

小学校理科における食品の教材化についての一考察¹⁾

森下 浩史* 武藤 有貴子** 森内 秀学*** 坂口 洋介***

(平成 21 年 10 月 30 日受理)

An Investigation on Teaching Materials of Foods
in the Elementary School Science

Hirofumi MORISHITA * Yukiko MUTOU **
Hidetaka MORIUCHI *** Yousuke SAKAGUCHI ***

(Received October 30, 2009)

はじめに

平成 20 年 1 月の中央教育審議会答申では、理科の改善点として「理科を学ぶことの意義や有用性を実感する機会をもたせ、科学への関心を高める観点から、実社会・実生活との関連を重視する内容を充実する方向で改善を図る。」と提案した。さらに理科の目標には「自然の事物・現象の理解」に「実感を伴った」という文言を付加して、理科を支える基本的な考え方の改善点を強調した。平成 20 年 3 月 28 日に公示された新学習指導要領²⁾では、この「実感を伴った理解」を①具体的な体験を通して形づくられる理解、②主体的な問題解決を通して得られる理解、③実際の自然や生活との関係への認識を含む理解、という 3 つに「理解」の内容を区分けしてより鮮明に示した。さらに、新学習指導要領ではこの「実感を伴った理解」を重視するために、各学年の「A:物質・エネルギー」区分の目標の内に「ものづくり」の一文を特別に掲げて明示した。

自然の恵みによりもたらされる大豆は「畑の肉」と言われる。豊富な蛋白質やその栄養価の高さが健康食物として注目されている。大豆の加工・発酵技術が中国を中心とした東南アジアにおいて醸成され、日本でも大豆や豆腐の独特の食文化が生まれ息継いでおり、多くの大豆食品が我々の食生活を支えている。

「ものづくり」教材として、豆腐などの食品を小学校理科の学習に取り入れることは、新学習指導要領の狙いを十分に満たす。即ち、①大豆や豆腐は我々の食生活にとっても身近なものであり、また比較的安価なものであることから教材として利用し易い。②「豆腐作り」には様々な化学的内容(変化)を含む。小学校理科の学習内容を包含しながら、中学校・高校で取り扱うイオンの学習や高分子関連の内容、蛋白質の構造の分野にも関係するなど、理科の系統的学習が見込める質の高い教材である。また、理科の学習に適切な教材であると考えられる上に、家庭科などの他教科の学習とも関連する学習素材を内包している。

*長崎大学教育学部 **大村市立大村小学校 ***長崎大学教育学部附属小学校

本研究では「小学校理科における食品の教材化」の研究の手始めとして、「豆腐作り」を化学的な側面から捉え、第6学年の学習内容である「A：物質・エネルギー」区分の「水溶液の性質」に焦点を絞り、子どもたちに「ものづくり」能力の育成を通じた「実感を伴った理解」の定着と学習に取り組む意欲の養成を目的として、「豆腐作り」の教材化を検討した。

1 大豆蛋白質の特性

1-1 大豆蛋白質の特性

豆腐は大豆から受け継いだ多くの植物性蛋白質を含んでいる。大豆は様々な食品に加工されるが、その加工過程における大きな特徴は、大豆蛋白質のもつ乳化性やゲル形成性などの機能特性の発現にある。大豆がもつそれぞれの特性について、以下簡単に紹介する。

1-2 溶解性について

溶解性は大豆蛋白質の最も基本的な機能特性であって、多くの機能性発現にはその蛋白質の溶解特性と密接に関係している。一般に、大豆蛋白質はpHが中性から酸性になるに従って溶解性が低下し、pH4.5付近で最低になる。これは、このpH付近において大豆蛋白質自身の等電点に達するためである。

1-3 乳化性について

大豆蛋白質は優れた乳化性を有する。大豆中の油分の乳化では、大豆蛋白質分子は豆乳中の油滴表面に吸着し、蛋白質分子内の疎水性領域を油の方へ向ける。他方、親水性領域を水の方に配向させて、豆乳系内で油滴を安定的に分散させる作用をもつ(O/Wエマルジョン形成)。

1-4 起泡性について

メレンゲなどの食品は蛋白質などの泡を作る能力をうまく利用している。蛋白質による泡立ちは本質的には乳化作用と同じで、気泡の表面に溶液中の蛋白質分子が秩序良く吸着したものである。吸着した蛋白質分子は気液界面で界面活性化し、気泡を安定化させる作用をもつ。

1-5 水和特性について

食肉加工食品への大豆蛋白質の添加は、食品調理中における肉汁中の油分が分離することを抑制する。また、パンなどのベーカリー食品では、食品外皮の乾燥防止に効果的である。これらの大豆蛋白質の機能性発現には乳化性に加えて水和特性(保水性、水分吸着性、膨潤性、水分活性)が深く関与している。

1-6 流動特性とゲル形成性について

大豆蛋白質溶液の流動特性は、製品製造工程における作業コントロールや、豆乳などの混濁液物性の把握、理解に重要である。特に、濃厚な分散液の系において加熱で生じる初期発生時のゲル化現象の理解は、豆乳の凝固過程および豆腐製造には極めて重要である。

2 豆腐の特性・製法

2-1 豆腐について

豆腐の発祥は中国であり、宋代初期の陶穀による「清異録」(964年)に豆腐の記録がある。宋代末期の林洪による「山家清供」(1266年)には東坡豆腐という料理がみられる。豆腐の

日本への伝来は奈良時代から平安時代で、豆腐が庶民の間に広まったのは室町時代以降のことである。

豆腐は原料の大豆を磨砕して加熱した後搾って作った豆乳から殆ど全部凝固させて作るため、オカラの部分以外大豆に含まれる栄養成分はほとんど豆腐に移行する。大豆の細胞内に貯蔵されていた蛋白質は、磨砕によってその細胞膜が破砕されることにより細胞外に出て水に溶解するようになり、通常その約80%が豆乳中に抽出される。一般的には、その内の約90%が凝集物として豆腐に移行する。尚、大豆中の脂質は豆乳中へ約75%が抽出され、豆乳中の蛋白質が凝固させられる時に、豆腐の中へその約95%が取り込まれる。豆乳中の脂質分が蛋白質に取り込まれる事実は、牛乳から塩（えん）や酸によって牛乳中の蛋白質の凝集物がチーズ様の固形物として得られることから、確かめられる³⁾。

表1 豆腐および豆腐食品の食品成分表（可食部100gあたり）⁴⁾

製品		木綿	絹ごし	ソフト	充填	焼き豆腐	油揚げ	がんもどき	豆乳	
エネルギー	kcal	72	56	59	59	88	386	228	46	
水分	g	86.8	89.4	88.9	88.6	84.8	44	63.5	90.8	
たんぱく質		6.6	4.9	5.1	5	7.8	18.6	15.3	3.6	
脂質		4.2	3	3.3	3.1	5.7	33.1	17.8	2	
無機質	ナトリウム	mg	13	7	7	5	4	10	190	2
	カリウム		140	150	150	200	90	55	80	190
	カルシウム		120	43	91	28	150	300	270	15
	マグネシウム		31	44	32	62	37	130	98	25
	リン		110	81	82	83	110	230	200	49
	鉄		0.9	0.8	0.7	0.8	1.6	4.2	3.6	1.2
	亜鉛		0.6	0.5	0.5	0.6	0.8	2.4	1.6	0.3
	銅		0.15	0.15	0.16	0.18	0.16	0.21	0.22	0.12
ビタミン	E	mg	0.6	0.3	0.4	0.6	0.6	2.6	2.4	0.3
	K	μg	13	12	10	11	14	68	43	4
	B ₁	mg	0.07	0.1	0.07	0.15	0.07	0.06	0.03	0.03
	B ₂		0.03	0.04	0.03	0.05	0.03	0.03	0.04	0.02
	ナイアシン		0.1	0.2	0.1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.5
	B ₆		0.05	0.06	0.07	0.09	0.05	0.07	0.08	0.06
	葉酸	μg	12	11	10	23	12	19	21	28
	パントテン酸	mg	0.02	0.09	0.1	0.12	0.06	0.06	0.2	0.28

大豆タンパク質は必須アミノ酸をバランス良く含んでいる高栄養価食材であり、さらに体を調節して健康を維持増進させる機能性食材でもある。このような理由から、大豆タンパク質は多くの食品に利用されている。表1に豆腐及び豆腐食品の食品成分値を示す。

2-2 豆腐の製法

豆腐の一般的な製法を図1に示す。豆腐の製法は、大まかには大豆から豆乳を作り、こ

れに蛋白質凝固剤を加えて豆腐にする。豆腐は比較的簡単に作ることができるため、最近では各家庭でも作る人が多くなってきた。豆腐製造工程の一部を写真1および写真2で紹介する。

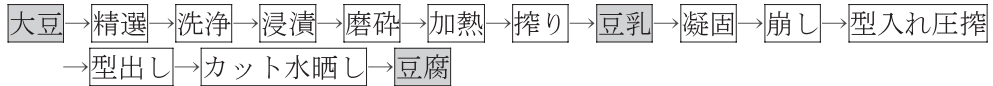


図1 豆腐の製造工程

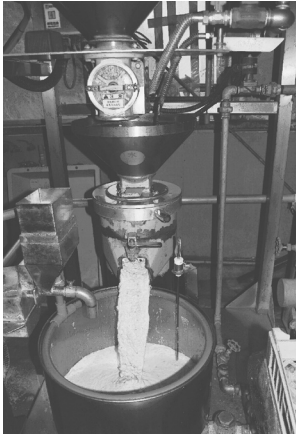


写真1 生呉の生成

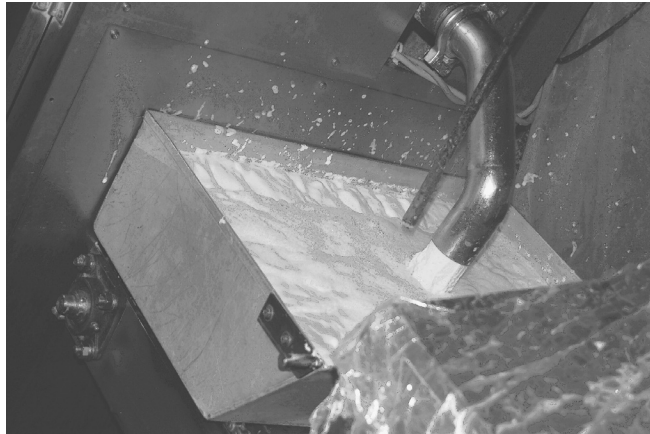


写真2 豆乳の寄せ桶への注入の様子

写真1：水に浸漬し水分を含んだ大豆を細かく砕く。磨砕は、大豆の細胞壁を破りタンパク質等の成分の抽出に役立つ。ここでできたものを呉（生呉）という。

写真2：豆乳を熱いまま凝固器（寄せ桶）に注入して凝固剤を入れ、凝固剤が均一に行き渡るように攪拌する。一定時間をおくと豆腐として凝固する。

3 「水溶液の性質」単元への豆腐教材の活用について

大豆タンパク質には主に等電点が関与する酸凝固の性質をもっており、またアルカリ性の溶液を加えると凝固物の崩壊分散が起こり、溶解して豆乳状に戻るという性質がある。この可逆性を示す事象にも注視して、第6学年の「水溶液の性質」分野に「豆腐作り」教材として活用することを視野に入れて検討した。

3-1 豆腐の凝固剤と凝固方法について

大豆蛋白質の凝固剤として、下の塩凝固剤と酸凝固剤が一般的に用いられている。この中で、酸凝固剤はグルコノデルタラクトンのみである。

- ・塩化マグネシウム
- ・硫酸カルシウム
- ・塩化カルシウム
- ・硫酸マグネシウム
- ・グルコノデルタラクトン

[酸凝固]：大豆タンパク質分子の等電点はおおまかに約pH4.5である。等電点より高いpHでは豆乳中の大豆蛋白質は-に荷電し、低いpHでは+に荷電

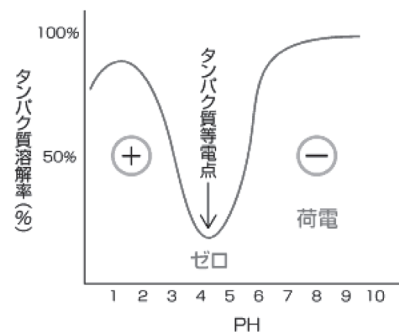


図2 大豆タンパク質の溶解度変化⁵⁾

することから, 等電点から離れた pH の状態では自身の電荷によるお互いの反発力で蛋白質分子は凝集でき難い。しかし, 等電点に近づくにつれ蛋白質の荷電による反発力が減ることにより分子凝集が起こる。図 2 に pH による大豆蛋白質の溶解率 (%) の変化を示した。酸凝固剤として用いられるグルコノデルタラク톤を水に溶かすと徐々にグルコン酸に変化する。豆乳にグルコノデルタラク톤水溶液を加えると, 豆乳の pH が低下し大豆蛋白質の凝集が起こる。当然, 豆乳に塩酸や酢などの酸を加えていっても豆腐が生成する。

3-2 理科の目標「実感を伴った理解」と「水溶液の性質」単元について

第 6 学年理科「A: 物質・エネルギー」区分の「水溶液の性質」単元における溶液の液性に関しては, リトマス紙の使用が例に挙げられているだけであり, これだけでは水溶液の性質について子どもたちに「実感を伴った理解」を得させることは難しい。

「水溶液の性質」について児童の理解状況, 実生活への応用度を知るために, 長崎市立 K 小学校 6 年生 (34 名), 長崎市立 S 小学校 6 年生 (58 名), 長崎市立 M 小学校 6 年生 (55 名) の計 147 名の児童に対して下のアンケート調査を行った。①, ②は基礎知識の定着を調査する項目で, ③, ④, ⑤は実生活への応用度の調査項目である。

- ① リトマス紙を知っていますか。
- ② リトマス紙の性質について, 知っていれば教えてください。
 - 1. 青色リトマス紙は, 酸性で何色になりますか。
アルカリ性で何色になりますか。
 - 2. 赤色リトマス紙は, 酸性で何色になりますか。
アルカリ性で何色になりますか。
- ③ 酸性・アルカリ性を調べる道具には, どんなものがありますか。(リトマス紙以外に) 知っているものがあれば, 全部書いてください。
- ④ あなたの身の回りにあるもので, リトマス紙のように, 酸性やアルカリ性で色や性質が変わるものはあると思いますか。
- ⑤ ④で「ある」と答えた人に質問です。それは何ですか。

質問①については, 殆どの児童がリトマス紙を知っていると回答した (図 3)。リトマス紙に関する性質について子どもたちの理解状況を把握するために質問②を設けた。図 4 に回答の結果を示した。これらの結果は, 水溶液の液性についてリトマス紙を用いる学習指導は効果的であるが, このリトマス紙の性質を正しく理解していた子は全体の 3/4 程度に留まっていることを示している。

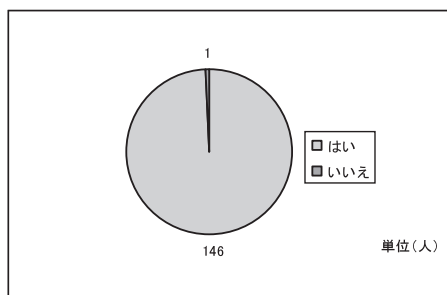


図 3 質問項目①に対する回答結果

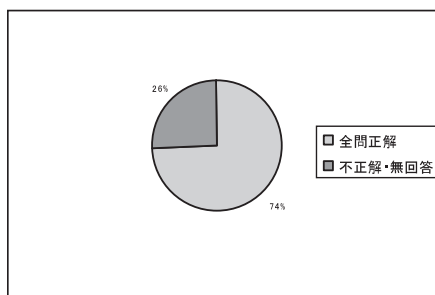


図 4 質問項目②に対する回答結果

水溶液の性質についての児童の理解と実生活への応用との関係を調査するために、質問項目③を設けた。無回答の児童が1/4程もいたが、集計した結果を表2に示す。

表2 質問項目③に対する回答結果

1位	ムラサキキャベツ	(71人)
2位	B T B 溶液	(18人)
3位	pH メーター	(17人)
4位	リトマスゴケ	(4人)
	石灰水	(4人)
	フェノールフタレイン	(4人)
5位	以下省略	

ムラサキキャベツが酸性・アルカリ性を調べる試薬になることを知っている児童が略半数近くいた。1位のムラサキキャベツを除く2位以下の回答の物質名などは全て理科の学習の中で使われているもので、実生活との関連はほとんどないものである。表2に示された結果は、新学習指導要領の理科で求められている「実感を伴った理解」が得られている状況とは程遠い結果と言えよう*)。

質問項目④では、③の質問内容をほとんど変えずにより実生活に根付いた理解状況を調査した。「身の回りにあるもので」という言葉を付加しただけで、リトマス紙のように酸性やアルカリ性で色や性質が変わるのは「ない」と答えた児童が半数近く(63名)にまで増えた(図5)。ここでも理科学習と実生活の乖離を窺わせる結果が得られた。

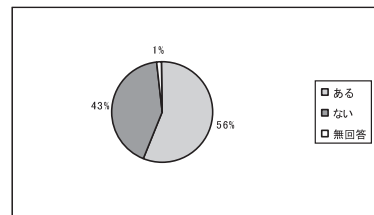


図5 質問項目④に対する回答結果

以上の結果から、小学6年生の児童はリトマス紙を用いた学習により、液性についての基礎知識はある程度定着はしているが、実生活の中での液性判別に対する対応は十分でないことが明らかとなった。

4 小学校理科学習における「豆腐作り」の教材化

新学習指導要領における「水溶液の性質」単元において、「ものづくり」に対する具体的な学習指導例は見当たらない。さらに、3・2節で述べたアンケート調査結果は、現在の学習指導のままでは「水溶液の性質」について、子どもたちに「実感を伴った理解」を体得させることは難しいという状況を示している。

現在、小学校理科学習指導要領などにおいて「豆腐作り」を活用した学習は一切見受けられない。しかし、総合学習や地域主催のイベント行事などにおいて「豆腐作り」は実際行われている。そこで、児童に「酸性」、「アルカリ性」という言葉を意識させつつ、大豆

*) 酸・アルカリの液性を調べる試薬としてムラサキキャベツ水が用いられる場合が多いが、乾燥させたアサガオの花水の使用を推奨する。乾燥アサガオは採取した花を3日も放置乾燥させればよい。放置した状態の保管や保存でも2年間は使用可能である。その上、乾燥アサガオを水に浸すだけで簡単にアサガオの花水が作れる。

や豆乳や豆腐などの身近にある実物に触れることができる「豆腐作り」を, 理科の学習の中で教材として利用することができれば, 「水溶液の性質」について「実感を伴った理解」が得られ易くなると考える。

4-1 新規理科教材「豆腐作り」の特長について

理科教材として, 大豆蛋白質の酸凝固の性質を利用して「豆腐作り」を行うことについて, 以下の2点を特長としてあげることができる。①「酸性」という概念を実生活に生かす「実感を伴った理解」として子どもたちに体得させることができる。②大豆蛋白質が酸性で凝固し, それが塩基性で溶解するという性質を利用することで, 酸性とアルカリ性の相対性を理解させることができる。

4-2 豆乳に酸凝固剤を用いた豆腐作りの実践について

「青少年のための科学の祭典2008」(平成20年10月, 会場:長崎市科学館)において, 「豆腐でサイエンス」のブースを出展し, 豆腐の凝固性などについて参加者(主に児童)に幾つかの実験を紹介した。参加して体験してくれた大勢の子どもたちは, 豆乳にレモン汁やリンゴ酢などを加えることによって豆腐ができることや, できた豆腐に水酸化ナトリウム水溶液を加えると元の豆乳の状態に戻ることに驚いていた。子どもたちから「酸性・アルカリ性を検査するリトマス紙の実験よりも楽しいし分かりやすい」という声を聞くことができた。その反面, 下の①, ②, ③の観点について, 再検討を要する反省項目が認められた。

- ①凝固剤の割合: 豆乳の量も凝固剤の量も目分量で行ったため, 豆腐の生成量および凝固に要する時間に差がみられたこと。
- ②水酸化ナトリウムの濃度: 1 mol/L 濃度の水酸化ナトリウム水溶液を用いたため, 豆腐から豆乳の状態近くになるのにかなりの時間を要したこと。
- ③作り方そのもの: 「型入れ・圧搾」という手順を省いたため, できた豆腐の固まり具合が不完全であったこと。

これらの課題項目の見直しのため, 長崎県西彼杵郡時津町の吉川食品(株)を訪ね, 「豆腐作り」の現状と製造上の工夫点などの説明を受けた。下のア, イ)の「豆腐作り」に関する事柄や, 「豆腐作り」の手順その他, 多くの情報を得ることができた。

- ア) 豆乳と凝固剤の分量: 豆乳400gに対して, にがりは1gで充分であること。
- イ) 凝固剤と豆乳を混ぜる手順: 少量の凝固剤を入れた型の容器に, 温めた豆乳を一気に流し込むと, その勢いで豆乳と凝固剤が搅拌されるので, 混ぜる操作は特段しなくても済むこと。

ここで得られた情報を基にして, 「豆腐作り」における酸凝固剤の種類と分量について検討を加えた。その実験方法と豆腐生成の様子を以下に示す。

1. 市販の豆乳を深めの鍋に入れ, ガスコンロで温めた(90℃)。
2. 紙コップに少量の凝固剤を入れた。
3. 温めた豆乳を凝固剤の入った紙コップに一気に流し入れた。
4. そのまま静置し豆腐を作成した。

酸凝固剤として, 酢, レモン汁, グルコノデルタラク톤を用いた。使用した酢, レモン汁の溶液は全て市販品をそのまま使った。グルコノデルタラク톤は飽和水溶液(溶解度: 59(25℃))を用いた。

【表3】実験Ⅰ 豆乳：凝固剤の割合＝100mL：1mLの場合

凝固剤	生成物（豆腐）の様子
酢	白い固まりが見られることは見られたが、ほぼ水分であった。
レモン汁	白い固まりが所々に見られた。
グルコノデルタラクトン	ほとんど変化が見られなかった。

【表4】実験Ⅱ 豆乳：凝固剤＝100mL：2.5mLの場合

凝固剤	生成物（豆腐）の様子
酢	おぼろ状で水分を多く含んでいた。
レモン汁	おぼろ状。酢の場合よりも水分が多かった。
グルコノデルタラクトン	プリン状で、水分が多かった。

【表5】実験Ⅲ 豆乳：凝固剤＝100mL：5mLの場合

凝固剤	生成物（豆腐）の様子
酢	ヨーグルト状に固まった。きめが粗い。
レモン汁	ヨーグルト状に固まった。きめが粗い。
グルコノデルタラクトン	きめが細かく、表面がつるんとした感じに固まった。

【表6】実験Ⅳ 豆乳：凝固剤＝100mL：10mLの場合

凝固剤	生成物（豆腐）の様子
酢	水分が多く余り、おぼろ状であった。
レモン汁	水分が多く余り、おぼろ状であった。
グルコノデルタラクトン	きめ細かく表面がつるつるしているが、水分が多かった。

豆乳100mLに対して用いた各酸凝固剤の量が5mLの場合が一番豆腐の出来具合は良かった。この中でもグルコノデルタラクトンを用いた場合は、グルコノデルタラクトンの保水特性のため、できた豆腐は圧搾する必要がない程の適度な固さと腰の強さがあった。

4-3 発展的理科学習としての木綿豆腐作りについて

子どもたちの理解を“実際の自然や生活との関係への認識を含む理解”へと近づけるために、「型入れ・圧搾」操作を取り入れた木綿豆腐作りについて、我々なりに工夫し実践した方法を以下に紹介する。

1. 市販の無調整豆乳を深めの鍋に入れ、ガスコンロにかけて90℃まで温めた。
2. 穴のあいた四角い容器（写真3）に木綿布を敷き、その上にサランラップを敷き凝固剤（豆乳：凝固剤＝100：5の割合）を入れた（写真4）。
3. 温めた豆乳を、サランラップを敷いた容器の中に一気に流しこみ、しばらく静置した（写真5）。
4. 圧搾を行う前にはサランラップのみを抜き（写真6）、上から蓋をして錘を乗せ圧搾した。
5. 生成した豆腐を型枠などから取り外した。



写真3 使用した型枠



写真4 型枠上に布とサランラップを敷いた



写真5 凝固剤と豆乳を入れた様子



写真6 サランラップを抜いた様子

4-5 豆腐のアルカリによる溶解実験について

アルカリ性の水酸化ナトリウム水溶液で豆腐が溶解する様子を以下紹介する。

1. 3本の試験管に、豆乳とグルコノデルタラクトン（100：5の割合）で作った豆腐を1片（5mm×5mm程度）ずつ取った（写真7）。
2. それぞれの試験管に、1mol/L, 2mol/L, 5mol/L濃度の水酸化ナトリウム水溶液を5mLずつ加え、放置した。
3. 経過時間ごとに、3本の試験管中の豆腐の溶解の様子を観察した。

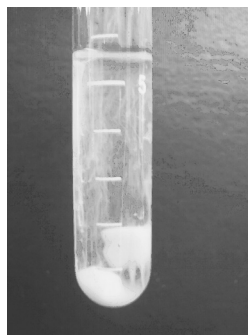
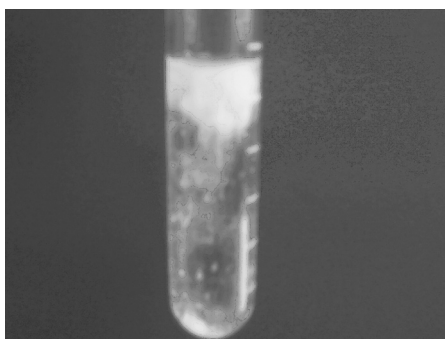
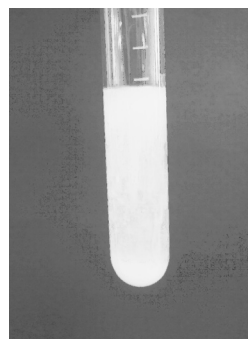
表7に観察結果を示す。また、豆腐の溶解の様子を（写真7）～（写真10）に示す。

表7 各種濃度の NaOH_{aq.} による豆腐の状態変化の観察

	1 mol/L 濃度 NaOH _{aq.}	2mol/L 濃度 NaOH _{aq.}	5mol/L 濃度 NaOH _{aq.}
5分後	固形物の豆腐は沈んだまま溶解し始めた	固形物の豆腐が浮かんできた	固形物の豆腐が浮かんできた
10分後	溶解が僅かに進行	豆腐が溶解し始めた	変化なし
15分後	固形物の崩壊物が沈殿した	固形物の半分以上が崩れ、崩壊物が沈殿し始めた	固形物の崩れは少しずつ進行の様子
25分後	豆腐の固形物のほぼ全部が崩壊沈殿した	豆腐の固形物全体が崩壊し、底の方に沈殿した	固形物の崩れは止まっていた
24時間後	沈殿物が底の方に残っていた	沈殿物が底の方に残っていた	固形物の半分ほどが残っていた



写真7 溶解前の豆腐の様子

写真8 1mol/L NaOH_{aq.} 5分後の様子写真9 2mol/L NaOH_{aq.} 5分後の様子写真10 2mol/L NaOH_{aq.} 15分後の様子

試験管に入れた豆腐に水酸化ナトリウム水溶液を加えると、豆腐の凝集した蛋白質分子が $-$ に荷電し、分子相互の反発力が強まり凝集していた蛋白質分子が離散するため、2mol/L濃度のものは25分程でほぼ完全に豆腐の固形物が崩れることが観察できた。

5 理科学習における系統性を意識した豆腐教材の活用

学校教育の学習の場に「豆腐作り」教材を取り入れることについて推奨できる点を幾つか提案したい。

5-1 水平的系統性を意識した豆腐教材についての検討

5-1-1 総合的な学習の時間と関連させた活用法

新小学校学習指導要領では、第5章に総合的な学習の時間について記述が加えられた。この中の第3「指導計画の作成と内容の取扱い」に、以下の内容が示されている。

- (2) 地域や学校、児童の実態等に応じて教科等の枠を超えた横断的・総合的な学習、探究的な学習、児童の興味・関心等に基づく学習など創意工夫を生かした教育活動を行うこと。
- (3) 第2の各学校において定める目標及び内容については、日常生活や社会とのかかわりを重視すること。
- (5) 学習活動については、学校の実態に応じて、例えば国際理解、情報、環境、福祉・健康などの横断的・総合的な課題についての学習活動、児童の興味・関心に基づく課題についての学習活動、地域の人々の暮らし、伝統と文化など地域や学校の特色に応じた課題についての学習活動などを行うこと。

理科の学習に関連付けて、総合的な学習時間に「豆腐作り」を取り入れることは、地域や日本の伝統の食文化を受け継ぐことにもなる。長崎県内でも地元で作った豆腐を各地域の名産品として推奨しているところは多い。2008年11月27日付けの長崎新聞に、長崎県西海市の小学校における「豆腐作り」の実践例が紹介されていた。そこでは、児童は自分たちの手で大豆を育て、地域のゲストティーチャーの指導により、その地域に伝統的に伝わる豆腐作りを行っている。この「豆腐作り」の例の様に、総合的な学習の時間に理科の学習と関連付けた横断的な学習ができれば、総合的な学習の時間での地域における「豆腐作り」は一層効果的な学習になると考える。

5-1-2 家庭科と関連させた豆腐教材の活用法

新小学校学習指導要領第2章の第8節家庭科では、「2内容」の「B：日常の食事と料理の基礎」として、「(3)エ 米飯及びみそ汁の調理ができること。」とある。さらに解説では、「みそ汁の調理については……。指導に当たっては、例えば、みそ汁の中に入れる実の選び方や取り合わせ方について、日常よく使われる食品の中から栄養のバランスや季節などを考えて、食品の組合せを、工夫することも考えられる。」としている。

みそ汁の具材として豆腐を用いることは当然考えられる。その際には理科の授業で作った豆腐を使えば、理科学習の内容にも触れることもできる。このように考えれば、「豆腐作り」は家庭科の学習においても十分活用できる教材であると考ええる。

5-2 垂直的系統性を意識した豆腐教材についての検討

5-2-1 中学校理科における豆腐の活用

新学習指導要領では中学校理科において「イオン学習」が再び学習指導内容として加えられた。ここでは酸とアルカリの水溶液におけるそれぞれの特性が、主に水素イオンと水酸化物イオンによることを学習する内容である。例えば酢酸は次のように電離する。

$\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$ 従って、豆腐教材への適用としては、酢（酢酸）が豆乳に加えられると、酢酸から電離して生じた H^+ が、 $-$ に荷電している豆乳（蛋白質コロイド溶液）分子の電荷を中和するため、蛋白質分子が凝集し豆腐になると説明できる。

また、豆腐に水酸化ナトリウム溶液を加えると、水酸化ナトリウムの作用により、豆腐中の電荷を帯びていなかった蛋白質分子が $-$ に荷電するようになり、分子が相互に反発しあって豆乳状になったり、さらにはアミノ酸にまで加水分解されて溶解する。これらの事象については、簡単には磁石を用いて、極の違いによる引力・反発力を示すモデルで説明できるであろう。中学生に対して蛋白質分子の酸性・塩基性における構造の変化にまで触れて説明する必要はないと、我々は考えている。

5-2-2 高校理科における豆腐の活用

高校化学では、酸や塩基についてもっと厳密に学習（広義の酸・塩基の概念規定）することになるから、身近で具体的な豆腐作り（酸凝固）などの化学的事象と酸・塩基概念との関連をキチンと捉えさせておく必要がある。また、豆腐は蛋白質を主な成分とすることから、蛋白質やアミノ酸といった有機化合物の学習に通じる。ポリマーである蛋白質が加水分解を受けてモノマーのアミノ酸になり、身体の構成物の素材提供源や栄養源として身体に吸収される学習の具体例としても利用できる。蛋白質が示すこのような重要な加水分解の過程を、実際に豆腐の加水分解実験を取り入れることで、消化学習の深化が図れると考える。

上記したように「豆腐作り」は、小・中・高校の理科（化学）の学習において系統性をもたせた指導ができる教材である。さらにまた、生物分野の学習においても、蛋白質と生命・健康の関わりについても学習するので、「豆腐作り」を通して生徒の理科学習に対する興味をますます深めることに繋がると考える。

おわりに

長崎市科学館では、科学館主催の「スターシップフェスタ」企画を年に2回開催し、長崎市周辺の児童、生徒への科学の普及振興に大きな貢献をしている。ただし、この科学館にも最近の社会的な不景気の荒波が押し寄せてきている現状がある。今後、長崎市科学館においては長崎における科学教育や科学研究、さらにはもっと広く科学に関連する交流活動を担う拠点として、また市民の個々の科学愛好家による活動などについての一層の支援と自助努力が望まれるところである。

長崎市科学館における子どもを対象にした理科実験教室や「科学の祭典」などの企画では「アサガオの花水」の実験が人気だった。pHの検査試薬としてアサガオの花水を利用し、試料の液性によりその鮮やかな色の変化を観察させる実験である。この類の実験ではリトマス紙を使った実験が理科教育では一般的であるから、アサガオの花水がリトマス紙と同じ働きをすることに驚く子どもが非常に多い。長崎市科学館における科学分野の企画活動を協力支援する中で、豆腐にまつわる科学の話を紹介してもらったことがあり、そこで豆乳に酸性物質を加えて豆腐が作られることを知った。この知識と、上述の酸・アルカリに関する実験事実を関連させて、「豆腐作り」をどうにか理科教育に応用したいとの思い付きから、本研究に取り組むこととなった。「豆腐作り」の学習がもつ系統性・発展性については、さらに関連機関とも連携を図りながら研究を重ねて深めていきたい。

謝辞 (Y.M.)

本研究を遂行するにあたり, 豆腐製造過程の見学や, 豆腐作りに関する様々な情報やご助言を頂いた吉川食品の吉川龍一社長、アンケート調査にご協力頂いたK小学校, S小学校およびM小学校の皆様にご礼申し上げます。また, 長崎大学教育学部で学んだことを大切にして, これからの小学校教師生活に生かしていきたい。最後に, これまで著者の成長を一番身近で支え, 見守ってくれた両親に感謝します。

資料

- 1) 武藤由貴子, 長崎大学教育学部 2008 年度卒業論文
- 2) 小学校学習指導要領解説, 理科編, 文部科学省 (2008 年)
- 3) サイエンスワールド 2009 解説パネル集, 長崎大学教育学部サイエンスワールド実行委員会 (2009 年 9 月 19 日)
- 4) 五訂日本食品標準成分表, 香川芳子監修, 女子栄養大学出版部 (2002 年)
- 5) 扶桑化学工業株式会社 HP (<http://www.fusokk.co.jp/gluconicacid/toufu/index.html>)