 % is located near Lavan Island. The value of the extent of effect about these spill points indicated over 50 %. Comparing the season, the term of Nov-Jan was higher than the term of Feb-Oct.

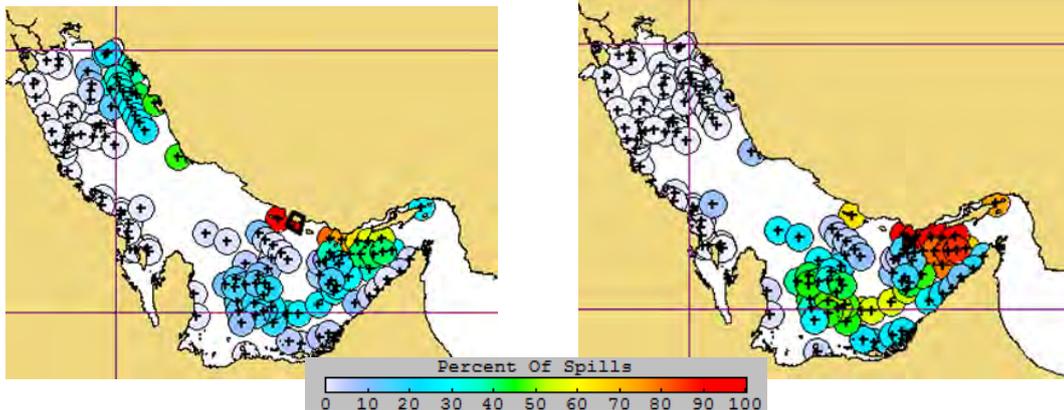


Figure 2.3-4 Seraj (Nov-Jan, 60 days)

Figure 2.3-5 Faror (Nov-Jan, 60 days)

(4) Faror Island

The spill point influencing Faror Island is distributed at the south part of the Persian Gulf. The influencing spill points, which indicated over 80 %, is located close to the mainland from around Faror Island toward the strait of Hormuz. The values of the extent of effect was over 85 % after 9 days and approx. 100 % after 33 and 60 days. The influencing spill points, which indicated 70-80 %, is located at the part of UAE based on a line joining from Faror Island toward the Strait of Hormuz. Other spill points indicated below 50 %. As a result, there seems to be no difference between seasons.

(5) Hara protection area

The spill point influencing Hara protection area was just 1 site near the east part of Qeshm Island. For the value of the extent of effect about Hara protection area, it indicated 65-70 % in Nov-Jan and 50-60 % in Feb-Oct.

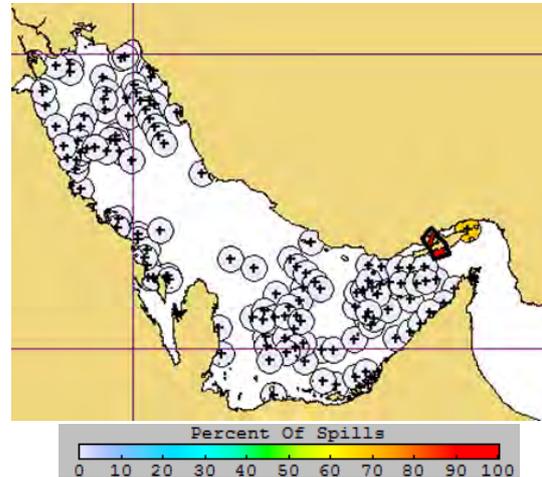


Figure 2.3-6 Hara (Nov-Jan, 60 days)

2.4 Estimated response time in case of oil spill accident occurring at the major offshore oil field

In the case of oil spill accident occurring in major offshore platform, the response time was estimated using the function of Response Time Analysis for each pilot area and protection area (Figure 5.4.2-8). For Aboozar platform, it was omitted because the result of Aboozar platform was similar to Nowruz platform. Each parameter are set as follows.

- Type of oil: Medium Crude
- Amount of spilled oil: 50 metric tons
- Season: Nov-Jan, Feb-Oct
- Acceptable amount on shoreline (threshold amount) : 1 metric ton
- Level of protection: 90 %

The results of the modeling are shown in Figure 2.4-1. They are summarized below.

For the protected areas in Mahshahr, no response is necessary to be considered to the spilled oil because the possibility of drifting down to Marshahr is low.

For Khark Island, if spill accident occurred at Bahrgan Sar platform, it must respond within 72 hours. If the spill accident occurred at Nowruz platform, it must respond within 144 hours (6 days) in Nov-Jan and 216 hours (9 days) in Feb-Oct. In the case of the spill accident at Foroozan platform, it will not need to consider the response to the spilled oil because the possibility of drifting down to K Island is low.

For Assaluyeh, if spill accident occurred at Bahrgan Sar platform, it must respond within 792 hours (33 days). If the spill accident occurred at Nowruz platform, it must respond within 792 hours (33 days) in Nov-Jan. In the case of spill accident at Nowruz and Forozaan platforms occurs in Feb-Oct, no response is necessary to be considered to the spilled oil because the possibility of drifting down to Khark Island is low.

For Heleh protection area, if spill accident occurred at Bahrgan Sar platform, it must respond within 144 hours (6 days). If the spill accident occurred at Nowruz platform, it must respond within 216 hours (9 days) in Nov-Jan and 360 hours (15 days) in Feb-Oct. In the case of spill accident at Foroozan platform, no response is necessary to be considered to the spilled oil because the possibility of drifting down to Heleh protection area is low.

For Mond protection area, if spill accident occurred at Bahrgan Sar platform, it must respond within 360 hours (15 days). If the spill accident occurred at Nowruz platform, it must respond within 360 hours (15 days) in Nov-Jan and 504 hours (21 days) in Feb-Oct. In the case of the spill accident at Foroozan platform in Nov-Jan, it must respond within 792 hours (33 days). With spill accident occurring between Feb-Oct however, no response is necessary to be considered to the spilled oil because the possibility of drifting down to Mond protection area is low.

For Seraj protection area, if spill accident occurred at Bahrgan Sar platform, it must respond within 1,008 hours (42 days) in Nov-Jan and 1,224 hours (51 days) in Feb-Oct. In the case of the spill accident at Foroozan platform, no response is necessary to be considered to the spilled oil because the possibility of drifting down to Seraj protection area is low.

For Faror Island and Hara protection area, no response is necessary because the possibility of drifting

down to the shoreline is low.

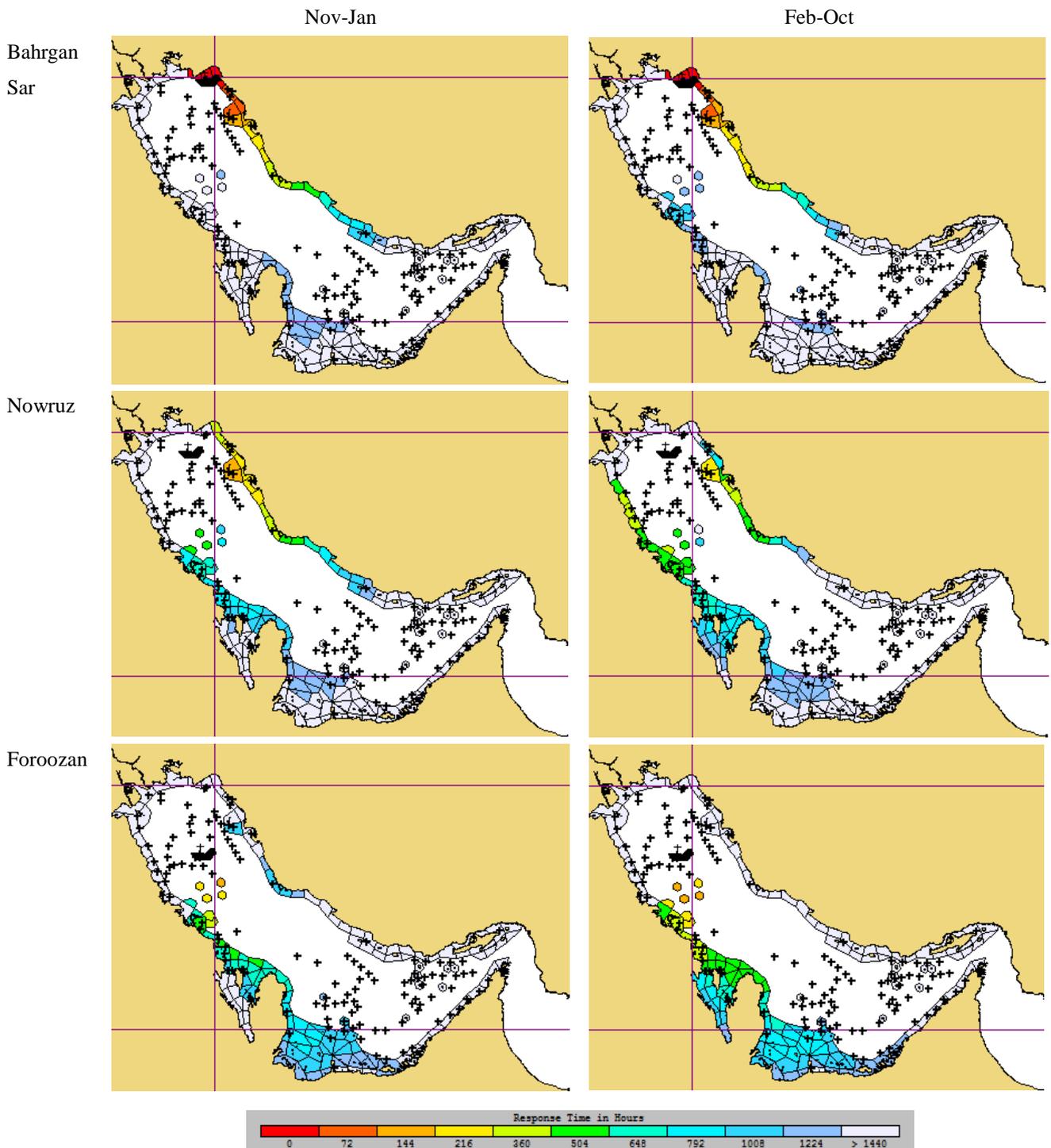


Figure 2.4-1 Estimated response time in case of oil spill accident occurring at the major offshore fields

添付資料 7.5-1

環境モニタリングの報告様式案

【Continuous monitoring: Preliminary report, Final report】

Date:

Continuous Monitoring (Preliminary, Final) Report

To: (name of the national company)

From: Zone manager

The (situation, measures carried out) on the accident this time is reported as follows.

The details are described in Annex (1. Preliminary report, 2. Final report).

Company/Factory		
Location		
Summary of the accident	Facility name	
	Date & Time	
	Location	
	Summary, degree, causes	a. Causes b. Spilled materials, volume c. Damages
	Measures (emergent measures)	See Annex
Contact department Name Tel. Mobile		
Note		

Annex-1 (Preliminary report)

[Description of the accident, situation, cause, damage, injury, measures, etc.]

(summary)

-----Details-----

1. Spilled materials, volume

[1] Oil, harmful substances, designated substances

()

[2] Spilled volume

()

2. Spilled area

a. river, b. lake, c. sea, d. permeation to the underground, e. others

(Specific location)

3. Spill route from accident source

4. Impact to health problem, ecosystem, public water, groundwater, etc.

a. Actual impact ()

b. Possibility of impact ()

5. Measures

* Accompanying drawing

a. Spill route

b. Structure plan of the facility, accident happened

Annex-2 (Final report)

【Shutdown, measures】

(Summary)

-----Details-----

1. Measures undertaken

[1] Conclusive health problem, impact to ecosystem, public water, groundwater etc.

[2] Details of the measures

[3] Period of the measures

a. Start date & time:

b. End date & time:

[4] Situation after the measures carried out, result of confirmation of the effect of the measures

[5] Reasons of judgment for the operation recommencement

2. Preventative measures for the accident

(Notification structure, monitoring method, improvement of the facility, etc.)

* Accompanying drawing

a. Figure that shows the measures carried out

b. Others

【Periodical monitoring: Daily report】

Date:

Periodical monitoring (Daily report)

To (name of the zone manager)

Company:

The result of the daily monitoring is reported as follows.

Company/Factory		
Location		
Items	Discharged water (Confirmed time:)	Abnormal data (Yes, No) COD (mg/L) pH () Turbidity (NTU) Oil (mg/L)
	Flaring (Confirmed time:)	Condition () Flaring volume (m ³ /s) Pressure (PSI) Temperature (°C)
	Waste (Confirmed time:)	Type of waste, volume () Storage condition, location ()
Note		
Contact department: Name: Tel: Mobile:		

*Annex:

【Periodical monitoring: Weekly report】

Date:

Periodical monitoring (Weekly report)

To (name of the national company

Zone manager:

The result of the weekly monitoring is reported as follows.

Item	Air	[Continuous monitoring] Abnormal data (Yes, No) Situation of the abnormal data, causes and measures () [Manual monitoring] See Annex
	Flaring	Summary () Abnormal data (Yes, No) Situation of the abnormal data, causes and measures ()
	Noise	See Annex
	Wastewater	Summary () Abnormal data (Yes, No) Situation of the abnormal data, causes and measures ()
	Waste	Major waste (Harmful substance, etc.) () Storage condition, location ()
Note		
Contact department: Name: Tel: Mobile:		

* Annex: Results of air and noise measurement

[Result of air measurement]

(Summary)

Date of measurement:

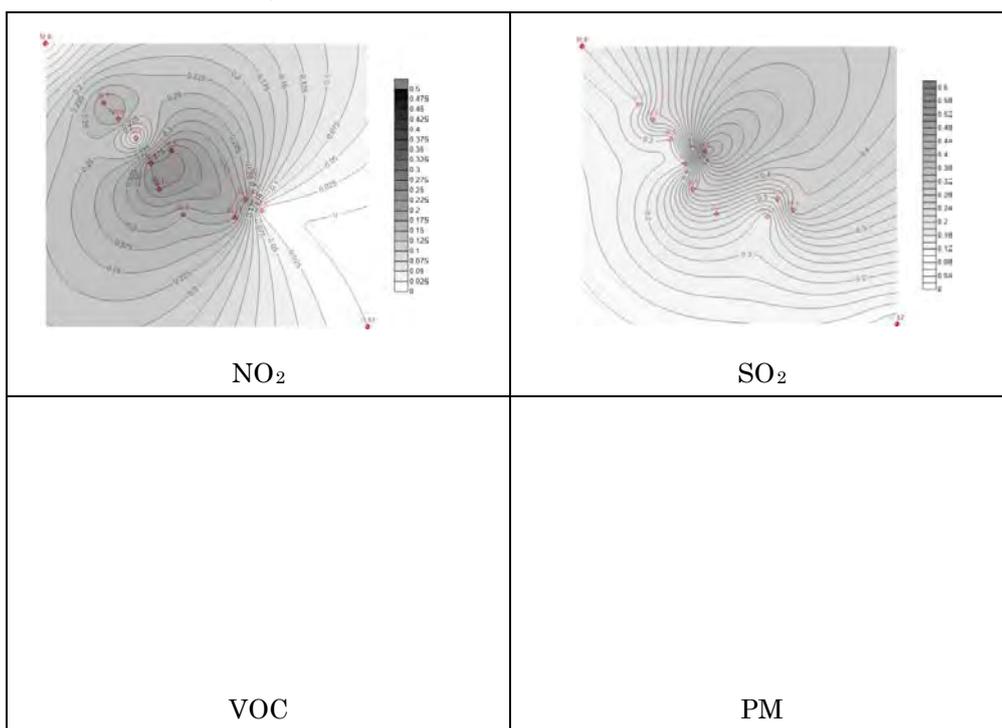
Measurement time: : - :

Number of locations: 10

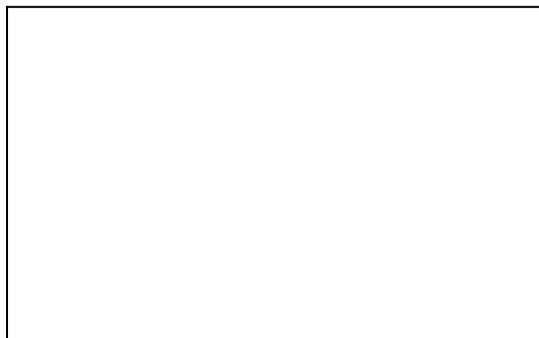
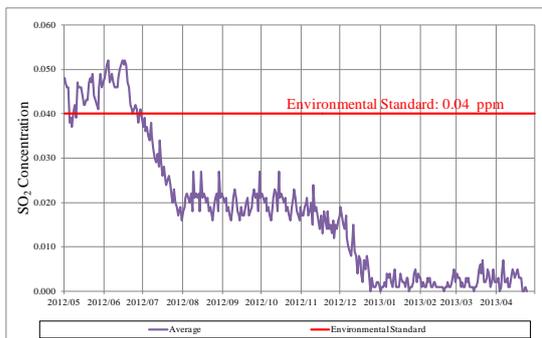
Wind direction, speed: NNE, 1m/s

	NO ₂	SO ₂	VOC	PM
Unit	PPM	PPM	mg/L	μg/m ³
Maximum				
Minimum				
Average				
Standard				
Number of excess	/10	/10	/10	/10

(Horizontal distribution)



(Time series: average)



SO₂

NO₂



VOC

PM

(Comment, causes of excess of standard value, measures)

[Result of noise measurement]

(Summary)

Date of measurement:

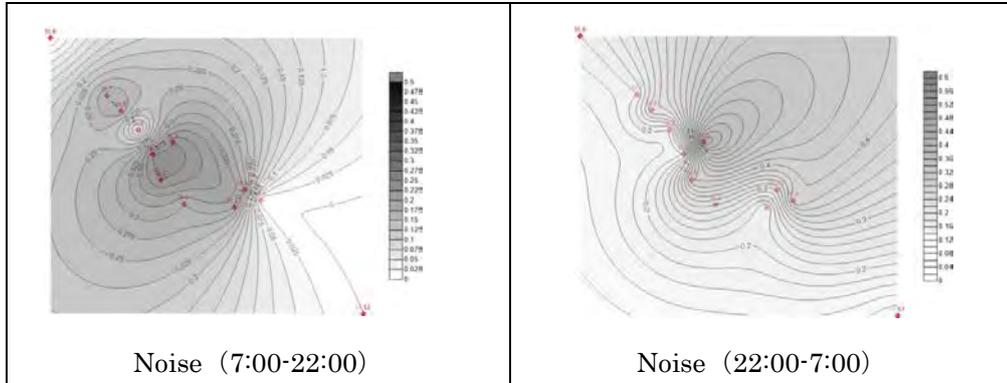
Measurement time: : - :

Number of locations: 10

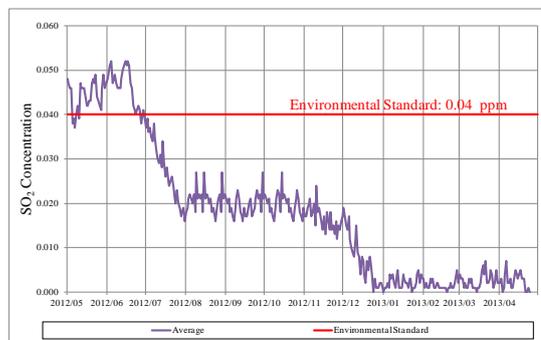
Wind direction, speed: NNE, 1m/s

	Noise	
	Leq (30 min) dB(A)	
	7:00 - 22:00	22:00 - 7:00
Unit	dB	dB
Maximum		
Minimum		
Average		
Standard	75	65
Number of excedance	/10	/10

(Horizontal distribution)



(Time series: average)



Noise

(Comment, causes of excess of standard value, measures)

【Periodical monitoring: Monthly report】

Date:

Periodical monitoring (Monthly report)

To Ministry of Petroleum

National company:

The result of the monthly monitoring is reported as follows.

Item	Air	<p>[Continuous monitoring]</p> <p>Abnormal data (Yes, No)</p> <p>Situation of the abnormal data, causes and measures ()</p> <p>[Manual monitoring]</p> <p>Abnormal data (Yes, No)</p> <p>Situation of the abnormal data, causes and measures ()</p>
	Flaring	<p>Summary</p> <p>()</p> <p>Abnormal data (Yes, No)</p> <p>Situation of the abnormal data, causes and measures ()</p>
	Noise	<p>Summary</p> <p>()</p> <p>Abnormal data (Yes, No)</p> <p>Situation of the abnormal data, causes and measures ()</p>
	Wastewater	<p>Summary</p> <p>()</p> <p>Abnormal data (Yes, No)</p> <p>Situation of the abnormal data, causes and measures ()</p>
	Waste	<p>[Summary]</p> <p>Major waste (harmful substance, etc.) ()</p> <p>Storage condition, location</p>

	() [Condition of temporary storage site] Major waste (harmful substance, etc.) () Storage condition, location () [Condition of final disposal site] Condition () Water quality of the observation wells See Annex.
Social environment (If conducted)	[Summary of complaint] () [Health problem, etc.] ()
Natural environment (If conducted)	[Water environment] () [Ecosystem] ()
Environmental measures and evaluation of the results	
Present situation and issues regarding the environmental management	
Note	
Contact department: Name: Tel: Mobile:	

* Annex: Monitoring data

[Water quality at observation wells in final disposal site]

(Summary)

Date of sampling:

Sampling time: : - :

Number of locations: 4

	Unit	Maximum	Minimum	Average	Standard	Number of excess
Water temperature	°C					
Conductivity	cmS/s					
pH	-					
Turbidity	NTU					
BOD	mg/L					
Oil contents	mg/L					
Aluminum (Al)	mg/L					
Arsenic (As)	mg/L					
Cadmium (Cd)	mg/L					
Cyanide (CN)	mg/L					
Chromium (Cr)	mg/L					
Cobalt (Co)	mg/L					
Copper (Cu)	mg/L					
Iron (Fe)	mg/L					
Methyl Mercury (Hg)	mg/L					
Mercury (Hg)	mg/L					
Manganese (Mn)	mg/L					
Magnesium (Mg)	mg/L					
Nickel (Ni)	mg/L					
Lead (Pb)	mg/L					
Zinc (Zn)	mg/L					
Phenols	mg/L					

(Comment, causes of excess of standard value, measures)

[Result of complaint and health problem survey]

(Summary)

Date of the survey:

Survey time: : - :

Method of the survey: questionnaire

Number of questionnaires: 20

Item	Summary
Air	
Water quality	
Noise	
Odor	
Living environment	
Health problem	

(Comment, causes of complaints, measures)

[Result of water quality and sediment quality in the sea area]

(Summary)

Date of sampling:

Sampling time: : - :

Number of locations: 10

Category	Parameters	Unit	Maximum	Minimum	Average	Standard	Number of excess	Number of exceedance in the previous year
Water quality (general parameter)	Water temperature	°C						
	Conductivity	cmS/s						
	Salinity	-						
	pH	NTU						
	DO	mg/L						
	Turbidity	mg/L						
	Suspended Solids	mg/L						
	COD	mg/L						
	TOC	mg/L						
	Oil contents	mg/L						
	Coliform bacteria	ind./100mL						
	Total nitrogen	mg/L						
	Total phosphorous	mg/L						
Water quality (heavy metal)	Aluminum (Al)	mg/L						
	Arsenic (As)	mg/L						
	Cadmium (Cd)	mg/L						
	Cyanide (CN)	mg/L						
	Chromium (Cr)	mg/L						
	Cobalt (Co)	mg/L						
	Copper (Cu)	mg/L						
	Iron (Fe)	mg/L						
	Methyl Mercury (Hg)	mg/L						
	Mercury (Hg)	mg/L						
	Manganese (Mn)	mg/L						
	Magnesium (Mg)	mg/L						
	Nickel (Ni)	mg/L						
	Lead (Pb)	mg/L						
Zinc (Zn)	mg/L							
Phenols	mg/L							
Sediment quality	Specific Gravity	g/cm ³						
	Moisture Content	%						
	Total Organic Carbon (TOC)	mg/g						
	Total Petroleum	mg/g						

Category	Parameters	Unit	Maximum	Minimum	Average	Standard	Number of excess	Number of exceedance in the previous year
	Hydrocarbon							
	Aluminum (Al)	mg/g						
	Arsenic (As)	mg/g						
	Cadmium (Cd)	mg/g						
	Cyanide (CN)	mg/g						
	Chromium (total)	mg/g						
	Chromium (Cr+6)	mg/g						
	Cobalt (Co)	mg/g						
	Copper (Cu)	mg/g						
	Iron (Fe)	mg/g						
	Methyl Mercury (Hg)	mg/g						
	Mercury (Hg)	mg/g						
	Manganese (Mn)	mg/g						
	Magnesium (Mg)	mg/g						
	Nickel (Ni)	mg/g						
	Lead (Pb)	mg/g						
	Zinc (Zn)	mg/g						
	Total Sulfur (T-S)	mg/g						

(Horizontal distribution: major parameters)

(Time series: major parameters)

(Comment, causes of excess of standard value, measures)

[Result of observation of biota]

(Summary)

Date of the survey:

Survey time: : - :

Number of location: 4

	Location	Summary of biota (observed species and number, index organism, etc.)
1		
2		
3		
4		

(Comment, causes and measures to change of biota)

【Periodical monitoring: Annual report】

Date:

Periodical monitoring (Annual report)

To Ministry of Petroleum

National company :

The results of the monitoring conducted in the zone this year are reported as follows.

Item	Air	<p>[Continuous monitoring]</p> <p>Abnormal data (Yes, No)</p> <p>Situation of the abnormal data, causes and measures ()</p> <p>[Manual monitoring]</p> <p>Abnormal data (Yes, No)</p> <p>Situation of the abnormal data, causes and measures ()</p>
	Flaring	<p>Summary</p> <p>()</p> <p>Abnormal data (Yes, No)</p> <p>Situation of the abnormal data, causes and measures ()</p>
	Noise	<p>Summary</p> <p>()</p> <p>Abnormal data (Yes, No)</p> <p>Situation of the abnormal data, causes and measures ()</p>
	Wastewater	<p>Summary</p> <p>()</p> <p>Abnormal data (Yes, No)</p> <p>Situation of the abnormal data, causes and measures ()</p>
	Waste	<p>[Summary]</p> <p>Major waste (harmful substance, etc.) ()</p> <p>Storage condition, location ()</p> <p>[Condition of temporary storage site]</p> <p>Major waste (harmful substance, etc.)</p>

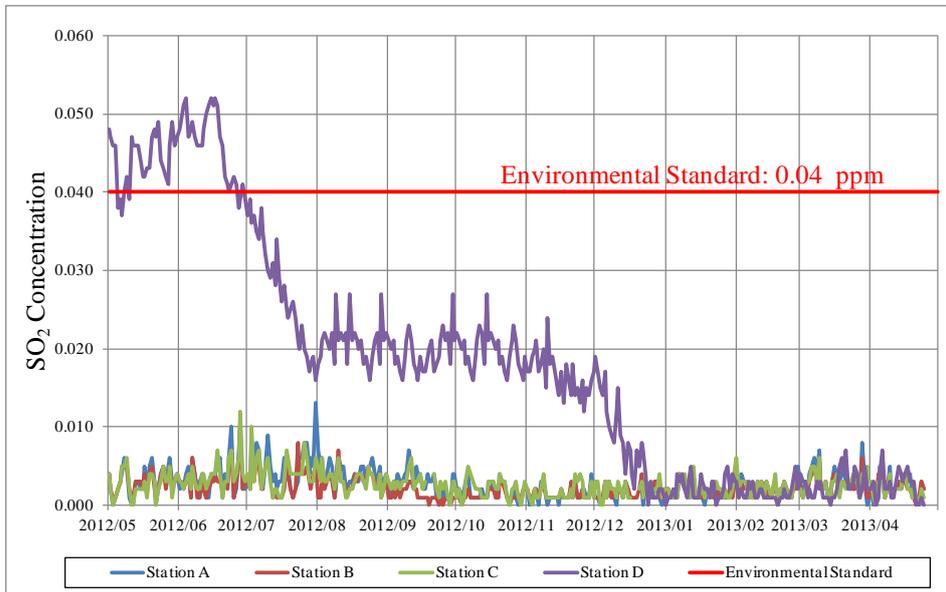
	() Storage condition, location () [Condition of final disposal site] Condition () Water quality of the observation wells See Annex.
Social environment	[Summary of complaint] () [Health problem, etc.] ()
Natural environment	[Water environment] () [Ecosystem] ()
Environmental measures and evaluation of the results	
Present situation and issues regarding the environmental management	
Degree of attainment to the target value	
Issues and target in the next year	
Note	
Contact department: Name: Tel: Mobile:	

* Annex: Monitoring data

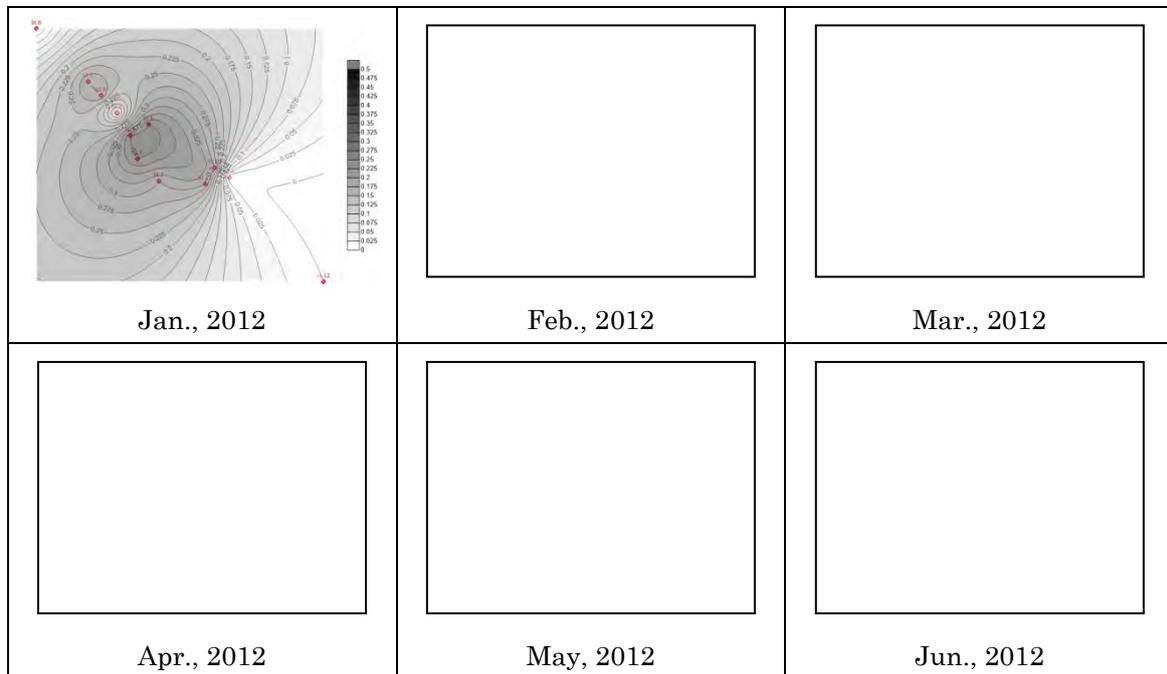
[Air, Noise, Water environment]

(Time series)

Monitoring period: dd/mm/yy - dd/mm/yy



(Horizontal distribution)



(Comment, abnormal data and measures)

[Result of complaint/health problem survey]

(Summary)

Survey year: 2012
Survey method: questionnaire
Number of questionnaires: 20

Item	Previous year	This year
Air		
Water quality		
Noise		
Odor		
Living environment		
Health problem		

(Comment, comparison between the result of the previous year, causes of the complaint and measures)

[Result of observation of biota]

(Summary)

Survey year: 2012

Number of locations: 4

	Location	Summary of the previous year	Summary of this year
1			
2			
3			
4			

(Comment, comparison between the previous year, causes of the change of the biota and measures)

添付資料 7.5-2

水質、底質、土壌の環境モニタリング項目と意義

Water Quality, Sediment Quality, and Soil

Category	Parameter	Objective of the monitoring
Water quality (general parameter)	Water temperature	Water temperature, to know the existence of thermocline by vertical distribution
	Conductivity	Electrical conductivity, index of ionized substances
	Salinity	Salinity, to know the existence of salinity cline
	pH	To know the influence of wastewater and degree of primary production
	DO	To know the condition of oxidation/reduction
	Turbidity	To be used as an index of turbidity including soil particle, organism and organic matter
	Suspended Solids	To be used as an index of soil particle
	COD	To be used as an index of organic matter
	TOC	To be used as an index of organic matter
	Oil contents	To be used as an index of oil
	Coliform bacteria	To be used as an index of sewage water
	Total nitrogen	To be used as an index of nutrient
	Total phosphorous	To be used as an index of nutrient
Water quality (heavy metal)	Aluminum (Al)	To know the impact by the discharged water from the industrial area
	Arsenic (As)	
	Cadmium (Cd)	
	Cyanide (CN)	
	Chromium (Cr)	
	Cobalt (Co)	
	Copper (Cu)	
	Iron (Fe)	
	Methyl Mercury (Hg)	
	Mercury (Hg)	
	Manganese (Mn)	
	Magnesium (Mg)	
	Nickel (Ni)	
	Lead (Pb)	
	Zinc (Zn)	
Phenols		
Sediment quality	Specific Gravity	Weight of unit volume
	Moisture Content	To be used for conversion to the concentration in dry sediment
	Total Organic Carbon (TOC)	To be used as an index of organic matter
	Total Petroleum Hydrocarbon	To know the impact by the heavy metals discharged from the industrial area
	Aluminum (Al)	
	Arsenic (As)	
	Cadmium (Cd)	
	Cyanide (CN)	
	Chromium (total)	
	Chromium (Cr+6)	
	Cobalt (Co)	
	Copper (Cu)	

Category	Parameter	Objective of the monitoring
	Iron (Fe)	
	Methyl Mercury (Hg)	
	Mercury (Hg)	
	Manganese (Mn)	
	Magnesium (Mg)	
	Nickel (Ni)	
	Lead (Pb)	
	Zinc (Zn)	
	Total Sulfur (T-S)	
Soil	Specific Gravity	Weight of unit volume
	Moisture Content	To be used for conversion to the concentration in dry sediment
	Cadmium (Cd)	To know the impact to the soil/ground water when leakage from the storage area occurs
	Chromium (Cr+6)	
	Cyanide (CN)	
	Mercury (Hg)	
	Lead (Pb)	
	Arsenic (As)	
	Total Petroleum Hydrocarbon	
	PCBs	
	Selenium	
	Fluorine	
	Boron	

添付資料 7.5-3

各環境モニタリング地点の選定理由

[Mahshahr]

Location	Air(continuous)	Air (periodical)	Noise	Water quality/sediment quality	Biota	Reason (Target for impact study)
MA-A	x					Residential area (Existing point: DOE)
MA-B	x					Residential area (Existing point: DOE)
MA-C	x					Inside the zone (Existing point: PSEZ)
MA-D	x					Port (Existing point: DOE)
MA-1		x	x			Boundary
MA-2		x	x			Boundary
MA-3		x	x			Boundary
MA-4		x	x			Inside of the area
MA-5		x	x			Residential area
MW-1				x		Upper stream
MW-2				x		Abadan area
MW-3				x		Middle point, ecosystem
MW-4				x		Outlet from retention pond
MW-5				x		Discharge outlet
MW-6				x		Port area
MW-7				x		Port area
MW-8				x		Ecosystem
MW-9				x		Ecosystem
MW-10				x		Back ground
MB-1					x	Upper stream
MB-2					x	Ecosystem near to the outlet from retention pond
MB-3					x	Protected area
MB-4					x	Protected area

[Khark]

Location	Air(continuous)	Air (periodical)	Noise	Water quality/sediment quality	Biota	Reason (Target for impact study)
KA-A	x					Residential area (Existing point)
KA-B	x					Residential area (New point)
KA-C	x					Inside of the area (Existing point)
KA-D	x					Inside of the area (Existing point)
KA-E	x					Inside of the area (Existing point)
KA-1		x	x			Ecosystem
KA-2		x	x			Residential area
KA-3		x	x			Port area
KA-4		x	x			Residential area
KA-5		x	x			Port area
KW-1				x		Ecosystem, back gorund
KW-2				x		Ecosystem
KW-3				x		Ecosystem
KW-4				x		Ecosystem
KW-5				x		Ecosystem (coral)
KW-6				x		Ecosystem
KW-7				x		Ecosystem
KW-8				x		Port area
KW-9				x		Port area
KW-10				x		Ecosystem
KB-1					x	Ecosystem (protected area)
KB-2					x	Ecosystem (protected area)
KB-3					x	Ecosystem
KB-4					x	Ecosystem

[Assaluyeh]

Location	Air(continuous)	Air (periodical)	Noise	Water quality/sediment quality	Biota	Reason (Target for impact study)
AA-A	x					Residential area (New point)
AA-B	x					Inside of the area (New point)
AA-C	x					Inside of the area (New point)
AA-D	x					Residential area (New point)
AA-1		x	x			Boundary
AA-2		x				Inside of the area
AA-3		x	x			Port area, Inside of the area
AA-4		x				Inside of the area
AA-5		x	x			Inside of the area
AA-6		x				Inside of the area
AA-7		x				Inside of the area
AA-8		x	x			Ecosystem
AA-9		x				Inside of the area
AA-10		x	x			Residential area
AW-1				x		Back ground
AW-2				x		Port area
AW-3				x		Port area
AW-4				x		Port area
AW-5				x		Discharge outlet
AW-6				x		Boundary
AW-7				x		Ecosystem
AW-8				x		Ecosystem
AW-9				x		Ecosystem
AW-10				x		Ecosystem
AB-1					x	Ecosystem (mangrove)
AB-2					x	Ecosystem (sand beach)
AB-3					x	Ecosystem (sea grass bed)
AB-4					x	Ecosystem (sea grass bed, coral)

添付資料 10

実施計画案： ワンゾーンワンマネージメント方式

Implementation Program for Priority Action on Improvement of Environmental Management

Strategy 3 Formulating specific regulations for the environmental protection

Action 3-2 Institutionalizing the “One Zone One Management Principle”

[Project Brief]

1. Background

[Environmental Administration Aspect]

Basically, the DOE is the single organization that has the authority to enforce the national environmental laws, regulations and standards. Local DOE offices have a relation with the operating companies in their jurisdiction and gather the information from those companies. However, both the central and local DOE offices do not have a function to control the environmental management in each industrial zone. Therefore, in order to control the emission from the operating companies in the petroleum industrial zones, a supervising body that has the strong authority for the environmental management is required.

[HSE Management Aspect]

Currently, coordination and collaboration of the environmental management efforts between sections/departments/companies has not been considered. Each operating company monitors the environmental indices within its complex and report the monitoring results to their mother company. However, the monitoring indices and unit used vary one company to another. The monitoring records have not been shared with organizations concerned. Besides, the environmental monitoring systems within the whole industrial area and in its surrounding area where is likely to be affected by the pollutants from the area have not been well organized. Therefore, the unified/centralized environmental monitoring systems should be operated under one single authority. The best solution to the issue is to introduce the “One Zone One Management Principle”.

2. Objective

Overall goal and purpose of this action are as follows:

- | | |
|------------------|--|
| Overall goal: | Integrated environmental management systems of the petroleum industry are operated. |
| Project purpose: | Environmental management based on the “One Zone One Management Principle” is enhanced. |

3. Implementation Steps

There are nine (9) steps to realize the “One Zone One Management Principle” as follows:

- Investigating the legal framework to establish the Principle
- Fixing the roles of the Zone Management Company under the Principle
- Concluding an agreement with four (4) mother companies
- Institutionalizing the Principle
- Appointing a zone management company for each petroleum industry zone
- Delegating the authority of environmental management to the appointed companies
- Gathering information of emission sources & pollutants from operating companies
- Forming an Environmental Management Committee
- Preparing an environmental hazard map showing the emission sources and pollutants

(1) Investigating the legal framework to establish the Principle

(Action to be taken by the HSE-MOP)

The Action, Institutionalizing the “One Zone One Management Principle”, aims at integration of the environmental management and monitoring in one industrial zone. Under the concept of the Principle, the authority to control the environmental management in one industrial zone should be delegated to a zone management company. In order to control the environmental management in the industrial zone, the zone management company should gather information such as emission sources, pollutants emitted and monitoring records to evaluate the environmental performance of the operating companies, initiate collective actions towards the environmental protection in the whole zone and give a direct order for companies on remediation/improvement as appropriate if a violation of laws/regulation/standards is found. This might be required to take a legal step to authorize such management procedure. Therefore, it is necessary to make it clear whether or not such a legal step should be followed to establish the “One Zone One Management Principle”. Types of legal documents to be investigated are as follows, but not limited to:

- National laws and regulations
- Ministerial decrees/ordinances
- Ministerial regulations/rules
- Others if any

(2) Fixing the roles of the Zone Management Company under the Principle

(Action to be taken by the HSE-MOP)

The following are the expected basic roles of the zone management company on the environmental management in the whole zone:

- Holding liaison meetings (so called “Environmental Management Committee”) regularly for the purpose of discussing collective actions to be taken, such as setting the common environmental goals, sharing good practices and collaborating on training (The liaison meeting members are HSE managers of the zone management company and operating companies in the zone.)
- Organizing a separate meeting to discuss an individual issue such as environmental management in the zone (establishing a regional air quality control committee as a separate meeting to the regular liaison meeting as appropriate)
- Setting and managing the monitoring stations within the zone and in the surrounding areas such as residential zones, national parks and protected areas
- Gathering the information about potential emission sources, types of pollutants and the environmental monitoring records from operating companies
- Preparing a hazard map that shows the potential emission sources and types of pollutants in the zone
- Evaluating the performance of environmental protection by the operating companies
- Giving direct orders for a company that violates the regulations and standards to remedy a fault or improve the operations/facilities and imposing penalties (operation shutdown or fine) if necessary

The roles of the zone management company and job descriptions should be elaborated based on the basic ones above mentioned.

(3) Concluding an agreement between the four (4) mother companies
(Action to be taken by the mother companies)

There is an industrial area where subsidiaries under different mother companies operate, such as Assaluyeh. Under the “One Zone One Management Principle”, the MOP will appoint the existing companies as the zone management company such as PSEZ that falls under NPC and PSEEZ Organization that falls under NIOC. Every company should follow the instructions/orders from the zone management company regardless of the group company. The overall goal of the environmental management is the same for all the mother company groups. However, the interest and approach to meet the requirements of the environmental management could vary from one mother company group to another. Therefore, it is recommended that the four mother companies should conclude an agreement on cooperation in the execution of the one zone one management. The agreement may consist of the general and specific parts. The general part includes the common conditions that are applicable to all the petroleum industry zones, while the specific part provides local conditions depending on the characteristics of industrial zones. The draft agreement for the pilot sites should be prepared based on the local conditions.

(4) Institutionalizing the Principle

(Action to be taken by the HSE-MOP)

In accordance with the examined result, the MOP should prepare the necessary documents to institutionalize the principle. The documents should include the following:

- The objective of institutionalizing the “One Zone One Management Principle”
- Definition of words
- Authority of the zone management companies
- Tasks of the zone management companies
- Responsibility of operating companies under the principle
- Punishment/penalty against nonobservance of the principle
- Settlement of disputes on the integrated zone management

(5) Appointing a zone management company for each petroleum industry zone

(Action to be taken by the HSE-MOP)

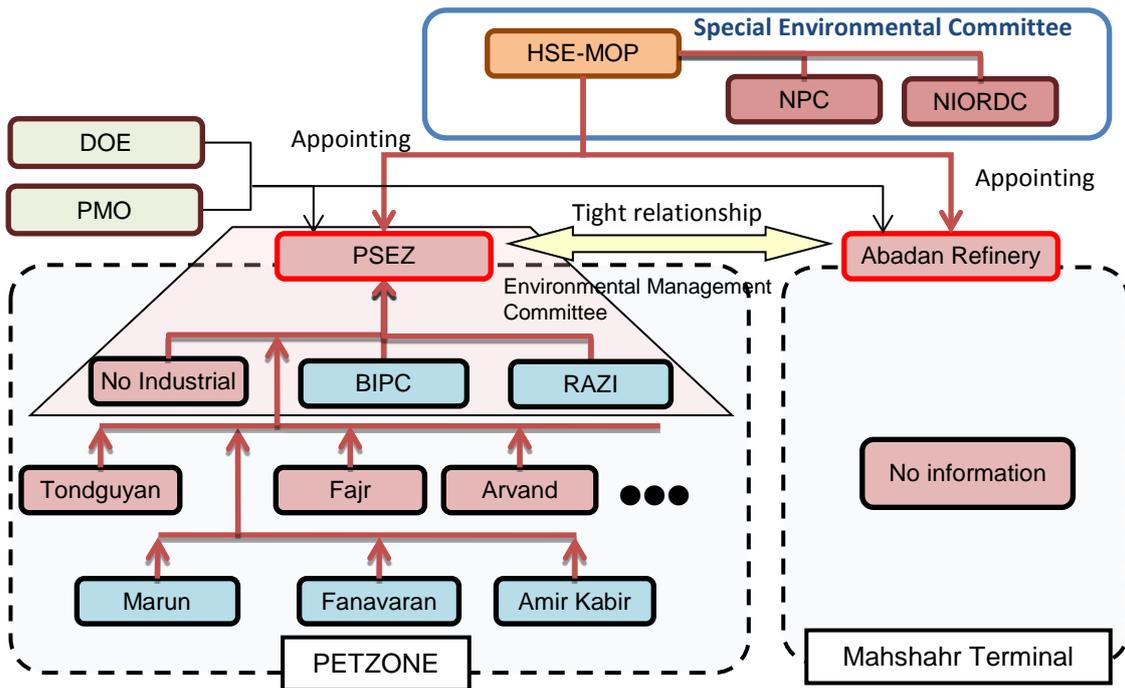
After institutionalizing the principle, the MOP will appoint the zone management companies for all the petroleum industry zones and publicize the appointed zone management companies.

PSEZ can be the zone management company in PETZONE, Mahshahr as it is. Mahshahr Terminal is managed by Abadan Refinery. Therefore, PSEZ and Abadan Refinery should have tight relationship to monitor the environmental protection in Mahshahr area.

In Khark Island, there is no company who is made responsible for the environmental management in the entire industrial zone. Considering the scale and sphere of the business activities, it is recommended that IOOC should play the role of the zone management company. The HSE Central Office of IOOC is desirable to be appointed as the zone management company in Khark Island.

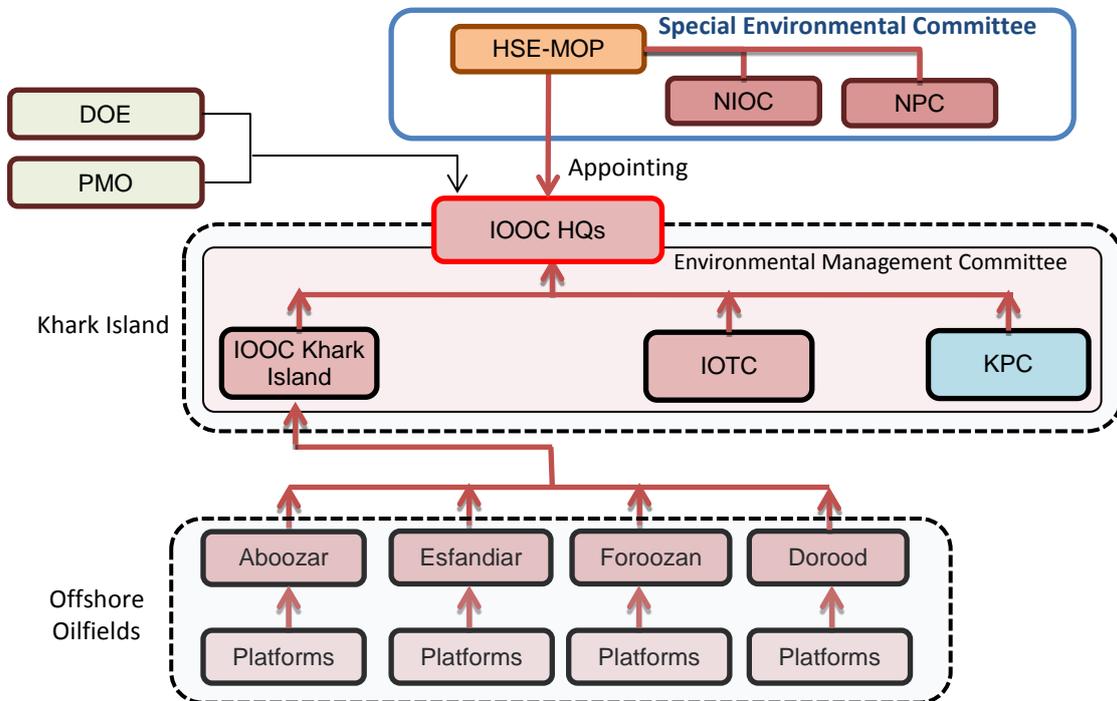
Current management structure in Assaluyeh is very complicated and partially duplicated because three company groups operate their management systems independently. It is recommended that PSEEZ Organization should be appointed as the zone management company in Assaluyeh have the centralized authority to control the environmental management in the zone.

The following figures show the tentative structure of one zone one management in the pilot sites.



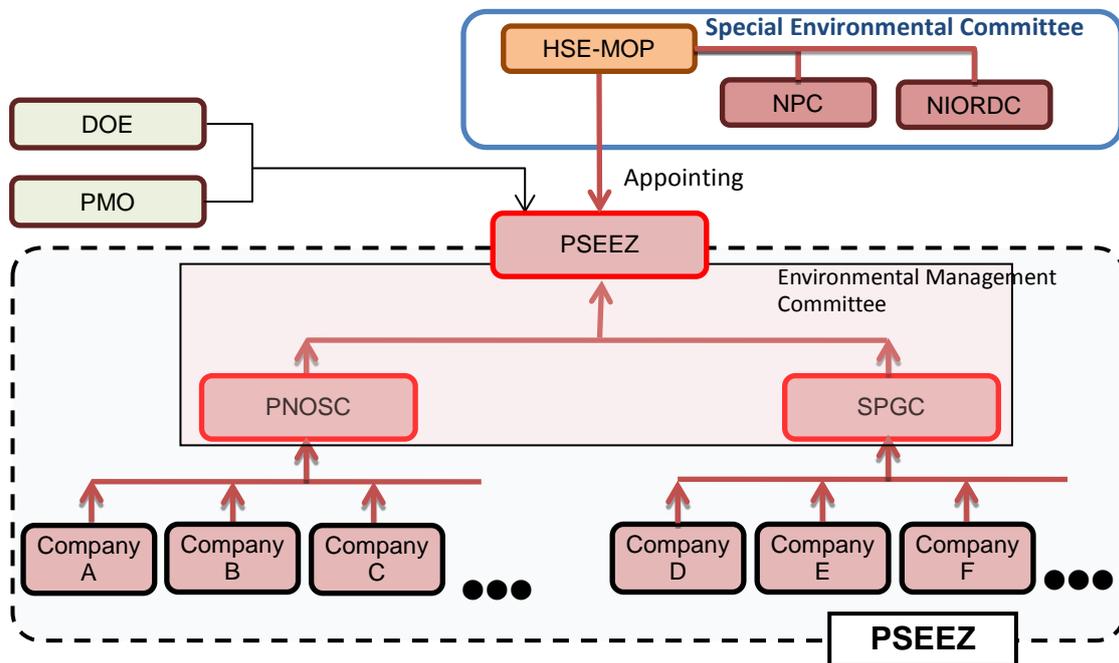
Note: The petrochemical companies highlighted in blue are privatized.
 Source: Study team

Figure 1 One Zone One Management Structure: Mahshahr Area



Notes: The petrochemical company highlighted in blue is privatized.
 Source: Study team

Figure 2 One Zone One Management Structure: Khark Island Area



Source: Study team

Figure 3 One Zone One Management Structure: Assaluyeh Area

- (6) Delegating the authority of environmental management to the appointed companies
(Action to be taken by the HSE-MOP)

The MOP will delegate the authority of the environmental management to the appointed companies with official documents.

- (7) Gathering information of emission sources & pollutants from operating companies
(Action to be taken by the zone management companies and operating companies)

The appointed zone management companies will gather information of emission sources and possible pollutants to prepare an environmental hazard map. The map should be used as a tool to evaluate the environmental performance in the zones. The operating companies should share the information and monitoring records with the zone management companies.

- (8) Forming an Environmental Management Committee
(Action to be taken by the zone management companies and operating companies)

The appointed zone management companies and operating companies should form an environmental management committee to discuss collective actions to be taken, such as setting the common environmental goals, sharing good practices and collaborating on training.

- (9) Preparing an environmental hazard map showing the emission sources and pollutants
(Action to be taken by the zone management companies)

The appointed zone management companies will prepare the environmental hazard map based on the information gathered from operating companies in the zones. The map should show the emission sources such as locations of flare stacks, treated wastewater discharge points and solid waste collection and storage and possible pollutants emitted/discharged from the sources. This map will be used as the baseline of environmental monitoring in the zones. It is also recommended that the environmental hazard map should be shared with the governmental authorities related to the environmental management, such as DOE and PMO.

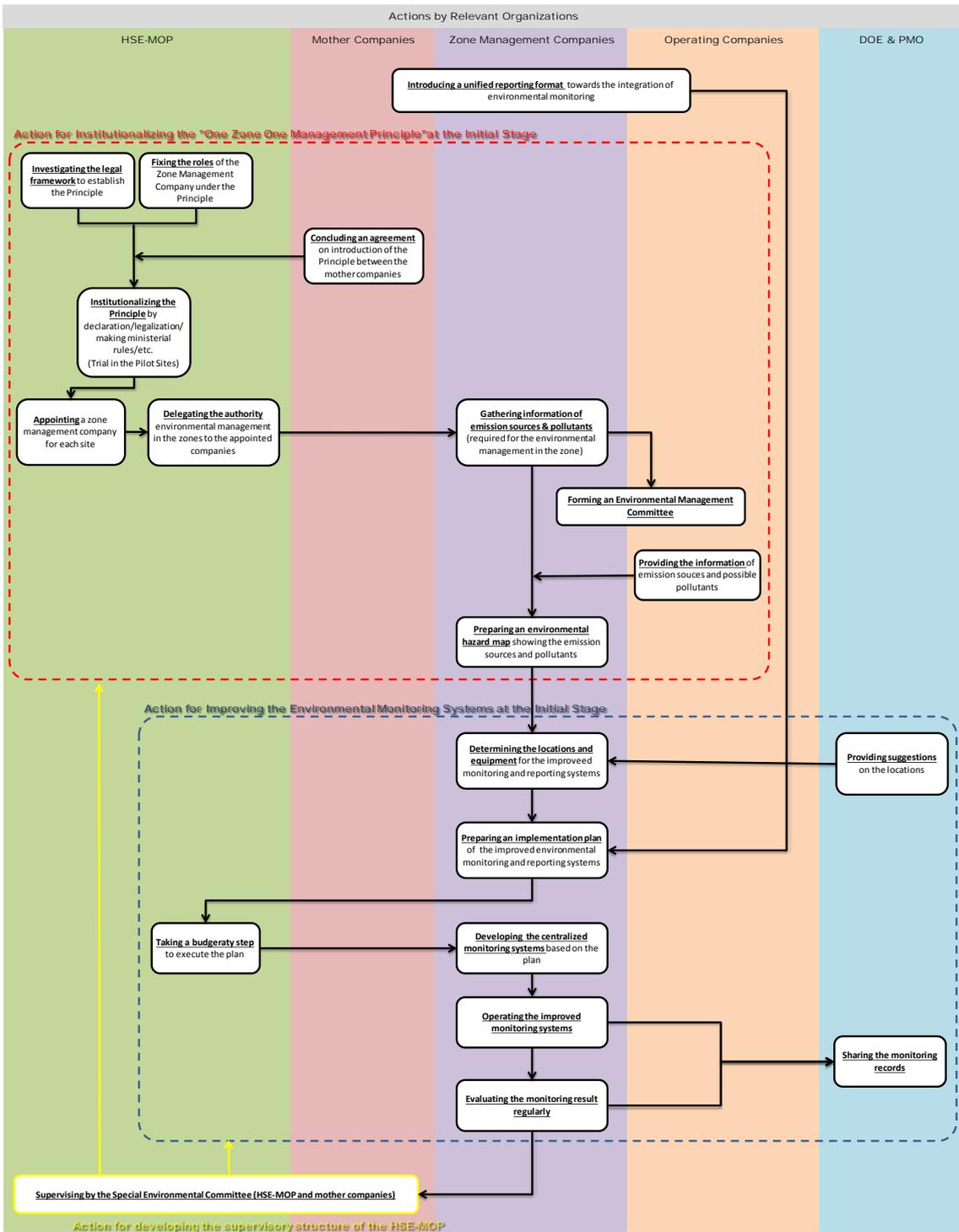
Figure 4 shows the work breakdown structure of the action.

Strategies and Actions	Responsible Body	Short-Term		
		1st Year		2nd Year
		1393		1394
		2014	2015	2016
[Environmental Management]				
3. Formulating specific regulations for the environmental protection				
3-2 Institutionalizing the "one zone one management principle"				
(1) Investigating the legal framework to establish the Principle	HSE-MOP			
(2) Fixing the roles of the Zone Management Company under the Principle	HSE-MOP			
(3) Concluding an agreement with four (4) mother companies	Mother Companies			
(4) Institutionalizing the Principle	HSE-MOP			
(5) Appointing a zone management company for each petroleum industry zone	HSE-MOP			
(6) Delegating the authority of environmental management to the appointed companies	HSE-MOP			
(7) Gathering information of emission sources & pollutants from operating companies	Zone Management Companies (Operating Companies)			
(8) Forming an Environmental Management Committee	Zone Management Companies Operating Companies			
(9) Preparing an environmental hazard map showing the emission sources and pollutants	Zone Management Companies			

Source: Study team

Figure 4 Work Breakdown Structure of Action 3-2

Figure 5 shows the framework of actions related to the integrated environmental management systems (institutionalizing the One Zone One Management Principle and improving the environmental monitoring systems).



Source: Study team

Figure 5 Framework of Actions related to the Integrated Environmental Management Systems (Flow of actions by relevant organization)