

ケナフの栽培と紙作りの教育実践 および CAI 教材の開発

増尾 慶裕¹⁾・土屋 英男²⁾・清水 雅登³⁾

Studies on the Teaching Practice of Cultivation of Kenaf Plant,
Papermaking and Development of its CAI Learning Courseware

Yoshihiro MASUO, Hideo TSUCHIYA and Masato SHIMIZU

抄 録：中学校技術・家庭科において環境教育の視点からケナフの栽培とその繊維を用いた紙作りを実施した。また、ケナフ栽培の種まきから収穫までの方法、およびその利用法を体系的に整理しCAI教材として開発した。とくに後者については、環境教育の視点から日常生活に繋がるように紙作り等の方法をわかりやすく解説するとともに、学校での効果的な実践方法を検討した。

キーワード：環境教育，技術科教育，ケナフ紙作り，ケナフ栽培，CAI教材

Abstract

We taught the cultivation method and papermaking of kenaf plant, and try to develop its CAI learning courseware of kenaf plant in Industrial Arts of junior high school.

The CAI learning courseware of kenaf plant proves to be useful in environmental education for student to understand the importance of paper and the conservation of the tropical forest as bio-resource and O₂-supplier.

Consequently, the students using this CAI learning courseware can study by themselves to cultivate kenaf plants and to papermake from the stem, according to their levels of understanding.

Key words: CAI learning courseware, Cultivation of kenaf, Environmental education, Industrial Arts education, Papermaking.

I. は じ め に

近年、熱帯林の破壊が地球規模で急速に進み、伐採された木材はわが国に輸入され、その一部は製紙の原料として用いられている。現在、森林保全や遊休地の活用を目的として、木材以外の原料を製紙に利用する方法が注目され、その中でも1年生植物のケナフが質的、量的の両面で最も有力視されている¹⁾。一方、学校現場では環境教育の必要性が益々重要視され、2002年度から開始される「総合的な学習」の時間にも対応して、様々な授業実践が試みられている。

1) 宇治市立広野中学校 2) 京都教育大学 3) 京都府三和町立三和中学校

本研究は、ケナフを非木材紙の原料として栽培・収穫し、さらに紙漉きを経て紙作りまでの一貫した紙の学習を通じて、生徒が製紙技術の習得および紙資源の有限性と森林保全の重要性の理解を深める授業の構築²⁾、およびそれに関するCAI教材の開発を目的としたものである。

II. 材料および方法

1. 材料

ケナフは、アオイ科 (*Malvaceae*) フヨウ属 (*Hibiscus*) に属し、原産地は西アフリカといわれている。品種は、中国、アメリカ、オーストラリアで栽培されている早生系 (*H. cannabinus*) と晩生系 (*H. subdariffa*) に大別される。繊維含有量が高く良質な繊維が採取できることから、新しい製紙原料として注目を集めている。

2. 栽培方法

中学校選択技術の授業においてケナフを栽培した。1998年5月中旬、宇治市立広野中学校および京都府三和町立三和中学校内の栽培園に、元肥としてチッ素・リン酸・カリを成分量で1m²当たり各5gずつ施用した。5月下旬にビニールポットに播種した後育苗し、6月下旬に栽培園へ移植した。その後、両校ともに早生・晩生両系統それぞれ、平均的に成長した株を20株ずつ選び、草丈・茎径などを1週間間隔で追跡調査し、12月初旬に地上部を収穫した。

3. 紙作りの方法

収穫したケナフの茎からパルプ化・紙漉きを経て紙の製品に至るまでの紙作りの加工工程³⁾については、中学校の生徒が理科実験室や家庭科調理室で実践できるような簡単な手法を工夫し、以下に示す手順で行った。

(1) パルプ化

- ① ケナフを収穫し、枝葉を取り除いた後、茎の部分をパルプの原料とした。
- ② ケナフの茎1kgを10cmの長さに刻んで、ステンレス製鍋に入れ、水道水2ℓで1時間煮た。
- ③ 次いで同量の水を入れ替えさらにケナフを煮た。沸騰したら、水酸化ナトリウム100gと粉石けん100gを入れ、計2時間煮た。
- ④ ケナフを鍋から取り出し布袋に移し替え、2～3日水洗いした。
- ⑤ ケナフを碎き、はさみでかなり細かく切断した。
- ⑥ ケナフを一握り分取り出して、ミキサーに入れ水500mlを加えて約1分間攪拌した。
- ⑦ ⑥のケナフをよくしぼり、40gの塊に分けた。
- ⑧ ⑦のケナフをさらに1/3ずつに分け、水を500ml加え、再度ミキサーで攪拌してパルプとした。

(2) 紙漉き

- ① 上記⑧の作業を3回行い、そのパルプを縦30cm、横40cm、深さ10cmのプラスチック製バットの紙漉き漕に入れ、水を更に3ℓ加え紙漉き液を作った。この中にノリとなるものは加えなかった。
- ② 葉書大の市販の紙漉き枠にパルプが偏らないように流し込むか、枠を漕の中に沈め、パルプの厚さが均一に広がるように漉き上げた。

- ③ 紙漉き枠を持ち上げ、枠を前後左右に揺すってパルプの厚さをより均一にし、水をよく切った。
- ④ 漉き枠内側の網ごと、パルプを枠から取り上げ、パルプを下になるように裏返してさらし布の上に静かに置いた。
- ⑤ 網をはがし、パルプの上にさらし布を置いてアイロンをかけ乾燥させた。

4. CAI教材開発方法

本CAI教材の開発に用いたソフトウェアは、FCAIオーサリングシステム ver.2.5、描画はkid98 ver 2.0である。ハードウェアはコンピュータ本体がNEC製PC-9821Xb10、イメージスキャナがEPSON製GT-9000、デジタルカメラがEPSON製CP-100である。ソフトウェアの開発手順については、前報⁹⁾で行った分析、設計、開発、評価の4段階とした。

Ⅲ. 結果および考察

1. ケナフの生育

生育初期では両系統の草丈の差はほとんど認められなかったが、8月上旬から9月上旬にかけて早生系統の草丈が大きく上回った。開花は、早生系が8月中旬頃から、晩成系統は10月初旬頃からそれぞれ始まり、11月下旬まで続いた。地表面から100, 200, 300 cmの各高さにおける茎径（茎の直径）の両系統の相違を調査したが、いずれの高さにおいても晩生系統の茎径が早生系統のそれよりも上回った。

2. パルプ化と紙漉き

パルプ化の過程③において、水酸化ナトリウムを加熱するために生徒にとって危険であると同時に、かなりの悪臭や目、鼻への刺激が伴う。この作業は主に指導者が行ったが、それ以外はとくに難しい工程はなく、中学生にも実践可能であった。なお、本論文は主として次に述べるCAI教材の開発に焦点を絞ったものであり、詳しい栽培結果とパルプ化、紙漉きについては、別稿において報告する。

3. CAI教材の開発

(1) 本CAI教材による学習内容

ケナフに関する事柄や栽培方法は、中学校技術・家庭科や理科の教科書に記述されておらず、関連する書物で中学生が参照できるものもほとんどない。そのため、本CAI教材では、コンピュータグラフィックスを使った栽培シミュレーションを用いて、栽培方法や利用方法を生徒に理解しやすい形で解説し、生徒が主体的に学習できるように工夫した。

これらの観点により、本CAI教材での学習内容は、稲垣⁵⁾、鶴留⁶⁾を参考に中学生で活用できることを配慮して、下記に示す8項目で構成した。

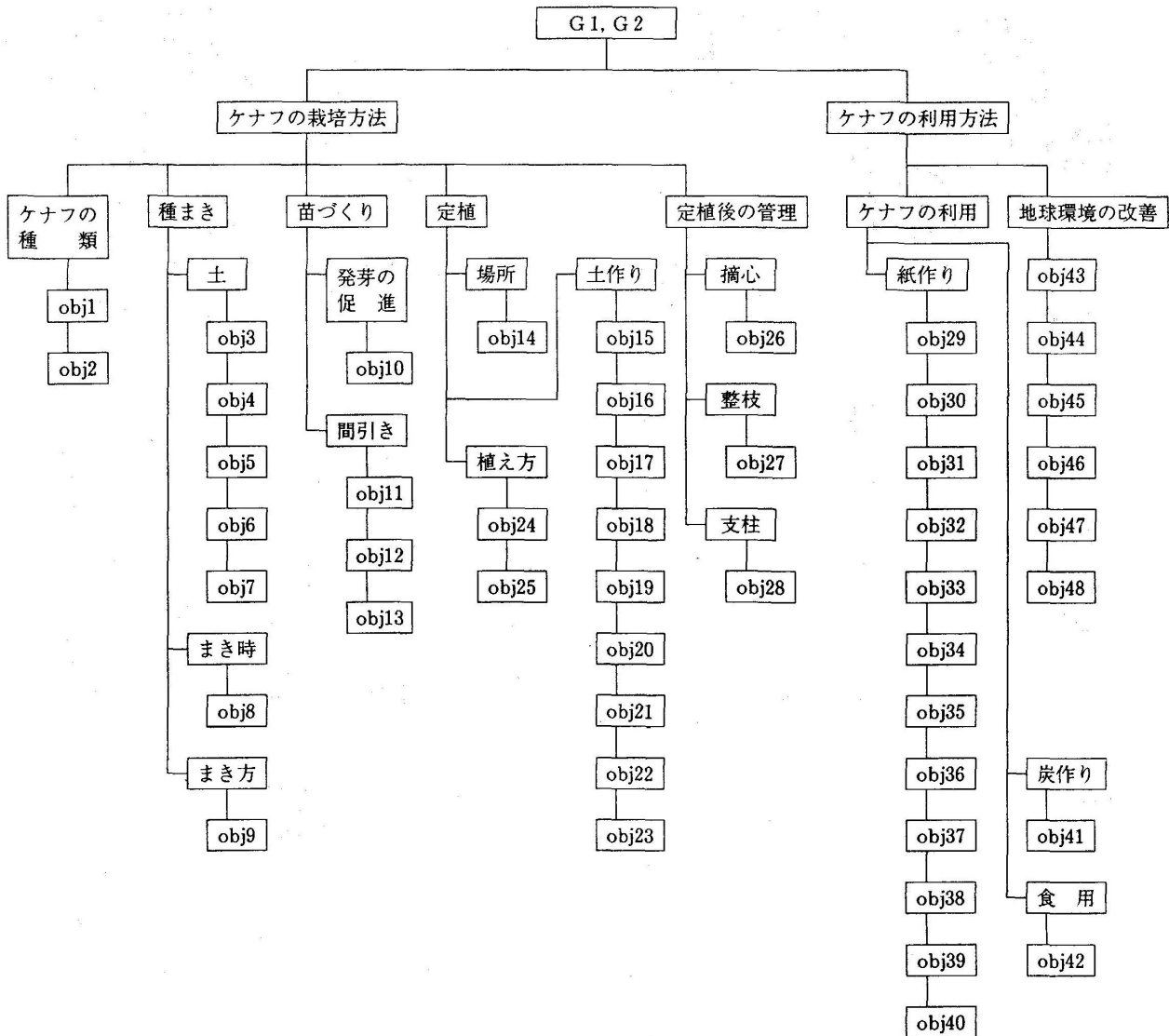
(1)ケナフについて、(2)種まき、(3)苗づくり、(4)定植、(5)定植後の管理、(6)収穫、(7)ケナフによる紙作りの方法、(8)地球環境の保全。

これらの学習内容に対応した新たなスキーマを形成するために、項目毎に学習目標分析を行い、それらの学習目標は、評価に結びつく行動目標として設定し、第1表に学習目標一覧表として示した。そして、学習目標の階層的構造を示す形成関係図（第1図）を作成し、スキーマの形成が図り

第1表 本研究で開発したCAI教材の行動目標に関する一覧表

目標 番号	単元	行 動 目 標
G1		ケナフ栽培の基本知識（作業）が理解できる。
G2		ケナフ栽培の計画を立て、栽培することができる。
obj1	ケ ナ フ 類	ケナフの種類を知る。
obj2		春まき・秋まきの一年草と多年草のあることを知る。
obj3		土のもつ役割は、植物を支え、水や養分を送るなど、植物成長に大きく関わることをわかる。
obj4	種	団粒構造の土が、保水性や通気性の面で、根の生育に影響することを知る。
obj5		土の排水性・保水性・保肥性のよさが植物に与えている役割を理解できる。
obj6	ま	腐葉土、ピートモス、堆肥など多種の土の種類を分類し、特徴が指摘できる。
obj7		種まき用土として、保水性、通気性のよい土を作ることができる。
obj8	き	植物に適した種まきの時期を知る。
obj9		種の大きさや性質によって、すじまき、ばらまき等の方法を変える必要があることを知る。
obj10	苗 づ くり	苗床を新聞紙などで覆い、遮光、乾燥防止、保温を図り発芽を促進させることができる。
obj11		間引きの必要性を知る。
obj12		間引きの方法を知る。
obj13		間引き個体の利用法を考える。
obj14		日当たり、風通し、水はけのよい場所に定植できる。
obj15		土づくりの方法を知る。
obj16	定	元肥は、定植前に施す肥料であり、効果がゆっくりとあらわれる特徴を生かしたものであることを理解する。
obj17		追肥は、生育にしたがって適宜与えることと、効果がすぐにあらわれる肥料として利用することを理解する。
obj18		ナタネ油カスは、窒素成分を多く含み、元肥などに使われるが臭いもあることを理解する。
obj19		骨粉はリン酸を多く含み、元肥などに使われることを知る。
obj20		草木灰はカリウムを多く含み、元肥などに使われることを知る。
obj21		堆肥、腐葉土等を適切に配合して定植できる。
obj22	植	植物が育ちやすい環境の一つに、土壌の酸度が関係することを知る。
obj23		酸性度の強い土壌を改善する方法に、苦土石灰や消石灰などを適量混ぜればよいことを知る。
obj24		葉が6から8枚に育った定植に適した時期を知る。
obj25		発芽・成長した苗の体が重なり合わないようには間隔をあける作業が、移植や定植であることを知る。
obj26	定の 植 管 後 理	摘心は、側芽の生育促進を目的とする作業であることを確認する。
obj27		整枝を行い茂りすぎる下葉を整理できる。
obj28		適切に支柱を立てることができる。
obj29		紙作りにはパルプ化と紙漉きの作業があることを知る。
obj30		ケナフを収穫し、枝葉を取り除き幹の部分10cm程度に切断できる。
obj31		ケナフ1kgを採取し、ステンレス製鍋に入れて1時間煮ることができる。
obj32		水を入れ替え、沸騰してきた頃に水酸化ナトリウム100gと粉石けん100gを入れ計2時間煮ることができる。
obj33	ケ ナ フ の 利 用	ケナフを碎き、はさみでかなり細くなるまで切断できる。
obj34		ケナフ一握り取り、水500mlとをミキサーに入れて約1分間攪拌できる。
obj35		攪拌したケナフを布に出してよくしぼり40gの塊を作る。
obj36		上記のケナフを1/3ずつに分け、水を500ml加え、再度ミキサーで攪拌できる。
obj37		上記の作業を3回行い、それをバットに入れ、水をさらに3000ml加えて紙漉き液を作ることができる。
obj38		紙漉きの枠にパルプが偏らないように紙を漉くことができる。
obj39		紙漉き枠を持ち上げ、水をよく切ることができる。
obj40		紙漉き枠から紙をはがし、アイロンをかけ乾燥させることができる。
obj41		ケナフの茎から炭を作ることができる。
obj42		ケナフの茎や花からケナフティーやケナフうどんを作ることができる。
obj43	地 球 環 境 の 改 善	地球温暖化の環境問題とその原因について知る。
obj44		オゾン層の破壊の環境問題とその原因について知る。
obj45		酸性雨の環境問題とその原因について知る。
obj46		森林の減少、砂漠化等の環境問題とその原因について知る。
obj47		栽培と環境問題の解決について考えることができる。
obj48		身近な生活から環境問題の改善に積極的に取り組むことができる。

(注) 目標番号の配置については第1図を参照。

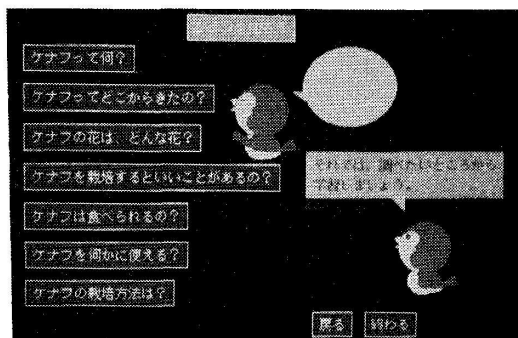


第1図 本研究において開発したCAI教材の行動目標の形成関係図

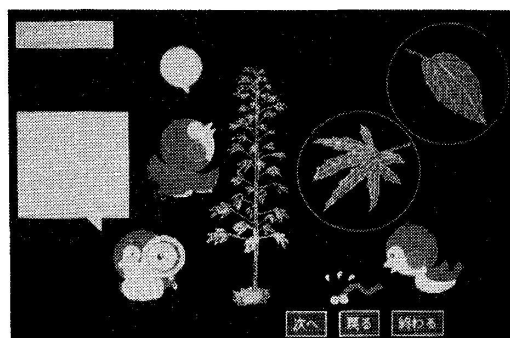
やすいように工夫した。

ケナフ栽培とその利用に関するスキーマを形成する上での開発CAI教材の特徴は、次の5点である。

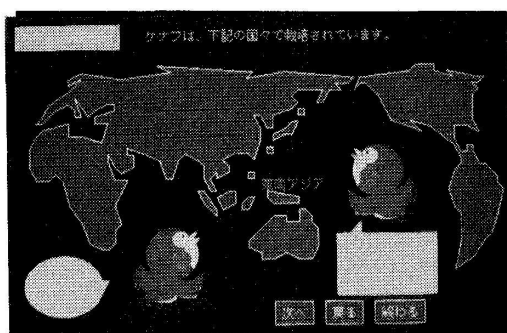
- (1) ケナフの栽培方法やその利用方法については、それらの知識、技能を階層的に構成した。
- (2) ケナフの栽培方法やその利用方法および地球環境問題、保全等について学習することで、全体的にまとまりのある知識構造に構成した。
- (3) ケナフの種類などについての宣言的知識に加えて、栽培方法や活用方法などの手続き的知識をも含む情報の構成とした。
- (4) 種まきから収穫までの栽培方法に関する作物間に共通部分する情報と、ケナフの栽培利用に特有の情報から構成した。即ち定数としての知識情報と、変数となる知識情報とを含むものである。
- (5) ケナフの利用方法には代表的な紙作りの他に、ケナフティー、ケナフうどん等の食品や炭作りなどがあり、ケナフの多面的な利用形態を総合的に学習できるように工夫した。



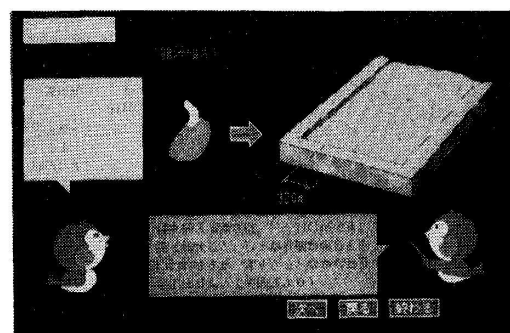
a: 学習する項目の表示



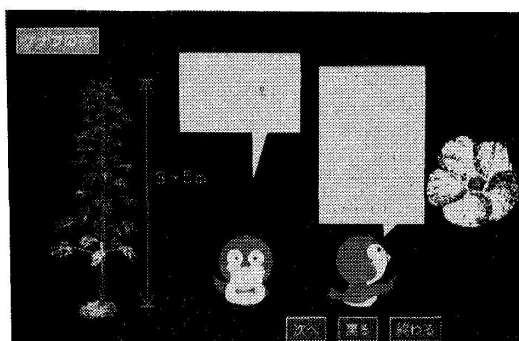
b: ケナフの特徴の解説



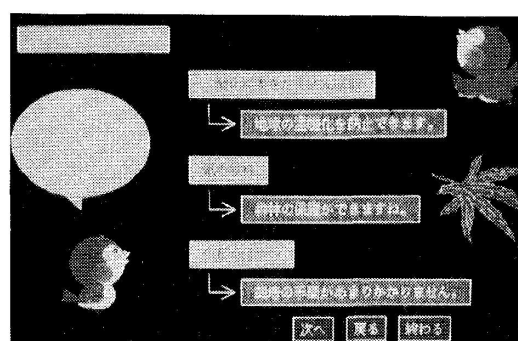
c: ケナフの原産地の解説



d: 種まきの準備の解説



e: ケナフの花の解説



f: ケナフの環境保全への効果の解説

第2a～2f図 ケナフの栽培および環境学習を支援するCAI教材の画面表示

以上のように栽培の学習指導においては、生徒自らが植物を栽培した結果が日常生活に結びつく学習内容であることが望ましい。そこで、自ら漉いた紙で年賀状を作ったり、家庭領域の「食物」等の内容と組み合わせて総合的に学習する取り組みがより有効となるとの考えに基づき複合的な学習指導を実践した。また、環境教育の視点から、地球温暖化、オゾン層の破壊、酸性雨、森林の減少、砂漠化などの環境問題について、ケナフ栽培およびその利用、とくに紙の資源問題と森林問題を通じて考えさせるように工夫した。

(2) 開発CAI教材を使った学習方法

最初の画面上には学習目標が提示される。次に「ケナフを知ろう」と表示され、ケナフについての説明、原産地、花の形、栽培方法、利用方法等について学習する全体項目が表示され(第2a図)、生徒は学習したい項目をクリックするとそれに関する学習が行える。「ケナフって何」をクリック

すると、ケナフの種類が表示される。そこで、「特徴」をクリックすると原産地による葉の形状の違い等のケナフの形態的特徴に関する説明画面となる（第2b図）。また、「ケナフってどこから来たの」をクリックするとケナフの原産地が表示される（第2c図）。「ケナフの栽培方法」をクリックすると、ケナフの種まき時期、開花時期、収穫時期等を栽培暦として種まきから収穫までの栽培学習が作業ごとに、栽培全体の流れと関連づけながら行える。例えば「種まき」をクリックするとその種まき時期に対応する開花時期がカレンダー上にグラフ表示され、その詳細を学習するときは、「説明をみる」をクリックすると、種まきに関する重要事項が学習できる。また「土」や「水」をクリックするとそれに関する学習も行え、種子のまき方を詳しく知りたい場合は、「すじまき」、「ばらまき」の何れかをクリックすると、動画を交えて種まきの方法を学習できる（第2d図）。さらに「開花時期」をクリックすると、ケナフ系統ごとの開花時期と開花の様子について視覚的に学習できるようになっている（第2e図）。

ケナフの利用に関しては、「利用方法」をクリックすると前述の紙作りの方法で示したパルプ化と紙漉きの方法が視覚的に詳しく表示され、漉いた紙から年賀状を作る手順や方法をわかりやすく学習できる。さらに、「ケナフのもたらす効果」をクリックすると、ケナフの成長に伴う大気中のCO₂吸収を通じての地球温暖化の防止や森林保全といった、ケナフによる環境保全効果について学習できる（第2f図）。

こうした手順を経て作製した年賀状は、生徒自らの思いを込めて地域の一人暮らしの老人にさし出す取り組みを行い、福祉教育に発展させる工夫もした。

Ⅳ. 結 語

日常生活であり意識せずに使用していた紙を生徒自身が作ってみると、製品としての紙になるまでには、さまざまな加工工程があることを、ほとんどの生徒は初めて知ることができ、その紙作りの難しさを体験するとともに、思い通りの紙ができたときの達成感をも得ることができた。

このように、植物を栽培するだけでなく加工して製品化するまでの一貫学習を通して、自ら進んで学ぶ意欲を育成するとともに、資源として、また環境を維持するために生物を大切に思いや豊かな心を育成することができたものと考えられた。

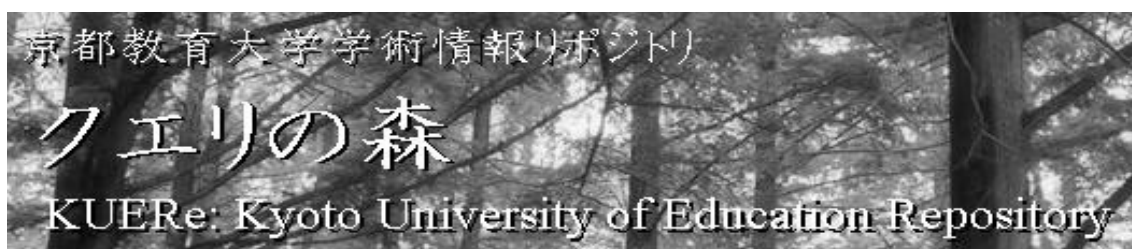
さらに、上記の学習内容を発展させて1本の原木からどのくらいの紙ができるのか、100本分のケナフを遊休畑を利用して栽培することでどの程度、森林を伐採しなくて済み、救うことができるかなどを生徒に学習させることで、紙資源問題について考えさせ、紙一枚を大切にすることが森林保全に繋がることや、非木材紙の環境保全上の意義を理解させることができた。このように、ケナフの栽培から加工・利用までの幅広い学習を通して、身近な活動から地球規模の環境保全について考えさせることができ、栽培と環境問題を関連させた学習が可能となった。

なお、中学校でのケナフの栽培と紙作りの実践結果に加えて、生徒の環境に対する意識の変容についても、別途報告する予定である。

引用文献

- 1) 岡田貴則・土屋英男. 1996. 紙質資源を通じての環境教育 ―ケナフの栽培から紙漉きまでの実践―. 第54回日本農業教育学会講演要旨集. pp.41-44.
- 2) 増尾慶裕・土屋英男・清水雅登. 1998. ケナフ栽培・紙作りの実践とCAI教材の開発. 日本産業技術教育学会第15回近畿支部研究発表会 講演論文集 pp.27-28.

- 3) 土屋英男. 1999. ケナフ. 学校園の観察実験便利帳. 日本農業教育学会編. 農山漁村文化協会, 東京. (印刷中)
- 4) 増尾慶裕・梁川 正・清水雅登. 1997. 技術・家庭科「栽培」領域におけるCAI教材の開発に関する研究——一年草と球根類の栽培方法について—. 京都教育大学環境教育研究年報5: 213-222.
- 5) 稲垣 寛. 1998. 未来素材ケナフ. 「'98Kenaf 2days in やすうら」資料集 広島ケナフの会. pp.4-7.
- 6) 鶴留俊朗. 1998. 夢, ケナフ. 南方新社. pp.18-79.



この文献は、国立情報学研究所において電子化されたものを、本学でテキスト加工したものです。

