

# 【論 文】

## 小学校理科実験における 酸塩基指示教材としての冷凍ブルーベリー

原 田 康 英

Frozen Blueberries as Teaching Materials for Acid-base Indicators  
in Elementary School Science Experiments

Yasuhide HARADA

### 要 約

本研究は、小学校理科実験における酸塩基指示薬として、冷凍ブルーベリーから抽出したアントシアニンを取りあげ、その教材化の可能性を検討したものである。

既存の教科書で多く扱われているムラサキキャベツは、入手に関して問題があることを指摘し、その代替教材として、年間を通して入手し易く、児童が簡便に色素抽出を体験することができる冷凍ブルーベリーを提案する。検討の結果、冷凍ブルーベリーから抽出したアントシアニンは、酸塩基指示教材として有効であることが確かめられた。

【キーワード】 小学校理科、冷凍ブルーベリー、色素、教材、酸塩基指示薬、ムラサキキャベツ

### 1 はじめに

国際数学・理科教育動向調査（TIMSS2015）において、日本の小学校4年生を対象として行われた質問紙調査の結果、「理科は楽しい」と回答した児童は全体の90%、「理科は得意だ」と回答した児童は全体の84%で、国際平均を上回る状況が見られる<sup>(1)</sup>。このことを踏まえ、文部科学省（2018）は問題解決能力の更なる充実を目指し、「児童が主体的に問題解決の活動を行う中で、既習の内容や生活経験を基に、根拠のある予想や仮説を発想したり、学習の成果を日常生活との関わりの中で捉え直したり、他教科等で学習した内容と関連付けて考えたりすることで、学習内容を深く理解することができるようになる。さらには、学習したことを日常生活との関わりの中で捉え直すことで、理科を学習することの有用性を感じることができ、学習に対する意欲も増進する<sup>(2)</sup>。」と述べている。これに対し、鎌田・早川（2017）は、「小中学生が、身近や生活の中で起こる科学的事象・現象に対して興味や関心、問題意識が不十分で、理科の授業で得た知識と日常生活の中の科学

の繋がりを理解できていない<sup>(3)</sup>」ということを指摘している。このように、日常生活と理科の繋がりを実感させることが重要視される中、現場の教員に対して授業の改善が求められている。

本研究では、小学校6学年理科「水溶液の性質」における、日常生活との関わりをもった酸塩基指示薬の教材開発を扱う。まず、多くの教科書で紹介されているムラサキキャベツの入手について調査し、その入手困難性について指摘をする。次にその代替教材について検討し、冷凍ブルーベリーを取りあげる。さらに冷凍ブルーベリーからアントシアニンを抽出し、酸塩基指示薬として活用する方法について検討する。

## 2 小学校教科書で扱われている酸塩基指示教材

小学校学習指導要領には、小学校6学年理科「水溶液の性質」のねらいを、「水溶液について、溶けている物に着目して、それらによる水溶液の性質や働きの違いを多面的に調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。」としている。またア－(ア)で、「水溶液には、酸性、アルカリ性及び中性のものがあること。」を挙げ、「リトマス紙などを用いて調べることにより、酸性、アルカリ性、中性の三つの性質にまとめられることを捉えるようにする。」としている<sup>(4)</sup>。

小学校理科の教科書を出版している国内6社では、その全てでリトマス紙を扱っている。また5社においては、リトマス紙以外で酸塩基を判定できるものとして、日常生活と関連させた教材を取り上げ、その内4社はムラサキキャベツを扱っている(表1)。このように多くの教科書がムラサキキャベツを教材として取り上げている理由は、「酸塩基指示薬として発色が鮮やかなこと」、「野菜であるという身近さ」等が考えられる。しかし発色に関しては、ムラサキキャベツがアルカリ性で黄色を示すのに対し、BTB溶液や万能指示薬は酸性で黄色から橙色を示すことから、児童がその色の変化を捉えるに当たり、混乱する可能性がある。さらに、ムラサキキャベツの入手に関しても困難性があることから、「野菜であるという身近さ」というメリットにも問題がある。

表1 教科書におけるリトマス紙以外の酸塩基指示教材の扱い<sup>(5)・(10)</sup>

出版社	リトマス紙以外の酸塩基指示教材	指導時期
A社	ムラサキキャベツ、(ブドウ、ナス、サツマイモ)	9月下旬～10月中旬
B社	ムラサキキャベツ、BTB溶液、万能試験紙	11月下旬～12月初旬
C社	ムラサキキャベツ、BTB溶液、簡易水質検査試薬、 (ペチュニア・アサガオの花の汁、ムラサキイモの粉)	9月中旬～10月初旬
D社	ムラサキキャベツ	11月下旬～12月初旬
E社	ムラサキイモの粉	11月下旬～12月初旬
F社	なし	11月中旬～12月初旬

( ) 内は、補助的扱いのもの

### 3 ムラサキキャベツの入手困難性

渡瀬・島田（2012）は、抽出したムラサキキャベツ色素を乾燥させた教材の有用性について述べているが、同時にムラサキキャベツの入手に関して、入手可能な時期が偏っていることや価格の高騰について述べている<sup>(11)</sup>。同様のことは、早川・鎌田（2011）によっても指摘されている<sup>(12)</sup>。

表2 ムラサキキャベツの取扱量（2018年度）

月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
取扱量（kg）	1667	2062	1781	1851	1842	3059	8232	1752	1120	1410	1344	1826

長崎市中央卸売市場 株式会社D青果 調べ

長崎県におけるムラサキキャベツの実際の流通について、卸売市場の取扱量を表2に示す。これによると、年間を通して取扱量に大きな変化がなく、通年一定量が流通していることが分かる。今回の調査において、9月、10月の取扱量が他の月を大きく上回っているが、これは、他市場で扱っている品物が偶発的に大量流入してきた事情によるということである。ちなみに普通のキャベツの取扱量が1900kg／日程度であることと比較すると、ムラサキキャベツの取扱量は、約1／250ということになる。

次に小売店舗におけるムラサキキャベツの取扱いについて、長崎市郊外（東長崎地区）半径1.5km 圏内にあるスーパーマーケット7店舗で調査した状況を表3にまとめる。

表3 小売店におけるムラサキキャベツの取扱状況（調査時期 2019年9月）

店舗	ムラサキキャベツの取扱状況
A	夏場を中心として、1週間で2玉程度、年間60玉程度扱っている。
B	殆ど入荷していない。注文に応じて1か月に1玉扱うか扱わないかくらい。
C	入荷は不定期。置いていないことが多い。
D	年間的に取扱はない。
E	年間的に取扱はない。
F ※1	長崎・佐賀県エリア45店舗で2～3ケース／日（7玉入ケース）。店によっては置いていない。
G ※1	夏場中心で、1店舗当たり2～3玉／週程度。

※1 F、Gは、チェーン店の本部に対して調査

このように、年間を通して小売店1店舗当たりで取り扱われるムラサキキャベツは僅少であり、「欲しいときにいつでも手に入る」という状況ではないということが分かる。卸売市場の担当者によると、「入荷してくるムラサキキャベツの約7割は外食産業などの飲食店、残りの2～3割がスーパーなどの小売店へ回っている」ということであった。ただ、今回の調査地区から4～5km程離れた2店舗（同系列店）では、「毎日1個は入荷して

いる」という例もあった（福岡県の青果市場から入荷）。

#### 4 冷凍ブルーベリーによる酸塩基指示教材

本研究では、年間を通した入手の容易さという観点から、ムラサキキャベツに代わる酸塩基指示教材として、冷凍ブルーベリーに着目した。前述の小売店舗7店舗中4店舗において、冷凍ブルーベリーが年間を通して店頭に並んでいるということであり、ムラサキキャベツと比べて入手し易い状況であると言える。

##### (1) 実験方法

###### ①色素の抽出

冷凍ブルーベリー25g（十数個程度）（図1）を100ml ビーカーに入れ、エタノール50mlを加え、5分間程全体を軽く揺する。この時、ガラス棒でかき回したり、ブルーベリーをつぶしたりしないように気をつける。その後、上澄み液を別容器にとり、これを色素抽出液とする（図2）。かき回したり、実をつぶしたりした場合、色素抽出液が濁って、呈色実験の際に発色の鮮やかさに悪影響を及ぼすことがある。

###### ②酸塩基による呈色

色素抽出液を3ml ずつ試験管にとり、試料を3ml 加え、発色を見る。今回用いた試料は、表4のとおりである。

表4 試料の濃度と色素抽出液混合後の pH

試 料 [濃度]	色素抽出液混合後の pH ※2
HCl [ 0.1M/L ]	1.5
CH <sub>3</sub> COOH [ 0.1M/L ]	3.7
H <sub>2</sub> O（水道水）	4.7
NaHCO <sub>3</sub> [ 0.1M/L ]	9.0
NaOH [ 0.1M/L ]	11.3
NaOH [ 3 M/L ]	—

※2 pH 計（AP-20）にて測定（pH4.0、pH6.9、pH9.2で3点校正済）

NaOH（3 M/L）は、本 pH 計では測定範囲外のため測定不能

###### ③時間経過による呈色変化

色素抽出液の時間経過へ対する呈色安定性を確認するため、色素抽出液混合1分後から5分間隔で呈色の様子を映像で記録する。

##### (2) 結果と考察

小中学校における身近な色素を使った酸塩基指示教材について、渡瀬・島田（2012）は、

ムラサキキャベツの色素を抽出し、それを乾燥して粉末にすることによって保存性を高めた実践を報告している<sup>(11)</sup>。また、早川・鎌田（2011）はアカジソ由来の色素<sup>(12)</sup>を、鎌田・早川（2017）は、ムラサキイモパウダーを使った酸塩基指示教材を紹介している<sup>(3)</sup>。

これらで紹介されている教材は、どれも色素抽出の段階に手間と時間が掛かるため、教師が予め色素抽出をおこなったものを児童生徒に使わせる形になると思われる。教師が準備した酸塩基指示教材を前にして「これはムラサキキャベツを・・・して色素を取りだしたものです」と説明をした場合、児童は、自ら素材に触れないため、目の前に示された教材へ対して、「身近な素材から得られた教材だ」という実感は湧きにくいのではなかろうか。

そこで本研究においては、45分間の授業時間中に児童が素材を直接扱いながら、色素を抽出する段階を体験した上で、酸塩基による呈色反応実験を行うことを重視し、冷凍ブルーベリーから色素を抽出する方法を検討した。その結果、「冷凍ブルーベリーをエタノールに浸して、短時間振り動かす」という簡便な方法で、ブルーベリーのアントシアニンを抽出することが可能であることが分かった。なお、ここで得られたアントシアニンは、比較的濃い状態であるため、2～4倍に希釈しても試薬として十分機能する。

抽出したアントシアニンの各試料へ対する発色結果を図3に示す。HCl（0.1M/L）：赤色、CH<sub>3</sub>COOH（0.1M/L）：桃色、水道水：紫色、NaHCO<sub>3</sub>（0.1M/L）：水色、NaOH（0.1M/L）：青緑色、NaOH（3M/L）：緑色を呈していることが分かる。このように、ブルーベリーから抽出したアントシアニンは、酸塩基へ対して、明瞭な呈色反応性を持っていることが確認された。

次に時間経過へ対する呈色安定性について検討する。図4は、各試料とブルーベリーの色素抽出液を混合した際の、時間経過に伴う呈色の変化を示したものである。これによると、酸性側については、時間経過に伴う変色はほとんど見られない。これに対し、アルカリ性側では時間経過に伴い呈色に変化が見られる。

これらのことから、本色素抽出液は、酸性に対しては安定性が強いと言える。また、NaHCO<sub>3</sub>（0.1M/L）、NaOH（0.1M/L）については、時間経過に伴う呈色変化が若干見られるが、顕著なものではないことから、弱アルカリ性についても比較的安定性を持っていると言える。しかしNaOH（3M/L）は、最初の5分間で顕著な呈色の変化が見られ、強アルカリ性については、安定性がないということが分かる。このことについては、山田・篠田（2016）が「水素イオン濃度の小さい塩基性水溶液ほど、アントシアニン系化合物は、プロトンを放出する傾向が大きく、酸素上の負電荷のために構造が不安定になる」と述べている<sup>(13)</sup>。また、山田・篠田（2016）は、pHが12を越えると急激に呈色の変化が進むことから、アントシアニンによる呈色変化を調べるには、pH=11程度までが適するということを指摘している。

以上のことより、本研究で取り上げたブルーベリー色素抽出液は、酸と弱アルカリ領域については、安定的な呈色を観察できることが明らかとなった。しかし、強アルカリ領域については、呈色が時間的に安定しないため、児童への指導の際、混乱を招かないための留意が必要である。

## 5 まとめ

本研究では、現行の小学校理科教科書の大部分で、酸塩基指示教材としてムラサキキャベツを取り上げているにも関わらず、その入手に関して困難な状況が存在することを指摘した。次に、児童が直接、色素抽出段階から関わり、酸塩基に対する呈色反応を観察できる教材として冷凍ブルーベリーを提案した。検討の結果、冷凍ブルーベリーから抽出したアントシアニン、小学校における酸塩基指示教材として有効であることが確かめられた。また、本教材は強アルカリ領域に対しては、呈色不安定性があるという限界についても確認した。

本研究で提案した酸塩基指示教材としての冷凍ブルーベリーが、児童にとって、素材と直接関わりながら、理科学習と日常生活の繋がりについて実感するきっかけとなっていくことを期待する。

## 文献

- (1) 国立教育政策研究所, 「国際数学・理科教育動向調査 (TIMSS2015) のポイント」, <<http://www.nier.go.jp/timss/2015/point.pdf>> 2019年9月取得
- (2) 文部科学省 (2018), 「小学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説理科編」, p102
- (3) 鎌田正喜・早川潤 (2017), 「小中学校教員のための理科実験教材: 酸塩基指示薬としてのムラサキイモパウダーの活用」, p 2, 新潟大学教育学部研究紀要第10巻第1号
- (4) 文部科学省 (2018), 「小学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説理科編」, pp78-79
- (5) 霜田光一 他 (2019), 『みんなと学ぶ小学校理科6年』, p146-164, 学校図書株式会社
- (6) 養老孟司 他 (2019), 『未来をひらく小学理科6』, pp120-139, 教育出版株式会社
- (7) 石浦章一 他 (2019), 『わくわく理科6』, pp82-99, 新興出版社啓林館
- (8) 葵生川武次 (2019), 『楽しい理科6年』, pp132-145, 一般社団法人信州教育出版社
- (9) 有馬朗人 他 (2015), 『新版たのしい理科6年』, pp94-111, 大日本株式会社
- (10) 毛利衛 他 (2019), 『新編新しい理科6年』, pp146-164, 東京書籍株式会社
- (11) 渡瀬洋平・島田秀昭 (2012), 「中学校理科『酸・アルカリとイオン』の実験で用いる抽出乾燥ムラサキキャベツ色素の有用性」, 研究論文集-教育系・文系の九州地区国立大学間連携論文集
- (12) 早川潤・鎌田正喜 (2011) 「アカジソ由来の酸塩基指示薬の作成と小中学校理科教材への応用」, 新潟大学教育学部研究紀要第4巻第2号
- (13) 山田洋一・篠田貴章 (2016) 「アントシアニン系色素における呈色の経時変化」, p26, 宇都宮大学教育学部研究紀要第66号第2部別刷





図1 冷凍ブルーベリー



図2 色素抽出液



図3 ブルーベリー抽出液による呈色

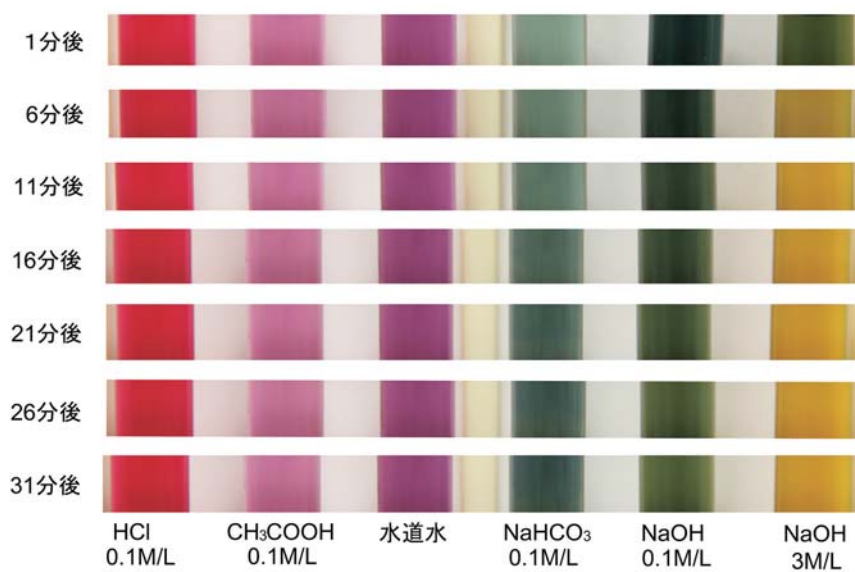


図4 時間経過による呈色の変化