

確かな学力の育成

— 科学的根拠に基づく意思決定の育成を意図した単元開発 (2) —

平松 敦史 中田 晋介 平賀 博之 山下 雅文
井上 純一 岡本 英治 野添 生 磯崎 哲夫
林 武広

1. はじめに

本研究の目的は、国際学力調査の結果から近年その育成が急務とされている科学的リテラシーの中でも、とりわけ、科学的根拠に基づいた意思決定能力育成を意図した中学校理科の総合単元の開発とその授業実践である。

昨年度は、扱う題材を検討する際に以下の項目を重

- ・問題解決的な学習（探究活動）が含まれている。
- ・意思決定を行う場面を授業の中で設定し、自身の考えに科学的な根拠をもつことを重視する。
- ・理科の学習で以前に習得した知識を総合し、多様な視点で考察する機会を設けている（既習事項を活用する機会を設定する）。
- ・学習内容には、自然体験や日常生活、自然環境と人間との関わりなどを扱っている。
- ・多面的・総合的に扱いやすい内容である。
- ・日常生活や自然環境との関わりを含む。
- ・科学・技術が関連した社会的問題である。

視し、「私たちの生活と水との関わり」というテーマで単元開発を行い、実践した。授業実践後のアンケートや調査用紙の結果からも、授業を受講した生徒は、その他の受講していない生徒に比べて、科学的根拠に基づいた意思決定を行っていることが明らかとなった。

2. 研究の方法

本年度は、これまでに蓄積されてきた研究成果を踏まえて、小学校まで校種の枠を広げた授業実践および高等学校への連関を考慮した中学校理科の教材開発を行い、単元開発の更なる改善に繋げていくこと目的に研究を進めた。

まず、小学校では、自身の考えに科学的な根拠をもって問題解決ができる能力を育成することが、中学校、高等学校まで視野に入れた取り組みとして最も基礎となると考えられる。そこで、第5学年を対象とし「ものの溶け方」の単元において問題解決的な学習を取り入れた実践について検討した。

次に、中学校であるが、昨年度は、「雲→雨→土壌→川→上水」という飲み水などの生活用水をテーマに実践した。そこで、今年度は、生活用水として使用した水のその後という観点で、家庭排水に注目し、水がどれほど汚れているかを知る指標の一つであるCOD^{*1}（Chemical Oxygen Demand：化学的酸素要求量）を取り入れた教材開発に取り組んだ。このCODは、一般に過マンガン酸カリウム消費量として表される。この過マンガン酸カリウムは、「高等学校化学」の「酸化・還元」で必ず学習する上、過マンガン酸カリウムを用いての酸化・還元滴定という量的関係に関わる実験も取り扱うなど、非常に重要な化学物質である。したがって、高等学校への連関を考慮した中学校理科の教材としては、妥当であると判断した。ただ、この過マンガン酸カリウムは中学生にとっては馴染みがない。そこで、今回の実践では、まず、高校生を対象に実施し、その結果を踏まえて、中学校で実践可能な教材となりうるかどうか検討した。

3. 授業実践1（小学校）

対象クラスは、広島大学附属小学校第5学年（38名）である。

（1）授業の実際

課題：筒Bの中を落ちる食塩は、途中で溶けてしまうのだろうか。

前時からこの課題について取り組んできた。筒Aと

Atsushi Hiramatsu, Shinsuke Nakata, Hiroyuki Hiraga, Masafumi Yamashita, Junichi Inoue, Eiji Okayamoto, Susumu Nozoe, Tetsuo Isozaki, Takehiro Hayashi: A study of the curriculum development to cultivate decision making skill based on scientific evidences (2)

B（ともに、高さ100cm、直径7cm）を用意した。筒Aは水だけであり、筒Bは飽和食塩水である。

まず、筒Aに食塩を1g落とし、その様子を観察させた。だいたい50cm位のところで食塩の結晶が見えなくなった。そこで、課題である「筒Bでは食塩1gを上から落とすと、どこで溶けてしまうのだろうか」を提示した。この課題は、「筒Bの中の食塩水の濃度はどのようになっているのか。」そして「濃度によって溶け方はどのように変わるのだろうか。」という二段階の課題になっている。児童は、仮説として「もしもこの食塩水が飽和食塩水ならば、1gの食塩は底まで達するだろう。」「もしもこの食塩水が飽和の半分の量の食塩しか入っていないとすれば、1gの食塩水は底に達する前に溶けるだろう。」を挙げた。この仮説に基づいて、筒Bの中の食塩の濃度について分析をすることになった。分析方法については、主に児童から出てきた方法を採用した。また、結果の考察には複数の視点が必要であることに気付かせるため、必ず複数の分析方法で実験するように指示し、結果を求めることとした。

【分析方法】

①シュリーレン現象による確認

シュリーレン現象による確認は、飽和食塩水に筒Bの中の食塩水をスポイトで落とすというものである。モヤモヤしたものが見えたら濃度に違いがあり、モヤモヤしたものが見えなかったら濃度は同じである。ここから、飽和食塩水であると結論づけられる。

②蒸発乾固

筒Bの食塩水から数gをはかり取り、蒸発させ、析出した食塩の重さで飽和食塩水かどうかを調べる方法である。

③重さの保存の応用

筒Bの食塩水100mLの重さをはかり、その液体にどの位の食塩が溶けているかを調べる方法である。

④再結晶化の応用

溶解度を利用し、温度を下げ、何℃で結晶が析出するかを調べる方法である。

【意見の交流】

それぞれが実験をした後、それぞれの分析方法について検討した。どの実験が妥当なのか、また、どの実験をすると何が分かるのかを話し合った。その後、この筒Bにおいて、1gの食塩が溶けるのかどうかを話し合った。

【結果】

シュリーレン現象による確認、蒸発乾固、重さの保存の応用という複数の分析方法を行うことによって、筒Bの食塩水が飽和食塩水であると結論づけられた。

ただ、再結晶化の実験を行うと理論値では析出するはずなのに析出しないう状況から何がおかしいのか考えているグループが見られた。食塩は温度変化による溶解度の差がほとんどないので、結晶として得られないことは予想していた。しかし、児童自身が出した分析方法であり、さらに予想に反した結果が得られたことで、話し合う場面が生まれ、思考が深まったと考えている。

飽和食塩水だと確認できたので、全てのグループが筒Bの底まで1gの食塩が到達するだろうと自信をもって観察することができた。結果は、もちろん、途中で溶けることはなく食塩が底まで到達した。この瞬間「やった」という歓声が上がった。

(2) 考察

本実践において、児童は複数の実験を行い、筒Bの中の食塩水が飽和であることを証明することができた。多くの児童が「学習したことを活用できたのでおもしろかった」とノートに記述していたことから、既習内容を活用した学習場面や課題の設定が重要であることが分かる。今後、既習内容が活用できる実践を積み重ねていきたい。

また、授業内での意見交流が活発に行われたため、実験方法の妥当性についても議論を深めることができた。小学校段階において科学的と考えられる方法で実験を行い、その結果を根拠として科学的に物事を捉え、判断していく活動になったと考えられる。

さらに、平成13年度教育課程実施状況調査で調査された蒸発乾固と同じ問題では、95%以上の児童が正答することができた。このことから既習内容を活用した学習は単元の終末時に行う活動として有効だったと判断することができる。

4. 授業実践2（高等学校）

対象クラスは、広島大学附属高等学校第2学年化学選択者（36名）である。概要を以下に示す。また、生徒には事前に、中学生の教材として活用することを考えており、そのことを踏まえて実験に取り組んで欲しいと伝えてから実験を行った。

(1) 「実験1 <汚水と蒸留水の違い>」

目的 過マンガン酸カリウム水溶液を用いて、汚水と蒸留水の違いについて調べる。

準備 ビーカー（100mL）、攪拌装置、駒込ピペット、0.01mol/L KMnO_4 、3 mol/L H_2SO_4 、

試料 汚水、蒸留水

方法 ① 汚水と蒸留水をそれぞれ30mLずつ取り、別々のビーカーに入れる。

② 硫酸を3mL入れたのち、攪拌装置で攪拌しながら、過マンガン酸カリウム水溶液

を1滴ずつ入れ、30秒間待っても過マンガン酸カリウムの色が消えなくなったところを終点とする。何滴で色が消えなくなったかを記録する。

結果 結果は、10班の平均値である。

汚水	10滴
蒸留水	1滴

この実験では、汚水として教材園に転がっていた空のプランター内に貯まっていた水（雨水と思われる）を使用した。予備実験では、教材園の池の水を使用した。1滴で過マンガン酸カリウムの色がついてしまった。これは、藻類の影響であると考えられ、生徒には、見た目の汚れ具合と滴下量には相関がないと考えられることを説明した。

実験後に、生徒には、COD値が大きくなる原因の多くは家庭からの生活排水であることを説明し、家庭や学校の流しに普段何気なく流してしまっているものを、思いっただけ列挙させ、それらを次時の実験用試料とした。

(2)「実験2＜過マンガン酸カリウムによる簡易COD値の測定＞」

目的 過マンガン酸カリウム水溶液を用いて、家庭排水中に含まれる有機物について、簡易的ではあるがその量を測定する。

準備 実験1と同じ

試料 牛乳、米のとぎ汁、味噌汁（レトルト）、カップ麺の汁、オレンジジュース、中性洗剤

- 方法
- ① 用意したいくつかの家庭排水を10倍に希釈し、試料溶液をつくる。
 - ② ①でつくった試料溶液それぞれを30mLずつ、別々のビーカーに入れる。
 - ③ 実験1の方法②と同じ。

結果 結果は、10班の平均値である。

家庭排水例	滴下量
牛乳	70滴以上
米のとぎ汁	3滴
味噌汁	43滴
カップ麺の汁	5滴
オレンジジュース	52滴
中性洗剤	1滴

- 考察
- ① どの家庭排水が最も多くの過マンガン酸カリウム水溶液が必要でしたか？
 - ② お椀一杯の味噌汁(150mL)をうすめて、魚が住めるようなCOD値に下げするために

は、お風呂の水4杯分が必要だと言われています。では、他の家庭排水ではお風呂の水が何杯必要になるのでしょうか？

- ③ CODは河川の汚れを知る一手段であるとはいえ、測定対象は有機物量です。この有機物は多くの生物の栄養源になります。たとえば、米のとぎ汁は庭の植物にまくななど、生活に密着した有効な活用方法もあります。こうした視点で考えた場合、今日の結果からどのようなことが言えますか？



写真1：実験の様子

(3) アンケート結果

実験1, 2を行った後、アンケート調査を行った。

()内は回答した人数である。

- ① 実験はどうでしたか？
 1. 面白かった (19)
 2. どちらかといえば面白かった (14)
 3. どちらともいえない (2)
 4. どちらかといえば面白くなかった (1)
 5. まったく面白くなかった (0)
- ② 実験操作はどうでしたか？
 1. 簡単だった (19)
 2. どちらかといえば簡単だった (7)
 3. どちらともいえない (9)
 4. どちらかといえば難しかった (1)
 5. 難しかった (0)
- ③ CODについて理解できましたか？
 1. 理解できた (9)
 2. どちらかといえば理解できた (16)
 3. どちらともいえない (7)
 4. どちらかといえば理解できなかった (4)
 5. 理解できなかった (0)
- ④ 水質汚染など環境問題に関する意識は高まりましたか？

たか？

1. 高まった (14)
 2. どちらかといえば高まった (13)
 3. どちらともいえない (7)
 4. これまでと変わらない (2)
- ⑤ 中学生の教材としてはどう思いますか？
1. 適している (8)
 2. どちらかといえば適している (19)
 3. どちらともいえない (2)
 4. どちらかといえば適していない (6)
 5. 適していない (1)

⑥ 中学生の教材としてはどう思いますか。思ったことを何でもよいので書いてください。(一部のみを抜粋)

- ・内容が少し難しい気がする。中学校で出てこないような薬品を使うので。
- ・授業中にじっくりと説明すれば、大丈夫だとは思いますが、原理の説明が分かりにくいのでは。
- ・実験そのものは簡単でもおもしろいが、中学生には原理が分かりづらいと思う。
- ・中学生にとっての酸化は金属を熱したときのことぐらいしか分からないので、溶液内での酸化という反応はよく分からないと思う。

(4) 考察

生徒の多くは、味噌汁やカップ麺の汁の方が大きな値になると思っていたようで、牛乳やオレンジジュースの方が圧倒的に大きな値になったことに非常に驚いていた。

高校生での試行であったため、それほど熱心には取り組まないのではないかと、授業前は考えていた。しかし、アンケート結果からもおおむね好評であったことが伺え、多くの生徒が楽しみながら関心を持って取り組んだことが分かった。したがって、中学校で十分に実践可能であると考えている。

アンケート結果の⑥で示したように、中学生の教材としては、原理の理解が難しいのではないかという意見があった。これは、2時間という限られた授業時間であったために、原理の説明に十分な時間がとれなかったからであると考えられる。そこで、半数以上の生徒が実験操作は簡単であったと回答していることから、次の2点のように改善することで、中学校の教材として実践可能であると考えており、来年度は改善したものをを用いて、中学校で実践したい。

- ① 原理そのものについては、分かりやすく丁寧に時間を取って説明するが、化学反応式や難しい酸化還元概念には触れない。
- ② まとめについては過マンガン酸カリウムの色の変

化とその滴下量のみに触れることとし、滴下量から何が言えるのかという考察に重点を置く。

確かに、中学生にとっては、このCODに関する科学的な原理の理解は難しいかもしれないが、身近に存在する環境問題について科学的な手法を用いて、探究する経験は不可欠である。そして、こうした探究活動から得られた結果を用いて、環境問題やエネルギー問題などのグローバルな問題について、どのように対処すべきかという意思決定を行わせる実践へと発展させたい。中でも、我々の生活に密着し、生命に欠かせないなど身近で必要不可欠な水に関する教材開発は必要であると言えよう。

5. おわりに

本研究では、科学的根拠に基づいた意思決定能力の育成を意図した中学校理科の総合単元の開発のために、生命にとって不可欠な水をテーマに小学校での実践および高校への連関を考慮した中学校理科の教材については高等学校で試行的に実践した。ともに、取り組んだ児童・生徒の科学的な思考力を高める実践となった。来年度以降、これまでの実践結果を踏まえて、小学校→中学校→高等学校と一貫性のある流れの意識できる中学校理科の総合単元となるよう創意工夫に努め、完成を目指したい。

参考文献

- 1) 文部科学省：「中学校学習指導要領 解説—理科編— 一部補訂」, 2004, 大日本図書.
- 2) 国立教育政策研究所編：「生きるための知識と技能2」, 2006, ぎょうせい.
- 3) 国立教育政策研究所教育課程研究センター：「平成17年度教育課程実施調査(高等学校)結果概要・集計表」, 2007.
- 4) 文部科学省：「諸外国の教育の動き2006」, 2007, 国立印刷局.
- 5) 山本喜一：「CODについての実験」, 『化学と教育』, 2006, Vol.54, No.11, pp.598-599.
- 6) Padilla, M., et al. : *SCIENCE EXPLORER : Earth's Waters (Teacher's Edition)*, 2002, Prentice Hall.
- 7) University of York Science Education Group and Nuffield Curriculum Centre. : *Twenty First Century Science GCSE Additional Science Textbook*, 2006, Oxford University Press.
- 8) University of York Science Education Group and Nuffield Curriculum Centre. : *Twenty First Century Science GCSE Science Higher Level*

Textbook, 2006, Oxford University Press.

9) American Chemical Society編, 田丸謙二監訳:
「Chemistry—英知を養う化学—」, 2007, NTS.

※1 河川の指標としてはBOD (Biochemical Oxygen Demand: 生物化学的酸素要求量) を用いることが一般的であるが, 測定に時間のかからないCODを代用することもある。そのため, CODの方が生徒実験に適していると判断した。