

# 信州大学農学部 オープンキャンパス2012

食料生産科学科 体験実験 (8/4 13:15- @総合実験実習棟2F実験室)

## 「牛が草を栄養にできる理由を探る」

～牛は草を食べて大きくなります。それは人間とは違う消化のしくみを持ち、草の主な成分である繊維を栄養にできるからです。人間と牛の消化のしくみを人工的に再現してみ、それぞれが何を食べて生きていけるかを一緒に考えてみませんか～

### 【重要】必ず守ってください!

- \*この実験で使う薬品類は、万一口に入っても安全なものを選んでいますが、誤って飲んでしまったり、目に入ったり、皮膚や衣服に付着した場合は、すぐに担当者に言ってください。
- \*安全管理上、備品（試薬・消耗品、書類含む）の持ち出しはご遠慮ください。
- \*実験室内での飲食は控えてください。
- \*操作中、また操作している人のそばでは、できるだけ話をしないようにしてください。

### 【操作のながれ】

- ①溶液[1][2]（ピンク色のキャップ）を2本ずつ、粉末[A][B]を2個ずつ用意し、「1-A」「1-B」「2-A」「2-B」の組み合わせとなるように粉末（1個ずつ）を溶液中に添加する。

\*溶液[1]には人間のアイコンが、[2]には牛のアイコンが描かれたシールが貼ってあります。



- ②50℃の温水中で20-30分間保持する。

\*とくに見た目は変わりません。

- ③反応させた液を水槽から取り出し、マイクロピペットを使って20μlずつ、5mlチューブ（緑色のキャップ）の中の液体（試薬）に添加する。

\*先端のチップは液を添加するごとに交換してください。  
\*なるべく粉末を入れず、液体だけを入れてください。



- ④キャップをして数回反転し、実験台の上で5分置く。

\*徐々にピンク～マゼンタ～赤色に変化してきます。

**【色の濃さ(発色量)の違いを比較してみましょう】**

# 信州大学農学部 オープンキャンパス2012 (8/4)

食料生産科学科 体験実験 (担当: 上野 豊)

「牛が草を栄養にできる理由を探る」

## 【実験の種あかし】

- \*溶液[1]にはアミラーゼが、[2]にはアミラーゼとセルラーゼが入っています。アミラーゼは人間の唾液などにも含まれている消化酵素で、炭水化物の一種であるデンプンを分解します。セルラーゼは草食動物や一部の昆虫の体内で働く消化酵素で、これも炭水化物の一種である繊維（セルロース）を分解します。つまり人間の炭水化物消化のしくみを再現したものが[1]で、牛のしくみを再現したものが[2]です。
- \*粉末[A]はトウモロコシの実、[B]は牧草（チモシー）を細かくしたものです。[A]はデンプンを多く含むのに対し、[B]は繊維を多く含みます。
- \*この実験では、アミラーゼ、セルラーゼが働いてできる分解産物はどちらもグルコースです。発生したグルコースの量を測定するために、③の操作を行います。5mlチューブに入った試薬は、試料中のグルコースと反応して発色します。つまり、含まれるグルコースの量が多いほど、色が濃くなります。

この反応はキットを用いて行いました。詳細な情報をご希望の方は担当者までご連絡ください。

- \*以上のことから、[1-A][1-B][2-A][2-B]でどのように発色するか、予想してみてください。予想通りの結果になるよう、操作③で念を送りながらやってみてください。
- \*（補足）この実験は「短時間で簡単に行えて」かつ「ビジュアルに訴える」ことを考え、原理を失わないよう配慮しつつ工程を作成しています。そのため、動物が行う実際の栄養素消化の過程とは異なることをご承知おきください。

具体的には次の通りです：

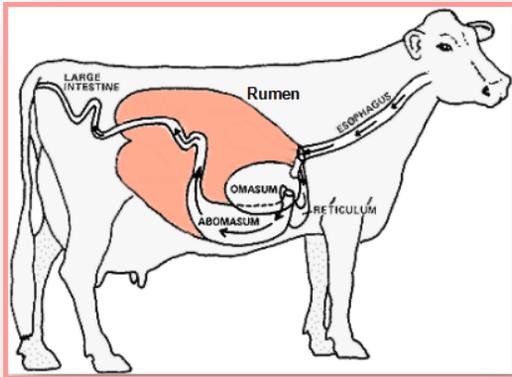
- ①アミラーゼはグルコアミラーゼ（反応液1mlあたり0.5U）を使用し、分解産物がグルコースとなるようにしています
- ②セルラーゼは飼料分析用のものを使用し、比較的少量（反応液1mlあたり30mg）用いています
- ③トウモロコシ、チモシーとも市販のミキサーで粉碎しています

## 【実験結果が示すこと】

- \*デンプンあるいはセルロースはともにグルコースからなる炭水化物（構造が違う）で、どちらも食料・飼料の主要な成分です。それらは大きすぎるためそのままの形で体内に吸収することができず、消化酵素による分解を受けてグルコースとして小腸から吸収され、体内を循環します。
- \*グルコースは主に生命体が活動していくうえでのエネルギー源としての役割を持ち、もっとも重要な栄養素のひとつです。他の重要な栄養素（タンパク質、脂肪、ミネラル、ビタミン）も含め、「生きていくために必要なもの」を食料から効率的に得ることが、「食べる」という行為の生物学的意義になります。
- \*それは人間以外の動物にとっても同じです。草食動物は草しか食べられないということはなく、デンプンも繊維も等しく重要です。ただ、人間が栄養とすることのできないものを草食動物が栄養にできて、かつそれをもとにして乳、肉といった人間のくらしに欠かせない**食料生産**がされているということを、[1-B]と[2-B]の色の違いから感じてもらえれば幸いです。
- \*植物の側に立って考えてみると、炭酸同化（光合成）で作られたグルコースを起源として2種類の物質を作り分ける理由、つまりなぜ実はデンプンで植物体は繊維なのか？…非常に良い質問です。その答えは私の授業（家畜栄養学）でお話ししようと思います。 See you next spring!

**【草食動物が繊維を分解するしくみは、実際はさらに複雑です→→】**

【牛が草を消化するしくみ】



反芻動物は4つの胃を持つ

反芻動物の第一胃（ルーメン）には、多種多数の微生物が棲息している



- 繊維を消化できる
- 必須アミノ酸が不要である
- △ 利用可能なエネルギーが減少
- △ 消化吸収を微生物に依存する

\*草食動物のなかでも牛、羊、ヤギ、シカなどは「反芻（はんすう）動物」と言われ、人間など他の動物とは大きく異なる消化のしくみを持っています。

\*構造上の最大の特徴は胃が4つの器官（第一胃～第四胃）に分化していることです。とくに第一胃は「ルーメン」（the rumen）といい、成牛では100Lほどの内容積を持つ、非常に大きな器官です。ルーメンは食道と直結しており、動物が摂取したエサのうち繊維など消化されにくいものは、このルーメンと食道とを往復しながら徐々に細分化され、分解を受けやすい形になります。これが「反芻」で、人がものごとをよく考えて洗練していくことを「反芻する」ともいいますが、この悠久重厚なプロセスから転じたものです。

\*第一胃には多種多数の微生物が棲息（せいそく）していて、動物が摂取した栄養素の消化吸収を助ける働きをしています。顕微鏡で見てもらっているのは学部で飼育しているヒツジの第一胃から採取した胃液で、動き回っているのが微生物です。

\*体験実験の通り、エサの繊維（セルロース）はセルラーゼによってグルコースに分解されますが、セルラーゼを持っているのは動物本体ではなく、実はこうした微生物です。微生物はセルロースを分解してグルコースを獲得し、そのエネルギーで自分の体つまりタンパク質を作ると同時に、余ったエネルギーを揮発性脂肪酸という、全く別種類の化合物に変えて放出します。この揮発性脂肪酸が動物本体のエネルギー源となります。

\*つまり反芻動物は、他の動物が利用できない繊維という資源を、第一胃の微生物を「代理人」として手伝ってもらって自らの栄養としていることとなります。このように、複雑なしくみのもとで成り立っている関係は、**生物学的共生**のひとつの例であると言えます。

【実験のまとめとさらに詳しい説明は→→→研究室websiteへ】

[http://karamatsu.shinshu-u.ac.jp/lab/ueno/index\\_brr.html](http://karamatsu.shinshu-u.ac.jp/lab/ueno/index_brr.html)



\*PC以外対応未確認です。あしからずご了承ください。

\*ヒツジ第一胃微生物の動画も公開しました。

生命体の中で生きるもうひとつの生命のダイナミズムを、ぜひ感じてください。