

無色透明な培地を用いた植物の育成方法と指導法の開発

～吸水性高分子培地と栽培・観察に適した植物種の選定～

東京都中学校理科教育研究会 観察実験委員会

葛飾区立桜道中学校	校 長	飯牟禮 俊紀	武蔵村山市立第四中学校	副 校 長	福泉 宏介
足立区立江北桜中学校	副 校 長	百瀬 一郎	豊島区立西巣鴨中学校	副 校 長	吉田 勝彦
世田谷区立奥沢中学校	主幹教諭	磯部 巧	品川区立品川学園	主任教諭	谷本 登
葛飾区立青戸中学校	主任教諭	村上 ゆかり	大田区立御園中学校	教 諭	藤本 将秀
葛飾区立桜道中学校	教 諭	石塚 友貴			

1 はじめに

学習指導要領では、第1学年で学習する生物の分類について、いろいろな生物の観察から特徴を見いだして、その特徴に基づいて観点や基準を設定し、分類するとされている。植物では、花のつくりや葉脈の形状の観察による分類が容易である。一方、子葉の観察は植物の成長段階を考慮する必要がある、また、根の観察は土から掘り起こして試料を準備する手間を要するなどの課題がある。

生徒自らが設定した観点や基準に基づいて植物を分類する学習を充実させるためには、子葉や根を含めた植物全体を容易に観察できることが不可欠である。

これらの課題を解決するために、当委員会では土の代わりに無色透明な培地で植物を栽培することにより、根や子葉を含めた植物全体の観察が可能な教材の開発を目指した。本研究では、無色透明な培地に適した植物種の選定と育成方法、設定した観点や基準を基に分類できる資質・能力を育成する指導法を開発した。

熟を必要とせず、安定した無色透明な培地が得られる。SG 培地では、オオムギ種子根について調べた研究が報告されており、根の観察に適している。また、砂漠での大規模植林の開発のために、SG を含む土壌が注目されており、植物の栽培において水やりの手間を省くことができる。

本研究では、水 100 mL あたり 0.6 g の SG 粉末を混ぜた SG 培地を植物の栽培に使用した。また、カビ防止のために漂白剤を数滴、混合前の水に加えた。植物の栽培容器には容量 200 mL 程度の無色透明なプラスチック製のカップを使用し、SG 培地（150 mL）の上に植物の種子を 1 粒播いた。また、SG 培地は紫外線により分解されるため、栽培容器を紙コップに入れて光を遮蔽した。その様子を図 1 に示す。

15 種の植物について、SG 培地で栽培し、根の観察可否を調べた。その結果を表 1 に示す。種子を播いて 2 週間程度で 6 種類の植物（エンバク、トウモ

2 SG 培地での栽培に適した植物種

これまでに寒天や粒状シリカヒドロゲルを無色透明な培地として用いて、植物の根を観察した例がある。しかし、寒天培地の準備には寒天を水に加熱溶解する手間を要するという課題がある。また、粒状シリカヒドロゲルは水との屈折率を利用して無色透明な培地として利用できるが、根の全体像を観察するには不鮮明である。

これらの課題から本研究では、無色透明な培地にはメビオール株式会社の「SkyGel®」（以下、SG と表記）を用いた。SG は水と混ぜることにより、加



図 1 SG 培地上での植物の栽培の様子

ロコシ、ハツカダイコン、ヒマワリ、エンドウ、ソラマメ) で根や子葉を含めた植物全体の観察が可能であることが分かった。一方、9 種類の植物(アワ、ハダカムギ、タマネギ、ニラ、ネギ、ブロッコリー、タンポポ、カンシロギク、カーネーション) では、観察が可能な程度までの成長が見られなかった。

水耕栽培と同様に、根毛についてははっきりと観察できなかったため、従来の方法で観察することが望ましい。

3 SG 培地での発根と根の成長

単子葉類、双子葉類の植物を 2 種類ずつ用いて、植物の分類についての検証授業を行うことを想定し、特に観察の容易なヒマワリ、エンバク、エンドウ、トウモロコシの SG 培地上での成長を調べた。2023 年 3 月上旬に都内中学校 4 校において、4 種類の植物の種子を 10 個ずつ SG 培地に播いた。表 2 には、各植物の根の観察に関する結果を示す。観察可否の基準については、図 2 に示すように根の様子が明確に見える程度まで植物が成長しているこ

表 1 各植物の SG 培地上での観察可否

分類	植物名	科名・属性	根の観察可否	観察可能までの日数 (日)
単子葉類	アワ (モチアワ)	イネ科エノコログサ属	×	-
	ハダカムギ (モチムギ)	イネ科オオムギ属	×	-
	エンバク (ペットグラス)	イネ科カラスムギ属	○	6
	トウモロコシ	イネ科トウモロコシ属	○	12
	タマネギ	ヒガンバナ科ネギ属	×	-
	ニラ	ヒガンバナ科ネギ属	×	-
	ネギ	ヒガンバナ科ネギ属	×	-
双子葉類	ブロッコリー	アブラナ科アブラナ属	△	6
	ハツカダイコン	アブラナ科ダイコン属	○	5
	タンポポ	キク科タンポポ属	×	-
	ヒマワリ	キク科ヒマワリ属	○	6
	カンシロギク (ノースポール)	キク科フランスギク属	×	-
	カーネーション	ナデシコ科ナデシコ属	×	-
	エンドウ (トウモロコシ)	マメ科エンドウ属	○	6~14
	ソラマメ	マメ科ソラマメ属	○	7

表 2 各植物の発根に関するデータ

植物種	発根率 (%)	観察可能数 / 発根数 (%)	観察可能までの 日数 (日)
ヒマワリ	62.5	76.0	12.2
エンバク	82.5	78.8	10.1
エンドウ	70.0	75.0	10.2
トウモロコシ	55.0	31.8	18.1

ととした。トウモロコシを除く 3 種の植物については、発根した種子のうち、観察可能割合は 75 % 以上であった。一方、トウモロコシは 31.8%と低い結果となった。

観察不可となったトウモロコシの個体では、種子や培地にカビが繁殖した。他の植物においても、観察不可となった個体にはカビが繁殖した。図 3 には、表 2 を参考に 4 種類の植物の観察可能となる割合と観察可能な程度まで成長するのに必要な日数の関係を示している。この日数の短い植物種では、根の観察可能割合が高くなる傾向がある。これは、種子や培地にカビが繁殖する前に、根が成長したことが要因であると考えられる。

SG 培地での根の観察をできるだけ可能にするために、カビの発生を抑制する必要がある。そのため、根出しを行った種子を SG 培地上に静置し、できるだけ SG 培地上での成長の日数を減らして、カビの発生を減らす工夫をした。

トウモロコシの種子 30 個を用いて、水に浸した脱脂綿上で根出しを行った。17 個の種子 (56.7%) は播種から 3.2 ± 0.6 日で発根した。その後、SG 培地上に静置させ、 4.5 ± 0.9 日で根の観察が可能となり、直接 SG 培地に播種した場合と比べて約 10 日短縮することに成功した。また、発根したすべての個体で根の観察が可能となった (図 4)。

トウモロコシ以外の植物について実験を行っていないが、水に浸した脱脂綿上で種子の根出しを行い、SG 培地上に静置する方法により、観察可能な程度まで成長するのに必要な日数の短縮とカビの発生を抑制して観察可能割合の向上を実現できると考えられる。

4 検証授業

検証授業では、生徒が SG 培地で成長させた植物を観察し、生徒同士が話し合うことを通じて生徒自らが設定した観点や基準に基づいて分類できる資質・能力の育成を目指した。

検証授業は、2022 年 10 月に第 2 学年の生徒 102 名 (都内中学校 1 校)、2023 年 4~6 月に第 1 学年の生徒 208 名 (都内中学校 5 校) を対象に行った。検証授業の流れは、図 5 に示す。授業は 3~5 人で編成した班を基本とした。

第 2 学年対象の検証授業では、分類の学習は既習

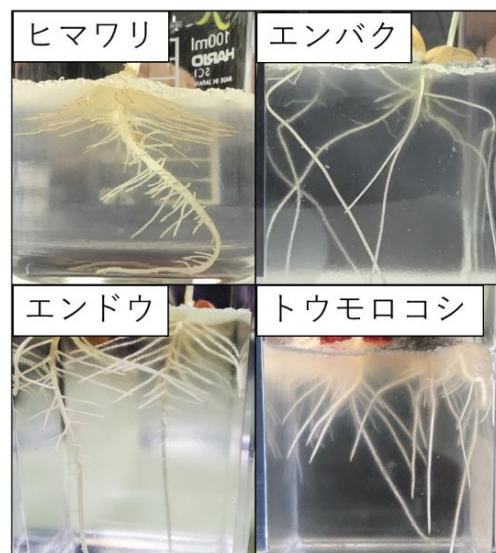


図 2 SG 培地で成長した根の様子

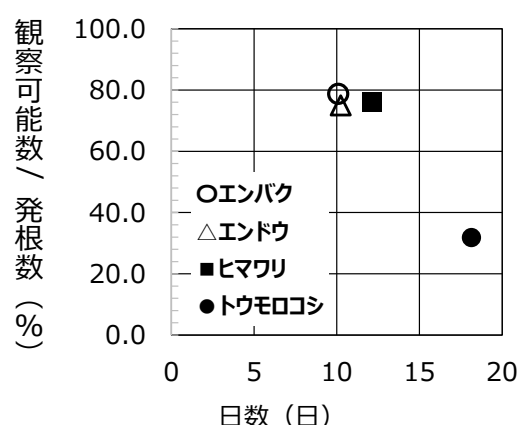


図 3 発根後の観察可能割合と観察可能までの日数の関係

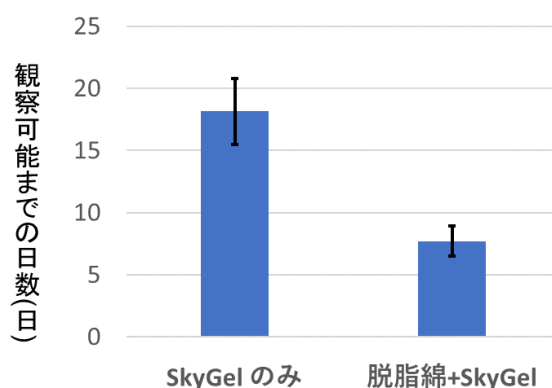


図 4 トウモロコシの観察可能までの日数

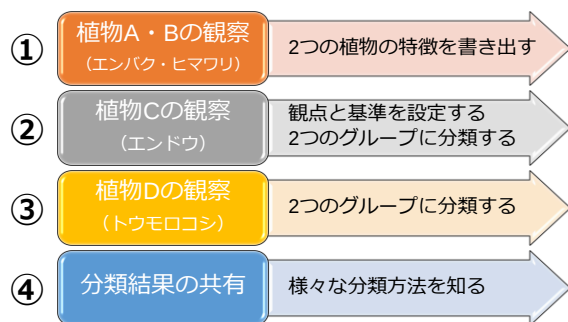


図 5 検証授業の流れ

事項であるが、SG 培地で育てた植物の観察により、様々な観点や基準を生徒自らが設定し分類できるかを調べた。検証授業の前後では「花のつくりや花があるかないか以外の観点や基準で分類する」としたらどのような観点や基準で分類しますか」という質問紙調査を行い、生徒の変容を見取った。生徒の回答を表 3 に示す。検証授業後には、30%以上の生徒が葉脈や子葉の数、根のつくりを分類の観点に挙げ、いくつかの観点を基に分類できる視点が身に付いたことが分かる。また、生徒の挙げた観点数は 1 人当たり 1.27 個（検証授業前に比べ 2.2 倍）となり、複数の観点から分類できる資質・能力が身に付いたことが分かった。

第 1 学年の検証授業においても同様の流れで行った。生徒の植物の分類の結果は、図 6 に示すように、パターン I（AD と BC）で 67 %、パターン II（A と BCD）で 9 %、その他のパターンは 7 %あり、83 %の生徒自らが設定した観点や基準に基づいて分類を行えた。生徒が挙げた分類の観点は、図 7 に示すように根が 57 %、葉が 44 %、茎が 14 %、種子が 13.5 %であり、植物全体を分類の観点の対象として捉え、多くの生徒が複数の観点に基づいて分類を行っていた。また、観点を設定して分類した生徒は 155 名（75 %）であり、その中でも明確に基準を設定して分類した生徒は 50 名であった。

授業後のワークシートの記述には、「種子から太い根が出ていて、太い根から細い根が出ているものと、種子から太い根や細い根が出ているものは違う」や「花以外で分類するときには根や葉の筋で考えたけど、違う考え方をしていたら、グループは変わっていたかもしれない」、「葉っぱなどで分けると植物の違いが分かりやすくていい」など、55 名（26 %）の生徒に設定した観点や基準から分類できる資質・

表 3 質問紙調査の結果（第 2 学年）

観点	回答人数(人)	
	事前	事後
葉脈	14	35
子葉の数	6	34
根のつくり	2	43
葉の形	7	1
葉の大きさ	5	1
生えている場所	6	3
色	5	3
茎	4	7

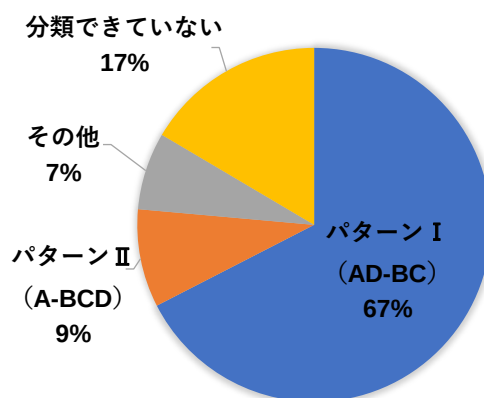


図 6 生徒の分類パターン（第 1 学年）

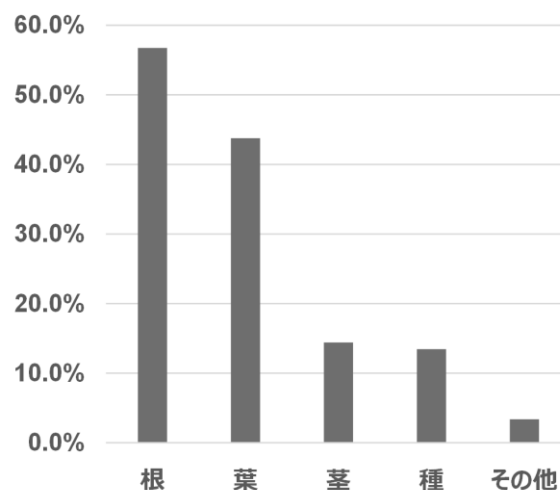


図 7 生徒が設定した観点（第 1 学年）

能力が身に付き、思考力・判断力・表現力の向上を見取ることができた。また、「自分では思いつかなかった見方ができるのが面白かった」や「根や子葉、葉脈など1つの見方ではなく、各班の考えがあり面白かった」など、話し合い活動に関する記述も49名(24%)に見られ、開発教材を用いた対話的な学習により、思考力・判断力・表現力を育成できたと考えられる。

5 まとめ

我々は、第1学年の生物単元において、無色透明な培地を用いた新しい教材と指導法の開発を行った。SG培地に適した6種類の植物を発見し、根や子葉を含めた植物全体の観察が可能となった。SG培地を用いた教材によって、観点や基準を生徒自らが設定し分類する資質・能力を育成できる指導法を開発し、生徒の思考力・判断力・表現力を育成できた。課題としては、植物全体が観察可能な教材を準備する方法の簡便化と無色透明な培地を用いた分類の授業のさらなる有効性の実証を行いたい。

謝辞

本研究は、小島大氏(ナリカ株式会社)、中島航己氏(ナリカ株式会社)の協力を得ている。ここに感謝の意を表する。

引用・参考文献

1. 文部科学省, 中学校学習指導要領解説理科編, (2017) .
2. 川田信一郎, 片野学, 山崎耕宇, 日本作物学舎記事, 49, 2, (1980).
3. 乙部和紀, 根の研究, 24, 4, (2015).
4. S. Kato et al., Journal of Acid Land Studies, 27, 2, (2017).
5. H. Ito, et al., Plant Root, 10 (2016)
6. ナリカ, 植物の発芽・発根観察セット (カタログ No. G40-2383) .
7. 山口晃弘, 中学校理科「主体的に学習に取り組む態度」の学習評価完全ガイドブック, (2022).

理科学習指導案「吸水性高分子を用いた植物の分類」

1 単元名 「生物の体の共通点と相違点」

2 単元の目標

身近な植物の外部形態の観察を行い、その観察記録などに基づいて、共通点や相違点があることを見いだして、植物の体の基本的なつくりを理解するまた、その共通点や相違点に基づいて植物が分類できることを見いだして理解する。

3 指導観

(1) 単元観

現行の学習指導要領では、いろいろな生物の観察から特徴を見いだして、その特徴に基づいて観点や基準を設定し、分類することが求められている。

小学校では、第5学年で「植物の発芽、成長、結実」、第6学年で「植物の養分と水の通り道」について学習している。また、中学校第1学年では、本時までに「合弁花・離弁花の被子植物の共通点と相違点を見いだし、花の基本的なつくりを理解すること」、「裸子植物の花を観察させて被子植物と比較して相違点を見いだし、種子植物が被子植物と裸子植物に分類できること」を学習している。

本時では、日常では観察しにくい子葉を含む葉や根のつくり注目して観察することで、「生徒自らが設定した観点や基準を基に生物を分類できる」という資質・能力を育成することを目指している。

4 指導計画

時間	指導のねらい・学習活動	重点	記録	評価規準
1	離弁花、合弁花を分解して花のつくりを観察し、規則性や共通点と相違点について考える。	知		分解した花のつくりを、各部分に分けて順番にテープで貼り、特徴を記録することができる。
2	観察の結果を基に離弁花、合弁花の花のつくりについて話し合い、規則性や共通点と相違点を見いだす。	思	○	観察記録に基づいて、花のつくりの規則性や、共通点と相違点を見いだすことができる。[記述分析]
3	1つの植物の花と果実を比較し、果実や種子はどのつくりが変化したものか考える。	思		果実や種子のでき方を、花のつくりと関連付けて察することができる。
4	マツの花を観察して花のつくりと特徴を見いだし、裸子植物と被子植物の共通点と相違点を見いだす。	思	○	マツの花のつくりの特徴を見いだし、被子植物との共通点と相違点を見いだすことができる。[記述内容]
5 (本時)	植物の芽生えと根のつくりの様子を観察し、自ら設定した観点や基準を基に生物を分類する。	思	○	様々な植物の子葉と根の観察を通じて、自ら設定した観点や基準を基に生物を分類している。[記述内容]
6	双子葉類の植物と単子葉類の植物を観察し、子葉の枚数、葉や根のつくりで分類できることを見いだす。	知	○	葉や根のようすを観察し、結果を表などにまとめて記録することができる。[記述内容]
7	シダ植物やコケ植物のように、胞子でふえる植物について理解する。	知		種子をつくらない植物にはシダ植物やコケ植物があり、胞子でふえることを理解する。
8	提示された植物を、これまでに学習した特徴に基づいて分類する。	態	○	これまでに学習してきた植物の特徴を振り返り、共通点や相違点に基づいて植物を分類しようとしている。[行動観察・記述内容]

5 本時（全8時間中の第5時間目）

(1) 授業のねらい

植物の芽生えと根のつくりの様子を観察し、自ら設定した観点や基準を基に生物を分類する。

(2) 評価規準

様々な植物の子葉と根の観察を通じて、分類するための観点や基準を見いだして表現している。

(3) 指導と評価の流れ

	・学習活動	指導上の留意点・配慮事項	評価方法
導入 5分	・前時を振り返る。 ・本時のねらい「花以外の部分に着目して、植物を分類する」を確認し、課題を提示する。	・前時の振り返りから、花以外の部分で特徴を見いだすにはどこを見るか問いかける。 ・SkyGel®培地を用いると、子葉と根が観察できることに着目させる。	
課題：花以外では、どのような部分に注目すると植物は分類できるか？			
展開1 10分	活動1：植物Aと植物Bを観察し、特徴や共通点、相違点を記入しよう。 ・2種類の植物を観察しメモを取る。 ・班で情報を共有しながら進めていく。	・観察したときに気付いた特徴についてタブレットを用いて撮影する。 ・植物Aは単子葉類、植物Bは双子葉類とする。	記述内容
展開2 15分	活動2：植物を1つずつ加えて、観点や基準を決めながら2つのグループに分類してみよう。 ・植物C、植物Dを順に加えていく。 ・植物Cを加えたところで分類の観点と基準を設定させる。	・他者の意見も参考にしながら、自分で考えた共通点や基準で分類をさせる。 ・植物Cは双子葉類、植物Dは単子葉類とする。	記述内容
展開3 10分	活動3：席を移動して他の班の意見を取り入れてみよう。 ・席を移動し、意見交換をする。その際、自分の考えをより妥当なものにするための参考にする。	・観察植物は席に置いたままなので、タブレットで撮影した写真を用いて、説明するときに伝えるようにしておく。	
まとめ 10分	・自分の班に戻り、他の班で得た情報を共有する。 ・指名された生徒が気づいた特徴と分類の基準について発表する。 ・ワークシートに振り返りを記入する。	・他者の意見を取り入れている内容がある生徒がいれば、その生徒を選び発表させる。 ・まとめとして「葉、根、茎などの特徴に共通点や相違点があり、これを観点・基準にすると分類できる」ことに気付かせる。	記述内容

花以外の部分に着目して、植物を分類しよう

＜課題＞花以外では、どのような部分に注目すると植物を分類できるか？

＜観察＞

1 指示された2つの植物を観察し、共通点や、相違点を考えながら特徴を記入する。

A ()	B ()
-------	-------

2 植物 C の特徴を記入する。3 つの植物を観点と基準を考えながら分類する。

<C の特徴>	() と () は同じ仲間
	() は別の仲間

3 植物 D の特徴を記入し、観点と基準を考えて、分類する。

<D の特徴>	
<分類する上で考えた基準と観点>	
[グループ 1]	[グループ 2]

4 他の人の意見

--

5 今回の授業の振り返り（自分の学習、他の人との意見）、新たな発見、疑問などを書く

--

年 組 番 氏名：