

タイ王国水浮蓮有効利用
試験的事業開発計画
調査報告書

昭和62年9月

国際協力事業団

鉅計西

CR 8

87-138

ARY

タイ王国水浮蓮有効利用
試験的事業開発計画
調査報告書

JICA LIBRARY



103884601

昭和62年9月

国際協力事業団

国際協力事業団

受入 月日	87.10.13	122
登録 No.	16832	69.5
		MPP

はじめに

国際協力事業団は、有宏化学工業株式会社の要請にもとづき、タイ王国において水浮蓮有効利用試験的事業開発計画調査を行うこととし、1987年3月4日から同年3月14日迄、土屋敏工業投融资課課長代理を団長とする調査団を派遣した。

本調査の目的は、タイ王国全土に繁茂する水浮蓮（ホテイ葵）を有効利用し、製紙及びパルプ化等試験的事業の開発計画を策定することである。

現地においてはタイ王国政府関係機関、バンコク市等の積極的な協力により調査はごく円滑に実施され、本報告書は現地調査にもとづき技術的、経済的な検討等を取りまとめたものである。本報告書が今後の事業計画策定にあたりその一助となれば幸いである。

おわりに本調査の実施にあたり、種々ご協力をいただいたタイ王国の政府関係各機関、日本国大使館、外務省、通商産業省及び現地においてあたゝかいご協力をいただいた関係企業の方々に深く感謝の意を表するとともに、あわせて今後のご支援をお願いする次第である。

昭和62年 9月

国際協力事業団

総裁 有 田 圭 輔

目 次

第1章 調査団概要	1
1-1 調査団名	1
1-2 調査団の構成	1
1-3 調査日程	1
第2章 タイ王国の政治・経済概況	2
2-1 政治概況	2
2-2 経済概況	2
第3章 水浮蓮の現状	4
3-1 分布状況, 繁殖状況	4
3-2 被害状況	14
第4章 水浮蓮有効処理方法	17
4-1 肥料	17
4-2 セルロース, 製紙	17
4-3 飼料等	26
第5章 試験的事業の概要	31
5-1 事業実施主体	31
5-2 試験事業内容(試験性)	31
第6章 事業実施計画	38
6-1 事業目的	38
6-2 事業規模(テストプラントの規模)	38
6-3 試験項目	39
6-4 許認可関係 ユーティリティーの状況等	40
6-5 テストプラントの基本仕様	44
第7章 事業資金計画	48
7-1 事業資金支出計画	48
7-2 事業収益	50
7-3 資金収支バランス等	51

第8章 本事業による開発協力効果 53

Appendix 1. 現地調査面談記録 A-1～A-7

2. 現地調査面談先 B-1～B-4

第1章 調査団概要

1-1 調査団名

タイ王国水浮蓮有効利用試験的事業開発計画調査団

1-2 調査団の構成

団長	土屋 為由	国際協力事業団鉦工業開発協力部 鉦工業投融資課課長代理
開発協力政策	坪井 正見	外務省経済協力局開発協力課
業務調整	浜崎 文彦	国際協力事業団鉦工業計画調査部 鉦工業計画調査課
事業化	石井 暢夫	テクノコンサルタンツ株式会社技術第二部長
紙・パルプ	岡村 大一郎	テクノコンサルタンツ株式会社技術嘱託

1-3 調査日程

日順	月日	曜日	行 程	調 査 内 容
1	3/4	水	東京 → バンコク	移動
2	5	木		大使館表敬, JICA事務所打合せ, 王立灌漑事業部, 製紙公社訪問
3	6	金		投資委員会, バンコク市庁訪問
4	7	土		ランシット運河地域にて現地調査
5	8	日		資料整理
6	9	月	バンコク → ナコン・サワン	ナコン・サワン市, チャイナットダム等 にて現地調査
7	10	火	ナコン・サワン → バンコク	"
8	11	水		タイ工業開発銀行訪問, ナコン・チャイ シーにて現地調査
9	12	木		JETRO, TISTR※, 水生雑草対策 委員会訪問
10	13	金		AIT※※, JICA事務所報告
11	14	土	バンコク → 東京	

※ TISTR: Thailand Institute of Science & Technological Research

※※ AIT: Asian Institute of Technology

第2章 タイ王国の政治・経済概況

2-1 政治概況

タイ国は、1932年の立憲革命によって絶対王制から立憲君主制に移行して以来、文民内閣と軍人内閣の交代が相次ぎクーデターが頻繁に発生したが、ほとんどが無血クーデターであった。現在のプレム政権は、王室・軍部・国民の支持を基盤に8年目を迎え、タイでは民政下異例の長期政権となっている。

プレム政権は、80年3月、軍及び議会の圧倒的支持を得て誕生した。プレム首相自身は特定の政党を基盤としていないが、これまで主要政党を閣内に取り込んだ連立内閣を率いてきた。86年1月に、農民による抗議デモ、連立与党SAP等からの要求に基づく内閣の一部改造など、プレム政権にとっては厳しい局面が到来したが、プレム首相は国会における車登録税引き上げに係る勅令否決を引金に国会を解散し、7月総選挙を実施した。選挙の結果、民主党を始めとするプレム支持政党が多数を占めたことにより、プレム首相が再任され、第5次プレム内閣が発足し今日に至っている。また、プレム首相に対抗する者と目されていたアチット国軍最高指令官は、8月末をもって退役し、軍もプレム首相を支持しているところから、安定した政権との見方がなされている。

2-2 経済概況

タイ国は基本的に農業国であり、輸出の約5割を農水産品に依存している。60年代、70年代は、農業生産の拡大・輸出農産品の多角化とこれに支えられた工業の比較的順調な発展により、総じて順調な経済成長を達成したが、80年代に入り成長率は鈍化した。

83年来の景気回復の過程では、消費財・資本財ともに輸入が増大する一方、農業品価格の低迷等により輸出が停滞し、貿易赤字が拡大すると共に対外債務も増大した。このため政府は、パーツの大幅切下げ、ぜい沢品に対する高関税適用等による輸入抑制策を実施したが、この結果、対外収支は徐々に改善されてきている。

86年10月より開始された第6次5カ年計画においては、①最低390万人の新規参入労働力を吸収するために少なくとも5%の成長をめざすこと、②生産水準の充足を図ること、の2点が大目標とされ、①開発における効率性の向上、②経済構造マーケットシステムの改善及び基礎的サービスの向上、③所得の公正な分配が基本戦略とされている。

今後のタイ国経済発展のためには、輸出の拡大、輸出指向型産業の育成を通じた貿易・産業構造の高度化・多角化が重要な課題とされている。

表 1. タイ国の概観

面積	51.4万km ² (日本の約1.4倍)
首都	バンコク
人口	5,130万人 ('85年央: IMF/IFS)
民族構成	タイ族(シャム族, ラオ族) 80%, 華僑10%, マレー族山岳少数民族10%
言語	国語は, タイ語。(通用する外国語, 英語。)
宗教	仏教(95%), 回教(4%), その他(1%)
政体	立憲君主制(立法機関: 国家立法議会(上院243議席, 下院347議席))
独立	古くからの独立国(1932年, 立憲革命)
元首	プーミポン・アドンヤテート国王(ラーマ9世王)

表 2. タイ国の経済状況

	単位	出典	1981年	1982年	1983年	1984年	1985年
GNP	億ドル	IMF/IFS	350	356	392	406	372
一人当りGNP	ドル	世銀統計	770	790	810	890	746※
CDP成長率	%	タイランド銀行	7.6	4.2	5.8	6.2	4.0
貿易収支	百万ドル	IMF/IFS	△2,924	△1,604	△3,919	△2,984	△2,110
経常収支	百万ドル	IMF/IFS	△2,569	△1,003	△2,874	△2,109	△1,537
総合収支	百万ドル	IMF/IFS	43	△231	△324	516	82
外貨準備高(年末)	百万ドル	IMF/IFS	2,727	2,652	2,556	2,689	3,003
公的対外債務	億ドル	世銀統計	51.3	61.4	70.0	75.7	94.1※
(上記の)DSR	%	世銀統計	7.1	8.9	11.2	13.0	10.9※
消費者物価上昇率	%	IMF/IFS	12.7	5.2	3.7	0.9	2.4

※印はタイランド銀行発表

第3章 水浮蓮の現状

3-1 分布状況, 繁殖状況

タイ王国の水域(河川, 湖沼, 運河, 水路, 等)においては, 豊富な栄養状態, 水浮蓮生育に適した高い水温, 気温, 一年中照りそそぐ豊富な日射量と水浮蓮繁殖に必要なかつ充分な条件が全て完璧なまでに備っている環境である。

水浮蓮はミズアオイ科に属する多年生の単子葉植物である。水浮蓮が最初に書物に記録されたのは1820年代で, ブラジル北部とベネズエラに集中して分布し, それから中央アメリカの一部に拡大生息していったことから, 南米大陸のこの一角が原産地と推定された。水浮蓮と同属の単子葉植物は数種類あるが, 水浮蓮のみが原産地より離れて広く世界の熱帯地帯にひろがった。

東南アジアには1894年にインドネシアのボゴール植物園に, アメリカ, オランダ経由導入された。タイでは水浮蓮をバク・トブ・ジャヴァ(ジャワの浮き草)と呼ぶが, この水浮蓮が人々にとって脅威的な植物となるのに多くの時間はかからなかった。タイに水浮蓮が導入されて10年も経たないうちに, タイ政府は水浮蓮を抑制する特別の役務を持った一つの局を新設しなければならなかった由である。

このような旺盛な繁殖力を持つ水浮蓮の生息分布状況の現状調査の概要を以下に述べる。

調査地点と状況

(1) ランシット(バンコク郊外, 都心より40km)

ランシット地区も数世紀前に作られた運河があり, その主運河より約2km毎に小さな運河が枝分れして作られ, これが物品運搬用の水路として, また水路にそって生活している水辺部落の生活用水として利用されている。ランシットの水路には水浮蓮が密集して繁茂しており, 水路全面が蔽われている個所が多かった。各自の家の前は, 生活用水確保の為に, 水浮蓮を除去していた。除去後, 水面の出ている場所は竹の棹を立て, 縄を張って, 水浮蓮の侵入, 流入を防止していた。

(2) チャイナートダムおよび付近の支流

バンコク市北方200kmのところ, メナム本流チャオプラヤ河のチャイナートダムおよびその周辺の支流における水門では, 上流より流下した水浮蓮が水門の上流側10~15メートルにわたり集積しているのが見られた。雑草の種類である coix の混入が多かった。

(3) ブングボラペット湖

バンコク市北方250kmに位置するナコン・サワン市近くの河川の合流する大きな湖であるブングボラペット湖では, 予想とは反対に, 水浮蓮の群落は散見出来る程度であった。地元の遊覧船の船頭は舟で20分~30分行けば, 水浮蓮が湖水一面に広がっている所があると云う話であった。数日後バンコク市アジア工科大学AIT(Asian Institute of Technology)の Gee-Clough 博士との面談時の話では, 2, 3年前この大きなブングボラペット湖が

文字通り水浮蓮で一杯になり、魚が大量に死に、漁民が政府に苦情を強く申し入れ、政府は膨大な人とお金をかけて全面徹底除去を行った事実を聞かされた。ジークロウ博士はタイ王国滞在4年で、水浮蓮の生息、分布、有効利用の研究を行っている学者であり、充分信頼度の高い情報と考えられる。

(4) ナコンチャイシー村

バンコク市西方約50kmのナコンチャイシー村にはメナム分流タ・チン河が流れている。河幅は40メートル位である。タ・チン河の河岸に沿って、水浮蓮の群落があり、また時折水浮蓮の集積した小島のようなかたまりが浮遊しながら、流下するのが散見出来た。

調査地図と調査地点を別図に示す。(Figure 1 タイ全図, Figure 2 現地調査地図)

水浮蓮の自生状況についてはR I D (Royal Irrigation Department) の雑草抑制研究室 (Weed Control and Research Banch) よりデータを入手した。

R I Dは分担地域をいくつかの地域に分けて管轄している。当該調査地点はチャオブラヤ河の西側をチャイナット市にあるRegional Irrigation Office №7が、河の東側はロップ・ブリ市にあるRegional Irrigation Office №8が管理している。

各管理区域内の水量制御用ダムの位置が図示されている手描き図面のFigure 3 (管理地域事務所№7), およびFigure 4 (管理地域事務所№8)を参考用に添付した。

この2つの管理地域における水浮蓮の自生状況の季節的変動の資料を入手した。Table 1に河の西側の自生面積と水浮蓮の自生重量のデータ, Table 2に河の東側の状況を示すデータが記載されている。

また水浮蓮自生の季節的変動を図示したグラフを入手した。

Figure 5 : 第7管理地区(河の西側)における水浮蓮の自生面積の季節変動

Figure 6 : 第7管理地区(河の西側)における水浮蓮の自生総重量の季節変動

Figure 7 : 第8管理地区(河の東側)における水浮蓮の自生面積および総重量の季節変動

2つの管理地区のデータを合計すると、チャオブラヤ河(メナム本流)を中心とした地域全体での水浮蓮の生息状況が把握できる。

タイの穀倉地帯であるバンコク市北部地域のチャオブラヤ河本流, 支流, 運河, 湖沼, ダム等の水域の自生面積は1,000~2,000 ha, その重量は37万トン~84万トンである。また自生密度は20~60本/m², 250~500トン/haである。

水浮蓮個体の長さは0.4~1.2メートル, 重さは1本0.5~1.0kgである。混入雑草はCoix その他2~3種類である。

水浮蓮の増殖速度はA I T (Asian Institute of Technology) によれば, 通常10日間でその面積が2倍になる由である。また栄養分の濃度の高い水域では6日間で2倍の面積に増殖するという実例もあるとのことである。

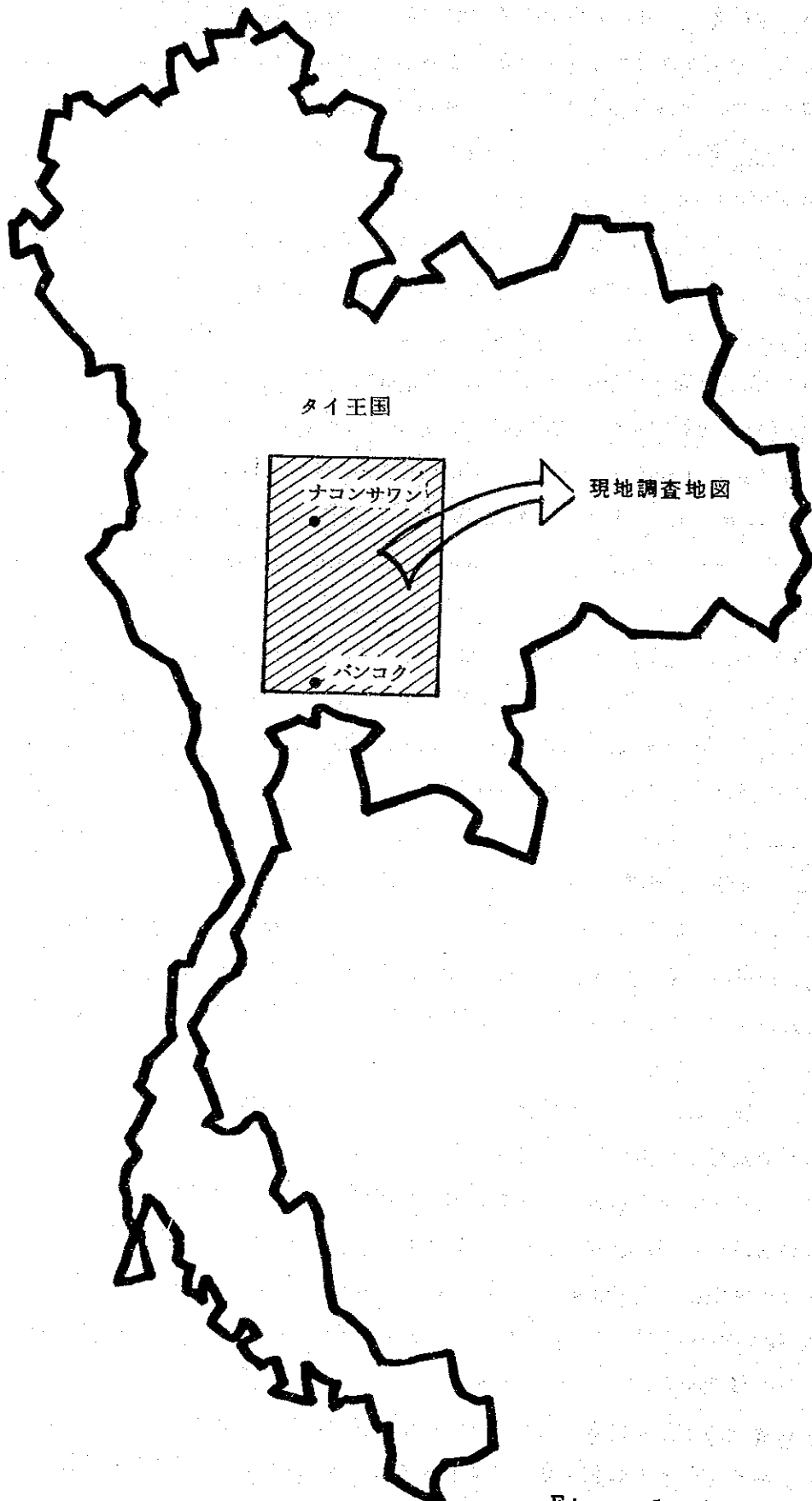


Figure 1. タイ全図

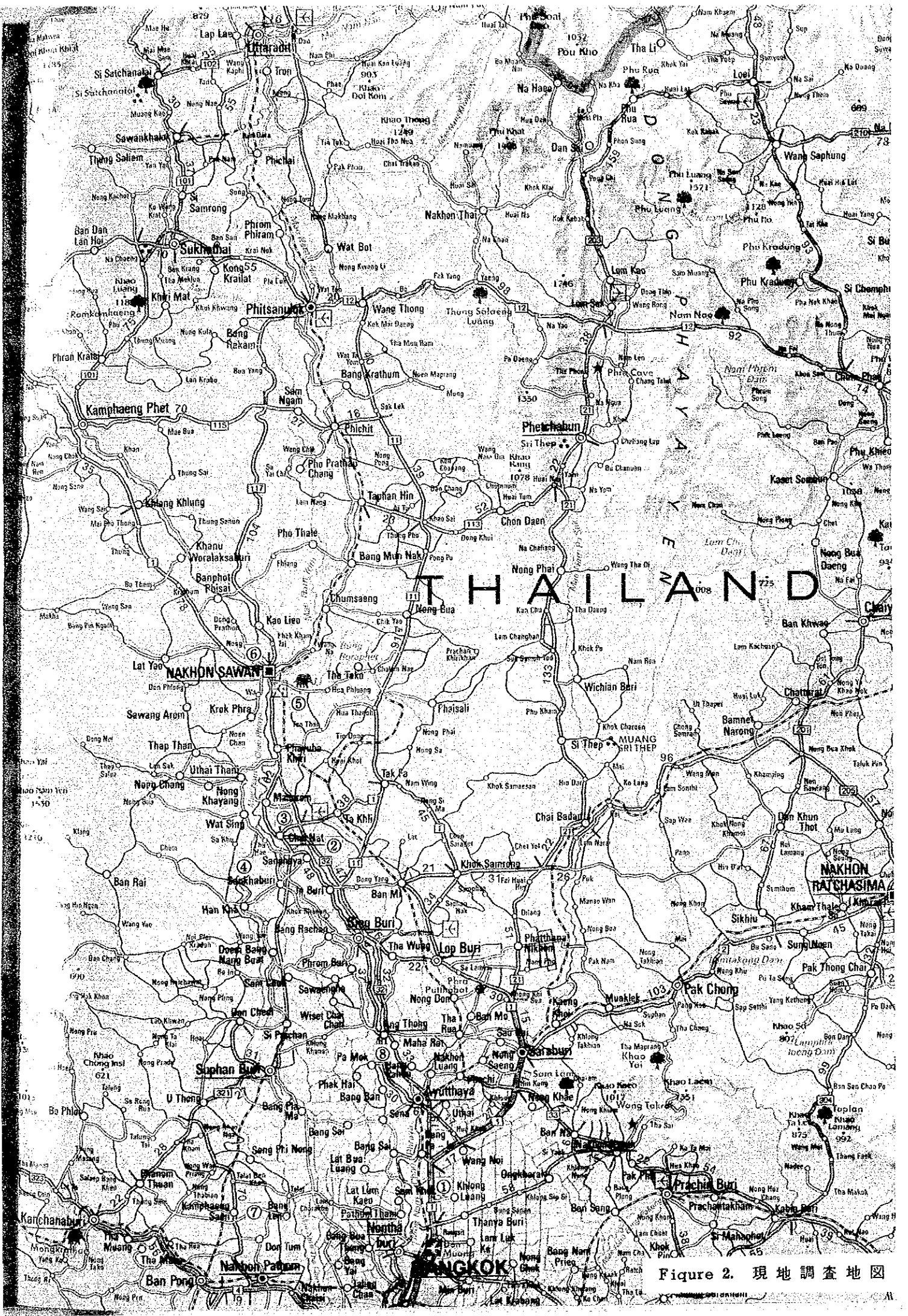
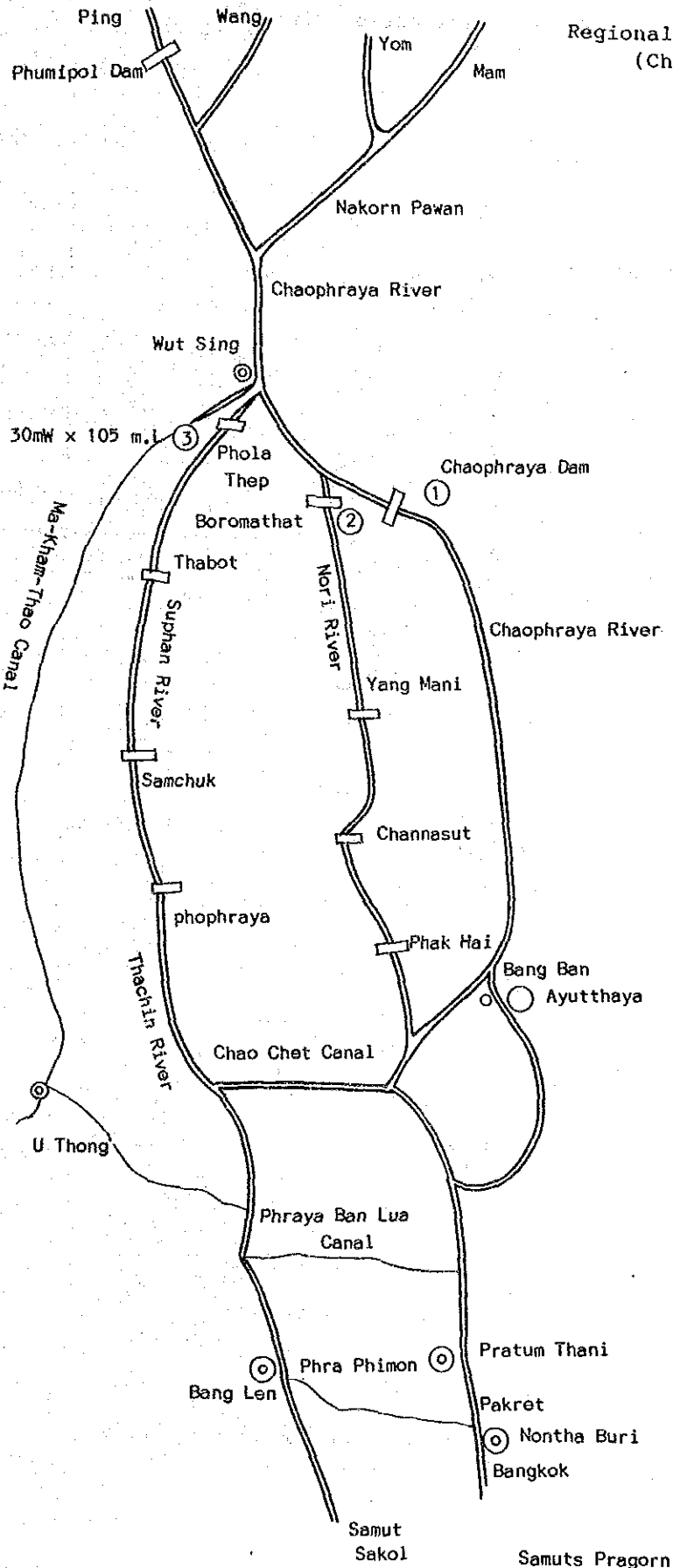


Figure 2. 現地調査地図



Regional Irrigation Office 7
(Chai Nat)

Figure 3 Regional Irrigation Office No.7

Regional Irrigation Office 8
(Lopburi)

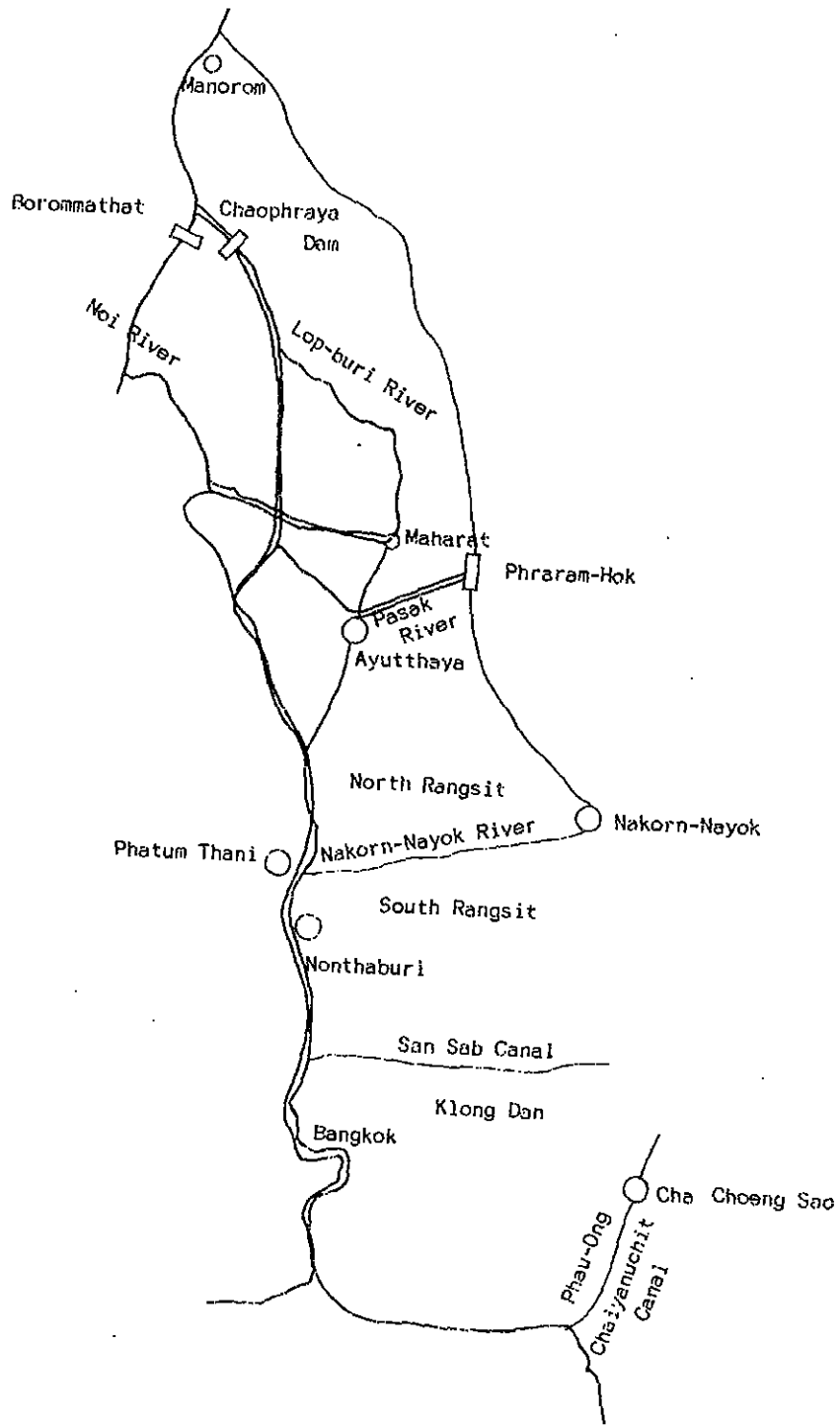


Figure 4 Regional Irrigation Office No. 8

Table 1. The total area and weight of water hyacinth in RID. 7

(川の西側)

Date	Irrigation canal	drainage canal	reservoir	borrow pit	river	Total
June 1984	1,684 82,135	2,651 239,221	1,115 69,515	595 47,446	805 58,107	6,850* 496,424**
July 1984	2,295 143,416	3,329 280,742	751 35,933	583 45,933	58 4,696	7,066* 510,032
August 1984	2,174 121,826	2,831 246,613	743 29,339	589 49,882	60 5,006	6,397 452,666
Sep. 84	2,543 147,930	2,736 265,852	646 23,169	525 46,342	66 5,656	6,516 488,949
Oct. 84	1,241 59,061	1,293 132,910	666 22,695	173 16,327	26 2,736	3,399 233,729
Nov. 84	1,895 115,883	1,565 142,452	669 36,164	64 3,422	20 2,221	4,213 300,142
Dec. 84	1,700 99,923	1,412 121,342	642 37,625	49 2,461	25 2,498	3,828 263,849
Jan. 85	2,270 120,683	1,435 124,088	70 4,997	68 3,417	16 1,501	3,859 254,686
Feb. 85	2,722 146,396	1,307 86,281	173 4,296	52 2,435	22 1,841	4,276 241,249
Mar. 85	2,638 132,428	1,260 77,876	26 1,651	41 1,651	22 1,813	3,987 215,640
Apr. 85	2,599 117,652	1,340 83,005	56 3,496	73 2,866	20 1,852	4,088 208,871
May. 85	2,049 105,533	1,172 66,756	56 3,496	34 1,456	25 2,139	3,336 179,380
June. 85	2,342 106,748	716 33,925	-	3 86	-	3,061 140,759
July 85	2,538 117,943	1,558 120,308	4 180	68 3,027	16 1,664	4,184 243,122
Aug. 85	2,719 137,984	1,626 128,263	198 7,260	56 2,502	25 2,652	4,624 278,661
Sep. 85	1,856 101,986	1,320 89,227	199 7,654	55 2,449	26 2,912	3,456 204,228

NA * Total area in rai ** = Total weight in ton

WEED CONTROL & RESEARCH BRANCH
ROYAL IRRIGATION DEPARTMENT
PAKRET NONTHABURI 11120
Mar. 6, 1987

Table 2. The total area and weight of water hyacinth in RID. 8
(川の東側)

Date	Irrigation canal	Drainage canal	reservoir	borrow pit	river	Total
June 1984	3171 197,217	1937 90,160	317 30,446	68 3,808	161 10,344	5654* 331,975**
July 84	3132 196,318	2007 92,062	267 25,326	68 3,808	154 12,469	5628 329,983
Aug. 84	2782 150,293	1617 82,731	277 27,214	68 3,808	127 8,715	4871 312,761
Sep. 84	2856 184,104	1525 82,693	284 27,553	68 3,808	359 28,979	5092 327,137
Oct. 84	3202 206,658	1417 74,525	321 26,997	68 3,808	172 11,952	5180 323,940
Nov. 84	2863 173,747	1850 81,129	262 22,835	68 3,808	145 9,720	5188 291,239
Dec. 84	2243 129,029	913 53,298	215 19,960	- -	58 4,123	3429 206,390
Jan. 85	2843 172,803	1353 75,009	1013 70,731	107 5,400	45 2,916	5361 326,859
Feb. 85	1957 110,052	822 48,186	215 19,128	- -	19 912	3013 178,278
Mar. 85	1879 117,260	830 57,753	215 16,440	- -	15 720	2939 192,073
Apr. 85	1569 99,976	707 54,413	47 4,398	- -	25 800	2348 159,587
May 85	2540 161,102	1674 99,656	413 23,749	183 7,254	25 1,000	4835 292,771

N.B. * = total area of water hyacinth in rai

** = " weight of water hyacinth in tons

WEED CONTROL & RESEARCH BRANCH
ROYAL IRRIGATION DEPARTMENT
PAKRET, NONGTHABURI 11123

Graph No. 3 The Total Area of Water Hyacinth in the Regional Irrigation Area No. 7

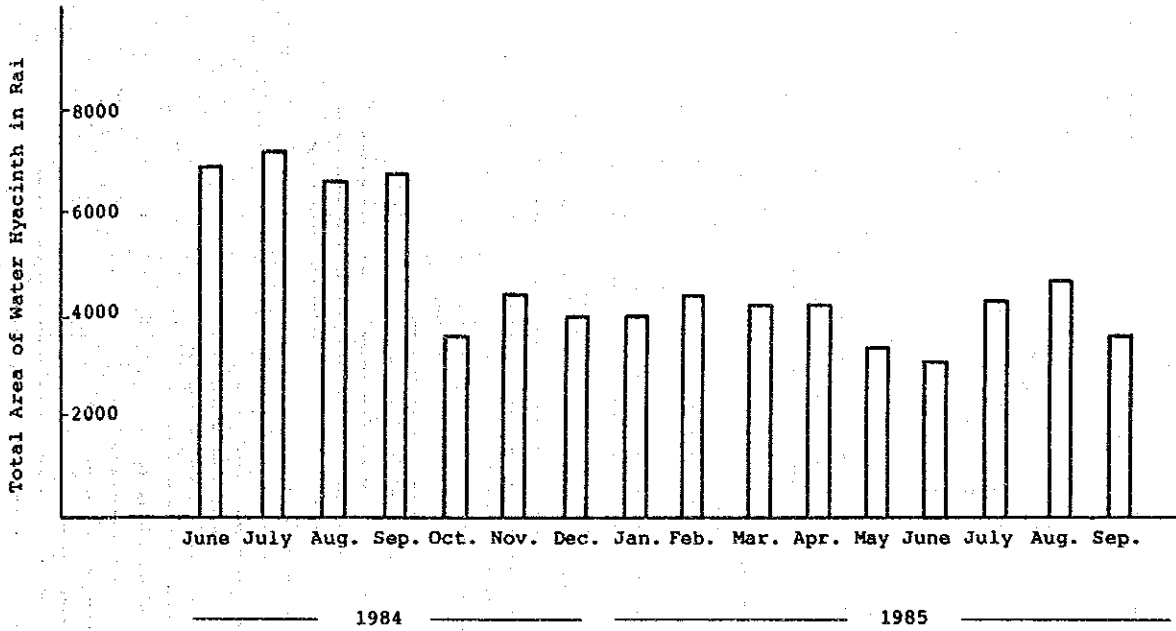


Figure 5

Graph No. 4 Total Weight of Water Hyacinth in the Regional Irrigation Area No. 7

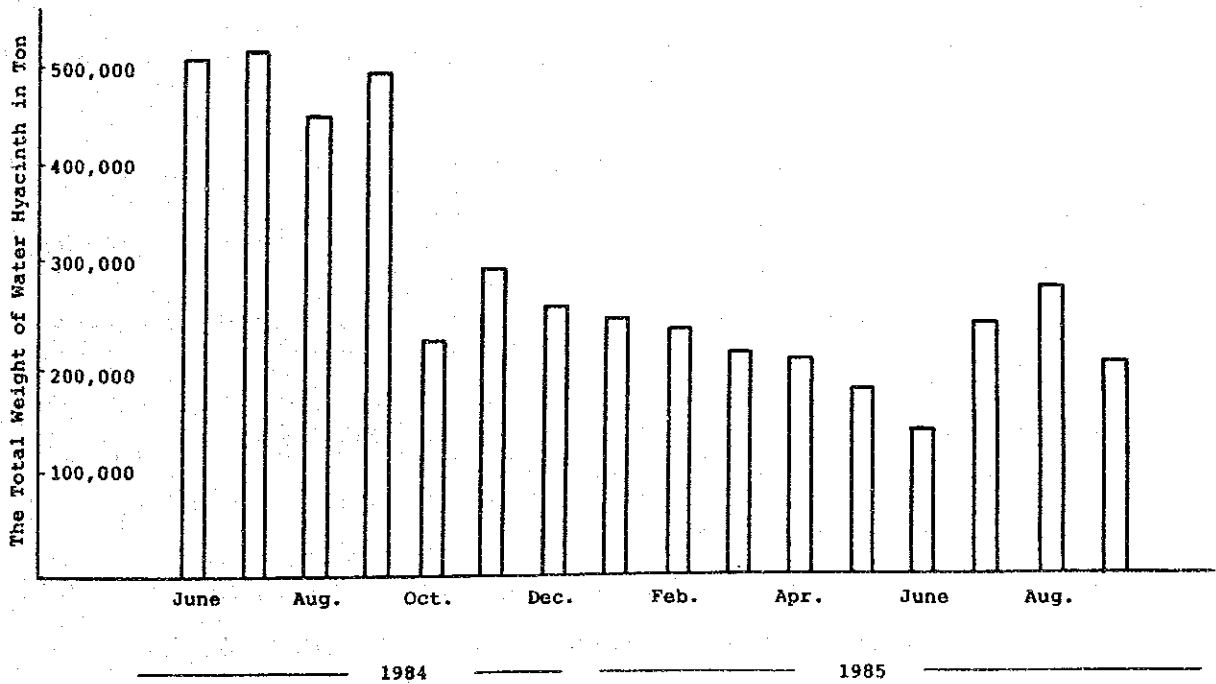


Figure 6

Graph No. 5 The Total Area and Total Weight of Water Hyacinth in RID. 8

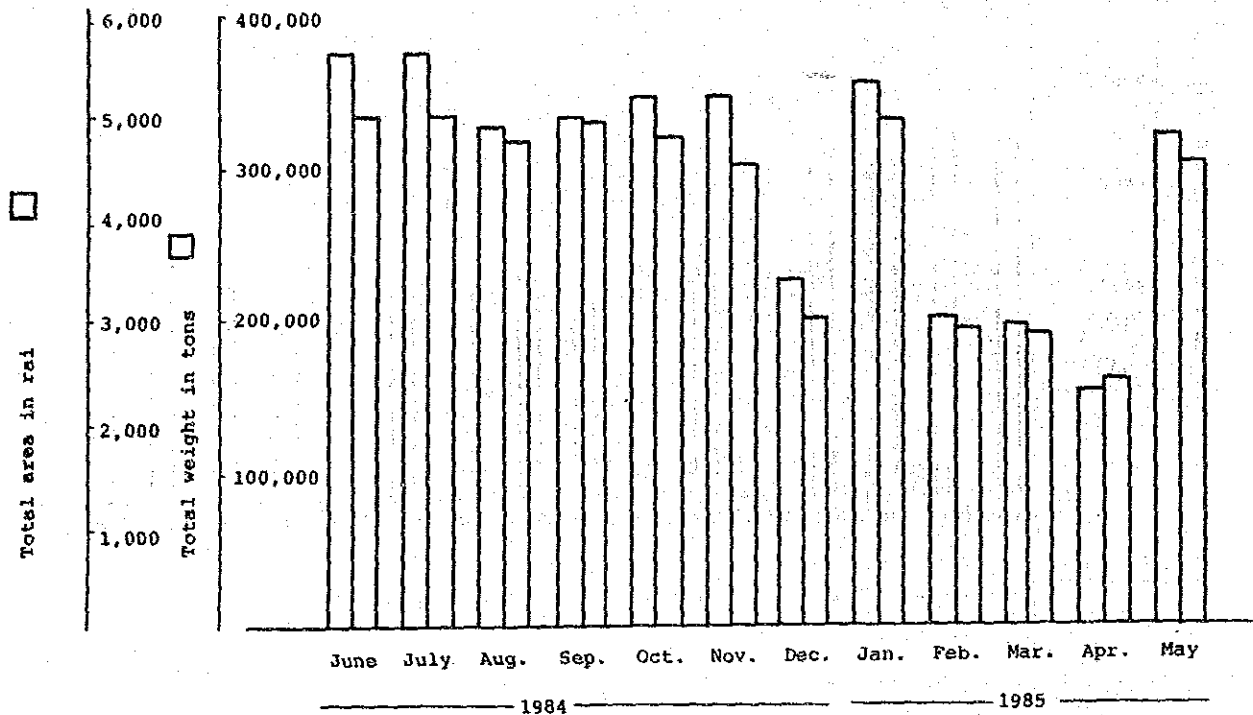


Figure 7

3-2 被害状況

このように旺盛な繁殖力を持つ水浮蓮が、河川、水路、運河等の水系に繁茂するといくつかの被害が生じる。

- (1) 灌漑用水路、排水路等の流れをせき止め水の利用に支障をきたす。
- (2) 水路をふさぎ、船の航路を妨げる。
- (3) 河川を流下する水浮蓮は船のスクリューにからみつく。
- (4) ダム、貯水池に繁茂すると、通常の水面に比較して、水の蒸発、蒸散量が2~3倍となり、貯水に影響する。
- (5) 雨季には都市の排水ポンプのサグジョンストレーナーを閉塞させる。
- (6) 水面、水路を全面的に蔽った場合、魚類を死滅させる。
- (7) 腐敗すると水質に悪い影響を与える。

等であるが、当然水門の開閉操作、水力発電所にも影響があるものと思われる。

防除去法としては、機械的、化学的、生物的、および生態的方法に大別される。

(1) 機械的防除去法

機械的防除去法には人力によるものと機械によるものがある。水路系の利用目的を配慮す

る立場からは水質汚染の危険性がなく安全な方法である。タイ王国では、軍隊の出動、囚人による低コスト除去、生徒のボランティア活動によるもの等、人力除草が主である。欧米諸国では種々の収穫機が考案され、実用化されている。コストが高くつくのが欠点である。

(2) 化学的防除去法

先進国では、機械的防除去法より低コストで完全に駆除出来るので、安易に使用されている。しかし、水系の使用目的、環境保全の立場からみると除草剤散布の可能な水域は制限される。たとえ残留性に問題がなくとも除草剤によって枯死した植物体が腐敗して分解することにより引き起こされる二次汚染が生じる。タイ王国では、河川、水路の水をそのまま生活用水として使用している場合もあるので、化学的防除去法は不適當である。

(3) 生物的防除去法

ある種の生物にたべさせ防除去する方法である。ガ類、コクゾウムシ類、バッタ類、ダニ類、カタツムリ類のある種のものでその対象である。魚では中国原産の草魚が広範囲な地域で使用されるので有望視されているとのことである。また熱帯地域では海牛が検討されている。

これらは所謂水浮蓮の天敵である。エジプト国アシュート大学のセイド・アソール博士が報告している水浮蓮の防除のため、アメリカ農務省の協力のもとコクゾウムシの一種が1977年導入され、これを検疫所や大学農学部で大量飼育したあと、野外に放飼された。野外放飼とその評価は毎年2回行われ、小型船で観察・調査を行った。天敵の種類により異なるが、水浮蓮の草丈の高い株を好むもの、幼株の柔らかい株を好むもの、などがあり、水浮蓮の群落の成長に大きく歯止めをかけることが証明されたと報告している。調査の結果、水浮蓮の生産力が6～30%抑制されていることが判明し、例年除草剤散布を行っていた地域も除草剤散布回数が顕著に減っており、散布を行わなくなった地域もあると報告している。

(4) 生態的防除去法

唯一の方法は水位調節による生育抑制である。気温の低い地域では水位低下による抑制は効果があると云われている。しかし、水浮蓮は泥中にも根をおろして生育するため、中途半端な水位低下では効果が低い。一方、水浮蓮の種子発芽や自生には水深の浅い湿地帯が適していることから、水位低下は繁殖を促進する結果になるとも云われている。タイ王国の場合、乾期でもかなりの水量が河川、運河、水路、ダム等にあり、この方法は実際的ではない。

タイ王国では以上4つの防除去法のうち、第1の機械的防除去法が行われている。A I Tにて聴集した情報では、タイ王国全土で年間650万トンの水浮蓮が人力手作業で水域から除去されているとのことである。

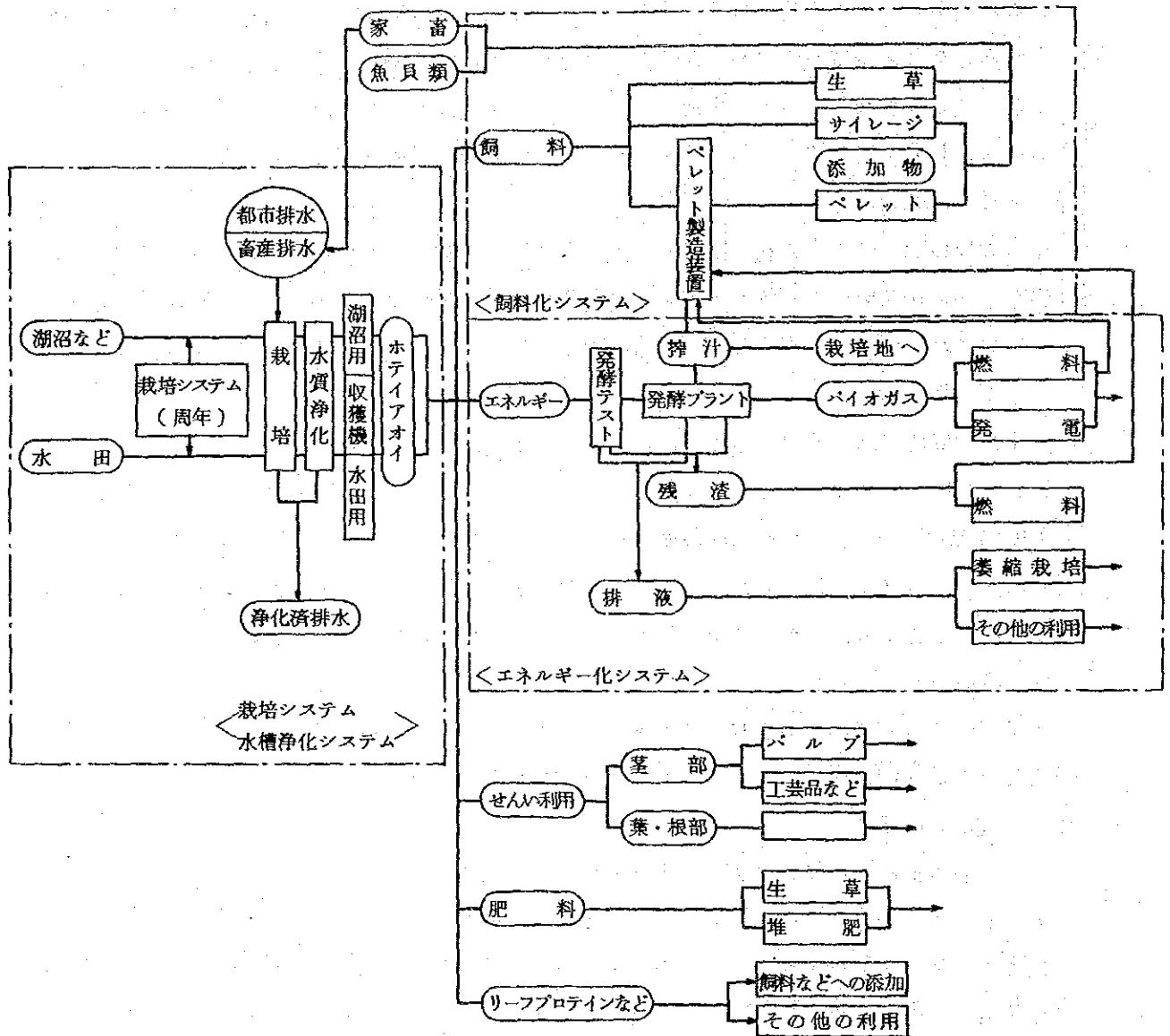


Figure 8 水浮蓮の総合利用システム

第4章 水浮蓮有効処理方法

水浮蓮を種々の方法で利用する研究も各国で行われており、タイ王国でも今回の現地調査で各種の研究が実験室規模で行われていることがわかった。現在調査研究が行われている水浮蓮の有効利用方法は次の综合利用システムのフローに示す様に極めて多彩である (Figure 8)。このうち、水質浄化システムは米国、日本において一部実用化されているところもあるが、他のエネルギー利用、肥料化利用、飼料化利用、繊維利用の紙・パルプ化、等は実験室での開発段階にあると云って過言ではない。

以下に有効処理方法について、現地調査で得られた情報・知見を述べる。

4-1 肥料

調査のためにタイ国の穀倉地帯のかなりの部分を踏査したが、農民が水浮蓮を利用して堆肥をつくったり、或いはそのまま使用している光景は全く見られなかった。メナム河が上流より運び込む肥料成分で、タイ国の米穀育成には十分なためであるからだと思われる。

RID研究所(Royal Irrigation Department Weed Control and Research Institute)では堆肥化の試験を行っていた。その概要は、水浮蓮乾燥物200kgに鶏ふんを20kgと尿素0.2kgを混入し堆積し、時々水を散布する方法である。この方法で、乾燥水浮蓮は30日~40日で堆肥化することである。肥料化は有効な処理方法であるが、タイ国の現状では土地が肥沃であり、メナム流の運んでくる肥料成分で堆肥を切実に必要としないようである。水浮蓮はカリ成分が多いので、乾燥後焼却したあとの残灰はパイナップル、パイヤ等の果樹栽培には好適と思われる。

4-2 セルローズ・製紙

水浮蓮の繊維成分からパルプ・紙が作られることは外国の研究室でも実験し、その研究論文も発表されている。

本水浮蓮有効利用試験的事業開発計画調査を事業団に要請してきた本邦企業である有宏化学工業株式会社も昭和57年に高知県紙業試験場に依頼してタイ国産水浮蓮のパルプ化・製紙化試験を行って、試験的に紙を作った実績がある。

また昭和59年5月には、愛媛県製紙試験場にて、同様な製紙化試験を行っている。

今回の現地調査で、水浮蓮の組成、構成比率についても調査した。タイ王国の水浮蓮の根、茎、葉の比率は3:3:1で、水系の栄養分により異なるということである。

各国の研究者の発表論文でも国により当然異なった数字が公表されている。インドおよびフィリピンの研究者のデータを下記する。

	インドの例	フィリピンの例
根	24.8%	38.5%
茎	41.9%	43.8%
葉	33.3%	17.7%
合計	100.0%	100.0%

フィリピンのJ. V. セルドウ博士の水浮蓮のパルプ化・製紙化実験のデータによると、

1. 採取時の水浮蓮の全重量	2.23	トン
2. パルプ化用茎部分の重量	1.0	トン
3. 茎部分の水分95.5%	955	kg
4. " 乾燥物4.5%	45	kg
うち柔軟組織	29.4	kg
繊維組織	15.6	kg

水浮蓮は全体（根・茎・葉）で全重量の91.2%が水分と報告されている。根の水分は86.5%、葉の水分は90.9%で、パルプ化に利用される茎部分の水分は95.5%と特に高い。上記の組成分析でわかるように、採取時の水浮蓮の全重量からの回収繊維部分の収率は2.23トンに対して15.6kg即ち0.70%と極めて低い。パルプ対象の茎部分からの回収繊維は1,000kgに対して15.6kgであり、これは収率1.56%となる。

通常、工業的にパルプを製造している原料のパルプ化収率は下記の通りである。

針葉樹チップス	30%
広葉樹チップス	30%
ケナン	20%
藁	42%
バカス	40%
竹	24%

水浮蓮の茎部分だけでなく、茎より繊維分が少ない葉、繊維分の多い根の部分と一緒にパルプ化してパルプ分の回収量を高めることも考えられるが、根の部分の繊維をパルプ化すると作られたパルプがゴロゴロと性質が随くなり劣化すること、また出来上がったパルプの色が濃い茶色となり、パルプとして販売する場合、更に製紙にする前に晒し作業が加わる為、色の黒い濃いパルプの販売価格がやすくなるという2つの難点がある。

一方、水浮蓮のミクロ的組織についてのデータとして、愛媛県製紙試験場での測定では繊維の長さは0.2～0.3ミリメートルと報告されている。前述のJ. V. セルドウ博士は下記のミクロ組成の測定値を発表している。

水浮蓮の茎部の繊維長さ平均	1.53ミリメートル
" 繊維組織の巾	0.023ミリメートル

水浮蓮の化学分析も行われているが、パルプ化という観点から見ると、繊維組織の中にペントサン（5価の炭糖で、植物・腐植土などにある多糖類の一種）含有量が多い。ペントサンはパルプ化収率を高めパルプの機械的強度を高めるのに貢献する。しかしペントサンはパルプ化の際にセルロースの形成と競合し、溶液の濃度・粘度を高める。これはパルプを漉く時に、水切りが悪くなることを意味している。実験室で試験的に作った紙については、高知県紙業試験場、愛媛県紙業試験場の専門家も水浮蓮のみからの製紙よりも、他の針葉樹パルプやミツマタ、コーゾー等と混合して実用に供することを推奨している。タイ王国での水浮蓮のパルプ化の場合も、ケナフ（黄麻）のような強度のあるパルプを混入して使用するのが実際的と思える。どのような原料のパルプとどの程度の比率で混入すると夫々の用途に合った紙が作れるかは今後用途試験研究を行う必要がある。

現在、タイ王国では水浮蓮の茎を乾燥して、ハンモック、かご等を製作しているが、その量は微々たるものである。これでは付加価値も低いので、もし水浮蓮を原料としての製紙業が経済的に成り立ち得るものなら、大変付加価値の高い利用方法となる。水浮蓮の採取、収穫集荷の繁雑なこと、前述したように繊維の歩留り、収率が低いことを考慮すると、通常的大量生産の品種の製紙には不向きであり、少量生産による特殊用途の紙の開発・応用が必要と思われる。

フィリピン、インド、インドネシアの大学、研究機関では研究室規模ではあるがパルプ化、製紙の研究が行われ関係学会誌に発表されている。タイでの研究は公表されていないが、1973年にUNIDO派遣の学者の指導のもとにTISTR（Thailand Institute of Scientific and Technological Research）にて研究が行われていた。乾燥した水浮蓮10kgに、ケナフ200gを混入し、Sodium Hydro-oxideを8～10%入れ、50時間浸して繊維を取り出した。3センチメートル平方の薄茶色の紙が実験日誌帳にホチキスで止められていたが、高知県製紙試験場で作られた紙と外見はよく似ていた。現地調査時にTISTRより入手した水浮蓮パルプ化の資料を添付する。

Table 3 TISTR Paper Test Data (1)

Table 4 TISTR Paper Test Data (2)

Table 5 TISTR Paper Test Data (3)

Table 6 TISTR Paper Test Data (4)

Table 3. TISTR Paper Test Data (1)

Raw materials : Water hyacinth

Kenaf retted fiber

Cooking procedure : Water hyacinth 10 kg.

press out juice in hydraulic press

wash the cake, press out again

weight the wet cake (6,000 g.)

put the wet cake in Dualator, add :-

kenaf retted fiber 200 g.

water 4,000 ml.

NaOH 32 g.

Heat to 98°C, keep for ½ hr.

add 2nd portion of 32 g. NaOH

continue heating for 20 min., hold 20 min.

wash, press [8.8% NaOH]

Cooking yield : 70.0 %

Freeness : initial freeness 850 ml

final freeness 365 ml

beating time 3 min

Sizing : 1. 1.5 % Rosin

2. 3.0 % Alum

Table 4. TISTR Paper Test Data (2)

Physical Properties :

1. Basis weight 128.19 gsm
2. Elemendorf tear factor 80 g/gsm
3. Breaking length 5,965 m.
4. Burst factor 32.21 $\text{gcm}^{-2}/\text{gsm}$
5. Folding endurance 1
6. Brightness 17.5 %
7. Bulk 1.31 ml/g
8. Thickness 0.168 mm

Ref : pulp no. 836 date : 730510

paper no. 521

complete data, pulp 9

Table 5. TISTR Paper Test Data (3)

Raw materials : water hyacinth

kenaf retted fiber

Cooking procedure : water hyacinth 8,400 g (dry wt 10.7 %)

kenaf retted fiber 348 g (dry wt 86.9 %)

NaOH (98%) 73.5 g.

H₂O added 5,000 ml.

Heat in Dualator to 98°C, keep ½ hr, add

NaOH (98%) 73.5 g.

Heat in Dualator to 98°C, keep ½ hr.

wash, disc refine, centrifuge

[NaOH 12% (6% in each stage), Liquor ratio 12:1]

Cooking yield : 38.7 %

Bleaching Procedure : A 5% single hypochlorite bleach

(o.d pulp 100 g.)

Chlorox (3.8%) 131.25 ml.

H₂O added to total weight 1,000 g.

pH 9-12, 40°C, 3 hrs.

Acid wash 2% SO₂ solution, 6% consistency

room temp, pH5, ½ hr.

Bleaching result : fair

Bleaching yield : 94.06 %

Table 6. TISTR Paper Test Data (4)

Freeness : initial freeness 630 ml.
final freeness 250 ml.
beating time 3 min.

Sizing : 1. 0.3 % Whiten
2. 1.5 % Rosin
3. 3.0 % Alum
4. 10.0 % Kaolin
5. 1.0 % Starch

Physical properties :

1. Basis weight 62.54 gsm.
2. Breaking length 5,174 m.
3. Burst factor 28.46 $\text{gcm}^{-2}/\text{gsm}$.
4. Elemendorf tear factor 128.79 g/gsm.
5. Folding endurance 199
6. Brightness 51.0 %
7. Bulk 1.60 ml/g
8. Thickness 0.100 mm.

Ref : pulp no. 951 date : 741016

paper no. 629

Complete data, pulp 11

水浮蓮機械パルプ試作について

(1) 目的

水浮蓮よりパルプを製造する。

本試験事業の技術上の基礎データは、主として海外文献に基づくものである。従って、テストプラントの実操作に於て、如何なる問題点があるか、また製造する機械パルプの実際の姿については、推測の域を出ない。定量的には無理としても、定性的には実情の一端なりとも把握すべく、試作を行った。

(2) 試料

1987年3月10日チャイナート付近にて、豚の飼料にする為水浮蓮を水面にて刈り取っている場面に遭遇した。この根なし葉つきのもので長さ50cm程度のもの10株を入手した。ホテルにて3日間風乾し日本へ持ち帰った。持ち帰った時点での水浮蓮の状態は、採取時の緑色は若干淡くなり乾燥による収縮が見られた。

(3) 試作実験

水浮蓮試料を5株ずつ2組(A, Bとする)に分け、各々を長さ3~5cmに切断した。この時の含水率は90%であった。

A組より300gを秤取し、ハイドラパルパー試験に供した。実験用ハイドラパルパーは容積10ℓ、構造は家庭用ミキサーに類似している。若干の水を注入し水浮蓮チップを投入して運転を行った。水面上及び水中のチップは、ハイドラパルパー内を回流するのみで解離しないので、運転30分にて停止した。停止後全内容物を取り出し点検したが、底部のもの若干が解離されている程度であった。

次にB組より300gを秤取し、ディスクリファイナー試験に供した。実験用ディスクリファイナーはディスク直径30cm、3.7KWである。構造は刃を植込んだ固定ディスクと同一仕様の回転ディスクが1~2mmの間隔にて平行に配置されており、この間隔に原料を供給し、両ディスクの刃にて繊維組織を解離するものである。原料供給後直ちに水浮蓮はカユ状に解離され、ディスクリファイナーより排出された。カユ状水浮蓮を直径15cmのシートマシンにてパルプシートしたものが写真Aである。

この操作を更に一度繰り返し、排出されたカユ状水浮蓮を水にて希釈後0.5mm目のスクリーンを通し、直径15cmのシートマシンにてパルプシートにしたものが写真Bである。

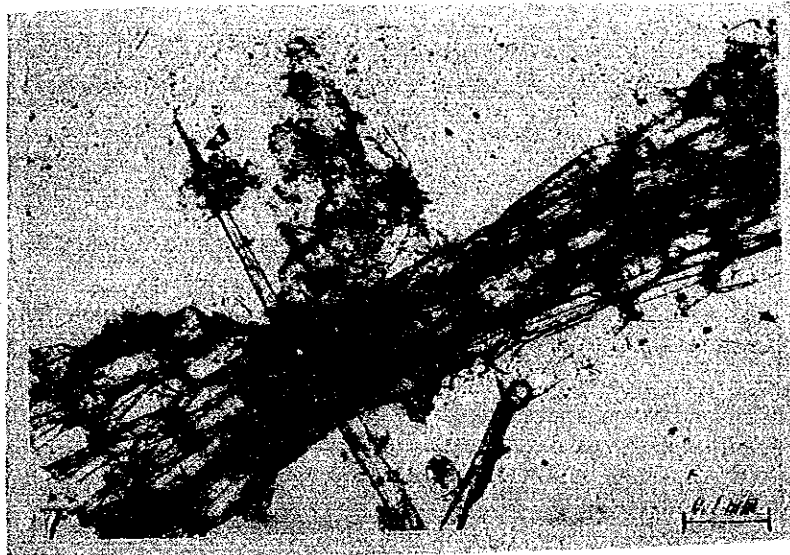
(4) 水浮蓮機械パルプの繊維

前項のパルプシートにつき、顕微鏡観察を試みた。下の写真はその一例である。倍率100倍のもので、繊維細胞と網目細胞の存在が見られる。別途測定結果では繊維細胞の長さは1.5~2.5mm、巾は0.005~0.025mmであった。製紙には好適の形態と思われる。網目細胞は紙質構成時繊維細胞のバインダーの役目をするものと思われ、歩留向上にも役立つと考えられる。またこの網目細胞は化学薬品を使用したケミカルパルプ製造時には薬品で破壊されると思われ、今回提案している機械パルプでは製造中にそのまま機械パルプ内に残留



水浮蓮機械パルプの顕微鏡写真(×100倍)

その1 繊維組織



水浮蓮機械パルプの顕微鏡写真(×100倍)

その2 網目細胞

するものと判断される。これが繊維組織とのバインダーとして作用している。

水浮蓮パルプの顕微鏡写真はインド、インドネシア、フィリピンのパルプ化試験文献には全く発表されていない。また国内でも水浮蓮の植物形態的研究は見当たらない。

(5) 考 察

ハイドラパルパーを使用する場合、予備解離を行って水面上や水中に浮游しない様にする必要がある。

パルプシートの見本については、緑色の未解離物が多く見られる。この未解離物はフラットスクリーンにて除去し、リファイナへリサイクルするか、小型の2次リファイナーを用意し、これにて再解離してもよい。

今回の試作実験により、水浮蓮機械パルプのシートを見ることが出来たが、製造工程に関する技術上の問題及び製紙適性については、テストプラントにより解明する必要がある。

4-3 飼料等

水浮蓮を家畜の飼料として利用しようとする研究は反すう家畜に対しても、単胃動物に対しても、家禽類に対しても、更には養殖魚類に対しても多く行われており、近年は水浮蓮から緑葉タンパクを抽出して高品位飼料として使用する研究も行われている。これらの試験研究の殆んどすべてが水浮蓮が飼料として相当に高い能力を持っていることを実証しており、殊に水浮蓮を飼料に混入併用することによって著しく成長が促進されること、養殖稚魚の死亡率が著しく少なくなること、繊維組織を含有していることにより動物生理の健全な促進に効果が認められていることなどを示唆する報告が多い。しかし、水浮蓮を大規模に飼料化することに成功した実用化の事例はない。それは水浮蓮の有する多量の水分を除去処理することの経済性が未だ確立される見通しが得られないこと、水浮蓮の安定した収穫技術が確立されていないこと、更には水浮蓮飼料製品の価格評価の確立が出来ないこと等の理由によるものと思われる。

JICA 専門研究員竹田博士が1981年にタイ国の水浮蓮を飼料化(ペレット化)し、アルファルファの代替品としての可能性についての研究を行っている。それによると、当初は年間10,000トンの生産能力で操業を開始し、4年後には年間100,000トンの能力まであげて、事業としての採算性をみている。

また、タイ国の水浮蓮からの飼料の成分は代替品として目されるアメリカ産のアルファルファと良く合致している。竹田博士のデータを下記する。

	アメリカ産アルファルファ	タイ産水浮蓮飼料
タンパク分	17~20%	17~22%
繊維分	20~27%	18~25%
灰分	11%	14~19%
脂肪分	1.5~4%	2~4%
カロチン	60~90 mg/lb	50~60 mg/lb
ビタミンA	125,000 IUPP	136,000 IUPP

注) カロチン：人参、唐辛子などに含まれる赤色炭化水素。

農林水産省の統計では、日本は年間350,000トンのアルファルファを主として、カナダ、アメリカ、ニュージーランドより輸入している。トン当たりC&Fで150USドルほどである。

竹田博士の考えたアルファルファ代替用水浮蓮の飼料化事業の提案は実現されていない。バンコク市水路除草部も、水浮蓮の飼料化を考え、乾燥した水浮蓮を1トン当り3,000バースで買上げて飼料とする計画をしたが、市民は応じなかった。90%以上が水分のため、水系より取り上げた時には大量のものでも乾燥すると少量になってしまうからである。

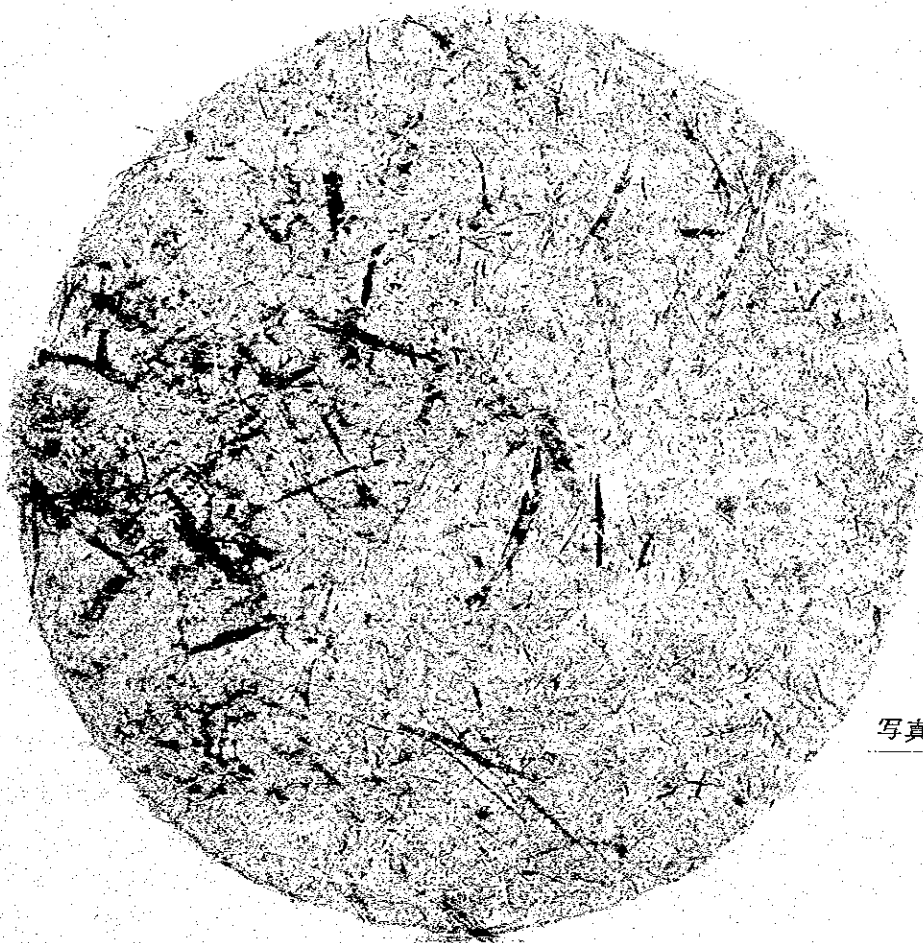
A I T (Asian Institute of Technology) では、英国人のデビッド・ジークロウ博士が6年間水浮蓮の有効利用の研究を行っている。ジークロウ博士の研究は収穫した水浮蓮を採取と同じ一連の流れ作業で、丸ノコギリ型チョッパーで細かく切りきざみ、水系に散布して戻す。このままだと水浮蓮は水面上に浮いたままになるので、段付鋼製の2本のローラーの間を通し、圧縮により脱水し、かつ空間組織を押しつぶし、きざんだ水浮蓮のかさ比重を高め、容易に水中に沈下するようにしている。この切断破砕した水浮蓮が枯死する間に、自分の栄養分を水中に放出する。この栄養分を植物性プランクトンが摂取し、増殖する。この植物性プランクトンを魚類が栄養物として摂取し成長する。このようなプロジェクト思想に基づき、収穫機、切断破砕機(チョッパー)、プレス圧縮脱水機、散布機等の諸機械の試作を行っていた。必要動力としての電力の消費が多いことが問題とのことであった。この方法で、水系の水浮蓮をかき取り、切断する装置を取付けたバージで処理すれば、水浮蓮の95%を占める水分の運搬・移送に伴う問題は解決される。この方法にも2つの研究開発しなければならない問題がある。

1つは切断破砕した水浮蓮を大量に水系に散布すると、水浮蓮が腐敗する過程で水中の酸素を消費してしまうので、魚類が生きて行けなくなる。従って、ほどよい適量の切断した水浮蓮を散布する必要がある、これを定量的に把握することが要求される。

もう1つは、水浮蓮は成長する時に水系を浄化する機能があること。即ち水系の重金属等の公害源を水浮蓮が根より吸収し、それが茎、葉に貯えられ、それが植物性プランクトンに吸収され、魚類へ移行し、その魚を人間が食料として食すると体内に入ることである。



写真A



写真B

第5章 試験的事業の概要

5-1 事業実施主体

本案件のタイ王国水浮蓮有効利用試験的事業開発計画調査を要請してきた有宏化学工業株式会社の概要は下記の通りである。

- 1) 所在地 本社：大阪市西区阿波座1-7-12
工場：岡山県玉野市
- 2) 設立時期 昭和28年5月
- 3) 資本金 800万円
- 4) 社長 由良 隆
- 5) 株主 由良 澄代
- 6) 昭和60年 売上は7億7千万円，利益1千5百万円，配当率1割
- 7) 営業内容 染料中間体，キシレンスルホン酸，白色蛍光染料の製造，販売
協力するタイ現地会社は下記の通りである。

名称	Thai Akane Limited Partnership
所在地	c/o Pacific & Orient Co. Ltd. P.O. Box 9 G.P.O Bush Lane New Road, Bangkok, Thailand Tel 234-9990 234-0629 235-6482
設立期日	昭和55年
資本金	30万バーツ
社長	小谷亀太郎
営業目的	東洋レーヨン，帝人向けの金箔 Transfer mark の生産販売。現在これをタイゲームに移譲，休止中

5-2 試験的事業内容（試験性）

本試験的事業の内容としては，大きく分けて2つの分野がある。1つは原料である水浮蓮の収穫方法の確立と，本来の事業である水浮蓮のバルブ化の分野である。

(1) 収穫方法

収穫機としては，一般に湖沼，河川，運河，貯水池などで使用する舟型のものと，陸上より使用するクレーン方式のものがある。陸上より操作する型式のものはタイ国の事情に合わない。

舟型のものとしては

- ・リバーエス型収穫機
- ・ Rolba の収穫機

などがある。

これらには収穫した水浮蓮を細断する機械、細断したものを運搬するためのバージ等を組合せたものもある。

(a) リバーエス型収穫船は水生雑草駆除用に設計されたものである。船首に取付けられた吸引口から水浮蓮を水と共に吸引し、船内に設置してあるポンプで圧送され、後方のホースから水と共に排出される。従って、排出されたものは網、バージなどに集めてもよく、またホースの出口部を陸岸に位置させ収穫することも可能である。通常は吸引ポンプとしてジェットポンプが使用されることが多いが、近年開発実用化されている混気ジェットポンプMJP（望月ジェットポンプ）は充分実験し、実用に供する価値のあるものである。

(b) Rolba の収穫機

スイスにある Rolba 社は水生雑草収穫船 AQUAMARINE を販売している。構造としては、吃水の浅い船首部にすくい上げるようなコンベアーがとりつけられ、コンベアーもカッターも油圧モーターで駆動されている。参考に Rolba 社の Aquamarine H-400 型の写真を添付する（Figure 9）。

(c) AIT 型収穫機

AIT のジークロウ博士が開発試作している収穫機は巾1メートルの網状送り装置のもので、水浮蓮が水面に密集して生息しているところでは円板型回転ノコギリが、これも1メートルの巾に取り付けられており、あたかもジュウタンを切断するように1メートル巾の帯状にし、後方へ送り込むものである。AIT の実験棟にある装置の写真を示す。

Figure 10 は切断ノコギリ部分であり、Figure 11 は圧縮ローラー脱水装置の写真である。これを取りつけた収穫船は時速0.5キロメートルの低速で移動する。この速度で収穫される水浮蓮の量は1時間30トンと設計されている。

Figure 11 の鋼製ローラーは旧式洗濯機についていた手廻し回転しぼり機と同じ原理で、AIT のものは鋼製ローラー間の隙間は1ミリメートルであり、1回のローラー通しで、水浮蓮は20%脱水されることがある。葉、茎とも各細胞の1つ1つに水分が入っており、この細胞がローラーの圧縮力に抵抗するため、予想以上に脱水が困難なことである。

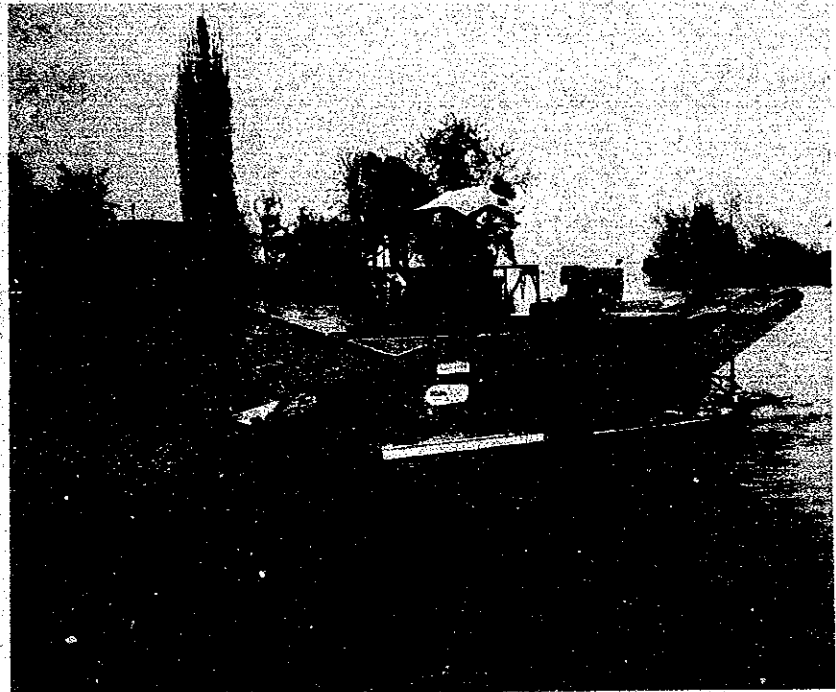
いずれの収穫機もタイ国では実際に使用されていない。全て人力による除去である。浮遊しているものにせよ、密集して生息しているものにせよ、水浮蓮はタイ国においてはやっかいな公害発生雑草であるので、それを除去し、本試験事業の原料として供給するのは市当局なりが、公共の仕事として処理すべき性質の事柄であると考えられる。

Rolba-Aquamarine H-400

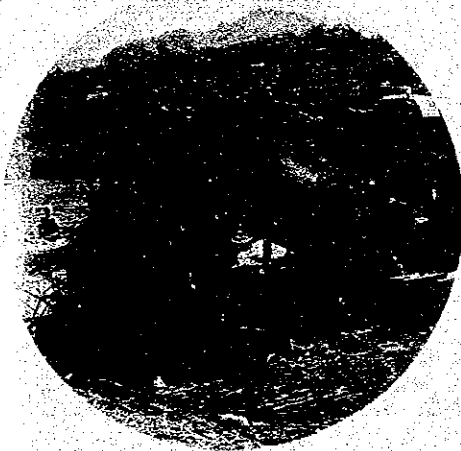
... Proven silent Diesel or gasoline engines with low fuel consumption and with standard components of well-known brands keep the maintenance costs at a minimum.

All boats are well suited for picking up floating trash of any kind and size. Also oil-absorbing substances may be collected by the conveyor system.

**Water is a vital necessity.
Our ROLBA-AQUAMARINE system helps to clean waters and to keep them clean. A true contribution to environment protection!**



Cutting width: 1.80 m – Loading capacity: 12.5 m³ or 2100 kg



Discharging of trash at shore.



Harvesting in a narrow harbour entrance



Figure 9

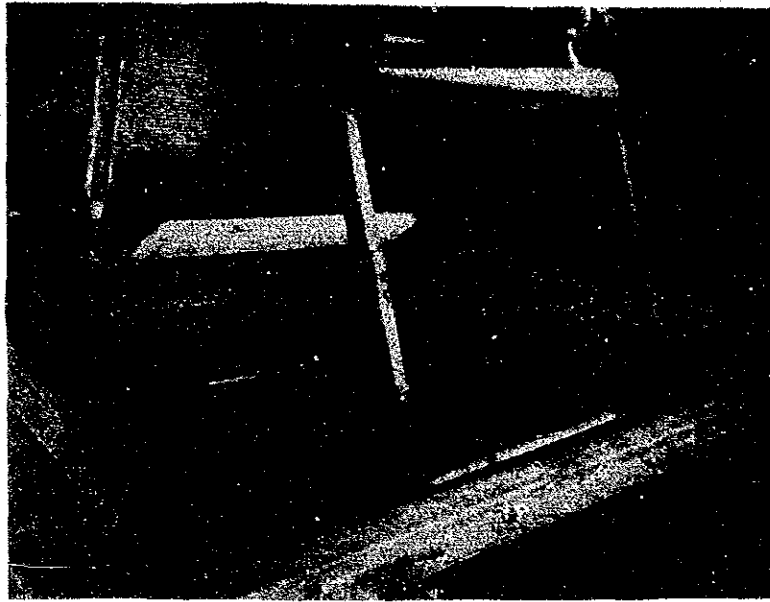


Figure 10 切断ノコギリ

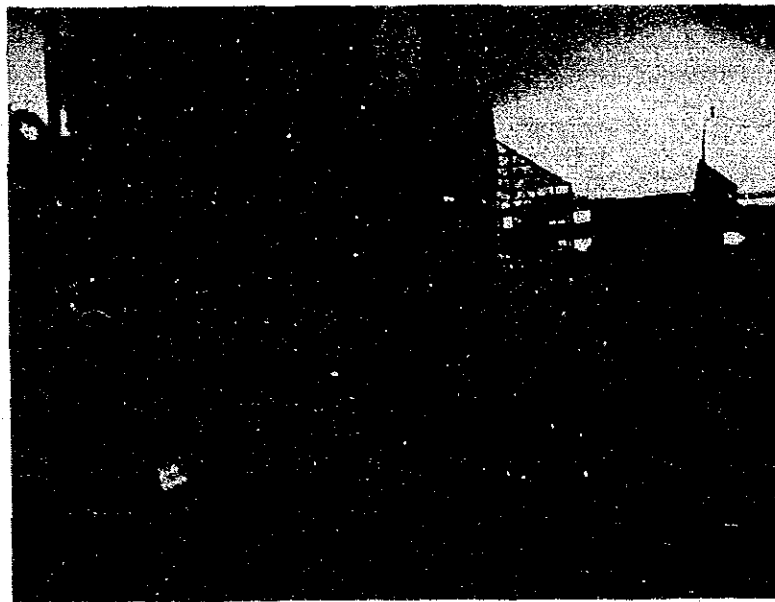


Figure 11 鋼製圧縮ローラー

(2) 水浮蓮のパルプ化の試験性

水浮蓮を原料として製紙を行う場合、先ずパルプ化を行わなければならない。試験的に作られたパルプの品質により、

- (1) 如何なる品種の紙に適しているか、
- (2) その適した品種の紙を製造するには他の如何なるパルプ、填料を混合する必要があるのか、
- (3) 選定される紙の品質に対して、その用途による生産量を如何ほどにすべきか、等を検討する必要がある。

具体的にはこのパルプ化という試験的事業、即ちプロジェクトの試験性的内容として、

- (1) パルプ化の為の各工程についての最適条件の選定
 - (2) 選定されるいくつかのパルプ化のプロセスに適した機器仕様についての検討
 - (3) 生産されるパルプの品質評価
- 等である。

これらの試験的事項は、企業化に先き立ち、全て技術的に解決しておかなければならない事項である。

パルプ化のプロセスとしては、薬品を使用する化学パルプ法と、機械力のみを使用する機械パルプ法とがある。薬品を使用する場合、プロセスで使用した薬品液が、暗褐色の廃液として排出され、それをそのまま処理せずに公共水域へ放流すれば公害問題が発生する。試験的事業としての性格から、テストプラントから放流される廃液の量は少量のものではあるが、量の如何を問わず、事業団の関与するプロジェクトから、公害問題が話題になるようなことは極力避けるべきである。この少量の暗褐色の廃液を、放流前に無公害の状態に戻すことは技術的には可能であるが、そのような排水処理施設は経済的に採算に合わない。従って、パルプ化プロセスには薬品を使用しない機械パルプ法を採用することを推奨する。機械法でも廃液の排出は皆無ではないが、採取されたばかりの水浮蓮を脱水の為にローラーに通した時に出てくる草汁や、プロセスで使用するハイドラパルパーという、ミキサーに類似した機械から出て来た水浮蓮のパルプ化された粘性のある液体をパルプ繊維とそうでない柔組織とに分離したあとの排液などが排出される。これらの液体はもともと水浮蓮の中に含まれ天然に存在するものばかりである。現在でも、水系より除去された水浮蓮をそのまま川岸に放置して、自然と腐敗して、土に返している。機械パルプ法により排出される廃液は水浮蓮の天然の草汁と柔軟細胞を含んだ水であり、これをそのまま放流しても公害問題にはならない。

機械パルプ法の工程としては、根・葉の人力による切断除去、鋼製ロールによる組織の破碎および脱水工程、パルプ用繊維分の選択取り出しのための篩別工程、パルプとしての脱水および乾燥工程よりなる。

これら各工程の適性運転方法とその組合せを試験し、検討しなければならない。即ち、夫々の単位操作において、処理量、処理効率、電力消費量等を調査し、企業化に際しての生産

目標値に対して、夫々の適性な機器仕様を設定、確立して行かなければならない。

本開発事業の試験性に鑑み、構成する機械、設備は全て新品をあてるとのことより、出来るだけ使用に耐える中古機械の採用が望まれる。中古機械を採用することにより、事業開発費用をなるべく低く押えることが望ましい。新しいプロセスの研究開発では、どこの研究所でも予算を押さえるために中古機械装置を利用している。これは開発研究の常識である。本開発事業でもこの方法が推奨されるが、中古機械は処理能力・容量がかならずしも最適のものではない為、容量に合わせて、例えば、工程の中間にデイトンク等を設置して、バッファ機能を持たせるなど種々の工夫を必要となる。

次に製造されるパルプの品質評価であるが、これはタイ国内の適当な研究所、例えば T I S T R (Thailand Institute of Scientific and Technological Research) にて行うことを推奨する。T I S T R の Fiber and Textile Chemical Laboratory は 4 - 2 章で述べたように 10 年程前に水浮蓮のパルプ化・製紙の基礎研究を未発表ではあるが行っているし、水浮蓮のパルプ化以外にも下記の紙・パルプ関係のプロセスの開発を行っている。

1. Production of Chemical Pulp from Burma Grass by Neutral Sulfite Process (1970)
2. Mill Test of Chemical Pulp from Kenaf (1975)
3. Assessment of Potential of Fast Growing Trees as Raw Materials for Pulp and Paper Industry (1985)

T I S T R は科学技術エネルギー省管轄の研究機関ではあるが、私企業とは契約ベースで協同プロジェクトを研究開発して行く制度があり、T I S T R の Director も外国企業との協同研究はおおいに歓迎すると説明していた。

この様な研究機関に依頼し、タイ国産のワラパルプ、ケナフパルプ、場合によっては輸入木材パルプとの混合試験抄紙を行い、試作紙の外観検査、各種の強度測定を行う必要がある。その結果にもとづき、最も適した紙の品種の選定を行い、併せて抄紙機の仕様を確定することとなる。

以上を総合すると、この試験事業により、生産品種、生産量、機器仕様の決定と共に、製造原価の算定、販売価格の予測等企業化の為の諸条件を判定することとなる。

第 6 章 事業実施計画

6-1 事業目的

4-2章セルロース・製紙の項で述べた如く、フィリッピン、インド、インドネシアの大学、研究機関において、又タイ国ではTISTRにおいて水浮蓮からのパルプ製造、製紙試験が行われている。これらはいずれも研究室規模の試験である為、その試験結果より、企業化した場合、製造工程にて現実に直面する技術的諸問題を推測することは困難である。従って、たとえ小規模でも、連続的に原料を供給し、各工程の機能をチェックするテストプラントによる実証が必要である。テストプラントにより連続的に水浮蓮を処理し、後に述べる各工程、設備での技術的諸問題を解決し、諸機器の容量、方法、必要動力等の仕様を決定し、製造原価の算定を行い、企業として採算性を維持して行く為の方策を確立する必要がある。これが本試験的事業の目的である。

6-2 事業規模（テストプラントの規模）

製紙を目的とするテストプラントであるので、その規模はパルプ又は紙の生産量で示すのが一般的である。しかし水浮蓮からパルプ迄の製造工程には連続処理の面から不確定要素が多いので、この試験事業については、原料として供給する水浮蓮の量で示すこととする。

水浮蓮の人力手作業による収集方法等を考慮し、1日の供給量を10トンとする。10トンの水浮蓮からパルプを生産するまでの物質収支は下記の通りである。

水浮蓮全体（生）	10,000 kg
茎（生）	4,500 kg
茎（乾）	225 kg
機械パルプ（乾）	70 kg

物質収支計算の基礎

- (1) 茎 — 根・葉の比率はNWSRI (National Weed Science Research Institute) の調査結果により45 : 55とした。これはWeed Control & Research Branchの3 : 4 (43 : 57)とも近く、妥当な数字と考えられる。5,500 kgの根・葉は堆肥用にまわす。
- (2) 生 : 新鮮重量で水分95%を含む
乾 : 水分を含まない乾燥重量
- (3) 茎（乾） — 機械パルプ（乾）の比率（歩留り）は文献による。

(National Science Development Board, Technology Journal, Oct - Dec 1978 Dr. J.V. Zerrudo, and Others)

1日当り、水浮蓮10,000 kgから機械パルプ70 kgを生産するテストプラントの規模である。総合歩留りは70/10,000で0.7%である。

テストプラントとして1日当り70キログラムの機械パルプの生産は少ないように思えるか

もしれないが、1日水浮蓮10トンの処理能力はかなりの規模と云える。具体的には水浮蓮の嵩比重は0.3位であるので、採取した状態では30 m^3 の容量であり、これは高さ1メートル、巾3メートル、高さ10メートルの小山である。又自生している水浮蓮の単位面積当りの重量は平均20 kg/m^2 位であるので、10トンの水浮蓮の自生面積は500平方メートルとなる。メナム河支流タチン川に上流より流れてくる水浮蓮の6畳じき位のかたまりを1日50ヶ引きあげることになり、公害除去という観点からするとかなりの貢献である。

次にこの試験事業を行行のテストプラントの主要機器名およびその各々の作業内容をフローシートにより示す。

水 浮 蓮



ウ イ ン チ

水浮蓮を河川より引き上げる



ブ レ ス ロ ー ル

破 砕



ワ ラ カ ッ タ ー

根葉の除去および茎を3 cm ~5 cm に切断する。除去した根・葉は堆肥用にまわす。



ハ イ ド ラ パ ル パ ー

茎に入っている繊維分の解離



フ ラ ッ ト ス ク リ ー ン

未解離物の除去



デ ッ カ ー

脱 水



バ ル ブ 天 日 乾 燥

今回目的とする生産品

尚テストプラントサイトの候補地としては、バンコク市西方50 km のナコンチャイン村におけるメナムタチン河の右岸が好適で、現地調査をしたが、川にそって35メートル×奥行き15メートルの空地がある。周辺の灌木を切り開くと40メートル×30メートル=1,200平方メートルの用地が利用出来そうなのが判明した。水浮蓮原料ヤードを含め、1,200平方メートルの土地があれば、テストプラントの操業には充分であり、河岸の為水浮蓮原料のテストプラントへの搬入、引き上げにも便利であり、好都合な候補地と判断される。

6-3 試験項目

水浮蓮はその繊維細胞の物理性、および混在する柔軟組織（繊維細胞でないもの）が前項フローシートの各工程において、連続的運転された場合、どのように作用するかは不明である。各工程に於けるその作用を見極め企業化に対する機器仕様の決定および動力消費量の算定を行う必要がある。

又生産したパルプの品質試験については、試験機器を準備することは不経済であるので、専門的な研究機関例えばTISTRに依頼する必要がある。水浮蓮パルプ単独ならびにタイ国産ワラパルプ、バガスパルプ、ケナフパルプ、輸入木材パルプとの混合による試験抄紙を行い、企業化に際しての生産品種を決定する必要がある。

6-4 許認可関係、ユーティリティーの状況

(1) 許認可関係

水浮蓮の繁茂、都市河川水域への流入は基本的に市当局が頭を痛めている公害問題であること、水浮蓮を原料としてパルプを製造するというプロセスが工業的に確立されていないということにより、タイ国政府は本邦企業あるいは合併企業による本試験的事業の推進には極めて好意的である。

(i) 投資委員会 (Office of the Board of Investment)

外国よりタイ国内への投資に関して一本化された窓口機関で、首相直属の総理府に所属している。この投資委員会の最高幹部である副総裁も本案件が開発事業であることにつき適確な現状認識を持っている。

本事業が開発案件であるということから、事業着手に関する政府許認可は速やかに取得可能であり、むしろ積極的な支援が期待出来る。具体的には下記の様な優遇措置が与えられる。

(a) 中古機械の輸入税免除

通常、私企業が中古機械を輸入する場合、関税当局は独自に輸入機械の査定を行い、その査定された金額に所定の料率を適用して輸入税を徴収するが、開発事業という性格に照らして、もし日本政府当局（例えば事業団）が当該中古機械が充分所定の能力を出し、稼働できるものであることを証明すれば輸入税免除となる。

(b) 減価償却率

減価償却は5年。毎年初期投資額の20%ずつ減価償却される。

(c) 累積損金の繰越

タイ国税法では法人の所得について、過去5ヶ年間の累積損金の控除が認められている。従って、本事業で損金が出れば向う5ヶ年間累積繰越ができる。さらに特典があり、投資委員会によって奨励されるものと認可された企業に対しては5ヶ年を超える累積赤字の所得控除が認められる。

(d) 紙・パルプ製造に必要な薬品、化学品は通常CIF価格の15~20%の関税が課せられるが、操業1年以内の免除は可能である。

(ii) バンコク首都圏当局 (Bangkok Metropolitan Authority)

どこの国も、首都はその国の顔であり、全ての活動の中心である。新興工業国に仲間入りしようとして、市内には高層建物が、多く建てられている首都バンコクが、毎年では

なくとも定期的に雨期には一部道路が冠水し、交通に支障をきたしていることは行政当局としては頭の痛いことである。その一因が水浮蓮の上流よりの流入および市内水系での繁殖によっているので、その原因除去への事業の許認可には積極的支援を市長はじめ行政の責任者は表明している。

事業推進の許認可申請を書面で速やかに提出すれば、市当局としては積極的に種々な方法を検討し、開発事業としての助成を充分考慮する旨の発言もあり、期待できる。

具体的助成案は、書類申請と平行して協議されることになるが、考えられるものとして

- (a) 土地取得に対する何らかの助成
- (b) 水浮蓮のテストプラントへの供給に対する重量当りの助成金等がある。

(iii) 開発事業推進母体

本開発事業の当事者である本邦企業の有宏化学工業㈱とタイ国にて合弁で事業を推進するパツフィック アンド オリエント社の小谷社長はタイ国滞在40数年でタイ国の事情に精通していることから実務の強力なパートナーと思われる。

(2) ユーティリティーの状況

(i) 電力

バンコク市およびその周辺の電力供給状況は近年順調に整備されている。電力供給をまかなっているタイ発電公社(EGAT)の発電設備も1985年末には6,460,000 kWと前年より10.3%増加している。又送配電網も首都圏は230 kVの送電線が基幹となり、東北部に散在する水力発電所とも115 kVで結ばれるようになった。各変電所ではこれを33 kV, 22 kV, 11 kV, 3.5 kVに降圧し、動力用には380 V, 家庭用には220 Vで供給している。周波数は50ヘルツである。

調査団の現地滞在中には停電は皆無であった。在留邦人の話でも、近年電力の供給には不安はないという由である。

電力単価は 1.85 バーツ / kWh

(ii) ボイラ用重油価格は 2.6 バーツ / l

(iii) 工業用水は 0.7 バーツ / m³

テストプラント用にはメナムタチン川よりのポンプ取水が適当であり、他の製紙会社なども、川より取水している。本開発事業に必要な用水は1日約50 m³と少量であるので、工業用水取水に支障はない。

(iv) 排水

化学パルプを生産している大型製紙工場でも、日本の製紙会社のような排水設備は設置しておらず、暗褐色のブラックリッカーですら、貯水池でセトリングだけを行い、放流している現状である。

5-2 試験的事業内容の項で述べたごとく、本開発事業用パルプ化プロセスには機械パ

ルブ法の採用を考えるべきである。機械パルプ法により排出される廃水には化学薬品は含まれず、全て本来水浮蓮に天然に存在する物質のみである。従ってそのまま、メナムタチン川に放流しても特に公害問題とはならない。

(V) 労働力、賃金等

過去25年間の比較的安定した政治、経済状態に裏付けられ、タイの労働力はアセアン諸国の中でもかなり高い位置に置かれている。タイの労働者は比較的単純な反復作業に対しても倦むことなく忍耐強く働くと言われている。良い工場管理者を得た場合には、その人の指導力に従って、統一のとれた勤勉な態度で作業に従事する。最近、農業分野から工業分野に労働力が移行しているが、その推移も比較的円滑に行なわれており、タイ労働者の適応力が高いことを示している。

タイ国の各職種 of 賃金と東京の同じクラスの賃金の比較は下記の通りである。

賃 金 比 較

地域 職 種	東 京	バンコク	シンガポール	ロサンゼルス
自動車整備工	100	18.0	38.5	206.4
建設労働者	100	7.1	34.3	204.0
電気技師	100	30.6	56.5	137.6
秘 書	100	12.5	34.4	80.5
繊維労働者	100	10.9	29.3	104.3
女性販売員	100	13.0	28.3	170.7
中間管理者	100	33.0	41.5	98.3
熟練労働者	100	11.6	44.2	189.5

出所 Union Bank of Switzerland, 1985

タイの労働法によれば、バンコク首都圏の非熟練労働者の最低賃金は1987年4月1日より1日当たり73バーツと規定されている。時間外手当は平日の場合、通常賃金の1.5倍であり、休日出勤の場合は平日時間内賃金の3倍となっている。労働時間は週当たり48時間で、年間労働日数は300日までとなっている。

タイの業種別、ポスト別の平均賃金は下記の通りである。

タイの業種別ポスト別平均賃金

(単位：パーツ)

業種 ポスト	銜 詰 め	エレクトロニクス	玩 具	インスタント食品
マネージャー	—	15,600~26,000	6,000~30,000	26,000
工場長	35,000	—	10,000~30,000	7,000
経 理 士	11,000	—	3,000~10,000	4,500
エンジニア	15,000	6,000~20,000	4,000~10,000	11,000
技術専門家	—	4,000~10,000	2,000~ 6,000	4,500
熟練労働者	—	1,800~ 3,000	3,000	3,000
非熟練労働者	90	70	40~100	90

(注) 非熟練労働者のみは日給、その他は月給。 出所：投資委員会
通貨換算率(現地調査時)
1 USドル= 24.35 パーツ
1 パーツ= 6 円

・工業用地

工業用地としては工業団地が6ヶ所あり、そのうち政府が管理する工業団地は4ヶ所ある。政府が開発している工業団地は大規模団地であり、今後増加すると期待している外国よりの大規模投資に充分対応出来るものである。シャム湾からの天然ガス関連の重化学工業団地として東部臨海工業団地を開発している。このようにタイ国は現在工業誘致に積極的であり、大小を問わず進出企業の為の用地確保には便宜を与えている。

各地域での土地購入価格は下記の通りである。

各地域工業団地の土地価格

(単位：パーツ/ライ)

各 地 域 用 地	土 地 購 入 価 格
首都圏内	520,000 ~ 700,000
北部(ランブン県, ナエンマイ)	200,000 ~ 300,000
マブット(ラヨン県)	300,000 ~ 400,000
レムチャバン(チョンブリ県)	600,000
工業団地外	
—バンコク市内(大通りに面する)	1,200,000 ~ 40,000,000
—バンコク市内(大通りに面しない)	20,000 ~ 4,000,000

(注) 1ライ=1,600m²

6-5 テストプラントの基本仕様

6-2 事業規模（テストプラントの規模）の項で述べた如く、水浮蓮の根・葉を除いた物質収支は下記の通りである。

水浮蓮全体（生）	10,000 kg
茎（生）	4,500 kg
茎（乾）	225 kg
機械パルプ（乾）	70 kg

これに基づき各機器の基本仕様を計算する。1日の稼働時間は8時間とする。

(1) プレスロール

鋳鉄グループ付2段ロール

$$300\phi \times 500\ell \quad 0.75 \text{ kW} \times 2 \text{ 台}$$

(2) フラカッター（手動）

水浮蓮の1本の重量を平均700gとすれば、10,000kgは14,300本となる。

$$14,300 \text{ 本} \times \frac{1}{8 \text{ 時間}} \times \frac{1}{60 \text{ 分}} = 29.8 \text{ 本}$$

作業員8人として 4本/人・分

フラカッター 8台

（手動フラカッター8台で4本/人・分の割合で作業すると、14,300本は7.5時間で処理できる。）

(3) コンベアー

ハイドラパルパーの運転を1日6回とすれば、1回の仕込量は

$$\frac{4,500}{6} \text{ kg/回} = 750 \text{ kg/回}$$

1回の仕込時間を10分として

$$750 \text{ kg} \times \frac{1}{10 \text{ 分}} = 75 \text{ kg/分} (= 0.4 \text{ m}^3/\text{分})$$

動力 0.4 kW

(4) ハイドラパルパー或いはディスクリアイナー

$$\text{濃度 } 3\% \text{ として容積は } \frac{225 \text{ kg}}{0.03} = 7,500 \ell$$

1回の操作内容

仕込	10分	} 計80分
運転	1時間	
排出	10分	

$$1 \text{ 日の処理回数は } \frac{8 \text{ (時間/日)} \times 60 \text{ (分/時)}}{80 \text{ 分}} = 6 \text{ 回}$$

$$1 \text{ 回の処理量は } \frac{7,500 \text{ l}}{6 \text{ 回}} = 1,250 \text{ l}$$

ハイドラパルパーの仕様は $1.5 \text{ m}^3 \times 2.2 \text{ kW}$ のものを1台とする。

$$\text{希釈水量 } 7,500 \text{ l} - (4,500 \text{ l} - 225 \text{ l}) = 3,225 \text{ l}$$

1日6回処理し、1回の仕込時間は10分と設定しているので、

$$3,225 \text{ l} \times \frac{1}{6} \times \frac{1}{10 \text{ 分}} = 54 \text{ リッター/分}$$

(5) 中間槽

1回のハイドラパルパーの操作で 1.25 m^3 の解穢溶液が出てくるが、これを一時的にためておく中間槽

鉄筋コンクリート、地下設置

容量 5 m^3 、攪拌機 0.4 kW

(6) バルブポンプ

$$7,500 \text{ l} \times \frac{1}{6 \text{ (時間)}} \times \frac{1}{60 \text{ 分}} = 21 \text{ l/分}$$

動力 0.4 kW

(7) フラットスクリーン

$$\text{標準値} \left\{ \begin{array}{l} \text{m}^2 \text{ 当り } 2 \text{ t} / 24 \text{ 時間} = 83 \text{ kg/時} \\ \text{濃度 } 0.2 \sim 0.5 \text{ \%} \\ \text{電力 } 6 \text{ kWh/t} \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{濃度 } 0.4 \text{ \%} \\ \text{運転 } 6 \text{ 時間/日} \\ \text{面積 } 0.5 \text{ m}^2 \end{array} \right\} \text{ とすると}$$

$$83 \text{ kg/時} \cdot \text{m}^2 \times 0.5 \text{ m}^2 \times 6 \text{ 時間} = 249 \text{ kg/日}$$

この数字は本プロジェクトに必要な 225 kg/日 より大きい為、十分の容量と云える。動力 0.4 kW

希釈水量

フラットスクリーンの濃度を 0.4 \% とすれば、

$$\frac{225 \text{ kg}}{0.004} = 56,250 \text{ kg} \quad \text{水量は } 56,250 \text{ l}$$

ハイドラパルパーより $7,500 \text{ l}$ が流入するので追加水量は

$$56,250 \text{ l} - 7,500 \text{ l} = 48,750 \text{ l}$$

運転時間1日6時間としてあるので、

$$48,750 \text{ l} \times \frac{1}{6 \text{ 時間}} \times \frac{1}{60 \text{ 分}} = 135 \text{ l/分} \quad \text{となる。}$$

(8) デッカー

標準値	}	m^2 当り	7.7 kg/h
		入口濃度	0.4%
		出口濃度	6%

濃度 0.4% }
 運転 1時間/日 } とすると、
 面積 $1 m^2$ }

$$7.7 \text{ kg/時} \cdot m^2 \times 1 m^2 \times 1 \text{ 時間/日} = 7.7 \text{ kg/日}$$

デッカーの直径 $0.6 m \phi$ × 面長 $1 m = 1.1 m^2$

必要動力は 0.75 kW

(9) 用水ポンプ

ハイドラパルパー用	54 ㍓/分
フラットスクリーン用	135 ㍓/分
合計	189 ㍓/分

仕様としては $200 \text{ ㍓/分} \times 0.75 \text{ kW}$ のもの。

(10) その他

建屋，受電盤，操作盤，配線，配管等が必要となる。

本テストプラントの配置図を添付した。

前記仕様および夫々の運転時間より動力費を試算する。

デッカーの運転時間は計算上1時間/日であるが，柔軟組織による網目の目詰りが予想されるので，フラットスクリーンと同様6時間/日とする。尚，電力単価は kWh 当り，1.85 ㍓とす。

プレスロール	$0.75 \text{ kW} \times 2 \text{ 台} \times 6 \text{ 時間} =$	9.0 kWh
コンベア	$0.4 \text{ kW} \times 10 \text{ 分} \times 6 \text{ 回} =$	0.4 "
ハイドラパルパー	$2.2 \text{ kW} \times 8 \text{ 時間} =$	17.6 "
中間槽攪拌機	$0.4 \text{ kW} \times 8 \text{ 時間} =$	3.2 "
パルプポンプ	$0.4 \text{ kW} \times 6 \text{ 時間} =$	2.4 "
フラットスクリーン	$0.4 \text{ kW} \times 6 \text{ 時間} =$	2.4 "
デッカー	$0.75 \text{ kW} \times 6 \text{ 時間} =$	4.5 "
用水ポンプ	$0.75 \text{ kW} \times 8 \text{ 時間} =$	6.0 "
	合計	203.9 kWh

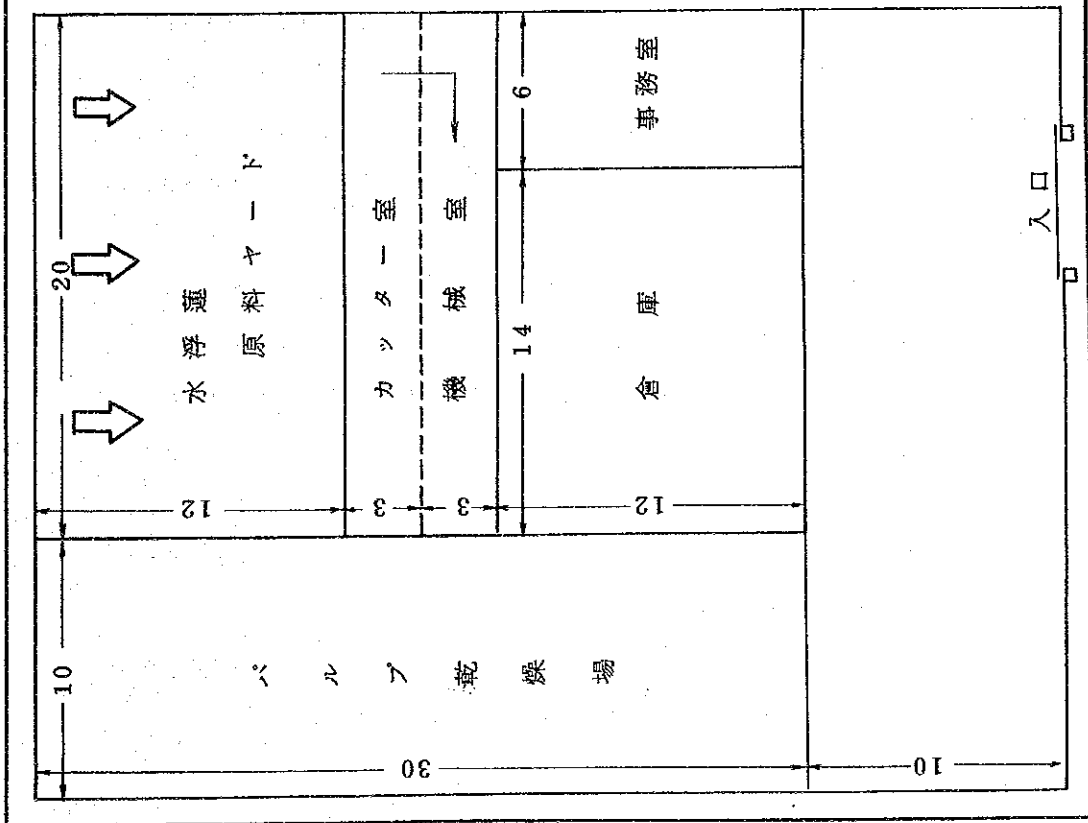
負荷率 0.8 とすると $203.9 \text{ kW} \times 0.8 = 163 \text{ kWh}$

動力費 1日当り $1.85 \text{ ㍓/kWh} \times 163 \text{ kWh} = 302 \text{ ㍓}$

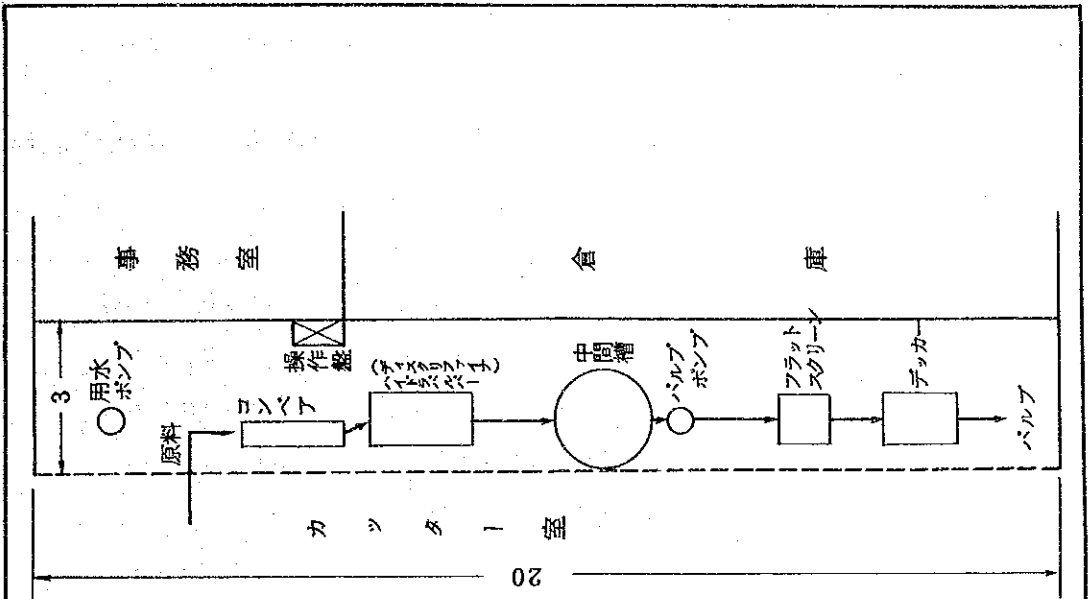
パルプ 1kg 当り $302 \text{ ㍓} \times \frac{1}{70 \text{ kg}} = 4.3 \text{ ㍓}$

テストプラント配置図 (1/200 単位: m)

メナム タ・チン河側



機械室 機器配置図 (1/100 単位: m)



パルプ乾燥場

第 7 章 事業資金計画

7-1 事業資金支出計画

(1) 初期投資額

6-5テストプラントの基本仕様の項にて設定した水浮蓮バルブ化に必要な機器・資材の積算は下記の通りである。

(i) 機械設備費

プレスロール	1,200,000円×2台 =	2,400,000円
ストロウカッター	5,000円×12台 =	60,000
コンペアー	100,000円×1台 =	100,000
ディスク・リファイナー	(大 2,000,000円 小 1,000,000円)	3,000,000
ポンプ	2台	300,000
バルブチェストミキサー	1台	30,000
フラットスクリーン	1台	1,500,000
デッカー	1台	2,000,000
操作盤	1台	300,000
配管・配線	1式	500,000

小 計 10,190,000円

(ii) 梱包(5%)

500,000

(iii) 海上輸送費・保険(12%)

1,250,000

G I F 小 計 11,940,000円

(iv) 土木建築

2,050,000円

(a) 土地整地 10人×20日×75B/日×6円/B = 100,000

(b) 建屋 20m×18m@3,000円/m² = 1,080,000

(c) ヤードコンクリート打ち 540m²@1,500円/m² = 810,000

(d) 中間槽 1.5mφ×2m深 60,000

土 建 小 計 2,050,000円

(v) 国内輸送費

100,000円

トラック2台×50,000円

(vi) 据付費

200,000円

6人×150B/日×35日×6円/B=189,000

(vi) 予備費

(i)~(iii) CIF部分3%	360,000円
(iv)~(v)現地部分10%	235,000円
小計	595,000円

(vii) 土地購入費

$150B/m^2 \times (30m \times 40m) \times 6円/B$	1,080,000円
--	------------

以上をまとめると以下の様になる。

機械設備費	10,190,000円
梱包費	500,000
運賃・保険	1,250,000
土木建築	2,050,000
国内輸送	100,000
据付費	200,000
予備費	595,000
土地購入費	1,080,000
合計	15,965,000円

(2) 年間支出額

本テストプラントを1年間操業するに必要な運転費用、即ち年間製造コストを算出する。

a) 固定費

1. 人件費 4,392,000円

所長	1人	$12,000B/月 \times 12月/年$	=	144,000B
技師	1人	$10,000 \times 12$	=	120,000
オペレーター	4人	$6,000 \times 12$	=	288,000
原料カッター	8人	$75B/日 \times 25日/月 \times 12月$	=	180,000

小計 732,000B

$732,000B \times 6円/B = 4,392,000円$

2. 損害・盗難保険 600,000円

(CIFの5%)

3. 保全 200,000円

(機械設備費の2%)

4. 一般管理費 878,000円

(人件費の20%とする)

5. 減価償却 2,977,000円

(土地代金を除き5ヶ年償却とする。)

6. 土地代金購入用金利 130,000円
 (土地購入費の12%)

小計 9,177,000円

b) 変動費

1. 水浮蓮原料代 1,800,000円

$$100B/T \times 10T/日 \times 25日/月 \times 12月/年 \times 6円/B = 1,800,000$$

2. 動力費(電気代)

$$4.3B/kg\text{-パルプ} \times 70kg/日 \times 25日/月 \times 12月/年 \times 6円/B = 542,000$$

小計 2,342,000円

年間製造費の合計 11,519,000円

7-2 事業収益

(1) 製品パルプ

現地調査で得た各種紙パルプの販売価格は下記の通りである。

(i) 印刷用紙(国産) 25B/kg

(輸入) 45B/kg

(ii) 中芯原紙 6B/kg

(iii) 段ボール古紙 3B/kg

(iv) 輸入パルプ(晒上質)

$$CIF \quad 550\text{ドル/トン} \times 24.5B/\$ = 13,475B/T$$

関税 100% 従って 27B/kg

(v) ケナフパルプ 18B/kg

(vi) ワラパルプ 15B/kg

水浮蓮パルプの値段を以上より類推してキログラム当たり12パーツと設定した。本テストプラントにて製造されるパルプの年間総売上げは：

$$12B/kg \times 70kg/日 \times 25日/月 \times 12月/年 \times 6円/B = 1,512,000円/年$$

(2) 水浮蓮処理費

水浮蓮が首都バンコック市に水公害をもたらす原因と考え、本テストプラントはそれを処理する施設であるので、公害源処理費として市より水浮蓮1トン当たり600パーツの加工処理費で請負うという設定とし、これにより収入は次の様に計上される。

$$10\text{トン/日} \times 600B/\text{トン} \times 25日/月 \times 12月/年 \times 6円/B = 10,800,000円/トン$$

7-3 収支バランス

<支出>

固定費		6,070,000円
内訳	{	
人件費		4,392,000
損害保険料		600,000
保全費		200,000
一般管理費		878,000
変動費		2,342,000円
内訳	{	
原料費		1,800,000
電力費		542,000
償却費		2,977,000円
金利		130,000円
	計	11,519,000円

<収入>

パルプ売上	1,512,000円
水浮蓮処理費	10,800,000円
計	12,312,000円
収支	+793,000円

5年間の実証試験を行うに必要な金額は、59,000,000円である。

- 1) 初年度投資額 16,000,000円
- 2) 5年間の運転費 43,000,000

(8,542,000円×5年=42,710,000)

小計 59,000,000円

水浮蓮パルプが設定した売価で国内製紙工場に引き取られ、水浮蓮処理費と設定した処理費がタイ政府なり、バンコック市より支払われるなら5年間のテストプラント運転による収入は12,312,000円×5年=61,560,000円となり、借入金59,000,000円を全額返済し、256万円の現金と、1,200㎡の土地が残ることになる。土地価格の6年間のエスカレーションを見込まなければ購入時と同額で売却したとして108万円の現金が入り、合計364万円が残ることとなる。

建設期間の1年および5年間の試験的運転・操業による収支バランスを次頁に示す。

投資総額に対するDCF法(Discounted Cash Flow Method)により計算した内部収益率は1.47%である。財務的には推奨に値するプロジェクトではないが、タイ王国での社会的意義に鑑み、水浮蓮処理費が計上した単位価格程度支給されるなら、推進されるべきプロジェクトと考える。

水浮蓮有効利用試験の事業収支バランス

(単位：円)

	1	2	3	4	5	合計
年						
一収入一						
借入金	59,000,000	0	0	0	0	59,000,000
ハルブ売上	0	1,512,000	1,512,000	1,512,000	1,512,000	7,560,000
水浮蓮処理費	0	10,800,000	10,800,000	10,800,000	10,800,000	54,000,000
(収入合計)	59,000,000	12,312,000	12,312,000	12,312,000	12,312,000	120,560,000
一支出一						
<投資>						
機械設備	14,665,000	0	0	0	0	14,665,000
据付	220,000	0	0	0	0	220,000
土地購入	1,080,000	0	0	0	0	1,080,000
(合計)	15,965,000	0	0	0	0	15,965,000
<費用>						
固定費						
-人件費	0	6,070,000	6,070,000	6,070,000	6,070,000	30,350,000
-管理費	0	4,392,000	4,392,000	4,392,000	4,392,000	21,960,000
-保全	0	878,000	878,000	878,000	878,000	4,390,000
-保険	0	200,000	200,000	200,000	200,000	1,000,000
-	0	600,000	600,000	600,000	600,000	3,000,000
変動費						
-原料費	0	2,342,000	2,342,000	2,342,000	2,342,000	11,710,000
-動力費	0	1,800,000	1,800,000	1,800,000	1,800,000	9,000,000
-	0	542,000	542,000	542,000	542,000	2,710,000
借入金金利	0	564,400	564,400	564,400	564,400	2,822,000
-土地購入費用	0	130,000	130,000	130,000	130,000	650,000
-その他借入金	0	434,400	434,400	434,400	434,400	2,172,000
(合計)	0	8,976,400	8,976,400	8,976,400	8,976,400	44,882,000
(支出合計)	15,965,000	8,976,400	8,976,400	8,976,400	8,976,400	60,847,000
一収益一						
一借入金返済一	43,035,000	3,335,600	3,335,600	3,335,600	3,335,600	59,713,000
一累積剰余金一	0	0	0	0	59,000,000	59,000,000
一累剰剰余金一	43,035,000	46,370,600	49,706,200	53,041,800	56,377,400	713,000
キャパシティー(R01)	-15,965,000	3,335,600	3,335,600	3,335,600	3,335,600	3,335,600
						R01(%)= 1.47

第8章 本事業による開発協力効果

バンコック市及び近郊、ナコンサワン市等において水浮蓮の分布状況等の現場視察を行ったところ、水浮蓮は、乾季のため、メナム河には大量に浮遊して船の航行の障害となるほどの状況ではなかったが、一部メナム河支流では、大量に浮遊していた。またバンコック近郊の運河及び湖沼等は、乾季で水位が下がっているため、水浮蓮は、浮遊することなく一面に密集繁茂して、これを除去しないと、物資の運搬に必要な船の往来及び水辺部落の生活用水の確保をも難しくしている所もみられた。

調査団は、水浮蓮による問題及びその対策等について関係機関等よりヒヤリング調査を行ったが、タイ政府機関及びバンコック市当局等の説明によっても、水浮蓮は雨期・乾季関係なく問題はあがるが、特に雨期に深刻な問題を引き起している。雨期には、大量の水浮蓮が、メナム河支流、ダム、運河及び湖沼等からメナム河に流れ込み、船のスクリーンに巻き付くなど往来する船舶の障害となり、また増水時等には、浮遊している水浮蓮が水を汲み上げるポンプにつまり水量の調整ができなくなるなどバンコック市の洪水の一因にもなっている。

かかる状況から、現在、タイでは、水浮蓮対策に積極的に取り組んでおり、効率的な除去及び有効利用の両面から研究を続けている。水浮蓮の効率的な除去については、有効な機械力の導入、植物学上からの研究等を行い、また有効利用についても、飼料、肥料、パルプ、民芸品（籠等）等を対象に研究を続けている。これまでのところ決定的な解決策は見つからず、水浮蓮は、一部機械力を導入しているが主に人海戦術により除去されまた有効利用としては、一部地方において自家用養豚用の飼料としているにすぎない。

水浮蓮は、鑑賞植物としてインドネシアから持ち込まれたといわれているが、繁殖に最適であること等から殖え続け、現在ではほとんど全土に繁茂してしまった。水浮蓮は、今後とも殖え続けることが予想され、これを定期的に除去するなどの対策を強化しないと、バンコック市近郊はもとよりタイ全土の運河及び水路等がこれまで以上に密集して重要な運搬路として利用できなくなる恐れがある。タイにとって、全土に大量に繁茂している水浮蓮の効率的な除去は、ますます必要になり、このための財政的負担等も増えていくことになる。

除去された水浮蓮は、有効利用方法が見つからないため、現在土手などに放置されたままになっているが、もしこの廃棄されている水浮蓮が有効利用されることになれば、積極的に活用されることが結果的に除去することにもつながり、除去のための財政的負担等が軽減できるとともに、水浮蓮の有効利用がタイの経済・社会等にも貢献することになる。

本邦企業により計画されている本事業は、水浮蓮の効率的な除去方法から有効利用方法までを研究開発しながら、事業化に向けて試験的に実施するものであり、タイにおける水浮蓮の研究開発にも協力することになる、いわば水浮蓮についての総合的な研究開発の一環としての試験的事業といえる。この事業が、所期の目的を達成して、これまで往来の障害となりまた洪水の一因ともなっていた水浮蓮が、商業ベースで有効利用されることになれば、本事業は、効率的な除去だ

けでなく、雇用創出及び地域住民の現金収入の道をも開くことになり、タイの経済開発に多大な貢献をすることになる。

水浮蓮の対策に苦慮しているタイ政府機関等は、この事業の成果に大いに期待し、この事業に対して可能な限りの協力をすると態度を表明している。本事業が実施され、所期の目的が達成されることになれば、長年の懸案である水浮蓮の有効な対策が可能となり、本邦企業による民間ベースの経済協力として日・タイ友好関係の維持・強化にも貢献することになる。

APPENDIX

<現地調査面談記録>

A-1~A-7

<現地調査面談先>

B-1~B-4

現地調査面談記録

日時 : 昭和62年3月5日

面談者 : Bang Pa In Paper Mill

Mr. Sutin Sujin, Director

1) Straw より Printing Paper を製造している。

1987年は原料 straw 27,000 ton を使用し, 輸入パルプ20%入れて, 12,700 ton の紙を生産する。

2) 原料費 Moisture Contest 14%のもので

1 ton 417~430 Bahts

製品の紙の値段は21,000 Barts/TON (Integrated Mill の為, Pulp としては販売しない。)

輸入パルプ 上晒パルプ CIF \$550/TON

輸入税は100%である。

3) 副材料, 用役コスト

i) Sodium Sulfite Na_2SO_3 CIF \$172/TON

ii) 電力費 1.85 Barts/kWH (11.1円/kWH)

電力原単位 1,485kWH/TON Paper

or 2,747 Barts/TON Paper (≒16,482円/TON紙)

iii) Boiler 用重油 2.60 Barts/liter (=15.6円/liter)

重油原単位 694 liter/TON Paper

or 1,804 Barts/TON Paper (=10,824円/T紙)

iv) 用水 : メナム河より取水し, Cl_2 処理して使用している。

排水 : Black liquor は貯水池を作り, そこで Settling, 自然日光をあてて放流している。従って乾期で水量が少なく, 紙の生産が多い時は, 頭が痛い。

用水使用量 7,970,000 m^3 /年

(or 660 m^3 /TON 製紙)

v) 原料の米ワラは毎年1月に値段交渉を一括行う。

工場より	20 Km まで	378	Barts/TONワラ
	20 Km~50 Km まで	388	"
	50 Km~100 Km まで	420	"
	100 Km 以上	454	"

原料輸送

全てトラック輸送によって行っている。

船輸送の問題点

- a) 乾期には舟を川岸に寄せられない。
- b) 船を満載までするのに時間がかかり、同じように荷おろし時に時間がかかる。回転が悪い。

vi) 金利 : 借入金の金利は11.5% p.a で民間企業が借り入れる金利と同じである。
10年前に10T/Dの製紙工場が破産した。政府は従業員の共産党化を恐れ、Ban Pa-In 工場に300人全員を引き取るよう要請し、政府は財政支援はしなかった。

vii) 人件費

月平均 5,250 Barts
Engineer 12,000 Barts / 月
(工業高校卒 5年以上の経験者)

製造コストの内訳 (年間)

1. 人件費	34,900,000 Barts
2. 原料費	46,970,000 "
3. 生産補助材(タルカム, 接着材)	12,670,000 "
4. 化学品	30,470,000 "
5. 重油代金	31,890,000 "
6. 電気代金	28,470,000 "
7. 機械補修	5,920,000 "
8. 管理費	17,000,000 "

Total 208,290,000 Barts

売上高 $21,000 \text{ Barts} / \text{T} \times 12,700 \text{ T} / \text{y}$
 $= 266,700,000 \text{ Barts}$

電気 : 220V 50 cps (一般用)

日時 : 昭和62年3月6日

面談者 : 投資委員会 (Board of Investment)

Ms. Vanee 副総裁

1. 水浮蓮(タイ語バクトウ 水草)の処理は国全体が困っている問題で、それを原料にして紙を作る Project は Promoting Project (開発案件)である為、種々の優遇措置が与えられる。

- i) 中古機械の輸入税免除
もし日本当局 (J I O A) で当該中古機械が充分稼働できるものであることを証明すれば、
experimental project と云うことで免税となる。
 - ii) Depreciation は 5 年 毎年 20 % 均等
 - iii) Corporate Tax の 5 年間 Tax Loss Carry forward は認められる。
 - iv) 紙・パルプ製造に必要な chemical は通常 O I F の 15 ~ 20 % の Tax がかかるが、
1 年以内の免税はとれるが、Project 用にはあまり期待しないほうが良い。
2. Project site は Outside of Bangkok が良い。
 - i) アユタヤ (バンコク北方 70 Km) 周辺では Bangkok の労賃の 75 % 位で調達可能
Bangkok の最低賃金は 73 Barts / 日
 - ii) ナコンサヤン地域は 65 Barts / 日位。
 3. Project への Subsidy は not-workable であり、考えられない。
 4. Project を feasible にする為に、Existing Pulp & Paper Company と組んで進めるべきと思う。
 - i) タイの製紙会社は cost を良く知っている。
 - ii) 原料、製品の種類と多様性があり、less risky である。(危険度を下げることが可能)
 - iii) 公的な技術研究所が Process を確立し、それを私企業に移管すべきである。
 5. タイ政府 B O I は J I C A が本 Survey team を送って来たことを感謝している。
J I C A は政府機関と話し合いをすべきと思う。
 - i) J I C A が水浮蓮利用製紙プロジェクトを如何に助けるのか。
 - ii) どのような機械、人材を送ろうとしているのか。
 - iii) J I C A がどのように本事業を推進していくのか。
 6. 日本の私企業がタイ政府と協力する時は、どういう面で関係するのか全て知る必要がある。
 7. 政府は国内パルプ会社保護の為、輸入パルプの関税を上げるよう考えている。
パルプ、製紙プロジェクトは国として、強化すべき分野であり、長期的に見て、本プロジェクトが成功するよう希望している。

日 時 : 昭和 62 年 3 月 6 日

面談者 : バンコク市庁

Bangkok Metropolitan Administration

: Lt. Hansa 副市長

Mr. Charlie 管理局長他

1. 水浮蓮は洪水時にポンプをつまらせる。
 - ・船のスクリューにからみつく。
 - ・ボートレースの時に水浮蓮が現われるとレースが中止となる。
 - ・他の市町村とつながっているのでバンコク市だけで退治出来ない。
 - ・利用方は茎で帽子やカバンを編む程度である。
2. 市に存在する水浮蓮は2つある。1つは北方(上流)より流れてくるものともう1つは市内の川、運河、池に生息しているもので種類は同じものと思う。

これら水浮蓮を除去することを考えているが、利用はしていない。
3. 市は水浮蓮を引揚げる機械、水の中で潤す方法を研究した。
4. 動物飼料として、乾燥した水浮蓮を購入すると掲示したが、市民は興味を示さなかった。

当初、乾燥水浮蓮1トン1,800パーツと掲示して、除々に上げ3,000パーツ/トンまでにしたが、市民はだれも集めなかった。取ったばかりの水浮蓮は重い、乾いたら少なくなってしまう為である。

(ちなみに水分95%であるので、正味1トンの水浮蓮は取りたて20トンとなる。天日乾燥はかなり水分を含んでいるが、それでも取りたて10トン位で乾燥1トンの水浮蓮となる。))
5. もしどこかの会社が企業化を申し込んで来たら、市は種々の方法を検討して、プロジェクトを助成して行きたい。早速、市当局に書類で提出してほしい。
6. 市の水路除草部は人と機械を総動員として、水浮蓮を除去している。
7. i) 肥料
 ii) 編物
 iii) 浄水装置への応用

} 等につき、農林省で研究するよう指示が出されている。

以前、農業大学の教授が製紙への応用の研究を行ったことがある。

日時 : 昭和62年3月11日

面談者 : タイ工業開発銀行 ソンマイ会長

(I F C T : Industrial Finance Corporation of Thailand)

1. J I C A 調査団を歓迎する。水浮蓮を原料とする製紙には大変関心を持っている。

水浮蓮は川、池では邪魔物であり、これが原料として有効利用されるのには工業開発銀行会長として大賛成である。
2. ゴミ処理利用として Subsidy の可能性はある。

I F C T としても調査の結果を注目して行きたい。

3. 水浮蓮から作った紙は良い紙という印象をもっている。これにケナフ、コウゾのパルプを加え、特殊紙ができると思っている。
4. JICA 報告書が出来次第、IFOT に送付してほしいとの依頼があったが、これには団長より本調査の要請主である有宏化学由良社長経由入手するよう説明した。

日 時 : 昭和62年3月12日

面談者 : Mrs. Naiyana, Director, Fiber and Textile
 Chemical Laboratory, Chemical Industry Department
 TISTR (Thailand Institute of Science and Technological
 Research)
 Mr. Thiti, Chemical Engineer

- 1) 1973年にUNIDO派遣のDr. Chewの指導のもと、実験的に紙を作った。
 水浮蓮は95% H₂O, 5%がWaxとFiberであり、製紙原料としては良いものではない。
- 2) 除去を主目的として、廃物利用なら面白いものと考えられる。
- 3) Dry Baseの水浮蓮10kgに、Kenaf 200gをSodium Hydro Oxide (8~10%)
 50時間SoakingしてFiberを取り出した。
- 4) TISTRは企業と契約で協同プロジェクトを行っている。
- 5) 10年前の実験装置を実験室にて見学した。

日 時 : 昭和62年3月12日

面談者 : 野田健児博士, 仁部研究員 (JICA派遣)
 National Weed Science Research Institute
 Botany and Weed Science Division,
 Department of Agriculture

- 1) カセサート大学で肥料, 飼料, 炭の原料として研究している。
- 2) 全国にひろがって存在しており, 全体では大量であるが, 工業化, 企業化には足りないとい
 う意見もある。
- 3) 繊維が弱い。堆肥にするのが最良と思う。
- 4) 水分95%の為, 運搬が大変である。
- 5) 1ライ (1600 m²) 当り年24 TON成長する。
 $24,000 \text{ kg} \div 1,600 \text{ m}^2 = 15 \text{ kg/m}^2\text{-年}$
 又1年 ha 当り 110 ton \rightarrow 11 kg/m²-年

6) 個体の比率	葉	1.60 kg/m ²
	茎	10.0 kg/m ²
	根	6.33 kg/m ²
		<hr/>
		17.93 kg/m ²

取りたて約20 kg/m²とほぼ同じ。

日時 : 昭和62年3月13日

面談者 : Dr. David Gee-Clough

Associate Professor of Agriculture Engineering

Division of Agricultural & Food Engineering

Asian Institute of Technology (AIT)

1) 自分は6年間水浮蓮の研究している。タイには4年滞在。

2) タイ王国全土で650万TON取ってすてている。

成長がはやく10日で2倍の面積に増える。栄養分の良い所では6日間で2倍の面積にひろがる。

3) 肥料, 飼料, バイオガス, 製紙, 等, 実験室段階ではよいが, 工業規模では水浮蓮の重量の95%が水分ということで, つまづく。

4) AITでは, 取った水浮蓮を細かくきざみ, それを池に散布し, それを Phytoplankton (植物性プランクトン) がたべ, それを魚が栄養として成長する。

i) 池の水浮蓮をかりとり, きざむ装置を取付けたバージで処理すれば, 95%水分の水浮蓮を運搬する問題は解決する。

ii) これには2つの問題点がある。

1つはきざんだ水浮蓮を大量に散布すると水浮蓮が, 腐敗する際水中の酸素を消費してしまいうので, 魚が生きて行けなくなること。

もう1つは, 水浮蓮には浄化機能がある。即ち, 水中の重金属等公害源を根から吸収し, それを茎, 葉にたまっており, それがプランクトン, 魚へと吸収され, それを人間が食すると体内に入る。

いずれも定量的把握が行われていないので今後, 研究を進める必要がある。

5) 収穫船の設計も行っている。

1メートル巾で0.5 km/Hr の船速で水浮蓮は毎時30TON収穫される。

これを1mmすきまの鉄製ロールで脱水すると一回のローラー通しで20%脱水される。

茎, 葉とも各細胞1つ1つに水が入っているので予想以上に脱水が困難である。

英国の会社が2社刈り取り船の売込みを考えている。

6) AITの実験棟に, 刈り取機, きざみ機(チョッパー), 脱水用ローラーが置いてある所を案内してもらった。

日 時 : 昭和62年3月12日

面談者 : テイエム前バンコク市長(退役海軍少将)

1. 市長職にあった当時、水浮蓮の除去および有効利用を研究した。
具体的には肥料、飼料、等で、経済的に採算にのらなかった。
2. パルプ化、製紙は今まで自分は研究していないので、今回のJICA調査に強い関心を持っている。
3. 水浮蓮10TONより200kg(2%)弱のパルプ繊維が含まれていると聞いている。
4. 製造工程が簡単で、設備コストのかからないパルプ製造までにし、パルプとして製紙会社に販売するのが良いと思う。
田舎の農家で水浮蓮をパルプまで作り、少しでも現金収入の道が開かれれば良いと考えている。

現地調査面談先

MEMBERS OF MEETING

DATE : 5/3/87

PLACE : Weed Control & Research Br., Royal Irrigation Department

<u>Name</u>	<u>Title</u>
1. Ms. Saowanee Thamasara	Head
2. Mr. Manop Siriworakul	staff
3. Mrs. Nualnoi Songsasen	staff

MEMBERS OF MEETING

DATE : 5/3/87

PLACE : Bang-pa-in Paper Mill Company Limited

<u>Name</u>	<u>Title</u>
1. Mr. Sujinta Chanama	Managing Director

MEMBERS OF MEETING

DATE : 6/3/87

PLACE: BOI (Office of the Board of Investment)

<u>Name</u>	<u>Title</u>
1. Ms. Vanee Lertdumrikarn	Deputy Secretary General
2. Mr. Chaiyot Suntivong	Investment Promotion Officer
3. Ms. Chaba Praritsanti	"

MEMBERS OF MEETING

DATE : 13/3/87

PLACE : Asian Institute of Technology (AIT)

<u>Name</u>	<u>Title</u>
1. Dr. David Gee-Clough	Associate Professor of Agricultural Engineering, Division of Agricultural & Food Engineering

MEMBERS OF MEETING

DATE : 6/3/87

PLACE: Bangkok Metropolitan Administration

<u>Name</u>	<u>Title</u>
1. Lt. Hansa Kaewbundit	Deputy Governor
2. Mr. Charlie Sinthunava	Director of Local Administration and Registration Div.
3. Mr. Suchai A.Kura	Economist
4. Mr. Somchati Subpitak	Agronomist
5. Mr. Jamnongsak Jarujaree	
6. Ms. Suthimol Thungtaworn	Department of Drainage and Sewerage
7. Mr. Apinan Jamchaiyakul	"
8. Mr. Anuchit Sodesatit	"

MEMBERS OF MEETING

DATE : 12/3/87

PLACE : Imperial Hotel

<u>Name</u>	<u>Title</u>
1. Adm. Tiem Mokaranon	Admiral(retired Royal Thai Navy)
2. Mr. Mana Noppom	Deputy Director, Dept. of Water Discharge, Bangkok Metropolitan Administration
3. Mr. Chuwong Piyakun	Managing Director, The Livestock Trading Cooperation Ltd.
4. Mr. Wara Boonpharod	Director, The Livestock Trading Cooperation Ltd.

MEMBERS OF MEETING

DATE : 12/3/87

PLACE : Thailand Institute of Scientific and Technological
Research (TISTR)

<u>Name</u>	<u>Title</u>
1. Ms. Naiyana Niyomwan	Director
2. Mr. Thiti Chiewchanwit	Engineer

MEMBERS OF MEETING

DATE : 12/3/87

PLACE : Botany and Weed Science Division, Department of Agriculture

<u>Name</u>	<u>Title</u>
1. Dr. Kenji Noda	Project Leader Thai-Japan Weed Science Research Project by JICA
2. Mr. Teruhiko Nibe	Agronomist National Weed Science Research Institute Project by JICA

JICA

LIB