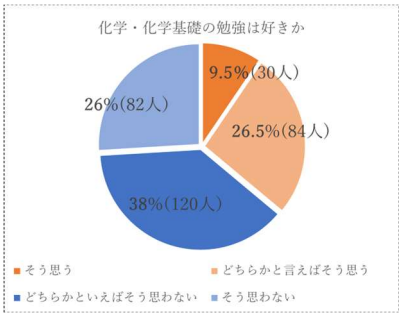
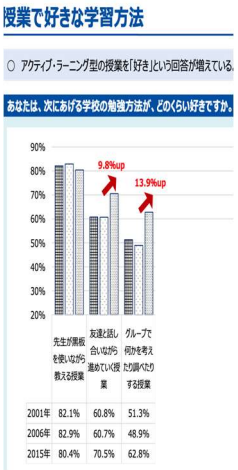
カードゲームを利用した高校化学基礎・化学における教材開発

原田研究室　322320　久鍋　孔暉

1．はじめに

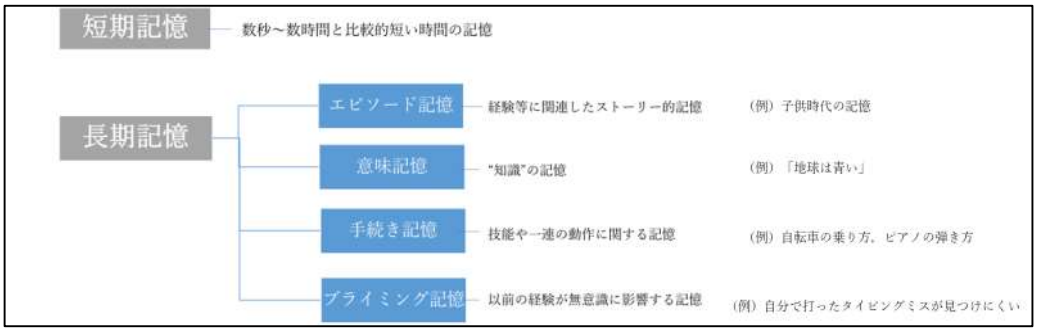
文部科学省の「理科に関する資料」（平成 28 年）の「高等学校の理科教育の現状と課題②」によると，「当該教科の勉強が好きだ」に対して，「そう思う」「どちらかといえばそう思う」と回答した生徒の割合は，「数学Ⅰ」38.9%，「物理Ⅰ」39.2%，「化学Ⅰ」32.4%，「生物Ⅰ」48.5%，「地学Ⅰ」40.5%，「国語総合」86.4%，「世界史 B」53.0%，「日本史 B」60.3%，「英語」83.0%（平成 17 年度教育課程実施状況調査）である。また，教育実習協力校の化学基礎，化学の履修者 316 名に対して「化学・化学基礎の勉強は好きか」というアンケートを実施したところ，「そう思う」「どちらかといえばそう思う」と回答した生徒の割合は，114 名で 36%であった。以上の結果から，高校生の化学に対する意欲は，数年前から現在まで低いと考えられる。また，文部科学省の「高等学校教育の現状について」（令和元年）の「授業で好きな学習方法」によると，グループ学習などのアクティブラーニング型の授業が「好き」という回答が増えていることがわかる。以上の結果から，高校生の化学基礎，化学の勉強意欲を向上させるためにも，アクティブラーニングを取り入れた授業を行うことが効果的であると考えられる。





2．記憶について

記憶には，長期記憶と短期記憶が存在し，学習内容の定着には長期記憶にアプローチする必要がある。その長期記憶の中にも，経験等に関連したストーリー的記憶のエピソード記憶，”知識“の記憶である意味記憶，技術や一連の動作に関する手続き記憶，以前の経験が無意識に影響するプライミング記憶などが存在する。通常の講義型の授業では，意味記憶の獲得のみが期待されるが，他のエピソード記憶や手続き記憶にアプローチした授業を展開することで，より充実した学習になることが期待できる。そこで，エピソード記憶や手続き記憶にアプローチすることができる「カードゲーム」と，化学分野の内容を掛け合わせた教材に注目した。



３．先行研究

これまでに，東京大学の新井氏や，米山氏によって，「カードゲーム」と化学の「有機化合物」や「化学結合」の分野を掛け合わせた，「有機大富豪」や「ケミストリークエスト」というゲームが開発されている。新井氏の「有機大富豪」は，実際に商品化まで行っており，購入者の満足度や評価も高く，カードゲームと化学分野の相性の良さには，既に実績があると言える。

「ケミストリークエスト」

「有機大富豪」

そこで本研究では，学校現場で実際に利用することができ，未だに開発されていない化学基礎・化学の分野で，新たなゲームを開発して，その教材を活用した授業案の立案まで行うことを目的とした。また，ゲームの題材を選ぶために，教育実習協力校の化学基礎，化学の履修者に対して「化学基礎・化学の単元の中で，暗記しにくい又は知識が混同しやすいと感じる分野は何か(複数回答可)」というアンケートを実施したところ，１位「無機化学」57.0%　２位「有機化学」51.3%　３位「酸化還元反応」49.0%　という結果が得られた。そこで本研究では，この上位３つのうち，先行研究では開発されていない「無機化学」「酸化・還元反応」の２分野で行う。

４．ゲーム開発

化学分野のカードゲームを作成し，それを授業で取り入れる上で重要なことは，以下の４つである。

① 誰もが親しみやすい（経験したことのあるような）ゲームであること
② アクティブラーニング型（複数人でできる）ゲームであること
③ 化学が苦手な生徒（知識が足りていない生徒）も参加しやすいこと
④ 学びのねらいが明瞭であること

以上の点から，“UNO”や“かるた”を参考にすることで①，②を，各ゲームに“補足ルール”を追加することで③，主眼の説明を丁寧に行うことで④を満たしたゲーム，その授業を開発した。

【　酸化還元 UNO　】

取扱説明書

プレイ人数
2～5 人用

使用するもの

・酸化剤・還元剤カード　・白紙カード　・ペン　・酸化剤・還元剤一覧表

勝利条件

・一番早く手持ちのカードを全て捨てる

遊び方

① 最初に親を決めて，酸化剤・還元剤カードを切る。この時，白紙カードは含まない。
② 親は，各プレイヤーに 5 枚（もしくは 7 枚）ずつカードを伏せて配る。
③ 残りのカードは，伏せて白紙カードの隣に積んでおく。これが引き札の山になる。
④ 親が引き札の一番上のカードを 1 枚めくり，脇に置く。これが捨て札の山の最初の 1 枚になる。捨て札の山の一番上のカードを場のカードと呼ぶ。
⑤ 親の左隣の人が最初のプレイヤーとする。(最初のプレイヤーは好きなように決めて OK)。

カードの捨て方

1. 基本的に，場のカードに対して 1 枚のカードしか出せないが，全く同じカードが手札にあるときのみ 2 枚重ねて，場に出すことができる。
2. 場のカードが酸化剤なら，手札から還元剤を，逆に場のカードが還元剤なら，手札から酸化剤のカードを出すことができる。

⇒酸化剤 or 還元剤を間違えて出した場合，出したカードを手札に戻し，罰として山札から 1 枚手札に加え，次の人に手番を回す。

3．(2. が合っていた場合,) 手札からカードを出した後，出したカードの反応後（酸化数変化後）の化学式を白紙カードに書く。

⇒白紙カードに書いた化学式に誤りがあった場合，罰として，①2 枚山札から手札に加えて次の人に手番を回す，②1 枚山札から手札に加え，再度挑戦する　のどちらかを選ぶことができる。

(②を選び，再度失敗した場合は，更に 2 枚手札に加えて強制的に次の人に手番を回す。)

4．出せるカードがない場合は，山札から 1 枚ひき，手番を回す。
引いたカードが出せるカードの場合は出して良い。
(※引き札の山がなくなったら，捨て札の山を切って，新しい引き札の山にする。)

あがりかた

手持ちのカードが 2 枚になり，そのうちの 1 枚を捨てるとき，その人は他のプレーヤーに向かって，「ウノ」と宣言しなければいけない。「ウノ」と叫ぶのを忘れた人が最後から 2 枚目のカードを捨てた瞬間から，次の人がカードを捨てる瞬間までの間に誰かに指摘されたら，罰として，カードを 2 枚ひく。

補足ルール

☆下の表は常に持っていてよいが，自分の手番が始まり，他の人の手番に回るまでは，見てはいけない。
（他の人の手番の時に覚える！！）

【 酸化剤 】

物質	イオン反応式
過マンガン酸カリウム　（酸性） $KMnO_4$（MnO_4^-）　（中性・塩基性）	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ $MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- \rightarrow MnO_2 + 4OH^-$
酸化マンガン（IV）　MnO_2	$MnO_2 + 4H^+ + 2e^- \rightarrow Mn^{2+} + 2H_2O$
二クロム酸カリウム　$K_2Cr_2O_7$（$Cr_2O_7^{2-}$）	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$
ハロゲン X_2　（例：塩素　Cl_2）	$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$
濃硝酸　HNO_3	$HNO_3 + H^+ + e^- \rightarrow NO_2 + H_2O$
希硝酸　HNO_3	$HNO_3 + 3H^+ + 3e^- \rightarrow NO + 2H_2O$
熱濃硫酸　H_2SO_4	$H_2SO_4 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow SO_2 + 2H_2O$
オゾン　O_3	$O_3 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow O_2 + H_2O$
☆過酸化水素　H_2O_2	$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O$
☆二酸化硫黄　SO_2	$SO_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow S + 2H_2O$

【 還元剤 】

物質	イオン反応式
硫化水素　H_2S	$H_2S \rightarrow S + 2H^+ + 2e^-$
シュウ酸　$(COOH)_2$	$(COOH)_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H^+ + 2e^-$
ヨウ化カリウム　KI（I^-）	$2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$
塩化スズ（Ⅱ）　$SnCl_2$（Sn^{2+}）	$Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$
硫酸鉄（Ⅱ）　$FeSO_4$（Fe^{2+}）	$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$
ナトリウム　Na	$Na \rightarrow Na^+ + e^-$
チオ硫酸ナトリウム　$Na_2S_2O_3$（$S_2O_3^{2-}$）	$2S_2O_3^{2-} \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2e^-$
☆過酸化水素　H_2O_2	$H_2O_2 \rightarrow O_2 + 2H^+ + 2e^-$
☆二酸化硫黄　SO_2	$SO_2 + 2H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^-$

【　定性分析カルタ　】

取扱説明書

プレイ人数

２～４人用

使用するもの

・試薬カード　・金属イオンカード　・色カード　・色＆試薬表

勝利条件

・ゲーム終了時に一番多くポイントを稼いでいる

遊び方

① 試薬カード，金属イオンカードをよく切り，別々の山札として伏せて隣に積む。

② 色カードをバラバラに，表を向けて配置する。

③ 試薬カードと金属イオンカードの山札の一番上から 1 枚ずつめくり表を向け，それらが反応した際にできる沈殿物又は溶液の色のカードを取り，1 ポイントとする。(その後取った色カードは場に戻す)

補足ルール

☆下の表は常に持っていて良いし，見ながらプレイして良い。(でも覚えた方が有利)

試薬＼陽イオン	銀イオン	鉛(Ⅱ)イオン	銅(Ⅱ)イオン	鉄(Ⅱ)イオン	鉄(Ⅲ)イオン	アルミニウムイオン	亜鉛イオン	カルシウムイオン	バリウムイオン	マンガンイオン
水(H_2O)	Ag^+(無)	Pb^{2+}(無)	Cu^{2+}(青)	Fe^{2+}(淡緑)	Fe^{3+}(黄褐)	Al^{3+}(無)	Zn^{2+}(無)	Ca^{2+}(無)	Ba^{2+}(無)	Mn^{2+}(淡橙)
塩化水素(HCl)	AgCl(白)	$PbCl_2$(白)	×	×	×	×	×	×	×	×
硫化水素(H_2S)酸性	Ag_2S(黒)	PbS(黒)	CuS(黒)	×	×(淡)Fe^{2+}になる	×	×	×	×	×
硫化水素(H_2S)中・塩基性	Ag_2S(黒)	PbS(黒)	CuS(黒)	FeS(黒)	FeS(黒)	$Al(OH)_3$(白)	ZnS(白)	×	×	MnS(淡橙)
アンモニア(NH_3)水 少量	Ag_2O(褐)	$Pb(OH)_2$(白)	$Cu(OH)_2$(青白)	$Fe(OH)_2$(緑白)	$Fe(OH)_3$(赤褐色)	$Al(OH)_3$(白)	$Zn(OH)_2$(白)	×	×	×
アンモニア(NH_3)水 過剰	$[Ag(NH_3)_2]^+$(無)	$Pb(OH)_2$(白)	$[Cu(NH_3)_4]^{2+}$(深青)	$Fe(OH)_2$(緑白)	$Fe(OH)_3$(赤褐色)	$Al(OH)_3$(白)	$[Zn(NH_3)_4]^{2+}$(無)	×	×	×
水酸化ナトリウム(NaOH) 少量	Ag_2O(褐)	$Pb(OH)_2$(白)	$Cu(OH)_2$(青白)	$Fe(OH)_2$(緑白)	$Fe(OH)_3$(赤褐色)	$Al(OH)_3$(白)	$Zn(OH)_2$(白)	$Ca(OH)_2$(白)	×	×
水酸化ナトリウム(NaOH) 過剰	Ag_2O(褐)	$[Pb(OH)_4]^{2-}$(無)	$Cu(OH)_2$(青白)	$Fe(OH)_2$(緑白)	$Fe(OH)_3$(赤褐色)	$[Al(OH)_4]^-$(無)	$[Zn(OH)_4]^-$(無)	$Ca(OH)_2$(白)	×	×
炭酸(H_2CO_3)	×	×	×	×	×	×	×	$CaCO_3$(白)	$BaCO_3$(白)	×

別の遊び方

慣れてきたら，色カードではなく，試薬カードや金属イオンカードを配置して，カルタをしても OK！

5．指導案作成

4．で示したゲームを実際に高等学校の授業で生かすために，指導案の作成を行う。

【酸化還元 UNO】

	○学習内容・学習活動	時間配当	学習形態	指導上の留意点	評価規準
導入	○前時までの学習を復習す	5	班	・前時の内容を復	前時までの内容

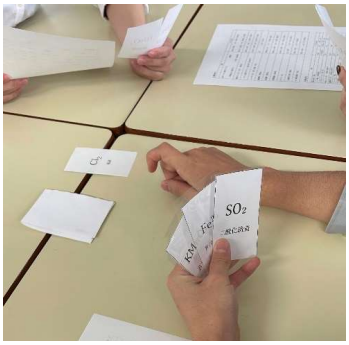
	る。 ・酸化剤と還元剤のはたらきについて ・ペアワークとし，相手の生徒に自分の言葉で説明する。			習すると共に，本時の中核である，アクティブラーニング型授業のための準備をさせる。	を，積極的に自分の言葉で説明することができる。 態「様相観察」
展開	○“酸化還元 UNO”の説明を行う。 ・取扱説明書を配布し，説明を行う。 ・同じ班の生徒と確認し合い，自分の言葉で説明できる。	10	全体 ↓ 班	・プレイの前に，ゲームの概要やルールをきちんと確認させる。その際，取扱説明書を基に行う。 ・各班で概要やルールを確認させる。	・ゲームの概要やルールを理解できる。 態「様相観察」 ・グループで確認し，説明できる。 思「様相観察」
	○本時の主眼を理解する。 ・活動を通して，酸化還元に関する知識の定着を図る。 ・活動の中で，化学的思考力や表現力を身につける。	5	全体	・「なぜカードゲームをするのか」をきちんと理解させ，活動の目的を明確にする。	・本時の主眼を考え，理解する。 態「様相観察」
	○“酸化還元 UNO”を実際にプレイしてみる。 ・3-5 人のグループを作って，活動を行う。	20	班	・積極的に話し合わせ，生徒の表現力を高められるようにする。 ・ゲーム内の「補足ルール」をうまく活用しながら，全ての生徒が参加できるように注意する。	・獲得した知識を活かし，積極的にゲームに参加できる。 態「様相観察」 思「様相観察」 知「様相観察」
まとめ	○振り返りを行う。 ・活動の振り返りや，酸化還元についての知識の復習を行う。	10	班	・生徒がお互いに活動への意欲を評価し合って，振り返りを行うようにする。	・自分，他人の活動の振り返りを正確に行うことができる 態「評価シート」

【定性分析かるた】

	○学習内容・学習活動	時間配当	学習形態	指導上の留意点	評価規準
導入	○前時までの学習を復習する。 ・金属イオンの系統分析について ・ペアワークとし，相手の生徒に自分の言葉で説明する。	5	班	・前時の内容を復習すると共に，本時の中核である，アクティブラーニング型授業のための準備をさせる。	前時までの内容を，積極的に自分の言葉で説明することができる。 態「様相観察」
展開	○“定性分析かるた”の説明を行う。 ・取扱説明書を配布し，説明を行う。 ・同じ班の生徒と確認し，自分の言葉で説明できる。	10	全体 ↓ 班	・プレイの前に，ゲームの概要やルールをきちんと確認させる。その際，取扱説明書を基に行う。	・ゲームの概要を理解できる。 態「様相観察」 ・同じグループ内で確認し，説明できる。
	○本時の主眼を理解する。 ・活動を通して，酸化還元に関する知識の定着を図る。 ・活動の中で，化学的思考力や表現力を身につける	5	全体	・「なぜカードゲームをするのか」をきちんと理解させ，活動の目的を明確にする。	・本時の主眼を考え，理解する。 態「様相観察」
	○“定性分析かるた”を実際にプレイしてみる。 ・3-5 人のグループを作って，活動を行う。	20	班	・積極的に話し合わせ，生徒の表現力を高められるようにする。 ・ゲーム内の「補足ルール」を活用しながら，全ての生徒が参加できるように注意する。	・獲得した知識を活かし積極的に参加できる。 態「様相観察」 思「様相観察」 知「様相観察」
まとめ	○振り返りを行う。 ・活動の振り返りや，酸化還元についての知識の復習を行う。	10	班	・生徒がお互いに活動への意欲を評価し合って，振り返りを行うようにする。	・自分，他人の活動の振り返りを正確に行うことができる 態「評価シート」

6．試行・今後の展望

実際に母校の高校生数名に協力を仰ぎ，2 つのゲームのテストプレイを行った。



（プレイ後の感想）

A さん「非常に楽しかったです。酸化還元 UNO の白紙に書くルールが難しくて良いと思いました。」

B さん「考える時間，プレイの時間を合わせると，気づいたら時間が経っていました。」

C さん「補足ルールの表がそのまま教材として使えるからいいと思います。」

以上のように，ゲーム自体は非常に高評価であった。実際に授業に活用するなら，時間配分や難易度，それによるゲームの正当性が担保できるかが今後の課題と言える。また，新たにルールを追加し，（酸化還元 UNO に手番をスキップする等の特殊カードを増やす等）ゲームとしての質を上げることや，ICT 機器との連携も今後の課題と言える。

7．参考文献

・「理科に関する資料」（平成 28 年）（文部科学省）
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/060/siryo/__icsFiles/afieldfile/2016/05/12/1370460_8.pdf
・「高等学校教育の現状について」（令和元年）（文部科学省）
https://www.mext.go.jp/content/000021459.pdf
・カードゲームと化学の結合
https://www.gov-online.go.jp/eng/publicity/book/hlj/html/201912/201912_05_jp.html
・有機大富豪
https://explayin-boardgame.com/organic_president/
・脳の記憶メカニズムから見るボードゲーム研修の効果
https://marketingtown.jp/sp_content/memory/
・化学/数件出版
化学｜数研出版（sviewer.jp）
・化学基礎/数件出版
化学基礎｜数研出版（sviewer.jp）
・UNO 公式ルール
B7696-UNO_IS (mattel.co.jp)