

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

佐久間祐太¹⁾ 山下修一²⁾

¹⁾千葉大学・教育学部・学部生 ²⁾千葉大学・教育学部

Development of Science Lesson to Consistently Explain the Plant's and Animal's Function from Transition of Nutrients

SAKUMA Yuta¹⁾ YAMASHITA Shuichi²⁾

¹⁾Faculty of Education, Chiba University, Undergraduate Student

²⁾Faculty of Education, Chiba University

小学校教員に対する調査を実施したところ、「日光とでんぷん」「だ液のはたらき」に関する実験を困難だと考える教員の割合が高かった。教科書を分析すると、様々な方法が取られており、これらの実験の方法は確立していない。また、植物・動物体内の養分の移り変わりについては発展扱いで、児童は養分が移り変わることを十分に理解できていない。そこで、小学校第6学年を対象にして、植物のはたらきを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、中学校第2学年を対象に、植物と動物のはたらきの共通性を養分の移り変わりから一貫した説明ができる授業を開発した。そして、授業前・後に質問紙による調査を実施し、記述についてはKH Coderで共起ネットワークを分析した。その結果、粒の状態の移り変わりという考え方をもとに養分の移り変わりについて思考できるようになったことが明らかになった。

As a result of investigating for elementary school teachers, the percentage of teachers who thought that the experiment on “sunlight and starch” and “saliva function” was difficult was high. Analyzing the textbooks, various methods have been taken and the methods of these experiments have not been established. Also the change of nutrients in plants and animals is regarded to use as the development, so children do not understand it sufficiently. Therefore, I conducted the lesson developments to consistently explain from the change of nutrients to the germination, growth and fruiting for elementary school 6th grade, and to be able to consistently explain the functions of plants from nutrient change for second grade of junior high school. Then, I verified its effectiveness. I analyzed the transformation by answering survey questions before and after class. In addition, I created a co - occurrence network by using KH Coder, and objectively analyzed transformations before and after class. In conclusion, it was demonstrated that it became possible to think about the change of nutrients based on the idea of transition of grain state.

キーワード：養分の移り変わり (changing of nutrients) 粒の大きさ (particle size)
水への溶けやすさ (dissolving in water) 授業開発 (Lesson development)
植物と動物のはたらき (functions of plants and animals)

1. 問題と目的

2016年に、筆者らが千葉県内の小学校教員対象にして、理科実験の困難度について調査したところ、「日光とでんぷん」「だ液のはたらき」に関する実験が困難だとする回答が多かった。石渡ら(2013)の全国的な調査では、「植物の発芽と成長」の観察が困難度が高いと報告されている。これらの単元について、教科書を分析したところ、どの教科書にも共通する観察・実験方法が存在するわけではなかった。そして、なぜ養分の状態(粒の大きさや水への溶けやすさ)が変わるのかについて説明しているものはなかった。

高田・正元(2010)は、オオバコを用いて、糖類の発色試薬で、植物の葉脈内にはでんぷんではなく、糖類が存在することを実感させている。しかし、でんぷんが糖に変化することを扱っても、小学校段階では、どのような状態の粒子に変化するかについて扱った研究は見受けられない。児童が養分の移り変わりについて思考できるようになると、学習指導要領にある「植物の体内の水などの行方や葉で養分をつくる働きを推論しながら調べ、植物の体のつくりと働きをとらえるようにする」ことができると思われる。

「だ液のはたらき」については、小学校ではでんぷんが糖に変わるということは扱わない(ベネジクト液などの試薬を用いないと変化を確認できないため)。そこで、小学校での授業とは別に、中学校でも学習指導要領にあ

る「生物や生物現象について（中略）表現する能力を育てるとともに、生物の生活と種類、生命の連続性などについて理解させ、これらの事物・現象に対する科学的な見方や考え方を養う」ための授業を開発することにした。

本研究では、小学校では植物のはたらきを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、中学校では植物と動物のはたらきの共通性を養分の移り変わりから一貫した説明ができる授業の開発をめざした。ここで言う一貫した説明とは、養分の移り変わりを「粒の大きさ」および「水への溶けやすさ」で説明することである。そして、一貫した説明ができるようになったのか検証する。

2. 小学校における授業開発

まず、読み物教材・実験・モデルの開発を行った。読み物教材については、児童が思考し、書く内容を吟味し視覚情報と照らし合わせできるようにした。

2.1 読み物教材の開発

読み物教材は、ただ読むだけではなく、空欄に書き込めるようにした。そして、見開き1ページで1つのテーマを理解・思考できるようにした。図1には開発した読み物教材の一部を示した。

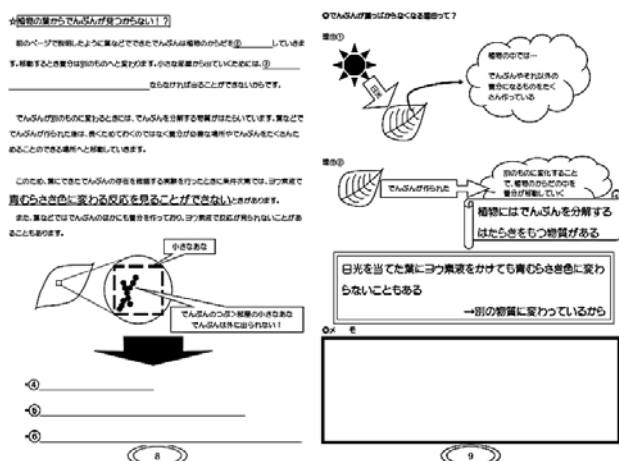


図1 開発した読み物教材（2時間目抜粋）

2.2 実験の開発

実験については、以下の4つのものを取り入れた。

2.2.1 発芽とヨウ素でんぷん反応の実験

小学校第5学年の教科書には、インゲンマメを用いた発芽前後の種子および子葉にでんぷんがあるかないかについて確かめる実験がある。本研究でもこの実験を取り入れ、「でんぷんの反応が出づらいこと」を実感できるようにした。

2.2.2 ジャガイモとヨウ素でんぷん反応の実験

小学校では葉にヨウ素液をかけてでんぷんが作られたかどうかについて確認することはすべての教科書に取りあげられている。しかし、でんぷんの移動について思考するにあたっては茎・根・地下茎などもヨウ素液を滴下し確認していくことが必要である。今回は、でんぷんが

移動し貯蔵されることが分かりやすく、児童に馴染み深いジャガイモを使用して、橋口（2013）のたたき染めでの紙に葉脈を写しとり、塩素系漂白剤を水で5倍程度に希釈した液に浸す方法で実施した。ジャガイモは葉で作られたでんぷんを茎や根などを移動するときは糖（スクロースなど）に変化させ、地下茎と呼ばれる可食部で再びでんぷんに変えている。児童にこのことを思考させ、なぜ地下茎に貯蔵する必要があるのかについて考えさせた。なお、本研究においてジャガイモの名称は図2のようにした。

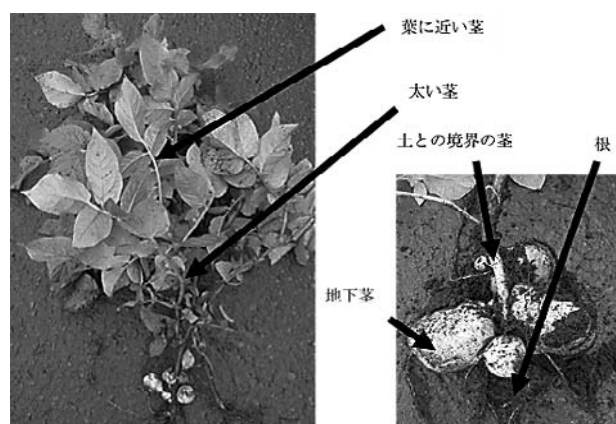


図2 ジャガイモの本研究内での名称

2.2.3 シュリーレン現象

糖が水に溶けることを視覚的に実感させるために、着色してある中ザラ糖（ザラメ）でシュリーレン現象を観察させた。その際、ザラメは粒が大きいので、長い容器を用いても溶ける様子を見にくいので、ザラメを細かく砕いて、溶質が水に溶ける様子を捉えられやすくした。

2.2.4 コーヒーフィルターを用いた実験

小さい粒だけが穴から出られることを確認するために、ビーカーの中にヨウ素液を薄めたものを入れておき、青紫色に変色するか変色なし（茶色のまま）かについて児童が観察させた。色の変化によって、コーヒーフィルターを透過したものがでんぷんなのかザラメ（植物の体内を移動するときの粒）なのかを判断できるようにした（図3）。



図3 コーヒーフィルターを用いた実験装置

2.3 モデルの開発

でんぷんのモデルは、①でんぷん⇔糖を容易に変えられる、②でんぷんが小さな糖が集まり構成されていると視覚的に理解できるようにした（図4）。

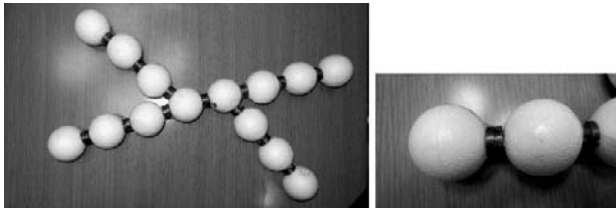


図4 でんぷんと糖のモデル

3. 小学校における授業実践

開発した授業を展開し、その効果を探った。

3.1 実践対象と実施時期

千葉県公立小学校第6学年2クラス(43名)で、小学校学習指導要領における理科の学習内容「B 生命・地球 植物の養分と水の通り道 ア」の「日光が当たるとでんぷんができること」を学習済みの2クラスの児童を対象に、2016年11月16日(水)および17日(木)に各クラスごとに2時間(45分×2)の授業を展開した。

3.2 授業概要

3.2.1 1時間目(植物の成長とでんぷん～「使う」から「作る」へ植物の戦略～)の授業展開概要

- (1)「植物の発芽とでんぷん」の章を読み、発芽の条件について復習を行う
- (2)「植物の発芽とでんぷん」の章を読み、発芽することででんぷんがなくなる理由を考える
- (3)「発芽するとでんぷんがなくなる!」の章を読み、発芽前後の種子および子葉にヨウ素液を滴下する実験を行いでんぷんが少なくなっていることを確認する
- (4)「植物によって養分のたくわえ方がちがう?～植物の生き残り戦略～」の章を読み、養分を貯える場所が植物によって違うことを確認する
- (5)「発芽した後の養分はどこから?」の章を読み、光合成を行うことにより植物体内で養分を作ることを意味を考える

3.2.2 2時間目(植物のでんぷんと糖～小さなつぶへと変身!～)の授業展開概要

- (1)「植物(ジャガイモ)のからだのでんぷんの存在の確認」の章に沿って実験を行い、ジャガイモ体内のでんぷんの存在場所について確認する
- (2)「でんぷんがない部分はどのようなものになっているのか?」の章を読み、粒の大きさと水への溶けやすさについて変化後の粒(糖)の状態を予想する
- (3)「植物の葉からでんぷんが見つからない!」の章を読み、小さい部屋から出ていくためにどうしたらいいのかについて考える
- (4)「でんぷんと移動しているときのつぶの大きさの比かく実験」の章に沿って、コーヒーフィルターを用いた実験を行い、粒の大きさと水への溶けやすさについて視覚的に理解する
- (5)「でんぷんは何に変わる?」の章を2時間の内容を表にまとめる



図5 2時間目における授業風景 コーヒーフィルターを用いた実験を行っている風景

4. 小学校における調査

授業実践の前後での変容を探るため、質問紙調査を授業前・後に実施した。ただし、調査に記入漏れのある児童を除いて、41名を分析対象とした。

4.1 調査時期

2016年11月4日(金)約10分間(事前調査)

2016年11月17日(木)約10分間(事後調査)

4.2 調査項目

事前調査・事後調査共に同一内容の調査問題とした。調査問題は植物体内の養分の移り変わりについて、一貫した説明ができているかどうかを判断するために設問毎に選択解答および記述解答欄を設け、設問毎に採点・合計得点を算出した。なお、採点基準を設問ごとに定め、似た主旨の内容の記述をできていれば、1項目ごとに1点として加点した。表1は、児童にたずねた設問を簡潔にまとめたものであり、表2は採点基準である。

4.3 調査の分析

4.3.1 Wilcoxonの符号付き順位検定

事後の得点－事前の得点によって上昇得点を算出した。そして、Wilcoxonの符号付き順位検定を用いて、平均順位の差に統計的有意差があるかどうか検定した。

表1 設問ごとのたずねた内容の一覧(小学校)

設問1	インゲンマメの種子の発芽に伴って、でんぷんの量が「多くなる・少なくなる・変わらない」のどれになるのかについて、尋ねた。
設問2	ジャガイモの地下茎および花の開花後にできる果実のどちらにでんぷんを多く含むかを尋ねている。
設問3	植物体内を移動する際の養分の性質について尋ねている。植物は転流を起こし、葉などで作られたでんぷんなどの養分は、ショ糖などの粒の大きさが小さい糖へと変わる。
設問4	ジャガイモの体内ででんぷんがどこにあるのかについて尋ねている。ジャガイモの場合、葉で主に光合成を行い、茎や根を移動していく際にはでんぷんはショ糖などのいくつかの種類の糖へと変化していく。

表2 設問ごとの採点基準 (小学校)

設問1	・少なくなる (選択) ・発芽, 成長の時に使われる (別のものになる) (記述)
設問2	・土の中のジャガイモ (選択) ・芽を出すのはジャガイモの地下茎だから (記述) ・冬を越すためなど (記述) ・葉のでんぶんが移動して貯えられるなど (記述)
設問3	・小さくなる (選択) ・とけやすくなる (選択) ・移動しやすい (記述) ・粒の大きさが小さいと葉から出られる, せまいところから出られる (記述) ・水にとけた形で移動していく (記述)
設問4	・2 (葉を図の中で選ぶ) (選択) ・5 (地下茎を図の中で選ぶ) (選択) ・日光が当たるとでんぶんが作られる (記述) ・でんぶんは小さなつぶ (糖) になる (記述) ・冬に備えてジャガイモにたくわえる (記述)

4.3.2 KH Coderを用いた共起ネットワーク

記述した内容を客観的に分析するためにKH Coderを用いて共起ネットワークを作成した。共起ネットワークは事前調査・事後調査の設問ごとに作成し, 事前調査および事後調査の変容を探るため, 新たに出てきた語句とその語句との共起関係を調べることで, 共起関係の強い語句との関係を調べた。

4.3.3 「分かったこと」の記述

各授業後に「分かったこと」を記入する時間を設けて, 児童が自由に記述できるようにした。自由記述をKH Coderを用いて共起ネットワークを作成することで, 共起関係の強さを探った。

4.4 結果および考察 (調査問題)

4.4.1 設問3について

Wilcoxonの符号付き順位検定を用いた分析による結果は表3の通りとなった。

表3 設問3のWilcoxonの符号付き順位検定の結果

	選択合計	記述合計	合計得点	標準偏差	分散
事前	1.171	0.341	1.512	1.207	1.456
事後	1.854	1.659	3.512	1.028	1.056
Z値	-3.872**	-5.066**	-5.161**	**p<.01	

この設問は5点満点で採点しており, 「粒の大きさ」および「水への溶けやすさ」ということを直接どのように変化するかたずねた設問である。結果は表記したように, 選択合計および記述合計・合計得点のすべてにおいて有意な差が見られたことから, 「粒の大きさ」や「水への溶けやすさ」という一貫した考え方をもとに養分の移り変わりについて理解し, なぜ養分が移り変わっていくのかについて説明ができるようになったと言える。

また, 得点化とは別に一貫した説明ができるようになったかどうかを表4のように基準を定め, 人数を数えた。

表4 一貫した説明ができているかどうかの観点 (設問3)

(N = 41)

一貫した説明の観点	事前人数 (名)	事後人数 (名)
「粒の大きさ」についてのみ説明	7 (17%)	8 (20%)
「水への溶けやすさ」についてのみ説明	1 (2%)	6 (15%)
「粒の大きさ」と「水への溶けやすさ」の両方について説明	2 (5%)	24 (59%)
合計	10 (24%)	38 (93%)

表4から分かるように, 事前調査では一貫した説明ができる児童は10名 (24%) に留まったが, 事後調査では38名 (93%) の児童が一貫した説明ができるようになったことが分かる。2つの観点をもとに説明することができた者は24名 (59%) で, 事前と比べてみても授業を受けたことによって説明ができるようになったことが伺える。

さらに, KH Coderの共起ネットワークを作成した。図6は事前調査・事後調査における共起ネットワークを表している。事後調査で新たに「部屋」「あな」「つぶ」「途中」「通る」という語句を使っていた。また, これらの語句は互いに共起関係が強い様子が分かり, 中でも「小さい」という語句の共起関係が最も強い。このことから粒の大きさについての一貫した考え方を多くの児童が用いて説明していることが分かる。

4.4.2 設問4について

Wilcoxonの符号付き順位検定を用いた分析による結果は表5の通りとなった。

表5 設問4のWilcoxonの符号付き順位検定の結果

	選択合計	記述合計	合計得点	標準偏差	分散
事前	0.976	0.780	1.756	0.994	0.989
事後	1.146	1.268	2.415	1.183	1.399
Z値	-1.410	-2.644**	-5.161**	**p<.01	

この設問は5点満点で採点しており, ジャガイモの体内のどこにでんぶんがあり, どうしてそこにでんぶんがあるのかについて記述する内容となっている。結果は表記したように, 記述合計・合計得点において有意な差が見られた。選択問題では有意な差が認められなかったが, ジャガイモの地下茎にでんぶんがあるという選択解答は100%の児童が答えられる状態となった。選択問題の解答は事前調査から正答率が高かったことも有意な差が見

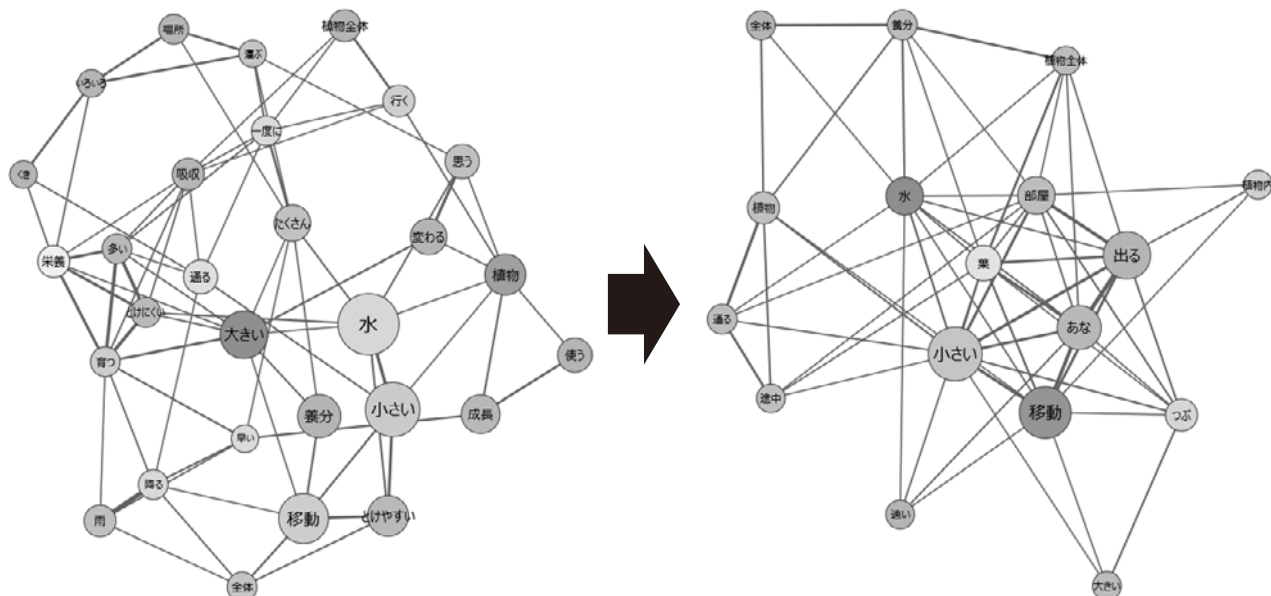


図6 KH Coderによる分析結果（設問3）

られなかったことと関係しているであろう。

また、得点化とは別に一貫した説明ができるようになったかどうかを表6のように基準を定め、人数を数えた。

表6 一貫した説明ができていくかどうかの観点（設問4）

(N=41)

一貫した説明の観点	事前人数 (%)	事後人数 (%)
葉・茎・地下茎	0	3 (7%)
葉・地下茎	4 (10%)	17 (41%)
葉・茎	0	1 (2%)
合計	4 (10%)	21 (51%)

ここでは、「粒の大きさ」および「水への溶けやすさ」という考え方をもとに葉・茎・地下茎について説明ができるかどうかを調べた。事後調査では、17名（41%）の児童が葉・地下茎について一貫した説明ができるようになった。全体として見てみたときは21名（51%）の児童が一貫した説明を引き出せているが、設問3と比べると一貫した説明を引き出すことに課題が残った。

さらに、KH Coderの共起ネットワークを作成した。図7は事前調査・事後調査における共起ネットワークを表している。事後調査では「地下茎」「種イモ」「別」「糖質」「移動」という語句が新たに出てきている。なお、これらの語句と共起関係が強い語句は「くき」である。結びつきが強いことから、児童によっては「くき」との関連について記述できていることが分かるが、表6と合わせて考えると、少数の児童のみが同様の記述をしていたと予想される（図7）。

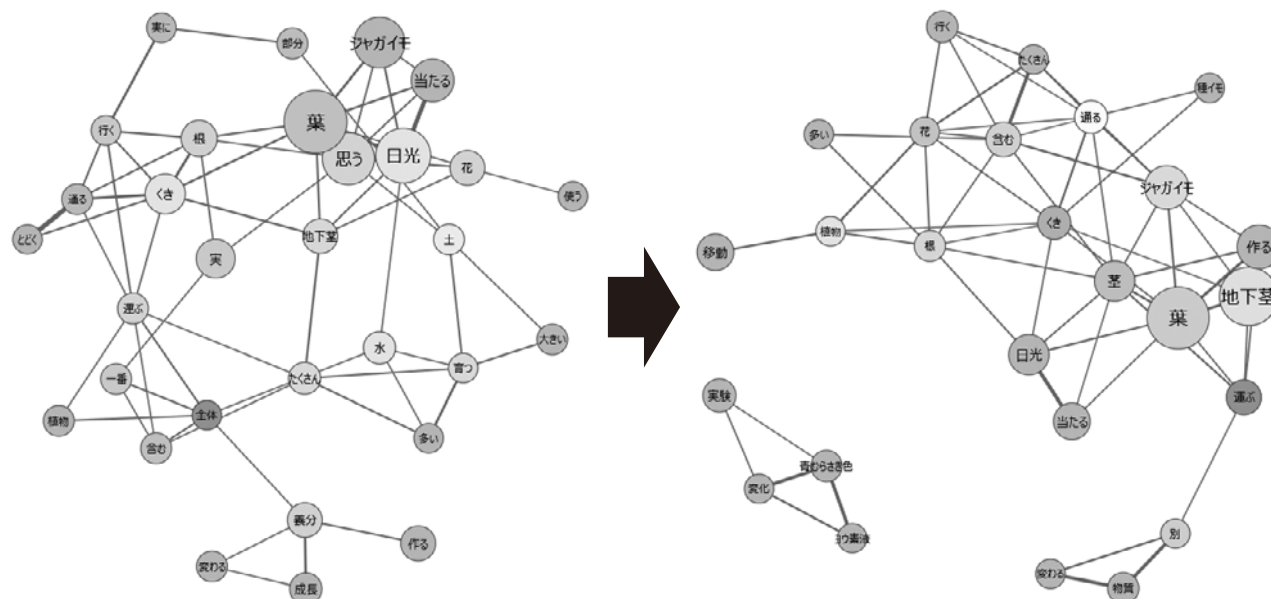


図7 KH Coderによる分析（設問4）

4.5 結果および考察（「分かったこと」の記述）

授業2回目後における「分かったこと」の記述（図8）を見ると、「糖質」について理解が深まっていることが分かる。

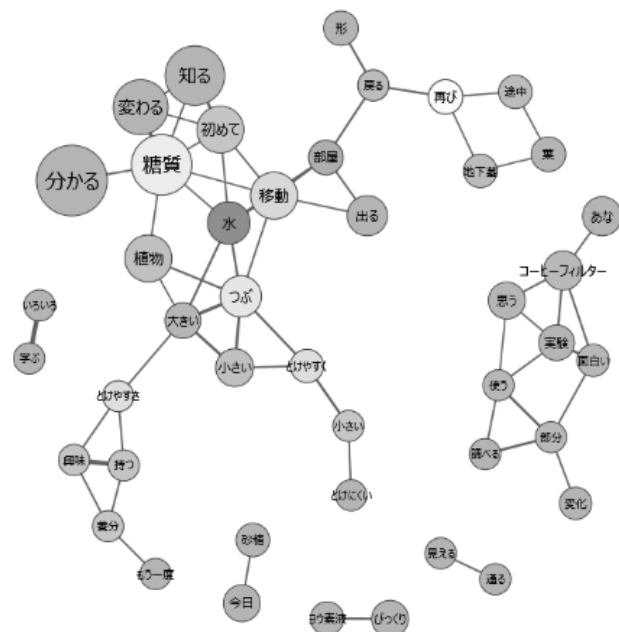


図8 授業2回目後における「分かったこと」の記述の共起ネットワーク

また、糖質についての理解が知識としてではなく、養分の移り変わりについて「つぶ」という語句を中心に「大きい」「小さい」という粒の大きさについて説明し、「水」という語句を中心に「移動」「部屋」という語句との共起関係が強いことから水への溶けやすさについての考え方も深まったことが示されている。

5. 中学校における授業開発

授業開発は主に読み物教材・モデル・実験の開発に分けて行った。教材については、生徒が思考する時間とることができるように書く内容を吟味し視覚情報と照らし合わせできるように、読み物教材を開発することとした。なお、読み物教材・モデル・実験は小学校・中学校で共通しているものも多くある。

5.1 読み物教材の開発

読み物教材には優れた点が多いが、改善点も存在する。そこで、改善方法を以下のように定めた上で読み物教材を開発した。なお、読み物教材は2つ製作しており、このうちの1つは小学校と類似するものである。

- (1) 読むだけではなく、空欄を補充できるようにする
- (2) 見開き1ページで1つのテーマを理解・思考できるようにする

5.2 実験・モデルの開発

上述したように、「日光と葉のでんぷん」に関する実験そのものを変えるのではなく、生徒の思考の変容に迫れるような授業開発を行うにあたって、実験を行うこと

は児童の思考の過程を整理できると考え、以下の2つの実験を考案した。なお、2つの実験は小学校と共通するものである。

- ジャガイモとヨウ素でんぷん反応の実験
- コーヒーフィルターを用いた実験

また、モデルは小学校で製作したものと同一のものを使用した。

6. 中学校における授業実践

開発した読み物教材・実験・モデルを用いた授業を展開し、授業を受けたことによる変容を探った。

6.1 実践対象と実施時期

千葉県公立中学校第2学年3クラス（88名）で、中学校学習指導要領における理科の学習内容「動物の生活と生物の変遷」を学習済みの生徒を調査対象とした。調査時期は2016年11月24日（木）および25日（金）に3クラス別々に2時間（45分×2）の授業を展開した。

6.2 授業概要

授業は3クラス共に2時間展開としている。以下に読み物教材に沿った形で授業展開の流れについてまとめて記す。

6.2.1 1時間目（植物のでんぷんと糖～小さなつぶへと変身!～）の授業展開概要

- (1) 「植物（ジャガイモ）のからだのでんぷんの存在の確認」の章に沿って実験を行い、ジャガイモ体内のでんぷんの存在場所について確認する
- (2) 「でんぷんがない部分はどのようなものになっていくのか?」の章を読み、粒の大きさと水への溶けやすさについて変化後の粒（糖）の状態を予想する
- (3) 「植物の葉からでんぷんが見つからない!」の章を読み、小さい部屋から出ていくためにどうしたらよいのかについて考える
- (4) 「でんぷんと移動しているときのつぶの大きさの比かく実験」の章に沿って、コーヒーフィルターを用いた実験を行い、粒の大きさと水への溶けやすさについて視覚的に理解する
- (5) 「でんぷんは何に変わる?」の章を2時間の内容を表にまとめる

6.2.2 2時間目（動物の食べ物とデンプンのゆくえ～植物と動物の共通性について探る）の授業展開概要

- (1) 「動物の消化のしくみ」の章を読み、消化のはたらきや小さくすることの意味について考える
- (2) 「消化された養分が血管の中へ～別のものに変身!」の章を読み、食べ物とどれくらい小さくなれば体内に吸収することができるのかを予想する
- (3) 「でんぷんと移動しているときのつぶの大きさの比かく実験」の章に沿って、コーヒーフィルターを用いた実験を行い、粒の大きさと水への溶けやすさについて視覚的に理解する
- (4) 「吸収されたつぶの大きさはどうなるか?」の章を読み、植物と比較をすることで類似している性質に気づけるようにする

- (5) 「植物と動物のでんぷん→糖への変化の共通性」の章を読み、植物と動物の共通した性質をまとめていく



図9 1時間目における授業風景 コーヒーフィルターを用いた実験を行っている様子

7. 中学校における調査問題の分析

授業実践の前後での変容を探るため、調査を授業前後で実施した。調査対象は授業実践と同様の生徒だが、調査問題に記入漏れのある生徒を除く80名を分析対象とした。

7.1 調査時期

- 2016年11月22日（火）約10分間（事前調査）
2016年11月25日（金）約10分間（事後調査）

7.2 調査項目

事前・事後調査共に同一内容の調査問題とした。調査問題は植物体内の養分の移り変わりについて、一貫した説明ができていのかどうかを判断するために設問毎に選択解答および記述解答欄を設け、設問毎に採点・合計得点を算出した。なお、採点基準を設問ごとに定め、似た主旨の内容の記述をできていれば、1項目ごとに1点として加点した。表7は、生徒にたずねた設問を簡潔にまとめたものであり、表8は採点基準である。

表7 設問ごとのたずねた内容の一覧（中学校）

設問1	植物体内を移動する際の養分の性質について尋ねている。植物は転流を起こし、葉などで作られたでんぷんなどの養分は、ショ糖などの粒の大きさが小さい糖へと変わる。
設問2	ジャガイモの体内ででんぷんがどこにあるのかについて尋ねている。ジャガイモの場合、葉で主に光合成を行い、茎や根を移動していく際にはでんぷんはショ糖などのいくつかの種類の糖へと変化していく。
設問3	動物体内で消化された養分の大きさおよび肝臓などで貯蔵される際の粒の大きさについて尋ねている。このようになることで良い点がいくつか考えられる。
設問4	光合成の後に葉からでんぷんがなくなる理由を尋ねている。この設問は発展的内容で、授業を受けた生徒が思考することで解くことができる問題となっている。

表8 設問ごとの採点基準（中学校）

設問1	・小さくなる（選択） ・とけやすくなる（選択） ・移動しやすい（記述） ・粒の大きさが小さいと葉から出られる、せまいところから出られる（記述） ・水にとけた形で移動していく（記述）
設問2	・2（葉を図の中で選ぶ）（選択） ・5（地下茎を図の中で選ぶ）（選択） ・日光が当たるとでんぷんが作られる（記述） ・でんぷんは小さなつぶ（糖）に変わる（記述） ・冬に備えてジャガイモにたくわえる（記述）
設問3	・小さくなる（選択） ・大きくなる（選択） ・胃などの負担が減る（記述） ・吸収しやすくなる（記述） ・たくわえるときは大きくないと流れてしまう（記述）
設問4	・移動している（記述） ・別のもの（ショ糖）に変わっている（記述） ・水に溶けやすいものになった（記述） ・つぶが小さくなった（記述）

7.3 調査の分析

小学校の調査問題と同様に採点を行った上で、事後の得点－事前の得点によって上昇得点を算出した。そして、Wilcoxonの符号付き順位検定を用いて、平均順位の差に統計的有意差があるかどうか検定した。また、KH Coderによる共起ネットワークを作成し、客観的に記述の分析も行った。「分かったこと」も生徒に記入させ、授業を受けたことによる印象に残った語句とその共起関係を分析した。

7.4 結果および考察（調査問題）

本研究の成果を検討する際に関係の深い設問1および設問2について細かく分析していく。なお、設問1・2は小学校の調査問題の設問3・4と対応している。

7.4.1 設問1について

Wilcoxonの符号付き順位検定を用いた分析による結果は表9の通りとなった。

表9 設問1のWilcoxonの符号付き順位検定の結果

	選択合計	記述合計	合計得点	標準偏差	分散
事前	1.413	0.300	1.713	0.996	0.992
事後	1.813	0.963	2.775	1.067	1.139
Z値	-4.045**	-5.496**	-6.116**	**p<.01	

この設問は5点満点で採点しており、「粒の大きさ」および「水への溶けやすさ」ということを直接どのように変化するかたずねた設問である。結果は選択問題・記述問題共に事後調査において有意な差が見られる結果となった。また、記述問題については1%水準で有意な

差が認められ、授業を受けたことによって養分の移り変わりについての一貫した説明を引き出すことができるようになったことが示された。

また、得点化とは別に一貫した説明ができるようになったかどうかを表10のように基準を定め、人数を数えた(表10)。

表10 一貫した説明ができているかどうかの観点
(設問1)

(N=80)

一貫した説明の観点	事前人数 (%)	事後人数 (%)
「粒の大きさ」についてのみ説明	0	8 (10%)
「水への溶けやすさ」についてのみ説明	20 (25%)	29 (36%)
「粒の大きさ」と「水への溶けやすさ」の両方について説明	1 (1%)	16 (20%)
合計	21 (26%)	53 (66%)

表10から分かるように、一貫した説明を行うことができる生徒は合計すると、事前調査では21名(26%)であったが、事後調査では53名(66%)に増加した。事後調査において「粒の大きさ」のみ正解8名(10%)および「水へのとけやすさ」のみ正解29名(36%)を合わせた37名については、一貫した説明は片方だけできていることが分かる。この生徒の誤答例として、選択問題の誤答、記述を印象深いもののみ記載するといった様子が伺えた。

さらに、KH Coderの共起ネットワークを作成した。図10は事前・事後調査における共起ネットワークを表している。

事後調査で新たに「移動」「細胞」「穴」という言葉が共起されており、植物体内で移動していくことで、養分

が移り変わることを思考できた様子が伺える。また、「小さい」という語句が結びついており、粒の大きさについて「穴」や「細胞」と結びつけることができている様子が伺える。

7.4.2 設問2について

Wilcoxonの符号付き順位検定を用いた分析による結果は表11の通りとなった。

表11 調査問題(設問2)の調査結果

(N=80)

	選択合計	記述合計	合計得点	標準偏差	分散
事前	0.913	0.463	1.375	1.036	1.073
事後	1.388	1.100	2.488	1.223	1.496
Z値	-4.714**	-2.886**	-4.544**	**p<.01	

この設問は5点満点で採点しており、ジャガイモの体内のどこにでんぷんがあり、どうしてそこにでんぷんがあるのかについて記述する内容となっている。結果は表記したように、選択問題・記述問題について有意な差が見られる結果となった。授業を受けることによって一貫した説明を引き出すことができるようになったことが示された。なお、記述問題については「移動している」という考え方について特に有意な差が見られる結果となった。

また、得点化とは別に一貫した説明ができるようになったかどうかを表12のように基準を定め、人数を数えた(表12)。

一貫した説明を行うことができる生徒は合計すると、事前調査では2名(3%)であったが、事後調査では35名(44%)に増加した。養分がでんぷんとして存在している葉と地下茎についての説明はできていることが

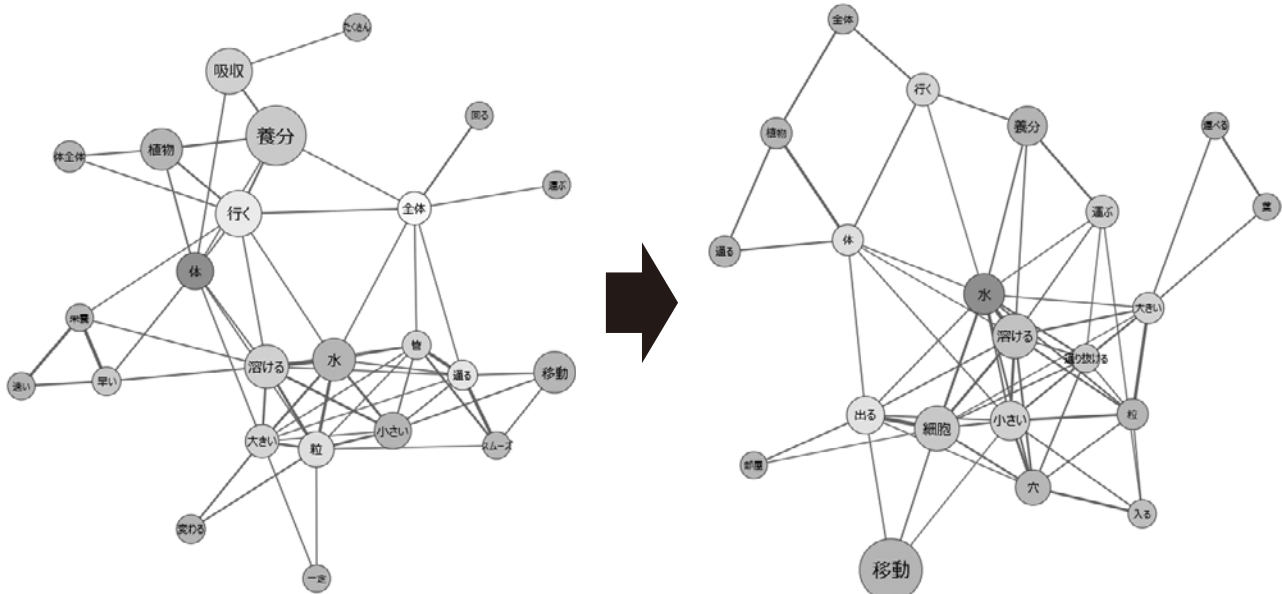


図10 KH Coderによる分析(設問1)

表12 一貫した説明ができているかどうかの観点
(設問2)

一貫した説明の観点	(N=80)	
	事前人数 (%)	事後人数 (%)
葉・茎・地下茎	0	8 (10%)
葉・地下茎	2 (3%)	18 (23%)
葉・茎	0	6 (8%)
茎・地下茎	0	3 (4%)
合計	2 (3%)	35 (44%)

分かるが、茎についての説明ができる生徒はあまり増えていないことが分かる。

さらに、KH Coderの共起ネットワークを作成した。事後調査では「地下茎」「葉」「光合成」「貯える」という語句の結びつきが強いことが伺える。中でも、「地下茎」は事前には知らなかった語句であり、「葉」で作られた養分は移動することで、「地下茎」に貯えられていることが想起できている様子が伺える（図11）。

8. まとめと今後の課題

本研究では、小学校および中学校を対象として授業開発・授業実践を行った。授業開発では、教科書既存の実験を改善するとともに新たに養分の移り変わりを意識できるような実験を取り入れた。その結果、小学校・中学校での授業実践では、児童・生徒共に理論的な視点（読み物教材など）および視覚的な視点（実験や観察、モデル）の両側面から思考することができ、考えやすい授業を確立できたことができた。調査については、Wilcoxonの符号付き順位検定やKH Coderを用いた共起ネットワークの分析はどれも有意な差が見られ、児童・生徒が養分の移り変わりについて「粒の大きさ」および

「水への溶けやすさ」という思考を軸とした考え方をもちつことができたと言えよう。

ただし、4つの実験を2時間の授業内に行うにはさらに観察・実験の内容を吟味していく必要があるだろう。今後は、植物内部の変化について言及できるように、師液の抽出を行ったり、養分の内部変化について見ることができたりする実験を確立し、植物と動物のはたらきについてさらに言及できるような授業開発を行ってきたい。

引用文献

- 山下修一 (2013) 『一貫した説明を引き出す理科のコミュニケーション活動』 東洋館出版社pp.36-49
- 一般社団法人日本植物生理学会, 「ジャガイモのイモは、でんぷんを合成しているのでしょうか? | みんなのひろば」〈https://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=633〉 (2016年12月15日アクセス)
- 文部科学省 (2008) 『小学校学習指導要領解説 理科編』 大日本図書pp.3-63
- 福島恵美子・正元和盛 (2007) 『小学校における「生き物と養分」の理解を深める光合成と消化の授業構成』 理科教育学研究pp.149-157
- 石渡正志 (2013) 『小学校理科実験・観察指導上の支障に関する調査報告書』 甲南女子大学人間科学部総合子ども学科pp.5-98
- 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』 科協研報Vol.25 No.2 pp.7-10
- 有馬朗人ほか43名 (2015) 『新版たのしい理科6年』 大日本図書pp.8-183
- 吉里勝利ほか4名 (2013) 『スクエア最新図説生物neo』 第一学習社p.18-19, pp.228-234
- 文部科学省 (2008) 『中学校学習指導要領解説 理科編』 大日本図書pp.3-66

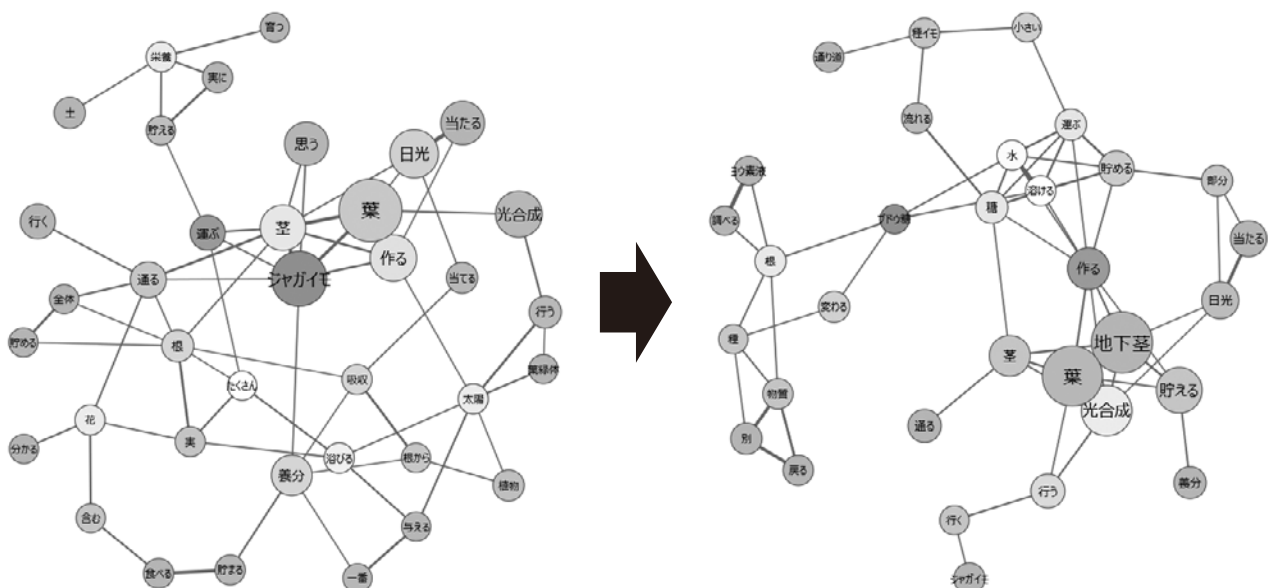


図11 KH Coderによる分析（設問2）