

高等学校 化学基礎における イオン化列カードゲーム教材の開発と実践

平野 純一* 足立 達彦** 岩山 勉***

* 大学院学生

** 附属高等学校

*** 理科教育講座

Development and Practice of Ionization Tendency Card Game Teaching Materials in High School Chemistry Basics

Junichi HIRANO*, Tatsuhiko ADACHI** and Tsutomu IWAYAMA***

**Graduate student, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan*

***Senior High School Affiliated to Aichi University of Education, Kariya 448-8545, Japan*

****Department of Science Education, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan*

I. はじめに

平成30年3月に公示された新しい高等学校学習指導要領解説¹⁾(以下、新学習指導要領解説という)を読むと、各教科・科目等の特質に応じた「見方・考え方」を働かせることの重要性が示されている。これに即して、理科の見方・考え方では、『比較したり関連付けたりするなどの科学的に探究する方法を用いて考える』という目標が掲げられている。しかし、高等学校で化学基礎の授業をする際、比較や関連付けを行うことが生徒にとって難しいと思われる学習内容も存在し、学校現場の実情として暗記中心の学びにならざるを得ない場合が無いわけではない。

筆者らは、上で述べた「比較や関連付けを行うことが生徒にとって難しいと思われる学習内容」の例として、『化学基礎(3)物質の変化とその利用(イ)化学反応④酸化と還元』の単元における金属のイオン化列の学習に注目した。新学習指導要領解説¹⁾によると、この単元のねらいは『酸化還元反応が電子の授受によることを理解させること』である。しかし、高校の授業において金属のイオン化列を扱うとき、試験問題を解くためのイオン化列の暗記が必要とされるため、授業の中で、電子の授受と関連付けて理解を深めさせることは難しい。したがって、イオン化列の学習において、生徒自身が主体的に活動し、比較したり関連付けたりして学べる教材が必要であると考えられる。

生徒自身が主体的に活動し、比較したり関連付けたりして学べる教材の例として、愛知教育大学附属高等

学校における過去の教育実践がある。小田原(2018)は、世界史Bの授業において、トランプの七並べやかるたを用いて、歴史上の用語や年代を関連付けて学べる教材を開発し、実践している²⁾。また、野田(2019)は、地学基礎の授業で、地質年代における環境の変化と生物の変遷を関連付けて整理できる教材を開発し、実践している³⁾。これらの実践では、カードゲーム形式の教材が用いられており、カードゲーム教材を用いることで、生徒が主体的に楽しみながら学習できることが示されている。

これらを踏まえて筆者らは、生徒自身が主体的に活動し、比較したり関連付けたりして学べる教材としてカードゲーム教材が有効であると考え、金属のイオン化列とその関連知識について学べるカードゲーム教材を開発し、実践によってその効果を確かめることにした。

今回の実践に際し、実践校である愛知教育大学附属高等学校の1年生3クラスの生徒約120名に対して、授業の最初に事前アンケート調査を実施した。

まず、「あなたは、知識等の暗記をすることが得意ですか。」という質問では、約6割の生徒が暗記に苦手意識を持っていることが分かった。(図1)

また、知識の暗記の際に障壁だと思うことを、複数選択式で尋ねたところ、6割以上の生徒が、「勉強のモチベーションが続かない」と回答しており、続いて知識を関連付けられないことや、覚えたことをアウトプットする機会が少ないことも挙げられた。(図2)

これらの結果から、実践校において、暗記が必要な学習内容に苦手意識を持つ生徒は多く、また暗記が必

Q.あなたは知識等の暗記をすることが得意ですか。

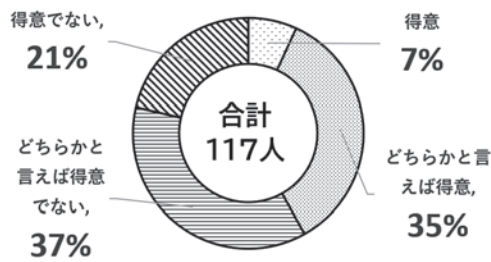


図1

Q.あなたが知識の暗記をしようとしたときに、障壁だと思う場面を教えてください。(合計117人)

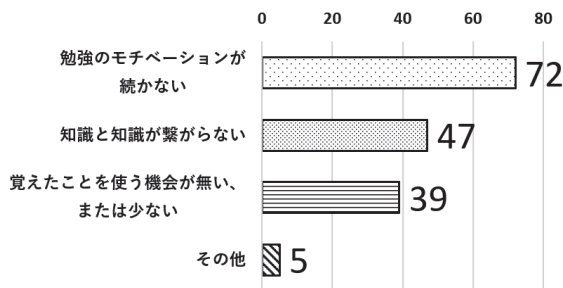


図2

要な学習にやる気を持って取り組めていない生徒が多いことが分かった。

最後に、生徒が暗記の際に用いている勉強方法を自由記述形式で尋ねたところ、以下に回答の一部を示す通り、「書く」「読む」など単調なインプット中心の勉強法が目立った。

*「他教科を含め、普段あなたが知識等の暗記をしようとしたとき、どのような勉強をしていますか?」という質問に対し、次のような回答が得られた。

- ・教科書を読む
- ・教科書を声に出して読む
- ・ノートに書いて覚える
- ・何回も書いて覚える
- ・ひたすら書いて覚える
- ・赤シートで隠してひたすらノートに書く
- ・教科書に緑ペンを引いて、隠して勉強する。

このように、実践校における生徒の様子から考えても、暗記が必要な学習内容において、“生徒自身が主体的に活動し、比較したり関連付けたりして学べる教材”を開発する必要があると言える。

したがって、本実践研究では、化学基礎における金属のイオン化列とその関連知識について学べるカードゲーム教材を開発し、実践によってその効果を確かめることを目的とする。

II. 教材と授業構想

1. イオン化列カードゲームの概要

本教材は、金属カードと電子カードの2種類に分けられる。

金属カード(図3)は、プレイヤーが持つ手札として用いる。プレイヤーは金属カードを使って電子カードを奪い合い、他のプレイヤーよりも多くの電子カードを獲得することを目指す。金属カードは、それぞれ“イオン化傾向が小さい金属ほど強い”というルールで強さが設定されており、これによってイオン化傾向が小さい金属ほど電子を奪って還元されやすいという性質を、ゲームに取り入れることができる。

電子カード(図4)は、プレイヤーが奪い合うカードであり、ゲームでは山札として使用される。電子カードにはそれぞれ「環境」という要素があり、「高温の水蒸気」や「希硫酸」など、金属と水・酸との反応に沿った環境が設定されている。今回、ゲームをしながらイオン化列と水や酸との反応を関連付けて学習できるように、「環境が熱水の電子カードに対しては、熱水に反応する(溶ける)金属カードは使えない」といったルールを設定した。このように、カードゲームの戦略の中に、学習させたい事項を関連付けることで、ゲームを通して生徒同士で学習が深まるように工夫した。

さらに、酸化被膜を生じる金属は特定の環境で例外的に反応しないということも、ゲームのルールに反映させた。例えば酸化被膜を作って硝酸には溶けないアルミニウムの金属カードは、環境が「硝酸」の電子カードに対しては大幅に強化されるようになっている。このようにして、生徒同士でゲームの戦略を考える中で、自然に金属の性質を学べるように工夫した。

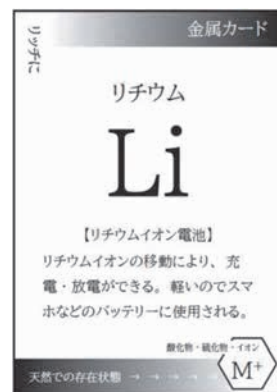


図3

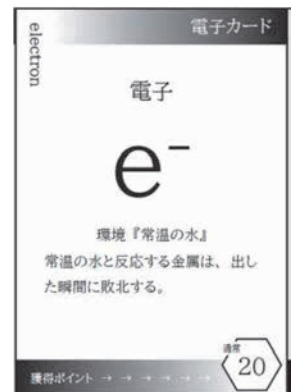


図4

2. イオン化列カードゲームのルール

上記のような工夫が生かされ、ゲームをするだけで自然にイオン化列と関連知識を学ぶことができるように、ゲームのルールを以下のように定めた。

(1) ゲームの勝利条件

金属カードを用いて電子カードを奪い合い、最終的に最も多くの【獲得ポイント】を獲得する。

(2) ゲームの参加人数

3～6人

(3) ゲームの流れ

- ①電子カードの束を参加人数の数だけ分けて伏せて置き、山札とする。
- ②金属カードを同じ枚数ずつ配り、手札とする。
- ③単位フェーズ（後述）を手札がなくなるまで繰り返す。
- ④獲得した電子カードの獲得ポイントを合計して、最も多い人が勝利。

(4) 単位フェーズで行うこと

- ①それぞれの山札から電子カードを1枚めくって表にし、山札の横に置く。
- ②「せーの」の合図と共に、任意の山に手札（金属カード）を1枚出す。
- ③それぞれの山について、勝敗ルール（後述）に従って勝敗を決め、勝利した人がそれぞれ該当する山の電子カードを総取りする。また、使用した手札（金属カード）は勝敗に関わらず破棄される。
- ④この後、誰にも獲得されなかった電子カードは、次のターンに持ち越される。この場合も、①の作業は全ての山で同様に行われ、山にある表にした電子カードの枚数が増えていく。このとき、各山の環境は、最も新しい電子カードのものを使用する。

(5) 勝敗ルール

- ①各山の電子カードの環境で起こる反応をグループで確認し、その環境で反応する金属カードを無条件で敗北させる。
- ②①で敗北しなかった金属の中で、狙った山に自分以外の金属がないものは、その山について勝利する。
- ③複数の狙いが重なった山については、最もイオン化傾向の小さいカードが勝利する。ただし、不動態を作る金属の場合、カードに記載された強さで勝敗を決める。

3. 授業計画

2021年3月に、愛知教育大学附属高校の1年生3クラスの化学基礎の授業で実施した。生徒は既に授業でイオン化列について学んでおり、知識の定着を目的として本教材を用いた。1グループの人数は4人とし、イオン化列を示す表の観覧は許可した。授業の前後で、イオン化列の表を埋める小テストとアンケートを実施した。

(1) 実践の目標

実践の目標は、本カードゲーム教材を用いることで、

生徒が以下に示す力を養うことである。

- 金属のイオン化列を正しく書くことができる
- 水や酸との反応を正しく書くことができる
- 不動態という語句や、不動態を作る金属を書くことができる
- 上記の目標を、主体的に楽しみながら達成できる

(2) 準備物

- イオン化列カード 74枚×10セット
- 小テスト用紙 80枚
- 模範解答とアンケート用紙 40枚
- ルール説明用紙 10枚
- アンケート回答用iPad 20台

(3) 指導計画

指導計画は以下の通りである。（表1）

表 1

時	内容	留意点
0	●小テスト（事前） ・解答時間は、1回目の実践では7分、2、3回目の実践では4分	○生徒が解答している間に、アンケート回答用iPadを配布する
5	●事前アンケート ・iPadでQRコードを読み取って回答 ・iPadは2人で1台	○iPadを待っている間、生徒はアンケート用紙に自分の回答をまとめておく
15	●ルール説明を聞く	○実演動画などを用いてルール説明を行う
20	●活動 ・最初は手札4枚で行い、その後はグループで自由に活動する	○机間巡視を行い、ルールの補足等を行う
35	●小テスト（事後） ・解答時間は、1回目の実践では7分、2、3回目の実践では4分	○生徒が解答している間に、カードとルール説明用紙を回収する
40	●事後アンケート	○時間短縮のため、小テストの解答が終わった生徒から順次答え合わせをして事後アンケートに移行した

Ⅲ. 結果と考察

1. 小テストの成績から見る結果と考察

今回の実践では、実践の前後で同じ内容の小テストを行い、結果を比較した。このとき、純粋にカードゲームを楽しんだことによる成果を評価するために、生徒には最後にもう一度小テストを行うことは伝えずに実

践を行った。

次の図5と図6は、小テストの点数別の人数（事前/事後）と、個人の点数の変化量をそれぞれヒストグラムで表したものである。

図5を見ると、集団として大幅に成績が向上していることが分かる。したがって、このカードゲーム教材で遊ぶことで、知識の定着に効果が見込めることが示された。

また、図6を見ると、2名を除く大半の生徒の点数が向上しており、中には32点満点の小テストで27点も点数が増加した生徒も見られる。したがって、本教材は概ね全ての生徒に対して効果が見込めることに加え、生徒によっては飛躍的に知識を吸収させることができる可能性があることが分かった。

その他、小テストの問題を、イオン化列、水との反応、酸との反応、不動態の4観点に分けて見た場合も、全ての観点において、全てのクラスで成績の向上が見られた。（図7～10）

したがって、実践に際して掲げた4つの目標のうち、以下に示す3つについては、達成できたと言っても良いと考えられる。

- 金属のイオン化列を正しく書くことができる
- 水や酸との反応を正しく書くことができる
- 不動態という語句や、不動態を作る金属を書くことができる

2. アンケートの回答から見る結果と考察

今回の実践では、実践の直後に事後アンケートを実施した。

まず、本教材がルール通りに機能していたのかを評価するために、「今回のカードゲームのルールは理解できましたか。」という質問を行った。（図11）

図11を見ると、9割以上の生徒がルールを理解できた、もしくはなんとなく理解できたと回答しているため、本教材は概ねルール通りに機能していたと考えられる。

しかし、「なんとなく理解できた」を含め、ルールを完全に理解できたと言えない生徒が一定数いることも分かった。これは、実践が45分授業の短縮日課であったことや、事前・事後アンケートの回答にも時間を割いていたことなどから、全ての生徒が完全にルールを理解できるほどの活動時間が取れなかったことが原因であると考えられる。

次に、事前アンケートで分かった暗記の障壁が、本教材によって改善されたかどうかを評価するため、「このカードゲーム教材の良いところは何だと思いますか。」という質問を、複数選択式で行った。（図12）

図12を見ると、事前アンケートで暗記の障壁となっ

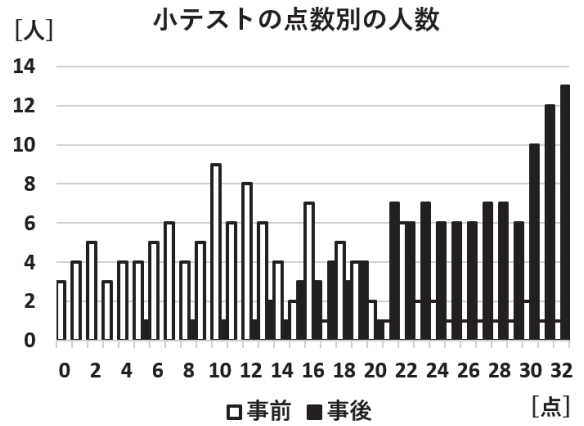


図 5

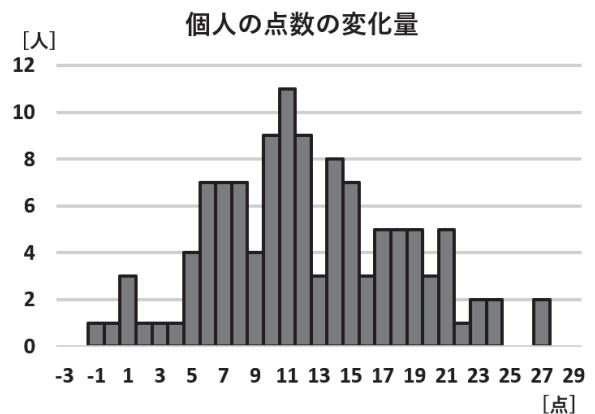


図 6

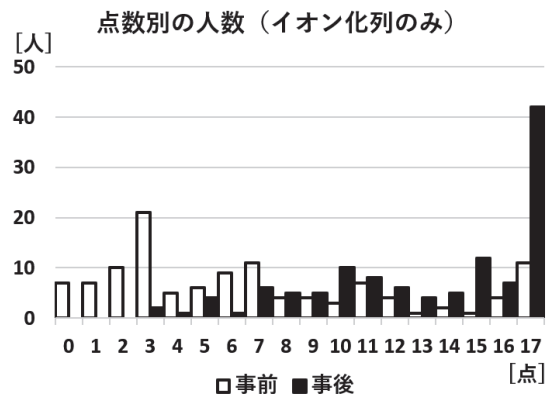


図 7

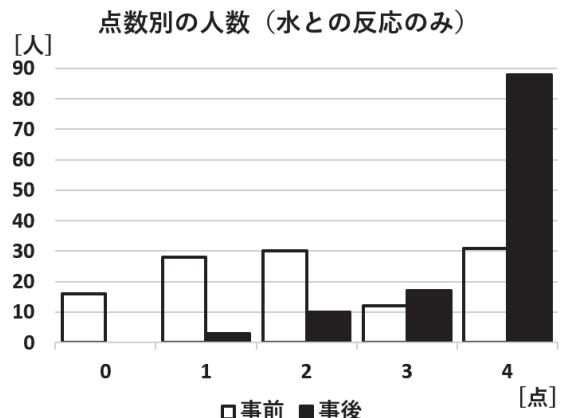


図 8

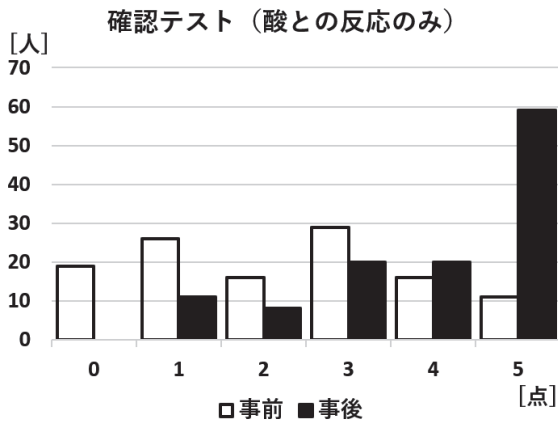


図 9

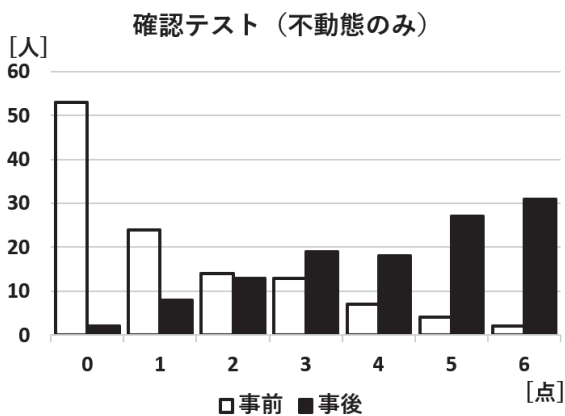


図 10

Q.カードゲームのルールは理解できましたか。

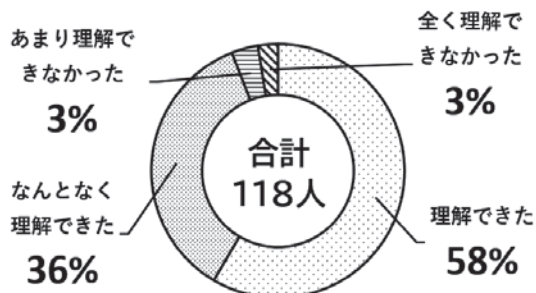


図 11

Q.カードゲームで楽しく学べましたか。

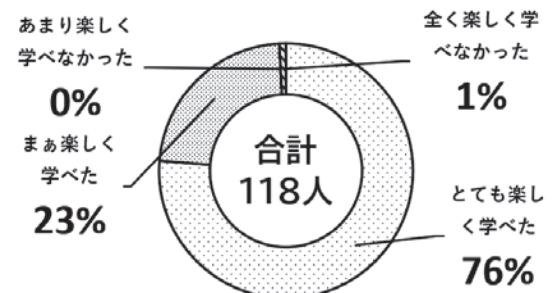


図 13

Q.このカードゲーム教材の良いところは、何だと思えますか。(合計118人)

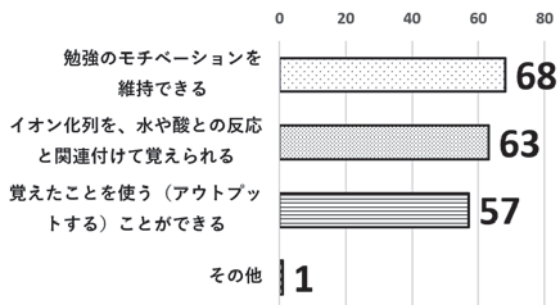


図 12

Q.他教科を含め、今後知識等の暗記をする際に、同じようなカードゲーム教材を使いたいですか。

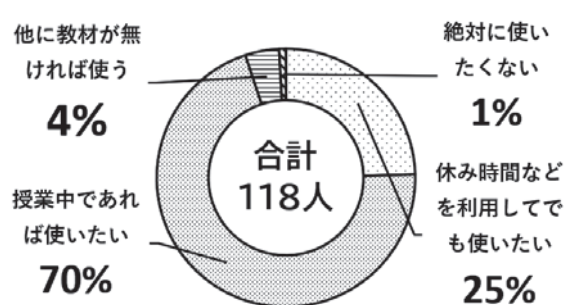


図 14

ていた、「モチベーション」「関連付け」「アウトプット」のすべての項目において、約半数以上の生徒が、本教材の良いところだと感じているということが分かる。

したがって本教材は、暗記が必要な金属のイオン化列の学習において、生徒が感じる障壁を取り除くことに役立っていると考えられる。

最後に、実践の目標の4つ目である「主体的に楽しみながら暗記できる」という点を評価するために、「カードゲームで楽しく学べましたか。」という質問と、「他教科を含め、今後知識等の暗記をする際に、同じようなカードゲーム教材を使いたいですか。」という質問を実施した。(図13, 14)

図13を見ると、ほぼ全ての生徒が楽しく学べたと回答しており、4人のうち3人の割合で「とても楽しく学べた」と回答している。

また、図14を見ると、95%の生徒が同じようなカードゲーム教材をまた使いたいと回答しており、さらには4人に1人の生徒が、「休み時間などを利用してでも使いたいです」と回答している。

以上の結果から、本教材は生徒にとって十分楽しんで学べる教材であり、休み時間や自宅における主体的な学習を促す効果も期待できると考えられる。

3. 課題

事後アンケートにおいて、本教材の改善点を質問したところ、全体の約半数の生徒は「特になし」と回答

し、残り約半数の生徒から以下のような改善点を得られた。

* 「このカードゲーム教材の良くないところや、分かりにくいところを教えてください。」という質問に対し、次のような回答が得られた。

- ・ ルールの細かさ
- ・ 条件が難しかった。
- ・ ルールが少しわかりにくい
- ・ ルールが複雑 覚えれば楽しめそう
- ・ Auが強い
- ・ 手札によって勝敗が決まる
- ・ 初手のカードで勝敗がなんとなく決まってしまう

上の結果から、まず、カードゲームのルールが複雑で分かりにくかったことが課題として挙げられる。これは、先に述べた通り、今回の実践が短縮日課（45分授業）であったことに加えて、小テストやアンケートの実施もあり、活動の時間が十分に確保できなかったことが原因であると考えられる。

また、カードゲームのゲーム性の面から、初手の手札でおおた勝負が決まってしまう、弱い手札を引いたときに逆転できないという課題も示された。

この課題については、実践後、逆転要素を追加してさらに楽しく学べる教材にするため、新たに2種類のカードを追加した。(図15, 16)

この追加ルールによって、新たにLi, K, Ca, Naなどの弱いカードが活躍する機会が生まれ、イオン化傾向が大きい元素についても、より意欲的に学習できるようになると考えられる。

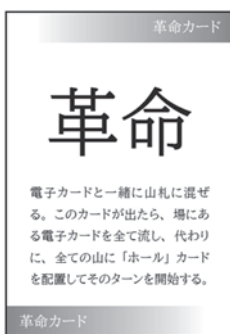


図 15

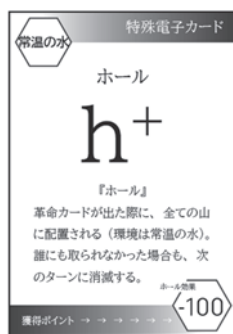


図 16

〈革命カード (図15)〉

通常の電子カードと一緒に混ぜて山札として使う。複数ある山のうち1つでもこのカードが出たら、場にあるすべての電子カードを流し、全ての山に「ホールカード」を配置してターンを開始する。

〈ホールカード (図16)〉

得点がマイナス100点のカード。電子に対してホールを用いることで、得点がマイナスになることが科

学に矛盾しないようにしている。「環境」は全て「常温の水」となっているため、Li, K, Ca, Naなどの弱いカードを出せば、確実にマイナス100点を回避できる。

IV. おわりに

本実践では、イオン化列の学習において、知識の関連付けを行いながら、楽しく学習を進められるカードゲーム教材を開発し、実践によってその効果を確認した。

実践後、多くの生徒から面白かったという声が聞こえ、中には、「このカードが欲しい」、「修学旅行に持って行ってやりたい」といった発言もあった。新学習指導要領解説¹⁾に示されている「主体的な学び」を実現するために、今後学習を楽しく行うための教材は必要性を増すと考えられる。今後も本教材の改良や新たな教材の開発を続け、理科の見方・考え方を働かせた主体的・対話的で深い学びの実現を目指していきたい。

V. 謝辞

本実践に協力していただいた全ての方、特に、今回授業実践とアンケート調査にご協力いただいた附属高等学校の関係者各位に御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 文部科学省, 高等学校学習指導要領 (平成30年子告示) 解説 理科編 理数編, 平成31年3月29日 初版発行
- 2) 小田原健一, 楽しみながら覚える世界史B授業の実践報告, 愛知教育大学附属高等学校研究紀要第45号 pp.15 ~ 21, (March, 2018)
- 3) 野田陽平, グループワーク教材: 地質カードの開発, 愛知教育大学附属高等学校研究紀要第46号 pp.57 ~ 60, (March, 2019)

(2021年9月21日受理)