

インドネシア共和国
バンコ炭有効利用計画調査
ガス化技術の選定に関する
報告書(案)

昭和59年12月

国際協力事業団

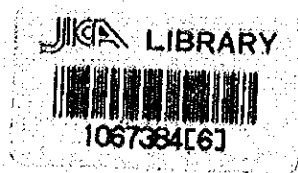
インドネシア共和国バンコ炭有効利用計画調査
ガス化技術の選定に関する報告書(案)

昭和59年12月

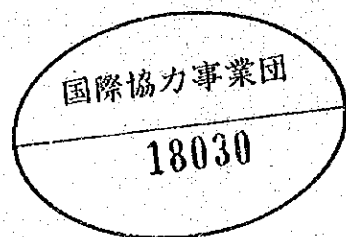
国際協力事業団

102
67
101
BRARY

設計工
067
84



18030



バンコ炭有効利用計画調査
ガス化の選定に関する報告書
—— 要 旨 ——

1. バンコ炭有効利用計画調査の概要

日本国政府は、インドネシア政府の要請に基づき、同国南スマトラに賦存するバンコ炭の有効利用計画に係るフィージビリティ調査を行なうこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

調査の概要は次のとおりである。

1) 調査の種類；海外開発計画事業

2) 調査実行機関

日本側；国際協力事業団（JICA）

インドネシア側；科学技術評価応用庁（BPPT）

3) 調査の目的；南スマトラ・バンコ地域に賦存する褐炭の有効利用計画の策定

4) 調査の対象；南スマトラ・バンコ炭

（輸送が困難な褐炭）

5) 主たる目的；合成燃体燃料・化学品の生産

6) 利用技術；褐炭のガス化とガスの合成

7) 調査方法と期間；第1段階・戦略的調査・1年

第2段階・ガス化試験調査・2.5年

第3段階・フィージビリティ調査・1.5年

8) 調査の範囲

イ) インドネシアにおける石炭、合成燃料および化学品の需要調査。

ロ) バンコ炭の賦存量・品質およびその採炭コスト調査。

ハ) 小規模ガス化試験設備を用いた、バンコ地域の各種褐炭のガス化特性の把握。

ニ) バンコ炭有効利用計画マスタープランの立案。

ホ) フィージビリティスタディと開発計画の提言。

2. 戦略的調査（第1段階）の目的と方法

(1) 調査の目的

昭和59年度に実施されている戦略的調査は、本計画に関連する基礎的要素情報を広く収集し総合的見地から解析して、バンコ炭有効利用に関する基本構想を策定することである。

(2) 調査の方法

本計画調査は世界的にも実施例の少ない新しい調査分野であり、また資源性状、石炭およびその誘導品の市場（ニーズ）がガス化技術の選択に影響を及ぼすことから調査領域は広く複雑である。

従って戦略的調査においては下記のように基本計画立案の基礎となる各要素の調査を行った上で、これらの要素を慎重に吟味して基本構想を立案するよう計画されている。

1) 本計画調査の背景ならびに誘導品市場調査

（ 5、 6月、第1班担当）

2) 石炭資源ならびに採炭コスト調査

（ 7、 8月、第2班担当）

3) バンコ褐炭の利用技術調査

（ 9、～12月、第3班担当）

4) バンコ炭有効利用計画基本構想調査

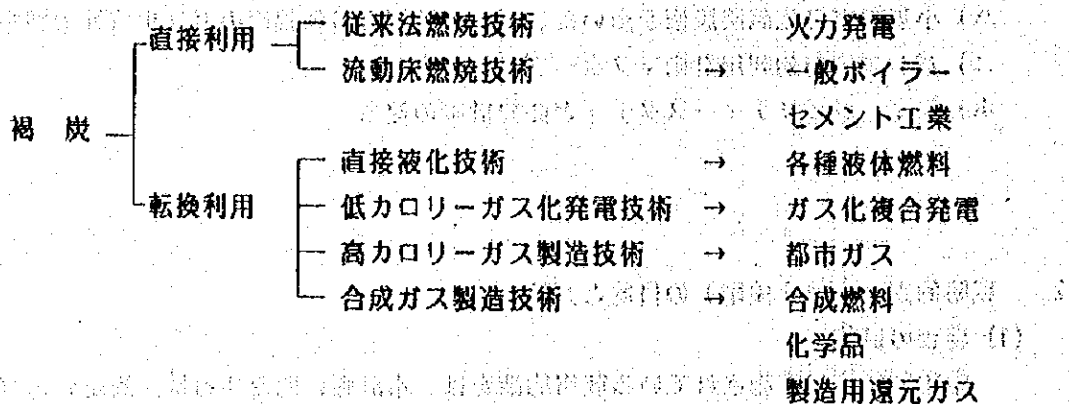
（昭和60年1～3月、第4班担当）

バンコ炭の利用計画は、上記の1)および2)による資源と市場の調査結果を基礎に、これらに適するガス化技術を3)で調査・選択し、4)で総合的に相立てられる。

3. バンコ炭利用技術の選定方法

(1) バンコ炭の利用技術体系の選定

バンコ炭は、褐炭であるためコークスの原料としては使用出来ず下記の範囲が利用方法の調査対象となる。



このうち転換利用—直接液化は、将来有望な液体燃料の生産手段と期待されるが、現時点では技術開発の初期段階にあることから調査の対象外とし、直接燃焼利用お

およびガス化利用を調査の対象として選定した。

(2) バンコ炭のガス化技術の選定

石炭のガス化技術は石油危機を契機に第2世代技術と呼ばれ多くの新しい技術が開発されている。これらのガス化技術はそれぞれ異なった固有のガス化特性を持っており、バンコ炭への適否はバンコ炭の品質と目的とする生成ガスの用途に基づき評価する必要がある。

従って、バンコ炭のガス化技術の選定は、第1班による市場調査により選択される生成ガスの用途と第2班によるバンコ炭の品質調査に基づき、第3班によってこれらに適する技術を選定するよう計画されている。

A. 基礎事情ならびに褐炭とその誘導品の市場調査結果要旨

(1) 本調査の基礎事情調査

1) 原油の役割

インドネシアの原油生産能力は、約160万バレル/日と見積られ、1983年度の石油輸出額は、全輸出額の64%を占めた。

2) 国内エネルギー消費動向

国内のエネルギー消費は、'72-82年の10年間で年率13.6%の高い伸びを示し、エネルギー消費に占める石油の依存度は80%に達した。この結果、石油輸出量は生産能力の鈍化もあって1977年をピークに減少傾向にある。

3) エネルギー政策

政府は第4次5カ年計画(REPELITA-IV)で石油以外の代替エネルギーの開発・導入と省エネルギーの促進をはかり、石油依存度を1988年末で現状の78%から62%へ低下せしめる計画である。また、同計画における経済成長は年率5%、エネルギー消費は同7%と想定されているが、石油の伸びは同3%以下と見積られている。その結果、石油輸出余力は今後100万バレル/日以上を確保できると想定されている。

4) 石炭利用政策

REPELITA-IVでは、石炭、水力、地熱といった代替エネルギーの開発が大幅に拡大することになっているが、とりわけ石炭の開発には最も力が注がれる計画となっている。

(2) バンコ炭からの誘導品市場調査

1) 直接燃焼利用

今後10年間に約5,000MWの石炭火力の建設計画があり、バンコ炭の電力用炭としての利用は極めて有望である。しかし、バンコ炭は長距離輸送が困難なことから山元での直接燃焼ないしはガス化複合サイクルによる発電の可能性調査が必要である。

2) 燃料メタノール(特定用途向)

合成ガスからのメタノールの生産は、石油代替燃料として有望である。ことに、発電用に国内で大量に消費されているディーゼル油に代替して利用されれば国内における経済効果は非常に大きい。

3) ガソリン混合用メタノール

欧米を中心にこのところメタノールを自動車ガソリンの代替燃料として利用する動きが活発になっており、インドネシアでも自動車ガソリンに使用することは将来の市場として有望である。

4) 肥料

現在、国内の肥料需要は年率10%の高い伸びを示している。肥料生産の原料は天然ガスが使用されているが、その価格は政策的に極めて低い水準に置かれている。したがって、将来ガス価格を国際水準まで引き上げるような是正策がとられれば、石炭からの合成ガスを利用した肥料生産が、一定の市場を得ることは可能であろう。

5. バンコ炭資源とその採炭コスト予備調査結果要旨

(1) バンコ炭の埋蔵量と品質

バンコ地域での石炭探査は、1974～78年の間にシェル社により実施された。

当調査結果によれば、採炭深さを100m以内とした場合の確認埋蔵量、剥土比およびその品質は次のとおりである。

地区名	確認埋蔵量 百万トン	剥土比 $m^3/t \cdot 石炭$	品質
ブロックA (バンコ北西 地区)	129.5	2.0	全水分 28~35% 灰分含有量 4~16% (ドライ)
ブロックB (バンコ西およ び中央地区)	178.5	1.5	揮発分含有量 40.5~48.5% (ドライ)
ブロックC (バンコ中央 地区)	127.5	2.5	硫黄含有量 0.15~2.4% (ドライ)
合計	435.5		発熱量 6,100~7,100Kcal /kg (ドライ)

(2) バンコ炭の性状

- 1) バンコ炭は輸送および貯炭中に自然発火をし易く、また粉炭になり易いことおよび水分の含有量が多いため輸送困難な褐炭 (Nontransportable brown coal) である。
- 2) バンコ炭は灰分中に多量のナトリウム (Na_2O) を含み、また一部の炭層から得られる褐炭は灰の融点が高い (約 $1,150^{\circ}C$) のため通常の微粉炭ポイラーでは汚れおよび腐食を生じる。

(3) バンコ炭の採炭条件

採炭コストの予備的調査を行うための前提条件として、資源探査の精度が高く、また炭層が安定して埋蔵量も多いバンコ北西地区を対象に採炭条件の調査を行った。

イ) 採炭対象面積 : 約 4 Km^2

炭層露頭方向長さ : 約 8 Km

巾 : 平均 520 m

ロ) 採炭深さ : 表土より 100 m まで (河川床高さまで)

ハ) 炭層の傾き : $10 \sim 15^{\circ}$

ニ) 残壁の角度 : 20°

ホ) 可採埋蔵量 : 98百万トン

確認埋蔵量 123百万トンから品質劣化損失 5%、地層変動損失10%、採炭時損失 5%等予想される損失を差引いて算出した。

ヘ) 石炭生産能力 (想定値) : 3百万トン/年

- ト) 可採年数 : 33年
 34年以降は他の地区で採炭する。
- チ) 処理物量 : 10.8百万 m^3 /年
 石炭 : 2.3
 剥土 : 8.5
- リ) 剥土性状 : 粘土岩および凝灰岩

(4) バンコ炭の採炭方法

大型機械を最大限に利用した連続式採炭方法と自走式機械を利用した非連続式採炭方法の2種類について採炭方法を調査した。

1) 連続式採炭方法

バケットホイールエキスカベーター : 石炭および岩石の掘削と積込み

1,000 m^3 /hr×5台

ベルトコンベヤー : 石炭および剥土の運搬

各種合計 20,000m

2) 非連続採炭方法

ロープショベル : 石炭および岩石の掘削と積込み

10 m^3 クラス×6台

リヤダンプトラック : 石炭および剥土の運搬

77トンクラス×29台

ベルトコンベヤー : 場外での石炭・剥土運搬

合計 3,000m

(5) バンコ炭の採炭コスト(概算)

1) 前提条件

採炭コスト計算のための財務条件は現在まで未調査のため、下記の仮定に基づきコストを概算した。

償却 : 機械は耐用年数内定額法

施設は33年定額法とした

金利 : 金利10%/年、各年の対象残存簿価を初投資額の50%とし、100%借入金によるものとした。

運転費 : 経験に基づく機械ごとの積上げ

一般管理費 : 償却、金利、運転費の合計の20%とした。

2)採炭コスト(概算値)

	連続採炭方法	非連続式採炭方法
生産直接費	1,580	1,580
償却費	1,630	730
借入金金利	730	470
諸経費	790	550
合計	4,730	3,330

1\$ = 240円 単位 円/t

なお上記採炭コストには社宅・病院等厚生設備および鉱区外のインフラストラクチャー費用、各種ロイヤリティは含まれていないので実質コストは若干増加するものと予想される。

6. バンコ炭利用技術調査結果要旨

褐炭の利用技術に関して、次の分野の調査を実施し工業的に利用可能な技術がほぼ確立されていることが明らかにされた。

- イ) 褐炭ガス化技術
- ロ) 合成ガス利用技術
- ハ) 発電技術
- ニ) ニートメタノールエンジン

6-1 褐炭ガス化技術の調査

(1) ガス化技術に求められる要件

市場調査(第1班)および資源採炭コスト調査(第2班)の結果、ガス化技術に求められる主たる要件が次のとおり明らかにされた。

1) 合成ガスの生産に適すること
(合成燃料および尿素の生産)

2) 山元発電に適すること
(山元発電/直流高圧送電)

3) 灰分中の高濃度Na₂Oに耐えうること

(2) ガス化技術の全般調査とその分類

石炭(褐炭以外の石炭を含む)のガス化技術は第1次石油危機(昭48年)以後、石炭有効利用の有能な手段として米国、西独、英国、日本等で研究開発が取り進め

られており、大規模パイロットプラント試験を実施中（実施済を含む）の工業化可能と判断される技術は世界で10種類以上が発表されている。

これらの技術は、開発の目的、開発者の技術的背景および反応機構と炉構造上のアイデアによりそれぞれ特徴がある。

- 1) 固定床式
 - 2) 流動層式
 - 3) 噴流層式
 - 4) 鉄浴式
- ガス組成より燃料ガスの生産に適する。
- 合成ガスおよび燃料ガスのいずれにも適する。

(3) 日本におけるガス化技術とその特性

日本においてはサンシャイン計画を中心に次のようなガス化技術が開発中で、その一部は工業化可能な段階にある。

1) 石炭技術研究所／電源開発／NEDO

- 空気式加圧流動層（2段反応）
- 発電用燃料ガスの生産
- 40T／日 パイロットプラント試験中
- 1000T／日実証試験炉の基本設計実施中

2) 住友金属工業

- 酸素式常圧鉄浴法
- 合成ガスの生産
- 60T／日 パイロットプラント試験終了
- 現在240T／日実証試験炉を建設中（西独KHD社と共同開発）

3) 電源開発／NEDO

- 酸素式加圧流動層（石炭と残渣油のガス化）
- 燃料ガスの生産（SNGおよび発電用燃料ガス）
- 12T／日（石炭20T／日に担当）のパイロットプラント試験実施中

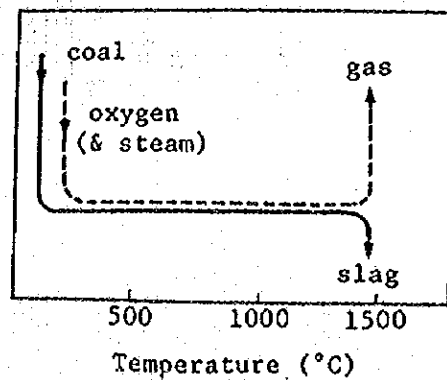
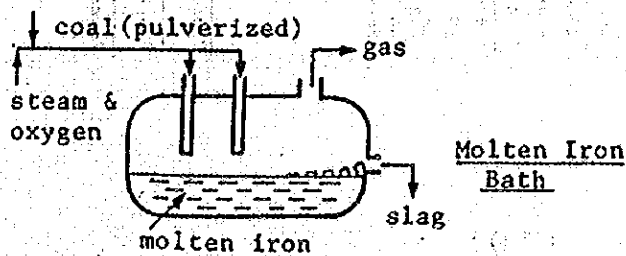
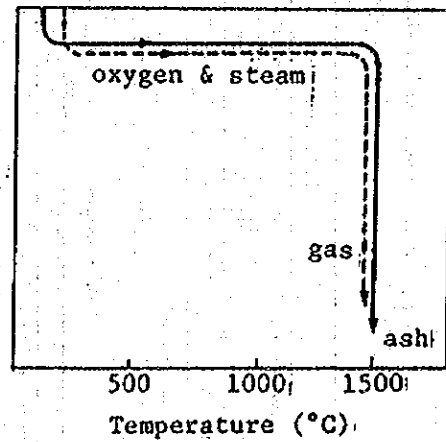
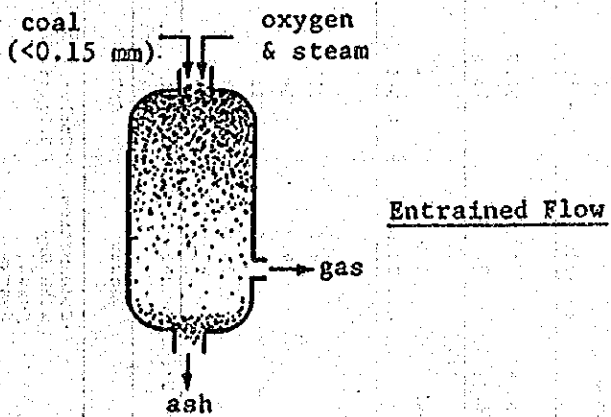
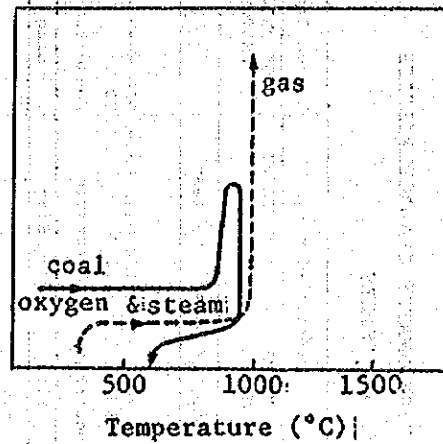
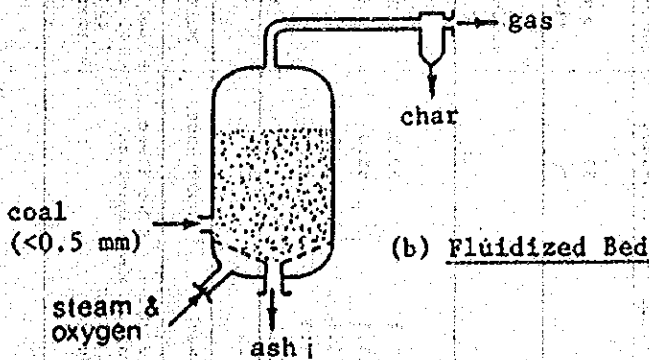
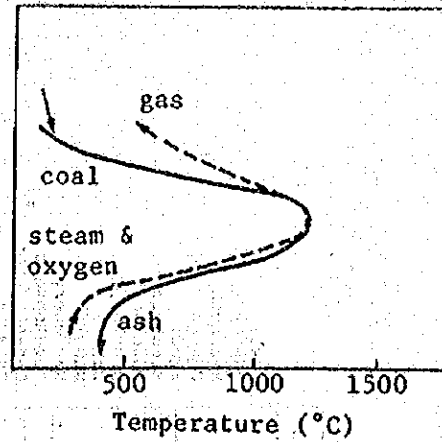
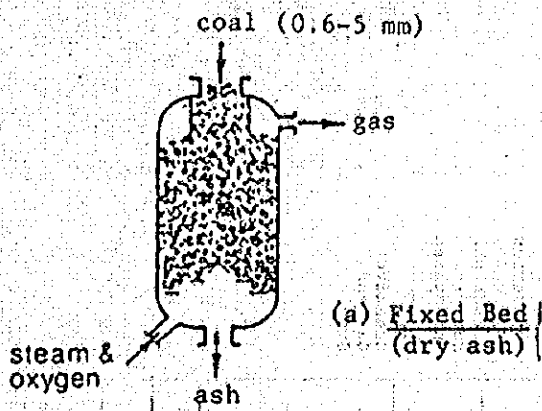
4) 電力中央研究所／三菱重工

- 空気または酸素式加圧噴流層
- 発電用燃料ガスの生産
- 2T／日小規模パイロット試験中

5) 日立製作所／NEDO

- 酸素式加圧噴流層（2層反応）
- 燃料ガスおよび合成ガスの生産
- 1T／日小規模パイロット試験中

CLASSIFICATION AND PRINCIPAL COAL GASIFIER TYPES



SUMMARY OF OPERATIONAL AND PERFORMANCE CHARACTERISTICS
FOR JAPANESE GASIFIERS

Name and/or Developers	Fluidized Bed		Entrained flow		Molten Iron Bath
	CMRC EPDC NEDO	-HYBRID- EPDC NEDO	CRIEPI MHI	HITACHI	
Gasifying Medium	Air/Steam	O ₂ /Steam	Air, O ₂ /Steam	O ₂ /Steam	O ₂
Coal Size & Feed Method	1.5 mm Lock-hopper	< 1 mm Resid.-Oil Slurry	200 mesh under 80-90 % Pneumatic	200 mesh under 70 % Pneumatic	200 mesh under 70 % Pneumatic
-Size					
-Feed					
Ash State	Dry	Dry	Slag	Slag	Slag
Operating Press. & Temp					
-Pressure kg/cm ²	20	30	20	9	Atm.
-Temperature °C	840-920	750-950	1000-1600	1300-1600	1400-1600
Efficiencies					
-Carbon Conversion %	94	87.7		93	> 98
-Cold Gas Efficiency %	71	71.5		70	74-80
Steam & O ₂ Requirement					
-Steam kg/kg-coal	1.0	2.2			0.05-0.15
-O ₂	Air 2.1Nm ³	0.5-0.7		0.8	0.5
Gas Composition Typical (vol%, Dry)					
H ₂	14.5	31	8.4	32.3	32.7
CO	9.2	14	18.1	55.0	61.1
CH ₄	5.6	21	1.6	0.2	--
CO ₂	16.5	32	8.0	12.4	3.0
N ₂	53.3	--	60.7	--	--
Capacity T/D(One Unit)	40	20 (equivale ^{nt})	2	1	60
Application	Power	Power	Power	Multi-use	Multi-use
Remarks	*Combination with Dry Desulf. System *Two Stage F.B.	*Coal: 4 T/D H-Oil: 8 T/D	*Two Stage entrained flow combustor-reductor	*Two Stage Reaction	*Lime & Flux *240 T/D Pilot Plant in Sweden under construction

CMRC: Coal Mining Research Center
 EPDC: Electric Power Develop. Co.
 NEDO: New Energy Development Organization
 CRIEPI: Central Research Institute for Electric Power Industries
 MHI: Mitsubishi Heavy Industries
 CGS: Creative Gas and Steel

6-2 合成ガスの誘導品の生産技術調査

インドネシアの市場調査結果および現在の技術開発の状況から次の誘導品の生産技術について調査した。

- 1) メタノール
- 2) 合成燃料油 (フィッシャー・トロプス合成)
- 3) 尿素
- 4) 合成タンパク
- 5) メタノール経由ガソリン

これらの誘導品の生産技術は天然ガスまたは石炭からの合成ガスを原料として工業的に実施されている。

6-3 発電技術調査

燃料としてのバンコ炭の性状をふまえて、通常の発電用ボイラーへの使用の能否を評価し、更に将来有望とされているガス化・複合発電について調査した。

- 1) バンコ炭は灰分中の Na_2O が多いため通常の微粉炭直接燃焼ボイラーに使用することは困難である。

噴流層燃焼ボイラーはバンコ炭に適しており、送電システムと併せて今後詳細調査が必要である。

- 2) 高温ガスタービン、高温ガス精製法等現在開発中の研究成果が達成されればバンコ炭をガス化複合発電に利用することは有望であり、今後詳細調査が必要である。

6-4 燃料メタノールの利用技術調査

市場調査の結果、特定の用途 (発電用ガスタービン、固定式発電機、市内バス、鉱山機械、農業用機械) に限定した場合、燃料メタノールの生産は極めて有望との見通しが得られたので、特定用途 (主として現在のディーゼルエンジン) に燃料メタノールを利用する可能性について調査した。

- 1) メタノールはオクタン価が高く、一方セクタ価が低いのでスパークによる着火方式を使う必要がある。
- 2) 従来のディーゼルエンジン (圧縮着火方式) によスパーク着火を応用すれば、既存のエンジンを大巾に改造することなく、燃料メタノールが利用可能である。
- 3) 上記エンジンは現在 600時間の走行試験を終了しており、量産可能な体制にある。

7. バンコ炭有効利用のためのガス化技術の評価結果要旨

(1) 合成ガス生産のためのガス化技術

バンコ炭を原料として合成ガスを生産するためのガス化技術に関し総合的に評価を行った結果、鉄浴法ガス化炉が最適との結論を得た。

合成ガス生産のためのガス化技術の評価

	固定床 (熔融灰式)	流動層 (酸素式)	噴流層	鉄浴法
合成ガス組成	5	4	2	1
不純物含有量	4	3	2	1
石炭品質の自由度	4	3	2	1
エネルギー効率	3	2	3	1
生成ガス圧力	1	1	1	3
運転の安定性・安全性	1	1	3	1
設備費	3	2	2	1
工業化実績	1	1	1	2
合計	22	17	16	11
総合評価(順位)	4	2	2	1

(2) ガス化複合発電のためのガス化技術

現在技術開発が取り進められている高温乾式脱硫装置および高温乾式脱じん装置が、研究目標を達成するものとして、ガス化複合発電のためのガス化技術に関し、総合的に評価を行った結果、空気式加圧流動層ガス化炉が最適との結論を得た。

ガス化複合発電のためのガス化技術の評価

	固定床 (熔融灰加 圧空気式)	流動層 (加圧 空気式)	噴流層 (加圧 酸素式)	鉄浴法 (常圧 酸素式)
生成ガス圧力	1	1	1	10
酸素・水蒸気 消費量	2	1	3	2
タール含有量	3	1	1	1
不純物含有量	3	2	2	1
生成ガス発熱量	1	1	1	1
炭素効率	1	2	1	1
運転の安定性 ・安全性	2	1	4	1
設備費 (酸素分離を含む)	5	1	4	3
工業化実績	1	1	1	2
石炭品質自の自由度	4	3	2	1
合 計	23	14	20	23
総 合 評 価	3	1	2	3

(3) ガス化試験設備のためのガス化技術

1960年～63年度に実施される予定の、バンコ地域に賦存する性状の異なった各種褐炭のガス化試験調査においてガス化試験装置に使用する技術の選択に関し、上記各項目で述べた現在までの総括的調査結果に基づきインドネシア側と詳細に協議の結果、合成ガスの生産に最適の鉄浴法ガス化技術を採用すべしとの結論を得て、59年11月1日minutes of meetingにより相方で確認した。

ガス化試験設備のためのガス化技術の評価

	噴流層	鉄浴法
合成ガス組成		
CO ₂ 、H ₂	○	○
硫黄化合物	×	○
石炭品質の自由度	×	○
バンコ炭のテスト経験	×	○

工業実績	○	×
運転性能	×	○
保守性	○	×
技術移転	×	○
結論	×	○
	○	良
	×	普通

8. バンコ炭有効利用の可能性見直し

(1) 技術的フィージビリティの見直し

1) ガス化および合成ガス誘導品

合成ガス生産のための褐炭のガス化技術、生成ガスの合成技術および燃料メタノールエンジン等利用技術はほぼ確立されておりバンコ炭の有効利用は技術的に可能と判断される。

2) 直接燃焼利用

バンコ炭は灰分中の Na_2O が多いため、従来の微粉炭燃焼ボイラーに使用することは困難である。一方噴流層燃焼ボイラーはバンコ炭に適していると推定されるが調査不十分につき今後補足調査をしてバンコ炭利用の可能性を判断する必要がある。

3) ガス化複合発電

ガス化技術はほぼ確立されているが、後続の高温ガス精製システムとガスタービン(1,300℃クラス)が開発途上にあるため現時点で技術的フィージビリティを評価することは時期尚早である。

(2) 経済的フィージビリティの見直し

1) 燃料メタノールの生産

バンコ炭の採炭コストと文献に発表されたメタノール生産コストから推測して、燃料メタノールの生産コストは現在の原油価格とほぼ同等であり、今後長期的に見て原油価格が上昇するとすれば経済的可能性は高いと言えよう。

2) 合成ガソリンの生産

原油価格が36~37/バレル以上にならないと商業的競争力は無く、経済的可能性は今後の原油価格動向とインドネシア政府の諸政策に支配される。

3) 石炭ガス化複合発電

1,300℃クラスの高温ガスタービンが開発されれば経済的可能性は高いと推定

される。

9. 結論

現在までの戦略的調査結果から

- 1) インドネシア政府は石油代替エネルギーとして石炭の利用を重視している。
- 2) パンコ炭は賦存量が豊富で採炭コストも安い。
- 3) パンコ炭をガス化して燃料メタノールを生産する技術はほぼ確立されており、経済性フィージビリティも高い。
- 4) パンコ炭は品質上、長距離輸送が困難である。また、ナトリウム含有量が高いため通常のボイラーやセメント用燃料としての利用は不适当である等が明らかにされた。

従って今後の調査はガス化利用に重点を置いて当初の計画どおり第2段階へ進むのが適当と判断される。

なお、ガス化技術としては合成ガスの生産に最適の鉄浴法が本調査目的には適しており、従ってガス化試験設備に利用するガス化技術は鉄浴法を採用するのが適当であるとの結論を得た。

目 次

1. はじめに	1
2. 本調査要請の背景	1
3. 本格調査に至る経緯	2
4. 本格調査の概要	2
(1) 調査の目的	2
(2) 調査の範囲	2
(3) 調査のスケジュール	3
(4) バンコ炭の利用技術体系とその調査方法	5
5. 基礎事情ならびに褐炭とその誘導品の市場調査結果	9
5-1 本調査の基礎事情調査	9
(1) インドネシアのエネルギー政策	9
(2) エネルギー需給状況と今後の見通し	10
(3) 石油需給実績と将来見通し	16
(4) インドネシアの石炭政策と需給計画	19
(5) インドネシアの工業化政策と移民政策	23
5-2 褐炭とその誘導品の市場予備調査	33
(1) 発電用燃料市場	33
(2) 合成燃料市場	34
(3) 化学品原料市場	37
5-3 結論ならびに提言	49
(1) 結 論	49
(2) 提 言	50

6. バンコ炭資源とその採炭コスト予備調査結果	51
6-1 バンコ炭の概要	51
(1) 探査の概要	51
(2) バンコ炭の賦存量、分布および品質	55
(3) 採炭条件と採炭方法	71
6-2 現地調査と石炭のサンプル採取	75
(1) 地形と地質	75
(2) 石炭露頭と分析用サンプルの採取	75
(3) ガス化テストのためのサンプル採取方法・場所の検討	80
(4) 工場立地予備調査	81
6-3 石炭の分析	87
(1) 石炭の分析方法	87
(2) 現地にて採取したサンプルの分析結果	87
6-4 バンコ炭採炭コストの予備調査	91
(1) 採炭条件の調査	91
(2) 採炭方法と設備の概念計画	98
(3) 採炭コスト概算	114
6-5 結論と提言	120
(1) 結論	120
(2) 提言	121
7. バンコ炭利用技術調査	122
7-1 石炭ガス化技術	122
(1) ガス化条件と生成ガスの組成の関係	122
(2) ガス化炉の様式とガス化条件およびその特性	125
(3) 日本のガス化技術とその特性	131

7-2	合成ガス誘導品生産技術	149
(1)	メタノール生産技術	149
(2)	合成燃料油生産技術(F/T法)	150
(3)	アンモニア・尿素生産技術	150
(4)	合成タンパク生産技術	153
(5)	メタノールよりのガソリン生産技術	155
(6)	その他	155
7-3	発電技術	161
(1)	従来法火力発電技術とバンコ炭利用の可能性	161
(2)	ガス化複合発電技術とバンコ炭利用の可能性	169
7-4	メタノールエンジン技術	180
(1)	内燃機関の燃料としてメタノールの特性	180
(2)	各種エンジンへのメタノールの利用の可能性	182
(3)	燃料メタノールの内燃機関への応用	184
8.	バンコ炭有効利用のためのガス化技術の評価	210
(1)	合成ガス生産のためのガス化技術	210
(2)	ガス化複合発電のためのガス化技術	211
(3)	ガス化試験設備のためのガス化技術	214
9.	バンコ炭有効利用の可能性見通し	215
(1)	技術的フィージビリティの見通し	215
(2)	経済的フィージビリティの見通し	216
10.	結 論	221

付属資料

- (1) Minutes Of Meeting
"Technology for coal gasification
test plant", Nov. 1, 1984
- (2) 団員構成
- (3) 調査日程・訪問先・面談者リスト

1. はじめに

本報告書は(財)日本エネルギー経済研究所が、国際協力事業団から受託を受けた「バンコ炭有効利用計画調査」のうち、「ガス化技術の選定」に関する昭和59年度の調査結果を取りまとめたものである。

「ガス化技術の選定」は第1段階(昭和59年度)においてガス化試験設備のための選定を行ない、ガス化試験結果を参考に第3段階において具体的開発計画立案のための工業化技術の選定を行う予定である。

しかしながら、第1段階におけるガス化試験設備に対するガス化技術の選択は、必然的に第3段階における工業化技術の選定に大きな影響を与えることとなるので、その重要性を考慮して「ガス化技術の選定に関する報告書」を取りまとめた次第である。

2. 本調査要請の背景

インドネシアの国内石油消費量は、経済成長の伸びと、それに伴う国民生活水準の向上によって急激な伸びを示しており、原油生産量が1981年実績値で今後も推移するとして、1995年には完全に原油の輸入国に転ずるものと予想されている。

一方、インドネシア経済は、外貨収入の約70%を原油の輸出に頼っており、生産の伸びの鈍化および国内石油消費量の急増に起因する外貨収入の減少は、単にインドネシア経済のみならず、政治的安定性へも重大な影響を与えるものと危慮されている。

このようなエネルギー事情の中で、インドネシア政府はLNG、石炭、水力、地熱など代替エネルギーの開発を積極的に取り進め中である。

確認可採埋蔵量が4.5億トンと莫大なバンコ褐炭は、これら代替エネルギー資源のうちでも最も有望なもの1つであるが、水分含有量が約35%と多く、また乾燥すると自然発火の危険性があるため長距離輸送が困難で、現時点では有効利用の方法が見いだされていない。

また、上記エネルギー事情に加えて、インドネシア政府は人口の62%が集中しているジャワ島の人口分散を図るために、移住政策を取り進めており、この一環として、南スマトラ州の農工業開発とインフラストラクチャーの整備を取り進めているところで、バンコ炭の開発は同地域の雇用拡大、すなわち移住政策の柱になるものと期待されている。

以上のようなエネルギー事情、石炭資源事情および諸政策のもとでインドネシア政府は、最新の褐炭利用技術に基づき、肥料、メタノール、その他のC₁ケミカルズおよび合成ガソリンなど誘導品を生産する石炭化学コンビナート構想に着目し、当バンコ炭有効利用計画に関する開発調査を日本政府に要請してきたものである。

3. 本格調査に至る経緯

本格調査が実施されるに至るまでの経緯は、概略以下のとおりである。

(1) 1981年11月に通商産業省と資源エネルギー庁は、海外において石炭からメタノールを生産することの可能性を調査する目的でフェージビリティ調査団をインドネシアに派遣した。

(2) この結果、日本政府は南スマトラに賦存するバンコ炭からのメタノール生産に高い可能性があることを確認した。この結果を踏まえインドネシアの研究技術大臣ハビビ博士は、1982年3月に来日した際通商産業省と外務省を訪問し、日本の専門家の手によるバンコ炭有効利用に関する詳細なフェージビリティスタディの実施を要請した。

(3) ハビビ大臣の要請に基づき、1982年6月にこの問題は、第6回日本—インドネシア技術協力年次協議の場において、開発調査案件として実施することで両国政府の基本的合意をみた。

(4) 年次協議の合意に従い、国際協力事業団は1982年11月にバンコ炭有効利用に関するインドネシア政府の基本的な考え方、計画等を確認するため、予備調査団を派遣した。

(5) 以上の経緯を踏まえて、国際協力事業団は1984年2月に事前調査団を派遣し、本格調査を行なうための調査の範囲について取り決めたScope of Work(S/W)に調印した。

4. 本格調査の概要

(1) 調査の目的

本調査の目的は、バンコ炭の有効利用のための適切なマスタープランを作成すること、および石炭のガス化テストを含めてバンコ炭有効利用計画に関する技術的、経済的、フェージビリティを検証することである。

(2) 調査の範囲

バンコ炭の有効利用計画を立案し検証するためには、本調査では次の5つの調査分野において、インドネシア側の密接な協力を得つつ、調査を取り進める必要がある。

- イ) 代替エネルギー・化学品等合成ガス誘導品の市場調査
- ロ) バンコ地域資源賦存量・品質の調査
- ハ) 褐炭のガス化およびその合成技術の調査
- ニ) マスタープラン調査
- ホ) 工業化計画とそのフィージビリティ調査

以上の調査は相互に密接な関係を有しており、段階的に順次調査を取り進め
 たうえで、最終目標であるバンコ炭の有効計画の立案と検証が達成される。

(Fig. 4-1-1参照)

したがって、本調査の以下の3つの段階に従って実施するのが最も効率的で
 確実な調査方法といえよう。

- イ) 戦略的調査段階(Strategic Investigation Stage)
- ロ) 石炭化ガステスト段階(Coal Gasification Stage)
- ハ) フィージビリティ調査段階(Feasibility Study Stage)

すなわち、戦略的調査段階では、バンコ炭の有効利用のためのマスタープラン
 を作成し、併せて次の石炭のガス化テスト段階で必要となる適切なガス化技
 術の選定を行う。

第2段階の石炭ガス化テスト段階では、バンコ炭のガス化特性を把握するこ
 と、および次の第3段階で調査される石炭鉱区の選定を行う。

最後のフィージビリティ調査段階では、それまでの各ステージで集められた
 情報、データを分析集約し、バンコ炭の有効利用のための各種のプロジェクト
 計画案の調査を行い、最終的に最も適切なプロジェクト計画を選定して、その
 概念設計と技術的、経済的評価を行うこととなる。

(3) 調査スケジュール

本調査の期間は合計5ヵ年間で予定されており、各調査段階での調査期間は、
 以下のとおりである。

第1段階	戦略的調査段階	:	1年間
第2段階	石炭ガス化テスト段階	:	2.5年間
第3段階	フィージビリティ調査段階	:	1.5年間
			合計 5年間

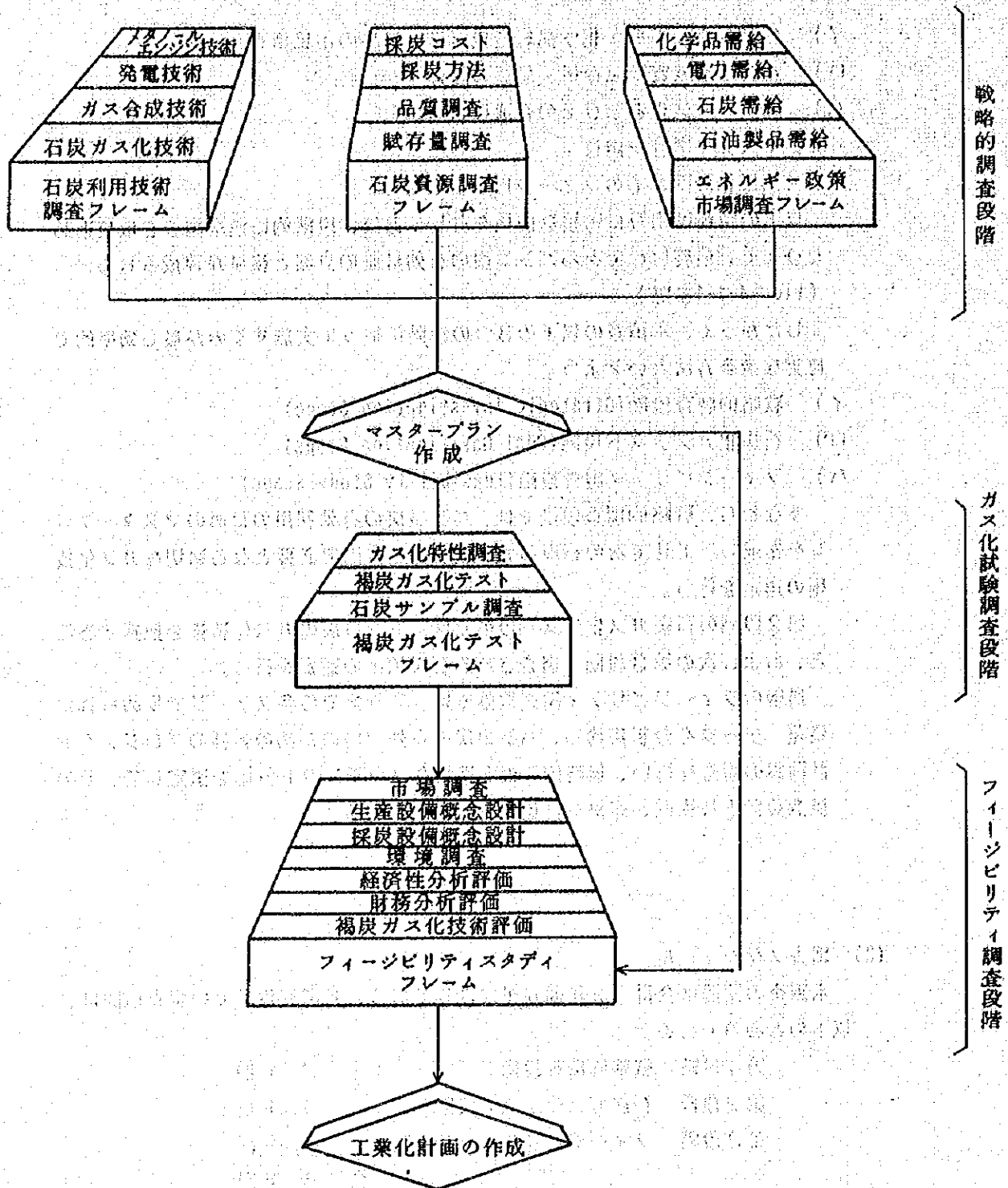


図4-1-1 調査の範囲と調査フロー

(4) バンコ炭の利用技術体系と調査の方法

1) 石炭の用途と利用技術体系

石炭の利用は18世紀から19世紀にかけて産業革命を契機に蒸気機関用燃料としての利用技術が開発され、さらに電気エネルギーに転換させる石炭火力発電が一般に行われるようになって、急速に拡大した。以来今日まで〔直接燃焼〕により熱エネルギーにすること、および〔乾留〕によってコークスと乾留ガスおよびタールを作ることが石炭の最も大きな利用法となっている。

コークス製造は、18世紀初頭より製鉄のために起り、現在までコークスの大部分は高炉による製鉄に消費されている。

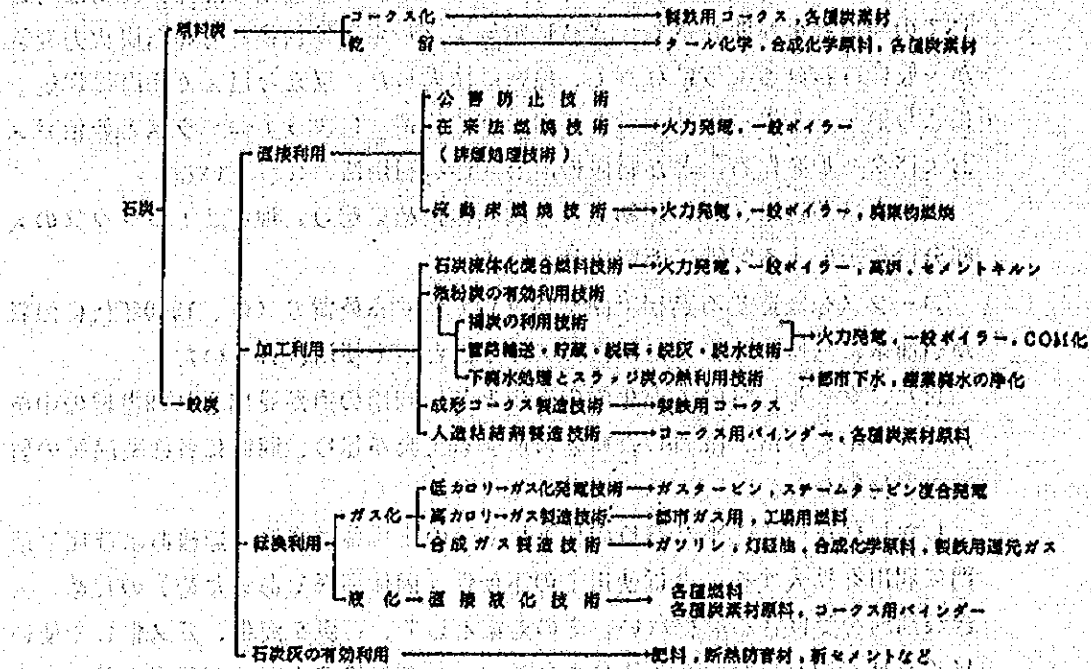
コークスを製造する過程で副産物として生ずる乾留ガスは、1960年代に原料が石油系に転換するまでは都市ガスの主流として使用されていた。

また、タールについても化学の進歩と共に利用の道が見出され19世紀の中頃からタールを分留、精製し染料を合成する工業が起り、同時に各種薬品等の製造へと発展した。

しかしながら、従来どおり固体としてそのまま各種産業、運輸および民生部門に利用を拡大することは使用上の不便性（固体燃料であるため）のため、大きな制約を受けざるを得ない。その対策として、石炭を液化、ガス化して使い易くクリーンな燃料とする流体エネルギーへの転換技術および石炭を効率的に直接燃焼する等の石炭利用技術が積極的に取進められている。

Fig. 4-1-2は炭の用途と利用技術体系を示すもので、このうち一般炭の転換利用は、石油危機を契機に石油代替エネルギーとして石炭の利用拡大を図る手段として注目され、国内外で積極的な技術開発が推進されている。

Fig. 4-1-2 石炭利用技術体系



現在進められている石炭利用技術開発の重点課題は次の通りである。

- (i) 石炭をグリーンエネルギー化し、石炭へのエネルギー転換を促進するためのもの
 - イ) 排煙脱硝等処理技術
 - ロ) 乾式脱硫技術
 - ハ) 超微粒子集じん技術
 - ニ) 流動床燃焼技術
- (ii) 石炭を新エネルギー源として流体化、グリーンエネルギー化し、石油の代替エネルギーとして利用するもの
 - イ) 低カロリーガス化発電技術
 - ロ) 合成液化技術（ガス化・合成）
 - ハ) 石炭直接液化技術

2) バンコ炭の利用技術体系

バンコ炭は褐炭であるため、コークスの原料としては使用できず、Fig. 4-1-2 の直接利用および転換利用が調査対象といえよう。

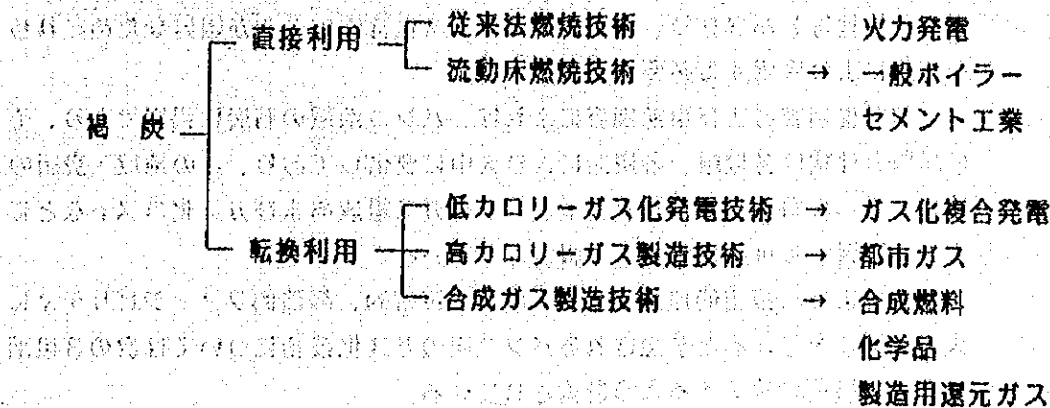
これらのうちで「直接利用」は、世界的に広く実証された技術で、インドネシアにおいても発電用およびセメント工業用の燃料として利用の可能性があり、

本調査でも検討の予定である。しかしながら、直接利用はインドネシア側の希望する合成メタノールや肥料の生産とは異なった利用方法で、本調査の全てに適した利用方法ではない。

また、「転換利用—直接液化技術」は、将来有望な液体燃料の生産手段と期待されるものの、現時点では技術開発の初期段階にあり、工業的利用について技術的、経済的評価を行うことは時期尚早と見えよう。

一方「転換利用—ガス化技術」は、各種の工業的技術がほぼ確立されており、発電用燃料として、また合成燃料や化学品の原料ガスとして広く利用出来ることから本調査では「ガス化利用」をバンコ炭の基本的な利用技術として選定した。

Fig. 4-1-3 褐炭の利用技術体系



注記：

石炭のガス化とは高温で石炭を酸素や水蒸気などのガス化剤と反応させて水素、一酸化炭素等の可燃性ガスに転換することである。

ガス化剤に空気と水蒸気を使えば、水素、一酸化炭素、炭酸ガス、窒素を主成分とする発熱量 $800 \sim 1,500 \text{Kcal/Nm}^3$ 程度の低カロリーガスが得られ、低カロリーガスは、ガスタービン用燃料としてガス/スチームの高効率複合サイクル発電に使用される。空気の代りに酸素、あるいは水素をガス化剤に使えば $2,000 \sim 6,000 \text{Kcal/Nm}^3$ 程度の中カロリーガスが出来る。このようなガスを触媒を使ってメタン化すれば $8,500 \sim 10,000 \text{Kcal/Nm}^3$ の高カロリーガスが得られる。中カロリーガスは工事用燃料、高カロリーガスは都市ガスに利用される。

ガス化剤として、酸素と水または水蒸気を用いて 1500°C 前後の高温でガス化を行うとメタンが殆ど含まれず水素と一酸化炭素から成る合成ガスが出来る。この合成ガスは中カロリーガスとして燃料としても利用出来るし、また色々な触媒を使って化学的に反応させることによりメタノール、尿素肥料、ガソリン、

灯油等を得ることが出来る。

(3) バンコ炭のガス化技術に関する調査方法

石炭のガス化技術は、昭和48年の石油危機を契機に第2世代技術と呼ばれる新しい、多くの技術が開発され工業化可能な段階に有る。

しかしながらこれらの技術は、それぞれの開発目的(ガスの用途)や構造上のアイデアが異なるため、固有のガス化特性(生成ガスの組成、圧力、処理可能な石炭の品質、性状、運転の難易度等)を有しており、その評価は対象とする石炭の品質、性状と目的とする生成ガスの用途によって異なる性格のものである。

また石炭ガス化固有の特徴として石炭の品質と性状(H/C比、固定水分含有量、硫黄分等不純物含有量および灰分の組成、溶融点温度、粘性等)が異なるとガス化炉の特性(生成ガスの組成、不純物の含有量、灰分の処理性能、コーキング特性等)が異なり、理論のみではガス化特性の予測が困難なためこれらを実験により確認する必要がある。

一方予備調査および事前調査によれば、バンコ地域の石炭は褐炭であり、その品質と性状は各地域、各炭層により大巾に変化しており、この地域・炭層の違いによる炭質変化はガス化性能、ガス化ガス組成およびガス化コストなどに大きく影響する可能性があると報告されている。

以上のような技術的理由から、本調査の技術的、経済的フィージビリティに大きな影響を与えると予想されるバンコ炭のガス化技術については次の3段階に分けて慎重に吟味するよう計画されている。

第1段階：ガス化技術の文献およびヒヤリングによる総合的調査と生成ガスの用途およびバンコ褐炭の品質等周囲条件の調査に基づくガス化技術の評価ならびに第2段階のガス化試験のための調査

第2段階：小規模ガス化試験設備を用いた、地域炭層毎の各種サンプル炭のガス化特性の把握

第3段階：第1、第2段階の調査結果を踏まえて、バンコ炭の有効利用に最も適するガス化技術の選択および地域条件を考慮した工場設備の概念設計と経済性評価の実施

5. 基礎事情ならびに褐炭とその誘導品の市場調査結果

5-1. 本調査の基礎事情調査

(1) インドネシアのエネルギー政策

インドネシアは豊富なエネルギー資源に恵まれている。しかし、同国のエネルギー消費水準は、依然として世界の最低消費グループに属するものの、この15年間における経済成長、人口の増加、産業の拡大、電力供給の増加によって、急速に増大してきている。

供給面における最大の問題は、国内の消費パターンが、同じ期間にあまりにも石油及び石油製品に依存するようになったという点である。ことに1972～82年の10年間をとると、エネルギー消費は年平均12%で増加し、これは石油依存度を急速に増加させた。その結果、インドネシアにおける商業エネルギー消費のうち、主要な外貨獲得源である石油に80%以上も頼る状態が生じた。もしインドネシアが今後何らの政策も取らないとすれば、国内で産出する石油の全てを消費し、その結果、国の開発に必要な外貨獲得源を失うことになる。

このため、インドネシア政府は、国内の石油消費を最小限とし、輸出が不可能なエネルギー資源の利用を最大限におこない、石油の輸出余力を確保しようとする政策を策定した。すなわちその政策は以下の4本の柱からなっている。

i) エネルギー探査の強化

経済開発計画のためにエネルギー資源が占める役割りをよりよく把握するための努力をとして、総てのエネルギー資源の調査と探査を促進し強化する。

ii) エネルギー源の多様化

国内のエネルギー消費における石油の依存度を引き下げ、他の利用可能なエネルギー源への転換をはかる。

このため、非輸出型、再生可能エネルギー資源としてまず水力、次いで地熱、さらに石炭の開発にプライオリティーを置く。

iii) 省エネルギー

エネルギー利用を経済的におこない、同時により効率的かつ正しくおこなうために、以下の手順で省エネルギー計画をおこなう。

a. 消費部門ごとのエネルギー消費の無駄の是正

b. 情報、教育プログラムの提示

c. 立法、行政指導による省エネの実施

iv) エネルギー消費の最適化

個々のエネルギー需要に対し、最善かつ最も効率的なエネルギー資源を適用する。

この政策は次のように細分化される。

a) 国内エネルギー供給

国内エネルギー供給は、国民が受け入れられる価格水準で、国民の福祉を改善すること、および急速な社会経済の成長のために必要な支援をおこなうことを目的として需要に従って量的、質的両面から確保されねばならない。

b) エネルギーの輸出

エネルギー供給は、新しいエネルギー源を開発するためにも必要な、外貨を獲得するために、国内消費用のみならず輸出用にも確保されねばならない。

c) 代替エネルギー源の開発

輸出可能なエネルギー資源の消費増加率を抑制し、最終的には非再生型エネルギーに代替させる目的で、再生可能で非輸出型の代替エネルギーを開発開発が期待される。

d) 石油の節約

石油は出来る限り経済的に使用されるべきであり、石油は他のエネルギーが利用出来ないような分野においてのみ消費されるべきである。

e) 環境の保全

エネルギー資源の開発に際し、国民生活の質の向上を達成するために、環境保全がはかられるべきである。

f) 国家の活力向上

エネルギーの供給とエネルギー資源の管理に対する全ての努力は、インドネシア国民がより多くの技術と自信を持って未来に立ち向うことが出来るように、国の活力向上をもたらすものでなければならない。

(2) エネルギー需給状態と今後の見通し

1) 一次エネルギー需要の推移

1969年来インドネシア政府は、第1次5ヶ年計画 (REPELITA-I) をスタートさせ1983年度末をもって第3次計画を終えた。1970年代においてインドネシア経済は拡大し、その成長率は年率平均 7.6% に達した。この急速な経済成長に伴い、エネルギー消費は急速に増加した。とりわけ商業エネルギーの消費は、そもそもの水準が低かったとはいえ過去14年間に4倍に増大した。1972~82年の10年間をとると、エネルギー消費の平均伸び率は13.6%/年に達した。このような著しいエネルギー消費の伸びは人口の増大 (年率 2.34%) だけでなく、産業、輸送部門での消費の増大、電力供給の拡大に起因している。

Table 5-1-1 は最近14年間におけるエネルギー源別の消費の実績を示している。これから明らかなように、過去のエネルギー消費の80%が石油によって占められている。さらに、1970年以降石油のシェアはしばしば総消費量の90

％を超えている。この結果1974～79年の期間を取ると石油消費は年平均13％で増加し、石油のGDPに対する弾性値は2.0に達している。しかし、第2次石油危機以降インドネシアのエネルギー消費は、その伸び率において減少に転じた。エネルギー需要の減少に伴い1980年以降石油の総エネルギー消費に占める割合は80％以下に低下した。

Table 5-1-1 Consumption of Commercial Energy
(In Million BBL Oil Equivalent)

YEAR	OIL		NATURAL GAS		COAL		HYDRO		TOTAL	
	MBOE	%	MBOE	%	MBOE	%	MBOE	%	MBOE	%
1968	36.62	84.4	5.37	12.4	0.69	1.6	0.67	1.6	43.35	100
1969	38.27	85.7	4.84	10.9	0.81	1.8	0.69	1.6	44.61	100
1970	41.07	87.9	4.17	8.9	0.76	1.6	0.73	1.6	46.74	100
1971	45.31	86.0	5.66	10.7	0.91	1.7	0.84	1.6	52.72	100
1972	52.01	91.1	3.43	6.0	0.89	1.6	0.75	1.3	57.09	100
1973	60.57	89.7	5.75	8.5	0.61	0.9	0.92	0.9	67.85	100
1974	69.09	92.2	4.13	5.5	0.71	0.9	1.07	1.4	75.00	100
1975	77.62	90.5	6.12	7.1	0.90	1.1	1.16	1.3	85.81	100
1976	87.40	90.7	7.11	7.4	0.74	0.8	1.06	1.1	96.32	100
1977	102.82	88.9	10.99	9.5	0.84	0.7	1.039	0.9	115.70	100
1978	117.48	83.7	20.91	14.8	0.75	0.5	1.49	1.0	140.63	100
1979	129.12	80.8	24.46	15.3	0.77	0.5	5.45	3.4	159.80	100
1980	142.08	81.9	26.197	15.1	1.22	0.6	4.21	2.4	178.14	100
1981	155.54	78.8	34.80	17.7	1.01	0.5	5.87	3.0	197.30	100
1982	156.80	79.2	33.78	17.0	0.94	0.5	6.52	3.3	198.05	100

Source : Department of Mines and Energy (PTE).

Growth rate

1968-1982	10.9%	14.0%	2.3%	17.7%	11.5%
1972-1982	11.6%	25.7%	0.6%	24.1%	13.2%

Table 5-1-2 は第2次および第3次計画におけるエネルギー源別の一次エネルギー消費の実績を示している。これから明らかなように天然ガス、石炭、水力、地熱といった非石油系エネルギーのシェアが2つの5ヶ年計画の間で18%から22%に増加した反面、石油のシェアは82%から78%に低下した。

Table 5-1-2 Primary Energy Consumption in REPELITA II and III

Unit: ,000 bbl

Primary energy source	Energy Consumption			
	REPELITA-II		REPELITA-III	
		%		%
1 natural gas (including LPG)	24,495	(15.31)	37,164	(17.7)
2 coal	647	(0.40)	1,109	(0.53)
3 hydro power	3,852	(2.41)	7,761	(3.69)
4 geothermal	-	(-)	367	(0.17)
(total non oil)	28,994	(18.12)	46,401	(22.09)
5 oil	131,009	(81.88)	163,661	(77.91)
(grand total)	160,003	(100.0)	210,062	(100.0)

2) 部門別エネルギー需要

1982年の商業エネルギー消費は、産業部門が37.3%、運輸部門25.9%、電力部門11.6%、民生部門25.1%となっており、産業部門が最大のシェアを占めている。他方、運輸部門と民生部門は各々同じ程度のシェアを占めているが、1980年以来国内エネルギー市場での価格上昇によって消費の伸びは低下しつつある。

しかし、民生部門は薪、農業廃棄物等の非商業エネルギーを大量に消費しており、商業・非商業エネルギーを合わせた総消費量では60%以上のシェアを占めている。

Table 5-1-3 Consumption of Commercial Energy by Demand Sector
(In Million BBL Oil Equivalent)

YEAR	INDUSTRY		TRANSPORTATION		ELECTRICITY		HOUSEHOLD		TOTAL	
	MBOE	%	MBOE	%	MBOE	%	MBOE	%	MBOE	%
1968	15.25	35.2	11.90	27.4	2.45	5.7	13.76	31.7	43.35	100
1969	12.91	28.9	13.28	29.8	2.22	5.0	16.21	36.3	44.62	100
1970	14.00	29.9	13.74	29.4	2.61	5.6	16.40	35.1	46.75	100
1971	18.41	34.9	14.56	27.6	2.85	5.4	16.92	32.1	52.72	100
1972	13.85	25.8	16.60	30.9	3.38	6.3	19.88	37.0	53.71	100
1973	21.94	32.3	20.06	29.5	3.79	5.6	22.15	32.6	67.95	100
1974	22.05	29.3	23.30	31.0	4.15	5.5	25.66	34.1	75.16	100
1975	27.22	31.8	24.43	28.6	4.92	5.7	28.99	33.9	85.55	100
1976	28.87	29.9	29.74	30.8	6.09	6.3	32.01	33.1	96.70	100
1977	37.58	32.8	34.06	29.7	7.46	6.5	35.58	31.0	114.69	100
1978	53.16	35.4	45.37	30.3	9.81	6.5	41.87	27.8	150.35	100
1979	59.38	36.0	50.11	30.4	11.31	6.8	33.51	27.0	165.08	100
1980	63.51	36.5	46.29	26.6	16.92	9.7	47.10	27.1	173.83	100
1981	69.65	36.7	49.90	26.3	19.97	10.5	50.21	26.5	189.71	100
1982	73.82	37.3	51.29	25.9	23.00	11.6	9.74	25.1	197.86	100

Source : Department of Mines and Energy (PTE).

Table 5-1-4 は1980年以降の部門別にみた石油消費のシェアを示しているが、運輸、民生部門は各々全体の30%程度を占めている。民生部門のシェアは同期間に年々低下してきているが、その主な原因は石油製品に対する補助金の削減による製品価格の急騰によるものである。

一方、電力部門における石油消費は、現時点では相対的に非常に低い水準にあるが、発電能力の急増に伴い、このところ急激に増加する傾向にある。

Table 5-1-4 Share of Oil Consumption by Sector

(%)

	Demand Sector				
	Transportation	Industry	Electricity	Household	Total
1980	33.7	24.8	7.9	33.6	100.0
1981	33.0	24.5	9.4	33.1	100.0
1982	33.9	23.9	10.6	31.6	100.0
1983	32.8	25.6	12.2	29.4	100.0

なお、インドネシアでは送配電網が整備されていないこと、および灯油価格が政策的に安価に抑えられていたため、国営電力公社の発電量を上回る自家発電が行なわれている。上記統計ではこの自家発電用石油消費が民生部門および産業部門に計上されているので、実際の電力部門の石油消費は上記の2倍以上と推定される。

3) エネルギー需要の将来見通し

すでに述べたように、この10年間のエネルギー消費の急速な増加は、石油への過度の依存体質をもたらした。しかし、'80年以降政府は石油消費を抑制するために国内市場において石油の高価格政策を取っている。原油価格の上昇による世界的な不況とインドネシアにおける景気の後退は、さらに一層エネルギーの需要の伸びを減少させた。この結果、1982年以降エネルギー消費、とりわけ石油の消費パターンは、横這いに転じた。

今年度からスタートした第4次5ヶ年計画によると、計画期間中のエネルギー消費の伸びは、経済の低成長（年率平均5%の伸び）を反映して年平均7%以下となっている。

Table 5-1-5 は第3次および第4次5ヶ年計画における一次エネルギー需要の比較を示したものである。

第4次計画におけるエネルギー政策の重要な点は、この表から明らかなように、代替エネルギーとして石炭、地熱、水力の需要が著しく増加するよう計画されていることである。

他方、石油の需要は新しい計画期間を通してあまり増加しないものと予測されている（石油の伸び率は年率2%を若干上回る程度と想定されている）。この結果、石油への依存度は1983年の77.9%から1988年度末には62.4%へ急激に低下すると見込まれている。

インドネシア政府はこれまで代替エネルギー開発に努力を傾けてきたが、とりわけ石炭は最も可能性の高い資源として考えられており、1990年には火力発電用、セメント工業向けに1,000万トン以上の生産が期待されている。現在までのところ第4次5ヶ年計画以降の長期にわたる予測を政府は公式におこなっていないが、BPPFは第3次計画の期間から第7次計画期間終了までの25年間にわたる長期のエネルギー需要予測をおこなっている。このスタディーによると、民生用のエネルギー消費は、現在の人間がようやく生存していただく水準から、人間が基本的に必要とする量を満す水準へと増加するものと考えられている。このことは2003年までに一人当たりエネルギー消費量が石炭換算800kg～1,000kg/年になることを意味している。運輸部門における2003年のエネルギー消費の水準は現在の6倍に増加すると予想されている。

輸送システムはこの間開発を支えるのに充分発達したものとなることが考えられるが、車輛数の増加、車1台当りのエネルギー消費は注意深く管理されねばならないと指摘している。

産業部門において想定されたエネルギーの消費は、ほとんどの資本財製造において自給自足を達成するために、年率平均8%で成長すると予想され、全産業の拡張計画を支えるのに必要な水準となっている。

最後に電力部門の成長は第1次及び第2次計画での伸びが継続するものと想定されているが、これは民生部門での電化計画が一層促進されることを反映したものである。この結果、2003年までに都市における75%の住宅が電化され、農村部でも41%が電化されることが想定されている。

Table 5-1-5 Primary Energy Consumption in REPLITA-III and IV

Unit: ,000 bbl

Primary energy source	Energy Consumption	
	REPELITA-III	REPELITA-IV
1 natural gas (including LPG)	37,164 (17.7)	55,246 (18.9)
2 coal	1,109 (0.5)	28,244 (9.7)
3 hydro power	7,761 (3.7)	24,330 (8.3)
4 geothermal	367 (0.2)	1,958 (0.7)
(total non oil)	46,401 (22.1)	109,778 (37.6)
5 oil	163,661 (77.9)	182,408 (62.4)
(grand total)	210,062 (100.0)	292,186 (100.0)

(3) 石油需給実績と将来見通し

1) 国内市場における石油製品需要実績

石油製品需要は1971年の124千バレル/日から1980年には386千バレル/日へと3.1倍に増加し、この間の平均伸び率は年平均13.4%に達した。しかし、1977年度から最近7年間についてみると、石油製品需要の伸びは、年率7.9%に低下しており、それまでの急激な増加に比べてかなり鈍化した。しかも1982年以降需要の伸びはTable 5-1-1に示したように国内製品価格の高騰を反映して著しく低下した。

2) 石油製品供給

1970年代において3つの製油所が建設された。すなわち、1971年のデュマイ (100千バレル/日)、スンゲイパクニン (50千バレル/日)、1976年のチラチャップ (100千バレル/日) である。その結果、精製能力は71年~80年までの間に1.4倍に増大した。しかし、このような能力の増大にもかかわらず、年率平均13%に及ぶ需要の増加によって、自動車ガソリン、灯油、軽油といった石油製品の供給は不足をきたした。このため、70年代前半からインドネシアは、製品輸入と外国への委託精製によって不足する製品の供給を賄ってきた。

以上のように国内市場における石油製品需給にアンバランスが生じた原因は、ひとつには需要構造が軽質、中間留分中心である反面、精製能力自体が不足していたことによるといえる。この点につき政府は、1981年にデュマイ、バリクパバン、チラチャップの3製油所の拡張計画を決定し、1984年これらの拡張工事が完成した。このためアルタミナの見通しでは国内の供給アンバランスは改善され、製品輸入やシンガポールに対する委託精製が今後急速に減少するとともに、少なくとも第4次5ヶ年計画期中はこれ以上の精製能力の追加は必要ないものとみている。

3) 第4次5ヶ年計画における石油製品需要

第2次石油危機以来、インドネシア経済は不況に見舞われ、このためエネルギー需要の伸びも大幅に低下した。第4次5ヶ年計画を通じて、石油需要は年々回復はするものの期間中の平均伸び率は年率2%を若干上回る程度と想定されている。他方、国内の製油所からの製品供給は最近の製油所能力の拡張によって大幅に増加し、同期間の平均伸び率は、年率5%程度と想定されている。このため、灯、軽油の不足は解消し、むしろ過剰供給になる恐れもある。一方、原油生産は現在OPECの規制によって1.3百万バレル/日に抑えられているが、鉱山エネルギー省石油ガス総局及びアルタミナの見通しでは、原油の生産能力は1.6百万バレル/日と推定されている。事実、政府の見通しではOPECの規制が解除されれば、1.7百万バレル/日の原油生産は可能であり、百万バレル/日の輸出余力を確保できるとしている。

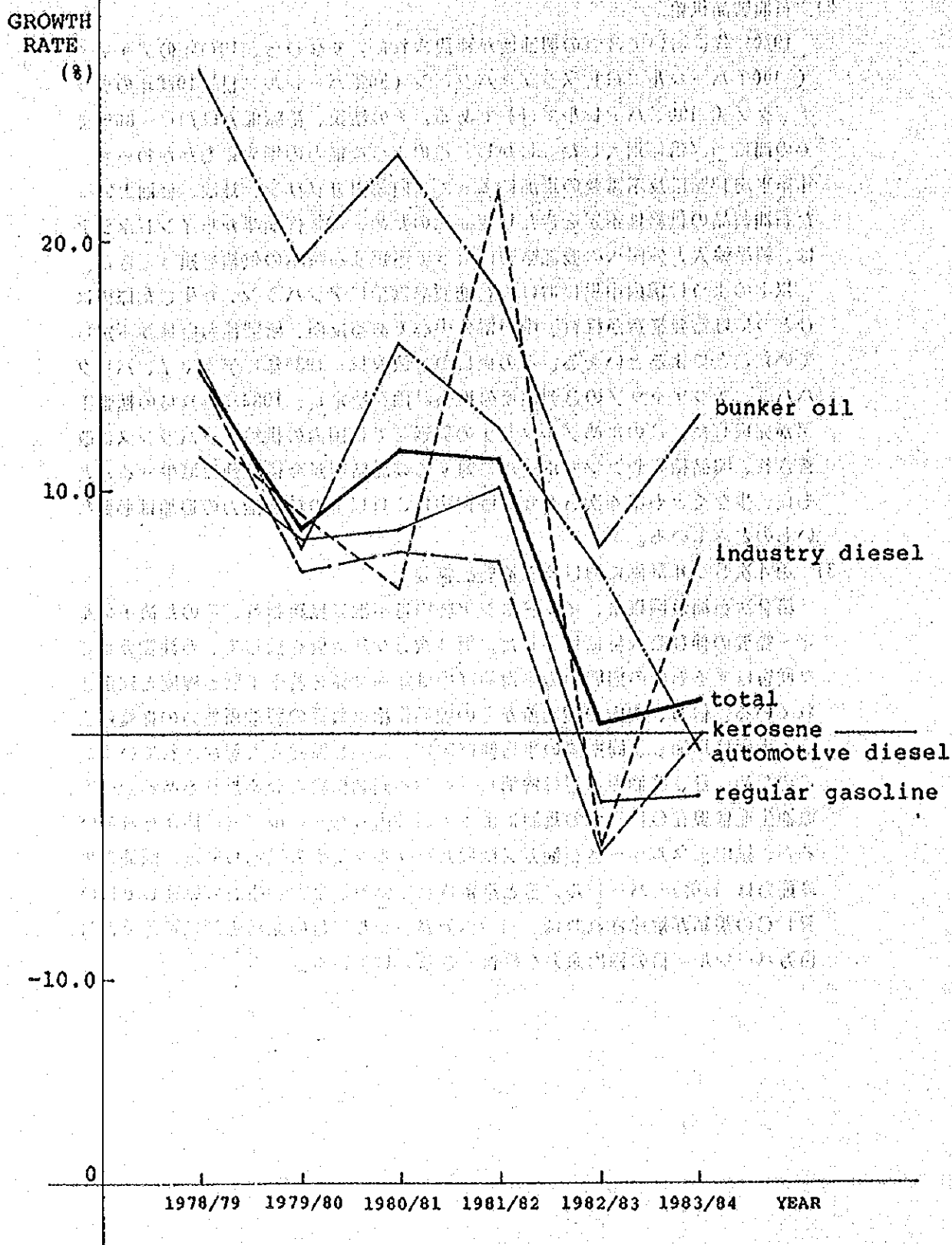


Fig.5-1-1 Growth Rate of Demand for Main Oil Products

(4) 石炭政策と需給計画

1) 石炭需給の現状

1968年から'82年までの14年間において、全商業エネルギー消費に占める石炭のシェアはTable 5-1-1に示されるように、1969年のピーク時における1.8%から、途中第1次石油危機後の75年に1度1%へ増加したものの、'78年の0.5%まで一貫して低下してきている。

このため、石炭生産も1941年に最大生産量200万トンを記録した後、安価な石油の出現によって低下し続けてきた。しかし、1973年の石油価格の上昇は、石炭産業再生のきっかけとなり、以後石炭の生産は増加に転じ、1981年には35万トンの生産を記録した。

インドネシアの石炭は、現在南スマトラのプキットアサム鉱山と西スマトラのオムビリン鉱山からほぼ等量づつ産出されている。しかし、生産及び輸送の設備はいずれもかなり旧式なものであり、現在、これらの設備の改善、近代化の努力がなされつつある。

石炭の需要先としては大部分がセメント工業、西及び南スマトラの鉄道、およびスズ製錬などの非鉄金属工業用となっており、一部無煙炭が輸出に向けられている。

現段階では電力用炭は山元で僅かに使用されているにすぎない。

2) 石炭政策

インドネシアの石炭産業は、カリマンタンにおける小規模な露天堀の鉱区を除いて1958年に全て国有化された。1970年に鉱山エネルギー省鉱山総局の下に国営企業として石炭公社が設立された。ついで1981年にはプキットアサムの石炭開発を実施する目的で石炭公社から分離して新しい石炭開発会社としてプキットアサム石炭会社が設立された。プキットアサム石炭会社は世銀の融資を受けて実施されているプキットアサム鉱山の増産計画を直接担当している。

今年度からスタートした第4次5ヶ年計画で石炭は、石油代替エネルギーとして火力発電用燃料及びセメント用燃料としてより高いプライオリティーを与えられている。このことは石油消費量の最小化、石油輸出余力の保持、拡大、非輸出型エネルギーの活用という3つの主要目標を持ったエネルギー政策の一般的な体系と深くかかわっている。

3) 石炭の需給見通し

第4次5ヶ年計画において石炭は、インドネシアのエネルギーバランスの中でより重要な役割を演じるものと期待されている。全商業エネルギーの中で石炭は1982/83年の0.5%（石油換算1.11百万バレル）のウェイトから1988/89には9.7%（石油換算28.24百万バレル）へと増加し、水力と併せた数字は4.2%から18%へ飛躍的に増大すると予想されている。

鉱山総局によると石炭需要の内分けは、大部分（70～80%）が電力用であり、残り（15～20%）がセメント用となっている。

第4次5ヶ年計画期間中に石炭生産は、1984/85年の90万トン/年のレベルから1988/89年には、9.39百万トン/年のへ増大すると見込まれている。この大幅な増加は、プキットアサム鉱山の拡張（3.5百万トン/年）、ムアラティガの新鉱の開発（3百万トン/年）、石炭社による既存の鉱山の再開発、及び西スマトラのオムピリン鉱山での新鉱開発（1.5百万トン/年）、さらに、カリマシタンの南部と東部地区の開発等々によるものと考えられる。

しかし、インフラ整備の遅れといった幾つかの問題が生じることが予想される。プキットアサム石炭会社によるプキットアサム鉱山の開発は、1981年に世界銀行の融資を受けてアエルラヤの開発から着手された。このプロジェクトは鉱山開発から輸送システムまでを含む一貫したプロジェクトとなっており、鉱山の開発に始まり、炭住街の整備、鉄道輸送システム、タラハン及びケルタパティのターミナル、それに海上輸送システムが含まれている。プキットアサム石炭会社は、1987年初までに320万トンの生産規模を達成させることに現在努力を傾注している。生産される石炭は、スララヤの石炭火力1、2号機用として250万トン、プキットアサムの山元発電用（65MW×2）に40万トン、それにスマトラのセメント工場向けに10万トンづつ供給されることになっている。しかし、1984年及び'85年に運開するスララヤの石炭火力1、2号機への石炭の供給は、鉱山開発の遅れから初期の段階において一時的に輸入炭に依存する必要がある。したがって、第4次5ヶ年計画では、2号機以降のスララヤ石炭火力発電所の拡張が計画されているものの、鉄道能力の改善と鉱山の開発とがおこなわれねば、計画の達成は難しいといえる。ところで、インドネシアの石炭生産は1988/89年で939万トンが見込まれており、これに対してBPPPTによる見通し（高需要ケース）では1990年に1,060万トンから2,066万トンの石炭需要があるとみられている。

(Table 5-1-6, Table 5-1-7)

Table 5-1-7 COAL PROJECTS UNDERWAY

Area	Project	Capacity
West Sumatra	New mine development at Ombilin	1.35 MM TPY in 1989
	Railroad upgrading	Approximately 1 MM TPY
	Storage and handling facilities at harbor	
	Coal-fired power plant at Salak	100 MW in 1986, 200 MW in 1988
South Sumatra	Air Laya mine renovation	3 MM TPY in 1987
	Tanjung Enim to Tarahan Railroad upgrading	3 to 3.5 MM TPY
	Coal terminal at Tarahan	Ultimate capacity: 12 MM TPY
	Coal shipment to Suralaya	1 ship of 10,000 DWT, self unloading
	Development of Muara Tiga	Maximum capacity 2 to 2.8 MM TPY
	Coal-fired power plant at Bukit Asam	130 MW in 1986, 195 MW in 1989
	Coal-fired power plant at Tarahan	60 MW in 1988, 100 MW in 1989, and 160 MW in 1991
	Repair Kertapati terminal	
	Feasibility studies for Muara Tiga and N.W. Banko	
Prefeasibility studies of areas surrounding Bukit Asam		
Java	Suralaya coal-fired power plant	2 x 400 MW in 1986, 1200 MW in 1987, 1600 MW in 1988, 2200 MW in 1989, 2800 MW in 1990
	Exploration and development of small resources	
	Paiton coal-fired power plant	2 x 400 MW in 1989
Kalimantan	Exploration and development of coal in N.E., East, and South Kalimantan	
	Coal-fired power plant at Loakulu	50 MW in 1989, 100 MW in 1991, and 160 MW in 1993

Source: Energy Development and Transport in Indonesia (BPPT in June 1982)

4) バンコ炭利用の見通し

インドネシアには現在以下に示すような9つの石炭開発に関する計画がある。すなわち、i) ブキットアサム開発プロジェクト、ii) 南スマトラ開発プロジェクト、iii) オムビリンIプロジェクト、iv) オムビリンII、IIIプロジェクト、v) 東カリマンタンでの生産分与方式によるプロジェクト、vi) 石炭埋蔵量に関する調査、vii) ジャワ島における小規模石炭資源の調査、viii) ビートに関する調査、ix) 石炭部門における人材開発に関する調査、である。

第4次5ヶ年計画では、バンコ地域での石炭の商業生産は計画されておらず、事実鉱山総局の見解においてもバンコ炭の利用について具体的な計画は示されていない。

(5) インドネシアの工業化政策と移住政策

1) 全般的政策

第4次5ヶ年計画における政策の指針は次のように示されている。

- i) 主要な目的は生活水準、知的能力、国民の福祉の向上、及び国家開発のその次の段階への強力な基礎作りをおこなうこと。
- ii) 将来へ向けての一貫した開発の有効な基礎作り、及び国民の開発努力においてこれに参加し、実行する全ての者にとって十分かつ調和を持ったインセンティブと機会を提供できるような環境を作り出すこと。
- iii) 食糧農産物の自給、軽、重工業の両者に対して産業機械を生産する産業に重点を置きつつ、同時に社会開発へより一層の注意を向けること、さらに一貫した開発を推進するために相互に協力するような非経済的分野の開発。
- iv) 開発政策は開発の3部作とも呼ぶべき「Trilogi Pembangunan」に基づいて継続されねばならない。すなわち、公平さと十分に高い経済成長、それに正常かつ活発さを持った国の安定性である。それら3つの要素は常に相互に調和し、補強し合うものでなければならないが、とりわけ公平さに重点が置かれるべきものである。

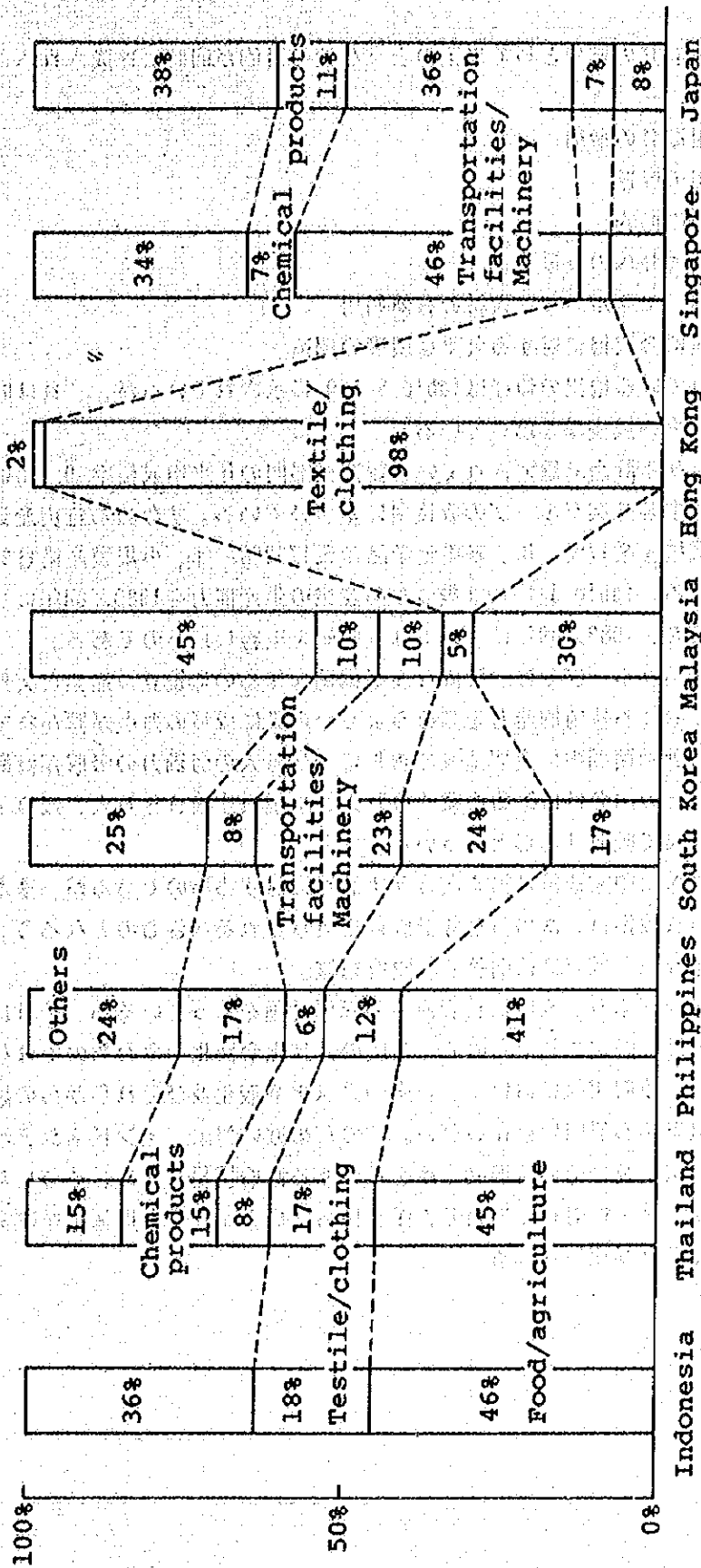
このような指針に基づき、Table 5-1-8 に示したような成長率と構造変化が各部門に対して与えられている。

この表から明らかになるように、著しく高い成長率が製造業部門に与えられており、Fig. 5-1-2 に示したように他の東南アジア諸国と比べてさえも、農業中心のインドネシアの経済構造は変化する形となっている。

Table 5-1-8 SECTORAL GROWTH RATES AND STRUCTURAL CHANGES
(based on 1973 constant prices)

Sector	Estimated Share in GDP, 1983/84	Average Annual Growth Rate, Repelita IV	Projected Share in GDP, 1988/89
1. Agriculture	29.2%	(3.0%)	26.4%
2. Mining	7.4%	(2.4%)	6.6%
3. Manufacturing	15.8%	(9.5%)	19.4%
4. Construction	6.3%	(5.0%)	6.3%
5. Transport and Communication	6.0%	(5.2%)	6.0%
6. Other Sectors	35.3%	(5.0%)	35.3%
Gross Domestic Product	100.0%	(5.0%)	100.0%

Ratios of Manufacturing Industries to GDP (1975)



Source: World Bank, World Development Report, 1979

Note: Food/agriculture: ISIC311, 313, 314, Textile/clothing: ISIC321-324, Machinery/transportation facilities: ISIC382-384, Chemical ISIC 351, 352.

Fig. 5-1-2 Industrial Structures by Country

これらの産業開発の結果として以下のような他の目的が同時に達成されることになる。

- 雇用機会の増加
- 輸出の促進
- 外貨の節約
- 地域開発への支援
- 自然、エネルギー、人材の有効利用
- 事業機会取得に対する公平な環境の創造

想定されている輸出の伸びはTable 5-1-9 に示されているが、これは同時に製造業の高い成長率を示している。

第4次5ケ年計画で想定されている製造業部門の年平均成長率 9.5%は、次のような主要産業グループの成長率に基づいている。すなわち雑貨産業6%/年、機械産業17%/年、基礎化学品産業17.2%/年、小規模産業6%/年等々である。Table 5-1-10は幾つかの産業の生産能力を1983/84年については実績値を、1988/89年については予測値を集約したものである。

基礎化学品グループでは、強固な産業構造を作るのに役立つ産業と天然資源の加工における技術的能力を高めるような産業に成長の力点が置かれている。第4次計画期間中に全製造業で新たに 140万人の労働力の吸収が計画されており、その内分けは雑貨産業40万人、小規模産業93万人、残り7万人を各種産業で吸収する形となっている。

ここに述べた国家政策は第4次5ケ年計画に対するものであるが、基本的にこのような政策は、次の5ケ年計画にも継承されるべきものとなる。

2) 石炭ガス化及び合成ガスに関係する政府組織

現在、インドネシア政府は石炭産業の発展計画を持っているが、それは石炭の直接燃焼に限定されたもので、石炭のガス化や液化を含むものではない。したがって、政府組織において、石炭のガス化や液化及びそれらからの誘導品生産を担当する部門は存在しない。このため近い将来、インドネシア政府が石炭のガス化及びその誘導品生産を担当する政府機構を定め、そうした組織が本スタディーに対して単独で責任を持ちプロジェクトの具体化を確実なものにすることが期待される。

Table 5-1-9 GROSS VALUE OF EXPORTS (F.O.B.), 1983/84 - 1988/89

(US\$ million, current prices)

Item	1983/84	1984/85	1985/86	1986/87	1987/88	1988/89	Average Rate of Growth (%)
<u>Oil and LNG (Gross)</u>	<u>14,140</u>	<u>13,825</u>	<u>15,424</u>	<u>17,317</u>	<u>19,008</u>	<u>20,363</u>	<u>7.6</u>
1. Crude Oil and Oil Products	11,861	10,644	11,873	13,463	14,664	15,766	5.9
2. Liquefied Natural Gas	2,279	3,181	3,551	3,854	4,344	4,597	15.1
<u>Non-oil and non-LNG</u>	<u>5,170</u>	<u>6,050</u>	<u>7,009</u>	<u>8,015</u>	<u>9,215</u>	<u>10,753</u>	<u>15.8</u>
1. Agricultural Products	2,597	2,859	3,123	3,395	3,717	4,160	9.9
2. Mining Products	652	740	841	963	1,066	1,166	12.3
3. Manufactured Products	1,921	2,451	3,045	3,657	4,432	5,427	23.1
<u>TOTAL EXPORTS</u>	<u>19,310</u>	<u>19,875</u>	<u>22,433</u>	<u>25,332</u>	<u>28,223</u>	<u>31,116</u>	<u>10.0</u>

Table 5-1-10.

SELECTED TARGETS: MANUFACTURING, 1983/84 and 1988/89

<u>SUBSECTOR/PRODUCT</u>	<u>UNIT</u>	<u>PRODUCTION CAPACITY</u>	
		<u>1983/84</u>	<u>1988/89</u>
A. <u>INDUSTRIAL MACHINERIES AND BASIC METAL</u>			
Industrial Machineries	unit	1,550	3,600
Airplanes	unit	24	35
Helicopters	unit	48	66
Freight Wagons	unit	300	600
Passenger Wagons	unit	-	50
Ships	000 dwt	195	493
Ships Repairs	000 dwt	1,150	3,150
Steel Slab	000 tons	1,100	1,600
Hot Rolled Coil	000 tons	1,100	1,700
Cold Rolled Coil	000 tons	-	1,150
Steel Plates	000 tons	491	780
Pipes	000 tons	-	130
Steel Profile	000 tons	-	100
Aluminium Ingot	000 tons	225	300
Aluminium Sheets	000 tons	21	40
Aluminium Wire	000 tons	-	15
Copper Cathodes	000 tons	-	100
Copper Wire Rods	000 tons	36	50
B. <u>BASIC CHEMICALS</u>			
Urea	000 tons	2,190	5,610
ZA	000 tons	150	650
TSP	000 tons	500	1,500
Cement	000 tons	10,290	21,000
Newsprint	000 tons	-	90
Craft Paper	000 tons	-	90
C. <u>MISCELLANEOUS INDUSTRY</u>			
Car Tires	000 units	4,335	10,290
Cooking Oil	000 tons	1,226	1,967
Textiles	million meters	2,130	2,860
Garments	000 dozens	20,300	26,000
Weaving Yarns	000 bales	1,540	1,740
Salt	000 tons	1,100	2,100

(3) 南スマトラにおける主要産業

南スマトラにおける製造設備は以下のとおりである。

i) 製油所

プルタミナ プラジュー製油所

常圧蒸溜装置 95,000バレル/日

減圧 " "

熱分解装置

異性化装置

アルキレーション装置

熱改質装置

硫黄回収装置

アスファルト製造装置

ポリプロピレン製造装置

プルタミナ スンガイゲロン製油所

常圧蒸溜装置 6,500バレル/日

減圧 " "

接触改質装置

異性化装置

ワックス回収装置

ii) 化学工業

プスリ バレンバン工場

No. I 装置 アンモニア 180トン/日 , 尿 素 300トン/日

No. II " アンモニア 660トン/日 , 尿 素 1,150トン/日

No. III " アンモニア 1,000トン/日 , 尿 素 1,725トン/日

No. IV " アンモニア 1,000トン/日 , 尿 素 1,725トン/日

iii) 主要発電設備

ブームバルー (Boombaru) 12,500kw (ガスタービン)

カロマサン (Karomasan) 29,560kw (ガスタービン)

25,000kw (ディーゼル)

タンジュンカラ (Tanjung Karang) 16,376kw (ディーゼル)

ブキットアサム (Bukit Asam) 130,000kw (石炭火力) *

* 建設中

iv) セメント工場

バレンバン バトラジャセメント会社 500,000 トン/年

(P, T, Semen Baturaja)

(4) 南スマトラにおいて計画中の主要プロジェクト

i) 製油所

現在のところ大きな拡張計画はない。

ii) 化学工場

プスリ肥料会社はNo.1装置の建て直しを計画中で、この計画の実現によってNo.1装置の尿素生産能力は1,725トン/日に増強される。また、プルトミナはアロマコンビナートの建設を計画していたが、計画は中止されている。しかし、この計画が復活する可能性はある。

iii) 発電設備

現在主要な新規プロジェクトは存在しない。

(5) 移住政策と地方開発

インドネシアは1億5,000万人以上の巨大な人口を抱える国であり、1980年には全人口の62%が国土の7%を占めるに過ぎないジャワ島に集中していた。このためジャワ島の人口密度は690人/Km²とインドネシアの平均77人/Km²に比べて著しく過密となっている。ジャワ島の人口増加率は1971年～80年で年平均2.0%増と61～71年の平均2.0%増とほぼ同じであるが、この増加率、スマトラの3.3%/年、カリマンタンの3.2%/年、ヌサテンガラ2.8%/年の増加に比べるとむしろ小さい方である。

移住計画は、このような背景から多目的計画として作成された。この計画は、土地の不足しているジャワ、バリ、ロンボクから人口の再配置をおこない、土地を提供し、人口の過少な地域へ労働力を移し、新たに人口の集中地域として人口過少地域の開発を主に農業生産を通じておこなおうと意図されたものである。移住計画はまた国の安定と統一を促進するけん引車としても考えられている。

1981年の移住実績によると全9万世帯のうち南スマトラへは28%が、中部スマトラのリアウへは14%、南カリマンタンへは8%、南スラヴェシへは7%が各々移住した。移住者は中部及び東部スマトラからの人間が主体で各移住地に対して40～60%を占めていて、ジャワからスマトラ、カリマンタン、そしてスラヴェシへの移住は基本的な流れとなっている。

第4次5ヶ年計画期間中、政府は75万世帯を移住させることを考えている。この移住政策に関しては、Swakarsaと呼ばれる任意の移住計画が政府予算に限りがあるため奨励されており、期間中に25万世帯が移住するものと期待されている。

第3次5ヶ年計画期間中に50万世帯の政府目標に対して52万7,000世帯の移住があったが、新たに設立された移住地を放棄してしまうケースが多数ある。移住の方式にはいくつかの形態が存在するが、それらは

i) 食糧作物栽培, ii) 漁業, iii) 農園, iv) 牧畜, v) 鉱工業, vi) 国防あるいは退役軍人のための移住, vii) 林業などである。このうちi)とiii)についてはすでに実施されており、ii)及びiv)第4次計画で実施される予定である。さらにv)とvi)は第4次計画以降に実行に移されることになる。また、vii)に関してはいまだアイデアに段階であり具体的計画はない。

バンコ炭の有効利用計画に関していえば、移住計画関連ではv)の鉱工業の分野の属するものであろう。これは現在実施されている農業を基礎とした移住のパターンとは異なったものとなる。さらに、このケースでは熟練した労働力と必要となる。したがって、v)に分類される鉱・工業移住は、工業化政策と併せた基本的な移住政策の研究がなされねばならない。

その意味での本プロジェクトはv)の鉱・工業に関する新しい移住計画の実施可能性を試験するモデルケースとして考えられる。

Table 5-1-11 GENERAL TRANSMIGRATION SITUATION 1981

Transmigration REGION	REGION OF ORIGIN																	
	Total	Local Transmigration		Jakarta		West Java		Central Java		Yogyakarta		East Java		Bali		NTB		
		Family Share Head (%)	Family Share Head (%)	Family Share Head (%)	Family Share Head (%)	Family Share Head (%)	Family Share Head (%)	Family Share Head (%)	Family Share Head (%)	Family Share Head (%)	Family Share Head (%)	Family Share Head (%)	Family Share Head (%)	Family Share Head (%)	Family Share Head (%)	Family Share Head (%)	Family Share Head (%)	
D.I. Aceh	3,783	4.2	858	7.3	-	531	4.0	1,049	3.8	243	5.6	1,102	4.1	-	-	-	-	
North Sumatra	954	1.1	105	0.9	50	7.8	100	0.8	449	1.6	100	2.3	150	0.6	-	-	-	
Riau	12,938	14.3	1,400	11.9	-	2,231	16.9	4,139	15.1	649	14.9	4,519	16.9	-	-	-	-	
Jambi	4,067	4.5	395	3.4	-	782	5.9	1,477	5.3	202	4.6	1,211	4.5	-	-	-	(-)	
West Sumatra	742	0.8	289	2.5	-	-	-	303	1.1	-	-	150	0.6	-	-	-	-	
Bengkulu	2,105	2.3	100	0.9	-	-	-	1,805	6.6	200	4.6	-	-	-	-	-	-	
South Sumatra	25,530	28.3	2,782	23.7	133	20.7	4,266	32.3	8,152	29.7	1,120	25.7	9,077	33.9	-	-	(-)	
Lampung	1,354	1.5	1,354	11.6	-*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(-)	
West Kalimantan	5,881	6.5	724	6.2	21	3.3	694	5.3	2,022	7.4	288	6.6	2,132	8.0	-	-	-	
Central Kalimantan	3,813	4.2	441	3.8	-	-	-	1,708	6.2	200	4.6	1,464	5.5	-	-	-	-	
South Kalimantan	7,231	8.0	993	8.5	-	-	592	4.5	1,650	6.0	772	17.7	1,672	6.2	723	18.0	829	
East Kalimantan	2,858	3.2	200	1.7	100	15.6	569	4.3	699	2.6	-	1,290	4.8	-	-	-	(11.5)	
South Sulawesi	1,798	2.0	100	0.9	37	5.8	100	0.8	470	1.7	-	191	0.7	500	12.4	400	18.0	
Central Sulawesi	4,672	5.2	800	6.8	148	23.0	1,511	11.4	346	1.3	100	2.3	325	1.2	990	24.6	450	
South-East Sulawesi	6,190	6.9	610	5.2	54	8.4	990	7.5	1,356	4.9	310	7.1	1,416	5.3	1,012	25.1	442	
North Sulawesi	1,665	1.8	150	1.3	100	15.6	199	1.5	-	-	-	466	1.7	650	16.2	100	4.5	
Maluku	2,050	2.3	58	0.5	-	-	125	0.9	938	3.4	24	0.6	905	3.4	-	-	-	
Irian Jaya	2,712	3.0	363	3.1	-	-	517	3.9	845	3.1	150	3.4	688	2.6	149	3.7	-	
Total	90,343	100.0	11,722	100.0	643	100.0	13,207	100.0	27,408	100.0	4,358	100.0	26,758	100.0	4,024	100.0	2,221	100.0
	(100.0)		(13.0)		(0.7)	(14.6)		(30.3)		(4.8)		(29.6)		(4.5)		(2.5)		

*) Lampung Resettlement
Source: Directorate General of Transmigration

5-2 褐炭とその誘導品の市場予備調査

(1) 発電用燃料市場

すでに述べたように、石炭はインドネシアにおいて最も期待される代替エネルギーである。しかし、褐炭はその膨大な埋蔵量にもかかわらず、低いカロリー量、高い水分、自然発火の危険性といった性状からエネルギー開発政策の中で、現在明確な位置を占めるに至っていない。一般に褐炭はこのような性状によって、技術的、経済的両面から長距離の輸送は非常に難しい。したがって、褐炭は山元で直接燃焼用の燃料とするか、ガス化あるいは液化する方法を取る必要がある。

ところで、PLNの長期電力供給計画によると、電力供給能力は今後10年間に4倍に拡大する予定である。石炭火力発電は各種の電力供給能力のうちで、Table 5-2-1 に示したように最も急速に増大するものと考えられている。

Table 5-2-1 Prospect for Electricity Supply Capacity by Type.

	1983/84		1988/89		1993/94	
hydro	664	(17.7)	2,164	(25.9)	4,408	(30.3)
steam (by oil)	1,556	(41.5)	2,036	(24.4)	2,116	(14.5)
steam (by coal)	0	(-)	1,430	(17.1)	4,945	(34.0)
geothermal	30	(0.8)	250	(3.0)	830	(5.7)
diesel	603	(16.1)	1,439	(17.2)	1,687	(11.6)
gas turbine	899	(23.9)	739	(8.8)	260	(1.8)
combined cycle	0	(-)	300	(3.6)	300	(2.1)
total (MW)	3,752	(100.0)	8,355	(100.0)	14,546	(100.0)

(source : PLN)

また、水力は石炭火力に次いで電力の供給ソースとして期待が持たれている。

これに対して石油火力は1988年以降は横遣いにすることが予定されている。その結果、1990年以降石炭火力が各種の電力供給源の中で第1のシェアを得ることは明らかである。

石炭にとってのボトルネックは輸送能力の不足である。事実、現在ブキットアサム石炭会社はスララヤの石炭火力発電所向けに一般炭の生産能力の拡張を進めているが、山元からバンジャンないしはバレンバンまでの鉄道の輸送能力の改善

がなされなければ、スラヤ火力に対して十分な石炭を供給することは極めて難しいと思われる。

したがって、一般的にみて南スマトラ地区の鉄道能力の増強は必要であるといえるが、プキットアサムの山元で発電した電力を高圧直流送電線によってジャワ島に送ることは全体的な経済性からみて非常に興味ある代替案である。

バンコ炭もまた、低カロリーで輸送に適さないという点で、山元発電をおこなった場合に有利なように思われる。

この点に関して、もしプキットアサム及びバンコ地区で褐炭を含む石炭による山元発電が促進されるとすれば、蒸気タービンとガスタービンによる複合発電システムは、重要な問題として検討されるべきである。というのは、この複合発電システムは蒸気タービンのみによる単一発電システムと比べて熱効率の改善がなされるだけでなく、石炭のガス化プロセスから出る合成ガスの有効利用という意味から本プロジェクトの総合的な経済性の改善につながるからである。このため石炭の直接燃焼と間接燃焼（複合発電のためのガス化）との比較は、インドネシアのローカルコンディションを考慮した技術的、経済的観点からみて本調査の主要テーマのひとつであるといえる。

(2) 合成燃料市場

① 自動車エンジン用代替燃料としてのメタノール

メタノールはガソリン及びディーゼル油に代替し得るという点で自動車エンジン用代替燃料として最も期待がもてるもののひとつである。メタノールは石炭のガス化プロセスから得られる合成ガスを原料として生産できる。もちろん、石炭からのメタノール生産が経済的、技術的可能性を有しているか否かは、将来のエネルギー価格と需要、技術開発に依存していることはいうまでもない。

他方、ガソリンエンジン（オットーエンジン）に対するメタノールの利用については、この数年間、米国、西欧、日本においてガソリンとの混合、メタノール単体（ニート）使用の両面から研究が進められてきた。こうした研究の結果から、もしガソリン中のメタノールの比率が容量比5%以下であるならば、エンジンの僅かな改良によって基本的にはエンジンに対して何らの悪影響を及ぼさないばかりか、オクタン価向上剤としてメタノールはエンジンの出力を上昇させる利点を有していることが明らかになっている。

一方、もしメタノールを単体で自動車燃料用に使用するのであれば、メタノールの使用に適した専用のエンジンの開発が必要である。日本の幾つかの自動車メーカーは、すでにニートメタノール使用のプロトタイプエンジンを開発している。

Table 5-2-2 Physical Properties of Alcohol and Gasoline

Fuel	Gasoline	Ethanol	Methanol
Chemical formula	$\sim C_7H_{16}$	C_2H_5OH	CH_3OH
Molecular weight	~ 100	46	32
Specific gravity (20°C)	0.75	0.790	0.794
Weight %			
C	~ 84	52.0	37.5
H	~ 16	13.0	12.5
O	0	35.0	50.0
Stoichiometric air fuel ratio	14.8	9.0	6.47
Lower calorific value (Kcal/kg)	10,500	6,400	4,800
Ratio of calorific value to gasoline	1.00	0.61	0.46
Calorific value based on Stoichiometric air fuel ratio			
wet charge (Kcal/ air)	0.910	0.921	0.959
dry charge (Kcal/ mix)	0.899	0.889	0.887
Latent heat (Kcal/kg)	80	206	263
Latent heat based on stoichiometric air fuel ratio			
wet charge (Kcal/ air)	0.0069	0.030	0.053
dry charge (Kcal/ mix)	0.0068	0.028	0.046
The drop in temperature caused by evaporation of fuel based on stoichiometric air fuel ratio (°C)	~ 18	74	122
Octane number	RON 91 (regular) 98 (premium) MON 82 (regular) 88 (premium)	110	109
Cetane number	~ 12	8	3
Self ignition temperature (°C)	257	420	500
Flash point (°C)	-43	13	11
Flammability limit (vol %)	1.4-7.6	4.3-19	6.7-36
Boiling point (°C)	20-210	78.3	64.5

Note: wet charge - assumes fuel is in a completely liquid form, the volume of which may be disregarded.
dry charge - where fuel has vaporized completely and is induced as mixture.

一般に自動車燃料としてのメタノールは、メタノール専用エンジンでの燃費の改善を通してメタノールの持つ低カロリーというガソリンに対する不利さをカバーし得るといわれている。メタノールエンジンからの排気ガスによる環境への影響は、ガソリンのような炭化水素燃料による通常のエンジンから排出されるガスに比べて少ないとみられる。

しかし、現実のエネルギー市場において自動車燃料としてメタノールを使用することには、依然としていくつかの問題がある。にもかかわらず、メタノールないしはメタノールとガソリンの混合燃料は、ガソリン需要の拡大に伴い将来インドネシアの燃料市場において、重要な地位を占めることが予想される。

2) ディーゼル発電用代替燃料としてのメタノール

メタノールはまたディーゼル油に代替し得る燃料として期待されている。インドネシアでは地方において非常に多くの小規模なディーゼル発電機が使用されている。インドネシアのような途上国において電力需要は、さ程大きくなく大都市を除いて需要が集中しているわけでもないため、大規模な発電所と送電線によって電力供給をおこなうのに比べて地方における小規模発電設備による発電の方がむしろ、より経済的である。したがってインドネシアでは電力供給において今後も小規模なディーゼル発電機やガスタービン発電機が重要な位置を占め続けることになると思われる。

そこで、もし将来小規模発電機用の燃料であるディーゼル油がメタノールに代替出来るとすれば、インドネシアにとって石油節約への大きなインパクトを与えることになる。

しかし、メタノール使用において解決すべき基本的問題がある。たとえば、メタノールのセタン価がディーゼル油より低いために「新しいディーゼル発電機」の開発が必要となる。すなわち燃料としてのメタノールは、ディーゼルエンジンのように圧縮燃焼には適さず、火花点火エンジンに適しているということである。

このため、「新型ディーゼル発電機」が、各国で開発されているが、いずれもまだ研究開発の段階にある。

メタノール使用におけるその他の問題は、メタノールの持つ低カロリー性という点である。そのため、もしメタノールが発電用燃料として使用される場合、ディーゼル油に比べてカロリーが低い分だけ追加の貯蔵タンクと輸送能力が必要となる。いずれにせよ、本調査において小規模発電機でメタノールを使用するためのスタディーをおこなうことは極めて重要だといえる。

(3) 化学品原料

1) メタノール

メタノールは合成ガスから直接生産される重要な化学品のひとつであり、他の化学品の原料に使用される他、Table 5-2-3 の「1982年におけるメタノール需要の内分け」に示されているように、それ以上の化学処理をしなくても溶剤として使用される。

世界のメタノール生産能力と需要との間のバランスは、Fig. 5-2-1 に示されている。また、米セラニーズ社によって予測された世界需要の見通しは、Table 5-2-4 に示されている。これらの図、表から明らかなようにメタノールは過剰生産能力に悩んでおり、この傾向はここ数年続くことになる。

しかし、メタノールを自動車用燃料と発電用燃料としてニートないしは混合燃料として使用するための各種の調査努力がなされており、こうした努力が実って燃料としてメタノールの商業利用が可能となれば、メタノールの需給状況は著しく変化することになる。

一方、過剰生産能力のためにメタノールの価格は、Fig. 5-2-2 と、5-2-3に示したように、原油及び他の原材料と比較しても低下してきている。

各地域ごとのメタノールの需給バランスは、Fig. 5-2-4 に描かれているが、日本を含むアジアにおいては、メタノールの消費は生産を上回っている。この理由は主としてナフサを原料とする旧式のメタノール生産能力が、新しく天然ガスを原料として生産し始めた装置に対して生産コスト面で競争力を持っていないため、操業停止に追い込まれていることから生じたものである。事実、合計 100万トン/年を超える生産能力を持つ6基のプラントが、1981年以来今日迄に廃棄された。アジア諸国におけるメタノールの消費と生産の状況は、Table 5-2-5 に示されているが、これは既に述べたことを改めて明らかにしている。

ところで、インドネシアではメタノールは主に合板用の接着剤として使用されている。基礎化学品総局による接着剤の需要見通しが、Table 5-2-6 に示されている。

接着剤の需要に見合ったメタノールの生産必要量もまた、調査団の推定に基づいて同じ表に表示されている。

<注> この推計はインドネシアが1982年にメタノールを56,100トン/年輸入し、120,500トン/年の接着剤を生産したことに基づいている。しかし、他の資料では120,500トン/年の接着剤を生産するのに、100,000トン/年のメタノールが必要であるとしており、この点については今後明確にする予定である。

Table 5-2-3 BREAKDOWN OF DEMAND FOR METHANOL in 1982

	U.S.A.	W. Europe	Japan
Formaline	30 %	50 %	47 %
Chloreomethane	9	6	3
DMT	4	4	1
Methylamine	4	4	2
MMA	4	3	6
Acetic acid	12	5	10
Solvent	10	6	6
MTBE	8	5	-
Gasoline blend	6	5	-
Others	13	12	25
Total	100	100	100
Demand (10³Ton/y)	3,155	3,257	1,070

Fig. 5-2-1

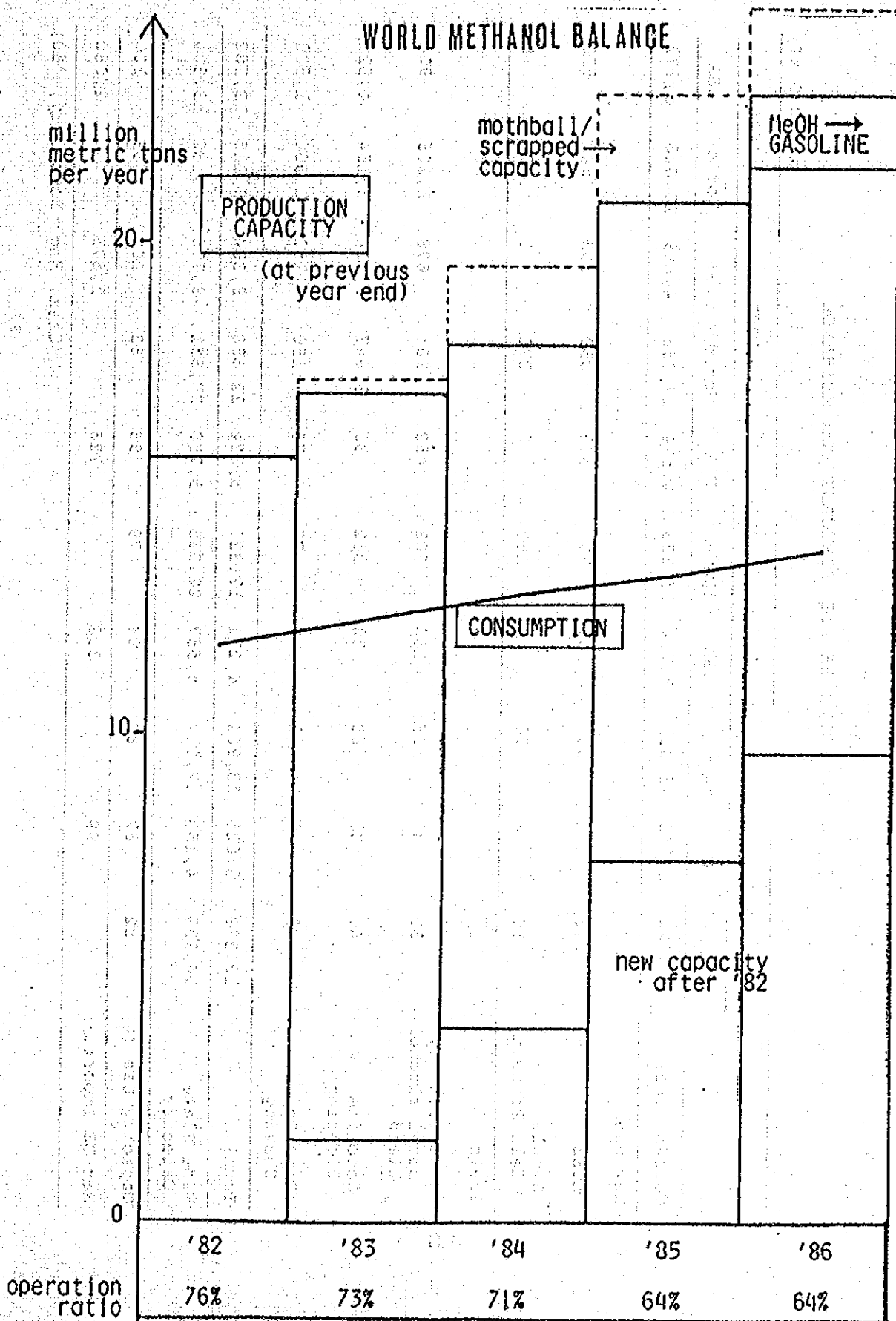


Table S-2-4 WORLD DEMAND FORECAST FOR METHANOL

	1980		1982		1985		1987		1990	
	World	USA	World	USA	World	USA	World	USA	World	USA
Current Uses	11,724	3,315	13,051	3,704	15,323	4,524	17,056	4,889	20,028	5,772
New Uses										
MTBE	316	241	558	362	784	543	859	603	949	678
Single Cell Protein	90	0	90	0	180	0	270	0	270	0
Fuels										
MTBE/tertiary butyl alcohol blend	30	30	196	166	603	452	904	678	1,205	904
Gasoline Blending	60	30	60	30	362	30	3,647	3,014	5,154	4,521
Peak Power Shaving	9	9	9	9	75	75	150	150	1,500	1,500
Total	12,229	3,625	13,964	4,271	17,327	5,624	22,888	9,334	29,115	13,382
Name Plate Capacity	14,937	4,150	17,017	4,557	22,065	5,790	27,551	8,776	34,182	13,304
Capacity Use (%)	82	87	82	94	79	98	83	100	85	100
Net US Imports		99		398		726		1,875		2,080

(Chem. Eng. News July, '80)

Fig. 5-2-2 METHANOL MARKET PRICE TREND

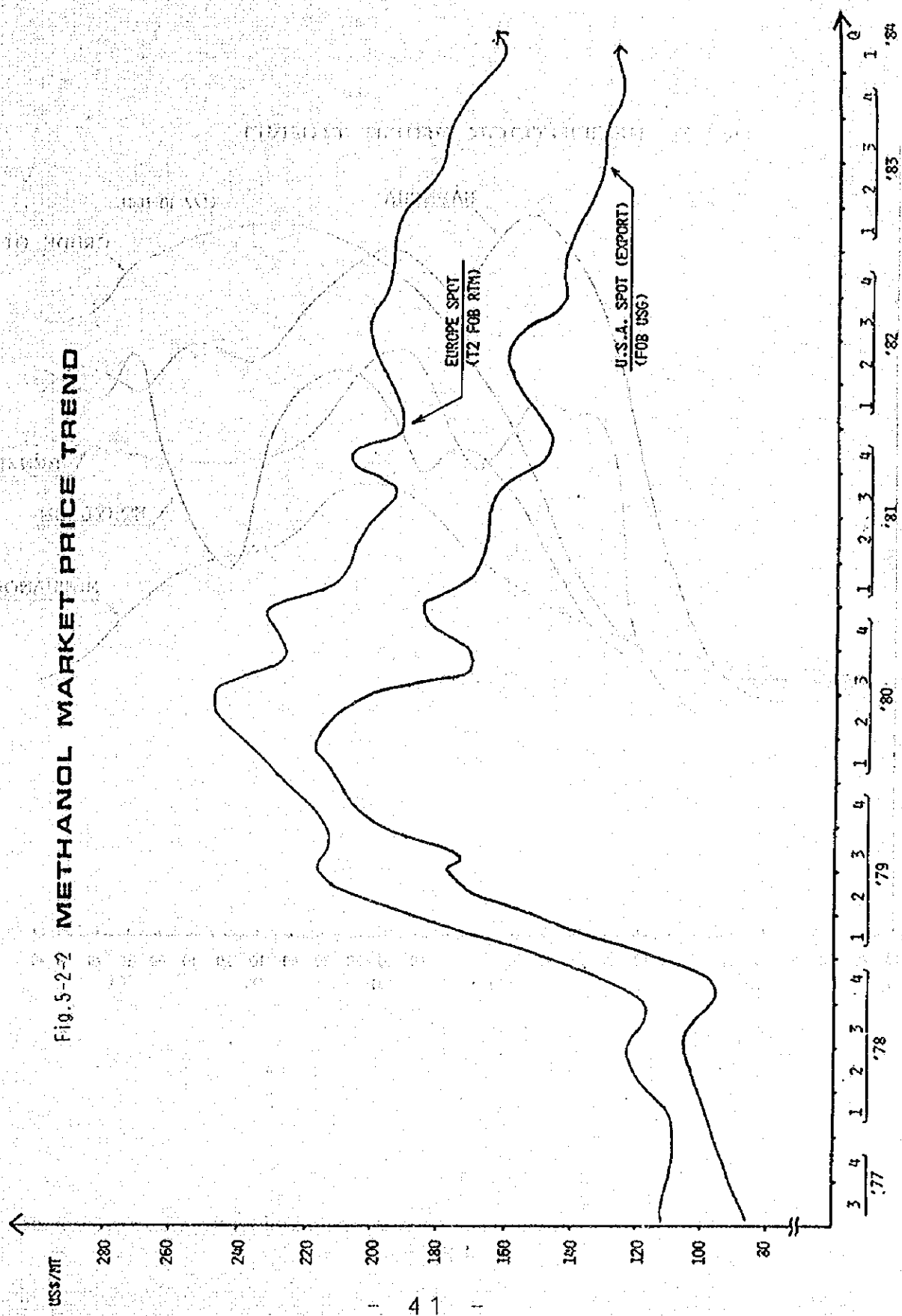


Fig. 5-2-3 FEEDSTOCK PRICE TREND

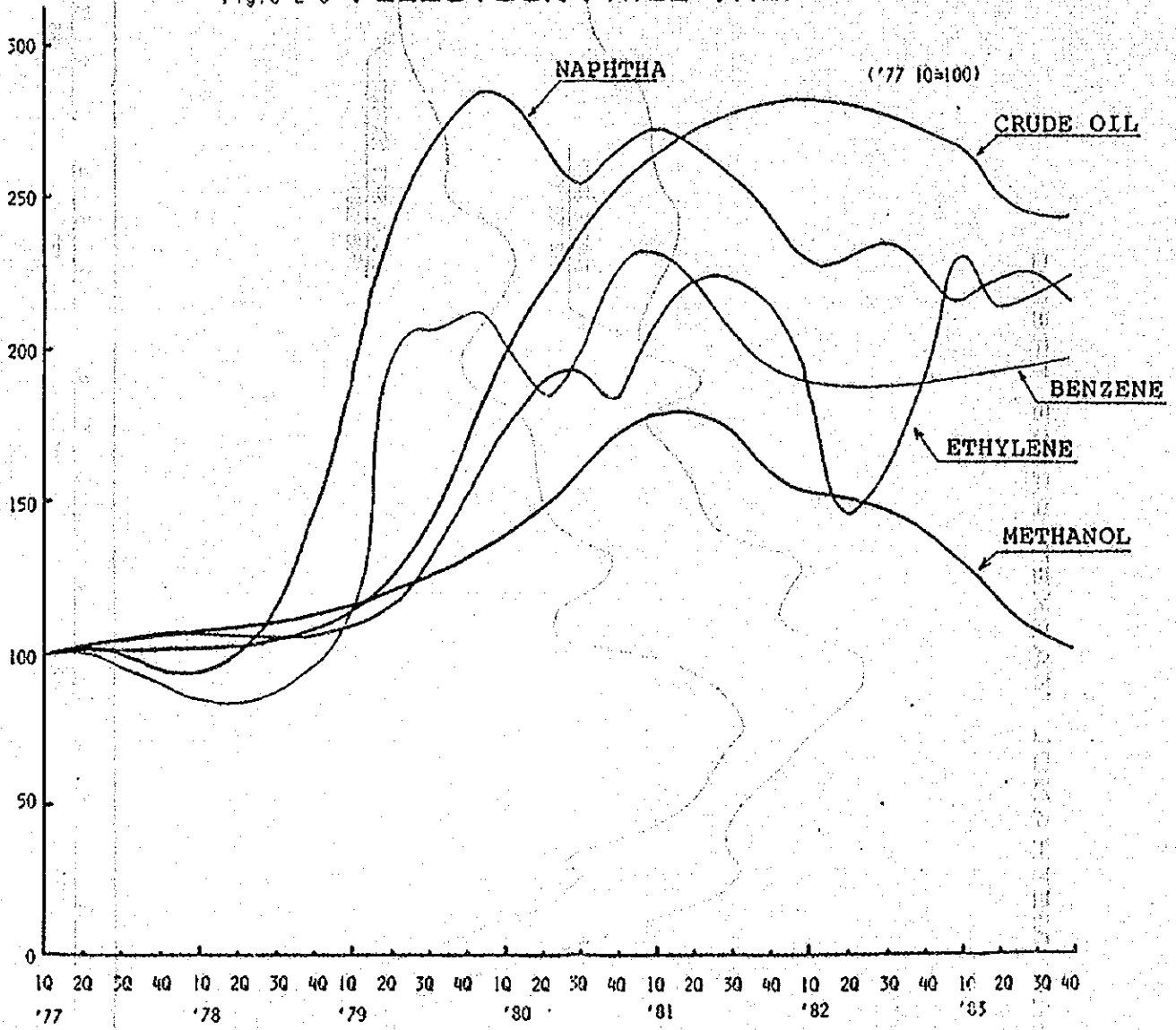


Fig. 5-2-4 '84 METHANOL BALANCE OF EACH BLOCK

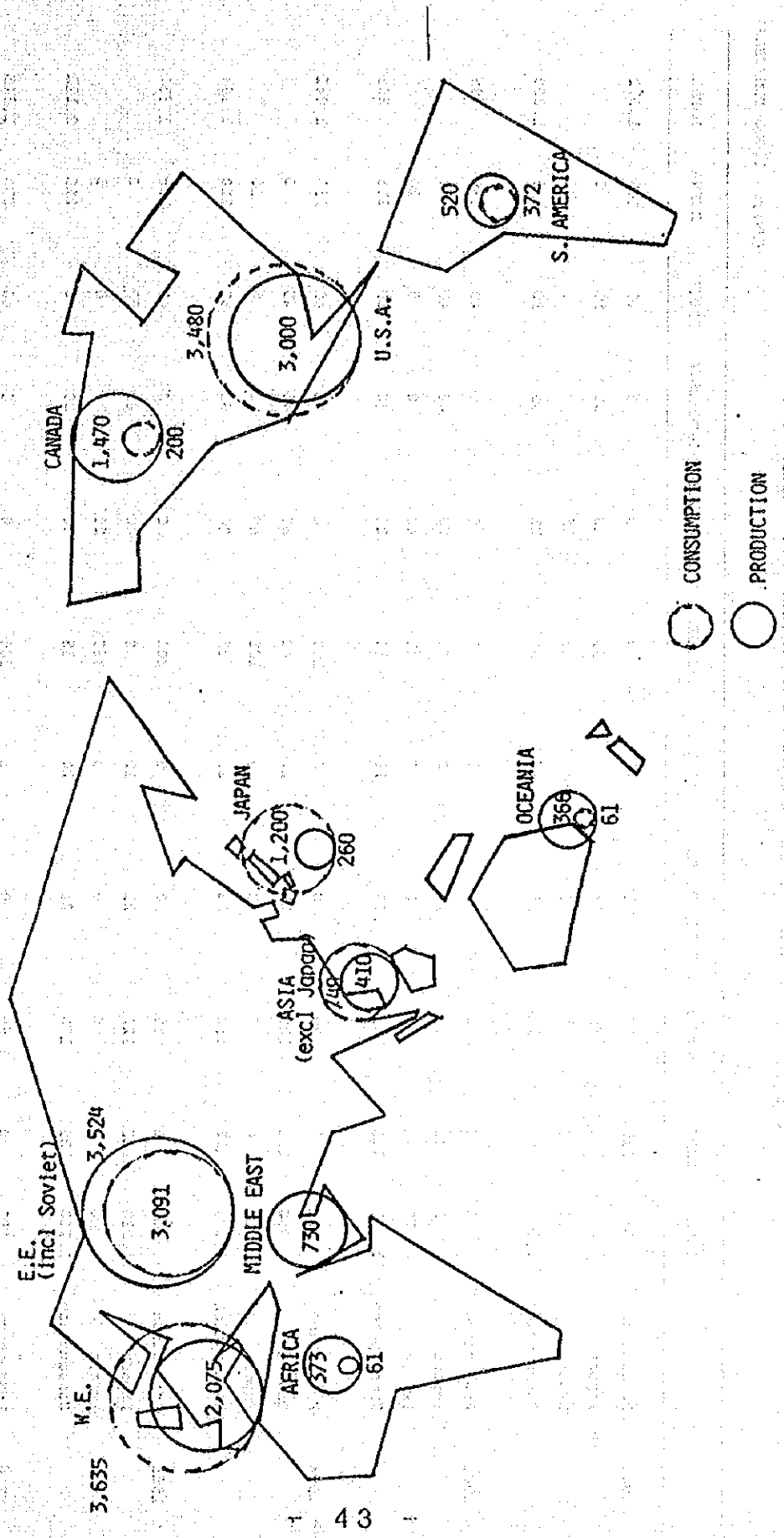


Table 5-2-5 DEMAND AND SUPPLY FORECAST FOR METHANOL IN ASIAN COUNTRIES

(UNIT: 1,000 TON/YEAR)

	JAPAN	KOREA	TAIWAN	PHILIPPINES	THAILAND	MALAYSIA	SINGAPORE	INDONESIA	INDIA	CHINA	TOTAL
1982											
Production	639	111	26	3	8	0	0	0	40	245	1,072
Import	474	0	89	16	8	50	40	35 *	50	0	
Export	16	13	0	0	0	15	15	0	0	30	
Consumption	1,097	98	115	19	16	35	25	35	90	215	1,800
1983											
Production	340	64	8	0	8	0	0	0	40	235	695
Import	845	49	121	20	10	41	60	46	40	0	
Export	12	0	0	0	0	11	40	0	0	20	
Consumption	1,173	113	129	20	18	30	20	46	80	215	1,899
1984											
Production	260	8	30	0	8	100	0	0	40	230	1,042
Import	950	110	120	20	12	40	80	65	45	0	
Export	10	0	0	0	0	105	60	0	0	10	
Consumption	1,200	118	150	20	20	35	20	65	85	220	1,994
1985											
Production	240	0	50	0	8	400	0	0	40	228	1,332
Import	1,030	125	120	21	12	0	40	80	50	0	
Export	10	0	0	0	0	365	20	0	0	3	
Consumption	1,260	125	170	21	20	35	20	80	90	225	2,112
1986											
Production	150	0	50	0	8	500	0	0	40	230	1,345
Import	1,130	130	130	22	13	0	20	90	55	0	
Export	5	0	0	0	0	465	0	0	0	0	
Consumption	1,275	130	180	22	21	35	20	90	95	230	2,165

*: According to Import Statistics, Indonesia imported 56,100 ton per year of methanol.

Table 5-2-6 DEMAND FORECAST FOR METHANOL AND GLUE IN INDONESIA

	GLUE	METHANOL
1982	120,500 T/Y	56,100 T/Y
1983	192,800	90,000
1984	321,000	149,000
1985	385,600	179,000
1986	421,300	196,000
1987	505,000	235,000

他方、メタノールは酢酸の原料となるが、インドネシアは現在全ての酢酸を輸入に頼っている。ブルタミナによると1990年の酢酸の需要は、たとえプラジューのテレフタル酸プラントが稼働したとしても、年間15,000トンに過ぎないとみられる。

しかし、この需要量は、標準的な酢酸製造プラントの規模が、年産150,000トン～200,000トンであることからみて、商業規模のプラントを建てるにはあまりにも少ない量である。

以上を要約すると、原料としてのメタノールの需要は、1987年に235,000トンに達すると予測されるが、化学用及び一般用のメタノール需要のそれ以上大幅な拡大は、新市場が開拓されない限り期待できないであろう。したがって、これらの問題に対する慎重な調査がさらに必要となろう。

燃料メタノールに関しては、燃料用としてメタノールが商業化された場合、メタノール需要が飛躍的に増加するということから、別な意味で慎重な調査が継続されるべきであろう。また、Table 5-2-5 から明らかのようにアジア諸国でのメタノール生産は、消費を下回っている。そのため、仮に本プロジェクトにおけるメタノールの生産コストが中東、オセアニア、その他地域からのメタノールに対して十分競合できるものであれば、インドネシアからメタノールを輸出するという機会が生じよう。

2) 肥料

尿素の需要は基礎化学品総局によって次のように推計されている。

1985年	1986年	1987年
3,660,000トン/年	4,002,000トン/年	4,371,000トン/年

肥料生産に関するその他の見通しは、Table 5-2-7 に示されている。さらに、プラントの立地点は、Fig.5-2-5 に示されている。

ところで、プスリの肥料工場向けの天然ガス供給は、ムシ地区において最近新たにガス資源が発見されたために、向う20年間にわたって十分可能である。しかし、仮にジャワとスマトラの間にガスパイプラインが建設されれば、ジャワへ天然ガスを輸送し、プスリ肥料工場は、石炭ガス化によって得られる合成ガスを原料として使用する方が良いように思われる。

Table 5-2-7 INDONESIA FERTILIZER PLANT CAPACITIES AND PRODUCTION POTENTIAL, 1981-90
(Product Tons)

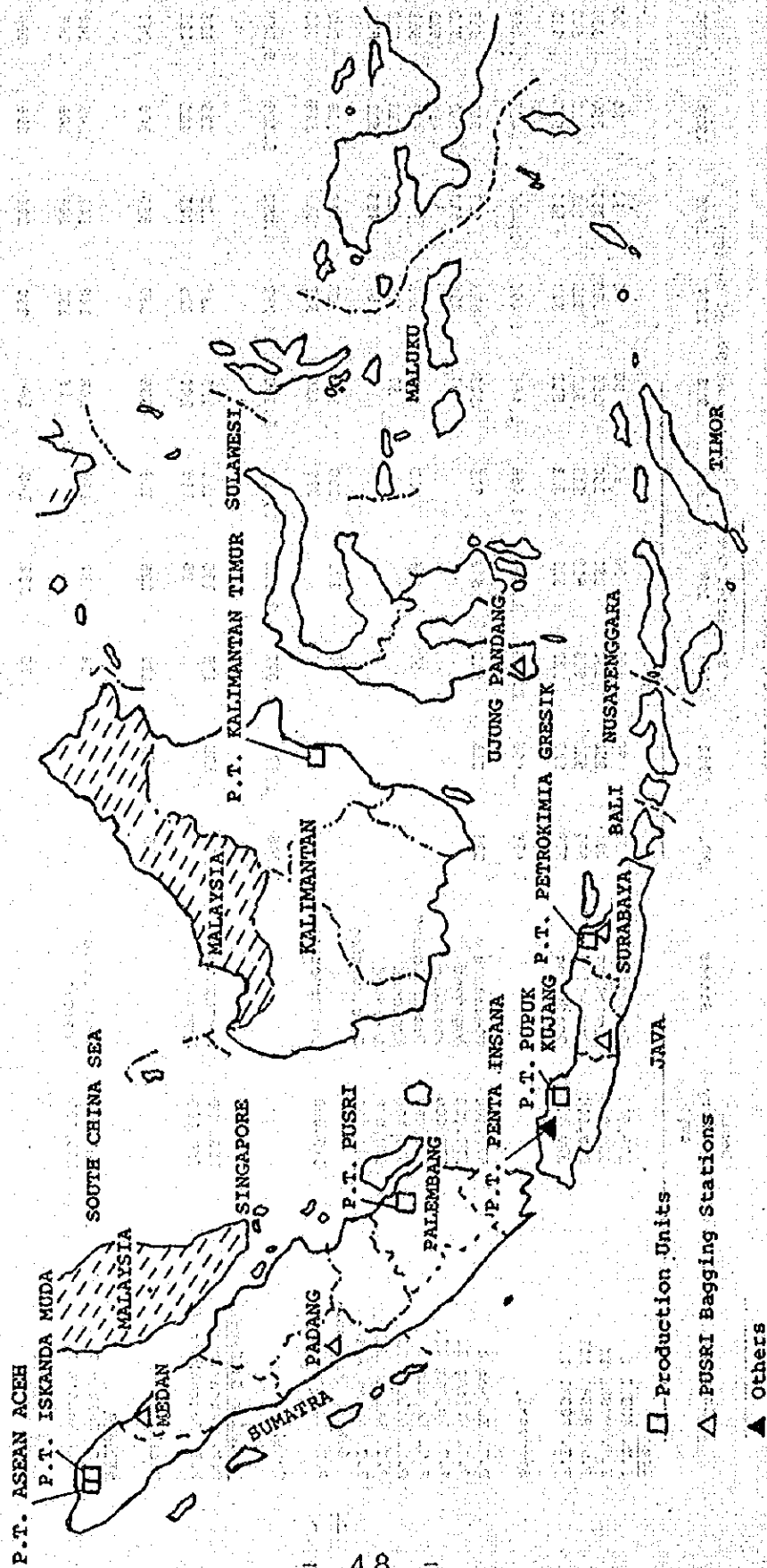
Plant	Design Capacity (tpy)	Status	Projected Output ('000. tpy at 90% of design)										
			1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	
Urea													
P.T. POSRI I	100,000	Operating	38	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
P.T. POSRI II	380,000	Operating	334	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
P.T. POSRI III	570,000	Operating	527	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513
P.T. POSRI IV	570,000	Operating	579	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513
Subtotal.			1,478	1,466	1,466	1,466	1,466	1,466	1,466	1,466	1,466	1,466	1,466
Ammonium Sulfate													
P.T. Kujang I	570,000	Operating	528	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513
P.T. Kujang II	570,000	Approved					57	456	513	513	513	513	513
P.T. Kujang III	570,000	Possible							57	456	513	513	513
P.T. Kaltim I	570,000	Commissioning			57	456	513	513	513	513	513	513	513
P.T. Kaltim II	570,000	Approved					57	456	513	513	513	513	513
P.T. Kaltim III	570,000	Approved							57	456	513	513	513
P.T. Asean Aceh	570,000	Construction									57	456	513
60% to Indonesia					36	273	308	308	308	308	308	308	308
P.T. Iskanda Muda	570,000	Construction									513	513	513
Total Urea			2,006	1,979	2,072	2,708	3,199	3,370	4,282	4,852	5,308	5,365	5,365
Ammonium Sulfate													
P.T. Petrakimia I	150,000	Operating	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
P.T. Petrakimia II	250,000	Approved				90	180	200	225	225	225	225	225
Total AS			135	135	135	225	315	335	360	360	360	360	360
Ammonia													
P.T. Kaltim I	165,000	Construction			16	132	148	148	148	148	148	148	148
P.T. Kaltim II	165,000	Approved					16	164	164	164	164	164	164
Total Ammonia					16	132	148	164	280	296	296	296	296
TSP/DAP													
P.T. Petrokimia I	450,000	Operating	559	540	405	405	405	405	405	405	405	405	405
P.T. Petrokimia II	450,000	Construction			315	405	405	405	405	405	405	405	405
P.T. Petrokimia III	450,000	Approved				45	315	405	405	405	405	405	405
Total TSP/DAP			559	540	720	855	1,125	1,215	1,215	1,215	1,215	1,215	1,215

a. Actual data for 1981. Not including 15,000 tons of urea by P.T. Petrokimia I.

b. Kaltim I delayed into 1983. Kaltim II also assumed 1 year delay

Source: POSRI data from Department of Industry, with later information.

Fig. 5-2-5 Location of Fertilizer Production Units and Bagging Station



5-3 結論ならびに提言

(1) 結 論

褐炭とその誘導品の長期需要予測については、第4次5ヶ年計画後の予測をおこなうために、さらに追加的な情報と詳細な分析作業が必要であることから本報告では基本的には言及していない。

したがって、褐炭とその誘導品市場についての総合的な予備調査の結論は、本年度末までに取りまとめられる予定の中間報告書において述べられることになる。他方、第1次調査チームによる現地調査の結果として市場に関する以下の見通しが、暫定的結論として得られている。

- i) 灯油と軽油に対する代替エネルギー開発は、石油輸出を確保するためにインドネシアにとって最も重要な問題のひとつである。
- ii) ガスタービン発電機（燃料として軽油を使用）とディーゼル発電機に対する代替燃料としてメタノールを適用することは、その利用技術を含むより詳細なスタディーが必要であるが、将来における最も有望な用途といえる。
- iii) 自動車燃料としてメタノールを使用することは、ディーゼル油代替に比べて需要は少ないが、有望といえる。ただし、メタノール/ガソリンブレンドの毒性の影響と給配システムについてはインドネシアの地域的特性を考慮してさらに、調査されねばならない。
- iv) 尿素に対する需要は、インドネシアにおいても高いものが見込まれる。しかし、石炭のガス化の経済的フィージビリティは、尿素の通常の原料である天然ガスの価格が、政策的に低い水準に定められているということから、むしろ政策的事柄として考えられる。南スマトラにおけるガス資源をプスリの肥料工場の原料として使うか、パイプラインを敷設してジャワへ燃料として供給するかを選択は、バンコ炭からの合成ガスの需要に重大な影響がある。したがって、尿素の需要については上述のような政策的価格の将来の動向を考慮して今後さらに調査がなされるべきである。
- v) 山元での発電と高圧直流送電によるジャワへの電力供給は、プキットアサム炭とバンコ炭の有効利用の面から極めて興味ある考え方のように思われる。このようなシステムは、総合的に高い効率の提供と通常的方式に比べて少ない投資額で済むことが期待できるためである。したがって、山元発電と直流送電に関する予備的調査は本調査の付属調査として実施されることが提案される。提案した予備調査においては、高圧直流送電と通常システムとの間の比較とともに、火力発電所における直接燃焼方式とガス化

による複合発電システムとの比較検討をおこなうことが、主要テーマとなる。

VI) 化学用のメタノール需要はここ当分の間低いレベルのままである。

2) 提言 (2) 提言 本調査が調査対象とした調査範囲は、概して以下の通りである。

市場に関する予備調査の結果としてSCOPE OF WORKには含まれていないもので、本調査にいくつかの付属的テーマがある。

その主要テーマは以下のようなものである。

I) ガスタービン発電機、ディーゼル発電機の燃料としてのメタノールの市場開発調査

II) 山元発電と高圧直流送電に関する予備フィジビリティ調査

III) GASHOL (アルコール/ガソリン混合燃料) に対する安全性の評価

以上は、本調査の主要テーマである。

上記の付属調査テーマは、褐炭及び誘導品需要の市場評価に対して重要な役割を果たすと思われる。

したがって、戦略的調査段階の最後において検討されるS/Wの改訂のなかで、これらの付属テーマが取り入れられることを提言する。

本調査の主要テーマは、概して以下の通りである。

本調査が調査対象とした調査範囲は、概して以下の通りである。

本調査が調査対象とした調査範囲は、概して以下の通りである。

本調査が調査対象とした調査範囲は、概して以下の通りである。

本調査が調査対象とした調査範囲は、概して以下の通りである。

本調査が調査対象とした調査範囲は、概して以下の通りである。

本調査が調査対象とした調査範囲は、概して以下の通りである。

本調査が調査対象とした調査範囲は、概して以下の通りである。

本調査が調査対象とした調査範囲は、概して以下の通りである。

本調査が調査対象とした調査範囲は、概して以下の通りである。

本調査が調査対象とした調査範囲は、概して以下の通りである。

本調査が調査対象とした調査範囲は、概して以下の通りである。

本調査が調査対象とした調査範囲は、概して以下の通りである。

本調査が調査対象とした調査範囲は、概して以下の通りである。

本調査が調査対象とした調査範囲は、概して以下の通りである。

本調査が調査対象とした調査範囲は、概して以下の通りである。

本調査が調査対象とした調査範囲は、概して以下の通りである。

本調査が調査対象とした調査範囲は、概して以下の通りである。

本調査が調査対象とした調査範囲は、概して以下の通りである。

6. バンコ炭資源とその採炭コスト予備調査結果

6-1 バンコ炭に関するシェル社の調査結果

(1) 探査の概要

- i) 現地調査の結果得られた石炭・褐炭の探査データはバンコ地区のものに限られた。その他の地区については磁気テープにデータは記憶されているものの、コンピューターに依る解析が終らなければ使用することができない。
この為このレポートでは、主としてバンコ地区を採り上げている。他の地区についてはガス化試験の時期に、コンピューター解析結果を待つて評価することが望ましい。
- ii) Fig 6-1-1 に示す様に、南スマトラの新第3紀層には、多くの夾炭層が発達している。特に中期バレンバン層に属するムアラエニム石炭層には多くの褐炭～瀝青炭層が発達している。
- iii) ロイヤル・ダッチ・シェル・グループの一員であるシェル・ミジョンパウ社は、インドネシアの石炭開発・輸出を目的とする子会社で、1973年10月にインドネシア石炭公社(PNTB)との間で、2年間の南スマトラ地区の石炭探査契約を結び、Fig 6-1-2 に示す様な71,450 K μ の地域の探査権を得た。
- iv) 1974及び1975年に同社は、2,000万\$以上の資金を投入し、9台の試錐機により平均 150m、588ヶ所のボーリングを行った。その結果南スマトラには Fig 6-1-3 に示す様な多量の石炭が存在することが解った。
総孔長約90,000mの約30%は2 1/2"のコア、残り70%はオープンホールであった。又同時に物理検層を実施している。分析したサンプル数は16,000で、揮発分、灰分、硫黄分、塩素分及び発熱量を分析している。
その結果Fig 6-1-3 に示す様に15の地域で深度50m迄に65億トンにも及ぶ褐炭埋蔵量が明らかとなった。
- v) 1976年5月に2年間の契約が終了し、シェル社は地域の75%に及ぶ探査権をPNTBへ返却した。この時シェルが再び探査権を保持した地域の基準は、200m迄の深度に10m以上の炭層が存在することとしている。更に海外市場へ供給できる品質及びコストということも配慮して同社は決めている。
- vi) 1976年6月から1978年3月に亘り、シェル社は保持した地域の中で最も有望なタンジュン・エニムの東南約150K μ の地域(バンコ地区)について追加の精査を行った。
このとき 200~800 mの間隔でコアボーリングを行ったので、通算としては490のボーリング及び、50のシャフト、トレンチ又はテストビットをこの地区に掘ったこととなる。490のボーリングのうち、435はNXコアボーリング(2 5/8")で更にそのうち380はワイヤーライン・ラグである。又これに加え、55の浅孔を、ポータブルウィンキルドリルで試錐している。試錐の

Fig 6-1-1

中・南部スマトラ地質図

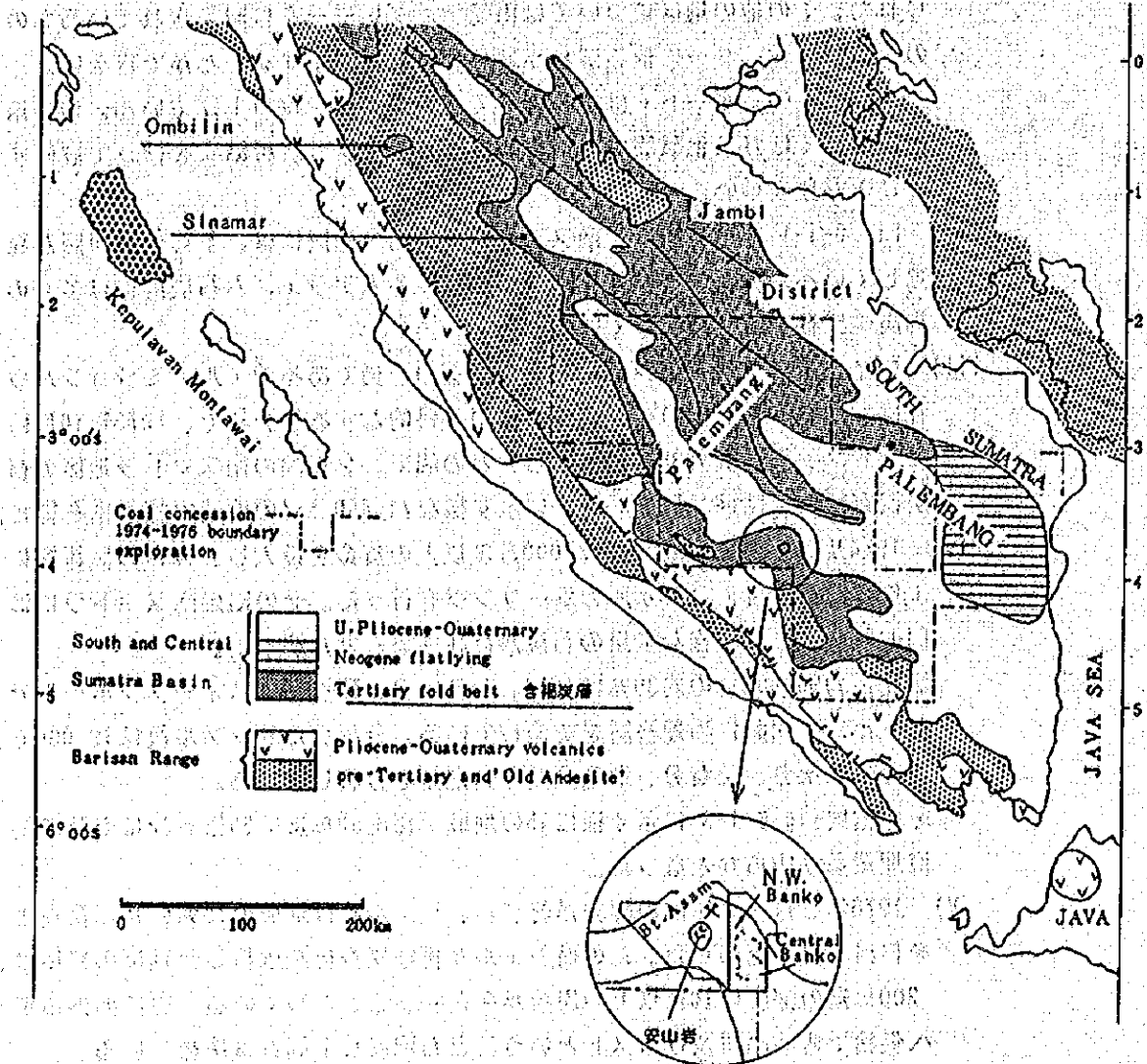
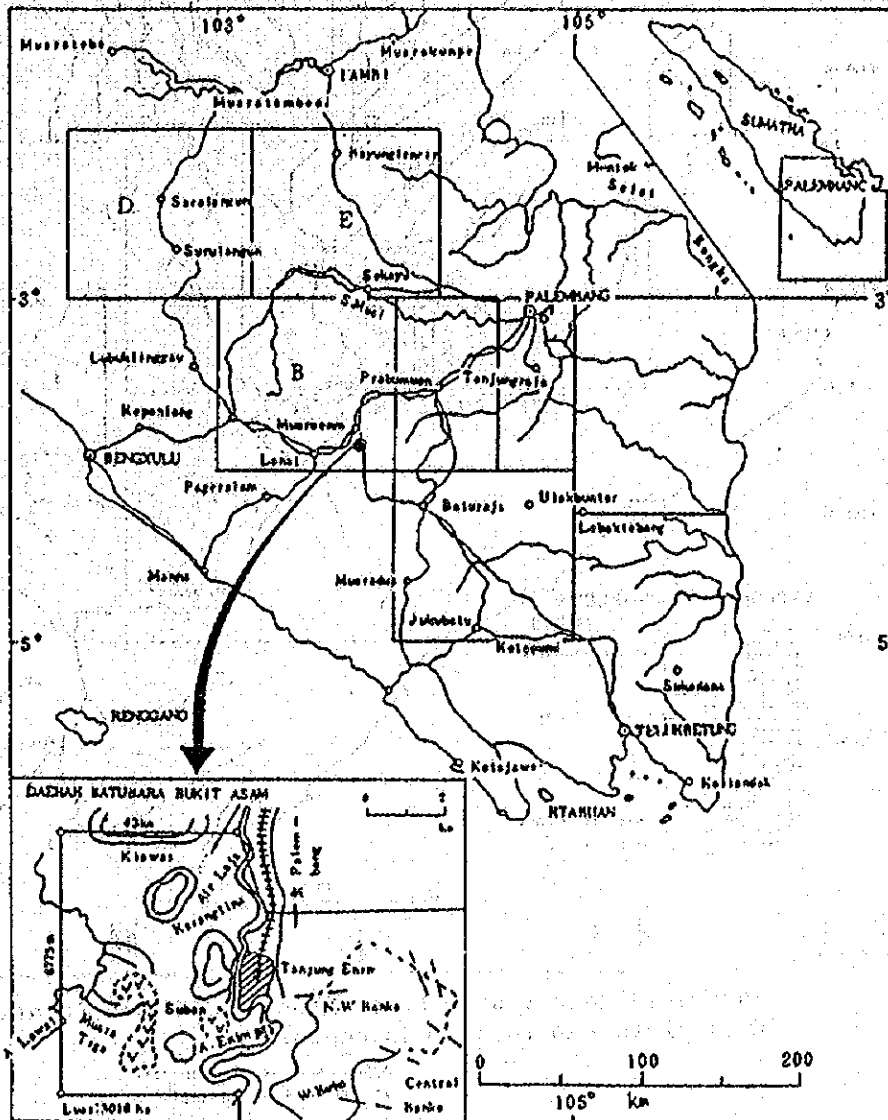
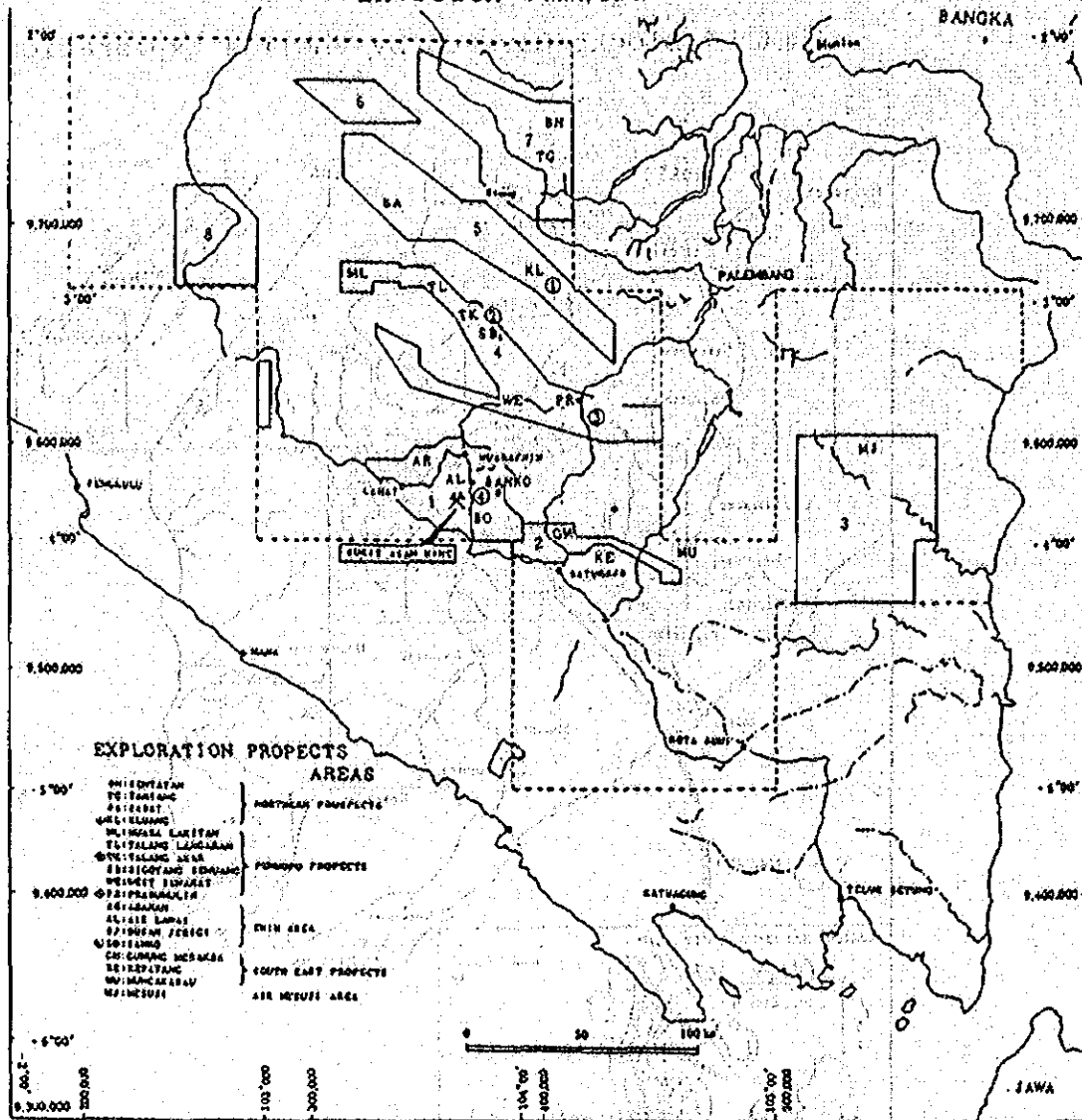


Fig.6-1-2 Blocks Covered by Shell's Exploration



001
 002
 003
 004
 005
 006
 007
 008
 009
 010
 011
 012
 013
 014
 015
 016
 017
 018
 019
 020
 021
 022
 023
 024
 025
 026
 027
 028
 029
 030
 031
 032
 033
 034
 035
 036
 037
 038
 039
 040
 041
 042
 043
 044
 045
 046
 047
 048
 049
 050
 051
 052
 053
 054
 055
 056
 057
 058
 059
 060
 061
 062
 063
 064
 065
 066
 067
 068
 069
 070
 071
 072
 073
 074
 075
 076
 077
 078
 079
 080
 081
 082
 083
 084
 085
 086
 087
 088
 089
 090
 091
 092
 093
 094
 095
 096
 097
 098
 099
 100

Fig.6-1-3 Map of Blocks for Coal Exploration in South Sumatra



Estimated Reserves in Major Blocks of South Sumatra Coal Field (up to 50 m in depth)

Approximate volumes of coal resources to 50 m. depth.

Area	million cubic metres
Bentayan	75
N. Tamiang	100
S. E. Tamiang	40
① N. Klauang	200
S. Klauang (Musi)	1,300
N. Babat	220
S. Babat	90
N. Pendopo (Muara Lakitan, Talang Langaran)	300
② Pendopo North Flank (Talang Akar, Sigoyang Benuang)	1,330
③ Prabumulih	400
West Enim (Arshan, Air Lawas)	120
④ East Enim (Banko, Suban Jerigi)	450
Mekas	110
Baturaja (Kepayang, Muncakabau)	150
Mesuji	250
Total :	5,135

深さは15～215mで、その多くはベタイ層まで達している。総孔長は12,000m、総調査費は4,800万ドルといわれている。

この精査はNWバンコ、Wバンコ、Wセントラルバンコ及びセントラルバンコに区分されるバンコ地区全域に及び、特にNWバンコに集中している。

vii) バンコ地区に隣接するスパン・ジェリジ地区は1975年の広域調査のときに予備調査を行っているが、1976～1978年の精査では対象となっていない。この為この地域についてのデータは少ない。

viii) 以上のデータはCOGEO-Bシステムを用いコンピューターに記憶されており、現在MTDCを中心とするインドネシア側で解析中である。

(2) バンコ炭の分布賦存量及び性状

1) バンコ及びスパン・ジェリジ地区の地質状況

i) バンコ及びスパン・ジェリジ地区の総ての石炭層は中期バレンバン層に属するムアラ・エニム層に属し、その時代は上部第3紀である。

ムアラ・エニム層は大別して上部と下部中期バレンバン層に分けられる。前者にはジェラワタン及びエニム、後者にはマンガス(M1, M2)、スパン(S1, S2)及びベタイ(P1, P2)石炭層が、Fig 6-1-4に示す様に発達する。

ii) 当地区は4つの主構造線に支配され(走向NW-SE)、広域的にはドーム構造となっている。NWバンコとWバンコはエニム川に面する西部に、セントラル・バンコは南部に存在する(Fig 6-1-5参照)

iii) 主な断層には、NWバンコ北部を東西に走る落差20mのもの、Wバンコの南部とセントラルバンコを境する南北に走るもの及びNスパン・ジェリジとEスパン・ジェリジを境する南北方向のものがある。(Fig 6-1-5)これら断層のうち或るものは著しい落差を示したり、石炭層の傾斜が著しく急になる。例えばWスパン・ジェリジでは300m以上の落差を示し、NWバンコ北部を東西方向に走るものでは、炭層の傾斜が70°にも達する。

iv) これらの地区の炭層の走向は、バンコ地区の東側及び西側では殆々南北、北側では殆々東西となっているが、南側ではかなりの褶曲を示し南北、東西及び北西などの走向を示す。これらの地層の傾斜は殆々15°以下の緩傾斜の部分が多いが、NWバンコの北限断層以北では、20°～30°の急傾斜となる。

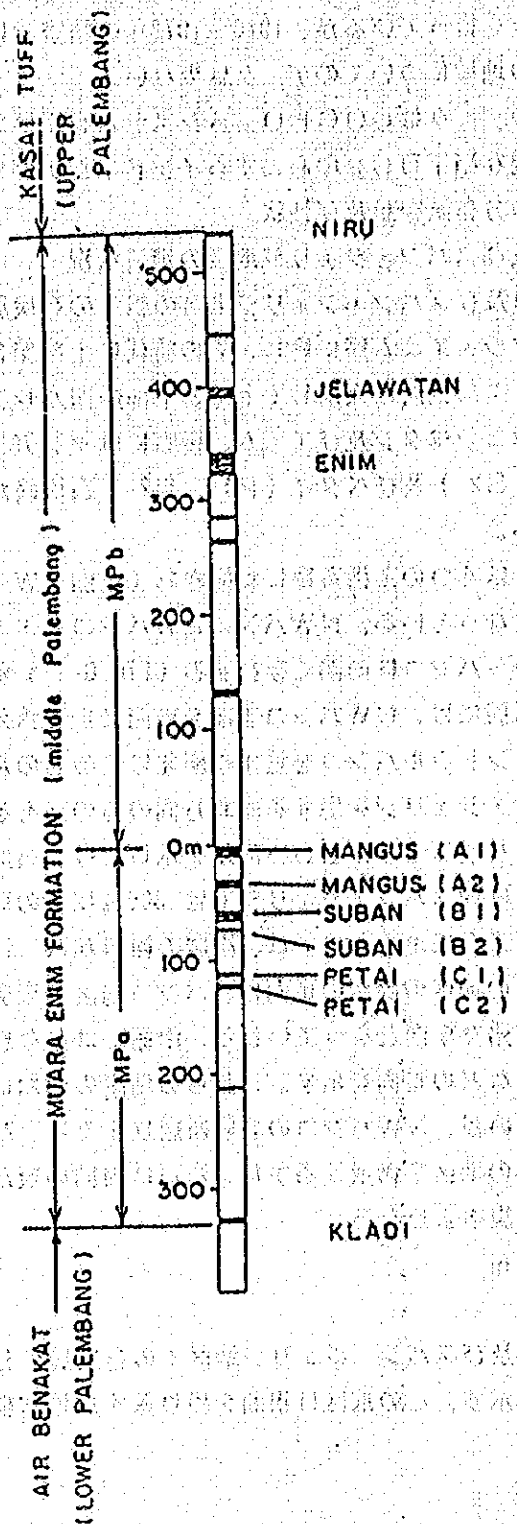
v) これらの地区を構成する主たる岩石は固結の緩かな粘土岩、砂岩、シルト岩及び褐炭等よりなる。

2) 石炭の分布

i) 概要

バンコ及びスパン・ジェリジ地区での石炭層の分布を、Fig 6-1-5及び6-1-6に示す。この地区は褶曲を繰り返す盆地状構造を示す為、エニム川に

Fig. 6-1-4 Major Coal Seams in the Muara Enim Formation



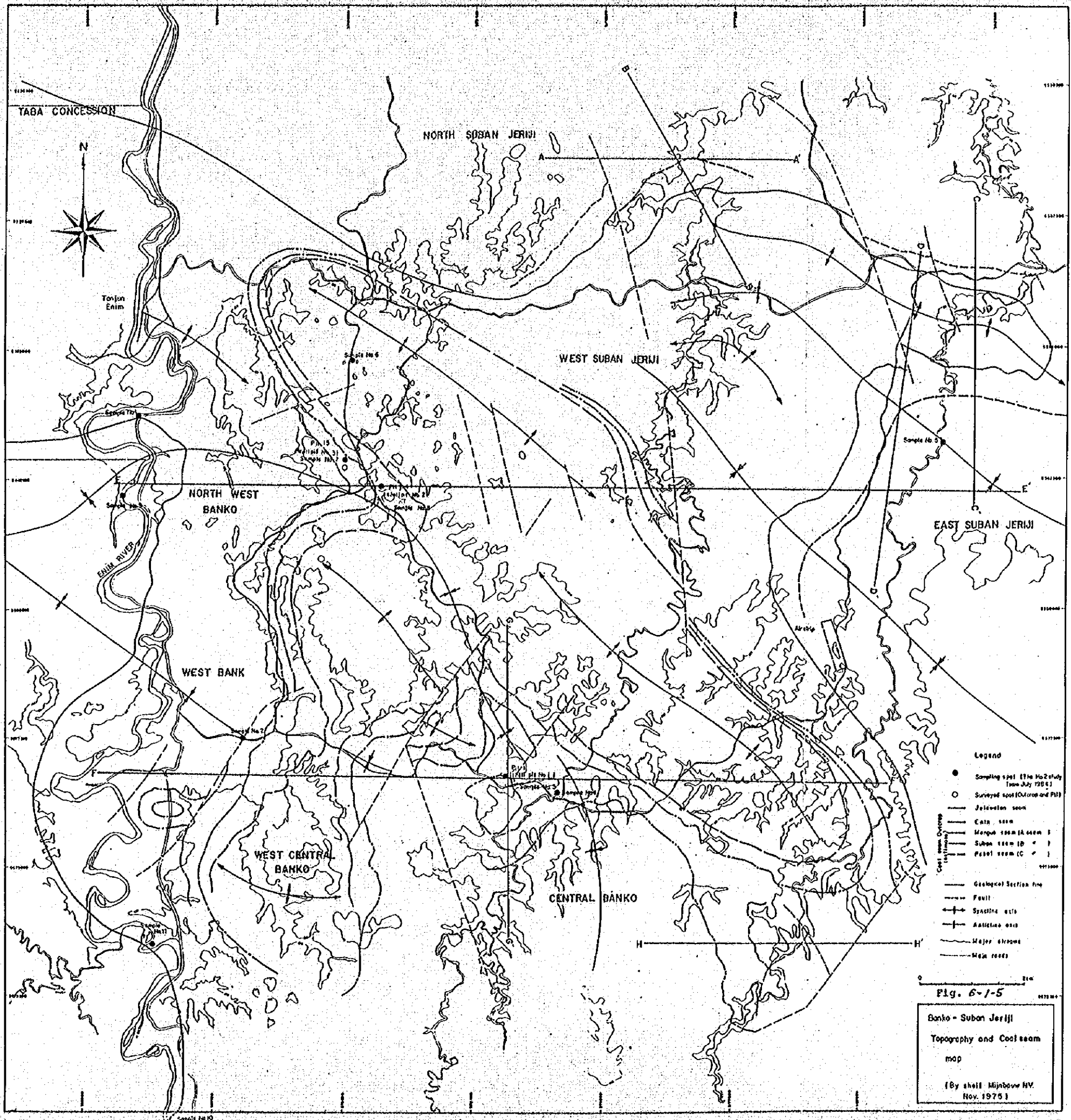
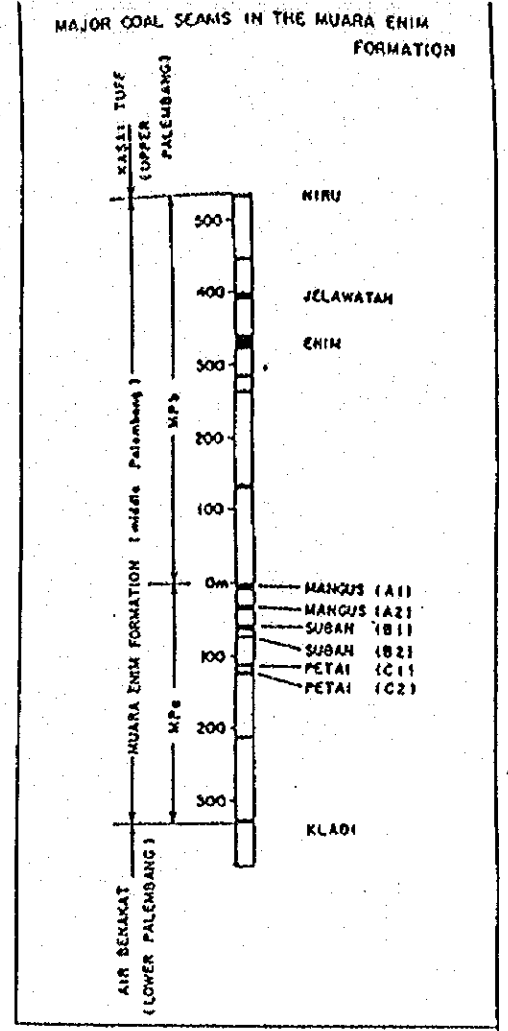
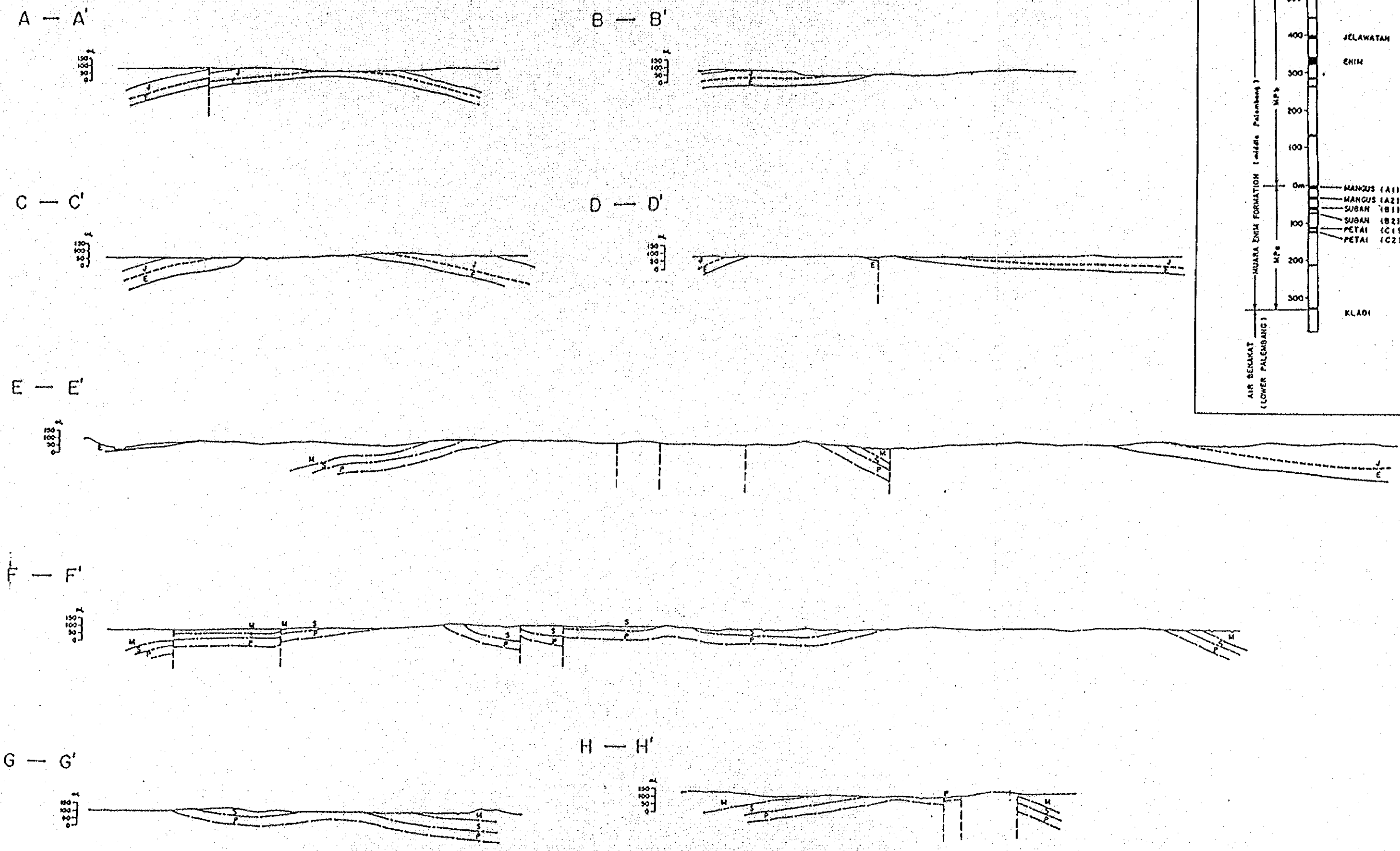


Fig. 6-1-6 Geological Section Map



沿った地域、その北縁及び東縁側では、ジュラワタン及びエニムなどの上位炭層群が発達する。NWバンコからセントラルバンコにかけての内側の地域ではマンガス、スパン及びパタイなどの下位炭層群が発達する。特に、NWバンコ北限の断層以南からWバンコにかけては、前記の3層の発達が特に良好で且つ比較的安定した分布を示す。Fig. 6-1-4 にムアラ・エニム層での主要炭層の柱状図を、Fig. 6-1-7 にはNWバンコに於ける各層の柱状図を示す。

II) 主な炭層

a) ジュラワタン層

本層はNスパン・ジェリジからEスパン・ジェリジにかけて発達する。しかし本層の経済的興味は、炭層の厚みが12mに達するNスパン・ジェリジ地区のみで、他地区では炭層が分層するか、消失している。ジュラワタン層での灰分は6~8% (m. f.)、硫黄分は0.25% (m. f.) 以下である。発熱量は経済的に魅力ある6,800Kcal / Kg (d. a. f.) となっている。

b) エニム層

本層は本地区の縁部に沿って、Wバンコのエニム川岸からEスパン・ジェリジ、Nスパン・ジェリジへ分布する。本層はNスパン・ジェリジに於いて25m以上の厚みを示すが、他地域では通常15m程度である。炭層が良く発達しているところでは炭層中の6枚の有勢な夾みによって特徴づけられ、平均灰分は4~5% (m. f.)、平均硫黄分は0.25% (m. f.) 以下である。水分含有量は40%を超え、下部炭層に比べて多い。

c) マンガス層

マンガス層は下部中期バレンバン層の上位層として発達し、エニム層の下部350~380mに位置する。本層は2~3又はそれ以上に分層する。その為上層をM1層、下層をM2層と呼ぶ。M1、M2層の厚さはそれぞれ平均9~10mである。マンガス層はNWバンコでは良く発達するが、Wセントラル・バンコでは薄層に分層し劣化する。尚、セントラル・バンコではマンガス層は存在しない。(Fig. 6-1-8 参照)

d) スパン層

Fig. 6-1-7 に示す様にスパン層はマンガス層より10~20mの層間距離をおいて発達する。本層は暫々2~3又はそれ以上に分層する。従ってS1、S2層と呼ばれる。Fig. 6-1-9 に示す様にこの層はバンコ地区では広くそして優勢に発達し、最も厚い部分では全層で約20mにも達する。NWバンコではS1層は12~18mと常に厚く、且つ安定して分布する。

e) パタイ層

パタイ層は、Fig. 6-1-4 及び6-1-7 に示す様に、スパン層の下部に30~40m離れて存在する。全層として層厚は10~15mである。

Fig.6-1-7 Geologic Columnar Section of North West Banko Area

	SHELL NOTATION	ROCK UNIT NAME	REAL THICKNESS (m.)		
			Max.	Min.	Average
	MO	MANGUS OVERBURDEN	-	-	-
	MA1	MANGUS 1 SEAM	12.1	4.6	9.2
	MP	MANGUS PARTING	22.8	10.3	16.7
	MA2	MANGUS 2 SEAM	11.8	8.4	10.4
	SO	SUBAN OVERBURDEN	15.3	11.4	13.3
	SU1	SUBAN 1 SEAM	13.7	9.5	12.5
	SP	SUBAN PARTING	12.3	1.3	6.9
	SU2	SUBAN 2 SEAM	5.5	4.2	-
	PO	PETAI OVERBURDEN	43.5	28.1	36.3
	PE	PETAI SEAM	12.4	10.4	11.5

Vertical scale approx. 1:1000

Fig.6-1-8 Range of Mangus Seam Covered by Reserve Calculations

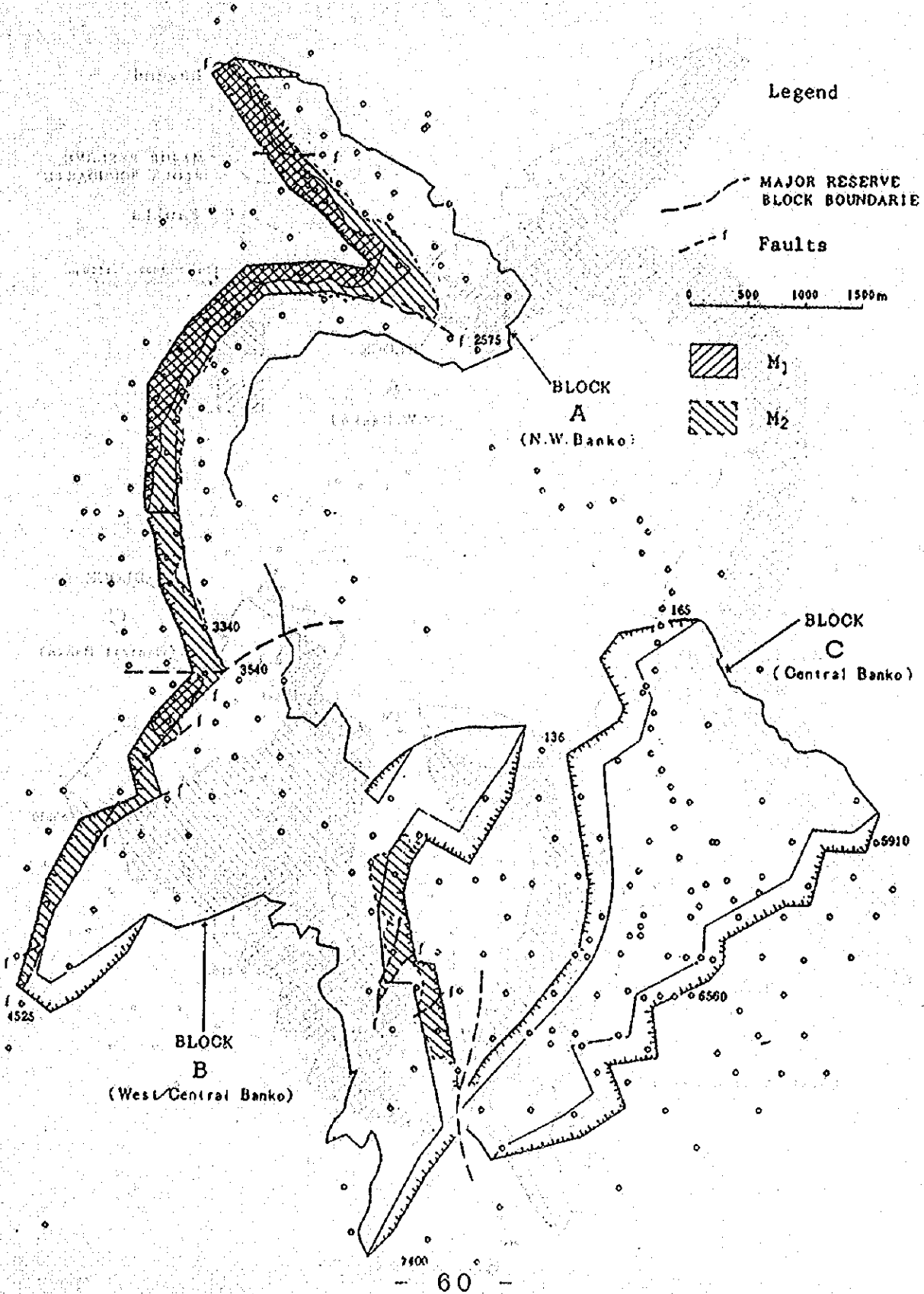
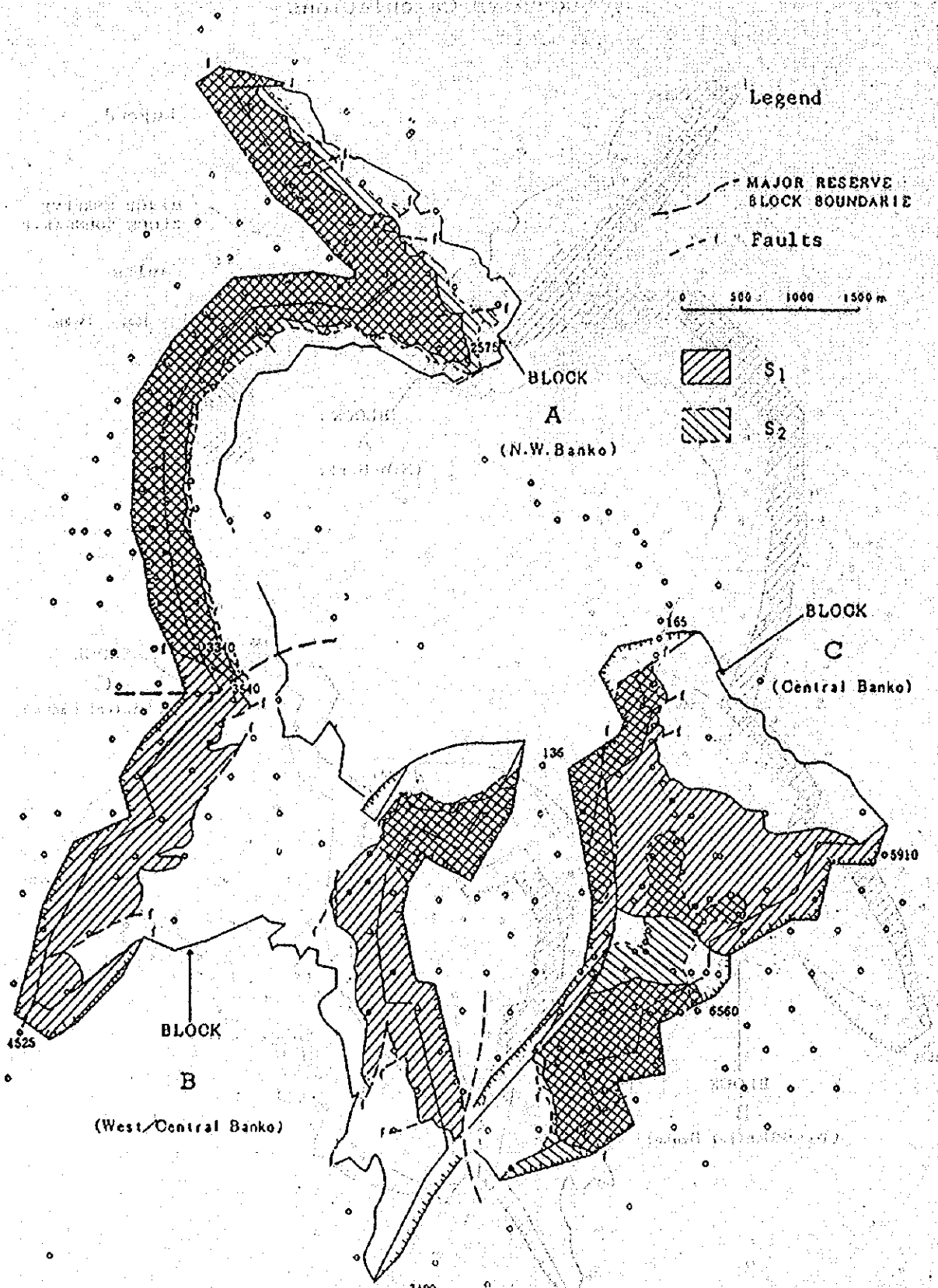


Fig.6-1-9 Range of Suban Seam Covered by Reserve Calculations



他の炭層と同じく、バタイ層も2~3層に分層し、P1、P2層と呼ばれる。

NWバンコからセントラルバンコにかけて、バタイ層は一定して分布するが、北部から南部に至る程夾みの発達が厚くなる。(Fig 6-1-10参照)

3) 賦存量

i) 概要

- a) 1974年以降シェル社が行った概査及び精査の結果、バンコ及びスパン・ジェリジ地区には、897百万tもの埋蔵量が報告されている。
- b) スパン・ジェリジ地区では精査が行われていない為、この地区の賦量はいずれも乏しい。又剥土比も明らかでない。従ってこの地区の価値を評価するには、より詳細なデータの収集が必要である。

Table 6-1-1 SUMMARY of Coal Reserves

Area		Coal Reserve (Mt)			
		Measured	Indicated	Inferred	Total
Banko		435.5	—	—	435.5
Suban	North S.J.	—	—	242	242
Jeriji	East S.J.	—	—	219.9	219.9
Total		435.5		461.9	897.4

ii) バンコ地区の石炭賦存量計算

- a) シェル社は1978年迄の調査結果に基づいてTable 6-1-2 及び 6-1-3にある前提条件下でバンコ地区の石炭賦存量を計算した結果、Table 6-1-4にある様に、A、B、Cの3ブロックの炭量を合計 435.5百万tと計上している。各炭層の計算範囲はFig 6-1-8、6-1-9、及び6-1-10に示してある。Fig 6-1-11に示す様に、400mの間隔でボーリングされた範囲が広いことから、計算結果はかなり精度が高いと思われる。
- b) 1983年にシェル社は、インドネシア政府の要請によりAブロック(NWバンコ及びWバンコの一部)の可採埋蔵量を見直した。その結果Table 6-1-5にある様、約100百万t強の結果を得ている。

4) 石炭性状

i) 一般性状

バンコ地区の褐炭は黒又は黒褐色を呈し光沢は余りない。比重は 1.26 ~ 1.28、高比重は総水分30.4%で 0.73 である。

ii) 化学性状 (Table 6-1-6, 6-1-7及びFig 6-1-12参照)

a) 総水分 (TM)

バンコ炭のTMは28~38%であるが、バンコ地区の北から南へ行くにつれTMは高くなる。又ジェラワタンやエニム層の様に上位層群で更に高く

Fig.6-1-10

Range of Petai Seam Covered by Reserve Calculations

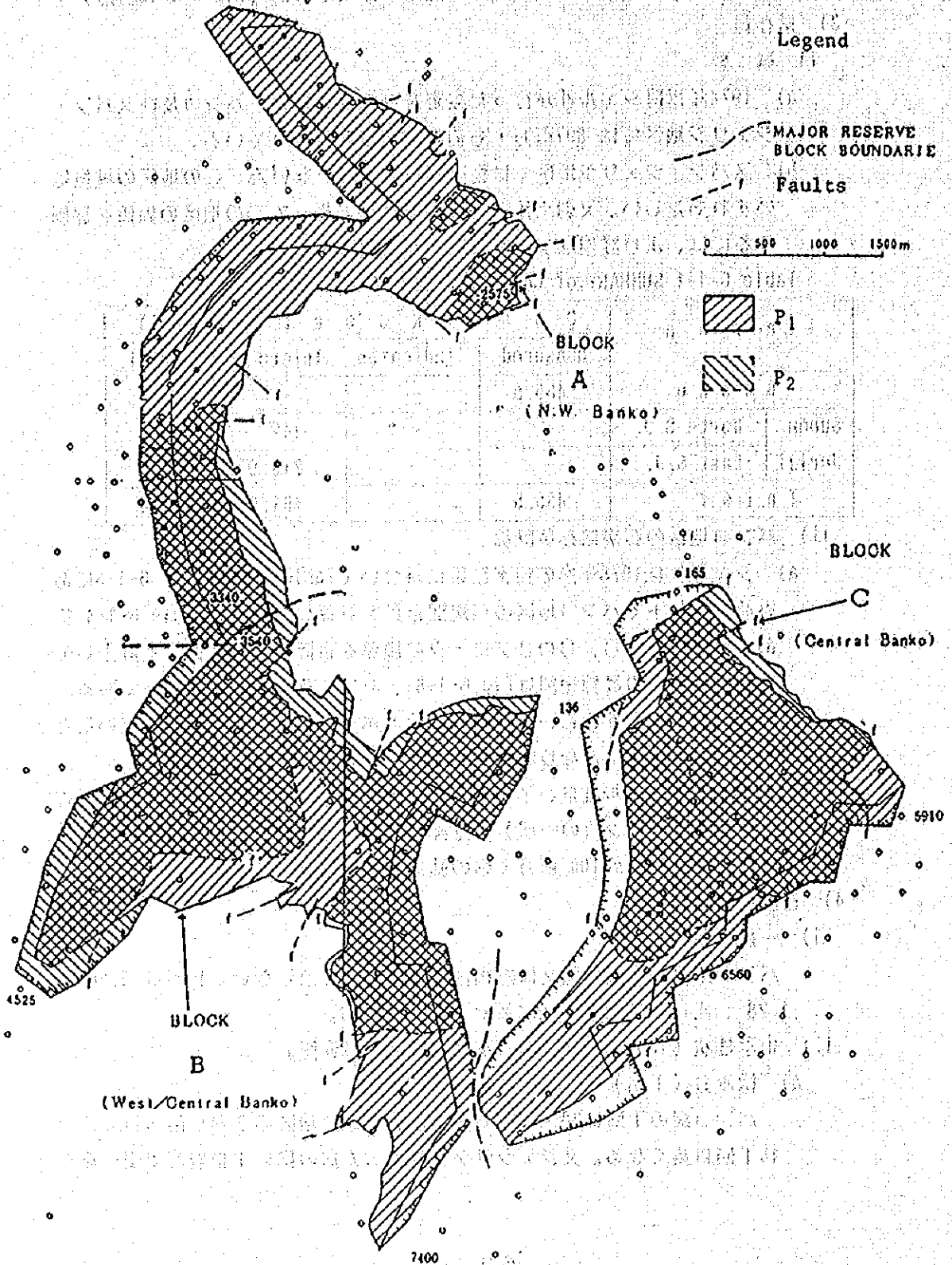


Table 6-1-2 Classification of Reserve Blocks by Shell (1979)

Block	Descriptions
<p>A (N.W. Banko)</p>	<p>Northern limit: The east-west fault (with displacement of 20 m). In the north of the fault, dip of coal seams exceeds 15°.</p> <p>Southern limit: The NE-SW fault (estimated), located immediately next to the northern side of Borehole 3540.</p> <p>West side: Up to the depth of 100 m within the P₂ seam.</p> <p>East side: The outcrop of the P₂ seam (partly including a fault).</p>
<p>B (West Central Banko)</p>	<p>Northern limit: The boundary with the A-block and the NE-SW fault. The outcrop of the P₂ seam.</p> <p>Southern limit: West Banko - up to the depth of 100 m from the P₂ seam. Central Banko - the outcrop of the P₂ seam.</p> <p>East side: Up to the depth of 100 m from the P₂ seam.</p> <p>West side: The major fault.</p>
<p>C (Central Banko)</p>	<p>North side: The outcrop of the P₂ seam.</p> <p>South side: The outcrop of the P₂ seam.</p> <p>East side: River Air Lingi - a distance of 100 m is taken into account between the top of highwall and the river.</p> <p>West side: The major fault.</p>

Table 6-1-3 Criteria Taken by Shell for Calculation of Coal Reserves

Item	Criteria	Remarks
Dip of coal seams	Less than 15°	Steeper dip than 15° is only in the northernmost part of N.W. Banko.
Outcrop	Strike of outcrop was estimated by outcrops and analyses on geologic structure.	As far as N.W. Banko is concerned, most part of the strike of outcrop was determined based on such factors as pits and shallow boring.
Major faults	In general, displacement exceeding 40 m is regarded as faults.	
Depth	Up to 100 m	
Major topographic features	Only River Air Lingi is taken into consideration	Because it is difficult to change the route of the river, coal reserves available in the area were excluded from the calculation.
Slope stability angle of high-walls of pits at the final stage	20°	In the geotechnical report a 16° slope was recommended.
Thickness of coal seams	More than 2 m at minimum	Coal reserves measuring less than 2 m in thickness is negligible amount.
Chemical quality of brown coal	Ash content of less than 15% (dry base)	
Strip ratio	Less than 3 m ³ /total	In bank
Weathering	Weathering loss of 5%	Estimated
Specific gravity	Block A 1.28 Block B 1.27 Block C 1.26	In bank

Table 6-1-4 Coal Reserves in Banko Area

Block	Coal Seam	Reserves (10 ⁶ tons)	Strip Ratio m ³ /t	Chemical Composition (dry base %)			Carollific value (dry base) kcal/kg
				Ash	VM	T.S	
A	M	21.5	2	4-15	41.5-48	0.15-0.8	6.250 7.000
	S	52		4-13	51.5-47.5	0.2-1.7	6.350 7.000
	P	56		5-14	41.5-48	0.3-1.6	6.400 7.100
	Sub total	129.5					
B	M	3	1.5	5-13	43-48	0.2-0.8	6.200 6.850
	S	77		4-10	43-47.5	0.2-0.85	6.450 6.950
	P			6-16	40.5-47.5	0.3-2.4	6.200 6.500
	Sub total	178.5					
C	M	-	2.5	-	-	-	-
	S	51		5-11	42-48.5	0.2-1.3	6.300 6.800
	P	76.5		6-16	40.5-46	0.3-1.6	6.100 6.800
	Sub total	127.5					
	Total	435.5					

Table 6-1-5 Mineable Resources in the N.W. Bankoo (By Shell, April, 1983)

Mining Conditions	highwall/end wall slopes	
	15°	20°
Coal Reserves and Strip Ratio		
Total coal available for mining (X10 ⁶ tonnes)	126	124
Strip Ratio (m ³ /t)	2.82:1	2.67:1
Mineable Coal (X10 ⁶ tonnes)	106	105
Strip Ratio (m ³ /t)	2.78:1	2.61:1

Table 6-1-6 Coal Quality of Each Coal Seam (Dry Basis)

SEAM COMPLEX	ASH (%)			VOL. MATTER (%)			GCV. (kcal/kg)			TOTAL SULPHUR (%)		
	Max.	Min.	Av.	Max.	Min.	Av.	Max.	Min.	Av.	Max.	Min.	Av.
Mangus 1	12.4	6.4	8.2	48.4	42.0	45.6	6785	6287	6647	0.79	0.34	0.57
Mangus 2	8.3	3.6	5.0	48.2	44.3	46.2	7056	6639	6910	0.33	0.15	0.23
Suban 1	9.0	3.9	5.9	47.4	43.8	45.9	6989	6853	6863	0.47	0.20	0.27
Suban 2	8.4	4.5	6.5	47.4	41.9	44.6	7009	6561	6836	1.72	0.62	1.09
Petai	15.7	5.6	8.0	45.8	41.9	44.5	6994	6247	6816	1.79	0.40	0.97

Table 6-1-7 Analytic Values of Coal Samples from Banko by Shell

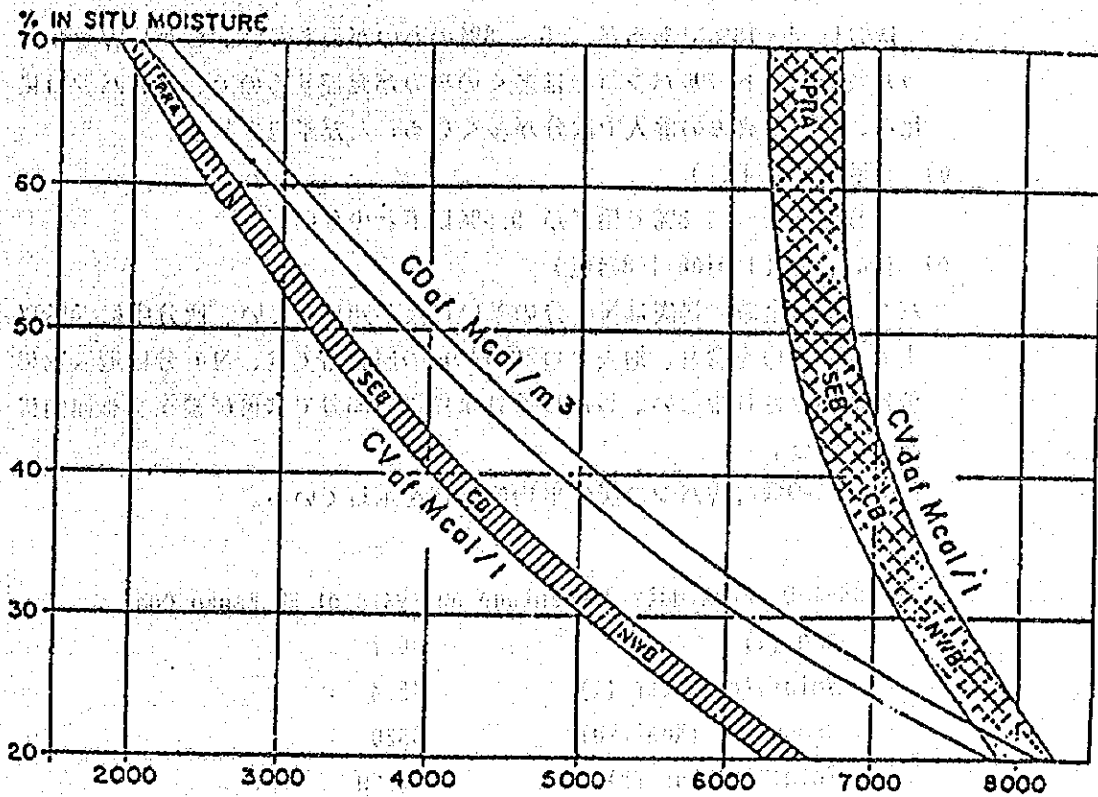
Sampling Site (sampling time)	Coal Seam (m)	MOISTURE		Proximate Analytic Values (dry %)				Ash Fusion Temps (Reducting)				Ash Analysis (%)										Remarks
		(T.M.)		ASH	V.M.	F.C.	Sulphur	CV Kcal/ly	H.C.I	H-T	P-T	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₂	P ₂ O ₅		
		A-D	A-R																			
Shell Pit -80 002 (1976)	Enim Seam Thickness* (11.4)	45.4	32.2	34	48.10	4.08	0.12	6760	4.22	1130	1180	1230	124	24	126	24	24	0.03	0.03	Shell Report (Nov 1976)		
Shell Pit -028 (1976)	Suban-1 Seam Thickness* (5.15)	18.04	33.90	42	51.23	4.21	0.21	6980	2.84	1260	1305	1330	250	249	207	22	207	155	0.6			
Shell Pit -028 (1976)	Suban-1 Seam Thickness* (5.15)	14.28	33.7	31.3	45.70	4.6	0.11	629	4.29	1310	1360	1390	283	304	147	4.28	3.74	0.12	0.03			
Shell Pit -80 090 (1976)	Mangus-2 Seam Thickness* (5.0)	24.1	35.8	3.6	47.8	4.917	0.26	614	5.87	1380	1450	1510	380	317	111	4.5	3.11	0.3	105			
Shell Pit -80 090 (1976)	Mangus-2 Seam Thickness* (5.0)	9.4	37.5	4.8	44.6	4.65	0.22	6820	4.37	1220	1260	1265	283	240	207	5.66	2.82	0.52	0.13			
Shell Pit -80 090 (1976)	Claystone Band	14.3	-	24.9	43.5	2.6	-	-	-	+1400	+1400	+1400	51.8	38.0	0.81	0.96	31.6	3.00	0.14	1.00	0.12	
N.W. Banko No.2 Pit	N.W. Banko No.2 Suban-2							5885	2.9	+1400	+1400	+1400	51.9	35.8	3.55	0.31	1.28	0.38	0.30	0.26	0.79	Shell Report on APMC Trial
Central Banko No.1 Pit (1977)	Central Banko No.3 Suban-1 No.1 Pit No.1 Mangus-2							5885 (gross)	2.9	+1400	+1400	+1400	51.9	35.8	3.55	0.31	1.28	0.38	0.30	0.26	0.79	Shell Report on APMC Trial
N.W. Banko (1980 7)	NA							5156														Directorate General of Mining ANALYSIS

* Thickness of the coal seam subject to sampling

Sample	Total	Ultimate Analytic Results (including water content) (%)														Remarks
		H ₂ O	C	H ^K	N	O ^K	Cl	S	Al	B ₂	Ca	Fe	Mg	Na	Si	
0-02	3443	(4849)	(473)	(1509)	(073)	(2344)	0.02	0.14	0.31	0.01	0.42	0.22	0.05	0.03	0.23	100.33
0-28	3439	(4023)	(062)	(1317)	(035)	(2375)	0.01	0.13	0.63	0.01	0.42	0.12	0.11	0.01	0.33	100.00
0-90	2823	(5569)	(111)	(1819)	(111)	(2555)	0.01	0.12	0.38	0.01	0.11	0.11	0.09	0.05	0.39	101.02
SHIPPED TO KAWANG	3411	427 (06)	46 (06)	12 (06)												Data provided by the Indonesian Government

Figures in parentheses are dry base excluding H and O, which are non-water base.

Fig. 6-1-12 Relations between in Situ Moisture and Specific Energy



Legend

なる。

- b) 揮発分 (VM) :
バンコ炭のVMは42~48%であるが、バンコ地区では余り傾向ある変化はみられない。しかしペタイ層の様な下位層では若干VMが低い。
- c) 灰分 (ASH)
灰分は 4~16%であるが、 6~ 8%のものが最も多い。しかしWセントラル及びセントラルバンコでは多くの夾みが発達するので、NWバンコに比べ、これら夾みの混入で灰分が多くなることが予想される。
- d) 全硫黄分 (TS)
TSは 0.2~ 1.8%で殆どが 0.5%以下と少ない。
- e) Na_2O (Table6-1-8参照)
バンコ地区全域に褐炭はNa 分の多いことが知られてい、灰分中に 4%以上の Na_2O を含む、地表より20~40mの風化帯では、Na 分は地表水に依り洗い流され少ない。しかしそれより深い部分では再び濃集する傾向にあるという。
Table6-1-9はNWバンコ炭の平均的性状を示している。

Table6-1-9 Proximate Percentage Analysis of NW Banko Coal

Ash (%)	6.7	
Volatile Matter (%)	45.4	
Gross C.V. (Kcal/kg)	6820	
Total Sulphur (%)	0.59	
In-situ Moisture (%)	25-45	(Range)
Sodium Oxide in Ash (%)	4-40	(Range)
" " below 40m (%)	12	(Average)

これらの数値は、1983年 4月にシェル社がNWバンコ地区開発と同炭利用計画を検討した際に、その前提値として用いたものである。

Table6-1-9にある様に、NWバンコ炭は 6.7%の灰分を含み、その灰分中に 4~40%、深さ40m以下の部分では平均12%の Na_2O を含む。

(3) 採炭条件と採炭方法

1) NWバンコ地区の採炭条件

i) 採炭深さ

可採埋蔵量はピット底部の深さが地表から 100mとして計算されている。但しピット底部は海拔40m以上としている。

Table 6-1-8 Relation between Ash Content and Na₂O

Ash content of Brown Coal	Sodium oxide units	Sodium oxide in ash
2.0	0.81	39.6
5.0	0.77	15.4
8.0	0.74	9.3
12.0	0.71	5.9
20.0	0.65	3.3
50.0	0.40	0.8

II) ビット最終傾斜角

20°

(i) 可採炭量及び剥土

炭層	平均厚 (m)	炭量 (百万t)
M1	8.1	23.17
M2	8.6	28.02
S1	10.2	38.52
S2	3.8	14.90
P1 + P2	9.8	18.38
小計	—	123.04
合計	—	104.6*

*風化ロス5%及び地質安全率10%、計15%のロスを見込む。

剥土 (百万 m^3) 273.1

剥土比 (m^3/t) 2.61 : 1

2) 採炭方法

下記の4つの採炭方法を検討した。

- ドラグライン
- ストリッピング・シャベル
- バスケット・ホイール・エキスカベータ
- シャベル及びトラック

その結果シャベル及びトラックを用いる方法がNWバンコ地区で最適の方法として提案されている。

その理由として

採炭の自由度が高い—数多くのシャベルとトラックを用いるので、採炭の自由度が増し、採炭が中断することがない。

採炭の選択度が高い—適切な機械を選ぶことに依り、選択的に炭層及び夾みを採掘でき、採炭ロスと混りが少なくなる。

経済性が高い—資本投下は少なくなるが運転費は高くなる。

3) 採炭機械の選択

1) 採掘

- フロント・エンド・ローダー
- 油圧パワー・シャベル
- ロープ・シャベル

ロープ・シャベルがその信頼性、生産性及び予備品の入手の容易性から選ばれている。しかしこの場合2つの基本的不利さがある。

a) シャベルの刃先が、急角度で掘ったビットの形状に沿って動き難いので、

必要以上の土砂が石炭に混入したり、ビット底部を必要以上に掘ったりビット壁の崩落を起こす。

b) シャベルの刃先が粘土状のものに適する様に設計されていない。

しかしながらこれらの不利さは既にブキット・アサムで克服されているので、NWバンコでも克服されよう。

ii) 輸送

—ベルト・コンベア

—トラック

ベルト・コンベアは石炭であっても剥土であっても大量に長距離輸送する場合最も経済性の高いものであろう。

iii) 機械の組合せ

各種の機械の組合せにより、NWバンコでの最適な採炭方法が作り出せるが、シャベル・トラック及び長距離輸送に適したベルト・コンベアが最適であろう。

6-2 現地概査と石炭サンプル採取

(1) 地形と地質

1) 地形

- i) バンコ及びスパン・ジェリジ地区は全体的に雑木林と草原に覆われる丘陵地帯である。
- ii) 海拔40～100m前後である。
- iii) 人口は少なく人家もまばらであり、その周辺には小さな耕地がある。又小規模なゴム園がある。
- iv) これら小部落に通ずる道はあるものの、一般に狭い。降雨があるとこれらはぬかるみとなり、ジープでも通行困難となる個処がある。
- v) 本地区の主な川としてレンジ川が殆々中央部に、東端にニル川が夫々南より北へ向って流れ、やがてはレマタン川へ注ぐ。
- vi) これらには鉄棒又はコンクリート製の橋が架っているが、これらの支流やその他小さい川に架かる橋は殆どが木製でかなりの個処で老朽化し、ジープの通過が不可能なものもある。
- vii) Eスパン・ジェリジにはシェル社が1977～1978年の調査で用いたセスナ用の飛行場がある。

2) 地質

i) 気象条件

気候は典型的な熱帯性気候で暑い降雨時は湿度が高い。雨期は10月又は11月より始まり、5月又は6月には乾期となる。1955～1975年の間の統計では、タンジュン・エニムでの平均年間降雨量は3,109mmである。雨期には午後遅く豪雨が降り、早朝には霧となる。そして一般に厚い雲に覆われ14日以上も雨の降る日が続くこともあるが、その後1～3日降雨のない日が続く。乾期には晴天が続くが、時には夕立がある。

一般に乾期には南東の風が、雨期には北西の風が吹く。タンジュン・エニムでの気象についてはTable 6-2-1に示す。

ii) 表土の状況

本地区を構成する新第3紀の水成岩は一般に余り固結しておらず、粘土に近い状態である。これらが風化をうけ、地表近くはその風化帯に依って覆われている。その厚さは丘陵部で約10～15m、川の近くでは平均5m程度である。

(2) 露頭及び石炭サンプリング

- i) 少量の石炭サンプルを、バンコ、スパン・ジェリジ及びバツラジャ地区の石炭露頭部12ヶ所で分析用に採取した。

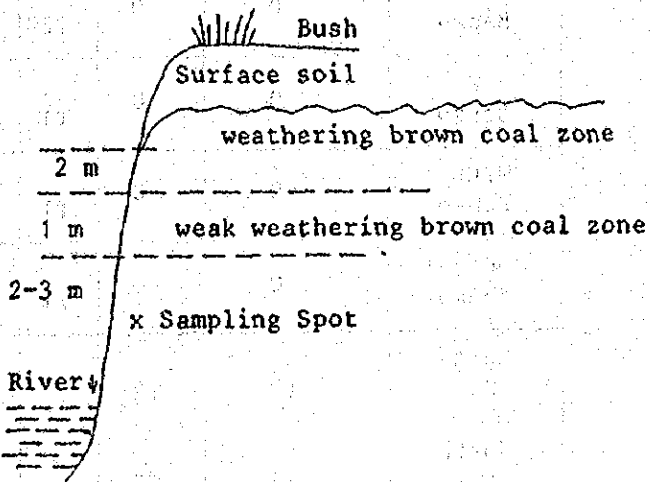
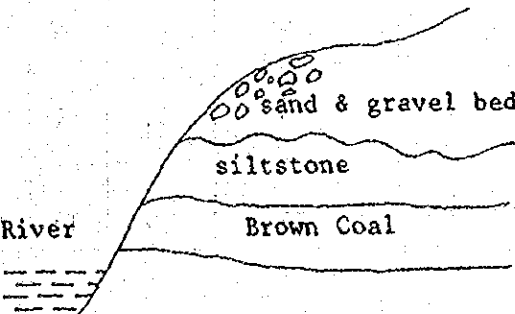
試料採取地点は、Fig 6-1-5 に、試料採取地点の状況はTable 6-2-2 に示し

Table 6-2-1 Climate Data for Tanjung Enim

		March, '83	August, '84
Monthly average temperature	°c	27.7	27.4
Monthly max. temperature	°c	34.0	33.5
Monthly min. temperature	°c	21.5	20.0
Monthly average relative humidity	%	78.2	72.8
Monthly max. relative humidity	%	99.0	99.0
Monthly min. relative humidity	%	48.0	41.0
Rainfall in one month	mm	432.7	140.7
Max. rainfall in 10 minutes	mm	19.0	10.7
Max. rainfall in 1 hour	mm	56.2	32.2
Max. rainfall in 1 day	mm	78.2	67.4
Average wind velocity	m/s	2.5	2.8
Max. wind velocity	m/s	8.0	8.0

Table 6-2-2 Brown Coal Sampling

Sampling date	Sample No.	Location	Conditions of Sampling Spot										
July 19th	1	Enim River Riverside	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"><u>Enim Seam</u></td> <td style="text-align: center;"><u>Brown Coal</u></td> </tr> <tr> <td>Coal bed outcrop its extension coal bed</td> <td>development of Riverside about 100 m thickness 3 m dip 5-10°</td> </tr> </table>	<u>Enim Seam</u>	<u>Brown Coal</u>	Coal bed outcrop its extension coal bed	development of Riverside about 100 m thickness 3 m dip 5-10°						
<u>Enim Seam</u>	<u>Brown Coal</u>												
Coal bed outcrop its extension coal bed	development of Riverside about 100 m thickness 3 m dip 5-10°												
	2	West Central Banko	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"><u>Suban Seam</u></td> <td style="text-align: center;"><u>Brown Coal</u></td> </tr> <tr> <td>Coal bed outcrop</td> <td>2 x 5 m</td> </tr> </table>	<u>Suban Seam</u>	<u>Brown Coal</u>	Coal bed outcrop	2 x 5 m						
<u>Suban Seam</u>	<u>Brown Coal</u>												
Coal bed outcrop	2 x 5 m												
	3	Central Banko (shell pit No. 1)	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"><u>Suban Seam</u></td> <td style="text-align: center;"><u>Brown Coal</u></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Outcrops spread over an area of about 500 m x 50 m and brown coal seams thickness about 15 m</td> </tr> </table>	<u>Suban Seam</u>	<u>Brown Coal</u>	Outcrops spread over an area of about 500 m x 50 m and brown coal seams thickness about 15 m							
<u>Suban Seam</u>	<u>Brown Coal</u>												
Outcrops spread over an area of about 500 m x 50 m and brown coal seams thickness about 15 m													
	4	Central Banko Lengi River Riverside	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"><u>Suban Seam</u></td> <td style="text-align: center;"><u>Brown Coal</u></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1-2 m</td> <td style="text-align: center;">surface</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">↑</td> <td style="text-align: center;">soil</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.5 m</td> <td style="text-align: center;">x sampling spot</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">River</td> <td style="text-align: center;">(brown coal bed)</td> </tr> </table>	<u>Suban Seam</u>	<u>Brown Coal</u>	1-2 m	surface	↑	soil	1.5 m	x sampling spot	River	(brown coal bed)
<u>Suban Seam</u>	<u>Brown Coal</u>												
1-2 m	surface												
↑	soil												
1.5 m	x sampling spot												
River	(brown coal bed)												
	5	East Suban Jeriji Niru River Riverside	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"><u>Jelawatan or Enim Seam?</u></td> <td style="text-align: center;"><u>Brown Coal</u></td> </tr> <tr> <td>outcrop extension</td> <td>10-20 m</td> </tr> <tr> <td>coal bed thickness</td> <td>1-2 m</td> </tr> <tr> <td>dip</td> <td>10°S</td> </tr> <tr> <td>strike</td> <td>N60°W</td> </tr> </table>	<u>Jelawatan or Enim Seam?</u>	<u>Brown Coal</u>	outcrop extension	10-20 m	coal bed thickness	1-2 m	dip	10°S	strike	N60°W
<u>Jelawatan or Enim Seam?</u>	<u>Brown Coal</u>												
outcrop extension	10-20 m												
coal bed thickness	1-2 m												
dip	10°S												
strike	N60°W												
July 20th	6	Northern part of NW Banko	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"><u>Suban Seam</u></td> <td style="text-align: center;"><u>Brown Coal</u></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Coal bed is folding dip 70°W, strike N20°W Coal Seam width 2-3 m</td> </tr> </table>	<u>Suban Seam</u>	<u>Brown Coal</u>	Coal bed is folding dip 70°W, strike N20°W Coal Seam width 2-3 m							
<u>Suban Seam</u>	<u>Brown Coal</u>												
Coal bed is folding dip 70°W, strike N20°W Coal Seam width 2-3 m													
	7	NW Banko Pit No. 15 (Shell pit No. 3)	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"><u>Suban Seam</u></td> <td style="text-align: center;"><u>Brown Coal</u></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Subject to test mining are coal seams located about 10-20 m from outcrop. Four clay bands, each measuring a few centimeters in thickness, are developing. Thickness of the Coal Seam is around 8 m from top of outcrop.</td> </tr> </table>	<u>Suban Seam</u>	<u>Brown Coal</u>	Subject to test mining are coal seams located about 10-20 m from outcrop. Four clay bands, each measuring a few centimeters in thickness, are developing. Thickness of the Coal Seam is around 8 m from top of outcrop.							
<u>Suban Seam</u>	<u>Brown Coal</u>												
Subject to test mining are coal seams located about 10-20 m from outcrop. Four clay bands, each measuring a few centimeters in thickness, are developing. Thickness of the Coal Seam is around 8 m from top of outcrop.													

July 20th	8	NW Banko Pit No. 14 (Shell pit No. 2)	<u>Suban Seam</u> <u>Brown Coal</u> Coal Seams measuring about 2-3 m in thickness outcrop. The spread is about 50-60 m and the depth is around 5-15 m. Clay band of about 10 cm in developing in the Coal Seam.
	9	Enim River riverside	<u>Enim Seam</u> <u>Brown Coal</u> outcrop extension : about 50 m Coal bed thickness 2-4 m
	10	Southwestern side of South Banko	<u>Hangendes or Enim Seam</u> <u>Brown Coal</u> outcrop extension over 100 m 
	11	West Banko Enim River riverside (near shell No. 0.28 pit)	<u>Suban Seam ?</u> <u>Brown Coal</u> Thin brown coal bed Thickness 1 m or more less 
July 21st	12	Gunung Meraksa village North of Baturaja (about 30 km)	<u>Upper Palembang Coal Seam</u> <u>lignite</u> lignite bed outcrop in the stream. lignite bed thickness 10-30 cm Many lignite bolder in the stream.

* seam name by Mr. Fatah (P.T.B.A.)

Table 6-2-3

Desired Sampling Locations for Coal Gasification

Block or Site	Jelawatan	Enim	Mangus		Suban		Petai		Total
			M1	M2	S1	S2	P1	P2	
NW Banko	0	0	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T12
W Banko	0	0	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T6
W/CL Banko	0	0	T1	0	T1	0	T1	T1	T4
Central Banko	0	0	T1	-	T2	T2	T2	T2	T9
East SJ	T2	T2		0	0	0	0	0	T4
North SJ	T2	T2		0	0	0	0	0	T4
Tanjung Enim	0	T1	0	0	0	0	0	0	T1
	0	T1	0	0	0	0	0	0	T1
	0	T1	0	0	0	0	0	0	T1
Total	T4	T7	T5	T3	T6	T5	T6	T6	T42

である。

ii) 試料は露頭附近で採ったので、地表より浅く、風化の影響を強く受けているものがある。

iii) 石炭ガス化試験段階での試料採取地点及び方法は、これら試料の分析結果をみて検討する。

iv) 今回の試料の分析結果は、6-3章に述べられている。

(3) 石炭ガス化試験の為のサンプル採取方法・場所の検討

1) 石炭ガス化試験用として望ましいサンプル

i) 望ましいサンプル場所

石炭ガス化試験の目的を考えると、バンコ及びスパン・ジェリジの全域に亘り、ブロック毎石炭層毎に、Table 6-2-3にある様に、総計41ヶ所からサンプルを採取することが望ましい。

但し、技術的、経済的見地より、実際のサンプル採取数はこれより少ないこともある。

ii) 各々のサンプル量

各々のサンプル量は最小 200kgとなる。

iii) サンプルの品質

6-3章にある様に浅い場所にある石炭は風化しているので、十分に深い場所から採取する必要がある。

2) 試料採取の地理的条件

i) 表土及び露頭

本地域は一般に2m以上もの表土で覆われているので、各々の石炭層の露頭を、地表からの調査だけでは発見し難い。

この為、Table 6-2-3にある様に多数の適切な試料採取点を見出す為には、小口径ボーリング機を用いた効率の良い方法を採用する必要がある。

ii) 道路

前述の如くに、望みの試料採取地点へ至る道は不十分である。この為全ての地域で大型機械を導入することは経済的に難しい。

iii) トレンチに依るサンプリング

小型機械を用いてトレンチを掘り、サンプリングすることは、試料の量が200kg以上なので好ましい。しかしトレンチに依るサンプリングでは、地表から5m位の石炭しか採れない。

3) 今後の検討項目

i) これらを考慮した結果、サンプリング場所及び方法の選択の為に次のことを行う必要がある。

a) 先ず風化の程度を知る為に石炭を分析する必要がある。この為に、

小口径ボーリング機を用いて最下層のペタイ層まで、そして最小50mまでの層から数ヶ所試料を採る必要がある。

b) その後各石炭層の露頭を探す為に、適当な間隔で地表より10m程度迄小口径ボーリング機で試料採取する。

c) これらの結果を見て、サンプルの数、サンプリング方法、サンプリング地点を選定する。

ii) 時期

これらの作業は石炭ガス化試験の充分前に行っておく必要がある。

4) 小型ボーリング機の検討

i) 性能

利根ボーリング製TS-50型小型ボーリング機について検討する。

TS-50は孔径55~66mmで、深さ50m迄の35~45mm径のコア・サンプルの採取が可能である。本体重量はエンジンを含んで420kgであり、10m程度のボーリングの為の付属品を含めた場合でも600~700kgである。本体は分解できるので、機械の移設には特別な装置は必要とせず、1~2t程度のトラックやジープで可能である。機械の分解・組立はそれぞれ1時間程度で可能である。作業速度はバンコ地区の様に軟岩を深度10m程度掘削する場合、1日に2本である。軽油の消費量は6~7時間の運転で2~3lである。

ii) 運転

ボーリング機の運転には、1人の運転員と3人位の助手が必要である。穿孔を10m程度行う場合、ドラム缶3~4本の水を必要とする。従ってどの様なサンプリング場所にも対応できる。

(4) 工場立地予備調査

1) 工場立地の条件

工場建設地選定に際しては、次の条件を考慮する必要がある。

- i) 建設地は製品の市場に近いが、製品の輸送に便利であること。
- ii) 建設地は原料供給地に近いが、原料受入に便利であること。
- iii) 必要な工場敷地を得られ、又適当な地形であること。
- iv) 地質が良好で、洪水等自然災害のないこと。
- v) 地価が安く、敷地入手が容易であること。
- vi) 良質の工業用水が十分に得られること。
- vii) 公害対策、特に廃棄物公害対策が容易であること。
- viii) 空港、港、鉄道、道路、住居、病院、通信等のインフラストラクチャー(関連社会基盤設備)が十分に整備されていること。
- ix) 重量機器の輸送に便利であること。
- x) 熟練した建設工及び装置運転員が得られること。又建設機材の入手が容易

なこと。

2) 候補地点

次の3地点が工場建設候補地点として選ばれ、調査された。

—バンコ地区

—タンジュン・エニム地区

—ムアラ・エニム地区

これらの地点は製品市場から遠く又工場建設に際して、建設工及び建設機材の入手が困難であるものの、褐炭の輸送の困難を考え、採炭地点に近いこれらの地点が選ばれた。

これらの地点は、Fig 6-2-1 に示してある。

又、この検討の為、工場敷地として次の広さが仮定されている。

—貯炭場（1週間分）、褐炭の粉碎及び乾燥設備	150,000 m ²
—石炭ガス化設備	100,000
—誘導品製造設備	200,000
—発電設備（300 MW）	100,000
—その他	300,000
計	850,000

社宅等や固体廃棄物廃棄場は上記に含まれていない。

各地点についての検討は次の通りである。

i) バンコ地区

候補地点はNWバンコ地区の北側に隣接する地区である。褐炭は5～15kmの距離を採炭場からベルト・コンベアで運ばれる。この地点は一般的に平坦で、エニム川よりも十分に高く洪水の可能性も少なく、敷地も充分にとれる。住民の数も少ない。地耐力も高い様に思われる。廃棄物は敷地の東側に投棄される。

ii) タンジュン・エニム地区

ブキットアサム鉱山の北側に隣接する地点である。採炭場からは20～30km離れている。この地点は比較的平坦であるが、エニム川よりそう高くはない。住民の数は多くないが、農地は多い。地耐力は低そうである。

iii) ムアラ・エニム地区

候補地はエニム川とレマタン川の合流地点の東2kmのところである。採炭場から40～50kmと遠く、褐炭の輸送には鉄道の利用が必要と思われるが、更に検討を必要とする。又、利用可能な土地も限定されてい、学校・農地等が存在している。従って、レマタン川の北岸や国道の東側についても再検討を必要としよう。この地点の利点は、レマタン川の流量がエニム川より多いことにある。

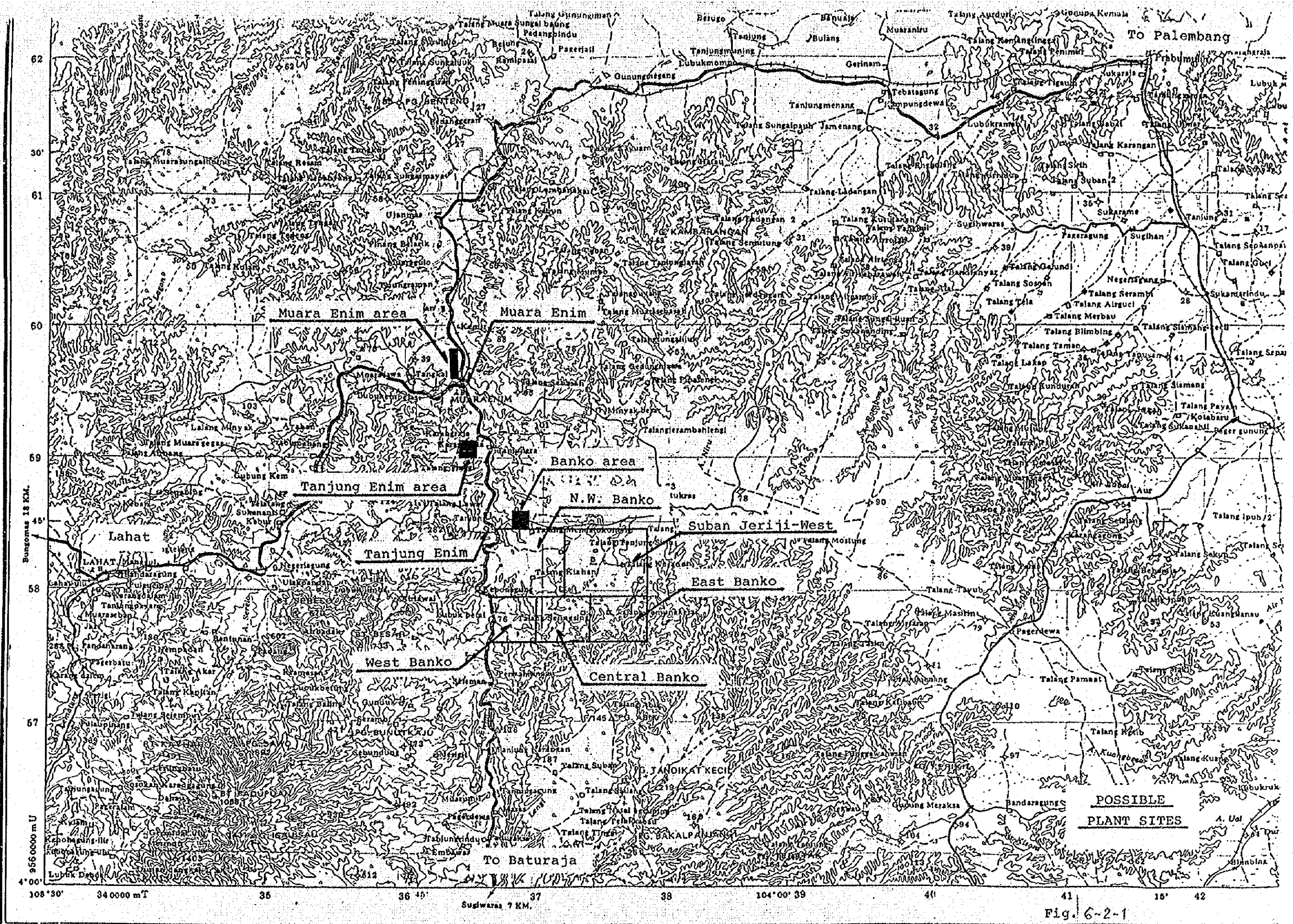


Fig. 6-2-1

Dicetak oleh Replak Jantop T.N.I. A.D. th. 1974.

Sekala 1 : 250.000

PETUNJUK LETAK PETA

TARAF KETELITIAN SUMBER?

cm 2 0 2 4 6

これらの点の総括はTable 6-2-4 に示してある。

これら3地点に共通する問題点として工業用水が挙げられる。即ち、乾期でのエニム川の流量は、Fig. 6-2-2 にある様に22.5t/sである。レマタン川はエニム川の下流であり、当然流量はエニム川より多い筈であるが、その流量は測られていない。一方、工業用水の必要量は未だ算出されていないが、河川水をそのまま冷却水として使用できず、冷却塔を設置し、循環使用しなければならないであろう。更に、冷却水を多量に使用する発電設備は、その容量に依ってはバンコ及びタンジュン・エニム地区に建設不能か、建設可能容量として限定されてこよう。

又、機材揚陸地点としてのバレンバンから建設地までの道路にも問題がある。現在のブキット・アサム鉱山の拡張計画での輸送限界は30tである。石炭ガス化装置、誘導品製造装置や発電装置を考えると、現地組立の範囲も限定されるので、大幅に道路を改良する必要がある。

現在工場の概念設計が行われていないので、工場建設候補地点は、それを待って調査の最終段階で決定されるが、現時点では、バンコ地区が最適と思われる。

3) 今後に於ける検討

i) 水資源

工場をバンコ地区、又は、タンジュン・エニム地区に建設すると、前述の如くに冷却水の供給可能量が問題となる。従って、水資源の調査が今後是非必要となろう。即ち、エニム川及びレマタン川の水量調査、地下水の調査、更に工業用水ダムの調査等が考えられる。

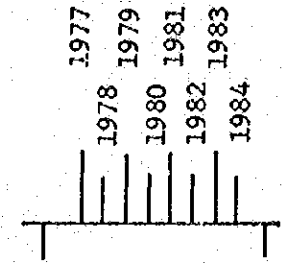
ii) 地図及び地質調査

タンジュン・エニム地区及びムアラ・エニム地区については、現在10万分の1の地図しかない。又、バンコ地区についても2万5000分の1の地図しかなく、又非常に読み難いものである。従って、今後工場立地を検討するに際しては、1万分の1程度の地図を必要とする。又、数ヶ所について地質データを得る為にボーリングを必要とする。

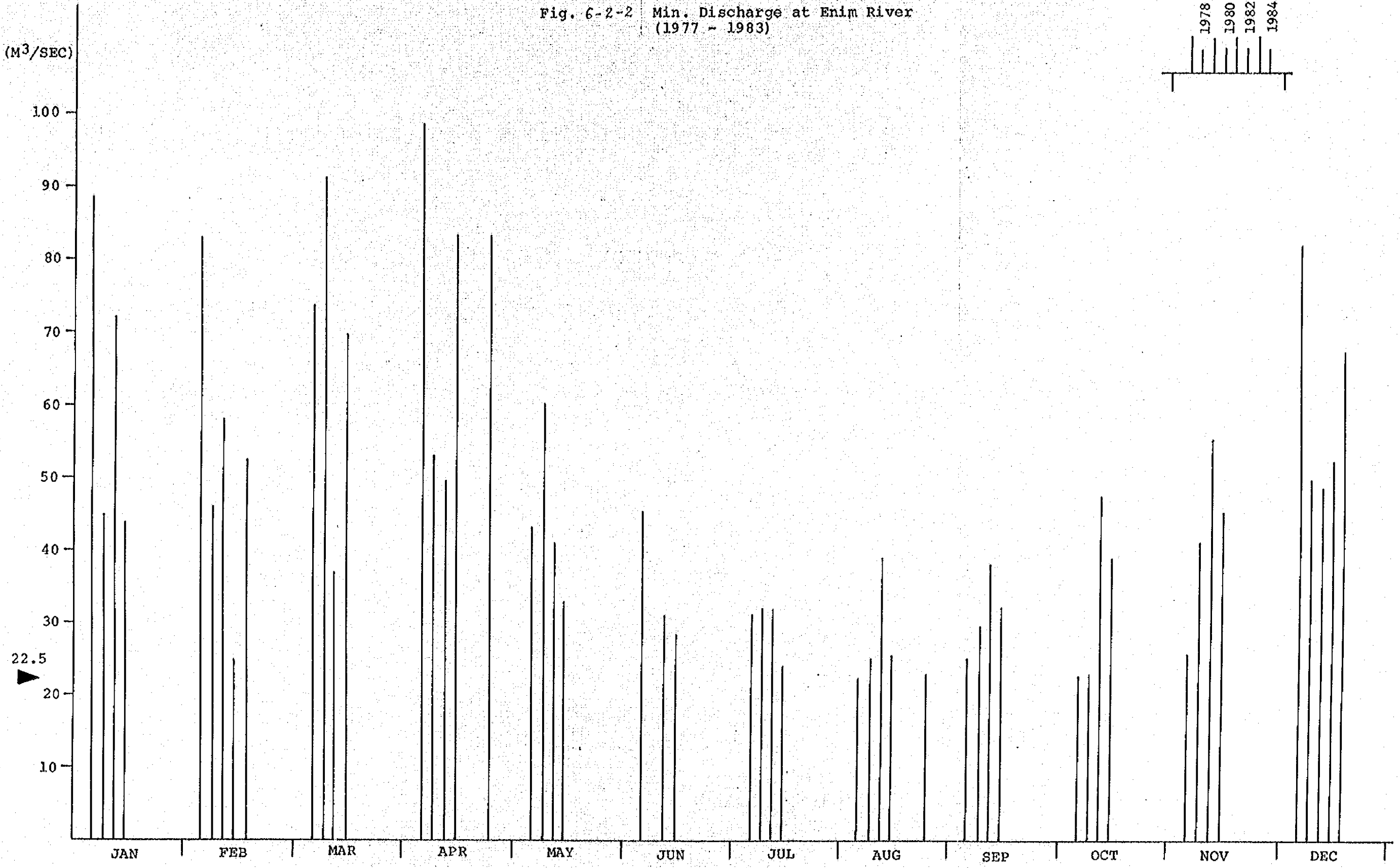
Table 6-2-4 Comparison of Possible Plant Sites

CONDITION \ PLANT SITE	Banko area	Tanjung Enim area	Muara Enim area
Product delivery	Poor	Poor	Poor
Raw material receiving	Excellent	Good	Average
Space and topography	Good	Average	Average
Soil condition	Unknown	Unknown	Unknown
Water availability	Poor	Poor	Average
Infrastructure availability	Poor	Poor	Poor
Construction easiness	Poor	Poor	Poor
Total rank	A	C	B

Fig. 6-2-2 Min. Discharge at Enim River
(1977 - 1983)



(M³/SEC)



6-3 石炭の分析

(1) 石炭の分析方法

石炭の分析には2つの方法がある。1つは工業分析と呼ばれ、水分(H₂O)、揮発分(VH)、灰分、固定炭素(FC)*が得られる。他の1つは元素分析と呼ばれ炭素、水素、窒素、硫黄及び酸素分*が得られる。(*印は計算で得られる。) この他灰分の成分分析及び灰分の熔融温度測定は石炭ガス化にとって非常に重要である。

分析方法には国際規格(ISO)と日本規格(JIS)等がある。ISOの場合元素分析方法が用意中のものもある。これらの標準方法は非常に複雑で、化学分析の専門家を必要とし、又長時間かかる。この為一般の場合、簡単で専門家を必要としない計器分析が用いられる。計器分析では分析値は絶対値でなく、比較値が得られ、標準方法に依り得られる値を用いるか、濃度の解っている標準ガスを用いて絶対値へ直す必要がある。

(2) 石炭分析結果

1) 分析結果

サンプルは各5kgずつ、12の露頭で地下の浅いところから採られた。採取後直ちにサンプルは密封され、3週間以内に石炭技術研究所に於いてJISに基き分析された。分析結果はTable 6-3-1及び6-3-2に示してある。元素分析結果は灰分を除外した乾燥炭基準(d.a.f.)に直したものが、Table 6-3-3に示してある。

サンプリング場所及び方法が、その地域の石炭の品質の絶対的評価に不適当なものであることは、事前より解ってはいたが、その分析結果は次の様な一般的傾向を示している。

- i) 自由水分は20~30%と非常に高い
- ii) 12サンプルの中で、No.7と8のNWバンクのサンプルは、自由水分が比較的少ない。
- iii) 川岸でとったサンプルNo.4、5、10、11及び12は自由水分が多い。
- iv) バンコ炭の灰分は一般に低いものの、サンプルNo.11と12は極端に高い。
- v) ジェラワタン及びエニム層(No.1、5、9と10)の灰分熔融温度は低いが、スパン層(No.2、3、4、6、7、8及び11)のそれは1500℃以上である。
- vi) スパン層(No.2、3、4、6、7、8及び11)は灰分のうち酸化アルミの含量が多く、酸化カルシウムの含量が少ない為、灰分熔融温度が高い。
- vii) 灰分中の酸化ナトリウムの含量は、Table 6-1-7に示すシェル社が行ったビット028の値と同一レベルにある。

Table 6-3-1 Results of Banko Coal Analysis by the Team

Sample Item	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
Free Moisture	22.1	24.7	29.2	29.0	38.4	27.9	18.2	21.4	22.7	30.4	27.9	34.3
Total Moisture	32.1	34.7	38.2	38.1	46.4	35.5	28.1	31.8	32.6	40.8	37.1	41.0
Moisture	11.4	11.1	11.5	8.5	11.1	8.4	8.9	10.2	9.9	11.9	9.9	7.8
Ash	3.8	0.7	2.2	1.8	1.3	1.5	0.6	0.6	3.6	5.9	26.2	44.5
V.M	40.9	41.0	41.8	43.5	43.0	43.7	43.3	42.1	43.2	43.1	33.3	26.9
F.C	43.9	47.2	44.5	45.2	44.6	46.4	47.2	47.1	43.3	39.1	30.6	20.8
Ash	4.27	0.79	2.43	1.97	1.47	1.60	0.67	0.67	3.99	6.74	29.11	48.21
C	69.30	74.15	71.03	71.89	70.06	75.64	74.55	74.02	70.09	66.93	47.83	52.73
H	4.92	5.08	4.96	5.21	4.95	5.37	5.39	5.27	5.25	5.04	3.91	2.62
N	0.79	1.08	1.15	1.00	1.01	1.19	0.96	1.13	1.18	1.14	0.77	0.53
O	20.49	18.69	20.23	19.55	22.31	14.91	18.23	17.86	18.94	18.19	17.95	15.46
	0.23	0.24	0.20	0.38	0.20	1.29	0.20	1.05	0.55	1.96	0.43	0.45
GCV (Kcal/Kg)	5,880	6,320	5,950	6,170	5,810	6,810	6,510	6,470	6,190	5,750	4,060	2,850

(%)

Table 6-3-2 Composition of Ash by the Team

(%)

SAMPLE ITEM	NO-1	NO-2	NO-3	NO-4	NO-5	NO-6	NO-7	NO-8	NO-9	NO-10	NO-11	NO-12
SiO ₂	32.92	17.06	31.92	11.78	34.66	39.68	12.38	27.5	46.60	3.58	56.27	83.78
Al ₂ O ₃	35.03	56.76	51.07	48.27	6.01	47.96	66.05	40.37	35.18	9.37	32.12	4.93
Fe ₂ O ₃	7.23	8.76	3.11	3.39	15.44	2.87	10.36	11.55	6.19	18.36	5.25	1.92
CaO	13.17	8.14	5.79	16.23	21.17	2.45	5.59	8.88	5.39	28.14	2.27	2.32
MgO	0.95	0.66	0.77	2.09	3.85	0.86	0.57	0.50	1.24	8.14	0.90	0.63
Na ₂ O	0.24	0.32	0.24	0.32	0.43	0.13	0.25	0.17	0.19	0.22	0.15	0.15
K ₂ O	0.03	0.27	0.02	0.19	0.33	0.10	0.03	0.16	0.38	0.11	0.32	0.21
SO ₃	8.32	3.72	3.32	5.32	16.61	3.07	1.51	8.04	3.92	29.47	1.09	1.45
P ₂ O ₅	0.26	0.08	1.12	11.88	0.11	1.12	0.17	0.35	0.04	0.16	0.05	0.01
TiO ₂	0.96	0.73	2.23	0.44	0.30	1.52	1.35	0.30	0.67	0.99	1.05	0.17
V ₂ O ₅												
Total	99.11	96.50	99.59	99.91	98.91	99.76	98.26	97.82	99.80	98.54	99.47	95.57
Ash Fusion	I.D.T	>1,500	>1,500	1,370	1,150	>1,500	1,300	1,310	1,320	1,320	>1,500	>1,500
	H.T	>1,500	>1,500	>1,500	1,200	>1,500	>1,500	>1,500	>1,500	1,400	>1,500	>1,500
	F.T	>1,500	>1,500	>1,500	1,220	>1,500	>1,500	>1,500	>1,500	1,440	>1,500	>1,500

1
8
0
1

Table 6-3-3 Ultimate Analysis of Banko Coal by the Team

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
C	72.39	74.74	72.80	73.33	71.11	76.87	75.05	74.52	73.00	71.77	67.47	63.20
H	5.14	5.12	5.08	5.31	5.02	5.46	5.43	5.31	5.47	5.40	5.12	5.06
N	0.83	1.09	1.18	1.02	1.03	1.21	0.97	1.14	1.23	1.22	1.09	1.02
S	0.24	0.21	0.20	0.39	0.20	1.31	0.20	1.06	0.57	2.10	0.61	0.87
O	21.40	18.84	20.73	19.94	22.64	15.15	18.35	17.98	19.73	19.50	25.32	29.85
H/C	0.852	0.822	0.837	0.869	0.847	0.852	0.868	0.855	0.900	0.903	0.911	0.961
O/C	0.222	0.189	0.214	0.204	0.239	0.148	0.183	0.181	0.203	0.240	0.281	0.354

(d.a.f) (%)

vii) 川床から採ったサンプルNo. 11 と12は、灰分が極端に高いこと及び灰分の酸化珪素分が多いことより多量の土砂を含んでいたと思われる。

2) シェル社データとの比較

i) シェル社が行った石炭品質調査については、6-1章に述べてある。

Table 6-1-7 には同社が行った分析結果が示してあるが、今回サンプル採取を行ったエニム層及びスパン層の分析値が含まれる。

総水分は2つの分析値が殆ど同一であるが、揮発分、炭素及び酸素含有量は大きく異なっている。即ちシェル社の分析では揮発分が46~51%、炭素が66~68%、酸素が23~26%であるのに対して、今回の分析ではサンプルNo. 11 と12を除き夫々41~44%、71~77%、18~23%となっている。これはサンプルを地表近くから採ったので、サンプル総てが風化の影響を受けていたためである。

ii) H/C 及びO/C に依る評価

バンコ地区の石炭品質を他地区のそれと比較する為に各々のサンプルの水素・炭素比 (H/C) 及び酸素・炭素比 (O/C) をFig. 6-3-1 に示す。前述のように総てのサンプルが風化の影響を受けているものの、Fig. 6-3-1 は各サンプルの品質の関係を明らかに示している。即ちスパン層の石炭 (No. 2, 3, 4, 6, 7, と 8) は亜硬青炭に近く、エニム層の石炭 (No. 1, 5, 9と10) は褐炭に近く、又No. 11 と12は風化しているとは言え典型的な褐炭である。しかしサンプルが風化しているため、これらの結果からバンコ炭の採炭状態での品質やガス化したときの合成ガスの組成を評価することは不適當である。従って石炭ガス化試験時に、風化の影響を排除する為に深いところからサンプルを採り、採炭状態での石炭品質と合成ガス組成の関係を厳密に推定することが望ましい。

6-4 バンコ炭採炭コストの予備調査

(1) 採炭条件

1) 採炭コスト予備調査の為に鉱区の選定

NHバンコ (ブロックA) を次に述べる理由で採炭コスト予備調査の為に鉱区として選定する。

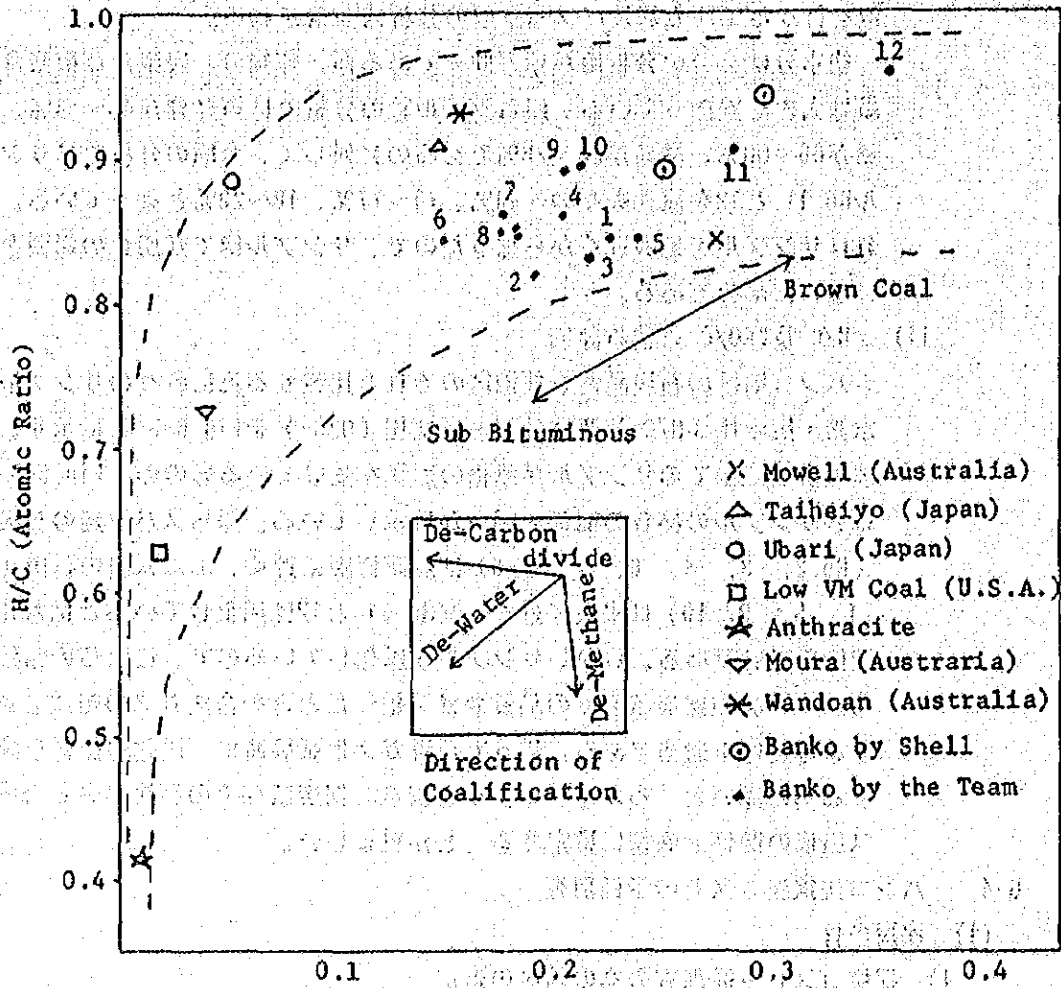
i) バンコ地区は、その炭量、既に操作されているブキット・アサム鉱山に隣接することや、地形が炭鉱開発に容易であることに依り、南スマトラの多数の鉱区の中で最も開発に適している。

ii) NHバンコ (ブロックA) は次の点で他のバンコ地区より優れている。

a) 炭量が新たに炭鉱を開くに充分と見積られている。

b) NHバンコ地区の炭層はその傾斜が緩やかで断層も少なく、最も安定した地質条件を示している。

Fig.6-3-1 Relationship Between Hydrogen-Carbon-Oxygen



c) NWバンコ炭は総水分が少ない。

ii) 詳細な調査結果が入手可能である。

2) NWバンコ (ブロックA) の地質条件

採炭場及び剥土投棄場の配置案をFig.6-4-1に示す。Fig.6-4-2には炭層、夾み、ピット壁及び底を含めた採炭場の断面を示す。

- i) 削堀方向 南-北
- ii) 削堀角度 10~15°
- iii) 採炭場所

北限：落差20mの断層

南限：ボーリング孔3540の北側を北東-南西に走る断層線

東限：ペタイ (P₂) 層の下盤の露頭部

西限：ペタイ (P₂) 層の下盤が深度100mとなるところ

iv) 炭層厚さと剥土

	夾み	平均厚(m)	炭層	炭質	平均厚(m)
HO	major Siltstone	41.7			
			H1	brown coal	8.1
HP	major Claystone	13.6			
			H2	"	8.6
SO	"	10.6			
			S1	"	10.2
SP	"	6.7			
			S2	"	3.8
PO	sometimes Sandstone	26.3			
			P(1+2)	"	9.8
PU	Claystone				

v) 採掘深さ

最大採掘深さ：100m

可採炭量はピット底の深さが地表から100mとして計算している。しかしエニム川の川床が海抜40mの為にピット底も海抜40m以下とならない様にする。

Fig. 6-4-1 Location of Mining Area

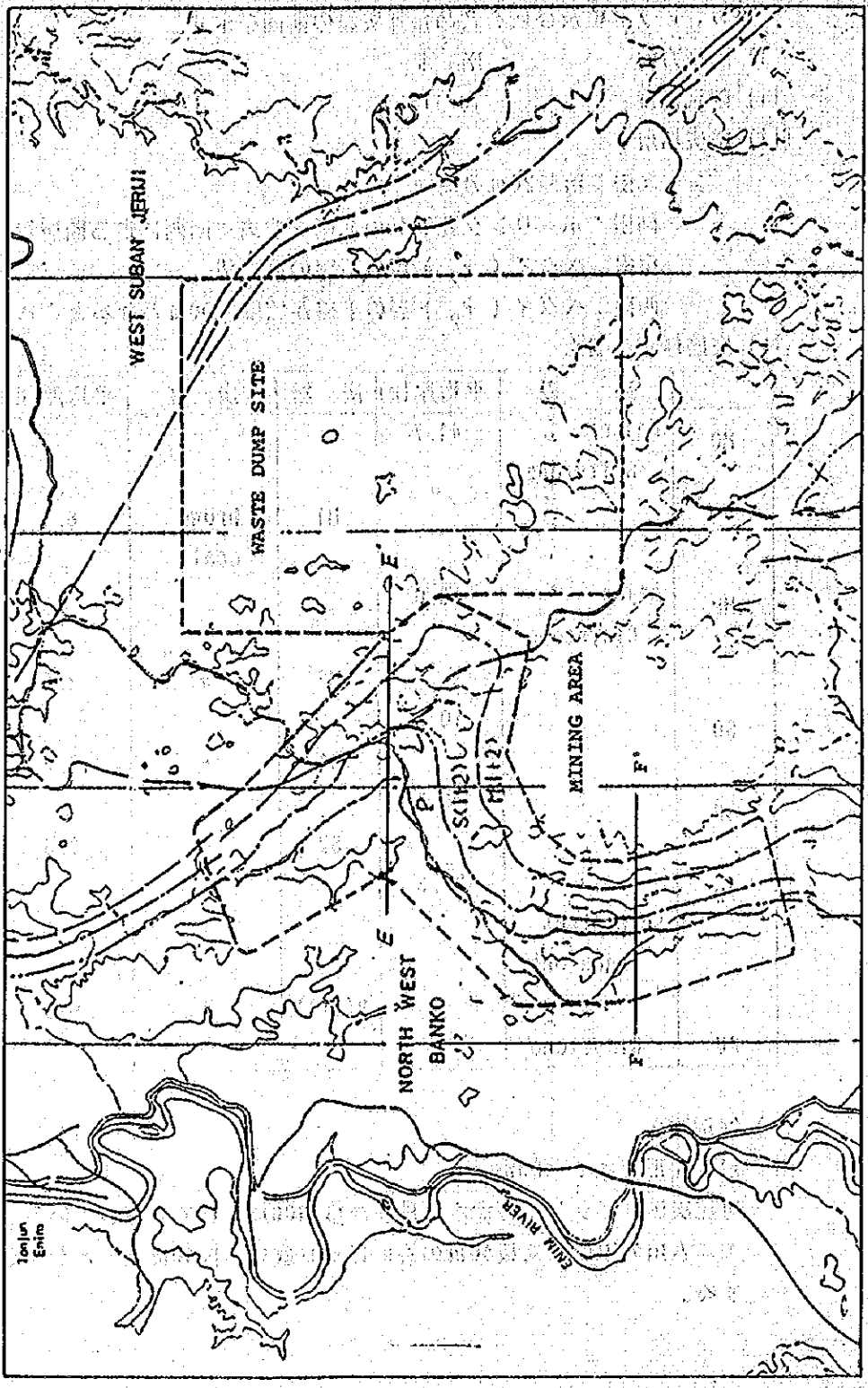
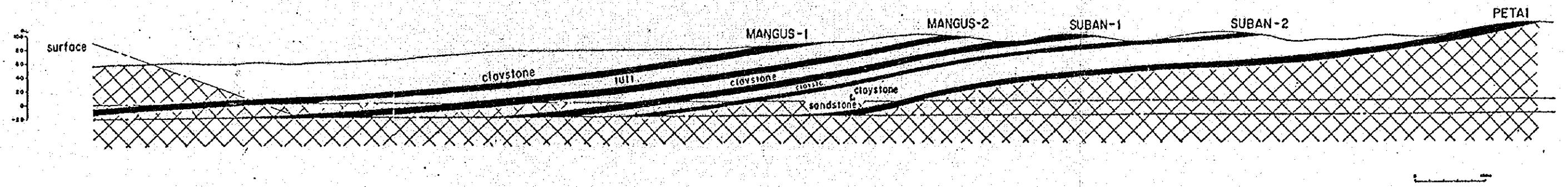
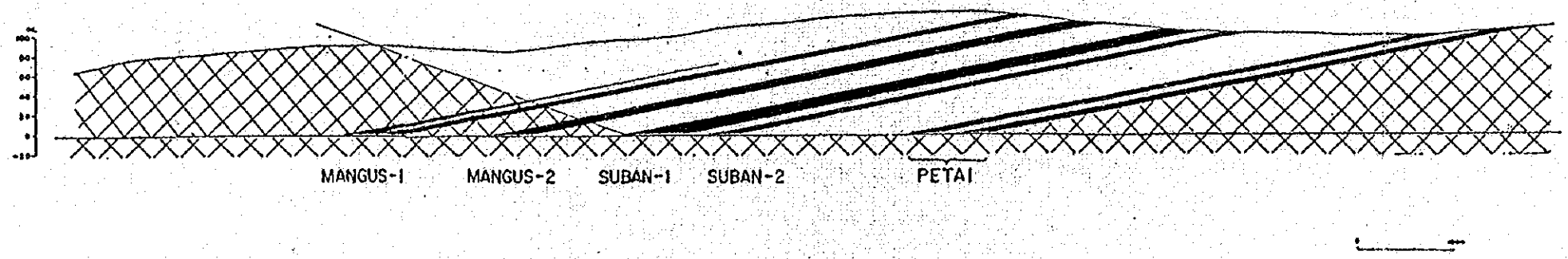


Fig. fig. 6-4-2 SECTION MAP OF MINING AREA

E-E'

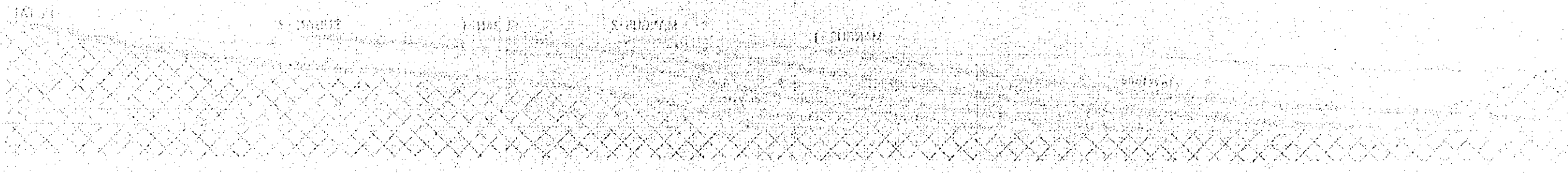


F-F'

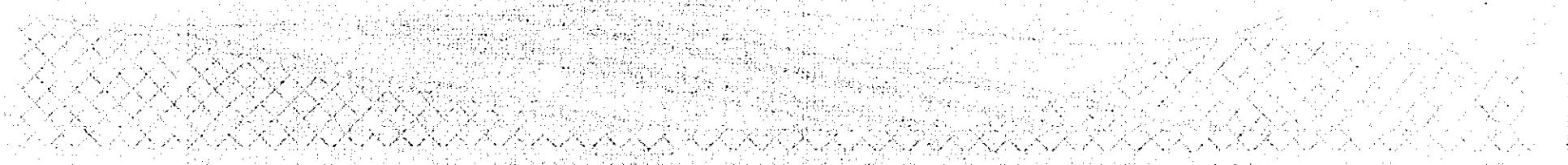


REPRODUCTION OF ORIGINAL DOCUMENT

1-3



1-3



1-3

vi) 夾みの性質

夾みの性質を把握する為にブキット・アサム鉱山で生産中のビットから岩石を採取した。分析結果は次の通り

a) 夾みのサンプル

Sample No.	ビット名	サンプル場所	夾み
1	Huara Tiga	Upper rock of A1-seam	Claystone (blue clay)
2	"	Base rock of A1-seam	Tuff
3	"	Base rock of A1-seam	Claystone (blue clay)
4	"	Base rock of A1-seam	Claystone (blue clay)
5	Air Laya	Base rock of A1-seam	Tuff

b) 分析結果

Sample No.	1	2	3	4	5
Test item	(blue clay)	(tuff)	(blue clay)	(blue clay)	(tuff)
Unconfined compressive strength (kg/cm ²)	11.6	8.9	7.5	30.1	4.8
Density (Natural) (g/cm ³)	2.154	1.824	1.995	2.116	1.910
Natural moisture content ratio (%)	15.9	24.9	21.6	7.0	26.6
P wave (m/sec)	1961	1253	1725	1364	1266
S wave (m/sec)	984	—	890	682	617
Collapse value in water (rank)	0	0	0	0	0