

## HMD を用いたイオンの可視化による仮想電気分解実験環境

### Virtual Electrolysis Experiment Environment by Ion Visualization using HMD

沖田 康弘<sup>\*1</sup>, 岡本 勝<sup>\*1</sup>, 松原 行宏<sup>\*1</sup>, 毛利 考佑<sup>\*1</sup>  
 Yasuhiro OKITA<sup>\*1</sup>, Masaru OKAMOTO<sup>\*1</sup>, Yukihiro MATSUBARA<sup>\*1</sup>, Kousuke MOURI<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 広島市立大学大学院情報科学研究科

<sup>\*1</sup>Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

Email: mh67005@e.hiroshima-cu.ac.jp

**あらまし**：本稿では、イオンの可視化に着目した HMD 型仮想電気分解実験環境の構築を行う。水溶液を形成するイオンや分子を可視化させることで、実際の実験を行うだけでは見ることのできない原理について確認することができる。検証実験により、可視化されたイオンの反応を確認しながら実験を進めることができた。また、1 週間後に行った事後テストで発生した物質を答えることができた。

**キーワード**：VR, HMD, 化学教育, 電気分解, 可視化

#### 1. はじめに

高校化学の指導要領には実験を行うことを通して化学の基本的な概念や原理、法則の理解を図ることが重要視されている<sup>(1)</sup>。化学に対する意識調査では、化学に対しての肯定的な意見として「実験」、「発見」、「楽しい」と回答する学生が多く存在し、化学の面白さの 1 つとして実験を行うことが挙げられる<sup>(2)</sup>。しかし、化学実験には危険な試薬や物質などを扱うこともあるため、教師の監視なしで学生が自由に実験を行うことは難しい。

このような問題を解決するために、岡本らはバーチャルリアリティ (VR) を活用して仮想環境内で化学実験を行えるシステムを開発した<sup>(3)</sup>。仮想環境内において金属イオンに関する沈殿反応実験を行うことができ、試薬などによる危険性を無視して実験による学習を行うことを可能とした。しかし、高校生が学習すべき内容はどのような反応が起こったという現象だけでなく原子やイオンなどに関する原理についても同時に学習しなければならない。

そこで、本研究ではイオンの可視化に着目し、実験を通して原理について学習可能な HMD 型仮想電気分解実験環境を構築した。学習者はヘッドマウントディスプレイ (HMD) を介して、電気分解反応が起こると可視化された電子やイオンなどがどのような反応を起こすのかを確認することができる。

#### 2. 提案システム

提案システムは HMD とハンドトラッキングコントローラから構築される。HMD を用いることで現実の環境に依存せず没入感をもって実験を行うことができる。本システムでは、HMD 及びハンドトラッキングコントローラとして HTC 社の VIVE Pro を用いた。図 1 に本システムで用いた VIVE Pro の外観を示す。HMD には仮想環境内の映像が出力されており、頭に装着した状態で首を動かすことで仮想実験環境内の視界の位置と角度を操作することができる。また、コントローラには様々なボタンが搭載さ

れており、各ボタンの入力情報及び位置情報と角度情報を取得することができる。学習者は HMD を装着してコントローラを操作することにより水溶液に対して電気分解反応を起こしたり、問題を回答したりすることができる。



(a)HMD



(b)コントローラ

図 1 本システムで用いた VIVE Pro の外観

図 2 に仮想実験器具の外観を示す。仮想実験器具は電源部分、電源ボタン、導線、炭素棒、水槽、水溶液、可視化されたイオンや分子で構成される。仮想実験器具の水槽の中には水溶液を表すオブジェクトが入っており、電源部分に繋がれた導線が左右に配置されている炭素棒に繋がっている。ここで、正極から導線に繋がれている炭素棒が陽極、負極から導線に繋がれている炭素棒が陰極を表している。

本システムでは、一般に高校化学の電気分解の単元で学ぶ 6 種類の水溶液を取り扱う。水溶液内部にはその水溶液を形成する陽イオンや陰イオン、水分子が可視化されている。水溶液中に存在するイオンや水分子を可視化させることで、電気分解反応が起こり始めたときにイオンが陽極、陰極に引き付けられ、化学反応がどのように起こっているかという原理について確認することができる。また、各極で反応が起こると同時にイオン反応式が書かれてあるテキストを表示させフィードバックを行うことで、イオンの動きとイオン反応式を関連付けさせながら反応を確認することができる。本システムでは、電気分解反応を確認した後、システム内に提示されている問題に回答し正解することで次の水溶液の電気分

解反応が確認可能となる。なお、コントローラのメニューボタンを押すことでシーンを初期化し再び初めから電気分解反応を確認することができ、グリッポボタンを押すことで仮想実験器具の中にある水溶液の内容を変更することができる。

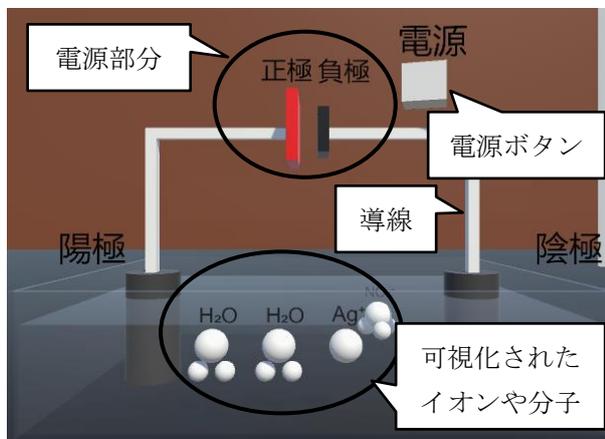


図2 仮想実験器具の外観

### 3. 検証実験

検証実験では、可視化されたイオンによって電気分解実験における原理について確認しながら実験を進めることができるかを検証し、イオンの可視化が適切であったかどうかをシステムに関するアンケート調査により評価を行った。また、1週間後に事後テストを行った。事後テストは、6種類の水溶液について陽極と陰極で発生した物質を答える問題で、全12問の12点満点である。被験者は高校生のときに化学を履修していたことを確認した大学生5人(A-E)とした。なお、各被験者には1週間後に事後テストを行うことは事前に伝えていない。

学習者は実験を行っている時間のうち平均62%の間可視化されたイオンが存在する水溶液を見ていた。実験中における水溶液を見ている割合はHMDのy軸に対する角度情報から水溶液の方向を向いているデータより導いた。図3に1週間後の事後テストの結果を示す。図3より、被験者5名のうち4名は12問中9問以上正解しており、1週間たった後でも電気分解で発生した物質を答えることができた。一方で、被験者Bや被験者Eのように陽極と陰極を対応付けて答えられなかった人も存在した。

表1に事後アンケートの内容と回答平均値及び標準偏差を示す。事後アンケートは5段階評価(5:肯定的-1:否定的)とし、自由記入欄を設けた。Q1の平均値が4.0、標準偏差が1.10であることから、各極でのイオンや分子の変化は学習者にとってわかりやすかったと考えられる。また、Q2の平均値が4.4、標準偏差が0.49であることから、電子の動きや速さは学習者に対して適切なものであったと考えられる。一方で、Q3の平均値が3.6、標準偏差が1.02となっておりQ1、Q2に比べると評価値が低くなっているが、これは表示されたテキストよりも可視化された

イオンの方をよく見ながら実験を進めていたからだと考えられる。さらに、自由記入欄において「NaOHなどの複雑な反応式になる問題の理解に繋がると感じる」、「システムに慣れたあたりでどのような結果になるかを想像しながらできたのがよかった」という意見が挙げられていることから、可視化されたイオンによって原理を理解しながら結果を予測することができる事例を得た。

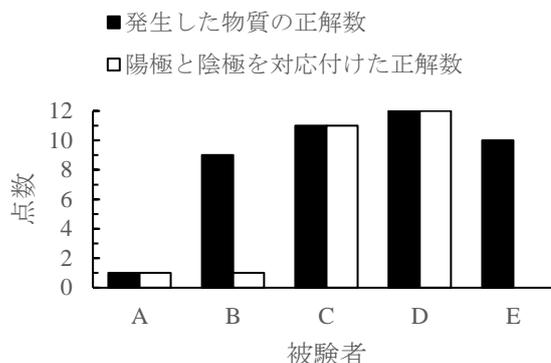


図3 1週間後に行った事後テストの結果

表1 事後アンケートの内容と結果

番号	質問内容	平均	標準偏差
Q1	陽極、陰極でのイオンや分子の変化は分かりやすかったか	4.0	1.10
Q2	イオンや電子などの動く速さは適切であったか	4.4	0.49
Q3	テキストによるイオン反応式の表示は役に立ったか	3.6	1.02

### 4. おわりに

本研究ではイオンの可視化に着目したHMD型仮想実験環境の構築を行った。検証実験より、可視化されたイオンの反応を確認しながら実験を進めることができることを確認した。また、1週間後に行った事後テストにより、発生した物質を答えることができた。しかし、陽極と陰極で発生した物質を対応付けて答えられなかった人も存在した。

今後の課題として、両極での反応をより正しく学習するためのフィードバック等を再検討することが挙げられる。

#### 参考文献

- (1) 文部科学省: “高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編”, 実数出版株式会社, pp. 96-112 (2018)
- (2) 村上能規: “化学を専攻しない学生への化学に対する意識調査”, 八戸工業高等専門学校紀要, Vol. 47, pp. 111-113 (2012)
- (3) 岡本勝, 前場凌太, 松原行宏: “HMDを用いたVR型有機化学学習支援環境の開発”, 教育システム情報学会第43回全国大会, pp. 193-194 (2018)