

これからの日本のエネルギー政策を考察する中学校技術・家庭科技術分野の授業実践と評価 ーカーボンニュートラルや新しい発電技術を評価・活用する観点の育成を目指してー

生活創造系教育サブプログラム

関 綸太郎

【指導教員】 山本 利一 浅田 茂裕 井上 一道

【キーワード】 エネルギー教育 カarbonニュートラル 再生可能エネルギー 技術教育 授業実践

1. 緒言

近年、新型コロナウイルスの世界的な流行に加えて、いくつもの国や地域間において軍事侵攻や軍事衝突が起きており、国際情勢は不安定な状態となっている。また、地球温暖化の進行を抑えるための取り組みも加速している。このことから、エネルギー安全保障と脱炭素化の両立が迫られている¹⁾。

気候変動対策について、2015年11月に行われた国連気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)では、パリ協定の合意によって「世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保ち、1.5℃に抑える努力をする」とし、そのために世界の温室効果ガス排出量の増加をできるだけ早く減少に転じさせ「21世紀後半には、温室効果ガス排出量と(森林などによる)吸収量のバランスをとる」ことを長期目標として掲げていた²⁾。しかし、これらの目標の達成にはさらなる対策を行う必要があることから、2022年11月に行われた国連気候変動枠組条約第27回締約国会議(COP27)では、シャルム・エル・シェイク実施計画が決定され、グラスゴー気候合意に引き続き排出削減対策が講じられていない石炭火力発電の遮減等の努力を加速することを求められている³⁾。

このような国際的な気候変動対策の動向に沿うように、日本においても2020年10月に2050年カーボンニュートラルの達成を掲げ、再生可能エネルギーの導入拡大を推進している⁴⁾。しかし、日本の2021年のエネルギー自給率は13.3%と先進国の中で低水準であり、化石エネルギー依存度は83.2%と先進国の中で高水準となっている⁵⁾ことから、日本の1次エネルギー供給は、国際情勢や気候変動対策の動向に影響されやすいという潜在的なリスクが高いことが推察される。

以上の国際的な動向と国内の現状を踏まえて、日本は、2021年10月に第6次エネルギー基本計画を閣議決定し、2050年カーボンニュートラルの達成を目指して目標を立て様々な取り組みを進めている。ここでは、学校教育におけるエネルギー教育の重要性について示しており、エネルギーに関する基礎的な知識を教育プログラムの一環として取り上げることは重要であるとし、理科や社会科、技術・家庭科などの様々な教科を横断し「じぶんごと」として向き合うことができるテーマであるとしている⁶⁾。

このことから、学校教育において、現在の日本のエネルギ

ー事情を科学的に理解し今後必要とされるエネルギー政策やカーボンニュートラルに関する認識を高める指導が求められている。

カーボンニュートラルについては、様々な教科での学習が展開されている。

例えば、小学校社会科第4学年の内容(2)「人々の健康や生活環境を支える事業の中で、電気などの安全で安定的な供給に関する知識などを身に付ける」で指導が示されている⁷⁾。ここでは、カーボンニュートラルの達成に向けた再生可能エネルギーの活用と課題点を経済面や安全面から考察する指導が展開されている。例えば、暮らしと電気の関わりについて話し合い、発電・送電の仕組みについて学習し、再生可能エネルギーの調べ学習を行う授業が想定される⁸⁾。

また、小学校理科第6学年の内容A(4)「発電などの電気の変換に関する知識などを身に付ける」指導が示されている⁹⁾。これについては、様々な再生可能エネルギーの発電の仕組みを理解するとともに、環境問題やカーボンニュートラルの達成に向けた取り組みが学習されている。例えば、手回し発電機でプロペラを動かすような体験的な学習の中で、水力発電や風力発電などの再生可能エネルギーについても調べ学習を行い理解を深める授業が想定される¹⁰⁾。

さらに、中学校社会地理分野の内容C(2)ア(ウ)「日本のエネルギー利用の現状やエネルギー問題に関する知識などを身に付ける」指導が示されている¹¹⁾。これについては、カーボンニュートラルの実現の背景にある、日本のエネルギー問題や解決するうえでの課題について学習が展開されている。例えば、日本はエネルギーの多くを輸入に頼っている問題や環境問題の解決に向けて再生可能エネルギーを利用する取り組みについて話し合う授業が想定される¹²⁾。

そして、中学校理科第1分野の内容(7)イ「自然環境の保全と科学技術の利用のあり方について、科学的に考察して判断することができる」指導が示されている¹³⁾。ここでは、これからのエネルギー利用を考えるうえで、自然環境や安全性などへの配慮を意識しつつ科学的に思考、判断する学習につながっている。例えば、今後のエネルギー資源について、省エネルギーや燃料の枯渇、再生可能エネルギーや送電網の発達による電力の融通などの学習から、これからのエネルギー資源の利用を考察する授業が想定されている¹⁴⁾。

これら小学校、中学校における理科、社会科などでの学習は、それぞれの教科の目的を達成するために、カーボンニュ

ートラルを題材に見方・考え方を働かせた授業が展開されている。また、エネルギー教育に関しては、技術分野のCエネルギー変換の技術(3)イにおいて「技術を評価し、適切な選択と管理・運用のあり方や、新たな発想に基づく改良と応用について考えること」¹⁵⁾が示されており、技術分野においてもカーボンニュートラルが題材として上げられている。

そこで技術教育の先行研究を調査すると、谷口ら(2023)¹⁶⁾は、技術分野と他教科(理科や社会など)でのエネルギー問題を関連させながら、技術的な課題解決を試みる授業を提案している。2050年のカーボンニュートラルを見据えてエネルギーのベストミックスを考えることを目標に、それぞれの発電方式の基本情報をもとに、2030年の発電方法ベスト3を考察する授業を提案している。しかし、発電に関する基本情報は技術の進化などで大きく変化するもので、それらについては今後の課題としている。

また、栗田(2023)¹⁷⁾は、エネルギーのベストミックスを考える活動を軸とした授業実践を報告している。生徒は自分の考えを整理し、見落としていた視点に気づき、解決策の考えを深めることができるとしている。課題として掲示資料の充実を挙げており、発電に関して適切な評価を行うためには電力供給に関する多くの知識が必要になることから、生徒が正しい認識を持てるように資料の精選と充実を図っていくとしている。

さらに、小熊ら(2020)¹⁸⁾は、海洋エネルギーの内容を取り入れたオンライン教材を開発し、授業実践として提案している。開発した教材は、発電の仕組み、化石燃料等による発電、再生可能エネルギーによる発電、再生可能エネルギーによる発電Ⅱ、これからのエネルギー利用の内容で構成されており、肯定的な評価を得ている。課題として、動画教材などを用いた学習の改善やグループ学習に向けた資料整理などを挙げている。

これらの実践は、これからの日本の発電のあり方についてエネルギーミックスの観点で環境問題や資源の確保を考察するもので、有益な提案であるもののカーボンニュートラルを十分理解させる指導内容にまでは至っていない。

これらを踏まえて本研究の目的を、中学校技術・家庭科(技術分野)「C エネルギー変換の技術」において、カーボンニュートラルを題材として、エネルギー問題に関する興味・関心を持たせるとともに、日本の発電のあり方を多様な観点から考察する指導内容を検討し、授業実践を通してその効果を検証することとした。

2. 授業実践

2. 1. 授業実践の概要

授業実践は、2023年11月～12月にかけて、国立A大学附属中学校第2学年137名、および公立B中学校第2学年39名を対象に1校時時間で行った。対象の生徒は、技術分野のC(1)、C(2)において、動力の伝達や変換、再生可能エネルギーを含む各種発電の仕組みに関する学習を履修済みである。

2. 2. 本時の目標

本時の目標は、「日本のエネルギー事情を理解し、日本のエネルギー政策を踏まえて、カーボンニュートラルの観点などから日本に適した発電のあり方を考察する」と定めた。

2. 3. 指導過程および学習内容

本時の指導過程および活用教材を表1に、授業で用いたワークシートの発問を表2に示す。

本時は、導入「日本のエネルギー問題の確認」として①現在の国際情勢や国際問題の確認、②日本のエネルギー事情の確認、③これからのエネルギー利用の考察、④これから進めていくべき発電の考察、を行った。

展開1「発電の組み合わせを考える観点の学習」として⑤発電のメリット・デメリットの整理、⑥カーボンニュートラルの学習、⑦S+3Eの学習、⑧電源構成(ベースロード電源・ミドル電源・ピーク電源)の学習、⑨発電割合の理解を深める学習、⑩エネルギーミックスの学習、を行った。

展開2「新しい発電技術の学習とこれからの発電の考察」として⑪2030年度の電源構成目標の確認、⑫日本の国土に適した発電の学習、⑬発電のあり方の提言書の作成、を行った。

表1 指導過程(学習内容および活動)と活用教材

指導過程(学習内容および活動)	活用教材	資料	発問番号
導入「日本のエネルギー問題の確認」			
①現在の国際情勢や国際問題の確認	動画教材	図1	
②日本のエネルギー事情の確認	説明資料	図2	Q1,2
③これからのエネルギー利用の考察			Q3
④これから進めていくべき発電の考察			
展開1「発電の組み合わせを考える観点の学習」			
⑤発電のメリット・デメリットの整理		説明資料	
⑥カーボンニュートラルの学習	動画教材	図3,4	
⑦S+3Eの学習	説明資料	図5	
⑧電源構成の学習	説明資料	図6	
⑨発電割合の理解を深める学習	説明資料	図7	
⑩エネルギーミックスの学習	説明資料		
展開2「新しい発電技術の学習とこれからの発電の考察」			
⑪2030年度の電源構成目標の確認	説明資料		
⑫日本の国土に適した発電の学習	説明資料	図8	
⑬発電のあり方の提言書の作成			Q4
まとめ			
⑭学習の振り返りとまとめ	説明資料		

表2 ワークシートの発問

No.	発問の内容
Q1	日本のエネルギー自給率ほどの程度だと思いませんか
Q2	日本における発電の割合(電源構成)を書いてください
Q3	これからの発電構成はどのようにすべきだと思いますか
Q4	これまでの学習をもとに発電のあり方の提言を書いてください

まとめとして⑭学習の振り返りとまとめを行った。

①現在の国際情勢や国際問題の確認では、近年の国際問題として様々な国や地域における軍事衝突や新型コロナウイルス(COVID-19)の世界的な流行、地球温暖化の急速な進行に伴う異常気象などにより大規模な災害などが起こっていることに対して、生徒に当事者意識を持ってもらうため、実際のニュース映像を動画教材として確認した¹⁹⁾。近年の地球温暖化対策や軍事衝突などによって日本のエネルギー問題が顕在化しているという気づきを生徒に与え、本時は日本のエネルギー問題に焦点をあてて学習することとした。

②日本のエネルギー事情の確認では、エネルギー自給率や二酸化炭素排出量、電源構成などの確認を行った。最初に現在の日本のエネルギー自給率が何パーセントだと思うかをワークシート(Q1 エネルギー自給率の予想)に記入させた。

また、日本の二酸化炭素排出量²⁰⁾の資料を用いて、発電からの排出が1番多いことを確認し、現在の日本の電源構成について生徒の認識をワークシート(Q2 日本の電源構成の予想)で集計した。

③これからのエネルギー利用の考察では、これからの日本の発電のあり方として具体的にどのような取り組みが必要であるかをワークシート(Q3 これからの取り組みの考察)に記入させた。

④これから進めていくべき発電の考察では、今後どのような発電方法を進めると良いか考察し、これからの発電のあり方を考察するうえで様々な見方・考え方があつたことを確認した。

ここまでの生徒の考えを踏まえて、⑤発電のメリット・デメリットの整理では、既習の発電について簡潔に復習し、様々な観点から火力発電(石炭、石油、天然ガス)、原子力発電、水力発電、風力発電のメリットとデメリットを整理した。特に、二酸化炭素排出量に着目してその割合を比較した。

⑥カーボンニュートラルの学習では、動画教材を活用してカーボンニュートラルの基本事項を学習した²¹⁾。動画の内容は、“カーボンニュートラルが二酸化炭素排出量をゼロにすることではなく、排出量と回収量を差し引きすることで全体の排出量をゼロにすることであること”、“その実現には省エネルギーや脱炭素化技術の利用が必要であること”、“革新的なエネルギーや環境技術の導入が必要であること”などである。また、図1に示す説明資料²²⁾を用いて、カーボンニュートラルの達成には、二酸化炭素排出量の大幅な削減と削減しきれず排出された二酸化炭素の回収が必要であることを再確認した。

⑦S+3Eの学習では、図2の説明資料を用いて、これからの発電は安全性(Safety)を大前提に、自給率(Energy Security)、経済効率性(Economic Efficiency)、環境適合(Environment)を同時に達成する必要があることを学習した。原子力発電所の事故による被害は広範囲かつ長期間なものになることや、家の屋根などに取り付けられている太陽光パネルに

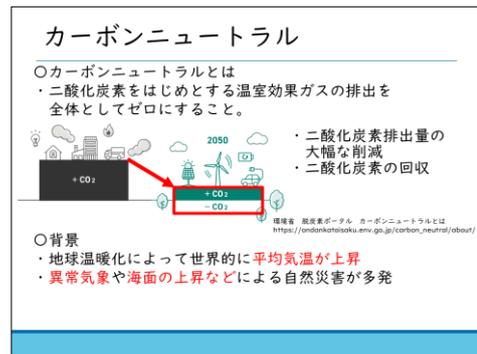


図1 カーボンニュートラルの説明資料



図2 S+3Eの説明資料

は有害物質が含まれている可能性があることなどを学習した。ここでは、社会科や理科で学習済みの電力の安全で安定な供給に関する知識やエネルギー自給率と輸入コストに関する知識、再生可能エネルギーに関する知識などを総合的に活用する大切さに気づかせた。

⑧電源構成の学習では、1日の生活と電力需要の変動を考え、その変動に合わせて発電を行うことで安定的に電力供給ができることを確認した。そのために電源構成として、一定量安定して発電し続ける発電(ベースロード電源)、発電量を調整しやすい発電(ミドル電源)、必要に応じた発電ができる発電(ピーク電源)の両立が必要であることを、図6を用いて学習した²³⁾。

生徒は、1日に必要な電力量の変化を確認し、対応する電源構成があることに初めて気づいた様子だった。

⑨発電割合の理解を深める学習では、東日本大震災を境に原子力発電所の割合が減り、火力発電の割合が増加したことを確認した²⁴⁾。また、情報産業の進展などによって消費電力量の増加が見込まれていることを確認した²⁵⁾。さらに、電源構成における再生可能エネルギーの割合の微増も確認した。

以上、学習のまとめとして⑩エネルギーミックスの学習では、展開1で学習した様々な発電の観点を踏まえて、メリットを最大限に生かしてデメリットを最小限にする発電の組み合わせであるエネルギーミックスが大切であることを学習した。

ここでは、様々な発電を地理的な条件や産業の発展を考慮しつつ、安定的な電力供給をもとに電源構成の適切な組み合わせを考察することの大切さを学習した。

⑩2030年度の電源構成目標の確認では、第6次エネルギー基本計画の2030年における再生可能エネルギーの導入目標が36～38%に引き上げられていることを取り上げ、これまで以上に再生可能エネルギーの発電割合を向上させていくための取り組みを加速させる必要があることを再確認した。

次に、再生可能エネルギーの発電割合の向上に向けて研究・開発が進められている新しい発電を取り上げ、⑫日本の国土に適した発電の学習を行った。ここでは地熱発電と海洋エネルギーによる発電を紹介した。海洋エネルギーに関しては、現在様々なメディアで取り上げられるようになった洋上風力発電に加え、波力発電、潮流発電、海流発電、海洋温度差発電を取り上げ、それぞれの発電の仕組みやメリット・デメリットの学習を行った。図3に説明資料²⁶⁾の一例を示す。

洋上風力発電²⁷⁾の学習では、陸上の風力発電と同様に海底から立っている着床式と、海上に浮かんでいる浮体式の2つがあることを学習した。発電のメリットとしては、広大な発電に適した場所を確保できることや洋上の風は陸上と比較して安定して吹いていることなどが挙げられる一方で、課題としては、漁業などへの影響などを配慮した促進区域の適切な設定が必要であることを学習した。

波力発電²⁸⁾の学習では、波は枯渇することがなく空気よりも重いことから面積当たりのエネルギーが大きいことを学習した。発電のメリットとしては、日照時間や風の有無に左右されないことなどが挙げられる一方で、課題としては、台風や津波などの自然災害や付着物などに対する対策が必要であることを学習した。

海流発電・潮流発電の学習では、風力発電が空気の流れ(風)を利用して発電するのに対して、海水の流れを利用した発電であることを学習した。

海洋温度差発電²⁹⁾の学習では、表層水と深層水で水温が異なることを利用して行う発電であることを学習した。発電のメリットとしては、昼夜に関わらず安定した発電ができることや設備利用率が年間80%以上と高いことなどが挙げられる一方で、課題としては、発電に適した地域が黒潮流域や沖縄と同緯度帯の地域に限られていることなどが挙げられることを学習した。

最後に⑬発電のあり方の提言書の作成(Q4 提言書の作成)を行った。端末を利用して提言書の作成に必要な情報の探

究・整理を行った。また、グループ活動の時間を設定し、生徒同士の情報共有や議論を促し、深い考察ができるよう配慮した。

2. 4. 生徒の反応と考察

授業の展開に合わせてFormsを活用したワークシートを用いて生徒の認識や考察をリアルタイムで確認した。ワークシートの回答を表3に示す。

Q1「エネルギー自給率の予想」の生徒の回答は、0～9%：34人(19.8%)、10～19%：61人(35.5%)、20～29%：26人(15.1%)、30～39%：20人(11.6%)、40～49%：14人(8.1%)、50%～：17人(9.9%)であり、平均は22.5%であった。2021年の日本のエネルギー自給率は13.3%と先進国の中で低いことを確認し、国内で使われるエネルギーは予想以上に海外からの輸入に頼っているという実態が確認された。

Q2「日本の電源構成の予想」の生徒の回答は、火力発電：51.9%、原子力発電：8.1%、太陽光発電：7.4%、水力発電：10.8%、風力発電：5.7%、地熱発電：5.0%、海洋エネルギーによる発電：6.3%、その他の発電：4.8%、であった。この結果を生徒と共有し、2021年現在の電源構成³⁰⁾を確認すると

表3 ワークシートの回答

No.	発問の内容	生徒の回答(自由記述は一部抜粋)					
Q1	エネルギー自給率の予想	0～9%	10～19%	20～29%	30～39%	40～49%	50～%
		34(19.8%)	61(35.5%)	26(15.1%)	20(11.6%)	14(8.1%)	17(9.9%)
		平均=22.5% ※2021年自給率：13.3% 差：9.2%					
Q2	日本の電源構成の予想	発電の種類	生徒の回答	2021年	差		
		火力発電	51.9%	72.9%	- 21.0%		
		原子力発電	8.1%	6.9%	1.2%		
		太陽光発電	7.4%	8.3%	- 0.9%		
		水力発電	10.8%	7.5%	3.3%		
		風力発電	5.7%	0.9%	4.8%		
		地熱発電	5.0%	0.3%	4.7%		
		海洋エネルギーによる発電	6.3%	0.0%	6.3%		
		その他の発電	4.8%	3.2%	1.6%		
Q3	これからの取り組みの考察	生徒の記述例	件数(割合)				
		再生可能エネルギーの導入や改善	86(50.0%)				
		火力発電の抑制や脱却に関する記述	30(17.4%)				
		原子力発電に関する記述	18(10.5%)				
		再稼働や増設に関する記述	12(7.0%)				
		低減や廃止に関する記述	6(3.5%)				
Q4	提言書の作成	生徒の記述例	件数(割合)				
		カーボンニュートラルに向けた発電	79(81.4%)				
		安定した発電	60(61.9%)				
		安全な発電	37(38.1%)				
		日本に適した発電	33(34.0%)				



図3 海洋エネルギーに関する説明資料の一例

ともに、生徒の回答が2021年の電力構成と比較して、火力発電：-21.0%、原子力発電：+1.2%、太陽光発電：-0.9%、水力発電：+3.3%、風力発電：+4.8%、地熱発電：+4.7%、海洋エネルギーによる発電：+6.3%、その他の発電：+1.6%、であったことを知らせ、再生可能エネルギーの割合が少ない事実を確認した。

Q3「これからの取り組みの考察」の生徒の回答は、再生可能エネルギーの積極的な導入や改善に関する記述：86件(50.0%)、火力発電の利用の抑制や脱却に関する記述：30件(17.4%)などが確認された。また、原子力発電に関する記述：18件(10.5%)のうち12件(7.0%)が再稼働や増設に関する記述、6件(3.5%)が低減や廃止に関する記述であった。

このことから、二酸化炭素を多く排出する火力発電からの脱却を図るためには再生可能エネルギーの積極的な利用や導入が必要であると考えている一方で、具体的な発電を取り上げた対策までは考えが至っていないことが確認された。

Q4「提言書の作成」は、著者らが協議のもと、「カーボンニュートラルに向けた発電」、「安全な発電」、「安定した発電」、「日本に適した発電」の4つの観点で分類、整理した。

「カーボンニュートラルに向けた発電」を意識した提言は79件(81.4%)見られ、例えば「バイオマス発電は、二酸化炭素を排出するが、これは木が空気中から取り込んだ炭素に由来するものであり、カーボンニュートラルが実現し得る発電方法である。」、「カーボンニュートラルを実現するためには、火力発電の割合を減らして二酸化炭素の発生を抑制することが大切だ」などとして、バイオマス発電の増設や火力発電の削減を提言する意見が多数確認された。

「安定した発電」を意識した提言は60件(61.9%)見られ、例えば「ダムの新設は難しいが、河川のほかに農業用水や上下水道を利用した中小水力発電を増設していく」、「発電量の大きい原子力発電の再稼働も必要である」、「石炭火力発電の二酸化炭素排出量を減らす技術が発展してほしい」など、生活に不可欠な電力を安定的に確保することの大切さを指摘する意見が確認された。

「安全な発電」を意識した提言は37件(38.1%)見られ、例えば「原子力発電は、発電時に二酸化炭素を発生させないメリットがある一方で、事故の際には被害が大きいものになってしまう」として、原子力発電の削減を提言していた。

「日本に適した発電」を意識した提言は33件(34.0%)見られ、例えば「潮流発電は、発電量の予測ができて天候にも左右されない」、「環境に配慮しながら地熱発電を増設することが望ましい」、「海洋エネルギーの利用を促進する政策が必要だ」など、授業で学習した発電技術の発展、国の政策などを求める意見が確認された。

これらの生徒の提言書には、学習した内容を踏まえ、複数の観点から、発電のあり方を考察していた様子が確認された。

3. 調査結果と考察

3. 1. 調査方法および調査項目

実践における学習効果を測定するために、事前調査、事後調査を行った。さらに授業中の発問(ワークシート)に対する回答も著者らで分類・整理して分析した。表4に事前調査項目および簡略表記を、表5に事後調査項目および簡略表記を示す。

事前調査は、事前調査1「国際問題の認知」は記述式、事前調査2「エネルギー問題への興味・関心」は4件法、事前調査3「取り組む主体」、事前調査4「割合を高めるべき発電：上位3つ」は多肢選択式で回答を求めた。

事後調査は、事後調査1「エネルギー問題への興味・関心」、事後調査2「当事者意識」、事後調査5「カーボンニュートラルの理解」は4件法、事後調査3「割合を高めるべき発電：上位3つ」、事後調査4「割合を下げるべき発電：上位2つ」は多肢選択式、事後調査6「授業の感想」は記述式で回答を求めた。

事前調査・事後調査のうち、4件法は、「はい」を4点、「どちらかと言えばはい」を3点、「どちらかと言えばいいえ」を2点、「いいえ」を1点と得点化し、平均と標準偏差を求めた。また、事前・事後の調査項目で同様とみなせるものについては、t検定で有意差を確認するとともに効果量(事前・事後の差の95%信頼区間)を求めた。さらに、自由記述で尋ねた調査項目は、著者らで分類・整理した。

表4 事前調査項目

No.	調査項目	()簡略表記	【 】回答方法
1.	あなたが知っている国際的な問題について書いてください。		(国際問題の認知)【自由記述】
2.	エネルギー問題に興味・関心はありますか。		(エネルギー問題への興味・関心)【4件法】
3.	エネルギー問題は主に誰が取り組むべきだと思いますか。		(取り組む主体)【多肢選択式】
4.	今後、どの発電の割合を高めるべきだと思いますか。		(割合を高めるべき発電：上位3つ)【多肢選択式】

表5 事後調査項目

No.	調査項目	()簡略表記	【 】回答方法
1.	エネルギー問題に興味・関心はありますか。		(エネルギー問題への興味・関心)【4件法】
2.	自分たちは、日本のエネルギー問題に関わる必要があると思いますか。		(当事者意識)【4件法】
3.	今後、どの発電の割合を高めるべきだと思いますか。		(割合を高めるべき発電：上位3つ)【多肢選択式】
4.	今後、どの発電の割合を低くするべきだと思いますか。		(割合を下げるべき発電：上位2つ)【多肢選択式】
5.	授業内容(カーボンニュートラル)の理解できましたか。		(カーボンニュートラルの理解)【4件法】
6.	授業を受けて思ったことや感想を書いてください。		(授業の感想)【自由記述】

3. 2. 事前調査の結果

事前調査結果を表6に示す。

事前調査1「国際問題の認知」の回答について、「地球温暖化や異常気象」に関する記述が122件(70.5%)と最も多く、次に、様々な国や地域同士の「戦争や紛争などの軍事衝突」に関する記述が90件(52.0%)、「食糧や飢餓の問題」に関する記述が40件(23.1%)、新型コロナウイルスなどの「感染症の蔓延」に関する記述が36件(20.8%)など、様々な問題が確認された。また、少数ではあるが「エネルギー問題」に関する記述が19件(11.0%)確認された。

これらは様々なメディアで報じられている内容であり、生徒は地球温暖化や軍事衝突に関する問題が大きな課題であると認識していることが確認された。

事前調査2「エネルギー問題への興味・関心」の回答について、生徒の回答平均は2.38、標準偏差0.88、という値を示した。平均値は中間的な値を示し、標準偏差が大きいことから、エネルギー問題に関する興味・関心は個人差がある実態が確認された。

事前調査3「取り組む主体」の回答について、生徒は、日本の発電のあり方は国や自治体などが考えて決めていくものであると捉えていることが推察された。また、自分で取り組むとした生徒も、太陽光パネルの設置や節電などと政府や自治体が進めているエネルギー政策の実践に寄った回答が多く見られた。これらのことから、自分たちで発電のあり方を考えていくといった関わり方に関する意識は少ないと推察された。

事前調査4「割合を高めるべき発電：上位3つ」の回答については、優先度の高い発電から順に3点、2点、1点と点数化し、発電ごとに集計を行った。結果は点数の高い発電から順に、太陽光発電：235点、水力発電：170点、地熱発電：158点、原子力発電：116点となった。このことから、太陽光発電や水力発電、地熱発電などの再生可能エネルギーを増やし、それらを補うために原子力発電を併用することが望ましいと考えている実態が確認された。

表6 事前調査の結果

No.	調査項目	件数	割合	
1.	国際問題の認知			
	地球温暖化や異常気象	122	(70.5%)	
	戦争や紛争などの軍事衝突	90	(52.0%)	
	食糧や飢餓の問題	40	(23.1%)	
	感染症の蔓延	36	(20.8%)	
	エネルギー問題	19	(11.0%)	
2.	エネルギー問題への興味・関心	平均	S.D.	
		2.38	0.88	
3.	取り組む主体			
	国	都道府県	市民	自分自身
	141(82.9%)	76(44.7%)	91(53.5%)	63(37.1%)

3. 3. 事後調査の結果

事後調査結果を表7に示す。

事後調査1「エネルギー問題への興味・関心」の回答については、平均3.17、標準偏差0.43、という値を示した。事前項目1の値と対応のあるt検定を施した結果、 $t(120)=10.4$, $p<.01$, $Cohen's d=0.99$, 95% CI(0.62~0.92)有意差が確認され、効果量が大いことから、エネルギー問題に関する興味・関心は向上したことが示された。また、授業の感想からも興味・関心が高まったとの回答を確認することができた。

事後調査2「当事者意識」の回答については、平均3.09、標準偏差0.67、という値を示した。事前項目6の結果では自分の問題として捉えた生徒の割合は37%であったことから、授業を通してエネルギー問題を自分の問題として捉える必要があるという認識を促されたと考えられる。

事後調査3「割合を高めるべき発電：上位3つ」は、優先度の高い発電から順に3点、2点、1点と点数化し、発電ごとに集計を行った。生徒の回答については、点数の高い発電から順に、地熱発電：220点、太陽光発電：144点、水力発電：139点、原子力発電：105点となった。事前調査4との比較を表8に示す。

地熱発電については、事前調査4では漠然とした考えで地熱発電を増やすことが良いと考えていたが、地熱エネルギーの埋蔵量が世界3位であることや環境アセスメントの緩和措置などの国の政策を学習し、事後調査では一定の知識を持って地熱発電を高めるべきという回答となったと推察される。

表7 事後調査の結果

No.	調査項目	平均	S.D.
1.	エネルギー問題への興味・関心	3.17	0.43 **
2.	当事者意識	3.09	0.67
5.	カーボンニュートラルの理解	3.48	0.83

** : $p<.01$

表8 割合を高めるべき発電の事前・事後の比較

発電の種類	事前調査4	事後調査3	差
火力発電	46	17	- 29
原子力発電	116	105	- 11
太陽光発電	235	144	- 91
水力発電	170	139	- 31
風力発電	96	66	- 30
地熱発電	158	220	62
バイオマス発電	78	81	3
洋上風力発電	29	43	29
波力発電	10	22	11
潮汐力発電	7	5	- 2
潮流発電	11	22	11
海流発電	31	43	12
海洋温度差発電	8	10	2
その他	7	25	18

太陽光発電については、エネルギー密度が低いため、広大な土地が必要である反面、屋根などの設置や効率の高い太陽電池の開発が進んでいることを学習し、自分たちで積極的に導入できる発電の一つとして捉え、割合を高めたと推察される。

水力発電については、大規模発電については開発し尽くされた日本においても、小・中規模の水力発電については未開発地点が約2,700地点存在し、将来性のある発電であることを学習したことの効果であると考えられる。

このように生徒は、様々な見方・考え方に基ついて再生可能エネルギーを積極的に導入しようと考えている一方、これらの発電は他教科を含むこれまでの学習などで取り上げられる発電であり、実践前からその傾向は確認されていた。

事後調査4「割合を下げるべき発電：上位2つ」は、優先度の高い発電から順に4点、-2点と点数化し、発電ごとに集計を行った。生徒の回答については、点数の低い発電から順に、火力発電：-480点、原子力発電：-224点、太陽光発電：-56点となった。事後調査3との比較を表9に示す。

これより、生徒は二酸化炭素を多く排出する火力発電を減らしたいと考えていることが推察された。また、原子力発電については、事故などの危険性から発電の割合を下げるべきとする一方で、発電量が大きい発電として火力発電の代替に必要なので割合を高めるべきとも考えていることが推察された。これらは、ワークシートの提言からも確認することができた。

事後調査5「カーボンニュートラルの理解」については3.48の値を示し、多くの生徒がカーボンニュートラルに関する理解を高めていた。これらは、ワークシートの提言の中にも、自分たちでできることや地域での取り組み、国が取り組むことなどの視点で具体的な回答があったことから確認される。

事後調査6「授業の感想」は、著者らが協議のもと、「様々な発電の仕組みについて理解を深めた」、「カーボンニュートラルの必要性が理解できた」、「これからもエネルギー問題に取り組んでいきたい」、「再生可能エネルギーの必要性について理解を深めた」の4つに分類、整理した。

「様々な発電の仕組みについて理解を深めた」という記述は72件(59.0%)あった。事例として、「発電の特徴や課題が分かった」、「最新の技術や開発が進む発電が学べた」という意見が多く確認された。

「カーボンニュートラルの必要性が理解できた」という記述は44件(36.1%)確認された。事例として、「カーボンニュートラルの意味が分かった」、「なぜカーボンニュートラルが今求められているか学習できた」などの意見が多く確認された。

「これからもエネルギー問題に取り組んでいきたい」という記述は39件(32.0%)あった。事例として、「常にエネルギー問題に着目する必要がある」、「自分たちが解決方法を考えることは大切だ」、「エネルギー問題の興味・関心が増えた」など、自分たちがこれらの問題に関わろうとする姿

表9 事後の割合を高める発電と下げる発電の比較

発電の種類	事後調査3	事後調査4	差
火力発電	17	- 480	- 463
原子力発電	105	- 224	- 119
太陽光発電	144	-56	88
水力発電	139	-40	99
風力発電	66	- 28	38
地熱発電	220	- 6	214
バイオマス発電	81	- 30	51
洋上風力発電	43	- 8	35
波力発電	22	-6	16
潮汐力発電	5	-6	-1
潮流発電	22	-12	10
海流発電	43	-20	23
海洋温度差発電	10	-8	2
その他	25	- 18	7

勢が見られた。

「再生可能エネルギーの必要性について理解を深めた」という記述は35件(28.7%)あった。事例として、「海流・潮流発電などの海洋エネルギーを利用した発電を初めて知った」、「環境に優しい印象があったがデメリットもあると分かった」などの意見が見られた。

このことから、日本のエネルギー問題や発電の特徴の理解を深めるとともに興味・関心が向上した。生徒は、これからの発電のあり方を複数の観点から考察し、カーボンニュートラルの推進の必要性を認識したことが確認された。

4. 結言

本研究では、カーボンニュートラルを題材として、日本の発電のあり方を多様な観点から考察する指導内容を検討し、授業実践でその効果を検証することとした。以下に得られた知見を示す。

- 1)国際情勢を踏まえて日本のエネルギー問題を理解し、現在の日本の発電状況やエネルギー政策の学習を通して、科学的な観点からこれからの日本の発電のあり方を考察する指導過程を作成した。
- 2)生徒は、日本のエネルギー問題を認識するとともに、カーボンニュートラルの意味や必要性を理解した。
- 3)これからの発電のあり方を考察する提言書作成では、学習した観点をもとに、カーボンニュートラルを推進する具体的な考えを提案することができた。
- 4)生徒は、日本のエネルギー問題に関する興味・関心が向上するとともにエネルギー問題を「じぶんごと」として捉える姿勢が確認された。

以上のことから、本授業は所期の目的を果たすことができたと推察される。

一方、事後調査で地熱発電などの国土に適していると考えられる発電を増やすべきという意見が多く確認された。

これは、地熱発電の課題に関する指導が十分ではなかったことも考えられる。このことから、再生可能エネルギーの指導においては、メリットとデメリットのバランスをとることの大切さも確認された。さらに、海洋エネルギーは多くの生徒が初めて知る発電であることから、さらなる指導が必要である。

また、カーボンニュートラルについては、理科や社会科などでの学習も展開されることや、STEAM教育の題材として取り組むことも必要である。

さらに、エネルギー問題への興味・関心に関する分析は、単純な質問項目の調査と、生徒の感想から導きだしたものであり、今後は概念を構成する質問紙などを用いて分析を行いたい。これらについては今後の課題とする。

付記

本稿は、日本産業技術教育学会誌教育分科会論文集「技術科教育の研究」第29巻に投稿した論文を元に加筆、修正したものであることを追記する。

参考文献

- 1) 東洋経済新報社：どうするエネルギー危機 どうなる脱炭素、週刊東洋経済、2023年02月18日、第7098号、pp.38-41(2023)
- 2) 山口克也：自然エネルギー100%の時代へーパリ協定と世界みどり公社ー、ギャラクシーブックス(2017)
- 3) 環境省：COP27(国連気候変動枠組条約第27回締約国会議)の結果概要について、環境省脱炭素ポータル、https://ondankataisaku.env.go.jp/carbon_neutral/topics/20221222-topic-39.html(最終アクセス日：2024年1月13日)
- 4) 山地憲治・西村陽：カーボンニュートラル2050アウトトラック、日本電気協会新聞部(2022)
- 5) 経済産業省資源エネルギー庁：令和3年度(2021年度)エネルギー需給実績(確報)(令和5年4月21日公表)、pp.44、https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/pdf/honbun2021fykaku.pdf(最終アクセス日：2024年1月13日)
- 6) 経済産業省資源エネルギー庁：第6次エネルギー基本計画、pp.127
- 7) 文部科学省：小学校学習指導要領(平成29年告示)解説 社会編、日本文教出版、pp.53-58(2018)
- 8) 北俊夫、他：新しい社会4 教師用指導書 指導編、東京書籍、pp.52-53(2020)
- 9) 文部科学省：小学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編、東洋館出版社、pp.82-84(2018)
- 10) 毛利衛・大島まり、他：新しい理科6 教師用指導書 指導編、東京書籍、pp.172-173(2020)
- 11) 文部科学省：中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 社会編、日本文教出版、pp.57-64(2018)
- 12) 矢ヶ崎典隆・坂上康俊・谷口将紀、他：新しい社会地理、東京書籍、pp.170-171(2021)
- 13) 文部科学省：中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編、学校図書、pp.63-69(2018)
- 14) 梶田隆章・真行寺千佳子・永原裕子・西原寛、他：新しい科学3、東京書籍、pp.286-291(2021)
- 15) 文部科学省：中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 技術・家庭編、開隆堂、pp.45-47(2018)
- 16) 谷口雅尚：これからの発電を考えよう、令和5年度福井県中学校技術・家庭科研究大会二州大会要録、pp.1-8(2023)
- 17) 栗田昌幸：学びをつなげることを通して、実践的な態度を育てる授業ー持続可能な社会の構築に向けた実践的な態度を育む授業実践ー、第62回全日本中学校技術・家庭科研究大会静岡大会要録、pp.77-80(2023)
- 18) 小熊良一・日野原楠子・小高 陸・味村大地：中学校技術・家庭科(技術分野)における「海洋エネルギー」に関するオンライン教材の開発、群馬大学共同教育学部紀要 芸術・技術・体育・生活科学編、第57号、pp.89-94(2022)
- 19) BBC NEWS Japan：開戦から1年を87秒で振り返る、ロシアのウクライナ侵攻、BBC NEWS Japan、<https://www.bbc.com/japanese/video-64754484>(最終アクセス日：2024年1月13日)
- 20) 環境省：2021年度温室効果ガス排出・吸収量(確報値) 概要、環境省、pp.5、<https://www.env.go.jp/content/000128749.pdf>(最終アクセス日：2024年1月13日)
- 21) 経済産業省資源エネルギー庁：動画で見る、2050年カーボンニュートラルへの道、経済産業省資源エネルギー庁、https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyodooga01_carbon_neutral.html(最終アクセス日：2024年1月13日)
- 22) 環境省：カーボンニュートラルとは、脱炭素ポータル、https://ondankataisaku.env.go.jp/carbon_neutral/about/(最終アクセス日：2024年1月13日)
- 23) 四国電力：「1日の電気の使われ方が変わった」ってなんでなん？、四国電力、<https://www.yonden.co.jp/lp/kozoo/no10.html>(最終アクセス日：2024年1月13日)
- 24) 経済産業省資源エネルギー庁：時系列表(令和5年11月29日公表) 4.電源構成(発電量)、https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/xls/stte/stte_jikeiretu2022fysoku.xlsx(最終アクセス日：2024年1月13日)
- 25) 科学技術振興機構：情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響(Vol.1)ーIT機器の消費電力の現状と将来予測ー、pp.12(2019)
- 26) 長島洋介：持続可能な潮力発電の実用化と地域との共生を目指した取り組みー九電みらいエナジー株式会社と多様な関係者の協働による挑戦ー、くらしと協同編集委員会、第38号、pp.62-67(2021)
- 27) 野呂康宏・尾上令時・米澤力道・小出 明：洋上風力発電の現状とその普及の鍵となる電力技術、電気学会論文誌B(電力・エネルギー部門誌)、第143巻、第9号(2023)
- 28) 今井康貴：波力発電の動向・展望、太陽エネルギー、第49巻、第4号、pp.18-22(2023)
- 29) 森崎敬史：海洋温度差発電の動向・展望、太陽エネルギー、第49巻、第4号、pp.23-30(2023)
- 30) 前掲24