当国には5トン／日能力の手抄き工場があるのみで，生産量は１９７９年で1千トンであった。また，９千トンの紙が同年に輸入されている。

インド，中国などの援助で新プロジェクトが計画段階にあるが，原料資源に問題がある。

4) ビ ル マ

製紙工場３，パルプ工場１でそれぞれ２０千トン，18千トンの生産がある。１９７９年の生産は紙１６千トン，パルプ１３千トンで，紙の輸入量は２５千トンであった。

この国は現地産の竹を原料とする年産約１０千トンのセメント袋製造工場を完成させている。

5) ス リ ラ ン カ

麦わらを原料とするパルプ工場（１０千トン能力）と２５千トン能力の製紙工場がある。１９７９年の生産は紙が２０千トン，パルプが８千トンであり，輸入は紙１７千トン，パルプ８千トンなっている。

現在製紙工場建設の計画はあるが，具体化までにかなり時間がかかりそうである。

4.4 国 内 需 要

4.4.1 新 聞 用 紙

新聞用紙ならびにメカニカルプリント用紙の国内需要は１９７９－８０年度で約14,300トンであり，このうち約７０％が新聞紙と定期刊行物に，残りが教科書用紙に使用されている。

過去１５年間の新聞用紙の国内需要の伸びは５％であるが，この伸び率は独立前の急成長に負うところが多く，独立後はあまり伸びていない。今後，国内需要の伸びは年3.5％と予測され，１９８４－８５年度には17,０００トンの国内需要が見込まれる。

4.4.2 印刷筆記用紙

１９７９年度の国内消費は２４,０００トンで需要は書籍，特に教科書である。教科書はSchool Text Book Boardから発行されている。また参考書，辞典用などにも需要がある。書籍に対する需要は潜在しており，教育普及と学童の増加にともなって，印刷筆記用紙の国内需要は着実に伸びるものと思われる。年間の伸びは４％と予測され，１９８４－８５年度には３０,０００トンになろう。

4.4.3 板 紙

板紙の国内需要は１９７９－８０で約１５,０００トンである。近年板紙の伸びは年１０％と急成長しているが，その需要は輸入に頼っているのが現状である。需要先は医薬品，化粧

品，タバコ，ビスケットなどのカートン用紙工業である。今後の板紙の伸び率は９％と見込まれ，１９８４－８５年度には２３,０００トンの需要が予測される。

Sonali Board Millの操業開始にともない，板紙の輸入量も減ってくるであろうが，その分だけこの工場への原料パルプの供給が必要となってくる。Sonali Board Mill の生産は9,０００トン／年で将来１５,０００トン／年に拡長される計画である。

4.4 袋 用 紙

年間3,５００トンの需要があり，セメント，肥料，砂糖工業などが需要先である。袋用紙の需要は１９８４－８５年には１０,０００トンになろうと見込まれている。

4.5 国 外 需 要

4.5.1 新 聞 用 紙

新聞用紙の輸出市場は非常に明るく，ここ数年年間２０,０００トンを超える輸出実績がある。輸出市場としては近隣諸国のインド，パキスタン，ネパール，ビルマ，スリランカ，マレーシアがある。このなかでもインド，パキスタンが大きな需要国であり，この２ケ国だけでも４０,０００トン程度の需要は今後も続くものと見られる。

ＳＦＹＰによると，ＫＮＭのＢＭＲＥ完了（１９８２－８３）により４８,０００トンの新聞紙が生産できれば，そのうちの３０,０００トンを輸出に向けることになっている。

4.5.2 印刷筆記用紙

１９７９－８０年度の輸出量は4,０００トン強でパキスタン，ネパール，ビルマ，エジプトなどに輸出されている。輸出相手国は１人当りの消費量が小さく，自国生産の少ない国が多いが，人口の増加，教育，文化の向上にともない印刷筆記用紙の周辺諸国における需要は今後も着実に伸びよう。ＳＦＹＰでも，１９８４－８５年度にはＫＰＭから２５,０００トンの印刷筆記用紙が輸出されると見ている。

4.5.3. パ ル プ

近隣諸国でパルプを輸入している国はインド，タイ，パキスタン，スリランカでその量は間１５万トン程度である。パルプを輸入する国は，その国にパルプ資源がないとか，パルプ生産能力の不足している国であるが，近隣諸国の中で，パルプ資源の豊富な国はインドネシア，マレーシアといった国々であり，その他は資源に恵まれていない。

4.6 生産，販売計画

前項で記載したように，バングラデシュ国には国営紙パルプ工場（ＢＣＩＣの４工場）と民間の板紙工場がある。ＢＣＩＣのＫＮＭは新聞用紙とメカニカルプリント用紙を，ＫＰＭとＮＢＰＭは印刷筆記用紙を製造する製紙工場であり，ＳＰＰＭはパルプ工場である。ＢＣＩＣの４工場に対して

ＢＭＲが適用され，増産計画が推進されており，５年後には現有の設備能力の線まで紙パルプの生産を上げることがＳＦＹＰにおける目標となっている。ＳＦＹＰにおける目標生産高は新聞用紙及びメカニカルプリントが４８,０００トン，一般用紙が４５,０００トン，パルプが３０,０００トンである。ＢＣＩＣは１９８０年からのＳＦＹＰのスタートに先立ち，紙パルプ産業予測と計画算定を行い紙パルプの需要供給プログラムを立てた。ＳＦＹＰ期間，すなわち１９８０－８１年度から１９８４－８５年度までの５ケ年間における紙パルプの供給，需要，輸出の予測をTable ４－７に示す。

この表での新聞用紙と紙の供給，すなわち生産量は前記ＳＦＹＰの目標値より高くなっているが，既存工場の設備能力からみて，新聞用紙は４８,０００トン，印刷筆記用紙などの紙は４５,０００トン程度どまりであろう。これは，ＢＭＲが現有設備の設備能力まで生産を上げるために主眼が置かれたものであって，現状の低い稼動率アップを狙ったものであるからである。

4.6.1　ＢＣＩＣの販売・生産計画案

ＢＣＩＣはFig. ４－１に示すような各工場の製品，生産，原料，販売（輸出，国内）計画を作成している。本図は将来（５年後）のバングラデシュ国における紙パルプ工業の青写真であり，本プロジェクトの完成設立を想定して作られたものである。この図はＳＦＹＰの目標をベースにする一方，ＳＦＹＰの一貫であるＢＭＲが達成されたものとして組まれたものであろう。

本図の中で印刷筆記用紙の輸出ならびに国内向の数値をそれぞれ１５,０００トンと３０,０００トンに変更すべきであろう。これまでに見てきた市場，需要予測から，またＳＦＹＰの目標値から判断して印刷筆記用紙の国内需要は教育・文化の発展にともなう堅実な伸長があるにしてもせいぜい３０,０００トンどまりであろうが，輸出の伸びは期待できよう。

また，新聞用紙の生産量はＫＮＭの設備能力である４８,０００トン（輸出３１,０００トン，内需１７,０００トン）に控えた方が現実的であろう。袋用紙（Sack Kraft Paper）は，ＫＰＭの現有設備により抄造するものと考えられる。従って，印刷筆記用紙と袋用紙を合わせて，ＫＰＭの現設備能力である３０,０００トンの抄造計画と解釈する。

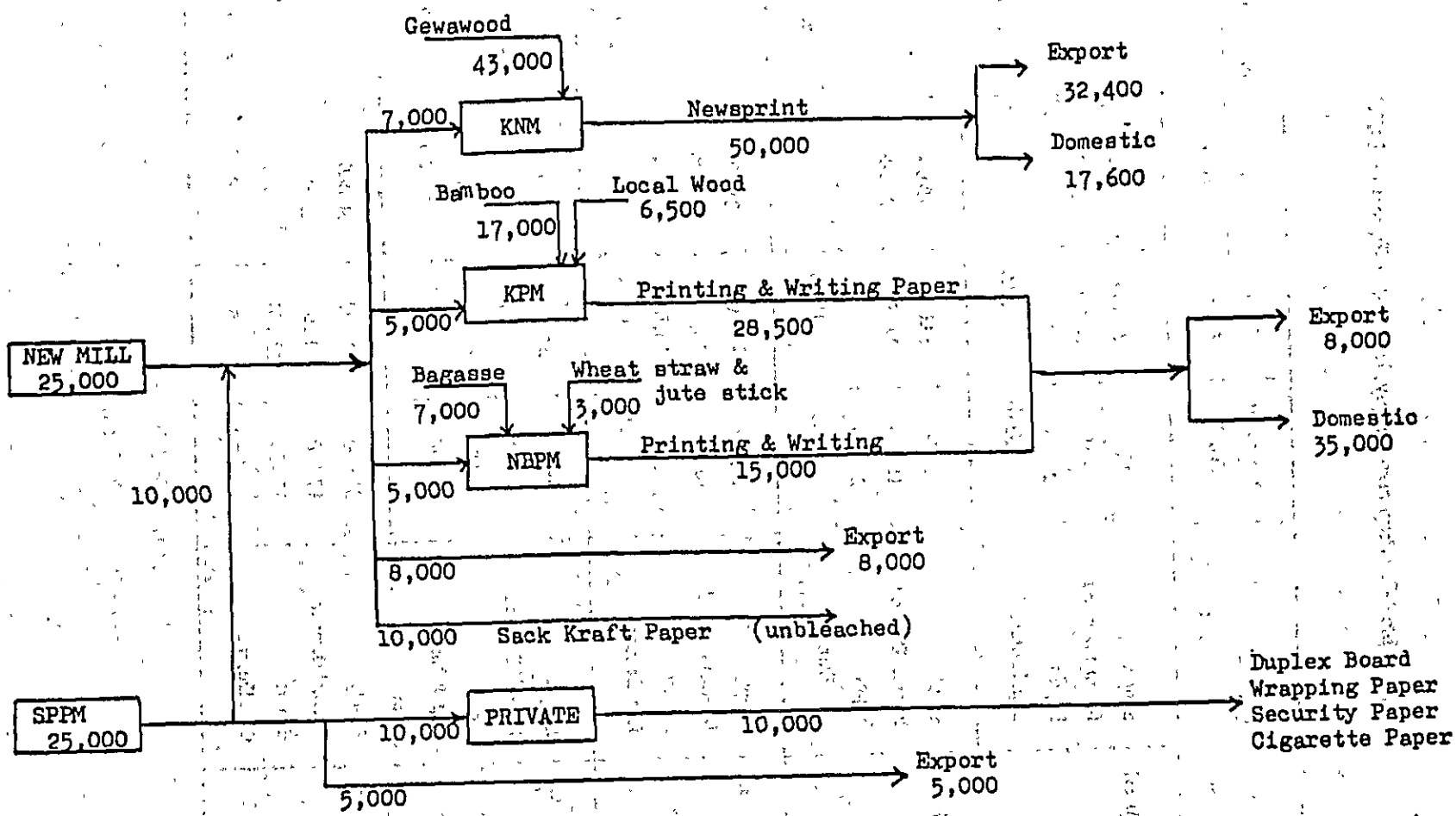
本図からもわかるように，このＢＣＩＣ案では輸入の長繊維パルプを使用していない。すなわち本プロジェクトならびにＳＰＰＭで製造されたパルプを輸入パルプの代替品として考えている。この２工場（New MillとＳＰＰＭ）からの製紙工場（ＫＮＭ，ＫＰＭ，ＮＢＰＭ）へのパルプの供給可能性を見るには，製紙工場の主原料の供給状況の調査と供給予測，パルプ工場からのパルプと主原料への配合比率などの検討が必要である。

1）主原料の供給状況

Table 4-7. Projected Supply, Demand & Export by BCIC

Year		Newsprint (Ton)	Paper (Ton)	Pulp (Ton)	Export Earning (Million Taka)
1980–81	Supply	40,000	36,000	15,000	
	Internal Demand	14,500	26,500	21,000	
	Export	25,500	9,500	-	
	Exp. Earning	153.0	87.0	-	240.0
1981–82	Supply	45,000	39,000	18,000	
	Internal Demand	15,800	27,200	21,000	
	Export	29,200	11,800	-	
	Exp. Earning	175.2	108.0	-	283.2
1982–83	Supply	45,000	45,000	21,000	
	Internal Demand	16,800	28,300	21,500	
	Export	28,000	16,700	-	
	Exp. Earning	169.2	153.0	-	322.2
1983–84	Supply	48,000	45,000	24,000	
	Internal Demand	17,000	29,400	22,000	
	Export	31,000	15,600	2,000	
	Exp. Earning	186.0	142.7	12.0	340.7
1984–85	Supply	55,000	51,000	30,000	
	Internal Demand	17,600	30,600	22,500	
	Export	37,400	20,400	8,000	
	Exp. Earning	224.4	186.7	48.0	459.1

Fig. 4-1. Pulp Balance



ＫＮＭはGewa wood と称する現地産原木を主原料としているが，Sundarban 地区に６７万エーカーの森林地を確保し，紙生産に十分の原木量を供給できると見込まれている。

ＫＰＭでは竹が主原料であるが，竹の供給不足のため現在現地産原木も使用している。ＫＰＭの竹と原木の使用割合は３：２であるが，ＫＰＭの紙生産３０,０００トン時には，７０,０００トン程度の竹・原木を必要とする。ＫＰＭに近接してKarnaphuli Rayon Complex（ＫＲＣ）があり，ＫＲＣではレーヨン原料として１８,０００トンの竹を使うことになろう。Forest Department では，植林計画を進めて竹の供給不足に対処しているが，ＫＰＭへの原料供給不足は今後もむつかしい局面を迎えよう。ＫＰＭでの輸入長繊維パルプ量は３,０００トンで，輸入パルプの配合比は１５％程度である。

ＮＢＰＭはバガスを主原料として建設された工場であるが，現在バガスの供給が思わしくない状況下にある。これは石油燃料の価格上昇により，石油代替品でもあるバガスが砂糖工場でのエネルギー源として使われてしまいＮＢＰＭへ供給できなくなったこと，ＮＢＰＭまでの輸送距離による集荷難などが原因と考えられる。砂糖工場のボイラー効率の改善で余剰バガスの供給可能性は残っているものの，石油燃料価格の高騰はバガスの燃料としての価格を引き上げる結果となってパルプ原料としての使用を難しくしている。NBPMでは現在バガスの他に麦わら，ジュート茎なども繊維原料として利用している。また，長繊維木材パルプを輸入し，２０％程度配合して印刷筆記用紙を生産している。

ＳＰＰＭには竹パルプラインとジュートパルプラインがある。竹は生産能力２４,０００トンに対して約６０,０００トンの竹が必要であるが，供給地（約３万エーカー）での収量は少なく所容量の１／３程度の供給量しかない。このような状態はこれからも続くものとみられる。

以上のようにＫＮＭを除く３工場ともパルプ原料の不足に悩まされており，これが生産低下の大きな原因の一つになっている。

2) パルプの配合

原料の配合とは，ここでは製品（紙）の品質要求値に合わすために異った物性（特に強度）をもったパルプを混入することを意味する。

本フィージビリティスタディでは，本プロジェクトの原料と考えるジュートカッティングスのパルプ化研究のためラボラトリーテストを行った。その結果は第３章に報告されている。

このテスト結果から，本プロジェクトで生産されるパルプを既存の製紙工場に供給し配合すると，その配合率は現在輸入している長繊維木材パルプの場合と同等かわずかに低い

程度になると推測される。

Fig. 4－1 のＢＣＩＣ案では，ＳＰＰＭで製造されたパルプ（竹パルプ及びジュートパルプ）も国内既存工場へ供給されるがＳＰＰＭのパルプはTable 4－8 に示されているように強度が小さく，紙力補強用としては不充分である。

Table 4-8. Test Result of SPPM Pulp

		Bamboo Pulp		Jute Pulp	
		Unbleached	Bleached	Unbleached	Bleached
Freeness (initial)	CSF ml	615	670	680	585
Freeness (after beating)	CSF ml	365	340	365	330
Basic Weight	g/m^2	61.7	60.0	63.6	59.6
Sheet Density	g/m^3	0.51	0.54	0.53	0.52
Burst Index	–	3.2	2.0	2.4	1.6
Breaking Length	km	5.1	4.0	4.4	3.2
Stretch	%	3.8	3.6	3.8	3.6
Tear Index	–	121	102	172	76
Folds (MIT)	No.	35	15	25	5
Brightness (Elrepho)	%		75.2		74.8
Opacity	%		71.8		78.0

4. 6. 2 市場製品の品質

バングラデシュ国内の新聞，印刷物の紙は殆ど自国産であり，ＢＣＩＣの３製紙工場で抄造されたものである。米坪３２g／m² から２２５g／m² にいたる各種の紙・板紙が流通しているが二級の板紙，特殊紙は輸入されている。国産品の品質は欧米，日本の紙に比べると劣るが，現在の用途からみると一応要求を満たしているといえよう。総体的に強度が低く特に包装紙に強度上の難点が見られる。紙の強度は繊維原料の物性に大きく左右されるが，製造プロセス，操業技術も強度に影響を与える。

バングラデシュ国で入手した印刷用上質紙（ＫＰＭ製品）と新聞用紙（ＫＮＭ製品）の紙質試験の結果をTable 4－9 に示す。

Table 4-9. Test Results of Paper in Bangladesh

Kinds of Paper			W/F White Printing Paper	Standard Newsprint
Sample from			KPM	KNM
Nominal Basis Weight		g/m^2	60	52
Actual Basis Weight		g/m^2	57.2	54.4
Thickness		mm	0.104	0.108
Density		g/cm^3	0.55	0.50
Tensile Strength	MD	kg	3.80	2.25
	CD	kg	2.28	1.12
Breaking Length	MD	m	4,430	2,760
	CD	m	2,260	1,370
Stretch	MD	%	2.0	1.5
	CD	%	3.4	2.1
Tearing Strength	MD	g	53	20
	CD	g	55	27
Brightness (Elrepho)		%	66.4	47.4
Opacity		%	83.0	94.3
Oil Absorbency	FS	sec.	40	15
	WS	sec.	35	7
Smoothness	FS	sec.	18	20
	WS	sec.	12	18
Ash		%	-	7.8

4.6.3　ジュートパルプの品質と販売

前章で述べたように本プロジェクトのパルプ原料はジュートカッティングスであるが，各種ジュートカッティングスのパルプ化試験結果でわかるように，ジュートパルプの品質は針葉樹クラフトパルプに近い値を示している。これはバングラデシュ国で輸入している長繊維木材パルプの代替として十分利用できる品質であるということを表わしている。

前項の市場・需要で検討したように新聞紙，印刷筆記用紙，板紙，袋用紙など国内消費，輸出ともに着実に伸びることが予想される。紙の伸びに伴い当然原料の所要量も増大することになるが，現在の原料事情，輸入パルプの価格を考慮すると確実な原料供給と輸入パルプに代替し得るパルプの国内供給が，バングラデシュ国の紙パルプ産業の最大の課題であり，また急務であるといえよう。このような問題を解決するために良質のパルプを国内で生産し，既存の製紙工場へ紙力補強用として供給することは大きな意義をもっている。従って，本プロジェクトのもつ意味は大きい。

4.6.4　パルプ工場の必要性

これまで述べた通り，国内の既存製紙工場（ＫＰＭ，ＫＮＭ，ＮＢＰＭ）は現在十分な生産量を得ていない現在においてさえ，年間１０千トン程度の木材パルプを輸入している。輸入パルプの単価をＵＳＤ ７００とすると年間約７百万ドルの輸入額に達する。ある一定品質（強度）をもった紙を製造する場合長繊維木材パルプの配合率は定められてしまう。今後，ＢＭＲの推進に伴い上記３製紙工場の生産が上がれば，それに比例して輸入長繊維パルプの量が増えることになり，外貨が減ることになる。パルプの国際価格は森林資源の減少，エネルギーコストの上昇などにより今後も上昇しよう。このような状況下でバングラデシュ国の製紙工場は，輸入長繊維パルプに代替できる国産パルプの要求度を高めるであろう。幸いバングラデシュ国にはジュートが多く，その繊維は長く良質であることがパルプ試験結果により検証されている。

パルプは紙の原料であり，その使用先はあまり限定されない。いいかえれば，市場が広汎でパルプ製品を売り易いということになる。これに対して紙製品の市場開拓には一般的に困難を伴う。現在のバングラデシュにおける原料供給不足は，生産アップに伴ってさらに悪化するであろう。良質のパルプを確実に生産し，安定した量を製紙工場へ原料として供給することが今の最善の方法であると考える。

4.7　販　売　価　格

紙パルプは市況商品であり，市況によりその価格が大きく変動する商品の一つである。石油

危機とそれにともなうエネルギーコストの高騰により，ここ数年間に紙パルプの価格は急騰している。

4.7.1 紙の価格

Table 4－10に紙の工場渡し価格の推移を示す。

Table 4-10. Ex-factory Price of Paper

(Unit: Taka)

Item	Unit	1973–74	1974–75	1975–76	1976–77	1977–78	1978–79
Paper and Newsprint:							
Printing	Ton	3,572,00	6,602.00	7,706.00	8,896.00	9,425.00	9,736.00
Writing	Ton	3,443,00	6,618.00	7,485.00	9,339.00	9,425.00	9,736.00
Packaging	Ton	3,335.00	6,361.00	7,521.00	8,748.00	9,425.00	9,736.00
Newsprint	Ton	2,070.00	2,691.00	4,075.00	5,603.00	5,544.00	5,823.00

Source: 1980 Statistical Yearbook of Bangladesh

ＢＣＩＣから入手した資料によると，現在ＢＣＩＣの紙の販売価格は下記のとおりである。

－ 新聞用紙 ： Tk. 9,966／MT

－ 印刷筆記用紙 ： Tk.19,000／MT

－ 袋用紙（包装紙） ： Tk.17,580／MT

－ その他白色紙 ： Tk.20,000－28,000／MT

一方紙の輸出価格は国内価格より低くなっている。

4.7.2. パルプの価格

ＳＰＰＭで製造されたパルプは大部分が国内の工場（ＫＰＭ，ＮＢＰＭなど）に売られている。最近のＳＰＰＭのパルプの販売価格をＢＣＩＣの情報から下記する。

1) ジュートパルプ（晒） ：Tk.10,600／MT

2) ジュートパルプ（未晒）：Tk.10,000／MT

3) 竹パルプ（晒） ：Tk. 8,000／MT

4) 竹パルプ（未晒） ：Tk. 7,400／MT

輸入パルプの価格はTable 4－11に示すように非常に高い。輸入パルプは北米，スエーデン産の晒クラフトパルプである。表中の数値はＣ＆Ｆ価格であるが，通常この価格に輸入

Table 4-11. Price of Imported Pulp

Period	Price in F.C. (per ton C&F Chittagong)	Country of Origin
Dec. '76	CAN$ 374.00	Canada
Jul. '77	SW Kr. 1,475.00	Sweden
Aug. '77	CAN$ 329.14	Canada
Apr. '78	US$ 322.15	Canada
Jul. '78	US$ 362.00	U.S.A.
Oct. '78	US$ 451.00	Sweden
Oct. '78	CAN$ 543.00	Canada
Dec. '78	CAN$ 610.00	Canada
Mar. '79	US$ 579.00	Sweden
May '79	CAN$ 651.27	Canada
Jun. '79	US$ 619.00	Sweden
Sep. '79	US$ 644.00	U.S.A.
Nov. '79	CAN$ 783.97	Canada
Feb. '80	CAN$ 724.46	Canada
Mar. '80	US$ 705.00	U.S.A.
Jun. '80	US$ 757.00	U.S.A.
Jul. '80	CAN$ 843.00	Canada
Jun. '81	CAN$ 705.00	Canada

税，通関費用，国内運賃などがかかるので最終需要先での価格はさらに高くなる。

4.7.3　本プロジェクトの製品の予想販売価格

本プロジェクトの製品はジュートカッティングスを原料とする晒パルプである。前章のパルプ化試験結果に見られるように，ジュートカッティングスからのパルプは良質で，長繊維木材パルプに近い強度をもっている。Table 4－8でＳＰＰＭのジュートパルプの品質データを示したが，このなかで，晒ジュートパルプの品質がよくない。これは過蒸解とか原料劣化といった操業，管理上の悪さが原因と思われる。

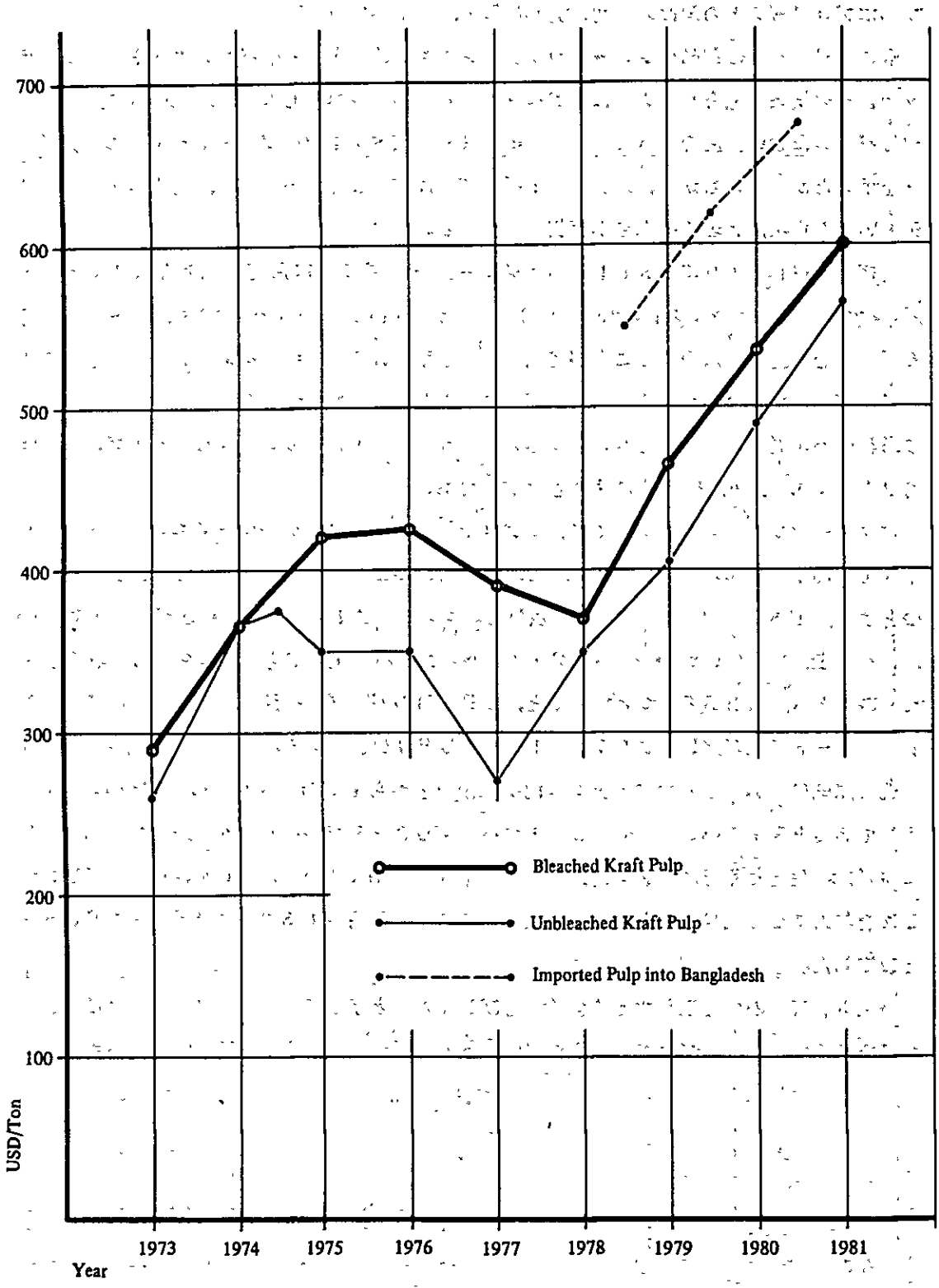
前項で記載したように，ＳＰＰＭの晒ジュートパルプの国内販売価格はTk. １０,６００／トンである。本プロジェクトでは，ＳＰＰＭで製造されているジュートパルプより，はるかに良質なパルプを製造し，販売することが可能であると思われる。今回のジュートカッティングスのパルプ化試験で得られたものに近いパルプが工業的に製造され得るであろうが，この程度の品種のパルプが現在販売されるとすると本プロジェクトにより製造されるパルプの販売価格はTk. １１,０００／トン を越すことは確実である。

本フィージビリティスタディでは，本プロジェクトの製品販売価格を工場渡し（１９８６年）でＵＳＤ８２８／トンと予測し，この数値での製品販売収益で財務・経済評価を行うものとする。ＵＳＤ８２８／トンという数値は本プロジェクトのパルプ価格が現在ＵＳＤ５９０／トン（Tk. １１,２００／トン）と仮定しし，パルプ価格の上昇率を年間７％として計算されたものである。輸出価格についてみると，ＳＰＰＭのパルプが少量ではあるが輸出されており，ジュートパルプはＵＳＤ５００／トン（ＦＯＢ）程度である。

近隣諸国においてもバングラデシュ同様北米などからＵＳＤ７００／トン 程度の価格で輸入しているとみてよい。本プロジェクトのパルプはＳＰＰＭのそれより上品質のためＵＳＤ３０／トン 程度高く売れると考え，１９８１年度ＵＳＤ５３０／トン（ＦＯＢ）と設定した。これを年率７％で上昇するとして，操業開始時の輸出価格はＵＳＤ７４０／トン（ＦＯＢ）と設定した。

将来森林資源の保護政策でその供給はきびしくなると予想され，またアジアへの高輸送費などを考慮すると，本プロジェクトのジュートパルプの輸出，販売は明るいと見られる。

Fig. 4-2. Pulp Price Trend



第 5 章

工　場　規　模

第5章 工 場 規 模

5.1 概 要

第3章ならびに第4章で考慮したとおり，原料にジュートカッティングスを使用し，晒化学パルプ製品とする小規模な製造工場の建設が最適であろう。本章ではこのような仮説の上で工場の規模，すなわちプラントキャパシティの選定ならびにこれに基づく製品の生産計画について述べる。

5.2 工場規模の決定要因

5.2.1 原 料 集 荷 量

紙パルプ工場設立のフィージビリティにおいては，原料の利用可能性が大きな要因である。特に，ジュートのような農産物を繊維原料とするプロジェクトの場合は，その産地での生産と工場設置予定地での集荷の可能性が問題である。

このような観点から，原料であるジュートカッティングスの供給について第3章で調査し，それに基づき検討を行ったが，本プロジェクトのパルプ工場へのジュートカッティングスの供給可能量として，少なくとも5万トン確保できると予測される。

5.2.2. 製品の市場および需要

バングラデシュ国内の既存製紙工場において，輸入長繊維木材パルプの代替となり得るパルプの需要があること，また近隣諸国の市場もあることについては第4章で述べた。第3章においては，このような良質なパルプがジュートカッティングスから製造できることを報告した。

5.3 工場生産規模

前項の各要因などを含め多角的に考察した結果，本プロジェクトの生産能力はジュートカッティングスを原料とし，晒パルプ年産25,000トン（風乾）とする。これは年間稼動日数を330日として日産75トン（風乾）に相当する。

製造プロセスならびに設備については後章で詳述するが，本プロジェクトはパルプ製造設備はもちろん薬液の製造（電解），ソーダ薬液回収，発電，給水，排水などの補助設備，製品試験，修理保守，事務，通信，消防などの管理設備，製品，原料，薬品，部品の貯蔵用倉庫，さらに原料，製品などの荷上げ，荷下し設備を含む工場の設立である。

5.4 生 産 計 画

本プロジェクトのパルプ工場の生産能力は年間２５,０００トンであるが，運転開始からある期間は生産量が上らないのが実状である。これは運転員の不足，低い技術レベル，未熟練度とか原料，ユーティリティの供給不安定，予期しない機械的トラブル，マーケッティング，販売の不順などさまざまな要因により起り得る。このような事態を考慮に入れて，本プロジェクトパルプ工場の年間生産率を次のように想定する。

― 運転初年度	９６％	（１９,０００トン）
― 運転２年度	９２％	（２３,０００トン）
― 運転３年度および以降	９６％	（２４,０００トン）

第 6 章

工 場 予 定 地

第6章 工場予定地

6.1 概　　要

工場サイトの選定には，多くの要因—技術的，経済的，社会的—を考慮して行わなければならない。本プロジェクトの工場サイト選定条件の大きなものとして，繊維原料であるジュートカッティングスの供給，天然ガスの供給及び国策としての工業の地方分散化がある。本パルプ工場の立地条件のなかで，原料ジュートカッティングスの供給源ならびに輸送費が大きな要因となり，また，大量のエネルギーを消費する工業であることから，燃料油に比べて安価な天然ガスの利用可能性も一つの大きな要因である。本フィージビリティ調査においては，このような主要因に焦点を絞って，工場サイトの検討，選定を行う。

6.2 候　補　地

本プロジェクトの工場サイト候補地として下記が挙げられている。（Fig. 6—1参照）

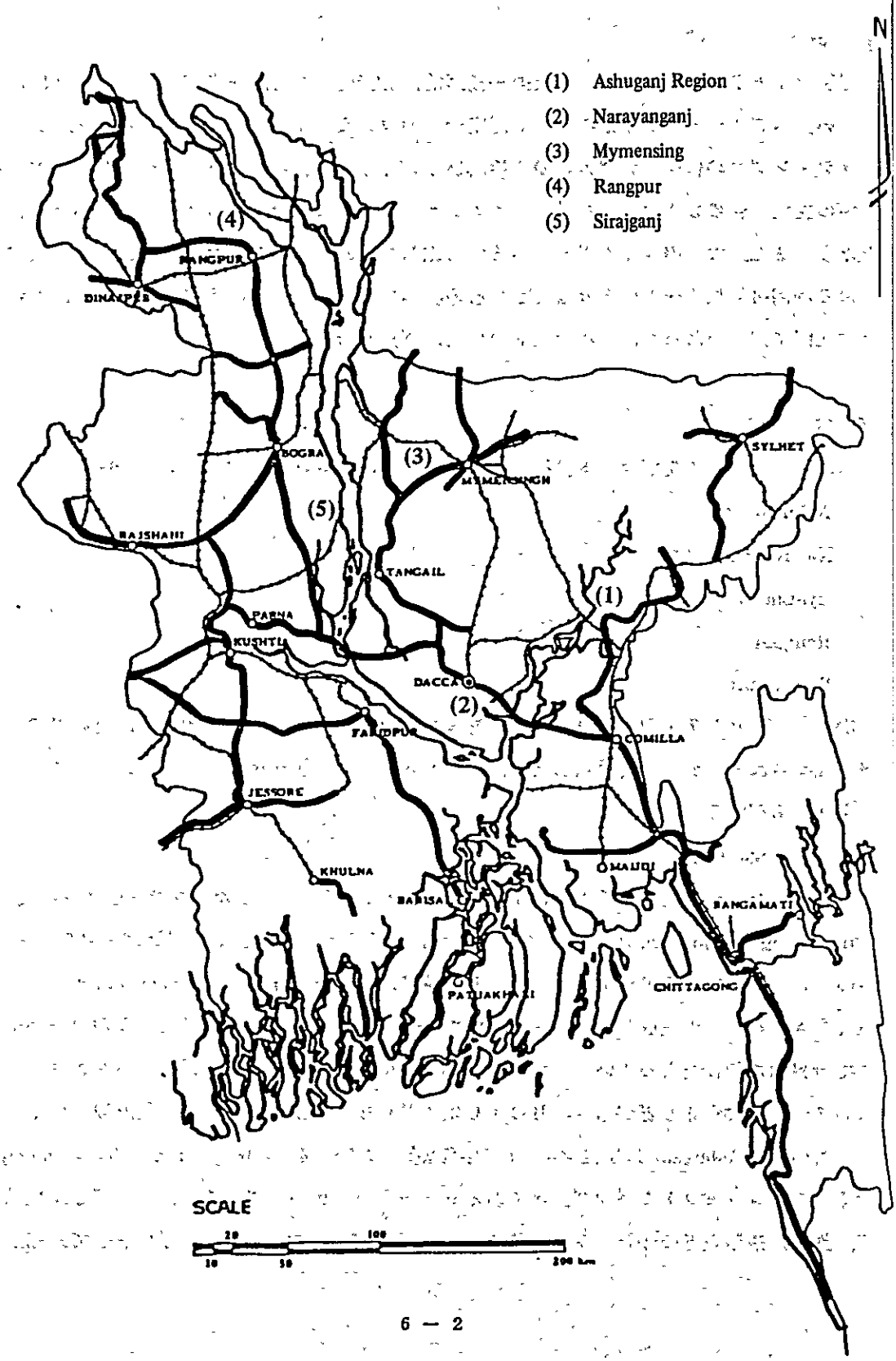
1) Ashuganj 地域
2) Narayanganj 地域
3) Mymensing
4) Rangpur
5) Sirajganj

本フィージビリティ調査では上記5候補地を，所有の資料などから検討し，その結論から最適と推測される1サイトを選択した後，選ばれたサイトの現地調査を行って，そこでの工場立地条件を考察する。

6.2.1 Ashuganj 地域

ここは，Dacca の北東約70 Kmに位置し，Meghna 川流域に沿った所である。Dacca と Chittagong へ鉄道，国道が通じており，また，近くにTitas ガス田など天然ガスの採取地が多いこともあって，工業地帯となっている。特に最近Ashuganj Fertilizer Chemical Complex（AFCC）が完成し，現在試運転中である。これは，世銀の融資で，大型の尿素肥料工場で世界的な規模をもっている。他に，天然ガスによる発電所，ジュート工場およびジュートセンター，穀物倉庫などがあり，BCICはAFCCの隣接地にPVC工場を建設する計画を持っている。Ashuganj 地域はジュートの生産は多くはないが，Mymensing，Narayanganj に近く，本プロジェクトのパルプ原料であるジュートカッティングスの供給には適した地域である。鉄道，道路などのインフラストラクチャーは整備されている。輸送手段として水路の便に

Fig. 6-1. Mill Location Plan



も恵まれている。この地域はMeghna川の東地区がAshuganjであり，ここはComila州に属し，西地区はBhairab Bazarという人口数万人の町があり，ここはMymensing州に属している。

6.2.2 Narayanganj

ここはDaccaの南東約15Kmに位置し，Dhaleswari川流域にある。ここには世界最大のAdamjeeジュート工場など多くのジュート関連工業があり，原料供給面では最適の場所といえる。またDaccaに近いこともあって労働力は豊富である。この地域はジュート工業を主とした工業地域であり，川の流域は工場，住居で密集している。このため，工場敷地の確保，購入，地価などの問題があり，国策である産業の地方分散化という点で，工場立地には不利な要因がある。

6.2.3 Mymensing

Mymensing州都地域と考えるが，ここはDaccaから鉄路で北へ約120Kmに位置する。この州はジュートベルト地帯にあり，ジュートの多産地である。この地域は農業が主で，州の3/4が農耕地である。この地域にはBraphmaputra川が南東に流れているが，水量は十分あると考察された。ジュート工場及びプレス梱包センターもあるが，本プロジェクトの原料所要量に対しては，この地域からだけでは不十分であり，Narayanganj，Khulnaからの供給を受けることになろう。この場合，輸送距離がNarayanganj，Ashuganjにサイトを選定した場合に比べて大きく，輸送費が割り高となる。SFYPによると数年後には天然ガスパイプラインがこの地域まで敷設される計画であるが，現在天然ガスパイプラインが来ていないことは，本プロジェクトの工場サイトとして大きな欠点である。この地域は産業分散化という意味では，工場サイトの対象となり，薬品，ユーティリティの供給，輸送，など特に致命的な点はないが，Ashuganj，Narayanganjに比較すると確実性，経済性において劣る。また，労働力の供給，定着面でも上記2サイトに比べて不利といえよう。Mymensing州の西南部には森林があるが，樹径の小さいものが多く，パルプ資源としては不十分である。

6.2.4 Rangpur

この地はバングラデシュ国の北西部に位置し，Daccaから約260Kmの距離にある。Jamuna川の西側にあり，この地方はジュートの多産地である。ジュートプレス梱包センターもあり，ジュートカッティングスも利用できようが，本プロジェクトの原料所要量を入手するには，ここだけからでは不足である。ジュートの多産地であり，また産業分散化ということから，この地方に30,000トン/年生産紙パルプ工場建設案がSFYPにとり上げられている。しかし原料の主な供給源であるNarayanganj，Khulnaに遠く，また製品パルプの消費地となるBCICの工場とか，輸出港のChalna，Chittagongから遠いため輸送が不便となり，費用の面でも他

の候補地に比べて不利である。Jamuna 川の西部に位置するため，東部に産出する天然ガスが供給されず，他の工場サイトに比べてエネルギーコストが高くなる。

6.2.5　Sirajganj

この地も Rangpur と同じ Jamuna 川の西側で Dacca から約 1 0 0 Kmの距離に位置する。この地域にもジュートプレス梱包センターがあるが，量的に不足するので Khulna，Narayanganj からの供給を受けなければならない。Rangpur に比べると原料，製品などの輸送は有利であるが，この地にも，安価な天然ガスが供給されず，エネルギーコストは高い。

6.3　候補地の選定

工場立地条件として数多くの項目を調査，検討しなければならないが，本プロジェクトパルプ工場のサイトの選定条件として特に下記に重点を置く。

① 原料（ジュートカッティングス）の供給

② 天然ガスの供給

③ 産業の地方分散化

上記 3 点の他に，給排水，公害，地質地形，気象，労働力，住居，薬品供給，給電，インフラストラクチャーなど考慮する条件があるが，バングラデシュ国では，これらの条件は，どの場所でも大同小異といえるので，サイトの比較，選定という観点からは，前記の 3 点に絞って考える。

前項の 5 候補地について上記 3 条件を見てみると，Ashuganj 地域は 3 条件共満たしているが，Narayanganj は③を，Rangpur と Sirajganj は②を満たしていない。Mymensingは天然ガスパイプラインが計画どおり敷設されるとすれば，3 点とも満たすが Ashuganj 地域に比べて①，②で劣る。サイトの選定に関しては，現地調査期間中，ＢＯＩＣと，あらゆる立地条件について討議を行った。この討議において，原料の供給，天然ガスの供給，産業の分散化，土地購入，給水，排水，製品パルプの輸送，既設設備の利用，補助原料の供給，工場建設のための機械・材料の運搬，電気の供給，気候，気象条件，労働力の供給，住居，インフラストラクチャーの状況など検討された。このような検討の結果，本プロジェクトのパルプ工場の設置候補地のなかで，Ashuganj 地域が最適であると判断した。Ashuganj地域は，ここではMeghna 川にかかる鉄道橋近辺とし，この一帯からさらに数ケ所を選び現地調査を行った。

6.4　サイト調査

前項での考察から，本パルプ工場予定地として最適であると選定されたAshuganj 地域の調

査を行った。この地域のなかで，下記3サイトを候補地として選んだ。（Fig. 6－2参照）

1) Ashuganj（AFCC隣接地）

2) Char－Latpur

3) Bhairab Bazar

上記の候補地は，北緯23°55′～24°10′及び東経90°55′～91°05′の範囲に位置しており，行政上からはMeghna川を境界線として，左岸側はComila州，右岸側の上流部はMymensing州，下流部はDacca州に区分されている。行政区分からみると，1）と2）の候補地はComila州，3）の候補地はMymensing州に属している。1）の候補地はAFCCに隣接しており，道路・鉄道の便のよさ，天然ガス供給が容易などの長所はあるが，PVC工場建設計画との調整を要すること。また雨期には冠水するので本プロジェクトの工事には平均6mの盛土が必要なこと，AFCCの職員住宅への環境問題，工場廃液の処理問題等の短所がある。2)の候補地一帯は未開発地域で，環境問題等の発生する心配はないが，最寄のAshuganj駅より6.5Kmの遠距離に位置する。ここに工場建設するとなると，道路・鉄道・天然ガスパイプライン等の新規の附帯工事費が高くなるという短所がある。3）の候補地は，1）と2）の候補地と異り，Meghna川の右岸側に位置するが，Meghna川を横断する鉄道橋によって上流側と下流側に区分できる。

この鉄道橋は，Meghna川の狭小部（約730m）に架橋している7径間トラス橋であり，クリアランスは雨期の最高水位の場合約8m，乾期の最低水位の場合13m位である。

上流側の候補地は雨期でも大部分が冠水せず，鉄道・道路は整備され，天然ガスパイプラインにも近い。盛土工事は平均2m位ですむこと，50m位の橋梁を架設することによって，雨期と乾期の水位差があっても常時Meghna川による製品の水上輸送が可能であること，環境公害問題も少いとみられることなど有利な点が多い。下流側は上流側と比較すると，鉄道・道路の便が悪く天然ガス供給の工事も多い。Bhairab Bazarの中心部周辺は人口が密集しているので，パルプ工場の建設適地は見当らない。このため候補地の対象は下流のDacca州となるが，インフラストラクチャー，天然ガスの供給面で上流側に比べて不利となる。

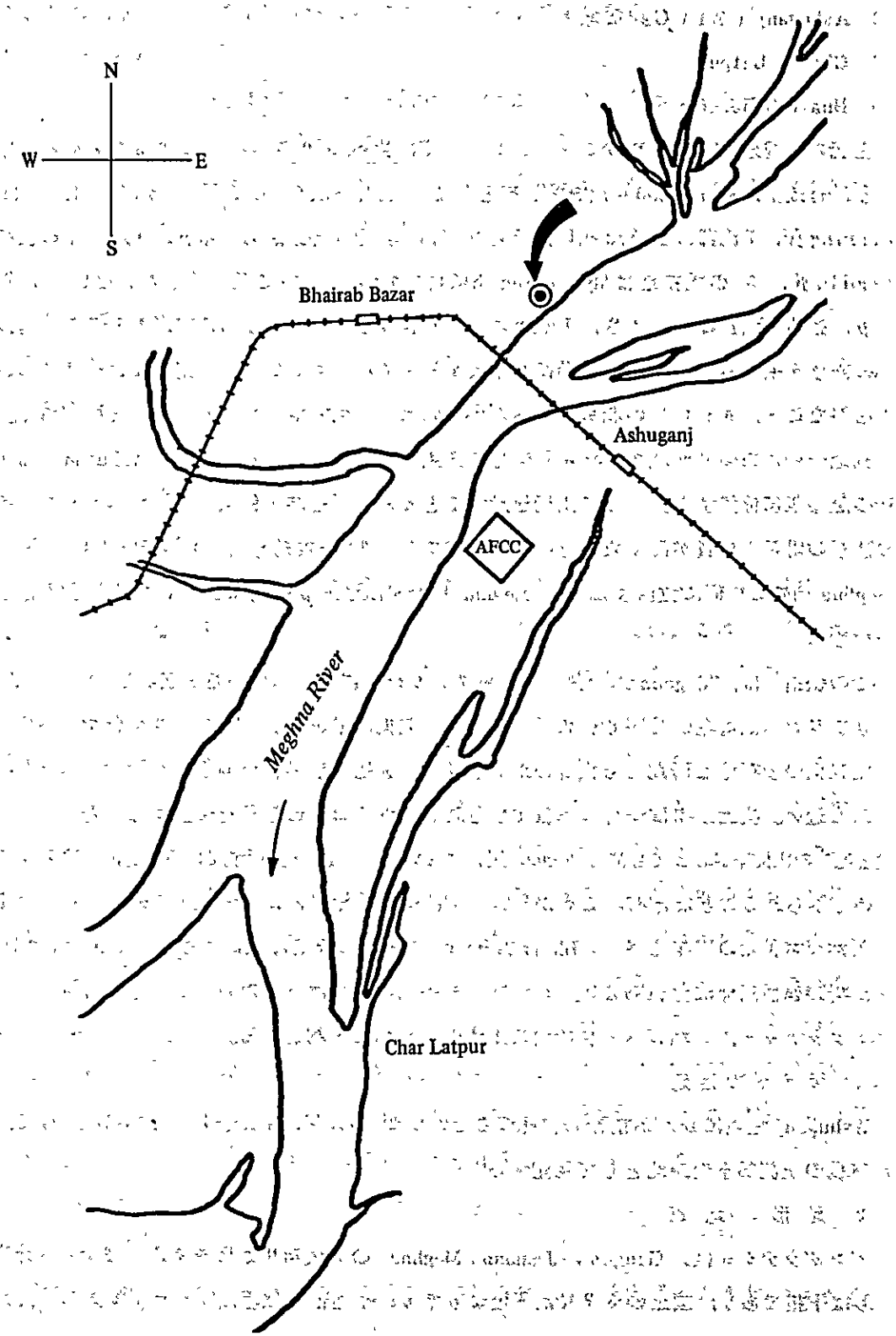
6.4.1 サイトの選定

Ashuganj地域における前記の候補地のなかで3）の地帯，すなわちMymensing州に属し，鉄道橋の上流部を最適地として選定する。

6.4.2 地形，地質

バングラデシュは，Ganges，Jamuna，Meghnaの3大河川が形成する沖積デルタ地帯で，地形は平坦であり，国土の87%は平地よりなり，平地部では標高45mを越える所はない。

Fig. 6-2. Mill Site



モンスーン時の降雨量は多く，河川の増水に伴ない全土の２／５は水没する。これら３河川の流路は固定せず，川床の洗掘，堆積，川岸の浸食，砂洲の移動がおこなわれ，大小の河川は網目状を形成してる。

平地部における地質状況は，粘土，シルト，砂，砂礫よりなる沖積層と洪積層より構成されており，北部では砂質シルトが主体となり，南部に行くに従って粘性土が増加する一般的な分布傾向がある。

Ashuganj地域は，Meghna川の堆積作用によって形成されたもので，モンスーン時に冠水する低地と，常時に陸化している高地よりなる平担地形を形成している。この平担地域は，シルト質細砂，中砂を主体とする沖積層より構成されているので，基礎地盤として問題点の多い軟弱層はあまり分布していないようである。

6.4.3 基礎地盤

選定された工場サイトの基礎地盤についての詳細は，地質調査を実施していないので不明であるがＡＦＣＣで入手した既存調査資料（ボーリング調査２０カ所，力学試験８試料）によると，次の通りである。

地盤は，シルト質細砂～中砂を主体とする沖積層と洪積層より構成されており，洪積層は深度２０ｍ前後に分布しているようである。

砂層に挟在しているシルト層の一軸圧縮試験結果によると深度１ｍ以内に堆積しているシルト層は5.３６～6.５８ｔ／ｍ²，深度2.５ｍ～6.０ｍのシルト層は１０.２６～１１.１９ｔ／ｍ²の土質強度を有している。

Ｎ値は深度に従って増加する傾向があるが，バラツキがあり，Ｎ値５０以上を示す支持層として信頼できる地層は深度１７ｍ～２５ｍに分布している。

これらの資料よりみると，パルプ工場の重量構造物の基礎形式は杭基礎工法を採用することになり，杭長は１５ｍ～２０ｍ位と考えられる。その他の附帯構造物の基礎形式は地表付近の許容支持力は５～１０ｔ／ｍ²を期待できるので，直接基礎を採用することが可能であろう。

6.4.4 気候

バングラデシュは気候特徴によって１年が次の３期に区分される。

1) ノースウエスタン期（夏期３～５月）
2) モンスーン期（雨期６～１０月）
3) 乾期（冬期１１～１２月）

各時期の降雨量の年間総降雨量に対する割合はノースウエスタン期１８％，モンスーン期７８％，乾期４％程度で降雨量の大部分はモンスーン期に集中している。特に降雨量は６～８

月に集中的に降り9，10月に入ると激減する。

このような気候特徴は下記の事情による。すなわちモンスーン期には南東風がベンガル湾から陸地に向って吹き，この風によって運ばれる湿気が多雨をもたらす。この期間中にはインド洋に発生するサイクロンは年間数回におよび，特に南部を中心に高潮，塩害，風害等の被害をおこしている。他方，ノースウエスタン期には激しい雷雨を伴う嵐が全国的に発生し，特に北西部に多い傾向がある。

降雨量は一般的に東部が多く西部に少ない傾向がある。全国平均では2,100mm程度である。

1961年の気象資料によると最高，最低気温は次の通りである。

	最高気温	最低気温
1) ノースウエスタン期	32.7℃	22.6℃
2) モンスーン期	30.8℃	20.5℃
3) 乾　　期	26.8℃	13.8℃

雨期と乾期における降雨量の差により，河川の水位差は著しい差がある。Ashuganj 地域における Meghna 川の水位差は，1980年のAFCCの観測記録によると，最高水位6.38m（8月31日），最低水位1.11m（12月2日）であるので，5.27mの水位差があることになる。

6.5 ユーティリティ供給

6.5.1 用　　水

前節で記載の通り，工場サイトはMeghna川河岸であり，工場用水はこの河より取水すればよい。

入手した河の水深測定図（Bhairab Bazar 鉄橋下）によると，河巾は約700m，平均水深13m，流速は目測で3m／秒であり，流量は毎時98百万トンとなる。工場用水の使用量は毎時約1千トンである故，取水が他に影響するようなことはない。

水質の年間測定データをAFCCより入手した。これをTable 6－1に示す。これによると濁度，硬度ともに低く，工場用水処理に問題ない。

Table 6-1. Water Analysis Data

	pH	Turbidity PPM/NTU	Conductivity US/CM	M. Alkali PPM as $CaCO_3$	TT. Hardness PPM as $CaCO_3$	C. Hardness PPM as $CaCO_3$	Sodium PPM	Chloride PPM	Sulphate PPM	Silica PPM	Total Solid PPM	SS PPM
'80/Nov.	6.9–8.8	14–80	67–170	25–30	20–25	9–15						
'80/Dec.	6.5–7.5	8–23	25–125	27–38	25–33	14–21						
'81/Jan.	6.5–7.5	6–8	95–103	28–48	32–40	8–27						
'81/Feb.	6.9–8.3	3–9	98–118	41–55	41–46	26–28		0.4–3.9	2.3–8.0			
'81/Mar.	7.0–8.3	3–23	120–140	48–59	36–56	19–30	7–19	2–4.6		4–6	80–125	9–37
'81/Apr.	6.8–7.8	6–72	70–150	25–52	24–49	15–29		2–4.4				
'81/May	6.7–7.5	24–134	62–86	30	20–28	13–17	0.6–1.3	2.5–4.6		3.8–8.1		
'81/Jun.	6.5–7.3	18–85	54–66	25	19–21	11–14		1.9–3.8		6.5–7.5		
'81/Jul.	6.8–7.8	10–24	42–57	25	15–21	10–16	0.5–3.5	1.0–2.0		6.2–7.4		

6.5.2 燃　　料

工場サイトの近くには，現在Titasガス田からAshuganjを経てBhairab Bazar鉄橋を渡って，Dacca地区に至る１４インチのガスパイプラインがあり，その供給能力は１７０MMCFDである。その供給能力に対して，今後の消費予想量は次の通りである。（単位はMMCFD）

Table 6-2. Gas Consumers

(Unit: MMCFD)

	'81	'82	'83	'84	'85
Ashuganj Power	20	58	59	67	71
Ashuganj Fertilizer	45	45	45	45	45
Ghorasal Power	15	46	47	59	76
Ghorasal Fertilizer	36	36	36	36	36
Great Dacca Power	8	51	59	68	74
Others	25	25	25	25	25
Total	149	261	271	300	327

現在約２０MMCFDの余裕があるが，現在Habiganjガス田よりAshuganjまで１２インチのパイプライン敷設工事中であり，上記の１４インチラインと連結してGhorasal及びGreat Dacca地区への供給に使用される計画である。また，TitasとGreat Daccaを結ぶパイプラインは，すべてGhorasal及びGreat Dacca地区のみに使用される計画となっている。

一方，本計画での工場での消費量は3.2 MMCFD（９０,０００ Nm³/D）であるので，供給上に問題はない。バングラデシュ国内の各ガス田の生産量，ガスの化学組成及びパイプラインの仕様をTable ６－３，６－４，６－５の各々に示す。

6.5.3 電　　力

本計画では工場の主要動力源は自家発電に頼るため，外部からの購入電力は住宅地域の照明用および緊急用に考慮するのみである。工場サイト地域にはAshuganj Power Stationがあり，この発電能力は１１０MWであることが判明している。ここより3.3 kV，５０サイクルで送電される。同地域の大きな消費者はＡＦＣＣであり，その契約送電量は１３MWである。

本計画での予定契約送電量は0.5 MWであり，それだけの余力は十分にあると推測される。

Table 6-3. Quantity and Value of Production of Natural Gas by Gasfields

(Qty: in 10^6 cft. and value in '000' Tk.)

Year	Quantity of Production					Total Value of Prod.
	Titas	Habiganj	Sylhet	Chhatak	Total	
1973-74	19,761	2,721	4,063	579	27,124	143,757
1974-75	10,330	2,385	4,314	947	17,976	95,273
1975-76	19,047	2,172	4,978	1,160	27,357	144,992
1976-77	22,438	2,588	6,141	1,193	32,360	194,160
1977-78	24,953	3,892	5,912	1,537	34,294	205,764
1978-79	27,277	5,726	4,343	1,919	39,265	293,702

Source: Petro-Bangla.

Table 6-4. Fieldwise Chemical Composition (mol %) of Natural Gas

Field	Moleculer contents in percentage						Total Sulpher grains/100 SCF	Condensate BBLS/MMCF	Calorific value (BTU/cft)
	Methane	Ethane	Propane	Butane and Higher	Nitrogen	Carbon di-oxide			
Titas	96.80	1.7	0.4	0.5	0.3	0.3	Nil	1.5	1,036
Habiganj	97.80	1.5	Trace	Nil	0.7	Trace	Nil	0.05	1,020
Sylhet	96.26	1.99	0.14	0.32	0.95	0.34	4.6	3.4	1,052
Chhatak	99.05	0.24	Trace	Nil	0.67	0.04	1.2	0.004	1,007
Kailashtilla	95.70	2.6	0.9	0.4	0.20	0.20	Nil	10.00	1,050
Bakhrabad	94.30	3.4	0.8	0.6	0.40	0.50	Nil	2.00	1,022
Rashidpur	98.20	1.2	0.2	0.1	0.25	0.05	Nil	0.3	1,014
Semutang	96.94	1.70	0.14	0.01	0.86	0.35	–	–	–
Kutubdia	95.72	2.87	0.67	0.31	0.365	0.065	–	–	–
Begumganj	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Notes: (–) Not yet determined. SCF: standard cubic feet. BBLS: barrels. MMCF: million cubic feet.
BTU: British thermal unit.

Source. Petro-Bangla.

Table 6-5. Main Gas Transmission Pipe Lines

Pipe lines	Size in O.D. (Inch)	Length (Miles)	Line flow capacity (MMCFD)	Working pressure in psig (Variable)
Titas–Dacca	14	50	175	950
Sylhet–Fenchuganj	8	33	25	650
Chhatak–Chhatak Cement Factory	4	12	9.2	650
Habiganj–Shajibazar Power Station	4	1.5	36	600

Notes: O.D.: Outer diameter, MMCFD: Million cubic feet per day, psig: pounds per square inch gauge

Source: Petro-Bangla.

6.6 インフラストラクチャー

6.6.1 交　　通

バングラデシュの輸送機関は，利用度の高い順位から水路，道路，鉄道，空路輸送に区分できる。

水路輸送は全土に網目状に発達している河川や農業用水路を利用し，バージが主体となって物品輸送を行っており，バングラデシュの主要輸送機関の役割を果している。

雨期と乾期との河川の水位差により，バージの接岸が不可能になったり，クレーンの不足から荷揚げ不可能な乾期には大規模な水路輸送は休止する。

又，道路・鉄道の渡河地点には，フェリーが連絡機関として存在している。

道路は，各都市間を連絡している主要道路と各村落を連絡している地方道に大別されており，トラックが主要輸送機関の役割をはたしている。

主要道路は，アスファルト完全舗装道路と一部舗送道路（一車線分3.30m）よりなり，幅員約10m（6.70m＋1.5m×2＝9.70m）のものが多いようである。

地方道は未舗送および未完成であるので，雨期には大部分の交通が困難である。幅員形状は明瞭でなく，トラックの通行が可能な道路から力車位しか通行できない道路まである。

鉄道は，Jamuna川を境にして西側は広軌鉄道が主体となっており，東側は狭軌鉄道より構成されている。全土的にみると，鉄道輸送は不便であるがAshuganj地域は狭軌鉄道に属しており，この鉄道はバングラデシュ第1位の港湾都市であるChittagongに連絡しているので，外国からの輸入資機材を候補地に搬入するには便利な輸送機関である。

鉄道省は，タンク運搬無蓋貨車を所有しているので，大型資機材の運搬も可能である。

飛行機便は，Dacca を中心に各主要都市との連絡交通機関としての定期便はあるが，空路輸送の役割は少いようである。Ashuganj地域には空港設備はない。

第 7 章

製造工程及び設備

第7章 製造工程及び設備

7.1 一 般

本プロジェクトは，前章での結論からジュートカッティングスを主原料とする年産 25,000 トン晒パルプを製造する工場の建設計画である。

この章は，所定のパルプを製造するに最適の工業プロセスおよび機器を経済性も考慮しながら選定することを目的とするものである。最適プロセスの選定に際し，技術的局面はもちもん，経済性，採算性も考慮した総合的な観点からプロジェクト設計を行い，プロセス及び主要機器の選定と同時にプロジェクトの範囲についても記載する。

又，プラント基本設計仕様，機器仕様についても記載してある。

7.2 パルプ化法の選定

パルプ化法については，第3章で，主原料と製品に関連して，最適なパルプ化法が検討され，ソーダ法が選定された。

一般的にソーダ法の蒸解においては，蒸解進行中に，脱リグニンと併行して炭水化物の崩壊が起り，その結果，蒸解歩留が硫酸塩法と比較してやや低いという欠点がある。この欠点を小さくするため，添加剤として，キノン化合物を使用し，これにより脱リグニンを促進すると同時に，炭水化物の崩壊を保護し，蒸解歩留の低下を防ぐ方法が採用された。

7.3 工場デザイン

7.3.1 範 囲

この項では，ソーダ法による晒パルプ工場を設立するに当っての建設範囲，すなわち，工場設備をどの範囲まで拡げるかを検討する。この範囲の選定は，投資コストとの相互関係をみて行わなければならない。すなわち，一般的に，生産量が一定の場合，投資コストを上げれば，運転コストが下がる方向になり，この逆もいえる。

本プロジェクトの範囲について下記項目が重要な論点となる。

- 薬品回収設備の採否
- 薬品製造設備の採否
- 公害コントロールの程度
- インフラストラクチャーの範囲

薬品回収設備は，原料中の非繊維分（主に有機物）がアルカリ薬品で溶出された黒液から，

蒸解薬品を再生するシステムで，黒液の蒸発工程，濃黒液の燃焼工程，溶融無機物の苛性化工程，苛性化反応に必要な石灰の回収工程からなっている。この回収設備により，使用薬品量の９０％以上を回収できる。更に本設備が無い場合は，蒸解薬品の消費量がふえることはもちろん，黒液が工場廃水となり，その公害防止に要する設備は，莫大なものとなる。

一方，この一連の設備は高価なもので，設備機器の約３０％を占める。工場の生産規模がある程度大きい場合には，採算性，公害問題から，この回収設備をほとんどの工場が備えるが，本プロジェクトのような比較的小さいスケールの工場の場合は，回収設備をつけるかつけないかの判定が難しい線にある。

この判定は，回収設備投資による設備資金と，蒸解薬品の消費量などを計算に入れた運転コストを考慮して，詳細に財務計算した上で決めなければならないが，現段階では，概略的に検証してみよう。

蒸解に要する苛性ソーダの添加率を原料ジュートカッティングス（絶乾重量）当り１６％とすると，製品１トン当りの原料所要量は1.７３トンであるから，苛性ソーダは製品１トン当り1,７３０Kg×0.１６＝２７６Kgとなる。苛性ソーダの価格をトン当りTk.16,800とすると，苛性ソーダは，製品トン当り，0.２７６×16,800＝Tk.4,636消費することになる。

この数値は，製品販売価格をTk.11,400／トンとすると，製品価格の約４０％を占め，非常に高い。これは，ソーダの価格がバングラデシュ国では，他国に比べて高いのもその一因である。従って本プロジェクトでは，薬品を回収して，できるだけ，薬品の消費量を少なくすべきである。

薬品製造設備は，こゝでは蒸解薬品の補充用苛性ソーダ及びパルプの漂白薬品を製造するプラント，すなわち電解プラントのことである。本パルプ工場では塩素，苛性ソーダ及びナトリウムハイポが晒薬品である。塩素と苛性ソーダは工業塩の電解により製造され，ナトリウムハイポは塩素と苛性ソーダの調合反応によりつくられる。

バングラデシュのChittagong Chemical Complexには電解プラントがあり，今回の現地調査によると，１９８１年９月現在苛性ソーダ及び塩素の生産量は，年間各々4,５００トン及び3,９００トンであり，１００％国内消費されている。１９８４～１９８５年の工場拡張計画による増産分も，予め供給先が決められている状況である。他の既存の化学工場は今回調査していないが，苛性ソーダ及び塩素の現地調達は，製造能力，供給能力からみて非常に困難なことと予想される。従って本計画では，この薬品製造プラントを含め，自給自足の体勢を整えることとする。

パルプ工場における環境問題としては，通常，大気汚染と河川汚染の二つがある。大気汚染は薬品または燃料中の硫黄分の大気中への飛散による害，及び悪臭が主なものである。本工場のデザインは，ソーダベースのプロセスで硫黄を使用しないので大気汚染問題は生じないとみてよいだろう。他方，工場廃液による汚染に関しては充分な配慮が必要である。パルプの製造工程内で抽出された有機物により汚染された水が系外に流出される。この流出水には繊維状物質も含まれており，これがＳＳ及びＢＯＤを増加させる。また，有色物質及びわずかな鉱物塩も含まれている。紙パルプ工場の廃液公害防止設備は，近年各種開発されているが，本設備は生産ラインに直接寄与しないので，投資コスト及び運転コストの低い経済的な設備を選定することが肝要である。幸い現地では広い湿地帯が利用できること，及び廃水処理の主目的がＳＳとＢＯＤの低減にあるので，ラグーン方式を採用する。

インフラストラクチャーの整備状況は，工場サイトの選定条件の一つである。道路，鉄道，港湾設備，通信などが調査の対象となる。今回の現地調査で観察したところでは，アクセス道路以外にはインフラストラクチャーの追加工事の必要はないとみられる。ただし，本プロジェクトでは，この追加工事も範囲外とする。

7.3.2 工場操業

本工場は，２４時間連続運転とし，１日３直操業とする。また工場の年間操業日数は月に１回の定期検査と，年に約３週間のシャットダウンを差し引いて，３３０日とする。この日数は工場能力の計算のために設定したものであり，設置の使用限界の意味ではない。このパルプ工場は，２４時間連続運転であるが，原料ジュートカッティングスの工場への陸上げ，搬入，貯蔵場へのハンドリングは昼間作業とする。

7.3.3 システムおよび機器の選定

1) 原料ハンドリング部門

原料のジュートカッティングスは，ジュートセンターから梱包の形で入荷される。パルプ工場への搬入は必らずしも一定でないので，ある程度工場内にクッションとして貯蔵しておく必要がある。ジュートの伐採はある時期に集中して行なわれるが，ジュートセンターでのプロセスは年間を通して行なわれるため，ジュートカッティングスが一時期に大量に供給されることはない。パルプ工場内での貯蔵量は大体１ケ月分をみれば十分であろう。

この貯蔵期間におけるパルプ原料としてジュートカッティングスの品質の低下については，まだ十分な研究が行なわれていないがＳＰＰＭでの状況を観察したところによれば，数カ月雨ざらしで放置されたジュートカッティングスは，黒かっ色に変色しており，品質は低下しているものと思われる。

この変質は，雨期の降雨によりその度合いが進むものと考えられる。降雨による水分の含浸をさけるため，屋根付の貯蔵場として計画する。

原料をダイジェスターに投入する前の処理として梱包状のまゝか，又は木材チップの如く5cm程度の短繊維状とするかが問題となる。ジュートカッティングスの梱包は，堅くプレスされ，またジュートひもで梱包されているため，梱包状のまゝでは，ダイジェスター内での蒸解作用が不均一となり，製品品質が安定しない恐れがある。

一方，長い繊維状のジュートカッティングスのベールを機械的に崩し，裁断することは非常に困難なことであり，操業上機械的トラブルが起り易い。この両方の問題の解決策として，堅くプレスされた梱包に対しては，人力により解梱後（ジュートひもを分離）10cm厚み程度（ベールプレスの一行程分）の板状にするまで崩して次工程に送る。また比較的ルーズにプレスされた梱包に対しては，人力により解梱後，梱包状のまゝ次工程に送ることにした。

このようにジュートのような農産物のハンドリングシステムは，なるべく単純な方法をとるべきであり，この計画では人力による作業を重視している。本プロセスは，ジュートカッティングス以外のジュート原料の処理も可能である。

2) 蒸　解　設　備

蒸解設備には大別して，バッチ式と連続式があるが，本計画では，生産量が比較的少ないこと，原料のジュートカッティングスは特殊な形状をしていること，また機器の操作，保守などの点を考慮してバッチ式の地球釜を選定した。この型のダイジェスターは，旧式なものであり，人手を比較的多く要するが，蒸解は均一に行なわれ，また機械的事故は少ない。この装置での運転のなかで，蒸解釜への原料投入に要する時間及び蒸解物のブローに要する時間が，他の型の蒸解釜に比べて長く，そのため生産効率が低いという難点がある。しかし容易で確実な運転と，それに伴う安定した生産が期待できること，また高度の操業技術を必要としないこと，更に，将来原料がホールジュート及びジュートウエスト類に変っても，何ら問題なく使用できることなどから判断して，この地球釜による方式を採用した。ジュートカッティングスばかりでなく，ジュート茎，全ジュート，ガニー袋などのパルプ化もできるデザインである。

蒸解されたパルプは，蒸解釜下のブロービットに落される。この種の原料の蒸解パルプ繊維は，塊となり易く，これがパルプポンプ内での詰りなどのトラブルの原因となる。これを避けるために，ブロービット内で生じた塊を機械的に破砕する装置が必要となる。それ故ブロービットの出口には，切断作用をもった特殊ポンプを設ける計画とした。

さらに，ジュートなどの農産物原料には土が付着しており，この土砂が機械類の磨耗を促進する原因となるので，できるだけ前の工程で除去する必要がある。それ故ブローピットの後に，サイクロンセパレータを設ける計画とした。

3) パルプ洗浄設備

パルプ洗浄機には大別して，スクリュープレス型，ダブルワイヤー型及び真空シリンダードラム型とがある。本計画では通常，多く使用されている3段向流式真空シリンダードラム型を選定した。スクリュープレス型はパルプ繊維を傷め，パルプ品質の低下をきたす恐れがあり，また加圧ダブルワイヤー型は機械保守の面で難点がある。

ジュートパルプは沪水度が小さいため，フィルターの沪過負荷は小さく，3トン／日・m^2程度である。

4) パルプ精選設備

洗浄されたパルプを，きれいな繊維のみに精選すべく，パルプスクリーン及びクリーナーが設けられる。スクリーンには，フラット式とシリンダー式とがあり，フラット式は機械の処理能力が低く，効率が悪い。フラット式は一般に，2次または3次の小容量プロセスに使用される。

本計画では1次，2次ともにシリンダー式を採用した。またクリーナーには，微粒子を除くセントリクリーナーを設ける計画とした。

5) 漂白設備

漂白工程は，一般的な3段（C－E－H）晒法を採用した。これは漂白プロセスに使用する薬品の入手が容易で，かつ低価であること，操業経験が確立されていて安全であることが，その選定理由である。この3段（C－E－H）によるジュートパルプの白色度は，テスト結果から80°GEになると考えられる。

パルプの白色度を高める漂白法として，二酸化塩素を使う方法があり，大規模の工場ではよく使われている。しかし二酸化塩素発生装置は設備コストが高く，また，その運転には高度の技術を必要とする。

二酸化塩素を使用する4段（C－E－H－D）漂白工程を検討してみよう。先ず設備費として，Dステージ（二酸化塩素段）の漂白設備と二酸化塩素発生装置の設備コストは約USD300万，運転コストは晒パルプ風乾トン当り約Tk. 250と見積られる。第3章のテスト結果によると白色度85°GEと高いが，その他の品質については大きな期待はもてない。これからわかるように設備費用の上昇の割には，製品品質の向上に大きな期待は持てない。また操業技術面でも不安が残る。最終的には，市場の要求度を考慮してから決

定すべきことである。

6) パルプドライヤー

パルプの乾燥方式として，形成したパルプシートを乾燥する方法と，解繊状態で乾燥する方法とがある。前者は，シートドライヤー，後者は，フラッシュドライヤーとで代表される。世界的には，シートドライヤーの方が実績が多い。本計画では，シートドライヤーを選定した。

フラッシュドラヤーは，燃焼ガス（熱風）をフラッシュパルプに直接吹きつけて，パルプ中の水分を蒸発させるため，パルプの繊維を傷め，製品品質の低下を招き，推奨できない。

7) 薬品回収設備

通常のソーダ回収プロセスは下記に示す各装置から成る。

— 黒液濃縮のための蒸発装置

— 濃黒液燃焼装置

— 蒸解用白液製造のための苛性化装置

— 石灰再生用キルン

本計画では基本的には，上記と同じプロセスを選定したが，薬品回収を主目的とし，設備費をできるだけ低くするために濃黒液燃焼装置は燃焼炉だけとし，蒸気発生装置は設けない。そのかわり濃黒液燃焼の排熱を前工程の黒液蒸発装置の熱源に使用する設備を選定した。本設備は小規模プラントに適し，設備費を下げてプラントの経済性をあげる目的に使用されるものである。

8) 薬品製造設備

本パルプ工場で使用される主な薬品は，苛性ソーダ，塩素，ナトリウムハイポである。これらは工業塩の電解により苛性ソーダと塩素を製造し，その一部を更に調合してナトリウムハイポを製造する。

電解法には水銀法，隔膜法及びイオン交換膜法がある。水銀法は製造される苛性ソーダの純度が高い利点をもっているが，電力消費量が多く，また高価な水銀の損失も大きい。特に問題となるのは，系外に出される水銀による公害問題である。隔膜法は設備費，電力消費量が多く，かつ操業及び保守がイオン交換膜法に比べて複雑となる。

9) 発 電 設 備

工場サイトでは天然ガスが安価に入手できるので工場の必要動力源はすべて自家発電力に頼り，緊急用及び照明用など一部購入電力を使用する計画とした。

本設備は天然ガスを燃料とする発電用ボイラーとタービン発電機とのコンビネーションによる火力自家発電装置であり，またプロセスで消費される蒸気はタービンより抽気される蒸気を使用する。

10) 工場用水処理設備

工場用水はサイト予定地域の Meghana 川より取水し，処理して使用する。今回の調査でサイト予定地域にあるＡＦＣＣより，過去１年間の河川水質データを入手した。それによると濁度，硬度は比較的低い数値である。従って通常の凝集沈澱法による清澄と重力式サンドフィルタによる沪過を行なうプロセスを採用する。

11) 工場廃水処理設備

工場廃水処理設備は生態系を充分考慮して選定しなければならない。一般にパルプ工場廃水は，人体に有害となるものはないが，有機物に汚染された水でＢＯＤ，ＳＳ，が高く無機物は少ない。特に魚貝類への悪影響を考慮しＢＯＤ，ＳＳ，ＰＨ等のコントロールが必要である。本計画では，サイト予定地域の立地条件を考慮し，ラグーン方式を選定した。

7.4 プロセスの説明

7.4.1 原料ハンドリングス

原料のジュートカッティングスは梱包状でパルプ工場敷地内に搬入され，貯蔵される。梱包１ケの重さは約２００Kgである。降雨による原料の含有水分の変動と，それにともなう品質の低下を防ぐために，貯蔵場には屋根を設ける。工場に搬入されたジュートカッティングス梱包は河川から陸揚げされ，モービルクレーンによりパイルに積上げられる。貯蔵量は約１ケ月分（4,000トン）を計画する。

ジュートカッティング梱包は貯蔵場から作業場におろされ，人力により解梱されたあとカッターに送られる。フィルターでダストを落したあとコンベアにより蒸解釜へ送られる。蒸解釜への供給ラインは２系列とする。１日に約１６０トンが処理され，１系列の供給量は１時間当り約３０梱包の能力をもつ。陸揚げ，及び貯蔵は全日２４時間運転とする。

7.4.2 蒸　　解

ジュートカッティングスの蒸解にはバッチ式蒸解釜が採用されている。蒸解釜は６基で，３基ずつの２系列に分けた原料供給ラインとしてバッチ式操業を行う。

原料投入後，蒸解液であるソーダ液が注入される。このソーダ液はこのあとの工程にあるパルプ洗浄工程から出る黒液で稀釈されて，蒸解釜へ注入される。釜詰めが完了したら蒸解釜のカバーを閉じ蒸解を始める。蒸解釜をモータで回転しながら蒸気を入れて昇温する。蒸

解釜内温度（170℃）に達したらこの温度で約2時間保持する。蒸解サイクルは8時間，すなわち，蒸解釜1基当り，1日3バッチとなる。蒸解が終った後，蒸解釜下のブロービットに落される。このブロービット内のパルプは，稀釈，回流され原料ポンプを通過する。

ここで蒸解中完全に離解されなかった長繊維状のものとか，結束繊維が解繊される。この後，パルプはサイクロンセパレータを経て，次の洗浄工程へポンプ輸送される。

蒸解歩留は55～60％で，蒸解設備は80絶乾トンの能力を持つ。蒸解中のガス抜き，ガスブロー時の蒸解釜からの廃蒸気は清水と熱交換され，温水はパルプ洗浄用に使われる。

7.4.3　洗浄および精選

パルプの洗浄は3段向流洗浄機で行われる。洗浄効率を上げるとともに，黒液中の固形分濃度を上げて，薬品回収を経済的に行うことがこのシステムの重要な役割である。蒸解工程から送られたパルプは第1段の沪液タンクの黒液で1％前後に稀釈されて洗浄機に入る。各段からの沪液はその段の洗浄機に入るパルプの稀釈用，及び前段の洗浄機の洗浄用に使われる。最終段の洗浄機の洗浄用には温水が使用される。第1段の沪液タンク内の余剰黒液は薬品回収プラントへ送られる。

洗浄機を出た約10％濃度のパルプは一担チェストに溜められ，この後精選工程へ進む。約2％に稀釈されたパルプは，先ず一次ロータリースクリーンで処理される。このスクリーンのリジェクトはタンクに落された後2次ロータリースクリーンに送られる。

この2次スクリーンで処理されたパルプは再度1次スクリーンで処理される。

1次スクリーンを通ったパルプは再度稀釈されて3段式セントリクリーナに送られる。ここで砂，塵などが分離されて，精選されたパルプとなり，次に濃縮機により約12％に濃縮されて貯蔵される。貯蔵量は8時間分約25トンのパルプを貯える容量を持っている。

以上までが未晒パルプの工程であり，通常では次の漂白工程に進むのであるが，もし未晒パルプを製品とする場合は，次の漂白工程をバイパスとして最後の乾燥工程まで送られるパイプラインが準備されている。

7.4.4　漂　　白

パルプの漂白は3段で，塩素化，アルカリ抽出，ハイポ漂白のシーケンスである。漂白プラントは日産75トン（絶乾）の設備能力を持ち，晒パルプの白色度は80°GEになる。

貯蔵タンクからの未晒パルプはタンクの排出ポンプの吸入側にて塩素段の沪液が注入されパルプ濃度をコントロールしてから漂白工程に入る。

パルプは薬品製造プラントから送られてくる塩素ガスとミキサーにより混合され塩素タワーに入る。塩素ガスの添加量は絶乾未晒パルプに対し5％である。塩素タワーでの保持時間

は約1時間，パルプ温度は常温，パルプ濃度は3.5％である。

パルプは塩素タワー内を上昇し頂部から排出されて塩素段洗浄機の沪液により稀釈されてから，洗浄機に入り洗浄される。

塩素段を出たパルプはこの後ミキサーに落される。こゝで苛性ソーダと蒸気が加えられ加熱される。パルプはアルカリタワーに送られる。このタワーはダウンフロー型で，パルプの保持時間は約2時間，温度６０℃，パルプ濃度は１０％である。アルカリタワーの下部でスプレーノズルで稀釈されアジテータで攪拌されたパルプはアルカリ洗浄機へ送られる。アルカリ廃液が沪過され，洗浄パルプは最終段のハイポ段に送られる。

アルカリ洗浄機から排出されたパルプにハイポ液が添加されハイポタワーに落される。ハイポタワー内のパルプ保持時間は約3時間，温度は４０℃，パルプ濃度は１０％である。

苛性ソーダ及びハイポの添加率は絶乾パルプに対し，それぞれ２％，2.5％（有効塩素として）である。又最終のハイポ段の出口にてパルプ液のＰＨをコントロールするため，わずかの苛性ソーダが添加される。

ハイポタワーのパルプは稀釈後洗浄機に送られ，洗浄されて晒パルプとなりこのあと高濃度のストレージタワーに溜められる。貯蔵量は絶乾パルプ２５トンである。

各洗浄段での沪液はその段の洗浄機に送られるパルプの稀釈に使用される。ハイポ段での沪液の一部は塩素段洗浄機でのシャワー水としても使用される。余剰沪液は排水処理設備に送られる。漂白プラントでの原料損失分は約８％である。すなわち風乾7.5トンの晒パルプを製造するのに風乾8.2トンの未晒パルプを必要とする。

7.4.5　パルプ乾燥および仕上げ

漂白プラントで処理されたパルプはこのあとパルプシートマシンに入る。

まず，晒パルプはヘッドボックスより上下に設置されたダブルワイヤに注入されて，ワイヤの送行とともに脱水されつゝシート状に形成され，次に２段の脱水プレスにかけられてパルプ濃度約４５％程度までに絞られる。続いてパルプシートはドライヤに送られる。ドライヤ内では蒸気によって加熱された熱風とパルプが直接接触し水分の蒸発が起る。熱風は蒸気加熱によるエアヒーターでつくられ，ファンで供給される。排気は熱回収されてから大気に放出される。

ドライヤから出たパルプシートは水分が１０～１５％になり，カッタにおいて所定の寸法に切断されてレーボーイに積上げられていく。このあとコンベアシステムにより，ベール計量，プレス，包装，ワイヤ掛け，スタンプ印刷を経て製品倉庫に送られる。

7.4.6 薬品回収

1) 黒液蒸発および燃焼

パルプ洗浄部門から送られてきた稀黒液はまずタンクに貯蔵され，こゝから多重効用竪型長管蒸発缶を通り，黒液固形分濃度40～50%に濃縮される。熱源としては黒液燃焼炉からの排気熱を利用する。燃焼炉からの排気は第1効用缶に入り，その後大気に排出される。第1効用缶のベーパは第2効用缶に入り，以後黒液と向流して流れる。

濃縮された黒液は炉の最上部で炉内に噴射され，こゝで助燃材としての天然ガスとともに燃焼される。黒液固形分中の原料ジュートの非繊維有機物などは炉内で燃焼し，無機ソーダ化合物は炉床で高温溶融する。この溶解成分（スメルト）は溶解タンクに落され苛性化装置に送られる。

2) 苛性化装置

緑液はまずクラリファイヤで清澄されたあと，スレーカへ送られる。このスレーカには石灰が供給されて消和される。苛性化装置は緑液中のソーダ化合物を石灰と反応させて苛性ソーダを製造するものでその反応式を下記に示す。

$$Na_2CO_3 + CaO + H_2O = 2NaOH + CaCO_3$$

この苛性化反応は苛性槽で起り，反応後，白液クラリファイヤに送られる。このクラリファイヤでは石灰泥が沈降し下部から排出され，清澄液は白液として蒸解部門に送られる。白液クラリファイヤから排出された石灰泥は石灰泥クラリファイヤに送られて残留ソーダ分を回収したあと，石灰泥フィルタへ運ばれる。このフィルタで濃縮された石灰泥は焼成のためキルンへ行く。

3) 石灰回収

石灰泥の焼成はロータリキルンで行われる。焼成用燃料には天然ガスが使用される。苛性化工程，石灰回収工程での石灰の損失分は購入石灰で補う。

キルンで焼成された石灰はビンに貯蔵されて，こゝから苛性化装置に運ばれる。

7.4.7 薬品製造工程

1) 塩水精製工程

原料塩は原料塩溶解槽に投入され，そこで原料塩が工場用水及び電解槽からの戻り塩水により，溶解されて飽和塩水となる。この飽和塩水中の不純物を除去するために，反応槽で薬品を加えて反応させ沈殿槽でスラッジとして沈降させる。上澄みの塩水はブラインフィルタで沪過しブラインヘッドタンクでPHを調整して電解槽に供給される。

沈降槽から排出されるスラッジは沪過機に送られ塩水とマッドに分離される。塩水は回