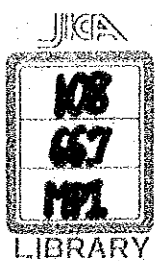


インドネシア共和国
バンコ炭有効利用計画調査
ファイナル・レポート

要 約

1989年3月



国際協力事業団



国際協力事業団

19170

JICA LIBRARY



1074480[3]

19170

序 文

日本国政府は、インドネシア共和国政府の要請に基づき、同国のバンコ炭有効利用計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、昭和59年5月9日より昭和63年12月20日までの間に18回にわたり財団法人日本エネルギー経済研究所 佐藤武比古氏を団長とする調査団を現地に派遣した。

調査団は、インドネシア共和国政府関係者と協議を行うとともに、マーケット調査、プロジェクト・サイト調査、ガス化試験調査等を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

本報告書が、本プロジェクトの推進に寄与するとともに、ひいては両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

最後に、本件調査に御協力と御支援をいただいた両国の関係者各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

平成元年3月

国際協力事業団
総 裁 柳 谷 謙 介

1. 結論と提言

1. バンコ炭のガス化が技術的に可能であることを確認した
2. 提案プロジェクトは、北西バンコ炭から燃料メタノール150万トン/年を、2000年から生産することである
3. 提案プロジェクトは、“限界的であるが可能”と評価される
4. 自動車、発電機等による燃料メタノールの実用化試験を提言する

1) 結 論

- i) 本フィジビリティ調査は、インドネシア国務大臣（研究・技術担当）B.J. Habibie 博士により提起されたものである
- ii) 鉄浴法によるバンコ炭ガス化の技術的信頼性が、ガス化試験により確認された
- iii) 提案プロジェクトは次のとおりである

炭 鉱	北西バンコ
石炭消費量	3.7百万トン/年（原炭）
メタノール生産量	1.5百万トン/年
メタノール用途	内燃機関燃料
運転開始時期	2000年
プラント建設方式	50万トン/年・3段階増設

- iv) 初期投資額は約8.6億ドルである
- v) メタノール価格が175ドル/トンの場合財務分析のIRRは11.9%である
- vi) 石油価格が30ドル/バレルより高い場合にはバンコ炭からの燃料メタノールは石油製品より経済的である

2) 提 言

- i) 燃料メタノール導入のための政策的措置を検討すること
- ii) タクシー、バス、トラック、ディーゼル発電機、ガスタービン発電機を用いた燃料メタノールの実用化試験を実施すること

2. バンコ炭有効利用計画調査の概要

マスタープランを作成し、その技術的・経済的可能性を調査すること

- 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) 利用技術 : 褐炭のガス化とガスの合成
- 6) 主たる目的 : 合成液体燃料・化学品の生産
- 7) 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・品質およびその採掘コスト調査
 - 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
- 8) 調査方法と期間 : 昭和59～63年度 (5年間)
戦略的調査・1年
ガス化試験調査・2.5年
フィージビリティ調査・1.5年

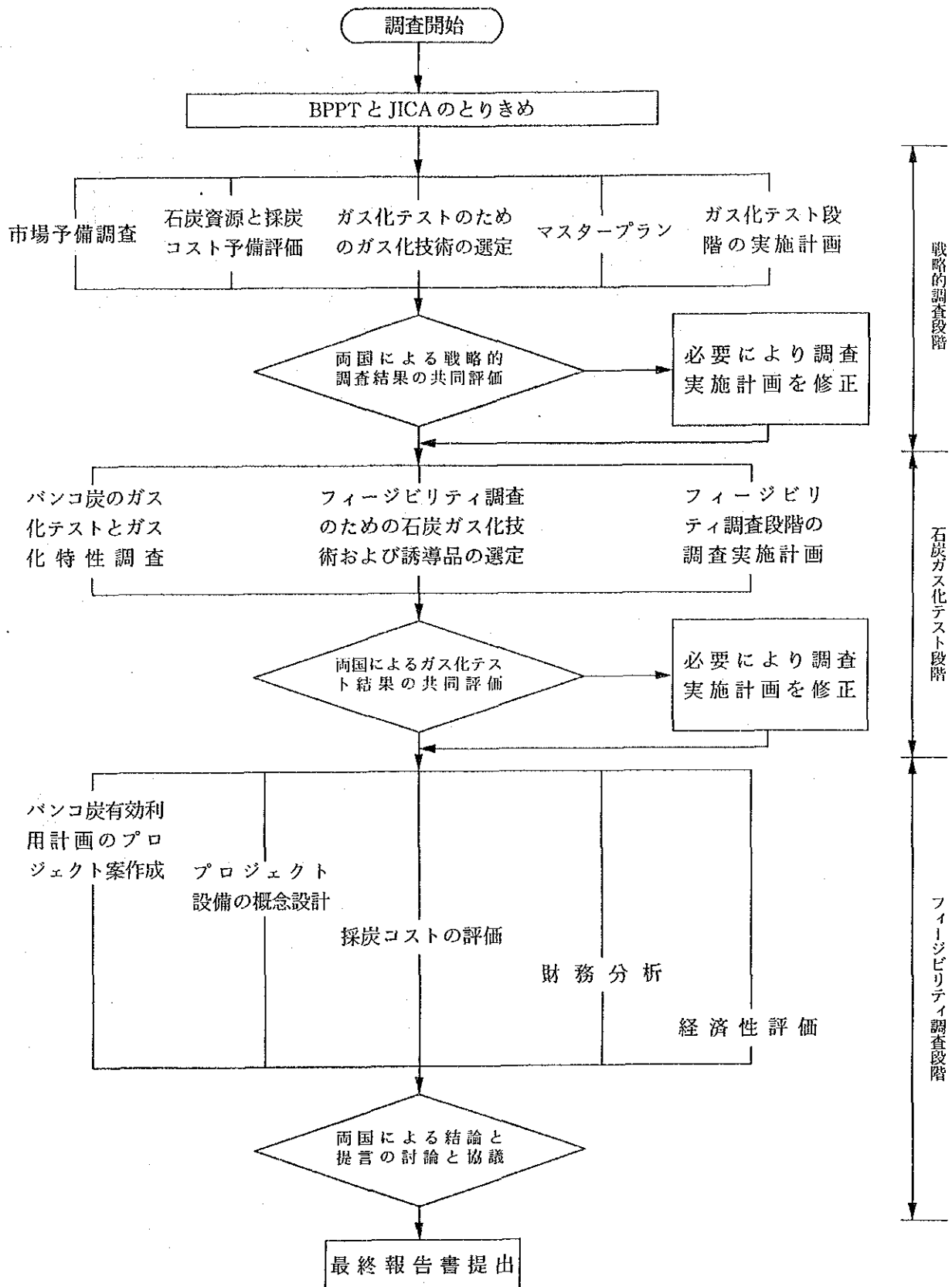


Fig.4-1 調査実施のフローチャート

3. 調査の実施状況

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. トラブル無く計画どおり実施した2. バンコ炭のガス化に成功した3. 技術移転を遂行した |
|--|

1) FY1984 (昭和59年度)

- i) 製品市場, バンコ炭資源, 褐炭利用技術に関する予備調査
- ii) 戦略的観点からのマスタープラン立案
- iii) ガス化試験設備の基本設計

2) FY1985 (昭和60年度)

- i) ガス化試験設備の設計, 製作 (第1次分)
- ii) 浅孔ボーリングによる褐炭品質調査
- iii) 経済性予備評価

3) FY1986 (昭和61年度)

- i) ガス化試験設備の製作 (第2次分) と現地建設作業
- ii) 北西バンコでの深孔ボーリングによる褐炭サンプルの採取
- iii) インドネシアにおける燃料アルコール市場調査

4) FY1987 (昭和62年度)

- i) 中央バンコおよび北スバンジェリジェでの深孔ボーリングによる褐炭サンプルの採取
- ii) 褐炭サンプルのガス化試験およびデータ解析
- iii) 褐炭利用技術の総合評価
- iv) 第2次経済性評価

5) FY1988 (昭和63年度)

- i) 製品市場, バンコ炭資源, バンコ炭利用技術に関する最終調査
- ii) 設備概念設計
- iii) 財務分析および経済性評価



Switch-on of operations at Banko coal gasification test plant by Minister B.J. Habibie and Ambassador T. Muto (1987)



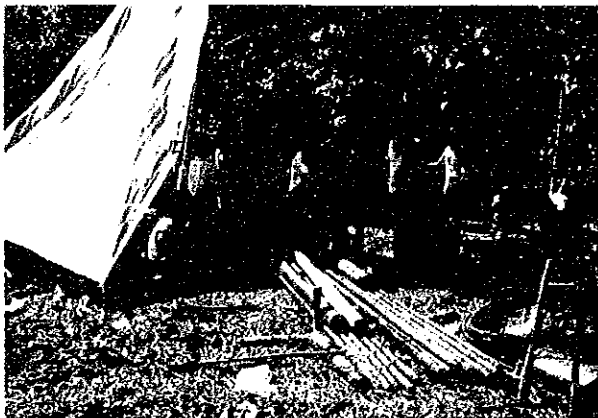
Measurement of the temperature of the molten iron bath



BAKOREN members visited the plant (1987)



On-line gas analyzer



Coal sampling work at Banko, South Sumatra



Coal and slag analysis

4. 市場調査結果

内燃機関用燃料メタノールの需要量は、2000年および2005年にそれぞれ0.85および3.0百万トンと期待される

1) 石油製品需要予測

BPPTのMARKAL研究によれば、石油製品の国内需要量は次のとおり予測されている

年	2000	2005	2010
高価格シナリオ (百万kℓ)	31.5	35.0	39.1
低価格シナリオ (百万kℓ)	28.5	30.0	31.0

注記：想定された石油輸出価格は次のとおりである

年	2000	2005	2010
高価格シナリオ (ドル/バーレル)	28	36	45
低価格シナリオ (ドル/バーレル)	21	25	29

2) 石油価格と燃料メタノール需要量予測値との関係

LPモデル調査によれば、石油価格と燃料メタノールの潜在需要量との関係はFig. 4-1に示すような相関がある

3) 年次別需要予測

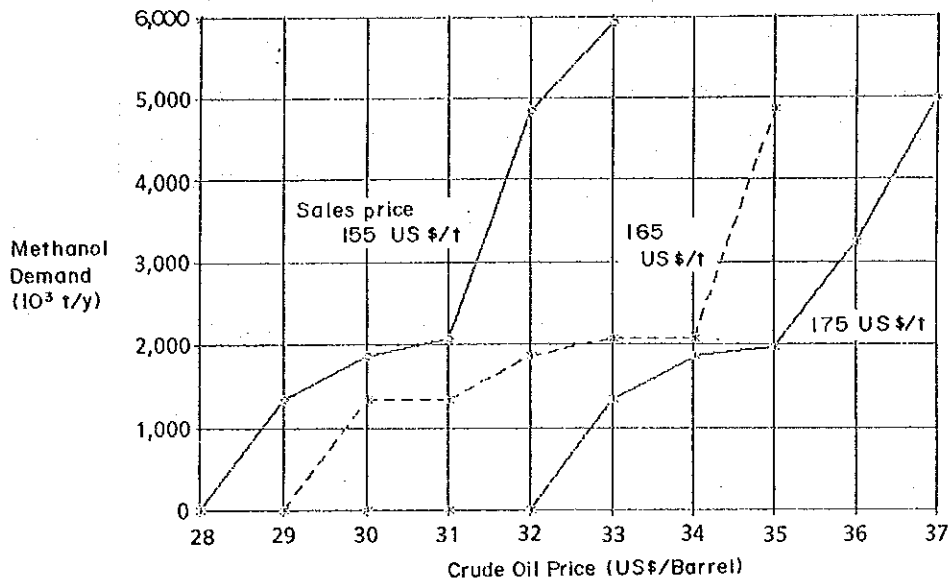
予想石油価格（高価格・低価格シナリオの平均値）によれば年次別燃料メタノールの潜在需要量は次のとおり期待される（Fig. 4-2）

年	2000	2005	2010
予想石油輸出価格 (ドル/バーレル)	24.5	30.5	37.0
メタノール需要量 (10 ³ トン/年)	850	3,030	12,915

(販売価格：175ドル/トン)

注記：USDOEおよびIEE, Japanの長期石油予測価格は次のとおりである

年	2000	2010
USDOE (ドル/バーレル)	29~37	44~62
IEE, Japan (ドル/バーレル)	28~38	48~50



Economic benefits obtained by introducing fuel methanol into Indonesia was determined by the difference between the cost for introduction of fuel methanol and increase in profits obtainable from the increase in the export of oil and oil products. Problems caused by the decrease of oil export are not considered in this LP model study.

Fig. 4-1 Fuel Methanol Demand vs. Oil Price

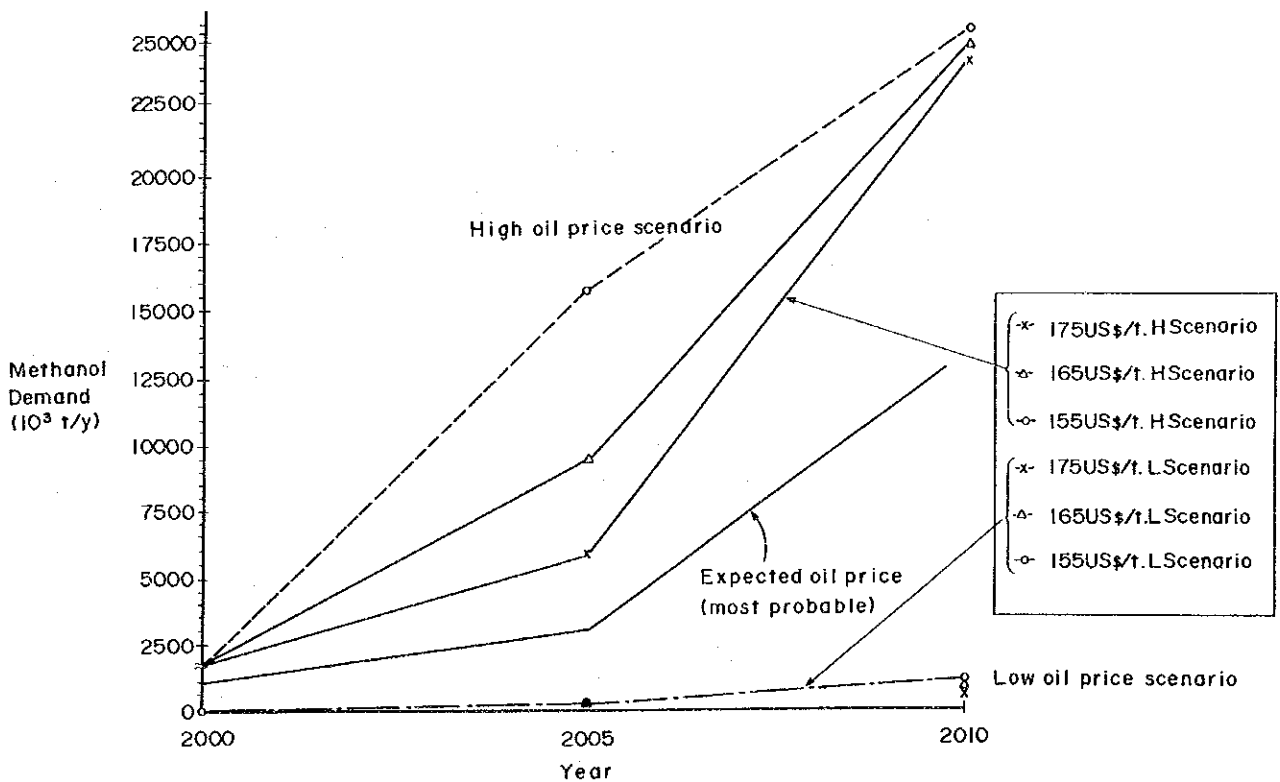


Fig. 4-2 Fuel Methanol Demand by Year

5. 石炭資源に関する調査結果

1. 石炭の埋蔵量は500百万トン以上と豊富である
2. 北西バンコ炭の採炭コストは14.0ドル/トン・原炭である
3. バンコ炭はナトリウム含有量の高い低品位炭である

1) カウンターパートの貢献

- i) バンコ地域の地質図の提供
- ii) バンコ地域のボーリング調査データ, 北西バンコ採炭計画F/Sの提供

2) 石炭資源調査結果

i) 石炭埋蔵量 (深さ100m以内)

北西バンコ炭:	130百万トン
中央バンコ炭:	130
北スバンジェリジェ地区:	240

ii) 石炭品質

低発熱量でナトリウム含有量の多い低品位炭

	全水分 *1 (%)	低発熱量 *1 (kcal/kg)	C	H (%)	O *2
北西バンコ炭	27.6	4,650	74.4	5.8	17.9
中央バンコ炭	36.7	3,800	71.7	6.6	19.9
北スバンジェリジェ炭	42.5	3,150	69.9	5.7	23.1

*1 原炭 *2 無水無灰ベース

注記: ナトリウム含有量は炭層および深さにより異なるが灰分中に0~20%含まれる

3) 石炭ガス化試験用サンプルの採取

上記3地区より合計20種(炭層別)採取

4) 自然発火試験

山積後24時間以内に105°Cまで上昇(5m×5m×2m高さ)

5) 採炭コスト

北西バンコ炭の場合で14.0ドル/トン

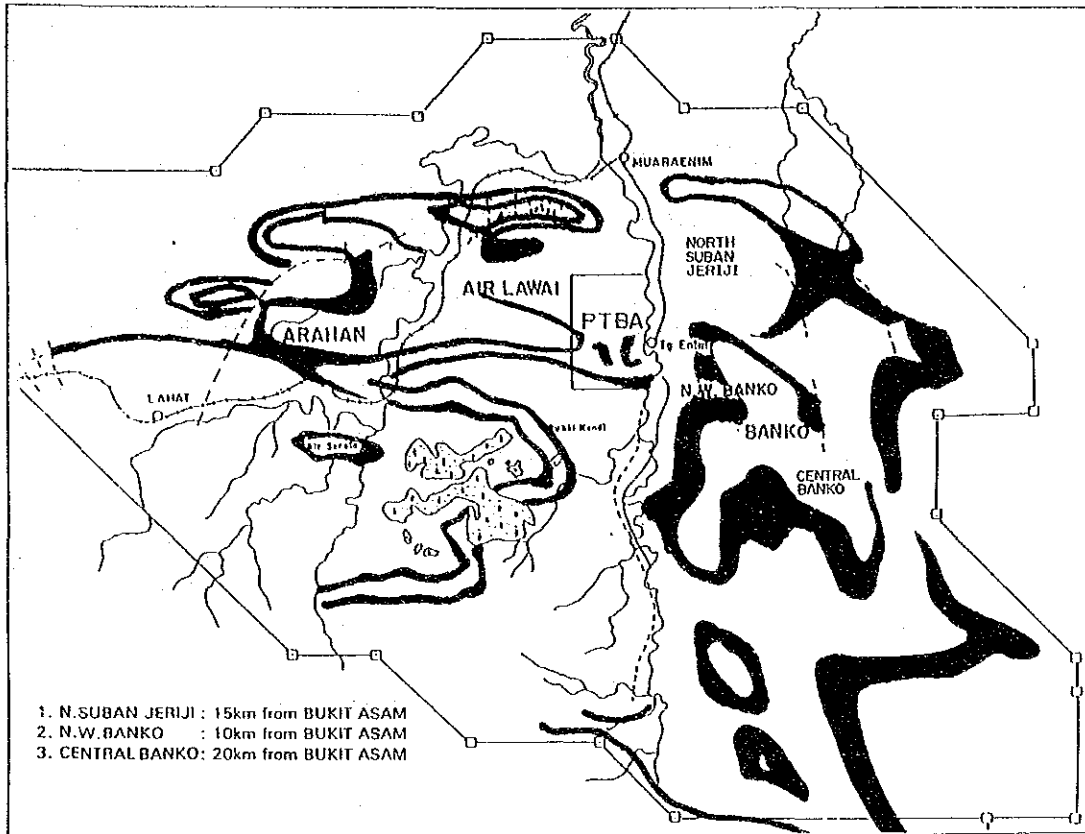


Fig. 5-1 Coal Resources in Western Part of South Sumatra Area.

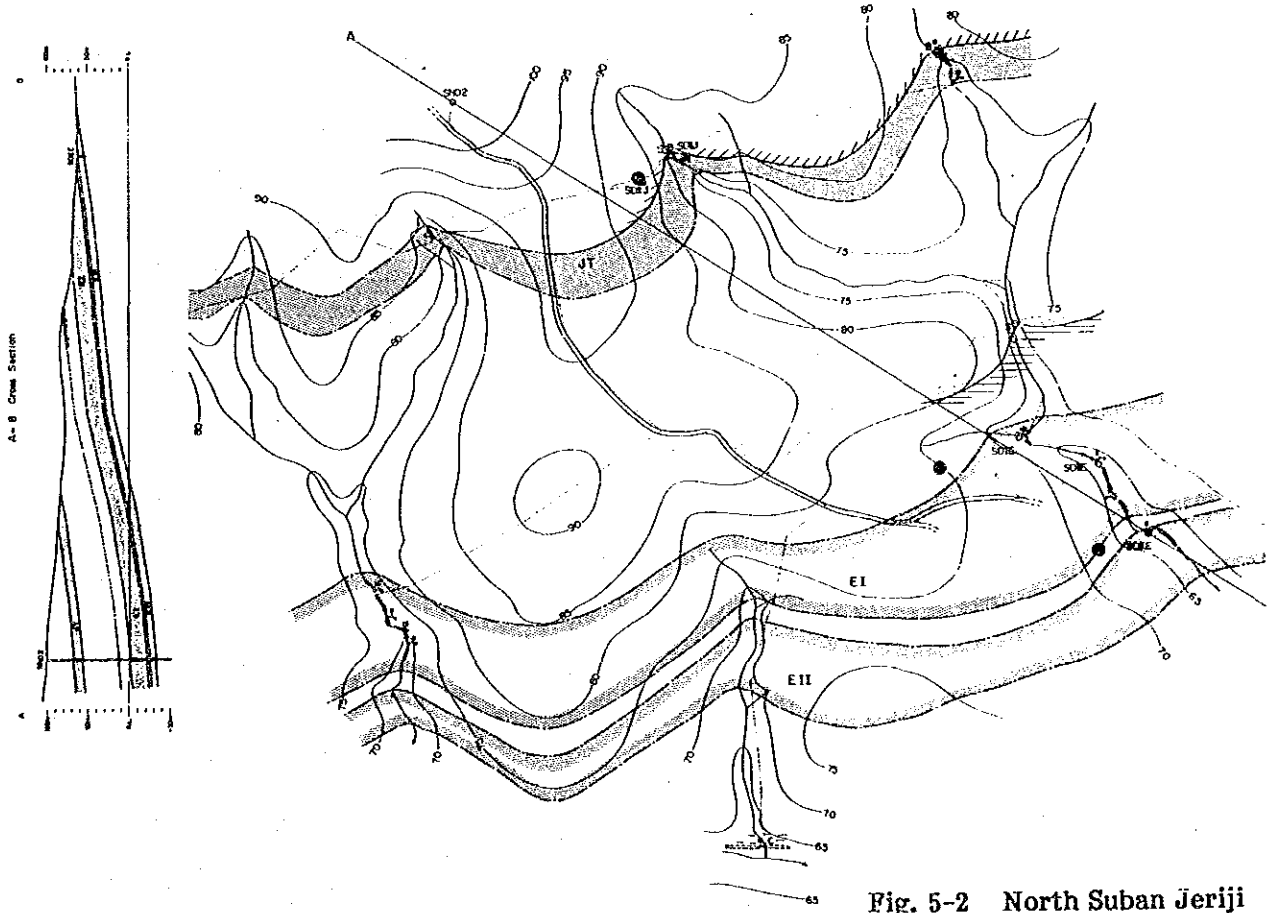


Fig. 5-2 North Suban Jeriji

6. バンコ炭のガス化試験結果

1. 鉄浴法によるバンコ炭のガス化が技術的に可能であることが証明された
2. バンコ炭のガス化試験を通じ、技術移転が行われた

1) ガス化試験設備の概要

プロセス：鉄浴法

設備容量：30kg/h・炭

設置場所：ジャカルタ市, 国立科学技術センター (PUSPIPTEK), エネルギーおよびエネルギー資源研究所

2) ガス化試験の概要

期 間 : 昭和62年7月～12月 (5ヶ月間)

テストしたサンプル数：20種

テ ス ト 要 領 : 各サンプル2回

1回30分連続

3) バンコ炭のガス化特性

炭 鉱	CO	H ₂ (%)	CO ₂	ガス発生量 (N m ³ /t・原炭)
北西バンコ炭	59.0	28.1	3.9	1,530
中央バンコ炭	55.2	29.6	4.3	1,310
北スバンジェリジェ炭	57.5	27.8	4.5	1,130

注記： i) 技術上の問題はなく、全炭共ガス化可能である

ii) 供給原料炭の許容含水量は北西バンコ炭の場合10%である

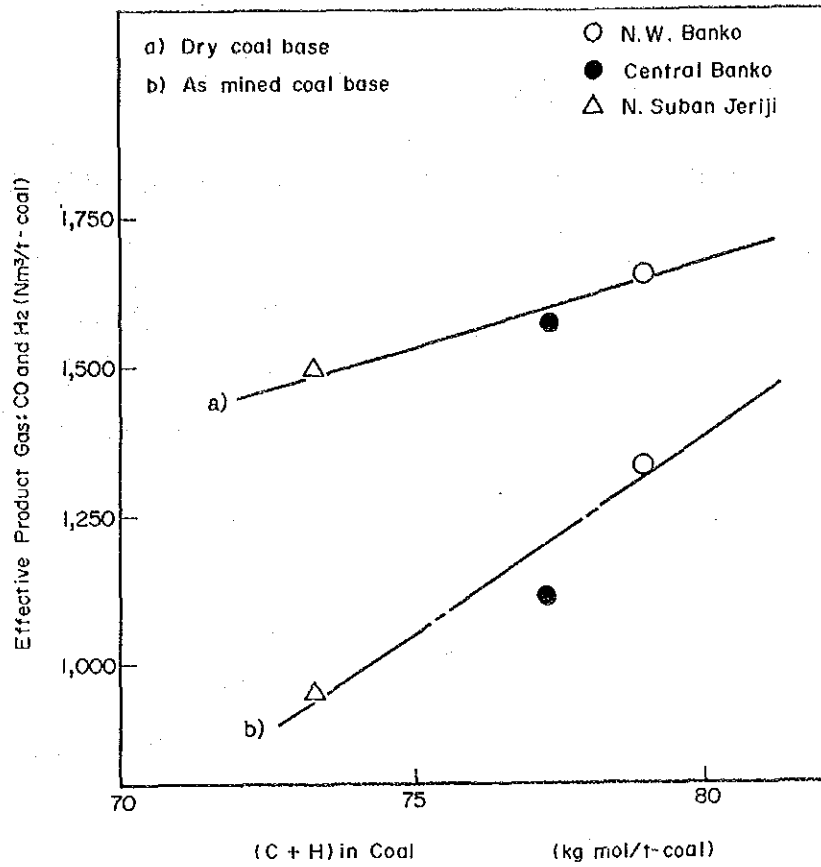


Fig. 6-1 Effect of Coal Quality on Effective Product Gas Volume

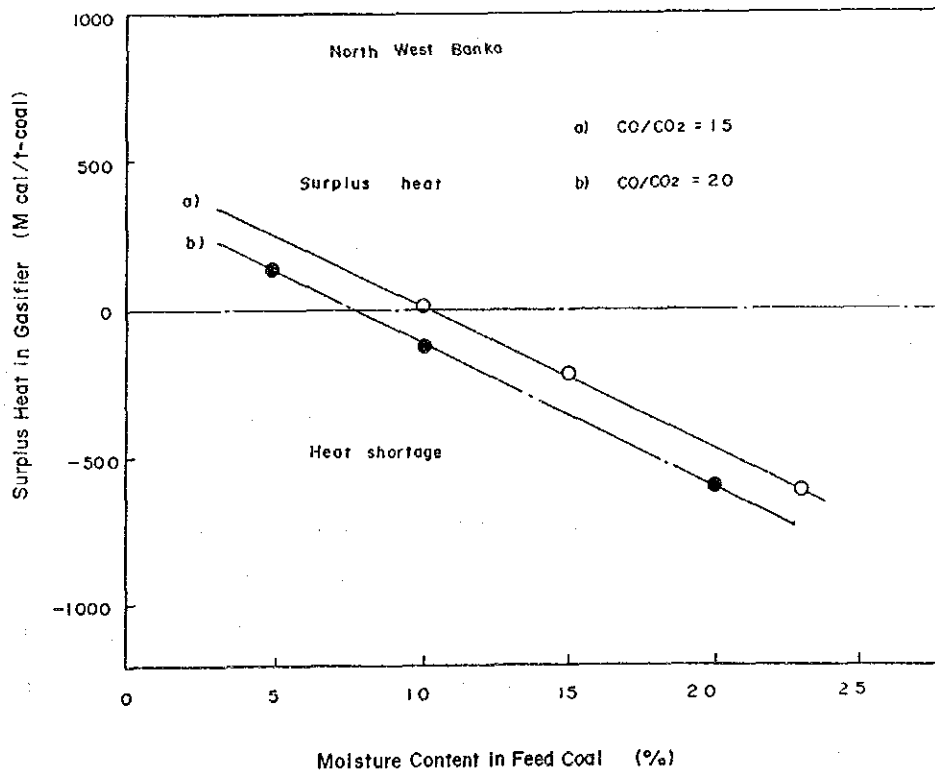


Fig. 6-2 Effect of Moisture Content in the Feed Coal on the Heat Balance

7. バンコ炭利用技術調査結果

バンコ炭のガス化利用に必要な全ての技術は、工業的規模で開発されている

1) ガス化技術

鉄浴法ガス化プロセス : 240t/日, 実規模試験終了

注記: バンコ炭から合成ガスを生産する場合の石炭ガス化技術の評価を表7-1に示す。バンコ炭に関する鉄浴法の適合性はPUSPIPTEKにおける石炭ガス化試験を通じ立証された

2) 合成ガス誘導品生産技術

メタノール : 工業化済あるいは実規模試験中

尿素 : 汎用プロセス, 工業化済

発電流動床ボイラー : 工業化済あるいは実規模試験中

ガス化複合システム : 実規模試験中

注記: i) 多くのプラントで天然ガスからメタノールや尿素が生産されている。天然ガスを石炭からの合成ガスに切替えることに問題はない
ii) 通常の粉炭燃焼ボイラーはバンコ炭の灰分中のナトリウム含有量が高いため好ましくない

3) メタノールの利用技術

一般化学品 : 汎用プロセス, 工業化済

内燃機関 : フリートテスト (実証試験) 段階

燃料電池 : 開発段階

特殊化学品 : 開発段階

注記: i) 燃料メタノール用エンジンの研究開発は、実用化試験を含めて、世界的に実施されている
ii) ガソリンエンジンは、必要な時工業化出来る状況にある
iii) ディーゼル型エンジンはフリートテストの段階にある
iv) 既存のガスタービンは容易にメタノール燃料用に改造出来る
v) 燃料電池は僻地での太陽光発電のバックアップ電源として利用出来る

Table 7-1 Evaluation of Coal Gasification Technology for Synthesis Gas Production

	Fixed bed (dry ash)	Fluidized bed	Entrained flow	Molten iron bath
Availability for Banko coal	10	1	10	1
Gas composition	5	5	2	1
Impurity	4	3	2	1
Overall thermal efficiency	3	2	3	1
Gas pressure	1	1	1	3
Operatability and safety	1	1	3	1
Construction cost	3	2	2	1
Commercial experience	1	1	1	2
Total	28	16	24	11
Overall evaluation (ranking)	4	2	3	1

(Note) Lower number is better in performance.

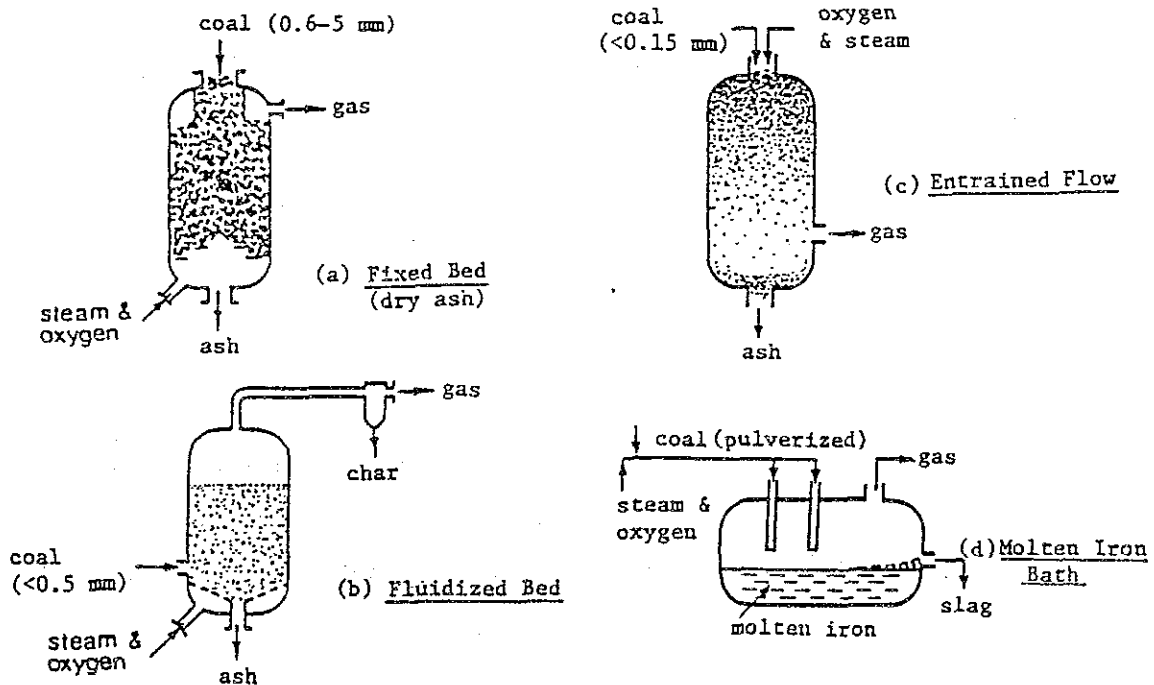


Fig. 7-2 Classification of Principal Coal Gasifier Type

8. マスタープランの作成

1. 北西バンコ炭が経済的に最も好ましい石炭資源である
2. メタノールのみの生産（ケース1）がより有利なマスタープランである
3. 3段階の分割・増設が適当である

1) 山（石炭）の評価

	北西バンコ	中央バンコ	北スパンジェリジェ
石炭コスト (%)	20.0	24.0	27.7
酸素コスト	28.0	27.6	26.7
スクラップコスト	1.5	1.5	1.6
石灰コスト	0.5	2.3	1.7
固定費 労務費 用役費 金 利 等	50.0	52.4	55.0
全生産コスト (%)	100	107.8	112.7
優劣順位	1	2	3

2) 全体システムの評価

	ケース1	ケース2
石炭供給 万トン/年	370	400
メタノール生産量	150	120
尿素生産量	0	56

注記：表8-1に示されるとおりケース1（メタノールのみの生産）が有利である

3) 提案マスタープラン

炭鉱	: 北西バンコ
全体システム	: ケース1, Fig. 8-1参照
プラント能力と販売計画	: Fig. 8-2参照

注記：販売計画の立案に際しては、燃料メタノール導入の遅れ、実需要のより緩やかな伸びが配慮されている

Table 8-1 Results of Preliminary Financial Analysis

Case	Case 1*	Case 2**		
Selling Price of products	Methanol 175 \$/t	Methanol 175 \$/t	Methanol 175 \$/t	Methanol 175 \$/t
		Urea 100 \$/t	Urea 150 \$/t	Urea 200 \$/t
IRR on Total Investment	13.5%	10.6%	12.3%	13.8%

* cited from Interim Report, May 1986

** cited from Interim Report, July 1987

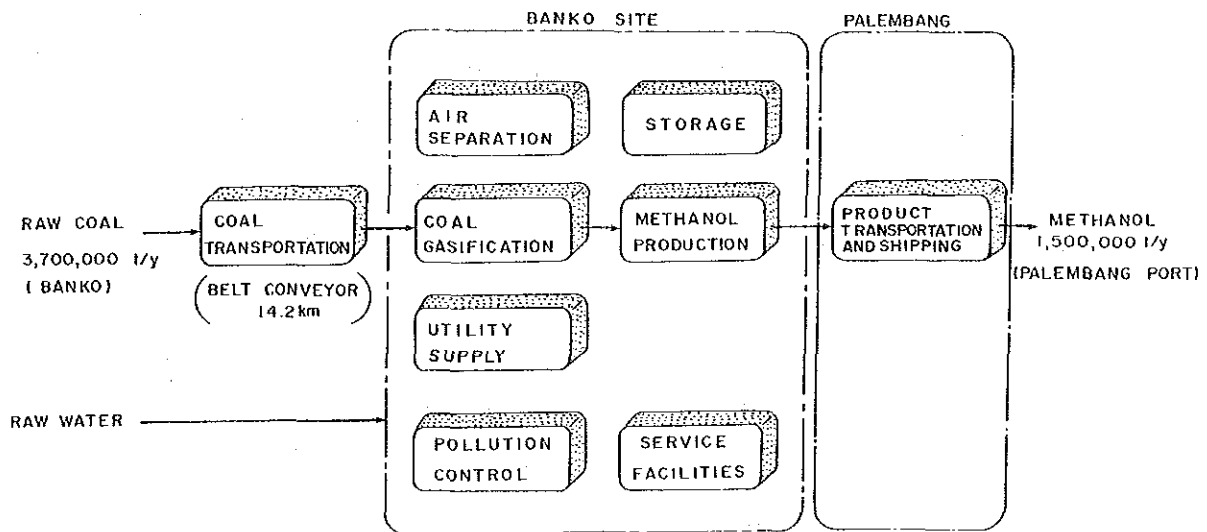


Fig. 8-1 Overall Block Flow Diagram

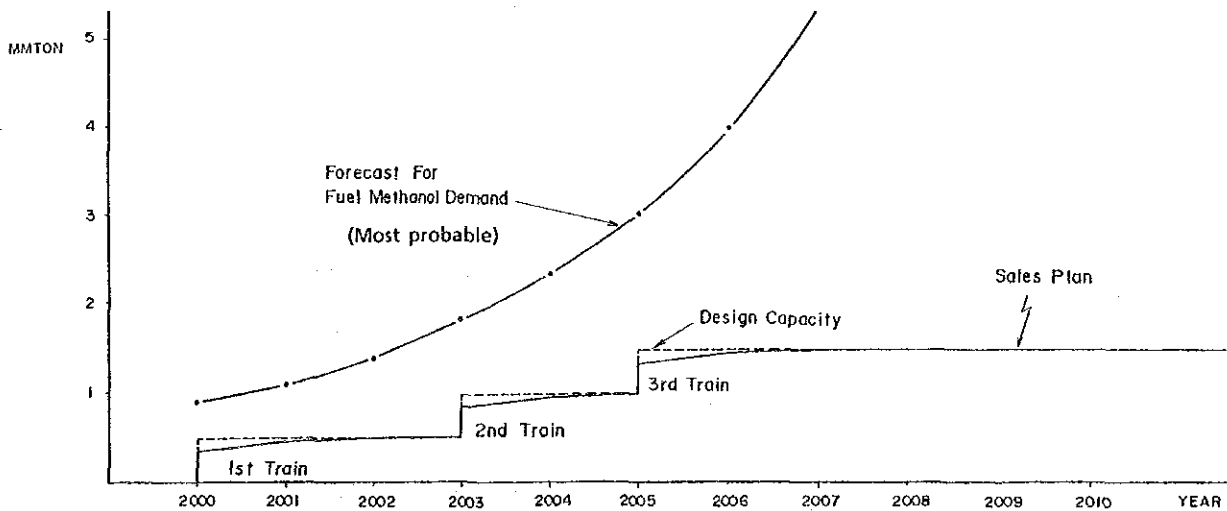


Fig. 8-2 Fuel Methanol Demand and Sales Plan

9. 提案されたマスタープランの概念設計結果

1. 山元にプラントを建設し, 運転する上で大きな支障はない
2. 初期投資額は約 8.6 億ドルである
3. 合計積荷量は 300,000 フレート・トンである

1) 概念設計結果

プラント立地	:	バンコ近辺のムアラエニム
機材輸送方法	:	パレンバン港経由エニム川にてバージ輸送
プラント敷地面積	:	500,000m ² (工場内), 3,200,000m ² (工場外)
プロセス		
ガス化設備	:	鉄浴法プロセス
発電	:	流動床ボイラー・蒸気タービン式

2) 初期投資額および運転費用

	工場内	工場外	合計
投資額 (百万ドル)	793	69	861
プラント建設費	(776)	(69)	(844)
運転資金	(10)		(10)
試運転費・トレーニング費		(7)	(7)
運転費用 (百万ドル/年)		59	59

注記：採炭設備はプロジェクト対象外である。従って 14.0 ドル/トン・原炭の採炭費は運転費用に計上されている

3) 機材輸送

機材総重量	:	94,000 トン
35 トン以上の物	:	18,000 トン, レマタン河経由
35 トン以下の物	:	76,000 トン, スマトラハイウェイ経由

4) 環境評価

環境への影響解析結果は, インドネシアおよび日本の環境基準値を満している

初期投資額

設備概要

％	百万USドル	％
	採炭 112.5	11.6
1.7	石炭輸送 14.5	1.5
34.6	石炭ガス化 298.2	30.6
19.1	メタノール合成 164.5	16.9
9.5	空気分離 81.4	8.4
10.4	発電 89.2	9.2
1.5	タンク・ヤード 12.8	1.3
9.1	用役設備 78.0	8.0
1.8	補助設備 15.1	1.6
4.7	製品輸送設備 40.7	4.2
5.8	機材輸送 49.7	5.1
2.0	その他 17.2	1.8

861.3 合計 973.8

原炭 3.7百万t/y

ショベル・トラック方式

ベルトコンベア：14.2km, 1系列

鉄浴法

原料石炭量 2.5百万t/y

ガス化炉：直径5.4m×長さ18m×6基

中圧プロセス

ダブル・チューブ型リアクター

メタノール1,500t/d×3系列

ゴールドボックス型 深冷分離システム

空気処理量 200,000Nm³×3系列

流動床ボイラーシステム

蒸気298t/h・37MW×3系列

15,000kℓ×3基

冷却水, 圧縮空気等

事務所, 修理工場, 居住設備等

パイプライン：直径12インチ×200km

タンク：22,500kℓ×4基

タグボート：1,500HP, バージ：3,000DWT

合計積荷量：300,000F/T

運転資金 (10), 試運転・訓練費 (7)

10. 財務分析および経済性評価結果

1. ベースケース財務内部収益率 (FIRR) 11.9%は“限界的であるが可能”と評価される
2. 原油価格が30\$/bblより高い場合には、バンコ炭からの燃料メタノールは石油製品より経済性がある

1) 財務分析の前提

資本金／借入金	:	25／75
プロジェクト期間	:	20年
エスカレーション	:	無し
金 利	:	10.8%/年

2) 財務分析および経済性評価結果

	(1)		(2)		(3)
石炭価格 (ドル/トン)	10	X	14	X	18
メタノール販売価格 (ドル/トン) (FOB パレンバン)	(A) 165	X	(B) 175	X	(C) 185
資本支出 (百万ドル)	(i) 675 (-20%)	X	(ii) 844	X	(iii) 1,013 (+20%)

		財務 IRR (%)	経済 IRR (%)
ベースケース	(2) - (B) - (ii)	11.9	15.0
ケース1	(2) - (A) - (ii)	10.9	13.8
ケース2	(2) - (C) - (ii)	12.9	16.0
ケース3	(1) - (B) - (ii)	12.9	16.0
ケース4	(3) - (B) - (ii)	10.9	13.9
ケース5	(2) - (B) - (iii)	10.0	12.7
ケース6	(2) - (B) - (i)	14.3	17.9
資金コスト		10.8	

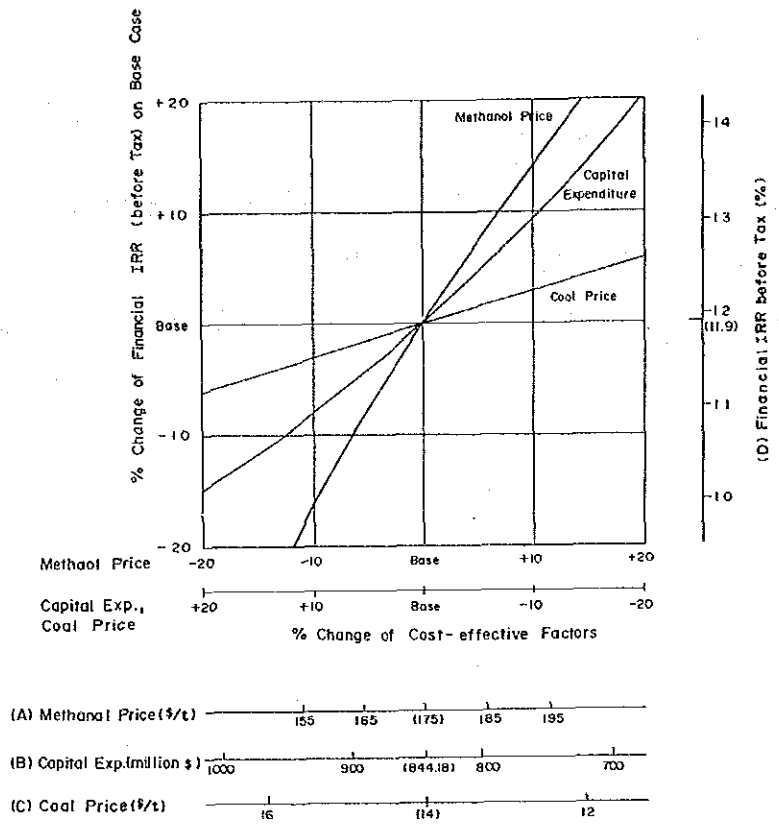


Fig. 10-1 Financial IRR Sensitivity of Cost-effective Factors

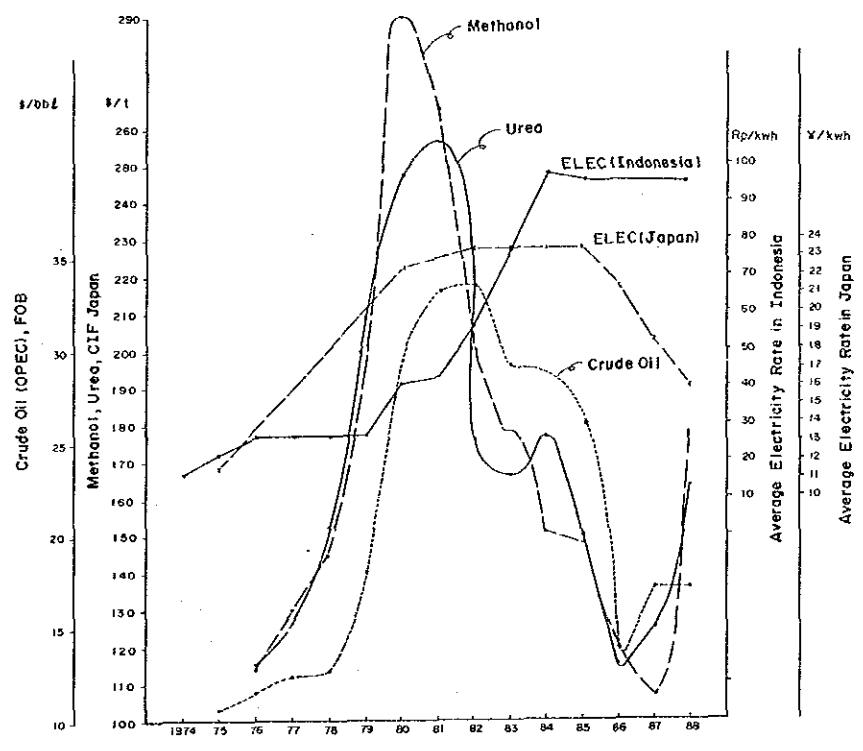


Fig. 10-2 Shifts in Price of Crude Oil (FOB OPEC), Methanol and Urea (CIF Japan), and Electricity Rate in Indonesia and Japan

11. 提案プロジェクトと提言

1. 提案されたプロジェクトは、北西バンコ炭から年間150万トンの燃料メタノールを2000年から生産することである
2. 自動車および発電機を用いた燃料メタノール利用の実用化試験の実施を提言する

1) 提案プロジェクト

i) 提案プロジェクトの概要

石炭資源	:	北西バンコ炭
製 品	:	燃料メタノール(化学品グレード)
設計設備能力	:	メタノール150万トン/年
プラント立地	:	南スマトラ, ムアラエニム
機材輸送	:	レマタン河経由
製品輸送	:	パイプラインによりパレンバン港へ

ii) 建設工程と投資額

3段階の分割・増設方式が提案される

	単 位	第1段階	第2段階	第3段階
設計設備能力	メタノール百万トン/年	0.5	0.5	0.5
建設工事開始	年	1996	2000	2002
運転開始	年	2000	2003	2005
石炭消費量(北西バンコ炭)	百万トン/年	1.23	1.23	1.23
投資額	百万ドル	427	244	190
積荷量	10 ³ フレート・トン	164	84	52
従業員	人	732	+142	+138

2) 提 言

- i) 燃料メタノール導入のための政策的手段を検討すること
- ii) タクシー, バス, トラック, ディーゼル発電機およびガスタービン発電機を用いた燃料メタノール利用の実用化試験を実施すること

Table 11-1 プロジェクト遂行のタイムスケジュール

年	期間 (年数)		最短スケジュール
0		フェーズ I	フィージビリティ・スタ ディ 1988年度完了
2	2	準備期間 I	フェーズ II に入るための 準備・調整期間
5	3	フェーズ II	基本設計, エンジニアリン グ, 最終フィージビリティ・ スタディ
7	2	準備期間 II	フェーズ III に入るための準 備・調整期間
11	4	フェーズ III	詳細設計, 建設

注記: 1) 準備期間 I に実施すべき事項

- A) 将来, 条件が整った場合, インドネシアに燃料メタノールを導入すべきか否かのコンセンサスを得ること
- B) 将来, 条件が整った場合, その資金調達の方法についてのコンセンサスを得ること
- C) フェーズ II の実行組織を設立すること
- D) 上記の実行組織がフェーズ II に必要とする資金を試算し支出の意志決定をすること

2) 準備期間 II に実施すべき事項

- A) フェーズ III および運転のための実行組織および経営企業体を設立すること
- B) 総投資額支出の意志決定を行うこと
- C) 資金調達契約の締結
- D) 購入・販売契約の締結

JICA