

国際協力事業団

NO. 2

タイ王国  
科学技術環境省

# タイ国 ヒ素汚染地域環境改善計画調査

## ファイナル・レポート

平成12年3月

JICA LIBRARY



J1155585111

三井金属資源開発株式会社  
国際航業株式会社

鉱調査

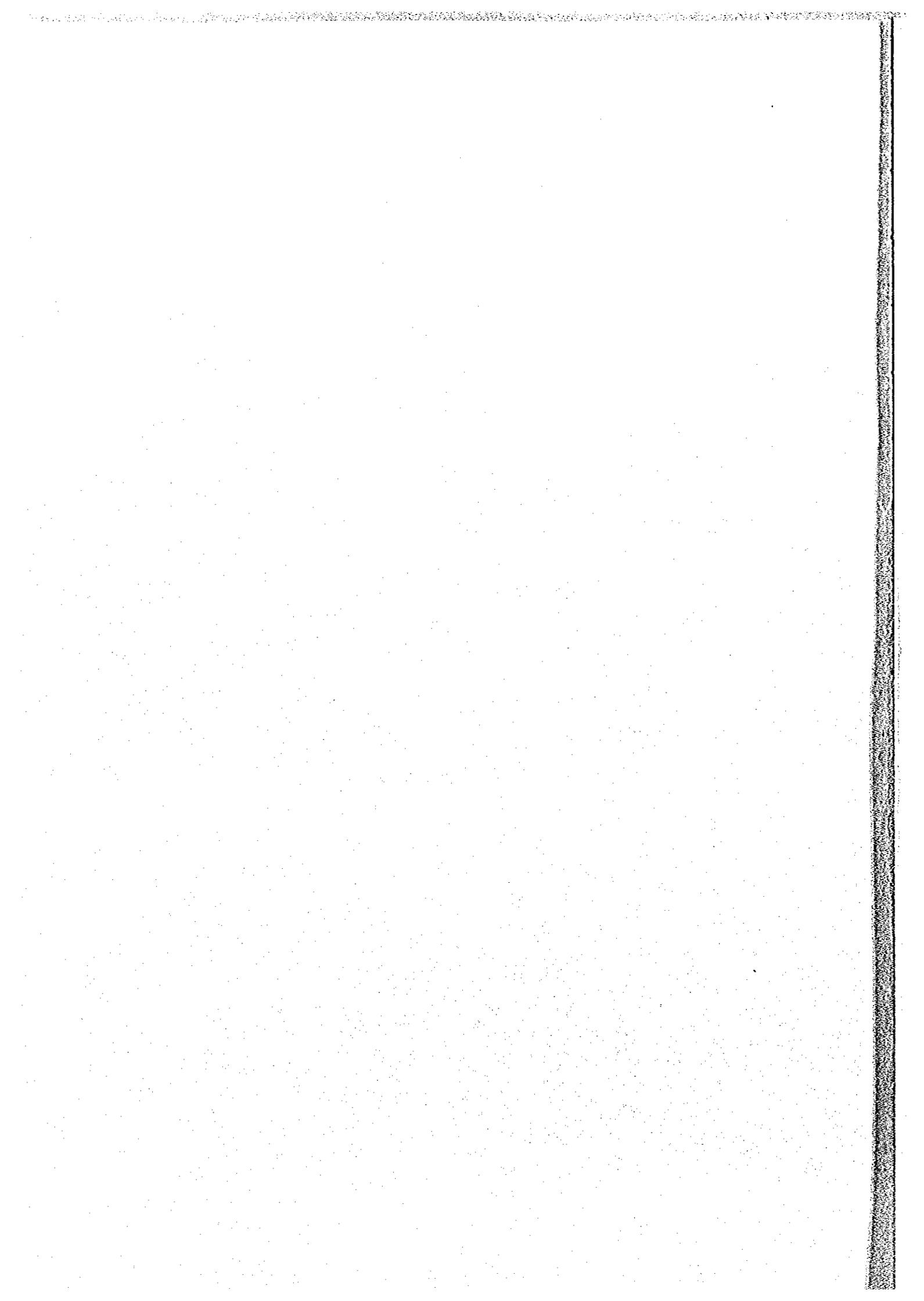
JR

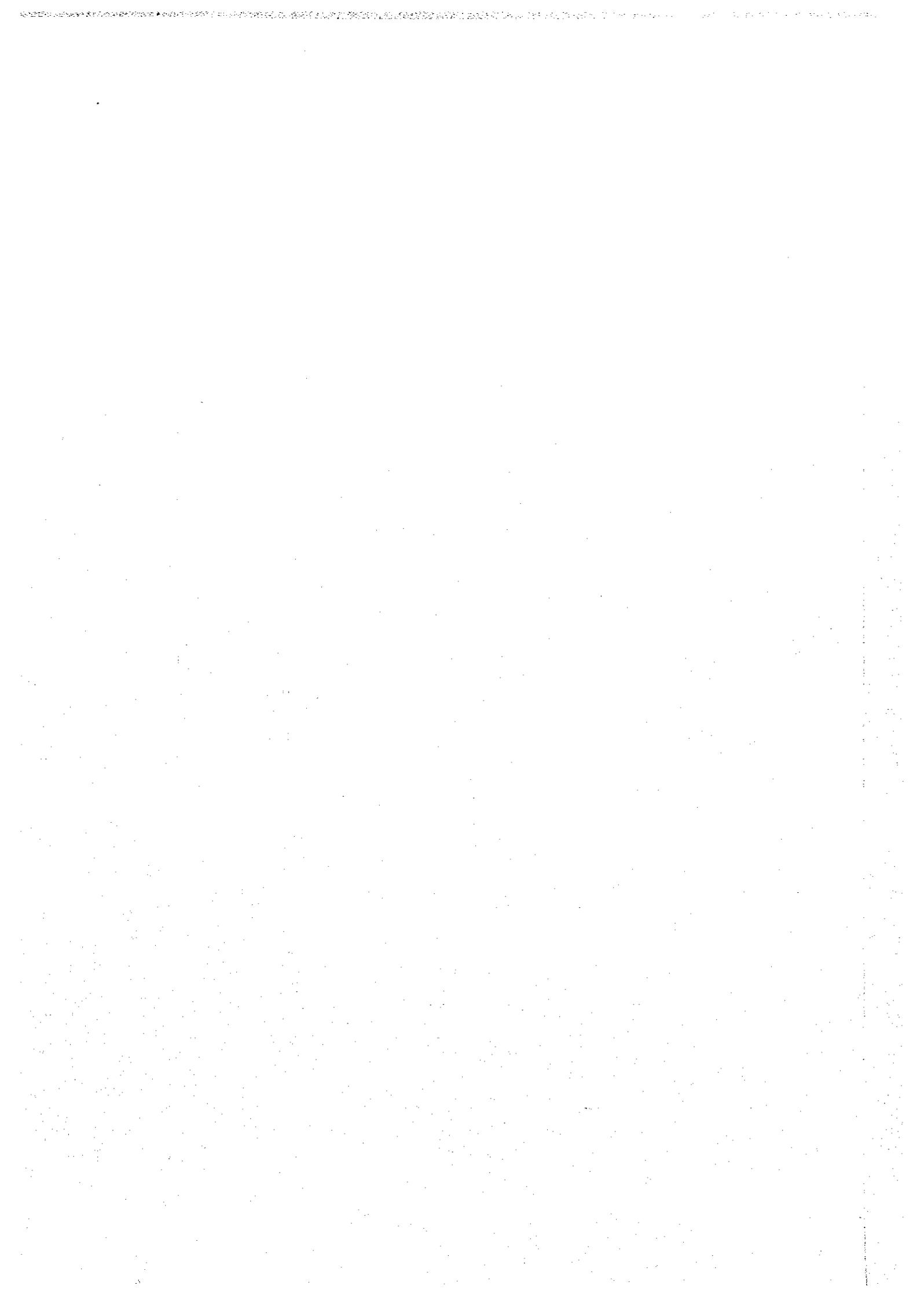
00-086

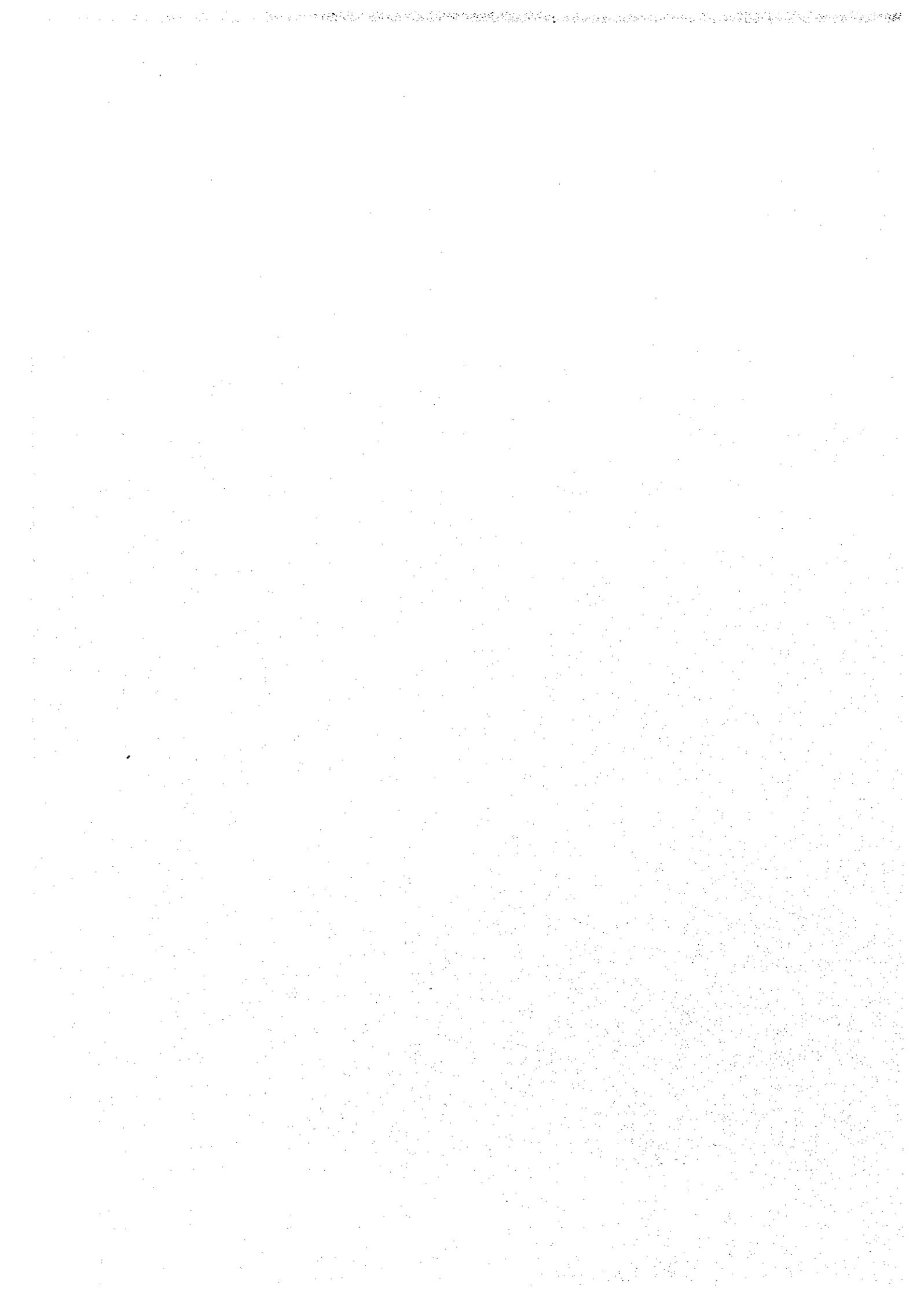
平成12年3月

国際









国際協力事業団

タイ王国  
科学技術環境省

# タイ国 ヒ素汚染地域環境改善計画調査

ファイナル・レポート

平成 12 年 3 月

三井金属資源開発株式会社  
国際航業株式会社



115585 (1)

## 序文

日本国政府は、タイ王国の要請に基づき、同国のナコンシタマラート県ヒ素汚染地域環境改善計画調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施しました。

当事業団は 1998 年 9 月から 2000 年 3 月までの間、6 回にわたり三井金属資源開発株式会社の大屋 峻氏を団長とし、三井金属資源開発株式会社及び国際航業株式会社から構成される調査団を派遣しました。

調査団はタイ王国政府関係者と協議を行うとともに、現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

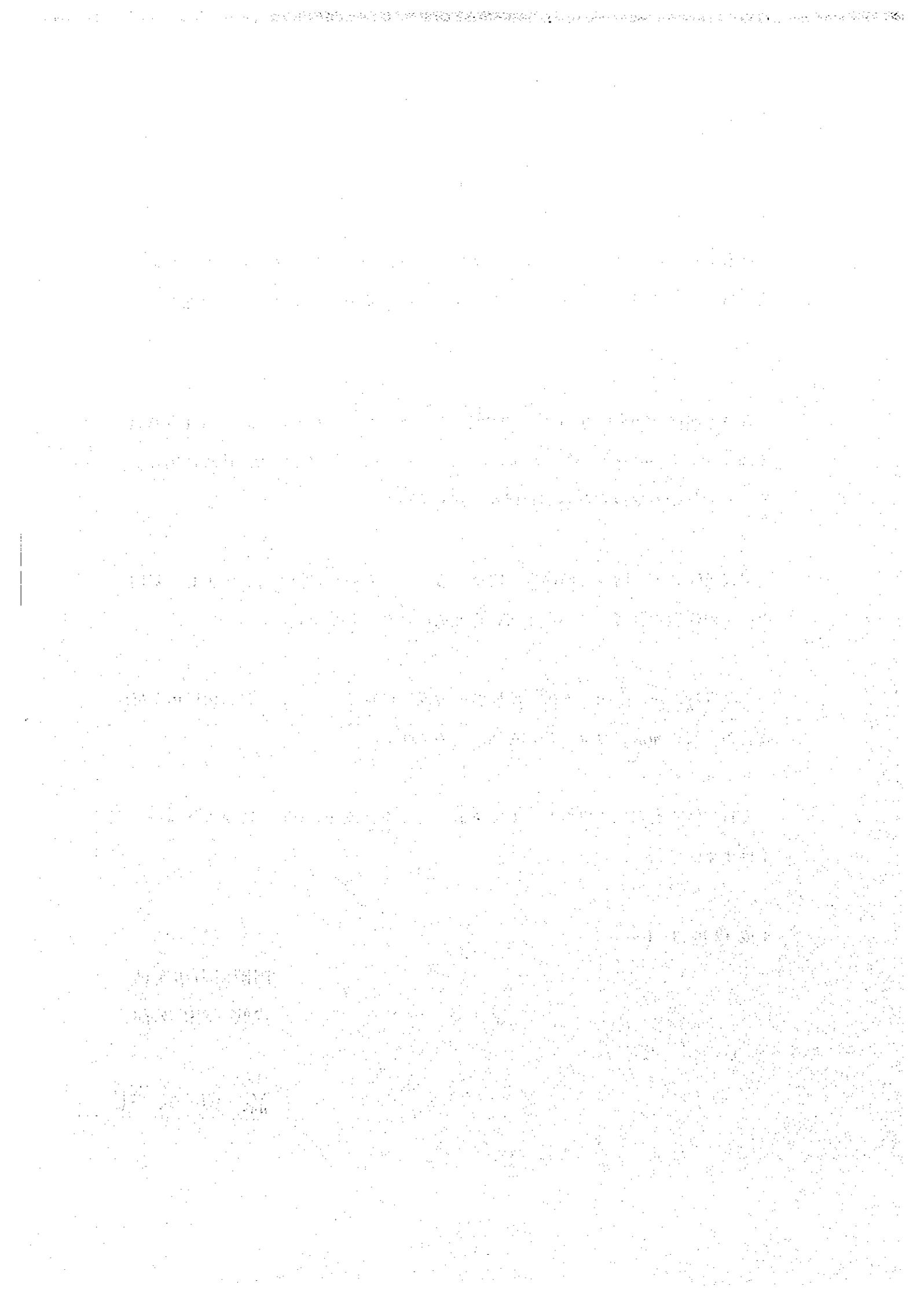
この報告書が、上記ヒ素汚染地域の環境改善に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援を頂いた関係者各位に対し、心から感謝申し上げます。

平成 12 年 3 月

国際協力事業団  
総裁 藤田 公郎

藤田 公郎



2000年3月

国際協力事業団

総裁 藤田 公郎 殿

タイ国

ヒ素汚染地域環境改善計画調査団

団長 大屋 峻

### 伝 達 状

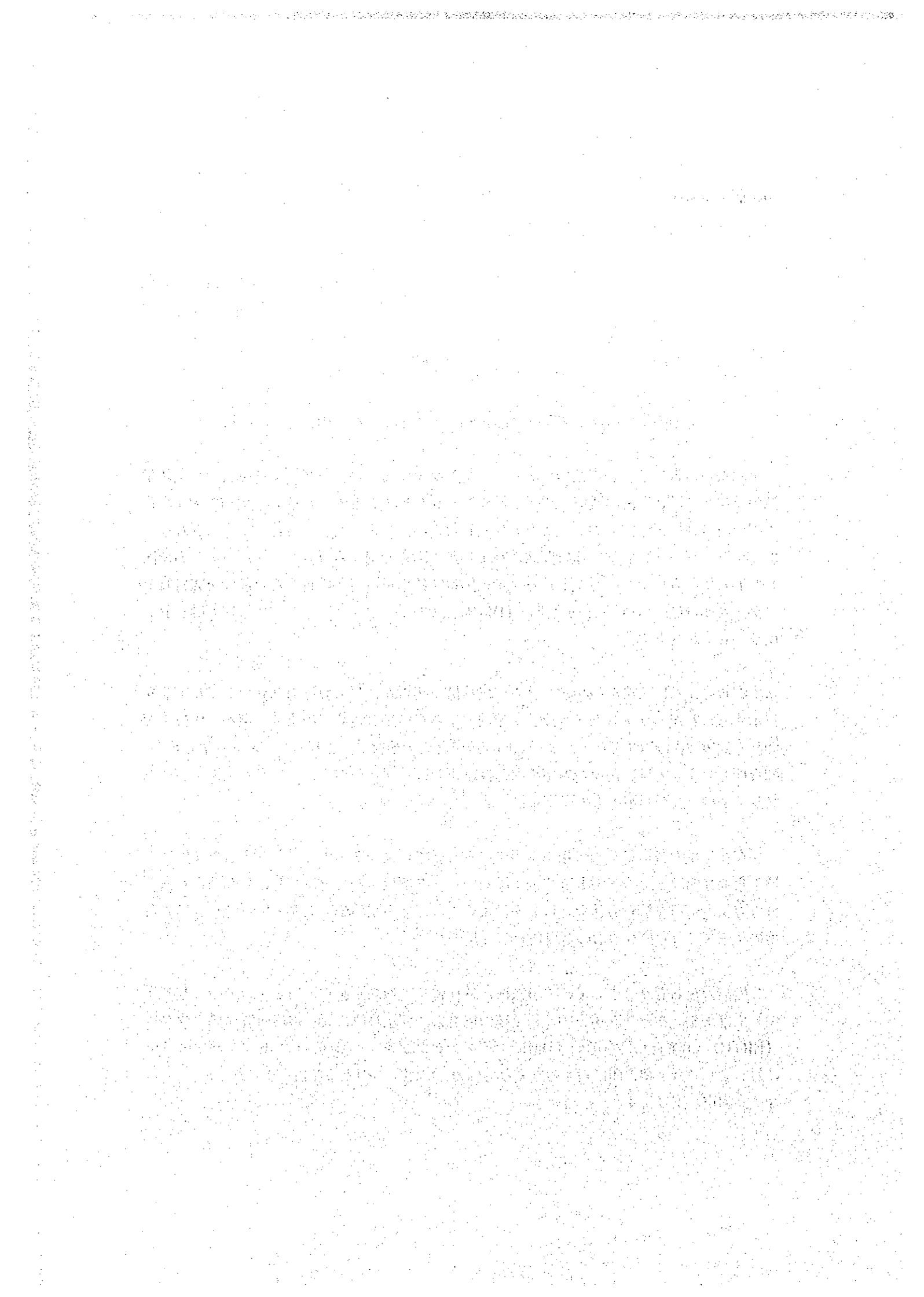
ここに、タイ国ヒ素汚染地域環境改善計画調査報告書を御提出申し上げます。

本調査報告書には、調査地域であるナコンシタマラート県ロンビブン行政区のヒ素汚染源の特定並びにヒ素溶出機構の解明、将来の汚染の進展予測及び可能な対策案について、日本国政府及び貴事業団の御意見等をも反映し報告いたしました。さらに、バンコク及びナコンシタマラートにおいて適宜開催されました本調査に関するカウンターパートとの協議をとおして、カウンターパートたるタイ王国科学技術環境省環境質改善局環境研究研修センター（ERTC）、工業省鉱物資源局（DMR）、ナコンシタマラート県庁の各官の御意見も反映させております。

本調査により、汚染源の特定、ヒ素溶出機構を明らかにし、対策のグランドデザインを提示することができました。今後、タイ側で本調査結果も含め、汚染源対策から代替水源開発、健康被害改善までにわたる総合的な改善計画の検討がなされることになりましたが、調査団としましては、汚染源対策の緊急性、重要性、便益に鑑み、汚染源対策のフィージビリティ調査及び対策工事の実施を強く推奨するものであります。

現在、世界の各地でヒ素の地下水汚染による健康被害が顕在化しており、新たな環境、地下水開発問題となっております。本調査、データ解析の過程で得られました調査方法、分析方法、データ解析方法などはヒ素による土壌・地下水汚染で悩んでいるこれら世界各地のケースで参考になるものと自負しております。

この機会をお借りしまして、貴事業団、外務省及び通商産業省に対しまして心より御礼申し上げます。また、タイ王国 科学技術環境省 環境質改善局 環境研究研修センター（ERTC）、工業省鉱物資源局（DMR）、ナコンシタマラート県庁、ロンビブン郡庁の各位に対しまして、調査団に対する緊密な御協力と心温まる御支援を頂きましたことにつき、深く感謝申し上げます。



## 目次

1. 調査概要	1
1.1 調査の背景	1
1.2 調査地域の概要	1
2. 調査方針・フローと調査内容	5
2.1 調査方針とフロー	5
2.1.1 調査目的	5
2.1.2 調査の方針	5
2.2 調査団	6
2.3 調査内容	6
2.3.1 鉱山地質調査	6
2.3.2 地質・オーガー調査	6
2.3.3 水文調査	9
2.3.4 社会・経済調査	9
2.3.5 分析	9
2.3.6 環境・土木	9
2.3.7 ビデオ作成	9
3. 汚染源の特定	11
3.1 山錫と採掘廃石	11
3.1.1 鉱山地質	11
3.1.2 一次鉱床と採掘廃石	11
3.2 選鉱精錬廃棄物	20
3.2.1 選鉱処理フロー	20
3.2.2 現場調査	20
3.3 堆積物中の汚染源調査	22
3.3.1 オーガー調査による絞り込み	22
3.3.2 オーガー調査精査とトレンチ調査	25
3.3.2.1 山元選鉱場下流域	30
3.3.2.2 町中选鉱場周辺	30
3.3.2.3 オーガー地点 32C 周辺	37
3.3.2.4 オーガー地点 32L 周辺	41
3.3.2.5 その他	41

4. 汚染源からのヒ素溶出機構	47
4.1  土壤段階抽出試験とヒ素の地化学相	47
4.2  酸化還元状況とヒ素溶出機構	56
4.3  形態分析とヒ素の挙動	60
4.4  汚染源概念モデル	65
4.4.1  山元選鉱場	65
4.4.2  廃棄物処分場（旧）	66
4.4.3  町中選鉱場とドレッジ池	66
4.4.4  廃棄物処分場（新）	66
4.4.5  32C周辺	68
4.4.6  32L周辺	70
5. 汚染拡散機構の解明	73
5.1  地下水流動	73
5.1.1  水収支解析	73
5.1.1.1  気象	73
5.1.1.2  河川流況	73
5.1.1.3  ロンビブン盆地の水収支	80
5.1.2  水文地質構造	82
5.1.2.1  地質概要	82
5.1.2.2  帯水層グループ	85
5.1.3  地下水流動状況と水質	91
5.1.3.1  地下水位の分布	91
5.1.3.2  地下水と河川水との交換	91
5.1.3.3  水質分類	97
5.2  地下水流動・汚染拡散シミュレーション	106
5.2.1  解析方法	106
5.2.2  ロンビブンモデル	106
5.2.3  汚染拡散モデル	110
5.2.4  ホットスポットモデルの構築	113
6. 汚染対策の策定	119
6.1  汚染対策の為の汚染現況認識	119
6.1.1  調査結果から推測されるヒ素汚染の原因	120
6.2  ヒ素環境対策	120
6.2.1  汚染物質、表土の処理	121

6.2.2	汚染水の処理	124
6.2.3	再溶出防止策	124
6.3	汚染対策評価と監視	124
6.4	土地利用についての啓蒙	136
6.5	まとめ	136
7.	代替水源対策	139
7.1	現況	139
7.2	水道計画	140
7.3	水源調査	141
8.	社会経済評価	147
8.1	概説	147
8.2	便益の概要	147
8.3	今後必要な調査項目	148
9.	提言	151

## List of Figures

### Figure

- 1 . 1 Location of the Survey Area
- 1 . 2 Survey Area in Ron Phibun
- 3 . 1 Survey Flow of Contaminated Area Identification
- 3 . 2 Mining Geological Map
- 3 . 3 Location of Soil Samples at Primary Mining Area
- 3 . 4 Summit Level Map
- 3 . 5 Material Balance of the Town Concentrator
- 3 . 6 Location of Auger Survey Points (1998)
- 3 . 7 Arsenic Distribution of Auger Water (1998)
- 3 . 8 Arsenic Distribution of Soil Elution at 30cm Depth (1998)
- 3 . 9 Arsenic Distribution of Soil Elution at 100cm Depth (1998)
- 3 . 10 Target Area for Detail Investigation
- 3 . 11 Location of Trench Survey
- 3 . 12 Cross Section of Trench T-1 Site
- 3 . 13 Cross Section of Trench T-2 Site
- 3 . 14 Cross Section of Trench T-3 Site
- 3 . 15 Cross Section of Trench T-4 Site
- 3 . 16 Survey Map around the Town Concentrator
- 3 . 17 Comparison of Arsenic in Soil Elution and Auger Water
- 3 . 18 Survey Map of the Dredging Pond
- 3 . 19 Survey Map around the Site 32C
- 3 . 20 Cross Section of Trench T-6 Site
- 3 . 21 Survey Map around the Site 32L
- 3 . 22 Arsenic Concentration in Dredging Ponds
- 3 . 23 Survey Map around the Site 26M
  
- 4 . 1 Survey Flow of Arsenic Release Mechanism Study
- 4 . 2 Geochemical Phase of Soil Samples (1998)
- 4 . 3 Geochemical Phase of Soil at Source Sites (1)
- 4 . 4 Geochemical Phase of Soil at Source Sites (2)
- 4 . 5 Geochemical Phase of Soil at Source Sites (3)
- 4 . 6 Geochemical Phase of Soil at Source Sites (4)
- 4 . 7 Geochemical Phase and Sampling Location
- 4 . 8 Correlation of Arsenic and Sulphate
- 4 . 9 Classification of Source by Arsenic and ORP
- 4 . 10 ORP-pH Diagram for Fe Hydroxide
- 4 . 11 As(V)/As(III) Ratio and ORP (1)
- 4 . 12 As(V)/As(III) Ratio and ORP (2)
- 4 . 13 Arsenic Species and ORP in Surface Water
- 4 . 14 Cross Section Model around the Dredging Pond
- 4 . 15 Cross Section Model around 32C
- 4 . 16 Cross Section Model around 32L
  
- 5 . 1 Survey Flow of Arsenic Transport Model Study
- 5 . 2 Accumulated Rainfall in the Study Area (1998/11/1-1999/6/23)
- 5 . 3 Location of Measures Points in the River Survey (Oct. 1998)
- 5 . 4 Runoff Distribution in Klong Nam Khun River Basin (Oct. 1998)
- 5 . 5 Result of Runoff Simulation by Tank Model
- 5 . 6 Topography and Simplified Geology of Ron Phibun Basin
- 5 . 7 Hydrogeological Cross Section A-A'
- 5 . 8 Hydrogeological Cross Section B-B'

- 5 . 9 Hydrogeological Cross Section C-C'
- 5 . 10 Simplified Hydrogeological Map
- 5 . 11 Groundwater Level Contour on 21 June 1999
- 5 . 12 Groundwater Flow Velocity in Shallow Aquifer
- 5 . 13 Location of Profiles along Rivers
- 5 . 14 Profile 1-1' to 3-3'
- 5 . 15 Profile 4-4' to 6-6'
- 5 . 16 Profile 7-7' to 9-9'
- 5 . 17 Hexa-diagram of River Water and Groundwater (1998-1999)
- 5 . 18 Arsenic Content in Shallow Well Water
- 5 . 19 Arsenic Content in Deep Well Water
- 5 . 20 Composition of the Ron Phibun Model
- 5 . 21 Simulated Groundwater Level
- 5 . 22 Simulated Groundwater Level at Observation Well
- 5 . 23 Result of Simulation Case 1 (30 years)
- 5 . 24 Result of Simulation Case 2 (30 years)
- 5 . 25 Result of Simulation Case 3 (30 years)
- 5 . 26 Location and Specification of Hot Spot Model
  
- 6 . 1 Target Area for Pollution Countermeasure
- 6 . 2 Process Flow of Arsenic Removal from Water
- 6 . 3 Result of Simulation around the Town (current situation)
- 6 . 4 Result of Simulation around the Town without Countermeasure (+50 years)
- 6 . 5 Result of Simulation around the Town with Countermeasure (+30 years)
- 6 . 6 Result of Simulation around 32C (current situation)
- 6 . 7 Result of Simulation around 32C without Countermeasure (+50 years)
- 6 . 8 Result of Simulation around 32C with Countermeasure (+20 years)
- 6 . 9 Result of Simulation around 32L (current situation)
- 6 . 10 Result of Simulation around 32L without Countermeasure (+50 years)
- 6 . 11 Result of Simulation around 32L with Countermeasure (+20 years)
  
- 7 . 1 Water Service Network in Ron Phibun District

## List of Tables

### Table

- 1 . 1 **Arsenic Chronical Disease Patients by Village of Residence in 1997**
- 2 . 1 **Outline of the Survey**
- 3 . 1 **Analytical Result of Soil Samples**
- 3 . 2 **Analytical Result of Samples at Source Sites**
- 3 . 3 **Arsenic In Dredging Ponds**
  
- 4 . 1 **Comparison of the Pond Sediment and Soil**
- 4 . 2 **As(III) and As(V) distribution**
  
- 5 . 1 **Result of Tank Model Analysis**
- 5 . 2 **Summary of Drilling Survey**
- 5 . 3 **Summary of Aquifer Group**
- 5 . 4 **Hydraulic Conductivity of Shallow Aquifer**
- 5 . 5 **Aquifer Parameters of the Ron Phibun Model**
- 5 . 6 **Water Balance of Shallow Aquifer**
- 5 . 7 **Parameters for Contaminant Transport Model**
  
- 6 . 1 **Summary of Contaminant Source Removal**
  
- 7 . 1 **Water Flow and Quality (field measurement)**
- 7 . 2 **Water Quality (laboratory analysis)**

List of Abbreviation and Term 略号・用語表

	Engsih	Japanese
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力事業団
MITI	Ministry of International Trade and Industry	通商産業省
GoT	Government of Thailand	タイ国政府
NEB	National Environmental Board	国家環境会議
ONEB	Office of National Environmental Board	国家環境会議事務局
MOSTE	Ministry of Science, Technology and Environment	科学技術環境省
PCD	Pollution Control Department	環境汚染管理局
OEPP	Office of Environmental Policy Planning	環境政策計画室
DEQP	Department of Environmental Quality Promotion	環境質促進局
ERTC	Environmental Research and Training Centre	環境研究研修センター
DMR	Department of Mineral Resources	工業省鉱物資源局
DMRNST	Department of Mineral Resources Local Office in Nakhon Si Thammarat	鉱物資源局ナコンシタマラート地方事務所
MOH	Ministry of Health	保健省
DTEC	Department of Technical and Economic	経済協力局
RID	Royal Irrigation Department	王室灌漑局
DIW	Department of Industrial Works	工場局
PWD	Public Works Department	タイ公共事業局
PWA	Provincial Waterworks Authority	地方水道庁(公社)
ARD	Accelerated Rural Development Office	農村開発促進庁(地方開発振興局)
Eighth Plan	Eighth Economic and Social Development Plan	第八次経済社会発展計画
LGoNST	Local Government Office of Nakhon Si	ナコンシタマラート県政府
RPO	Ron Phibun District Office	ロンピブン郡政府
HORP	Health Office of Ron Phibun District	ロンピブン郡保健局
BGS	British Geological Survey	英国地質調査所
PSU	Prince of Songkla University	ソンクラ大学
AAN	Asia Arsenic Network	アジアヒ素ネットワーク
AAS	Atomic Absorption Spectrophotometry	原子吸光分析機
IC	Ion Chromatograph	イオンクロマトグラフ
EC	Electric conductivity	導電率
ORP	Oxidation Reduction Potential	酸化還元電位
T-As(AAS)	Total arsenic by Atomic absorption Spectrophotometry	原子吸光分析機による全ヒ素分析値
T-As(Hironaka)	Total arsenic by Hironaka method	広中式による全ヒ素分析値
As(III)	Trivalent arsenic	3価ヒ素
As(V)	Pentavalent arsenic	5価ヒ素
Changwat	Province	県(Province)
Amphoe	District	郡(District)
Tambol	Sub-district	行政区(Sub-district)
Mubaan	Village	村(Village)
Siam Tone	Siam Tone Co.,Ltd	サイム利根株式会社
IPT	Integrated Promotion Technology Co.,Ltd.	

## 1. 調査概要

## 1. 調査概要

### 1.1 調査の背景

タイ王国南部ナコンシタマラート県ロンビブン地区では、古くから慢性皮膚病患者が発生していることが知られていた。1980年代後半には、その症状から慢性皮膚病の原因はヒ素中毒によるものと考えられるに至った。

1992年にはヒ素中毒による慢性皮膚病患者は1000名を超えた。タイ政府機関や外国の研究機関は皮膚病の原因を研究し、本地域で広く行われていた鉱業活動による地下水のヒ素汚染が原因であると結論付けた。

ロンビブン地区はバンコク南方約800kmのマレー半島にあり、錫鉱化帯の中央に位置している。本地域では、過去100年にわたり、初生Sn-W-As脈状鉱床や二次的砂錫鉱床が採掘されてきた。

ヒ素濃度調査の結果、本地域の井戸水中には世界保健機構(WHO)の基準値(10 $\mu$ g/liter)の50~100倍のヒ素が検出された。井戸水中のヒ素濃度や断片的なヒ素汚染の実態調査は実施されたが、資金不足や技術的な経験不足から、詳細なヒ素の溶出源や地下水へのヒ素溶出機構は研究されていなかった。

タイ政府は応急対策として、地域住民に対し汚染地域外から飲料水を輸送したり、雨水を貯めるための水嚢を配ったりしている。1996年、タイ国保健省(MOH)がロンビブン行政区内(Tambol)に浄水場を建設した。しかしながら、地域住民は従来地下水を利用しており、飲料水に代金を支払う習慣も支払能力も無いため、水道はあまり利用されず、地域住民の衛生状況を画期的に改善する策とはなっていない。汚染された地下水は、地下水流動とともに下流域へ広がり、下流域の住民を危険に晒すことになる。汚染地域を広げないためにも、汚染機構の解明と状況に応じた汚染対策の検討は急務である。

タイ国政府は、日本国政府に、ヒ素汚染源の特定、ヒ素汚染機構の解明、周辺地域及び下流域へのヒ素汚染拡散を軽減するための対策の策定を要請し、日本政府はこれに応じ本調査を実施した。

### 1.2 調査地域の概要

ロンビブン郡(Amphoc)は、タイ国ナコンシタマラート県にあり、県庁所在地のナコンシタマラート市から32km、自動車では約40分である。ロンビブン郡は504.76km<sup>2</sup>、Hintok、Saothong、RonPhibun、Kuanchun、Kuanphang、Kuankoeyの6行政区から成っており、ロンビブン行政区は16村に分割されている。1997年現在の村落ごとのヒ素患者数をTable 1.1に示す。ヒ素中毒患者数の多い村落はNo.12、No.13で、全地域の患者数の約50%を占めている。原患者の数、位置はロンビブン行政区に限定されており、土壌・地下水汚染状況、山錫鉱山・選鉱場の所在位置などから、ヒ素汚染はロンビブン行政区が中心である。

Village No.	No. of Patients	Percentage	Village No.	No. of Patients	Percentage
1	29	8.7	9	11	3.3
2	31	9.3	10	5	1.5
3	0	0.0	11	0	0.0
4	27	8.1	12	104	31.1
5	21	6.3	13	72	21.6
6	7	2.1	14	7	2.1
7	13	3.9	15	4	1.2
8	2	0.6	16	1	0.3

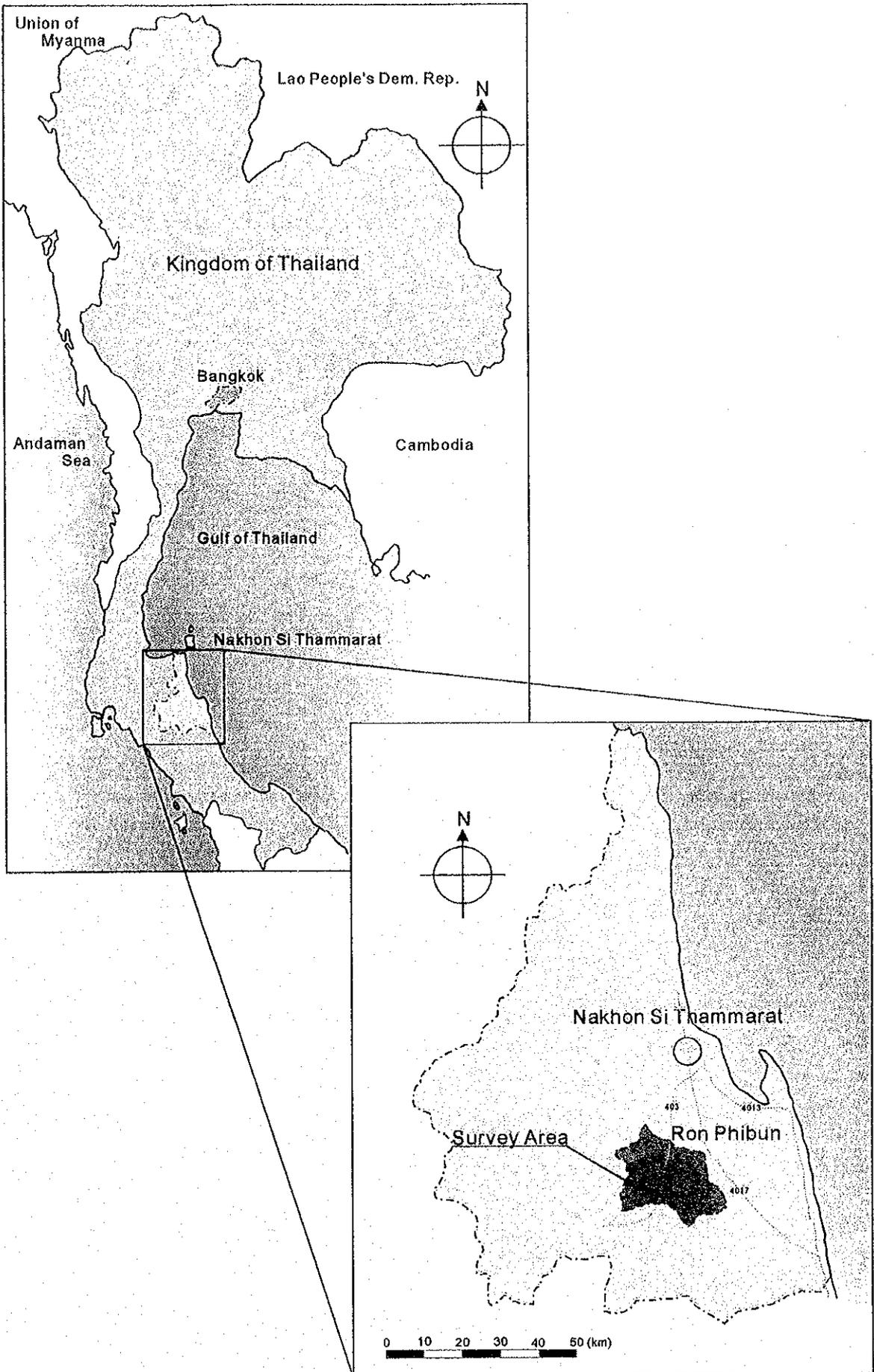
Table 1.1 Arsenic Chronical Disease Patients by Village of Residence in 1997

ロンビブン郡はマレー半島の脊梁を形成するカオロンナ山脈、カオスアンチャン山脈の東麓に位置する。カオロンナ山脈、カオスアンチャン山脈は南北方向に雁行状に連なるカオルアン山脈の一部を構成する。調査地域の西部は山岳部を形成し、標高 925m のカオムアイムット山を頂点とし、山麓部の標高 50m 付近まで比較的急峻な山岳地形を呈している。山頂部は東-西から北東-南西系に伸展している。水系は均質岩分布地域に良く発達する樹枝状である。

調査地域東部は標高 50m 前後で、緩やかに起伏する。ロンビブン行政区から西部山麓部までは東西約 2km、南北約 1km の小規模な盆地地形(以下ロンビブン盆地)が認められる。

調査地の気候は熱帯モンスーン気候で、乾期(2月~4月)と雨期に分けられる。年間降雨量は平均 2,381.8mm で、5月~10月は南西風が卓越し、11月~1月は北東風が卓越する。各月の平均気温は 25.8°C~28.5°C で、年間を通じ温度変化は小さい。

花崗岩中の錫鉱脈鉱床は、調査地域の西部の山中に発達し、その幾つかは最近まで採掘されていた。採掘された鉱石は、山麓の選鉱場及び町中の選鉱場で選鉱され域外の精錬所へと運搬されていた。これら両選鉱場ともに現在は閉鎖されているが、近年までヒ素を伴う錫鉱石の焙焼を行っていたと推定される。



**Fig 1.1 Location of the Survey Area**

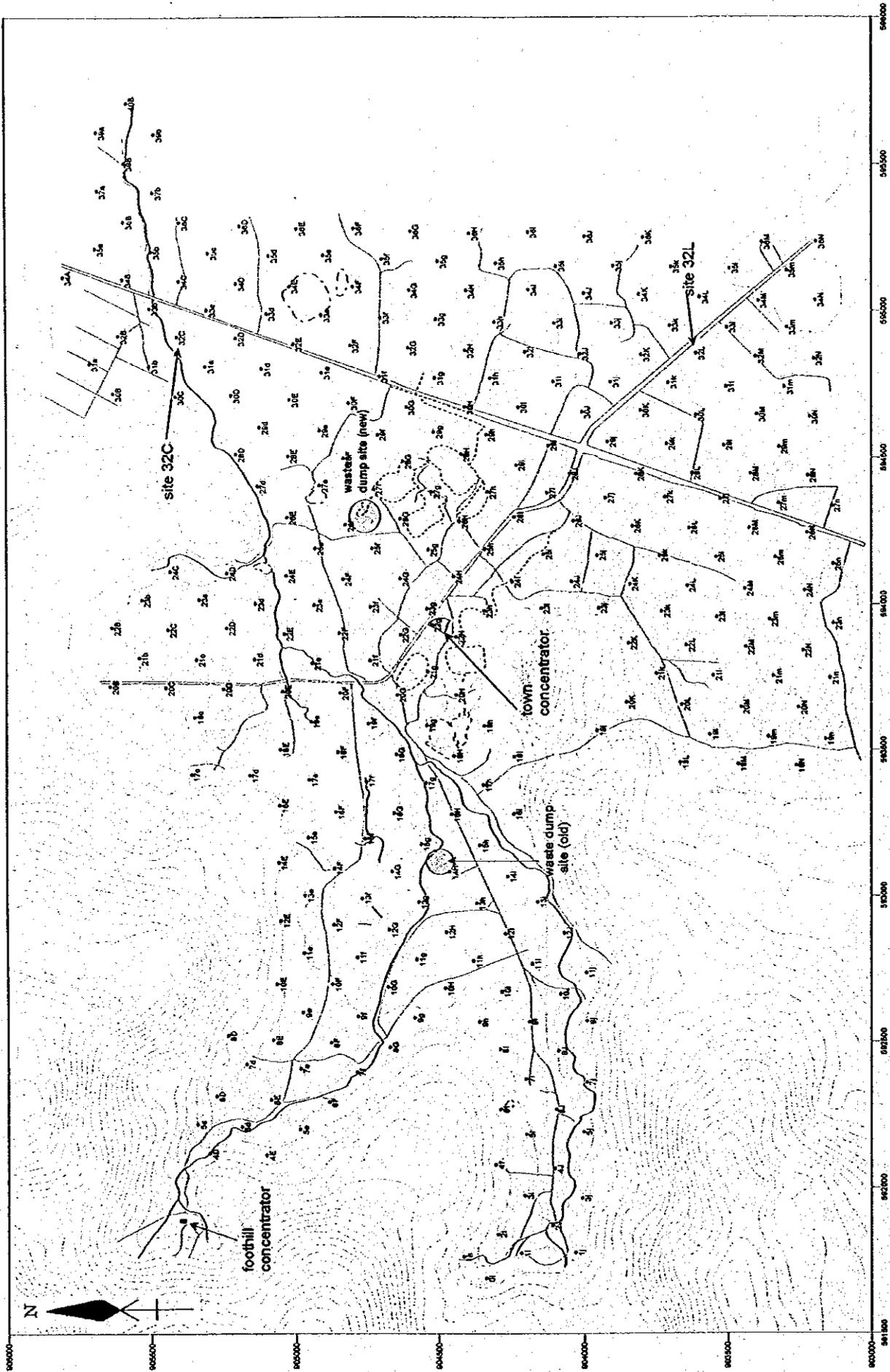


Fig 1.2 Survey Area in Ron Phibun

## 2. 調査方針・フローと調査内容



## 2. 調査方針・フローと調査内容

### 2.1 調査方針とフロー

#### 2.1.1 調査目的

ロンビブン郡におけるヒ素汚染源の特定と、汚染メカニズムの解明を行い、周辺地域や下流域へのヒ素汚染拡散を軽減するための対策を策定することを目的とする。また、本調査実施を通じカウンターパート機関であるタイ王国 科学技術環境省 環境質促進局 環境研究研修センター (ERTC) に対し技術移転を実施した。

#### 2.1.2 調査の方針

調査地域の高濃度ヒ素は、錫鉱床などに伴い本地域にもたらされ、鉱山開発・製錬などの活動並びにその廃棄物が管理されず地域に分散し、ヒ素が土壌や粘土などに吸着・溶解し地下水中に拡散していったものと推定し調査を進めた。

1. 地域地下水のヒ素汚染源の特定・ヒ素汚染分布・ヒ素汚染機構調査として次の事項を調査した。
  - ◆ 本地域へヒ素をもたらした源としての花崗岩中の脈状錫鉱床調査
  - ◆ 脈状錫鉱床の採掘に伴うずりなどヒ素含有物質の挙動
  - ◆ 選鉱製錬に伴うヒ素の挙動及びその廃棄物の所在
  - ◆ 平地の沖積層中の浅層地下水のヒ素濃度分布
  - ◆ 土壌中の可溶性ヒ素の挙動
  - ◆ 選鉱場の廃棄物調査
2. 汚染源からのヒ素溶出機構解明のため、次の事項を調査した。
  - ◆ 段階溶出試験によるヒ素溶出相の解明
  - ◆ 地下水のヒ素汚染の関係解明のための沖積層の物理化学的条件調査
3. 汚染した地下水ならびに地表水の挙動調査として次の事項を実施した。
  - ◆ 地下水の涵養と流出
  - ◆ コンピュータによる地下水流動モデル作成
4. ヒ素汚染の社会経済的な影響を調査するとともに、対策実施機関について調査した。
5. 調査結果を総合的に解析し、ヒ素汚染対策法を検討した。
  - ◆ 汚染土壌の除去
  - ◆ 汚染水の処理
  - ◆ 溶出の防止
  - ◆ 代替水源調査

## 2.2 調査団

JICA 調査団は次の専門家により構成された。

大屋 峻	総括
南雲 義広	鉱山地質
濱 博也	地質
中村 正司	地質/選鉱・製錬
鎌田 烈	水文
雷 沛豊	水文
押川 尚子	分析
福田 宗弘	分析
高多 明	環境・土木
石塚 善章	試錐
升村 章司	社会・経済
加藤 智弘	業務調整

現地調査は下記の通り実施した。

第1次調査	1998年9月8日 ~ 12月10日
第2次調査	1999年1月20日 ~ 3月16日
第3次調査	1999年5月17日 ~ 8月27日
第4次調査	1999年8月23日 ~ 8月28日
第5次調査	1999年12月12日 ~ 12月21日
第6次調査	2000年3月12日 ~ 3月21日

## 2.3 調査内容

調査内容の概要を Table 2.1 に示した。

### 2.3.1 鉱山地質調査

本調査地域内にある花崗岩中の錫脈鉱床の採掘跡4箇所を調査した。鉱床調査のほかに、鉱床周辺の山地域の土壌試料40個を採取し、ERTCにおいて化学分析に供した。鉱石並びに岩石試料24個採取し、日本において顕微鏡下の鉱物鑑定・X線回折などにより鉱物を分析した。

### 2.3.2 地質・オーガー調査

オーガーボーリングの総数は363点である。その内306点は概査として、地表近くの浅層地下水のヒ素汚染状況調査と、地表近くの土壌からのヒ素溶出可能性を調査するために、ロンビブン盆地から平野部にかけて、約140m間隔の格子状の地点でオーガーボーリングを実施した。オーガーボーリングは、概査では、原則として地下水位以下30cmもしくは地表下5mまで掘削し、精査では土質条件などを勘察し、数個/孔の試料を採取した。上記の概査により抽出された、高ヒ素異常地域3箇所掘削点間隔を50mもしくはそれ以

下としたオーガー精査を実施した。また、主要な河川の河川水と地下水の流入出を調査するため、河川に直行する方向に数 10m 間隔でオーガー精査を実施した。これらオーガー精査点は合計 57 点である。

オーガー調査の際には、地下水試料を採取し試料調整後 ERTC に発送するとともに、現場で広中式簡易ヒ素分析器によるヒ素濃度測定と、温度、pH、ORP、EC の測定を実施した。また、12 箇所降下粉塵試料を採取し、汚染概況調査として、廃止鉱山のズリ調査、錫採掘法・選鉱法調査を実施した。

部門	調査項目	調査時期	調査内容/数量
鉱山地質	地質踏査	98.09~12	
	鉱床調査		
	岩石鉱石試料採取		
	土壌試料採取		40試料
地質・選鉱 製錬・試 錐	オーガー調査	98.09~12 99.05~06	306地点：141mグリッド 57地点：主な汚染箇所4地区では50m間隔
	試錐調査	98.09~12	深井戸掘削：9本（合計掘進長222.6m）
		98.09~12	浅井戸掘削：8本（合計掘進長 57.2m）
		99.05~06	深井戸掘削：7本（合計掘進長184.2m）
		99.05~06	浅井戸掘削：6本（合計掘進長 51.6m）
	トレンチ調査	99.05~06	6箇所
	降下粉塵調査	98.09~99.08	調査地点：12箇所
水文	河川流量調査	98.09~12 99.05~06	測定地点40箇所、2回 測定地点40箇所、2回
	井戸台帳作成	98.09~99.08	ロンビブン地域井戸台帳作成
	気象観測		山腹と平野部2箇所で自動観測(降雨量、気温など)
	地下水位一斉観測		
	分析	現場分析	
ERTC機器分析			水：5386件(Na,K,Ca,Mg,Fe,Mn,S04,As等)
			土壌：3205件(As,S04等)
			溶出試験：1867件
			段階溶出試験：1338件
ビデオ作成		調査内容結果を説明するビデオを作成した。 説明はタイ語及び英語	

Table2.1 Outline of the Survey

### 2.3.3 水文調査

第1次現地調査(雨期)及び第3次現地調査(乾期)にそれぞれ2回河川流量調査を実施した。ロンビブン行政区の既設の浅井戸93本、深井戸87本、本調査で掘削した試錐孔30本及び観測孔仕上げしたオーガーボーリング孔を井戸台帳として登録した。井戸台帳の内容は位置、所有者、深度などの諸元、利用状況、そのたの記録、井戸水の物理的・化学的性質である。丘陵地と平野部の2地点に自動気象観測装置を設置した。観測項目は温度、湿度、風速、風向、降雨量の5項目である。地下水位一斉調査(雨期及び乾期にそれぞれ2回)、自記式地下水位計による長期連続地下水位観測及び試錐孔からの揚水試験を行い地下水流動調査を実施した。これらのデータを基に、本地域の水文コンピュータモデルを作成した。

### 2.3.4 社会・経済調査

タイ国の社会経済状況、環境管理のための政府機関、調査地域の社会経済状況を調査した。

### 2.3.5 分析

イオンクロマトグラフィー原子吸光分析機によるヒ素形態分析システムの仕様を検討し、これらの機器の使用方法をカウンターパートに指導した。本調査は、きわめて多量の試料を多項目にわたり分析するため、その体制をERTCの分析班内に確立することも重要な課題であった。このため、作業ガイドラインを作成し、実行を指導した。

### 2.3.6 環境・土木

調査結果に基づき、ヒ素汚染を除去又は緩和するための対策を検討した。

### 2.3.7 ビデオ作成

ヒ素汚染並びにその毒性、本調査内容及び結果について、住民や環境行政関係者、研究者への啓蒙のためのビデオテープを作成した。

