

タイ国ヒ素汚染地域環境改善計画調査 (プロジェクト形成基礎調査)

報告書

平成 10 年 6 月

JICA LIBRARY



J 1143523 (7)

国際協力事業団

鉦 調 資

J R

98-123

ARY



1143523 (7)

タイ国ヒ素汚染地域環境改善計画調査
(プロジェクト形成基礎調査)

報 告 書

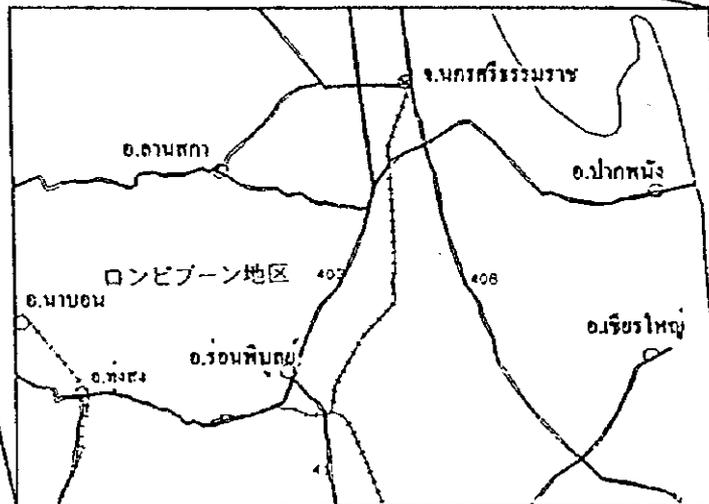
平成 10 年 6 月

国際協力事業団

แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาการแพร่กระจายของสารหนู



โครงการแก้ไขปัญหาการแพร่กระจายของสารหนู
อำเภอรัตนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช



調査対象地域図



写真--1 ヒ素汚染関係機関等協議

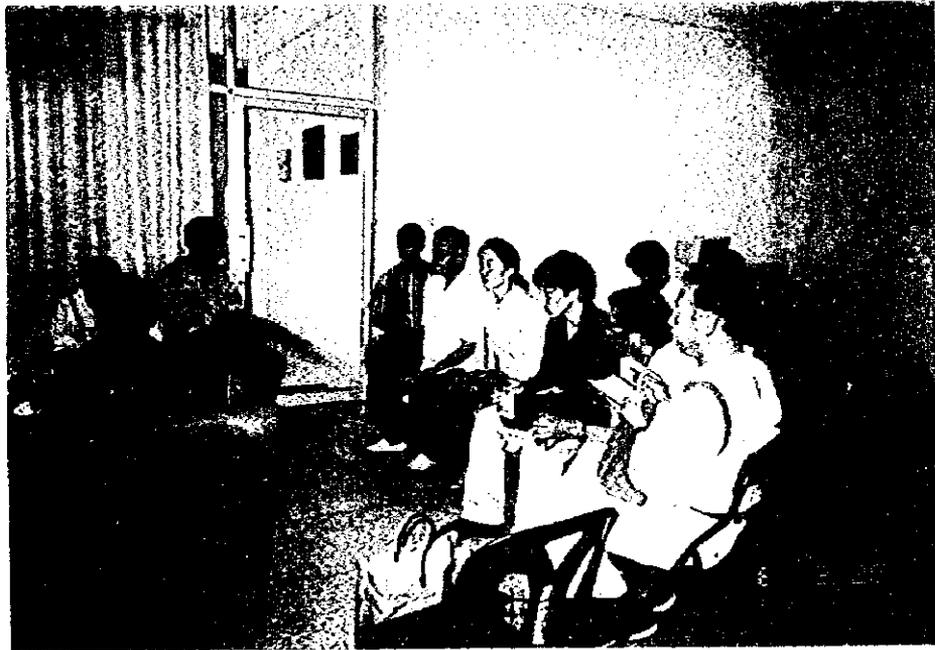


写真--2 ロンビブーン郡事務所にて



写真-3 ロンピブーン病院での説明会



写真-4 ロンピブーン市街地及び水がめ



写真-- 5 選鉱所-- 1内の廃さい置場



写真-- 6 選鉱所-- 1内の井戸



写真-7 選鉱所-1内の廃棄物



写真-8 選鉱所-1内の選鉱場



写真-9 選鉱所-1内の磁選機

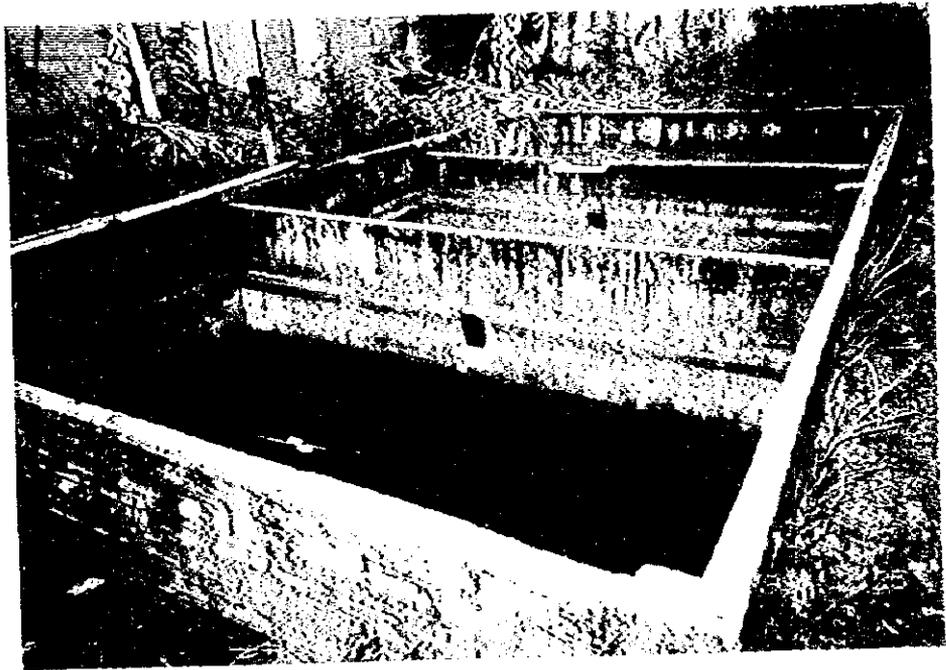


写真-10 選鉱所-1の廃水

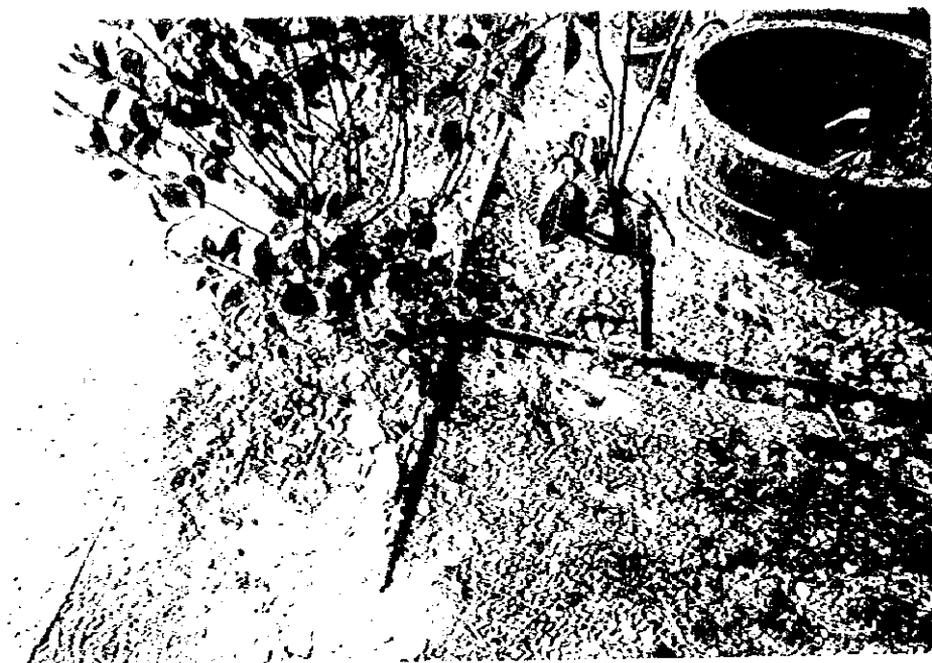


写真-11 ロンピブーン地区の公共水道



写真-12 ロンピブーン市街地北側のドレッシング跡の池



写真-13 漂砂鉄床の露天掘現場（北部）



写真-14 同ズリ捨場

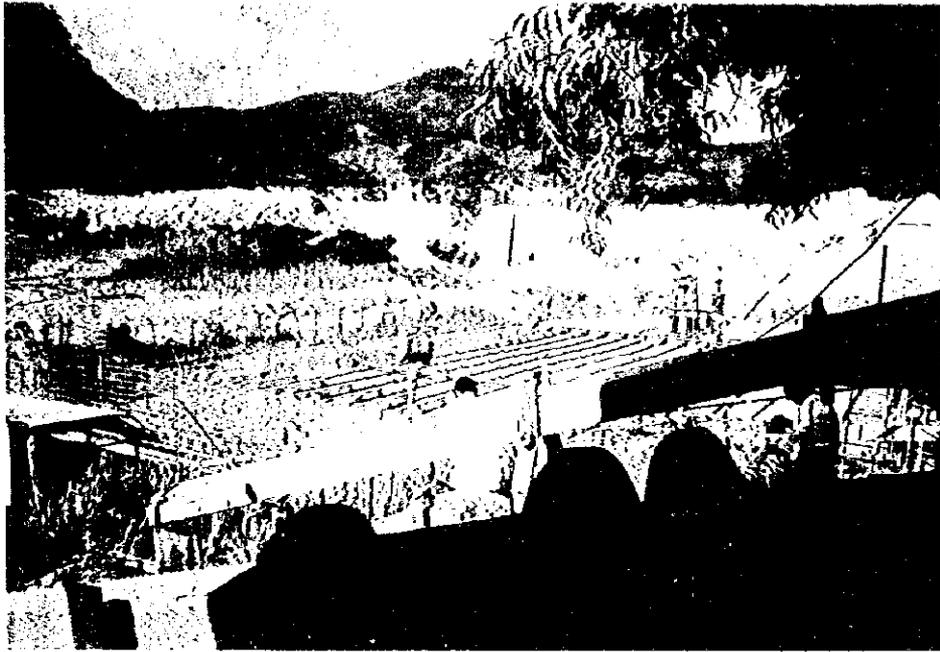


写真-15 粗鮫の粗選 (猫ながし)

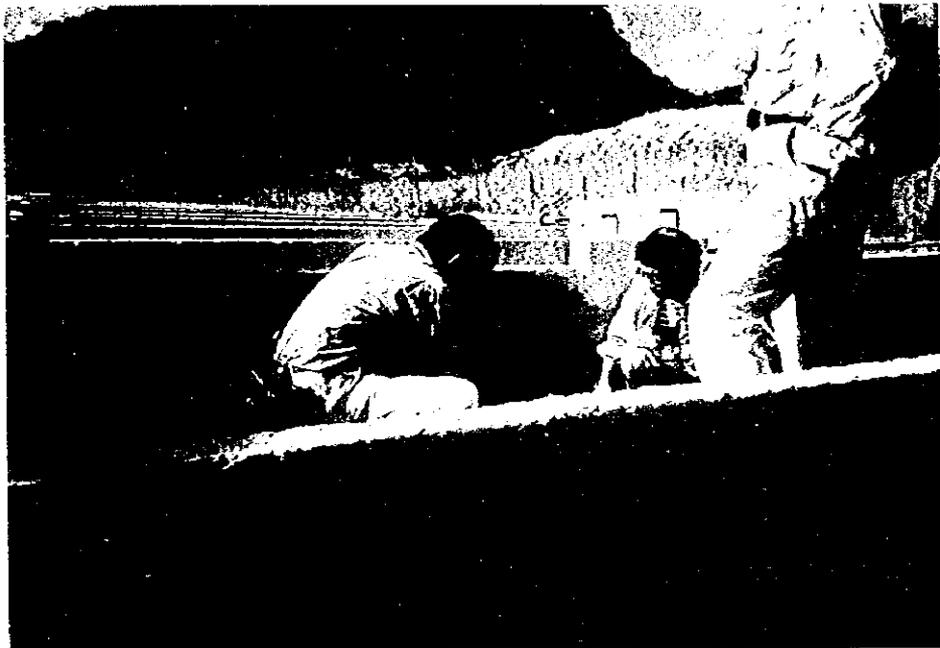


写真-16 同近景



写真-17 選鉱所-3内のジグ

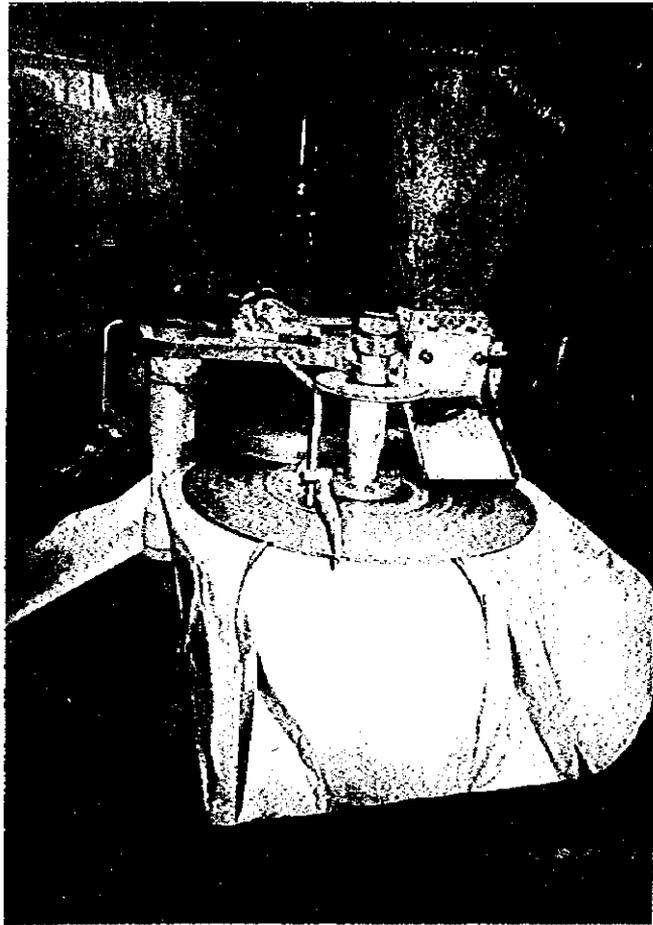


写真-18 選鉱所-3内の静電選鉱機

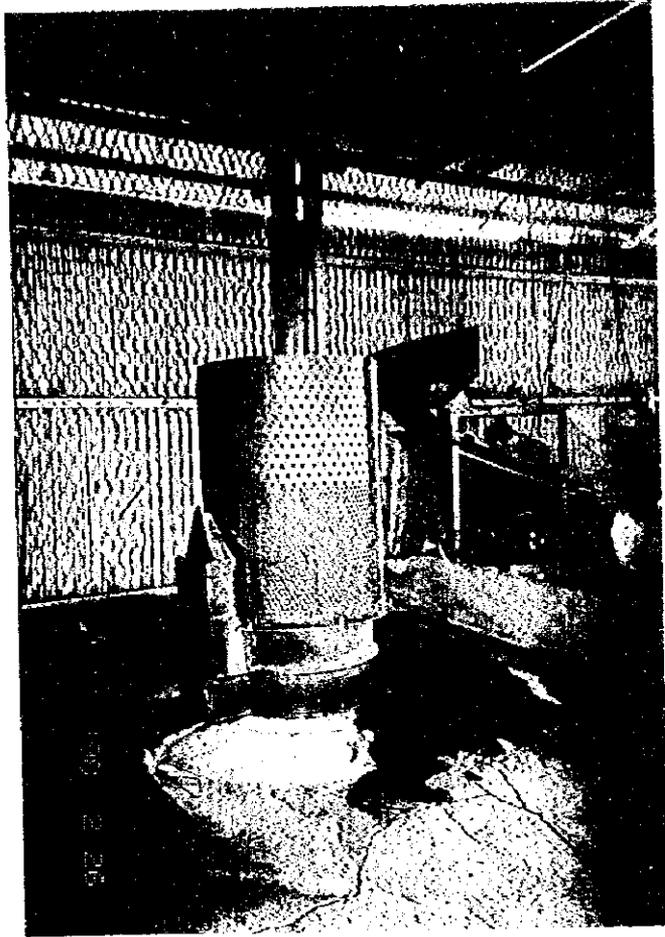


写真-19 同乾燥機

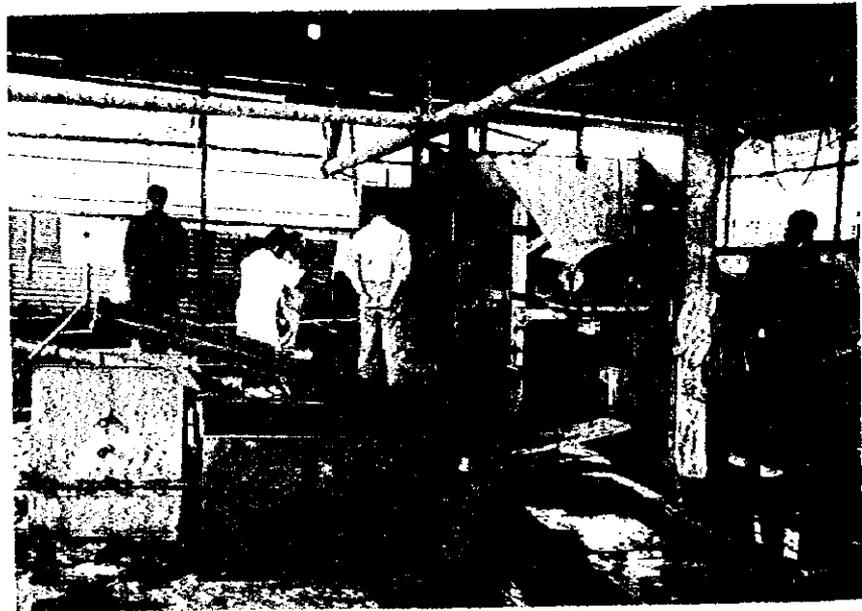


写真-20 選鉱所-3内の状況



写真-21 同廃さいたい積場



写真-22 同集水池



写真-23 山錫採掘現場跡



写真-24 鉍脈採掘跡



写真-25 ズリ移転予定地



写真-26 選鉱所-2の遠景



写真-27 サッカー場



写真--28 サッカー場脇のファイ・ロン・ナ川（上流側）



写真-29 調査状況



写真-30 ファイ・ロン・ナ川（下流側）



写真-31 ソンクラ大学での会議



写真-32 ミニッツ (M/M) の成立

略語表

(略語)	(名 称)	(日本語名)
BGS	: British Geological Survey	: 英国地質調査所
BOI	: Board of Investment	: 国家投資委員会
DEQP	: Department of Environmental Quality Promotion	: 環境質促進局
DMR	: Department of Mineral Resources	: 鉱物資源局
DTEC	: Department of Technical and Economic Cooperation	: 技術経済協力局
ERTC	: Environmental Research and Training Center	: 環境研究研修センター
JICA	: Japan International Cooperation Agency	: 国際協力事業団
MOH	: Ministry of Health	: 保健省
MOSTE	: Ministry of Science, Technology and Environment	: 科学技術環境省
NEB	: National Environmental Board	: 国家環境委員会
NEDO	: New Energy and Industrial Technology Development Organization	: 新エネルギー・産業技術 総合開発機構
OEPP	: Office of Environmental Political Planning	: 環境政策計画庁
PCD	: Pollution Control Department	: 汚染対策局
PSU	: Prince of Songkla University	: ソンクラ大学

目次

調査対象地域図

現場写真

略語表

目次

(頁)

第1章 プロジェクト形成基礎調査の概要	1
1-1 調査要請の背景	1
1-2 調査の目的	1
1-3 調査団の構成	1
1-4 調査の日程	1
1-5 面会者	3
1-6 組織図	5
第2章 協議の概要	7
2-1 協議結果	7
(1) 本件調査の開発政策上の位置付け及び優先度	7
(2) 本格調査の目的と内容	7
(3) 資金調達の可能性及び事業家の見通し	8
(4) タイ側の調査実施体制	9
(5) タイ側の取るべき措置	10
2-2 団長所感	10
2-3 協議議事録	11
第3章 タイ国の工業及び環境	21
3-1 鉱業の趨勢	21
3-2 錫鉱山の状況	21
3-3 環境の概要	23
(1) 環境概況	23
(2) 環境関連法規	23
(3) 環境基準	23
(4) 環境保全計画	27
(5) 環境関連機構	27
3-4 既往調査報告書等	28
第4章 タイ国南部ロンピブーン地区の鉱業及び環境	29
4-1 地域概況	29
(1) 位置及び交通	29
(2) 地形、地質及び鉱床	29
(3) 水系及び地下水	35
(4) 気候及び植生等	36
(5) 社会状況及びインフラストラクチャー	36

4-2	鉱山及びヒ素汚染の沿革	43
(1)	ロンピブーン地区の鉱山沿革	43
4-3	錫採掘の状況	45
(1)	鉱床及び採掘	45
(2)	選鉱及び精錬	48
(3)	鉱さいたい積場	51
4-4	ヒ素汚染被害状況	54
(1)	ヒ素汚染被害	54
(2)	現在の汚染被害状況	56
(3)	援助及び対策の推移	56
4-5	汚染状況	57
(1)	バックグラウンドとしてのヒ素について	57
(2)	水文調査	57
(3)	水質調査	58
(4)	土壌調査	78
(5)	広域汚染調査結果	87
4-6	ヒ素汚染機構について	87
4-7	ヒ素汚染対策	89
第5章	本格調査の概要	95
5-1	本格調査の目的	95
5-2	調査の位置	95
5-3	調査期間	95
5-4	本格調査内容及び手法	95
(1)	既存資料収集及び解析	95
(2)	現地調査(概査)	95
(3)	現地調査(精査)	98
(4)	解析	98
参考資料		100

[付属資料]

- 資料-1 : Terms of Reference
- 資料-2 : Questionnaires
- 資料-3 : 収集資料リスト

図 表 一 覧

(図)

図-1.1	科学技術環境省の組織図	5
図-4.1	ロンピブーン位置図	30
図-4.2	ナコン・シ・タマラート県及びロンピブーン地区	31
図-4.3	ナコン・シ・タマラート県の交通	32
図-4.4	ロンピブーン地区の地形	33
図-4.5	ロンピブーン地区の地質及び鉱床	34
図-4.6	ロンピブーン地区の水系	37
図-4.7	ナコン・シ・タマラート県の河川図	38
図-4.8	ロンピブーン地区の地下水	39
図-4.9	ロンピブーン地区の水文	40
図-4.10	ナコン・シ・タマラート県の風について	42
図-4.11	ロンピブーン地区の錫鉱床位置図(1)～(2)	46
図-4.12	ロンピブーン地区の錫選鉱所	49
図-4.13	選鉱所-1の錫選鉱のフロー	50
図-4.14	選鉱所-3の錫選鉱のフロー	52
図-4.15	ヒ素汚染被害分布図	55
図-4.16	現地水質概査結果	61
図-4.17	水質キーダイヤグラム(表流水,浅層・深層地下水)(1)～(2)	64
図-4.18	水質ヘキサダイヤグラム(表流水)(1)～(2)	66
図-4.19	水質ヘキサダイヤグラム(表流水)の分布図	68
図-4.20	表流水の各成分の濃度変化	69
図-4.21	水質ヘキサダイヤグラム(浅層地下水)(1)～(2)	73
図-4.22	水質ヘキサダイヤグラム(浅層地下水)の分布図	75
図-4.23	浅層地下水の各成分の濃度変化	76
図-4.24	水質ヘキサダイヤグラム(深層地下水)の分布図	80
図-4.25	深層地下水の各成分の濃度変化	81
図-4.26	土壌調査地点	83
図-4.27	ロンピブーン地区周辺ヒ素汚染調査結果	85
図-4.28	広域汚染調査(表流水)	86
図-4.29	広域汚染調査(河床堆積物)	87
図-4.30	ロンピブーン地区のヒ素汚染状況(平面図)	91
図-4.31	ロンピブーン地区のヒ素汚染状況(断面図)	93
図-5.1	本格調査範囲図	96
図-5.2	調査フロー	97

(表)

表-1.1	現地調査日程	2
表-3.1	主な鉱産物の生産(1992年)	21
表-3.2	錫の生産量(1)～(2)	22
表-3.3	鉱山に関する環境関連法規	24
表-3.4	水質基準(1)～(3)	25
表-3.5	既往調査報告書等	28
表-4.1	ナコン・シ・タマラート県の気象状況	41
表-4.2	錫鉱山数及び生産量(t)	44
表-4.3	選鉱尾鉱分析値	53
表-4.4	河川及び湖沼中のヒ素	59
表-4.5	ヒ素含有鉱石鉱物	59
表-4.6	降雨水、河川水、地下水等の表層水中のヒ素	59
表-4.7	表流水の水質分析値	63
表-4.8	表流水の各成分間の相関	70
表-4.9	浅層地下水の水質分析値	72
表-4.10	浅層地下水の各成分間の相関	77
表-4.11	深層地下水の水質分析値	79
表-4.12	深層地下水の各成分間の相関	82
表-4.13	土壌分析結果	84

第1章 プロジェクト形成基礎調査の概要

第1章 プロジェクト形成基礎調査の概要

1-1 調査要請の背景

タイの首都バンコク (Bangkok) より南方800kmにあるナコン・シ・タマラート (Nakhon Si Thammarat) 県にあるロンピブーン地区 (Ronphibun District: 144,154人) はミャンマーからマレー半島, インドシナに続くベルト状の錫鉱床地帯の中に位置している。この地域では錫, タングステンを対象とした鉱業活動が約100年余り行われて来た。これらの鉱業活動によりロンピブーン地区ではヒ素汚染が大きな問題となっており, 1992年に実施された調査ではヒ素中毒患者が1,000人近くおり, 22%の児童がヒ素により皮膚障害 (皮膚癌等) を起こしていると報告されている。これは錫の選鉱過程で発生したヒ素が地下水を汚染し (地下水中に最大WHOのヒ素の許容ガイドライン ($10\mu\text{g/l}$) の50~100倍の量が検出されている), その地下水を住民が利用することにより引き起こしていると考えられるが, 大部分の錫鉱山は廃坑しており, タイ側には汚染源の特定, 対応策立案に係る調査技術がないことから, 日本に調査および対応策の立案を要請してきたものである。

1-2 調査の目的

本プロジェクト形成基礎調査は, 先方関係機関との協議を通して要請内容の確認を行い, 調査の必要性, 妥当性を確認するとともに, 調査の範囲, 調査の方法等, 開発調査の技術的実施可能性を検討することを目的として実施した。

1-3 調査団の構成

調査団の構成を以下に示す。

- 1) 永田 邦昭 総括・団長: 国際協力事業団 鉱工業開発調査部
資源開発調査課 課長
- 2) 佐々木 光朗 鉱山環境行政: 通商産業省環境立地局鉱山保安課
石油鉱山監督係長
- 3) 広中 博見 鉱山ヒ素鉱害: 福岡市保健環境研究所 理化学課
主査 (微量分析担当)
- 4) 善光 健治 調査・企画: 国際協力事業団 鉱工業開発調査部
資源開発調査課
- 5) 門脇 秀行 鉱山環境改善1 (選鉱精錬): 三菱マテリアル (株)
総合研究所 所長補佐
- 6) 梶間 幹雄 鉱山環境改善2 (水理地質): 三菱マテリアル資源開発 (株)
環境業務部 副部長

1-4 調査の日程

- | | | |
|----------|---------|------------------------|
| 2/22 (日) | 東京→バンコク | 移動, JL717 11:00発15:55着 |
| 2/23 (月) | バンコク | JICA事務所訪問, 環境研究研修センター |

2/24 (火)	バンコク	(ERTC) 打合せ 首相府技術経済協力局 (DTEC) 科学技術環境省, 鉱物資源局 (DMR), 保健省, ERTC等関連機関協議
2/25 (水)	バンコク→ナコンタマラート	移動 (7:30発, 9:25着) 知事表敬 現地踏査 (選鉱所跡等)
2/26 (木)	ナコンタマラート→ハジヤイ	現地踏査 (操業鉱山, 旧廃止鉱山等) 移動
2/27 (金)	ハジヤイ→バンコク	ソクラ大学 (医学部, 鉱山学部) 環境政策計画庁 (OEPP) 移動 (18:05発, 19:35着)
2/28 (土)	バンコク	ERTC協議 (M/M協議, 署名)
3/1 (日)	バンコク	団内打合せ, 報告書作成
3/2 (月)	バンコク	DMR協議 日本大使館, JICA事務所報告
3/3 (火)	バンコク→東京	移動 JL708 8:20発 15:50着

現地調査の日程を表-1.1に示す。現地調査は旧山錫鉱山採掘現場、漂砂（砂錫）鉱床の旧ドレッシング跡及び露天掘採掘現場、旧選鉱場、廃さい捨場等を踏査した。

表-1.1 現地調査日程

日付	時間	訪問先・踏査場所	内容
2/25	07:30	TG263 to Nakhon Si Thammarat	県知事, 他 地区事務所, 保健所, 病院 漂砂鉱床採掘跡, 水文状況
	10:30	Office of Province	
	13:30	Ronphibun地区	
	16:00	選鉱所周辺, 採掘跡	
2/26	08:00	漂砂鉱床採掘現場	採掘状況, 鉱石産状, 選鉱場 分布, 産状, 水文状況, 試料採取 水文状況, 試料採取 処分内容, 水文状況
	10:00	休廃止鉱山跡	
	13:00	選鉱精錬所跡	
	14:30	サッカー場周辺	
	16:00	To Ha Yai	
2/27	09:00	ソクラ大学 OEPP	既存資料収集, ヒ素汚染状況聴取 対策等
	18:30	TG236 to Bangkok	

1 - 5 面会者

(1) 技術経済協力局 (Department of Technical and Economic Cooperation : DTEC)

氏名	役職	組織
Banchong Amornchewin	Chief	DTEC
Hataichanok Siriwardhanakul	Program officer	DTEC
Vishnu Sanitburoot	Program officer	DTEC

(2) 環境研究研修センター (Environmental Research and Training Center : ERTC)

氏名	役職	組織
Monthip Srirattanta	Director	ERTC
Sukanya Boonchalermkit	Chief of toxic substance reaction	ERTC
Jauewit Mongsanoon	Environmentalist	ERTC

(3) 鉱物資源局 (Department of Mineral Resources : DMR)

氏名	役職	組織
Anong Paijitprapapon	Chief	DMR
Terosak Sostavemong	Hydrogeologist	DMR
Narin Sutthisri	Environmental scientist	DMR
Paichaiyont Chapoenchaiori	Environmental scientist	DMR

(4) 土地開発局 (Department of Land Development)

氏名	役職	組織
Nitayoporn Tonmanee	Senior scientist	Dept. of Land Development

(5) 科学事業局 (Department of Science & Service)

氏名	役職	組織
Tida Kerdkumrai	Scientist	Dept. of Science & Service
Dusadee Munkwandee	Scientist	Dept. of Science & Service

(6) 保健局 (Department of Health)

氏名	役職	組織
Pornpimol Varathorn	Environmental scientist	Dept. of health

(7) 保健省官房室 (Office of Permanent Secretary, Ministry of Health)

氏名	役職	組織
Chanpen Choprapawon	Medical epidemiologist	O. of Permanent Secretary

(8) 汚染対策局 (Pollution Control Department : PCD)

氏名	役職	組織
Supranee Yongdeepaisarl	Environmental scientist	Pollution Control Dept.
Nuchida Rungthanornnong	Environmental scientist	Pollution Control Dept.

(9) 環境政策計画庁 (Office of Environmental Political Planning : OEPP)

氏名	役職	組織
Sudrvat Rungruangslip	Environmental scientist	OEPP, Bangkok
Aziz Samoh	Environmental officer	OEPP, Ha Yai

(10) ロンピブーン郡事務所 (Provincial office)

氏名	役職	組織
Yutthana Sinlaparatsami	Provincial health officer	Provincial Health Office
Ariya Rungsitswasoi	District officer of RP	Ronphibun District Office
Vinai Valuang	Public health officer	Public Health Office
Janun chomak	Irrigation officer	Irrigation Project Office
Suthan Raksaphon	Sanitary officer	Public Health Office

(11) ソンクラ大学 (Prince of Songkla University : PSU)

氏名	役職	組織
Ladda Mosuwan	Associate Prof.	Prince of Songkla Univ.
Tada Yipintson	Candilologist	Prince of Songkla Univ.
Banjong Vitayavirasuk	Toxicologist	Prince of Songkla Univ.
Alan Geater	Epidemiologist	Prince of Songkla Univ.
Shoko Oshikawa	Student	Prince of Songkla Univ.
Surapon Arrykul	Associate Prof.	Prince of Songkla Univ.

(12) 日本側

氏名	役職	組織
Yoshiaki Tojo	First Secretary	Embassy of Japan
Kenji Iwaguchi	Director	JICA, Thailand Office
Gen Usui	Assistant Res. Representative	JICA, Thailand Office

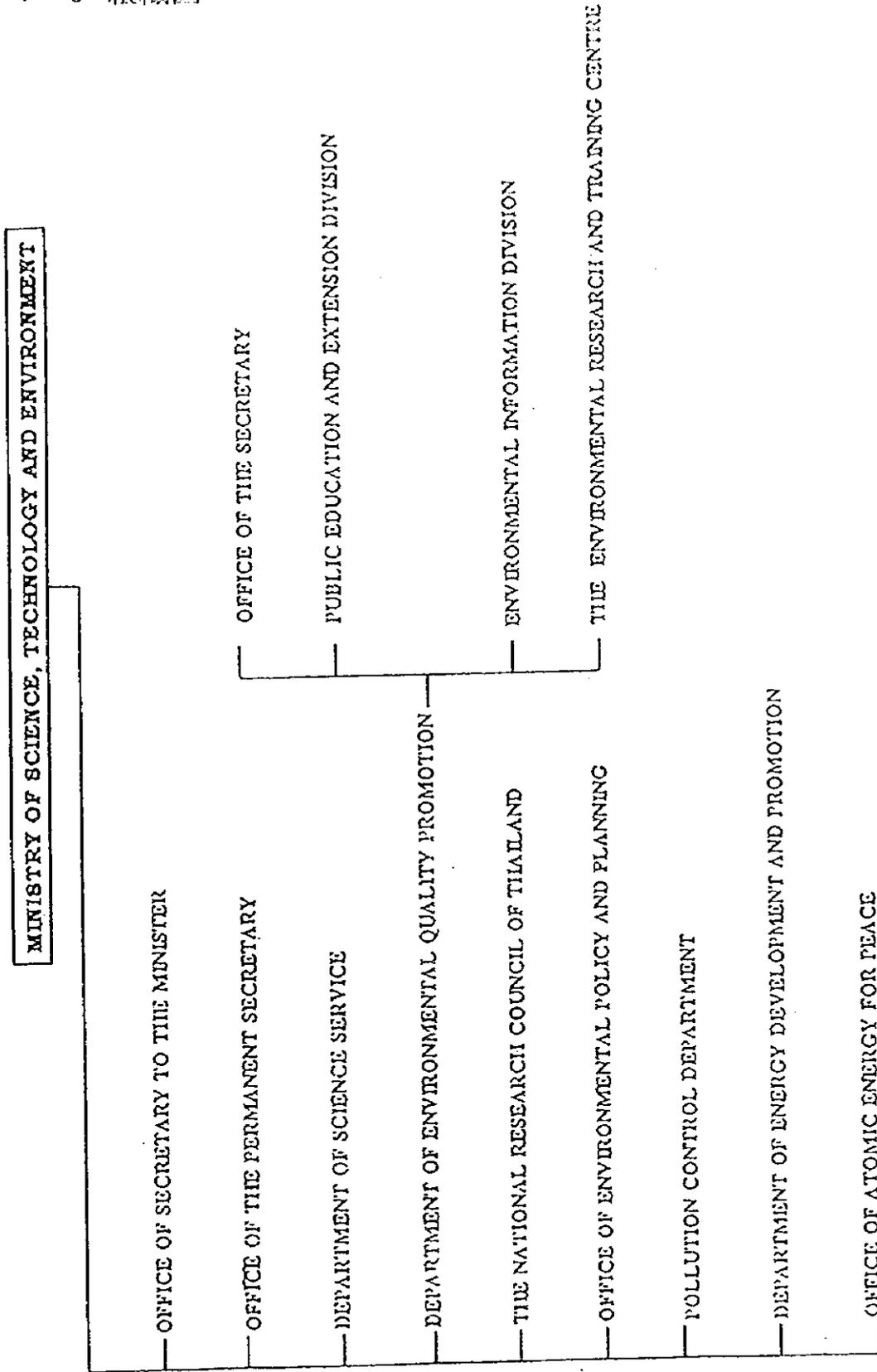


図-1.1 科学技術環境省の組織図

第2章 協議の概要

第2章 協議の概要

2-1 協議結果

(1) 本件調査の開発政策上の位置付け及び優先度

この調査は、タイ国南部ナコン・シ・タマラート県ロンピブーン地区におけるヒ素汚染に対する環境管理・改善計画の策定を目的としたものであり、タイ国科学技術環境省環境質促進局（DEQP）が環境法に基づいて第8次国家経済社会開発計画の下で実施する環境管理計画策定の一環として計画されたものである。

同地区においてはこれまですでに1,000人を超すヒ素中毒患者が確認されているが、これは約100年前に開始され10数年前まで続けられた錫鉱石の採掘と選鉱作業に伴う地下水と井戸水の汚染が主要な原因であることがすでに知られている。このヒ素汚染が社会的な問題として同国内で広く認識されるようになったのは10年程前であり、それ以降、環境庁、保健省、鉱物資源局、公共事業庁など関係省庁が、井戸水の調査、患者診断、深井戸の掘削、水処理装置の導入、雨水瓶の配布、ズリの一部回収など各種の調査や対策を行ってきたが、実態把握のための科学技術の遅れや資金の不足と中途半端な行政対応あるいは国の中でも低所得レベルに属する同地域住民の貧困や教育の低さといったこともあって、この問題の十分な改善がなされていない現実がある。

本調査の要請は、現地にヒ素中毒患者を抱え、状況の改善が進まないままの現状を打開するために、汚染地域の地質・地形・水文状況の把握、汚染源の特定、ヒ素溶出メカニズムの解明等を行い、確かな基礎情報に基づいて適切な対策案を検討することが必要であるとの認識に立って、1996年9月にタイ国政府より提出されたものである。

対外援助受入の窓口機関である総理府技術経済協力局（DTEC）の日本担当課長からは、本調査団に対する歓迎と同時に本案件に対する日本の対応が遅かったことに対して若干の不満が表明され、早急に協力を開始して欲しい旨改めて強い要請があった。タイ側の要請機関であるDEQPは本調査を進めるために関係省庁、地方政府及び大学からなる作業委員会（ワーキング・グループ）をすでに組織、実施体制を準備しつつあるが、今回の調査団との協議においてもこのメンバーが出席し、各メンバーから本調査の重要性と早急に実施される必要があることが強調された。また、このロンピブーンのヒ素汚染は科学技術環境省が作成しているタイ国南部地域の環境天然資源管理マスタープランの中にも今後対応すべき環境問題としてリストアップされているほか、現地訪問の際にはナコン・シ・タマラート県知事からも同県が取り組む重要課題の1つとして強い期待が表明された。

以上のとおり、本調査はタイ国の開発政策において明確に位置付けられ、極めて優先度と緊急性の高い案件であることが確認された。

(2) 本格調査の目的と内容

本案件が採択されることを前提として、日本側が協力する本格調査の目的と概要については、タイ側の実施機関となるDEQP傘下の環境研修研究センター（ERTC）のモンティプ所長との間で、基本的に次のような内容となることを確認した。

本調査の目的は、ロンピブーン地区のヒ素汚染源の特定と溶出メカニズムの解明を行い、

状況を改善するための効果的な対応策を策定することであり、具体的には（１）ヒ素汚染状況の調査と汚染源の特定、溶出メカニズムの解明、（２）現在のヒ素汚染分布図の作成、（３）汚染拡散予測と環境影響、（４）汚染対策の策定、（５）効果的な飲料水供給方法の提言、といった調査を行う。

一方、作業委員会との協議では、同委員会はこの問題に取り組んでいる各界の代表者が集まっていたため、当初この調査団がJICAの鉱工業分野から派遣され、鉱山技術を使った調査を中心として考えていることを説明した際に、一部の委員から保健医療分野を含むもっと幅広い協力を期待している旨の意向が表明された。

これに対して、調査団から、JICAの協力は要請書に基づいて実施しており、要請の内容に従って鉱工業開発調査部が担当することになったこと、従って医学的な調査や疫学的な調査は実施困難であること、ただし本件の様な複雑な要素を含む問題に対して、これまでのようなばらばらな取り組みではなくて総合的なアプローチを図ることは重要であるので、タイ側が作業委員会に各界のメンバーを参加させ、広く関係者が日本側の調査と一緒に議論し、また調査結果をそれぞれの施策や活動に反映させることは可能であり、それは好ましいことであることを説明し、関係者の理解を得た。その際、会議の司会を務めたERTCのモンティプ所長からは、ロンピブーンは多様な問題を抱えているので、JICAが取り組む協力分野以外の活動については、環境NGOと連携し、幅広く取り組む可能性を探ってみたい旨の発言があった。

（３） 資金調達の可能性及び事業化の見通し

具体的な環境管理・改善計画が実施に移される場合の手順としては、地方政府（ナコン・シ・タマラート県）が実施機関となって、同計画を地方の環境改善アクション・プランに盛り込んだ上で、科学技術環境省の環境政策計画庁（OEPP）を通じて国の環境問題を審議する最高機関である国家環境委員会に計画書を申請し、承認を得ることが必要となる。つまり、本調査ではいかなる対応策や提言が提案されようとも、国家環境委員会での審査に耐えうる十分なデータに基づく客観的な調査分析と計画の立案が必要になる。

一方、このプロ形調査において実施した既存資料の分析、関係者からの聞き取り、現地踏査及び表流水・湧水のサンプル水質分析等の結果から、この地区のヒ素汚染は、調査団出発前に汚染源として想定していた山中にある４箇所の採掘跡と平地部にある２箇所の選鉱所のみによって引き起こされているのではなく、これに加えて、かつて現在住民が住んでいる一部の平地部において行われていたと思われる複数のドレッシング方式による採掘跡などが関係している可能性が高く、また20年前に発生したといわれる大洪水でこれらの採掘現場や選鉱精錬所から排出され、近くに積まれていたズリや鉱さいが押し流されたものが影響している可能性があることが分かった。従って、いくつくらいの汚染源がどのくらいの規模で、またどのような状態で存在するのかについては、調査の結果を待つしかないが、汚染源が同地区の至るところに分散している場合には、汚染物質の除去や遮断工などの対策を施すことが困難となったり、もし可能であったとしても高額な経費が必要となる可能性がある。

本調査の実施機関であるERTCも将来の実施に責任を持つと思われる県知事も、本調査に対して適切な複数の代替対策案の提示を期待しており、具体的な対策の実施は限られた

予算を使ってステップ・バイ・ステップで行うしかないと考えている。また、本調査に対するタイ側の期待は、上述のとおり各界の多様な分野において極めて高く、本調査の成果は、当初想定していた汚染物質の除去と封じ込めといった土木対策工事の提案のみならず、本調査において表流水、地下水、土壌、地質、井戸の状況を調べることによって作成される汚染分布図と詳細な地質情報及び井戸台帳等の情報がその後のさまざまな取り組みのための基本情報となり、これが有効に活用されることを可能にする。例えば、きれいな水を得るための井戸の掘削場所や深さを決定したり、どうしても水道を引かなければならない場所を特定したりすることにも利用される。また、井戸水以外の子供のヒ素中毒の原因と考えられている汚染された土壌を発見し、被覆するといった対策にも利用できよう。つまり本案件は水力発電所建設や選鉱廃水処理施設の建設などと同じように単体工事の事業化として考えると調査の意義が過小評価されてしまう可能性があることに注意する必要がある。

(4) タイ側の調査実施体制

上述のとおり、タイ側はDEQPの総局長を座長とした関係省庁からなる作業委員会を設置しており、この調査の実施にあたってはこの参加メンバーが協力することになる。会議の司会を務めたモンティプ所長は会議の場でタイ側関係者がこの問題に協力して取り組むことが極めて重要であることを繰り返し主張しており、JICAの開発調査を起爆剤として、それぞれの取り組みを促進したいと考えている。その構成は次のとおりであるが、特に本調査の内容と密接に関係する工業省鉱物資源局（DMR）は、協議のみならず、現地調査にも同行してくれたほか、2年前に撮影されたばかりのロンピブーン地区の空中写真を貸与してくれるなど、本格調査においても積極的な参加と協力が得られるものと期待できる。

(1) 科学技術環境省

- 環境質促進局（DEQP）環境研究研修センター（ERTC）
- 汚染対策局（PCD）
- 環境政策計画庁（OEPP）
- 科学サービス局

(2) 工業省

- 鉱物資源局（DMR）

(3) 保健省

- 次官府
- 保健局
- 医療科学局

(4) 農業省

- 土地開発局

(5) ソンクラ大学

- 工学部
- 医学部

(6) ナコンシタマラート県政府

- 保健局
- 灌漑局
- 鉱物資源局
- 水道局
- ロンピブーン地区政府

(5) タイ側の取るべき措置

本格調査に際してタイ側が取るべき措置については、基本的に標準型でタイ側は受入可能であることを確認した。

2-2 団長所感

このプロ計調査で明らかになったことを要約すると次のとおりである。

- (1) ヒ素汚染地区があるロンピブーン村「Ronphibun」は、タイ語で「豊かな金属」という意味で、この村は100年も前から錫を採掘するために人々が集まり、鉱山町として栄えたところであった。錫の採掘は、当初想定していたロンピブーン村の西方にあるロン・ナ山においてのみ行われていたのではなく、現在村人が住んでいる一部の平地でもドレッシング方式で砂錫（漂砂鉱床）の採掘が行われていた可能性が高く、地下水や井戸水の汚染源としては、これらの採掘跡地とその鉱さい、旧選鉱・製錬所からの廃さいのみならず、ドレッシング採掘に伴ってその周辺に廃棄された表土や簡易選鉱廃さいなど多岐にわたっている可能性がある。
- (2) この地区におけるヒ素中毒患者の最初の発見はドイツ人医師により約50年前であると伝えられているが、中央政府が環境汚染問題として取り上げたのは1980年代の末からで、この10年間、関係する省庁や大学が様々な取組みを行ってきている。しかしながらヒ素汚染源の特定や溶出メカニズムの解明が十分なされておらず、抜本的な対策が講じられていないことや、関係者が各々の諸条件の中でばらばらに対応しているために、地下水や井戸水の汚染は改善されていない。
- (3) 水道局はこれら汚染地域の人口80%に水道施設を設置しているが、水道料金が高いためにこれらの住民がみんな水道を使用しているわけではない。ヒ素中毒患者の病状については、井戸から水道に切り替えた家庭では改善が見られているが、雨水や井戸水の利用者は病状が進行している。この地区はタイの中でも貧し

いところといわれており、長年無料の井戸水に頼ってきた人々の生活習慣を変えるのは容易なことではなく、またヒ素汚染と中毒に関する教育の成果も十分浸透していないという状況がある。

ロンピブーンでのヒ素汚染問題は、技術、行政のみならず経済・社会的な問題を含んで複雑に絡んでおり、その解決方策もさまざまな側面から検討される必要があるが、次の理由から本調査に対する協力は是非とも実施すべきであると考える。

- (1) 科学技術環境省の本調査に対する意気込みは相当なもので、関係省庁や大学からの協力の意思を既に取り付けている。作業委員会に参加した関係者はいずれも強い関心を示しており、JICAの協力が起爆剤となって、政府関係機関のみならずNGOも含めて、多方面からの効果的な取り組みが活発になることが期待される。
- (2) 実施機関となる環境研究研修センター（ERTC）は、昨年プロ技協が終了した後も精力的に内外の活動を進めているが、同センターの人材を有効に活用しながら、ヒ素汚染という新たな問題の解決に向けた取り組みを通じてさらなる技術の移転を行うことになれば、タイ国環境行政の能力向上に対する極めて効果的な協力となる。
- (3) また調査を進める上で、ボーリングや土壌サンプリングなどの労働力として村人を使っていくことにすれば、ヒ素汚染問題に自分たちも取り組んでいるという村人の参加意識を醸成し、農業が中心で経済的に停滞している村の活性化に貢献するといった効果も期待できる。

2-3 協議議事録（M/M）

次頁から掲載。

Minutes of Meetings (協議議事録)

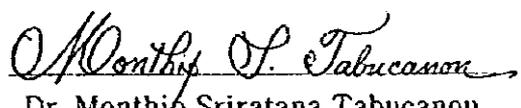
MINUTES OF MEETING FOR
"THE STUDY ON ENVIRONMENTAL MANAGEMENT PLANNING SURVEY
FOR ARSENIC CONTAMINATED AREA OF
NAKHON SI THAMMARAT PROVINCE IN THAILAND"
BETWEEN
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PLANNING (DEQP)
MINISTRY OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT (MOSTE)
AND
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

The Project Formation Study Team (hereinafter referred to as "the Study Team") organized by the JICA visited the Kingdom of Thailand from February 22 to March 3, 1998 for the purpose of discussing the proposal submitted by DEQP, MOSTE regarding the Study on Environmental Management Planning Survey for the Arsenic Contaminated Area of Nakhon Si Thammarat Province (hereinafter referred to as "the Study") with DEQP, MOSTE of the Kingdom of Thailand (hereinafter referred to as "the Thai side").

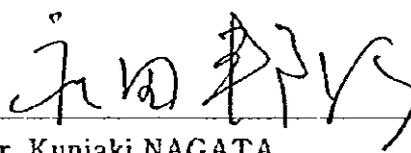
In connection with the above, a series discussions were held between the Thai side represented by Dr. Monthip Sriratana Tabucanon, the Director of the Environment Research and Training Center (ERTC), DEQP, MOSTE, and Japanese side headed by Mr. Kuniaki Nagata, the Leader of the Study Team.

The salient results of the discussion mutually confirmed are as attached.

Bangkok,
February 28, 1998



Dr. Monthip Sriratana Tabucanon
Director of Environmental Research
and Training Center
Department of Environmental Quality
Promotion,
Ministry of Science, Technology and
Environment



Mr. Kuniaki NAGATA
Team Leader,
Project Formation Study Team
Japan International Cooperation Agency

K.N

M.S.

1. Position of the Study in the Development Policy

The Study is planned in line with "Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Act B.E. 2535" and also under "Eighth National Economic and Social Development Plan (1997-2001)".

The local government of Nakhon Si Thammarat Province will be responsible in cooperation with related agencies for implementation of the actions recommended after the study. The necessity of the implementation plan should be emphasized in the action plan of the Nakhon Si Thammarat Province, and the said plan should be submitted to the National Environment Board through the Office of Environmental Policy and Planning, (OEPP), MOSTE for consideration.

It is also mentioned by the Thai side that the Study should focus on the detailed plan with various alternatives to solve the problems so that actions can be taken step by step taking into consideration the limited amount of budget.

2. Necessity of the Study

With arsenic contamination problem in the Ronphibun District, various research and actions have been carried out through ERTC, Department of Health, Department of Medical Science, Department of Mineral Resources (DMR), Prince of Songkla University, etc., but no drastic countermeasures have been taken to solve the situation due to lack of technical know-how and good enough financial support.

The Study Team and Thai side had common recognition that the arsenic contamination in the Ronphibun District attributes to old tin mining activities in the area and that the Study will be useful for identification of arsenic contamination sources in the area and for appropriate recommendation of remedial countermeasures.

3. Implementing Agency

The ERTC, DEQP will act as implementing agency responsible for implementation of the Study.

4. Scope of the Study

In case the Study is adopted by the Japanese Government, the outline of the Study will be as follows:

<Purpose of the Study>

To identify/characterize arsenic contamination sources in the Ronphibun District and design effective countermeasures to improve the situation.

<Outline of the Study >

- (1) To investigate the present situation of arsenic contamination and to identify/characterize contamination sources
- (2) To map current distribution of arsenic contamination
- (3) To forecast expected movement of contamination and its impact on environment
- (4) To design remedial countermeasures to remove the contamination
- (5) To recommend effective alternative water supply measures

5. Undertakings by the Thai side

It was confirmed that the standardized contents of undertakings stipulated in the Scope of Work are acceptable for the Thai side.

6. Organizational Framework for the Implementation of the Study

The Thai side has organized a Working Group chaired by Director General of DEQP, consisting of representatives from the following organizations. Member from other organizations can be invited to the Group, if necessity arises.

6.1 Ministry of Science, Technology and Environment

- (1) ERTC, DEQP
- (2) Pollution Control Department (PCD)
- (3) OEPP
- (4) Department of Science and Services

6.2 Ministry of Industry

- (1) DMR

6.3 Ministry of Health

- (1) Office of Permanent Secretary
- (2) Department of Health
- (3) Department of Medical Science

6.4 Ministry of Agricultural and Cooperation

- (1) Department of Land Development

6.5 Prince of Songkla University

- (1) Faculty of Engineer
- (2) Faculty of Medicine

6.6 Nakhon Si Thammarat Provincial Government

- (1) Provincial Health office
- (2) Irrigation office
- (3) Mineral Resources Division
- (4) Provincial Water Works Authority

K. a

M. S.

(5) Ronphibun District

7. Status of arsenic poisoning and safe water supply in Ronphibun district.

According to the data of Ronphibun hospital, 818 patients was found in Ronphibun District since 1987. 12 cases out of 35 cases of death due to cancer in this decade. Epidemiological survey by Shoko Oshikawa (PSU, 1997) shows 6% of patients are at the progressed stage by using arsenic contaminated water, while 15% had the regressed stage after changing water source from well to tap water supply.

Although the Provincial government prohibited people to utilize arsenic polluted water, 20% of population of Ronphibun district are still using this water. People are still using arsenic contaminated water from the wells due to unawareness of right knowledge about arsenic poisoning even though part of water supply system has already established. Because of limitation of geological information such as old dressing plant, dredging landfill pile, and others, Management plan for this contaminated sites could not be well formulated.

8. Present condition of arsenic contamination

The existing data collection and field investigation in the Ronphibun District were carried out for understanding the clear picture of present condition of the arsenic contamination. The existing data mainly consist of reports by DMR, British Geological Survey (BGS) and ERTC. The field investigation was done around old tin mine sites and Quaternary deposits areas, including two closed tin mine sites and associated waste dump areas, closed and active open pits and dredging mine sites, closed and opened mineral dressing plants, etc.

The medium to small scale of mining at the primary tin deposits around the mountain sites has been operated in the past ranging from about 15 to 100 years ago. The mining methods were tunneling, small-scaled open pit, and coyote diggings. Waste including arsenic mineral were dumped at the mine sites. Panning were also done by villagers around and down-stream of the mines. All of tin crude ore had been sent to the mineral dressing plants at the Ronphibun District.

Numerous Quaternary (placer) deposits in various scale in and around Ronphibun District were widely mined by open pit and dredging mining methods. After the crude tin ores are primarily treated by sluices near the open pit sites, wastes of sluicing were dumped near the sluicing site. The concentrate of tin is sent to the mineral dressing plants.

The dressing methods adopted in dressing plants are composed of gravity concentration, magnetic separation, flotation and electrostatic separation.

The contamination sources of arsenic are assumed to consist of four cases, namely closed mines of primary tin deposits and associated waste dump areas, closed mines of placer deposits and associated waste dump areas, mineral dressing plants, and arsenic relating to the limestone of bedrock.

The seepage water from mined out areas is assumed to flow out to the ground and directly to the stream. A part of the wastes at the associated waste dump areas has been eroded and

flow down to stream. The seepage water and wastes flow-out are assumed to be one of the contaminated source of arsenic.

The surface water of the ponds made by open pit and dredging water and groundwater at downstream of closed mines are mostly contaminated by arsenic. The concentrations of arsenic in the surface water will be conducted under this survey.

The dressing plants and associated waste dumps are assumed to be one of the main sources of arsenic contamination. Part of the wastes from the old mining at the mountain sites has flowed down to the part of Ronphibun District. However the distribution of arsenic contamination around the Ronphibun District need to be further investigation in order to identify the contaminated sources. It is expected that the result of this study will be utilized for the establishment of management plan of arsenic contaminated area at Nakhon Si Thammarat Province.

K.W

C.K.S.

ATTACHMENT

1. In accordance with the Agreement, the Government of Thailand shall accord benefits to the Japanese study team as follows;

(1) to keep the member of the Japanese study team informed about potential security risks in the study area and to take any measures deemed necessary to secure the safety of the Japanese study team

(2) to permit the members of the Japanese study team to enter, leave and sojourn in Thailand for duration of their assignment therein, and exempt them from foreign registration requirements and consular fees,

(3) to exempt the members of the Japanese study team from taxes, duties, fees and any other charges on equipment, machinery and other materials brought into Thailand and out for the conduct of the Study,

(4) to exempt the members of the Japanese study team from income tax and charges of any kind imposed on or in connection with any emoluments or allowances paid to the members of the Japanese study team for their services in connection with the implementation of the Study,

(5) to provide necessary facilities to the Japanese study team for remittance as well as utilization of the funds introduced into Thailand from Japan in connection with the implementation of the Study,

(6) to secure permission for entry into private properties or restricted areas for the implementation of the Study,

(7) to secure permission for the Japanese study team to take all data and documents including maps and photographs related to the Study out of Thailand to Japan,

(8) to provide medical services as needed. Its expenses will be chargeable on members of the Japanese study team.

2. The Government of Thailand shall bear claims, if any arises, against the members of the Japanese study team resulting from, occurring in the course of, or otherwise connected with, the discharge of their duties in the implementation of the Study, except when such claims arise from gross negligence or willful misconduct on the part of the members of the Japanese study team.

3. MOSTE(ERTC) shall act as counterpart agency to the Japanese study team and also as coordinating body in relation with other governmental and non-governmental organizations concerned for the smooth implementation of the Study.

A.W.

M.S.

第3章 タイ国の鉱業及び環境

第3章 タイ国の鉱業及び環境

3-1 鉱業の趨勢

タイ国内では経済的に重要な鉱物種は22種であり、伝統的に錫鉱業が主力であった。しかし、1985年以降の価格下落により錫鉱業は競争力を失いつつあり、錫に変わり亜鉛、非金属、石炭等が重要性を増している。また、天然ガス資源にも恵まれており、天然ガス・石油が生産され、将来が期待されている。

タイ国経済に占める鉱業・採石の比率は、1993年のGDP（名目）で1.5%であり、鉱業・採石の占める割合は小さい。また、鉱業・採石の中でも亜炭、亜鉛、錫、石膏及びセメントが大きな割合を占めている。1992年における主な鉱産物の生産量及び生産額を表-3.1に示す。

表-3.1 主な鉱産物の生産（1992年）

鉱種	生産	
	生産量 (t)	生産額 (M. Baht)
石膏	7,111,109	1,877.3
亜炭	15,618,230	7,809.1
亜鉛	407,180	2,419.1
石灰岩（セメント用）	25,272,166	2,148.1
石灰岩（工業用）	335,915	28.6
錫精鉱	11,484	1,239.2
ナトリウム	523,228	366.3
カリ	36,578	62.2
頁岩	2,860,084	257.4
大理石	86,995	221.4
カオリン（精鉱）	301,035	210.7
鉄鉱石	427,242	128.2
鉛鉱石	27,946	128.1
珪砂	594,325	208.0

3-2 錫鉱山の状況

タイ国の錫鉱の生産量は1992年において11,484 tであった。錫鉱業の中心の一つであるナコン・シ・タマラート県では1989～1990年が最大生産量を示し、その後生産量が落ち、1995年以降から極端に減少している。1985年以降の錫価格下落の影響を受け、錫の生産量が減少している。タイ全国及びナコン・シ・タマラート県の錫の生産量を表-3.2（1）に示す。

県別の錫の生産量（1986～1989年）を表-3.2（2）に示す。ナコン・シ・タマラート県は5.2～15.5%の範囲にあり、全国で3～4番目の生産量を維持している。

表-3.2 錫の生産量

(1) 錫の生産量 (t)

年	タイ全国	ナコンタマラート県
1980	45,986	1,571
1981	42,968	1,756
1982	35,644	1,531
1983	27,225	1,245
1984	29,979	992
1985	23,022	984
1986	23,298	1,201
1987	20,485	937
1988	19,420	1,468
1989	20,372	3,157
1990	19,979	3,166
1991	14,939	1,706
1992	11,485	1,964
1993	6,363	1,034
1994	3,926	1,044
1995	2,202	677
1996	.	252

(2) 県別錫生産量 (t)

生産地 (県)	1986年	1987年	1988年	1989年
カンチャナブリ	1,681	1,274	1,393	1,282
ナコン・シ・タマラート	1,201	937	1,468	3,157
バンガー	4,718	4,366	3,089	2,080
タクアバー郡	5,518	5,245	3,465	4,672
ブーケット	2,873	2,798	4,028	3,453
ラノー	1,477	1,049	1,055	923
ソククラ	1,150	818	474	489
スラータニー	678	609	491	385
その他	4,002	3,390	3,957	3,931
合計	23,298	20,486	19,420	20,372

3-3 環境の概要

(1) 環境概況

タイ国において、近年の急激な経済成長に伴って、大気汚染、水質汚濁等の環境問題が発生している。大気汚染は主要都市部及び工業地帯で著しく、バンコックでは交通渋滞と共に自動車排ガスが深刻化している。水質汚濁はチャオプラヤ川等の主要河川及びソンクラ湖等で著しい。

また、都市ゴミや産業廃棄物の増加が処理能力を上回り、環境悪化が進行しているのが現状である。

環境問題の深刻化に対し、環境行政として第7次国家経済社会開発計画（第7次5カ年計画：1992～1996年）において環境保全の強化に乗り出している。同計画のガイドラインは以下のとおりである。

- a. 水質汚濁
 - 1) 汚濁企業の再配置による汚濁排出量の減少化
 - 2) 水質汚濁地域での排出の禁止措置
 - 3) リサイクルの奨励
- b. 大気及び騒音公害
 - 1) 大気汚染の削減及び管理
 - ・交通手段
 - ・工場
 - 2) 自動車騒音レベルの低減
- c. 産業廃棄物処理

(2) 環境関連法規

タイ国の鉱山に関する環境関連法規を表-3.3に示す。

(3) 環境基準

水質（飲料水、飲料水用地下水及び排水）に関する環境基準を表-3.4に示す。

表-3.3 鉱山に関する環境関連法規

No.	法令名称	制定年度
1	Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Act <ul style="list-style-type: none"> - National Environment Board - Environmental Fund - Environmental Protection - Environmental Impact Assessment - Pollution Control 	1994
2	Water Quality Standards <ul style="list-style-type: none"> - Drinking water - Effluent - Coastal water - Surface water - Pollution Control 	1989
3	Solid Waste, Nightsoil and Hazardous Waste Management	1992
4	Mineral Act	1979
5	Tin Control Act	1971
6	Public Health Act	1992
7	Public Cleaning and Orderlines Act	1960
8	Land Development Act	1983
9	City Development Act	1975
10	Toxic Substance Act	1967
11	National Park Act	1964
12	National Forest Reserves Act	1964
13	Forest Act	1984
14	Wild Animals Reserves and	1960
15	Factories Act	1969

表-3.4 水質基準
(1) 飲料水水質基準

No.	Parameters	Unit	Standard values	
			Max. acceptable	Max. allowable
1	Color	Pt-Co	5	15
2	Taste	TON	non	non
3	Odor	TTN	non	non
4	Turbidity	SSU	5	20
5	pH	-	6.5-8.5	≤ 9.2
6	Total solids	mg/l	500 (600)	1500 (1000)
7	Fe	mg/l	0.5	1.0
8	Mn	mg/l	0.3(0.1)	0.5 (0.3)
9	Fe & Mn	mg/l	0.5	1.0
10	Cu	mg/l	1.0	1.5
11	Zn	mg/l	5	15
12	Ca	mg/l	75	200
13	Mg	mg/l	50	150
14	SO ₄	mg/l	200	250
15	Cl	mg/l	250	600 (500)
16	F	mg/l	0.7	1.0
17	NO ₃	mg/l	45 (10)	45 (10)
18	Alkyl benzyl	mg/l	0.5	1.0
19	S. Phenolic substance	mg/l	0.001	1.0 (0.002)
20	Hg	mg/l	0.001	
21	Pb	mg/l	0.05	
22	As	mg/l	0.05	
23	Se	mg/l	0.01	
24	Cr	mg/l	0.05	
25	CN	mg/l	0.2 (0.1)	
26	Cd	mg/l	0.01 (0.005)	
27	Ba	mg/l	1.0	
28	Standard plate count	colonies/cm ³	500	
29	Total coliform	MPN/100cm ³	≤ 2.2	
30	E coli, etc.		none	
31	DDT	μ g/l	1	
32	Aldrin. & Dieldrin	μ g/l	0.03	
33	Chlordane	μ g/l	0.3	
34	Hexachloro benzene	μ g/l	0.01	
35	Heptachlor &	μ g/l	0.1	
36	Heptachlor, -HCH	μ g/l	3	
37	Methoxy chloride	μ g/l	30	
38	2,4-D	μ g/l	100	
39	Gross α	Becquerel/l	0.1	
40	Gross β	Becquerel/l	1	

(2) 飲料水用地下水水質基準

No.	Parameters	Unit	Standard values
1	Color	Hazen	20
2	Odor	-	none
3	Turbidity	Silica scale	5
4	pH	-	6.5-8.5
5	Total solids	mg/l	500
6	Total hardness as CaCO ₃	mg/l	100
7	As	mg/l	0.05
8	Ba	mg/l	1.0
9	Cd	mg/l	0.01
10	Chloride as chlorine	mg/l	250
11	Cr	mg/l	0.05
12	Cu	mg/l	1.0
13	Fe	mg/l	0.5
14	Pb	mg/l	0.1
15	Mn	mg/l	0.05
16	Hg	mg/l	0.002
17	NO ₃ -N	mg/l	4.0
18	Phenol	mg/l	0.001
19	Se	mg/l	0.01
20	Ag	mg/l	0.05
21	Sulphate	mg/l	250
22	Zn	mg/l	5.0
23	F	mg/l	1.5
24	Coliform	MPN/100ml	2.2
25	E. coliform	MPN/100ml	none
26	Disease causing bacteria	MPN/100ml	none

(3) 排水水質基準

No.	Items	Unit	Standard values	Remarks
1	BOD	mg/l	20-60	
2	Suspended solids	mg/l	30-150	
3	Dissolved solids	mg/l	< 2000	< 5000 of DS
4	pH		5-9	
5	Permaganate value	mg/l	Max. 60	
6	Sulphide as H ₂ S	mg/l	Max. 1.0	
7	Cyanide as HCN	mg/l	Max. 0.2	
8	Tar	mg/l	none	
9	Oil & grease	mg/l	Max. 50	
10	Formaldehyde	mg/l	Max. 1.0	
11	Phenol & cresols	mg/l	Max. 1.0	
12	Free chlorine	mg/l	Max. 1.0	
13	Insecticides	mg/l	none	
14	Radioactivity	B./l	none	
15	Zn	mg/l	5	Zinc industry: Max. 3.0
16	Cr	mg/l	0.5	Zinc industry: Max. 0.2
17	As	mg/l	0.25	
18	Cu	mg/l	1	
19	Hg	mg/l	Max. 0.005	Zinc industry: Max. 0.002
20	Cd	mg/l	Max. 0.03	Zinc industry: Max. 0.1
21	Ba	mg/l	Max. 1.0	
22	Se	mg/l	Max. 0.02	
23	Pb	mg/l	Max. 0.2	
24	Ni	mg/l	Max. 0.2	Zinc industry: Max. 0.2
25	Mn	mg/l	Max. 5.0	
26	Ag	mg/l		Zinc industry: Max. 0.02

(4) 環境保全計画

1992年タイ政府は、1975年制定の環境保全法を廃止して新環境保全法を制定し、環境行政体制の大幅改組・強化し、国家環境委員会（NEB：National Environmental Board）委員長の首相への格上げ、環境基金の新設等を行った。また、工場法等についても改正を行い、投資政策の面からも環境の回復及び保全を促進するプロジェクトを投資奨励措置の対象とする指針が国家投資委員会（BOI）により立てられている。

(5) 環境関連機構

新環境保全法に基づいて、国家環境委員会、環境基金委員会及び鉱害防止委員会を構成する諸官庁が、環境行政に関与している。環境関連官庁を以下に示す。

- ・ 総理府
- ・ 農業共同組合省
- ・ 大蔵省
- ・ 工業省
- ・ 科学技術環境省

- ・内務省
- ・文部省
- ・保健省
- ・交通通信相
- ・国防省
- ・国家経済社会開発庁
- ・国家投資委員会
- ・各県庁

科学技術環境省は、国家環境委員会、環境基金委員会及び鉱害防止委員会の事務執行機関であると共に、環境行政の中心実行機関として環境行政の企画、公害規制、環境事業の推進等の責務を遂行するが、環境行政の執行に当たり各省庁間の調整及び民間との協力体制の整備等の業務が重要となっている。さらに、公害規制及び環境改善に当たっては各地方の行政組織との連携が重要である。

3-4 既往調査報告書等

ナコン・シ・タマラート及びロンピブーン地区の錫鉱業及びヒ素汚染に係る調査・研究及び報告は、主に工業省鉱物資源局（DMR：Department of Mineral Resources）、英国地質調査所（BGS：British Geological Survey）、科学技術環境省環境研究研修センター（ERTC：Environmental Research Training Center）ソクラ大学等により行われている。既往調査報告書等について表-3.5に示す。

表-3.5 既往調査報告書等

No.	報告書名	著者	年
1	An investigation of arsenic contamination of groundwater from mining waste, Nakhon Si Thammarat Province, southern Thailand	Macdonald DMJ., et al.	1997
2	Mineral-related arsenic hazards, Thailand case-study Summary, Report British Geological Survey Technical Report, WC/97/49	Williams M., et al.	1997
3	Treatment of arsenic contaminated land in Thailand using diatomite, Preliminary field site investigations, PH Whitbread-Aburutat	Pijitprapon A., et al.	1997
4	Technical report on the locations and the amount of high arsenic contamination waste piles generated from mining and ore dressing processes	Jariyawat P., et al.	1993
5	Groundwater contamination by arsenic from the mining industry in Ron Phibun, Thailand	Pijitprapon A., et al.	1994
6	Hydrogeochemistry of arsenic in an area of chronic mining-related arsenism, Ron Phibun District, Makhon Si Thammarat Province	Fordyce F.M., et al.	1995
7	Arsenic contamination in surface drainage and in part of the southeast Asian tin belt, Nakhon Si Thammarat Province, Southern Thailand	Williams M., et al.	1996

第4章 タイ国南部ロンピブーン地区の鉱業及び環境

第4章 タイ国南部ロンピブーン地区の鉱業及び環境

4-1 地域概況

(1) 位置及び交通

ロンピブーン地区は、タイ国南部ナコン・シ・タマラート県の南部ロンピブーン郡に位置し、首都であるバンコックの南南西へ約800kmの距離にある(図-4.1)。ナコン・シ・タマラート県は21の郡(2亜郡を含む)、168の町及び1,401の村から構成されている(図-4.2)。

バンコックからロンピブーン地区への交通は、空路あるいは陸路がある。空路はバンコックから約1時間半でナコン・シ・タマラート空港に着き、車行約30分でロンピブーン地区に到達する(図-4.3)。陸路では鉄道及び車行があり、鉄道では約14時間を要し、車行では約1日半を要する。

(2) 地形、地質及び鉱床

a. 地形

ロンピブーン地区は、北北西-南南東に延びるカオ・ルアン(Khao Luang)山地の南東端の山地部から沖積平野部にかけて位置している(図-4.4)。

地区の西部は山地部であり、標高925mのカオ・ムアイ・ムット(Khao Muai Mut)山の東斜面に位置し、晩壮年期の中~小起伏山地に属する。比較的緩傾斜な尾根筋がほぼ東西に延長している。

平野部の標高は概ね50~60mであり、特にロンピブーン地区では平坦部が山地部の花崗岩地帯まで及ぶ山間盆地状地形(以下、ロンピブーン盆地と仮称する)で、盆地は南北1km及び東西約2kmの規模を有する。山間部から平坦部に至る緩傾斜面は比較的狭く、明瞭な扇状地形は形成されていない。

b. 地質及び地質構造

① 地質

基盤の地質は、カンブリア系の頁岩、オルドビス系の石灰岩及びそれらに貫入した白亜紀の両雲母花崗岩からなる(図-4.5)。

カンブリア系の頁岩は暗灰色を呈し、板状である。走向は概ね北東-南西で南東方向に約25~35°傾斜している。岩質は堅硬緻密であるが亀裂が良く発達している。

オルドビス系の石灰岩は灰色を呈し、塊状あるいは層状である。地形的には周囲が急崖の小丘状を呈している。走向は北東-南西~南-北の走向で東方向に約25~35°傾斜している。岩質は堅硬緻密である。

両雲母花崗岩は古生層に貫入し、年代は白亜紀である。本岩は主に石英、長石、白雲母及び黒雲母を主要造岩鉱物とした等粒状結晶質深成岩であり、グライゼン化作用を強く受け、石英、電気石等の細脈を多数認められる。岩質は堅硬であるが、表層は風化によりマサ化を受け脆弱化している。

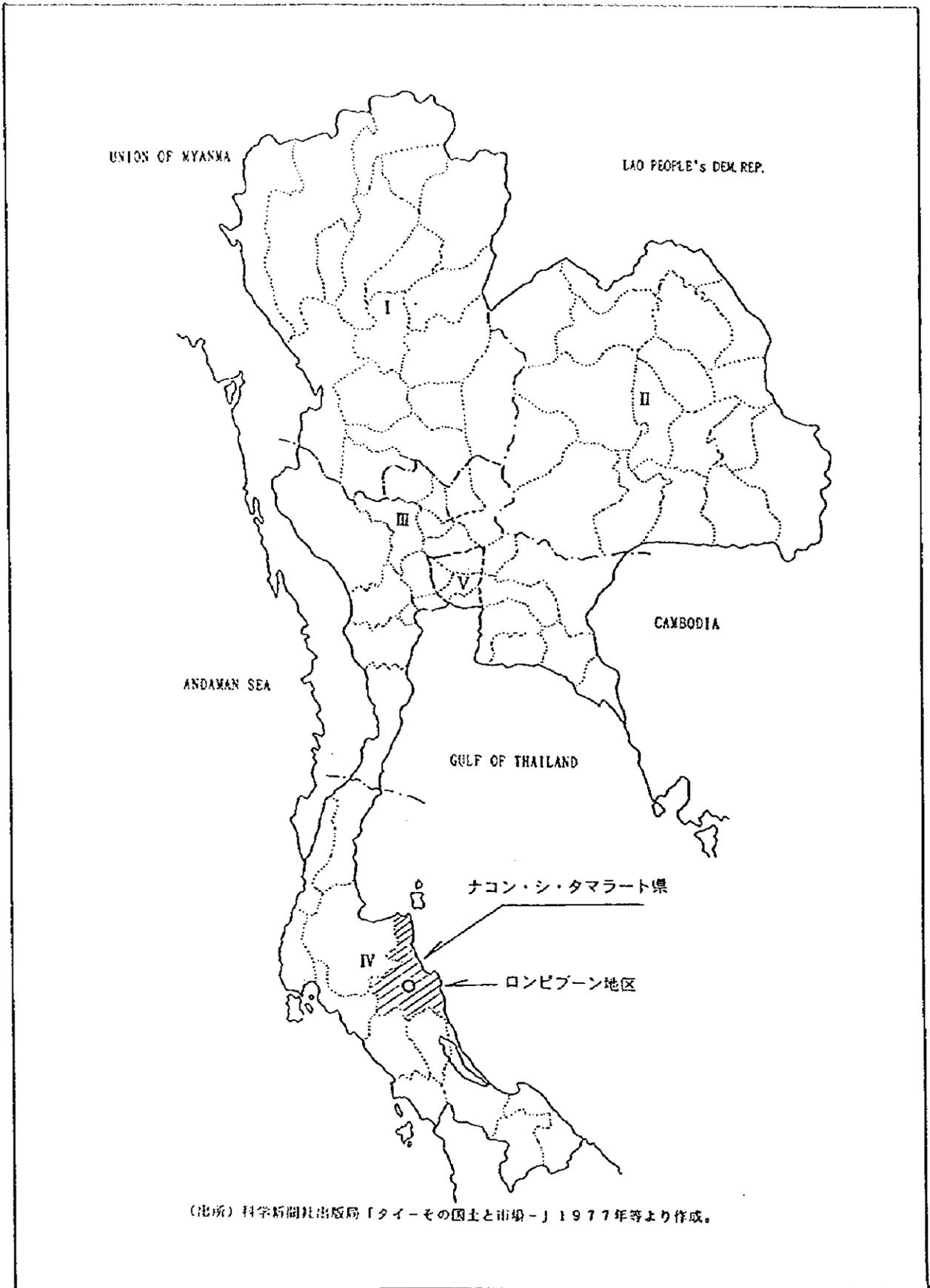


図-4.1 ロンピブーン位置図

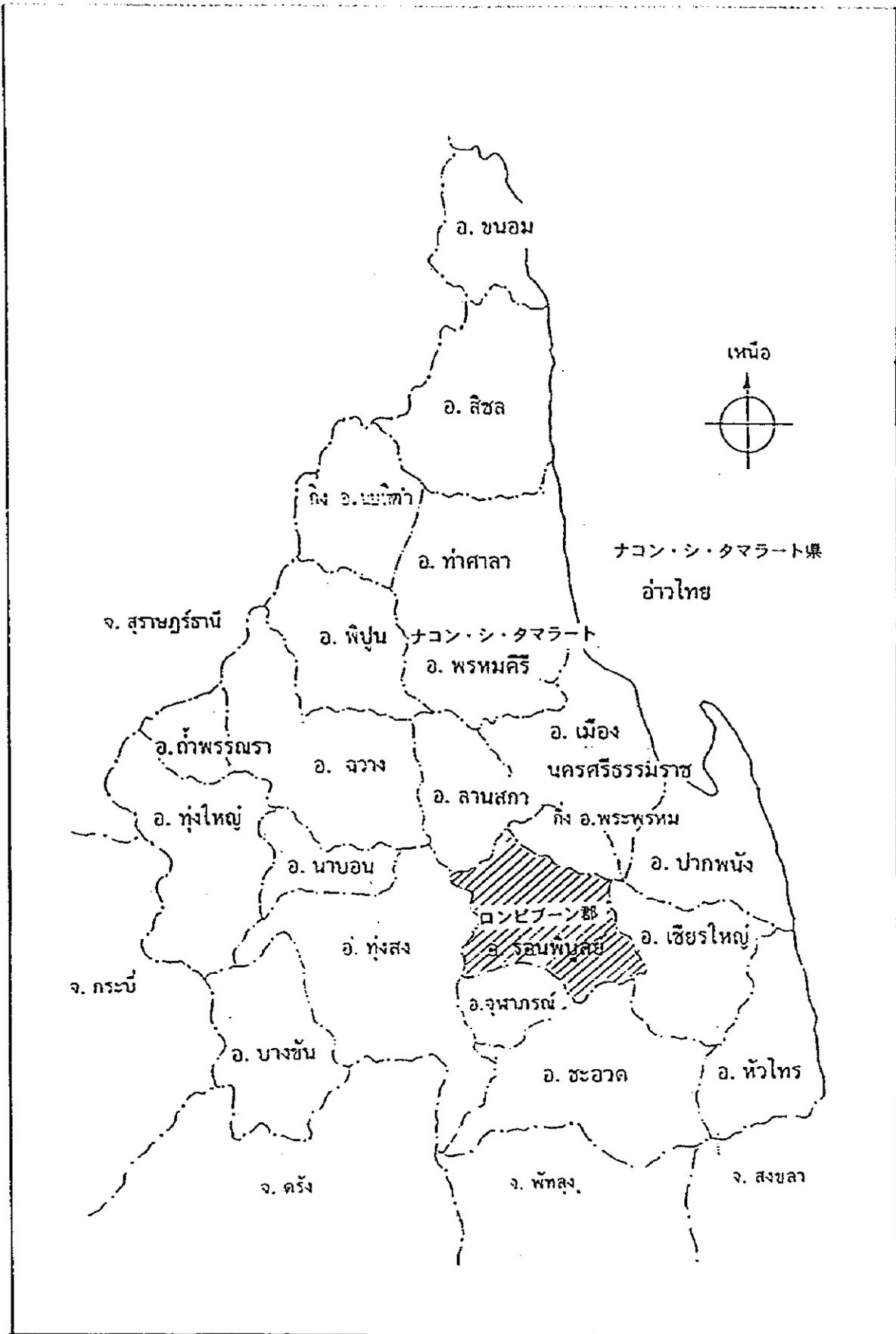


图-4.2 นาคอน·ชิ·ตมาราต県及びロンピブーン地区

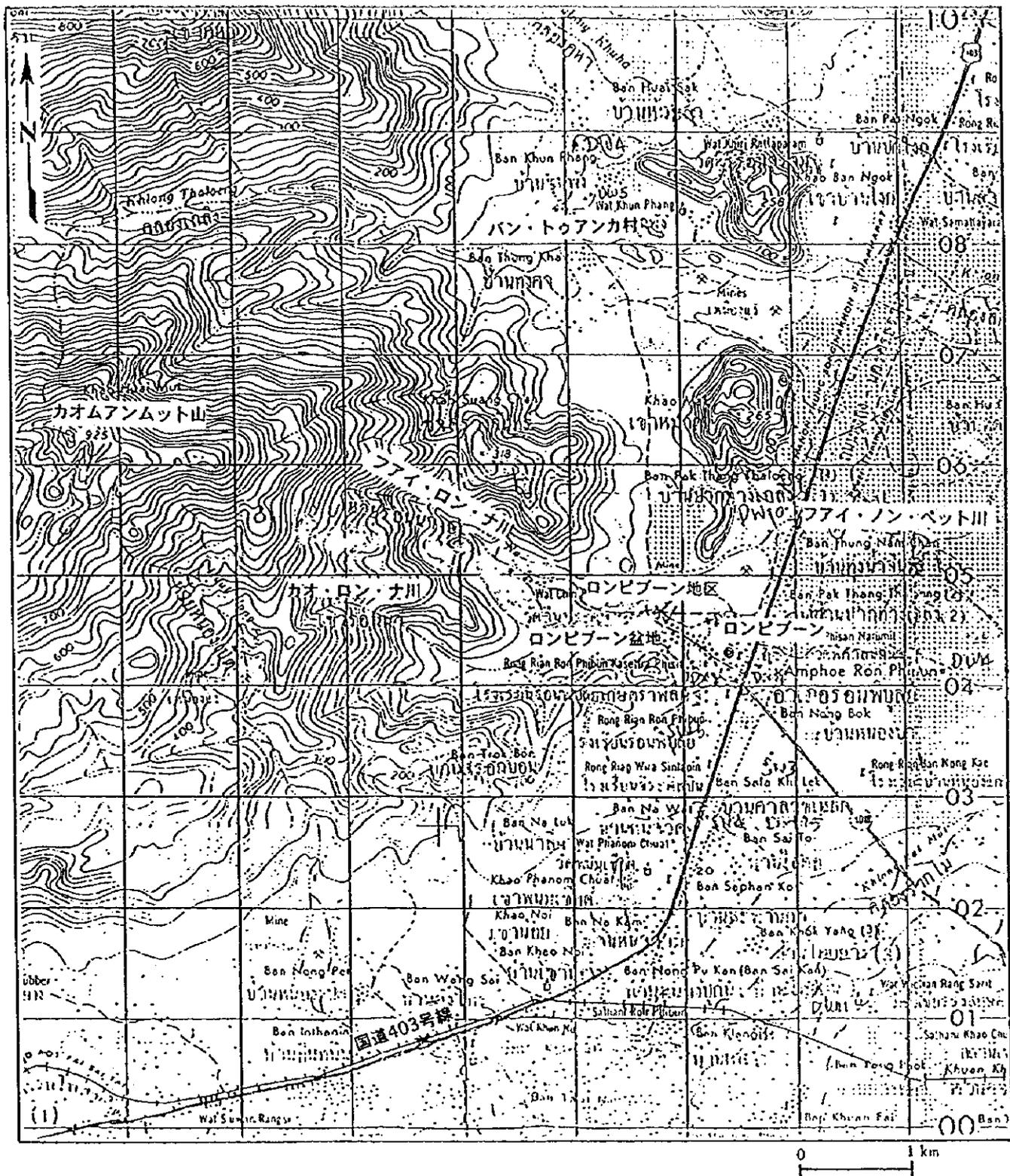


図-4.4 ロンブーン地区の地形

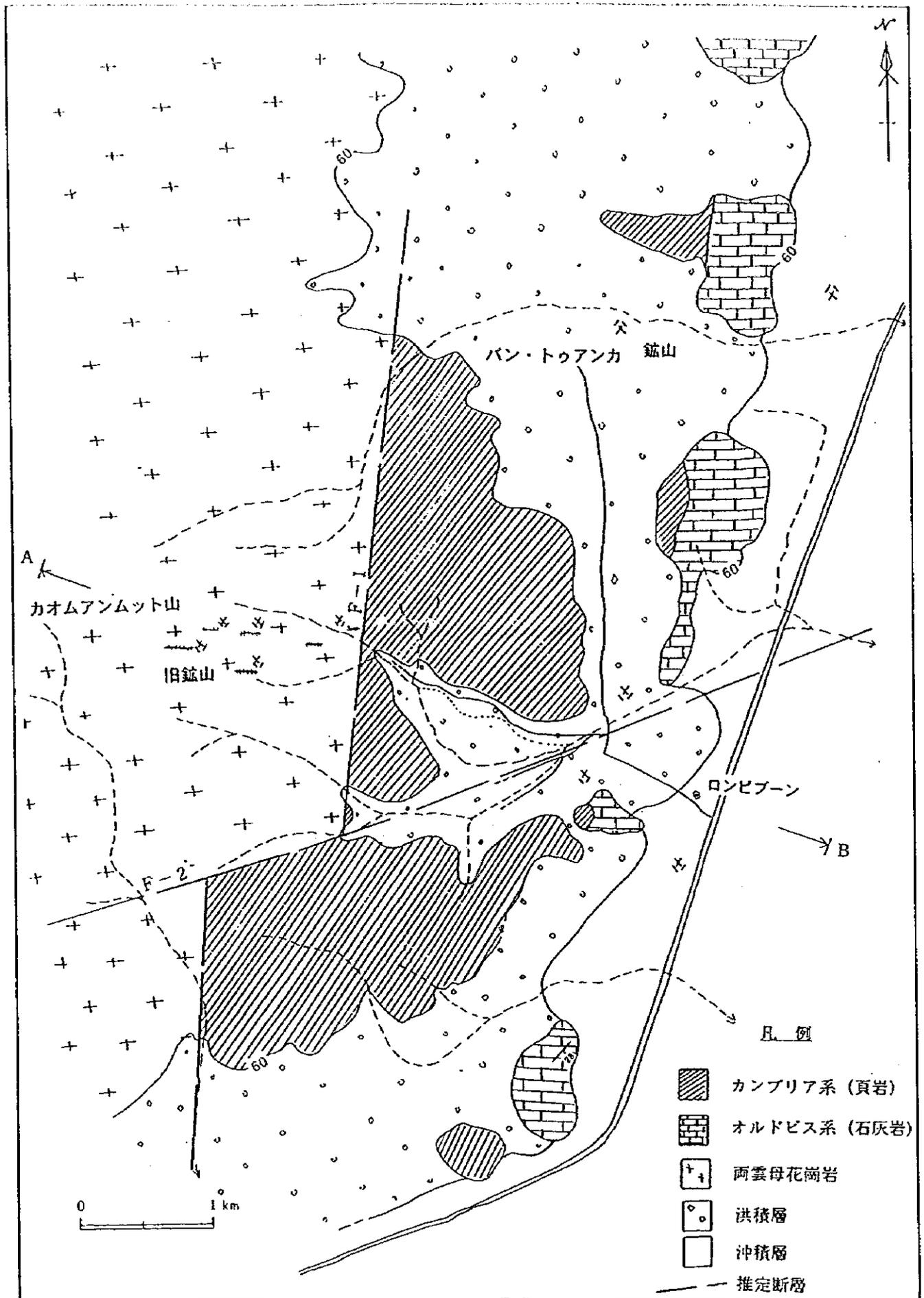


図-4.5 ロンピブーン地区の地質及び鉱床

第四紀層は洪積層及び沖積層からなる。洪積層はロンピブーンの盆地及び山地部と石灰岩小丘との間に分布し、東側には沖積層に覆われているが広範囲に分布していると考えられる。本層は主に砂礫、砂からなり、シルト及び粘土層を挟在する。基底部には基底礫層が認められる。沖積層は現河川に沿って狭い分布であるが、東方では沖積平野を形成し、広く分布している。本層は主に砂礫及びシルト・粘土からなる。

② 地質構造

カンブリア及びオルドビス系は、北東-南西～南-北の走向及び東に傾斜する等斜構造を示す。

断層は花崗岩とカンブリア系の境界部に推定され、南-北方向と東-西方向の2方向が認められる。いずれも顕著なリニアメントを示している。東-西方向の推定断層はロンピブーンの盆地内に連続している。

c. 鉍床

鉍床は錫鉍床であり、グライゼン型鉍脈鉍床（1次鉍床）及び第四紀漂砂鉍床（2次鉍床）の2形態からなる。

グライゼン鉍床とは花崗岩の貫入に伴う高温型（気成）鉍化作用の交替的変質によって形成された網状、接触交代、鉍脈鉍床であり、特に花崗岩が雲母及び石英からなるグライゼン（英雲岩）に変質されることを特徴としている。主要鉍物は錫石、重マンガン鉍であり、随伴鉍物として電気石、螢石、黄玉、緑柱石、方解石、ルチル、錫石、鉄マンガン重石、硫化鉍物（黄鉄鉍、磁硫鉄鉍、硫砒鉄鉍、タンタライト等）等からなる。

グライゼン型鉍脈鉍床はカオ・ムアン・ムット（Khao Muang Mut）山の東側及び南側中腹部の両雲母花崗岩中に胚胎されている。

第四紀漂砂鉍床はロンピブーン市街地の西側の盆地内、市街地内及びその北部及びロンピブーン村の北部であるトゥアン・カ（Thuang Kha）村及び南部のノン・ペット（Nong Pet）村周辺に広範囲に分布し、概ね現河川の下流域に一致していると考えられる。砂錫は主に洪積層の礫層及び基底礫層中に胚胎されている。

なお、二次鉍床での硫化鉍物（並びにヒ素鉍物）の含有量は、風化作用により硫化鉍物が酸化されることにより、その含有量が相対的に減少するのが一般的である。ロンピブーンの北部のバン・トゥアン・カ（Ban Thuan Kha）村の漂砂鉍床では硫化鉍物をほとんど含有していない。しかし、ロンピブーン周辺での漂砂鉍床では硫化鉍物を残存している可能性があり、硫化鉍物等に伴うヒ素が汚染に大きな役割を有していることが推定される。硫化鉍物等に伴うヒ素については是非解明する必要のある最重要課題でもある。

(3) 水系及び地下水

① 水系

ロンピブーン地区の河川はクロン・ナム・クン（Khlom Nam Khun）川水系に限定され、山地部では北半部がフアイ・ロン・ナ（Huai Ron Na）流域及び南半部がカオ・ロン・ナ（Khao Ron Na：仮称）流域に区分される。錫鉍脈鉍床のほとんどは本支流

域に属している。カオ・ロン・ナ支流は過去にその流路を変えており、いわゆる暴れ川を呈していたといえる。最近においても、1977年の土石流災害後の流路が南側に大きく変化し、現在でも蛇行により側方浸食が著しい。

カオ・ロン・ナ支流とファイ・ロン・ナ支流の合流後、クロン・ナム・クン川は北東方向に流路を変えている（図-4.6）。

さらに、東から北東方向に流路を変え、パク・パ・ナン（Pak Pa Nang）湾に注いでいる（図-4.7）。沖積平野部では灌漑用に多くの運河が建設されている。

② 地下水

ロンピブーン地区周辺の地下水面の標高は40~50mであり、動水勾配は約1/100である。ロンピブーンの東部では1/100~1/200であり、緩傾斜となる。山地部で灌漑されたあと、概ね南南東~南東方向に流出し、ロンピブーンから約5~7km東方で北東方向に流向を変えており、北東-南西に伸張する帯水盆を形成しているものと推定される（図-4.8）。

ロンピブーン盆地ではファイ・ロン・ナ川の流量の変化が認められ、表流水と地下水（伏流水を含む）とのやりとりが大きいことが推定される。サッカー運動場周辺でのファイ・ロン・ナ川の河床が酸化鉄の沈殿で黄褐色に汚濁されていることは、多量の鉄分を含んだ地下水が湧出していることが想定される。

また、ボーリング調査の結果から、ロンピブーン盆地は層厚10~40mの洪積層及び沖積層によって満たされ、小規模な帯水盆を形成していると考えられる（図-4.9）。帯水盆の東部では基盤の深度が浅くなり、帯水盆内の地下水の滞留を生じている可能性がある。

(4) 気候及び植生等

ロンピブーン地区周辺は熱帯性モンスーン気候であり、雨期（9月~1月）及び乾期（2月~8月）に大別され、乾期はさらに寒季及び暑季（4月~8月）に分けられる。ナコン・シ・タマラート市の気温、降雨量、湿度、及び風向・風速を表-4.1に示す。

ナコン・シ・タマラート市での平均気温は25.2~28.6℃で温度変化が比較的小さい。年間の平均最高気温は5~6月の33.5℃であり、平均最低気温は2月の21.3℃である。平均湿度は75~85%であり、年間を通じてほぼ一定している。蒸発量は36.6~139.7mmで、年間1,315.9mmである。

卓越風向は1~4月の乾期は東風で、5~10月の乾期~雨期にかけては南西の風及び11~12月雨期には北風が卓越する（図-4.10）。

年間降雨量は2,294.6mmで、10~1月が卓越するが、年間を通じ降雨がある。

(5) 社会状況及びインフラストラクチャー

a. 人口

ナコン・シ・タマラート県の1994年の人口は1,488,776人である。ロンピブーン郡及びランサカー（Lansaka）郡の人口及び比率は、それぞれ94,882人（6.4%）及び39,501人に相当する。また、調査対象であるロンピブーン地区は両郡を含み、合計

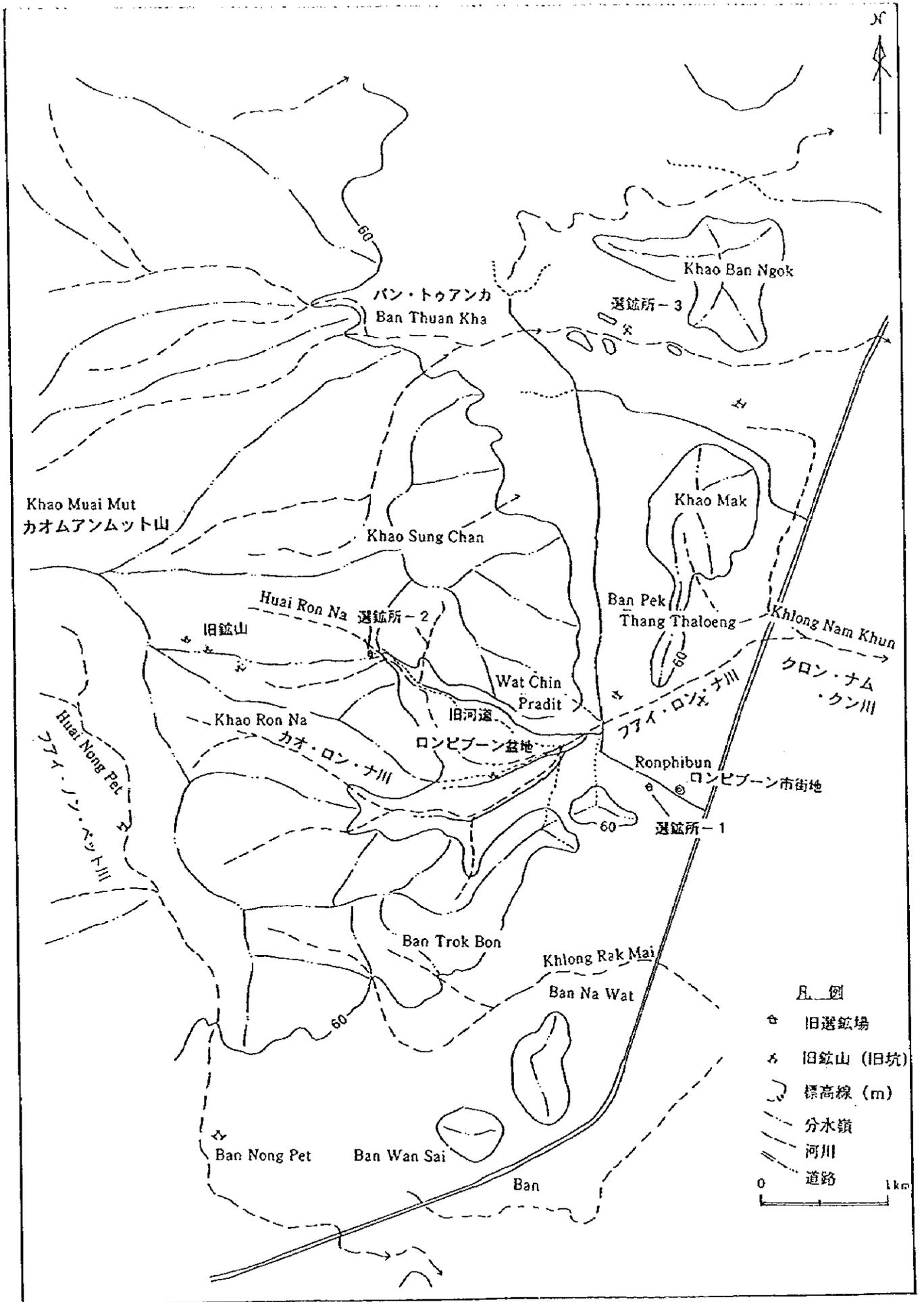


図-4.6 ロンピブーン地区の水系

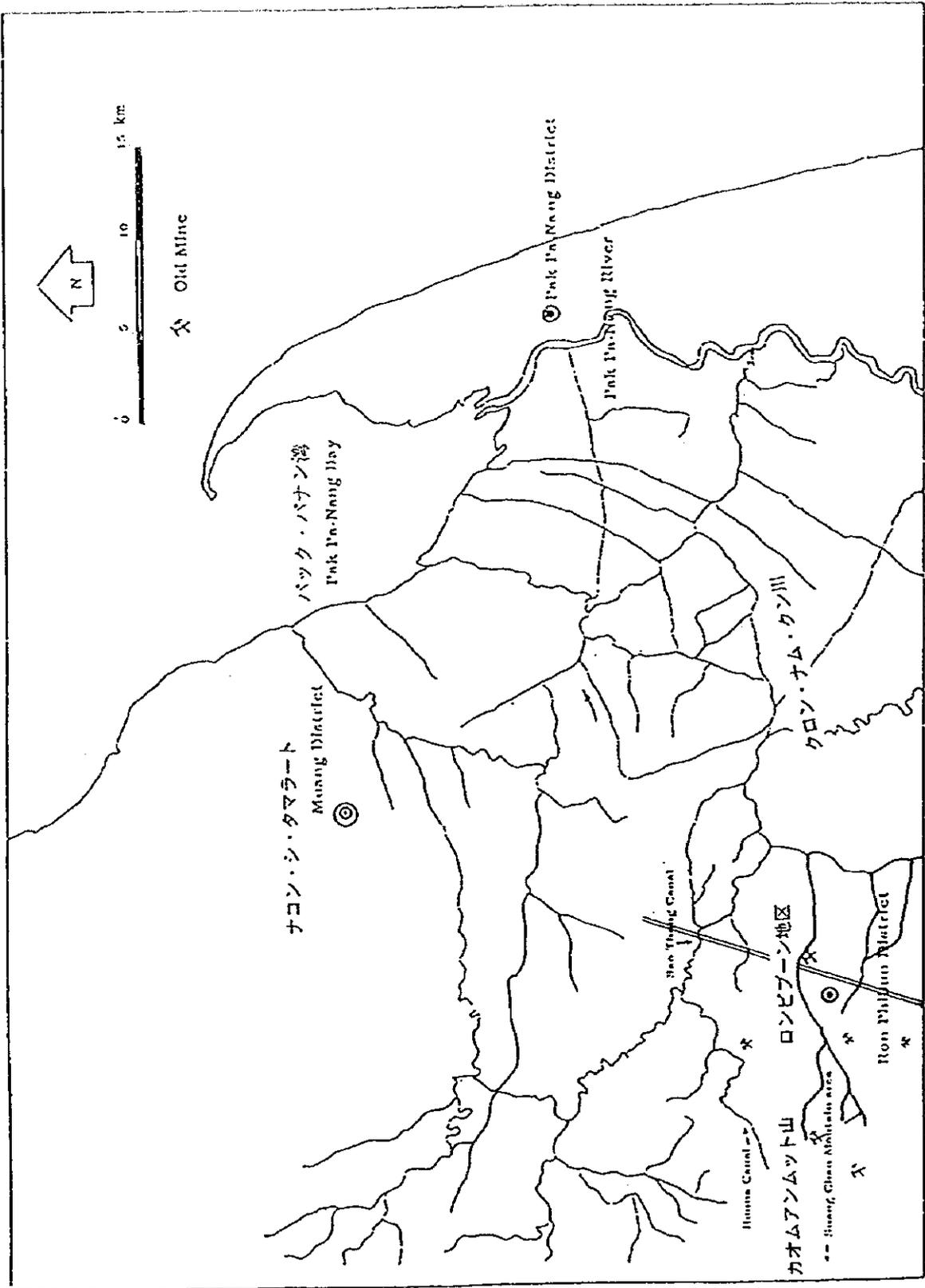
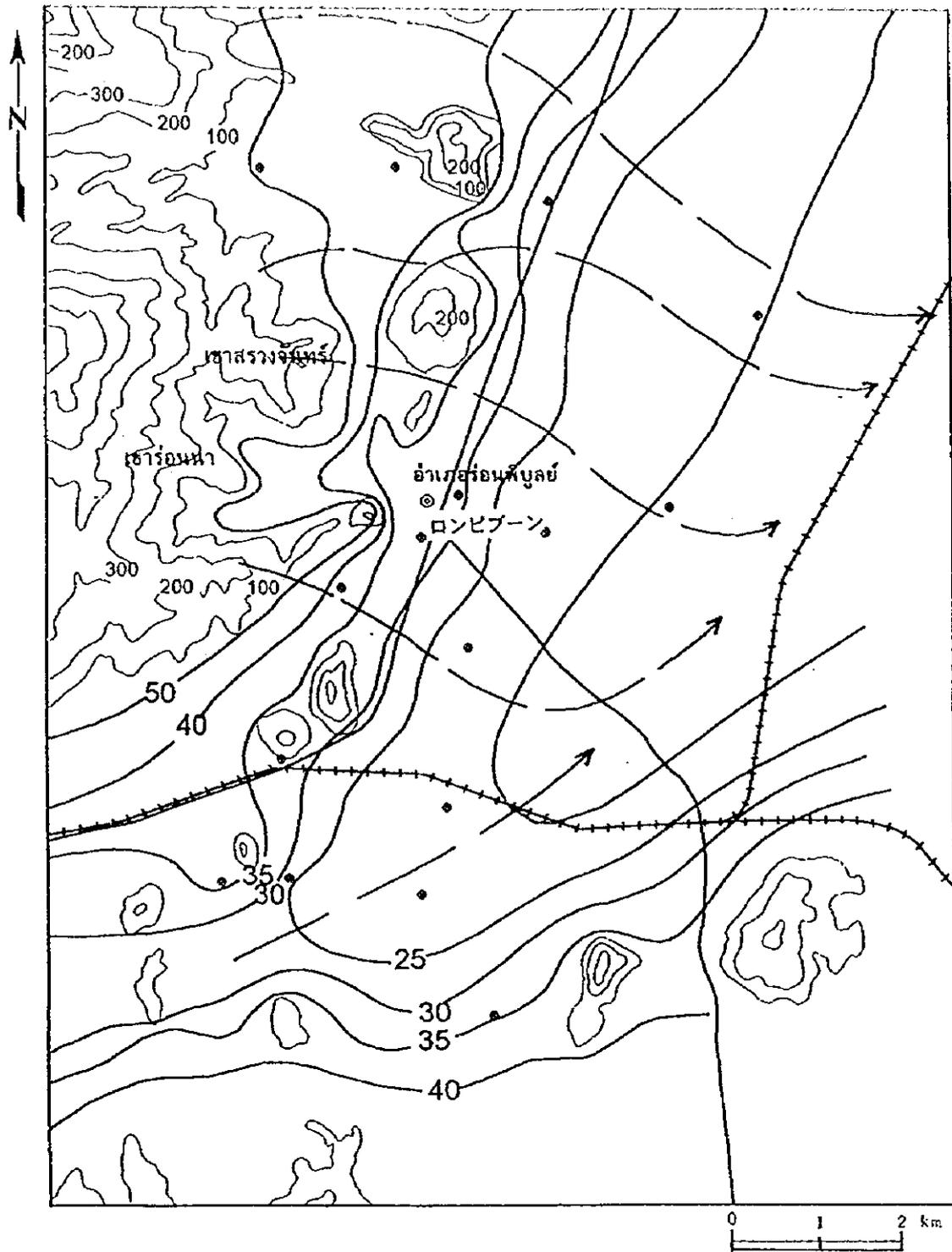


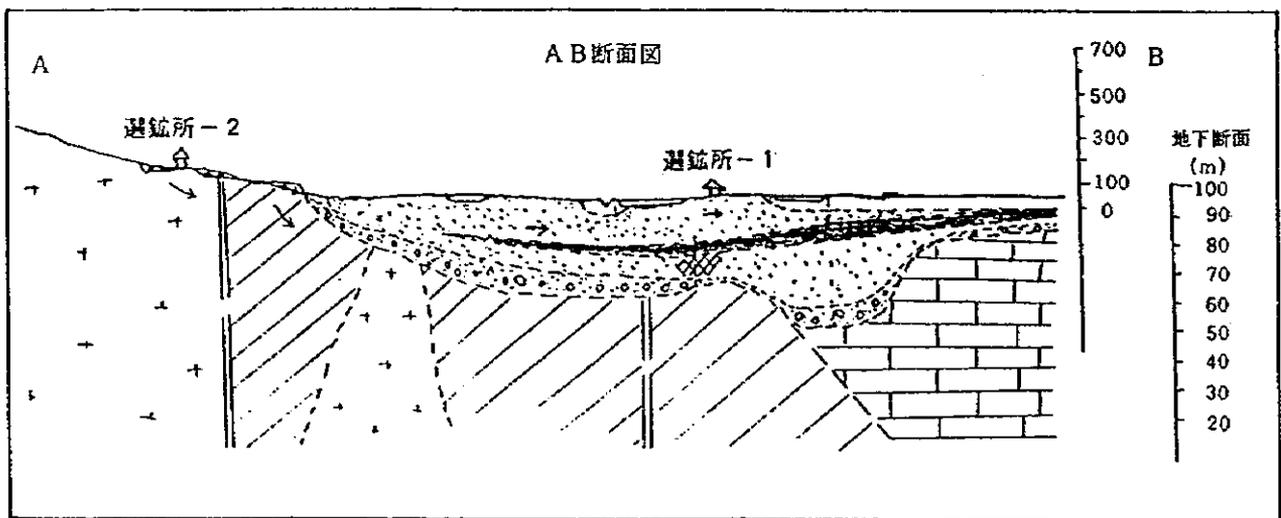
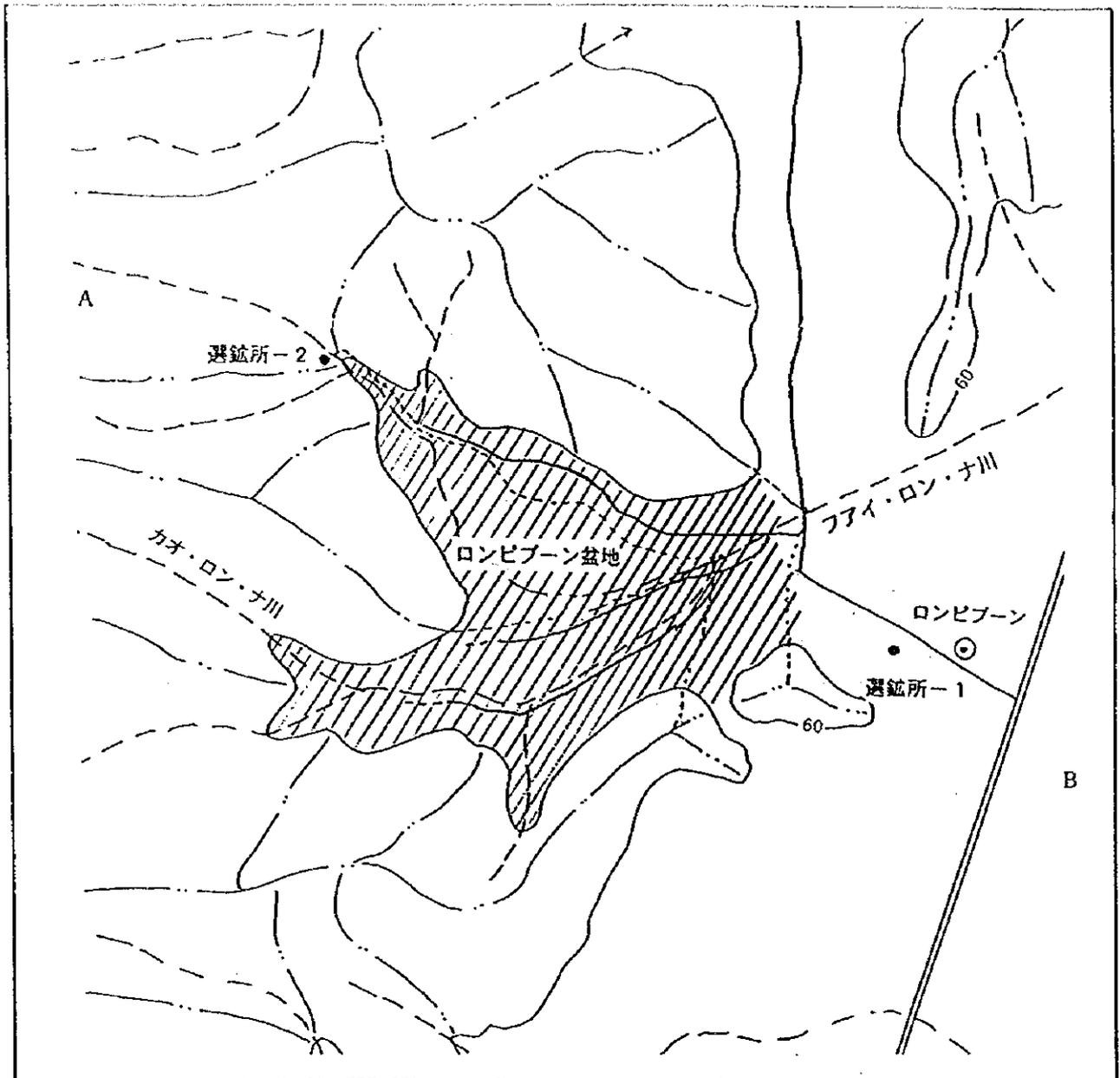
図-4.7 ナコン・シ・タマラート県の河川図



凡例

- | | | | |
|--|---------|--|----------|
| | 標高線 (m) | | 鉄道 |
| | 地下水の流向 | | 地下水位 (m) |
| | | | 井戸 |

図-4.8 ロンピブーン地区の地下水



(凡例は図-4.5参照)

図-4.9 ロンビブーン地区の水文

表-4.1 ナコン・シ・タマラート県の気象状況

観測地点： ナコン・シ・タマラート

位置： 北緯 8° 23'

： 東経 99° 58'

標高： 7m

項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
気温 (°C)													
平均気温	26.0	26.8	27.3	28.6	28.2	28.5	28.1	28.0	27.5	25.2	25.2	25.3	27.2
最高気温	29.9	31.2	32.7	33.8	33.5	33.5	33.3	33.2	32.3	31.2	29.7	29.2	32.0
最低気温	21.9	21.3	22.3	23.3	23.3	23.7	23.2	23.2	23.0	23.3	22.3	22.4	22.3
湿度 (%)													
平均湿度	81.0	78.0	76.0	77.0	79.0	75.0	75.0	75.0	78.0	83.0	85.0	81.0	78.0
最高湿度	96.0	95.0	95.0	95.0	95.0	93.0	93.0	93.0	93.0	95.0	96.0	95.0	95.0
最低湿度	55	51	57	58	58	58	57	57	59	57	73	71	62
蒸発量 (mm)	108.1	111.1	139.7	136.1	127.2	128.5	132.4	134.5	116.3	107.3	36.6	38.1	1,315.9
風													
風速 (ノット)	2.7	2.9	2.9	2.5	2.3	3.9	3.5	4.0	2.3	2.1	2.3	2.7	-
風向	E	E	E	E	SW	SW	SW	SW	SW	SW	N	N	-
降雨量 (mm)													
月降雨量	175.1	42.3	50.7	100.4	178.4	88.4	109.5	108.5	154.3	335.3	504.2	447.5	2,294.6
最大日降雨量	433.3	102.3	71.8	161.0	135.7	76.6	83.0	84.2	33.5	271.7	447.3	338.5	447.3

NAKION SI TIAMMARAT
 Lat. 04 20 N. Long. 97 50 E.

Height of wind vane above ground 11.5 m (21.5 m above MSL)
 Height of anemometer above ground 15.0 m (22.0 m above MSL)

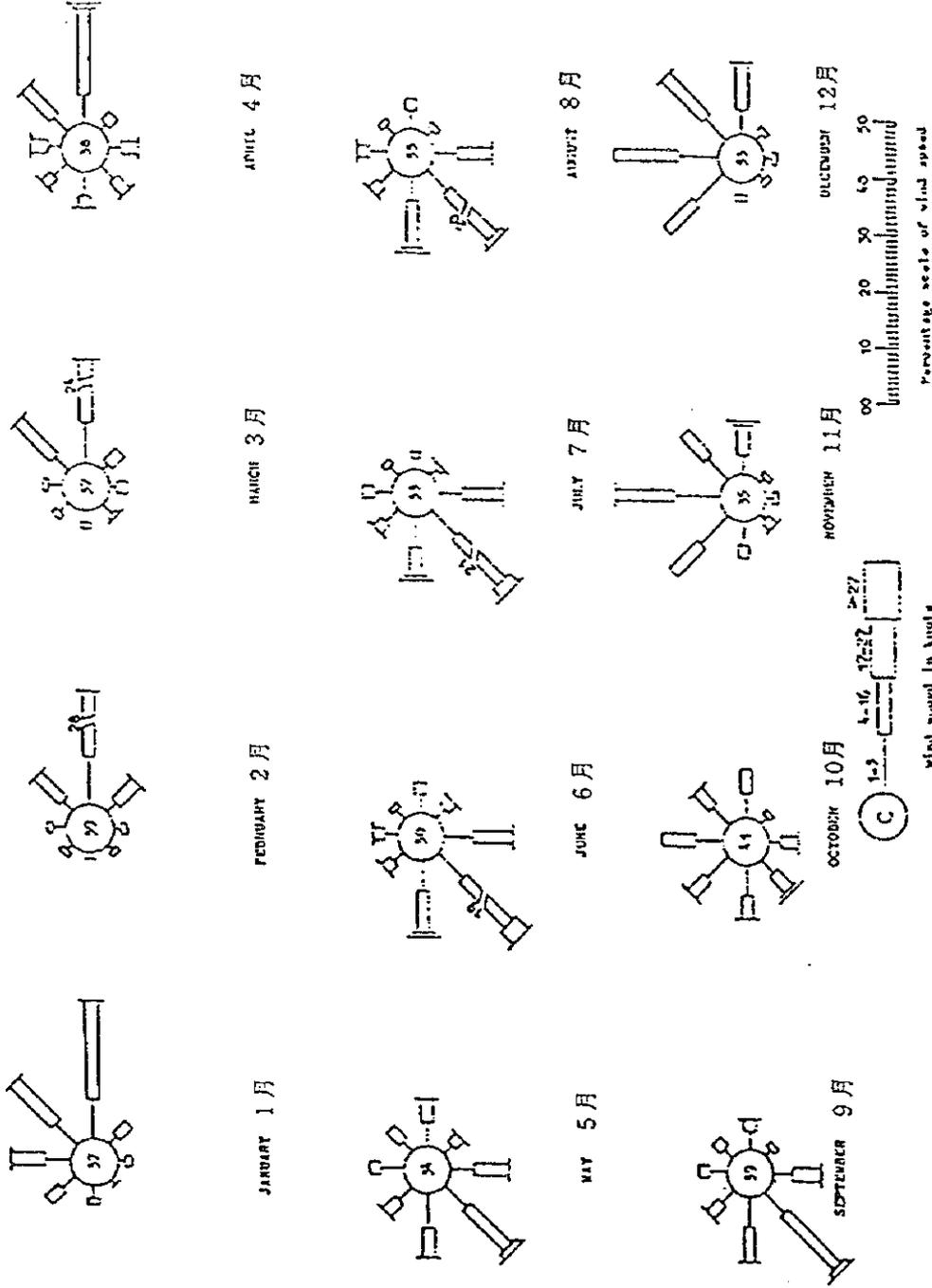


図-4.10 ナコン・シ・タマラート県の風について

134,383人（1994年）を対象としている。

b. ナコン・シ・タマラート県のG P P

ナコン・シ・タマラート県の1989～1993年のG P Pを下記に示す。

年度	G P P (million Baht)
1989	22,452
1990	25,733
1991	28,089
1992	30,104
1993	32,263

c. 工業

ナコン・シ・タマラート県内の工場数（1994年）は1,171であり、投資額6,065,246,872 Bahtである。工場に係わる労働者数は14,683人であり、県全人口の1%に相当する。

d. 交通

ナコン・シ・タマラート県内の交通状況を図-4.3に示す。

ロンピブーン地区へは国道403号線で南南西へ32kmの距離に位置している。国道403号線は完全舗装され、ナコン・シ・タマラート市からは車行約40分で到達する。

⑤ 電力

電力は現在不足状態を脱しており、供給制限あるいは停電の回数は相当改善されている。

⑥ 水道

ロンピブーン地区の公共水道は約80%が敷設されている。公共水道の水源地はカオ・スアンチャン付近の河川水である。その他は井戸あるいは雨水を利用している。

⑦ 通信

電話は一部普及し、携帯電話は使用可能とのことである。

4-2 鉱山及びヒ素汚染の沿革

(1) ロンピブーン地区の鉱山沿革

ロンピブーンの鉱山活動は約100年以上前から開始されていたらしく、主に山地部の錫鉱脈型鉱床及び河床の漂砂鉱床を対象としてたぬき掘り及びパンニングによる簡単な採掘及び選鉱を行ったものと推定される。山地部の錫鉱脈型鉱床は戦後中国系タイ人により採

掘され、山元に選鉱場を建設している。錫鉱山は22年前に閉山となり、選鉱場は約10年前に操業を停止した。

漂砂鉱床は約65～60年前にマレーシアからイギリス人が来て、ロンピブーン地区内及びその北部でドレッシングを開始し、ほぼ同時期にオーストラリア人が南部のノン・ベツト村周辺でモニターを利用して採掘を開始した。その後、第二次大戦によりロンピブーン地区の採掘は停止したが、ロンピブーン及びその北部では一時タイ政府が係わったが、すぐ中国系タイ人が採掘を継続している。

錫鉱脈型鉱床（1次鉱床）は坑内採掘法（ためき掘を含む）及び露天掘採掘法による採掘を行っていた。

漂砂鉱床は当初露天掘り及びモニターによる採掘を行っていたが、戦後大規模なドレッシング採掘も含めて行っている。錫鉱山のほとんどは1980年代の錫価低下の影響により閉山し、現在ロンピブーン北部の漂砂鉱床を対象とする1つの鉱山が露天掘法により採掘を継続しているのみである。

1980年～1997年に至るナコン・シ・タマラート県及びロンピブーン郡の錫生産量（錫精鉱）及び鉱山数について表-4.2に示す。

錫の鉱山数は盛時で20カ所の鉱区が設定されており、1982年には19鉱山が操業していた。しかし、1982年をピークに、その後の錫価格の低迷に伴い減少し、1994年には1鉱山となっている。生産量は効率化をはかり1989～1990年代の生産量（600～700t）には及ばないが、なお200tを越えている。

表-4.2 錫鉱山数及び生産量（t）

年	ナコンタマラート県	ロンピブーン地区	S n 鉱山数	S n・W 鉱山数
1980	1,571	360.1	6	11
1981	1,756	308.9	7	7
1982	1,531	321.3	3	16
1983	1,245	259.4	10	0
1984	992	161.4	8	2
1985	984	222.7	7	1
1986	1,201	297.9	4	0
1987	937	202.0	1	2
1988	1,468	116.6	2	0
1989	3,157	742.1	2	1
1990	3,166	629.9	1	1
1991	1,706	415.3	1	1
1992	1,964	227.0	2	1
1993	1,034	534.9	3	0
1994	1,044	568.7	1	0
1995	677	354.8	1	0
1996	352	263.6	1	0
1997	no data	220.3	1	0