

物質質量概念の理解を促す授業づくり

— カードゲーム教材の開発と実践 —

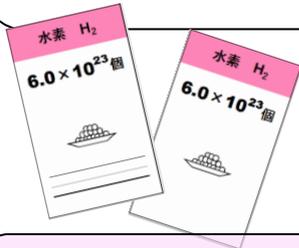
令和7年度 神奈川県立総合教育センター
長期研究員 石澤 結子(県立金井高等学校)

【研究の概要】

高等学校の化学においては、物質質量概念について、化学反応における量的関係を理解する上で重要な概念であるが、生徒への指導は難しいことが指摘されている。物質質量概念を理解するためには、物質質量を取り巻く一つひとつの概念を適切に理解し、なおかつこれらの基礎的・基本的概念の一つひとつの構造的な関連性をつかむ必要がある。本研究では、物質質量概念の理解を促すためのカードゲーム教材を開発した。開発したカードゲーム教材を用いてブートストラッピング・サイクル(実践-失敗-修正のらせん状の過程)を繰り返すことにより、物質質量概念の理解を促すことができると考え、その有効性を明らかにすることを目的とした。検証の結果、カードゲームの実践を通して、ブートストラッピング・サイクルが繰り返され、事前・事後の小テストの計算問題において平均点が有意に増加する等、物質質量概念の理解促進に対し、一定の有効性が確認できた。

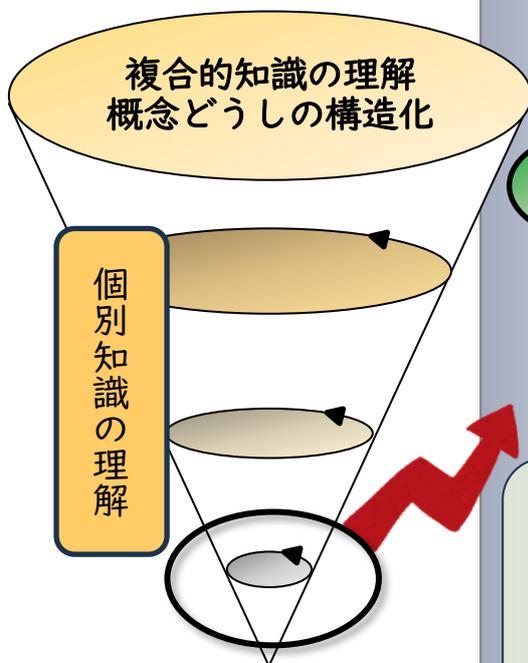
所属校における化学基礎で身に付けさせたい資質・能力

化学基礎の学習における原子の構造と **物質量の概念** および化学反応式を中心に、**化学の基本的な概念や原理・法則を体系的に理解し、**科学的な思考力・判断力と課題解決力を身に付けることを目標とする。



【研究テーマ】 物質量概念の理解を促す授業づくり

ーカードゲーム教材の開発と実践ー



ブートストラッピング・サイクル

抽象的で記号接地が困難な概念は、実践ー失敗ー修正のらせん状のブートストラッピングの過程を経て徐々に接地し、ブートストラッピングのサイクルを繰り返すことで異なる分野の知識が関連づけられ、大きな知識の体系ができる。

研究仮説

開発したカードゲーム教材を用いてブートストラッピング・サイクルを繰り返すことにより、物質量概念の理解を促すことができるだろう。

単元の課題

物質量概念に関わる基礎的な概念は多様で、多くの概念が構造化されて構成されており生徒への指導は難しいことが指摘されている。

物質量概念を構成する一つひとつの概念は理解できているが概念どうしを構造化させて理解できていない。

生徒の実態

思考力、判断力、表現力等の育成を図る観点から、科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動などが充実するようにすること(高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 理科編)

はじめに

『高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 理科編』(以下、『解説』という)では、思考力、判断力、表現力等の育成を図る観点から「科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動などが充実するようにすること」(文部科学省 2019 p.185)と述べられている。言い換えれば、理科において思考力、判断力、表現力等を育成する上では科学的な概念の理解が必要不可欠であると言える。沖野(2009)は、「高等学校の教育現場においては、概念的な理解に達していないにもかかわらず、数式を使った計算問題はできるという生徒が、数多く存在している」とし、沖野ら(2011)は「このような状況において、生徒が実感をともなった理解に至るためには、科学の基礎概念の形成を強く意識した授業開発が必要である」と述べている。

理科の科学的な概念の一つである物質質量概念について、窪ら(2021)は「現代の化学で重要な位置を占め、化学反応における量的関係を理解するために必要とされる」とし、「高等学校化学の学習者にとっては避けては通れない概念である」と述べている。このように物質質量は重要な概念であるにも関わらず、今井ら(2005)は、物質質量という概念は教員自身が指導困難な内容と捉えていること、生徒にとって理解しにくい学習内容であることを指摘している。物質質量概念の理解が困難な理由として、堀(1996)は「生徒がモル概念を理解するためには、まず一つひとつの概念を適切に理解する必要がある。その上において、なおかつこれらの基礎的・基本的概念の一つひとつの構造的な関連性をつかみ、はじめてモル概念が理解できるようになる」と述べている。

『解説』では高等学校理科における見方が四つの領域(エネルギー、粒子、生命、地球)で示され、物質質量概念に係る粒子の見方は「自然の事物・現象を主として質的・実体的な視点で捉えること」(文部科学省 2019 p.12)と整理されている。また、「粒子の数に基づく量の表し方である物質質量の概念を導入し、物質質量と質量、物質質量と気体の体積との関係について理解させること」(文部科学省 2019 p.92)がねらいとされているが、前述の通り、物質質量概念は生徒にとって理解しにくく、教員もその指導に困難さを感じている。

所属校においては、化学基礎で身に付けさせたい資質・能力として「物質質量の概念および化学反応式を中心に、化学の基本的な概念や原理・法則を体系的に理解し、科学的な思考力・判断力と課題解決力を身に付けること」を掲げている。しかし、物質質量概念について、複合的な概念の理解を問う問題になると正答率が低いことから、一つひとつの概念は理解していても、多くの生徒がそれぞれの概念どうしを構造化させて理解することに課題があると考えられる。

以上のことを踏まえ、物質質量概念の理解を促すために本研究の目的を次のように設定した。

研究の目的

物質質量概念の理解を促すために、開発したカードゲーム教材を用いてブートストラッピング・サイクルを繰り返す学習活動を実践し、その有効性を明らかにする。

研究の内容

1 先行研究

(1) ブートストラッピング・サイクルについて

発達心理学において、何かを学習するときに、子どもが自分で手がかりを見つけ、洞察を得て、学習を加速させていくプロセスを「ブートストラッピング」という。今井(2024 p.272)は、「抽象的で記号接地が困難な概念は、実践-失敗-修正のらせん状のブートストラッピングの過程を経て、徐々に接地し、コツをつかみ、最終的に直観的にすぐに取り出して使えるところまでもっていく」と述べており、「ブートストラッピングのサイクルを繰り返し、異なる分野の知識が関連づけられていく」(今井 2024 p.226)ことによって、大きな知識の体系ができることを示している。この先行研究を基に、「ブートストラッピング・サイクル」により、一つひとつの概念を理解し、それぞれの概念どうしを構造化させ、物質質量概念の理解を促すことに効果的であると考えた。

また、ブートストラッピング・サイクルを促す手立てとして今井(2024 p.282)はカードゲームの事例を挙げ、「身体を使った遊びやゲームを通して、記号接地が難しい概念を使う練習をし、少しずつレベルアップをしながら続けていけば、概念を身体化するところにも達することができるだろう」と述べている。

(2) 化学の学習へのゲーム利用について

化学教育の分野では古くから、化学の学習へのゲーム利用が実践されており、伊藤ら(2025 p.28)はゲームを活用した科学教育について「ゲームが有するインタラクティブ(双方向)性や、協力と競争等のようなゲーム要素が基となって学習へのモチベーションが向上し、その他、反復練習や実験のシミュレーション等が可能となる」と述べている。

また、伊藤ら(2025 pp.28-30)は、その一方で国内における研究事例が少なく、学習内容を「原子・イオン・分子」や「元素・元素記号・周期表」とするゲームが大半を占めており、物質質量に関するゲームは極僅かであることを報告している。

(3) カードゲーム教材について

カードゲーム等のアナログゲームの学習効果につい

ては、福山(2024)は先行研究を整理し、①知識理解の向上、②参加者間の対人交流の促進、③参加者の意欲向上、④特に数学的な学習に効果的であること、⑤社会的相互作用を生み出し、インクルーシブな学習空間を創出する可能性があることを挙げている。

これらの先行研究から、カードゲーム教材を用いてブートストラッピング・サイクルを繰り返すことにより、物質質量概念の理解を促すことができると考えた。

2 本研究におけるカードゲーム教材の概要について

ゲームのキットは5種類の物質(水素、窒素、酸素、水、メタン)ごとに「物質質量カード」、「粒子の数カード」、「質量カード」、「体積カード」で構成されている。今井(2024 pp. 258-261)の「分数のたつじんランプ」を参考に、量を表す物の絵と3本線を描き、数字の表す量が分からなくても、絵や直線からその数が表す量を分かるように設計した(図1)。

それぞれ0.25mol、0.50mol、1.0mol、1.5mol、2.0mol、2.5molの6種類あり、数直線は1本を1.0molとし、カードに描かれた数の量だけ線が太くなっている。

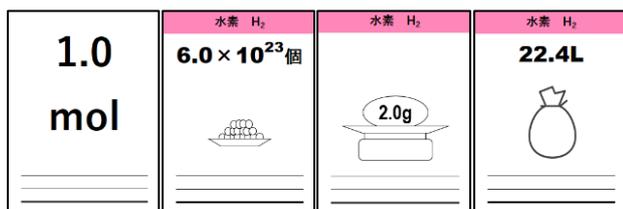


図1 カード例①(水素 1.0mol)

また、難易度を変えることができるように、数直線の有無で両面印刷とした(図2)。

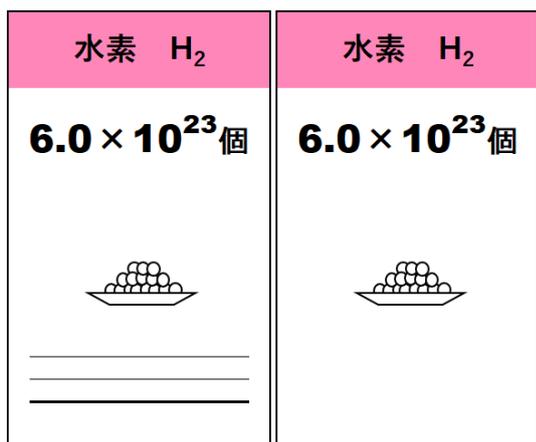


図2 カード例②(水素 1.0 mol の粒子の数)

3~4名の班に1種類の物質の「物質質量カード」、「粒子の数カード」、「質量カード」、「体積カード」(各6枚、計24枚)を基本のキットとした。

基本のキットを用いて複数回カードゲームを実践した後、発展として3種類の物質の「質量カード」(各6枚、計18枚)で構成された質量のキットを用いてカ

ードゲームを実践した。最終的にはこれらのカードを基盤としながら、生徒たちが新しいルールやカードを作る活動を行った。新しいカードゲームを作る中で、物質質量概念を理解していないとルールを作ることができないことに気づき、他者への説明や様々なルールのカードゲームの実践を通して、ブートストラッピング・サイクルが繰り返され、物質質量概念の理解に繋がることが期待される。

3 本研究における物質質量概念について

本研究では、物質質量概念を2段階に分けて捉える。1段階目として、「水素 1.0 mol の質量は何gか」のような物質質量と各量との関係(以下、「個別知識」という)、2段階目として、「水素 2.0 gに含まれる水素分子は何個か」のような質量から物質質量を経て粒子の数に変換するなど、物質質量と各量との関係の組み合わせ(以下、「複合的知識」という)とした。

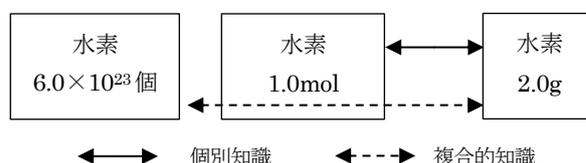


図3 個別知識及び複合的知識の例

4 研究仮説

本研究における研究仮説は次のとおりである。

開発したカードゲーム教材を用いてブートストラッピング・サイクルを繰り返すことにより、物質質量概念の理解を促すことができるだろう。

5 検証授業

(1) 検証授業の概要

- 【期間】令和7年9月10日(水)~10月10日(金)
- 【対象】金井高等学校 第1学年9クラス(358人)
- 【科目】「化学基礎」
- 【単元名】物質質量と化学反応式
- 【時数】本単元20時間中9時間(50分授業)
- 【授業者】筆者及び当該科目担当者2名の計3名

(2) 第1時

中学校での中和の学習から、同じ質量パーセント濃度、同じ質量の酸と塩基を混合しても中和しないという実験を通して、化学反応の量的関係を考える際には質量ではなく粒子の数で考える必要があることに気付かせ、物質質量に関する学習の動機付けとした。

(3) 第2~3時

物質質量と各量(粒子の数・質量・気体の体積)との関係をそれぞれ個別に理解することを目的とし、講義を行った。また、第3時の最後に、カードゲームの実践前の理解の状態を把握するために小テストを実施した。小テストの内容は次のとおりである(表1)。

表 1 事前・事後の小テストの内容

問題内容		
問 1 (1)	1.5×10 ²³ 個のアルミニウム原子 Al の物質は何 mol か。	個別知識
問 1 (2)	酸素 O ₂ 0.20 mol の質量は何 g か。	
問 1 (3)	窒素 N ₂ 11.2 L の物質は何 mol か。	
問 1 (4)	水 H ₂ O 36 g に含まれる水 H ₂ O 分子は何個か。	複合的知識
問 1 (5)	アンモニア NH ₃ 44.8 L の質量は何 g か。	
問 2	物質概念に係る選択問題	
問 3 (1)	1 mol とは何か、中学生でも分かるように文章もしくは図を用いて説明してみよう。	
問 3 (2)	物質量が 2 倍、3 倍…と増えたとき粒子の数、質量、気体の体積はそれぞれどうなりますか？	

(4) 第 4 時

カードゲームの実践(1回目)を行った。授業スライドを図 4 に示す。初めに、基本のキットを用いて、数直線が描かれている面を表とし、それぞれのカードを小さい順に並べてカードの内容を各班で確認した。その後すべてのカードを混ぜ、スライドに表示された物質質量と同じ大きさのカードを取る、かるた形式のゲームとした。全ての生徒が参加できる状況を作るため、取れるカードは一人一枚までとし、カードを取った後は他の生徒にヒントを与えるように指示した。

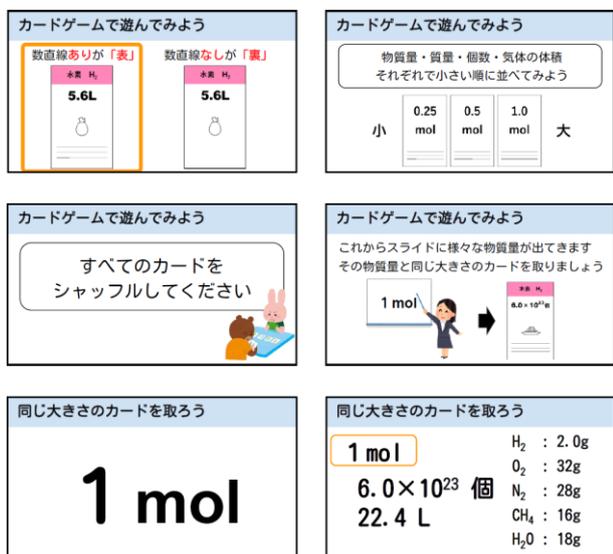


図 4 第 4 時授業スライド(一部抜粋)

(5) 第 5 時

カードゲームの実践(2回目)を行った。第 4 時と同様のキットとルールで行ったが、数直線が描かれていない面を表とした。複数回かるた形式で実践後、生徒自身が知識の定着度を確認するため、小テストとは異なる個別知識を問う計算問題 3 問と複合的知識を問う計算問題 3 問で構成された練習問題に班で取り組む活動を行った。

最後にカードのキットを質量のキットに変え、同様のルールで実践を行った。数直線の有無については、各班で自由選択とした。最終的には、教員主導ではなく各班で読み手を作り、それぞれの班のペースでカードゲームに取り組んだ。なお、第 7 時で新しいルールのカードゲームを作成する際に生徒のアイデアの幅を狭めないよう、教員主導で行ったカードゲームはすべてかるた形式での実施とした。

(6) 第 6 時

溶液の濃度と溶質の物質質量との関係を表すモル濃度について理解することを目的とし、講義を行った。

(7) 第 7 ~ 8 時

カードゲームの実践(3回目)として、第 4 時及び第 5 時で利用したカードのキットを基盤とし、かるた形式以外の新しいルールのカードゲームを班で作成し、他の班へ説明し実践する活動を行った。第 7 時の授業スライドを図 5 に示す。説明用資料は Google スライドで作成し、第 8 時ではスライドを印刷した物を見せながら説明をする形式とした。

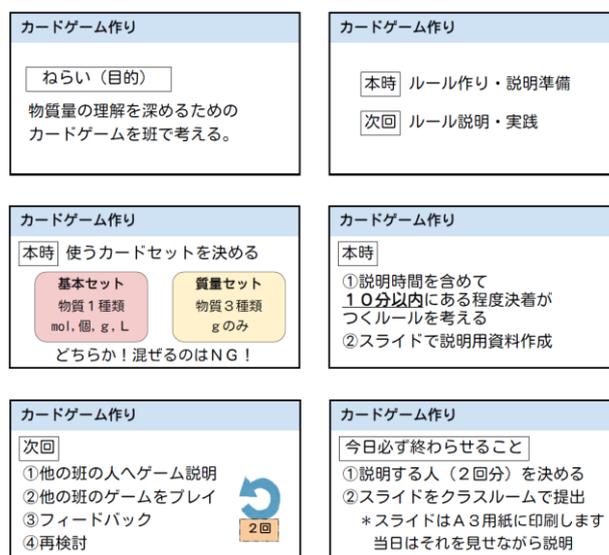


図 5 第 7 時授業スライド(一部抜粋)

カードについては、裏面を隠して使用したい場合は付箋を貼り対応した。また、必要に応じて新しいカードを作成し加えることも可能とした。

1 サイクル説明時間を含め 10 分とし、実践の後、良かったところ、改善点をそれぞれ色の異なる付箋に書きフィードバックを行った。2 サイクル目に入る前に再度元の班で集まり、受けたフィードバックの内容を踏まえ、ルール等の再検討を行った。説明用資料に新たな文言を書き加えたり、ルールの変更を検討するなど、各班で試行錯誤している様子が見られた。

生徒たちは、神経衰弱や UNO など、既存のカードゲームのルールを参考にしながら新しいルールを考えている班が多かった。表 2 は生徒が考案したカードゲームの一例である。

表2 カードゲーム考案例

タイトル	Let's molmol !
カードの内容物	<p>【質量のキット】</p> <ul style="list-style-type: none"> すべてのカードの数直線の面を付箋で隠す。 <p>【追加カード】</p> <ul style="list-style-type: none"> スペシャルカード →右隣の人とカードを交換！ マジカルカード →自分が指名した人から1ポイント没収 シャッフルカード →時計回りに持ち札を交換！ →前の人と持ち札を交換！
ルール	<ol style="list-style-type: none"> 質量カードを参加人数で山分けする。 「Let's molmol!」の掛け声で、一人一枚一斉に出す(出したいならスペシャルカードも同時に出す)。 molが一番大きい人が1ポイント。(それぞれ自分が出したカードが何molか言い、間違っていたら0ポイント)。 これを繰り返す。 最後にポイントが多い人が勝利！
工夫したところ	<ul style="list-style-type: none"> 出すカードの値がわからないとだめなものもミソ。 スペシャルカードをいつ使うのかも重要。

(8) 第9時

カードゲームの実践後の理解の状態を把握するため、第3時に実施した事前の小テストと同一の内容で実施した。なお、第3時に実施した小テストは事後の小テストが全クラス終了後に返却および解答例を提示した。

6 検証結果と考察

(1) 仮説の検証方法

本研究では、カードゲームの実践を通して、物質質量概念の理解を促すことができたか、二つの視点に分けて検証することとした。

ア ブートストラッピング・サイクルが繰り返されているか

イ 物質質量概念を理解することができているか

検証方法は、映像データとして記録したカードゲーム中の生徒のやり取りの内容分析、カードゲーム毎に実施した振り返りフォームの記述内容(同一内容)、カードゲームの事前・事後の小テスト(同一内容)から検証した。

また、生徒の記述及び発話内容については、趣旨に影響がない範囲で言葉や表現を整える等の加筆・修正をした。小テストは、事前・事後ともに解答した338人、振り返りフォームは、活動による変容を見取るために、3回の振り返りにすべて回答した145人を対象としてデータを収集し、分析した。

(2) ブートストラッピング・サイクルが繰り返されているか

ア カードゲーム中の生徒のやり取り

実際の生徒のやり取りの一例を紹介する。なお、表中で塗りつぶされている部分は生徒の行動を表している。

まずは基本のキットの数直線が描かれている面を表として、かるた形式でゲームを行った際のやり取りのデータである(表3)。0.25molの水のカードを取る状況において、「物質質量カード」、「粒子の数カード」、「体積カード」がすべて取れた後、「質量カード」を探している班1のやり取りの様子である。

表3 班1のやり取りのデータ

班1	
生徒A	あとグラムね。
生徒B	4.5gのカードを手取る。
生徒A	それ2分の1じゃない?
生徒B	2分の1か。
生徒A	数直線を確認する。
生徒A	あ、違う。合ってた。
生徒B	え、合ってた。
生徒A	あ、そっか。1mol 18gか。 俺0.5molの質量を0.5molじゃなくて 1molの質量だと思ってた。

生徒Aは生徒Bとの対話から、水の1.0molの質量を間違えて認識していたことに気づき、誤概念を修正している様子が伺えた。

次に、質量のキットを用いてかるた形式でゲームを行った際のやり取りのデータである(表4)。各々が取れたカードは場に戻さず、各物質質量を順番に取った際に、最後に読み上げられた0.25molの水素の質量カードのみが場に残るはずが、違うカードが残っていたことに気付いた班2のやり取りの様子である。

表4 班2のやり取りのデータ

班2	
生徒C	水素の1.0gのカードが場に余っていることを確認。
生徒C	なんか間違えてるわ。 0.25mol?じゃあこれなわけなくない? D、違うの持ってない?
生徒D	手元のカードを並べてみんなで確認する。
生徒E	そう考えたら0.25molは0.5gなんじゃない? 0.25molが一番下でしょ?
生徒C	どうしよう。
生徒E	0.25molは0.5gじゃない? だって1molが2.0gだよ。
生徒C	なんだ。じゃあこれが違う。
生徒C	0.5gのカードを手取る。
生徒E	それが0.25mol!

班2では、0.25molに至るまでの過程では全員が間違いに気付かずゲームが進行していたが、最後に場に残ったカードから間違いに気が付き、対話の中で誤概念の修正を図っている様子が伺えた。どちらの班も自身の誤概念に気が付き、他者との対話の中で修正をしている様子が見受けられた。

イ 振り返りフォーム

カードゲームを実践するたびに振り返りを実施し、個々の生徒の記述内容の変容を分析した(表5)。

表5 生徒Fの振り返りの記述内容の変容

○1回目の記述(一部抜粋)
1 mol を基準として個や L を求めることができるんだと前は知らなかったけど、今回はゆっくりだけど理解できたと思う。1 mol が 22.4L だから 2 mol だと 2 倍。
○2回目の記述(一部抜粋)
前回より少しずつ理解できてきた。
○3回目の記述(一部抜粋)
メタン CH ₄ は 12g だと思ってたけど、H が 4 つあるので 12+1×4 をすれば 16 になるということを知れた。

生徒Fの振り返りから、カードゲームを複数回行う中で1 mol を基準とすることで粒子の数や体積を求められることに気が付き、最終的に質量は物質ごとに異なり、どのようにその値を求めることができるのか知ることができた様子が伺える。また、生徒Gは振り返りの中で他者からの気付きについて述べている(表6)。

表6 生徒Gの振り返りの記述内容の変容

○1回目の記述(一部抜粋)
mol が×2してあったら L も個数もシンプルに×2したものだと言うことを他の人の発言で理解できた。またその発言で1 mol とその個数と L の値を覚えていなければそもそも 2 mol などの 1 mol ではない問題を解けないので1 mol とその個数、L の値を完全に覚えられていると良いと考えた。
○2回目の記述(一部抜粋)
今日の授業で mol と L、個数の数値の関係がはっきりして理解できた。様々な物質が混ざったカードで授業をおこなったので、それぞれの原子量を学ぶことができた。
○3回目の記述(一部抜粋)
他の人の発言でカードゲームのように身近なもので勉強することで理解しやすいということがわかった。今後苦手な範囲のところは身近なもので考えたり、勉強するという考え方を大切にしたいと思った。

生徒F及びGは小テストの計算問題についても、どちらも事前から事後にかけて点数が上がっていた。

カードゲーム中の生徒のやり取りや生徒の振り返りの記述から、カードゲームの実践やその中で行われた他者との対話を通して、実践-失敗-修正というブートストラッピングの過程を経たと推察される。生徒がブートストラッピング・サイクルを繰り返したこと

で、誤概念を修正し、自分の中で曖昧だった概念が定着したと考えられる。

(3) 物質概念を理解することができているか

ア 事前・事後の小テスト(計算問題)

小テストの計算問題(問1)に関して集計・比較したものを表7及び図6に示す。

表7 事前・事後の小テストの得点の相関

事前 (N=338)		事後 (N=338)		p 値
平均点	標準偏差	平均点	標準偏差	
3.02	3.03	6.50	3.36	p < 0.01

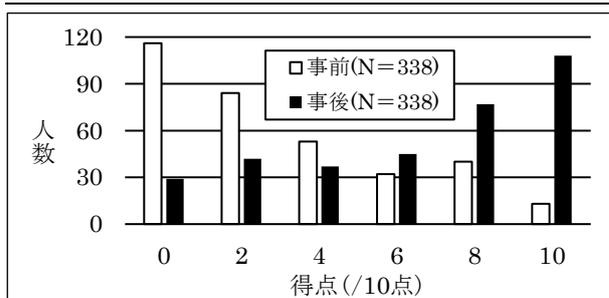


図6 事前・事後の小テストの得点

事前から事後では平均点が約 3.5 点増加した。t 検定では、事前・事後で非常に有意な差 (p < 0.01) が見られた。高得点の人数が増加した一方で、全体としての点数の分布は広がり、事後の得点の方が、分散は大きくなった。

次に生徒全体を二つの群に分けて分析を行った。事前の小テストにおいて個別知識の問題が3問中2問以上正解だった4点及び6点の生徒をA群、0点だった生徒をB群とし、事後の点数を比較した(図7)。

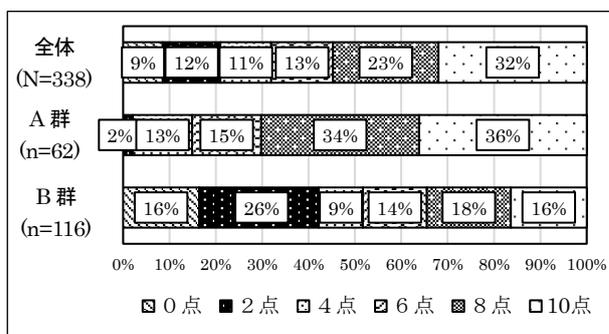


図7 全体、A群及びB群の生徒の事後の得点

A群の生徒は70%の生徒の得点が増加した。A群については個別知識の概念のみを理解していた状態から、カードゲームを通して複合的知識の概念を理解した状態に変容したことが伺える。

B群の生徒は、57%の生徒の得点が4点以上となった。2点の生徒が最も多い割合であったことから、個別知識の理解が全くできていなかった生徒に対しては、今回のカードゲームよりも簡単なルールから始めるとより効果があったのではないかと推測される。

各設問の正答率を事前・事後で比較すると、質量に関する個別知識の問題であった(2)の正答率は39.6%

イント、複合的知識の問題であった(4)の正答率は43.1ポイントそれぞれ上昇した(表8)。

表8 事前・事後の小テスト問1の正答率及び
事前の小テストからの正答率の増減

問1	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
事前 (N=338)	44.4%	21.0%	48.2%	12.1%	25.4%
事後 (N=338)	73.1%	60.6%	73.7%	55.2%	59.4%
事前と事後の差	+28.7	+39.6	+25.5	+43.1	+34.0

質量のカードのみでカードゲームを行ったことで、質量に関する問題がどちらも正答率が大きく上昇したと考える。

また、事前の小テストの得点が0点及び2点の生徒を下位、4点及び6点の生徒を中位、8点及び10点の生徒を上位として階層・設問別に正答率を集計・比較した(表9)。なお、1問2点であり中間点を設けなかったため、2点ごとに階層を分けている。

表9 事前の小テストの階層・設問別正答率

事前	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
上位 (n=53)	96.2%	77.4%	100%	58.5%	92.5%
中位 (n=85)	81.2%	24.7%	85.9%	9.4%	36.5%
下位 (n=200)	15.0%	4.5%	18.5%	1.0%	3.0%
上位と 下位の差	81.2%	72.9%	81.5%	57.5%	89.5%

同様に事後の小テストについても階層・設問別に正答率を集計・比較した(表10)。正答率の下の数値は、事前の小テストと比較した際の増減を示している。

表10 事後の小テストの階層・設問別正答率及び
事前の小テストからの正答率の増減

事後	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
上位 (n=185)	95.1%	85.2%	98.4%	85.2%	91.2%
	-1.1	+7.8	-1.6	+26.7	-1.3
中位 (n=82)	65.9%	50.0%	69.5%	30.5%	39.0%
	-15.3	+25.3	-16.4	+21.1	+2.5
下位 (n=71)	25.4%	9.9%	15.5%	7.0%	1.4%
	+10.4	+5.4	-3.0	+6.0	-1.6
上位と 下位の差	69.7%	75.3%	82.9%	78.2%	89.8%
	-11.5	+2.4	+1.4	+20.7	+0.3

(2)及び(4)の設問はすべての階層において正答率が上昇した。このことから、質量のカードのみでカードゲームを行うことは、どの階層の生徒に対しても有効であったと考える。

次に、事前・事後の小テストの階層別人数をクロス集計・比較したものを表11及び図8に示す。

表11 事前・事後の小テストの階層別人数

事後	上位	中位	下位	事前計
事前				
上位	44	9	0	53
中位	66	17	2	85
下位	75	56	69	200
事後計	185	82	71	338

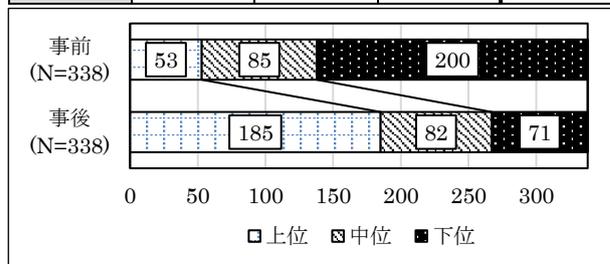


図8 事前・事後の小テストの階層別分布

事後では得点が大きく増加した生徒が多かった。特に上位層へ変化した生徒が多く、得点が停滞・減少する傾向よりも、得点が増加する傾向が圧倒的に優勢であった。全体の得点の層の構成が、下位層の改善を伴い優位に変化したことが推察される。

イ 事前・事後の小テスト(物質概念に係る選択問題)

物質概念に係る選択問題の選択肢の内容は次のとおりである(表12)。

表12 事前・事後の小テスト 問2の内容

正しいものをすべて選びなさい。
○：①異なる2種類の気体があるとき、標準状態においてこれらの体積が同じであれば、物質量は同じ値になる。
○：②異なる2種類の物質があるとき、これらの質量が同じであっても、物質量は異なる値になる。
×：③気体の体積が2倍になると、物質量は半分になる。
×：④物質量は、物質の質量そのものを指し、単位はグラム(g)である。
×：⑤ 6.0×10^{23} 個の粒子の集団を物質量という。

完答者は事前から事後にかけて28名増加したものの、完答割合は11.8%に留まった(表13)。

表13 事前・事後の小テスト(問2)の完答者

	事前 (N=338)	事後 (N=338)
完答者数(人)	12	40
完答割合(%)	3.6	11.8

選択肢ごとに解答件数の変化を見ると、「②異なる2種類の物質があるとき、これらの質量が同じであっても、物質量は異なる値になる。」という正解の選択肢を選ぶ生徒が最も増加した(表14)。

表 14 問2に対する解答件数の変化

	事前 (N=338)	事後 (N=338)	変化量
① ○	159	154	-5
② ○	160	211	+51
③ ×	140	133	-7
④ ×	50	74	+24
⑤ ×	166	179	+13

この選択肢を選ぶ生徒が増加した理由として、質量のみのカードゲームを行ったことで、質量が同じでも、物質によって物質量は異なるという概念が定着したと考えられる。

一方で、「⑤ 6.0×10^{23} 個の粒子の集団を物質量という。」という質問に対して、事前・事後ともに約半数の生徒が誤って選択している。「1 mol とは何か、中学生でも分かるように文章もしくは図を用いて説明してみよう。」という記述問題(問3(1))に対する生徒の記述から、モル(mol)という物質量の単位と、その定義に使われる具体的な粒子の数(アボガドロ定数)が混同していると考えられる(表15)。

表 15 事後の問3(1)における記述内容①
(抜粋、囲み線及び破線は筆者)

1 mol とは何か、中学生でも分かるように文章もしくは図を用いて説明してみよう。

囲み線及び破線部のように、短絡的に解釈している生徒が多く、これらの解釈が「 6.0×10^{23} 個の粒子の集団 = 1 mol = 物質量」という等式的な誤概念につながっている様子が伺える。「物質量」という物理量と「 6.0×10^{23} 個」という粒子の数の関係は抽象度が高く、生徒は明確に区別するのが難しいと推察される。

全体での解答件数は少ないものの、「④物質量は、物質の質量そのものを指し、単位はグラム(g)である。」という質問に対しても誤って選択した生徒が増加した。質量が同じでも、物質によって物質量は異なるという概念が定着した一方で、生徒の記述から、物質量を質量の延長線上の概念として捉えている様子が伺える(表16)。

表 16 事後の問3(1)における記述内容②

1 mol とは何か、中学生でも分かるように文章もしくは図を用いて説明してみよう。

ウ 事前・事後の小テスト(記述問題)

問3の生徒の記述内容の変容から、カードゲームを通して物質概念の理解が促されたことが推察された。まず問3(1)の生徒の記述を紹介する(表17)。

表 17 生徒Hの問3(1)における記述内容の変容

1 mol とは何か、中学生でも分かるように文章もしくは図を用いて説明してみよう。
○事前の記述 その物質のそのままのあたり。
○事後の記述

生徒Hのように事前の小テストでは、抽象的、または単一の要素のみに焦点を当てていた解答が、事後の小テストではアボガドロ定数やモル体積といった具体的な数値や用語を取り入れ、より詳細かつ統合的な説明に変容しているケースが多数見られた。

問3(2)の記述では、事前の小テストでは一部の量のみが物質量に比例して2倍、3倍となるといった誤った記述をしていた多くの生徒が、事後の小テストでは誤概念を修正し、正しく記述している様子が伺えた(表18)。

表 18 生徒Iの問3(2)における記述内容の変容

物質量が2倍、3倍…と増えたとき粒子の数、質量、気体の体積はそれぞれどうなりますか?
○事前の記述 物質量が2倍、3倍…と増えたとき、質量は同じく2倍、3倍…と増え、粒子の数、気体は $\frac{1}{2}$ 倍、 $\frac{1}{3}$ 倍…と減る。
○事後の記述 物質量が2倍、3倍と増え、粒子の数、質量、気体の体積も2倍、3倍となる。

一方で、物質量と各量の関係について、個別知識で留まり複合的知識に結びついていない記述が多く見られた(表19)。

表 19 事後の問 3 (1)における記述内容③

1 mol とは何か、中学生でも分かるように文章もしくは図を用いて説明してみよう。

粒子が 6.0×10^{23} 個集まるともの



$1 \text{ mol} = 22.4 \text{ L}$
 $1 \text{ mol} = 6.0 \times 10^{23}$

問 3 (1) の記述内容について、表 20 を基準として、上位・中位・下位に分類し、階層別人数をクロス集計・比較したものを表 21 及び図 9 に示す。

表 20 問 3 (1) の階層別分類基準

	基準
上位 (複合的知識)	物質と各量(粒子の数、質量、体積)との関係の組み合わせについて述べている。
中位 (個別知識)	物質と各量(粒子の数、質量、体積)のいずれかとの関係について述べている。
下位	無記入、誤答

表 21 事前・事後の問 3 (1) の得点別人数

事後	事前	上位	中位	下位	事前計
	上位	2	7	1	10
	中位	10	45	19	74
	下位	30	79	145	254
	事後計	42	131	165	338

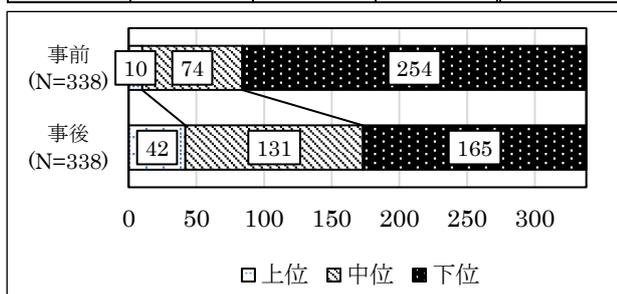


図 9 事前・事後の問 3 (1) の得点別人数

マクネマー検定の結果、下位から上位へ上昇した層と上位から下位へ下降した層で非常に有意な差 ($p < 0.01$) が見られた。全体的に上位・中位層へと変化した生徒が多くなった一方で、事後の小テストにおいても下位層の生徒の人数が最も多くなった。上位の人数が 32 名、中位の人数が 57 名増加し、中位の増加数の方が大きくなった。このことから、提示された物質と同じ量のカードを取るかるた形式でカードゲームを実施したことで、物質と各量との関係である個別知識

の理解が大きく促されたと推察される。

続いて、問 3 (2) の記述内容についても同様に、表 22 を基準として、上位・中位・下位に分類し、階層別人数をクロス集計・比較したものを表 23 及び図 10 に示す。

表 22 問 3 (2) の階層別分類基準

	基準
上位 (個別知識)	物質が 2 倍、3 倍になると、粒子の数、質量、体積も 2 倍、3 倍になると述べている。
中位 (個別知識)	物質が 2 倍、3 倍になると、粒子の数、質量、体積のいずれかについてのみ 2 倍、3 倍になると述べている。
下位	無記入、誤答

表 23 事前・事後の問 3 (2) の得点別人数

事後	事前	上位	中位	下位	事前計
	上位	122	23	23	168
	中位	24	21	14	59
	下位	69	13	29	111
	事後計	215	57	66	338

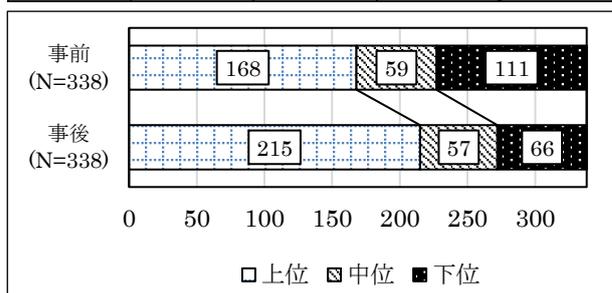


図 10 事前・事後の問 3 (2) の得点別人数

問 3 (1) と同様に、(2) においてもマクネマー検定の結果、下位から上位へ上昇した層と上位から下位へ下降した層で非常に有意な差 ($p < 0.01$) が見られた。事前の小テストから事後の小テストにかけて、下位が 45 名減少し、上位が 47 名増加している。(1) と比べ、(2) については全体的に大幅な上昇が見られた。(2) については、物質と各量の個別知識に関する記述問題であるため、カードゲームを通して個別知識の理解が促された様子が伺える。

研究のまとめ

1 研究の成果

本研究では、物質概念の理解を促す授業実践として、ブートストラッピング・サイクルに着目し、その手立てとしてカードゲーム教材を開発した。カードゲーム教材を用いることでブートストラッピング・サイクルが繰り返し生徒の中で行われ、物質概念の理解

に対し一定の有効性が確認できたと考える。

また、事前の小テストが下位、事後の小テストが上位だった生徒の振り返りでは、知識を得ただけの状態から、他者に説明をすることで理解に繋がったという記述が見られた(表 24)。

表 24 生徒 J の振り返りの記述内容の変容

○ 1 回目の記述 (一部抜粋) 1 mol を基本として考えればいいということ。
○ 2 回目の記述 (一部抜粋) 求め方が少し曖昧だったが、人に教える中で理解することができた。何故そうなるかを聞かれた時に答えると自分がしっかりと理解していると認識できた。
○ 3 回目の記述 (一部抜粋) 前回先生が考えてくれたゲームは協力型が多かったのですが、生徒側が考えたものは個人戦だったので自分で調べる必要があり、とても力になりました。

生徒 J の振り返りでは、1 回目は基本の知識を身に付けたという記述に留まっていたが、2 回目では人に教えることで自分自身の理解に繋がった様子が伺えた。かるた形式のカードゲームの実践を通して、生徒が獲得した物質質量概念を使用し、考える学習活動が効果的に進んだと考えられる。

他の班が考案したゲームを実践した 3 回目では、様々なルールのゲームを実践することで、かるた形式の実践では得られなかった新たな気づきがあったと述べている。また、生徒 K は 3 回目の振り返りにおいて、新しいカードゲームを作ることや、他の班の考案したゲームに取り組む中で得られた気づきについて述べている(表 25)。

表 25 生徒 K の 3 回目の振り返りの記述

ゲームを作る中で、mol・質量などを自然に使えるようになった。他の班のゲームをプレイして、いろいろな視点から mol の考え方を工夫できることを学んだ。遊びながら学ぶことで、公式の意味や使い方を楽しく復習できた。遊びながら覚えると、間違えても理解が深まるという意見を聞いて、失敗を通して学ぶことも大切だなと思った。

かるた形式以外の新しいルールのカードゲームを班で作し、他の班が考案したカードゲームを実践したことで、物質質量概念の理解がより深まったと考えられる。カードゲームという手立てを用いて失敗のハードルを下げることにより、生徒が失敗を恐れず、獲得した物質質量概念を繰り返し使用し、誤概念を修正する学習活動を行うことで、ブートストラッピング・サイクルがより多く繰り返され、物質質量概念の理解をより促すことができるだろう。

今回の検証授業では筆者のほかにも 2 名の教員が同じ教材・単元指導計画を使って授業を行った。実際に授業を行った教員からは次のような意見が出された(表

26)。筆者一人の実践にとどまらず、他の教員とともに実践できたことも、今後の授業改善につながる成果であると考えられる。

表 26 授業担当者からの意見

・「1 mol を表すカードはどれでしょう」のような課題には効果を感じた。
・物質質量は、生徒によってはかなり困難に感じる分野であるが、カードゲームを取り入れた授業では、生徒が楽しそうに活動していた。

2 研究の課題と今後の展望

質量カードのみでカードゲームに取り組んだことが、「質量が同じでも、物質によって物質質量は異なる」という概念理解に繋がった。質量だけではなく、粒子の数及び体積についても、それぞれ一つの単位ごとにカードゲームを行うといった手立てが必要であったと考える。それぞれの個別知識を確立してから、複数の単位が混ざった基本のキットを使って複合的知識に繋げていくことで、ブートストラッピング・サイクルに対し、カードゲーム教材がより有効的に作用するだろう。

小テストの計算問題に対しては大きな改善傾向が見られた一方で、記述問題に対しては自身が獲得した物質質量概念を言語化することに困難さを感じている様子が伺えた。カードゲームの実践の中で自ら他者に自身が獲得した物質質量概念を言語化し、説明することができた生徒もいる一方で、十分に言語化できず説明できない生徒も多く見られた。物質質量概念の理解をさらに促すためには、各学校や生徒の実態に応じて、生徒が獲得した物質質量概念を使用して考えたり、他者に説明したりする機会を教員が意図的・計画的に設定する必要がある。

また、前述のようにそれぞれの個別知識を確立してから、複合的知識に繋げていくことを意識したカードゲーム教材のデザインやルール、授業展開にすることで、実践-失敗-修正のブートストラッピング・サイクルが繰り返されやすくなり、物質質量概念の理解がより深まるだろう。

物質質量概念の理解が、化学反応の量的関係の理解を促し、獲得した概念を使用する学習活動を通して科学的な思考力、判断力、表現力等の育成にも繋がっていくことが期待される。

おわりに

最後に本研究を進めるにあたり、金井高等学校の校長を始め、教職員、生徒の皆様、そして本研究に御協力いただいた全ての皆様に深く感謝申し上げます。この研究が化学の物質質量の指導における一助になれば幸いです。

[指導担当者]

亀丸 圭一郎¹ 岩崎 英久² 市川 誠人³

引用文献

- 文部科学省 2019 『高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 理科編 理数編』 実教出版
- 伊藤賢一・栗飯原萌・五味悠一郎・岡田真紀・早川麻美子・柴山英樹・内海美由紀 2025 「化学の学習に役立つゲームに関する調査研究」 (『日本デジタルゲーム学会年次大会予稿集』15巻)
https://www.jstage.jst.go.jp/article/digra_jproc/15/0/15_28/_pdf (2025年10月24日取得)
- 今井泉・濱中正男・下條隆嗣 2005 「高等学校化学における物質質量(モル)指導の実際」 (『科学教育研究』29巻2号) p.176
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jssej/29/2/29_KJ00003723863/_pdf/-char/ja (2025年11月13日取得)
- 今井むつみ 2024 『学力喪失—認知科学による回復への道筋』 岩波書店
- 沖野信一 2009 「科学の基礎概念の形成をめざした理科授業開発—「運動の法則」に関連した素朴概念克服のための指導法—」 (石川県教員総合研修センター『平成21年度 新教育大学大学院および金沢大学大学院修了者研究報告(概要)』) p.1
<https://www.ishikawa-c.ed.jp/content/houkoku/daigakuin/daigakuin2009/03.pdf> (2026年1月20日取得)
- 沖野信一・松本伸示 2011 「科学の基礎概念の形成をめざした理科授業開発—高等学校「物理I」におけるMIF的素朴概念の克服のための指導法—」 (『理科教育学研究』52巻1号) p.1
https://www.jstage.jst.go.jp/article/sjst/52/1/52_KJ00009950801/_pdf/-char/ja (2026年1月20日取得)
- 窪航平・隅田学・掛水高志 2021 「物質質量(mol)に関する理解の実態と誤概念」 (『日本科学教育学会研究会研究報告』35巻6号) p.63
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsser/35/6/35_No_6_200616/_pdf/-char/ja (2025年11月13日取得)
- 福山佑樹 2024 「ゲームを利用した教育・学習の新しい風潮—アナログゲーム・脱出ゲーム・クロスリアリティの観点から—」 (『コンピュータ&エデュケーション』56巻) pp.18-19
<https://www.jstage.jst.go.jp/article/konpyu>

-
- 1 指導担当主事 2 指導主事
3 教育指導員

[tariyoukyouiku/56/0/56_18/_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/kakyoshi/44/4/44_KJ00003518983/_pdf/-char/ja) (2025年10月24日取得)

- 堀哲夫 1996 「モル概念学習の問題点とモル電子天秤の導入をめぐる」 (『公益社団法人日本化学会 化学と教育』44巻4号) p.266
https://www.jstage.jst.go.jp/article/kakyoshi/44/4/44_KJ00003518983/_pdf/-char/ja (2025年10月24日取得)

参考文献

- 国立教育政策研究所 2019 「『指導と評価の一体化』のために学習評価に関する参考資料 高等学校理科」 pp.88-89
https://www.nier.go.jp/kaihatsu/pdf/hyouka/r030820_hig_rika.pdf (2025年11月11日取得)
- 今井むつみ・楠見孝・杉村伸一郎・中石ゆうこ・永田良太・西川一二・渡部倫子 2022 『算数文章題が解けない子どもたち ことば・思考の力と学力不振』 岩波書店 p.115
- 後藤頭一・藤枝秀樹・野内頼一・佐藤大・伊藤克治・真井克子 2024 『探究型高校理科365日 化学基礎編 資質・能力を育てる高等学校の全授業』 化学同人 pp.70-87
- 長谷川智司 2023 「対話的な学びを促進する思考ツールの活用—思考の整理と共有による学び—」 (『神奈川県立総合教育センター長期研究員研究報告』第21集) pp.55-60
https://www.pen-kanagawa.ed.jp/education/kenkyu/chouken/documents/chouken21_10.pdf (2025年10月24日取得)

理科 学習指導案

日 時 令和7年10月9日(木)
第2校時(10:00~10:50)

対 象 第1学年4組40名

会 場 1年4組教室

学校名 神奈川県立金井高等学校

授業者 教諭 石澤 結子

1 科目名 化学基礎

2 単元名 物質と化学反応式

3 単元の目標(ねらい)(身に付けさせたい力)

- (1) 日常生活や社会との関連を図りながら、物質と化学反応式について理解するとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けること。
- (2) 物質と化学反応式について、観察、実験などを通して探究し、物質の変化における規則性や関係性を見いだして表現すること。
- (3) 物質と化学反応式に主体的に関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとする態度を養うこと。

4 単元の評価規準 a: 知識・技能 b: 思考・判断・表現 c: 主体的に学習に取り組む態度

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
物質と化学反応式について、物質、化学反応式の基本的な概念や原理・法則などを理解しているとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本操作や記録などの基本的な技能を身に付けている。	物質と化学反応式について、観察、実験などを通して探究し、物質の変化における規則性や関係性を見いだして表現している。	物質と化学反応式に主体的に関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。

5 指導観

(1) 単元観

物質と化学反応式について理解し、物質の変化における規則性や関係性を見いだして表現することが主なねらいである。物質の概念は、今後の化学基礎及び化学の学習において基礎となる概念であり、粒子の数で捉える有用性を理解させたい。

(2) 生徒観

本クラスは、全体的に明るく、めりはりをつけて学校生活を送ることができている生徒が多いクラスである。多くの生徒は授業に対して真面目に取り組んでいるが、中学の頃から化学への苦手意識を持っている生徒が多く、自ら興味を示して考えを深めようとする生徒は少ない。また、計算に対する苦手意識を持っている生徒も多いが、分からないときは周りの生徒に聞いたりしながら問題を解くなど、授業の内容を理解しようと前向きに取り組んでいる。

(3) 指導観

生徒は、中学校までの学習の中で、物質を作る最小の単位である原子は質量を持った非常に小さい粒子であることについて学習している。本単元の学習を通して、化学反応の量的関係は粒子の数で考えることを認識し、粒子の数で捉える有用性に気付かせられるように指導したい。本単元で扱う物質の概念は、多くの生徒がつまずきやすく、指導が難しいとされている。単元全体を通してグループによる学習活動を取り入れ、生徒同士で考えを比較・関連付けたり、整理したりすることで、自分の考えを深め確かなものにしていくことができるようにしたい。

6 単元の指導と評価の計画 (全 20 時間中検証授業は太枠内 9 時間)

○「記録に残す評価」 ●「指導に生かす評価」

次	時	学習活動	a	b	c	評価のポイント 指導上のポイント
1	1 ～ 2	○原子量と分子量・式量 ・小さな粒子はまとめて扱うと便利であることを見だし、いろいろな原子の相対質量を表す。 ・相対質量、原子量・分子量・式量について理解し、いろいろな物質の原子量・分子量・式量を求める。	●	●		【指導上のポイント】 生徒から問いが生まれるように工夫する。 【指導上のポイント】 既習事項と関連付けて理解できるようにする。
2	3	○物質とアボガドロ定数 ・同質量(体積)の酸と塩基の反応の結果を予想し、これまでに学習した内容と関連付けて課題を解決しようとする。 ① 物質が中和する条件を確認する。 ② BTB 溶液を加えた 1% NaOH 水溶液と 1% HCl を同質量で混合したとき、溶液は何色になるか予想し、その理由を考える。 ③ BTB 溶液を加えた 1% NaOH 水溶液と 1% HNO ₃ を同質量で混合したとき、溶液は何色になるか予想し、その理由を考える。 ④ 二つの実験で異なる結果となった理由を考える。		●	○	ワークシート 【評価のポイント】 実験結果を基に、試行錯誤しながら説明しようとしているか評価する。 【指導上のポイント】 化学反応の量的関係を考える際は質量ではなく粒子の数で考える必要があることに気付かせ、物質の有用性について体感させる。

6	8	<p>○溶液の濃度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・溶液の体積と溶質の物質質量との関係を表すモル濃度について学習し、質量パーセント濃度との違いを理解する。 	●		<p>【指導上のポイント】</p> <p>既習事項である質量パーセント濃度の違いを理解できるように指導を工夫する。</p>
7	9	<ul style="list-style-type: none"> ・カードゲーム作りを通して新たなルールやカードについて考え、協働学習に取り組む。 <p>○カードゲーム4-1</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 4人1班のグループを作る。 ② 新たなルールでカードゲームを考案する。 ③ グループで考案したゲームのルール説明をGoogle スライドで作成する。 ④ 他者への説明の仕方を考える。 ⑤ クラスルームにてGoogle スライドを提出する。 		●	<p>【指導上のポイント】</p> <p>試行錯誤しながら自分の考えを深めることができるように留意して、授業を展開する。</p>
	10	<ul style="list-style-type: none"> ・他者への説明活動を行うことで、物質質量の理解をより深める。 <p>○カードゲーム4-2</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 1回目：他のグループの考案したカードゲームの説明を聞き、実際にプレイする。 ② 4人1班のグループを作る。 ③ フィードバックを行う。 ④ 元の班に戻り、再検討を行う。 ⑤ 2回目：他のグループの考案したカードゲームの説明を聞き、実際にプレイする。 ⑥ 元の班に戻り、振り返りフォームを入力する。 		●	<p>【指導上のポイント】</p> <p>より多くのゲームに触れるため、同じグループメンバーの中でそれぞれ他のグループの発表を聞きに行くように指導を工夫する。</p>
8	11	<p>○小テスト②(計算問題)</p> <p>○概念理解を図る問題②(選択・記述問題)</p> <p>○計算演習</p> <ul style="list-style-type: none"> ・これまでの学習内容を踏まえて物質質量とアボガドロ定数、質量、気体の体積の関係について理解し、計算演習に取り組む。 	○	●	<p>【評価のポイント】</p> <p>物質質量とアボガドロ定数、質量、気体の体積の関係について理解しているか評価する。</p> <p>【指導上のポイント】</p> <p>生徒により理解度に差が出ると考えられるので、机間指導をしながら個々の対応を行う。</p>
		○ペーパーテスト(定期考査)	○	○	

9	1 2 ~ 1 3	○化学反応式 ・化学反応について理解し、化学反応式を作成する手順について考え、さまざまな化学変化について化学反応式で表現する。		●	【指導上のポイント】 既習事項との関連を図りながら、化学反応式を用いて表せることや意味について理解できるよう指導を工夫する。
1 0	1 4 ~ 1 6	○化学反応式の量的関係 ・化学反応式の係数の比が物質量の比であることを見だし、表現する。		●	【指導上のポイント】 中学校では量的関係を質量で捉えていたが、物質量でも量的関係を捉えられるよう指導を工夫する。
1 1	1 7 ~ 1 9	○過不足のある化学反応 ・化学反応式の係数の比と化学反応における物質量の比はどのような関係になっているのかについて、得られた結果から物質量の比が化学反応式の係数の比を表していることを見だして理解する。 ○【実験】過不足のある化学反応 ・炭酸水素ナトリウムと塩酸を反応させたとき発生する二酸化炭素の量を測定する実験を行う。 ・化学反応式の係数が物質量とどのような関係があるか理解し、実験結果をグラフで表し、過不足のある反応について表現する。	●	○ ○	【指導上のポイント】 化学反応の量的関係を考えるときは物質量で考えなければならないことを再度確認できるようにする。 実験レポート 【評価のポイント】 化学反応式の係数と物質量の関係について実験結果を踏まえて考察することができているか評価する。
1 2	2 0	○単元の振り返り ・物質量と化学反応式について知識を概念的に理解しているかどうか確認する。	●	○	ワークシート 【評価のポイント】 物質量と化学反応式について粒子の視点で説明しようとしているか評価する。
		○ペーパーテスト(定期考査)	○	○	

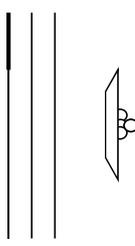
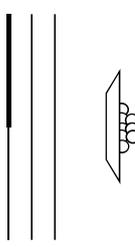
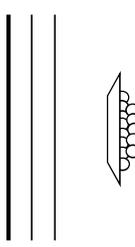
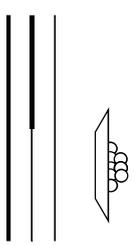
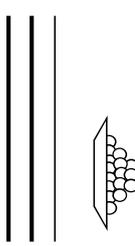
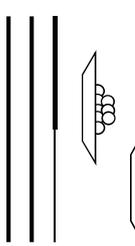
7 本時（全 20 時間中の第 10 時）

(1) 本時の目標

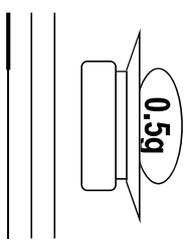
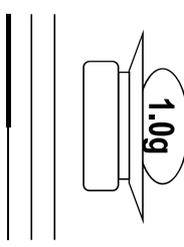
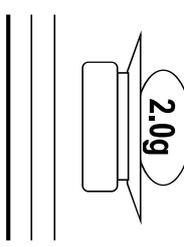
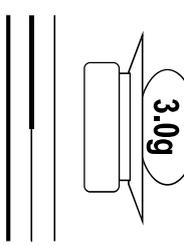
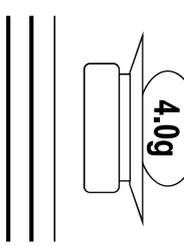
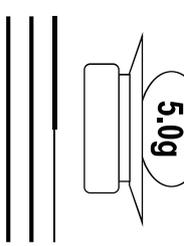
各グループで考案した物質量に関するカードゲームについて、他者へ考案したルール等を説明をしたり、他のグループが考案したカードゲームの説明を聞き実践したりすることで、物質量の規則性や関係性を見いだすことができる。

(2) 本時の展開

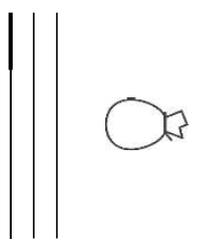
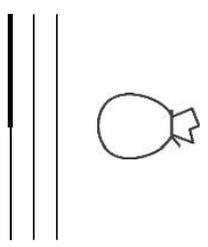
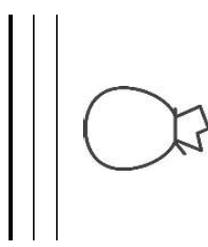
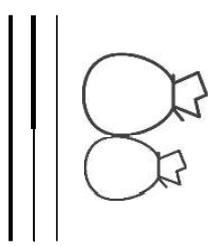
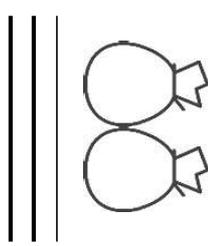
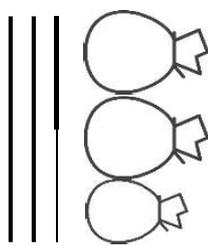
	学習活動	指導上のポイント
導入 5分	1. 本時の流れの確認 ・前時で考案したカードゲームのルール等について 班で確認をする。	・カードゲーム作りの目的を再度確認する。
展開 40分	2. カードゲーム共有 1 回目 ・説明担当者のみ自分の班に残り、他の人は別のグループに行きゲームの説明を聞く。 ・説明を聞いて実際にその班が考案したカードゲームを実践する。 ・フィードバックを付箋に記入する。 良かったこと、改善点について付箋色を変える。 ・元の班に戻り、フィードバックの内容からルール等を再検討する。 ・必要に応じて加筆修正を行う。 3. カードゲーム共有 2 回目 ・説明担当者のみ自分の班に残り、他の人は別のグループに行きゲームの説明を聞く。 ・説明を聞いて実際にその班が考案したカードゲームを実践する。	・より多くのゲームに触れるため、同じグループメンバーの中でそれぞれ他のグループの発表を聞きに行くように指導を工夫する。
まとめ 5分	4. 本時のまとめをする ・振り返りフォームに入力する。	・カードゲームを通して物質量の理解が深まったかという視点で振り返らせる。

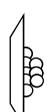
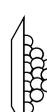
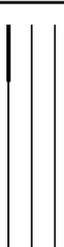
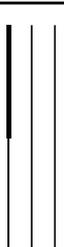
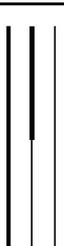
水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂
1.5 × 10 ²³ 個	3.0 × 10 ²³ 個	6.0 × 10 ²³ 個	9.0 × 10 ²³ 個	12 × 10 ²³ 個	15 × 10 ²³ 個
					

水素：質量カード

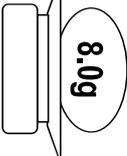
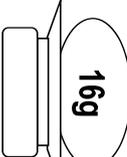
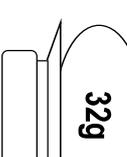
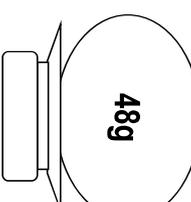
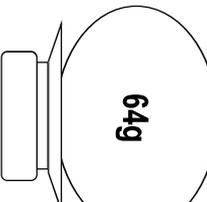
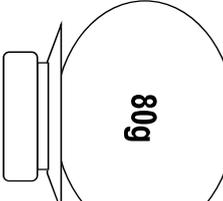
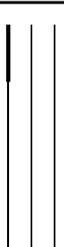
水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂
0.5g	1.0g	2.0g	3.0g	4.0g	5.0g
					

水素：体積カード

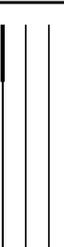
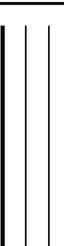
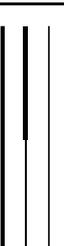
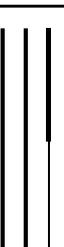
水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂
5.6L	11.2L	22.4L	33.6L	44.8L	56L
					

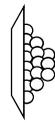
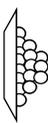
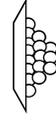
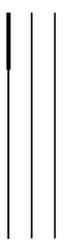
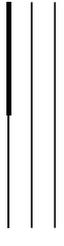
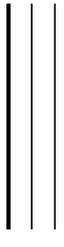
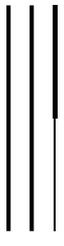
酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂
1.5 × 10 ²³ 個	3.0 × 10 ²³ 個	6.0 × 10 ²³ 個	9.0 × 10 ²³ 個	12 × 10 ²³ 個	15 × 10 ²³ 個
					
					

酸素：質量カード

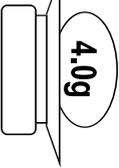
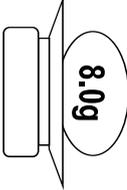
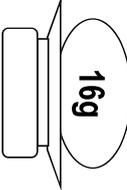
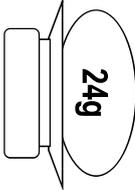
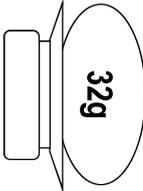
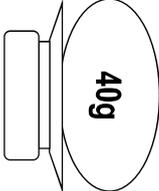
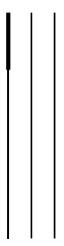
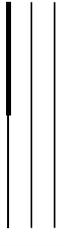
酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂
8.0g	16g	32g	48g	64g	80g
					
					

酸素：体積カード

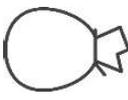
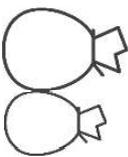
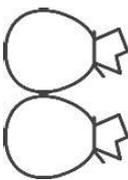
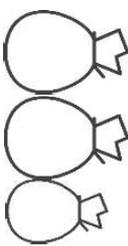
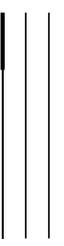
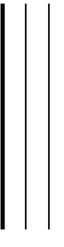
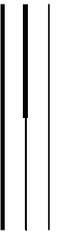
酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂
5.6L	11.2L	22.4L	33.6L	44.8L	56L
					
					

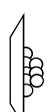
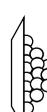
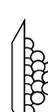
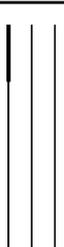
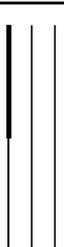
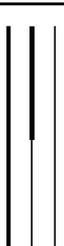
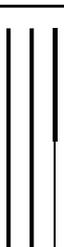
メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄
1.5 × 10 ²³ 個	3.0 × 10 ²³ 個	6.0 × 10 ²³ 個	9.0 × 10 ²³ 個	12 × 10 ²³ 個	15 × 10 ²³ 個	
						
						

メタン：質量カード

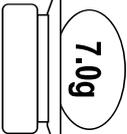
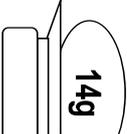
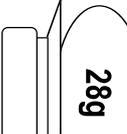
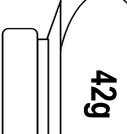
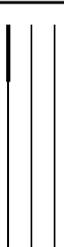
メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄
4.0g	8.0g	16g	24g	32g	40g
					
					

メタン：体積カード

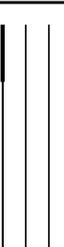
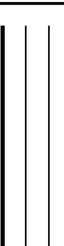
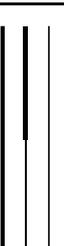
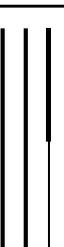
メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄
5.6L	11.2L	22.4L	33.6L	44.8L	56L
					
					

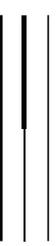
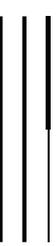
窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂
1.5 × 10 ²³ 個	3.0 × 10 ²³ 個	6.0 × 10 ²³ 個	9.0 × 10 ²³ 個	12 × 10 ²³ 個	15 × 10 ²³ 個
					
					

窒素：質量カード

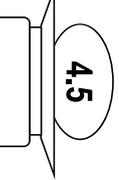
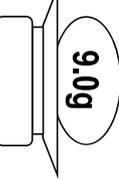
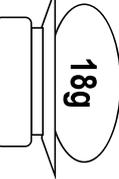
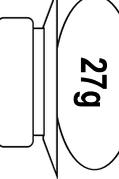
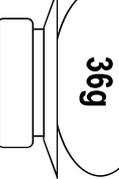
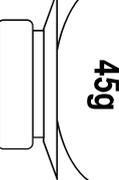
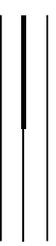
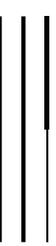
窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂
7.0g	14g	28g	42g	56g	70g
					
					

窒素：体積カード

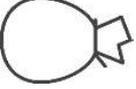
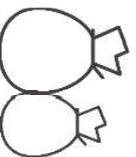
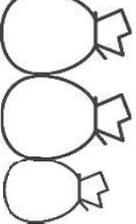
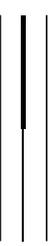
窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂
5.6L	11.2L	22.4L	33.6L	44.8L	56L
					
					

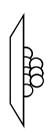
水 H ₂ O	水 H ₂ O	水 H ₂ O			
1.5 × 10²³ 個	3.0 × 10²³ 個	6.0 × 10²³ 個	9.0 × 10²³ 個	12 × 10²³ 個	15 × 10²³ 個
					
					

水：質量カード

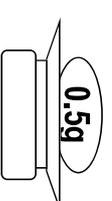
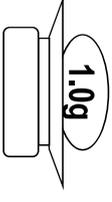
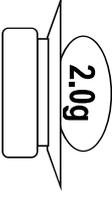
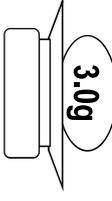
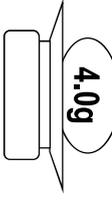
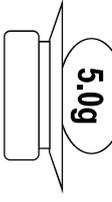
水 H ₂ O	水 H ₂ O	水 H ₂ O			
4.5g	9.0g	18g	27g	36g	45g
					
					

水：体積カード

水 H ₂ O	水 H ₂ O	水 H ₂ O			
5.6L	11.2L	22.4L	33.6L	44.8L	56L
					
					

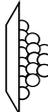
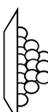
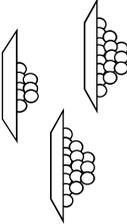
水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂
1.5 × 10²³個	3.0 × 10²³個	6.0 × 10²³個	9.0 × 10²³個	12 × 10²³個	15 × 10²³個
					

水素：質量カード

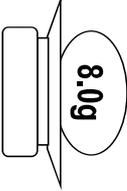
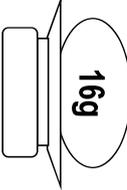
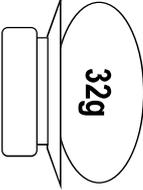
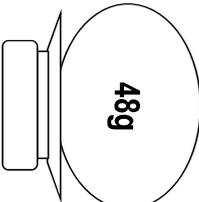
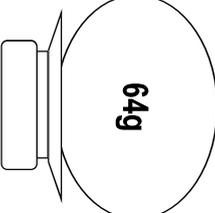
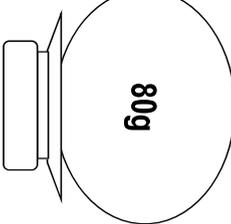
水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂
0.5g	1.0g	2.0g	3.0g	4.0g	5.0g
					

水素：体積カード

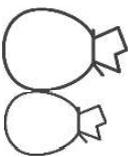
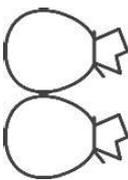
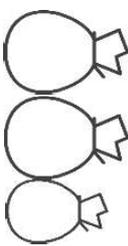
水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂	水素 H ₂
5.6L	11.2L	22.4L	33.6L	44.8L	56L
					

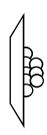
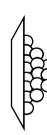
酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂
1.5 × 10 ²³ 個	3.0 × 10 ²³ 個	6.0 × 10 ²³ 個	9.0 × 10 ²³ 個	12 × 10 ²³ 個	15 × 10 ²³ 個
					

酸素：質量カード

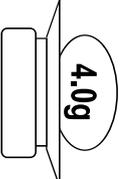
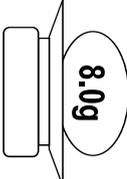
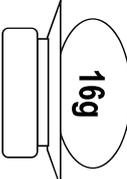
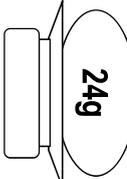
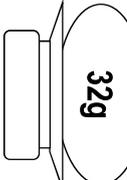
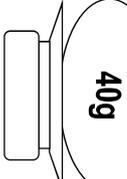
酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂
8.0g	16g	32g	48g	64g	80g
					

酸素：体積カード

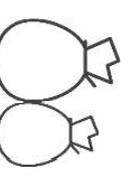
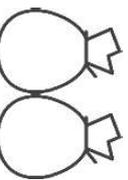
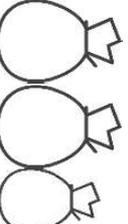
酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂	酸素 O ₂
5.6L	11.2L	22.4L	33.6L	44.8L	56L
					

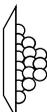
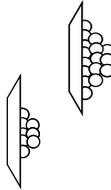
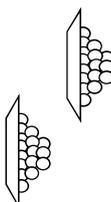
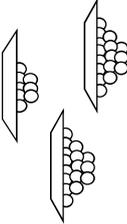
メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄
1.5 × 10²³個	3.0 × 10²³個	6.0 × 10²³個	9.0 × 10²³個	12 × 10²³個	15 × 10²³個	
						

メタン：質量カード

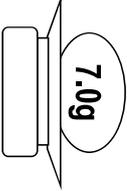
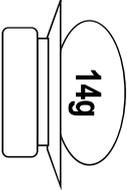
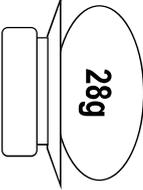
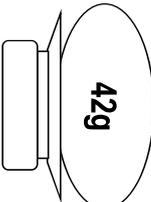
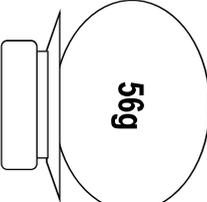
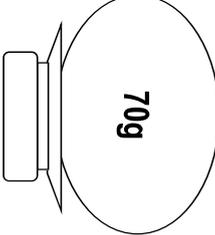
メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄
4.0g	8.0g	16g	24g	32g	40g	
						

メタン：体積カード

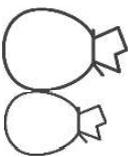
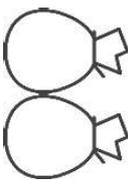
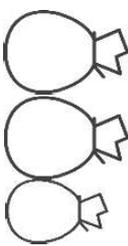
メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄	メタン CH ₄
5.6L	11.2L	22.4L	33.6L	44.8L	56L	
						

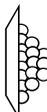
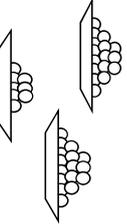
窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂
1.5 × 10 ²³ 個	3.0 × 10 ²³ 個	6.0 × 10 ²³ 個	9.0 × 10 ²³ 個	12 × 10 ²³ 個	15 × 10 ²³ 個
					

窒素：質量カード

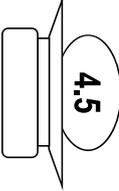
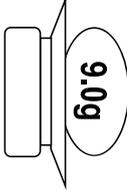
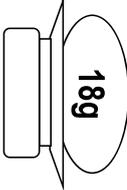
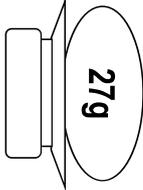
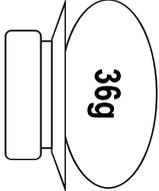
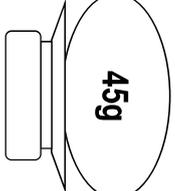
窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂
7.0g	14g	28g	42g	56g	70g
					

窒素：体積カード

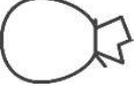
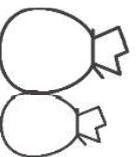
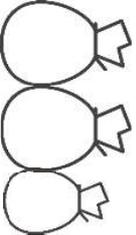
窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂	窒素 N ₂
5.6L	11.2L	22.4L	33.6L	44.8L	56L
					

水 H ₂ O	水 H ₂ O	水 H ₂ O			
1.5 × 10²³個	3.0 × 10²³個	6.0 × 10²³個	9.0 × 10²³個	12 × 10²³個	15 × 10²³個
					

水：質量カード

水 H ₂ O	水 H ₂ O	水 H ₂ O			
4.5	9.0g	18g	27g	36g	45g
					

水：体積カード

水 H ₂ O	水 H ₂ O	水 H ₂ O			
5.6L	11.2L	22.4L	33.6L	44.8L	56L
					

0.25 mol	0.5 mol	1.0 mol	1.5 mol	2.0 mol	2.5 mol
0.25 mol	0.5 mol	1.0 mol	1.5 mol	2.0 mol	2.5 mol