

タイ国東北タイ農業開発研究計画に係る
リモートセンシング手法による土壌分類区分
画像作成のための適正技術開発研究調査業務
報告書

昭和61年7月

国際協力事業団

農開技

JR

86-45

JICA LIBRARY



1050454[6]

タイ国東北タイ農業開発研究計画に係る
リモートセンシング手法による土壌分類区分
画像作成のための適正技術開発研究調査業務
報 告 書

昭和61年7月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '87. 4. 6	122
登録No. 16097	82.5
	ADT

目 次

I	まえがき	1
II	調査地域の概要	2
1.	気 候	4
2.	地形、地質	5
3.	土 壤	7
III	調査方法	10
1.	現地調査	10
2.	ランドサット画像処理	16
(1)	使用データ	16
(2)	前 処 理	17
(3)	フォルスカラー画像作成	18
(4)	主成分分析データ作成	21
(5)	標高データ作成	25
(6)	植生分布データ作成	27
IV	調査解析結果	29
1.	現地調査結果	29
(1)	現地状況	29
(2)	反射スペクトル測定結果	48
2.	土壌水分解析結果	52
3.	塩類集積状況解析結果	55
4.	ランドサット画像を用いた地形分類判読	60
V	塩類析出地と環境要因	64
1.	地 形	64
2.	地 質	64

3. 土 壤	6 5
4. 植 生	6 5
5. 気 象	6 5
6. 水 系	6 5
VI ランドサットデータの有効性の検討	6 8
VII 今後の研究に対する提言	7 0

参考資料

用語解説

I まえがき

タイ国は北緯 5° から 21°、東経 97° から 106° の間に位置し、全面積 514,000 Km² の立憲君主国である。

今回の調査対象域である東北タイは、砂質ロームで地味がやせ、人口灌漑も未整備で、稲作を始め農作物の単位収量は国内最低である。これに加え、近年塩害被害の増加により単位収量が減少し耕作できない田も現われてきた。

この稲作における塩害対策のため、今回は人工衛星ランドサットのデータを使用し、乾季における塩の集積状況および土壌水分状況を把握する手法を開発研究するものである。

II 調査地域の概要

タイ国は、国土の多くが熱帯サバンナに属し、1,100～1,500 mmの年降水量は約6ヶ月間の雨季（5～10月）に集中し、乾季はきびしい乾燥状態になる。特にバンコクの東北に位置する東北タイは、西側にペチャブン山脈が構え、降雨の多くは山脈の西側に偏るため、かんばつの常習地帯となっている。今回は図-1に示す東北タイの一部を調査対象域としている。本地域は稲作中心であるが、土壌がやせているのに加え、塩が各所に出現し農作物の単位収獲量がタイ国で最も低い地域である。

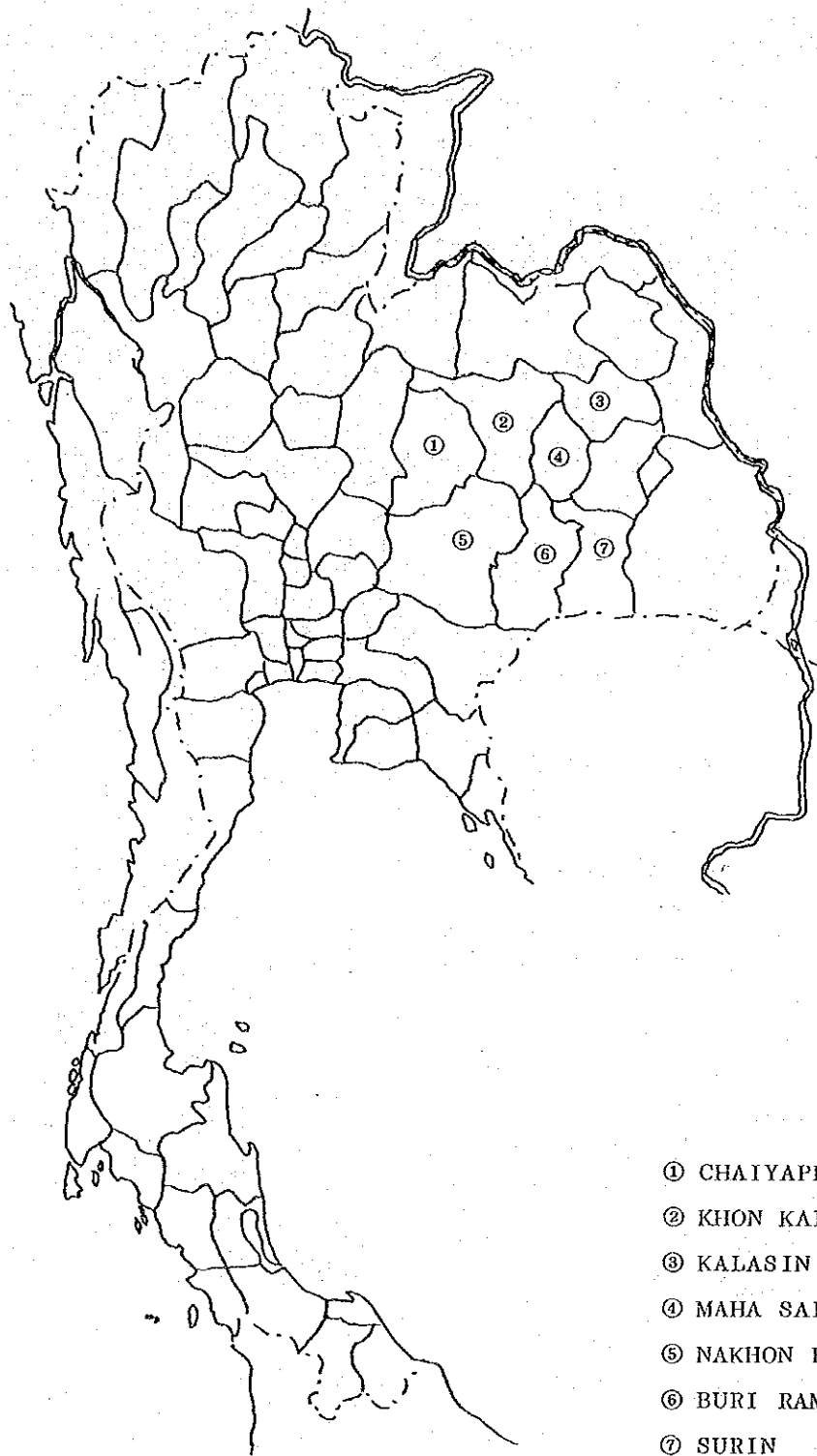


图 - 1. 調査対象地域

1. 気 候

タイは熱帯モンスーン地帯に含まれ、年間雨量は1,000~2,000mmに達するが、半島部以外は11~4月の間乾季になるため、サバンナに近い気候的特徴を有する。特に東北部では多くの場所で年蒸発散位が年降水量を上まわり、干ばつ被害を受け易い地域である。ただ雨季は降水量が蒸発散位を上まわるので耕作が可能になっている。

タイに来る夏季モンスーン(5~10月南西)、冬季モンスーン(11~4月北東)台風(5~11月南東)ベンガルサイクロン(5~6月)等は、ペチャブン山脈、プノンムレフ山脈、アンナム山系等を越えて来るため、東北タイにもたらされる降雨は他地域に比べて少なく中でも東北タイ南西部のナコン ラジャシマでは年1,000mm程度しか降雨が得られない。また降雨パターンにも極端な偏りが見られ、例えばコンケンにおける年降水量(1977~1982年の平均)1275.5mmのうち、26%が9月1ヶ月に集中するのに対し、乾季の11月~4月、7ヶ月間に得られる降雨はわずか8.7%である。中央平原に位置するバンコクでは、それぞれ1,485.7mm、9月:21.2%、11~4月:13.5%(1977~1985年の平均)でありコンケンにおいていかに降雨の偏りが大きいかわかる。

年平均気温は、コンケン27.4℃(1977~1982年)、ナコンラジャシマ27.6℃(1977~1985年)で、バンコクの28.7℃(1977~1985年)に比べてやや低くなっているが、これは東北タイが緯度が高く内陸にあり、また標高が高いためと考えられる。年間を通して見ると12月に最低(23.0℃)となり以後上昇して4~5月に最高(30℃前後)に達し雨季の開始とともに低下していく傾向にある。

相対湿度は、タイ国内では低い部類に属し、2~3月に最低(51.8~66.2%)となり、8~9月に最高(78.6~86.7%)になる。東北タイの中でも、特に降水量の少ないペチャブン山脈沿いで低くなっている。

冬季モンスーンの季節は雲も少なく、日射や夜間の放射が強いため表土が乾燥し、焼畑や野焼きはこの時期に行われるようである。

以上のように、東北タイの気候は、マクロにみれば季節的な偏りであるが、雨季の中でもしばしば長い中休みのあること(2週間またはそれ以上)が大きな問題であり、乾季の乾燥は深刻である。また雨季の降雨も集中豪雨型で雨期の終りの9月に集中するため農業上有効な水を確保することが困難であると言えよう。

表-1 気温と降水量

コンケン (16° 15' 36" N、 102° 30' 00" E)

1977~1982年

	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T(°C)	24.0	26.0	29.9	30.2	29.7	29.3	28.7	28.3	27.7	27.2	25.3	23.0
P(mm)	0.2	14.5	26.2	60.9	211.3	194.4	177.2	174.4	331.7	75.1	5.0	4.6

T : 月平均気温 (°C)

年平均気温 27.4°C

P : 月間降水量 (mm)

年降水量 1,275.5 mm

ナコン ラチャジマ (14° 34' 48" N、 102° 03' 00" E)

1977~1985年

	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T(°C)	24.0	27.0	29.8	30.6	30.1	29.4	28.9	28.6	27.7	26.7	25.1	23.0
P(mm)	9.3	26.5	22.6	48.8	124.7	101.2	122.4	142.6	241.3	121.1	37.5	2.7

年平均気温 27.6°C

年降水量 1,000.7 mm

バンコク (13° 26' 24" N、 100° 20' 24" E)

1977~1985年

	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T(°C)	27.4	28.4	29.8	30.6	30.4	29.6	29.1	29.0	28.5	28.3	27.6	26.2
P(mm)	13.7	20.6	30.7	77.6	175.2	179.7	169.4	195.9	315.3	249.7	53.7	4.2

年平均気温 28.7°C

年降水量 1,485.7 mm

2. 地形、地質

東北タイは、バンコクの北東に位置しラオス、カンボジアと国境を接している。総面積は約17万km²で、タイ国内の4地域(北部、東北部、中央部、南部)のうちで最も広い地域である。北~東縁にはメコン川が流れ、西縁にはベチャブン山脈、南縁にはサンカンベン山脈ならびにブノンダムレク山脈がそびえている。

これらの河川・山脈によって囲まれた地域は、コラート高原と呼ばれ、なだらかな波状地形が続いている。東北タイにおける標高別の土地面積を見ても、総面積の62.9%が標高101~200mに分布していることがわかる。

表-2 Hypsometric analysis of North-East Thailand

Altitude(metres a.m.s.l.)	Area (Km ²)	Area (%)
sea level to 100	170	0.1
101-200	107,072	62.9
201-500	48,345	23.4
501-1,000	11,575	6.8
above 1,000	3,064	1.8
Total	170,226	100.0

Source: Gravimetric analysis,
The Five Faces of Thailand

東北タイの南～西縁に位置する3つの山脈は古くから交通の障害となっており、文化的、経済的に見て強い境界線を引いている。ペチャブン山脈は、タイ北部～中央部との境界域を成しており、中心となる地質は古生代末期のラトブリ層である。主に石灰岩で構成され他に頁岩、砂岩、礫岩、凝灰岩が混入している。これを取り囲むように、中生層であるブー・クラダン層が広く分布している。この層は、雲母質頁岩、シルト岩、雲母質砂岩、礫岩から成り、風化、侵食に弱いいためか、現在では平坦な土地を形成している。東北タイ側では、さらに外側を縁どるようにブー・パンおよびブラ・ウィハン層が分布している。この層は砂岩、雲母質頁岩、シルト岩、礫岩からなりブー・クラダン層とは逆に風化、侵食に耐えるために、細長いエッジ状の山稜を形成しており、所々にドーム状、メサ状の組織地形も見られる。

タイ-カンボジア国境のブノン・ダムレク山脈はブー・パンおよびブラ・ウィハン層から成り、やはりケスタ状の組織地形が見られカンボジア側に急崖を持つなだらかな山脈となっている。東北タイ中央寄りにあるブー・パン山脈は地質的には、ブノン・ダムレク山脈と同じでその山稜はメコン川を横切りラオスまで続いている。

平地～丘陵は、中生代末期のコラート層群から成る。この層は砂岩、頁岩、シルト岩とともに厚い岩塩が分布しており、また塩類を含んだ層も存在する。そのためこれらの塩類の一部が地表に影響をおよぼし東北タイにおける塩害の原因となっている。この塩類を含んだ堆積岩はマハサラカム層と呼ばれ、近年の研究では第三紀初頭のもものと推定されている。

3. 土 壤

東北タイは、コラート高原と呼ばれる標高180m前後の平坦な台地上にあり、全就業人口のうち約90%(1970年)を農業従事者で占める農業地帯である。雨季を中心に水稲が作付けられ、ほかにキャサバ、サトウキビ、トウモロコシ等の畑作物が栽培されている。特に水田は東北タイの農用地面積の72.4%(1977~1978年)を占め、タイ全体から見ても全水田面積の46%が東北タイに集中しており、他地域に比べて群を抜いて高い面積比率となっている。しかし収量はタイ全体の収量の33.3%(1978/79年)にとどまり、単位収量(t/ha)は国内他地域が2.03であるのに対し、東北タイでは1.18(1978/79年)と生産性が極めて低く、また1969年には1.84t/haであったことより単位収量も年々減少している地域である。稲以外の畑作物も同様の傾向が見られ、リョクズとワタ以外は単位収量がすべて全国平均を下回っているという現状である。

表-3 各作物の地域別平均収量(t/ha)

	北 部	東北部	中央平野	南 部	全 国
イ ネ	2.19	1.18	1.92	1.70	1.63
トウモロコシ	2.01	1.78	1.98	1.83	1.94
キャッサバ	15.31	12.79	14.01	14.31	13.40
サトウキビ	44.35	34.16	48.61	—	47.07
リョクズ	0.72	0.74	0.68	0.63	0.70
ダイズ	0.89	0.83	0.85	0.71	0.87
ラッカセイ	1.23	1.10	1.16	1.26	1.18
ヒ マ	—	—	—	—	0.97
ゴ マ	—	—	—	—	0.78
ココヤシ	—	—	—	—	3.28
ワ タ	0.95	1.13	1.09	—	1.04
ケ ナ	0.89	1.01	1.00	—	1.04
地域生産比*	1.04	0.93	1.03	0.97	
経営費中肥料代 割れ(%)	4.50	12.50	9.60	6.80	9.00

* 各作物の全国平均に対する各地区の収量比を求め、それらを平均した値

東北タイにおける土壤分布パターンを示すと、およそ次のようになる。

谷底～自然堤防では沖積土壤や低腐植質グライ土壤が分布している。沖積低地や低位段丘においてもほぼ同様であるが、やや高い所では、灰色ポドゾル性土壤が出現している。低位段丘においては沖積土壤は見られない。高位段丘になると、灰色ポドゾル性土壤が主になり、他に赤黄色ポドゾル性土壤、レゴソル、赤黄色ラトソル等が所々に現われる。丘陵地、山麓斜面さらには山地においても高位段丘と似た種類の土壤が見られるが、高くなるにつれてラテライト性の土壤が多くなっていく。他にソロチャク、ソロネツ等の塩類土壤が沖積低地に分布している。東北タイにおけるこれらの土壤にはほぼ共通して言える特徴は、極端な砂質土壤で、地力が著しく低いということである。土地利用から見ると、水田は低腐植質グライ土壤に、畑地は灰色ポドゾル性土壤に相当する。

東北タイの地質、すなわち土壤の母材は中生代～第三紀に形成された堆積岩（砂岩、頁岩、シルト岩、礫岩など）と、第三紀の玄武岩が主である。これらを母材とする土壤の粘土鉱物組成は、カオリナイトが主成分となっている。このカオリナイト質の土壤は、他の粘土鉱物質（イライト質、モンモリロナイト質）の土壤に比べて陽イオン交換容量が低く低 pH である。また一次鉱物組成では、東北タイの土壤は石英の割合が他の地方以上に高く、潜在的な無機養物供給力もあまり期待できない。東北タイに最も多く分布する低腐植質グライ土壤と灰色ポドゾル性土壤はいずれもカオリナイト、あるいはハロイサイトを主とした土壤で、一般に活性が低く強酸性（pH 5 付近）である。また全炭素含有量の平均は 0.8% 以下で全窒素含有量の平均は 0.07% と有機物が極端に少ない土壤である。全リン酸並びに置換性のカリウム、カルシウム、マグネシウムについてもそれらの量はいずれも低くなっているが、粘度質の低腐食質グライ土壤ではやや高くなる場合がある。

東北タイの高位段丘から丘陵地にかけて最も一般的な土壤である灰色ポドゾル性土壤について見ると、土性が壤質砂土～砂質埴壤土と粗粒質で非毛管孔隙の割合が大きい。ためか、透水性が $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{ cm/s}$ と高い。また土壤の分散性が高く、面状侵食や雨裂侵食が進行し易くなっている。このように土壤自身の水を保持する能力が低い。ため貯水池を多数建設して農業用水を確保する試みがなされている。1978年時点で、タイ国内には建設中も含めて 354ヶ所に設けられ、総貯水量は 300億 m^3 である。そのうち東北タイには数の上では実に 85% が集中しているが、貯水量では 10% 程度である。これは地形が平坦なため、堤高が高くとれないことによる。従って、水没面積に比べてかんがいでいる範囲が 2～3 倍程度という場合も多い。

次に東北タイにおいて代表的な大土壌群について、その分布と特色を述べる。

(1) 沖積土壌 (Alluvial Soils - Tropaquept が大部分、一部 Ustifluvents)

河川沿いの低地に分布し、一般に排水は不良である。Ca、Mg、Kの含有量が多いが有機物やR、Nは少なく、弱酸性を示す。多くの場合、水田として利用されるが排水の良好な河成沖積地は、ワタ、タバコ、サトウキビ、リュウズ、ダイズなどの畑作地となる。土質は壤質～粘土質である。表層土は暗褐色～褐色である。

(2) 低腐植質グライ土壌 (Low Humic Gley Soils - Paleaquilt)

古い沖積面のなかでも、比較的河川に近い低位段丘に分布する。排水は不良で多くは水田に利用されるが、やや高いところは畑地として利用され、サトウキビ、ダイズ、リュウズ、ラッカセイなどが栽培される。土壌は腐植の含有量が少ないが、Ca、Mgは比較的富んでいる。表層はにぶい黄褐色ないしは、にぶい黄橙色を呈する。中～強酸性。

(3) 灰色ポドゾル性土壌 (Gray Podzolic Soils - Paleustults)

酸性の粗～中粒の古い堆積物上に生成した土壌で、中位段丘下部に広く分布している。特に東北タイに多い。

全層とも砂質であるが、下層にわずかに粘土の集積が見られる。土色はにぶい褐色であり、ラテライトの硬盤を含むこともある。粘土鉱物はカオリン型が主体であるため塩基置換容量が小さく、土壌は瘠薄である。一次鉱物は石英が多い。東北タイでは主にケナフ、クワ、キャサバが栽培されている。

(4) 赤黄色ポドゾル性土壌 (Red Yellow Podzolic Soils - Poleustults)

主として中位段丘上部に分布し、残積土あるいは古い沖積堆積物上に生成する。表層土は暗褐色～にぶい黄褐色を示し、下層土は赤褐色～黄褐色を呈する。pHは一般に低い。粘度鉱物はカオリン型でB層に集積層を持つ。コンクリート状のラテライト層をしばしば持ち、この層が一度地表に露出すると侵食に耐えるため植物が生育しにくくなる。森林のまま残されていることが多い。

(5) 赤黄色ラメソル (Red Yellow Latosols - Paleustults)

高位段丘上に点在する、表層はチョコレート色、下層は暗赤褐色～明褐色で一般に粗粒質である。主要粘土鉱物はカオリン型で塩基置換容量が小さく、養分的には瘠薄であるが物理性は良い。キャサバ、ケナフ、トウモロコシが栽培される。

(参考：熱帯農研集報 No. 50 1985)

Ⅲ 調査方法

今回の調査は以下のフローに従って行った。

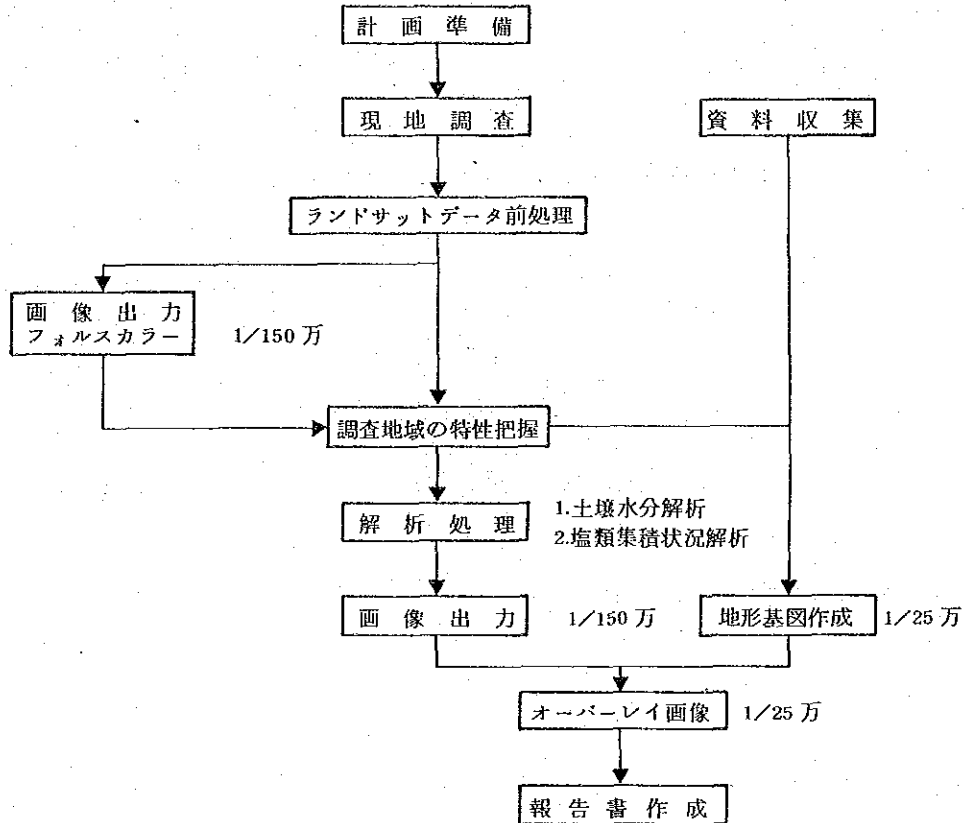


図-2 調査フロー

1. 現地調査

(1) 調査年月日

1986年4月7日～5月9日

(2) 調査項目

ランドサット画像およびD.L.D (Department of Landuse Development) スタッフと相談の上調査地点を選定し、現地で対象物のスペクトル反射率測定、土壌サンプリングによる含水率の測定および測定面と周囲の写真撮影を行う。

またスペクトル測定面の塩の地表被覆率は目視により決定する。

(3) 使用機器

- ① LANDSAT(ERTS) GROUND TRUTH RADIOMETER
MODEL 100-A
- ② R.P.M.I (Radiant Power Measuring Instrument)
- ③ ポータブルフォトメータ

使用機器は上記①、②、③を準備したが主として①による測定を行った。

(4) 資料収集

ランドサット画像解析および現地調査のため以下の資料を収集した。

① Soil Salinity Distribution Map 1/250,000

- ㉑ Ubon Ratchathani
- ㉒ Kalasin
- ㉓ Srisaket
- ㉔ Surin
- ㉕ Maha Sarakham
- ㉖ Sakhon Nakhon
- ㉗ Yasathorn
- ㉘ Udon Tharrie
- ㉙ Chaiyaphum
- ㉚ Khon Kaen
- ㉛ Nakhon Ratchasima
- ㉜ Roi Et
- ㉝ Nakhon Phanom
- ㉞ Nong Kai
- ㉟ Buri Rum

② Detailed Reconnaissance Soil Map 1/100,000

- | | | | | | |
|--------------------|----------|--------|---------|---------|--------|
| ㉑ SURIN | PROVINCE | SERIES | : No.19 | BANGKOK | , 1974 |
| ㉒ CHAIYAPHUM | " | " | : No.17 | " | , 1973 |
| ㉓ BURI RUM | " | " | : No.16 | " | , 1975 |
| ㉔ KHON KAEN | " | " | : No.14 | " | , 1973 |
| ㉕ KALASIN | " | " | : No.9 | " | , 1972 |
| ㉖ MAHA SARAKHAM | " | " | : No.13 | " | , 1972 |
| ㉗ NAKON RATCHASIMA | " | " | : No.21 | | |

③ Land Use Planning Map 1/250,000

④ CHAIYAPHUM

④ KALASIN

④ PRACHIN BURI

④ ROI ET (Copy)

④ MAHA SARAKHAM (Copy)

④ 土壤含水率および電気伝導度データ

今年(1986年)1月にD.L.Dで測定したマハサラカン地区の土壤含水率および電気伝導度の結果を表-4に示す。

測定深は、含水率は0~5cmと5~15cm、電気伝導度は5~15cmのサンプリングデータから算出している。

調査地点は図-3に示す。

表-4 土壤含水率および電気伝導度

(1)

Site No	Sample No	Moisture (%)	ECe · 10 ³ (μs/cm)
1	1 / 1 0~5 cm	0.84	0.1
	1 / 2 5~15 cm	9.53	
	2 / 1	0.25	-
	2 / 2	5.99	
	3 / 1	19.55	0.26
	3 / 2	7.50	
	4 / 1	0.1	-
	4 / 2	3.9	
2	5 / 1	0.55	4.0
	5 / 2	1.86	
	6 / 1	2.99	0.93
	6 / 2	1.01	
	7 / 1	2.17	0.215
	7 / 2	2.15	
	8 / 1	0.71	-
	8 / 2	0.91	
	9 / 1	0.91	0.72
	9 / 2	-	
10 / 1	1.63	-	
10 / 2	4.66		

(2)

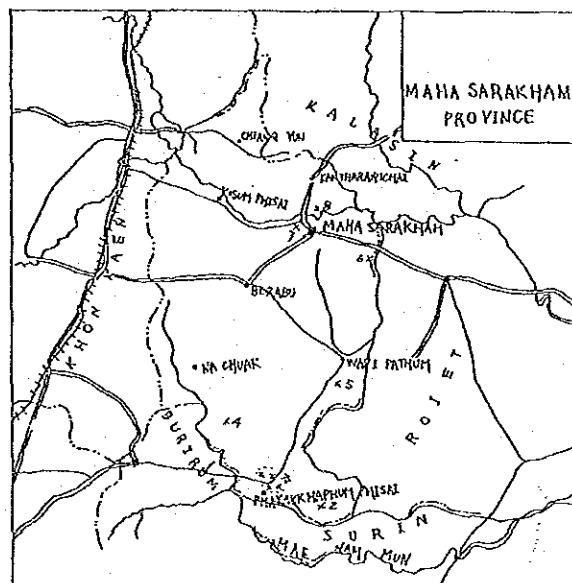
Site No	Sample No	Moisture (%)	ECe · 10 ³ (μs/cm)
3	11/1	0.62	1.9
	11/2	0.76	
	12/1	0.54	0.47
	12/2	2.18	
	13/1	1.86	0.55
	13/2	6.07	
	14/1	0.25	0.46
	14/2	2.15	
	15/1	0.3	0.7
	15/2	1.32	
16/1	1.62	12.0	
16/2	4.44		
17/1	0.3	0.855	
17/2	1.52		
18/1	0.81	0.6	
18/2	6.23		
19/1	0.32	1.3	
19/2	2.88		
20/1	1.06	—	
20/2	7.06		
21/1	0.25	1.55	
21/2	5.75		
4	22/1	1.23	0.41
	22/2	3.79	
	23/1	0.5	—
	23/2	7.53	
	24/1	0.53	0.125
	24/2	4.82	
	25/1	0.25	0.08
	25/2	0.86	
	26/1	0.0	4.35
	26/2	0.01	
27/1	0.05	1.3	
27/2	7.70		
28/1	0.20	0.17	
28/2	5.4		
29/1	0.5	7.0	
29/2	4.66		
30/1	0.55	8.35	
30/2	6.61		

(3)

Site No	Sample No	Moisture (%)	ECe · 10 ³ (μs/cm)
5	31/1	0.15	2.7
	31/2	2.15	
	32/1	0.10	0.29
	32/2	0.05	
	33/1	0.55	9.6
	33/2	5.0	
	34/1	6.33	0.38
	34/2	10.50	
	35/1	7.49	4.45
	35/2	28.45	
	36/1	1.42	0.21
	36/2	7.4	
37/1	6.9	2.35	
37/2	20.2		
38/1	4.55	1.4	
38/2	12.74		
39/1	3.69	0.13	
39/2	11.4		
40/1	1.27	0.625	
40/2	6.49		
41/1	0.375	0.145	
41/2	3.47		
6	42/1	16.39	0.012
	42/2	11.89	
	43/1	3.56	0.21
	43/2	10.64	
	44/1	0.78	0.515
44/2	5.5		
45/1	19.32	0.08	
45/2	19.54		
46/1	0.19	-	
46/2	1.06		
7	47/1	10.87	-
	47/2	13.81	
	48/1	12.31	0.195
	48/2	26.51	
49/1	1.35	0.0935	
49/2	13.15		
50/1	2.45	2.2	
50/2	8.25		

(4)

Site No	Sample No	Moisture (%)	ECe · 10 ³ (μs/cm)
	51/1	2.24	0.13
	51/2	11.73	
	52/1	1.24	0.16
	52/2	13.25	
	53/1	2.72	0.19
	53/2	11.73	
	54/1	1.40	0.13
	54/2	8.75	
	55/1	1.03	-
	55/2	10.56	
	56/1	1.62	0.32
	56/2	14.99	
	57/1	1.84	0.185
	57/2	15.67	
	58/1	3.21	0.13
	58/2	16.14	
	59/1	2.07	0.34
	59/2	16.85	
	60/1	2.04	0.135
	60/2	12.80	



x: Site No

☒ - 3 現地調査地点 (Jan / 86)

2. ランドサット画像処理

(1) 使用データ

過去の乾季のデータを検索し、今回調査エリアの2シーンが同じ日で雲のないデータを選択し、タイ国リモートセンシング技術センターより磁気テープで購入した。テープ諸元は以下の通りである。

データ収集年月日	1984年1月16日
Path - Row	128-49、128-50
データ形式	CCRS BIL フォーマット 未補正

次に今回使用したランドサット4号MSSの諸元を以下に述べる。

高 度	705 km
軌 道	太陽同期準回帰軌道
繰返し周期	16日
観測波長帯	バンド4 0.5 ~ 0.6 μm
	バンド5 0.6 ~ 0.7 μm
	バンド6 0.7 ~ 0.8 μm
	バンド7 0.8 ~ 1.1 μm
地上分解能	80 m

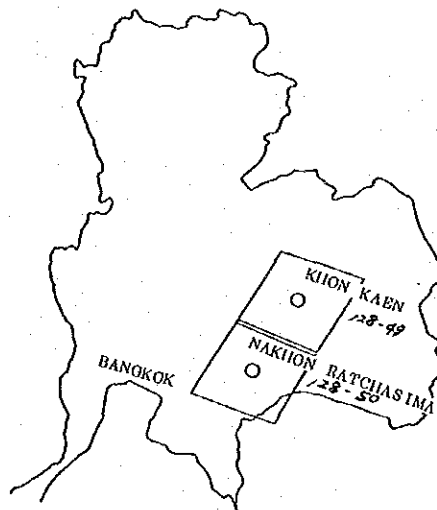


図 - 4

(2) 前処理

画像出力、解析前にフォーマット変換、ラジOMETリック補正および幾何補正を行った。

① フォーマット変換

タイ国リモートセンシング技術センターから入手した2シーンのMSSデータは、CCRSのBILフォーマットであったので画像解析用フォーマットに変換した。

② ラジOMETリック補正

ラジOMETリック補正は、画質の向上および画像解析の精度をあげるために、1バンドに6個あるディテクター(検知器)間の相対補正を行うものである。この補正はディテクターの特性の相異にもとづく応答の相異を累積頻度曲線を用いて補正する方法である。

例として図-5にバンド5の累積頻度曲線を示し、図-6に補正後の累積頻度曲線を示す。

③ 幾何補正

この方法は、画像の中に地上座標が測定可能な点を数点選び、画像座標系UVと地上座標系XYとの座標変換式を見出すことによって幾何学補正を行うものである。すなわち幾何歪を有している画像座標UVと幾何歪の補正された地図座標変換式を、両座標系で座標が与えられる点を利用して確立することをいう。

今回使用するランドサットデータは、受信時の同期不良で各シーン共2ヶ所(1ヶ所6ライン)データ欠損があったため、まず不良ラインを除去した後以下の補正を行った。

今回使用した補正式は一次のアフィン変換で、使用した座標は128-49のシーンで13点、128-50のシーンは数点しかとれないため128-49で求めた補正式を用いることにした。

式は以下の通りである。

$$U = AX + BY + C$$

$$V = DX + EY + F$$

$$A = 0.1308 \times 10$$

$$D = -0.1293$$

$$B = 0.1881$$

$$E = 0.8820$$

$$C = 0.4627 \times 10^3$$

$$F = -0.1320 \times 10^3$$

地上座標は、1/25万地形図(紙)より読み取ったため、誤差を生じている。

(日本では1/5万地形図使用)

この時1ピクセルのサイズは画像出力等のサイズを考え75 μ m四方とした。

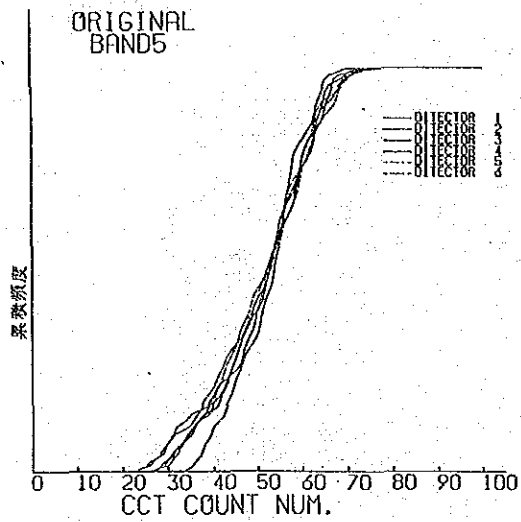


図-5

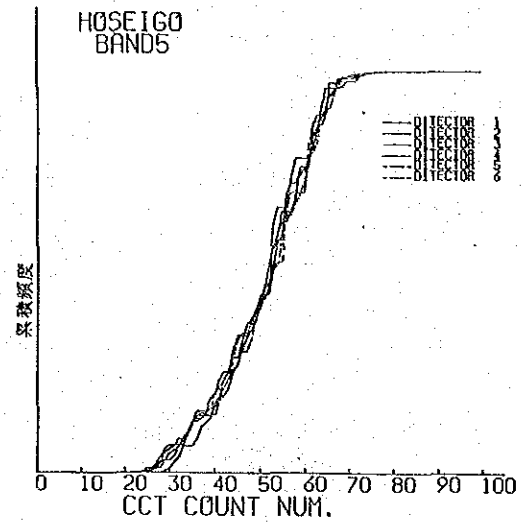
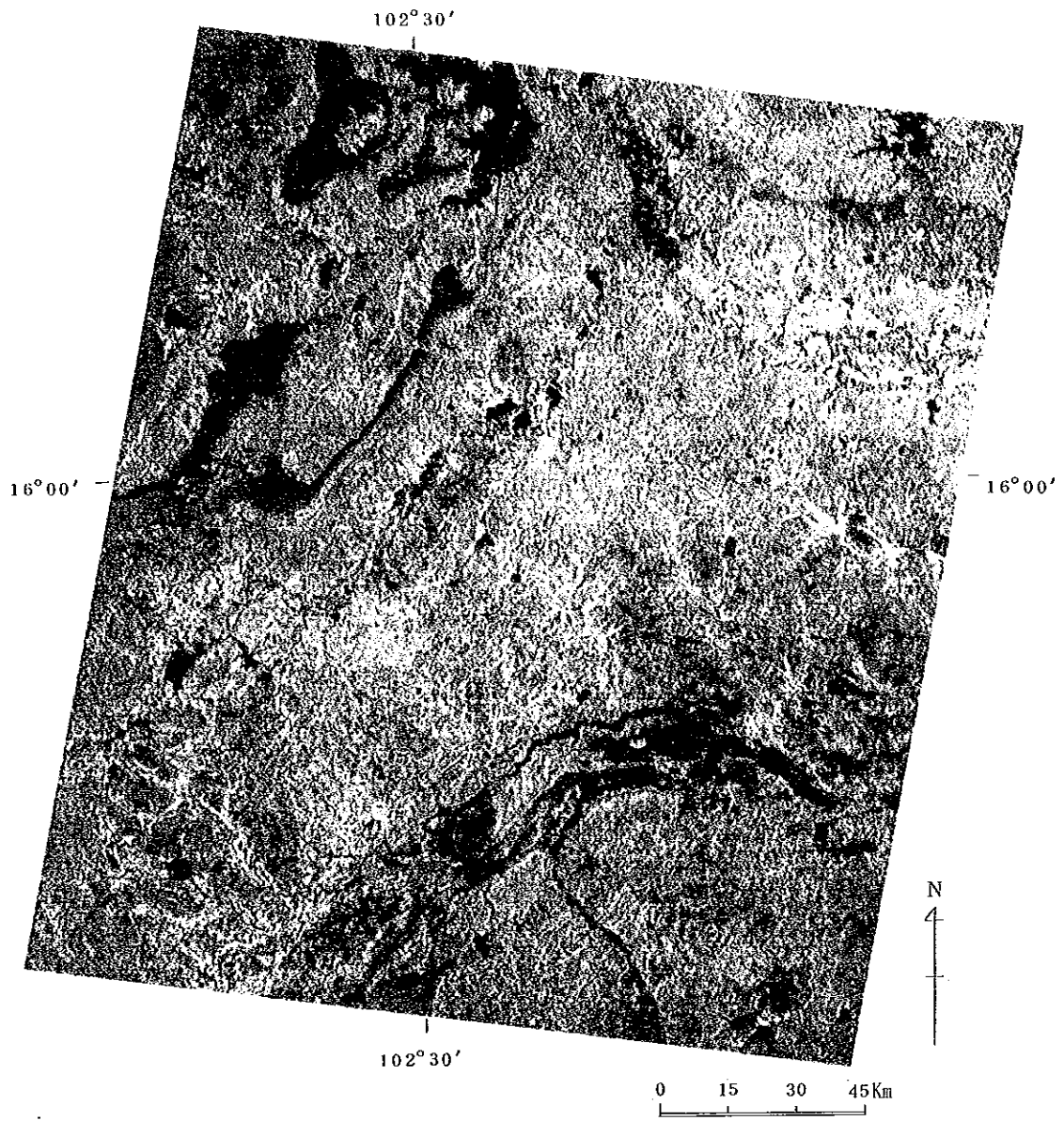


図-6

(3) フォールスカラー(オリジナル)画像作成

調査対象域を把握するため、前処理したデータより、バンド4=青、バンド5=緑、バンド7=赤に色設定をし、1画素50 μ mのサイズで8×10inchのポジフィルムに出力した。(縮尺1/50万)

これをインターネがフィルムに反転し密着焼付けしたものが画像-1、画像-2である。



データ取得日 : 16/Jan/84

パスロー : 128-49

プラットフォーム : ランドサット4号

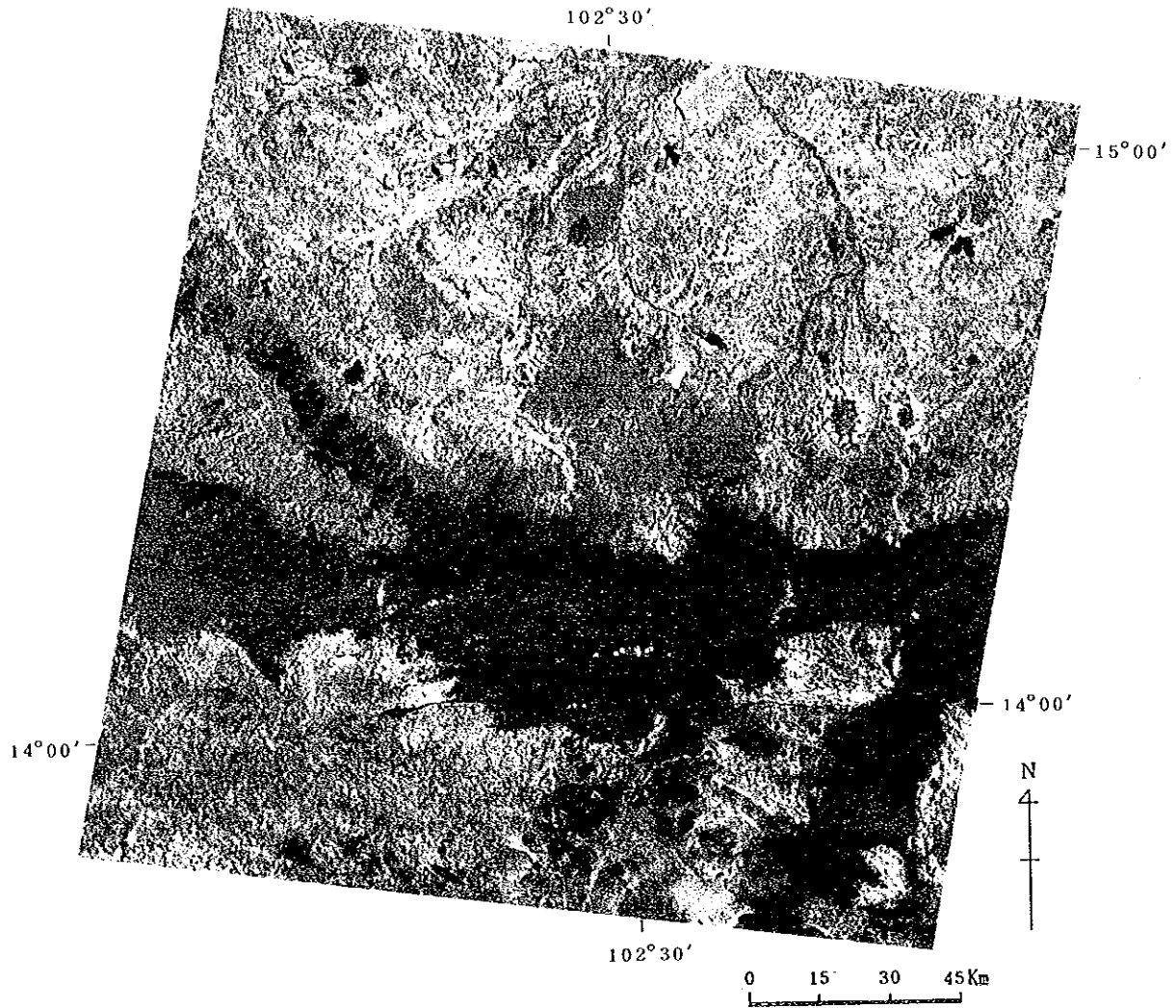
センサ : MSS

バンド4 : 青

バンド5 : 緑

バンド7 : 赤

画像-1 ランドサットMSS画像(1)



データ取得日 : 16/Jan/84

パスロー : 128-50

プラットフォーム : ランドサット4号

センサ : MSS

バンド4 : 青

バンド5 : 緑

バンド7 : 赤

画像-2 ランドサットMSS画像(2)

(4) 主成分分析データ作成

判読や分類を行う時、オリジナルの画像データがどのような特徴をもっているか判断するため、主成分分析を行った。

主成分分析は、多数の変量間の相関関係に着目して、これらの変数に共通する要素を抽出することを目的としている。ランドサットデータにおいては対象物の分光輝度が多次元空間内で正規分布している場合に、その分布の平均を中心とする楕円体の主軸に長い順に求めることに相当する。本処理の大きな利点は、情報を極力失うことなくデータの次元を減らすことができることである。

今回主成分分析を行ったのは、前にも述べた通り、現地調査状況とランドサットデータ収集日のギャップおよび塩の析出が、一雨で変化する等の理由で、現地調査ポイントを教師として、最尤法をかけるのに無理があると判断したためである。

まず、各バンド間の関係を調べるため相関係数を求めると、

相関係数	4バンド	5バンド	6バンド	7バンド
4バンド	1.00	0.848	0.620	0.473
5バンド	0.848	1.00	0.678	0.493
6バンド	0.620	0.678	1.00	0.853
7バンド	0.473	0.493	0.853	1.00

のように4バンドと5バンド、6バンドと7バンドに高い相関があることがわかる。

次に各主成分の固有値と累積寄与率を示すと、

	固有値	累積寄与率 (%)
第1主成分	2.988	74.7
第2主成分	0.742	93.2
第3主成分	0.163	97.3
第4主成分	0.107	100.0

となる。最後に各主成分の固有ベクトルを求めると、

	固有ベクトル値			
	4バンド	5バンド	6バンド	7バンド
第1主成分データ	0.493	0.507	0.528	0.470
第2主成分データ	-0.515	-0.458	0.360	0.629
第3主成分データ	-0.667	0.587	0.336	-0.311
第4主成分データ	0.216	-0.434	0.691	-0.536

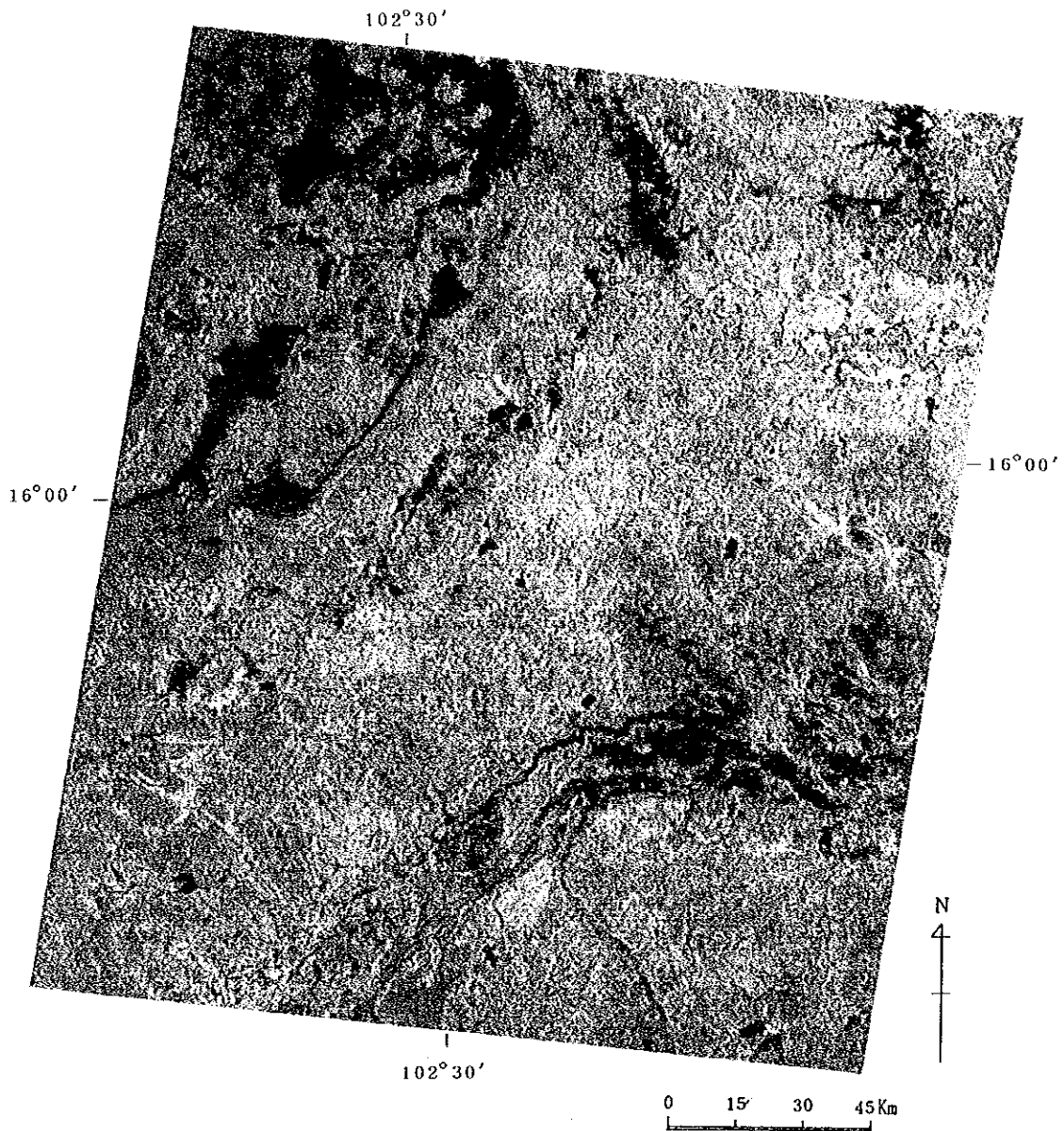
となる。

すなわち、第1主成分のデータ(P1)は、

$$P1 = 0.493 \times (\text{バンド4のデータ}) + 0.507 \times (\text{バンド5のデータ}) \\ + 0.528 \times (\text{バンド6のデータ}) + 0.470 \times (\text{バンド7のデータ})$$

で求められ、その寄与率は全データの74.7%を示している。

このようにP2、P3を求め、P1を緑、P2を青、P3を赤で画像出力した。画像-3、4。



データ取得日 : 16/Jan/84

バスロー : 128-49

プラットフォーム : ランドサット4号

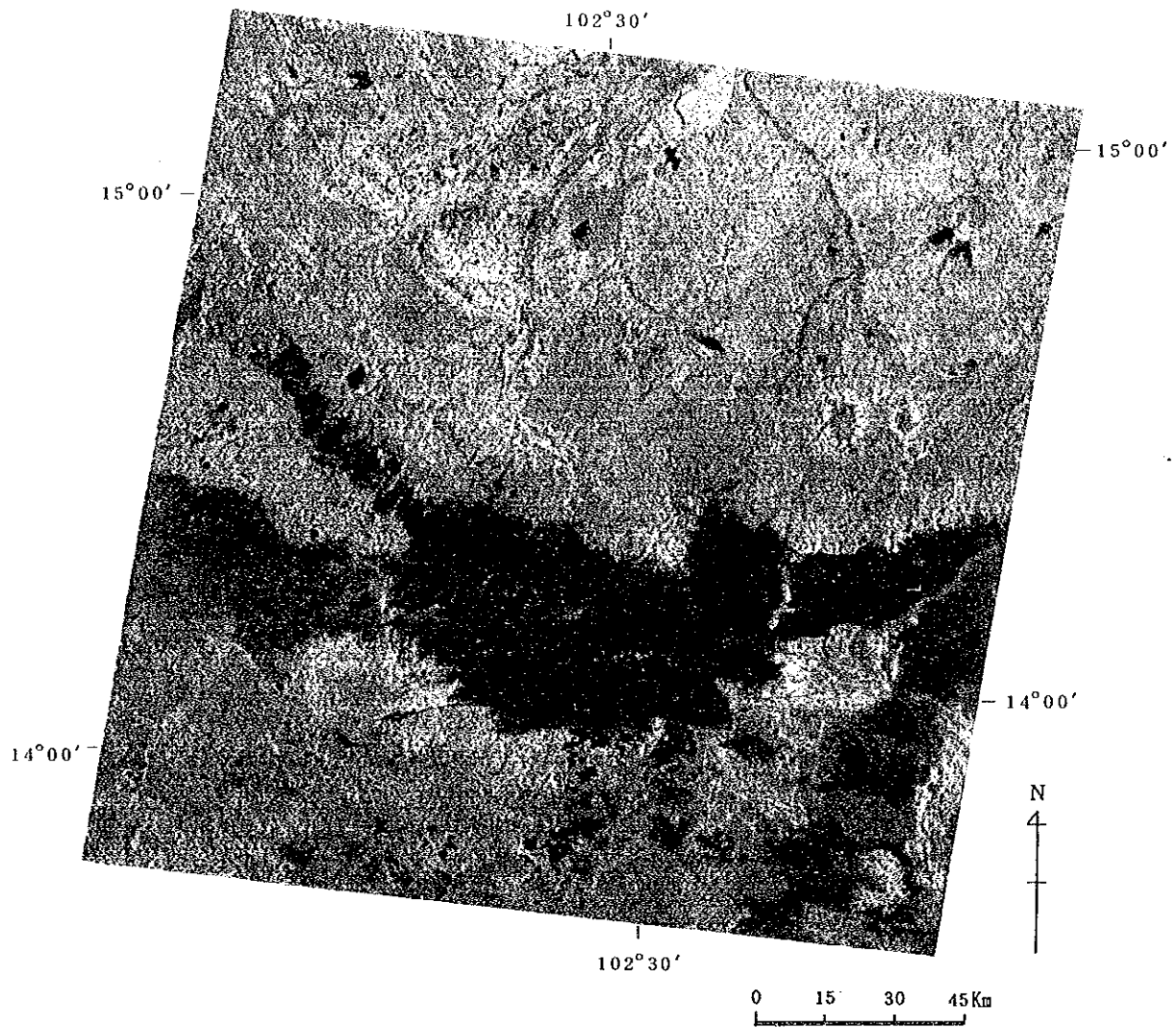
センサ : MSS

第1主成分 : 緑

第2主成分 : 青

第3主成分 : 赤

画像 - 3 主成分分析画像(1)



データ取得日 : 16/Jan/84

パスロー : 128-50

プラットフォーム : ランドサット4号

センサ : MSS

第1主成分 : 緑

第2主成分 : 青

第3主成分 : 赤

画像 - 4 主成分分析画像(2)

(5) 標高データ作成

現地調査結果およびランドサットデータチェックの結果、今回のデータだけでは、Soil Salinity Distribution Map のランク分けに乗った分け方は困難であると考え、既存のデータで画像解析に利用できるものとして、標高データを作成した。作成方法は右図のフローとした。

① 資料収集

1 / 5 万地形図は、タイ国から持出し禁止のため代用として 1 / 10 万土壤図を入手した。

② 標高読取り

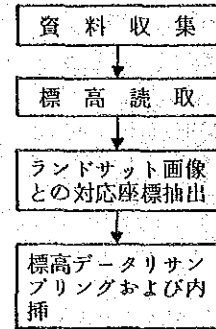
土壤図は 1 / 5 万地形図を縮小したもので、等高線が読みづらく、等高線を書き起こしたのち、1 Km 間隔で読み取った。等高線は、10 m 間隔のため読み取り数値は、目視で補間した m 単位とした。また読み取り範囲はランドサット画像上、塩類析出地域のみとした。読み取り後、データを磁気テープに入力し 1 つのファイルを作成した。

③ ランドサット画像と標高データの対応座標抽出

読み取り標高とランドサットデータの位置合わせのため、1 Km メッシュの交点でかつランドサット画像上明確な点を選定し、互々のラインおよびカラムを読み取る。

④ 標高データのサンプリングおよび内挿

1 Km 間隔で読み取った標高データをランドサット画像の 1 ピクセル (75 m × 75 m) にするため、直線近似で内挿し、75 m のメッシュに変換した。その後③のデータを利用して、ランドサット画像を基準として標高データを 1 次のアフィン変換でリサンプリングした。このデータを濃淡画像で画像出力した。この時、実際の標高データは 100 m 以上であり、対象エリアは 300 m 以下であるので (標高データ 100 m) を 0 とし、355 m 以上を 255 で 8 ビット (256 段階) のデータとし、画像出力している。画像 - 5



102°30'

16°00'

-16°00'



1
102°30'

画像 - 5 標高データ画像

(6) 植生分布データ作成

調査対象エリアには植生が減少しているといっても、ランドサット画像上かなりのエリアを占めている。ランドサットデータから塩の析出を調べる場合、こうした地表被覆物は解析の障害になる。よってここでは以下の仮定のもとに植生データを分類した。すなわち、植生があるということは、塩による被害が無い、あるいはほとんどあられていないという判断をし、3つのランクに分類した。1.粗生：これは人為的あるいは塩の析出により植生はあるが少ない部分、2.中程度の密度：ある一定エリアで50%以上の植生があり、塩の被害はない部分、3.密生：塩の析出はなく、近い将来人為的被害以外は、植生に影響のない部分。

以上を前提に図-7のフローで分類を行った。

① オリジナル画像

現地調査データより植生の反射率は、バンド5で低く、バンド7で高いことが確認できた。よって特徴あるこの2つのバンドのデータを用いた。図-8

② 比演算処理

上記バンド5とバンド7による比演算処理を行い、1つのファイルを作成した。

$$V.I = \frac{(\text{バンド5データ}) + a}{(\text{バンド7データ}) + b}$$

$$a = 14, b = 0$$

③ レベルスライス

植生部分だけを抽出するため、②の結果をヒストグラムに出力し、レベルを設定した。この結果をCRTで確認ののち、処理を実行した。結果として植生部分を1、その他を0としたファイルを作成した。

④ 植生の密度計算

9×9(81画素)の中の植生データの有無の個数によりその地点での植生の密度とした。密度のランクとしては以下の通りである。

81画素中	0～25画素	無
	26～50画素	粗
	51～75画素	中
	76～100画素	密

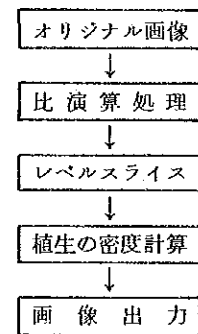


図-7

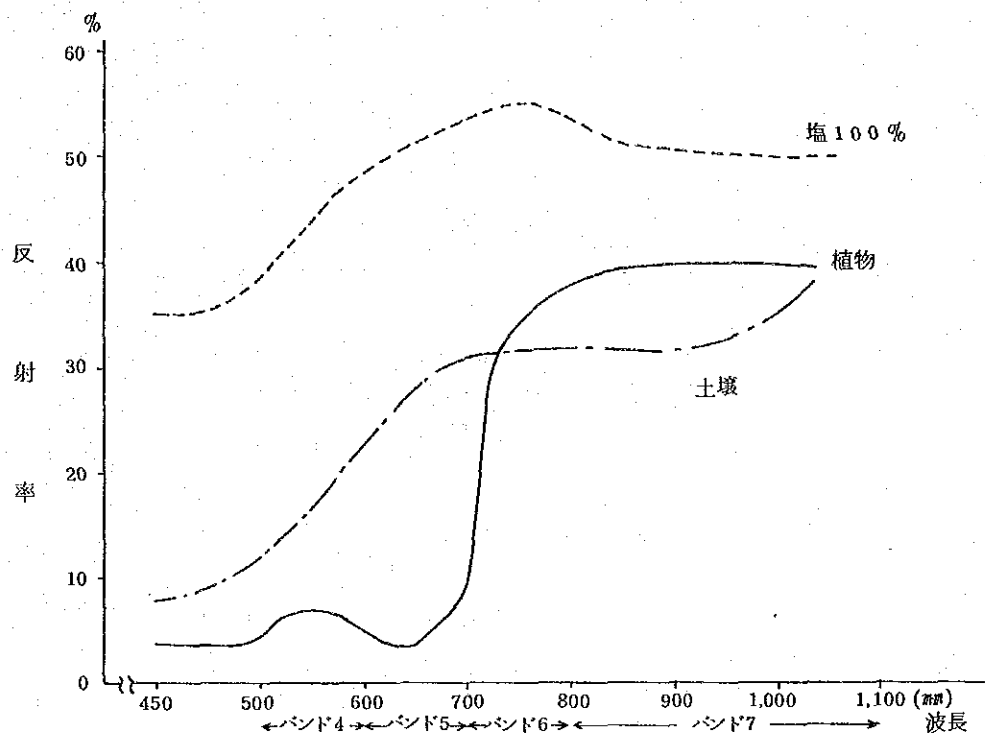


図 - 8

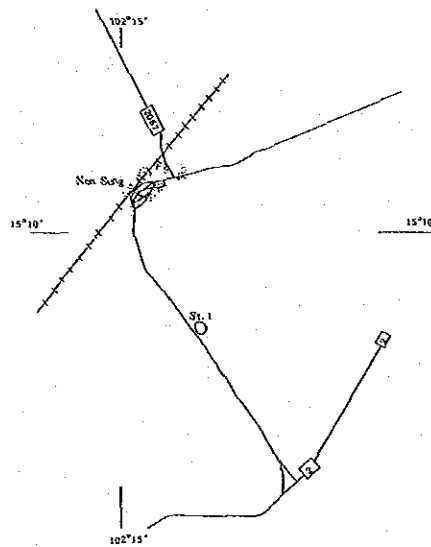
Ⅳ 調査解析結果

1. 現地調査結果

(1) 現地状況

以下に調査エリア毎の概況を述べる。

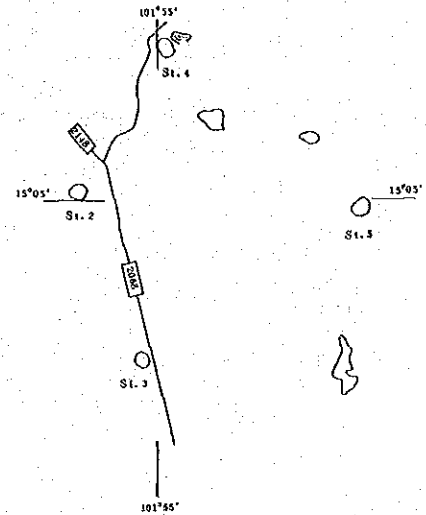
St.1 Non Sung の南 4 Km のこの地域は、裸地には多くの塩が確認された。また他の地域に比べ草が多く出現し、裸地と草地の境界付近の草地のすき間にも多くの塩が確認できた。このエリアは、タイ国作成の Soil Salinity Distribution Map (以下 S.S.D.M と記述する。) ではランク 2 (Moderately saline soil) に表示されている。(写真-1)



St.2 この地域の裸地は、S.S.D.M のランク 1 の場所であるが、現地の状況では 50% 弱に感じられた。この地域は裸地と植生との間に、塩類土壌に生育するナムプロム、ナムディエンが確認された。北側には小さな湖があり、その周囲には植生が繁茂していた。(写真-2)

St.3 St.2 より南へ 5 Km の地点で地下水位の変動等の定点観測地点である。草地や水田が多いが、裸地には塩が 50% 以上の程度で出現していた。S.S.D.M ランクでは 5 に分類されている。(写真-3)

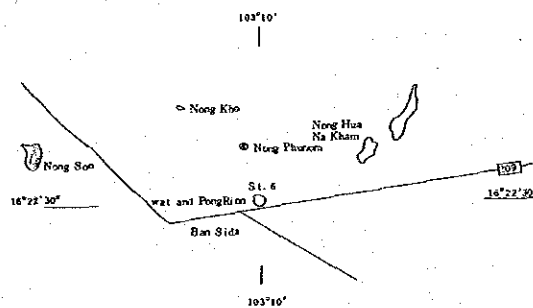
St.4 Ban Nong Tho の北 1 Km の地点で周囲より少し (50 cm ~ 1 m) 低い裸地に塩の出現があった。しかし、前日の雨で塩が殆んど消滅していた。前日は、多くの塩が確認できたことだ。また、ここでは乾期に塩を取っている跡が確認できた。S.S.D.M のランクでは 2 のエリアである。(写真-4)



St.5 Ban Nong Kok 近くのこの地域の水田は、塩を含んだ田に特有の草 (Kae garg) が生えていることによる。この地区は S.S.D.M ランク 5 である。

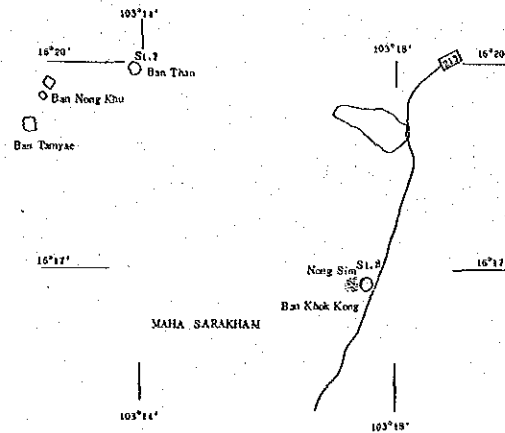
また低い裸地には、塩が集積し白くなっている。しかし小高い丘は一面草木で被われ、塩は出現していなかった。丘の周囲の低い場所の水田は、塩の影響が強く、稲作をあきらめ放置しているものも確認できた。この地区は S.S.D.M ランク 1 である。(写真-5)

St.6 Ban Hua Na Kham の東 3 Km の地区で KALASIN と MAHA SARAKHAM の境界付近で水田が広く分布している。この地域は S.S.D.M ランク 2 になっているように、塩が多く水田内にも多くの塩が確認された。よってここでは、ストロー、塩、それに乾いた白い土壌が混り合っって強い反射となり、ランドサット画像では白く見えている。(写真-6)

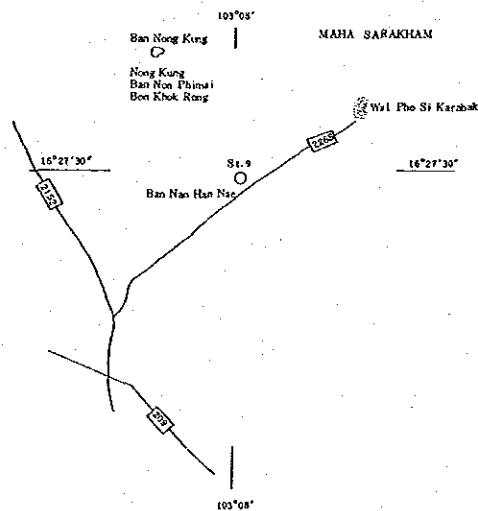


St.7 Amphoe Kanthawichai の西 6 Km の水田地帯である。この地区の水田は、塩を含んだ水田に生育する草 (Kae garg) の出現する所と出現しない所がまちまちであった。しかし、どちらも目視では塩は確認できなかった。S.S.D.M ランク 3 である。(写真-7)

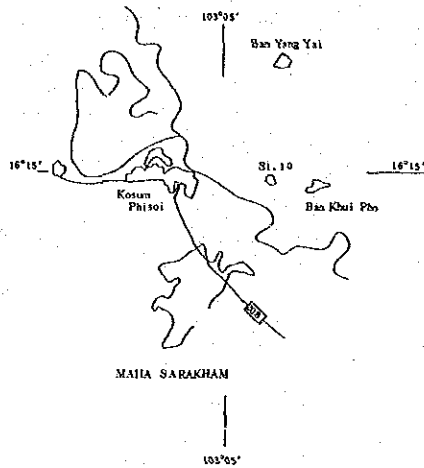
St.8 Amphoe Kanthawichaiより南に4 Km行った周囲より少し高い土地である。この地区の水田土壌の一部には鉄分を多く含みストローの根本が赤くなっていた。S.S.D.Mではランク5の地区で、塩は確認できなかった。(写真-8)



St.9 Ban Krebak 近くの高い場所で、水田には塩はなかった。最も高い場所には、草木と少々の畑が確認できた。S.S.D.Mではランク5 / 4である。(写真-9)

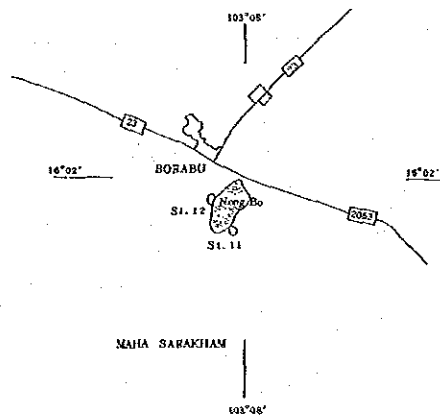


St.10 Amphoe Kosum Phisai の東 2 Km の水田地帯で、土壌は乾き水田内にひび割れが生じていた。この地区では、塩は確認できなかった。S.S.D.M ランクは 4 である。(写真-10)



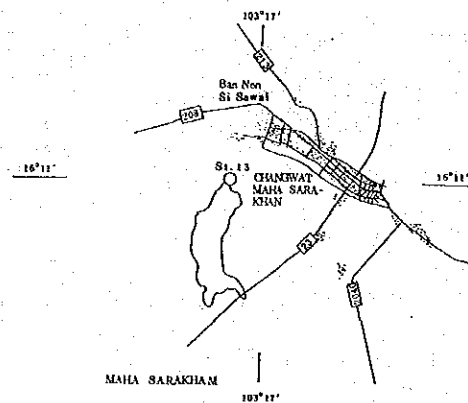
St.11 Amphoe Burabu 南の湖の南東側で、以前は大規模な塩田があった場所で多くの塩と塩田跡が確認できた。S.S.D.M ではランク 1 の場所である。(写真-11)

St.12 St.11 の湖をはさんだ反対側で湖岸に塩の出現があったが St.11 に比べ密度は低い。S.S.D.M ではランク 1 の場所である。(写真-12)

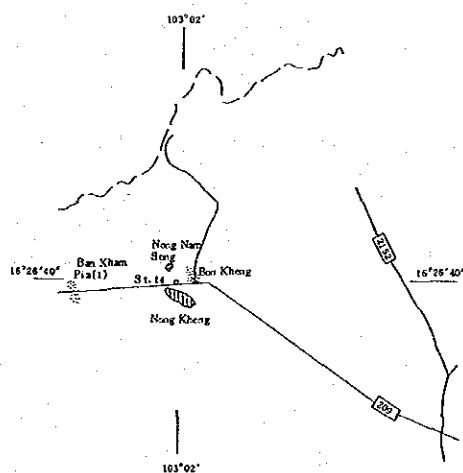


St.13 CHANGWAT MAHA SARAKHAM の西 3 Km の場所で、湖の北側のダム付近は水田地帯であった。運河が造られ湖から水が引かれていた。河床の露出部分に塩の出現はなかった。また水田内にも塩は確認できなかった。

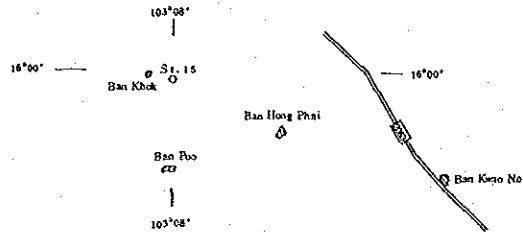
S.S.D.M ではランク 4 である。(写真-13)



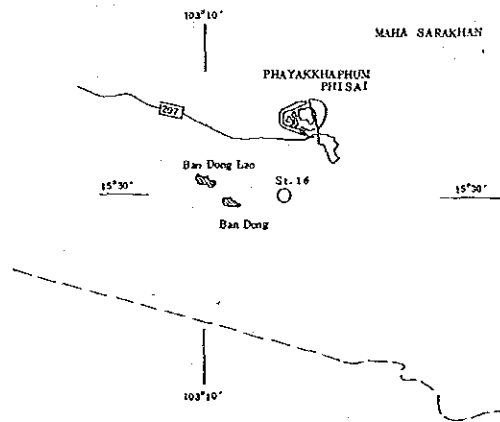
St.14 Nong Nam Song 南の道路沿いで、コンクリートのグラウンドにキャサバを干している場所で、調査エリア内に同じような場所が数箇所確認できた。こうした場所もランドサット画像上白く見えている。(写真-14)



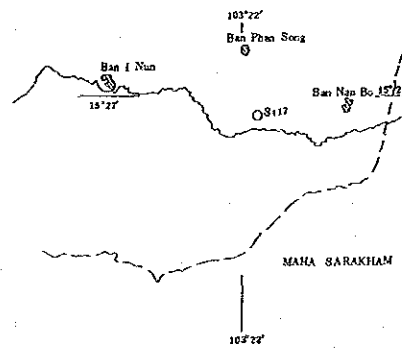
St.15 Ban Khok の東側でかんがい用運河だと考えられる。運河の沿岸には、水田や植生が茂っている。河床には水たまり、水のない乾いた部分には塩が析出している。所々には Sand Stone が露出していた。S.S.D.M ではランク 4 のエリアである。



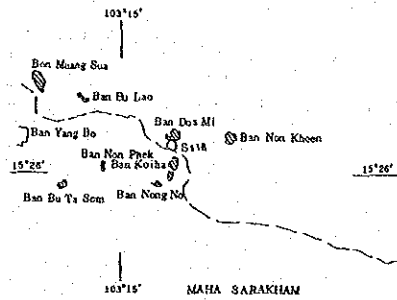
St.16 Ban M nang Laeng 北の道路わきのエリアで殆んどが水田であった。この水田の一部には塩分を含んだ水田特有の草が出現し、また、収穫後焼いた田も多く目についた。塩は見た限り確認できなかった。S.S.D.M では 2 のランクである。



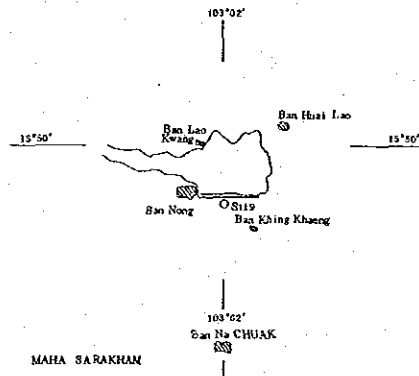
St.17 Ban Non Bo 近くのエリアで水田地帯である。塩は殆んど確認できなかった。水田の一部には、塩を含んだ水田特有の草が確認できたが、殆んどの水田には、この草は出現していなかった。S.S.D.M ランクでは 4 である。



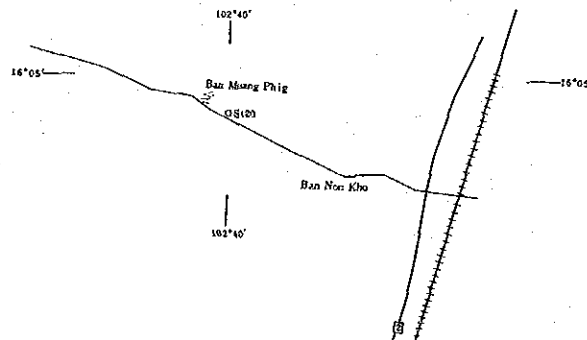
St.18 Ban Nong No 北 2 Km の水田地帯である。この地区は水分が多く土壤も湿っている。塩も確認できず、S.S.D.M ランク 4 である。



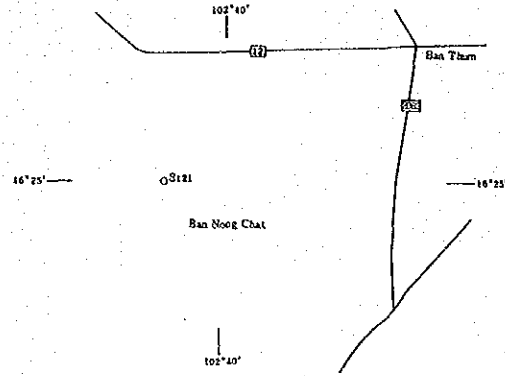
St.19 Ban Na Chuak 北 3 Km にできたダムの下流の運河について調査した。河床では、所々に塩が出現していた。また、運河周囲の高い所にも塩が確認できた。これは、ダムを造ったため下流域の地下水位が上がり塩が出現し始めたらしい。この地域は S.S.D.M のランク 3 である。

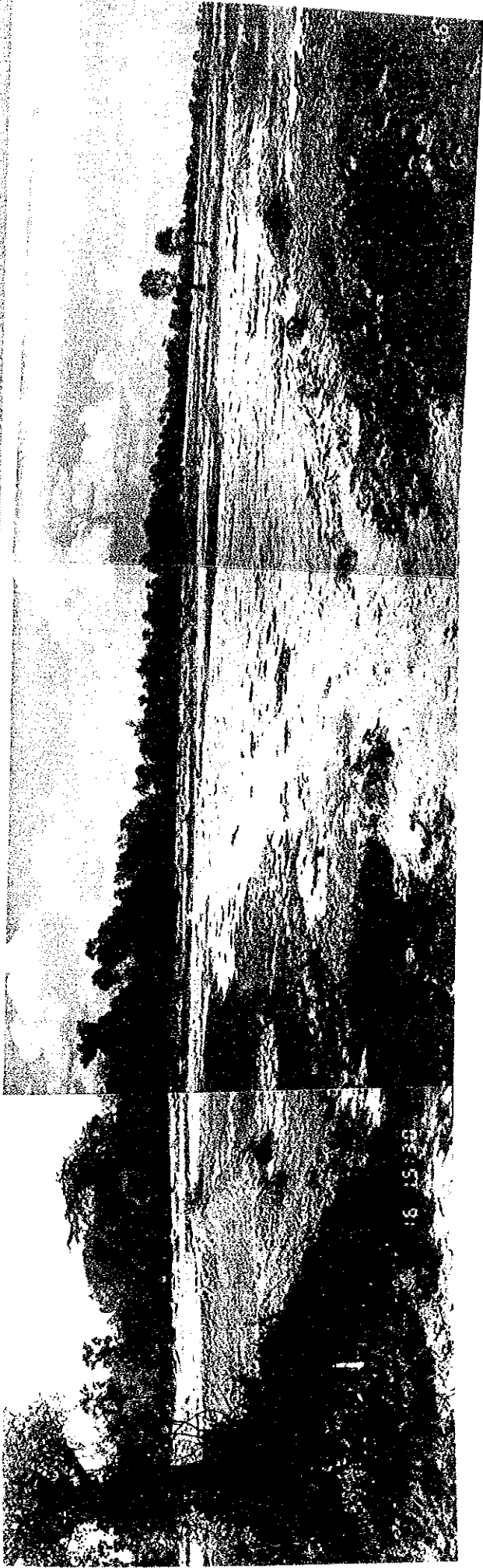


St.20 Amphoe Ban Phai の西 5 Km の地区で、雨期には水で被われる河床であり、塩はパッチ状で出現していた。S.S.D.M のランクは 1 である。

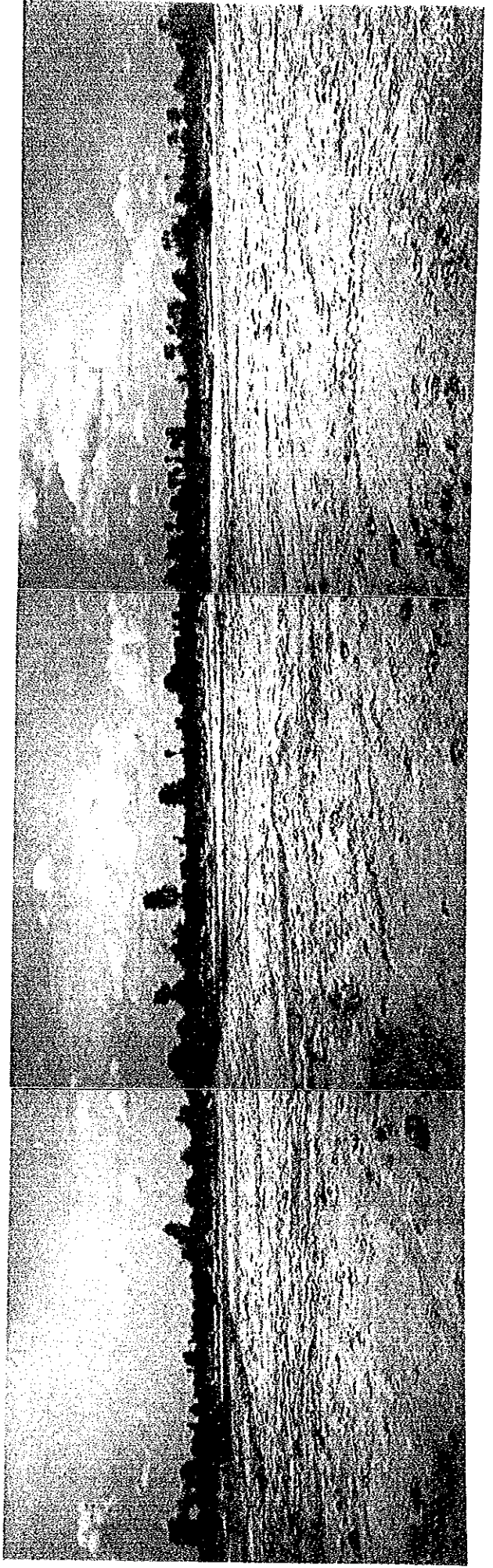


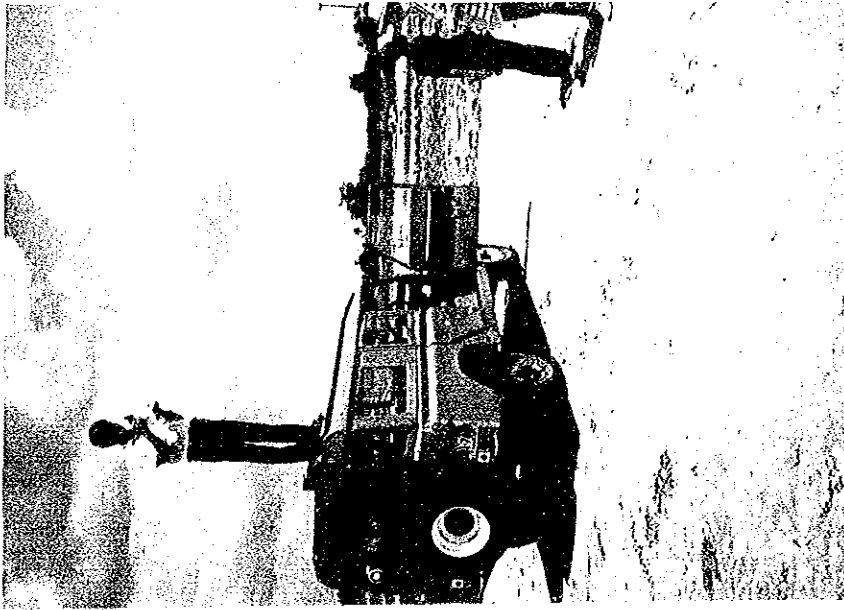
St. 21 Ban Nong Chat 近くの塩が集積している地域である。S.S.D.Mランク1である。





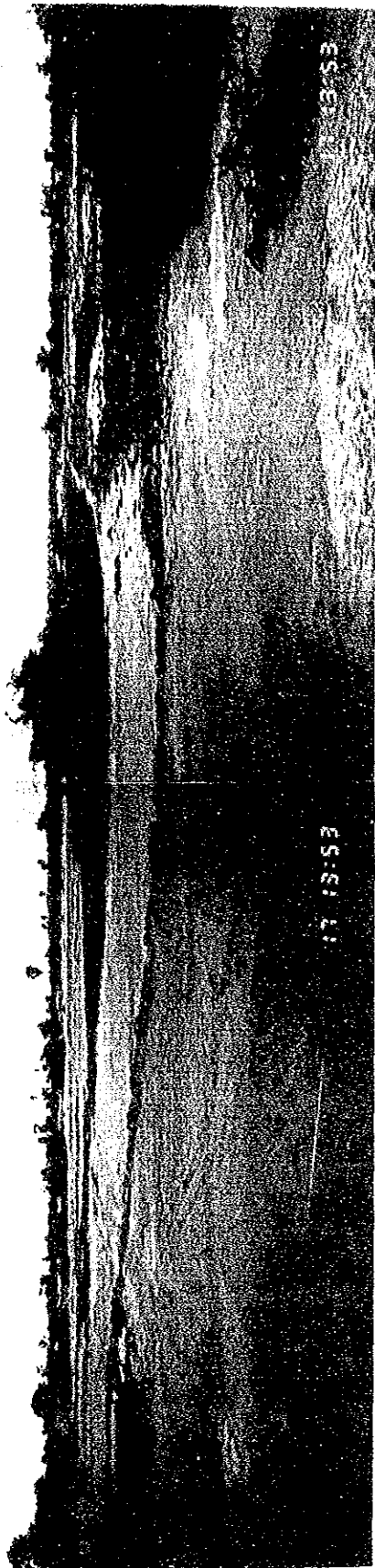
St. 2



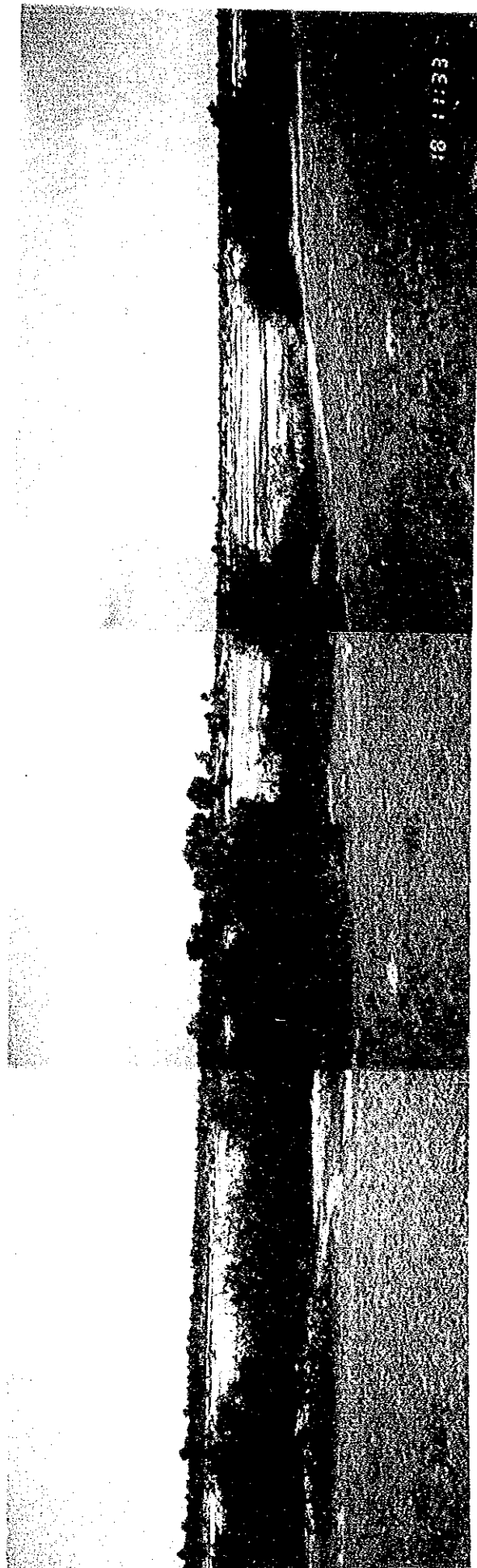


St. 3

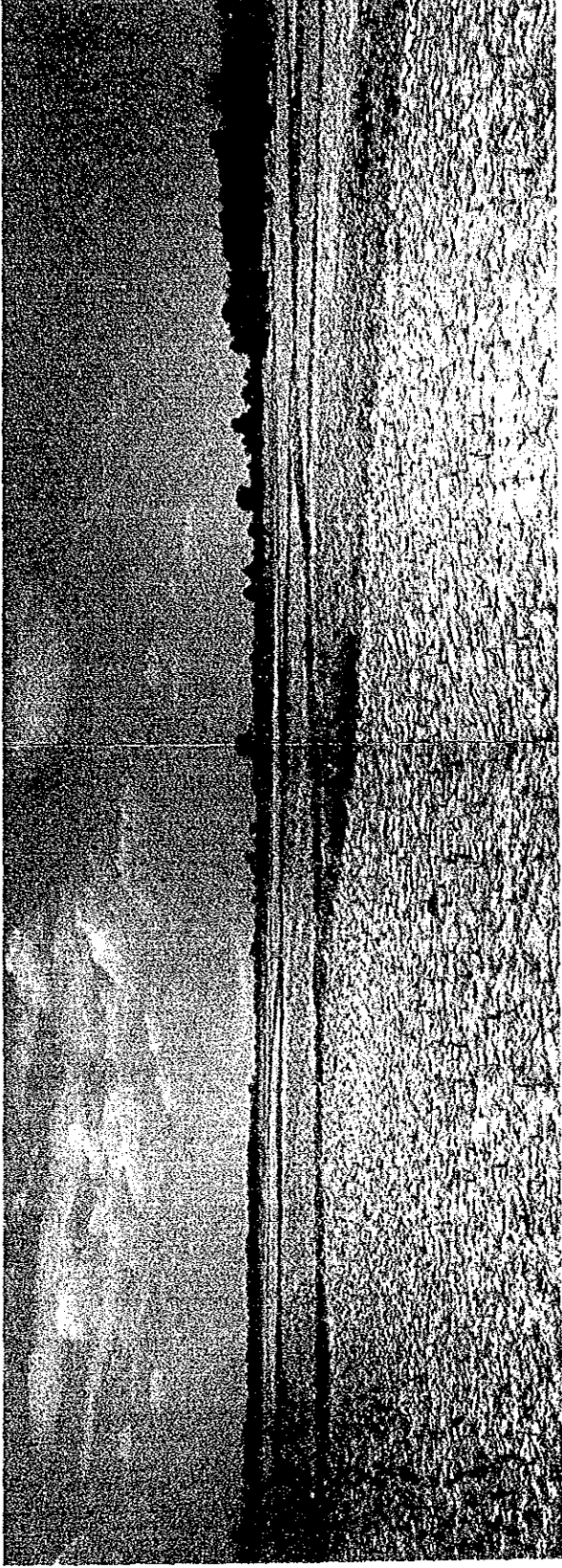
St.4



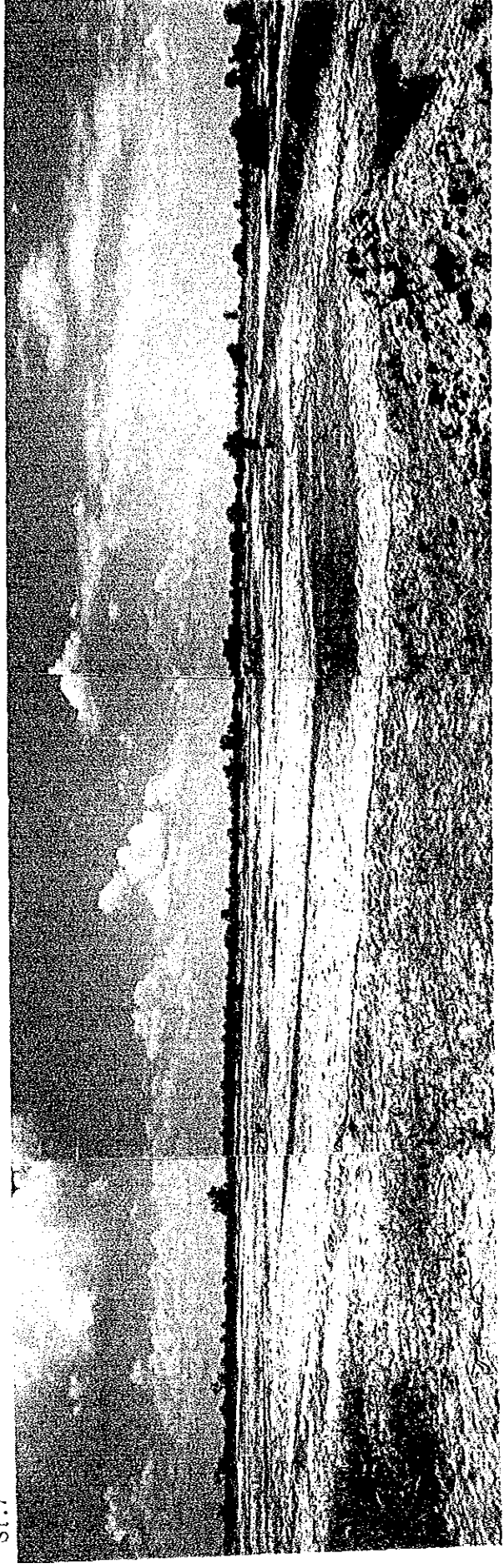
St.5



St. 6



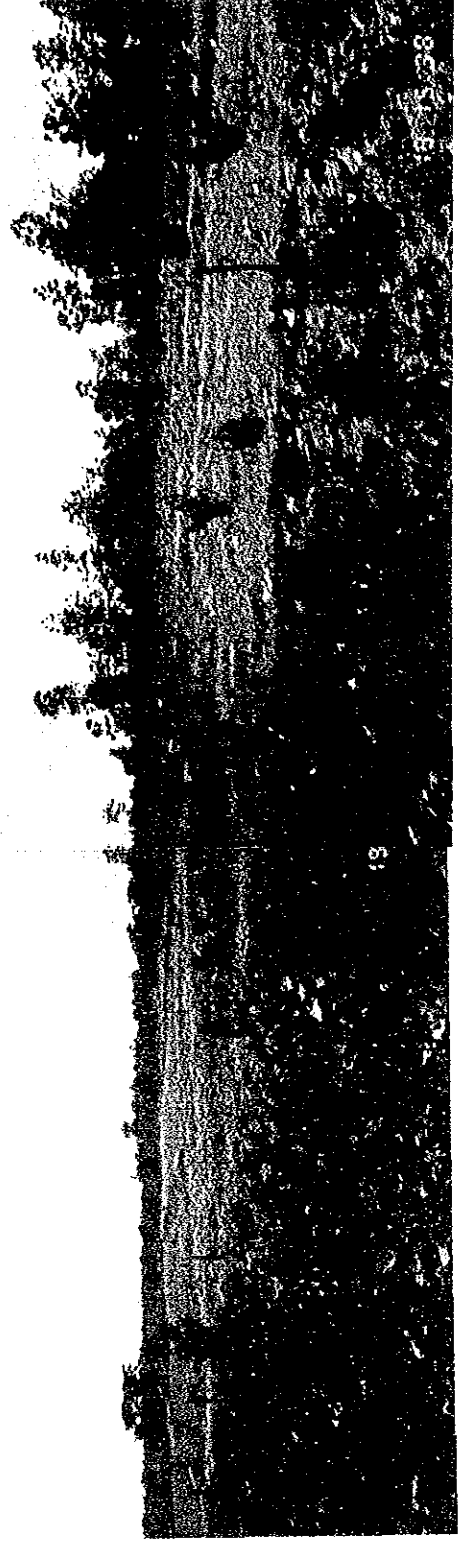
St. 7



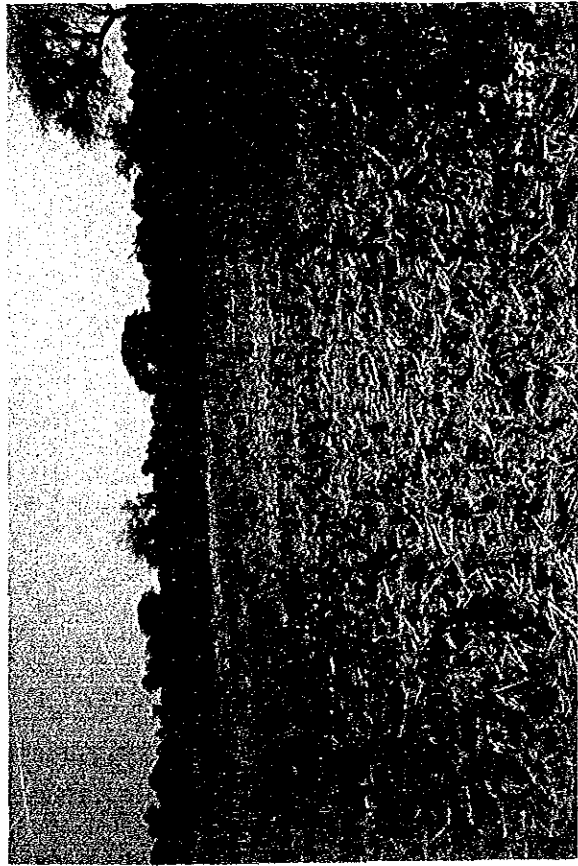
St. 8



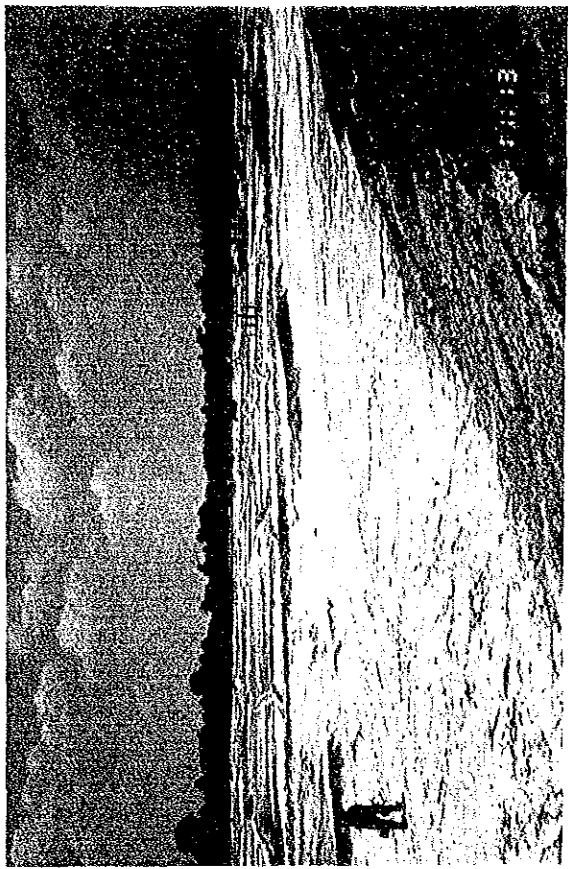
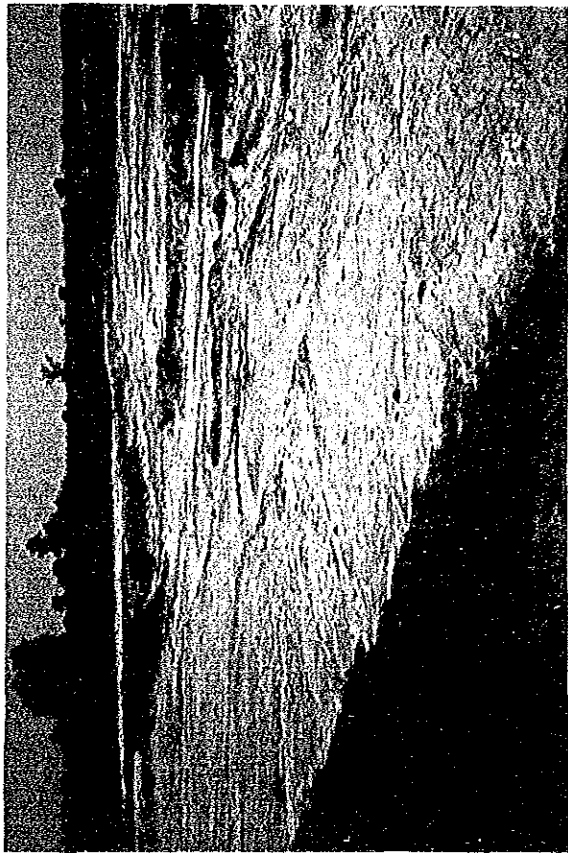
St. 9



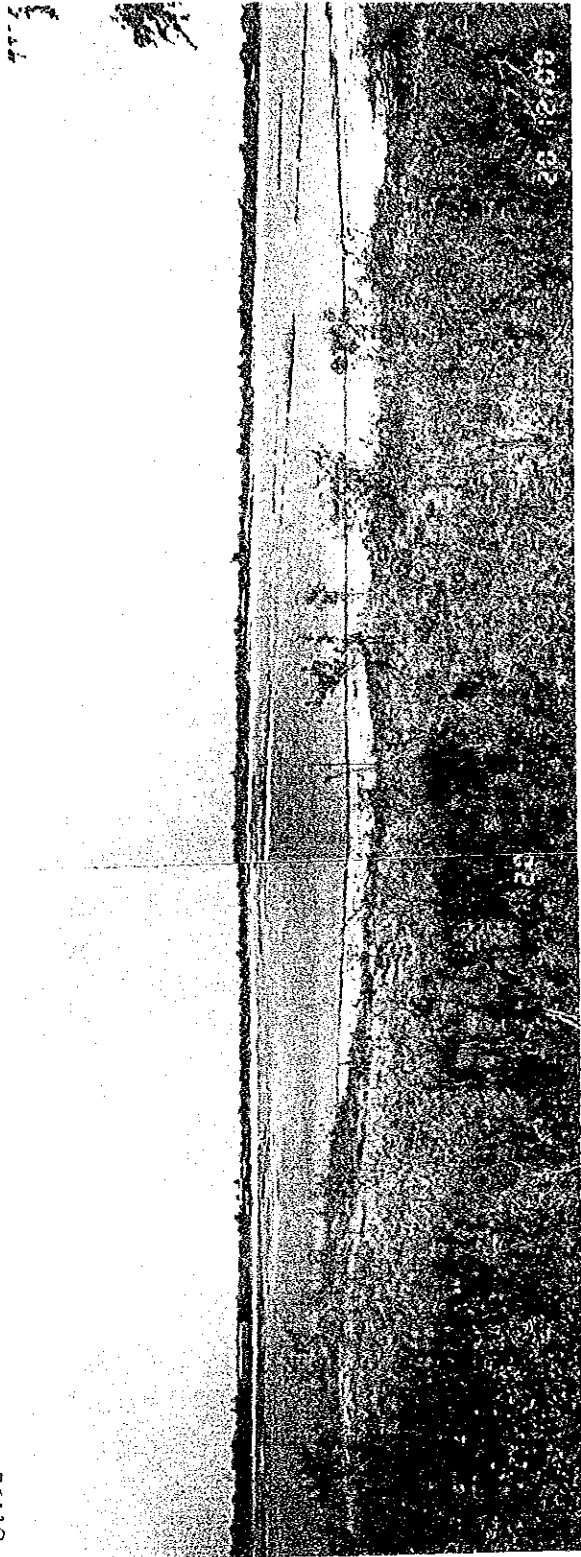
St.10



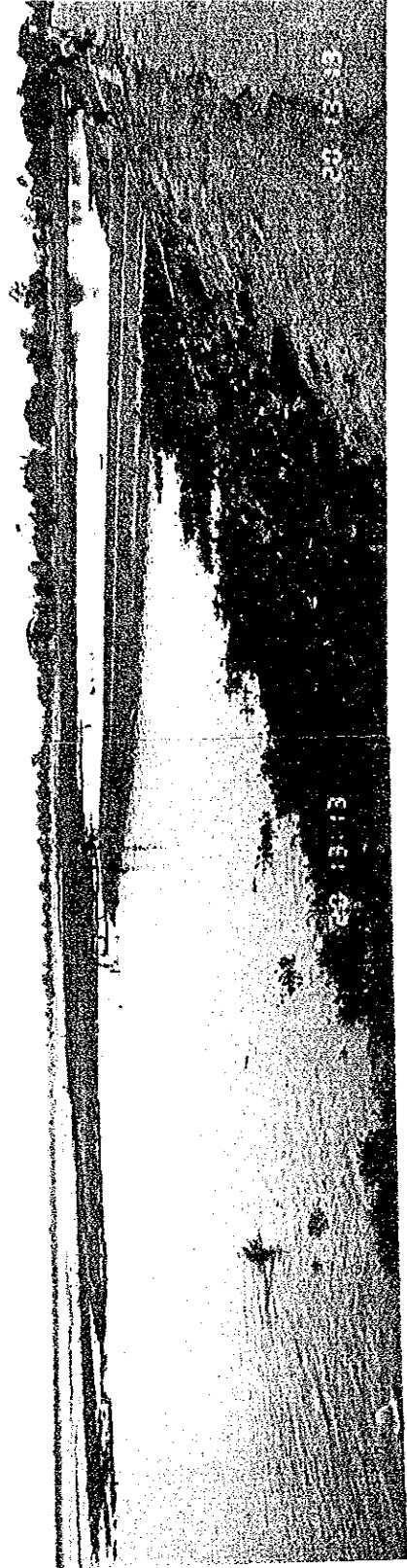
St.11



St. 12



St. 13



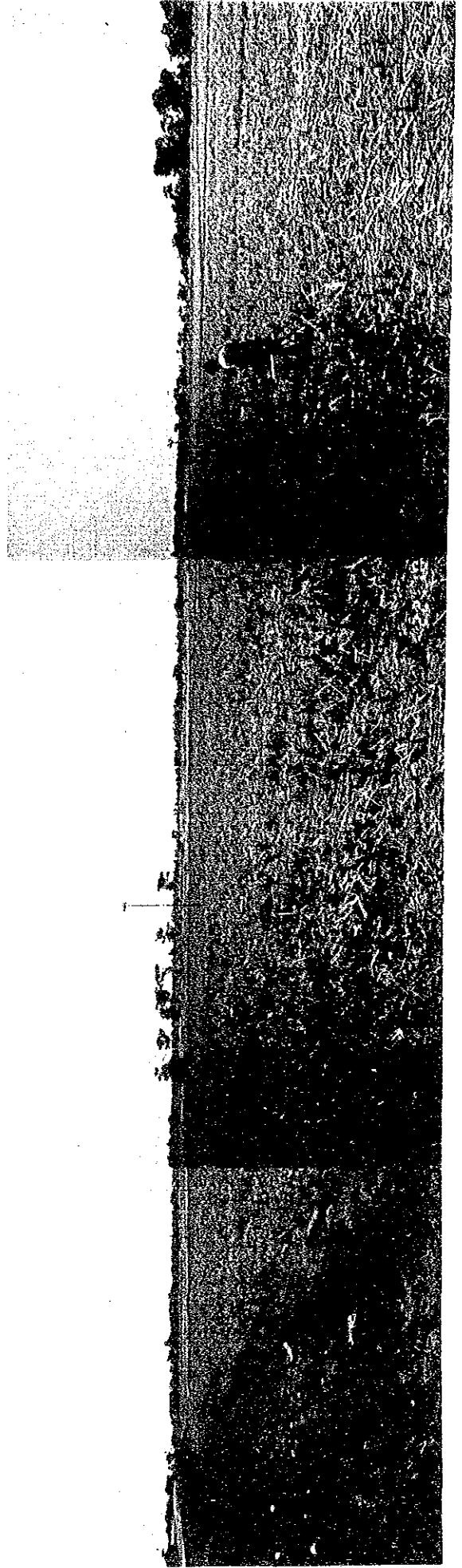
St.15



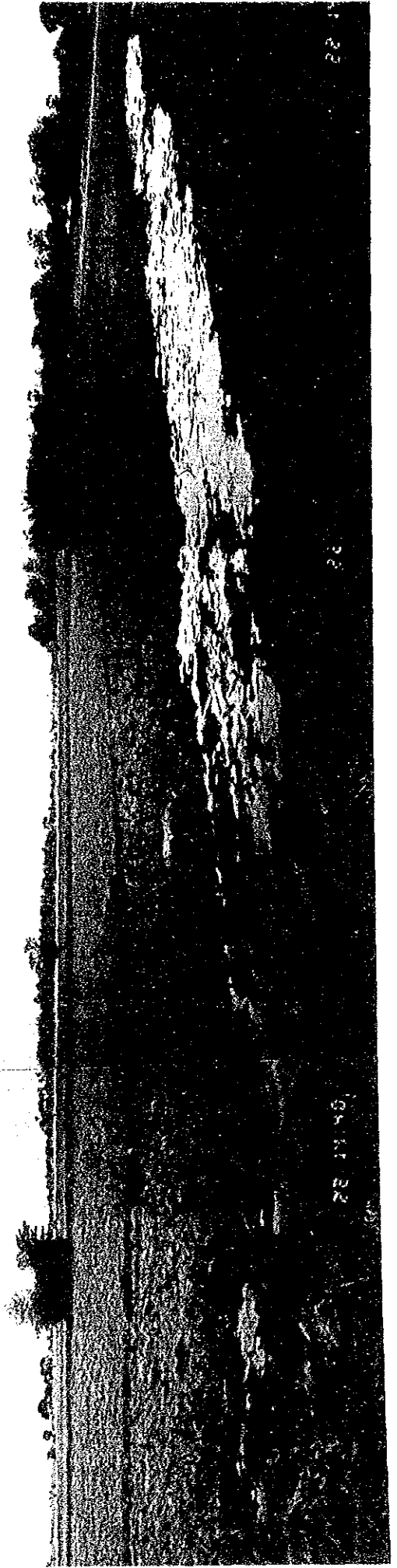
St.14



St.16



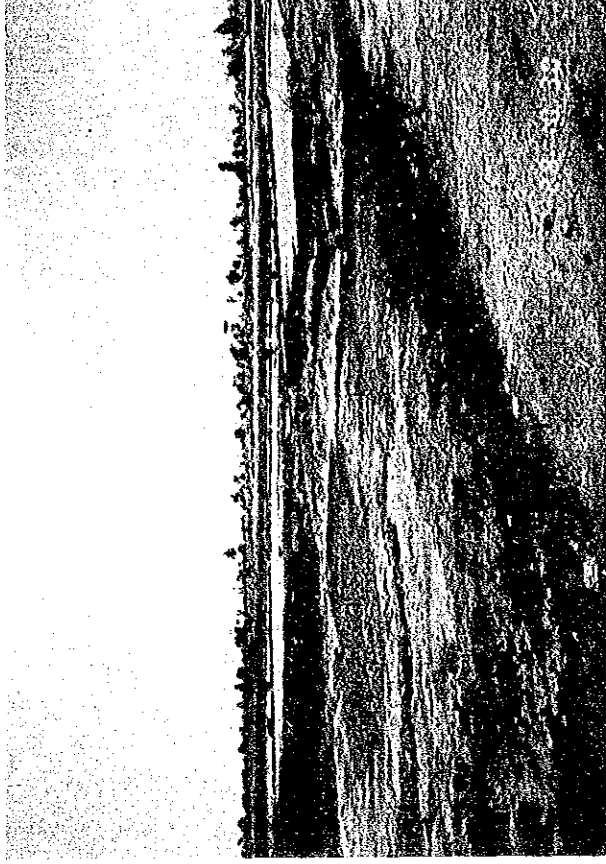
St. 17





St. 19

St.20



St.21

