

学 位 論 文 要 旨

氏 名 伊丹芳徳

題 目 中等教育における磁性に関する科学実験教材の開発

学位論文要旨（和文2,000字又は英文1,000語程度）

現行の高等学校学習指導要領 理科では、実験・観察が重視されている。高等学校 化学の教科書で取り上げられている実験・観察教材を調査し、原子や電子を取り上げる「物質の構成粒子」の単元では、学校現場で使用できる実験・観察教材がほとんどなく、基本的な概念や原理・法則を解説するだけに留まらざるを得ない単元の一つであることを明らかにした。

本研究の目的は、そのような単元「物質の構成粒子」での電子配置を扱う実験・観察教材として、遷移金属イオンの磁場中での挙動に着目し、それらの磁性を定量的に測定する教具を開発し、授業実践により、その有効性を検討することと、遷移金属塩水溶液の磁場中での挙動や化学反応への磁場の影響を観察する実験方法を開発することである。本論文は、以下の7章で構成している。

第1章では、現行の高等学校学習指導要領 理科の目標に照らし、現在用いられている高等学校 化学の教科書で取り上げられている実験・観察等(発展を含む)をリストアップした。単元「物質の構成粒子」では他の単元に比べて実験・観察教材が数少なく、特に電子配置を扱うものがほとんどなく、抽象化された内容を単に記憶させることに留まっていた。また、遷移金属塩水溶液の磁場中での挙動や化学反応への磁場の影響を実験・観察する実験方法は見当たらなかった。

第2章では、第1章で取り上げた磁性について、実験・観察をとおして気付かせる簡便な方法、「シャーレ法」と「ガラス管法」について報告する。「シャーレ法」はシャーレ中の遷移金属塩水溶液が磁場に引き寄せられ、液面が隆起し、水溶液の色調が変化する様子を観察する方法、「ガラス管法」は、ガラス管中に水とともに流した遷移金属塩水溶液の一部が磁場を印加した場所に留まる現象を観察する方法である。これらの実験をとおして、磁場が水溶液に作用した結果、液面が隆起したり、ガラス管内に水溶液が留まる現象から、水溶液の磁性や、典型元素と遷移元素の違いに気付かせることができた。

第3章では、第1章で取り上げた電子配置についての問題点を解決するための、ネオジム磁石と電子天秤からなる簡便な磁気天秤の開発を取り上げる。この磁気天秤での測定値は文献値に近い値であり、実用に耐えるものであることを論じる。

第4章では、第3章での磁気天秤を更に簡便化した磁気天秤を取り上げる。これを用いて不対電子数ならびに電子配置を推定する授業実践し、その有効性を検討した。

第5章では、遷移金属塩の水溶液に磁場を印加すると起きる液面が隆起する現象に着目した教具について論じる。隆起液面で反射して生じるレーザー光の投影像の高さが水溶液の磁化率と関係することを明らかにした。水溶液の磁化率と遷移金属イオンの磁化率との関係から、レーザー光の反射像の高さから遷移金属イオンの不対電子数ならびに電子配置を推定する指導案を作成し、授業実践により、その有効性を検討した。

第6章では、以上の研究を基に、これらの実験・観察教具を高等学校の科学系部活動に応用した。(1) 第3章と第4章を参考にして簡便な磁気天秤を自作し、物質の磁性の判別や磁化率の算出を行った。(2) 第5章で検討した液面隆起による磁化率の推定方法を応用し、隆起液面高さを測定し、その高さ和水溶液の磁化率が相関することを確認した。(3) 第5章を参考にして、水溶液からの析出物への磁場の影響を実験・観察した。磁場の有無で、析出物の形状や組成に違いが生じることを明らかにした。例えば、 $\text{CoCl}_2\text{-NiCl}_2(1:1)$ 水溶液からの磁場部での析出物では CoCl_2 が NiCl_2 よりも多くなった。(4) (3)の実験で、溶媒を水からエタノールに変えた、 $\text{CoCl}_2\text{-NiCl}_2(1:1)$ エタノール溶液からの析出物組成比は変化しなかった。(5) 磁性の違いを利用して物質を分離する磁気クロマトグラフィー装置を自作し、水酸化コバルト(II)と水酸化銅(II)(1:1)混合物から水酸化コバルト(II)が分離できることを明らかにした。以上の高校生への指導から、磁性が高校生の探究活動の課題として発展性が高いことを明らかにした。

第7章では、発展的実験として、磁場が化学反応に影響する例の一つである、過酸化水素の分解反応への磁場効果を取り上げた。この実験で、塩化鉄(III)触媒では磁場によって反応速度が大きくなることに気付かせることができる。

物質の基本的な性質の一つである磁性についての学習は、小・中・高校の発達段階に合わせて継続的に行われることで、興味が喚起され理解が深まると考えている。現在、ネオジム磁石の普及で0.3 T程度の磁場を容易に扱える環境になっている。このことを背景にして本研究では、従来は難しかった磁性についての定量的な実験を行う簡便な実験教具を開発し、教育実践をとおしてその有効性を確かめた。