

5. 3. 3 探査技術の技術移転の細目

探査の手法に関してはDMRと調査団の間に考え方の差がなかったため、探査作業を共同で実施しながら訓練と技術指導を行った。またDMRは現場指導の重要な事を認めて、多数の技術者をNong Plab に集めたため、現場で集中的な訓練とセミナーを実施する事ができた。このセミナーでは、特に次を主とした。

(1) 試錐コアの観察と記録

現地で実習を行ったところ、従来の方法は、DMRの統一した基準が無く、たかだか地層の岩石名を判定する程度であり、またその結果である柱状図の作成も各人各様で、目的意識がなかった。その状況を察知して、コア観察の要点、柱状図に記載する必要事項などを説明した。この問題はデータベースに使う目的で、コア観察のためのワークシートを考案し、未熟練者でも著しい判断の誤りが無く、また重要な観察事項の記載漏れを防げるようにした。

(2) 試錐柱状図の作成と対比作業

同じく実習の結果、目的意識がなく、それぞれが無意味な記号を書き連ねていた。これに対して、柱状図はまず各試錐毎の対比を行う事を実習させて、対比に役立たない記載の無意味を教えた。この何の目的で探査資料を作成するかとの理解は、一連の解析作業を理解しないかぎり不可能と思われた。

(3) 物理検層の解釈

堆積岩の種類によって各種の物理検層記録に特性が現れる。この特性を判断して地層とその変化状況を判読する事を指導した。炭層については深度、厚さ、はさみの存在、炭質の判定などを指導した。

(4) 地震探査の解釈

DMRは、従来地震探査はかなり熱心に行っていた。その中には地質構造が複雑で解析不能なものもあったが、解析が可能であっても、単にタイ国の炭層堆積盆の模式地であるMae Moh 炭鉱の層序であるA, B, C区分程度であった。これは石油探査で大きく堆積相を区分する技法である。したがって石炭資源探査に必要な詳細な

解析は、もともと地質解析を行う必要がなかったので、経験がなかった。

(5) 地質構造の解析

従来DMRの行っていた地質構造の解析は、地震探査断面図上に明らかな断層と判断される反射面の食い違いを記入したり、大局的な岩相区分を実施する程度であり、地質構造の解析は行っていなかった。これに対して、開発のための地質解析には精度の高い地質断面図の作成が必要である事を、Nong Plab の解析例をもって説明した。

(6) 炭層試料の採取

先にDMRとしての共通の基準がなく、各探査班長の判断で採取していた。ある者は厚い炭層の一部から5cmの試料一個、それも炭層の石炭部分ではなく天盤や下盤、またははさみの岩石から採取し、その炭層の代表試料としていた。また別な調査班は5cm間隔で採取していたが、採取位置が炭層柱状図と一致せず、炭層以外の部分から採取された記録となっていた。そのため既存の分析資料を用いて地質解析を行うのは、多くの仮定を必要とした。

これに対して、調査団は試料採取の目的、燃料炭として通常の料採取法を指導した。

この要点は次、

- ・コアを半裁し、その半裁されたもの全部を試料とする。
採掘対象の炭層はできるだけ一試料とする。
- ・厚いはさみ(0.30m)以上が入っている場合には、その上下で区分する。
この目的は、実際に採掘した場合の原炭(坑内から生産される石炭)の質を正確に予測するためである。はさみで分けるのは、採掘をはさみの上下に区分する可能性があるためである。
- ・必ず炭層柱状図に、試料採取区間を記録する。(データベースに設定済み。)

(7) 石炭地質学と堆積盆解析技術

DMRの技術者は、石炭地質学を系統的に指導された事が無いので、石炭地質学と堆積盆解析技術を講義した。特に日本でのカウンターパート研修に際して現在の世界の先端知識を説明した。この内容は次、

- ・石炭の根源
- ・石炭化作用とランク
- ・石炭の堆積環境、特にデルタ環境の詳細
- ・石炭堆積盆を形成したテクトニクス
 - ・造山帯内部、例日本
 - ・造山帯と大陸安定地塊の境界（バックアーク）、例アパラチア
 - ・大陸安定地塊内部（レトロアーク）、例イリノイ
 - ・山間地溝、例タイ、中国東北
 - ・炭層の堆積構造（炭層の変化の原因）
 - ・堆積盆解析技術、特に本調査での適用例

5. 3. 4 地質解析技術の技術移転の細目

DMRの技術者は石炭探査に必要な詳細な地質解析は無論、通常的地質調査(大学教育で習得しているはず)の基本的な地質解析もほとんど未経験であるのが判明した。この基本的な地質解析には、層序柱状図の作成、地層の対比、断面図の作成などである。

さらに石炭資源の探査のためには、上記の基本技術の上に炭層地下等高線図を作成して地質構造の解明、対比作業によって同一と認定された炭層の形態と質の変化の解明などが実施される。開発計画はこれらの解明された資料、炭層地下等高線図(seam contour map)、炭層等層厚線図(isopach map)、場合によってははさみの等層厚線図などが必要である。これらの解析作業はDMRの技術者にとって初めての体験であったので、調査団は一連の解析作業を実施して見せ、結果を説明した。特に詳細に説明したのは下記である。

(1) 試錐コア柱状図を物理検層資料を使って補正する。

本調査に起用されたDMR直轄または請負の試錐業者はタイ国では優秀な試錐業者であろう。しかし採取コアの整理が全く無神経で、コアの採取深度に著しい誤差のある事が判明した。この問題について現場で討議したが、試錐の責任者は簡単な深度の計算ができなく、もともと深度が信頼できないものと判明した。この対策として、コア柱状図は必ず物理検層で補正し、無コア区間は物理検層の解釈で

埋める事を指導した。調査団は試錐コアの整理が不備で、深度に誤差が大きい事を判断し、1:500 柱状図を作成後、検層資料と並べて、検層で炭層など明確に判定される地層の深度を用いて、柱状図の補正を指導を行った。また各種の検層資料を総合して岩相を判定する技術を指導したが、殆どが無経験のためその重要性が理解できないので、必要とされる技術としての目標を与える効果を期待した。

(2) 試錐コアで判定した炭層柱状図の補正

試錐コアは上述のように深度の誤差があり、またコア採取に失敗した区間の表示もない。それらの問題のある資料を解析するためには次の必要のある事を説明した。コアの観察結果は物理検層の結果で炭層の厚さ、はさみの有無、炭質などを補正しなければならない。また資料採取区間を明示し、試料の分析が完成したらその成果を記入しなければならない。

(3) 種々の縮尺の地層柱状図の作成

地質解析を実施するためには、解析の目的によって次のような柱状図を作成しなければならない事を指導した。

<縮尺1:500 柱状図>

詳細な地層対比に使用する。この縮尺ならばコアを調査して判定した、全ての地層を記入できるので、近接した試錐の柱状図どうしを並べ、確実に連続する地層（例えば貝化石層、泥灰岩層、厚い泥岩層など）から対比し、次にそれらの確実に対比できる地層と炭層の関係を検討して、炭層を対比する。

炭層が厚くかつ連続し、開発対象と考えられる場合には、その炭層に名前を付けるデータベースはこの柱状図が作成できるように設計している。

この柱状図は以降の地質解析の基本資料となるので、物理検層データで補正する。

<縮尺1:1,000 ~2,000 柱状図>

探査区域の全体の地層を対比して、変化を調べるのには、上記の柱状図では詳細過ぎるので、1:1,000 ないし1:2,000 の縮尺の柱状図を作成する。この場合には詳細に地層を区分して記入できないので、同じ環境で堆積したと判断される地層は総合し、炭層など特徴のある地層は強調する。そして同じ環境で堆積した地層

群の区分を実施し対比する。この作業は単に1:500の柱状図を縮小するのではなく、堆積盆全体の層序を対比に基づいて、堆積盆の地層の堆積作用を解析し、炭層の分布を解明する目的である。そのために、地質学、特にその中の堆積学の知識を要する。本調査では、Somchai氏がこの技術を理解して将来実行できるものと判断し、各調査対象地の地層対比を実施して説明した。

この柱状図はデータベースで1:500の柱状図を縮尺して作成できるが、上述のような細部の省略が必要である。

<縮尺1:2,000 ~5,000 柱状図>

この柱状図は、上述の柱状図の対比作業の結果を、地質構造の解析に用いるために作成する。これらの柱状図は地質断面図に作図し、地質構造解析の際の確認点とする。

(4) 地震探査断面上の反射面と炭層との対比

従来のDMRの地震探査断面の解析処理に対して、調査団は、地震探査の時間断面を深度変換し、柱状図と反射面の関係(炭層が数mもあれば反射面となるが、薄い炭層の場合には炭層の上下の地層が反射面となって検出できる。)を調べて、その反射面を次の試錐まで追跡する。その試錐でも同様な反射面と炭層の関係が立証できればさらに次の試錐でも検証する事を指導した。

Phrae堆積盆の場合には、地質構造が単純であるために地震探査の精度が良く、特徴のある反射面と炭層の関係が一致しており、試錐が無い部分は反射面から炭層の分布を推定できた。しかしNong Plabの場合には地質構造が複雑であり、かつ地震探査(本調査以前にDMRが実施)の測線計画が不適であったので、地層の傾斜の推定程度しかできなかつた。反射面の組み合わせがずれている場合には、断層の場合がある。隣接した地震探査断面で検証し、同様な傾向が認められれば断層として走向傾斜を計算して地質断面に投影する。

(5) 地質断面図の作成

例えば大型の断層や褶曲などが分布していると、それらが開発対象区域の境界になり、その先は別な開発対象区域として考えなければならない。また地層の傾斜を明

らかにしなければ、開発方式は無論、炭量も計算できない。したがって断層、褶曲、地層の走向傾斜などの地質構造の解析は探査にとって非常に重要であり、次の手法によって地質断面図を作成して解析する事を説明した。

- ・地下の情報がある試錐や地震探査測線などを通るように断面線を設定する。
- ・試錐点に上記の縮尺 1:2,000~1:5,000 柱状図を作図する。
- ・露頭で測定した地層の走向傾斜を投影して記入する。
- ・地震探査測線との交点に、その解釈結果(時間断面を深度断面に変換して)を投影する。
- ・地震探査断面で検出した断層などの地質構造を、同じく深度変換を行って投影する。
- ・地震探査断面の反射面が傾斜している場合には、同じく深度変換を行い、その傾斜を使って確認点の地層区分と炭層を延長し、確認点の間を結ぶ。
- ・この手順で各断面図を作成し、次に炭層地下等高線図の作成を行い、矛盾が生じたらそれを解消するように補正する。

(6) 炭層柱状図の作成

炭層柱状図は開発対象区域の炭層の形態(厚さ、はさみの有無、石炭の歩留りなど)と質についての全ての情報を網羅し、開発計画の重要な基礎資料である事を説明し、調査団の成果を示した。

- ・この図は測定した炭層の柱状図を、縮尺1:50~1:200 で作図し、一定方向に並べて、対比したものである。
- ・この方向は露頭線に沿った方向と、それに直行する方向(例 Mae Lamao)のように炭層が連続的に変化する方向が望ましい。測定数が少ない場合(例 Nong Plab)には平面図上の位置に作図する場合がある。
- ・炭層を観察する場合には、石炭部分の質やはさみによって区分して厚さを測定し、炭層柱状図に作図する。そして隣接の炭柱図間で対比し、炭層の変化状況を解明する。
- ・試料の分析値がある場合には併記する。
- ・この炭層柱状図は開発計画に際して、炭層の厚さとその変化状況、炭層の質とその変化状況をまとめて示す基本資料になる。

- ・炭層の厚さ、必要な場合にははさみの厚さを等厚線図として平面図上に示したのが炭層等層厚線図(isopach) またははさみ等層厚線図である。これらは平面図上に炭層の変化状況を示し開発対象区域の決定に用いられる。

(7) 炭層地下等高線図の作成

地質断面図が作成されたなら、次に平面図上で互いに交錯する断面図の間の炭層深度の点(炭層の傾斜によって異なるが緩傾斜ならば5~20m、急傾斜ならば50~100m間隔)を結び、地震探査や露頭調査で判定した地層の走向傾斜と一致しているか否かを検証する。同じ操作を全ての断面図について検討する。同様な操作を確認された断層についても実施する。

これまでの地質解析を精度高く実施していれば、矛盾点はほとんど生じない。もし矛盾点があれば、それまでの地質解析の誤りか、あるいはそれまで気が付かなかった重要な地質現象がある事を示すので、慎重に実施しなければならない。

炭層地下等高線図はこのようにして作成される。この中には炭層の等高線と断層の交わる点を結ぶ線が断層を、また等高線の屈曲が褶曲構造などを正確に表現できるようにする。その他に地形図グリッド、炭層の露頭線(新しい堆積物が覆っている場合には潜頭線)、試錐位置、地震探査測線、露頭の走向傾斜、断面線、地表の採掘を制限するような物件を記入する。

(8) 炭量計算図(coal bed map)の作成

以上の地質解析の結果を炭量計算図にまとめ、これをもって開発計画を実施する事を説明した。

炭量計算図には、炭層地下等高線と炭層等層厚線が記入され、その他開発に必要なデータを網羅する。例えば露頭線、試錐位置、断面線、などである。

炭層の確認点から所定の範囲内の区域(本調査では確認は200m、推定は200m~400m、予想は400m~800mとした。この範囲は世界の代表的な炭量計算の範囲より狭いが、タイ国の炭層は一般に変化が激しいのでDHRと討議しこの範囲とした。)を確認度区分し炭量を計算する。(計算方式はセミナーを開催して討議した。)

5. 3. 5 坑内掘炭鉱開発技術の技術移転の細目

(1) 採掘計画

今次調査にはDMR側の採掘技術者が参加しなかったため、主に探査技術者を対象にして技術移転を行った。採掘計画は上述の地質解析の成果に基づいて、技術的にまた経済的に最も適した採掘方法で計画する。その重要な要素は炭層の深度、厚さ、傾斜、掘の対象になる量、および次に述べる炭質である。指導した基本的な採掘計画の考え方は下記である。

- ・深度が浅ければ露天採掘が有利。(一般に剥土量/実取炭量=7m³/1tが限界)
- ・深度が大になると坑内採掘。
- ・炭層が水平ならば、比較的投資額が少なくて済む柱房式採掘法。
- ・炭層が傾斜していれば(10°が限界)長壁式採掘法。
- ・本調査の対象になったNong Plabは長壁式採掘、Mae Lamaoは浅部は露天採掘法、深部は長壁式採掘法が最も適している事を検討結果をもとに説明した。
- ・長壁採掘法について、骨格坑道、通気、保安(災害防止対策)、などを考慮した
- ・採掘パネルの設計、パネルの採炭法などを図面、イラストレーションで説明した。

(2) 炭質解析

従来は採取した試料の分析値を記録するだけで、全く解析していなかった。炭質解析は実際に開発した場合に生産される石炭の品質を推定するために行う。そのために試料採取から一貫した方針の基に実施しなければならない。従来の試料採取に基準がなかったため、前述のとおり試料採取のセミナーを実施し、またNong PlabとMae Lamaoを開発した場合に生産される石炭の品質の計算例を説明した。

5. 4 成果

5. 4. 1 技術移転の直接の成果

(1) 効果的石灰分析

本調査に J I C A より供与された分析機器は、DMR の分析所に設置され活用されている。分析能力は、以前と比較して約 10 倍のとなり、分析能力の不足という問題は解決した。この改善は迅速な分析を可能とし、数種の分析・試験を行う間の分析試料の時間的变化、特に水分についての変化を防止出来る様になった。

(2) 本調査の地質学的成果の国際学会での発表

調査団は本調査中にブラエ堆積盆の層序を解明した。タイ国北部の新第三系の山間堆積盆の層序はメ・モー堆積盆が標準となっているが、ブラエ堆積盆の層序はメ・モーと対照的な堆積相を示すので、新たにブラエ層を提唱したものである。DMR は東南アジアおよび南太平洋地域の層序と地質構造発達についての国際学会を開催した。これに協賛しているのはタイ国地質調査所、タイ国鉱業会、タイ国鉱山技術者連盟およびチュラロンコン、チェンマイ、ソンクラ王子等の大学である。本調査のカウンターパートである DMR は J I C A に対し、この国際学会にブラエ層の研究結果を発表するよう要請した。J I C A はこれに同意し、本調査団長の村岡を派遣した。彼は 1997 年 8 月 20 日にブラエ堆積盆の地質学的研究を発表した。このことは技術移転が DMR の職員のみならず、タイ国の地質学会にまでおよんだことを意味する。

注、ブラエ地区のブラエ層露頭は、土柱を形成する特異な浸食地形があり、国立公園に指定されている観光地である。しかし従来のタイ国地質調査所の調査では、地質年代が不明であった。またタイ国北部の第三系山間湖成堆積盆の層序は、全てメ・モーの層序を適用して解析していたので、それと対照的な本区域の層序では全く適用できなかった。この発表は DMR がそれらの問題を J I C A との共同調査で解明したことを公表し、タイ国の石灰資源探査のみならず、地質学会の進歩を意図して J I C A に要請したものと理解される。

この発表内容である「ブラエ堆積盆の第三系堆積物ブラエ層」は付録 4 として掲載する。

(3) 修士課程留学生試験に3名が合格

カウンターパートの要員であるプミ・スリスワン、クリンクライ・ポミンおよびアリ・リチパットは調査団との共同作業を経て、種々の重要な技術を移転され、貴重な経験とノウハウを日本側技術者から吸収した。

クリンクライとアリの二人は、本調査中に日本でJICAの研修を受けている。彼らは共同作業で、先に詳しく述べた取得した石炭探査データの解析と、高分解能地震探査の解釈を行っている。また日本で炭鉱やコークス製造工場、製鉄所、石炭液化工場などを見学している。本調査の共同作業と経験から、彼らは新しい石炭地質学と関連する科学や工学の学習に目覚めて、留学生の奨学生試験に合格した。プミはロンドン大学で堆積盆解析を学ぶ願書が受理され、クリンクライはサウス・ダコタ大学、アリはペンシルヴァニア州立大学にそれぞれ願書が受理された。彼らはすでにそれぞれの大学に向けて出発し、修士課程の学習を始めている。

5.4.2 技術移転の成果

上述の様に、本調査の技術移転は完了した。成果の評価は難しい問題であるが、DMRと調査団はこれを試みた。それを表5.4-1に示す。

表 5. 4 - 1 移転された技術の本調査実施前後の比較

移転された技術	本調査以前のDMRにおける技術の状態	本調査以後のDMRにおける技術の状態（技術移転成果の評価）
1. 探査技術		
1) 露頭調査と調査路線図	技術の改善が必要	DMR調査チームの全地質技師が本技術を自分の業務に適用している
2) 岩相コード法による岩相記録	なし（新技術）	DMR調査チームの全地質技師が本技術を習得し、数人が自分の業務に適用している
3) 炭層試料の採取等の基準	技術の改善が必要	DMR調査チームの全地質技師が本技術を自分の業務に適用している
4) 物理検層記録と地震探査断面図の解釈	（技術の改善が必要）	
・基本原理に従った物理検層結果の解析	なし（新技術）	DMR調査チームの約半数の地質技師が本技術を自分の業務に適用可能
・試錐コアの肉眼判定柱状図の物理検層による補正	なし（新技術）	DMR調査チームの全地質技師が本技術を自分の業務に適用している
・炭層の試料の補正	なし（新技術）	DMR調査チームの約半数の地質技師が本技術を自分の業務に適用可能
・試錐柱状図の製図	技術の改善が必要	DMR調査チームの全地質技師が本技術を自分の業務に適用している
・地震探査断面図上の反射面と試錐柱状図の対比	なし（新技術）	DMR調査チームの約半数の地質技師が本技術を自分の業務に適用可能
・地質断面図の作成	なし（新技術）	DMR調査チームの約半数の地質技師が本技術を自分の業務に適用可能
5) 炭量及び生産炭質の評価	（技術の改善が必要）	
・炭量計算図による埋蔵炭量、可採炭量の計算	なし（新技術）	DMR調査チームの約半数の地質技師が本技術を自分の業務に適用可能
・採掘計画に従った実収炭量の計算	なし（新技術）	DMR調査チームの約半数の地質技師が本技術を自分の業務に適用可能
・生産炭質の評価	なし（新技術）	DMR調査チームの約半数の地質技師が本技術を自分の業務に適用可能
6) 堆積盆解析技術	（なし（新技術））	
・炭層柱状図の作成	なし（新技術）	DMR調査チームの約半数の地質技師が本技術を自分の業務に適用可能
・炭量計算図	なし（新技術）	DMR調査チームの約半数の地質技師が本技術を自分の業務に適用可能
2. 地質データベース		
1) データベースのプログラム作成技術	なし（新技術）	DMR調査チームの内1～2名の専門家が本技術を自分の業務に適用可能
2) データベースの操作・利用技術	なし（新技術）	DMR調査チームの全員が自分の業務に適用可能
3. 石炭分析技術		
1) 炭質評価基準に関する情報	技術の改善が必要	DMR調査チームの全員が自分の業務に適用可能
2) 供与石炭分析機器の操作方法	なし（新技術）	DMRの数名の専門家が機器操作可能、分析結果はDMRにおいて活用されている
4. 坑内掘炭鉦開発技術		
・採掘法	なし（新技術）	DMRの数名の専門家が自分の業務に適用可能
・採掘設備	なし（新技術）	DMRの数名の専門家が自分の業務に適用可能
・坑内保安と保安対策	なし（新技術）	DMRの数名の専門家が自分の業務に適用可能
・採掘計画	なし（新技術）	DMRの数名の専門家が自分の業務に適用可能

5.5 移転された技術への転換

DMRは、移転された技術が緻密な作業と思考を必要とするものであっても、とりあえずは部分的にでも転換せざるを得ない状況にある。実際、早急に移転された技術へ転換すると意思表示している。しかしながら、組織の拡充は緒に就いたばかりであり、移転された技術の職務への適用は個人の自由意思にまかされている。また、熱心に技術習得していた3人の技術者の海外留学が認可され当分実務を担当しないため、移転された技術がDMRにおいて活用されるにはしばらく時間を要するであろう。

このようなDMRの現状に鑑み、移転された技術への転換は次が合理的と考えられる。

- (1) 従来のような探査報告書で済む間。移転された技術の内、実行可能なものから転換する。

例、試錐コア一観察記録を岩相コード法で行い、コンピューターで柱状図を作る。

岩相区分を統一基準で行う。

試料採取を統一基準で行う。

- (2) 開発を目的とする探査へ転換の準備。(探掘技術者の参加が前提になる。)

有能な技術者を選別して一班を組織し、できるだけ移転された技術を使用して業務を行う。必要ならば特別な待遇を与える。この場合には、探査成果はできるだけ早期に地質解析を行い、以降の探査作業に反映させる。地質解析は次の項目を行う。

- ・試錐コア一観察の岩相コード化とコンピューターによる柱状図の作図。
- ・試錐柱状図の物理検層結果による補正。
- ・地層対比。

対比された炭層毎の炭柱図の作図、試料採取記録と分析記録の併記。

地層対比結果を基に地質断面図の作成。地震探査の解釈結果の投影を行って完成させる。以上はできるだけ探査現場で行うのが望ましい。

- ・地震探査成果の解釈。

連続する反射面の走時を深度換算し、試錐柱状図と対比して、反射面の岩相を確認する。また断層などの地質構造が推定される場合には交差する断面図への追跡を行う。そして地質断面図へ投影する。

- ・炭層地下等高線図の作成。
- ・炭層等層厚線図の作成。
- ・炭層別、地質構造別理論炭量の計算。

(3) 開発を目的とした探査の発足、(石炭探査・開発課の実質的な発足)

上述の準備期間に訓練した一班が、開発を目的にした探査を行い、結果を報告書にし公開する。例炭層堆積盆探査報告書シリーズ。

これには、上述の地質解析に加えて、もし必要があるならば採掘計画、実収炭量、販売炭の炭質などの検討結果を記述する。

さらに高度な探査技術の習得を目指すのであれば、堆積盆解析を行い、炭層の形態と質の変化をも研究して記述する。

5. 6 結論と提案

5. 6. 1 結論

(1) 技術移転の完了

本調査の技術移転は、計画通り実施され満足できる結果を得たことは、過言ではなからう。共同作業の中での訓練、セミナー、特に日本での研修を通じて、DMRの要員は多くの有益な、また技術者としての関心を深める経験をなした。DMRは開発を目的とした、組織的かつ効果的な探査・評価・地質データベース、炭質分析を行う技術を取得した。

(2) 共同調査方式の技術移転

本調査の成果からも明らかなように、本調査における移転の対象である「地質調査」関連の技術の場合、適当な調査フィールドで数年にわたり実際の業務を実施しながら技術移転を行う共同調査方式が最適である。

(3) 移転された技術の定着と発展

前述の様に、タイの国民性、社会・経済環境、DMRの人材等多くの問題があるが、移

転された技術は徐々に定着するであろう。これを促進・発展するには、DMR石炭探査開発課の石炭開発の理解、特にその計画立案・検討の実際の理解が必要である。開発のためにデータが如何に利用されるか、そのためにデータを如何に取得するかを理解することなしには、開発を目的とした探査・評価を十分には遂行出来ないであろう。これがDMRの今後の重要な課題である。

5. 6. 2 提案

本調査を通じ、調査団は取得データの総合的な解析と利用の技術をDMRに移転した。これらを定着させより一層確固たるものにするためには、DMRは開発のためにデータが如何に利用されるかを理解し、そのためにデータを如何に取得するかを理解することが必要である。それには、開発可能性の高い石炭堆積盆を選定しフィージビリティスタディを実施することが最適であろう。専門家と共に探査（精査）から開発計画立案、環境対策、社会経済評価、そして財務・経済評価までのフィージビリティスタディを行えば、移転された技術の強化を行えると共に、開発のためにデータが如何に利用されるかを理解し、そのためにデータを如何に取得するかを理解することが出来であろう。

付 録

- 付録 1 炭質
- 付録 2 半機械化ー長壁式採炭法の概念図
- 付録 3 メ・ラマオ地区採掘計画詳細
- 付録 4 プラエ堆積盆の第三系鉱床プラエ層

付録 1 炭質

付録 1 炭質

DMR における石炭分析は ASTM に基づいて行われており、多くの場合分析項目は工業分析、発熱量、全硫黄及び比重である。同所では ASTM D388 に基づいて石炭を分類するため上記項目の一部を他のベースに換算しており、分析報告書の様式は Table 1 である。

Table 1 Form of Analysis Report

Basis	As Determined							DMMF		Moist, MMF	Class/ Group
Sample No.	Moisture (%)	Ash (%)	Volatile Matter (%)	Fixed Carbon (%)	Heating Value (cal/g)	Sulfur (%)	Specific Gravity	Fixed Carbon (%)	Volatile Matter (%)	Heating Value (Btu/lb)	

DMMF : Dry, Mineral-Matter-Free Basis

Moist, MMF : Moist, Mineral-Matter-Free basis

各炭田の分析試料数を Table 2 に示す。分析結果はこれらからの換算値と共にこの Appendix の末尾に添付している。Nong Plab 及び Mae Lamao に関しては試料採取方法が適切でなかったため炭層を代表する試料とは考えにくく、Phrae に関しては まだ十分なデータが得られていない。そのため、炭質の全般的傾向と炭質項目間の関係のみを検討した。

Table 2 Number of Analysis Sample

Basin	number of boreholes	number of samples
Phrae	9	26
Nong Plab	37	54
Mae Lamao	34	379

1. 炭質の全般的傾向

1.1 石炭化度

ASTMの石炭分類では Table 3 に示すように無水無鉱物質ベースの固定炭素が 69%以上の石炭に関しては固定炭素で、69%未満の石炭に関しては含水無鉱物質ベースの発熱量で分類する。この分類法において含水ベースとは 30℃・湿度 97%に平衡した水分を含んだ状態を云う。

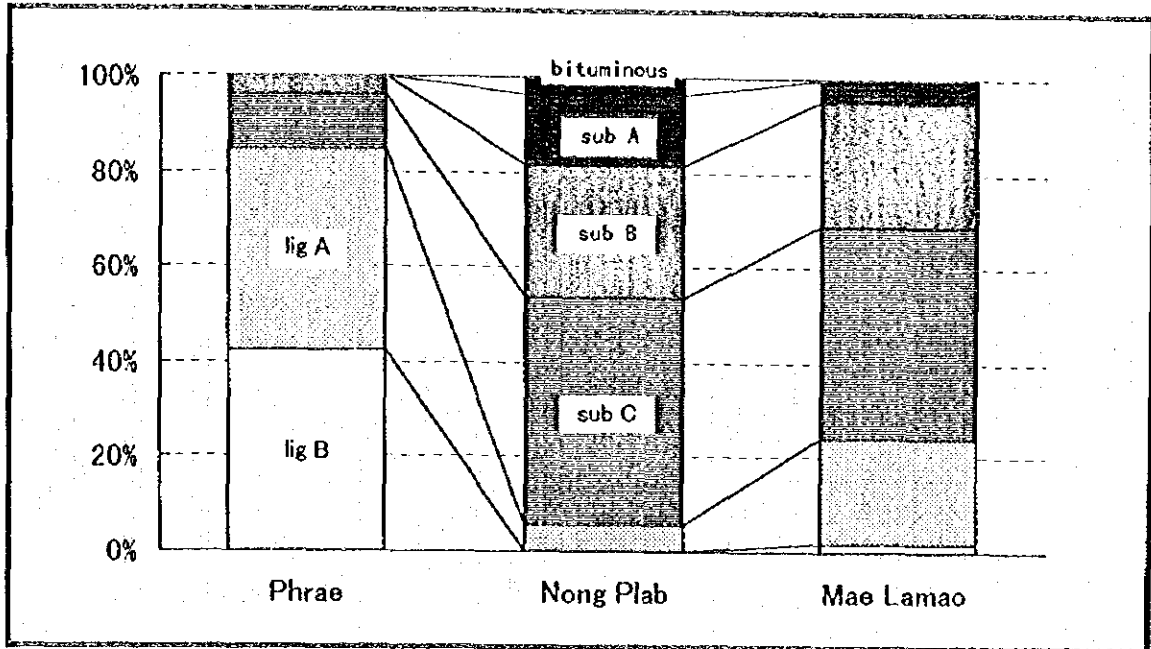
Table 3 ASTM Coal Classification (ASTM D388)

Class / Group	Fixed Carbon	Volatile Matter	Gross Calorific Value		Agglomerating Character
	DMMF		Moist. MMF		
	%		Btu/lb	MJ/kg	
Anthracite :					nonagglomerating
Meta-anthracite	98 ≤	≤ 2	---	---	
Anthracite	92 ≤ < 98	2 < ≤ 8	---	---	
Semianthracite	86 ≤ < 92	8 < ≤ 14	---	---	
Bituminous :					commonly agglomerating
Low volatile	78 ≤ < 86	14 < ≤ 22	---	---	
Medium volatile	69 ≤ < 78	22 < ≤ 31	---	---	
High volatile A	< 69	31 <	14000 ≧	32.6 ≧	
High volatile B	---	---	13000 ≧ < 14000	30.2 ≧ < 32.6	
High volatile C	---	---	{ 11500 ≧ < 13000 10500 ≧ < 11500	{ 26.7 ≧ < 30.2 24.4 ≧ < 26.7	agglomerating
Subbituminous :					nonagglomerating
Subbituminous A	---	---	10500 ≧ < 11500	24.4 ≧ < 26.7	
Subbituminous B	---	---	9500 ≧ < 10500	22.1 ≧ < 24.4	
Subbituminous C	---	---	8300 ≧ < 9500	19.3 ≧ < 22.1	
Lignitic :					nonagglomerating
Lignite A	---	---	6300 ≧ < 8300	14.7 ≧ < 19.3	
Lignite B	---	---	< 6300	< 14.7	

低石炭化度炭の場合、乾燥して水分を失うとこれを濡らしても乾燥前の水分には戻らないので、平衡水分の状態には高水分の側から到達する必要がある。DMR では気乾試料の水分を用いて含水無鉱物質ベースの発熱量を計算しているが、より正確な分類を行うためには気乾試料水分の他に上記の平衡水分を測定する必要がある。

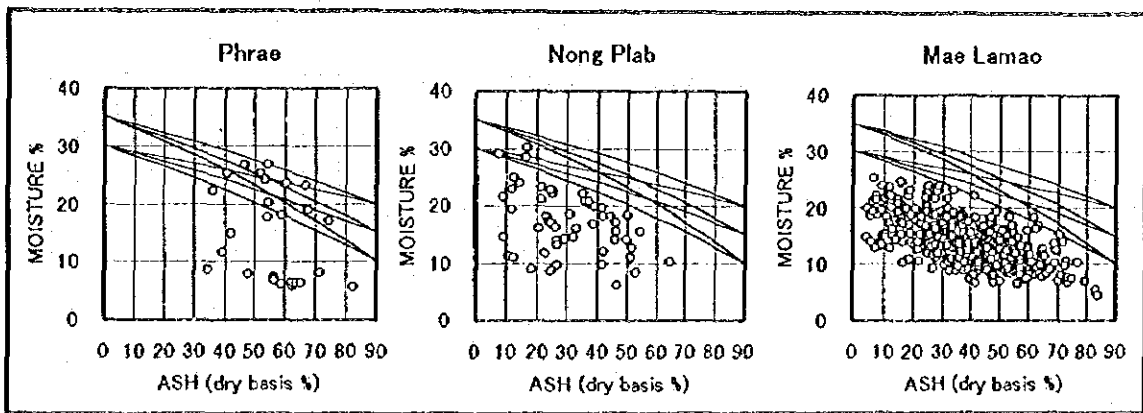
Phrae、Nong Plab、Mae Lamao いずれの石炭も無水無鉱物質ベース固定炭素が 69%未満であり、発熱量で分類される。Figure 1 は気乾試料水分から計算された含水無鉱物質ベース発熱量に基づく石炭化度の分布を示している。

Figure 1 Coal Rank of Each Basin (based on air-dried moisture)



こうして求められた石炭化度は同一炭田内でさえ大きな変化を示しており、これは Figure 2 に示した気乾試料水分の変動に起因するものと考えられる。

Figure 2 The Relationship between Ash and Moisture



30°C・湿度 97%に平衡した状態において亜歴青炭、褐炭のような低石炭化度炭は少なくとも 30%の水分を含むことが知られており、鉱物質の水分はこれより低い。ある灰分の石炭を純粋な石炭と純粋な鉱物質の混合物とみなすと、その水分は次式で計算できる。Figure 2 中の曲線は混合物とみなしたときの灰分と水分の関係を数例示している。

$$M = 100 - \frac{Am(100 - M1)(100 - M2)}{Am(100 - M2) + A(M2 - M1)}$$

M : moisture content of mixture

Am : ash content of mineral matter on the dry basis

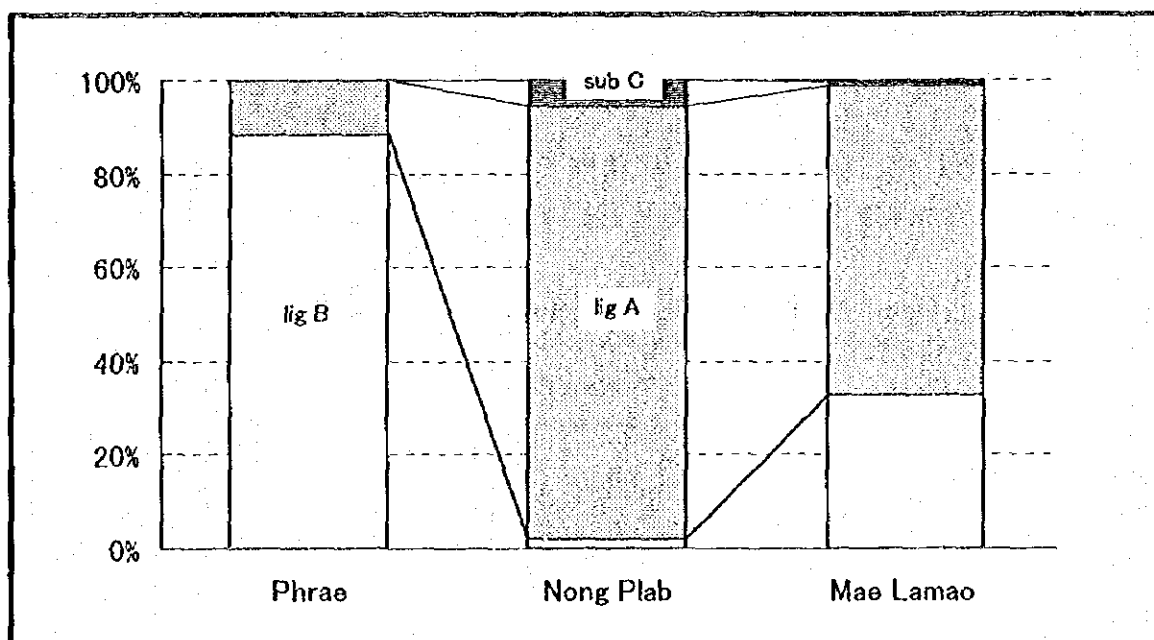
M1 : moisture content of pure coal

M2 : moisture content of pure mineral matter

A : ash content of mixture on the dry basis

Figure 3 は純粋な石炭、純粋な鉱物質の水分をそれぞれ 30%、20%と仮定したときの含水無鉱物質ベース発熱量で計算した石炭化度を示している。この場合これら炭田の石炭は殆ど褐炭に分類され、中では Nong Plab 炭の石炭化度が最も高いとすることができる。

Figure 3 Coal rank of each basin based on the assumed moist basis



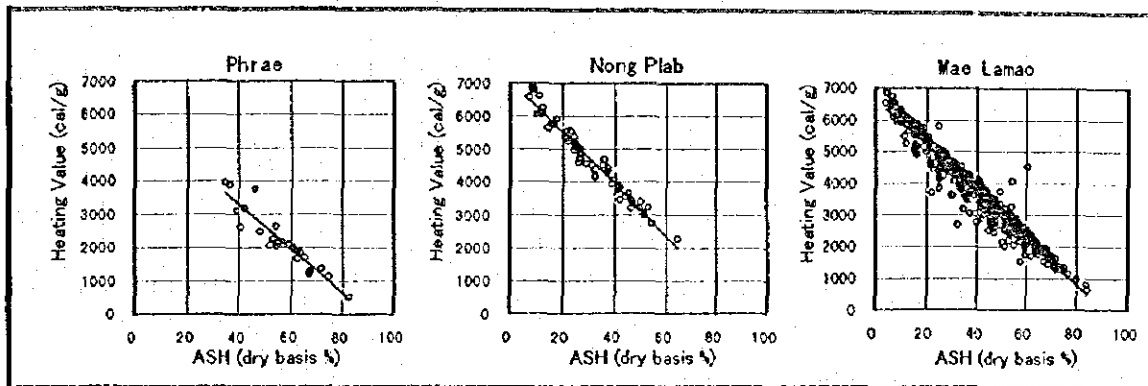
1.2. 灰分と発熱量

各炭田とも無水ベースの灰分と発熱量の間には Table 4・Figure 4 に示すように良好な相関関係がある。

Table 4 Relationship between Ash and Heating Value

Model	Heating Value = a + b × Ash			
	a	b	correlation coefficient	Ash at CV=0
Phrae	5942	-66.35	0.9374	88.89
Nong Plab	7113	-79.37	0.9831	89.60
Mae Lamao	6639	-73.33	0.9647	90.57

Figure 4 Relationship between Ash and Heating Value

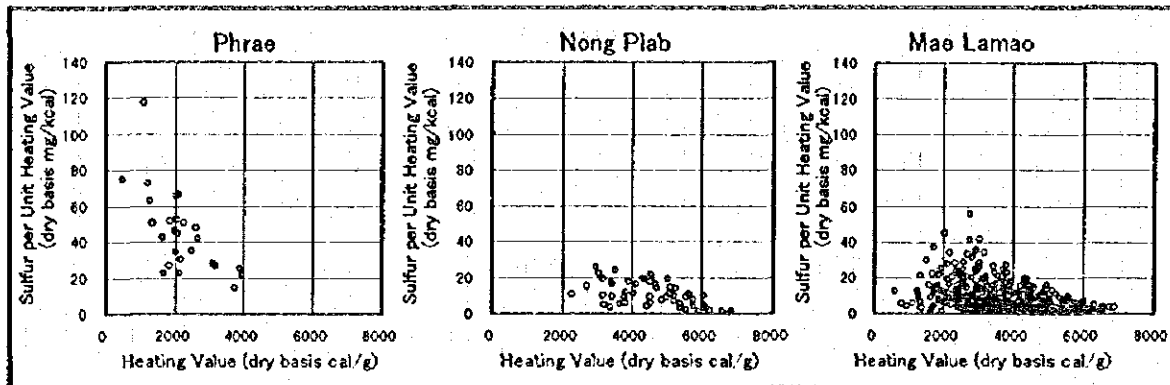


発熱量は燃料としての石炭の最も重要な性質である。Phrae 炭の発熱量は同一灰分における発熱量が他の2炭田より低く、灰分自体も他より高い領域に分布している。

1.3 硫黄分

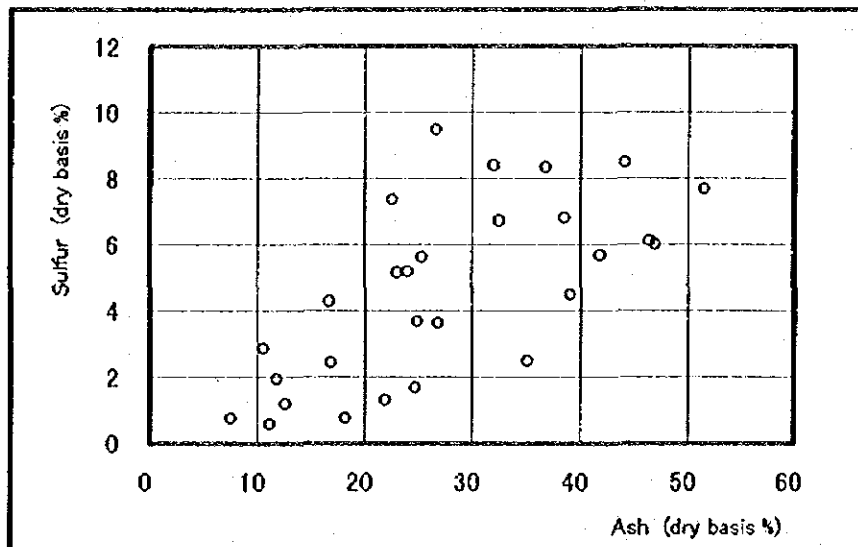
硫黄分は環境の観点から最も重要な品質の1つであろう。硫黄分はそれ自体と共に発熱量当たりの硫黄分が考慮されるべきである。Figure 5は無水ベースにおける発熱量と発熱量当たりの硫黄分の関係を示している。これらの間にそれほど良い相関は認められないが Phrae 炭は全般に発熱量が低く、発熱量当たりの硫黄分が高い傾向が見られる。

Figure 5 Relationship between Heating Value and Sulfur content per Unit Heating Value



一般に灰分と硫黄分の間には相関が認められないが、Nong Plab の場合 Figure 6 に示すように、はさみそれ自体及びはさみのすぐ側から採取された試料を除くと有意な相関が認められる。この相関にはピートの分解が関係しているであろう。

Figure 6 Relationship between Ash and Sulfur in Nong Plab Basin



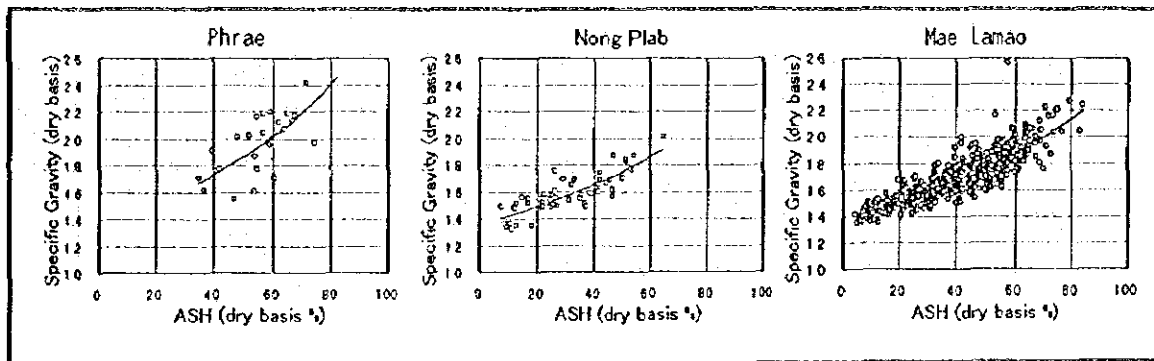
1.4 灰分と比重の関係

Table 5・Figure 7に灰分と比重の関係を示す。相関係数、推定される純物質の比重から判断すると Model 1より、Model 2 または Model 3の方が適切と考えられる。

Table 5 Relationship between Ash and Specific Gravity

Model	Specific Gravity = a + b × Ash						Correlation Coefficient	SG of pure coal	SG of pure mineral
	a	b							
1	Specific Gravity = a + b × Ash								
2	Specific Gravity = c ÷ (d - Ash)								
3	Specific Gravity = 10 ^(e+f×Ash)								
	Specific Gravity : dry basis [-]								
	Ash : dry basis [%]								
Basin	a	b	c	d	e	f	Correlation Coefficient	SG of pure coal	SG of pure mineral
Phrae	1.063	0.0165					0.7420	1.063	2.526
Nong Plab	1.327	0.0084					0.8293	1.327	2.082
Mae Lamao	1.315	0.0094					0.8529	1.315	2.156
Phrae			247	183			0.7172	1.353	2.635
Nong Plab			304	224			0.8252	1.358	2.263
Mae Lamao			306	223			0.8762	1.371	2.306
Phrae					0.0969	0.0035	0.7319	1.250	2.568
Nong Plab					0.1286	0.0023	0.8291	1.345	2.151
Mae Lamao					0.1296	0.0024	0.8674	1.348	2.208

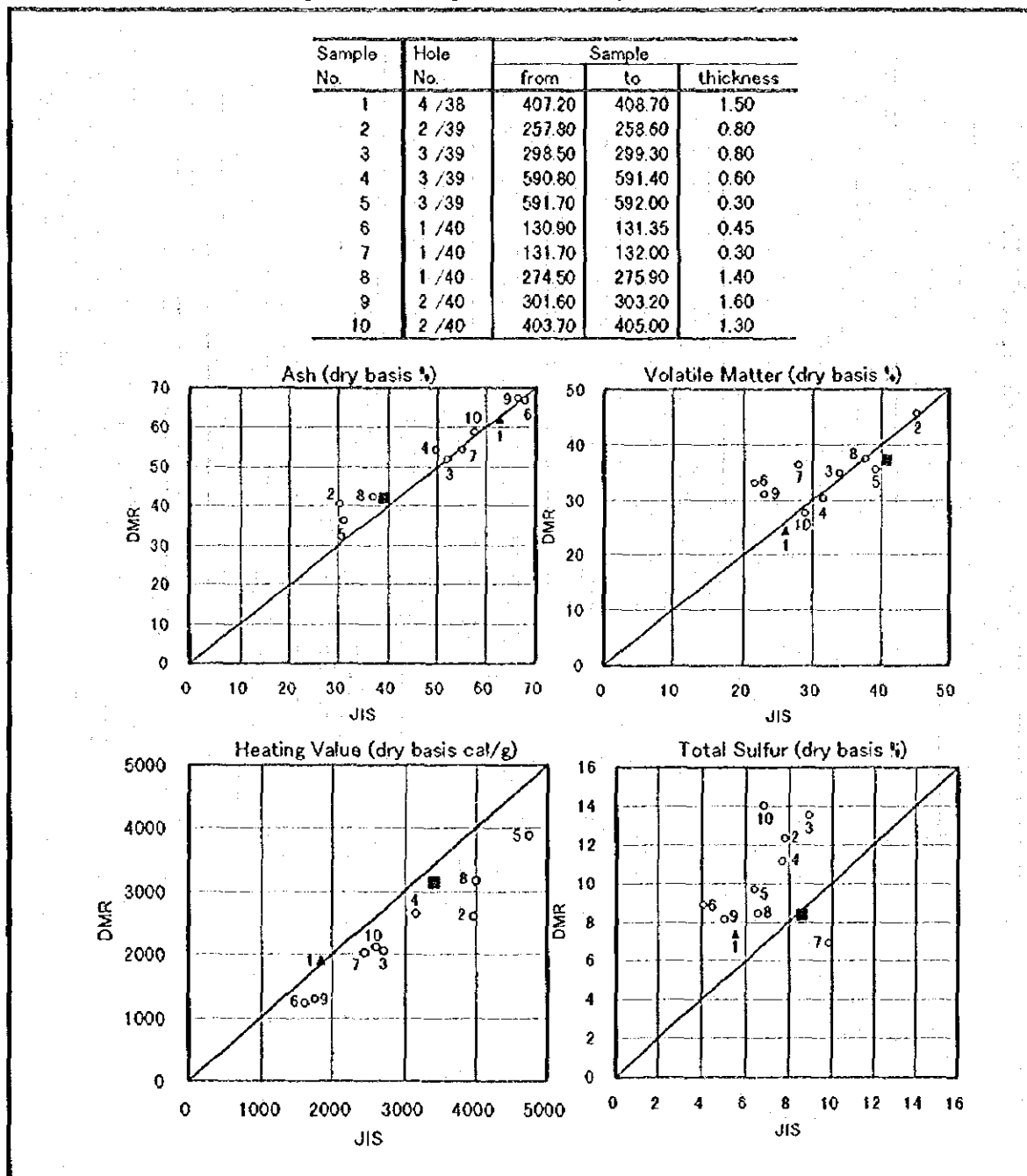
Figure 7 Relationship between Ash and Specific Gravity



2. 日本側分析値との比較

Nong Plab の 10 試料については日本側でも JIS に基づいて分析した。水分の影響を除去するため無水ベースで行った比較結果を Figure 8 に示す。

Figure 8 Comparison of Analytical Results

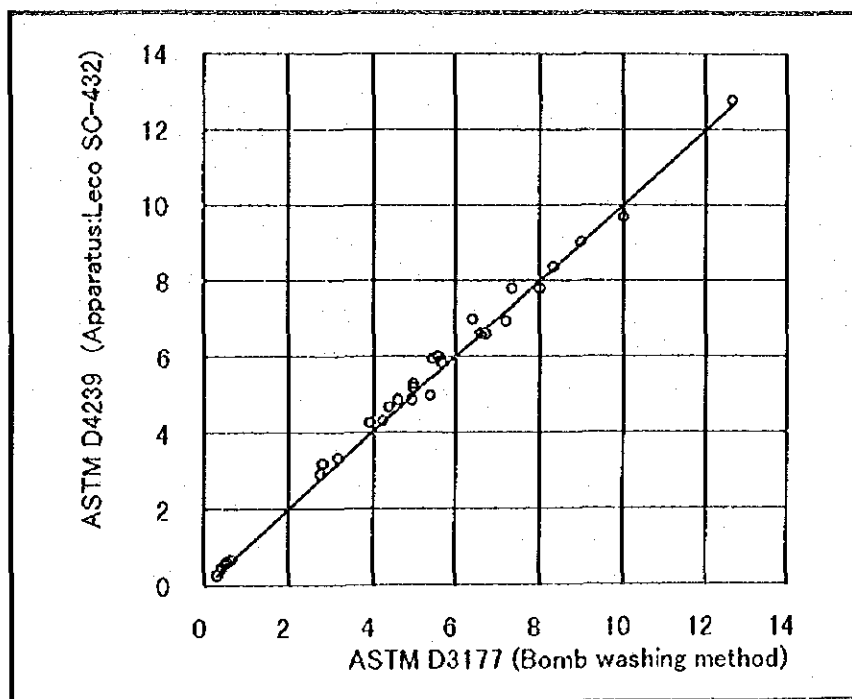


分析値の違いには低石炭化度炭の不安定な気乾試料水分が影響していると考えられ

る。低石炭化度炭の場合、密封容器中の試料でさえ測定日によって水分の変化することが知られており、1試料の分析が複数日におたる場合にはそれぞれ水分を測定することが必要とされる。しかし機器分析の導入による分析の迅速化によって水分再測定の必要性は相当軽減されるであろう。

水分以外の原因としては分析方法自体よりむしろ試料の調製・縮分であろう。Phraeの試料は他の場合より厚い部分が採取され、経験の少ない大量試料の粉碎・縮分の過程である程度の偏析を生じた可能性がある。試料が均一に混合されていないと代表試料を分取することができない。特に硫黄分は Phrae の場合その大部分が高比重の黄鉄鉱の形で含まれているため偏析を生じやすい。図中1 (▲)のDMR値は比較的薄い10試料の分析値からの合成値であり、他の場合より良く日本側分析値と合致している。また、同一分析試料の場合(■)も良く一致している。硫黄分析の従来法(ポンプ洗浄法)と機器分析の結果も Figure 9 に示すように良く一致している。

Figure 9 Comparison between Bomb Washing Method and Instrumental Method



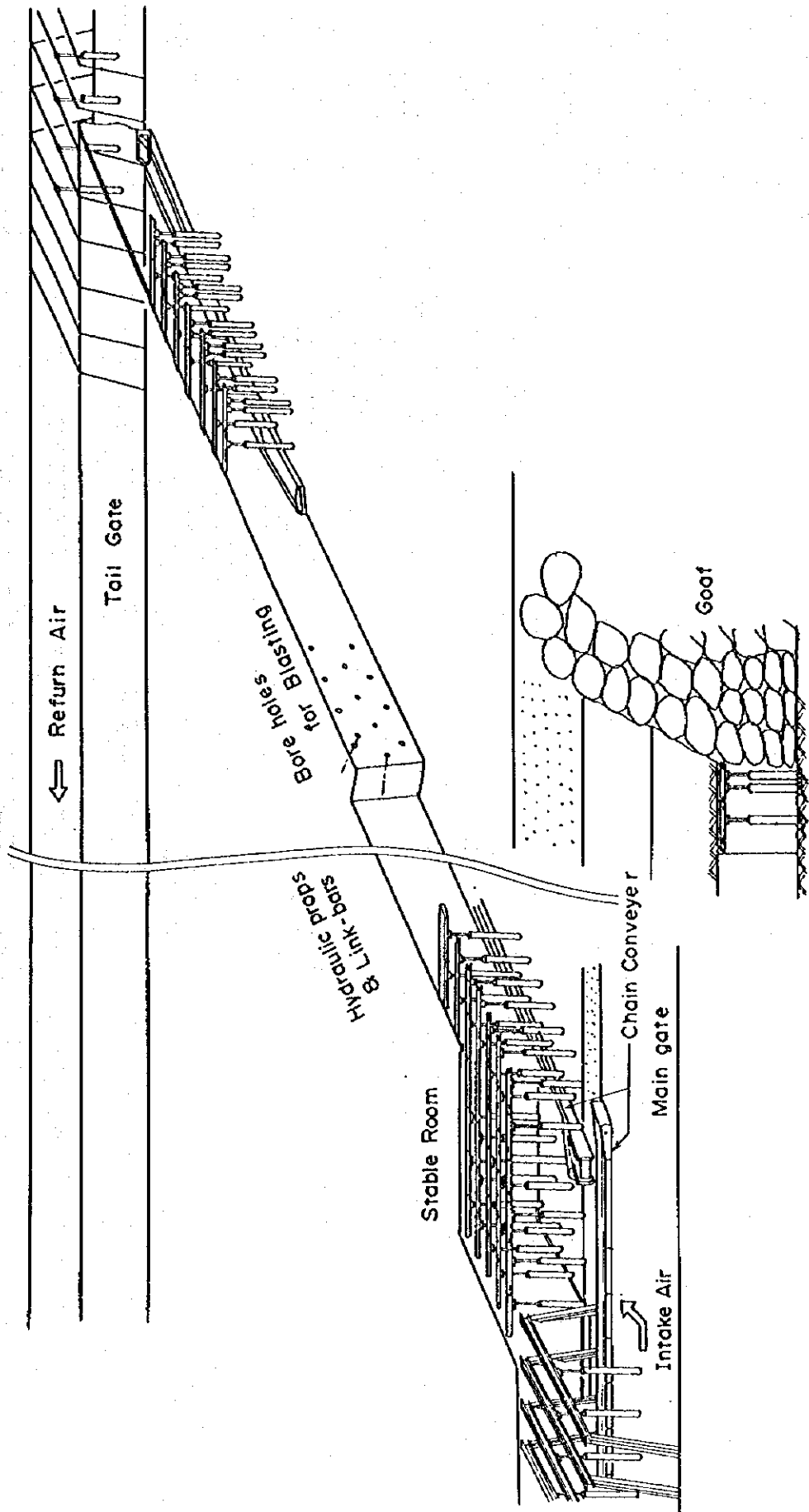
試料 No.6、7、9のDMR揮発分分析値は日本側よりかなり高い値となっている。褐炭のように急速加熱時に飛散するおそれのある試料の揮発分測定には適当な前処理が必要である。DMRでもこの前処理は実施しているが上記の試料に関しては他試料に較べて燃料比(固定炭素/揮発分)がかなり低いため、一部飛散試料が揮発分として低量されたおそれがある。

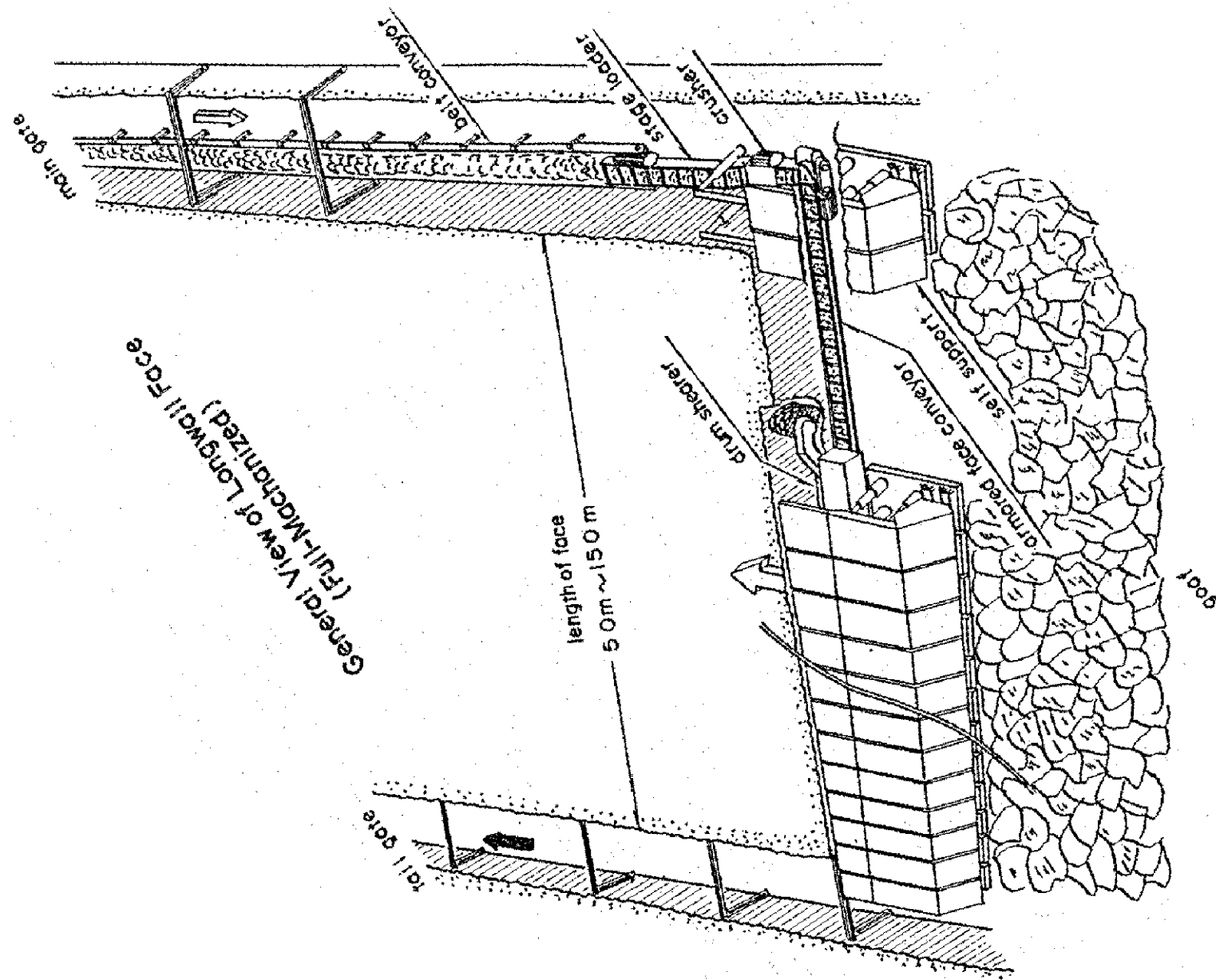
発熱量は日本側の方が幾分高い値を示しており、これは通常日本では酸生成の補正を行わないことが一因である。試料 No. 2、5、8 の発熱量の大きな差は灰分の差と対応している。

付録 2 半機械化一長壁式採炭法の概念図

付録 2 半機械化 - 長壁式採炭法の概念図

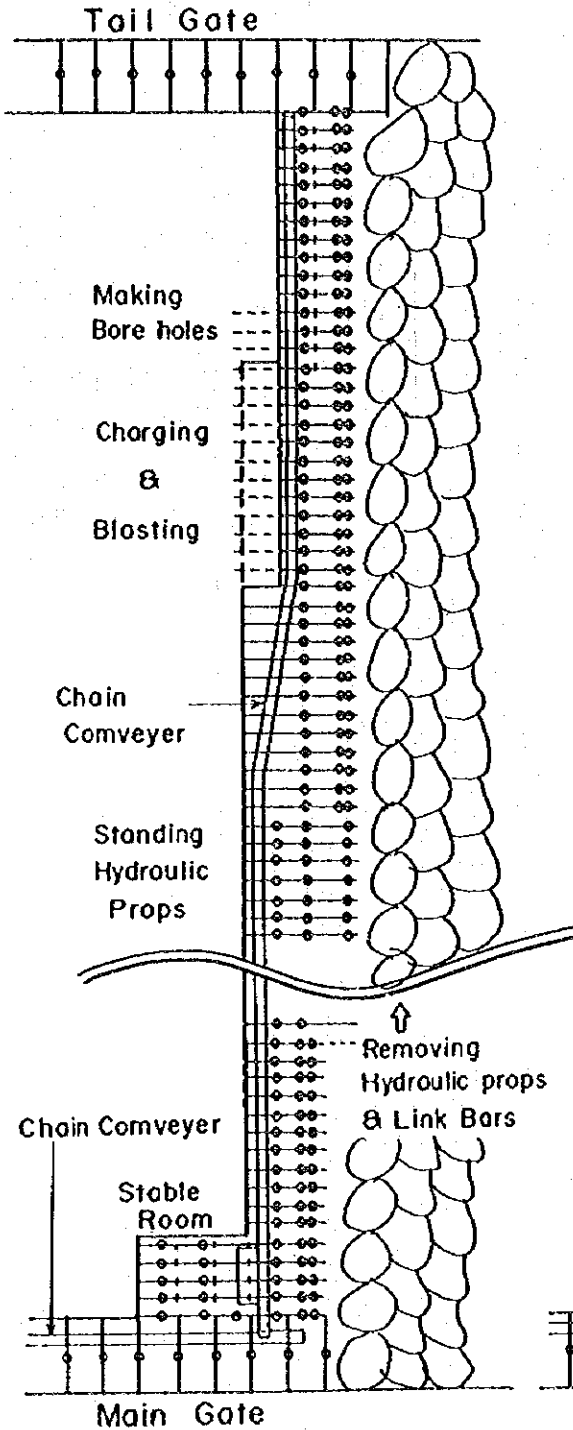
General View of Longwall Face
(Semi-Mechanized)



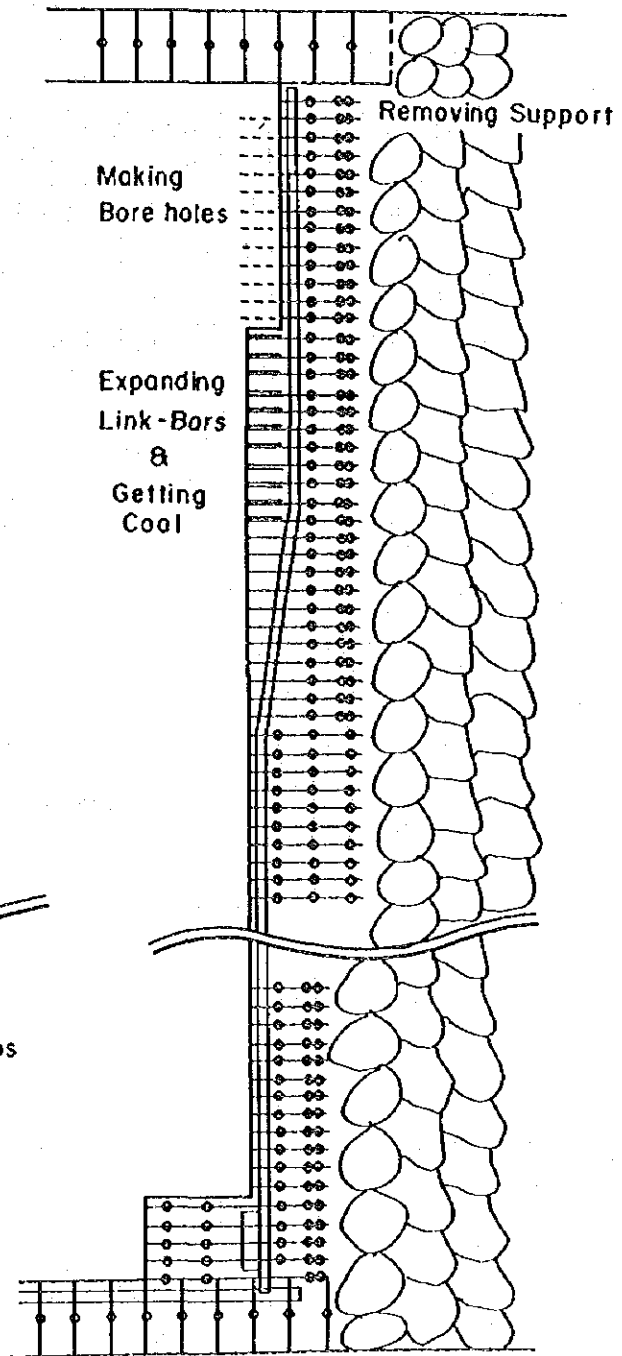


Lay Out of Longwall and Sequence of work

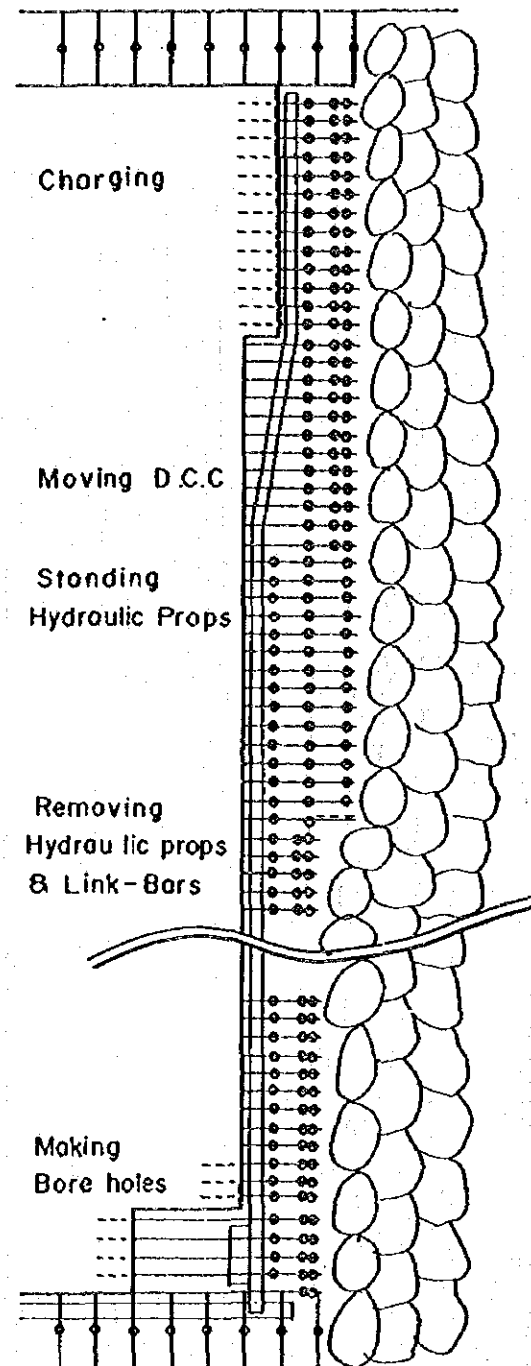
Step:1



Step:2

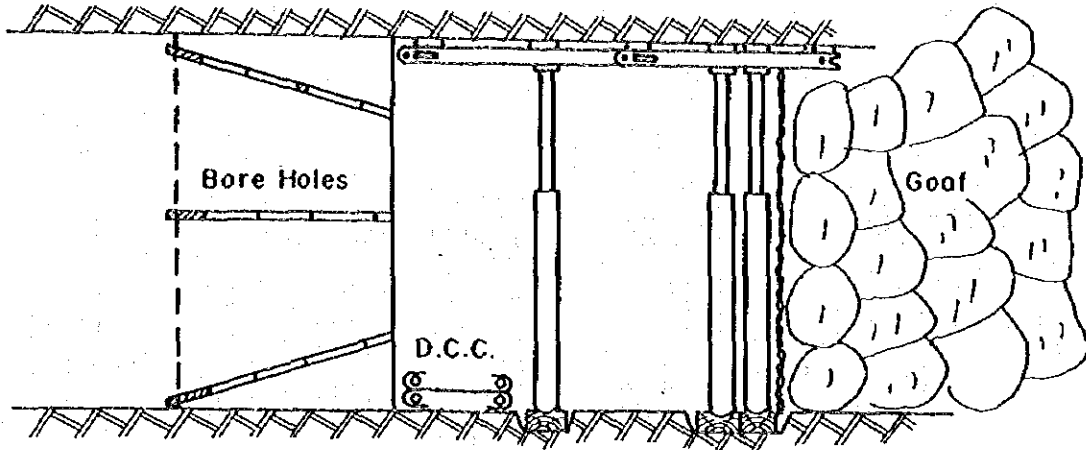


Step:3

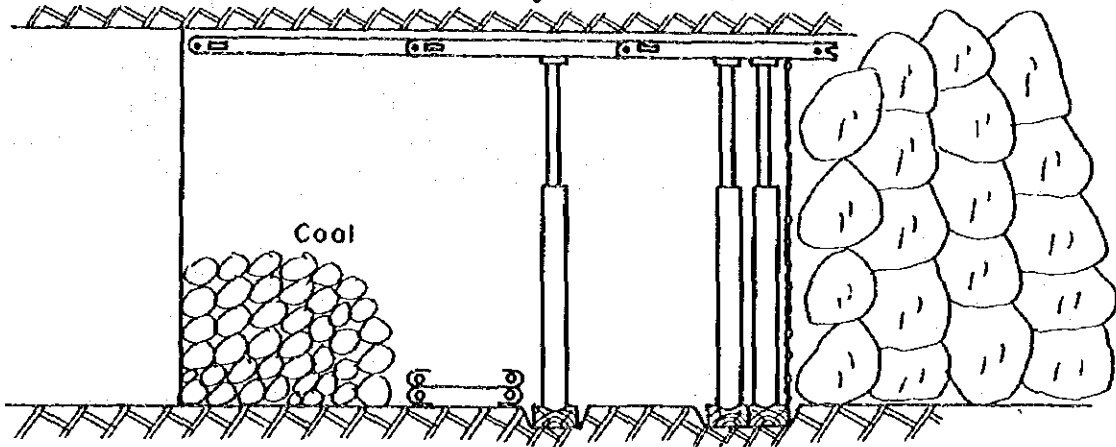


Sequence of Work (Cross Section)

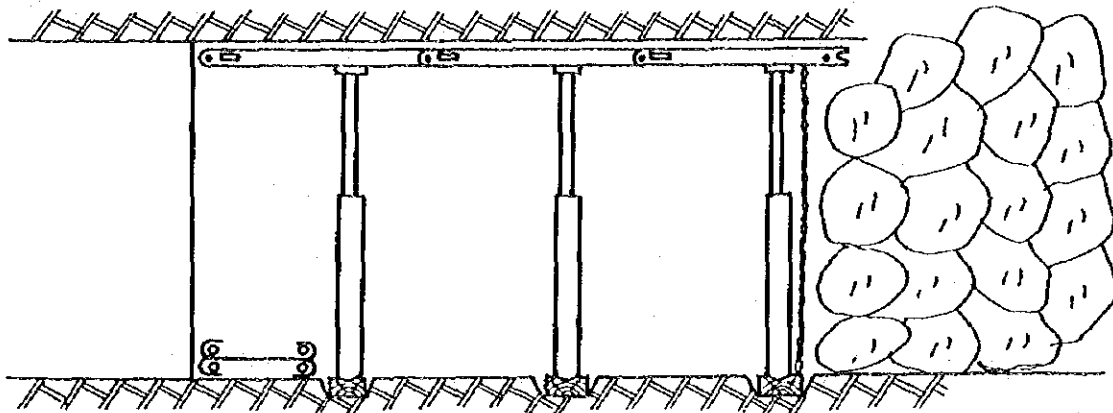
① Before Getting Coal



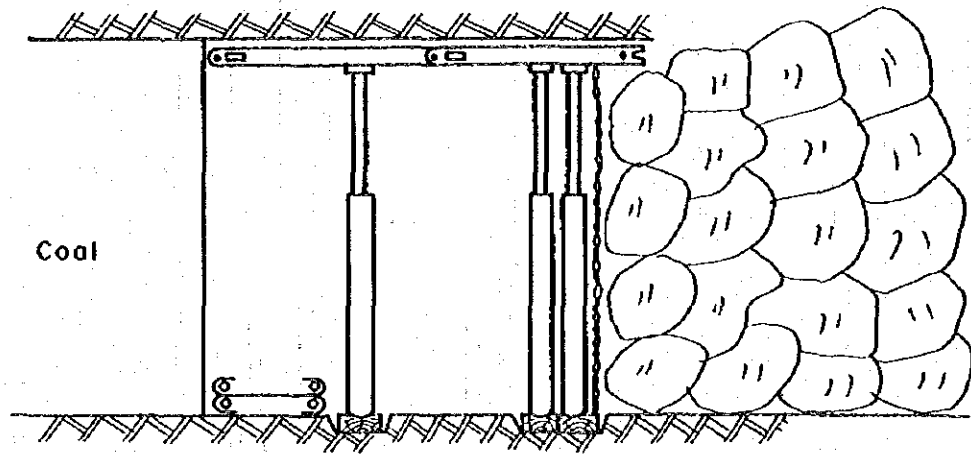
② Expanding Link-Bars & Getting Coal



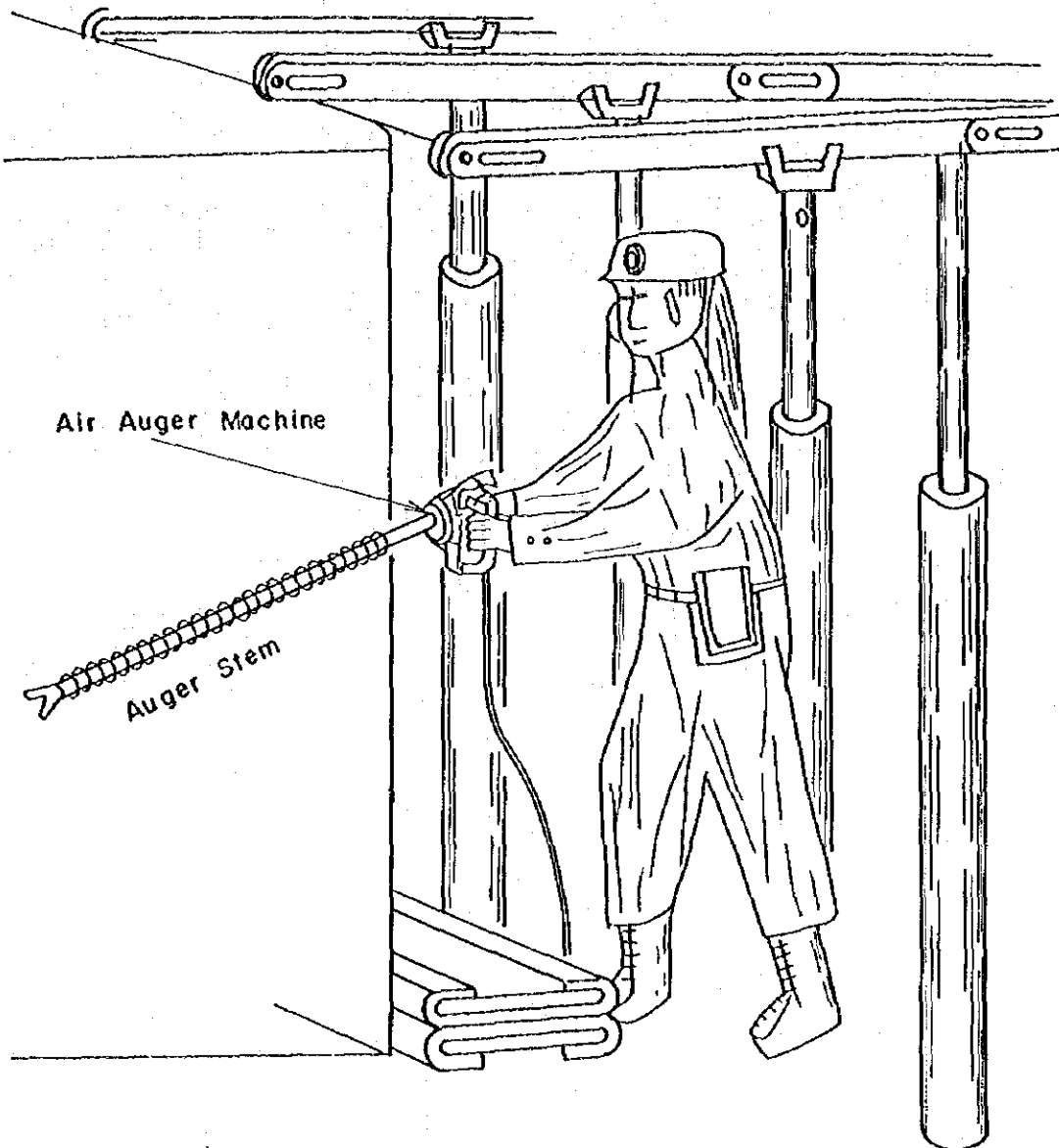
③ Moving D.C. Conveyor & Standing Hydraulic-Props



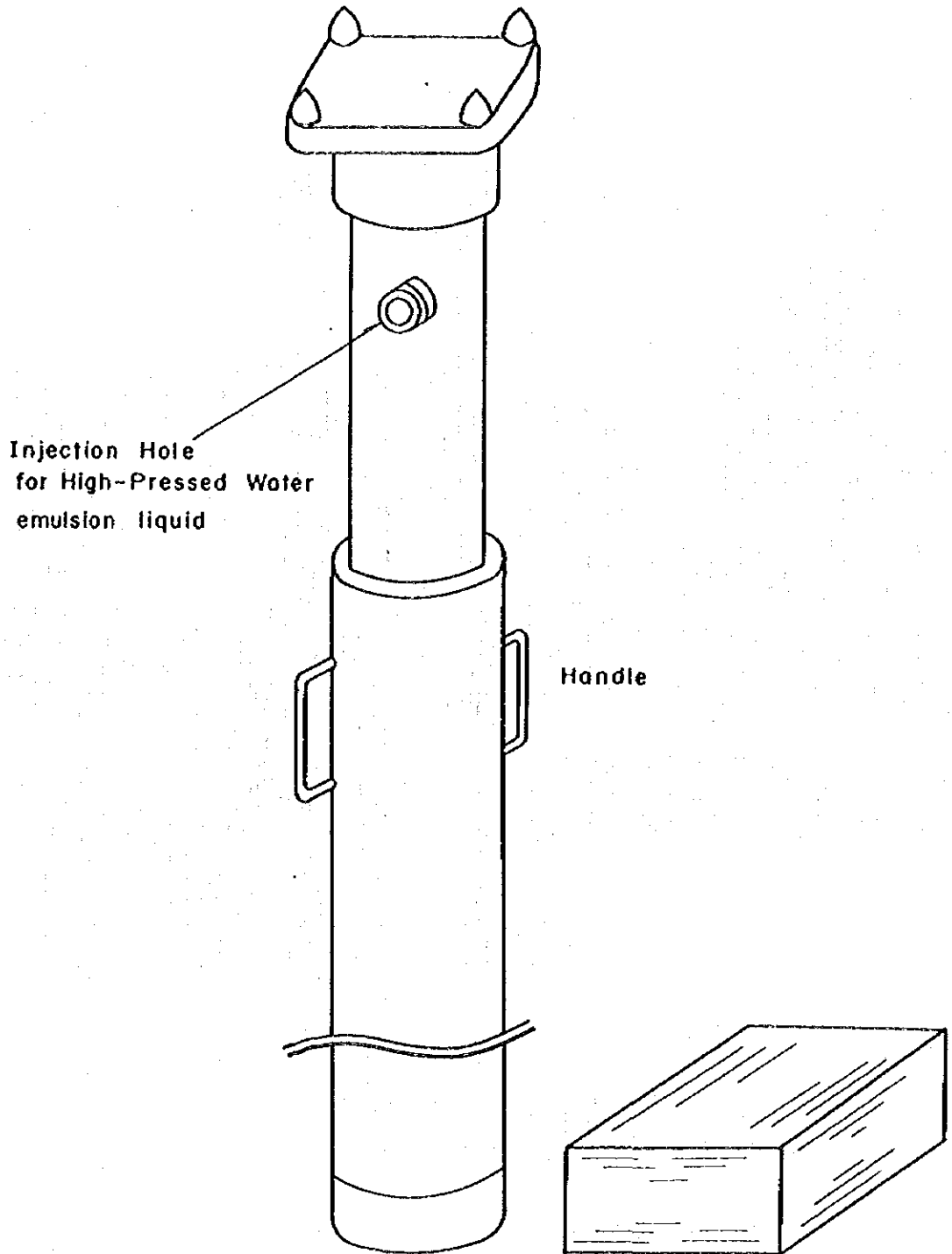
④ Removing Hydraulic Props & Link - Bars



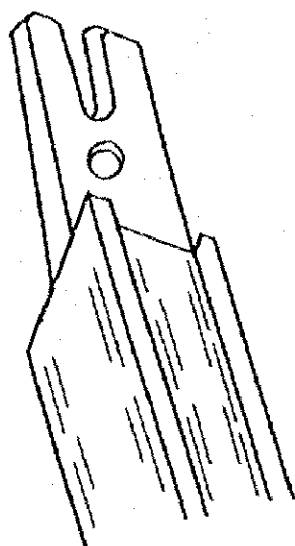
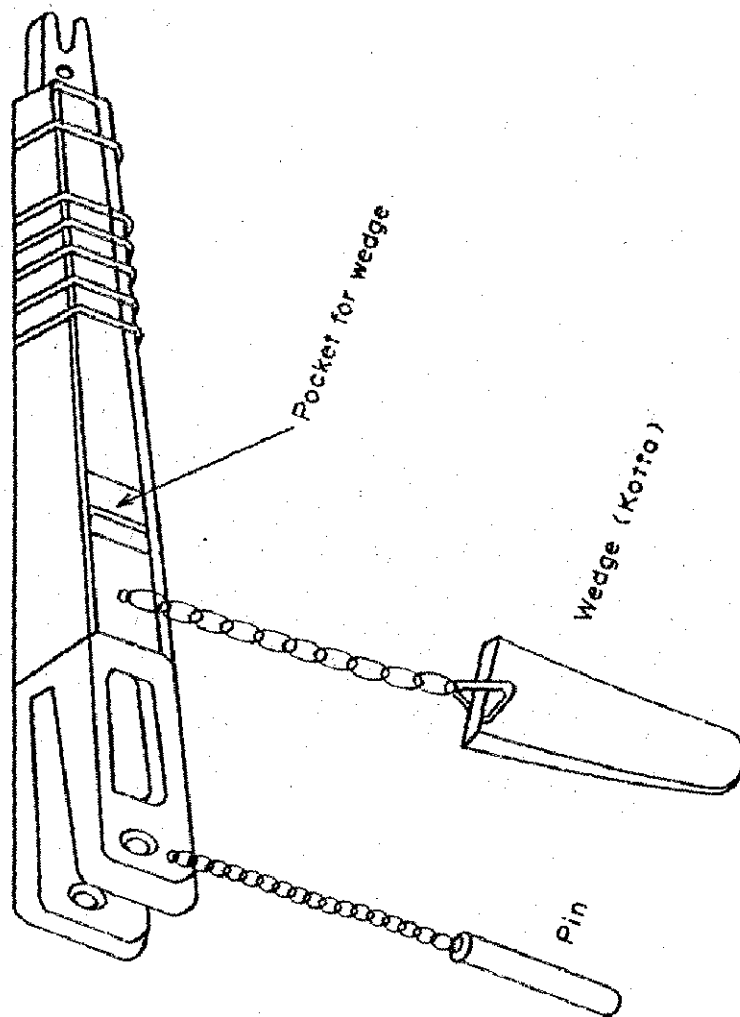
Making Bore Holes for Blasting



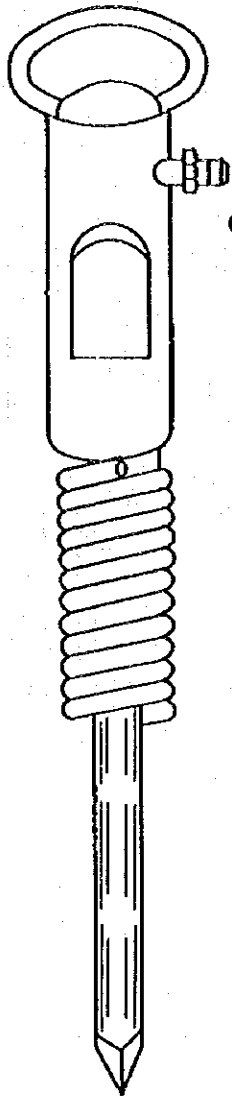
Hydraulic Prop



Link - Bar (Kappe)

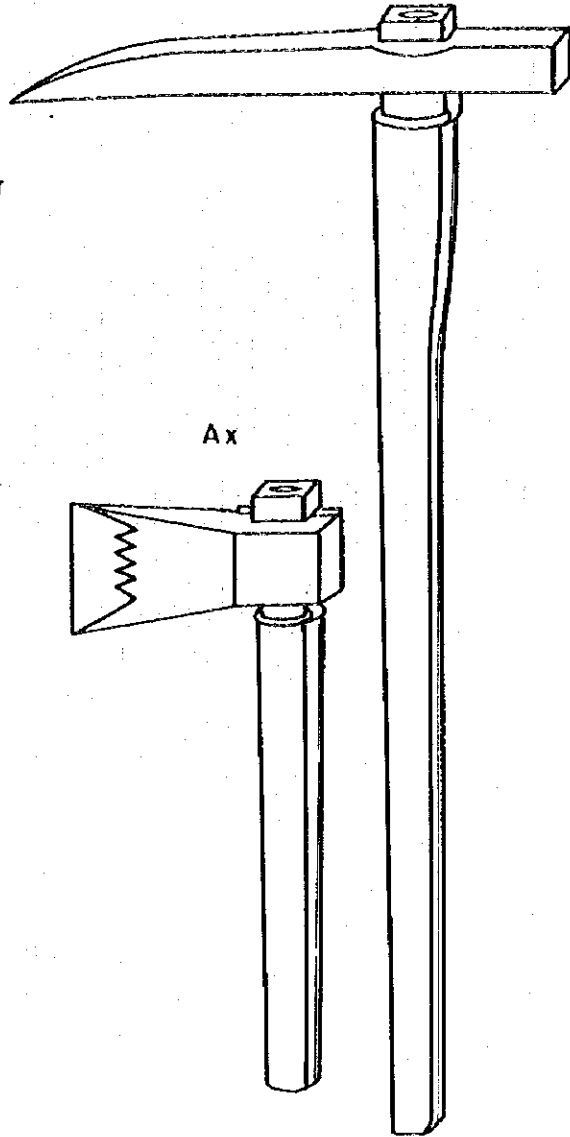


Cool pick

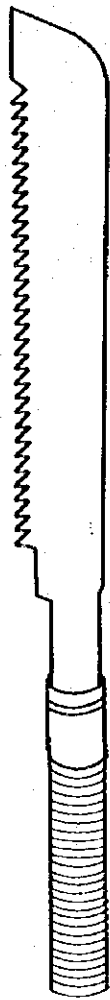


Compressed - Air Intake

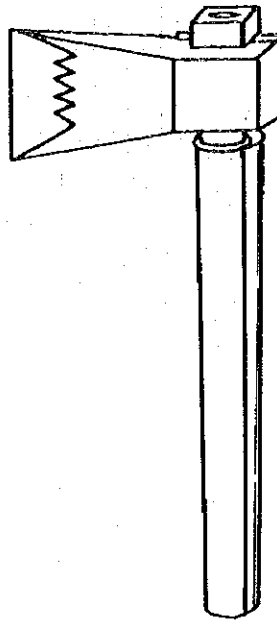
Pick



Saw



Ax



付録 3 メ・ラマオ地区採掘計画詳細

付録 3

採掘計画：露天堀、坑内堀 - メ・ラマオ地区

(1) 人員計画

1. 露天堀

1-1. Workforce at Shift-1

	Kind of works	Workers	Staff	Senior	S-Chief	S-Total	Total
D	Operator for Dozer	4					4
I	Operator for FEL	2					2
R	Operator for B-hoe	2					2
E	Driver for Truck	8					8
C	Driver for Grader	1					1
T	Helper	9					9
	Total: Direct Workers	26	1	1	1	3	29
I	Saftey Div			1		1	1
N	Mec & Elec Div.	4	2	1	1	4	8
D	Planing & Survey Div.	2	1			1	3
I	Warehouse	4	1			1	5
	Accountant, Other	6	2			2	8
	Total: Indirect workers	16	6	2	1	9	25
Mine Management							
Actual workforce Total		42	7	3	2	12	54
* : Attendance rate of workers : 90%							
	Direct	29	1	1	1	3	32
Resitersed Workforce	Indirect	18	6	2	1	9	27
	Total	47	7	3	2	12	59

Common workforce for O/P

Div. Chief	Manager	S-Total
1		1
1		1
1		1
1		1
1		1
4		4
	2	2
5	2	7

1-2. Workforce at Shift-2, Shift-3

	Kind of works	Workers	Staff	Senior	S-Total	Total
D	Operator for Dozer	4				4
I	Operator for FEL	2				2
R	Operator for B-hoe	2				2
E	Driver for Truck	8				8
C	Driver for Grader	1				1
T	Helper	9				9
	Total: Direct Workers	26	1	1	2	28
I	Saftey Div			1	1	1
N	Mec & Elec Div.	4	2	1	3	7
D	Warehouse	1	1		1	2
I	Accountant, Other	2	1		1	3
	Total: Indirect workers	7	4	2	6	13
Actual workforce Total		33	5	3	8	41

	Direct	29	1	1	2	31
Resitersed Workforce	Indirect	8	4	2	6	14
	Total	37	5	3	8	45

1-3. Total Workforce per Day

	Shift	Worker			Staff *			Total *		
		Direct	Indirect	Total	Direct	Indirect	Total	Direct	Indirect	Total
Actual	1	26	16	42	3	9	12	29	25	54
	2	26	7	33	2	6	8	28	13	41
	3	26	7	33	2	6	8	28	13	41
	Total	78	30	108	7	21	28	85	51	136
Registered	1	29	18	47	3	9	12	32	27	59
	2	29	8	37	2	6	8	31	14	45
	3	29	8	37	2	6	8	31	14	45
	Total	87	34	121	7	21	28	94	55	149

* In the above number, seven (7) staff in common with underground mine are not included

2. 坑内掘

2-1. Workforce at shift-1 (L/W: 1 team, Development: 2 teams)

	Kind of works	Workers	Staff	Senior	S-Chief	Di-Chief	MM,VMM	S-Total	Total
D I R E C T	Leader of Team	1							1
	Blasting	4							4
	Standing Props	6							6
	Removing Props	6							6
	Shoveling Coal	4							4
	Stable Room, other	4							4
	Sub-Total : L/W	25	2	1	1			4	29
	Roads Development	10	2					2	12
	Maintenance, other	20	2	1	1	1		5	25
	Total: Direct Workers	55	6	2	2	1		11	66
I N D I R E C T	Magazine		2					2	2
	Safety work	10	3	1	1	1		6	16
	Safety Div.	10	5	1	1	1		8	18
	U/G Transportation	8	2					2	10
	Slope Transportation	2		1				1	3
	Surface works	20	2	1	1	1		5	25
	Transportation Div.	30	4	2	1	1		8	38
	U/G Mec & Electric	10	2	1				3	13
	Surface Mec & Elec	8	2	1	1	1		5	13
	Mec & Elec Div.	18	4	2	1	1		8	26
	Planing & Survey Div.	6	4	2	1	1		8	14
	Warehouse	6	2	1	1			4	10
	Accountant, Other	30	6	3	3	1		13	43
Non-Technical Div.	36	8	4	4	1		17	53	
Total: Indirect Workers	100	25	11	8	5		49	149	
Mine Management							2	2	2
Actual Workforce Total		155	31	13	10	6	2	62	217
*2	Direct	65	6	2	2	1	-	11	76
Resistered Workforce	Indirect	111	25	11	8	5	-	49	160
	Total	176	31	13	10	6	2	62	238

Note : *1 Those who are related directly to production work.

*2 Resistered workforce = Actual workforce / Attendance rate.

Attendance rate : Direct workers - 85%, Indirect workers - 90%, Staff - 100%

(2). 生産原価

2-1 起業費：単位 US\$ (Exchange Rate : 1US\$ = 25 Baht)

2-1-1. 露天堀

1) Surface Facilities and Equipment

	Facility & Equipment	Number	Unit Price	Total	Memo
1	Main Building	1	500,000	500,000	Common use with U/G
2	Warehouse	1	300,000	300,000	Common use with U/G
3	Workshop	1	500,000	500,000	Common use with U/G
4	Clean Coal Bin	1	100,000	100,000	Common use with U/G
5	Hand-picking Facility	1	200,000	200,000	Common use with U/G
6	Water Supply Facility	1	200,000	200,000	Common use with U/G
7	Land Purchase	100 ha		1,000,000	*1
	Total Price			2,800,000	

*1 : According to a farmer at site , 30,000-40,000 Baht/rai .

100 ha = 625 rai 625*40000 = 25,000,000 Baht = 1,000,000 US\$

2) Mining Equipment

	Facility & Equipment	Number	Unit Price	Total	Memo	Life	Year to be invested
1	Bulldozer	3	500,000	1,500,000	D-155 306Hp	10	After O/P finish , no need
2	Bulldozer	1	350,000	350,000	D-85 228Hp	10	After O/P finish , 1 unit
3	Front End Loader	2	200,000	400,000	WA-300 2.5m3	10	After O/P finish , 1 unit
4	Back-hoe	2	200,000	400,000	PC-200	10	After O/P finish , no need
5	Off-road Truck	8	100,000	800,000		6	7th
6	Grader	1	150,000	150,000		6	7th
	Total Price			3,600,000			

3) Vehicles and Other Equipment at Surface

Common use with U/G

	Facility & Equipment	Number	Unit Price	Total	Memo	Life	Year to be invested
1	Commuter bus	2	100,000	200,000	Common use	8	9th, 17th, 25th
2	Service truck	2	35,000	70,000	Common use	8	9th, 17th, 25th
3	Patrol car	2	40,000	80,000	Common use	6	7th, 13th, 19th, 25th
	Total Price			350,000			

4) Total Initial Investment

1	Surface Facilities and Equipment	2,800,000
2	Mining Equipment	3,600,000
3	Transportation and Other Equipment at Surface	350,000
	Total	6,750,000

2-1-2. 坑内堀

1) Surface Facilities and Equipment

	Facility & Equipment	Number	Unit Price	Total	Memo
1	Explosives storage	1	200,000	200,000	
2	Air Compressor	2	300,000	600,000	300Hp*2
3	Raw Coal Bin	1	100,000	100,000	150T*1, Tippler
4	Main Fan	1	150,000	150,000	About 200Hp
5	Main Winding Machine	1	600,000	600,000	About 600Hp
6	Sub-Winding Machine	1	150,000	150,000	About 100Hp
7	Box or Arch Culvert	624	2,000	1,248,000	
	Total Price			3,048,000	

2) Safety Equipment

	Facility & Equipment	Number	Unit Price	Total	Memo	Life
1	Safety Lamp	400	500	200,000	YL2000	5
	Lamp Charger	10	12,000	120,000	YL-5240-40	-
2	CO Mask	400	115	46,000	SR-50	3
3	Dust Mask	400	30	12,000	Filter 2/year	3
4	Oxygen Measure	6	2,100	12,600	GO-25KS	5
5	Methane Detector(6%)	70	1,360	95,200	Toka	-
	Methane Detector(100%)	6	1,360	8,160	Toka	-
6	CO Detector	6	1,400	8,400	CM-600	5
7	Oxygen Apparatus	30	12,000	360,000	Rescue Team	-
8	Radio Communication	1	70,000	70,000		
9	U/G Telephone	1	50,000	50,000		
	Total Price			982,360		

3) Transportation

	Facility & Equipment	Number	Unit Price	Total	Memo	Life
1	Mine car	250	5,000	1,250,000	2m3	
2	Flat-car	10	5,000	50,000		
3	Men-ride slope-train	1	200,000	200,000		
4	Battery Locomotive	4	200,000	800,000	6T	
	Total Price			2,300,000		

4) Road Development

	Facility & Equipment	Number	Unit Price	Total	Memo	Life
1	Side-dumping Loader	4	250,000	1,000,000		
2	Chain Conveyor	2	50,000	100,000		
3	Local Fan	4	25,000	100,000		
4	Air Auger	8	1,500	12,000		
5	Rock Hammer	8	3,000	24,000		
6	Coal Pick	8	1,000	8,000		
7	Small Pump	20	2,000	40,000		
	Total Price			1,284,000		

5) Longwall Mining

	Facility & Equipment	Number	Unit Price	Total	Memo	Life
1	Hydraulic Prop	800	1,200	960,000	*2	6
2	Link Bar	800	300	240,000	*2	6
3	High-pressure Pump	2	150,000	300,000		
4	Armored Face Conveyer	2	70,000	140,000		
5	Chain Conveyer	2	50,000	100,000		
6	Air Auger	4	1,500	6,000		3
7	Rock Hammer	2	3,000	6,000		3
8	Coal Pick	6	1,000	6,000		3
	Total Price			1,758,000		

*2 : About 10% of numbers should be purchased every year because of loss and damage .

6). Others

	Facility & Equipment	Number	Unit Price	Total	Memo	Life	Year to be invested
1	Fixed Pump	2	30,000	60,000		10	
2	Small Back-hoe	4	50,000	200,000		6	
3	Survey Implements	1	50,000	50,000			
4	Boring Machine	1	70,000	70,000		6	
5	Grouting Pump	2	35,000	70,000		6	
				450,000			

7) Total Initial Investment

1	Surface Facilities and Equipment	3,048,000
2	Safety Equipment	982,000
3	Transportation	2,300,000
4	Road Development	1,284,000
5	Longwall Mining	1,758,000
6	Others	450,000
	Total	9,822,000

2-2 操業費：単位 US\$ (Exchange Rate : 1 US\$= 25 Baht)

2-2-1. 露天掘 (Annual production 200,000 tons)

1) Consumer Material Cost

(1). Fuel	: 8 litter/ton (Stripping Ratio 1 : 8 , 9 Baht/l = 0.36 US\$/l) 200,000 * 8 * 0.36 = 576,000 US\$/year	576,000
(2). Lubricant	: 10% of Fuel Consumption , 57,600 US\$/year	57,600
(3). Parts	: 15% of Mobil Equipment Price , 410,000 US\$	410,000
(4). Others	: 30,000 US\$/year	30,000
		1,073,600

2) Electric Power Cost (1.03 Baht/kWh = 0.04 US\$/kWh)

	days	kWh	24 hrs/day	kWh/Year	Unit Cost	Cost/Year
Working day	250	100	24	600,000	0.04	24,000

3) Personnel Cost

Worker : 238 Baht = 9.52 US\$/day

Staff : 8125 Baht = 325 US\$/month

	Wage	Salary	*1	*2	*3	*4	Total
Worker	9.52	-	2,380	595	2,975	121	359,975
Staff	-	325	3,900	975	4,875	35	170,625
							530,600

*1 : Basic pay / person / year

*2 : Overtime , Insurance , etc. 25 % of Basic pay

*3 : Total Pay / person / Year

*4 : Numbers of workforce

4) Total Operating Cost

	Total cost
1. Consumer Material Cost	1,073,600
2. Electric Power Cost	24,000
3. Personal Cost	530,600
4. Others	500,000
	2,128,200

Unit Operating Cost : 2,128,200\$ / 200,000tons = 10.64 \$/Ton

2-2-2 坑内掘

1) Consumer Material Cost for Road Development (Support distance : 1 m , US\$/m)

Material	Number	Unit Price	1st Step		Memo	2 st Step *
			Total	Total		Total
Steel Support	1	150	150		1 Set (3 pieces)	75
Bracing wood	10	1	10		10 ps (Left side 3 , Right side 3 , Roof 4)	10
Wood plate	24	2.5	60		24 ps (Left side 6 , Right side 6 , Roof 12)	60
Tension bar	10	2	20		10 ps (Left side 3 , Right side 3 , Roof 4)	10
Detonator cap	34	2	68		34 ps	68
Explosive	40	2	80		40 ps (200g /piece)	80
Rail	2	60	120		Including Fish-plate	60
Slipper wood	2	15	30		2 ps	30
Air pipe	1	12	12		Φ 4~8 inches	6
Water pipe	1	6	6		Φ 2 inches	3
Drainage pipe	1	6	6		Φ 2 inches	3
Power cable	1	80	80		Cable Cable	40
Others		20	20		Air hose , Water hose , Tamping-material	20
			662			465

* In later stage consumer material cost will reduce by means of reuse of some materials.
2nd Step : 50% of Steel Supports , Tension bars , Rails , Pipes , Cables are reused.

2) Consumer Material Cost For Longwall (US\$/Ton)

Material	Number	Unit Price	Total	Memo
Wood plate	0.01	400	4	m3/ton
Wire net	0.60	5	3	m2/ton
Detonator cap	1	2	2	piece
Explosive	1	2	2	piece
Others		1	1	Air hose , Water hose , Tamping-materials , etc
			12	

2-3. Consumer Material Cost for Road Maintenance (US\$/m)

Material	Number	Unit Price	Total	Memo
Steel Support	0.1	150	15	1 Set (3 pieces)
Bracing wood	10	1	10	10 ps (Left side 3 , Right side 3 , Roof 4)
Wood plate	24	2.5	60	24 ps (Left side 6 , Right side 6 , Roof 12)
Slipper wood	0.4	15	6	2 ps
Others		10	10	
			101	

4) Electric Power Cost (1.03 Baht/kWh = 0.04 US\$/kWh)

	days	kWh	24 hrs/day	kWh/Year	Unit Cost	Cost/Year	
Working day	250	1,200	24	7,200,000	0.04	288,000	
Unworking da	115	500	24	1,380,000	0.04	55,200	Ventilation, Drainage
	365			8,580,000		343,200	

5) Personnel Cost

From study 1993 (Mining Industry , Wage/day = 183 Baht , Salary/month = 6250 baht)
 Inflation rate% , 1997 base is 30% UP .

Worker : 238 Baht = 9.52 US\$/day
 Staff : 8125 Baht = 325 US\$/month

	Wage	Salary	*1	*2	*3	*4	Total
Worker	9.52	-	2,380	595	2,975	352	1,047,200
Staff	-	325	3,900	975	4,875	100	487,500
							1,534,700

- *1 : Basic pay / person / year
- *2 : Overtime , Insurance , etc 25 % of Basic pay
- *3 : Total Pay / person / Year
- *4 : Numbers of workforce

6) Total U/G Operating Cost

In case of 5th year

		Production	Unit cost	Total cost	
1	Consumer Material Cost for Road Development	(870m) 11,643	465	404,550	10.28%
2	Consumer Material Cost for Long Wall	102,538	12	1,230,456	31.28%
3	Consumer Material Cost for Road Maintenance	800	101	121,200	3.08%
4	Electric Power Cost			343,200	8.72%
5	Personal Cost			1,534,700	39.01%
6	Others (Parts of Machines , etc)			300,000	7.63%
		114,181		3,934,106	100.00%

Unit Running Cost : 3,934,106 / 114,181tons = 34.45 \$/Ton

7). Alternate Estimated Running Cost at Mae Lamao U/G (US\$)

* Instead of wood plates and iron net , it is possible to use bamboos (like as bamboo blind)

Consumer Material Cost : Road development

2nd Step : 50% of Steel Supports , Tension bars , Rails , Pipes , Cables are supplied by removed ones .

Material	Number	Unit Price	Total \$	Memo
Steel Support	0.5	150	75	1 Set (3 pieces)
Bracing wood	10	1	10	10 ps (Left side 3 , Right side 3 , Roof 4)
Bamboos	7	1	7	5 rolls (Left side 2 , Right side 2 , Roof 3)
Tension bar	5	2	10	10 ps (Left side 3 , Right side 3 , Roof 4)
Detonater cap	34	2	68	34 ps
Explosive	40	2	80	40 ps (200g /piece)
Rail	1	60	60	Including Fish-plate
Slipper wood	2	15	30	2 ps
Air pipe	0.5	12	6	Φ 4~8 inches
Water pipe	0.5	6	3	Φ 2 inches
Drainage pipe	0.5	6	3	Φ 2 inches
Power cable	0.5	80	40	Cable Cable
Others		20	20	Air hose , Water hose , Tamping-materials , etc
			412	

Consumer Material Cost : Long Wall (US \$/t)

Material	Number	Unit Price	Total \$	Memo
Bamboos	2	1	2	roll/ton
Detonater cap	1	2	2	piece
Explosive	1	2	2	piece
Others		1	1	Air hose , Water hose , Tamping-materials , etc
			7	

In case of 5th year

* Productivity becomes Japanes coal mine with similar natural condition .

=> Road : 2.5 times , Long wall : 2 times

		Production	Unit cost	Total cost
1	Consumer Material Cost for Road Development	(2,225m) 29,108	412	916,700
2	Consumer Material Cost for Long Wall	205,076	7	1,435,532
3	Consumer Material Cost for Road Maintenance	(1,600m)	101	161,600
4	Electric Power Cost			343,200
5	Personal Cost			1,534,700
6	Others (Parts of Machines , etc)			300,000
		234,184		4,691,732

Unit Running Cost : 4,691,732\$ / 234,184tons = 20.03 \$/ton

(3) 掘進計画

Passes	Cmd. code	Dir.(o)	Pres(O)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Main	cut	282	18,848	372m 330m					160m				160m				160m						
Subman	cut	372	18,886	372m 330m					160m								160m						
N-0L:A	cut	1,260	24,865	10m		960m 19m																	
N-0L:B	cut	1,240	24,470	10m		815m 274m																	
0L:A-bypass	cut	400		190m																			
0L:B-bypass	cut	190		210m																			
S-0L:A	cut	908	18,886	2,511m 290m																			
S-0L:B	cut	890	17,266	480m 400m																			
N-1L:A	cut	1,140	22,497	10m			500m 53m																
N-1L:B	cut	1,136	22,182	10m			210m 210m																
1L:A-bypass	cut	190		190m																			
1L:B-bypass	cut	210		210m																			
S-1L:A	cut	1,068	20,819	280m 274m																			
S-1L:B	cut	1,026	20,227	246m 278m																			
N-2L	cut	2,120	41,836						210m				925m 945m										
2L-bypass	cut	400							280m 170m														
S-2L	cut	2,070	40,849						1095m 1070m														
S-2L	cut	566	10,982																				
N-3L	cut	1,996	37,100											210m									
3L-bypass	cut	400												400m									
S-3L	cut	1,875	37,001																				
N-4L	cut	1,645	32,287																				
4L-bypass	cut	396																					
S-4L	cut	1,475	29,107																				
N-5L	cut	1,135	22,398																				
5L-bypass	cut	260																					
N-5L	cut	1,095	21,609																				

付録 4 プラエ堆積盆の第三系鉞床プラエ層

The Tertiary deposits-Phrae Formation-in the Phrae Basin

Jiro Muraoka¹, Somchai Poom-Im² and Kazuo Dinsohita³

¹Mitsubishi Materials Corporation, 4-6-23, Takanawa, Minato-ku, Tokyo, Japan;

²Department of Mineral Resources, Rama VI., Ratchathewee, Bangkok, Thailand;

³Mitsui Mining Engineering Co., Ltd. 2-1-1, Nihonbashi-Muromachi, Chuo-ku, Tokyo, Japan.

ABSTRACT

Coal exploration in the Phrae Basin by means of geological mapping, drilling and interpretation of seismic profiles has revealed its Cenozoic stratigraphy. The Phrae Formation-new denomination to the Tertiary deposits-is unconformably overlain by Quaternary fluvial deposits. The Phrae Formation forms peculiar landscape in the wellknown national park; namely Phae Mueng Phi, which was previously undetermined in geologic age.

The Phrae Formation is subdivided into fan and occasionally intercalated lacustrine lithofacies.

The fan lithofacies consist of severely weathered breccias of argillaceous rocks derived from the basement with frequent intercalations of thin fluvial conglomerate. As being observed in the national park, weathered breccias form homogeneous gritty mudstone. However visual observation of drilled cores revealed that the breccias gradually become fresh toward the basement.

The lacustrine deposits are characterized by sandstone, mudstone and lignite beds with calcareous concretion, molluscan fossil bed and sedimentary structures such as laminae and fining upward.

INTRODUCTION

Under the agreement between the Japan International Cooperation Agency and Department of Mineral Resources, Ministry of Industry of the Government of the Kingdom of Thailand, the study team which consists of geologists of both countries has been conducting coal exploration in the Phrae Basin since 1995.

The previous geological literature of the Phrae Basin is restricted to the geological maps of Geological Survey Division, Department of Mineral Resources. The published one of scale 1:250,000 describes the significantly large area of Tertiary rocks in the northeastern basin. However the new one of 1:50,000 which is unpublished yet describes Quaternary deposits throughout the basin. The outcrops in the northern and periphery of the basin are determined to be Tertiary correlating to the

lithofacies of boreholes which were drilled in the southern basin. Tertiary stratigraphy of the intermontane basins in the northern Thailand is typified at the Mae Moh Basin, and similar stratigraphy is recognized in several basins. It is subdivided into basal conglomeratic facies, coal-bearing facies and lacustrine argillaceous facies in the ascending order. However quite different stratigraphy of fan deposits with occasional intercalations of lacustrine deposits is identified in the Phrae Basin. Also previously undetermined geologic age for the outcrop of the national park is determined to be Tertiary.

GEOGRAPHY

The Phrae Basin is located approximately 480 km north of Bangkok as shown in Figure 1. The basin is elliptic with NNE-SSW long axis of 60 km and WNW-ESE

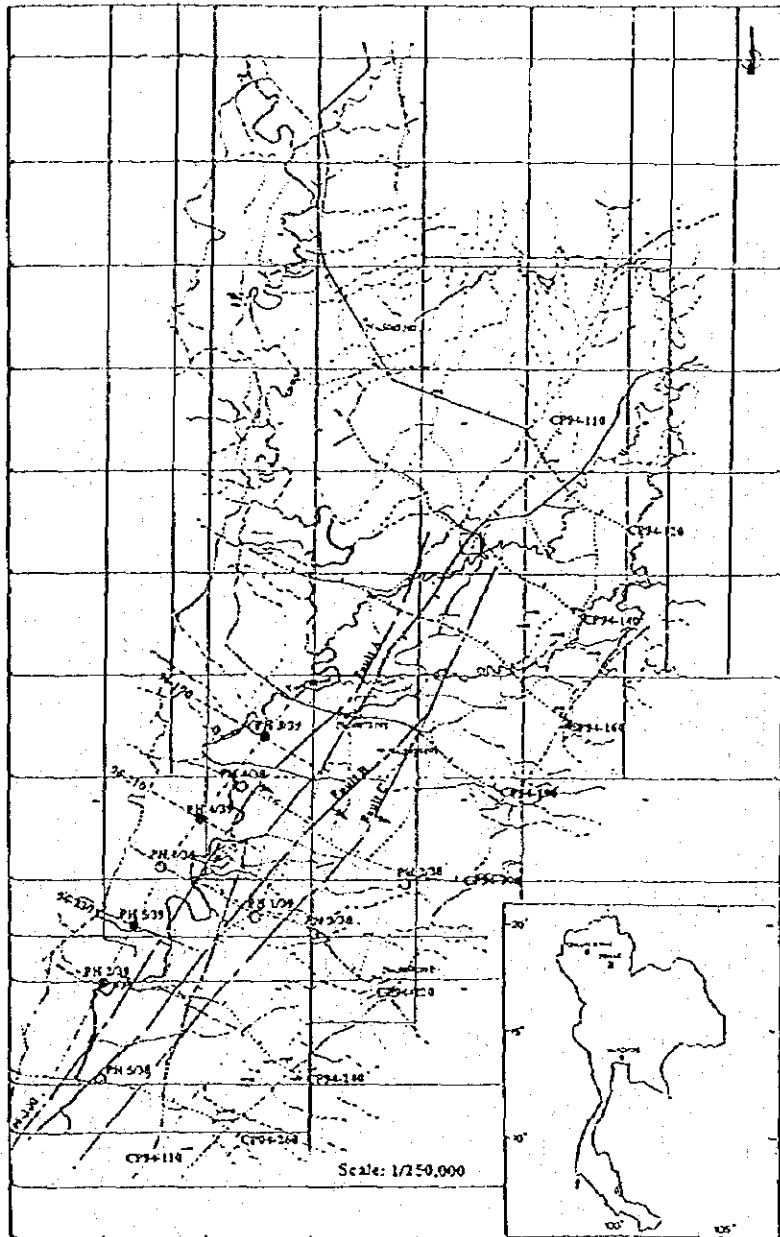


Figure 1 Location of the Phrae Basin.

short axis of 15 km with a subbasin stretching 20 km toward north. The basin is surrounded by relatively gentle mountain ranges ranging from 500 m to 1,000 m in altitude. The surface of the basin is a nearly flat slope ranging from 200 m at the north and 150 m at the south in altitude. The basin consists of northeastern gentle hilly area and another flat area. The Yom River (Mae Nam Yom) flows from the northern subbasin to the western side of the basin and gathers its

tributary systems, which flow into the basin from east and west.

The northeastern hilly area is utilized for extensive farming for maize, sugar cane and stock farming. The other flat area is utilized exclusively for paddy fields and housing. For the purpose of rice farming, water resources are utilized with the well developed irrigation systems such as dams and canals throughout the basin.

STRAIGRAPHY

Stratigraphy of the Phrae Basin is subdivided as follows:

<i>Geologic age</i>	<i>Deposits</i>
Quaternary	Alluvium
	Residual deposits & Superficial deposits
	Diluvium
	~~~~ Unconformity
Tertiary	Phrae Formation
	~~~~ Unconformity
Triassic~	Ratburi Group~
Silurian	Donchai Group (basement for the Tertiary deposits)

Ratburi, Mae Tha and Donchai Groups

The Phrae Basin is surrounded by mountain ranges of basement rocks, which consist of three groups ranging from Silurian to Triassic in geologic age. According to the geological map of scale 1:250,000 the basement rocks comprise mainly of argillaceous rocks such as shale with a minor amount of sandstone, chert, limestone, quartzite, tuffaceous rocks and acidic tuff. These basement rocks were eroded and deposited in the Phrae Basin forming the Phrae Formation. Most of Coarse clastics in the Phrae Formation are slate or phyllite with additional amount of chert, quartzite and limestone. In the northeastern part of the basin, an outcrop which consists of slate with quartzite breccias was observed. It looks like tillite or turbidite (Fig.4). Further detailed mapping will be able to determine its origin.

Phrae Formation

The Tertiary formation in the Phrae Basin has not been denominated yet. Due to its difference in lithofacies from Mae Moh which represents the standard lacustrine stratigraphy of the intermontane coal basins in northern Thailand, the Phrae Formation is proposed to denominate the Tertiary formation. The difference in lithofacies is shown in Table 1.

Fan lithofacies

Gritty mudstone with consists of mud and a little amount of granules of chert in the national park (Fig.2 and 5) and outcrops along the western periphery (Fig.6) was geologically

unbelievable due to its incompatible two components i.e. mud and granules. It is understood that mud was transported by suspension and deposited under the low energy regime compared to granules, which were transported by bed load and deposited under the strong energy regime.

This question was solved by visual logging of the borehole cores, which were recovered from 6 boreholes in the southern part of the basin. As shown in Figure 7 and 8, the shape of weathered breccias of slate of phyllite gradually became apparent toward deeper the boreholes. And finally the slightly weathered bedrock of phyllite was recovered as shown in Figure 9. Then gritty mudstone of the outcrops was concluded to be extremely weathered breccias of argillaceous rocks. Same deposits of phyllite breccias were observed at the foothills of the surrounding mountain ranges. Where breccias were deposited thick and form detritus.

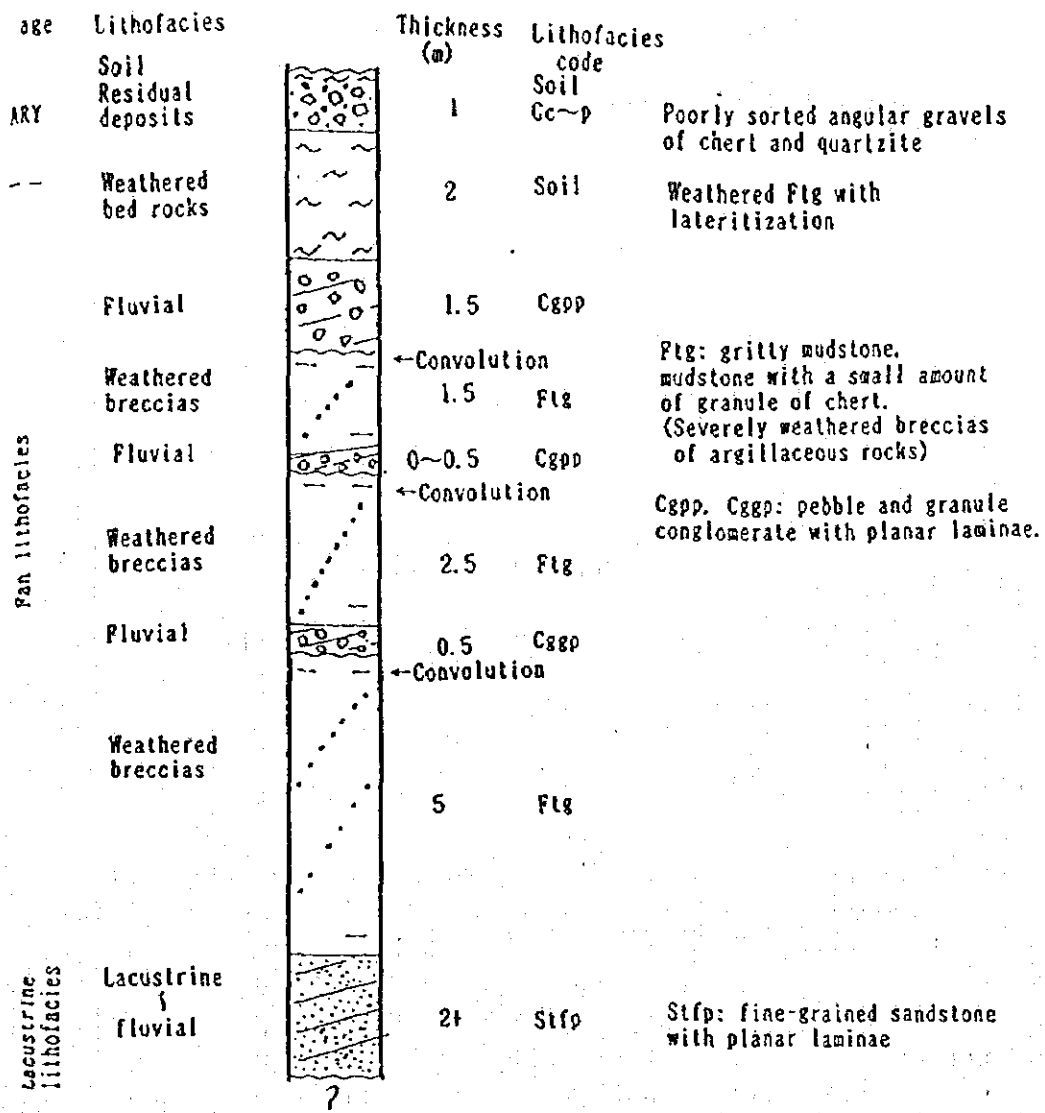
The same weathered breccia bed was observed at the base of the Huai Luang Formation at Mae Moh Mine (Fig.10). The weathered breccia bed which also contains well rounded quartzite pebbles rests disconformably on the lignite-bearing Na khaem Formation. Due to little difference in geologic structure for the both formations, disconformity is rather applicable than unconformity to this boundary.

The weathered breccia bed (gritty mudstone) frequently intercalates thin conglomerate with consists of chert and quartzite gravels ranging from cobble to sand in size as shown in Figures 5 and 11. Low angle planar laminae in it and convolution at the bottom suggest transportation and deposition under the strong energy regime.

The weathered breccia bed, which is similar to Recent detritus, and the intercalated thin conglomerate bed indicate their lithofacies of fan.

Lacustrine lithofacies

The fan lithofacies occasionally intercalates the interval, which consists of well bedded, laminated or massive sedimentary rocks such as sandstone (Fig.12 and 13), mudstone and lignite in addition to thin fan lithofacies. Also the molluscan fossil bed,



Scale 1:100

Figure 2 Lithofacies log of the outcrop in the national park.

calcareous band and carbonaceous laminae in this interval indicate lacustrine environment. However fining upward sandstone was probably deposited along the fluvial channels and small deltas in the marginal area of lacustrine environment. In the Phrae Basin, the lacustrine lithofacies is detected by seismic exploration as strong reflectors, and fan lithofacies are homogeneous zone in general. The lacustrine lithofacies is interpreted to occur from L-2, L-1, LA, LB, LC and LD in the ascending order as shown in Figure 3. Reflectors of the seismic profiles are correlated to the borehole logs as shown in Plate 1. The lacustrine lithofacies generally intercalates carbonaceous mudstone

and lignite bed. Especially LB and LC intercalate the relatively thick lignite beds in the southwestern part of the basin.

Geologic age of the Phrae Formation was determined to be from not older than Miocene to not older than Middle Miocene in the ascending order by palynological analysis.

Diluvium

The previous geological maps describe large areas of the Pleistocene Mae Taeng Formation as terrace deposits mainly in the northern part of the basin. However many outcrops of the Phrae Formation were found in the area as shown in Figure 13. The terrace

Table 1 Different lithofacies of the Phrae Formation in the region.

Mae Moh Basin Quaternary ~~~~~~ Unconformity Huai Luang Form. Red mudstone (C) Thin conglomerate ^(w) ~~~~~~ Disconformity Na Khaem Form. Lignite-bearing (B) Huai King Form. Coarse clastics (A) ~~~~~~ Unconformity Permo-Triassic basement	Phrae Basin Quaternary ~~~~~~ Unconformity Phrae Form. Fan deposits with occasional intercalations of lacustrine deposits ~~~~~~ Unconformity Silurian ~ Triassic basement
--	---

(w) weathered conglomerate or detritus. Gravels and breccias in these deposits were weathered to mudstone due to their composition of argillaceous rocks such as slate of phyllite.

- (A) Conglomeratic facies
- (B) lignite-bearing facies
- (C) Lacustrine argillaceous facies

deposits were identified at two outcrops in the northwestern area and four boreholes in the southern area. At an outcrop of the northern side of highway 103 (Outcrop No. 5082102, Fig.14), a thick well rounded and sorted cobble bed unconformably rests on the steeply dipping bioturbated sandstone of the Phrae Formation. The other outcrop is observed at the western bank of a dam in the northern subbasin (Outcrop No. 5082501), where a cobble bed unconformably rests on the Phrae Formation. In the southern area, four boreholes which drilled from the paddy surface level penetrated the gravel bed of significant thickness ranging from 260 m to 65 m. Geophysical logs indicate several repetitions of the fining upward deposits.

The occurrence of gravel bed indicates the distribution of the Diluvium mainly in the western part of the basin under the Yom River (Mae Nam Yom).

Residual deposits

The outcrops of the Phrae Formation are mostly underlain by poorly sorted angular gravels of mainly chert and quartzite as shown in Figure 15. Gravels do not have sedimentary structure at most of the outcrops, but vague troung lamination was observed at some outcrops as shown in Figure 15. This gravel bed is concluded that gravels contained in the fan

lithofacies, especially fluvial conglomerate, remained through weathering at the land surface as residual deposits. On the other hand, mud which were formed from severely weathered breccias derived from basement of argillaceous rocks was washed out.

This gravel bed might be slightly transported locally during heavy rain forming vague troung lamination. Such kind of residual deposits by weathering are, in general, eliminated in geological map.

Alluvium

except paddy field and talus along the periphery of the basin, the significant Recent deposits have not been observed in the basin due to intrenching nature of the Recent rivers. Probably the river system in the basin formed thin natural levee sand deposits along the existing of abandoned channels. The older housing sites which extend along meandering lines in paddy field might be selected on these levees.

GEOLOGIC STRUCTURES

As shown in Figure 3, main geologic structures are determined by progressing exploration with interpretation of the previous seismic profiles. They are as follows:

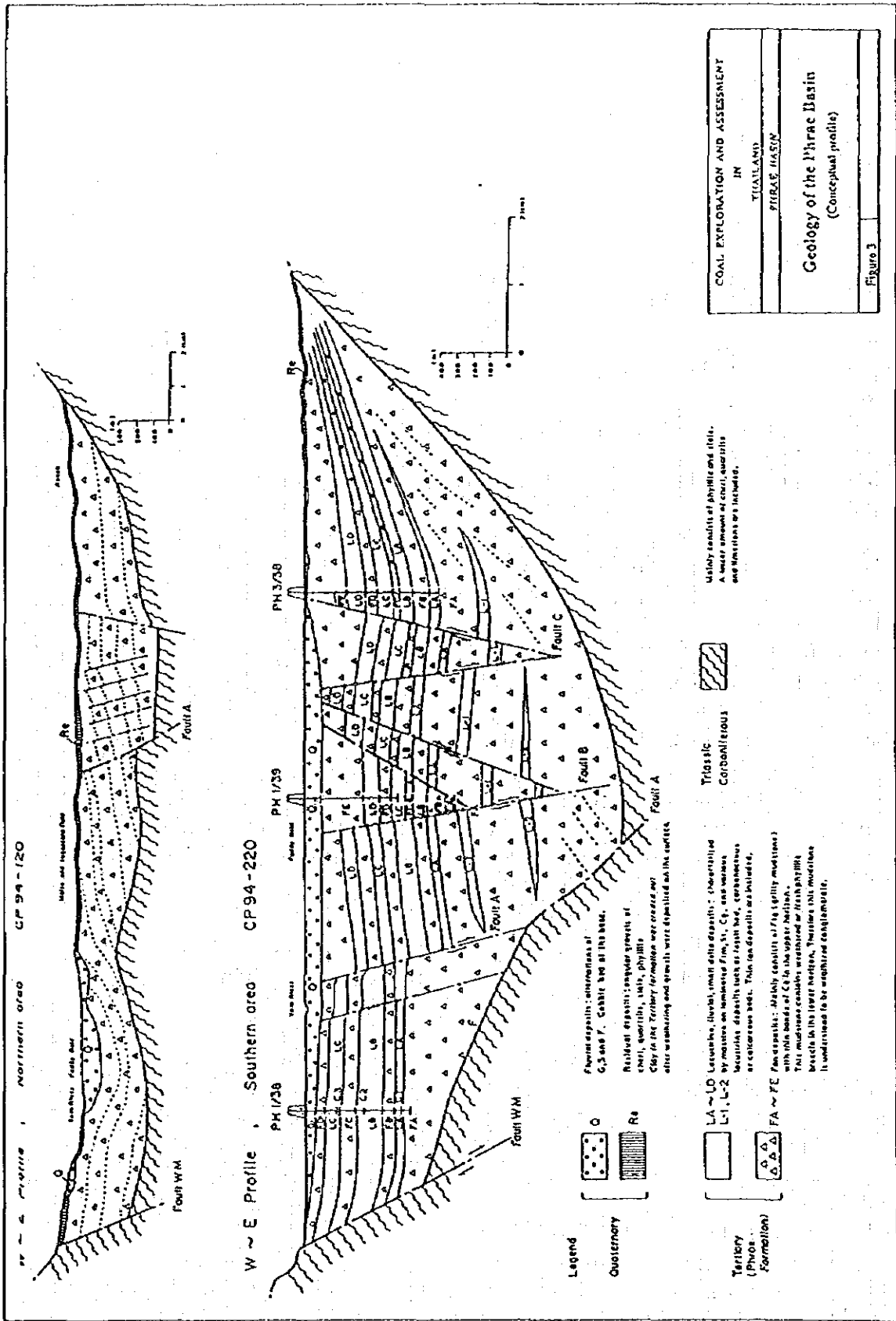


Figure 3 Geology of the Phrae Basin (Conceptual profile).

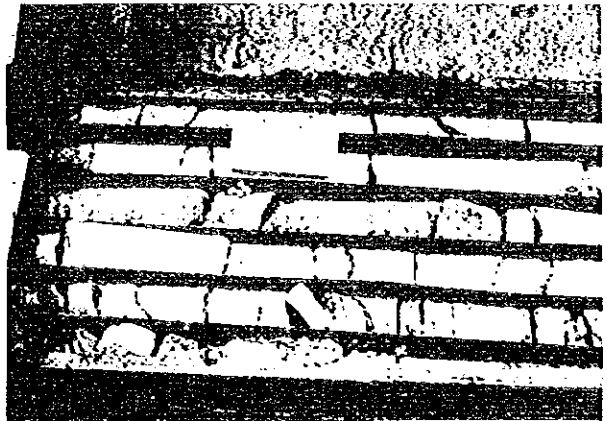
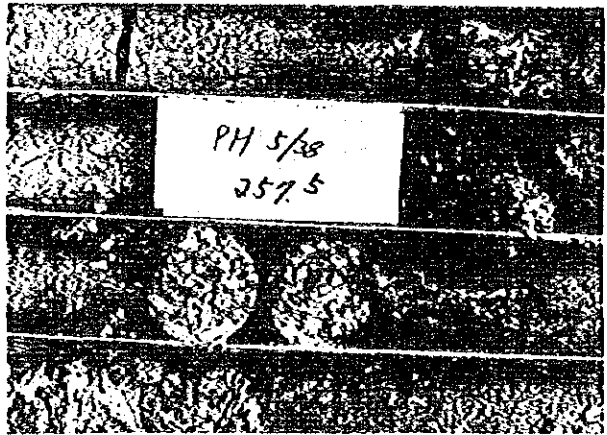
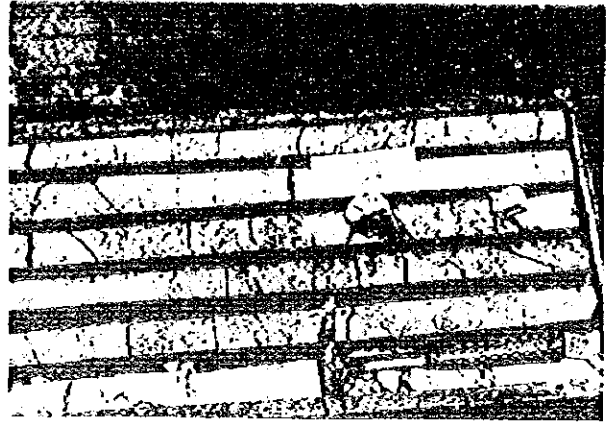


Figure 4 (top) Outcrop of the basement, slate with quartzite breccias.

Figure 5 (center) Outcrop of the Phrae Formation, gritty mudstone with intercalated thin conglomerate in the national park.

Figure 6 (bottom) Outcrop of the Phrae Formation at the western periphery of the basin.

Figure 7 (top) Weathered breccias of argillaceous rocks, PH2/38-613.8 m.

Figure 8 (center) Ditto, PH5/38-257.5m.

Figure 9 (bottom) Phyllite, basement of the Phrae Formation, PH2/38-685.3 m.

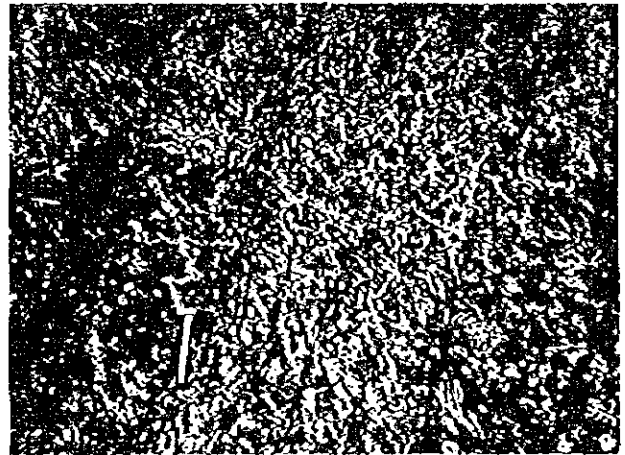
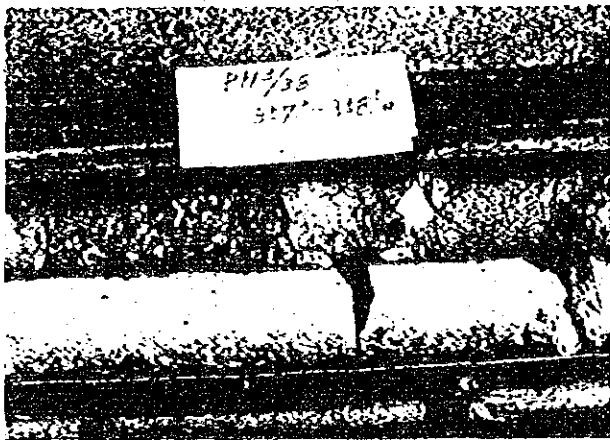


Figure 10 (top) Weathered breccias at the base of the Huai Luang Formation at Mae Moh Mine.

Figure 11 (center) Fluvial gravel bed in fan lithofacies, PH3/38-357 m.

Figure 12 (bottom) Sapropelitic massive fine-grained sandstone in lacustrine lithofacies of the Phrae Formation, PH3/38-507.3 m.

Figure 13 (top) Outcrop of the Phrae Formation at outcrop No.5073101 in the centre of the basin.

Figure 14 (center and bottom) Outcrop of Diluvium which unconformably rests on the steeply dipping Phrae Formation at outcrop No.5082102 in the northern area.



Figure 15 Outcrop of the residual deposits which suggest slight transportation of gravels at outcrop No.5080201 in the southeastern area.

The eastern periphery of the basin

The seismic profiles reveal the Phrae Formation of its gradual thinning, steeply dipping and abutting against the basement at the eastern periphery of the basin.

The western periphery of the basin

The seismic profiles reveal that Fault WM (Western Margin Fault) delineates the western periphery. Therefore the Phrae Basin is concluded to be a typical semi-graben basin.

Fault A

Fault A is revealed by the seismic profiles passing the western side of the basin (approximately along the Yom River) from NNE to SSW as shown Figure 3. The western side of Fault A, between Fault WM and Fault A, is rather flat and stable compared to the eastern side. The restricted occurrence of the lowermost Phrae Formation to the eastern side of this fault suggests an initial geologic structure which originated the Phrae Basin.

Fault B and Fault C

These faults are revealed by the seismic profiles occurring parallel to Fault A. The conjugated faults which dip toward NNW are also revealed in the seismic profiles.

SEDIMENTARY ENVIRONMENT

The dominating fan lithofacies of the Phrae Formation indicates that the subsidence of the basin was incessantly filled up with breccias derived from the basement. Compared

to other basins which consist of thick lacustrine argillaceous deposits, the hinterland of the Phrae Basin might be uplifting fast so as to be able to supply breccias incessantly. Fan lithofacies seems to be more dominant in the northern and eastern side of the basin. During the deposition of fan, many fluvial channels frequently transported siliceous gravels probably from faraway and distributed them on the fan surface forming conglomerate beds.

When supply of breccia lessened, lacustrine and fluvial lithofacies might be deposited in ephemeral lakes formed at the foot of fans. Lacustrine and fluvial lithofacies were also observed in the northern and eastern part of the basin as shown in Figures 2, 13 and 14. But the lignite beds occur mainly in the southern part of the basin. Especially the relatively thick lignite beds were drilled in the southwestern part. The eastern side of Fault A seems to have been subsiding faster than the western side and did not have calm periods to sustain peat swamp long enough to grow thick lignite beds.

REFERENCES

- Geological Survey Division, 1971, Geological Map of Thailand Scale 1:250,000 Changwat Lampang Sheet (NE 47-7), DMR.
- Geological Survey Division, Geological Map of Thailand scale 1:50,000, F50453 sheet 5045 III, Changwat Phrae Quadrangle and F50454 sheet 5045 IV, Amphoe Song Quadrangle (unpublished).
- Petroleum Authority of Thailand, 1994, Seismic profiles of the Phrae Basin (unpublished).
- Ward, C.R., 1991. Mineral matter in low-rank coals and associated strata of the Mae Moh basin, northern Thailand, *Int. J. Coal Geol.*, v.17, 69-93.

JICA