

神奈川県総合理学研究所非木材繊維資源 利用に関するプロジェクト研究

非木材繊維資源の育成に関する研究プロジェクト報告

神奈川県総合理学研究所

特別所員 門屋 卓（非木材紙普及協会会長）

本報告は1995年実施された神奈川県平塚キャンパスにおけるケナフ栽培・育成と利用に関する記録であり本報告に加え神奈川県及び非木材紙普及協会で実施した東京都立若洲海浜公園（通称夢の島）におけるケナフ栽培記録も並記しまとめたものである。

本研究プロジェクト推進にあたって三菱商事（株）地球環境室および非木材紙普及協会より多大の支援があったことを付記し感謝の意を表す。

本報は以下の3項目に大別しまとめている

1. 経緯

2. 1995年度神奈川県非木材資源利用プロジェクト（栽培から製紙まで）

2-1. 平塚キャンパスにおける栽培実験

2-2. 若洲海浜公園におけるケナフ栽培記録

2-3. 平塚キャンパス収穫ケナフのパルプ化、製紙化実験

3. 非木材資源利用の流れ

1) 経緯：

改めて述べるまでもなく、われわれ人類のみならず、地球に生存するすべての生きものは森林とそれより得られる木材によって計り知れない恩恵を受けている。

しかし、いま無限とも思われてきた森林資源は人類の繁栄に反比例して減少を続け地球環境問題に大きな影響を与えることが明らかにされてきた。

人類が森林を伐採し畠とし、燃料とし、家を作り、紙の原料に利用する量がエコロジ－のバランスが保たれている間は全く話題とはならなかった。一旦このバランスが乱れてきた現在地球全体の問題として大きく取り上げられてきた。

この乱れたバランスを元に戻すための方法として幾つかの案が提示・検討されている。その一つに森林資源に依存しない生存様式を探求することがある。

すなわち、現在使われている森林資源に匹敵する機能を持った高効率の光合成植物を探索しその育成と利用を追求することによって地球環境保全と資源確保の一端を担おうとする考えが生まれる。

このような発想は森林資源の枯渇が叫ばれてきた最近になって先進国を中心に始まっているが多くの人たちの理解は得られるもののその歩みは決して速くはないのが現状である

神奈川大学平塚キャンパスにおいては上記のような推移をふまえて、1992年より非木材植物としてケナフ、アマランサス、モロヘイヤーを選びキャンパス内工学部実験温室及び実験様農地（大学設立前農地であった） $10 \times 15 \text{m} = 150 \text{m}^2$ 程度において栽培実験を行いその経過は本研究所年報に報告した。

1994年までの実験は上記の農地で行いケナフが最も環境・資源面で適切な植物であることを認識し1995年6月1号館裏の地区が新館建設の余剰土壌の推積地を借用約 $14 \times 45 = 630 \text{m}^2$ の土地に4種のケナフ種子を播種した。

最初に生育の経過を総括すれば、表1に示すとおりであり、採取されたケナフは添付報告の様に1996年2月7～8日にかけて山梨県西島和紙原料協同組合にてパルプ化、2月9山一和紙工業（株）の製紙機械による未晒の紙の製造を行なった。

上記の研究は三菱商事地球環境室よりの助成金と非木材紙普及協会の支援によるところ大でありここに感謝の意を表するとともに今後も一層のご支援をお願いする次第である。

一方、ケナフの不毛、酸性土壌への栽培可能性を確認するために東京都若洲海浜公園（通称夢の島）内に約 10m^2 の土地を借用1995年5月より12月にかけて栽培実験を行なった。

結果は表2の様に生育は悪いが充分栽培可能なことを認めた。

この結果は今後不毛な場所でもケナフ栽培の可能性を示す事例として有意義なものであると思われる。

1995年から1996年前期にかけてケナフに対する世間の認識は急速に高まり、今後世界全域に発展して行く可能性が見いだされている。

そこで、本報ではまず1995年のプロジェクト研究の経過を日程順にまとめるとともに現

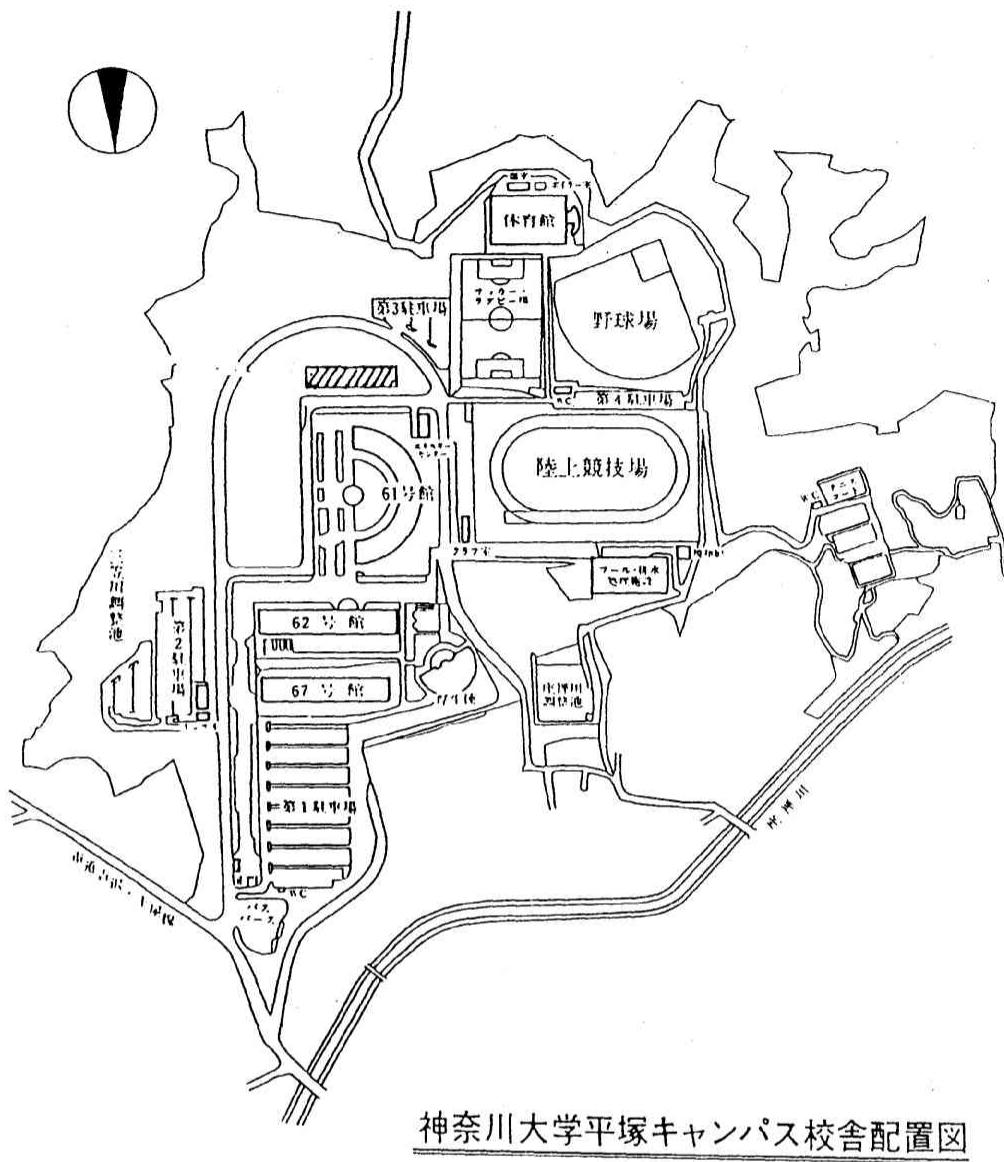


図1 平塚キャンパスケナフ栽培実験地
 の部 14 m × 7.5 m

表 1

1995 神奈川大学総合理学研究所 非木材資源利用プロジェクト研究経過 (1995. 5～1996. 1)

月日	天候 (気温)	研 究 経 過
5/15	雨	門屋卓、釜野徳明、大塚一郎、小竹文乃、釜野研究室学生と打合せ。 61号館裏の40×80mの一部を利用。
5/17	晴 (20℃)	青皮3号-折江省200g×2、折江省500g (昨年神奈川大学で採取した種) 湖南省200g×2、 以上10うねずつ約450m ² に窒素燐酸系肥料20kg×2個散布する。種間隔20cm、畝間隔60cm。
5/18~22	この間 小雨, 曇天	
5/24	晴	3種とも発芽確認。
5/31	晴 (25℃)	発芽良好。双葉程度。発芽率約80%。
6/1	晴 (25℃)	14:00より第2時播種。残部土地開墾。未発芽部の播種一部密生部より旧畑に移植。 16:20頃よりやや雷雨播種中止。
6/2	晴・やや冷風 (20℃)	
6/3	曇り後雨 (気温低い)	塩原にて講演・播種。 夢の島発芽したとのこと。
6/7	晴・無風 (20℃以上)	4子葉発育確認順調。残部土地播種確認発芽確認。密生部近く移植の要あり。
6/14	東京-雨激し, 平塚-曇り時々薄日 (23℃程度)	ほぼ順調。平均10cm, 6~8子葉, 一部抜けあり, 密生部移植未着手, 後植え部発芽確認良好2~4子葉
6/16	東京-豪雨, 平塚-薄曇り	第5区画密生部分散移植, 5~25cm, 平均20cm 特に密生部の成長大きい, 根部10cm推定, 分散部成長遅い傾向認める。
6/23	東京-雨, 平塚-曇り・小雨	平均30cm 程度成育。
6/27	曇り	夢の島-右側約10cm, 左5cm順調
6/28	東京-曇り, 平塚- 薄曇り (27~28℃) やや暑い程度	成長一段と進み平均30cm, 密生部成長高い雑草がかなり目立つ, 後植え部5cm程度。
6/30	東京-曇り, 平塚- 晴 (27℃)	ラジオ-6月の日照時間-50~120Hr, 120Hrは従来の平均値, 過去最低60/120とのこと。 雑草狩りを学生3~4名で行う, 一区画のみ。
7/5	東京-大雨, 平塚- 雨 (23~24℃)	雨の日が多いため雑草駆除進まず。6/30移植したケナフ異常なし, 雨のため冠水部多いが異常なし。
7/7	薄曇り蒸し暑い (27℃)	2:00学生2名雑草狩り, 30%程度進む。雑草の少ないところケナフ成長悪い。 湖南省の種子やや成長悪い。
7/12	薄曇り蒸し暑い (27~30℃)	密生部生育よし。雑草60%程度駆除。殆ど直線状に生育。
7/14	薄曇り時々小雨, 午後晴蒸し暑い (30℃)	移植部やや元気ないが健在。
7/17	朝曇り時々小雨, 後 晴蒸し暑い (30℃)	大塚助教授応援。 最低50cm~最高1m3cm。密生部残すことにする。

月日	天候 (気温)	研究経過
7/26	21日より梅雨あけ以後晴天。快晴 (34~36℃)	産業と環境社写真撮影。釜野・大塚先生と打合せ。河村君と打合せ森林研究送手続き。ケナフさらに成長+10cm。後植え部も前に近づく。
8/7		7/31~8/5ベトナム。この間平塚雨なし35℃前後。最低80cm~最高200cm。湖南省の品種に生育悪いものあり、一部広帽の葉が認められる(数株)。鉢植え枯れの兆候。
8/18	晴	11:00頃その間夕立が1回あった程度。最低1m~最高2m50cm。鉢植え健在。94年度残株根の一部刈り取る。
8/25	晴 (35℃)	開花一株(後植えの部)。虫倒れ1株認める。報道によれば本年は真夏日記録を更新中(37日)とのこと。
8/29	薄曇りやや涼し (28℃)	夢の島11:00~13:00, 10~40cm全株健全。肥料散布。
9/1	晴 (30℃)	開花2株。一枝虫倒れ(8/25認める)。部屋でビン差し。
9/17	大型台風あり (風速20~30米)	18日大塚助教授より異常なしとの電話あり。
9/20	晴 (20~24℃)	数本の倒れ程度。全般的に風側に傾斜。開花20%程度。9/1虫倒れビン差しケナフ根発達。夢の島も健在とのこと。
9/27	午前薄曇り、午後晴 (20~24℃)	'94年種一斉開花50%? 他の種子は数個程度。
10/4	薄曇り (20~24℃)	'94年種満開。
10/11	薄曇り (20℃)	'94年種開花峠を越す。他品種さらに生育の傾向。
10/18	晴 (20℃)	最低2m~最高4m。
10/25	晴 (20℃)	木枯らし1号とのことだが暖かく風なし。
11/2	晴 (20℃)	神奈川大学実験農地見学会。参加者約95名。'95年満開。
11/3	晴 (15℃)	ケナフ見学会。一部伐採。
11/7	晴 (17℃)	夢の島50cm~2m。全株開花中。
1/10	晴 (12℃)	残り全部伐採。富士地区で天日乾燥。
1/31	晴 (10℃)	山梨西島和紙原料協同組合へケナフ持ち込む。

図 2

東京都若洲海浜公園内ケナフ栽培地

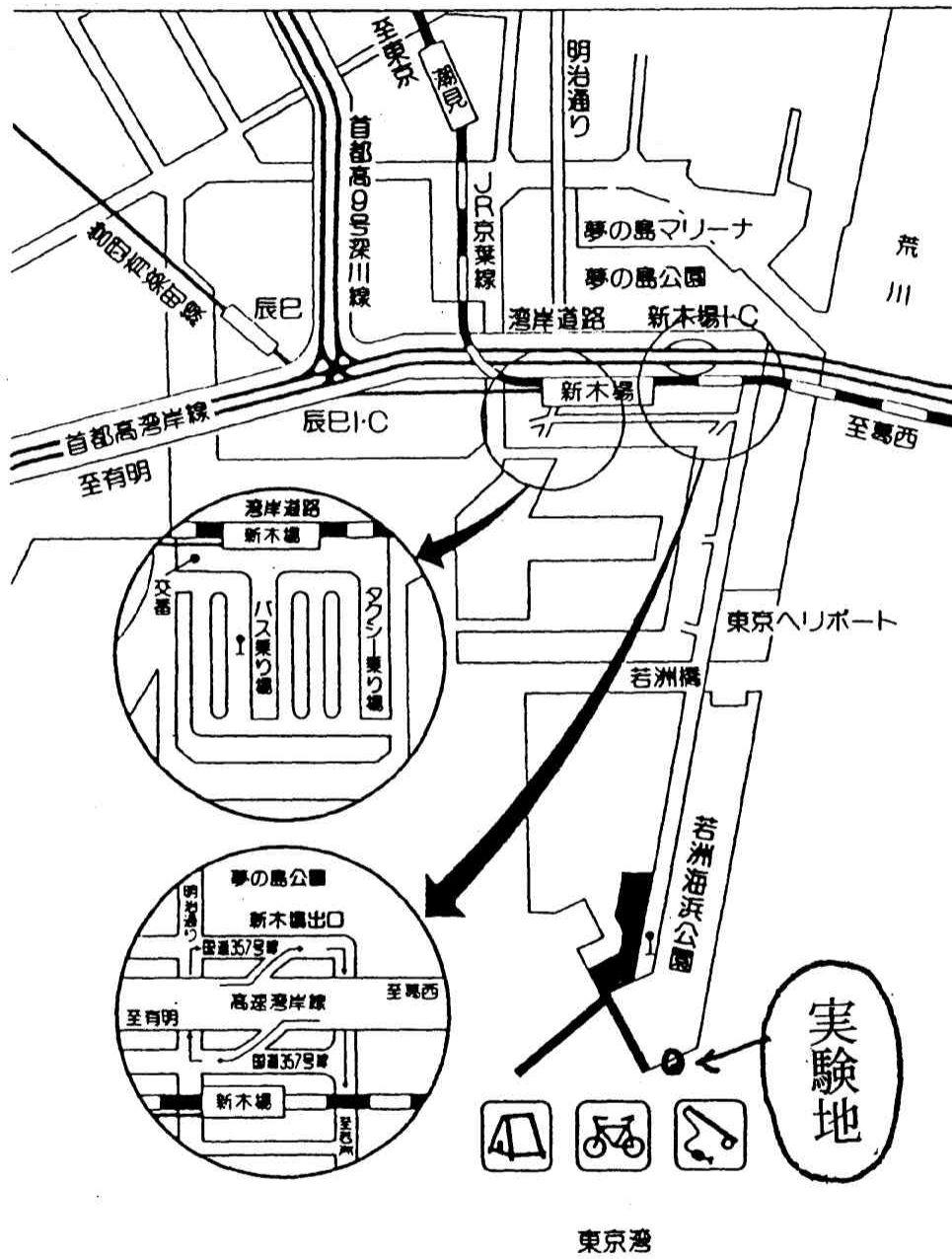


表 2

若洲海浜公園の高生長性植物（ケナフ）育成試験

場所 東京都立若洲海浜公園（夢の島緑地）

栽培者 神奈川県 総合理学研究所

目的 ケナフの塩分土壌における育成栽培

面積 10平方メートル（海岸より50M、風速5M/常時、施肥せず）

育成報告

平成7年5月25日 種まき 90箇所（180ヶ・間隔30cm X 30cm）
一晩水につけた後一ヶ所に2ヶはん種

平成7年6月2日 21箇所植え変え

平成7年6月15日 5箇所植え変え 2～5葉

平成7年6月27日 成長悪い

平成7年7月24日 10～30cmに成長

平成7年8月11日 立ち枯れなく成長しているが発育悪い。土壌悪の為か

平成7年9月18日 15～100cmに成長
開花1/2 成長具合に大差

平成7年10月3日 すべてに花芽確認、結実の可能性あり

平成7年10月25日 30～200cmに成長
結実10本ほど、種とり可能

平成7年12月1日 まだ開花品あり、数個種採取

平成7年12月26日 収穫1.27本（4、4Kg）協会に保管
種採取不（結実したと思われるが確認できず）

考察 塩分土壌でも充分栽培可能である。施肥を行なえば収量も多くなると
思われます。

在の非木材資源利用の概況を解説することにする。

2) 1995年神奈川大学におけるプロジェクト研究経過

2-1) 研究テーマ

神奈川大学総合理学研究所「非木材資源利用研究プロジェクト」

2-2) プロジェクトメンバー：門屋 卓、釜野徳明、大塚一郎、小竹文乃ほか

釜野研究室学生、理学部協力学生

2-3) 目的：ケナフを中心に非木材資源を栽培・育成しその利用方法を探究する

2-4) 栽培場所：61号館裏の40×80mの空き地の一部

14×45m(630m²)の土地を借用、整地の上以下の5種のケナフ種子を入手播種(直播き)

2-5) 経過

栽培・育成の経過(夢の島経過も含む)は表1に示す。

また、その間の代表的写真数枚をFig. 1~6に示す。

生育の概要：前年度は歴史的な冷夏であって、米の収穫に大きく影響し、全実験農地におけるケナフ収穫も良くなかった。

今年度は表1に見られるように7月上旬までは気温は高いが雨多く約1ヶ月雨天が続いたが、後半は連日快晴の日が多く7月下旬より急速な成長を示した。開花の時期は8/251株のみを認め、その後1.5ヶ月間次々と開花この傾向は、昨年とほぼ同じである。

伐採はパルプ化実験工場のスケジュールに合わせ11/3一部少量伐採後大半は年を越して畝に放置、1/10全株伐採富士地区工場へ搬送天日乾燥を行なった。

収穫時のケナフは栽培途中で試料提供などを行なった為に正確な量は把握出来なかったが全莖部で約740Kgと推定、山梨の西島和紙原料組合で風乾したが他の栽培地と混入されその重量は約500Kgと推定される。

パルプ化、製紙化については別項で述べる。

3) 東京都立若洲海浜公園(通称夢の島緑地)におけるケナフ栽培試験

通称「夢の島」は都市ゴミの埋立地というイメージでこの地にケナフを栽培し発

写真 1 ～ 6

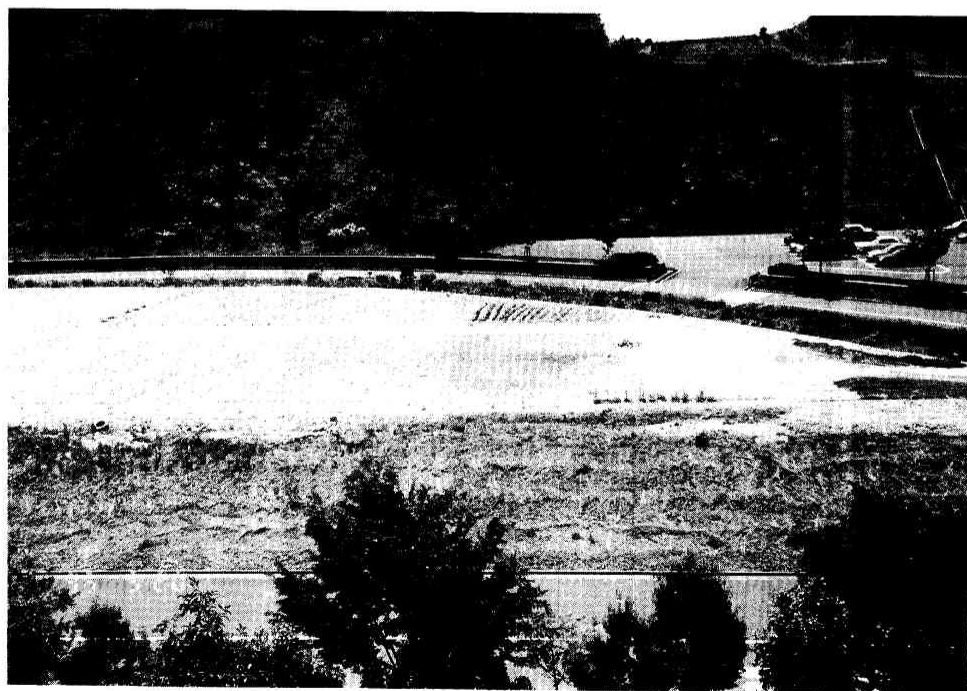


①

1995. 5. 17

耕地

播種



②

1995. 5. 20

6 2 号館屋上より



③

1995. 7. 14



④

1995. 9. 1

⑤

1995. 9. 20





⑥

1995. 9. 27

育する可能性があるかどうか興味のあるところであり、借用の手続きを行い1995年5月～1996年3月約10m²に苗（発芽直後のもの）を植え育成テストを実施した。経過は表2に示す。都の説明によればこの場所は埋め立て瓦礫の上に表層約30cm程度の土で覆い付表の様にキャンプ場、サイクリング、ゴルフ場などの公園として開放されており、その突端の海岸より約50mの場所を選んだ。土地のpHは酸性で、海より常時5m程度の塩風が吹く。肥料は今回特に加えず自然のままを観察した。

結果は表2に示す通りであり、通常地の1/3程度と推定されるが、全株枯れることはなく、ほとんどすべての株が開花したのは特筆に値する。ただし、結実したものの種子の採取は不可能であった。

4) 平塚キャンパス採取ケナフの全茎パルプ化の工場実験

平塚キャンパスで採取した全茎ケナフは黒磯栽培のケナフと混合され下記の日程でチップ化、パルプ化が行なわれた。

場所：山梨県市川大門 西島和紙原料共同組合

日時：1996年2月2日 小型木釜による予備蒸解テスト

2月5日 本機による蒸解

2月6日 晒し

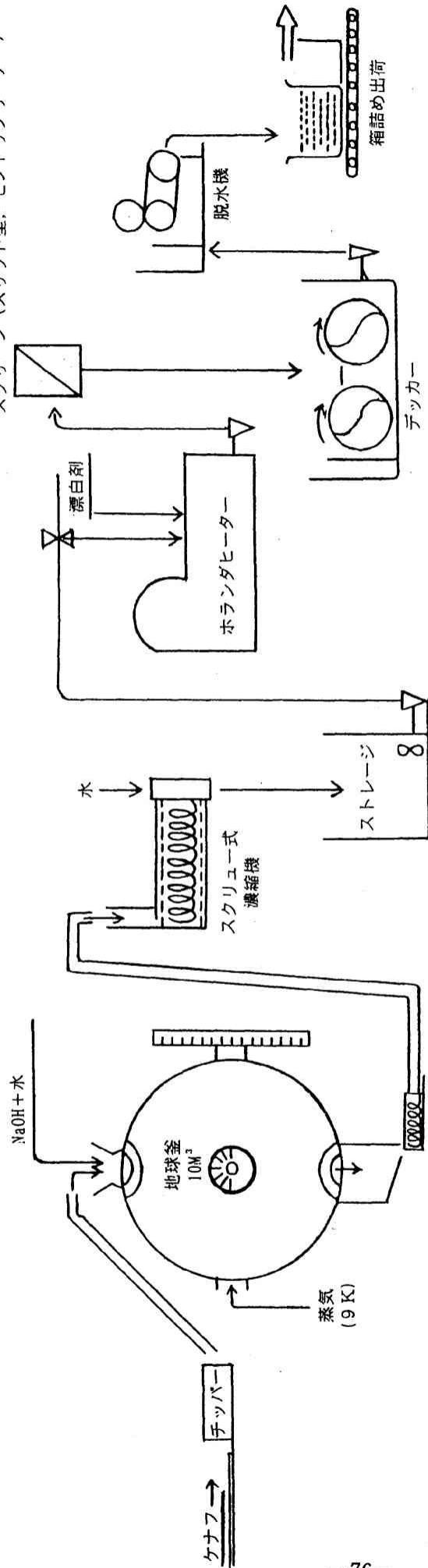
2月7日 晒した後ウエットマシンによる抄き取り

経過：以下は1996年2月26日行なわれた非木材紙普及協会の第7回シンポジウム原稿より引用する

ケナフの靱皮繊維は長く、幅も狭く、繊維のL/Wが大きい（ケナフ靱皮繊維は100以上と推定、通常木材繊維は針葉樹で100程度、広葉樹50以下）乃で繊維の絡み合いがよく、また細胞壁が厚くルーメン径（腔）が小さい（ケナフ靱皮繊維の壁/腔比は約1.0、木材繊維は針葉樹で約5、広葉樹で2～3程度）ために繊維が強く、紙としたときに、引き裂きが強く、剛さ（Stiffness）も得られる特徴を持つ。

ケナフの芯部（木質部）は繊維は短く、幅が狭い、細胞壁は靱皮繊維の1/2以下と非常に薄く腔が大きい（壁/腔比は約0.1）、繊維が弱いために従来は靱皮繊維のみが専ら用いられ、芯部は捨てられるか燃料になっていた。全茎の中心

図3 ケナフ全基のパルピニングのフロー
 スクリューン (スリット型, セントリクレーナー)
 1996.02.26



の芯部の比率は約65%を占め、資源として利用できる可能性を持っているのでここで全茎ケナフのパルプ化を行なうことにした。

また、木質部繊維は、細胞壁が薄くペントザンが多いために、水とに親和力がよく、叩解しやすい特徴がある。ただ木質繊維部のみでは、短繊維であり強度がないため抄紙は難しいが、長繊維と混合することによって引っ張り強さや柔軟性を付与するには有効である。

すなわち靱皮繊維との混抄によってそれぞれの繊維の特徴を生かした独特の風合いの紙が期待できる。

全茎ケナフのパルプ化

ケナフの化学的組成は、松やポプラなどの木質系と比較して、リグニンが少なく化学パルプしやすい、とくに靱皮部はリグニン含有量が少なく、木材の数分の一であり、セルロース含有量が多い、一方、芯部のリグニンは木材と同程度でありセルロース含有量は少ない、このような原料を同一条件でパルプ化した場合、靱皮部は易蒸解であり、茎部は難蒸解のために蒸解むらが生じることになる。靱皮繊維を得るための適切な条件の蒸解では芯部は若煮えとなり、芯部に蒸解条件を合わせると靱皮部の繊維は特徴を無くし、収率も低下する、両者の最適条件を求めることがパルプの品質を定める重要なテーマとなる。

蒸解の経過：

西島和紙原料共同組合は、富士川のほとりにあり、稲わら、バガス、椰子の繊維まど、非木材を原料とするパルプ化を行い、市川大門地区の和紙メーカーに供給している組織である。

ケナフの芯部と靱皮部のリグニンは平均するとバガスに近い、そこで、バガスの蒸解の経験を基に条件を設定した、靱皮部は僅かに過蒸解で、木質部は若煮の条件と予測したが、念のため1立方メートルの地球釜を用いて予備蒸解を行い、その結果を基準に10立法メートルの地球釜により蒸解を実施した、以下にそれらの条件を示す。

予備蒸解条件：

釜詰め量	40 Kg
苛性ソーダ	18%
液比	1 : 2.5
蒸解温度	最高温度到達時間 約10min (直接加熱) 最高温度 130°C
保持時間	3時間、1時間空転 (空転後約100°C) 後ブロー
蒸解結果所見	K価不明、韌皮部は完全にパルプ化、芯部は指で繊維分離可能な程度だがやや若煮え。

本蒸解条件：

釜詰め量	600 Kg
苛性ソーダ	20% (対ケナフ)
液比	1 : 2.0
予備加熱	90°Cまで約1時間 (ボイラー容量不足により20min 間隔直接加熱)
蒸解温度	120~130°C (約20min間隔直接加熱)
圧力	2.5 Kg
保持時間	3時間 1時間空転 (空転後約120°C) 後ブロー
蒸解所見	(パルプと薬液の分離、パルプの水切れよいことが認められた、パルプ移送中弁部に繊維詰まりが発生 K価測定依頼中、韌皮部は完全にパルプ化、芯部は繊維化可能だが一部若煮え有り。

後日の分析で銅価は以下のとおりであった

ケナフ靱皮部	53.5
芯部	89.7
靱皮+芯	74.2
バガス靱皮+芯	78.1

漂白

ビーター	ホルンダー型晒し
次亜鉛素酸ソーダ	3.6%, 2時間 - 5.0%, 2時間 - 過酸化水素 3.5%, 15時間
晒し後所見	次亜鉛素酸ソーダ処理後、黄色気味の強いオレンジ色 を呈した（有効塩素消費量不明）。 過酸化水素処理後白色度約70%。 1～3mm角の小木片状の異物が含まれ、スリット型ス クリーンに不通
晒し後収穫量	約200kg

問題点と今後の対策：

今回は、分析機器がなく、定量的知見が得られなかったが、感触として、芯部の

蒸解は不完全であり、かつ収率も低い、

考えられる対策

- ①靱皮部の蒸解度との兼ね合いにもよるが、蒸解温度アップ、保持時間の延長によ
って芯部の完全蒸解を行なう
- ②アントラキノンソーダ（AQ-soda）法（上海松江製紙工場参照）

③クラフト法 (salphate process). 中国源江製紙工場参照 (蒸解黒液内の SiO_2 は0.43g/l, 発熱量3,200~3,400Kg/dolid で問題なく回収可能) その他乃実績もあり,

④二段蒸解法 : 韌皮部を緩和な前段蒸解、分離後芯部の蒸解

ケナフ、バガス、木材の繊維の分析資料

	ケ ナ フ			バガス	針葉樹	広葉樹
	芯部	皮部	全茎	脱皮後	(温帯)	(温帯)
化学組成						
灰分 (%)	3.12	5.07	3.89	2.00	0.27	0.49
ペントザン (%)	19.58	14.08	17.40		13.05	23.33
リグニン (%)	23~27	1~6	16	19~21	26.30	16~25
α セルロース (%)	31~33	60	40	40~43	40~45	50
繊維形状						
平均繊維長 (mm)	0.6	2.6		0.8~3.	2.7~4	0.7~1.6
平均繊維幅 (μm)	10~11	16~22		19~21	32~3	20~40
ルーメン直径 (μm)	32.01	7.51			31.1	14.31
繊維壁厚 (μm)	1.51	3.61			3.21	3.11

5) 製造したケナフパル の実地抄紙試験

4) でパルプ化の完了した紙料を同じ地区の山一和紙工業(株)に搬送2/8同社の短網ヤンキー抄紙機で製紙実験を行い、坪量107g/m²の紙約212Kgの巻取りを製造することが出来た(パルプ化総量は大学+その他の試料で実施総量353Kg原質が得られ内141Kgが抄紙不良であった)。

得られた紙の紙質試験結果を表3に示す。

表3. 神奈川大ケナフ100%紙の紙質試験結果 25°C, 35%

坪量 g/m ²	厚さ mm	破裂強さ Kg/cm ²	比破裂強さ	引張強さ Kg		裂断長 Km		引裂強さ g		比引裂強さ	
				MD	CD	MD	CD	MD	CD	MD	CD
107.0	0.17	2.9	2.7	8.5	5.9	5.3	3.7	82.1	104.9	76.7	98.0
耐折強さ(MIT)		圧縮強さ(リングクラッシュKg)		サイズ度(sec)		水分(%)	密度				
MD	CD	MD	CD								
39.5	24.7	17.0	11.5	表裏共 130		6.6	0.63				

同社の短網ヤンキー抄紙機は概略図4の様な構造で通常は奉書紙、版画用紙、台帳用紙などを抄く機械であり、紙料としてケナフを用いることは始めてである。

4) で述べたように今回のパルピングでは芯部に未蒸解の部分があり、手抄きでは紙層内に可成の未蒸解異物が見付けられる。この対策として抄紙前にレファイニングを強化したがこれによって叩解度はかなり上がったと推定される。

図4 短網ヤンキーの原理図

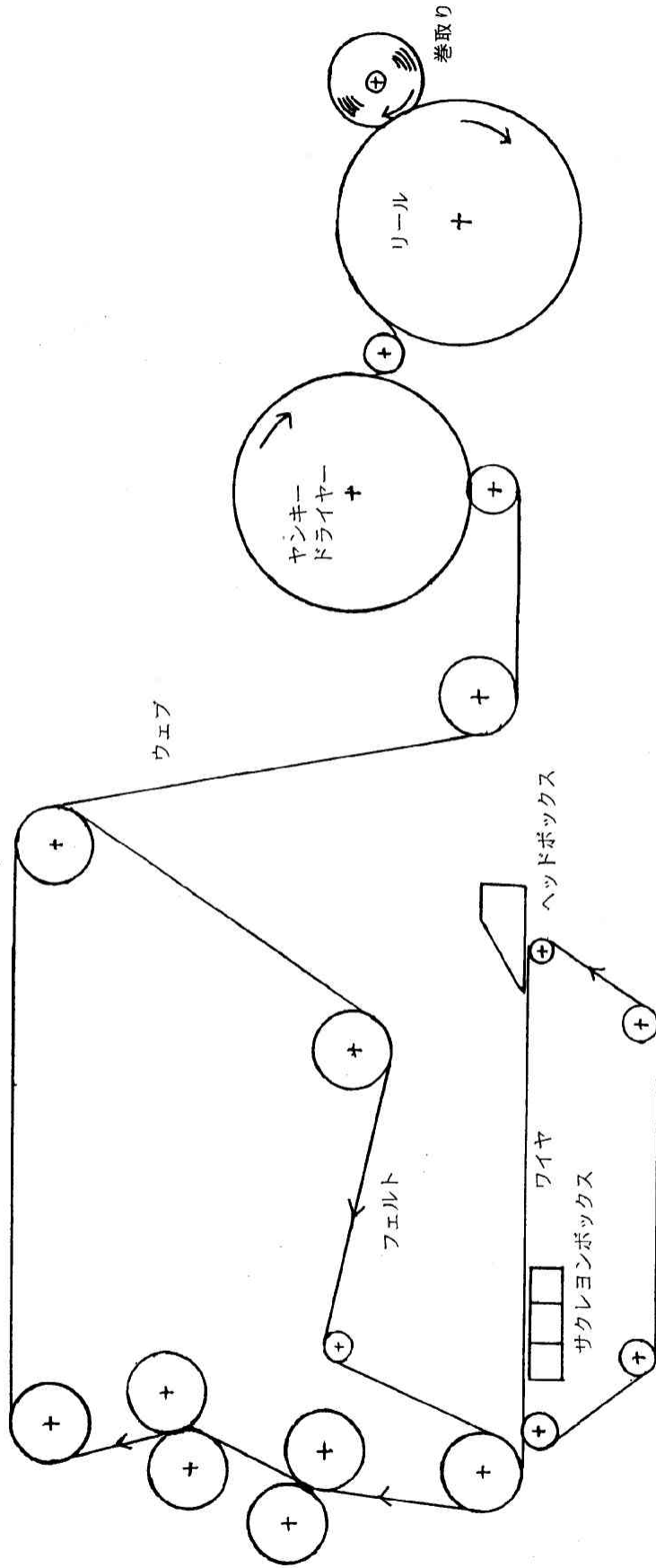
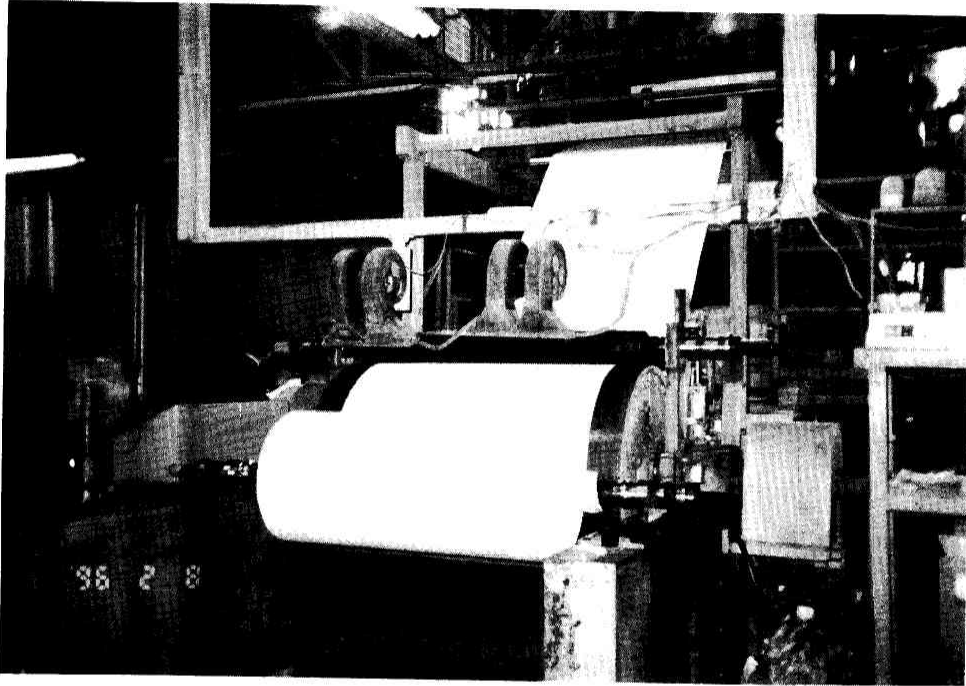


写真 7

ケナフパルプ抄紙時のリールエンド



6) 非木材資源利用の流れ

はじめに述べたように非木材繊維原料であるケナフの育成、パルプ・紙化の研究は神奈川県平塚キャンパスにおいて1992年より始め多くの先生・協力者の支援によって現在に到っている。

研究の当初はほとんど関心を示さなかったこの植物が地球環境問題に大きく関わりをもつという認識が高まるにつれて、急速にマスコミの対象となり大手新聞、テレビ、雑誌社等で大きく取り上げられ、また普及を支援する団体の努力によって、講演会、展示会の開催、種子と栽培方法の解説書の頒布、一般書の刊行普及¹⁾活動などによって人々の認識は随分高まったと推定される。

とくに、種子の頒布は大手の新聞紙の記事に掲載されたため約1万人もの熱心な方々から頒布依頼が寄せられ現在もそれが切れることはない。

このことは、非木材紙とくにケナフが一過性の環境保全の対象や、単なる家庭菜園的な興味に起因する以外に実際に紙というものに興味を持ちこれを手で抄き、手で触れてみたいという気持ちの現われによるものであることが強く認識された。

また学校教育の一貫として是非栽培から紙抄きまで実行したいという小、中学校からの依頼も次代を担う新しい世代の環境教育という観点からも重要でありこのような動きを十分に留意して研究・開発・普及を進める必要があるという認識が得られた。

一方、このような社会的流れとは別に、紙パルプの専門分野でも非木材紙は次第に注目され、内外の学会・専門誌などの論文、学会発表²⁾あるいは国際会議などが企画され活況を呈してきた。

ちなみに、昨年われわれが参加した米国国際ケナフ協会の第8回の発表会が本年3月21～23日 New Mexicoで開催され、1997年には米国化学会が"Chemistry of Kenaf: Properties and Materials"というタイトルでメキシコで開催する旨の案内が筆者にも寄せられている。

このような流れの中にあって我々は今後どのようなことを考え進めてゆくべきか改めて見直すことも必要であろう。

本稿では以上の様な観点から現在入手している資料の中から幾つかを選定し非木材紙の流れを紹介することにする。

7) 木材資源と非木材繊維資源

非木材原料あるいは非木材繊維という言葉は木材の利用を中心とする分野では木材という用語に対応するものとして使用されている。製紙の分野では植物繊維原料の大分類としては表4の様に木材繊維と非木材繊維という区分が明確にありここには代表的な非木材繊維が例示されている。

しかし、現在の製紙資源は木材を主原料とするいわゆる洋紙が圧倒的に占めおり非木材を原料とした紙は極めて限定された分野に用いられるに過ぎない。

統計によれば³⁾地球上の森林資源は約3、000億立方米といわれ年間成長量は約100億立方米とされ、その中からわれわれは年間約35億立方米の木材を消費しこの値は2000年には42億立方米以上になるだろうと推定されている。消費量の約50%が発展途上国の燃料であり残りが先進国の木材資源として主として建築と紙の用途に向けられている。

このように人類のみならず地球に生存する生きものは森林の恩恵を受けて現在まで繁栄してきたが将来の繊維資源として森林資源に依存することは環境、資源面で限界に近づいてきておりここに非木材資源の重要性が認識されはじめた。表5は世界の主要非木材繊維資源推定量を示したもので⁴⁾、総てを集計すればおおよそ25億トン以上の資源となるものと見做される。

非木材植物資源には大きく分類すると農産廃棄物、自生植物、栽培植物に分かれ集荷、集量、処理、安定供給性などに一長一短があり得られる繊維自身もそれぞれ製紙適性が異なっている。

いま先進国と途上国の紙・板紙生産量に対する非木材パルプ生産量の比率を求めてみると先進国0.43%、途上国54%となり先進国は大量の木材を原料として紙・板紙を生産使用していることになる。とりわけ日本は大量の木材を輸入し非木材パルプの使用比率は世界最低の0.038%であり今後少なくとも世界の平均値約11%(1994年)⁵⁾に近づける努力が必要となってきた。

8) 非木材植物繊維資源としてのケナフ

以上のように現在保有している森林資源を極力温存しかつ将来ますます高まる需要に答えるために木材以外の資源から原料を収穫ししかも膨大な量を確保しようとするには大量の農産廃棄物や自生植物が必要であるという矛盾が生ずる。

栽培植物はこの点必要に応じて拡大が可能であり、条件が満たされれば良好な原料を大

表 4

世界及び米国の非木材植物繊維原料推定値 (出典: Joseph E. Atchison Consultants Inc. PPC July, 1995より)

原料	世界の推定潜在量 (B D M T)	米国の潜在量 (B D M T)
バガス	1 億 0 2 0 0 万トン	4 4 0 万トン
わら類		
こむぎ (Wheat)	6 億トン	7、6 0 0 万トン
おおむぎ (Barley)	1 億 9、5 0 0 万トン	7 0 0 万トン
オートキ (Oat)	5、5 0 0 万トン	5 0 0 万トン
ライムギ (Rye)	4、0 0 0 万トン	4 0 万トン
米	3 億 6、0 0 0 万トン	3 0 0 万トン
あま (Seed flax)	2、0 0 0 万トン	5 0 万トン
あま (Grass seed)	3、0 0 0 万トン	1 1 0 万トン
小計 (わら類のみ)	1 3 億 0、0 0 0 万トン	9、3 0 0 万トン
ジュート (黄麻)、ケナフ、 アサ (Hemp) の茎繊維 樹皮繊維のみ	1、3 7 0 万トン 3 0 0 万トン (これは加えない)	
サイザル、ヘンケン (henequen), マゲ (maguey) の葉繊維 アハカ or マニラアサ	5 0 万トン 8 万トン	
リード (葦・推定)	3、0 0 0 万トン 0	
竹 (推定)	3、0 0 0 万トン	
パピルス (推定)	5 0 0 万トン	
エスパルト草 (推定)	5 0 万トン	
サバイ草	2 0 万トン	
綿繊維全量	1、8 3 0 万トン	3 5 0 万トン
一次、2次カトリンター	2 7 0 万トン (加えない)	5 0 万トン
綿の莖	6、8 0 0 万トン	4 6 0 万トン
コーン莖	7 億 5、0 0 0 万トン	1 億 5、0 0 0 万トン
ソルガム (Sorghum) 莖	2 億 5、2 0 0 万トン	2、8 0 0 万トン
麻繊維 or 粗麻	2 0 万トン	
総計	2 5 億 7、0 4 8 万トン	2 億 8、4 0 0 万トン

表5

ヘクタール当たりの種々の非木材植物
繊維原料の推定年集荷量

植物原料名	1ヘクタール当たりの 未加工繊維原料推定集荷量 (BDMT 乾燥重量トン)	漂白パルプ換算推定 集荷量 (BDMT)
さとうきびバガス	5 - 7.5	1.75 - 10.63
小麦わら	2.25 - 3.0	0.75 - 1.0
稲わら	1.25 - 2.0	0.38 - 0.6
大麦わら	1.25 - 1.5	0.38 - 0.5
オート麦わら	1.25 - 1.5	0.38 - 0.5
ライ麦わら	2.5 - 3.5	0.83 - 1.05
竹(自生)	1.5 - 2.0	0.63 - 0.85
竹(栽培)	2.5 - 5.0	1.05 - 2.1
ソ連産アシ	5.0 - 10.0	2.0 - 4.0
ケナフ(全茎)	7.5 - 25.0	3.0 - 10.0
ケナフ韌皮繊維	1.5 - 6.25	0.75 - 3.25
タヌキマメ韌皮繊維	1.5 - 5.0	0.75 - 2.5
上スーダン産パピルス	20 - 25.0	6.0 - 7.5
マニラ麻繊維	0.75 - 1.5	0.38 - 0.75
亜麻	0.5 - 1.0	0.09 - 0.18
綿繊維	0.25 - 0.87	0.25 - 0.87
綿リントー	0.002 - 0.07	0.002 - 0.06

量に提供出来る可能性を持っている。

米国では多年にわたって繊維資源として対象となる植物を検索しケナフという一年草が有望であるという結論を得、現在ミシシッピ州を中心としてプロジェクトが進行している。

図5はその成果の一部で、ここでは紙・板紙の原料以外に、ボード、衣料材料、不織布、飼料などの用途が開発され将来15,000エーカー（約6,000Ha）以上の土地で量産する計画が進んでいる⁶⁾。

ここで、改めてケナフについて言及すれば、ケナフとはアフリカ原産のアオイ科に属する一年生植物で、ハイビスカス、木槿（ムクゲ）、オクラと同じ仲間である。学名は *Hibiscus sabtariffa* と *Hibiscus cannabinus* とに分けられ前者は Roselle ともいわれタイを中心に栽培され後者の別名 Cuba Kenaf とともに何れもケナフと称しているが国によっては区別は不明確で麻と混同して栽培使用されているところが多いことが最近の調査で判明した。

われわれが対象としているのは *Hibiscus cannabinus* でありこれを”ケナフ”と呼ぶことにする。

ケナフの特徴は栽培範囲が広く、土地を選ばず、短期間で多くのセルロース繊維を収穫出来ることで、*Hibiscus sabtariffa* は160～180日、*Hibiscus cannabinus* は120～130日で成長し何れも高さ3～4m、茎下部直径3～4cmにもなり広く東南アジアや中国、アフリカ、カリブ海沿岸、米国南部の温暖な所で栽培され収穫量は *cannabinus* は10～15T/Ha・yで *sabtariffa* より上回っている。

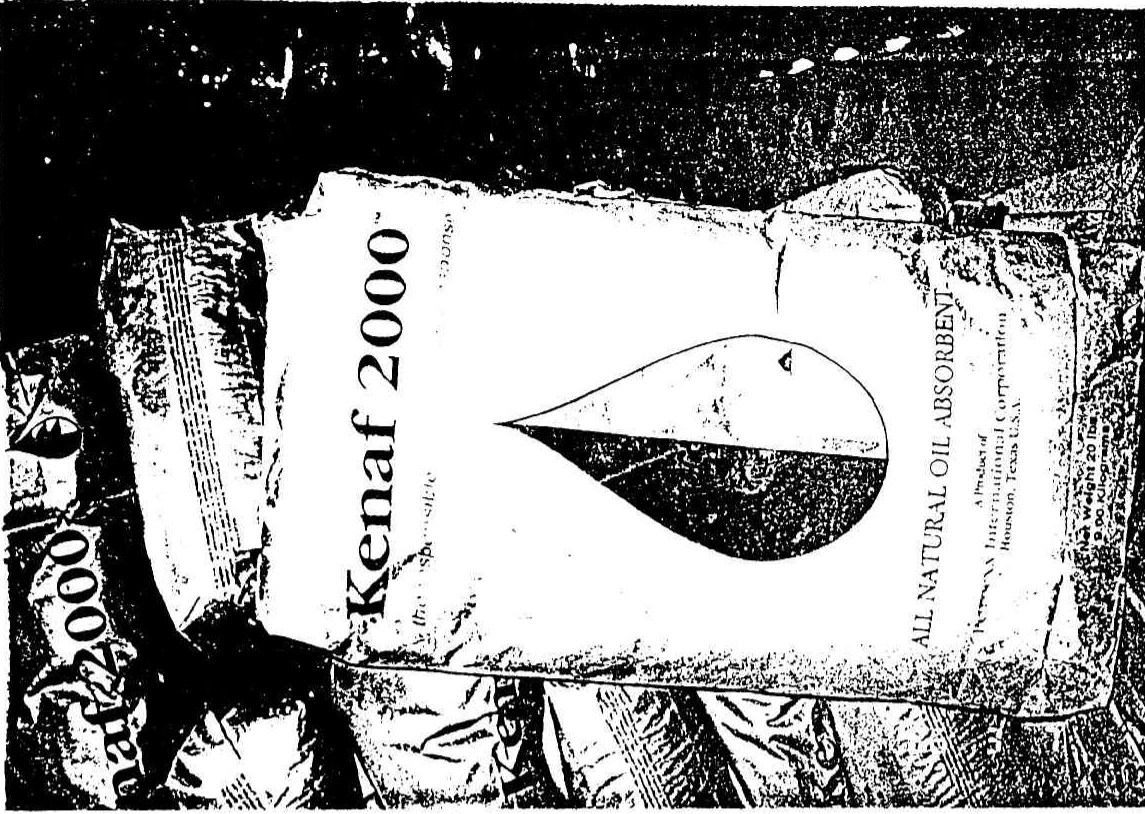
前項で述べたように神奈川大学でも学内の敷地に5～6月に *Hibiscus cannabinus* を播き8月末開花、その後も成長を続け10月末で上記のような高生長性を実証し、パルプ化、抄紙のテストを行なった⁷⁾ 次第である。

このようにケナフのバイオマス資源としての特徴は①高い光合成 ②靱皮、木質部の単独、混合利用可能 ③高CO₂吸収能 ④栽培容易 ④汚水浄化作用などである。これは、すなわち繊維資源として木材に競べ2～3倍の収穫が見込まれ、環境対応という面でも極めて魅力ある植物であると見做されてきた。

9) ケナフを含む植物繊維資源の特性

表6 にケナフを含む非木材繊維資源の収穫量（ここでBone Dry Metric Ton・BDMD:絶乾重量トン）の比較を示した⁸⁾。

これより、最も光合成能力に優れた植物としてサトウキビバガス、竹、アシ、ケナフ、



☒ 5

パピルス等が挙げられる。

表7 は代表的な植物のセルロース繊維の繊維長さ、直径、灰分、リグニン、アルファセルロースの組成を示したものである。

表6 でたとえば、わら類は大量に存在し有望な製紙原料であるが細く短い繊維と高灰分含量に対応する工程の配慮が必要であり、出来上がった製品も一長一短であり汎用的な紙質として適さない。

このような事情を解析すると現在注目される製紙原料としてバガス、竹、ケナフなどが候補になる。

バガス、竹は木材繊維に近い特性を持っているが前者は農産廃棄物であり大量に用いることは期待できない。後者は限られた地区に生育し量的には限界があるとともに一度開花すれば全滅するかもしれない危険性がある。

この点ケナフは栽培植物であり努力すれば必要量を自力で確保できる。繊維の品質は表の様に木材繊維に近く特に靱皮部の α -セルロース量は極めて高い。両者の繊維を別々にあるいは混合して使用することによって次に示すように多くの用途が開発されている。米国で開発されているケナフ栽培利用の考え方は大農場・機械化であり、生育したケナフを機械的に靱皮と木質部に分離、靱皮は製紙、不織布などの繊維原料、木質部は吸油剤、ハードボード芯材などに用いる方針で開発を進めている。

一方、われわれは目標を製紙用繊維を中心に置き、茎全体のパルプ化の方法を検討し（全茎パルプ）副利用法として衣類、建材、菌床などへの応用を進めている。

現在入手しているパルプはクラフト法によるものであるが、アルカリ法、CTMP法も可能なことが文献などで発表されている⁸⁾。

製紙物性的には全茎パルプは靱皮部のセルロース成分のリッチな長繊維とヘミセルロース成分の多い木質部の単繊維が独特のマトリックスを形成し洋紙的、和紙的風合いを持った紙になりエコロジカルな側面も加わって新しい市場が出来上がって来たと思える。

表7にある業界紙が調査した非木材紙の主要な品種を示す、これを見れば実に多種多様な製品が最近ぞくぞくと出現しており、また水面下でも思わぬ用途開発が進められている様でこれからの新たなビジネスチャンスにつながる可能性も生じてきたと見做されはじめてきた。

表 6 各種繊維の繊維長・径と、灰分等主な組成

繊維の種類	繊維長 平均mm ()内は範囲	繊維直径 平均μ ()内は範囲	灰分 %	リグニン %	α-セルロース %
温帯産 針葉樹	2.7-4.0	32-43	1	26-30	40-45
温帯産 広葉樹	0.7-1.6	20-40	1	18-25	38-49
小麦おらなどの草類	1.1-1.5	9-13	6-8	17-19	33-98
米 わら	0.5	8.5(5-14)	14-20	12-14	28-36
あしで代表される莖桿	1.0-1.8	8-20	3-6	18-22	33-43
バガス(脱ピス後)	1.7 (0.8-3.8)	20 (10-60)	2	19-21	40-43
竹	2.7 (1.5-4.4)	14 (7-27)	1-3	22-30	50-
エスパルト草	1.5 (0.4-2.4)	9 (7-14)	-	-	-
ケナフ等莖の木質繊維	0.6	10-11	2-3	23-27	31-33
“ 靱皮繊維	2.6	16-22	1-2	1-6	60-
マニラ麻(葉柄の靱皮 繊維)	2-8	16-32	1	7-10	53-64
サイザル麻(葉の靱皮 繊維)	1.5-4	20-32	1	7-10	53-64
綿実リントー	3-7	20(12-38)	1-1.5	3	80-85

表 7

■すぐ手に入る非木材紙製品

	製 品 名	原紙メーカー	発 売 元
ケ	印刷用紙「Gプラン100」 「ジェルバG」 「グラフィーテキスト」 「Aプラン」 「ケナフ100グリーンエイド」 「ケナフフィールドGA」	日本紙業 新富士製紙 新富士製紙 日本紙業 三島製紙 三島製紙	平和紙業 平和紙業 平和紙業 平和紙業 竹尾 竹尾
	高級印刷用紙「エコマット」 「NKダルカラー」	日本製紙 日本加工製紙	平和紙業 平和、竹尾、ヤマト、四国 洋紙店
	和紙風印刷用紙「フェルトン」	特選製紙	平和紙業
	OAデザイン紙「草工房」	東海バルブ	コクヨ
	手帳、便箋用紙「エコリーフ」	日本製紙	平和紙業
	便箋、封筒	三島製紙	ヒサゴ
	名刺、ハガキ用紙「ケナフセント」	富士共利製紙	山嵐
ナ	画材紙「ミューズケナフブロック」 「ケナフクッキー」	新王子製紙 北越製紙	ミューズ サカエ紙工
	包装用紙「カナディアン」 「シリアルペーパー」	東京製紙 新富士製紙	平和紙業 平和紙業
	ショッピングバッグ「竜王」	大王製紙 東海バルブ	ザ・バック、スーパーバック ザ・バック、スーパーバック
	バインダー「コレクト・リング・バインダー」	富士共利製紙	コレクト
	ティッシュペーパー	大洋製紙	ユニバックス
	タグラベル	北越製紙	ナカムラレーベル
	書道半紙「みどり」 「愚山」	岐阜製紙 山十製紙	丹頂紙業 ヤマキ紙業
	紙粘土「かるーい紙ねんど」		トーヨー
	食品トレー「PULPIKOバルビコ」		ギンポーバック
	フ	印刷用紙「バガス紙」 「グリーンエイドバガス」	東海バルブ 東海バルブ
ショッピングバッグ「竜王」		大王製紙	ザ・バック
封筒		東海バルブ	井井封筒
キッチンペーパー		服部製紙	
コーヒーフィルター			カリタ
うちわ		東海バルブ	四国印刷
ノート、便箋、封筒		東海バルブ	サンスター文具
海藻	印刷用紙「アルガカルタ」	輸入品	平和紙業、竹尾
	ノート、便箋、封筒		サンスター文具
タケ	書道半紙「書き初め用」	山十製紙	
	画仙紙「芙蓉箋」 「愚山」	山一和紙工業 山十製紙	ヤマキ紙業
	和紙コピー紙	山十製紙	小津産業、大橋
その他	コットン、麦藁 印刷用紙「ハイブリッドカルタ」	輸入品	平和紙業、竹尾
	バナナ、稲藁 画仙紙「芭蕉箋」	山十製紙	丹頂紙業

表 8 非木材パルプの生産量と対パルプ比率

(紙・板紙生産量上位10社を抜粋)

(単位1,000MT)

国名	紙・板紙 生産量	木材パルプ 生産量	非木材パルプ 生産量	非木材パルプ 全パルプ%	非木材パルプ 輸入量	非木材パルプ 輸出量
アメリカ	77250	58310	170	0.29	7	113
日本	27764	10590	4	0.038	29	—
中国	23816F	2439	15307	86.26	49	4
カナダ	17557	23658	—	—	4	17
ドイツ	13034	2107	—	—	—	21
フィンランド	9990	9430	—	—	2	8
スウェーデン	8781	10272	—	—	4	3
フランス	7824	2658	23F	0.87	16	1
イタリア	6019	432	80	15.63	5	—
韓国	5804	447	—	—	6	—
先進国	201737	137033	587	0.43	136	237
途上国	51849	15283	18206	54.37	157	67
総計	253586	152316	18792	10.98	292	304

F : FAO推定値 (1993年FAO Yearbook1994より)

6) 今後の展開

表8よりわかる様に世界の全製紙用パルプの中の非木材紙の占める比率は次第に増えてはいるものの1993年で10.98%であり、この内先進国は0.43%、途上国は54.37%と圧倒的に途上国で占められており特にわが国は0.038%と最低である。将来の森林資源を確保し地球環境保全を進める意味でも100%近く木材資源に依存しているわが国は今後資源の転換を計り少なくとも先進国の平均値に近ずき、さらにこれを上回る努力が必要となるのではなかろうか。

そのためにはまず現在の日本の木材パルプ生産量10,590千トンの0.43%=45,500トン程度のパルプを非木材原料から求めることはそれほど困難ではないであろう。

さらに今後これを確実にかつ安定して確保する方法を考えねばならないであろう。

筆者等はその模索の一つとして新生国ベトナムを選び日本プラント協会の支援の下に本年1月ケナフ栽培とパルププラント設立のための調査を行なった。

調査報告書は現在プラント協会に提出中であるが、同国はかつて国の政策としてケナフの栽培を奨励し、カントー大学では長年に渡ってケナフの栽培研究を行い成果を上げていることもわかった。ただ、残念なことに政策の転換のため中止の余儀なきに到っている。

今後日本からの支援によって適切な土地を選び、育成、収穫したケナフを受け入れる体制が出来れば早急に実現する可能性は高いと判断した。

近い将来日本は製紙原料確保のために現在以上の困難が現われてくることを想定すれば多少なりとも非木材利用の方向づけを進めてゆくことが肝要なことではないかと考える。

参考資料

- 1) 「ケナフ」の話、非木材紙普及協会(1996)
- 2) たとえば第46回日本木材学会大会(1996)
- 3) FAO統計、1980
- 4) E. Atchison, PPC., July(1995)
- 5) 森本正和、ジェルバレポート、1、3(1995)
- 6) 門屋 卓、ジェルバレポート、1、3(1995)
- 7) 門屋 卓、非木材紙普及協会第7回シンポジウム(1996、2、26)
- 8) 門屋 卓、SUT BULLETIN 6(1996)投稿中