

# 植物の組織からブドウ糖とデンプンを検出する

## (有機物学習の教材研究)

木村 功

標記の事については以前より実験教材として検討する必要性を感じていた。

今回、植物体の各部を試料としてブドウ糖\*およびデンプンの検出を行いその結果をどう見るか、中学・高校の生物教材としての扱いについて理科教育法での実践をへて検討を行った。

(脚注：\*中学理科と高校生物では、ブドウ糖とグルコースと別表記になっていることもあり、本稿では原則としてブドウ糖とし、特別な場合のみグルコースを表記した。)

### (1) 教科書(指導要領)における糖、デンプンの扱いについて。

中学校理科教科書(大日本図書)による。1年の光合成の学習ではヨウ素溶液を使いデンプンの検出を行い、日光が当たった部分と、緑の部分でデンプンができることを押さえている。さらに光合成では二酸化炭素が使われることを確かめる実験を行い、酸素ができることは実験図で説明している。

しかし植物の呼吸の学習では酸素と二酸化炭素のガス交換のみで有機物が使われることには触れていない。1年ではすべての物質名に元素記号が使われていないので排出されるCO<sub>2</sub>が有機物(C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>)由来であることを推論するのは難しい。

また、「光合成によってできるデンプン」はどこで何からつくられるかという問いが書かれている。そのまま受け止めれば光合成とはデンプンをつくることという認識を持つ。実際はブ

ドウ糖である。学習の過程に於いてはこのようなことは容認され得る場合があることは認める。しかしどこかの段階で正しい認識に至ることを前提にしての話である。それには葉からブドウ糖を検出するのが良いと思う。

<デンプンのゆくえ>として「葉でできたデンプンは、水に溶けやすい物質になり、体の各部に運ばれ呼吸や成長に使われたり、果実や根や茎(いも)などにたくわえられる。」とある。この水に溶けやすい物質(糖)を運搬組織である茎(維管束)から検出してみようと思ったのがこのテーマを取り上げた最初の動機である。

中学2年の動物の単元2章-3消化と吸収の項で、実験「デンプンに対する唾液のはたらきを調べよう」があり、ベネジクト液を使って、デンプンが糖に変わることを確かめている。ここでデンプンが糖に分解されるという説明がある。

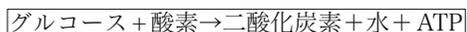
<やってみよう>でデンプンとブドウ糖につきセロファンを使っての透析実験がのっている。実際にやればデンプンと糖分子の大小関係が分かりデンプンから糖への変化が分解であることが理解されよう。有機物のつくりを理解する上で必要な実験であり、今回教科書に復活されてよかったと考えている。

なお、中学の生物では光合成・呼吸に関わる物質を化学式で表すことはしていない。

高校生物基礎(東京書籍)では光合成の項で  $\boxed{\text{二酸化炭素} + \text{水} \rightarrow \text{有機物} + \text{酸素}}$  の式がでており、続いて実験観察では「光合成によって有機

物(デンプン)ができること」を確認する実験が取り上げられている。

呼吸の項では呼吸の材料となる有機物は主にブドウ糖…で酵素などにより無機物に分解されることとして次の式が示されている。



ここに於いても光合成、呼吸とも反応式に化学式が使われていない。

原子記号を使うことによって物質のつくりと変化は漢字よりもずっとイメージ化しやすくなる。ならったことを使って考えることは学ぶことの意義・価値を知る上でも大切なことであると考えられる。中学2年以降はできるだけ化学式を併記するようにするのが良いと思う。

新課程の高校生物(4単位)では呼吸・光合成とも代謝経路の段階毎に物質の変化、酵素、補酵素のはたらきも含め反応式を使いかなり丁寧に解説をしている。各社とも過程のまとめとして $\boxed{6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2 + 6\text{O}_2}$ の式で締めくくっている。

また、アルコール発酵の実験で酵母菌がグルコースをエタノールと二酸化炭素に分解する実験が取り上げられている。

小、中、高校を通じ光合成の学習においては葉におけるデンプンの検出やジャガイモの塊茎からのデンプンの検出は行われてきたが糖の検出は行われていない。

## (2) 本実験の意図

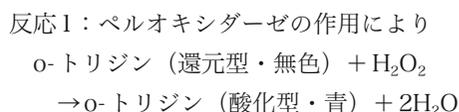
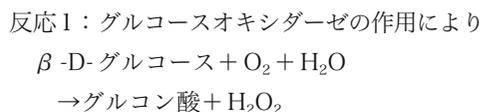
有機物は単位分子の重合によって高分子をつくり生体を構成する物質としているが、生体内では単位分子と高分子の間を自由自在に変換し双方の性質をうまく使い分けて活動している。そのような有機物の特徴を理解するという意図もありできるだけ同一個体の組織からブドウ糖とデンプンの検出を試みた。その結果をもとに授業の展開を検討した。

## (3) 検出方法について

### 1. ブドウ糖の検出法

尿糖検査紙 製品名「新ウリエースGa」

(製造販売元 テルモ株式会社)を用いて行う。  
ブドウ糖検出：呈色の原理



ブドウ糖に特異的に反応し黄色の試験紙が緑色に変わる。次のような使い方を考えた。

【材料の処理】(方法名)は仮称である。

- a (切断法) 葉、茎、地下部とも多汁質のもの適している。葉ではサボテンやベンケイソウのような多肉植物、茎、葉柄(維管束)ではフキ、サトイモなどは柔らかく水分が多いので適している。調べたい部分を切断し試験紙をはさみ押しつけ組織液をしみ込ませる。
- b (摺(す)りおろし法) 茎、葉柄、いもなどで切断面では水分が少ない場合摺りおろして汁を絞り出し試験紙に付ける。
- c (ジュース法) 葉が薄く、組織液を試験紙に吸い取るのが難しい場合。

少量の水に葉を刻んで入れジュースにかけ液状にする。(1分程度)液状になったものをセロファンで袋状に包み水を入れたビーカーに入れ透析する。水(透析液)に試験紙を付ける。呈色までの時間、色の濃さは透析の時間により大きく左右される。

30分～1時間を要する。

例 サトイモ

葉はcの方法で透析時間30分で呈色まで1～2分かかり薄黄緑であるが、90分では数秒で濃い緑色になった(8月実施)。しかし11月には明確な結果が得られなかった。cは研究の余地がある。

葉柄はaの方法, 5cm程度取り縦断面に試験紙を数秒鉢み付ける。すぐ呈色する。

イモは切断した面に数秒軽く押しつけた。すぐ濃い緑色になった。サトイモを取り上げたのは有機物の生産, 運搬, 貯蔵の組織がはっきりして, 柔らかく扱い易いので取り上げた。

## 2. デンプンの検出法

a (湯煎 (せん)法) 葉をエタノールにつけ湯煎し色素を溶脱する。白くなった葉をしばらく湯に漬け軟化させヨウ素溶液に浸し5分～10分程度おく。(表皮のある組織はすぐには反応しない。)

b (たたき出し法) 葉をろ紙ではさみ木槌か金槌でたたく。ろ紙についた葉緑素をエタノールで濯ぎ色素を溶脱する。湯煎した方が早くきれいになる。

ろ紙のたたいた部分にヨウ素液を付ける。

c (摺おろし法) 茎, 塊根, 塊茎等は料理用のおろし器で摺おろしヨウ素液を付ける。

b, cのように機械的に組織を破壊したもののほうが反応が早い。

注 ヨウ素-デンプン反応における呈色はデンプン分子の大きさ(ブドウ糖数)により青紫～褐色までの幅がある。生徒実験では青紫にならなかったから(-)であったとすることがあるので注意が必要である。

## (4) 検出の結果と授業の展開について

ジャガイモでは, 葉とイモ(地下茎)でデンプンが検出されるが, 茎にはデンプンはなくブドウ糖が検出される。

この実験からはじめ植物体の有機物合成, 運搬, 貯蔵についての理解を深めることを目的として関連する実験の流れをあげてみた。

### 実験1 葉, 茎, 地下茎, でのデンプンの検出する。

茎にデンプンがない。茎には何があるか考えさせる。(仮説を出し合う)

### 実験2 茎の組織液からブドウ糖の検出をする。葉, イモについても調べる。

茎にブドウ糖があることを確かめ, その由来, デンプンとブドウ糖の関係を考える。

### 実験3 デンプンがブドウ糖に変わることを確かめる。

### 実験4 デンプンとブドウ糖の分子の大きさを比べるセロファンを使っての透析

### 実験5 ネギの緑色と白色の部分でブドウ糖とデンプンの検出をする。

デンプンのブドウ糖への変化は小さい分子への分解であること。糖は水によく溶けることから, デンプンが葉とイモにあるのにその間の茎にないのはなぜかの答えを求めることができる。

生体内では水に溶けないと運搬できないこと。小さい分子でないと細胞膜を通過して移動することはできない。葉にあるデンプンは茎をとるときは糖になっているわけを理解する。

中学校では実験1・2と思われるが小学校での経験, 消化の学習でおこなう実験3・4等での関係で実験をまとめてやったり入れ替えることもあり得る。なお実験2・3を「糖」の検出とするならベネジクト反応でもよい。

高校では特定の植物だけでなく, いろいろな植物でブドウ糖さがしを行ってみたい。

ブドウ糖があらゆる組織にあるのはなぜか。また「光合成ではデンプンなどの有機物がつくられる。」という表現が定義的に使われているが, 高校生物で光合成を反応式で表すときには グルコース  $C_6H_{12}O_6$  になる。 生物基礎では 二酸化炭素+水→有機物+酸素 のままである。

光合成の一次的な生産物は何か検出結果から考えるようにするならば, ジャガイモ, サツマイモ等のデンプン葉の植物を使った, 上記実験1の他に, 実験5としてネギなどの糖葉の植物を使った実験をおこない比較すると良い。ブドウ糖はどちらでも検出されるがデンプンは検出されないものもある。反応式が示すようにブドウ糖の方が一次的であると考えられよう。

またブドウ糖があらゆる部分にあるのはなぜか呼吸との関係に気付かせたいと思う。

参考のため尿糖試験紙を使って調べた結果は次のようであった。

## (5) ブドウ糖さがし

葉：ジャガイモ，サトイモ，ネギ

維管束（茎・葉柄）：ジャガイモ，サトイモ，フキ，レタス，アスパラガス，モヤシ

貯蔵組織（いも，地下茎）ジャガイモ，サトイモ，ダイコン，ニンジン，タマネギ

果実・種子：トウモロコシ，スイカ，キュウリ，ナツミカン，スモモ，ビワ，ナシ，ピーマン

## まとめ

植物体からブドウ糖とデンプンを検出しその分子の大きさ，所在から推測し光合成の最初の生産物がデンプンではなく，ブドウ糖であることが推論できる。

貯蔵には安定性のあるデンプンにし運搬には分解し，小さく，水によく溶ける物質にすること。有機物は小さい分子を構成単位とし縮合により高分子をつくっている，生体はこの特質をうまく利用している。

光合成の最初の生産物であり重要な呼吸基質であるブドウ糖の検出を実験教材としていかすことを提案したい。

なお植物体での貯蔵や運搬における糖の種類については，実験教材としてはむずかしく，ブドウ糖のみを扱うこととした。