

<b>Teacher(s)</b>	笹岡 聖也	<b>Subject group and discipline</b>	科学	<b>Program</b>	MYP / Global / STEM / Liberal Arts
<b>Unit title</b>	物質の成分濃度を調べてみよう！	<b>MOIS Year</b>	4	<b>Unit duration (hrs)</b>	10 Term

**INQUIRY: Establishing the purpose of the inquiry****Learner Profile ・ 学習者像**心を開く人

私たちは、自己の文化と個人的な経験の真価を正しく受け止めると同時に、他の人々の価値観や伝統の真価もまた正しく受け止めます。多様な視点を求め、それらを評価し、その経験を糧に成長しようと努力します。

**Key concept ・ 重要概念****Related concept(s) ・ 関連概念****Global context ・ グローバルな文脈**

変化

エビデンス・結果・解釈

科学技術の革新

**Statement of inquiry ・ 探究のテーマ**

実験結果やエビデンスの解釈の仕方によって、そこから得られる知識はどのように変化するのか？

**ROK ・ TOK Connections****Knowledge Questions ・ 知識に関する問い**

科学における数値は背景や不確かさを含んだものであり、数値を解釈する際に人間の主観が数値の本来の価値を下げて理解する原因にならないか？

科学の言語は、主に記述的な機能をもっているのか。それとも、説明的な機能、解釈的な機能をもっているのか。

**Inquiry questions (代表的な問い)**

**Factual ・ 事実的な問い:**

●測定結果のもつ誤差をどう解釈すべきか？

**Conceptual ・ 概念的な問い:**

●数値をエビデンスに変化させる要素は何か？

**Debatable 議論的な問い:**

●正確な知識やエビデンスに直面することは、幸か不幸か？

**Objectives ・ 目標**

**Summative assessment ・ 総括評価課題**

MYP 5th grade

基準【B】：探究と計画

iv.科学的調査を設計（実験デザイン）すること

基準【C】：手法と評価

i.収集して整理したデータを提示すること

ii.科学的合理性に基づいてデータを解釈し結果を説明すること

基準【D】：科学的影響の振り返り

iii.科学的言語を効果的に用いること

**GRASPS Statement**

あなたは MOIS 大学の准教授です。今回、テレビ局から健康的な生活を送るために、TV のニュース番組でお酢の摂取の仕方についてコメントをする依頼が届きました。そこで、分析化学の基本となる中和滴定を用いて食酢に含まれる酸の濃度を求め、その分析結果をもとに、視聴者に対して根拠を提示しながら食酢を摂取する際の目安を解説します。

**Goal ・ 目的**

食酢に含まれる酢酸の濃度を測定し、1日あたりの適切な摂取量を見積もる。

**Role ・ 役割**

MOIS 大学の准教授

**Connection between the summative assessment and the statement of inquiry**

**総括評価課題と探究のテーマのつながり**

物質は原子の種類とその数によって質量が決まる。原子量・分子量・式量をもとに物質質量や溶液のモル濃度に転移させる。また、化学反応式から化学反応をモデル化し、量的関係を学習する。

濃度未知の酸のモル濃度を求めるために、化学変化を化学反応式で表し、既知の塩基の濃度をもとに、量的関係から酸の濃度を推測する。

化学における計算と数学的な計算の違いを意識することで数値のもつブレや信頼性について考えさせたい。

**Audience・相手**

TV番組の視聴者（化学に詳しくない一般人を含む）

**Situation・状況**

健康的な生活を送るために、お酢を飲むことがブームに。

**Product/performance・成果物**

中和滴定の実験レポート

プレゼン資料（TV番組のフリップをイメージ）

**Standard・スタンダード****基準【B】**

Biv：適切な中和滴定の実験方法を根拠をもとに計画すること

**基準【C】**

Ci：実験により収集したデータを、有効数字を用いながら分かりやすく提示すること

Cii：科学的合理性に基づいてデータを解釈し、不確かさを考慮に入れて結果を説明すること

**基準【D】**

Diii：実験結果を効果的に用いて、調査結果を伝えられること

Approaches to learning (ATL)	ATL と「主体的に学習に取り組む態度」の評価とのつながり
<p>☆ATL 総括【Ci】 まだ理解していないことは何か？（自己管理）</p> <p>【Ci、Diii】 データを処理し、結果を報告する。（情報リテラシー）</p> <p>☆ATL 総括【Cii、Biv】 複雑な概念やプロジェクトの構成要素を分析し、新しい概念理解を構築するためにそれらを統合する。（批判的思考）</p>	<p>→自らの学習を調整しようとする側面</p> <p>→粘り強い取り組みを行おうとする側面</p> <p>→粘り強い取り組みを行おうとする側面</p>

**ACTION: Teaching and learning through inquiry**

Content Term または、小単元	Learning process		
	Learning experiences and teaching strategies・学習活動と指導のアプローチ	Formative assessment・形成的評価	Differentiation・個別最適化
<p>Term1 Unit ガイダンス mol の小テスト 有効数字</p>	<p>●Unit ガイダンスを行う。この Unit の要は実験値の持つ幅や数字のもつ背景によって解釈の仕方をどう考えるか、である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・総括課題や ATL について提示。</li> </ul> <p>●探究テーマについて</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「一酸化二水素を飲んだことのある成人男性の 100 年後の致死率は 100%である」等の嘘ではないが、数字の背景を理解しないといけない例を簡単にだす。こちらも参考に ↓ <a href="#">「数字は嘘をつかない。しかし嘘つ</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ATL は小テスト・実験レポートから評価します。レポートでは、文献調査や実験過程に対する深い考察などでレポートに発展性が欲しいところ</li> </ul>	<p>●Unit 内で細かく数値を扱うため、グループ内で 5 分ほど、議論的な問い「正確な知識やエビデンスに直面することは、幸か不幸か？」について現段階での意見交換を行う。この Unit の学習者像「心を開く人」であり、自分なりの数字との向き合い方を考えるように伝える。</p>

	<p><a href="#">きは数字を使う」驚くべき数字の効果   ZUU online</a>」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ mol の小テストを行う。制限時間は 15 分。</li> <li>・ 有効数字と mol についてプリント・スライドをもとに講義を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ mol の小テストを実施（しばらく前に予告済み）。10 点中 6 点未満は追試。実施時期は形成的評価のレポート前に実施する（一応 3 年で mol はやっているはず）。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 留学からの帰国生は mol について習っていないかもしれません。でもテスト自体に配慮はしません。授業外で集めて補習っぽいこととしてあげるといいと思います。</li> <li>・ mol の計算や有効数字の計算の後半の問題は余裕のある生徒向け。有効数字は桁数と掛け算・割り算までは全体で取り扱う。</li> </ul>
Term2 アボガドロ定数	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 講義形式で物質の概念を復習する。また、実験によりアボガドロ定数の導出を行う（ATL 総括の評価対象）。</li> <li>・ 水溶液のモル濃度についてプリント・スライドをもとに講義を行う。</li> <li>・ ステアリン酸を用いて単分子膜を形成し、アボガドロ定数について理解を深める。この実験を初回の ATL レポートとします。実験はグループごとに。<u>実験手順はスライドやプリントをご覧ください。気を付けるは墨汁の量です。バットに水を張って、ほんの一滴の墨汁で十分です。</u></li> <li>・ 事実な問い、「測定結果のもつ誤差をどう解釈すべきか？」について扱う。実験器具のもつ誤差について講義を行う。今回はメスフラスコ、ホールピペット、電子天秤について扱う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ATL の小レポート（アボガドロ定数の導出実験）を課す。</li> <li>・ 実験器具のもつ誤差（不確かさ、と DP chemistry で扱う内容です）の定義は <u>(実験器具のもつ許容誤差) ÷ (測りとった値) × 100 [%]</u> で表されます。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ mol 濃度の計算練習中は机間指導を行う。余裕のある生徒にはアボガドロ定数の導出の歴史の読み物が用意してある。</li> <li>・ 誤差の生まれる原因が系統誤差以外にも、実験操作上・溶液調製上起きうることに付いて声掛けをしながら机間指導を行う。</li> </ul>

<p>Term3 化学反応式 化学変化と量的関係 分子式の推定</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●化学反応式の作り方について、スライドとプリントをもとに講義を行う。</li> <li>●化学反応式と係数、物質量の関係性を扱う。</li> <li>●誤差の種類がどれくらいあるのか、グループで議論させる。議論後、各班の意見を聞いていきながら、系統誤差、過失誤差、偶然誤差の3種類に分かれることを伝える。</li> <li>●水上置換法を用いて、カセットガスの主成分のガスの分子量を測定する。使用するのは岩谷のカセットガスが手に入れやすいので使用しました（当然ですが、成分表示にマスキングテープをして答えを見えないようにしてあります）。</li> <li>●事実的な問い「測定結果のもつ誤差をどう解釈すべきか？」について授業のまとめとして扱う。</li> </ul> <p>・実験値のもつ範囲内に理論値が入るのか、検討させる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・反応の前後で原子の種類と数が変わらないことを重点的に伝える。各自演習に取り組む。</li> <li>・これまで行ってきた実験の具体例を出させながら、誤差を分類するように伝える。</li> <li>・水上置換法とアボガドロの気体の法則から分子量を導出する。ガスの候補はメタン、プロパン、ブタンのどれか（正解はブタン）。今回も実験器具の持つ不確かさを計算する。</li> <li>・ただし、今回から不確かさを合算し、実験結果より計算した値に合算した不確かさを掛け、実験値のもつ範囲（実験値±実験値×不確かさ）を導出させる。</li> <li>・生徒に伝えたいことは、「数値に対面してまずは表面的な部分しか見えていない状態である。実際の測定について見えない部分があるので、数値を信じるかは自分次第にならざるを得ない」です。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・演習の途中で未定係数法の考え方を伝える。ただし、時間と手間がかかる方法であること、使うかどうかは自分で判断するように伝える。</li> <li>・各グループの意見を聞きながら、系統誤差、過失誤差、偶然誤差の3種類の特徴を抽出しながら誘導していく。</li> <li>・気体の質量をガスボンベの質量変化から導出するが、生徒はちょこちょこガスを誤射するので、注意喚起がいるかもです。</li> <li>・今回から解釈の仕方が大事になります。実験値のもつ値の範囲に、1つだけ理論値が入ればよい実験だと言えるし、1つも入らないと困るし、2つ以上の理論値が入るとこれもまた困る、というパターン別に声掛けがいるかもしれません。</li> </ul>
---	--	---	--

<p>Term4 酸と塩基</p> <p>Term5 水素イオン濃度 中和反応と塩</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●酸と塩基の定義（アレニウスの定義、ブレンステッド・ローリーの定義）を理解する。</li> <li>●水素イオン濃度と pH についてスライドとプリントをもとに講義する。</li> <li>●酸と塩基の中和反応・塩の性質についてスライドとプリントをもとに講義する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●アレニウスの定義、ブレンステッド・ローリーの定義、価数、電離度は教員主導で講義する。適宜練習問題を挟む。</li> <li>・酸と塩基の中和反応を理解し、その反応で生じる塩の性質を理解する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●最初は各自で酸・塩基の特徴を穴埋めさせました。</li> <li>・中和反応の公式は授業で扱うことはしませんでした。価数をもとに反応式をたてさせ、そこから mol の計算をしていく方針。心配な生徒にのみ公式の利用する方法を最終手段として声掛けをすればいいのかもしれない。</li> </ul>
<p>Term6 中和滴定 (要：実験室)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●中和滴定に関する講義を行い、ATL 総括の中和実験に入りました。</li> </ul> <p>塩酸と水酸化ナトリウムで中和滴定を行う。ビュレット等の器具や共洗い、中和の終点などについても講義で伝える。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●Term8 から総括で使うお酢を各実験班ごとに用意するように連絡する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事実的な問い「測定結果のもつ誤差をどう解釈すべきか？」を問いかけ、ATL 総括課題として実験レポートを課す。</li> <li>・塩酸の理論値を 0.10mol / L とし、実験値のもつ範囲に入るかどうか、を実験自体の目的にしました。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・これまでの実験結果への解説をもとに実験レポートを作成するように声かける。</li> </ul>

<p>Term7 (本時)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 思考実験をもとに、化学における数値の扱い方に関して取り上げる。</li> <li>・ pH と水素イオン濃度に関する思考実験を行う。pH=3 の塩酸水溶液 10mL から 1mL 取り出し、9mL の純水を加え濃度を 1/10 にした水溶液を作成する。同様に、希釈を繰り返して、合計 6 回希釈をした際の水溶液の pH を生徒に考えさせる。</li> <li>● 概念的な問い「数値をエビデンスに変化させる要素は何か？」を扱う。授業では、pH の希釈した写真と解説が本当に「エビデンス」であると言い切れるか、を生徒に問いかける。</li> <li>● 環境基準法および二酸化窒素の環境基準を扱う。生徒に二酸化窒素の測定方法とその原理を PC で調査させ、実社会の数値がどのように自分たちの前に現れるかを考察させる。</li> <li>・ 環境基準法には具体的な数値が明記されておらず、16条3項に「常に適切な化学的な判断が加えられ、必要な改定がなされなければいけない」と書いてあることを伝える。</li> <li>● 議論的な問い「正確な知識やエビデンスに直面することは、幸か不幸か？」について問いかけ、生徒自身の言葉でまとめさせる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ モル濃度の定義、水素イオン濃度と pH の関係性、pH 指示薬の変色域について復習する。また、純水がわずかに電離しており、pH = 7 であること、途中から純水と純水を混ぜていることにほぼ等しい行為を繰り返していることを理解する。</li> <li>・ エビデンスの条件として客観性、信頼性、再現性、透明性などがあげられることを理解する。</li> <li>・ 実社会での二酸化窒素のザルツマン試薬およびオゾンの化学発光による測定方法（多段階の化学反応の影響と、使用される測定器具について）に触れながら、実社会の数値への解釈を解釈する。</li> <li>・ 化学というのは完全な答えを出すことはできない中で、努力して答えに近いものを出そうとする側面があることを理解する。</li> <li>・ エビデンスの条件に触れながら、自分はどういう数値と向き合っていきたいか、自分の性根に合っているかバランスを取りながら答えを考えて欲しい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 考えが上手くまとまらない生徒には、これまで配布した授業プリントの酸塩基に関わる部分を提示し、理解の補助をする。</li> <li>・ 客観性、信頼性、再現性、透明性などについては、今回の思考実験をもとに具体例を提示し、一人一人の理解に努めたい。</li> <li>・ 一人で考えたい場合と議論しながら考えたい場合、どちらでもいいので自身で選ぶように伝える。</li> </ul>
-----------------------	---	--	--

<p>Term8～9 中和滴定（総括） （要：実験室）</p>	<p>●食酢に含まれている酢酸の濃度の推定する実験を行う。</p> <p>・GRASPS や実験の危険性、レポート・フリップ作成の留意点について確認する。</p> <p>・酢酸を最低限 750 mg 摂取できるお酢の量を中和滴定から計算させる。</p>	<p>・実験実施の方針として、term8 は中和滴定の練習や実験手法・使用器具の検討を行う。Term9 に本番となる。ただし、term9 はシュウ酸標準液で水酸化ナトリウム水溶液の濃度を決定する過程を挟む。</p>	<p>・実験方法や危険性を周知。もう総括なので、こちらからあれこれ言う必要は、よっぽど心配でない限り避けたい。</p>
<p>Term10 成果物作成 （総括）</p>	<p>●実験レポートと番組用のフリップをPCで作成する。</p>	<p>・ループリックをよく確認するように声掛けする。</p> <p>・今回は理論値に必ず届く値を導出することがポイントになります。実験値およびその幅により示される範囲の下限の時の値を利用して酢酸の摂取量を見積もればこのUnitの数値のもつ意味、背景について理解が深まっていると言えます。</p>	<p>・これまでの実験解説をよく振り返らせるといい気がします。</p>

### Resources

- ・授業スライド、授業プリント等は pub に格納しています。
- ・Term2（実験）：ステアリン酸、シクロヘキサン、墨汁、マイクロピペット、バット、A4用紙等。
- ・Term3（実験）：カセットガスボンベ、（ボンベの先端に付ける）ゴムチューブ、水槽、電子天秤、200 mL メスシリンダー等
- ・Term6（実験）：HCl aq 0.10 M、NaOH aq 0.10 M、メチルオレンジ、ビュレット、ホールピペット、ピペット充てん器、コニカルビーカー、スターラー等。
- ・Term8・9（実験）：お酢（生徒が用意）、NaOH aq 0.10 M、(COOH)<sub>2</sub> aq 0.050 M、フェノールフタレイン、ビュレット、ホールピペット、ピペット充てん器、コニカルビーカー、メスフラスコ、スターラー、攪拌子等。

**REFLECTION: Considering the planning, process and impact of the inquiry**

Prior to teaching the unit	During teaching	After teaching the unit
<p>・事前に（前の Unit のうちから）mol の計算を行うことを予告しておきました。生徒は mol とモル質量、粒子の個数、気体の体積等は知っているはずですが、おそらく復習してこないでしょう。追試があることは小テストの直前に伝えましょう。</p>	<p>・mol の計算が小テストである程度理解できても、化学反応式との連携ができておらず、化学量論計算による数値の導出は総括課題を終えるときにできるようになってほしいです。あまり複雑な実社会のモデルを授業に取り入れるのは避けた方がいいかもしれない。</p>	