

栄養と吸収の学習に関する 問題解決型授業の開発

佐藤有紗¹⁾†・東啓太²⁾・岡崎こころ³⁾・市川俊輔¹⁾・後藤太一郎¹⁾*

Problem solving lesson plan on nutrition and absorption in secondary school.

Arisa Sato, Keita Higashi, Kokoro Okazaki, Shunsuke Ichikawa, and Taichiro Goto

小中学校における「生物の体のつくりとはたらき」における栄養吸収の学習は、生物が生きるための基本を理解する上で重要である。実験としては、植物の光合成に関する実験や、消化酵素による分解などが取り上げられているが、栄養吸収と生命の維持のつながりを理解するのは困難である。そこで、栄養と吸収について実感を伴って学ぶために、「切り花を長持ちさせるには？」という課題設定をして、これまでの学習から水に何を加える必要があるか予想と実験を行い、結果から糖が栄養として吸収されることに気付かせる課題解決型授業を考えた。授業は第1時で予想と実験、第2時で結果と考察の2時間とし、2校の中学校で授業実践を行った。単元としては、中学第1学年の「植物の体のつくりと働き」および中学第2学年の「生命を維持する働き」で行った。糖を含む溶液ほど切り花が長持ちすることを知ることにより、生徒は糖が吸収されることで生命維持が行われることや、光合成によってつくられるデンプンは糖となって植物体に吸収されることを理解できた。生命維持に関する本質を学ぶための簡便な実験であり、問題解決型授業として生徒が実験の工夫をできる授業づくりが可能である。

キーワード： 栄養、吸収、光合成、切り花、課題解決型授業

はじめに

小中学校における生物分野の学習の中で、生命を維持するために必要なものは水、酸素、栄養であることは、そのしくみを含めて理解することが欠かせない。栄養吸収とは、細胞が取り込むことのできる分子でなければならないことを、中学校では唾液でデンプンが糖に分解されることを糖の検出により学習する^{1),2)}。小学校でもご飯を噛むと甘くなることから、唾液によりデンプンが糖に分解されることを体験的に学ぶ。

デンプンが糖に分解されるための教材開発は、植物でも行われており、糖の検出方法を用いて糖として体に運ばれることを示す実験が開発されている^{3),4)}。また、養分の移り変わりとして粒子の溶けやすさを示す授業実践もある⁵⁾。しかし、実際に生命維持に糖が必要であることを直接示す簡便な実験は見当たらない。

私たちは、栄養吸収の学習の中で、糖が生命維持に重要であることを示す実験として、切り花を延命するために糖が役立つことから、「切り花を長持ちさせるに

はどうすればいいか」という問題設定により、生徒が予想と実験をし、結果から糖が重要であることを学ぶための授業案を考えた。

切り花を長持ちさせる方法としては、家庭でも簡単にできる方法として、砂糖、レモンジュース、漂白剤を入れることが有効と言われている⁶⁾。また、市販のものとしては、一般的に「フラワーフード」と呼ばれる切り花の延命剤が一園芸店やホームセンターで販売されている。フラワーフードの原材料としては、糖類と防腐剤などが書かれているが、詳細は不明である。切り花の品質管理マニュアル⁷⁾によると、主な成分は1%ブドウ糖とイソチアゾリン系抗菌剤と記載されている。このように、切り花を長持ちさせるには糖と防腐剤は必須であり、糖だけを用いた場合は細菌が増殖し、短時間で切り花は枯れる。

本研究では、①小中学校の授業で用いるための花の種類や切り花を長持ちさせるための条件の検討、②延命効果を調べる実験を通して、糖の重要性に気づくことができるような「課題設定」を取り入れた指導案の

1) 三重大大学教育学部 2) 多気町立勢和中学校 3) 亀山市立中部中学校

† 現 名張市立美旗小学校 * 連絡著者

作成、③協力教員による授業実践を行い、「栄養と吸収」に関する問題解決型授業を提案することを目的とした。

実験方法

1. 切り花の選定

授業で身近な野草を利用することを考え、校庭や身の周りで4月～6月に開花している植物として、ツツジ（ツツジ科）、シロツメクサ（マメ科）、ハルジオン（キク科）、ヒメジョオン（キク科）、ムラサキツユクサ（ツクサ科）、マリーゴールド（キク科）、およびドクダミ（ドクダミ科）の合計7種を選んだ。

また、年間を通じて生花店で入手でき、花の状態を観察しやすいものとして、白色のカーネーションを選んだ。

2. 切り花の延命効果

(1) 切り花延命剤の作成

切り花延命剤としては2種類用いた。1つは、市販品の「レインボー切り花延命剤」（レインボー薬品株式会社）で、成分は、糖類、防腐剤、pH調整剤、精製水である。糖度計（手持屈折計 ATAGO Master-53）で原液を測定したところ18%であった。使用説明に従い、延命剤3mlを水100mlで希釈して用いた。

もう1つは自作したもので、成分は市販品に従ってショ糖と防腐剤とした。糖濃度については3%としたが、これは一般的に3～5%程度のブドウ糖やショ糖が用いられているという報告に基づいた⁸⁾。防腐剤としては、安全面を考えて、食品や医薬品あるいは化粧品防腐剤として用いられるパラベン（パラオキシ安息香酸エチル）を選んだ。パラベンは水に難溶性であるが、わずかに溶解するためにパラベンの飽和液（約0.02%）を用いてショ糖液を調整した。

(2) 切り花延命剤の効果に関する実験

選定した7種の野草を用いて、延命剤やショ糖液に入れた時の開花状態について調べた。プラスチックコップ（100ml）に市販の延命剤およびショ糖液を半分ほど入れたものと、対照として水を入れたものを用意し、各々のコップに葉を取り除いて花と茎だけにした植物を入れた。これを室内の窓際に置き、水替えをせずに花の状態について毎日観察・記録した。

また、生徒が切り花を長もちさせるものとしてあげると想定される物質の効果について、ツツジを用いて調べた。物質としては、デンプン（片栗粉、火乃国食品）、ショ糖（上白糖、三井製糖）、栄養ドリンク（リポビタンD、大正製薬）、洗剤（スーパーNANOX、ライオン）、重曹（共立食品）、酢（穀物酢、ミツカン）、液体肥料（ハ

イポネックス、ハイポネックスジャパン）の合計7種を用いた。これらの実験は2019年5月に行い、観察期間は14日とした。

さらに、教育現場での実践において、実際に生徒から提案があった物質の効果について、白色のカーネーションを用いて調べた。用いた溶液は、先に用いた市販の延命剤、ショ糖、洗剤、重曹、デンプン、酢、液体肥料、栄養ドリンクの他に、調理酢（カンタン酢、ミツカン）、牛乳（おいしい牛乳、明治）、はちみつ（純粋ハチみつ、加藤美蜂園）、炭酸水（アサヒ飲料）、水あめ（加藤産業）の合計13種類とし、対照として水だけの場合と比較した。この中で糖分を含む、ショ糖、カンタン酢、栄養ドリンク、牛乳、はちみつ、水あめについては、バラベンを含んだ水で希釈し、糖度計を用いて糖度3%に調整した。プラスチックコップ（414ml）を用い、溶液量は300mlとした。コップにはストロー穴付きの蓋を取り付け、穴に2本のカーネーションの茎をさして倒れないようにした。これを室内の窓際に置き、水替えをせずに花の変化について観察・記録した。観察期間は2019年11月27日から12月11日までの14日とした。

授業開発と授業実践

1. 授業開発

中学校第1学年「植物の体のつくりと働き」の単元および中学校第2学年「動物の体のつくりと働き」の単元で、「切り花を長持ちさせる方法を考える」という課題を取り入れた指導案を作成した。授業時間数を2時間とし、第1時で切り花を水溶液に入れる実験を行い、第2時は数日後として、結果のまとめと考察を行うものとした。

2. 授業実践

授業実践は2019年度に行った。中学校第1学年では、「植物の体のつくりと働き」の単元において、光合成について既に学習した段階で実施した。三重県内A中学校の5クラスで、第1時を5月23日に4クラス、5月24日に1クラスで行い、第2時を5月27日に3クラスで、5月28日に2クラスで行った。材料とした花は、授業時間内に生徒が校庭にある植物を採取した。

中学校第2学年では、「動物の体のつくりと働き」の単元において、消化について学習した段階で実施した。三重県内B中学校の2クラスで、第2時を6月17日と6月18日に1クラスずつ、第2時を6月25日と6月26日に1クラスずつ行った。実験には、教師が用意した市販のカーネーションを使用した。

3. 生徒の反応や記述内容の調査

2名が授業を参観し、生徒の反応をノートに記録するとともに、必要に応じて写真や動画を撮影した。中学校第1学年では第1・2時ともにワークシートを配布し、その記述内容をもとに分析を行った。中学校第2学年では生徒がグループ用ホワイトボードに記述したもの、および生徒の発表の動画記録をもとに分析した。

結果

1. 切り花の延命効果

(1) 身近な野草を用いた場合

学校の校庭や中庭に見られる7種の植物で市販の延命剤と自作の延命剤の効果を調べた。ツツジ、ハルジオン、およびヒメジョオンでは1週間後に水だけの場合は枯れたが、延命剤では枯れることはなかった。ムラサキツユクサでは蕾が開花する様子も見られた。シロツメクサとドクダミでは、白色の花は水の場合は3日後には茶色に変色したが、延命剤を入れたものは変化がなかった。マリーゴールドは水の場合でも1週間後に変化はなく、延命剤の効果を短期間で見ることではできなかった。

(2) カーネーションを用いた延命効果

実験開始時のカーネーションの状態をもとに、花卉の変色、茎折れ、および枯死に分けた(図1)。購入時には既に一部が茶色く変色しているものもあったため、水だけでも3日後には茶色に変色しはじめ、9日後には枯れた。13種の溶液の結果を表1にまとめた。延命剤を用いた場合では、8日後に変色が進んだものの、14日経過しても状態が変化することはなかった。砂糖では6日後に開花が進むなど、延命剤の場合よりも花の状態はよく、10日後でも実験開始時と変わらず、観察機関の14日間で開花状態は保持された(図2)。栄養ドリンクおよび調味酢水溶液でも開花状態は維持され、10日後までは枯死することはなかった。

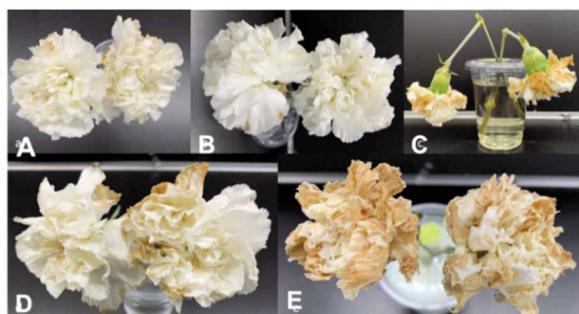


図1. 各種水溶液に置いたカーネーションの状態。

A 実験開始時の状態を維持 (○); B 実験開始時より開花 (◎); C 茎折れ (×); D 花卉が一部変色 (▲); E 枯死 (●)

これに対して、洗剤、重曹、デンプンおよび牛乳の水溶液では2日後に変色し、茎が折れて7日後には枯死した(図3)。また、はちみつや水あめの水溶液では1週間ほどで枯死した。

表1. 各種水溶液に置いたカーネーションの状態

水溶液	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
水	○		▲						●					
延命剤	○							▲						
砂糖	○					◎				○				
洗剤	○		▲			●	×							
重曹	○	▲					×	●						
デンプン	○	▲						●						
酢	○		×	▲					●					
調味酢	○						▲		×					
液肥	○			▲		●								
栄養ドリンク	○						▲			●				
牛乳	○	▲			●									
はちみつ	○			▲				●				×		
炭酸水	○			▲				●						
水あめ	○					▲			●					

○: 実験開始時の状態、◎: 開花、▲: 花卉が変色、●: 枯死、×: 茎折れ

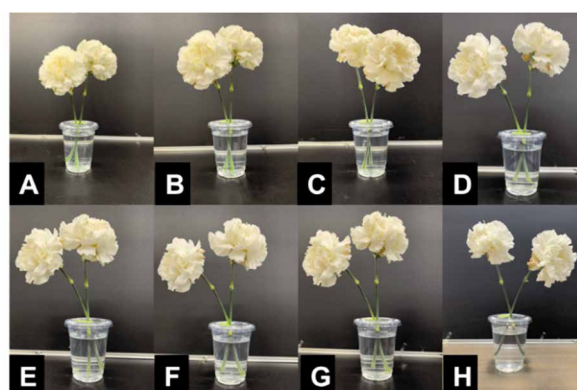


図2. 糖水溶液に置いたカーネーションの状態。

A 1日目; B 2日目; C 3日目; D 6日目; E 7日目; F 8日目; G 9日目; H 10日目

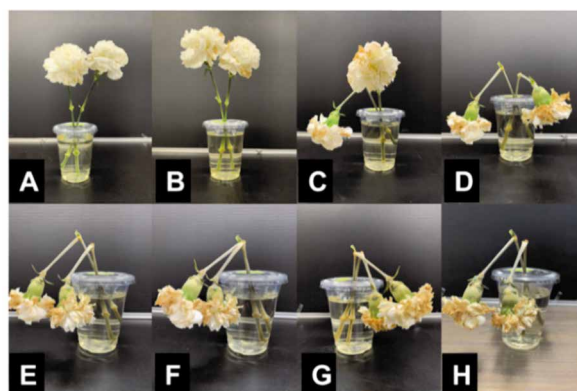


図3. 重曹水溶液に置いたカーネーションの状態。

A 1日目; B 2日目; C 3日目; D 6日目; E 7日目; F 8日目; G 9日目; H 10日目

2. 指導案の作成と授業実践

(1) 中学校第1学年「植物の体のつくりと働き」

指導案の作成

「植物の体のつくりと働き」の単元において、光合成について既に学習した段階での指導案を作成した(図4, 5)。光合成の学習を踏まえて、第1時では、「植物が生きていく上で必要なものは何か」という課題を出し、個人で考えたことをワークシートに記述させた後、発表させて全体で共有した。

次に、切り花を長持ちさせる方法を考えることを伝え、実験条件として葉は取り除き、光合成できない状態にした上で、水に何を加えると花が長持ちさせられるかを個人で考えさせた。そして、班で2種類の水溶液を選ぶように意見をまとめさせ、水だけの場合を対照実験とし、用いる水溶液以外の条件を同じにするよ

う確認させた。

その後、校庭や中庭で同種の花を3本ずつ採集してくるよう指示し、理科室に戻ってから溶液の準備を行い、植物を入れたカップを窓際に置いた。

第2時では、自分の班の花の状態の観察と記録を行なうとともに、他の班の結果も観察するよう指示した。結果を発表させ、その後、結果からわかったことや考えたことを個人でワークシートに記述させた。

まとめとして、実験から花が長生きするには糖が必要であること、光合成を行うことで糖をつくり、生命維持ために使われることを確認した。実験前後の生徒の考えの変化を見るために、実験前に行った「植物が生きていく上で必要なものは何か」という課題について再度考えさせた。

切り花を用いた植物の働きを学ぶ授業(第1時)

I 単元名(学年) 植物の体のつくりと働き(中学校第1学年)

II 単元の背景

これまでの学習の中で生徒たちは、光合成のしくみについて理解している。本時では、切り花を長生きさせる実験の構想を立てさせ、植物が成長するために必要なものが何か考えさせる。本時後の学習内容は、切り花を長生きさせるために必要なものから、植物の成長には糖が必要であることに気付かせる。

III 本時の目標

切り花を長生きさせるための実験の構想を立てることができる。

(予想、実験)

IV 学習過程(45分)

学習活動	指導者の留意事項(・)と予想される生徒の反応(○)
1. 導入 ・前時までの復習をする。	・すでに学習した光合成のしくみに関する理解を確認する。 ○水、光、二酸化炭素からデンプンを作り酸素を出す
2. 学習課題の明示 <div>植物が生きていくために必要なものは何か。</div> ・生き物が生きる上で必要なものを考える。	○水、酸素、光、デンプン、肥料、養分 ・ワークシートに記録。
3. 問題把握 <div>切り花を長持ちさせるためにはどうすればいいだろうか。</div> ・個人で予想し、班でまとめる。 ・理由を考える。 ・発表して全体で共有する。 ・実験計画を立てる。	・切り花を見せ、「どのようにすれば切り花を長持ちさせることができるのか、水に加えるものを考えて調べる実験を行う」ことを伝える。 ・個人で何を水に混ぜれば切り花が長生きするかを予想させる。 ・予想させる際、唾液によってデンプンは糖に変化することを復習する。 ○水に加えるもの 肥料、デンプン、栄養ドリンク、砂糖、酢、重曹、洗剤など ・個人で予想したものをもとに各班で話し合い、グループ学習用ホワイトボードにまとめて発表させる。 ・各班で確かめたい条件を2つ決めさせ、対照実験として水だけの場合と比較することを伝える。
4. 実験 ・ワークシートの実験方法を見ながら	・校庭で開花している花を探して取りに行く。

<p>実験方法を理解する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実験の準備をする。 ・植物を採取し、開花状態を記録する <p>5. 次時の学習内容の確認</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実験結果を観察することを確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・その際に、茎を長めにつけてくる。 ・切り花を水溶液につける。 ・条件制御として、採取した切り花の葉を取り除く。(葉で光合成が行われなくようにする。) ・各班にプラスチックコップを3個用意し、1個に水、2個に調べたい水溶液を容器の半分まで入れさせる。コップには水溶液の名称をマジックペンで明記する。 ・切り花をプラスチック容器に入れる。 ・採取した植物名を調べ、開花状態をワークシートに記入させる。 <p>・次の授業で(数日後)、切り花のようすを観察する。</p>
---	---

図4. 生物の体のつくりと働き(中学校第1学年)における指導案. 本活動における1/2時の時案.

切り花を用いた植物の働きを学ぶ授業（第2時）

I 単元名（学年） 植物の体のつくりと働き（中学校第1学年）

II 単元の背景

前時で生徒は、切り花を長生きさせるための実験の構想を立てている。本時では、実験の結果を踏まえ、切り花を長生きさせるために必要なものは糖であることを確認する。また、植物の生命維持に必要なものが糖であり、植物は自らの体の中で光合成を行って糖をつくり出していることを理解させたい。本時後の学習では、植物は呼吸をすることを取り扱う。

III 本時の目標

前時の実験の結果を踏まえ、植物の成長には糖が必要であることが理解できる。
(結果、考察)

IV 学習過程（45分）

学習活動	指導者の留意事項（・）と予想される生徒の反応（○）
1. 導入 ・ 前時の復習をする。	・ 切り花を長生きさせる実験を行ったことを確認する。
2. 実験結果の観察と記録 ・ 実験の結果をみる。 ・ 各班で結果をまとめる	・ 実験後の切り花を各班に配布し、観察させる。 ・ 実験前と比べてどうなっているかを書かせる。 ○デンプンでは少し花がしおれた。 ○栄養ドリンクでは変化がなかった。 ○砂糖では状態が保たれて、つぼみが開花した。 ○水のみでは花がしおれた。
3. 学習課題の明示	
切り花を長生きさせるために必要なものは何だろうか。	
4. 結果と考察を発表する。 ・ 実験後の考えを書く。	○砂糖が必要であると分かった。 ○栄養ドリンクには糖が入っているから咲いたと思う。 ○切り花を長生きさせるためには糖が必要だと考えた。 ・ 砂糖や栄養ドリンクに共通して含まれているものは糖であることに気づき、切り花を長生きさせるため及び植物の成長には糖が必要であることを確認する。 ・ 市販されている「植物の延命剤」の成分を見せ、糖が含まれていることを紹介する。
5. 実験のまとめ ・ 糖がどのようにしてできているか考えさせる ・ 栄養分として糖が必要であることを理解する。 ・ まとめをする。	・ 植物は糖をどのようにしてつくっているかを問う。 ○光合成で二酸化炭素と水を使ってつくっている。 ○土の中にあるものを根から吸い取っている。 ・ 光合成でデンプンが作られるが、まず、糖が作られてデンプンとなることを説明する。 ・ デンプンは水に溶けやすい糖に変わって、師管を通り植物全体に運ばれることを説明する。

6. 振り返り	<ul style="list-style-type: none"> ・糖は再びデンプンとして植物の体の一部に蓄えられるが、必要に応じて糖となって利用していることに気づかせる。 ・植物は光合成によって体内で栄養分をつくって生命を維持していることを伝える。 ・実験前に考えた「植物が生きていくために必要なものは何か。」という問いを再度提示し、自分の考えを書かせる。 <p>○デンプンがあれば良いと思っていたけど、デンプンは糖からできているから糖が必要だと考えた。</p> <p>○糖が必要だと考えた。</p> <p>○光合成をして糖をつくって栄養として取り入れることが必要だと思った。</p>
---------	--

図5. 生物の体のつくりと働き（中学校第1学年）における指導案。本活動における2/2時の時案。

授業実践と生徒の反応

第1時では、「植物が生きていく上で必要なものは何か」という設問に対し、生徒は発言するとともに、ワークシートに記述した（表3）。水、光、温度、二酸化炭素や、デンプン、土、肥料など、発芽や光合成に関するものを63%以上の生徒があげていた。最も低かったのは糖で10%の生徒しか回答していなかった。

水溶液に入れるものとして生徒から出たものをもとに7種類（肥料、デンプン、栄養ドリンク、砂糖、酢、重曹、洗剤）の中から各班2種類を選ばせたところ、5クラスの全45班が選んだ水溶液は表2に示すように肥料が最も多く、続いて栄養ドリンク、砂糖、デンプンであった。

表2. 中学1年での実践で用いる物質として選んだ班数

肥料	栄養ドリンク	砂糖	デンプン	重曹	酢	洗剤
19	17	15	14	9	9	7

花を採集する際には「他の班とは違う植物で実験してみたい」、「長生きさせるためできるだけ元気な花を探して実験しよう」といったような実験に意欲的に取り組む発言があったが、採取植物の中で多かったのはシロツメクサとハルジオンであった。2種の溶液と水が入った3つのコップをトレーに置き、実験台に5クラス分を置くようにした（図6）。



図6. 実験台に並べた実験中の切り花（中学1年の授業）

第2時では、授業前に他のクラスの実験の結果も合わせて確認する様子が見られ、「すごい、花がまだ生きています」、「A組の砂糖を入れた水溶液が一番元気だった」といった驚きの発言が聞かれた。授業で結果を確認する際にも、積極的に他のクラスの結果と比較しながら、結果について考えていた。そして、「糖が入っているものが長生きした」、「砂糖も栄養ドリンクも甘い」という共通点がある」といった気づきがみられた。実験後の「植物が生きていく上で必要なものは何か」という設問に対し、糖をあげた生徒は80.3%であり（表3）、植物が生きていくためには光合成をして糖をつくり、栄養として吸収することが大切であることを多くの生徒が理解できたこと判断される。

表3. 中学1年での実践における植物が生きる上で必要なものに対する回答数（複数選択）。

	水	光	温度	二酸化炭素	デンプン	土	肥料	酸素	空気	養分	糖
実験前 (n=162)	95.7% (155)	95.7% (155)	74.1% (120)	70.0% (115)	64.2% (104)	63.0% (102)	63.0% (102)	51.9% (84)	45.1% (73)	22.8% (37)	10.0% (16)
実験後 (n=157)	89.2% (140)	77.0% (121)	8.3% (13)	75.3% (113)	30.6% (48)	4.5% (7)	13.4% (21)	33.8% (53)	0.6% (9)	0.6% (9)	80.3% (126)

(2) 中学校第2学年「動物の体のつくりと働き」

指導案の作成

第1時では、1年次で学習した光合成の復習を行い、教師が用意したカーネーションの切り花を見せ、「母の日に貰ったこの花を長持ちさせる方法をみんなに考えてほしい」という導入から始めた。カーネーションの葉は取り除いて光合成はできないため、切り花を入れる水に加えるものを工夫することを促した。今まで学習した知識を用いて個人で考えてから班で話し合い、考えたことをホワイトボードにまとめて発表し、クラス全体で共有した。予想した水溶液を作り、カーネーションをいれて7日間放置した(図7)。

第2時では、カーネーションの状態を観察して発表させた。花が枯れずに状態が良かった水溶液があったことから糖が重要であることに気付かせ、デンプンよりも糖を入れたときの方が長持ちすることについて個人、および班で考え、ホワイトボードにまとめて発表させた。

その後、糊化デンプンに胃薬を入れて混ぜ、粘性が低くなる様子を見せ、デンプンの分解を視覚的に捉えさせた。最後にまとめとして、植物を長持ちさせるにはデンプンではなく糖が必要で、植物はデンプンを糖に変えて栄養分として吸収しているからであるとまとめた(図8)。

切り花を用いた植物の働きを学ぶ授業(第1時)

I 単元名(学年) 生命を維持するはたらき(中学校第2学年)

II 単元の背景

これまでの学習の中で生徒たちは、生命を維持する働きにおいて消化と吸収の仕組みについて理解している。本時の学習では、中学校第1学年で学習した光合成の学習内容も活用しながら、切り花を長持ちさせるために必要なものは糖であることをこれまでの学習から想起させる。

III 本時の目標

学習課題に対して、既習内容を想起しながら予想し、見通しをもって班で実験に取り組むことができる。

IV 学習過程(45分)

学習活動	指導者の留意事項(・)と予想される生徒の反応(○)
1. 導入 ・前時までの復習を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・ヒトの消化吸収について復習する。 ・光合成の仕組みを復習する。
2. 学習課題の明示 ・学習課題を確認する。	<ul style="list-style-type: none"> ・カーネーションを見せ、夏休みまでこの花を長持ちさせる方法を見つけたいと伝える。
カーネーションの花を長生きさせるためにはどうすればいいだろうか。	
<ul style="list-style-type: none"> ・実験条件として必要なことを説明し、生徒が考えることを焦点化する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水をあげる。 ・風通しのよい涼しい場所に置く。 ・日光を当てる。 ・葉は取り除き、光合成をさせないようにする。 ・<u>水に含まれる栄養分を工夫する。</u>
3. 問題把握 <ul style="list-style-type: none"> ・予想をさせる ・個人の予想を班で共有し、全体で共有する ・理由を考えさせる ・これまでの学習と関連付けて考える 	<ul style="list-style-type: none"> ・学習課題について班ごとに予想を立てるよう促す。 ・ホワイトボードを配り、予想を書かせる。 ○デンプン、肥料、砂糖、はちみつ、栄養ドリンク、・・・ ・ホワイトボードを前の黒板に貼り、自分の班の意見を発表する。 ・これまでの学習で学んだヒトの消化と吸収の知識を活用し、デンプンは糖に変えられて吸収されていることを想起させる。 ・既習内容を活用し、予想するよう促す。
4. 実験 ・実験を開始する。	<ul style="list-style-type: none"> ・班ごとに糖をどのようにして含めるか考えさせる。 ・指導者は予想で出たものをすべて用意しておく。 ・予想したものを水と混ぜ、葉を取り除いたカーネーションをさす。 ・班ごとに実験準備を行い、実験を開始する。

図7. 生命を維持するはたらき(中学校第2学年)における指導案. 本活動における1/2時の時案.

切り花を用いた植物の働きを学ぶ授業（第2時）	
I 単元名（学年） 生命を維持するはたらき（中学校第2学年）	
II 単元の背景 前時では、カーネーションを長持ちさせるために水に含まれる栄養分をどのように工夫するかについて考えさせた。本時の学習では、実験の結果を踏まえて、なぜデンプンではなく糖の方が良いのかについて考えさせる。	
III 本時の目標 前時の実験の結果を踏まえ、既習内容を活用しながら糖の重要性を考えることができる。	
IV 学習過程（45分）	
学習活動	指導者の留意事項（・）と予想される生徒の反応（○）
1. 導入 ・前時の振り返りと本時の学習課題を確認する。	・前時にどのような実験を行ったか想起させ、課題を提示する。
カーネーションの花を長生きさせるためにはどうすればいいだろうか。	
2. 実験結果 ・実験の結果を発表する。	・前時に行った実験の結果を見る。 ○水では変化がない ○デンプンでは枯れている ○糖では開花が進んでいる
3. 考察 ・理由を発表する	・なぜデンプンではなく糖の方が長持ちするのかを考えさせる。 ○糖の方が細かいから。 ○デンプンは吸収されるときに糖に変わるから。 ○デンプンよりも糖の方が粒の大きさが小さいから。
4. 考察のための補助実験を演示する ・デンプンの分解実験を行う。	・糊化デンプンに胃薬を入れ、かき混ぜると糊化デンプンがさらさらになる様子を見せ、デンプンの分解を視覚的に捉えさせる。 ・糊化デンプンに大根おろしを加え、かき混ぜると糊化デンプンがさらさらになる様子を見せ、植物によるデンプンの分解を視覚的に捉えさせる。
5. まとめ ・振り返りをする。	・「カーネーションの花を長持ちさせるには、デンプンではなく、糖を加えれば良い。なぜなら、植物はデンプンを糖に変え、栄養分として吸収しているからである。」を板書し、記述させる。

図8. 生命を維持するはたらき（中学校第2学年）における指導案。本活動における2/2時の時案。

授業実践と生徒の反応

第1時で、教師が授業の導入段階で切り花のカーネーションの花を見せ、「夏休みまで長持ちさせよう」と投げかけると、生徒からは、「そんなにもつかない」、「どうしたらいいだろう」と興味をもって問題について考える発言があった。実験条件を考える際に、教師が、水と光はあるが、葉を取り除いたために光合成できないという補足説明をすると、生徒は「水に栄養分を含ませたらいい」と答え、栄養分として何を加えるべきか考えはじめた（図9）。

葉がないために光合成でデンプンが作られないことからデンプンが栄養分として必要であるという意見がすべての班から出たが、前時までに学習したヒトの消化吸収の知識を活用しながら「吸収されるには糖が必要」と考えた生徒もいた。糖に焦点を絞って予想を促すと、「はちみつ」や「水あめ」の他に「サイダー」と

いう意見が出たが、これは糖に加えて二酸化炭素が含まれているためという理由であった。



図9. 第1時の授業（中学2年）の様子

砂糖、栄養ドリンク、牛乳、はちみつ、水あめ、サイダーを含んだ水溶液にカーネーションを入れる作業は

授業後に行い、理科室の後方のテーブルに置くので、生徒にはいつでも観察できることを伝えた（図 10）。



図 10. 実験中の切り花の状態（中学 2 年の授業）

第 2 時では結果を確認し、状態がよかったものと悪かったものについて理由を考えた。実験結果より、糖が栄養分として重要であり、その理由としては、全ての班が「糖の方が細かいから」、「糖の方が粒が小さいから」と答えていた。植物が生きていくためには光合成をして糖をつくり、栄養として吸収することを多くの生徒が理解できたが、「はちみつが枯れているのはなぜか」、「牛乳で枯れたのはなぜか」と短時間で枯死したもののについて新たに疑問をもつ生徒もいた。

その後、デンプンの分解実験では糊化デンプンが胃薬や大根おろしを加えることで粘性が低くなる様子を見て、生徒は栄養吸収には分解されることが必要であることを確認していた。

考察

小中学校における栄養吸収の扱い

小中学校における栄養吸収については「動物の体のつくりと働き」の中で消化に関連して扱われている。そのため、影響吸収に関する学習としては、消化の仕組みが中心となり、ここで行われる実験は「唾液によるデンプンの分解」が最も一般的である。そのため、デンプンの分解に関する実験については、児童生徒が実施しやすい方法の工夫が行われている。しかし、糖が栄養として利用されることを示す実験は調べた限り見当たらない。

栄養として糖を利用していることを示すためには植物を用いた方が理解しやすいと考え、切り花に着目した。小中学校における「植物の体のつくりと働き」の中で光合成を学ぶ。日本の教科書では光合成に焦点が当てられており、デンプンを産生して貯蔵することだけが学習の中心となっている。しかし、光合成の学習で重要なことは、産生した糖は同化デンプンや貯蔵デンプンになるが、植物自身が生命維持に利用すること、つまり独立栄養であることだ。小中学校の栄養吸収の

学習では、独立栄養と従属栄養の観点で欠落していることが大きな問題であるといえる。海外の小中学校の教科書では、光合成による産物は「糖と酸素」であり、「デンプン」という用語は使われないため、栄養源がわかりやすい^{9), 10)}。

植物が独立栄養であることを学ぶためには、光合成の学習の中でデンプンの産生だけでなく、糖の利用を扱うことは必須事項である。このことを考慮し、小学校において養分の移り変わりから発芽・成長・結実まで一貫した説明を行うための授業の一部として読み物教材・実験・モデルが開発され、これらを用いることで、植物でつくられるデンプンは小さな粒（糖）に変わることが学習できたと報告はある⁵⁾。しかし、これはモデルであり、実際に糖が利用されていることを示すものではない。本研究で着目した、切り花の延命に関する実験は、植物のみならず生物が栄養源として糖を利用していることを示すものであり、栄養吸収の学習における新しい教材と位置づけられるだろう。

本研究において授業実践を行った段階では、中学校第 1 学年の「植物の体のつくりと働き」と中学校第 2 学年の「動物の体のつくりと働き」のどちらの単元で実験を扱うことがより有効であるか検討した。しかし、平成 29 年度告示の新学習指導要領では中学校第 2 学年で「植物の体のつくりと働き」と「動物の体のつくりと働き」を学習されるよう改訂された²⁾。この改定により、一貫した生物の構造と機能に関する学習の中で本研究授業を取り入れることで、栄養吸収について動物と植物の共通性に着眼できるだろう。

切り花の延命剤と材料

切り花の延命剤は「フラワーフード」として生花店やホームセンターで販売されており、商品名としては、本研究で用いた「切り花延命剤」（レインボー薬品）の他に、「切花活力剤」（住友化学園芸）、「切り花用フラワーフード」（クリザール）などがある。これらに含まれている成分としては、細菌の増殖を防止するための抗菌剤、栄養素として糖類および水揚げのための界面活性剤が記載されているが、具体的な成分名は不明である。この中で栄養源として糖が重要である。本研究で市販品として用いた「切り花延命剤」の糖濃度は 18% であり、使用法には 30 倍希釈とあることから、使用時の糖濃度は 0.6% となる。

自作の切り花延命剤としては、1%の糖に防腐剤として漂白剤が用いられる場合が一般的であるようだが⁶⁾、本研究では防腐剤として毒性が低いパラベンを用いた。パラベンは水に溶解しにくく、20℃で 0.02%といわれていることから、飽和液にショ糖を加えた。糖濃度については 3%としたが、これは市販の延命剤の使用濃度

よりも高い。カーネーションを用いた実験では砂糖が市販の延命剤よりもが延命効果が高かったのは、糖濃度の影響によるかもしれない(表1)。

延命効果は糖だけでは不十分であり、市販品の延命剤でも植物の種類によって延命効果が大きく異なる^{7), 11), 12)}。本研究では、切り花を生物の栄養吸収の学習で扱うことが目的であるため、開花状態が糖を加えることにより水だけの場合よりよくなることがわかれば充分である。そのため、3日から1週間程度で差がみられるような植物を選ぶことがポイントとなる。本研究で用いた校庭でみられる身近な植物はいずれも材料としては適当であった。

実験を行う時期によっては気温によって植物の状態保持期間は大きく変わるが、この単元の学習は5月から6月にかけて行われることから、本研究結果は指導上の参考になるだろう。白い花は色の変化が見やすく、観察には適している。また、ムラサキツユクサなどでは蕾が開花する様子を見ることができ、切り花の状態で開花の様子を観察する目的にも適しており、植物の開花について生徒の関心を引くことも期待される。

授業における課題設定

授業で行う実験では、身近な問題を取り上げて、それを解決する中で科学的な本質を理解するものが望ましい。栄養吸収の学習として切り花を実験に用いる中で、「切り花を長持ちさせるにはどうしたらいいのか」という課題設定とした。科学的根拠に基づいて考えることは容易でないと予想していたが、単元の中で、光合成や消化について授業が進んだ中での実験を設定したために、生徒は既習事項をもとに予想していた。

予想の中で、糖を含む様々な飲料水や食品、また、動物の栄養源となるものなど、生徒が試してみたいという意欲が見られた。さらに、自分たちの班だけでなく、他の班や他のクラスの状況についても観察するなど、生徒は興味をもって取り組んでいた。実験に対する生徒の積極的な取り組みがみられたことから、栄養吸収の学習を展開するための課題設定として適当なものであると考えられる。

授業実践における生徒の学び

中学校第1学年では、光合成の学習をした直後に今回の2回の授業を行った。そのため、「植物が生きてくために必要なものは何か」という設問に対して、生徒は光合成で学習したことをもとに考えたようで、95%の生徒は水と光をあげ、70%の生徒が温度と二酸化炭素をあげていた。肥料、土、デンプン、養分は、栄養分として必要であると考えた結果だろうが、糖と書いた

生徒は10%であった。このことから、栄養分として糖を捉えている生徒は極めて少ないことがわかった。また、酸素と空気という回答は各々52%と45%であったが、生徒はいずれかを書いていたことから、ほとんどの生徒は酸素が必要であることは理解していた。

実験後の記述では、水、光、二酸化炭素については大きな変化はなかったが、栄養分として糖をあげた生徒が80%を大きく増加し、それ以外の記述は大幅に減少した。また、酸素や空気という記述も減少したが、これは光合成のことが中心となり、呼吸についての意識が低下したことを示している。このことから、光合成により糖を作り栄養として利用していることだけでなく、生きるために呼吸は欠かせないことを意識させる指導は重要となる。生体エネルギーの学習で、同化と異化を関連して学習するのは高校生物になるが、中学校における生体のエネルギー代謝の観点での学習がない現状では、大学でも呼吸の意味すら理解できないことになる¹³⁾。

中学校第2学年では、動物の消化と吸収の学習をした直後に今回の授業を行った。消化の学習をしているものの、栄養分として必要なのはデンプンと考えた生徒がほとんどであった。理由は、葉がないために光合成ができないためにデンプンがないためと考えており、これは光合成によって生成されるのはデンプンという知識が定着しているためであるからだと考えられる。デンプンでは吸収されないから糖であると答えた生徒もわずかにいたが、これは直前の学習で学んだことによるが、栄養吸収について植物と動物を区別して考えている場合が多かった。

実験により糖の延命効果がわかると、糖でなければ吸収されないことをすべての生徒が理解していた。動物や植物に区別なく、生物における栄養吸収の本質を学ぶことができたと考えられる。本研究では中学校での実践を行ったが、光合成や栄養吸収は小学校でも学習する。今後、小学校での実践を行い、生物の栄養吸収について児童生徒が関心をもって正しく理解するための教材となることが期待される。

参考文献

- 1) 文部科学省(2008) 中学校学習指導要領解説理科編
- 2) 文部科学省(2017) 中学校学習指導要領(平成29年告示) 解説理科編
- 3) 正元和盛, 高田みゆき(2009) 小・中学校理科の生物概念の学習のために一動物植物共通としての生き物と養分, 日本科学教育学会研究会研究報告24(2), pp. 123-126.
- 4) 高田みゆき, 正元和盛(2010) 植物での輸送系理解のため

- の小学校における授業実践. 日本科学教育学会研究会研究報告 25(2), pp. 7-10.
- 5) 佐久間祐太, 山下修一 (2017) 「植物および動物のはたらきを養分の移り変わりから一貫した説明をするための授業開発」, 千葉大学教育学部研究紀要 66(1), pp. 369-377.
- 6) Sugar and acidity in preservative solutions for field-grown cut flowers.
<https://ag.umass.edu/greenhouse-floriculture/fact-sheets/sugar-acidity-in-preservative-solutions-for-field-grown-cut> (参照 2020-10-1)
- 7) 農研機構花き研究所 (2014) 日持ち保証に対応した切り花の品質管理マニュアル増補改訂版
- 8) 切花延命剤に含まれる糖分の役割は?
https://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=1004
(参照 2020-10-1)
- 9) MPH Science 5&6 (2016) Marchall Cavendish
- 10) All about science for lower secondary, vol.B
(2015) Person Education
- 11) 渡邊祐輔, 宮島利功, 野水利和, 中野優, 市村一雄
(2013) チューリップ切り花における糖質処理が品質保持に及ぼす影響. 園芸学研究, 12(2), pp. 201-207.
- 12) 小笠原悠, 市村一雄, 福永哲也, 永田晶彦, 井上守
(2012) 切り花の水揚げに関する生花店へのアンケート調査および水切りが主要切り花の吸水と品質保持に及ぼす影響. 園芸学研究 11(4), pp. 577-583.
- 13) 吉田修久 (2019) 生物授業における「呼吸」の扱いについて. 神奈川大学心理・教育研究論集 45, pp. 447-462.