

知識基盤社会における理科の役割 (3)

内海 良一	井上 純一	志田 正訓	大方 祐輔
梶山 耕成	加藤 祐治	岸本 享子	佐々木康子
杉田 泰一	樋口 洋仁	平松 敦史	磯崎 哲夫
木下 博義	古賀 信吉	竹下 俊治	蔦岡 孝則
前原 俊信	松浦 拓也	三好 美織	山崎 博史

1. はじめに

2015年8月26日、次期学習指導要領等の基本的な考え方を検討してきた中央教育審議会の初等中等教育分科会教育課程部会に設置された教育課程企画特別部会がとりまとめた、『教育課程企画特別部会論点整理』(以下、論点整理とする)が公表された。この論点整理は、「2030年の社会と、そして更にその先の豊かな未来を築くために、教育課程を通じて初等中等教育が果たすべき役割を示すことを意図している。」¹⁾と述べられているように、少子高齢化やグローバル化といった、これまで以上に進展すると考えられる国内外の急速な変化に対応できる資質・能力を子供たちに育成する初等中等教育の枠組を示すものである。また、論点整理では、育成すべき資質・能力とともに学習評価の在り方についても言及しており、バランスのとれた学習評価を行っていくためにパフォーマンス評価を取り入れ、多面的な評価を行っていくことの必要性を述べている。

この論点整理で言及しているパフォーマンス評価とは、基礎的な技能のみでなく、思考力・判断力・表現力等の評価における手法として位置付けられていることが特徴であり、理科において古くから実施されているパフォーマンス・テスト(実技テスト)と比較して評価の対象が複雑化、多様化している。また、論点整理では「バランスのとれた学習評価を行っていくためには、指導と評価の一体化を図る中で、論述やレポートの作成、発表、グループでの話し合い、作品の制作等といった多様な活動に取り組みせ

るパフォーマンス評価を取り入れ、ペーパーテストの結果に留まらない、多面的な評価を行っていくことが必要」²⁾と述べられており、総括的評価のみでなく形成的な評価においてもパフォーマンス評価を活用していくことが求められている。

2. 研究の目的・方法

知識基盤社会では幅広い知識と柔軟な思考に基づき、共同で情報を活用し判断する力が重要であるとされている。知識基盤社会における理科の役割は、科学的に探究する活動を通して得られた結果(情報)を活用し、それらの情報から導き出した自らの考えを表現する能力を高めることである。そのために、2013年度より「知識基盤社会における理科の役割」というテーマで実践研究に取り組んできた。これまでに明らかになったのは、授業者が探究活動により得られた結果に対して関連付けることができる事項を明確にし、結果を分析・解釈する視点を与えることが重要であるということである。これを踏まえて、探究活動にパフォーマンス課題を取り入れる実践を始めた^{3),4)}。

今年度は、小学校、中学校、高等学校の理科の探究活動において、パフォーマンス課題を取り入れた授業を計画、実施、評価し、それらを検討しながら、多くの授業者が共有できる方向性を目指した。

3. 小学校・中学校・高等学校における実践

(1) 小学校における実践

実施期間 2015年11月～2016年1月
場所 広島大学附属小学校理科室

Ryoichi Utsumi, Junichi Inoue, Masakuni Shida, Yusuke Ohgata, Kosei Kajiyama, Yuji Kato, Kyoko Kishimoto,

Yasuko Sasaki, Taiichi Sugita, Hirohito Higuchi, Atsushi Hiramatsu, Tetsuo Isozaki, Hiroyoshi Kinoshita, Nobuyoshi Koga, Shunji Takeshita, Takanori Tsutaoka, Toshinobu Maehara, Takuya Matsuura, Miori Miyoshi and Hirofumi Yamasaki : The Role of Science Education in the Construction of a Knowledge-Based Society

学級 小学校 2 部 4 年 31 名（男子 15 名，女子 16 名）
単元 月と星
目標 天体の動き方に興味をもち，月や星の動き方を観察して記録し，月や星の動き方を時間と関係付けて，星の動き方や，月は 1 日のうちでも時刻によって位置が変わること，そして月の形が変わることを捉えることができる。

指導計画（全 5 時間）

- 第一次 月や星の観察（家庭学習で実施）
- 第二次 月や星の動き 4 時間
- 第三次 探究活動（パフォーマンス課題）
1 時間（本時 1 / 1 時間目）

指導の経過

本校理科部では，小学校 6 年間を見通した新たな理科カリキュラムの編成を通して科学的リテラシーを備えた児童の育成に資する取り組みを行っている。科学的リテラシーを備えた児童を育成するために，活用型の課題を設定し，それについて，クラス全体で児童たちが学び合い，考えたことを表現し合う活動を行ってきた。このような取組を通して，活用型の課題を提示し，授業を実践することは，科学的リテラシーを備えた児童を育成するために有効な手立てであることは明らかになった。しかしその一方で，身に付けた知識を基に思考することが難しい児童に対して，どのような支援を行っていくかという点と科学的な思考をペーパーテストも含め，より適切に評価していくためにどのような手立てをとるかという点が課題として明らかになった。そこで，前者については，学習形態の見直しを行い，小集団で児童が相互に情報を伝え合うような場を設定することとした。そして後者については，パフォーマンス課題を取り入れ，評価規準・基準の明確化を通して，活用課題でどのような思考が求められるのかを具体化した上で実践を行うこととした。

本実践は第 4 学年「月と星」の単元で行った。本単元では，月や星の観察を通して，時間経過と月や星の動きとを関係づけ，月が動くことや，月の形が変わることや，季節によって見える星座が違うことについて学習をする。このような学習においては，2 つの視点を使い分けることが重要であると考えられる。2 つの視点とは，地上にいる観測者が空を見上げた時に月や星がどのように見えるのかという地上からの視点と太陽，月，地球の位置関係をとらえるための宇宙

からの視点である。つまり，月の形や星の動きを捉えられるようにするためには，まずは地上からの細かい観察を通して，データを収集し，時間経過に応じて月の形や星の位置が変わっているという結論を導き出すことが求められる。そこからさらに，そのような結論を深めて学習していくために，月の場合には，視点を宇宙に移し，地球が太陽のまわりを回っており，月が地球のまわりを回っていることを踏まえた上で，それらの天体の位置関係で，月の動きや月の形が決まるということを理解することが求められる。このような視点の使い分けを通して，月や星の時間経過に伴う変化について学習することができる。

そこで，本実践では，第一次で，月や星を観察させ，記録することを家庭学習として児童に課し，可能な限り多くのデータを収集することを目指した。その際，観測した時間や見えた月の形，方角を文字だけでなく，図示させて記録させた。その後，第二次では，それらの観察データから，月が形を変えていること，星が 1 日の内で動いていることについて導き出した。そして，月の形が変わったり，月が 1 日の中で動いて見えたりすることについて理解させるために，宇宙からの視点をを用いた図を教師が示し，太陽と月と地球の位置関係で，月の動きや形が変わっていくことを確認していった。

このように，第二次までの学習を通して，地上からの視点の観察データに基づき，月や星が動くことを捉え，宇宙からの視点で月の動きや形の変化の規則性を見出してきた。本単元の最後に位置する探究活動では，その規則性を活用して，月が今後どのように動いていくかを予測させ，観察によってそれを確かめさせる課題を設定した。具体的には，下弦の月が 1 日の内のいつごろから見え始めて，観測者から見て，どのように動くように見えるかという課題を設定した。このような課題を考えていくためには，第二次までに学習したことを活用させ，宇宙からの視点で，太陽，下弦の月，地球の位置関係を把握することが求められる。そして，そのような位置関係にあるとき，地上からの視点では，下弦の月がどのように動いて見えるかについて，考えていく必要がある。

以上が本実践の概要であるが，ここで，本実践で行われるパフォーマンス課題について，検討する。Doran ら⁵⁾ は，パフォーマンス課題を

文章化して検討する際に、6つのチェック項目を作成している。そのチェック項目に基づき、本単元の探究課題を検討する。まず、本単元の探究課題は以下の文で児童に示した。

下弦の月は1日のいつごろから見え始め、それは観測者から見て、どのように動くように見えるか。

まず、「開発しようとしている課題は、理科の授業の中の重要な概念、技能あるいは原理に関するものですか」というチェック項目がある。これについては、この課題が、本単元で重要にしてきた、視点の使い分けを行いながら、天体の動きを予測していくという点を踏まえたものであることから、本単元の重要な概念を取り扱ったものといえる。

次に、「それは生徒にとって大切であることが実感できるものですか。また、現実の世界とつながりがありますか。言い換えるとどの程度『真正(authentic)』なものですか。生徒にとって興味を持てるものですか」という項目がある。これについては、動きを予測した後に、観測し、確かめる活動を通して児童に実感をもたせることができる考えた。

次に、「現在できつつある課題は、全ての生徒にとって平等なものですか。あるグループにとってだけ有利なことはありませんか。例えば男子生徒の方が女子生徒のグループより取り組みやすいという偏りはありませんか」という項目がある。これについては、既に学習したことを活用する活動であり、第二次までの学習は全員が行っていることから、特定の個人やグループに有利、不利が働くものではないと考える。

次に、「それは授業で教えたことを評価しようとしていますか」という項目と、「課題遂行に必要な実働時間を確保していますか」という項目がある。前者については、すでに学習してきた月や星の動きの規則性や、宇宙からの視点における天体の位置関係の知識を活用することが求められるので、この項目を満たしていると考ええる。後者については、観察を含むため、長期にわたる活動になってしまうが、月の動きを考え、予測するための時間については、1単位時間を取り、観察については、授業時間外で行うようにし、十分な時間を確保した。

最後に、「現在作成中の課題は記憶している

ことを思い出すより、科学的な推論を生徒に要求するものになっていますか」という項目がある。これについては、単なる記憶ではなく、既習事項を活用して、月の動きについて予測をすることが求められることから、このような項目を満たしていると考えた。

以上のような検討から、この課題は、本単元での探究活動に資する課題と判断した。

実践の成果と課題

本実践のパフォーマンス課題のルーブリック(評価指標)を、表1に示す。本実践は3段階のルーブリックで行った。そして、ルーブリックにもとづく教師の評価で「3」となった児童のアンカー作品を図1に示す。

本実践で月について学習してきたことは、月の形や動きは変わることという点と、それらが月、地球、太陽の位置関係によって決まるという点である。パフォーマンス課題ではそれらを活用して、課題に対して正確な予想をすることが求められる。そこで、課題に対して正確な予想をすることができる児童を「2」で評価することとした。そして、その説明を宇宙からの視点や地上からの視点で正確な図を用いることができた場合を「3」として評価することとした。

表1 パフォーマンス課題のルーブリック

3	2の①と②の説明において、宇宙からの視点と地上からの視点を表現した正確な図を用いて説明することができる。
2	既習事項を活用して ①下弦の月が1日の内のいつ頃から見え始めるかが説明できている。 ②地上の観測者から見た下弦の月の見え方を説明できている。
1	2の①、②のいずれか、もしくは、両方が説明できていない。

アンカー作品を見て分かるように、下弦の月の動きについて、宇宙からの視点の図と、地上からの視点の図の両者を用いてその動きについて説明をしている様子が見られる。このような図や考え方を小集団内で共有することができた時には、小集団の成員全体で、この課題についての理解が図られたのではないかと考える。その一方で、「1」と評価された児童の中には、西と東の方角を逆にしている児童や、上弦の月と下弦の月の形が混同してしまっている児

童も見られた。このような児童がいることから、小集団内での話し合いの質を高めるための手立てが必要であると考える。

の規則性を見いだすとともに、生命の連続性について理解する。

指導計画（全15時間）

第一次	生物の成長	5時間
第二次	生物の殖え方と遺伝	8時間
第三次	探究活動（パフォーマンス課題）	2時間（本時2/2時間目）

指導の経過

本校中学校の理科の授業では、「協同学習」「協調学習」などのアクティブラーニング型授業の技法を継続して取り入れ、生徒の思考を促し深化させる取り組みを行っている。また、昨年度より各単元において、知識や技能を総合的に使いこなす「パフォーマンス課題」を取り入れ、生徒の思考力、判断力、表現力を育むための具体的な評価方法についても検討している。今年度の第3学年は、第1学期に単元「地球と宇宙」において、地球の自転および公転の学習内容を総合的に活用するパフォーマンス課題を実施した。事後調査において、多くの生徒が自身の課題として「科学的に説明する」ことの未熟さを挙げていたため、第2学期においては、パフォーマンス課題を見通した単元計画を作成し、重点的な指導を行ってきた。

本単元「生命の連続性」では、「生物の成長」「生物の殖え方と遺伝」の各内容を扱い、細胞分裂、無性生殖と有性生殖、遺伝の規則性と遺伝子などの学習を通して、生命の連続性を細胞あるいは染色体・遺伝子のレベルで理解することが必要である。本実践における探究活動は、単元の最後の学習として、生徒が、生命の連続性を理解し、それがどのようなものかを説明できるように、単元の学習で得られた個々の知識や概念を活用させ、それらの連関を認識させる機会として位置づけている。また、本実践では、トウモロコシを生物材料として、生物の遺伝現象について総合的に考えるパフォーマンス課題を提案する。

探究活動においては、1時間目に、パフォーマンス課題の内容とルーブリック（評価指標）を確認した後、黄色と白色の種子が混在したピーターコーンという品種の遺伝のしくみについて、グループごとに仮説を設定させ、実験計画を立てさせた。2時間目には、まず、①ピーターコーンの黄色と白色の種子数を調べ、統計的に処理することにより、黄色：白色 \approx 3：1になることを導出させた。次に、②黄色と白色

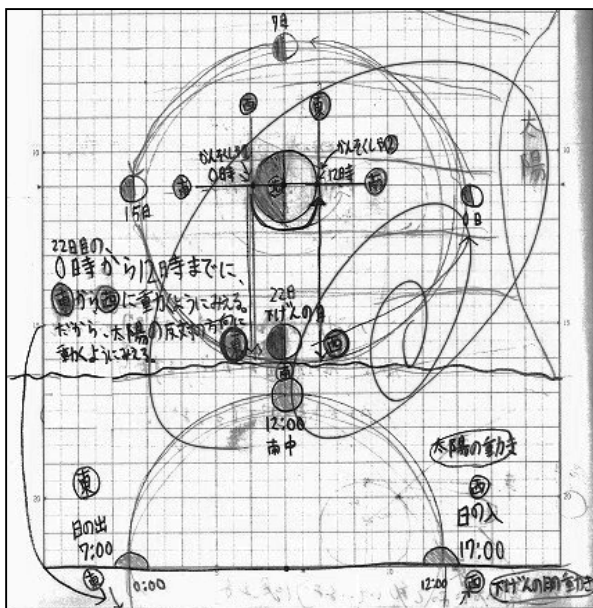
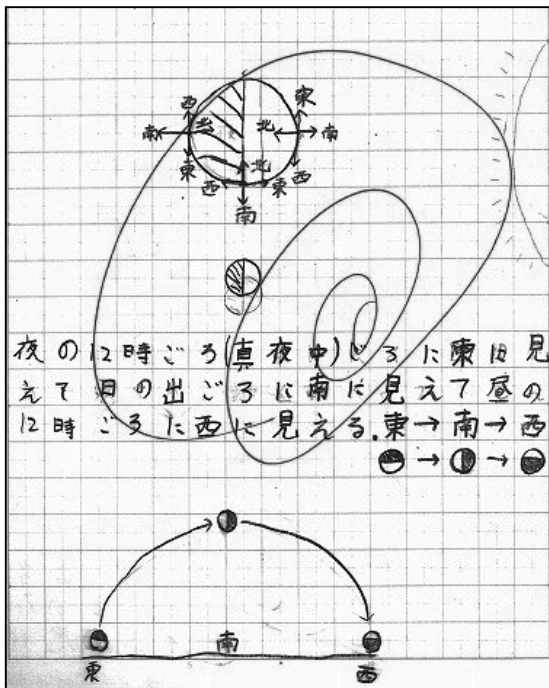


図1 ルーブリック評価「3」のアンカー作品

(2) 中学校における実践

実施期間 2015年11月～12月

場所 広島大学附属中・高等学校第1生物教室

学級 中学校3年C組38名（男子19名、女子19名）

単元 生命の連続性

目標 身近な生物についての観察、実験を通して、生物の成長と殖え方の特徴や、遺伝

それぞれの種子のつくりを調べ、それらが有胚乳種子であることを導き出した。グループごとに①・②の結果の分析・解釈に取り組みせるとともに、クロストークによる意見交流も取り入れた。最後に、グループごとに染色体・遺伝子のモデルを用いて、減数分裂に関する知識やメンデルの遺伝法則を活用しながら、ピーターコーンの世代や親の形質を特定する活動に取り組みさせた。この際、種子の色が胚乳の色であることを見いだしていることが必要であった。ルーブリックの評価材となる事後の報告書作成において、有性生殖の方法や被子植物の重複受精に関する知識を活用して、胚と胚乳のそれぞれにおける遺伝子の伝わり方について、科学的

な説明がなされているかどうかを評価した。

探究活動の題目

パフォーマンス課題「ピーターコーンの種子の色の遺伝はどのようにして説明できるのか」

探究活動の目標

トウモロコシの種子の色の遺伝について探究することを通して、その遺伝のしくみを推論できる。

探究活動の評価規準

実験結果を既習の知識を活用して分析・解釈することにより、トウモロコシの世代を特定しているとともに、種子の色が胚乳の色であることを見だし、遺伝子の伝わり方を説明している。(科学的な思考・表現/レポート課題)

表2 探究活動(2時間目)の学習指導計画

学習内容	学習活動	指導上の留意点・評価
○課題の確認	○「ピーターコーンの種子の色の遺伝はどのようにして説明できるのか」という課題を確認する。	○本時の学習内容・活動に対する見通しを持たせる。
○仮説および実験計画の共有	○各グループの仮説および実験計画を共有し、実験への見通しを持つ。	○既習の知識や概念をどのように用いたのかを明確にさせる。
○実験の準備	○生物材料、その他必要な道具・器具を準備する。	○グループ内での役割分担を確認させる。
○実験①： 「黄色と白色の種子数を調べる」	○予想される実験方法 ・種子を1つずつ取り出し、色ごとに並べる。 ・ラップを巻き、その上からサインペンで印をつける。	○サンプル数を確保するために、グループごとに複数のピーターコーンを用意しておく。
○実験②： 「種子のつくりを調べる」	○予想される実験方法 ・種子を1つずつ取り出し、実体顕微鏡で観察する。 ・薄く輪切りにして、実体顕微鏡で観察する。	○外側の種皮・果皮が透明であり、内部が黄色・白色に分かれていることを見いださせる。 ○種子の内部に胚が存在することを想起させる。
○結果の処理、分析・解釈	○黄色種子と白色種子の分離比を算出する(黄色：白色≒3：1)。 ○種子内部の胚と胚乳の位置を特定する。	○グループごとに、ホワイトボード、マグネット(黄色、白色)、カラーペン、付箋などを用意し、グループでの議論を支援する。 ○他グループから得られた情報を記録させる。
○グループ間での共有	○グループ間で結果の分析・解釈についての情報交換を行う。	
○考察	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> ・ピーターコーンは雑種第2代であると考えられる。 ・種子の色は胚乳の色であり、胚と胚乳それぞれの遺伝子の伝わり方を考える必要がある。 </div>	○トウモロコシの世代を特定しているとともに、種子の色が胚乳の色であることを見いだすことができる。(科学的な思考・表現)
○レポート作成についての確認	○課題のルーブリック(評価指標)を確認し、レポート作成についての見通しを持つ。	○本時の活動の振り返りを行わせる。
○片付け	○生物材料、道具・器具を返却する。	
備考 教科書：未来へひろがるサイエンス3(啓林館) 準備物：ピーターコーン、ピンセット・実体顕微鏡など必要な観察・実験器具(グループごと)、ホワイトボード、マグネット(黄色、白色)、カラーペン、付箋など		

実践結果と成果・課題

パフォーマンス課題のルーブリック（評価指標）を、表3に示した。また、ルーブリックにもとづく教師の評価で「5」となった生徒のアンカー作品を図2に示した。今回はルーブリックをこれまでの3段階から5段階とし、より詳細な指標とした。ルーブリックの「3」においては、優性の法則や分離の法則などの遺伝の規則性の知識や概念を用いて、ピーターコーンが雑種第2代であることを説明し、胚乳形質が伝わるしくみについて説明がなされていることを指標とした。「4」においては、上記の説明において、減数分裂により染色体数が半減し、配偶子（生殖細胞）が形成され、受精により染色体数が戻るときに、両親の形質が引き継がれるという一般的な有性生殖の方法に言及し、科学的な説明がなされていることを指標とした。さらに、「5」においては、被子植物の有性生殖の特徴として重複受精が行われていることから、種子形成における胚と胚乳のでき方とそれぞれの形質（遺伝子）の伝わり方に言及し、科学的な説明がなされていることを指標とした。

パフォーマンス課題を実施するにあたり、課題を見通した指導計画に、「協同学習」「協同学習」といったアクティブラーニング型授業の技法を取り入れた。また、課題解決のための探究活動においては、仮説の設定、実験計画、結果の分析・解釈の場面にグループでの議論や話し合いを取り入れ、生徒の思考を促す支援として、2色のマグネットシールやホワイトボードを活用させた。さらには、元のグループを解体して新しいグループで意見交流を行うクロストークも取り入れた。ルーブリックによる教師の評価と事後調査の結果から、「認知プロセスの外化を伴う活動への関与」⁶⁾が生徒個人の思考を深化させることにおいて効果的に作用していることが分かった。このことから、各自が思考していることを相互に表現したり、説明したりする経験が「思考力・判断力・表現力」の育成につながるものであるといえる。ただし、アクティブラーニングはあくまで技法であり、学びの質とその深まりを意図した適切なパフォーマンス課題の設定とそれを見通した単元の指導計画が重要となる。また、単元における「本質的な問い」や「永続的な理解」を十分に整理しておくことが重要であるといえる。

表3 パフォーマンス課題のルーブリック

5	3の①～③の説明について、有性生殖の方法や被子植物の有性生殖の特徴をふまえて具体的に説明することができている。
4	3の①～③の説明について、有性生殖の方法をふまえて具体的に説明することができている。
3	実験結果を分析・解釈して得られた科学的根拠をもとにして： ①ピーターコーンの世代について説明できている。 ②種子の色について説明できている。 ③種子の色が遺伝するしくみについて説明できている。
2	3の①～③のうち、いずれかの説明が十分になされていない。
1	3の①～③のすべての説明が十分になされていない。

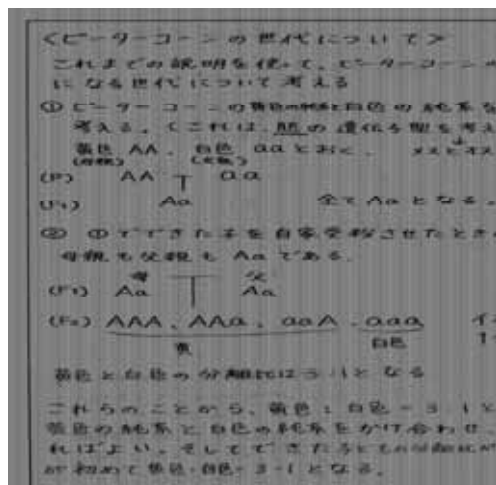
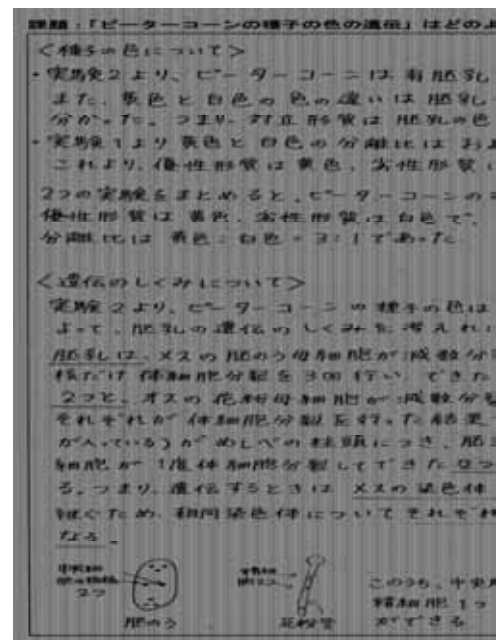


図2 ルーブリック評価「5」のアンカー作品

(3) 高等学校における実践

本実践では、単元「気体の性質」におけるパフォーマンス課題を開発し、その有効性を検証すること、さらに、評価方法を開発し、評価の妥当性を検証することを目的とした。

授業者にとって、高等学校「化学」におけるパフォーマンス課題を取り入れた初めての実践である。「本質的な問い」および「永続的理解」を設定し、予備的ルーブリックを作成した。初めての実践であるため、予備的ルーブリックは学習者の作品を基にして作成したものではなく、作品を集めた段階でルーブリックを改良することにした。

これまで、探究活動の評価は、活動後に学習者が作成する実験報告書を基に行ってきた。しかし、今回は次年度以降学習者の後輩たちが同じ実験をするときに役立つリーフレットを作成することを目的として作成したリーフレット（作品）を評価の対象とすることにした。

単元の構成と探究活動の実施の詳細を以下に示した。

実施期間 2015年10月21日

～12月2日（12時間）

場所 広島大学附属中・高等学校化学教室

対象 高等学校第2学年化学選択クラス34名
（男子20名、女子14名）

単元 気体の性質

単元構成

- 1 気体の圧力（1時間）
- 2 状態図（1時間）
- 3 ボイル・シャルルの法則，状態方程式（5時間）
- 4 混合気体（1時間）
- 5 パフォーマンス課題（3時間）

目標

1. 実験を通して、ボイル・シャルルの法則や分圧の法則を理解する。
2. 気体の性質に関して探究し、気体を粒子モデルで表現できる。
3. 実験で得られたデータを、グラフなどを用いて処理する方法を習得する。
4. 日常生活や社会において利用されている気体に興味や関心を持つ。

表4に示すようにパフォーマンス課題を設定した。後輩が同じ実験をするときに実験の内容を分かりやすく解説するためのリーフレット

（作品）をつくることを提示した。予備実験をして、実験方法で工夫すべき点を考えさせさらに、なぜこの方法で蒸気圧が求まるのか、その原理について考えさせた。

作品の制作の前に表4に示す予備的ルーブリックを示した。

表4 パフォーマンス課題

○パフォーマンス課題 「ペンタンの蒸気圧を測定しよう」
○本質的な問い ペンタンの蒸気圧を測定するためにはどのような実験を行えばよいか。混合気体において、成分気体の体積や混合気体の体積は何を表しているのか。
○永続的理解 ・一定温度では気体の体積は気体の種類によらず物質質量に比例する。 ・気体の全圧は、各成分気体の分圧の和である。 ・蒸気圧は一定温度では一定値を示す。
○実験概要 メスシリンダー内に空気30mLを水上置換法により入れる。さらにメスシリンダー内にペンタンを入れると、気化したペンタンの蒸気の体積分、メスシリンダー内の気体の体積は増加する。体積変化を測定することにより、ペンタンの蒸気圧を求めることができる。

表5 予備的ルーブリック

評価	評価の観点
5 すばらしい	①～③について原理を含めてわかりやすく表現している。
4 良い	①～③をわかりやすく表現している。
3 普通	①混合気体の体積・温度を測定する方法が図を用いて示されている。 ②測定結果からペンタンの蒸気圧の求め方が示されている。 ③水蒸気圧を考慮するとどうなるのか示されている。
2 あと一歩	①～③のうち、2つの項目しか示されていない。または、説明や表現の方法に工夫を要する。
1 努力が必要	①～③のうち、1つの項目しか示されていない。

表6 パフォーマンス課題の指導過程

学習内容	学習活動	指導上の留意点・評価
<p>第1時 パフォーマンス課題について</p> <p>課題の確認</p> <p>予備実験</p>	<p>学習者への説明 パフォーマンス課題とは知識やスキルを総合して使いこなすことを求めるような課題のことをいう。作品をもとに、「思考力・判断力・表現力」を評価することが目的であることを説明した。</p> <ul style="list-style-type: none"> パフォーマンス課題の提示 「ペンタンの蒸気圧を測定しよう」 <p>予備実験を行い班ごとに工夫すべき点を考えた（計画書提出）。</p> <p>○気化促進のための工夫 ペンタンの入れ方、振る混ぜる回数等</p>	<p>役割分担の確認 安全めがねの装着指示 メスシリンダー内の気圧が上がりすぎないように、注意を促す。</p>
<p>第2時 生徒実験</p> <p>結果の共有</p> <p>考察</p> <p>終結</p>	<ul style="list-style-type: none"> 各班の計画に基づき、実験を行った。 1 数回の測定を行い、平均値を求めた。 2 分圧の法則より、ペンタンの蒸気圧を求めた。 <p>グループ内で結果を共有した後、ホワイトボードを利用してグループ間で結果を共有する。</p> <p>結果について考察を行う。 水蒸気圧を考慮すると、ペンタンの蒸気圧はいくらになるかについて考察した。</p> <p>次の授業で、今日の実験を基にして飽和蒸気圧の求め方を1枚のリーフレットにまとめることを予告。</p>	<p>水温を1/10目盛まで記録しているか。</p> <p>【観察・実験の技能】 廃液の処理が適切であるか。</p> <p>【観察・実験の技能】</p> <p>体積比＝物質量比であることを理解しているか。</p> <p>【思考・判断・表現】</p>
<p>第3時</p>	<p>リーフレット作成 作成の目的・要領</p> <ul style="list-style-type: none"> 実験の内容を1枚のリーフレットに簡潔にまとめることで、内容に対する理解を深めることが目的である。後輩たちが同じ実験をするときに、参考にするためのリーフレットづくりを求めた。このとき、ループリック（予備的ループリック）を提示した。 	<p>グループ毎に行う。</p>
<p>事後指導</p>	<p>作品を返却し、授業者の評価とアドバイスをそれぞれの生徒に配布した。授業者の評価は作品を見て変更したループリックで行ったこと（不利にはならない）を説明した。</p>	

実践結果と成果・課題

事後アンケートの結果から、学習者は協力して探究活動に望み、協同で実験結果をまとめることができたと感じていることが分かった。アンケートの自由記述欄には、人に伝える難しさや、要点をまとめることの重要性が認識されたと思われる記述が多かった。

自己評価と授業者の評価の差が2ある作品は7点（22%）であり、その内5点は重要な概念の誤解が主な原因であった。今後ループリックや授業方法を改善していくことで、この差はさらに縮まると予想される。学習者の自己評価と授業者の評価が一致することは、学習者が自己の学習をモニタリングできていることを示していると考えられる。今回の探究活動では、学習

者にループリックを提示して、到達目標を明確にした。このことにより、気体に関する基礎的知識が蒸気圧を測定するという文脈において、どの程度活用されたのか、また、実験技能がどの程度発揮されたのかについて、段階的に評価することができたと考えられる。

4. パフォーマンス課題を取り入れた活動について

小学校では身につけた知識を基に思考することが難しい児童に対して支援を行う方法の1つとして位置づけられ実践された。実践において、小集団での話し合いがなされ、考えを共有しながら、話し合いを進める児童が見られたことが

表7 ルーブリック (改良後)

評価	評価の観点
5 すばらしい	独創性がある作品である。 何を独創的だと自己評価したのか具体的に書いてください。
4 良い	①実験方法に班で工夫した点や、実際に実験をしてみ分かった情報が書き加えられている。 ②原理の説明や、結論を導く際に、a～cの知識や考え方のすべてが適切に用いられている。
3 普通	①実験方法が図を用いて示されている。 ②原理の説明や、結論を導く際に、次の知識や考え方のうち、2つ以上が適切に用いられている。 a アボガドロの法則 (気体の体積比は気体の物質質量比に等しい。) b 分圧の法則 (成分気体の分圧は全圧と成分気体のモル分率の積で表される。) c 水蒸気圧 (混合気体の全圧は水蒸気圧分小さくなる。)
2 あと一歩	実験方法に班での工夫が記されていない。 a～cの知識や考え方が適切に用いられていない。
1 努力が必要	2に達しない。 具体的に努力すべき内容だと思われることを書いてください。

成果として示された。一方で、基本的な学習内容でつまづいている児童がいたことから、話し合いをしているものの、結局は個別の学習活動になってしまっている小集団も見られた。そこで、今後、小集団内での話し合いの質を高めていくことが課題として示された。また、本実践が3段階のルーブリックで行われていることから、より詳細な評価をするために、5段階での評価も検討する必要がある点は課題の一つと考えている。

中学校では「生命の連続性」の単元において、「思考力・判断力・表現力」が適切に判断できる事例が示された。年間計画の中で適切に位置づけることができれば、さらに深い学びへとつながる。協調的な学びの場において小集団での話し合いの内容が深まるかどうかは、話し合いの目的と方法を明示することで決まる。そのため授業者がどのように関わるかが重要である。限られた時間の中で議論を深めさせるための方策を引き続き検討する必要がある。

高等学校の実践はある程度「確認型」の活動にならざるを得ない。評価について自己評価や相互評価、授業者評価の取り入れ方も学習者の発達段階に応じて工夫が必要である。実験自体は簡単であるが、複数の基礎的な概念を総合する過程が発展的である。ルーブリックを設定するためには評価規準を見直す必要がある。そのために、学習者のレベルや単元構成を見直すなど、パフォーマンス課題の設計には授業者がよりメタ認知を働かせることが必要である。このような実践経験を広く共有すべき必要があると考えている。

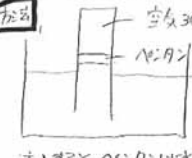
5. おわりに

本研究では、小学校、中学校、高等学校の理科において、パフォーマンス課題を取り入れた授業について検討した。パフォーマンス課題そのものが目的ではなく、パフォーマンス課題を通して深く学ぶことが目的である。授業者の感性や直感ももちろん大切であるが、このような場を通じて多くの授業者が実践の成果を共有することが重要である。研究の輪を広げるために目の前の学習者のレベルで教材、課題、ルーブリックを提示し、それを検証して、改良して、成果を発表していくことが現実的で肝心であ

— ヘンリーの蒸気圧を測る —

目的 ヘンリー(C₅H₁₀)の蒸気圧を測定する。

原理 水槽内に立てたメスシリンダー内に空気を入れる。ここに揮発性物質であるヘンリーをメスシリンダー内を気化させると、メスシリンダー内の気体の体積はヘンリーの蒸気の体積分だけ増加する。混合気体の全圧は大気圧に等しく、モル分率は体積比に等しいから、ヘンリーの蒸気圧を測ることが出来る。

装置 

1. 水の満たしたメスシリンダーを水槽の皿に倒立させ、空気で30.0mL入れる。空気をあらかじめ30mLだけ入れておく。後で湯の気泡を発生させる。
2. 水槽内の水温を測り定まる。
3. 湯の気泡を発生させて、0.5mLをメスシリンダーに注入すると、ヘンリーは水面に上から入り、一部が気化し、メスシリンダー内の気体の体積が増加する。メスシリンダーにゼロを指して振ったリア、同様に飽和させる。
4. 気体材料を避けたら、混合気体の体積を測定する。

測定 水温 13(°C) 同様の体積 30.0[mL] 大気圧 52.0[mL] ヘンリーの蒸気の体積 29[mL]

蒸気圧の求め方

○水蒸気圧を無視した場合

$$1.025 \times 10^5 \times \frac{29}{30} = 4.3365 \times 10^4$$
 大気圧 = 全圧である。ヘンリーの蒸気の体積 / 全圧 = 蒸気圧の体積

○水蒸気圧を考慮した場合
 水温 13°Cのときの水蒸気圧: 1.4975×10^4

$$4.3365 \times 10^4 - 1.4975 \times 10^4 = 4.185675 \times 10^4$$
 ヘンリーの蒸気圧 水蒸気圧のときの蒸気圧

図3 評価「3」のアンカー作品

る。

引用（参考）文献

- 1) 中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会教育課程企画特別部会（2015）『教育課程企画特別部会論点整理』, p. 1.
Retrieved from
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/053/sonota/1361117.htm.
- 2) 同上, p. 21.
- 3) 杉田泰一他（2013）, 「知識基盤社会における理科の役割（1）」, 『広島大学学部・附属学校共同研究機構研究紀要』, 第42号, pp. 145－153.
- 4) 大方祐輔他（2015）, 「知識基盤社会における理科の役割（2）」, 『広島大学学部・附属学校共同研究機構研究紀要』, 第43号, pp. 143－152.
- 5) Doran, R., Chan, F., Tamir, P., 古屋光一監訳 鈴木誠, 大鹿聖公, 池田文人, 人見久城訳（2007）『理科の先生のための新しい評価方法 入門：高次の学力を育てるパフォーマンス課題 その実例集』北大路書房, p. 21.
- 6) 溝上慎一（2014）『アクティブラーニングと教授学習パラダイムの転換』東信堂, p. 13.