

論文

小学校理科における エネルギー資源の有効利用に向けた活動

——第6学年「電気の利用」を例に——

Activities for Efficient Use of Energy Resources in Elementary School Science:
The Case of “Use of Electricity”

松原 静郎*・岩間 淳子¹

* 桐蔭横浜大学名誉教授

¹ 川崎市立看護短期大学

(2021年3月10日 受理)

I. はじめに

エネルギー資源の有効利用は国際的にも重要な課題の一つであり、持続可能な開発目標SDGsには「7. エネルギーをみんなにそしてクリーンに」があり、その中の7.aに「2030年までに、再生可能エネルギー、エネルギー効率及び先進的かつ環境負荷の低い化石燃料技術などのクリーンエネルギーの研究及び技術へのアクセスを促進するための国際協力を強化し、エネルギー関連インフラとクリーンエネルギー技術への投資を促進する」と記されている。

わが国の小学校理科では「電気の利用」の章でエネルギー資源の有効利用が扱われている。平成30年発行の小学校学習指導要領解説理科編（文部科学省、2018a）には、平成20年発行の旧小学校学習指導要領解説理科編（文部科学省、2008）と同様、小学校理科で扱う基本的な概念等をエネルギー、粒子、生命、地球の四つの柱とした内容で構成し、

さらに、エネルギーの柱はエネルギーの捉え方、エネルギーの変換と保存、エネルギー資源の有効利用の三つに関わる内容として分類提示されている。エネルギー資源の有効利用に関する内容としては、第6学年で学習する大項目（教科書での単元に対応）「電気の利用」がある。なお、この大項目は、エネルギーの変換と保存に関する内容にも分類されており、エネルギー資源の有効利用に関する内容は、主に小項目（教科書での章に対応）の「電気の利用」（学習指導要領の記載は「(ウ)身の回りには、電気の性質や働きを利用した道具があること」）が該当すると考えられる。ここでは、この小項目の「電気の利用」を主な対象として分析を進める。

また、今回の教育課程改訂にあたって、改善事項の一つに情報活用能力があり、そこには新たにプログラミング教育が含まれた。その中でプログラミング的思考の育成が小学校の算数や理科、総合的な学習の時間などで扱われることになり、小学校プログラミング教育の手引き（文部科学省、2018b）に、理科

* MATSUBARA Shizuo: Professor Emeritus, Toin University of Yokohama. 1614, Kurogane-cho, Aoba-ku, Yokohama 225-8503, Japan

¹ IWAMA Junko: Lecturer, Kawasaki City College of Nursing

は第6学年の「電気の利用」で扱うことが、「学習活動としては、例えば、日中に光電池でコンデンサに蓄えた電気を夜間の照明に活用する際に、どのような条件で点灯させれば電気を効率よく使えるかといった問題について、児童の考えを検証するための装置と通電を制御するプログラムとを作成し実験する」といったことが考えられます」のように記されている。

また、そのねらいとして「児童は、人が必要とする明るさは確保しつつ、照明が点灯したままにしないなど電気を無駄なく効率よく使うためには、センサーが人を感知する距離や時間などの条件をどのように設定すればよいかなどの疑問をもち、センサーを用いた通電の制御（自分が意図する動き）はどのような手順で動作するのか、それを再現するには命令（記号）をどのように組み合わせればよいのかを考え、試行錯誤しながら（プログラミング的思考）プログラムを作成します。さらに、こうした体験を通して、人を感知するセンサーで制御された照明などが住宅や公共施設などの身近なところで活用されていることや、電気を効率的に利用したり快適に利用したりできるようプログラムが工夫されていることに気付くことができます」と記述されている。

本稿では、令和2年度の理科教科書6社全社で第6学年後半の単元として設定されている「電気の利用」を例に、理科教科書において、エネルギー資源の有効利用に向けた活動がどのように示されているか、明らかにしていく。その際、平成27年度の理科教科書とも比較する。

II. 方法

1. 学習指導要領の変遷

昭和22年小学校学習指導要領試案から最新の平成29年改訂小学校学習指導要領において、電気の有効利用を含む「電気の利用」

に関連した項目について調査する。

対象：昭和22年試案、昭和27年試案、昭和33年改訂、昭和43年改訂、昭和52年改訂、平成元年改訂、平成10年改訂、平成20年改訂及び平成29年改訂の各小学校学習指導要領

調査内容：小学校学習指導要領における、電気の有効利用を含む電気の利用に関連した内容の記述がある項目

2. 小学校第6学年理科教科書「電気の利用」の調査

エネルギー資源の有効利用の一つとして「電気の利用」を調査対象とした。小学校の教育課程は今年度から完全移行したが、小学校においても新たにプログラミングに関する学習が導入された。理科においては、「電気の利用」の単元に導入することが求められており、その学習は通電の制御などを通してエネルギー資源の有効利用との関係が深く、ものづくりなど多様な活動が含まれてくると考えられる。

対象：令和2年度版教科書（平成29年改訂学習指導要領に基づく教科書、以降[R02]と略記する）及び、平成27年度版教科書（平成20年改訂学習指導要領に基づく教科書、以降[H27]と略記する）第6学年全社（DN、TS、KR、KS、GT、SK）計12冊
調査内容：小学校第6学年小項目「電気の利用」に関連する章で扱われる内容

方法：学習指導要領の「内容」及び「内容の取り扱い」に従い、主に小項目の「電気の利用」に沿った記述などについて調査・分析した。

III. 結果と考察

1. 学習指導要領の変遷

表1は、小学校学習指導要領の項目として、電気の有効利用を含む「電気の利用」に関連した内容の変遷をまとめたものである。

表 1 小学校学習指導要領における「電気の利用」に関連する内容の変遷

発行・改訂年(西暦)	学年	内容
昭和22年 (1947)	1	単元四 機械と道具のはたらき 身近にある機械・道具について、その構造・機能を理解し、これに慣れ親しみ、すすんで改良の工夫をする態度を養う。 6、電気モーター・扇風機・電車等電気で動くものを観察する。
	2	単元四 機械と道具のはたらき 児童の身近にある機械・道具についてその構造・機能を理解するとともに、これに慣れ親しみ、その取り扱いを身に付け、すすんで改良の工夫考案をする態度を養う。 7、小型のモーターをまわしたり、これを使った扇風機・精米機などを動かしてみる。
	3	単元四 機械と道具のはたらき 生活の環境にある機械・道具についてその構造・機能を理解するとともにこれに慣れ親しみ、その取り扱いを身に付け、すすんで改良の工夫考案をする態度を養う。 電気 1、懐中電燈の構造を調べてみる。2、蓄電池で豆電球をととしてみる。3、停電の回数、不便等について話しあう。4、電気コンロ・電気ストーブを見たり、その便・不便、使用上の注意について話しあう。
	6	単元八 電 燈 1、コード・ソケット・電球の構造と、電気の伝わり方やはたらきについて理解し電燈の取り扱い方を心得る。2、電気の現象に興味を感じ、電気について深く究めようとする態度を養う。 (二)指導方法 1、ソケットの構造を調べ、電気の伝わり方やスイッチのはたらきについて考える。またソケットやスイッチにコードをつないでみる。2、電球の口金をとって、口金からタングステン線までのつながりを調べ、電球の光るわけを考え、話しあう。3、電気の導体と不導体について調べ、話しあう。4、コードの構造を調べる。5、開閉器の構造・ヒューズの性質を調べる。6、開閉器の役目について話しあう。7、電燈取り扱い上の注意について話しあう。
昭和27年 (1952)	4	5. b. 電気に興味をもち、乾電池を使うことができる。
	5	5. a. 日常生活における電気の効用に興味をもち、電気器具の使い方を理解する。
	6	5. b. 機械や動力や電気に関する自然科学の進歩が近代生活に貢献していることを理解する。
昭和33年 (1958)	5	キ 電磁石のはたらきを調べ、利用の方法をくふうする。 (ア) 簡単な電磁石を作り、電流を通じると磁石としてはたらき、電流を断つと、はたらかなくなることを確かめる。(イ) 電磁石は、導線を多く巻いたり、電流を強くしたりすると、磁力が強くなることを理解する。(ウ) 電磁石は、巻線に流れる電流の向きによって、極が変ることを確かめる。(エ) 電信機や、ブザー・電鈴などには、電磁石が利用されていることを知り、それらのしくみや、はたらきを理解する。(オ) 電磁石を使った簡単な電信機やブザーなどをくふうして作ることができる。
	6	キ 電流の発熱作用を調べる。(ア) 同じ長さ、同じ太さの質の違う針金(銅線と電熱線のように)を直列につなぎ、電流を通すと、電気が流れにくい線の部分が発熱しやすいことを確かめる。(イ) 電熱器では電熱線によって、電球ではタングステン線によって、電流を熱や光に変えていることを理解する。(ウ) 電熱器や電球では、電熱線やタングステン線の太さや長さを変えて、それに流れる電流の強さを変え、熱や光の出力が違ってくることを理解する。 ク 家庭の電気の配線や、電気器具の安全な扱い方を理解する。(ア) スイッチ・コード・ソケットなどのしくみ、はたらきを理解して、これらを回路に正しくつなぐことができるようになる。(イ) 屋内配線のしかたを知り、安全器・ヒューズなどのはたらきを理解する。(ウ) 家庭の電気器具を安全に扱えるようになる。
昭和43年 (1968)	-	(該当する項目なし)
昭和52年 (1977)	-	(該当する項目なし)
平成元年 (1989)	6	B 物質とエネルギー (3) 電磁石の導線や電熱線に電流を流して、電流の働きを調べることができるようにする。 イ 電磁石の強さは、電流の強さや導線の巻き数などによって違うこと。また、電磁石を利用してモーターなどの道具が作れること。
平成10年 (1998)	-	(該当する項目なし)
平成20年 (2008)	6	A 物質・エネルギー (4) 電気の利用 手回し発電機などを使い、電気の利用の仕方を調べ、電気の性質や働きについての考えをもつことができるようにする。 ア 電気は、つくりだしたり蓄えたりすることができること。イ 電気は、光、音、熱などに変えることができること。ウ 電熱線の発熱は、その太さによって変わる。エ 身の回りには、電気の性質や働きを利用した道具があること。
平成29年 (2017)	6	A 物質・エネルギー (4) 電気の利用 発電や蓄電、電気の変換について、電気の量や働きに着目して、それらを多面的に調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。 ア 次のことを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。(7) 電気は、つくりだしたり蓄えたりすることができること。(イ) 電気は、光、音、熱、運動などに変換することができること。(ウ) 身の回りには、電気の性質や働きを利用した道具があること。

表から、「電気の利用」に関する内容が扱われている項目は、すべての学習指導要領に含まれているわけではないことがわかる。なお、「電気」に関する項目はいずれの学習指導要領にも含まれていた（松原、岩間、2017）。

生活単元学習と呼ばれた昭和22年試案では、第1～3学年において児童の身近にある電気で動く機械・道具を取り上げ、すすんで改良の工夫をする態度を養うとある。また、第6学年でも電燈の取り扱い方を通じて、電気に興味を持ち探究する態度を養うことが示されていた。昭和27年改訂でも生活単元学習が継続され、第4～6学年で電気や電気の効用に興味を持ち、乾電池や電気器具の使い方や、電気等の進歩が近代生活に貢献していることについて学習していた。

系統学習と言われた昭和33年改訂においても、第5学年で電磁石のはたらきと利用法について、第6学年では電流の発熱作用と電気器具での工夫、また、家庭での電気器具の安全な扱い方を中心に学習していた。

教育の現代化が図られた昭和43年改訂から平成10年改訂までは、電気に関する項目はあるものの、「電気の利用」に関しては、平成元年改訂の電磁石を利用したモーターなどのものづくりの学習のみであった。

平成20年改訂及び平成29年改訂では、いずれも第6学年のA物質・エネルギーの大項目(4)に「電気の利用」が位置づけられた。平成20年改訂では項目エに、平成29年改訂では項目ア(ウ)に「身の回りには、電気の性質や働きを利用した道具があること」と、同じ内容が記載されている。

そこで、さらに学習指導要領解説理科編で内容のより細かい解説を読むと、次のようであった。

平成20年発行の小学校学習指導要領解説理科編の(4)電気の利用には、「生活との関連としては、エネルギー資源の有効利用という観点から、電気の効率的な利用についてとらえるようにする。このことについて、例え

ば、手回し発電機や蓄電器を用いて、発光ダイオードと豆電球の点灯時間を比較すると、発光ダイオードが豆電球より長く点灯することなどからとらえるようにすることが考えられる。」と記されており、エネルギー資源の有効利用について言及されていた。

平成30年発行の小学校学習指導要領解説理科編の(4)電気の利用には「日常生活との関連としては、エネルギー資源の有効利用という観点から、電気の効率的な利用について捉えるようにする。このことについて、例えば、蓄電した電気を使って、発光ダイオードと豆電球の点灯時間を比較することが考えられる。また、身の回りには、温度センサーなどを使って、エネルギーを効率よく利用している道具があることに気付き、実際に目的に合わせてセンサーを使いモーターの動きや発光ダイオードの点灯を制御するなどといったプログラミングを体験することを通して、その仕組みを体験的に学習するといったことが考えられる」と記されており、上述の平成20年発行解説理科編の内容に、プログラミングに関連する各種センサーによるエネルギーの効率的な利用に関する内容が加わっていることが認められる。

2. 小学校理科教科書「電気の利用」の調査

表2-1～2-2は、表頭の教科書別に、教科書の出版年度が令和2年度[R02]及び平成27年度[H27]の教科書で第6学年の単元「電気の利用」のうち、学習指導要領(7)「電気は、つくりだしたり蓄えたりすることができること(発電、蓄電)」に対応する章と(ウ)「身の回りには、電気の性質や働きを利用した道具があること(電気の利用)」に対応する章の内容を調査し、まとめたものである。

(1) 単元名・ページ数(表側1)

各教科書に示された単元名は、両年度とも学習指導要領の大項目名と同じ「電気の利用」または「電気と私たちの生活」ないしそれらを含む名称となっていた。また、第6学

年教科書の総ページ数は、[H27]が176～216ページ（平均200.3ページ）、[R02]が180～236ページ（平均217.0ページ）と4～30ページ（平均16.7ページ）増えている。一方、「電気の利用」の単元のページ数は20ページ前後で、2社はページ数に変化はなく、他の4社では2～8ページ増えていた。小項目の「電気による発熱」が中学校第2学年に移行したが、その一方でプログラミングに関する内容が加わり、それがかなりのページ数に上ったためと考えられる。

(2) 学習指導要領の中項目（表側2）

平成29年改訂小学校学習指導要領では、知識・技能の柱に対応した中項目アが記載の通り示されている。

(3) 「発電、蓄電」の章（表側3）

今回の教育課程の改訂において、理科では問題解決の過程が一層重視されている。ここでは、学習指導要領の小項目(ア)「電気はつくりだしたり蓄えたりすることができること」に対応する章に示された実験等の器具、及び、問題解決の過程に従って「1）問題を見いだす」から「8）まとめ・結論」に対応した表示（文字やマーク等）の有無を、「1）問題を見いだす」「2）問題」「5）観察・実験」「8）まとめ・結論」についてはその記述内容を示している。

器具としては、発電用の手回し発電機、蓄電用のコンデンサー、それに豆電球と発光ダイオードが[R02]、[H27]ともに全6社で扱われており、平成20年発行と平成30年発行の両学習指導要領解説理科編に示されている、コンデンサーにためた電気で豆電球と発光ダイオードの点灯時間の比較が行われていた。

問題解決の過程は、理科学習の過程に対応しており、[R02]では全6社で、[H27]は5社で、それぞれの過程に対応した表示や記号が使われていた。また、[R02]では各過程に対応する表示が「？」から「問題」、「わかった」から「結論」になるなど、より問題解決の過程を示す用語による記載となっていた。この章では、「2）問題」「5）実験」「8）ま

め・結論」の各過程がほぼ全教科書に、「3）予想する」「6）結果」「7）考察」は[R02]の4社以上に記載されている。

一方、「1）問題を見いだす」は[R02]の2社と少ない。これは、発電や蓄電に結びつく身近な問いを生活経験から見出すのが難しいと考えられることや、第6学年で主に育成する過程が、妥当な考えをつくりだす力、すなわち「7）考察」「8）まとめ・結論」の過程であることも関係していると思われる。

(4) 「電気の利用」の章（表側4）

ここには、学習指導要領の小項目(ウ)「身の回りには、電気の性質や働きを利用した道具があること」の有効利用に対応する章（または節）についての調査結果を示している。

器具については、DNのみ「調べる」の中で実験が示されていた。これは、電気の有効利用での実験に該当する活動が「資料調べ」であり、操作を含む活動がほとんどないことによる。なお、この後にプログラミングに関する学習が続いており、その中では必ず操作を伴う活動が示されていた。

問題解決の過程に関しては、(3)と同様であり、表中「2）問題」「8）まとめ・結論」の過程については全教科書に、「3）予想する」「5）実験」「6）結果」は[R02]の4社以上の教科書に記載されている。ただし、第6学年で主に育成する過程に対応する「7）考察」は、[R02]では2社のみで記載がある。この章では資料を調べる活動をしており、その結果に対してさらに考察することが難しいためと考えられる。

(5) プログラミング、もの作り（表側5）

中央教育審議会答申でも、理科の問題解決の過程においてプログラミング教育が適切に位置付けられるよう示された。[R02]の全教科書にプログラミングに関する記載があり、センサーを使った制御に関する体験を通して学習する。

もの作りについてこの單元では、[R02]、[H27]ともに半数の教科書に記載が見られた。なお、このものづくりにプログラミングでの

表2-1 第6学年「電気の利用」(1)

	項目	DN		TS		KR	
		R02	H27	R02	H27	R02	H27
1	教科書の出版年度	R02	H27	R02	H27	R02	H27
	単元名	私たちの生活と電気	電気の性質とその利用	電気と私たちの暮らし	電気と私たちの暮らし	発電と電気の利用	発電と電気の利用
	ページ数(単元/教科書)	20/222	16/188	20/220	20/208	20/216	18/208
2	内容ア 次のことを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。						
3	(7) 電気は、つくりだしたり蓄えたりすることができること。(豆電球と発光ダイオードの比較)						
	器具等	手回し発電機、コンデンサー、豆電球、発光ダイオード	手回し発電機、コンデンサー、豆電球、発光ダイオード	手回し発電機、コンデンサー、豆電球、発光ダイオード、電子オルゴール、モーター	手回し発電機、豆電球、コンデンサー、発光ダイオード	手回し発電機、コンデンサー、豆電球、発光ダイオード、ストップウォッチ	手回し発電機、コンデンサー、豆電球、発光ダイオード、ストップウォッチ
	1) 問題を見いだす	—	—	—	—	屋間に発電した電気を、どのようにして、夜間に使えるようにしているのだろうか。(吹き出し)	—
	2) 問題	豆電球と発光ダイオードで、使う電気の量にちがいはあるのだろうか。	豆電球と発光ダイオードで、電気の使われ方にちがいはあるのだろうか。	ためた電気は、何に変わって利用することができるのだろうか。	つくった電気は、何に変わって利用することができるのだろうか。	発電した電気を、たくわえて使うことができるのだろうか。	発電した電気を、たくわえて使うことはできないのだろうか。
	3) 予想する	○	—	—	—	○	○
	4) 計画を立てる	○	—	—	—	—	—
	5) 実験	豆電球と発光ダイオードの明かりのついていない時間を条件を整えて調べる。	電気をためたコンデンサーで、豆電球と発光ダイオードのあかりのついていない時間を調べる。	コンデンサーに電気をためたためた電気を何に変わって利用できるか調べよう。	つくった電気をためたためた電気が何に利用できるか調べよう。	コンデンサーにたくわえた電気の利用	コンデンサーにたくわえた電気の利用
	6) 結果	○	○	○(豆電球と発光ダイオードの比較を含む)	○(豆電球と発光ダイオードの比較を含む)	○	○
	7) 考察	○	○	—	—	○	○
8) まとめ・結論	豆電球と発光ダイオードでは、使う電気の量にちがいはある。豆電球よりも発光ダイオードのほうが、使う電気の量は少ない。	豆電球と発光ダイオードでは、発光ダイオードのほうが、使う電気の量は少ない。	電気はコンデンサーなどにためることができます。電気は、光、音、運動などに変わって、利用することができます。	電気はコンデンサーなどにためることができます。電気は、光、音、運動などに変わって、利用することができます。	発電した電気は、コンデンサーなどにたくわえて使うことができます。発光ダイオードは豆電球に比べて、少しの電気で長く明かりをつけることができます。	考察:コンデンサーには電気をたくわえるはたらきがあり、発電した電気をたくわえて、使うことができます。また、発光ダイオードは豆電球に比べて、少しの電気で長く明かりをつけることができます。	
4	(9) 身の回りには、電気の性質や働きを利用した道具があること。(電気の利用)						
	器具等	手回し発電機、発光ダイオード、発熱を調べる装置	手回し発電機、電子オルゴール、モーター	—	—	—	—
	1) 問題を見いだす	—	—	私たちが、くらしのなかで、電気を効率的に使うためのくふうをしているのは、どうしてでしょうか。	—	—	—
	2) 問題	電気は、どのようなものにも変わる性質があるのだろうか。	電気は、光のほかにもどのようなものにも変わる性質があるのだろうか。	私たちが、くらしのなかで、電気を効率的に使うために、どんなくふうをしているのだろうか。	<考えよう>私たちが、くらしのなかで、電気をどのように利用しているか、考えよう。	身の回りでは、電気をどのように利用しているのだろうか。1)	電気には、どんな利用のしかたがあるのだろうか。
	3) 予想する	○	—	○	—	○	—
	4) 計画を立てる	—	—	—	—	—	—
	5) 実験	調べる:電気は、どのようなものにも変わる性質があるのか、いろいろな方法で調べる。	調べる:電気は、どのようなものにも変わる性質があるのか調べる。	—	—	資料しらべ:電気の利用のしかた	資料しらべ:電気の変かかん
	6) 結果	○	—	○	—	—	—
	7) 考察	○(話し合い)	—	—	—	—	—
8) まとめ・結論	電気は、光、音、熱、動き(運動)に変わる性質がある。私たちが、電気を光、音、熱、動きなどに変える道具を身の回りで利用している。	電気は、光のほか音、熱、動きに変わる性質がある。わたしたちは、電気を光、音、熱、動きなどに変える道具を身の回りで利用している。	私たちが、くらしのなかで、電気を利用したさまざまな製品を使っています。電気製品には、センサーとコンピュータを利用して電気を効率的に使うためにくふうされている物があります。	(児童発話)電気をを使って、テレビゲームをしたり、洗たく機を回したりしているよ。(児童発話)私の家では、電気をためて走る自動車を使っているよ。	身の回りの電気製品は、電気を光や音、熱、運動などに変わって利用している。電気製品には、電気をむだなく使うためのくふうもある。	—	
5	プログラミング	○	—	○	—	○	—
	もの作り	風力発電機	電気を利用したおもちゃ	電気を利用した物	電気を利用したおもちゃ	—	—
6	振り返る	○	○	○	○	○	○
	学びを深める	○	○	○	○	○	○

注) R02:令和2年度版教科書、H27:平成27年度版教科書、DN、TS、KR、KS、GT、SK:出版社名、○:記述有り、△:表のみ記載、—:記述無し

表2-2 第6学年「電気の利用」(2)

	項目	KS		GT		SK		
		R02	H27	R02	H27	R02	H27	
1	教科書の出版年度	R02	H27	R02	H27	R02	H27	
	単元名	電気の利用	電気の利用	電気と私たちの生活	電気と私たちの生活	電気の利用	電気の利用	
	ページ数(単元/教科書)	22/236	18/206	27/228	19/216	22/180	22/176	
2	内容ア 次のことを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。							
3	(ア) 電気は、つくりだしたり蓄えたりすることができること。(豆電球と発光ダイオードの比較)							
	器具等	クリップつきコンデンサー、手回し発電機(または電源装置、豆電球と導線つきソケット、発光ダイオード、電流計、クリップつき導線、ストップウォッチ	手回し発電機、クリップつきコンデンサー、豆電球、導線つきソケット、発光ダイオード、クリップつき導線、電流計	コンデンサー、手回し発電機、豆電球(2.5V用)、発光ダイオード、スイッチ、検流計(電流計)、ストップウォッチ	コンデンサー、手回し発電機、豆電球(2.5V用)、発光ダイオード、スイッチ、検流計(電流計)、メトローム、ストップウォッチ	手回し発電機、コンデンサー、豆電球、発光ダイオード	手回し発電機、豆電球、コンデンサー、発光ダイオード	
	1) 問題を見いだす	—	—	コンデンサーに手回し発電機をつないで電気をため、その電気を使ってみよう。	—	—	—	
	2) 問題	電気をためたコンデンサーにつなぐものによって使える時間がちがうのは、どうしてだろうか。	電気をためたコンデンサーにつなぐものによって使える時間がちがうのは、どうしてだろうか。	コンデンサーにためた電気が、つなぐものによって使える時間がちがうのは、どうしてだろうか。	コンデンサーにためた電気が、つなぐものによって使える時間がちがうのは、どうしてだろうか。	コンデンサーにためた電気をを使って、長い時間明かりをつけるには、どうしたらよいかだろうか。	—	
	3) 予想する	○	○	○	○	—	—	
	4) 計画を立てる	○	○	○	○	—	—	
	5) 実験	電流計を使って、つなぐものによる電流の大きさや光り方との関係調べよう。	豆電球や発光ダイオードの光っている時間と、回路に流れる電流の強さとの関係を調べよう。	豆電球と発光ダイオードで電気の使われ方にちがいがあると調べる。	回路に流れる電流の強さを調べる。	豆電球と発光ダイオードを光らせて、どちらが長い時間明かりがいているか調べよう。	コンデンサーにためた電気を、発光ダイオードを光らせてみよう。(豆電球との比較)	
	6) 結果	○	○	○	○	—	△	
	7) 考察	○	—	○	○	—	—	
	8) まとめ・結論	電気をためたコンデンサーにつなぐものによって使える時間がちがうのは、ものによって使う電気の量がちがうからである。	電気をためたコンデンサーにつなぐものによって使える時間がちがうのは、ものによって使う電気の量がちがうからである。	コンデンサーにためた電気を、つなぐものによって使える時間がちがうのは、使う電気の量がちがうからである。	コンデンサーにためた電気を、つなぐものによって使える時間がちがうのは、使う電気の量がちがうからである。発光ダイオードは、豆電球と比べて使う電気の量が少ない。	コンデンサーにためた電気を、つなぐものによって使える時間がちがうのは、使う電気の量がちがうからである。発光ダイオードは豆電球と比べて、長い時間光り続けることができます。	コンデンサーにためた電気を、発光ダイオードを光らせてみよう。(豆電球との比較)	
4	(ウ) 身の回りには、電気の性質や働きを利用した道具があること。(電気の利用)							
	器具等	—	—	—	—	—	—	
	1) 問題を見いだす	電気が利用されている例を、身のまわりでさがしましょう。	—	私たちはふだん、どのような電気製品を使っているのでしょうか。	—	—	—	
	2) 問題	私たちは、電気の性質やはたらきをどのように利用しているのだろうか。	身のまわりの電気製品は、電気のどのような性質ははたらきを利用しているのだろうか。	電気製品は、電気をどのような働きに変えて利用しているのだろうか。	私たちの身のまわりには、いろいろな電気製品は、電気をどのようなものに変えているでしょうか。なかま分けてみましょう。	身のまわりの電気器具では、電気を節約するためにどのような工夫がされているだろうか。	—	
	3) 予想する	○	—	—	—	—	—	
	4) 計画を立てる	○	—	○	—	—	—	
	5) 実験	資料調べ：身のまわりで、利用している電気の性質やはたらきについて調べよう。	資料調べ：身のまわりの電気製品が利用している電気の性質やはたらきを調べよう。	調べ：電気製品をどんなはたらきに変えて利用しているか調べる。	—	観察：身のまわりの電気器具の工夫を調べよう。	観察：電気の利用のしかたで、身のまわりの電気器具を分けてみよう。	
	6) 結果	○	○	○	—	—	△	
	7) 考察	○(話し合い)	—	—	—	—	—	
	8) まとめ・結論	私たちは、電気をつくって利用したり、電気をためて利用したり、電気を光や音、熱などに変えて利用したり、電気を目的に合わせてコントロールしながら利用したりしている。	身のまわりの電気製品は、電気をつくったり、電気をためたり、電気を光や音、熱などに変えたりすることのできる電気の性質やはたらきを利用している。	電気製品は、電気を光、音、熱、運動などはたらきに変えて利用している。	私たちの身のまわりには、電気を利用したいいろいろな電気製品があります。それらは、電気を光、熱、音、運動などに換えて利用されています。	わたしたちの身のまわりには、センサーやコンピュータに組みこまれたプログラムによって、使う電気を節約する工夫がされた電気器具があります。(本文中)	△:発光ダイオードは、電気を光に変えて利用していた。電気を音や熱に変える実験もしてみよう。	
5	プログラミング	○	—	○	—	○	—	
	もの作り	—	—	—	—	モーターカー	モーターカー、カッター等	
6	振り返る	○	○	○	○	○	○	
	学びを深める	○	○	○	○	○	○	

注) R02:令和2年度版教科書、H27:平成27年度版教科書。DN、TS、KR、KS、GT、SK:出版社名。○:記述有り、△:表のみ記載、—:記述無し

表 3-1 電気の有効利用に関する教科書 [R02] での記述 (1)

DN [R02] 第10単元 私たちの生活と電気 第3章 使う電気の量とはたらき

ページ	記載場面	記述内容
174	考察 (児童発話)	発光ダイオードを使うと、電気を効率的に利用することができるね。
175	りかのためばこ 電気をためる技術	風力発電や太陽光発電は、限りある地球の資源である石油、石炭などを燃やさなくても電気をつくることができます。しかし、風力発電では風がふかないとき、太陽光発電では日光が当たらないときは、電気をつくることができません。そのため、つくった電気をためる技術がとても大切です。
176	プログラミングを体験してみよう！ (児童発話)	本文 電気は、私たちの生活に欠かすことができません。電気をむだなく使うことが大切です。身のまわりの電気製品の多くは、コンピュータを使って、電気を効率よく利用しています。 (児童発話) 暗くなると自動的に明かりがつく街灯は、効率がいいね。
179	(発表場面) (児童発話)	板書 人が通るときと通らないときの動き方を変えることで、使う電気の量を減らすことができる。 (児童発話) 電気を効率よく利用できるように、くふうされているんだね。
180	学んだことを生かそう	学んだことを生かして、問題にちょう戦 信号機は、電球を使っているものから発光ダイオードを使っているものになってきています。また、雪が多く降る地域では、電球の信号機の場合、雪をとかすことにも、役に立っています。
181	りかのためばこ 電気の使い方と地球の資源	私たちは、未来のために地球環境を守りながら限りある地球の資源を有効に利用していかなければなりません。そのため、燃料を使わない太陽光発電と風力発電などの利用や、使う電気の量が少ない発光ダイオードのディスプレイの利用が増えました。また、使われた電気の量が自動的に記録できるスマートメーターなどを利用することで、使う電気の量が調節しやすくなります。

TS [R02] 第9単元 電気と私たちの暮らし 第3章 電気の有効利用

ページ	記載場面	記述内容
158	考えよう 自転車の明かり 街灯 エスカレーター (児童発話)	暗いところでぐと、車輪が回ることによって発電し、その電気をを使って自動で明かりがつく。明るいところでは、明かりはつかない。 昼の間に光電池で発電した電気をためて、夜になると、その電気をを使って自動で明かりがつく。明るくなると、自動で明かりが消える。 人が近づくと、自動で動きだす。人が遠ざかってしばらくすると、自動で止まる。 (児童発話) 必要なときだけしか電気を使わなくてすむから、効率的だね。
159	まとめ	電気製品には、センサーとコンピュータを利用して、電気を効率的に使うためにくふうされている物があります。
163	理科のひろば 電気を効率的に使うスマートハウス	屋根にとりつけた光電池(ソーラーパネル)で発電します。つくった電気は、電気自動車や家庭用蓄電池などにため、その電気で自動車を走らせたり、家電製品や部屋の照明などに使用したりします。そして、余った電気は、電力会社に売ることもできます。
167	つなげて考えよう	「回る・止まる」のスイッチだけがついてせん風機があります。このせん風機に、近くに人がいることを感知するセンサー(人感センサー)、まわりの温度を感知するセンサー(温度センサー)、コンピュータを組みこみ、プログラムによって動くようにすることができれば、どのように電気を効率的に使うことができるでしょうか。

KR [R02] 第9単元 発電と電気の利用 第2章 電気の利用

ページ	記載場面	記述内容
178	まとめ 理科の広場	発光ダイオードは豆電球に比べて、少しの電気で長く明かりをつけることができる。 豆電球に比べると、あたたかさを感じない発光ダイオードは、効率よく電気を光に変えているといえます。
179	資料調べ1	表 電気を使う量を少なくするためのくふう 例：人がいないときに消える
187	つなげよう 清そう工場での発電 モーターで発電する乗り物	清そう工場では、可燃ごみを燃やしたときに出る熱で、水蒸気をつくり、発電機を回して発電をしているところがあります。つくられた電気は、清そう工場の中で使われるだけでなく、電力会社を通じて、地域の建物や学校などでも使われます。また、水蒸気の熱は、温水プールの水をあたためることなどにも使われます。水蒸気が冷えて水になれば、再び熱して水蒸気をつくり、くり返して発電に使います。 下り坂やブレーキをかけたときには、モーターが発電機のはたらきをして、電気をたくわえることができるものもあります。ブレーキをかけたときにモーターで発電するしくみは「回生ブレーキ」とよばれ、電車やモーターがついた自動車などの乗り物にも使われています。

表 3-2 電気の有効利用に関する教科書 [R02] での記述 (2)

KS [R02] 第9単元 電気の利用 第3章 身のまわりの電気

ページ	記載場面		記述内容
207	見つけよう	人感センサーつきライト	人が近づくと、自動的に照明がつく。
		手回しラジオ	ハンドルを1秒間当たり2～3回の速さで1分間回すと、ラジオは約15分間つけることができ、ライトは約10分間つけることができる。
		電磁調理器	火を使わずに、電気によって過熱して、調理をすることができる。
		道路標識	昼の間に光電池で電気をつくってたくわえておき、夜の間はたくわえた電気を使って光らせている。
210	結果	ノートパソコン	一定の時間がたつと、画面が自動的に消えて、むだな電気を使わないようにしている。
	結論	アイロン	サーモスタット(自動温度調節器)がついていて、温度調節つまみを回すと、適切な温度に保たれるようになっている。
214	科学のまど	電気自動車	この車(電気自動車)は、アクセルペダルをふんだときは、バッテリーの電気でモーターを回転させて走ります。アクセルペダルをもどしたときは、回っているタイヤの力でモーターを回転させ、モーターを発電機として使って電気をつくります。この電気は、バッテリーにためられて、車を動かすために再び使われます。

GT [R02] 第9単元 電気と私たちの生活 第3章 電気を使う

ページ	記載場面		記述内容
191	資料	街灯の明かりと発光ダイオード	光った豆電球にさわると、あたたかく感じます。これは、豆電球が電気を光に変えるほかに、熱にも変えているからです。一方、発光ダイオードの光る部分はあたたかく感じません。これは、発光ダイオードが電気の多くを光に変えているからです。発光ダイオードは電気を効率よく光に変えているため、街灯以外にも、信号機や照明など、いろいろな場所で使われるようになっています。
197	学びをつなげる	本文	プログラムやセンサーによって、私たちは電気を効率よく使うことができ、生活も便利になりました。
		(児童発話)	照明を電球からLEDに変えようと、使う電気の量が少なくなるよ。
		(児童発話)	そのLEDに動きに反応するセンサーをつけると、人がいるときだけ光るので、効率よく電気を使うことができるよ。
		(児童発話)	そのセンサーのおかげで、消し忘れがなくなり、便利になるね。
	本文	今後は、家で使う電気、家で作る電気、家のための電気もプログラムで制ぎよして、電気を効率よくあつかうための研究が進められています。	
199	資料	電気をつくる工夫	横浜市の水道局では、電気をつくる工夫に取り組んでいます。例えば、じょう水場の上に太陽光発電の屋根をとりつけることで、不要な生き物の進入を防ぐだけでなく電気もつくっています。また、水道管内に流れる水の落差を利用した水力発電の装置をとりつけることで、水をながすだけでなく電気もつくっています。

SK [R02] 第9単元 電気の利用 第4章 電気の有効利用

ページ	記載場面		記述内容
164	実験 豆電球と発光ダイオードで、ついで時間調べ	本文	コンデンサーにためた電気を使って豆電球と発光ダイオードを光らせると、豆電球はすぐに暗くなりますが、発光ダイオードは長い時間光っています。これは、豆電球はコンデンサーにためた電気を短時間で使ってしまうのですが、発光ダイオードはためた電気を少しずつ使っているからです。
165	観察 身のまわりの電気器具の工夫を調べよう。	(児童発話)	人感センサー付き照明器具：人が近づくと、明かりがついて、はなれてしばらくすると、明かりが消える照明器具があるね。
		(児童発話)	温度センサー付き暖ぼう器具：温度を設定すると、その温度になるまで暖ぼうが入って、その温度をこえると暖ぼうが切れるから、電気も燃料も節約できるね。
		(児童発話)	光センサー付き街灯：暗くなると、明かりがついて、明るくなると明かりが消える街灯があるよ。
166		本文	わたしたちの身のまわりには、センサーやコンピューターに組みこまれたプログラムによって、使う電気を節約する工夫がされた電気器具があります。
169	(プログラミング)	本文	センサーやコンピューターに組みこまれたプログラムを使って、電気を流したり流さなかったりすることで、人がいるときだけ明かりがつく装置を作ることができます。このようなしくみを使った器具は、わたしたちの身のまわりがたくさんあり、電気を節約して使うように工夫されています。

センサーを使った活動は入っていない。

(6) 振り返る、学びを深める(表側6)

「振り返る」及び「学びを深める」については、[H27]から全教科書に記されている。「振り返る」の多くは問題による確認であったが、[R02]のTSとKRでは、単元の学習前後で同じ質問に回答を求め、その学習による自分の成長をメタ認知する一枚ポートフォリオ評価法による形式が取られていた。

3. 「電気の有効利用」に関する記述

(1) 有効利用に向けた活動場面

表3-1～3-2は、「電気の利用」に関する章での電気の有効利用に関する[R02]の各教科書での主な記述を示す。

有効利用に関して、「限りある地球の資源を有効に利用」や「効率よく電気を光に変えている」、「消し忘れがなくなり、便利になるね」など、直接的に言及している文が比較的多いDN、GTがある一方、「人が近づくと、自動的に照明がつく」など客観的な事実を記しているが、「有効利用」などの文言がほとんど示されていないKSの例もあった。

表からわかるように、有効利用に関する記述は、「見つけよう」から「考えよう」、「まとめ」まで問題解決の過程の中に多くの教科書で見られた。ただし、どの過程で記載場面が設定されているかは教科書によって異なっていた。さらに、「学んだことを生かそう」や「つなげて考えよう」、「学びをつなげる」など、問題解決の過程の延長線上にある、学びを広げたり、深めたりする場面でより多く扱われていた。そのほか、「りかのたまたばこ」や「理科の広場」、「科学のまど」など資料として囲み記事の中に記載されている教科書も多く、また、プログラミング学習の中でセンサーを利用して電気を制御する場面が必ずあり、そこでは制御方法に重点が置かれているが、電気を有効利用していることや使う電気を節約する工夫がされていることに言及している教科書もあった。

児童の発話場面をみても、問題解決の過程

の「考えよう」や「観察」「考察」、延長線上の「学びをつなげる」、プログラミング学習の中などさまざまであった。

すなわち、エネルギー資源の有効利用に向けた活動は、いろいろな場面で設定されており、教科書によりその設定場面は異なっていた。また、児童の発話場面も教科書によりさまざまであった。

(2) 有効利用の記述の分類

表4には、表3-1と表3-2に示した記述全48例を分類し、例の数を示した。電気をつくる場面は7例、ためる場面が3例、使う場面が36例、それらをすべて含めたものが2例あった。

電気を使う場面での例が大多数を占めているが、その中でも多いc-1「電気消費量の少ない電気製品の使用」の7例とc-2「制御による電気の効率的な使用」の16例に関しては、学習指導要領解説理科編に記載があり、児童の日常生活ともつながっており、また、プログラミングを通してセンサーの仕組みを体験的に学習することが要請されているためと考えられる。

(3) 有効利用における多面的な活動

第6学年においては、多面的に調べる活動を通して、問題解決の過程を進めていくことが求められている。有効利用など価値観を含む科学技術的な事象に関しては、利害両面を勘案して自らの判断・意思決定を促していく場面とすることも考えられる。

c-4の「場面に応じたエネルギーの有効利用」に分類した、信号機での廃熱利用は、多面的に考える具体例となる。現在、信号機は電球から廃熱の少ない発光ダイオードを使ったものに順次変わってきている。その一方、電球の信号機は、雪の多い地域で、電球からの廃熱を利用して信号機の前面に雪をつきにくくする利点がある。さらに考えれば、温度センサーを使い、低温になったときに信号機を温めるようプログラミングすることで、雪の多い地域でも発光ダイオードの信号機を使えるようにすることも可能であろう。

表4 教科書「電気の有効利用」に関連する章に記載されているエネルギー資源の有効利用例の分類

場面		方策	具体例	例数
つくる	a-1	資源消費量の少ない発電方法	風力発電、太陽光発電	4
	a-2	資源を有効利用した発電方法	廃棄物発電、水力発電	2
	a-3	発電を調整（制御）しやすい方法	手回し発電、火力発電**	1
ためる	b-0	（電気をためる技術の重要性）*	-	1
	b-1	効率的に使用するための蓄電	電気自動車、蓄電池	2
使う	c-0	（センサー等の効用、工夫、調節）*	スマートメーター	8
	c-1	電気消費量の少ない電気製品の使用	発光ダイオード	7
	c-2	制御による電気の効率的な使用	人感・温度センサー	16
	c-3	制御による利便や安全を図る使用	温度センサー、道路標識	1
	c-4	場面に応じたエネルギーの有効利用	廃熱利用（プール、信号）、回生ブレーキ	4
総合	d-0	（目的に合わせて発電・制御して利用）*	-	2

*) 一般的な有効利用の記述。**) 火力発電は他の章に記載されていた例。

また、a-3の「発電を調整しやすい方法」として手回し発電機とともに、章は異なるものの電気の利用の単元の中で、火力発電が上がっていた。この火力発電は、化石燃料を使うために問題となっている一方、必要に応じてつくる電気の量を調節することが比較的容易なため、余計な発電をせずむだをなくすように調整できる利点がある。さらに考えると、電気を大量にためる技術が進んでいけばためた電気で供給する電気量を調節することも可能となろう。

IV. まとめ

エネルギー資源の有効利用に向けた活動はいろいろな場面で設定されており、問題解決の各過程や学びを深める場面、プログラミング学習の中など、その設定場面は教科書により異なっていた。また、児童の発話場面も教科書によりさまざまであった。

電気の有効利用の記述例は電気を使う場面が大多数を占めていた。これは、学習指導要領解説に記載があること、児童の日常生活とつながっていること、プログラミングを通し

たセンサーの仕組みの体験的な学習が要請されていることの影響と考えられる。

有効利用など価値観を含む科学的な事象に関しては、第6学年における多面的に調べる活動を通して、問題解決の過程を進めていくこととともに、利害両面を勘案して自らの判断・意思決定を促していく場面とすることが考えられる。

【文献】

- 松原静郎・岩間淳子（2017）「初等理科における問題解決能力の育成と教育法—第4学年「電気の働き」を例に—」『青山学院教職研究』, Vol.4, 45-64.
- 文部科学省（2008）『小学校学習指導要領解説、理科編』, 大日本図書.
- 文部科学省（2018a）『小学校学習指導要領解説、理科編』, 東洋館出版.
- 文部科学省（2018b）『小学校プログラミング教育の手引き』.
- [小学校学習指導要領]
- 昭和22年試案（1947）, 昭和27年試案（1952）, 昭和33年改訂（1958）, 昭和43年改訂（1968）, 昭和52年改訂（1977）, 平成元年

改訂（1989），平成 10 年改訂（1998）以上，
文部省。平成 20 年改訂（2008），平成 29
年改訂（2017）以上，文部科学省。

[小学校理科教科書]

『小学校理科教科書，第 3 学年』（2015，2020），
大日本図書，東京書籍，啓林館，教育出版，
学校図書，信州教育出版社。