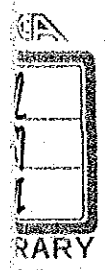


タイ王国  
リグナイトブリケット振興計画調査  
報告書  
〔要約版〕

1991年11月

国際協力事業団



鉱計工
J R
91-138



66.7

JICA LIBRARY



1095200(0)

23167



タイ王国  
リグナ卜ブリケット振興計画調査  
報告書  
〔要約版〕

1991年11月

国際協力事業団

国際協力事業団

23167

## 目 次

章	ページ
1. 序論	1
2. 要約	5
3. プロジェクトの背景	9
4. エネルギーの需要と供給	12
5. リグナイトブリケットの市場	17
6. 原料	19
7. リグナイトブリケットの品質	22
8. リグナイトブリケットの試製および燃焼試験	25
9. プロジェクトスキーム	27
10. 概念設計とプラントの建設	35
11. 財務分析	40
12. 社会経済分析	42
13. リグナイトブリケットの振興戦略	46
14. ベンチスケールプラント	56
15. リグナイトブリケットに関する過去の研究	58
16. 結論と提言	59





## 第1章 序 論

本報告書はタイ王国リグナイトブリケット振興計画フィージビリティ調査報告書の要約版である。本計画調査は1989年7月26日、科学技術エネルギー省、国家エネルギー庁（National Energy Administration, NEA）の代表者と国際協力事業団事前調査団の代表者がバンコックにて調印したフィージビリティ調査のS/W（業務範囲）に従って実施された。詳細に関しては、この要約版と共にNEAに提出した全体報告書を参照されたい。

本フィージビリティ調査の目的は、タイ国政府が計画中である薪炭代替用リグナイトブリケット製造用のパイロットプラント計画を調査し、その実行可能性を評価することである。そして、計画がフィージブルであれば、計画の実施とリグナイトブリケットの普及方法に関し適切な提言を行うことである。

第6次5カ年計画において、リグナイト資源の開発と利用を増大させる為の政策の一環として、地方における工業および民生用のリグナイトの使用を促進させることが明記されている。本計画はリグナイトの利用方法の拡大を掲げるタイ国の政策に合致している。

本計画は環境保全の観点で特に重要である。薪炭はタイ国民にとって最も重要な調理用燃料であり、その生産のために莫大な量の木が伐採され、森林破壊の主原因となっている。1961年には、森林は国土全面積のおよそ53%を占めていたが、1988年にはおよそ28%に減少した。今日、森林破壊は依然として急速に進行中である。

森林破壊が原因で、洪水、山崩れ、干ばつなどの被害が各地に発生し、深刻な社会問題となっている。このような被害は森林破壊の近隣に限らず、遠く離れた、一見無関係に見える所にも及んでいる。薪炭の代わりにリグナイトブリケットを使用することは、危機に瀕する森林資源を保護し、手遅れになる前に環境を保全することに寄与できる。

本調査はS/Wに従い、2段階に分けて実施された。第1ステージ調査は、1989年11月から1991年3月まで実施され、主としてリグナイトブリケットの市場的可能性を調査した。市場調査では、家庭用および工業用に使用されている薪炭、および小規模工業で現在使用されているリグナイトの代替としてのリグナイトブリケットの可能性、将来の市場規模の評価を行った。

第2ステージ調査は第1ステージ調査の完了に引続き直ちに着手され、技術経済調査とリグナイトブリケット普及戦略の構築を行った。

第1ステージ調査の結果、リグナイトブリケットの有望市場と、潜在需要を特定した。リグナイトブリケットが代替できる最も有望な対象は調理用の木炭であることが確認された。一方、リグナイトブリケットの予測価格は、家庭用および工業用に使用される薪の価格に競合することができず、薪の代替は困難であることが確認された。また、多くの工業用燃焼炉はリグナイトブリケットを使用するためには改造する必要がある。炉の改造が行われた場合には、リグナイトブリケットよりも安価なリグナイトが使用可能になり、リグナイトの方が使用される確率が高い。その上、工業用炉の燃焼温度はかなり高温になり、脱硫剤としてリグナイトブリケットに含まれる消石灰が硫酸化物を効果的に補集することができない。この様に脱硫効果が期待できない場合、リグナイトブリケットをリグナイトの代替として工業用に利用する意味はなくなる。

第1ステージ調査の一環として、日本とタイ国の両国で、タイ国産原料を用いリグナイトブリケットの試製を行い、その評価のため、燃焼試験を実施した。さらに燃焼試験の一環として、リグナイトブリケットの燃焼に適した調理用コンロも試作した。ベンチスケールプラントを、バンコックの近辺のランシットに在るNEAの燃料研究センターに設置した。ベンチスケールプラントの据え付け、試運転に当っては、本調査団がNEAに協力し、技術移転に努めた。更に、ブリケット製造に関する技術移転の一貫としてNEAの技術者3名が日本に招聘され、ブリケット製造工場において製造技術の研修が実施された。

このベンチスケールプラントで製造したリグナイトブリケットを用いて、タイ国各地でデモンストレーションを行った。また、現在木炭を使用している潜在需要者にサンプルを提供し、リグナイトブリケットの品質に関する意見を聴取した。その結果、リグナイトブリケットは調理用燃料として木炭よりも使い勝手が悪いが、木炭の入手が困難になり、リグナイトブリケットの価格が木炭の60%以下であれば、回答者の60%がリグナイトブリケットを使用するとの回答を得た。

一方、国内の森林資源は既に減少しており、もし需要に応じて薪炭の生産を続けると、約20年という短期間に森林が枯渇してしまうことが判明した。この状況下、リグナイトブリケットの果たすべき役割は重要である。なお、以上の第1ステージ調査の結果は、1991年2月提出の中間報告書にて報告した。

第2ステージ調査では技術経済調査を実施した。調査の内容は、原料、リグナイトブリケットの製造技術、工場立地、概念設計、コストの推定、建設、ユーティリティとインフラストラクチャー、建設工程、運転組織、財務・経済・社会評価であり、また、リグナイトブリケットの普及戦略を提言した。

S/Wにおいて、本計画調査のフレームワークおよび主原料としてバンパカ炭鉱のリグナイトを使用し、適切なバイオマスを混合することが定められている。このフレームワークに基づき、本計画調査では、パイロットプラントおよび商業プラントの規模、製品の品質、原料の種類と調合比、製造スキーム、プラントサイトを決定した。パイロットプラントへの投資がそれに続く商業プラントの運転により回収可能かどうかを検証した。また、プロジェクトの管理組織の提言も行った。後述するが、パイロットプラントおよび商業プラントの能力はそれぞれ3,000トン/年、50,000トン/年、原料はバンパカのリグナイト、稲わらおよび消石灰とし、プラントサイトはバンパカ炭鉱の用地内に定めた。

財務分析の結果、パイロットプラント計画は実施に値すると判断される。パイロットプラントへの投資は、その後に商業プラントを稼働した場合には回収可能である。パイロットプラントは木炭使用者にリグナイトブリケットを普及するため

に、極めて重要であり、パイロットプラントが先行することにより、リグナイトブリケットの商業生産と販売をより確実に実施できる。

パイロットプラントに引き続き稼働する商業プラントは財務的にフィージブルである。大規模なリグナイトブリケットの商業化は全国的な森林保護に非常に有効であり、これに加え、12章で述べる種々の便益を得ることができる。従って、本計画は遂行するに値すると評価する。

本調査の第1ステージは1989年11月に開始され、1991年3月に終了した。第2ステージは第1ステージに引き続き実施された。本調査は、田中恒二、今枝良隆、橋本章則、川田邦雄、平岩隆一、出口清司、栗林益美、宮本行雄、神倉静夫の各専門家により実施された。本調査が成功のうちに終了したのは、ひとえに NEA を始めとするタイ国政府の関係官庁より寄せられた助力および協力のたまものである。

## 第2章 要約

### 2-1 背景

本計画は以下の理由によりその重要性が認識されている。すなわち、本計画はエネルギーの自給率の向上を掲げた政策、森林保護、リグナイト資源の賦存、一般大衆のライフスタイルと調理習慣等の面で適した燃料の供給である。一般大衆のライフスタイルや調理習慣から、リグナイトブリケットは調理用燃料として受け入れ可能である。むしろ逆に、リグナイトブリケットの品質は、一般大衆のライフスタイルおよび調理習慣を考慮し、それに適合するように設計した。薪炭はタイ国の調理用燃料使用量の約80%を占め、一般大衆にとって最も重要な調理用燃料である。よって、リグナイトブリケットが薪炭の代替として使用されれば、その効果は非常に大きいものとなる。

### 2-2 市場

本計画のリグナイトブリケットは価格面で薪とは競合できないが、木炭とは競合可能である。従って、リグナイトブリケットは木炭の予測需要の相当部分を代替することが期待される。タイ国の抱える深刻な森林破壊問題の主原因として、木炭の製造と薪を得るための木の伐採がある。即ち、森林破壊が進行すると、薪炭の供給は制限される。本調査で実施したケーススタディの結果、1995年から2010年までの期間では、木炭の供給は需要に対し、石油換算にて毎年40万トンから130万トン不足する。供給不足分は他の調理用燃料によって補充されなければならないが、リグナイトブリケットはその有望候補である。

しかしながら、リグナイトブリケットは木炭の有力な代替品であるが、効率が重視される使用や輸送用燃料としては適さないため、石油製品および天然ガス等の近代的燃料の代替品としては不適當である。また、産業用に少量使用されている薪の代替にも不向きである。

薪の価格は、リグナイトブリケットの予測価格に比較して非常に低く、現在、薪を使用している燃焼炉はリグナイトブリケットに変更するには改造が必要となる。また、調理用コンロに比較して非常に高温となる工業用燃焼炉内では、リグナイトブリケットのメリットの一つである脱硫効果は期待できない。従って、工業用リグナイトの代替にもなり得ない。

地方の主要都市とその周辺およびバンコクにおいて、リグナイトブリケットの潜在消費者、即ち現在の木炭を使用している消費者を対象に、リグナイトブリケットの受入れ可能性に関する世論調査を実施した。回答者の大多数は、価格が木炭より安ければリグナイトブリケットを使用すると回答した。具体的には、彼等の60%が、価格が木炭の60%であればリグナイトブリケットを使用すると回答した。これは潜在需要が大きいことを示している。

### 2-3 試製および燃焼試験

試製および燃焼試験によって、タイ国産原料のみを使用して、品質設計に適合するリグナイトブリケットが技術的に製造可能なことを立証した。その原料として、バンパカ炭鉱の高品質リグナイト、稲わら及び消石灰を用いた。また、燃焼効率を改善するために、タイ国で普及している陶製コンロより一層リグナイトブリケットの燃焼に適した調理用コンロを設計した。

### 2-4 原料

バンパカ炭鉱は年間190,000トンのリグナイトブリケットの生産を支えることができる。稲わらについては、北部地区での収穫量で充分供給可能である。また、タイ国には豊富な石灰石資源があり、消石灰の供給には問題はないと判断される。

## 2-5 プラント用地

パイロットプラントの用地はバンパカ炭鉱の用地内に選定した。用地はパイロットプラントに加え、50,000トン/年の商業プラント及び原材料の貯蔵に必要な面積を有する。この用地はアクセスが容易であり、原材料および製品の輸送に適し、安全上優れており、地盤は堅固であり、また公共用役の入手も容易である。

## 2-6 財務的フィージビリティ

パイロットプラントの能力は3,000トン/年である。パイロットプラントは財務的にフィージブルではない。しかし、パイロットプラントへの投資とロスは、5年後に稼働を開始予定の50,000トン/年の商業プラントにより回収可能である。本来、パイロットプラントの目的は利潤ではなく、将来の商業化のための技術または市場の開発にあることを考えると、本パイロットプラント計画は妥当なものと認定できる。

商業プラントの税引き前および税引き後のROIはそれぞれ11.6および10.0%、税引き前および税引き後のROEは14.3および11.7%を示す。

## 2-7 便益

木炭の代わりにリグナイトブリケットを広く使用するることから生じる社会経済便益は大きく、多様である。まず第1に森林破壊を抑制する。即ち、森林破壊が原因で生じる洪水、干ばつ、農業用水の不足、山崩、塩害の被害等を減少できる。12章で述べる通り、リグナイトブリケットの大規模な商業化を実現することにより、2010年までには、約400億バーツの植林の費用の節約が可能である。リグナイトをブリケットに成型して燃すことにより、リグナイトに含有される硫黄の大部分、即ち約70%の硫黄を大気中へ放出することが防止できる。もし、これを排煙脱硫装置にて除去する場合と比較すると、リグナイトブリケットの商業化によって、年間3億5千万バーツの費用を節約できる。リグナイトブリケットの大量

生産により、家庭用調理燃料の安定供給が可能になり、逆に、リグナイトブリケットが生産されない場合には、価格が国際市場の相場に影響されるLPGに依存せざるを得ない。農村地域にブリケットプラントを建設操業することにより、雇用機会の少ない地方に雇用を創出できる。その他、リグナイトブリケットの商業化により、外国技術の導入と国内機械工業の活性化に役立つ。

## 2-8 提言

提言は16章にまとめる。



### 第3章 プロジェクトの背景

本計画の重要な背景の要素として、政府の政策、エネルギー消費のパターン、深刻な森林破壊、リグナイト資源の賦存および、タイ国の人々のライフスタイルと調理習慣が挙げられる。

自給率の向上と供給ソースの多様化はエネルギーに関する重点政策である。この政策の一環として、政府はリグナイトの使用を促進している。表3-1に示すごとく、リグナイトの消費量の増加は顕著である。

Table 3-1 Lignite Consumption in Thailand

(Unit: Thousand tons)

Year	Electricity	Tobacco	Cement	Others	Total
1980	1,321	80	4	43	1,448
1981	1,534	100	50	12	1,695
1982	1,687	122	203	30	2,042
1983	1,573	99	196	52	1,920
1984	1,945	76	224	61	2,305
1985	4,597	92	387	56	5,132
1986	4,685	80	532	129	5,426
1987	5,727	78	658	360	6,823
1988	5,896	60	874	369	7,199
1989	6,780	110	1,265	418	8,573

Source: Thailand Energy Situation, NEA

リグナイトを含む石炭の推定埋蔵量は約4.4億TOE（石油相当トン）であり、タイ国最大のエネルギー資源である。政府はまたリグナイトの使用を拡大する新しい技術の開発を奨励しており、それには、家庭用および産業用薪炭の代替として、リグナイトブリケットの開発も含まれる。

タイ国のエネルギー消費の特徴は、輸入エネルギー、特に石油に対する依存度が大きいことである。また、家庭用燃料の薪炭への依存度も同様に大きい。石炭、

石油製品、天然ガス、電力等の近代エネルギーが全エネルギー消費の約2/3を占め、薪炭や糶がらのような再生可能エネルギーが全体の約1/3を占める。

薪炭の消費は約500万TOEに達する。その供給のために約850万TOEの木材を伐採している。この伐採量は実際の木材の量に換算すると4,500万から5,000万立方メートルに相当し、現存する森林の再生可能供給量を遙かに越えている。このことから、薪炭の製造が森林破壊の主原因の一つと認められる。

表3-2に示すごとく森林破壊の現状は極めて深刻である。1961年には国土の半分以上は森林で覆われていた。しかし今日では森林は国土面積の約1/4を占めるにすぎない。

Table 3-2 Forest Area in Thailand, 1961-1988

(Unit: %)

Area	1961	1973	1976	1978	1982	1985	1988
North	68.54	66.96	60.32	55.96	51.75	49.59	47.37
Northeast	41.90	30.01	24.57	18.49	15.33	15.15	14.03
South	41.89	26.07	28.46	24.89	23.25	21.90	20.69
Central	52.91	35.50	32.38	30.31	27.47	26.24	25.59
East	57.98	41.19	34.00	30.24	21.92	21.89	21.46
Whole Kingdom	53.33	43.21	38.07	34.15	30.52	29.05	28.03

Source: Royal Forest Department

現在、薪炭はタイ国の調理用燃料消費の約80%を占める。LPGと電力の調理用燃料に占める消費の割合は僅かである。一般大衆の調理用燃料として、薪炭はLPGや電力と比べ圧倒的に重要である。

薪炭の消費は森林破壊の主原因となっており、森林破壊の現状は深刻であり、これ以上の森林の喪失に耐える余裕はタイ国には無い。しかし、薪炭の消費を規制するためには、先ず適当な代替燃料を消費者に提供せねばならない。ここに、リグナイトブリケットの果たす役割があると考えられる。

タイ国の一般大衆のライフスタイルと調理習慣から判断すると、リグナイトブリケットは調理用燃料として受け入れられると考えられる。木炭や薪を使うと煙が発生する。木炭の場合、着火時の焚付けが燃えている間、また、薪の場合、燃焼中に煙が発生する。リグナイトブリケットでも、着火時に少量の煙が発生する。タイ国の一般的な家屋は、構造上通気性が良く、従って少量の煙は問題とならない。また、通常通風の良い場所で火が使われる。それゆえ、一般的にタイ国では、リグナイトブリケットが受け入れられるものと考えられる。しかしながら、一部であるが、洋式の家屋に住みLPGを使用している人々は、リグナイトブリケットを調理用燃料として受け入れることは困難である。

#### 第4章 エネルギーの需要と供給

表4-1はタイ国におけるエネルギーの需要供給の全貌を示す。石炭、石油、天然ガス、電気のような現代エネルギーは全エネルギー消費の70%を占め、木炭、薪および農業廃棄物の様な再生可能エネルギーは残る30%を占めている。その内、リグナイト、天然ガスおよび再生可能のエネルギーは国産エネルギーであり、石油の輸入依存率は約70%である。天然ガスおよびリグナイトはほとんど発電用に消費される。再生可能エネルギーは直接、燃料として消費され、木炭はほぼ全量が家庭で調理用燃料として用いられる。薪も少量の小規模工業用燃料を除き、殆ど調理用に消費される。燃料用籾がらの70%は産業用燃料として、残る30%は家庭用燃料として消費される。バガスは主として製糖工場用の自家用燃料として消費される。

Table 4-1 Primary Energy Supply & Final Energy Consumption: 1989

	Primary Energy Supply Volume (KTOE)	Supply Share (%)	Final Energy Consumption Volume (KTOE)	Consumption Share (%)
MODERN ENERGY	25,726	69.1	19,196	71.7
Coal/Coke	300	0.8	300	1.1
Lignite	2,463	6.6	782	2.9
Petroleum/Petroleum Prod.	16,482	44.2	15,168	56.6
Natural Gas	5,194	13.9	114	0.4
Electricity	1,234	3.3	2,798	10.5
RENEWABLE ENERGY	11,529	30.9	7,579	28.3
Firewood	8,496	22.8	2,798	10.5
Charcoal	-50	-0.1	2,008	7.5
Rice Husks	1,194	3.2	884	3.3
Bagasse	1,889	5.1	1,889	7.1
TOTAL ENERGY	37,255	100.0	26,775	100.0

Source: Thailand Energy Situation, NEA

表4-2に家庭・業務部門のエネルギー消費量の推定値を示す。消費の大部分は調理用である。この表が示すごとく、調理用燃料としては薪炭が圧倒的に重要で

あり、1989年においては薪炭が調理用燃料の80%を占めている。LPGは急速に消費が伸びているとはいえ、消費の僅か15%を満たすに過ぎない。一人当りの燃料消費量の95kgOEは、熱帯または亜熱帯地域に位置し、家庭用燃料が主として調理に使用される地域としては標準的である。

Table 4-2 Estimated Energy Consumption for Cooking in  
the Residential and Commercial Sector

(Unit: KTOE)

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Charcoal	2,227	2,183	2,161	2,138	2,103	2,103	2,066	2,008
Firewood	2,169	2,189	2,237	2,294	2,313	2,270	2,267	2,241
Paddy Husks	99	131	179	247	254	261	267	266
LPG	199	230	232	366	453	541	687	801
Electricity	nil	nil	nil	nil	nil	nil	nil	nil
Total	4,694	4,733	4,809	5,045	5,123	5,175	5,287	5,316
Per Capita (KgOE)	96.2	95.7	95.1	97.4	96.7	96.1	96.2	95.1

本調査は薪炭の需要予測を2010年まで行い、表4-3に示す結果を得た。本予測は木質燃料に代わりLPGが普及し始めた傾向も反映されている。

深刻な森林の減少が進行すると、薪炭の供給は容易ではなくなり、この重要な家庭用燃料の供給が制限されざるを得なくなる。薪炭の製造と森林破壊のシミュレーションを表4-4に示す。一番下の2行は薪と木炭の予測需要を示す。この薪炭の需要量を満たすとすると、森林は2010年には殆ど枯渇する。手を拱いてこのような事態を招くことは考え難く、薪炭の供給が厳しく制限され、需要が満たされない状態に至ると判断される。

Table 4-3 Demand for Wood Fuel by Area

(Unit: KTOE)

	1989	1995	2000	2005	2010
Charcoal					
Bangkok Metropolitan	50	45	41	38	35
Central	391	355	333	311	293
North	512	465	435	409	386
Northeast	879	798	744	699	658
South	175	159	148	139	131
Whole Kingdom	2,008	1,822	1,699	1,596	1,503
Firewood					
Bangkok Metropolitan	34	29	26	22	18
Central	352	326	307	288	267
North	598	556	525	494	462
Northeast	1,502	1,391	1,310	1,228	1,141
South	312	289	272	255	237
Whole Kingdom	2,798	2,590	2,439	2,287	2,125

Table 4-4 Forest Area versus Supply of Wood Fuel (Case-A)

	1989	1995	2000	2005	2010
Forest Area, km <sup>2</sup>					
Natural Forest	137,684	100,851	69,484	36,519	1,598
Planted Forest					
Protective Forest	280	1,960	3,360	4,760	6,160
Productive Forest	120	840	1,440	2,040	2,640
Total Forest Area	138,084	103,651	74,284	43,319	10,398
Forest Volume, million m <sup>3</sup>	524.0	383.8	264.4	139.0	6.1
Sustainable Supply Volume, million m <sup>3</sup>					
Natural Forest	13.83	10.13	6.98	3.67	0.16
Planted Forest	--	0.38	0.75	1.13	1.50
Total	13.83	10.51	7.73	4.79	1.66
Supply Volume					
Total Supply, million m <sup>3</sup>	37.4	33.7	31.5	29.6	27.8
Total Supply, KTOE	8,496	7,651	7,158	7,720	6,300
Firewood, KTOE	2,798	2,590	2,439	2,287	2,125
Charcoal, KTOE	2,008	1,822	1,699	1,596	1,503

表4-5に、森林の伐採と木炭の供給を制限した場合のより現実的なシミュレーションを示す。これは、規制により伐採量は年間6%の割合で減少し、伐採された木材は、木炭よりも薪として優先的に消費されると仮定した。この理由は、タイ国の場合、原料木から木炭に至る総合熱効率は約35%と低く、木材は薪とし

て使った方が、国全体として総合的に熱効率が高いからである。このシミュレーションは木質燃料の供給を森林保護の観点から抑制したものである。

Table 4-5 Forest Area versus Supply of Wood Fuel (Case-B)

	1989	1995	2000	2005	2010
Forest Area, km <sup>2</sup>					
Natural Forest	137,684	101,451	79,691	64,396	53,943
Planted Forest					
Protective Forest	280	1,960	3,360	4,760	6,160
Productive Forest	120	840	1,440	2,040	2,640
Total Forest Area	138,084	104,251	84,491	71,169	62,743
Forest Volume, million m <sup>3</sup>					
	524.0	386.1	303.3	245.0	205.3
Sustainable Supply Volume, million m <sup>3</sup>					
Natural Forest	13.83	10.19	8.01	6.47	5.42
Planted Forest	--	0.38	0.75	1.13	1.50
Total	13.83	10.57	8.76	7.59	6.92
Supply Volume					
Total Supply, million m <sup>3</sup>	37.4	29.2	21.4	15.7	11.5
Total Supply, KTOE	8,496	6,628	4,865	3,570	2,620
Firewood, KTOE	2,798	2,590	2,439	2,287	2,125
Charcoal, KTOE	2,008	1,454	873	462	178

木質燃料の供給制限が上に示すように行われた場合、表4-6に示す供給不足が生ずる。

Table 4-6 Supply Demand Balance of Wood Fuel

(Unit: KTOE)

		1995	2000	2005	2010
Supply	Charcoal	1,454	873	462	178
	Firewood	2,590	2,439	2,287	2,125
Demand	Charcoal	1,822	1,699	1,596	1,503
	Firewood	2,590	2,439	2,287	2,125
Balance	Charcoal	-368	-826	-1,134	-1,325
	Firewood	0	0	0	0

この予測結果では、木炭の供給不足は非常に大きい。この不足分は各種燃料で補充せねばならないが、リグナイトブリケットもその有力候補であり、その果たすべき役割は大きい。



## 第5章 リグナイトブリケットの市場

本計画で製造されるリグナイトブリケットは、薪と共に最も重要な家庭用調理用燃料である木炭の代替を目的としている。性能面ではリグナイトブリケットは調理用の薪を代替することが可能であるが、価格面ではまったく競合できない。同様に、工業用の薪にも価格面で競合不可能である。その上、現在薪を使用している工業用の用途においてリグナイトブリケットを燃焼させるためには、多くの場合既存設備の大幅の改造を必要とする。このような改造を行った場合の燃焼炉では、リグナイトの燃焼も可能となり、リグナイトブリケットに比べ、価格面で有利なリグナイトが使用される可能性の方が高い。また、第1章で述べたとおり、高温となる工業用燃焼炉では、リグナイトブリケットの脱硫効果は損なわれる。製陶業がこの一例としてあげられる。リグナイトの代替としてリグナイトブリケットを使うことは、経済的にも技術的にもメリットがない。また、リグナイトブリケットは石油製品を代替することもできない。

木炭の価格は場所によって、また販売ロットの大きさによっても異なる。木炭の価格は概して主要都市部及びその周辺で高い。リグナイトブリケットの最も有望な市場は木炭の価格が高い場所である。消費者の好みも重要な問題である。従って、本調査では地方主要都市とその周辺でリグナイトブリケットのデモンストラーションと消費者の意見調査を2回実施した。選んだ都市はナコンシタマラット、ラチャブリ、マハサラカム、ピサヌロク、チェンマイおよびバンコクである。

表5-1は意見調査の結果を纏めたものであり、潜在需要家がリグナイトブリケットを受入れる割合を、リグナイトブリケットの価格と木炭の価格に対する比として示す。価格比60%の場合のリグナイトブリケットの価格は、原料の価格、設備への投資、運転コスト、原料と製品の輸送費、ディーラのマージンを考慮すると、リグナイトブリケットを消費者に販売できる最低価格である。よって、この価格比60%の受け入れ率は特に重要である。表に示すごとく、価格比60%における消費者の受入率は、どの場所でもあまり大きく変わらない。

Table 5-1 Substitution Rate of Charcoal by Lignite Briquettes

(Unit: percentage of households)

Price ratio, % Lig. briq'tes/charcoal	80.0	60.0	40.0	20.0	0.0
From questionnaires recovered					
Nakhon Si Thammarat	10.4	56.3	97.9	100.0	100.0
Ratchaburi	39.4	63.6	90.9	97.0	97.0
Ubon Ratchatani	33.3	51.1	71.1	82.2	97.8
Maharakham	38.9	63.9	77.8	97.2	97.2
Phitsanulok	16.9	46.2	69.2	84.6	93.8
Chiang Mai	47.9	69.0	87.3	97.2	98.6
Average	30.9	58.1	81.9	92.6	97.3
Bangkok	35.1	56.8	70.3	83.8	91.9

平均受入率を60%としたリグナイトブリケットの需要予測を表5-2に示す。

Table 5-2 Demands for Lignite Briquettes by Region

(Unit: KTOE)

	1995	2000	2005	2010
Bangkok Metropolitan	6	13	17	19
Central	45	101	139	163
North	58	133	182	213
Northeast	100	226	311	364
South	20	45	62	72
Whole Kingdom	229	518	711	831

## 第6章 原 料

タイ国の石炭資源は石油換算で約4.4億トン进行有し、貴重な国産エネルギー源と位置付けられている。しかしながら、そのほとんどが燃料として品質の低い亜歴青炭あるいは、リグナイトであり、山元発電以外の用途は限られている。そこで、リグナイトブリケットの製造は、リグナイトの欠点进行ある程度補うことができるので、その用途进行家庭用燃料に広げ得る有力な手段として期待されている。

本フィージビリティ調査で採用したリグナイトブリケット製造プロセスは各種石炭を処理することが可能であるが、製品の品質が原料の特性に大きく依存するため、原料石炭の選択に留意することが必要である。特にリグナイト进行原料とする場合には発熱量が問題となり、発熱量の高い高品位リグナイト进行原料とすることが求められる。しかしながら、高品位リグナイトは資源量が少ない上にその賦存地域が限られている。よって、数多くのリグナイトブリケットプラント进行タイ国全土に建設する場合には、埋蔵量が多くしかもタイ各地に賦存する低品位リグナイト进行原料とすることが必要となる。しかしそのためには、低品位リグナイトの発熱量を高めるために洗炭プラントにて処理することが求められる。また、洗炭プラントが整備されれば、製品炭の20~40%も生成するが用途に乏しい粉炭进行原料とすることも可能となる。なお、2000年にはタイ国のリグナイト生産量は約2,000万トン/年に達すると予想されているが、その10%进行ブリケット製造に使用すれば、200万トン/年のリグナイトブリケットが製造可能である。

本プロジェクトへのリグナイトの供給が予定されているバンパカ炭田は以下に示すように合計120万トン/年のリグナイト生産能力进行保有している。

高品位リグナイト生産能力	400,000 トン/年
洗炭リグナイト生産能力	700,000 トン/年
低品位リグナイト生産能力	100,000 トン/年
合計	1,200,000 トン/年

その内の100万トン/年の販売先が予定されており、20万トン/年の余剰生産能力を有している。よって、採炭操業が終了する2004年末までは3,000トン/年のパイロットプラントおよび50,000トン/年の商業プラントで必要となる合計56,000トン/年の高品位または洗炭リグナイトを供給することは可能であると想定される。また、2005年以降は近傍の炭田からリグナイトを供給することが可能である。

本リグナイトブリケット製造プロセスでは、リグナイト以外にも、バインダーおよび助燃剤としてのバイオマスと脱硫剤としての消石灰が必要である。

農業国であるタイ国においては各種農業廃棄物がバイオマス原料として利用できる。バイオマスの利用においては輸送と貯蔵が問題となり、プラントの近傍でしかも季節的な変動が少なく調達できるバイオマスが望ましい。使用可能量、価格、品質の面から考えると稲わらが最も確実なバイオマス原料である。タイ国全土で生産される稲わらの2%が利用できれば200万トン/年のブリケットが製造できる。

本プロジェクトのプラント建設場所となるタイ国北部のランブーン県においては、米と野菜の二毛作農業が主体であるが、一部では二期作農業も行われている。よって、ある時期を除いてはほぼ一年中稲わらを手に入れることが可能である。ランブーン県における米の生産量を以下に示す。

一期作米（収穫時期：11～1月）	113,735 トン/年
二期作米（収穫時期：3～7月）	14,128 トン/年
合計	127,863 トン/年

稲わらの収穫量は米の生産量の約2倍であるので、稲わらの収穫量は25万トン/年と推定されるが、この量は、100万トン/年のリグナイト製造分に相当するので、本プロジェクトにて必要となる稲わらはプラントの近くで調達可能と思われる。ただし、プラントにおける稲わら貯蔵量を減らすためには、適切な稲わら購入計画を作成するとともに、端境期を年間2ヵ月と予定されているプラントの保守期間に当てる等の対策が求められる。

なお、リグナイトブリケットプラントをタイ国各地で建設する場合、稲わらに加え、中部ではバガス、南部ではゴムの廃木も有力なバイオマス原料と考えられる。消石灰は石灰石を原料として製造されるが、タイ国には原料となる石灰石が全土に分布しており、原料供給には不安がないと判断される。しかしながら、現在のところ 1,400万トン／年採掘される石灰石の99%がセメント製造に使用されており、消石灰の製造に関しては家内工業的に製造されることが多い。消石灰の品質は石灰石のカ焼温度に大きく左右されるため、ブリケット製造用には信頼できる業者の高品質の製品を使用することが求められる。

バンパカの 3,000トン／年のパイロットプラントおよび50,000万トン／年の商業プラントでは合計 5,000トン／年の消石灰を必要とするが、この量はタク県の既存のプラントから供給可能である。また、プラント近傍に高品質の石灰石の鉱脈があれば、パイロットプラントに隣接して、消石灰プラントが建設される可能性もある。

以上のように本計画への原料の供給に関しては、パイロットプラントはもとよりブリケットの需要が200万トン／年に拡大したとしても問題はない。なお、各原料の現在の取り引き価格を以下に示す。

高品位リグナイト（炭田渡し）	550	バーツ／トン
稲わら（農家渡し）	500	バーツ／トン
消石灰（輸送費込み）	2,500	バーツ／トン

## 第7章 リグナイトブリケットの品質

本調査では、消費者の要望を満たすリグナイトブリケットの品質を設定することを目標としている。目標とする品質はプロセスの概念設計における最も重要な設計条件の一つであり、この品質を達成することを重要目標とした。即ち、品質設計では消費者のニーズを最優先し、製造技術の役目はそれを実現化することである。

当初の品質設計は、第1ステージ調査の第1回現地調査の直後に実施したリグナイトブリケット試製で達成すべき目標品質であった。従って、試製以前に行われた現地調査の最終段階で暫定的に品質設計を定めた。この暫定品質設計は現地調査期間に調査したタイ国一般大衆のライフスタイルと、木炭を燃料とした調理習慣を反映したものであり、その目的は、リグナイトブリケットが木炭を代替し得るような品質とすることである。そのためには、着火が容易なこと、タイ国の陶製コンロにて火力が木炭に匹敵すること、取り扱いの安全性、乱暴な取り扱いに耐える強度等が暫定品質設計での重要項目となる。暫定品質設計に定めた品質水準は、バンパカ炭鉱のリグナイト、日本の稲わら、タイ国産の消石灰を用いて日本で実施した試製により達成した。暫定とした理由はその後の調査で変更の可能性があったからである。

その後実施したモニタリング調査の初期段階で、ベンチスケールプラントをランシットの燃料研究センターに設置した。このプラントにおいて、タイ国産原料のみを用い、日本での試製試験で得られた調合率にてリグナイトブリケットを製造し、モニタリング調査に用いた。モニタリング調査では潜在需要家のリグナイトブリケットの品質に対する反応を調査し、この結果に基づき、消費者の要求をより満たすため、また原料面からの制約のため品質設計を一部修正した。

暫定品質設計の段階では、煙と煙に付随するすすと臭気の発生は、火力が弱い燃焼初期段階に限って許容した。この理由の一つは、煙を除去するためにはリグナイトの発熱量の相当部分を占める揮発分を除去する必要があり、その工程のコス

トが大きいこと。第2に一般大衆の家屋は自然換気が充分期待できる構造であり、煙がすぐ散逸することである。しかし、第2ステージ調査にてリグナイトブリケットの普及に関する調査を実施している段階で、リグナイトブリケットの普及を進めるためには、煙を除去することが望ましいことが判明した。

煙とすすは燃焼、特に不完全燃焼の過程で発生する多くの化合物を含み、化合物の種類も燃焼条件や製造ロットごとの組成の微妙な違いにより変化すると考えられる。煙やすすが健康上問題がある物質を含む可能性も否定できない。従って、第2ステージ調査段階では、経済性を大きく損なわずに、減煙リグナイトブリケットを製造する技術を追及することとし、一連の実験を行った結果、製造条件を確立した。本調査では、この減煙リグナイトブリケット製造技術を概念設計に採用した。

最終的に、リグナイトブリケットの品質設計を下記の通り定めた。

- (1) 着火性 着火後8分から10分以内に定常燃焼状態に到達すること。
- (2) 火力 調理を行うのに十分な火力を有し、発熱量は4,000kcal/kg以上あること。コンロいっばいのリグナイトブリケットは30分以上継続して燃焼すること。炎は短く安全であること。
- (3) 発煙 一般的なタイ国の陶製コンロを用い、正常な状態で燃焼させた場合、顕著な発煙をしないこと。
- (4) 発臭 一般的なタイ国の陶製コンロを用い、正常な状態で燃焼させた場合、顕著な発臭をしないこと。
- (5) 安全性 燃焼気体および灰は人間および動植物に対し安全であること。
- (6) 火力の調節 一次空気の量を調節することによって容易に火力の調節が可能

なこと。

(7) 機械的強度 乱暴な取り扱いに耐える機械的強度として、100 kg以上の圧壊強度を有すること。

(8) その他 リグナイトブリケットは使用に便利な形状およびサイズを有すること。

リグナイトブリケットの品質は、いくつかの点で木炭と同等であるが、木炭以上の品質にすることは、経済的制約から困難である。従って木炭と比べて劣る点が残るが、これらの問題点は、リグナイトブリケットの消費者から理解を得て、受け入れられるようにするべきである。本計画では、リグナイトブリケットの、防水処理を行わないため湿気を吸収しないよう取扱いに注意を要する必要がある。また、リグナイトブリケットは燃焼時に、木炭よりも多くの灰が出るので、多量に消費する場合その残灰の処理が問題となる。家庭などでは、庭に埋めるなど社会問題にならないよう処理すべきである。

本製造工程では、脱煙化装置を備えているため、リグナイトブリケットの発煙・発臭を大幅に減少できる。しかし完全に無煙化することは、原料リグナイトに含まれている揮発成分を失うこととなり、さらに無煙化処理のため、資金や処理費用等が必要となり製品が割高になるため、完全に無煙なリグナイトブリケットの製造は行わない様計画した。

第6章で述べたように、リグナイトブリケットを大量生産する場合、高品質のリグナイトが不足となり低品質リグナイトを洗炭処理して原料として使う必要がある。洗炭特性はリグナイトごとに異なるため、必ず洗炭試験を行い、各々のリグナイトの適性を調べる必要がある。



## 第8章 リグナイトブリケットの試製および燃焼試験

リグナイトブリケットの試製試験の目的は、タイ国産原料を用いて、品質設計で定めた品質に適合するリグナイトブリケットを生産することが技術的に可能なことを確認し、同時にその製造条件を確立することである。原料はバンパカ産リグナイト、バイオマスとして稲わら、籾がら、バガス、および消石灰を想定した。試製は日本の実験室および石炭ブリケット製造工場において行った。実際は、タイ国の稲わらと籾がらは植物防疫法による輸入禁止品であり、輸入が困難であったため、代わりに日本産の稲わらと籾がらを用いて実験した。

試製実験では規模を段階的に拡大しながら原料の最適調合率を求めた。最初にタブレットを成型する規模からベンチスケールプラントを経て、最終的に商業プラントを用いてリグナイトブリケットを試製した。成型試験と平行して燃焼試験を行い、試製したリグナイトブリケットの性状を評価した。試製実験により定めた最適調合率を表8-1に示す。

Table 8-1 Recommended Formula for Lignite Briquettes

Ingredient	Ratio by Weight
De-smoked Ban Pa Kha lignite	75.0
Rice straws	25.0
Slaked lime	10 to 30

消石灰の混合率は原料とするリグナイトの硫黄含有量により調整する必要があるが、バンパカ産リグナイトの場合は約10%の調合率で充分であることが判明した。小規模な試製実験で適切な調合率を確立した後、商業プラントにてその調合率の再現性とその時の運転条件を実証し、この調合率が商業プラントにも適用可能なことを確認した。更に、第7章で述べた減煙リグナイトブリケットの製造条件を確定するための一連の試製実験を追加し、上記の調合率で試製できることを確認した。

燃焼試験の重要な目的として、リグナイトブリケットの燃焼に適した調理用コンロの開発があった。タイ国には、優れた設計の陶製の調理用コンロが、1個30から80バーツで販売されており、種々のサイズが広く用いられている。リグナイトブリケットはタイ国の陶製コンロで使用するのに適している。また、本調査で作成した改良コンロを用いると、更に燃焼性が改善され、煙の発生が減少し、熱効率も向上する。この改良コンロの試作品を NEAへ提出した。

## 第9章 プロジェクトスキーム

プロジェクトスキームでは、パイロットプラントの能力、プラントサイト、使用する原料の種類、製品の品質、工程および設備、使用するユーティリティの種類、インフラストラクチャーの改良計画、管理組織、稼働率、原料および製品の在庫量、原料および製品の輸送方法等のプロジェクトの諸条件を規定した。

本計画調査ではプロジェクトから最大利益が得られるように、計画を策定した。なお、プロジェクトスキームに関しては、第2ステージ調査の現地調査の最終段階で、第1ステージ調査の結果および第2ステージ調査の現地調査結果に基づき、暫定プロジェクトスキームを定め、プログレスレポートにて報告したが、最終的には第2ステージ調査の結果を踏まえて、次の通り定めた。

### 9-1 パイロットプラントの能力

パイロットプラントの能力を 3,000トン/年と定め、その操業は 300日/年、24時間/日、3交替運転とした。市場の開発を目的とするならば、3,000トン/年の生産規模で充分であるが、この生産能力のパイロットプラントのみでは財務的に経営は成り立たない。タイ国の現状では、木炭の代替を目的としたリグナイトブリケット製造プラントは、能力が50,000トン/年程度またはそれ以上でなければ、財務的に成り立たないことから、50,000トン/年の生産能力を有する商業プラントもプロジェクトスキームに加え検討した。

### 9-2 プラントサイトの選定

パイロットプラントの用地はバンパカ炭鉱にある NEAの用地内に選定した。図9-1に正確なパイロットプラントの位置を示す。この用地は電力、電話、水の取得に極めて便利であり地震、台風の被害を受けることもなく大雨の場合でも冠水の危険はない。さらに土質は非常に堅固である。また、この用地は住宅地から充分分離れており、トラックによる原料および製品、設備機器および建設機器の搬入は容易である。

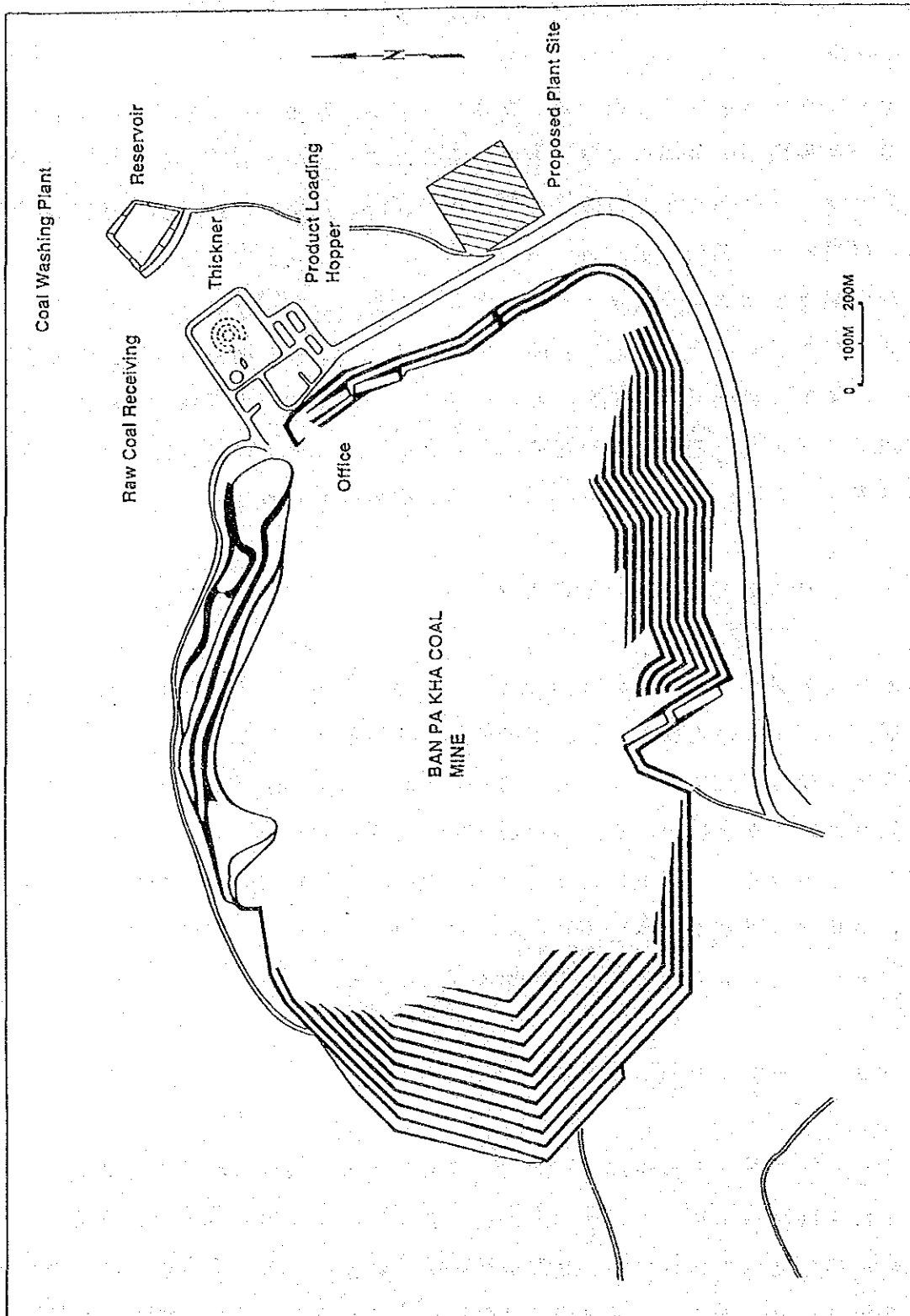


Figure 9-1 Location of the Plant Site

### 9-3 原料

表9-1にパイロットプラントの概念設計に基づき算定した各原料の必要量を示す。

Table 9-1 Raw Material Requirement

(Unit: tons per ton of lignite briquettes)

Raw material	Raw material base	Feed base	Ratio
Lignite	1.059	0.682	75
Rice straws	0.246	0.227	25
Slaked lime	0.092	0.091	10
Total	1.397	1.000	110

### 9-4 製品の品質

第7章で述べた品質のリグナイトブリケットを生産できるよう計画した。

### 9-5 製造スキームおよび設備

図9-2に製造工程および主要設備を示す。なお、製造設備には、製品を脱煙するための装置を備え、この脱煙装置より発生するガスを燃料として利用する。製造設備および稲わらの貯蔵設備には屋根を設ける。コントロールルームにはメータと計器および基礎的な試験器具を設置する。

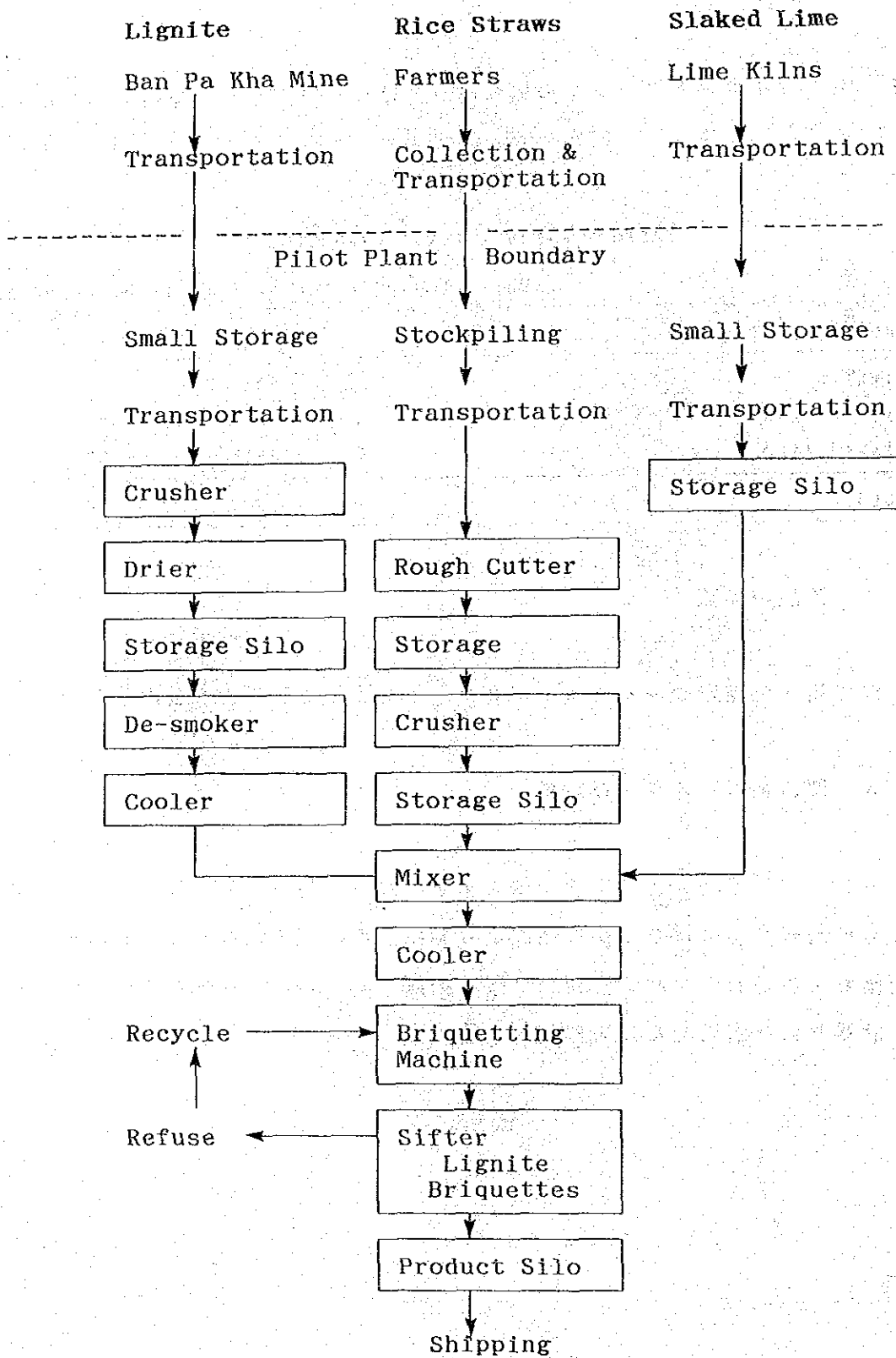


Figure 9-2 Manufacturing Flow

## 9-6 インフラストラクチャーおよびユーティリティ

パイロットプラントおよびその後稼働する商業プラントの建設と運転のために、インフラストラクチャーを改良する必要は特にないが、炭鉱への進入路からアクセス道路を建設し、敷地境界にある側溝には小さな橋をかける必要がある。電話線はプラントサイトに接する道路から分岐し引き込む。電力はパイロットプラント用に 122kW、50,000トンの商業プラント用には 652kW必要となる。配電線は国道106号線沿いの22KVAの既設電線より分岐し、プラントの受電設備まで3,000メートル設置する。リグナイトブリケットの製造プロセスは乾式プロセスであるため、プロセス用水を必要としないが、飲料、衛生、清掃用として給水が必要である。飲料にはビン詰め水を用いるが、その他の用途の給水のために、10m<sup>3</sup>のタンクを設置し水圧を保つ。取水は炭鉱より行い、パイロットプラントまで配管して供給する。圧縮空気は必要に応じてコンプレッサを運転して供給する。圧縮窒素は購入する。脱煙設備は自ら発生するガスを燃焼させ熱源とし、その排熱をリグナイトの乾燥に有効に利用する。

## 9-7 組織

表9-2にパイロットプラントの管理運転のための組織を示す。

Table 9-2 Organization for the Pilot Plant

Position	Rank	Number
Plant Manager	Department Head	1
Engineer	Engineer	1
Technician	Supervisor	1
Foreman	Foreman	1
Staff Accountant	Staff Accountant	1
Secretary & Clerk	Secretary & Clerk	1
Operator	Operator	20 (5/shift x 4 groups)
Driver	Driver	2
Guard	Contract	4 (1/shift x 4 groups)
Unskilled Labor	Contract	14

表 9 - 3 に商業プラントの運転管理のための組織を示す。

Table 9-3 Organization for the Commercial Plant

Position	Rank	Number
Plant		
Plant Manager	Department Head	0
Engineer	Engineer	1
Technician	Supervisor	1
Foreman	Foreman	1
Staff Accountant	Staff Accountant	1
Secretary & Clerk	Secretary & Clerk	1
Operator	Operator	20 (5/shift x 4 groups)
Driver	Driver	4
Guard	Contract	0 (1/shift x 4 groups)
Unskilled Labor	Contract	18
Head Office		
General Manager	General Manager	1
Department Head	Department Head	2
Engineer	Engineer	2
Staff	Staff Accountant	2
Secretary & Clerk	Secretary & Clerk	1

表で示す工場長はパイロットプラントと商業プラントの両方を管理する。本社機構は、商業プラント実施の場合 NEAの本部におく。

#### 9 - 8 稼働率

パイロットプラントおよび商業プラント共に、24時間/日、3交替で運転し、年間65日は保守・点検を行うために300日/年運転とする。主要設備の間には、若干の貯蔵能力があり、小規模の修理作業は運転中にも可能である。



## 9-9 原料と製品の在庫

パイロットプラントおよび商業プラントの原料と製品の在庫は、以下の表の通りである。

Table 9-4 Inventory of the Raw Materials

Item	Pilot Plant	Commercial Plant
Lignite, days	20	3
Rice straws, months	1	1
Slaked lime, days	10	10
Lignite briquettes, days	15	15

## 9-10 輸送

パイロットプラント用地内のストックヤードへの原料（リグナイト、稲わら、消石灰）の輸送と製品の市場への輸送はトラックで行う。パイロットプラントでは、原料のストックヤードからプラント入口までの輸送は、手押し車を用いて未熟練労働者により行う。商業プラントではこれらの輸送は、タイヤローダーを用いる。

## 9-11 商業プラント

商業プラントのスキームは次の通りとする。

- サイト：パイロットプラントと同じサイトに設置
- 能力：50,000トン/年
- 原料：パイロットプラントと同じ
- 製品品質：パイロットプラントと同じ
- スタート：パイロットプラントのスタートの5年後
- 実施者：NEAまたはパイロットプラントを管理する公共企業体

9-12 プロジェクトスケジュール

実際に建設に着手する前に、プロジェクト実施の決定、公共企業体の設立、プロジェクトの認可手続き、資金の調達等に時間を必要とする。表9-5と図9-3にパイロットプラント計画の実施スケジュールを示す。

Table 9-5 Schedule for Implementation

Item	Duration (month)
(1) Review of the feasibility study	3
(2) Decision making	3
(3) Arrangement for financing, and simultaneously	6
(4) Establishment of public corporation	6
(5) Basic design and preparation for bidding	6
(6) Construction	17
(7) Test operation	1
(8) Commercial operation, year	20

Figure 9-3 Overall Project Schedule

Item	1992	1993	1994	1995 on
(1) F/S Review	┌─┐			
(2) Decision	┌─┐			
(3) Finance	┌──┐			
(4) Corporat'n	┌──┐			
(5) Basic Des'n		┌──┐		
(6) Construct'n		┌──┐	┌──┐	
(7) Test oprat'n			┌──┐	
(8) Com. oprat'n				┌──┐

## 第10章 概念設計とプラントの建設

第9章ですでに述べた製造工程に基づき、物質収支とエネルギー収支を求め、プロセスフロー図を作成した。次いで主要機器の仕様を作成し、設備の設計を行った。

### 10-1 物質収支およびエネルギー収支

表10-1 にパイロットプラントの物質収支を示す。

Table 10-1 Overall Material Balance

(Unit: kilograms/hour)

	Input to System	Drier Moist	Drier Lig	De-smoker Moist	De-smoker Gas	De-smoker Lig	Mixer Moist	Mixer Blend	Brq. Mac. Briq't
Lignite									
Moist	132.4	118.8	13.6	13.6	-	-	-	-	-
Ash	37.6	-	37.6	-	-	37.6	-	37.6	37.6
VM	139.6	-	139.6	-	24.7	114.9	-	114.9	114.9
FC	131.6	-	131.6	-	-	131.6	-	131.6	131.6
Total	441.2	118.8	322.4	13.6	24.7	284.1	-	284.1	284.1
R. Straws									
Moist	15.3	-	-	-	-	-	7.8	7.5	7.5
Ash	14.8	-	-	-	-	-	-	14.8	14.8
VM	59.6	-	-	-	-	-	-	59.6	59.6
FC	12.8	-	-	-	-	-	-	12.8	12.8
Total	102.5	-	-	-	-	-	7.8	94.7	94.7
S. Lime									
Moist	0.4	-	-	-	-	-	0.4	-	-
DSL	37.9	-	-	-	-	-	-	37.9	37.9
Total	38.3	-	-	-	-	-	0.4	37.9	37.9
G. Total	582.0	118.8	322.4	13.6	24.7	284.1	8.2	416.7	416.7

Note: Moist, Lig, Briq't, VM, FC, DSL stand respectively for moisture, lignite, briquettes, volatile matter, fixed carbon and dry slaked lime.

表10-2 にパイロットプラントの総括エネルギー収支を示す。

Table 10-2 Overall Energy Balance

(Unit:  $10^3$  Kcal/hour)

Input		Output	
Feed		Drier vent	133.6
Lignite	0.0	Heat of decomposition	20.8
Rice straws	0.0	Mixer vent	5.0
Slaked lime	0.0	Cooler-1 vent	4.2
Heat of combustion	104.8	Cooler-2 vent	6.2
Hot air generator		Lignite briquettes	11.7
Heat of combustion			
De-smoker gas	23.4		
Diesel fuel	49.6		
Heat of Compression	3.7		
Air to the furnace	0.0		
Total	181.5		181.5

表10-3 に物質収支とエネルギー収支の分析結果を示す。その他の条件はプロセスフローに記載したものをを用いる。

Table 10-3 Analyses Used for Material and Energy Balance

(unit: weight percent)

	ROM	Lignite Dry base	Rice straws	Slaked lime	Lignite briquettes
Moist	30.0	-	14.9	1.0	1.8
Ash	8.5	12.2	14.4	-	21.7
VM	31.7	45.2	58.2	-	41.8
FC	29.8	42.6	12.5	-	34.7
Dry lime	-	-	-	99.0	-
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Note: ROM, Moist, VM, FC stand respectively for run of mine, moisture, volatile matter, and fixed carbon.

## 10-2 燃料収支

表10-4にパイロットプラントの燃料収支を示す。通常、脱煙装置から発生するガスを脱煙装置の加熱炉用自家燃料とする。余剰ガスと加熱炉の排熱をリグナイトの乾燥用に用いるが熱量が不足であるので不足分は軽油を燃焼して補充する。また、運転開始時や運転停止時の途中ではガスが充分発生しない。この期間には脱煙装置の加熱炉にも軽油を用いることとした。

Table 10-4 Fuel Balance

(Unit: kilograms/hour)

	Generation			Consumption	
	Moist	Gas	Total	Furn.	Hot gas generator
De-smoker gas					
Carbon	-	17.2	17.2	14.0	3.2
Hydrogen	-	3.0	3.0	2.5	0.5
Oxygen	-	4.0	4.0	3.3	0.7
Nitrogen	-	0.5	0.5	0.4	0.1
Moisture	13.6	-	13.6	-	-
Total	13.6	24.7	38.3	20.2	4.5
Diesel fuel					5.2
Total	13.6	24.7	38.3	20.2	9.7

Note: Moist and Furn. stand for moisture and furnace, respectively.

## 10-3 ユーティリティ収支

表10-5にユーティリティ収支をしめす。リグナイトブリケットプラントで使われるプロセス用ユーティリティは電力のみである。水は作業用、消火用、衛生用、極少量をベアリングの冷却用に用いる。圧縮空気は必要に応じ、コンプレッサーを起動して用いる。

Table 10-5 Over Utility Balance

(Unit: Average kw)

Input		Output	
Electricity	122	Power	112
		Lighting & others	10
Water	Normally none	Cooling	Normally none

10-4 建設工事实行組織

建設工事を円滑に遂行し、かつタイ国側への技術移転の効果をあげるため、図10-1に示す組織により、建設工事を遂行することを提言する。

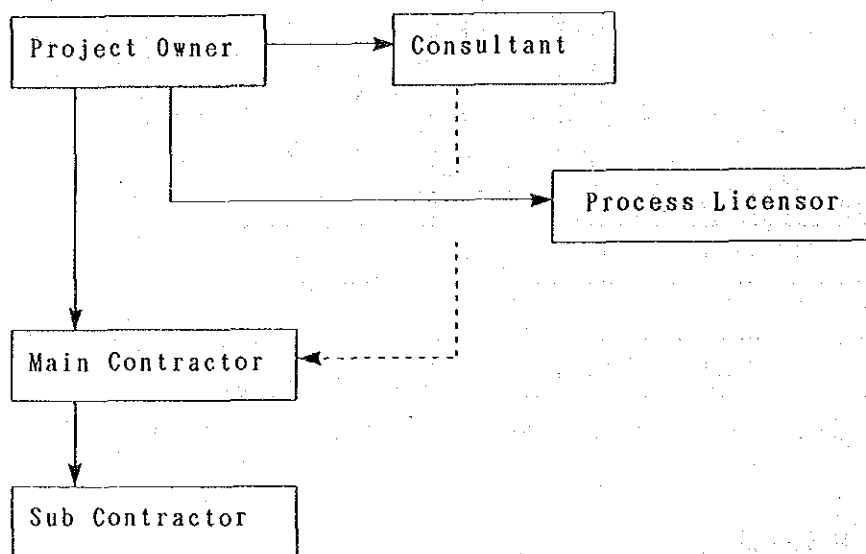


Figure 10-1 Recommended Constructual Scheme for Plant Construction

プロジェクトオーナーはNEAまたはNEAの下に設立される公共企業体である。コンサルタントはプロジェクトオーナーを助け、コントラクターの決定、メインコントラクターの管理等を円滑に遂行する。プロセスライセンサーはプロジェクトオーナーより注文を受け基本設計を行う。メインコントラクターは詳細設計、機器の調達、現地作業、建設工事全般の管理を行う。メインコントラクターは必要に

応じ、下請け業者を使用する。契約方式は、契約時に建設費が確定され、主契約者の義務が明確になるなど効率の良い業務遂行が行える、ランプサム契約方式がコストプラスフィー方式よりも望ましい。

#### 10-5 プラントコスト

表10-6 にプラントコストの積算を示す。

Table 10-6 Estimated Plant Cost

	(Unit: 1,000 Bahts)
Pilot Plant	56,987
Commercial Plant	185,403

Note: The cost of the commercial plant excludes the cost for leveling the site which is included in the cost of the pilot plant.

This explains the difference in the cost of the commercial plant between Tables 10-6 and 11-1.

## 第 1 1 章 財務分析

### 11-1 総資金所要額

表11-1 にパイロットプラントと商業プラントのみの総資金所要額を示す。

Table 11-1 Total Capital Requirement

(Unit: 1,000 Bahts)

	Pilot Plant	Commercial Plant
Plant cost	56,987	186,445
Interest during construction	2,684	8,346
Preoperation cost	6,255	7,399
Working capital investment	2,117	8,346
Total	68,043	208,182

- Note:
- (1) The plant costs are estimated using cost levels for 1990.
  - (2) The interest during construction are calculated using 9.0 percent per year.
  - (3) The preoperating costs consist of estimated costs for basic design fee, consultant fee and test run cost.
  - (4) The working capital investments represent investment in the inventories of the raw materials and the product, inventory of the spareparts, accounts receivable, accounts payable and cash in hand.
  - (5) The rates of exchanges is 5.5 Yen per Baht.
  - (6) The plant cost of pilot plant and commercial plant includes the cost for leveling the sirt.

### 11-2 財務的収益率

表11-2 に投資および自己資金に対する税引き前と後の内部収益率を示す。



Table 11-2 Financial Rates of Return

(Unit: percent)

	Pilot Plant	Commercial Plant	Combined
ROI before tax	Negative	11.6	5.7
ROI after tax	Negative	10.0	4.6
ROE before tax	Negative	14.3	2.4
ROE after tax	Negative	11.7	Negative

Note: (1) ROI and ROE represent respectively the rate of return of discounted cash flow on investment and that on equity.

### 11-3 評価

(1) パイロットプラントの内部収益率はマイナスを示しており、パイロットプラントは財務的には実施すべき妥当性はない。

(2) 商業プラントは程々の内部収益率を示し、財務的にフィージビリティがある。

(3) パイロットプラントと商業プラントの合成キャッシュフローは正の収益率を示す。パイロットプラントだけでは財務的にフィージビリティがないが、パイロットプラントへの投資が商業プラントにより回収され得ることを示す。

財務分析に関するその他の評価は、正報告書を参照されたい。

## 第12章 社会経済分析

### 12-1 経済的内部収益率

経済的キャッシュフローをパイロットプラントと50,000トン/年の商業プラントに関して作成し、この両者の経済的内部収益率(EIRR)を求めた。

パイロットプラントのEIRRはマイナスである。パイロットプラントそのものは経済分析の観点からもフィージビリティが無いことを示す。50,000トン/年の商業プラントのEIRRは14.5であり、経済的にはフィージビリティがある。一般的には、望ましいとされているEIRRの値は、プロジェクトの種類により一概に言えないが、工業プロジェクトでは、8から12%がボーダーライン値と考えられている。

### 12-2 定性的評価

リグナイトブリケットプロジェクトの効果を国と社会の観点から論ずる。この観点からは、パイロットプラントは小さすぎる。商業プラントでも1基や2基でも効果が小さすぎる。パイロットプラントそのものは小さいが、将来の大規模生産を目指す画期的な第一歩であり、パイロットプラントの価値をリグナイトブリケットの大規模生産の便益の観点から評価する。

#### 12-2-1 森林の保全

第4章にまとめた表4-4と表4-5の森林面積の差、例えば2010年における52,345平方キロは木炭の代替燃料によって救われる森林の面積である。このうち、60%相当の31,407平方キロはリグナイトブリケットの功に帰すべきものと考えられる。森林破壊の深刻な状況、即ち、洪水、干ばつ、山崩れ、塩害等の被害を考えると、これだけの森林が救われることの価値は、単純に金額表示できないほど大きい。31,407平方キロの森林は、1,989年における森林面積の23%に相当する。この経済価値の極めて僅かにしか当たらないが、金額表示が可能なものとして、植林の節

約分を1ライ当りの単価を2,000パーツとして計算した値は393億パーツである。

#### 12-2-2 硫黄の除去

2010年に本計画調査のリグナイトブリケット予測需要、831,000TOE、即ち約160万トンのリグナイトブリケットが消費され、原料リグナイトの硫黄分がドライベースで2%であると仮定すると、リグナイトブリケットに混合する脱硫剤にて捕捉される硫黄は約16,600トンである。排煙脱硫装置による脱硫コストは約42,000パーツ/トンであり、リグナイトブリケットにより7億パーツの脱硫コストの節約となる。リグナイトブリケットに調合する脱硫剤のコストが約3億5,000万パーツであるから、その分を差し引いても3億5,000万パーツの節約が実現可能である。

#### 12-2-3 LPGのコスト

リグナイトブリケットがなく、木質燃料は予測値以上消費できないと仮定すると、リグナイトブリケットの予測需要分を補うものとしては、現実的にはLPG以外は考えられない。2010年にはLPGの輸入を831,000トン増加せねばならず、トン当たり150ドルと仮定すると、1億2,500万ドルの外貨の支払いが増加する。リグナイトブリケットはLPG輸入に伴う外貨の流出を節約する。

#### 12-2-4 社会的便益

森林の保護と、森林破壊に伴う直接的、間接的な災害の防止以外の便益として下記の便益をもたらす。

- (1) エネルギー供給源と多様化
- (2) 低質炭であるリグナイトブリケットの活用
- (3) 稲わら、石灰等の未利用国産資源の活用
- (4) 地方の雇用機会が不足している地域にプラントを建設することによる、雇用

機会の創成。

- (5) リグナイトブリケットの製造技術、リグナイトブリケットプラントに用いる機器の設計製作技術の移転。

### 12-3 リグナイトブリケットと他の燃料との経済性比較

リグナイトブリケットは商業燃料、即ち、天然ガス、ガソリン、ディーゼル油、LPG、電気等の代替には不適である。技術的に代替し得るものとしては、薪、木炭、リグナイトである。薪とリグナイトに関しては、リグナイトブリケットは経済的に代替できない。また、リグナイトブリケットを使用できるようにするには、現在リグナイトや薪を燃焼している炉の大幅な改造を必要とする。経済的観点からリグナイトブリケットが競合可能なものは、調理用燃料の分野でのLPGと木炭である。木炭は小袋の小売価格では、約7 US\$/MMBTU、大袋では4 US\$/MMBTU、LPGは9 US\$/MMBTUである。リグナイトブリケットの価格は卸売と小売の段階で木炭に競合可能な価格に設定し、しかも商業プラントの段階ではリグナイトブリケットの製造が財務経済的に可能なように配慮した。リグナイトブリケットは当然LPGとも価格的に競合可能であるが、LPGは器具、調理場の環境も異なるので代替の対象外とした。

### 12-4 リグナイトブリケットの製造および使用の際の環境考慮

プラントの概念設計では、プラントが環境汚染の原因とならないように、必要な配慮をした。先ずサイトを住宅地帯から離れた炭鉱の敷地内に設定した。環境汚染源と成り得るものは、リグナイトの粉塵と脱煙装置から発生するガスである。前者に対しては、随所にバグフィルターを設置し捕捉する。脱煙装置から発生するガスは脱煙装置の加熱炉とリグナイト乾燥用の熱ガス発生装置で燃焼してから放出する。以上の措置により、環境汚染源の放出を防止し、さらに作業員のための職場環境の保全を行う。リグナイトブリケットプラントはプロセス水を使用しないので汚染水を発生しない。しかし、機器類から漏洩した潤滑油やクーラ類が雨水に混ざり、構外に流出することを防ぐため、排水溝の出口には保留池を設け

それ等を分離する。

使用の際の環境、特に燃焼ガスに常に曝される人の健康を配慮し、リグナイトブリケットの脱煙を行うこととし、そのための設備を製造工程に加えた。それにより煙の発生量を大幅に削減することができた。リグナイトブリケットの灰分析ではカドミウム含有量は日本の肥料の許容量である5PPMを下回り、6価のクロムは検出されなかった。リグナイトブリケットは燃焼時に一酸化炭素は発生するが、木炭と比べ特に多くない。リグナイトに含まれる硫黄はリグナイトブリケットの燃焼時に刺激性の強い硫酸化物となり、燃焼ガスの中に含まれる。リグナイトブリケット製造時に消石灰を加えることにより硫酸化物の約70%を捕捉することができる。これにより、ほとんど硫酸化物の臭気を感じない程度となる。いずれにせよ、煙、すす、硫酸化物、一酸化炭素の発生は皆無ではないので、密閉した所での使用には適さない。タイ国一般大衆の住宅は、通気性がよく、特に調理は通気性の良いところで行っている。調理場が密閉構造の現代的住宅ではLPGと電気を用いている。本計画調査では以上の通り、リグナイトブリケット使用時の環境を配慮した。

## 第13章 リグナイトブリケットの振興戦略

### 13-1 リグナイトブリケット計画に対する基本認識

タイ国政府は既に、第1章および第3章で述べたように、森林破壊の危機的現状と薪炭の消費との因果関係、および森林破壊対策としてリグナイトブリケットを普及することの重要性を深く認識している。本計画調査の完了に当り、タイ国政府に具体的なリグナイトブリケット振興策をとることを提言する。後述するごとく、政府の役割は非常に大きく、それ無しではリグナイトブリケットの効果的普及は難しい。

### 13-2 新商品としてのリグナイトブリケット

リグナイトブリケットの主要用途は、調理用木炭の代替である。従って、リグナイトブリケットの潜在需要家は、現在木炭を購入して調理用に用いている人々である。LPGと電気だけを使用している者は、社会経済的にも高い階層であり1989年のLPGの消費量は調理用燃料の僅か15%に過ぎなかった。バンコク、チェンマイのような主要都市の洋式住宅の居住者はLPGと電気のみを使用している。しかし、その他のLPG使用者の多くが木炭と電気を併用し、用途によって使い分けている。木炭は1989年において全調理用燃料の37.8%を占め、薪の42.1%と並び調理用燃料として非常に重要な地位を占めている。木炭を主調理用燃料としている層は、国民の大多数であり、用途、収入、居住地域によりLPG、電気、薪も併用している。

リグナイトブリケットの品質は、主として原料に起因する制約により、発熱量が低く、着火性が劣り、煙を発生する等、木炭との比較において劣った点があることを認めざるを得ない。従って、品質上の弱点を補償するため、消費者段階にてリグナイトブリケットの価格は木炭価格より低く設定せねばならない。モニタリング調査の結果では、リグナイトブリケットの価格が木炭の価格の60%であれば、木炭の60%がリグナイトブリケットに代替可能である。本計画調査でも末端消費

者価格を木炭価格の60%に設定した。しかも、リグナイトブリケットの品質を消費者のライフスタイルや調理習慣を変更せずに使用可能なものとした。

しかし、これだけでリグナイトブリケットが容易に売れると考えることはできない。タイ国では、リグナイトブリケットは一般に知られていない新商品である。それを知っているごく一部の人達も概してリグナイトブリケットに対し、発煙と発臭が著しく、とても家庭用燃料には適さないとのイメージを抱いている。新商品であるため、総てゼロからのスタートである。第1に潜在消費者にリグナイトブリケットの存在と使い方、利点等を知らしめ、もしリグナイトブリケットの品質や価格に対する偏見があれば、それを正さねばならない。第2に新商品であるため、流通販売網が存在しない。従って、効果的な流通と販売方法を考えねばならない。第3に新商品であるため、最初に不評をかうと挽回が難しい。第4に、新商品であるがために、有効な普及活動を行えばその効果が期待できる。従って、関係諸機関の能力を糾合し、万全の体制を取って普及活動を行うことが必要である。さらに、普及活動に必要な予算措置もこれに含める必要がある。

### 13-3 普及活動の大綱

普及活動は、リグナイトブリケットの上記4特徴に合致した方法で実施すべきであるが、同時に、その時期に適した対策を取るべきである。即ち、パイロットプラントの稼働前に行っておくべきこと、パイロットプラントが稼働した後の重点事項、商業プラント稼働直前に行うべきこと、リグナイトブリケットの生産販売が順調になってから行うべきことを区別し、時宜を得た対策が必要である。

普及活動は次の3期に大別される。

- (1) パイロットプラントの稼働前（第1期）
- (2) パイロットプラントの稼働後、商業プラントの稼働前（第2期）
- (3) 商業化段階（第3期）

### 13-3-1 パイロットプラント稼働前（第1期）

パイロットプラントの稼働前には、先ず関係各省庁による政策委員会と実行委員会を創設する。ランシットの燃料試験センターに設置したベンチスケールプラントを、連続運転が可能ないように改造する。それにより、1日24時間のフル運転で1,000トン／年相当のリグナイトブリケットの生産が可能となり、これは、約5,000人の調理用燃料に相当する。ベンチスケールプラントは研究目的にも使用するので、生産可能量は実際には約500トン／年程度と考えられ、約2,500人の調理用燃料に相当する。

振興計画を効果的に行うためには、リグナイトブリケットを実際に無料で配布せねばならない。この期間はリグナイトブリケットの生産量が少ないため、地域を絞って普及活動をする方が効果的である。ベンチスケールプラントで生産できる量の10倍の量の調理燃料量を消費し得る、約25,000人の人口を有する地域をモデル町村（モデルマーケット）に指定し、重点的に振興活動を行う。

モデルマーケットは森林破壊が最も進行し、将来の最重要市場である中部地区の中でLPGがあまり浸透せず、木炭への依存率が高いところが望ましい。

住民への直接の普及活動はタスクフォースにより行う。タスクフォースはNEAの職員の他に農業・共同組合省の農業普及局と農業共同組合局の職員にメンバーの一員として協力を仰ぐことが必要である。正報告書に詳しく述べるごとく、タイ国の農業普及員は全国に広く駐在し、農産物の新種、農業、肥料、新農業技術の普及の他にも、バイオガスの普及に顕著な成果をあげている。また農業共同組合局も農民と密接な関係を持っている。当初は、リグナイトブリケットを無料で配布する。

パイロットプラントの稼働前6か月頃にはベンチスケールプラントの生産量を増加し、モデルマーケットの周辺にも普及活動を広げる。



### 13-3-2 パイロットプラント稼働後、商業プラント稼働前（第2期）

この期間はリグナイトブリケットの商業化の準備期間であり、普及活動としては最も重要な時期である。パイロットプラントの生産量は年間3,000トンで、約15,000人の調理用燃料に相当する。モデルマーケットは人口25,000人であるから、ここでの普及活動が順調に進捗しておれば、生産量のかなりの部分がモデルマーケットで吸収可能である。しかし、この期間は商業化に備え、リグナイトブリケット消費の地域的拡大を重点目標とする。テレビ、ラジオ等のメディアによるPR活動にも注力する。

リグナイトブリケットの流通販売網をこの期間に設立し強化せねばならない。リグナイトブリケット専用末端消費者に至る流通販売網を新たに構築することは、人的経済的資源の負担が大きく、現実的ではない。中間および末端流通販売は、既存の木炭流通販売網を活用する（正報告書第5章参照）。第1期から継続し、農業普及員等によるリグナイトブリケットの無料配布をこの期間も継続する必要があるが、平行して木炭流通販売網による商業的マーケティングを拡大する。即ち、木炭卸業者への卸売りを行い、彼等に不足していく木炭の代わりにリグナイトブリケットを販売させる。販売業者には木炭の場合と同等なマージンを得ることができる価格で販売し、十分なインセンティブを与える。

### 13-3-3 商業化段階（第3期）

この時期は量的地域的拡大と、リグナイトブリケットに関わるビジネスが政府の財政的負担とならず、財務的に自立できるようにすることを重点目標とする。リグナイトブリケットが妥当な利益を期待できる産業になれば、民間起業家が参入する。これはリグナイトブリケット産業が健全な産業として発展する唯一の方法である。それによりリグナイトブリケットの生産量が増大し、木炭の代替を進め、森林破壊の防止という所期の目的に貢献することができる。

政府の役割は、リグナイトブリケットが財務的に可能な産業となるための環境整備である。そのため、次のことが必要である。

- (1) 従来、発電用とセメント用にリグナイトが優先使用されたが、リグナイトブリケットの計画に対しては、品質の優れたリグナイトの割当を与える。
- (2) リグナイトブリケットによる植林コスト節約分をプラントの利益から減税する。
- (3) 将来リグナイトブリケットプラントが国産機械を主体とし、できるだけ安価に建設できるよう機械工業を育成する。プラント機器に対する販売税(3.3%)を免除する。
- (4) リグナイトブリケットの品質を維持するため、本計画調査によるリグナイトブリケットを標準品質とし、リグナイトブリケットメーカーにその品質を維持させる。
- (5) リグナイトブリケットの生産拡大と歩調を合わせ、調理用燃料の供給に支障を来すことなく木炭の生産販売規制を強める。

#### 13-4 政府の役割

リグナイトブリケットの末端価格は、モニタリング調査の結果に基づき、木炭と競合可能な値に設定した。また潜在市場の規模も大きい。しかし、これはあくまで潜在市場であり、実在の市場ではなく、リグナイトブリケットの市場が経済規模に拡大するまでは、政府の力による市場育成が必要である。本プロジェクトの側面は非常に多岐にわたり、プロジェクトの成功のためには関連各省庁、政府機関の緻密な協力が不可欠である。リグナイトブリケットは、環境保護という観点から国家として必要不可欠な新産業であり、育成せねばならない。即ち、中央においては各省庁の協力の場として、政策委員会、実行委員会の設立、現場においてはタスクフォース、県、郡、村のレベルでのサポート等、積極的に振興活動をすべきである。

	1st Period			2nd Period			3rd Period				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 and on
Promo-ter	National Energy Administration supported by Policy Committee										
Plant in Operat'n	BS Plant	Modified BS Plant		Pilot Plant							Commercial Plant
Organi-zation	. Policy committee . Executive committee . Task force . Model market			. More task forces . More model markets							
Major Activity	. Establish policy committee . Establish executive committee . Form task force . Start mass education . Select model market . Prepare model market . Start modified BS Plant . Expand dissemination activity around the model market . Intensify dissemination activity . Intensify mass education . Start intensifying geographical expansion . Intensify marketing on the charcoal marketing channel . Establish Thai quality standards of lignite briquettes . Form more task forces . Select more model markets										
Incen-tive			. Tax exemption for replantation cost . Tax exemption for machines								

Figure 13-1 Sequence of Activities for Dissemination of Lignite Briquettes

### 13-4-1 関係省庁の代表者による委員会の設立

NEAおよび科学・技術・エネルギー省は関係省庁に働きかけ、下記の委員会を設立する。

関係省庁としては先ず本計画調査のカウンターパートであり、パイロットプラント計画の実行者と考えられる国家エネルギー庁（NEA）、その本省である科学・技術・エネルギー省（Ministry of Science, Technology and Energy）、科学・技術・エネルギー省の下部機関である環境庁（National Environmental Board）、農業・共同組合省（Ministry of Agriculture and Co-operatives）、そこに属する農業普及局（Department of Agricultural Extension）、共同組合局（Co-operative Promotion Department）、王室森林局（Royal Forestry Department）、工業省（Ministry of Industry）、鉱物資源局（Department of Mineral Resources）、内務省（Ministry of Interior）、総理府（Office of the Prime Minister）、そこに属する国家経済社会開発庁（National Economic and Social Development Board）、対外技術経済協力局（Department of Technical and Economic Cooperation）等が考えられる。

委員会は高いレベルの政策委員会（Policy committee）と政策の実行に専念する実行委員会（Executive committee）を設立する。政策委員会は下記の役割を果たす。

- (1) 実行委員会の人選、任命を行う。実行委員会には経験と知識の豊かな実務者を選任する。
- (2) 必要な予算案の承認と、大蔵省より予算措置を受ける。
- (3) リグナイトブリケット振興計画の進捗状況の定期的レビューと必要な軌道修正を行う。
- (4) 高いレベルからの国民に対するリグナイトブリケットのPR、大衆教育を実施する。
- (5) タイ国側の実施能力を評価する。外国、または国際機関からの援助の必要の有無に対する判定を行う。必要と判断される場合は、担当省に対する提言を

行う。

(6) 各委員は自分が代表する機関が委員会の決定に対し協力するよう配慮する。

実行委員会は下記役割を果たす。

- (1) 政策委員会の決定に従い、NEAのリグナイトブリケット振興計画を支援する。
- (2) 原料調達、原料輸送、製造、製品の輸送と貯蔵、流通、販売、製品品質、消費者の動向、プロジェクトの財務情况等、振興計画の現場に起る総ての問題を分析し、対策をたて実施する。
- (3) 総てに関し、政策委員会に報告し、政策委員会として必要な措置を取れるようにする。

#### 13-4-2 各省の協力

本プロジェクトの側面は非常に多岐にわたる。従って、関係省庁の協力は不可欠である。例をあげると、当初はリグナイトブリケットの無料配布が必要である。そのためには製造、輸送に必要な経費をカバーする予算措置が必要となり、大蔵省の理解が重要である。森林破壊の深刻な現状、リグナイトブリケットのPR等には大衆教育が必要である。そのためには政府系のテレビやラジオを使用すべきである。県、群、村に至る縦の行政組織によるPR活動も必要である。最有望市場である地方都市およびその周辺の農村への普及活動には農業・共同組合省の下部組織である農業共同組合および農業普及員を活用する。王室森林局は森林保護と薪炭の生産規制を効果的に行うべきであり、森林保護の立場からもリグナイトブリケットの振興に協力すべきである。

#### 13-4-3 予算措置

予算措置として以下の対策が必要である。

(1) 第1期

- |                     |            |     |
|---------------------|------------|-----|
| 1. ベンチスケールプラントの改造費  | 32,000,000 | バーツ |
| 2. リグナイトブリケットの無料配布費 | 4,500,000  | バーツ |

(2) 第2期

- |                     |            |     |
|---------------------|------------|-----|
| 1. パイロットプラントへの投資    | 68,043,000 | バーツ |
| 2. リグナイトブリケットの無料配布費 | 15,000,000 | バーツ |
| 3. パイロットプラントの赤字補填   | 64,771,000 | バーツ |

(3) 第3期

- |               |             |     |
|---------------|-------------|-----|
| 1. 商業プラントへの投資 | 270,066,000 | バーツ |
|---------------|-------------|-----|

但し、パイロットプラントの赤字は商業プラントの稼働により回収される。政府系メディアの使用料、政府職員のコストは計上しない。

#### 13-4-4 大衆教育

モニタリング調査により、国民の森林破壊の現状、予想される結果に対する認識が極めて低いことが判明した。この点とリグナイトブリケットを国民に知らしめるためにもテレビ、ラジオ等のメディアによる宣伝活動が必要である。特に、視覚に訴えることが効果的であると判断されるので、テレビに重点を置くべきである。テレビの普及率は世帯数の約50%に近いので、効果が期待できる。

リグナイトブリケットの普及のため政府が整えるべき組織を図13-2に示すごとく、提案する。

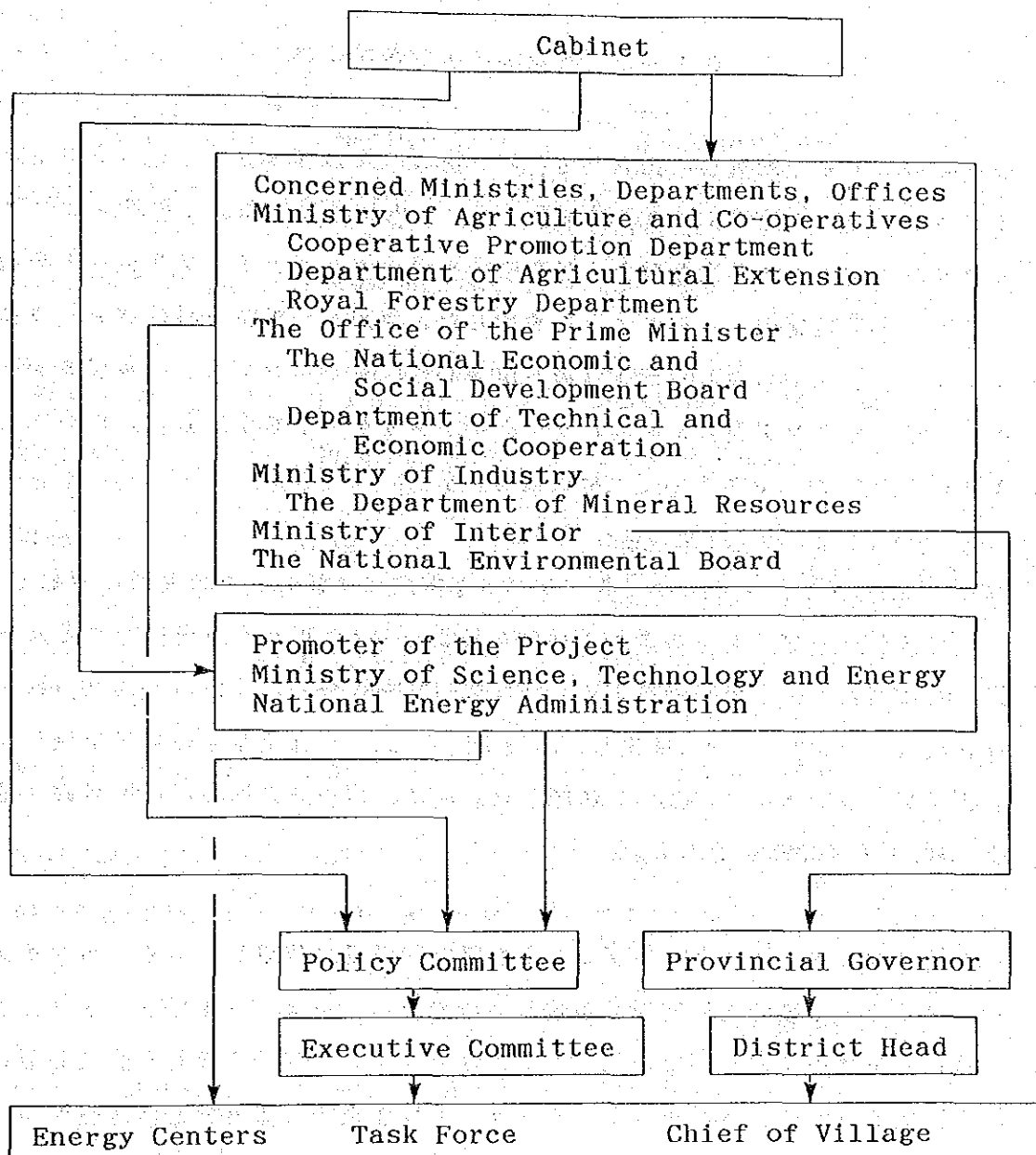


Figure 13-2 Organization for Promotion of Lignite Briquettes

## 第14章 ベンチスケールプラント

フィージビリティ調査の一環として、ベンチスケールプラントを、バンコック近くのランジットに在るNEAの燃料試験センター内に設置した。このベンチスケールプラントで、タイ国産原料から品質設計を満たすリグナイトブリケットを製造することが、技術的に可能なことを確認した。使用した国産原料はバンパカ産リグナイト、タイ国の稲わらおよび消石灰である。またベンチスケールプラントを用い、モニタリング調査に必要なリグナイトブリケットを生産した。なを表14-1にベンチスケールプラントの構成機器を示す。

NEAのスタッフはベンチスケールプラントを実際に運転し、その運転に習熟した。ベンチスケールプラントの運転と保守の技術をNEAに正しく技術移転するため、調査団は運転と保守の基礎を遵守した作業基準を作成し、「Standard Operation Practice」と題してNEAに提出した。調査団とNEAは、作業基準の各単位操作をベンチスケールプラントで互いに確認した。更に、本作業基準の活用を徹底するため、NEAがタイ語に翻訳した。

その後 NEAはベンチスケールプラントを研究開発用に使用している。ベンチスケールプラントは設計上連続運転が難しいので、ベンチスケールプラント全体としては、成型機の能力一杯で運転することはできない。若干の機器を追加し更に配置の変更を行えば、ベンチスケールプラントは成型機の能力で連続運転が可能となる。この様な改造を行うことによって、ベンチスケールプラントは研究開発に加え、市場開発を効果的に行うために必要なリグナイトブリケットを年間数百トンから 1,000トンまで製造可能となる。従って、ベンチスケールプラントを連続運転可能とするために必要な改造を実施し、パイロットプラントの稼働前にリグナイトブリケットを生産し、市場開発に活用することを提言する。



Table 14-1 Machine List

Item	Machine Name	Specifications
Coal Crusher	Roll Jaw Crusher	Coal: 200 to 300 kg/h Particles: 100 to 5 mm
Coal Pulverizer	Hammer Crusher	Coal: 100 to 150 kg/h Particles: 5 to 2 mm
Biomass Pulverizer	Pin Mill Machine	Biomass: 50 kg Particles: 10 to 2 mm
Vibrating Screen	Vibrating Screen	3 Decks, Closed Screen Area: 0.31 m <sup>2</sup> /deck
Mixer	Mixer	Coal, Biomass: 100 to 150 kg/h Ribbon spiral, barrel type, batch mixer with heater
Briquetting Machine	Briquetting Machine	Briquettes: 150 to 200 kg/h Single-shaft drive, double-roll type with cantilever
Vibrating Sifter	Vibrating Sifter	Screen mesh: 14 mm Total screen area: 0.524 m <sup>2</sup>
Belt Conveyer	Belt Conveyer	Belt width: 350 mm, length: 5 m
Platform Scale	Platform Scale	Max. capacity: 100 kg Reading: 10 gr.
Tablet Tester	Tablet Tester	Max. Pressure: 4 tons/cm <sup>2</sup> Tablet size: 25 mm dia.
Unconformity Compression Tester	Compression Tester	Max. Capacity: 200 Kg-force
Vernier Caliper	Vernier Caliper	L 200 mm x 0.05 mm
Dust Collector	Dust Collector	Static pressure: 110 mm Aq. Capacity: 28 m <sup>3</sup> /min.
Air Compressor	Air Compressor	Max. pressure: 7 Kg/cm <sup>2</sup> g Air tank: 38 liters Filling up time: 5 min.
Oil Burner Combustion Test Kit	Combustion Test Kit	1. MFZ draft, 2. Thermometer, 3. Smoke tester, 4. CO <sub>2</sub> Detector
Gas Detector	Gas Detector	Detector tube: CO, CO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>

Note: One each item was provided.

## 第15章 リグナイトブリケットに関する過去の研究

タイ国政府は第6次5カ年計画（1987-1992）において、エネルギーの自給率の向上と減少する森林の保護を目的として、小規模工業用および家庭用に国産リグナイトの活用を振興する政策を明示した。この政策に沿って、政府はリグナイトブリケット開発の研究を奨励した。

過去20年にわたり、大学および研究機関によりリグナイトブリケットに関する研究がなされてきた。研究の目的は冶金用ブリケット、炭化ブリケット、非炭化ブリケット、バイオマスとリグナイトの混合ブリケットなどの開発を目的としたものであった。バインダとしては、コールタール、アスファルト、澱粉、粘土、黒液（パルプ製造の廃液）等が試みられた。これらのバインダは、燃焼時に大量の煙を発生するか、または十分な結合力を持たず、満足できる結果を示さなかった。

タイ国ではバイオマスをバインダとして利用し、満足な品質のリグナイトブリケットを生産する技術は開発されていない。従って、本調査により提供された技術は、タイ国の国情に合致した工業技術の新分野を開くことになるであろう。

## 第16章 結論と提言

結論と提言を以下に述べる。

### 16-1 結論

パイロットプラントそのものは財務的にフィージブルでないが、以下に述べる理由により具体化を図る価値がある。

- (1) タイ国ではリグナイトブリケットプロジェクトを実現すべきと判断される。その理由として、今後、一層進行すると予想される森林破壊を防止するための政策、エネルギー供給源の多様化政策、リグナイトの有効活用政策、リグナイトブリケットの使用に転換可能な生活様式と調理習慣、リグナイトとバイオマスおよび石灰石などの原料の入手可能性、および需要に見合う木質燃料の供給が森林破壊の防止を考慮にいれると難しいことが挙げられる。
- (2) 薪炭はタイ国の人々にとって、調理用エネルギーの80%を占める重要な燃料である。しかし、これはまた森林破壊の主な原因ともなっている。シュミレーション分析の結果、予測される薪炭の需要を森林の伐採で賄うとすれば、森林は今後20年間で消滅することが判明した。従って、森林保護のためには、樹木の伐採の禁止をより厳格に守る必要がある。また、この結果、調理用燃料の供給不足を招くことが予想される。木質燃料の供給と森林保護の両面を考慮して、樹木の伐採を毎年6%づつ抑制すると、森林の消滅は防止することができる。この場合には、木炭の供給は需要に対し1995年には40万石油相当トン、2010年には130万石油相当トンの不足を生じ、この不足分は適切な代替品によって賄う必要があり、リグナイトブリケットは有力な代替品として挙げられる。
- (3) リグナイトブリケットは調理用木炭の有力な代替製品であると判断される。一方、調理用のみならず工業用に用いられている薪に代わってリグナイトブ

リケットを使用することは、薪に比較しリグナイトブリケットの価格には競争力がなく、困難であると判断される。

更に、工業部門ではリグナイトブリケットを燃料として使用するには多くの場合、炉の改良が必要となる。しかし、炉の改良を実施した場合、リグナイトブリケットのみならずリグナイトの燃焼が可能になり、消費者は安価であるリグナイトを選択すると判断される。リグナイトに比較しリグナイトブリケットの優れた点の一つは、リグナイト自体に含まれている硫黄が、燃焼時に大気中に放出される硫黄酸化物の量を減らせることである。しかし、多くの工業炉では燃焼温度が高く脱硫効果はなく、工業用にリグナイトブリケットをリグナイトに替えて使用する利点は生じない。

- (4) リグナイトブリケットの品質は調理用木炭の代替として設計されており、この設計品質に合致するリグナイトブリケットをタイ国内に十分に賦存するリグナイトと稱わらおよび消石灰を用いて試製した。試製実験は先ずタブレットの規模で行い、次にベンチスケールプラントで行った。最終的には商業プラントで実施された。また目標とする品質のリグナイトブリケットを製造することが技術的に可能であることと、原料の最適混合比を実験により確認した。
- (5) ベンチスケールプラントをランシットにある燃料試験センターに設置した。このプラントでリグナイトブリケットを試作し、バンコクおよび主な地方都市の潜在需要者である木炭の消費者にモニタリング用サンプルとして提供した。この結果、将来木炭の入手が困難になり、リグナイトブリケットの価格が木炭の60%である場合、60%の人がリグナイトブリケットを使用することが判明した。
- (6) リグナイトブリケットの需要予測結果を下表にまとめる。なお、この需要は予測される木炭の不足分の60%をリグナイトブリケットによって賄われるものとして予測した。

(Unit:KTOE)

	1995	2000	2005	2010
Forecast Demand	229	518	711	831

(7) パイロットプラントおよびその投資を回収する商業プラントの規模等の詳細は9章にまとめた。

(8) パイロットプラントの投資と運転による損失は1もしくは2基の商業プラントで回収可能となる。

(9) リグナイトブリケットはタイ国の人々にまだ知られていない新商品であり、パイロットプラントにより市場を開発せずに商業化を図ることは危険が大きい。

(10) 商業化を円滑に進めるためには、パイロットプラント段階で蓄積した市場と技術に関する知識は非常に有用である。

(11) 大規模にリグナイトブリケットプロジェクトを実施すれば、金額で表示することは難しいが、多くの社会経済便益が期待できる。パイロットプラント建設計画は大規模商業化への一里塚である。以下に大規模で商業化した場合の社会経済便益をまとめる。

#### 1) 環境保護面での貢献

リグナイトブリケットプロジェクトは減少しつつある森林の保護に役立つものである。タイ国の森林は木質燃料の代替物を提供しない限り、消滅を避けられないが、リグナイトブリケットは非常に有望な代替燃料の一つである。森林破壊が直接または間接原因で、洪水、干ばつ、塩害、山崩れ、異常気象等の災害が発生しており、農業の基盤そのものを脅かしている。さらに地球規模では、森林破壊が地球温暖化の主原因の一つであることは疑いのないことである。またリグナイトブリケットは植林の費用の節約にも貢献する。

## 2) 脱硫

原料のリグナイトに含まれる硫黄分の大部分は、リグナイトブリケットが燃焼する際捕捉され灰となる。この硫黄分はリグナイトを他の方法で燃焼する場合、大気中に放出され、喘息等の健康被害や、酸性雨や湖沼の生態系の破壊等の災害を引き起す。湖沼の生態系は世界中の人々の生活に密接な関わりを持っている。リグナイトブリケットの脱硫コストは、他の脱硫コストと比較すると非常に安価である。

## 3) 外貨の節約

リグナイトブリケット以外の代替燃料としては LPGが挙げられる。リグナイトブリケットが供給されない場合には、LPGの輸入量が増加し、外貨の支払いが増す。外貨は本来、国民の生活レベルの向上と経済発展のために必要な資本財の輸入に振り向けるべきものである。

## 4) 雇用機会の創成

リグナイトブリケット製造プラントを雇用機会の乏しい地方に建設することにより、雇用機会を創成できる。更にリグナイトブリケットは、取り扱い量が減少せざるを得ない木炭業者にとって新規取扱商品となる。

## 5) 技術移転と工業振興

新産業であるリグナイトブリケットの振興により、タイ国は製造技術に加え、プラント機器の設計、製造に関する技術移転を受けられる。

## 16-2 提言

本計画調査の結果に基づき、以下の提言を行う。

- (1) 計画中のパイロットプラントはリグナイトブリケットの商業化のために重要な経過措置である。商業化に伴って前述の便益が期待されることから、パイロットプラント計画は実施すべきである。

- (2) パイロットプラント計画の実施に当っては、本計画調査によって提言された諸手順に従い計画を実施し、順調な遂行を期すべきである。
  
- (3) パイロットプラントの建設と並行して、タイ国の危機的状況にある森林を保護するために、第13章で述たリグナイトブリケットの普及に関する提言を実施し、市場の開発を図るべきである。











JICA

