

タイ王国MAE-SOT地区産
オイルシェール利用セメント工場
建設計画調査報告書

昭和58年8月

国際協力事業団

工 計 鉦

83 - 103

タイ王国MAE-SOT地区産
オイルシェール利用セメント工場
建設計画調査報告書

JICA LIBRARY



1030861[7]

昭和58年8月

国際協力事業団

工 計 鉅
83 - 103

国際協力事業団	
受入 月日 58年8月24日	122
登録No. 113823	68.3
	MPI


 081 - 09

は し が き

日本国政府は、タイ王国政府の要請に基づき、同国タク県メソット地区オイルシェール利用セメント工場建設計画のフィジビリティ調査を行うこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、鳥谷部良氏を団長とする調査団を編成し、1982年11月21日から12月25日までタイ王国に派遣した。

同調査団はタイ王国政府及び関係機関と協議し、かつその協力を得てバンコク、チェンマイ、タク等プロジェクト関連地域の踏査、関係資料の収集等を行なった。帰国後、現地調査の結果をふまえ、関連データの検討、解析等の国内作業を行なった。

本報告書はこの成果を取りまとめたものである。本報告書がタイ王国の経済発展に寄与するとともに、同国とわが国の友好親善の促進に役立つことを切望する。

終りに、本調査の任に当たられた調査団諸氏の労を多とするとともに、調査に際し多大の協力をいただいたタイ王国政府、外務省及び通商産業省の関係各位に対し、衷心より感謝の意を表するものである。

1983年8月

国際協力事業団

総裁 有田 圭 輔

調査担当スタッフ名簿

調査団長 鳥谷部 良

小野田エンジニアリング株式会社

団 員

日本オイルシェールエンジニアリング株式会社	牧 雄一郎	※
小野田エンジニアリング株式会社	佐 田 正 至	※
同 上	針 生 均	※
同 上	上 田 純 孝	※
同 上	小 島 多 朗	※
同 上	滝 川 秀 夫	※
テクノコンサルタンツ株式会社	橋 本 章 則	※
同 上	兼 子 望	※
小野田エンジニアリング株式会社	神 山 真 澄	
同 上	田 中 稻 英	
同 上	江 本 明 夫	
同 上	堺 忠 雄	
同 上	森 田 哲 雄	
同 上	岡 田 貢	
テクノコンサルタンツ株式会社	石 井 暢 夫	

※印は現地調査団団員

タイ王国調査担当スタッフ名簿

調査協力団長

Prakong Polahan

タイ政府工業省鉱物資源局鉱物燃料課長

団員

タイ政府工業省鉱物資源局鉱物燃料課

Ard Chana

Surapol Thanomsap

Suparerk Sitahirun

Nuansri Suvatnapradip

タイ政府工業省鉱物資源局鉱山技術課

Chaiya Chareonwong

タイ政府オイルシェール委員会

Napadon Mantajit

目 次

(本 文)

	頁
はじめに (調査の目的と展開)	1
第I章 総 論	7
I-1 前 提	7
I-2 要 約	9
第II章 セメント市場ならびに電力需給	21
II-1 セメント市場	21
II-2 電 力 需 給	43
第III章 メソット (Mae Sot) 地区の環境	53
III-1 自然的条件	53
III-2 社会的条件	59
第IV章 原料評価と原料供給	65
IV-1 地 質 調 査	66
IV-2 原料の品質	103
IV-3 原料の供給計画	142
第V章 燃料の評価	159
V-1 タイ王国産石炭 (リグナイト)	159
V-2 オイルシェール	163
V-3 む す び	163
第VI章 用役およびインフラストラクチャー	165
VI-1 電 力	165
VI-2 水	167
VI-3 道 路 状 況	169
VI-4 港 湾	180

VI-5	通信施設	181
VI-6	送配電線	181
第VII章 工場概念設計		183
VII-1	工場のプロセス概要	183
VII-2	工場の生産規模	188
VII-3	工場敷地の選定	189
VII-4	関係規格・法規	193
VII-5	セメントの品質	194
VII-6	燃料の供給計画	201
VII-7	製品の流通計画	202
VII-8	工場設計の概要	206
VII-9	工場主要設備の仕様	218
VII-10	工場フローシートおよびレイアウト	228
VII-11	社宅計画	230
第VIII章 環境調査		233
VIII-1	タイ王国の環境基準	233
VIII-2	公害防止のための機器選定	237
第IX章 組織および要員計画		239
IX-1	組織	239
IX-2	要員計画	239
第X章 工場建設および運転計画		245
X-1	建設資機材の調達・輸送条件	245
X-2	工場建設計画	247
X-3	工場運転計画	249
第XI章 所要総資金と資金調達		251
XI-1	所要総資金	251
XI-2	資金調達計画	256

第XII章 財務分析	257
XII-1 主要前提条件	257
XII-2 所要総資金の年度別支出計画	259
XII-3 販売計画	260
XII-4 製造コスト	261
XII-5 財務分析手法	265
XII-6 財務分析結果	267
XII-7 感度分析	269
第XIII章 発電の規模を変えた場合・他の検討	275
XIII-1 セメント工場に必要な発電をおこなう場合(ケース A-1)	275
XIII-2 発電を全くおこなわない場合(ケース A-2)	275
XIII-3 オイルシェールを全く使用しない場合(ケース A-3)	277
XIII-4 各ケースの比較	279
第XIV章 経済分析	283
XIV-1 経済便益と費用	283
XIV-2 本プロジェクトの経済的内部収益率(EIRR)の算定	285
XIV-3 税収入	287
XIV-4 本プロジェクトの外貨収支への影響	288
第XV章 結論および勧告	291
XV-1 結論	291
XV-2 勧告	293
添付資料	
1. 損益計算書	297
2. 現金流入分析表	299
3. 感度分析結果	300
4. 採掘原価	303
5. 建物構築物 図面(C-01~C-05)	304

表 目 次

		頁
表1-2-1	要員計画	15
表1-2-2	所要総資金	16
表1-2-3	年度別支出計画	17
表1-2-4	製造コスト	17
表1-2-5	基本ケースの財務的内部収益率	18
表2-1-1	セメント生産・輸入・輸出・消費実績(その1)	22
表2-1-1	セメント生産・輸入・輸出・消費実績(その2)	23
表2-1-2	タイ王国セメント工場の操業率	24
表2-1-3	地域別セメント消費実績	24
表2-1-4	北部地域に於けるマーケットシェア	25
表2-1-5	北部地域セメント消費実績	25
表2-1-6	北部地域県別セメント消費実績	25
表2-1-7	北部地域用途別消費実績	25
表2-1-8	GDP実績値	27
表2-1-9	タイ王国のセメント需要予測(工業省, EGAT)	28
表2-1-10	タイ王国のセメント需要予測(調査団)	28
表2-1-11	アジア諸国に於ける1人当りセメント消費量	33
表2-1-12	タイ王国北部のセメント需要予測	30
表2-1-13	需給予測	35
表2-1-14	セメント(袋物)ガイドライン価格	36
表2-1-15	工場出荷価格	37
表2-1-16	セメント(袋物)販売価格の構成(1)	37
表2-1-17	セメント(袋物)販売価格の構成(2)	38
表2-1-18	セメントの小売価格	38
表2-1-19	トラックによるセメントの輸送費	39
表2-1-20	各社のセメント生産量	40
表2-1-21	各社の最近の生産量	42

表 2-1-2 2	原料原単位	42
表 2-1-2 3	セメントの品質	43
表 2-2-1	発電設備の推移	44
表 2-2-2	発電設備負荷率の推移	45
表 2-2-3	水力発電所と出力	45
表 2-2-4	火力発電所と出力	45
表 2-2-5	ガスタービン発電所と出力	46
表 2-2-6	送配電線直長	46
表 2-2-7	発電電力量の推移	47
表 2-2-8	用途別消費電力量の推移	48
表 2-2-9	E G A T 電気料金規定	48
表 2-2-1 0	平均電気料金単価の推移	49
表 2-2-1 1	電力需要予測	49
表 2-2-1 2	建設中の発電所	50
表 2-2-1 3	政府承認済プロジェクト	50
表 2-2-1 4	メソット地区の用途別電力消費量	51
表 2-2-1 5	一人当り電力需要予想	52
表 3-1-1	気 温	55
表 3-1-2	湿 度	56
表 3-1-3	降 雨 量	57
表 3-1-4	風向と風速	58
表 3-2-1	G R P	59
表 3-2-2	地域別面積および人口	60
表 3-2-3	メソット町の人口	61
表 3-2-4	水 質	63
表 4-1-1	メソット地区の地質層序	68
表 4-1-2	石灰石鉱量と表土量	77
表 4-1-3	鉱量計算用断面積表	79
表 4-1-4	メソットオイルシェールの埋蔵鉱量	88

表4-1-5	けい砂産地と鉍量	99
表4-2-1	化学分析を実施した試料の一覧表	106
表4-2-2	ドイディンキ石灰石試料の化学分析結果	107
表4-2-3	ドイディンキ石灰石試料の化学分析結果	108
表4-2-4	石灰石, 苦灰岩分析サンプルの記載	109/110
表4-2-5	オイルシェール試料の化学分析結果(その1)	111
表4-2-5	オイルシェール試料の化学分析結果(その2)	112
表4-2-6	泥灰岩試料の化学分析結果	113
表4-2-7	けい砂の化学分析結果	114
表4-2-8	ノンポー鉄鉍石の化学分析結果	114
表4-2-9	ピチット石こうの化学分析結果	114
表4-2-10	メラマ炭灰分の化学分析結果	114
表4-2-11	かさ比重測定結果	115
表4-2-12	X線回折図の解析結果	116
表4-2-13	薄片試料の顕微鏡観察結果	125
表4-2-14	易焼成性試験用の原料の化学成分(タイ王国産原料)	128
表4-2-15	易焼成性試験用の原料の化学成分(比較用日本産原料)	128
表4-2-16	クリンカの係数設定値	129
表4-2-17	原料の調合割合(タイ王国産原料)	130
表4-2-18	原料の調合割合(日本産原料)	130
表4-2-19	調合原料の粉末度および粉碎時間	130
表4-2-20	焼成クリンカ分析結果および係数計算値	131
表4-2-21	焼成クリンカの遊離石灰(free CaO)定量値	131
表4-2-22	原料の調合割合	132
表4-2-23	タイ王国産原料および日本産原料のWork Index(WI)	134
表4-2-24	メラマ炭の試験結果	134
表4-2-25	オイルシェールの発熱量	135
表4-2-26	試製クリンカ用原料化学成分	136
表4-2-27	クリンカの係数設定	137

表4-2-28	原料の調合割合	137
表4-2-29	試製クリンカの化学成分	137
表4-2-30	試製セメントの強度	138
表4-2-31	オイルシェールの化学成分	138
表4-2-32	オイルシェール試料の粒度分布	139
表4-2-33	オイルシェール試料の加熱減量	139
表4-2-34	オイルシェール燃焼残灰の特性値	139
表4-2-35	試製オイルシェールセメントの性質	140
表4-2-36	試製オイルシェールセメントの強度	140
表4-2-37	モルタルバインダーの性質	141
表4-2-38	混合セメントの推定強度	142
表4-3-1	各原料の必要量	142
表4-3-2	採掘重機一覧	148
表4-3-3	オイルシェール鉱山の処理量	149
表4-3-4	メソット地方月別降雨量	154
表4-3-5	埋戻しの種類と予想量	155
表4-3-6	オイルシェール鉱山の重機	156
表5-1-1	最近の石炭(リグナイト)の生産量	159
表5-1-2	石炭鉱山の概要	160
表5-1-3	メモ鉱山のリグナイトの平均品質	161
表5-1-4	メラマ鉱山歴青炭の平均品質	162
表5-1-5	タイリグナイト(銻)の納入実績	162
表6-1-1	所要電力	165
表6-2-1	モエイ川の水位	168
表6-2-2	流量測定結果	168
表6-3-1	道路建設状況	170
表6-3-2	主要国道	170
表6-3-3	県道の設計基準	177
表7-2-1	生産量	188
表7-2-2	原燃料使用量	188

表 7-5-1	原料の平均化学組成	196
表 7-5-2	原料の組合せ	197
表 7-5-3	原料の調合割合	198
表 7-5-4	調合原料の化学組成	198
表 7-5-5	クリンカの化学組成	199
表 7-5-6	クリンカの鉱物組成	199
表 7-5-7	原料原単位(理論値)	200
表 7-5-8	原料原単位(実際値)	200
表 7-7-1	フレキシブルコンテナの仕様	205
表 7-8-1	取付道路仕様	211
表 8-1-1	大気環境基準値(案)	233
表 8-1-2	労働環境基準	234
表 11-1-1	所要総資金	251
表 11-1-2	操業前費用	253
表 11-1-3	固定資金	253
表 11-1-4	初期運転資金	255
表 12-2-1	所要総資金と支出計画	259
表 12-2-2	自己資金と借入金	259
表 12-3-1	製品の販売量と売上高	260
表 12-4-1	運転費用	261
表 12-4-2	減価償却費	265
表 12-4-3	支払利息	265
表 12-4-4	製造コスト	266
表 12-6-1	財務分析要約	268
表 12-6-2	製造コスト内訳	268
表 12-6-3	基本ケースの財務的内部収益率	269
表 12-7-1	財務的内部収益率と建設費	270
表 12-7-2	財務的内部収益率と販売価格	271
表 12-7-3	財務的内部収益率と直接費	272

表 1 2 - 7 - 4	財務的内部収益率と運転率	273
表 1 2 - 7 - 5	F I R R on E と金利	273
表 1 2 - 7 - 6	財務的内部収益率と税率	274
表 1 3 - 4 - 1	各ケース比較表	280
表 1 3 - 4 - 2	財務分析結果(ケーススタディ)	281
表 1 4 - 1 - 1	経済的便益と費用	283
表 1 4 - 2 - 1	シャドー・ファクター	285
表 1 4 - 2 - 2	経済的便益と費用(基本ケース)	286
表 1 4 - 2 - 3	経済的内部収益率	286
表 1 4 - 3 - 1	税 収 入	287
表 1 4 - 4 - 1	所要総資金(外貨・内貨の内訳)	288
表 1 4 - 4 - 2	流出外貨(運転開始後)	289
表 1 5 - 1 - 1	所要総資金	293
表 1 5 - 1 - 2	財務的内部収益率(F I R R)	293

目 次

		頁
図 2-1-1	タイ王国におけるセメントの需要予想	31
図 2-1-2	タイ王国北部におけるセメントの需要予測	32
図 2-1-3	タイ王国のセメント工場位置図	41
図 3-2-1	上水処理フロー	62
図 4-1-1	原料地位置関係図	71
図 4-1-2	石灰石鉱床の模式的地質断面図	72
図 4-1-3	石灰石サンプルの色による分類	74
図 4-1-4	CaO 含有量による石灰石サンプルの分類	81
図 4-1-5	MgO 含有量による石灰石サンプルの分類	82
図 4-1-6	メソット盆地のプーグ異常分布図	87
図 4-1-7	開発計画区域図(鉱量計算範囲図)	90
図 4-1-8		
	(1) バンフォイカロク地域内調査区域と周辺地のボーリングコアにおける オイルシェール賦存状態	92
	(2) バンフォイカロク地域内調査区域と周辺地のボーリングコアにおける オイルシェール賦存状態	93
	(3) バンフォイカロク地域内調査区域と周辺地のボーリングコアにおける オイルシェール賦存状態	94
	(4) バンフォイカロク地域内調査区域と周辺地のボーリングコアにおける オイルシェール賦存状態	95
	(5) バンフォイカロク地域内調査区域と周辺地のボーリングコアにおける オイルシェール賦存状態	96
	(6) バンフォイカロク地域内調査区域と周辺地のボーリングコアにおける オイルシェール賦存状態	97
図 4-2-1	ドイディンキ石灰石試料 L-07 (X線回折図)	117
図 4-2-2	ドイディンキ石灰石試料 L-13 (X線回折図)	118
図 4-2-3	バンフォイカロク オイルシェール試料 OSH-LK-2' (X線回折図)	119

図 4-2-4	バンフォイカロク オイルシェール 試料 OSH-DDH-4-6 (X線回折図)	120
図 4-2-5	モエイ川けい砂試料(SO1とSO2の平均試料) (X線回折図)	121
図 4-2-6	ビチット石こう試料 G-2 (X線回折図)	122
図 4-2-7	ノンポー鉄鋼石試料 F-1 (X線回折図)	123
図 4-2-8	ノンポー鉄鋼石試料 F-2 (X線回折図)	124
図 4-3-1	切羽造成模式図	144
図 4-3-2	標準的穿孔パターン	146
図 4-3-3	補助的な穿孔パターン	146
図 4-3-4	オイルシェール採掘の作業フロー	150
図 4-3-5	オイルシェール採掘模式断面図	152
図 4-3-6	オイルシェール採掘ビット	152
図 6-3-1	アジア ハイウェイ 地図	174
図 6-3-2	タイ王国北部地域道路図	175
図 6-3-3	標準断面	178
図 6-3-4	県道の標準舗装断面	179
図 6-4-1	バンコク港案内図	182
図 7-1-1	マテリアル バランス(第1案)	186
図 7-1-2	マテリアル バランス(第2案)	187
図 7-3-1	工場建設予定地形図および工場敷地計画	191
図 7-6-1	メラマ炭の輸送経路	201
図 7-7-1	セメントの販売経路	203
図 7-7-2	某セメント会社の北部タイの販売経路	204
図 7-7-3	フレキシブルコンテナ構造図	206
図 7-8-1	改修道路標準断面	212
図 7-8-2	新設道路標準断面	212
図 9-1-1	組織 図	239
図 10-2-1	プロジェクト遂行スケジュール表	250
図 12-7-1	財務的内部収益率と建設費	270

図 1 2 - 7 - 2	財務的内部収益率と販売価格	271
図 1 3 - 1 - 1	マテリアルバランス (ケース A - 1)	276
図 1 3 - 2 - 1	マテリアルバランス (ケース A - 2)	278
図 1 3 - 3 - 1	マテリアルバランス (ケース A - 3)	279

写 真 目 次

	頁	
写真 4 - 2 - 1	ドイディンキ石灰石試料 (L - 0 7)	126
写真 4 - 2 - 2	バンフォイカロク オイルシェール試料 (OSH - LK 2 ')	127

添 付 図 面

図面番号	表 題	縮 尺
G-01	原料鉍床位置図	1 : 4,000,000
G-02	原料鉍床および工場予定地位置関係図	1 : 50,000
G-03	ドイディンキ石灰石鉍床地形・地質図	1 : 5,000
G-04	ドイディンキ石灰石鉍床の断面図	1 : 5,000
G-05	予想される石灰石鉍山の地形・地質図	1 : 2,000
G-06	予想される石灰石鉍山の鉍量計算基礎図	1 : 2,000
G-07	ドイディンキ石灰石鉍床の鉍量計算用断面図	1 : 2,000
G-08	オイルシェール鉍床のボーリング点位置図	1 : 50,000
G-09	予想されるオイルシェール鉍山の地形図	1 : 2,000
G-10	予想されるオイルシェール鉍山の地質断面図	1 : 2,000
M-01	石灰石鉍山開発図	1 : 2,000
M-02	オイルシェール鉍山の鉍山設計図	1 : 2,000
M-03	石灰石およびオイルシェールの輸送略図	1 : 15,000
P-01	セメントプラント レイアウト	1 : 1,000
P-02	セメントプラント フローシート(1)	1 : —
P-03	セメントプラント フローシート(2) (発電プラント)	1 : —
E-01	タイ王国主要発電所ならびに送電線位置図	
E-02	単線接続図	
C-01*	発電所断面図	1 : 500
C-02*	原料置場断面図	1 : 500
C-03*	原料粉砕部門・キルン撈成部門断面図	1 : 500
C-04*	クリンカーサイロ・セメントミル室・セメントサイロ・包装機断面図	1 : 500
C-05*	工作工場・事務所断面図	1 : 500

注：*印図面は末尾に付してある。

はじめに

タイ王国はインドシナ半島の中央部に位置し、東側はラオス、カンボジアと西側はビルマと国境を接している。また南部はシャム湾に面し、南西部はマレー半島に伸びてマレーシアと接している。

タイ王国の経済は元来、米を中心とした農業主導型のものであったが、その後農業の多角化、アメリカのほかからの援助や借款、海外からの工業投資の受入れによって順調に成長してきている。経済開発計画は1961年に第1次計画が開始され1979年に第4次計画が終了し、目下第5次計画が実施されている。

この間1973年に始まった第1次石油危機ならびに1979年に発生した第2次石油危機に見舞われ、経済発展は少なからずさまたげられている。エネルギーの輸入国としてのタイ王国はかかる情勢下で自国産の天然エネルギーの開発に真剣に取り組んで来た。この一環として工業省鉱物資源局は1974年以降メソット地区を含む北部のオイルシェール資源賦存状況について調査を行ってきたが、同地区にオイルシェール187億トン、平均含油量5%弱(重量比)の賦存が確認された。タイ政府はこの開発を促進するため1980年にオイルシェール委員会を設立した。この委員会は工業大臣を議長とし、関連省庁を統合した開発委員会となっている。委員会は当初シェールオイル抽出プロジェクトを計画したが、その後の石油需給緩和情勢を考慮し、当面のオイルシェール利用法として技術的・経済的に最も実現の可能性が高い計画としてオイルシェールを利用して発電およびセメント製造を行なうプラントを建設する計画(以下本プロジェクトとよぶ)を立案した。これを受けてタイ王国政府は1981年3月、我国に対し本プロジェクトの建設計画に関する調査の実施を要請するに至った。

日本政府はタイ王国政府からの要請を基本的に受諾することとし1982年7月に国際協力事業団による事前調査を行ない、調査計画を検討して合意事項としてとりまとめた。これにもとづいて同事業団は1982年11月下旬より約1ヶ月間、本調査を実施した次第である。

従って、本調査の目的とするところは極めて明確である。即ち本プロジェクトに関する全体の背景を把握し市場調査、原料・燃料、ユーティリティ、工場敷地、インフラストラクチャー、自然的・社会的条件に関する調査、工場の概念設計、環境調査、組織および要員計画、工場建設および運転計画、財務分析、経済分析等を実施した上、これらの結果を総合的に考案し、本プロジェクトのフィージビリティを判定し、且つ今後の計画推進上の提言を行なうことである。

本調査は，昭和58年11月21日，原料調査グループの日本出発により開始された。次いで12月6日に市場調査・財務経済調査グループが，また12月11日にプラント・環境・インフラストラクチャー調査グループがそれぞれ出発し調査を開始した。

現地調査はタイ王国工業省鉱物資源局ほか関係諸部門の積極的な協力もあり終始順調に推移し，12月25日に終了した。

調査グループの帰国後，現地調査結果の整理・分析，現地で採取したサンプルの試験ならびにプラントおよび鉱山の設計作業が行なわれ，それらを取纏めて昭和58年6月に本報告書が完成された。

以下に現地調査の概要ならびに調査日程を述べる。

<調査の概要>

(1) オイルシェールを含む原・燃料の調査

オイルシェール 鉱床調査

石灰石 鉱床調査

粘土 鉱床調査

副原料調査

現地化学分析

原料採掘ならびに輸送方法の調査

(2) 工場敷地の調査

メソット地区数ヶ所の候補地調査

有力候補地の測量

(3) ユーティリティの調査

電力の調査

水源の調査

(4) インフラストラクチャーの調査

道路・橋梁の調査

港務施設の調査

(5) 環境関係調査

環境関係基準の調査

(6) セメントならびに電力の市場調査

とくに北部地区の市場調査

(7) 財務・経済関係調査

関係資料の収集

<調査日程>

調査チームは昭和57年11月21日から12月25日までの35日間に亘って現地調査を実施した。協議先、訪問先および調査地は下表の通りである。

注：表中の略号

TY：東京 BK：バンコク MS：メソット
TK：タク CM：チェンマイ LP：ランバン
BT：バンタク NS：ナコンサワン PC：ピチャット
SB：サラブリ DMR：工業省鉱物資源局

	月 日 (曜日)	協議先・訪問先・調査対象	調査地
第 1 日目	11/21(日)	第1グループ 東京発バンコク着	TY-BK
第 2 日目	11/22(月)	日本大使館, JICA事務所と打合せ タイ工業省鉱山局(DMR)と打合せ	BK BK
第 3 日目	11/23(火)	1. DMRと化学分析法に関し打合せ 2. DMRで化学分析用試料選定(オイルシェール)	BK BK
第 4 日目	11/24(水)	1. DMR 及び 2 ラボラトリーで ボーリングコア調査 2. DMRでオイルシェール分析試料採取法確認	BK BK
第 5 日目	11/25(木)	1. ボーリングコアからのサンプリング採取法指示(DMR) 2 鉱床調査担当者 Mae-Sot に移動	BK BK-MS
第 6 日目	11/26(金)	1. ボーリングコアからのサンプリング(DMR) 2. 石灰石・オイルシェール鉱床	BK MS
第 7 日目	11/27(土)	1. データ整理 2. 石灰石鉱床	BK MS
第 8 日目	11/28(日)	1. データ整理 2. 石灰石化学分析	BK MS

	月 日 (曜日)	協議先・訪問先・調査対象	調査地
第 9 日目	11/29(月)	1. ボーリングコアからのサンプリング (DMR) 2. 石灰石鉍床	B K M S
第 10 日目	11/30(火)	1. サンプル調整, 試薬調整 (DMR) 2. 石灰石鉍床	B K M S
第 11 日目	12/ 1(水)	1. オイルシェール灰分化学分析 (DMR) 2. 石灰石鉍床	B K M S
第 12 日目	12/ 2(木)	1. オイルシェール灰分化学分析 (DMR) 2. 石灰石鉍床	B K M S
第 13 日目	12/ 3(金)	1. オイルシェール灰分化学分析 (DMR) 2. 石灰石鉍床	B K M S
第 14 日目	12/ 4(土)	1. オイルシェール灰分化学分析 (DMR) 2. 石灰石鉍床	B K M S
第 15 日目	12/ 5(日)	1. データ整理 2. 石灰石化学分析	B K M S
第 16 日目	12/ 6(月)	1. 第 2 グループ 東京発バンコク着 2. オイルシェール灰分化学分析 (DMR) 3. オイルシェール鉍床	TY-BK B K M S
第 17 日目	12/ 7(火)	1. 日本大使館, J I C A 事務所, DMR 打合せ 2. オイルシェール灰分化学分析 3. オイルシェール鉍床	B K B K M S
第 18 日目	12/ 8(水)	1. 統計局, NESDB, DMR セラミック部 2. オイルシェール灰分化学分析 3. オイルシェール鉍床	B K B K M S
第 19 日目	12/ 9(木)	1. セメント協会, サイアムセメント本社, 環境庁, 日本大使館 2. オイルシェール灰分化学分析 3. オイルシェール鉍床	B K B K M S
第 20 日目	12/10(金)	1. データ整理 2. 化学分析データ整理 3. 石灰石化学分析	B K B K M S
第 21 日目	12/11(土)	1. DMR ラボラトリー 試薬調整 2. オイルシェール灰分化学分析	B K B K

	月 日(曜日)	協議先・訪問先・調査対象	調査地
第21日目	12/11(土)	3. けい砂鉱床 4. 第3グループ 東京発バンコク着	M S TY-BK
第22日目	12/12(日)	1. データ整理 2. 化学分析データ整理 3. 石灰石化学分析 4. 調査打合せ	B K B K M S B K
第23日目	12/13(月)	1. 在バンコク団員 バンコク発メソ着 2. けい砂・粘土鉱床	BK→MS M S
第24日目	12/14(火)	1. 原料地, プラントサイト候補地, モエイ川流域	M S
第25日目	12/15(水)	1. 気象台, 市役所, 地区役所, P E A 2. 石灰石鉱床 3. オイルシェール灰分化学分析	M S M S M S
第26日目	12/16(木)	1. オイルシェール鉱床, P E A 2. 気象台, 給水所 3. 県庁, 地方労務事務所, 高速輸送局, 農業用水局 4. チームの一部 タク経由チェンマイに移動	M S M S T K MS-TK -CM
第27日目	12/17(金)	1. けい砂鉱床 2. EGAT Mae Moh リグナイト鉱山 3. Siam Cement North Part Dept., Local Contractor 4. オイルシェール灰分化学分析	M S MS-LP C M CM-BK
第28日目	12/18(土)	1. データ整理, 荷造り 2. タイ リグナイト Tak事務所 3. タイ リグナイト Ban Tak貯蔵所 4. タイ ジブサム Don Kui 鉱山 5. 市内建設現場視察 6. オイルシェール灰分化学分析(DMR)	M S LP-TK (BT)- PC-NS C M B K
第29日目	12/19(日)	1. Mae Sot グループ Mae Sot→Bangkok 2. シティコック鉱業 Nom Poh 鉄鉱山 3. Chien Mai グループ Chien Mai→Bangkok 4. 化学分析データ整理	MS-BK NS-BK CM-BK B K
第30日目	12/20(月)	1. 大蔵省, 高速道路公社, EGAT, タイ国立銀行, 商務省	B K

	月 日 (曜日)	協議先・訪問先・調査対象	調査地
第30日目	12/20(月)	2. オイルシェール灰分化学分析(DMR) 3. オイルシェールポーリングコア観察(DMR)	B K B K
第31日目	12/21(火)	1. サイアムシティセメント本社, 港湾局, JETRO 2. タイ ジブサム本社, タイ大林, BOI, 経企庁, タイ リグナイト本社 3. オイルシェール灰分化学分析(DMR) 4. オイルシェールポーリングコア観察(DMR)	B K B K B K B K
第32日目	12/22(水)	1. サイアムセメント Ta Luang 工場視察	S B
第33日目	12/23(木)	1. DMR 打合せ, 覚書調印	B K
第34日目	12/24(金)	1. 日本大使館, JICA事務所 報告 DMR 挨拶, 帰国準備	B K B K
第35日目	12/25(土)	1. 全員 バンコク発東京着	BK-TY

注:

第1グループ: 原料調査グループ

第2グループ: 市場・財務経済調査グループ

第3グループ: プラント・環境・インフラストラクチャー調査グループ

第 I 章 総 論

I-1 前 提

本報告書は以下に述べる前提にもとづいて作成された。

I-1-1 セメントの市場

セメントの市場としてはタイ王国の内需を主とし、一部輸出を見込むが、現在の市場動向を大きく後退させるような諸情勢の変化はないものとする。

I-1-2 原 料

主要原料はメソット地区に賦存するものを、また補助原料はできるだけ近くに賦存するものをえらび、下記鉱床を調査の対象とした。

(1) 石 灰 石

ドイディンキ (Doi Din Chi) 鉱床

(2) 粘 土

(i) メソット (Mae Sot) 鉱床 (オイルシェールおよびその表土)

(ii) タク-メソット (Tak - Mae Sot) ハイウェイ沿い鉱床

(3) けい酸質原料

モエイ川沿いの鉱床

(4) 鉄 原 料

ノンポー (Non Poh) 鉱床 (ナコンサワン県)

(5) 石 こ う

ドイキー (Don Kui) 鉱床 (ピチャット県)

I-1-3 燃 料

(1) オイルシェール

メソット (Mae Sot) 鉱床

(2) 石 炭

メラマ (Mae Ramat) 鉱山

I-1-4 用 役

(1) 電 力

本プロジェクトに必要な電力は、全量自家発電で賄うほか、余剰電力はメソット地区需要家にPEA（地方電気庁）を経由して販売されるものとする。

(2) 水

本プロジェクトに使用する工業用水は工場建設予定地近くを流れるモエイ（Moei）川から取水するものとし、必要な配管設備は本プロジェクトで建設するものとする。また、飲料用の上水はメソット水道局（Mae Sot Water Supply Office）から購入するものとする。

I-1-5 インフラストラクチャー

道 路

工場敷地への県道からの取付道路および石灰石ならびにオイルシェールの鉱床から工場への運搬道路は本プロジェクトで建設する。

I-1-6 財務分析ならびに経済的評価のための基礎データ

(1) 価格ならびに単価

価格ならびに単価は1982年12月を基準とし、エスカレーションは考慮しない。

(2) 財 源

借入金／自己資本比：70／30

(3) 借入条件（長期借入金）

金 利 10％／年

返 還 12年

据置期間 3年（運転開始後）

建設金利 資本金に繰入れる。

(4) 借入条件（短期借入金）

金 利 17％／年

(5) プロジェクトライフ 20年

(6) 年間稼働率

初年度，2年度，3年度，4年度以降各々 70％，80％，90％，100％とする。

- (7) 年間運転日数 330日/年
- (8) 税金ならびに関税
- (i) 所得税 税引前利益に対し35%, 免税期間無し
- (ii) 生産税 6% (ネット工場出荷価格に対し)
- (iii) 取引税 生産税の10%

- (9) 外貨交換レート
- 1米ドル=23バーツ
- 1米ドル=240円

(10) 償却

	耐用年数	残存価値
土木・建築工事	20年	10%
車両・鉱山機械	5年	0%
機器	10年	10%
操業前費用	10年	0%
建中金利	10年	0%

- (11) セメントの工場出荷価格(袋物)
- 普通セメント 1,610バーツ/トン
- 混合セメント 1,310バーツ/トン

但し, 上記価格にはセメント税ほか6.6%を含む。

即ち, (工場出荷価格)=1.066×(ネット工場出荷価格)

I-2 要約

I-2-1 セメント市場および電力需給

(1) セメント市場

セメントの将来の市場動向については, タイ王国内の需要は同国の開発政策等に支えられ順調に延びるものと予想される。また, 国内エネルギー源の開発と相俟って輸出の伸長が期待できる。従って需要に応じたセメント工場の建設が必要である。タイ北部の需要は全国の約10%である。(II-1参照)

(2) 電力需給

タイ王国の電気事業はすべて国営で行なわれている。電力の需要は今後10年間で年平均9.2%の伸びが予想され、これに基づいた長期電源開発計画が策定されている。

メソット地区の一人当たり消費量は全国平均に比較してやや低いが近い将来に全国平均に達すると考えられる。

現在この地区にはタク(Tak)市内の変電所から供給されている。(II-2参照)

I-2-1 メソット地区の環境

(1) 自然条件

メソット地区はタク県の西部に位置しビルマ国境に接しており、バンコク北方約550kmにある盆地であって、標高は海拔約210mである。盆地の中では小川がゆるやかに流れ、山地にはチーク、ヤングのような硬質木が生い茂っている。気候は季節的なモンスーンに支配された熱帯性気候である。(III-1参照)

(2) 社会的条件

北部地域はタイ王国の中では開発の遅れた地域である。この中でメソット地区は大きな産業もなく人口密度の低い後進地域の一つである。

メソット郡の人口は約68,000人であり、主産業は農業である。その他砕石所、精米所、製材所等がある。町内には商店が立ちならび小規模な商業を営んでいる。電気・水道は完備している。交通はバンコクとは1級および2級国道で結ばれている。(III-2参照)

I-2-3 原料評価と原料供給

(1) 原料評価

(a) 石灰石

ドイディンキ鉱床の石灰石は、主成分のCaOが平均53%であり、又有害成分の含有量は許容限界以下で極めて良質である。可採鉱量は3,170万トンで本プロジェクトの場合約51年分に相当する。

(b) オイルシェール

バンフォイカロク鉱床のオイルシェールは、広範囲に又教層にわかれて賦存している。本プロジェクトの対象地域では発熱量は平均700kcal/kgであるが、選択採掘により940kcal/kg程度を確保することができ、流動床ボイラーおよびキルンプレカルサイナ

用燃料として適している。

可燃分以外の部分には主成分の SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO が適当な割合で含まれており、有害成分の含有量は少ない。

さらに流動床ボイラーで低温で燃焼した灰分は適当な水硬性を示し、セメントクリンカーと適量混合することにより良質のオイルシェールセメントが得られる。

構成粒子は微少で反応性は良く粘土質原料としては良質である。メソット地区のオイルシェールは約 200 km² に亘って分布し、埋蔵量は約 186 億トンと報告されている。本プロジェクト対象のパンファイカロック地域約 100 ha (1 km²) 内の可採量は 1,340 万トンであり、本プロジェクトの場合約 21 年分に相当する。さらにこの区域外および区域内深所のオイルシェールが将来のポテンシャルとして考えられる。

(c) 粘土原料

粘土原料は、本プロジェクトではオイルシェールそのものを使用するので他の粘土原料は当面必要ない。参考のため実施した調査によると、主にオイルシェールのかぶりおよび挟みとして賦存する泥灰岩、石灰質岩が約 5,000 万トンあり、その他の区域にも粘土原料は賦存する。これらの粘土原料は品質的にもセメント原料として使用可能である。

(d) けい酸質原料

モエイ川沿岸に点在するけい砂は品質的にセメント用原料として使用可能であり、埋蔵量は約 37 万トンが確認された。本プロジェクトでは当初けい砂を使用する計画は無い。

(e) 鉄原料

ナコンサワン県のノンポー地域の赤鉄鉱、磁鉄鉱床は本プロジェクトの質的、量的要件を満たす。鉄原料中の Fe_2O_3 含有量は 40% 以上である。本プロジェクトではこの鉄原料を買鉱する予定である。

(f) 石こう原料

ビチット県ドイキ地域の石こうは質的、量的にみて、本プロジェクトの要件を満たす。石こうの SO_3 含有量は 46.5% である

本プロジェクトはこの石こうを買鉱する予定である。

(以上IV-1参照)

(2) 原料供給

(a) 石灰石

ドイディンキ鉱山を開発する。石灰石は穿孔，発破により採掘し，小割の後ダンプトラックで工場に運搬してから粗砕する。採掘はベンチカット法による。

(b) オイルシェール

バンフォイカロク鉱床を開発する。

オイルシェールは前述のように地下に数層にわかれて賦存するが当面は凡そ30 m深さまでを対象とする。

まず約20 m厚さの表土を除去し，その下にあるオイルシェールを選別採掘する。表土ならびに低品位のオイルシェールは直接又は一時堆積場に堆積した後，採掘あとに埋め戻しをする。良質のオイルシェールはダンプトラックで工場に運搬される。採掘はベンチカット法による。

(c) 鉄原料・石こう

両者とも買鉱とする。

(d) 粘土・けい酸質原料

当面は必要ないが，将来必要の場合は買鉱他による。

(IV-3 参照)

I-2-4 燃料の評価

(1) タイ王国産石炭(リグナイト)

キルン吹込用燃料としてメラマ鉱山の石炭が品質，価格，輸送距離の点で有利であり，将来買鉱可能である。なお，品質ならびに供給の安定をはかるため一部輸入炭を使用することが考えられる。(V-1 参照)

(2) オイルシェール

バンフォイカロク鉱床のオイルシェールはI-2-3に記載したように発電用流動床ボイラーの燃料として，又キルンブレカルサイナ用燃料として適している。(V-2 参照)

I-2-5 用役およびインフラストラクチャー

(1) 電力

セメントプラントに必要な電力は，全量自家発電力で賄うほか，1.8 MWの余剰電力をP

E Aを經由してメソット地区一般需要家に供給する。工場建設予定地からメソット地区の需要家へは既存と同じ22 kV 配電線で供給する。鉦山は負荷設備が小さいため、セメントプラントから電力を供給する代わりにディーゼル発電機を設置する。尚、自家用発電所の起動用および非常用電源としてディーゼル発電機を設置する。(VI-1 参照)

(2) 水

工業用水はモエイ川から取水し、セメントプラント内に貯水池兼冷却池を設ける。

飲料水はメソット水道局から購入する。(VI-2 参照)

(3) 道路状況

タイ王国では道路網の建設が逐次進められ、旅客貨物輸送の重要な手段となっている。

バンコクータクーメソットおよびメソットータクーランバンーチェンマイ間はいずれも国道でむすばれているので、本プロジェクト用道路としては、工場付近の短距離の取付道路ならびに原料輸送道路を建設すればよい。(VI-3 参照)

(4) 港 湾

タイ王国にはバンコク港ならびにサタヒップ港があるが、本プロジェクトに使用する資機材および原材料の水切は設備の完備したバンコク港で行なう。(VI-4 参照)

(5) 通信施設

工場近くのメソット町はバンコク他主要都市と通信可能である。(VI-5 参照)

(6) 配電設備

セメント工場からメソット地区に余剰電力を供給するため、発電所内に専用フィーダーを設け、メソット地区迄22 kV 配電線1回線を設置する。(延長約10 km) 鉦山はディーゼル発電機を設置するので、特別な配電設備は不要である。(VI-6 参照)

I-2-6 工場の概念設計

各種要因を詳細に検討し、工場の概念設計を次のように行なった。

(1) 工場の概略プロセス

本プロジェクトはオイルシェールを有効に利用して発電を行ないつつセメントを製造することを目的としている。従って発電プロセスとしては流動床ボイラーと発電機を組合せたものとなる。又、セメントプロセスとしては新サスペンションプレヒーター付乾式キルンを中心としたものとする。

尚、流動床ボイラーより廃出されるオイルシェール灰はセメント製造用原料および混合材として有効に利用される。

本プロセスによりオイルシェールは有効に利用されプロセス全体として極めて効率の高いものとなっている。(VII-1 参照)

(2) 工場の生産規模

タイ王国,特に北部タイのセメントの需給関係,原料鉱量等各種要因を考慮して本プロジェクトの生産規模はクリンカーベースで462,000トン/年,また,混合セメントを含むセメントベースで808,500トン/年とする。また,発電規模は12.5MWとする。いずれも将来同規模の設備の増設を考慮したレイアウトとする。(VII-2 参照)

(3) 工場敷地の選定

メソット町郊外の丘陵地を工場敷地として選定する。この場所は主原料である石灰石ならびにオイルシェール鉱床に近く,また製品の搬出にも便利である。(VII-3 参照)

(4) 関係規格・法規

主としてタイ王国の規格・法規に準ずる。但し機器設備規格等で,認められる場合は相当する外国規格を使用することもある。(VII-4 参照)

(5) セメントの品質

本プロジェクトで製造するセメントはオイルシェールセメントと同セメントをベースとした混合セメントである。

前者はTIS-15(1974)のType Iセメント(普通セメント)に相当し,後者はTIS-80(2517)のミックスセメントに相当するものである。本プロジェクトに使用される原料ならびにプロセスにより充分良質な製品が得られる。尚道路床の建設に使用される低強度セメントについても将来製造することが考えられる。(VII-5 参照)

(6) 燃料の供給計画

(a) タイ王国産の石炭

これはタイリグナイト(株)より買鉱する。石炭は同社メラマ鉱山より中間の貯炭場を経て工場にトラック輸送される。

(b) 輸入炭

海外諸国より輸入された石炭はバンコク港で水切され工場までトラックで輸送される。

(c) オイルシェール

I-2-3 原料の供給の項参照

以上 (VII-6 参照)

(7) 製品の流通計画

本プロジェクトの製品のマーケットは北部タイを主とする。製品はバラ又は袋詰でトラックにより需要地に輸送され販売組織を通じて需要者にとどけられる。(VII-7 参照)

(8) 工場設計の概要

工場主要設備は原・燃料の品質、プロセスおよび工場を建設するメソット地区の社会的・自然的条件を考慮・検討の上選定した。(VII-8 参照)

(9) 工場主要設備の仕様

上記設計方針に基づいて主要設備の仕様を決定した。(VII-9 参照)

(10) 工場のフローシートおよびレイアウト

(図面 P-01, P-02, P-03 ならびに VII-10 参照)

(11) 社宅計画

管理職・技術者の社宅(全従業員の20%)および厚生施設を計画した。(VII-11 参照)

I-2-7 環境調査

(1) タイ王国の環境基準

タイ王国の環境基準および国家環境基準法の概要について述べた。(VIII-1 参照)

(2) 公害防止のための機器選定および設計

上記基準ほか必要条件を考慮検討して機器の選定および設計を行なった。(VIII-2 参照)

I-2-8 組織および要員計画

(1) 組織

取締役会の下に工場をおき、工場は製造、採鉱、商務、総務の4課より構成された標準的な組織とする。(IX-1 参照)

(2) 要員計画

表1-2-1に示す。

表1-2-1 要員計画

工 場	工場長以下	3 4 1 名
鉱 山		1 1 3 名
合 計		4 5 4 名

(IX-2 参照)

I-2-9 工場建設および運転計画

(1) 建設機材の調達輸送条件

機械類は耐久性の大なるものとし、互換性・規格の統一に注意する。建設資材は殆どタイ国内での調達が可能である。

建設機材のうち、輸入品はバンコク港で水切され、又国内調達品はバンコク付近等から各々輸送されるが、輸送路については特に問題はない。(X-1 参照)

(2) 工場建設計画

本プロジェクトの遂行のためには、十分な経験を有するコンサルタントを選任することが望ましい。

プロジェクト遂行の概略スケジュール

コンサルタントの選定期間 : 約9ヶ月

建設請負業者の選定期間 : 約1年3ヶ月

建設工事期間 : 約3年

合 計 : 約5年 (X-2 参照)

(3) 工場運転計画

初年度、2年度、3年度および4年度以降の年間稼働率を各々70、80、90および100%とする。(X-3 参照)

I-2-10 所要総資金と資金調達

(1) 所要総資金

表1-2-2に示す。

表1-2-2 所要総資金 (1,000バーツ)

	外貨ポーション	内貨ポーション	合 計
固 定 資 金	1,936,568	1,159,800	3,096,368
運 転 資 金	—	105,259	105,259
合 計	1,936,568	1,265,059	3,201,627

(XI-1 参照)

(2) 資金調達計画

(i) 資 本 金 所要総資金の30%

- (ii) 長期借入金 所要総資金の70%
- (iii) 短期借入金

(XI-1 参照)

I-2-11

(1) 主要前提条件

I-1, XII-1 参照

(2) 所要総資金の年度別支出計画

表1-2-3 年度別支出計画 (1,000パーツ)

－3年度	－2年度	－1年度	合計
724,371	1,214,372	1,262,884	3,201,627

(注) (－)は工場運転開始前を示す。(XII-2 参照)

(3) 販売計画

運転率(操業率)100%時生産量

オイルシェールセメント 323,400トン/年
 混合セメント 485,100トン/年
 電力 1,425,000kWh/年 (XII-3 参照)

(4) 製造コスト

表1-2-4 製造コスト

	パーツ/トン・セメント	1,000パーツ/年
直接費	204,397	165,255
固定費	150,757	121,887
金利・償却(4年目)	584,053	472,207
合計	939,207	759,349

(XII-4 参照)

(5) 財務分析手法

収益性の評価基準として財務的内部収益率(FIRR)を採用した。(XII-5 参照)

(6) 財務分析結果

表 1-2-5 基本ケースの財務的内部収益率 (%)

F I R R on I (税引前)	1 9. 8
F I R R on I (税引後)	1 5. 0
F I R R on E	2 6. 9

上表より判断すると本プロジェクトの収益性は高い。(XII-6 参照)

(7) 感度分析

基本ケースに対し次の要因について感度分析を行なった。

建設費，製品価格，原料価格，稼働率，金利，その他費用 (XII-7 参照)

I-2-1 2 発電の規模を変えた場合・他の検討

発電の規模を変えた場合等について財務分析を行なったが，本案の場合が最も有利であることが判明した。(XIII-1 参照)

I-2-1 3 経済分析

(1) 経済的便益と費用

便益：セメントの生産増，電力の供給増加，社宅，インフラストラクチャーの整備，雇用機会の増大，地元産業への波及効果

費用：初期費用，原材料，労働賃金 (XIV-1 参照)

(2) 経済的内部収益率 (E I R R)

本プロジェクトの E I R R は 2 1. 4 % になる。この値はタイ王国に於ける E I R R のカットオフレートである 1 2 % ~ 1 8 % より大きく，本プロジェクトは経済的にも非常によい値を示している。(XIV-2 参照)

(3) 税

本プロジェクト実施により期待される税収入は 2 0 年合計で約 5 2 億バーツに達する。

(XIV-3 参照)

(4) 本プロジェクトの外貨収支への影響

本プロジェクトの外貨収支への影響について検討した。(XIV-4 参照)

I-2-1 4 結論および勧告

(1) 結 論

I-1 に示す前提にもとづいて検討した結果メソット地区にオイルシェールを利用して発電ならびにセメントを製造する工場を建設する計画は技術的・経済的にフィージブルと認められる。(XV-1 参照)

(2) 勧告

次の項目について勧告を行なう。

建設資金，土地取得，ボーリング，流動床ボイラーのパイロットプラントテスト，
測量，製品規格の制定，長期調達折衝，技術コンサルタントの採用，建設コスト見積
の引合，電力販売に関する関連機関間の折衝，プロジェクト推進母体 (XV-2 参照)

第Ⅱ章 セメント市場および電力需給

Ⅱ-1 セメント市場

Ⅱ-1-1 需給の推移

(1) タイ王国全般

現在タイ王国にはサイアムセメント(Siam Cement)、ジャラプラタンセメント(Jalaprathan Cement)およびサイアムシティセメント(Siam City Cement)の三社があり、それぞれ69%、10%および21%のマーケットシェアを有している。タイ王国ではもともと国内で生産されたセメントは、主として国内消費に使われており、過剰がた時にもみ輸出されていた。しかしながら、1970~1974年の間、国際市場でセメント価格が高騰したため、各セメントメーカーは輸出市場に魅力を感じ輸出に注力した。この結果、輸出数量は例えば1974年に記録的な914,000トンに達し、そのため国内市場ではセメントの不足を招くことになった。そしてひいては国内セメント価格の高騰を引き起こした。この対策として歴代政府はセメントの市場価格を統制したものの、価格の上昇は止まらなかった。1980年後半、政府は価格統制の見直しを発表した。かくするうちにもセメントの不足は続き、過去国内生産の20%を輸出していたこの国が1978~1981年には30億パーツのセメントの輸入国になっていた。しかしセメントの輸入は問題の解決にはつながらず、遂にセメント価格の統制は撤廃されざるを得なかった。そして長期的な対策としてセメントの生産能力を増加させる諸政策が検討されるようになった。これを受けて上記三社は生産設備の拡張に踏切り、国内消費をまかなってあまりある能力を有するに至った。

この経過を表2-1-1 過去のセメント生産、輸出、輸入ならびに消費の実績に示す。

表2-1-1 セメント生産・輸入・輸出・消費実績(その1)

(1,000トン)

年	生産	輸入	輸出	消費		
				年消費	移動平均	1人当り消費量 (kg)
1920	24	7	2	29	-	3
21	26	8	2	32	-	3
22	20	8	1	27	28	3
23	20	8	4	24	30	2
24	25	9	4	30	32	3
25	30	12	5	37	38	4
26	39	8	6	41	46	4
27	46	13	2	56	55	5
28	55	12	2	65	64	6
29	62	16	2	76	69	7
30	68	15	-	83	69	7
31	58	8	-	66	67	5
32	52	6	1	57	64	5
33	44	10	-	54	62	4
34	51	10	-	61	66	5
35	(60)	11	-	(71)	72	(5)
36	(75)	13	-	(88)	80	(6)
37	(80)	6	-	(86)	-	(6)
38	(90)	2	-	(92)	-	(6)
47	59	1	1	59	-	3
48	83	1	-	84	-	5
49	128	-	-	128	136	7
50	165	16	-	181	180	10
51	228	1	-	229	230	12
52	247	31	-	278	290	14
53	291	41	1	332	342	17
54	383	48	-	431	378	22
55	387	56	5	438	410	22
56	396	25	9	413	437	20
57	404	48	15	437	447	21
58	458	22	16	464	445	22
59	482	16	17	481	461	22

表2-1-1 セメント生産・輸入・輸出・消費実績(その2)

(1,000 トン)

年	生産	輸入	輸出	消費		
				年消費	移動平均	1人当り消費量 (kg)
1960	440	14	25	429	538	16
61	646	6	156	496	621	18
62	956	35	178	821	719	29
63	999	20	142	877	871	30
64	1,060	9	96	973	1,083	33
65	1,250	39	100	1,189	1,310	39
66	1,476	262	45	1,553	1,577	49
67	1,736	316	28	1,960	1,858	60
68	2,170	107	35	2,208	2,116	66
69	2,403	24	48	2,379	2,313	68
70	2,630	2	151	2,482	2,449	73
71	2,771	1	237	2,534	2,573	72
72	3,378	1	735	2,643	2,700	74
73	3,706	.0	876	2,829	2,850	77
74	3,923	.2	914	3,010	3,103	74
75	3,959	.3	726	3,234	3,525	79
76	4,422	.3	623	3,799	4,034	90
77	5,063	.3	309	4,754	4,698	107
78	5,044	351	22	5,374	5,351	116
79	5,122	1,128	22	6,328	5,863	137
80	5,355	937	12	6,498	6,181	138
81	6,362	108	92	6,362	6,414	133
82	6,545	16	161	6,342		130
83	6,899	-	495	6,540		132

表 2-1-1 に関連してタイ王国のセメント工場の操業率を表 2-1-2 に示す。

表 2-1-2 タイ王国セメント工場の操業率

生産能力・生産量(1,000トン), 操業率(%)						
年 度	1971	1972	1973	1974	1975	1976
生産能力	3,460	3,460	3,800*	4,000*	4,000*	5,000
生産量	2,711	3,378	3,706	3,923	3,959	4,422
操業率	78.4	97.6	97.5	98.1	99.0	88.4
年 度	1977	1978	1979	1980	1981	1982
生産能力	5,000	5,000	5,100	5,400	7,150	8,620
生産量	5,063	5,044	5,122	5,355	6,362	6,545
操業率	101.3	100.9	100.4	99.2	89.0	75.9
年 度	1983	注: * 推定値				
生産能力	8,880					
生産量	6,899					
操業率	77.7					

次に国内の消費実績を地域別に表 2-1-3 に示す。

表 2-1-3 地域別セメント消費実績

(1,000トン)

年 度	地			域		合 計
	首 都	中 央 部	北 部	北 東 部	南 部	
1981	3,050	1,273	679	724	636	6,362
1982	2,793	1,427	743	797	582	6,342
1983*	2,872	1,473	762	823	610	6,540

出所: サイアムセメント

注: * 1983年は推定値を示す。

(2) 北 部

地区別の中で特に本プロジェクトに関係のある北部のセメント需給について以下に述べる。
 現在タイ北部にはセメント工場はなく、最も近い工場はナコンサワン県にあるジャラプラタ
 ンセメント会社のタクリ (Ta Kli) 工場である。従ってセメントはすべて地域外より輸送

されている。

過去5ヶ年間のセメント三社の北部地域に於けるマーケットシェアの概略を表2-1-4に示す。

表2-1-4 北部地域におけるマーケットシェア

(%)

会社名	1977～1981	1982
サイアムセメント	60	55
ジャラプラタンセメント	30	25
サイアムシティセメント	10	20

即ち上記のごとくジャラプラタンセメントがタクリ工場を有し、輸送に有利であり比較的大きなシェアを持つが、やはりサイアムセメントが第1位を占めている。次に北部地域での過去の消費実績を表2-1-5に示す。表2-1-3の値と多少異なるものもあるがこれは集計の誤差によるものであろう。

表2-1-5 北部地域セメント消費実績

(1,000トン)

年度	1978	1979	1980	1981	1982
消費量	572	619	618	741	785

北部地域の中での県別ならびに用途別の消費の内訳をそれぞれ表2-1-6および表2-1-7に示す。

表2-1-6 北部地域県別セメント消費実績

地名	チェンマイ	ナコンサワン	ランパン	ピサノロック	チェンライ	スコータイ	他	計
%	30	15	15	8	6	5	1～3	100

表2-1-7 北部地域用途別消費実績

用途	%
一般住宅用	60
コンクリート製品	25
道路他（公共）	15

Ⅱ－１－２ セメントの需要予測

Ⅱ－１－２－１ タイ王国全体の需要予測

セメントの需要予測は傾向分析，相関分析，類似ケースよりの推定ならびにタイ王国における予測値等を使用して行なった。

(1) 傾向分析

傾向分析は1次指数曲線，ゴンベルツ曲線，2次曲線および3次曲線について行なった。それぞれの式および相関係数は下記の通りで，最もあてはまりのよいのは3次曲線である。尚，傾向分析の基礎データとしては1960～1983年間の過去の国内需要の5年間の移動平均値を使用した。

注：1983年の需要は推定値

(i) 1次指数曲線

$$y = 831.0791 \times 1.1136^t \quad \text{①式}$$

$$r = 0.99163$$

但し， y ：推定年間セメント消費量（単位：1,000トン）

t ：1962年度を初年度とする経過年数

r ：相関係数

(ii) ゴンベルツ曲線

$$y = 59.6496 \times 17.9563^{1.0256t} \quad \text{②式}$$

$$r = 0.98862$$

(iii) 2次曲線

$$y = 876.5278 + 51.8288t + 11.5587t^2 \quad \text{③式}$$

$$r = 0.99068$$

(iv) 3次曲線

$$y = 422.2336 + 283.6360t - 15.3758t^2 + 0.8551t^3 \quad \text{④式}$$

$$r = 0.99326$$

(2) 相関分析

相関分析は国内需要の5年間の移動平均値と1972年度ベースに換算した実質GDP（国内総生産）との単相関をとると

$$y = -2545.62 + 30.0577x \quad \text{⑤式}$$

$$r = 0.996227$$

但し、 y : 推定年間セメント消費量 (単位: 1,000トン)

x : 実質GDP (単位: 百万パーツ)

が得られる。第5次5ヶ年計画によると1981年~1986年の経済成長率を実質6.6%と見込んでいるので、この成長率が1992年まで推移されるとして、セメント消費量を予測した。

尚、GDPの年次別実績を表2-1-8に示す。

表2-1-8 GDP 実績値

年度	人口 (人)	GDP 時価		GDP 1972年度価格		
		GDP (百万パーツ)	1人当り (パーツ)	GDP (百万パーツ)	1人当り (パーツ)	成長率 (%)
1972	38,359,008	8,231※	213※	168,324	4,388	
1973	39,950,306	10,827※	273※	180,106※※	4,508※※	7.0※※
1974	41,334,152	13,485※	331※	192,714※※	4,662※※	7.0※※
1975	42,391,454	14,815※	354※	206,204※※	4,864※※	7.0※※
1976	43,213,711	16,609※	387※	221,225	5,119	7.3
1977	44,272,693	19,652※	446※	237,173	5,357	7.21
1978	45,221,625	46,995.2	10,390	261,097	5,792	10.09
1979	46,113,756	55,624.0	12,060	276,907	6,005	6.06
1980	46,961,338	68,493.0	14,590	292,852	6,236	5.76

注: ※ GDP 百万米ドル, 1人当り米ドル

※※ 推定値

(3) 類似ケースよりの推定

各国とも経済発展段階を異にし、歴史的・地理的条件も大いに異なるので、一概に比較することは難しいが、タイ三国に比較的類似したケースとして近隣の先進アジア諸国の1970年から1980年に至る10年間のセメントの平均伸び率を示せば凡そ次の通りである。

中国	10.6%	ホンコン	12.2%	インドネシア	16.4%
マレーシア	11.6%	韓国	9.5%	シンガポール	6.2%

尚、これまでにタイ王国内で行なわれた調査によれば、工業省は1982年～1990年の間年平均5.3%の伸びを、又EGATは1982年～1987年の間年平均7.2%の伸びを推定している。両者による需要予測を表2-1-9に示す。

表2-1-9 タイ王国のセメント需要予測(工業省, EGAT)

(1,000トン)

年 度	工業省の予測	EGATの予測
1982	7,118	8,450
1983	7,577	8,760
1984	8,036	9,540
1985	8,495	10,310
1986	8,954	11,030
1987	9,431	11,960
1988	9,872	—
1989	10,331	—
1990	10,791	—

(4) 予測の結果

以上の各式より将来の需要動向を予測すれば表2-1-10のごとくになる。

(図2-1-1 タイ王国におけるセメント需要予測 参照)

表2-1-10 タイ王国のセメント需要予測(調査団)

(1,000トン)

年 度 \ 式	① 式	② 式	③ 式	④ 式	⑤ 式	⑥ 式 per capita
1982	7,954	8,076	7,062	7,517	7,457	144
1983	8,857	9,156	7,611	8,325	8,117	152
1984	9,863	10,415	8,183	9,216	8,821	160
1985	10,982	11,885	8,778	10,193	9,571	169
1986	12,230	13,608	9,396	11,264	10,371	177
1987	13,618	15,635	10,038	12,431	11,223	185
1988	15,165	18,029	10,702	13,702	12,132	193
1989	16,887	20,864	11,390	15,080	13,101	201
1990	18,804	24,236	12,100	16,571	14,134	209
1991	20,939	28,261	12,834	18,180	15,234	217
1992	23,317	33,085	13,591	19,912	16,408	225

上期予測値のうち③式を今回の作業のベースとして採用した。

その理由は次の通りである。

- 傾向分析のうちで相関係数が0.99以上の諸式の中で伸び率が最低であり控え目の予測である。
- ③式によると1982年～1992年の10年間の伸び率は年平均6.8%であり、先進近隣諸国の過去10年間の伸び率と同等ないし下回っている。
過去タイ王国で行なわれた予測値の中間にある。
- ③式を適用した場合の国民1人当りの消費量を算出すると表2-1-10の⑥式のごとくになる。これは表2-1-11に示すようにASEAN諸国の中では3位であり、又他の先進諸国の値に比較するとかなり低いので充分実現可能な値である。

II-1-2-2 北部地域の需要予測

北部地域のセメントの需要予測は主として傾向分析を使用して行ない、これにタイ王国全体の需要予測の結果を加味して検討した。

(1) 傾向分析

傾向分析は1次指数曲線、2次指数曲線、1次曲線および2次曲線について行なった。それぞれの式および相関係数は下記の通りである。

尚、傾向分析の基礎データとしては1978～1983年の間の過去の北部地域の実績値を使用した。(表2-1-5参照)

注：1983年の需要は推定値

(i) 1次指数曲線

$$y = 525.348 \times 1.079^t \quad \text{①'式}$$

$$r = 0.91984$$

但し、 y ：推定年間セメント消費量(単位：1,000トン)

t ：1978年度を初年度とする経過年数

r ：相関係数

(ii) 2次指数曲線

$$y = 527.432 \times 1.076^t \times 1.000^{t^2} \quad \text{②'式}$$

$$r = 0.89323$$

(iii) 1次曲線

$$y = 508.400 + 52.314t \quad \text{③'式}$$

$$r = 0.92071$$

(iv) 2次曲線

$$y = 523.400 + 41.064t + 1.607t^2 \quad \text{④'式}$$

$$r = 0.89742$$

(2) 予測結果

以上の各式より将来の需要動向を予測すれば表2-1-12のごとくなる。

(図2-1-2 タイ王国北部におけるセメントの需要予測参照)

表2-1-12 タイ王国北部のセメント需要予測

年 \ 式	①'式	②'式	③'式	④'式
1984	894	898	875	890
1985	965	972	927	955
1986	1,041	1,053	979	1,023
1987	1,123	1,143	1,032	1,095
1988	1,211	1,239	1,084	1,170
1989	1,307	1,346	1,136	1,248
1990	1,410	1,463	1,188	1,329
1991	1,521	1,592	1,241	1,413
1992	1,641	1,734	1,293	1,501

上期予測値のうち北部の需要は概ね①'式に従って伸びるものと予測される。その理由は次の通りである。

○①'式によると1984年～1992年の8年間の伸び率は年平均8.1%であり、同地区の過去5年間の伸び率年平均7.3%をやや上回る程度の控え目なものである。

○II-1-2-1で予測したタイ王国全体の将来10年間の伸び率の平均年6.8%に比してやや高いが、北部の後進性から発展を考えると妥当である。

図 2 - 1 - 1 タイ王国におけるセメントの需要予測

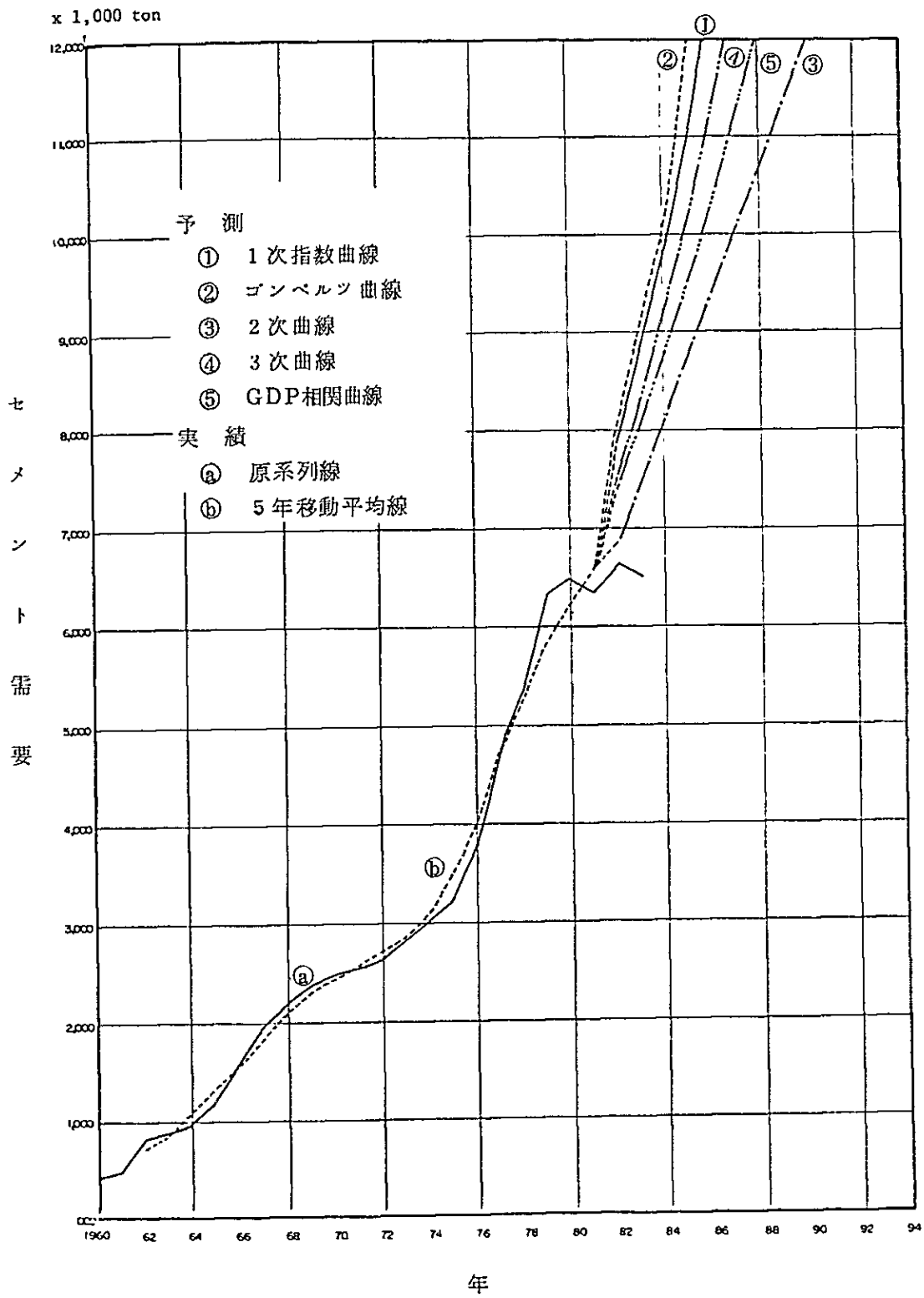


図 2 - 1 - 2 タイ王国北部におけるセメントの需要予測

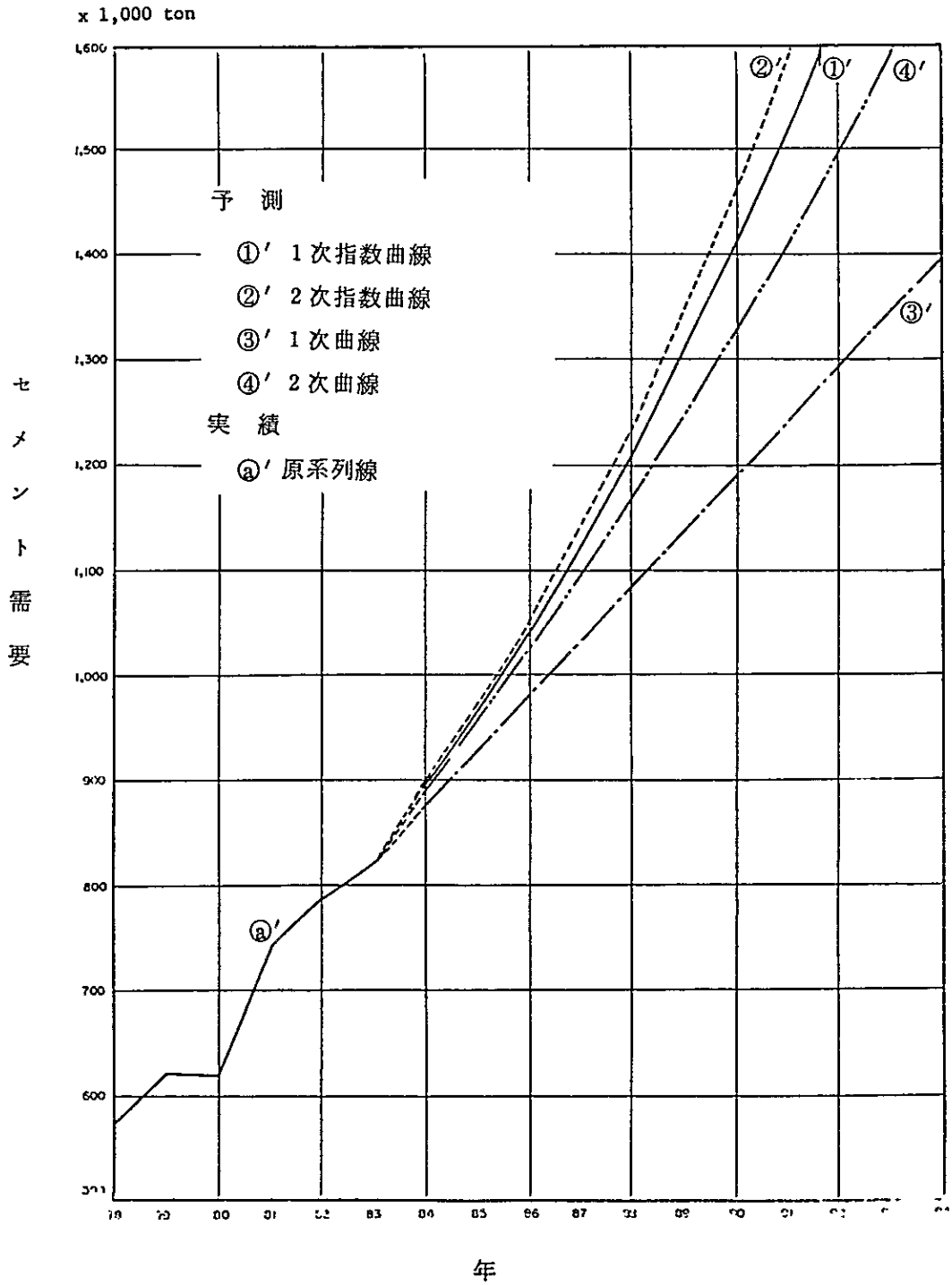


表2-1-1-1 アジア諸国における1人当りセメント消費量

(トン/人)

国名	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
タイ	30	33	39	49	60	66	68	73	72	74	77	74	79	90	107	116	137	138	133	130
インドネシア	5	6	7	5	5	6	8	10	12	13	17	20	21	21	22	26	27	36	44	-
マレーシア	94	98	92	74	62	70	65	66	103	117	130	141	159	151	160	180	203	227	-	-
シンガポール	-	-	-	203	370	451	366	372	426	504	514	541	549	646	557	544	582	587	682	-
フィリピン	40	44	50	52	67	75	70	66	67	73	71	66	83	81	73	73	77	80	72	-
香港	286	328	350	285	167	163	190	221	321	289	289	301	272	357	445	512	473	643	650	-
台湾	115	120	142	149	180	231	252	252	279	313	354	391	405	496	523	591	662	752	684	-
韓国	40	42	52	65	93	111	138	169	190	174	215	229	243	250	305	403	424	345	321	-
日本	290	319	313	361	401	447	477	528	544	616	715	639	547	572	608	689	705	704	659	-
ネパール	42	44	79	87	34	61	66	87	76	78	89	129	171	121	-	8	9	10	-	-
インド	20	20	22	22	22	22	25	26	27	28	26	24	26	29	29	32	30	30	33	-
パングラデシュ	-	-	-	-	-	-	(9)	2	2	2	3	4	4	4	(5)	5	8	10	10	-
バングラデシュ	19	26	19	19	19	24	24	44	40	39	53	59	47	43	44	55	52	55	-	-
スリランカ	26	24	25	29	25	34	34	31	32	31	35	34	26	27	28	40	45	65	-	-
アフガニスタン	6	9	11	11	8	5	4	6	5	4	5	4	4	7	15	15	26	-	-	-
ビルマ	8	7	5	6	7	7	7	6	6	7	7	5	6	7	7	7	11	8	7	-
ラオス	-	-	-	15	18	17	14	16	21	14	9	9	10	-	-	17	17	-	-	-
カンボジア	-	-	-	33	42	26	24	18	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ベトナム	27	26	34	90	75	79	69	49	63	49	42	20	22	-	-	20	23	26	-	-
中国	12	15	22	24	26	29	34	39	47	53	49	44	54	64	68	73	78	80	80	-
インドネシア	120	186	208	337	375	420	474	450	465	484	397	545	798	644	726	490	310	458	458	-
マカオ	31	85	100	122	56	46	63	70	114	147	240	155	100	113	175	182	315	341	480	-

II-1-2-3 輸出の可能性

前述のごとくタイ王国は1961年～1977年の間ピーク時には国内生産量の20%以上のセメントを輸出していた。その後国内需要を満たすために輸出が減少したが、国内生産設備が増強されれば輸出余力が生じてくる。加えて、近年天然ガスや石油等の国内エネルギー源が開発されておりこれにより、地理的な優位性のみならず価格面でも輸出競争力が生じてくる。従って、少なくとも国内全セメント生産量の7%は輸出可能と考えられる。

尚、1982年および1983年(推定)の輸出量は国内全セメント生産量のそれぞれ2.5%および6.6%である。(表2-1-1参照)

II-1-2-4 その他

(1) 低強度セメントの需要

道路の建設に際し、基礎路床に碎石層を使用する。

タイ王国ではこの碎石が不足している地域が、特に北部地域に多くこの場合碎石層の代わりにコンクリート層が使用される。

この基礎路床コンクリート層用セメントとして低強度オイルシェールセメントを使用することができる。この低強度オイルシェールセメントとは、セメントクリンカーと流動床ボイラーの燃焼残灰とを30:70程度の比率で混合したもので特に道路床に適している。尚、この種のセメントはモルタルバインダーと呼ばれている。

以下に、この需要量をタイ王国北部地域について推定する。

(i) タイ王国の道路建設予想

第三次道路整備5ヶ年計画(1982年～1986年)によると現在計画中の道路は総長12,000 kmである。

北部の道路建設量は通常全国の37%であるので上記5ヶ年計画により北部に建設される道路は、 $12,000 \times 0.37 = 4,440$ kmと推定される。

タイ王国の道路仕様によると、1級、2級ハイウェイおよび地方道路があるが、碎石層の量は平均して $1,400 m^3/km$ である。

$$(\text{道路巾}) \times (\text{碎石層厚み}) \times (1,000 m) = 7 \times 0.2 \times 1,000 = 1,400 m^3/km$$

この層がコンクリートに代替された時使用される低強度セメントの量は約 $60 kg/m^3$ であるので、道路1 km当りでは、 $Q = 1,400 \times 0.06 t/km = 84 t/km$ 、となる。

北部に建設される道路の50%にこのセメントが使用されるとすればその量は年間

$$4,400 \text{ km} \times \frac{1}{5 \text{ 年}} \times 84 \text{ t/km} \times 0.5 = 36,960 \text{ t/年}$$

と推定される。

この量は現在の北部地域のセメント消費量の約5%であるが、普通セメントベースに換算すると約2~3%となる。従って、この種のセメントの市場規模は余り大きくない。しかし将来の販路の一部として充分期待はできる。

(2) ダム建設用のセメント需要

タイ王国北部には未開発の水力資源が豊富にあり、現在開発のための調査が継続して行なわれている。

従って、近い将来大型ダムを建設する可能性が高い。オイルシェールセメントは一種の混合セメントであり他の混合セメントと同様低発熱型であるので、ダムの様なマスコンクリート用のセメントとして優れているのでこの分野での販路が期待される。

II-1-3 将来の市場動向

II-1-2, (4)で述べた様にタイ王国の需要動向を③式の様に推定して将来の需給バランスを予測すれば、表2-1-13に示す通りとなる。

表2-1-13 需 給 予 想

(1,000トン)

年 度	生 産 [*] (設備能力)	輸 出 ^{**}	国 内 需 要	需 給 過 不 足	メソットセメント工場		タイ王国北 部の需要
					生 産 量 ^{***}	過 不 足	
1983	8,885	573	7,611	701	-	701	814
84	9,150	616	8,183	351	-	351	894
85	9,150	661	8,778	△ 289	-	△ 289	965
86	10,660	707	9,396	557	-	557	1,041
87	10,660	755	10,038	△ 133	-	△ 133	1,123
88	10,660	806	10,702	△ 848	566	△ 282	1,211
89	10,660	857	11,390	△ 1,587	647	△ 940	1,307
90	10,660	911	12,100	△ 2,351	728	△ 1,623	1,410
91	10,660	966	12,834	△ 3,140	809	△ 2,331	1,521
92	10,660	1,023	13,591	△ 3,954	809	△ 3,145	1,641

注:1) * 1986年以降他社の増設はないものとする。

2) ** 国内全生産量の7%とする。(II-1-2(5)参照)

3) *** 1983年に工場建設が決定した場合の予想でこれは最も早い場合である。

II-1-4 ま と め

タイ王国の国内需要ならびに輸出が表2-1-13の通りとし、その他の客観情勢に大幅な変化が無いとするならば、1987年以降セメントの不足が生じ、メソットのセメント工場建設計画を早急に進めることが必要である。

その生産規模はⅧ-2記載のごとく当面80,8500トン/年とするが、需要の推移によっては将来の拡張が考えられる。

尚、この生産規模は北部需要のほぼ1/2である。(表2-1-12参照)

II-1-5 セメント価格ならびに流通方法

(1) セメント価格

(i) ガイドライン価格

前述のごとくセメントの価格はControl Committee on Price Fixing and Anti-Monopoly (CCPFAM)により統制されていたが、現在は撤廃されている。尚1980年10月1日付の統制価格は工場出荷価格で混合セメント、普通セメントでそれぞれ989および1,194バーツ/トンであった。

現在では、各社のセメントの品種別にガイドライン価格が設定されている。このガイドライン価格はバンコクベースであり、他の都市での価格は、これに輸送費を加算したものである。

最近のガイドライン価格(1982年3月9日バンコク)を表2-1-14に示す。

表2-1-14 セメント(袋物)のガイドライン価格

(バーツ)

会社名	混合セメント		普通セメント		早強セメント	
	ブランド	価格	ブランド	価格	ブランド	価格
サイアム セメント	タイガー	1,400	エレファント	1,705	エラネン	1,860
ジャラプラタン セメント	コブラ	1,310	グリーンドラゴン	1,615	レッドドラゴン	1,770
サイアムシティ セメント	イーグル	1,401	ダイヤモンド	1,701	スリーダイヤモンド	1,860

出所: Ministry of Commerce, Commodity Research Division

尚、1982年12月8、9日付バンコク週報によるとSCC社のタイガー、エレファント、エレファントヘッドがそれぞれ1,400、1,705、1,800パーツ/トンで、最近は価格が安定していることを示している。

(ii) 工場出荷価格

セメント各社はこのガイドライン価格をやゝ下回る工場出荷価格で販売しているが、この出荷価格も販売量や販売先で変化する。この工場出荷価格にはセメント税が含まれている。例えば販売店へ現金販売を行なう場合とそれ以外の一般的な場合とは異なる。

表2-1-15 工場出荷価格

(パーツ/トン)

		混合セメント	普通セメント	出 所
販売店への 現金販売	袋	1,241	1,544	The Association of Thailand Industries
	バラ	1,141	1,444	SCC
一 般 的	袋	1,310	1,610	SCC Chiang Mai 支店

本報告書では後者を基準として採用する。

(iii) セメント販売価格の構成

セメントの市場価格は上記の工場出荷価格(セメント税等を含む)に輸送費および倉庫料が加算されたものになる。

例を表2-1-16および表2-1-17に示す。

表2-1-16 セメント(袋物)販売価格の構成(1)

(パーツ/トン)

	混合セメント	普通セメント
工場出荷価格(含セメント税)	1,241	1,544
セメント税	91	109
倉庫料 + 輸送費	90 ~ 205	90 ~ 205
倉庫出荷価格	1,331 ~ 1,446	1,634 ~ 1,749

出所：サイアムセメント

表 2-1-17 セメント(袋物)販売価格の構成(2)

(パーツ/トン)

	混合セメント	普通セメント
工場出荷価格(含セメント税)	1,310	1,610
輸送費	165	165
倉庫料(マージン)	15	18
倉庫出荷価格	1,490	1,793

出所：サイアムセメント，チェンマイ支店

(V) セメント小売価格

今次の調査で各地を訪れた際，販売店で直接聴取した小売価格を表 2-1-18 に示す。

表 2-1-18 セメントの小売価格

都市名	品種	混合セメント		普通セメント			
		ブランド名	価格		ブランド名	価格	
			パーツ/袋	パーツ/トン		パーツ/袋	パーツ/トン
メソット	コブラ	75	1,500	グリーンドラゴン	95	1,900	
	タイガー	75	1,500				
ランパン	イーグル	69	1,380	ダイヤモンド	85	1,700	
	タイガー	70	1,400	エレファント	86	1,720	
バンコク	タイガー	72	1,440	エレファント	87.25	1,745	

(V) その他

参考値として白色セメントの小売価格を次に示す。

1982年8月1日，於バンコク：4,500 パーツ/トン

(2) セメントの流通方法

(i) セメント輸送

タイ王国ではセメントの輸送はトラック，貨車およびバージによって行なわれてはいるが，大半はトラック輸送によっている。貨車による輸送は一般にコスト高であり，余り使

われていない。

特に北部地域への輸送はその90%以上をトラックによっている。

次にトラックによる輸送費の一例を表2-1-19に示す。

表2-1-19 トラックによるセメントの輸送費

(バーツ/トン)

区 間	距 離	輸 送 費
サラブリ — チェンマイ	691 km	165

バラセメントの輸送には各社共圧送車を使用している。

(ii) セメントの流通

セメント各社は主要拠点に支店を有し、さらに主要消費地に特約販売店を有している。

又、大口需要地には生コンクリートの工場を設置している。

II-1-6 タイ王国のセメント工業の実態

現在タイ王国には前述の如くセメント会社は3社あるがその概要を以下に示す。

(1) 各社生産量

表2-1-20 各社のセメント生産量

会社名	工場名	運転日数 日/年	生産量			
			クリンカー		セメント* トン/年	
			トン/日	トン/年		
サイアムセメント	Ta Luang Kiln ㊦5	310	4,000	1,240,000	3,200,000	
	Kiln ㊦6	310	4,000	1,240,000		
	Thung Song Kiln ㊦1	340	530	180,000	900,000	
	Kiln ㊦2	340	530	180,000		
	Kiln ㊦3	330	1,100	363,000		
	Kaeng Khoi Kiln ㊦1	300	1,500	450,000	1,700,000	
	Kiln ㊦2	300	2,850	855,000		
	ジャラプラタン セメント	Ta Kli Kiln ㊦1	335	500	167,500	300,000
		Kiln ㊦2	335	500	167,500	
		Cha-am Kiln ㊦1	295	1,500	442,500	420,000
サイアム シティ セメント	Tab Kuang Kiln ㊦1	295	1,600	472,000	2,100,000	
	Kiln ㊦2	295	4,000	1,168,000		
合計		(306)	22,610	6,925,500	8,620,000	

注:1) * 全品種合計のセメント生産量を示す。

2) キルン改造増設予定

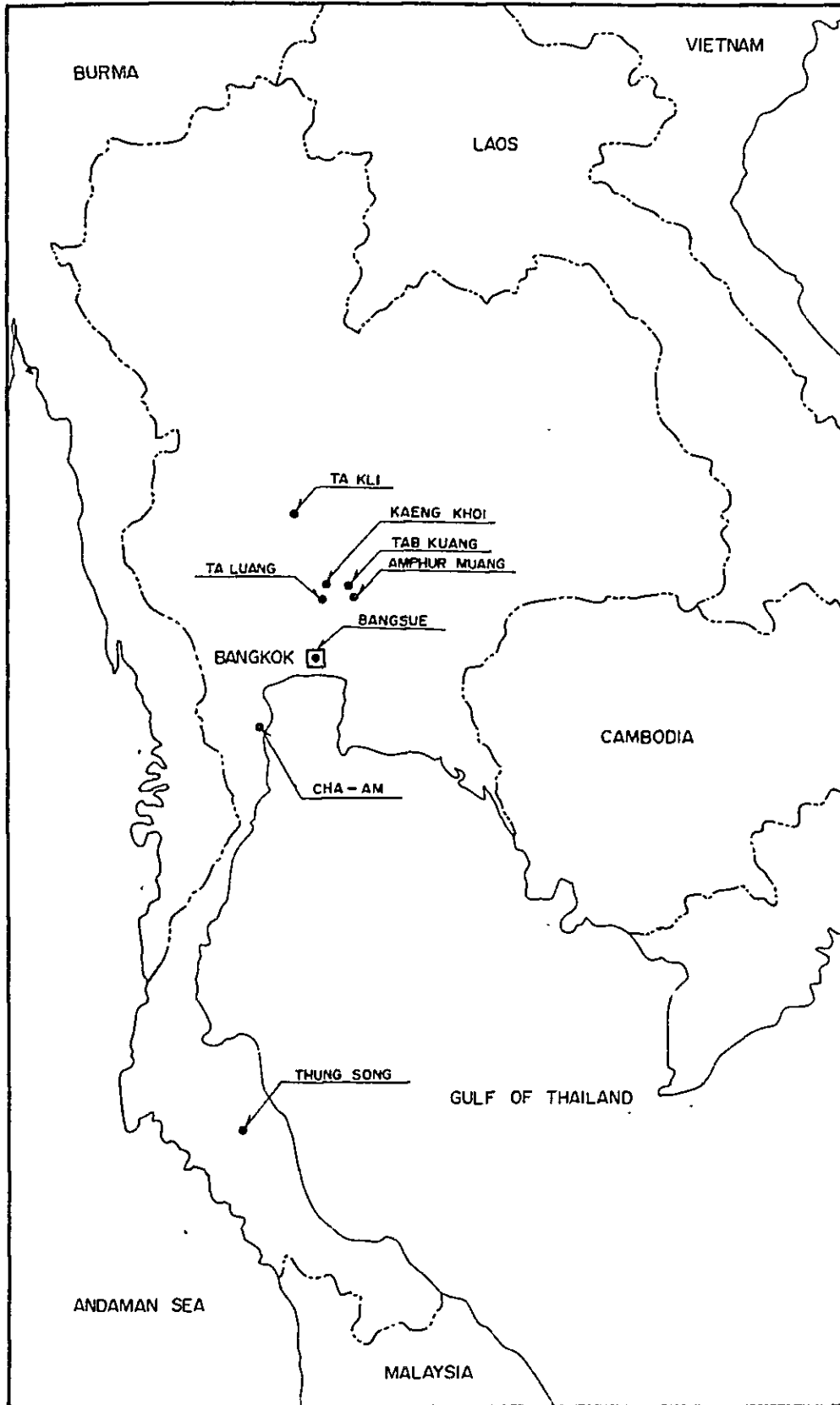
— Tab Kuang 工場㊦1キルン1983年2~4月 3,000トン/日に能力増加

— Cha-am 工場1986年央4,000トン/日のキルン新設

3) SCC Bangsue (バンコク) 工場㊦1~㊦4キルンおよびタラン (Ta Luang) 工場の㊦1~㊦4キルンは湿式で運転を中止しているため、上表に含まれていない。

4) ユニバーサル ホワイトセメント社 (Universal White Cement Co., Ltd.) のアンブールムアン (Amphur Muang) 工場は白色セメント工場であるため上表に含まれていない。

図 2-1-3 タイ王国のセメント工場位置図



(2) 各社工場位置

各社の工場位置を前頁図2-1-3に示す。これによると工場の大部分にバンコク付近に集中しており、それ以外では南部に1工場あるのみである。従って北部および北東部にはまだ工場はない。

(3) 各社の最近のセメント生産量

各社の最近のセメント生産量ならびにシェアを表2-1-21に示す。

表2-1-21 各社の最近の生産量

社名	1981		1982		1983	
	100万トン	%	100万トン	%	100万トン	%
サイアム セメント	4.671	73.4	4.500	68.8	4.759	69.0
ジャラプラタン セメント	0.713	11.2	0.701	10.7	0.670	9.7
サイアム シティ セメント	0.976	15.4	1.344	20.5	1.470	21.3
合計	6.362	100.0	6.545	100.0	6.899	100.0

(4) 工場の運転データ

セメント工場の運転データとしてタイ王国に於ける代表的な工場の例を示す。

(i) 原料原単位

原料原単位を表2-1-22に示す。

表2-1-22 原料原単位

原料名	原単位(トン/トン・クリンカ)
石灰石	1.27
粘土	0.33
鉄鉱石	0.017
けい酸質原料	0.033
合計	1.65
石こう	4~62

(ii) 燃料原単位

使用熱量 800,000 kcal / トン・クリンカ

(iii) セメント品質

表 2-1-23 セメントの品質

品 種	混合セメント	普通セメント
粉末度 プレーン (cm^2/g)	4,000 ± 300	3,100 ± 300
強度 3日 (kg/cm^2)	120 ± 20	155 ± 15
凝結 (min)	100	100

II-2 電力需給

II-2-1 電力供給体制

タイ王国の電気事業は、第2次大戦末迄は私企業で行なわれていたが、現在は全て国営で次の3機関に分かれている。

(1) タイ電力庁 (EGAT)

1969年5月に、従来あったYEA (Yanhee Electricity Authority), NEEA (North East Electricity Authority), LA (Lignite Authority) の3機関が合併して発足したもので、EGAT (Electricity Generating Authority of Thailand) と称し、主として発電事業を担当しており、自ら発電した電力を首都電気庁 (MEA) と地方電気庁 (PEA) に卸売するほか、全国9大工場に直接販売すると共に、ラオス、マレーシアから電力の一部を購入している。

(2) 首都電気庁 (MEA)

1958年に従来バンコクにあった内務省所管の Bangkok Electric Works と Electric Division が合併して発足したもので、MEA (Metropolitan Electricity Authority) と称する。

主要事業内容は、タイ電力庁 (EGAT) から電気を購入しバンコク首都圏 (Greater Bangkok), ノンタブリ (Nontaburi), サムートプラカン (Samut Prakran) の両県に電気を販売するもので、自組織内には発電設備は有しない。

(3) 地方電気庁 (P E A)

1960年に従来のPEO (Provincial Electricity Organization) が改組されて発足したもので、PEA (Provincial Electricity Authority) と称する。

主要事業は、タイ電力庁 (E G A T) から電気を購入し首都電気庁 (M E A) の供給区域以外に電気を販売するほか、一部の地域ではディーゼル発電機による電力供給を行なうものである。

II-2-2 電力供給設備

(1) 発電設備

タイ王国の発電設備は、地方電気庁 (P E A) が保有する約30MWの予備ディーゼル発電設備を除くと下表の通りである。

表2-2-1 発電設備の推移

(MW)

会計年度	水力発電	火力発電			合計
		汽力	ガス・タービン	ディーゼル	
1979	909.2	1,777.5	165	31.6	2,883.3
1980	1,269.2	1,777.5	165	29.6	3,241.3
1981	1,317.2	1,927.5	565	29.6	3,839.3
1982*	1,380	1,927.5	745	29.6	4,082.1

注：* 1982年4月末現在を示す。

出所：EGAT年報

1982年4月末現在の原動機別で見ると、水力発電33.8%、汽力発電47.2%、ガス・タービン発電18.2%、ディーゼル発電0.7%となり、水力発電の比率が比較的高い。タイ王国の発電設備容量の増加率は、1976年度末の発電設備が2,542.8MWであったので、最近5ヶ年間で平均8.6%と高い値を示している。

(2) 発電設備負荷率

発電設備負荷率は表2-2-2に示す通りであり、かなり高い値となっている。これは供給設備の予備力が少ないことを意味している。

表2-2-2 発電設備負荷率の推移

(%)

会計年度	1976	1977	1978	1979	1980	1981
負荷率	65.1	66.7	67.2	60.7	69.7	68.5

出所：EGAT年報

(3) 主要発電所の出力

(i) 水力発電所

タイ王国の包蔵水力は24,000MWで、既開発分は1,380MW、開発予定分1,970MW（1990年度末）となっており、主な水力発電所とその出力は次表の通りである。

表2-2-3 水力発電所と出力

(1982年4月末現在)

発電所名	単機台数	総出力	備考
Bhumibol Dam	6	420 MW	
Sirikit Dam	3	375 MW	
Srinagarind Dam	3	360 MW	
その他	15	225 MW	7 発電所
合計	27	1,380 MW	

(ii) 汽力発電所

汽力発電所とその出力は次表の通りである。

表2-2-4 汽力発電所と出力

(1982年4月末現在)

発電所名	単機台数	総出力	備考
North Bangkok	3	237.5 MW	
South Bangkok	5	1,300 MW	
Mae Moh	3	225 MW	
その他	5	160 MW	3 発電所
合計	16	1,922.5MW	

(iii) ガス・タービン発電所

表 2-2-5 ガス・タービン発電所と出力
(1982年4月末現在)

発電所名	単機合数	総出力	備考
Bang Pakong №1	4	240 MW	
〃 №2	4	240 MW	
South Bangkok	4	100 MW	
その他	11	165 MW	5 発電所
合計	23	745 MW	

(iv) ディーゼル発電所

ディーゼル発電所は6ヶ所、計28機で全出力29.6 MWと小規模である。

(4) 送配電線

EGATが保有する送電網は、添付図E-01に示す通りで、このほかに首都電気庁及び地方電気庁が保有する33 kV, 22 kV と 11 kV の2次配電網がある。

主要送電線は、バンコク周辺の火力発電所と変電所を結ぶ外輪線、ブーミボル(Bhumibol)、シリキット(Sirikit)、シーナカリン(Srinagarind)の3大水力発電所と首都圏を結ぶ230 kVの基幹線、この基幹線と各地の水力発電所、南部地域、中央部間を結ぶ115 kVルート、その他の69 kVルートから成り立っている。

送配電線の亘長は約45,900 kmであり、電圧区分による亘長は下表の通りである。

表 2-2-6 送配電線亘長
(1981年9月末現在)

電圧(kV)	3.5	11	22	33	69	115	230
亘長(km)	187	5,817	23,248	4,931	1,362	7,127	3,210

出所: EGAT, PEA年報他

低圧配電は、240/416 Vの3相4線式が標準で、周波数は50 Hzである。

II-2-3 電力需給状況

(1) 発電電力量

最近10年間のタイ電力庁のピーク時発電力及び発電量を表2-2-7に示す。発電量は1970年代は平均13%と高い伸びを示していたが、1980年代に入りエネルギー節約政策と電気料金の度重なる引上げにより伸び率はほぼ半減した。

表2-2-7 発電電力量の推移
(他国からの購入分を含む)

会計年度	ピーク時発電力		発電電力量	
	MW	伸び率 (%)	10 ³ MWh	伸び率 (%)
1972	1,028.8	17.9	5,711.2	19.2
1973	1,199.3	16.6	6,872.8	20.3
1974	1,256.3	4.8	7,258.6	5.6
1975	1,406.6	12.0	8,211.6	13.1
1976	1,652.1	17.5	9,414.5	14.6
1977	1,873.4	13.4	10,950.6	16.3
1978	2,100.6	12.1	12,371.7	13.0
1979	2,255.0	7.4	13,964.6	12.9
1980	2,417.4	7.2	14,753.7	5.7
1981	2,588.7	7.1	15,960.0	8.2

出所：EGAT年報

なお、タイ王国は隣国ラオスから1979年658.9×10³MWh、1980年752.9×10³MWh、1981年763.9×10³MWh、マレーシアからは1981年に31.2×10³MWhの電力を購入している。

(2) 消費電力の内訳

タイ王国内の電化率は、1981年末で首都圏76%、地方都市・農村部で34%、全国平均40%と推定されており、一人当たりの電力消費量は約330kWh/年である。

用途別消費電力量の推移をPEAの資料より抜粋して下表に示す。これによると家庭用電力量の増加が顕著で、5ヶ年間でほぼ2倍に伸びている。

表2-2-8 用途別消費電力量の推移

会計年度	家庭用		商業用		工業用		その他	
	10 ³ MWh	伸び(%)	10 ³ MWh	伸び(%)	10 ³ MWh	伸び(%)	10 ³ MWh	伸び(%)
1977	804	-	797	-	1,542	-	30	-
1978	981	22.0	895	12.3	1,733	12.4	40	33.3
1979	1,177	20.0	1,020	14.0	2,006	15.8	51	27.5
1980	1,364	15.9	1,105	8.3	2,170	8.2	56	9.8
1981	1,582	16.0	1,066	-3.5	2,499	15.2	62	10.7

出所：PEA年報

II-2-4 電気料金

タイ電力庁の電気料金規定は、エネルギー節約政策に基づき、一年程の間に4回も改定され、1981年4月以降表2-2-9の規定が適用されている。

尚、参考迄に、基本料金を含む平均電気料金単価の推移を表2-2-10に示した。

表2-2-9 E G A T 電気料金規定

需 要 家	基本料金 (パーツ/kW)	電 気 料 金 (パ ー ツ / kWh)		
		～100 kWh	101～300 kWh	301 kWh～
MEA地区 一般	80	1.43	1.41	1.40
〃 特別*	74	1.39	1.39	1.39
PEA地区 一般	67	1.13	1.10	1.07
〃 特別*	74	1.24	1.24	1.24
大 口 一般	87	1.50	1.48	1.45
〃 特別*	87	1.42	1.42	1.42

出所：EGAT年報

注：* 特別需要家とは、需要3,000kW以上の電気炉保有者及び1,500kW以上の電気化学業の需要家をさす。

表 2-2-10 平均電気料金単価の推移

(バーツ/kWh)

年度 単価	1977	1978	1979	1980	1981
EGAT料金	0.46	0.56	0.52	0.75	1.30
PEA料金	0.69	0.84	0.84	1.05	1.62

出所：PEA年報

II-2-5 将来の電力需要予測

(1) 電力需要予測

タイ王国の電力需要は、表2-2-11に示す通り今後10年間で平均9.2%の伸びが予測されている。

表 2-2-11 電力需要予測

会計年度	ピーク時需要		需要電力量	
	MW	伸び率(%)	10 ³ MWh	伸び率(%)
1982	3,001	15.9	18,445	15.6
1983	3,433	14.4	20,570	11.5
1984	3,817	11.2	22,894	11.3
1985	4,195	9.9	25,252	10.3
1986	4,604	9.8	27,725	9.8
1987	4,968	7.9	29,944	8.0
1988	5,346	7.6	32,273	7.8
1989	5,742	7.4	34,693	7.5
1990	6,150	7.1	37,211	7.3
1991	6,581	7.0	39,816	7.0

出所：EGAT資料

(2) 電源開発計画

上記電力需要予測に基づき、タイ電力庁では長期電源開発計画を策定しており、その主なプロジェクトを表2-2-12、表2-2-13に示す。

表2-2-12 建設中の発電所

プロジェクト名	形式	ユニット番号	単機容量(MW)	運開予定
Bhumibol	水力	№7	133	1982. 11
Khao Laem	水力	№1~3	100×3	1984. 3
Bang Pakong 1	汽力	-	120	1982. 10
〃 2	汽力	-	120	1983. 4
〃 GT-CS	ガスタービン	№1	550	1984. 1
〃 GT-CS	ガスタービン	№2	550	1984. 8
Mae Moh	汽力	№4	150	1984. 5
〃	汽力	№5	150	1984. 11

出所：EGAT年報

表2-2-13 政府承認済プロジェクト

プロジェクト名	形式	ユニット番号	単機容量(MW)	運開予定
Sirindhorn	水力	№3	12	1984. 10
Srinagarind	水力	№4	180	1985. 7
Mae Ngat	水力	№1, 2	4.5×2	1985. 11
Chulabhorn	水力	№1~3	80×3	1987. 6
Mae Moh	汽力	№6	150	1985. 9
〃	汽力	№7	150	1986. 3

出所：EGAT年報

上記政府承認済プロジェクトの他に、計画調査中のものとして、水力14地点1,096.8 MW, 汽力6地点2,340 MWがある。

II-2-6 メソット地区の電力需要

(1) 電力供給設備

メソット地区には現在、タク（Tak）市内の変電所で153kVから22kVに降圧した後、断面積185mm²の架空配電線1回線により、電力が供給されている。

(2) 用途別の消費電力量

メソット地区の用途別消費電力量は、表2-2-14に示す通りで、一人当たり電力消費量は1981年度で293.8kWh/年であり、これは全国平均の333.3kWh/年に比べると約10%低い。

表2-2-14 メソット地区の用途別電力消費量

(10³ kWh)

会計年度	電力消費量					1人当たり消費量 (kWh/年)
	家庭用	商業用	工業用	その他	計	
1980	3,316.8	2,542.0	195.5	125.8	6,180.1	247.2
1981	3,884.4	2,207.5	1,119.9	133.9	7,345.7	293.8

出所：PEA Mae Sot Office 資料

(3) 将来の電力需要予測

メソット地区のみの電力需要を予測した資料はないが、一人当たりの電力消費量が表2-2-15に示す全国平均程度で伸びると仮定すると、10年後の本地区の電力需要は現在の約2倍の14,840×10³ kWh/年に達すると計算される。

なお、本地区の人口が表3-2-3に示すと同一割合（約2.2%/年）で増加すると仮定すれば、上述の電力需要は10年後18,450×10³ kWh/年に達すると計算される。

表2-2-15 1人当り電力需要予想

会計年度	総電力需要 (10 ³ MWH)	全国人口 (10 ³ 人)	一人当り電力需要	
			kWh / 人	伸び率(%)
1982	18,445	48,890	377.3	13.2
1983	20,570	49,927	412.0	9.2
1984	22,894	50,986	449.0	9.0
1985	25,252	52,067	485.0	8.0
1986	27,725	53,171	521.4	7.5
1987	29,944	54,298	551.5	5.8
1988	32,273	55,449	582.0	5.5
1989	34,693	56,626	612.7	5.3
1990	37,211	57,825	643.5	5.0
1991	39,816	59,051	674.3	4.8

注：1) 電力需要予測はEGAT資料による。

2) 人口予測は，統計局の資料をもとに推定したものである。

第Ⅲ章 メソット (Mae Sot) 地区の環境

本プロジェクトの対象地であるメソット地区はタイ北部地区のタク (Tak) 県に位置している。本章ではメソット地区を中心とした環境について述べる。

Ⅲ-1 自然的条件

メソット地区は、行政的にはメソット郡と呼ばれ、タク県の西部に位置する。この地はバンコクよりタクを経てチェンマイ (Chiang Mai) に至る A 2 ハイウェイ (アジアハイウェイ) に沿って、バンコクより 4 2 0 km の地点から更に西方約 8 7 km の位置にある。

メソット郡は東経 $1 6 ^{\circ} 4 2 ' 4 2 ''$, 北緯 $9 8 ^{\circ} 3 4 ' 4 2 ''$ に位置している。そして北部はメラマ (Mae Remat) 郡に、東部はタク郡に、西部は天然の境界であるモエイ川を挟んでビルマのメワラ (Maewwadee) に、そして南部はアンファン (Umphang) 郡に接している。郡の面積は $2,1 2 1 \text{ km}^2$ である。

タイ王国とビルマの国境には、ヒマラヤ山脈の延長の一つであるインドシナ山脈がある。このインドシナ山脈は、南下するにつれてほぼ南北の方向をもった何列もの山脈に分かれる。この地区は北々東にのびるこれらの平行した山脈群によって特徴づけられ、且つ、いくつかの溪谷によって分けられている。この地区の顕著な地形は峡谷によって分断された山間の大規模な盆地である。この盆地の中では小川の流れは一般にゆるやかで、狭い氾濫原をくねって流れている。盆地の標高は海拔約 2 1 0 m である。山間地には、チークヤングの様な硬質木が多種の密生した下木と共に生い茂っている。盆地の中心部にメソット町がある。

本プロジェクトの対象となっているオイルシェール鉱床はこの盆地の地下に賦存している。また、セメントの主原料である石灰石の鉱床はメソット町の北西部に位置している。

メソット町には小さな飛行場があり、これに隣接して気象観測所があり、各種データを測定している。この地方の気候は季節的なモンスーンに支配された熱帯性気候である。季節は夏季、雨季、冬季に別れている。夏季は 2, 3, 4 月であり、気温はかなり高くなる。

雨季は、モンスーンによって起き、時期は5月～10月の間である。残りの11、12月が冬季となる。

以下にメソット気象観測所で得られたデータに基づいて気象概況を述べる。

(1) 気温・湿度

夏季から雨季の初めにかけて気温は最高となり、月平均最高気温は38～39℃に達する。他の季節も温度は高目であるが、冬季になると26.1～26.6℃に低下する。

湿度は雨季平均70～90%であるが、冬季は60～80%、また、夏季は50～70%と低下する。

年平均湿度は73.4～75.5%である。

(2) 降雨量

年によって多少の差はあるが、降雨は雨期に集中し、冬季および夏季にはほとんど雨は降らない。

月別にみると雨季の降雨量は年毎にかなり変動があるが、8月が最も降雨量が多い。

年合計降雨量は最近5カ年では年々増加の傾向にあり、1982年は12月度を除き、1,793mmであり、また、1978年は1,151mmであった。年間の降雨日数は110～150日である。

(3) 風向・風速

風向は、ほぼ西→東であり、冬季にかけて東→西と逆向になる。南北方向の風はほとんど吹かない。

風速は一般に低いが、33 kts 程度の強風が吹くこともある。

(4) 河川流量

河川流量の測定値は得られなかったが、ビルマとの国境のモエイ川で水深を測定している

(表6-1-1参照)

(5) 地震

地震に関する詳細なデータは得られなかったが、過去に大きな地震が発生したとの記録はない。

以上の気象データ(気温、湿度、雨量、風向および風速)を、それぞれ表3-1-1、3-1-2、3-1-3および3-1-4に示す。

表 3-1-1 気 温

(℃)

年 度	1978			1979			1980			1981			1982		
	最 高	最 低	平 均	最 高	最 低	平 均	最 高	最 低	平 均	最 高	最 低	平 均	最 高	最 低	平 均
1	33.4	8.6	23.4	34.1	13.3	24.4	32.1	11.2	22.4	33.3	10.2	22.2	31.8	12.5	21.8
2	35.2	11.4	25.6	35.4	13.7	25.9	35.3	10.9	24.5	35.7	11.6	25.2	36.0	10.9	23.8
3	38.3	14.1	27.2	38.8	12.9	27.8	38.2	13.9	28.4	38.0	17.1	27.8	37.9	15.3	27.8
4	38.6	18.5	29.8	38.7	21.0	29.7	38.4	21.8	30.4	39.0	20.3	29.6	36.4	20.6	29.0
5	38.9	23.2	29.6	39.2	22.5	22.9	38.9	23.0	30.2	38.8	21.7	29.0	36.8	22.0	28.7
6	34.8	21.8	27.5	34.7	23.1	28.1	33.6	21.8	27.7	31.8	22.2	26.6	33.5	22.0	26.9
7	32.7	22.5	26.7	33.6	22.4	27.4	32.2	22.0	26.9	32.6	21.3	26.5	32.7	20.9	26.1
8	32.0	22.1	26.0	33.2	22.0	26.2	-	22.2	26.5	30.9	21.2	25.6	31.4	21.5	25.3
9	33.3	21.8	26.6	34.5	21.8	27.6	32.2	22.4	26.1	35.8	21.8	27.2	32.1	21.5	26.5
10	34.1	14.2	26.6	33.9	17.6	26.6	34.0	17.2	27.2	33.5	20.4	26.8	33.1	20.2	27.0
11	33.8	14.2	25.1	33.3	14.3	23.9	32.8	17.0	25.6	33.0	16.0	25.2	33.4	18.4	26.0
12	33.2	8.7	22.7	33.5	11.1	22.4	32.8	11.7	23.6	32.0	9.8	21.5			

出所：メソット気象観測所

表 3-1-2 湿度

年度	1978			1979			1980			1981					
	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均			
1	98.0	17.0	69.0	96.0	29.0	70.0	98.0	24.0	70.0	97.0	25.0	68.0	98.0	35.0	77.0
2	97.0	22.0	68.0	92.0	22.0	62.0	95.0	21.0	59.0	93.0	20.0	64.0	96.0	23.0	64.0
3	91.0	22.0	54.0	95.0	19.0	56.0	94.0	21.0	60.0	89.0	18.0	52.0	95.0	20.0	59.0
4	91.0	21.0	59.0	95.0	29.0	64.0	96.0	33.0	63.0	96.0	19.0	58.0	92.0	33.0	64.0
5	96.0	28.0	73.0	96.0	30.0	74.0	97.0	38.0	70.0	97.0	24.0	74.0	97.0	37.0	77.0
6	97.0	50.0	82.0	98.0	50.0	81.0	96.0	55.0	83.0	98.0	64.0	86.0	97.0	58.0	86.0
7	97.0	56.0	85.0	96.0	57.0	83.0	97.0	63.0	85.0	97.0	60.0	86.0	97.0	61.0	85.0
8	97.0	55.0	87.0	97.0	56.0	86.0	97.0	59.0	85.0	98.0	66.0	89.0	97.0	64.0	89.0
9	97.0	55.0	86.0	97.0	52.0	84.0	98.0	58.0	87.0	97.0	37.0	85.0	97.0	57.0	86.0
10	98.0	34.0	80.0	97.0	43.0	79.0	97.0	44.0	83.0	97.0	52.0	84.0	99.0	47.0	84.0
11	97.0	34.0	74.0	98.0	35.0	72.0	97.0	41.0	78.0	98.0	47.0	83.0	97.0	46.0	80.0
12	99.0	28.0	71.0	96.0	29.0	70.0	98.0	36.0	74.0	98.0	38.0	77.0			

出所：メソット気象観測所

表 3-1-3 降 雨 量

年 度		1 9 7 8	1 9 7 9	1 9 8 0	1 9 8 1	1 9 8 2
月						
1		1.4	-	-	-	-
2		32.6	-	-	-	-
3		-	-	6.4	-	3.0
4		19.7	54.1	52.9	53.0	28.6
5		107.8	137.1	283.0	115.9	228.2
6		168.9	224.8	136.8	331.5	329.3
7		205.0	138.6	216.8	307.7	426.5
8		346.1	389.8	151.3	473.5	507.7
9		207.0	209.1	251.0	159.1	185.0
10		61.8	26.7	108.0	84.8	79.0
11		-	-	2.3	79.8	5.5
12		0.3	-	0.1	0.6	

出所：メソット気象観測所

表 3-1-4 風向と風速

年度 単位 月	1978			1979			1980			1981			1982		
	風		風速	風		風速	風		風速	風		風速	風		風速
	deg.	from/to	kts	deg.	from/to	kts	deg.	from/to	kts	deg.	from/to	kts	deg.	from/to	kts
1	270	W/E	10-14	240	WSW/ENE	10-16	250	WSW/ENE	5-10	090	E/W	10-17	290	WNW/ENE	10-16
2	270	W/E	10-20	270	W/E	5-10	270	W/E	10-20	270	W/E	10-17	270	W/E	10-16
3	270	W/E	5-12	240	WSW/ENE	10-17	270	W/E	10-16	130	SE/NW	10-16	270	W/E	10-16
4	270	W/E	10-30	270	W/E	5-12	270	W/E	5-7	270	W/E	5-8	270	W/E	5-10
5	180	S/N	10-14	270	W/E	10-16	270	W/E	10-20	270	W/E	10-16	270	W/E	5-14
6	290	WNW/ENE	10-30	270	W/E	10-23	270	W/E	10-30	270	W/E	10-22	270	W/E	5-10
7	270	W/E	10-15	270	W/E	10-16	270	W/E	10-16	270	W/E	10-20	270	W/E	10-18
8	240	WSW/ENE	10-16	270	W/E	10-20	270	W/E	10-20	270	S/I	10-20	270	W/E	10-20
9	270	W/E	5-10	270	W/E	10-16	090	E/W	10-20	220	SW/NE	10-24	270	W/E	10-23
10	090	E/W	10-16	040	NE/SW	10-20	090	E/W	10-15	090	E/W	10-19	090	E/W	10-20
11	090	E/W	5-10	090	E/W	10-16	090	E/W	10-17	090	E/W	10-16	090	E/W	10-17
12	090	E/W	10-22	360	N/S	10-19	090	E/W	10-16	090	E/W	10-17	-	-	-

最高風速 : 33ノット(1980年4月)

出所: メソット気象観測所

III-2 社会的条件

タイ王国の北部地域は北東部とともに国内では開発の遅れた地域である。最近4ヶ年のGRP (Gross Regional Product) を地域別に表3-2-1に示す。

表3-2-1 G R P

(百万バーツ, 1人当りはバーツ)

地 域 \ 年 度		1977	1978	1979	1980
タイ王国	合 計	-	257,043	269,897	284,573
	一人当り	-	5,699	5,849	6,126
バンコク メトロポリス	合 計	74,939	82,005	92,715	100,270
	一人当り	16,298	17,149	18,674	19,462
中 部	合 計	16,992	17,444	19,082	20,334
	一人当り	6,033	6,140	6,666	7,060
東 部	合 計	30,878	35,046	33,659	35,701
	一人当り	10,209	11,197	10,383	10,629
西 部	合 計	23,796	25,551	24,653	25,126
	一人当り	7,664	8,132	7,757	7,828
北 東 部	合 計	32,908	36,694	39,990	42,994
	一人当り	2,143	2,334	2,487	2,616
北 部	合 計	32,125	36,731	37,919	38,191
	一人当り	3,509	3,937	3,991	3,951
南 部	合 計	25,536	27,626	28,889	30,236
	一人当り	4,739	5,012	5,128	5,255

注：1972年固定価格ベース

次に地域別の面積および人口（1981年度）を表3-2-2に示す。

表3-2-2 地域別面積及び人口

地 域	面 積 平方キロ	人 口 (人)			1平方キ ロ当り人 口
		合 計	男	女	
タイ王国	513,115.0	47,875,002	24,067,597	23,807,405	93
バンコクメトロポリス	1,565.2	5,331,402	2,704,284	2,627,118	3,406
中 部	18,741.6	3,293,052	1,636,906	1,656,146	176
東 部	37,506.6	3,502,247	1,776,458	1,725,789	93
西 部	46,087.8	3,706,111	1,859,799	1,846,312	80
北 東 部	168,854.3	16,393,356	8,211,335	8,182,021	97
北 部	169,644.3	9,714,135	4,891,571	4,822,564	57
タク県	(16,406.6)	(284,442)	(144,135)	(140,307)	(17)
メソット郡	(2,121.0)	(68,148)	(34,943)	(33,214)	(32)
南 部	70,715.2	5,934,699	2,987,244	2,947,455	84

メソット郡はこの北部地域の中にあつてビルマ国境に近い地域を占めるものの、大産業は無くまた人口密度の低い後進地域の1つである。

以下にメソット郡の社会的条件について述べる。

(1) 地域内の労働力

(i) 現 状

メソット郡の人口は68,157人であり、男女はそれぞれ34,943および33,214人である。この中には、外国人（中国人、インド人、パキスタン人、日本人、フランス人、ビルマ人、イギリス人、アメリカ人）および山間民族1,150人（モン、ムーサー、カレン族）が含まれている。

メソット町は、郡の中心地であり、ゆったりとした市街地をなしている。

メソット町の人口統計を表3-2-3に示す。

表3-2-3 メソット町の人口

(人)

項 目 \ 年	1975	Nov. 1982
人 口	16,457	19,262
男	8,554	9,907
女	7,903	9,355
家 族 数	3,571	3,589
戸 数	3,285	4,420

(ii) 本プロジェクトに必要な労働力

本プロジェクトに直接必要な労働力は数百人であるので、この程度の人数は、近隣地区からの移動を考えれば容易に集められる。但し、熟練労働者や技師については、必ずしも充分でないので全国的に募集する必要がある。

(2) 産 業

メソットの主産業は農業であり、主要作物は米、とうもろこし、さとうきび、にんにく、カスターピーナズなどである。

畜産は牧畜ではなく家畜として水牛と豚を飼っている。漁業は無く、鉱業としては亜鉛鉱山が1つあり、その鉱石はタクに現在建設されている精錬所で精製される予定である。また、本プロジェクトで対象としている石灰石鉱床の一画では小規模に砕石が採取されている。

工業関係では、大規模精米所6、小規模精米所38、製材所1、製氷所1、木工所2、石工所1、製麺所1などがある。メソット町には、商店が立ち並び小規模に商業を営んでいる。

会社数は、株式会社5、合名(資)会社が22ある。

(3) 用 役

(i) 電 気 VI-1 参 照

(ii) 水 道

上水は、ビルマとの国境となっているモエイ川より取水している。その概要は下記の通りである。

(a) 上水処理フロー

上水処理フローを図3-2-1に示す。

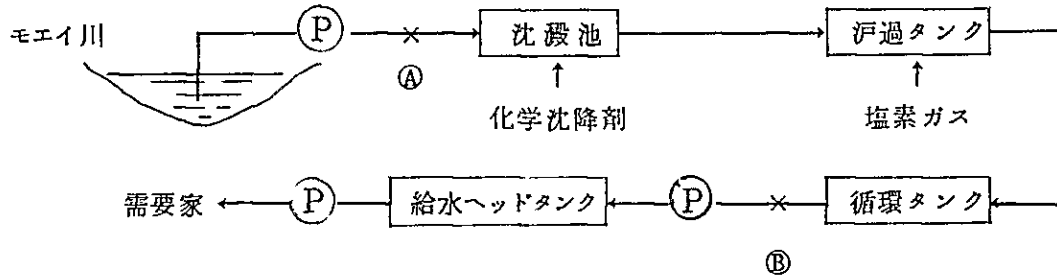


図3-2-1 上水処理フロー

注 A点：原水サンプリング地点

B点：処理水サンプリング地点

(b) モエイ川の揚水ポンプ設備

電動ポンプ	250 m^3 /時	1台
	150 m^3 /時	2台
	100 m^3 /時	1台
エンジンポンプ	150 m^3 /時	1台
	100 m^3 /時	1台
現在の取水量	：	250 m^3 /時

(c) 給水量

約 90,000 m^3 /月 但し、メソット郡(27 km^2)外への供給分を含む。

(d) 給水単価

給水単価は、給水パイプの径(1/2" ϕ ~ 6" ϕ)により9段階に分けられ、単価は2.0 ~ 5.03 パーツ/ m^3 の範囲である。

(e) 水 質

水質を表3-2-4に示す。

表3-2-4 水 質

項 目	原 水	汚 過 水	
	1982.8.4	1982.8.9	1981.5.4
色	無	無	無
臭	無	無	無
味	無	無	無
濁 度 SiO_2 (ppm)	7.2	3.7	1.0
PH	7.8	7.9	7.8
電 導 度 20°C ($\text{m}\Omega/\text{cm}$)	180	210	450
全 硬 度 CaCO_3 (ppm)	120	140	196
炭酸塩硬度 (ppm)	98	98	178
非炭酸塩硬度 (ppm)	22	42	18
硝酸塩窒素 (ppm)	0.0090	0.0051	0.0056
Cl (ppm)	6.0	9.0	7.0
Total Fe (ppm)	0.003	0.085	0.175
Mn (ppm)	0.07	nil	nil
Cu (ppm)	0.105	0.2084	0.093
Zn (ppm)	0.494	0.560	0.210
Pb (ppm)	無	無	無
Mg (ppm)	7.2	7.7	19
SO_4 (ppm)	1.0	2.1	11
F (ppm)	0.01	0.1	0.23
残存アルカリ	無	無	無
懸濁物質	-	-	-
蒸発残分	-	-	-

(4) 道路交通

バンコクからタクに至る道路は1級国道であり、タクより道路は西に分岐している。タク—メソット間、約87kmはコンクリート舗装の2級国道であり、これに通じる郡内の道路は土とラテライトの道路である。いずれも交通量は少なく、輸送力にはかなり余裕がある。

交通はバンコク—メソット間には、毎日1回普通バスと空調付バスが往復している。

運賃は前者は57バーツであり、後者は110バーツである。タク—メソット間のタクシーは普通車、空調車で、それぞれ13バーツおよび25バーツである。

現在、鉄道は敷設されていない。

メソット町には、商業空港はあるが、定期航空便は無く、チャーター便のみ利用できる。

(5) 医療設備

メソット地区には下記医療設備がある。

病	院	1ヶ所	(202ベット)
保	健	所	8ヶ所
助	産	所	1ヶ所
診	療	所	5ヶ所
薬	剤	師	11人

(6) ホテル・劇場

メソット地区のホテル・劇場等の施設は次の通りである。

ホ	テ	ル	4	
映	画	館	3	
銀		行	6	
レ	ス	ト	ラン	多数

第Ⅳ章 原料評価と原料供給

通常のセメントは、石灰石と粘土を主原料とし、副原料としてけい酸質原料、鉄原料を使用する。これらの原料を適当な割合いで調合、粉碎し、焼成工程を経て得られるクリンカを3～4%の石こうと共に粉碎すればセメントが製造される。しかし、本プロジェクトのオイルシェール(油母頁岩)利用セメントは、オイルシェールをエネルギー源としてのみならず、粘土原料の代りに、また発電用燃料として使われたオイルシェールの灰をセメント混合材に使う計画であり、これ等の点で通常のセメント製造法と異なる特徴をもつ。本プロジェクトの場合、エネルギー収支、物質収支をバランスさせることが特に重要なので、この点に留意して原料の調査、検討を行なった。本プロジェクトの主原料は、オイルシェール、石灰石であり、副原料は鉄原料、石こうである。しかし、将来必要になる可能性のあるけい酸質原料、粘土原料についても現地調査を実施した。

既存の調査報告書の検討を含め、原料評価のための現地調査、収集したデータの分析を慎重に行なった。特に、主原料であるオイルシェール、石灰石原料については、調査日数33日間の内20日間を充当し、十分な調査を実施した。

オイルシェールは、DMR (Department of Mineral Resources) 他によって、かなり詳細な地質調査(含ボーリング調査)、地形測量が実施されており、メソット盆地(Mae Sot Basin)の地質については、多くの報告がされている。また、1982年1月～8月には、バンフオイカロク(Ban Huai Kalok)地域において西独のKlockner Industrie社およびLurgi社の専門家による予備的な企業化調査が実施されているので、このボーリング調査結果も参考に検討した。

石灰石については、メソット盆地の東西両側にある石灰石鉱床のうち、西側のモエイ(Moei)川沿いのドイディンキ(Doi Din Chi) 鉱床を対象として詳細な地表地質調査を実施した。調査に際しては、これまでの経験に基づく原料の肉眼鑑定を実施する一方、現地の仮実験室で化学分析を実施し、採取サンプル中のCaO、MgOのチェックを行なった。

鉄原料、石こう原料は、メソット(Mae Sot)地区には賦存しないので、各々、ナコンワサン(Nakhon Sawan)県、ピット(Phichit)県の鉱床を調査した。

タイ王国内でDMRの協力を得て行なった作業の概要

(i) 石灰石原料

- ドイディンキ鉱床の地質調査と石灰石サンプルの採取
 - ドイディンキ鉱床の採鉱，運搬方法検討のための調査
 - 採取石灰石サンプルの化学分析（32個）
- (2) オイルシェール原料
- メソット地区オイルシェール鉱床の概査
 - バンフォイ カロク 地域の ボーリング位置確認と地表踏査
 - ボーリングデータと過去の調査結果の確認
 - 試験用代表サンプルの採取
 - バンフォイ カロク 地域 オイルシェール鉱床の採鉱，運搬方法検討のための調査
 - オイルシェールのボーリングコアサンプルの化学分析（34個）
- (3) 粘土原料
- バンフォイ カロク 地域の地表踏査，サンプリングおよび過去のボーリングデータの確認
 - タク—メソット（Tak—Mae Sot）ハイウェイ沿い区域の地表踏査とサンプリング
 - バンフォイ カロク 地域のボーリングコアサンプルの化学分析（12個）
- (4) けい酸質原料
- モエイ川沿い区域の地表踏査とサンプリング
- (5) 鉄 原 料
- ナコンサワン県のノンポー（Non Poh）地域の鉱床の地表踏査とサンプリング
- (6) 石こう原料
- ピチット県のドイキ（Don Kui）地域の鉱床の地表踏査とサンプリング

Ⅳ-1 地質調査

Ⅳ-1-1 メソット地区の地質の概要

地質調査を行なった各原料地の各論記載の前に，メソット地区の一般地質と各原料地との関係について記載する。

メソット地区の地質は，層序的に表4-1-1のように考えられる。

メソット地区の地質層序は，上位から下位へ，新生代第四紀層，第三紀層，中生代三畳紀層および古生代二畳紀層の順となっている。これら各地質時代の地層は，総て不整合で接する。

本プロジェクトの主原料の一つであるオイルシェールは，メソット盆地を形成する第三紀層

の一メンバーとして頁岩、泥灰岩等と互層して賦存する。メソット盆地はタイ王国のタクとビルマ連邦社会主義共和国のモールメイン(Moulmein)のほぼ中間に位置し、タイとビルマの国境沿いにある。メソット盆地は南北50 Km, 東西30 Kmの規模で、その1/3はビルマ側、2/3はタイ側にあり、メソットの町はメソット盆地の中央部に位置する。

本プロジェクトのあと一つの主原料である石灰岩は、メソット市街地の東西に分布する中生層、古生層中に胚胎する。今回、セメント用石灰石原料地として調査対象としたのは、中生代三疊紀の石灰岩である。この石灰岩層はメソット市街地の西側、つまりモエイ川沿いの区域に礫岩、砂岩等と接して賦存する。一方、メソット市街地の東側のタク—メソットハイウェイ沿いの区域には古生代の頁岩、砂岩、チャート等が分布する。この東域には絶壁状の急崖をなす古生代の苦灰石質石灰岩、苦灰岩、石灰岩が広く露出するが、品質的にセメント用原料として適当でない。

本プロジェクトでは、当初必要ないが、参考迄に副原料として粘土原料およびけい酸質原料を調査した。粘土原料としては、第三紀層のオイルシェールと互層する、あるいはオイルシェールの上に賦存する頁岩、泥灰岩等、およびタク—メソットハイウェイ沿いの区域に分布する古生層の頁岩・砂岩互層が対象として考えられる。

けい酸質原料は、モエイ川沿いに点々と分布する現世河川堆積物であるけい砂が適当である。

副原料として重要な鉄原料、石こう原料はメソット地区では見い出せなかった。

表4-1-1 メソット地区の地質層序

地質時代		地 層 名		構成地層	セメント原料別
新 生 代	第四紀 更新世	※ Mae Sot Group	※ Mae Ramat Gravel	河川堆積物 粘土, 砂, 礫	けい酸質原料 (けい砂)
			不整合		
	新第三紀		Mae Sot Series	第4部層 頁岩と石灰質頁岩・ オイシユール互層	オイルシユール 原料 および 粘土原料
	鮮新世 、 中新世		※ Mae Sot Oil Shale	第3部層 砂質頁岩, 砂質 泥灰岩とオイルシユ ール互層	
		第2部層 泥灰岩, オイルシユール と頁岩互層			
			第1部層 泥質石灰岩, 砂岩, 頁岩互層		
			不整合		
中 生 代		※ Mae Moei Group		礫岩, 石灰岩, 石英質砂岩	石灰石原料
				石灰岩, 頁岩	
			不整合		
古 生 代	二疊紀			苦灰石質石灰岩, 頁岩・砂岩互層, 石英質砂岩	粘土原料

注：※ Von Braun, Jordan の提案による分類

本報告書作成に際しては、主に次の文献を参考にした。

1. DMR (1976) : Geological Map of Amphoe Mae Sot (1/20,000)
2. DMR (1978) : Mae Sot Oil Shale Exploration
3. DMR (1979) : Reserves Estimation of Oil Shale Source,
Amphoe Mae Sot, Tak Province
4. Royal Thai Survey Department (1979)
: Topographical Map of Oil Shale Potential
Amphoe Mae Sot, Changwat Tak (1/15,000)
5. DMR (1979) : Geological Map of Amphoe Mae Sot, Changwak Tak
(1/30,000)
6. Subcommittee on Oil Shale (1981)
: Mae Sot Oil Shale Development
7. Chiang Mai University (1981)
: Oil Shale Resources at Ban Huai Kalok,
Mae Sot District
8. DMR (1967) : Phichit Gypsum Deposit, Central Thailand

N-1-2 石灰石原料(ドイディンキ 鉱床)

(1) 調査歴, 調査方法

メソット地区の中生層・古生層の本格的調査は、Von Braun および Jordan(1976) によるタク — メソット ハイウェイ 沿いの地質調査が最初と考えられる。この調査に先立ち、1973年よりDMRによるオイルシェール鉱床調査のためのボーリング調査が開始され、同時にメソット地区の地表地質調査、地形測量が実施されている。DMRの調査結果は、Mae Sot Oil Shale Exploration(1978) および Geological Map of Amphoe Mae Sot, Changwat Tak (1979) に纏められ、この中でメソット市街地の東方および西方にある中・古生層も一部報告されている。

今回セメント用原料として調査した石灰石鉱床は、メソット市街地西側のモエイ川沿いのドイディンキ地域に分布する中生代三疊紀の石灰岩層で、これについてはDMR(1976) 作成の縮尺1:20,000地質図と同じくDMR(1979)作成の縮尺1:30,000地質図

がある。

DMRから21個の石灰岩の分析結果を入手したが、この内5個の石灰岩が今回の調査対象地から採取されている。残る16個のサンプルは、主にメソット盆地の東側の石灰岩層から採取、分析されたものである。

当調査団によってDMRの協力の下で今回行なわれた調査

- 1/2,000の縮尺で地質のマッピング : 約300 ha.
- サンプルング(対比用, 化学分析用) : 219個
- サンプルング(焼成試験用) : 11 kg
- 現地での化学分析 : 32個

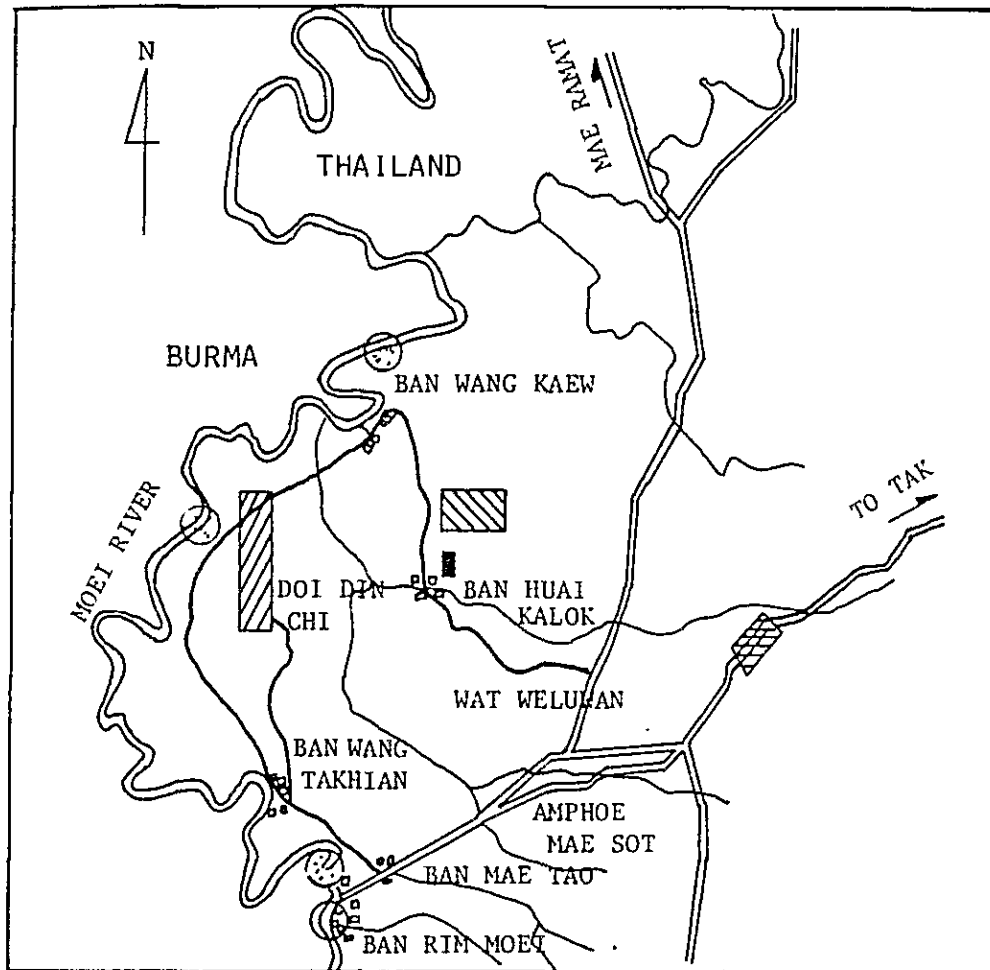
(2) 位置・交通

今回調査したドイディンキ石灰石鉱床は、メソット市街地の北西約8.5 kmにあり、タイとビルマの国境をなすモエイ川の東方約2 kmに位置する。本鉱床へのアプローチは、図4-1-1に示すようにメソット市街地からほぼ南西方のバンメタオ(Ban Mae Tao)まで約5 km舗装道路、次にほぼ北西方へ未舗装道路を進みバンワンタキアン(Ban Wan Takhian)を経て現地へ至る。バンメタオと鉱床間の未舗装道路は約7 kmである。

ドイディンキ石灰石鉱床の開発計画区域から工場予定地までの石灰石運搬距離は約5.5 kmで、運搬道路の建設が必要となる。

なお、石灰石鉱床はほぼ南北方向に延び、鉱床の南端では地元採石業者が骨材用として石灰石を採掘をしている。骨材の生産量は500 m³/月程度と思われる。






図 4-1-1 原料地位置関係図



0 1 2 3 km

SCALE APPROX. 1 : 200,000

凡例

-  石灰石鉱床
-  オイルシュール, 粘土鉱床
-  粘土鉱床
-  けい砂鉱床
-  工場予定地

(3) 地形・植生

ドイディンキ石灰石鉱床が賦存する地域は、メソット市街地（海拔200m前後）の西方に位置し、南北方向に伸長する独立した山塊をなす。この山塊の最高地点は海拔435m、山塊西側を走る道路レベルが200m、鉱床南端の採石山の切羽下のレベルが240mである。

石灰石鉱床は、区域北部においてほぼ南北方向に伸長する尾根と30°～50°の角度で

斜交するが、区域南部においては石灰石鉱床は南北方向の尾根を形成する。石灰石鉱床で、最も低い所は、区域北部の道路沿いにあり、海拔約200m、最もレベルの高い所は区域中央部の尾根の海拔約400mである。従って、本鉱床は最大約200mの比高をもって分布する。石灰岩の賦存地の斜面は、大局的にみれば水平面と20°~40°の勾配をもつが、局地的には垂直またはこれに近い急傾斜の崖が存在する。特に区域中央尾根部の東側は急崖をなし、接近不可能な区域がある。

調査区域内では、採石山の東方周辺地の緩傾斜地および区域西方の山裾は農耕地として利用されている。山地は竹林、灌木、樹木および雑草に覆われるが、密林というほど密な森林ではない。しかし、稀に樹木の高さが20mにも達するものがある。

表土は全般に薄く、石灰岩の露出状況は良好である。

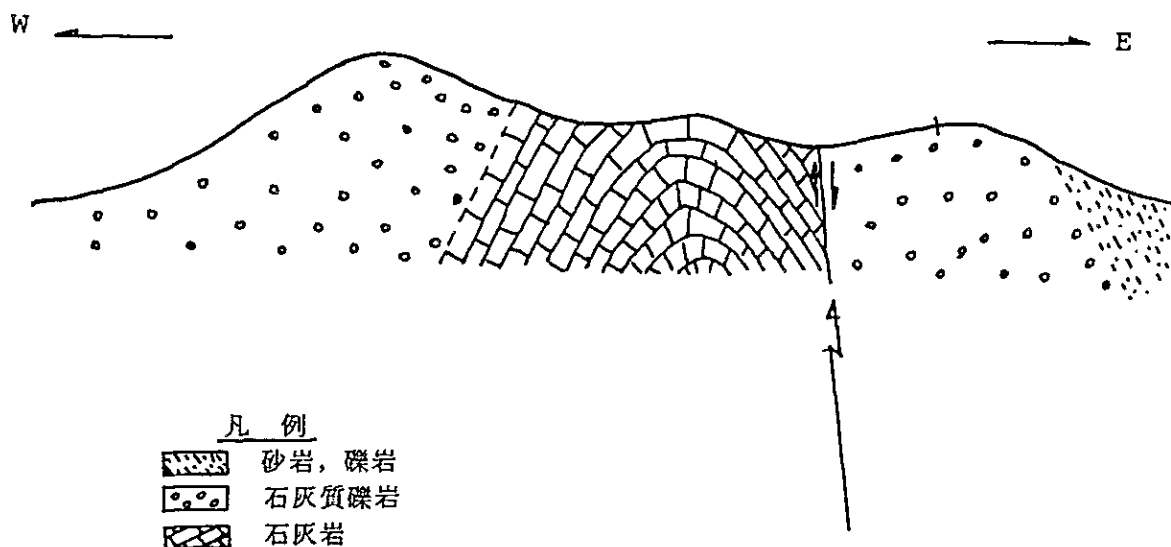
(4) 地質・鉱床

ドイツンキ石灰石鉱床およびその周辺地の地質は、下位より上位へ、石灰岩層、石灰質礫岩層、砂岩・礫岩から構成される。

これらの地層の一般走向は、NSないしNWで、ほぼ石灰岩層を軸とした背斜構造をなすと推定される。従って、一般に石灰岩層の東域では東傾斜、西域では西傾斜を呈する。これらの地層の地質時代は中生代三疊紀とされており、Von BraunおよびJordan(1976)によれば、Mae Moei Groupに属すKamawkala Limestoneに相当すると推察される。

この区域の模式的な地質断面図は、図4-1-2に示した。

図4-1-2 石灰石鉱床の模式的な地質断面図



(1) 石灰岩層

本石灰岩層は、ほぼ南北の方向性をもって分布し、総延長は約3,800 m、地表露出幅は200 m～600 mと変化し、地層の膨縮が認められる。本層は調査区域南部の独立標高点海拔424 mの南方40 m付近でENE～NE方向の断層によって連続性を断たれている。

この断層は、横すべり断層で、石灰岩層は約380 mの横ずれを生じている。本報告書では、この断層を境として、南域の石灰岩を南鉱床、北域の石灰岩を北鉱床と呼ぶこととする。南鉱床は延長約1,100 m、露出幅200 m～600 mで、鉱床は南北の方向性をもって分布するが、南端は尖滅する。

石灰岩は、一般に塊状であるが、局部的に層状を呈し走向・傾斜を測定できる所があり、その測定結果は走向N25°W～N25°E、傾斜は鉱床西側では西へ、東側では東に各々50°～60°を示す。添付地質図(G-03)に示すように、南鉱床の一部は石灰質礫岩層と整合関係で接する所があるが、大部分は砂岩・礫岩層と不整合に接する。一方、北鉱床は、延長約2,700 m、露出幅200 m～500 mで、鉱床の北端は断層に接する。鉱床はこの断層でずれを生じた後、若干北方へ延びて分布すると推定される。

北鉱床は、北西-南東の方向性をもって分布し、走向・傾斜の測定結果は、走向N30°～50°W、傾斜は鉱床西側では西へ、東側では東へ60°～70°である。

北鉱床は、その東側は砂岩・礫岩層および石灰質礫岩層と断層で接し、その西側は石灰質礫岩と整合関係で接する。

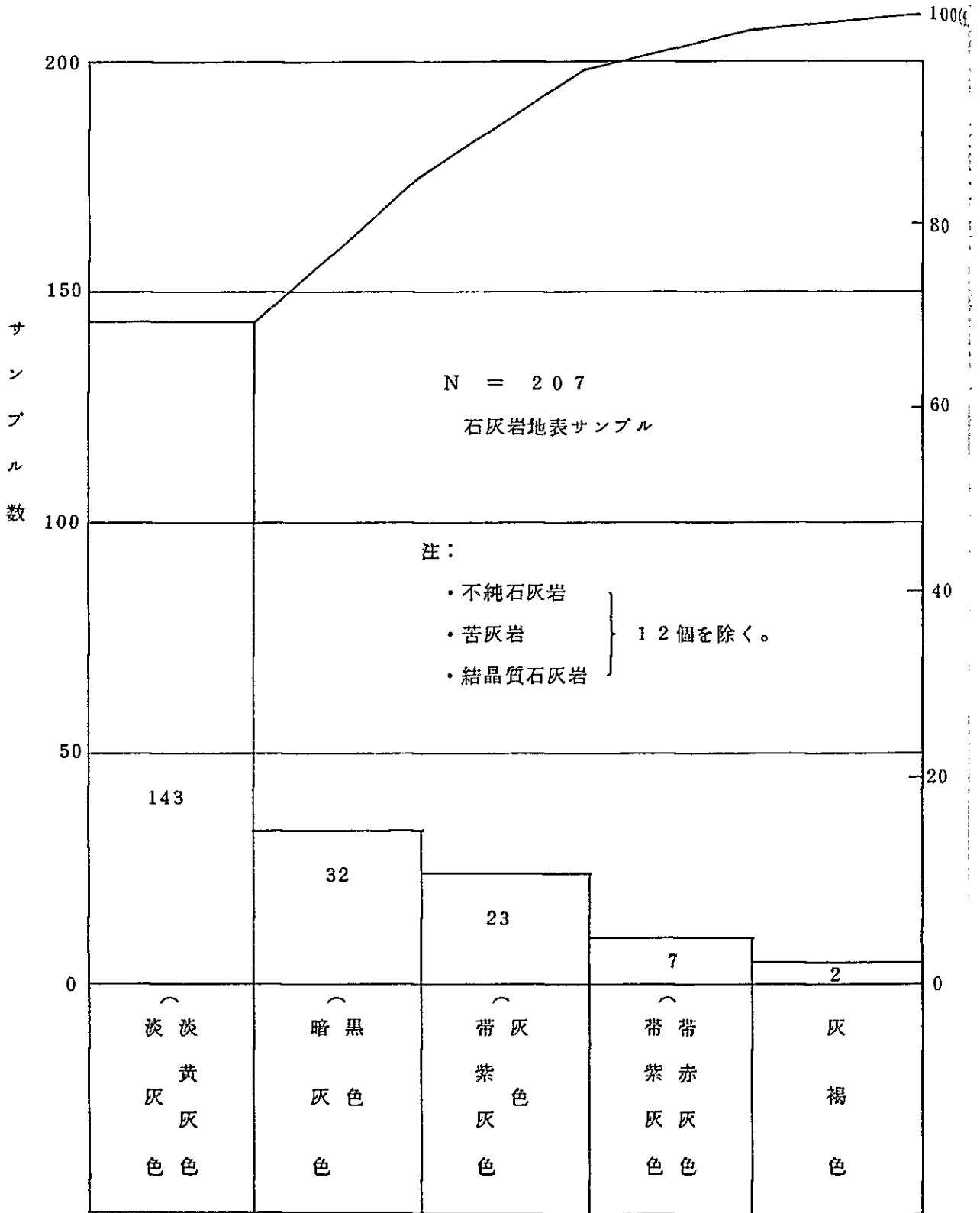
前述のように、本石灰岩層の中央帯は背斜構造の軸を形成すると推定される。

石灰岩の岩質は、一般に隠微晶質で、堅硬、緻密である。

図4-1-3は、採取した石灰石サンプルを視感判定による色で分類した結果を示す。図4-1-3の通り、淡灰色～淡黄灰色を呈すものが約70%を占めて最も多く、次いで暗灰色～黒色、帯紫灰色～灰色が各々約15%、11%、残り4%は帯紫灰色～帯赤灰色、灰褐色である。石灰岩の色と化学成分は密接な関係にはない。

石灰岩には、0.5 mm～5 mm幅の方解石脈が不規則網状に発達することがある。主に断層付近には数mmの方解石巨晶からなる結晶質石灰岩が見られるが、その幅、延長共に小規模である。また、局地的ではあるが、断層付近や石灰質礫岩との境界付近の石灰岩は、数mmの赤褐色の泥質石灰質の網目模様が発達することがある。この種の石灰岩は、一見石灰岩礫岩あるいは断層破碎帯の石灰岩の外観を呈するが、セメント原料として使用可能である。

図4-1-3 石灰石サンプルの色による分類



石灰石鉱床中の夾雑層は極めて稀であるが、2種類の夾雑層がある。その一つは南鉱床内の2ヶ所で認められる幅1m～2mの赤褐色の泥灰岩であるが、連続性に乏しい。他の一つは、苦灰岩～苦灰石質石灰岩で、露頭では弱い象皮構造を呈し、1m以内のレンズあるいは団塊として産する。苦灰岩は、岩質的には石灰岩に類似するが、独特の破断面をもつこと、風化面が象皮構造を呈することにより肉眼で鑑定できる。

以上の二種の夾雑層は、その規模が小さく、また産地も限られているため、採掘の際除去する必要はない。また石灰石鉱床上の表土は薄く、平均1m位なのでその一部は石灰石原料と混合してセメント原料として使用できる。

調査区域内の谷部では、乾期には流水はないが、雨期にはかなりの流水があると思われ、二次的石灰華の沈着が認められる。本プロジェクト用の開発計画区域としては、地質・地形、採掘条件等の観点から南鉱床が優れているので、既存の採石山の北方尾根区域から開発に着手するのがよいと判断される。

(ii) 石灰質礫岩層

本層は、層序的に石灰岩層の上位にあり、北域の石灰岩層の西側および南域の石灰岩層の西側の一部区域では石灰岩層と整合関係にある。しかし、本層は、北域の石灰岩層の東側では石灰岩層と断層で接する。本層は調査区域中央尾根部および区域北部に広く分布する。

本層の基質は石灰質あるいは泥灰質で、構成礫は主に石灰岩、砂岩およびけい岩の円礫、角礫からなり、チャートの礫も見られることがある。各々の礫の大きさは径10cm以下の細～中～大礫である。礫岩の基質は、一般に赤褐色を呈するが、灰色のこともある。本層は塊状であるため、走向・傾斜は測定できない。

(iii) 砂岩、礫岩層

層序的には上記石灰質礫岩層の上位にあるこの地層は、調査区域南部、区域中央部の東域、更に東方のドイヤオ(Doi Yao)地域および区域最北部に分布する。区域南部では、本層は石灰岩層と不整合の関係にある。本層は調査区域南部では、主に砂岩からなる。砂岩は細粒、堅硬、灰色であるが、風化により黄褐色～灰白色を呈することが多い。区域中央部の東域、ドイヤオ地域および区域最北部では礫岩、けい質岩が卓越し、砂岩は少ない。礫岩は一般に砂岩の円礫、角礫からなり、基質は砂質で、非常に堅硬である。礫岩中の礫の大きさは、径10cm以下の細～中～大礫である。けい質岩は、フリント質のものもあり、

非常に堅硬で、赤褐色～黄褐色を呈する。本層は塊状であるため走向・傾斜は測定できない。

(5) 石灰石鉱量

地表地質調査の結果に基づいて下記条件の下で石灰石可採鉱量の計算を行なった（添付図 G-06, G-07 参照）。

(i) 計算基礎

(a) 石灰石鉱床を南鉱床、北鉱床に分けて計算した。

(b) 計算面積 : 南鉱床 1 6.0 ha.
北鉱床 2 4.7 ha. } 計 4 0.7 ha.

(c) 使用地形図 : 1/2,000 (Royal Thai Survey Department 作成の,
1/15,000 地形図の拡大図)

(d) 最終残壁 : 水平面との角度 60° とした。

但し、北鉱床の北側境界および北鉱床と南鉱床の境界は各々 90°
(垂直) とした。

(e) 採掘レベル : 南鉱床、北鉱床とも海拔 230 m とした。

(f) 求積方法 : 計算は、50 m 間隔の垂直断面図を作成し、これから各々の断面積を計算し、シンプソンの公式により求積した。

シンプソンの公式

断面数が奇数の場合

$$V = \frac{L}{3} \{ a_1 + a_n + 4 \times (a_2 + a_4 + \dots) + 2 \times (a_3 + a_5 + \dots) \}$$

断面数が偶数の場合

$$V = \frac{L}{3} \{ a_1 + a_{n-1} + 4 \times (a_2 + a_4 + \dots) + 2 \times (a_3 + a_5 + \dots) \} \\ + \frac{a_{n-1} + a_n}{2} \times L$$

但し、V : 体積 (m^3) , L : 断面間隔 (m) , a_1 : 断面 No. 1 の断面積 (m^2)

(g) 断面積表 : 表 4-1-3

(h) 石灰石の比重 : 2.68 (見掛比重測定結果)

(i) 調査精度, 計算誤差のための安全率を 0.95, 実収率を 0.9 とした。

(j) 鉱量の精度 : 鉱量の精度は、この地区の地質状況, 地質構造から判断して、ほぼ

確定鉱量と言えるが、プロジェクト実施段階では開発のためのボーリングを実施した方が良い。

(k) 表土量：地表踏査の結果から、表土の厚さを平均1 mと推定して計算した。

(l) 本プロジェクトにおける石灰石使用量は、577,703トン/年とした。

(ii) 計算結果

表4-1-2に示すように、石灰石可採鉱量は、南鉱床が約1,300万トン、北鉱床が約1,870万トン、合計3,170万トンである。石灰石原料としての寿命は、南鉱床、北鉱床各々22年、32年で、合計54年である。

表 4 - 1 - 2 石灰石 鉱量と表土量

項目 鉱体	石灰石		表土 (m ³)
	可採鉱量 (トン)	寿命 (年)	
南 鉱 床	1 3 0 3 0,0 0 0	2 2	1 6 0,0 0 0
北 鉱 床	1 8,6 8 0,0 0 0	3 2	2 4 7,0 0 0
合 計	3 1,7 1 0,0 0 0	5 4	4 0 7,0 0 0

注：1) 上表の石灰石鉱量の他に、北鉱床の北側隣接地内に相当量の石灰石鉱量が見込まれる。

2) 表土量は、別途計算したが、この内の一部分は石灰石に混ぜて原料として使用できる。

(iii) 計算の内容 (表4-1-3を基礎に計算した。)

・南鉱床

$$\begin{aligned}
 \text{全体積 } V_s &= \frac{50}{3} \{ a_1 + a_{13} + 4 \times (a_2 + a_4 + a_6 + a_8 + a_{10} + a_{12}) + \\
 &\quad 2 \times (a_3 + a_5 + a_7 + a_9 + a_{11}) \} \\
 &\doteq 5,850,000 \text{ (m}^3\text{)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{石灰石分布区域を覆う表土量 } V'_s &= 160,000 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m} \\
 &= 160,000 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

石灰石可採鉱量

$$\begin{aligned}
 M_s &= (V_s - V'_s) \times 2.68 \times 0.95 \times 0.9 \\
 &\doteq 13,038,000 \text{ (トン)}
 \end{aligned}$$

• 北鉱床

$$\begin{aligned} \text{全体積 } V_N &= \frac{50}{3} \left\{ a_{14} + a_{28} + 4 \times (a_{15} + a_{17} + a_{19} + a_{21} + a_{23} \right. \\ &\quad \left. + a_{25} + a_{27}) + 2 \times (a_{16} + a_{18} + a_{20} + a_{22} + a_{24} \right. \\ &\quad \left. + a_{26}) \right\} + \frac{a_{28} + a_{29}}{2} \times 50 \\ &\doteq 8,403,000 \text{ (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{石灰石分布区域を覆う表土量 } V'_N &= 2,470,000 \text{ m}^2 \times 1 \\ &= 2,470,000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

石灰石可採鉱量

$$M_N = (V_N - V'_N) \times 2.68 \times 0.95 \times 0.9 \doteq 18,688,000 \text{ (ト)} \quad \cdot$$

表4-1-3 鉦量計算用断面積表

断面 n	断面積記号	南 鉦 床 (m^2)	北 鉦 床 (m^2)
1	a_1	9 6 0	
2	a_2	4, 4 0 0	
3	a_3	9, 8 8 0	
4	a_4	1 2, 0 4 0	
5	a_5	1 3, 3 6 0	
6	a_6	1 7, 0 0 0	
7	a_7	2 4, 3 6 0	
8	a_8	1 7, 4 8 0	
9	a_9	1 0, 8 0 0	
10	a_{10}	5, 0 0 0	
11	a_{11}	2, 6 4 0	
12	a_{12}	1, 0 0 0	
13	a_{13}	3 2 0	
14	a_{14}		1, 0 0 0
15	a_{15}		1, 5 6 0
16	a_{16}		2, 1 6 0
17	a_{17}		2, 4 0 0
18	a_{18}		2, 8 8 0
19	a_{19}		3, 0 4 0
20	a_{20}		4, 4 0 0
21	a_{21}		6, 2 0 0
22	a_{22}		1 1, 4 8 0
23	a_{23}		1 5, 0 0 0
24	a_{24}		1 8, 4 0 0
25	a_{25}		2 0, 4 0 0
26	a_{26}		2 2, 5 2 0
27	a_{27}		2 3, 5 2 0
28	a_{28}		2 3, 3 6 0
29	a_{29}		2 1, 7 6 0

(注) 断面 n は、添付図 G - 06 上の断面 n と同じである。

(6) 品質の概要

苦灰岩および苦灰石質石灰岩 4 個を除く、石灰岩 49 個の CaO, MgO の算術的平均値は以下の通りである (図 4-1-4, 図 4-1-5 参照)。

$$\text{CaO} : \bar{x} = 53.2\%$$

$$\text{MgO} : \bar{x} = 0.4\%$$

ドイディンキ石灰石鉱床の石灰岩は、MgO 含有量が少なく、かつ CaO 品位の高い良質石灰石で、本プロジェクト用の石灰石原料として充分使用可能である。

尚、小規模なレンズあるいは団塊として産する苦灰岩および苦灰石質石灰岩中の MgO は 8%~17% とバラつくが、これら挟雑層が石灰石鉱床中に占める割合は極めて少ないので問題は無い。

品質の詳細は N-2 で述べられる。

図4-1-4 CaO含有量による石灰石サンプルの分類

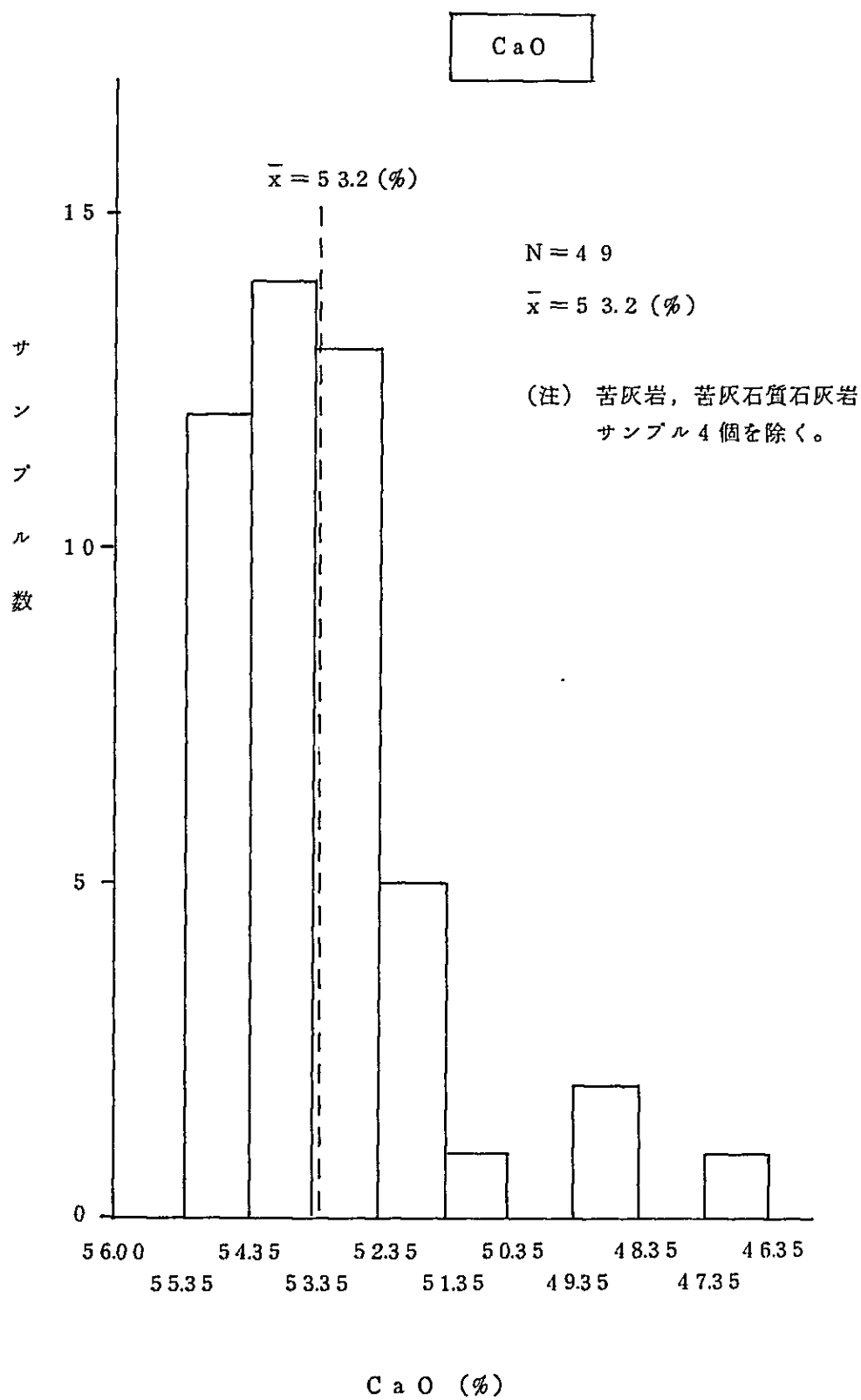
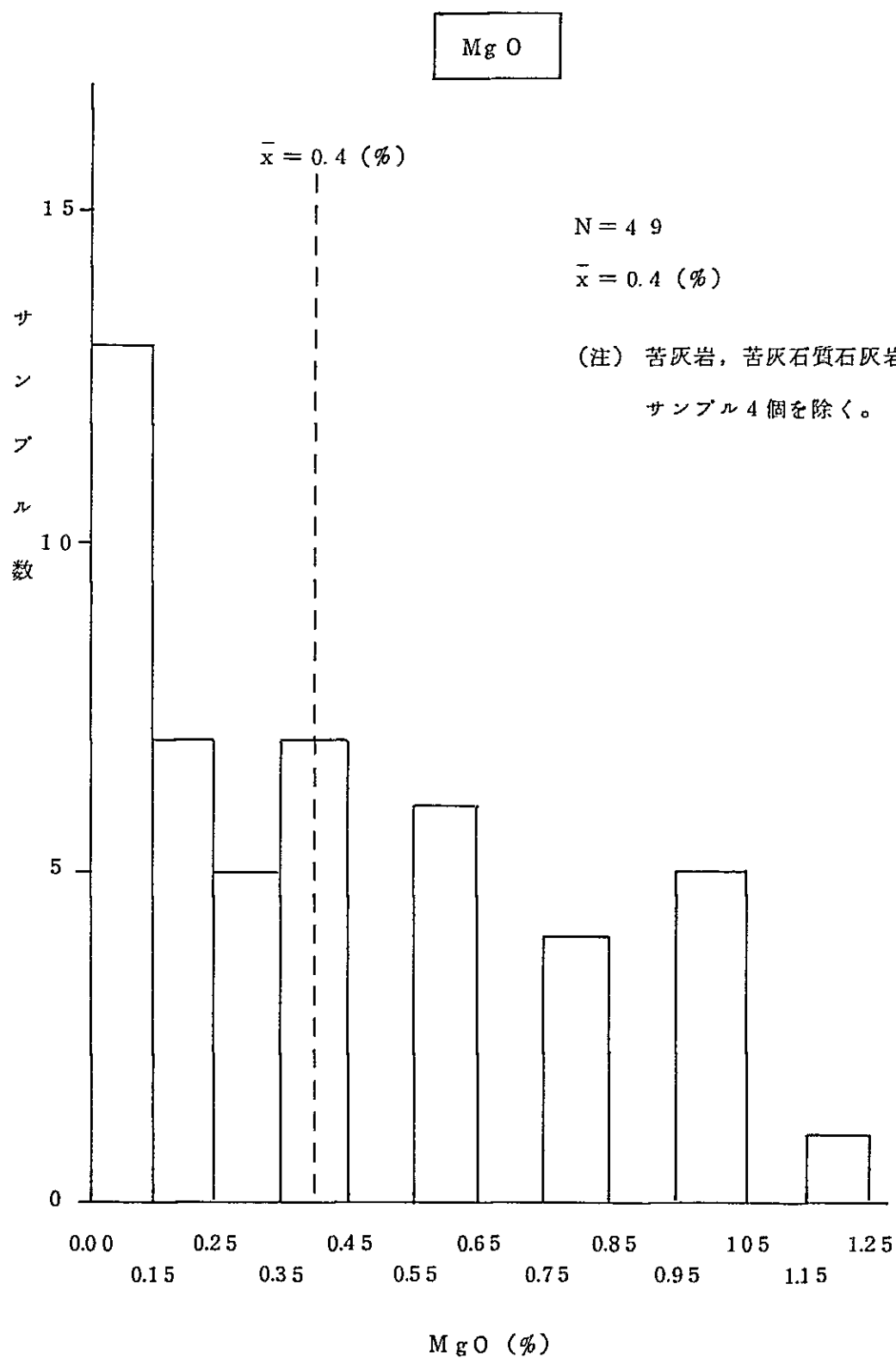


図4-1-5 MgO含有量による石灰石サンプルの分類



N-1-3 オイルシェール (メソット鉱床)

(1) 調査歴・調査方法

メソット地区の新生代の地層は、Brown 等によって1951年にMae Sot Seriesとして記載されている。その後 Brown および Jordan は、1976年に上記地層に Mae Sot Group という名称を使った。その間、1958年ある企業によって、オイルシェール企業化調査のためのボーリングが10本実施された。

オイルシェールが本格的、組織的に調査されるようになったのは、第1次オイルショック後である。1973年末、オイルショックにより原油価格が急騰すると代替エネルギーの一つとしてメソットのオイルシェール資源が注目された。1974年2月以降1978年まで、DMR によるボーリング調査等が実施され、引続いて1981年、1982年に各々チェンマイ大学、西独の Lurgi 社による調査が行なわれている。過去の調査、研究の概要は次の通り。

- 1974年 : ○縮尺 1/20,000 地質図作成
 - 縮尺 1/50,000 プーグ異常分布図作成
 - ボーリング調査 10本 (延べ 3,044 m……9,986 ft)
 - r*線検層、比抵抗検層、SP検層
- 1975年 : ○ボーリング調査 25本 (延べ 5,472 m……17,953 ft)
- 1976年 : ○オイルシェールの試験(乾溜試験、化学分析)開始
 - 深いボーリング 2本 } バンフオイカロク (Ban Huai Kalok)
 - 浅いボーリング 51本 } 地域 (延べ 8,350 m……27,396 ft)
 - ソヴィエト社会主義共和国連邦のオイルシェール専門家による調査と助言
- 1977年 : ○ボーリング調査 50本 (延べ 8,174 m……26,819 ft)
 - ボーリング地点の確認のための測量
 - 縮尺 1/15,000 の地形図作成
- 1978年 : ○ボーリング調査 13本 (延べ 1,194 m……3,917 ft)
- 1981年 : ○バンフオイカロク地域のオイルシェールの電力用燃料資源としての適合性調査
- 1982年 : ○西独Klockner Industrie社およびLurgi社のオイルシェール専門家の協力によるボーリング 21本
 - バンフオイカロク地区 (延べ2,100 m……6,890 ft)

要約すると、1974年以後工業省が中心となって176地点で延べ約28,350 mのボーリングが実施された。ボーリングで得られたオイルシェールサンプルは、含油量・水分・ガス・硫黄分・灰分等の測定、発熱量測定、比重測定の試験が実施された。また、オイルシェールの特性についての試験、廃シェールの化学分析も実施された。調査面積は350 km²に達し、1/15,000の縮尺で地形図も作成された。

上記176本のボーリングを深度別に分類すれば、次のようになる(添付図G-08参照)。

300 ft (91 m) 以下	:	70本
300 ft (91 m) ~ 500 ft (152 m)	:	72本
500 ft (152 m) ~ 1,000 ft (305 m)	:	13本
1,000 ft (305 m) ~ 1,500 ft (457 m)	:	10本
1,500 ft (457 m) ~ 2,000 ft (610 m)	:	9本
2,000 ft (610 m) 以上	:	2本
合 計	:	176本

当調査団によってDMRの協力の下で今回行なわれた調査

- オイルシェール分布区域の概査とボーリングデータの検討による露天採掘対象区域の選定
- バンフォイカロク地域内のボーリング地点の確認およびボーリング地点付近の地表踏査(ボーリング地点:19ヶ所)
- バンフォイカロク地域内のボーリングデータ検討とボーリングコア観察
- 既存の調査レポートの検討
- テスト・ビットからのサンプル採取
 - ・ ボーリング点 LK2 近くのテスト・ビットから約120 kg
(サンプル名 OSH-LK2')
 - ・ ボーリング点 DDH 4-6 近くのテスト・ビットから約120 kg
(サンプル名 OSH-DDH 4-6)

(2) 位置・交通

オイルシェールは、メソット市街地の北方から南へ約200 km²に亘って分布する。調査区域は、メソット市街地北方約6 kmにあり、バンフォイカロクの北東約1.5 kmに位置

する。本調査区域へのアプローチは、図4-1-1に示すように、メソット市街地から北方へ舗装道路（メソット—メラマ線）を通り、ワットウェルワン（Wat Weluwan）付近まで約4 kmの舗装道路、次いで西方へパンフォイカロクまで約4.5 kmの未舗装道路を通り、さらに北方へ約1.5 km簡易舗装道路を行くと現地の西方に至る。今回の調査区域は、ここから東側へ約3 km以内である。調査区域は、1982年に実施されたボーリング調査区域（ボーリング名LK1～LK21）とほぼ同一で、調査面積は約3 km²である。

本調査区域から工場予定地までのオイルシェール運搬距離は、2 km以内で、最短の場所で約700 mである。オイルシェールの運搬道路の建設が必要である。オイルシェールのかぶりである頁岩類の一時堆積場までの仮道路の建設も必要である。

(3) 地形と植生

本調査区域の地形は、緩く起伏し、東側に行くにつれて徐々に高度を増す。最高地点は、LK15ボーリング地点東方の丘でS.L.（海拔）227 m、一方最低地点はLK2ボーリング地点付近でS.L. 198 mである。従って、調査区域内の最高比高は約30 mである。しかし、次の(4)および(5)で述べる開発計画区域内の比高は、最高約20 mである。

調査区域内の西側には水田が多いが、東側は水田は少なく低い丘からなる。丘陵地はチーク他の樹木や灌木の茂った雑木林、雑草地からなるが、余り密な森林ではない。採掘予定地内には水田は少なく、主に丘陵地からなる。

調査区域内には、ジープが通行可能な幅員2 m～3 mの道が数本ある。

(4) 地質・鉱床

(1) メソット地区

メソット盆地の地質は、新生代の Mae Sot Group（Von Braun および Jordan による）からなり、Mae Sot Groupは、さらに第三紀の Mae Sot Oil Shale（Brown等による Mae Sot Series に相当する）と第四紀の Mae Ramat Gravel からなる。

Mae Sot Oil Shale は、新第三紀中新世～鮮新世の河川、湖沼堆積物と考えられている。

Mae Sot Oil Shale（Mae Sot Series）は、その構成地層により四部層に細分される。四部層を、下位から上位の順で次に示す。

- 第一部層……砂岩、頁岩と互層する黄褐色の泥質石灰岩。
（厚さ600 m以上）

- 第二部層……灰緑色泥灰岩。上部においてオイルシェールと頁岩の互層。
(厚さ900 m以上)
- 第三部層……シルト岩，砂岩，オイルシェールと互層する砂質頁岩と砂質泥灰岩。
(厚さ500 m以上)
砂質頁岩と砂質泥灰岩は細粒，暗灰色。
- 第四部層……オイルシェール，ラミナ構造のない石灰質頁岩と互層する。
(厚さ300 m以下)
灰緑色でラミナ構造のある頁岩。

オイルシェールの露頭は，平地では稀であるが，モエイ川支流沿いではしばしば認められ，オイルシェールは26の層準にあるとされている。オイルシェールの層厚は変化が大きく，層としての連続性は必ずしも良くない(図4-1-8，添付図G-10参照)。オイルシェールは南北の方向性をもって200 km²に亘って分布する。メソット盆地の構造は，ブーグ異常分布図(図4-1-6)により，二つの堆積盆地から構成されていることが判明している。調査区域は，南方の堆積盆地の北端部に位置する。

(ii) バンフォイカロク地域

バンフォイカロク北東に位置する調査区域では，ボーリング結果から，オイルシェールは比較的地表から浅い所に賦存しているため，露天採掘の対象になり得ると判断される。調査区域は全般に表土に覆われているため地層の露頭は稀である。DMRが作ったテストピントでは泥灰岩，頁岩，砂岩，オイルシェール等が認められる。

オイルシェールの露頭は，LK2ボーリング地点南方でのみ認められ，このオイルシェールはほぼ南北方向に約80 m連続して分布する。

このオイルシェールは，黒色～暗褐色，層状で，高品位である。

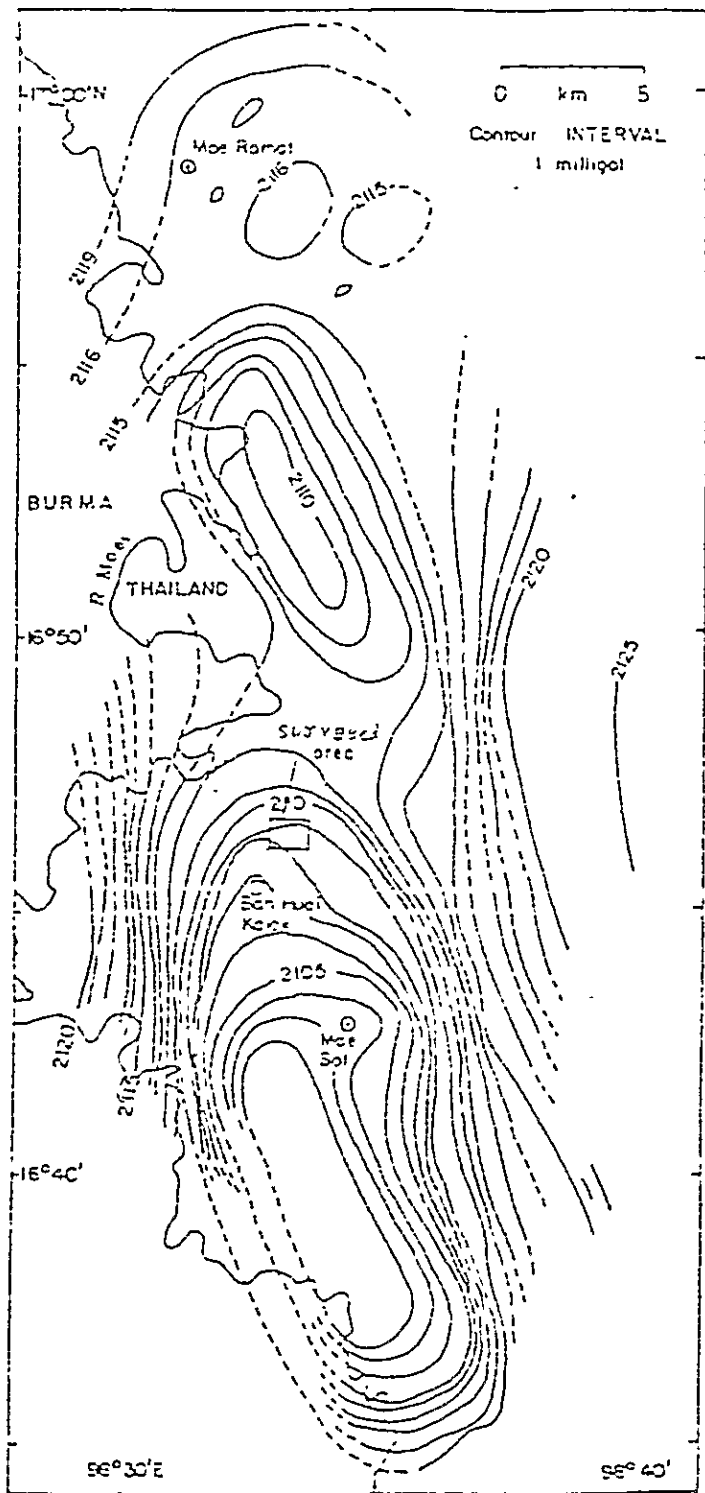
この露頭の走向は，N35°E～N35°Wで，15°～25°西に傾斜する。

本区域内では，これまでに20ヶ所でボーリングが実施されているが，正確な対比はまだできていないようである。従って，添付図G-10に示した地質断面図は，推定によって試験的に作成したものである。本区域内には，8～9のオイルシェール層準があると推定した。

調査区域内で，オイルシェールの賦存状況，地形等を考慮して，露天採掘に有利な区域約100 haを当面の開発計画区域として図4-1-7に示し，鉱量計算を行なった。

ボーリングコアの観察によれば，この区域では一般に塊状あるいはラミナ構造の発達した灰緑色頁岩とオイルシェールの互層が多く，所々暗灰色～黄灰色の細粒砂岩や黄白色の泥灰岩が挟有される。各々の単層は数cm～数mの厚さである。

図4-1-6 メソット盆地のブーゲ異常分布図



注： 鉱山燃料局資料に基づき作成。

ーオイルシェール代表サンプル(OSHLK-2')採取地の状況：

種々の試験を行なうために必要なオイルシェールのサンプルは、LK2地点南方約60mの地点で採取した。深さ約3mのテストビットの最上部から最下部まで連続サンプルを採取した。採取したサンプルは四分法によって必要な量(120kg)まで縮分した。テストビットの層序は、最上部に黒色～暗褐色の高品位オイルシェールがあり、この下位は褐色～灰緑色で、ラミナ構造の発達した中～低品位オイルシェールがある。テストビットの底部には灰緑色の石灰質頁岩が現われる。試験用サンプル採取地のオイルシェールは、開発計画区域内のオイルシェール層より上位に賦存すると思われ、また開発計画区域の西方約1.2kmにあるが、これらのオイルシェールは互いに類似する。

(5) 鉍 量

(i) メソット地区

これまでの調査・試験の結果、オイルシェールは約200km²に亘って分布することが判明している。DMRは、メソット市街地の北域と南域のオイルシェールの埋蔵量を表4-1-4のように計算した。

表4-1-4 メソットオイルシェールの埋蔵鉍量

区 域	鉍量計算面積 km ²	オイルシェール 埋 蔵 鉍 量 億トン	シェールオイル換算量	
			億ℓ	億bbl
北 域	24	77.97	3647.52	22.93
南 域	29	108.71	5891.90	37.03
合 計	53	186.68	9539.42	59.96

つまり、メソット地区のオイルシェール埋蔵鉍量は、53km²内で約186億トン、シェールオイルに換算して約60億バレルである。この計算は、最高深度地下600mのオイルシェールを含めている。

(ii) バンフォイカロク地域

本プロジェクトは、オイルシェールから油を回収するのではなく、オイルシェールを直接燃焼させて発電し、一方ではオイルシェールとオイルシェールの燃焼残灰をセメント原料として使用するという計画である。

本プロジェクトには露天採掘が有利なので、この前提で開発計画区域内のオイルシェール埋蔵量を計算した。計算は、ボーリング柱状図を参考にして、下記の条件の下で行なった。

(a) 計算基礎

- 計算基礎 : 約 100 ha (図 4-1-7 参照)
- 採掘レベル : 地表下 約 30 m
- オイルシェール層の厚さ : 平均 10.4 m

地表下 30 m までのオイルシェールの層厚は以下の通り。

LK 7 : 5 m	LK 13 : 12 m	LK 14 : 12 m
LK 16 : 8 m	LK 17 : 17 m	LK 18 : 8 m
LK 19 : 12 m	LK 20 : 10 m	DDH5-8 : 10 m

- かぶりと挟みの厚さ : 平均 19.6 m
- オイルシェールの見掛比重 : 2.06 (今回の測定結果)
- 調査精度, 計算誤差のための安全率を 0.9, 実収率を 0.77 とした。
- 本プロジェクトにおけるオイルシェール使用量は, 642,654 トン/年とした。

(b) 計算結果

開発計画区域内のオイルシェール可採量は, 1,480 万トン, 捨石(かぶりと挟み)の量は 2,199 万 m^3 であり, 捨石比(捨石量/オイルシェール量)は 2.8 である。この量は地表から 30 m 深さまでの量で, 本プロジェクトにおける寿命は約 23 年である。

オイルシェールは, 開発計画区域外にも広く延長するので将来とも量が不足する心配はないが, 採掘条件が若干悪くなる。また, 将来の可能性として, 区域内の地表下 30 m ~ 100 m に賦存するオイルシェールも考慮に入れておくべきである。

(c) 計算の内容

- オイルシェールの可採量

$$1,000,000 \times 10.4 \times 2.06 \times 0.9 \times 0.77$$

(面積 m^2) (平均厚さ m) (比重) (安全率) (実収率)

$$\div 14,800,000 \text{ (トン)}$$

- 本プロジェクトにおけるオイルシェールの寿命

$$14,800,000 \text{ トン} \div 643,000 \text{ トン/年} \div 23 \text{ 年}$$

(可採量) (使用量) (寿命)

-捨石量(かぶりと挟みの量)

$$\left\{ \begin{array}{l} (1,000,000 \text{ m}^2 \times 19.6 \text{ m}) + (1,000,000 \text{ m}^2 \times 10.4 \text{ m} \times 0.23) \\ \text{(面積)} \quad \text{(平均厚さ)} \quad \text{(面積)} \quad \text{(オイルシェールの平均の厚さ)} \quad \text{(捨石率)} \end{array} \right\}$$

$$= 21,990,000 \text{ (m}^3\text{)}$$

-捨石比

$$\left\{ \begin{array}{l} (1,000,000 \text{ m}^2 \times 19.6 \text{ m}) + (1,000,000 \text{ m}^2 \times 10.4 \text{ m} \times 0.23) \\ \text{(かぶりの量)} \quad \quad \quad \text{(挟みの量)} \end{array} \right\}$$

$$\div (1,000,000 \text{ m}^2 \times 10.4 \text{ m} \times 0.77) \div 2.8$$

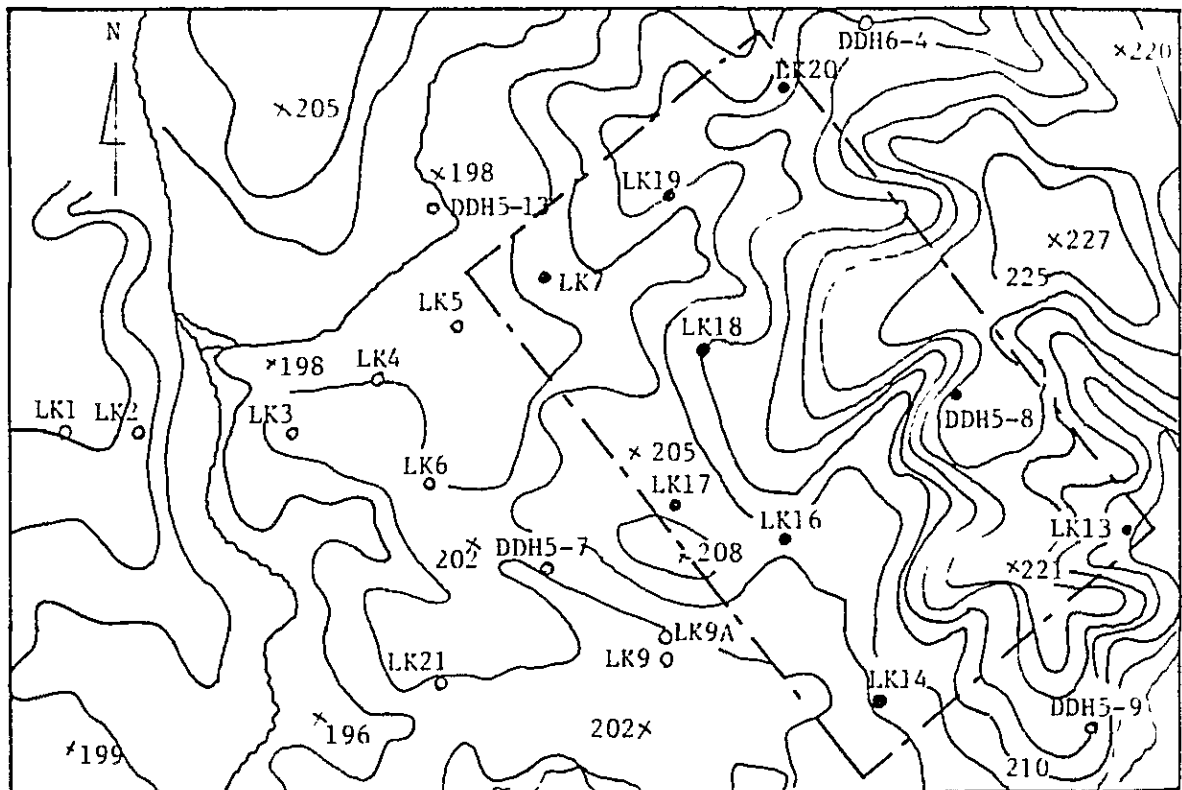
オイルシェール 可採鉱量

注: ※1) 挟み(W)の鉱石(O)に対する発生比率 $\frac{W}{O} = 0.3$ から

$$\text{可採率} \frac{O}{O+W} = 0.77 \text{ (ボーリングコアの状態からの推定値)}.$$

2) ここで言う挟みは、主に低品位オイルシェール、頁岩等である。

図4-1-7 開発計画区域図(鉱量計算範囲図)



縮尺 1 : 15,000

(6) 品質の概要

DMRは、約2万個のオイルシェールサンプルについて乾留試験を行ない、次のような結果を得た。

- 含油量 : 1～26% / トン・オイルシェール(重量比)
10～330リットル / トン・オイルシェール
- 含油量(平均) : 約5% / トン・オイルシェール(重量比)
50リットル / トン・オイルシェール = 12ガロン / トン・オイルシェール
- 発熱量(平均) : 1,187 kcal / kg・オイルシェール
- 比重(平均) : 1.83
- 硫黄含有量 : 0.62%

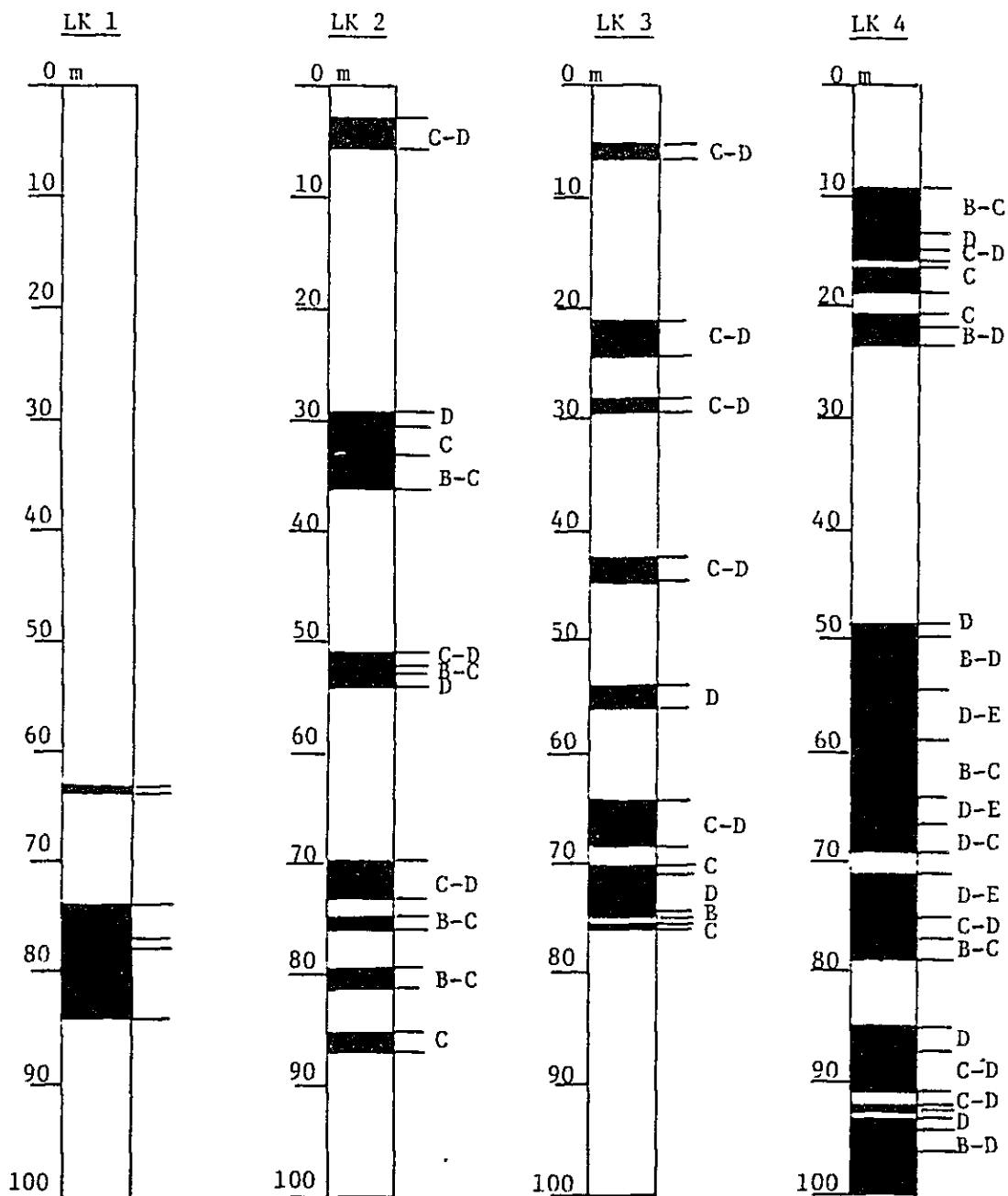
シェールオイルの特性は次の通り。

- 比重(平均) : 0.89
- 発熱量(平均) : 11,000 kcal / kg

以上が、オイルシェールおよびシェールオイルの特性である。

オイルシェールを本プロジェクトの原料として考えた場合、開発計画区域のオイルシェールは、発電用流動床燃焼炉の原料として、またセメント原料として使用できる。発電プラントから発生する燃焼残灰はセメント原料および混合材として使用可能である。しかし、図4-1-8、添付図G-10から解るように、オイルシェール層の厚さは変化が著しく、また必ずしも連続性が良くない。品質的にみても高品位～中間品位～低品位と相当の変動があるので、開発前に補足ボーリングを実施してオイルシェールの賦存状態をより正確に把握するのが望ましく、また採掘切羽では厳密な選択採掘によって品質の確保をする必要がある。

図4-1-8(1) バンフォイカロク地域内調査区域と周辺地の
ボーリングコアにおけるオイルシェール賦存状態



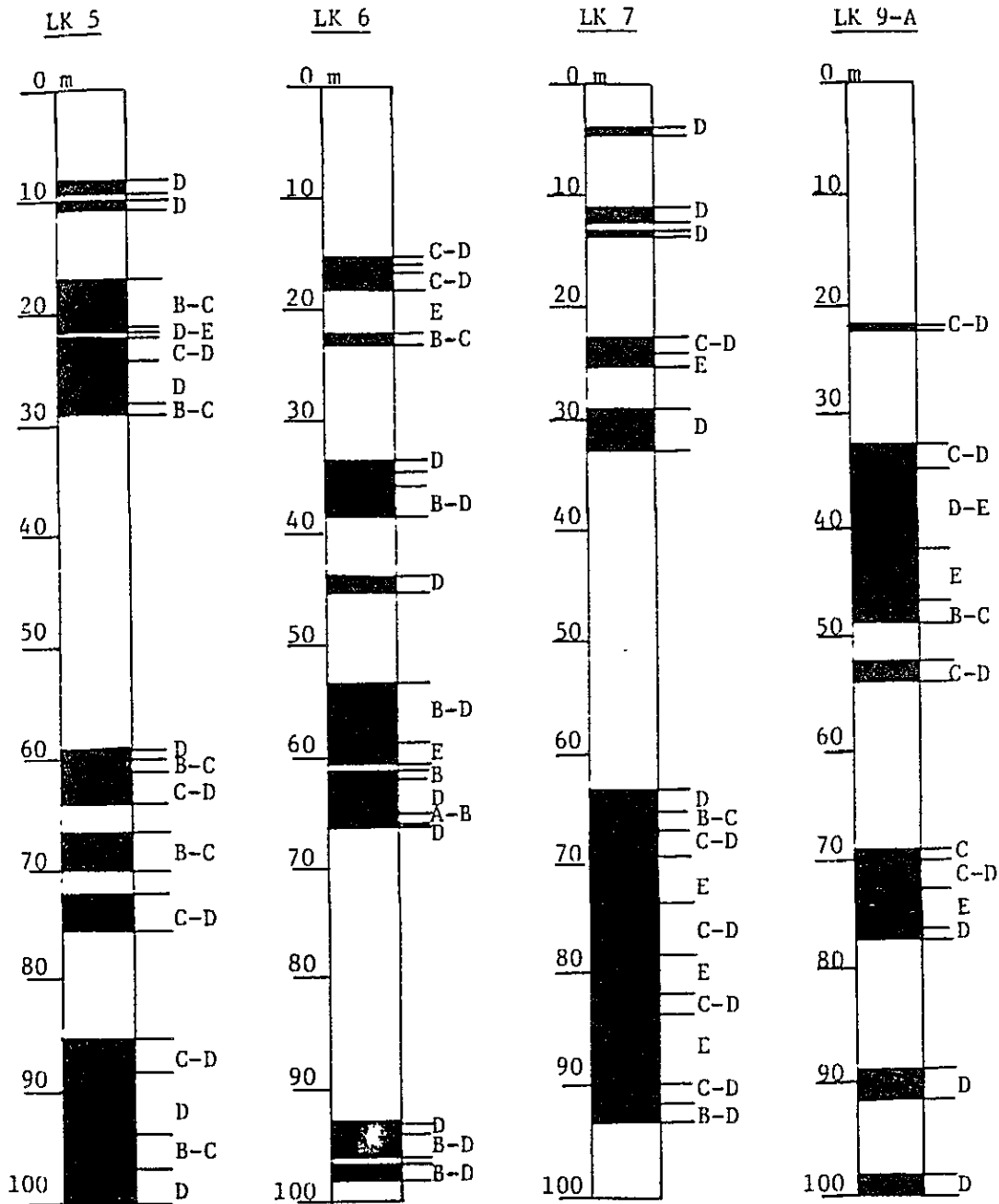
凡 例

- A, B : 高品位オイルシェール
- C : 中間品位オイルシェール
- D, E : 低品位オイルシェール

注: 1) ボーリング柱状図は, DMR作成の柱状図を簡素化したものである。

2) オイルシェールの品位の分類 (A, B, C, D, E, またはH.M, L.)は, DMRによる。

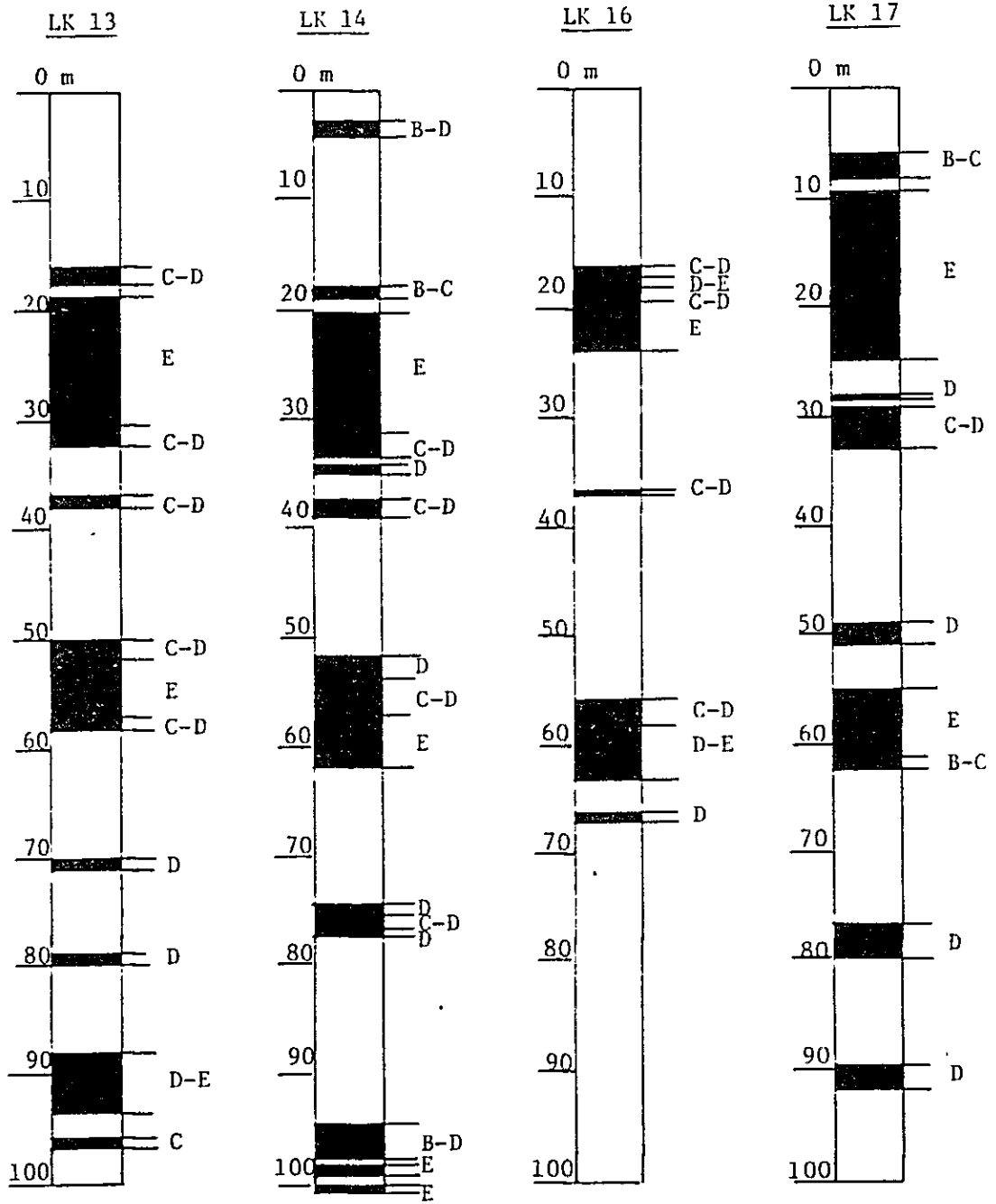
図 4-1-8 (2) バンフォイカロク地域内調査区域と周辺地の
ボーリング コアにおけるオイルシェール 賦存状態



凡 例

- A, B : 高品位オイルシェール
- C : 中間品位オイルシェール
- D, E : 低品位オイルシェール

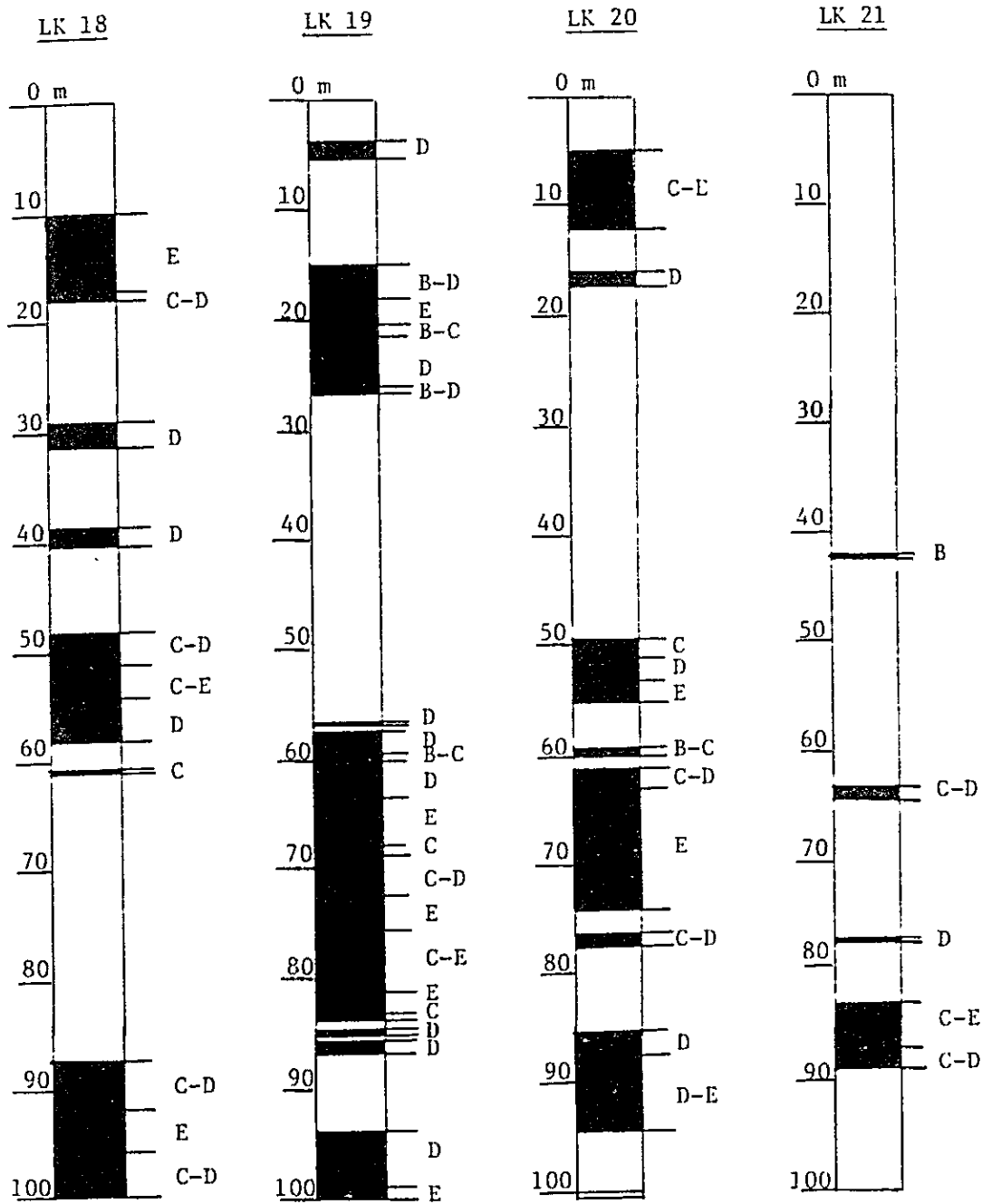
図4-1-8(3) バンフォイカロク地域内調査区域と周辺地の
ボーリングコアにおけるオイルシェール賦存状態



凡 例

- A, B : 高品位オイルシェール
- C : 中間品位オイルシェール
- D, E : 低品位オイルシェール

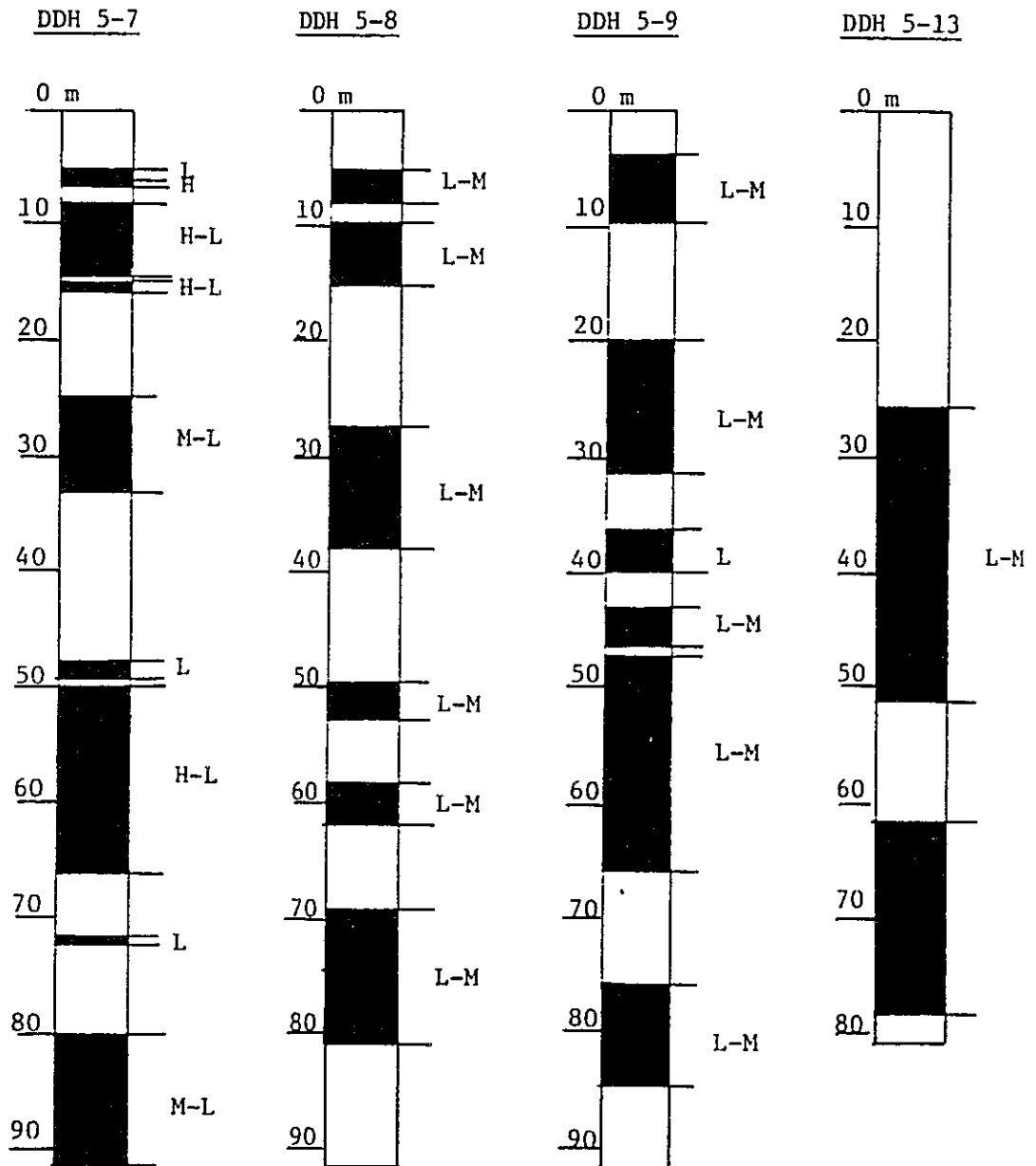
図 4-1-8(4) パンフォイナロク地域内調査区域と周辺地の
ボーリングコアにおけるオイルシェール賦存状態



凡 例

- A, B : 高品位オイルシェール
- C : 中間品位オイルシェール
- D, E : 低品位オイルシェール

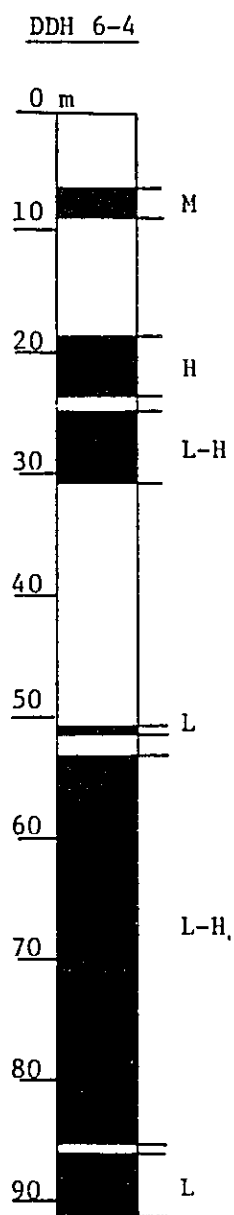
図 4-1-8 (5) バンフォイカロク地域内調査区域と周辺地の
ボーリングコアにおけるオイルシェール賦存状態



凡 例

- H：高品位オイルシェール
- M：中間品位オイルシェール
- L：低品位オイルシェール

図 4-1-8 (6) バンフォイカロク地域内調査区域と周辺地の
ボーリングコアにおけるオイルシェール賦存状態



凡 例

- H：高品位オイルシェール
- M：中間品位オイルシェール
- L：低品位オイルシェール

Ⅳ-1-4 粘土原料

本プロジェクトのセメント原料調査では、普通粘土の代わりに、オイルシェールと発電プラントから発生する燃焼残灰を使用するので普通粘土を使用する必要がない。

しかし、参考迄に以下の2ヶ所の候補地を調査した。

(1) バンフォイカロク地域

Ⅳ-1-3で述べた様に、オイルシェールを採掘する場合、オイルシェールの2.8倍の捨石が発生する。この捨石は、オイルシェール層のかぶりおよび挟みとして産する泥灰岩、頁岩、砂岩、低品位オイルシェール等である。これらは捨石としてオイルシェール採掘跡に埋戻す様に計画しているが、セメント用粘土原料として使用可能である。

鉱量は約5,000万トン(2,200万 m^3)が見込まれる。

位置・地形・地質については、Ⅳ-1-3を参照。

(2) タク—メソットハイウェイ沿いの区域

図4-1-1に示す様に、本区域ではメソット市街地北東約6km付近に分布する中生代ジュラ紀の頁岩・砂岩互層を調査した。

頁岩・砂岩互層は、灰色～暗褐色～赤褐色を呈し、一般に風化帯は浅く、未風化部は砂い。頁岩・砂岩の単層は数 cm ～数10 cm の厚さで、その比率はほぼ1:1である。

この地層の一般走向は $N 0^{\circ} \sim 2 5^{\circ}W$ で、 $3 0^{\circ} \sim 4 0^{\circ}$ 西に傾斜する。本区域で採取したサンプルの化学分析はしていないが、肉眼鑑定等から判断して粘土原料として使用可能である。鉱量も多く期待できる。

しかしながら、粘土原料は、バンフォイカロク地域に豊富にあるので、将来粘土が必要とされる場合においても、本区域の粘土が必要になる可能性は薄い。

Ⅳ-1-5 けい酸質原料

本プロジェクトのセメント原料調査では、けい酸質原料は使用しない計画となっている。しかし、将来、調合原料のけい酸率($SM \cdots \cdots \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}$)の調整のためにけい酸質原料が必要と考えられるので、タイとビルマの国境をなすモエイ川の河川堆積物であるけい砂の調査を行なった。モエイ川は、メソット市街地のやや西側を蛇行しながら南から北へ流れ、サルウィーン(Salween)川に合流する。

モエイ川は川幅数10 m で、流れのゆるい個所の川岸にけい砂が2 m 厚さ位で堆積していることがある。けい砂が比較的まとまって産出する所を6ヶ所調査し、賦存地と概略の鉱量を表

4-1-5に纏めた。

けい砂は一般に細～中粒の石英を主とするが、場所によっては粗粒（径2mm～3mm）の石英が混じる。石英以外の鉱物としては、長石、白雲母が見られる。その他、場所によっては砂岩、頁岩の小礫が表面に散在することがある。

けい砂の品位は、SiO₂含有量85%以上あるので、セメント用けい酸質原料として使用可能である。けい砂は、約37万トンが見込まれる。

けい砂の賦存地は、添付図G-02に示したが、賦存地、鉱量は今後の調査でさらに増加する可能性がある。

表4-1-5 けい砂産地と鉱量

鉱床No	産地	分布面積 (m ²)	可採鉱量 (トン)
No 1	Ban Wang Kaew の北 1.4 km	14,800	47,000
No 2	Doi Din Chi の Priest Resident の北西 1.2 km	43,600	139,000
No 3	Ban Rim Moei の北西 0.7 km	5,000	16,000
No 4	Ban Rim Moei	7,000	22,000
No 5	Ban Lakhon	15,600	49,000
No 6	Ban Mae Kong Ken	30,000	96,000
合計		116,000	369,000

- 注：1 けい砂の平均厚さ : 2 m
 2 けい砂の見掛比重 : 2.0
 3 実収率 : 0.8
 4 No 1 鉱床は、骨材用として採掘中。

N-1-6 鉄原料

鉄原料は、ナコンサワン県のシチコック鉱業株式会社 (Sitthickhok Mining Co.Ltd.) の採掘場を調査した。

本採掘場はナコンサワン東南約44kmの地点から東方へ約9km入った所にある。この東方へ入る9kmの道路は舗装されていないが、部分的に道路補修をすれば鉱石の搬出に問題はない。

鉄鉱床は、ノンポー（Non Poh）地域にあり、ここからメソットの工場予定地までの運搬距離は約290 kmである。

鉄鉱床は、平坦あるいは緩やかな地形の所に厚さ2 m～3 m以内の規模でほぼ地形に沿って賦存するようである。鉄床の分布面積は詳細には把握できないが、周辺状況から判断して相当広範囲、例えば300 m平方に亘ると予想される。採掘場は、定常的に稼働しておらず、需要に応じて不定期に採掘している模様である。

採掘場および採掘跡地は、合計50 m×100 mの規模であり、石灰岩等の露頭、転石が点々と認められる。今回X線回折した2つのサンプルは、主に赤鉄鉱からなっており、このサンプルのFe₂O₃含有量は約40%である。この鉄床には、赤鉄鉱の他磁鉄鉱も認められる。鉄石は、大塊が少ないので発破をしなくても、リッパ付の履带式ショベルで採掘可能と思われる。

本プロジェクトでの鉄原料使用量は約9,000トン/年なので、20年分は充分見込まれ、また品質的にも充分である。

なお、本地域には、本鉄床とは別の類似鉄床があると言われている。

N-1-7 石こう原料

石こう原料は、ピチット県のドイキ地域にあるタイジブサム株式会社（Thai Gypsum Co. Ltd.）の採掘場を調査した。

本採掘場は、タク東南約45 kmのカムバンベット（Kam Phang Phet）から東方約70 kmのピチットを經由して、さらに東南へ約70 km進んだドイキ地域にある。本採掘場からメソットの工場予定地までのトラックによる運搬距離は約270 kmである。石こう鉄床は、平坦地に賦存するため地並以下を採掘している。採掘場の深さは、地下約10 mで、50 m～100 m径の円形状のピットである。

本採掘場の石こう生産能力は、10万トン/月で、生産量の約20%は国内消費、約80%は輸出されている。

セメント用としては、サイアムシティセメント株式会社（Siam City Cement Co. Ltd.）へ売鉱している実績がある。石こう鉄床の賦存地域の地質は、古生代のKanchanaburi Seriesに属する。石こうは塊状、白色～灰白色で中～粗粒である。石こうには地層面は認められないが、部分的に灰色の平行な縞が見られることがある。

石こうの品質は、 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ で95%以上が確保されている。切羽には、局部的に緻密、灰色～灰白色、比重が石こうより重い、硬石こうが認められるが、他の挟雑層はない。これまでのボーリング調査では、この石こうは地下深部で硬石こうになると報告されている。しかし、山元で硬石こうが混入しない様に管理された製品が出荷されている。今回採取したサンプルを分析した結果、 SO_3 含有量は46.5%であり、若干硬石こうが混入しているが、セメント用石こうとして使用できる。

タイジブサム株式会社の所有する4ヶ所の鉱区内の石こう鉱床は、幅250m～500m、延長約2.5kmに達し、鉱床の厚さ(深さ)は、20m～30m深さまでは確認されている。従って、石こう鉱量は少なくとも3,000万トンは見込まれる。本プロジェクトに必要な石こうは、約20,000トン/年なので量的な問題もない。ピチット地区の石こう鉱床については、DMR(1967)の報告書がある。

N-1-8 ま と め

(I) 石灰石原料

(i) 石灰石原料山は、バンフォイカロク地域の工場予定地西南西のドイディンキに位置する。石灰石鉱床は、ほぼ南北方向をもって分布するが、この内約41ha内の石灰石可採鉱量は3,170万トンが計算され、この鉱量は本プロジェクトの場合約54年分に相当する。開発計画区域は南鉱床で、22年分の1,300万トンが見込まれる。石灰石鉱床の地形は、単調な傾斜面をなし、海拔240m～250m以上は表土が薄く、採掘は容易である。山元から工場まで、石灰石運搬のため約5.5kmの道路建設が必要であるが、ルート沿いの地形は緩傾斜なので、道路建設に問題はない。なお、上記石灰石鉱量の他に、北鉱床の北側隣接地内に、相当量の石灰石鉱量が見込まれる。

(ii) 石灰石原料の品質は、セメント用として充分であり、平均品位でCaO 53.2%、MgO 0.4%である。鉱床には、稀に挟雑岩が認められるが、原料の品質に影響を及ぼす程の規模ではないので、採掘の際、無視して差支えない。

(iii) 今回の調査は、地表地質調査であり、既存の採石山区域で石灰岩層は約100m厚さが確認された。地質の状態から、石灰岩層の厚さは、100m以上あると推定されるので、鉱量計算では、石灰岩の厚さを最大150mと見込んでいる箇所もある。従って、算出された鉱量の大部分は確定鉱量であるが、一部分推定鉱量を含んでいる。

本鉱床を開発する場合には、地質構造と鉱量をより確実にするため、深度100m～150mのボーリングを数本実施するのが望ましい。

(2) オイルシェール原料

- (i) メソットオイルシェールは、過去の調査で約200 km²に亘って分布し、埋蔵鉱量は約186億トン、シェールオイル換算約60億バレルと報告されている。
- (ii) 今回、本プロジェクト用に露天採掘可能なバンフォイカロク地域約100 ha(約1km²)内の可採鉱量を計算した結果、1,480万トンのオイルシェールが賦存することが解った。この鉱量は約23年分であるが、この区域外および区域内深所のオイルシェールが将来の採掘可能鉱量として考えられる。
- (iii) オイルシェールの品質は、平均的には高品位ではないが、発電用流動床ボイラー用燃料、セメント原料として使用できる。

発電プラントから発生する燃焼残灰は、セメント原料として、またセメント混合材として使用できる。

- (iv) オイルシェール層は、対象区域内では8～9層準にあると推定されるが、オイルシェールの層厚は変化が著しく、連続性も必ずしも良くない。対象区域内の、過去のボーリング地点の間隔は300 m～600 mなので、本プロジェクトを実現化する場合、事前に補足ボーリングと溝掘による試掘を行ない、オイルシェールの賦存状態、品位の変動をより正確に把握しておくべきである。

(3) 粘土原料

粘土原料は、本プロジェクトでは当初使用する計画はないが、将来のために、参考迄に調査した。

調査の結果、粘土原料は主にオイルシェールのかぶりおよび挟みとして賦存する泥灰岩、石灰質頁岩、低品位オイルシェールで約5,000万トンあり、その他の区域にも粘土原料は賦存する。これらの粘土原料は、品質的にもセメント原料として使用可能である。

(4) けい酸質原料

けい酸質原料は、モエイ川沿岸に点々と認められるけい砂で、約37万トンが確認された。このけい砂は、品質的にセメント原料として使用可能であるが、本プロジェクトでは当初は使用する計画はない。

(5) 鉄原料

鉄原料は、メソット地区には無いので遠隔地から運搬する必要がある。ナコンサワン県のノンポー地域の赤鉄鉱、磁鉄鉱床は本プロジェクトの質的、量的要件を満たす。

鉄原料中の Fe_2O_3 含有量は 40% 以上である。

(6) 石こう原料

石こうは、メソット地区にはないので、ピチット県ドイキから運搬する必要がある。石こうは質的、量的にみて、本プロジェクト用に充分である。石こうの SO_3 含有量は、分析の結果 465% であり、若干硬石こうが混入しているが、品質上の問題とはならない。

N-2 原料の品質

N-2-1 使用原料の性質

本プロジェクトにおいて使用する各原料の性質を以下にまとめて示す。

(1) 石灰石（ドイディンキ鉱床）

ドイディンキ石灰石鉱床における本プロジェクトの対象部分の石灰石は CaO の平均含有量が約 53%、 MgO が 0.4% 前後であり、セメント原料用石灰石としては純度の高いものである。また、その他の化学成分として Na_2O および K_2O が平均してそれぞれ約 0.00% および 0.01%、また P_2O_5 および Cl はそれぞれ 0.03% および 0.001% 以下である。

組成鉱物はカルサイトが主体で微量の石英が認められる。カルサイトの結晶は全体的に隠微晶質である。石灰石に含まれるベレット状方解石の粒径は $100\mu\sim 200\mu$ である。この石灰石は比重と見掛け比重とがほぼ同じ値の 2.7 であることから明らかに緻密質で硬く、従って、被粉砕性はやや低い。

(2) オイルシェール（バンフォイカロク鉱床）

バンフォイカロク地区のオイルシェールの発熱量は黒色部は高いが、淡褐色部は比較的 low 変動もやや大きい。本プロジェクトの採掘対象地域の地下 $10\text{m}\sim 20\text{m}$ の範囲では、見掛けの平均発熱量は 530 cal/g で、炭酸塩分解による補正值約 150 cal/g を加えると計 680 cal/g となる。しかし本プロジェクトに使用するオイルシェール量はさほど多くないので選択採掘することにより設計の基準とした 940 cal/g の発熱量は確保できると思われる。

可燃分以外の主要な化学成分である SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CaO および MgO の平均含有量は各々約 30%、10%、3.5%、17% および 35% であり粘土原料としてはバランスは良い。

一方、 Na_2O および K_2O の含有量は 0.73% および 1.36% であり、 P_2O_5 および Cl は各

各 0.12% および 0.002% である。

SO₃ は 2.5% で通常の粘土に比較してかなり多い。

組成鉱物としてはドロマイト、方沸石、カルサイト、石英が認められ、石英の結晶の粒径は 10 μ ~ 20 μ であり、ドロマイトも 10 μ ~ 20 μ の結晶からなっている。

見掛比重は 2.06 でありかなり緻密質で附着水分は比較的少ないと思われる。

(3) けい砂 (モエイ川鉱床)

モエイ川河川系に堆積する。けい砂は堆積している場所によって雲母等の混入量が異なり SiO₂ の含有量は 80% ~ 90% の間で変動する。

本プロジェクト用として河川敷で採取したけい砂は代表的なものであり、その化学成分としては SiO₂ は 86.4%、Al₂O₃ は 7.4%、Fe₂O₃ は 0.6% であり、その他にアルカリ成分として 0.79% の Na₂O および 3.5% の K₂O が含まれている。

鉱物組成は、石英、長石および雲母が主体であり、比重は 2.31 である。

このけい砂はその性質からみてセメント原料の化学成分調整用として使用可能なけい酸質原料である。

(4) 鉄鉱石 (ノンポー鉱床)

鉄原料として使用を予定しているノンポー鉱床の鉄鉱石は、Fe₂O₃ 含有量が約 40% ~ 45%、SiO₂ および Al₂O₃ がそれぞれ約 40% ~ 45%、8% ~ 9% であり鉄原料としては比較的純度は低いものである。

組成鉱物は、赤鉄鉱が主体で石英を伴う。この鉄鉱石はセメント原料の化学成分調整用として使用可能である。

(5) 泥灰岩 (バンフォイカロク鉱床)

バンフォイカロク地区のオイルシェールの表土部分は泥灰岩質原料で、化学成分の SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、CaO および MgO 分は各々 25.7%、9.7%、3.2%、22.2% および 5.3% で、オイルシェール部分より CaO、MgO が多い。

しかし、この泥灰岩の表層部分は CaO、MgO が 18.1% および 2.5% と少なくなっており、Na₂O、K₂O も 0.25% および 2.48% で粘土質原料として充分使用できる。

嵩比重は、1.92 ~ 2.20 でオイルシェールと同程度である。

(6) 調合原料

上記の各原料を使用して標準的な普通ポルトランドセメントを製造する場合、目標の主要

化学成分に合致する様に各原料を調合することは、各原料の化学成分変動幅から判断して容易である。

調合原料中の Na_2O 、 K_2O および Cl は、それぞれ 0.26%、0.50% および 0.001% 以下であり製造プロセスとして新サスペンションプレヒーター付キルン (NSPキルン) を採用することが可能である。また、調合された原料の易焼成性は日本のセメント工場で使用される平均的な原料に較べやや悪い傾向にあり、被粉碎性は日本の原料よりやや低い。しかし全般的にみて良質の原料である。

(7) 石こう (ピチット鉱床)

使用が予定されているピチットの石こうの品質は入手した二試料について試験した結果、 CaO は 32.3%、 SO_3 は 46.5% であり、 SO_3 含有量から計算した純度は 100% である。主要な鉱物は硫酸カルシウム二水塩である。わずかに無水石こうを含んでいる可能性がある。

この石こうは、セメントの凝結調節用として十分使用可能な品質のものである。

(8) 石 炭

使用が予定されているメラマ炭について入手した一試料の試験を実施した結果、総発熱量は $5,440 \text{ kcal/kg}$ 、灰分、揮発分、固定炭素は各々 12.4%、33.6% および 41.4% であり、灰分の化学成分は、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CaO および MgO が各々 49.1%、40.4%、3.4%、2.1% および 1.2% である。この石炭は、セメント焼成用として充分使用可能な品質の石炭である。

IV - 2 - 2 原料の試験結果

本調査団が現地において採取あるいは入手した各種原料の試料は一部のものは調査団が現地で試験を実施し、その他のものについては、日本で試験を実施した。

(1) 化学分析

(i) 分析試料

現地で採取あるいは入手した試料のうち化学分析を実施したものについてその試料数、分析成分数、分析結果を示す表の番号および分析を実施した場所をまとめて表 4 - 2 - 1 に示した。

(ii) 分析法

試料を乾燥後、粗砕し、さらに微粉末に粉碎して、 SiO_2 、 Al_2O_3 および SO_3 については重量分析法を、 CaO 、 MgO および Cl については容量分析法を用いて定量した。

また、 Na_2O および K_2O については炎光光度法、 P_2O_5 および石灰石中の Fe_2O_3 については比色法を用いた。

(iii) 分析結果

各試料の分析結果を表 4-2-2 ~ 表 4-2-12 に示す。

表 4-2-1 化学分析を実施した試料の一覧表

試料		分析を実施した試料数	分析項目	分析結果を示した表の番号	分析を実施した場所
石灰石	地表試料	39個	2成分	表 4-2-2	現地
		10個	11成分	表 4-2-3	日本
オイル シェール	ボーリング	39個	6成分	表 4-2-5	現地
	試料	6個	11成分	表 4-2-5	日本
	地表試料	2個	"	表 4-2-5	"
泥灰岩	ボーリング	13個	6成分	表 4-2-6	現地
	地表試料	2個	11成分	表 4-2-6	日本
けい砂		1個	7成分	表 4-2-7	日本
		1個	11成分	表 4-2-7	日本
鉄 鋳 石		1個	6成分	表 4-2-8	日本
		1個	11成分	表 4-2-8	日本
石ころ		1個	6成分	表 4-2-9	日本
石炭の灰		1個	6成分	表 4-2-10	日本

表4-2-2 ドイディンキ石灰石試料の分析結果

(地表試料, 現地にて分析を実施)

(重量% 乾ベース)

試料番号	CaO	MgO	試料番号	CaO	MgO
L-05	52.3	0.3	L-42	(32.4)	(19.3)
L-06	52.6	0.4	L-43	52.6	0.4
L-08	50.4	0.2	L-44	53.4	0.1
L-09	54.5	0.6	L-45	52.6	0.8
L-11	55.3	0.6	L-46	54.7	0.0
L-12	55.5	0.3	L-47	53.4	0.2
L-15	46.4	1.0	L-48	53.5	0.1
L-16	52.0	0.6	L-49	53.5	0.1
L-18	53.6	0.4	L-50	54.7	0.0
L-19	51.5	1.0	L-51	53.1	0.0
L-21	53.9	0.2	L-52	55.0	0.0
L-22	52.8	0.3	L-53	(43.5)	(8.5)
L-23	54.5	0.4			
L-24	49.0	1.0	平均	53.1	0.4
L-25	53.1	0.4			
L-26	54.2	1.2	L-01	55.0	0.3
L-27	54.2	0.6	L-02	53.3	1.0
L-28	54.2	0.1	L-03	52.2	0.8
			L-04	49.2	0.4
L-30	52.8	0.6	総平均	53.0	0.4
L-33	51.5	0.4			
L-34	53.9	1.0			
L-35	54.7	0.0			
L-36	(35.0)	(17.2)			
L-37	53.2	0.1			
L-39	53.3	0.1			
L-40	(38.2)	(14.2)			
L-41	53.3	0.5			

表4-2-3 ドイディンキ石灰石試料の化学分析結果
(地表試料)

(重量%, 乾ベース)

試料番号	L.O.I.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	合計	P ₂ O ₅	Cl
L-07	43.3	1.5	0.4	0.1	54.7	0.2	0.0	0.00	0.01	100.2	0.02	0.000
L-10	43.3	1.2	0.2	0.4	53.4	0.6	//	//	//	99.1	//	//
L-13	41.8	3.9	0.5	0.1	52.8	0.2	//	//	//	99.3	0.04	//
L-14	42.8	2.6	0.7	0.2	53.4	0.8	//	//	//	100.5	//	//
L-17	43.3	1.0	0.4	0.1	54.5	1.2	//	//	//	100.5	0.02	//
L-20	42.2	2.6	0.7	0.1	53.4	0.3	//	//	0.00	99.3	0.03	//
L-29	42.5	2.4	0.7	0.3	53.0	0.8	//	//	0.01	99.7	0.02	//
L-31	42.6	0.9	0.7	0.1	55.0	0.0	//	//	//	99.3	//	//
L-32	42.9	0.9	0.7	0.1	53.6	0.2	//	//	0.03	98.4	0.01	//
L-38	43.2	1.4	0.3	0.1	54.6	0.1	//	//	0.02	99.7	0.04	//
平均	42.79	1.84	0.53	0.16	53.84	0.44	0.0	0.00	0.01	99.63	0.03	0.000

表 4-2-4 石灰石，苦灰岩分析サンプルの記載

サンプル名	鉱床別	岩石別	色	組織	方解石細脈	その他
L-01	南部	石灰岩	淡 灰 色	緻密質	有	
L-02	"	"	帯 紫 灰 色	"	無	
L-03	"	"	"	"	有	
L-04	"	"	灰 色	"	無	風化面黄褐色
L-05	"	"	帯 紫 灰 色	"	有	
L-06	"	"	灰 色	"	"	
L-07	"	"	"	"	"	黄褐色細脈
L-08	北部	"	帯 紫 灰 色	"	"	赤褐色の小スポット
L-09	"	"	灰 色	"	"	
L-10	"	"	帯 紫 灰 色	"	"	
L-11	"	"	灰 色	"	"	
L-12	"	"	"	"	"	
L-13	南部	"	帯紫灰～灰色	"	"	赤褐色細脈
L-14	"	"	灰 色	"	"	
L-15	"	"	帯紫灰～灰色	"	無	赤褐色細脈
L-16	"	"	灰 色	"	"	再結晶方解石小スポット
L-17	"	"	"	"	有	部分的に帯紫灰色
L-18	"	"	灰～淡黄褐色	"	"	淡黄褐色細脈
L-19	"	"	暗 灰 色	"	無	
L-20	"	"	灰 色	"	有	再結晶方解石スポット
L-21	"	"	帯 紫 灰 色	"	"	"
L-22	"	"	灰 褐 色	"	"	黄褐色細脈，小化石
L-23	"	"	灰 色	"	"	
L-24	北部	"	暗 灰 色	"	"	部分的に帯紫灰色
L-25	"	"	灰～帯紫灰色	"	"	
L-26	"	"	灰～淡黄褐色	"	"	黄褐色細脈
L-27	"	"	"	"	"	"
L-28	"	"	"	"	"	"
L-29	"	"	暗 灰 色	"	"	
L-30	南部	"	灰 褐 色	結晶質		小化石

次頁へ続く

表 4-2-4 石灰石、苦灰岩分析サンプルの記載 (続き)

サンプルNo	鉱床別	岩石別	色	組織	方解石細脈	その他
L-31	北部	石灰岩	灰～淡黄褐色	緻密質	有	黄色細脈
L-32	"	"	"	"	"	
L-33	"	"	暗灰色	"	"	
L-34	"	"	灰～帯紫灰色	"	無	赤褐色細脈
L-35	"	"	灰色	"	"	小化石, 再結晶方解石スポット
L-36	"	苦灰岩	灰～暗灰色	"	"	黄褐色細脈
L-37	"	石灰岩	灰～帯紫灰色	"	"	部分的に帯赤灰色
L-38	"	"	灰～淡黄褐色	"	無	
L-39	"	"	"	"	有	{ 黄褐色細脈 部分的に帯紫灰色
L-40	"	苦灰岩	灰～帯紫灰色	"	"	
L-41	"	石灰岩	暗灰色	"	"	小化石
L-42	"	苦灰岩	灰～帯紫灰色	"	無	赤褐色細脈
L-43	"	石灰岩	灰～淡黄褐色	"	有	"
L-44	"	"	"	"	"	黄色細脈
L-45	"	"	"	"	"	再結晶方解石スポット
L-46	"	"	"	"	"	小化石
L-47	"	"	"	"	"	
L-48	"	"	"	"	"	黄褐色細脈
L-49	"	"	灰～暗灰色	"	"	"
L-50	"	"	灰～淡黄褐色	"	"	
L-51	"	"	"	"	"	黄色細脈, 小化石
L-52	"	"	"	"	"	灰黒色細脈
L-53	"	苦灰石質石灰岩	暗灰色	"	"	部分的に褐色

表4-2-5 オイルシェール試料の化学分析結果

(重量%, 乾ベース)

試料番号	L.O.I.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	合計	P ₂ O ₅	Cl
OSHLK1301	32.8	28.1	10.9	4.0	14.1	5.1						
1302	30.4	21.2	7.0	3.3	19.8	5.3						
1303	30.2	28.7	8.3	3.4	19.4	5.1						
1304	26.6	44.0	5.0	2.9	14.9	1.6	3.5	0.73	0.81	100.0	0.10	0.00
1305	32.5	27.2	6.8	3.2	20.3	4.4						
1306	30.2	31.3	5.3	2.6	22.3	2.6						
1307	29.9	28.7	6.4	2.6	23.4	2.0	1.8	0.81	1.16	96.8	0.12	0.00
1308	31.4	30.1	8.6	3.5	17.9	3.6						
1309	32.1	28.3	10.5	4.3	12.9	6.0						
OSHLK1401	31.6	26.7	13.3	4.4	14.8	5.3						
1402	32.4	27.7	10.4	3.0	19.1	5.1	(2.2)	(0.73)	(1.58)		(0.13)	(0.00)
1403	27.2	38.6	8.0	2.7	19.5	2.1						
1404	25.4	45.2	5.8	2.8	15.2	1.2						
1405	30.3	29.2	11.2	3.3	18.1	3.6						
1406	29.3	30.4	8.6	2.4	21.1	2.1						
1407	30.2	28.7	9.0	2.6	21.8	2.1						
1408	31.3	30.5	10.9	3.5	13.8	3.6	1.7	0.98	1.88	98.2	0.13	0.00
1409	30.8	28.2	13.0	4.1	12.0	6.2						
OSHLK1601	24.5	33.2	14.8	4.3	12.6	5.5						
1602	28.1	30.7	12.4	3.2	16.3	4.0						
1603	28.6	32.3	10.6	2.6	17.5	3.0						
1604	26.1	36.6	7.6	2.2	20.8	1.0						
1605	28.0	32.2	11.0	3.1	16.9	3.6						
OSHLK1801	29.3	31.7	13.0	4.1	14.1	4.1						
1802	31.7	28.7	10.2	3.4	18.6	2.1	2.4	0.56	1.63	99.3	0.14	0.01
1803	28.0	35.1	7.7	2.6	19.9	3.6						
1804	28.0	35.3	12.7	4.0	15.2	2.9						
OSHLK 401	26.7	32.6	13.6	4.1	13.8	2.2						
OSHLK 402	26.6	37.2	12.1	4.1	13.3	3.2						
403	27.4	35.1	6.8	2.7	22.5	2.3						
404	28.6	29.4	9.9	3.8	16.9	4.3						

次頁へ続く

表4-2-5 オイルシェール試料の化学分析結果(続き)

試料番号	L.O.I.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	合計	P ₂ O ₅	Cl
OSHLK 405	25.5	30.5	13.0	4.5	16.2	5.6						
406	23.7	32.8	14.9	4.7	13.6	6.1						
407	27.6	33.3	13.1	4.0	11.3	5.7						
OSHLK2001	25.0	31.9	15.4	4.5	14.0	2.8						
2002	28.0	32.3	11.7	3.6	21.0	3.4						
2003	30.3	32.9	9.4	3.2	15.4	3.6	2.9	0.56	1.32	99.58	0.13	0.000
2004	27.2	35.2	7.7	3.4	17.6	2.5						
2005	28.7	27.2	12.5	3.6	16.1	6.7						
平均	28.77	31.90	10.23	3.44	17.03	3.72	2.46	0.73	1.36	99.64	0.12	0.002

表4-2-6 泥灰岩試料の化学分析結果

(重量%, 乾ベース)

試料番号	L.O.I.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	合計	P ₂ O ₅	Cl
MLK 1301	31.5	19.7	7.3	2.4	27.8	5.9				94.6		
1302	32.3	20.0	8.8	2.4	24.0	6.3				93.8		
1303	30.1	24.6	8.4	3.1	24.5	6.8				97.8		
MLK 1401	30.4	29.2	12.4	4.0	13.7	6.1				95.8		
1402	28.5	24.7	10.9	3.2	22.3	5.5				95.1		
1403	31.7	19.7	6.5	3.1	26.9	5.6				93.5		
1404	29.7	26.4	12.5	3.7	18.2	6.6				97.1		
MLK 1601	29.9	23.8	9.1	2.5	27.6	3.6				96.5		
1602	32.3	19.6	7.4	1.8	31.7	3.8				96.6		
1603	28.3	26.3	10.8	3.1	21.8	5.3				95.6		
MLK 1801	27.8	26.0	10.4	3.2	22.2	5.3				94.9		
1802	28.3	28.3	11.2	3.9	16.9	5.8				94.4		
MLK 2001	25.7	30.1	13.7	4.4	15.1	5.4				94.4		
MLK 401	18.7	39.9	11.1	3.3	18.1	2.1				93.2		
402	25.6	27.3	11.4	4.3	21.5	5.1				95.2		
平均	28.9	25.7	9.7	3.2	22.2	5.3				95.0		
M 01	20.9	37.8	13.3	3.7	18.9	2.0	0.0	0.37	2.73	99.7	0.08	0.000
M 02	24.1	34.1	15.1	4.0	17.3	3.0	0.0	0.13	2.22	100.0	0.24	0.000
平均	22.5	36.0	14.2	3.8	18.1	2.5	0.0	0.25	2.48	99.8	0.16	0.000

表4-2-7 けい砂の化学分析結果

(重量%, 乾ベース)

試料番号	L.O.I.	SiO ₂	AlO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	合計	P ₂ O ₅	Cl
S 01 } S 02 }	0.8	86.3	7.3	0.2	0.3	0.1	0.79	3.50	0.0	99.3	0.04	0.000
S 03	1.1	86.6	7.6	0.9	0.6	0.2			0.0			
平均	1.0	86.4	7.4	0.6	0.4	0.2	0.79	3.50	0.0	100.30	0.04	0.000

表4-2-8 ノンボ-鉄鉱石の化学分析結果

(重量%, 乾ベース)

試料番号	L.O.I.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	合計	P ₂ O ₅	Cl
F-1	6.3	45.6	9.1	37.1	1.2	0.0	0.6	0.06	0.04	100.00	0.04	0.02
F-2	6.0	41.6	9.0	42.3	1.0		0.1			100.00		
平均	6.2	43.6	9.0	39.7	1.1	0.0	0.4	0.06	0.04	100.00	0.04	0.02

表4-2-9 ビチット石こうの化学分析結果

(重量%, 乾ベース)

試料番号	結合水	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	合計
G-1	19.8	1.3	0.1	0.0	32.2	46.5	99.9

表4-2-10 メラマ炭灰分の化学分析結果

(重量%, 乾ベース)

L.O.I.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	合計
1.7	49.1	40.4	3.4	2.1	1.2	97.9

(2) 物理試験

(i) かさ比重

粒径が10～40 mm程度の試料を乾燥した後、表面を極少量のパラフィンで覆って空気中に於ける重量と水中に於ける重量を測定して算出した。

測定結果を表4-2-11に示す。

表4-2-11 かさ比重測定結果

試料	かさ比重
ドイデインキ石灰石 L-07	2.68
バンフォイカロク オイルシェール OSH-DDH4-6	2.06
バンフォイカロク 泥灰岩 M04	2.20
バンフォイカロク 泥灰岩 M03	1.92
モエイ川けい砂(S01+S02)※	2.31

注：※けい砂の測定は上記方法に準じて行なった。

(3) X線回折測定

(i) 装置及び測定方法

銅対陰極のX線管球を使用し、分光部に黒鉛モノクロメータを取付けた自記X線回折装置(理学電気製ガイガーフレックス)を用いて粉末試料のX線回折図を測定した。

(ii) 測定結果

測定されたX線回折図を図4-2-1～図4-2-8に示す。

(iii) 測定結果の解析

測定されたX線回折図から各試料中の結晶鉱物を解析した。確認された鉱物を表4-2-12に示す。

表4-2-12 X線回折図の解析結果

試料	料	X線回折図から確認された鉱物
ドイディンキ石灰石	L-07	カルサイト(石英)
〃	L-13	カルサイト(石英)
パンフォイカロク オイルシェール	OSH-LK-2'	ドロマイト, 沸石, カルサイト, 石英
〃	OSH-DDH 4-6	ドロマイト, 沸石, カルサイト, 石英
モエイ川 けい砂	(S01+S02)	石英 白雲母(長石)
ピチット 石こう	G-2	石こう二水塩
ノンポー 鉄鉱石	F-1	赤鉄鉱
ノンポー 鉄鉱石	F-2	赤鉄鉱

注：表中下線を付した鉱物は強い回折強度を示したものであり，又()のものは，弱い回折強度を示したものである。

X線回折図一覧表

図4-2-1	ドイディンキ石灰石試料	L-07
図4-2-2	同上	L-13
図4-2-3	パンフォイカロク オイルシェール 試料	OSH-LK-2'
図4-2-4	同上	OSH-DDH 4-6
図4-2-5	モエイ川 けい砂試料	S01とS02の平均試料
図4-2-6	ピチット 石こう試料	G-2
図4-2-7	ノンポー鉄鉱石試料	F-1
図4-2-8	ノンポー鉄鉱石試料	F-2

記号説明

記号	鉱物	分子式
C	カルサイト	CaCO ₃
D	苦灰石質石灰岩	CaCO ₃ -MgCO ₃
F	長石	-
G	石こう	CaSO ₄ · 2H ₂ O
He	赤鉄鉱	Fe ₂ O ₃
M	雲母	-
Q	石英	SiO ₂
Z	沸石	-

図 4-2-2 ドイテインキ石灰石試料 L-13

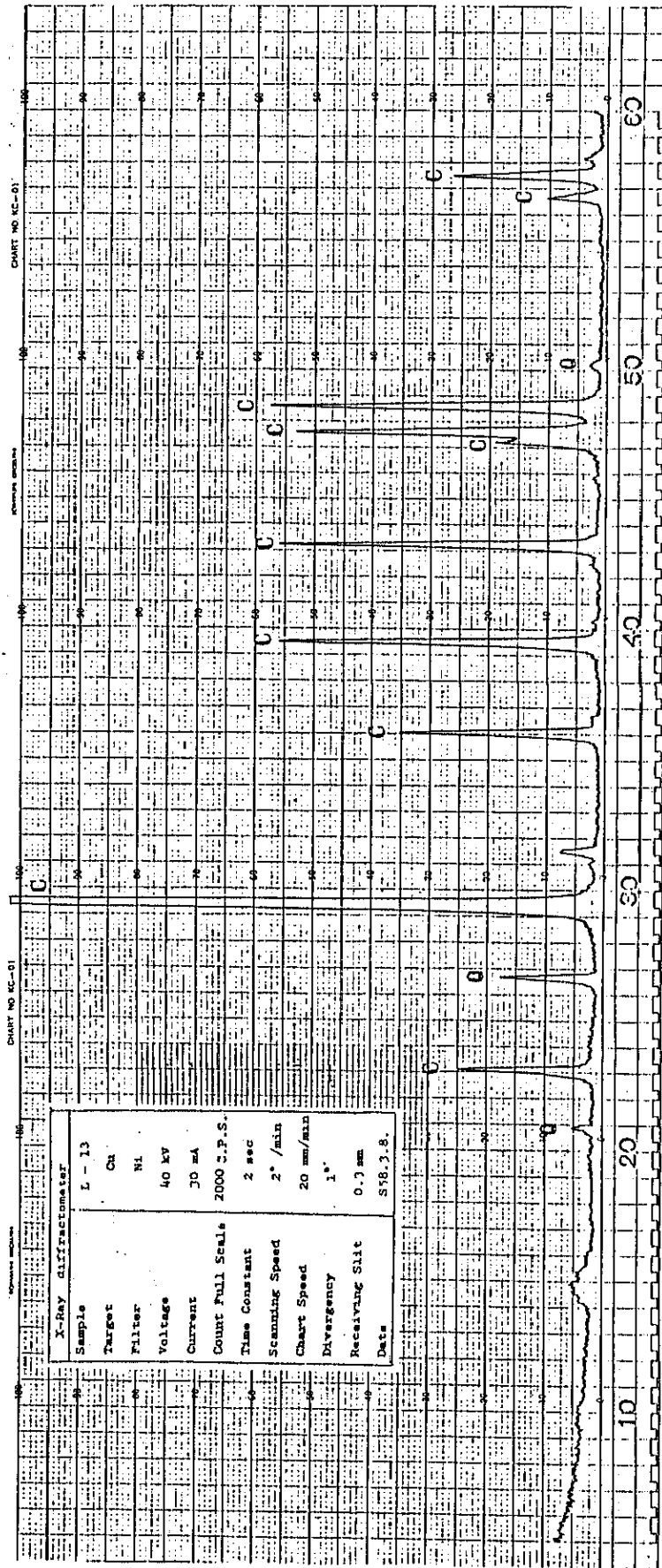


図 4-2-3 パンプオイカロク オイルシエール試料 OSH-LK-2'

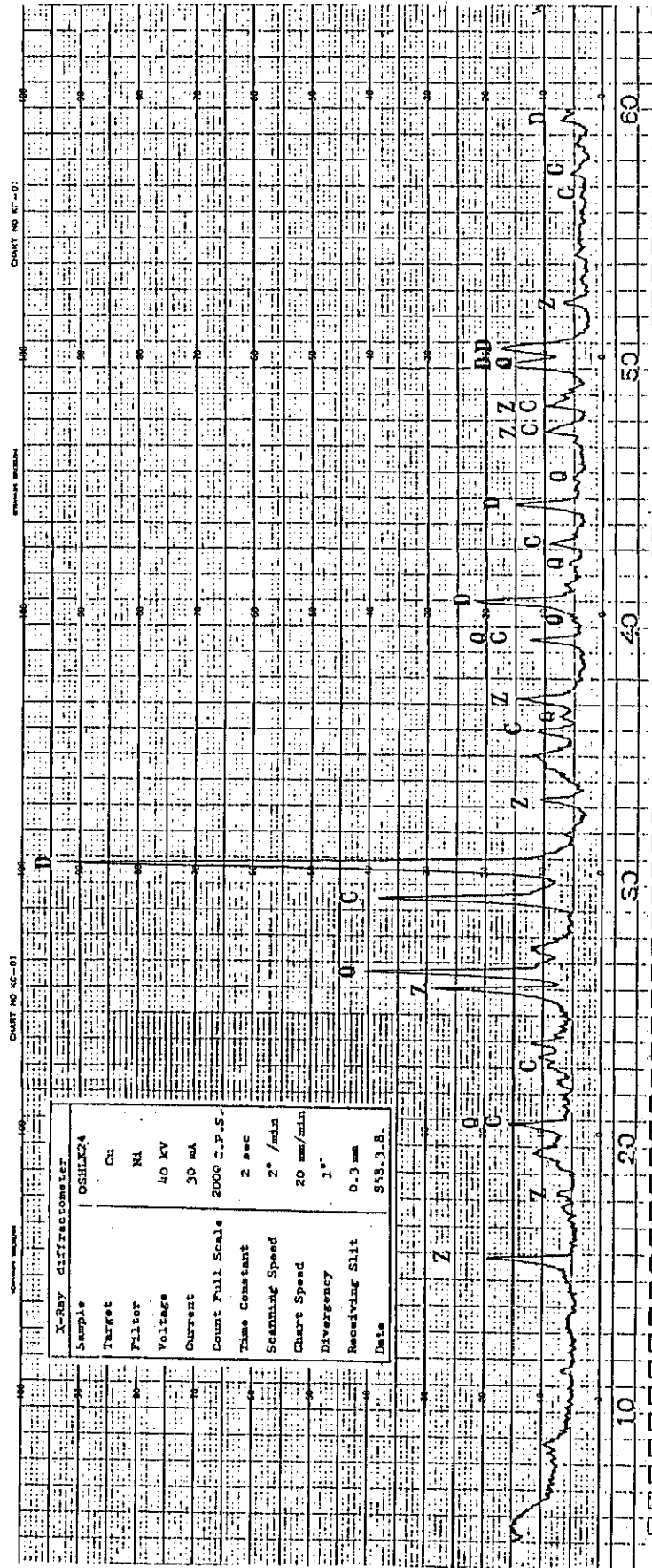


図 4-2-1 ドイデインキ石灰石試料 L-07

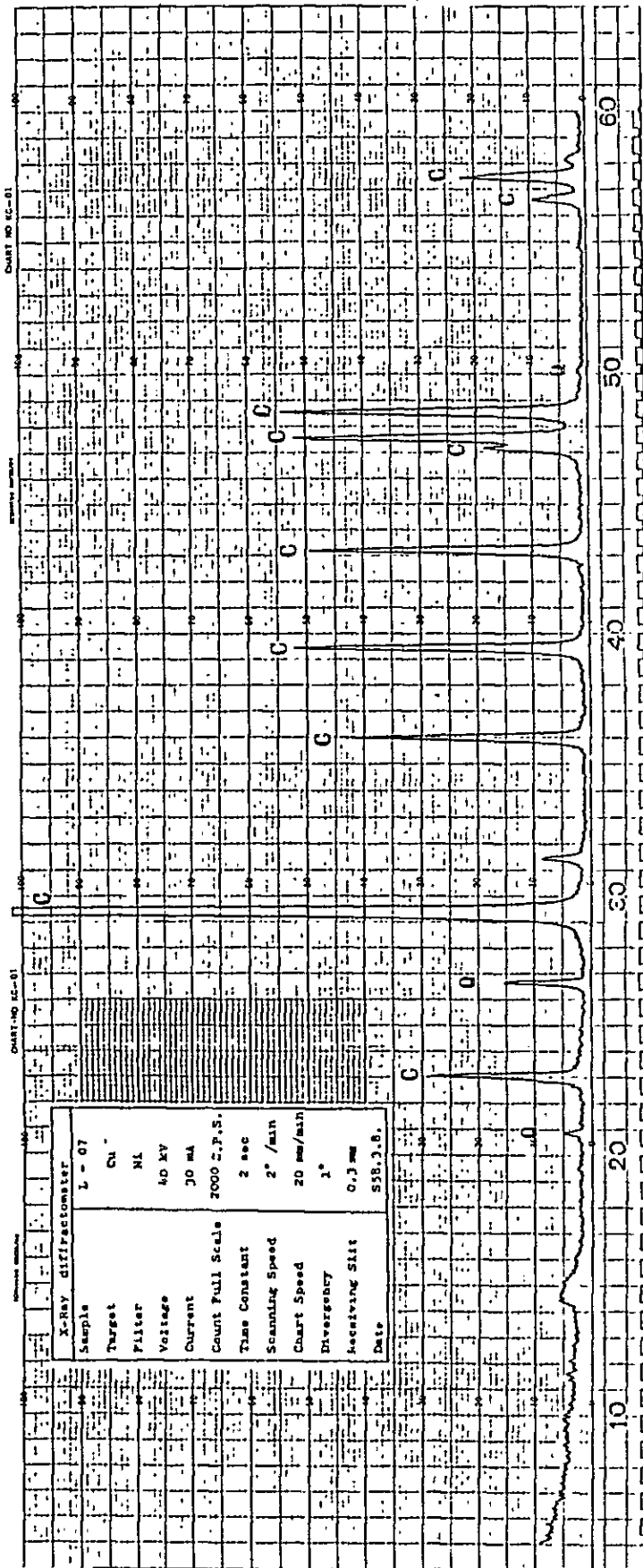


図 4-2-4 パンプオイルカロク オイルシミュレーション試料 OSH-DDH 4-6

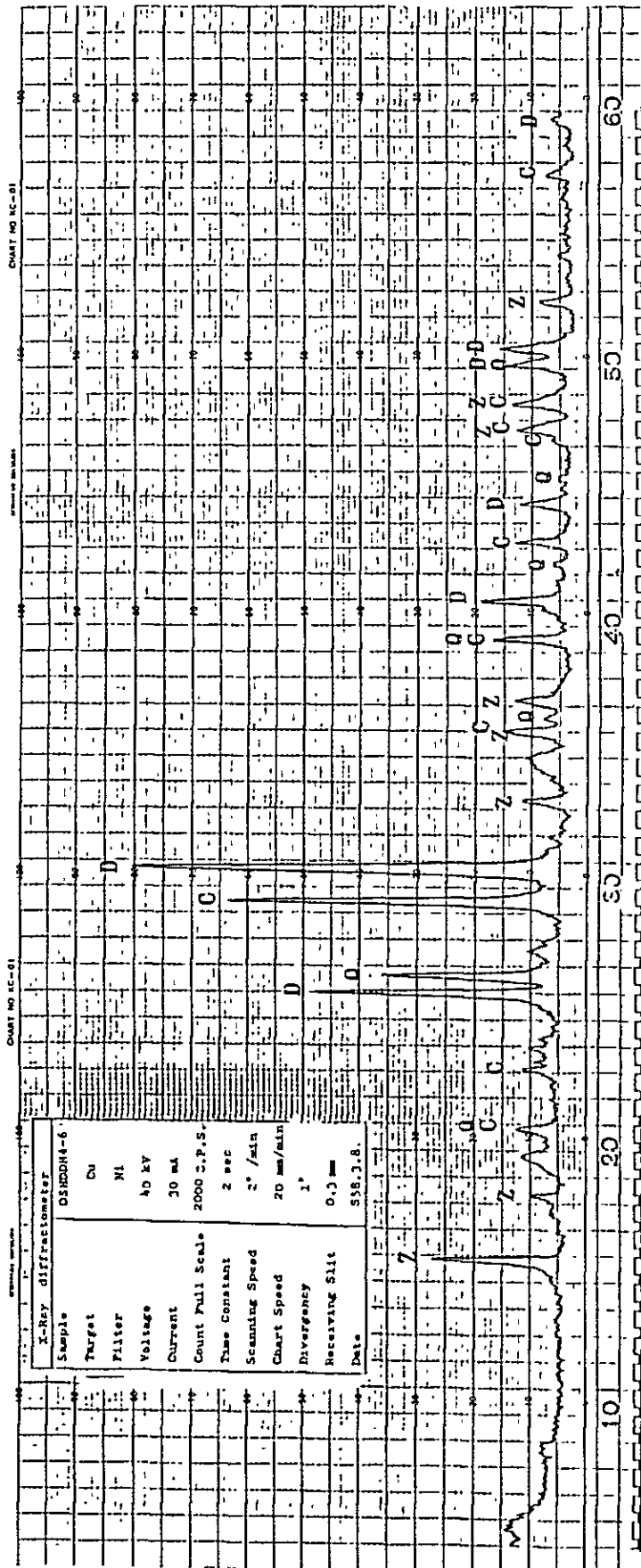


図4-2-5 モエイ川 けい砂試料 (S01+S02の平均試料)

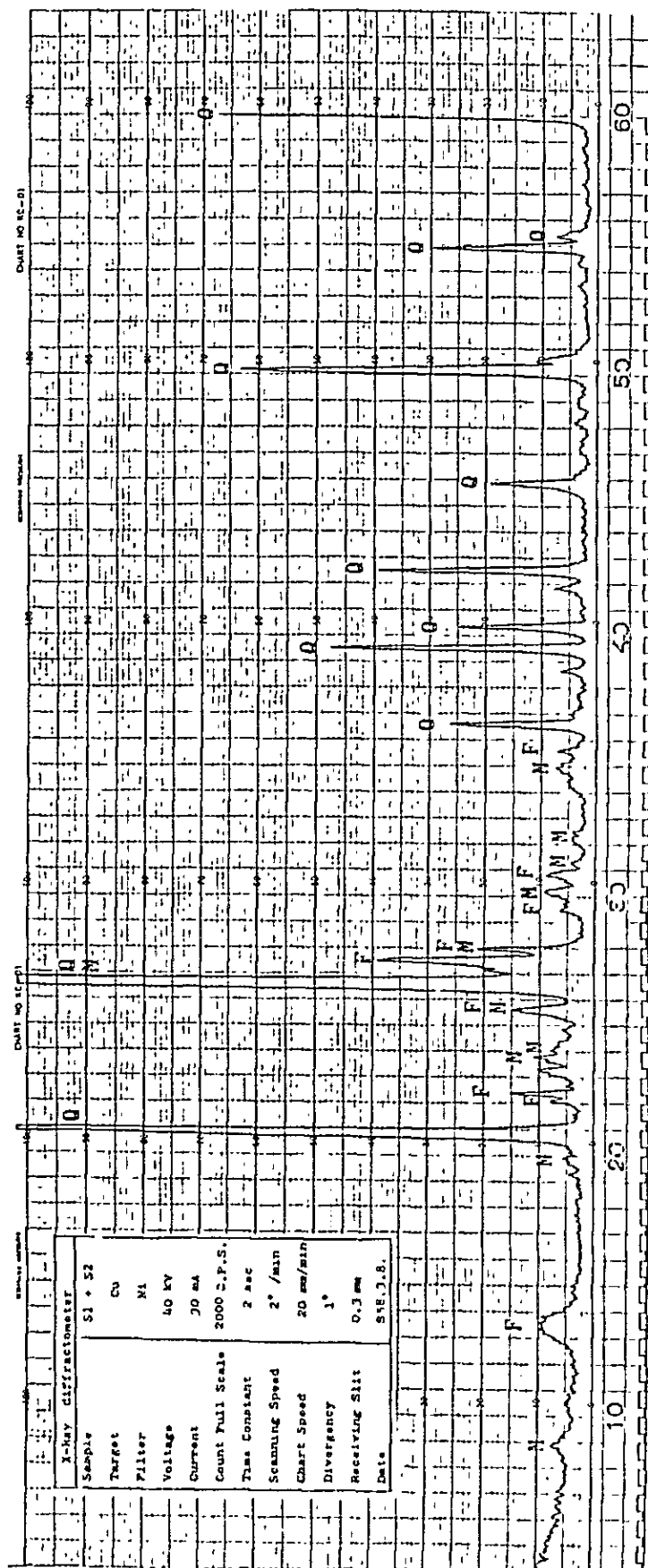
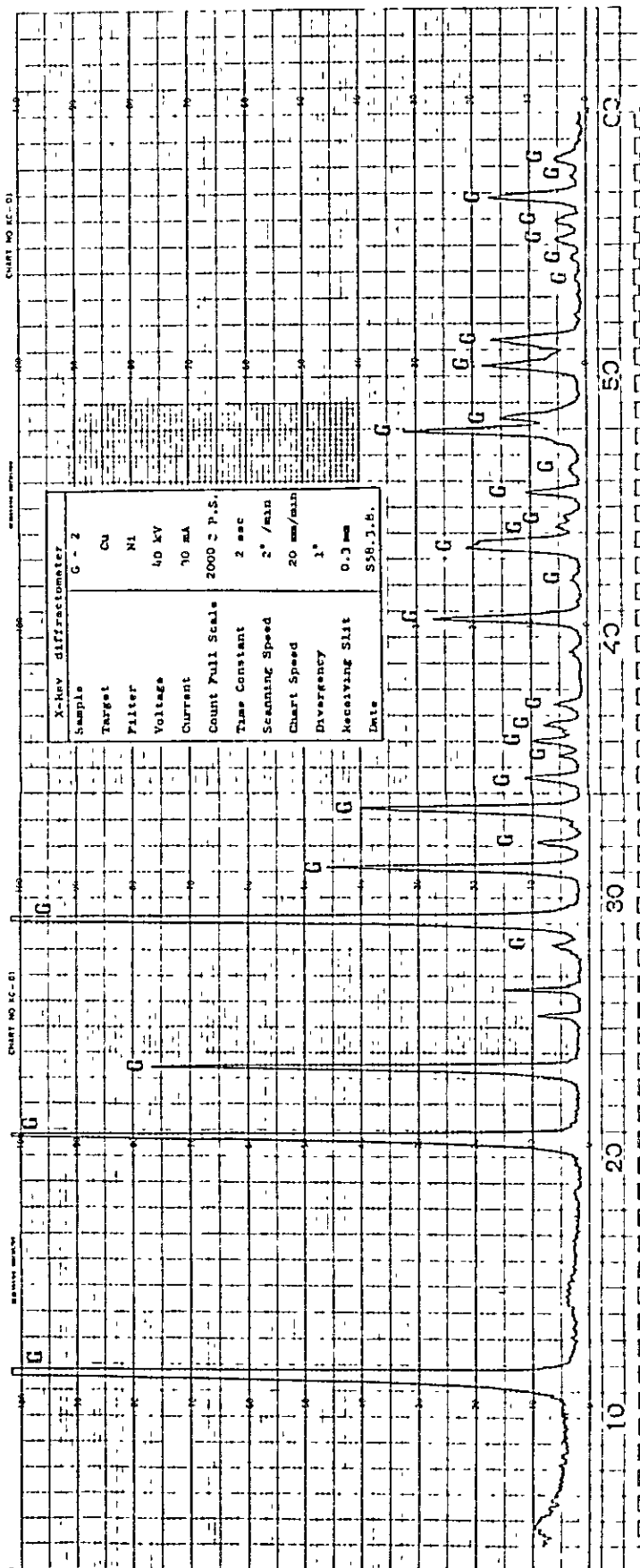


図1-2-6 ピラット石こう試料 G-2



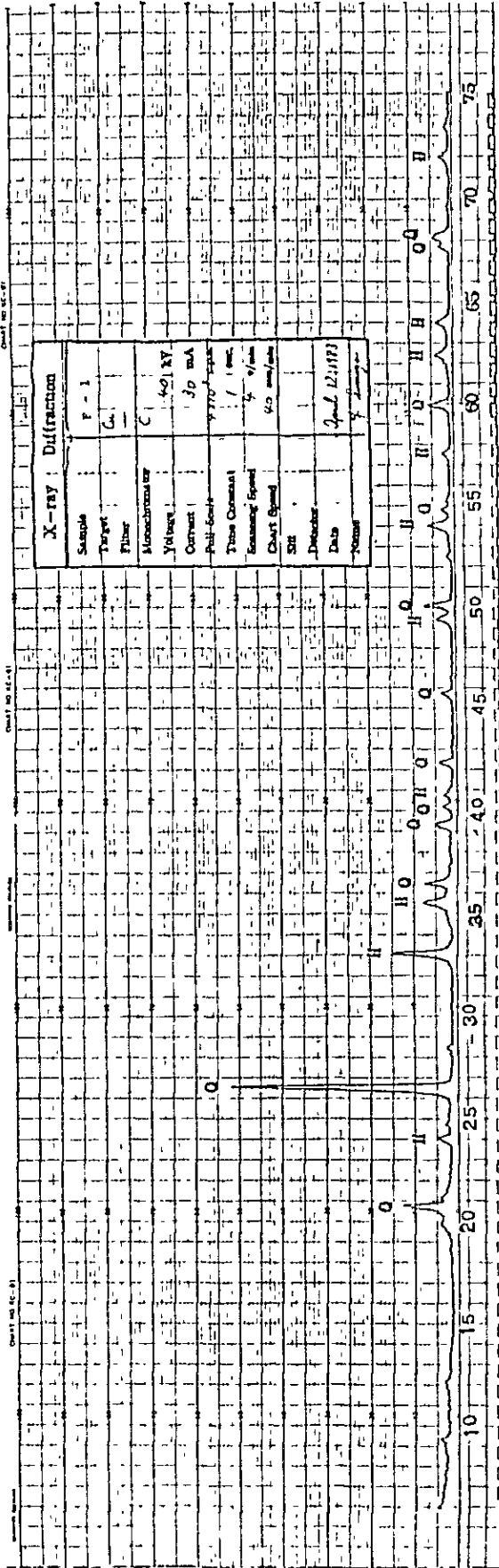


図4-2-8 ノンボ-鉄鉱石試料 F-2

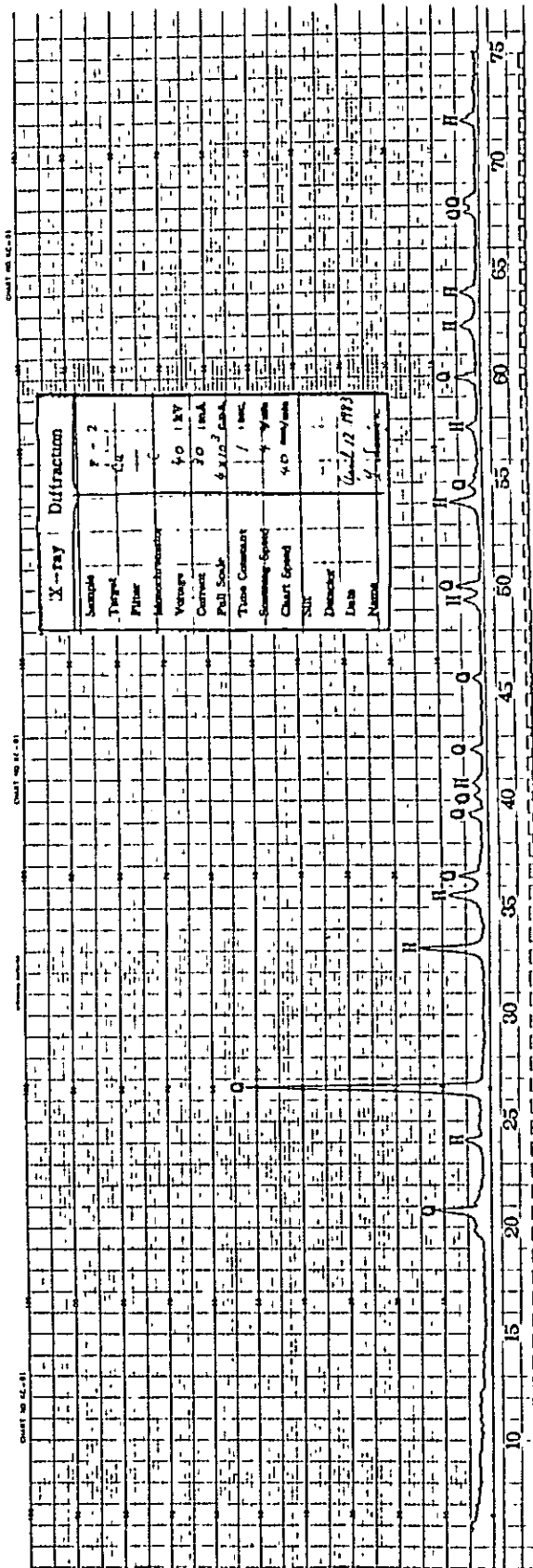
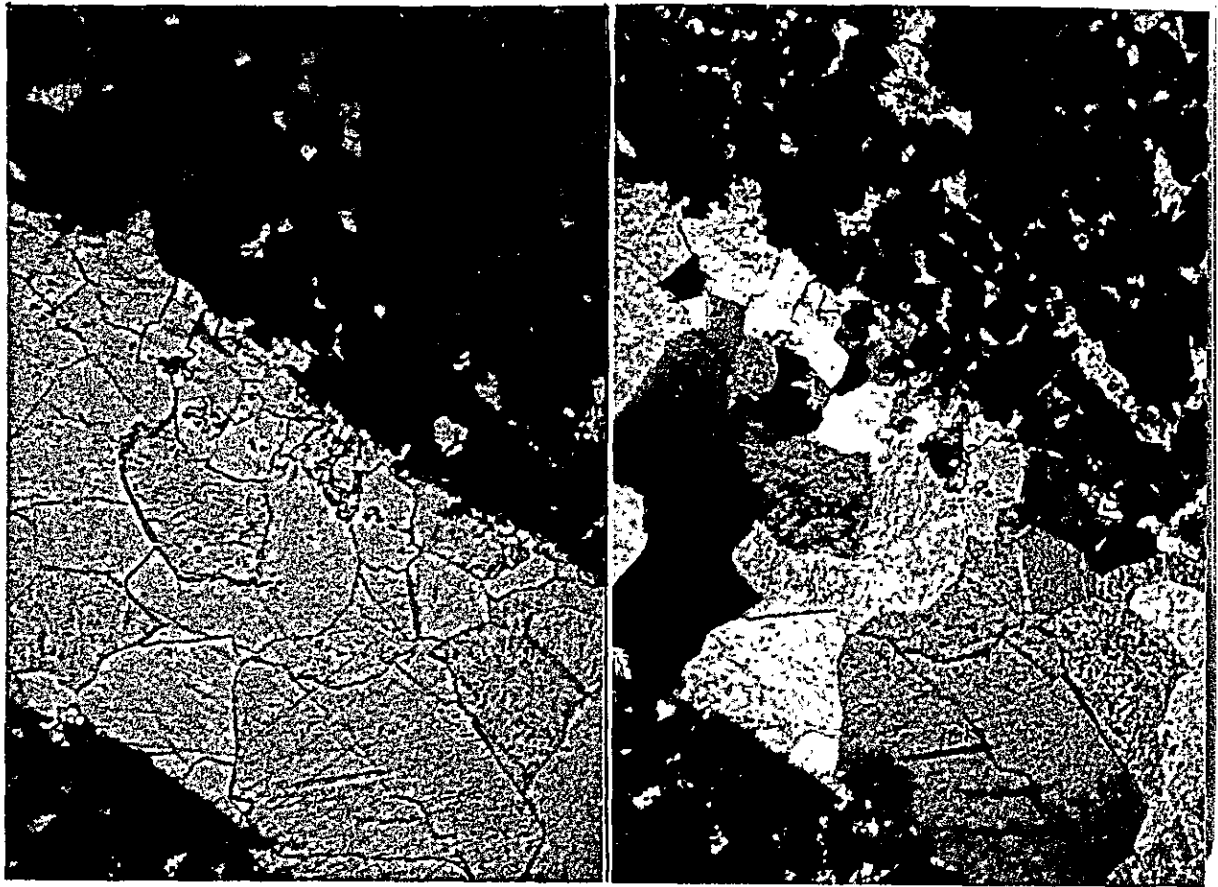


写真4-2-1 ドイディンキ石灰石試料(L-07)



500 μ

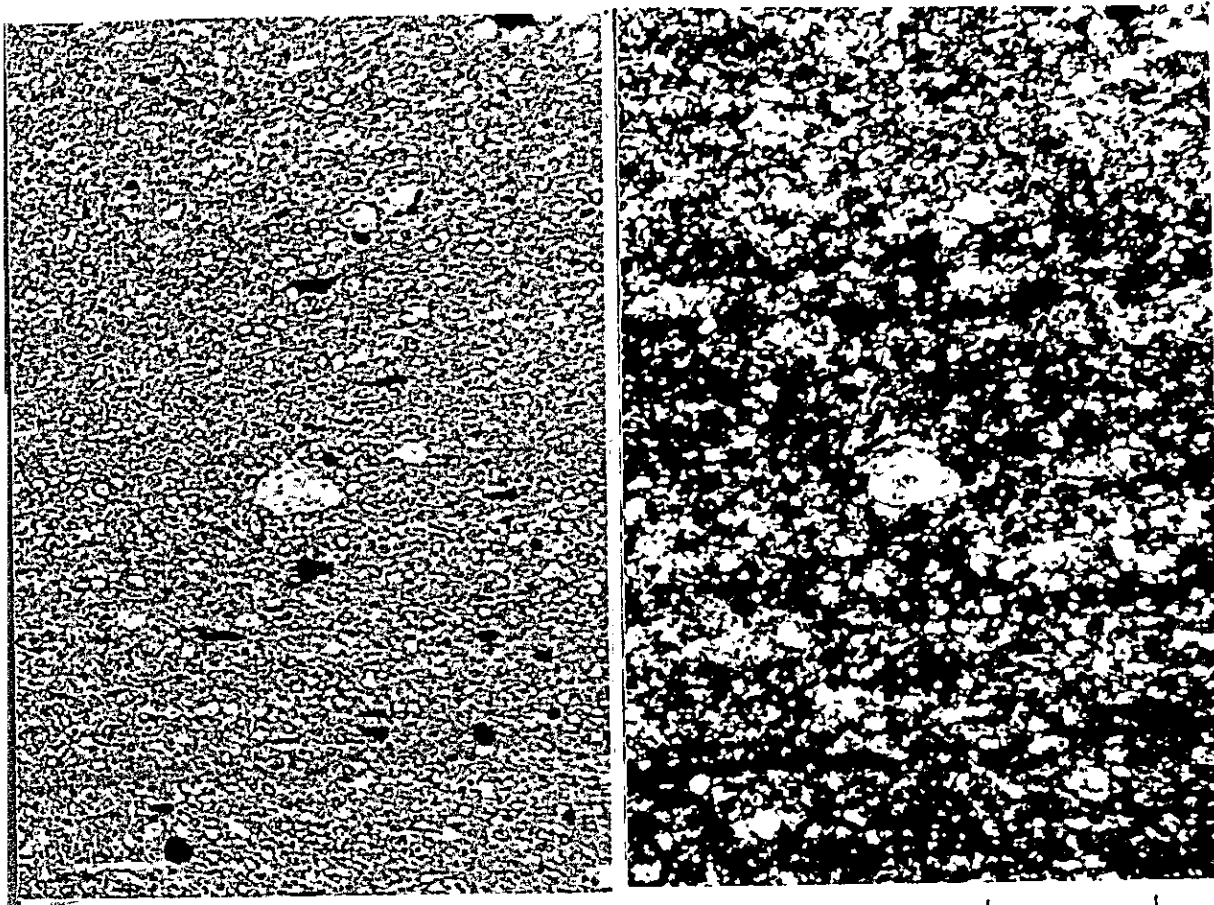
オープンニコル

クロスニコル

方解石マトリックス中に100 μ ~200 μ の粒径のベレットが認められる。

化石の破片が存在する。

0.5 mm~1 mmの方解石からなる小脈が認められる。



100 μ

オープンニゴル

クロスニゴル

苦灰石, 方解石, 石英, 方沸石の結晶が有機質マトリックス中に認められる。
苦灰石と方解石は10 μ ~ 20 μ の結晶からなる。
石英の粒径は, 最大40 μ 程度のものがあるが平均的には, 10 μ ~ 20 μ である。その他不透明鉱物と粘土鉱物が認められる。
マトリックスには葉理構造が見られる。

(5) 調合原料の易焼成性試験

本プロジェクトで使用を予定している各原料を用いて普通ポルトランドセメントクリンカを焼成する場合の易焼成性を検討するため、タイ王国産原料を調合してクリンカを焼成し、その結果を日本のセメント工場で使用されている原料で調合焼成したクリンカの易焼成性と比較検討した。

(i) 使用原料

試験に使用した試料のうち本プロジェクトに使用するタイ王国産原料の化学成分を表4-2-14に、また比較検討用日本産原料の化学成分を表4-2-15に示す。

表4-2-14 易焼成性試験用の原料の化学成分(タイ王国産原料)

(重量%, 乾ベース)

原料試料	化 学 成 分								
	L.O.I.	SiO ₂	Al ₂ O ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	合計	Na ₂ O	K ₂ O
ドイディンキ 石灰石 LS-1	42.5	2.7	0.1	0.1	53.9	0.4	99.7		
パンフォイカロク オイルシェール OSHLK-2'	32.0	28.8	10.8	2.5	16.6	5.1	95.8	(1.28)	(243)
モエイ川 けい砂 S01+S02	0.8	86.3	7.3	0.2	0.3	0.1	95.0	(0.79)	(350)
ノンポー 鉄原料 F-2	6.0	41.	9.0	42.3	1.0	0.1	100.0		
メラマ 石炭灰	1.7	49.1	40.4	3.4	2.1	1.2	97.9	(0.00)	(2.25)

表4-2-15 易焼成性試験用の原料の化学成分(比較用 日本産原料)

(重量%, 乾ベース)

原料試料	化 学 成 分								
	L.O.I.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	合計	Na ₂ O	K ₂ O
石 灰 石	43.6	0.2	0.2	0.2	55.2	0.4	99.8	-	-
粘 土	7.8	59.3	19.7	6.7	0.9	1.7	96.1	(1.39)	(211)
け い 石	1.2	90.5	3.0	1.5	1.2	1.2	98.6	(0.29)	(0.60)
銅 鋳	(-3.4)	36.6	7.6	48.6	5.6	1.5	96.5	-	-

(II) 原料の調合

クリンカの目標係数は表4-2-16に示す通りに設定した。T-1およびT-2はタイ王国産の原料を使用して、各々の目標係数を一般的な日本のセメント製造工程に於ける実績値、および西ドイツDotternhausenでオイルシェールセメントを製造している工場の実績値に近い値で調合したものである。また、J-1は日本産原料を使用して、一般的な日本のセメント製造工程に於ける実績値で調合したものである。

表4-2-16 クリンカの係数設定値

組 合 せ	クリンカの係数設定値		
	H M	S M	I M
T-1	2.08	2.5	1.7
T-2	2.08	2.2	-
J-1	2.08	2.5	1.7

注：1) T-1, T-2 : タイ王国産原料 J-2 : 日本産原料

$$2) \text{HM (水硬率)} = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

$$\text{SM (けい酸率)} = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

$$\text{IM (鉄率)} = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$$

調合原料粉末の調製方法としては、先ず各原料をジョークラッシャーで粗砕し、次いでロールクラッシャーを用いて1.2mm篩全通になるまで粉砕し、これを表4-2-17および表4-2-18に示す調合割合に調合した後、振動ミルを用いて微粉砕した。調合原料の粉末度および粉砕時間を表4-2-19に示す。

尚、石炭灰分の混合量はクリンカに対して1.4%になる様に調合した。

表4-2-17 原料の調合割合(タイ王国産原料)

(重量%, 乾ベース)

組合せ	原料の調合割合				
	ドイディンキ石灰石 LS-1	バンフォイカロク オイルシェール LK-2'	モエイ川 けい砂	鉄 鈹 石	石 炭 灰
T-1	6950	2215	4.23	3.28	0.84
T-2	6399	3365	0.00	1.49	0.87

表4-2-18 原料の調合割合(日本産原料)

(重量%, 乾ベース)

組合せ	原料の調合割合				
	石灰石	粘 土	けい石	鉄原料	石炭灰
J-1	77.26	16.37	3.86	1.62	0.89

表4-2-19 調合原料の粉末度および粉砕時間

組合せ	粉 末 度 (88 μ 篩残分, 重量%)	粉砕時間(秒)
T-1	9.8	80
T-2	10.2	85
J-1	9.7	75

(iii) 調合原料の焼成

調合原料に適量の水(約18%)を加えて直径10mmのペレット(約3g)を作りこれを110℃に調節した乾燥器に入れ、付着水分がなくなるまで乾燥したのち、白金ルノボに三個ずつ入れ、800℃で1時間徐熱し、次いで1450℃に調節した電気炉で焼成した。焼成時間は10分、20分および30分間の三水準とした。

(iv) 焼成クリンカの遊離石灰

焼成されたクリンカの分析結果及び係数計算値を表4-2-20に、またクリンカ中の遊離石灰(free CaO)定量値を4-2-21に示す。

表4-2-20 焼成クリンカ分析結果及び係数計算値

組合せ	化 学 成 分 (重量%)					係 数		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	合 計	HM	SM	IM
T-1	22.6	5.6	3.4	66.1	97.7	2.09	2.5	1.7
T-2	21.0	6.4	3.3	66.1	96.8	2.09	2.2	2.0
J-1	22.8	6.0	3.31	66.3	98.4	2.07	2.5	1.8

表4-2-21 焼成クリンカの遊離石灰(free CaO)定量値
(重量%)

焼成温度 焼成時間 組合せ	1,450℃		
	10分	20分	30分
T-1	4.50	1.73	0.84
T-2	3.56	1.37	0.72
J-1	1.78	0.62	0.30

注：クリンカ中の遊離石灰含有量はクリンカ中で結合していないCaO量に対応する。同一の焼成条件に於いて焼成された数種のクリンカ中で、遊離石灰定量値が多いものは、少ないものに比べて原料の易焼成性が低いと判定される。

(v) 結果の考察

- (a) 本プロジェクトに使用する原料は、日本のセメント工場で使用されている原料に比べるとやや遊離石灰は多いが、セメント原料としては十分に使用できるものである。
- (b) 調合原料のけい酸率の影響、すなわちけい砂の調合量の影響が認められ、けい砂を使用するとやや難焼成性になる。従ってけい砂はできるだけ使用しないことが望ましい。

注：一般に原料の易焼成性を向上させるには、次の点に関して検討することが考えられる。

- 係数のうち特にHM及びSMを低くする。
- 原料の粉末度を高くする。
- 原料の均斉性を良くする。

○運転管理を徹底する。

実際の運転に際しては、上記の各項を製造されるセメントの品質試験結果とよく対応させて検討する必要がある。

(6) 原料の被粉碎性試験

本プロジェクトでは閉回路の混合粉碎方式の採用を予定しているため、この方式とほぼ同じプロセスによる試験方法を採用しているWork Index 試験方法による試験を行なった。日本のセメント工場における原料のWork Index 試験値と比較してその被粉碎性を比較検討した。

(i) 使用原料と調合割合

使用原料は易焼成試験に使用した試料と同一のものをを用いた。本プロジェクトでは、オイルシェールとその他の調合原料は別々に粉碎する予定なので別々に試験した。試験に使用した原料とその混合割合は表4-2-22の通りである。

表4-2-22 原料の調合割合
(重量%, 乾ベース)

	原料 サンプル	原料の調合割合
1	バンフォイカロク オイルシェール LK-2'	100
2	ドイディンキ 石灰石 LS-1	97.7
	ノンポー 鉄鉱石 F-2	2.3

(ii) 試験法

この方法は粉碎仕事指数を試験用ボールミルを用いて測定する試験方法である。

使用したテストミル

鋼板製ポットミル 直径305mm, 長さ305mm

回 転 数 70 rpm

粉 碎 媒 体 鋼製ベアリング用ボール

直 径	個 数
36.5 mm	43 個
30.2 mm	67 個
25.4 mm	10 個
19.1 mm	71 個
15.9 mm	94 個

操作 :

- (a) 3,360 μ 篩全通に粗砕した調合原料の粒度分布を測定し、以下の試験で使用する篩目 P_1 (μ) の通過分%と試料の80%が通過する粒度 F (μ) を決定する。
- (b) 試料を1ℓのメスシリンダーにとり、充填容積で700(cc)の重量 W (g) を測定した後、ミルに入れて100回転する。
- (c) 100回転終了後ミル中の全粉碎物を篩目 P_1 (μ) の篩で篩い分け、残分重量 A (g) を測る。
- (d) P_1 (μ) の通過分重量 ($W-A$) (g) からボールミル1回転当りの P_1 (μ) の通過分重量を求め、次回の循環量が250%になるように回転数を予測する。
- (e) 通過分重量 ($W-A$) (g) に等しい重量の新試料を加え残分 A (g) と混合して、新給鉱量とする。
- (f) (d) で予測した回転数だけミルを回転する。
- (g) 以後(d)~(f)の操作を繰り返して、循環量約250%で安定した最後の3回の G_{bp} の平均値をとる。

G_{bp} : ボールミル1回転当りの P_1 (μ) 篩通過重量 (g/r)

- (h) (g) でつくられた P_1 (μ) 篩通過物を篩い分けて、その通過物の80%が通過する粒度 P (μ) を求める。

W_i の計算式

$$W_i = \frac{44.5}{(P_1)^{0.23} \times (G_{bp})^{0.82} \times \left(\frac{10}{\sqrt{P}} - \frac{10}{\sqrt{F}} \right)} \times 1,102 \text{ (kWh/トン)}$$

(iii) 測定結果

Work Index (オイルシェール) = 20.7 kWh/トン

Work Index (石灰石+鉄鉱石) = 15.8 kWh/トン

(iv) 結果の考察

粉碎仕事指数 W_i は、Bondの粉碎理論に基づく指数であって、第一義的には粉粒体の粉碎抵抗を表わす。尚この実験的に求めたWork Index (W_i) と実操業のWork Index (W_{i0}) との間には相関関係があるので、被粉碎性の比較検討ができる。この測定法の特徴は P_1 (μ) の篩残分を新給鉱に加えて粉碎することにより閉回路粉碎を採用している点であり実操業に近い結果が得られる。

表4-2-23にタイ王国産原料の上記試験結果とこれと同じ試験方法によって求めた日本のセメント工場における原料の試験結果を示す。

表4-2-23 タイ王国産原料及び日本産原料のWork Index(Wi)

(kWh/トン)

原 料	Wi
タイ王国産原料(オイルシェール)	20.7
タイ王国産原料(石灰石+鉄鉱石)	15.8
日本A工場の原料	9.3~9.8
日本B工場の原料	10.2
日本C工場の原料	12.2
日本D工場の原料	14.5
日本E工場の原料	12.9
日本F工場の原料	9.2
日本G工場の原料	9.4~11.2

上記の試験結果からタイ王国産原料は日本のセメント工場に於いて使用されている平均的な原料に比べると被粉砕性が多少劣ることが分る。これは石灰石がやや硬質であり、被粉砕性が劣るためと思われるがセメント原料としては問題の無い範囲のものである。またオイルシェールの結果(Wi)は大きな値を示しているが試験中に試料の滑り等があり大きな値になったと思われる。

(7) 燃料試験

(i) 石炭

メラマ石炭の分析結果を表4-2-24に示す。

表4-2-24 メラマ炭の分析結果

(恒湿ベース)

試 験 項 目	試 験 結 果
水 分	12.6%
灰 分	12.4%
揮 発 分	33.6%
固 定 炭 素	41.4%
総 発 熱 量	5,440 cal/g

(ii) オイルシェール

パンフオйкаロクのオイルシェールの発熱量を表4-2-25に示す。

表4-2-25 オイルシェールの発熱量

(cal/g)

試料番号	発熱量	試料番号	発熱量
OSHLK 402-1	207.6	OSHLK1801-2	609.9
402-2	945.1	1802-2	558.0
403-1	359.6	1803-1	579.2
403-2	633.9	1804-1	912.8
404-1	293.8	1805-2	676.6
404-2	266.7	OSHLK2001-2	369.8
405-1	378.8	2002-1	649.0
405-2	226.3	2004-2	441.3
406-2	300.8		
407	272.2	平 均 値	534
OSHLK1301-2	963.1		
1302-1	708.2	OSHLK 2'	940
1302-2	233.1		
1305-1	534.9		
1305-2	470.0		
1306-2	938.2		
1307-1	384.0		
1307-2	780.3		
1308-1	284.6		
1308-2	351.6		
OSHLK1600-1	608.5		
1601-1	543.8		
1601-2	830.9		
1602-1	578.2		
1603-2	654.4		
1605-1	268.9		
1605-2	890.5		

注：オイルシェール発熱量に関するカルシウム，マグネシウム炭酸塩分解熱補正

オイルシェール発熱量を測定する際，オイルシェールに含まれているカルシウム及びマグネシウムの炭酸塩が分解し吸熱するので測定値が見掛け上低くなる。従って実際の発熱量を算出するためには，これを補正する必要がある。

例えばオイルシェールのCaOおよびMgOの含有量が平均値の17.03%および37.2%の場合次の様に補正值が計算される。

$$\text{CaCO}_3 \text{ の分解熱 (900℃) } \quad -706 \text{ cal/g} \cdot \text{CaO}$$

$$\text{MgCO}_3 \text{ の分解熱 (550~600℃) } \quad -585 \text{ cal/g} \cdot \text{MgO}$$

従って補正熱量は

$$706 \times 0.1703 + 585 \times 0.0372 = 142 \text{ cal/g} \quad \text{となる。}$$

(8) オイルシェール使用試製セメント試験

本プロジェクトに於いてはオイルシェールをセメントクリンカ製造のため燃料および原料として使用することになっている。また，発電のため流動床で使用されたオイルシェールの燃焼残灰をセメントの混和材としてセメントクリンカと混合してオイルシェールセメントを製造する。さらにタイ王国では普通セメントに不活性物質（例えば石灰石，けい砂）を混合した混合セメントが製造販売されている。この不活性物質の代替品として上記オイルシェールの燃焼残灰を使用する予定である。これらの可能性を検討するための試験の結果を以下に示す。

(i) オイルシェールを原料としたセメントクリンカの性質

本プロジェクトで使用を予定している各原料を用いて試験炉でクリンカを焼成し，石こうを加えて，製造したセメントについて物理試験を実施しその結果を検討した。

(a) 使用原料

試験に使用したタイ王国産原料の化学成分を表4-2-26に示す。

表4-2-26 試製クリンカ用原料化学成分

(重量%，乾ベース)

原料試料	化 学 成 分								
	L.O.I.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	合計	Na ₂ O	K ₂ O
ドイディンキ 石灰石	42.5	2.7	0.1	0.1	53.9	0.4	99.7		
パンフイカルク オイルシェール	32.0	28.8	10.8	2.5	16.6	5.1	95.8	(1.28)	(2.43)
ノンポー 鉄原料	6.0	41.6	9.0	42.3	1.0	0.1	100.0		
メラマ 石炭灰	1.7	49.1	40.4	3.4	2.1	1.2	97.9	(0.00)	(2.21)

(b) 原料の調合と調合原料の焼成

クリンカの目標係数は表4-2-27に示す通り設定した。調合原料粉末の調製方法は先ず各原料をジョークラッシャーで粗砕し、次いでロールクラッシャーを用いて1.2 mm篩全通になる迄粉碎して、これを表4-2-28に示す調合割合に調合した後、振動ミルを用いて微粉碎した。

尚、石炭灰分の混合量はクリンカに対して1.4%になる様に調合した。

表2-2-27 クリンカの目標係数設定

組合せ	クリンカの係数設定値	
	HM	SM
	2.08	2.2

$$\text{注：HM (水硬率)} = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

$$\text{SM (けい酸率)} = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

調合原料に適量の水を加えて直径約10 mmのペレット(約3g)を作り、これを110℃に調節した乾燥器に入れ、付着水分が無くなるまで乾燥した後、800℃で1時間徐熱し次いで、1,450℃に調節した電気炉で20分間焼成した。

表4-2-28 原料の調合割合

(重量%, 乾ベース)

組合せ	原料の調合割合			
	石灰石	オイルシェール	鉄鉱石	石炭灰
	63.99	33.65	1.49	0.87

焼成したクリンカの化学成分は表4-2-29に示す通りである。

表4-2-29 試製クリンカの化学成分

(重量%)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	合計	f.CaO
試製クリンカ	20.8	7.0	3.3	64.6	3.2	0.0	98.9	1.3

(c) 試製セメントの性質

上記のクリンカに適量の石こうを添加して粉砕した試製セメントについて強度試験をタイ王国規格に近似しているASTM法 (ASTM C109-80)により実施した。その結果を表4-2-30に示す。

表4-2-30 試製セメントの強度

	(kg/cm ²)		
	3日	7日	28日
試製セメント	250	322	369
タイ王国規格TIS-15	85	150	245

上表に示すごとくオイルシェールを原料として試製したクリンカおよびセメントはタイ王国規格TIS-15 I型を充分満足することが認められた。

(ii) 試製オイルシェールセメント試験結果

発電所で発生する燃焼残灰を普通ポルトランドセメントに混合しオイルシェールセメントを製造する可能性について検討するため、実験室で燃焼残灰を作り、普通ポルトランドセメントと3:7の割合で混合して試製したオイルシェールセメントについて各種試験を実施し検討した。

(a) 使用したオイルシェールの化学成分

本試験に使用したオイルシェールの化学分析の結果は表4-2-31の通りである。

表4-2-31 オイルシェールの化学成分

	(重量%)									
	L.O.I.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	S
オイルシェール	31.6	30.4	9.7	4.1	12.8	7.2	2.59	1.37	0.08	0.15

(b) オイルシェール燃焼残灰の製造

オイルシェール試料を表4-2-32に示すような粒度分布(8mm以下)に粉砕したものを電気炉で750℃, 800℃, 850℃で約30分間焼成試験を行なった。

表4-2-32 オイルシェール試料の粒度分布

(重量%)

粒 径 mm	0~0.25	0.25~0.5	0.5~1	1~2	2~4	4~8
オイルシェール分布	5.1	4.8	8.3	10.6	24.9	46.3

各温度条件でのオイルシェール試料の加熱減量と焼成オイルシェール焼成残灰の特性値は表4-2-33と表4-2-34にそれぞれ示された通りである。

表4-2-33 オイルシェール試料の加熱減量

(重量%)

試 験 温 度	加 熱 減 量
750℃	29.1
800℃	30.8
850℃	32.1

表4-2-34 オイルシェール燃焼残灰

(重量%)

試料名	焼成温度	1,000℃減量	CO ₂	残留炭素	SO ₃	S	遊離石灰
BS-1	750℃	3.67	2.47	0.86	0.61	0.08	0.14
BS-2	800℃	1.95	0.93	0.80	0.43	0.06	0.20
BS-3	850℃	1.00	0.42	0.39	0.51	0.07	0.77

(c) オイルシェールセメントの性質

試験ミルで所定の粉末度に粉砕した普通セメントクリンカへ上記のオイルシェール燃焼残灰と石こう(30μ以下)を下記の通り配合し粉砕しオイルシェールセメントを試製した。

ク リ ン カ	68.9%
オイルシェール燃焼残灰	30.0%
石 こ う	1.1%

これらのセメントの性質は表4-2-35に示す通りである。

表4-2-35 試製オイルシェールセメントの性質

試料名		BS-1	BS-2	BS-3-1	BS-3-2	セメントクリンカ
焼成温度(℃)		750	800	850	850	
粉碎時間(分)		8	8	8	6	6
ブレン比表面積(cm^2/g)		5,240	5,200	5,340	5,120	4,490
凝結時間	水量(%)	32.4	32.2	31.8	32.4	31.0
	始発(時間-分)	3-30	3-21	2-57	2-47	2-08
	終結(時間-分)	3-55	3-50	3-52	3-45	2-26
圧縮強度 (kg/cm^2)	3日	178	171	166	180	229
	7日	276	260	241	250	314
	28日	322	302	275	284	356

注：試験はASTM法により実施した。

焼成温度が低い程強度は良好な傾向を示すが、全試料ともタイ王国のセメント規格 T I S - 1 5 I 型セメントの規格値を十分に満足するものである。一方(i)で試製したセメントクリンカにBS-1のオイルシェール灰を70:30の割合で混合したオイルシェールセメントの強度試験結果は表4-2-36の通りである。

表4-2-36 試製オイルシェールセメントの強度

	(kg/cm ²)		
	3日	7日	28日
サンプル	89	240	293
タイ王国規格 T I S - 1 5	85	150	245

このセメントも規格を十分に満足している。

(ii) モルタルバインダー試験結果

(a) モルタルバインダーの製造

(ii)章で使用した普通セメント、クリンカ粉末、オイルシェール燃焼残灰と石こうを下記の通り配合して粉碎しモルタルバインダーを試製した。

ク リ ン カ	29.1%
オイルシェール燃焼残灰	70.0%
石 こ う	0.9%

これらのバインダーの性質は表4-2-37に示す通りである。

注：モルタルバインダー：セメントクリンカに対するオイルシェール燃焼残灰の混合割合を上記のごとく多くしたもので、主として道路の基盤等に使用されるもの。

表4-2-37 モルタルバインダーの性質

試 料 名		MB-1	MB-2	MB-3
焼 成 温 度 (℃)		750	800	850
粉 碎 時 間 (分)		8	8	8
比 表 面 積 (cm ² /g)		7,783	7,508	7,377
凝 結 時 間	水 量 (%)	43.2	42.8	42.0
	始 発 (時間-分)	1-27	3-59	5-06
	終 結 (時間-分)	3-15	5-25	6-37
圧 縮 強 度 (kg/cm ²)	3 日	46	48	42
	7 日	102	82	59
	28 日	195	151	111

焼成温度が低い程良好な強度を示すが、全般にその使用目的に適した強度を発現している。

(iv) 混合セメント

オイルシェールセメントの他にこれに不活性物質としてオイルシェール灰を30%混合した混合セメントを製造する予定にしている。このセメントにおける普通セメントクリンカ分とオイルシェール灰の割合は次の通りである。

$$\text{普通セメントクリンカ} \quad 70 \times 0.75 = 52.5\%$$

$$\text{オイルシェール燃焼残灰} \quad 30 + 70 \times 0.25 = 47.5\%$$

このセメントの強度をオイルシェールセメントとモルタルバインダーの値より推定された値を表4-2-38に示す。