

# シミュレーションソフトを用いた 課題研究の成果について

— 高校化学における活用 —

理科 檜田 豪利

## I 化学教育へのコンピュータ活用について

本校の化学では、1987年より化学の授業における「酸・塩基・塩」の分野を対象としてシミュレーションソフトの活用方法を模索してきた。1988年には石川県教育センターの協力を得て中和滴定曲線のデータベースとしての活用を試行し、1989年には同じく石川県教育センターの協力を得て、中和滴定のシミュレーション授業を行い、授業後にレポートを提出させた。このとき、プリントによる滴定曲線の資料のみによる学習者にもレポートを課し、両者のレポートの内容比較を行った。

1990年には、本校に25台のPC9801RX51が導入され、コンピュータールームが設置された。この年より、化学選択の2年生全員を対象としたシミュレーションソフトの活用による学習が可能となった。この学習には3時間を当てていた。

1990年および1991年の実践においてはワークシートを用いてシミュレーションの結果を記録する方法をとっていたが、1992年からは必要に応じてディスプレイのハードコピーをとる方法に変更し、ワークシートの使用を中止した。これは、ワークシートに記入する際に滴定曲線の形を正確に記入することに労力が使われてしまい、考えることがおろそかになる傾向が見られたためである。また、3時間の枠内では十分な成果が期待できないことも判明してきたため、1992年からは、放課後の時間に各自が自由にコンピュータールームを使用してシミュレーションを行い、レポートを提出する課題研究の形に移行した。それにともない、ソフトの配布などを行うこととした。

1994年の実践からは改良されたソフトを用

いた課題研究に移行した。この改良は滴定中のデータを振り返って見られるようにすることと、それまでは酸と塩基のみの滴定であったものを塩の溶液も使用できるようにしたものである。また、それにともない変色域を提示できる指示薬の種類も増やした。

新旧のソフトについてその効果を比較するため、酸、塩基の組み合わせに限った課題研究を1994年に行った。このときのレポートと1993年のレポートとの比較を行ったので以下に報告する。

## II 使用したソフトについて

研究のために必要なソフトはすべて自作した。旧のソフトはBASICで作成した(図1)。新のソフトはturbo C(ver 2.00)で作成した(図2)。新旧の大きな違いは、溶液内での電離の様子を詳しく表示するようにしたことと、滴定終了後、カーソルキーによって滴定にともなうpHの値と電離の様子を提示し、その滴

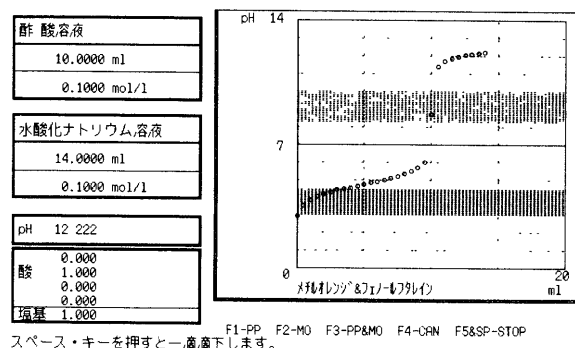


図1 旧のソフトによる滴定場面の表示

この報告は、1994年10月の第20回全日本教育工学研究協議会全国大会にて報告したものである

定曲線上の位置を示すようにしたことである。このことによって、滴定曲線の形を意識しながら滴定にともなう変化を考察しやすくなることを期待した。

### III 課題研究について

課題研究は、「酸・塩基・塩」の単元のまとめとして課している。この単元はそれまでに学習した概念をすべて使用する単元であるので、いままでの学習の総まとめの意味もかねた課題となる。

「酸・塩基・塩」の単元の最後の1時間をソフトの説明と取り扱い方の習熟に当たるとともに、テーマを自由に設定させるためのガイダンスもかねた授業を行った。この授業の時期は1月末から2月初めとなる。この後、約1か月間を置き、レポート提出させた。ガイダンスの際に、過去のレポートの例などについても簡単に触れた。なお、過去のレポートの内容については詳しく説明しなかった。これは、生徒の考えにできるだけ方向付けをしないためである。

なお、実際の滴定の操作については、この課題を課す前に生徒実験によって経験させてある。このような順で授業を進めた理由は、実際の実験を行うことによって得られる知見の中には決してシミュレーションでは得られないものがあると考えられるからである。例えば、滴定の際に中和点までビュレットより加えた溶液は一定体積の整数倍であることや滴下するたびに混合しなければならないことなどは決してコンピュータシミュレーションでは会得することはできない。さらに、器具の操作方法についても実際に操作する経験が必要である。また、このような経験を持つことは、コンピュータシミュレーションを行うときに何をを行っているのかをイメージするためには必要であると考えた。

なお、水溶液のpHの値と酸、塩基の電離の関係、および、一価の酸と塩基の水溶液の混合溶液におけるpHの値の計算方法については

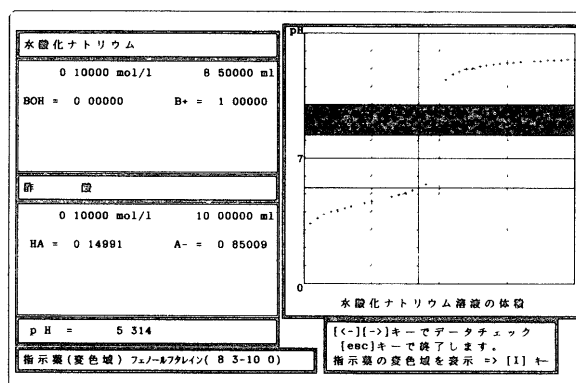


図2 新のソフトによる滴定場面の表示

授業中において扱っている。

なお、1994年の対象生徒は、1993年の対象生徒に比べ、数学の平均学力はやや劣っている。

### IV レポートの内容について

#### 1 レポートの内容分析

2年分のレポートを次の視点で分類した(表3)。内容面では、定性的な取り扱いなのか定量的な取り扱いなのか(以下分類Aと表記)、そして、授業の内容の確認だけなのか発展的な内容がふくまれているのか(以下分類Bと表記)を3段階に分類した。また、滴定にともなう電離の様子(モル分率の変化、以下分類C)、滴定曲線の形(以下分類D)、pHの値の変化に対する注目(以下分類E)が見られるかどうかについても分類A、Bごとに分類した。

#### 2 1993年のレポートについて

65件のレポートが提出された。定性的な取り扱いで授業内容の確認であったものは35%で、定量的な扱いで発展的な内容が含まれるものは28%であった。モル分率の変化に対する注目度は低く、滴定曲線の形やpHの値に対する注目度は高くなっている。それぞれの場合での割合を示すと、モル分率の変化に注目していないもの82%、滴定曲線の形に注目しているもの88%、pHの値に注目しているもの

表3. レポートの分類

A：取り扱い方（1：反応式を用いた定性的な説明など 2：グラフより読みとった数値を活  
 かした説明など 3：計算式を用いた定量的な説明など）

B：内 容（1：授業内容の確認 2：授業内容の応用 3：発展的な発見）

C：モル分率への注目（なし あり）

D：滴定曲線への注目（なし あり）

E：pHなど数値への注目（なし あり）

以上の分類に従い、レポートの件数を示す。

1993年実施(45回生)					1994年実施(46回生)				
A \ B	1	2	3	計	A \ B	1	2	3	計
1	23	8	3	34	1	25	7	9	41
2	2	1	6	9	2	5	2	5	12
3	2	2	18	22	3	1	4	0	5
計	27	11	27	65	計	31	13	14	58

1993年実施				
A \ C	なし	あり	計	
1	32	2	34	
2	7	2	9	
3	14	8	22	
計	53	12	65	

1994年実施				
A \ C	なし	あり	計	
1	31	10	41	
2	7	5	12	
3	4	1	5	
計	42	16	58	

1993年実施				
A \ D	なし	あり	計	
1	3	31	34	
2	2	7	9	
3	3	19	22	
計	8	57	65	

1994年実施				
A \ D	なし	あり	計	
1	3	38	41	
2	1	11	12	
3	1	4	5	
計	5	53	58	

1993年実施				
A \ E	なし	あり	計	
1	13	21	34	
2	0	9	9	
3	0	22	22	
計	13	52	65	

1994年実施				
A \ E	なし	あり	計	
1	9	32	41	
2	5	7	12	
3	0	5	5	
計	14	44	58	

1993年実施				
B \ C	なし	あり	計	
1	26	1	27	
2	9	2	11	
3	18	9	27	
計	53	12	65	

1994年実施				
B \ C	なし	あり	計	
1	28	3	31	
2	8	5	13	
3	6	8	14	
計	42	16	58	

1993年実施				
B \ D	なし	あり	計	
1	4	23	27	
2	3	8	11	
3	1	26	27	
計	8	57	65	

1994年実施				
B \ D	なし	あり	計	
1	1	30	31	
2	1	12	13	
3	3	11	14	
計	5	53	58	

1993年実施				
B \ E	なし	あり	計	
1	9	18	27	
2	4	7	11	
3	0	27	27	
計	13	52	65	

1994年実施				
B \ E	なし	あり	計	
1	8	23	31	
2	1	12	13	
3	5	9	14	
計	14	44	58	

表4 分類C, D, Eにおいて「注目あり」のレポート（全体の数に対するパーセント）

	Cのみ	Dのみ	Eのみ	CとD	CとE	DとE	CDE	いずれもなし
1993年実施	0	18	8	0	3	54	15	2
1994年実施	0	17	2	5	5	51	17	2

80%であった。また、分類Bの各段階別に分類C, D, Eにおいて注目しているレポートの割合を見ると、段階1, 2, 3の順に注目するレポートの割合が増加している。

### 3 1994年のレポートについて

58件のレポートが提出された。定性的な取り扱いで授業内容の確認であったものは43%で、定量的な扱いで発展的な内容が含まれるものは0%であった。モル分率の変化に対する注目度は低く、滴定曲線の形やpHの値に対する注目度は高くなっている。それぞれの場合での割合を示すと、モル分率の変化に注目していないもの72%、滴定曲線の形に注目しているもの91%、pHの値に注目しているもの76%であった。また、分類Bの各段階別に分類C, D, Eにおいて注目しているレポートの割合を見ると、段階1, 2, 3の順と注目するレポートの割合との間には関連性が見られない。

## V レポートを比較して

分類AとBの相関表からは、1993年と1994年に実施したそれぞれの生徒群は分類A, Bに対しては同質とはみなせない。そこで、分類A, Bにおいて定性的な取り扱いで授業内容の確認であったもののみについて、分類C, D, Eに「注目あり」の人数を比較する。1993年分については、Dのみ35%、Eのみ9%、DE48%、CDE4%で、いずれにも注目しない4%である。1994年分についてはDのみ20%、DE68%、CDE8%で、いずれにも注目しない4%である。他の場合は0%である。このことより、両年において傾向として大きな差がないといえる。この傾向を両年のレポートの総数に対する分類C, D, Eに「注目あり」の比率と比較する(表4)。全体としてはほぼ同じ傾向が見られる。よって、分類C, D, Eについては、この2つの群において大きな差がないとみなすことができる。ここで、分類Cにおいて「注目あり」

のグループを取り出すと、Cのみに「注目あり」の比率はいずれも0%であるが、他との組み合わせで「注目あり」の比率は、1993年では全体で18%に対し、1994年では28%となり、増加している。

つぎに、分類Dにおいて「注目あり」のグループを取り出すと、Dのみに「注目あり」の比率は、1993年では18%、1994年では10%であり、他との組み合わせで「注目あり」の比率は1993年では69%、1994年では74%であった。

さらに、分類Eにおいては「注目あり」のグループを取り出すと、Eのみに「注目あり」の比率は、1993年では8%、1994年では2%であり、他との組み合わせで「注目あり」の比率は1993年では72%、1994年では73%であった。

次に、分類Bを、授業内容の応用と発展的な発見が見られたグループをまとめ、全体に対するその比率を比較すると、1993年では58%となり、1994年では46%となる。

以上のことより、単元のまとめとして行ったシミュレーションによる課題研究においては、ディスプレイに表示するデータの表示方法によって生徒が注目するデータに変化が生じ得ること、および、十分な時間をかけることによって授業内容の理解を促進する効果が期待できることが考えられる。

このことは、コンピュータシミュレーションを行うにあたり、どのような点に注目させたいのかを明確に設定し、それに適した情報の提示方法を持ったソフトを使用しなければその目的が達せられない可能性を示しているといえる。従って、情報の提示方法についての自由度の高いソフトを開発する必要があるのではないだろうか。なお、今回の実践においてはできるだけレポート作成のための助言や生徒との討議は行わなかった。その上で、以上のような結果になったことより、適切な助言をしていくことによって学習内容を深く理解させることも期待できる。今後、この面での比較検討も進めていきたい。

## 1993年 化学レポート その1

タイトル	A	B	C	D	E
Kwの変化によるpHの変化	3	3	0	1	1
滴定曲線のグラフ作成について (共同3名)	3	3	1	1	1
緩衝液としての血液のしくみ	2	3	1	0	1
リン酸の電離	3	3	1	1	1
シュウ酸の水酸化ナトリウムによる中和滴定	3	3	1	1	1
化学レポート	3	3	0	1	1
水酸化ナトリウム, およびアンモニア水とリン酸の中和滴定	3	3	1	1	1
滴定曲線, 酸塩基の価数との関係 (緩衝作用の限界について) (共同4名)	3	3	0	1	1
Neutralization	3	3	1	1	1
リン酸の電離	3	3	1	1	1
リン酸溶液の第1電離, 第2電離, 第3電離におけるアンモニア水 溶液との中和でpHを求める	3	1	0	0	1
リン酸の第三電離の変曲点 (共同4名)	3	3	0	1	1
中和滴定について	1	2	0	1	1
中和滴定における濃度とグラフの関係	1	2	0	1	1
アンモニア水溶液のリン酸溶液による滴定	1	2	1	1	1
リン酸とアンモニアの中和点における分子数の比	2	2	1	0	1
何故, 第三電離が終了しないのか (共同4名)	1	2	0	1	0
シュウ酸に水酸化ナトリウムを加えたときの滴定曲線	1	1	0	1	1
緩衝作用・加水分解と中和滴定曲線	1	1	0	1	0
中和滴定について	1	1	0	1	0
中和滴定について	2	1	0	1	1
中和滴定と緩衝作用について	1	1	0	1	1
中和滴定の実験について (共同2名)	1	1	0	1	1
中和点でのpHの著しい変化を探る	1	1	0	1	1
リン酸に水酸化ナトリウムを加える	2	3	0	1	1
緩衝作用が起こるとき	1	1	0	1	0
リン酸の第三電離が現れない理由について	2	3	0	1	1
水溶液中の酸, 塩基の中和について	1	1	0	0	1
中和滴定曲線	1	1	1	1	1
中和滴定	1	1	0	0	1
リン酸の水酸化ナトリウムによる滴定および炭酸ナトリウムの塩酸 による滴定について	1	1	0	1	1
中和滴定	1	1	0	1	1
リン酸の中和反応について	2	3	0	1	1
強塩基との中和反応における強酸・弱酸の差違	1	1	0	1	1
リン酸水溶液を水酸化ナトリウム水溶液とアンモニア水溶液とで滴 定したときの違い	1	1	0	1	1

1993年 化学レポート その2

タイトル	A	B	C	D	E
化学レポート	2	3	0	1	1
リン酸の第一電離における中和点のpHの求め方	3	2	0	0	1
リン酸と水酸化ナトリウムの中和滴定について	1	1	0	1	1
リン酸の第三電離	1	3	0	1	1
化学レポート	2	3	0	1	1
2価の強酸の1価の強塩基による滴定	1	3	0	1	1
中和滴定（弱酸と強塩基）の場合	3	1	0	1	1
リン酸水溶液の中和滴定曲線のpHの大きな変動は、なぜ2か所しか見られないのか。	1	3	0	1	1
水酸化ナトリウムを用いたリン酸の滴定における一考察	1	1	0	0	0
中和反応と指示薬	1	1	0	1	1
酢酸を水酸化ナトリウムで滴定したときの滴定曲線	2	1	0	1	1
リン酸の第三電離について	3	2	0	0	1
シュウ酸の滴定（共同5名）	1	1	0	1	0
化学レポート	1	2	0	1	1
炭酸ナトリウムの滴定について	1	1	0	0	1
緩衝作用について	1	1	0	0	0
緩衝溶液	1	1	0	0	0
加える塩基の強弱によって滴定曲線の形の変化	2	2	0	0	1
炭酸ナトリウムと水酸化ナトリウムの混合溶液を塩酸で滴定する	1	1	0	1	1
弱酸の中和滴定について	2	1	0	1	1
中和滴定と酸・塩基	1	1	0	1	1

注) C, D, Eにおける0は注目なし、1は注目ありを示す。

## 1994年 化学レポート その1

タ イ ト ル	A	B	C	D	E
人体内における緩衝作用	1	3	0	1	0
鉄則滴定曲線	1	3	1	1	1
化学レポート	2	3	1	0	1
シュウ酸の滴定曲線における緩衝作用の現れ方	2	3	0	1	1
緩衝溶液のグラフを求めて	1	2	0	1	1
緩衝作用について	1	3	0	1	1
中和滴定 (2名)	1	2	1	1	1
中和滴定	1	3	0	1	1
緩衝作用と緩衝溶液	1	2	0	1	1
緩衝溶液の前提条件	1	3	1	1	1
化学レポート	2	1	1	1	1
滴定曲線 グラフとその考察	2	2	1	1	1
レポート	2	2	1	1	0
濃度を変えていったときの滴定曲線について	2	3	0	1	1
緩衝溶液のpH	2	1	0	1	1
酸と塩基の中和滴定について	3	1	1	1	1
1価の酸と1価の塩基による中和滴定	1	1	0	1	1
化学のレポート	1	1	0	0	0
滴定曲線シミュレータ	1	1	0	1	0
滴定について	3	2	0	1	1
リン酸の中和滴定	2	3	0	1	0
中和滴定 (2名)	1	1	0	1	0
滴定曲線に迫る	1	1	0	1	1
中和滴定とグラム当量の関係	1	1	0	1	1
アンモニアと酢酸の中和滴定	3	2	0	1	1
中和滴定シミュレーション	1	2	1	1	1
酸と塩基による滴定 (6名)	1	1	0	1	1
リン酸の中和滴定	1	2	0	1	1
化学レポート	2	3	1	1	0
滴定曲線	1	1	1	1	1
シュウ酸とアンモニア水の対決	3	2	0	1	1
中和滴定	1	1	0	1	1
薬の吸収について (2名)	1	3	1	0	1
リン酸の中和滴定	1	1	0	1	0
滴定曲線シミュレータ	3	2	0	0	1
滴定曲線について	1	1	0	1	1
化学レポート	2	1	0	1	1
化学レポート	1	1	0	1	1
化学レポート	1	3	0	1	0

1994年 化学レポート その2

タ イ ト ル	A	B	C	D	E
化学レポート	1	1	0	1	1
中和滴定 塩酸と水酸化ナトリウム (2名)	2	1	0	1	0
滴定について	1	2	0	1	1
塩と酸の滴定曲線	1	3	1	1	0
いろいろな酸を比べて楽しむ	1	1	0	1	0
リン酸と水酸化ナトリウムの中和滴定	1	1	0	1	1
酸と塩基の反応	1	1	0	1	1
中和滴定 リン酸と水酸化ナトリウムについて	1	1	1	1	1
化学レポート	1	1	0	1	1
中和滴定	1	1	0	1	1

注) C, D, Eにおける0は注目なし, 1は注目ありを示す。