

ランドサットデータによる火山性変色水の調査

福島資介*・佐藤寛和*・大谷康夫*

INVESTIGATION OF VOLCANIC DISCOLOURED WATER BY LANDSAT DATA

Motosuke Fukushima, Hirokazu Satō and Yasuo Ōtani

Received 1980 August 12

Abstract

Since a LANDSAT ground station in Japan was into operation in January 1979, it has become easier to obtain LANDSAT data covering seas around Japan. Consequently, the model areas have been selected in those sea areas adjacent to isolated volcanic islands and submarine volcanoes around Japan, and investigations using LANDSAT data have been attempted for discoloured water caused by volcanic activities in such areas.

The LANDSAT data obtained for the eight model areas during the past year or so were, for most images, intercepted by clouds, so that data having high quality images were about 3 percent in number. However, information on the discoloured water was detected from data including that concerning seas around Satuma-Io Sima. Accordingly, as a result of the investigations, it was covering ascertained that information on the volcanic discoloured water could be detected from LANDSAT data.

The image data on the film of the LANDSAT data is useful for the analysis of the discoloured water and its qualitative analysis which can be easily conducted with composite images by using the colour viewer system, while use of computer compatible tapes (CCT) is in its minute quantitative analysis. However, there are some problems still unsolved useful in the analysis by CCT, and it is especially important to establish the levels of radiancy among the spectral bands and their normalization, for determination of the characteristics of the volcanic discoloured water.

In detecting information on the volcanic discoloured water, it is advisable that the data should be received and processed in the high gain, since the level range of radiancy of seawater is lower and narrower than that of land areas. In addition, data covering thermalinfrared spectra are also essential to investigations of this kind.

Key words : remort sensing-submarine volcano

はじめに

近年、桜島・阿蘇山・西之島等の火山活動が次第に活発化するのに従い、噴火予知の重要性が認識され、文部省測地学審議会は、昭和48年6月火山噴火予知計画の推進を建議した。海上保安庁水路部はこの計画に参加し、昭和49年度以降、日本周辺の海底火山及び離島火山について、その火山活動の調査と監視を継続して実施して

* 測量課 Surveying Division

きた。調査には、安全性と迅速性の両面から主として航空機によるリモートセンシング技術を利用している。しかし、対象としている海域が日本本土から遠く離れているため、大型航空機によっても十分な頻度で調査を実施することは困難である。そこで、同調査に併せて、陸域探査衛星「ランドサット」のデータによる火山活動監視の可能性を見出すべく種々の試みを行った。

従来、入手可能なランドサットデータは陸地付近に限られていたが、宇宙開発事業団によって受信局が埼玉県鳩山村に設置され、更に昭和54年初めには地球観測センターの運用も開始されたため、日本周辺の海域についても情報入手が可能となった。人工衛星によるデータの利用には、周期性・即時性・広域性などの利点があり、海底火山活動の調査・監視にとって、これらは有力な条件と考えられる。

海底火山の活動時には、山頂付近の海面に変色水が見られ、その範囲・呈色・濃度は火山の活動度やマグマの性質等と関連すると考えられる。この報告では、ランドサットデータによる変色水情報の解析結果を紹介する。

1. 変色水の性質

海底火山の活動には、噴出口付近の海面に、周囲の海水と色の違う変色水域が伴うことが多く、その範囲・呈色・濃度は、火山活動の規模や噴出点の水深等によって種々の変化を見せる。

変色水域の範囲は、火山活動が活発となり噴出量が増すに従って広がり、100 m程度の小規模な場合から数十 kmにも及ぶ極めて顕著で大規模のものまでさまざまである。変色水域の形状は、海潮流と拡散とによって、基本的には噴出点から海水の流向方向に開いた放物線型を示すが、噴出が断続する場合や風の影響が大きい場合には、不規則な形を示すことがある。

変色水の呈色は、緑がかった色が通常であるが、噴出物の種類・火口の水深・活動度によって、白・青・緑・黄・赤・茶・黒などの色を部分的に示すことがあり、混濁しているのが特徴である。写真1は昭和52年1月11日における南日吉海山付近の変色水である。

活動が止まり噴出物が途絶えると、変色水は周囲の海水と混合し、拡散・希釈して急速に消失する。火山活動の停止後完全に消失するまでの時間は、大規模な場合でも長くても1日程度である。

小坂(1977)は、西之島等において変色水を採取して分析し、また、薩摩硫黄島周辺でみられる陸上からの温泉水が海中に混入して変色水を作る過程を実験によって確かめ、変色水の組成とその発生過程を説明している。それによれば、海底の火口から噴出するマグマの、珪素・アルミニウム・鉄等大量の酸性成分がアルカリ性の海水と中和して析出する $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-FeO}_3$ 系の低結晶質沈殿物が、懸濁して呈色するという。また、これらのうち酸化鉄の量は呈色に鋭敏に影響するといひ、更に、沈殿物の組成比によって、海底火山の活動度をある程度推論できるとしている。

2. ランドサットデータの概要

使用したデータは、ランドサット2号及び3号によって得られたものである。ランドサットは、約103分で地球を1周するほぼ南北の軌道上を回り、18日後に再び同じ地域の上を通過する。1回の測定範囲は約185 km×185 kmで、これをシーンと呼ぶ。シーンは、第1図のように、PATHとROWの番号で識別される。図で黒い丸印は、現在受信可能なシーンである。

ランドサットには、MSS (Multi Spectral Scanner) と RBV (Return Beam Vidicon) の2種のセンサーが搭載されている。本調査で使用した MSS の画像は、次ページの表のようにバンド4～7の波長帯域に分かれており、分解能は80 mである。

画像の情報の最小単位を画素 (Pixel) という。シーンは画素の集まりであり、ほぼ南北の画素の列をライン、東西の並びをコラムと称する。

バンド 4	可視域	0.5~0.6 μm
" 5	"	0.6~0.7
" 6	近赤外域	0.7~0.8
" 7	"	0.8~1.1

センサーがとらえた画像は、地球観測センターが受信し、観測素材として高密度デジタルテープ (HDDT) に記録される。HDDT は、クイックルック装置を使って、写真画像として見る事ができる。未補正ではあるが、この画像は、雲の有無等観測地域の概況を早く知ることができる利点がある。

HDDT は、衛星姿勢の変動・走査のぶれ・感度のむらなどの補正を行い、写真と CCT (Computer Compatible Tape) と呼ばれる磁気テープとで使用者に提供される。写真には、白黒・カラー・70 mm・240 mm・ネガ・ポジ・プリント等の各種があり、CCT にも、記録密度・補正の種類・データ配列形式による数種がある。今回の解析に使ったデータは、70 mm ネガフィルム・70 mm ポジフィルムの写真と、バルク処理 (衛星データのみによる幾何学的補正) を施し、BIP 2 (Band Interleaved by 2 Pixels) という型のデータ配列形式を持つ、記録密度 1600 BPI (Byte Per Inch) の CCT である。

なお、ランドサット 3号には、MSS バンド 8 として熱赤外域 (10.4~12.6 μm) のセンサーが装備されており、本調査には大変有効と思われるが、現在は受信不能である。

3. 解析用機器

解析には、アナログ処理とデジタル処理の二つの系統を併用した。前者には写真画像を使い、後者には CCT を用いた。写真画像は直接視覚に訴えられる点で定性的判断用には優れており、変色水の有無、その大体の位置・広がり等の検索に適している。しかしその反面、CCT に比べて解像力が低く、写真の性質上濃度範囲に限界があるため、付近の強い情報によってマスクされやすい微妙な情報は抽出が困難になるなどの不利がある。一方、CCT は内容を眼で確かめられない不安はあるが、情報量及び定量的な数値解析において優れている。ただし、その情報の解析にはコンピュータ等の処理システムが必要である。

解析に用いた主な機器とその機能を以下に掲げる。

(1) アナログ処理用機器

i 写真合成装置：カラービューシステム AC-90, ナック製；4チャンネル、倍率 4.5 及び 6、マルチバンドカメラ及びランドサットで得られた波長帯域の異なる白黒画像を、各バンドごとに狭域カラーフィルタを通してスクリーン上に拡大投影して合成し、色彩・形状による定性判読を行う。

ii データカラー：データカラーシステム T 704, Spacial Data System Inc. (SD 社, 米国) 製

ITV で画像を撮像して得られた透過光のビデオ信号を、濃度によって段階づけして 12 色に分割し色変換することにより、カラーディスプレイ上で画像強調を行って特徴を抽出したり、面積を測定したりする。

(2) デジタル処理用機器

i イメージディジタイザー：コンピュータアイ 108, SD 社製；濃度レベル 256 段階、画素 480×512
データカラーシステムで得られたビデオ信号を A/D 変換して、ミニコンへの入力データを作る装置である。入力画像モニターのための白黒ディスプレイと、スポット入力のためのジョイスティックが付属している。

ii 演算処理装置 (画像解析装置)

中央演算部：LSI 4/30, Computer Automation Inc. (米国) 製；48 KW

磁気ディスク部：CD-4400, 北辰電機製；12 MB

磁気テープ部：AMT-1700, アルプス電気製；9トラック，1600 BPI

静電プリンタ/プロッタ部：1200 A, Versatic Inc. (米国) 製；200ドット/インチ

上記4部で構成されるミニコンピュータシステムである。イメージディジタイザによって作られたデータやランドサットの CCT 等，数値化された画像データを使用して演算を行い，必要な情報をプリンタで出力する。

iii 大型電子計算機：ACOS システム 700, 日本電気製

ランドサットの CCT を入力し，ACOS システムのアプリケーションプログラム RSIP-6 によって，データの標準化・シングルバンド化，その他の補正処理を行い，結果をラインプリンタ及び磁気テープ（以下 MT と記す）に出力する。

第2図は，以上の諸機器を使った解析工程のフローチャートである。

4. CCT の処理

CCT は，補正済み BIP 2 の9トラック 1,600 BPI の MT で，1シーンが2巻から成り，バルク処理モードである。BIP 2 のデータは，ACOS システムのアプリケーションプログラム RSIP-6 により基礎的な処理が可能である。CCT の解析処理はおおむね次の手順で行った。

- i 画像中の必要範囲を定め，コード変換（標準化）を行って記憶媒体に格納する。
- ii 標準化されたデータを，シングルバンドごとの画像データに作り換える。
- iii シングルバンドの画像データから対象区域の輝度値ヒストグラムを作り，それぞれのバンドごとの輝度分布を調べる。
- iv 各バンド間の相関図を作り，図によって情報抽出のための判断をする。
- v 画像全体について，各バンド輝度値を，ラインまたはカラム線上のバンド特性グラフとして出力する。
- vi 変色水域等，情報を抽出しようとする区域については，画素の持つ輝度の最大値を，周囲の海域についてはその平均値を，それぞれバンドごとに示して必要な情報をとり出す。
- vii オフライン処理のため，更にコード変換を行って作業用 MT に必要な情報を書き込む。次項以下は画像解析装置による処理である。
- viii MT の内容を，1データ（画素）が4バンドからなるフォーマットに変換してディスクに格納し，オリジナル画像データとする。
- ix 変色水等を検索し，その区域を濃淡図としてドットプリンタで描画する。また，変色水域の画素数及び各バンドごとの情報を同プリンタで出力する。

それぞれのバンドの持つ情報量は，波長の短い帯域ほど大きい。これを利用して，海面情報の抽出には，特にバンド7を海面のバックグラウンドレベルとみなすことにより，他のバンドの情報を明確化する手法を用いた。なお，本研究では CCT の処理に際して，幾何学的な精密補正は加えなかった。

5. 調査海域と使用データ

現在の主な調査対象は，第1図に◎印で示すように，伊豆・小笠原からマリアナに至る南方諸島方面と，吐噶喇・奄美等の南西諸島方面とに延びる二つの火山帯上の海底火山と離島火山である。これらの離島火山には，山頂部をわずかに海面上に現したベヨネーズ列岩や西之島などがあり，また山体側方の火山活動によるものと思わ

れる変色水が、時折り周辺に見られる島もある。過去の海底火山の活動によって誕生した離島火山のこのような姿は、海底火山活動の盛衰の各段階を示しているものと考えられ、究極の目的としている海底火山活動の把握と予測にとっても良いモデルとしてとり上げた。

前にも述べたように、第1図の黒い丸印が受信可能な範囲である。したがって利用できるデータは、南方諸島では福徳岡の場以北、南西諸島では硫黄島以北に限られる。これらのうちからそれぞれ4か所、合計8か所の海域を決め、画像解析に使用可能なデータを選定した。すなわち、8海域について、昭和54年1月下旬から12月中旬までの約1年間に、ランドサット2号及び3号から受信したMSSデータは、合計150シーンであったが、そのすべてについて、地球観測センターデータ提供室のクイックルック装置により、雲量を判定基準として画質を検査した上、5シーンだけを採用することとした。第1表に対象海域ごとのランドサットMSSデータの受信状況と、選出されたデータ等を示す。

Table Conditions of receiving LANDSAT MSS data and those actually obtained for investigation areas.

PATH-ROW (AREA)	INVESTIGATION AREAS	THE DATE OF LANDSAT OVSERVATION IN 1979											
		JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.
NANPŌ SYOTŌ													
114-38	MYŌZIN SYŌ SUMISU SIMA	'19 '28	'9 '27	'5 '14	'2 '	'7 '25	'13 '31	'5 '14	'2 '11	'7 '29	'13 '		
114-39	TORI SIMA SŌHU GAN	'19 '28	'9 '27	'5 '14	'2 '	'7 '25	'13 '31	'5 '14	'2 '11	'7 '29	'13 '		
113-41	NISI-NO-SIMA	'9 '27	'8 '17	'4 '13	'1 '19	'6 '	↓12H '30	'17	'4	'19	'6	'12	
112-43	HUKUTOKU-OKA-NO-BA	'8 326	'7 '16	'3 '12	'18 '	'5 '	'11 '	'16	'3 '12	'9 '18	'5 '21	'11	
111-44	MINAMI-HIYOSI SMT NIKKŌ SMT	OUT OF RECEIVING AREA											
110-45	HUKUZIN SMT	OUT OF RECEIVING AREA											
NANSEI SYOTŌ													
121-38 (KAGOSIMA)	SAKURA SIMA-SIN SIMA (MOE SIMA)	"30 '26	"17 '16	"7 '	'3 '	'9 '14	'2 '20	'7 '25	"3 '12	"9 '18	'5 '14	"20 ↓14	
121-39 (YAKU SIMA)	SATUMA-IŌ SIMA and SIN-IŌ SIMA KUTINOERABU-SIMA SUWANOSE SIMA	"30 '16	"17 '6	"7 '	'3 '	'9 '14	'2 '20	'7 '25	"3 ↓12	"9 '18	'5 '14	"20 '21	
121-40 (AMAMI-Ō SIMA)	YOKOATE SIMA	"30 '26	"17 '16	"17 '	'3 '	'9 '14	'2 '20	'7 '25	"3 '12	"9 '18	'5 '14	"20 '21	
122-41	IŌ-TORI SIMA	"31 '17 '26	"27 '	"8 '4 '10	'4 '28	'15 '	'3 '8	'8 '13	"4 '19	"15 '21	"3 '21		
124-43	IRIOMOTE SIMA	OUT OF RECEIVING AREA											

ABBREVIATION

- ' LANDSAT 2
- " LANDSAT 3
- PHOTOGRAPH OBTAINED
- EVERY PHOTOGRAPH OBTAINED IS 70mm FILM
- PHOTOGRAPH AND CCT OBTAINED
- H HIGH GAIN

選定した5シーンは、それぞれMSS4バンドの70mmフィルムである。これらのオリジナルフィルムに、必要な写真処理を行って写真合成装置にかけ、画像中の調査地点の位置決定と解析適否についての更に詳しい画質判定を行った。その結果、再び選出された海域ごとのデータの画質は次のとおりである。

西之島については、3月26日と7月12日の2回の受信データがある。前者は比較的良好であったが、後者は

バンド6・7が不良であった。しかし、次節でも述べるが、航空機による調査が7月11日、12日に実施され、ランドサット画像の現地照合データが得られている。

薩摩硫黄島とその周辺は良好な画質に恵まれていた。

桜島新島については、シーン全体の画質が非常に良く、またタイミング良く桜島南岳からの噴煙がたなびく状況が明瞭に認められて、海底火山と陸上火山との活動の比較に極めて好都合であったので、解析データとして追加した。

以上の画質判定の結果に基づき、薩摩硫黄島(9月12日)・西之島(7月12日)・桜島新島(11月14日)の3シーンについて CCT を入手し、解析研究を実施した。次にその結果について述べる。

6. 解析の結果

(1) 薩摩硫黄島付近

第3図は海図第1221号の一部で、薩摩硫黄島付近の地形を示している。薩摩硫黄島及び竹島は、鬼界カルデラと呼ばれる直径約15kmの海底カルデラ地形の外縁に当たると考えられている。1934年12月に両島の間の地点で海底火山活動が生じ、1935年1月には新硫黄島(新島)と呼ばれる火山島を誕生させた。新島の周辺には現在も薄い緑色の変色水が認められる。また、薩摩硫黄島周辺には、同島内の北平下温泉及び東温泉の2か所から流出する酸性温泉水が海中に混入して、常時変色水域があり、変色水調査には良いモデル地区となっている。写真2は、昭和54年8月28日に航空機から撮影した薩摩硫黄島で、周辺に変色水が認められる。

ランドサットのデータは、写真撮影の約半月後の9月12日に受信された。写真3は、70mmフィルムから同島付近を約20倍に拡大し、バンド4・5・7にそれぞれ青・緑・赤のフィルタをかけ、写真合成装置で撮影し合成したものである。引伸しのため画像の鮮明さを欠くが、島の周辺には変色水が青色で示されている。写真4は、同じ引伸しフィルムを使用し、バンド4のポジとバンド7のネガを合成してデータカラーシステムにより色変換を行った例である。白色で示されている変色水は、写真3と比べてより鮮明である。なお、島内の薄茶色の部分は、硫黄岳火口から昇る噴煙である。

第4図は、第3図の区域全体について、CCTからバンド4の海面情報を強調し、バンド7の陸地内情報を消去して得た図で、島の周辺に変色水は白く抽出されている。ここでは新島の情報は消されてしまっている。なお、薩摩硫黄島北西部の白い部分は変色水ではなくノイズであり、島内の白色は噴煙である。

第5図は、区域を更に薩摩硫黄島周辺海域にしぼり、バンド7によってレベルを設定し、バンド(4+5+6)で海面情報を強調し、かつ陸部の情報を消去した結果、得られた変色水情報だけを抽出した図である。ただしこのパターンには図の右下のASASEなど、浅所の情報も一部含まれており、解析の際には位置と範囲を確かめて消去する必要がある。浅所情報を消去すると、第5図の変色水域の面積は約1.6km²となる。8月28日の調査では4.6km²だったから、時間的なずれを考慮しても、およそ1/3という面積は若干少なすぎるようにも思われる。これは、大きな範囲を占めている極めて薄い色の変色水域が、CCTの処理では、次に述べるようにある濃度レベル以下の情報として切捨てられてしまっているからである。

第6図は、前図の海域について、バンド4・5・6のデータ中における変色水情報の輝度レベルのヒストグラムである。図で明らかのように、この海域での変色水情報の輝度レベルは、極く狭い範囲に限られている。ピークは45付近にあり、それ以下にあると思われる薄い色の情報が、急峻な曲線で切られてしまうことが、前述のような面積減少の原因であるといえる。

第7図は、変色水情報の輝度の最大値・最小値・平均値をバンドごとに示した図である。バンド7を起点と

してバンド4に至る放射輝度の傾斜と広がり、変色水の性格を表す一つの指標と考えられる。

(2) 西之島付近

西之島は、富士山級の山体が海面下に隠れた海底火山である。その山頂部はカルデラ状の地形を示し、西之島(旧島)は外輪山の一部として海面上に姿を露出している。第8図は海図第49号の一部で、西之島付近の地形を示している。

昭和48年5月ごろから西之島(旧島)の東部に活発な海底火山活動が継続して起こり、同年12月には旧島に倍する面積の西之島新島が出現した。引き続き、隆起と漂砂現象が繰り返されて、昭和49年6月には両島は連結され合体した。その後、新島南東部の海岸は、波蝕のため著しく後退したが、現在もなお、連結されたまま大きな面積を保っている。火山活動は、昭和49年3月ごろから休止し、沈静化を示している。周辺の変色水も、火山活動の沈静化とともに減少する傾向がみられ、最近では色も薄くなり、面積も狭まって島をとり巻くわずかな範囲となっている。

航空機による西之島周辺の調査は、昭和54年7月11日と12日の2日間実施した。両日とも天気は良くなかったが、中でも12日は一層悪く、変色水や島の状況が前日とほぼ同じであることを確認したにとどまった。11日に撮影した写真5でも明らかなように、変色水はほとんど認められなかった。写真で島の周辺のわずかに緑色がかかった部分は浅所である。

ランドサットの通過予定は7月12日であったから、航空機調査が現地照合の絶好のデータとなり得ることを期待して、地球観測センターにはランドサットデータをハイゲインで受信してもらうよう、あらかじめ依頼していた。しかし、受信結果はバンド6及び7が不良で、画像合成にも良い結果が得られず残念であった。

写真6は、70mmネガフィルムからバンド4の画像だけをとり出して拡大し、データカラーシステムを使って色変換を行った結果である。白い円は位置確認のためにつけたマークで、中央部の黄～赤茶色の部分が西之島である。東西・南北とも約800mある西之島も、70mmのフィルム上では小さな点に過ぎないので、作業上マークが必要であった。形が不明瞭なのは、島が小さくて、もともと画素が少ないからやむを得ないものである。島の周辺に見られるノイズ成分は、大部分が雲と写真の拡大処理(約120倍)に伴うものである。変色水情報は、写真合成装置とデータカラーシステムのいずれにおいても認められなかった。

第9図の左側は、CCTから4～7の全バンドを合成し、濃度レベルを8段階に分割して出力したパターンであり、右側は、矢印で示すカラム線上に沿って、濃度レベルをバンドごとの輝度値として表した図である。バンド7はすべて0であったから描かれず、また、バンド6も海面の輝度値が大部分0であったことが図に示されている。これは、バンド6及び7のデータが不良であったことを意味するもので、原始データからCCTへの変換の過程で、この帯域の輝度値のレベル設定に問題があったためと考えられる。このため、バンド6及び7については解析を断念した。

(3) 桜島付近

写真7は、昭和54年11月14日受信の70mmポジフィルムを使い、バンド4・5・6にそれぞれ青・緑・赤のフィルタをかけて合成した疑似カラー(False colour)画像である。写真で見るとおり、九州の南部一帯が包含され、陸部の鮮明な良質のデータである。桜島の北東にケシ粒のように写っているのが桜島、新島(燃島)である。また、桜島の南岳から昇る噴煙は南南東へおよそ50kmたなびき、その部分の画質も鮮明である。

桜島で分割された鹿児島湾の北部には、いくつかのカルデラ状地形が存在し、桜島新島付近の海域では、現在なお海底からの噴気が盛んである。これらの噴気はこのランドサットデータでは認められないが、このような海底火山活動は桜島の活動と切り離せないもので、調査は桜島新島に限定せず、広く両者の活動を関連させ

て見守る必要があると考える。

第10図には、CCTから濃度レベルを8段階に分割して出力したパターンを、バンドごとに示した。桜島の右上に少し離れて桜島新島がある。ここではノイズ処理を行っていないので、逆に各バンド中のノイズの違いをはっきりと見ることができる。この図から、波長の長い帯域ほど陸地内情報が增加していること、特に近赤外域(バンド6・7)では可視域(バンド4・5)よりも地上の放射輝度が海域に比較して卓越していることが明瞭である。また、南岳の噴煙は、特にバンド4及び5で認識されやすい点は同様であるが、変色水の場合とは異なり、全バンドでとらえられることが判明した。

第11図は、薩摩硫黄島及び桜島の2シーンのCCTから、北平下温泉など7地点を選び、それぞれの地点についてバンドごとの輝度値を示した図である。シーンの違いによる輝度補正を施していないので厳密な比較はできないが、ある程度それぞれの地点の特性を表しているものといえる。一般に、透明度の高いきれいな海域では、各バンドとも輝度値は小さく、傾斜も緩やかであるのに対し、不純物の混った海水では傾斜が急になる傾向があり、特に変色水の場合には、バンド4及び5で輝度値が大きくなる特徴がある。このように放射スペクトル特性を図示してみることは、変色水を分類する一つの目安になると考えられる。

7. 所見

(1) 解析のために良質のデータを得ることが予想以上に困難であった。主な原因は天候不良であり、海洋におけるデータ取得の難しさを感じさせられた。また、現状ではデータの入手までに受信以後早くても1か月もかかり、火山活動の監視という目的には時間的な難点があるので、その短縮化を望みたい。

(2) この解析は、変色水情報を抽出できたのは薩摩硫黄島周辺の例だけであった。この変色水は、海底の火山からの噴出物が直接海水に混じる場合とは異なって、陸上の温泉水が海中に流れ込んで生じるものではあるが、発生の過程はほぼ同様であり、呈色・濃度・拡散等の性質も海底火山活動によるものと同一とみなした。解析の結果によれば、変色水域がある程度の濃度と範囲を持っていれば、ランドサットのデータからの情報検出は十分可能であるといえる。また、ランドサットデータのうち、70 mmフィルムは写真合成装置によって変色水情報を見つけ出すことに優れ、CCTはその詳細な解析に有利であることが確かめられた。しかし、画像中の調査対象が非常に小さいので、クイックルック装置による判定が難しく、データ選択の第1段階には問題が残されている。

(3) CCTの解析については、データの規格化と各種の補正処理に未解決の問題があるが、海面に関する情報の内容からみて、海洋についてのデータはハイゲインで受信することが望ましい。また、この種の調査には有力と考えられる熱赤外域データの受信機能の回復が望まれる。

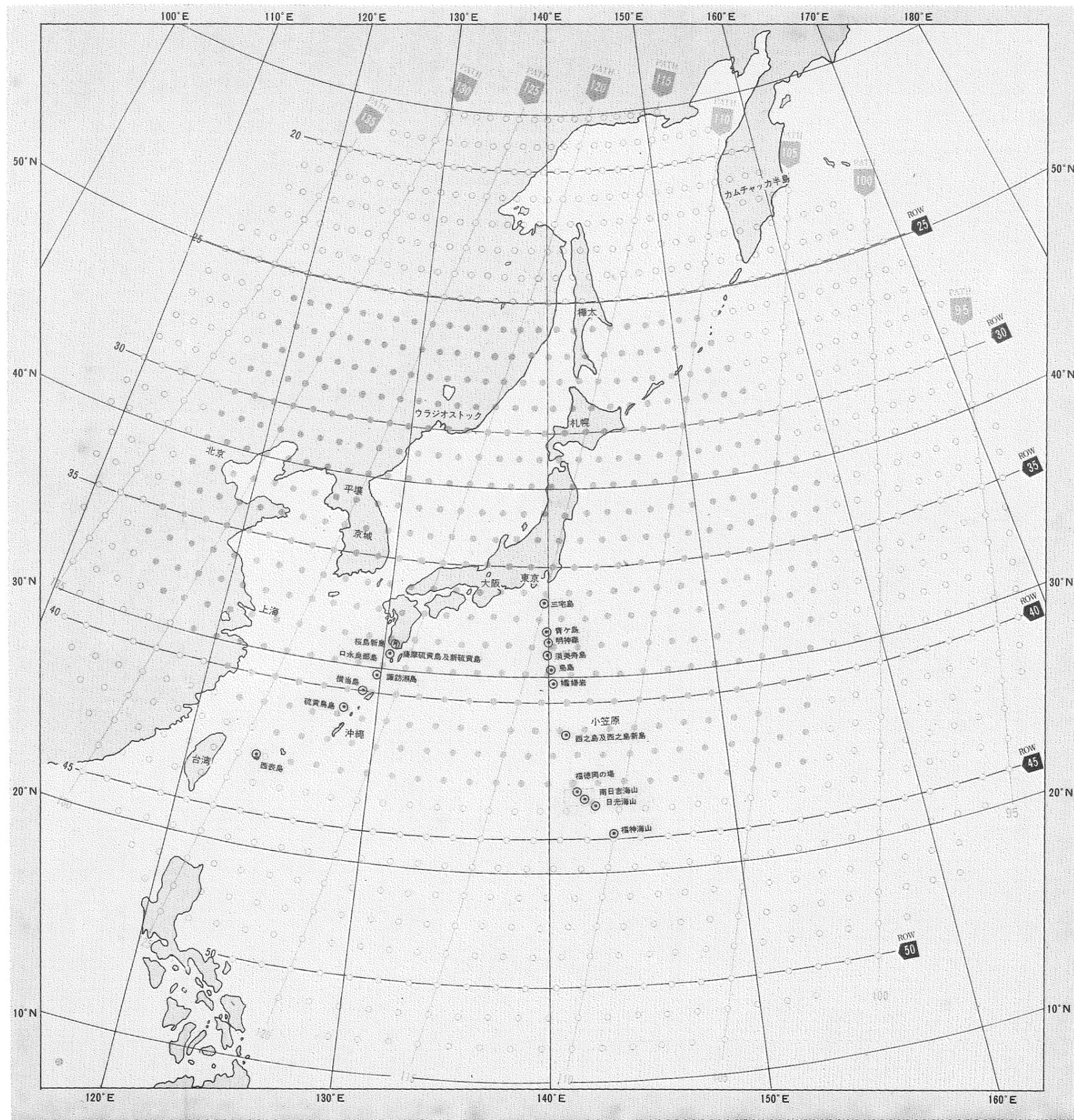
(4) MSSのバンドごとの輝度値によって描かれる放射スペクトル特性図は、変色水の分類の一つの目安となる。しかし、これを海底火山活動の監視や、更に進んで予知の一助にまで適用するには、精度の高い放射輝度レベルの設定、規格化が必要であり、ノイズの除去や現地調査資料に基づく補正等を行って、ランドサットデータの収集・解析を一層推進する必要がある。

解析に用いたデータは宇宙開発事業団から無償で提供を受け、第1図は同事業団発行のランドサットカレンダーから転載させていただいたものである。記して御好意に御礼申し上げる。

終わりにあたり、本論文について種々御指導をいただいた佐藤典彦海洋研究室長、斎藤甫海洋研究室研究官、中西昭主任水路測量官、土出昌一水路測量官の諸氏に感謝の意を述べたい。

参 考 文 献

- 小坂丈予, 1974: 海底火山の謎, 東海大学出版会, 1-250.
- 小坂丈予, 1975: 西之島海底火山の噴火と地球化学, 現代化学, No. 55, 12-20.
- 小坂丈予, 1976: 西之島新島の火山化学, サイエンス, No. 9, 97-109.
- 小坂丈予・他, 1976: 鹿児島湾北部の海中火山活動と環境, 文部省総合研究調査報告, 1-78.
- 鎌田政明・他, 1977: 桜島北部海域の海底火山活動と環境の異常, 文部省総合研究調査報告, 1-84.
- 小坂丈予, 1977: 海底火山の活動と新島の誕生, 化学と工業, 30, No. 9, 108-110.
- 江原幸雄・湯原浩三・小坂丈予, 1977: 西之島新島の急速な冷却(その1及びその2)火山, 22, No-2, 75-84, 123-131.
- 小坂丈予・大平洋子・平林順一・森 彰, 1977: 海中で生成したシリカ-アルミナ含水低結晶物質と沈殿アロフェインとの比較, 鉱物学雑誌別刷, 13, 178-186.
- 宇宙開発事業団, 1979: 地球観測受信・処理運用計画書, 1-112.
- 宇宙開発事業団, 1979: コンピュータコンパティブルテープ(CCT)フォーマット説明書, 1-102.
- NASA, 1971: Data Users Handbook, A1-Q 3.



ランドサットの観測範囲 (●印で表示した491シーン)

Figure 1 Map showing LANDSAT coverage around Japan and locations aimed to be investigated

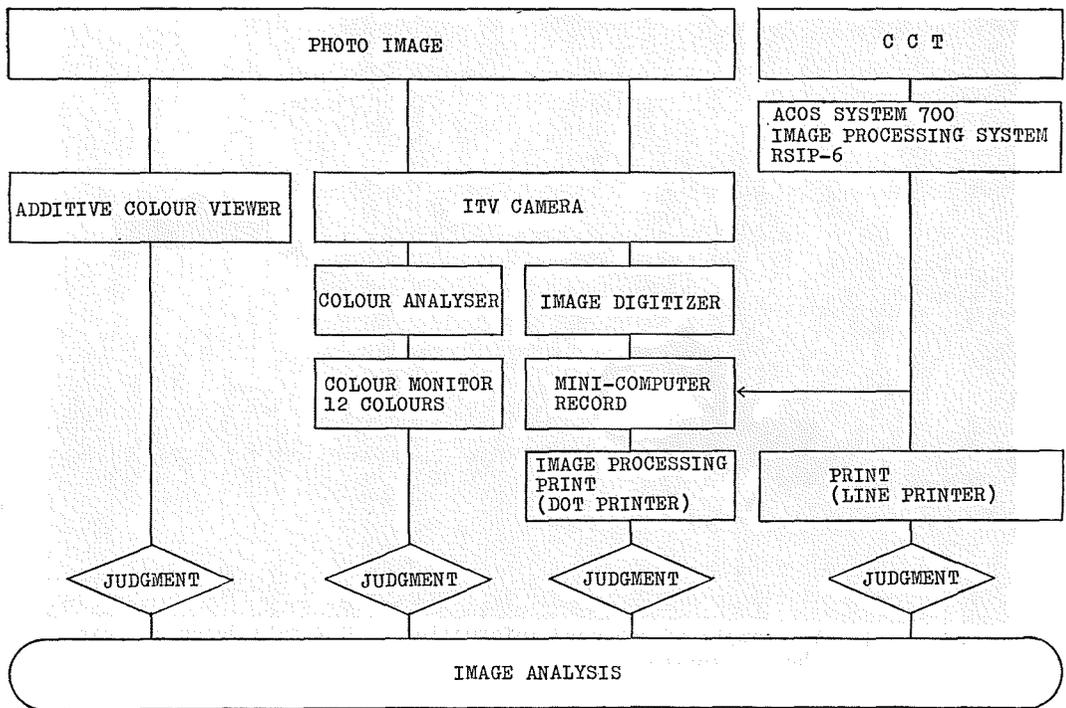


Figure 2 Flow diagram showing process of analyses

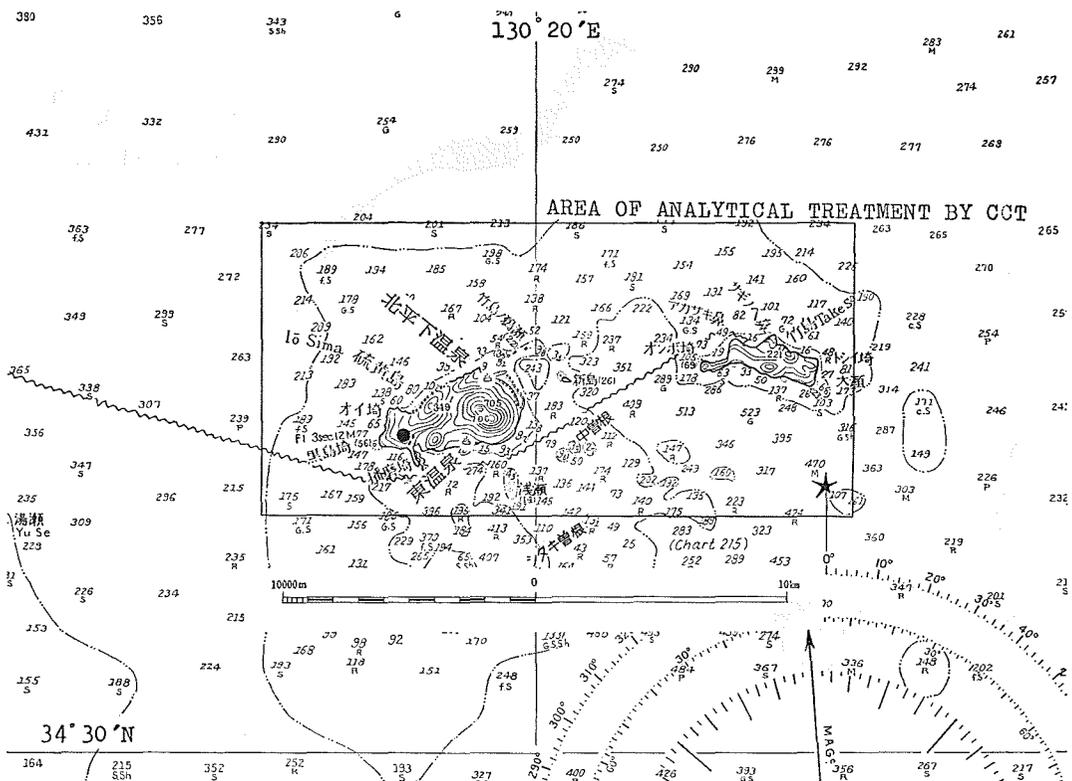


Figure 3 Approaches to Satuma-Iō Sima (A portion of Chart No.1221)

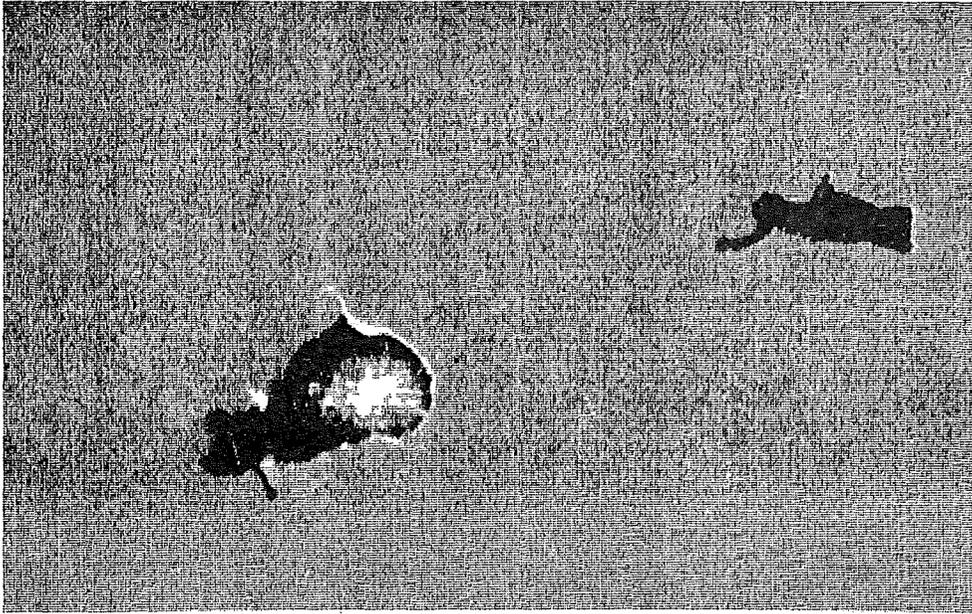


Figure 4 An example of enhanced information of CCT data detected from the sea surface

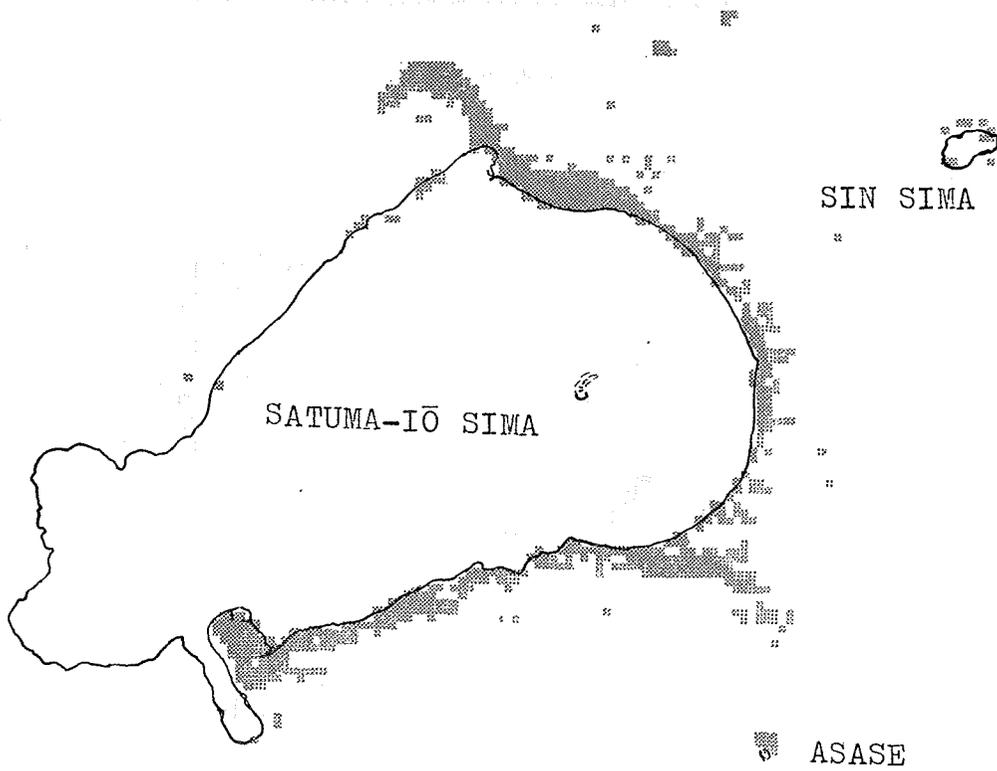


Figure 5 Discolored water information detected around Satuma-iō Sima

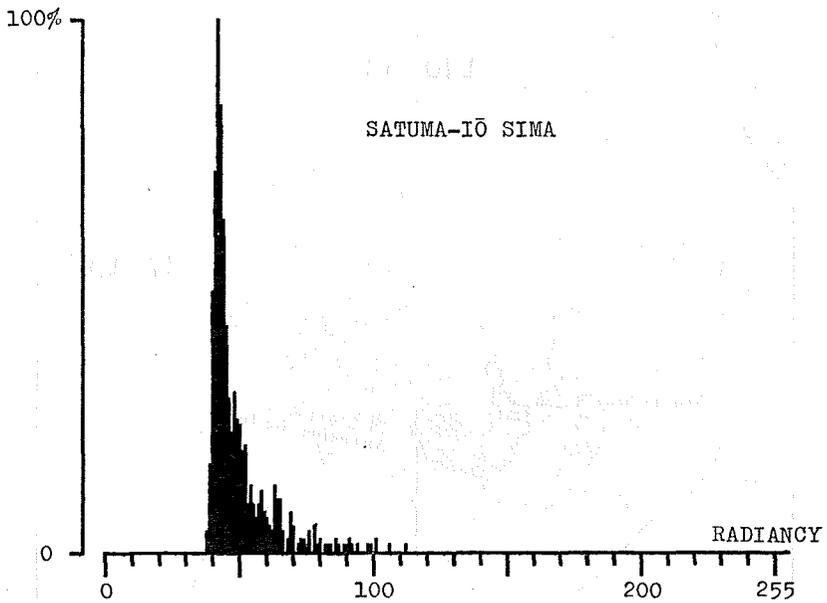


Figure 6 Histogram showing radiancies of discoloured water

IMAGE AREA 18,700 pixels (58km²)
 AREA OF DISCOLOURED WATER 530 pixels (1.6km²)

	4 BAND	5 BAND	6 BAND	7 BAND
MAXIMUM RADIANCY	48	43	26	5
MINIMUM RADIANCY	19	11	7	0
AVERAGE	22.0	16.5	10.6	2.6

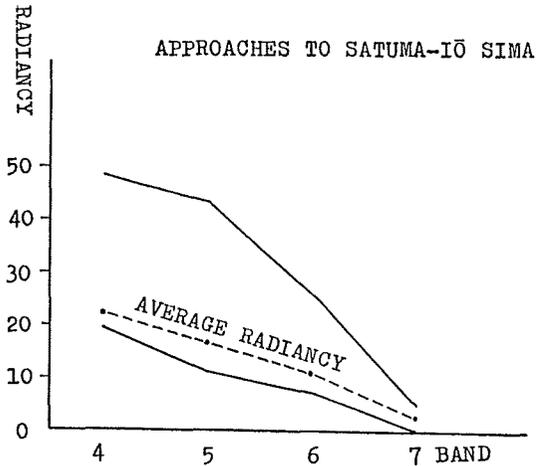


Figure 7 Information obtained for discoloured water at each band

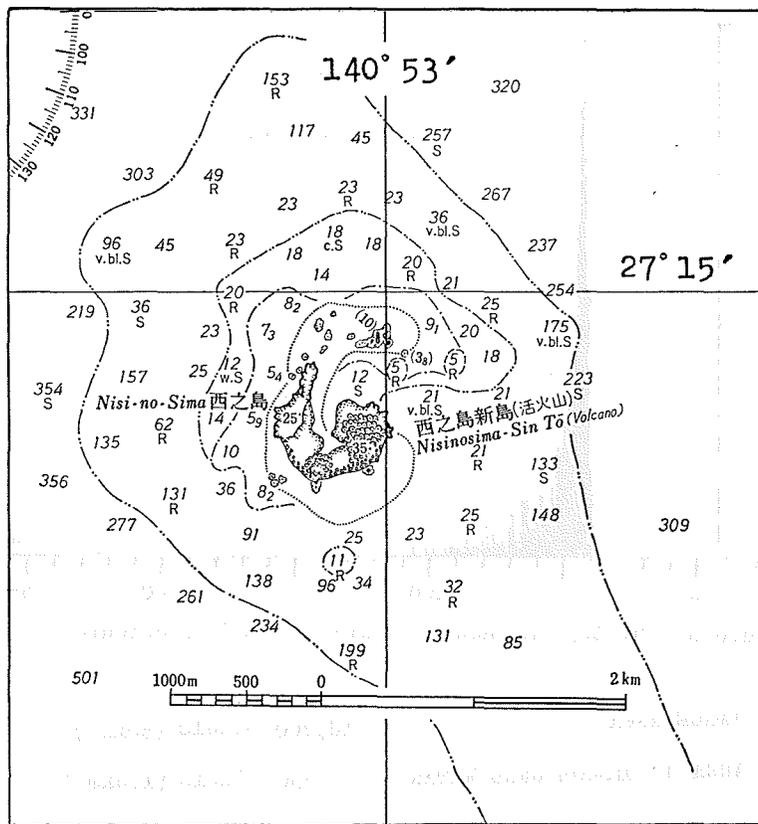
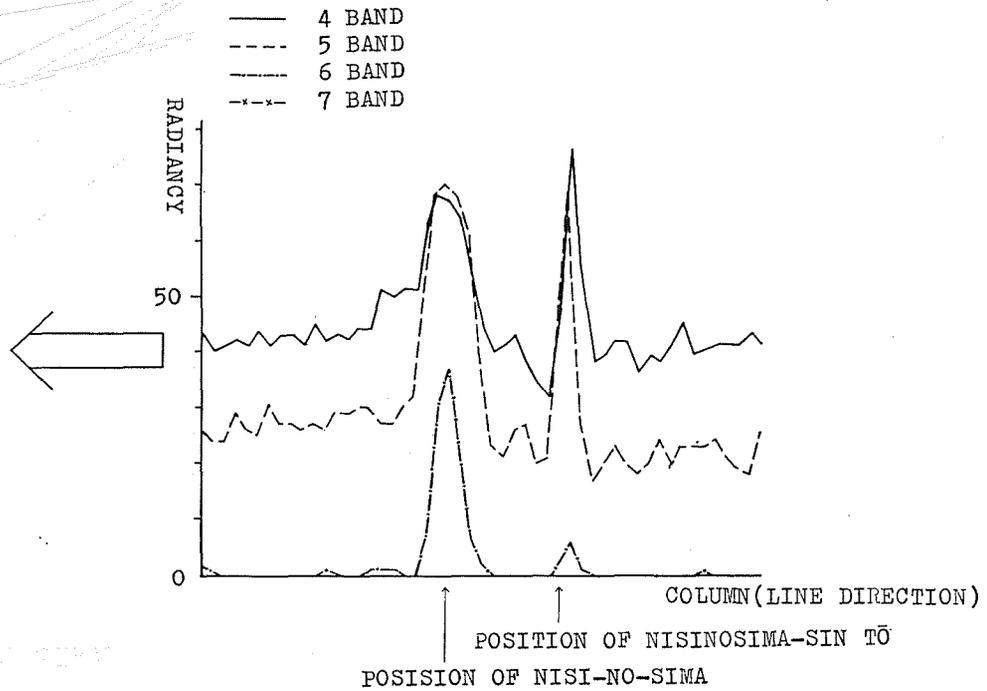
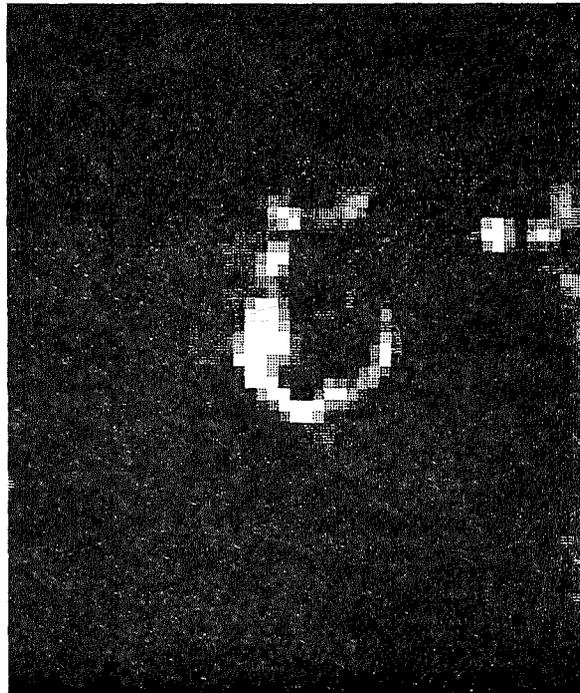


Figure 8. Approaches to Nisi-no-Sima (A portion of Chart No 49)

NISI-NO-SIMA



(4+5+6+7) BAND IMAGE

Figure 9 Pattern of Nisi-no-Sima area and its radiancies on a column

- .-.-.- DISCOLOURED WATER AROUND SATUMA-IŌ SIMA (THE KITAHIRASITA SPA)
 (HARBOUR)
 -.-.-.- ADJACENT SEA OF SIN-IŌ SIMA (THE HIGASI SPA)
 -.-.-.- KAGOSIMA WAN
 -.-.-.- SIN-IŌ SIMA
 -.-.-.- CRATER OF SAKURA SIMA

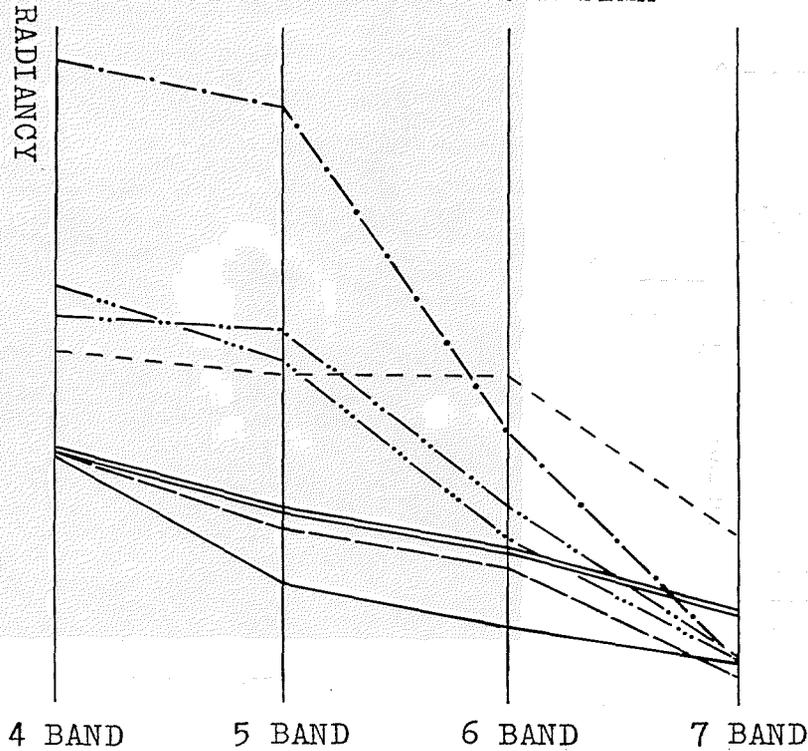


Figure 11 Comparison of radiancies at each band for various places

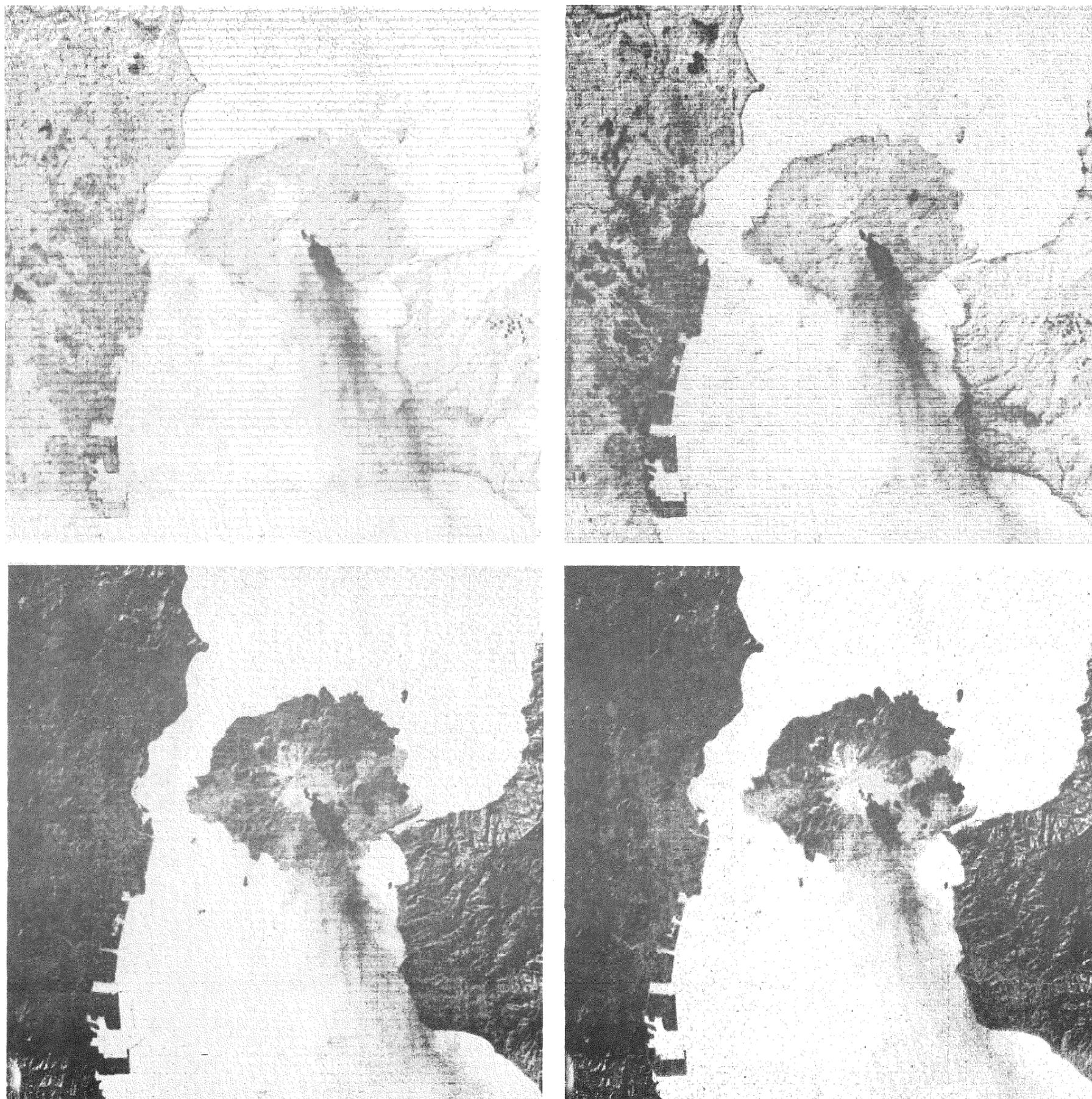


Figure 10 Patterns at each band on CCT for Sakura Sima
 (Upper-left : Band 4, Upper-right : Band 5,
 Lower-left : Band 6 ,Lower-right : Band 7)

INVESTIGATION OF DISCOLOURED WATER BY LANDSAT



Photo 1 Discoloured water near Minami-Hiyosi SMT. (January 11, 1977)



Photo 2 Satuma-Iō Sima and discoloured water in its vicinity (August 28, 1979)

M.FUKUSHIMA, H.SATO, Y.OTANI



Photo 3 Photograph composite with 70mm films Discoloured water is shown in blue around the Satuma-Iō Sima

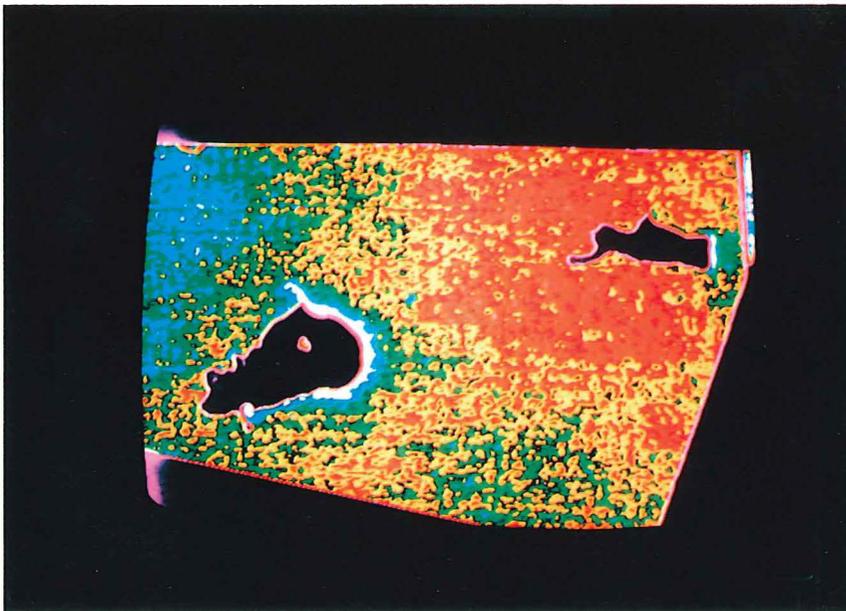


Photo 4 Digi-colour image on 70mm film Data Colour System Discoloured water is shown in white around Satuma-Iō Sima

INVESTIGATION OF DISCOLOURED WATER BY LANDSAT

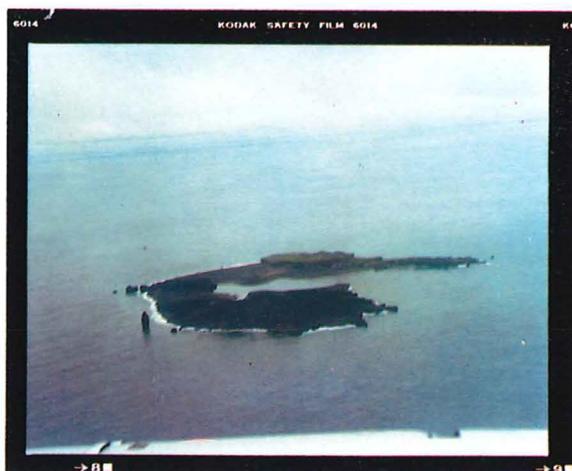


Photo 5 Nisi-no-Sima (July 11, 1979)

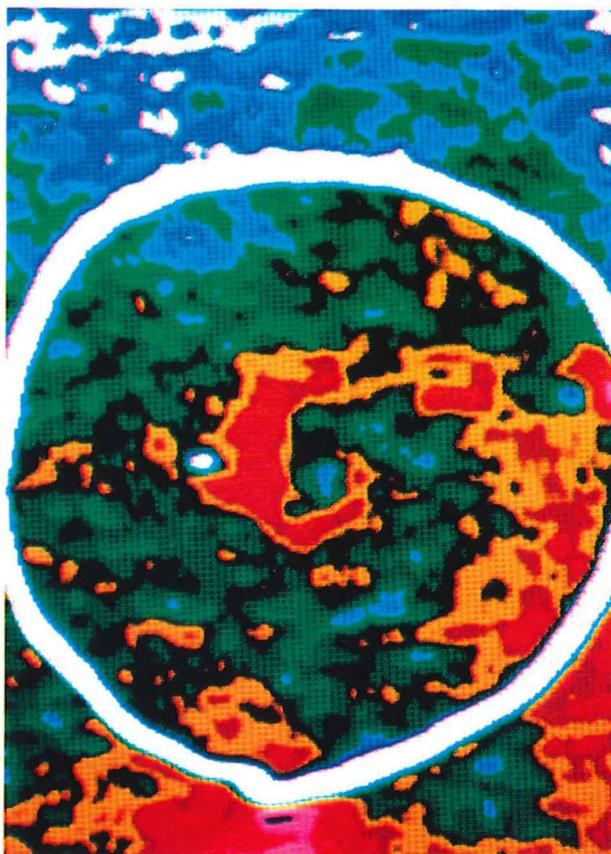


Photo 6 Digi-colour image of Nisi-no-Sima used 4 band nega film.

M.FUKUSHIMA, H.SATO, Y.OTANI

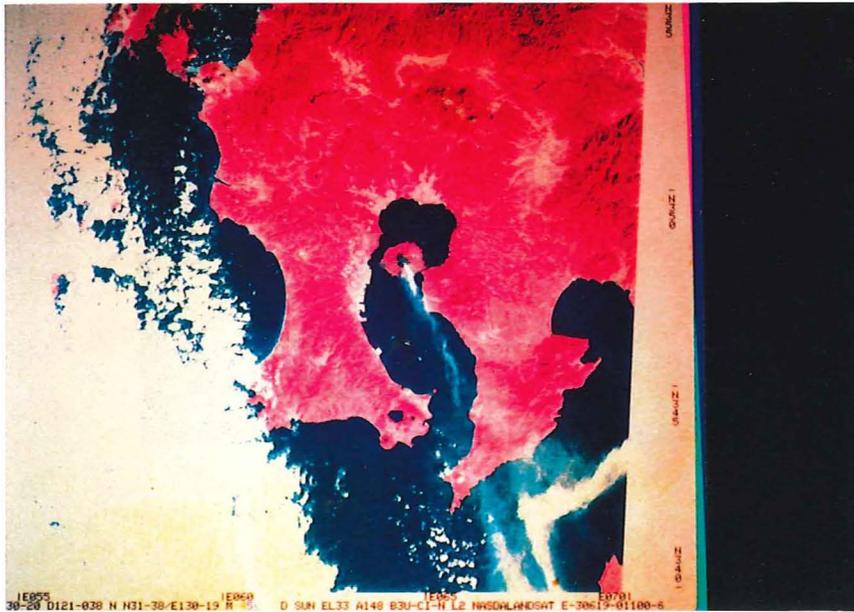


Photo 7 False-colour composite image covering southern part of Kyusyu