

# 栽培学習教材としてのケナフの評価

岡 正明\*

要旨：アオイ科の繊維作物であるケナフは、最近、環境教育の教材として注目されている。韌皮から紙を作る実践を通して地球環境問題を考える教材として、教育現場に取り入れられ始めている。本研究は、ケナフについて、栽培学習教材としての評価を行うことを目的とした。実験の結果、ケナフは光・肥料条件に強く反応し、生育と栽培条件との関係を理解する教材にふさわしく、また、整枝・接ぎ木・さし木などが容易にでき、栽培技術習得の教材としても適当であることが分かった。

キーワード：ケナフ、栽培学習、教材、生育条件、栽培技術、環境教育

## 1. はじめに

ケナフはアオイ科の一年生作物であり、古くから繊維作物として利用されてきた。作物学的には韌皮繊維作物に分類され、10a 当たり 100kg 前後の繊維が収穫できる（佐藤他 1983）。近年になって、ケナフの繊維から紙を作る技術が確立し、非木材紙の工業原料として利用され始めており、アメリカ・オーストラリアなどではパルプ生産が企業化されている。日本でも、コピー用紙・壁紙・葉書など、ケナフを原料とする商品が出回り始めた（小林 1998）。

最近、このケナフが、環境教育の教材として注目されるようになった。茎の周囲の組織（韌皮部）や茎の軸の組織（木質部）から取り出した繊維で紙すきを行うことを中心に、若い葉を食す、木質部から炭を作る、生育に伴って変化する葉の形を観察する、繊維でロープを作る、花の色素で染め物をする、などの実践が、多くの小学校・中学校で行われている（岡田・土屋 1997、日野 1999 2000、居川 2000）。また、これらの体験を通して、パルプ原料として消費されている森林資源の重要性とその保護、さらに二酸化炭素濃度上昇にともなう地球温暖化について、生徒に考えさせる試みがなされている。インターネットにも、ケナフの教材化に関する多くのホームページがある。初心者向けに、ケナフの栽培法や栽培の意義を紹介した文献（非木材紙普及協会 1996、千葉 1998）や、ケナフから紙をつくる手法を紹介した文献（千葉 1999）なども、数多く出されている。

本研究では、栽培学習の教材として、ケナフがどの様に利用できるかを検討した。ここでは、中学校「技術・家庭」栽培分野の学習課題をもとに、栽培条件と生育との関係の理解、主要な栽培技術の習得の2点について検討を行った。具体的には、第一の課題についてはケナフの生育が光強度・肥料条件からどのような影響を受けるか、第二の課題については整枝・接ぎ木・さし木などの操作がどの程度容易にできるのかを調査した。ケナフの圃場栽培の条件についてはこれまでも調査が行われているが（千葉・目黒 1999）、本研究では学校教材で用いることを前提に、主としてポット栽培・プランター栽培での実験を行った。

## 2. 材料および方法

### 【供試材料】

「サカタのタネ」から購入したケナフ種子を用いた。栽培したところ、栽培初期に発生した本葉はどの個体も丸い葉であったが、生育が進むにつれ、本葉に切れ込みが入る個体（切葉）と、上位葉も丸い系統（丸葉）の混合であることが分かった。種苗会社に問い合わせたところ、上位葉が切葉である系統は“キューバケナフ（*Hibiscus cannabinus* L.）”、上位葉が丸葉である系統は“タイケナフ（*Hibiscus sabdariffa* L.）”であることが分かった。両系統とも、実用的に栽培されている繊維作物である。キューバケナフは主としてアメリカ・アフリカ・中国で栽培されており、比較的寒さに強く、繊維収量が高

\* 宮城教育大学教育学部生活系教育講座

い。日本で一般に学習教材として利用されているのは、キューバケナフである。タイケナフはタイ・インドなどで栽培されており、キューバケナフと比べやや繊維収量は低いものの、乾燥・病気に強いとされている（小林 1998）。

本研究で行った実験では、調査したほとんどの形質について両系統に差異が認められなかったため、特に差異を示した形質以外は、両系統を区別せず調査を行った。

以下の全ての実験は、1999年に行った。

#### 【実験1：光強度と生育】

7月2日、育苗用培養土（「サカタのタネ」のスーパーミックスAを使用、以下の培養土も同じ）を入れた5号ビニールポットにケナフ種子を2粒ずつ播種した。7月7日に、均一に2個体が出芽したポットを選び、以下の3段階の光条件に各2ポット置き（温室内）、以降の生育を観察した。

自然光区

遮光区（黒い寒冷紗で約30%の光量とした）

暗黒区

処理開始約1ヶ月後の8月6日に、草丈を測定し、地上部を刈り取って葉と茎の乾物重を測定した。

#### 【実験2：肥料条件と生育】

6月14日に、培養土を入れた播種箱にケナフ種子を播種した。本葉が展開し始めた6月23日に、以下の3種類の土を入れた温室内のプランター（60×18×18cm）に幼植物を5個体ずつ移植し、以降の生育を調査した。各試験区には、プランター1つを供試した。

畑土（宮城教育大学栽培圃場の土）のみ：無肥料

畑土に8-8-8化成肥料30gを入れたもの

の土に腐葉土2.5kgを入れたもの

処理期間中は、草丈の変化を計測した。処理開始約1ヶ月半後の8月6日に、草丈を測定し、地上部を刈り取って葉と茎の乾物重を測定した。

#### 【実験3：整枝】

5月12日に、培養土を入れた播種箱にケナフ種子を播種した。元肥として10kg N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O / 10aを施用した宮城教育大学栽培圃場に、6月9日、畝間1m・株間60cmの間隔で移植した。草丈が1m程度になった6月下旬と7月上旬の2回、以下の整枝作業を行い、三本仕立てと多本仕立てを試みた。

無処理

整枝操作なし

三本仕立て

6月23日 主茎の摘しん、わき芽3本を残し余分なわき芽を摘芽

7月7日 伸長を始めた3本のわき芽以外を摘芽

多本仕立て

6月23日 主茎の摘しん

7月7日 伸長を始めたわき芽の摘しん

調査は11月10日に行い、各試験区5個体の草丈、地上部生体重、茎の直径（地上1mの高さの茎直径をノギスで測定、多本仕立てでは太い方の茎から3本）を測定した。

#### 【実験4：接ぎ木】

10月6日に、圃場で栽培していた切葉系統の枝先10cm程度を切り取り、温室でポット栽培している丸葉個体に接ぎ木した。台木とする丸葉個体の枝先を切り口が斜めになるように切り、また茎側面の韌皮を薄く削り取っておき、これらの部分に元をカッターナイフで斜めに切った接ぎ穂（切葉系統）を接いだ。接ぎ木後3週間は、接いだ部分に湿した水苔を巻き、誘引ひもで縛っておいた。

#### 【実験5：さし木】

10月6日に、圃場で栽培している切葉系統と丸葉系統の枝先50cm程度を切り取り、パーミキュライトを入れたプランターに挿した。プランターは温室内に置き、10月28日までは萎れを防ぐため日陰に、それ以降は自然光下に置いた。

### 3. 結果

#### 【実験1】

表1に、3段階の光条件における草丈、葉と茎の乾物重を示す。遮光区の個体は、自然光区よりも

表1 光強度とケナフの生育

	草丈 (cm)	乾物重(g)	
		葉	茎
自然光区	68	1.65	2.45
遮光区	46	0.41	0.40
暗黒区	枯死		

\* データはいずれも4個体の平均

草丈の伸長と本葉の展開が遅く、処理1ヶ月後に刈り取った時点では、自然光区と比較し、草丈は約20cm低く、葉の乾物重は約1/4、茎は約1/6であった。暗黒区の個体については、茎の伸長も新葉の発生も認められず、約3週間後に枯死した。

【実験2】

図1に生育期間の草丈の変化を、表2に処理1ヶ月半後に刈り取った時点の草丈、葉と茎の乾物重を示す。生育期間中の草丈については、無肥料の区と比べ、化成肥料を施用した区は処理の初期段階から伸長速度が大きく、刈り取り時の草丈の差は約30cmであった。区の土に腐葉土を加えた区は、区と区の中間の草丈であった。刈り取り時の乾物重については、区と区の差異は明確であり、区と比較すると区は葉の乾物重で約3倍、茎の乾物重で約2倍の値であった。区の乾物重は、葉・茎とも区よりやや低い値を示した。

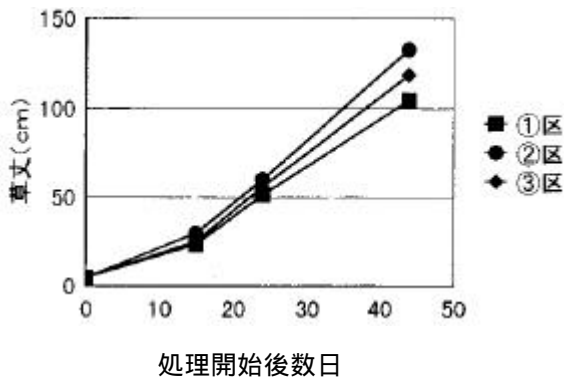


図1 肥料条件と草丈の変化

表2 肥料条件とケナフの生育

	草丈 (cm)	乾物重 (g)	
		葉	茎
区 (畑土のみ)	104	2.27	4.29
区 (+化成肥)	133	7.11	9.91
区 (+腐葉土)	119	6.71	8.98

\*データはいずれも5個体の平均

【実験3】

整枝操作をしないケナフは、通常主茎のみが伸長し、生育のよい個体では下位の側枝が伸びることもある。図2に無処理の個体、および三本仕立て・多本仕立ての操作を行った個体の写真を示す(11月初旬に撮影)。摘しん・摘芽の整枝操作は2回のみであったが、三本仕立てでは側枝3本が伸び、また



無処理



三本仕立て



多本仕立て

図2 ケナフの整枝(11月初旬に撮影)

表3 整枝方法とケナフの生育

	草丈 (cm)	生体重 (g)	茎の太さ (mm)
無処理	337	1080	19.4
三本仕立て	262	1156	12.9
多本仕立て	225	1276	11.0

\*データはいずれも5個体の平均

\*茎の太さ：地上1mでの茎直径を計測

無処理：主茎の値

三本仕立て：3本の茎の平均

多本仕立て：太い方から3本の平均

多本仕立てでは多くの側枝が伸びて、整枝の目的とする植物形に仕上がった。表3に、各処理区の草丈・生体重・茎直径を示す。草丈については、無処理区がもっとも大きく、三本仕立て、多本仕立ての順に小さくなった。無処理と三本仕立てでは、75cmの差となった。地上部全体の生体重については、各処理区で大きな差異は認められなかったが、多本仕立てがやや大きい値を示した。地上1mの高さの茎直径は、無処理区がもっとも大きく、三本仕立て、多本仕立ての順に小さな値となった。

#### 【実験4】

接ぎ木操作をわかりやすく示すため、丸葉個体の枝先や茎側面に切葉個体を接ぎ木した。実験は接ぎ木操作の経験のない者が行い、接合部が若干ずれるなど未熟な技術での試行であった。それでも、約3週間で癒合組織が認められ、1ヶ月後には縛っていた誘引ひもをはずせる状態になった。約10カ所の接ぎ木を行い、未熟な操作にも関わらず、半分以上の箇所が成功した。接ぎ穂はその後順調に生育し、低温になる時期にもかかわらず50cm以上に伸長した枝もあり、開花も認められた。しかし、結実については正常ではなく、台木の丸葉個体および隣に置いた切葉個体が結実し、実が直径2~3cmになった段階でも、接ぎ穂の実はほとんど肥大しなかった。

#### 【実験5】

さし木操作の後、葉の萎れを防ぐためプランターを日陰に置いておいたが、切葉系統の葉は萎ちょうし、回復するまでに2週間程度かかった。それに対し、丸葉系統ではほとんど葉の萎れは認められな

った。さし木8日後の観察ではさし穂の発根は認められなかったが、3週間後には十分な発根が見られた(図3)。1ヶ月後には開花、その後実も肥大し、充実した種子が得られた。



図3 ケナフのさし木の発根  
(さし木3週間後)

左：切葉系統 右：丸葉系統

## 4. 考察

ケナフは非常に生育旺盛な植物であり、5月の播種から11月の刈り取りまでの期間に、3m以上の草丈に生長する。生育が早く、生育量が大きい作物は、実験1・実験2の様な栽培条件と生育との関係を示す教材として用いやすい。

実験1の結果、ケナフの生育は光条件に強い影響を受け、遮光による生育不良が1ヶ月程度の短期間で明確に現れることがわかった。ケナフは、限られた期間で光強度と生育との関係を示すことができる教材として適している。ただし、一般の植物は暗黒下に置くと茎が徒長し枯死に至るが、ケナフはほとんど徒長が見られない点、また徒長後に枯死する植物と比べ枯死までの期間がやや長くかかる点が特徴であり、教材として用いる際は注意を要す。

実験2では、ケナフの生育が肥料条件に強い影響を受けることが示された。圃場におけるケナフの肥料試験では、窒素肥料の投与により繊維収量が増加

すること、過多の窒素投与により過繁茂・倒伏が引き起こされることが報告されているが(小林 1998)、教育現場で用いやすいプランターなどの小規模栽培でも、施肥による生育促進効果が明らかであった。ケナフは、肥料条件と生育の関係を示す教材としても優れている。本実験では、化成肥料とともに腐葉土を加えた区も設けたが、その効果ははっきりしなかった。腐葉土の質や加える量など、実験条件をさらに検討する必要がある。

実験3ではケナフを用いた整枝を試みた。6~7月のわずか2回の操作で、典型的な三本仕立て・多本仕立てとなった。中学校「技術・家庭」の整枝の教材として用いられることの多い秋ギクでは、三本仕立てにするために、6月から開花直前までの夏休みを含む期間に継続して整枝作業を行わねばならない。それに対し、ケナフは夏休み前の数回の整枝操作で目的とする植物形に仕上がることから、整枝技術習得の教材として使いやすいと思われる。

また、実用的な栽培でもケナフの整枝操作は有用と考えられる。ケナフは、条件がよければ日本でも3~5m以上になる草丈の高い作物であり、倒伏が起こりやすい。生育の途中で摘しんを行えば、主茎の伸長は止まって側枝が伸長し、最終的な草丈を抑えることができる。栽植密度を高くした場合の乾物生産量への影響はさらに検討する必要があるが、本実験程度の栽植密度であれば、整枝による草丈の抑制は倒伏防止に有効であろう。ただし、本実験で栽培した個体から繊維を取るために靱皮を手で剥いた際、多本仕立ては分枝が多く剥きにくかった。繊維を取る場合は、下位の側枝を伸ばした二~三本仕立てが適当と思われる。

実験4で行った接ぎ木については、未熟な操作にもかかわらず、多くの接ぎ穂が台木に癒合した。特に、丸葉個体に切葉の枝が付いている外観はおもしろく、生徒に接ぎ木を示すのに有効であろう。本実験で認められた丸葉個体に接いだ切葉系統の枝の結実不良は、一種の遠縁雑種不稔と考えられる。前述のように切葉系統と丸葉系統は同じ属であるが種が異なっており、切葉系統(キューバケナフ)は $2n=36$ 、丸葉系統(タイケナフ)は $2n=72$ である(堀田 1989)。

実験5のさし木について、ケナフは容易にさし木できる植物であると千葉(1999)が紹介しており、

本実験でもさし木後3週間で十分な発根が認められた。東北地方でケナフの採種をする場合は、このさし木技術が利用できる。他のケナフ研究者によると、自然状態で10月頃開花するケナフは、結実にも十分な温度が必要であり、日本では近畿・中国地方以南でしか安定した採種はできないということである。本学における1998年度の圃場栽培試験でも開花・結実はしたが、取れた種子は小さく発芽能力はなかった。本実験で行った様に、9~10月まで圃場で栽培した株からさし穂を取り、温室内でさし木をした個体を育て、充実した種子を得る方法を使えば、東北地方でもケナフの採種が可能である。

以上のように、ケナフは光強度・肥料条件に強く反応し、かつ結果が短期間で明確に現れ、生徒に栽培条件と生育との関係を理解させる教材として適している。また、整枝・接ぎ木・さし木などの操作も限られた時間で簡単にでき、これらの栽培技術の教材としても優れている。

以上の5つの課題以外にも、ケナフの教材化には、以下のようなアイディアが考えられる。

ケナフは短日植物であるので、日長調節実験を用いた、日長と花芽分化の関係を理解する学習ができる。1999年に短日処理による開花促進の実験を行った。本葉3枚程度の幼植物に、短日処理(9時間日長、気温は28/23程度)を2週間行ったが、花芽は形成されなかった。千葉・目黒(1999)によると、草丈50cm以上になった個体に短日処理を行った場合は、花芽形成を早める効果があったということである。以上から、ケナフは基本栄養生长期間が比較的長い植物であると考えられる。今後、ケナフをこの課題の教材として用いるためには、基本栄養生长期間の長さを調査する必要がある。

最近、中学校「技術・家庭」栽培分野でも、植物バイオテクノロジーが扱われるようになった。生徒に組織培養を観察させる、あるいは体験させることは、バイオテクノロジーに対する興味と正しい理解を与えるために重要である。ケナフのカルス誘導は比較的容易で、本研究でも2,4-D( $18\mu\text{mol/l}$ )、NAA( $11\mu\text{mol/l}$ )、カイネチン( $0.9\mu\text{mol/l}$ )を加えたMS培地で種子培養を行い、カルスを獲得することができた。笠原ら(1996,1997)は、ケナフ下胚軸からのカルス誘導も容易であり、プロトプラスト

を得ることも可能であると報告している。ただし、現段階では、カルスやプロトプラストから植物体を再分化させる方法が確立していない。脱分化と再分化を観察させ植物の分化全能性を理解させる教材とするためには、再分化系を確立する必要がある。

また、遺伝実験の教材としてケナフを利用することも考えられる。本実験でも用いたキューバケナフ（切葉系統）は、同じく切葉を有する大麻と形態が似ており見分けにくいことが一つの問題となっていた。これを解決するため、米国で突然変異育種を行い、単因子劣性突然変異の丸葉キューバケナフが作られ、日本にも導入されている。野生型のキューバケナフと丸葉突然変異系統の雑種種子を得、F<sub>2</sub>集団の葉形分離を観察させることにより、メンデル遺伝を体験させることができると思われる。本研究でもこの実験の試行を考えたが、ケナフの花器が花柱から雄蕊が出ている特殊な形態をしているため、交配操作ができなかった。この実験を行うためには、ケナフの交配法確立が必要である。

本研究では、環境教育の教材として注目されているケナフについて、栽培学習教材としてどの様に利用できるかを検討した。その結果、栽培条件と植物の生育との関係を理解させ、主要な栽培技術を習得させる教材としてのケナフの有用性が認められた。栽培学習は、環境教育の中で重要な位置を占めると考える。生きている植物を育て、それを食し・利用し、また堆肥として土に戻す。この流れを体験させることにより、環境と私たちの生活との関係を生徒に実感させることができる。ケナフが多くの小・中学校で教材として取り入れられ始めたのは、ケナフの栽培・利用が、植物と生活の関わりのみならず、生活の前提となる地球環境問題をも考えることにもなるからである。

平成 12 年度から始まる“総合的な学習の時間”でも、ケナフ栽培に取り組む小学校・中学校が多いと予想される。その際、一般的な栽培と収穫後の紙漉きに限定されることなく、多様な課題を扱える教材としてケナフを利用すべきである。本研究で扱った栽培学習の要素を取り入れることにより、生徒に植物の性質・能力及び栽培技術の重要性を実感させることができ、ケナフをより総合的な教材として活用できると考える。

## 引用文献

- 千葉 浩三 1998 ビッグな教材ケナフを育てよう 食農教育 1998 年秋号 p96~101
- 千葉 浩三編 1999 ケナフの絵本 農山漁村文化協会 pp.36
- 千葉 浩三・目黒 正志 1999 ケナフの栽培に関する研究( ) 日本作物学会東北支部会報第 42 号 p49~50
- 非木材紙普及協会編 1996 ケナフの話 非木材紙普及協会 pp.71
- 日野 秀 1999 それゆけケナフプロジェクト 1 - 6 種類のタネが手に入ったぞ 食農教育 1999 年秋号 p110~113
- 日野 秀 2000 それゆけケナフプロジェクト 2 - いよいよ収穫、パルプ作りへ 食農教育 2000 年冬号 p106~109
- 堀田 満他編 1989 世界有用植物辞典・植物編 平凡社 p525~527
- 居川 幸三 2000 夢を育むケナフに挑戦 - 紙すき・炭焼き・ひもづくり・ケナフ染 技術教室 571 p22~27
- 笠原 宏一・星野 均 1996 ケナフの組織培養および栽培の研究(その 1) 北海道東海大学紀要理工学系第 9 号 p9~15
- 笠原 宏一・岡本 大作・星野 均 1997 ケナフの組織培養および栽培の研究(その 2) 北海道東海大学紀要理工学系第 10 号 p21~28
- 小林 良生 1998 環境保全に役立つ紙資源ケナフ(増補版) ユニ出版 pp.303
- 岡田 貴則・土屋 英男 1997 小・中学校におけるケナフの栽培及び紙漉きの実践とその教育的効果 日本産業技術教育学会第 40 回全国大会講演要旨集 p215
- 佐藤 庚他 1983 工芸作物 文永堂 pp.294