

第2部

パイロット・プロジェクト

第7章 パイロット・プロジェクトの目的

7.1 パイロット・プロジェクトの目的

本章及び次章（8章及び9章）では2006年の秋季に実施されたパイロット・プロジェクトについて述べる。パイロット・プロジェクトは環境モニタリングに関わるキャパシティ・ディベロップメントに焦点を充てた。

本調査のパイロット・プロジェクトは (i) 環境モニタリング計画の検討及び試験的サンプリング・分析 (ii) 環境管理に関わるリモートセンシング及び GIS 技術、の二つのコンポーネントから成る。パイロット・プロジェクトの目的は以下に示すとおりである。

- (1) 地域環境モニタリングセンターの母体となるアティラウ水文気象センター及びアティラウ環境保護局と共に、将来的なモニタリング活動の発展に寄与する活動を実施する。
- (2) 北部カスピ海の環境モニタリングに関わるリモートセンシング及び GIS 技術の導入を支援する。

7.2 パイロット・プロジェクトのデザイン

上記の目的を踏まえ、5.5 節及び 5.6 節に示したモニタリング活動に関わる現状の課題のなかから、パイロット・プロジェクトとして取り組む事が可能な課題をいくつか選択した。これらの課題に対して可能と考えられた活動を表 7.2.1 に示す。

表 7.2.1 (1/2) 現状の課題に対してパイロット・プロジェクトで実施した活動

現状の課題	パイロット・プロジェクト内で可能な活動	
	環境モニタリング計画の検討 及び試験的サンプリング・分析	環境管理に関わるリモートセンシング及び GIS技術
一般環境モニタリングに関わる内容（組織面）		
北部カスピ海モニタリングに関わる関連機関の役割分担の明確化	- 地域環境モニタリングセンター及びアティラウ環境保護局に対する環境モニタリング計画の検討	-
石油由来の汚染物質に関わるモニタリング項目の追加の検討	- 大気質モニタリングでの炭化水素の分析の実施 - 日本での TPH 及び PAHs の分析	-
海域の石油開発計画の進展や、陸域の石油関連施設の建設を踏まえたモニタリング計画の更新	- 地域環境モニタリングセンター及びアティラウ環境保護局に対する環境モニタリング計画の検討	-
北部カスピ海水質モニタリングに関わる代表地点の設定	- 現存及び近い将来に想定される主な汚染源を考慮した水質及び底質モニタリング	-
底質モニタリング地点の固定		-
アティラウ市以外での大気モニタリング地点の設定	- 地域環境モニタリングセンター及びアティラウ環境保護局に対する環境モニタリング計画の検討 - アティラウ市外での大気質モニタリング	-

出典：JICA 調査団

表 7.2.1(2/2) 現状の課題に対してパイロット・プロジェクトで実施した活動

現状の課題	パイロット・プロジェクト内で可能な活動	
	環境モニタリング計画の検討 及び試験的サンプリング・分析	環境管理に関わるリモートセンシング及び GIS技術
一般環境モニタリングに関わる内容(技術面)		
アクセス困難な地域を含めた地域的な情報収集のための技術手段の確保	-	土壌汚染地域を判定に関わる衛星画像解析に関わる研修の提供
石油由来の汚染物質モニタリング能力を有する技術者の育成	- 石油由来の汚染物質分析に関わる講義の提供	-
分析ラボの信頼性の確保	- 認証標準物質を用いた重金属分析	-
汚染源モニタリング(組織面)		
石油産業関連施設の状況に応じた汚染源モニタリング計画の策定	- 地域環境モニタリングセンター及びアティラウ環境保護局に対する環境モニタリング計画の検討	-
汚染源モニタリングに関わる重要な監視項目の設定	- アティラウ環境保護局に対する汚染源モニタリング計画の検討	-
汚染源モニタリング(技術面)		
石油由来の汚染物質モニタリング能力を有する技術者の育成	- 石油由来の汚染物質分析及び石油の成分分析に関わる講義	-
石油成分分析及び分析結果の解析に関わる技術及び知見を有する技術者の育成	- 土壌汚染モニタリング	-
油流出事故後のモニタリング(技術面)		
事故後に迅速かつ継続的にモニタリング活動を実施するための技術の導入	-	- 油流出状況のモニタリングに関わる衛星画像解析に関わる研修
広範囲なステークホルダーへのモニタリング情報の提供(組織面)		
地域環境モニタリングセンターのモニタリング情報提供ツールの確保	- パイロット・プロジェクトのモニタリング結果を含むニュースレターの作成(2007年2月)	- パイロット・プロジェクトのモニタリング結果を含むニュースレターの作成(2007年2月)
アティラウ水文気象センター、アティラウ環境保護局に対するデータベースに関わる知識の普及	-	- アティラウでのGISを活用したデータベースに関わる基礎知識普及のためのワークショップ開催
広範囲なステークホルダーへのモニタリング情報の提供(技術面)		
様々なモニタリング情報を一括提供できるデータベース構築の検討	-	- 既存石油関連施設及び石油関連資源の分布、自然環境の状況、環境モニタリング情報を保管したGISデータベースの作成

出典: JICA 調査団

7.3 パイロット・プロジェクトをととした共同作業

7.1 節で述べたとおり、パイロット・プロジェクトは以下の二つのコンポーネントから成る。

- 環境モニタリング計画の検討及び試験的サンプリング・分析
- 環境管理に関わるリモートセンシング及び GIS データベース

環境モニタリング計画の検討及び試験的サンプリング・分析に関わる主な活動では、試験的サンプリング・分析計画の共同立案、サンプリング、現場測定、ラボ分析、講義及びミニワークショップを実施した。モニタリング活動の結果は構築する GIS データベースに組み入れ、フェーズ 3 でステークホルダーに公開する予定である。また、アティラウ環境保護局及びアティラウ水文気象庁に調査結果を提供し、環境管理活動への活用を可能にするとともに、アティラウ環境保護局が作成している年次環境報告書といった公式の経路で広く関係者に公開することが期待されている。

環境管理に関わるリモートセンシング及び GIS データベースでは、高解像度の衛星画像を用いた環境状況及び油膜の移動の解析を行うための画像解析技術の導入を実施した。本活動は、水文気象庁職員に対する一連の技術研修を通して実施した。加えて、環境保護省及び他の関連機関より提供された利用可能な情報に基づいた環境 GIS データベースを作成した。

リモートセンシング及び GIS 技術については、中央組織と日常的な汚染管理活動を実施している組織との間で大きなギャップがある。従って、このギャップを埋めるため、パイロット・プロジェクトを通して用いた技術及び成果に関わる一般的な情報を提供するミニワークショップをアティラウで開催した。

パイロット・プロジェクトに関わる共同作業の概要を表 7.3.1 に示す。

表 7.3.1 パイロット・プロジェクトに関わる主な共同作業

コンポーネント	作業項目	期 間	共同作業参加者	方 法
1. 環境モニタリング計画の検討及び試験的サンプリング・分析	(1) 水質/底質モニタリング	2006年10月～11月 サンプリング：10月14日、16日、20～21日	アティラウ環境保護局 アティラウ水文気象庁	計画及びサンプリング：共同作業 分析：再委託調査「環境モニタリング（海域）」
	(2) 大気質モニタリング	2006年10月～11月 サンプリング：10月19日～29日	アティラウ環境保護局 アティラウ水文気象庁	計画及びサンプリング：共同作業 分析：再委託調査「環境モニタリング（広域）」
	(3) 土壌モニタリング	2006年10月～11月 サンプリング：9月26日～27日	アティラウ環境保護局	計画及びサンプリング：共同作業 分析：再委託調査「環境モニタリング（広域）」
	(4) 石油由来汚染物質の分析に関わる講義	2006年10月24日	アティラウ水文気象庁	講義
	(5) 地域環境モニタリングセンターに関わるワークショップ	2006年10月27日	アティラウ環境保護局 水文気象庁 アティラウ水文気象庁 アティラウ州環境資源管理局 漁業局、緊急事態局	ワークショップでの発表及び討議
	(6) 認証標準物質を用いた分析研修	2006年11月1日～11月3日	アティラウ環境保護局 アティラウ水文気象庁	講義及びラボ実習
2. 環境管理に関わるリモートセンシング及びGIS技術	(1) 衛星画像解析に関わる技術研修	2006年10月18日～11月17日	アティラウ水文気象庁	講義及びArcGIS 9を用いた実習
	(2) GISデータベース構築	2006年9月～12月	環境省（GISデータベースのための情報提供）	再委託調査「GISデータベース構築」
	(3) 環境管理に関わるリモートセンシング及びGIS技術紹介のためのワークショップ	2006年11月8～9日	アティラウ環境保護局 アティラウ水文気象庁 民間石油企業	ワークショップでの発表及び討議

出典：JICA 調査団

第 8 章 環境モニタリング計画の検討及び試験的サンプリング

8.1 活動計画

環境モニタリングに関わる技術的、組織的、制度的な課題について 5 章で検討したが、これらの課題に取り組むため、以下の活動を 2006 年 9 月～11 月に計画・実施した。

- 地域環境モニタリングセンター及びアティラウ環境保護局に対する環境モニタリング・汚染源モニタリング計画の検討
- 水質及び底質モニタリング
- 大気質モニタリング
- 土壌汚染モニタリング
- 石油由来の汚染物質分析及び石油成分分析に関わる講義
- 認証標準物質を用いた重金属分析

それぞれの活動計画は以下に示すとおりである。

8.1.1 地域環境モニタリングセンター及びアティラウ環境保護局に対する環境モニタリングプログラムの検討

環境モニタリング計画策定に当たって、以下の課題が確認されている。

- 海域の石油開発計画の進展や、陸域の石油関連施設の建設計画を踏まえたモニタリング計画の更新を行うための関連機関の連携がない。
- 北部カスピ海のモニタリングに関わる関連機関の役割分担が明確でない。

これらの課題について議論を行い、策定する環境モニタリング計画に関連機関の意見を反映するため、以下の活動を行うこととした。

- 1) アティラウ水文気象センター及びアティラウ環境保護局との日常的な協議
- 2) 地域環境モニタリングセンターに求められるモニタリング活動及び関連機関の連携について議論するためのミニ・ワークショップの開催。

ワークショップ開催にあたっては、アティラウ環境保護局より関連機関であるアティラウ州資源管理局、漁業局、緊急事態局に参加を求めるとともに、JICA 調査団より環境保護省、水文気象庁にもワークショップへの参加を求め、広く関係機関で協議する場となるよう努めた。

8.1.2 主な汚染源を考慮した水質/底質モニタリング

(1) 主な汚染源を考慮した水質及び底質モニタリング

上述のとおり、将来的には、海域の石油開発計画の進展や、陸域の石油関連施設の建設計画を踏まえたモニタリングを行うことが求められることから、現状及び近い将来の主要汚染源を考慮した水質/底質モニタリングを計画・実施することとした。計画策定に当たっては、アティラウ水文気象センター、アティラウ環境保護局と協議を行った。水質/底質モニタリング計画の概要は、表 8.1.1 に示すとおりである。



図 8.1.1 計画検討に関わる協議

表 8.1.1 北部カスピ海の水質・底質分析計画

項目	計画の内容
サンプリング地点	<p>サンプリング地点を設定する際は以下を考慮した。</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) 北部カスピ海への汚濁負荷の流入点であるウラル川河口、及び近い将来、主な汚染発生源となる可能性のあるカシャガン油田といったモニタリングに重要な地域 (b) CEP に基づく国際協力として実施が求められる地域汚染モニタリングプログラム (RPMP) の調査地点 (c) 水文気象庁のサンプリング地点及び CEP により過去にモニタリングが実施された地点 <p>- 検討を踏まえ、モニタリング地点を 10 地点選定した。</p>
サンプリング頻度	- 2006 年 10 月の 1 回
分析項目	- 主な分析項目：油分、重金属 (Pb, Cd, Cr, Ag, Cu, Zn) 及び栄養塩 (N, P)
サンプリング及び現場作業	<ul style="list-style-type: none"> - アティラウ環境保護局の船舶の使用が困難であったことから、サンプリング船舶を輸送会社より調達した。 - アティラウ環境保護局が新規に購入した現場測定機器を使用した。 - サンプリング及び現場測定に関わる新規の記録フォームを準備した。 - 水試料は表層及び下層から採取した。底質試料は日本より携行したグラブサンプラー (エッグマンパージ採泥器) により表層より採取した。 - 前処理方法は GOST に準じた。
分析	<ul style="list-style-type: none"> - 現在、アティラウ水文気象庁及びアティラウ環境保護局はラボを有していないことから、分析は再委託により実施した。 - 分析方法は GOST に従った。 - 底質については、石油成分に関わる項目として、全石油系炭化水素 (TPH) 及び多環芳香族炭化水素 (PAHs) を日本のラボで分析した。

出典：JICA 調査団

(2) 大気質モニタリング

大気モニタリングについては、アティラウ市の外部に環境大気サンプリング地点がないが、石油関連の汚染を確認するためには広い地域で大気質の情報を集める必要がある。よってこのことを考慮して大気モニタリング活動を計画、実施した。計画策定に当たっては、アティラウ水文気象センター、アティラウ環境保護局と協議を行った。大気モニタリング計画の概要は、表 8.1.2 に示すとおりである。

表 8.1.2 大気モニタリング計画

項目	計画の内容
サンプリング地点	サンプリング地点を設定する際は以下を考慮した。 (a) テンギス製油施設や陸上油田といった既存施設 (b) アティラウ市周辺の大気汚染物質のバックグラウンド濃度把握の必要性 (c) Agip によるアティラウ市東部の石油精製施設建設計画 - 検討の結果、サンプリング地点を 5 地点設定した。さらに非メタン系炭化水素のサンプリングポイントを 4 地点設定した。
サンプリング頻度	2006 年 10 月の 3 日間（非メタン系炭化水素については 1 日）
分析項目	- SO ₂ , NO _x , CO, 粒子状物質及び非メタン系炭化水素(注)
サンプリング及び現場作業	- 大気サンプリングは携帯大気サンプリングポンプにより採取した。サンプリング方法は GOST に準じた。
分析	- 現在、アティラウ水文気象庁はラボを有していないことから、分析は再委託により実施した。 - 分析方法は GOST に従った。

注：非メタン系炭化水素は、石油由来の成分であり、二次汚染物質を生成し光化学スモッグを引き起こす要因となる。

出典：JICA 調査団

(3) 土壌汚染モニタリング

アティラウ環境保護局に分析ラボが設立された後は、同ラボを活用し、石油産業関連施設の状況に応じた汚染源モニタリングや立入検査活動を実施することが望まれる。このような活動の試みとして、アティラウ環境保護局と協議し、油田及びその周辺地域で土壌汚染モニタリングを実施することとした。対象とする油田はアティラウ環境保護局が選定した。また、立入及びサンプリング実施許可についてもアティラウ環境保護局が手配した。土壌モニタリング計画の概要は、表 8.1.3 に示すとおりである。

表 8.1.3 油田及び周辺における土壌汚染モニタリング計画

項目	計画の内容
調査地点	サンプリング地点は以下の地域から選定した。 (a) 北部カスピ海沿岸付近の陸上油田の古い油井付近 (b) 上記油田付近の海岸 アティラウ環境保護局との協議を踏まえ、3 地点のサンプリングポイントを選定した。
調査頻度	1 回（2006 年 9 月）
分析項目	油分、重金属 (Pb, Cd, Cr, Ag, Cu, Zn)
サンプリング及び現場測定	- 日本で採用されている土壌サンプリング方法を採用した。
分析	- 現在、アティラウ環境保護局はラボを有していないことから、分析は再委託により実施した。 - 分析方法は GOST に従った。

出典：JICA 調査団

(4) 石油由来の汚染物質分析及び石油成分分析に関わる講義

石油産業公害防止に関わるモニタリング活動のためには、地域環境モニタリングセンター/アティラウ水文気象センター、アティラウ環境保護局が将来的に石油関連汚染物質や石油成分の分析を行う能力を有する必要がある。このような能力を育成するための第一段階として、石油由来の汚染物質分析及び石油成分分析に関わる講義を実施した。講義に含める内容は以下のとおりとした。

- 石油を構成する成分の説明
- 環境中の石油の挙動
- 石油に関わる規制の内容
- 全石油系炭化水素、GC-FID¹の分析手法
- タールボールの観測手法

(5) 認証標準物質を用いた重金属分析

パイロット・プロジェクト期間中、地域環境モニタリングセンター/アティラウ水文気象センター、アティラウ環境保護局は分析ラボの改修中であり、実際の分析活動は限定されていた。両機関とも近い将来、新たに購入した分析機器を用いて本格的な分析ラボの運用を行う予定であることから、品質保証/品質管理(QA/QC)の重要性に関わる意識を高めるため、表 8.1.4 に示す、認証標準物質を用いた重金属分析に関わる研修を実施することとした。分析実習には水質/底質モニタリングの再委託先ラボを使用し、アティラウ水文気象センター及びアティラウ環境保護局の若手技術者に研修への参加を求めた。

表 8.1.4 認証標準物質を用いた分析プログラム

日付	内容
第1日	- 原子吸光光度計(AAS)を用いた重金属分析に関わる分析誤差を引き起こす要因及び認証標準物質の使用方法に関わる講義 - AASの運用に関わる実習 - 底質試料の前処理に関わる講義
第2日	- 電気加熱 AAS による認証標準物質を用いた重金属分析の実習
第3日	- フレーム AAS による認証標準物質を用いた重金属分析の実習

出典：JICA 調査団

8.2 地域環境モニタリングセンター及びアティラウ環境保護局に対する環境モニタリングプログラムの検討

(1) ミニワークショップの開催

水文気象庁アティラウ局、アティラウ環境保護局、アティラウ州天然資源利用管理局、漁業管理局、海上石油開発安全管理局より 17 名が参加し、将来設立される地域環境モニタリングセンターのニーズについて議論するミニワークショップを開催した。ミニワークショップでは、以下のプレゼンテーションの後、議論を行った。



図 8.2.1 ミニワークショップ開催状況

¹ ガスクロマトグラフ-水素炎イオン化検出器

表 8.2.1 ミニワークショップでのプレゼンテーション

No.	氏名	組織・機関	発表内容
1	Stroeva Tatiana Pavlovna	水文気象庁、カスピ海研究部	カスピ海水位観測について
2	Zatsepina Tatiana Stanislavovna	水文気象庁アティラウ局、ラボ長	アティラウ水文気象庁の活動の現状と今後の予定
3	Satvelieva Olga	アティラウ州環境保護局、課長	アティラウ州環境保護局の活動の現状と今後の予定
4	長沼研午、佐藤信介	JICA 調査団	日本の環境モニタリング制度の紹介

出典：JICA 調査団

表 8.2.2 ミニワークショップ参加者

No.	氏名	組織・機関
1	Akatieva Tatiana Vladimirovna	水文気象庁アティラウ局局長代行
2	Ignatchenko Ljudmila Nikolaevna	水文気象庁、気象部
3	Stroeva Tatiana Pavlovna	水文気象庁、カスピ海研究部
4	Zatsepina Tatiana Stanislavovna	水文気象庁アティラウ局、ラボ長
5	Amurova Gulzhan Utenbergenovna	水文気象庁アティラウ局、化学分析担当一級技術者
6	Dzhambatyrov Murad Tursungelievich	ウラル川・カスピ海漁業管理局、副局長
7	Shankieva Kuralai Kabdabaevna	アティラウ環境保護局、副局長
8	Il'yasov Eleman Kauanuly	天然資源管理局
9	Abdrahan Marat Ginajatulu	アティラウ環境保護局、局長
10	Tambavtseva Inga	ウラル川・カスピ海漁業管理局、主任
11	Satvelieva Olga	アティラウ環境保護局、課長
12	Bushanova Venera	アティラウ環境保護局、課長
13	Galimov Nurolla	海上インスペクション(海上石油開発安全管理局)、副局長
14	Uralova Ardan	アティラウ州環境保護局、ラボアシスタント(実験助手)
15	Telagisov Zholdaskali	アティラウ州環境保護局、主任
16	Umtalieva Raihan	アティラウ州環境保護局、課長
17	Gutsina Larisa	天然資源利用管理局、主任

注：アスタナ環境保護省から環境保護省モニタリング部 BEKNIYAZOV 部長が参加する予定であったが、環境法典の改正作業の関係で不参加となった。

出典：JICA 調査団

(2) ミニ・ワークショップ参加者の意見

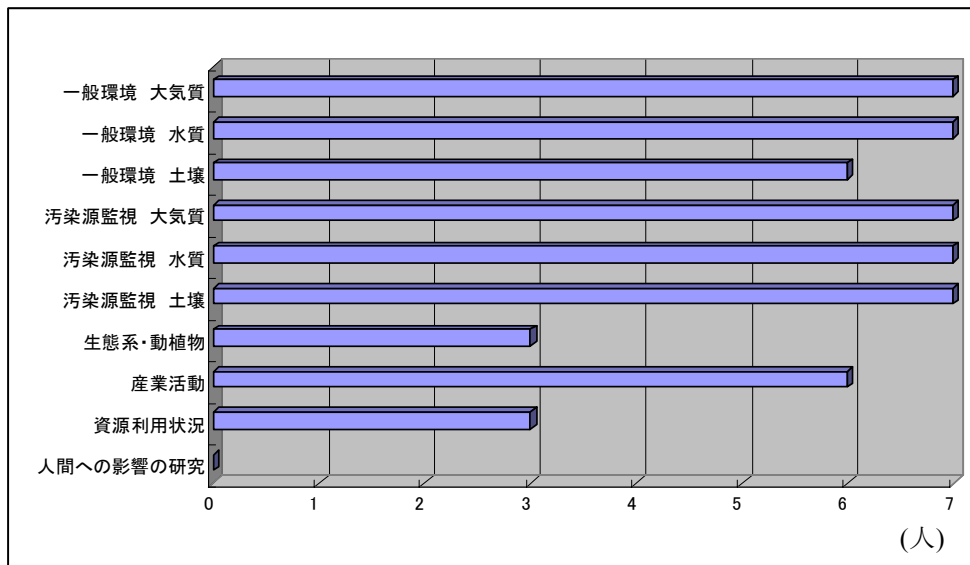
ミニワークショップの協議のなかで得られた主な意見は、以下のとおりである。

- (a) 環境モニタリングに関わる様々な関係機関の連携体制を構築する必要がある。
- (b) 地域環境モニタリングセンターが有益な活動を実施するために、目的を明確化し、十分な予算と人材を配置することが必要である。
- (c) カスピ海モニタリング専用の大型船舶、大気質モニタリングに関わる近代的な設備といったハードの導入が必要。
- (d) 地域環境モニタリングセンターにおいて環境モニタリング情報・データが一元管理されれば、環境保護活動の効率が上がることが期待できる。
- (e) 地域環境モニタリングセンターと関係機関との情報交換が必要である。

- (f) 将来的にモニタリング情報は住民へ公開することが望ましい。
- (g) JICA 調査団作成のマスタープランについて、実施 2-3 年後、マスタープランの効果のレビューが必要である。
- (h) カスピ圏の各国との協力が必要である。
- (i) 企業の排出物の性状・質を常時監視する必要がある。
- (j) 海底油田、Tengiz ガス精製所、Karabutan に建設予定の石油化学工場など、石油関連施設の活動を監視することが重要である。これらの施設周辺に地域モニタリングセンターが出張所を持つとよい。

上記のうち、特に(d)、(e)に関わるモニタリング情報の共有化については最も活発な意見交換があり、地元各機関も自身の活動に活用できるモニタリング情報の取得の強い要望があることが改めて明らかになった。

ミニ・ワークショップに伴い配布したアンケートにより、参加者に将来的に地域環境モニタリングセンターに求める活動について意見を求めた。アンケートの集計結果は、図 2.4.3 に示すとおりである。得られた意見をみると、参加者は地域環境モニタリングセンターに対して、一般環境モニタリングと同様に、大気、水質、土壌に関わる汚染源監視活動を求めていることが伺われた。地域環境モニタリングセンターの実施する北部カスピ海及び周辺陸域でのモニタリング活動は、汚染源からの排出状況を確認するための情報を得ることを重要な目的の一つとして活動計画を立案する必要があると示唆された。



注：ミニ・ワークショップ参加者に選択記述式のアンケートを配布し、地域モニタリングセンターに求める活動について意見を求めた（参加者 17 名中、16 名からアンケートを回収）。選択する活動は複数回答可とした。

出典：JICA 調査団

図 8.2.2 地域環境モニタリングセンターに求める活動

8.3 試験的サンプリング

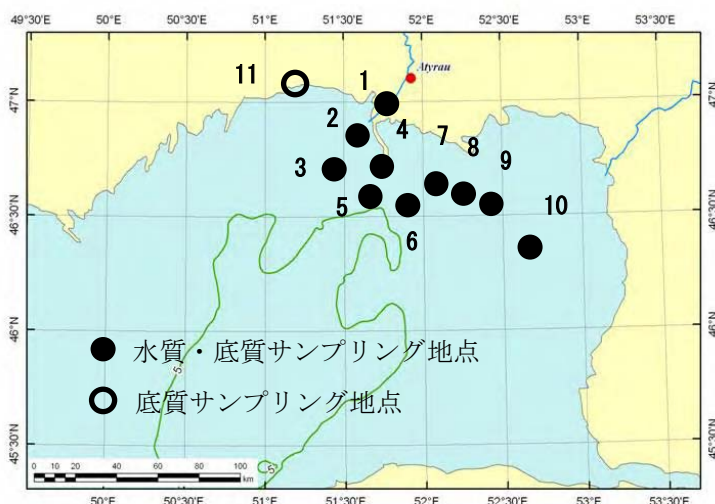
8.3.1 北部カスピ海における水質/底質モニタリング

水文気象庁アティラウ局職員 1 名、アティラウ環境保護局職員 1 名と共に水質・底質モニタリング活動を実施した。活動の概要は以下に示すとおりである。

表 8.3.1 水質/底質モニタリングの概要

項目	内容
調査時期	2006 年 10 月 14 日、16 日、20 日～21 日
調査地点	ウラル川河口付近及びカシャガン油田開発地域周辺、10 地点 (表層及び底層より水試料を採取、また底質を採取) この他に沿岸部 1 地点で底質を採取
分析項目	水質: 水温、pH、EC、塩分、DO、BOD ₅ 、COD、SS、濁度、窒素 (NH ₄ , NO ₂ , NO ₃)、リン (T-P)、油分、重金属 (Cu、Zn、Cr (VI)、Pb、Hg) 底質: 油分、リン、重金属 (Cu、Zn、Cr (VI)、Pb、Hg)

出典：JICA 調査団



現場作業実施状況

出典：JICA 調査団

図 8.3.1 水質/底質モニタリング地点及び現場作業の実施状況

(1) 水質分析結果

1) 重金属

海水中の重金属分析結果は表 2.4.8 に示すとおりである。本調査結果を日本の水質基準値と比較した場合、深刻な汚染は確認されなかった。

一方で生態系リスクについては注意を払う必要があることが示唆された。本調査結果を漁業目的のカザフ基準値、US EPA 生態毒性閾値²及びカナダガイドライン値³と比較した場合、六価クロム、銅、カドミウムについて留意すべきことが示唆されている。生態系リスクに関わるガイドライン値は様々であり、ある基準値を超過したから問題である、

² Eco Update vol.3, No.2 (1996) US EPA

³ カナダ環境ガイドライン値要約表(2002)

とは簡単には言えない。生態系リスクについては継続的にモニタリングを実施していく必要がある。

表 8.3.2 重金属分析結果

単位:mg/L

地点	座標	六価クロム	銅	亜鉛	鉛	カドミウム	水銀
No. 1	N 46°56' 01"	0.0017	0.0113	<0.05	<0.0005	0.0003	0.00008
	E 51°41' 43"	0.0021	0.0079	<0.05	<0.0005	0.0002	0.0001
No. 2	N 46°50' 33"	0.0089	0.0126	<0.05	<0.0005	0.0002	0.00015
	E 51°33' 07"	0.0102	0.0441	<0.05	<0.0005	0.0004	0.00022
No. 3	N 46° 47' 09"	0.0096	0.0318	<0.05	<0.0005	0.0002	0.00033
	E 51°28' 42"	0.0122	0.0289	<0.05	<0.0005	0.0002	0.00028
No. 4	N 46°40' 00"	0.0014	0.0091	<0.05	<0.0005	0.0009	0.00048
	E 51°40' 03"	0.0095	0.0168	<0.05	<0.0005	0.0008	0.00049
No. 5	N 46° 34' 57"	0.0082	0.0026	<0.05	<0.0005	0.0009	0.00038
	E 51° 37' 12"	0.0024	0.0036	<0.05	<0.0005	0.0008	0.0005
No. 6	N 46°35' 59"	0.0015	0.0032	<0.05	<0.0005	0.0008	0.00025
	E 52°06' 07"	0.0077	0.0085	<0.05	<0.0005	0.0009	0.00028
No. 7	N 46°31' 58"	0.0022	0.0039	<0.05	<0.0005	0.0009	0.00014
	E 52°26' 03"	0.0019	0.0032	<0.05	<0.0005	0.0010	0.00012
No. 8	N 46°33' 00"	0.0007	0.0036	<0.05	<0.0005	0.0011	0.00019
	E 52°17' 12"	0.0118	0.0038	<0.05	<0.0005	0.0009	0.00008
No. 9	N 46°28' 22"	0.0011	0.0036	<0.05	<0.0005	0.0007	0.00023
	E 52°38' 12"	0.0009	0.0041	<0.05	<0.0005	0.0007	0.00025
No. 10	N 47° 04' 16"	0.0018	0.0071	<0.05	<0.0005	0.0009	0.00008
	E 51° 01' 59"	0.0029	0.0047	<0.05	<0.0005	0.0008	0.0005
最小値		0.0007	0.0026	-	-	0.0002	0.00008
平均値		0.0049	0.0107	-	-	0.0007	0.0003
最大値		0.0122	0.0441	-	-	0.0011	0.0005
日本基準値		0.05	—	—	0.01	0.01	0.0005
カ国基準値(海水)		0.001	0.005	0.05	0.01	0.01	検出限界以下
US EPA 生態毒性閾値		0.05	0.0024	0.081	0.0081	0.0093	0.0011
カタガトラン (水生生物)		0.0015	—	—	—	0.00012	—
分析方法		M 01-37-2000 Analyzed by AAS	M 01-29-98 Analyzed by AAS	ISO 8288-88 Analyzed by AAS	M 01-29-98 Analyzed by AAS	M 01-29-98 Analyzed by AAS	PND F 14.1:2:4.160-2000 Analyzed by mercury analyzer
検出限界		0.0005	0.0005	0.05	0.0005	0.0001	0.00005

出典：JICA 調査団

2) 全りん、全窒素、COD

全りん、全窒素、COD の分析結果は以下に示すとおりである。日本の海域環境基準と比較すると、全窒素は水産 1 種レベル⁴、全りんは水産 2 種レベル⁵であった。（参考値：東京湾、環境基準点の全窒素濃度、0.29～3.95 mg/L、全りん濃度、0.063～0.379mg/L、COD、1.6～9mg/L（平成 17 年度））。

表 8.3.3 全りん、全窒素、COD 分析結果

調査地点		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10
全窒素 (mg/L)	表層	0.24	0.29	0.24	0.23	0.13	0.15	0.19	0.15	0.19	0.23
	下層	0.21	0.32	0.24	0.22	0.18	0.17	0.28	0.17	0.20	0.19
全りん (mg/L)	表層	0.083	0.050	0.008	0.079	0.052	0.031	0.059	0.031	0.017	0.027
	下層	0.101	0.050	0.050	0.17	0.066	0.100	0.040	0.050	0.072	0.029
COD (mg/L)	表層	2.4	3.4	4.0	2.5	3.0	2.2	2.6	3.0	2.3	2.8
	下層	2.4	3.1	4.8	2.7	3.6	2.1	2.4	2.2	2.22	2.2

注：全窒素は分光光度計による硝酸、亜硝酸、アンモニアの分析結果から算出した（PND F 14.1.2:4.157-99）。全りんは、モリブデンブルー吸光光度法により分析した。化学的酸素要求量は、過マンガン酸カリウムによる酸化法により分析した（PND F 14.1.2:4.190-03）。

出典: JICA 調査団

3) 油分

油分の分析結果は以下に示すとおりである。表層と下層の間で、濃度に大きな差はみられず、いずれの地点もカ国の基準値を下回っていた。

表 8.3.4 油分分析結果

調査地点		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	MPC
油分 (mg/L)	表層	0.031	0.015	0.014	0.027	0.012	0.016	0.029	0.02	0.017	0.023	0.05
	下層	0.028	0.011	0.017	0.022	0.015	0.018	0.024	0.018	0.015	0.027	

注 1：油分はヘキサン抽出を行い蛍光光度分析計によって分析した。検出限界値は 0.005mg/L。

注 2：MPC (Maximum Permissible Concentration) 最大許容濃度

出典：JICA 調査団

(2) 底質分析結果

1) 重金属

底質中の重金属分析結果は表 2.4.11 に示すとおりである。全体的にウラル川河口付近（No.1～No.3 地点）及び北部沿岸の地点（No.11 地点）で高い値が示された。

国際的な基準値と比較した場合、本調査においては、重金属による深刻な汚染は確認されなかった。2001 年に CEP のもとで実施された、北部カスピ海の底質中の重金属分析結果と今回の結果を比較してみると、北部沿岸の地点（No.11 地点）を除き、概ね 2001 年の調査結果と同様の含有量レベルを示した。

⁴ 底生魚介類を含め多様な水産生物がバランス良く、かつ、安定して漁獲されるレベル

⁵ 一部の底生魚介類を除き、魚類を中心とした水産生物が多獲されるレベル

表 8.3.5 重金属分析結果

地点	座標	単位:mg/kg					
		クロム	銅	亜鉛	鉛	カドミウム	水銀
No. 1	N 46°56' 01" E 51°41' 43"	34.5	17.0	29.6	11.8	0.20	0.0133
No. 2	N 46°50' 33" E 51°33' 07"	38.5	18.9	32.7	19.7	0.26	0.0112
No. 3	N 46° 47' 09" E 51°28' 42"	29.2	16.2	28.3	17.2	0.48	0.0112
No. 4	N 46°40' 00" E 51°40' 03"	16.5	3.28	4.90	13.3	0.56	0.0101
No. 6	N 46° 34' 57" E 51° 37' 12"	17.7	4.24	6.24	21.2	0.96	0.0089
No. 7	N 46°35' 59" E 52°06' 07"	22.0	5.23	9.24	8.80	0.25	0.0106
No. 8	N 46°31' 58" E 52°26' 03"	18.8	4.40	8.94	7.37	0.08	0.0076
No. 9	N 46°33' 00" E 52°17' 12"	16.4	2.72	5.73	9.60	0.08	0.0079
No. 10	N 46°28' 22" E 52°38' 12"	21.6	6.92	11.7	9.42	0.28	0.013
No. 11	N 47° 04' 16" E 51° 01' 59"	27.3	33.4	44.4	26.2	0.58	0.0121
最小値		16.4	2.72	4.9	7.37	0.08	0.076
平均値		24.3	11.2	18.2	14.5	0.37	0.011
最大値		38.5	33.4	44.4	26.2	0.96	0.133
底質中の Probable Effect Level (注1)		160	108	271	112	4.2	0.696
CEPによる調査結果 (2001年、今回調査地域周辺)		3.8-103	1.7-19.2	-	1.4-14.6	-	0.001- 0.04

注1：出典 “Screening Quick Reference Table” (Office of Response and Restoration, NOAA)

注2：No.5地点は、採取したサンプルの殆どが貝殻であったため分析を行わなかった。

注3：試料は硝酸により分解した。クロム、銅、亜鉛、カドミウムは原子吸光光度計により分析した (RD 52.18.191-89)。水銀は水銀分析器により分析した (PND F 14.1:2:4.160-2000)。

2) 油分及び石油成分

底質中の油分分析結果は表 8.3.6 及び表 8.3.7 に示すとおりである。表 2.4.13 の結果は日本の分析ラボによる全石油系炭化水素の分析結果である。両分析結果は手法が異なるため、分析値も異なっている。

本調査結果を油汚染の顕著な地域と比較した場合、現状で北部カスピ海の底質は、現状で深刻な汚染の影響を受けていないといえる。例えば油汚染が深刻なキューバ国ハバナ湾での分析結果 (GEF/RLA/93/G41 Project (GEF, 1998)) をみると、58 試料の油分含有量は、31~1,436mg/kg となっている。

表 8.3.6 油分分析結果

調査地点	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11
油分 (mg/kg)	3.82	2.73	2.59	4.89	3.41	3.32	2.39	3.95	2.11	1.32

注 1 : No.5 地点は、採取したサンプルの殆どが貝殻であったため分析を行わなかった。

注 2 : 分析方法の概要は以下のとおり。10ml の四塩化炭素に 0.5-1g の試料を加え、15 分間振とう後、ろ過液を蛍光分光光度計で分析⁶。

出典 : JICA 調査団

表 8.3.7 油分分析結果 (日本の分析ラボによるもの)

調査地点	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11
全石油系炭化水素 (mg/kg)	100	74	78	58	62	75	57	59	55	61

注 1 : No.5 地点は、採取したサンプルの殆どが貝殻であったため分析を行わなかった。

注 2 : 分析方法の概要は以下のとおり。50ml の四塩化炭素に 10g の試料を加え、30 分間振とう後、ろ過液を赤外線分光光度計で分析。標準物質はヘキサデカン⁷。

出典 : JICA 調査団

US EPA が注意すべき多環芳香族(PAHs)として挙げている 16 物質を日本の分析ラボで分析した結果⁸、表 8.3.8 に示すとおりいずれの物質も測定限界以下となった。これらの物質の底質中のガイドライン値は、88.9~1,493.54mg/kg であり、本調査結果から、底質の PAHs による汚染は確認されなかった。

表 8.3.8 日本の分析ラボ⁹による多環芳香族炭化水素(PAHs) 分析結果

単位 : $\mu\text{g/kg}$

物質名	No.1	No.2	No.3	No.4	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	ガイドライン値
セオプテン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	88.9
アセオプレン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	127.87
アントラセン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	245
インデノ(1, 2, 3-cd)ピレン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-
クリセン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	845.98
ジベンゾ ^a (a, h)アントラセン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	134.61
ナフタレン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	390.64
ピレン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1,397.6
フルオランテン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1,493.54
フルオレン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	144.35
フェナントレン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	543.53
ベンゾ ^a (a)アントラセン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	692.53
ベンゾ ^b (b)フルオランテン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-
ベンゾ ^k (k)フルオランテン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-
ベンゾ ^{g, h, i} (g, h, i)ペリレン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	763.22

注 1 : N.D. は検出限界以下を意味する。検出限界は $10\mu\text{g/kg}$ 。

注 2 : 採用した分析方法は EPA 8270 に従ったものであり、PAH は、水素炎イオン化検出器-ガスクロマトグラフ(GC-FID)で分析した。

注 3 : 出典 “Screening Quick Reference Table” (Office of Response and Restoration, NOAA).

出典 : JICA 調査団

⁶ カ国で旧ソ連時代から運用されている規格 GOST の規格番号 PND F 14.1:2:4.128-98 に準拠。

⁷ 「油汚染対策ガイドライン」(平成 18 年 6 月、土壤環境センター)に示されている方法に準拠。

⁸ EPA 8270 に準拠し、ガスクロマトグラフ-水素炎イオン化検出器で分析を実施。

⁹ 日本環境株式会社 <http://www.n-kankyo.com/>

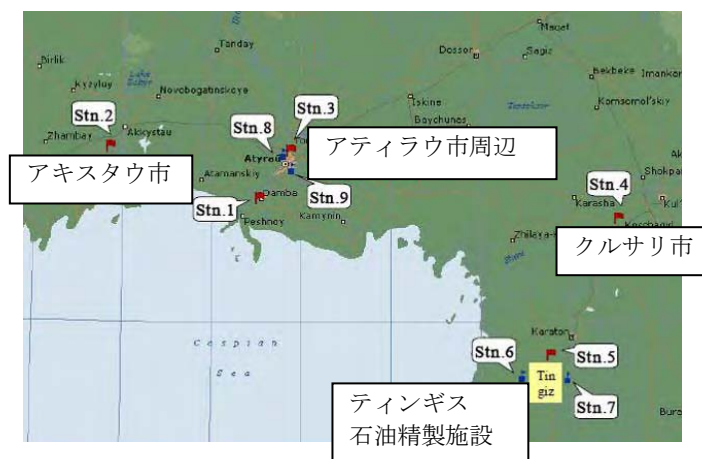
8.3.2 大気モニタリング

水文気象庁アティラウ局は現在、広域的な大気モニタリング活動を実施していないが、将来的な実施を計画している。本調査により、広域大気モニタリング地点設定に活用できる経験及び情報を得ることを目的として、アティラウ水文気象庁職員 1 名、アティラウ環境保護局職員 1 名と共に、以下に示すとおり大気モニタリング活動を実施した。

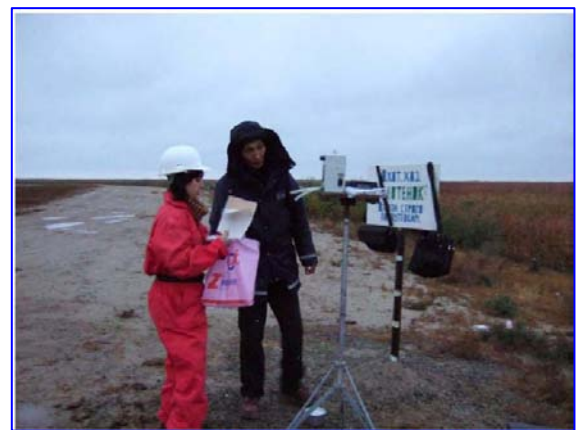
表 8.3.9 大気モニタリング概要

項目	内容
調査時期	2006 年 10 月 19 日～29 日
調査地点	アティラウ市周辺 3 地点、テンギス油田周辺 2 地点 (注：上記に加え、4 地点で NMHC の測定を実施)
分析項目 ¹⁰	SO ₂ 、NO ₂ 、CO、PM、気象条件（風向、風速、気温） (注：一部の地点で NMHC の測定も実施)
調査頻度	3 回／日×3 日間

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団



大気質サンプリング実施状況

図 8.3.2 大気モニタリング地点図及びサンプリング実施状況

大気モニタリング結果は、表 8.3.10 に示すとおりである。測定期間が 3 日間に限られることから、総合的な判断は難しいが、測定期間において深刻な大気汚染は確認されなかった。

地点間を比較してみると、二酸化硫黄、一酸化炭素の測定結果は、市街地の測定地点(アティラウ市及びアキスタウ市)と地方部の測定地点(アティラウ市南方郊外及びアキスタウ周辺)とで大きな差異がない一方で二酸化窒素は、地方部の測定地点では、0.015～0.034mg/m³であるのに対して、市街部の測定地点では、0.031～0.045 mg/m³と測定結果の濃度レベルが高く、現状では市街地において、自動車交通が主要な大気汚染源の要因となっていることが示唆された。

テンギス施設内の調査結果と他の測定地点との比較では、二酸化硫黄、二酸化窒素、一酸化炭素について、大きな差異はみられなかった。

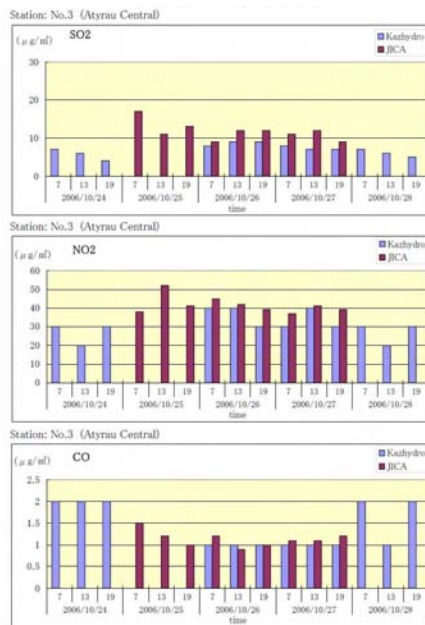
¹⁰ 粒子状物質 (PM) の分析にはカ国で旧ソ連時代から採用されている分析規格 GOST の規格番号 RD 52.04.186-89 を用いた。

表 8.3.10 大気モニタリング結果

サンプリング地点	座標	測定年月	二酸化硫黄	二酸化窒素	一酸化炭素
			mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³
1. アティラウ市南方郊外	N 46° 56' 32" E 51° 44' 07"	10/19~10/21	0.009 - 0.021	0.015 - 0.034	0.3 - 0.5
2. アキスタウ周辺	N 47° 10' 25" E 50° 55' 33"	10/22~10/24	0.008 - 0.016	0.017 - 0.034	0.2 - 0.9
3. アティラウ市	N 47° 06' 12" E 51° 53' 39"	10/25~10/27	0.009 - 0.017	0.038 - 0.045	0.9 - 1.5
4. クルサリ市	N 46° 51' 39" E 53° 48' 00"	10/20~10/22	0.007 - 0.012	0.031 - 0.045	0.1 - 0.9
5. テンキース製油施設内	N 46° 08' 11" E 53° 24' 26"	10/23~10/25	0.006 - 0.015	0.018 - 0.038	0.1 - 0.2
カ国基準値 (mg/kg)		-	0.5	0.085	5.0
世銀基準値 (mg/kg) ¹¹		-	0.125	0.15	-
分析方法		-	PND 52.04.186-89 g.5.2.7.2	PND 52.04.186-89 g.5.2.1.3.	PND 52.04.186-89 g.6.5.
測定限界		-	0.001	0.001	0.75

出典：JICA 調査団

パイロット・プロジェクトの実施期間中に行われたアティラウ水文気象センターによるアティラウ市内での大気測定結果と本調査の比較結果は、図 8.3.3 に示すとおりである。各測定項目ともパイロット・プロジェクトとアティラウ水文気象センターの測定値の間に大きな差異はなかった。



出典：JICA 調査団

図 8.3.3 大気質モニタリング結果の比較

¹¹ “Pollution Prevention and Abatement Handbook” (1998) 世界銀行

非メタン系炭化水素の測定結果は以下に示すとおりである。1日の測定結果ではあるが、測定された濃度は深刻な影響を検討すべき濃度ではなかった。但し、アティラウ市における調査結果と比較して、テンギス製油施設周辺で環境大気中の非メタン系炭化水素濃度が高いことが確認された。将来的にも製油施設からの炭化水素排出の影響について十分注意すべきであることが示唆された。

表 8.3.11 炭化水素モニタリング結果

サンプリング地点	サンプリング日	非メタン系炭化水素 mg/m ³						合計
		6:00	8:00	10:00	12:00	15:00	18:00	
Stn. 1 アティラウ市	10/28	3.91	4.34	4.35	3.30	2.68	3.48	3.68
Stn. 2 アティラウ市	10/29	3.50	3.24	4.61	3.26	4.14	3.30	3.68
Stn. 3 テンギス製油施設西部(施設から200m)	10/26	4.92	4.81	5.01	5.24	5.43	5.03	5.07
Stn. 4 テンギス製油施設(施設から200m)	10/27	3.63	3.81	4.24	4.56	4.73	4.62	4.27

注：分析方法は、カ国で旧ソ連時代から運用されている規格 GOST の PND 50-90-84 に準拠。検出限界は 0.5 mg/m³。

出典：JICA 調査団

8.3.3 土壌汚染モニタリング

アティラウ環境保護局と協議し、土壌サンプリング対象地域として、北部カスピ海沿岸に位置するカズマナイガス社傘下の2箇所の油田及び周辺地域をサンプリング対象地域として選定し、9/26～27日にアティラウ環境保護局職員1名と共に、土壌モニタリング活動を実施した。サンプリング時には「油汚染対策ガイドライン(平成18年3月、中央環境審議会土壌農薬部会)」に示される油分析用土壌サンプル採取方法、及び重金属分析サンプル採取方法(5地点混合法)を紹介した。

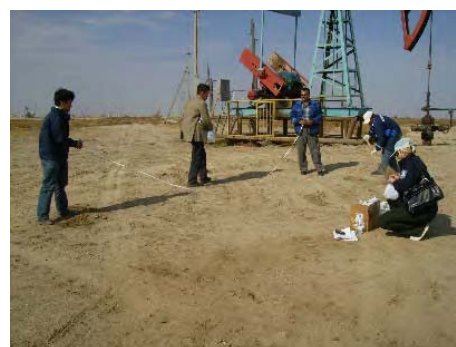


図 8.3.4 土壌サンプリング実施状況

採取した土壌の分析結果は以下に示すとおりである。国際的な基準値と比較すると、重金属に関わる深刻な汚染は確認されなかった。油分については、Embamonaigaz 油田周辺の土壌でも、比較的高い値が確認された。本調査は調査地点数が少ないことから、総合的な評価を行うことはできないが、油田周辺の海岸地域の油分濃度について、今後とも情報収集を図る必要があると考えられる。

表 8.3.12 土壌汚染モニタリング結果

サンプリング地点	座標	カドミウム	銅	鉛	クロム	pH	油分
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	-	g/kg
Embamonaigaz 油田	N 46° 45' 46" E 56° 11' 54"	0.080	3.75	2.15	1.89	7.4000	2.080
Embamonaigaz 油田	N 46° 45' 59" E 50° 10' 21"	0.075	3.25	1.80	2.38	7.5000	0.310
Botanahan 油田	N 46° 55' 56" E 53° 09' 14"	0.071	6.07	5.10	2.54	7.4000	3.210
カ国基準値(mg/kg)		0.5	3.0	6.0	6.0	-	0.1
オランダ基準値(mg/kg)		0.8	36	85	100	-	-
EU directive 86/278(mg/kg)		0.5	45	55	55	-	-
日本含有参考値(mg/kg)		9	-	600	-	-	-
オクラホマ州 TPH クリーンアップ 基準値 (g/kg)							住宅地域 0.05 工業地域 0.5

注：試料は硝酸で分解し、カドミウム、銅、鉛、クロムは原子吸光度計で分析した (GOST 17.2.6.01-86)。

出典：JICA 調査団

8.4 油分分析に関わる講義

石油の成分分析や関連汚染物質のモニタリングに関わるレクチャーを実施し、水文気象庁アティラウ局職員と議論した。水文気象庁アティラウ局購入済みの分析機材には、ガスクロマトグラフ（検出器 FID、キャピラリーカラムも保有）、FT-IR 等があり、総炭化水素濃度による油分汚染の評価に加え、将来的には油分の成分分析等による汚染源の検討を含めた環境モニタリングを実施することが可能である。一方で、これらの機材は施設改築のため現時点で活用されていないことから、今後、これらの機器を十分活用するためには、継続的なトレーニングが必要となる。以下、油分分析に関わる留意事項について述べる。

(1) 石油成分分析

土壌中及び水中の油分を把握するための手法は目的に応じて様々である。以下に主な手法を示す。

- 顕微鏡による観察
- 粒径分布の測定
- 比濁度計による分析
- 油成分の同定
 - 全石油系炭化水素 (TPH) の分析
 - 油成分の分析 (定性分析及び定量分析)

上記のうち、粒径分布の測定から得られる情報は、API や CPI といった油分分離装置の設計に用いられる。水中及び土壌中の油分モニタリングには、一般的に油分による環境汚染の状況を示すと考えられる「油成分の同定」による手法が用いられる。以下に油成分の同定に関わる主な手法を示す。

- 重量法
- 赤外分光光度計による分析
- 蛍光光度計による分析

これらの手法により得られる結果は全ての炭化水素の濃度を示しており、単一の炭化水素を示すものではない。全石油系炭化水素の値は油汚染に関わる定量的な情報を提供するが、油汚染対策に必要な情報を得るために場合によっては、油分の構成要素に関わる定性的あるいは定量的な情報が必要となる。油分の構成要素の情報を得るためには、水素炎イオン化検出器-ガスクロマトグラフによる分析手法を用いる。

(2) 全石油系炭化水素(TPH)

全石油系炭化水素の分析を行う際、水中または土壌中に含まれる油分の炭化水素の成分を様々な溶媒で抽出する。溶媒中に溶ける物質は必ずしも油分のみと限らないことから、全石油系炭化水素の測定値は、厳密には分析中に蒸発せず溶媒に溶ける性質を持つあらゆる物質の測定値を示すこととなる。抽出物質は植物油、動物油、グリースその他を含む比較的揮発性のない物質を測定していることに注意する必要がある。

溶媒により抽出された炭化水素を重量法で測定する場合は、抽出された画分の重さを測定するが、赤外分光光度計もしくは蛍光光度計で分析する場合は、濃度水中または土壌中の油分濃度を、クリセン等の単一の炭化水素で代表される標準物質の濃度に変換した濃度で示すこととなる。

(3) 石油成分の分析

上述したとおり、石油は様々な炭化水素で構成されている。石油による環境汚染の防止及び管理のために必要な情報の一つに石油の成分が挙げられる。石油中の炭化水素は、水素炎イオン化検出器-ガスクロマトグラフ(GC-FID)によって測定される。ガスクロマトグラフは、パックドカラムもしくはキャピラリーカラム中に分析試料を通過させ、カラム内壁に塗布されている物質とそれぞれの炭化水素が持つ炭化水素数に基づく親和性の違いにより、それぞれの炭化水素を分離することが可能である。水素炎イオン化検出器は炭化水素に対して高い感度を持つ。アティラウ水文気象センター及びアティラウ環境保護局は GC-FID を購入済みである。将来的に本機器を活用した石油の成分分析を実施する能力を向上することが望まれる。



水素炎イオン化検出器



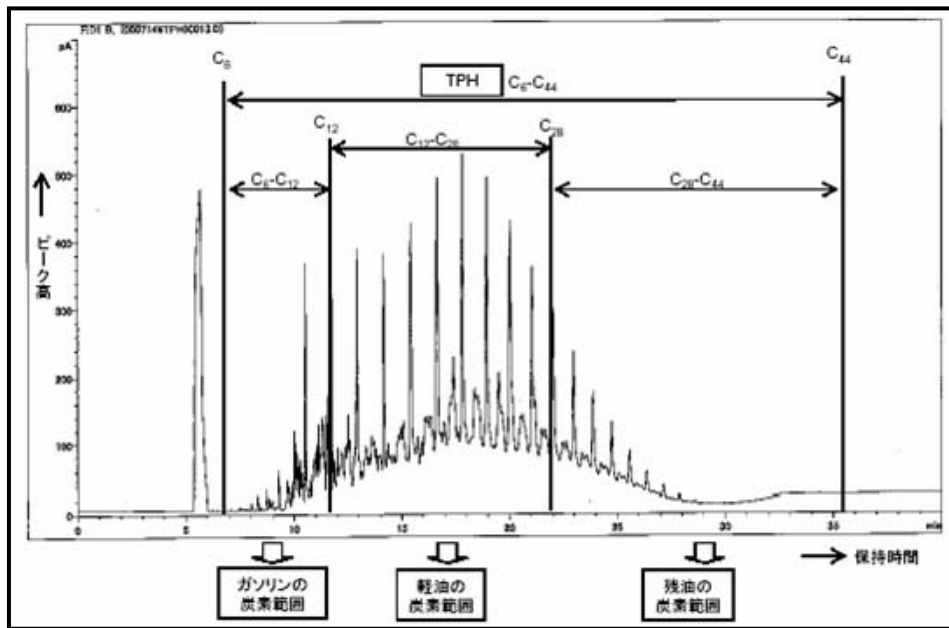
キャピラリーカラム

出典：JICA 調査団

図 8.4.1 水素炎イオン化検出器及びキャピラリーカラム

それぞれの炭化水素の同定は、GC-FID による分析により得られるクロマトグラムを解析することにより行う。クロマトグラムの例を図 2.4.4 に示す。得られたクロマトグラムのパターンを各炭化水素の標準物質を分析したクロマトグラムと比較することにより、炭化水素の種類を判定することが可能となる。分析試料に含まれる炭化水素の炭素数により、石油の種類を区分することも可能である。一般的にガスクロマトグラフで同定可能な炭化水素の炭素数は 6 から 44 である。石油成分は確認された炭化水素数の持つ炭素数により、一般的に以下の種類に区分できる。

- C₆ - C₁₂ : ガソリン成分
- C₁₂ - C₂₈ : 軽油成分
- C₂₈ - C₄₄ : 重油成分



出典：油汚染対策ガイドライン(案) (2005) 環境省

図 8.4.2 GC-FID によるクロマトグラムの例

8.5 標準物質を用いた分析研修

日本より持参した標準物質を用いた重金属の分析研修を実施した。研修には水文気象庁アティラウ局より 2 名、アティラウ環境保護局より 1 名の分析担当職員が参加した。研修プログラムの概要は以下に示すとおりである。研修後のアンケートには、研修に参加した 3 名とも、原子吸光度計の原理、運用方法に関わる理解が向上したが、今後とも原子吸光度計を含めた分析機器の使用について研修を希望する、と回答した。



図 8.5.1 研修実施状況

表 8.5.1 標準物質を用いた分析実習の概要

月日	内 容
11/1	- 標準物質の使用方法、原子吸光光度計による分析で分析誤差を生じる要因に関わるレクチャーの実施 - 原子吸光光度計の説明（再委託先 ^① で実施） - 底質前処理方法のレクチャー（再委託先 ^① で実施）
11/2	- 電気加熱式 AAS の使用に関わる研修（再委託先 ^① で実施、標準認証物質及び水質サンプルを使用）
11/3	- フレーム式 AAS の使用に関わる研修（再委託先 ^① で実施、標準認証物質及び底質サンプル抽出液を使用） - （補足レクチャー）土壌サンプル ^② 及び分析に関わるレクチャー

出典：JICA 調査団

第9章 衛星画像解析およびGISデータベース構築の技術移転

9.1 活動計画

石油産業公害防止に関わるモニタリングの課題に取り組むため、2006年9月～11月および2007年4月～5月にかけて、以下の活動を行うこととした。

- 衛星画像解析技術の環境管理分野への応用に関する技術移転
 - GISデータベース構築とその活用に関する技術移転
 - アティラウにおける衛星画像解析及びGIS技術に関わるミニ・ワークショップの開催
- それぞれの活動計画は以下に示すとおりである。

9.1.1 衛星画像解析技術の環境管理分野への応用に関する技術移転

水文気象庁は、カスピ海の海象予報および氷結予測を2002年から実施している。しかし、衛星画像処理・解析ソフトウェアを用いた本格的な衛星画像解析の実績はなく、必要な機材および能力を有していない。このような現状を踏まえ、衛星画像解析技術の環境管理分野への応用に関する技術移転を行うこととした。

技術移転の対象となるのは水文気象庁本庁情報技術部のスタッフである。パーソナル・コンピュータ、衛星画像処理・解析ソフトウェア「ERDAS IMAGINE 9.0 Professional」および衛星画像データを導入し、衛星画像処理・解析の原理、応用例などの紹介や、ソフトウェア操作についての技術指導を行った。また、ケース・スタディとして、対象地域において衛星画像解析による油汚染および環境情報の抽出を実施した。技術移転の概要は表9.1.1に示すとおりである。

表 9.1.1 衛星画像解析技術の環境管理分野への応用に関する技術移転

項目	内容
利用する衛星画像	- TERRA/ASTER データ: 20 シーン - ENVISAT/ASAR データ: 3 シーン
研修期間	- 2006年10月中旬～11月中旬 (3週間) - 2007年5月上旬 (1週間)
技術移転の内容	- 衛星画像処理・解析システムの導入 - 衛星画像処理・解析の基礎の講義 - 環境管理分野における応用事例の紹介 - 衛星データ検索および購入方法の講義 - ソフトウェア実習 - 衛星画像解析による油汚染および環境情報の抽出に関わるケース・スタディ

出典：JICA調査団

9.1.2 GISデータベース構築とその活用に関する技術移転

水文気象庁本庁の情報技術部において、2004年度からカ国全土を対象とした環境モニタリング・データベースの開発を行っている。しかし、GISに関する知識および能力を有している技術者は限られていることから、GISデータベース構築とその活用に関する技術移転を行うこととした。

技術移転の対象となるのは衛星画像解析技術同様、水文気象庁本庁情報技術部のスタッフであるが、アティラウにあるアティラウ水文気象センターおよび環境保護局におけるGISデータベースによる情報共有を念頭に置き、上記2機関においても簡単な技術移転を実施した。技術移転の概要は表9.1.2に示すとおりである。

表 9.1.2 GIS データベース構築とその活用に関わる技術移転

項目	内容
研修期間	- 5月上旬 (1週間)
GIS システムの導入	- 水文気象庁情報技術部へのパーソナル・コンピュータおよび ESRI 社 GIS ソフトウェア ArcGIS 9.1 の導入 - アティラウ水文気象センターおよびアティラウ環境保護局への ESRI 社 GIS データベースビューアー ArcExplorer 2.0 の導入
技術移転の内容	- GIS の導入 - GIS データベースの構築 - ソフトウェア運用の演習 - GIS の基礎とその利用法の講習

出典：JICA 調査団

9.1.3 アティラウにおける衛星画像解析及び GIS 技術に関わるミニ・ワークショップの開催

衛星画像解析による環境モニタリングや GIS データベースについての理解を深めるため、アティラウ水文気象センターおよびアティラウ環境保護局の職員を対象にミニ・ワークショップを開催した。計画したミニ・ワークショップの内容は以下のとおりである。

- 衛星画像処理・解析の基礎
- 衛星画像処理・解析に関するケース・スタディの成果
- GIS (地理情報システム) の基礎
- GIS データベース (環境情報データベース) の構築とその活用
- 総合討論

9.2 技術移転活動の結果

技術移転は第 2 次現地調査および第 3 次現地調査において実施された。実施日程は以下の通りである。

- 2006 年 10 月 18 日から平成 18 年 11 月 17 日のうち延べ 15 日間
- 2007 年 5 月 2 日から 5 月 11 日のうち延べ 6 日間

技術移転スケジュールおよび技術移転内容を表 9.2.1 に示す。

表 9.2.1 技術移転スケジュール

水文気象庁本庁		
	実施日	技術移転内容
1	2006/10/18	衛星画像処理・解析の基礎
2	2006/10/19	環境および環境管理分野への応用事例の紹介
3	2006/10/20	衛星画像データ検索および購入方法
4	2006/10/23	ソフトウェア実習① (TERRA/ASTER データの読み込み)
5	2006/10/24	ソフトウェア実習② (TERRA/ASTER データへの位置情報付加)
6	2006/10/26	ソフトウェア実習③ (TERRA/ASTER データの画像結合処理)
7	2006/10/27	ソフトウェア実習④ (TERRA/ASTER データの画像強調処理)
8	2006/10/30	ソフトウェア実習⑤ (ENVISAT/ASAR データの読み込み)
9	2006/10/31	ソフトウェア実習⑥ (ENVISAT/ASAR データへの位置情報付加)
10	2006/11/01	ソフトウェア実習⑦ (ENVISAT/ASAR データの画像強調処理)
11	2006/11/13	ケース・スタディ① (衛星データからの環境情報抽出)
12	2006/11/14	ケース・スタディ② (衛星データからの環境情報抽出)
13	2006/11/15	ケース・スタディ③ (衛星データからの環境情報抽出)
14	2006/11/16	ケース・スタディ④ (衛星データからの油汚染情報抽出)
15	2006/11/17	ケース・スタディ⑤ (衛星データからの油汚染情報抽出)
水文気象庁本庁		
	実施日	技術移転内容
1	2007/05/02	衛星画像処理・解析の復習 (TERRA/ASTER)
2	2007/05/03	衛星画像処理・解析の復習 (ENVISAT/ASAR) ケース・スタディ (衛星データからの油汚染情報抽出)
3	2007/05/06	GIS データベース紹介
4	2007/05/07	ソフトウェア実習 (GIS データベースの管理・利用)
アティラウ水文気象センター		
	実施日	技術移転内容
1	2007/05/10	GIS データベース紹介およびソフトウェア実習
アティラウ環境保護局		
	実施日	技術移転内容
1	2007/05/11	GIS データベース紹介およびソフトウェア実習

出典：JICA 調査団

9.2.1 衛星画像解析の技術移転の結果

(1) 技術移転の概要

環境モニタリング活動に関するキャパシティ・ディベロップメントの一環として、水文気象庁本庁（アルマティ）情報技術部の職員を対象に、衛星画像処理・解析の環境管理分野への応用に関する技術移転を実施した。技術移転項目は以下の通りである。

- 衛星画像処理・解析システムの導入
- 衛星画像処理・解析の基礎
- 環境管理分野における応用事例の紹介
- 衛星画像データ検索および購入方法
- ソフトウェア実習
- ケース・スタディ (衛星画像解析による油汚染および環境情報の抽出)

各技術移転項目の詳細を以下に記す。

(2) 衛星画像処理・解析システム導入

1) パーソナル・コンピュータ

衛星画像処理・解析用にパーソナル・コンピュータ（以下、PC）1台を導入した。PCの主なスペックは以下の通りである。

- CPU : Pentium-4 3.9GHz
- メモリ : 2.0GB
- HDD : 80GB+300GB
- OS : Windows XP Professional SP2
- モニタ : 19インチ液晶ディスプレイ

2) 衛星画像処理・解析ソフトウェア

衛星画像処理・解析ソフトウェアとして Leica Geosystems 社の「ERDAS IMAGINE 9.0 Professional」（以下、ERDAS IMAGINE）を導入した。ERDAS IMAGINE の主要な機能は以下の通りである。

- 画像表示
- 画像データ形式変換
- 幾何補正
- 画像結合
- データ補間
- 画像強調
- レーダ画像処理
- 画像分類
- プログラミング

3) 衛星画像データ

技術移転で使用した衛星画像データは、TERRA/ASTER データおよび ENVISAT/ASAR データである。

ASTER（Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflectance Radiometer）は日本の経済産業省が開発した高性能光学センサであり、米国航空宇宙局（the National Aeronautics and Space Administration: NASA）の地球観測衛星 TERRA に搭載されている。ASTER は可視光線から熱赤外線領域に 14 のバンド（観測波長帯）を持ち、地表上のローカルおよびリージョナルなスケールの様々な事象（地質、植生、大気、海洋、火山など）の情報を取得することが可能である。

ENVISAT/ASAR は欧州宇宙機関（European Space Agency: ESA）が開発したレーダ・センサであり、C バンド（5.331GHz、5.62cm）のマイクロ波を地表に照射することにより、地表上の様々な事象を観測する。両センサの諸元を表 9.2.2 および表 9.2.3 に示す。

パイロット・プロジェクトにおいては、TERRA/ASTER データ 20 シーン、ENVISAT/ASAR データ 5 シーンを購入し技術移転活動に使用した。使用データ位置図を図 9.2.1 および図 9.2.2 に、使用データ一覧を表 9.2.4 および表 9.2.5 に示す。

表 9. 2. 2 TERRA/ASTER の諸元

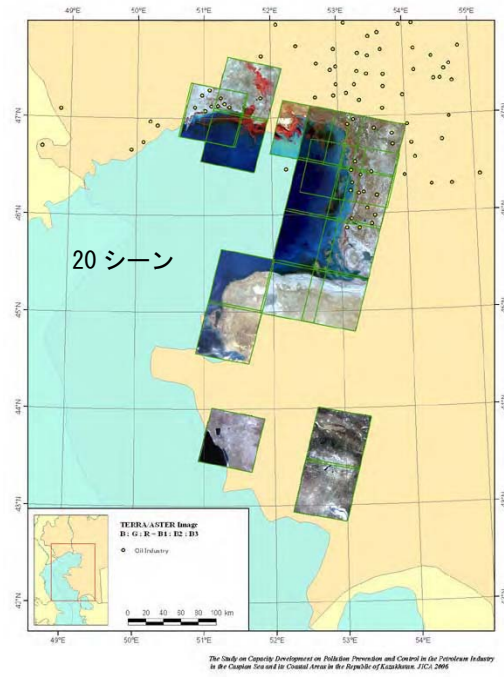
衛星高度	705km
軌道	太陽周期準回帰軌道
回帰日数	16 日
打ち上げ年	1999 年
センサ種別	光学センサ (受動型センサ)
センサ	<p>ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)</p> <p>可視近赤外放射計 (VNIR)</p> <p>空間分解能 : 15m</p> <p>バンド 1 : 0.52 - 0.60 マイクロメータ</p> <p>バンド 2 : 0.63 - 0.69 マイクロメータ</p> <p>バンド 3 : 0.78 - 0.86 マイクロメータ</p> <p>短波長赤外放射計 (SWIR)</p> <p>空間分解能 : 30m</p> <p>バンド 4 : 1.600 - 1.700 マイクロメータ</p> <p>バンド 5 : 2.145 - 2.185 マイクロメータ</p> <p>バンド 6 : 2.185 - 2.225 マイクロメータ</p> <p>バンド 7 : 2.235 - 2.285 マイクロメータ</p> <p>バンド 8 : 2.295 - 2.365 マイクロメータ</p> <p>バンド 9 : 2.360 - 2.430 マイクロメータ</p> <p>熱赤外放射計 (TIR)</p> <p>空間分解能 : 90m</p> <p>バンド 10 : 8.125 - 8.475 マイクロメータ</p> <p>バンド 11 : 8.475 - 8.825 マイクロメータ</p> <p>バンド 12 : 8.925 - 9.275 マイクロメータ</p> <p>バンド 13 : 10.25 - 10.95 マイクロメータ</p> <p>バンド 14 : 10.95 - 11.65 マイクロメータ</p>

出典 : TERRA/ASTER 資料

表 9. 2. 3 ENVISAT/ASAR の諸元

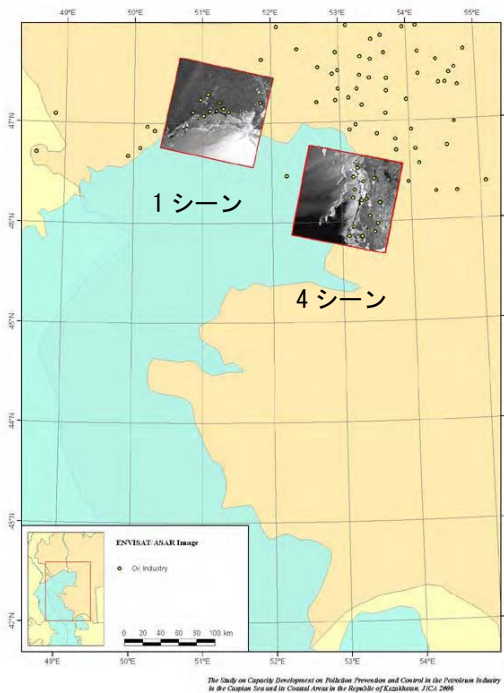
衛星高度	800km
軌道	太陽周期準回帰軌道
回帰日数	35 日
打ち上げ年	2002 年
センサ種別	レーダ・センサ (能動型センサ)
センサ	<p>ASAR</p> <p>空間分解能 : 12.5m~25m (イメージモード、多偏波モード)</p> <p>150m (広域モード)</p> <p>C バンド合成開口レーダ : 5.331GHz (5.62cm)</p>

出典 : ENVISAT/ASAR 資料



出典：JICA 調査団

図 9.2.1 使用シーン位置図 (TERRA/ASTER)



出典：JICA 調査団

図 9.2.2 使用シーン位置図 (ENVISAT/ASAR)

表 9.2.4 使用シーソー覧 (TERRA/ASTER)

	グラニュール ID	取得日	処理レベル
1	ASTL1B 0309270735020610020049	2003/09/27	1B
2	ASTL1B 0309270734530610020050	2003/09/27	1B
3	ASTL1B 0309270734440610020062	2003/09/27	1B
4	ASTL1B 0309270734350610020063	2003/09/27	1B
5	ASTL1B 0209240736170610020064	2002/09/24	1B
6	ASTL1B 0109210741270610020065	2001/09/21	1B
7	ASTL1B 0109210741180610020066	2001/09/21	1B
8	ASTL1B 0109210741090610020061	2001/09/21	1B
9	ASTL1B 0109210741000610020067	2001/09/21	1B
10	ASTL1B 0411160734110610020068	2004/11/16	1B
11	ASTL1B 0411160734020610020051	2004/11/16	1B
12	ASTL1B 0508220740190610020052	2005/08/22	1B
13	ASTL1B 0508220740100610020053	2005/08/22	1B
14	ASTL1B 0407110734370610020054	2004/07/11	1B
15	ASTL1B 0304200735180610020055	2003/04/20	1B
16	ASTL1B 0408210729080610020056	2004/08/21	1B
17	ASTL1B 0408210728590610020057	2004/08/21	1B
18	ASTL1B 0207310730270610020058	2002/07/31	1B
19	ASTL1B 0205120730200610020059	2002/05/12	1B
20	ASTL1B 0406250735270610020060	2004/06/25	1B

出典：TERRA/ASTER 資料

表 9.2.5 使用シーソー覧 (ENVISAT/ASAR)

	グラニュール ID	取得日	処理レベル
1	ASA_IMP_1PNUPA20060504_065641_000000152047_00235_21832_0163.N1	2006/05/04	PRI
2	ASA_IMP_1PNUPA20060517_064819_000000152047_00421_22018_0162.N1	2006/05/17	PRI
3	ASA_IMP_1PNUPA20060830_064821_000000152050_00421_23521_0161.N1	2006/08/30	PRI
4	ASA_IMG_1PNDPA20061004_064822_000000152051_00421_24022_1754.N1	2006/10/04	GEC
5	ASA_IMG_1PNDPA20061108_064823_000000152052_00421_24022_1743.N1	2006/11/08	GEC

出典：JICA 調査団

(3) 衛星画像処理・解析の基礎

衛星画像処理・解析技術の基礎となるリモート・センシング技術の原理についての技術移転を実施した。技術移転の内容は以下の通りである。

- ・ リモート・センシング技術の原理
- ・ 電磁波の種類および特徴
- ・ 受動型センサ（光学センサ）
- ・ 能動型センサ（レーダ・センサ）
- ・ 衛星画像データの特徴

(4) 環境管理分野における応用事例の紹介

衛星画像処理・解析の環境管理分野における応用事例として、環境・防災関連の研究事例の紹介を行った。技術移転において紹介した研究事例は以下の通りである。

- 海水温、濁度および水中クロロフィル・モニタリング
- 底質指数（サンゴ礁モニタリング）
- 植生－土壌－水分指数
- 森林分類
- 火山における硫黄酸化物および温度モニタリング
- 森林火災モニタリング
- 洪水・土石流モニタリング
- 地震被害モニタリング
- 油流出事故モニタリング
- 油田における汚染土壌抽出・分類
- 水資源開発における衛星画像処理・解析手法の適用

(5) 衛星画像データ検索および購入方法

インターネットを利用した TERRA/ASTER データおよび ENVISAT/ASAR データの検索方法およびデータ購入方法についての技術移転を実施した。

TERRA/ASTER データは、日本の財団法人資源・環境観測解析センター（Earth Remote Sensing Data Analysis Center: ERSDAC）より配布されており、ERSDAC の ASTER 地上データシステム（ASTER Ground Data System: ASTER GDS）ホームページにおいて検索および購入することが可能である。

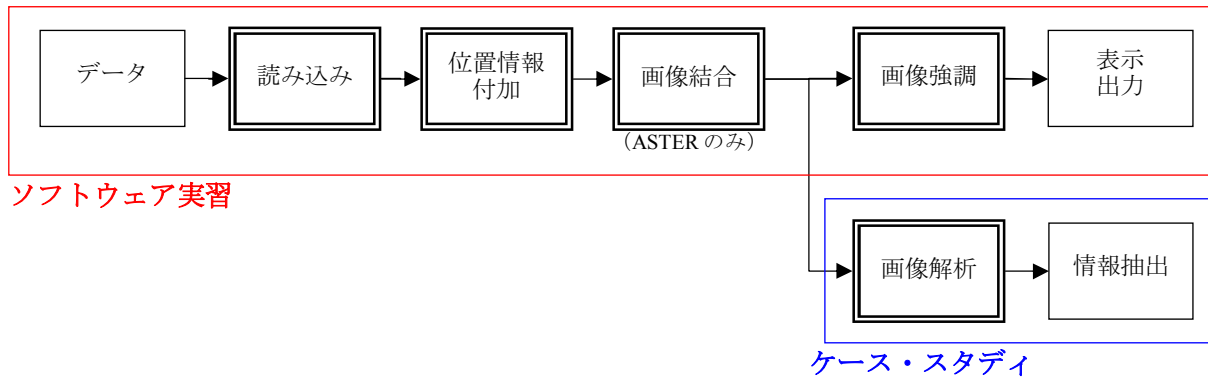
ENVISAT/ASAR データは、ESA の衛星画像データ検索サイトである「EOLI-WEB」において検索および購入が可能である。

両ホームページのアドレスは以下の通りである。

- ERSDAC ASTER 地上データシステム
<http://imsweb.aster.ersdac.or.jp/ims/html/MainMenu/MainMenu.html>
- ESA EOLI-WEB
<http://eoli.esa.int/servlets/template/welcome/entryPage2.vm>

(6) ソフトウェア実習

導入した衛星画像処理・解析システムを用い、衛星画像処理に関するソフトウェア実習を実施した。ソフトウェア実習においては、衛星画像処理の最も基礎的な過程である画像データの読み込み（インポート）、画像データへの位置情報付加（ジオコーディング）、複数の画像データの結合（モザイク）および画像強調処理に関する技術移転を実施した。衛星画像処理・解析のフローチャートを図 9.2.3 に示す。



出典：JICA 調査団

図 9.2.3 衛星画像処理・解析のフローチャート

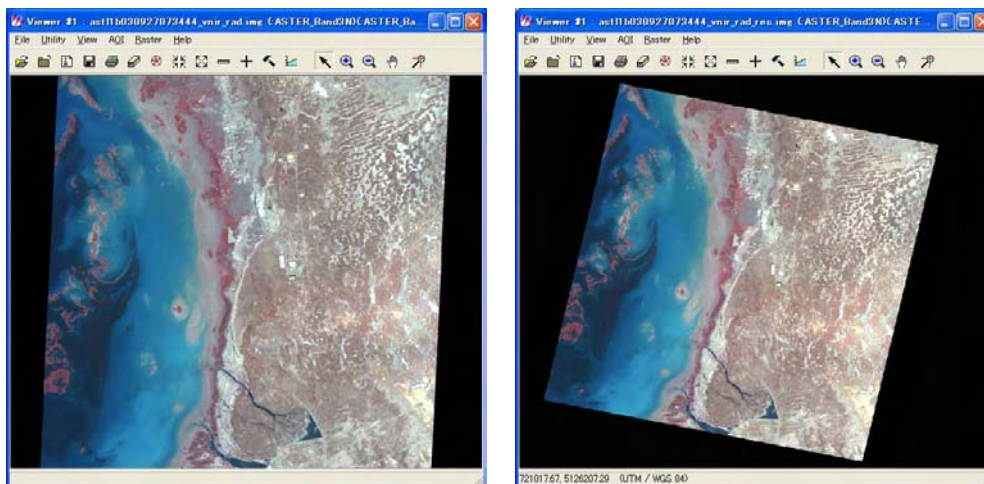
1) TERRA/ASTER データの読み込み（インポート）

TERRA/ASTER データは HDF (hierarchical data format) 形式ファイルで ERSDAC より配布される。HDF 形式は名前の通り階層構造を呈しており、ヘッダー・ファイル（画像データに関する基礎情報）および各バンドの画像データが階層別に保管されている。

ERDAS IMAGINE のインポート・ツールは HDF 形式ファイルを直接読み込むことが可能であり、8bit もしくは 12bit バイナリ・データとして保管されている画像データを ERDAS IMAGINE 独自の画像ファイル形式に変換する。また、ヘッダー・ファイル中の位置情報（画像上の約 120 点における緯度経度）も読み込むことが可能であり、ERDAS IMAGINE 独自の位置情報ファイル（ground control point file: GCP file）を作成する。

2) TERRA/ASTER データへの位置情報付加（ジオコーディング）

ERDAS IMAGINE の幾何補正ツールは、作成した位置情報ファイルを用いて画像データに位置情報を付加することが可能である。ERDAS IMAGINE は様々な幾何補正モデルおよびリサンプリング手法をサポートするが、今回の技術移転においては、幾何補正モデルは多項式 (polynomial) を、リサンプリング手法は最近傍法 (nearest neighbour) を使用した (図 9.2.4)。



インポートした TERRA/ASTER 画像
(位置情報なし)

ジオコーディング済み画像

出典：JICA 調査団

図 9.2.4 ジオコーディング結果

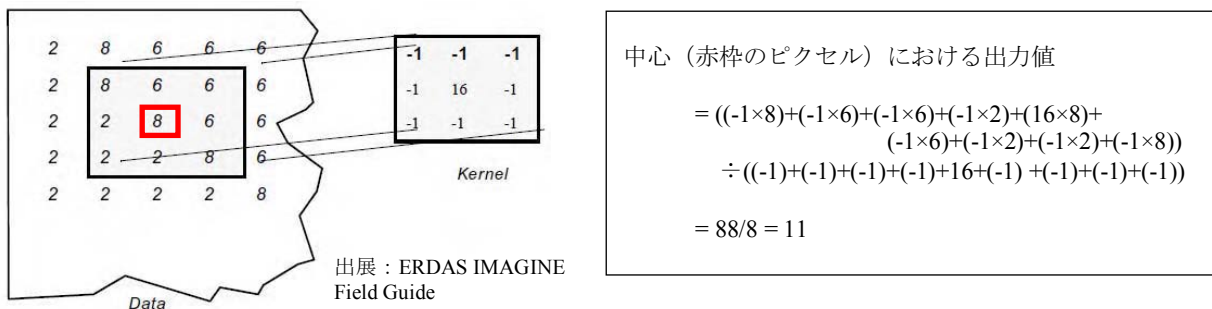
TERRA/ASTER レベル 1B データは既に地図投影の処理が施されており、購入の際に地図投影および準拠楕円体を指定することが出来る。今回の使用した TERRA/ASTER データは、ユニバーサル横メルカトル図法 (Universal Transverse Mercator: UTM) ゾーン 39 および世界測地系 1984 (World Geodetic System 1984: WGS84) に投影されている。

3) TERRA/ASTER データの画像結合処理 (モザイク)

ERDAS IMAGINE のモザイク・ツールは、隣接する複数の画像データをデジタル画像処理により結合することができる。同一日に取得された (連続的に取得された) 画像データは、データ取得時の地表状況や大気の状態がほぼ同じため、画像結合することは容易である。一方、取得日が異なるデータを結合する場合には、データ取得時の状況が異なるため、画像結合時に画像間の色調調整処理 (ヒストグラム・マッチング、カラー・バランス等) が必要となる。

4) TERRA/ASTER データの画像強調処理

ERDAS IMAGINE は様々な空間周波数フィルタリング (spatial frequency filtering) をサポートしている。空間周波数フィルタリングは、畳み込みマトリクス (convolution matrix もしくは kernel) を用いて画像の空間周波数を変化させる手法であり、衛星画像処理において最も一般的な空間周波数フィルタリングはエッジ強調 (edge enhancement) である (図 9.2.5)。エッジ強調は画像を先鋭化する手法であり、水系や稜線、土地被覆境界、人工構造物などの情報抽出に適している。



Concept of Spatial Frequency

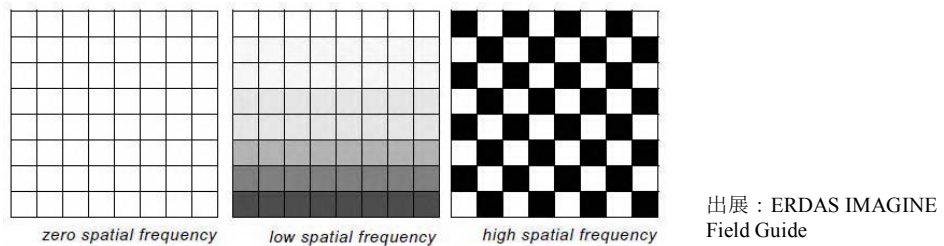


図 9.2.5 畳み込みマトリクスによる空間周波数フィルタリング

5) ENVISAT/ASAR データの読み込み (インポート)

ENVISAT/ASAR データは MPH/SPH (main product header/specific product header) 形式ファイルで ESA より配布される。ERDAS IMAGINE は MPH/SPH 形式ファイルを直接読み込むことが出来ないため、ESA が提供する無償ソフトウェア「BEST 4.03」(以下、BEST) を使用し、一旦画像データを TIFF 形式ファイルに変換する。その後、ERDAS

IMAGINE のインポート・ツールによって、ERDAS IMAGINE 独自の画像ファイル形式に変換する。

6) ENVISAT/ASAR データへの位置情報付加（ジオコーディング）

BEST は MPH/SPH 形式ファイルのヘッダー・ファイルを解析することが可能である。ヘッダー・ファイルより抽出した位置情報（画像の四隅における緯度経度）を元に、ERDAS IMAGINE の幾何補正ツールを用いて画像ファイルに位置情報を付加する。

なお、ENVISAT/ASAR PRI データも既に地図投影の処理が施されており、今回使用した ENVISAT/ASAR データは UTM ゾーン 39 におよび WGS84 に投影されている。

7) ENVISAT/ASAR データの画像強調処理

ENVISAT/ASAR データを始めとするレーダ・センサのデータには、スペckル・ノイズ（speckle noise）と呼ばれる胡麻塩状のランダムなノイズが含まれる。ERDAS IMAGINE にはスペckル・ノイズを低減するための様々な空間周波数フィルタリングが用意されているが、今回の技術移転においては最もシンプルな中間値フィルタ（median filter）を適用した。

(7) ケース・スタディ

ケース・スタディとして、北部カスピ海およびその沿岸域を対象に、TERRA/ASTER および ENVISAT/ASAR データを用いた衛星画像解析による油汚染および環境情報の抽出を実施した。ケース・スタディで適用した衛星画像解析手法は以下の通りである。

TERRA/ASTER

- カラー合成画像
- 正規化植生指数
- 植生－土壌－水分指数
- 多チャンネル海水温推定法

ENVISAT/ASAR

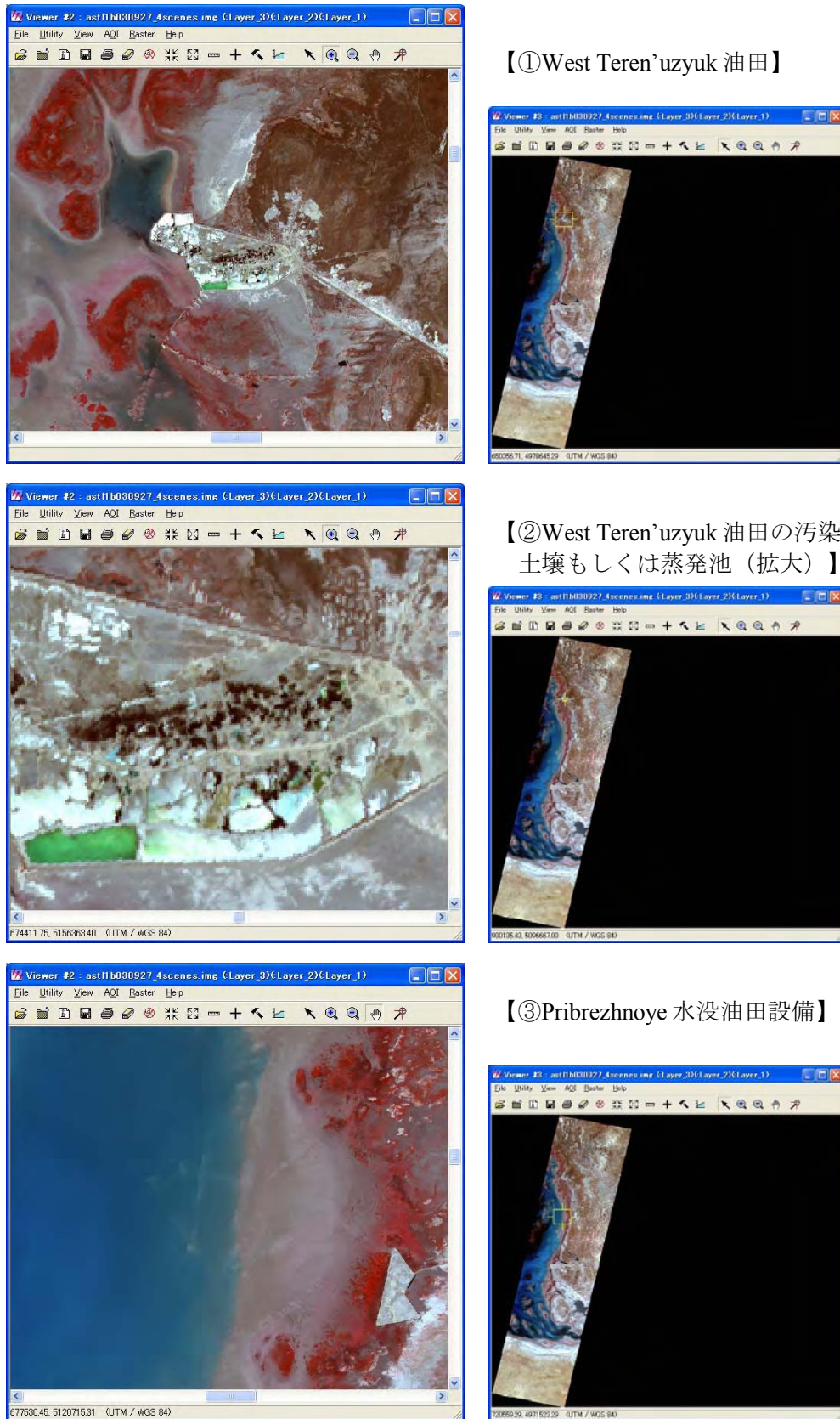
- 水没油田施設からの油流出モニタリング

各衛星画像解析の結果を以下に示す。

1) カラー合成画像

複数の観測波長帯（バンド）を持つ光学センサのデータの内、任意の 3 バンドの輝度値分布（白黒画像）に青、緑、赤の 3 色を割り当て、カラー画像を合成する手法をカラー合成（color composite）と呼ぶ。

ケース・スタディにおいては TERRA/ASTER のバンド 1 データに青を、バンド 2 に緑を、バンド 3 に赤を割り当て（通常「B:G:R=1:2:3」と表現する）カラー合成画像を作成した。このバンド組み合わせで合成された画像を「フォールス・カラー画像」と呼び、この画像において植生は赤色に、水域は黒～青色に、土壌や人工物は白色に発色する。対象地域で見られる特徴ある画像を図 9.2.6 に、画像判読の結果を以下に示す。



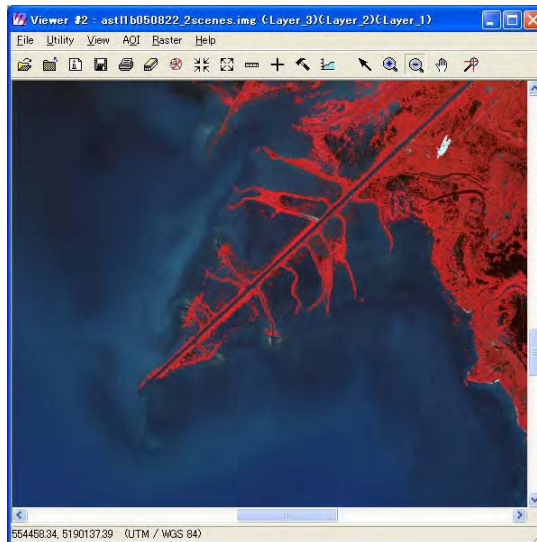
【①West Teren'uz'yuk 油田】

【②West Teren'uz'yuk 油田の汚染 土壌もしくは蒸発池 (拡大)】

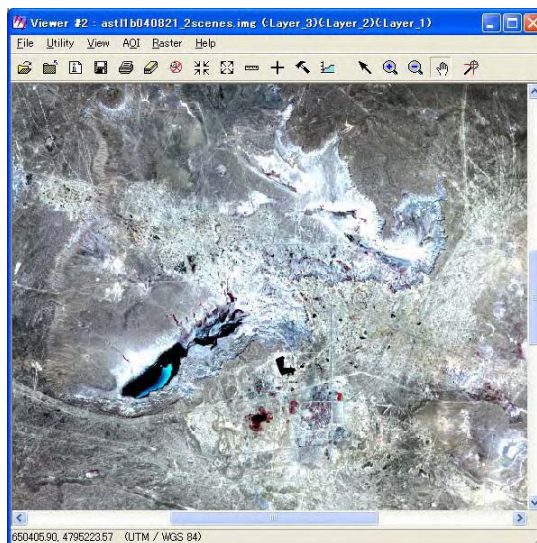
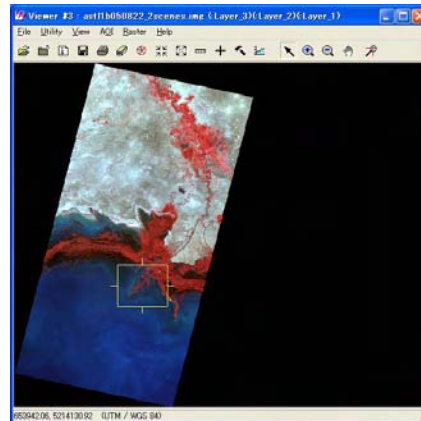
【③Pribrezhnoye 水没油田設備】

出典：JICA 調査団

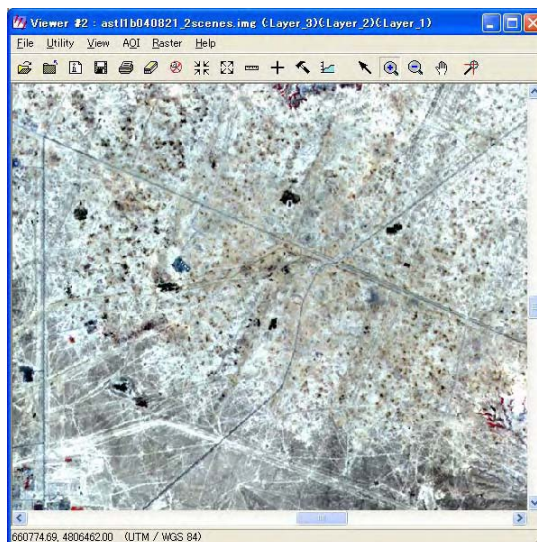
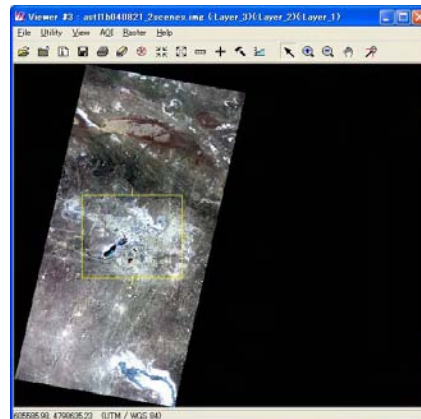
図 9.2.6 TERRA/ASTER カラー合成画像 (1)



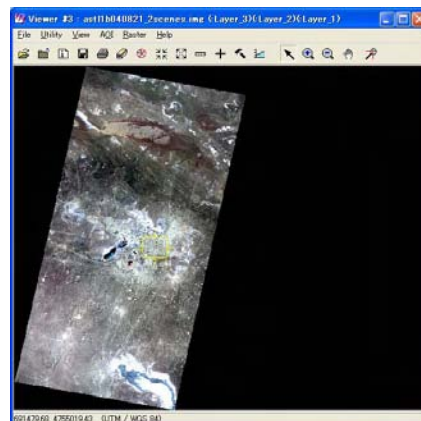
【④ウラル川デルタの海色変化】



【⑤Uzen 油田】



【⑥Uzen 油田の汚染土壌（拡大）】



出典：JICA 調査団

図 9. 2. 6 TERRA/ASTER カラー合成画像 (2)

①および② West Teren'uzyuk 油田

カラー合成画像より油田周辺に水位上昇対策のための堤防が築かれていることを確認することができる。油田内には暗色～褐色に発色するピクセルが多数分布するが、汚染土壌もしくは蒸発池を示している可能性がある（アティラウ環境保護局長および環境保護省情報・分析センターより本地域の土壌は非常に汚染されているとのコメントあり）。

③ Pribrezhnoye 水没油田施設

水没している油田設備に関連すると思われる直線状もしくは円状の盛土や、陸域と油田施設を連絡する道路などを確認することができる。本地域ではたびたび油流出事故が発生しているが、今回作成したカラー合成画像において油流出を確認することはできない。

④ ウラル川デルタの海色変化

ウラル川河口付近に広く分布する葦原は活性度が高く濃い赤色に発色する。運河の先端部の海色は暗色～青色～乳白色に変化しており、河川水の流入による濁度の変化もしくは水深の変化を表している可能性がある。

⑤および⑥ Uzen 油田

カラー合成画像より多くの生産施設や蒸発池などが確認される。拡大画像において褐色に発色するピクセルが多数分布するが、これらは汚染土壌を表していると考えられる。なお、平成 13 年度に ERSDAC が Uzen 油田で実施した現地調査によると、画像上の褐色部と汚染土壌の分布が良く一致することが明らかになっている。

2) 正規化植生指数

植生は TERRA/ASTER のバンド 2 において吸収を、バンド 3 において強い反射を示すという特徴を持つ（図 9.2.7）。植生指数（Vegetation Index: VI）はバンド 2 および 3 の輝度値の比を求める（バンド 3 の輝度値 ÷ バンド 2 の輝度値）ことによって、植生の有無や量、活性度の違いを求める手法である。

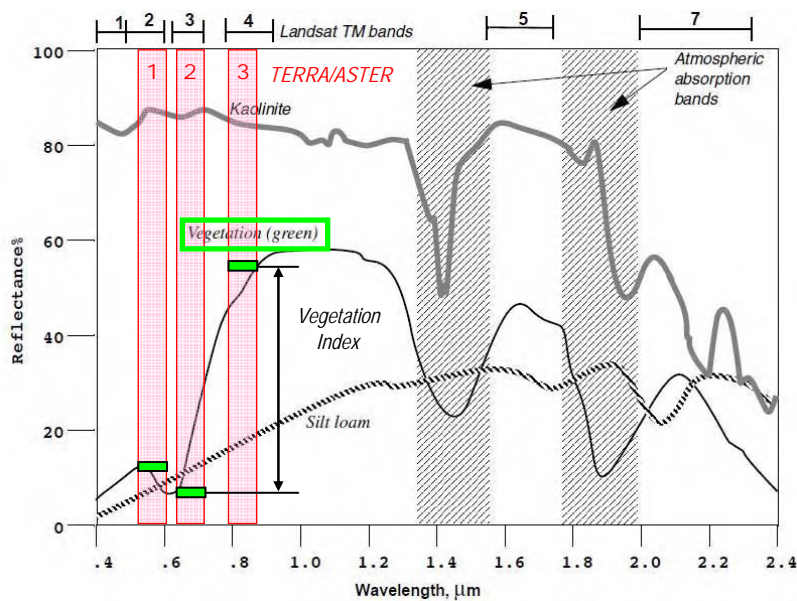
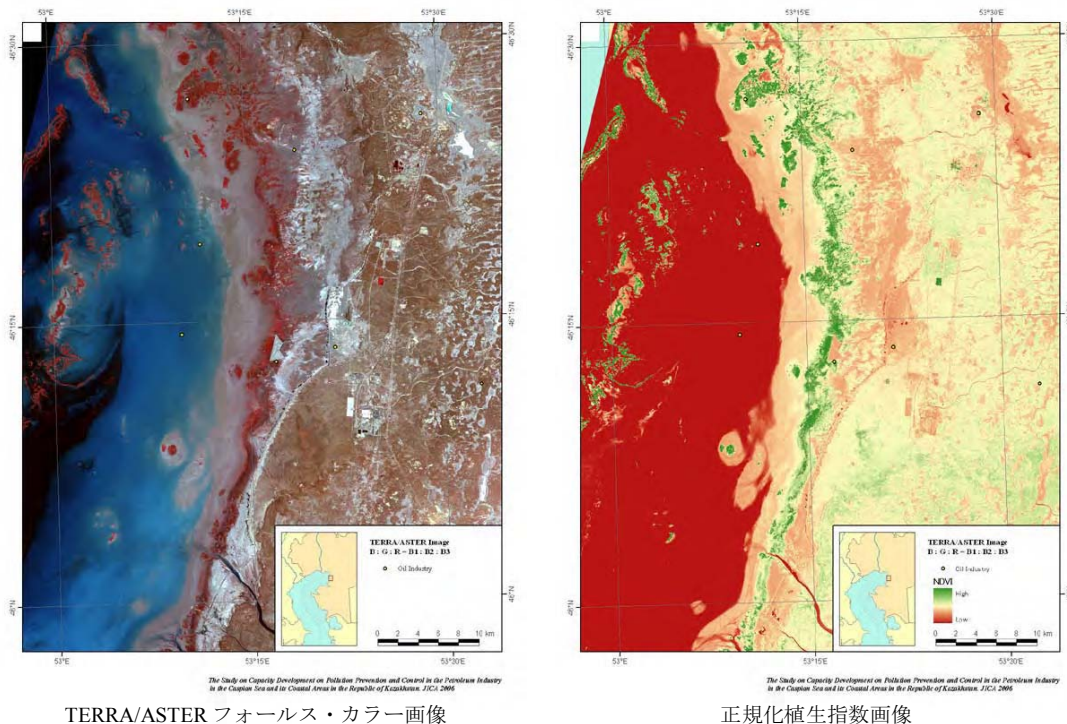


図 9.2.7 植生指数の原理

代表的な植生指数に正規化植生指数（Normalized Difference Vegetation Index: NDVI）があり、以下の式で求めることができる。

$$NDVI = \frac{R_{band3} - R_{band2}}{R_{band3} + R_{band2}}$$

ここで、 R_{band3} は TERRA/ASTER のバンド 3 における輝度値、 R_{band2} はバンド 2 における輝度値である。Tengiz 周辺の TERRA/ASTER データより算出した正規化植生指数画像を図 9.2.8 に示す。植生指数画像において、緑色のピクセルは植生が多いもしくは活性度の高い地域であり、黄色～茶色のピクセルは植生が少ない地域である。海岸線沿いおよび海中に濃い緑色のエリアが見られるがこれは葦原を表している。内陸部は一般的に植生が少ないが、河川沿いなどの一部において植生が繁茂していることが確認される。



出典：JICA 調査団

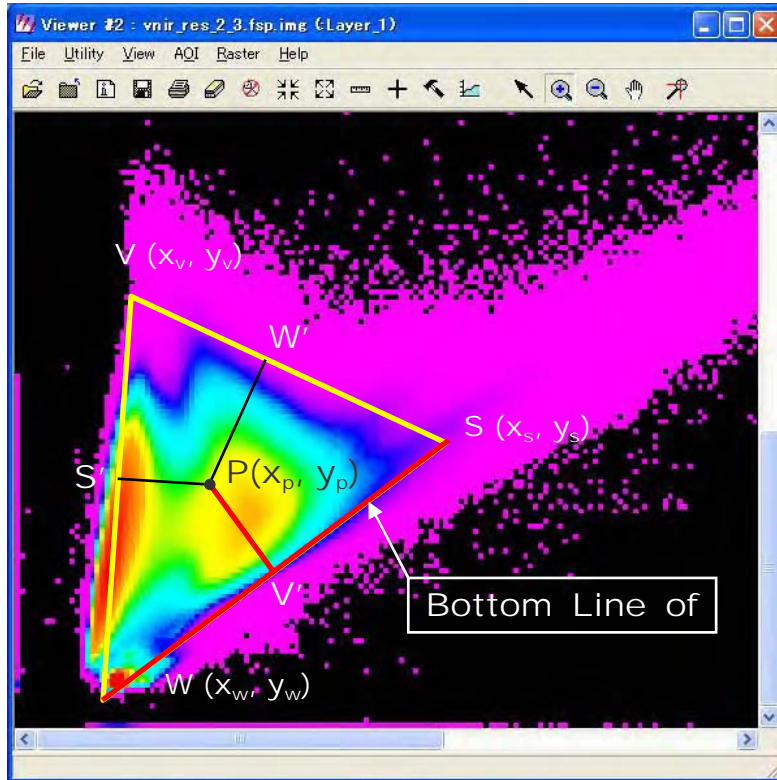
図 9.2.8 Tengiz 油田周辺の正規化植生指数画像

3) 植生－土壤－水分指数

植生－土壤－水分指数（vegetation – soil – water index: VSW index）は植生指数の考え方をさらに発展させた手法であり、TERRA/ASTER データのバンド 2 および 3 の輝度値を用いて、あるピクセルにおける植生－土壤－水分の含有率を求めることができる。

一般に衛星画像の空間分解能は 10m～30m 程度であるため、一つのピクセルの中には様々な要素の情報が混在している（例えば植生、土壤、岩石、水分、人口建造物など）。このように様々な要素が混在する状態をミクセル（mixel）と呼び、ミクセルを構成する各要素をエンド・メンバー（end member）と呼ぶ。植生－土壤－水分指数はミクセルから植生－土壤－水分の各エンド・メンバーの比率を抽出する手法であり、このような手法を一般的にアンミキシング（unmixing）と呼ぶ。

TERRA/ASTER データのバンド 2 および 3 の輝度値より散布図を作成すると、大半のピクセルは三角形の領域の内側にプロットされる (図 9.2.9)。この三角形の各頂点が植生-土壌-水分の各エンド・メンバーに対応し、言い換えるとこれらのエンド・メンバーは純粋な植生、土壌、水より構成されるピクセルである。三角形の内側にプロットされるピクセルは三要素が混在するミクセルであり、各エンド・メンバーまでの距離の比を求めることにより、三要素の含有率を算出することができる。ウラル川河口周辺の TERRA/ASTER データより算出した植生-土壌-水分指数画像を図 9.2.10 に示す。



Bottom Line of Vegetation (S-W): $ax + by + c = 0$
 $a: y_s - y_w \quad b: x_w - x_s \quad c: y_s * (x_s - x_w) + x_s * (y_w - y_s)$

Bottom Line of Soil (V-W): $ax + by + c = 0$
 $a: y_v - y_w \quad b: x_w - x_v \quad c: y_v * (x_v - x_w) + x_v * (y_w - y_v)$

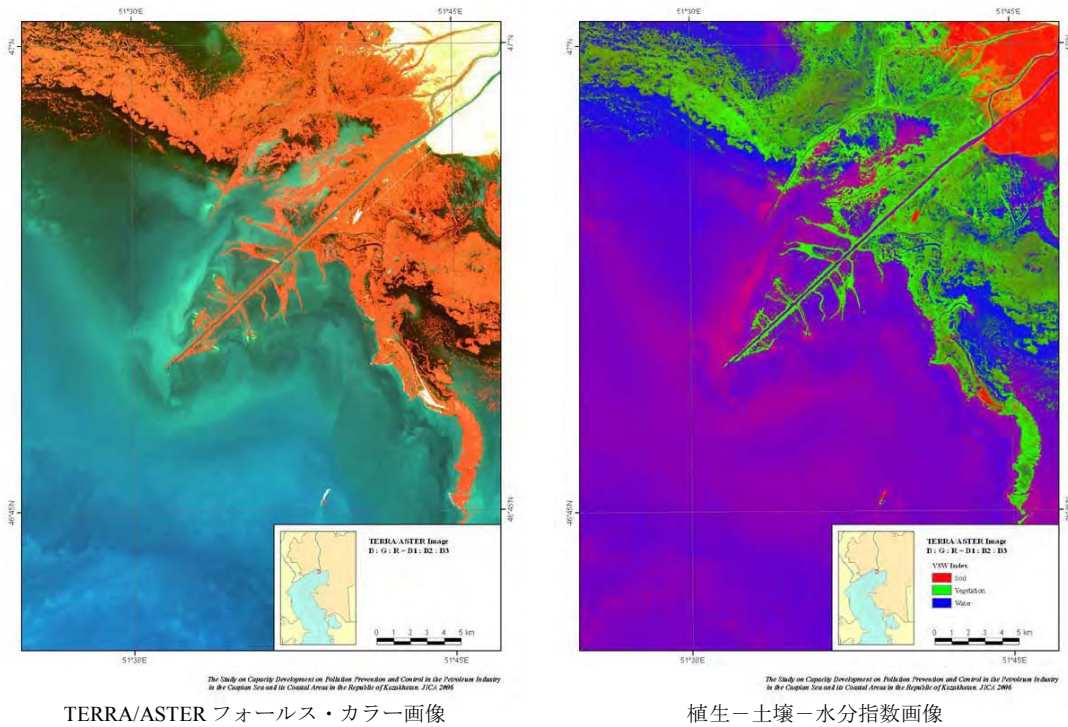
Bottom Line of Water (V-S): $ax + by + c = 0$
 $a: y_v - y_s \quad b: x_s - x_v \quad c: y_v * (x_v - x_s) + x_v * (y_s - y_v)$

Distance between P (x_p, y_p) and Bottom Line of X
 $= PX' = \text{sqrt} [(a * x_p + b * y_p + c)^2 / (a + b)^2]$

VSW Index of P (x_p, y_p)
 Band 1: $PW' / (PV' + PS' + PW') * 100$
 Band 2: $PV' / (PV' + PS' + PW') * 100$
 Band 3: $PS' / (PV' + PS' + PW') * 100$
 Band 1 + Band 2 + Band 3 = 100%

出典：JICA 調査団

図 9.2.9 植生-土壌-水分指数算出の原理



TERRA/ASTER フォールス・カラー画像

植生－土壌－水分指数画像

出典：JICA 調査団

図 9.2.10 ウラル川河口周辺の植生－土壌－水分指数画像

植生－土壌－水分指数画像において、赤色のピクセルは土壌、緑色のピクセルは植生、青色のピクセルは水分のエンド・メンバーを示す。海域において青色～紫色～赤紫色に変化する部分は土壌成分の増加を意味しており、河川水の流入による懸濁もしくは底質を表していると考えられる。また、葦の分布域においては色調が緑色～青緑色に変化しているがこれは植生被覆率の違いを表している。つまり、葦の被覆が密な場所では植生成分（緑色）が高く、被覆率が下がるにつれて水分成分（青色）が増加するためである。

4) 多チャンネル海水温推定法

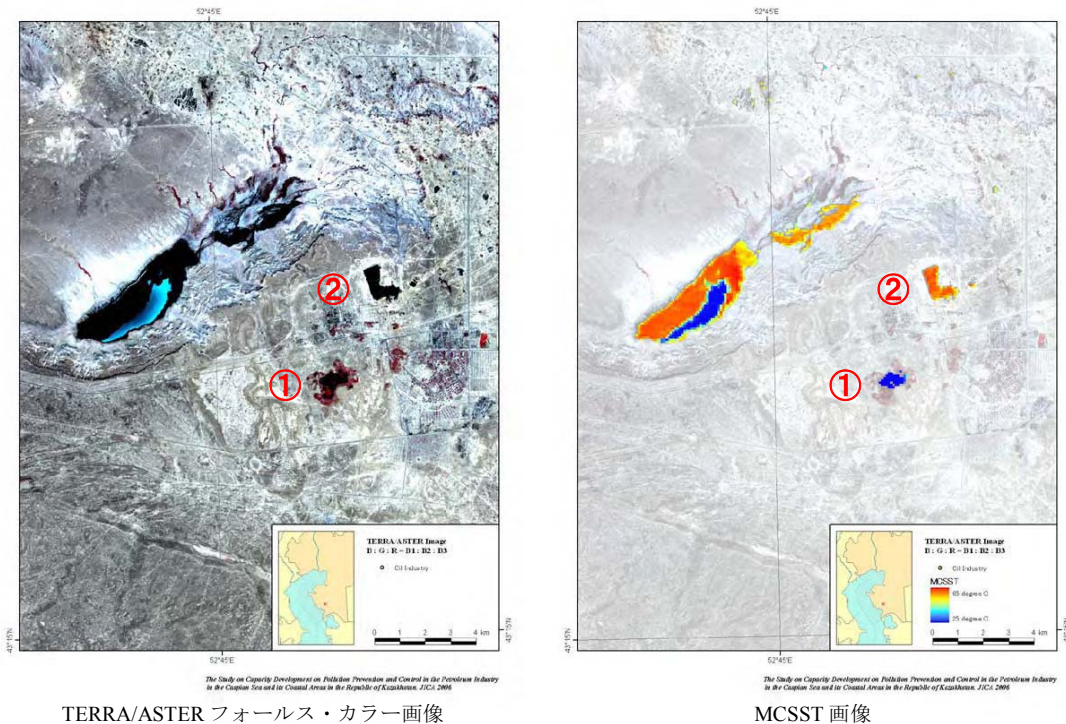
多チャンネル海水温推定法（multi channel sea surface temperature）は、複数の熱赤外バンドの輝度温度を利用することによって大気の影響を軽減し、簡易的に海水温を推定する手法である。輝度温度は以下の式で求めることができる。

$$RT_x = \frac{C_2}{\lambda \ln\left(\frac{C_1}{\lambda^5 \times R_x} + 1\right)}$$

ここで RT_x は x バンドにおける輝度温度、 R_x は放射輝度 ($W/m^2/sr/mm$)、 λ は中心波長 (mm)、 C_1 と C_2 は定数でそれぞれ 1.191×10^8 、 1.439×10^4 である。TERRA/ASTER の熱赤外バンドを使用した MCSST は以下の式で求めることができる。

$$MCSST_{ASTER} = 1.16 - 1.07 \times RT_{10} + 0.49 \times RT_{11} + 1.13 \times RT_{12} + 0.78 \times RT_{13} + 0.32 \times RT_{14}$$

ここで $MCSST_{ASTER}$ は TERRA/ASTER データより推定した海面水温である。Uzen 油田周辺の TERRA/ASTER データより算出した MCSST 画像を図 9.2.11 に示す。



出典：JICA 調査団

図 9.2.11 Uzen 油田における MCSST 画像

図 9.2.11 の MCSST 画像は Uzen 油田の蒸発池の水温を算出したものである。MCSST 画像において青色のピクセルは低温、黄色～赤色のピクセルは高温を示す。本地域には 4 つの大きな蒸発池が存在するが、それらの水温は低温から高温まで変化に富んでいる。特に、オリジナル画像において①および②の蒸発池の水面は共に黒色に発色しているが、MCSST 画像においては①は低温を、②は高温を示す。この水温の変化は、①は清水であり、②は水面を油膜に覆われているためと考えることができる。

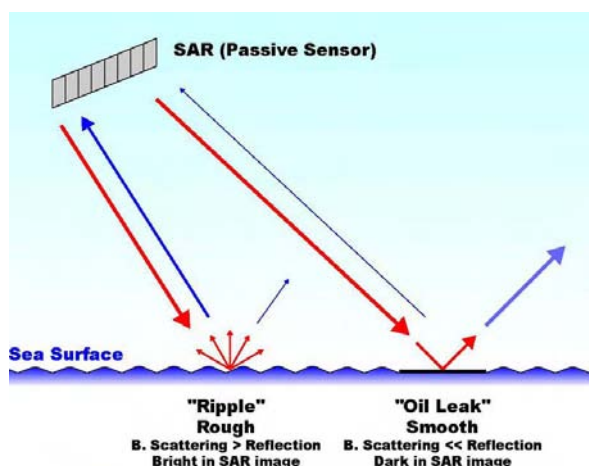
5) 水没油田施設からの油流出モニタリング

レーダ・センサ（能動型センサ）はセンサ自ら電磁波を対象物（地表）に向けて照射し、対象物で散乱・反射する電磁波のうち、センサ方向に戻ってくる電磁波を観測する。対象物で電磁波が散乱し、センサ方向に伝播することを後方散乱（backscattering）と呼び、その強度を後方散乱係数（backscattering coefficient）呼ぶ。後方散乱は対象物の粗度（roughness）に依存しており、対象物の表面が粗い場合には電磁波の後方散乱が多くなり（反射が少なくなり）、表面が平滑な場合には電磁波の後方散乱が少なくなる（反射が多くなる）。

レーダ・センサを用いた油流出モニタリングの原理を図 9.2.12 に示す。波が立っている海域では海面は粗い状態と見なすことができ、電磁波の後方散乱が多くなるため画像上では明るく発色する。一方、風（風のない）の海域では海面は平滑な状態と見なすことができ、電磁波の後方散乱が少なくなるため画像上では暗く発色する。

小波が立った状態（風速 0.5m～5.0m/秒）で油流出や自然湧出などによりオイル・スリックが発達すると、オイル・スリックの分布域は波の発生が抑えられ、海面が平滑な状態となる。したがって、画像上におけるオイル・スリック分布域は周辺の明るい部分（小波が立っている部分）と比較すると暗いピクセルとして表現されるため、両者を区別することが可能となる。なお、強風の状態ではオイル・スリックは消滅してしまうためモ

ニタリングすることは不可能である。また、風の状態では海域およびオイル・スリック分布域ともに後方散乱が押さえられるため、両者を区別することは困難となる。



出典：JICA 調査団

図 9.2.12 レーダ・センサによる油流出モニタリングの原理

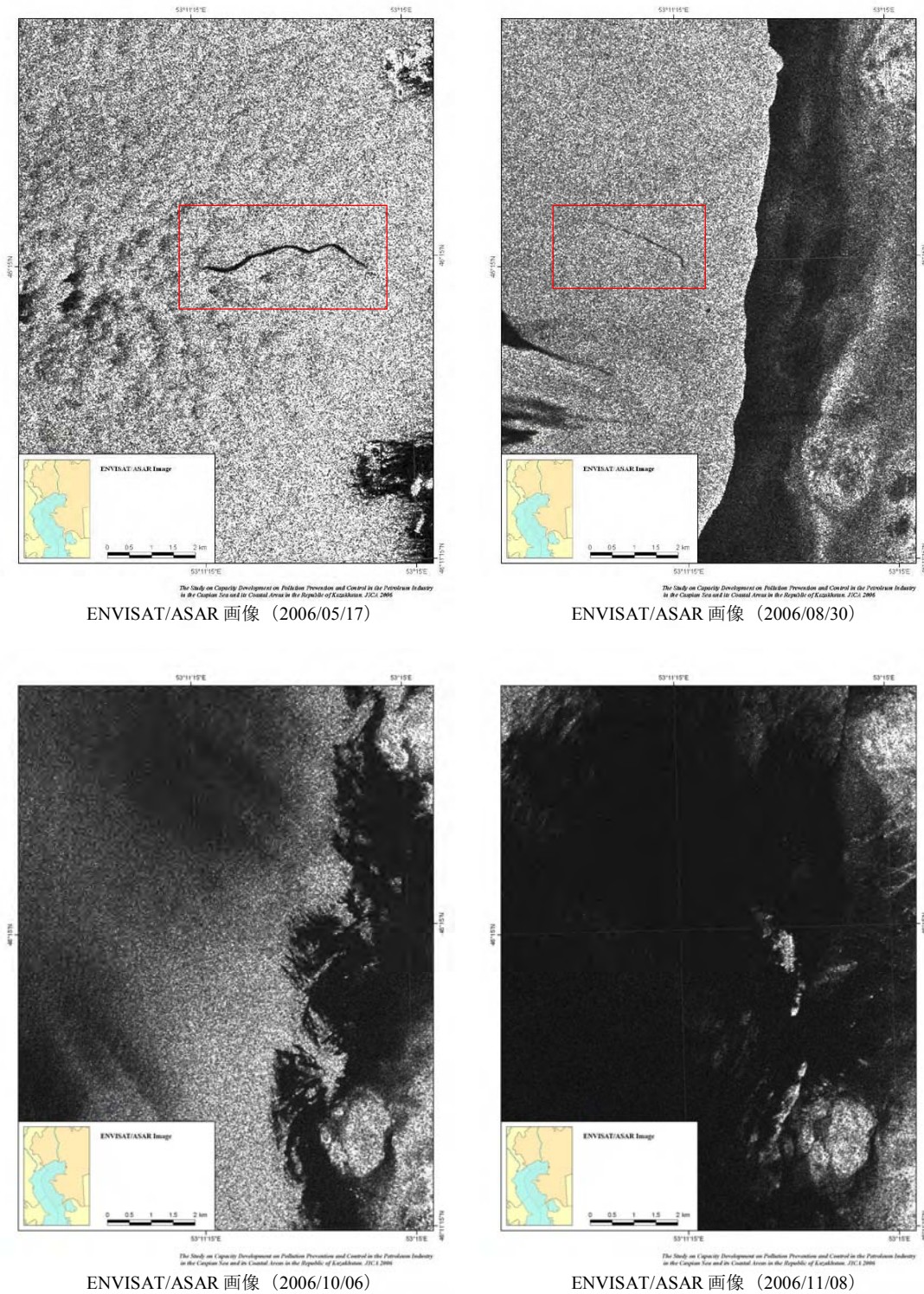
ケース・スタディでは、2006 年 5 月頃に油流出事故が発生した Pribrezhnoye 水没油田施設周辺の 4 時期の ENVISAT/ASAR データを用い、油流出事故に関連する流出油の抽出およびモニタリングを試みた。使用したデータの取得時期およびモニタリング事項を表 9.2.6 に示す。

表 9.2.6 ENVISAT/ASAR 取得時期およびモニタリング事項

データ取得時期	モニタリング事項および油流出事故に関連するイベント	
	2006 年 4～5 月？	油流出事故発生 油回収および漏洩閉止作業開始
	2006 年 5 月 12 日	非常事態省より事故にプレス・リリース
①2006 年 5 月 17 日	→→→	(モニタリング事項：油流出の拡散状況，汚染源)
	2006 年 6～7 月？	油回収および漏洩閉止作業完了
②2006 年 8 月 30 日	→→→	(モニタリング事項：油回収および漏洩閉止作業後の状況)
③2006 年 10 月 6 日	→→→	(モニタリング事項：油回収および漏洩閉止作業後の状況)
④2006 年 11 月 8 日	→→→	(モニタリング事項：油回収および漏洩閉止作業後の状況)
	2006 年 11 月 10 日	JICA 調査団による現地検証調査

出典：JICA 調査団

Pribrezhnoye 水没油田施設周辺の ENVISAT/ASAR 画像を図 9.2.13 に示す。5 月 17 日および 8 月 30 日の画像の中央部には東西方向に伸長する帯状の暗いピクセルが判読されるが、10 月 6 日の画像においては確認することができない。また、11 月 8 日の画像において海域は暗色に発色しているが、これはデータ取得時の海域が風であることを示しており、本画像を油流出モニタリングに利用することは不可能である。



ENVISAT/ASAR 画像 (2006/05/17)

ENVISAT/ASAR 画像 (2006/08/30)

ENVISAT/ASAR 画像 (2006/10/06)

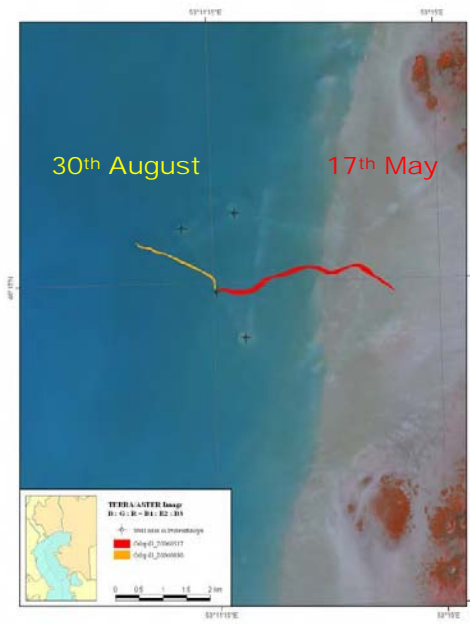
ENVISAT/ASAR 画像 (2006/11/08)

出典：JICA 調査団

図 9.2.13 Pribrezhnoye 水没油田施設周辺の ENVISAT/ASAR 画像

暗色部と水没油田施設との位置関係を確認するために、ENVISAT/ASAR 画像と TERRA/ASTER 画像の比較を行った。ENVISAT/ASAR 画像より抽出した暗色部（赤色と黄色のポリゴン、赤色は 5 月 17 日、黄色は 8 月 30 日）と TERRA/ASTER 画像より抽出した水没油田施設（黒の十字）を TERRA/ASTER 画像上に重ね合わせた（図 9.2.14）。

比較の結果、二時期の画像で見られる帯状の暗色部は、水没油田施設と考えられる同一地点を起点として、それぞれ東西両方向に伸長していることが明らかになった（汚染源の特定）。以上の結果より、帯状の暗色部は水没油田施設より流出している油を表現している可能性が非常に高い。5月17日の画像では、流出した油が東向きの風に乗って長さ4.1km、幅70m（最大）にわたって拡散していることが判読される。また、8月30日の画像では、流出した油は西向きの風に乗って長さ2.5km、幅30m（最大）にわたって拡散していることが判読され、流出する油量は減少しながらも3ヶ月以上にわたり油流出が継続していることが確認された。

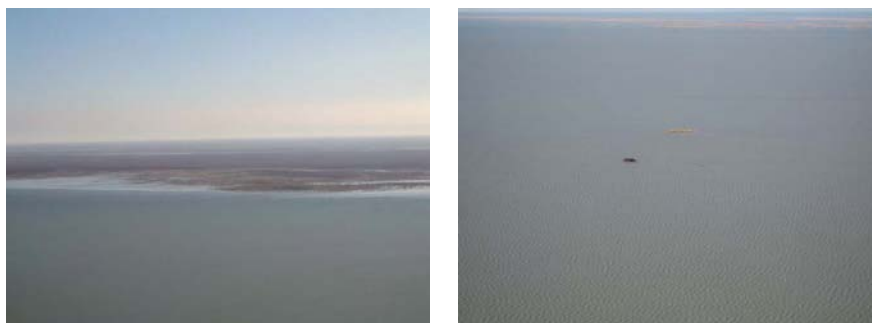


TERRA/ASTER 画像 (2003/09/27)

出典：JICA 調査団

図 9.2.14 油流出モニタリング結果

8月30日の画像から約1ヵ月後、10月6日の画像には帯状の暗色部は認められず、また、11月10日に実施した現地検証調査においても Pribrezhnoye 水没油田施設周辺において油流出は確認されなかった（図 9.2.15）。したがって、油回収および漏洩閉止作業によって油流出は収束したと考えられる。



出典：JICA 調査団

図 9.2.15 現地検証調査結果 (Pribrezhnoye 水没油田施設周辺の状況)

(8) 技術移転の評価

技術移転の評価については、中間時および終了時にアンケートによる評価を実施した。

アンケートの回答によると、衛星画像処理・解析の基礎については参加者全員が「理解している」もしくは「ほぼ理解している」と自己評価している。また、ソフトウェアの操作についても参加者全員が「処理できる」もしくは「マニュアルを見れば処理できる」と自己評価している。参加者は真摯に課題に取り組み、また、講義終了後に自ら処理を行い、処理結果や処理上の問題について質問するなど積極的な姿勢も見られた。

以上より、参加者全員が技術移転の内容についてほぼ理解していると結論づけた。しかし、今回移転した技術を真に習得するためには OJT によって多くのデータを処理・解析し、経験を積むことが重要である。また、処理・解析の原理について深く理解するため、書籍や文献などを購入し、自ら学習する必要がある（講義において学習に最適なロシア語の書籍についての紹介も行った）。

9.2.2 GIS データベース構築

(1) GIS データベース構築および技術移転の概要

水文気象庁本庁（アルマティ）にパーソナル・コンピュータおよび GIS ソフトウェアを導入し、環境情報データベースを構築した。また、環境情報データベースの維持・管理および利用のために必要な GIS 技術に関する技術移転を実施した。

技術移転の対象となるのは衛星画像解析技術同様、水文気象庁情報技術部の職員であるが、アティラウ水文気象センターおよびアティラウ環境保護局における GIS データベースを用いた情報共有を念頭に置き、上記 2 機関においても簡単な技術移転を実施した。技術移転項目は以下の通りである。

- GIS システムの導入
- 環境情報データベース構築
- ソフトウェア実習
- GIS の基礎とその利用法

(2) GIS システム導入

1) パーソナル・コンピュータ

導入した PC のスペックについては「2.5.1 衛星画像解析の技術移転」を参照されたい。

2) GIS ソフトウェア

水文気象庁本庁には GIS ソフトウェアとして ESRI 社の「ArcGIS 9.1」（以下、ArcGIS）を導入した。ArcGIS の主要な機能は以下の通りである。

- ベクタおよびラスター・データ表示
- ベクタ・データ作成
- ジオ・プロセッシング（解析）機能
- レイアウトおよび出力

アティラウ水文気象庁およびアティラウ環境保護局には GIS ソフトウェアとして ESRI 社の「ArcExplorer 2.0」（以下、ArcExplorer）を導入した。ArcExplorer は GIS データベースを閲覧するための無償のビューワーソフトウェアである。ArcExplorer の機能は、ベクタ

およびラスタ・データ表示や簡易検索、印刷などに限定されており、新規のベクタ・データの作成やジオ・プロセッシング（解析）といった高度な機能は有していない。

(3) 環境情報データベース構築

1) データベース構成

本データベースは基図（Basemap）、環境モニタリング（Monitoring）、汚染源（PollutionSource）、環境資源（Resource）の4つのサブ・データベースより構成される。

基図データベースは水文気象庁が作成している1:1,000,000地図情報およびCEPが公開している都市、河川、海岸線、水深の情報より構成される。また、ESRI社が提供している世界地図情報もレイアウトおよび出力の際に利用した。環境モニタリング・データベースは水文気象庁が実施する各種モニタリング結果や、パイロットプロジェクトにおいて実施された環境モニタリング結果などの情報より構成される。汚染源データベースは対象地域に分布する油田や廃棄水没油田施設、石油産業関連施設などの情報より構成される。環境資源データベースは動植物の分布や季節ごとの移動経路、特別保護区、環境脆弱性といったいわゆる保全対象の情報より構成される。

また、これら4つのサブ・データベースのほかに、衛星画像データおよび衛星画像処理・解析結果を現況データおよび基盤情報として使用した。

環境情報データベースの構成を以下に、その詳細を表9.2.7に示す。

- ASTER : TERRA/ASTER 画像およびその処理画像
- Base : CEP, ESRI および Global Mapping Project の地図情報
- ETM+ LANDSAT/ETM+画像およびその処理画像
- ENVISAT : ENVISAT/ASAR 画像およびその処理画像
- GDB : データベース
 - Basemap : アティラウ州の基図データベース
 - Basemap02 : アティラウ州およびマンギスタウ州の基図データベース
 - Monitoring : 環境モニタリング・データベース
 - PollutionSource : 汚染源データベース
 - Resource : 環境資源データベース
- Layer File : レイヤ・ファイル形式（凡例情報）
- Project : プロジェクト・ファイル形式（レイアウト情報）
- Shapes : 投影変換（DD→UTM）したデータベース

表 9.2.7 データベース構造 (1)

フォルダ・GDB	内容	タイプ	投影法
ASTER (AST_[path][row][view][acq.data][sensor][process].img)			
/mcsst	多チャンネル海水温測定法	image	UTM
/mosaic	モザイク画像 (band 1, 2, 3)	image	UTM
/ndvi	正規化植生指数 (NDVI) 画像	image	UTM
/orig	オリジナル画像 (band 1, 2, 3)	image	UTM
/shape	シェープファイル	image	UTM
/vsw	植生－土壌－水分指数 (VSW Index) 画像	image	UTM
Base			
/Caspian	CEP ベクタ・データ	vector	DD
/EsriWorldMap	ESRI ベクタおよびラスタ・データ	vector raster	DD
/GlobalMap	Global Mapping Project ベクタ・データ	vector	DD
ETM (L7_[path][row][acq.data][process].img)			
/mosaic	モザイク画像 (band 1, 2, 3, 4, 5, 7).	image	UTM
/orig	オリジナル画像 (band 1, 2, 3, 4, 5, 7)	image	UTM
/shape	シェープファイル	polygon	UTM
/thermal	温度画像 (band 6)	image	UTM
ENVISAT (ENVI_[track][frame][acq.data][process].img)			
/orig	オリジナル画像	image	UTM
/shape	シェープファイル	polygon	UTM
GDB (Personal Geo Database)			
Basemap.mdb (from 1:1,000,000 Topographic map of Atyrau region, CEP and JICA)			
airport	空港	point	DD
border_regional	行政界 (国境)	line	DD
border_oblast	行政界 (州)	line	DD
cities	都市	point	DD
city_poly	都市 (ポリゴン)	polygon	DD
coastline	海岸線	line	DD
depth_contour	水深	line	DD
island	島	line	DD
island_poly	島 (ポリゴン)	polygon	DD
political_bound	行政界	line	DD
railway	鉄道	line	DD
river	河川	line	DD
road	道路	line	DD
study_area	対象地域	polygon	DD

DD：十進緯度経度、UTM：ユニバーサル横メルカトル図法

出典：JICA 調査団

表 9.2.7 データベース構造 (2)

フォルダ・GDB	内容	タイプ	投影法
GDB (Personal Geo Database)			
Basemap02.mdb (from 1:1,000,000 Topographic Map of Atyrau and Mangistaus region)			
borders	行政界	line	DD
caspian_sea	カスピ海海域	polygon	DD
cities_pointt	都市 (ポイント)	point	DD
cities_poly	大都市 (ポリゴン)	polygon	DD
coastline	海岸線	line	DD
railways	鉄道	line	DD
rivers	河川	line	DD
roads	道路	line	DD
transaquatic_zone	陸域－海域の遷移帯	polygon	DD
Monitoring.mdb (from analysis data of KAZHYDROMET, JICA and CEP)			
air_kzhydro	KAZHYDROMET による大気分析結果	point	DD
air_pp	パイロットプロジェクトによる大気分析結果	point	DD
deposit_kzhydro	KAZHYDROMET による底質分析結果	point	DD
deposit_pp	パイロットプロジェクトによる底質分析結果	point	DD
deposit_CEP_2001	CEP (2001) による底質分析結果	point	DD
soil_kzhydro	KAZHYDROMET による土壌分析結果	point	DD
soil_pp	パイロットプロジェクトによる土壌分析結果	point	DD
water_kzhydro	KAZHYDROMET による水質分析結果	point	DD
water_pp	パイロットプロジェクトによる水質分析結果	point	DD
PollutionSource.mdb (from Resource Map of Atyrau and Mangistaus region, CEP and AgipKCO)			
build_material	建材の鉱山、採石場	point	DD
kashagan_claim	カシャガン (AgipKCO) 鉱区	polygon	DD
kashagan_pipeline_corridor	カシャガン・陸上間パイプライン敷設予定区間	polygon	DD
oil_gas_field	アティラウ州およびマンギスタウ州における油ガス田	point	DD
oil_gas_field_claim	アティラウ州およびマンギスタウ州における鉱区	polygon	DD
oil_gas_field_flooded	アティラウ州およびマンギスタウ州における水没油ガス田	point	DD
pipeline_gas	アティラウ州およびマンギスタウ州におけるガスパイプライン	line	DD
pipeline_oil	アティラウ州およびマンギスタウ州における石油パイプライン	line	DD
pollutant	アティラウ州およびマンギスタウ州における汚染源施設	point	DD
waste	アティラウ州およびマンギスタウ州における廃棄物処理場	point	DD

DD：十進緯度経度、UTM：ユニバーサル横メルカトル図法

出典：JICA 調査団

表 9.2.7 データベース構造 (3)

フォルダ・GDB	内容	タイプ	投影法
GDB (Personal Geo Database)			
Resource.mdb (from reports of AgipKCO, KAAE and TERRA)			
animal_habitat	動物の生息地	point	DD
bird_habitat_point	鳥類の生息地 (ポイント)	point	DD
bird_habitat_poly	鳥類の生息地 (ポリゴン)	polygon	DD
bird_migration_route	鳥類の移動ルート	line	DD
bird_waterfowl_quantity_autumn	秋季における 1 平方キロあたりの水鳥の数	polygon	DD
bird_waterfowl_quantity_summer	夏季における 1 平方キロあたりの水鳥の数	polygon	DD
bird_waterfowl_quantity_winter	冬季における 1 平方キロあたりの水鳥の数	polygon	DD
coastline_1977	1977 年時点での海岸線位置および種類	line	DD
coastline_1997	1997 年時点での海岸線位置および種類	line	DD
coastline_type	海岸線の種類	line	DD
es_coastal_habitat	ESI における海岸線の動物生息域	polygon	DD
es_inland_habitat	ESI における内陸の動物生息域	polygon	DD
fish_habitat	魚類の生息地	point	DD
fish_metal_concentration	魚類への金属の蓄積	polygon	DD
protected_area	環境保護地区	polygon	DD
seal_habitat_summer_autumn	夏季および秋季におけるアザラシの生息地	polygon	DD
seal_habitat_winter_spring	冬季および春季におけるアザラシの生息地	polygon	DD
seal_pupping	冬季におけるアザラシの生育地	polygon	DD
sturgeon_migration_autumn	秋季におけるチョウザメの移動ルート	line	DD
sturgeon_migration_spring	春季におけるチョウザメの移動ルート	line	DD
sturgeon_migration_summer	夏季におけるチョウザメの移動ルート	line	DD
sturgeon_quantity_autumn	秋季におけるトロール漁 (30 分) のチョウザメの漁獲量	polygon	DD
sturgeon_quantity_spring	春季におけるトロール漁 (30 分) のチョウザメの漁獲量	polygon	DD
sturgeon_quantity_summer	夏季におけるトロール漁 (30 分) のチョウザメの漁獲量	polygon	DD
vegetation	植生タイプおよび分布	polygon	DD
vegetation_flora	植物相の分布	point	DD
vegetation_reed	アシの分布	polygon	DD
/Resource	北カスピ海における ESI	point	DD

DD : 十進緯度経度、UTM : ユニバーサル横メルカトル図法

出典 : JICA 調査団

表 9.2.7 データベース構造 (4)

フォルダ・GDB	内容	タイプ	投影法
Layer File			
/Basemap	Basemap.mdb のレイヤ・ファイル	-	-
/Basemap02	Basemap02.mdb のレイヤ・ファイル	-	-
/Monitoring	Monitoring.mdb のレイヤ・ファイル	-	-
/PollutionSource	PollutionSource.mdb のレイヤ・ファイル	-	-
/Resource	Resource.mdb のレイヤ・ファイル	-	-
Project			
	プロジェクト・ファイル	-	-
Shape			
/Basemap	UTMに変換した Basemap.mdb のベクタ・ファイル	vector	UTM
/Basemap02	UTMに変換した Basemap02.mdb のベクタ・ファイル	vector	UTM
/Monitoring	UTMに変換した Monitoring.mdb のベクタ・ファイル	vector	UTM
/PollutionSource	UTMに変換した PollutionSource.mdb のベクタ・ファイル	vector	UTM
/Resource	UTMに変換した Resource.mdb のベクタ・ファイル	vector	UTM

DD：十進緯度経度、UTM：ユニバーサル横メルカトル図法

出典：JICA 調査団

2) データベース形式

データベースの形式は ArcGIS 独自のパーソナル・ジオ・データベース (personal geo database) 形式を基本とする。パーソナル・ジオ・データベースは MS-Access をベースとしており、将来的にデータベースを拡張する場合にも容易に移行することが可能である。

基図、環境モニタリング、汚染源、環境資源の 4 つのサブ・データベース毎にパーソナル・ジオ・データベースを作成し、それぞれにベクタ・データをまとめた。

3) データベース設計

水文気象庁では既に新しい環境モニタリング・データベースの構築を進めているため、そのシステムとの整合が取れるように注意する必要がある。また、データベースを構成する情報はそれぞれ担当する各機関が所有していることから、これらの情報を統合するためのデータベース設計を行った。以下に概要を示す。

GIS データベースの座標系については、ベクタ・データは十進緯度経度 (準拠楕円体：世界測地系 1984)、ラスタ・データ (主として画像データ) はユニバーサル横メルカトル図法 (ゾーン 39、準拠楕円体：世界測地系 1984) とする。

水文気象庁や他省庁が保有するデータについては必要に応じて ArcGIS で利用可能なデータ形式 (シェープファイル) に変換する。例えば、水文気象庁が保有する環境濃度データは、全国の環境モニタリングシステムの中に MapInfo 形式データとして管理されているため、MapInfo から MIF 交換形式に変換した後、シェープファイルに変換する作業を行う。

環境濃度データは環境情報データベースの核となる部分であり、データの項目は水文気象庁が実施している分析項目に従う。水文気象庁で分析、記録されている項目は下記の通りである。

水質： 場所、日付、時刻、深度、水温、pH、色調、透明度、浮遊物質、二酸化炭素、硫化水素、溶存酸素、アンモニア、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素、窒素合計、塩化物、硫酸塩、硬度、カルシウム、マグネシウム、炭酸塩、リン酸塩、2価鉄、3価鉄、鉄合計、合成界面活性物質、フェノール、油分、マンガン、水銀、クロム、6価クロム、3価クロム、銅、亜鉛、鉛、カドミウム、ニッケル、ナトリウム、カリウム、イオン合計、BOD、硫酸性窒素、フッ素、フッ化物、珪素、ホウ素、バナジウム、モリブデン、コバルト、銀、錫、砒素、シアン化物、チオシアン酸塩

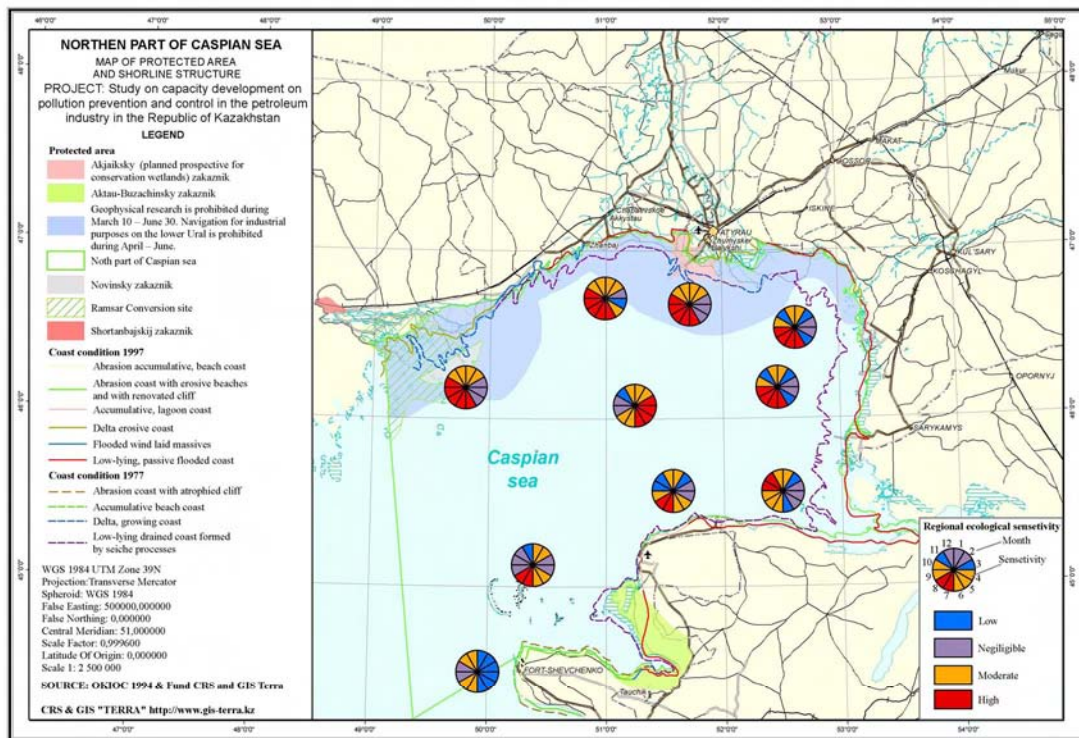
底質： 場所、日付、時刻、深度、水温、pH、油分、カドミウム、鉛、銅、ニッケル、亜鉛

大気： 場所、日付、時刻、浮遊物質、二酸化硫黄、溶存硫酸塩、一酸化炭素、二酸化窒素、硫化水素、アンモニア

土壌： 場所、日付、時刻、採取深度、T-S、THC、カドミウム、鉛、銅、クロム、亜鉛

4) レイアウトおよび出力

ArcGIS の表示機能およびレイアウト機能を用い、必要な情報を重ね合わせ主題図を作成・出力した。主題図の出力例を図 9.2.16 に示す。



出典：JICA 調査団

図 9.2.16 主題図の出力例

(4) ソフトウェア実習

水文気象庁情報技術部の職員を対象に、ArcGIS を用いて GIS データベースの維持・管理および出力のために必要な技術移転を実施した。

1) シェープファイルの新規作成

シェープファイルとは ArcGIS 独自のベクタ・データ形式の一つであり、その形状によりポイント (point、点)、ライン (line、線) およびポリゴン (polygon、面) に分類することができる。今回の技術移転においては衛星画像より流出油および水没油田施設を目視で抽出し、ArcGIS の編集機能を用いてそれらの新規シェープファイルを作成した。なお、作成される流出油のシェープファイルはポリゴン・データ、水没油田施設のシェープファイルはポイント・データである。

2) テーブル・データの読み込み

テーブルとは行と列に整理されたデータ・エレメント・セットであり、各行は個々の実在物、各列はそれぞれの属性値を表す。通常、環境モニタリング結果はテーブル・データで保存されており、属性値には位置情報 (XY 座標値)、分析結果、サンプル記載などの情報が格納されている。ArcGIS は XY 座標値を持つテーブル・データを読み込み、シェープファイル (ポイント) に変換することができる。

3) 主題図のレイアウトおよび出力

ArcGIS のレイアウト機能を用いて主題図を作成・出力した。ArcGIS は出力サイズや縮尺を任意に設定することができ、経緯線や凡例、方位記号、スケールなど地図出力に必要な注記事項を簡単に作成することができる。

(5) GIS の基礎とその利用法

現状では、アティラウ水文気象センターはモニタリング結果をアルマティ本庁に送付するのみであり、データ管理やデータ解析についての意識は低い。一方、アティラウ環境保護局においては GIS などを用いたデータ管理に対するニーズはあるものの、能力および予算上の問題より実現できていない。

これら現場機関におけるモニタリング意識向上のため、アティラウ水文気象センターおよびアティラウ環境保護局の職員を対象に、GIS の基礎およびその利用法に関するレクチャを実施した。また、ビューワーソフトウェアである ArcExplorer を両機関に導入し、GIS データベースの表示に関するソフトウェア実習を実施した。レクチャの内容は以下の通りである。

1) GIS の基礎

GIS の基礎として、GIS の定義、使用するデータ・モデル (ベクタ・データおよびラスター・データ) およびデータ・タイプ (ポイント、ライン、ポリゴン) について説明した。また、JICA-Net において作成されている GIS 教材 (ロシア語) を配布した。

2) GIS の利用法

現状ではアティラウ水文気象センターはモニタリングを実施し、その結果をアルマティ本庁に送信するのみであり、本庁で管理されたデータをアティラウで参照することができない状況である。

GIS とは位置情報を元にデータ統合するためのツールであり、統合されたデータを解析・評価・共有することによって意思決定 (政策決定) をサポートすることが可能となる。GIS データベース導入によって、環境モニタリング結果や既存情報、衛星画像などの各種情報を統合できるだけでなく、アティラウをはじめとする現場機関においてもデータを参照できるようになり、モニタリング結果のフィードバックが可能となる。

3) ArcExplorer による GIS データベースの表示

ArcExplorer を用いてベクタおよびラスター・ファイルの表示および主題図作成に関するソフトウェア実習を実施した。

(6) 技術移転の評価

技術移転の評価については、終了時にアンケートによる評価を実施した。

アンケート回答によると、GIS の基礎については大半の参加者が「理解している」もしくは「ほぼ理解している」と自己評価している。また、ソフトウェアの操作についても参加者全員が「処理できる」もしくは「マニュアルを見れば処理できる」と自己評価している。以上より、大半の参加者が技術移転の内容についてほぼ理解していると結論づけた。

9.2.3 ミニ・ワークショップ開催

(1) ミニ・ワークショップの概要

衛星画像解析による環境モニタリングや GIS データベースについての理解を深めるため、アティラウ水文気象センターおよびアティラウ環境保護局の職員を対象にミニ・ワークショップ「環境モニタリングへの衛星画像解析技術および地理情報システムの利用」を実施した。ミニ・ワークショップの内容は以下の通りである。

- 衛星画像処理・解析の基礎
- 衛星画像処理・解析に関するケース・スタディの成果
- GIS（地理情報システム）の基礎
- GIS データベース（環境情報データベース）の構築とその活用
- 総合討論

(2) 成果

アティラウ水文気象センターおよびアティラウ環境保護局より約 10 名の参加があり、活発な議論が行われた。特に参加者は ENVISAT/ASAR 画像による油流出モニタリング結果に興味を示し、衛星画像を使い油流出現場の現状をモニタリングしたいとの提案があった。また、アティラウ環境保護局長からは「環境保護省は衛星画像や GIS といった技術を環境モニタリングに活用していくべきである」とのコメントがあった。

また、ミニ・ワークショップの成果を受け、アティラウ環境保護局長の要請により、急遽、石油関連企業を対象に、技術セミナー（アティラウ環境保護局主催）を開催することとなった。セミナーの概要は以下の通りである。

石油関連企業を対象とした技術セミナーは、上記ミニ・ワークショップと同じタイトルおよびテーマにて開催された。参加者は 35 名であり、その内訳は石油関連企業 26 名、アティラウ環境保護局 9 名であった。石油関連企業からの参加者の大半は環境担当者であり、「有益な情報を得られた」や「環境モニタリングに有効である」とのコメントがあった。