

### 3 化学領域における教材開発及び学習展開

#### (1) 「浄水モデル」を用いたコロイド溶液の学習

##### ア 教材開発のねらい

コロイド溶液の特性を決定付ける要因は二つあり、一つはコロイド粒子の大きさ、もう一つはコロイド粒子の帯電である。チンダル現象は前者の要因による特性の一つであり、凝析は後者の要因による特性の一つである。この凝析について、教科書などでは、「浄水場では、河川から取り入れた濁水に硫酸アルミニウムを添加して、コロイド粒子となっている粘土を凝析によって除去している」ことが話題として取り上げられることが多いが、実際に実験がなされることは少ない。生徒にとって、水道水は最も身近な物質の一つである。自然の河川水などが浄水場において浄化され個々の家庭に配水されていることは、小学校の社会科などを通して学習しており、浄水場を見学している生徒も多い。したがって、コロイド溶液の性質を用いて、実際に浄水の過程を実験できる教材を開発し授業に取り入れれば、生徒の興味・関心を引き出し、学習意欲を高めることができると考えた。また、コロイド粒子とその凝析について、実感を伴った理解ができるものと期待できる。

##### イ 教材の概要

【図14】は開発教材である。その概要を述べる。

##### (ア) 試料溶液（粘土のコロイド溶液）

有機物をあまり含んでいない粘土質の土を葉さじ10杯分（約60g）とり、精製水1ℓを加えてよく攪拌する。その後、2週間放置して粗い粒子を沈殿させ、その上澄み液を試料溶液（粘土のコロイド溶液）とした。

##### (イ) 凝集剤

硫酸アルミニウム水溶液を用いた。硫酸アルミニウムは近年まで日本の浄水場で最も一般的に用いられていた凝集剤である。試料溶液を効率よく凝析させるための硫酸アルミニウム水溶液の濃度を検討した結果、【図15】に示すように、0.1mol/ℓの場合が最も早く凝集し、凝集剤として最も有効であることが分かった。

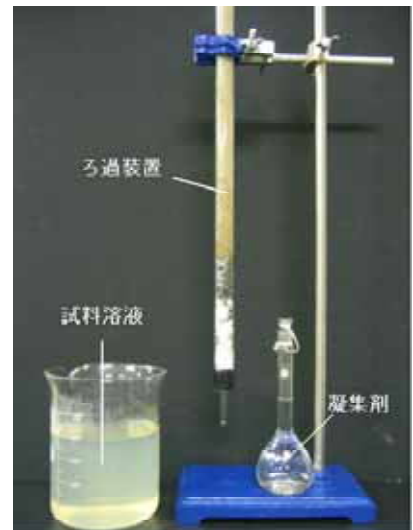
##### (ウ) ろ過装置

ろ過装置として、長さ50cmのアクリルパイプの中に、ろ過砂とろ過砂利をつめたものを製作した。製作に用いた材料は、次のとおりである。

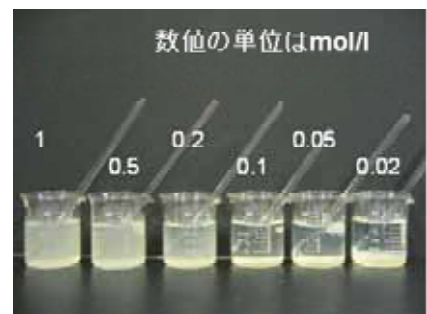
- ・アクリルパイプ（外径21mm、内径18mm）
- ・ろ過砂：珪砂（建築・土木・水質ろ過用）
- ・ろ過砂利：大磯砂（金魚水槽用）および玉砂利（金魚水槽用）

これらは、すべてホームセンターで入手できる。

ろ過砂利は、更に次のように三つに分けた。大磯砂をろ過砂利(a)、玉砂利のうち、7.5mmのふるいを通したものをろ過砂利(b)、通過しなかったものをろ過砂利(c)とし、ろ層構造は、【表2】のとおりとした。また、ろ過された水の流出口に当たるアクリルパイプの下部には、4号ゴム栓に直径6mm、長さ約8mmのガラス管を通したものを取り付け、ろ材の流出を防ぐために脱脂綿をつめた。ろ過砂、ろ過砂利ともに水でよく洗ってから次頁【図16】のようにアクリルパイプに充填した。



【図14】開発教材「浄水モデル」



【図15】濃度による凝析能の違いの実験

【表2】ろ過層の構造

層	粒径 [mm]	層の厚さ [cm]
ろ過砂	0.5 ~ 1	30
ろ過砂利(a)	2 ~ 5	5
ろ過砂利(b)	5 ~ 7.5	2.5
ろ過砂利(c)	7.5 ~ 10	2.5

## ウ 教材を用いた実験

### (ア) 試料溶液のチンダル現象

試料溶液約80mlの入ったビーカーに横からレーザー光をあて、チンダル現象を観察する。【図17】のように試料溶液はチンダル現象を示す。

### (イ) 凝集剤による凝析と上澄み液のチンダル現象

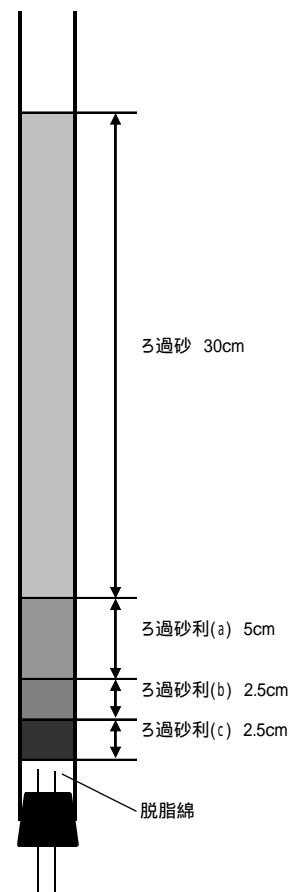
試料溶液に凝集剤を駒込ピペットで5 ml 加え、ガラス棒で約1分間よくかき混ぜる。その後、10~20分間静置し、その間コロイド粒子が凝集して沈殿する様子を観察する。凝集剤を加え攪拌するとすぐに凝集が起こり始め、溶液中に綿状の塊がたくさんできる。これらは、次第に沈降し10~20分間でほぼ沈殿するが、溶液の濁りは完全には消えずに残る。この上澄み液だけを別のビーカーにとり、横からレーザー光をあてチンダル現象を観察する。

【図18】のように上澄み液はチンダル現象を明瞭に示す。

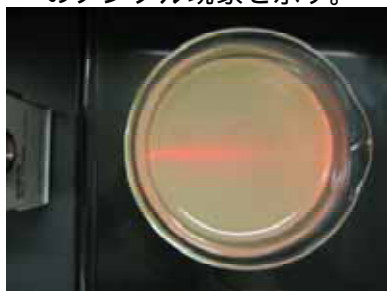
### (ウ) ろ過と流出液のチンダル現象

ろ過装置をスタンドに固定する。その下に、流出液を受けるビーカーを置き、(イ)の上澄み液をろ過装置の上部から少しずつ静かに注ぎ入れる。何回かに分けて溶液すべてを注ぎ込み、流出液を観察する。ほぼ流出したら、流出液に横からレーザー光をあて、チンダル現象を観察する。ろ過により液の濁りはほとんど消える。見た目の上では、水道水や精製水と変わらない透明度となる。

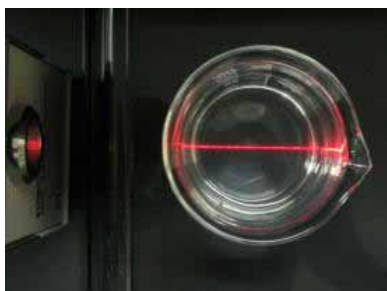
【図19】のように流出液はチンダル現象をわずかに示す。水道水及び精製水と比較してみると、水道水も同じ程度のチンダル現象を示す。



【図16】ろ過装置の構造



【図17】試料溶液のチンダル現象



【図18】凝析後の上澄み液のチンダル現象



【図19】ろ過流出液のチンダル現象

## エ 授業実践の概要（高等学校2学年1クラス36名、平成16年10月24日実施）

### (ア) 開発教材を生かした学習展開

この教材は、日常生活と関連の深い水道水を取り上げたので、コロイド溶液の学習の導入段階に用いるのが最も効果的であると考えた。教科書では、コロイド溶液を定義してから具体的な例を挙げることが多い。また、教科書の実験に用いるコロイド溶液は、水酸化鉄( )のようなあまり身近でない物質であることも多い。そのため、生徒のコロイド溶液に対する関心や意欲が高まらない状態で学習が進んでいく可能性がある。

そこで、本実践では、生徒にまず最初に濁水を提示し、これと食塩水などの真の溶液との違いを考えさせたり、チンダル現象を演示してその原因を考えさせたりした。そうして濁水に対する関心や学習意欲を高めた後に、コロイド溶液を定義し、その性質の一つである凝析について、水道水を作る浄水の過程を実験に導入する学習展開を行った。

(イ) 実践計画

授業実践の実践計画を【図20】に示す。図中の網掛けは、開発教材の使用場面を示す。

	指導過程	指導上の留意点
第一時 (50分)	教材(濁水)の提示	<ul style="list-style-type: none"> <li>・教材を提示し「泥水は長時間静置しても濁っている理由」を思考させる</li> <li>・「いろいろな溶液にレーザー光を当てたときに起こる現象」を観察させる(15分)</li> <li>・「チンダル現象」「コロイド粒子」「コロイド溶液」「帯電」の順で理解させる</li> </ul>
	↓	
	演示実験(チンダル現象)	
第二時 (50分)	説明(コロイドの定義)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・写真をスクリーンで提示し「浄水場でやっていることは何か」を確認させる</li> <li>・教材を用いて、濁水を浄化する実験を行わせる(25分)</li> <li>・「電解質によるコロイド粒子の凝集と沈殿＝凝析」を理解させる</li> </ul>
	↓	
	説明(浄水システム)	
	生徒実験(浄水システム)	
	↓	
	説明(凝析のしくみ)	

【図20】実践計画

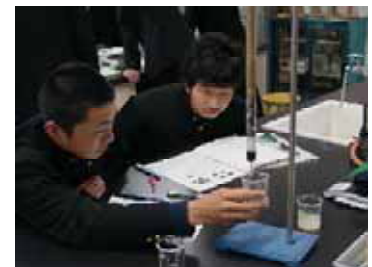
オ 授業実践の様子

【図21】は2時間目の浄水システムの実験において、試料溶液に凝集剤を加えた後、粘土のコロイド粒子が凝集、沈殿していくのを生徒たちが観察している様子である。2週間経っても沈殿せず分散していた粘土のコロイド粒子がみるみる凝集、沈殿していくのを見て、驚きや感嘆の声をあげていた。



【図21】凝析の観察の様子

【図22】は同じく2時間目の浄水システムの実験において、凝析後の上澄み液をろ過装置に通した後、流出してくる液をビーカーに受けて観察している様子である。生徒たちは、この後流出液にレーザー光を当ててみてチンダル現象が弱まっているのを確認して、濁水が浄化されていくことを実感として捉えていたようであった。

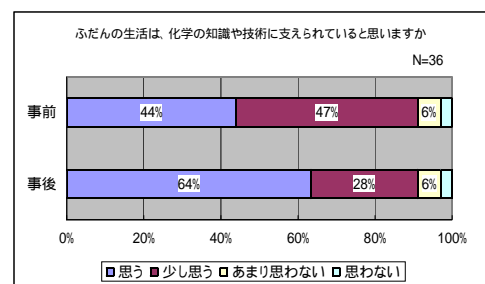


【図22】ろ過の実験の様子

カ 実践結果の分析と考察

(ア) 化学と人間生活とのかかわりの実感について

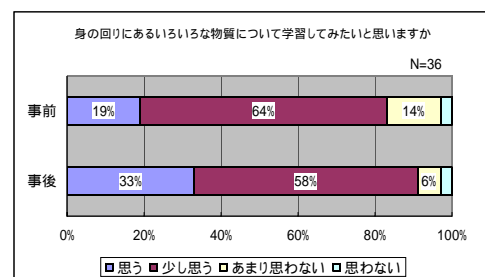
【図23】は、「ふだんの生活は、化学の知識や技術に支えられていると思うか」の問いに対する事前・事後アンケートの結果である。事前・事後とも90%以上の生徒が肯定的な回答をしているものの、事前アンケートの別の質問（資9ページの質問2参照）によると、普段の生活の中で化学の学習内容とのかかわりを実感している生徒は53%に過ぎなかった。



【図23】化学と人間生活のかかわりについて

(イ) 化学の学習に対する関心や意欲について

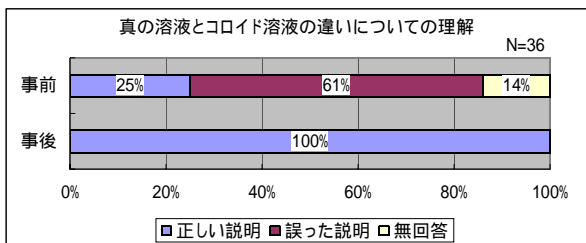
【図24】は、「身の回りにおけるいろいろな物質について学習してみたいと思うか」の問いに対する事前・事後アンケートの結果である。事後では90%以上の生徒が肯定的な回答をしており、事後アンケートの別の質問（資11ページの質問8, 9参照）では、80%以上の生徒が水の浄化やコロイド溶液についてもっと深く学習したいと回答している。このことから、多くの生徒が授業を通して化学の学習に対する関心や意欲を高めたことがうかがわれる。



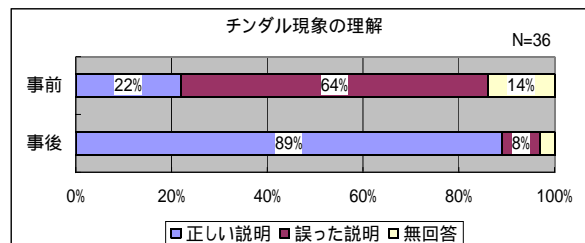
【図24】化学の学習に対する関心や意欲について

(ウ) 自然の事物・現象についての理解

【図25】と【図26】は、「真の溶液とコロイド溶液の違い」と「チンダル現象」についての事前・事後に行った記述式テストの結果をまとめたものである。授業前と授業後と比較すると、授業前に5名(全体の14%)ずついた無回答の生徒がそれぞれ0人、1人と減るとともに、正答率はそれぞれ25%から100%へ、22%から89%へと大きく変化し、事後には高い正答率を示した。また、次項(イ)の開発教材への有用感や、(オ)の生徒の感想の記述からも、今回の授業を通してコロイド溶液についての理解が深まったものと分析できる。



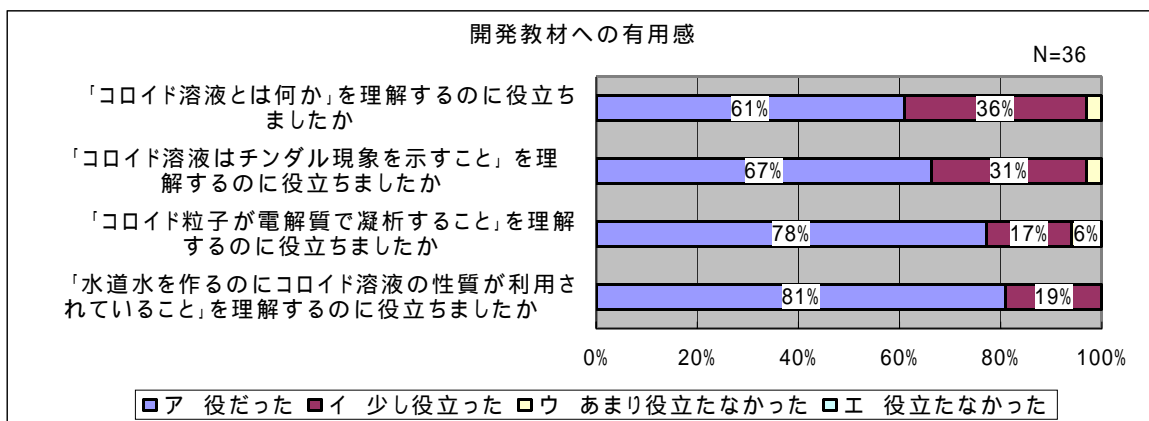
【図25】 真の溶液とコロイド溶液の違いについての理解



【図26】 チンダル現象についての理解

(イ) 開発教材への有用感

開発教材への有用感に関する事後アンケートの結果を【図27】に示す。ほとんど全ての生徒が「コロイド溶液の定義」、「チンダル現象」、「凝析」について理解するのに開発教材は有用であったと回答した。また、「コロイド溶液の性質が水道水づくりに利用されている」ことについては、全員が開発教材の有用性を支持した。有用であった理由については、「身近なものをメインにした実験だからとてもよかった」や「実際の浄水をうまく再現できていて良かった」などを挙げる生徒がいた。さらに、次項(オ) 生徒の感想からも、コロイド溶液の性質を理解するのにこの教材が有用であると感じたことが読みとれる。



【図27】 開発教材への有用感

(オ) 生徒の感想から

- ・ 普段何も考えずに使っていた水道水にたくさんの工夫がされていて驚いた。化学の技術に感心した。
- ・ 普段、なにげなくすごしている生活の中にも化学が関係していることが分かって良かったです。光の道すじが見えることを「チンダル現象」というのはじめて知ったけれども、水道水をつくるのにコロイド粒子をちんでんさせる薬品を入れることを知っておどろきました。新しい発見があってとても良かったです。
- ・ コロイド粒子について、大きさ、性質などを少しでもわかって楽しかった。大学に行ったら、たくさん実験を行ってより深い理解を求めていきたいと思えます。
- ・ ふだん池がにごったり、川がにごったりしているのを見ていてもそれがなぜか？などと考えたこともなくうっすらとしか分かっていなかったが、コロイドのことを勉強しているうちに分かった。
- ・ コロイドの話は教科書の上でしか知らなかったの、今回の実験でとても身近に感じた。これからの生活で見る水溶液とか、洗剤とかが身近に感じられるような気がするし、ちゃんと光が通るのか、チンダル現象を起こすのかを確かめてみたい気がする。
- ・ 暗闇で光の筋が見えるのがコロイド粒子が関係しているということで、身近なことはすべて化学が関係していると思い、少し感動した。
- ・ 普段あまり気にならないところにこんな発見があるのだと驚かされました。
- ・ 何げに思っていたことが実は奥が深いと思った。
- ・ 水道水の作り方はこうなっているんだと目の前で見れて面白かった。

