

タイ王国リグナイトブリケット振興計画 事前調査団報告書

平成元年9月

国際協力事業団

鉱計工

JR

89-195

ARY

タイ王国リグナイトブリケット振興計画 事前調査団報告書

2018/

JICA LIBRARY



1078291101

平成元年9月

国際協力事業団

国際協力事業団

20181

目 次

I 事前調査の概要	1
1. 調査の背景・経緯	1
2. 事前調査団の目的	1
3. タイ政府関係機関	2
4. 調査団の構成	2
5. 日 程	2
6. 主要面談者	2
II 協議の内容	5
1. 交渉要約	5
2. 交渉経緯	5
3. 協議過程における合意事項（M/Mの記載事項）	6
III エネルギー需給及びエネルギー政策	7
1. エネルギー需給の現状と展望	7
2. エネルギー政策	14
IV 石炭鉱業の現況	17
1. 石炭資源の概要	17
2. 石炭鉱業の現況	21
3. Ban Pa Kha 炭鉱及び Ban Haeng 炭田	21
V タイ国における石炭ブリケットの振興計画	27
1. 石炭ブリケット開発の背景	27
2. タイ国における石炭ブリケット開発の現状	28
3. 本調査実施の基本的考え方	31
4. 事前調査の概要	32
VI 調査実施にあたっての留意事項	39
1. 現地調査	39
2. 国内作業	39
3. 現地国内共通	39
VII 付属資料	41
1. タイリグナイトブリケット振興計画調査概念図	43

2. Scope of Work	45
3. Minutes of Meeting	56
4. Questionnaire	52
5. タイにおけるバガスの分布状況	65
6. ブリケット製造に係る参考文献	67

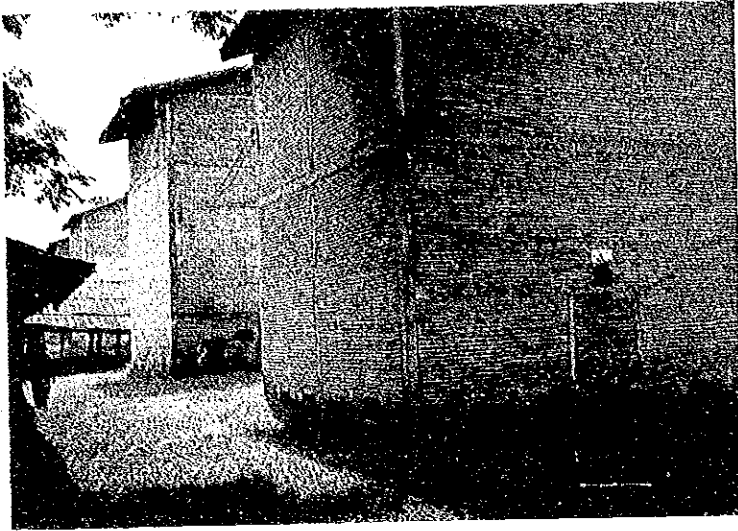


Ban Pa Khaリグナイト炭鉱

上記炭鉱リグナイト集積所

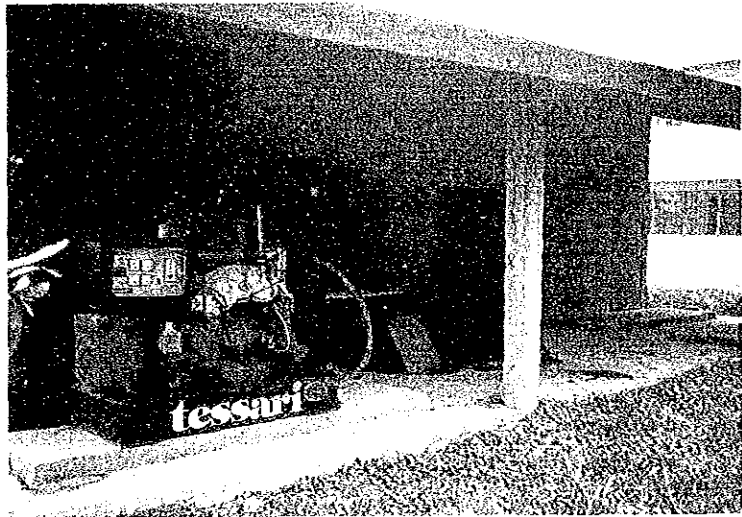


チェンマイ郊外にある家庭の台所



チェンマイ郊外のタバコ乾燥工場

RanqsitのEnergy Research
をFuel Test Center内にある実
験室レベル豆炭製造設備設置予定場所



S/W M/M署名

I 事前調査の概要

I 事前調査の概要

1. 調査の背景・経緯

- (1) タイの地方では従来から森林資源を重要な燃料源としていたが、伐採による森林資源枯渇が大きな問題となってきた。このため、第6次国家経済社会開発計画においては森林資源枯渇防止を目指し、リグナイトの広範囲な使用のための研究開発の促進が提唱されている。
- (2) NEA（国家エネルギー庁、National Energy Administration）は600,000トン/年のリグナイト炭田を所管しており、中小工業用あるいは民生用でのリグナイト利用を拡大するために、薪や木炭代替としてのリグナイトブリケット化の様々な研究を行ってきた。（チュラロンコン大学のリグナイトブリケットの成型・燃焼実験、JETROとのブリケット製造技術交流等）
- (3) しかし、リグナイトのブリケット製造技術についてはまだ技術的な目安がついておらず、農業廃棄物をバインダーとして利用したリグナイトブリケットの製造技術の支援のための技術協力を62年度5月の日・タイ年次協議において、タイ政府は日本国政府に要請した。
- (4) 上記要請には、パイロットプラント（3,000トン/年）の供与と製品販売が含まれており、3,000トン/年もの容量は開発調査としては大きすぎるとともに、製品販売という商業的要素はJICAスキームでは受け入れることができないため、JICAは'88年3月選定確認調査団をタイに派遣し、上記要請の調整をタイ側と協議した。
- (5) 上記協議においてはNEAは供与希望のパイロットプラント（3,000トン/年）を、1～2トン/日の実験室スケールの設備に変更した。NEAは、この設備を利用してマーケットにおけるリグナイトブリケットの受入れ状況を調査したいとの意向をもっている。
- (6) タイ国政府は上記協議に基づき、リグナイトのブリケット製造技術開発とブリケット市場調査を内容とした開発調査要請を'88年12月、日本政府に行った。
- (7) 上記要請を受けて、事業団は'89年7月事前調査団を派遣し、NEA（国家エネルギー庁）との間で本格調査に係るS/Wの署名交換を行った。

2. 事前調査団の目的

- (1) リグナイト炭田訪問
- (2) 関係機関訪問
- (3) 本格調査に係るS/Wの協議及び署名
- (4) 関連情報収集

3. タイ政府関係

National Energy Administration,
Ministry of Science Technology and Energy

4. 調査団の構成

- | | | | |
|-----|-------|--------|-----------------------------|
| (1) | 石井 和男 | 団長・総括 | 国際協力事業団工業調査課長 |
| (2) | 安達 直隆 | 技術協力行政 | 通産省資源エネルギー庁
石炭部計画課海外炭対策室 |
| (3) | 丸山 敏彦 | 豆炭製造技術 | 北海道立工業試験場長 |
| (4) | 西脇 英隆 | 調査企画 | 国際協力事業団工業調査課 |

5. 日 程

- | | |
|------------|--|
| 7 / 18 (火) | 成田→バンコック |
| 19 (水) | タイ事務所、NEA (日程打合せ、S/W説明) |
| 20 (木) | DTEC バンコック→チェンマイ |
| 21 (金) | チェンマイ大学、タバコ乾燥場視察、Ban Pa Kha リグナイト炭田視察 |
| 22 (土) | NEA Regional Energy Center 視察、チェンマイ→バンコック |
| 23 (日) | 資料整理 |
| 24 (月) | NEA本部研究室視察、NEA長官表敬、S/W協議、
Energy Research and Fuel Test Center 視察 |
| 25 (火) | M/M協議、チュラルンコン大学 |
| 26 (水) | S/W協議、カセサート大学、S/W, M/M署名 |
| 27 (木) | タイ事務所 |
| 28 (金) | バンコック→成田 |

6. 主要面談者

(1) NEA

- | | |
|--|------------------------|
| 1) 長官 | Prapath Premmani |
| 2) 副長官 | Prathes Sutabutr |
| 3) Chief of Water
Resources Planning Branch | Thanee Montrivade |
| 4) Project Planning Section | Oran Rutamaprakarn |
| 5) Thermal Resources Planning Sec. | Rangsan Sarochawikasit |

- 6) Thermal Resources Planning Sec. Chumpol Saipan
- 7) " Boonthong Ungtrakul
- 8) Regional Energy Center Wisit Suparattanagul
- (2) DTEC
 - 1) Director Thongchai Choochuang
 - 2) Chief Achari Yuktanandana
 - 3) Staff Gecha Chaechai
 - 4) 専門家 香月秀高
- (3) チュラルンコン大学
 - 1) Associate Professor Somchai Osuwan
 - 2) " Kunchana Banyakiat
- (4) チェンマイ大学
 - 1) Associate Professor Norkun Sitthiphong
- (5) カセサート大学
 - 1) Professor Watna Stienswat
- (6) Lanna Lignite Co. , Ltd.
 - 1) Assistant Mine Manager Pongtorn Kachareon
- (7) JICAタイ事務所
 - 1) 所長 齊藤 勉
 - 2) 所員 鈴木 達男

(西脇)

II 協議の内容

II 協議の内容

1. 交渉要約

- (1) S/Wについては概ね当方原案どおりNEAと合意に達し、7月26日石井団長とNEA副長官 Prathes Sutabutrとの間で署名交換した。
- (2) 交渉過程で双方合意に達した事項については、M/M (Minutes of Meeting) としてとりまとめた。
- (3) NEAは、本調査過程でNEA職員への技術移転を特に望んでいる。
- (4) 本調査は、森林伐採防止に役立つものとし、NEAのみならずDTECも多大の興味を示していた。

2. 交渉経緯

19日、NEAとの第1回目協議において、S/W(案)の説明を行った。その時のNEA側担当者 Mr. Oran の感想では特に問題はないだろうが、NEA長官まで了承をとろうと思っているとのことであった。

その後チェンマイへの炭田視察を終えてバンコックへ帰って来てからのS/W交渉においても何ら問題点はなかった。ところが、26日午前Mr. Oranから「Undertaking of the Government of the Kingdom of Thailand」について長官が納得しかねる旨の発言をしているとの報告があった。その理由は、「Undertaking」の内容はNEAだけで保障できるものではないとのことであった。これに対して当方からは、この「Undertaking」は過去のタイにおける開発調査のS/Wすべてに適用されている定型であり、この旨長官に伝えてほしいとの申し入れを行った。また、S/Wの署名者はNEAだけでなく、DTECも入れてJICAとの3者連名になることも可能であるとの提案をした。

Mr. Oranからは、当方の主張を踏まえた上、再度長官の了解を得るために努力してみたいので、午後はホテルで待機してほしいとの申し出があった。その日の午後は、石井団長と西脇団員がホテルでNEAからの連絡を待ち、安達団員、丸山団員はカセサート大学へ視察に行った。3時頃、NEAのMr. Oranから石井団長に、すべて解決したので5時に署名をしたい旨の連絡があり、その日の夕方、NEAにてS/Wの署名交換を行った。

今回、このような事態が生じたのは、NEAがカウンターパートとなる開発調査案件が、ここ数年なかったこと、また、NEAがDTECとの間でUndertakingについて十分な協議をしていなかったことがあげられる。

尚、S/Wの変更事項は2nd stageの1-1「Volume and quality of lignite at the Wiang Haeng Coal Field」が「Volume and quality of lignite at the Ban Pa Khamine and others if necessary」となったのみであった。これは、タイ政府がWiang Haeng Coal

Field の使用許可を N E A に対してまだ下していないため変更したものである。

3. 協議過程における合意事項 (M / M の記載事項)

- (1) 調査では家庭用及び有望小企業用の燃焼器具改良についての技術的考察を行う。
- (2) 本調査に必要な実験室レベルの豆炭製造設備及びパーソナルコンピューターを日本側は供与する。
- (3) 上記の実験室レベル豆炭製造設備は Rangsit にある Energy Research and Fuel Test Center に、またパーソナルコンピューターは N E A 本部に設置する。
- (4) 調査で概念設計をするパイロットプラントの能力は、タイ側の希望によれば 3,000 トン / 年である。しかし、調査結果によっては最低の商業ベース運転を保障できるような能力に変更することもありうる。
- (5) タイ側は上記パイロットプラントのサイトとして Bha Pa Kha 炭田口と Ban Haeng 炭田口の 2 ヶ所をあげているが、最終的なサイト決定は調査において原料入手の容易性や市場の近さなどを考慮した上で決定する。
- (6) 今回の調査における技術移転の重要性に鑑み、今年度 N E A の職員 1 名をカウンターパートとして受け入れることとする。また、来年度、再来年度のカウンターパート研修については、N E A は最低 1 名以上の受入れを希望しており、日本側はこの受入れにつき前向きに検討することとする。
- (7) 調査でのリグナイト埋蔵量調査は探査調査ではなく、文献調査で行う。
- (8) タイ側は、調査で必要となる豆炭製造原料の購入・輸送に係る費用、実験室用豆炭製造装置の運転費用及び N E A 職員の国内出張費用等のローカルコストを負担する。
- (9) 調査において調査団は豆炭原料を日本に持ち帰り、商業用プラントで試製を行う予定であり、タイから日本への輸送に係る税関手続きを容易にするためタイ側は全面的な協力をする。

(石井・西脇)

III エネルギー需給及びエネルギー政策

III エネルギー需給及びエネルギー政策

1. エネルギー需給の現状と展望

(1) 現状

タイにおける最終エネルギー消費は、1979年の1,571万TOE(Tonne oil Equivalent^{*}：石油換算トン)から、1987年には3,097万TOEへと増大した。この間の最終エネルギー消費の平均伸び率は年平均4.2%である。

エネルギー消費を部門別に見ると、最も大きいのが輸送、次いで民生(家庭及び商業)、製造業の順となっている。

部門別最終エネルギー消費の推移を第III-1表に示す。

第III-1表 部門別最終エネルギー消費

(単位：1,000TOE)

	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1987 構成比%
農業	1,041	1,130	1,004	1,117	1,043	1,029	841	881	835	4.0
鉱業	85	85	71	74	102	86	74	53	49	0.2
製造業	4,515	3,995	4,293	4,728	4,547	4,930	5,190	5,244	5,570	26.6
建設	98	128	125	111	78	100	125	123	111	0.5
民生	5,375	5,395	5,402	5,502	5,622	5,760	6,003	6,171	6,355	30.3
輸送	4,206	4,008	4,268	4,328	5,084	5,953	6,342	6,805	7,863	37.5
その他	386	358	388	361	546	414	208	226	187	0.9
合計	15,706	15,099	15,551	16,221	17,022	18,272	18,783	19,503	20,970	100

(出所) Natinal Energy Administration (NEA), "Thailand Energy Situation 1987"

次に一次エネルギー供給をみると石油が大きな割合を占めている。1987年における一次エネルギー供給は、3,050万TOEであったが、その39%は石油であった(第III-2表)。しかし、石油の割合は、1980年の53%から急速に低下してきている。このような低下は、第1次、第2次石油危機後にとられた石油代替エネルギーの導入政策が確実に成果をあげてきたことによるものと言えよう。また、国産エネルギーによる自給率についても1981年には53%であったのが、1987年には65%に達しており、天然ガス、石油及びリグナイトの生産、活用が供給の伸び、国産エネルギーの自給率上昇に大きく貢献していると言えよう。

* 10,093 Kcal/kgで換算

第Ⅲ-2表 タイの一次エネルギー供給の推移

[単位: 1000TOE]

	1977	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
1. 一次エネルギー生産									
リグ	152	408	461	608	577	667	1,401	1,508	1,932
原油	12	14	15	15	328	737	1,083	1,058	894
コンデンサート	-	-	58	252	303	374	649	648	690
天然ガス	-	-	266	1,158	1,394	2,101	3,250	3,139	4,390
水力	723	282	659	850	811	904	818	1,230	903
再生可能エネルギー	10,121	10,285	10,678	11,158	10,912	11,061	11,246	11,149	11,058
小計	11,008	10,989	12,137	14,041	14,325	15,844	18,447	18,732	19,867
2. 輸入エネルギー									
石油	22	60	43	102	109	144	190	141	175
石油製品	8,333	7,866	7,913	7,247	7,791	6,811	6,751	7,178	7,868
電力	1,448	4,020	2,704	2,027	2,802	3,575	2,357	2,147	3,248
再生可能エネルギー	15	65	63	64	60	61	62	64	35
小計	-	1	2	3	5	9	8	9	10
小計	9,818	12,012	10,725	9,443	10,767	10,600	9,368	9,539	11,336
3. 輸出エネルギー									
石炭及びブリグナイト	-	(1)	(1)	(1)	(1)	-	-	-	(1)
コンデンサート	-	-	-	-	(63)	(126)	(403)	(493)	(445)
石油製品	(4)	(14)	(1)	(3)	(2)	(3)	(37)	(76)	(29)
電力	-	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)	(2)	(1)	(1)
再生可能エネルギー	(23)	(27)	(35)	(44)	(48)	(38)	(32)	(26)	(37)
小計	(27)	(43)	(38)	(49)	(116)	(169)	(474)	(596)	(513)
4. 在庫変動	(23)	(424)	(178)	(329)	(106)	(55)	(13)	(304)	(194)
5. 一次エネルギー供給計	20,776	22,534	23,002	23,764	24,870	26,330	27,354	27,979	30,496
国内産比率 (%)	52.98	48.77	52.76	59.09	57.60	60.17	67.44	66.95	65.15

(出所) NEA "Thailand Energy Situation 1987"

天然ガスは、シャム湾で1981年から生産を開始し、1987年には、併産されるコンデンセートも含めると、その生産量は510万TOEに達している。

タイ北部で発見された原油は1983年から大規模に生産されるようになった。但し、1990年代に入ると、この原油は枯渇する見通しである。

これらに対して、リグナイトは約70年前から生産されてはいたが、生産が急激にふえたのは近年のことである。1980年には、150万トンだったリグナイトの生産量は1987年には約690万トンに達している。

これらと並んで、国産エネルギー供給の中で大きな役割を演じているのは、いわゆる非商業エネルギー（バイオマス燃料）である。第2表にみられるように、1980年代に入ってから、非商業エネルギー（表では“再生可能エネルギー”と呼ばれている）の供給量は殆どふえていないが、その量は他の国産エネルギーを大幅に上回っている。

(2) 展 望

タイの最終エネルギー消費は、1991年には、2,410万TOE、2001年には3,340万TOEと年率3.6%の伸びを示すと見られている。それに伴い、一次エネルギー供給も増大し1991年には3,550TOE、2001年には4,960万TOEに達し年率3.9%の大きな伸びが予想されている（第III-3表）。

この中で、エネルギー別では、主として石炭がそのシェアを1986年の5.3%から16.9%、天然ガスのシェアが13.5%から17.3%に拡大し、その増分を満たすものと見られている。

また、輸入エネルギーの中では、原油、さらには石油製品が1990年代の後半には、かなり増大するとされている。このことは、増大するエネルギー需要を賄うために、1990年代後半には、再び石油への依存度を高めざるをえないことを物語っている。

タイにおける石炭の、1次エネルギー供給に占める割合は、2001年には、国産のリグナイト及び輸入炭（1990年代後半より大幅な伸びが予想される）を合せて、天然ガスをしのごくシェアを構成することが予想されており、今後国内資源としてのリグナイトの開発、輸入炭の受入れ態制確立の推進を図っていく必要があると思われる。

第Ⅲ-3表 タイの一次エネルギー供給見通し

[単位: KTOE]

	1988	1989	1990	1991	1996	2001
1. 一次エネルギー生産						
リグ ナイト	1,891	2,144	2,391	2,666	3,213	3,520
原油	1,009	1,171	952	774	-	-
コンデンサート	662	743	790	840	895	907
天然ガス	4,172	4,878	5,613	6,458	7,844	7,680
水力	1,221	1,228	1,234	1,240	1,661	1,906
再生可能エネルギー	11,135	11,214	11,301	11,389	11,745	11,978
小計	20,090	21,378	22,281	23,367	25,358	25,991
2. 輸入エネルギー						
石炭	225	251	279	310	1,418	4,840
原油	7,377	7,605	7,757	7,912	11,490	11,463
石油製品	3,491	3,829	4,056	4,297	4,300	7,574
電力	73	71	70	69	65	61
小計	11,166	11,756	12,162	12,588	17,213	23,938
3. 輸出エネルギー						
コンデンサート	(389)	(424)	(429)	(435)	(342)	(332)
4. 一次エネルギー供給計	30,867	32,710	34,014	35,520	42,289	49,597

(出所) NEA "Thailand Energy Situation 1986"

(3) 石炭需給の現状と展望

1) 現 状

タイのリグナイトの需給バランスを第Ⅲ-4表に示す。現在リグナイトはその84%が電力用に、12%がセメント産業用に、残りの4%がタバコ産業その他に使用されている。このうち、電力用としては、EGATが保有し、運営するタイ北部のMae Moh炭鉱山元火力発電所が主体であり、同炭鉱からの出炭量(1987年、556万t)のほぼ全量が、75MW×3基、150MW×4基の山元火力発電所で消費されている。

その他の電力用としては、タイ南部のEGAT保有のKrabi炭鉱山元火力発電所(20MW×2基)で、同炭鉱からの出炭量19万tの全量を消費している。

セメント産業では、現在、輸入炭、重油、LNG、リグナイト等を併用しているがコスト的に有利との理由から現在、使用エネルギーの約4割使用しているリグナイト(但し、4,200 Kcal/kgの発熱量が必要とされている)の使用量を増加させる計画がある。

また、タバコ産業での使用量は、1987年で7万tであり、タバコ産業で使用しているエネルギーの内リグナイトの占める割合は約3割である。タバコ産業でのリグナイト使用量は、1982年の12万tをピークに年々減少している。

第Ⅲ-4表 タイのリグナイト需給バランス

(単位:トン)

	総生産量	消 費				合 計
		電 力	タバコ乾燥	セメント	その他	
1977	523,357	367,395	67,789	N. A.	53,097	488,263
1978	644,779	479,701	71,158	N. A.	60,895	611,754
1979	1,420,707	1,258,957	91,031	2,149	29,017	1,381,154
1980	1,498,842	1,321,333	79,777	4,250	42,648	1,448,008
1981	1,711,819	1,534,428	99,528	49,726	11,816	1,695,498
1982	2,112,824	1,686,973	121,680	202,837	30,041	2,041,531
1983	1,996,951	1,573,432	98,752	195,857	51,668	1,919,709
1984	2,362,229	1,944,548	76,278	223,657	60,763	2,305,246
1985	5,188,323	4,596,745	91,850	387,248	55,940	5,131,783
1986	5,476,234	4,685,145	80,382	531,539	128,783	5,425,849
1987	6,900,563	5,726,887	70,355	802,957	222,901	6,823,100

(出所) National Energy Administration(NEA), "Thailand Energy Situation 1986. 1987"

これは、リグナイトがコスト的に有利であるにもかかわらず現在のタバコ乾燥炉では、リグナイトの燃焼効率(25%程度と推定)が悪く、ガス、石油等に燃料転換を図っていることに起因している。従って、今後、リグナイトブリケットのタイにおける普及(燃焼炉の改良も含む)がなされた場合、リグナイトの利用が復活し、有望な市場の1

つになり得るものと推定される。

2) 展 望

タイにおける石炭需要の見通しを第5表に示す。大幅なリグナイトについては、今後電力用を中心に大幅な需要の伸びが見込まれ、電力用のリグナイト需要は2000年には、1,940万トンに増大するとされている。これは電力需要が2001年には、ピークロードで11,621MWに達するのに対応し、本年度(1989年7月)から運開するMae Moh山元火山発電所8号基300MWに引き続き、2000年までに7基1875MWのリグナイト火力発電所の運開が予定されていることによる。

また、急増する電力需要に対応するため、1998年10月以降輸入一般炭による600MW×4基の石炭火力発電所の動入が計画されており、これらに投入する石炭580万トンの輸入が見込まれている。

また、セメント産業においても、リグナイトへの燃料転換が進むことにより、2001年には、リグナイト需要が現在の80万トンから140万トンへと大幅に増大する見込みである。

一方、再生可能エネルギー(薪、木炭及びバイオマス等)の需給は、1986年の1,106万TOEから、2001年の1,198万TOEまでほぼ横ばいと考えられている。

一方、世銀の調査では、4,400万 m^3 の供給不足を生ずると指摘されており、薪、木炭及びバイオマスの代替燃料の1つとして位置付けられリグナイトブリケットの開発、普及に係る調査は有意義かつ重要度が高いと考える。また、仮にリグナイトブリケットが再生可能エネルギーのシェアを置き換えていくことになれば、民生部門でのリグナイトの需要も大幅に伸びるものと考えられる。第III-5表に示した通り2001年におけるリグナイト需要は、現時点でも21.41万トンと予想されており、着実な炭田の探査・開発を実施し、リグナイト需給のバランスを保つことが必要である。

第III-5表 石炭需要の見通し

(単位: 1,000トン)

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
褐炭	6,414	7,512	8,736	10,907	11,421	15,140	18,859	19,374	13,374	19,374	19,374	19,374	19,374
電力	797	833	870	915	965	1,016	1,070	1,127	1,188	1,237	1,283	1,341	1,396
セメント	80	80	80	82	82	82	82	82	85	85	85	85	85
タバコ乾燥	249	305	375	390	405	420	436	453	471	490	510	530	551
その他産業													
輸入炭													
電力	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,244	2,704	4,447	5,844
その他産業	315	334	354	378	404	431	461	432	533	576	624	675	731
合計	7,855	9,064	10,415	12,672	13,277	17,089	20,908	21,528	21,651	23,006	24,585	26,452	27,931

(出所) National Energy Policy Office (1987)

2. エネルギー政策

(1) エネルギー政策の概要

タイのエネルギー政策の基本方針について、第6次国家経済社会開発計画（1986年10月策定～1991年）では、次の5つの政策を明示している。

- ① エネルギーの輸入依存度の低減を図るとともに、国産エネルギーの探査、開発の促進によりエネルギー資源、供給形態の多様化を図る。
- ② エネルギー、特に石油製品と電力の効率的利用を進めるため、エネルギー価格を真のコストを反映するよう調整する。天然ガス、リグナイト、輸入石炭、燃料油などの産業用燃料の価格も、それらの真のコストを反映するようにし、税率を中立的に保ち、いずれかの燃料に誘導するようなバイアスをかけない。
- ③ 輸送部門、工業、商業ビルにおける省エネルギー努力を奨励し、エネルギーの効率的利用を進める。
- ④ 政府の財政負担を軽減するため、エネルギー部門の投資計画において、民間がより大きな役割を果たすことを認める。政府は、政府と民間との役割分担、エネルギー部門への民間の投資に関しガイドラインを設定する。
- ⑤ 地方で利用すべき適切なエネルギーの開発を奨励する。

また、第6次国家経済社会開発計画において、1991年におけるエネルギー関係達成目標は具体的に第Ⅲ-6表のとおり設定されている。

このための、具体的な政策として

- ① 天然ガス、リグナイトの探査・調査を引き続き行うこと。
- ② 天然ガスの開発、輸出を促進すること。
- ③ 電力需要の増加に対応するためには、引き続きリグナイト火力の建設を推進するとともに、天然ガス火力の建設を推進すること。
- ④ 省エネルギーの推進が挙げられている。

第Ⅲ-6表 第六次エネルギー開発計画の目標

目 標 項 目	目標値(1991)	実績値(1985)
1. エネルギー消費伸び率(%/年)	3.7	4.1
2. 商業エネルギー輸入依存度(%)	49	58
3. 天然ガス生産(10 ⁶ ft ³ /日)		
A シェム湾		
Erawanガス田		180
Union第2次契約分	500	147
Union第3次契約分		—
“B”構造	100	—
合 計	600	327
B 陸上		
Sirikit油田	20	27
Nam-pongガス田	100	—
合 計	120	27
4. コンデンサート生産(バレル/日)		
Erawanガス田		7,100
Union第2次契約分	17,500	7,150
Union第3次契約分		—
“B”構造	1,000	—
合 計	18,500	14,250
5. 原油生産(バレル/日)		
Sirikit油田	10,600	20,800
その他	18,000	—
合 計	28,600	20,800
6. 発電用天然ガス消費(10 ⁶ ft ³ /日)	500以上	250
7. 発電用リグナイト消費(万ton/年)	900 (=1,485MW)	500 (=735MW)
8. 電力予備率(%)	15~20	43
9. 工業用リグナイト消費(万ton/年)	100	50
10. 工業用輸入炭消費(万ton/年)	50	20
11. 新規村落電化数(村数)	10,700	—
12. 運輸・製造・家庭部門におけるエネルギー節約(KLOE)	390,000	—

[出典：第6次エネルギー開発計画 NESDB]

(2) 石炭に係るエネルギー政策

タイのエネルギー政府の中で石炭（リグナイト及び輸入炭）は、

- ① 石油依存度を下げる重要なエネルギー源
- ② 瀝青炭などの優良な石炭資源はないものの、リグナイトは国内に広く分布しており、重要な国内向けのエネルギー源

として位置付けられている。また、天然ガスの埋蔵量から、天然ガスは21世紀始めには枯渇すると見られており、石炭の輸入が21世紀のエネルギー源確保の観点から重要な課題になると見られている。

タイ政府は、石炭は当面リグナイトを中心としてその利用を促進するという立場をとっているが、石炭は2001年には天然ガスとほぼ同じ地位になると考えている。このように中長期的には石炭の需要が見込まれるタイ国に対しては、

- ① リグナイトの探査・調査及びその利用（主として専焼火力発電所の建設、ブリケット等ローカルエネルギー対策）
- ② 輸入炭の利用（主として火力発電所及び輸入インフラ整備）

が今後の協力の重点になると考えられる。

また、タイに於ける石炭資源の有効利用はその高い経済成長率に伴って増大するエネルギー需要を国産エネルギーで満たす上で重要な役割を担っており、積極的に探査・開発を促進する必要がある。

第6次国家経済社会開発計画の中には石炭資源探査5ヶ年計画（1987-1991）があり、工業省鉱物資源局（DMR）は、国家エネルギー政策委員会（NCEP）の決定に従い、炭田の探査活動を進めている。DMRは探査の結果及びその評価をNCEPに提出し、その資料に基づきNCEPはその炭田開発をどの様に行うか決定する。

DMRにて探査が計画されている炭田は下記の通りである。

炭田名	面積
1) Sin Pun 炭田	168km ²
2) Knian Sa 炭田	275km ²
3) Wian Haeng 炭田	290km ²
4) Chae Hom-Muang Pan 炭田	696km ²
5) Wang Nua 炭田	570km ²
6) Ngao 炭田	400km ²
7) Soem Ngam 炭田	570km ²
8) Chiang Muam 炭田	330km ²
9) Mae Ramat 炭田	350km ²
10) Pua 炭田	670km ²
11) Saba Yoi 炭田	450km ²
12) Ban Luang 炭田	80km ²
13) Nan 炭田	400km ²
14) Phrae 炭田	400km ²

（位置については第IV-1図参照）

（安達）

IV 石炭鉦業の現況

IV 石炭鉱業の現況

1. 石炭資源の概要

タイの石炭資源は、新生界第三系に胚胎されたリグナイト（一部亜瀝青炭）を主体とし、一部、タイ北東部に局所的に古生界石炭系に属する無煙炭が分布する。

現在の、タイ国内における石炭資源の開発・利用は、新生代第三紀層中のリグナイト炭田に主体が置かれており、古生代石炭紀の炭田は埋蔵量に乏しく、極めて小規模に採掘されているのみである。

タイ全土では、現在までに大小合せて72個所の炭田が確認されているが、その約80%は、同国北部地域に集中して分布しており中部及び南部地域には少数の炭田が散在しているに止っている。

炭層を胚胎する第三紀の地層の多くは、古生界—中生界を基盤とする内陸性の比較的小規模な湖沼等に堆積した陸成層といわれており、個々の堆積盆は、比較的小規模で各々独立した形で分布している。

主な炭田の分布を第IV-1図に、主要炭田の炭質について第IV-1表に示す。



第IV-1図 主要炭田の分布状況

第IV—I表 Coal Reserves & Quality

Coal Basin	Name of Mine	Measured Reserve million ton	Quality						
			Moisture	Ash	Volatile Matter	Fixed Carbon	Total Sulfur	Heating Value	
Mae Moh	Mae Moh	820.9	30 - 35	10 - 28	20	13 - 26	0.8 - 1.5	2500 - 3000	
Krabi	Krabi	83.6	30	21	32 - 47	-	1.5 - 2.4	2850 - 3000	
	Phrae Lignite		26.18	7.47	36.64	31.71	1.53	4270	
Li	Lanna Lignite	28	10	24	15	50	1	5700	
	Phrasit Tham Preeda		29.6	1.5	29.8	19.5	20.9	3130	
Mae Teeb	Phrae Lignite	11	19.0	6.2	30.0	40.5	6.5	4980	
Mae Tuen	Thai Lignite	1.23	7.75	1.06	39.45 - 43.2	51.7 - 56.8	0.71	5088 - 8274	
Mae Ramao	Suje	1.63	12	10 - 22	-	-	-	5000 - 6500	
Nong Ya Plong	Asia Lignite	1.4	9.1	12.6	31.5	46.3	0.5	6076	
	Siam Graphite	0.5	2.31 - 4.23	17.48 - 35.43	2.78 - 7.71	54.87 - 72.97	0.52 - 1.07	4710 - 6980	
Palaeozoic Goal	Chimdasub	-	-	-	-	-	-	-	

タイ工業省鉱物資源局（DMR等）の最近の調査によると、タイの第三紀層中に胚胎する石炭（リグナイト）の推定埋蔵量は2,415百万tと推定されている（第IV-2表）。

また、現在稼行中の炭鉱が存在する炭田の確定埋蔵量は、約984百万tと見積られており、そのほとんどは第三紀の炭田に賦存する炭量である。現在稼行中の炭田のうち、MaeMoh炭田の確定埋蔵量は約821百万t、Krabi炭田では約84百万tと見積もられており、両炭田の埋蔵量は全確定埋蔵量の約95%に達している。Krabi炭田及びMaeMoh炭田は電力公社（EGAT）により、山元にある褐炭専焼火力発電所用として稼行されている。その他の炭田は民間会社により稼行されているがそれらの確定埋蔵量は多くはない。

現在採掘操業が行われている炭田以外の炭田における探査も第6次国家経済社会開発計画（1987～1991年）の一環として、タイ国内石炭資源探査5ヶ年計画に基づき、DMRが調査実施機関となり計画的に集められており、各炭田の埋蔵量、炭層の詳細が明らかにされつつある。

第IV-2表 第三紀の石炭埋蔵量

（単位 10⁶ ton）

炭田名	県名	埋蔵量
Mae Mo	Lampang (EGAT)	1,490.5
Krabi	Krabi (EGAT)	120.8
Li	Lamphun	225.3
Mae Tip	Lampang	11.0
Mae Tun	Tak	1.2
Nong Ya Plong	Petchaburi	2.4
Mae Tha	Lampang	1.5
Mae Lamao	Tak	4.0
Chiang Muan	Phayao	17.5
Wiang Haeng	Chiang Mai	127.1
Chae Hom	Lampang	30.8
Hua Sua	Lampang	1.8
Bo Luang	Chiang Mai	0.6
Wang Nua	Lampang	25.3
Mae Ramat	Tak	2.5
Ngao	Lampang	102.4
Khian Sa	Surat Thani	55.4
Sin Pun	Krabi-Nakhon Si Thammarat	94.8
Saba Yoi	Song Khla	100.0

〔出典：DMR、NEA、EGATおよびPrivate Companies〕

2. 石炭鉱業の現況

タイにおけるリグナイトの生産は約70年前に始まったが、1960年代以降、EGATが発電にリグナイトを使用するようになって大規模な、生産が行われるようになり現在に至っている。

タイの主要炭鉱における生産推移を第IV-3表に示す。

第IV-3表 タイ国内炭生産量

(単位: ton)

炭 田	Mae Mo	Krabi	Li	その他	合 計
1978	278,642	275,000	83,000	5,580	642,222
1979	941,457	304,000	100,110	10,900	1,356,467
1980	935,409	385,000	94,190	11,968	1,426,567
1981	1,204,462	338,000	103,400	40,198	1,686,060
1982	1,299,875	380,000	92,000	191,888	1,963,763
1983	1,248,435	335,000	134,028	148,620	1,866,083
1984	1,658,808	280,000	193,188	205,230	2,337,226
1985	4,217,337	395,000	350,243	183,570	5,146,150
1986	4,556,917	212,000	668,293	110,078	5,547,288
1987	5,564,537	191,000	945,720	185,555	6,886,812

[出典: DMR]

タイ全土には約10ヶ所の炭鉱があるが、北部のMae Moh炭鉱の属するLampang県、Li炭田を有するLamphun県で生産量の大半を占める。

タイの各炭田のうち現在稼行中の主要炭鉱の概況を以下に示す。

北部区域	Mae Moh 炭田	Mae Moh炭鉱(EGAT)により稼行中。タイ最大の石炭鉱山。
	Li 炭田	Phrae Ligniti炭鉱、Lanna Ligniti炭鉱、Prasit Tham Preeda炭鉱により稼行中。
	Mae Teeb 炭田	Phrae Lignite炭鉱により稼行中。
	Mae Tuen 炭田	Thai Lignite炭鉱により稼行中。
	Mae Ramao 炭田	Suje炭鉱により稼行中。
中部区域	Nong Ya Plang 炭田	Asia Lignite炭鉱で稼行中。
南部区域	Krabi 炭田	Krabi炭鉱(EGAT)で稼行中。

3. Ban Pa Kha炭鉱及びBan Haeng炭田

今回の事前調査において、リグナイトブリケット振興計画調査におけるリグナイト供給候

補地としてタイ側より提案された Ban Pa Kha 炭鉱及び Ban Haeng 炭田の概要について以下に述べる。これら炭鉱等は、現在 N E A が所管しているとの理由で、ブリケット原料供給候補地として提示されたものでこのうち Ban Pa Kha 炭鉱については、稼行状況の現地調査を事前調査の一環として実施した。一方 Ban Haeng 炭田については、現在までに探鉱が行われたに止っており、今回 N E A から入手した探査資料を基に概要を記す。

(1) Ban Pa Kha 炭鉱

Ban Pa Kha 炭鉱が属する Li 炭田は、タイ北部 Lamphun 県南方の Li 付近に付置し、Li 川沿いの東西約 10 km、南北約 50 km 面積約 500 km² の範囲に分布しており、周囲を中、古生界よりなる山岳に囲まれた盆地内のゆるやかな丘陵状地形を呈する。

本炭田の地質は、古生代～中生代の堆積岩類よりなる基盤を不整合に、湖成層と推定されている古第三紀漸新世の Li 層及び新第三紀中新世の Mae Moh 層が覆っている。

本炭田のリグナイトは、Li 層及び Mae Moh 層中に賦存している。

また、第三紀の地層は一部で第四紀の河川性堆積物層等に覆われている。

Li 層は、泥岩、砂岩、頁岩及びリグナイトからなり特に、Ban Pa Kha 炭鉱地区では頁岩が一部で発達している。Li 層全体の層厚は約 300 m に達しているが同層は、Li 炭田西部地域では分布せず、層厚変化が激しく薄化消滅しているものと推定される。Li 層中の炭層は、Li 炭田北部の Ban Pu 炭鉱地区では 1 層であり、Ban Pa Kha 炭鉱地区では 2 層でそれぞれ稼行されている。

Mae Moh 層は Li 層の上位層で、Li 炭田西部の Ban Na Sai 炭鉱地区及び Nai Long 地区に分布しており、主として泥岩よりなり、泥灰質泥岩、リグナイトを挟在する。Mae Moh 層中のリグナイトは、Ban Na Sai 地区で稼行されている。

本炭田の地質構造は大局的には、ほぼ南北方向に軸を有するゆるやかな向斜構造を呈しており、多数の中～小規模の断層が発達している。Li 炭田の地質概要図、地質断面概念図及び模式柱状図を各々、第 IV-2 図、第 IV-3 図及び第 IV-4 図に示す。

(2) Ban Pa Kha 炭鉱の採掘状況

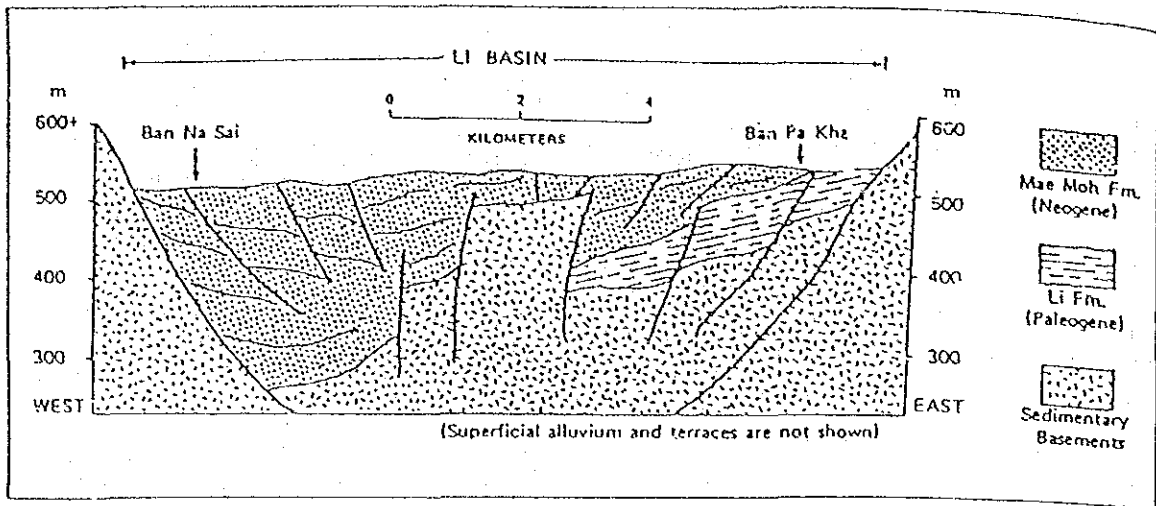
Ban Pa Kha 炭鉱は、従来 N E A により運営されていたが政策の変更に伴い 1986 年より完全民営化され現在 Lanna Lignite Co., Ltd が採掘を実施中である。

採掘予定範囲は、面積約 2.5 km² の区域で、稼行炭層は、上層及び下層と呼ばれる 2 層である。上層は層厚約 10～12 m で上部で泥岩薄層を多数挟在している。下層は層厚約 7～12 m で上層に比べ、均質・塊状である。上層～下層間には約 30 m の泥岩、砂岩及び頁岩層が挟まれている。

当炭鉱の採掘予定区域の大部分は、100 m 間隔のグリッドボーリング（計約 100 孔 平均深度約 100 m）による探査が既に実施されている。その結果、可採埋蔵量は上層 5 百万 t、下層 13 百万 t で計 18 百万 t であること、炭層は最深部で地表下約 110 m に



第IV-2图 Geological Map



第IV-3图 Diagrammatic geological cross section through the Li Basin

	Thickness m	Lithology	Remark
Tertiary	4	top soil	red
	3	gravel	
	25	sandy-siltstone	
	13	siltstone	oil shale bed
	12	lignite	siltstone parting
	2	sandstone	
	11	siltstone sandy siltstone	
	14	siltstone	oil shale bed
	7	lignite	siltstone parting
	20	alternation siltstone & sandstone	
		basement rock	

第IV-4图 Typical columnar section
Li Basin, Ban Pa Kha Area

賦存していること、地層傾斜は約5°～15°で小規模断層が多数発達していること等が判明している。また上層及び下層の原炭品位は下記の通りである。

	上層	下層
発熱量 (Kcal/kg)	3,544	4,370
水分 (%)	24.92	28.13
灰分 (%)	22.37	10.06
揮発力 (%)	28.65	30.26
固定炭素 (%)	22.69	30.85
硫黄 (%)	1.37	0.70

なお、現地調査時点(1989年7月)では、発熱量の高い下層のみを採掘中であった。採掘方法は、トラック&ショベル法で剝土、採炭(1986年の平均剝土比4:1)共に行っており発破は行っていない。現在の労働者数はスタッフ50名、日給労働者が120名の計170名で、1日18時間3交代で採掘等を行っている。採掘規模は、年産60万tで会社側では1990年に100万t/年まで増産する意向を有している。

リグナイトは山元で、-2 inch アンダーに破碎され13tトラックまたは2連の25tトラックでユーザー宛輸送しており、その炭価は、3500～4000 Kcal/kgで260 B/t、4000～4500 Kcal/kgで550 B/tで、NEAは前者で60 B/t、後者で110 B/tのロイヤリティーを徴収している。

出炭のうち、60%がセメント工場(サイアムセメント等)、15%がタバコ乾燥工場(チェンマイ周辺)、25%が一般ボイラー向けである。

(3) Ban Haeng 炭田

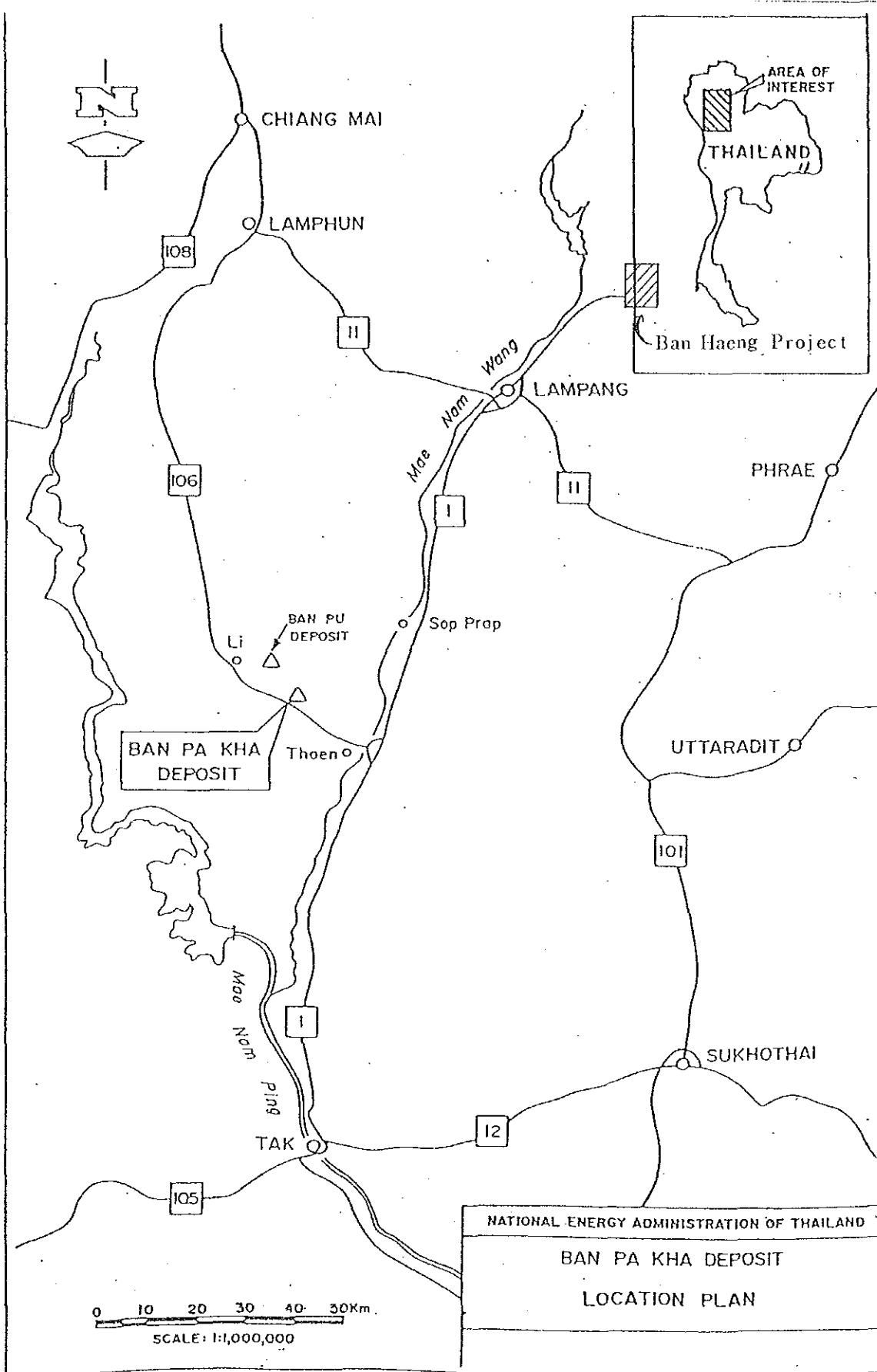
NEAによれば、Ban Haeng 炭田はチェンマイの南東直距離約80 kmに位置し(第IV-5図)、行政区分上はLampang 県Ngao 郡に属する。NEAではこれまでに同炭田の約1.5 km²の範囲で100 m間隔のグリッドボーリング(116孔、総延長約9,900 m)による探査を行ってきた。その結果、A～Dの4地区で第三紀層中に賦存する有望なリグナイト層を捕促した。

NEAの試算によれば同炭田の埋蔵量は約1,650万tで炭質は下記のとおりである。

灰分 (%)	水分 (%)	固定炭素 (%)	硫黄 (%)	発熱量 (Kcal/kg)
38.79	19.99	25.42	6.87	3843
27.77	14.28	24.67	5.49	3411

なお同炭田は現時点では、稼行されておらず、今後の動向が注目される。

(安達)



第IV - 5 图

V タイ国における石炭ブリケットの振興計画

V タイ国における石炭ブリケットの振興計画

1. 石炭ブリケット開発の背景

タイ国において石炭ブリケットを普及させようとする背景には、低コストの家庭・工業用エネルギーを安定的に確保することの他に、現在、同国がかまえている次のような重要な課題がある。

(1) 森林資源の枯渇防止対策

現在、タイ国では炊事用燃料として大量の薪・木炭が使用されており、このような森林エネルギーの大量消費が森林伐採、環境破壊を引き起し深刻な問題となっている。特に同国の地方部の家庭ではそのエネルギー源を薪・木炭にほとんど依存し、そのうち炊事用燃料として占める割合が約65%である。

最近行なわれた調査では、1983年における森林エネルギーの全消費量は約4,100万 cu. m. (2,400万トン)であった。一方、これに供給し得る森林資源量は約3,000万 cu. m. であることから、残りの1,100万 cu. m. については、人の立入り易い地域にある国の保存森林が伐採されたことになる。その後においても需要は増え続ける一方で、1991年には4,700万 cu. m. (2,600万トン)、2001年に4,700 cu. m. (2,800万トン)の森林資源が消費されると推測している。また、森林資源需要のうち、木炭の占める割合はきわめて大きく、その消費量は同V-1に示すように、1991年には約2,100万 cu. m. に達し、それに伴い、森林資源の枯渇化も急速に進み、国土に占める森林面積も1961年の53.3%から1989年の24%に大きく減少しようとしている。

したがって、森林枯渇化防止はタイ国にとってきわめて重要な課題であり、その対策として、自国に豊富にある石炭資源を利用した新しいブリケット燃料について期待は大きく、石炭ブリケットによる森林エネルギー、特に小規模工場、家庭用燃料である薪・木炭の代替地を求めている。

(2) リグナイトの有効利用拡大対策

タイ国では1980年にはエネルギー全消費量の75%が輸入石油によって占められ、それに支払う外貨は全外貨の3分の1以上にも達した。その後、第2次オイルショックを契機として、この十年間にわたって自国の石炭資源の開発、有効利用について多大な努力が注がれてきている。

タイ国において確認されている石炭の可採埋蔵量は4億トン(石油換算)以上で、その大半はリグナイトあるいは亜瀝青炭であり、自国での最も豊富なエネルギー資源である。現在稼行中の炭鉱は北部を中心として12炭鉱であるが、その生産量は1987年には682万トンに達し、前年の25%増であった。また、1988年には730万トンと高

い生産量を見込んでいる。

リグナイトの消費量は火力発電用燃料として最も多く、1980年の132万トンから現在の600万に大巾に増大している。また、この他の産業として、セメント工場および各種の小規模工場への用途拡大にも努め、その結果、セメント工場では1981年の約50万トンから、1987年の約80万トンに、小規模工場では1980年の11万トンから、1987年の29万トンに、それぞれリグナイトの需要が増大した。

このようにタイ国では大型産業用エネルギーを中心として、リグナイトの需要が順調に増えているが、さらに将来に向けてその需要拡大すべく、例えば、火力発電用として1985年の500万トンから、1991年の900万トンにする計画を持ち、そのための種々の政策を講じている。今後、タイ国ではリグナイトの増産を計る中で、リグナイトの需要を大型産業に止まらず、これまでに試みられてきた用途分野、例えば家庭用及び小規模工場向けの需要も開拓しなければならない。小規模工場のリグナイト需要には、伝統的にエネルギー源として薪を使用している種々の工場、例えばタバコ乾燥・石灰・レンガ・陶器製造工場などがある。それらのうち、タバコ乾燥工場（全体数約16,500 barns）の27%、石灰製造工場（全体数281）の5%がこれまでの努力により、リグナイトを使用するようになったが、さらにその割合を増やしたいとしている。そのためには、塊状リグナイト単味では種々の燃焼特性、熱効率などの点で問題があり、それらの欠点を大巾に改善し、同時に燃焼装置の改良も必要である。このことは家庭燃料としてリグナイトを使用する場合も同様である。

したがって、タイ国では潜在需要の見込まれる小規模工場及び家庭用燃料、特に地方部における燃料として、種々の燃焼特性を持つリグナイトをベースとしたブリケット燃料の開発は、前述の森林保護対策と合せて、リグナイトの有効利用の拡大を進めるうえで大きな効果があり、それにかかる期待はきわめて大きい。また、新しい特性を有するブリケット燃料の普及は前述の対策を進めるに止まらず、それに関連してブリケット燃料、燃焼器（コンロ）・装置製造などの産業を創出できるとともに、雇用の場の確保と合せて新しく地場工業の形成も促し、地域振興を進めるうえでもブリケットの開発は重要な課題と言える。

2. タイ国における石炭ブリケット開発の現状

前述の背景を受けて、本調査のカウンターパートであるNEAを中心としたタイ政府は、これまでにリグナイトブリケット化に関する研究開発活動に対して、当初から広く支援に努めてきており、家庭用を目的としたリグナイトブリケットに関連する技術開発の結果については以下のようなものである。

(1) Mae Moh 及び Na Klang 炭鉱の石炭を600℃で乾留し、得られた炭化物（Char）を用

いて、アスファルトと石炭タールをバインダーとしてブリケット化した。その結果、ブリケットの性質として、灰分が多いことから、成型コース程の良い性質の持つものは得られなかった。また、アスファルトは石炭タールよりは良好なバインダーであることが見出された。

(2) Mae Teep 炭鉱からの粉炭を粉砕し、これにバインダーとして粘土と石灰を配合した後、直径 10 ~ 12 cm、長さ 5 ~ 7 cm の形状に成型した。得られた成型物を市販ストーブ（バケットタイプ）により燃焼テストを実施した結果、熱効率などの性能面で、薪と匹敵するものであった。

(3) 粉炭（0.5 ~ 0.7 mm）を 600 ~ 700 °C で乾留し、その石炭チャーを用いてダブルロール及び静水圧プレスによりブリケット化した。その際にバインダーとしてタピオカ・スターチ（Tapioca）及び black liquor が使用された。木炭との比較で燃焼テストを行った結果、ブリケットの発熱量は木炭より約 35 % 低い、バケットタイプのコンロによる燃焼時における熱効率では両者の間にほとんど差は見られなかった。

(4) タイ国における最近の研究開発活動の重点は種々のバインダーを使用したバイオコールのブリケット化に置かれている。バイオマスとしては rice husk、bagasse、weed 及び sawdust などある。その他のバインダーとしては clay、bitumin、dolomite、tapioca、lime starch、slops、及び sludge である。これらの原料と石炭を用いたバイオコールが静水圧プレス及び押し出し機により低温でブリケット化されている。

上述の実験結果から、有望なブリケットとして、次のような原料配合と発熱量を持つブリケットについてコスト試算がなされている。

<u>Carbonized briquette</u>		<u>Uncarbonized briquette</u>	
Char	63%	Lignite	82%
Bagasse	28%	Bagasse	8%
Molases	6%	Starch	10%
Others	3% (lime, wetting agent)		
heating value 5,000 Kcal/kg		4,000 Kcal/kg	

上述の Carbonized 及び Uncarbonized briquette について薪や木炭との市場競争性で予備的なコスト試算を行った結果、年間生産量が前者の 32,000 トン、後者の 23,000 トンの場合、それぞれ 1.78 Baht/kg (89.7 Baht/MMBTU)、0.5 Baht/K (31.7 Baht/MMBTU) であった。一方、森林エネルギーが不足している地域での薪及び木炭の価格はそれぞれ 0.5 Baht/kg (32.98 Baht/MMBTU) 及び 2 ~ 5 Baht/kg (73.0 ~ 182.6 Baht/MMBTU) で市販されている。また、事前調査における Ban Pha Ka 炭鉱付近での木炭価格は 3 Baht/kg と予想以上に高く感じられた。

表 V-1 はタイ国において種々のエネルギー源を炊事用燃料として使用している代表的

な家庭での年間全コストの比較である。これからわかるように、Uncarbonized briquette は木炭、LPG、電気とは勿論のこと、薪とも競合できるとしている。これに対して、Carbonized briquette の場合は木炭、LPG、電気と比較したときにその可能性を求められるとしている。

Carbonized 及び Uncarbonized briquette の熱消費量におけるコスト比較では前者は後者の2倍弱となっているが、これは前者の熱効率が木炭と同様に29%とし、後者の場合は薪と同じ20%としているためである。したがって、Uncarbonized briquette の場合、それに合った構造の持ったコンロを開発できれば、前述の Carbonized briquette とのカロリー当りのコスト差に近いものになる。このように明らかに Uncarbonized ブリケットが製造コストの点で大きく有利であるにもかかわらず、タイ国において Carbonized briquette に魅かれるのは無煙・無臭に近いものができる点にある。しかし、Carbonized briquette の場合、製造設備、製造コストが非常に高いうえに、技術的にも、特にリグナイトの乾留時に副生するガス・タール分の回収・利用などの問題があり、これらの点がパイロット規模のプラントの経済分析において大きな負担となろう。また、短炎の燃料である Carbonized briquette の場合、木炭と比較して発量・灰分・燃焼性硫黄分など、種々の特性において難点があり、しかも表2に示される程度の熱消費量の差では家庭用のみならず、小規模工場の燃料としての市場性にもおのずと普及の点で制約を受けよう。したがって、本調査において提示される石炭ブリケットについては、リグナイトを炭化することなしに、バイオマスの配合による複合効果と、燃焼器の改良によって、ばい煙・臭気の点で実用上問題がなく、また、熱効率も木炭と同程度であることが必要である。

- (5) カセサート大学では、現在、バガス・モミガラなどのバイオマスを主原料とする固形燃料について試作及び燃焼テストを行っている。これに使用されている成形機は低圧の押し出し方式(写真1)であるため、原料の水分を40%程度にする必要があるが、成形後は天日乾燥によって比較的強度のあるバー状の成形燃料が得られるとしている。
- (6) チュラルンコン大学では、これまでに家庭用向けの石炭ブリケットの製造と、それに合わせてコンロの改良についても検討してきている。ブリケットの製造テストでは低圧のタールプレスを用い、主原料のリグナイト粉にバインダーとして粘土を配合した結果、カロリーの高い石炭ブリケットは得られないが、熱効率は木炭の場合と同程度であったとしている。
- (7) 石炭ブリケットと関連する燃焼技術については、チェンマイ近くにあるNEAの付属機関 Regional Energy Center がバイオマスを主体とした成形燃料の燃焼器をU.S.AIDと共同して開発した経験を持っている。また、リグナイト、その他固体燃料など、燃料分析に必要な機器はNEAの実験室(バンコック)に設置されており、そのためのスタッフも配属されている。

以上のようにタイ国における石炭ブリケットの開発は家庭用を主体としたもので、その規

模も実験室段階の域を超えていない。このため、今後、コマーシャルスケールの石炭ブリケット製造段階に発展させるうえで必要な技術的、経済的評価を行え得るパイロットプラントの Feasibility study が必要であり、また、これと平行して石炭ブリケット専用の炊事用ストーブの開発研究も重要だとしている。また、今後開発を進めたいとしている石炭ブリケットについては、家庭用のみならず、地方部における小規模工場の燃料として用途拡大を計りたいとしており、その可能性の大きいものとしてはタバコ乾燥・石灰・レンガ・陶器製造などの各工場である。

3. 本調査実施の基本的考え方

石炭ブリケットの開発を進める背景及びその開発状況は前述のごとくであるが、本調査に係わる Scope of work 及び Minutes は付属資料 2. 3.のごとくである。また、本調査はタイ国における石炭ブリケットの振興と言う視点に立って実施するものであり、付属資料 1 はカウンターパートと合意した本調査実施の基本的考え方、その概念的なフレームワークを示したものである。

本調査は 2 つのステージに分けられるが、第 1 ステージの市場調査では、石炭ブリケットの有望なマーケットについて、タイ国のエネルギー政策、現状の各センターによるリグナイト・他エネルギー源の利用状況などから調査を行う。その結果をもとに市場性に合せた石炭ブリケットの特性、価格などを設定するが、より確度の高い市場性を把握するため、国内調査においてこれに関連する文献・資料などにより、予め石炭ブリケットの特性、価格を想定しておく必要がある。

また、第 1 ステージにおいて市場調査と合わせて石炭ブリケットの製造及び燃焼テストを行う。原料は現地で採取したリグナイト、バイオマス及び消石灰などがあるが、リグナイトは本調査の対象に決められた Ban Pa Kha 炭鉱のものを使用する。なお、原料に関する参考値として事前調査において採取したリグナイト及びパガス・モミガラバイオマスの分析値は後述する。

石炭ブリケットの製造テストについては、実験室スケール（試作量 150～200 kg/nr）及び実プラントにより行ない、その成型特性及び物性などから量産化製造条件を設定する。また、合わせて試作石炭ブリケットの燃焼テストにより、その燃焼特性と熱効率を主体とした評価を行う。それには先の市場調査において設定した石炭ブリケットの特性をカバーすべく、現地での燃焼器（コンロ）・装置の改良点も含めて検討する。また、現地での燃焼器・装置の現状とその改良の必要性、可能性を調査し、石炭ブリケットの特性に合せた炊事用コンロの改良、試作を行う。さらに第 1 ステージの調査において有望市場と判断された小規模工場の燃焼装置について改良点を提示するとともに、改良の度合いによっては、その具体的提示として燃焼装置（例えばタバコ乾燥炉）の改良試作も行う。

本調査において重要な調査としてモニタリング調査がある。これに必要な実験室スケールの石炭ブリケット製造設備（試作量150～200kg/hr）を供与して現地（後述）に設置する。本設備については第1ステージの現地準備調査において詳細な仕様を調査団はカウンターパートとの間で取り決め、帰国後直ちにJICAと協議してJICAが発注する。

モニタリング調査では現地に設置した実験室スケールの設備により試作した石炭ブリケット及び国内で試作した燃焼器を用いて有望市場を対象としたモニターテストを行う。これは製造技術の移転も兼ねてモニター用石炭ブリケットの製造テストを行うもので、技術移転の対象は第1ステージにおいて国内ですでに技術研修を受けたNEAのスタッフである。また、モニター調査期間内においては石炭ブリケットの公開製造テスト、各地域での公開燃焼テストあるいは大学はじめ関係機関の協力のもとで講習会を開くなど、石炭ブリケットの浸透のためのキャンペーンを実施するのも一考である。

第2ステージにおいては、前述の市場調査及び石炭ブリケットの製造テスト結果をもとに、石炭ブリケットの振興を進めるうえでの経済的に成り立つ最小生産規模のパイロットプラント[※]の概念設計とその技術及び経済的評価を行う。また、モニターテスト及び普及指導など通して、有望市場における石炭ブリケットの受入可能性を調査して、これらの結果を今後のタイ国における石炭ブリケット振興戦略に反映させる。

本調査は石炭ブリケットの振興計画（戦略）づくりまでの範囲とするがパイロットプラント、さらには商業プラントの建設までには数年の浸透期間を要することを考慮してその振興計画を作成する。

4. 事前調査の概要

本調査の実施にあたって、石炭ブリケットの開発にかかわる事前調査の概要は以下のようである。

(1) ブリケット原料

1) 石炭原料

本調査の対象となる石炭はBan Pa Kha炭鉱のもので炭質区分でリグナイトに属する。本炭鉱は露天掘りで、埋蔵量は1,800万トンであり現在の生産量は年間60万トンで、1990年からはその生産量を100万トンに増やしたいとしている。リグナイトは3,500～4,500及び4,500～5,000 Kcal/kg[※]の2つのグレードに分けて販売されている。その山元価格は前者が260 BHT/t[※]、後者は550 BHT/tである。

表V-2は現地で採取した塊状リグナイト及びバイオマス（写真2）の分析値である。

※ タイ国は年間3,000トン（1シフト）生産規模のプラントを要請

※ この価格はNEAに対するローヤリティ（トン当たり）60 BHT、110 BHTをそれぞれ含む

このうち、リグナイトの粉砕性については、H. G. I. で45～50とされ、この数値から判断して比較的成型しにくい石炭に属する。

2) バイオマス原料

タイ国は農業国であることから、バガスやモミガラなど、石炭ブリケットの副原料（バインダー）となるバイオマスは大量に排出されている（バガスは付属資料参照のこと）。バインダー原料として優れた特性を持つバガス（写真2）については、その繊維質部分は紙・パルプ用原料となり、チェンマイ付近の北部ではその価格は600 BHT/tとされ、残査のバガス（価格は不明）は燃料として使用されているようである。

現地で採取した3種類のバガスとモミガラの分析値は表2に示したが、そのうち、バガスBは（写真2）、現在、カセサート大学で押出し方式による前述したバイオマ成型燃料の試作実験に使用されているもので、前述の紙、パルプ用原料として繊維質部分を取り除いた後の残査である。したがって、バガスBは石炭ブリケットの副原料として最も実用に供され得る可能性の高い原料の一つと考えられる。

3) 脱硫剤原料

脱硫剤としては消石灰・炭酸カルシウムなどの石灰が必要であるが、そのうち消石灰については、先に述べたようにタイ国の中央部には多数の石灰製造工場（熱源は主として薪）があることから、必要量の供給は受けられるものと考えられる。なお、消石灰の市販価格は1.0 BHT/kgと言われる。しかし、事前調査においてはその詳細を調査できなかったため、事前調査団質問状（付属資料）の中で、関連する資料・情報の提供をカウンターパートに依頼した。

(2) Ban Pa Kha リグナイトの成型特性

Ban Pa Kha リグナイトを原料としてブリケット燃料を製造する際の基礎的検討方法として前述の原料サンプルを用いてタブレット成型テストを実施した。タブレット試験片の寸法は25φ×2～3mmで、成型試験は室温あるいは80℃加熱下、圧力2.4 t/cm²保持時間10 secの条件下で行なった。その結果は表V-3に示すとおりである。これらの結果のうち、リグナイト・バガスB系に注目すると、このリグナイトは成型しにくい石炭に属するにもかかわらず、また常温下の成型であっても、得られるタブレットは十分な強度を与え、バガスの配合量の増加とともに、その強度も増大する。明らかにバガスのバインダーとしての効果が見られる。なお、バガスAについてはその出所も不明で、その強度もきわめて小さく、また、バガスCについては期待した程の強度は得られなかった。これにはいくつかの理由は考えられるが、いずれにしても莖状のバガスCを原料とすることは、それを有効利用するうえでも得策でない。

一方、リグナイト、モミガラ茶については、モミガラの配合量の増加とともに、タブレットの強度は増大する傾向にあるが、室温下においては十分な強度は得られない。しかし、

80°加熱下で成型したタブレットでは、その強度も増大し、モミガラ³⁰の30%配合量で十分な強度を与える。また、モミガラ・バガス混合系では、室温及び80℃加熱下においても、タブレットの強度を向上させるうえで、バガスBのブレンド効果が明らかに見られる。

以上のようなタブレット成型試験は実プラント規模の高圧ロールプレスによる試験結果とは深い相関にあり、したがって、Ban Pa Khaリグナイトとバガス及びモミガラ、あるいはその混合物を配合する場合、現在、北海道で実用化されているようなバイオコールの製造法により十分に実用に耐える得る石炭・バイオマスブリケット(バイオコール)の製造は可能と判断される。

(3) 石炭ブリケットの特性

現在、タイ国で使用されている、特に地方部における小規模工場の薪・リグナイト・LPGなど及び家庭用木炭の代替燃料として石炭ブリケットを普及させるためには、次のような特性が求められる。

1) 石炭ブリケットの物性

石炭ブリケットの強度は通常の貯蔵・ハンドリングに耐え得るために120kgf以上必要であり、また、その寸法・形状についてはコンロ用の場合アーモンド型・容積約6cc程度で十分であるが、小規模工場の場合、その燃焼炉によってグレート³¹の目が大き過ぎることも考えられるため、その際はブリケットの寸法を大きくするか、あるいはグレート³¹の目を小さくするかを検討する必要がある。

石炭ブリケットの耐水性については、現在、木炭及び塊状リグナイトの一部は麻袋詰め³²の荷姿で取り引きされているためもあって、特に耐水性に対する要望は強いものではなかった。

2) 石炭ブリケットの燃焼特性

薪・リグナイトを熱源としている小規模工場の場合では、石炭ブリケットに求められる燃焼特性としてはばい煙・硫黄酸化物の発生量が低いことは無論であるが、その燃焼装置の簡易な改良によって、例えばタバコ乾燥工場ではこれまでの熱効率の3~4倍に向上できる特性が必要である。また、家庭用としては、コンロの一部改良によって、木炭と同程度の熱効率30%前後で燃焼できるとともに、着火性が良く、火のまわりも早いなどの特性が求められる。この場合のばい煙については通気性の良い屋内で実用上、問題にならない程度のもに³³する必要があり、また、燃焼時の硫黄酸化物による臭気を感じさせないためには、石炭ブリケットの燃焼性硫黄分を0.5%(無水ベース)以下にする必要がある。

(4) 石炭ブリケットの価格

タイ国の地方部において小規模工場の薪・リグナイト及び家庭用の木炭を石炭ブリケットに替えて普及させるうえでの価格は本調査の結果に待つしかないが、事前調査からの目標とするおおよその価格はそれぞれの用途において消費する熱量換算で、高くともそれら

の70～80%であろう。そのうち、小規模工場の薪・リグナイトについては、石炭ブリケットの場合、その持つ特性、種々の優れた燃焼特性、利便性などによって労務費の低減が期待できることから、この点も消費熱量当りの価格に加えて、石炭ブリケットによる代替の可能性を高める要因となろう。

(4) 事前調査の協議内容

本調査において実施する石炭ブリケットの製造テストに使用する原料、及び現地に設置する実験室スケールの製造設備について協議した内容は以下のとおりである。

本調査に必要なリグナイト及び副原料の試料については、下記の量を目途として現地で採取し、国内における各試験に供する。

1) 石炭試料：4トン

- Ban Pa Khaリグナイト(4500～5000 Kcal/kg：2t、3500～4500 Kcal/kg：2t)

2) バイオマス原料：2トン

- バガス：1トン、その他モミガラなどのバイオマス：1トン

3) 脱硫剤原料：500kg

- 消石灰その他

本調査において供与して現地に設置する設備はMinutesに示すとおりであるが、設置場所はNEAの付属施設であるEnergy Research and Fuel Test Center(バンコックより約70km離れたランソット)のサイト内(写真3参照)である。この場所は98m²(8×12m)と24m²の試料保管室から成り、床は布コンクリートであるが、そこには重量物を置けるように、4ヶ所の基礎補強コンクリート(約1.0×2.0m)が布設されている。したがって、面積及び床強度の点から実験室スケール設備の設置に最も適した場所と判断された。なお、製造テストに供する原料置物面積はこれには含めず、野外か、あるいは別の場所とする。また、供与する設備の仕様の詳細については、現地設置場所の状況を調査のうえ、カウンターパートと協議し、モニタリング調査の実施計画を含めて調査団が取り決めるものとする。

実験室スケール設備による石炭ブリケットの製造技術の移転も兼ねて行うモニタリング調査において、そのモニター用石炭ブリケットの試作量は合計20～30t規模としそれに要する費用(原料代・輸送料・その他ランニングコスト代など)はカウンターパートが負担することとする。(試作量については、モニタリング調査の規模に基づき、再度カウンターパートと詰める必要あり)

(丸山)

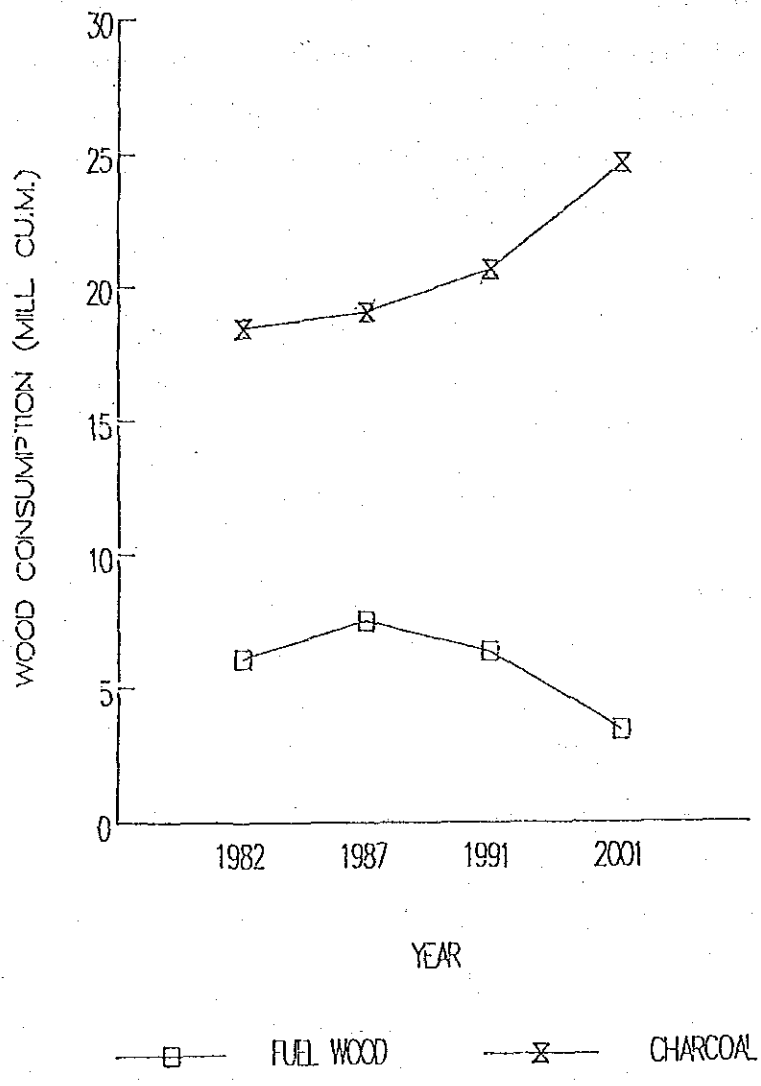


FIGURE V-1 WOOD CONSUMPTION

表V-1 COMPARISON OF END-USE COSTS FOR HOUSEHOLD COOKING

	Wood	Wood from Plantation	Charcoal from Plantation	Charcoal from Plantation	Uncarbonized Briquettes	Carbonized Briquettes	LPG	Electricity
	4475000	4475000	3086207	3086207	4475000	3086207	2237500	1118750
Energy consumption Kcal/year	80	80	80	80	80	80	1400	700
Investment, Bahts	2	2	2	2	2	2	10	10
Service life, years	0.50	0.52	2.50	3.00	0.50	1.78	10.00	2.00
Fuel cost, B/kg, B/KWh	20.0	20.0	29.0	29.0	20.0	29.0	40.0	80.0
Thermal efficiency,	3620	2500	6900	6900	4000	5000	11158	860
Heating value, Kcal/kg, Kcal/KWh	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	140.00	70.00
Depreciation charge, Bahts/year	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	168.00	84.00
Interest 12%, Bahts/year	585.73	921.85	1116.19	1341.83	559.38	1097.46	2005.29	2601.74
Energy charge, Bahts/year	635.33	971.45	1167.79	1391.43	608.98	1147.06	2313.29	2755.74
Total cost, Bahts/year								

Note : End use energy requirement 395000 Kcal/year

表V-2 Ban Pa Kha 炭及びバイオマスの
分析値

	リグナイト	バガスA	バガスB	バガスC	糞 穀
水分(%)	21.40	6.30	8.80	8.40	8.80
灰分(%)	10.30	38.90	5.40	2.90	18.70
揮発分(%)	34.80	50.70	82.70	87.00	62.30
固定炭素(%)	33.50	10.40	11.90	10.10	19.00
全硫黄(%)	0.70	0.20	0.10	0.20	0.10
不燃焼性硫黄(%)	0.20				
燃焼性硫黄(%)	0.50				
窒素(%)	0.80	0.50	0.30	0.30	0.30
総発熱量 (Kcal/kg)	4,970	3,220	4,470	4,370	3,870

表V-3 タブレット成型試験結果

1. 室温成型			2. 加熱成型(80℃)			
配合比		破壊強度	配合比		破壊強度	
(wt. %)		(kgf)	(wt. %)		(kgf)	
リグナイト	バガスA		リグナイト	モミガラ		
80	20	25	75	25		98.0
75	25	52.5	70	30		143.0
70	30	68.3	リグナイト	バガスB	モミガラ	
リグナイト	バガスB		75	12.5	12.5	128(101) ※
80	20	109	70	15	15	149(129)
75	25	186.3	70	10	20	180(121)
70	30	196.5				
リグナイト	バガスC		※()内数値は室温成型における破壊強度			
80	20	86.5				
リグナイト	モミガラ					
80	20	24				
75	25	43				
70	30	83.5				

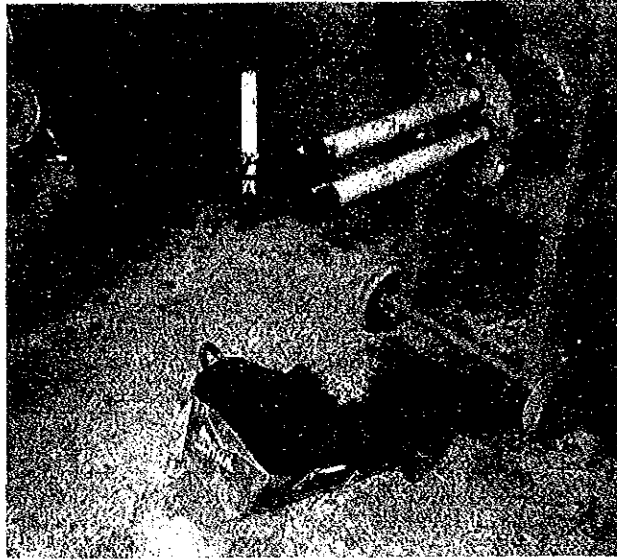
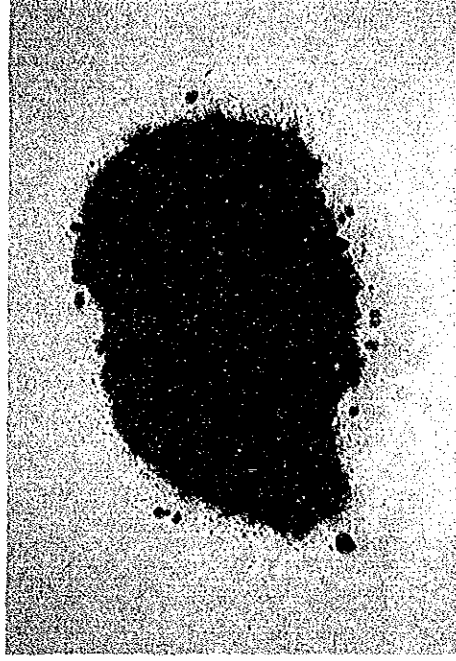


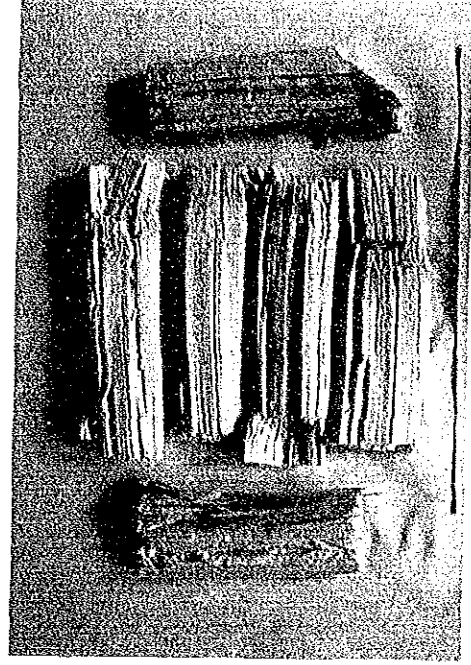
写真1 カセサート大学における押し式成型機
とバイオマス成型燃料



写真3 実験室スケール設備の設置予定場所
(Energy & Research Fuel Test
Center, NEA)



バガスB (カセサート大学にて採取)



バガスC (砂糖きびの絞り茎)



塊状リグナイト (Ban Pa Kha 炭鉱)



モミガラ

VI 調査実施にあたっての留意事項

VI 調査実施にあたっての留意事項

1. 現地調査

- (1) 本格調査を効率的に進めるため、現地調査の実施スケジュールを2段階に分けてあり、第1ステージでは市場調査、第2ステージでは技術的・経済的実行可能性についての調査であるため、調査団員の編成については無用な重複を避けること。
- (2) リグナイトブリケットの有望市場調査については従来から薪、木炭、生だきのリグナイトが用いられている市場にとどまらず、リグナイトブリケットの特性を考慮の上、新規市場の調査に努める。
- (3) モニタリング調査は上記の有望市場に対して行われるものであり、その手法、規模等についてのコンサルタントの考えをプロポーザルで十分に説明すること。
- (4) 現地準備調査では、豆炭試製用のリグナイト及びその他必要な原材料等を日本に送付することになっている（費用はコンサルタント負担）ので輸出手続は速やかに実施すること。

2. 国内作業

- (1) 家庭用コンロの改良を行う際には、利用者のライフスタイルとリグナイトブリケットの特徴を考慮した上で、コンロの試作を行いその燃焼特性及び仕様等をインテリムレポートに記述する。小規模工場用燃焼装置の改良については、改良点の提示をし、リグナイトブリケットの消費者として最も有望な小規模工場に対しては燃焼装置の試作を行う。ただし燃焼器具の改良については、本調査の財務分析には含めない。
- (2) 石炭ブリケットの振興戦略策定にあたっては、いくつかの代替案とその予想される効果を提示し、タイ側と十分協議のできるものとする。

3. 現地、国内共通

- (1) タイ国では石炭ブリケットの開発を進めるに当たって、前述したように主原料としてリグナイト炭化物（Char）及びリグナイトそのままを用いたブリケットのコスト試算を行っている。このことについて、関連する文献、これまでに経験した技術などをもとに、製造技術、コスト及び市場性などの面から評価して、この度の石炭ブリケットの開発を進める理由をカウントパートに明示する。
- (2) 森林破壊の実態把握を行うとともに森林伐採禁止法の実態把握を行い、併せてリグナイトブリケットと当面の競合が考えられる薪、木炭の今後の生産量につき考察する。
- (3) 生産中のリグナイト炭鉱のカットオフ品位にて着目、採掘品位以下のものであっても、リグナイトブリケット製造に適する品位のものはフォローのこと。
各炭鉱等の生産計画及びそれに伴うインフラの整備計画等を併せ調査し、ブリケット用

に将来的に供給し得るリグナイト量についても考察する。

- (4) Ban Pa Kha 炭鉱ではカロリー区別で2つのグレードのリグナイトが生産されている。カロリー当りのコスト比較では高いグレードのリグナイトの方が大巾に高い。この点を活かした石炭ブリケットの開発について対象市場の面からその可能性を調査する。
- (5) 石炭ブリケットの副原料であるバイオマスとしてはバガスが最も適しよう。バガスを選定するにあたってはその利用実態に合わせて、バガスを総合的に有効利用する立場からその可能性を調査する。
- (6) バイオマス資源としてタイ国に豊富にあるのがモミガラである。これを有効に石炭ブリケットの副原料として利用する可能性について、技術面、ブリケットの特性及び市場性の面から調査する。
- (7) パイロットプラント（サイト：Ban Pa Kha あるいは Ban Haeng 炭田口）の概念設計にあたって、原料供給、特にバイオマス原料の確保については石炭ブリケットの市場への輸送（トラック・その他）と関連させて調査する。
- (8) 石炭ブリケットの振興戦略（計画）にあたっては、商業プラントの立地は地域・ブロック単位を想定し、前述した背景を踏まえて石炭ブリケットの振興構想を作成するという事も考えられる。

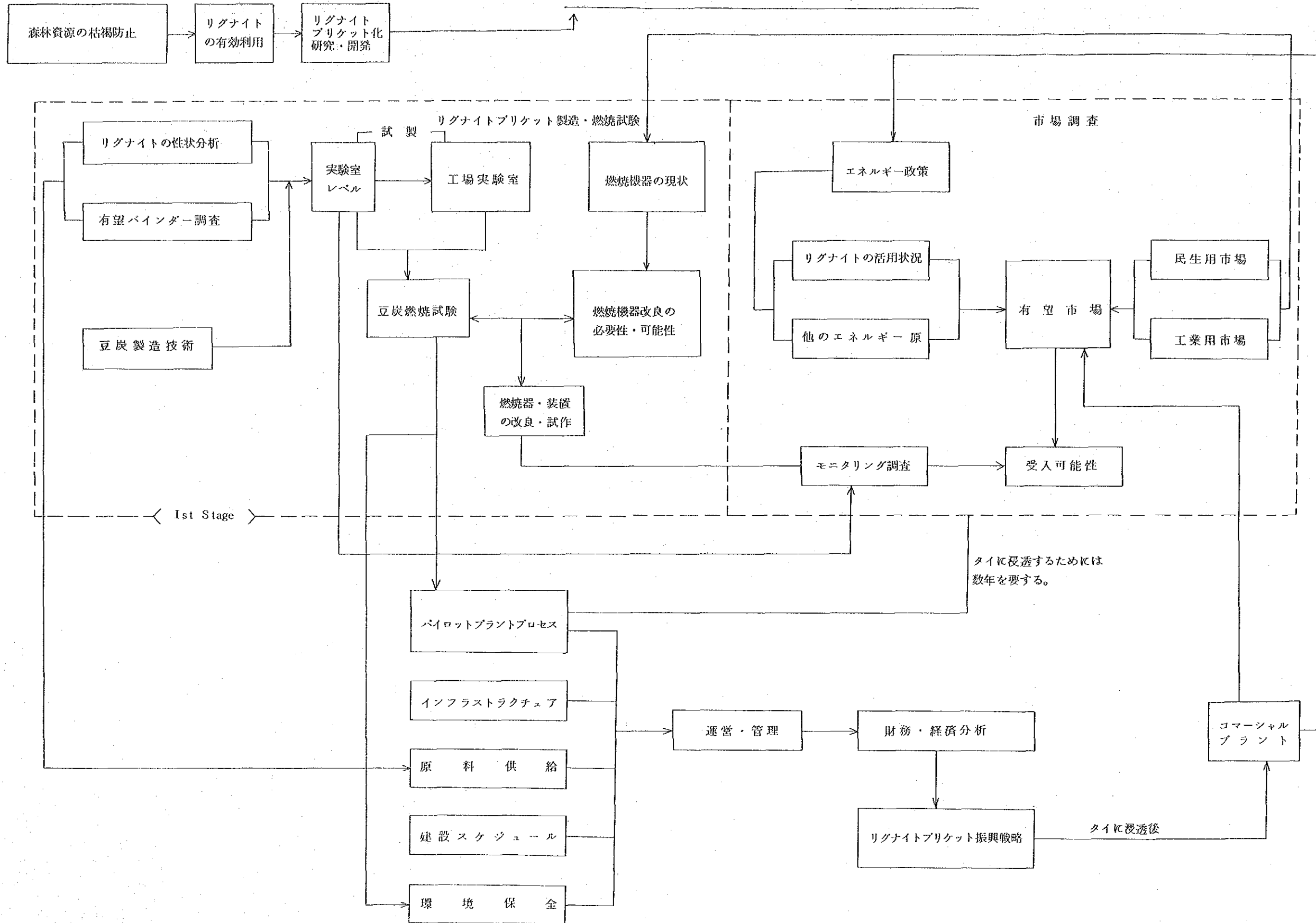
（安達、丸山、西脇）

Ⅶ 付 属 資 料

Ⅶ 付 属 資 料

1. タイリグナイトブリケット振興計画調査概念図
2. Scope of Work
3. Minutes of Meeting
4. Questionnaire
5. タイにおけるバガスの分布状況
6. ブリケット製造に係る参考文献
 - (1) 4 th International Symposium on Agglomeration
 - (2) Development of Coal-Biomass Briquette (Biocoal) and its Combustor

タイリグナイトブリケット振興計画調査概念図

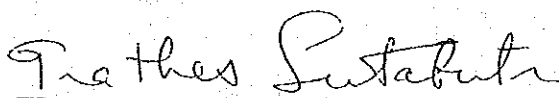


SCOPE OF WORK
FOR
THE FEASIBILITY STUDY
ON
LIGNITE BRIQUETTE DEVELOPMENT
IN
THE KINGDOM OF THAILAND
AGREED UPON BETWEEN
NATIONAL ENERGY ADMINISTRATION
AND
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Bangkok, July 26, 1989

SCOPE OF WORK
FOR
THE FEASIBILITY STUDY
ON
LIGNITE BRIQUETTE DEVELOPMENT
IN
THE KINGDOM OF THAILAND
AGREED UPON BETWEEN
NATIONAL ENERGY ADMINISTRATION
AND
THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

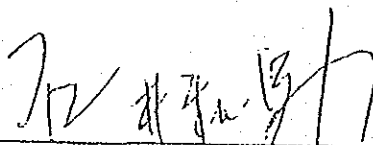
Bangkok, July 26, 1989



(Mr. Prathes Sutabutr)

Deputy Secretary-General

National Energy Administration
Ministry of Science,
Technology and Energy



(Mr. Kazuo Ishii)

Leader of the Preliminary
Survey Team

The Japan International
Cooperation Agency

I. INTRODUCTION

In response to the request of the Government of the Kingdom of Thailand, the Government of Japan decided to implement the feasibility study on lignite briquette development in the Kingdom of Thailand (hereinafter referred to as "the Study"), within the general framework of technical cooperation between Japan and Thailand, which is set forth in the Agreement on Technical Cooperation between the Government of Japan and the Government of Thailand signed on 5 November, 1981.

Accordingly, the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA"), the official agency responsible for the implementation of the technical cooperation programmes of the Government of Japan, will undertake the Study, in accordance with the relevant laws and regulations in force in Japan and in close cooperation with the authorities of the Kingdom of Thailand.

The National Energy Administration (hereinafter referred to as "NEA"), the Ministry of Science, Technology and Energy shall act as counterpart agency to the Japanese study team (hereinafter referred to as "the Team") and also as coordinating body in relation with other relevant organizations for the smooth implementation of the Study.

The present document sets forth the Scope of Work with regard to the Study.

II. OBJECTIVE OF THE STUDY

The objective of the Study is to investigate the technical and economic feasibility of producing lignite briquette for small industries and households to substitute firewood and charcoal in Thailand.

III. SCOPE OF THE STUDY

The study will be carried out in the following two (2) stages:

1st stage : Market study

2nd stage : Techno-economic feasibility study and overall conclusion

The 1st stage study consists of the background survey and the market study of the lignite briquette. Before the commencement of the 2nd stage the interim report will be presented.

The 2nd stage study consists of the technical and economic evaluation of the lignite briquette production and overall conclusion.

The details at the respective stages are as follows:

1st stage:

1. Review of the background

1-1 National policy on, and present situation of, the energy in Thailand

1-2 Present situation of coal industry in Thailand

2. Study on the energy consumption
 - 2-1 Classification of energy use by industrial sectors and household sectors
 - 2-2 Trend of energy consumption by sectors
 - 2-3 Acts and regulations governing usage of fuels

3. Study on the prospective market for lignite briquette and its distribution system
 - 3-1 Review of the studies carried out so far
 - 3-2 Price trends of lignite briquette and its alternatives
 - 3-3 Quality and quantity demand for lignite briquette by sectors
 - 3-4 Reasonable price structure for the consumer side by sectors
 - 3-5 Consumers' response to different types of fuels
 - 3-6 Identification of the prospective market for lignite briquette
 - 3-7 Present and potential distribution system of coal briquettes and other fuels

4. Production test of lignite briquette
 - 4-1 Test and analysis of production of lignite briquette
 - 4-2 Test and analysis of combustion of lignite briquette

5. Survey on the acceptability of lignite briquette in the market

6. Overall evaluation on the market feasibility

2nd stage:

1. Study on resources and materials for producing the lignite briquettes
 - 1-1 Volume and quality of lignite at the Ban Pa Kha mine and others, if necessary
 - 1-2 Quality and supply of other materials for briquettes production
2. Review of production technology of briquettes
 - 2-1 Review of lignite briquettes production technology developed in Thailand
 - 2-2 Review of the production test at the 1st stage
 - 2-3 Preparation of production process flow diagram
 - 2-4 Transportation and supply scheme of lignite and other relevant raw material
3. Construction study of the lignites briquettes manufacturing pilot plant
 - 3-1 Site selection
 - 3-2 Conceptual design and cost estimation of the plant
 - 3-3 Supply methods of resources and material
 - 3-4 Utilities (water, sewerage, electricity, etc.)
 - 3-5 Construction schedule
4. Formulation of operation plan
 - 4-1 Operation schedule
 - 4-2 Operation and management organization of the project

5. Financial, economic and social evaluation of the project
 - 5-1 Financial analysis of the project
 - 5-2 Economic and social evaluation
 - 5-3 Economic comparison between lignite briquette and other existing fuels
 - 5-4 Environmental consideration on production and utilization of lignite briquette
6. Strategy formulation for dissemination of lignite briquette
7. Conclusion and recommendations

IV. STEPS AND SCHEDULE OF THE STUDY

1. Steps

- Step 1 : Preparatory office work in Japan
- Step 2 : Preparatory field work in Thailand
- Step 3 : Home office work in Japan
- Step 4 : Field work(1) in Thailand
- Step 5 : Home office work in Japan
- Step 6 : Presentation of interim report
- Step 7 : Field work(2) in Thailand
- Step 8 : Home office work in Japan
- Step 9 : Explanation of draft final report

2. Schedule

As shown in Annex

V. REPORTS

JICA will prepare and submit the following reports to the Government of Thailand.

1. Inception Report in English at the commencement of the Step 2 : 10 copies
2. Progress Report in English at the end of Step 2, 4 and 7: 15 copies for each stage
3. Interim Report in English within three (3) months after the end of the Step 4 : 20
4. Draft Final Report and its summary in English within six (6) months after the end of the Step 7 : 20 copies
5. Final Report and its summary in English within two (2) months after the receipt of comments by Thai side on the Draft Final Report : 30 copies

VI. UNDERTAKING OF THE GOVERNMENT OF THE KINGDOM OF THAILAND

1. In accordance with the Agreement on Technical Cooperation between the Government of Japan and the Government of the Kingdom of Thailand dated November 5, 1981, the Government of the Kingdom of Thailand shall accord benefits to the Team as follows:
 - (1) to permit the members of the Team to enter, leave and sojourn in Thailand for the duration of their assignment therein and exempt them from alien registration requirements and consular fees

- (2) to exempt the members of the Team from taxes, duties and any other charges on equipment, machinery and other materials brought into Thailand for the conduct of the Study
- (3) to exempt the members of the Team from income taxes and charges of any kind imposed on or in connection with any emolument or allowance paid to the members of the Team for their services in connection with the implementation of the Study
- (4) to bear claims, if any arises against the members of the Team resulting from, occurring in the course of, or otherwise connected with the discharge of their duties in the implementation of the Study, except when such claims arise from gross negligence or willful misconduct on the part of the members of the Team

2. To facilitate smooth conduct of the Study, NEA shall take necessary measures in cooperation with other relevant organizations:

- (1) to secure permission for entry into private properties or restricted areas for the conduct of the Study
- (2) to secure permission for the Team to take all data and documents (including photographs) related to the Study out of Thailand to Japan
- (3) to provide the medical services as needed (its expenses will be chargeable on members of the Team.)

(4) to ensure the safety of the members of the Team when and as it is required in the course of the Study

3. NEA shall, at its own expense, provide the Team with the following:

- (1) available data and information related to the Study
- (2) counterpart personnel
- (3) suitable office space with necessary equipment
- (4) credentials or identification cards

VII. UNDERTAKING OF JICA

For the implementation of the Study, JICA shall take following measures:

1. to dispatch, at its own expense, study teams to Thailand
2. to pursue technology transfer to the Thai counterpart personnel in the course of the Study

VIII. OTHERS

JICA and NEA will consult with each other in respect of any matter that may arise from or in connection with the Study.

Annex

Tentative Schedule

Item	1989			1990												1991																									
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12													
Preparatory Office Work (Step 1)																																									
Preparatory Field Work (Step 2)																																									
Progress Report																																									
Home Office Work (Step 3)																																									
Field Work(1) (Step 4)																																									
Progress Report																																									
Home Office Work (Step 5)																																									
Interim Report																																									
Presentation of Interim Report (Step 6)																																									
Field Work(2) (Step 7)																																									
Progress Report																																									
Home Office Work (Step 8)																																									
Submission of Draft Final Report																																									
Explanation of Draft Final Report (Step 9)																																									
Submission of Final Report																																									

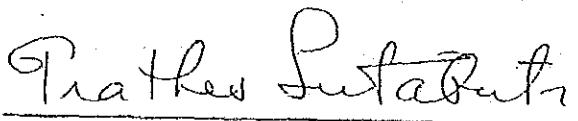
Work in Japan Work in Thailand

MINUTES OF MEETING
ON
THE SCOPE OF WORK
FOR
THE FEASIBILITY STUDY
ON
LIGNITE BRIQUETTE DEVELOPMENT
IN
THE KINGDOM OF THAILAND

Bangkok, July 26, 1989

MINUTES OF MEETING
ON
THE SCOPE OF WORK
FOR
THE FEASIBILITY STUDY
ON
LIGNITE BRIQUETTE DEVELOPMENT
IN
THE KINGDOM OF THAILAND

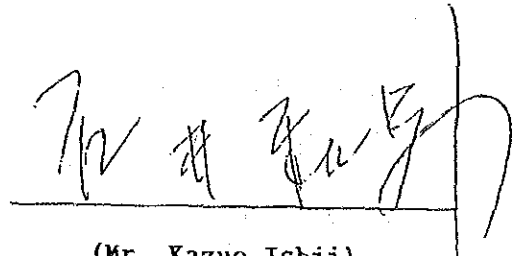
Bangkok, July 26, 1989



(Mr. Prathes Sutabutr)

Deputy Secretary-General

National Energy Administration
Ministry of Science,
Technology, and Energy



(Mr. Kazuo Ishii)

Leader of the Preliminary
Survey Team

The Japan International
Cooperation Agency

The Preliminary Survey Team made a visit to the Kingdom of Thailand to discuss and decide the Scope of Work for the captioned study. During its stay in Thailand, the Preliminary Survey Team had a series of discussions with the Thai officials of National Energy Administration.

Both the Japanese and the Thai sides agreed, in principle, on the Scope of Work as contained in the Scope of Work document. The following are the items which both sides clarified through the discussions.

1. Both sides agreed that some improvement would be required on the present cooking stove and burning equipment for adaptation to the characteristics of the lignite briquette produced in the Study. In this regard, the Study includes the design and specifications of a cooking stove. At the same time, the same consideration will be given to the burning equipment in the most prospective small industry.
2. The Thai side requested the supply of the facilities stated in the attached paper for the Study. The Japanese side understood the necessity of the facilities for the Study and approved the request.
3. The above facilities will be placed at Energy Research and Fuel Test Center in Rangsit, Pathum Thani Province except the personal computer which will be placed in the NEA head office for data analysis in the Study.

4. The pilot plant capacity will be 3,000 tons/year according to the Thai request. The capacity, however, will be subject to change based on the result of the Study so that it could have a minimum capacity for commercial operation.
5. The Thai side proposed two sites for the above pilot plant. They are mine-mouth of the Ban Pha Ka Lignite Mine in Lamphun Province and that of the Ban Haeng Coal field in Lampang Province. The final decision on the site will be made in the Study based on the availability of raw materials, access to the market, etc.
6. The both sides agreed the importance of technology transfer to the Thai officials through the Study. Concerning this, the Japanese side proposed to accept one NEA official in this Japanese fiscal year. Regarding the acceptance of NEA officials in next fiscal year and the fiscal year after next, the Thai side requested the Japanese side to accept at least one official in each fiscal year and the Japanese side promised to take it into consideration.
7. The Japanese side explained that the Study on lignite resources would be conducted by the data and information from the Thai side and not by the exploration.
8. The Thai side agreed to bear such local costs as purchasing and transportation cost of raw materials (lignite, agricultural wastes, slaked lime, etc.), electricity cost for laboratory scale facilities, traveling cost for NEA officials, etc.

9. During the Study, the Study team will bring back some of the above said raw materials to Japan in order to confirm that the lignite briquette could be produced from the raw materials at a commercial plant. In connection with this, the Japanese side requested the Thai side for full support to clear the custom procedure.

Attachment

1. Laboratory scale briquetting facilities (500 Kg - one ton/day)

1) Crushing machine for coal materials

. Jaw crusher : 200 - 300 Kg/hr (Particle size : -5 mm)

. Grinding machine : 100 - 150 Kg/hr (Particle size : -1 to -2 mm)

2) Crushing machine for biomass materials

: 50 Kg/hr

3) Screening machine with vibration

: 200 Kg/hr

4) Mixing machine : 100 - 150 Kg/hr

5) Briquetting machine : 150 - 200 Kg/hr (Pressure : 3 - 5 t/cm)

6) Tablet testing machine

: 2 - 4 t/cm²

7) Breaking strength meter : Measurement of briquettes, tablets

2. Personal Computer

1 set of personal computer, printer, and hard disk

The major tasks of our preliminary survey team are to collect the necessary data and information for the study to follow, and to discuss and decide the Scope of Work(S/W) in which the contents of the study and the undertakings of both sides are stated.

In order to attain the above, we will be very much obliged if you would kindly answer the following questionnaires or provide us with the data and information regarding the Item III " the Scope of the Study " in the S/W.

Questionnaire

I. In connection with the Item 1 of the 1st Stage.

Please supply us the available data and information with regard to the Item 1 "Review of the back ground".

II. In connection with the Item 2 of the 1st Stage.

1. What kind of cooking energy is used in the rural and the urban home and also how do they cook with the energy (cooking outside or inside, the length of cooking time, the energy quantity used for one-time cooking etc.) ?

2. What kind of cooking stove is used for the above respective homes and what material is it made of ?

3. What kind of burning energy and burning equipment are used in the small industries ?

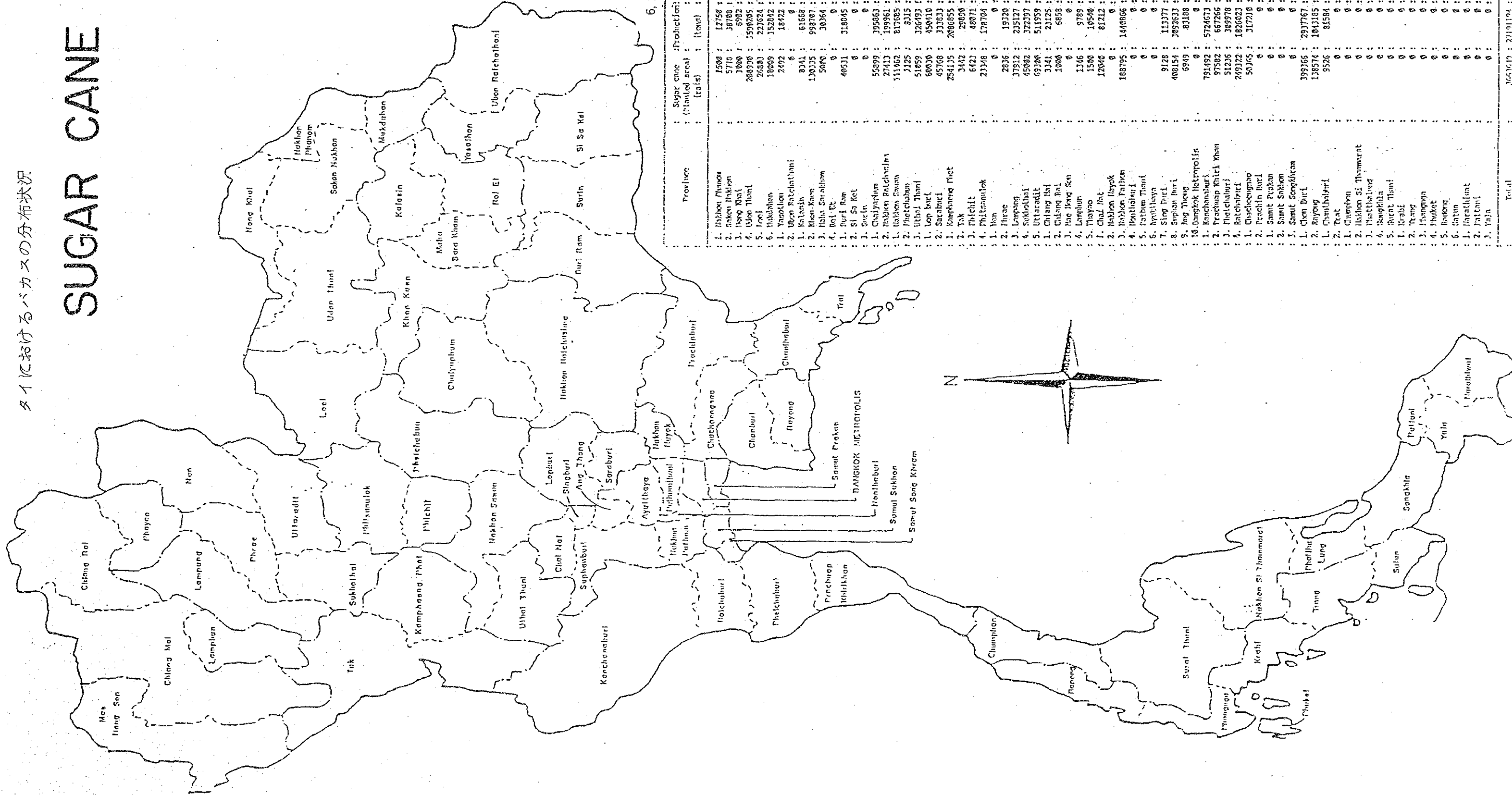
III. In connection with the Item 1 of the 2nd Stage

1. In the production of lignite briquette, it is important to find out proper biomass binder (it may be some agricultural waste). In this regard, please list up the prospective biomasses, their volume, their quality and their distribution map in Thailand.
2. How are the above biomasses used ? (ex. for feedstuff, for manure etc.)
3. Do you have any collection system or network of the said biomasses ? If you have, please map out the places where the biomasses are collected.
4. Please let us know the quality and the volume of slaked lime (Ca(OH)_2) which may be used as desulphurization agent of the lignite briquette.

IV. In connection with the Item 6 of the 2nd Stage.

For dissemination of the lignite briquette, some improvement will be required on the present cooking stove and burning equipment for adaptation to the characteristics of the lignite briquette produced in this study and to local conditions. Concerning this, we would like to get such information as the producer's name of cooking stove and burning equipment, and their production capacity. If possible, we would like to visit some of them.

SUGAR CANE



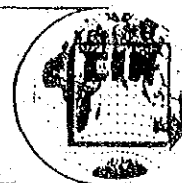
6, 25 rai = 1 hectare

Province	Sugar cane (limited area) (raai)	Production (tons)	Refined (tons)	Top & Trash (tons)	Agro-Economics Zone
1. Nakhon Phanom	1500	12750	2550	29225	Agro-Economics Zone 1
2. Sakon Nakhon	5710	38780	7742	89828	
1. Udon Rattana	1800	5982	1196	15975	
2. Udon Thani	20890	150285	31894	3657472	
5. Roi Et	26800	227624	45225	523535	
6. Mahasarakham	10000	152842	30568	351537	
1. Yasothon	2492	18422	3684	42171	Agro-Economics Zone 2
2. Ubon Ratchathani	0	0	0	0	
1. Kalasin	8341	61568	12324	141836	Agro-Economics Zone 3
2. Khon Kaen	13035	98707	19741	2297826	
3. Maha Sarakham	5000	30364	6073	69837	
4. Roi Et	0	0	0	0	
1. Udon Rattana	40531	318045	63769	733394	Agro-Economics Zone 4
2. Si Sa Ket	0	0	0	0	
3. Surin	0	0	0	0	
1. Chaiyaphum	55099	395863	79173	910485	Agro-Economics Zone 5
2. Nakhon Ratchasima	27413	199961	39992	459310	
1. Nakhon Sawan	111462	817835	163537	1880576	Agro-Economics Zone 6
2. Phetchabun	2125	8315	1663	19125	
3. Udon Thani	51899	326931	65299	758934	
1. Lop Buri	60030	450110	90082	1035941	Agro-Economics Zone 7
2. Saraburi	45768	313033	66767	767816	
1. Kamphaeng Phet	254135	2086855	413711	4799767	Agro-Economics Zone 8
2. Tak	3442	29090	5978	68747	
3. Phichit	6422	48071	9614	110563	
4. Phitsanulok	23748	178704	35741	411019	
1. Nonthaburi	0	0	0	0	
2. Phrae	2836	19120	3864	44416	
3. Lampang	37912	235127	47025	540792	
4. Sukhothai	45002	322197	64479	741513	
5. Uttaradit	69100	511959	102302	1177506	
1. Chiang Mai	3341	23125	4625	53188	Agro-Economics Zone 10
2. Chiang Rai	1000	6898	1372	15773	
3. Mae Hong Son	0	0	0	0	
4. Lamphun	1346	9789	1958	22515	
5. Thanyaburi	1500	10548	2108	24022	
1. Chai Nat	12040	81212	16242	186788	Agro-Economics Zone 11
2. Nakhon Nayok	108795	1470806	288173	3313992	
3. Nakhon Pathom	0	0	0	0	
4. Pathumthani	0	0	0	0	
5. Satun Thani	0	0	0	0	
6. Nakhon Phanom	0	0	0	0	
7. Sing Buri	9128	113777	22875	260707	
8. Suphan Buri	408154	3092833	618527	7117056	
9. Ang Thong	6949	83108	16638	191332	
10. Bangkok Metropolitan	0	0	0	0	
1. Kanchanaburi	78192	5724673	1144935	13166748	Agro-Economics Zone 12
2. Prachin Buri	97582	667266	133453	1534712	
3. Phetchaburi	51236	369978	61996	712949	
4. Ratchaburi	249322	1820023	365285	4199853	
1. Chachoengsao	50765	317210	63442	729503	Agro-Economics Zone 13
2. Prachin Buri	0	0	0	0	
1. Samut Prakan	0	0	0	0	
2. Samut Sakhon	0	0	0	0	
3. Samut Songkhro	0	0	0	0	
1. Chon Buri	399365	2937767	587533	6750864	Agro-Economics Zone 15
2. Rayong	138574	1043185	200637	2399326	
1. Chanthaburi	9526	81584	16317	187643	Agro-Economics Zone 16
2. Trat	0	0	0	0	
1. Chumphon	0	0	0	0	
2. Nakhon Si Thammarat	0	0	0	0	
3. Phatthalung	0	0	0	0	
4. Songkhla	0	0	0	0	
5. Surat Thani	0	0	0	0	
1. Krabi	0	0	0	0	
2. Trang	0	0	0	0	
3. Hangdong	0	0	0	0	
4. Phuket	0	0	0	0	
5. Ranong	0	0	0	0	
6. Satun	0	0	0	0	
1. Nonthaburi	0	0	0	0	
2. Pathumthani	0	0	0	0	
3. Yala	0	0	0	0	

Total : 366310 : 2101104 : 5418219 : 6250406



**4TH INTERNATIONAL
SYMPOSIUM ON
AGGLOMERATION**



June 2-5, 1985
Royal York Hotel
Toronto, Ontario, Canada

Co-Sponsors:

Iron and Steel Society • Canadian Institute of Mining and Metallurgy
In Cooperation with - Society of Mining Engineers

C.E. Capes, *Editor*
National Research Council of Canada
Ottawa, Ontario, Canada

L.G. Kuhn, *Publisher*
T.P. McAloon, *Manager, Publications*
H. Slack, *Proceedings Coordinator*
R.M. Burger, *Production Manager*
D. Baier, L. Priore, *Production Assistants*
M.A. Sample, *Typesetter*

BRIQUETTING AND COMBUSTION CHARACTERISTICS OF
COAL-WOOD COMPOSITE FUEL (BIO-COAL)

Toshihiko Maruyama
Hokkaido Industrial Research Institute
Hokkaido, Japan

Chuichi Mizoguchi
Otsuka Iron Works, Ltd.
Tokyo, Japan

INTRODUCTION

Lying in the northernmost part of Japan, Hokkaido is a cold, snowy area where a vast volume of oil is consumed as fuel for domestic heating and for medium and small boilers for the heating of offices, commercial and industrial buildings, etc. For instance, kerosene accounts for about 90% of the total consumption of fuel for domestic use, with annual consumption amounting to about 3.5 million kiloliters.

Stimulated by the second oil crisis, the substitution of coal, coke, woody pellets and other solid fuels for such oil fuels has been pursued, and the greatest hopes have been entertained for coal. However, coal has many inconveniences. For example, suppression of sooty smoke emission, control of combustion rate and disposal of ash are very difficult in conventional combustion equipment. Even if such difficulties could be eliminated by development of a new type of combustion equipment, usable qualities and brands of coal are extremely limited because low-ash and non-caking coal is required. In these circumstances, it is difficult for coal or other solid fuel with a coal base to find general acceptance as an alternative fuel for oil, though the price of such solid fuel is lower than that of oil.

With a view to stable supply of an improved solid fuel that is free of the inconveniences of coal, the Hokkaido Industrial Research Institute is developing a new composite solid fuel called "Bio-Coal", which can be made from a wide range of ranks of coal in combination with wood wastes, such as sawdust, bark, etc. Special burning equipment for Bio-Coal is also being developed. In this study, Bio-Coal production is embodied in a roll press method in cooperation with Otsuka Iron Works Co., Ltd.

Briquettability of Coal-wood Particles Mixture

Coal and wood waste, used as raw materials for Bio-Coal, are typical solid fuel sources,

long employed as fuels for heating. However, their direct use as fuel for heating involves various difficulties. As already mentioned, coal has many inconveniences, including liability to emission of sooty smoke. As compared with coal, woody fuel has favorable characteristics, such as low ash content, low nitrogen content, reduced emission of smoke and good combustibility, but it has also a serious drawback. Woody fuel is low in calorific value, which is an essential property required for fuel.

The object of this study is therefore to blend coal with wood waste so as to obtain a solid fuel that combines the advantageous characteristics of both raw materials - a sort of composite fuel. With a view to development of this composite fuel, its production by a roll press is studied.

In the roll press technique, powder-briquetting technique excellent for mass production, is now widely adopted in various sectors of industry, such as the ceramics industry, mining industry, metallurgical industry and chemical industry. In this technique, briquetting is carried out by any one of the following three methods according to the powder properties of raw material used, purpose of briquetting, use of briquettes obtained and other conditions: briquetting method with compression only, briquetting method with addition of binder, and hot-briquetting method.

For Bio-Coal, briquetting is carried out by compression only, without addition of binder. However, since its raw material is a sort of natural high polymer, properties of the raw material as a viscoelastic body must be taken into consideration for briquetting of Bio-Coal. The rheological properties of its raw material depend on the rank of coal¹⁾, on one hand, and on the species of tree, portion in tree, moisture content²⁾, etc. of woody material, on the other hand. Its briquetability is greatly affected by such rheological properties. In particular, in the process of roll press briquetting of Bio-Coal, where the woody material serves as binder, the springback on decompression may greatly affect the breaking strength, density and other properties of Bio-Coal. Therefore, to determine the conditions for production of Bio-Coal, it is necessary to study, in addition to such briquetting conditions as temperature and pressure, the springback on decompression which reflects directly the rheological properties of the raw material. Such springback must be studied in terms of raw material compositions, nature of coal and woody material, coal blends, etc.

Basic tests (tablet tests)

Tableting tests were carried out on coal-wood particles mixtures for basic study of their briquetability from the relation of briquetting temperature and pressure to springback, breaking strength and density of tablet obtained.

(1) Testing procedure:

Samples used for tests were selected from the materials given in Table I: two kinds of coal, Sunagawa coal and Horonai coal, were used as coal samples, while two types of wood dust, A and B, were used as woody material samples. Petroleum coke was also used as test sample. Tableting was carried out with a small cylindrical mold (d = 25 mm), where 3 g of each mixture sample of coal and wood dust was placed. The tableting conditions were as follows: 20°C, 50°C and 80°C for tableting temperature, 0.8 t/cm², 1.5 t/cm² and 2.4 t/cm² for tableting pressure and 10 sec for holding time. On each coal-wood tablet obtained, breaking strength*, density and springback ratio** were measured.

(2) Test results:

From the tableting tests, the following results were obtained (Table II):

- (a) The breaking strength of coal-wood tablets increased with increasing wood content, while it decreased with increasing grain size of coal. In these tablets, it was their woody constituent that served as binder³⁾.
- (b) The breaking strength of tablets showed a tendency toward increase with increasing tableting pressure. Tablets obtained at a temperature of 20°C had a relatively low breaking strength for all of three tableting pressures, while tablets consisting of 75 wt.% of coal and 25 wt.% of wood dust A, obtained at tableting temperatures of 50°C and 80°C, presented a breaking strength of about 100 kg for both Sunagawa coal and Horonai coal. The variation of breaking strength according to the rank of coal was remarkable in the case of tableting at 20°C (Fig. 1).

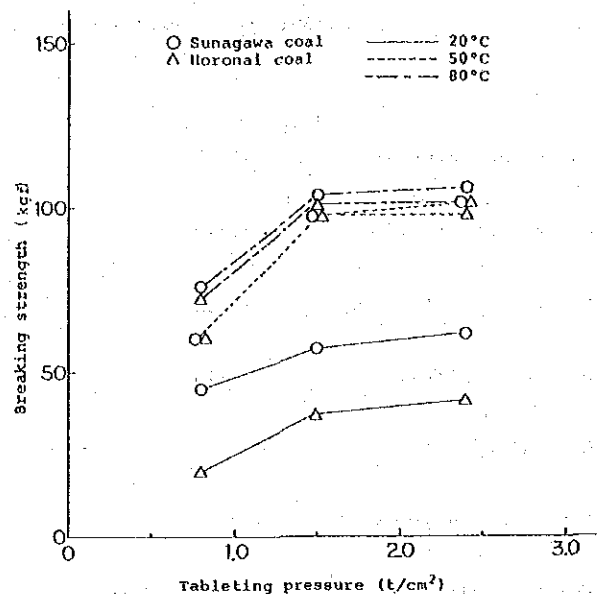
* Breaking strength (kg): forced breaking load as measured by test with a steel ball 20 mm in diameter.

** Springback ratio (%): $\frac{(\text{Thickness of tablet immediately after decompression}) - (\text{Thickness of tablet being molded})}{(\text{Thickness of tablet being molded})} \times 100$

Table I Analytical Properties of Test Samples

	Sunagawa coal	Horonai coal	Obira coal	Tenpoku coal	Wood dust A	Wood dust B	Petroleum coke
Moisture content (%)	2.6	3.3	8.0	11.5	5.5	4.8	1.2
Ash content (%)	8.4	5.2	14.5	16.1	2.0	1.4	0.6
Volatile matter (%)	39.5	49.5	37.0	41.8	78.2	72.3	13.1
Fixed carbon (%)	49.5	42.0	40.0	30.6	14.3	21.5	85.1
Calorific value (kcal/kg)	7,330	7,420	5,720	4,660	4,480	4,530	8,570

Wood dust A: sawdust, building timber waste, etc.
Wood dust B: larch bark



Note: Grain size of test sample: -1 mm
Content of wood dust A: 25 wt. %

Fig. 1 Relation of Tableting Pressure and Temperature with Breaking Strength of Coal-wood Tablets

- (c) The density of tablets increased in proportion to the increase of tableting pressure, while no remarkable difference in density between tableting temperatures was found. However, the difference in density of tablets between ranks of coal was considerable: in general, the tablets made from Sunagawa coal were of higher density than those made from Horonai coal (Fig. 2).
- (d) The springback ratio of tablets showed a tendency toward increase with increasing tableting pressure. At a tableting temperature of 20°C, the springback ratio on decompression was very high. In the case of Horonai coal, little difference in springback ratio between tableting temperatures of 50°C and 80°C was observed, and the springback ratio for Horonai coal was found obviously high as compared with that observed for a tableting temperature of 80°C for Sunagawa coal (Fig. 3).

Table II Properties of Coal/Petroleum Coke/Wood Tablets

Ratio (wt.%)	Tableting temperature (°C)	Springback ratio (%)	Density (g/cm ³)	Breaking strength (kgf)
Sunagawa coal/Wood dust A - 75:25	50	26.7	1.11	106
	80	24.3	1.10	127
Horonai coal/Wood dust A - 75:25	50	30.5	1.07	98
	80	30.6	1.05	111
Sunagawa coal/Wood dust B - 75:25	50	20.0	1.17	100
	80	19.0	1.16	105
Horonai coal/Wood dust B - 75:25	50	24.0	1.10	75
	80	21.0	1.09	98
Horonai coal/Sunagawa coal/Wood dust A - 37.5:37.5:25	50	26.2	1.10	98
	80	24.4	1.12	128
Petroleum coke/Wood dust A - 75:25	50	24.8	1.14	107
	80	24.5	1.15	130
Horonai coal/Petroleum coke/Wood dust A - 50:25:25	80	26.5	1.11	93

(e) Mixtures with wood dust of larch bark (wood dust A) presented a lower springback ratio than those with wood dust of timber waste (wood dust B) and gave tablets of higher density. For mixtures where Horonai coal was blended with Sunagawa coal or petroleum coke, their springback ratio was lower in all cases than that of mixtures where Horonai coal was used neat (Table II).

the case of Sunagawa coal, it was low for all grain size ranges. On the other hand, the springback ratio of wood tablets depended largely on the grain size of raw material, but for grain sizes of a 25 mm and over, it was higher than that of tablets of Horonai coal (Fig. 4).

(f) The springback ratio of tablets made only of coal fines depended on the rank of coal. In

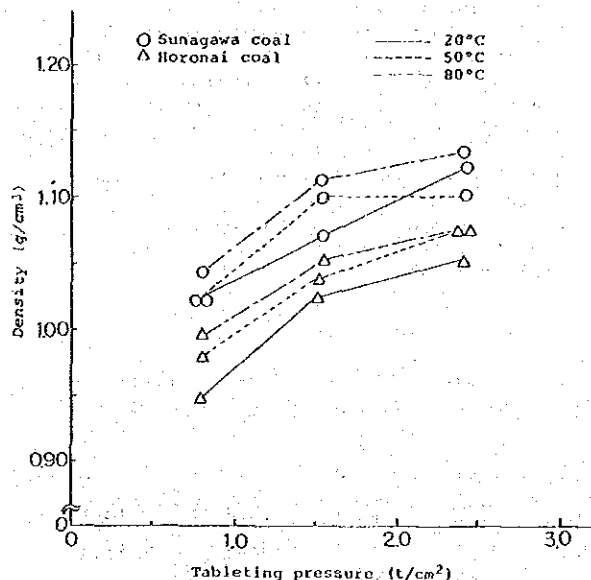


Fig. 2 Relation of Tableting Pressure and Temperature with Density of Coal-wood Tablets

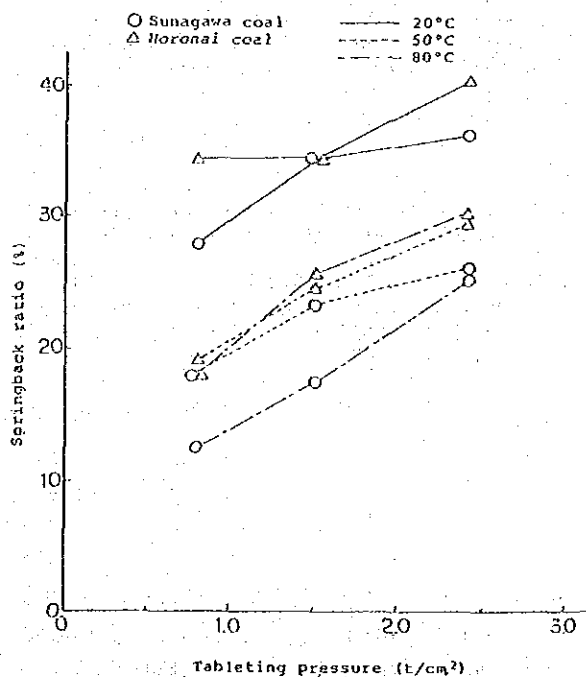


Fig. 3 Relation of Tableting Pressure and Temperature with Springback Ratio of Coal-wood Tablets

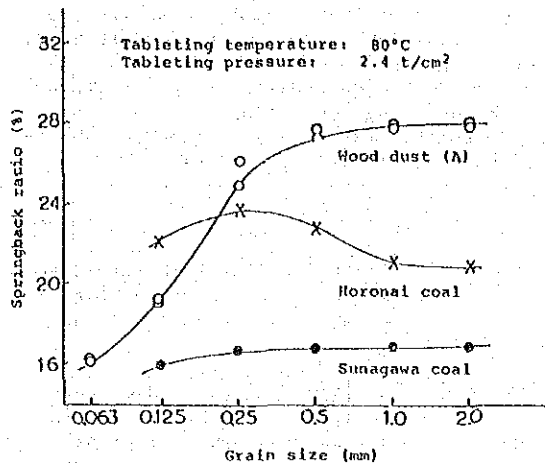


Fig. 4 Effects of Grain Size on Springback Ratio of Coal Tablet and Wood Tablet

According to these test results, tablets having a satisfactory strength are obtained from a mixture of 75 wt.% of coal and 25 wt.% of wood, without addition of any special binder, under the tableting at a temperature of 80°C and pressure of 2.4 t/cm². The tabletability of such coal-wood mixture depends on the kind of coal or of woody material used, in addition to the tableting temperature and pressure. In terms of properties of tablets, especially springback ratio, it may be considered that Sunagawa coal belongs to the group of coals of high briquetability, while Horonal coal falls under the group of coals of low briquetability. For wood, larch bark may be a woody raw material excellent in briquetability. If the briquetability of coal-wood mixture is to be further improved, blending the raw material coal with highly briquettable coal fines or petroleum coke fines may be an effective approach.

Bio-Coal Briquetting Tests

On the basis of the tableting test results so far obtained, process and optimal equipment for actual production of Bio-Coal were studied and briquetting tests were conducted by using a small test equipment to study the feasibility of mass production of Bio-Coal in terms of raw material compositions, coal brands, possibility of coal blending and other conditions.

General types of actual production equipment based on the high-compression molding process include reciprocating piston press, rotary tableting machine and briquetting machine. For Bio-Coal production equipment, the following conditions are desired: the equipment should permit mass production and continuous operation for long period and, at the same time, it should be capable of giving products which are little susceptible to breaking during transportation and which have a form contributing to their good combustion quality. The equipment best adapted to these conditions is a briquetting machine.

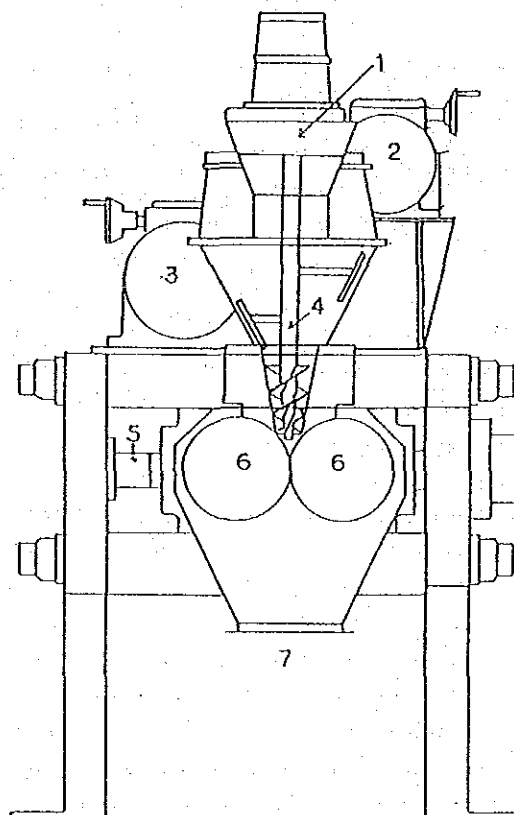
In Japan, briquetting is widely employed in various sectors of industry, such as iron and steel industry, ceramic industry and chemical industry. Large machine with briquetting pressure of 0.5 to 5 t/cm² and capacity of tens of tons per hour is put to practical use.

For briquetting tests, it was decided to make briquettes of about 6 cc or more in size since briquettes made by a small test equipment would be used also for combustion tests. And, a small briquetting machine with a roll size permitting the briquetting to such size was manufactured for trial.

In this test machine, the raw material is fed forcibly into between rolls by a vertical screw. The test machine has a function of stepless control of screw rotation speed, roll rotation speed and roll pressure.

(1) Test samples:

Samples used for briquetting tests are given in Table I. Their grain sizes were 3 mm and under for coal and petroleum coke, and 2 mm and under for woody materials. Petroleum coke was used to condition the calorific value or combustion properties of Bio-Coal.



- | | |
|-----------------------|-------------------|
| 1: Charging hopper | 5: Load cell |
| 2: Feeder drive motor | 6: Roll tyre |
| 3: Roll drive motor | 7: Product outlet |
| 4: Screw | |

Fig. 5 Outline of Test Briquetting Machine

(2) Testing procedure:

The small-size roll press manufactured for trial is outlined in Fig. 5. With this roll press, briquetting tests were carried out in accordance with the following procedure:

Fifteen kilograms (15 kg) of starting raw material consisting of determined proportions of coal, petroleum coke breeze and wood dust were charged into a ribbon-type heating agitator, where the raw material was mixed while being heated to a temperature of $70 \pm 5^\circ\text{C}$. Then, the hot mixture was briquetted under the conditions given in Table III. For each sample mix, this operation cycle was repeated 5 to 10 times and 75 to 150 kg in total of starting raw material was continuously briquetted. The pressure applied on the roll by the mixture being

Table III Roll-press Briquetting Conditions

Roll size:	ϕ 300 mm \times 55 mm
Roll pocket:	1 line, almond-shaped, approx. 6 cc
Roll clearance, rotation speed and separating force:	1.0 mm, 6 to 7 rpm, 30 t
Roll line pressure:	4,000 to 6,000 kg/cm
Capacity:	150 to 200 kg/h

briquetted was read by a load cell. Briquettes obtained were passed through a sieve of 10-mm mesh size to remove their fins, and the product yield was determined. Then, these briquettes were used for measurement of their properties and for testing of their combustion characteristics.

For mixes having low briquetability, a double briquetting test was performed to study the effect of preliminary briquetting on the improvement of briquetability. For certain mixes, briquetting test using only the fins removed from briquettes was also performed, to study the briquetability of fins.

(3) Test results:

The properties of Bio-Coal determined from the results of roll-press briquetting tests are given in Table IV. The test results are summarized below.

- (a) The briquetability of coal-wood mixture varied distinctly from one brand coal to another. Sunagawa coal gave better Bio-Coal than Horonai coal, as expected from the above-mentioned results of tableting tests.
- (b) To obtain good Bio-Coal from coal of low briquetability, it is necessary either to adopt the double briquetting method as in case of Obira coal and Tenpoku coal or to blend, as in case of Horonai coal, a highly briquettable woody material (for example, larch bark) or weakly caking to caking coals (for example, Sunagawa coal) with the poorly briquettable coal.
- (c) The briquetting yield had a value of 85% or more whenever good Bio-Coal was obtained. In addition, all briquetting tests using only the fins removed from briquettes gave good Bio-Coal as in the case of double briquetting mentioned above. Accordingly, in the mass-

Table IV Properties of Bio-Coal Briquette Made by Roll Press

Ratio (wt.%)	Surface condition**	Density (g/cm ³)	Breaking strength (kgf)	Yield (%)
Sunagawa coal/Wood dust A - 75:25	⊙	1.17	101	88.0
Sunagawa coal/Petroleum coke/Wood dust A - 37.5:37.5:25	⊙	1.07	92	90.5
Horonai coal/Wood dust A - 75:25	×	1.07	42	75.0
Horonai coal/Wood dust B - 75:25	o	1.14	52	94.2
Horonai coal/Sunagawa coal/Wood dust A - 50:25:25	⊙	1.13	94	85.6
Horonai coal/Sunagawa coal/Wood dust B - 50:25:25	⊙	1.10	74	88.7
Obira coal/Wood dust A - 75:25	×	1.16	27	71.8
*Obira coal/Wood dust A - 75:25	o	1.18	74	89.5
Obira coal/Petroleum coke/Wood dust A - 50:25:25	×	1.08	43	76.3
*Obira coal/Petroleum coke/Wood dust B - 50:25:25	⊙	1.20	108	85.6
Obira coal/Sunagawa coal/Wood dust A - 37.5:37.5:25	⊙	1.18	77	88.5
Obira coal/Sunagawa coal/Wood dust A - 50:25:25	⊙	1.19	71	89.3
Tenpoku coal/Wood dust A - 75:25	o	1.03	67	80.2
*Tenpoku coal/Wood dust A - 75:25	⊙	1.20	109	90.2
Tenpoku coal/Sunagawa coal/Wood dust A - 50:25:25	⊙	1.17	60	85.3
Petroleum coke/Wood dust A - 75:25	⊙	1.16	70	87.0

**⊙: Good, o: Passable, ×: Bad

production process, it may be expected that the blending of removed fins with the starting raw material will improve its briquetability.

- (d) Petroleum coke breeze showed a briquetability similar to that of Sunagawa coal, and its blending with coal-wood mixes gave good Bio-Coal in all cases. This possibility of blending of petroleum coke* with high calorific value and low ash content implies that the calorific value of Bio-Coal using low-grade coal as raw material can be made higher and that a blend of different kinds of coal will make it possible to produce a composite solid fuel having better combustion properties than those obtained from a coal-wood mix system.

Thus, the results of these roll-press briquetting tests are well correlated with the results of the tableting tests described above. In particular, the springback ratio determined by the tableting tests is considered to serve as an indicator of briquetability when solid fuel briquettes are produced by the roll press, using as raw material such visco-elastic material as a mixture of coal and wood waste. Furthermore, from the results of briquetting tests of coal-wood mixes, coupled with the results of tableting tests of coal particles only and wood particles only, it can be deduced that the consolidation of coal-wood mixture in a roll press takes place under compressive force with shearing strain. This implies that coal particles, while being partially broken, are subject to plastic deformation together with woody particles and that, in the end, the woody particles having received a larger plastic deformation act as the binder of Bio-Coal at the decompression stage.

Combustion Properties of Bio-Coal

According to the results of basic burning tests so far conducted on coal-wood tablet specimens⁴⁾, it was expected that the combustion properties of Bio-Coal would be excellent in ignitability, combustibility and smoke suppression as compared with those of coal. To confirm this point, burning tests using a coal stove available on the market were carried out, together with monitor burning tests. In addition, with a view to development of special Bio-Coal burning equipment, two types of small-size combustion equipment now under development were manufactured for trial use and combustion tests in this equipment were conducted.

*Petroleum coke, if used neat, is excellent in calorific value and ash content, but it has high sulfur content (which is a source of sulfur oxides) and high vanadium content (which causes corrosion and scaling in fuel-burning equipment). However, these drawbacks of petroleum coke can be eliminated if it is used in the form of composite solid fuel.

Tests on Bio-Coal Combustion in Coal Stove

Figs. 6 and 7 show smoke density values, which are among the results of tests conducted in a coal stove with coal storage (Fig. 8) available on the market to check the combustion properties of Bio-Coal shown in Fig. 9. Horonai coal and Taiheiyo coal tested for comparison with Bio-Coal are typical brands of coal used for heating in Hokkaido. Burning tests were conducted by firing wood to form a fire bed on the fire grate and then by charging the test fuel into the coal storage barrel. Thereafter, no special operation, such as poking, was carried out. Bio-Coal easily caught fire from the wood. Its combusti-

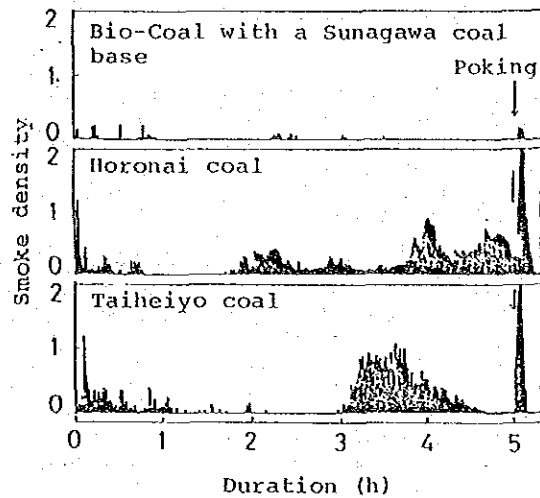


Fig. 6 Combustion Patterns during Test

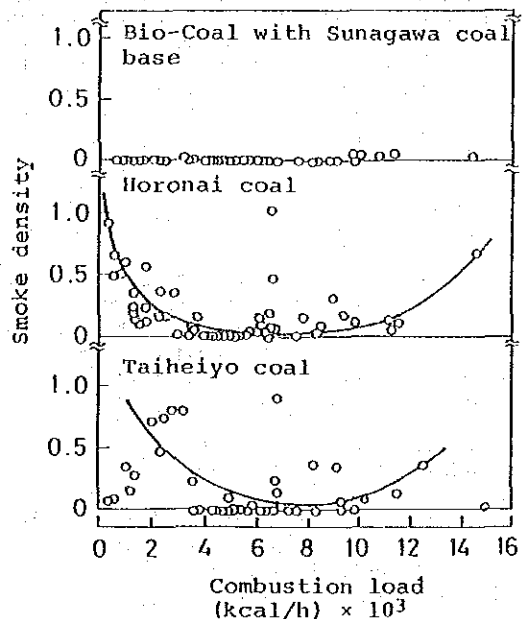


Fig. 7 Relation between Combustion Load and Smoke Density

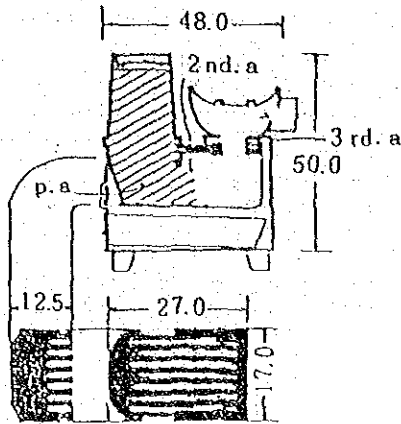


Fig. 8 Coal Stove with Storage

bility was better than that of coal. As is clear from Figs. 6 and 7, the amount of smoke emitted from Bio-Coal during combustion was very small over a wide load range. This characteristic is very important for combustion rate control and automatic combustion.

Thus, Bio-Coal is a little-smoking fuel. In addition, since wood dust with low nitrogen and sulfur contents is blended, a reduction in generation of nitrogen and sulfur oxides is also expected. In particular, for sulfur oxides, a part of the combustible sulfur contained in the raw material is fixed in the ash in the form of gypsum anhydride. In addition, even in the case of Bio-Coal with a caking-coal base, the phenomenon of melting and deposition, which is a drawback of coal, does not occur during combustion and, as is shown in Fig. 9, the ash is not liable to clinkering. Therefore, ash disposal is easy.

As described above, Bio-Coal is a composite solid fuel having better combustion properties than coal. Such better properties were verified also by domestic monitor tests conducted in various types of coal stoves for a long or short period of time.

Trial Manufacturing of Small-size Combustion Equipment and Combustion Tests

On the basis of the results of the study of combustion properties of Bio-Coal, two types of small-size combustion equipment with different combustion mechanisms were designed and manufactured for trial. Combustion tests in this equipment were also carried out.

(a) Forced-draft, automatic fuel feed combustion system:

In this system, the fuel is automatically dropped into a pot-type combustion chamber by means of a screw feed mechanism (spiral steel bar) and is burned with air fed into the pot through primary and secondary air inlets provided in the pot bottom and side wall. The heating power is done by dial con-



Bio-Coal

Sunagawa coal 75 wt.%, Larch bark dust 25 wt.%,
 Moisture content: 3.8%
 Ash content: 6.1%
 Calorific value: 6,700 kcal/kg

Fig. 9 Bio-Coal and Its Ash

trol of fuel feed rate. The ash is removed from the combustion chamber by automatic operation of the grate at regular time intervals.

(b) Traveling-grate automatic combustion type hot-air heating system:

In this system, Bio-Coal is automatically burned in the primary combustion chamber on a traveling grate and in the arch-type secondary combustion chamber. The combustion rate control is done by control of travel speed of the grate.

Table V gives the results of combustion tests conducted in this equipment.

According to the results of combustion tests so far obtained, the amount of smoke is very small in both types of combustion equipment. In both cases, the combustion can be kept good and, in a high-load combustion range, the air ratio can be reduced to about 1.5. Thus, both types of combustion equipment are considered to offer a system that makes the best use of the combustion properties of Bio-Coal. Therefore, it is planned to make further improvements to this equipment so as to put both types into practical use.

Conclusion

The purpose of this study is to develop a new regional energy system by supplying Bio-Coal, a coal-wood composite solid fuel having novel combustion properties, in combination with special burning equipment for it, while incorporating also an ash recovery system.

For the Bio-Coal production technique, briquetting tests by long-term operation are continuing in accordance with the flow sheet given in Fig. 10. However, from the roll-press test

Table V Results of Combustion Tests

Briquette		Bio-Coal (Moronal coal 75 : Wood dust 25)	
Test duration	(h)	5.5	6.5
Combustion rate	(kg/h)	2.2	0.8
Grate travel speed	(cm/h)	5.5	3.0
Primary air flow rate	(m ³ /h)	9.5	1.2
Secondary air flow rate	(m ³ /h)	6.0	3.2
Smoke density	(OD/20 cm)	0	0
Flue gas composition			
CO	(%)	0.13	0.33
CO ₂	(%)	8.8	4.5
O ₂	(%)	9.0	14.7
NOx (as 6% O ₂)	(ppm)	215	181
Air ratio m	(-)	1.7	3.3

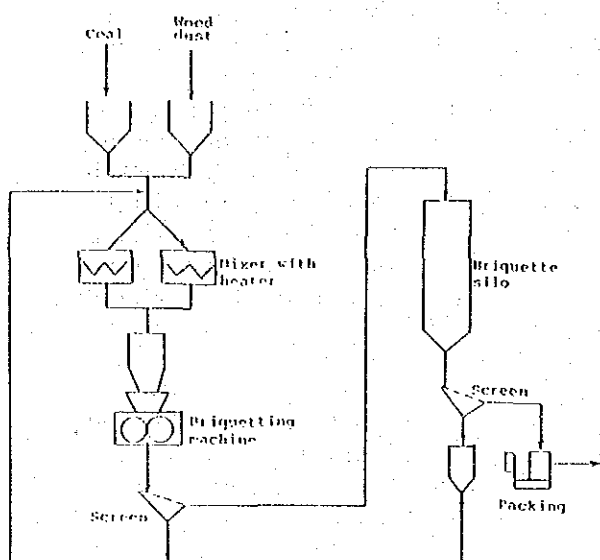


Fig. 10 Bio-Coal Production Flow Sheet

results so far obtained, it was judged that the mass production of Bio-Coal by the roll-press technique is quite feasible.

As for the combustion properties of Bio-Coal, it was confirmed that Bio-Coal was excellent, as compared with coal, in smoke suppression, combustion rate control, ease of ash disposal and other points. The development of special Bio-Coal burning equipment is still in the stage of trial manufacture, but further improvements to combustion equipment manufactured for trial, as well as improvements to conventional combustion equipment, will be pursued to develop a new combustion system matching the combustion properties of Bio-Coal.

As for the construction of Bio-Coal production plants in Hokkaido, it is desirable from an economic viewpoint (collection of raw materials, especially wood wastes, and delivery of products, etc.) to locate such plants on a regional or block-wise basis. It is important for greater economy, such as reduced transport cost, to establish a system where Bio-Coal produced from raw materials available in a region or block is consumed in that immediate region or block. For this purpose, a study of a Bio-Coal production system compatible with local conditions in each region is now being made in cooperation with a certain enterprise on the assumption of future construction of Bio-Coal plants in a few regions.

References

1. Sanada, Y., "Solid State Physical Studies of Coal," Report of the Resources Research Institute, No. 60 (1965).
2. Goring, D.A.I., "Thermal Softening of Lignin, Hemicellulose and Cellulose," Pulp and Paper Magazine of Canada, T517-527.
3. Maruyama, T., Morimoto, S., et al., "Coal-Wood Composite Fuel (Binder Effect of Woody Materials)," 17th Coal Science Conference (Fuel Society of Japan), October 1980.
4. Maruyama, T., Morimoto, S., et al., "Coal-Wood Composite Fuel (Combustion Characteristics of Coal-Wood Tablets)," 17th Coal Science Conference (Fuel Society of Japan), October 1980.

DEVELOPMENT OF COAL-BIOMASS BRIQUETTE (BIOCOAL)
AND ITS COMBUSTOR

Toshihiko Maruyama
Hokkaido Industrial Research Institute, Sapporo, Japan
and
Chūichi Mizoguchi
Taiyo-Otsuka Iron Works, Ltd., Tokyo Japan

ABSTRACT

Coal-biomass briquette named "Biocoal" is a sort of composite fuel consisting of 70 to 80 percent of coal and 20 to 30 percent of biomass by weight. The coal materials used are over a wide range of coal grades while the biomass materials used include various woody wastes and agricultural wastes such as barks, saw dust, bagasse, beet pulp and rice husk. The mass production technique for Biocoal has already been developed through adoption of the high pressure briquetting method with compression only in the roll press technique, and the commercial plant annually producing 6,000 tons of Biocoal (called the "Hotcoal") was constructed in November 1985 at Obira Town in Hokkaido. The materials used for production of Hotcoal are some coal grades produced in Hokkaido and barks discarded from a wood chip factory nearby the plant site. The Biocoal produced in this plant is now used mainly as a fuel for domestic heating.

As for the combustion characteristics of Biocoal, it has been confirmed, from the results of domestic heating so far obtained using the coal stoves available on the market, that Biocoal is better in combustion properties than lump coals. However, there is a problem in that the conventional type coal stoves are very low in heat efficiency. Therefore, development of special equipment for Biocoal must be promoted in view of the combustion characteristics of Biocoal. Up to now, a special Biocoal stove and two types of small-size combustors with different combustion mechanisms have been designed and manufactured for trial.

In this paper, the briquetting and combustion characteristics of Biocoal are chiefly discussed, on the basis of the briquetting and burning test results so far obtained. The Biocoal production process developed and special stoves for Biocoal are also described briefly, with a view to supplying the Biocoal, in combination with special burning equipment for domestic heating.

1. BRIQUETTING CHARACTERISTICS OF BIOCOAL

Biocoal composed of coal and wood waste has a strength enough to withstand ordinary handling without using any special binder. This is because its wood substances may act as a binder¹⁾²⁾. This action may be expected for other biomasses such as bagasse, beet pulp and rice husk similar in rheological properties to wood waste.

(1) TABLETABILITY OF COAL-BIOMASS MIXTURE

Table I shows the results of tablet test conducted by using various kinds of biomasses. Any of biomasses is capable of acting as a binder, but the bagasse shows especially excellent characteristics as a binder.

Table I Properties of coal/biomass tablets

	Spring back ratio (%)	Breaking strength (kgf)
Sunagawa coal/wood dust	16.5	180
Sunagawa coal/bagasse dust	10.8	211
Sunagawa coal/beet pulp dust	13.0	117
Sunagawa coal/rice husk dust	18.4	105

Notes:

Raw materials: Coal particle size -2.0 mm or under, biomass particle size -1.0 mm or under

Mix proportion: Coal/biomass dust: 75:25 (wt%)

Tableting temperature: 80°C, pressure: 2.4 t/cm²

(2) TEXTURE OF BIOCOAL

Fig. 1 shows an example of internal structure of Biocoal specimen (Sunagawa Biocoal). In these photos, the coal and biomass particles are arranged in a certain direction to show a fine structure. Therefore, microscopic observation of Biocoal internal structure may bring about important data for consideration on its briquetting process and the action of biomass as a binder.

(3) GRINDABILITY AND BRIQUETTABILITY OF COAL

In case of the Sunagawa Biocoal, fine coal particles are observed on its surface, as is shown in Fig. 1 (Right). This fact tells that unlike the biomass showing large plastic deformation, the coal particles have partially been broken in

the briquetting process. In case of high pressure briquetting, it is therefore assumed that the briquetability of coal is greatly influenced by the coal strength. The Hardgrove grindability index (HGI) to be taken as an indicator for the breaking strength of coal shows a deep correlation (Fig. 2) with the breaking strength of coal particles. Of these coal grades, Sunagawa coal (8) and Horonai coal (2) were used to conduct a Biocoal production test. The results obtained show that the former belongs to the group of easily briquettable coal and the latter to the group of hardly briquettable coal. However, by mixing both coal grades, the latter coal has been significantly improved in its briquetability. Judging from the fact that the similar effect is observed also in HGI of coal, the HGI may be one of essential indicators for evaluation of coal briquetability.

(4) BRIQUETTING TEST OF BIOCOAL BY SMALL-SIZE ROLL PRESS

With a view to developing Biocoal production techniques, a testing machine was installed in our institute. This machine is a small-size roll press for high pressure briquetting and its testing conditions are as given in Table II.

Table II Roll-press briquetting conditions

Roll size	: $\emptyset 300$ mm x 55 mm
Roll pocket	: 1 line, almond-shaped, approx. 6 cc
Roll clearance, rotation speed and separating	
Force	: 1.0 mm, 6 to 8 rpm, 30 t
Roll line pressure	: 3,000 to 5,000 kg/cm
Capacity	: 150 to 200 kg/h

The Biocoal production technique now in use in Hokkaido has been put into practical use on the basis of the data obtained by this testing machine. In addition, from the standpoint of international technical cooperation, various investigations have been made also on the briquetability of foreign coals. All of these foreign coals are low rank coal, the effective use of which has so far been pursued in the country of origin. Of foreign coals having so far been subjected to our investigation, three grades of foreign coals were selected and used for Biocoal

production and burning tests. Analytical values of these coal grades and Biocoal produced therefrom are compared with those of Hokkaido coal in Table III. The foreign coals differ in briquetability, but any Biocoal produced therefrom shows the breaking strength of 100 kgf or more.

Table III Analytical results of raw coals and Biocoal

	Hokkaido coal		Australian coal		Turkey coal		Soviet coal	
	Raw coal (Sunagawa)	Biocoal (a)	Raw coal	Biocoal (b)	Raw coal	Biocoal (c)	Raw coal	Biocoal (d)
Moisture(%)	2.6	4.0	13.8	12.3	16.3	9.7	36.0	15.1
Ash(%)	8.4	7.1	11.8	9.6	20.4	19.2	7.6	8.2
Volatile matter(%)	39.5	48.2	41.0	49.0	30.8	44.3	36.6	46.4
Fixed carbon(%)	49.5	40.7	33.4	29.1	32.5	27.3	21.8	30.3
Calorific value(kcal/kg)	7,330	6,590	5,330	4,920	4,530	4,320	3,920	4,700
Total sulphur(%) (d.b)	0.6	0.5	1.1	0.7	2.5	1.9	1.08	0.93
Incombustible sulphur(%) (d.b)	0.1	0.2	0.1	0.6	0.3	1.5	0.88	0.72
Combustible sulphur(%) (d.b)	0.5	0.3	1.0	0.1	2.3	0.4	0.26	0.21

a) Hokkaido biocoal : Bituminous coal 75 , Wood 25 wt. %

b) Australian biocoal: Subbituminous coal 71.25 , Wood dust 23.75 , Slaked lime 5 wt. %

c) Turkey biocoal : Brown coal 68.2 wt. % , Wood 22.7 wt. % , Slaked lime 9.1 wt. %

d) Soviet biocoal : Brown coal 75 wt. % , Wood 25 wt. %

2. COMBUSTION PROPERTIES OF BIOCOAL

The Biocoal is produced as a fuel for domestic boilers and other small-size boilers. In order to promote its popular use, it is necessary to give the Biocoal excellent combustion properties as compared with lumpy sized coal, in addition to the requisite characteristics as a solid fuel such as strength and shape.

(1) QUALITY OF RAW COAL AND BIOCOAL

Among the foreign coals having been subjected to Biocoal production test, the Australian coal and Turkey coal contain a high percentage of combustible sulfur that may cause air pollution, as is clear from Table III. The latter coal has an especially high content of such sulfur. In such coals, the combustible sulfur is contained mainly as an organic sulfur combined with the coal substances, but it may present also in the form of inorganic sulfur such as pyrite. The mineral sulfur of the latter type is, unlike other inorganic substances such as clay mineral and quartz, hardly

removed by ordinary coal cleaning. However, the Biocoal in which wood dust and slaked lime are mixed has a significantly low content of combustible sulfur. This is simply because a large portion of such combustible sulfur has been fixed in the form of anhydrous gypsum or the like through its reaction with slaked lime during combustion.

(2) BURNING TEST OF BIOCOAL

Fig. 3 shows the results of investigations made on the combustion characteristics of Biocoal using a commercially available coal stove with storage. The lumpy sized Taiheiyo coal is a typical coal grade having long been used as a domestic fuel in Hokkaido. Two types of Biocoal show a very low smoke density over a wide range of combustion load during combustion. This is an essential property for combustion control and automatic combustion in a small-sized combustor. Such low smoke density of Biocoal as compared with the lumpy sized coal is due to the reason that the coal used is small in particle size and is mixed with wood dust. Namely, the smoke generated from combustion of Biocoal with primary air may be burnt completely with secondary air as compared with the case of lumpy sized coal. Moreover, in order to suppress smoke generation from Biocoal, the smaller the coal particle size is and the higher the wood content is, the better the results are. Table IV shows the dust, sulfur and nitrogen oxides emissions observed upon combustion test conducted on the lumpy sized coal and Biocoal using the said coal stove. As is clear from this table, the Biocoal is very low in dust and sulfur emissions as compared with its raw coal. Further, in case of the Australian Biocoal, the nitrogen oxides emission is also reduced as compared with the raw coal. As for the Turkey Biocoal, its burning test was conducted by the use of a cartridge type coal stove with the result that the dust and sulfur emissions were remarkably reduced to about 15% and 25% of the raw coal, respectively.

Table IV Environmental emission from Biocoal and coals

	Dust (g/kg, fuel)	Sulphur ⁺ (g/kg, fuel(d.b.))	Nitrogen oxides ⁺⁺ (ppm/Nm ³ , 6%O ₂)
Sunagawa Biocoal	0.17	3.5	273
Taiheiyo coal (lumpy size)	2.61	0.5	227
Australian Biocoal	0.09	1.8	175
Its raw coal (lumpy size)	2.34	10.3	245
Soviet Biocoal	0.08	2.5	168

+ Sulphur emissions was calculated from sulphur content in combustion residues and total sulphur in test fuel.

++ Emitted volume at medium load in combustion by a coal stove with storage.

3. CHARACTERISTICS OF BIOCOAL

The Biocoal is a kind of composite solid fuel having excellent combustion characteristics as compared with the lumpy sized coal. Its characteristics can be summarized as follows:

- a) It generates very little smoke and its sulfur oxides emission can be significantly reduced by mixing any desulfurizer in it.
- b) It is excellent in ignitability, combustibility and combustion controllability.
- c) It hardly generates clinker during combustion, thus permitting easy ash disposal.
- d) It is uniform in shape and size, and generates less dust during handling.

Moreover, the Biocoal may be kept in good condition even in a highly humid atmosphere if it is stored indoors in an ordinary manner. However, it is inferior in waterproofness to coal. If it is desirable to improve the waterproofness of Biocoal, paraffin coating may possibly be adopted as one of effective means.

4. PRODUCTION PROCESS OF BIOCOAL

The production plant for Biocoal (named Hotcoal) now in operation in Hokkaido is as outlined in Fig. 4. In case of using the Hokkaido coal as raw materials, the method in which the raw materials are heated at the time of their mixing is employed. In case of using the low rank coal such as lignite and brown coal as raw materials, however, it is desirable to produce the Biocoal without heating the raw materials as far as possible in view of the prevention of spontaneous ignition and coal dust explosion and also from the viewpoint of process simplification and energy-saving. From these points of view, process improvements are now under investigation.

5. DEVELOPMENT OF SPECIAL BIOCOAL COMBUSTORS

A coal stove with storage is a combustion mechanism suited for the Biocoal. However, it is advantageous in that its combustion efficiency is about 60% at the highest. Therefore, development of special combustor for Biocoal must be promoted so as to meet the combustion characteristics of Biocoal. Fig. 5 shows the special combustor for Biocoal manufactured for trial, which is a kind of space heater. This stove is based on the system in which the Biocoal is burnt less with primary air and mainly with secondary air. As a result, significant improvement of heat efficiency can be achieved with little smoke

generated over a wide range of combustion load. This stove is featured in that unlike the conventional type coal stoves, combustion of Biocoal embers can be observed through a front glass door.

6. CONCLUSION

This study started with the second oil crisis as a momentum and has been made with a view to supplying Biocoal finally as an alternative fuel for oil together with special combustors for it and further developing the energy system including the ash recovery. In Hokkaido today, all solid fuels including the Biocoal developed as alternative fuel for oil are compelled to suffer from a poor demand under the influence of recent oil supply conditions.

In order to put the Biocoal into wide use in future, it is necessary to reduce the production cost through the utilization of foreign coals and production system adaptable therefor and at the same time to promote the development of special stove and combustor for Biocoal.

REFERENCES

- 1) T. Maruyama, C. Mizoguchi, Briquetting and Combustion Characteristics of Coal-wood Composite Fuel (Biocoal), 4th International Symposium on Agglomeration, June 1985, Ed. C.E. Capes, AIME, Toronto, Canada.
- 2) T. Maruyama, S. Takemichi, Combustion Characteristics of Biocoal (Coal-wood Briquettes), International Symposium on Coal Combustion, Sept. 1987, Tsinghua University, Beijing, China.

Fig. 1 Internal structure of Biocoal (Polished surface)



Dark parts: Coal grains
Bright parts: Biomass grains
(wood and beet pulp dust)
(Right lower side: Biocoal surface)



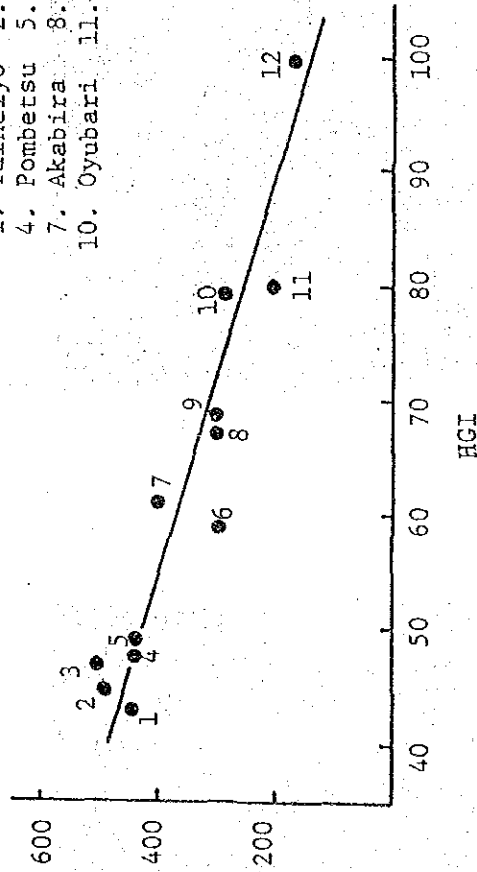
Bright parts: Coal grains
Dark parts: Wood dust
(Right lower side: Biocoal surface)

Fig. 2 Relation between breaking strength of coal grains and HGI of coal

Mean breaking strength* (g)

*Measured coal grains: Average grain size about 1.0 mm, number of grains about 100.

- 1. Taiheiyo
- 2. Horonai
- 3. Chikubetsu
- 4. Pombetsu
- 5. Bibai
- 6. Moshiri
- 7. Akabira
- 8. Sunagawa
- 9. Ashibetsu
- 10. Oyubari
- 11. Kogane
- 12. Naie



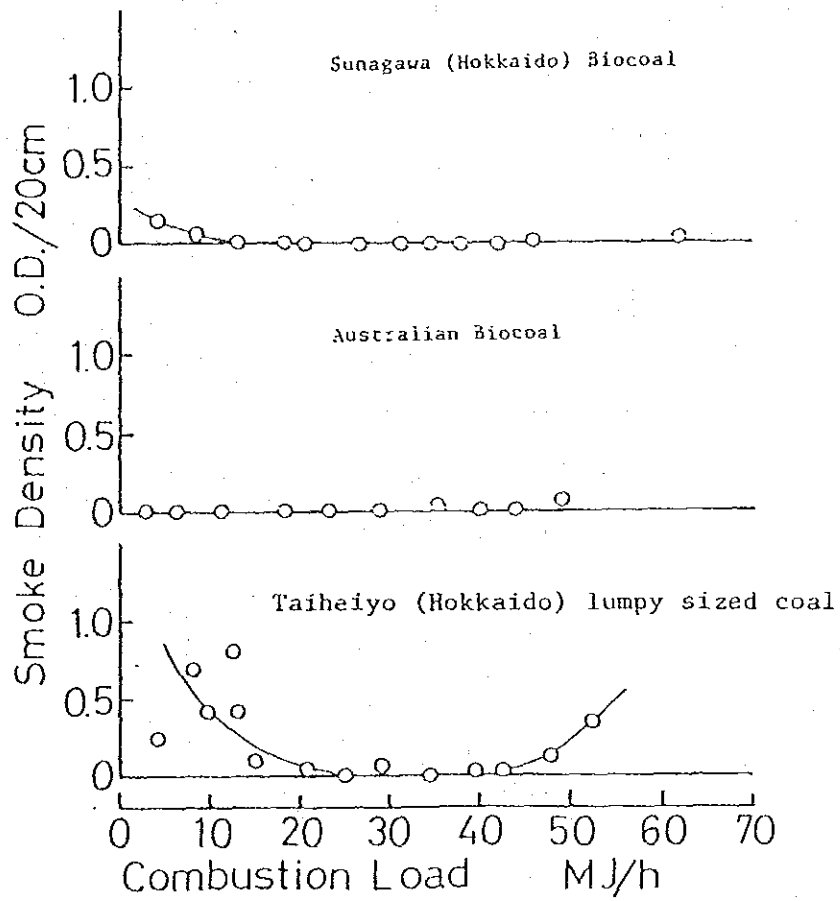
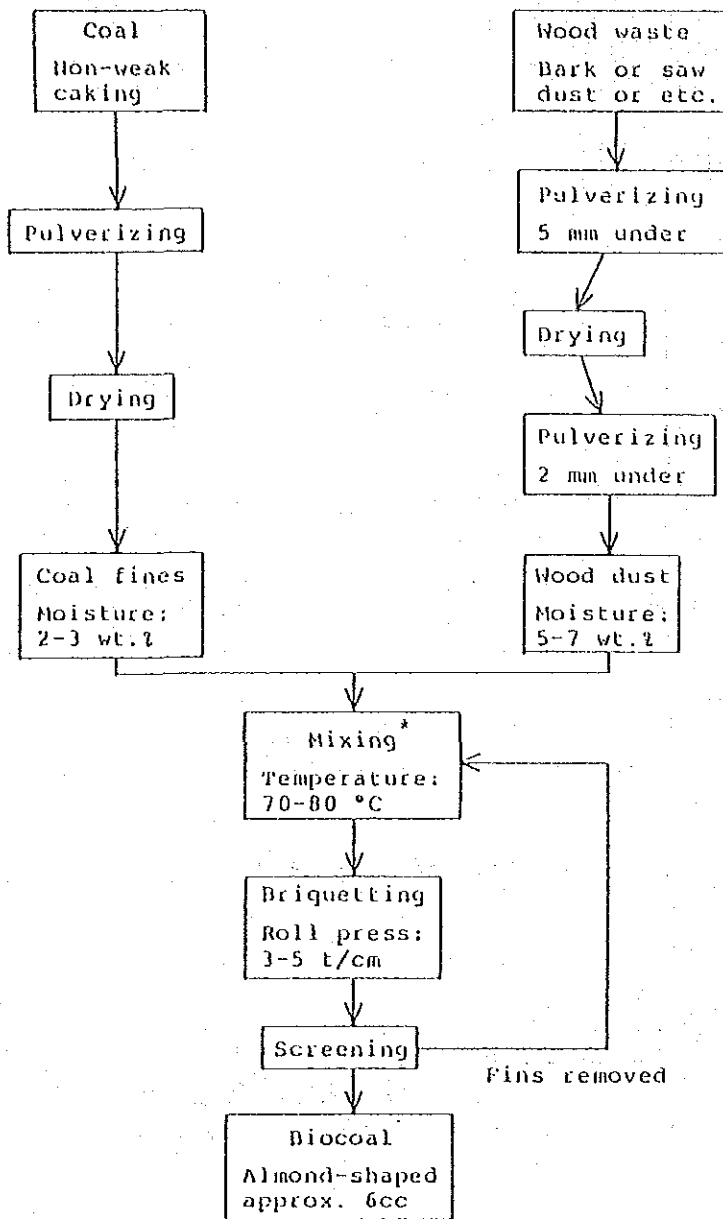
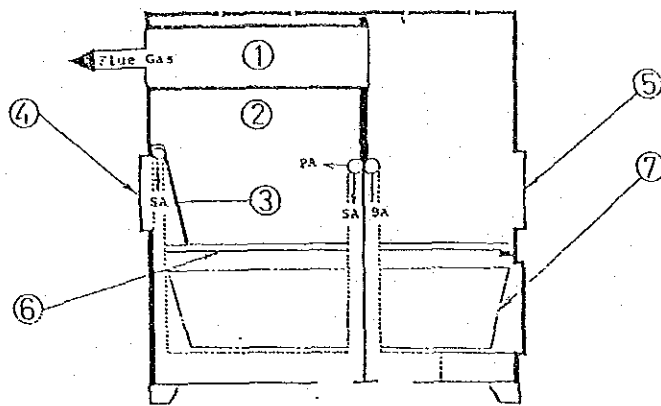


Fig. 3 Relation between combustion load and smoke density



* Coal fines : 75 wt.%, Wood dust : 25 wt.%

Fig. 4 Outline of Biocoal production flow sheet



1. Inner Flue
2. Storage Tank
3. Longitudinal Grate
4. Reac Window
5. Front Window
6. Bottom Grate
7. Ash Box

PA ; Primary Air
 SA ; Secondary Air
 BA ; Banking Air

Fig. 5 Special Biocoal stove manufactured for trial

JICA