

# 地球資源衛星 1 号 (JERS-1) データ利用成果集



1999年3月

(財) 資源・環境観測解析センター

地球資源衛星 1 号(JERS-1)

データ利用成果集



## 序

わが国のエネルギー資源の大部分は海外に依存しており、その安定的供給確保は今日の重要な課題となっております。近年、石油・ガスを代表とする資源探査の対象は、更に条件の悪い遠隔地へと移行しており、資源探査の安全と効率化が要求されています。この要求に応えるひとつの手段として、衛星データによる資源探査技術研究開発が提案されました。

このような背景から、1992年2月に日本初の地球資源衛星（JERS-1）が打ち上げられ、光学センサ（OPS）、合成開口レーダセンサ（SAR）ともに設計寿命を4年あまり越えて、多くのデータを供給してまいりました。しかしながら、JERS-1は、昨年10月に運用を停止してその役割を終えたといえます。

財団法人 資源・環境観測解析センターは、JERS-1をはじめとする衛星データの資源および環境分野への利用研究開発において「実利用」を念頭において実施してまいりました。この小冊子は、当センターがこれまでに実施してきた研究・開発の概要を、主に画像を中心にまとめたものであります。資源探査における成果の検証は、それ以降の探鉱にかなりの時間がかかることや成果が公表されないなどの理由から困難を伴いますが、最近、我々の調査地域内にいくつか成功例が報告されてきており、ようやくその有効性が認められつつあります。

JERS-1 OPS の成果は本年7月に打ち上げが予定される ASTER データ利用に応用され、また、JERS-1 SAR データの経験は、2002年に打ち上げが予定される PALSAR データの利用に十分に生かしてゆく所存であります。

本成果集が、JERS-1 データの利用に関する当センター事業のご理解の一助になると同時に、各位のご参考となれば幸甚であります。

平成11年3月

財団法人 資源・環境観測解析センター

理事長 橋 本 利 一

## 目 次

はじめに	i
地球資源衛星 1 号 (JERS-1) について	iii
1 JERS-1 OPS データの利用	
1.1 石油資源探査への利用	
1.1.1 中国トルファン盆地における石油資源探査	1
1.1.2 中国ジュンガル盆地における石油資源探査	7
1.1.3 ブラジル北部トッカーノ地域における石油資源探査	13
1.1.4 ミヤンマーラカイン地域における石油天然ガス資源探査	19
1.1.5 ロシア東シベリア・ネバーボツオバ地域における地質構造解析	29
1.1.6 中国ジュンガル盆地における石油探鉱への応用研究	35
1.1.7 カザフスタンカスピ海北部沿岸地域における衛星データによる 石油探査用ベースマップの作成	41
1.2 金属資源探査への利用	
1.2.1 チリ共和国北部における金属資源探査	51
1.2.2 ボリビア共和国西部における金属資源探査	59
1.2.3 トルコイズミール地域における金属資源探査	65
1.3 環境への利用	
1.3.1 石垣島周辺における珊瑚礁分布図作成	69
1.3.2 ボリビア共和国ラパス盆地における斜面災害モニタリング	73



## 2 JERS-1 SAR データの利用

### 2.1 資源探査への利用

2.1.1 インドネシアカリマンタンにおける地質構造解析	79
2.1.2 衛星画像による自然滲出オイルスリックの検出・解析の研究	91
2.1.3 バングラデシュデルタ地域におけるロジスティックス	97
2.1.4 フィリピンレイテ島における活断層モニタリング	107

### 2.2 環境への利用

2.2.1 植生における利用例	115
(1) インドネシアカリマンタン島東部における SAR を用いた植生分類	
(2) インドネシアカリマンタン東部における植生変化	
2.2.2 自然災害モニタリング	127
(1) フィリピンピナツボ火山噴火に伴うラハールのモニタリング	
(2) ベトナムメコン川流域における洪水モニタリング	
(3) 北海道奥尻島における地殻変動について	

## 3 衛星画像データセット

3.1 衛星地質図	143
3.2 環太平洋衛星画像マッピング	
3.2.1 日本	143
3.2.2 東南アジア	144
3.2.3 南アメリカ	145

## はじめに

1972 年米国が打ち上げた LANDSAT-1 は、これまで見ることはできなかった宇宙から見た地球の姿を鮮やかに写し出した。以来、衛星データを利用した様々な研究が、米国を中心に積極的に進められた。一方、わが国では、エネルギー資源の大部分を海外に依存しており、その安定的な供給確保が重要になっている。また、資源探査の対象地が、更に遠隔地で条件の悪い場所へと変化してきたため、いかに安全かつ経済的に資源探査を進めるかが資源の安定供給において大きな課題となってきた。この課題の解決に資するひとつの手段として、衛星データによる資源探査技術研究開発が提案され、1984 年、資源探査を主目的とするわが国初の地球資源衛星 1 号(JERS-1)の開発計画が開始された。JERS-1 は 1992 年 2 月種子島宇宙センターより打ち上げられ、以来 6 年 8 ヶ月にわたって、わが国自前のリモートセンシングデータとして資源探査、環境分野など様々な分野で利用されてきた。JERS-1 は昨年 10 月設計寿命を 4 年あまり越えて、その運用を停止した。

JERS-1 には、民生用衛星として初めて、光学センサとマイクロ波センサが同時に搭載された。光学センサ(OPS)は、可視近赤外域 3 バンド、短波長赤外域 4 バンド、更に立体視データ取得のための 1 バンド、合計 8 バンドを有する。一方、マイクロ波センサとしては、L バンド、オフナディア角 35°、HH 偏波の合成開口レーダ(SAR)が搭載された。これらセンサ仕様は、一部開発技術的制約を受けたものを除き、主に資源ユーザの要求に基づいて設定された。利用技術開発を担当する立場としては、これら先



進的な使用のデータをいかに効果的に利用してゆくかにその目的が絞られる。

当センターは、JERS-1 をはじめ衛星データの資源探査への利用研究開発においては「実利用」を目標に実施してきた。研究課題はその大半が資源を産する海外諸国をフィールドとして、当該国の公的機関を相手として共同研究の形態で実施されている。研究期間は 3 年程度継続するものが一般であった。ここに示す「地球資源衛星 1 号(JERS-1)データ利用成果集」は、これまでに当センターが実施した JERS-1 データの利用研究開発成果の一部を、光学センサおよび合成開口レーダごとに、石油資源への応用、金属資源への応用、そして最近特に注目されている地球環境モニタリングへの応用別に、主に画像と成果図を中心としてまとめている。

資源探査への応用は資源が発見されたときに初めてその手法が正しかったと認められるが、結果の検証はリモートセンシング解析以降の探鉱に時間がかかること、また、探鉱成果が公表されないことなどから困難な点が多いが、最近に至りい、当センターの研究開発調査地域からいくつかの成功例が報告されている。また、当センターの研究開発の結果を探鉱計画の一部として事業に組み込んでいる共同研究相手国もあり、今後の成果が期待されている。

## 地球資源衛星 1 号 (JERS-1) について

JERS-1の開発は、1980年代初めから計画がなされ1984年度より通商産業省と宇宙開発事業団の共同プロジェクトとして正式に開始され、1992年 2 月に打ち上げが成功したものである。

JERS-1は、その名の示す通り資源探査を主目的としており、その為に下記に示す 4 つのミッション機器を搭載している。

- (1)合成開口レーダー (SAR)
- (2)光学センサー (OPS)
- (3)ミッション送信機 (MDT)
- (4)ミッション記録装置 (MDR)

JERS-1の主要諸元を表-1 に、また上記のミッション機器の仕様は表-2 ～ 5 に示す。

表-1 JERS-1の主要諸元

重 量	約1.4トン	軌 道	太陽同期準回帰軌道 高 度 約568km 傾斜角 97.7° 回帰日数44日 降交点平均地方太陽時 (午前10時～11時)
大 き さ	構体約3.5m×2m×1m SAR アンテナ約12m×2.2m 太陽電池パネル約7.6m×3.4m		
発生電力	1850W 以上		
寿 命	2 年		
三軸姿勢制御方式(ゼロモーメントム)			

表-2 SAR の主要性能

観測中心周波数	L バンド (1275MHz)
偏 波	H-H 直線(水平偏波送受信)
オフナディア(ルック)角	35° (入射角: 38.7°)
帯 域 幅	15MHz
分 解 能	18m(レンジ方向) 18m(アジマス方向, ルック数3)
走 査 幅	75km
雑音等価後方散乱係数	-20.5dB 以下
S/A	14dB 以上
量子化ビット数	3
データレート	60Mbps

表一3 OPSの主要性能

項 目		性 能		
		バ ン ド	中心波長(μm)	バンド幅(μm)
波 長 帯	可視・近赤外	1	0.56	0.08
		2	0.66	0.06
		3	0.81	0.10
		4(立体視)	0.81	0.10
	短波長赤外	5	1.655	0.11
		6	2.065	0.11
		7	2.19	0.12
		8	2.335	0.13
分 解 能	18m(直交方向)×24m(進行方向)			
走 査 幅	75km			
立 体 視 角	15.33°			
B / H 比	0.3			
量子化ビット数	6			
データレート	30Mbps×2ch			

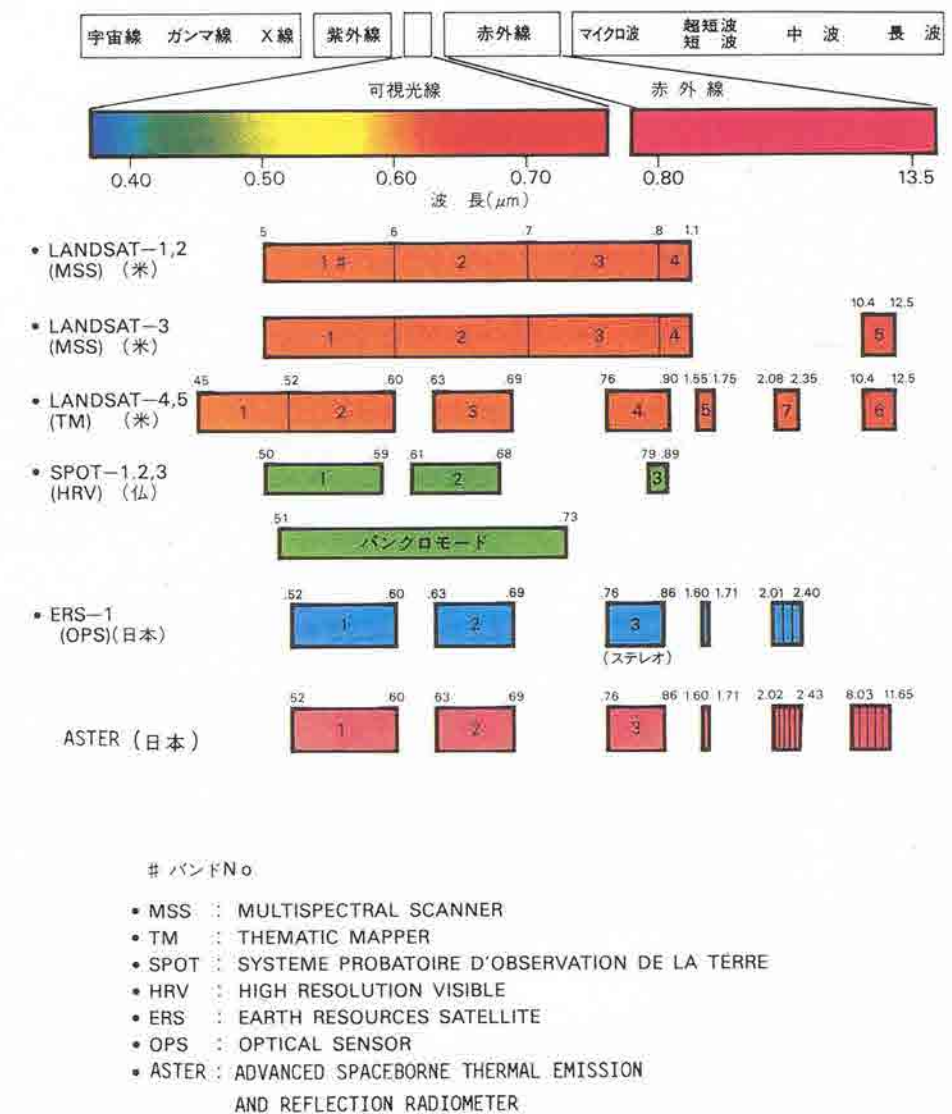
表一4 MDRの主要性能

項 目	基 本 性 能	備 考
記録/再生データレート	60Mbps	30Mbps×2ch
記録/再生時間	20分	
ビット誤り率	1×10 <sup>-6</sup> 以下	
総テープ走行時間	2,000時間以上	総記録/再生時間
起動/停止回数	20,000回以上	

表一5 MDTの主要性能

搬送波周波数	8.025~8.400GHzの2周波
変 調 方 式	4 相位相変調(QPSK)
最大伝送速度	60Mbps/1波当たり
電力増幅素子	ヘリックス形進行波管(TWT)
電力増幅器出力	20W 以上
アンテナ形式	鏡面修正成形ビームアンテナ

参考 現在運用中及び計画されている衛星の主要な光学センサのスペクトル構成を図-1に示す。







## 1 JERS-1 OPS データの利用

### 1.1 石油資源探査への利用

#### 1.1.1 中国トルファン盆地における石油資源探査

##### (1) 研究目的

本研究は中華人民共和国北西部・新疆ウイグル自治区に位置するトルファン盆地を対象として、リモートセンシング技術の石油探査への利用を目的とする。

##### (2) 研究の背景概要

###### (a) 研究対象地域

本研究の対象地域であるトルファン盆地(図 111-1)は石油の重点探査地域とされ、古くから二疊系～ジュラ系の露出において石油徴候があり、石油賦存の可能性が指摘されていた。探鉱は 1950 年代前半から進められ、火焰山(ホウエンシャン: Huo En Shan)背斜帯中の勝金口(センジンコウ: Shen Jin Ko)の油田が発見された。1980 年代になると近代的な地震探鉱が実施されるようになり、盆地内に多数のトラップが発見され、1987 年から本格的な試掘作業が実施され始めた。その結果、火焰山北部において、善善(シャンシャン)油田が発見されている。さらに最近の火焰山南部における探鉱により油田が発見されており、火焰山南部～西部地域における新たな油田の発見が期待されている。本地域は第四紀扇状地堆積物に広く覆われている。

気候は、典型的な内陸性(半乾燥)気候を示し、気温の年較差が非常に大きい。年平均気温は 10～14℃、冬(1 月)は-6～-10℃、夏(7 月)は 26～33℃である。年平均降水量は 30～50mm と少量である。

###### (b) 研究期間及び協力機関

研究期間: 1991 年度～1993 年度 (3 年間)

協力機関: 中国石油天然ガス総公司(CNPC)

##### (3) 研究内容

研究対象地域は、火焰山背斜帯を含む西部～南部～北東部地域で、第四系未固結堆積物被覆地域の地形・地質特性を画像上で把握するために、フォールスカラー画像を用いた画像判読・解析を実施した。使用した画像データは、JERS-1 OPS 4シーン、LANDSAT TM (比較用) 1 シーンである。

まず、JERS-1 OPSデータとLANDSAT TMデータの比較をするため、バンド間比演算画像処理によるスペクトル解析を実施した。続いて、



当地域のリニアメント及び水系を抽出するため、JERS-1 OPS 4シーンのデジタルモザイク画像を使用し、画像判読を行った。さらに、当地域の石油構造の解釈のため、当モザイク画像及びこれに関わる判読図類（リニアメント判読図・水系図）をARC/INFOによるベクター化及びポリゴン化を行い、各図をコンパイルした。

#### (4) 研究成果

本研究において処理・解析した、本地域内の「石油トラップ構造(特に背斜構造)を形成する岩層の性質の LANDSAT TM データと JERS-1 OPS データとのスペクトル解析結果の比較図(図 111-2)」及び「トルファン図画の JERS-1 OPS モザイク画像並びにその水系及びリニアメント判読図のコンパイル図(図 111-3)」を示す。

図 111-2 のスペクトル解析結果の比較図から、JERS-1 の結果図の方がより詳細に岩層の性質を捉えていることが解った。

本地域の石油鉱床胚胎地区では、水系の屈曲、湾曲、密度の低下といった地形的特徴や、リニアメントの定方向配列や密集といった地質構造及び研究対象地域内における石油の構造が構造トラップの形態をとることが多いことから、図 111-3 コンパイル図を作成した。

本図の画像上に見られる赤色部分は植物、黄色部分は風等で移動する砂地、黒色部分はレキ層や腐食物を含む土壌、青～青緑色の部分はレキの移動があった扇状地面、放射状に広がる白～灰色の線は季節的に水の流れる河道に対応する。

本図の中北部から東部にかけて見られる火焰山の山々に見られる黄色と白色の縞模様は岩層の性質を反映しており、黄色部分が砂質岩、白色部分は泥質岩と対応する。これらがなす連続する分布パターンから背斜構造が解り、直線的な不連続分布パターンから断層が読み取れる。この構造形状は石油探査の有効な指標となる。

この指標及び本石油鉱床地域に特徴的に見られる地形的特徴・地質構造パターンを基に解釈を行った結果、火焰山背斜構造帯南部の地表下には、火焰山背斜構造帯と同じく北西－南東方向に伸長しスラストを伴う背斜構造の存在が推定された。

そこで、以上のような背斜構造が推定された地域において現地検証調査を行った結果、地表上には、河川の屈曲や湾曲といった地形的特徴や多方向のリニアメントの密集が認められ、背斜構造を示す可能性がある地域(TUYUKE 地域を含む地域)と解釈された。

従って、この地域を石油胚胎ポテンシャルの高い地域と評価し、協力機関へ詳細な地震探査及び試掘調査を提案した。その結果、平成 6 年に出油し、現在も生産している。

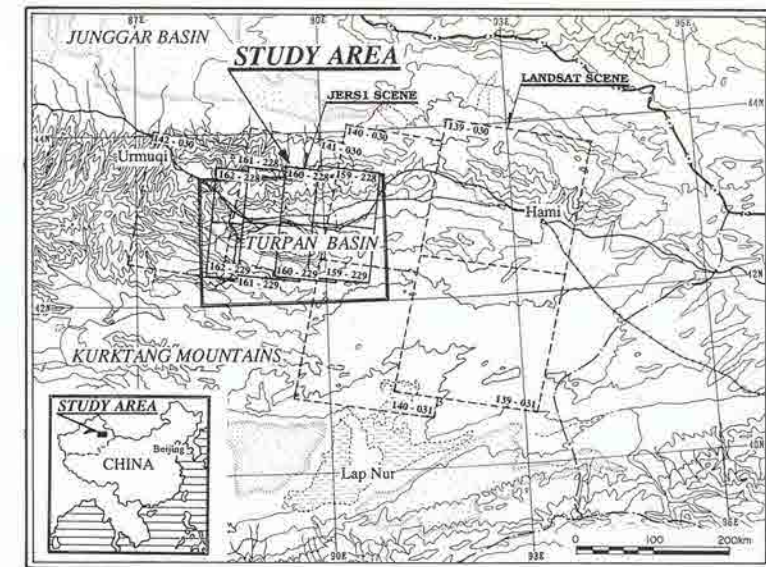


図111-1 研究対象地域位置図

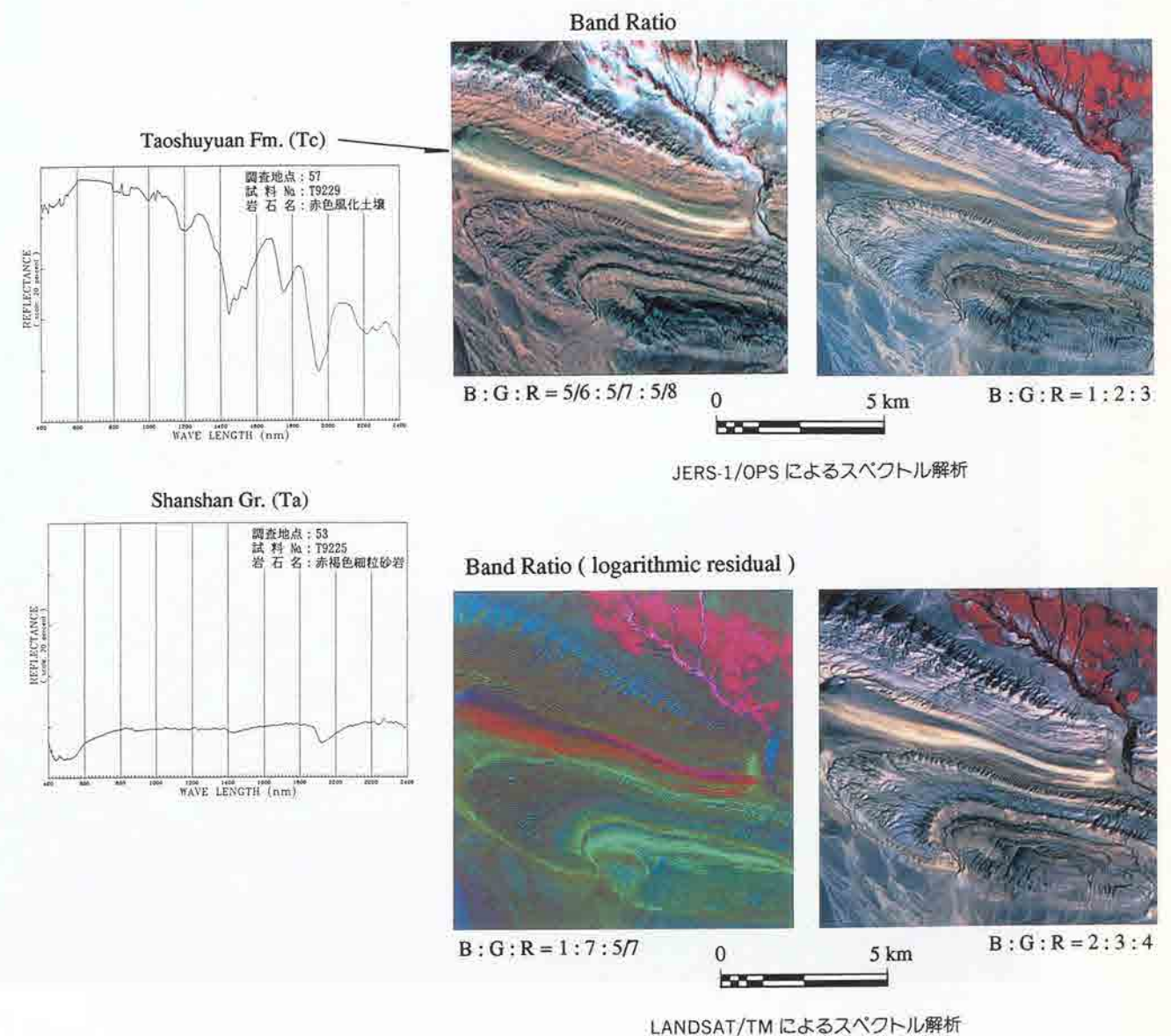


図111-2 LANDSAT TMデータとJERS-1 OPSデータとのスペクトル解析結果の比較図



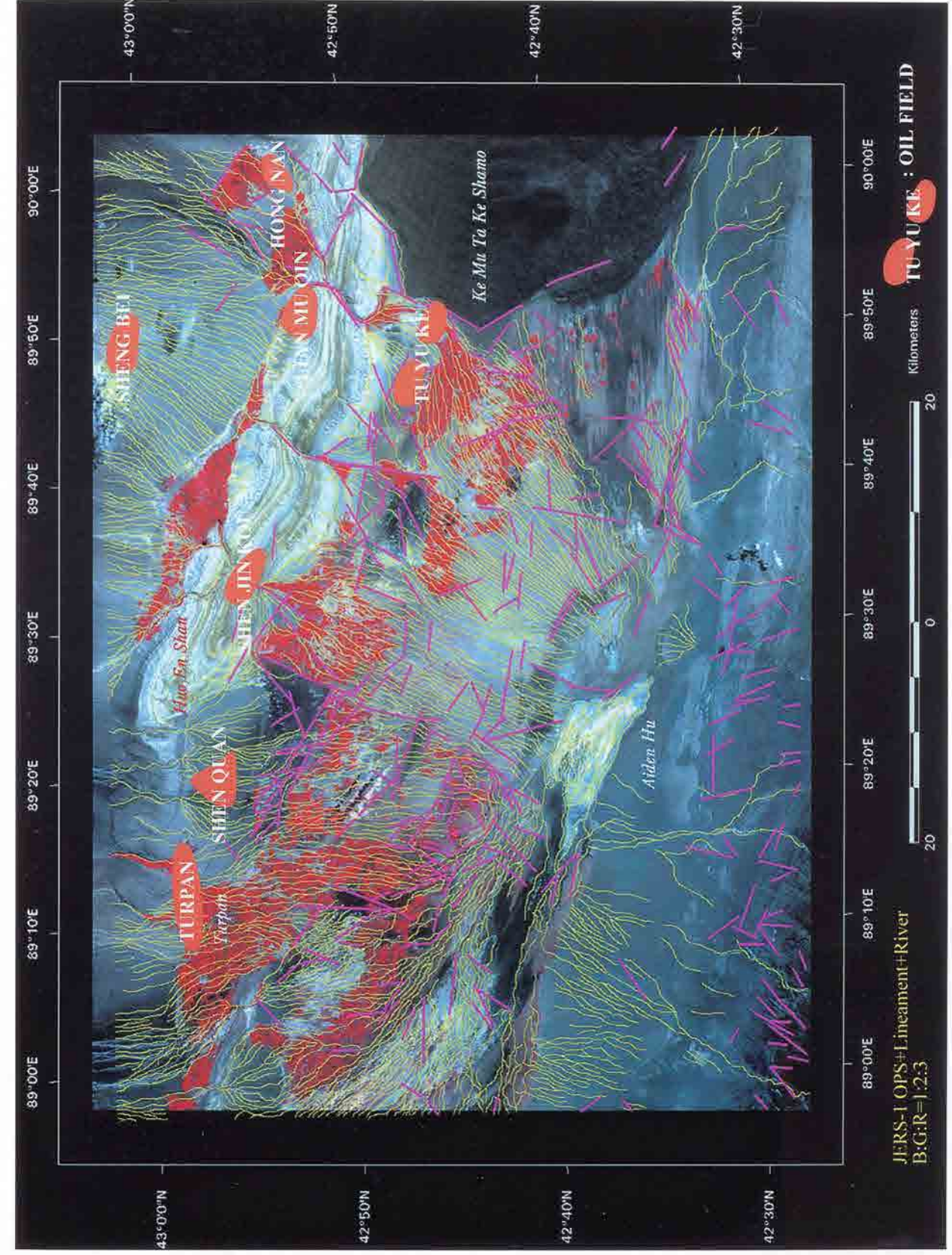


図 111-3 JERS-1 OPS モザイク画像・水系・リニアメント判読図のコンパイル図  
(水系は黄色線、リニアメントは紫色線を表示)



### 1.1.2 中国ジュンガル盆地における石油資源探査

#### (1) 研究目的

中国のジュンガル盆地縁辺部において、衛星画像データの利用による広域地質解析及び現地検証を行い、石油探鉱の予察段階において、有用な情報をどのように提供できるかを研究する。

#### (2) 研究の背景概要

##### (a) 研究対象地域

中華人民共和国新疆ウイグル自治区に位置するジュンガル盆地は、中国の主要産油堆積盆地の一つであり、現在までに 15 の油・ガス田が発見されているが、それらの油・ガス田はほとんど盆地縁辺部に分布している。研究対象地域はジュンガル盆地南縁部(図 112-1)にあたり、地質構造区分上はジュンガル盆地南縁部のウルムチ前縁盆地に相当する。この地域の西部に発達する北 Tianshan 前縁盆地には Dushanzi 油田および Qigu 油田、東部には Santai 油田および Beisantai 油田が存在する。

##### (b) 共同研究機関

中国科学院自然与社会协调发展局 リモートセンシング応用研究所・蘭州地質研究所

##### (c) 研究期間

1995 年度～1996 年度 (2 年間)

1995 年度はウルムチ前縁盆地西部域、

1996 年度はウルムチ前縁盆地東部域についての研究を実施した。

本文は 1995 年度の研究について述べる。

#### (3) 研究内容

ウルムチ前縁盆地西部の油田は背斜構造に成立している。これらの背斜構造は、地形に比較的明瞭に現れており、衛星画像から判読可能である。

JERS-1 OPS データと LANDSAT TM データを用いて、衛星画像判読による当該地域の地質・地質構造解釈を行った(図 112-2)。JERS-1 OPS データのステレオ・ペアからは数値地形情報(Digital Terrain Model)を作成し、それを利用して JERS-1 OPS データの鳥瞰画像を作成した。この鳥瞰画像は局地的な解析に使用した(図 112-3)。

また、既存の文献資料を参照して、衛星画像解析から明らかになった地質現象について考察を加え、当該地域のジュラ紀以降の地史の再構築を行い、さらに石油探鉱の予察段階における応用事例として考察した地史に基づいて根源岩の埋没史を構築し、石油の生成・排出に関する検討



のため堆積盆シミュレーションを実施した。

#### (4) 研究成果

ジュンガル盆地の南部を対象として、解析結果検証のための現地調査を伴う JERS-1 OPS データと LANDSAT TM データを用いた広域地質解析を実施した結果、当該地域の様々な地質現象を明らかにすることができた。

また、中央東部の向斜部において、石油の生成・排出に関する堆積盆シミュレーションを実施した結果、試行実施地点では、ジュラ系の根源岩と第三系の根源岩とでは、タイプが異なることが判明した。

- (a) ジュラ系の根源岩が生成・排出した石油は多量であるが、生成・排出の時代が古く、逸散している可能性が高い。
- (b) 第三系の根源岩の排出時期は、約 0.3Ma 以後に生じている。これは試行実施地点の北に位置する背斜の形成後である。すなわち、この背斜構造に第三系の根源岩が生成・排出した石油が集積している可能性がある。

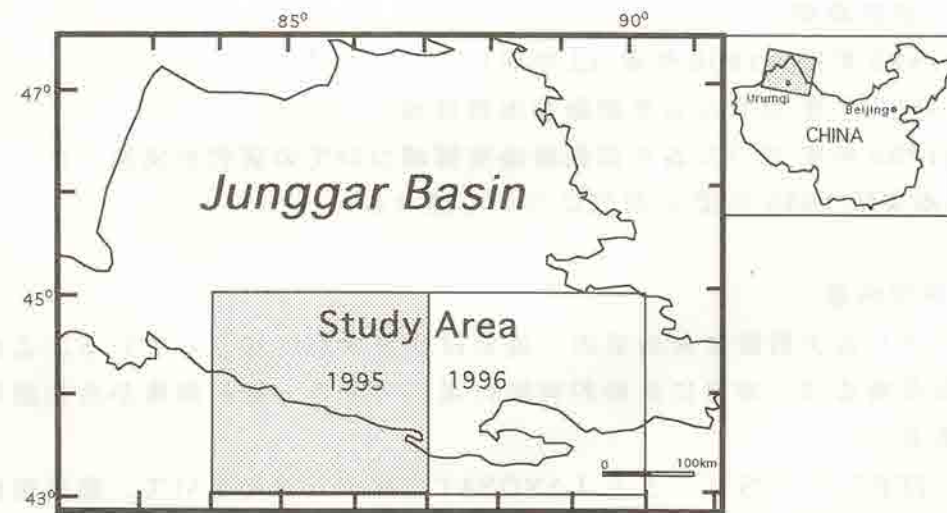


図 112-1 研究対象位置図



図 112-2 対象地域の衛星画像地質解析図

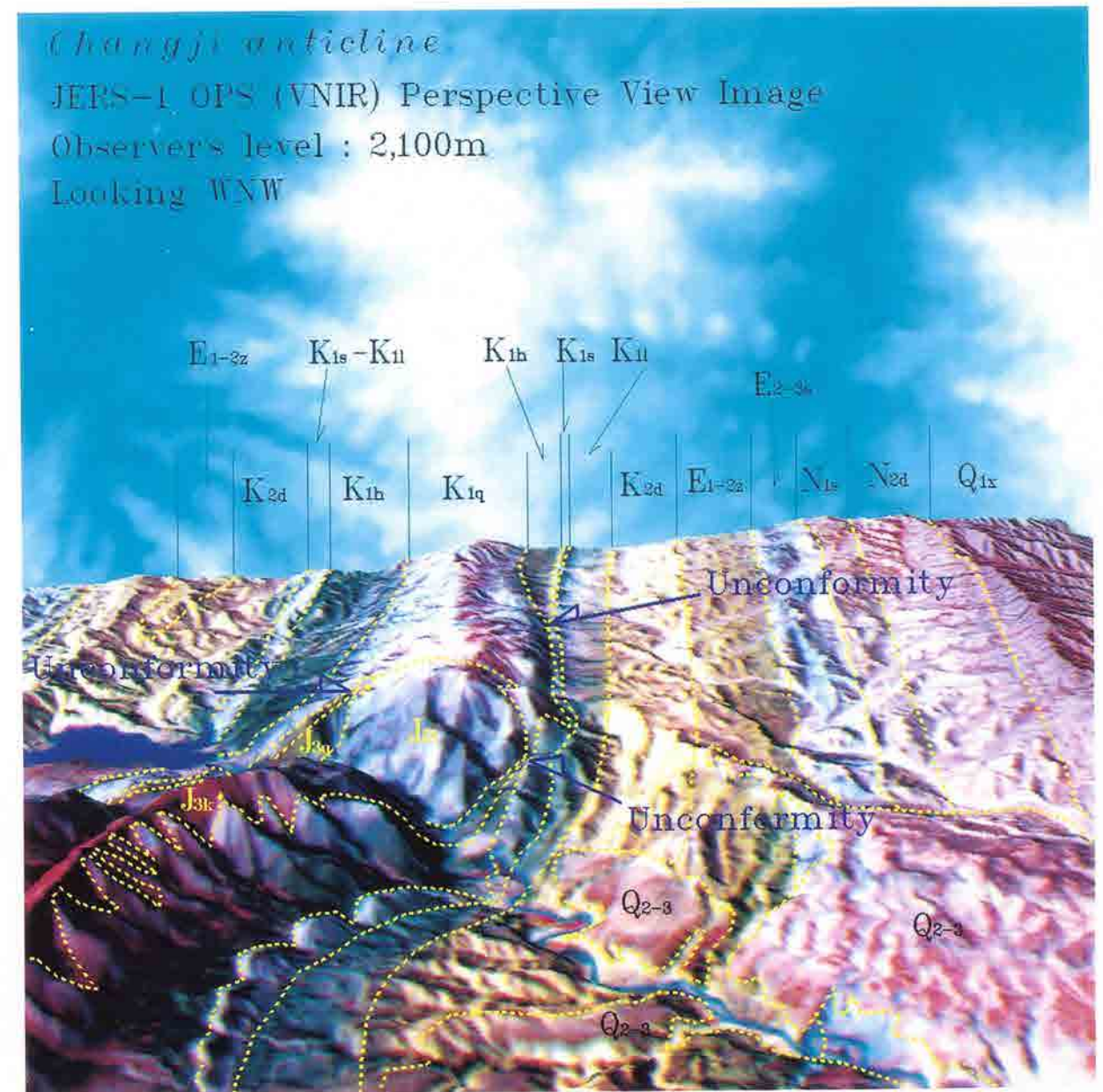


図 112-3 Changji 背斜西部の JERS-1 OPS 鳥瞰図による解析例



### 1.1.3 ブラジル北部トッカーノ地域における石油資源探査

#### (1) 研究目的

本研究はブラジル連邦共和国北部トッカーノ亜堆積盆地及び周辺地域を対象として、リモートセンシング技術(特に微ガス微抽出手法)の石油探査への利用を目的とする。

#### (2) 研究の背景概要

##### (a) 研究対象地域

研究対象地域である北部トッカーノ亜堆積盆地(図 113-1)は、石油・ガス鉱床の賦存可能性有望地域とされ、構造・層位トラップの地質状況を示す 3 つの石油・ガス田が存在する。これらの石油・ガス田の産油層はジュラ系～白亜系地層であり、産油深度は 600～3,500m (MME/DNPM:1976)である。生産は 1975 年以降中止されている模様であるが、過去の生産量は原油 562bbl、ガス 12,364m<sup>3</sup> である(石油技術協会, 1984)。1995 年に本地域内において試錐調査が実施され、産油層に密接に関連する頁岩層が確認されており、地化学探査等の探鉱活動は現在も進行している。

気候は、高温少雨の乾燥気候を示している。年平均気温は 23～27℃、年平均降水量は 300～500mm で通常 3 月に多い。

植生は、気候の影響を受け、主として灌木及びサボテン等のカチンガ植物群が広がっている。

##### (b) 共同研究機関

リモートセンシング研究機関(科学技術省宇宙研究所:INPE)

地質・資源探査の研究機関(鉱山エネルギー省鉱産局:DNPM)

石油資源の探査機関(ブラジル石油公社)

##### (c) 研究期間

1995 年度～1997 年度(3 年間)

#### (3) 研究内容

本地域の微ガス徴を抽出するために「図 113-2 微ガス徴の指標」に基づいて行った。処理用のデータは、地形(凹地)抽出には既存の DEM データ、鉱物及び植生情報の抽出には JERS-1 OPS 1 シーン(Path 373 I Row 316)を使用した。

JERS-1 OPS データ処理としては、DN 値からリフレクタンスデータへの変換方法として Gray Scale Logarithmic Residual 法(土田他, 1992)処理を行い、また、鉱物の同定のため SPI(Spectral Pattern Index)法処理を行った。更に、植生情報(植生が多いと土壌スペクトル情報に対する植生の影響が大きくなる)を抽出するため SAVI(Soil



Adjusted Vegetation Index)法処理を行った。最終的に、これらの処理図を総合的に解釈を行い微ガス微分布図を作成した。なお、カルクリート（方解石・石英）の抽出については、適切な熱赤外域データがないため、解析を実施していない。

#### (4) 研究成果

石油・ガス鉱床が分布するブラジル北部トゥカーノ亜堆積盆地及び周辺地域を対象として、JERS-1 OPS データを使用したリモートセンシング技術（特に微ガス微抽出手法）の石油探査への利用に関する研究を、平成7年度～平成9年度の3年間実施した。この研究の成果は以下の通りである。

本地域の微ガス微を抽出する方法として、「図113-2 微ガス微の指標」に基づいて処理した結果は以下の通りである。

地形特徴の抽出では共同研究機関が地形図から作成したDEM（デジタル標高モデル）データから傾斜図を作成し凹地が抽出された。

カオリナイト及び鉄鉱物の抽出では、カオリナイトの抽出処理は、短波長赤外域データの品質が悪いため解析できなかったが、鉄鉱物の抽出についてはSPI法により処理し、鉄鉱物抽出図（図113-3）を作成した。その結果、鉄鉱物の多い地域（本図中、中央部～中北部に分布する橙～赤色の部分）が抽出された。

植生情報については被覆率を示す植生指数を算出した。その結果、植生被覆率が約30～40%を越えると抽出精度に大きく影響することが判明した。ところが、本地域内に見られる凹地は植生被覆率が低いため、土壌スペクトルに対する植生の影響がほとんど見られなかった。

上述の各指標の抽出結果及び断層等の石油集積構造から考察した結果、抽出された微ガス微の分布地域（図113-4）の中で、TONA 台地の北部及び南部地域の断層沿いに炭化水素集積の可能性が示唆された。なお、本図には共同研究機関（ブラジル石油公社）所有の地化学探査異常図（メタンガス異常：図中、緑色表示）を記載している。

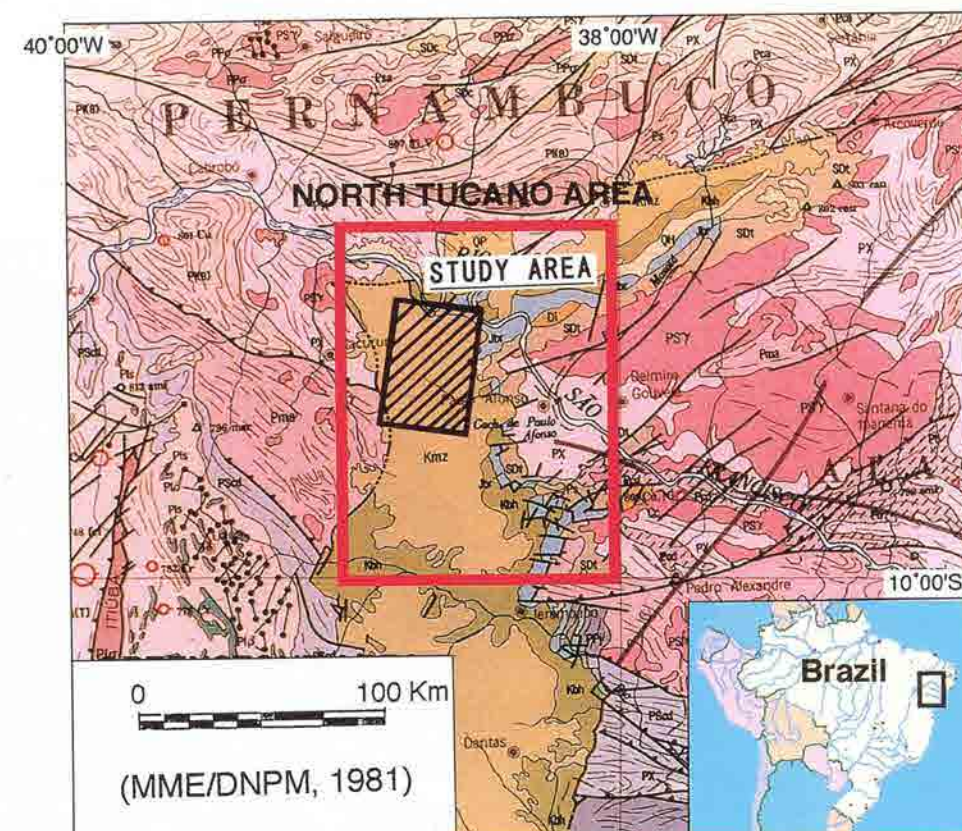


図113-1 研究対象地域位置図

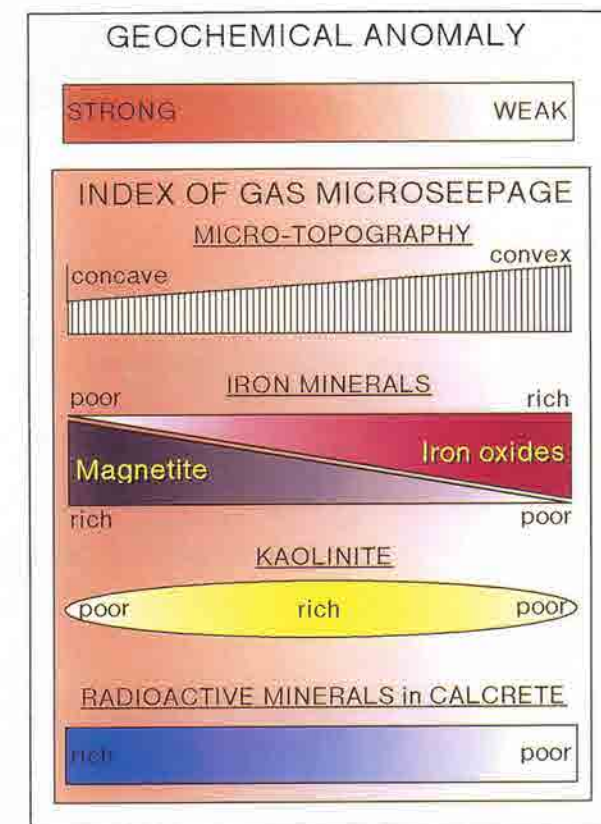
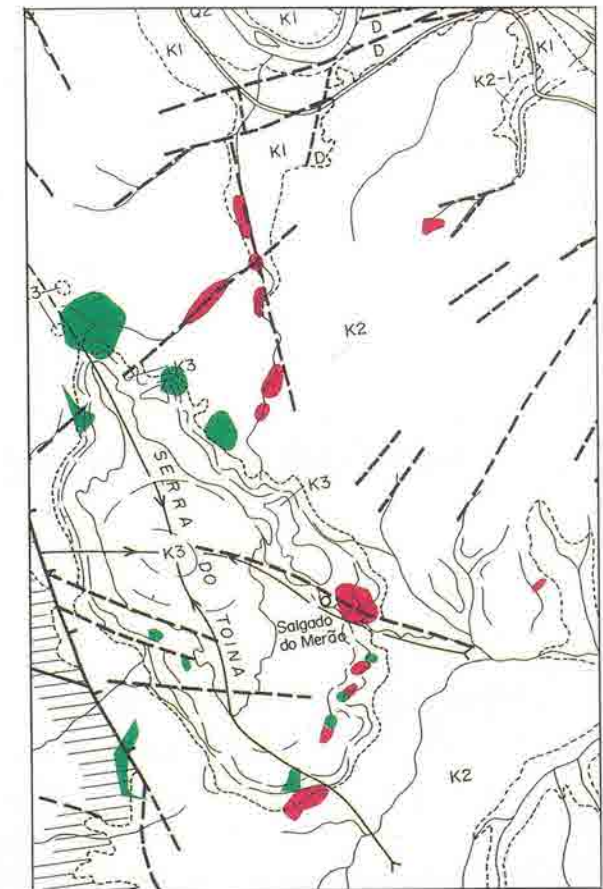
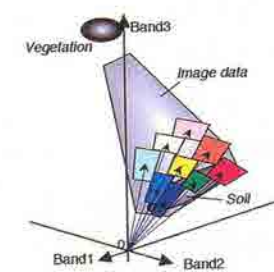


図113-2 微ガス微の指標





0 10 20km



<b>Iron oxides poor soil</b>	
Light blue	: soil : vege. = 3 : 2
Blue	: soil : vege. = 4 : 1
Dark blue	: soil only
<b>Soil in geochemical anomaly</b>	
Light yellow	: soil : vege. = 3 : 2
Yellow	: soil : vege. = 4 : 1
Green	: soil only
<b>Iron oxides rich soil</b>	
Pink	: soil : vege. = 3 : 2
Orange	: soil : vege. = 4 : 1
Red	: soil only

#### LEGEND

- Location of Gas micro-seepages extracted from JERS-1/OPS Data
- Location of main Geochemical anomalies

図113-3 鉄鉱物抽出図 (鉄鉱物の多い地域: 中央部  
~中北部に分布する橙~赤色の部分)

図113-4 微ガス微抽出図

#### 1.1.4 ミャンマーラカイン地域における石油・天然ガス資源探査

##### (1) 研究目的

ミャンマーラカイン(旧称アラカン)地域の中央低地帯の第三系堆積盆地の地表は主に草地及び耕作地で被覆されている。

このような地表条件の下で JERS-1 のデータが石油・天然ガスのトラップ構造を推定出来るかを検討する。

##### (2) 研究の背景概要

###### (a) 研究対象地域

ミャンマー国ラカイン地域(図 114-1)

###### (b) 共同研究機関

ミャンマーの国営石油会社 MOGE (Myanma Oil and Gas Enterprise)

###### (c) 研究期間

1996 年度(1 年間)

##### (3) 研究内容

地質・地質構造解析を目的として JERS-1 OPS/SAR データそれぞれ 3 シーン、広域地質解析を目的として LANDSAT TM データ 3 シーンを使用し(図 114-1, 図 114-2)、以下の項目について、図 114-3 に示すフローチャートに従ってデータ解析を行った。

(a)ミャンマー・ラカイン地域の中央低地帯の第三系堆積盆地の地表は主に草地および耕作地で被覆されているが、このような地表条件の下で JERS-1 のデータが石油・天然ガスのトラップ構造を推定出来るかを検討する。

(b)ラカイン山脈は、急峻な地形や密な植生のために地表地質調査が困難で、地質の詳細は不明である。このような地域で JERS-1 および LANDSAT TM データを使用して地質構造区分および岩相区分を試みる。

また、ミャンマーで乾季に当る 11 月末から 12 月初旬にかけてデータ解析の検証を目的として、現地調査を実施した。

図 114-4 は当該地域の地質構造区分図を示し、また図 114-5 は地質の模式層序を示している。

##### (4) 研究成果

JERS-1 OPS の高空間分解能および SAR データのレーダー特性により得られた衛星地質図による地質構造の判読結果は、従来の地質図に比較して詳細なことから、第四系に覆われたエーヤーワディ川東部地域、イエナジャン油田の南部地域に新規の背斜構造が抽出された。またマン・ミンブ油田の南部および中央低地帯とラカイン山脈の境界部地域に



において比較的規模の小さい背斜構造を判読できた。

一方、LANDSAT TM データによる広域地質解釈により、ラカイン山脈に分布する変成岩ユニットの分布が把握された。

図 114-6 は、ミンプ西部地域の JERS-1 OPS 画像 (B:G:R = Band1:Band2:Band3) で、画像西部に見られる赤色の山岳地帯はラカイン山脈で、一方、雲の影響を受けている東部地域は中央低地帯である。両者の関係は明瞭な断層関係にある。

図 114-7 は、図 114-6 の画像を地質構造判読したものである。共同研究相手である MOGE は本堆積盆地において石油・天然ガス探査を実施しており、1999 年、天然ガスの探鉱に成功している。

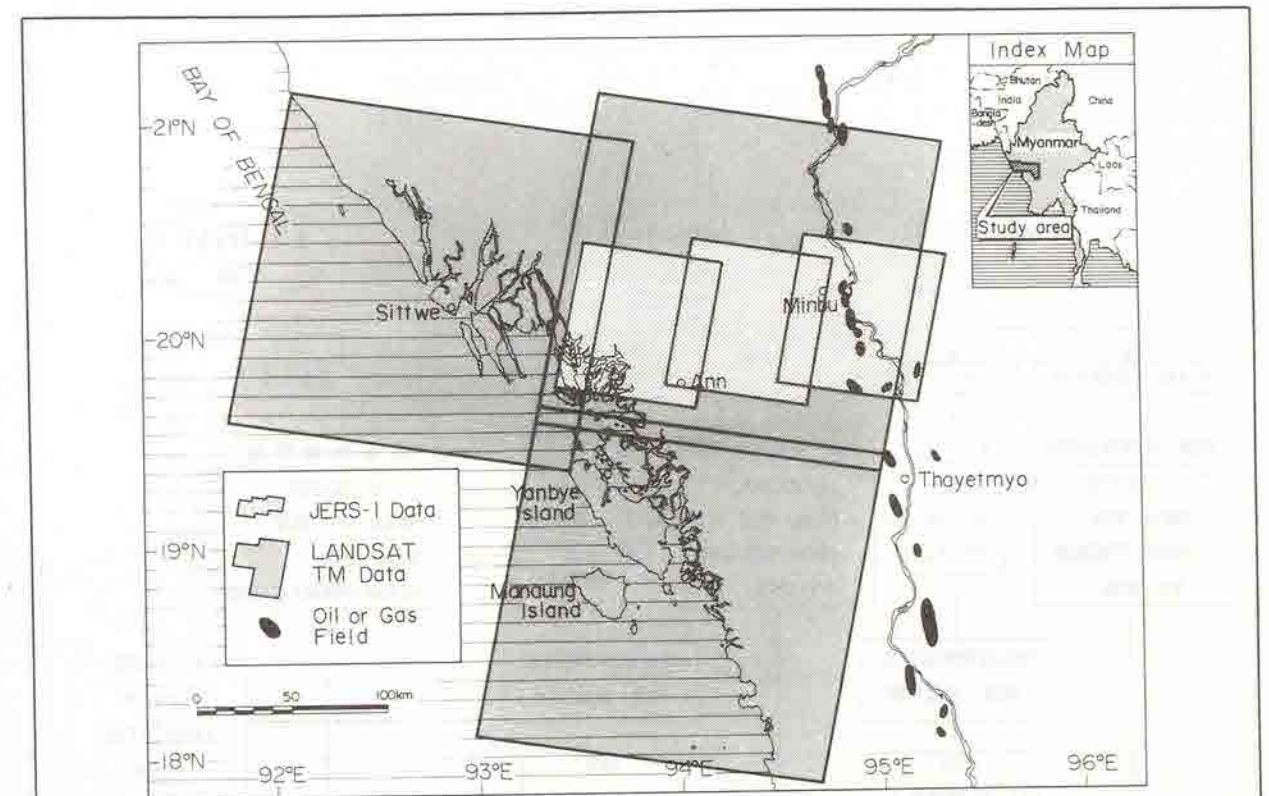


図 114-1 研究対象位置図および使用した LANDSAT TM・JERS-1 OPS 画像位置図

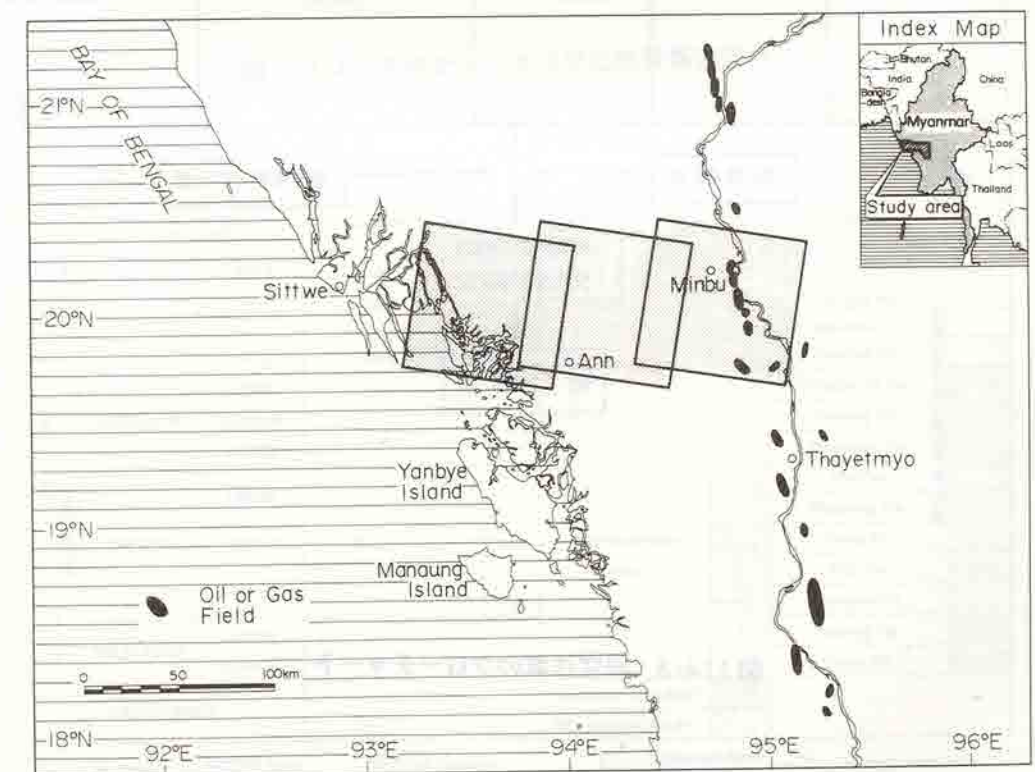


図 114-2 研究対象位置図および使用した JERS-1 SAR 画像位置図

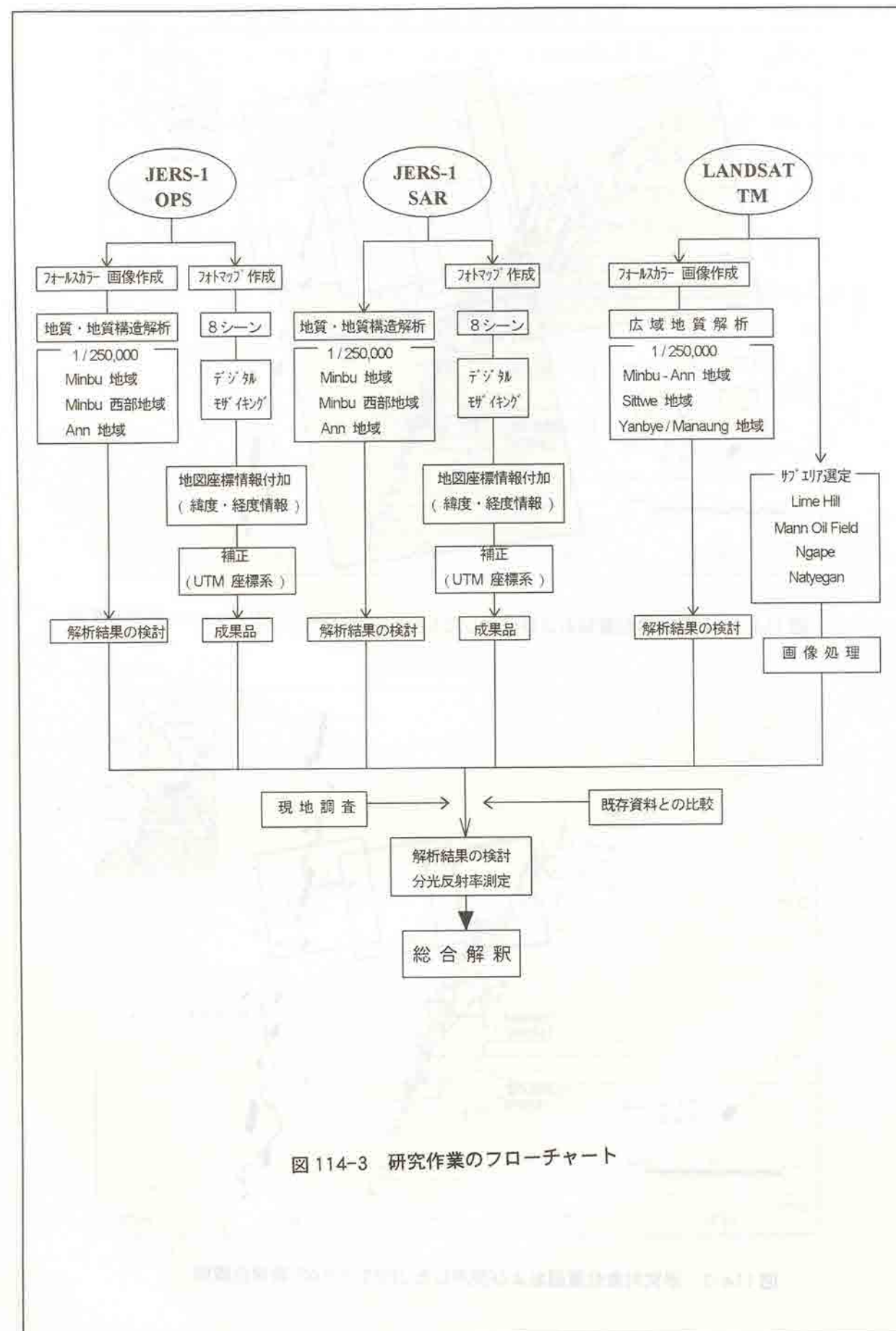


図 114-3 研究作業のフローチャート

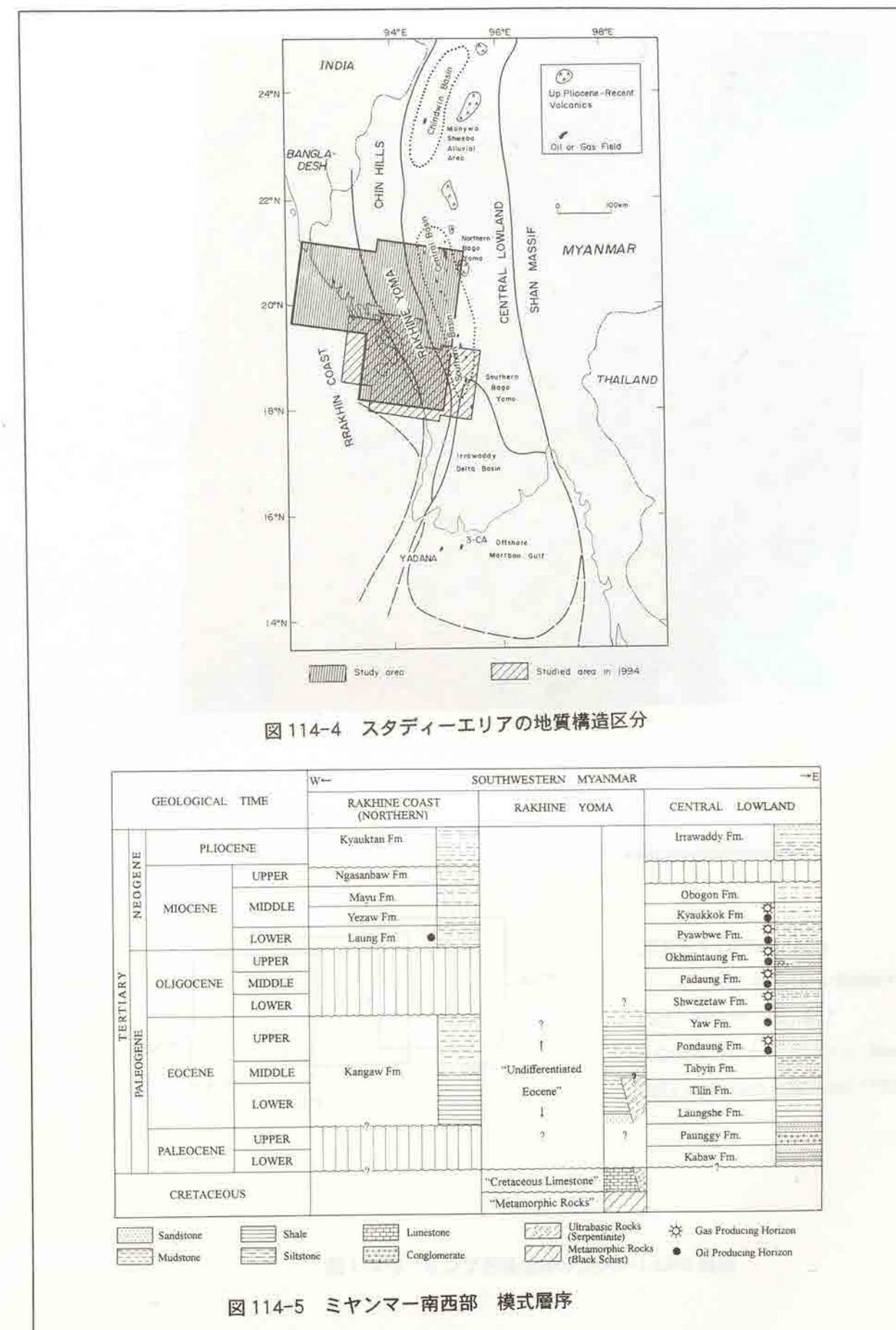


図 114-4 スタディーエリアの地質構造区分

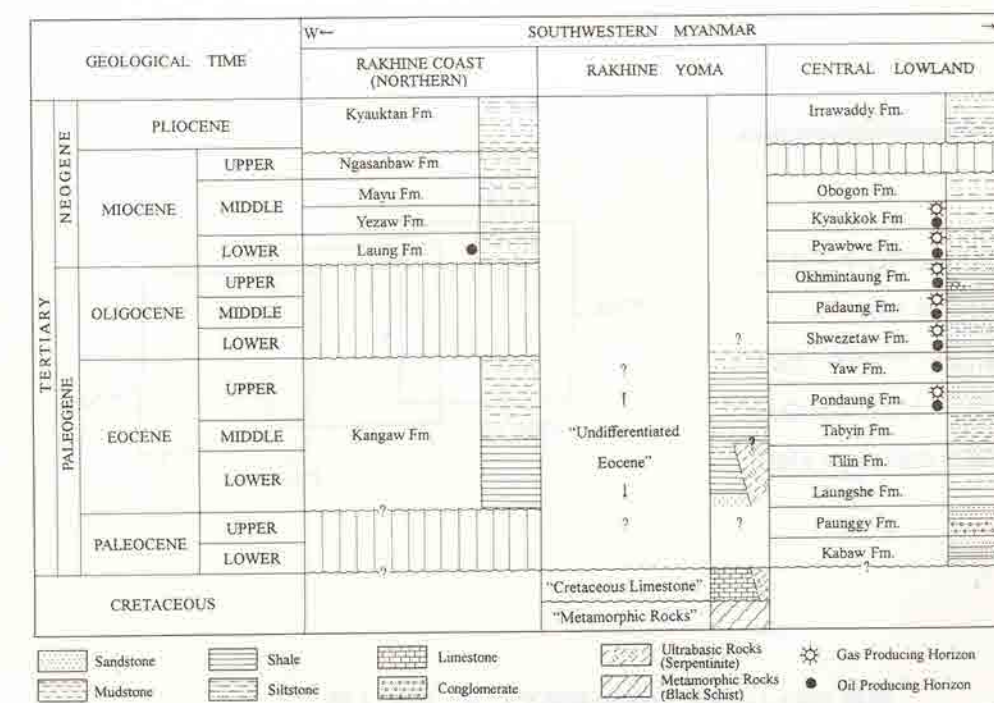
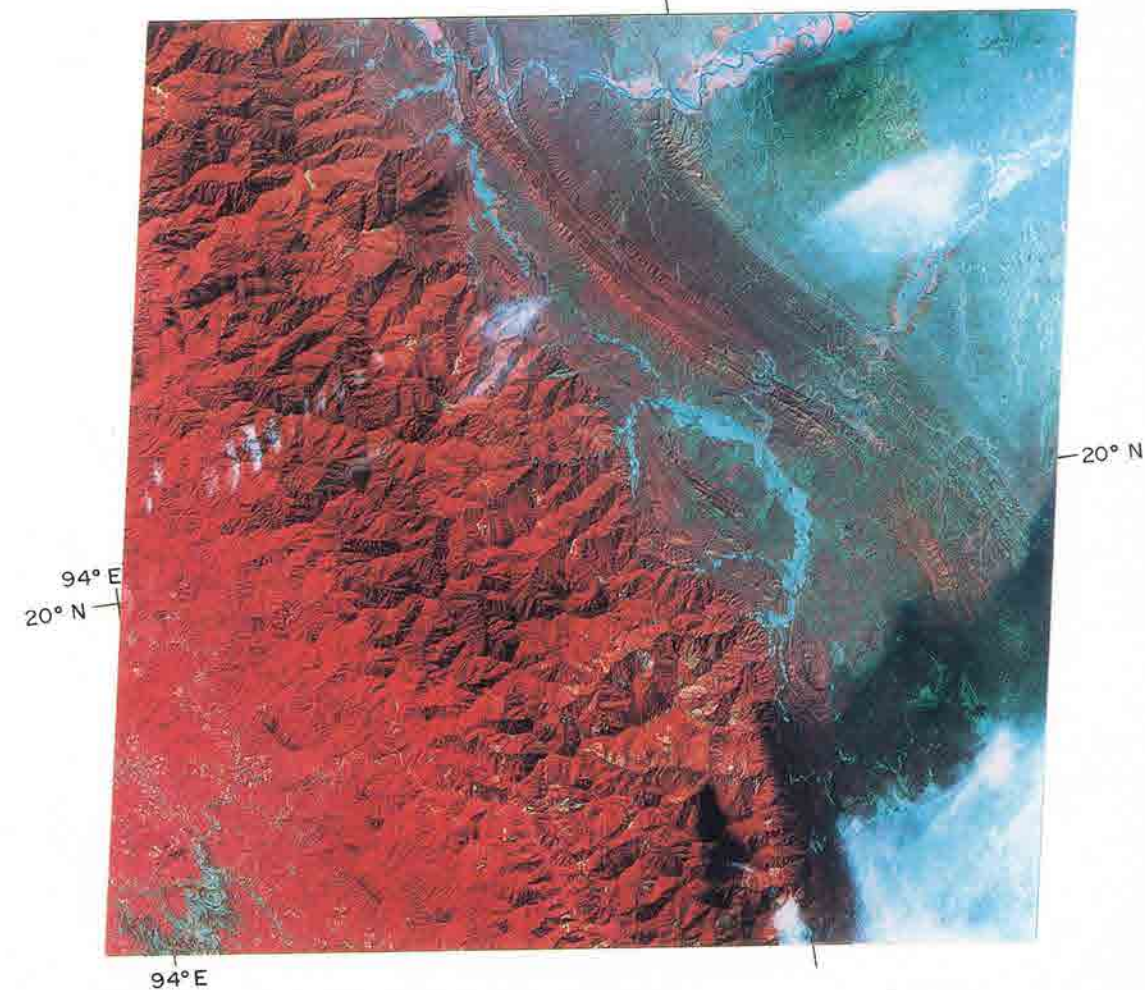
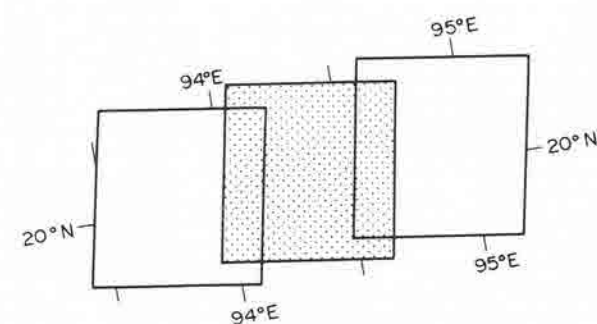


図 114-5 ミヤンマー南西部 模式層序



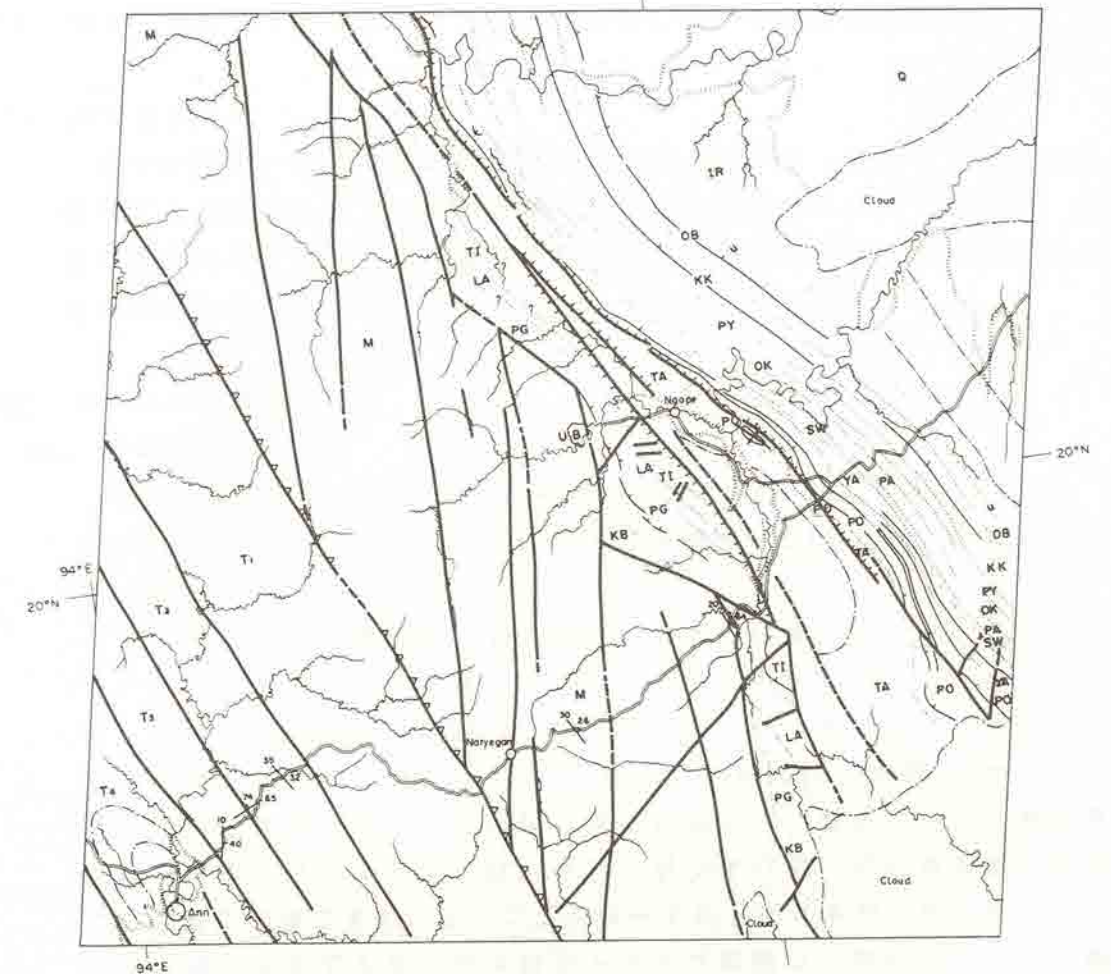


20 km



**JERS-1 OPS image  
for Minbu western area**  
Path : Row = 140 : 267  
B:G:R = Band 1 : Band 2 : Band 3  
Data aquisition = 07/ Jan./ 1993

図 114-6 ミンブ西部地域の JERS-1 OPS 画像



JERS-1/OPS Geologic interpretation for Minbu western area

20 km

Unit	Correlation with MOGE maps	Correlation with Bender, F., 1983
	Formation	Unit
Q	Recent	Q
IR	Irrawaddy	IR
OB	Obogon	OB
KK	Kyaukkok	KK
PY	Pyawbwe	PY
OK	Okhmintaung	OK
PA	Padaung	PA
SW	Schwezetaw	SW
YA	Yaw	YA
PO	Pondaung	PO
TA	Tabyin	TA
TI	Tilin	TI
LA	Laungshe	LA
PG	Paunggy	PG
KB	Kabaw	KB
M	Unnamed	M
T1	Unnamed	T1
T2	Unnamed	T2
T3	Unnamed	T3
T4	Unnamed	T4
	Main Facies	Description
	<i>cultivated land</i>	Quaternary
	sandstone, ferruginous	Irrawaddy Fm.
	shale	Upper Pegu Group
	sandstone	Upper Pegu Group
	shale	Upper Pegu Group
	sandstone, calcareous	Oligocene flysh
	shale	Oligocene flysh
	mudstone, fossiliferous	Oligocene flysh
	shale	Oligocene flysh
	shale	Eocene molasse
	mudstone, sandstone	Eocene molasse
	rudaceous shale	Eocene flysh
	sandstone	Eocene flysh
	shale	Eocene flysh
	conglomeratic rock	Eocene flysh
	shale	Eocene flysh
	Cretaceous flysh	Cretaceous flysh
	Cretaceous flysh	Cretaceous flysh
	Eocene flysh	Eocene flysh
	Eocene flysh	Eocene flysh
	Eocene flysh	Eocene flysh

# LEGEND

- Photogeologic Boundary
- Recurring
- Estimated Bedding
- Unconformity
- Dip and Strike
- Boundary between Quaternary
- Elevated Area
- Fault
- Estimated fault
- Lineament
- Anticlinal Axis
- Estimated Anticlinal Axis
- Synclinal Axis
- Estimated Synclinal Axis
- Mud Volcano
- Drainage
- Road
- Town
- Photogeologic Unit

図 114-7 JERS-1 OPS 画像によるミンブ西部地域の地質判読図



#### 1.1.5 ロシア東シベリア・ネバーボツオバ地域における地質構造解析

##### (1) 研究目的

将来の探鉱・開発事業の発展が期待されるロシア・東シベリアの代表的な産油地域において、衛星画像データによる広域な岩相層序区分、地質構造解析を行い、さらに既存資料の収集、解析により地下構造及び石油地質の検討を行う。

##### (2) 研究の背景概要

###### (a) 研究対象地域

研究対象のネバーボツオバ地域は、東シベリア卓状地南部に位置し、南北約 400km、東西約 300km に及ぶ面積約 120,000km<sup>2</sup> の地域である (図 115-1)。

本地域は、地質構造上、東シベリア南部に位置するネバーボツオバアーチとパトマトラフに属している。ネバーボツオバアーチは、リーフェイ紀(上部原生代初前期)に形成された北東～南西方向に伸びる基盤の高まりであり、ヴェンド系(上部原生代初後期の地層)～オルドビス系の堆積物が分布し、北西縁辺部は石炭系～二畳系、ジュラ系に覆われている。パトマトラフは、ネバーボツオバアーチの南東側に分布する基盤の凹地であり、リーフェイ系～オルドビス系が分布している。

本地域に分布する油・ガス田のトラップ形態は、層位トラップ、構造トラップ及び複合トラップで、ネバーボツオバアーチ中軸部には層位トラップ、ネバーボツオバアーチ東翼部には構造トラップ及び複合トラップが成立しているのが一般的であり、その貯留岩は、ヴェンド系、ヴェンドーカンブリア系及び下部カンブリア系である。

図 115-2 に、本地域に分布する石油・ガス田の位置図を示す。

###### (b) 研究期間

1995 年度(1 年間)

##### (3) 研究内容

本研究において、LANDSAT MSS データを使用して広域的な地質解析に使用した。LANDSAT TM データは、MSS データの欠如する南西部を中心とした地域とその周辺の詳細な地質解析に使用し、JERS-1 OPS 及び SPOT XS は局地的な解析に使用した(図 115-3)。

LANDSAT MSS 画像は、シーン毎に縮尺 1/50 万の航空地形図を基図とする幾何補正処理を施した。これらのうち撮像が 3 月に行われたものは、氷雪や低い太陽高度のために各バンド間の相関が高く、通常の画像処理で作成される画像は色調に乏しいものとなるため、これらのデータに対しては無相関ストレッチ処理を施した。

#### (4) 研究成果

衛星画像による地質構造解析結果から、ネバーボツオバアーチを褶曲または衝上断層の発達する東部褶曲・衝上断層帯、中部褶曲・衝上断層帯、西部褶曲・衝上断層帯の3つのゾーンと、地質構造の変形がほとんど認められない中軸帯と西帯の2つのゾーンに細分できた。

これらと油・ガス田周辺の貯留岩層準の地質構造との比較検討の結果、中軸帯では下部カンブリア系岩塩層の下位においても地質構造の変形は非常に少なく、地層はほぼ水平に分布しており、各褶曲・衝上断層帯では岩塩層の下位においては、緩やかながら地質構造の変形を受けていることが明らかになった。

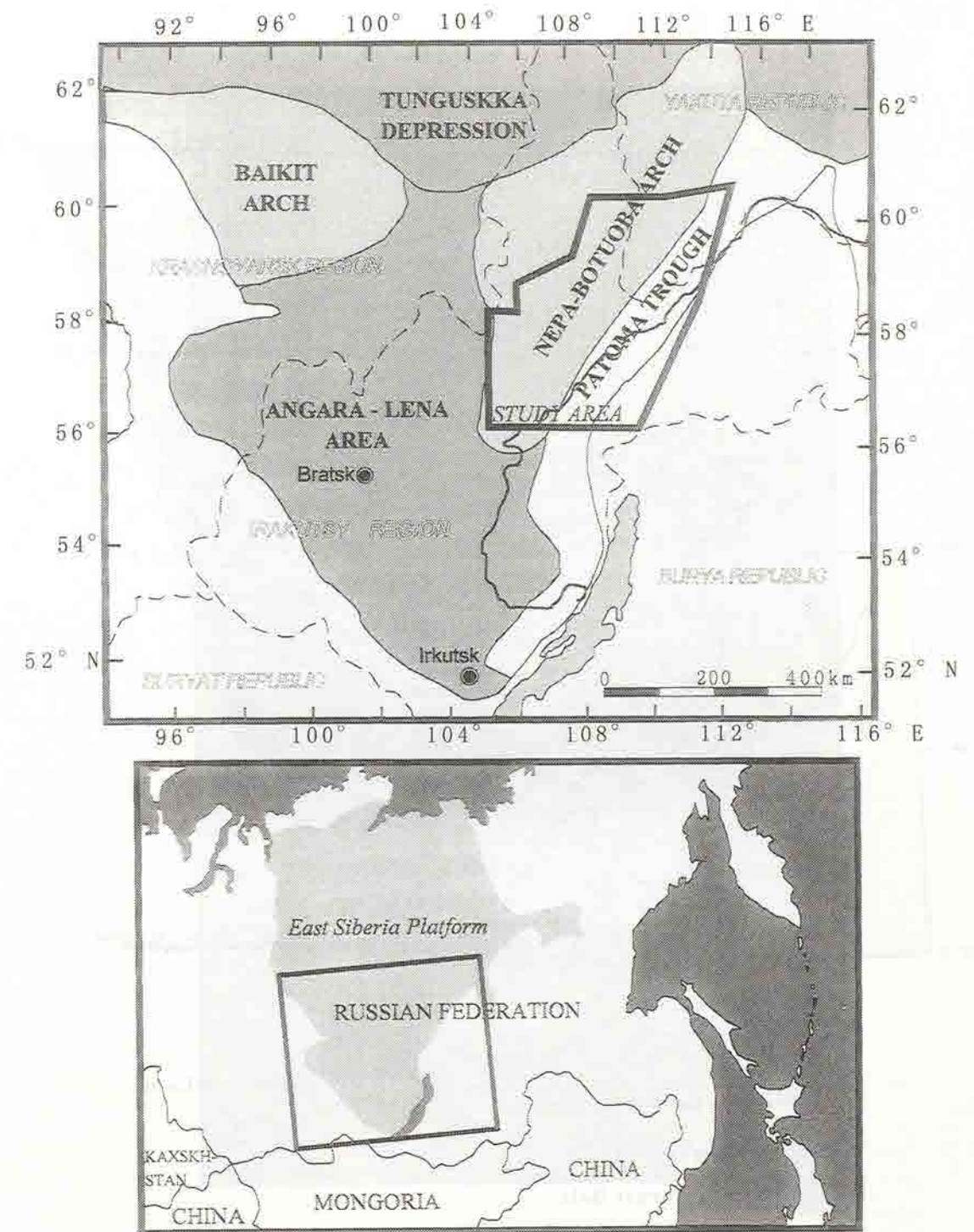


図 115-1 研究对象地域位置図



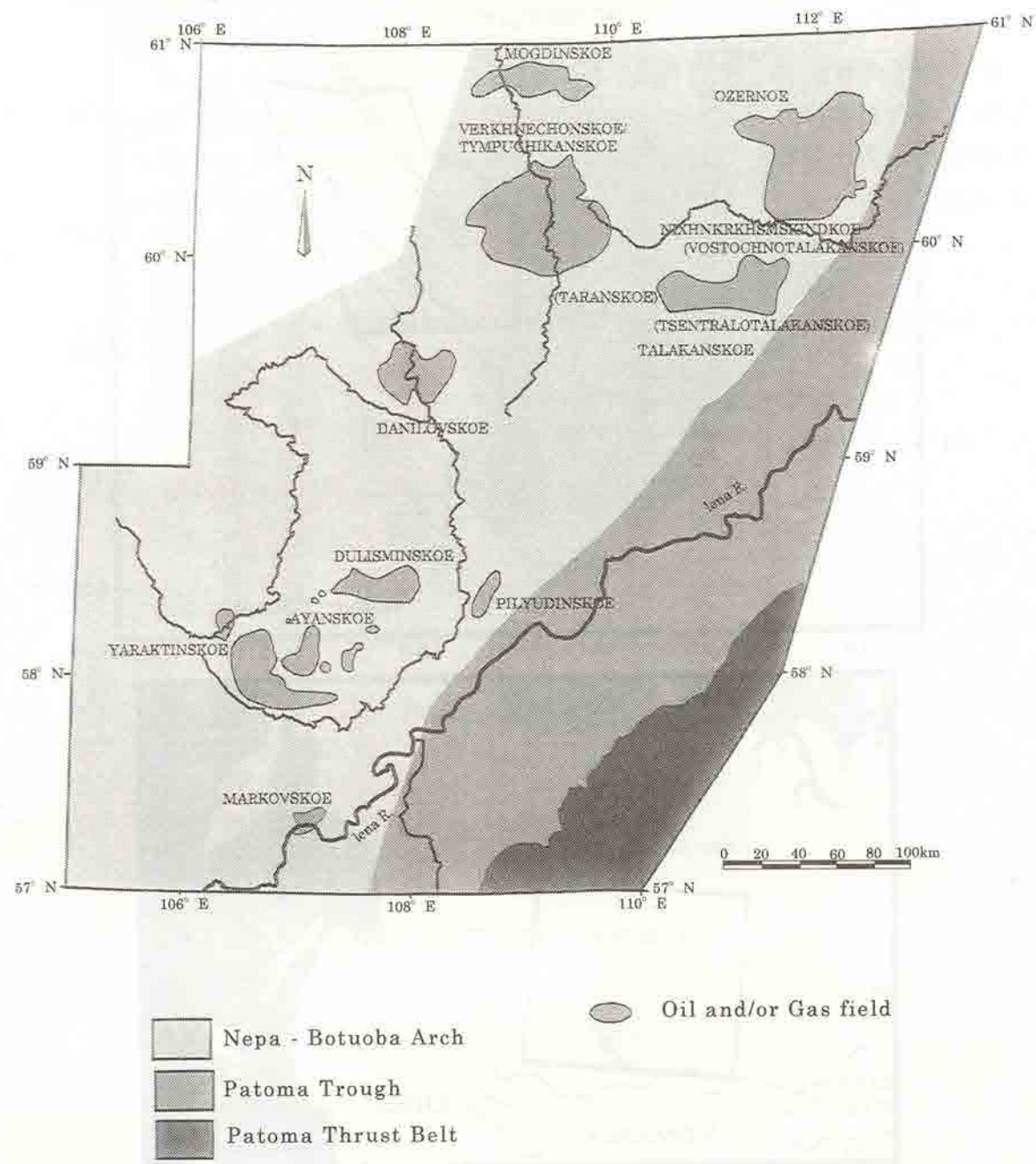


図 115-2 石油・ガス田分布図



図 115-3 パトマトラフ南部の JERS-1 OPS 画像



#### 1.1.6 中国ジュンガル盆地における石油探鉱への応用研究

##### (1) 研究目的

本研究の主な研究目的は砂丘の形態等から砂漠地域での石油資源探査における JERS-1 データの有効性を明らかにすることである。特に砂漠地域において砂丘の分類を行い、将来の地震探査計画立案に資する基礎資料を提供することを重点とした研究を行った。本研究は石油資源のポテンシャルが高い中国ジュンガル盆地を研究対象地域としている。

##### (2) 研究の背景概要

###### (a) 研究対象地域

研究対象地域は中国北西部のジュンガル盆地東部に位置しており、北縁部を NW-SE 方向に走る 3,000m 級のアルタイ山脈が、南縁部を E-W 方向に走る 4,000m 級のテンシャン山脈が分布する。図 116-1 に研究対象地域位置図を示す。ジュンガル盆地周辺にはオルドビス系から新生界に至る地層が分布するが、一般に下部石炭系以下は著しい擾乱を受けて弱変成した海成堆積物、火山岩類から構成され、石油地質上の基盤となっている。ジュンガル盆地北西部に位置する主要産油地域であるカラマイ油田群に加え、1980 年以降に発見された火焼山(Huoshashan)油田、北三台(Beisantai)油田、三台(Santai)油田、彩南(Cainan)油田等近年の生産量の増加は著しい。

###### (b) 研究期間

1995 年度(1 年間)

##### (3) 研究内容

ジュンガル盆地をカバーする JERS-1 OPS データ 12 シーンからフォーカスカラー画像を作成し、地質判読、地形判読を行った。

また砂漠地域で石油資源探査のための地震探査を行うには、その計画段階で砂丘のタイプ、突出部の波長と起伏量の規模、突出部の斜面傾斜状態等の情報を有することが重要となる。特に地震探査は地形の起伏変化の程度によって探査方法、測線配置、アクセス計画、探査期間等が大きく規制される。本研究では砂丘の形態を transverse(横列)、logitudinal(縦列)、deformed(変形)、barchan(バルハン)の 4 種類に、波長を 300m+, 200-300m, 100-200m, 100m-の 4 段階に、起伏量を 10m-, 10-15m, 15m+の 3 段階に区分して砂丘分類を行った。起伏量に関してだけは、画像からだけの区分は困難であるため、現地調査でそれを明らかにした。これらの解析した情報を基に、地震探査を行う際の現地へのアクセスを考慮した探査用ベースマップを作成することができた。



#### (4) 研究成果

JERS-1 OPS のフォールスカラー画像を図 116-2 に示す。画像中央部はポコタ山脈が位置し、過褶背斜、過褶向斜を含む多数の褶曲が判読された。また判読される地質単元も既存地質図では得られない精度で細分が可能であった。ポコタ山脈では中部～上部シルル系と中部石炭系の弱変成堆積岩類や火山岩類が最下位層として露出しており、それらを覆ってデボン系から上部新第三系までの堆積岩類が山麓部に向かって累重している。ポコタ山脈の北側斜面に分布する上部二畳系には世界的にも優れた石油生成能力を有する厚い油頁岩が存在する。これが良質の石油根元岩層と考えられるため、上部二畳系はジュンガル堆積盆地の石油探鉱上特に重要な層準である。

総合解釈からは、研究対象地域では探査方法としてバイプロサイスとダイナマイトによるものとに区分することができた(図 116-3)。砂丘の波長が 300m 以上、起伏量が 10m 以下の形態をもつものには、地震探査の測線の設定が相対的に容易であることが予想される。そのような地域ではバイプロサイスを使用した探査が可能と判断される。また、砂丘の波長が 200m 以下、起伏量が 10m 以上の形態をもつ接合バルハン等大きい起伏量をもち起伏変化に富む地形で特徴づけられる地域では、ダイナマイトを使用した探査であっても相当多くの労力が要求されると判断された。

研究対象地域の砂漠地帯では、砂丘のタイプと波長については画像から得られる情報で目的に応じた分類が可能であった。JERS-1 OPS データを用い将来の地震探査のために砂丘分類を行った結果、OPS 画像の砂漠地帯における有効性が明らかになった。しかしながら、砂丘の分類に重要な要素である起伏量(波高)に関しては目的を満足させる数値を得るためには限界があり、現地で予察的に調査をする必要がある。

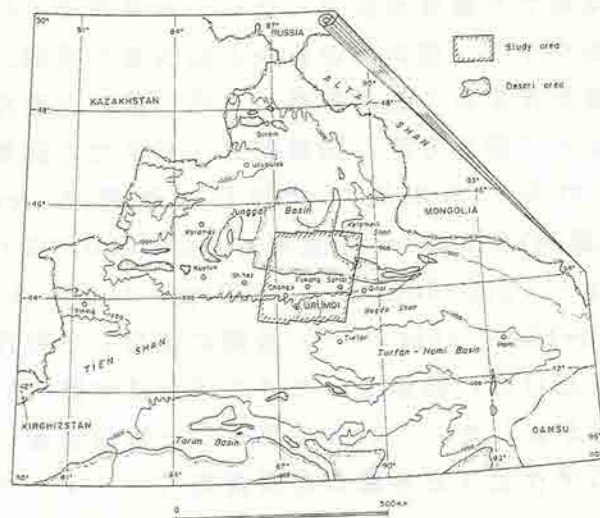
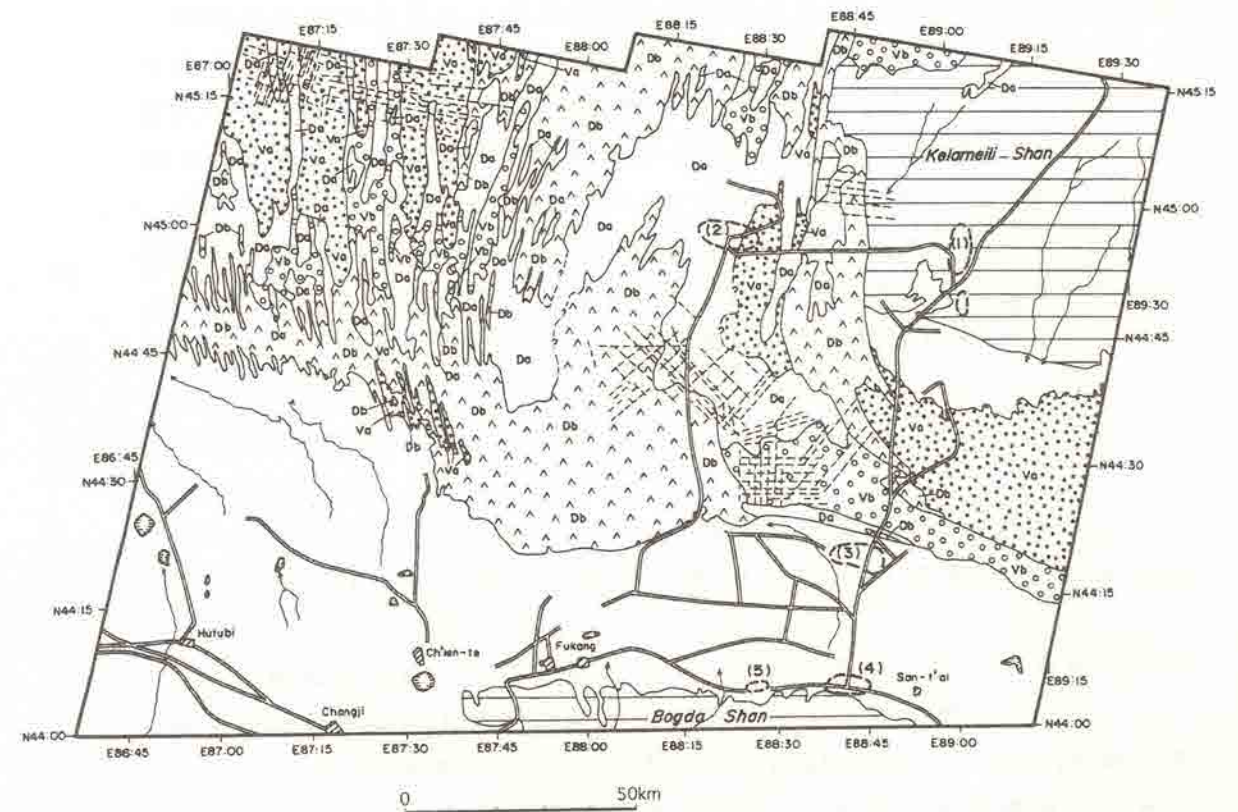


図 116-1 研究対象地域位置図



図 116-2 JERS-1 OPS のフォールスカラー画像





- 砂丘の分類単元境界線 (波線部: 不明瞭)
- 山地
- 平坦地
- 油田 (1) 大泉山 (2) 郭南 (3) 北三台 (4) 三台 (5) 甘南 (開発中)
- 砂漠地帯における既存の地震調査測線
- 主要道路
- 市街地
- 主要水系
- 湖又は貯水池

#### 地震調査における難易度に基づく砂丘の分類

- $\cdot Va \cdot$  バイプロサイスを容易に使用できる範囲: N-S 方向に限る (傾斜度 = 0.03°)
- $\circ Vb \circ$  (傾斜度 = 0.04°)
- $Da$  ダイナマイトによる調査が必要な範囲 (傾斜度 = 0.06° ~ 0.08°)
- $Db$   $Da$  よりも大きい起伏変化のある範囲: ダイナマイトを使用した調査 (傾斜度 = 0.10°)

\* 傾斜度 =  $\frac{\text{起伏量 (波高: m)}}{\text{波長 (m)}}$  (但し、便宜的に以下の数値を使用)

波長 (m)	1	2	3	4	起伏量 (波高) (m)	L	M	H
	350	250	150	50		10	15	20

図116-3 地震調査における難易度に基づく砂丘の分類図



### 1.1.7 カザフスタンカスピ海北部沿岸地域における衛星データによる石油 探査用ベースマップの作成

#### (1) 研究目的

浅海域における石油・ガス資源の探査過程において、地震探査は重要な調査項目である。この探査は、震源と受信機の選択により進捗率が非常に異なり、探鉱経費に大きな影響を与える。その方法の決定には水深、地形、底質及び水生植物等地域の持つ条件に大きく依存する。

本研究は、多時期の衛星画像データを用い、海岸線の変遷をとらえ、浅海域の深度分布や地形の情報を抽出し、最適な地震探査方法の選択ならびに、精度の高い探鉱経費概算に資することができる石油探査用浅海域情報マップの作成を試みることを目的として実施された。

#### (2) 研究の背景概要

##### (a) 研究対象地域

研究対象地域は、カザフスタン西端部に位置するカスピ海北部沿岸低地(Caspian Depression)とその前面に広がる浅海域で面積は約30,000km<sup>2</sup>である(図117-1)。

この地域は石油・ガス胚胎ポテンシャルの高い北カスピ堆積盆地の南部に位置する。本研究対象地域であるカスピ海北東岸の付近にはテングス(Tengiz)油田、アストラカン(Astrakhan)ガス田などが既に開発されており、これに隣接するカスピ北-北東岸の浅海域には新たな油・ガス田の開発が期待されている。

##### (b) 研究期間

1997年度～1998年度(2年間)。初年度は本報告に示すカスピ海北東岸、2年目は北岸のウラル川河口付近を実施し、環境の若干異なる地域での可能性を試みた。

#### (3) 研究内容

##### (a) 使用データ

本研究は継続するデータが要求されるため、LANDSAT、SPOT、JERS-1 SAR/OPS、RADARSATなど全ての入手可能な衛星データから以下のデータを選択して利用した。

1975年 LANDSAT MSS      1985年 LANDSAT TM

1987年 LANDSAT TM      1992年 LANDSAT TM

1993年 JERS-1 OPS/OVN      1997年 RADARSAT

##### (b) 海岸線変化調査

衛星データを用いて1975年から1997年までの22年間の海岸線位置の変遷を把握した。浅海域のアシの分布限界は概ね平均潮位に一致



しており、潮位差が少ないこと等から、アシの分布を利用して海岸線を定義し、データ取得の各時期の海岸線を画像から抽出し、位置的変遷を把握した。

(c) アシの生育域分布調査

海岸付近のアシ分布図を作成する。アシが示す可視・近赤外域のスペクトル特徴からその分布を把握した。

(d) 海岸線変化図作成

現地調査結果から、アシの生育地域が 1m 以浅に限られることを確認した。経年的に抽出された海岸線を指標として海岸線変化図(図 117-3)を作成した。

(e) 底質分布調査

画像解析により地表の土壌/土質を解析した。これを現地調査で確認し土壌/土質分布図を作成した。砂質土壌は露頭している例が多いが、シルト質土壌は植生におおわれている部分が多く見られたため、植生も指標として利用された。

(f) 地震探査用ベースマップの作成

陸域を含む浅海域に対し、深度、土壌/土質、アシの分布などを考慮した地震探査に対する条件を示す探査用ベースマップを作成した。

(4) 研究成果

(a) 地形、海面上昇

カスピ海の短期的潮位変動は、潮汐の日変化が数 cm、季節変化は夏+20cm、冬-10cm 程度と比較的小さい。長期的な変動は 1600 年代から数 m オーダで上昇・下降を繰り返し、その結果として海面は上昇傾向にある。

(b) 海岸線変遷状況

本目的に利用できる衛星データを時系列的にそろえ(図 117-2)、海岸線の変化状況を解析して抽出した海岸線を重ね合わせ、海岸線位置の移動を図示したのが図 117-3 である。この図に示される複数の海岸線は、時間軸での平面的な移動状況を示すと同時に、現時点における一種の等深線に該当すると考えることが出来る。

カスピ海の水位は 1979 年から 1997 年の 18 年間に 1.92m 上昇した。海岸線はこれに伴い全般に東へ移動している。Tengiz 油田付近の海岸線は、最大で約 40km 移動したことが本調査の結果から測定された。

(c) 水生植物分布の把握

海岸付近に繁茂するアシの類を主とする水生植物は、植物スペクトルである近赤外の強い反射を示すことから、リモートセンシングによりその分布が容易に把握できる。その分布は、図 117-2 の OPS 画像において暗緑色から緑色に発色していることから、比較的容易に識別できることがわかる。

アシの分布は地域差はあるものの、5~20km の幅で海岸線に沿って分布していることが認められる。アシは水深約 1m 以下の極浅海域に生育し、陸側の分布境界が海水の到達点に一致するため、アシの分布境界線を海岸線と解釈した。アシの分布は海岸の移動に従って移動している。海面上に広がるアシの群落は、水面下に没した微高地に生育しており、その地域が水深 1m 以浅であることがわかる。

(d) 石油探査用ベースマップの作成と評価

時系列的に衛星データを収集し、解析することにより、海岸線の変遷を知ることができると同時に水面下に没した地域の地形、表層地質、植生状況等を知ることができ、これらをテンギス油田付近の地震探査計画用ベースマップとして地図表示した(図 117-4)。

以下の表 117-1 に示すように、水深は地震探査の震源及び受振器の選択に重要な要素となる。すなわち水深が 5m を越えると震源にエアガンが使用でき、受振器もストリーマーケーブルによるハイドロフォンを利用でき、1 日に 100km 程度の探査が実施できる。水深が 5m より浅く 1m までであれば、震源は同様であるが受振はボトムケーブルによるハイドロフォンになり、1 日に 25 から 30km の探査長に留まる。これに対し、1m 以浅になると爆薬を震源とせざるを得ず、受振にはジオフォンを使用するようになるため、1 日に 2.5~2.7km と極端に作業効率が落ちる。

本研究対象の 1m 以浅の地域にはアシが密生している。このような条件の地域は、船舶の侵入が困難であり、火薬や測線の設置が困難なために、地震探査の不可能な地域と位置付けられた。

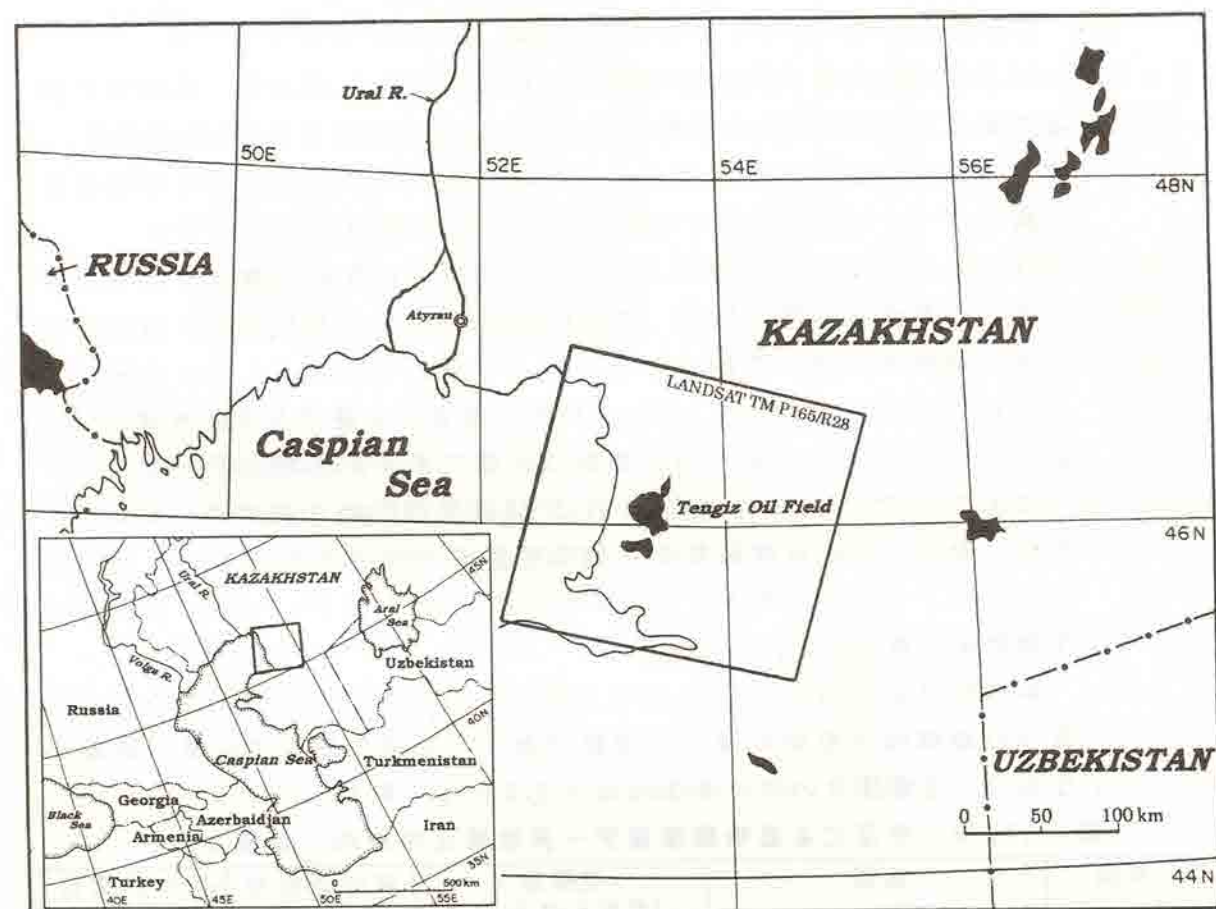
表 117-1 水深による地震探査データ取得法の種別と作業コスト

水深	震源	受振器 (受振システム)	平均進捗率	相対的費用
<1m	爆薬(600g, 海底下 2m)	ジオフォン	2.5~2.7km/日	高
1~5m	エアガン(790cu.in)	ハイドロフォン (ボトムケーブル)	25~30km/日	
5~15m	エアガン(1,500cu.in)	ハイドロフォン (ストリーマーケーブル)	100km/日	
>15m	エアガン(3,000cu.in)	ハイドロフォン (ストリーマーケーブル)	100km/日	低

また、砂質地域はバイブレーターの効率がよく、シルト質地域は効率が悪い等、土質/土壌条件が作業効率に大きく影響を与えることもわかっているが、そのような情報もデータ解析から得ることができた。

このような情報を記載した地震探査計画用ベースマップは調査計画に先立って有意義な情報源となり、短期間に有効な測線計画をたてるために利用でき、石油資源探査のロジスティックスとして有効であることがわかった。





油・ガス田  
 対象地域  
 国境

図 117-1 調査位置図

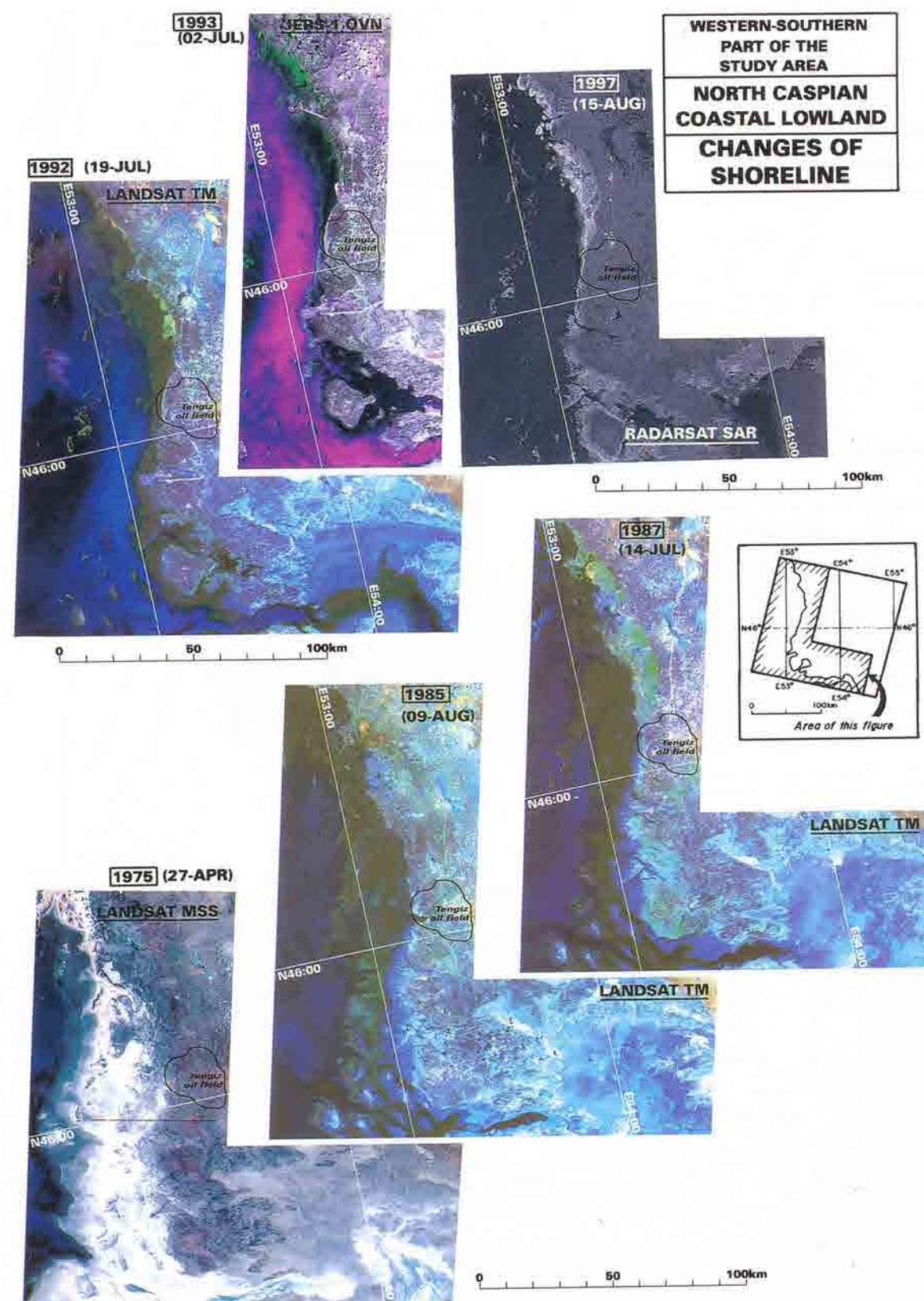
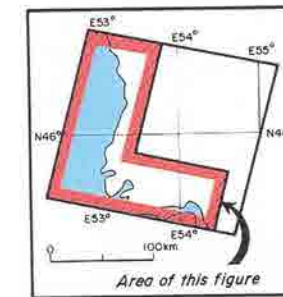


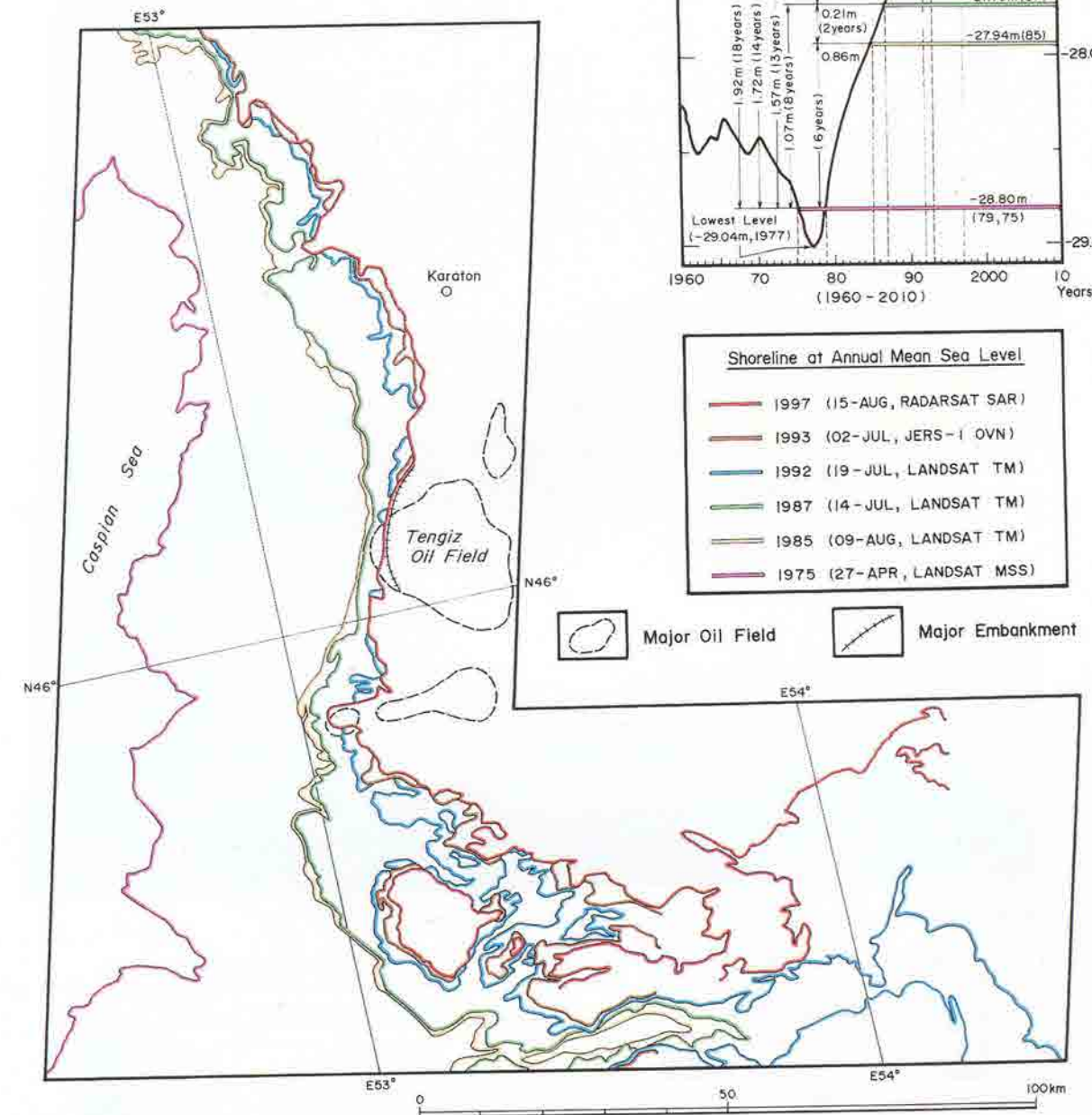
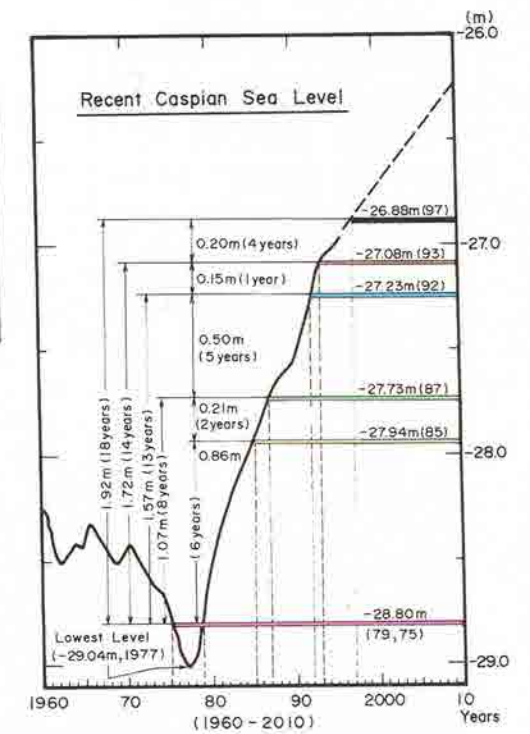
図 117-2 解析に使用した衛星画像の比較(6つの観測年)



WESTERN - SOUTHERN PART  
OF THE STUDY AREA

NORTH CASPIAN  
COASTAL LOWLAND  
REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

RECENT TRANSGRESSION  
NEAR TENGIZ OIL FIELD



Note : This figure is not inclusive of scattered near-shore islands.

図 117-3 海岸線位置の移動



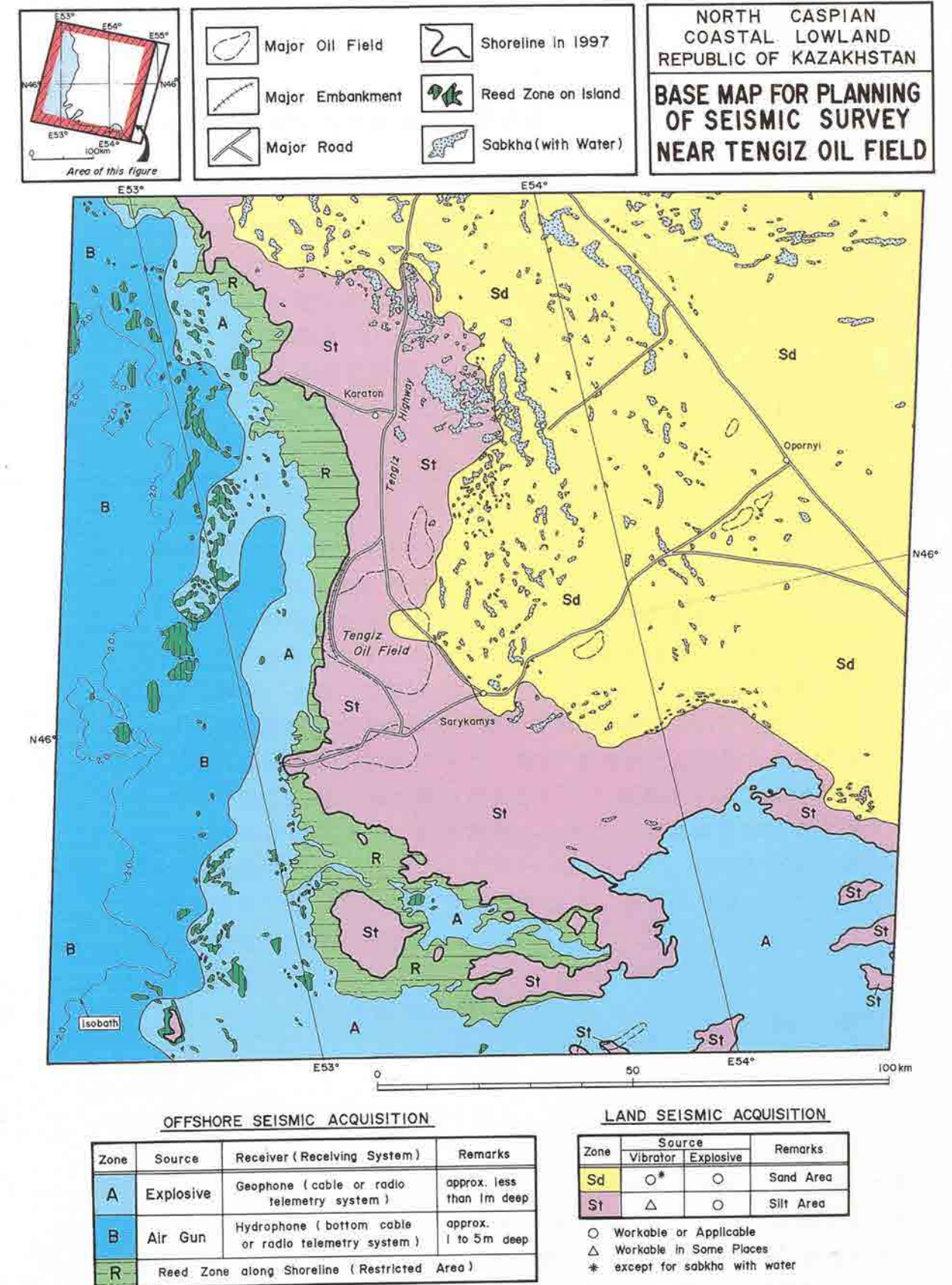


図 117-4 テンギス油田付近の地震探査計画用ベースマップ

## 1.2 金属資源探査への利用

### 1.2.1 チリ共和国北部における金属資源探査

#### (1) 研究目的

研究対象地域は金属資源に富むチリ共和国北部に位置しながら、アンデス山脈という厳しい地形的条件と比較的新しい火山岩に広く覆われた地質のために、既存鉱山が少なく、比較的未探鉱な地域である。そのような地域で JERS-1 OPS データ等を利用した資源解析を行い、これらの解析結果を総合的に解釈し、研究対象地域全域の資源胚胎ポテンシャルの評価を行うことを目的として実施された。

#### (2) 研究の背景概要

##### (a) 研究対象地域

研究対象地域はチリ共和国北部、第 I 州南東部から第 III 州北東部のアンデス山脈及び西縁部である。図 121-1 に研究対象地域位置図を示す。チリ共和国は金属資源に富み多くの鉱山が開発されており、中でも銅鉱山は北部の第 I 州から第 IV 州までの乾燥地域に集中している。また、植生の少ない乾燥地域であることもあり、過去に衛星データを用いた研究実施例が比較的多く報告されている。1997 年度及び 1998 年度に実施した第 III 州(アタカマ地域)を対象とした衛星データを用いた解析では、広域の資源胚胎ポテンシャル評価として、鉱床胚胎の有望な地域の抽出を行い、鉱床探査を実施する上で重点地区を選定する際の参考資料として利用されてきた。そのため、第 III 州と比較的類似した地質状況である第 II 州においても、同様な衛星データを用いた解析が実施されることが期待されている。

##### (b) 研究期間

1996 年度～1999 年度(継続中)

#### (3) 研究内容

金属資源の有望地抽出を行う際に、対象地域を含む広い地域について同一の基準で解析を行うために、JERS-1 OPS 及び LANDSAT TM データに対してデジタルモザイク処理を施しデータセットを作成した。地質判読及び変質鉱物に着目した解析を実施するため、デジタルモザイク画像のデータセットから、広域な地質判読を行った。次いでバンド間演算、スペクトル解析及び教師付分類処理等を実施し、変質帯の抽出を行った。これらの解析結果から、研究対象地域の地質構造と変質帯の分布を解析した。また、現地調査を実施し、解析できた変質帯の検証や携帯型分光計による変質鉱物の同定を行い、その結果を画像解析に反映させた。



本地域で使用した JERS-1 OPS 画像の 6 シーンについて、全てのシーンの VNIR バンド 1,2 及び SWIR のバンド 5,6,7,8 に楕円ノイズが認められ、SWIR 域のバンド 5,6,7 についてはセンサーの応答遅れが認められた。楕円ノイズに対しては 1:2:1 の重みづけフィルタでノイズを軽減した。センサーの応答遅れに対しては、楕円ノイズを取り除いた後にバンド間レジストレーションによる画質改善を行った。基準とするバンドは SWIR 域でも比較的画質の良いバンド 8 を用い、Window サイズ (4×4)、Scan サイズ (3×3) で、バンド間レジストレーションを行った。バンド 5 については著しい応答遅れのために、上記の条件 (window, scan サイズ) でも画質が改善せず、Window サイズ (1×7)、Scan サイズ (0×3) でやや画質の改善が認められたものの、今後の課題として残った。

#### (4) 研究成果

図 121-2 に JERS-1 OPS のフォールスカラーモザイク画像を、図 121-3 に JERS-1 OPS の比演算圧縮処理モザイク画像を示す。これらの画像からは金属鉱床に関連する地質の分布、地質構造が広域的に解析でき、さらにいくつかの地域を選定し、

分解能の高い航空機データを使って詳細に解析した。特に比演算圧縮処理画像では粘土鉱物等の変質鉱物が特徴的なスペクトル特性を持つ SWIR 域について、バンド 7,8 の相対的なスペクトル吸収の特徴を強調するために、バンド 6/7 及びバンド 6/8 を計算した。また、VNIR 域では鉄酸化鉱物のバンド 1 の相対的なスペクトル吸収の特徴を強調するためにバンド 2/1 を計算した。その結果、鉄酸化鉱物は青に、粘土鉱物は赤で表されることになる。また解析では、変質帯が抽出された地域に対して 3 次元画像表示 することで、地質構造と変質帯の関係を解析することが容易となった。

これらの解析結果と画像判読及び既存データを比較検討した結果、以下のような 研究対象地域の地質構造と変質帯の分布についての知見が得られた。

アンデス山脈西縁部には多くの火山が存在し、火山性の変質帯が多数認められた。

変質帯はボーフィリー型銅鉱床に伴うもの、浅熱水性の鉱染状～鉱脈型鉱床に伴うもの、及び火山活動に伴う酸性変質帯に区分して抽出することができた。これら抽出された変質帯についてさらに地質構造や火成岩体の分布等の検討を行った結果、鉱床賦存のポテンシャルの高い地域を抽出することができた(図 121-4)

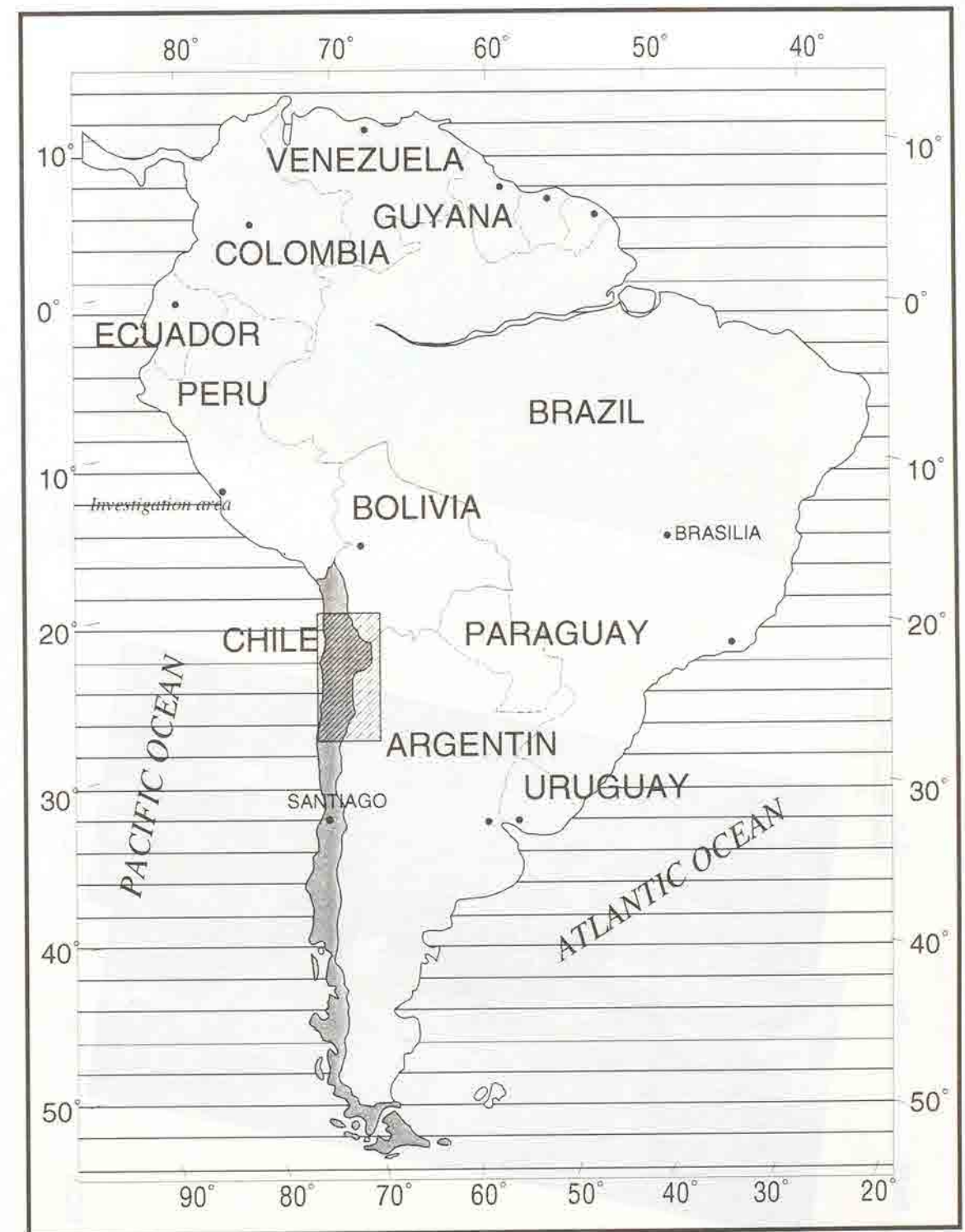


図 121-1 研究対象地域位置図



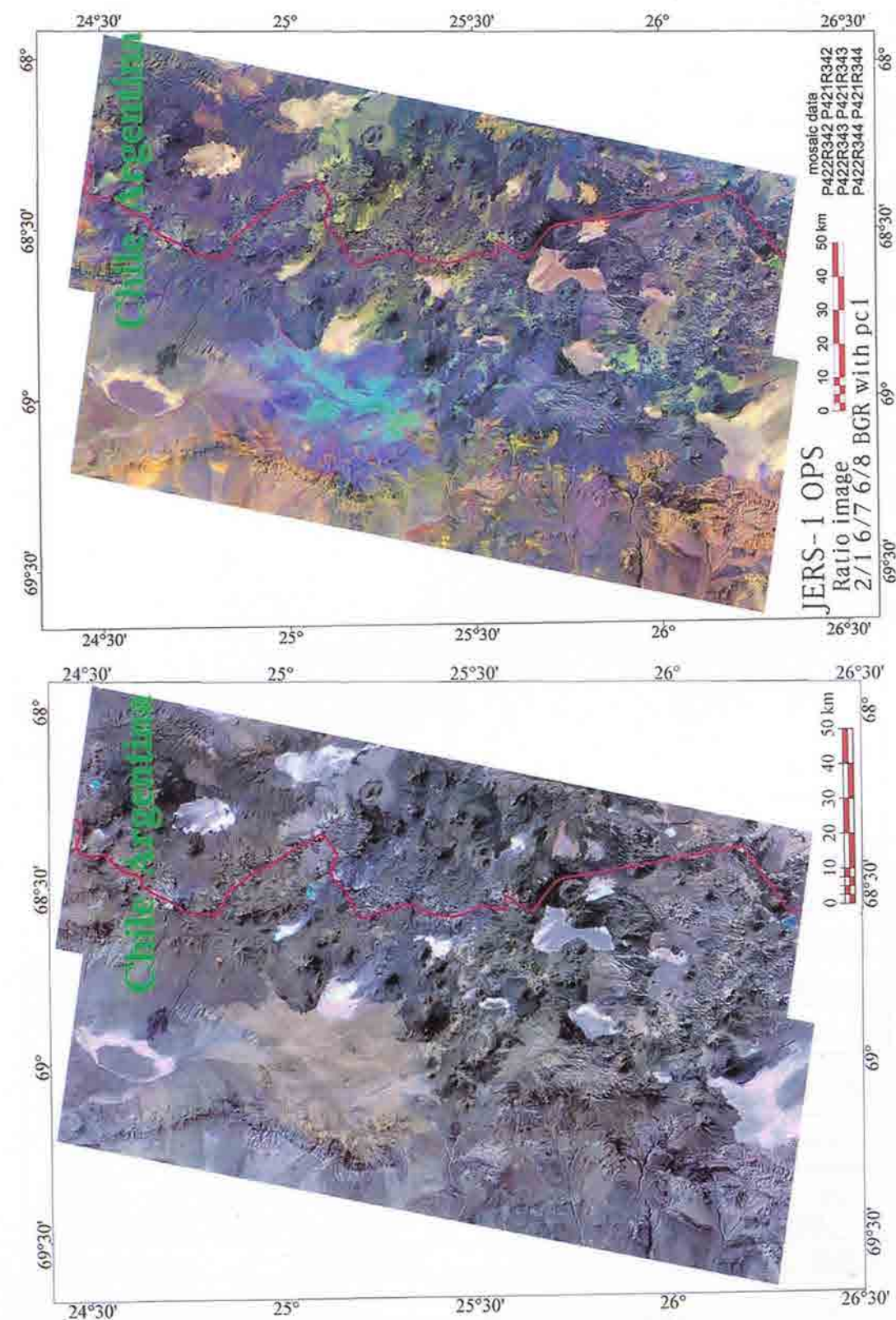
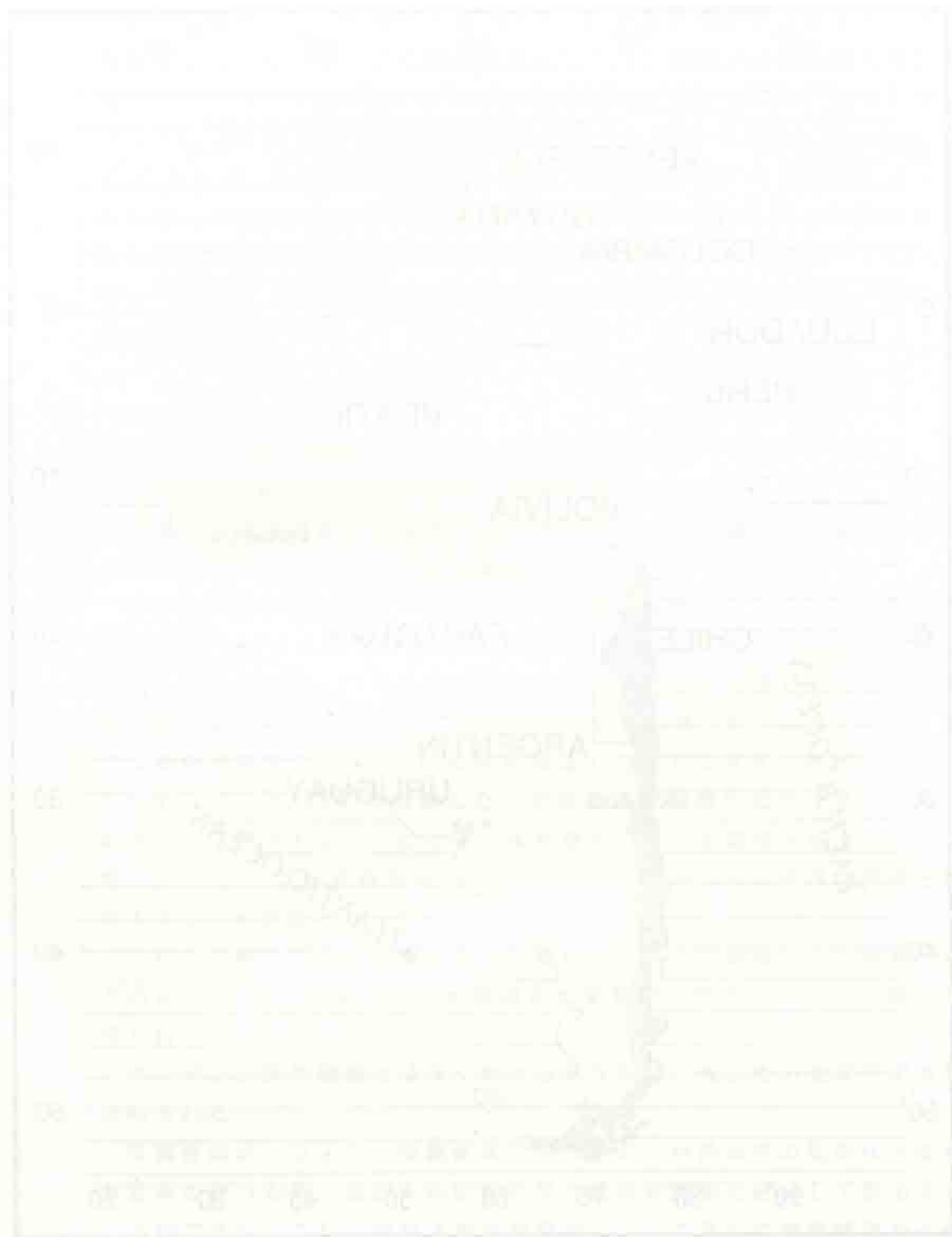


図 121-2 JERS-1 OPS のフォールスカラーモザイク画像

図 121-3 JERS-1 OPS の比演算圧縮処理モザイク画像



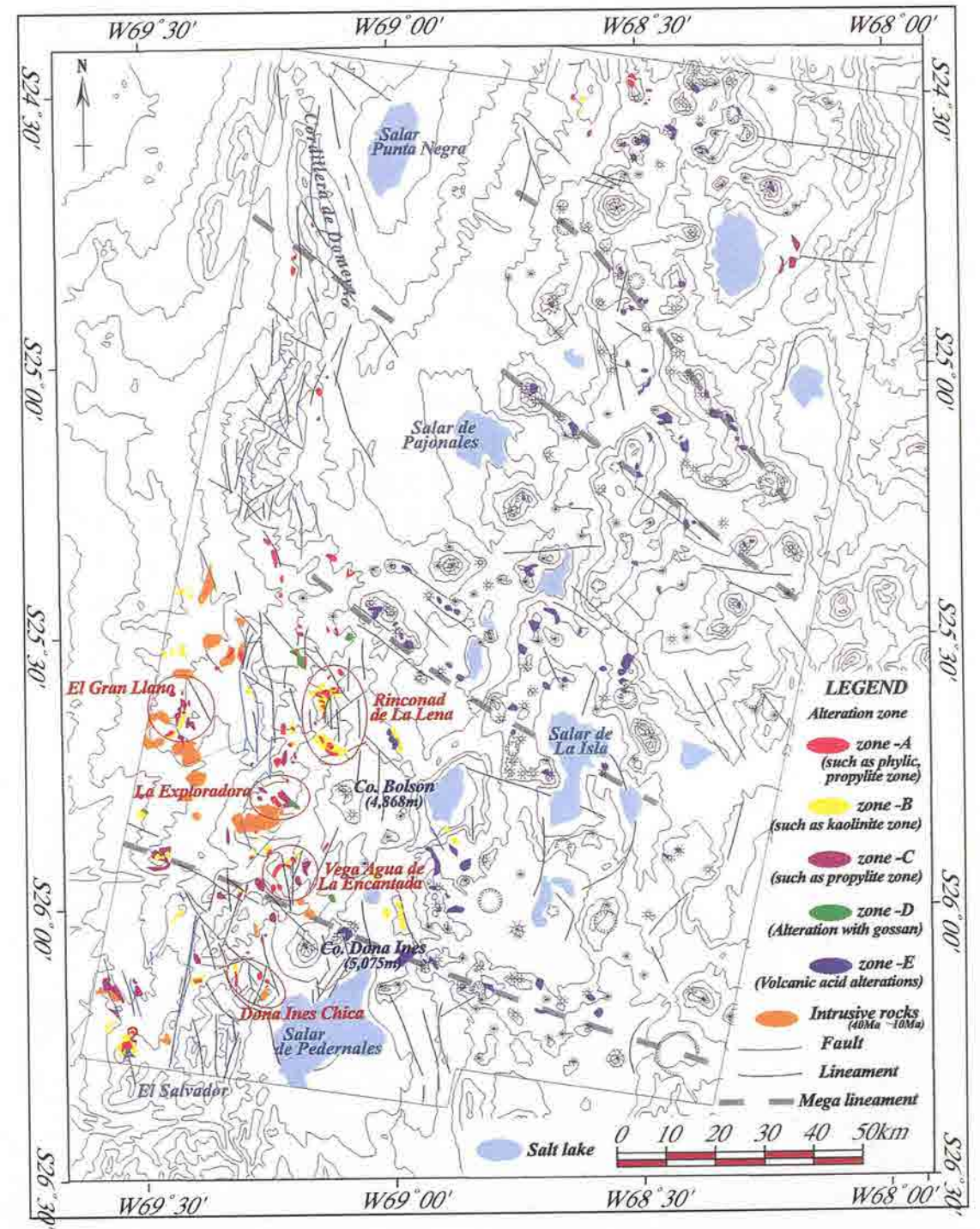


図 121-4 金属資源胚胎ポテンシャル評価図

### 1.2.2 ポリビア共和国西部における 金属資源探査

#### (1) 研究目的

ポリビア共和国は、金属資源胚胎ポテンシャルが高い国であり、未探鉱地域が残されている。ポリビアは広大な国土を有し、資源探査を行う上でリモートセンシングの適用は必須である。本研究の目的は、資源胚胎ポテンシャルの地域評価を行うためのリモートセンシング技術を開発・検討することにある。

#### (2) 研究の背景概要

##### (a) 研究対象地域

研究対象地域はポリビア共和国中西部に位置し西アンデス、アルチプレーノ、東アンデスにかけてである。図 122-1 に研究対象地域位置図を示す。対象地域の地質はオルドビス系、シルル系、デボン系、石炭系、二畳系、三畳系、白亜系、第三系、及び第四系からなる。火成岩は三畳紀～ジュラ紀の花崗岩類、新第三紀中新世の石英斑岩、アダメロ岩、花崗岩、鮮新世に噴出したイグニンプライト等が分布する。また対象地域は、ポリビア型多金属脈鉱床と呼ばれる金属鉱床が広く分布している。これらポリビア型多金属脈鉱床は、金、銀、銅、亜鉛、錫等の種々の金属を含み、安山岩質からデイサイト質のドーム、貫入岩に密接に関連している。SERGEOMIN はポリビアにおけるポリビア型多金属脈鉱床の有望地域として、現在西アンデス地域に注目している。特にポリビア南部のウユニ塩湖西方の地域には変質帯が多く広がり、金探鉱を中心に現在も調査が進められている。

##### (b) 共同研究機関

ポリビア地質冶金研究所(SERGEOMIN)

##### (c) 研究期間

1995 年度～1997 年度(3 年間)

#### (3) 研究内容

JERS-1 OPS データから作成したデジタルモザイク画像のデータセットを用いて、広域的に 10 万～25 万分の 1 程度の画像で岩相マッピング、及び地質構造解析を行った。広域的な解析から得られた成果を基にして、いくつかの検討地域を選定し、JERS-1 OPS 画像等に対してサブシーンを切り出し、比演算圧縮処理画像、SPI (Spectral Pattern Index) 画像等の各種処理画像を作成し、変質帯抽出を行い、これらの変質帯抽出の検証のために現地調査も行った。このような解析及び現地検証調査を通じて既知鉱床との地質類似性等から金属鉱床胚胎ポテンシャル評価を行った。



#### (4) 研究成果

前述の研究内容を基に資源ポテンシャル評価図を作成した(図 122-3)。従来、西アンデスの鉱床区は Pb-Zn 帯とされており、アクセスの面からも既存鉱山は少ない地域である。

しかし、社会基盤の整備とともに西アンデス地域の金属資源ポテンシャルも注目されてきており、当該地域は SERGEOMIN も探鉱重点地域として見ており。今後、この地域は Pb-Zn のみならず、Au, Ag にも注目した探鉱が行われていくものとみられることから、本研究の成果として作成された資源ポテンシャル評価図は、探鉱を進める上での有用な資料となりうると判断される。

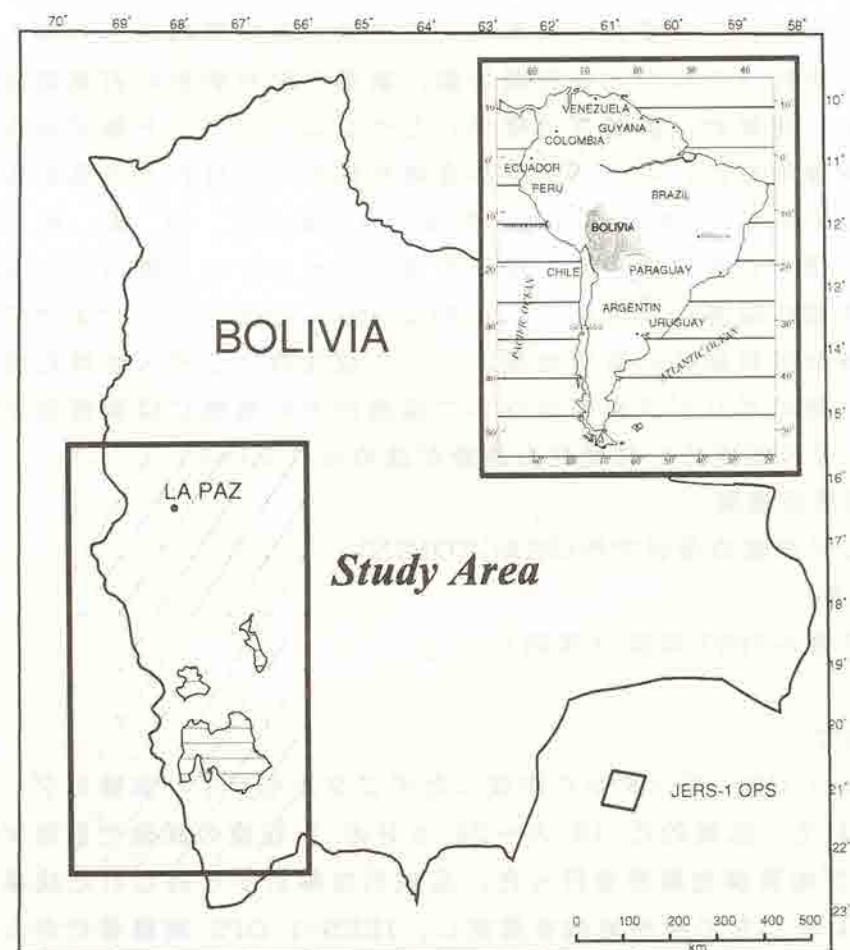


図 122-1 研究対象地域位置図

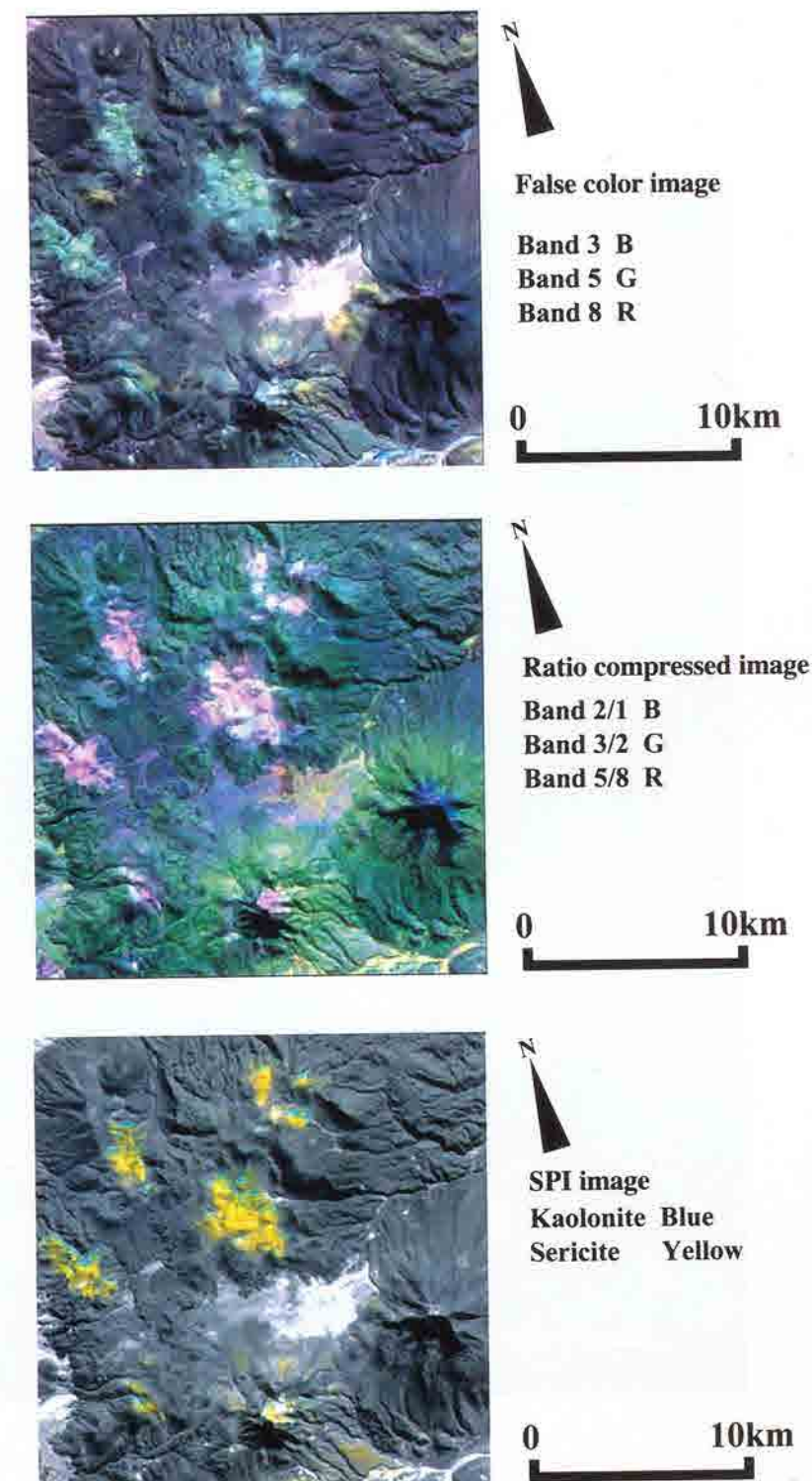


図 122-2 Chinchiluhuma 地域の 358BGR フォールスカラー画像、比演算圧縮処理画像、SPI 画像

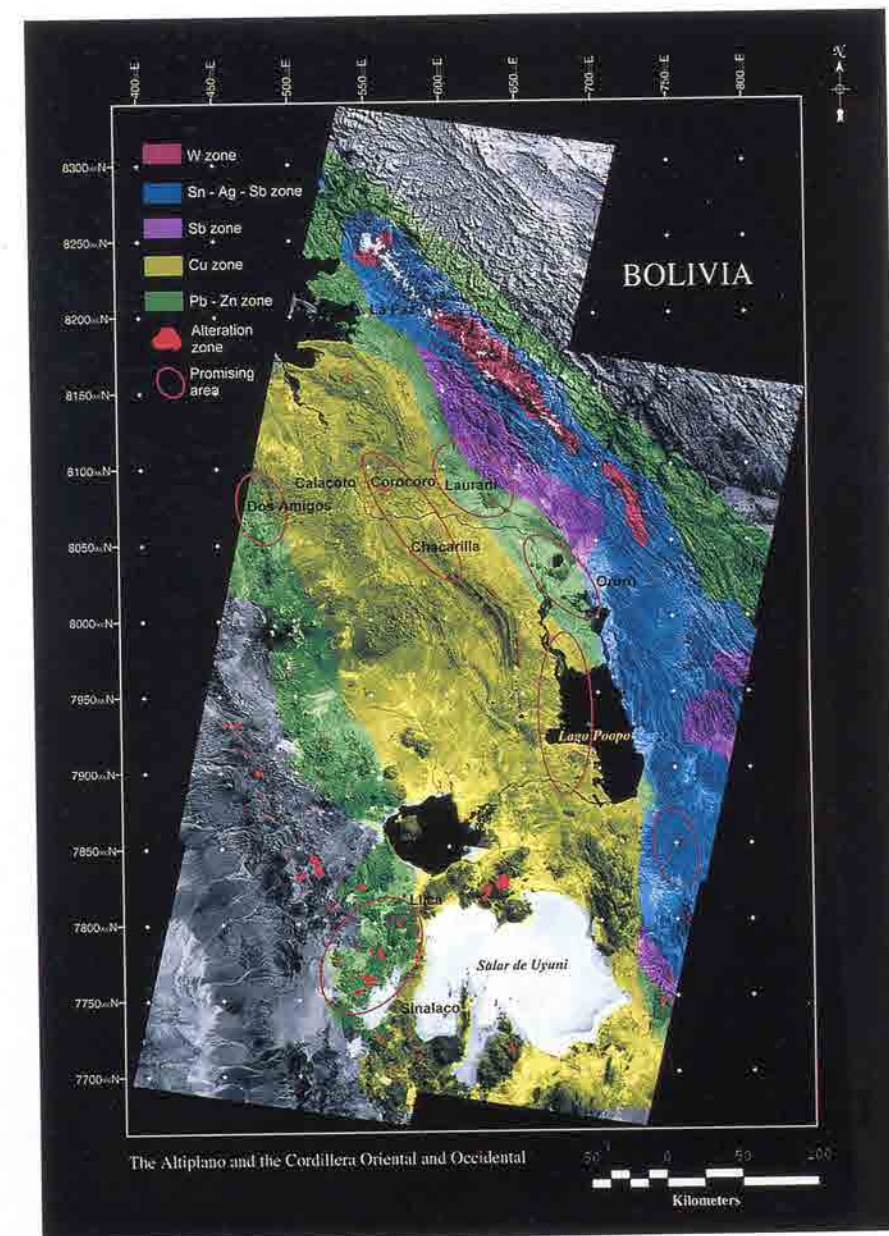


図 122-3 金属資源胚胎ポテンシャル評価基本図



### 1.2.3 トルコイズミール地域における金属資源探査

#### (1) 研究目的

本研究の目的は、JERS-1 OPS データを用いたリモートセンシング技術の半植生地域における金属資源探査への応用に関する研究開発を行うことである。

#### (2) 研究の背景概要

##### (a) 研究対象地域

研究対象地域はトルコ共和国西部・イズミール地域に位置し、北緯  $38^{\circ} \sim 41^{\circ}$ 、東経  $27^{\circ} \sim 13^{\circ}$  に囲まれた面積約  $180,000\text{km}^2$  の範囲(図 123-1)である。当該地域内には赤松、ポプラなどの中～高木の他多種の低木、草本植物が分布し、植生～半植生地帯をなす。

##### (b) 共同研究機関

トルコの資源探査に関わる研究機関である MTA (Maden Tektik ve Arama Genel Mudurlugu)

##### (c) 研究期間

1992 年度～1994 年度(3 年間)

#### (3) 研究内容

本研究では、岩石分類・地質構造判読を目的として、研究対象地域の JERS-1 OPS フォールスカラー画像を作成した。また金属鉱床と密接に関係すると考えられる変質帯の抽出を目的として、JERS-1 OPS データの比演算処理などによるスペクトル解析を行った。さらに現地調査にて検証することにより金属資源探査における JERS-1 OPS データを用いたリモートセンシング技術の有効性について検討を行った。

#### (4) 研究成果

本研究で作成した JERS-1 OPS フォールスカラー画像(BGR=135)を地質判読した結果、Yenice 地区、Yuntdag 地区及び Sayik 地区の 3 地区が変質帯として抽出された。これらの代表例として、Yenice 地区のフォールスカラー画像及び地質判読図を図 123-2、図 123-4 に示す。ここにおける、Yenice 地区の地質判読図に示される単位 JH は地質判読によりフォールスカラー画像から抽出された変質帯である。本単位は、火口壁を起源とすると推定される陥没構造の内側を占め、低い抵抗度を示すことで特徴づけられ、単位 JV2 に相当する第三紀火山活動に伴われた熱水変質作用により生じた変質帯と考えられる。

また、これら 3 地区の変質帯に対し、比演算処理などを用いてスペクトル解析を行った結果、Yenice 地区及び Yuntdag 地区では、明瞭な



色調差で変質帯を抽出することができた。しかしながら、Sayık 地区では変質帯を抽出することはできなかった。スペクトル解析により変質帯が抽出できた Yenice 地区で作成した比演算処理画像 (BGR=5/6,5/7,5/8) を図 123-3 に示す。比演算処理画像の白色で表されているところが変質帯である。

さらに現地検証の結果から、Yenice 地区及び Yuntdag 地区は、粘土鉱物を多量に含む変質帯であることが確認された。また、スペクトル解析では周囲と分離することができなかった Sayık 地区は、粘土鉱物を含まない珪化変質帯であることが確認された。

以上の結果から、フォールスカラー画像による判読とスペクトル解析画像を併用することにより、本研究対象地域のような半植生地域においても変質帯を分離・抽出することが可能であることが判明した。

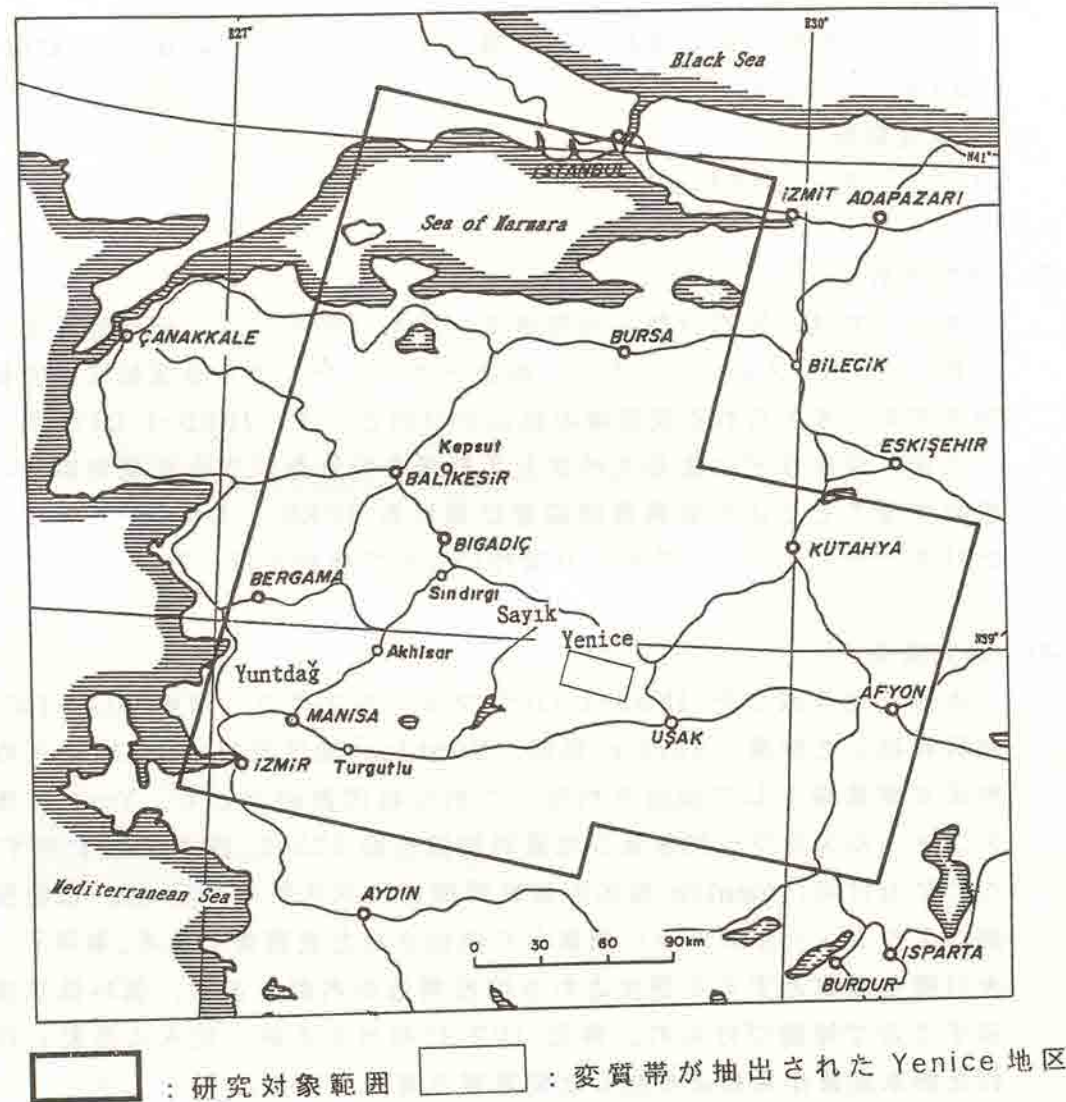


図 123-1 トルコ・イズミール地域位置図

JERS-1 OPS

E29° 00'

GRS D268-235

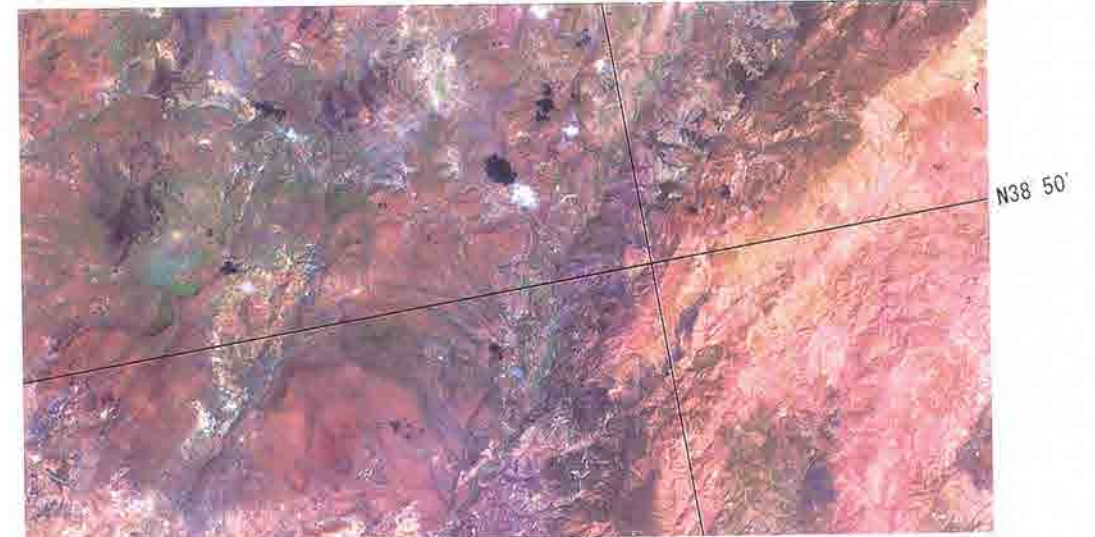


図 123-2 Yenice 地区のフォールスカラー画像 [BGR : 135]

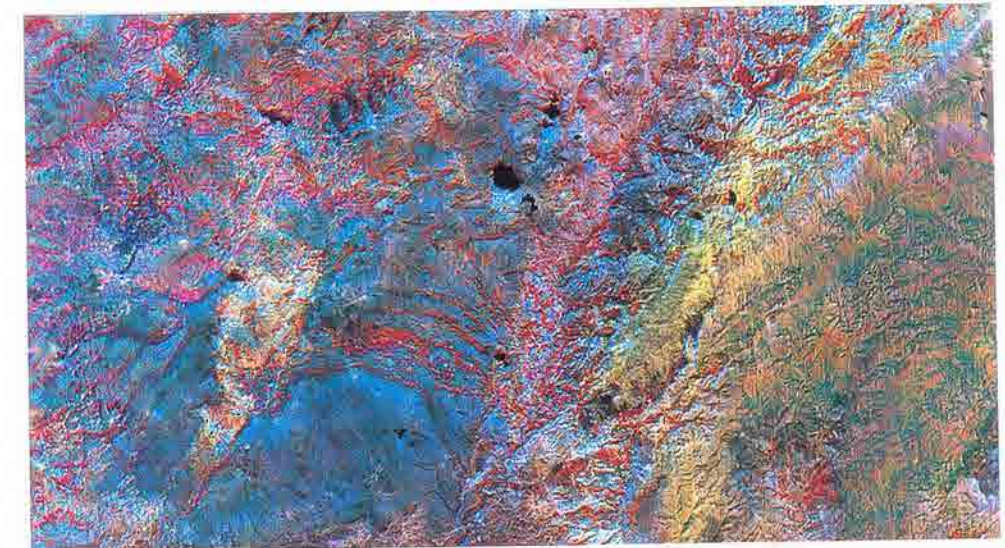


図 123-3 Yenice 地区の比演算処理画像 [BGR : 5/6,5/7,5/8]

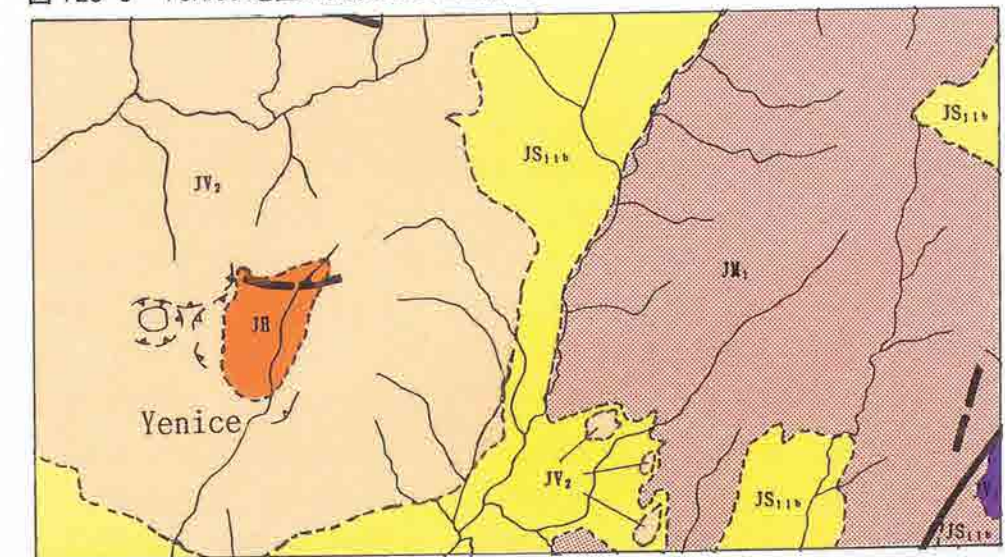


図 123-4 Yenice 地区の地質判読図 (JH : 変質帯)



### 1.3 環境への利用

#### 1.3.1 石垣島周辺における珊瑚礁分布図作成

##### (1) 研究目的

JERS-1 OPS 等の衛星データを利用し、ASTER データによる珊瑚礁分布図作成のアルゴリズム開発・確立を目的としている。さらに、珊瑚礁分布域を抽出し、その底質を区分・分類(珊瑚、藻類、堆積物などの分布)することを目標としている。

##### (2) 研究の背景概要

大気中の  $\text{CO}_2$  の増加による地球の温暖化現象は古くから注目されている問題であるが、 $\text{CO}_2$  の吸収源及び固定源として森林とともに、珊瑚礁が注目されている。しかしながら、珊瑚礁海域の広域的・時系列的なデータは極度に少なく、珊瑚礁の分布についての詳しいマッピングはあまり多くなされていなかった。そのため、衛星データを用いた広域的なマッピングを急ぐ必要があると考えられている。

##### (a) 研究対象地域

珊瑚礁の生態調査が最も進んでいる南西諸島の石垣島を研究対象地域として選び、石垣島の中でも生態調査データが多い白保地区、川平地区をモデル地区として選定した(図 131-1)。石垣島を初めとした南西諸島の珊瑚礁は、裾礁タイプに属し、島を取り巻くように、棚状に珊瑚礁が分布する。白保地区の珊瑚礁は世界でも類を見ない青珊瑚の群落が有名である。

##### (b) 研究期間

1993 年度～1994 年度(2 年間)

##### (3) 研究内容

各衛星データに基づいて珊瑚礁の分布域の抽出・分類手法を検討した。使用した衛星データは、JERS-1 OPS(図 131-2)、LANDSAT TM・MSS, SPOT HRV, MOS-1 MESSER である。珊瑚礁を含む浅海域を明瞭に示すため、原データから輝度値の変動の乏しい海域あるいは輝度値の高い雲などのデータをマスキングにより取り除き、濃度変換する画像強調を行った。また、珊瑚礁を判読する時、水域が水色系統になる色の組み合わせが視覚に違和感が無いが、珊瑚礁内の地形判読にはコントラストに乏しい画像になる。そのため、水域の情報をより多く持つ短波長側のバンドに赤を当てて、コントラストの強調を行った(図 131-3)。画像データから陸域、外洋、雲をディシジョンツリー法により取り除き、珊瑚礁分布域を抽出した後、クラスタリング(Ward 法)を行った。LANDSAT TM



ではバンド 2,3,4 を, SPOT HRV 及び JERS-1 OPS ではバンド 1,2,3 を特徴量として使用した。

#### (4) 研究成果

珊瑚礁内における生物群集は, パッチ状に分布する場合が多いため高分解能が必要とされる。また, 分解能があがるにつれ, 珊瑚礁の内部をより細かく表現されることが分った。

珊瑚礁の内側礁～礁嶺部分についてみると, MSS や MESSER では, 礁原内の礁池の分布や形態は不鮮明で, TM 程度の分解能があれば, 礁池の水深の変化や礁嶺の微妙な生物群集の分布密度変化がより鮮明に読取れる。

TM, HRV, OPS では, 礁原内の珊瑚群集と海草群集の分布を捉えている。また, 水深の浅い礁嶺付近では, 潮位の微妙な違いが画像から把握可能である。TM のバンド 1 を使用した画像では, 深い礁池内の変化まで示されるが, この波長領域を持たない HRV や OPS ではやや難しい。

クラスタリングを行った結果を図 131-4 に示す(赤: 珊瑚/海草群落, 黄: 礁岩, 青: 砂礫底)。礁嶺, 礁池などの地形要素ごとに抽出しているが, 水深による影響を大きく受けていることが分った。また, 各衛星データは潮位の違いにより, 礁嶺部分の分布が微妙に異なっていた。

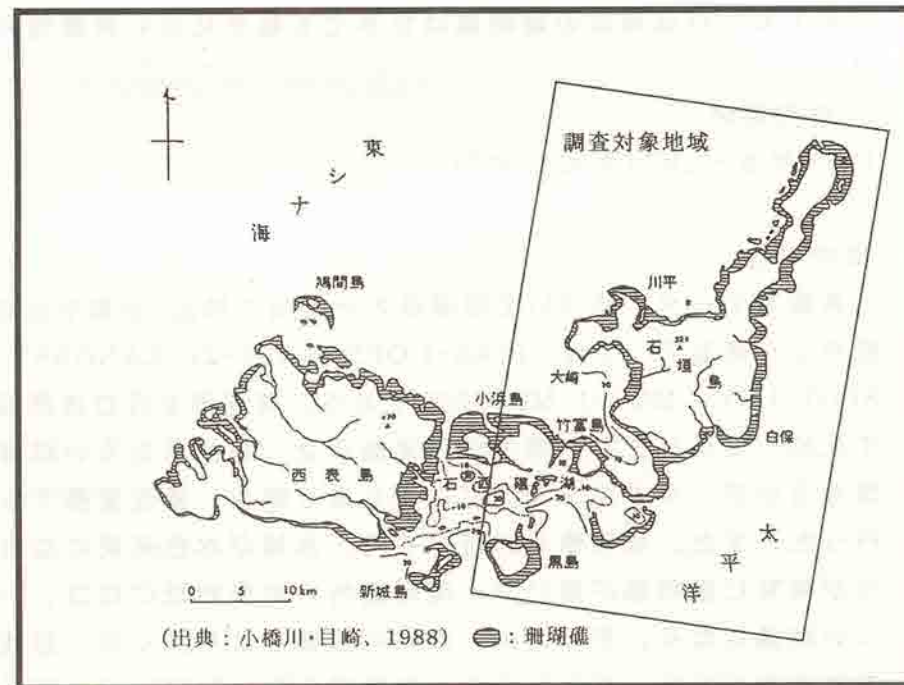


図 131-1 西表島・石垣島の珊瑚礁分布及び調査位置図

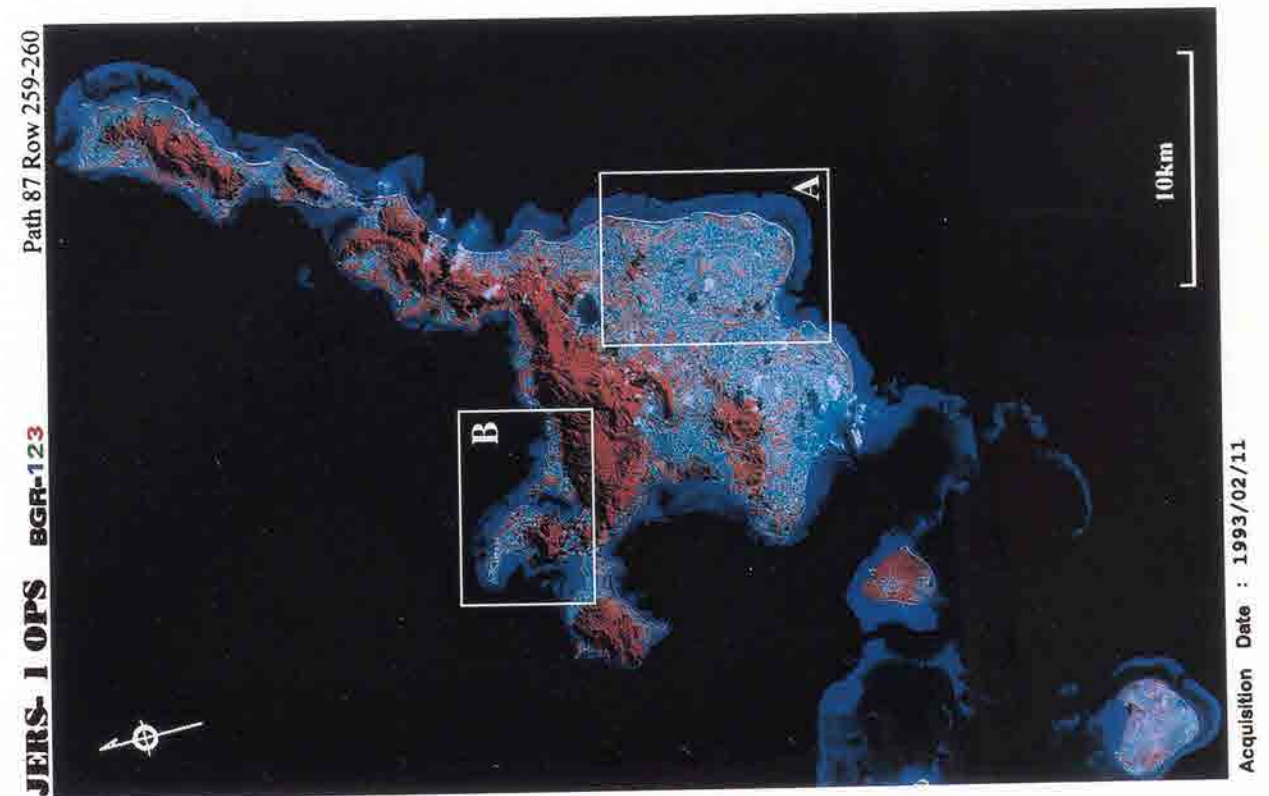


図 131-2 JERS-1 OPS フォールスカラー画像 (BGR=123)

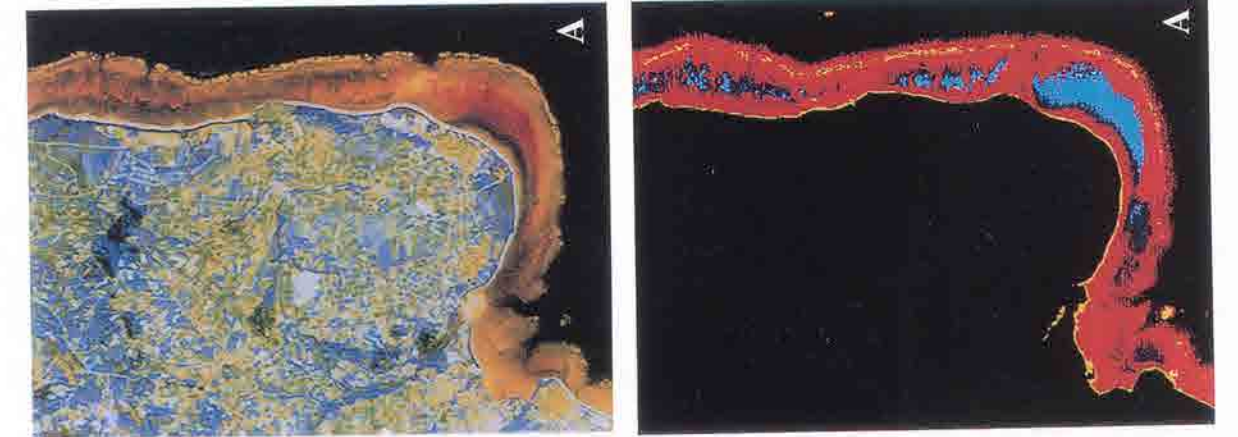


図 131-3 白保(A)・川平(B)地区における  
フォールスカラー画像 (RGB=123)



図 131-4 クラスタリングによる珊瑚礁海域の分類 (白保地区)



### 1.3.2 ボリビア共和国ラパス盆地における 斜面災害モニタリング

#### (1) 研究目的

本研究の目的は衛星データを用いて災害予測も含めた斜面災害の基礎データを作成することである。一般に、衛星データを用いて斜面崩壊現象を予測する方法には 2 つの方法がある。1 つは衛星データのみを用いるもので、捉えられた地表物質の反射特性から斜面崩壊現象及びその前兆を把握しようとするものである。もう 1 つは様々な地理情報に衛星データを付加し、統計的手法、GIS 手法によって評価する方法である。後者には、衛星データによって、地質、風化度等の素因情報を代表させる場合と、土地被覆状況を反映する分光反射スペクトル特性自体に意味を持たせる方法とがある。本研究ではこれらの方法を用いて斜面災害に関する基礎データの作成を行い、ボリビア共和国の首都がある Lapaz 盆地での斜面災害モニタリングへの適用を行った。

#### (2) 研究の背景概要

##### (a) 研究対象地域

ボリビア共和国の首都がある Lapaz 盆地は、標高 4,000m 余りの平坦なアルティプレーノから急崖を形成し、南北 20km、東西 15km のすり鉢状の浸食地形を形成している。図 132-1 に研究対象地域位置図を示す。ラパス盆地周辺の人口は約 100 万人程度である。ラパス盆地内の大部分は漂礫堆積物、崖錐堆積物、河川堆積物及びその 2 次的堆積物からなる。研究対象地域内の地質は白亜系、第三系、及び第四系が分布する。Lapaz 盆地周辺の年間降水量は 600mm 弱であり、12 月から 2 月の雨季に降雨が集中する以外は、降雨に乏しい。

##### (b) 研究期間

1995 年度 - 1997 年度 (3 年間)

#### (3) 研究内容

本研究では JERS-1 OPS を初めとして、JERS-1 SAR, LANDSAT TM, SPOT, ERS-1 SAR, ロシア衛星データ等のリモートセンシングデータを使用した。JERS-1 OPS と LANDSAT TM を用いた 2 時期画像を用いた変位抽出解析は、地滑り等の斜面災害の起こった地域を抽出でき有効な手法であった。また、SPOT ステレオペアデータより Digital Elevation Model (DEM) を作成し、急傾斜危険因子抽出及び地形因子抽出を試みた。さらに DEM データと JERS-1 OPS データを重ね合わせて 3 次元画像を作成し、ラパス盆地の写真地質的解析を行った。これらのデータ及び既存資料から、写真地質的解析、DEM を用いた地表面流出モデル等の解析等を行い、斜面災害への適用を検討した。



#### (4) 研究成果

図 132-2 に Lapaz 盆地の DEM データと JERS-1 OPS データを重ね合わせて作成した 3 次元画像を示す。JERS-1 OPS 画像の写真地質的判読に加えて 3 次元画像を利用した解析を進めることで、その精度が上がる。判読範囲の地質は、下位より白亜系、新第三系、及び第四系からなる。また、判読が可能な地形情報は、地滑り地形、遷急線、ガリー浸食、急崖、崖錐、崩積地及び段丘面である。氷食作用による U 字谷の名残も散見される。地滑り地形は滑落崖が比較的明瞭に判読でき、さらに地滑り土塊の移動域及び堆積域が区分可能である。

写真地質的判読及び 3 次元画像判読により解析できた地滑り地形は、現地検証調査によりその殆どが地滑り地であるか、過去に崩壊を起こした場所であることが判明した。また、ガリー浸食と判読された地区では、ガリー状の地形が発達しており、土砂供給量が多いことが判明した。これらの解析された情報を基にして作成した Lapaz 盆地斜面災害解析図を図 132-3 に示す。

本研究では各種リモートセンシングデータを使用して各種斜面災害基礎データを作成した。JERS-1 OPS データでは主に写真地質判読的な利用を行い、また、SPOT ステレオペア画像から作成した DEM を用いた各種解析では有効な解析結果が得られた。

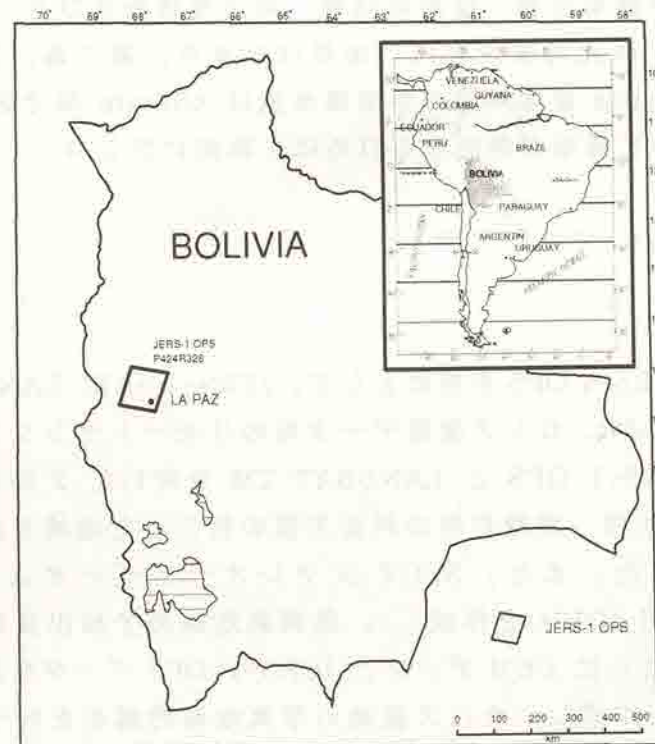


図 132-1 研究対象地域位置図

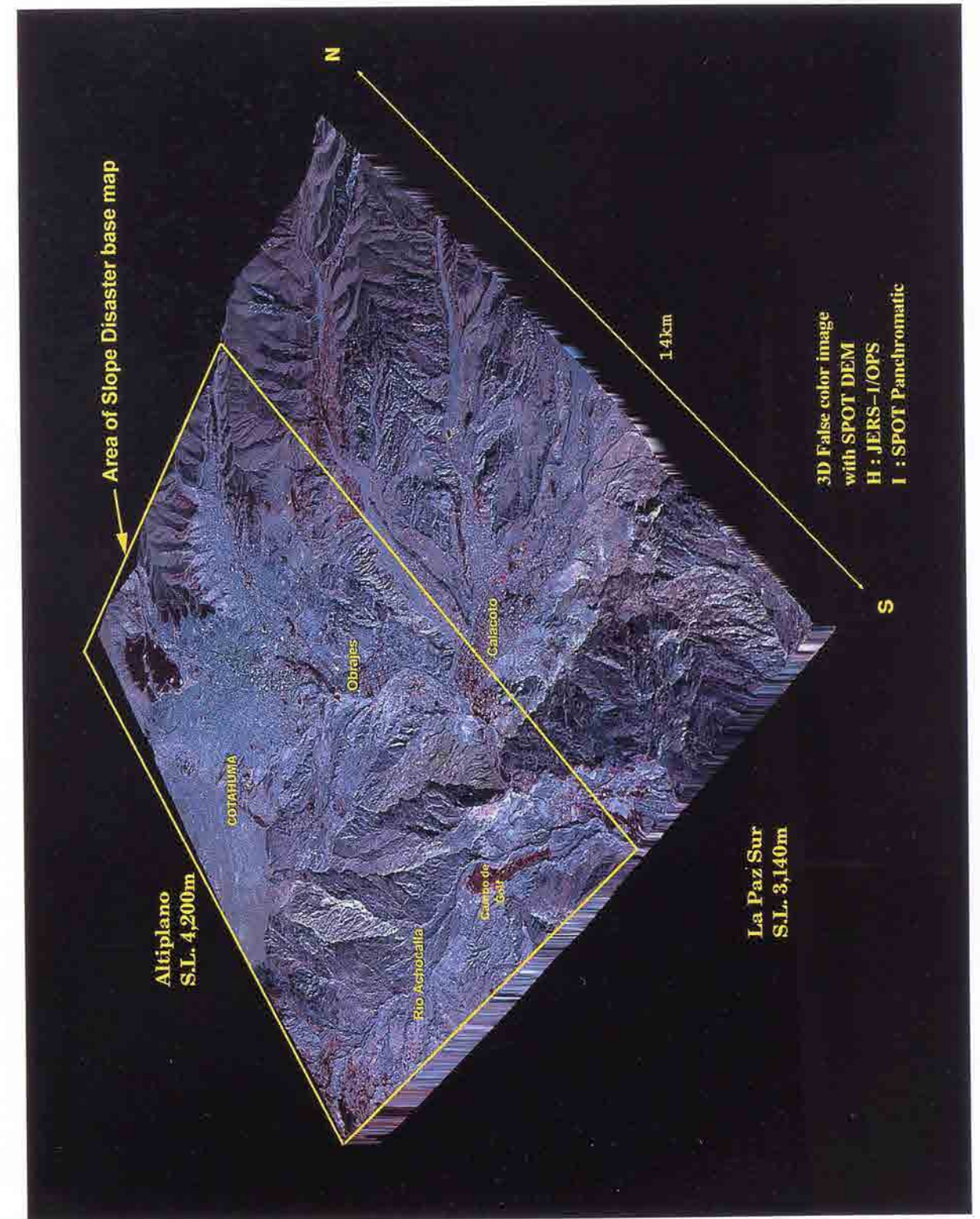


図 132-2 JERS-1 OPS 3 次元画像 (Lapaz 盆地)



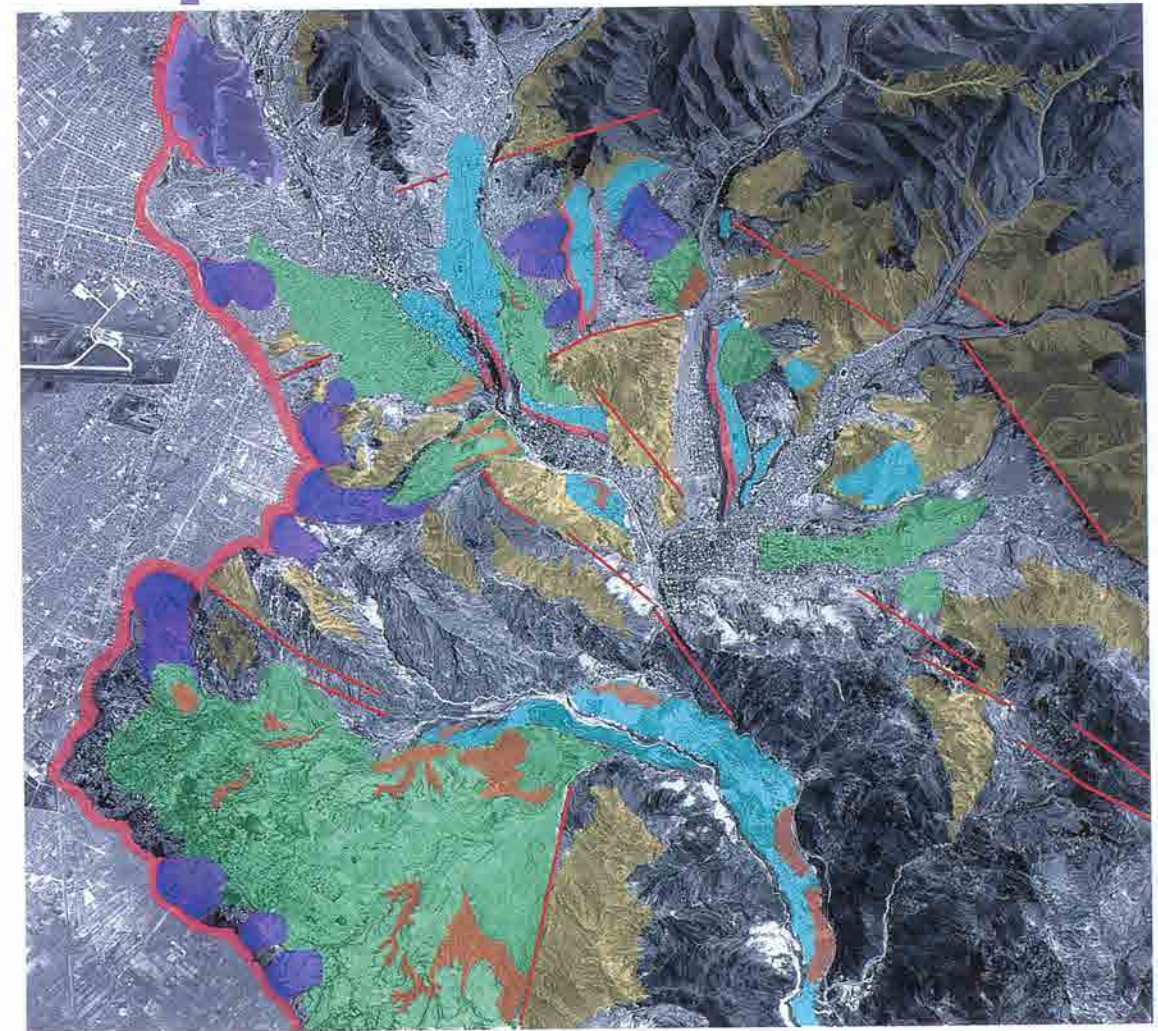


図 132-3 Lapaz 盆地斜面災害解析図