

研究課題	迅速で可視化された化学平衡に関する実験教材の開発		
氏名	大室智史	所属	理科教育学分野
		職名	講師
APRIN e-ラーニングプログラムの受講		<input checked="" type="checkbox"/> ←受講済の場合はチェックをすること	
<p>【研究成果の概要】（文字の大きさ9ポイント・字数800字～1600字程度）</p> <p>化学平衡の概念は高等学校化学の中で、最も理解の困難な概念の1つである。一般に正反応と逆反応の速度が等しい時、反応が見かけ上止まっているように見える状態のことを指す。高等学校では主にヨウ化水素の合成や酢酸の酸解離、二酸化窒素から四酸化二窒素への変化のような化学反応を中心に上げられているが、視覚的に理解できる反応ではないことや、平衡状態の維持が難しいといった課題がある。本研究は、高校化学で扱う水-有機溶媒間の分液操作を、二相間における溶質の分配平衡の観点から理解させることを目的として、迅速かつ物質移動を視覚的に捉えられる実験教材の開発を行ったものである。従来、高校化学における分液操作は操作手順の習得が中心となりやすく、その背景にある化学平衡の概念とは必ずしも十分に結び付けられてこなかった。本研究では、金属錯体が水相から有機相へ移動する反応をモデル反応として採用し、相間の色の変化によって物質移動の進行と平衡到達を視覚的に確認できる実験系を設計した。さらに、通常高額な分光器を用いて行う化学種の定量を、スマートフォンのアプリを利用することで、高等学校でも定量可能な教材を目指した。また、試薬及び操作については、できる限り高校化学の学習範囲にある物質を優先的に選定し、現象の再現性が確保できる範囲で標準的な実験器具により実施できるよう条件を検討した。</p> <p>具体的には、鉄(Fe)と1,2-ビピリジン(bpy)との錯体$[\text{Fe}(\text{bpy})_3]^{2+}$と過塩素酸イオン($\text{ClO}_4^-$)とのイオン対形成によって錯体の有機相への移動を制御する実験教材を構築した。$[\text{Fe}(\text{bpy})_3]^{2+}$は赤色を呈しその色の濃さは濃度に依存する。通常は可視光の吸収を測定して濃度を求めるが、今回はスマートフォンアプリを用いてRGB値を求め、色の濃さとRGB値の変化を記録し検量線とした。アプリケーションの利用は容易であったが、再現性に多少の難があり、RGBの測定範囲及び拡大倍率の調整に課題となった。この水溶液に過塩素酸ナトリウムを加え、過塩素酸濃度を変化させた水溶液を有機溶媒とともに振り混ぜた。振とう後、RGBアプリケーションを用いて残った水相中の$[\text{Fe}(\text{bpy})_3]^{2+}$の濃度を測定した。その結果、過塩素酸イオンの濃度増加に伴って、水相中$[\text{Fe}(\text{bpy})_3]^{2+}$と$\text{ClO}_4^-$のイオン対が有機相へ分配し、水相中の$[\text{Fe}(\text{bpy})_3]^{2+}$の低下がみられた。この値は、紫外可視吸光度計と同程度であったことから、スマートフォンを用いた簡易な定量法でも研究と同程度の結果を得ることができた。これは$[\text{Fe}(\text{bpy})_3]^{2+} + 2 \text{ClO}_4^- \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{bpy})_3]^{2+} \cdot (\text{ClO}_4^-)_2$の抽出平衡において、平衡が右に傾く様子を視覚的に表している。一方で、過塩素酸イオンの減少によって平衡が左に傾くと錯体は水相へ移動する様子も表している。この状態は試験管の溶液組成を変えない限り安定で、二酸化窒素から四酸化二窒素の平衡のように体積や圧力の制御が不要であるため観察も容易である。</p> <p>本研究では、数秒程度の振とう操作で相間の色変化が明瞭に観察でき、目視で平衡状態を判別可能な再現性の高い実験条件を見いだすことができた。条件を変えることで平衡の偏りが変化する様子も観察でき、平衡移動に関する定性的な理解を促す素材としても活用できる見通しを得た。加えて、生徒が持つデバイスを用いることで、従来では高額な分光器を用いる必要があった吸光度法の代替として、RGBを用いた定量的な理解へと繋がるのが期待できる。</p> <p>本経費は主に実験環境の整備と消耗品の購入に充当した。研究室の立ち上げにあたり、研究室什器等（机・椅子等）や実験用ガラス器具（ビーカー等）に加え、試薬類及び各種実験器具を整備したことで、教材開発に必要な化学実験を反復して行う環境を確立でき、条件検討を効率的に進めることができた。</p> <p>今後は、構築した実験教材と学習指導計画を実際の高等学校等の現場で実施し、生徒の理解度や学習上の躓きの所在について検証するとともに、得られた知見をもとに教材の改良を進める。あわせて、関連学会での成果発表及び理科教育関連学会誌への論文投稿を進め、高等学校の教員が実際の授業で活用できる教材として広く提供することを目指す。</p>			
<p>【研究成果発表方法】</p> <p>上記研究について、R8年度中に日本理科教育学会または日本化学会学会にてポスター発表を予定している。学会発表での知見から、内容を精査したのち、関連する学会誌等へ論文の投稿を検討する。</p>			

※発表論文名（口頭発表を含む）、氏名、学会誌等名（投稿中・投稿予定・執筆中）を記入すること。

※本経費を用いて、報告書（冊子等）を作成した場合には、本様式とともに1部を提出すること。

なお、提出された報告書は教育実践研究推進本部を通じて附属図書館へ寄贈する。