

科学的な探究心を高める化学教材の開発

- セッケン・洗剤に関する教材の開発を通して -

佐賀県立佐賀東高等学校 教諭 田中 幹生

要 旨

日用品であるセッケンと洗剤に関する科学的な探究心を高める化学教材の開発を行った。具体的には「セッケンの起源」「現在普及しているセッケンの原型」「合成洗剤開発の経緯と水質汚染」「市販セッケン・洗剤の成分表示と含有成分及び機能」「生徒同士の話し合いで作るオリジナル性溢れるセッケン作り」である。開発した教材を互いに関連付けた上で、実験中心のモデル試案を作成し、授業を実践した。その結果、生徒のセッケンや洗剤に対する「興味・関心の高まり」「理解の深まり」「探究する意欲の高まり」が見られ、開発した教材及びモデル指導案が探究心を高めるのに有効であることが分かった。

< キーワード > 高校化学 探究心 セッケン 洗剤 化学教材の開発 オリジナルセッケン

1 主題設定の理由

新しい時代へ向けて豊かな人間性を育てるとともに個性を生かしてその能力を十分に伸ばす教育の在り方が問われる中、日常生活との関連を図るとともに児童生徒がゆとりをもって観察、実験に取り組み、問題解決能力や多面的・総合的な見方を培うことを重視して、学習指導要領の改訂が行われた。

私のこれまでの授業は知識・理解を重視していたために観察、実験における内容の説明や提示方法の工夫が十分ではなかったように感じる。そこで、生徒の興味・関心を喚起し、科学的な思考力などを身に付けさせることのできる化学教材を開発したいと考えた。

日用品であるセッケンや洗剤には、用途に応じて多種多様な製品があり、様々な科学技術が使われているため、科学が人間の生活に貢献してきたことを学習させる上で有効な教材であると言える。また、セッケンや洗剤について、教科書では新たな教材の記載例は少なく、教材開発の必要があると考えた。

そこで、本研究では「セッケンと洗剤の合成実験」を取り上げ、最近のセッケンや洗剤に焦点を当てた化学教材の開発を行う。教材開発に当たっては、分子の機能性とその用途との関連を考慮するとともに、生徒が実験操作における技能を向上させ、セッケンや洗剤に関する興味・関心を高めさせたい。また、理解を深めさせ、科学的な探究心を高めさせることができるように配慮したい。さらに、開発した教材と既存の教材を効果的に結び付けた授業を通して、化学物質と環境問題への関心を高めさせ、多面的、総合的な見方や考え方を身に付けさせたいと考え、本主題を設定した。

2 研究の目標

科学的な探究心を高めるための、最近のセッケンや洗剤に関する新たな化学教材を開発する。

3 研究の内容と方法

- (1) 生徒への意識・実態調査を実施し、結果の分析を行う。
- (2) 先行事例研究、新学習指導要領、探究心の高まり及び教材開発に関する文献等の調査・研究を行う。
- (3) 教材開発及びモデル試案の作成を行う。
- (4) モデル試案の授業実践と事前・事後アンケート結果についての分析を行う。

4 研究の実際 1 (文献等による調査・研究)

(1) 探究心の高まりと探究する能力

新学習指導要領に示された理科の目標には、探究的な学習をより一層重視するために、新しく「探究心高め」という言葉が導入されている。探究心の高まりは探究する能力と深くかかわっていると考える。文献調査により、探究する能力は探究の過程を通じた学習によって習得され、探究心の高まりは、図1のように、探究の過程の各学習活動と関連付けた授業によって喚起されるものととらえた。また、セッケンや洗剤について「興味・関心をもったか(興味・関心の高まり)」「理解が深まったか(理解の深まり)」「もっと詳しく調べてみたいと思ったか(探究する意欲の高まり)」を探究心の高まりに関する3項目(以下、探究心3項目とする)の意識として取り上げ、関連するアンケートや授業時のプリントに設けた問い及び感想文の分析により生徒の探究心の高まりを調べるよう計画した。

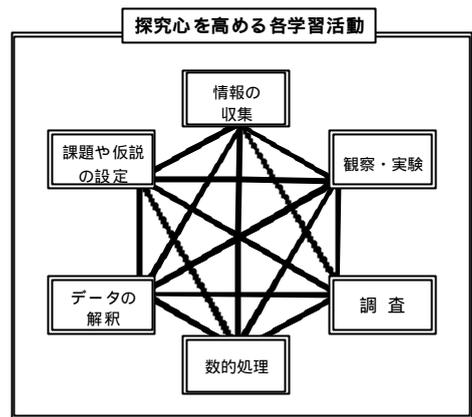


図1 探究心を高める学習活動の関係

(2) 教材開発の視点

江田稔・三輪洋次が化学の性格と目標として述べている文章から「観察、実験を通して得られた知識を生かした物質の利用や創造する能力」「自然の事物・現象を化学的に考察できる能力と態度」「1つの物質が取扱い方により有益にも有害にも成りうるという認識」「現代社会における化学の役割に対する確かな判断力」の4つを教材開発に当たっての視点として取り上げた。これらの視点を基に、実験を通して生徒の探究心が高められるような教材の開発に取り組んだ。

5 研究の実際 2 (セッケンと洗剤に関する文献調査及び教材開発)

教材開発の4つの視点に基づき、「セッケンの起源」「現在普及しているセッケンの原型」「合成洗剤開発の経緯と水質汚染」「市販セッケン・洗剤の成分表示と含有成分及び機能」「生徒同士の話合いで作るオリジナル性溢れるセッケン作り」の5項目について文献調査を行い、以下に示す5つの教材を開発した。紙面の都合上、その要点のみを以下に示す。

(1) 牛肉からできるセッケン【演示実験】

B.C.200年頃の古代ローマではサポー(Sapo)と呼ばれる丘で、焼いた羊の肉を神へのいけにえとして供える儀式が行われていた。その際に焼いた羊の肉からしたたり落ちた脂(あぶら)が、草木や葉を燃やしてできたアルカリ性の灰と混じり合い、水分が加わって、自然にセッケン成分が生まれた。これを基に、牛肉からセッケンができる意外性が、生徒への効果的な動機付けとなるよう、演示実験として教材化を行った。実験操作は、写真1のように牛肉の脂身をバーナーで加熱して油を採り、試験管に移して3~4粒の固体水酸化カリウムと沸騰石を加え、約5分間程静かに加熱すると泡が生じてセッケンができる。生じたセッケンは、水と油の入った試験管に少量加えて振り混ぜた後、初め分離していた溶液が混じり合うことで確認できる。



写真1 牛の脂の採取

(2) マルセイユセッケン作り【生徒実験】

オリーブオイルなどの食用油を主原料としたマルセイユセッケンは、現在使用されるセッケンの原型の1つと言われている。17世紀にフランスのルイ14世が厳しい審査基準を設けて品質の高いセッケン作りを行わせたこともあり、世界でも最高級と言われるようになった。今回、生徒の学習意欲を喚起する

ために生徒実験として教材化を行った。実験操作はココナツ油56gとパーム油32g及びオリーブオイル230mlを混ぜた混合オイルと約25%の水酸化ナトリウム水溶液125mlを用意する。両者の温度を38~40に保ちながら、混合オイルに水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ加え、よく混ぜる。約20分で反応を一端止め、溶液を5~6つのプラスチックコップに均等に移して放置し、その後約1か月熟成させると、写真2のように実際に使えるマルセイユセッケンが出来上がる。



写真2 製作したセッケン

(3) 合成洗剤開発の経緯と水質汚染【資料教材】

最初の合成洗剤は、第1次世界大戦中のドイツで開発された。その後配合剤の添加などの改善により普及が進み、1950年代後半になると機能性に優れたABS(注1)が洗剤の主流となった。しかし、ABSが生分解されにくかったために、1961年頃、日本で河川や湖沼での発泡や地下水の汚染が問題となり、それ以降生分解性の良いLAS(注2)が用いられ始めた。さらに、1970年頃、琵琶湖などの閉鎖系水域において、工場から出る産業排水などにより窒素やリンの濃度が増加して赤潮が発生し、社会問題となった。これを契機に洗剤の無リン化が進み現在に至っている。このような経緯を基に、科学の技術は扱い方によっては人間にとって有益にも有害にも成り得ることや、環境への影響を配慮しつつ洗剤の改善が重ねられて日常生活が豊かになったことを確認させるとともに、現代社会における、望ましい科学技術の使い方を生徒に考えさせるための教材化を行った。

(注1) 側鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩、(注2) 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩

(4) 市販セッケン・洗剤の成分表示と含有成分及び機能【資料】

教材化には市販の製品を参考とし、表1のような資料を幾つか作成した。授業では、その資料を用いて製品の含有成分と機能を確認させ、化学物質に対する関心を高める目的で、上記(3)の合成洗剤開発の経緯と水質汚染と関連させて使用した。

(5) オリジナルセッケン作り【生徒実験と資料教材】

セッケンの原料となる油脂にはヤシ油、オリーブ油などの食用油をはじめ多くの種類がある。表2のように油脂に含まれる脂肪酸の性質は、分子内の炭素数や不飽和結合の有無により、泡の質、洗浄力、刺激、泡の持続力といったセッケンの性質の違いを生じさせる。

表1 洗剤の成分表示の例

家庭用品品質表示に基づく表示	
品名	洗濯用合成洗剤
用途	綿・麻・レーヨン・合成繊維用
液性	弱アルカリ性
成分	界面活性剤(25%) 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム アルファオレフィンスルホン酸ナトリウム アルキル硫酸エステルナトリウム 硫酸塩、ケイ酸塩、炭酸塩 アルミニウムケイ酸塩 蛍光剤配合
正味量	750g
使用量	水30ℓに対して25g
使用上の注意	
株式会社 東京都 区 TEL	

表2 脂肪酸とその性質

脂肪酸の名称	炭素数	化学式	分子モデル	泡の質	洗浄力	刺激	泡の持続力
ラウリン酸	12	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH		とても大きい	強い	強	弱い
ミリスチン酸	14	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ COOH		大きい	とても強い	中	やや弱い
パルミチン酸	16	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH		細かい	高温で強い	弱	強い
ステアリン酸	18	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH					
オレイン酸	18(1)	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH-(CH ₂) ₉ COOH		細かい	強い	ほとんどない	強い

炭素数の()内は二重結合の数を表す

機能性に優れたセッケンを作るためには、ラウリン酸，パルミチン酸，オレイン酸の3種をバランスよく組み合わせればよい。そこで，脂肪酸の性質と油脂の含有量等を生徒同士の話し合いを通して製作させる，オリジナルセッケン作りの教材化を行った。授業では，表3に示すセッケンチェック表や各食用油に含まれる脂肪酸とその含有量や脂肪酸の性質及び原料価格を考慮するためのセッケンチェック資料などを使用し，科学的な探究心を高める教材となるよう工夫した。

表3 セッケンチェック表

項目	内容
機能性	色は好ましいか？
	においは気にならないか？
	泡立ちはどうか？
	洗った後の手の感触はどうか？ (余分に油が手につかないか？)
	酸性，アルカリ性の程度はどうか？
	保湿感はどうか？
コスト	原価価格は妥当か？
オリジナルティー	他のグループが作ったセッケンにないオリジナルティーはあるか？
制作時の安全性	危険な薬品を使ったり，危ない実験方法でなかったか？

6 研究の実際3 (授業の実践)

(1) モデル試案と授業の実践及びその結果

教材を互いによく連携させ，科学的な思考の流れも考慮した授業を行うため，表4に示すように開発した教材を組み込んだ「モデル試案」を作成した。モデル試案は全6時間で，前半3時間は基礎編，後半3時間は基礎編での学習内容を用いた応用編になるよう計画した。このモデル試案に沿って授業を行い，アンケート等により4の(1)に述べた探究心の3項目を中心に生徒の意識を調査した。なお，結果を表す図2，3，5は，探究心の3項目についての問いに「当てはまる」と答えた生徒数を表す。

表4 開発した教材とモデル試案の流れ

時	モデル試案 (概略)		使用する開発した教材	備考
1/6	セッケンと洗剤の基礎		・牛肉からできるセッケン ・マルセイユセッケン作り	* 基礎編
2/6	セッケンと洗剤の機能の違い			
3/6	洗剤開発の経緯と水質汚染		・洗剤開発の経緯と水質汚染に関する資料 ・市販セッケン・洗剤の成分表	
4/6	オリジナルセッケン作り	実験計画書の作成	・オリジナルセッケン作り	応用編
5/6		セッケンの製作		
6/6		セッケン審査		

* 基本編では既存の実験も使用する

ア 第1時：セッケンと洗剤の基礎

セッケンの合成実験に関する実験技術の習得とともにセッケン・洗剤への興味・関心を高めさせることを目的として，開発した教材である「演示実験：牛肉からできるセッケン」「生徒実験：マルセイユセッケン作り」，既存の実験である「資料：セッケン・洗剤分子の親水性と疎水性」，「生徒実験：ヤシ油セッケン作り」を用いて授業を行った。受講生徒27人を対象に行ったアンケートにおいて，図2に示すように，

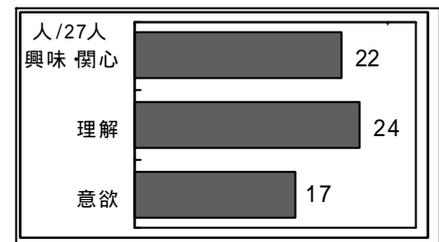


図2 第1時の意識

探究心3項目への問いの結果は，意欲は63%であったが他は8割以上であった。また，生徒全員が「牛肉からセッケンができるのは意外だった」と答え，「最高級とされるマルセイユセッケンが手軽に製作できることが実感できた」には24人(89%)の生徒が当てはまると答えており，開発した教材が探究心3項目に関して有効であることが分かった。

イ 第2時：セッケンと洗剤の機能の違い

セッケンと洗剤の機能の違いを理解させるための授業を行った。授業では，既存の実験を用いて第1時の学習内容を復習するとともに，第3時以降の授業内容の基礎を行った。

ウ 第3時：洗剤開発の経緯と水質汚染

開発した「合成洗剤開発の経緯と水質汚染」「市販セッケンや洗剤の成分表」の資料教材を用いて，含まれる化学物質とその機能性や，合成洗剤が開発された経緯と水質汚染について説明した後に，既

存の実験である「ラウリル硫酸ナトリウム（洗剤）の合成実験」を行った。この授業の目標は、日常生活を豊かにするために洗剤の改良が重ねられて現在の成分になっていることや化学の技術が扱い方により有益にも有害にもなりうることを理解させることである。受講生徒27人を対象に行ったアンケートの結果を図3に示す。探究心3項目については23人（85%）、23人（85%）、19人（70%）であったことから、開発した教材が探究心3項目に関して有効であることが分かった。また、今後の洗剤と環境の関係について生徒に意見を記述させたところ、「これからのセッケンや洗剤は、地球に優しく、人の体に合ったものを作ることが必要であると思う」といった環境に悪影響を及ぼさない洗剤の開発を期待する意見が多かったことから、第3時の目標は達成できたと言える。

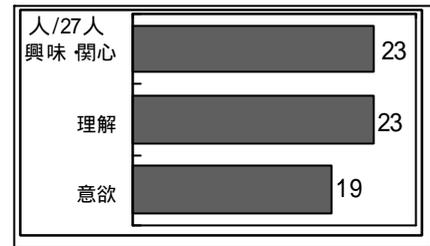


図3 第3時の意識

エ 第4時、第5時：オリジナルセッケン・実験計画書の作成とセッケンの製作

オリジナルセッケン作りに関する実験計画書の作成及びセッケンの製作を行った。生徒を5～6人のグループ（A～E）に分け、第4時にはセッケンチェック資料などを基にセッケンの特徴、使用する薬品・器具、コスト、実験操作についてグループの生徒同士の話合いにより実験計画書を作成させた。第5時には計画書に従ってオリジナルセッケンを製作させた後、セッケンチェック表を使ってグループ内での自己評価を行わせた。

オ 第6時：セッケン審査会

生徒自身がセッケンを多面的に評価することを通して、科学的な探究心を高めさせるための授業を行った。セッケンチェック表を基にグループ内での話合いを通して、前時に製作したオリジナルセッケンについて、採点による審査を行わせた。その結果は前時の自己評価と比較させ、製作したセッケンへの評価についても客観的に考えさせた。図4に示すように、D、A、Bの3グループはセッケンとして高い評価を得ていた。これらは白色、固体で香りも適当であったほか、作成した計画書には優れた機能をもつセッケンの条件をよく理解し、ラウリン酸、パルチミン酸、オレイン酸の各質量が等しくなるように計算をして食用油を配合するよう記入されていた。一方C、Eでは褐色、半固体状で、実用面に劣っていた。

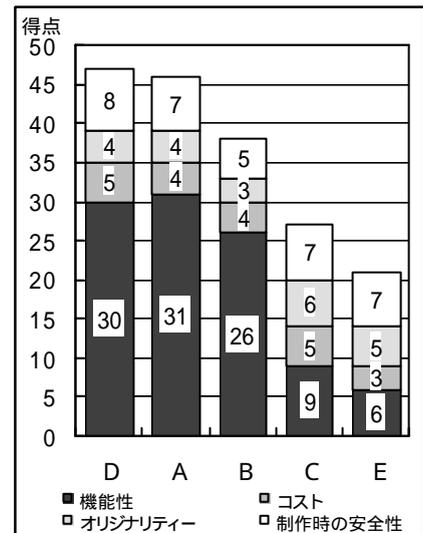


図4 セッケン審査の結果

受講生徒27人を対象に応用編3時間の授業に対するアンケートの結果を図5に示す。「セッケン1つを作るにも多くの考え方があることが分かった」を理解1、「自分たちの作ったセッケンの長所・短所が分かった」を理解2とした探究心3項目については25人（93%）、26人（96%）、26人（96%）、22人（82%）であったことから、開発した教材が探究心3項目に関して有効であることが分かった。

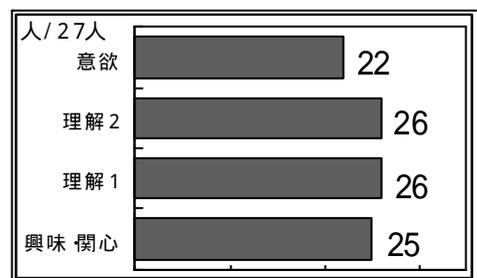


図5 第6時の意識

(2) 事前、事後アンケート結果の比較

今回の6時間の授業前(36人)、授業後(32人)に対して、化学の学習及びセッケンや洗剤と環境に対するアンケートを行い、探究心3項目についての生徒の意識変化を調査した。図7、8は図6に示す凡例により示し、以下「とても」又は「どちらかといえば」で「当てはまる」と答えた回答を『当てはまる』でまとめて述べる。

興味・関心については、図6に示す「身の回りの物質について調べてみたい」という問いに『当てはまる』と答えた生徒は50%から69%に増加していた。理解については、図7に示す「授業で学習した内容は日常生活における課題を解決するのに役立つと思う」という問いに『当てはまる』と答えた生徒は61%から75%に増加していた。意欲については、図8に示す「実験は自分で考えた方法でやってみたい」という問いについて、『当てはまる』と答えた生徒は39%から69%に大きく増加していた。

(1)の各授業後のアンケート結果と、このアンケート結果から、探究心3項目が向上しており、開発した教材とモデル試案が探究心を高めるために有効であることが分かった。

7 研究のまとめと今後の課題

(1) 研究のまとめ

日用品であるセッケンと洗剤をテーマとし、科学的な探究心を高める化学教材の開発を行い、その教材を互いに関連付けた実験中心のモデル試案を作成し、授業を実践した。その結果、生徒のセッケンや洗剤に対する「興味・関心の高まり」「理解の深まり」「探究する意欲の高まり」が見られ、開発した教材及びモデル試案が探究心を高めるために有効であることが分かった。

(2) 今後の課題

授業実践において、以下に示す検討課題も見い出されており、これらを解決してより良い実践的な教材としたいと考えている。

今回のオリジナルセッケン作りでは定性的な実験を中心に行ったが、使用した混合オイルに含まれる脂肪酸の質量を計算させるなど、セッケン審査の結果を定量的に分析する指導内容を検討する。

化学教材やモデル試案を更に検討することで、課題研究や、総合的な学習の時間の環境学習としても使用できるよう、工夫・改善を行う。

《参考文献》

- ・文部省 『高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編』
平成11年 大日本図書株式会社
- ・江田 稔・三輪 洋次 『改訂 高等学校学習指導要領の展開 理科編』 2000年 明治図書
- ・前田 京子 『お風呂の愉しみ』 1999年 飛鳥新社

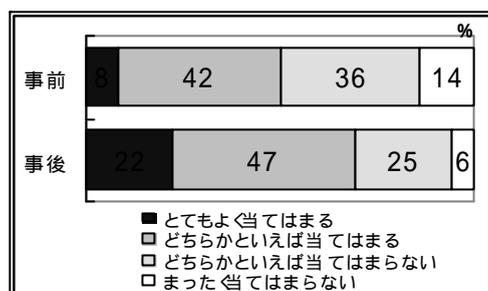


図6 身の回りの物質について調べたい

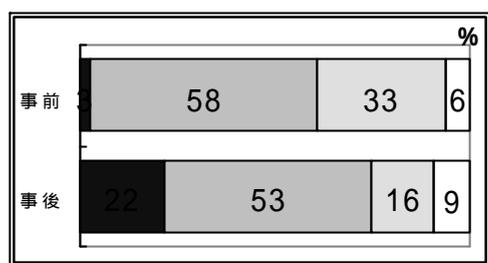


図7 学習内容は日常生活に役立つ

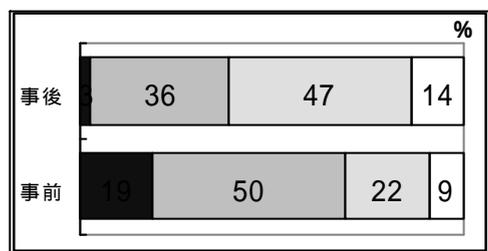


図8 実験方法は自分で考えてやりたい

