

中学校教科書における水素やエネルギー資源の取り扱いについて —理科教科書の調査—

Investigation into of Hydrogen and Energy Resources in Textbooks for Junior High School

杉江 瞬*・小林 春樹**・長南 幸安**
Shun SUGIE*・Haruki KOBAYASH**・Yukiyasu CHOUNAN**

要 旨

現在、次世代のエネルギー資源として、水素エネルギーが最も実現性のあるものとして注目されている。水素を利用した燃料電池は、主な温室効果ガスであるCO₂を大気中に放出しないことから、炭素循環社会において非常に重要な役割を担っている。そういった現状から、従来の資源からの脱却と水素社会を形成するために、水素獲得方法やその認知が浸透していくことが重要となる。そこで、令和4年に発行された中学校理科の教科書の記載箇所における記述・学習内容を調査し、その中で水素生成やその活用方法等がどのように扱われているかを調査した。調査の結果、本研究で対象とした中学校理科の教科書では、「電気分解」「燃料電池」の分野で記載されており、化学反応式や電気分解における実験方法、燃料電池の利用例等の内容で取り上げられていた。しかし、エネルギーとしての特徴や開発方法における課題といった内容が極端に少なく、探求的な学習へと繋がりにくいと思われる。そのため、エネルギーとしての水素について学び、現状の課題を理解し、エネルギーや技術・開発について関心を持つために、生徒が体感できる教材を製作することが必要であると考えている。

キーワード：水素、水素生成、エネルギー資源、中学校、理科教科書

はじめに

近年、国際社会全体で地球環境を守り、持続可能な社会を目指す動きが高まっている。こういった背景には、気候変動に関わる地球温暖の問題やエネルギー資源の転換が関係しており、日本を含め世界が一体となって取り組むことが求められている。1992年に採択された国連気候変動枠組条約に基づき、1995年から国連気候変動枠組条約締約国会議（COP）が開催され、世界全体で温室効果ガス排出量削減や炭素循環社会の実現に向けての議論が継続的に行われている。2015年における国連気候変動枠組条約締約国会議（COP21）では「パリ協定」が採択され、京都議定書に代わる2020年以降の温室効果ガス排出削減等のための新たな国際枠組みが設けられた¹⁾。2021年に英国・グラスゴーで開催されたCOP26では、全ての国に対して、

石炭火力発電の段階的な縮小及び、非効率な化石燃料補助金からの漸次廃止を含む努力の加速を求めることが盛り込まれた²⁾。日本でも2020年に行われた所信表明演説において、「2050年までに、日本の温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」ことが宣言された。

この目標を達成するため、従来の資源とは異なる「再生可能エネルギー」や「新エネルギー」の導入が、徐々に行われてきている。そのような資源開発の中で、水素をエネルギー・燃料とする「水素エネルギー」が注目され始めた。水素を利用した燃料電池は、主な温室効果ガスであるCO₂を大気中に放出しないことから、炭素循環社会において非常に重要な役割を担っており、水の電気分解や有機物の熱分解等の様々な水素

* 弘前大学大学院地域社会研究科
Graduate School of Regional Studies, Hirosaki University*

** 弘前大学教育学部
Faculty of Education, Hirosaki University**

獲得方法が検討されている。エネルギー白書2022においても、カーボンニュートラル実現に向けて水素の導入が明記されており、水素を新たな主力資源として位置づけ、社会実装を加速していくことを目指している。水素社会実現を足掛かりに目標を達成するため、水素製造について研究開発を進め、再生可能エネルギーを利用した水素生成計画の実証等が行われている³⁾。

「中学校学習指導要領解説（平成29年告示）理科編」において、理科教育における水素の活用は「化学変化とイオン（イ）化学変化と電池 ④化学変化と電池」の内容で取り扱われる。ここでは、「金属のイオンへのなりやすさが異なることと電子の移動する向きを関連させながら、電池の電極における変化についてイオンのモデルを用いて表現させることを通して、電極で生じた電子が回路に電流として流れることを理解させる。」や「日常生活や社会では、乾電池、鉛蓄電池、燃料電池など、様々な電池が使われていることに触れる」と記載されている。

また、エネルギー活用は「科学技術と人間（ア）エネルギーと物質 ⑦エネルギーとエネルギー物質」の内容で取り扱われる。ここでは、「今後、環境への負荷がなるべく小さいエネルギー資源の開発と利用が課題であることを認識させるとともに、風力、地熱、バイオマスなどのエネルギー資源の利用、燃料電池や新たなエネルギーの開発の現状や課題についても触れる」や「エネルギー資源など、私たちの生活を支えるための利用可能な資源は有限であることに気付かせる。さらに、限られた資源の中で自然環境との調和を図りながら、持続可能な社会を築いていくことが課題

であることを認識させる。」⁴⁾と記載されている。

学習指導要領では水素を用いる燃料電池について記載され、将来を見据えたエネルギー資源の開発やその活用方法を生徒1人1人がしっかりと思索することが求められている。つまり、将来のエネルギー資源として位置づけられた「水素」について、知識やその生成・活用方法を学習することの重要性が認識できる。

将来的に水素の生成や発電方法の教材化を目指し、実感を伴った教育を行うため、今回、「水素の生成・活用」について、新学習指導要領のもと令和4年以降から使用されている中学校理科の教科書を用いて調査し、各教科書でどのように扱われているかを明らかにする。

方法

各出版社から発行された中学校理科の教科書を用いて、水素またエネルギー資源について文献調査を行う

文献調査

出版社ごとに令和4年に出発された中学校理科の教科書（以降、令和4年版教科書と呼ぶ）を調査した結果の表を挙げる。

東京書籍における取り扱い⁵⁻⁶⁾

東京書籍において、2年生の教科書では、「単元：化学変化と原子・分子」の物質の成り立ちで取り扱っている。ここでは、実験といった内容で水の電気分解の説明をしており、生徒自身が実践する体験的な学習となっている。水を分解したときの陽極・陰極で発生する気体を、火が付いた線香やマッチ棒で調べる探求

表1 東京書籍での水素や発電方法の取り扱い

出版社	取り上げている単元名	取り上げている題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な学習の内容
新しい科学2 東京書籍 (理科 801)	・化学変化と原子・分子	●物質のなり立ち ・実験2	・本文 pp.23-25 写真 p.24	・水の電気分解
新しい科学3 東京書籍 (理科 901)	・化学変化とイオン	●化学変化と電池 ・燃料電池	・本文 pp.63-64 写真 pp.63-64	・燃料電池の化学反応式 ・水素とエコカー
新しい科学3 東京書籍 (理科 901)	・地球と私たちの未来のために	●エネルギー資源の利用 ・電気エネルギーの利用 ・発電方法 ・再生可能なエネルギー資源 ●地球環境と私たちの社会 ・発電方法の選択と再生可能なエネルギーの利用	・本文 pp.286-291 pp.304-305	・エネルギー資源 ・各発電方法の説明 ・再生可能エネルギーの取り扱い

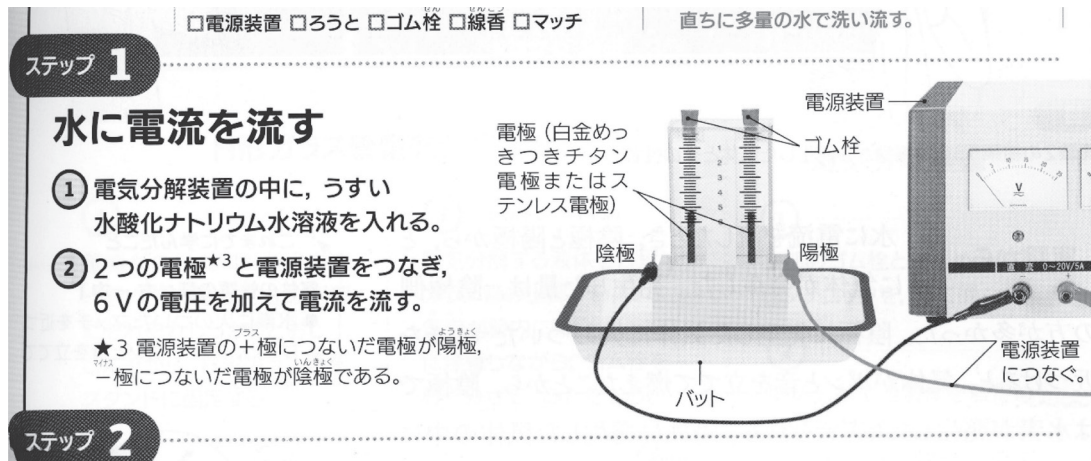


図1 新しい科学2 (東京書籍) 写真 p.23

的な部分まで含まれている。また、水の電気分解の化学反応式が載っており、水素生成を視覚的・体験的に理解を促す。

3年生の教科書では、「単元：化学変化と電池」の燃料電池で取り扱っている。ここでは、燃料電池の説明として、水素と酸素の反応から、水と電気エネルギーを生成する化学反応が見られる。また、その対比として、水の電気分解の化学反応式も載っている。P64には燃料電池の活用例としてのエコカーやその駆動の仕組みの説明や、従来の資源と比較したときの水素の利点・欠点、水素を供給するための固定式・移動式水素ステーション開発に関する記述がある。

エネルギーに関わる内容では、「単元：地球と私たちの未来のために」のエネルギー資源の利用や地球環境と私たちの社会で取り扱っている。前者では、火力発電や水力発電、原子力発電といった主だった発電方法の説明がされている。また、太陽光発電や風力、地熱、バイオマスといった再生可能エネルギーを用いた発電方法も載っており、それぞれ、図表や写真で長所や短所、仕組みが説明されている。

後者では、日本における発電方法の割合の変化や、再生可能エネルギーの供給割合等が図表で表されている。省電力のための科学技術として、太陽光発電やバイオ燃料等の、石油を燃料としない発電が紹介されているが、自然エネルギーに関する新エネルギーしか明記されず、リサイクルエネルギーや水素エネルギーの説明、その研究についても見られない。

大日本図書における取り扱い⁷⁻⁸⁾

大日本図書において、2年生の教科書では、「単元：化学変化と原子・分子」の電気による分解で取り扱っている。ここでも、実験といった内容で、水の電気分解の説明をしている。写真を用いて、水が分解される様子、陽極・陰極で発生する気体の確認まで含まれている。また、電気分解の化学反応式が載っている。

3年生の教科書では、「単元：化学変化とイオン」の燃料電池で取り扱っている。ここでは、文章のみの説明となっており、図表や化学反応式等の記載はない。東京書籍と比べて説明が少なく、燃料電池の活用例がない。

表2 大日本図書での水素や発電方法の取り扱い

出版社	取り上げている単元名	取り上げている題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な学習の内容
理科の世界2 大日本図書 (理科 802)	・化学変化と原子・分子	●物質の成り立ち ・電気による分解 ・実験2	・本文 p.21-22 写真 p.22	・水の電気分解
理科の世界3 大日本図書 (理科 902)	・化学変化とイオン	●化学変化と電池 ・いろいろな電池 ・燃料電池	・本文 p.197	・燃料電池の化学反応式
理科の世界3 大日本図書 (理科 902)	・科学技術と人間	●エネルギーの利用 ・電気エネルギーの利用 ・電気エネルギーのつくり方	・本文 pp.302-305	・各発電方法の説明 ・再生可能エネルギーの 取り扱い

エネルギーに関わる内容では、「単元：科学技術と人間」の電気エネルギーの利用や電気エネルギーのつくり方で取り扱っている。東京書籍と同様に、従来の発電方や再生可能エネルギーを用いた発電方法も載っており、図表や写真でエネルギー転換の仕組みが説明されている。しかし、この教科書でも自然エネルギーのみ明記があり、水素エネルギーの利用やその研究については見られない。

学校図書における取り扱い⁹⁻¹⁰⁾

学校図書において、2年生の教科書では、「単元：化学変化と原子・分子」の探求で取り扱っている。ここでも、実験といった内容で、電気分解の説明をしている。実験は東京書籍や学校図書に比べて指示や確認方法が細かく、実験器具の説明や安全面での注意点が記載されている。化学反応式だけでなく、分子モデルまで記載されており、水分子や水素分子、酸素分子の動きを視覚的に捉えることができる。水が分解される

表3 学校図書での水素や発電方法の取り扱い

出版社	取り上げている単元名	取り上げている題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な学習の内容
中学校 科学2 学校図書 (理科 803)	・化学変化と原子・分子	●物質のなりたちと化学変化 ・原子モデルをいかした仮説 ・探究3	・本文 pp.32-36 写真 pp.32-36	・水の電気分解
中学校 科学3 学校図書 (理科 903)	・化学変化とイオン	●電池とイオン ・電池の種類 ・燃料電池	・本文 pp.178-179 写真 p.179	・燃料電池の化学反応式 ・燃料電池の利用
中学校 科学3 学校図書 (理科 903)	・自然・科学技術と人間	●エネルギーの供給 ・電気エネルギーの供給 ・再生可能エネルギー	・本文 pp.247-250	・各発電方法の説明 ・再生可能エネルギーの 取り扱い

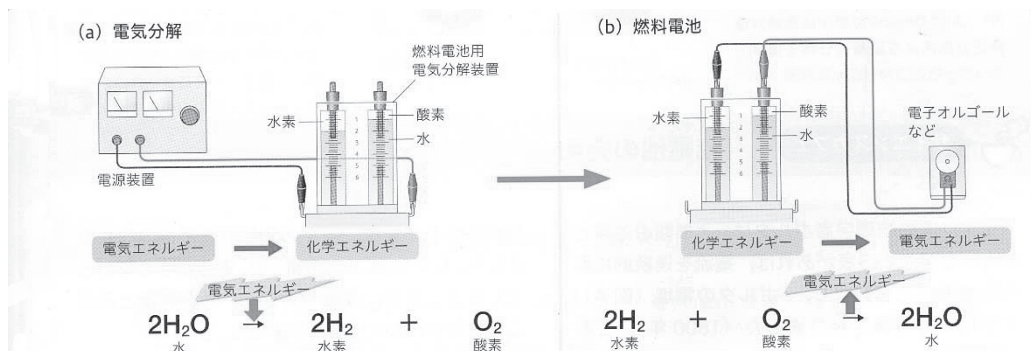


図10 水の電気分解と燃料電池
水を電気分解したあと、電気分解装置の上の電極を電子オルゴールにつなぐと、電子オルゴールが鳴る。

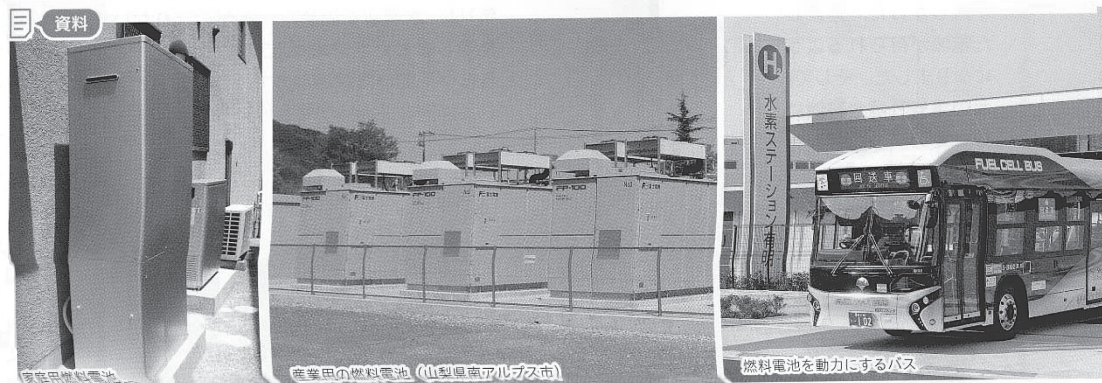


図11 燃料電池の利用例
燃料電池は、水素と酸素を供給することで、継続的に電気エネルギーを取り出すことができる。いっぽうに、供給する水素は都市ガスなどを化学変化させて取り出し、空気中の酸素と反応させる。現在、ビルや家庭用の電源などとして利用が広がっている。

図2：燃料電池とその利用
中学校科学3 学校図書株式会社 理科903 p.179 令和4年

様子、陽極・陰極で発生する気体を調べる部分まで含まれている。また、水の電気分解の化学反応式が載っている。

3年生の教科書では、「単元：化学変化と電池」の燃料電池で取り扱っている。ここでも、燃料電池の説明として水素と酸素の反応から、水と電気エネルギーを生成している化学反応が見られる。また、燃料電池の活用例として、産業用の燃料電池や家庭用の燃料電池、水素ステーションの写真が載っているが、供給状態や開発の進捗状況はない。

エネルギーに関わる内容では、「単元：自然・科学技術と人間」の電気エネルギーの供給や再生可能エネルギーで取り扱っている。ここでは、日本のエネルギー資源別発電電力量の変化や、火力・水力・原子力といった主だった発電方法の説明がされている。また、従来のエネルギー資源の採掘可能年数、再生可能エネルギー利用の割合が載っている。ここでも、自然エネルギーのみ明記があり、水素エネルギーの利用やその研究については見られない。

教育出版における取り扱い¹¹⁻¹³⁾

教育出版において、1年生の教科書にも水素の活用記載があり、「単元：身のまわりの物質」の水素の性質で取り扱っている。ここでは、燃料電池に水素が利用されていることが記載されている。

2年生の教科書では、「単元：化学変化と原子・分

子」の物質の成り立ちで取り扱っている。ここでは、実験といった内容で電気分解の説明をしている。東京書籍の教科書と同様な内容となっている。

3年生の教科書では、「単元：化学変化と電池」の燃料電池で取り扱っている。ここでは、燃料電池の説明として、水素と酸素の反応から、水と電気エネルギーが生成される化学変化が載っている。

エネルギーに関わる内容では、「単元：自然環境や科学技術と私たちの未来」の生活に欠かせない電気やエネルギー資源の開発と有効な利用で取り扱っている。ここでは、1年間における日本の家庭で消費される電気エネルギーの割合が載っている。火力・水力・原子力といった主だった発電方法に加え、再生可能エネルギーを用いた発電方法、利点・欠点も説明されている。しかし、自然エネルギーのみ明記があり、水素エネルギーの説明やその研究についても見られない。

啓林館における取り扱い¹⁴⁻¹⁶⁾

啓林館において、1年生の教科書では、「単元：身のまわりの物質」の水素の性質で取り扱っており、教育出版と同様の記載である。

2年生の教科書では、「単元：化学変化と原子・分子」の物質の成り立ちで取り扱っている。ここでも、他の教科書と同様に、実験通して電気分解の説明をしている。

3年生の教科書では、「単元：化学変化と電池」の

表4 教育出版での水素や発電方法の取り扱い

出版社	取り上げている単元名	取り上げている題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な学習の内容
自然の探求 中学理科1 教育出版 (理科704)	・身のまわりの物質	●身のまわりの物質 ・さまざまな気体 ・水素の性質	・本文 p.106 写真 p.108	・燃料電池
自然の探求 中学理科2 教育出版 (理科804)	・化学変化と原子・分子	●化学変化と物質の成り立ち ・実験1	・本文 pp.15-16 写真 p.16	・水の電気分解
自然の探求 中学理科3 教育出版 (理科904)	・化学変化とイオン	●電池とイオン ・燃料電池	・本文 p.61 写真 p.61	・燃料電池の化学反応式
自然の探求 中学理科3 教育出版 (理科904)	・自然環境や科学技術と 私たちの未来	●エネルギー資源の利用と私 たち ・生活に欠かせない電気 ・エネルギー資源の開発と有 効な利用	・本文 pp.299-305	・各発電方法の説明 ・新しいエネルギー資源

表5 啓林館での水素や発電方法の取り扱い

出版社	取り上げている単元名	取り上げている題材	扱い方 (本文・コラム等)	具体的な学習の内容
未来へひろがる サイエンス1 啓林館 (理科 705)	・身のまわりの物質	●いろいろな気体とその性質 ・水素	・本文 p.160	・燃料電池
未来へひろがる サイエンス2 啓林館 (理科 805)	・化学変化と原子・分子	●物質の成り立ち ・水溶液に電流を流したとき の変化 ・実験2	・本文 pp.151-154 写真 pp.151-154	・水の電気分解
未来へひろがる サイエンス3 啓林館 (理科 905)	・化学変化とイオン	●電池とイオン ・日常生活と電池 ・燃料電池	・本文 pp.139-140 写真 p.140	・燃料電池の化学反応式 ・燃料電池自動車のしくみ
未来へひろがる サイエンス3 啓林館 (理科 905)	・運動とエネルギー	●エネルギー資源とその利用 ・生活を支えるエネルギー	・本文 pp.230-233 写真 pp.232-233	・各発電方法の説明 ・再生可能エネルギーの 取り扱い
未来へひろがる サイエンス3 啓林館 (理科 905)	・自然と人間	●持続可能な社会をめざして ・これからの社会を担う	・本文 p.306 写真 p.306	・燃料電池自動車 ・水素ステーション

燃料電池で取り扱っている。ここでは、燃料電池の説明として、水素と酸素の反応から、水と電気エネルギーを生成している化学反応が記載されている。しかし、他の教科書と異なり、活用例等は載っていない。

エネルギーに関わる内容では、物理に関わる「単元：運動とエネルギー」の生活を支えるエネルギーで取り扱っている。火力・水力・原子力といった主だった発電方法、再生可能エネルギーを用いた発電方が載っている。「単元：自然環境や科学技術と私たちの未来」のこれからの社会を担うで取り扱っている。生徒自身が持続可能な社会を形成するために調査・研究をする内容であり、その一例として燃料電池自動車や水素ステーションが載っている。

考察

中学校理科の教科書において、水素の生成・活用は主に電気分解や燃料電池の分野で扱われている。

記載の仕方に関する差異はほとんどなく、図表や写真を用いたり、化学反応式で説明したりする内容であった。水素生成には水の電気分解や化石燃料の改質、有機物の熱分解、工場おける副産物など数多くの方法が存在するが、本調査では電気分解しか記載されていなかった。また、水素の活用においても、エ

コカーや水素ステーションといった活用例を紹介している教科書がある一方で、燃料電池しか書かれていないものも見られた。エネルギー資源に関しても化石燃料や原子力、再生可能エネルギー等は明記されているが、水素エネルギーは載っていなかった。このような現状から、学習指導要領に載っているような「科学的な視点での課題の発見」「グローバルな視点」の部分で、教科書の説明だけでは目標を満たすことができないと思われる。

生徒は、二酸化炭素の排出量を減らすことと、エネルギーの安定供給が日本の問題点の1つであることを様々な分野で学習している。そのため、化石燃料とは異なる資源を利用したエネルギー供給と環境保護の両立を通じた持続可能な社会の形成を認識している。国際社会全体でも、様々な方法が模索され、その方法も多岐にわたり、現在も多くの研究が行われている。しかし、学校の教科書に載っている内容は、従来の資源や自然エネルギーのみで、新しい情報が組み込まれていない。水素エネルギーやリサイクルエネルギー等の資源、洋上風力や海洋温度差発電等の発電方法など、日本の特徴や所有している有限な資源を活かしたものが開発されている現状において、持続可能な社会を形成していくため、その手段や選択肢を学ぶことは重要

である。そして、どのような資源を選択し、開発するのかを将来の日本を担う生徒が自分自身で考える機会が必要となる。そのため、水素の生成・活用に関わる教材を作成することは、探求的な学習の機会を創出する手段として効果的な方法となる。

まとめ

本調査で令和4年度以降に発行された各教科書での水素の生成・活用の扱われ方に注目した結果、全ての教科書で電気分解や燃料電池の部分で扱われていることがわかった。化学反応式や一部の活用例があり、水素の生成や社会における役割などを確認することができる。しかし、電気分解のみ取り上げられていたり、エネルギーに関する分野では省かれていたり、二酸化炭素を排出しないといったクリーンなエネルギーといった漠然とした内容のみで、従来の資源との比較が困難である。

日本が抱える課題に対する水素エネルギーの有効性を理解し、どのように使用していくことを考えるかが、今後の教育の中で求められることだと思う。したがって、水素エネルギーの特徴や活用方法を学び、体感できるようなエネルギー教育に関する教材開発に臨む必要がある。

7. 文献

- (1) 気候変動 2020年以降の枠組み：パリ協定 外務省 令和4年
https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w_000119.html 確認日 2023年1月1日
- (2) 脱炭素ポータル COP26の結果概要について 環境省
https://ondankataisaku.env.go.jp/carbon_neutral/topics/20211224-topic-18.html 確認日 2023年1月1日

- (3) エネルギー白書2022 エネルギーに関する年次報告 第208回国会（常会）提出 pp.237-238
https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2022/pdf/whitepaper2022_all.pdf 確認日 2023年1月1日
- (4) 中学校学習指導要領解説（平成29年告示）理科編 株式会社東洋館出版社 pp.58-62 pp.63-66 平成30年出版 令和3年一部改訂
- (5) 新しい科学2 梶田隆章 真行寺千佳子 永原裕子 西原寛ほか 東京書籍株式会社 理科801 pp.23-25 令和4年
- (6) 新しい科学3 梶田隆章 真行寺千佳子 永原裕子 西原寛ほか 東京書籍株式会社 理科901 pp.63-64 pp.286-291 pp.304-305 令和4年
- (7) 理科の世界2 有馬朗人ほか 大日本図書株式会社 理科802 p.22 令和4年
- (8) 理科の世界3 有馬朗人ほか 大日本図書株式会社 理科902 p.197 pp.302-305 令和4年
- (9) 中学校科学2 霜田光一 森本信也ほか 学校図書株式会社 理科803 pp.32-36 令和4年
- (10) 中学校科学3 霜田光一 森本信也ほか 学校図書株式会社 理科903 pp.178-179 pp.247-250 令和4年
- (11) 自然の探究 中学理科1 室伏きみ子 養老孟司ほか 教育出版株式会社 理科704 pp.106 令和4年
- (12) 自然の探究 中学理科2 室伏きみ子 養老孟司ほか 教育出版株式会社 理科804 pp.15-16 令和4年
- (13) 自然の探究 中学理科3 室伏きみ子 養老孟司ほか 教育出版株式会社 理科904 p.61 pp.299-305 令和4年
- (14) 未来へひろがるサイエンス1 大矢禎一 鎌田正裕ほか 株式会社新興出版社啓林館 理科705 p.160 令和4年
- (15) 未来へひろがるサイエンス2 大矢禎一 鎌田正裕ほか 株式会社新興出版社啓林館 理科805 pp.151-154 令和4年
- (16) 未来へひろがるサイエンス3 大矢禎一 鎌田正裕ほか 株式会社新興出版社啓林館 理科905 pp.139-140 pp.230-233 p.306 令和4年

(2023. 1. 12 受理)