

# 太陽光／風力発電を題材とした理科 「探究活動」教材の開発と実践

小山 夏花<sup>1)</sup> ・ 浅野 智亮<sup>2)</sup> ・ 近藤 千香<sup>3)</sup>

## 1. はじめに

学習指導要領解説や教科書に掲載されている理科「探究活動」例は、生徒が社会に出て遭遇する「理科の学習成果を役立てる課題」とは言えない。これを改善するために、松田(2020)は新・逆向き設計手法を提案し、2020年度「理科教育法実践演習Ⅱ」の授業で、履修生に理科「探究活動」用の課題を検討させた(神里ほか2021)。しかし、当該課題は、より良い水質検査法を検討させるものであり、どちらかと言えば専門家に要求される課題だった。

そこで、浅野・松田(2021)は、再生可能エネルギー導入による地域活性化を題材とした政策評価に関する理科「探究活動」用ゲーミング教材を開発した。当該教材では、2つのグループが太陽光vs.風力発電という政策を提言する。その際、市民に示されているデータに特殊化という科学的／数学的な見方・考え方が用いられている点に着目させ、主に物理等の知識を活用させながら批判的に検討させる。

## 2. 目的

本研究では、浅野・松田(2021)の教材を踏襲しつつ、解決に必要な理科の知識が上記の教材とは異なる類題を作成し、教材を拡張する。また、実際に高校生対象の実践を行い、その結果を報告する。

## 3. 浅野・松田(2021)の教材概要

### 3.1 全体的な構成

本教材は、浅野・松田(2021)の教材(以下、旧教材)は、新・逆向き設計(松田・野本2021)に従い、政策で

与えられたデータや条件等の信頼性や妥当性を科学的知見と関連付けて考察する活動を問題解決とみなし、松田(2017)の縦糸・横糸モデルに即した指導を行う。学習者は、政策を理解し、批判的に検討して改善方針を立て、その方針に沿って新たな式を立てたり、データを収集したりしながら政策を再評価する。上述の通り、改善方針は、政策内容の変更方針というより、政策を通じて達成したい良さが本当に実現されるのか、政策を再評価するための方針を指す。

教材の全体的な流れとポイントを図1に示す。①では、政策立案の背景となる課題の理解を行う。②では政策提言者が政策立案に際して活用した見方・考え方を確認し、③では②で確認した見方・考え方に着目し批判的検討を行う。具体的には、本教材では特殊化という見方・考え方に着目している。特殊化には、要因の単純化により説明が容易になる等の良い面もある。一方で、要因が単純化されることにより、政策提言者の主張が有利に働くことがある点に気が付かせ、批判的検討を行う。⑦では、最終的に市民の目線から政策の賛否や自己防衛策の決定を行う。

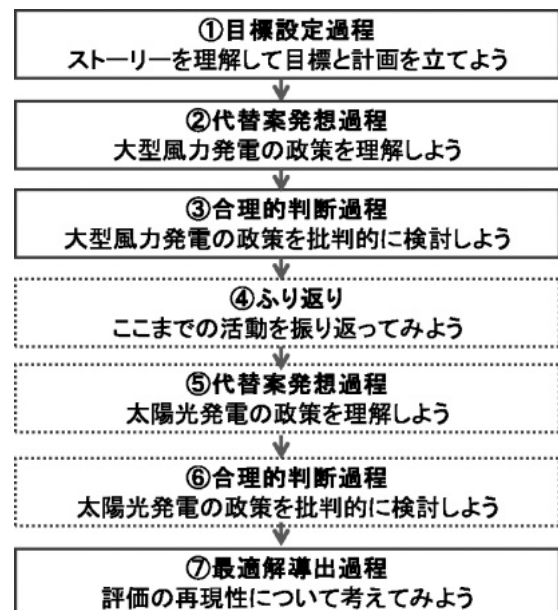


図1 旧教材の流れ

2022年1月31日受付 2022年2月14日受理

1) 東京工業大学「理科教育法実践演習Ⅱ」履修生

2) 東京工業大学環境・社会理工学院

3) 東京工業大学附属科学技術高等学校

加えて、設計上の工夫として、①～③で縦糸・横糸の手順を体験させ、④のふり返りでモデルを理解させた後、⑤～⑥で理解から適用へと修得レベルを上げることを促す。理科の教材としては、政策提言者が示した送電効率や発電量のデータを批判的に検討するために物理的な知識の活用を促す。

### 3.2 目標設定過程

導入でカバーストーリーを説明後、国のエネルギー政策の基本方針である3E+S(安全性, 自給性, 経済効率性, 安定供給性)という良さの観点を図2のように別の表現へと変換させる。また、良さとして必ず達成すべき制約条件が存在することを指導する。さらに、作業計画では、縦糸の過程を政策評価に即した表現に変換させ、作業のOutputの見通しを立てさせる(図3)。

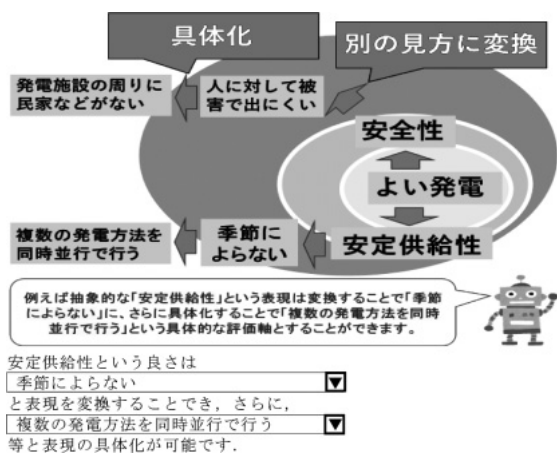


図2 発電方法に関する良さの表現変換

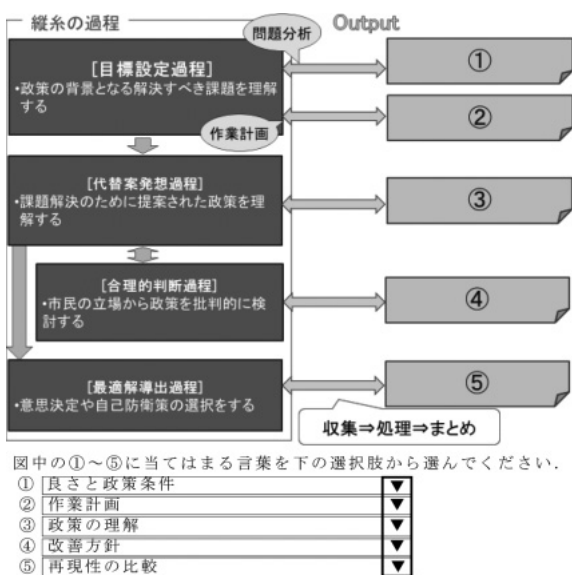


図3 作業計画立案

### 3.3 代替案発想過程～大型風力発電

ここでは、提案された各発電方法について、政策提言者が如何なる根拠・データに基づいて良さを主張しているのかを理解する。その際、政策提言者が用いる特殊化という数学的／科学的な見方・考え方に着目させる。特殊化は、「条件を加える」ことであり、概念の意味の範囲を狭め、限定する考え方である。特に、データが示される際に、何らかの前提や場合分けがある点に着目させる。なお、生徒自らが条件を探るには、科学の知識が必要であり、本課題に必要な(覚えておくべき)内部知識について、本過程の導入部で解説する(図4)。

発電量に関しては、まず、発電量算出に関係する要因は何かを内部知識を用いて考えさせた。例えば、空間的位置関係に着目すると、高さの違いによって風速のデータが異なりうる。また、種々の力や種々のエネルギーといった知識に着目すると、ブレードが回転する際に摩擦が生じ、結果として熱エネルギーが発生するのでエネルギー変換効率が低下しうる。以上を確認した後、実際に政策で与えられた式やデータ等を参照させながら、発電量の算出を行わせた。実際に発電量の算出を行うことにより、政策では出力が風速の三乗に比例すると仮定したうえで発電量が算出されていることを確認する。政策提言者が示していた発電量は以上で挙げたような摩擦等の要因を考慮しておらず、要因の単純化によって大きく見積もられていたということを確認する(図5)。

### 3.4 合理的判断過程～大型風力発電

ここでは、代替案を批判的に検討し、改善方針を立てる。その際、玉田・松田(2004)の合理的判断の枠組みを参考に作成した図6を活用させる。オリジナルの枠組みは、「①法律に反しないか」「②他人に迷惑をか

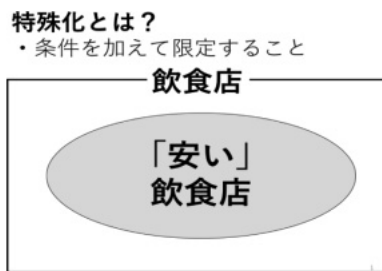


図4 特殊化の説明

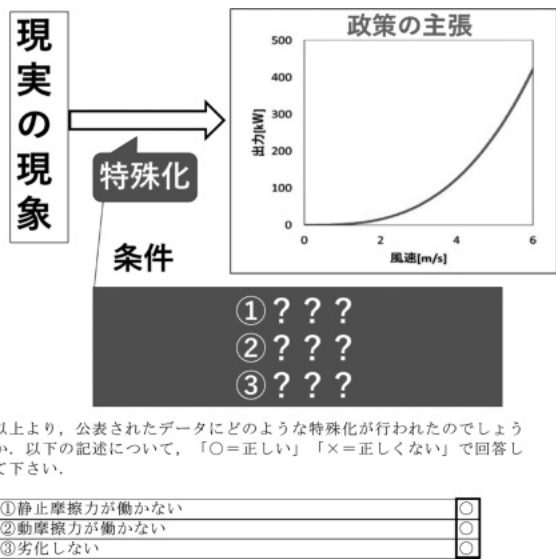


図5 特殊化された条件の整理

けないか」「③自分が被害者にならないか」「④情報技術固有の問題は無いかな」であったが、図6では、②+③⇒④⇒①の順に言い替えた観点で評価させている形になっている。

「結果全体の整合性はあるか」では、発電量のデータに関して、妥当性・信頼性があるといえるかについて批判的検討を行う。この時、政策を導いたデータ等を安易に信用しないよう注意を促す。教材では、出力算出の際にはブレードの回転に伴う回転軸との静止摩擦力が働かないと特殊化していたが、これが不適切だと考え、データの収集方法や評価方法などについて改善方針を立てさせる。その後、改めて代替案発想過程に戻り、静止摩擦力が働くとした時の「出力vs.風速」のデータを収集させ、発電量を再算出させる(図7)。

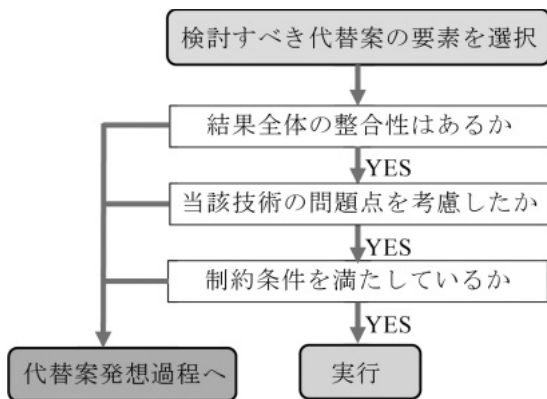


図6 旧教材の合理的判断過程の枠組み

### 3.5 ふり返り

ここでは、代替案発想過程や合理的判断過程に関する知識の転移を促すために、それらを5W1Hの知識フレームの形で整理する活動を行う。これを行うことで、3.6では、ブルームの目標段階の「識別」～「適用」レベルの問いに対応できるようにさせる。

### 3.6 太陽光発電の政策評価

転移課題に当たる太陽光発電の政策評価では、大型風力発電の政策評価で学習した知識や方略を、識別～適用レベルで利用可能かを問う。例えば、大型風力発電の政策評価では、問題解決の手順に関する知識はスライドや文章中で説明していた。生徒は文章を読み、選択肢の中から知識や方略に関する正しい記述を選択すればよかった。転移課題では、既にそれらの知識は学習済みとして扱い、記述あるいは選択させ、その上でフィードバックとして知識の説明を充実させることで転移を促す。

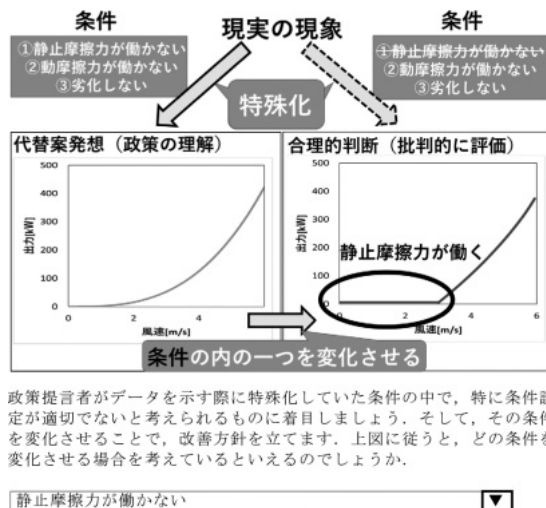
### 3.7 最適解導出過程

ここでは、合理的判断過程で行った評価の再現性について検討する。発電設備の過去の設置件数や、技術が一般に流通してからの年数等について調べ、それらをまとめる。そして、該当する技術に対する合理的判断で下した評価の妥当性を検討させる。

## 4. 新教材の開発

### 4.1 新教材の概要

新教材では、内部知識として生物的な知識が必要で



政策提言者がデータを示す際に特殊化していた条件の中で、特に条件設定が適切でないと考えられるものに着目しましょう。そして、その条件を変化させることで、改善方針を立てます。上図に従うと、どの条件を変化させる場合を考えているといえるのでしょうか。

図7 批判的検討

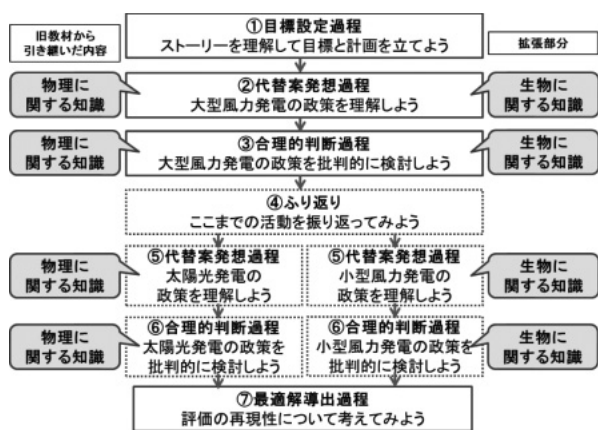


図8 新教材の流れ

あるような類題を作成し、拡張した(図8)。

また、旧教材では、図1の⑤～⑥に当たる2回目の政策評価で、太陽光発電のみを扱った。新教材では、小型風力発電を新たな選択肢に加えた。いずれの政策を選択しても、同様の問題解決手順の指導が可能のように、特殊化という数学的／科学的な見方・考え方に着目させながら、政策の批判的検討を行わせる。

一方で、選択した政策により政策評価を行う際に活用すべき知識が異なる。太陽光発電を選択した場合は物理的な知識を活用させ、小型風力発電を選択した場合は生物学的な知識を活用させる課題とした。

ただし、④ふり返りと⑦最適解導出過程は旧教材から変更を加えていないため、以下では説明を省略する。

### 4.2 目標設定過程

目標設定過程は、旧教材の設計を踏襲した。生徒の住む地域では地域活性化策の一環として以下

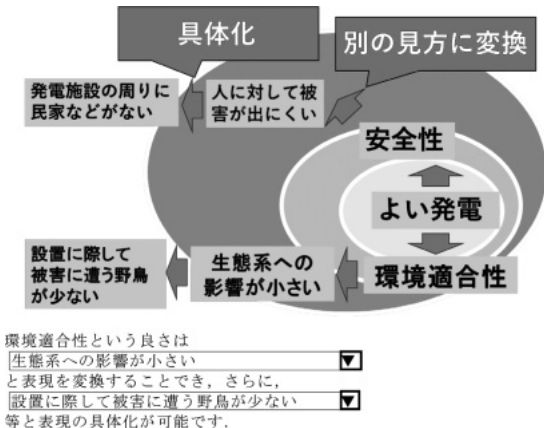


図9 新教材の目標設定過程

のいずれの再生可能エネルギー(大型風力発電vs.小型風力発電vs.太陽光発電)を導入すべきか議会内で話し合われている。しかし、意見の一致が見られず、住民投票を参考に決定が行われるというものとした。そして、生徒は政策評価という問題解決活動を行う必要があるという設定とした。

### 4.3 代替案発想過程～大型風力発電

新教材では、設置に際する野鳥数への影響の少なさという良さについても、内部知識に着目させながら特殊化された条件は何か考えさせる指導を行った。政策内では、その地域に生息する野鳥に与える影響として、バードストライクによる個体数の減少という要因のみを考慮している。しかし、これだけでは生態系への影響を過小評価している可能性があることを確認させた。すなわち、一部の生物が死ぬことによる他の生物への連鎖的な影響や、発電施設設置に際して土地が減少することによる野鳥数への影響等については要因の単純化が行われていることについて確認する(図10)。

### 4.4 合理的判断過程～大型風力発電

ここでは、代替案を批判的に検討し、改善方針を立てる。その際、玉田・松田(2004)の合理的判断の枠組みや、松田・萩生田ほか(2021)の合理的判断のフロー図を参考に作成した図11を活用させる。

なお、図中の「制約条件を満たしているか」と「目的を達成できるか」については、教材内の政策を基に批判的検討を行わせるが、他の3項目については、政策とは関係しない例を用いて紹介するのみとしている。これは、本教材では特殊化の指導に主眼があり、それと関係の深い項目に指導を集中化するためである。

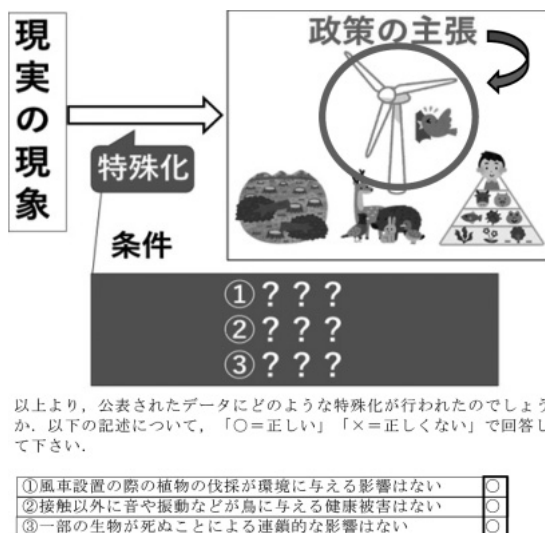


図10 特殊化された条件の整理

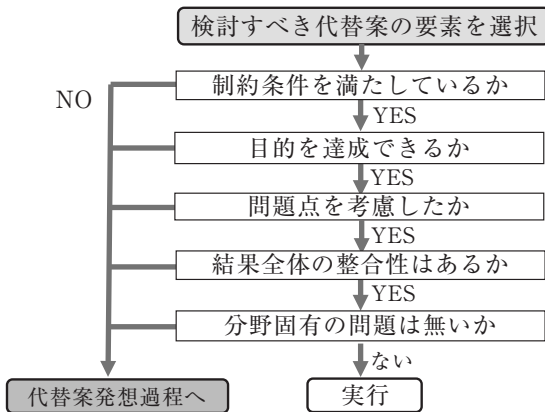


図11 合理的判断の枠組み（一部改変）

図11中の「制約条件を満たしているか」では、代替案が目標設定過程で定めた制約条件を満たしているかの検討を行う。

図11中の「目的を達成できるか」では、政策提言者が主張した良さが本当に達成されるのか、の検討を行う。その際、「制約条件を満たしているか」で批判的に検討した方法と同様の手段を用いる。すなわち、代替案発想過程で確認したデータに付された条件に着目し、適切ではないと考えられる条件を変化させた場合の影響を評価させる活動を行う。本教材では、設置による野鳥への影響の少なさについて批判的検討を行った。代替発想過程では、設置に際して、植物伐採による生態系への影響や、一部の生物が死ぬことによる他の生物への連鎖的な影響等の要因について単純化されていたことを確認している。そこで、本項目では設置に際して必要な植物伐採によって住処を失う鳥の数が無視できないほど多いのではないかと考えの下、その影響の大きさを評価するための改善方針を立てさせた(図12)。改善方針に従い、設置面積や設置個所における植生の調査結果等の情報を新たに収集させ、改善による影響を検討する活動を行わせた。

図11中の「問題点を考慮したか」では、政策評価の際には、トレードオフ関係にある良さについて検討する必要があることを指導している。これは、一方の良さを重視するに伴い、別の良さが失われ、デメリットが生ずることに着目させることで、どのような選択を行った際にも自己防衛策を検討する必要がある事に気が付かせるねらいがある。

図11中の「整合性はあるか」では、政策で示されたデータや式等に矛盾がないかを検討する必要があることを指導している。教材内では、政策に用いられてい

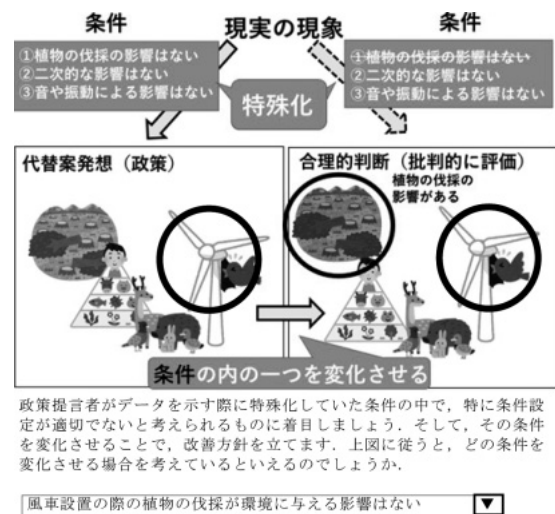


図12 批判の観点の発想

る風速のデータと、自ら調べた風速のデータに大きな差があることに着目させ、そのような矛盾が生じた際には文献等に当たる必要があると紹介している。

図11中の「分野固有の問題はないか」では、使用する技術に関して、ある地域や特定の場所にだけ起きうる固有の問題があるのではないかとすることを検討する必要があることを指導している。教材内では、分野固有の問題の一例として、農産物に力を入れている地域を挙げながら、太陽光発電の設置に際して水害の恐れがないか改めて検討する必要があるのではないかとということについて紹介している。

4.5 小型風力発電・太陽光発電の政策評価

上述の通り、転移課題に当たる小型風力発電や太陽光発電の政策評価では、大型風力発電の政策評価を行った際に学習した知識や方略を、識別～適用レベルで利用可能か問う課題設定とした。

例えば、大型風力発電の政策評価では、問題解決の手順に関する知識はスライドや文章中で説明していた。生徒は文章を読み、選択肢の中から知識や方略に関する正しい記述を選択すればよいという問題であった。一方で、転移課題では、既にそれらの知識は学習済みのものとして扱い、記述あるいは選択させ、その上でフィードバックとして知識の説明を充実させることで転移を促した。

また、今回新たに拡張した内容である小型風力発電の政策評価については、以下のように設定した。大型風力発電の政策評価で検討した評価観点と同様に、設置に際する野鳥への個体数影響の少なさという政策の良さについて評価を行った。特に、野鳥数の減少による他の生物種への二次的な影響が無視できるほど小

さいものであると暗にデータに付されていた条件に着目し、この条件を変更した場合を考える課題としている。上述の様な条件が暗に存在していることを看過するために、覚えておく必要がある内部知識として、「自然界の生物は互いに捕食者・被食者であり、それぞれの生物は食物網でつながっている事」や、「生物種によって生活する領域(ニッチ)が異なる事」等を挙げている。そして、それらの内部知識を活用しながら、「具体的に捕食・被食関係にある生物種は何であるのか」、「どの程度の個体数を捕食しうるのか」、そして「どこにどのような生物がすんでいるのか」については、インターネットや本などを用いて調べれば十分な知識(以下、必ずしも覚える必要がない知識のことを外部知識と呼ぶ)であることを指導している。以上が、小型風力発電における代替案発想過程で政策の理解の一環として行う活動である。

続いて、小型風力発電の合理的判断過程では、「野鳥数の減少による他の生物種への二次的な影響が無視できるほど小さい」という条件が不適切であると仮定し、再評価を行わせる。上記の条件を変更した場合の影響を評価するため、小型風車の設置場所や、高さ、鳥の種類、被食者や捕食者の関係等を探るという改善方針を立てさせた。

## 5. 教材を用いた授業実践

東京工業大学附属科学技術高等学校情報システム科2年生の生徒37人を対象に作成した教材を使用した授業実践を行った。50分間の授業は導入(5分)、教材を用いた個別学習(35分)、ふり返しシート記入(10分)の流れで行った。

導入では本時の学習の目的の共有と教材の進め方の説明を行った。生徒には教材を使用した学習を通して、①問題解決の枠組みを再確認すること、②SDGsの考え方に触れることの2点は全員が達成すべき必達課題であると伝達した。また、③次年度以降に行う課題研究のテーマ設定の参考とすることも達成できるとなおよとした。既に述べたように、縦糸・横糸モデルを基本とする問題解決の枠組みは、1年次に『グローバル社会と技術』の授業内で既習である。しかし、学習から1年以上が経過しており忘れていた生徒が大半であると考えられるため①をねらいとした。また、課題研究の際にSDGs的な思考を念頭に置いた解決案の提案をできるように、②③のねらいを提示している。

教材を用いた実践では、生徒ごとの活動をログとして記録している。教材は図1のとおり、①目標設定過程、②代替案発想過程、③合理的判断過程、④ふり返

り、⑤代替案発想過程、⑥合理的判断過程、⑦最適解導出過程で構成されている。37名の生徒のうち、③合理的判断過程まで通過した生徒が21名、③合理的判断過程まで通過していない生徒が9名、縦糸・横糸モデルに即して問題解決を行わなかった生徒が7名であった。特に、合理的判断過程まで通過した生徒が21名の内、⑦最適解導出過程まですべての学習を終えた生徒が5名だった。

ふり返しシートには本時の学習および今までの授業をふり返って、(1)市民・消費者として我々が適切な判断をするために学び考える必要があること、(2)科学技術者としてデータの分析・提示をする際に気を付けるべきこと、(3)問題解決について本教材から学んだことを記述させた。

(1)の項目については、行政や企業はデータや情報を特殊化し、良い側面だけを見せている場合があることに留意し、提示されている主張の根拠や、隠されたデメリット・条件を考える必要があるという回答が挙げられた。③合理的判断過程まで終了した生徒では内部知識が必要であるとの記述が4件見られた。インターネット等を通じて情報(外部知識)収集は容易になっているが、正しい情報を得るための基礎としての内部知識や、それらの知識の収集・処理を促す数学的/科学的な見方・考えが必要になる。生徒らの回答からは本教材が外部知識と内部知識の位置づけの理解と、各教科の授業で内部知識を学習する意義の理解につながったことが分かる。また、そのほかに多数寄せられた回答としては、データは特殊化し、見せ方により印象が異なることに着目し、科学的に正しいデータの収集や処理が行われているかを判断する必要があるというものがあつた。

(2)の項目については、専門的な内容で誤魔化さず、誰でも理解できるような表現にすること、良い点だけでなく悪い点も公平に示すことが挙げられた。これらは本教材を通じて特定の主張のための情報の特殊化が市民の判断に必要な、政策の不都合な側面を隠してしまう場合があるということに気づいた結果であると考えられる。また、「参考文献や元のデータを明示すること」「データを改ざんしないこと」「不都合なデータを隠さない」といった科学者としての倫理に関わる記述が多くみられた。これらは日常的な附属高校での指導の結果が現れたものであると考えられる。

(3)の項目については、本時に扱ったゲーム盤や以前の近藤先生の授業で扱ってきた縦糸・横糸モデルの考え方を学んだという記述が複数見られた。問題解決の枠組みが問題の発見、適切な情報の収集、処理を促すことや、企業や政府により提示された情報はよい面しか示されない場合があり、多面的に問題を考えること

の重要性を学んだとの記述もあった。

ふり返しシートの記述から、本教材を用いた実践により問題解決の枠組みと必要な数学的/科学的な見方・考え方を習得した生徒がいることがわかった。一方で、ふり返しシートのコメントとログを比較すると、後半の知識の転移の過程まで進まなかった生徒ではコメントが表面的なテーマや枠組みの概観に終始しているケースが少なくなかった。

6. 教材の改善方針

次に、教材の改善方針を探るためログの分析を行った。本教材は図8の③までを学習し、与えられたデータ等に対し批判的検討を行えるようになることに主眼がある。一方で、前述の通り、図中の③まで進められなかった生徒は37名中9名と多い。

表1にログの結果を示す。また、表2にそれぞれ平均値及び、標準偏差を示す。

加えて、平均値±標準偏差の範囲に収まる値か否かに着目し、合理的判断過程まで教材を終えられない生徒を表3の3つのタイプに分類した。

ただし、通し番号30番の生徒については、ふり返しシート内で意欲の低下により教材を途中で中断したとの記述があったため、(ア)に分類した。

教材の改善方針として、表3(ア)については、生徒は教材の導入部分で躓いて意欲を保てていない事から、動機づけの工夫が必要であると考えられる。本教材を学習することでどのような点で将来役に立つかを説明することで、意欲の向上を図ることが可能であろう。また、本教材の導入となるような初級編を作成して実施させ、生徒に成功体験を積ませるのもよいかもしれない。

表3(イ)については、問題ごとに時間制限や時間の目安を表示することで、解決が可能だろう。また、教材中に「現在目標設定過程12ページ/25ページ」といった進行の度合いを示すことも重要だろう。

表3(ウ)については、誤答や回答数が平均的な生徒

表1 ログの整理

合理的判断過程を通過した生徒			合理的判断過程を通過していない生徒			順番通りに過程を進めなかった生徒					
通し番号	回答数	正答率	通し番号	回答数	正答率	通し番号	回答数	正答率			
1	▲157	▼.408	12	93	▲.753	22	61	.607	31	95	▼.411
2	▲149	▼.389	13	89	.652	23	61	.623	32	80	.713
3	▲135	▼.452	14	88	.648	24	59	.610	33	74	.500
4	▲127	▼.441	15	82	.488	25	55	.655	34	64	.656
5	▲121	.628	16	81	.716	26	50	.660	35	59	.559
6	▲118	.636	17	80	.538	27	▼42	.667	36	58	.724
7	113	.566	18	70	.829	28	▼40	.675	37	▼47	.532
8	105	.562	19	70	.643	29	▼36	▲.778	-	-	-
9	101	.515	20	70	.586	30	▼8	▲1.00	-	-	-
10	101	.703	21	65	.708	-	-	-	-	-	-
11	95	▼.474	-	-	-	-	-	-	-	-	-

※▲はその値が平均値+標準偏差以上の値であることを示す

※▼はその値が平均値-標準偏差以下の値であることを示す

※合理的判断過程まで通過した生徒とは、合理的判断過程で図12に示したような特殊化に関する問題を解いた生徒を指す。そのため、必ずしも合理的判断過程の全ての問題を解いているとは限らない。

表2 平均値及び標準偏差

分類	M	SD
回答数	81.1	32.5
正答率	.614	.127

表3 生徒のタイプの分類

生徒のタイプ	特徴	人数(人)	対応する通し番号
(ア)意欲が保てない	正答率は平均的で、回答数が低い	3	27,28,30
(イ)丁寧に教材進めている	正答率は高く、回答数が低い	1	29
(ウ)平均的な進度	上記のア～イいずれのタイプにも含まれず、両項目が平均的	5	22,23,24,25,26

であっても合理的判断過程まで終えられていない現状を鑑みると、教材の設計上の問題数が過多であったと言える。今後の教材開発では、実施時間35分の環境下では必ず解いてほしいと考えるパートの問題数は精々35問程度が上限とすべきものと考えられる。

本ゲーミング教材は、生徒自身の理解度や進度に合わせた進行ができるという良さの反面、生徒ごとの進度に差ができてしまうことは当然ともいえる。本教材実施前に縦糸・横糸モデルやそれに関連する知識の理解度の差を埋める授業を実施すること、時間内に終了できない場合は宿題とすることなども対応として検討すべきであろう。

また、出題方法については、既に、解答が難しいと考えられる問題については間違いに応じたFBを用意しているため、今後は新たに誤答の回数に応じて異なるFBを与える等の対策が必要だと考えられる。加えて、行き詰まっている生徒にメモを取るよう指示すると正答できるようになっていたことから、教材の最初に「必要に応じてメモをとって進めなさい」といった指示を示すことも改善案として考えられる。

## 7. 教材作成を通じた考察

本教材は全体を通して、問題解決の枠組みを基本とした構成となっている。しかし授業内で問題解決の枠組みを扱ったのは1年次の『グローバル社会と技術』以来であった。本教材で主眼としている政策の批判的な評価に時間をかけて取り組ませるには、他の教科でも問題解決の枠組みに沿った特別活動を日頃より実施しておき、問題解決の枠組みを定着させておく必要があるだろう。

主に生物分野の知識を用いた教材の開発を行う中で、探究活動以外の通常の授業で「比較する」力と要素の違いの意味を身に付けさせておく必要性を感じた。生物の教科書や授業は(生物用語A)とは(性質B)のことであるというような用語とその性質や説明を暗記するものも多い。しかし、問題解決の枠組みでいえばこれらは外部知識に当たる。必要なのは、(性質B)と(性質B')の違いを比較する方法やそれが異なることによる影響であるだろう。具体例でいえば、針葉樹林はモミ・カラマツ・トウヒなどを主体とし、平均気温-3℃から10℃で年降水量500～1000 mmの地域に広がるバイオームである、という知識は外部知識として仕入れることが可能である。一方生物の授業で内部知識として学習させるべきなのは、針葉樹林と広葉樹林では土壌や日照、生態系ピラミッドの階層といった要素の違いが生じること、その要素の違いが水害等の自然災害や、

生態系サービスの質に影響を与えることなどではないか。現状では、このような身に付けておくべき知識や要素は生物、理科全体では整理されておらず、これらを体系化していくことは今後の課題ともいえるだろう。

また、物体の運動や、反応による結果を予測するという目的からスタートすることの多い物理や化学に対して高校生物は物事を説明するための語彙を増やすという次元で止まっていることが多い。生物においても授業で取り扱う内部知識を厳選し、「神経疾患に効く薬を開発するには」「農薬を使わず害虫を減らすには」「光合成効率の高い植物をつくるには」「石油に代わるエネルギー源として何を用いるべきか」といった社会と関わりのある課題を設定し、その解決のために生徒自身で外部知識を取り入れながら学びを進めていくことも必要ではないかと考えている。

## 8. まとめ

本稿では、高校生向けの「探究活動」用ゲーミング教材を開発し、実際に生徒対象の実践を行い、その結果を報告した。

教材のログとワークシートを分析することにより、本教材が問題解決の枠組みと数学的/科学的な見方・考え方の理解につながることを確認した。また、実践・分析を通して教材設計の改善方針の提案を行った。

今後も政策評価等を行う理科「探究活動」用の教材開発を通じ、教材設計の改善を行う必要があるだろう。その際、必ずしも理科を専門としない生徒であっても身に付けておくべき知識や、見方・考え方とは何かといった視点で知識や要素を整理していくことが望まれる。

## 謝 辞

本研究を進めるに当たり、ご指導、助言をくださった松田稔樹教授に感謝申し上げます。

## 参考文献

- 浅野智亮, 松田稔樹(2021) 新・逆向き設計に基づく理科「探究活動」用教材の開発, 日本教育工学会研究会報告集, JSET21-4, 196-203
- 松田稔樹(2017) 「縦糸・横糸モデル」を基盤とするインフォームドな指導を行うゲーミング教材の提案とその開発支援, シミュレーション&ゲーミング, 27(2), 49-60
- 松田稔樹, 野本文彦(2021) 総合から各教科への逆向き設計を促す教師教育用仮想授業ゲームの設計フレームワークの検討と実践, Informatio, 18, 19-30



- 松田・萩生田ほか編(2021) 問題解決のためのデータサイエンス入門, 実教, 44
- 玉田和恵, 松田稔樹(2004) 「3種の知識」による情報モラル指導法の開発, 日本教育工学雑誌, 28(2), 79-88