

(4) 採掘方法

採掘方法として当地域の急傾斜の炭層に対して、全充填欠口採炭方法を適用する。この採掘方法は、当地域と炭層傾斜、炭層厚について同様な地質条件であった北海道の炭鉱で行われた一般的な方法である。

この方法では、傾斜27～30度の沿層斜坑道に、鋸の歯の形状に5ヶ所の採掘切羽（欠口）を設ける。石炭は発破で崩され、切羽に設置されるプラスチックトラフの上を流下する。切羽は坑木で支保し、採掘跡は破砕した岩石あるいは選炭ボタで充填する。一般に3方操業の内2方採炭、1方充填で実施する。この採掘においては各々の切羽（欠口）は下方に進行し、全体の採掘切羽は横方向に進行していく。

坑道掘進においては、石炭を発破にて掘進し、坑道の支保は鋼製の梁と脚による三枠とする。坑道の規格はシリムボボンと同様天井幅4m、底幅5.2m、高さ3mとする。

採炭炭および掘進炭は炭車に積み込み、水平坑道を蓄電式機関車で牽引し、斜坑を巻き上げ機で坑外まで搬出する。

7.2.3. 石炭生産

坑道掘進および石炭生産のスケジュールは次の条件で算出した。

(1) 作業工程

(a) 操業日数および操業方式

$$\text{年間操業日} = 5 \text{ 日/週} \times 52 \text{ 週/年} - \text{休日日} (10 \text{ 日}) = 250 \text{ 日/年}$$

$$\text{操業方式} = 8 \text{ 時間/方} \times 3 \text{ 方/日}$$

(b) 切羽先数

$$\text{欠口採炭} : 5 \text{ 組/方} \times 3 \text{ 方/日}$$

垂直距離50mの採掘パネルにおいて同時に5欠口を稼働する；

2方採炭、1方充填

坑道掘進： 2組/方× 3 方/日

(2) 進行速度と生産量

(a) 掘進

表7-7 掘進能率と石炭生産能率 (南西マリバウ炭鉱)

	掘進能率		生産能率	
	m/方	m/日	トン/m*	トン/日
岩石斜坑	1.0	3.0		
岩石立入	1.2	3.6		
沿層坑道	2.4	7.2	8.5 -7.6 -7.2	61.2 -54.7 -51.8
沿層昇り	2.0	6.0	8.5 -7.6 -7.2	51.0 -45.6 -43.2

* 稼行丈によって変化する。

表ではSB1層(1.9m)-SE1層(1.7m)-SE2層(1.6m)の順で示す。

(b) 欠口採炭

表7-8 欠口採炭の1日当たり出炭量 (南西マリバウ炭鉱)

坑	炭層	稼行丈 (m)	欠口広さ (m)	進行長 (m/日)	実収率 (%)	出炭量 (トン/日)
東部坑	SB1層	1.9	2.4	60	95	364
西部坑	SE1層	1.7	2.4	60	95	326⇒391*
西部坑	SE2層	1.6	2.4	60	95	306⇒367*

*第14年次において、東部坑の掘進が終了した後、掘進の1組が欠口採炭に加わり、20%の生産性向上が見込める。

(3) 生産工程

上述の基準をもとに作成した生産工程を表7-9に示す。表7-10は各々の坑の生産工程と出炭量の概要である。

表 7-9

生産工程 南西マリバウ炭鉱

		Y1		Y2		Y3		Y4		Y5		Y6		Y7		Y8		Y9		Y10		Y11		Y12		Y13		Y14		Y15		Y16		Y17		Y18		Y19		Total Tons
		days	tons	days	tons	days	tons	days	tons	days	tons	days	tons	days	tons	days	tons	days	tons	days	tons	days	tons	days	tons	days	tons	days	tons	days	tons	days	tons	days	tons	days	tons			
B a s t P i t	No. 1		53,067	[148d]	35,067																																		53,067	
	No. 2 West		42,959	[103d]	37,472	[15d]	4,487																																42,959	
	No. 2 East		66,331			[182d]	66,331																																66,331	
	No. 3 West		65,702			[53d]	18,792	[126d]	46,910																														65,702	
	No. 3 East		84,655					[122d]	41,478	[114d]	43,177																													84,655
	No. 4 West		84,023						[139d]	58,598	[92d]	25,425																												84,023
	No. 4 East		56,276								[151d]	56,276																												56,276
	No. 5 West		111,820								[4d]	1,458	[250d]	91,000	[53d]	18,368																							111,820	
	No. 5 East		41,064												[113d]	41,064																							41,064	
	V/F Total		605,850			30,559		91,953		90,818		93,243		91,129		91,000		60,478																					605,850	
Develop Total		105,490		18,530		17,252		21,926		17,714		11,519		20,919																								105,490		
East Pit Production Total			18,530		187,811		112,559		108,532		182,362		142,829		91,000		60,478																					711,340		
W e s t P i t	E2 No. 1		38,730													[54d]	25,764	[45d]	12,966																			38,730		
	E2 No. 2		61,265		306 tons/day														[214d]	44,256																		61,265		
	E2 No. 3		84,269																	[242d]	74,652	[131d]	9,617															84,269		
	E2 No. 4 West		41,070																		[105d]	38,535	[14d]	2,535														41,070		
	E2 No. 4 Est		44,050		367 tons/day + 20% UP Production [Increase workers after road development]																	[120d]	41,950															44,050		
	E2 No. 5 West		59,584																														[182d]	59,584				59,584		
	E2 No. 5 Est		24,259																													[65d]	24,259				24,259			
	E1 No. 1		68,961																		[292d]	67,432	[5d]	1,529															68,961	
	E1 No. 2		95,610		326 tons/day																[35d]	11,410	[200d]	61,590	[8d]	1,730												95,610		
	E1 No. 3		118,137																																			118,137		
E1 No. 4 West		26,228																																			26,228			
E1 No. 4 Mdl		43,185																															[56d]	21,268				43,185		
E1 No. 4 Est		83,092		391 tons/day + 20% UP Production [Increase workers after road development]																														[195d]	76,838	[17d]	6,254	83,092		
E1 No. 5 West		25,775																																[5d]	1,956	[61d]	23,820	25,775		
E1 No. 5 Mdl		63,534																																	[142d]	63,534		63,534		
E1 No. 5 Est		64,439																																[27d]	18,587	[138d]	45,852	64,439		
V/F Total		945,219																																				945,219		
Develop Total												2,158	21,873	46,278	68,845	97,376	101,729	92,871	185,826	183,741																		161,159		
West Pit Total Production												2,158	21,873	46,278	68,845	97,376	101,729	92,871	185,826	183,741																	1,106,378			
SW Malibau Total Product			18,530		187,811		112,559		108,532		182,362		142,829		91,000		60,478																					1,817,718		



この表によると、正常生産期間の平均年産量は原炭ベースで10万3千トンである。
約180万トンの実収炭量は操業19年で終期する。

表7-10 生産工程と生産量概要 (南西マリバウ炭鉱)

	掘進		採炭		合計
	年次	生産量(トン)	年次	生産量(トン)	生産量(トン)
東部坑	1～6	105,490	2～8	605,850	711,340
西部坑	6～14	161,160	8～19	945,220	1,106,380
合計	1～14	266,650	2～19	1,551,070	1,817,720

7.2.4. 人員計画

炭鉱操業全体に必要な人員（在籍ベース）について表7-11に示す

表7-11 人員計画 (南西マリバウ炭鉱)

	部署	職員	鉱員	合計
炭鉱経営		2	-	2
生産	坑内	25	155	180
	選炭機	4	20	24
	小計	29	175	204
保安	小計	14	7	21
機械・電気	坑内	12	28	40
	坑外	11	22	33
	小計	23	50	73
生産管理	企画・管理	4	-	4
	測量・設計	3	6	9
	小計	7	6	13
経理	資材	4	2	6
	経理	3	4	7
	小計	7	6	13
管理	小計	11	35	46
合計		93	279	372

7.3. 産出炭の品位

7.3.1. 分析データ

(1) シリムボボン地域

フェーズ2調査におけるクイーン層の分析データは1データのみであるが過去のデータも含め下表に示した平均分析値を産出炭の品位を計算するために使用した。

表7-12 クイーン層分析データ

	KK011	Phase 1*	1952	平均
水分(%)	1.7	1.0	1.6	1.4
灰分(%)	17.3	15.3	12.4	15.0
揮発分(%)	39.0	42.9	44.8	42.2
固定炭素(%)	42.0	40.8	41.2	41.3
発熱量(kcal/kg)	6,564	6,849	7,228	6,880
全硫黄(%)	1.83	2.14	2.52	2.16

*3プライサンプルの加重平均値

(2) 南西マリバウ地域

採掘対象の炭層は東部のSB1層および西部のSE1層、SE2層であり、最大稼行丈は2.4mに制限される。つぎの表7-13は採掘計画区域内の分析データを選びそれらの平均値を示している。

表7-13 南西マリバウ採掘炭層分析値

サブ	YK031	SK015	YK027	SK025	SW37	SW36	SK020	NK141	NK104	平均
炭層	SE2	SE2	SE2	SE1	SE1	SE1	SE1	SB1	SB1	
水分	4.8	4.4	3.2	4.9	3.3	2.9	3.5	4.4	3.7	3.9
灰分	9.4	6.2	4.8	7.6	15.7	2.9	15.2	5.1	21.2	9.8
揮発分	38.4	40.7	44.4	38.6	38.1	45.1	37.5	42.4	35.9	40.1
炭素	47.4	48.7	47.6	48.9	42.9	49.1	43.8	48.1	39.2	46.2
発熱量	6302	6891	7246	6554	6213	7397	6306	6879	5650	6604
全硫黄	1.27	0.36	0.45	0.72	0.97	0.65	0.41	0.27	0.87	0.66

7.3.2. 品位推定の方法

産出炭の品位の推定は上記表の平均品位を基礎として行うが、産出原炭および製品炭の品位推定には次の補正および前提条件が必要となる。

(1) 風化の影響を除くため、水分および発熱量の補正

(2) 炭層外の岩石混入

今回の計画では岩石混入率を原炭容積の10%とした

表7-14 産出原炭品位推定

	シリムボボン			南西マリバウ		
	原炭	岩石混入	産出原炭	原炭	岩石混入	産出原炭
容量	100	10	110	100	10	110
比重	1.37	2.2	1.45	1.32	2.2	1.45
重量	137	22	159	132	22	154
灰分	15	80	25	10	80	20
発熱量 kcal/kg	6,900	500	6,000	6,750	500	5,850

(3) 手選と選炭機

本計画では最終製品の発熱量を6,500から6,700 kcal/kg レベルと想定しており、この発熱量を達成する為、手洗設備と共に洗炭機も併せて導入する。

このプロセスにおける選炭歩留りは、85%と見積られる。

7.3.3. 製品炭の品位

上述の諸条件を基に最終製品の品位が想定され、山別の石炭品位は次の表7-15に示す。

表7-15 製品炭品位推定 (air dried base)

	シリムボボン	西南マリバウ
水分 (%)	1.5	3.0
灰分 (%)	17.0	13.0
揮発分 (%)	41.2	39.0
発熱量 (kcal/kg)	6,700	6,500
全硫黄 (%)	1.5	0.5
窒素 (%)	< 1.2	< 1.4
灰軟化点 (IDT, °C)	>1,350	>1,250

硫黄形態のデータは無いが、採掘炭の硫黄分は選炭プロセスで除去され、製品炭は採掘炭の全硫黄分の70%となると仮定している。

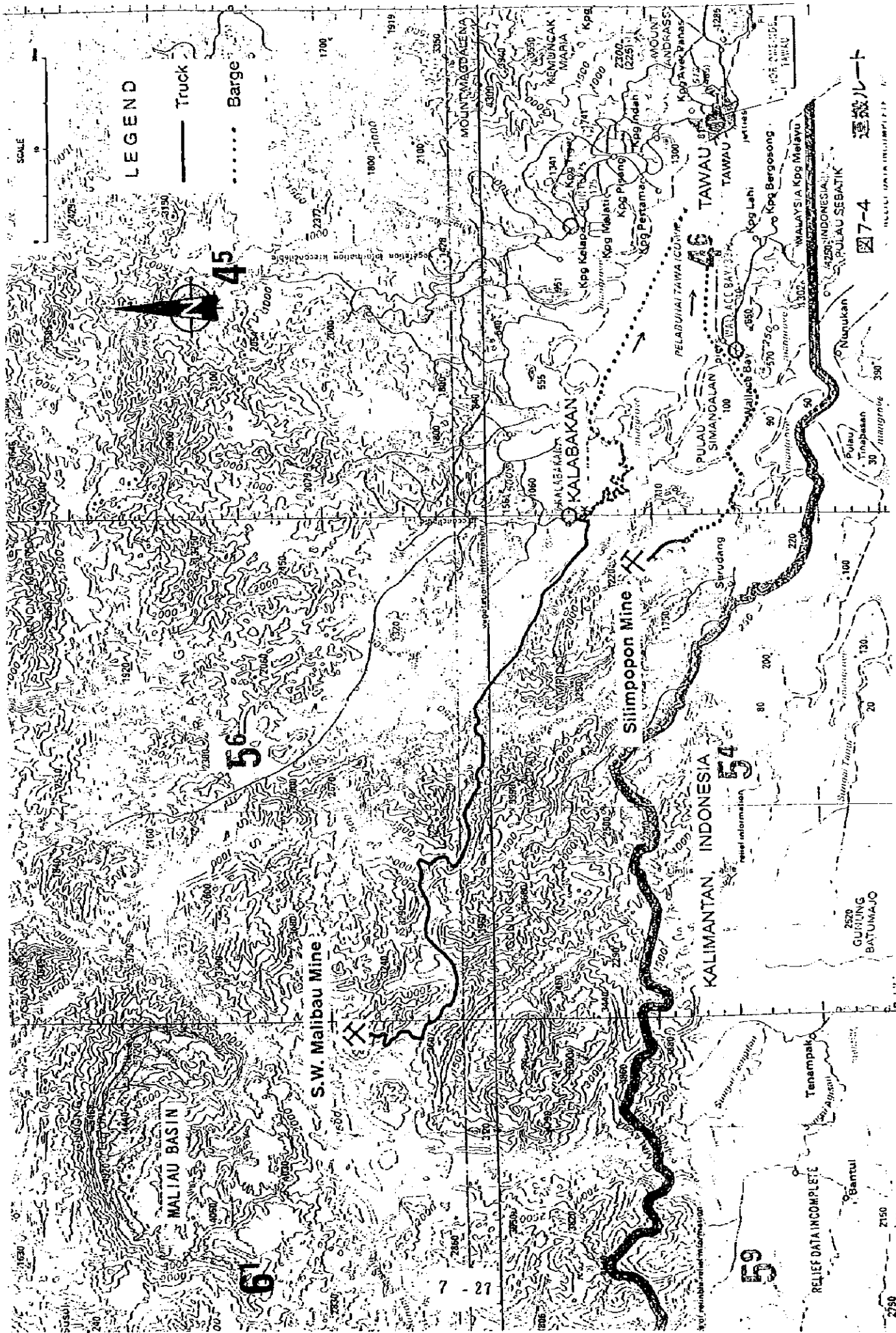
上記の品位は一例であり、高発熱量ケースを示している。より低発熱量の石炭も選炭プロセスの変更で生産可能であり、種々の市場に対応できる。

7.4. 製品炭の選搬

製品炭は山元からトラックとバージで輸送する。そのルートは図7-4に示す。

シリムボボンにおいては、バージへの積み込み位置は、今回計画した坑口から7 km 南に位置する旧シリムボボン炭鉱が使用した積み込み場の位置とする。同積み込み地点までは昔の炭鉱軌道跡に7 km の道路を建設する。バージはシリムボボン川を下り Cowic 湾に達する。

南西マリバウにおいては、製品炭はカラバカンにおいてバージに積み替えることにする。山元からカラバカンまでは83km の距離となるが、最初の8km は廃棄された古い木材運搬道路があるが、これを石炭のトラック運搬が出来るような勾配・幅員を持つ道路に改修建設する必要がある。残りの、75km は現在主要な木材運搬道路として使用されており、十分な幅員、適切な勾配の砂利敷設の道路である。



LEGEND

Truck

Barge

SCALE



45

56

61

54

59

7-27

圖 7-4 運輸ルート

RELIEF DATA INCOMPLETE

Bantui

2520
GURUNG
BATUMAJO

KALIMANTAN, INDONESIA

Silimpon Mine

KALABAKAN

TAWAU

TAWAU

TAWAU

TAWAU

TAWAU

TAWAU

TAWAU

TAWAU

TAWAU

TAWAU

TAWAU

TAWAU

TAWAU

TAWAU

TAWAU

TAWAU

TAWAU

カラバカンは本調査地域に一番近い集落であり、木材産業の中心となっている。いくつかの製材工場、木材のバージへの積み込み施設が稼働している。製品炭はカラバカンにてバージに積み込み、カラバカン川を下り Cowie 湾に達する。

8. 経済性評価

8.1. 設備投資、操業コストの推定

1932年にシリムボボン炭鉱が閉山した後はマレーシアには坑内掘炭鉱が無いため、今回計画する炭鉱の設備投資、操業コストを算定するのは難しい。従って、計算のためにいくつかの仮定および海外の基準を適用している。即ち、マレーシアのコストデータ、インドネシアの類似炭鉱の実績、日本のコスト基準等である。

操業コストはバージへの積み込み地点での FOB ベースで計算する。ロイヤリティーおよび税はコストに含めていない。コストは全て US ドルで計算し、マレーシア通貨とは 1 US\$=3.8RM(リングット)の交換レートを使用している。

8.1.1. シリムボボン炭鉱

(1) 設備投資

表 8-1 設備投資総括 (1,000 US\$)

設備	初期投資	更新	合計
坑外設備	3,912	0	3,912
車両・重機等	1,000	2,000	3,000
保安機器	893	905	1,798
坑内運搬設備	1,105	0	1,150
掘進、B/P 設備	3,429	6,757	10,186
長壁採炭設備	964	3,344	4,308
その他坑内設備	260	420	680
合計	11,608	13,426	25,034

(2) 操業コスト

表 8-2 操業コスト総括表

	単位コスト(\$)	単位	数量	合計(1,000\$)
人件費	1,033,069	\$/年	24年	24,103
電力費	376,958	\$/年	24年	9,048
資材費				39,941
岩石坑道	451,3	\$/m	648m	(292)
沿層坑道	406.3→250.2	\$/m	49,540m	(13,888)
柱房採炭	60	\$/m	59,650m	(3,579)
長壁採炭	4	\$/t	2,608,000t	(10,432)
予備資材	500,000	\$/年	24年	(11,750)
運搬	0.5	\$/t	3,110,000t	1,555
合計				74,647

8.1.2. 南西マリバウ炭鉱

(1) 設備投資

表 8-3 設備投資総括 (1,000 US\$)

設備	初期投資	更新	合計
坑外設備	3,564	0	3,564
車両・重機等	1,000	1,300	2,300
保安機器	822	591	1,413
坑内運搬設備	1,150	0	1,150
掘進設備	1,066	1,254	2,320
欠口採炭設備	282	930	1,212
その他坑内設備	260	210	470
合計	8,144	4,285	12,429

(2) 操業コスト

表 8-4 操業コスト総括表

	単位コスト(\$)	単位	数量	合計(1,000\$)
人件費	728,243	\$/年	19年	13,056
電力費	376,958	\$/年	19年	6,762
資材費				31,847
岩石坑道	451.3→292.5	\$/m	6,609m	(2,983)
沿層坑道	406.3→250.2	\$/m	29,911m	(9,098)
沿層昇り	68	\$/m	2,500m	(170)
欠口採炭	10.3	\$/t	1,551,000t	(15,976)
予備資材	200,000	\$/年	19年	(3,620)
運搬	4.5	\$/t	1,545,000t	6,952
合計				58,617

8.1.3. まとめ

表 8-5 にシリムボボンおよび南西マリパウ炭鉱の生産コスト等と比較して示す。

表 8-5 コスト比較

	シリムボボン炭鉱	南西マリパウ炭鉱
稼行年数	24	19
生産量 (t)		
原炭	3,658,900	1,817,700
製品炭	3,110,100	1,545,000
コスト (\$)		
設備投資	25,034,000	12,429,000
操業コスト	74,647,000	58,617,000
トータルコスト	99,081,000	71,046,000
ト当たりコスト、製品炭 (原炭)		
操業コスト(\$/t)	24.0(20.4)	37.9(32.2)
トータルコスト(\$/t)	31.9(27.1)	46.0(39.1)

8.2. 経済分析

8.2.1. 前提条件および基礎

- 1) 基準通貨 : US\$, 現地通貨(リンギット- RM) との交換レート : 3.8RM / 1US\$
- 2) 評価期間 : 炭鉱操業全期間 (シリムポボン24年、南西マリバウ19年)
- 3) コストおよび石炭価格基準 : FOB(バージ積み込み箇所)
- 4) コストには、ロイヤルティーおよび税金を含まず。
- 5) コスト、価格共にエスカレーションは適用していない。

(1) 費用 (C)

ここでいう費用とは炭鉱開発に係る設備投資と操業費の合計である。前章に示した金額を使用しており、一部記述が重複するが、以下に結果を整理・要約して記す。

(a) 操業費

	シリムポボン		南西マリバウ	
	1000\$	(\$/t)	1000\$	(\$/t)
労務費	24,103	(7.7)	13,056	(8.5)
電力費	9,048	(2.9)	6,762	(4.4)
消耗品費	39,941	(12.8)	31,847	(20.6)
石炭運搬	1,556	(0.5)	6,952	(4.5)
合計	74,647	(24.0)	58,617	(37.9)

(b) 設備投資

	シリムポボン		南西マリバウ	
	1000\$	(\$/t)	1000\$	(\$/t)
初期投資	11,608	(3.7)	8,144	(5.3)
設備更新	13,470	(4.3)	4,285	(2.8)
合計	25,078	(8.1)	12,429	(8.0)

(c) 総額 (a+b)	99,725	(32.1)	71,046	(46.0)
--------------	--------	--------	--------	--------

(2) 便益 (B)

ここでいう便益とは、バージ積み込み箇所での石炭販売収入である。本経済評価では、日本の電力会社が輸入する豪州炭(6,700kcal/kg)の1999年度基準価格(29.95\$/t)を適用し、30 US\$/tとした。両地域における合計便益は次のとおりである。

シリムポボン	: \$ 93,306,000
南西マリバウ	: \$ 46,356,000

8.2.2. 分析結果

(1) ベースケース

上述の条件を適用した場合をベースケースとし、両地域における炭鉱開発の経済分析を行った。以下はその要約である。

	<u>シリムポボン</u>	<u>南西マリバウ</u>
便益・費用差 (B - C)	: -\$ 6,419,000	-\$24,690,000
便益・費用比率 (B / C)	: 0.94	0.65
経済的内部収益率 (EIRR)	: -4.59 %	-

上記の結果からみれば、ベースケースの条件における炭鉱開発は、現時点では両地域ともに経済性がないということになる。特に南西マリバウについては、大幅な条件の改善がなければ経済的な開発は困難である。

(2) 感度分析

比較的有利な結果を示すシリムポボン地域について、前提条件の変動に対する影響の度合を見るために感度分析を行った。分析は、比較的変動が大きいと予想される以下に示す3項目について行った。為替レートの変動は、現時点では1 US\$ = 3.8 RMに固定されているため分析項目から除外した。

各項目の変動に対する IRR への影響は次のとおりである。

- (a) 石炭価格 +\$ 2 → IRR + 4.5%
- (b) 年間生産量 +10% → IRR + 6.5%
- (c) 操業コスト -10% → IRR + 5.5%

以下は、各項目の変動の可能性について考察を行ったものである。

(a) 石炭価格

本地域の石炭がどこで消費されるかは不明であるが、石炭価格は貿易市場価格の影響を受けるものと考えられる。ベースケースで使用した日本における豪州輸入炭の基準価格 30 \$/t のレベルは、石炭生産者特に坑内掘炭鉱にとって採算性の限界ともいわれており、また今後の経済見通しも考慮すれば、石炭価格はここ1~2年を底値として上向きになる可能性は大きい。

(b) 年間生産量

① 採炭法の変更 (B/P → L/W)

シリムボボン地域においては、長壁式(L/W)と柱房式(B/P)の2つの採炭法の組合せを計画している。B/Pの能率および生産量はL/Wに比べて低い。従ってB/PをL/Wに代えることができれば、生産量は増加する。本計画では、安全のため古い地形図に示された全ての川の下をB/Pの適用範囲としているが、現状の川の位置や水量等を調査すれば、実際のB/Pの適用範囲はより小さくなる可能性が大きい。

② 習熟による能率の向上

採炭・掘進の能率は、坑内掘の経験がないことを考慮して比較的低くし、操業全期間を通じて一定の能率で計画している。しかしある程度の期間の経験の後には、学習効果による能率の向上が期待できる。

(c) 操業コスト

- ① 生産量の増加はトン当たりコストの減少につながる。
- ② 前述の如く、B/P を L/W に切り替えられれば、B/P のための設備は不要となり、設備投資額は減少する。
- ③ 本計画の様な小規模炭鉱における実際の操業にあたっては、中古品の活用や、更新時期の延長も可能である。
- ④ 本地域には部分的な露天掘りの可能性も残されている。今後の探査により、もし少量でも露天掘り可能な炭量があれば、投資額が大きく出炭の少ない開発初期に採掘し、収支を改善することができる。

(3) 代替案（ハイケース）の検討

感度分析の結果および各分析項目の変動の可能性を考察した結果、シリムボボン地域については、いずれの項目も炭鉱開発の経済性にとって有利な方向へ変動する可能性があることが示された。従って、ベースケースの条件を変更し、各項目の条件がそれぞれ10 %改善された場合のケース（ハイケース）について経済効果を試算した。

石炭価格 : +10 % (30 → 33 \$/t)
生産量 : +10 % (3,110,100 → 3,421,100 \$)
操業コスト : -10 % (74,647,000 → 67,187,000 \$)

	<u>ベースケース</u>	<u>ハイケース</u>
B - C :	-6,419,000 \$	+30,894,000 \$
B / C :	0.94	1.33
EIRR :	-4.59 %	+13.79 %

8.2.3. 炭鉱開発の可能性評価

(1) 経済性評価

一般に開発計画の経済性は、開発が行われる時点における経済・社会状況に影響されるので、探査も途中であり、開発も未定である本プロジェクトの経済評価を行うことは困難である。しかし本調査で実施した予備的な開発計画に基づき、また将来の動向もある程度想定して試みた評価の結果は、次のようにまとめらる。

- ① 計画の対象とした2地域のうち、南西マリバウ地域は、たとえば石炭価格等の条件の大幅な改善等がなければ、経済的な開発は困難であると判断される。この理由は、不利な地質条件（急傾斜）と立地条件（遠隔の山地）のため、採掘コストおよび運搬コスト共に高くなるためである。
- ② シリムボボン地域は、ベースケースに適用した条件の下では、やはり現時点では経済性があるとはいえない。しかし感度分析とその考察の項で記したように、諸条件は将来有利な方向に変動する可能性が大きいと判断され、ハイケースに適用したような条件が実現されれば、十分に経済性のあるプロジェクトといえる。従って本地域の探査・開発の検討は今後も継続するに値するものとする。

(2) 炭鉱開発の間接的効果

以上の記述は、調査地域における炭鉱開発計画を経済性の観点からのみ評価したものであるが、開発に伴い派生する間接的な効果も当然考慮されねばならない。以下に予測される効果を挙げる。

① 国内石炭資源の活用

国内資源の開発・利用はマレーシア政府のエネルギー政策の基本であり、石炭については、石油依存度を減らす重要な代替エネルギー源として位置づけられている。石炭の需要の大幅な伸びが見込まれるなかで、本計画が実施された場合に供

給される量の割合は大きくはないが、その分輸入炭に支払う外貨の節約になる。
また、この開発を契機として、他の開発を誘発する効果が期待される。

② 雇用機会の創出

シリムボボン地域の開発では、460名の人員が計画されており、関連する仕事も含めれば数百名の新規雇用が発生することとなる。

③ インフラストラクチャーの開発

炭鉱開発に伴い、道路や労務者の居住区、電力の供給網など、地域のインフラストラクチャーの整備が促進される。

④ 地域経済の活性化

雇用の増大やインフラ開発に加え、炭鉱関連分野の企業活動が活発となり、全体として地域経済の活性化に寄与する。特にマレーシアのなかでも後進地域であるサバ州の地域振興に貢献する効果は大きいと考えられる。

⑤ 炭鉱技術の活用

本計画の実施により新たに習得した坑内炭鉱技術は、炭鉱に限らず類似の業務において今後活用され、熟練技術者の育成に寄与することが期待される。

9. 初期環境調査

9.1. 環境関連法および行政組織

9.1.1. 環境質法および関連法規/制令

マレーシア国における具体的かつ包括的な環境質法は 1974年 3月の環境質法 (Environmental Quality Act)の制定に始まる。同法は連邦レベルでの環境基本法として理解されている。環境質法は 1985年に修正法が公布され、また逐次、関連法規および制令が決められている。

開発に先立って、事業者による環境影響評価 (E I A, Environmental Impact Assessment) が必要な企業活動が 1987年に制定された環境質制令 (Environmental Quality Order)に規定されている。これによれば農業、漁業、空港、港湾、採石、鉱業など19種の企業活動がこの対象になっている。また規制の対象になる活動の規模もそれぞれ規定されている。

このうち鉱業では以下の項目に該当する活動で、開発計画の作成に先立って環境影響評価を行うことが義務づけられている。

- (a) 鉱区面積の合計が 250ha を越える新たな地域での鉱物資源の開発
- (b) 7カニウム、銅、金、ウランの選鉱を含む鉱石の処理
- (c) 50ha を越える地域での砂の採取

鉱山開発に関係する主な環境関連法は以下の通りである。

1) 大気汚染

Environmental Quality (Clean Air) Regulations (1978).

2) 水質汚染

Environmental Quality (Sewage & Industrial Effluents) Regulations (1979).

Development of Criteria and Standards for Air Quality (1989).

3) 森林保護

National Forestry Act (1984)

4) 野生動植物保護

Wild Animals and Birds Protection Ordinance (1995).

The Protection of Wild Life Act (野生生物保護法, 1972)

The Fisheries Act (漁業法, 1985)

National Park Act (国立公園法, 1980)

5) 騒音

Guidelines for Siting and Zoning of Industries (1995)

Factory and Machinery (Noise Exposure) Regulations (1989)

9.1.2. 行政組織

マレーシア国連邦政府の環境局 (DOE, Department of Environment) は、科学技術環境省 (Ministry of Science, Technology and The Environment) にあって、環境質法(1974)を基本法として連邦全域に統一した環境基準をもとに環境保全政策を施行している。

環境行政の連邦政府と州政府の役割はおおむね以下の様に分担されている。

連邦政府：大気汚染、水質汚染および有害廃棄物に関する規制。

州政府：土地利用および開発行為の規制、野生動植物保護、公園/保護区の指定。

サバ州政府は環境保護条例 (Conservation of Environmental Enactment, 1996) を制定し、文化観光環境省 (Ministry of Culture, Tourism and Environment) に環境保護局 (Department of Environmental Conservation) を設置して、連邦政府環境局の環境基準を基として、サバ州の環境行政を行っている。

この他、サバ州政府には Forestry Department があって森林の伐採には当局の許可を必要とする。調査地域は Yayasan Sabah (Sabah Foundation, サバ基金) による森林開発権益地域内 (Yayasan Sabah Concession Area) にある。Yayasan Sabah はサバ州南東部に約1百万ヘクタールにおよぶ広大な地域の権益を有し、森林の伐採・植林の管理を行

っているサバ州政府機関である。

9.2. 調査地域の自然・社会環境

調査地域の森林型は、ボルネオ島の標高 1,000m 以下の平原および山地にもっとも一般的なフタバガキ科森林 (Dipterocarp Forests) に属する。この型の森林では樹高 50m を越えるフタバガキ種の高木をとまなうことを特徴としている。後述するように、調査地域ではすでに木材の伐採が行われており、原生熱帯林は保存されていない。

開発対象の2地域（シリムポボン地域および南西マリバウ地域）の内、シリムポボン地域の水系はシリムポボン川につながり Cowie 湾に注いでいる。南西マリバウ地域の水系は北流して Kinabatangan 川につながり、北部の Sulu 海に注いでいる。シリムポボン川およびカラバカン川は、上流地域での木材の伐採作業などの影響により、シルトを含んで黄褐色に濁っている。

精査地域の内、シリムポボン地域およびその周辺地域では盛んにパームヤシのプランテーションが行われており、植栽および収穫用の道路がきめ細かく建設されている。原生の森林はほとんど残されていない。また、生息する動物種も原生のものはほとんど失われていると判断される。これらのプランテーション用の道路から流出するシルトの影響などによってシリムポボン川は黄褐色に濁っている。

南西マリバウ地域はかつて選択伐採の行われた地域で現在は二次森林の様相を呈しており、自然の回復が進んでいる地域である。伐採当時失われた動物種も現在回復しつつあるものと判断される。また当時開発された林道は各所で斜面崩壊および敷設された橋の流出あるいは破損によって寸断され、現在はかろうじて徒歩によって通行可能な状況となっている。また地域を流れる河川は、かつての林道建設による斜面崩壊および道路に沿った土壌の流出が進んでおり、シルトを含んで黄褐色に濁っている。調査地域には土着の原住民は全く認められない。現在プランテーションおよび木材の集積基地などに合計数百人程度の住民が生活していると推定される。

9.3. 鉱山開発による環境への影響と対策

9.3.1. 環境への影響

鉱山の開発による自然環境への直接的な影響は、切土、坑道の開削および鉱山施設の建設による森林の伐採や地形の改変、またこれによる土壌の流出がもたらす水質の悪化などが主なものとして考えられる。これまで居住者のいなかった地域に鉱山開発に伴って居住者が発生する場合には、居住地区周辺の環境に与える影響も考慮する必要がある。

鉱山開発による環境へのおもな影響を鉱山開発地域・運搬道路・居住地区などの地域別にまとめると以下のような項目が考えられる。

(1) 鉱山開発地域：

坑内採掘および選炭設備を始めとする坑外施設による鉱山開発地域および隣接地域の環境への影響

- (a) 切土から流出するシルトを含む汚濁水、操業中および操業終了後の切土壁の崩壊と、これによる土石の河川への流出。
- (b) 開削した坑道からの湧水および選炭機およびズリ堆積場などからのシルト分を含有する汚濁水の流出。
- (c) 坑外施設の建設にともなう剥土によるシルトの流出。
- (d) 発電機およびブルドーザーなどの鉱山機械から発生する騒音。
- (e) 坑内採掘による地表沈下

(2) 運搬道路：

鉱山から幹線道路に至る運搬道路の建設およびバージ積込地までの石炭運搬に伴う道路周辺地域への影響

- (a) 開発された道路を浸食して流出するシルトおよび斜面崩壊による土砂の流出。
- (b) トラックなどの車両による騒音と炭塵・排気による大気汚染。

(3) 居住地区：

鉱山労働者の居住による周辺環境への影響（もし、居住地区が設置された場合）

- (a)生活排水などによる汚染
- (b)木材伐採による森林破壊

9.3.2. 検討結果と対策

(1) シリムボボン地域

すでに述べた通りシリムボボン地域およびその周辺地域では盛んにパームヤシのプランテーションが行われており、植栽および収穫用の道路がきめ細かく敷設されている。原生の森林はほとんど残されていない。また、生息する動物種も原生のものはすでにほとんど失われている。したがって、鉱山開発によってこの地域の生態系に新たな悪影響を与える危険性は低いと判断される。

プランテーション用の道路から流出するシルトの影響によってシリムボボン川も黄褐色に濁っている。鉱山の開発によってさらに、地形の改変が進むことによって、一層シルトの流出が進み、シリムボボン川に流入して下流域でのシルトの再堆積を現在より加速することが懸念される。シリムボボン地域では坑内堀が計画されているが、坑内からの湧水および選炭機やズリ堆積場からの排水の管理の方法を十分に検討しさらに、坑外施設建設にともなう地形の改変を出来るだけ少なくして新たなシルトの流出を抑制する方法を検討する必要がある。

運搬道路としては、パームヤシの積み出しのための道路が発達しており、これを利用することによって、新たな環境への影響は抑えることが出来ると判断される。

当地域は比較的近くにカラバカン等の集落があり、開発区域内に新しく居住地区を設置する可能性は低いと考えられる。

(2) 南西マリバウ 地域

すでに述べた通り南西マリバウ地域はかつて木材の選択伐採の行われた地域で現在は二次森林の様相を呈しており、自然の回復が進んでいる地域である。この様な状況

にあることからこの地域に鉱山が開発された場合には、森林および動物への影響を最小限に押さえる必要がある。 鉱山開発地域は山岳地域であり地形が急峻であることから、剝土などにより地形の改変を行い、いったんシルトの流出が始まると、その後の流出を抑止する事が困難となり、斜面崩壊の繰り返しなどによって、土石の河川へ流出が発生することが予想される。従って、坑口の位置および坑外設備の配置は十分に慎重に行う必要がある。また、この地域のような過去に伐採の行われた二次森林では枯れ木が混在しているため、火災が起こりやすい。従って鉱山設備の防火に対する検討を十分に行う必要がある。

運搬道路としては、現在も木材輸送に使われている幹線道路から、鉱山開発地域に至る8 kmの間は往時の林道を全面的に改修する必要がある。地域を流れる河川は、かつての林道建設による斜面崩壊および道路に沿った土壌の流出が進んでおり、シルトを含んで黄褐色に濁っている。従って鉱山開発でも新たなシルトの流出を招くことが懸念される。 鉱山開発時の道路建設では、排水路の整備や採石敷きによって、道路の浸食によるシルトを防ぐ方法を検討する必要がある。

鉱山労働者の居住区は距離や地形を考慮すれば、もし設けるとしても、幹線道路沿いになるものと予想される。現在木材運搬に使用されている幹線道路に沿ってはすでに開発の進んだ地域となっており、鉱山の開発による新たな影響は少ないと考えられる。

(3) 積み出し施設：

シリムボボン炭鉱にはシリムボボン川の旧炭鉱積込場位置に、南西マリバウ炭鉱にはカラバカン川の現在稼働中のカラバカン木材積込場付近にバージの積み込み施設を設けることが計画されている。両河川では現在木材積み出しが行われており、これらの近傍に施設を建設すれば新たに生態系に与える影響は少ないと判断される。

9.3.3. まとめ

シリムボボン地域の石炭の開発：

この地域はすでにプランテーションによって開発の進んだ地域であり地形も比較的緩

い。この地域では坑内堀による採掘を検討しているが、開発計画では坑内、坑外施設の建設にともなう地形の改変を出来るだけ少なくして新たなシルトの流出を抑制する方法を検討する必要がある。これによって、鉱山の開発によるシルトの流出など新たな負荷源をできる限り押さえるようにすれば、環境的には大きな問題はないと判断される。

南西マリバウ地域の石炭の開発：

この地域はかつて選択伐採の行われた地域で現在は2次森林の様相を呈しており、自然の回復が進んでいる地域であり、鉱山開発による新たな森林および動物への影響を最小限に押さえる必要がある。 鉱山開発地域および幹線道路から鉱山建設地域に至る8 kmの運搬道路敷設予定地は山岳地域であり地形が急峻であることから、いったん剥土など地形の改変を行うとその後シルトの流出を抑止する事が困難となる。このため、坑口の位置および坑外鉱山設備の配置および道路の設計は十分に慎重に行う必要がある。 また、二次森林地域では、火災が起こりやすく、鉱山設備の防火管理を十分に行うとともに、鉱山作業員の宿舎を幹線道路沿いに置くことなどによって、できる限り鉱山地域に居住する人間の数を制限する事により森林火災の発生率を低くする必要がある。

積み出し施設：

バージの積み込み施設を設けることを検討した河川では現在木材積み出しが行われており、これらの近傍に施設を建設がされれば新たに生態系に与える影響は少ないと判断される。

その他：

鉱山開発にともなって考えられる上記以外の項目に関しては以下のように判断される。

・地表沈下：

炭鉱開発計画区域の地表には、沈下を避ける必要のある特別な物件は見あたらない。更に、採掘方法は、地表への影響を少なくするために、南西マリバウ地域においては全充填欠口採炭法、シリムボボン地域の川の下での採掘においては

柱房式採炭法がそれぞれ適用される。地表沈下は重大な問題にはならないと思われる。

・大気汚染；

採掘した石炭の運搬途上、積込み、積卸し時における炭塵飛散防止の対策を行う必要がある。

・騒音および振動；

炭鉱は居住地域から離れた場所に所在するので炭鉱の操業による騒音・振動については特別考慮する必要はないと思われる。

・史跡等その他；

当地域には鉱山開発によって損なわれる、史跡、文化遺産および特別な景観は存在しない。

10. 結論と提言

10.1. 結果の総括と結論

(1) 石炭資源の地質的評価

(a) 各地域の炭層条件

フェーズI調査の結果に基づき選ばれた3地域における炭層条件の特徴を以下に記す。

マリバウ地域 : 炭層は広い範囲に分布し、その数も多いが、全体に薄く殆どが1m以下の厚さである。炭層傾斜は平均40度。

南西マリバウ地域 : 炭層の厚さはマリバウ地域よりもはるかに厚いが、平均70度の急傾斜である。

シリムボボン地域 : 一炭層(クイーン層)のみが採掘対象となる。厚さは最大1.8mで、緩い向斜構造を示し、傾斜は平均10度。

(b) 資源量

本調査で査定した各地域に埋蔵する資源量(推定炭量)は次のとおりである。

マリバウ地域	:	17,901,000 t
南西マリバウ地域	:	26,230,000 t
シリムボボン地域	:	14,092,000 t (P. Collenette, 1954)

(c) 炭質評価

本地域の石炭は、低~中灰分、高揮発分、高カロリー、低~中硫黄および低窒素の歴青炭で、一般炭としての適性を有する。また灰の分析結果もボイラー燃焼用に支障がない性状を示している。

(2) 炭鉱開発計画

地質評価結果に基づき、シリムボボンおよび南西マリバウの2地域における炭鉱開発

計画を策定した。マリバウ地域は炭層が薄く経済的な採掘が期待できないため、計画区域から除外した。以下に計画の骨子を示す。

	<u>シリムボボン</u>	<u>南西マリバウ</u>
操業期間	24年	19年
開坑方式	岩石→沿層斜坑	岩石斜坑、岩石立入
採炭法	長壁式、柱房式採炭	全充填欠口採炭
総出炭量	3,110,100 t	1,545,000 t
平均年産	138,000 t	87,000 t
選炭歩留	85 %	85 %
石炭運搬	7 km	83 km
労務者数	458名	372名

(3) 開発計画の経済分析

(a) 開発コスト

マレーシアにおいては坑内崩炭鉱がないため、同国の類似産業の例、および日本やインドネシアにおける基準単価を参考としてコストを算定した。その結果は次のとおりである。

	<u>シリムボボン</u>	<u>南西マリバウ</u>
設備投資	25,078,000 \$ (8.1 \$/t)	12,429,000 \$ (8.0 \$/t)
操業費	74,647,000 \$ (24.0 \$/t)	58,617,000 \$ (37.9 \$/t)
合計	99,725,000 \$ (32.1 \$/t)	71,046,000 \$ (46.0 \$/t)

(b) 経済分析

上記の開発コストを費用(C)としバージ積み込み箇所における FOB 想定価格(US\$ 30)による石炭販売収入を便益(B)として、簡便な方法で分析した結果は次の通りである。

	<u>シリムボボン</u>		<u>南西マリバウ</u>
	ベースケース	ハイケース	ベースケース
B - C :	-6,419,000\$	→ +30,894\$	-24,690,000\$
B / C :	0.94	→ 1.33	0.65
EIRR :	-4.59 %	→ +13.79 %	-

ベースケースは開発計画に適用したコストおよび石炭価格に基づくものであり、ハイケースは、有利な方向に変動する可能性が大きいと予想される、石炭価格、年間生産量および操業コストの3要素が、それぞれ10%改善された場合を想定したものである。

(4) 初期環境調査

開発計画地域の地表は、シリムボボンが、なだらかな起伏の油椰子の栽培地、南西マリバウが、数年前に一次伐採が行われた二次森林の山地である。計画地およびその周辺には住民は全くいない。このような自然・社会環境における小規模な坑内掘炭鉱の開発は、これによる周辺の環境への影響の程度は小さいものと判断される。以下に予想される影響項目について記す。

- (a) 水質汚濁 - 道路や坑外施設建設による剥土や、選炭機からの廃石・廃水が流出し、付近の水系の水質を汚濁する。
- (b) 地表沈下 - 坑内採掘による地表への影響
- (c) 大気汚染 - 石炭運搬中やパージ積み込み地における炭塵の飛散
- (d) 騒音、振動 - 坑外機械や発破による影響
- (e) 新たな居住区における周辺の環境汚染

上記の項目はいずれも適切な対策を構ずることにより、影響を最小に抑えることができる。また、史跡や文化遺産、保護すべき景観は調査地域には存在しない。

(5) 炭鉱開発可能性の評価

開発計画を策定した地域のうち、南西マリバウ地域は経済性からみて、現時点では開発の可能性は非常に低いと判断される。ただ、将来西側に隣接するマリアウ盆地の石炭開発が行われた場合には、その衛星炭鉱的な位置づけで、インフラの共有等の利点を活かして再度開発の検討がなされる可能性は残されている。

シリムボボン地域は、条件によっては経済的な開発が見込まれ、開発が州や地域社会に与える影響も考慮すれば、将来の開発可能性は比較的高いと判断される。ただし、8.2（経済性評価）のハイケースに示したような条件の適用の可否については、今後の探査結果による。また比較的硫黄分の高い本地域の石炭の利用についての検討も今後の課題である。

10.2. 提言

本調査により得られた結果と結論に基づき、本地域における今後の石炭探査・開発に関連する活動および施策について、以下のことを提言する。

(1) シリムボボン地域における石炭探査と石炭開発の F/S

本調査の結果、シリムボボンの石炭資源は、将来の開発可能性を有するものとして評価された。しかし今回の調査では、本地域に対しては何らの探査も実施しておらず、評価は殆ど過去の報告書のデータに基づいてなされたものである。過去に数本の試錐が実施されているが、その記録の精度は、試錐位置を示す地形図のそれと共に不詳である。従ってより確実な評価を行うためには、より精度の高い探査が必要である。

GSD が本年同地域で試錐を実施することは、この意味からも評価される活動であるが、今後も含め同地域における探査では、次の点に留意すべきである。

- (a) より正確で縮尺の大きい地形図の入手。
- (b) 露頭調査 - 旧調査における露頭位置の確認
 - 炭層の厚い北東部におけるトレンチ調査（露天掘りの可能性）
- (c) 試錐調査 - 深部および西部における炭層の薄化・分裂状況
 - 推定露頭線近くの浅尺試錐
- (d) 石炭分析 - 硫黄の形態分析の実施が望ましい（選炭による硫黄分の除去率）

探査結果に基づき、F/S（フィージビリティスタディー）を実施する。F/S では、採炭法の選択と製品炭のマーケットに留意する。

(2) 周辺地域を含む地域全体の石炭開発に関するマスタープランの作成

今回の調査のように、個々の調査地域に対する評価のみでなく、周辺地域を含めた包括的な開発構想の策定が望まれる。これにより、個々の地域の評価も変わってくるだろうし、また地域全体の環境に対する有効な調和策を検討するためにも必要であろう。

(3) マリアウ地域の石炭探査

上記のマスタープランにおいては、今回の調査地の西に隣接するマリアウ地域がその核になると考えられる。今回の調査の範囲外であるため、調査団が知る同地域の石炭資源に関する情報は限られているが、炭層条件および資源量は、大規模で経済的な開発の可能性を支持するものであるといわれている。もちろん同地域における環境保全に対する配慮が大前提であるが、試錐を含む探査により同地域の石炭資源の状況を把握することは、マレーシア国或いはサバ州における将来のエネルギー政策立案のためにも、重要な意味をもつものと考えられる。

JICA

