

公開講座に使えるテーマ(1)……「ケナフを使った紙の作製」と「糖と反応する酵素」

胸組 虎胤

Experimental themes used for the extension lecture (1) … “Preparation of the paper made of Kenaf” and “Enzymic reactions with sugars”

Toratane Munegumi

オリジナルな実験テーマ1つと、互いに関連がある従来から知られているテーマに工夫を加えた実験テーマ1つを、公開講座で広く利用できる形で紹介した。

1. はじめに

1-1. 公開講座の意義と問題

公開講座という名のつく講座は、様々な自治体、学校等々で様々な形で実施されている。¹⁾ これらの公開講座は、文字通りそれを実施する組織以外の人々にも開放されているため、外部の人々がその組織について知る良い機会となる。また、これは外部に自分たちのこと宣伝するチャンスということになる。

学校の中でも、近年、高専、短大、大学等の高等教育機関で、公開講座の実施は特に盛んになってきている。¹⁾ 学校組織の本来の目的は学生を教育することであることは言うまでもないが、学校が学校外と関わりを持たないで存続することはできないこともまた事実である。学校は入学生の受け入れという点でそれより下位の学校と、卒業生を出すという点でそれより上位の学校または会社組織と関わりをもつ。また、教育とともに研究活動を行っている高等教育機関では、それに関わる資金、人、物資、情報などの出入り口で、様々な外部組織や人と接点を持たねばならない。

さらに、地域との関わりということが重要になってきている。高等教育機関はかなり広大な敷地を占め、そこに出入りする人や物が多いことは、地域の人々の目にも明らかである。高等教育機関は、そこに所属する人が意識する、しないに関わらず、地域の人々にとって物理的に気になる存在であることは間違いない。したがって、学校組織が地域に積極的に情報を流し、様々な接点を持つていくことは、地域の住民を安心させることになる。そうすることが、地域住民に対してのエチケットで

あるかもしれない。そして、組織の存続という戦略的な意味からも、地域から支持され、なくてはならない存在になることが重要である。

教育研究のストックのある高等教育機関にとって、公開講座はその最も得意とするところではないだろうか。また、教官にとっては、自分の研究成果を発表できる良い機会であり、それが地域や学校のためになるとすると、公開講座での仕事を快感であると感じる教官もいるであろう。ただ、公開講座に多くの時間を費やさねばならないとしたら、また、金銭や物資の面で“持ち出し”となった場合には、教官にとっては教育研究という本来の仕事があるため、公開講座は大きな負担になるであろう。この点についてはまた別の機会に論じたい。

1-2. 公開講座のテーマと対象

さて、小山高専の公開講座は、近年、物質工学科、安全センター、情報センターで各1件ずつ実施されてきた。

このうち、物質工学科の公開講座は、「未来を開く化学の世界」という講座名で、平成12年度で18回目を数える。これは、毎年20名から30名の中学生を対象として、化学関連の実験を体験させる内容で構成されてきている。この公開講座、「未来を開く化学の世界」を受講した中学生のうち2名ないし3名程度は、毎年のように小山高専物質工学科に入学しているようであり、実験に興味をもった受験生を集めている点では、この講座は成功しているかもしれない。

また、小山高専では、公開講座という名称では

ないが、中学生を対象にした実験講座（ジュニア科学リーグ）および、学校紹介という学校開放行事での演示実験やハンズオン展示²⁾が実施されている。これらが公開講座と大きくことなるのは、受講者の金銭的負担を伴わないという点である。つまり、まったくの無料で講座を受けたり、展示を見たりできる。

本研究では、従来からある公開講座だけでなく、学校開放での演示実験やハンズオン展示²⁾にも応用できる材料として、以下の2つの実験項目について、工夫を加えたものについて紹介する。

2. 実験の実施方法と結果・考察

2-1. テーマ1…ケナフから紙を作る^{3,4)}

2-1-1. ケナフについて

ケナフはアオイ科の一年草で、その原産地はアフリカである。熱帯の植物ハイビスカスもアオイ科の植物である。葉の形状は直径10から15cmあまりのハート型または掌形をしている。

この植物の際立った特長の一つは、成長が速いために2酸化炭素をよく吸収し、最終的に4メートルから6メートル程にも背が高くなることである。2酸化炭素は地球温暖化の原因である温室効果をもたらす気体の一つであるため、ケナフを栽培することは温暖化防止に役立つとされる。また、もう一つの特徴はこのケナフの茎から良質の非木質製パルプが作れることである。つまり、このケナフのパルプの採算性がよくなれば、森林資源を使わずにパルプを生産できる可能性が出てくる。したがって、育てているときに2酸化炭素をよく吸収し、枯れてからはその茎から非木質製パルプを製造できるという2重のメリットがある。そのため最近では、小中学校の環境教育の教材にされたり、³⁾ベンチャー企業が興味をもちはじめている。

2-1-2. 用いた器具と材料

器具：紙漉きセット（美術出版社サービスセンター）、ミキサー ビーカー（500ml）、茶漉し、アイロン、布

材料：ケナフの茎（前年に筆者が広島ケナフの会⁴⁾から入手した種から、栽培したケナフの茎を乾燥したものを使用した。）

炭酸ナトリウム、パルプ、

2-1-3. ケナフを用いた実験の実際

以下にケナフを用いた紙づくり実験の手順を紹介する。ただし、ここで使用するケナフの茎はすでに前年に育成し切り取り乾燥したものを使用した。

- (1) ケナフの茎を30cm程度に切ったものを、樹皮を剥いて、白い茎を露出させる。
- (2) この白い茎を木槌でたたき、煮沸した後、細かく包丁で切ることが行われてきた³⁾が、ここでは、この白い茎を10秒ほど液体窒素につけた後、木槌でたたき操作を行った。これによって、煮沸して包丁で刻む操作をしたのと同じ程度の大きさの組織片（マッチ棒程度）をつくることができる。
- (3) 次に、この碎片約10gと30gの炭酸ナトリウムをビーカー（500ml）に入れ、これに300mlの水を加えて40分間加熱、煮沸。これによって、リグニン等の物質を取り除くことができる。
- (4) 次に、これを茶漉しで濾して、水で十分に洗浄して、ろ液が中性になるまでこれを繰り返す。
- (5) ケナフの残渣をミキサーに入れ、これに約300mlの水を入れて、10分間破碎する。さらに、ここでバージンパルプを10g混合してさらに10分間破碎する。
- (6) このパルプのブレンドをプラスチックの桶に入れ、これに水とのかき混ぜを加えてよく混ぜ合わせる。
- (7) すだれのついた紙漉き器で紙を漉く。
- (8) 漉いた紙をすだれがついたまま重ねて圧搾して水をきる。
- (9) 静かにすだれをはがして、新聞紙に漉いた紙をはさみ、それらをさらに布ではさんで水を吸い取る。
- (10) ある程度乾いたら、漉いた紙を布にはさんでアイロンをかける。
- (11) 紙を適当な大きさに切る。

2-1-4. 考察

以上の操作の中で、紙漉きの時に草花を漉き込んだりして、彩りを添えることもできる。また、以上の操作を完結するには、午前中いっぱい（3時間程度）あれば十分である。

このテーマは午前中3時間と午後3時間程度の時間をかけて行うのであれば、液体窒素を用いて茎を破碎するのではなく、手と木槌を使ってこれを行わせても良い。また、ケナフの茎を煮込む時間を延ばして観察させることもできる。ケナフのパルプだけを使ってこの実験を一日で行わせようとすると、ケナフを煮るという下準備がかなり必要である。そのため、市販のバージンパルプを混合すれば、ケナフの煮沸が不十分でも紙を漉いて、葉書を作成できる。

これらの実験は、学校紹介での演示実験としても使えるし、紙漉きだけを行わせたり、出来上がった紙に触れてもらうなどのハンズオン展示に利用しても良い。

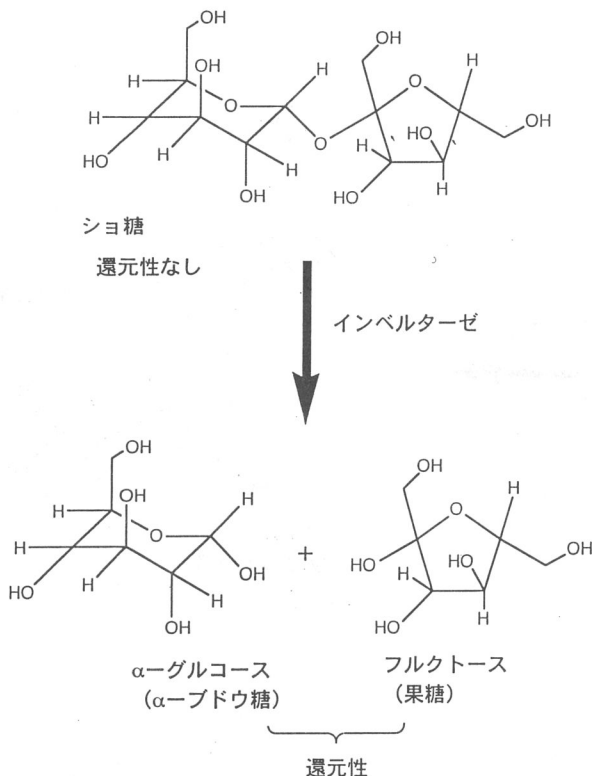


図1. インベルターゼによるショ糖からブドウ糖と果糖の生成

2-2. テーマ2---糖と反応する酵素

2-2-1. 糖の構造と酵素の作用

多糖の構成単位は単糖と呼ばれており、この単糖の種類と結合の仕方で様々な多糖ができています。また、単糖が2つ結合したものは2糖類であり、ショ糖はその典型的な例である。

還元性のないショ糖は酵素インベルターゼによって分解され、ブドウ糖と果糖という還元性の単糖（還元糖）を生成する（図1）。この作用を利用して、ブドウ糖と果糖の混合物（転化糖）を合成することが行われている。果糖はショ糖よりかなり強い甘味を示し、この転化糖の甘味はショ糖を上回っている。

ここで還元性の有無を調べる簡単な定性実験（フェーリング反応）を使って還元糖の生成を確認する方法が知られている。還元糖は2価の銅（水溶液中では青色）を還元して1価の銅（赤褐色）を生成する（図2）。

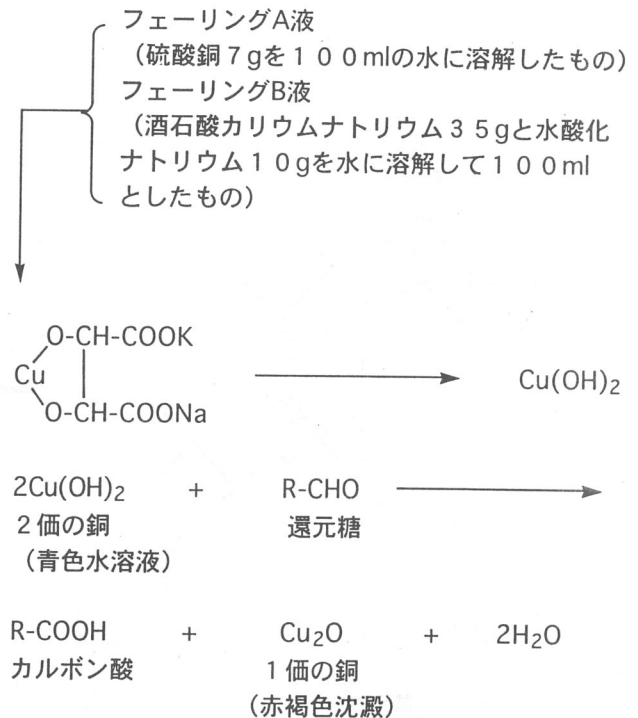


図2. フェーリング反応

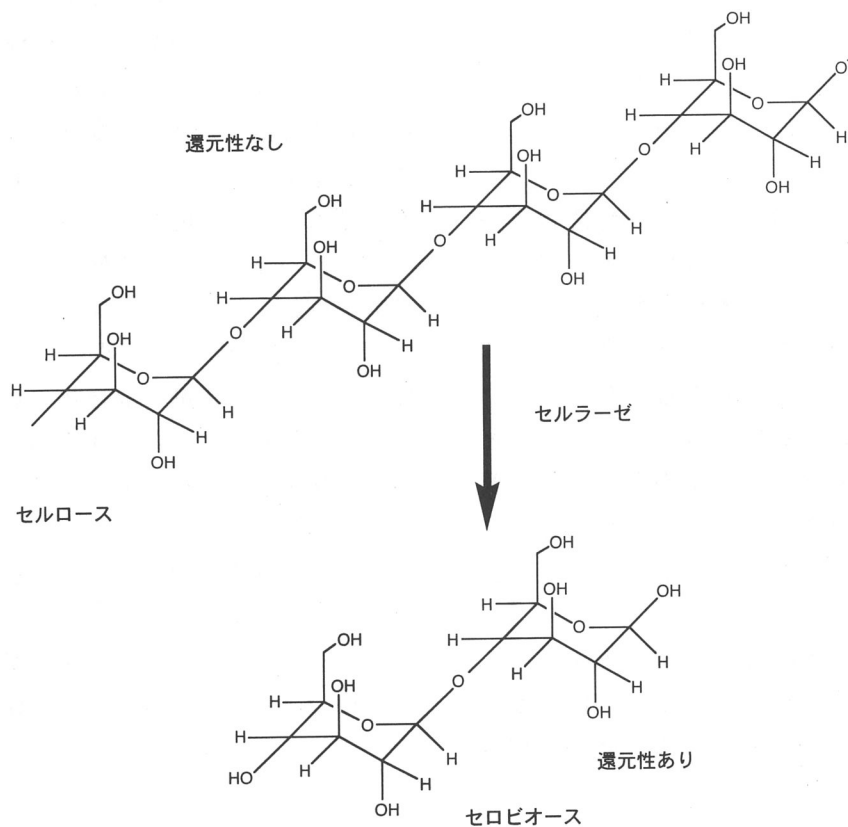


図3. セルラーゼによるセルロースからセロビオースの生成

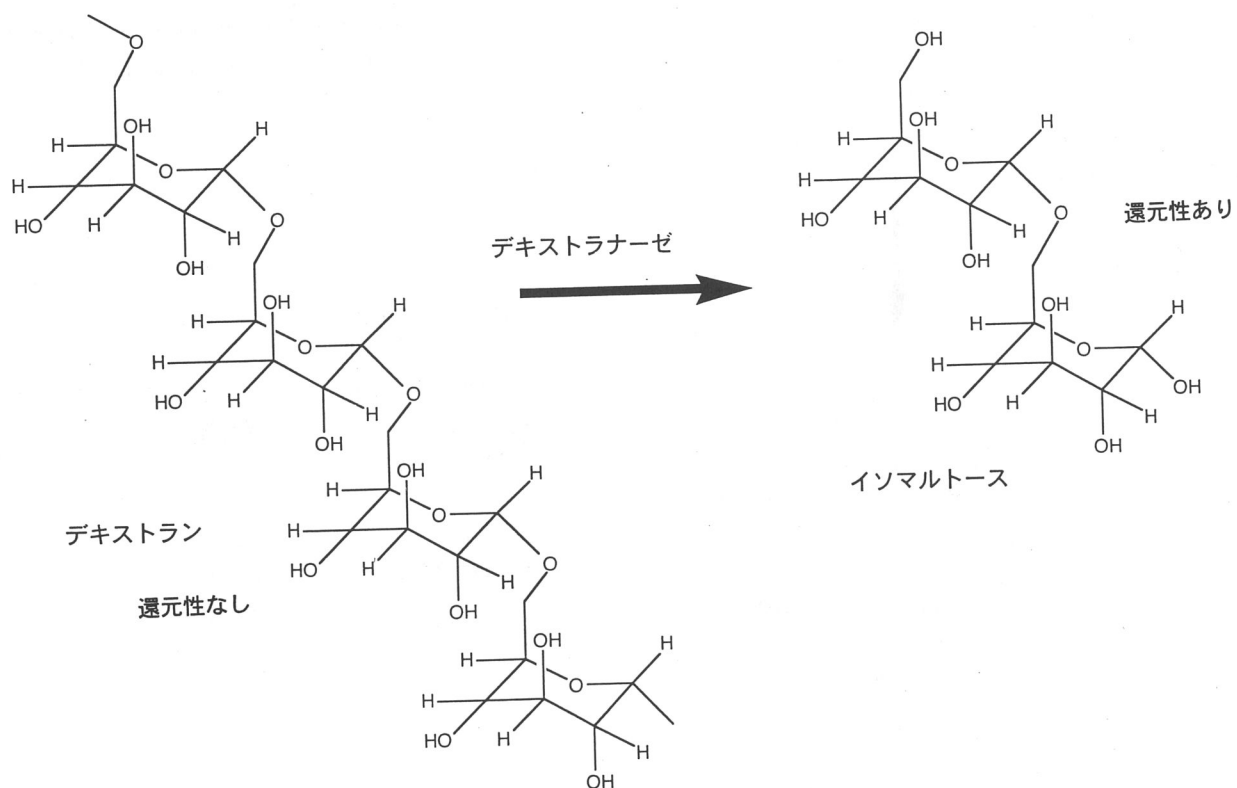


図4. デキストラナーゼによるデキストランからイソマルトースの生成

多糖のうちセルロースはセルラーゼによって分解されて、セロビオースを生成する(図3)。

このセロビオースは還元性を示す2糖である。ただ、セルラーゼという酵素はセルロースに対して作用する酵素の混合物として見出されてきたため、単一の酵素とはみなされていなかった。

しかし、最近、単一セルラーゼ成分(モノコンポーネント)がクローニングによって取り出された。この単一セルラーゼ成分を配合した洗剤で毛羽立った繊維が修復されて新品同様になり、黄ばみも消えることがわかってきている。⁵⁾

これは、選択を繰り返した繊維には非結晶質の毛羽ができるが、結晶質セルロースには作用せず、非結晶質セルロースに作用するセルラーゼ(Humicola insolence由来)によって、繊維の毛羽が分解されるためである。⁵⁾

そして、多糖のデキストランはデキストラナーゼによって分解されてイソマルトースを生成する(図4)。この糖も還元性のある2糖である。デキストラナーゼを配合した歯磨き(商品名PCクリニカ)を用いると歯垢が分解される。歯垢がデキストランでできているためである。

本研究ではこれらのことを踏まえ、糖を分解する酵素として、インベルターゼ、セルラーゼ、デキストラナーゼを用いて異なった糖の分解反応を比較する実験と教材の作成を試みた。

2-2-2. 使用した器具、材料

20ml程度の試験管12本

駒込ピペット 数本

ヒートバス(井内盛栄堂)

試薬類: 硫酸銅、水酸化ナトリウム、酒石酸カリウムナトリウム(ロッセル塩)、セファデックスG-50(デキストラン)

酵素: インベルターゼ(酵母製)、液体歯磨き(PCクリニカ)、セルラーゼ(セルラーゼOnozuka、物質工学科佐々木教官より)

2-2-3. 実験の手順

2-2-3-1. 還元糖の反応性を調べる

- (1) グルコース0.1g、果糖0.1g、ショ糖(サッカロース)0.1gを別々の試験管にとり、それぞれに5mlの水を加えて溶解させる。
- (2) フェーリング液AとBの等容混合物を1ml加

えてよく振る。

- (3) 80℃のヒートバスで加熱し反応を観察する。

2-2-3-2. ショ糖を酵素インベルターゼで分解する。

- (1) ショ糖 0.1gずつを2本の試験管に別々にとり、1本目には水4mlとインベルターゼ水溶液1ml、2本目には5mlの水を加える。さらに、3本目の試験管にインベルターゼ水溶液1ml(グリセリン溶液を容量比で10%含む溶液)と水4mlを加えてよく振る。
- (2) 各溶液の入った試験管3本の試験管を50℃で10分間反応させた後、いったん水で冷やす。
- (4) それぞれの反応液にフェーリング液AとBの等容混合物を1ml加える。
- (5) 80℃のヒートバスで加熱し反応を観察する。

2-2-3-3. 紙の成分であるセルロースを酵素セルラーゼで分解する。

- (1) 細かく砕いたケナフのパルプ、小さじ一杯ずつを2本の試験管に別々にとり、1本目には水4mlとセルラーゼ水溶液1mlを加え、2本目には水5mlを加える。
- (2) 3本目にはセルラーゼ水溶液1ml(約10mgが溶解しているもの)と水4mlを加えて振る。
- (3) 3本目の試験管に入った各溶液を50℃で10分間反応させた後、水で冷やす。
- (4) それぞれにフェーリング液AとBの等容混合物1mlずつを加えてよく振る。
- (5) 80℃で加熱して反応を観察する。

2-2-3-4. 歯垢の成分のデキストランを酵素デキストラナーゼで分解する。

- (1) デキストランのゲル、小さじ一杯ずつを2本の試験管に別々にとり、1本目には水4mlとPCクリニカ(デキストラナーゼを含む液体歯磨き)1mlを加え、2本目には水5mlを加えてよく振る。
- (2) 3本目の試験管にPCクリニカ1mlと水4mlを加えて振る。
- (3) 3本の試験管に入った各溶液を50℃で10分間反応させた後、水で冷やす。

- (4) それぞれにフェーリング液AとBの等容混合物を1 mlを加えてよく振る。
- (5) 80℃で加熱して反応を観察する。

- 4) 「ケナフを育てよう」、日本標準(1999)。
- 5) 上島孝之、バイオサイエンスとバイオインダストリー、Vol.57, No.4, p9(1999)。

2-2-4. 考察

「受理年月日 2000年9月14日」

本実験は簡単な定性実験であるが、グルコース、果糖の還元反応、デキストランをデキストラナーゼで分解すると、還元糖が生成する実験は比較的是っきりとした結果が得られた。歯磨きの成分が歯垢の成分を分解することを視覚的に確かめられるよい実験例であると考ええる。

しかし、パルプをセルラーゼで分解する実験では、フェーリング反応の反応液がやや褐色となるものの、赤褐色とはならなかった。パルプの多重構造をほぐして、セルロースによる分解を促進する工夫があれば、さらにより結果が得られると考えられる。上記2つの実験テーマは、別々に実施してもよく、また、これらを組み合わせて同じ日に続けて実施もよい。実験の材料はともに糖質であるので、糖の実験として組み合わせやすい実験テーマである。

3. おわりに

本研究では、オリジナルな実験テーマ1つ「糖と反応する酵素」と、それと関連があり、従来から知られているテーマに工夫を加えた実験テーマ1つ「ケナフを使った紙の作成」を、公開講座だけでなく、学校開放での演示実験やハンズオン展示にも応用できる材料として、紹介した。これらの実験を公開講座や学校開放で実施していくことで、受講者、来校者に対して、身近な物質と化学反応、さらには環境問題に関心を持ってもらうという教育的効果が期待できる。また、本研究で紹介した実験の材料や酵素、試薬等をアレンジすることで、本研究の実験項目を様々な実験項目へと発展させることが期待できる。

4. 引用文献および注釈

- 1) 「教育データランド」、時事通信社、p58 (1999)。
- 2) 仙波愛、小川正賢、日本科学教育学会年会論文集、24、p211 (2000)。
- 3) 広島ケナフの会のホームページ：
<http://www.kenaf.gr.jp/>を参照。