

機器の複合的な活用による化学の授業記録

— ネットワークカメラなどの活用 —

理科 檜田 豪利

一昨年の教育実習において、演示実験を授業の流れの中にスムーズに取り入れるため、ネットワークカメラと無線ルーターを用い、パソコンを介してプロジェクターで投影する方法を試してみた。授業はプレゼンテーションツールとブラウザを切り替えながら行った。その結果、授業の流れを中断することなく、演示実験の良さを生かした授業を行うことができた。

キーワード：機器活用 理科教育 ネットカメラ 演示実験

1. はじめに

化学の授業では、実験方法の説明や器具の取り扱い、化学変化の観察など教師が行う演示実験が教育上有効である。しかし、教師の手元を見せるためには生徒を教卓の周りに集めなければならない。そして、集まった生徒から十分に見えるような大きさの器具を用いる必要がある。

しかし、演示用の器具を用意したとしても、生徒がノートを取る作業や参考資料との比較などの作業が中断されてしまう。また、反応を見せるために使用する薬品の量が増えると思わぬ事故に繋がることもあるなど、いくつかの問題点が残される。

このような点を改善するとともに、生徒が主体的に演示実験に参加できる環境をネットワークカメラと無線ルーターを用いて作り、実際に授業で使用した。この実践には、教育実習に来ていた増田暁（金沢大学物質化学類応用化学コース 精密有機合成化学研究室セレン研究室、当時4年）の協力を得た。なお、PowerPointのファイルおよびプリントは増田暁が作成した。

2. 機材、ソフトについて

使用した機材とソフトは新しいものではなく、数

年前に購入したものをを用いた。カメラが古く、対応するOSはWindowsVistaまでであったため、Vista搭載のパソコンを使用した。JavaのインストールでWindows10でも使用できた。このカメラはパソコンにつなぐことでInternet Explorerでカメラの画像を見ることができる。

(1) 機材

ネットワークカメラ

：SONY SNC-P5（約33万画素）（図1）

無線ルーター：NEC AtermWR6650S

WindowsVita搭載パソコン（無線）

(2) ソフト

PowerPointおよびInternet Explorer

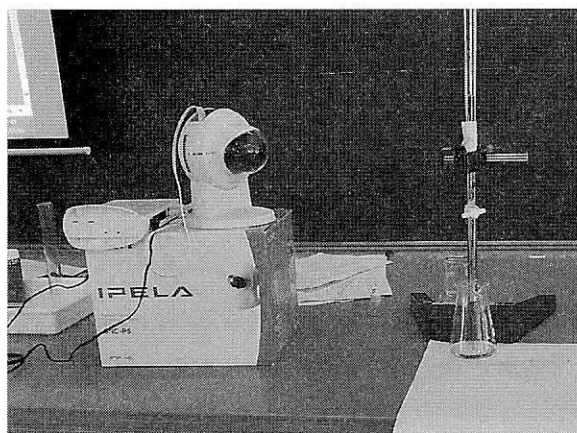


図1 ネットワークカメラと無線ルーター

3. 授業について

ネットワークカメラは「酸、塩基」の単元での教育実習で使用した。3年ほど前より、教育実習では、タブレット端末やパソコンによるプレゼンテーションツールを用いた授業設計に取り組ませている。そして、黒板との使い分けやこれらの機器を用いることを前提とした板書の構成を検討して来た。

今回は、「酸、塩基」の単元を9つのPowerPointのファイルと授業プリントにまとめた。以下に、それらの構成と授業のポイントを記す。

(1) 酸、塩基の定義について

酸と塩基の導入の部分であり、中学で学んだ酸とアルカリについて振り返らせることをグループで行わせたのち、まとめたことをグループごとに指名して発表させた(図2)。

化学基礎 第2編 物質の変化 第2章 酸と塩基 第一回 学習日 2015/ 9/ ()

*まず、中学の復習!!(ブレインストーミングしよう!!)

	酸	塩基(アルカリ)
定義		
物質		
性質		

(アルカリは塩基の中でも水に溶けやすいものを指す)
の酸と塩基の定義】

【 「酸は
塩基は

Ex) HCl → 電離後 NaOH → 電離後

図2 「酸、塩基」の導入のプリント

ここでは塩化水素の気体とアンモニアの気体を反応させる実験を演示実験として行なっているが、PETボトルを用いているため、特にカメラは使用していない。

(2) 酸、塩基の強弱について

生徒はpHという言葉を知っているので、その知識を活かして、塩酸と酢酸水溶液のpHを比較する演示実験から始めた(図3)。その際、pHメータの表示を見せるために、カメラを利用した。また、溶液の抵抗の違いを音で表現する導通チェッカーを用

いた。導通チェッカーによる塩酸、硫酸、酢酸の比較は動画を用いた(図4)。

化学基礎 第2編 物質の変化 第2章 酸と塩基 第二回 学習日 2015/ 9/ ()

A. 演示実験① pHメーターによる酸の強さの比較
同じ濃度に調整した塩酸と酢酸を用いて、どちらのpHが小さいかを確認する。(pHが小さいほど酸性が強い)
塩酸 $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$
酢酸 $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$

実験結果 pHを記入しよう

mol/L	塩酸	酢酸	量
0.1			
0.01			
0.001			

よって、_____のほうがより酸性であるようだ。

B. 演示実験② 電気抵抗から水溶液中のイオンの量を比較する

導通メーター
電流が流れやすいほど、発せられる音のリズムが速くなる器具。
塩酸と硫酸水溶液を同じ濃度に調整し、回路に組み込み、そのときに発せられる音のリズムを確認する。

図3 pHを記入するシート

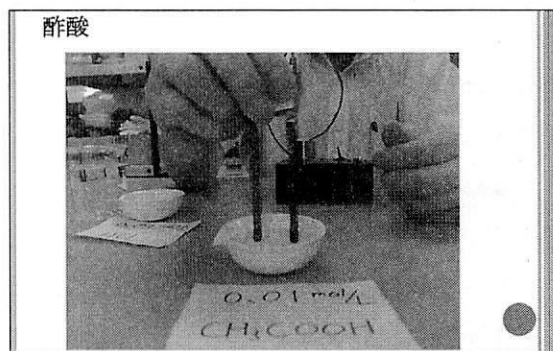


図4 電導度の比較実験

(3) 水素イオン指数と水のイオン積、指示薬について

pHの定義と水素イオン濃度の関係について理解し、種々の濃度の溶液についてpHが計算できるように演習問題を取り入れた。

また、純水に導通チェッカー端子を入れると、音が鳴ることから、純粋中でもイオンが存在することに気づかせる演示実験を行なった。なお、水のイオン積の値は測定できないので、与えることとした。

(4) 中和とその量の関係について

中和のイメージづくりと関係式の適切な使い方に習熟することを目標とした。PowerPointのアニメー

ションを用いた。

(5) 中和滴定実験の方法について

器具の種類、名称、使用方法を理解するためには、器具の種類や名称は写真でも良いが、使い方は実際に使って見せることによって学習効果が高まると考えた。そこで、ネットワークカメラを用いて、操作の様子などを教卓に集まらなくても見られるようにし、ポイントをメモできる環境を確保した。

図5はこの授業で使ったプリントである。また、図6は、メスフラスコについてPowerPointを用いて写真で説明している様子である。図7は実際のメスフラスコを見せながら、標線の説明をしているところで、見て欲しいところや注意すべき点をしっかりと伝えることができています。図8は板書も用いて注意して欲しいポイントをまとめているところである。このように、スクリーンと黒板を併用すること

がプロジェクターの輝度が上がることによって可能となった。

普通に、実験操作を行いながら（図9）、プロジェクターで拡大して見せることによって、生徒との対話を行いながら授業を進めることができた。

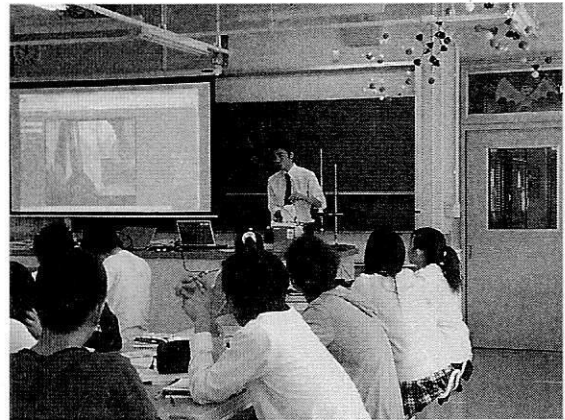


図7 実物による標線の説明

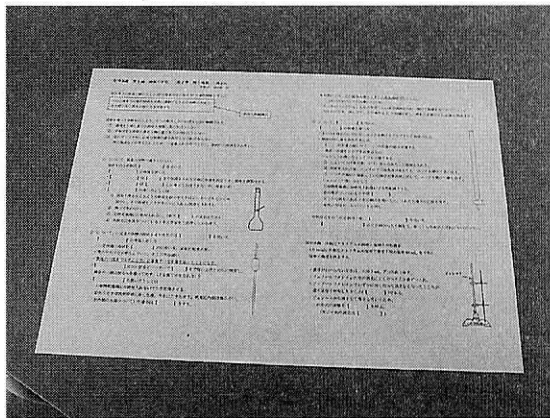


図5 授業で使ったプリントの例

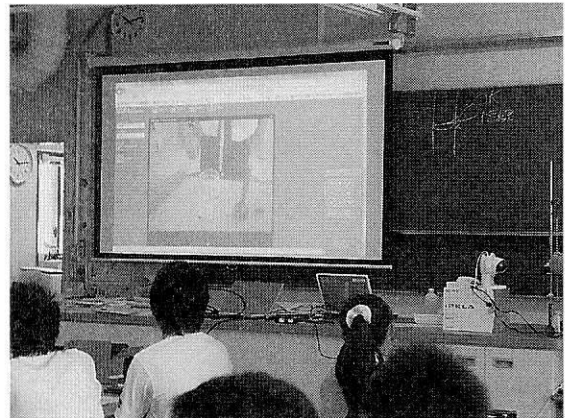


図8 板書との併用

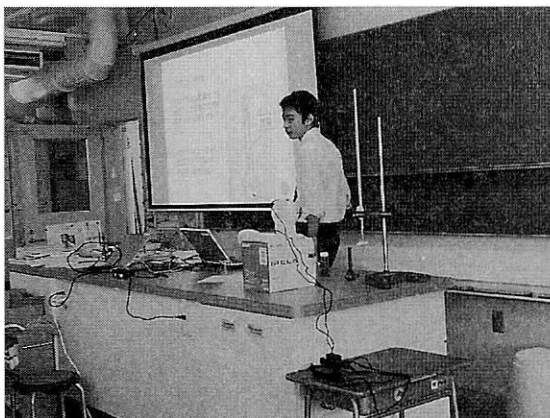


図6 メスフラスコの説明

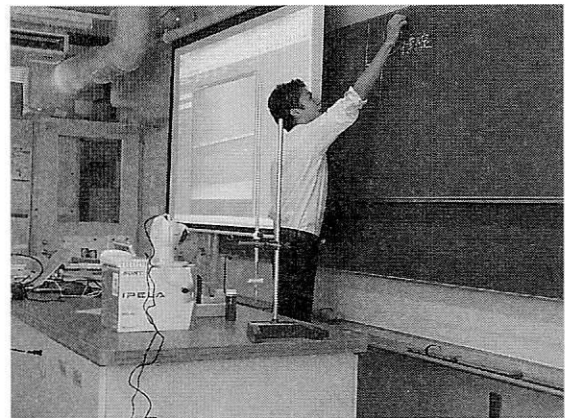


図9 滴定の準備作業

ホールピペットの共洗いの仕方の説明（図10）や中和滴定の手順（図11～図13）などを投影と組み合わせた、このことによって、目盛りは生徒に読ませ、操作は教師が行うというようにして生徒実験の予行がスムーズに行えた。

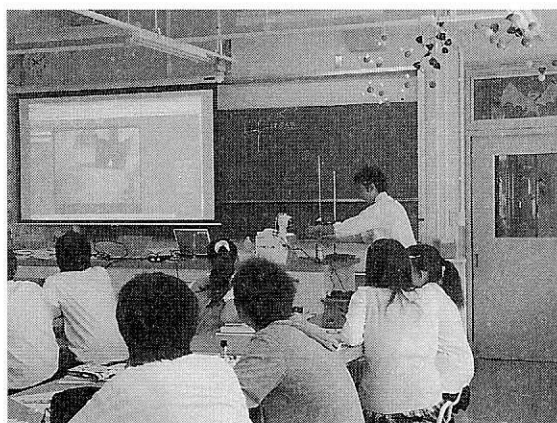


図10 共洗いの仕方の説明

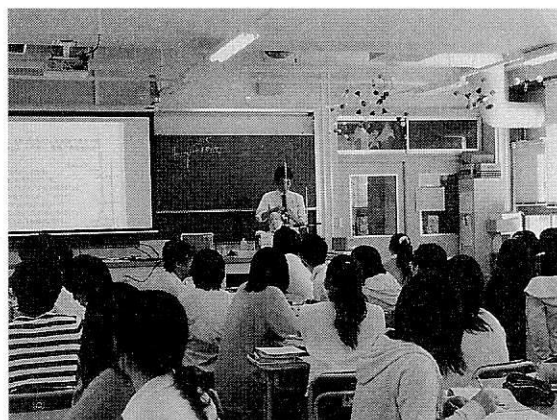


図11 中和滴定1

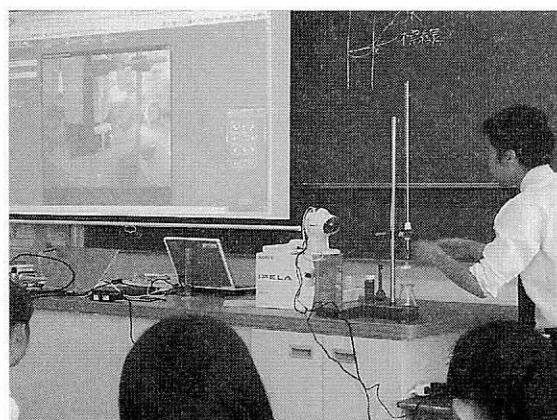


図12 中和滴定2

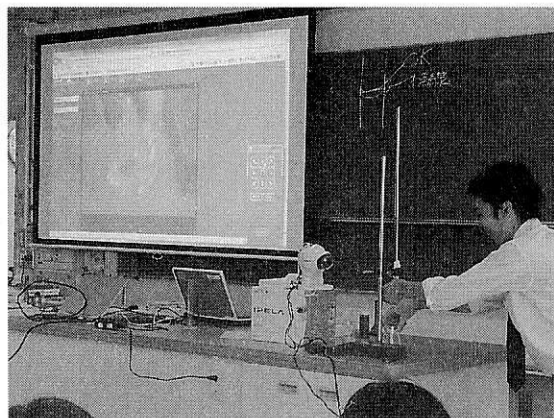


図13 中和点での様子

(6) 塩の水溶液について

ここでは塩の水溶液の液性について考察することを提案し（図14）、演示実験でいくつかの塩の水溶液について酸性、中性、塩基性を指示薬で示したのち（図15）、実際にミニ生徒実験を行い（図16）塩の水溶液の液性についてまとめさせた。

今日はいろいろディスカッションしていこう
...と思います！！

- でもその前に、これを前提に話していきます。
- 電離可能な H^+ や OH^- を持たない塩...正塩
...価数分の H^+ の受け渡しを全て行った塩

図14 塩の授業の導入

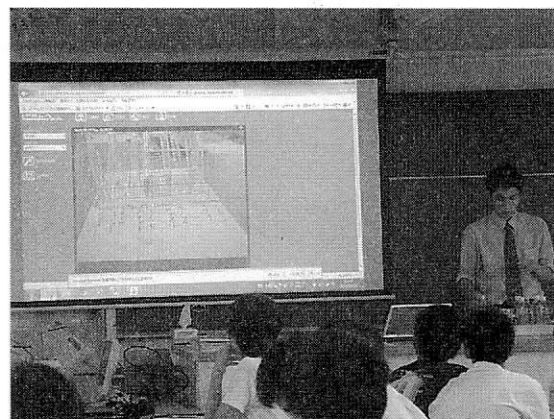


図15 塩の水溶液の液性

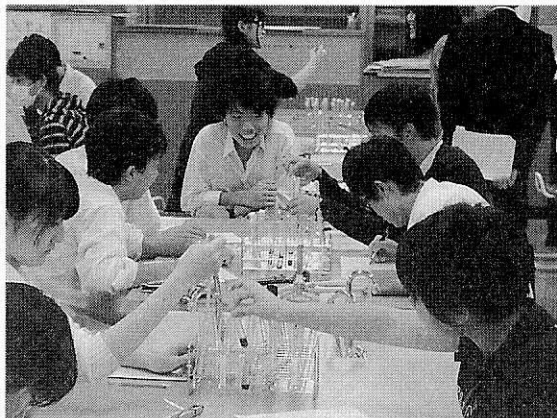


図16 ミニ生徒実験の様子

その後、pHメーターでの測定値を生徒に示した(図17)。そのデータをもとに、塩のグループ化を行わせて、液性と塩を構成するイオンの関係を考察させた。

塩(pH)	Ca ²⁺ (カルシウム塩)	K ⁺ (カリウム塩)	Na ⁺ (ナトリウム塩)	NH ₄ ⁺ (アンモニウム塩)
CH ₃ COO (酢酸塩)	(CH ₃ COO) ₂ Ca (pH=9)	CH ₃ COOK (pH=9)	CH ₃ COONa (pH=9)	CH ₃ COONH ₄ (pH=7)
Cl (塩化物)	CaCl ₂ (pH=7)	KCl (pH=7)	NaCl (pH=7)	NH ₄ Cl (pH=6)
NO ₃ (硝酸塩)	Ca(NO ₃) ₂ (pH=7)	KNO ₃ (pH=7)	NaNO ₃ (pH=7)	NH ₄ NO ₃ (pH=6)
SO ₄ (硫酸塩)	CaSO ₄ 溶けない	K ₂ SO ₄ (pH=7)	Na ₂ SO ₄ (pH=7)	(NH ₄) ₂ SO ₄ (pH=6)
CO ₃ (炭酸塩)	CaCO ₃ 溶けない	K ₂ CO ₃ (pH=11)	Na ₂ CO ₃ (pH=11)	(NH ₄) ₂ CO ₃ (pH=9)

図17 データの表

図17の表を整理することで、生徒は次のようにまとめることができた(図18)。

塩(pH)	強塩基の陽イオン			弱塩基
強酸の陰イオン	KCl (pH=7)	NaCl (pH=7)	CaCl ₂ (pH=7)	NH ₄ Cl (pH=6)
	KNO ₃ (pH=7)	NaNO ₃ (pH=7)	Ca(NO ₃) ₂ (pH=7)	NH ₄ NO ₃ (pH=6)
	K ₂ SO ₄ (pH=7)	Na ₂ SO ₄ (pH=7)		(NH ₄) ₂ SO ₄ (pH=6)
弱酸の陰イオン	CH ₃ COOK (pH=9)	CH ₃ COONa (pH=9)	(CH ₃ COO) ₂ Ca (pH=9)	CH ₃ COONH ₄ (pH=7)
	K ₂ CO ₃ (pH=11)	Na ₂ CO ₃ (pH=11)		(NH ₄) ₂ CO ₃ (pH=9)

図18 データを整理した表

(7) 生徒実験(中和滴定)

0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で酸性溶液(塩酸と酢酸水溶液)の酸の濃度を測定する実験を行い、レポートを提出させた。スクリーンを用いて実験の流れを説明するとともに、ポイントを板書した。生徒にとって中和滴定は初めてであるため、中和点が判定しにくい。そこで、ちょうど中和したときと過剰に入れてしまったときのフェノールフタレインの呈色の様子を示した(図19)。実験では、板書やスクリーンを参照しながら積極的に取り組んでいた(図20)。

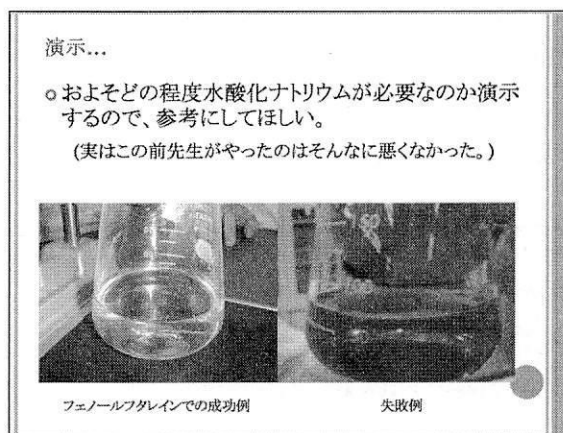


図19 中和点の判定

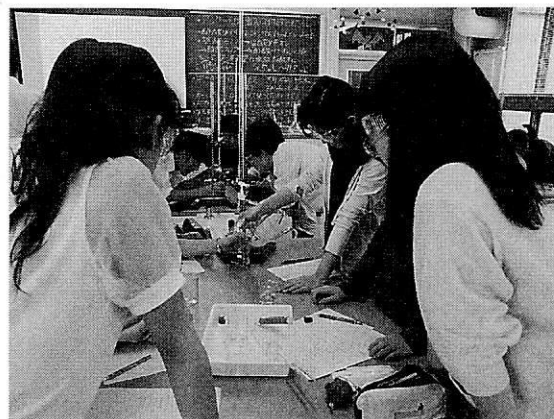


図20 滴定実験の様子

(8) 塩の水溶液の液性と強酸、強塩基との反応

中和滴定での指示薬の決定などでは、塩の水溶液の液性についての知識が欠かせない。そこで、塩の水溶液の液性について、弱酸の陰イオンや弱塩基の

陽イオンと水分子の反応で理解できるように、アニメーションを用いて授業を行った。そして、その反応からの類推として、弱酸の塩と強酸の反応、弱塩基の塩と強塩基の塩の反応を考えさせた。その予想を確認するために、ミニ生徒実験として、塩化アンモニウムの粉末と水酸化バリウムの粉末を混合する実験を行った。

なお、酸性塩、塩基性塩という分類はここで扱った。

(9) 滴定曲線について

本單元最後の授業で滴定曲線の中和点を指示薬で検知するところが理解しにくいので、メチルオレンジ、フェノールフタレインの変色域を確認したのち、0.10 mol/L 塩酸 10 mL に 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を加えて行ったときの水素イオン濃度と pH を何点か計算させ、表を完成させた (図21)。

前々回の実験の成果では塩酸と酢酸の水酸化ナトリウムの中和滴定を行ってきた。今回はその実験での pH の変化の様子を考えてみたいと思う。

① 塩酸の滴定を考える。

- ・フェノールフタレインでは無色から赤に、メチルオレンジでは赤から黄色に藍色した。
- ・塩酸の濃度は約 0.10mol/L だったので、 $pH = []$ である。
- ・フェノールフタレインの藍色域は pH []、メチルオレンジは pH [] である
- ・[] の NaOH 水溶液の滴下でフェノールフタレイン、メチルオレンジともに藍色した。
- ・滴下した水酸化ナトリウム水溶液の濃度は 0.10mol/L なので pH は []

あらゆる滴下量(mL)での pH を求めてみよう

0.10mol/L NaOH 滴下量	0	5	9	9.5	9.8	10	10.2	10.5	11	15	20
[H ⁺]											
pH											

塩酸の場合の(0.10mol/L NaOH 水溶液の体積) vs (pH)のグラフのおよその形を予想してみよう。

図21 滴定にともなう pH 変化の計算

これを元に滴定曲線の形を確認した。滴定曲線を作成する自作のソフトを用いて描いた酸と塩基の滴定曲線を元に、中和滴定に適切な指示薬について理解するとともに、弱酸と強酸の滴定曲線の形の違いなどに気付くようにした。弱酸の滴定曲線の形については「化学」で扱う内容であるため、ここではこのようになるということしか示すことができないが、シミュレーションソフトを用いることでいろいろと濃度を変えた場合を示すことができる。また、

酢酸水溶液を水酸化ナトリウム水溶液で滴定するときメチルオレンジを用いた場合に中和点を見出せないことに気付かせることができた。

また、塩酸を水酸化ナトリウム水溶液で滴定する場合の計算結果から、加えた水酸化ナトリウム水溶液の体積に対する水素イオン濃度 $[H^+]$ の変化をグラフ化することで中和点付近での pH の大きな変化を理解する手立てとした (図22)。

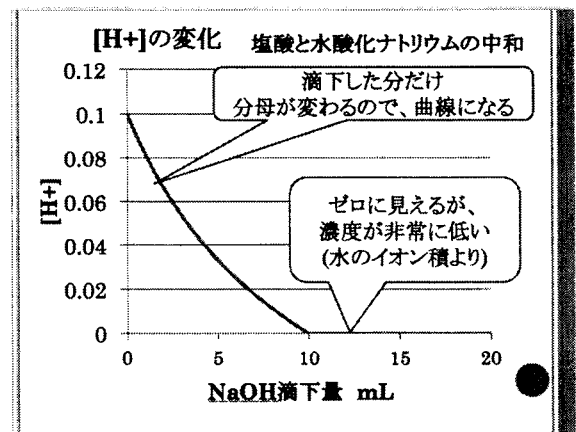


図22 滴定にともなう $[H^+]$ の変化

この後、炭酸ナトリウム水溶液に塩酸を加えた場合の pH 変化について説明して、「酸、塩基」の単元を終了した。

4. まとめ

昨年、増田暁 (金沢大学当時 4 年) の協力を得て、PowerPoint、演示実験、ミニ生徒実験を十分に取り入れた授業を实践した。演示実験についてはネットワークカメラを用いて、席を離れなくても教師の手元が見えるとともに、録画された映像ではない臨場感を持った授業が行えた。

このような授業は、全部の単元で実践するには多大な労力が要求されるため、教育実習という環境において、初めてできたことであった。一つのモデルとして、参考にしてもらえれば幸いである。