

# 木質系エネルギー利用開発 基礎一次調査報告書

(フィリピン・シンガポール・マレ  
イシアに於ける未利用残廃材調査)

昭和 58 年 5 月

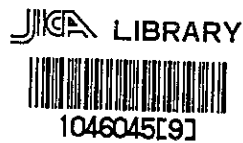
国際協力事業団  
林業水産開発協力部  
林業投融资課

林 開 投
J R
8 3 - 7



# 木質系エネルギー利用開発 基礎一次調査報告書

(フィリピン・シンガポール・マレ  
イシアに於ける未利用残廃材調査)



昭和 58 年 5 月

国 際 協 力 事 業 団  
林 業 水 産 開 発 協 力 部  
林 業 投 融 資 課

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 5. 2	118
登録No. 04209	88.7
	FDF

## あ い さ つ

東南アジア諸国の豊富で再生産可能なエネルギー源としての森林エネルギー（Forest Biomass Energy）の開発は、化石エネルギーに対する代替・補完エネルギーとして脚光を浴びつつある。

とりわけ、林地残廃材と工場廃材などの木質エネルギー、あるいは木質系圧縮成形燃料としての活用は、重要な検討課題となっている。

このため国際協力事業団は、未利用樹開発事業基礎調査の一環として昭和58年2月21日から3月11日までの期間にわたり、全国木材チップ工業連合会専務理事、遠藤 隆氏を団長とする木質系エネルギー利用開発基礎一次調査団をフィリピン、シンガポール及びマレーシアに派遣し、大都市周辺における民生用エネルギーとしての林地廃材及び工場廃材の利用の可能性を検討するとともに、我が国民間企業が進出するための諸要件を検討するための調査を実施した。

本報告書はこの調査結果をとりまとめたものである。本報告書が東南アジア諸国の森林エネルギー開発に資するものとなり、これら諸国と日本の相互理解と友好関係の増進に大きく貢献するものとなれば幸いである。

最後に本調査に協力された関係各位に深く感謝する次第である。

昭和58年5月

国際協力事業団

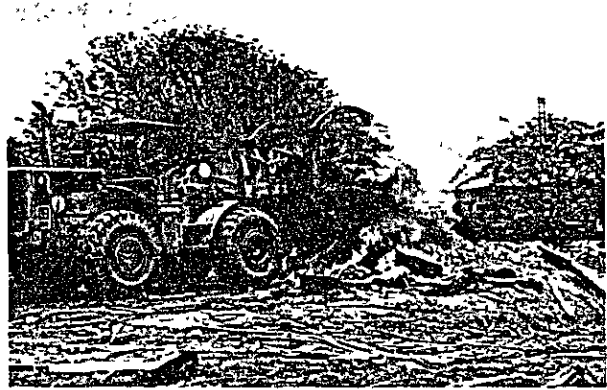
林業水産開発協力部長

渡 辺 桂





フィリピン・カバナトゥアンの製材工場で  
(排出樹皮を子供がとりにくる。)



マレーシア合板工場  
(樹皮の一部を焼却)



同上  
(排出鋸屑を袋につめて、持って行く)



マレーシア製材工場  
(樹皮の炉外焼却)



マレーシア合板工場  
(工場残材はすべてボイラーに利用)



マレーシア工場残材の地上伏焼製炭





# 目 次

序 章 調査の目的と概要 .....	1
0-1 調査の経緯と目的 .....	1
0-2 調査団の構成 .....	1
0-3 調査日程 .....	2
0-4 面談者一覧 .....	3
第1章 総合所見 .....	9
1-1 木質系エネルギー利用開発の背景と意義 .....	9
1-1-1 国際協力の意義 .....	9
1-1-2 国際協力事業の必要性 .....	10
1-2 木質系エネルギー利用開発についての東南アジア諸国における可能性 .....	11
第2章 木質系成形燃料の開発 .....	13
2-1 開発の経緯と方向 .....	13
2-1-1 開発の経緯 .....	13
2-1-1-1 オガライト開発の経緯 .....	13
2-1-1-2 オガ炭開発の経緯 .....	16
2-1-2 開発の方向 .....	18
2-1-2-1 原料製造機器の開発 .....	18
2-1-2-2 成形燃料製造機器の開発 .....	22
2-1-2-3 成形燃料燃焼機器の開発 .....	23
2-2 利用の現状と将来 .....	25
2-2-1 オガライト .....	25
2-2-2 ペレット .....	26
2-2-3 オガ炭 .....	26
2-3 製造方法 .....	27
2-3-1 オガライト .....	27
2-3-2 ペレット .....	28
2-3-3 その他の成形燃料 .....	28
2-3-4 オガ炭 .....	28
2-4 他のエネルギー源との比較 .....	29
2-5 代替エネルギー源としての可能性 .....	35

第3章 調査の概要 .....	37
3-1 森林生産と関連産業の動向 .....	37
3-1-1 丸太製産 .....	37
3-1-2 薪, 木炭生産 .....	38
3-1-3 木材工業 .....	39
3-1-4 木材輸出 .....	42
3-2 残廃材の状況 .....	44
3-2-1 工場残廃材 .....	44
3-2-2 林地残廃材 .....	45
3-3 エネルギー需給動向 .....	49
3-3-1 エネルギー面での分類 .....	49
3-3-2 フィリピンのエネルギー需給 .....	49
3-3-3 シンガポールのエネルギー需給 .....	55
3-3-4 マレーシアのエネルギー需給 .....	55
3-4 木質エネルギー利用技術 .....	57
3-4-1 フィリピンにおける技術 .....	57
3-4-2 シンガポールにおける技術 .....	59
3-4-3 マレーシアにおける技術 .....	60
3-5 木質エネルギーの流通及び消費の状況 .....	61
3-5-1 フィリピン .....	62
3-5-1-1 薪, 木炭の状況 .....	62
3-5-1-2 薪, 木炭の消費量と用途 .....	63
3-5-1-3 薪, 木炭の流通 .....	63
3-5-1-4 薪, 木炭用の燃焼器 .....	67
3-5-2 シンガポール .....	67
3-5-3 マレーシア .....	68
3-5-3-1 薪, 木炭の状況 .....	68
3-5-3-2 薪, 木炭の消費量と用途 .....	69
3-5-3-3 薪, 木炭の流通 .....	69
3-6 ペレット燃料工場設置の可能性について .....	70
3-6-1 フィリピンにおける可能性 .....	70
3-6-1-1 民生用 .....	70
3-6-1-2 商業用 .....	71

3-6-2	シンガポールにおける可能性	72
3-6-3	マレーシアにおける可能性	73
3-6-3-1	民生用	73
3-6-3-2	商業用	73
巻末資料		75







## 序章 調査の目的と概要

### 0-1 調査の経緯と目的

近年石油代替エネルギーの開発が様々な分野で研究されている。東南アジア諸国でも石油価格の上昇，薪炭材原料の減少傾向が見られ，代替エネルギーの利用開発に対する期待が高まって来ている。しかし乍ら現在大量に放置されている林地残材や製材，合板工場等の廃材の有効利用については，未だ検討が具体的になされていない状況にある。この様な背景から未利用樹開発協力の一環として，下記の諸点を調査し，大都市周辺における民生用エネルギーとしての残廃材の利用に関して，その可能性を検討するとともに，我が国民間企業が進出するための諸要件を検討する事を目的とするものである。

① 大都市周辺に存在する製材・合板工場等を調査し利用可能な残廃材の質及び量を検討。

また林地残材についても同様な調査を実施する。

② 各都市での民生用燃料の流通・需要の実態を調査し，木質系エネルギー源の代替の可能性を検討する。

### 0-2 調査団の構成

担当業務	氏名	所属
団長（総括）	遠藤 隆	全国木材チップ工業連合会 専務理事
協力企画 （林産業動向調査）	奈須田 緑二	林野庁指導部研究普及課 研究企画官
加工技術	石原 達夫	林業試験場林産化学部 林産化学第三科長
原料調査	柴田 竹治	木材需給対策中央協議会 薪炭部会委員
流通需要分析	緑川 明夫	日本煉炭工業会 開発部委員
業務調整	黒岩 直登	国際協力事業団 林業水産開発協力部 林業投融资課

0-3 調査日程

日程	月日	曜日	出発地	時刻	便名	到着地	時刻	宿泊地	行動内容
1	2・21	月	東京	10:15	PR431	マニラ	13:45	マニラ	JICA事務所訪問(調査内容打合せ) パンタバンガン林業開発技術協力プロジェクト専門家打合せ
2	2・22	火						マニラ	三井物産マニラ支店打合せ PWPA訪問(会議・資料収集)
3	2・23	水						マニラ	BFD訪問(会議・資料収集) NEA訪問(会議・資料収集) BED訪問(会議・資料収集)
4	2・24	木	マニラ	7:00	車	カバナト ウアン	13:00	カバナト ウアン	パンタバンガン林業開発プロジェクト訪問 流通・需要調査
5	2・25	金	カバナト ウアン	12:00		マニラ	18:00	マニラ	製材工場調査
6	2・26	土						マニラ	林産試験場訪問 調査結果の中間とりまとめ
7	2・27	日	マニラ	15:00	PR501	シンガポ ール	18:20	シンガポ ール	移動
8	2・28	月						シンガポ ール	大使館表敬, JICA事務所打合せ EDB訪問, 資料収集
9	3・1	火							Singapore Activated Carbon社訪問 製材工場調査
10	3・2	水							International Wood社調査 Asiatic Wood Products 社調査
11	3・3	木	シンガポ ール	9:00	車	ジョホー ール	11:00	ジョホー ール	移動 MCD社調査



日程	月日	曜日	出発地	時刻	便名	到着地	時刻	宿泊地	行動内容
12	3・4	金						ジョホール	SETIA JAYA WOOD 社 訪問 ゴム廃木調査(伐採現場, 製材所 炭焼場)
13	3・5	土							調査結果の中間とりまとめ
14	3・6	日	ジョホール	11:30	MH380	クアラル ンプール	12:15	クアラル ンプール	移動
15	3・7	月						クアラル ンプール	大使館表敬, JICA事務所打合せ 一次産業省訪問
16	3・8	火						クアラル ンプール	エネルギー省訪問 日商岩井クアラルンプール支店打 合せ
17	3・9	水	クアラル ンプール	8:00	車	クアラリ ビス	12:00	クアラリ ビス	製材工場調査
18	3・10	木	クアラリ ビス	14:00	車	クアラル ンプール	18:00	クアラル ンプール	林地廃材調査
19	3・11	金	クアラル ンプール	7:30	SQ101 - SQ006	東京	19:15		移動

#### 0-4 面談者一覧

日付	氏名	所属
2・21	三浦 敏一	国際協力事業団 マニラ事務所 所長
	中村 三樹男	国際協力事業団 マニラ事務所
	藤村 隆	パンタバンガン 林業開発技術協力プロジェクト 首席顧問
	黒木 亮	〃 業務調整担当
	半田 勉	〃 サブプロジェクトⅠリーダー(森林経営)
	田辺 真次	〃 サブプロジェクトⅡリーダー(造林)

日付	氏名	所 属
2・22	安部好郎	三井物産(株)マニラ支店支店長
	矢口武男	三井物産(株)マニラ支店木材グループ主席
	BENJAMIN F. SANVICTORES	President, Aras-Asan Timber Co., Inc.
	CALVIN P. ESTUDILLO	Researcher, Forest Products Research and Development Institute
	LEONIDA P. BRIONES	" "
	ROBERTO R. CABRAL	" "
	GABMIL R. FORMOSO	President, National Industrial Tree Corporation
	RAMON C. TONGSON	Manager, " "
	JOSELITO C. BALTAZAR	Director, Philippine Wood Products Association
	LOUIS L. LAUDENCIA	Manager, " "
2・23	EULOGIO T. TAGUDAR	Manager, Forestry Division, Paper Industries Corp. of the Philippines
	ARNOLD B. CAOILI	Depty Minister, Ministry of Natural Resources
	ANTONIO Y. CAPAY	Assistant Secretary, "
	ROSARIO P. LABARO	Supervising Planning Officer, Assistant Service Chief for Project Development, Evaluation, Monitoring, Planning Service, Ministry of Natural Resources
	LUCIO A. QUIMBI J.	Technical Assistant, Ministry of Natural Resources
	RAMIRS S. OSORIS	" "
	EDMUNDO V. CORTES	Director, Bureau of Forest Development
	CELSO P. DIAZ	Chief, Socio-Economics Research Division, Forest Research Institute
	RAMON P. SARAOS	Deputy Executive Director, Presidential Committee on Wood Industries Development
	PEDRO G. DUMOL	Administrator, National Electrification Administration

日付	氏名	所属
2-23	FRANCISCO S. MIQUEL	Executive Director, Dendro Thermal Project Office, National Electrification Administration
	MANUEL LEDESNA	Deputy Secretary Manager, NDDC
	TERESITA DIANASTE	Devison for Promotion of Industry, National Electrification Administration
	GREGORIO U. KILAYKO	Acting Chief, Nonconventional Resources Division, Bureau of Energy Development
2-25	ATTORNEY DANNY YANG	President, Central Luzon Sawmill Co. Inc.
	BENDORSA	President, Sta. Rosa Sawmill Co. Inc. President, Orbit Sawmill Co. Inc.
2-26	JOSE A. SEMANA	Program Cordinator, Dendro Energy Research, Forest Products Reseach and Industries Development Comission
	ARTURO A. PABLO	Program Cordinator, Composit Products for Housing Program (Project Leader of RP-Japan Particle Board Project), Forest Prpducts Research and Industries Development Comission
	MASAO GOTODA	Chief Adviser (JICA Expert), Forest Products Research and Industries Development Comission
	KUNIHICO FUJIWARA	(JICA Expert)
	MUTSUMI IWASHITA	(JICA Expert)
	LEQUIDA P. BRUNES	Researcher, Dendro-Energy Program, Forest Products Research and Industries Development Comission
	CALUIN P. ESTUDILLO	" , "

日付	氏 名	所 属
2・28	上 原 信 博 溝 淵 高 生 劉 發 興 (LAW FATT HING)  鄭 清 江 (TEH CHENG KUNG)	シンガポール大使館 一等書記官 JICAシンガポール事務所 所長 新加坡経済発展局 (Senior Industry Officer, Timber, Woodworking, Paper, ROF., Singapore Economic Development Board) シンガポール通産省経済開発庁工業部日本主任担当官 (Senior Industry Officer-In-Charge [JAPAN], Singapore Economic Development Board)
3・1	莊 皓 先 (JEREMY CHONG)  林 德 成 (LIN TECK SENG)	新加坡活性炭有限公司 董事經理 (Managing Director, Singapore Activated Carbon Co., Pte., Ltd.) 徳信木業(私人)有限公司 取締役 (Executive Director, Tech Ching Timber Pte.)
3・2	藤 井 達 也  SHINJI AOKI  TEO HOCK BIAN	Deputy General Manager, International Wood Products Ltd. President, Asiatic Wood Products Co., Pte., Ltd. Assistant Manager, "
3・3	須 部 浩 右  柳 孝 明	Managing Director, Mados-C. Itoh-Daiken Sdn., Bhd. Timber Manager, "
3・4	YASUSHI KURATA  石 井 洋 一 郎	Managing Director, Setia Jaya Wood Sdn., Bhd. Director, "
3・7	膏 柳 朋 夫 KUNHIKO TAKADA	日本大使館 一等書記官 First Secretary, Embassy of Japan

日付	氏 名	所 属
3・7	阿 部 信 司 山 本 雅 生 MOHD. NOR YAACOB	J I C A クアラ・ルンプール事務所所長 " " 次長 Deputy Director General of Forestry Peninsular Malaysia (Research and Industrial Development)
	井 尻 民 雄 南 融	日商岩井(株)クアラルンプール支店支店長 " " 副支店長
3・8	SYED. MOHD. ADLAN  王 振 祥 (ONG CHIN SEONG)	Head, Energy Unit, Ministry of Energy, Telecoms and Posts 王建德夾板有限公司董事經理 (Ong Kian Teck Sawmills Sdn., Bhd.) 王建德火鋸有限公司董事經理 (Ong Kian Teck Plywood Sdn., Bhd.) 王建德木材防腐有限公司董事經理 (Ong Kian Teck Wood Preservation Sdn., Bhd.)
3・9	傑 世 明 (WAN JASMIN BIN DATO WAN BADIUZZAMAN)	萬木板廠有限公司 (Executive Director) Wan Ahmad & Anak-Anak Sdn., Bhd. Pembekalan & Perkhidmatan Sdn., Bhd. Wan Ahmad Pengusahaan Sdn., Bhd.
	蘇 一 煌 (SOH YIT WONG)	" (Manager) "
	張 明 慧 (CHEONG MENG YUEH)	文冬東隆木業貿易有限公司經理 (Manager, Sykt. Perniagaan Kayu Kayan Tong Leong [Bentong] Sdn., Bhd.)
	陳 南 全 (TAN LAM CHUAN) DATUK HAJI WAN AHMAD BIN DATUK WAN ALI	Manager, Pembekalan & Perkhidmatan Sdn., Bhd. Pengerusi/Chairman, Syarikat Bumi- raya Industries Sdn., Bhd. Kilang Papan Wan Ahmad Sdn., Bhd. Syarikat Kilang Papan Sri. Pahang. Finewood Products Corporation Sdn., Bhd.

日付	氏 名	所 属
3. 9		Sykt. Beng Huatengineering Hardware Merchant. TEL: 572271 Sykt. Wan Ahmad Dananak Anak Sdn., Bhd. Sykt. Kilang Papan Kecil Sinar Pahang Kuari Wan Ahmad Sdn., Bhd. Usaha Tenaga Mining Sdn., Bhd. Wan Ahmad Pengusahaan Sdn., Bhd. Syarikat Wan Ahmad (Exporter) Sayang Jaya Industries Sdn., Bhd. Aligo Industries Sdn., Bhd. Finemarine Sdn., Bhd.

# 第 1 章 総合所見

## 1-1 木質エネルギー利用開発の背景と意義

### 1-1-1 国際協力の意義

#### ① 東南アジアの森林エネルギー

近年、世界各国において、石油エネルギーの代替として、再生可能なバイオマスエネルギーの活用に関心が高まってきた。

森林は、地球上におけるバイオマス現存量の9割を占めている。

東南アジアの森林面積は、約160百万平方メートルで、そこからの年成長量は3300百万トンとなっており、石油換算で1600百万キロリットルに相当する。〈注 岸本定吉博士試算〉これは1980年の日本の消費エネルギーの約4倍にあたる資源である。

日本は、東南アジアから、年間約30百万 $m^3$ の木材を輸入している木材大消費国である。このため、日本としては、東南アジア諸国に対し、①森林の合理的秩序ある開発、②森林の長期安定供給と造林、③開発された森林資源の有効な活用ということが重要な課題となっている。

近年、東南アジア諸国では、国内産業の育成と民生の安定から、付加価値を高めた輸出政策をとっている。丸太輸出から製材製品・合板等の輸出に転換しつつある。これらの木材加工産業からの残廃材は、歩止りの悪い加工工程もあって相当大量に発生している。

しかし、それら残廃材は、一部がボイラー用燃料や民生用燃料に使用されている以外は、その大部分が未利用のまま放置或いは焼却されている。

#### ② 東南アジア諸国におけるエネルギーの需要

これらの諸国において、消費されている木質エネルギー、一般庶民の炊事用の薪・木炭として使用されている量は、推測的には可成の量に及んでいるものと思われる。〈FAOの統計数値から〉彼等住民の生活用木材燃料は絶対的に必要不可欠の重要物資である。

ところが、近年の傾向として、山村部落においても、薪炭用材は年々減少し、都市部でも高価な石油系エネルギーの使用に変化し、結果として、住民一般の生活を益々圧迫してきている。

このため、エネルギー問題の民生的な部門での解決策として、安価で安定した燃料の供給が国策となっている。

山村部では、林地残材の活用と薪炭材の造林、都市部では工場残廃材等の活用がある。輸送コストを軽減するため、薪から木炭・オガライトならびにペレット化した燃料の供給消費の可能性を検討することは極めて意義あることである。

また、東南アジア諸国は、工業用エネルギーとして木質系エネルギーを十分に活用すべき必要に当面している。発展途上国においては、石油等のエネルギーの生産のないフィリピン、シンガポールと生産しているマレーシアとはそれぞれ事情はことなっている。

石油、LPGの生産国のマレーシアでも、ドルをかせぐため、それらを輸出し、木質エネルギーを利用することは国策としても重要な案件と考究される。石油生産のないフィリピンでは工業用エネルギーとして、イビル・イビル木の造林がこころみられている。シンガポールは小国都市であるため、エネルギーの中継基地としての位置づけがなされている。

いづれにしても、木質エネルギーの活用は産業の発展と民生の安定のため期待されている資源であるといえることができる。

### ③ 木質エネルギーの特性

1978年、インドネシア・ジャカルタでのFAOの第8回世界林業協議会では、薪炭材－BIOMASS－の社会経済的課題が特に論ぜられ、各国から数多くの論文報告があった。東南アジア諸国の森林は、木材資源の供給地である。すなわち、石油エネルギーに代る木質エネルギーの供給地であるといえよう。

木質系エネルギーは、現在、世界のエネルギーの総消費量の約8%を占めているにすぎない。しかし、2000年には、25%は再生可能なエネルギーに代り、且その半分が木質系エネルギーに依存することとなろうと言われている。発展途上国の中でも森林資源を大量に保有する諸国では、木質系エネルギーの民生及び工業への利用が益々増大するであろう。

最近、先進諸国でも、木質エネルギーが見直されてきている。そして木質系エネルギーの利用開発、研究が急激に高まってきている。また、発展途上国に対する国際協力においても、木質エネルギーの利用開発の援助が急激に増加してきた。

世界銀行は、この十年間に、林業に対する基金を10倍に増額したが、その投資の傾向は燃料用木材資源の供給に向っている。

なお、米国・国際開発局は、1978年以降、木質エネルギーに関するプロジェクトの財政援助額を5倍に増加している。

## 1-1-2 国際協力事業の必要性

### ① 協力の方法

国際協力の一つの方法として次の方法がある。

- ① 相手国の要請による技術協力および機材の供与（国際協力法第21条1項）
- ② 民間が行う開発事業に必要な資金の貸付、出資、債務の保証（同法同条3項）

このために必要な協力事業を実施するために、事前調査が必要となる。

今回、国内の一企業から、「東南アジア地域における木質系残材利用によるエネルギー事業の開発」の利用開発事業の協力依頼があった。このため、国際協力の主旨に該当する案件



として、具体的な手段、経済性及び効果等の判断のため、事前調査をすることとなった。

また、今後の我が国の木質系エネルギーに関する国際協力に必要な情報の収集という観点でも極めて重要有益な調査である。

## ② 事業の方向

東南アジアにおける豊富な森林資源を木質エネルギーとして利用開発するには、将来的には、薪炭用森林の造成が考えられるが、林地残材の利用、製炭技術の改良、そして経済性の面からの輸送問題等がある。当面有効なものとしては、木材加工産業からの残廃材を燃料化して民生及び工業用として活用することである。

東南アジア諸国における製材、合板工業における丸太からの歩止りは50～70%と推定される。したがって大量の残廃材が排出されていることとなる。また、その大部分は未利用のまま放置されている。木材加工産業は、主として都市周辺部に位置し、比較的容易に定量の残廃材を集荷することができよう。とすれば、木質系成型燃料のペレット化などの検討を進めることは有望なことと思われる。

木質系成型燃料としては、現在、日本で一般に普及しているオガライトのほか、ウデックス、グロメラ等がある。〈ウデックス、グロメラは米国で開発されたものである〉ペレット化燃料については、日本でも、小規模化の方向で開発されつつある。1981年度には、林野庁は「林地残材等のペレット化技術実用化研究事業」を開始している。

なお、樹皮等を利用するオガライト製造機械について、1980年度から開発事業として試作、実用化の方向にある。

木質系成型燃料の需要としては、主として都市住民の民生用燃料及び中小企業におけるボイラー等の工業用燃料として活用が見込まれている。この場合、安価で効率的な燃料炉の開発をも合わせて図ることが必要不可欠なことである。

## 1-2 木質エネルギーの利用開発についての東南アジア諸国における可能性

木質エネルギーの利用開発については、フィリピンでは非産油国だけにエネルギー省では可成推進されている。しかし、マレーシアでは、1984年からその調査を開始したいというのが政府の対応である。シンガポールでは木質系エネルギーについては関心を示していなかった。民間企業としても、それぞれ3国ともその対応は現時点では殆んどなかった。

なお、マレーシアでは石油、天然ガスをもって外貨を稼いで、代替エネルギーの木質系エネルギーに依存することが国益であろうという話題もあった。マレーシア半島部だけの調査で限られているが、新しい企業の進出についてはマレーシア政府も税制、金融の面で優遇し、歓迎していた。

木質系エネルギーへの民生需要は、現時点では、現在以上には期待できないようである。

しかし、工業用としての木質系エネルギーの利用開発の将来性については、政府も民間企業もその重要性に注目していた。

企業の進出の可能性、ペレット製造工場設置の可能性は、当面は困難をとまなりものと推測される。しかし、更に、社会経済的分析を続行することが有意義であり、将来の木質系エネルギーに対する期待は大きい。

このためにも、国により、地域によってもかなりの状況の相違があるので、更に、東南及び西南アジアの諸国の実態調査が必要であろう。その上で、木質系エネルギーの利用開発についての的確な判断と進出についての将来展望とを、国際協力案件として確保すべきであると思料される。各国とも緒についた計画段階であるので、日本としては先んじてリーダーシップを確保すべき案件であろう。

なお、木質系エネルギーについては、輸送問題と需要開拓—とくに燃焼器具類の開発をもあわせて—問題が重要である。

## 第2章 木質系成形燃料の開発

### 2-1 開発の経緯と方向

#### 2-1-1 開発の経緯

現在我が国において木質系成形燃料として生産、流通されていて、所謂市場性を有しているものはオガライトとオガ炭である。

オガライトは乾燥したノコ屑、粉碎した樹皮、ブレナー屑、チップスクリーンダストなどのそれぞれ、あるいはそれらを混合したものを、成形機内のスクリーンで押し固め、ついで表面を加熱して可塑化した成形薪である。この製法の起源は1900年(明治33)頃より製造改良がなされ、現在に至っている我が国独特のもので、直径50mm乃至70mmの太さで、長さは45cm前後で中心に約10mmの穴があり、表面が黒褐色の固形燃料である。(口絵写真参照)

また、オガ炭はオガライトを炭化炉で炭化した成形木炭である。

#### 2-1-1-1 オガライト開発の経緯

##### ① 明治・大正時代(1868~1926)

ノコ屑成形薪については1900年(明治33)に丹沢新兵衛らの“便利薪”の特許(4253号)が最初である。この発明はノコ屑に松やに及びツノマタの合成液を注ぎ、練り合わせて型に入れ、圧縮して乾燥した後、石油をしみこませ、さらに濃厚な松やに及びツノマタの合成液を塗布したもので、薪と同様に用い、とくにその残炭は普通の炭火と同等の効力があるとしている。

1909年(明治42)に大角乾の「人造木炭製造法」の特許(16753号)がある。この発明は、ノコ屑を原料とし圧縮した後木炭とするもので、ノコ屑にコールタールを注ぎ攪はんして練り合わせ、さらにツノマタ糊を注ぎ、よく練り合せた後、型に入れて強く圧縮する。このときコールタールはノコ屑にしみこみ、ツノマタ糊は、外部にしみ出て型の離れを容易にする。このようにしてできた固形体を炭化して木炭とするものである。

明治、大正時代を通じて、このほかに新しい技術や研究は見あたらない。

##### ② 終戦前20年間(1926~45)

1927年(昭和3)と1929年(昭和5)に大地本民一が「鋸屑薪製造法」の特許(出願公告5063号)を得ている。初めの特許は生ノコ屑に殻粉を混和し、型に入れて圧縮し、ノコ屑から出てくる水分を利用して糊化してノコ屑を固結させることを特長とし、つぎの特許はノコ屑に生豆粉を硼砂水溶液に溶解した糊液を付着させて、これを圧縮固結させることを特長とし、いずれも棒状にして薪と同様に用い、残炭は炭火となるとしている。

1934年(昭和9)及び1935年(昭和10)に宮本博が「コ屑を原料とする木炭製造法」の特許を得ている。これらの特許をまとめると、コ屑に少量の微粉無煙炭またはコークスを混和し、これに少量の食塩を添加したデンプン糊を加えて練り合わすか、またはこのデンプン糊を加えずに筒状成形型に入れて圧縮成形したまま炉内で乾留する。あるいはコ屑にワラや雑草の細切したものを混和して、これをあらかじめ加熱しておき、加熱した筒状成形型に入れ、圧縮成形したまま炉内で乾留する。

ここに初めて粘結剤を加えないで、低圧と加熱を組み合わせるとコ屑を固結するという発明があらわれたのである。

### ③ オガライト製造法の確立

1945年(昭和20)終戦後はガソリン不足でガス薪を燃料とする自動車が走っており、広葉樹薪炭材を短かく切ったものが自動車薪として使われていた。奈良県桜井市の北本軍作氏は、この自動車薪にコ屑の利用を考え、まづ固形燃料にするための成形機の研究を開始した。ハンドプレス、水圧プレス、油圧プレス、スクリュースプレスなどを使って研究し、1948年(昭和23)になって、生コ屑1に対し生石灰0.5の割合で混合したものをピストンで圧縮して板状の固形燃料を作ることに成功し、「加工燃料製造法」(特許179233号)の特許を得、1949年(昭和24)この燃料を用いて自動車走行試験を行い、実用価値を認められたが、まだ企業化できるまでに至らなかった。

1946年(昭和22)ごろ東京の東条元もコ屑を水圧プレスによって棒状に成形し、更に加熱して固化した成形薪(オガリノト)を考案し、東京営林署と秋田営林局管内で実用化試験が行なわれたが生産が上がらず企業化には至らず、その後この方法は発展しなかった。

北本軍作はその後、西原幸次郎、浜田鶴亀らの協力によりピストン及びスクリュース式成形機について研究をつづけていたが、1951年(昭和26)になって、林野庁はアメリカからスクリュース式のプレストログ製造機を購入し、東京営林署の旧成形薪(オガリノト)工場で試験を行なった。この機械は、アメリカと日本のコ屑の樹種と粒子の大きさが全く異なることなどのために連続操業が困難で実用化されなかった。

1952年(昭和27)北本軍作はこの機械を視察して、北本式成形機をスクリュース式に決め、さらに圧縮による摩擦熱と成形後の加熱による煙を出すために、スクリュースの先にヘソをつけて成形薪の中心に穴をあけることにして、1953年(昭和28)になり初めて10馬力ぐらいの力で連続的に成形することができるようになった。しかし、それでもヒビ割れや折れたりするので、これはコ屑の乾燥が不十分なためとし、水分を10%程度に前乾燥することで解決して、ようやく1954年(昭和29)に現在のオガライト成形機の基本型が完成したのである。

### ④ オガライト製造の企業化

1953年(昭和28)に設定した日本化学燃料㈱が北本式成形機を製造販売し、初めて静

岡県清水港製材製函協同組合に納入されたが、故障や販路の問題で企業化されず、1954年（昭和29）になって岐阜県、鳥取県の製材工場、つづいて北海道林業㈱に設置されたのがオガライト企業化の最初である。

しかし、当時の装置はまだ未熟なもので採算ベースには乗らなかった。その後北海道林業㈱と旭川市の高橋製作所や高知市の日本高圧工業㈱、文化炭製造販売㈱、新潟県柏崎市の東亜物産など各地にできた成形機メーカーが成形機の改良と装置全体の開発に努力し、しだいに全国の製材工場及びオガライト専門工場に設置されるようになり、操業が軌道に乗り出したのが1961年（昭和36）ごろからであり、1962年以降新しい燃料として脚光をあび、量産化とともに市場性をもつに至った。

#### ⑤ オガライトの市場開始

オガライトの市場開拓については、初めごろは苦勞して、学校給食、自営隊などの大口をねらったが、その後一般的には、北海道・東北地区はストーブ用、関東以西は風呂用となった。北海道林業㈱でも、初めオガライトの直径が5cmであったが、ストーブ用は太物がよく、1955年（昭和30）に6cmにし、1957年には樹皮粉砕物を混合（70%）して換算ベースに乗り、1965年には7cmになった。関東以西は風呂用のため5～5.5cmのものが殆んどである。したがって、成形機の構造が細物と太物とでは当然異なるわけで、細物には一段圧縮式成形機が、太物には二段圧縮成形機が用いられるようになった。

以上のような経緯を経て初期のオガライト工場や成形機メーカーは苦勞したが、次第に改善され能率もよくなり、1960～61年（昭和35～36）ごろから、オガライト工場が急増加してきたので1965年（昭和40）1月全国木材組合連合会及び各県のオガライト生産者代表が集まり、4月16日に全国オガライト生産者協議会が設立され、ついで1966年（昭和41）8月22日に全国オガライト工業協同組合が発足した。この協同組合の発足によって共同宣伝、共同販売などの事業が行われ市場性の開拓が一段と進み、次表のごとき推移を辿った。

表 2 - 1 全国オガライト工場および月産量

地 区	1964(昭39).9		1967(昭42).11		1969(昭44).3	
	工場数	月産量	工場数	月産量	工場数	月産量
北海道	84	2700t	91	4800t	96	6870t
東北	22	1273	63	4755	110	9,150
関東	17	958	50	3,600	75	6,165
甲信越	18	687	25	2,400	47	4,770
北陸	5	285	11	825	16	1,215
中部	69	2,925	86	8,775	133	16,965
近畿	40	2,037	64	5,175	101	10,530
中国	43	1,232	68	6,975	105	16,740
四国	15	1,042	49	2,674	57	9,150
九州	21	984	30	2,205	69	7,515
計	334	15,123	537	42,184	809	89,070

2-1-1-2 オガ炭開発の経緯

オガライトの炭化物であるオガ炭については、1955年(昭和30)に秋田県で中央高圧燃料研究所がオガライトの炭化を試験し、1956年に高知市の日本高圧工業㈱で研究され、ついで高知市の文化炭製造機販売㈱に引き継がれて、1957年からオガライト製造装置とともに円形ガマが販売され、オガ炭を文化炭と称した。しかし、炭化ガマと炭化法の研究が充分でなく改良すべき点が多かったので広く普及するまでに至らなかった。

一方熊本県の宝燃料㈱の中野太郎、鳥取県の錦生燃料(有)の倉持好通及び京都府舞鶴市の日本高性能木炭研究所の島田一郎などが1957年(昭和32)に炭ガマ形式の炭化炉を研究して白炭に近いオガ炭を収量よく得ることに成功した。この方式は現在も続いており、従来の黒炭・白炭の炭ガマ形式のほか、角形ガマ、円形ガマ及びコークス炉なども使われている。

1965年(昭和40)旭化成工業㈱はオガ炭を自社の二硫化炭素原料にする目的で連続式のタテ型炭化炉を開発、宮崎県日向市に工場を建設し、その後西都市・日南市・愛媛県川之江市のオガライト工場にも設置された。2基1組で月産60tである。1967年神戸の青木商店もパッチ式炭化炉、更に1969年になってAK式連続式タテ型炭化炉(月産100t)を開発して、山口県の柳井化学工業㈱二硫化炭素工場内に建設操業を始めた。

国立林業試験場では1963年(昭和38)からオガライト及びオガ炭の性質を調査研究し1967年(昭和42)に角形ブロックガマによる炭化試験を行ない、岸本定吉は1967年からオガライトの炭化法及び品質改良に関する研究(昭和42, 43年度農林漁業研究所試験)を行ない、これらを基礎として現在は備長炭に匹敵する優良オガ炭が製造されるに至った。

表2-2 市販オガライトの性質

産地	北海道	小田原	広島	静岡	清水	鳥取	熊本
原料	広葉樹のこくず80 樹皮20	広葉樹工材 木屑	マツのこくず	スギのこくず	ラワン のこくず	スギ・ヒノキ のこくず	スギ のこくず
形状	丸	丸	六角	六角	六角	八角	八角
直径(長径) cm	7	7	55	55	55	55	55
中心穴径 cm	0.7	1.2	10	11	15	10	08
容積重	126	115	120	127	125	129	121
たて ton	16.1	15.5	36	3.3	25	42	77
圧縮強度 たて kg/	412	415	196	177	132	210	385
よこ kg	440	960	250	450	530	610	1,010
成型機馬力	40	50	7.5	10	10	25	25

表2-3 オガライトと普通薪の燃焼試験

種類	オガライト	広葉樹薪	針葉樹薪
試料水分%	85	125	160
燃焼時間分	87	72	57
水の最高温度℃	945	955	945
同様に達する時間分	21	24	24
燃焼最高温度℃	780	720	800

注 試料各150g, アルマイト鍋, 水2l, 珪藻土コンロ使用, オガライトは静岡産(スギのこくず), 六角, 長径5.5cmのもの

表 2-4 市販オガタンと普通木炭の性質比較

種 類	項 目	水 分	灰 分	揮 発 分	固 定 炭 素	長 径	中 心 穴 径	容 積 重	圧 縮 強 度 た て kg / cm <sup>2</sup>
		%	%	%	%	cm	%		
オ ガ タ ン	長径 5.5cm の 8 角 形オガライトを原 料とした炭が主法 によるオガタン試 料 4 個	52	22	120	806	42	08	091	243
		40	16	266	678	45	10	088	206
		59	15	137	789	40	1.2	096	155
		45	18	151	786	45	10	078	166
木 炭	ざつ黒炭(丸)	79	26	165	730	40	—	057	175
	ざつ白炭(丸)	84	26	91	799	40	—	077	2667

注 試料の長さはいずれも 5cm とする

### 2-1-2 開発の方向

オガライト・オガ炭の原料であるノコ屑は、1980年以降、住宅着工量の減少等に伴なり製材等の不振によって発生量が減少している反面、畜産の敷料、きのこ栽培用などの需要が増えて原料確保が困難になって来た。そこで、樹皮・木くず等の有効利用も兼ねてこれらを原料とする成形燃料の開発、すなわち、パークオガライト・ペレット製造のための粉碎機、摩砕機、成形機などの開発が進められて来た。

また、家庭用、業務用の燃料は固体から流体・気体へと変って来ていることから、木質系成形燃料も、燃焼装置への供給方式や点消火方式を簡易化・自動化できるような形状にする必要がある。このためノコ屑、樹皮、木くず等を原料とする粒状(ペレット)燃料の製法技術の開発が進められており、また、オガライトもこれを、塊砕すればペレット同様の小さな塊状となり、自動化が可能となることから効率的なオガライト塊砕機の開発も進められている。

以上の如く木質系成形燃料の開発はその方向として、①ノコ屑以外の木質系残廃材からの原料製造機器、②多様な原料を対象とした成形技術とパークオガライト、粒状成形燃料の製造機、③前記の燃料に適した燃焼機器の開発の 3 テーマに要約される。

#### 2-1-2-1 原料製造機器の開発

木質系成形燃料の原料の多様化は、その成形燃料の量的拡大を図るとともに従来棄燃却されていた林地残材、工場残材、都市廃材更には風倒木、虫害木等の有効利用につながるものである。しかしながらこのような多種多様な残廃材は、その形状も長短、大小様々である。

したがって、このような残廃材等を木質系成形燃料の原料とするには破碎、粉碎、摩砕の工程を経ることから、現在それらの機器の開発研究が行われている。

##### ① 破碎機

現在市販されている破碎機は木造家屋解体材、パレット等の古材を破碎する大型機である。



これらの大型機は解体材が多量に発生する京浜、中京、阪神地域の大都市において利用されている。この破碎機（シュレッダー）はハンマー式横型で、投入口も600mm×1,000mm以上と大きく、したがって動力も200KW以上を必要としている。

林地残材、工場残材等の中で小石や釘等の異質物付着の無いものは、チップー又はカッター型式のもので切削して粉碎機にかけるが、異質物付着のものは刃物による破碎はその損傷が大きいため、ハンマー型式の大型破碎機で粗砕し粉碎工程に送られる。

この際、マグネトを利用して金属片を除去する方法がとられているが、銅・アルミ等はマグネトでは除去されない。このようなマグネトでも除去されない金属片や小石、砂利などは、急傾斜した桶状を落下させて比重によって分離したり、一旦水面に流して沈下分離する方法等が行なわれており、このような分離方法はチップー切削や小片を粉碎した場合にも行なわれている。

大型破碎機にはこのようなハンマー型式のほか、ドラムの内部中心軸に破碎装置をつけてドラム及び中心軸を各々反対方向に回転させて破碎する型式や、二軸せん断方式で油圧を利用した破碎機がある。

前にも記したようにこれら大型破碎機は投入口の横巾も1,000mm以上と広く、動力も200KW以上あるため毎時5t以上の処理能力があるが、設備費も1基当たり30百万円以上であるため、大都市又は木材工業団地の如く大量に残廃材の集荷可能な場所においては設置可能であるが、中小都市や日量10t前後の集荷量の場合は設備オーバーになりかねない。

したがって、後者の場合の破碎処理はチップー型式、カッター型式あるいは定置式または移動式の中型シュレッダーや薪割機が利用される。

チップー型式の破碎機は、現在各地における解体材専門の木材チップ工場にディスク型のものが採用されており、ドラム型の場合は合板むき芯や端切材に利用され、シリンダー型は合単板工場の端材処理すなわち簿板の切削に用いられている。カッター型式はシリンダーチップーとほぼ同様であるが、木材チップ工場のスリーパー切削や、板切れ、小径材等の破碎に用いられている。

以上のチップー及びカッターはここ20年来木材チップ工業の発達とともに既に普及されてきた機器であり技術的には概ね完成されたものと言えよう。定置式のシュレッダー及び薪割機も既に開発されているが、その破碎能力は今一步と言うところである。

薪割機もまた木材チップ工場においてラワン、米材丸太の大径で短材の端切れ丸太を割るために用いられてきた。タテ型はギロチン式でクランクにより上下する鋭角の斧で割り、ヨコ型は油圧で鋭角の斧が前進後退する仕組みになっている。この薪割機の機械的な能力は別として、端切れ丸太を薪割機に固定または移動するためのシステムが能率化されていないため、現在では殆んど用いられていない。

移動式破碎機の中で移動式チップパーは以前に木材チップ用として開発されたが、剥皮の問題があつて汎用されるまでに至らなかつた。移動式シュレッダーならびに薪割機で国産のものは極めて少なく、従来当該機器需要の低調もあつて開発も殆んど進んでいない状況である。

以上のことから破碎機については大型は一応開発されているが、中小型の定置式または移動式の開発が遅れている。最近(社)林業機械化協会において林内移動チップパーが開発されたが、そのホッパー(投入口)の関係から径15cm以上の丸太は処理できない。

したがつて、現在その開発の方向は虫害木、間伐材の末木枝条および幹足等を処理するための中小型破碎機、すなわち、低出力でホッパーの開口部の広いカッター型式で、処理能力の高いものが求められている。

## ② 粉碎機

数年前までの木質系粉碎機はハンマーミルであつて、主として乾燥過程を径たノコ屑の中に含まれているチップダスト、細片等を粉碎するに用いられて来たものである。ここ数年未開発されて来た粉碎機は樹皮を原料として堆肥用、畜産敷料用に粉碎することを目的としている。したがつて、その構造も樹皮粉碎用に設定してあつて短材、木片等木質物の粉碎を主とするものではない。このためパーク粉碎機で木片を粉碎する場合、その大きさによって一様ではないが、樹皮粉碎能力に対して1/2及至1/10に能力が低下する。

パーク粉碎機の大部分はハンマークラッシャーでタテ型とヨコ型がある。前者はハンマーのシャフトが垂直で、後者は水平である。タテ型はスクリーンを必要としないため目詰りはしないが、均一のサイズまたは細かい粒子の粉碎が困難なことから主としてパーク堆肥用に用いられている。ヨコ型はハンマーの外周部に取りつけたスクリーンの網目の目詰りが問題となる。一般的に樹皮は含水率が50%内外あり、これをオガライト原料に適合する5mm前後の大きさに粉碎するためにはその倍の10mm前後の網目とするが、それでも含水率が高い場合は目詰りを起し易い。

タテ型が均一サイズの粉碎に困難であり、ヨコ型が細かい粒子程目詰りを生じ易いという両者の欠点の解決を図るべく開発されたものに傾斜型粉碎機(呉市(株)ヤマモト機械製作所製)がある。本機にはスクリーンが無くドラムの傾斜角度によって粉碎物のサイズを調整でき、傾斜が緩やかになるにしたがつて小さく粉碎される装置となっている。この粉碎機の特長は上記以外に従来粉碎が困難であつたスギ・ヒノキ等の長繊維で含水率の高い樹皮も粉碎可能であり、かつ、ハンマー先端の摩耗の激しい部分のみ交換できることである。しかしながらこの傾斜型粉碎機においても本質の端材の粉碎は不可能とは言えないまでも、そのためにはドラム及びハンマー軸を相当長くする必要がある。

以上のほか粉碎機にはリング式粉碎機(因島市三晃技研株式会社製)がある。この粉碎機はタテ型で、ドラムの中心軸に太さ10mmで直径8cmの鋼鉄製リングを数箇鎖状に連結されたものが10数ヶ所取り付けられていて、中心軸(シャフト)の回転によって鎖状リングは遠心力で水平に回転する。上部ホッパーから投入される各種原料は鎖状リングの先端でたた

かれて粉碎され、ドラム底部に設置したスクリーンを通過して取り出されるようになっている。元来このリング式粉碎機はガラス類、プラスチック類等の粉碎を目的として開発されたものであるが、樹皮、端材の粉碎も可能である。

以上の如く各種粉碎機は何れも樹皮のみの場合は相応の能力が発揮できるが、木質材が入った場合は粉碎能力が低下し、さらにハンマー、リング等の破損を生じることが多い。

皮つきの丸太ならびに背板などを剥皮する場合、樹皮のみが剥がされるのは水圧パーカーで、リングパーカーやドラムパーカーでは樹皮に木質破片、折損木が混入される。さらに製材工場など木材加工事業場の残廃材は、パークと言うよりも構内清掃の際の夾雑物の集積で端切れ、挽き落とし等の木片が多く含まれている。このようなことから現在までのハンマーミルやパーク粉碎機では木質材混入の樹皮は処理に困難が伴うため、その大部分が棄焼却されている現状である。

これを解決するために開発されたのが日本オグライト工業協同組合が56年度以降国庫補助を得て試作したパーク木くず粉碎機である。この粉碎機はロータリーカッターと傾斜型粉碎機を同一機構に組み込み、樹皮と枝条や木質残材などを同時に切削粉碎でき、かつ、粉碎物の出口に摩砕盤を取りつけることによって完全に粉碎物が摩砕され、試験結果ではスクリーンが不要であることが証明された。粉碎機の動力は45KWで毎時2tの粉碎能力を有し、既に実用化段階に入っているが、特に粉碎困難といわれるスギ・ヒノキ樹皮及び北洋材樹皮の粉碎にも優れた性能を有している。

### ③ ノコ屑製造機

製材業の不振に伴うノコ屑発生量の減少と木質系成形燃料用、畜産用、きのこ栽培用等のノコ屑不足に対処するため、各地の機械メーカーがノコ屑製造機の開発を進めており各種のノコ屑マシンが市販されるようになったが、そのタイプは丸鋸型、摩砕型、カッター型、チップー型の4種に分類される。

#### ① 丸鋸型

丸鋸軸に丸鋸刃(スクリーソー)を10枚以上セットし、15KW乃至75KWの動力をもって回転し、横方向又は上部よりホッパーに挿入される丸太、工場残材等からノコ屑を製造する型式である。

#### ② 摩砕型

丸鋸を使わないディスクホイールタイプで、ディスク面に極くわずかに突起した超硬刃物が、大根おろしの原理で木質部分を切削して、ノコ屑状の粒子を製造する。主軸モーターは5.5KW乃至75KWである。

#### ③ カッター型

ローターに取りつけられたカッターナイフによって原料を極めて短かく切削し、さらに粉

砕装置によって粉碎する型式である。

粒度の大小は、受刃と切刃の間際の調節によって定める。使用動力は15KW乃至45KWである。

#### ㊦ チッパー型

木材チップ切削用のチッパーと同型式で、粒度の大小は前項と同じ方法で行い、さらに粉碎装置によって粉碎する。使用動力は15KW乃至75KWである。

以上ノコ屑製造機のタイプについて記したが、これらのマシンの欠点は高速回転で切削する場合の機械音と切削音が鋭い高音を発することである。このためマシンを地下に設置するか、防音壁を設けるなどしているが、さらに高能率、低騒音の面での開発が望まれている。

### 2-1-2-2 成形燃料製造機器の開発

現在我が国において開発又は開発中の成形燃料製造機器は、パークオガライト成形機と粒状成形燃料（ペレット）製造機器である。これらは何れも国庫補助事業として開発が進められて来たものであり、パークオガライト成形機は既に実用化され、ペレット製造装置は1983年以内に実用化される見込みである。

#### ① パークオガライト成形機

この成形機の大きな特長の一つは、油脂含量が高くて滑り易く、かつ小繊維束を多く含むために絡み易い性質をもった粉碎パークを、円滑に成形機に導入するために、ホッパーより予圧スクリーンを用いて圧送し、さらに従来のノコ屑用成形機は一段圧縮であるが、パークは熱圧成形にあたって滑り易いため二段圧縮となっていることである。

この成形機は使用動力31.5KWで1時間当たり成形能力は300kgである。

#### ② ペレット製造機器

従来からペレット製造機器は飼料、肥料、薬品等を粒状化するために製作されて来たのであるが、第二次オイルショック以後、木算系成形燃料を重油の代替燃料として、燃焼装置への供給方式や点消火方式を簡易化、自動化できる形状、すなわち粒状（ペレット）燃料の開発が進められて来た。

我が国においては佛日本製鋼所が米国ウデノクス社のライセンスを導入して植物系廃棄物のペレット化を研究し、その過程において木質系燃料ペレットの製造機器開発を進めているが実用化には至っていない。

現在（社）全国燃料協会が日本オガライト工業協同組合の協力を得て試作したペレット製造機器はつぎの通りである。

#### ① 脱水摩砕機

この脱水摩砕機はスクリーンとカッターと摩砕盤を同一機構に組み込んだ装置で、ホッパ

ーから挿入された木質破砕小片をスクリーンで前部に送る過程において脱水し、カッターによってさらに細かく砕かれて摩砕盤に押圧されて摩砕する方式となっている。脱水摩砕機の動力は48KWで1時間当たり15tの摩砕能力である。

#### ⑩ ベレット成形機

ベレット成形機にはスクリーン押し型、混合捏和型、ロール押し型、円筒押し型等があり、ウデックス社の成形機は円筒形ダイス垂直式押し型である。

現在国産成形機として試作したベレットマシンは、ベレット化する理論を応用して、全く他の特許に抵触することなく、ギヤとギヤとの間に原料を挿入し、ギヤの谷に貫通されたダイスの孔に、一方のギヤの山によって押圧成形する方式である。このベレット成形機の動力は55KWで、1時間当たりの製造能力は1.2tである。

#### ⑪ その他の成形機

木質系成形燃料製造機器には前記のほか、角塊状成形方式のパパキューブ、ピストンによる押し成形方式のプレス・ツウ・ログ、グロメラ、パッコウ・ウルフなど外国製機器も我が国に輸入されており、国産の機器では木質系と他の可燃物（例えば廃油、廃ポリエチレン、粉炭、もみがら等）との複合成形機器が製作されている。

### 2-1-2-3 成形燃料燃焼機器の開発

我が国における木質系成形燃料は今まで記したようにオガライトとオガ炭が主流であって、ベレットなど粒状又は塊状の成形燃料の生産は漸くその緒に着いたばかりである。したがって、それらを燃料とする燃焼機器の開発も数年以前からで、遅れており、現在燃焼機を製作販売しているメーカーも10社に満たない状況である。

#### ① オガライト用ストーブ

林野庁では1980年以来「国産材の多目的利用に関する調査研究」大型プロジェクトを発足させ、その中でオガライト燃焼機器については静岡県林業試験場でストーブ、岐阜県寒冷地林業試験場で温水ボイラー、群馬県林業試験場でハウス加温機の研究調査を進めて来た。

オガライト用ストーブについては静岡県林業試験場において当初は米国USストーブ社のマキストーブでオガライトの燃焼試験などを行ない、ついで米国マーム社のマキストーブと国産石油ストーブを併置して比較試験を行なった。そして、これらの試験の結果に基づき国産ストーブ2機種を製作して現在試験を続行しているが、オガライトの自動供給装置と温度調節などの検討も併せて行なわれている。なお、オガライト用ストーブが実用化され市販されるのは1983年後半の見込みである。

#### ② オガライト用温水ボイラー

オガライト用温水ボイラーは第一次オイルショック以後、石油との兼用型のものが市販され

て来た。家庭用温水ボイラーの殆んどは貯湯式で、缶容量も60ℓ~200ℓである。

岐阜県寒冷地林業試験場に設置された温水ボイラーは、固形燃料専焼型に試験のため灯油バーナーを取りつけたものである。タンクの容量は200ℓでオガライトを1回投入で十分な給湯(4人家族)が出来る装置である。

既にこの温水ボイラーはメーカー2社によって市販されているが、日本暖房機器工業会では、さらに燃焼装置のシステム化を図るため、通産省の補助金を得て改良を行なっているところである。

### ③ オガライト用ハウス加温機

オガライト用ハウス加温機を開発するに当たっては、オガライトを自動供給出来る装置の開発が伴う。このハウス加温機は温風型で愛媛県伊予市の(有)原機械工業によって1979年に開発された。オガライト300kgをセトでき、電気燃焼制御装置によって3分~10分に1本づつ、燃焼炉に短かく折れて投入される方法である。

他の加温機メーカーにおいてもオガライト用ハウス加温機を製作販売しているが、オガライト自動供給装置で優れているのは原式加温機のみである。しかしこの供給装置は4角形オガライトのみが可能であって、6角形、8角形、丸形の自動供給は困難である。したがって、現在如何なる形状のオガライトも自動供給出来る装置の開発を進めているところである。

前にも記した群馬県林業試験場において試験研究中のハウス加温機は温風式加温機で地中熱交換方式である。地中熱交換方式は、(a)昼間のハウス内暖気を地下に埋めたパイプに強制的に循環し、微風で空気を攪拌しながら地中蓄熱をはかり、地温を上昇させ、(b)昼間の冷房効果を期待し、さらに(c)夜間は高温ガスを強制循環して室内温度を保持することを期待するものである。この加温機は燃焼炉にオガライトを1回投入による長時間持続燃焼方式であり、その早期実用化が期待される。

### ④ 粒状燃料用燃焼機器

ペレット等の粒状木質系成形燃料は、塊砕オガライトを含めて燃焼装置への供給方式や点消火方式が簡易化、自動化できることから既に数社のメーカーから市販されている。

燃焼方式は粒状燃料をスクリーンで上部に押し上げて燃焼炉に落下させる落下方式と、粒状燃料をスクリーンで燃焼炉中央部に下から押し上げる押し上げ方式とかある。

落下方式は中小型のストーブ、温水ボイラーに採用され、押し上げ方式は大中型の温水ボイラー、ハウス加温機等に採用されている。

以上我が国における木質系成形燃料の燃焼機器について記したが、その実用化の普及は遅れている。その原因として①粒状又は塊状の木質系成形燃料の生産が漸やく始まったばかりであり、②燃焼機器もそれに見合って製作販売されているからである。

## 2-2 利用の現状と将来

### 2-2-1 オガライト

オガライトはマキに代る燃料として家庭風呂用、暖房用として利用され1953年頃から1969年にかけて急速に利用度が増加して来た。しかし、この頃から住宅建築様式や生活環境の変化に伴って、家庭用燃料も次第に固形燃料から石油、ガス、電気など、使用の安全・便利性的のある燃料に転換されて来た。一方オガライトの原料であるノコ屑は、製材業の不振に伴う発生量の減少と、畜産用、きのこ栽培用等のノコ屑需要量の増加のため、オガライト原料を充足するに困難を生ずるに至り、需要の減少と原料不足によって次第に生産量の低下を来たした。(表2-5参照)

表2-5 オガライト生産量の推移

年次	工場数	生産量(t)	年次	工場数	生産量(t)
1969	720	945,000	1979	247	310,007
1972	643	789,945	1980	228	317,347
1975	492	518,119	1981	211	269,886
1978	273	353,385	1982	193	243,780

オガライトの生産と需要は1969年の945千tをピークとして次第に減少し、1982年は244千tに激減した。このことはオガライトの欠点である扱い難いことと、煙の出ることからアパート、マンション、住宅密集地では不適當であることを示すものである。したがって、家庭用としての需要の増加を図るためには、一戸建住宅である別荘地や文化住宅地への販路の開拓と、扱い易い粒状(ペレット)燃料に相当する塊砕オガライト(長及び径3mm乃至20mm)の製造と、それに適合する家庭用ストーブや温水ボイラーの開発が急がれている。

また、業務用、工業用としては既に製鉄のカス取り用として塊砕オガライトが年間数千t利用されているが、製鉄業の好不況による需要の変動が激しい。また、きのこ栽培施設、干魚乾燥用、染色乾燥用、窯業等への需要は増加の傾向である。

現在及び将来に亘ってオガライトを含む木質系成形燃料の最大の需要先は施設園芸ハウス用である。ハウス栽培に消費されている石油は年間120万Kℓ以上に達しており、これを木質系成形燃料に換算すれば年間270万t以上となり、これは1982年オガライト生産量の11倍に相当する。現在オガライト自動供給装置を有するハウス加温機が開発され、年間

約2,000tのオガライトが利用されているが、ペレット同様の塊砕オガライトを燃料とするハウス加温機も開発されて来ており、今後飛躍的な需要増加が期待されている。

### 2-2-2 ペレット

ペレットについては前にも記したように飼料、肥料、薬品等が数十年以前から製造されて来たが、木質系成形燃料としてのペレット（粒状）は、最近米国で開発された成形品で、商品名ウデックス及びバーコールがその代表である。ペレット成形機は日本でも製作され飼料成形などに用いられているが、燃料用ペレット成形機も既に実用化されたものが製作を始めている。

1981年に我が国の燃料商社が米国からバーコールを輸入して、園芸ハウス用燃料として販売を計画したが、為替ルート、船運賃等の関係からコストが折合わず計画を中止した。

我が国における木質系成形燃料としてのペレットの製造は1982年4月、岩手県葛巻林業株式会社が試作を始めたが、国産ペレット成形機が不良で失敗し、米国CPM社の成形機を購入して漸やく生産が軌道に乗った。1983年3月現在我が国のペレット工場は日産10t規模3工場、日産30t規模1工場の4工場、日産60t規模の工場が4月からの稼働を計画している。したがって、我が国におけるペレットの生産は始まったばかりで、その生産量も日産100t以下である。

現在ペレットはすべて園芸用ハウス燃料として利用されているが、その使用期間は概ね11月から翌年4月頃までであって、春から秋までは使用されない。したがって、ペレットをハウス暖房用に限定した場合は6ヶ月以上の不需用期をストックすることになり、それぞれの工場の生産量に見合った貯蔵庫が必要となる。すなわち、園芸用ハウス燃料としてペレットの需要は、塊砕オガライトも含めて将来大巾に増加が見込まれるが、そのためには巨大な貯蔵庫建設の問題が残されている。

このようにペレット等木質系成形燃料を暖房用需要にのみ限定した場合は、不需用期におけるストックの問題があることから、通年これらを使用する需要先、すなわち、工場ボイラー、ホテル旅館等の湯水ボイラー、乾燥用燃料等の需要開拓が必要とされる。

以上のことからオガライト・ペレット等木質系成形燃料は、大量の需要が見込める園芸ハウス用燃料として巨大な貯蔵庫を併設してその需要を拡大する方向と、年間を通じて常時使用する需要先を開拓する方向とに分れるものと考えられる。

### 2-2-3 オガ炭

オガ炭については1982年約10,000tが生産消費されており、家庭用（炊事・暖房・茶道用等）、業務用（かば焼・串焼・ゴルフ場芝育成用）などに利用され、一部は二硫化炭素用



に利用されている。近年木炭の生産減少傾向に対してオガ炭の需要は二硫化炭素用を除き増加傾向である。これは木炭に比べてオガ炭はその形状が一定であり品質も安定しており、かつ木炭に比べて価格が30%以上安いからである。オガ炭は成形木炭であるが、ノコ屑・樹皮・木くずを平炉で炭化したいわゆる素灰(すばい)は、これを粉砕して着火れん炭用、活性炭原料として年間約2,000t生産されているが、この需要も漸増傾向である。

## 2-3 製造方法

木質燃料は古来、長い利用実績を有し、比較的身近にあるため、即戦力の資源として高く評価されて来た。しかし、木質系の燃料は、従来の「まき」のような素材形態を前提とすると、いくつかの弱点をもっている。それは、容積密度が低いこと、不定形でかさばるなどの欠点があり、一般に多量の水分を含んでいるので、エネルギーとしての力量が十分に発揮できない場合が多い。これらの問題は、対象資源が樹皮、木くず、林地残廃材等になると一層増巾される。したがって、木質系燃料の力量を十分に引き出し、その活用を押し進めるためには、何らかの「改質」が必要である。そして改質の方法としては、①脱水、乾燥する。②粉砕して均質化する。③さらにそれらを圧縮成形することによって、容積密度を高め、かさ張りを減少させ、搬送および取扱いを容易にし、燃焼の変動を減少させると共に燃焼性を改善させるのである。

このようにして圧縮成形された成形まきが、日本のオガライト、米国のアグロ、ブレスツウログ、ウデックス、パーコール、スイスのグロメラ、西独のバッコウルフなどである。これらの木質系成形燃料は一般に残廃材を原料としているが、その製造原理はほとんど同様で、成形機及び成形処理方法がことなるだけで、一般に粘結剤を使用しない。

その製造方法は、始めに木質系原料(木片、製材屑、樹皮など)を0.1~2mmくらいに粉砕し、水分を約10%内外に乾燥してから成形機で圧縮成形する。成形圧は約1t/cm<sup>2</sup>で、通常粘結剤は使用しない。現在廃プラスチック、石油カスなどを混合使用するものも開発されてきたが、廃プラスチックを混合すると発熱量が増加し、耐水性を高める利点がある。しかし、プラスチックには塩素、窒素、硫黄などを含有するものがあるため、これらを含まないプラスチックを使用する必要がある。また、プラスチックは発熱量が高く、燃焼速度が早いため、高温を発生し、炉壁を損傷し易いことから、プラスチックの混合に制限があり、その量については、燃料の目的に応じとりきめる。

### 2-3-1 オガライト

オガライトは日本で開発された木質系成形燃料で、粘結剤を使用せず、リグニンの加熱に

よる可塑性を利用して成形する。径50～70mm、断面の形状は円形、四角、六角、あるいは八角形などがある。長さは通常450mmくらいに調製されている。製法はスクリーによる押出成形方式で、その圧縮方法に一般圧縮と二段圧縮とがある。小型の機械（日産<8時間稼働>1t前後）は一般圧縮が多く、大型の機械（日産<8時間稼働>2～3t）は二段圧縮が多い。オガライト成形機で共通しているところは、成形品押出口付近に加熱室が接続していることで、通常この部分を170～180℃で加熱している。このため製品はその表面が炭化収縮して、成形品の送り出しを良好にしている。そこで、オガライト成形機はその他の成形機より比較的小馬力で成形することができ、したがって成形コストも安い。

オガライトの表面は加熱のため黒褐色を呈しており、比重1.1～1.2。高発熱量4,900 cal/g、低発熱量4,100/g、含水率5%前後である。

### 2-3-2 ベレット

ベレットの成形方法についてはベレット成形機の項で記したように各種の方法があるが、ここではウデックスの製法を紹介する。粉碎、精選されたベレットの原料は、スクリーファイダーを介し、パドルミキサーにより攪拌され、ベレットミルに送られ、回転する外側ダイスと内側ローラの間で500～1,000 kg/cm<sup>2</sup>の高圧で圧縮され、ダイスよりベレット状（径10×長30mm）に押し出される。粒径が小径のために内部まで熱変化をうけ、耐水性はオガライトにより大きい。保存中、吸湿すると膨張して破壊する。成形機の馬力は3t/hの生産量で200HPを要する。加熱部分がなく、したがってオガライト成形機より使用モーター馬力が大きい。

米国のパーコールは成形方法、成形品の性状などウデックスに近似しているが、原料は樹皮屑を主に使用するので、製品は耐水性が大きく、吸湿しても破壊しない。

### 2-3-3 その他の成形燃料

前記の成形品ならびに米国のアグロ・プレスツウログスイスのクロメラなどの圧縮成形品は粘結剤を使用しないが、廃プラスチックや石油カスを粘結剤として、木粉、樹皮屑と混合して圧縮成形した製品が各地で試作されている。プラスチックや石油カスを混合すると成形圧が低くなり500 kg/cm<sup>2</sup>でも成形可能で、水分も15%くらいでよい。したがって成形し易く、成形コストも低下する。成形機はウデックス成形方式の如く、ロール押し出し式が適当で、この種の成形機は国産されている。

### 2-3-4 オガ炭

オガ炭はオガライトを炭化したものであるが、その製造方法は炭化炉の構造によって異なる。

る。ここでは国立林試式角型ブロックがまによるオガ炭の製造方法を記す。

このブロックがまの構造は、よう内の巾150cm、奥行300cm、よう壁高120cm、奥行方向中心線上の天井最高部の高さ160cm(よう底より)、よう底は、奥下り2~3%勾配。

よう壁、よう底に軽量ブロック使用、天井は鉄筋コンクリート造り、つり天井とする。よう壁と天井の内面は、耐火セメント(仕上げ厚さ1.0~2cm)塗り。よう底表面は、それより薄い耐火セメント塗りである。

製炭方法は、炉内に敷木の代わりに煉瓦を用い、上に金網をのせてロストルとし、その上に天井までオガライトを横詰め(奥行方向に)とするが、たて詰めとするが、排煙を速やかにするため、あまり密にしない。燃料はオガライト屑を詰め込む。かま口と天井前部孔を開き、燃材に火をつけると、天井前部の孔から煙が出る。しばらくして、かま口を通風口だけにして閉じる。燃材に十分着火したら天井前部の孔を閉じ、後部の孔を開く。煙突から煙が勢いよく出るようになったら、かま口通風口と煙突口を3分の1から5分の1にしぼって炭化を進める。この間3~8時間である。約3~4日後、煙突口温度が220℃をこえ煙の色が青くなったら、通風口と煙突口を除々に開いて精練を行なう。精練は10時間前後かけるが、必要に応じて加減する。冷却は、2日で100℃以下になる。

原料詰め込みから出炭終了まで、1回8日である。最高炭化温度は、よう内中央上部で700℃前後、同下部で400℃前後、煙突口で300℃前後である。

表2-6 各種の窯で製造したオガタンの性質

炭 窯	原 料	炭 種	水分%	灰分%	揮発分%	硬 さ	発熱量 cal/g
黒 炭 窯	スギ, ヒノキ	黒 炭	4.6	1.7	23.7	12	7,830
林試式角形窯	"	"	3.2	1.2	15.0	13	7,700
備 長 窯	スギ, マツ	白 炭	3.3	3.3	11.9	20	7,640

(資料:木材工業ハンドブック)

## 2-4 他のエネルギー源との比較

### ① 世界の木質系エネルギー事情

木質系エネルギーの全エネルギー消費量に占めるウエイトを1976年でみると、我が国の木質系エネルギーの消費率は、全エネルギー消費量の中の0.08%と世界主要国の中でも極めて低い消費率となっている。しかし、世界レベルでみた場合には、世界全体では4.3%

のウエイトにすぎないが、インドネシアの52.6%、ブラジル34.7%、インド25.1%など、国によっては木質系エネルギーがまだまだ大きなウエイトを占めている国が数多くある。

表2-7 世界主要国の木質エネルギー消費量と消費率 (1976年)

(単位：石油換算 $10^6$ t)

国名	エネルギー消費量	木質エネルギー消費量	木質エネルギー消費率(%)
世界	5,882.4	250.4	4.3
カナダ	157.6	0.8	0.5
アメリカ	1,685.8	3.2	0.2
ブラジル	85.2	29.6	34.7
メキシコ	55.4	1.7	3.0
西ドイツ	247.8	0.4	0.2
スウェーデン	35.0	0.6	1.7
チェッコ	73.1	0.3	0.4
ポーランド	123.8	0.4	0.3
ソ連	939.6	17.3	1.8
フランス	156.9	0.6	0.4
イラン	33.7	0.5	1.5
インド	96.6	25.0	25.1
インドネシア	44.7	23.5	52.6
韓国	27.9	0.7	2.5
中国	439.7	30.0	6.8
オーストラリア	62.7	0.2	0.3
日本	289.8	0.2	0.08

注) 1 資源エネルギー庁、総合エネルギー統計、53年度版(国庫資料 World Energy Supplies)のエネルギー消費量に木質エネルギーを加えエネルギー消費量とした。

2. 木質エネルギー消費量は、FAO「1976 Year Book of Forest Product」による換算推定値。

3. 木質エネルギー換算方法：比重0.47, 発熱量4,500kcal/kg

(出所：森林エネルギーを考える)

つぎに木材資源がエネルギー源としてどの位の割合で使われているかを見てみると、1976年のFAOの林産物統計によると、木材生産量は2,524,219千 $m^3$ で、その内の1,184,090千 $m^3$ が薪炭材であり、薪炭材生産率は47%と世界の木材生産量の半分は燃料として使用されているのが現状である。

表2-8 主要国の木材生産と薪炭材生産

(単位：千 $m^3$ )

国名	1966年	1971年	1976年		
	薪炭材生産率(%)	薪炭材生産率(%)	木材生産	薪炭材	%
メキシコ	71	65	14,783	8,170	55
米 国	9	4	341,397	14,868	4
エチオピア	95	95	24,220	23,000	95
ブラジル	88	85	163,995	140,000	85
カナダ	5	3	132,393	3,675	3
中 国	76	75	191,131	142,000	73
イ ン ド	92	91	130,947	118,178	90
ウガンダ	93	92	14,611	13,600	93
インドネシア	93	86	129,831	111,000	85
日 本	14	4	38,134	808	2
フィリピン	64	61	33,527	22,960	68
タ イ	77	77	21,129	16,091	76
フランス	25	13	29,129	2,800	10
ド イ ツ	9	7	30,025	1,800	6
ルーマニア	31	25	20,587	4,879	24
スウェーデン	7	5	55,660	3,000	5
オーストラリア	19	16	13,450	1,000	7
ソ 連	27	22	384,534	81,602	21
世界合界	49	47	2,524,219	1,184,090	47

(出所：森林エネルギーを考える)

岸本定吉氏は「森林とエネルギーを考える」の中で、世界各国の森林エネルギーの利用状況をつぎのように区分している。

表 2-9 世界各国の森林生産物の燃料としての利用区分

区 分	国 名	備 考
その国の森林生産量が90%以上燃料として使われている国	エチオピア, スーダン タンザニア, ウガンダ等	アフリカ中部の石油が産出しない森林の多い国
70~80%クラス	ナイジェリア, ザイール ブラジル, コロンビア ビルマ, インドネシア, タイ, ベトナム等	森林の多い国
50~60%クラス	メキシコ, トルコ, フィリピン, 等	森林の少ない国, 森林の荒廃した国, 石油産出国
10~20%クラス	フランス, ルーマニア, ユーゴスラビア, ソ連, フィンランド等	工業国だが森林の多い国
10%以下の国	日本, 米国, 西独, カナダ, オーストラリア, スウェーデン, チェコスロバキア, ポーランド等	先進国が多い。先進工業国では各国とも過去10年木質燃料の使用量が減少している。

(資料：森林エネルギーを考える)

以上のように、非産油開発途上国における木材の燃料としての使用率が非常に高い割合となっている。これらの国々では一時プロパンガス・灯油の使用量が増加して、燃料用木材の需要の増加が抑えられたような傾向がみられたが、近年の石油価格の高騰により、家庭用のエネルギー源を手近な木質系エネルギーへともどさざるを得ない状態となって来ている。

#### ② 日本のエネルギー事情

我が国の昭和54年度における一次エネルギーの総供給量は、 $408,738 \times 10^{10}$  kcalで、このうちの71%にあたる $290,707 \times 10^{10}$  kcalが石油に依存している。水力・原子力・亜炭・天然ガス・木炭・薪の国産エネルギーは、わずか13%で残りの87%は輸入エネルギーに頼っているのが現状である。

表 2 - 1 0 一次エネルギー供給推移(全国)

(換算単位:  $10^{10}$  kcal)

昭和年度 種 別		30 年 度			40 年 度			50 年 度			54 年 度				
		実績	換算	比率 %	実績	換算	比率 %	実績	換算	比率 %	実績	換算	比率 %		
水	力	$10^6$ kwh	48,502	11,883	21.2	76,420	18,722	11.3	85,906	21,047	5.8	85,044	20,836	5.1	
原	子	力	-	-	-	37	9	0.0	25,125	6,156	1.7	70,393	17,246	4.2	
石	炭	$10^3$ t	47,457	27,562	49.2	73,279	45,217	27.3	80,936	60,192	16.4	78,265	57,423	14.0	
	国	産	44,256	25,097	44.8	55,642	31,637	19.1	18,597	12,285	3.3	18,880	11,949	2.9	
	輸	入	3,201	2,465	4.4	17,637	13,580	8.2	62,339	47,907	13.1	59,385	45,474	11.1	
輸	入	コークス	-	-	-	49	33	-	56	38	0.0	-	-	-	
亜	炭	"	1,398	573	1.0	547	224	0.1	55	22	0.0	29	12	0.0	
石	油	$10^3$ kl	11,945	11,301	20.2	102,606	96,704	58.4	288,334	267,890	73.3	315,125	290,707	71.1	
	国	産	356	335	0.6	787	740	0.4	698	656	0.2	551	518	0.1	
	輸	入	9,271			87,626			262,787			277,143			
	輸	入	2,318	10,966	19.6	13,135	95,964	58.0	14,133	267,234	73.1	19,851	290,189	71.0	
	輸	入	-			582			5,894			9,669			
	輸	入													
天	然	ガ	$10^6$ m <sup>3</sup>	261	238	0.4	2,018	2,008	1.2	2,778	2,663	0.7	2,630	2,527	0.6
L	N	G	$10^4$ t	-	-	-	-	-	-	5,059	6,728	1.8	14,858	19,761	4.9
木	炭	"	2,089	1,462	2.6	560	392	0.2	65	46	0.0	38	27	0.0	
	薪	$10^3$ 層積m <sup>3</sup>	19,460	2,997	5.4	14,970	2,305	1.5	6,086	937	0.3	1,295	199	0.1	
国	産	エ	ネ	ル	ギ	-	42,585	76.0	56,037	33.8	43,812	12.0	53,314	13.0	
輸	入	エ	ネ	ル	ギ	-	13,431	24.0	109,577	66.2	321,907	88.0	355,424	87.0	
合	計	"		56,016	100.0		165,614	100.0		365,719	100.0		408,738	100.0	

(注) 国産エネルギーとは、水力、原子力、亜炭、天然ガス、木炭、薪である。

(出所: エネルギー関係情報 No.1)

昭和30年から昭和54年度までの我が国の一次エネルギー供給量の推移をみると、総供給量は年々上昇を続け、7.3倍になっているが、特にこの中で石油の供給量が飛躍的に伸び25.7倍となっている。他のエネルギー源の中では原子力が新たに取上げられたことと、また、薪・木炭の供給量が、昭和54年には0.1%に落ちているのが目立っている。

この内の一次エネルギー供給量は、7.3倍に伸びているわけであるが、この間の石油を除いた他のエネルギー源の総量の増加は2.6倍にすぎず、我が国のエネルギー供給量の増加は、石油の供給増加にささえられながら伸びてきたといえよう。

### ③ 他のエネルギー源との価格の比較

木質系エネルギーの中で民生用として市販されているオガライト・木炭・薪の価格と、他のエネルギー源の民生用としての価格を比較してみると、灯油価格を100とした場合、オガライトは62で最も安く、木炭は327で最も高く、薪は120で都市ガスより少々安いという数値である。

表2-11 家庭用燃料の小売価格比較

燃料	10 <sup>4</sup> Kcal 当たり		発熱量		小売価格 (東京, 57年11月)	
	灯油比	金額 (円)	単位	Kcal	銘柄・量目	金額 (円)
オガライト	62	720	kg	4,750	1袋14本入15kg	(関東) 513
木炭	327	3810	kg	7,000	岩手, 黒炭1級1袋6kg	(神田) 1,600
薪	120	1403	層積m <sup>3</sup> (4.5束)	1,540,000	福島, 堅薪, 1束48cm×72cm	480
れん炭	145	1684	kg	5,400	マッチ 着火 れん炭4号, 1袋14ヶ20kg	(区市) 1,819
豆炭	147	1711	kg	6,800	家庭用, 1袋12kg	( " ) 1,396
石炭	87	1012	kg	6,670	大平洋特中塊・1袋20kg	(新宿) 1,350
灯油	100	1165	ℓ	8,900	白灯油(配達)・1缶18ℓ	(区市) 1,867
都市ガス	138	1604	m <sup>3</sup>	5,000	東京ガス・70m <sup>3</sup>	5,613
プロパンガス	183	2137	m <sup>3</sup>	24,320	5m <sup>3</sup>	(区市) 2,598
電気	276	3218	Kwhr	860	東京電力20A・190Kwhr	5,258

林野庁林産課特用林産対策室調



## ・ 2 - 5 代替エネルギー源としての可能性

現在、木質系エネルギーが脚光を浴びているのは、代替エネルギーの開発という国家プロジェクトの背景のなかで、再生可能な資源であること、極く最近まで主要なエネルギー源であったこと、海外に依存することなく自給可能であること、さらには、ローカルエネルギーとして再開発の可能性を潜めていること等に拠るものといえる。

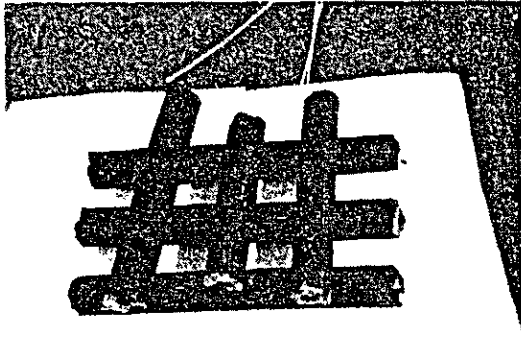
しかし、木質系エネルギーが、石油あるいは天然ガスという化石燃料に伍して使われるには、使いやすさを前面に打ち出すため、木材質の液化・ガス化・糖化という手段で転換してゆく必要があるが、液化・ガス化・糖化にはまだまだ解決すべき問題点が多く、直ちに実用化を図ることは困難である。したがって、当面は木質系成形燃料を主流とする木材質の直接あるいは炭化による燃焼利用を進めてゆかねばならない。

我が国の木質系成形燃料業界はオガライト工業が主体となっている。現状では、木材需要の不振に伴なり製材ノコ屑の発生減、ノコ屑利用先競合（家畜穀料・きのこ栽培等）があり、原料入手困難なケースが多くみられる。このため、原料対策としては樹皮、木くずをはじめ、林地残材、工場残材、都市廃材（木造家屋解体材、廃パレット等）を原料化するための破碎機、粉碎機の開発が実用化されており、これらを成形燃料とするためのパークオガライト成形機、パレット成形機の開発も国庫補助事業として進められている。また、資源量としては木材工業残廃材 2,000万 $m^3$ 、林地残廃材 1,000万 $m^3$ 、都市廃材 1,000万 $m^3$ 以上の年間排出量が見込まれている。

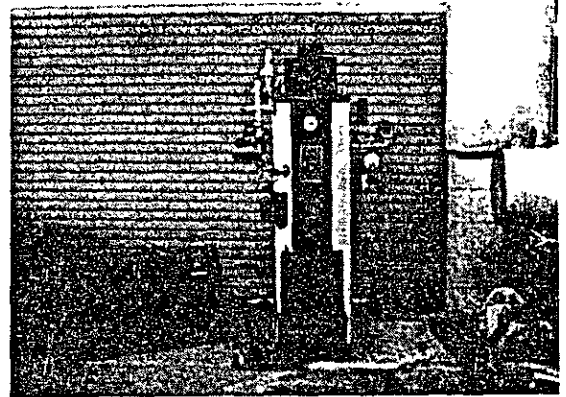
木質系エネルギーが化石エネルギーにとって代わられた背景を考えると、ただ単に木質系エネルギーの持つ欠点を改善して木質系成形燃料として技術的に解決しただけでは、木質系エネルギーの復活が可能であるとはいいがたい。積極的にその復活を進めるためには、石油・ガスがそれぞれの持つエネルギー源としての有利性と近代的な流通・備蓄機構の整備により、木質系エネルギーを駆逐しシェアを拡大していったように、木質系成形燃料もその利用方法を、産業や生活環境に適合した形へと開発するばかりでなく、流通・備蓄機構を近代的に整備するソフト面を含めたトータルとしてのシステムを構築してゆく必要がある。

利用側のニーズは石油（A重油）より安価で安定供給が図られることであろう。特に需要先として量的にまとまる施設園芸や工場用中小型ボイラーなどの燃料として使うには、これらの要件が満たされる必要がある。このため農林水産省は57年10月、中小企業近代化促進法に基づき「木くずを主原料とする成形燃料の製造業」を業種指定し、木質系成形燃料業界の体質改善と需給の安定確保を図ることとなった。

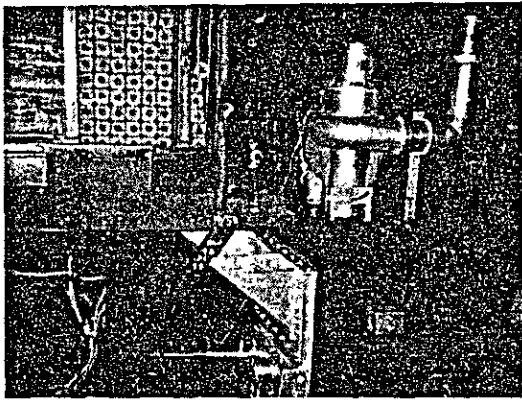
このように以上の前提の成立に併行して各種燃焼機器の開発も促進され、同時に新しい木質系成形燃料生産の基盤が形成されることによって、代替エネルギー源としての可能性が確立されるものと考えられる。



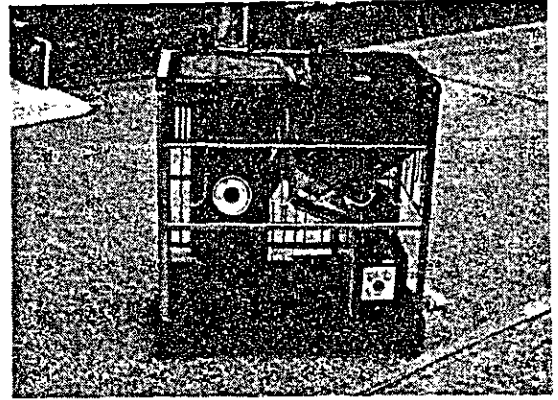
オガライト



オガライト用ストーブとボイラー

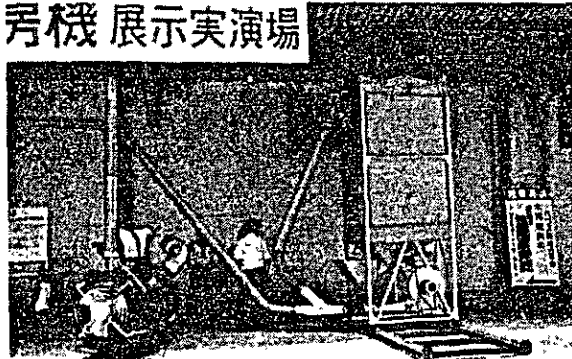


オガライト用ハウス加温機



ペレット用ストーブ

### 弓機 展示実演場



ペレット用ハウス加温機

### 第3章 調査の概要

#### 3-1 森林生産と関連産業の動向

##### 3-1-1 丸太生産

フィリピンにおける丸太生産は戦前から行われており、昭和30年代までは東南アジアにおける中心的な生産地としての地位を保っていた。しかし、昭和40年に入り、インドネシア、マレーシアなどの生産が本格化するにつれて、その地位が相対的に低下するとともにフィリピンの森林資源自体も枯渇化が進み、生産力は低下傾向を示している。

フィリピンにおける生産林 (Productive Forest) は約10百万haで大部分がフタバガキ科の森林であり、その蓄積は約1,400百万 $m^3$ と全蓄積の98%を占めている。このうち、主な生産対象地である原生林 (Old Growth) は約28百万ha、蓄積は約780百万 $m^3$ となっているが、年々、減少しており、特に75cm以上の大径材の蓄積は約230百万 $m^3$ に過ぎない。(表3-1, 参照)

表3-1 フィリピンの森林資源

区 分	面 積 (千 ha)			蓄 積 (百万 $m^3$ )
	計	林 地	譲渡・処分 可 能 地	
I 生産林	10,494	9,575	919	1,427
1 フタバガキ科	10,062	9,172	890	1,402
① 二次かん木林	3,474	2,808	666	75
② 幼齡林	3,794	3,662	132	552
③ 原生林	2,794	2,702	92	776
2. マングローブ林	239	213	26	7
3. 松 林	193	190	3	17
II 非生産林	1,759	1,728	31	122
合 計	12,253	11,303	950	1,549

資料 Philippine Forestry Statistics (1981) より

こうした資源状態を反映して丸太生産は1975年以降減少し、1970年代前半には約10百万 $m^3$ を越えていた生産が1981年には約5.4百万 $m^3$ と半減しており、今後当分の間は若干の増減はあるとしても大幅な回復は見込めないものとみられている。(表3-3参照)

マレーシアは東南アジアにおける有数の木材生産国であり、丸太輸出量も第1位を占めて

いるが、資源が比較的潤沢なのはサバ、サラワク州の方であり、今回の調査の対象となった半島マレーシアについてはフィリピン同様資源の枯渇化が心配されている。

半島マレーシアの森林は国土の約50%に当る約6.4百万haであるが、これは毎年かなりの率で森林が減少してきて結果であり、このまゝ推移すれば、10年か20年の間に重大な事態におちいるとの懸念から国の森林計画においては4.8百万haを永久林として維持し、このうち、2.9百万haを生産林とすることとしている。更に具体的計画として年間伐採面積の削減、カリビア松などの早成樹種の造林等を実施し、政策の実現を期している。

これらの政策が実施されると、半島マレーシアにおける丸太生産に大きな影響の出ることが考えられ、こゝ数年、10百万 $m^3$ の水準を保っていた丸太生産は1990年迄に5~7百万 $m^3$ に低落するとみられている。そうすると全丸太生産量の90%以上を消費している国内の第1次木材加工部門で約3百万 $m^3$ の丸太不足をきたすことになる。(表3-2, 3-3参照)

なお、シンガポールは全国土面積が約600 $km^2$ の小島国で森林はほとんどなく、丸太生産は皆無といつてよい。

表3-2 半島マレーシアの森林面積

区 分		面積百万ha
保 有 林		3.1
	生産林	2.3
	非生産林	0.8
鳥獣等保護林		0.6
州 有 林		2.6
合 計		6.3

資料 Annual Report On Forestry  
In Peninsular Malaysia  
1980より

表3-3 フィリピン及び半島マレーシアの丸太生産量

年 次	丸太生産量千 $m^3$	
	フィリピン	半島マレーシア
1976	8,646	9,597
1977	7,873	9,721
1978	7,169	9,412
1979	6,578	10,402
1980	6,352	10,453
1981	5,400	

資料 表1.2と同じ

### 3-1-2 薪, 木炭生産

薪, 木炭は多くの開発途上国にとって、重要なエネルギー源であり、特に農村地域においては調理用, 暖房用として欠かせないものとなっている。しかし、こうした燃料の大部分は利用する家族自からが採取して使用するため、流通経路にのらず、生産量等のデータがなかなかつかめないのが実態である。なお、FAOの行った調査に基く薪の現状マップ(人口密度を5段階、薪の不足の状況を6段階に分類し、色分けしたものを重ね合わせた世界地図)によるとフィリピン, マレーシアともに現状ではなお、充足率の高い地域に区分されている。

また、こうした充足率の高い地域では、年間、1人当り1m<sup>3</sup>程度の薪を使用するとの調査事例があり、大雑把な消費量或いは生産量の推定の根拠になるものと思われる。

次に国別に概観してみると、まず、フィリピンは我が国同様石油を外国からの輸入に依存しており、電気の普及率も50%とまだ低く、農村部におけるエネルギー源は大部分が木質燃料である。その生産量は確たるところは分らないが、FAO統計では約26百万m<sup>3</sup>となっており、また、我々の訪れた研究所の推計では27百万m<sup>3</sup>から41百万m<sup>3</sup>の間としている。いずれにしてもフィリピンの場合現状はともかく将来においては木質燃料の不足が懸念される地域も含まれており、その対策を講ずるためにも、正確なデータの収集が必要であり、来年以降、フィリピン林業試験場が中心になって、この種調査に着手することとしている。又、木炭については、薪同様、現状を正しく示すデータは見つからなかったが、政府の将来計画の中では、木炭には大きな期待がかけられており、ガス化炉の設置、炭焼窯の設置、原木供給のための植林、木質エネルギー発電所の建設などを含む総合的な計画を立案中とのことであった。

マレーシアはフィリピンと異なり、石油等のエネルギー資源に恵まれており、農村地帯においても石油、電力等の使用が相当普及しているとのことであり、今後ともこの傾向には変りない模様である。又、半島マレーシアの約半分をおおう熱帯雨林は優良材生産林としてはやゝ心もとない面もみられるが、薪炭用ということであれば、潜在力はまだまだ大きいものがあり、木質燃料について、余り深刻な話しは聞かれなかった。

シンガポールは薪炭の生産はほとんどなく、消費についてもバーベキュー等の特殊な用途に木炭がわずかに使用されている程度である。ただし、半島マレーシア産の木炭が輸出用としてシンガポールに一度集積され、仕向地へ輸送される例は多くみられた。

### 3-1-3 木 材 工 業

東南アジアにおけるかつての丸太輸出の多くは近年、国内経済の発展、国内資源の有効活用、雇用の拡大等を図るため、丸太輸出を規制するとともに国内の木材工業の振興に注力する傾向を示してきた。

フィリピンにおいては1970年代後半から丸太輸出の規制を実施するとともに、これと併行して国内における木材工業化の促進が図られ、具体的な優遇措置が多方面に亘って制度化された。例えば、①加速減価償却 ②資本資材の輸入税の免除、支払延期 ③諸税控除又は支払延期 ④5年間の外国人技術者等の雇用許可 ⑤政府金融機関からの融資についての優遇措置などがそれである。しかし、フィリピンの工業化は必ずしも期待どおりの発展は示していないとみられている。たとえば、4表にみられるように木材工業の中心となっている製材工場（稼働中のもの）の数は1975年をピークに漸減傾向を示しているし、丸太の処理能

力もほぼ同様の傾向となっている。又、1981年についてみると実際の工場数は254であり、76工場、30%が休業中となっており、従って、製材生産量も漸減傾向を示している（表3-5参照）。これは1970年代前半から始ったオイルショックや世界的不況の長期化に伴う製品輸出の鈍化、国内の原料丸太の供給事情、工場の性能、配置の問題など様々な要因が複雑にからみ合っていると思われ、今後、木材工業が所期の発展をとげていくには、解決すべき課題が少なくないと予想される。

表3-4 フィリピンの製材工場数  
(稼働中のもの)

年次	工場数	1日当りの処理能力 千 $m^3$	年間丸太必要量 千 $m^3$
1975	408	17	6,323
1976	325	18	7,868
1977	341	18	8,164
1978	357	17	7,893
1979	227	11	4,674
1980	209	11	4,715
1981	182 (254)	10	4,253

資料 表3-1に同じ

注 1981年の( )書は全工場数

表3-5 フィリピンの木材製品生産量

年次	製材品 千 $m^3$	合板 千 $m^3$	単板 千 $m^3$	紙 千トン
1975	2,274	465	207	105
1976	1,609	416	403	157
1977	1,567	489	496	181
1978	1,780	490	546	170
1979	1,626	503	634	296
1980	1,529	543	660	296
1981	1,219	437	553	226

資料 表3-1に同じ

半島マレーシアは1973年以降、主要な16樹種(表3-6参照)について丸太の輸出を禁止するとともに国内の木材工業化を促進し、開発奨励策の実施によって木材工業化に対する投資も増大した。また、木材工業化に対する投資も増大した。また、木材工業化にとって幸いな事であったが、この間にほう大な土地開発計画が実施され、これに伴う低地優良森林の皆伐によって、比較的低価格で大量の原料丸太が供給された。こうして1960年に約400あった製材工場は1980年には603に、また、4工場に過ぎなかった合板工場は37にふえるなど工場数の大幅な増加とともに工場の大型化、近代化も進められ、製品生産量も安定的に推移してきた。(表3-7参照)しかし、将来の問題となると先にも述べたように原料丸太の供給不安があり、これに対処するためのいくつかの方策が実施されつつある。いずれにしても工場の生産効率を高めて、工場から排出される廃材量を極力押える、あるいは現在大半を占めている一次加工部門を二次、三次の高次加工部門に変換し、廃材の高度利用を図る、などによる国内資源の有効活用が最優先課題であることに変わりはない。

シンガポールは丸太の生産こそないが、豊富な森林資源を有する東南アジア諸国の中心に位置しており、木材の加工貿易が盛んに行われてきた。しかし、近年これら近隣諸国の政策転換などから原料供給面における事情が変化し、木材工業の発展に大きな制約を受けるよう

になった。この結果1977年に52工場あった製材工場が1982年には40工場に、また、合板工場も8工場から7工場に減少している。ただ、木材工業全体が衰退しているわけではなく、モーディングや家具製造などの高次の加工部門では工場数、生産量とも増加しており、木材工業の多角化が行われている段階と言える。

表3-6表 半島マレーシアの輸出禁止樹種

1.	バラウ (Balau)	Shorea 属 Shorea 節
2.	チェンガル (Chengal)	Balanocarpus heimii King
3.	ダマールミンヤク (Damar Minyak)	Agathis 属
4.	ドリアンフータン (Durian Hutan)	Durio 属
5.	ジェルトン (Jelutong)	Dyera 属
6.	クンバス (Kempas)	Koompassia malaccensis Maing et Benlh
7.	クルイン (Keruing)	Dipterocarpus 属
8.	ムンクラン (Meng Kulang)	Heritiera 属
9.	メルバウ (Merbau)	Intsia 属
10.	メルサワ (Mersawa)	Anisoptera 属
11.	ニャト - (Nyatoh)	アカテツ科の数属
12.	レッドメランティ (Red Meranti)	Shorea 属 Rubro Shorea 節
13.	セプチール (Sepetir)	Sindora 属
14.	セセンドク (Sesendok)	Endospermum 属
15.	テレンタン (Terentang)	Camposperma 属
16.	ホワイトメランティ (White Meranti)	Shorea 属 Anthoshorea 節

(製材)

表3-7 半島マレーシアの木材関連工場数と生産量

年次	工場数	丸太消費量 千m <sup>3</sup>	生産量千m <sup>3</sup>
1976	543	7,042	4,764
1977	574	8,360	5,091
1978	587	8,124	5,270
1979	596	7,853	5,389
1980	603	8,134	5,339

(合単板)

年次	工場数	丸太消費量 千m <sup>3</sup>	生産量千m <sup>3</sup>
1976	35	1,089	90,809
1977	35	1,229	104,691
1978	35	1,175	88,406
1979	35	1,210	101,037
1980	37	1,143	88,182

(その他………1980)

区分	工場数	生産量
鉛 筆	1	380,349 グロス
マ ッ チ	4	530,371 ケース
パーティクル, チップボード	2	2,308,602 m <sup>3</sup>
木毛セメント板	1	275,194 m <sup>3</sup>

資料 表3-2と同じ

### 3-1-4 木 材 輸 出

東南アジアにおける木材輸出の近年の動向を一口で言えば、丸太輸出から“より付加価値の高い製品輸出”への転換であり、今回訪れた諸国はいずれも木材製品輸出に大きな関心を示していた。

フィリピンは、かつて、東南アジアにおける最大の丸太輸出国であったが、国内産業振興等のため、1971年以降丸太輸出制限を実施し、その後も幾度か制度の変更が行われ、1982年5月からは全面禁輸とする旨、公表されている。この結果、丸太輸出は減少し、表3-8にみられるように1981年にはわずか706千m<sup>3</sup>となり、10年前に比し、1/10に激減した。もともと現在に至るも全面的な禁輸措置はとられておらず、我国にも若干のフィリピン産丸太が入ってきている。

これに対して、製材と合板などの製品輸出は丸太輸出規制以降、伸びてきており、1979年には製材品の輸出額が丸太輸出額を超えるに至った。また、仕向先国もアメリカ中心から西ヨーロッパへのウェートを増すなど新市場の開拓にもつとめている。しかし、近年は世界的な南洋材消費の伸び悩みがみられ、加えて、南洋材産出国間の競争も厳しくなっており、必ずしも予断を許さぬ状況にある。

半島マレーシアは1973年以降主要な16樹種について、丸太の輸出を禁止している事は既に述べたところであり、輸出はそれ以外の樹種について、わずかに行われているのみで、例えば1980年にも262千m<sup>3</sup>がシンガポールなどに輸出されている。他方、製品輸出は安定的に推移しており、まず、製材品については、ここ数年2.7百万から2.9百万m<sup>3</sup>の範囲で輸出が行われている。

なお、内容的には等級品が漸減し、逆に不等級品がやや増加傾向にあるという若干の変化がみられる。仕向先国別にみるとシンガポールが圧倒的に多く、次いでオランダ等のヨーロッパ諸国、中近東諸国、日本などとなっているが、最近の目立った現象として、隣国タイへの不等級品の輸出の急増がみられる。(表3-9参照)また、合単板の輸出についてみると、製材品同様、安定的に推移しているが、内容的には合板の若干増加、単板の若干減少となっている。なお、単板の仕向先国はシンガポールが全体の81%を占め、圧倒的なシェア



ア-を誇っている。

表3-8 フィリピンの木材製品輸出货量及び輸出額

年次	丸 太		製 材		合 板		単 板	
	数 量 千m <sup>3</sup>	金 額 百万ドルFOB	数 量 千m <sup>3</sup>	金 額 百万ドル	数 量 千m <sup>3</sup>	金 額 百万ドル	数 量 千m <sup>3</sup>	金 額 百万ドル
1972	7,081	173	152	9	435	34	349	18
1973	6,949	202	179	11	533	58	282	18
1974	5,434	240	275	22	162	26	166	19
1975	6,850	283	308	29	157	21	99	8
1976	2,331	135	493	68	261	43	166	18
1977	2,047	134	455	67	221	41	155	20
1978	2,211	145	573	85	362	71	154	22
1979	1,248	144	915	198	324	85	186	35
1980	715	92	742	181	322	104	62	15
1981	706	76	547	126	370	111	138	31

資料 表3-1に同じ

表3-9 半島マレーシアの仕向先別製材品輸出货量(1980年)

仕 向 先	輸 出 量 千m <sup>3</sup>		
	等 級 品	不 等 級 品	合 計
シンガポール	410	482	892
オランダ	396	0	396
オーストラリア	108	1	109
日 本	99	3	102
フ ラ ン ス	87	0	87
サウジアラビア	14	108	122
タ イ	-	157	157

資料 表3-2に同じ

シンガポールは近年の原料丸太の供給事情等に基づく木材工業の構造変化に伴って、輸出の内容も変化を示している。表3-10にみられるとおり、製材品からより付加価値の高い製品へのシフトが行われた結果1977年と1981年の対比では、輸出量がほぼ横ばいなのに対し、輸出額は67%も増加している。この傾向は今後とも変わらないものと見られている。

表3-10 シンガポールの木製品輸出(1977年, 1981年対比)

区 分	1977年		1981年		増(+)-減(-)率	
	輸 出 量 千m <sup>3</sup>	輸 出 額 100万Sドル	輸 出 量 千m <sup>3</sup>	輸 出 額 100万Sドル	輸 出 量 %	輸 出 額 %
丸 太	40	8	23	17	-42	+113
製 材 品	1,190	313	960	387	-19	+24
モールドディング	44	27	51	46	+16	+70
合 板	405	212	529	384	+31	+81
単 板	13	18	10	18	-23	0
家 具	-	26	-	96	-	+269
そ の 他	-	-	136	61	-	-
合 計	1,692	604	1,709	1,009	+1	+67

資料 Singapore Wood Products

### 3-2 残廃材の状況

#### 3-2-1 工場残廃材

##### 製材工場

製材工場の残廃材は、丸太から製材を生産する過程で生ずる背板、耳材などの端材、鋸くず及び樹皮であるが、今回訪れた3ヶ国の製材工場では丸太材積のほぼ30%が残廃材として排出されていた。これに基づいて3ヶ国の工場残廃材量を推定すると、フィリピンでは650千m<sup>3</sup>、半島マレーシアでは2,500千m<sup>3</sup>、シンガポールでは400千m<sup>3</sup>となる。

これら残廃材のおよそ2/3を占める端材については、いずれの国においても小物製品、チップ、薪、木炭用等に利用されており、取引も有償で行われている。鋸屑については、燃料用、魚等の燻蒸用、活性炭用等に利用されているが、量的には多くなく、樹皮とともに相当量が廃棄されていると思われる。従って、こうした廃棄されている残廃材については当然あ

らたな用途が考えられてしかるべきであろうが、たゞ、製材工場が非常に広い地域に分散的に立地しており、原料の集荷、輸送の問題が最大の難点と考えられる。このことは本調査で意見聴取した政府関係者、民間団体の代表者等も異口同音に指摘していた事であった。また、地方に点在する製材工場には雇用関係はもとより、残廃材の利用にいたるまで地元の住民と密接なつながりを持っているところが多く、残廃材の問題といえどもあらたな利用形態を持ち込むに当っては、こうした面にも十分な配慮をする必要があると思われた。

### 合板工場

合板工場においては、原木処理、単板製造、調板、接着、仕上げなどの各製造工程で残廃材が出ているが、今回訪れた工場ではいずれも約50%の残廃材を排出していた。これらの残廃材は一部が小物製品用、ランバーコア用に利用されているが、大部分は自工場のキルンドライヤーやホットプレス用のボイラーの燃料として使用されていた。但し、樹皮についてはここでもほとんど利用されていない。

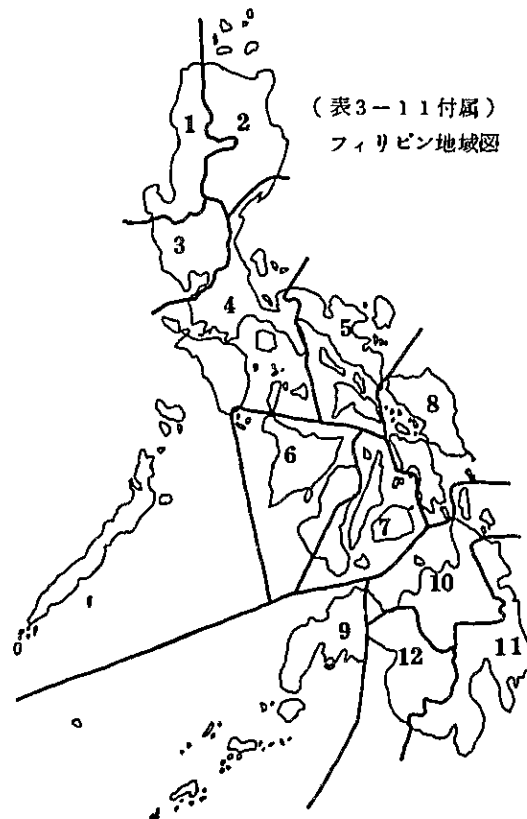
### 3-2-2 林地残廃材

丸太生産に伴って生ずる末木枝条、根部などのいわゆる林地残廃材については、今回訪れた国々でもほとんど利用されていないのが現状であるが、未利用資源に対する関心はしだいに高まりつつあり、政府自からその賦存量の調査や利用方法の開発に着手しつつある。以下のデータもそうした調査に基づくものである。

表3-11 フィリピンの林地残廃材量

地域	林地残廃材 千 <sup>3</sup> m					
	合計	損残 傷材	末枝 木・条	根 株	棄丸 却太	トミ ング
1	57	29	19	6	2	1
2	880	440	297	88	33	22
3	30	15	10	3	1	1
4	157	78	53	16	6	4
5	62	31	21	6	2	2
6	154	77	52	15	6	4
7	—	—	—	—	—	—
8	152	76	51	15	6	4
9	472	236	159	47	18	12
10	867	433	293	87	32	22
11	1,165	582	393	117	44	29
12	314	157	106	31	12	8
合計	4,310	2,154	1,454	431	162	109

資料 表3-1と同じ



まず、フィリピンにおいては、林業試験場及び工業開発委員会（ the Forest Products Research and Industries Development Commission ）が林地残廃材に関する調査を実施している。これによると1 m<sup>3</sup>の丸太に対し、凡そ0.8 m<sup>3</sup>の残廃材が生ずるとの結果が出されており、また、原因別の割合は

1. 損傷残材	50.00%
2. 末木枝条	33.75%
3. 根 部	10.00%
4. 廃棄丸太	3.75%
5. トリミング	2.50%

となっている。

この調査結果に基づいて、地域別の林地残廃材量を推定したものが表3-11であり、約4百万m<sup>3</sup>が毎年未利用のまま林地に放置されていることになる。

次に半島マレーシアであるが、ここではまだ、全国規模の調査は行われておらず、全国的な推定量は将来の調査計画を待たざるを得ないが、ケーススタディーとしては可成り詳細な調査が実施されている。表3-12はそうした調査に基づくデータであるが、この調査例では丸太2に対し、1の割合で残廃材が排出されている事になる。半島マレーシアの丸太生産量が約10百万m<sup>3</sup>であるところから林地残廃材量を取敢えず、5百万m<sup>3</sup>と推定しておこう。

これまで述べてきたのは、樹木の伐倒に伴う残廃材量であるが、実は林地にはこのほかに利用価値の低い樹種や小径木が伐倒されないうままに大量に残されている。あるケーススタディーによるとこの量は伐倒に伴うものの4~5倍に達するという結果が出されている。勿論、伐採前の林型、林相を維持していく必要のあるような森林では、例え利用価値があっても皆伐することはできないが、森林を農用地等の他用途に転換する場合などは当然皆伐が行われる。このような場合でも丸太業者は利用価値の高いものだけを伐採、搬出していくので、残された樹木は結局、利用されないうままに焼却されているのが現状である。

このほか、半島マレーシアの特殊事情として、ゴムの廃木利用がある。

周知の如く、半島マレーシアは世界一の天然ゴムの生産国である。ところでゴムの木は樹令25~30年が経済的な意味での寿命であり、この時期に植替えをしてやらないと採算性が悪くなる。こうした植替えを要するゴム林は約1.7百万haに達するとみられており、ここで、伐倒されるゴムの老木は年間9百万m<sup>3</sup>に達すると言われている。現在、これらのゴムの木は薪、炭用製材用、チップ用、輸出用丸太などに約7百万m<sup>3</sup>が使用されているが、それもまだ2百万m<sup>3</sup>が未利用の状態におかれている。この数字は半島マレーシアの丸太生産の20%に相当し、量的には無視できない。

このようにいろいろな形態の残廃材が大量に排出され、そのかなりの部分が利用されない

まゝ朽ちるにまかせるかあるいは焼却されている。しかし、これらの残廃材は、非常に広汎な地域に散在し、バルキーでしかも経済価値が非常に低いという利用上の難点を多く抱えている。今後、これらの資源を有用資源として活用していくためにはまだまだ多くの課題を解決しなければならないと思われる。

表 3 - 1 2 (I) 林地残廃材調査(1)

調査木	根 部		丸 太				枝 条			備 考	
	高 さ (cm)	直 径 (cm)	長 さ (m)	採 材 部		棄 却 部		長 さ (m)			
				長 さ (m)	本数 (本)	長 さ (m)	本数 (本)	直 径 730cm	直 径 15~30		直 径 8~15
メランティ (Meranti)	76	76	26	6 7	2 2	0.2	1	27 18	61 46	30 24 12	優良木
ケンパス (Kempas)	137	107	20	55	3	3.2	1	37	49 37	37 34	板根大
クルイン (Keruing)	91	71	27	7	4	0.2	2	2.4 18	30 61	64 76	優良木
テンプス (Tembusu)	137	74	15	7	2	0.2 1.8	1 1	2.4	1.2 1.2 0.9	12 12 37	不整形, 節
ケンドンドン (Kendondong)	91	74	27	7 6	3 1	0.3	1	2.1	12 37 2.4 2.4	3.0 4.6 1.5 1.8	優良木
ケンドンドン ( " )	152	97	14	6 55	1 1	2.1 0.6	1 1	4.6	6.1 6.4 5.8	4.6 4.9 6.1	空洞アリ
レンガス (Rengas)	127	157	15	5.5 6	1 1	3.7	1	6.1 5.5	6.1 5.8 6.4	5.5 7.3 6.4	空洞アリ 不整形
全 平 均	116	94	19	6.3		1.8		4.8	11.2	11.2	
優良木平均	86	51	30	6.6		0.2		3.7	9.8	10.1	

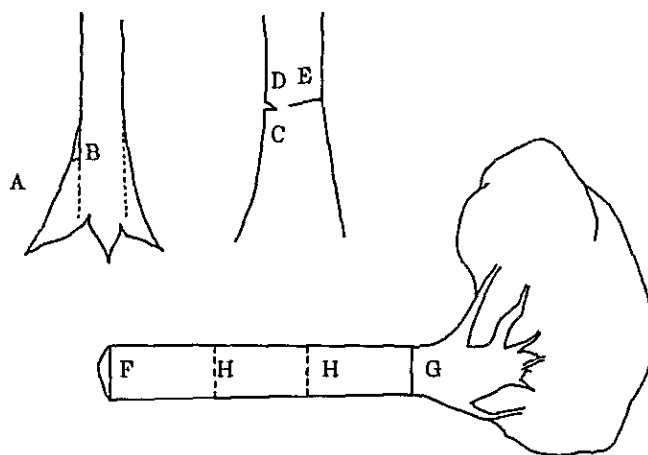
資料 Forest Harvesting (Forestry Department Headquarters P. Malasia) より  
注 図 3 - 1 2 (III)(IV) 参照

表 3 - 1 2 (II) 林地残廢材調査(2)

調査木	採材部 (m <sup>3</sup> )	残 廢 材 量 (m <sup>3</sup> )					合 計 (m <sup>3</sup> )
		根 部	丸太切除部	枝 条			
				直径730cm	" 15~30	" 8~15	
メランティ	84	03	01	05	05	01	99
ケンバス	9.1	1.2	25	04	04	01	138
クルイン	80	04	0.1	0.5	0.5	0.2	96
テンブス	41	06	04	03	0.2	0.1	56
ケンドンドン	60	04	01	02	0.5	0.2	74
ケンドンドン	31	11	07	05	0.9	0.2	68
レンガス	56	25	30	1.3	0.9	0.2	135
合 計	444 (666)	65 (9.7)	70 (106)	38 (57)	40 (59)	10 (1.5)	667 (100)
優良木計	224 (83.2)	11 (41)	03 (10)	13 (46)	1.5 (56)	0.4 (1.5)	269 (100)

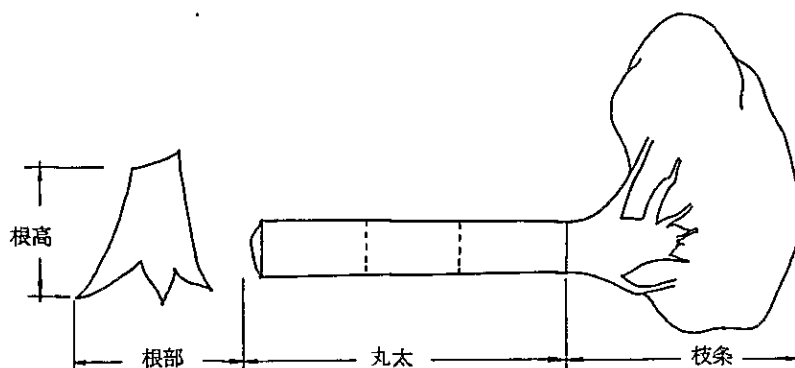
資料 表3-12(I)に同じ  
注 ( ) 書は構成比率%

図 3 - 1 2 (III) 伐木・造材におけるカット箇所



カット箇所	林内	土場
A. 板根のカット(水平方向)	○	
B. 同上(垂直方向)	○	
C. 受口切り(上)	○	
D. 同上(下)	○	
E. 追口切り	○	
F. トリミングカット	○	○
G. 樹冠カット	○	
H. 玉切り		○

図 3 - 1 2 (Ⅳ) 造 材 模 式 図



### 3 - 3 エネルギー需給動向

#### 3 - 3 - 1 エネルギー面での分類

世銀の報告によれば（開発途上国におけるエネルギー問題），商業エネルギーの消費総量に対する輸入石油の比率という観点からの分類は，次の通りとなる。

- ①マレーシアは，O P E C 非加盟の純石油輸出国である。
- ②フィリピンは，商業エネルギーに対する純石油輸入の比率が76～100%であり，木材燃料問題を実際上または潜在的に抱えている国である。

シンガポールについては，同報告には記されていない。シンガポールは，アジアにおける石油精製基地としての性格を持ち，1次エネルギー需要の大部分は石油に依存している。

#### 3 - 3 - 2 フィリピンのエネルギー需給

##### ① エネルギー需給の推移

- ① フィリピン経済は，1960-70年の10年間に年平均5.1%の成長を遂げ，更に1970-79年にわけては年平均6.2%の実質成長を達成した。（表3-13参照）この成長率は従来策定された経済開発計画が目標にしている年平均7%を下廻っている。これは度重なる石油の値上げが大きな原因となっている。

商業エネルギー消費は60年～70年にかけては平均10.6%を記録したのに対し，70年～78年は年平均5.3%と大幅減を示した。特に75年～78年にかけては4.9%と低下している。これは73年以降の相次ぐ石油値上げにより国内の石油需要が大幅

に減退したためと思われる。この反面伝統的エネルギーの増加率が上昇し、全エネルギーの増加率は上昇を示している。(表3-14参照)つまり商業エネルギー以外の伝統的エネルギーの開発が進展して来たものである。

#### ⑩ エネルギー消費の構成

1978年のエネルギー需給の内訳は、商業エネルギーが64.6%、伝統的エネルギーが35.4%となっている。(表3-14参照)

また商業エネルギーの構成内訳(比率)は表3-3に示されるように、石油95.3%、石炭1.8%、水力2.9%となっており、石油消費の比率が圧倒的に高いことがフィリピンのエネルギー需要の特徴である。

石炭及び水力の構成比は、1970年に減少したが、1980年には再び、石油が減少し石炭及び水力が増加した。

部門別に見ると、1979年においては、図3-1に示すように、産業用47.2%、輸送用27.8%、公共・家計・商業用17.4%となっている。

エネルギー消費に占める輸送用のシェアが約3割弱という高い比率を占めているが、これは効率の低い自動車輸送が肥大しているためである。

#### ⑪ エネルギー供給の現状

フィリピンのエネルギー供給源としては石油が大きな役割を果たしており、1979年度では89.2百万バレル、約92%を占めている。またその石油の大部分は中東諸国等よりの輸入に依存している。(図3-17参照)

#### ⑫ エネルギー源別供給の推移

従来、石油が安価で容易に入手しうる状態にあったため、石油が重要なエネルギー源としての役割を果たして来たが、1973年以降OPECの度重なる石油値上げによりフィリピン経済は成長の鈍化、インフレの高進、国際収支の大幅赤字をこうむってきた。

フィリピン政府はこうしたマイナス要因を除去し、経済開発を円滑に進めるため、輸入原油の大幅減を主眼として商業用エネルギーの開発と同時に、再生可能エネルギー源及び伝統的エネルギーの開発に積極的に努力している。



表 3-13 アセアン諸国の諸経済指標

	GDP(平均成長率)		輸出依存度		人口	人口増加率		インフレ率		1人当りGNPと成長率		1人当り商業エネルギー消費		平均伸び率	総面積
	1960-70	1970-79	1960	1979		1960-70	1970-79	1960-70	1970-79	1960	1979	1960-74	1974-79		
	%	%	%	%	百万人	%	%	%	US\$	%	石炭換算Kg	%	%	%	千畝
先進工業国	51	32	12	19	675	07	43	94	9,440	40	4,486	7,892	53	2.5	30,430
中所得国	6.1	55	16	20	1,008	24	30	133	1,420	38	509	1,225	84	6.3	38,705
石油輸出国	6.5	55	21	25	334	27	30	140	1,120	31	362	893	90	6.1	13,781
石油輸入国	5.9	55	14	18	674	22	30	122	1,550	41	576	1,388	82	6.4	24,924
低所得国	4.5	4.7	7	11	2,300	21	30	10.8	230	16	356	463	44	8.1	33,778
主要産油国	130	65	N.A	65	26	40	17	182	5,470	50	771	1,458	76	10.4	4,363
東欧社会主義国	4.9	52	N.A	N.A	355	0.8	N.A	N.A	4,230	43	2,990	6,164	52	39	23,266
アセアン諸国					4,364										
インドネシア	39	76	13	30	140	2.3	N.A	201	370	41	130	237	38	101	1,919
タイ	82	77	17	23	46	2.4	1.8	95	590	46	63	376	162	76	514
フィリピン	5.1	62	11	19	48	2.6	5.8	133	600	26	159	356	83	5.6	300
マレーシア	65	79	54	58	13	22	-0.3	73	1,370	4.0	253	767	105	4.1	330
シンガポール	88	84	163	187	2	1.4	1.1	55	3,830	7.4	518	6,211	134	171	1

表3-14 エネルギー需給量の推移とその増加率

	1960	1970	1978	1960-70	1970-78	1975-78
インドネシア						
商業エネルギー	4822 (381)	7356 (430)	20708 (51.5)	43	138	158
伝統的エネルギー	7840 (61.9)	9737 (57.0)	19,530 (485)	22	80	7.1
全エネルギー	12,622	17,093	40,238	3.0	11.3	11.3
タイ						
商業エネルギー	1,236 (28.4)	5,294 (55.7)	10,685 (65.4)	15.6	10.6	11.2
伝統的エネルギー	3,110 (71.6)	4,203 (44.3)	5,689 (34.6)	3.1	3.8	4.2
全エネルギー	4,346	9,497	16,344 <sup>1)</sup>	8.2	8.1	8.6
フィリピン						
商業エネルギー	2816 (44.2)	7,698 (61.5)	11,620 (64.6)	10.6	5.3	4.9 <sup>2)</sup>
伝統的エネルギー	3,560 (55.8)	4,808 (38.5)	6,357 (35.4)	3.1	3.2	3.3
全エネルギー	6,376	12,506	17,977	8.2	8.1	8.6
マレーシア						
商業エネルギー	1,430 (57.9)	4,143 (76.4)	6,708 (81.5)	11.2	6.2 <sup>3)</sup>	6.3
伝統的エネルギー	1,030 (42.1)	1,281 (23.6)	1,520 (18.5)	2.2	2.1	2.2
全エネルギー	2,469	5,424	8,228	8.2	5.3	5.3
シンガポール						
商業エネルギー	427 (97.0)	2,031 (99.1)	4,021 (99.8)	16.9	8.9	8.0
伝統的エネルギー	13 (3.0)	19 (0.9)	9 (0.2)	3.9	-	5.1
全エネルギー	440	2,050	4,030	6.6	8.8	8.0

注1): 1977

2): 「国家エネルギー計画 1981-1986」からは1974~79年の増加率は6.1%/年

3): マレーシアエネルギー省提示資料によれば1970~80年の増加率は8.1%/年

出所: Asian Development Bank, "Survey of Energy Utilization", p.229

表3-15 商業エネルギー構成比

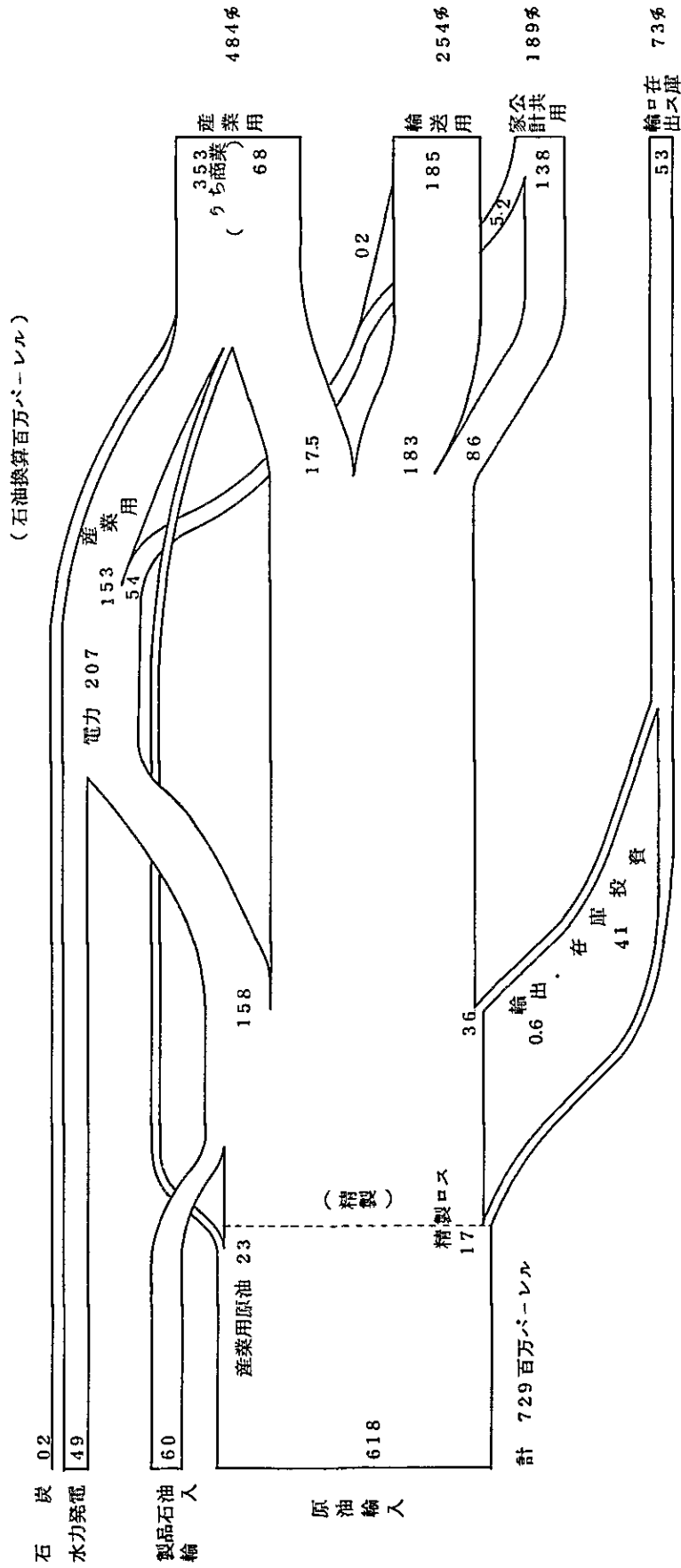
	1960	1970	1978
インドネシア			
石油	784	885	833
石炭	100	1.7	0.9
天然ガス	102	84	149
水力	15	1.4	0.9
タイ			
石油	955	943	95.1 <sup>1)</sup>
石炭	45	28	21
水力	-	29	21
フィリピン			
石油	923	971	953
石炭	40	05	18
水力	37	23	2.9
マレーシア			
石油	918	962	88.3
石炭	20	0.4	0.4
水力	1.3	2.3	1.3
天然ガス <sup>2)</sup>	4.9	1.1	9.9
シンガポール			
石油	95.5	94.3	95.1
石炭	45	28	21
電力 <sup>3)</sup>	-	2.9	2.7

注1): 1977

2): マレーシアエネルギー省提示資料では天然ガス消費はゼロ。またその資料によればエネルギー構成は1980年時点においても石油94.1%, 水力3%, その他2.9%となっている。

3): マレーシアよりの買電出所: 表3-14に同じ p.238

図 3-16 フィリピンのエネルギーフロー(1974)



注) : 電力エネルギーは、投入ベースのエネルギー量、水力も発電効率28%で投入換算。  
 部門別石油消費算出方法(1) 輸送用 ... ガソリン+航空燃料+輸送部門の左記外消費量  
 (2) 家計共用 ... ガソリン以外の家計, 公共部門消費量  
 (3) 電力部門への投入石油+自家発電の投入分  
 (4) 産業用 ... 石油消費量60.2百万バレル-[(1)+(2)+(3)]



### 3-3-3 シンガポールのエネルギー需給

#### ① エネルギー需給の推移

① シンガポール経済の基盤は、ほとんど対外貿易に依存しており、1979年の輸出依存度（国民所得に対する輸出額の比率）は187%となっている。（表3-13参照）経済成長の動向は、世界経済の景気に大きく左右される。

1970～79年のGDP平均成長率は8.4%であり、1人当たりGNPはアセアン諸国中1位である。

② シンガポールは、アジアの石油精製基地として重要な役割を担っている。すなわち、原油を輸入し、製品化し、輸出をしている。1977年の原油輸入額の総輸入に占める割合は25.5%、輸出については29.9%であった。石油が輸出の3分の1を占め、シンガポールの貿易収支に果たす役割は大きい。

商業エネルギー需給は、1960年から1978年までに9.4倍に拡大しており、平均年率1.3%の伸びとなっている。東南アジアの石油精製基地という条件から、1次エネルギー需要の大部分は石油に依存している。

また1978年のシンガポールで精製された石油製品17.41百万キロリットルのうち、約20%がシンガポールで消費されたことになり、残り80%が石油製品として輸出されている。

### 3-3-4 マレーシアのエネルギー需給

#### ① エネルギー需給の推移

マレーシアの1970～79年のGDP平均成長率は7.9%であった。アセアン諸国のなかでは、シンガポールに次いで高い成長率を示している。

アジアにおいてマレーシアは、インドネシアに次ぐ石油輸出国である。しかしマレーシアにおける原油埋蔵量は決して大きくなく、1980年の確認埋蔵量は2,800百万バレルであり、今後13～15年で枯渇する可能性がある。

1977年のエネルギー消費状況は、表3-18に示すとおり石油換算約124.5千バレル/日であり、そのうち石油が118.5千バレル/日で、95.2%を占め、残りは天然ガス・水力、薪炭等である。

1970年から1978年までの商業エネルギー需給は約4.7倍に増加した。

マレーシアは石油輸出国であると同時に石油の輸入もしている。これは、第1にマレーシア原油が高価な低硫黄・軽質原油であり、これを輸出に回し、中東の高硫黄・重質油を輸入しているからである。第2に、マレーシアでは軽油・重油の需要が大きく、灯油需要が小さいという需要構造であること。第3に、製油所の設計が中東系重質原油に合わせられているためである。

製品の国内需要構成は、1976年において、自動車ガソリン17%、灯油5.9%、軽油33.6%、重油34%であった。今後も、中・長期的にこの構成に大きな変化はないものと考えられるが、若干、重油および自動車ガソリンの構成比が伸び、軽油の割合が低下すると予想される。

表3-18 エネルギー源別エネルギー消費状況

(石油換算バレル/日)

	1970	71	72	73	74	75	76	77	80 <sup>1)</sup>	平均成長率 (70~80)
石油 (%)	63310	68564 ( 8.3)	75927 ( 10.7)	83948 (10.6)	92168 ( 9.8)	98656 ( 7.0)	110055 (11.5)	118466 ( 7.6)	152500	9.3
水力 (%)	1392	11413 ( 1.5)	1383 (-2.1)	1405 ( 1.6)	1361 (-3.1)	1184 (-13.0)	1077 ( 9.0)	1023 (-5.0)	5073	-4.1
その他 <sup>2)</sup> (%)	7727	7892 ( 7.8)	6301 (-20.1)	6157 (-2.3)	5557 (-9.7)	5468 (-1.6)	NA <sup>3)</sup>	NA <sup>3)</sup>	4500 <sup>4)</sup>	-4.9
総需要量 (%)	72429	77869 ( 8.1)	83611 ( 7.4)	91510 ( 9.4)	99086 ( 8.3)	105308 ( 6.3)	116132 (10.3)	124489 ( 7.2)	162073	8.4
総エネルギーに対する石油の貢献度 (%)	87.4	88.1	90.8	91.7	93.0	93.7	94.8	95.2	94.1	

注1)：推測値

2)：薪炭を含む。

3)：データは入手不能だが石油換算5,000バレル/日と推定される。

5)：( )内は増加率

出所：マレーシアエネルギー・郵政省(METP)

## 用語解説

従来型エネルギー これまで近代産業社会の需要の大半を賄ってきた諸エネルギー源，即ち石炭（亜・褐炭，泥炭を含む），石油（重油，ガソリン，灯油，軽油，天然ガス及びLPG〔液化石油ガス〕を含む），並びにこれらを燃料として，または水力ないし原子力により発電された電力，ただし，木材は過去においては広範に使われ，現在でもある程度は産業で用いられているものの，この範ちゅうには含めない。

商業エネルギー 市販されているか公益事業体によって供給されているあらゆる形態のエネルギー。この用語は従来型エネルギーと事実上同義である。木材及び以下に述べるその他の伝統的諸燃料は，幅広く取引されているものの，この範ちゅうから除かれる。

1次エネルギー 使用されるまでに，どのような化学的変化もおこしていないエネルギー。この用語は，水力が1次エネルギー，火力が2次エネルギーとされるように，主として発電の関係において重要である。（原子力については，1次エネルギーの定義の厳密な解釈とは符合しないが，通常1次エネルギーとされる。）

再生可能エネルギー 年々の太陽循環の過程で，一部または全面的に再生されるエネルギー。従って太陽エネルギー，風力，水力，植物からつくられた燃料は再生可能エネルギーであり，鉱物資源及び原子力はそうではない。

バイオマス燃料 植物からつくられ，可燃性または発酵性のある物質，例えば木材，炭，とうもろこしの穂軸，綿の茎，米殻，乾燥糞。

伝統的エネルギー 「伝統的」または産業化前の社会において，一般的に使われているエネルギー。これはバイオマス燃料と殆んど同義であり，鉱物燃料と水力は，除かれている。

### 3-4 木質エネルギー利用技術

#### 3-4-1 フィリピンにおける技術

短い日数の限られた地域における見聞で，フィリピン全体の木質エネルギー利用技術を把握することはできないが，特にこの国に関心が深いと思われる利用技術についてのべる。

フィリピンは非産油国であるため、政府は木質エネルギーの活用について雄大な計画をもっている。しかしこの計画が本当に実行に移されるかどうかは今後の世界の石油事情にかかっていると思われる。

木質エネルギー発電については Dendrothermal Project Office, National Electrification Administration, Forest Products Research and Development Institute 等の説明によると、ジャイアント・イビル・イビル (*Leucaena leucocephala*) のエネルギー造林により、木質エネルギー発電を大規模におこなう計画である。ジャイアント・イビル・イビルの造林によれば、植林後4年程度で収穫でき、生長量は25 t/ha/y位であるから、1ヶ所3000kWの木質エネルギー発電所に、1000haのプランテーションが必要になる。木質エネルギー発電所は現在13ヶ所あるが、来年更に4ヶ所発足する。1990年には2000MWの木質エネルギー発電をおこなう予定である。フィリピンでは現在電気の普及率が47%にすぎないので、この計画により100%の普及を目指している。発電の方法は従来の石油による火力発電と同じで、石油の代わりに木材チップを用いるものである。

一方、木材を気体燃料に変えて、内燃機関に使用する計画もすすめられている。フィリピンには木材のほか、ヤシガラ、モミガラ、パガス等の農産廃棄物も豊富なので、これらを熱分解することにより、一酸化炭素と水素を主成分とする気体燃料を得ることができる。この技術は40年位前には我が国を含め世界各国で実用化されていた技術であるが、この技術を復活させて、石油の節減をはかろうというものである。自動車や、ボートのような運送手段のほか、揚水ポンプ、稲こき、脱穀のような小規模の固定動力源として普及をはかろうとしている。原料は薪、その他の農林廃棄物、木炭、ヤシガラ炭などの炭化物、いずれも使用できるが、炭を用いた方がタールの生成がないのでガスの精製が容易である。揚水ポンプのような場合は発生したガスを水洗して精製できるので薪でもよい。ガスの発生は1000℃位の高温でおこなわれるが、内燃機関に導入するまでに冷却する必要があり、又灰などを除去するためフィルターを通す。ガソリンエンジンの場合は気化器をはずし、発生したガスを導入する。ディーゼルエンジンの場合は、通常空気のみを吸引圧縮して、そこへディーゼル燃料を噴射すると発火するものであるが、木炭ガス等の場合は、空気とともに発生したガスを吸引圧縮し、そこへ通常の20%程度のディーゼル燃料を噴射すると発火するので、80%の石油を節約することができる。我が国でも現在木炭自動車は全国で数台あって実験しているが、フィリピンでは数百台の車が動いているとのことである。1987年にはガス発生炉を500千台にする計画なので、これに要する木炭を大量に生産する計画である。それには750千haのプランテーションと75千基の炭焼窯を必要とする。炭化には1回1週間を要し、1回に2tの炭が得られるので1年に100tとなる。炭焼窯はレンガ製で2年半の



耐用年数があり、耐用期間のあと組みなおすと90%のレンガが再使用できる。レンガの窯は現在15千基ある。上記の計画の実行に当り、造林に150千人、レンガ製造に80千人、ガス発生炉の製造に10千人、合計240千人に仕事を与えることができる。

ロスパニヨスのフィリピン林産研究所 (Forest Products Research and Development Institute) ではドラム缶を使用したヤシガラの炭化をおこなっていたが、4割に切ったヤシガラ80kgを1回に用い、25kgのヤシガラ炭が得られるとのことである。側面に数ヶ所穴をあけ、下方から上方へ炭化がすすみ、これにしたがって側面の穴を開閉する。上面には煙突をそなえている。これについては、JIOAのフィリピン国木質系エネルギー資源林産開発協力計画基礎一次調査報告書(昭和57年2月)に報告されている。レンガの窯に比べると炭化時間が短く、炭化に5時間、冷却に2時間とのことである。

ケソンの Nonconventional Energy Development Centerでは広範囲の代替エネルギーの研究をおこなっており、太陽熱、風力、石油植物、メタン発酵などのほか、モミガラの熱分解による気体燃料の製造実験をおこなっていた。これは原理的には上述の木炭自動車と同じものであるが、装置は固定式でかなり大きなもので、ガス発生とともにモミガラ炭が得られる。

最も原始的な木質エネルギー利用は薪の直接燃焼であるが、非産油国のフィリピンでは炊事に現在でもかなり用いられているようである。ガバナトウアンの製材所付近では、背板、樹皮も薪として売られており、鋸屑も燃料として利用されている。薪を燃焼するためのカマドの形態で、熱効率は大きく変化するが、林産研究所では数種のカマドの比較研究がおこなわれている。鋸屑を圧密化して固型燃料とすることはおこなわれておらず、鋸屑は石油を少しかけて燃焼させるとのことであった。

### 3-4-2 シンガポールにおける技術

シンガポールは国全体が都市であり、林木の生産もなく、加工をしているだけであるが、その加工も丸太生産国が原料輸出を制限しているので近年大いに低下している。木質エネルギーの利用はごく僅かの木炭が使用されている程度で殆どない。しかし合板工場では廃材を自家用エネルギー源として活用している。合板工場における木質エネルギー利用技術はシンガポールに特別なものではなく、世界共通的なものである。合板生産の各段階でいろいろの廃材が発生するので、最終歩止りは50%程度とのことである。しかし残りの50%を全部燃料にしているわけではなく、ランバーコアや家具等にも向けられている。合板工場では単板の乾燥と、ホットプレスに大量の蒸気を使用するので廃材ボイラーを備えており、合板製造の各段階で発生する廃材をこれに供給している。工場の熱源は廃材のみでまかなわれ、石油は購入する必要がない。

シンガポールでは公害規制がきびしく、煙の発生をともなう製炭はできないとのことであるが、一活性炭業者は1日10t程度の鋸屑をロータリーキルンで炭化し、この炭とマレーシアからの木炭を合して、水蒸気賦活法により活性炭を製造している。

又、シンガポールではマレーシアで生産された木炭を買い集めて、日本や中近東諸国へ輸出している。

### 3-4-3 マレーシアにおける技術

マレーシアは製材、合板等の原木の生産国であるほか、大面積のゴム林があり、大きな木材資源国である。合板工場における廃材利用状況はほぼシンガポールと同様であるが、地方の製材所では廃材がよく利用されているところもあり、単に焼却されているところもありまちまちである。フィリピンと異なり、マレーシアは産油国であるからエネルギー事情はちがうが、木質エネルギーの利用により石油はなるべく輸出し、外貨獲得をする方針があるようである。林野庁次長のYaacob氏によれば、廃材についての調査はこれからやるところなので、よい方法があったら教えてもらいたいとのことであった。

製材所から出る樹皮は一般に単に焼却されているが、背板はレンガ工場の燃料に向けられているところがある。敷地のあるところでは製炭がおこなわれていた。マレーシアの製炭法は、今回見学した範囲では伏焼法であり、これが最も安価な製炭法と考えられる。しかし、炭窯を用いる方法に比べ、収量、品質、均一性において劣ることはやむを得ない。この伏焼法は地面を掘ることもなく、目測で10×20m位の敷地に長さ方向に背板で塀をつくり、

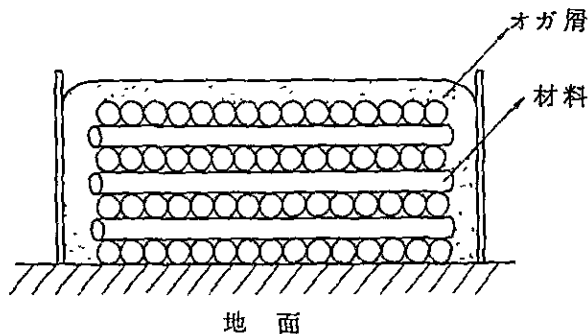


図3-19 伏焼法

この方向に角材を間隔をおいてならべて通風路とし、これに直角に背板等を高さ1.5m位まで横上げ、その上を鋸屑でおおう。製材所の敷地内なので廃材の輸送費はかからない。一端から着火し、徐々に火が移って他端まで達するのに約1ヶ月かかる。炭化が終わったところから炭出し

をおこなう。熱帯は風が弱いのでこのような方法が可能なのであろう。木の塀は水をかけて燃焼を防止している。原料の堆積量がわからないので収炭率は不明であるが、33kg詰袋で1000~1600袋、これは時により灰化がすすんだり、未炭化部分が多かったりするので一定しないと思われるが、この上限をとると、1回(1ヶ月)で60tとのこと、フィリピンでの説明による1週間1回の出炭量2t、1年100tのレンガ窯による製炭と比べる

とかなり生産性が高いことになる。この伏焼法に要する労働力は不明であるが、労勇者の賃金は1ヶ月M\$400程度とのことであり、設備費、原料費は無料に近いので、労働力だけでできることになる。工場値は1袋4M\$とのことなので、1kg10円余りに相当する。この伏焼法では土砂でおおわないで、鋸屑でおおうので、製品に土砂が入ることはないが、粉炭が多くなる。未炭化で燻薪というべきものもできてしまう。炭化をおこなうことにより、容積、重量共圧縮され、熱量は2倍になるので、輸送は有利となり、奥地の製材所から集散地へ安く搬出することができる。しかし廃材の元来含有している熱量の半分以上が炭化過程で失われてしまう。マレーシア林野庁の統計では製炭に用いられている木材は440千m<sup>3</sup> のことであるが、これにはゴム廃材からの製鉄用の製炭は含まれていない。半島マレーシアには普通の森林のほか、ゴム林が1.7百万haあり、ゴムは20-30年採取すると植替えるので、年々9百万m<sup>3</sup>のゴム廃材が発生する。林野庁によれば、このうち薪として4.22百万m<sup>3</sup>、炭として2.2百万m<sup>3</sup>、チップその他0.44百万m<sup>3</sup>利用されており、未利用分は伐倒したまま現地焼却されている。ジョホールのチップ工場では年間150千tのゴム丸太からチップを製造して日本へ輸送している。マレーシア北部においてマレヤワタが約10年前から年間400千tのゴム廃材から60千tの木炭を製造し、製鉄をおこなっているが、この製炭法は伏焼ではなく、レンガ窯(直径7.6m)で1回の出炭量9tとのことである。今回の調査ではこれについては現地訪問しておらず、何も情報を得ていない。

マレーシアにおいても鋸屑を圧縮化して、木質固型燃料を製造する技術はおこなわれていないようである。フィリピン、マレーシアとも粉炭が多く出るので、これをデンプン、糖密等で成形するチャーコールブリケットを製造する技術はあるようである。

### 3-5 木質エネルギーの流通及び消費の状況

調査3ヶ国に於ける木質エネルギーの流通及び消費の実態を明らかにすることは、調査国に於けるエネルギー問題解明の一つの鍵になると思われるが、いずれの国に於いても、エネルギーの流通機構が未発達のため、又、木質エネルギーの大部分が非商業エネルギーであることから、生産量は勿論、消費量についても確たる統計資料がないのが現状であり、その調査も極めて困難な状況にあり、従って系統だった調査もなされておらず、実態の把握はできない。

今回の調査では、日程の都合もあり、各国の諸官庁との情報交換、及び工場残廃材の調査に主力がおかれたので、木質エネルギーの流通及び消費の実態については、訪問先での聞き込み情報と、車で移動中に眼にした一部の店頭での調査にとどまった。

### 3-5-1 フィリピンの状況

#### 3-5-1-1 薪、木炭の状況

フィリピンのエネルギー消費の現状は、表3-20の通りである。

表3-20 フィリピンのエネルギー消費量(1981年)

石油	石炭	水力	地熱	その他	計
11.6	0.22	1.13	0.85	6.7	20.5
56.6	1.1	5.5	4.1	32.7	100.0

上段数字：1000千klオイル等価

下段数字：構成比(%)

(資料)：The National Energy Program 1981-86

この中で、その他の項に入っているエネルギーが、いわゆるバイオマスエネルギーといわれるもので、その大部分が、薪、木炭である。薪、木炭以外のものとしては、バガス、ココナツガラ、モミガラなどである。

このようにフィリピンでは、薪、木炭が、石油の次に需要の多いエネルギーとなっている。中でもとくに薪が多く、フィリピンのエネルギー源として極めて重要な役割を果たしている。

一方、フィリピンでは、70%以上の世帯で炊事用に使われているといわれているこれらの薪、木炭は、現在でもなおその消費量は減っておらず、人口増加率を上廻って伸びているとさえいわれている。この薪、木炭の消費量の増加は、森林破壊や、河川、ダムへの流出土の堆積といった大きな社会問題を引起している。低所得者層には、住居付近の木を切って薪にすることは、コストがかからず、生活の必要悪となっているのが現状で、政府も薪炭林の造林を奨励したりして、ようやくその対策にのり出したものの、所得を増やしてやる手段がとれない限りは、まだしばらくは、山の木を切ってタダの薪を手に入れるということはない状況にある。

表 3 - 2 1 商業エネルギーと非商業エネルギーの推移

	1960年	1965年	1970年	1975年	1978年
商業エネルギー	2816	4857	7698	10056	11620
非商業エネルギー	3560	4120	4808	5770	6357
全エネルギー	6376	8977	12506	15826	17977

石油換算：千トン

(出所) Asia Development Bank Survey of Energy Utilization

### 3 - 5 - 1 - 2 薪, 木炭の消費量と用途

#### ① 消費量

林産試験場の話によると、オフィシャルな統計はないが、年間に、燃料として消費される木材量は、27000千 $m^3$ ～41000千 $m^3$ と推定されているとのことである。

木炭の消費量は、金属精錬用として約100千トンが消費されているというが、それ以外は、家庭用の木炭も消費量は不明で、来年度実態調査をするということであった。

薪の消費量は、発電用に600千 $m^3$ という数字があるが、これ以外は統計はない。ただ木炭よりは、はるかに大きい数字で、燃料としての木材消費の大部分は薪であるということとは事実のようである。

#### ② 用途

木炭の用途は、家庭の炊事用、バーベキュー用、業務用燃料として使われているが、工業用としても、金属精錬用、活性炭用、一部ブリケット原料にも使われている。

薪の用途としては、家庭の炊事用がほとんどで、その他発電用、乾燥用燃料に若干使われている。

### 3 - 5 - 1 - 3 薪, 木炭の流通

薪, 木炭の流通についても、統計はない。流通経路は、図3-4-3のようになっていると示されているが、その中味についてはほとんど判らない。

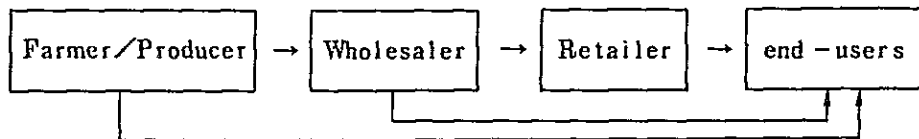


図 3 - 2 2 薪, 木炭の流通経路

このような流通経路を経てユーザーが購入する量は、全体の薪、木炭のうちの1/3という報告があるようだが、確かなところは判らない。いずれにせよ薪、木炭、特に薪についてはまだまだノンコマースルートによる調達が多いのが事実のようである。実際に地方に行くと、近くの山から、木を切っかついで降りてくる姿を何度も見る事ができた。

コマースルートにのっている薪は、工場残廃材を利用したものが多い。

MARKET INFORMATION ON CHARCOAL OR FUELWOOD

End-Products	Place	Price/Cu. M* in Solid Volume											
		BUYING				SELLING							
		Pickup	Delivered	Pick-up	Delivered	Pick-up	Delivered	Pick-up	Delivered				
1.0 Fuelwood	I. Mindanao Area												
	A. Davao	\$ 5.3 ₱ 40.00	\$ 6.7 ₱ 50.00	-	-	\$ 4.3 ₱ 32.00	\$ 5.3 ₱ 40.00						
	II. Visayas Area												
	A. Cebu	\$ 5.25 ₱ 39.42	\$ 15.3 ₱114.67	\$ 20.96 ₱157.28	-	\$ 15.12 ₱118.70	\$ 18.99 ₱142.45						
	B. Negros	\$ 4.8 ₱ 36.00	\$ 12.4 ₱ 92.8	\$ 15.9 ₱119.70	-	\$ 5.8 ₱ 44.00	\$ 13.6 ₱102.00						
	C. Iloilo	\$ 4.04 ₱ 30.35	\$ 15.8 ₱118.90	\$ 17.9 ₱134.56	-	\$ 12.0 ₱ 90.24	\$ 17.14 ₱128.56						
	III. Luzon												
	A. Ilocos	\$ 10.9 ₱ 81.93	\$ 11.73 ₱ 87.93	\$ 16.9 ₱126.92	-	\$ 12.64 ₱ 94.8	\$ 18.7 ₱ 95.36						
	B. Laguna	\$ 15.6 ₱116.9	\$ 19.9 ₱149.6	\$ 27.18 ₱203.84	-	\$ 26.4 ₱197.84	\$ 32.9 ₱247.00						
	** C. Los Baños roadside vendors			₱1.10/bundle (0.0125 cu. m.)									
	** D. Manila			₱1.50/bundle									

\* From PCARRD-IBRD Sub-Project 4 entitled "Marketing and Price Structure of Leucaena and Albizia End-Products" by M. N. Rivera, et. al., 1982.

\*\* From Philippine Recommends for Ipil-iplil, 1980.





### 3-5-1-4 薪、木炭用の燃焼器

燃焼器についても、勿論統計的なものはなく、実態は把握できない。参考までに、ロスバニオスの林業試験場に展示されていたものをあげておく、この写真にあるようなきちんとしたものもあれば、石油缶の自家製のものなどさまざまのようである。



林業試験場に展示されていた薪用  
かまど



同、木炭用コンロ

### 3-5-2 シンガポール

シンガポールでは、70年代には非商業エネルギーの消費量が絶対的に減少し、薪、木炭についても、現在ではほとんど消費がない。ただ木炭は、まだチャイナタウンの食堂や、屋台のような店先で、いくらか燃料として使われているのが見られる。

表3-22 シンガポールの商業エネルギーと非商業エネルギー消費量推移

	1960	1965	1970	1975	1978
商業エネルギー	427	991	2031	3189	4021
非商業エネルギー	13	16	19	7	9
全エネルギー	440	1017	2050	3196	4030

(石油換算：千トン)

(出所) Asia Development Bank Survey of Energy Utilization

シンガポールは、現在一般住宅もどんどんと高層化が進み、木造一戸建住宅はだんだん見られなくなってきている。一方従来盛んであった木材産業は、東南アジア諸国の原木輸出の禁止や、世界的な不況の影響もあって、年々衰退の方向にあり、一部の高級家具の製造以外は将来なくなってしまうだろうといわれている。従って木質系エネルギーについては無関心であるし、又煙に対する公害規制も厳しいことから、国内で使用されている木炭も全部輸入に依存している現状である。薪はまず見られない。

木炭の消費量は少なく、勿論生産はないが、商業都市国家の特長を生かして、他の東南アジアから木炭を輸入し、日本や中近東へ輸出するなど、木炭流通の中継基地としての役割を果たしているだけで、今後も木質系エネルギーに関しては期待は持てないといえる。

### 3-5-3 マレーシア

#### 3-5-3-1 薪，木炭の状況

マレーシアに於いても、薪，木炭についての実態は把握できない。

アジア開発銀行の発表統計(表3-4-6)によると、マレーシアでは、1978年で、非商業エネルギーが、全エネルギーに占める割合は18%となっている。

表3-23 商業エネルギーと非商業エネルギーの消費量推移

	1960年	1965年	1970年	1975年	1978年
商業エネルギー	1430	2781	4143	5586	6708
非商業エネルギー	1030	1198	1281	1455	1520
全エネルギー	2460	3979	5424	7041	8228

(石油換算：1,000トン)

(出所) Asia Development Bank, Survey of Energy Utilization

又、マレーシアの非商業エネルギーに関するデータは、FAO Yearbook of productsのみともいわれ、同書によると、1978年に於いて、薪，木炭が総エネルギー消費の18%を占めているという数字を公表している。しかもFAOは、マレーシアの薪，木炭の消費量は1970年代に年間5.4%伸びたと推定している。これは注目すべき数字だが、一方、An introduction to Malaysia's Energy Sector (May 1982) Kementerian Tenaga, Telekom & Posの報告では、1980年で、非商業エネルギーが占める割合は、エネルギー消費の2.4%となっており、現在のところ実態は明確ではないと考えられる。

### 3-5-3-2 薪, 木炭の消費量と用途

半島マレーシアに於ける, 木炭の生産, 消費, 輸出入の統計資料を一部入手したが, 全国的なものは不明である。

表 3-24 Charcoal Production and Consumption in  
Peninsular Malaysia

year	production(tonne)	Consumption(tonne)
1971	205,369	216,179
1972	192,317	214,460
1973	112,503	142,200
1974	98,152	121,654
1975	105,938	150,577
1976	130,307	167,496
1977	119,209	151,504
1978	110,928	150,666
1979	123,048※	149,090
1980	107,270※	132,448

Note : ※ Estimated values

Source . Forest Research Institute, Kepong  
Statistics Department HQ, K L.

本表は, 半島マレーシアの数字であるが, この統計からみると, F A O発表の薪, 木炭の1970年代の年平均伸率5.4%という数字は疑問であるとも考えられる。勿論, 薪が相当伸びた, 或はサバ, サラワク州の伸びが著るしかつたということがあれば別だが, いずれにせよ数字の信頼度は期待できない。

Deputy Director General of Forestry Peninsular Malaysia の MOHD NOR YAACOB 氏の話によると, 薪の生産量は, おおよそ150千 $m^3$ , 木炭の生産量は1,500千 $m^3$ ぐらいだろうということである。木炭の生産量のうち1,000千 $m^3$ はマラヤワタの製鉄用である。

用途は, 薪は窯業の乾燥用燃料が多く, 木炭は工業用と, 焼肉(サテー)用が多い。家庭の炊事用としては低所得者層の一部で, 木炭が使われているが, 薪はほとんど使われていないということである。事実, フィリピンに於けるような薪の店頭販売は見る事ができなかった。

### 3-5-3-3 薪, 木炭の流通

薪, 木炭の流通状況については, スケジュールの都合もあつて実地調査ができず, 又, 面接者からの情報収集もできなかったが, 薪, 木炭とも工場残廃材の利用が圧倒的に多いようである。

同国エネルギー省では、木質系エネルギーについては未着手の状態である。しかしながらこれからのエネルギー事情を勘案すれば、今後、本件についても注目すべきであり、具体的な調査も実施したいので、調査方法について協力して欲しいという要請があった。現状では、実情把握は困難であるといえる。



ジョホールバル市の雑貨店に於ける  
木炭こんろ

### 3-6 ベレット燃料工場設置の可能性について

最近、石油資源に代替するものとして、バイオマス燃料の開発が世界各国で積極的に推進されている。

その中でも、とくに関心を持たれたのが、木質系のベレット燃料である。このベレット燃料の製造技術は、米国、カナダを始めとし、我が国でも既に実用化の段階に入り、本格的な商業生産が行なわれるまでに至っている。

我が国では、現在のところ、ハウス用の暖房など用途はごく一部に限られているが、米国では、ローカルの電力用燃料、病院、学校などの暖房用燃料、工業用燃料などへも用途は拡大している。

木質系のベレット燃料は、農林業関連の廃棄物利用が可能であるというところに大きなメリットがある。従って、その原料が豊富である東南アジア地域での生産が有望であろうということは容易に想像がつく。今後の動向が注目されるところである。

フィリピン、シンガポール、マレーシアに於ける今回の調査では、木質系ベレット燃料工場設置の可能性については、そのごく一部の感触を得るにとどまった。

今回の調査国では、いずれの国に於いても、エネルギー事情から考えて、木質系ベレット燃料を生産し、自国内で消費するということは、当面まだ無理な状況にあると言ってよい。しかし、原料面からは、当然生産が可能で、フィリピン、マレーシアでは、製品を買ってもらえるなら、即ち輸出可能なら検討したいという意向は強い。

#### 3-6-1 フィリピンにおける可能性

##### 3-6-1-1 民生用

フィリピンでは、非商業エネルギーいわゆる薪、木炭などの比率が相当に高いので、木質

系ペレット燃料は、これら薪、木炭などの代替として考えられる。

しかし、これら非商業エネルギーの薪、木炭は、大部分が低所得者層の家庭で、炊事用に使われているのが現状である。従って、木質系ペレット燃料を、これら薪、木炭の代替にするには、まず価格が第一のネックになる。低所得者層はほとんどが燃料費はゼロに等しい状態にあるので、木質系ペレット燃料が余程の低価格でない限りは当面の可能性はないと考えられる。今回の調査では、木質系ペレット燃料のコスト計算までは出来なかつたので結論は出せない。又、現在の木質系ペレット燃料は、炊事用よりは、暖房用燃料やボイラ-用燃料としての利用価値が高いので、炊事用燃料として使用するには、ペレット燃料そのものの改良と、燃焼器具の開発という課題が残されている。

いずれにせよ、フィリピンに於ける家庭の炊事用燃料として、薪、木炭に代替できるか否かの検討は、今後、精査する必要があるが、エネルギー比較だけを検討しては解決できない問題が含まれている。低所得者層にとっては、エネルギー問題よりは、収入の確保自体が問題になっているのが現実であり、炊事用の薪、木炭の代替という問題は、エネルギー問題のみならず、経済政策も含めた上での対応が必要であり、むしろポリシーの問題と言える部分が少なくない。

### 3-6-1-2 商業用

フィリピンでは、商業エネルギーに占める石油の比率は高く、商業エネルギーは、本質的には石油を意味し、商業エネルギーの消費増加はほとんどが石油で占められてきた。しかも、フィリピンは我が国同様輸入石油に依存しているので、2回にわたるオイルショック以降、非石油エネルギーのシェアはわずかながら回復傾向にあり、国内のエネルギー資源の開発に精力的に取り組んでいる。

表 3-25 商業エネルギー消費

	1960	1965	1970	1975	1976	1977	1978	1979	1980
石油	19.1	33.9	54.6	70.2	72.2	78.6	81.6	82.6	77.5
比率(%)	93	93	94	95	93	94	94	92	88
その他	1.5	2.6	3.5	4.1	5.1	4.6	5.4	6.7	11.0
比率(%)	7	7	6	5	7	6	6	8	12
商業エネルギー合計	20.6	36.5	58.1	74.3	77.3	83.2	87.0	89.3	88.5

(石油換算：100万バレル)

(出所) Ministry of Energy, Asian Development Bank

NDDCの話では、造林をしながら、その木材を利用した木質発電所を推進しているとのことであった。フィリピンでは、現在、電気の普及率は46%、これを1990年には100%にまで持っていく計画で、木質発電所に力を入れている。もう一つは、木炭のガス化である(資料参照)。これによって、自動車用、灌漑用ポンプ、船舶用、モーター-発電機などの動力源にする計画を進めている。

これらの事業推進に、木質系ペレット燃料は決して無意味なものではない。現にNDDCは、ペレタイジングには興味あると発言しているので、今後の研究課題と言える。木質発電の場合でも、単に薪、或はチップで燃すよりは、ペレット燃料にして燃すほうが、燃焼効率もよく、定常燃焼が可能となり、ハンドリングなども容易になるなどメリットはでてくる。これらの事業に、ペレット燃料を利用することは、技術的な面の検討は当然必要だが、コストも合わせて比較して、メリットがでてくる可能性はあり得る。

又、フィリピンでは、タバコの乾燥用燃料として、ペレット燃料の利用が考えられる。以上のように、炊事用の薪、木炭の代替という点は、まだまだ問題が多いが、工業用に利用するという点では、フィリピンに於いては十分に検討する余地があると考えられる。しかしながら民間ベースのみでは、時期尚早と考えられ、政府のエネルギー政策、経済政策などのバックアップが必要だろう。

### 3-6-2 シンガポールにおける可能性

シンガポールは、現在すでに、1人当たり国民所得は5,000米ドルを越えているといわれ、先進国の水準にある。エネルギー関係に於いても、ほぼ先進国の水準にあるといわれている。

シンガポールは、国内にエネルギー資源は全くなく、商業エネルギーは全面的に輸入エネルギー、それも石油に依存している。全エネルギーに占める商業エネルギー比率は1978年に於いてすでに99.7%と大きく、フィリピン、マレーシアとは異なっている。シンガポールのエネルギー消費のもう一つの特徴は、1978年に於いて、商業エネルギー消費量の99.8%が石油であり、残りは石炭が占めていることである。即ち世界で最も石油比率の高い国である。なお、アジアで1人当たりの商業エネルギーと電力消費量がともに世界平均を上廻っているのは、日本を除くとシンガポールだけである。この面からシンガポールは、すでに発展途上国ではなく、先進国になっている。石油危機以降は、シンガポールもエネルギーの多様化を推進しているが、そのほとんどは石炭とLNGである。木材産業は減退傾向にあり、木質系ペレット燃料については原料がまずないので、工場設置の可能性は考えられない。石油の代替エネルギーとして、石炭やLNGと、木質系ペレット燃料がコンビートできるなら輸入も検討してみようという程度であると考えられる。

現時点では木質系燃料には関心がないといってよい。

### 3-6-3 マレーシアにおける可能性

マレーシアに於ける木質系ペレット燃料工場設置の可能性については、フィリピンと類似したところがある。現在開発されている木質系ペレット燃料は、その特性からみて、やはり暖房用、或はボイラー用燃料として使用するのに向いており、暖房の必要ない国に於いては産業用のボイラー燃料を対象として考えていかなければならない。

#### 3-6-3-1 民生用

マレーシアに於ける家庭用としての木質系ペレット燃料の利用は、むしろフィリピンよりもその可能性は少ないといえる。マレーシアでは、家庭の炊事用にはかなりLPGが普及しており、薪、木炭の利用は年々減少しており、薪はほとんどみられない状況にあるといわれている。フィリピンでは、炊事用に薪が多く使われているが、マレーシアでは木炭が多い。木質系ペレット燃料は、薪との比較は単純に経済性の比較ですむが、炊事用に使用されている木炭と比較ということになると、単に価格の比較というわけにはいかない。カロリーの問題、使い勝手、使用燃焼器具など総合的にみるとむしろ木炭の方がよいといえる。現在の木質系ペレット燃料では、家庭の炊事用木炭に代替できる可能性は少ない。

#### 3-6-3-2 商業用

マレーシアの国内需要という点からみると、やはり電力用燃料、産業用燃料としての検討が必要である。

マレーシアも、エネルギー消費に占める石油の比率は極めて高い。マレーシアは、フィリピンと異なり、石油、天然ガスの産出国であるが、最近、自国のサルファールの少ない軽質の石油は外貨獲得のために輸出して、国内消費に必要な石油は、安いサウジアラビア、クウェートの原油を輸入している。原油輸出入の割合は、1980年で輸出69億ドル、輸入35億ドルとなっている。石油の産出国でありながら、やはりエネルギー源の多様化政策は推進しているが、フィリピンほど木質への関心は示していない。エネルギー源多様化の基本政策は、石油、ガス、水力、石炭のfour-buel strategyという政策を打出している。これによると、発電用やアルミ、セメント、ガラス、レンガ製造などにガスの利用を考えており、木質系エネルギーについては無関心である。従って、木質系ペレット燃料については、輸出ができるなら検討したいということであった。今回我々が訪問した民間企業に於いても、自国内での需要はないので、輸出できるなら、企業誘致の特典もあるので一緒にやらないかという申し入れがあった。

マレーシアは、ゴムの木、パームオイルなどの廃材処理に苦慮しており、木質系ペレット燃料生産の大きなポイントである原料入手という面で、有利な条件下にある。しかしながら

同国内需要面では問題があり、木質系ペレット工場設置の可能性については、鉱物資源の枯渇というエネルギー事情をふまえた経済、エネルギー、貿易問題の中で、検討しなければならないだろう。



## 卷 末 資 料

1. Technology for the Masses. (フィリピン)
2. Dendro-thermal Power Plants Vs. Oil-Fired  
Power Plants under Philippine Conditions  
(フィリピン)





**Technology  
for the  
Masses**


# The GASIFIER in the Philippines

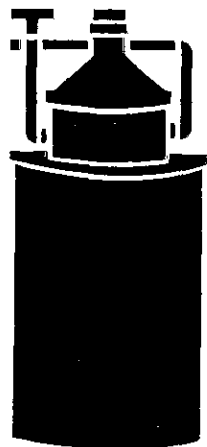


**GEMCOR**

**GASIFIER AND EQUIPMENT MANUFACTURING CORPORATION**

17 Rudgeon Bldg., Shaw Blvd., Pasig, Metro-Manila, Philippines

Technology reel  Gasification is now offering an economical alternative to the use of oil in many rural applications



**M**ang Julian used to gaze with pride at his lush ricefield fed by a communal irrigation pump installed by his village association seven years ago. But the insidious effects of rising world oil prices have filtered down to this humble farmer from the plains of Panay island in the Philippines. Through the years, fuel costs for irrigating his field have eaten away at profits he reaped from his now sufficiently watered, yet less profitable, land. But this summer, Mang Julian can smile once more and look with

pride at his field without being worried about high oil prices. Their irrigation pump has been retrofitted with a gasifier — a contraption that will run the pump's engine on cheaper and readily available charcoal or wood. A contraption that promises relief from the ever-tightening hold of oil dependence.

The basic principle involved in this recently revived technology is a process called gasification. Biomass or solid carbonaceous fuel such as wood chips, charcoal,

rice hull briquettes and coconut shells are burned with limited air to produce a gaseous fuel. The gaseous fuel generated is called "producer gas". Producer gas can power any diesel or gasoline internal combustion engine.



## THE PHILIPPINE GASIFIER MODEL

**I**n the total picture of energy development in the Philippines, the gasifier occupies a special place. It is a device that, first of all, uses indigenous and abundantly available materials, secondly, it has achieved a remarkable degree of success and acceptance in the testing field.

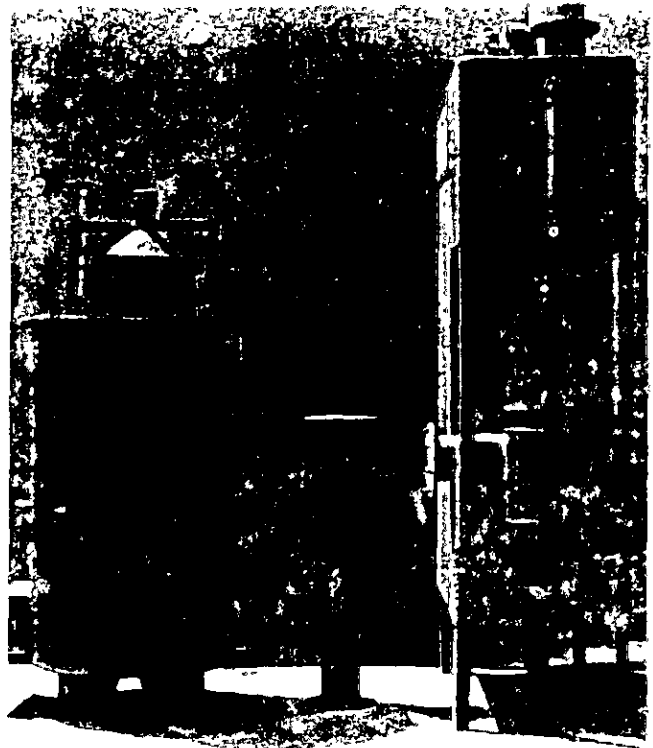
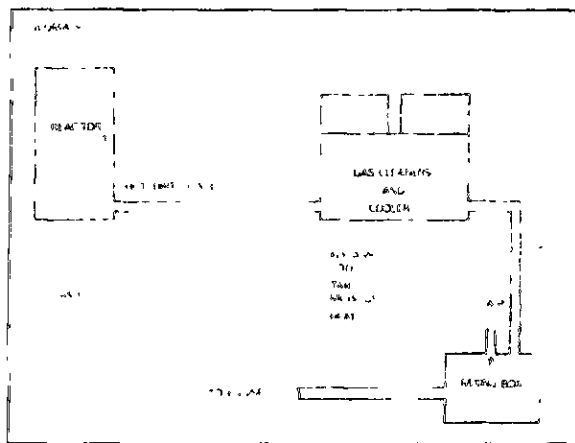
A complete gasifier assembly is simple for the kind and value of

work that it performs. It has three major components: namely, the reactor, the gas cleaners and coolers and the mixing box.

The main component of the gasifier equipment is the reactor, where the process of gasification takes place. There are three types of reactors. These are the cross-flow, the updraft and the downdraft, wherein the main difference for each type lies in the direction of the flow from the air intake to the exit of the gas produced. The downdraft type used in the present dendro-gas models produces

cleaner gas but with slightly lower energy content of 2660 KJ/M<sup>3</sup> - 3480 KJ/M<sup>3</sup> as compared with the 3890 KJ/M<sup>3</sup> - 4910 KJ/M<sup>3</sup> produced by the updraft reactor. Biomass (charcoal and woodchips) is fed at the top of the reactor while the ash is collected and removed at the bottom.

The gasifier system is simple, any layman can understand and operate it.

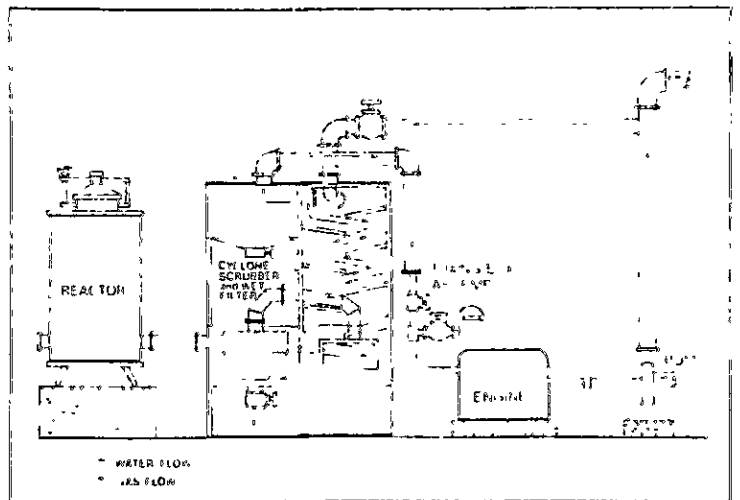
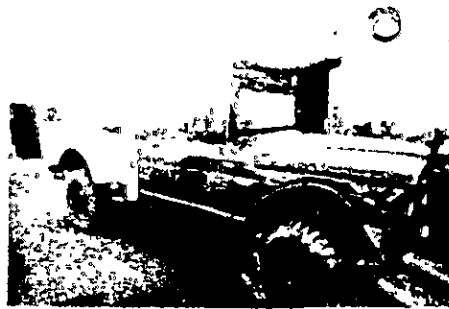


The gas produced in the reactor leaves through a side outlet. This gas is hot and contains impurities; thus, the gas cleaners eliminate these impurities through the cyclone separator, the gas scrubber (for stationary application only) and the impingement filter. The cyclone separator removes suspended solid particles in the gas such as soot and fly ash by centrifugal force. The scrubber removes the condensable solid particles while the impingement filter collects the impurities as the produced gas passes through it.

After the gas is cleaned it is subjected to cooling devices designed to lower its temperature and increase the relative volume of the gas which enters the engine, thereby resulting in a greater power output. Either of two basic gas cooling schemes are used: water or air cooling. The process of water cooling is adapted for stationary applications, wherein water falls down thru a series of panels inside the scrubber, coming in contact with the rising gas coming from the gas inlet at the bottom of the scrubber. For vehicles, the air

cooling system is utilized wherein the gas passing thru heat exchangers is cooled by the on-rushing air as the vehicle runs. The double-header cooler on the vehicle's roof and the filter cooler at the front act as the heat exchangers.

The third component of the gasifier is the mixing box. It functions as the link and control of the air flow and gas flow to the engine. The mixing box is located adjacent to the carburetor and is made up of



pipings with two regulating valves which are connected to the accelerator pedal. One valve controls the air flow while the other regulates the flow of the gas.

Gasifiers provide several advantages over conventionally powered diesel or gasoline engines and these are:

- Dual economizer feature! When retitted to other diesel or gasoline internal combustion engines, it provides a 100% fuel substitu-

tion for gasoline engines and a maximum of 80% substitution for diesel engines. While providing maximum fuel substitution, it utilizes agricultural by-products which are inexpensive and readily available in the form of charcoal, charcoal briquettes, wood chips, and coconut shell.

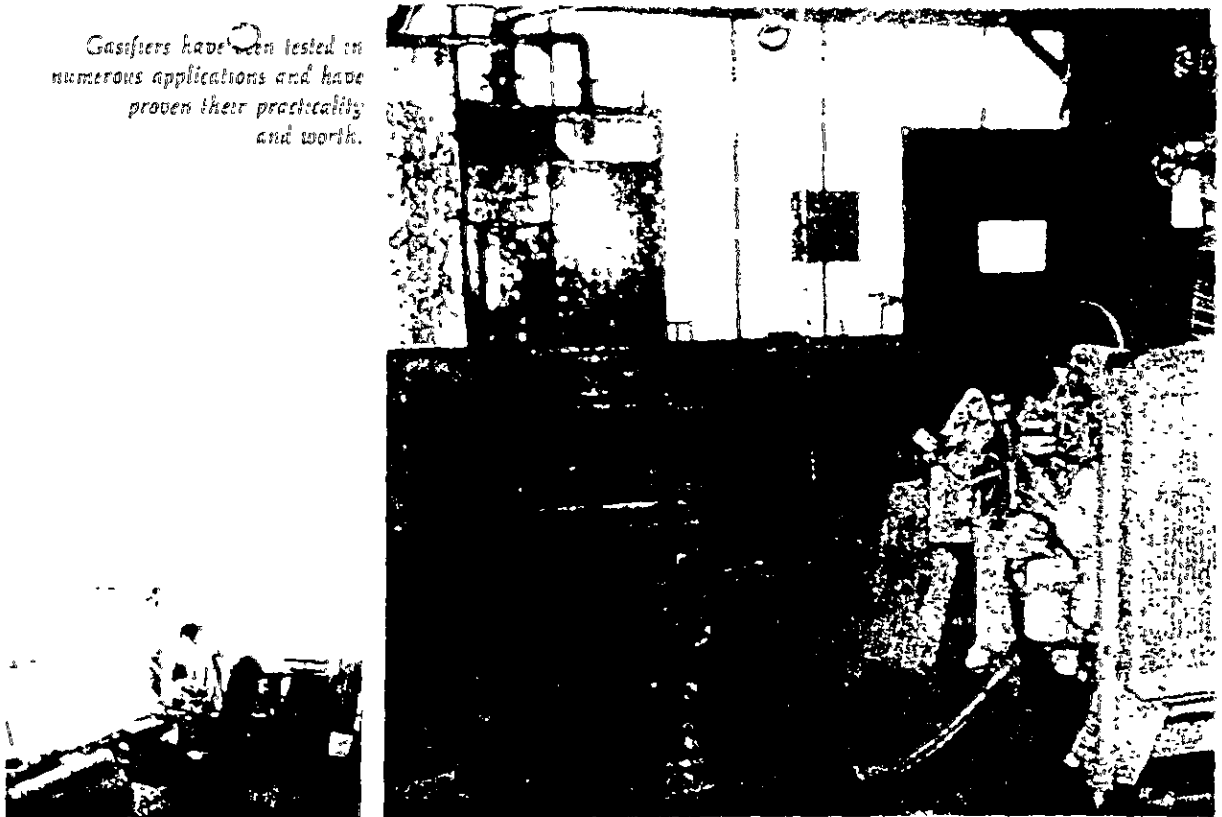
- Easy and safe to operate. Gasifiers are safe and easy to operate with a simple switch you can easily start-up the gasifier or when desired,

convert to conventional diesel or gasoline. This highly flexible feature is not common among other fuel-saving devices.

- Efficient performance: Engines powered by gasifiers have higher thermal efficiency. This can be explained by the fact that a diesel engine powered by producer gas, closely approximates the Otto Cycle or spark-ignition.
- Minimal Exhaust Pollution is not a problem with gas-



Gasifiers have been tested in numerous applications and have proven their practicality and worth.



fiers. Engine exhaust is relatively cooler and cleaner than diesel or gasoline powered engines.

- Simple and easy installation: The process of retrofitting a gasifier on an internal combustion engine requires minimal engine modifications

These features of the gasifier as a fuel saving device overcomes the additional weight and bulk of the gasifier components, slightly reduced power output and additional start up time.

### Research and Development

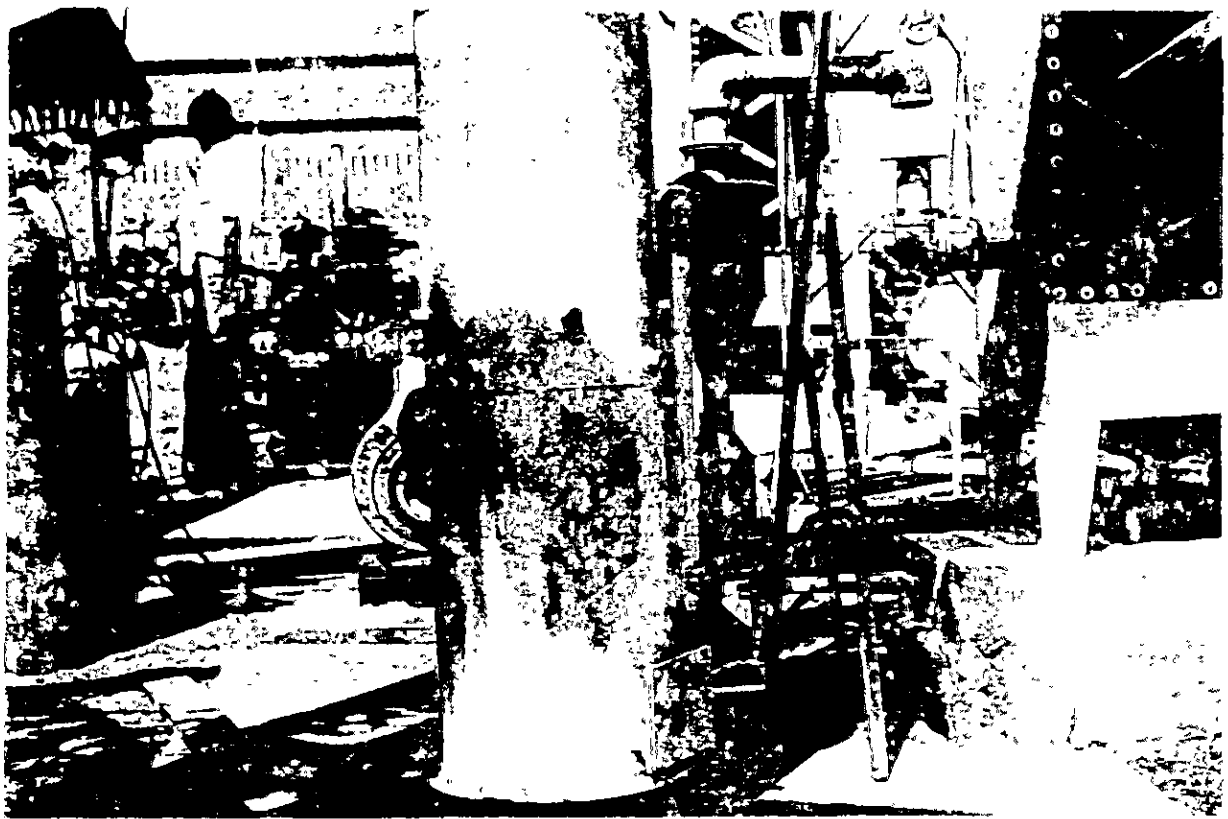
In 1967, various researches were conducted on several applications of gasifiers-utilizing different agricultural by-products for fuel.

In mid 1979, a pilot project was launched to specifically test the technical viability of a gasifier as applied to an irrigation system.

Within that same year, the farm Systems Development Corp (FSDC), a government agency primarily engaged in rural development, began intensive re-

search and development of the gasifier technology. With the objective of producing an inexpensive fuel-saving device which the farmers can readily avail of, their efforts paid off in the emergence of a technological innovation, a cheaper and more efficient gasifier model for irrigation. Several stationary applications for gasifiers were also conceived at this point, one of which is power generation for rural electrification.

Finally, in June, 1981, the gasifier technology proved its worth,



When a caravan of vehicles retrofitted with gasifier toured the coastal roads of six Visayan islands—covering at least 2,500 kilometers—yielding every positive result, the event provided impetus for renewed efforts at further improving the technology.

### Institutional Support

To further boost the national energy development program, the Philippine Government appointed FSDC as the lead agency in extensive applications of the

gasifier technology. The task of promoting the widespread use of gasifier in irrigation and other agricultural applications comes hand in hand with FSDC's service-oriented farm systems development program.

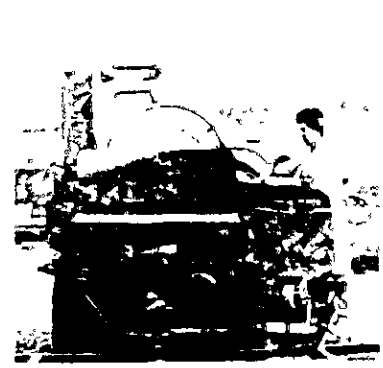
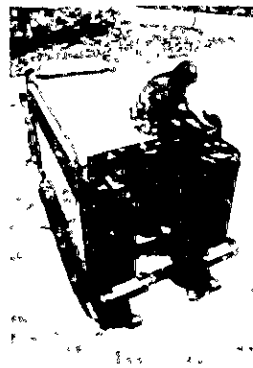
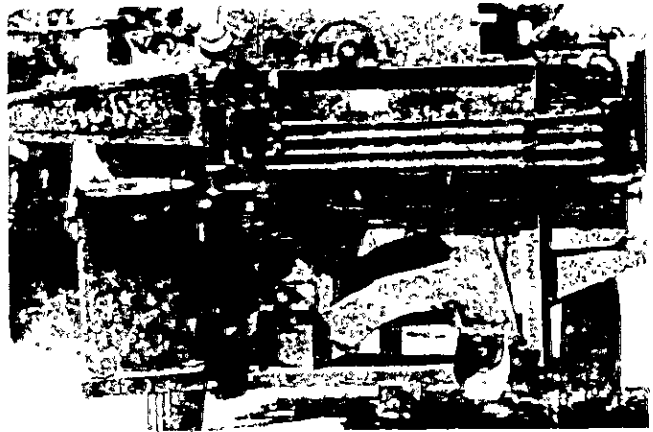
An Executive Order was promulgated to initiate conversion program to gasifier and to implement financing scheme.

As mandated, a government corporation was formed—the Gasifier and Equipment Manufacturing Corporation (GEMCOR)

of which the FSDC is a major stockholder. It is now engaged in the development, manufacture and marketing of gasifier equipment.

GEMCOR, true to its mandated mission, pioneered in the commercial production of gasifiers. It now offers two models. A model for stationary applications like irrigation systems, rice mills, threshers and generator sets. The second model is for mobile applications like engines for Asian utility vehicles, trucks, buses and boats (small boats).

☉ The many applications of gasifiers, it is a blessing to the rural masses who, until now, are burdened with oil price worries.



## A BOON TO THE COUNTRYSIDES

There are five main applications for which gasifiers are found to be ideally suited. Significantly, all five directly benefit the agricultural sector, the countryside — in fact, the masses.

### Irrigation and Woodlot Schemes

For irrigation pumps powered by diesel engines, to convert to gas-

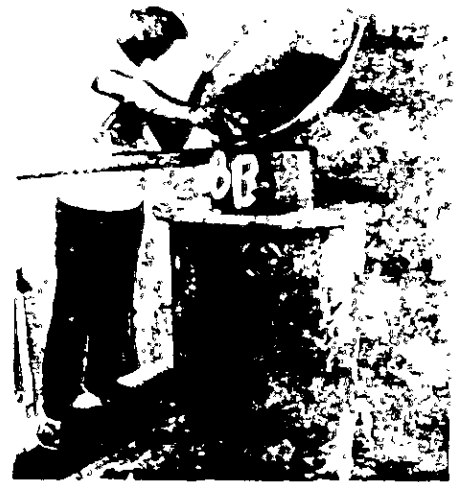
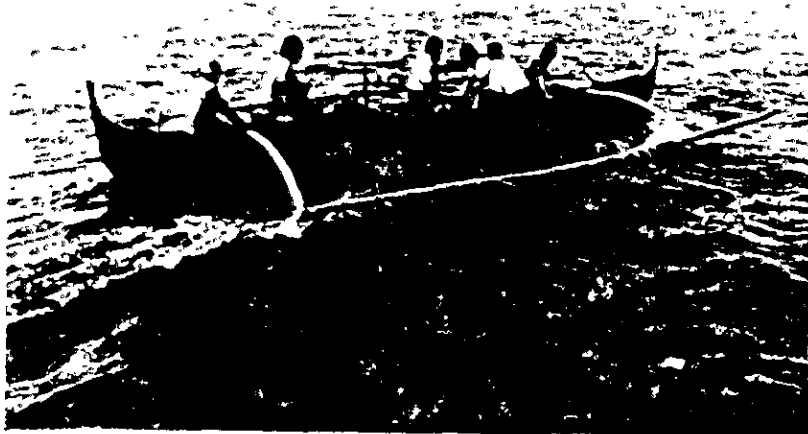
ifiers would mean a 30-40% reduction in operating costs. For those running on electricity, savings by conversion is also feasible so long as the cost of electricity is not below US\$ 0.16/kwh-hr.

Due mainly to these potential savings, the FSDC has embarked on a massive gasifier conversion project for the many pumps scattered round the country. Furthermore, it encourages the development of woodlots on marginal lands adjacent to the pumps. Fast-growing trees can be cultivated

there to supply the biomass needs of the gasifier pumps, thus generating further savings.

### For Transport

The gasifier can technically be applied to any land transport vehicle driven by an engine. But for aesthetic and practical reasons, only three vehicle applications are considered. These are the jeepneys, buses, and trucks. Savings with diesel engines is 28% while with gasoline-using engines, savings are as high as 50%.



### Rice Mills, Dryers

The gasifier model for rice mills presents a viable answer to the high operating costs in these facilities. Prospects of savings in fuel costs is made more attractive considering that rice hulls, which are wastes, can run the gasifier. Operating costs are reduced by almost half (44%) when rice hulls substitute for 60% of the engine's diesel fuel requirements.

As for dryers (flat-bed, batch type), a high 66% savings in operating costs is achieved

### The Banca Model

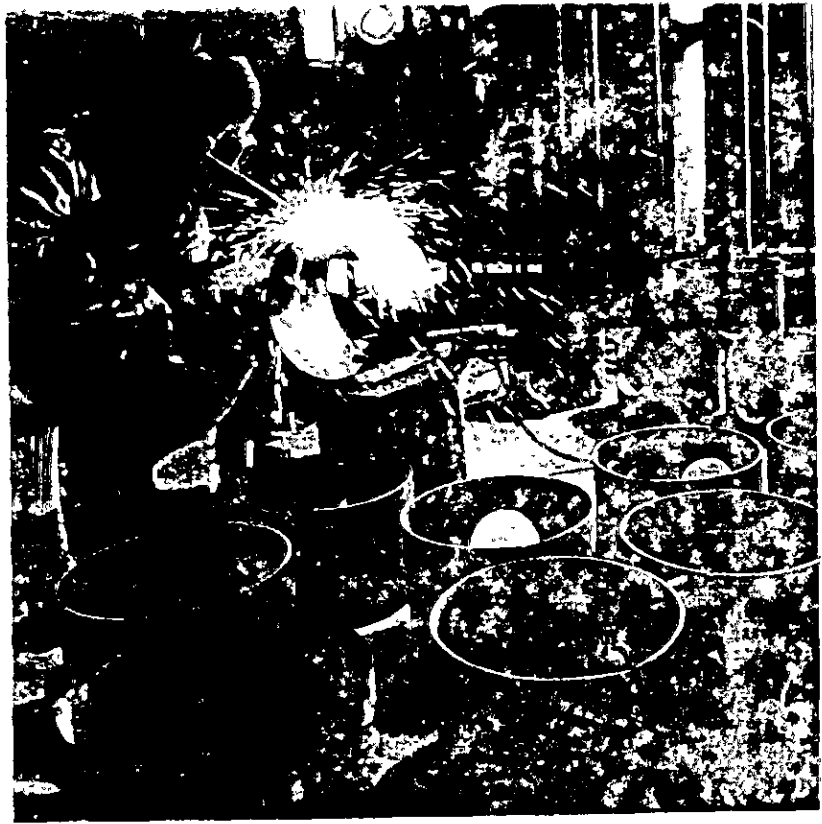
To benefit the approximately 200,000 fishing families in the country, a gasifier model was developed to be adapted to small motorized bancas. The model that was developed runs on charcoal or wood chips, can run for about three hours continuously on one load of charcoal, and has the equivalent weight of an ordinary-sized passenger (55 kg.). This model can be installed with no adverse effect on the fisherman's operations since it occupies space

not normally devoted to the catch or the fishing gear. Reduction in operating costs reaches 80%.

### Generators

With the new generators that run on biomass, residents of remote villages or small islands can now more comfortably invest money for their electricity needs. It won't eat up much more as it operates. In areas where power costs have been constantly increasing, conversion to gasifier is a highly practical option. Savings in operating costs is 23%.

The Philippine government gives full support to gasifier development and has interfaced it with various other energy development schemes. GEMCOR is its prime mover, with its gasifier technology development and dissemination efforts.



## BEYOND THE BLUEPRINT

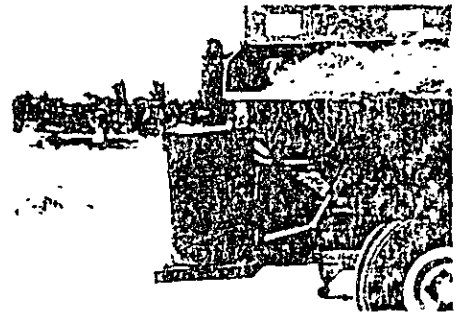
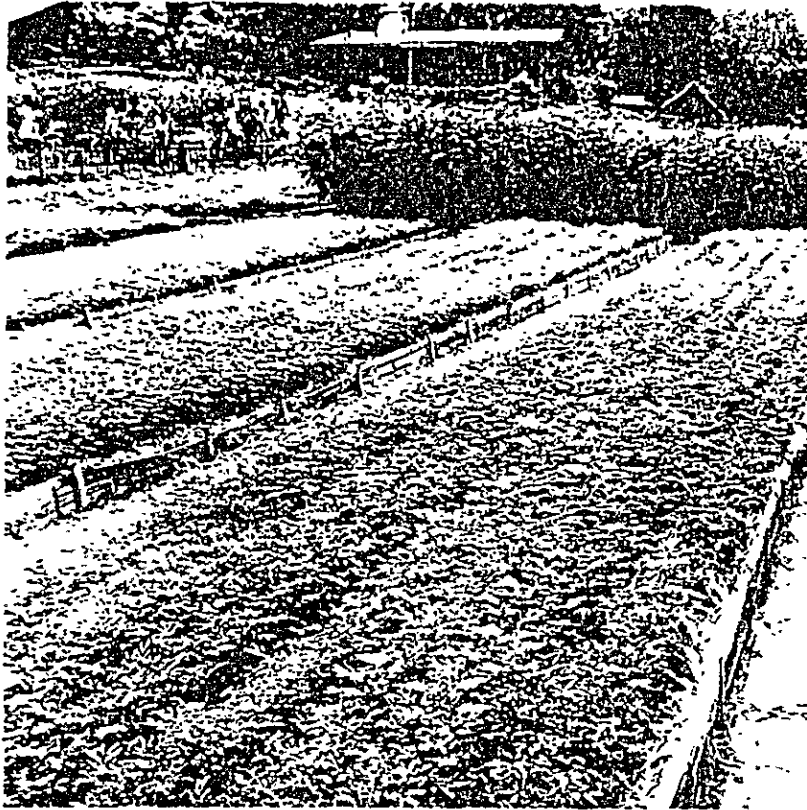
In summary, all the data outlined in the previous sections shows an alternative source of energy realized at its most practical levels. It is only for that it deserves close attention from planners and implementors.

## The Gasifier Development Program

Both the NSDC and GEMCOR are at the forefront of a national gasifier development program which aims to reduce the country's dependence on oil-based and conventional sources of energy by promoting the use of non-conventional energy sources such as wind and agricultural wastes. These two agencies work towards these goals through its continuous dissemination and implementation of gasifier technology.

The target users of the technology are identified to be from the transport and agricultural sectors. Thus, thrusts in gasifier development are directed at these sectors' needs.

It is projected that for the next five years, there will be a need in the Philippines for some 410,000 units of gasifiers, a big number of which will be for trucks and buses. Based on this figure, it is estimated that within the five-year period of 1982-1986 gasifiers could be developed and to save some US\$ 1 to 6 billion.



lion for the country in terms of oil import costs.

### The Alternative Fuel

An important source of biomass for gasifiers are trees. They are such highly renewable sources of energy that a National Dendro Energy Development Program has been launched. But what directly concerns the gasifier development program is the dendro energy program's charcoal production sub-project, of which the FSDC is an active implemen-

tor through its Tree Resources for Energy and Enterprise Project (TREE)

Charcoal outputs of TREE sites are targeted primarily for industrial use, and secondly, for small-scale enterprise and gasifier use

It is interesting to note that the FSDC involvement with the propagation of gasifier technology dovetails beautifully with its tree resources project. By pooling together the gasifier machines

production capabilities of its subsidiary GEMCOR, and its TREE endeavors, the FSDC is now widening inroads in rural development efforts

Indeed, after the entire world has come to a point of reassessing wants and priorities, the gasifier project emerges as a sound proposition

# Dendro-thermal Power Plants Vs. Oil-Fired Power Plants under Philippine Conditions\*

By

J. A. Semana

## ABSTRACT

The establishment of dendro-thermal steam-powered plants, fueled by wood from plantation of giant ipil-ipil, (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) and other fast-growing wood species, could assist the Philippines greatly in alleviating the problems brought about by the ever-escalating cost of imported crude oil and the denudation of our forest areas.

At crude oil cost of US\$ 18 per barrel, the production cost of a 75-MW oil-fired steam power plant would be US\$ 0.038 per net kWh

compared with US\$ 0.026 -- US\$ 0.074 per net kWh for dendro-thermal steam-powered plants of 10 to 75-MW capacities. However, at US\$ 37 per barrel of oil, even the 10-MW wood-fired plant will be competitive with the 75 MW oil fired plant.

The dendro-thermal power-plant-fuelwood plantation combination is more advantageous than the oil-fired power plant in terms of employment generation and foreign-exchange conservation.

## INTRODUCTION

### The Philippine Electrical Energy Situation

In 1978, purely oil-fueled facilities accounted for 75.7 percent of our electrical energy capacity using 21.2 million barrels of oil (MMBO). By 1988, oil-fueled facilities will still have the biggest portion of the generating capacity, 31.1 percent, using 23.7 MMBO (1).

Crude oil prices now range from US\$ 28 to US\$ 38 per barrel depending on the source and grade (2). Unfortunately, long-term stability or even predictability in oil prices is a thing of the past. Increasing demand for energy, especially oil, coupled with finite and every decreasing oil resources inexorably push prices continually upwards.

Those nations without indigenous energy resources must, therefore, pay the price of imported energy and those with limited economic resources must devote an increasing portion of precious foreign exchange in order to obtain energy, usually at the expense of other essentials such as food, health, or housing.

\*Paper presented during the National Science and Technology Week, July 15, 1980, Manila

### The Philippine Forestry Situation

Of the total land area of 30 million ha in the Philippines, 17.01 million or 56.7 percent is classified as forest land. However, of this forest land, 5.48 million ha or 18.3 percent of the total land area are already non-forested. While reforestation rose to the unprecedented rate of 53 263 ha. in 1977, there is still a large gap between the estimated annual decrease of 203 905 ha in our forest area and our reforestation rate (3).

The state of Philippine forest remains precarious. It is believed, for example, that the nation's forest resources can sustain the demand for wood only in the next 20 years with the present trend of wood demand, forest exploitation, reforestation efforts and forest management as a whole (4).

The President's growing concern with forestry matters has been expressed by his warning on a total ban on logging operations unless there is an effective program of forest conservation (5). It is obvious that the rate of reforestation

## DENDRO THERMAL PLANTS

Table 1. Growth Rates of Some Fast-Growing Woods

Species	Growth rates bdt/ha/yr	Location
1. Bagras ( <i>Eucalyptus deglupta</i> )	9	Philippines
2. Kaatoan bangkal ( <i>Anthocephalus chinensis</i> )	12	Philippines
3. Moluccan sau <i>Albizia falcataria</i>	11	Philippines
4. Yemane ( <i>Gmelina arborea</i> )	12	Philippines
5. Ipil-ipil ( <i>Laucaena leucocephala</i> )		
a. Common Philippine	14	Philippines
b. Giant strains	13-150	Philippines
6. <i>Acacia auriculiformis</i>	10-15	Indonesia
7. <i>Calliandra calothyrsus</i>	18-52	Indonesia
8. <i>Casuarina equisetifolia</i>	6-50	India
9. <i>Eucalyptus sp.</i>	20-54	Various Countries
10. <i>Sesbania sesban</i>	27	India

will have to be further accelerated, if the gap between reforestation and deforestation has to be closed, otherwise complete deforestation of the country could eventually result.

### Energy Forests and Dendro-Thermal Power Plants

A possible partial solution to the above problems would be the establishment of energy forests and the corresponding dendro-thermal or wood-fueled power plants which was first suggested by Szego and Kemp (6).

Table 1 lists some fast-growing hardwoods (7, 8, 9, 10) with their corresponding growth rates which are possible candidates for energy forests. It would be desirable to have several species in a plantation in order to minimize the danger from outbreaks of plant diseases.

### Plantation-area Requirement

A 75-MW wood-fired steam power plant burning green or wet wood (i.e., 50 percent moisture content on the total weight basis) will consume 1.10 bone-dry tonnes (bdt) of wood per net kWh generated, while a 10-MW power plant will use 1.38 bdt of wood. The annual energy generation is 411 000 kWh for a 75-MW plant and 54 210 kWh for a 10-MW plant. The plantation area varies

from 9 100 to 27 755 ha for the 75-MW plant corresponding to growth rates of 50 to 16.4 bdt per ha per year.

### Plantation-establishment Costs

Fig. 1 shows that plantation establishment cost varies directly with the amount of fertilizer used, from US\$ 479 per ha at 40 kg fertilizer per ha to US\$ 552 per ha with 500 kg applied per ha. The corresponding ex-plantation wood cost at a growth rate of 50 bdt per ha per year varies from US\$ 9.45 per bdt to US\$ 10.52 per bdt. Fig. 2 shows that ex-plantation wood cost varies from US\$ 20.50 per bdt at a growth rate of 16.4 per ha per year down to US\$ 9.45 per bdt at a growth rate of 50 bdt per ha per year assuming similar accounting rates of return of 34.8 percent on investors' equity. The discounted cash flow rate of return on investors' equity is 25.5 percent. Loans at 12 percent interest are assumed to be obtained at the rate of US\$ 270 per ha.

Plantation investment and area requirements for 10-MW and 75-MW dendro-thermal power plants are shown in Fig. 3. The corresponding plantation area and investment requirements per MW capacity are higher for the 10-MW plant than for the 75-MW plant. It is also obvious that a lower fuelwood growth rate results in a higher planta-



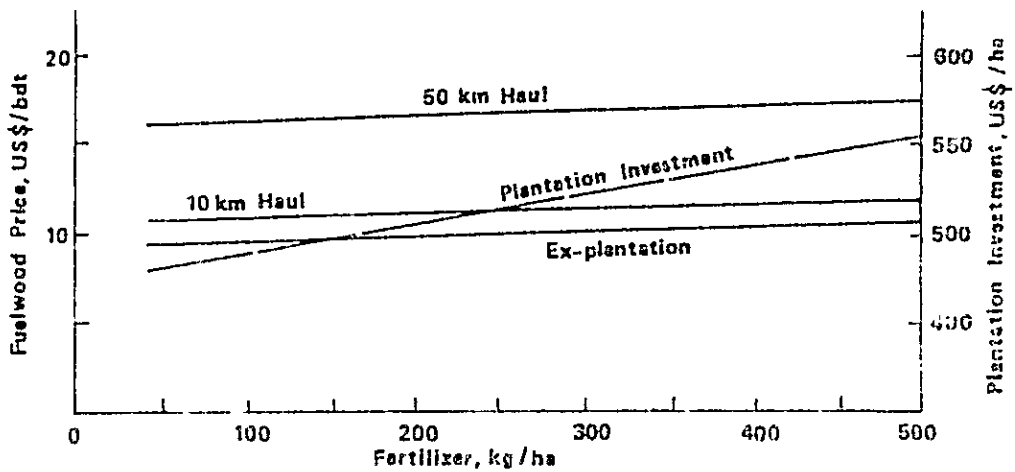


Figure 1. Fertilizer Quantity-Wood Price Relationship Plantation Investment-Fertilizer Quantity Relationship.

tion area and investment requirement per MW capacity.

Relationship of Oil and Fuelwood Prices

Maximum Allowable Fuelwood Prices

An examination of the factors of production cost of power plants reveals that, probably, only interest charges are not affected by inflation after the plant is built. Depreciation charges may change in countries where power companies are allowed to revalue their assets

according to certain price indices as a concession to their fixed rate of return on investment. The predicted changes in  $F_{wm}$  are therefore, based on past changes in appropriate price indices in relation to changes in the price of crude oil since 1973 (14, 15). The maximum allowable fuelwood price per bdt corresponding to oil price per barrel when used for electricity generation, varies according to the equations below:

$$F_{wm} = 1.33x - 2.56 \text{ for 75-MW plant}$$

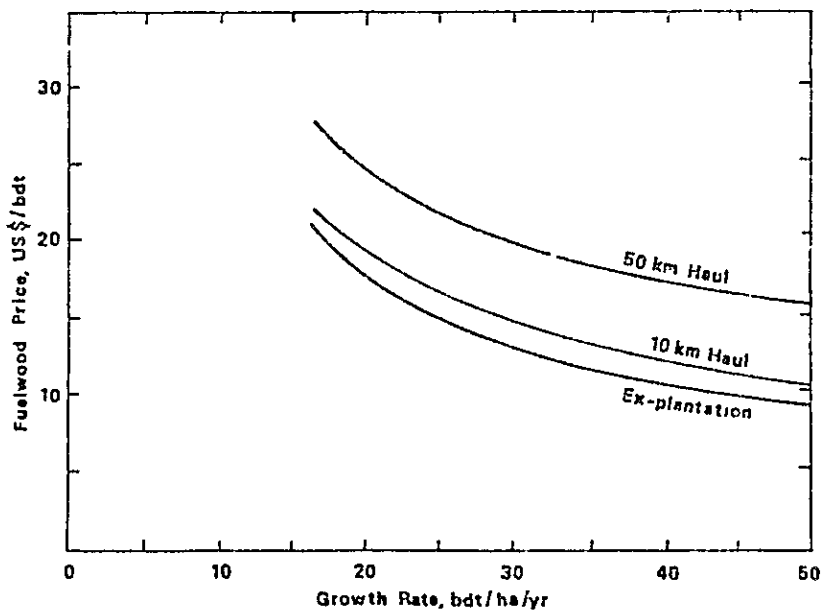


Figure 2. Growth Rate-Wood Price Relationship.

# DENDRO THERMAL PLANTS

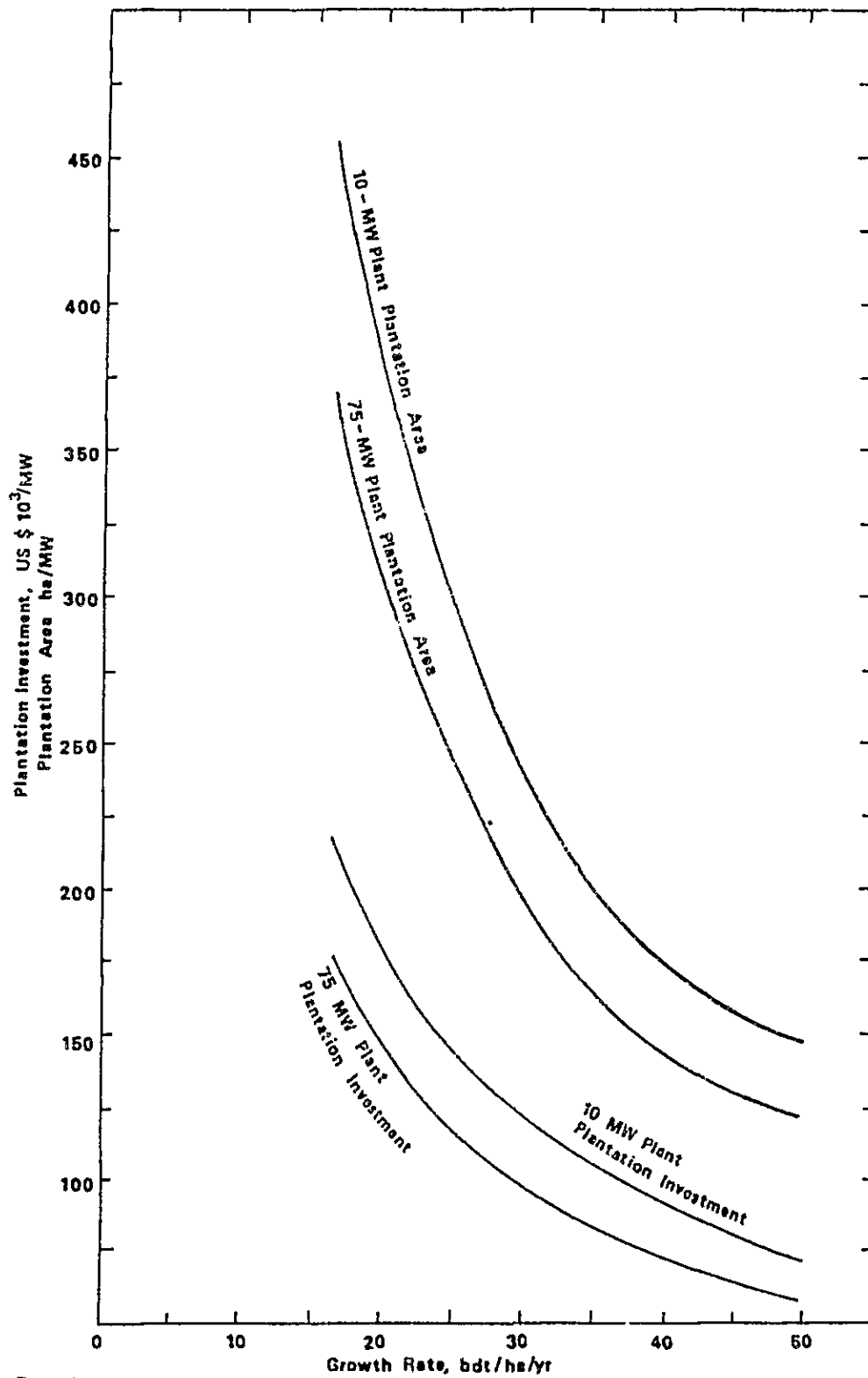


Figure 3. Growth Rate-Plantation Investment and Area Relationships.

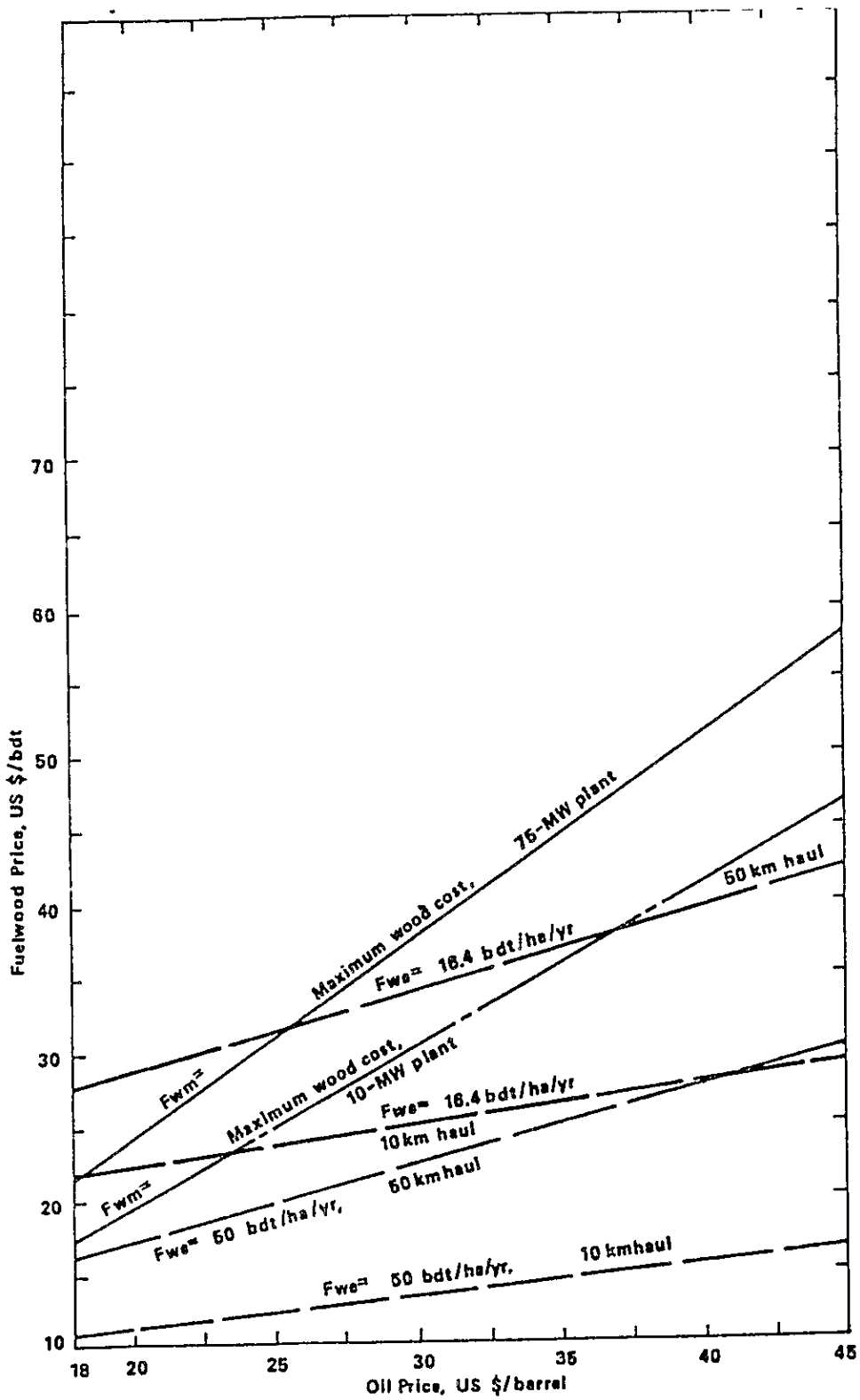


Figure 4. Oil-Wood price relationships

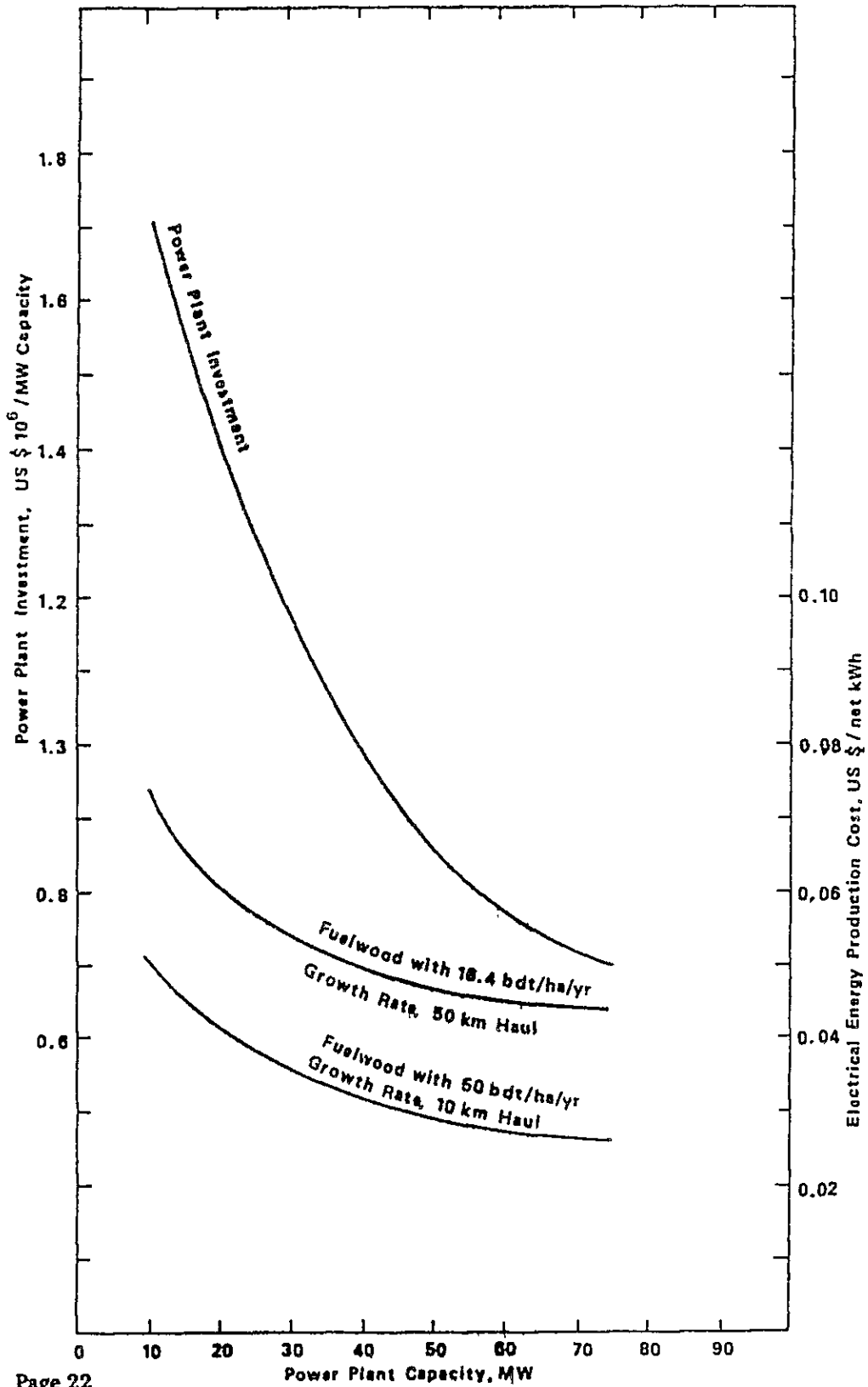


Figure 5. Power Plant Investment and Energy Production Cost Relationships with Capacity.

$$F_{wm} = 1.07X - 2.13 \text{ for 10-MW plant to have the same production cost as the 75-MW plant}$$

Where

X = Oil price, US\$/barrel

$F_{wm}$  = maximum allowable fuelwood cost, US\$/bdt

#### Effect of Oil Price Inflation on Fuelwood Prices

In the production cost of fuelwood, once the plantation has been established, the following items are not affected by inflation. depreciation, amortization of pre-operating expenses, interest charges and land rental.

The effects of oil price changes on delivered fuelwood prices are given in the following equations. For fuelwood to be competitive with oil fuel in electricity generation, the fuelwood prices as calculated by the equations below should not exceed the maximum allowable fuelwood prices,  $F_{wm}$ , as calculated by the preceding equations.

All the above equations are shown in Fig. 4. It is seen that as oil prices escalate, fuelwood becomes relatively much cheaper in comparison with oil since the slopes for the maximum allowable equivalent fuelwood cost equations (US\$ 1.07 — US\$ 1.33 per bdt fuelwood price increase/US\$ 1 per barrel oil price increase) are much higher than the estimated price escalation for fuelwood (US\$ 0.18 — US\$ 0.54 per bdt fuelwood price increase/US\$ 1 per barrel oil price increase). Thus at an oil price of US\$ 37/barrel, even a 10-MW dendro-thermal plant is competitive with a 75-MW oil fired plant.

#### Power Plant Investment Requirements and Coast of Production

In common with other types of power plants, the investment per MW capacity of dendro-thermal power plants decreases as total capacity increases, as shown in Fig. 5, from US\$ 1.72 million for the 10-MW plant to US\$ 0.70 million for the 75-MW plant. The corresponding total power plant investment is US\$ 17.

Where

$F_{we}$  = delivered fuelwood price, US\$/bdt

For 50 bdt/ha/per year growth rate

10 km hauling  $F_{we} = 0.18X + 7.52$

50 km hauling  $F_{we} = 0.48X + 7.52$

For 16.4 bdt/ha/per year growth rate

10 km hauling  $F_{we} = 0.23X + 17.74$

50 km hauling  $F_{we} = 0.54X + 17.56$

21 million to US\$ 52.50 million. Fig. 5 also shows the range of electrical energy production costs due to fuelwood growth rate and hauling distance. High fuelwood growth rates, short fuelwood hauling distances and large power plant capacities reduce electricity costs.

The cost of production of a 75-MW oil-fired plant, using fuel oil at US\$ 18 per barrel, would be US\$ 0.038 per net kWh.

#### Benefits to the Economy

Considering the foreign exchange outflow for the power plant and trucks (used for wood hauling and labor transport) and the cost of fuel oil not used for power generation, the estimated net foreign exchange savings per bdt fuelwood used is practically the same as the cost of one barrel of oil in early 1979, US\$ 18. Of course, as previously determined, the equivalent oil fuel value of fuelwood will tend to rise as oil prices increase, hence this relationship will change as time goes by.

Depending on the growth rate, the number of labor employed is 0.137 to 0.395 man per ha of plantation. The corresponding benefits to labor in terms of the wages paid is US\$ 80 — US\$ 196 per ha annually, while the government benefits, in terms of plantation taxes and forest charges paid, is US\$ 68 — US\$ 76 per ha annually.

If the fuelwood were used to generate electricity at a per capita consumption of 315 kWh per year, then the population benefits would be from 47 to 144 per ha of plantation area.

#### CONCLUSIONS

1. The establishment of fuelwood plantations, using fast-growing hardwoods such as *Leucaena leucocephala*

## DENDRO THERMAL PLANTS

or other species, could help solve the energy and the deforestation problems of the Philippines.

2. The fuelwood plantation, as envisioned in this report, is a labor-intensive enterprise and thus will provide much needed employment.

3. A desired fuelwood production volume per unit time could be attained either by increasing fertilizer application per unit area or by increasing the plantation area.

4. The production cost of fuelwood increases with increasing fertilizer application or increasing plantation area during plantation establishment, in order to attain a desired production volume per unit time.

5. Fuelwood production costs are also affected by increases in oil prices. However, it is estimated that the rate of increase in fuelwood prices will only be a maximum of US\$ 0.54 per bdt per US\$ 1 per barrel increase in oil price.

6. Valuable foreign exchange which would otherwise be used to purchase oil for electricity generation would be conserved at the rate of US\$ 18 per bdt of fuelwood used for electricity generation.

7. The production cost of electricity in dendro-thermal power plants varies inversely with power plant capacity and fuelwood growth rate and directly with fuelwood hauling distance. Fuelwood is, therefore, a competitive fuel with oil for electricity generation, within certain hauling distances and growth rates of fuelwood.

### ACKNOWLEDGMENT

This report is based on data from Project No. NSDB-FORD 7412En "A Feasibility Study on the Utilization of Natural/Manmade Forests" which was financially assisted by the National Science Development Board and which was carried out by the author at the Forest Products Research and Industries Development Commission, during the period 1974 to 1979. Data provided by the Bureau of Forest Development, Bureau of Energy Development, Institute of Plant Breeding of the University of the Philippines, National Power

Corporation, various forest industry firms and private plantation owners were invaluable in the execution of the project.

### LITERATURE CITED

1. Ministry of Energy. 1979. Ten-year Energy Program 1979-1988. Metro Manila.
2. Bulletin Today. 1980. OPEC Divided on oil price unification plan. June 10, 1980. pp. 1, 10.
3. Bureau of Forest Development. 1978. 1977 Philippine Forestry Statistics. Quezon City.
4. Bandayrel, J. 1980. RP to import its wood supply by year 2000. Bulletin Today, May 30, 1980. p. 43.
5. Bulletin Today. 1980. President poises a total ban on logging operations. June 4, 1980 p. 1, 9
6. Szego, G.C and J.C. Kemp. 1973. Energy forests and fuel plantations. Chemtech 3(5): 275-284.
7. Alich, Jr., J. A. and R. E. Imman. 1974. Effective Utilization of Solar Energy to Produce Clean Fuel. Stanford Research Institute. Menlo Park, California. Report prepared for the National Science Foundation, Washington D.C.
8. Bawagan, P.V. and J. A. Semana. 1979. Utilization of ipil-ipil for wood, in International Consultation on Ipil-ipil Research Papers and Proceedings, 2-4 September 1976 at Los Baños, Laguna. Philippine Council for Agriculture and Resources Research. Los Baños, Laguna, pp. 81-93.
9. Chinte, F. O. 1971. Fast-growing pulpwood trees in plantations. Philippine Forests 5 (1):21-26, 29.
10. National Academy of Science. 1979. Tropical Laegumes: Resources for the Future. Washington D.C.
11. Seshadri, C.V., G. Venkatsramani, and V. Vasanth. 1978. Energy Plantations — A Case Study for the Coromandel Littoral, Monograph Series of Engineering of Photosynthetic Systems. Shri A.M.M. Murugappa Chettiar Research Center, Madras, India.
12. Singh, D. 1975. Role of Forestry in Mitigating the Energy Crisis in India. Indian Forester 101(10): 589-196.
13. Vergara, N.T. 1960. Financial Rotation for the Production of Ipil-ipil (*Leucaena glauca* (L.) Benth) Firewood. M.S. Thesis. State University of New York. College of Forestry at Syracuse University, Syracuse, New York.
14. United Nations. 1978. Monthly Bulletin of Statistics 32(3).
15. Central Bank of the Philippines. 1976. Statistical Bulletin 28.



*Jose A. Semana*

CHIEF PAPERMAKING & FIBERBOARD SECTION

*Chemical Investigation Division  
Forest Products Research &  
Industries Dev. Commission NSDB  
College Laguna 4720  
Philippines*

*Tel. 2377 & 2760*







JICA