

# 原子・分子の学習ツールの開発に関する考察

Study on the Development of Learning Tools of Atoms and Molecules

佐藤 寛之

Hiroyuki SATO

松森 靖夫

Yasuo MATSUMORI

仲山 輝

Akira NAKAYAMA

# 原子・分子の学習ツールの開発に関する考察

## Study on the Development of Learning Tools of Atoms and Molecules

佐藤 寛之

松森 靖夫

仲山 輝\*

Hiroyuki SATO

Yasuo MATSUMORI

Akira NAKAYAMA

### 1. はじめに

我が国の学校理科において、原子・分子に関する学習は中学校第 2 学年から行われる。そして、中学校第 3 学年ではイオンについての学習を、また、高等学校ではそれらのより詳しい内容について学習する。原子・分子・イオンについて知ることは、物質の構造を理解する上で大切であり、その学習の中で、周期表は、学習を進めていく手がかりとして使用され、化学分野の学習を行っていく上でも重要なものである。しかし、現在において、周期表の学習が暗記のようになってしまっていること、中学校での学習ではあまり重きを置いていないという課題が指摘されている(笹尾, 2008; Vicente M.C. & Jenifer R.M., 2014)。このことにより、子どもが「学習がつまらない」「うまく理解できない」という考えが出てきてしまい、これらの考えが波及して、理科への興味や関心が薄れることにつながってしまうことも危惧される。

さらに、平成 27 年度全国学力・学習状況調査の理科の結果において、平成 24 年度と比べて学力の改善は認められたが、理科の学習に対する関心・意欲・態度については、小学校より中学校で肯定的回答の減少傾向が他教科よりも顕著であることも示されている(国立教育政策研究所, 2015)。このことから、理科の学習内容や学習活動への興味・関心の喚起が重要性を帯びてくる。

上述の周期表の学習に関して、近年では海外において、周期表の学習のための教材の開発における研究報告が発表されている(Vicente M.C. & Jenifer R.M., 2014; Antonio J.F.M. & María J.C.I., 2014; Luis F.M., Gina H. & María V.A., 2014)。

これらの研究では、それぞれの研究により開発した学習ツールの活用が教育的な効果をもたらす、つまり、有用性が認められたと報告している。上記の研究における調査対象は、高校生、もしくは大学生ではあるが、これらの研究報告における学習ツールを精査し、それぞれの利点や問題点等を比較・検討していくことで、原子・分子の学習の初発となる中学校段階での周期表の学習についての課題を解決するための知見が得られるのではないかと考えた。そして、上記の研究報告に共通する「ゲーム性」について検討することで、「どうすれば学習に対して興味や関心を引きつけられるか」「どのような活動が原子・分子の理解に寄与するのか」等、よりよい周期表の学習ツールを開発するための示唆を得ることもできる。

これらの検討を重ねていくことで、化学分野の周期表の学習以外にも、同様に、子どもが「暗記するもの」と考えてしまうことの多い生物分野の生物の分類や地学分野の学習などにも有用な示唆を得ることができるであろう。さらに、知識や技能を単に記憶するという機械的学習から知識や技能がどのような繋がりをもつのかという意味を考えながら学習する有意義受容学習への変換を支援する契機について考えるためにも、本研究のような比較と検討が必要となってきた。

\*山梨大学教育人間科学部 学部生

## 2. 研究の目的・方法

本研究の目的は、中学生の原子・分子の学習ツールを開発するための要素を探ることにある。具体的には、以下の①から③を研究の目的とする。

- ① 周期表の学習ツールの有用性を報告した論文の学習ツールの有用性・問題点の精査
- ② 原子・分子の学習ツールが具備すべき要素の整理
- ③ 上記の要素を加味した中学生の原子・分子の学習ツールの提案

本研究では、上述の周期表の学習ツールの有用性を報告した論文の学習ツールについて、後述する 4 つの評価の視点から学習ツールを評価し、それらを比較・検討することで、周期表の学習ツールを開発するための要素を探る。また、その要素を基に検討した、中学生の原子・分子の学習ツールを提案する。

## 3. 近年公表された原子・分子の学習ツールの概略と評価の視点

近年公表された周期表の学習ツールに関する論文について、まずは、その論文で開発された学習ツールと研究報告の概略を公表順に説明する。

### ① 学習ツール：「ChemMend」

Vicente M.C.& Jenifer R. M.の研究(2014)では、「ChemMend」という子どもに親しまれているカードゲームである「UNO」を絵柄や遊び方のルールに基づいて考えられたカードゲームを開発した。この「ChemMend」を用いて、高校2年生と大学1年生を対象に調査を行い、調査前後で学習ツールに関する有用性に関する質問や周期表に関するクイズを答えさせたところ、ほとんどの生徒や学生から学習ツールを支持する意見が示された。また、クイズの正答率も上がっており、周期表に記された情報(原子記号, 原子番号, 質量数)に関する知識の向上もしたことが報告されている。

### ② 学習ツール：「Cheminoes」

Luis F.M., Gina H.& María V.A.の研究(2014)では、「Cheminoes」というパズルのようなゲームを開発した。この「Cheminoes」を用いて、大学2年生を対象に調査を行った結果、活動中や活動後の質問から学習ツールに対する興味や関心が向上し、「Cheminoes」を用いた活動が理解を促進すると考える学生がほとんどを占めていたことが報告されている。

### ③ 学習ツール：「Bingo Game」

Antonio J.F.M.& María J.C.I.の研究(2014)では、ビンゴとパズルを組み合わせたようなゲーム(以下、Bingo Gameと記す)を開発した。この「Bingo Game」を用いて、高校1年生を対象に調査を行い、調査後に周期表に関する知識的な質問や学習ツールに関する質問を答えさせたところ、学習ツールを用いて学習を行ったグループの方が知識的な質問の成績が良かったことと、学習ツールに対する有用性の評価も良かったことが報告されている。

前出の通り、上記3つの論文に共通して示されていることは、学習ツールの「ゲーム性」であり、これが学習対象である周期表に記載されている情報に対する興味・関心を間接的に向上させていることにある。研究報告には、学習ツールの利点や有用性が既に記されているが、学習ツールの有用性を、表1にあるように、学習ツールの親しみやすさ、学習ツールで取り扱う元素の種類、学習ツールを活用するうえで必要な化学の知識(レディネス)、学習ツールを活用した後の周期表に記載されている情報に関する理解(知識)の向上の4つの視点で精査することにした。

表1 学習ツールの有用性に関する評価項目とその内容

評価項目	評価の内容
1. 学習ツールの親しみやすさ	1-1. 生徒・学生の取り組み方（興味・関心）
	1-2. 学習ツールの内容の分かりやすさ やり方の工夫（習熟度別・発展性）
2. 学習ツールで取り扱う元素の種類	2. 取り扱う周期表の範囲
3. 学習ツールを活用するうえで必要な化学の知識（レディネス）	3. 必要な化学の知識の内容
4. 学習ツールを活用した後の周期表に記載されている情報に関する理解（知識）の向上	4. 調査結果としての学力（知識）の向上の有無

#### 4. 近年公表された原子・分子の学習ツールに関する評価

それでは、近年公表された周期表の学習ツールに関する論文について、表1で示した評価項目について、順に評価していく。

##### (1) 学習ツールの親しみやすさ：生徒・学生の取り組み方（興味・関心）について

上述のように、分析の対象とした3つの論文で用いられた学習ツールには、上述したゲーム性を有するという共通点があるが、それぞれの学習ツールへの生徒や学生の取り組み方について、どのような特徴を有するのかについて検討することとする。

まず、UNO（ゲーム）をベースとした ChemMend では、「学生たちが、説明を読んだ後の ChemMend ゲームにより第一印象を持つこと、ゲームをすることが、周期表の知識を向上させるために役に立つだろうと思っていること、役に立たないと思っている人が誰もいないこと（高校では、とても役に立つ16%、十分役に立つ81%、少しは役に立つ3%、役に立たない0%；大学では、とても役に立つ12%、十分役に立つ65%、少しは役に立つ24%、役に立たない0%）を明らかにしている（Vicente M.C.& Jenifer R.M., 2014：870-871）。」「90%の生徒（高校）と94%の学生（大学）が、ChemMendの使用を勧めた（Vicente M.C.& Jenifer R.M., 2014：871）。」のように、生徒・学生が興味・関心を持って積極的に活動を行っていたことが報告されている。

次に、パズルゲームをベースとした Cheminoes では、「活動中に、ゲームを通して困難と間違いを克服すること、協同的に行うこと、そして、化学の原子価、原子番号、原子記号の間の概念と関係と相互に作用する新しい方法を見つけることの高い興味と意欲があることが明らかであった（Luis F.M., Gina H.& María V.A., 2014：874）。」との報告があり、興味・関心の高さについての報告はなされているものの、このツールを使用した学習では、前提となる知的スキルや科学的な知識が必要とされることを窺い知ることができる。しかし、活用後の「ゲームは楽しいか？」という質問には、調査対象の学生全員が楽しいと答えていることから、活用する生徒・学生と目的が一致する場合には、積極的に活動を行うことも可能であることが理解できた。

そして、Bingo Game では、活動後の質問において、「生徒たちの80%がゲームは化学に興味を持つ引き金になったと答えた（Antonio J.F.M.& María J.C.I., 2014：59）。」と記されており、活動の様子は理解することが難しいが、生徒の原子・分子（周期表）の学習への興味・関心を向上させることに、少なからず機能することが理解できた。

##### (2) 学習ツールの親しみやすさ：内容の分かりやすさ・やり方の工夫（習熟度別・発展性）について

ChemMend では、前出の通り、生徒や学生にとって身近な（遊んだことがあるであろう）UNOに

似たカードゲームであることから (図 1), ゲーム性が高く, ルールについて比較的理解しやすいものであるといえる。また, ChemMend を実際に使用する場面では, 必要に応じて, 経験の浅いプレイヤー (学習者) を助けるために, 周期表の使用も認められているため, 周期表活用の有無により, 習熟度別の活動を可能としている。

また, Cheminoes では, パズル形式で, その活用により理解を求める情報が 3 つあり,

- ・ S (原子記号) - V (原子価)
- ・ Z (原子番号) - V (原子価)
- ・ S (原子記号) - Z (原子番号)

のいずれかの組み合わせでカードをつなげる (図 2) ことがルールとして説明されており, 組み合わせさえ分かれば難なく進めることができると考える。また, 初級者にはすべて書かれている周期表, 中級者には何も書かれていない周期表, 上級者には何も与えない, というように, 習熟度によって活動の進め方を変えることもでき, 周期表と基本的な化学式に関する知識があれば活用することが可能である。

Bingo Game では, ビンゴのような進め方で, (授業者が) 元素を読み上げていき, それに当てはまる原子記号をパズルのように穴埋めすることでゲームを進める (カードに記入してある数字は, 原子記号をどこに入ればよいのかのヒントになっている)。そして, すべての空欄に書き入れられたら, ゲームが終了する。(図 3 のカードには, アメリカ合衆国の州, 州都, 最も人口の多い場所の名称を答えるようになっているが, 被験者はスペイン

の高校生のため, それらについては馴染みが少ない。) ビンゴは身近にあるゲームであるため, この学習ツールのルールは理解しやすいのではないかと考える。また, この学習ツールを使う際には, すべての生徒に周期表が与えられており, 習熟度別に行うことや発展性については, 特に考慮されているとは報告から読み取ることができなかった。

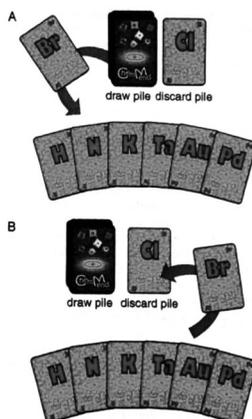


図 1 ChemMend のゲームの例

ChemMend のゲームの例では, (a) プレイヤーは, Cl の上に出すのに対応したカードをもっていないので (6 枚のカードは, 異なる族と周期に所属している), プレイヤーは山札からカードを取らなければならない (Br のカード), そして (b) プレイヤーは Br のカードを置く。

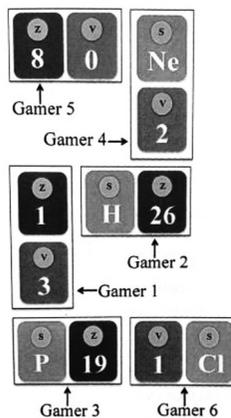


図 2 Cheminoes での正しい関係の構成の例

State Name	State Capital	The most populous place
20 3 9 8 86 53	32 52 243 14 3* 16	L A L Protons 76 7 32 99 Neutrons 114 7 41 155 Electrons 76 7 32 99
Atomic numbers	Mass numbers	Subatomic Particles
State Name	State Capital	The most populous place
L R A 9 8 53 1*	3* 27 139 1 75 79	J LLE Protons 89 19 16 8 7 23 53 Neutrons 138 20 16 8 7 28 74 Electrons 89 19 16 8 7 23 53
Atomic numbers	Mass numbers	Subatomic Particles

図 3 Bingo Game の見本のカード

**(3) 学習ツールで取り扱う元素の種類について**

ChemMend では、「化学的なカード（合計 90 枚）には、周期表のそれぞれの元素（ランタノイドとアクチノイド元素は除く）の記号が含まれている（Vicente M.C.& Jenifer R.M., 2014 : 868-869)。」（ただし、表 2 の註に示したように、どの元素を用いたのが不明のカードもある）と記載されており、取り扱う数が多く、中学生ですべてを理解するのは難しいと考える。

Cheminoes では、原子番号 1～36 の元素が取り扱われていた。これくらいの範囲であれば、数も多すぎることなく、学習ツールとして扱いやすいのではないかと考える。また、中学生が学習を行うにも広すぎない範囲であると考ええる。

Bingo Game では、水素からローレンシウムまでの 103 個の元素と水素の同位体（重水素と三重水素）が取り扱われていた。数も多いことながら、水素の同位体も取り入れているということで、中学生の学習場面での活用を考慮した場合、さらに理解が難しいと考える。

**(4) 学習ツールを活用するうえで必要な化学の知識（レディネス）について**

ChemMend では、カードに原子記号が書かれていること、活動を行うための親決めを原子番号に基づいて決めること、捨て札に出すカードは出ているカードと同じ族または周期であること、以上 3 つのことがルールとしてあるので、各元素の原子記号・原子番号・族・周期についての知識が必要とされている。これらの知識は、原子周期表の学習において基本的な知識であり、原子番号の範囲にもよるが、これらの知識を理解し、知識を身につけることは中学生でも比較的容易であると考ええる。

Cheminoes では、カードに原子番号 (Z), 原子記号 (S), 原子価 (V) の 3 つの要素が書かれているので、この 3 つの知識が必要である。しかし、原子価の取り扱いを考えることは、電子軌道の最外殻にある電子について考えることが必要であり、Luis F.M.らが論文で調査対象とした大学生であれば問題はないが、我が国での化学の学習内容から考えると、原子・分子の学習が初発の中学生にはやや難しいのではないかといえる。

Bingo Game では、穴埋めのためのヒントとして、原子番号、質量数、亜原子粒子（陽子、中性子、電子）の数等がゲームカードに記載されており、これらの知識が必要である。これらは、我が国においても中学校段階での学習のなかで理解できる基礎的な知識であり、Antonio J.F.M.らの研究のように、周期表の配布があれば比較的容易に取り組むことができる。しかし、上記のヒントとなる科学用語のそれぞれについても、それらの意味の繋がりが理解には大切なので、原子・分子の学習の初発の段階で活用するには難しいものであるともいえる。

**表 2 学習ツールで取り扱う元素の種類数**

学習ツール	学習ツールで取り扱う元素の種類
ChemMend	90*
Cheminoes	36
Bingo Game	105 (水素の同位体も含む)

註) ChemMend については、日本の中学校理科の教科書に記載されている周期表では、原子番号 112 のコペルニシウムまでしかなく、ランタノイドとアクチノイド元素を除くと、元素数が 82 個となる。足りない 8 個の元素については、論文に記載がないため、どのようなものは不明。

**表 3 学習ツール活用のための前提知識**

学習ツール	学習ツールを行う上で必要な知識
ChemMend	原子記号・原子番号・族・周期
Cheminoes	原子番号, 原子記号, 原子価
Bingo Game	原子番号, 質量数, 亜原子粒子 (陽子, 中性子, 電子) の数

#### (5) 学習ツールを活用した後の周期表に記載されている情報に関する理解(知識)の向上について

ChemMend の学習ツールとしての活用の有用性を調査するために、Vicente,M.C.らは、ゲームをする前とした後の周期表の空欄になっている13個の元素(何が空欄となっているのかは明記されていない。)を埋めるクイズを実施した。このクイズの回答結果では、物理と化学を履修している高校生と化学を学修している大学生の両方で平均点が向上し(高校生:  $5.7 \pm 0.5 \rightarrow 6.5 \pm 0.5$ , 大学生:  $4.7 \pm 0.7 \rightarrow 7.4 \pm 0.4$ ), また、被験者個々の得点の変化をみても、ChemMend を活用した後のほうが活用前よりも得点が高い傾向にあった(67%の高校生と79%の大学生が、ChemMend の活用により得点が向上した)。これらの結果から、ChemMend の学習ツールとしての活用は、生徒や学生の元素に関する知識の拡大に寄与するといえる。しかし、ChemMend の活用に関する論考では、クイズの内容に関する詳細が述べられていないため、一般的な化学の学習の際に必要な元素に関する知識が拡大したのか、あるいはあまり学習に用いることのない元素についての知識が拡大したのかの判断を行うことができず、クイズで扱う元素によっては、その有用性の評価が一変することもありうる。

また、Cheminoes の学習ツールとしての活用に関する Luis,F.M.らの報告では、上記のクイズのような知識の拡大や定着に関する具体的な指標を設けておらず、「あなたは、Cheminoes をすることで、原子価、原子番号、原子記号の間の新しい関係を学ぶことが可能になると思うか?」という活用に関する質問だけが報告されていた。Cheminoes の学習ツールとしての活用の有用性に関する質問に、被験者である大学生は、その全員が「可能になる」と回答したが、可能性に言及しているとはいえ、それらの要素の具体的な関係を理解できたか否かについては、十分に理解することはできなかった。

そして、Bingo Game の学習ツールとしての活用の有用性を調査するために、Antonio,J.F.M.らは学習ツールとして活用したクラス(グループA)と、活用していないクラス(グループB)とを比較し検討することにした。「課題①: 原子記号から原子名を答える (Ca, Ag等, 全10個)」「課題②: 原子名から原子記号を答える (コバルト, ラジウム等, 全10個)」という課題では、Bingo Game の学習ツールとして活用したグループAのほうがグループBよりも成績は良かった(グループAの平均点は、課題①が6.1点で課題②が4.0点。グループBの平均点は、課題①が5.2点で課題②が3.8点)。また、「課題③: 鉄の原子の陽子・中性子・電子の数をそれぞれ答える」という課題でも、Bingo Game を活用したグループAのほうがグループBよりも成績は良かった(すべての数を正しく述べられていたのは、グループAでは52.8%, グループBでは29.8%)。これらのことから、Bingo Game の学習ツールとしての活用の有用性は、少なからず有用であるといえる。

上記の通り、どの学習ツールも知識の拡大や理解に寄与することが述べられており、それらの活用の有用性は存在するといえるが、調査対象が高校生や大学生であることを考慮すると、学習ツールとしてゲームを活用するための前提となる知識等は持ち得ているので、原子・分子に関して初学者である中学生等では、上記の質問等とは別の理解に関する評価の視点を示していくことが重要であろう。

#### (6) 原子・分子の学習ツールに共通する原子・分子の理解を促進させるための要素

上述した3つの研究報告における原子・分子の学習ツールの有用性の検討の結果として、これらの学習ツールに共通する原子・分子の理解を促進させるための要素を述べていくこととする。

まず第1に、生徒や学生の興味や関心を喚起するものであることが要素として挙げられる。学習内容に学習すべき意味や価値、理解に関する期待が大きい場合は、教材等に特段の工夫も必要とされないかもしれないが、それらをあまり感じる事が少ない場合はゲームのような「楽しい」学習活動も必要とされる。その前提のもとに、近年公表された研究での学習ツールは開発されている。

第2に、学習ツールがどのようなものであるのか、その使い方や目的が理解し易いことも重要な要素である。上述の論考でも、調査対象の生徒や学生は、そのことを十分に理解できていた。

第3に、学力（知識）の優劣は関係なく、誰もが一緒に活動に取り組めるものであることも必要な要素である。そのためには、習熟度別の拡張性を学習ツールに予め持たせる工夫もしておく必要がある。勿論、一人で学習をすることもよいが、他者と共に活動に取り組むことで、自分の理解の状況について把握することができる。このことが自分の学習を調整（コントロール）するための重要な要素になるのであろう。

## 5. 中学校理科「原子・分子」に関する学習ツール開発に関する試案

### 5.1. 原子・分子の学習ツールの評価からみた中学生の原子・分子の理解を促進させるための要素

本研究では、近年公表された原子・分子の学習ツールに関する研究報告の学習ツールの有用性を上述した評価の視点から精査した。これらの研究報告における活用の対象者は、海外の高校生、あるいは大学生であったが、我が国の中学生を対象とした学習ツールを開発していく観点で、それぞれについて、「そのまま活用することが可能」・「修正により活用することが可能」・「活用にはあまり適さない」・「活用には適さない」の4段階で再評価し、表にまとめたものを表4として示す。

原子・分子に関して初学者である中学生等では、学習に対する興味や関心を喚起することが、まず重要である。そのように考えると、ChemMendやBingo Gameのような日常での遊び等で経験したことのあるルールに基づくゲーム性を有する学習ツールは、親しみやすさがあり、活用が可能となるだろう。また、学習ツールで扱う元素の種類は、理科の学習場面においても中学生の場合は限定的であるので、種類の数も広範にならないように教科書で取り扱う元素を考慮し、決定する必要がある。

そして、学習ツールを活用するうえで必要な化学の知識（レディネス）については、高校生や大学生の場合、学習に対するレディネスとして捉えていくことが可能であるが、中学生の場合は、もちろん、日常経験や理科の学習履歴のなかで元素名や原子記号について知り得ている場合もあるが、原子・分子や元素についての基本的な学習が終了した後で、これらの理解を拡大する目的のもとに活用することが可能であると考えた。周期表に記載されている情報に関する理解についても、同様にして、基礎的な理解の定着に主眼を置くべきであり、表4のように評価した。

上記の理解を促進させる要素とこれまでに検討した学習ツールの活用の可能性から、中学生の原子・分子の学習ではChemMendのような学習ツールの特徴をふまえた学習ツールの開発が望ましいといえる。

表4 原子・分子の学習ツールと中学生への活用の際の評価

評価項目	ChemMend	Cheminoes	Bingo Game
調査対象(国名)	高校2年生 大学1年生 (スペイン)	大学2年生 (コロンビア)	高校1年生 (スペイン)
1. 学習ツールの親しみやすさ(興味・関心)	◎	△	○
学習ツールの親しみやすさ(習熟度別・発展性)	◎	○	○
2. 学習ツールで取り扱う元素の種類	×	○	×
3. 学習ツールを活用するうえで必要な化学の知識(レディネス)	○	○	○
4. 学習ツールを活用した後の周期表に記載されている情報に関する理解(知識)の向上	○	×	○

註) ◎：そのまま活用することが可能，○：修正により活用することが可能

△：活用にはあまり適さない，×：活用には適さない

## 5.2. 中学校理科「原子・分子」に関する学習ツール開発に関する試案：周期表神経衰弱

前項での議論から、中学生を対象とした原子・分子に関する学習ツールの開発では、ChemMendのUNOのように生徒にも親しみのあるゲームをベースにした学習ツールのほうが学習に関する興味・関心を喚起し易い。そこで、日本の子ども達に馴染みのあるトランプの「神経衰弱 (Pelmanism)」をベースにした、図 4 の学習ツールを提案する。この「周期表神経衰弱」の基本的なルールは、トランプ遊びと同じであり、同じカードをめくるとそれを手札として集めることができる。ただし、同じカードとは、この学習ツールの場合は、原子番号・原子記号 (元素記号)・元素名が同じということである。

この学習ツールを活用することによって、生徒たちは周期表に関する知識について楽しみながら学習でき、また、周期表の有無を選択させることやカードの種類を増やしていくことで、習熟度別の活用にも対応が可能である。

**周期表神経衰弱**

皆さんはトランプ遊びの「神経衰弱 (Pelmanism)」で遊んだことがありますか？  
この「神経衰弱」のルールに似たカードゲーム、原子や分子についての理解を深めましょう。

---

**【準備するもの】**

- 原子番号、原子記号 (元素記号)、元素名の要素について書かれた 3 種類の要素カード (原子番号 1~20 の元素、各 20 枚ずつ)

原子番号

1

原子記号 (元素記号)

H

元素名

水素

- 周期表 (必要なし)

---

**【ルール】**

1. カードをすべて伏せた状態で机に広げる。
2. じゃんけんをして、1番に勝った人から始め、時計回りの順で行う。
3. 3種類のカードをそれぞれ1枚ずつめく。それらが一致したら、自分の手元に加え、再度カードをめく。それらが一致しなかったら、カードを元に戻し、次の人の順番に移る。
4. 3. を繰り返して、すべて取るか制限時間を過ぎるかで終了とし、終了時に手元にあるカードの枚数が一番多い人が勝ち。

---

**補足**

- ☆ 原子・分子 (周期表) の理解や知識に自信がない人は、周期表を見ながらゲームをしても構いません。ただし、原子・分子 (周期表) の理解を確認することを目的としたゲームなので、極力周期表を使用しないでゲームにチャレンジしてみましょう。
- ☆ 周期表に関する知識が増えてきたら、要素カードを新たに作り、ゲームに取り入れていくことも可能です。原子番号、原子記号 (元素記号)、元素名で十分に遊ぶことができれば、次の例にある語句について調べて、自分たちで必要なカードを作成してください。  
<例> 族、周期、亜原子粒子 (陽子、中性子、電子)、質量数 等>

図 4 周期表神経衰弱の説明

## 6. 結語と今後の課題

本研究においては、近年、研究報告として公表された原子・分子の学習ツールの有用性等について、それぞれの報告内容に基づき精査し、理解を促進するために必要となる要素を検討した。その結果、「生徒や学生の興味や関心を喚起するものであること」「学習ツール自体の使い方や目的が明確で理解し易いこと」「自分の理解の状況について把握するためにも、他者と一緒に取り組みめるものであること」の要素が必要であることが改めて理解できた。また、その要素をふまえた中学生の原子・分子の学習ツールも試案段階ではあるが、提案した。無論、このような学習ツールは、他にも色々と検討されている。そして、この学習ツールも教育実践に堪えうるものであるかは、現段階では未知数であり、この学習ツールの有用性の検証については今後の課題とさせていただきます。

## 引用・参考文献

- 国立教育政策研究所 (2015) : 平成 27 年度全国学力・学習状況調査 (2015年10月現在, 閲覧可能)
- 笹尾幸夫 (2008) : 「中学校理科第 1 分野の改善事項」, 理科の教育, 57 (8), 16-21
- 文部省 (1999) : 「中学校学習指導要領解説理科編」, 大日本図書
- 文部科学省 (2008) : 「中学校学習指導要領解説理科編」, 大日本図書
- Antonio J.F.M.& María J.C.I (2014) : Design and implementation of a bingo game for teaching the periodic table, SSR, 95 (353), 55-59
- Luis F.M., Gina H.&María V.A. (2014) : Cheminoes: A Didactic Game To Learn Chemical Relationships between Valence, Atomic Number, Symbol, JOURNAL OF CHEMICAL EDUCATION, 91, 872-875
- Vicente M.C.& Jenifer R.M. (2014) : ChemMend: A Card Game To Introduce and Explore the Periodic Table while Engaging Students' Interest, JOURNAL OF CHEMICAL EDUCATION, 91, 868-871