

中学校理科第1分野「科学技術と人間」において科学的な考察を支援する教材の開発

－エネルギー換算シミュレーションソフトウェアの制作－

産業・情報教育部情報教育班 長期派遣研修員（大牟田市立田隈中学校 教諭） 石橋 泰浩

1 研究主題についての説明

(1) 主題の意味

中学校理科第1分野「科学技術と人間」の内容は、エネルギー資源の有効利用が重要であることを認識させるとともに、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について多面的、総合的にとらえ、科学的に考察し、判断する態度を養うことが主なねらいである。

「科学技術と人間」において科学的な考察をするとは、科学技術の発展と人間生活とのかかわり方や自然と人間のかかわり方について考える際に、日常生活や社会におけるエネルギー消費の特徴、発電の仕組み、各発電方法の発電能力や環境への影響を科学的な根拠としてとらえ論理的な思考を行うことである。

科学的な考察を支援する教材とは、科学的に信頼性の高いデータを基に計算した結果を、図やグラフで効果的に表示し、科学的な根拠をとらえることができるようにする教材のことである。

(2) 副題の意味

エネルギー換算シミュレーションソフトウェアとは、電気、ガス、灯油の使用量からエネルギー消費量（熱量）への換算、発電所の定格電力から同量の電力を得るために必要な太陽電池と風力発電の設置面積への換算、発電時の二酸化炭素排出量から同量の二酸化炭素を吸収するために必要な森林面積への換算を行うとともに、日常生活におけるエネルギー消費のシミュレーション、発電による環境への影響のシミュレーションを行うソフトウェアのことである。

科学的な根拠をとらえるためには、エネルギー消費量を客観的な数値として理解し、身近な生活と関連付けて認識することが必要である。しかし、エネルギー消費量を数値で表しても、その量をイメージすることが難しく、身近な生活と関連付けて認識することは困難である。また、エネルギー消費量を客観的に表すためのデータ収集と計算には多くの時間を要するため、さまざまな条件に応じた結果を即時に得ることは困難である。したがって、ICTの特性を生かして、計算した結果を図やグラフで効果的に表示することができる教材を制作することは、生徒の科学的な考察を支援するための有効な手だてになると考える。

(3) 主題設定の理由

中学校学習指導要領理科第1分野「科学技術と人間」は、科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動や、実社会・実生活との関連を重視する内容を充実する方向で改善がなされ「エネルギー資源の利用や科学技術の発展と人間生活とのかかわりについて認識を深め、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について科学的に考察し判断する態度を養う」と、ねらいが改められた。

しかし、平成24年度全国学力・学習状況調査によると、「白熱電球をLED電球に交換しようとする場面において、電力量に関する知識を活用して、最も省エネの効果がある場所を考え、その根拠を説明することができるかどうか」という趣旨の設問では、「理由を科学的な根拠に基づいて説明することに課題がある」ことが指摘された。

一方、資源エネルギー庁発行の「エネルギー白書2012」によると、快適さや利便性を求めるライフスタイルの普及等を背景に、家庭部門におけるエネルギー消費量は増加傾向にあり、家庭における省エネルギーは喫緊の課題となっていることが述べられている。しかし、日常生活においてエネルギー利用を考えると、「エネルギー消費を抑えること」と「便利な生活を送ること」との関係が、同時には成立しにくい二律背反となることがあるため課題の解決は容易ではない。その中で、今後どのような生活を送るのかを意思決定するためには、科学的に考察し判断することが重要になってくる。

2 研究の目標

中学校理科第1分野「科学技術と人間」において、科学的に信頼性の高いデータを基に計算した結果を、図やグラフで効果的に示すことで、生徒の科学的な考察を支援する「エネルギー換算シミュレーションソフトウェア（以下、ソフトウェア）」を制作する。

3 研究の内容

(1) ソフトウェアの制作

ア ソフトウェアの制作方針

本研究では、ICTの特性である入力した値や条件に応じた結果を表示する「インタラクティブ性」、計算を即時に行う「即時性」、数値を図やグラフで表す「視覚化」の3つを生かし、入力した値や条件に応じて計算を即時に行うとともに、科学的に信頼性の高いデータを、イメージしにくい数値だけでなく図やグラフで効果的に表示するソフトウェアを制作する。

また、この教材は表1に示した機関から発表されている科学的に信頼性の高いデータを使用するとともに、これまでの理科の既習知識で理解することができる内容で構成する。

表1 教材において使用するデータ

使用するデータ	値及び係数の出典	機関・発表者
電気、ガス、灯油の使用量からエネルギー消費量（熱量）への換算の係数	エネルギー源別標準発熱量表 「標準単位(MJ)」	資源エネルギー庁 総合エネルギー統計検討会
発電所一覧の名称、定格電力の値	九州電力ホームページ 「発電所名、発電方法及び定格電力」	九州電力
発電方法ごとの二酸化炭素排出量への換算の係数	電力中央研究所報告 「電源別のライフサイクルCO ₂ 排出量」	電力中央研究所
森林の二酸化炭素吸収量	森林総合研究所ホームページ 「林木に蓄積される炭素量の算定」	森林総合研究所
家庭で使用する電気製品の消費電力量の値	省エネ性能カタログ 「各電気製品の消費電力量」	資源エネルギー庁

イ ソフトウェアの機能

表2 エネルギー換算シミュレーションソフトウェアの機能

□インタラクティブ性 ○即時性 ◇視覚化

機能A 社会におけるエネルギー消費の特徴をとらえさせる □電気、ガス、灯油の使用量を入力する。 ○電気、ガス、灯油の使用量からエネルギー消費量（熱量）の合計、割合及び一人当たりのエネルギー消費率を求める。 ◇求めたエネルギー消費量の合計や割合を表やグラフで表示する。 ◇一人当たりのエネルギー消費率をグラフで表示する。
機能B 発電の仕組みをとらえさせる ◇水力発電は、ダムの水が持つ位置エネルギーを利用していることを表示する。 ◇火力発電は、化石燃料を燃焼させて得た熱エネルギーを利用していることを表示する。 ◇原子力発電は、核燃料から得た熱エネルギーを利用していることを表示する。 □代表的な発電所の位置や航空写真を地図上に表示する。
機能C 各発電方法の発電能力や環境への影響をとらえさせる □九州電力管内の発電所を選択する。 ○選択した発電所の定格電力の合計を求める。 ○発電に必要な太陽電池と風力発電の設置面積を求める。 ○発電時の二酸化炭素排出量を求める。 ◇最大定格出力の合計、発電時の二酸化炭素排出量をグラフで表示する。 ◇発電に必要な太陽電池と風力発電の設置面積を地図上に円として表示する。 ◇発電時の二酸化炭素排出量と同量の二酸化炭素を吸収するために必要な森林面積に換算し、地図上に円として表示する。
機能D 日常生活におけるエネルギー消費の特徴をとらえさせる □機器の種類や使用時間を選択する。 ○選択した機器の種類や使用時間から消費電力量やエネルギー消費量を求める。 ◇エネルギー消費量の合計や電灯、空調、給湯などの用途別のエネルギー消費量をグラフで表示する。 ◇使用する機器の種類や使用時間の違いによるエネルギー消費量の違いを表示する。

(2) ソフトウェアを使用した授業構想

ア ソフトウェアを使用した単元指導計画

本ソフトウェアは、学習過程の「情報の収集・分析」「課題の把握」「課題解決の手段検討」「課題解決の意思決定」の各段階において、生徒が科学的な考察を行う場面で使用することを想定して制作した。単元の中で必要に応じてソフトウェアを使用し、科学的な考察を繰り返すことで、エネルギー資源の有効利用の必要性を認識するとともに、エネルギーの有効利用について、科学的に考察し判断することができる生徒の育成を目指す。表3にソフトウェアを使用した単元指導計画例を示す。

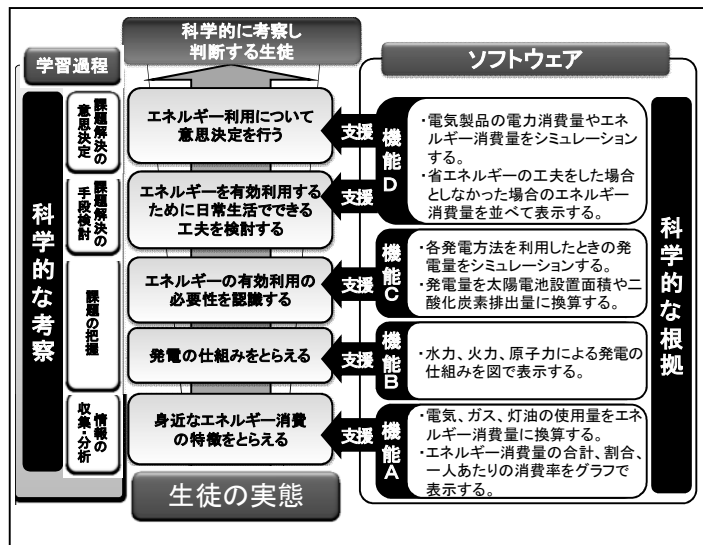


図1 教材の活用構想図

表3 エネルギー換算シミュレーションソフトウェアを使用した単元指導計画例

単元名		科学技術と人間	
目標		○エネルギー資源の有効利用の必要性を認識できるようにする。 ○エネルギーの有効利用について、科学的に考察し判断することができるようにする。	
単元指導計画（総時間10時間）			
過程	配時	○ねらい ・学習活動	○手だてとソフトウェアの関連
情報 収集・ 分析	1	○身近なエネルギー消費の特徴をとりえる。 ・家庭と学校でのエネルギー消費量やエネルギー消費率を比較する。	○社会におけるエネルギー消費の特徴をとりえさせるために、 機能A を用いて、家庭と学校の電気、ガス、灯油の使用量から、エネルギー消費量の合計、割合及びエネルギー消費率を確認させる。 (個人・PC室)
課題 の 把握	3	○発電の仕組みをとりえる。 ・火力、水力、原子力による発電の仕組みを確認する。 ・化石燃料の利用と課題を確認する。 ・原子力の利用と課題を確認する。 ・再生可能エネルギーの利用と課題を確認する。	○発電の仕組みをとりえさせるために、 機能B を用いて、火力、水力、原子力、再生可能エネルギーを使用した発電の仕組みを確認し、エネルギー資源やエネルギー変換と関連付けさせながら比較させる。 (個人・PC室) ○化石燃料、原子力、再生可能エネルギーの利用と課題をとりえさせるために、エネルギー資源の利用状況、環境への影響、埋蔵量などを表にまとめ比較させる。(一斉・教室)
	3	○エネルギーの有効利用の必要性を認識する。 ・どの発電方法にも課題があることを確認する。 ・省エネルギーに役立っているといわれる技術（電気自動車、家庭用燃料電池、発光ダイオードなど）について調べる。 ・日常生活においてエネルギー利用を考えると、「エネルギー消費を抑えること」と「便利な生活を送ること」とは同時には成立しにくい課題があることを確認する。	○各発電方法の発電能力や環境への影響をとりえさせるために、 機能C を用いて、各発電方法の定格電力の合計と同量の電力を得るために必要な太陽電池と風力発電の設置面積及び発電時の二酸化炭素排出量と同量の二酸化炭素を吸収するために必要な森林面積に換算して確認させる。(個人・PC室) ○省エネルギーに役立つといわれている技術の原理や課題を、図書やインターネットで調べさせ、レポートにまとめさせる。(小集団・PC室) ○「エネルギー消費を抑えること」の必要性を認識させるために、地球温暖化や酸性雨の資料から、エネルギー資源の大量消費が自然環境に対して影響を与えることや、エネルギー資源の確認可採年数からエネルギー資源は有限であることを確認させる。(一斉・教室) ○「便利な生活を送ること」がエネルギー消費の増加につながっていることをつかませるために、エネルギー白書の資料から家庭におけるエネルギー消費が増加していることを確認させる。(一斉・教室)
課題 解決 の 手段 検討	2.5	○エネルギーを有効利用するために日常生活でできる工夫を検討する。 ・家庭におけるエネルギー消費を抑えるための生活の工夫を検討する。 ・生活上の工夫を検討した結果についての話し合い活動を行う。	○日常生活におけるエネルギー消費の特徴をとりえさせるため、 機能D を用いて、エネルギー消費を抑える工夫をした場合としない場合のエネルギー消費量を比較させる。(個人・PC室) ○生活上の工夫を検討した結果や、どんなことを考えて判断したかを説明し、話し合い活動をさせる場を設ける。(小集団・PC室)
課題 解決 の 意思 決定	0.5	○エネルギー利用について意思決定を行う。 ・これからどのような生活を送るかを決定する。	○「エネルギー消費を抑えること」と「便利な生活を送ること」とは同時には成立しにくいいため、正解は一つではないことを踏まえながら、エネルギーの有効利用に向けてこれからのどのような生活を送るかを、話し合いの結果と 機能D の結果を基に意思決定を行わせる。 (個人・PC室)

イ ソフトウェアの各段階での活用構想

(7) 「情報の収集・分析」の段階

「身近なエネルギー消費の特徴をとらえる」場面では、機能Aを用いて、各自で収集した各家庭における電気、ガス、灯油の使用量のデータを、エネルギー消費量（熱量）に換算し（図2）、その合計（図3）と割合（図4）、一人当たりのエネルギー消費率（図5）を数値とグラフで確認する。これにより、季節によるエネルギー消費量の違いや、家庭と学校とのエネルギー消費率を比較し、社会におけるエネルギー消費の特徴をとらえさせることができる。



図2 エネルギー消費量の換算



図3 エネルギー消費量の合計



図4 エネルギー消費量の割合



図5 エネルギー消費率

(4) 「課題の把握」の段階

「発電の仕組みをとらえる」場面では、機能Bを用いて、水力（図6）、火力（図7）、原子力（図8）による発電の仕組みを表す模式図を基に、エネルギー変換やエネルギー資源についての共通点や相違点を確認する。さらに、それぞれの代表的な発電所の位置を地図上で確認し、立地条件を分析することで、発電の仕組みをとらえさせることができる。

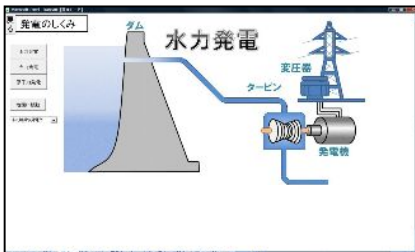


図6 水力発電

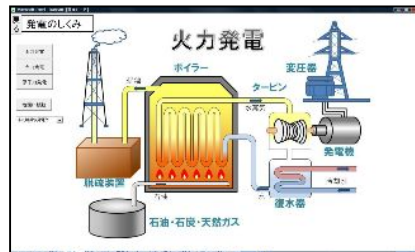


図7 火力発電

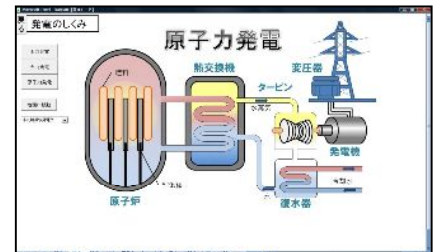


図8 原子力発電

「エネルギーの有効利用の必要性を認識する」場面では、機能Cを用いて、選択した発電所の定格電力の合計と同量の電力を得るために必要な太陽電池と風力発電の設置面積及び発電時の二酸化炭素排出量と同量の二酸化炭素を吸収するために必要な森林面積を、数値（図9）や地図上（図10）で確認する。これにより、太陽光、風力、その他の発電方法について、それぞれの発電能力と発電による環境への影響を確認することができ、どの発電方法にも課題があることをとらえさせることができる。



図9 機能Cメイン画面

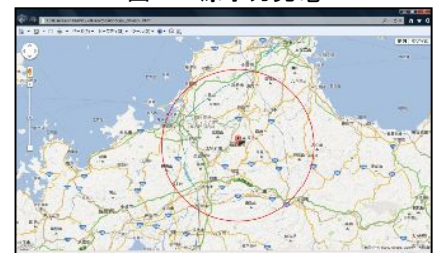


図10 地図上での面積表示

(5) 「課題解決の手段検討」の段階

「エネルギーを有効利用するために日常生活でできる工夫を検討する」場面では、機能Dを用いて、モデルハウス（図11）に表示されている電気製品などの機器



図11 モデルハウス

の使用状況を入力することでモデルハウスのエネルギー消費の様子を確認する。また、エネルギー消費量を照明、空調、給湯、調理器具などに分類し、それぞれの合計（図12）と割合（図13）を確認する。これにより、生活上の工夫を検討した場合に抑えることのできるエネルギー消費量をとらえさせることができる。その際、「エネルギー消費を抑えること」と「便利な生活を送ること」とは同時には成立しにくいことをとらえさせることができる。

(E) 「課題解決の意思決定」の段階

「エネルギー利用についての意思決定を行う」場面では、前段階で検討した生活上の工夫について生徒同士で話し合い活動を行う。話し合いで出た意見と自分の意見を、機能Dを用いて比較することで生活上の工夫を再検討し、省エネルギーに向けた今後の生活について意思決定を行わせることができる。

4 開発教材の検証

(1) 検証の実施について

- 調査日 平成24年11月20日（火）
- 調査対象 A市立B中学校理科教員4名
- 検証方法

ソフトウェアの有効性や操作性、表示方法や表示内容について、調査対象の教員に対して模擬授業を実施し、教材評価アンケート及び聞き取り調査を行った。

(2) 各機能の検証結果及び考察

ア 機能Aについて

- 「自らのエネルギー消費量が実際の数値で分かるという驚きがあり、身近なエネルギー消費に関心がもてるであろう」という意見から、家庭と学校におけるエネルギー消費量を基に、身近なエネルギー消費の特徴をとらえさせることができていると考える。
- 「各家庭で調べた電気、ガス、灯油の使用量を、エネルギー消費量のグラフで確認できることで、自宅のエネルギー消費の特徴を視覚的に認識できる」という意見から、自宅のエネルギー消費量をグラフで表示したことにより実感を伴ってとらえさせることができていると考える。
- 「身近なものに置き換えて表示する機能を加えてはどうか」という意見があったが、実物を提示する方が効果的であると考え、表示内容の変更は行っていない。

イ 機能Bについて

- 「水力、火力、原子力による発電の仕組みの違いや、発電に使用するエネルギー資源の特徴をとらえさせることができる」という意見から、発電の仕組みをとらえさせることができていると考える。
- 「スクリーンに拡大して映すと説明がしやすい」「各発電方法に共通する部分が画面の同じ場所に表示されるため発電の仕組みを比較しやすい」という意見から、教師が説明を行う際に、ポイントを焦点化した効果的な提示ができていると考える。
- 「エネルギー変換の様子を身近な例に置き換えることができないか」という意見があったが、実験を行うなど、実物を提示する方が効果的であると考え、表示内容の変更は行っていない。

ウ 機能Cについて

- 「必要な電力を得るための発電所を選択する作業を通して、発電所ごとの発電能力の比較がしやすい」「発電所の発電量と二酸化炭素排出量の関係をシミュレーションできるところがよい」という意見から、各発電方法や発電能力の違いをとらえさせることができていると考える。
- 「発電による二酸化炭素排出量を、地図上に置き換えて見ることができると環境への影響を比較しやすい」という意見から、縮尺などを自由に変えて表示することができる地図を使用したことで、発電による環境への影響を効果的にとらえさせることができていると考える。



図12 エネルギー消費の合計

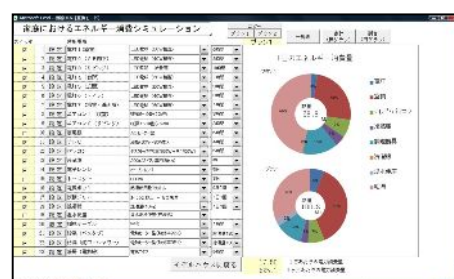


図13 エネルギー消費の割合

- 「途中で操作が分からなくなる」という意見があった。このことについては、ボタンが多く操作が分かりにくいことに原因があると考え、操作を単純化しボタンを減らすことで改善を図った。
- 「グラフの軸が自動で変化しない方がよい」という意見があった。このことについては、最大値を切り替えるボタンを追加することで改善を図った。

エ 機能Dについて

- 「電力使用の状況を分析するグラフが表示されることで、家庭におけるエネルギー消費の特徴をとらえやすい」「省エネルギーに向けた生活上の工夫の効果をとらえさせることができる」という意見から、生活上の工夫を行った場合に抑えることのできるエネルギー消費量を基に、日常生活におけるエネルギー消費の特徴をとらえさせることができていると考える。
- 「電気製品の性能や時間設定を詳しく行うことで、家庭での電力使用の状況を分析することができる」「電気製品などの設定が簡単に行えることがよい」という意見から、電気製品などの機器の使用状況の入力を容易に設定できるようにしたことで、様々な生活の工夫について考察させることができていると考える。
- 「電気製品の選択肢が分かりにくい」という意見があった。このことについては、例えば、冷蔵庫の規格をイメージしにくい「内容量 (ℓ)」で表示したことなどが原因であると考え、「ドア数」や「冷蔵庫の高さ」といった生徒の経験から想起できるものに変更した。
- 「ボタン名が分かりにくい」という意見があった。このことについては、操作が複雑であることが原因であると考え、操作を単純化しボタン名を変更することで改善を図った。

(3) 全体考察

「ソフトウェアは、科学的に考察することを支援する教材になっているか」という質問に対し、全員から「なっている」という回答を得ることができた。

また、「ソフトウェアを使用することで、生徒は科学的な根拠を基に考察するようになると思うか」という質問に対し、「そう思う」または「どちらかといえばそう思う」という回答を得ることができた。

さらに、「生徒は、資料だけを見て考えるのではなく、入力に応じて変化する結果を比較して考えるため、省エネルギーの方法を科学的に考えることができるようになると感じられた。」という意見があった。

以上の意見及び各機能の考察から、制作したソフトウェアは、生徒に科学的な根拠をとらえさせるための有効な教材であるという検証結果が得られたと考える。

5 研究の成果と今後の課題

(1) 研究の成果

中学校理科第1分野「科学技術と人間」において、科学的に信頼性の高いデータを基に計算した結果を、図やグラフで効果的に表示することで、生徒の科学的な考察を支援する「エネルギー換算シミュレーションソフトウェア」を制作することができた。

(2) 今後の課題

- 授業において電子黒板などのICT機器が幅広く活用されつつある状況を考え、電子黒板の操作性にあわせてソフトウェアを改良する必要がある。
- 本研究は、中学校理科の最後の内容を扱ったために、実証授業を行っていない。そのため、授業における活用方法をさらに検討する必要がある。

＜使用ソフトウェア＞

- ・「Microsoft Office Excel 2007」Microsoft社
- ・「Googleマップ」Google社

＜参考文献＞

- ・中央教育審議会(平20)「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について(答申)」<http://www.mext.go.jp/>
- ・資源エネルギー庁(2012)「エネルギー白書2012」<http://www.enecho.meti.go.jp/>