「糖質材料の新展開」特集

紙パルプを主にしたケナフの特性と展開

稲垣 寛

はじめに

地球温暖化の主要原因である増加する炭酸ガスの吸収源としての森林の減少が憂慮されている。

特に我国は消費する木材の60%以上を輸入に頼っており、環境と資源の両面から世界に対して大きな責任を負っている。輸入木材の用途のうち40%は世界第2位の生産量を示す製紙用パルプとして使用されており、1995年の紙、板紙の生産量2,960万tのうち故紙の混用率52%を差引いた1,370万tが新しく紙用材料として消費されている。毎年世界全体で失われる森林の面積は日本全土の40%の15.4百万haに達し、1993年のヘルシンキ・プロセス1995年のモントリオール・プロセスと環境会議毎に森林の管理強化が議論され、国によっては伐採の削減や禁止に及んでいる。

これらの現状および将来に対応するために、海外における植林などに努力が払われているが、それらを補うためにも、近來非木材パルプが注目を浴びているが、そのうちで最も有望視されている材料がケナフ (KENAF) である。Kenaf はアラビア語で、中国では幹が赤くなるので紅麻と呼ばれている。(改良種では青いままでも赤くならないものもある。)

ここでは紙用木材パルプの代替資源としてのケナフを繊維の特徴を追いながら現在までに得られている用途の概要を述べる。

図1はケナフおよび繊維の特徴と用途の概要である。

1. 植物としてのケナフ

図2は植物分類上からのケナフの位置で、*H. cannabinus* が主流であるが、ローゼル (*H. sabdariffa*) もタイ

図1 ケナフおよびその繊維の特徴と用途

Properties of Kenaf Fibers in Paper Pulp and Its Developments

著者紹介 HIROSHI INAGAKI

Professor Emeritus of Kobe Women's University, President of Japan Kenaf Association

神戸女子大学名誉教授、ケナフ協議会会長代行、工学博士。

著者は高分子、機能紙を専門とされる。著書に「高機能紙の開発と応用」(シーエムシー、1988)などがある。趣味はゴルフ、俳句。

本稿では、紙用木材パルプの代替資源としてのケナフを、繊維の特徴と用途について概説されている。

植物—種子植物門 (Division SPERMATOPHYTA)

被子植物亜門 (Subdivision ANGIOSPERMATE)

双子葉植物綱 (Class DICOTYLEDONEAE)

離弁花類 (APOPETALAE CHORIPETALAE)

オトギリソウ目群 (HIPERICALES group)

アオイ目 (Order Malvales)

—ホルトノギ科

サルラエナ科

シナノギ科

アオイ科 (Family Malvaceae)

キワタ科

アオギリ科

—スキトベタルム科

—トロロアオイ属 (*H. mutabilis*)

エノキアオイ属

フヨウ属 (*Hibiscus* L.)

イチビ属

キンゴジカ属

サキシマハマボウ属

—ボンテンカ属

—ケナフ

(*H. cannabinus*)

—ロゼル

(*H. sabdariffa*)

フヨウ

(*H. mutabilis*)

ムケグ

(*H. syriacus*)

ハマボウ

(*H. hamabo*)

フウリンブツソウゲ

(*H. schizopetalus*)

クサフヨウ

(*H. moscheutos*)

—その他

図2 植物分類からのケナフの位置

ケナフと呼ばれ主としてタイで栽培され、繊維とともに種から油(約20%)が採取されている。1年生で播種して4~5ヶ月で3~4m, 条件が良ければ6m以上に成長し、黄色で中央が暗赤色の五弁の花を開き、自家受粉しうずらの卵よりやや小さい蒴果を結ぶ。種子は褐色の肝臓形で1個の蒴果中に20~30粒(約1~2g)が5室に分かれて収容されている。茎は冬期に入ると枯死し、主根は地中に30~40cm 真直ぐ伸び側根もよく発達しており、強風にも耐える。

ケナフの原産地は西アフリカで紀元前2000年以上前から、その繊維は被服材料として使用されたといわれている。(インド説もある。) ペルシャ(イラン)からコーカサス、ロシア、旧満州(公主嶺農事試験場での栽培記録)への北方ルートとインド、マレーシア、タイ、中国への南方ルートを通り、現在は北緯40°から南緯30°あたりまでの温帯、亜熱帯、熱帯に分布し、土壌と気候(温度、雨水等)に適応性が大きい植物である。

日本では東北地方中部から以南で栽培に適し、昨年(1995年)ケナフ協議会が希望者に頒布した中国種「青皮3号」の生長記録によると最長5.8m(岡山)で、東北から九州まで35ヶ所の平均値は最高長381cm, 最低長206cmであった²⁾。写真1, 2は日本およびタイで生育されたケナフで何れも4m以上を示している。

収穫量は、気象条件や土質、施肥、降雨量や管理条件

写真1 ケナフの育成状況(中国種「青皮3号」6月播種・110日後) 三重県亀山市にて

写真2 乾燥中のケナフ茎(タイ・Phoenix社にて)

表1 土地1ヘクタール当りの種々の非木材繊維原料の
推定年集荷量

原 料 名	1ヘクタール当りの未加工繊維原料推定集荷量(BDMT)	白パルプ換算推定集荷量(BDMT)
サトウキビカス	5 ～12.3	1.7 ～ 4.2
小麦わら	2.2 ～ 3	0.75 ～ 1
稲わら	1.2 ～ 2	0.37 ～ 0.6
大麦わら	1.2 ～ 1.5	0.37 ～ 0.5
オート麦わら	1.2 ～ 1.5	0.37 ～ 0.5
ライ麦わら	2.5 ～ 3.5	0.82 ～ 1
竹(自生)	1.5 ～ 2	0.62 ～ 1
竹(栽培)	2.5 ～ 5	1 ～ 2
ソ連産アシ	5 ～10	2 ～ 4
ケナフ(全茎重量)	7.4 ～25	3 ～10
ケナフ靱皮繊維	1.5 ～ 6.2	0.75 ～ 3.2
タヌキマメ靱皮繊維	1.5 ～ 5	0.75 ～ 2.5
上スーダン産バビルス	20 ～25	0.6 ～ 7.4
マニラ麻繊維	0.75 ～ 1.5	0.37 ～ 0.75
亜麻	0.5 ～ 1	0.09 ～ 0.17
綿繊維	0.25 ～ 0.86	0.25 ～ 0.86
綿リントー	0.02 ～ 0.07	0.015 ～ 0.06

BD=絶乾

により大きな差があるが、気温が高く、降雨量が適当に多い地方で高収率が認められる。1ヘクタール当りの風乾後の収穫量は宮城県で3.2t(青皮3号)、1.6t(米国種)で³⁾、東海以西の平均収穫量は12～18t、宇和島では36t(米国種)、31t(タイ種)、免田で52t(タイ種)を収穫した記録がある⁴⁾。後者は収率としては画期的であるが、気候条件に恵まれ専門家の手により管理が良ければ高収穫が得られることが期待される。

表1⁵⁾は非木材繊維の単位面積当りの年間生産量の比較で(原報はエーカー当りであるが、CGS単位に換算)他の繊維植物に比べて、ケナフとバビルスが繊維収穫量が多いが、パルプ化すると量質共にケナフが優れている。また木材との比較でも単位面積あたりケナフは松の少くとも2～3倍生産性が大きい。

ケナフはその生長速度と比例して、肥料として加里、燐、窒素の吸収が大で、中国では3年連作して一年休耕するを常としている。温室内での水耕栽培では短期間に5m以上に生長したとの報告もある⁶⁾。

農業研究センターの尾崎、阿部氏は⁷⁾、水路中にゼオライトと粗砕石灰石5%を混入した濾材を入れた網籠(30×30×40Hcm)を沈め、この中で一年生および多年生の植物を栽培し窒素(N)と燐(P)との吸収速度を

図3 各バイオジオフィルター水路のりん(P)、窒素(N)除去速度(阿部ら1991)

注) 月平均除去速度の最高値を示した。無栽植水路は試験期間の平均値。

▼は、陸生植物。

負荷速度 P: 0.20～0.32g/m²/day, N: 1.41～2.08g/m²/day

測定した。

図3はその結果でケナフおよびバビルスが最も吸収速度が大で、無栽植との比較では数倍、葦に比べてもNで1.3倍、Pで2倍の除去率を示している。

赤潮やあおこの発生原因であるNとPの除去は困難で費用の高む問題であるが、下水の三次処理や湖沼の水の浄化にケナフの役割を期待し、その副生物の茎を製紙に活用でき、少しでも森林の減少を止めるのに役立てば、一石三鳥と云える。

2. ケナフ生繊維の利用

収穫した茎より分離したパルプ化前の繊維について述べる。写真3はケナフの茎の横断面の顕微鏡写真で、染色したものは、表皮、靱皮部、木質部の構造をさらに明確に識別することができる。

写真3 ケナフ全茎横断面顕微鏡写真

写真4 ケナフ維管束の電子顕微鏡写真

2.1 韌皮繊維の利用

2.1.1 麻袋、ロープ、漁網など

最も昔から利用されている分野で、葉と枝を除いたケナフ茎を収穫直後、あるいは乾燥貯蔵後に、水に浸し(約16~27℃)2週間後に表皮を剥ぎ、白皮を乾燥後解繊して黄麻、苧麻、亜麻などと同様な用途に供されている。古代は被服材料に用いられていたが、しなやかさや白度が足りないため、綿花が栽培されるにいたり、使用量が減少した。現在は麻袋、ロープ、漁網などに使用されているが、次第に合成繊維やフィルムに代替されつつある。

2.1.2 不織布⁸⁾

写真4はケナフの韌皮繊維の維管束で、導管に固着剤が付着していることが判る。3NのNaOH中110℃で3時間処理して固着剤を除去した繊維を、綿と混合してニ

図4 油吸収量に対するケナフ不織布とポリプロピレン不織布の比較

表2 ケナフ木質部ボードの吸音試験結果

周波数 (Hz)	20mm ケナ フボード	13mm 石 膏ボード	16mm 織物をモルド した柔らかいタイル
125	.07	<.04	.10
250	.11	<.04	.16
500	.34	.07	.30
1,000	.49	.06	.52
2,000	.29	.04	.38
4,000	.26	<.04	.35

(インピーダンスチューブ法による標準吸音係数 α_n)
(ASTM-C384)

ードルパンチ法で作った不織布は、図4のように油吸収材として現在用いられているポリプロピレン繊維の不織布に比べて、約1.5倍の油吸収量を示している。一方ケナフ繊維単独の不織布は、空隙率が大で、空気透過量はケナフ75：綿25の不織布の約4倍、ケナフ50：綿50の約5.5倍に達している。

2.2 木質部(芯部)繊維の利用

2.2.1 ケナフボード^{9a, b)}

ケナフの木質部は繊維が短いため殆ど注目されていなかったが、比重が軽く、多孔質で粉碎が容易なこと、比較的リグニンの含有量が多いことなどの利点を生じて、粉碎後、水分の存在下で熱プレスすることによって強靱で軽量な(240kg/m³)のボードを作ることができる。耐水性を向上させるためにフェノール樹脂とワックスを加えることもある。このボードは価格が安い割りに表2のごとく吸音効果に優れ、熱伝導率も小さい。またケナフタイルは焰の廻りが遅く、U. S. F. P. A.の安全コードNo.101のCクラスにランクされている。

ケナフボードは天井張りボードや、化粧パネルや床タ

イルなどの基盤に使用できる。

そのほかケナフの枝や葉は家畜の飼料、ケナフの茎のしぼり汁はケナフジュースとして菌類の培養基に、種子からの油は食用に供され、若葉も食べることができる。

3. 紙用パルプ材としてのケナフ

表3はケナフと木材との化学組成で、リグニンの含有量が靱皮部はもちろん全幹でも木材と比べて少く、水およびアルカリへの可溶成分が可成り多いことから、化学パルプ化は容易であることが判る。灰分が少し多いが、他の葎やワラに比べて少く、パルプ化の際のトラブルになる程の量ではない。

表3 ケナフ、マツ、ポプラの化学組成

	ケ ナ フ			マ ツ	ポプラ
	芯 部	靱皮部	全 幹		
灰分 (%)	3.12	5.07	3.89	0.27	0.49
抽出物 (%)					
冷水	9.29	13.15	10.82	4.45	1.55
温水	9.39	13.16	10.88	6.03	3.13
1%NaOH	33.77	29.38	32.03	17.41	22.15
アルコール・ベンゼン	2.79	2.45	2.66	2.62	2.02
ペントザン (%)	19.58	14.08	17.40	13.05	23.33
クラースンリグニン (%)	20.01	9.68	15.92	26.79	22.82
ホロセルロース (%)	77.08	78.24	77.54	77.1	81.5
芯：靱皮 (%：%)	60.37：39.63			—	—

表4 およびその下の図は、繊維の形態を木材パルプと比較して特徴を明らかにしたものである。

ケナフの靱皮繊維は針葉樹パルプと同じく長繊維であるが、径は小さいのでL/Wが大で、フィルターなどの原料として優れていることが想像できる。

木質部の繊維は広葉樹のポプラの繊維長と同じく短い、ルーメンの径が太く、繊維壁が薄いことが特徴的である。抄紙時の水切れ速度が遅く、透気度が大きく、紙

写真5 ケナフ全幹パルプ (BKP) の顕微鏡写真

表4 ケナフ、マツ、ポプラの繊維形態

	ケ ナ フ			マ ツ		ポプラ
	芯 部	靱皮部	全 幹	早 材	晩 材	
平均繊維長 (L) mm	0.75	2.22	1.29	2.27		0.78
平均繊維幅 (W) μm	19.23	17.34	18.28	41.1		21.32
L/W	39.0	128.0	70.6	55		37
ルーメン直径 (D) μm	32.0	7.5	—	31.7	12.2	14.3
繊維壁厚 (T) μm	1.5	3.6	—	3.2	6.3	3.1
2 T/D	0.09	0.96	—	0.20	1.03	0.44

図5 ケナフの外皮と幹パルプから抄いた紙の性質

の平滑性の向上や油の浸透速度が遅いことなどの原因もこの形態の影響と考えられる。

写真5はケナフ全幹の晒クラフトパルプ(タイPhoenix社製)の顕微鏡写真で細くて長い靱皮繊維と太くて、繊維壁が薄いため輪郭のはやけた短い木質部の繊維が混在している。アルカリパルプに比べてやや煮解が過ぎているように観察される。

図5¹⁰⁾はケナフの靱皮繊維と幹の木質繊維から抄造した紙と、針葉樹パルプおよび広葉樹パルプの紙との強度の比較で、繊維の長さが引裂強度に反映しており、靱皮繊維と針葉樹パルプ、木質繊維と広葉樹パルプが類似しており、全幹パルプは針葉樹パルプと広葉樹パルプとの間の機械的強度を示すことが理解できる。

3.1 ケナフのパルプ化

紙用パルプの研究は、農作物の価格安定の目的から米国農務省で1956年から78年に至る23年間に渉る研究で約3000種の植物から、紙パルプ用に最適としてケナフが選ばれ、パルプ化には実験室規模でS.P法、K.P法、ソーダ法が試験され、パイロットでK.P法、サーモメカニカルパルプ(TMP)法が検討された。TMPで抄造された新聞紙は数万部印刷され、強度・印刷の仕上がりなどで木材パルプからの紙よりやや優れた結果が得られたが、現在は主にコストの面から中断されている。

全幹のクラフトパルプは現在タイのPhoenix社で生産され、また日本に輸入されているケナフパルプの殆どが同社産である。中国ではソーダ法による靱皮あるいは全幹パルプが少量生産されている。アルカリ単独では、漂

図6 各種繊維のtan δと音速

白度が70~75°と低い、アルカリアントラキノン法で白度が向上するとされている。

ケナフは木材に比べて嵩高い(277kg/m³)ので仕込量が少なくなる欠点はあるが、パルプ化のための薬品とエネルギーが少量で済み、環境問題から有利といえる。

3.2 靱皮繊維パルプの利用

ケナフの靱皮繊維からのパルプは表4の通り細く長くかつ繊維壁が厚いので、辞書用紙、航空便箋紙、電気絶縁紙、ラisperーパーなどの薄葉紙の原料に使用される。

また透気度が高いので、フィルター、煙草の巻紙にも使用される。麻からのタバコ用紙は強度のほかに、燃焼しても匂わないこと、灰が白色でタバコの灰を包み込む利点が指摘されている。中国の1号タバコ用紙の配合は麻パルプ40%、綿パルプ30%、針葉樹パルプ30%で、特白タバコ用紙は、麻パルプ50%、針葉樹パルプ50%である。また楮に比べて光沢や柔軟性に劣るが、繊維の収穫量が格段に多く、安価なため和紙の原料としても有望視される。

3.2.1 スピーカーコーン紙¹¹⁾

音響再現のために重要なスピーカーコーン紙の材料としては軽くて、高ヤング率で、内部に適度なエネルギー損失(tan δ)を有しており、これら3つの要素がバランスよく保たれているものが良いとされている。

最近では高音域、高容量が指向され、炭素繊維、アラミド繊維、アルミナや炭化ホウ素繊維などの高弾性繊維も用いられているが、価格や音響バランスなどから現在もセルロース系が主流を占めている。

図6^{11a)}は音速とtan δとの関係で、繊維壁が薄く、繊維長の短い芯部(木質)の繊維の紙は密度も0.7と高く、tan δ・音速共に高く、靱皮繊維からの紙はいずれも低い。図中のD.Pは乾燥したケナフパルプを用いた結果で、ドライとウェットパルプの差は段ボール原紙の接着速度の差のごとく、乾燥によりパルプが角質化、疎水化した結果と考えられる。

図7 ケナフ・コーン紙のスピーカー特性

図7^{11b)}は周波数を変化したときの音圧との関係で、繊維の形態の差が顕著に表われている。これよりケナフのパルプは、韌皮繊維は低音域に、芯部の木質繊維は高音域の再現に適しているといえる。現在は前者が先に上市されている。

武者氏は^{11a)}ケナフスピーカーの音質は、ボーカルに厚み感があり、余裕をもって高帯域まで素直にのびていて透明感もある。さらに自然発生的な音質で、長時間聴いても飽きのこないのが特徴である。説明するより一聴にしかずで、是非ともお耳に入れたいところであると述べており、周波数-音圧特性(f特性)が近似なのに聴音に差のあるのは、2k~5kHzの減衰特性に差があるのが原因かと推定している。

3.3 芯材(木質部)パルプの利用

ケナフの芯材から得られるパルプは、繊維が短く、水中で膨潤し粘りが出て、通常の抄紙方法では濾水速度を遅らせ、ワイヤー抜けし易いので、抄きにくいパルプとして敬遠されてきたが、最近では同パルプの繊維壁が薄いことなどの特徴を生かした種々の用途が開発され始めている。

3.3.1 紙面の平滑度、耐油性の向上

ダグラス・ファー、マングローブ、サザンパインなどの繊維は豊富な植物資源であるが、繊維内孔径/繊維径が0.5以下の壁厚繊維で、これらの紙は結合面積が狭く、繊維の絡みも少ないため、紙力が小さく、平滑性に欠けるが、ケナフの芯部のパルプを混抄することによって、平滑度を向上することができる^{12a)}、また多層紙の片面をケナフの芯材パルプにかえて平滑度を向上したり^{11b)}、メカニカルパルプや故紙や塗工原紙の平滑度を上げるのに役立させている^{12c)}。このほか感圧複写紙に混抄し、マイクロカプセル中の油が紙表面に浸出して発色する欠点の防止や^{12d)}、グラシン紙の透明度の向上も試みられている^{12e)}。

図8は市販のケナフ入りのケント紙(ケナフ全幹パ

ケナフケント紙

市販ケント紙

図8 ケナフ混抄ケント紙の粗さ測定結果(触針法) 横方向

トップ層 25% , 下層 75% 広葉樹パルプ

図9 トップ層をケナフにした2層ライナーボードの破裂およびリングクラッシュ強度の変化

プ60, 再生パルプ20, 木材パルプ20)と従来の木材パルプからのケント紙の平滑度を触針法で測定した結果で、表面の粗さは縦方向で、木材パルプからがRa 2.18に対しケナフパルプからがRa 1.81で横方向は図の如くRa 2.27に対しRa 1.86と平滑性は向上し、手触りや線引きテストの結果と一致している¹⁾。

3.3.2 板紙の性能向上

Georgia ケナフプロジェクトの報告によれば¹³⁾、下層に広葉樹クラフト紙75%と、トップ層にケナフのソーダ法によるパルプ25%を重ね抄きした約200g/m²のライナーボードは2層とも広葉樹パルプを用いた紙に比べて、図9の通り破裂強度もリングクラッシュも30%近く向上すると述べている。

4. ケナフ全幹パルプ

ケナフの韌皮部と木質部を分離してパルプ化し、それぞれの繊維の特徴を生かした付加価値の高い用途に向け

表5 ケナフの化学的パルプ化

物理的性質	ケ ナ フ			木材パルプ (クラフト)	
	クラフト	中性亜硫酸塩	ソーダ	広葉樹	針葉樹
粗歩留 (%)	46.5	58.1	45.5		
精選歩留 (%)	45.4	55.5	45.1		
破裂係数 ($\text{g} \cdot \text{cm}^2 / \text{g} \cdot \text{m}^2$)	66	49	60	25	62
裂断長 (⑩)	10.19	8.58	9.77	4.7	9.36
引裂強さ ($\text{g} / \text{g} \cdot \text{m}^2$)	80	73	83	43	129
耐折強さ ショッパ (回)	935	500	820	100	1,000

表6 ケナフパルプを用いたクラフト紙 (手抄きシート)

紙料組成		坪 量	緊 度	白色度	比破裂強 さ	裂断長	伸 び	比引裂強 さ	耐折強さ	透気度	タフネス
市 販 木材パルプ (針葉樹)	ケナフ パルプ	(g / m^2)	(g / cm^3)	(%)	($\frac{\text{g} / \text{m}^2}{\text{g} / \text{cm}^2}$)	(km)	(%)	($\frac{\text{g}}{\text{g} / \text{m}^2}$)	(回)	(秒)	($\frac{\text{g} \cdot \text{cm}}{\text{cm}^2}$)
100%	—%	58.6	0.54	19.6	35.5	5.13	3.49	174	93	11	85.9
80	20	61.1	0.56	20.2	36.5	5.36	3.13	178	117	20	75.5
60	40	59.1	0.55	21.3	35.9	5.61	2.82	155	94	45	68.4
—	100	59.2	0.54	25.5	36.8	6.76	2.04	140	83	92	57.1

ることは理想的で、パルプ化前に分離する機械の検討も行われているが、木材パルプの代替原料とするためには、生産コストの面からも全幹 (全茎) を切断して、蒸解釜に投入する方法が大量生産のためには有利である。

表5¹³⁾は日本で収穫されたケナフをクラフト、中性亜硫酸塩、ソーダ法の3つの方法でパルプ化した結果で、得られたパルプは引裂強度が広葉樹パルプより高いが、針葉樹よりも低いほかは、広葉樹パルプはもちろん針葉樹パルプと同様である。得られたケナフのクラフトパルプを用いて針葉樹パルプとの混抄を行った結果が表6で、ケナフ100%紙が引裂度がやや弱いこと、透気度が大きいことを除いて、針葉樹パルプ紙と遜色がない。また上記の2点についても40%針葉樹パルプを混抄することによって解決が見られる。そのほかいくつかの機械抄きの結果も木材パルプと何ら遜色が認められず、現在多くの日本の工場で、混抄またはケナフ100%の紙の抄造が行われている。

また印刷工程でも特別な工程は不要で、インキの消費量が節約できるとの報告もある。

5. 各国および日本のケナフへの取組み

ケナフについては靱皮部分を繊維束として使用する古い形態と、パルプ化して紙に使用する工業的にはここ15年位前から始まった新しい産業形態とに分けることがで

表7 各国のパルプの生産能力と非木材パルプの割合 (1990年)

国 別	パルプ生産量 (千 t)		非木材割合 (%)
	全能力	非木材	
米国	58,517	299	0.5
日本	13,492	8	0.05
ロシア	12,025	390	3.2
中国	11,708	9,718	83.0
ブラジル	5,179	181	3.5
フランス	2,690	20	0.7
ドイツ	2,543	40	1.6
印度	1,885	1,330	70.0
スペイン	1,833	153	8.3
南ア連邦	1,549	99	6.4
豪州	1,222	10	0.8
インドネシア	1,089	477	43.8
タイ	153	153	100.0
ベトナム	101	61	61.1
51国地区合計	184,200	15,562	8.5

中国造紙学会編『中国造紙年鑑』(1993)

きる。

靱皮部分の生の長繊維を使用しているインドを始めと

表 8 日本におけるケナフ研究開発の経緯と現況

第 1 期 1910～1960	麻袋などの繊維素材としての研究 (旧満州, 台湾, 日本の農事試験所などで)
第 2 期 1961～89	製紙原料としての追試 (米国のUSDAの1956～78の研究の影響で大手製紙会社の研究所, 大蔵省印刷局研究所など。また, 国際研究協力として工業技術院の研究所がタイ国と共同研究(1978～83))
第 3 期 1990～	環境問題と資源問題としての森林保全対策
1990年 5 月 31 日	第118回参議院環境委員会で, 筆者の提言により北川環境庁長官が森林保全とパルプ資源用として初めてケナフを紹介, ODA 資金供与についても言及
10 月	平成 2 年度環境庁委託事業として8,686千円がケナフの調査のため地球環境研究総合推進課題検討調査研究費から(財)地球・人間環境フォーラムに支給
11月23日～12月 5 日	稲垣, 山本, 三戸, が中国, タイを視察, 湖南省麻類科学研究所から改良種ケナフ種子『青皮 3 号』を初めて日本へ導入, 約500 g
12月11日～15 日	アジア・ケナフ・ワークショップ(バンコック)に日本代表として初めて出席, 鯨島教授(高知大)
12月17 日	第 1 回森林保全のためのケナフ等代替資源利用検討委員会発足
1991年 3 月	『熱帯林保全のための代替資源利用技術の開発に関する予備的研究報告書Ⅰ』を作成
5 月	『青皮 3 号』の試験栽培のため種子を配布
6 月	平成 3 年度研究調査費8,670千円の支給を受ける
11月26 日	ケナフパルプと地球環境保全に関するシンポジウム開催 ケナフ等非木材繊維利用による地球環境保全協議会(ケナフ協議会)発足
1992年 3 月	『熱帯林保全のための代替資源利用技術の開発に関する予備的研究報告書Ⅱ』を作成
4 月 22 日～28 日	中国よりケナフに関する専門委員 5 名を招請
7 月 1 日	郵便ボランティア貯金より, 中国のケナフプロジェクトに2,540万円/今年分として…決定
1993年 2 月 16 日	環境問題と非木材繊維(紙資源としてのケナフの近況)シンポジウム開催
5 月	非木材紙普及協会発足
7 月	郵便ボランティア貯金より第 2 期分補助 この間中国よりの使節団および研修生受け入れ 3 団体 延べ11人, 日本からの派遣団 8 団体延べ20人
1994年 6 月 15 日	ケナフパルプ企業化可能性調査(中国・湖南省・源江造紙廠)完成
7 月	郵政ボランティア貯金より第 3 期分補助
1995年 2 月 23 日～3 月 4 日	UNIDO の委託で経団連, 新王子製紙(株)などによるケナフパルプ企業化可能性調査の再調査実施
1996年 2 月	Feasibility Study on Kenaf Pulp in Yuan Jiang, China (UNIDO) 1995. 9 完成

する東南アジア, 中国のケナフの利用は粗麻布および袋, 漁網, カーペット, マット, 椅子の背中部分の裏当てなどであるが, 多くの用途で合成繊維や合成樹脂フィルムにとってかわられつつあり, 中国でも全幹として数百万 t あった生産量が200万 t 以下に減少している。

本文で紹介したような生分解性のオイルフェンス用の不織布や木質部のボードなども研究段階から開発段階に入ったところである。

粗繊維の利用にかわる製紙用パルプとしての活動も,

唯一の工業的な供給源であるタイの Phoenix 社も原料問題等で生産量が少なく, 日本からの要求に応じられない状況であり, 早くから製紙用パルプの研究を続けた米国でも新聞用紙の中間試験をした後は, 本格的な工場の建設が始まっていない状況で, 現在は古い用途から新しい用途への端境期に入っているといえる。

然し最近では昨年, 今年と 2 回に涉り, 米国からケナフの市場調査に来日しているなど胎動が激しくなっている。

現在ケナフの開発に活発に取り組んでいるのは, 米国の

表9 パルプ工業渡しのケナフ全幹（乾燥）の価格比較

項 目	米国	オーストラリア	タイ	印度	中国
1ヘクタール当りの収穫量 t/y	13.30	16.01	10.13	10.13	14.2
工場渡しの価格 US\$/t	121	103	97	87	80.4

(注) 米国～印度は1992.1月調べ 文献¹⁶⁾

中国は1994.1月（湖南省）調べ 文献¹⁷⁾

USDA の研究の後をついだ、Georgia 大学（栽培）と Herty Foundation（生産）、オーストラリアの ANKAL INC（市場分析）の3者で1933年より発足している Georgia Kenaf Project で、靱皮繊維のライナーボード、漂白パルプ、新聞紙、木質部からのライナーボード、屑入れ、油吸収材、濾過材、全幹部の利用として新聞紙、建設資材などを狙っており、ミシシッピ河流域で栽培組合を作って活動している。

また中国では、中国造紙開発会社が中心となって20近くの大学、研究所、試験場を網羅して、ケナフ研究開発のプロジェクトを組み、品種の改良、栽培、パルプ化、抄紙の研究が進行中である。表7¹⁵⁾のごとく中国は世界の非木材紙の62%強を生産しておりケナフに対する熱意も強い。日本は明治の初期まで楮など非木材100%であったが、今では世界中で最も非木材紙の生産の少ない国になっている。

このほかタイ、ベトナム、インドネシア、オーストラリア、イタリアなどでもケナフパルプに関心が高まりつつある。

日本では表1のごとく、戦前、戦後を通じて大豆などの穀物運搬に使用される麻袋の原料として、ケナフの靱皮繊維が注目され、内外の農事試験場で育成の試験研究が行なわれた第1期と、米国のケナフ全幹を利用した紙パルプの研究の追試が行なわれた第2期と、地球環境を考慮して森林資源の保全策としての非木材パルプの有力資源として取組みを始めた第3期に大別出来る。

環境と資源問題としてケナフへの新しい取組みが始まったのは平成2年12月に環境庁の委託調査である『森林保全のためのケナフ等代替資源利用検討委員会』の発足からで、2年間の調査検討を経て、紙パルプ代替資源としてのケナフの有用性、我国の取組み方などが、2冊の報告書に纏められた。

それまではケナフの利用は農業問題、資源問題に限られており、地球温暖化防止・森林保全などの環境問題としての取組みは日本が最も早く先鞭を付けたといっているではない。

そのご検討委員会の委員を主体として、ケナフ等非木材繊維利用による地球環境保全協議会（ケナフ協議会）

が継続して活動を続けており種子の配布などを通じていくつかの日本的な新しい研究成果や動きが得られている。

先ず環境問題としては

1. 図3のごとく水中の窒素（N）と磷（P）の吸収速度が極めて速いことが実証された。この結果を踏まえてケナフが湖沼や下水道水の浄化に役立つことが期待される。

今年は川崎市、麻生地区の下水道処理場で市民団体が主体となって、下水道水でケナフを栽培しNとPとを定期的に測定する中規模実験が実施される予定で、その結果で下水道水の三次処理に一步近づければ幸いである。

2. 種子を希望者に頒布しているうちに、小中学校の先生方からの要求が増え、環境教育の一環として、播種、栽培、収穫、それから紙漉きと一年サイクルの課程が組め、目に見える教育で生徒達も積極的で好評であるとの報告が多く、ケナフを通じての環境教育の可能性も大きくふくらんでいる。

ケナフ紙について

1. ケナフ繊維の形態と応用についての関連が次第に明らかになり、日本の開発した技術として、スピーカーコーン紙、紙への平滑性、耐油性、造明性付与効果などが認められた。

2. 100%あるいは混抄の数多くのケナフ紙が製造され、環境重視の立場から名刺、包装紙などを使用する企業が増加している。

資源としてのケナフ

1. 5年間に延べ数百人、昨年も100人以上の希望者にケナフの種子が頒布され、荒地や無肥料でも生長し、生命力の強さや、生長速度や花の美しいこと、地方毎の生長記録などの連絡を受けた。今後は組織的な栽培方法の検討や収穫物の処理について検討し、後につなげることでできる栽培を期待している。

2. 日本におけるケナフ事業の可能性については、ケナフ全幹の買入価格は、木材パルプの国際価格にバーターし、生産費は日本の農産物価格そのものであるもので、経済的に大変難しい立場にある。すなわちケナフの乾燥した全幹を10,000円/tとすると、2tの生産量で反当り2万円となり米の収入の1/5～1/7に過ぎない。こ

れを解決するには優秀なバイオの技術と農業技術で、収穫量を画期的に増やすか、減反補助金などの補助金に頼る必要があるように思われる。運搬、貯蔵、生産設備などの総合対策は必要であるが、現在の休耕農地60万ヘクタールでケナフを栽培すれば、日本の木材パルプの輸入量の1/3を減らすことが可能となる。また播種と収穫期以外は人力を殆ど必要としないケナフは25万ヘクタールに及ぶ耕作放棄地には適した作物といえる。

現実的な方法としては、我々は、中国湖南省で5.1万tのケナフのクラフト工場の計画を4年前から推進し、2回のF.Sも済ませている¹⁸⁾。それらによれば表9のごとくで中国でのケナフの栽培が一番有利とみられ、パルプも木材パルプの市場価格で生産できる見通しである。

その他ケナフの生長率を高め、繊維の収率を高めるためのフランスのバイオテクノロジーの応用や¹⁹⁾、中国の遺伝組織学的な種子の改良²⁰⁾、薬品を用いない微生物によるケナフのパルプ化など、今後の展開に期待するものである。

おわりに

ケナフは繊維の収穫量が極めて多い植物であると同時に、形態の異なる2種類の繊維が共存しており、その組合せにより、単一種の繊維からでは得られないバラエティのある性能が発揮できる。今まで述べたように繊維の機能性を生かした日本独得の用途が開発されつつあるのも、紙を含めた繊維産業とその周辺の技術レベルの高さや機能性を大切にす気運の高いことが原因と考えられる。

ケナフ繊維の特徴と用途のほかに、当面の開発状況についても述べた。開発については、経済事情も含めたので学会の雑誌にはなじまないのではと恐れているが、2重、3重にも環境の役に立ち、生命力が強く、しかも種子で発芽し1年で枯死するためにコントロールの容易な植物であるケナフを広く知って頂き度いためにあえて述べた。ケナフは一年生であるために貯蔵等に考慮する必要もあるが、あらゆる時期に伐採できる木の長期間の生育を補う意味でも、アグレフォレストリーの一環として、地球環境保全のためまたこれから注目する必要がある環境保全重視型産業の翼を擔うのに役立てばと考えている。

文 献

1. 稲垣 寛：機能紙研究会誌，33，39 (1994)。
2. 勝井 徹：ケナフ協議会ニュース，36，2 (1996.1)。
3. 勝井 徹：ケナフの生態と栽培技術 (第3報)。
4. 川崎政治：ケナフの栽培について (王子製紙亀山研究室) 1991，3。
5. J. E. Atchison; *Nonwood Plant Fiber Pulping, Progress Report No. 4*, 69 (1973)。
6. 松木 隆：三菱化成(株)開発研究所 黒崎 (1993)。
7. 尾崎保夫，阿部 薫：用水と廃水，25，9，5 (1993)。
8. W. Tao, J. P. Moreau and T. A. Calamari: *TAPPI*, 78, 165 (1995)。
9. T. Seller, Jr. G. D. Miller and M. J. Fuller: *Forest Product*, 43 (7/8) 69 (1993)。
10. A. F. Kaldor, C. Karlgrer and H. Vewest: *TAPPI*, 73, 11, 205 (1990)。
11. a. 武者陸雄：ALPHA, 1993, 12, 13 (1993).
b. 名古屋一樹：JAS JOURNAL, 93, 9, 14 (1993)。
12. a. 特公平2-42952 (1990), b. 特開平4-289300 (1992), c. 特公平2-91297 (1990), d. 特公平2-92576 (1990), e. 特公平2-74699 (1990)。いずれも神崎製紙。
13. B. Parsad, S. Jakubsen and M. Kocurek: *Nonwood Plant Fibers, Progress Report No. 22*, 131 (1995)。
14. 伊藤和郎：紙パルプ技協誌，30，4，23 (1976)。
15. 中国造紙年鑑：中国造紙学会編，中国輕工業出版社 (1993)。
16. A. F. Kaldor: *TAPPI*, 75, 10, 141 (1992)。
17. Feasibility Study on Production of Kenaf Pulf in Yang Jiang, China: UNIDO (1955 10)。
18. 後藤英雄：紙パ技協誌，49，7，32 (1955)。
19. L. Flandroy: *Biofutur-Juillet/Août*, 20 (1991)。
20. 湯永海：中国衣業科学院麻類研究所，湖南省麻類研究所，科学研究年報，41 (1988)。
小林良生著：環境保全に役立つ紙資源ケナフ，ユニ出版 (1991.11)。

(平成8年4月16日受理)