

理科授業案：
教科で育みたい人間像「科学のまなざし」をもつ人

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学教育学部附属静岡中学校 公開日: 2024-03-27 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 田島, 優介 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/0002000482

理科授業案

教科で育みたい人間像 「科学のまなざし」をもつ人

授業者 田 島 優 介

1 日 時 令和5年11月2日(木) 第2時 11:30~12:20

2 学 級 2年D組 (第一理科室)

3 題材名 発熱剤の不思議

4 本題材で願う学び

パフォーマンスの高い発熱剤を作るために、反応の様子から化学反応式を作りだしたり、物質の割合にこだわって実験したりすることを通して、化学反応する物質の最適な割合を見いだすことができる。

(学習指導要領との関連：(4)化学変化と原子・分子)

5 これまでの子どもの学び

これまでに、子どもたちは、「科学のまなざし」を大切にしながら授業に取り組んできた。「科学のまなざし」とは「自然の事物・現象をよく見つめ、そこから見えないものをとらえようとする感覚」のことである。例えば、生物分野の「消化」という単元では、最初にジャガイモからデンプンを取り出すという活動を設定した。活動の中で、「なぜ取り出すことができるのか」「なぜ水に溶けることができないのか」「なぜ糖に変化していくのか」「なぜ消化しなければいけないのか」といった自然の事物・現象をよく見つめたからこそ、たくさんの疑問が出てきた。そこから、自分が興味を持った疑問をもとに探究していった。探究の形態は、個人探究でもグループ探究でも可能とした。ただし、最終探究の場面では、お互いに探究したことをもとに科学的な対話をしていくということを実施した。このような活動を通して、子どもたちは以下のようなふり返りを書いている。

- 消化していることをベネジクト溶液を使って探究する場面で、自分たちのデータだけでなく、他の班のデータと比較することで根拠がより明確になった。
- 実験で予想と違う結果になった時にどこが違っているのか他の班の意見も参考にしながら分析することが理科の本質にせまることにつながった。

(最終のふり返りによる)

生物学では、定性的な実験をもとに成果を出してきた子どもたちであったが、化学では定量的な視点をもつことを大切にしてきた。定量的な実験を行うことで、化学反応の規則性を見だし、化学反応式という理論と合わせることで、法則化するメリットを実感してきた。例えば、水の電気分解を実施する場面である。電気分解の際には陰極に水素、陽極に酸素が発生し、割

合は2:1となる。化学反応式で表すと $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ となり、2:1となる。つまり、実験で実証したことと化学反応式で表す数値が同一となる。また、鉄と硫黄の混合物の実験では、鉄と硫黄が過不足なく反応し合う数量を化学反応式から導き出した。このように、結びつく原子の種類や個数により、化学反応する物質の質量や割合には規則性があることをいくつかの事例で学習してきた。このような子どもたちが、本題材で理論と実験を往還する中で、さらに定量的な価値にこだわる姿を期待している。

6 題材観

(1) 本題材の価値

本題材では、定量的な視点で実験をする際に、モーリアンヒートパックが適していると判断したため参考にした。

①モーリアンヒートパックの魅力



図1 モーリアンヒートパック

モーリアンヒートパックの魅力は三つある。

一つめは、酸化カルシウムと水の発熱反応において、2種類の物質の反応のみならず、さらにアルミニウムが添加され、3種類の物質の反応になっている点であ

る。3種類の物質があることによって2段階反応が起こり、時間差で反応が起こることが、最大の魅力である。

二つめは、水を加えることにより発熱反応が生じるという点である。子どもは、素朴概念として、水は熱を下げるはたらきがあるというイメージを持っていることが多い。しかし、本題材では水を入れると発熱するという意外性から、探究してみたいという気持ちを喚起することができるだろう。

三つめは、日常にある製品を取り上げるということである。発熱ユニットは駅弁や非常食、キャンプ・防災用品など、さまざまな製品で活用されている。モリーアンヒートパックは、発熱ユニットを改良して作られた製品である。弁当を温める発熱ユニットは、酸化カルシウムと水の反応を用いているものが多い。そこに、アルミニウムを添加するだけで、発熱量が増える。既存のものに対してさらに物質を添加するだけで、よりよいものができるという視点が科学を学ぶ楽しさの一つと言えるだろう。

②定量的に考える価値

科学において、定量的に現象を定義することは規則性を見いだすことにつながり、それは再現性を大事にしていることと同義である。

本題材では、発熱のパフォーマンス（これ以降はパフォーマンスとする）が高い物質の割合を見いだすために、化学反応式を作ったり、実験を繰り返したりすることで、もっともよい割合を導き出していく。物質の割合に規則性があることを見いだせば、その規則性を利用してパフォーマンスの高い発熱剤を大量生産することができる。実際にインスタントかいちは商品化され、我々の生活を便利にしてくれている。定量的な考えがあるからこそ世の中に普及している便利なものが作りだされている。

③理論と実験の往還

科学において、理論と実験の両面から探究していくことは、価値のあることである。理論だけでは、信頼性に欠けてしまったり、実験だけでは導き出せなかったりするなど、両面から考察していくからこそ、見いだせるものがある。

三つの物質の反応と聞くと同時に反応して他のものができると考えるだろう。(図2) この発想では、化学反応式を作ることに苦労すると考えられる。



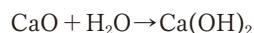
図2 3つの物質が同時に反応する化学反応式

化学反応式をつくるためには、実験が欠かせない。

実験をしていく中で、アルミニウムの割合が多い時、時間差で強い反応が始まることに気づく。この気づきから、この反応は2段階の化学反応であると考察する可能性がある。そうすると、図2だと考えていた場合は、化学反応式が図3のような2段階反応であると想定して探究していくだろう。このような実験を通して、化学反応式を更新することが、理論と実験が往還している姿といえるだろう。更新された化学反応式をもとに、追加実験を行うなど、さらに試行錯誤を繰り返していくだろう。

化学反応式

1段階目の反応



2段階目の反応

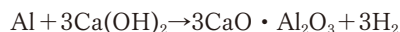


図3 2段階反応の化学反応式

④日常とのつながり

授業の中で起きている科学的な事象を日常につなげることは価値のあることである。本題材では、酸化カルシウムとアルミニウムと水など身近にある物質の反応について探究していくことで、日常にあるものでも発熱剤を作ることができるということを知る。またそれがモリーアンヒートパックという製品として日常の中に存在しているということを認知することで、科学が日常と繋がっているという実感を持つことができる。

(2) 本題材で願う子どもの姿

本題材で願う子どもの姿は以下の四つである。

一つめは、「化学反応式をつくるにあたり、試行錯誤する姿」である。鉄と硫黄の反応の学習で子どもたちは化学反応式から、最適な割合を導き出せることがわかっているので、まず化学反応式を求めたくなるだろう。しかし、図2のように考えてしまったり、図3のような難解な化学反応式に苦しんだりすることが想定される。その壁をどう乗り越えるかが見どころである。そして、この化学反応式の質量に着目することで、最もよいパフォーマンスの割合を自分たちで見いだしていくだろう。

二つめは、「データ取得に対して没頭する姿」である。子どもたちは特に、自分の予想と違ったデータが出た時には、新たな発見が生まれ感動を抱くだろう。たとえ予想通りのデータが出たとしても、鵜呑みにはせず、そのデータに再現性があるのか確かめようとする粘り強さを期待したい。そして、没頭した先に、見えてくる科学の楽しさに気づいてほしい。

三つめは、「協同的に課題に向かう姿」である。1回の実験には最低でも10分ほどの時間を要するため、実験時間を考えると一つの班で多くのデータをとることは難しい。そのため、他の班と実験データを共有する必然性が出てくる。そこから、自分たちのためだけでなく、クラス全体のためという意識をもつだろう。これにより正確なデータを取ろうという意識がはたらく、必要があれば自然と情報共有を行う姿を期待している。

四つめは、「定量的に考える価値を実感する姿」であ

る。本題材の学びから子どもたちは多くのデータを取得し、規則性を見いだすことの難しさを実感するだろう。しかし、規則性を見だし、正しい化学反応式を導き出せば、常にパフォーマンスの高い発熱剤を作ることができる。このように規則性を確保することで日常に応用できることを知る。

子どもたちが、科学のまなざしをもって探究し、そこで得たことを日常につなげることを期待したい。

7 題材構想 (全8時間)

- ①発熱剤との出会い (1時)
- ②よりよいパフォーマンスの発熱剤を探究しよう (2～4時)
- ③探究した成果について語り合おう (5時：本時)
- ④オリジナルの発熱剤づくり (6～7時)
- ⑤題材のふり返り (8時)

8 題材構想における授業者の考え

(1) 発熱剤との出会い (1時)

理科において題材との出会いは非常に重要だと考える。炭酸カルシウムとアルミニウムと水の化学反応において、その割合が変わると発熱量に違いがあらわれる。その違いを子どもたちに見せることでさまざま疑問を持ってほしい。

(2) よりよいパフォーマンスの定義づけ (2～4時)

よりよいパフォーマンスがでる発熱剤を子どもたちが思い思いに探究することを期待する。しかし、よりよいパフォーマンスのとらえ方は、子どもたちによって異なるだろう。とにかく温度を高くすればよいという子どももいれば、低い温度でも長時間キープした方がよいという子どももいる。それぞれのグループのデータを比較したり、共有したりするには、よりよいパフォーマンスの定義を共通でもつ必要がある。本題材ではよりよいパフォーマンスを「10分間でどれだけ熱を出すことができるか。」を定義する。要するに図4と図5を比べた際に10分間までのグラフの面積が図4のほうが大きいため、図4の状態をよりよいパフォーマンスであると定義する。

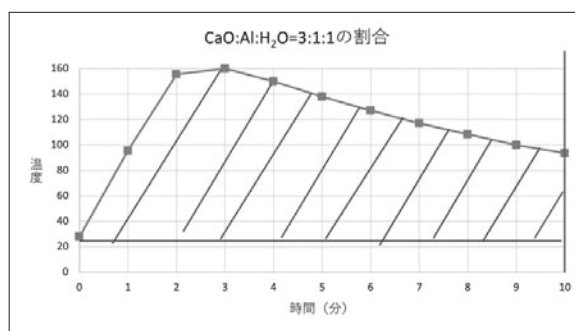


図4 よりパフォーマンスの例

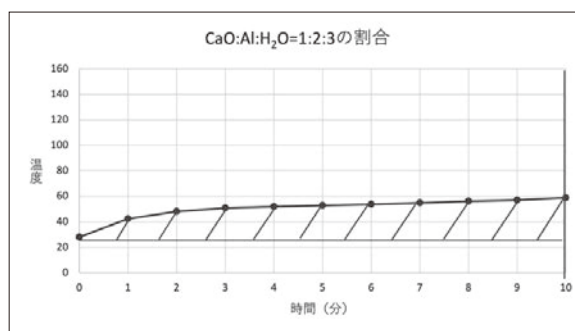


図5 悪いパフォーマンスの例

(3) 総量を固定し割合に着目する (2～4時)

物質の総量を固定しなければ、簡単に熱の総量を増やすことができってしまう。これでは、探究を物質の割合に焦点化できなくなってしまうと考える。そこで、探究活動に入る前に子どもたちと総量について対話し、総量を変えてはいけないことを確認していく。

(4) 学びを日常とつなげる (6~7時)


今までの学習を生かしたオリジナルの発熱剤作りをすることで、「科学のまなざし」をもって没頭してきたことが、実を結ぶという実感をしてもらいたい。そして、科学は人の生活をよりよくするためにあるという認識をもつことを期待したい。

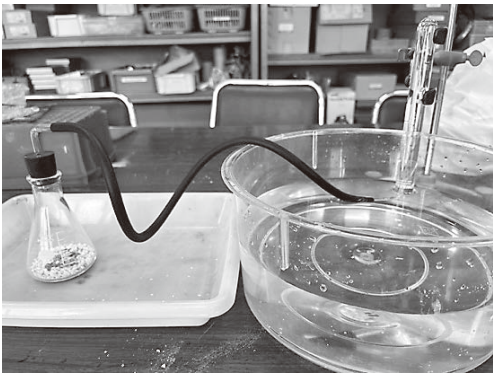
(5) よりよいパフォーマンスの出る発熱剤の探究 (2~4・6~7時)

探究の時間は、子どもが自由に考察したり、実験したりする時間を大切にする。

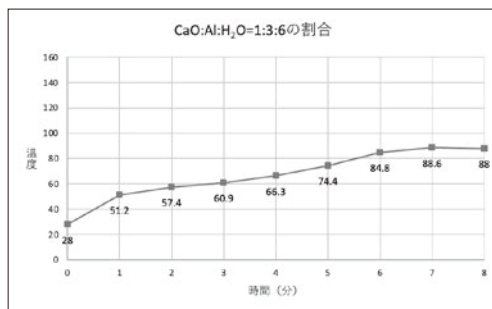
探究の記録を見て個々の考えを把握し、適切な支援を行っていきたい。子どもたちが自分たちで考え、壁にぶつかりながらも、それを乗り越えようとする姿に価値があると考えている。

9 予想される子どものあらわれ

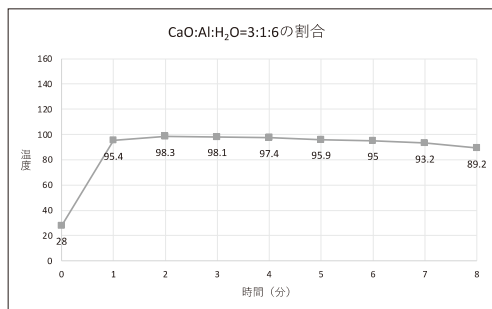
時数	活動、問い	子どものあらわれ
1	<p>割合を変えた2種類の物質が水を加えると発熱する状況を見る</p> <p>【パフォーマンスの違う発熱剤と出会うことで、パフォーマンスの違いをもたらしているのが何か探究したいという意欲を喚起したい】</p> <p>①酸化カルシウム60gアルミニウム20gに水90gを加える反応を見せる。</p>   <p>②炭酸カルシウム20gアルミニウム60gに水90gを加える反応を見せる。</p>   <p>○よりよいパフォーマンスの発熱剤の割合を見つけるためにはどうしたらよいだろう。</p> <p>○自分たちが探究していききたいことを共有する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・どうして水を加えるだけで発熱反応が起こるのだろうか。しかも相当激しい反応になる。温度は100°C近くまで上がった。 ・二つの反応を比較すると①の反応はすぐに止まった。しかし、②の反応は最初は遅かったが、後から激しくなった。 ・激しさを比べてみると、最初の反応の方が見た目では激しかった。 ・どうして反応に違いがでるのだろうか。 ・先生が粉末を入れている様子を見ただけでアルミニウムの量が違ったからではないか。 ・割合が異なることで反応の違いが出るのがわかった。 ・酸化カルシウムとアルミニウムの総量は同じくらいであったはずだ。 ・同じ総量でも割合の違いで反応がここまで変わるのはすごい。 ・実際に実験データを取っていく必要がある。 ・酸化カルシウム、アルミニウム、水の割合をどのくらいにしようか。 ・条件制御しなければ必要なデータを取ることができない。 ・前時まで学習してきたことを思い出すと、化学反応式が使えるのではないか。 ・酸化カルシウムとアルミニウムと水を混ぜたときの化学反応式をつくってみたい。
2~4	<p>よりよいパフォーマンスの発熱剤をつくるにはどうしたらよいだろう?</p> <p>【よりよいパフォーマンスの発熱剤を探究する</p>	

<p>活動を通して、科学のまなざしを育てていく】</p> <p>○よりよいパフォーマンスの発熱剤とはどんなものだろう。状況に応じて、前回の実験結果で一番よいパフォーマンスのチームを紹介する。</p> <p>○それぞれの視点で、それぞれの方法で探究する。</p> <p>※気体について探究したい子どもに対して気体を集める装置を提供する。</p>  <p>図6 気体を採集している様子</p> <p>※定量的に測定を始めようとしている班を集めて、どのように調べようとしているか、話し合いの場面を設定する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・温度が高くて持続するものがパフォーマンスがよいということだと思う。 ・○班の反応はすぐに温度が高くなり、その温度を維持している。このようなパフォーマンスが理想的だ。 <p>〈化学反応式から探究する〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・酸化カルシウムとアルミニウムと水はどのくらいの割合で入っているのだろうか。 ・鉄と硫黄のときには割合が関係していた。今回も関係するのではないか。 ・化学反応式が分かれば、割合はすぐにわかるだろうか。 ・$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} + \text{Al} \rightarrow ?$ どうなるのだろうか。 ・反応している時に気体が発生しているからそれを特定すればわかるかもしれない。 <p>〈気体について探究する〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・化学反応式から考えると水素か酸素が発生しているのではないか。 ・試しに線香の火を近づけてみたらどうだろうか。 ・反応しない。 ・マッチの火はどうだろうか。 ・音を立てて燃えたので、発生している気体は水素だと断定できる。 ・$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} + \text{Al} \rightarrow \text{H}_2 + ?$ ・それでも化学反応式はわからない。 ・二つの物質を別々に水と反応させてみたらどうなるのだろうか。 <p>〈実験から探究する〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データを取る際に、基準を決めないと定量的ではなくなってくる。 ・水の質量は固定して酸化カルシウムとアルミニウムの総量は変えずに割合だけ変えたほうがよいのではないか。 ・さまざまな条件で実験したいから、みんなで手分けしてたくさんのデータを取ろう。 ・酸化カルシウムと水は反応したが、アルミニウムと水は反応しなかった。 ・アルミニウムにはどのような役割があるのだろうか。 ・酸化カルシウムと水で反応した化合物は何だろうか。 ・アルミニウムを多めにした班の実験を見ると最初は遅かったが、後から激しくなった。 ・この様子から、酸化カルシウムと水が反応してできた
--	---

※ 2段階反応が発見できる要素としてアルミニウムを多めにした班の実験動画を見せることでヒントを与える。



実験動画 アルミニウムの割合が多いとき

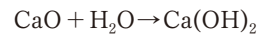


実験動画 酸化カルシウムの割合が多いとき

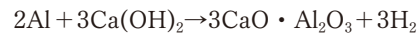
化合物とアルミニウムなら反応できるのではないか。

〈化学反応式から探究する〉

・ 1段階目の反応は酸化カルシウムと水が反応して水酸化カルシウムができそうだ。

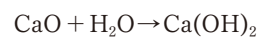


・ 2段階目の反応は水酸化カルシウムとアルミニウムが反応しそうだ。



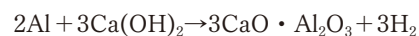
・ ここまでわかればあとは、化学反応式と質量の関係を見ることで計算できそうだ。

・ 1段階目の反応は酸化カルシウムと水が反応して水酸化カルシウムができる。



・ この反応から質量比は56：18→74であることがわかる。

・ 2段階目の反応は、水酸化カルシウムとアルミニウムが反応してアルミン酸カルシウムとなる。



・ 左辺は54：222となるが、1段階目の反応式の右辺の値である水酸化カルシウムの値に合わせると、18：74となる。

・ つまり、最初に用意する酸化カルシウム：水：アルミニウムの比率は56：18：18となり、簡単にすると約3：1：1という比率になる。

・ 実際に実験してみると以下のようなデータがとれた。

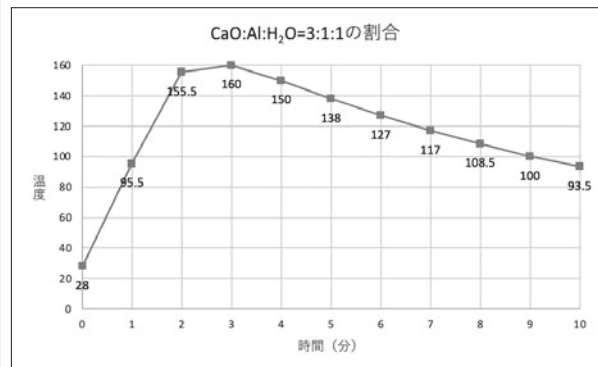


図7 ベストパフォーマンスの結果がでたとき

5 実験データを共有することで共通点を見出す。

【実験データを共有する活動を通して、発熱効率が一番よい割合を見つける。】

○前回の実験データを共有していく。

・ 最高温度を得たければ水は少ないほうがよかった。

・ 最高温度という点ではよかったが、水がないと温度が下がるのも早かった。

・ アルミニウムが多いと反応が始まるまでの待ち時間が多くなる。

・ ベストパフォーマンスの定義からするとアルミニウ

		<p>ムが多いのもベストパフォーマンスが良いとは言えない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2段階反応のうちの1段階目の反応をいかにより状態で起こすかがベストパフォーマンスに関わってくるはずである。 ・ 10分間であればアルミニウムはいらないのかもしれない。 ・ ○班の実験データでは、酸化カルシウム：アルミニウム：水の割合は3：3：2がベストであるとわかった。 ・ 化学反応式から導き出したものから考えると酸化カルシウム：アルミニウム：水の割合は3：1：1が適切であると考えたので実験を試みた。 ・ 二つの実験データを比べてみると3：1：1のほうがパフォーマンスがよいことになる。 ・ ○班の割合では、未反応の物質が出てしまって、物質が余っているのかもしれない。余ったまま捨てられるのは勿体無いから、実験でも定量にこだわるのが大切だ。 ・ 最初は化学反応式をうまく導くことができなかった。でも定量的にデータをとっている班の実験をみたり、他の化学反応式チームと対話したりすることを通して実験と化学反応式の関連性が見えてきた。 																								
<p>6～7</p>	<p>話し合いの結果をもとに実際に活用できるであろうオリジナルの発熱剤を作り出そう。 【実用化するための方法を考えることでこれまでの学習を活用する】</p> <p>○鶏の卵をゆで卵にする分量を考えよう。 ○鶏の卵がゆで卵になるための温度は80℃。時間は8～10分。この条件で無駄なく温めることができる方法を考えよう。</p> <p>○前時で確認した最適な割合を参考にする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 総量30gでやってみただけで、卵を茹でることができなかった。 ・ 3：1：1の割合が一番高い温度になるからこの割合で総量を増やせば、ゆで卵ができるのではないか。 ・ 3：1：1の割合や3：2：2だと温度が上がりすぎるため、危険だから水の量を多くしたい。 ・ 前回の実験データから判断すると酸化カルシウム：アルミニウム：水の割合が2：1：1の時に温度が上がりすぎる危険性も少なく、一番よいかもしれないからその割合で実験してみよう。 <div data-bbox="804 1704 1398 2011" style="text-align: center;"> <table border="1" style="margin: auto;"> <caption>CaO:Al:H₂O=2:1:1の割合</caption> <thead> <tr> <th>時間 (分)</th> <th>温度 (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>28</td></tr> <tr><td>1</td><td>96.9</td></tr> <tr><td>2</td><td>115.5</td></tr> <tr><td>3</td><td>114</td></tr> <tr><td>4</td><td>108.5</td></tr> <tr><td>5</td><td>101.5</td></tr> <tr><td>6</td><td>96.1</td></tr> <tr><td>7</td><td>93</td></tr> <tr><td>8</td><td>83.9</td></tr> <tr><td>9</td><td>79.6</td></tr> <tr><td>10</td><td>75.1</td></tr> </tbody> </table> </div> <p style="text-align: center;">図8 実用的と思われる割合</p>	時間 (分)	温度 (°C)	0	28	1	96.9	2	115.5	3	114	4	108.5	5	101.5	6	96.1	7	93	8	83.9	9	79.6	10	75.1
時間 (分)	温度 (°C)																									
0	28																									
1	96.9																									
2	115.5																									
3	114																									
4	108.5																									
5	101.5																									
6	96.1																									
7	93																									
8	83.9																									
9	79.6																									
10	75.1																									

	○モーリアンヒートパックという商品があることを紹介する。	・世の中にもこの反応を使って商品化しているものがあるんだ。
8	<p><u>この題材を振り返ってみよう。</u></p> <p>【題材をふり返る中で定量的に考えることの意味をふり返る】</p> <p>○定量的に実験したことをふり返る。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・自分達が探究していった過程が世の中の研究者がやっていることとリンクして探究しごたえがあった。 ・最後に先生が見せてくれたモーリアンヒートパックという日常に実在するものにつながっていることに嬉しく感じた。 ・今回の探究を突き詰めていけば来年度の附中キャンプにも活用できるのではないか。 ・今回の単元ではデータを正確にたくさん取るということを通して定量的に実験をする大切さを学んだ。 ・日常の中にも定量があふれている。例えば料理である。料理にはレシピというものがある。そこには材料を入れる分量や割合が存在する。そこも今回の実験のように何度も繰り返し実験して導き出されたものだった。 ・新しい商品を作るには、条件を変えながら、実験の試行回数を多くすることが必要になりそう。しかし、一度規則性を見いだせれば、その後は規則性を使って商品化などに応用できる。ただ、気をつけたいのは、本当に規則性があるかということを確認することだ。何度やっても同じ結果が得られるという再現性を大切にしたい。 ・化学反応式からある程度割合は出すことができるのではないだろうか。全てが反応し切れれば無駄なく使い切れる。一つ一つのデータを取ることも必要かもしれないが、化学反応式から考えた方がより確実な気がした。 ・化学反応式でやろうとしていたけど、難しかった。実験をしていくことで化学反応式が更新された。理科では理論と実験の両方が大切であるとわかった。

参考文献：文部科学省（2018）『中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編』
有馬朗人（2021）『理科の世界2（大日本図書）』

参考資料：モーリアンヒートパック 使用方法 株式会社協同 発熱剤
<https://youtu.be/JLYoptHDjTY>
 乾燥剤に水かけたら発火する説！科学者が本気で試すとうなる！/米村でんじろう[公式]/science experiments
<https://youtu.be/JLYoptHDjTY>