

科学的リテラシーを育成する 持続可能な発展に関する教材の開発

Developing Educational Materials for Sustainable Development
to Foster Scientific Literacy

松原 静郎*
MATSUBARA Shizuo

Abstract

Taking scientific literacy as an ability to acquire scientific knowledge and a scientific thinking and to make judgments and decisions on scientific and technological events and phenomena, the concepts of sustainable development and green and sustainable chemistry, which is an actual example of sustainable development, are worth introducing to secondary schools from the viewpoints of not only giving significance to learning science and chemistry but also cultivating judgment and decision-making abilities. This paper describes the practices of the author and his colleagues in developing and using the educational materials at secondary schools to teach the concept of green and sustainable chemistry through the history of some chemical industries, and the concept of sustainable development through the history of power generation. The authors establish a framework with three objectives to be reflected to the teaching materials: to understand the duality of benefits and risks of science and technology, to have positive thinking about science and technology through knowing the efforts of scientists and engineers, and to show a willingness to make judgments and decisions and to be active about scientific and technological issues. The students' descriptions of their impressions written after implementing the educational materials showed favorable reactions to the materials as well as to science and technology. As a result of teaching approach built around the three points defined in the framework, students learned the historical facts that scientists and engineers have been trying to develop less hazardous methods to have senses of confidence and security in science and technology, and together with expectations for scientists and engineers, showed willingness to start with what they could do by themselves.

はじめに

科学的リテラシーについてはいろいろな定義がなされている。例えば、わが国で科学技術リテラシーの育成の基礎的研究にいち早く取り組んだ大木は、「新しい局面に直面したとき、その人が、科学ではそのときどのような方法で情報を集めどのように判断しようとするか、そしてどのように行動するかを体得していることが、我々が追求する『科学・技術リテラシー』が育成されたということにあたるものと考えられる。」と記している¹⁾。同時期に本研究所から刊行した基礎学力調査報告書には理科専門委員会における基礎学力の考え方として、「学校での学習活動に必要とする基

* 教育課程研究センター基礎研究部総括研究官

基礎知識を得るのみならず、生活を営む上で必要な、科学に関する基礎的な知識を身につけるとともに、科学の方法を身につけてものごとを科学的に見たり考えたり、科学的知識や方法が活用できる能力のことであるとした。……（中略）……これら基礎学力を基として、身近な自然現象や身の回りの社会における科学的な問題を合理的に判断し、意思決定できるようになるものと考えられる。」とある²⁾。また、PISA 2006では、判断・意思決定のためとする表現が表に出てきていないが、この調査と2003年調査の「どちらの定義も、自然界を理解し、最終的には自然界に関する情報を持った上で意思決定するための科学的知識の適用に言及している」と説明している³⁾。なお、PISA 2003には、科学的リテラシーの定義として「自然界及び人間の活動によって起こる自然界の変化について理解し、意思決定するために、科学的知識を使用し、課題を明確にし、証拠に基づく結論を導き出す能力」と記されている⁴⁾。我々は、中等理科教育の中で判断のための科学の必要性を考えてきた⁵⁾。それは、近年、一般社会においてもエネルギーと環境の問題や医療での納得診療（インフォームドコンセント）など一般市民も科学や技術に関連した判断・意思決定をする機会が増えてきており、理科教育の分野においても、科学知識の学習にとどまらず、科学観を身につけること、さらには科学や技術に関連した事象について、判断・意思決定の能力を培うことが必要となってきたと考えるからである。

ところで、児童生徒は理科をどのような教科と捉えているのであろうか。IEA 国際理科教育調査の結果等によって小学校での理科はどの国でも好きな教科であることが知られている⁶⁾。また、国内の教育課程実施状況調査⁷⁾では中学校でも理科の勉強の好きな生徒は5教科の中で最も多い。一方、理科の勉強が大切かどうかという点については、小・中学校を通して大切だとする割合が過半数を示しているものの、小学校での4教科、中学校での5教科の中でみるとその割合は最小であった。また、同状況調査で「理科を勉強すれば、私のふだんの生活や社会に出て役立つ」とする割合は、小学校で半数、高等学校では3人に1人程度と小さい。その一方、「理科の勉強は、自然や環境の保護のために必要だ」に賛成と回答した割合は、小学校で5人に4人、中学校で4人に3人、高等学校では物理を除く理科の3科目において3人に2人であり、高等学校物理を含め、過半数の児童生徒がその必要性を認識していた。これは、環境にも関連している持続可能な発展の学習を理科の中に入れ、この学習を通して科学技術リテラシーを育成できる可能性を示唆しているように思われる。

1 持続可能な発展（開発）

持続可能な発展（開発）の考えが出てくるまでの環境問題の歴史とその定義が、国連持続可能な開発のための教育の10年国際実施計画案に、以下のように書かれている。

「1972年にストックホルムで開催された『国連人間環境会議』は、環境問題への関心に注目を当てることに寄与し、同会議以降、国際社会は、環境問題と貧困や未開発といった社会経済的問題との関係についてさらに探求することが必要であると認めるようになった。かくして、1980年代になると、経済的・社会的発展を環境への関心や自然資源の管理とバランスさせることへの理解が大きくなったことに呼応して、持続可能な開発という概念が出現した。

この概念は、1987年の『環境と開発に関する世界委員会』による『私たちの共通の未来』の出版に伴い、世界的な勢いを得た。同委員会は、その図書の中で、『持続可能な開発とは、将来の世代がそのニーズを満たす能力を損なうことなく、現世代のニーズを満たす開発』である

と定義した。この定義は、開発は人間のニーズを満足させ、生活の質を向上させるために不可欠である一方、それは現在及び将来のニーズを満足させる自然資源の能力を損なうことがないように実施すべきであると考えられるものである。」

我々は持続可能な発展（以下、SD と記す）教材を開発してきたが、その目的を、上記 SD の定義を基として、「私たちと子孫の生活の質向上のために、社会や経済、環境、文化も考えに入れた学習」と考えた。この目的を、理科から見た場合の視点として、科学技術と環境の関係を中心に生活の質の向上を追求していくことと捉えた。この科学技術と環境の関係を中心とした持続可能な発展のための教育 ESD として、表 1 のような目標、及び、対応する市民としての行動と関連するキーワード、そしてその際に導かれる感覚を項目とする枠組みを作成³⁾し、これを一般市民が科学技術リテラシーとして育成すべき内容の一つと考えた。

表中の目標で分けられる三つの枠は次のように考えている。

第一は、判断・意思決定する際に、事物現象を一面的に見るのではなく、利害の二面性やさらに他の条件も加味して総合的にみる見方を知り、科学技術に関連した社会的な出来事に対する総合的な判断の重要性について理解することである。このためには、トレード・オフの考え方やバックグラウンド法やバランス法、比較法、リスク・便益法といったリスク評価の方法を理解したり、たとえば一つの方法が優れていてもその方法に限定すると万が一その方法に支障が起きたときには大きなリスクを被ることになるので、リスク回避のために一つの方法に限定せず、また、いろいろな方法の長所をうまく組み合わせる一つのシステムを構築するベストミックスを考慮したりすることの必要性を認識することになる。このような意識は、科学的な安全性を理解することにつながる。

第二は、科学者や技術者がどのように考えどのような活動をしているのか知り、科学技術での営みについて理解することである。このことは、一般市民の科学技術に対する意識を変える可能性をもつ。例えば、合成化学から始まったグリーン・サステナブルケミストリー（環境にやさしい化学、以下 GSC と記す）では、「廃棄物は『出してから処理』ではなく、出さない」をはじめとする 12 か条に象徴される。リスクを低減する方法としては、これまで考えられていた、危険物を外へ放出しないようにする暴露量の低減ばかりでなく、最初の段階から危険性のある物質を使ったり作ったりしないようにする危険性そのものの低減を目指すようになってきており、その背景には科学技術者の努力がある。また、科学技術者が一般市民とリスクについて話し合うリスクコミュニケーションも徐々に進んでおり、さらに一般市民自らが科学技術に近づき情報を得ていき、科学技術における考え方の変化を知ること、科学技術に対して信頼感を増し、安心感を抱く方向へと一般市民の意識が進む可能性が考えられる。

第三に、科学技術に関連した社会的な事象について自ら判断・意思決定をしたり、自ら行動した

表 1 理科における SD 教材の枠組み

目 標	市民としての行動	キーワードの例	導かれる感覚
利益と害の二面性を知るとともに、総合的な判断の仕方を理解する	・トレードオフの理解 ・最適モデルの検討	・リスク評価 ・ベストミックス	・安全に対する感覚
科学者や技術者の努力を知り、科学技術に前向きな意識を持つ	・廃棄物を出さない 努力の理解 ・情報の積極的入手	・グリーン・サステナブル ケミストリー ・リスクコミュニケーション	・安心感 ・信頼感
科学技術に関連する社会的な事象に対して自ら判断・意思決定し、市民として活動する意欲を示す	・持続可能性の追求 ・3R's の遂行	・私たち共通の未来 ・もったいない	・対等な感覚

りする意欲をもつことである。その際には持続可能性、すなわち、我々だけでなく次世代も考慮に入れ、一般市民としては3 R's (Reduce 減量、Reuse 再使用、Recycle リサイクル) に配慮した活動を進めていくことが必要である。そして、科学技術との関連からは、判断し行動する意欲を持ち、活動へと進んでいくことが、科学技術者の専門性を尊重するとともに、一般市民が科学技術者と対等な感覚を抱いていける状況を創出していくものと思われる。この対等な感覚は、先進国と途上国間や現在の我々と未来の子孫との間にも当てはまると考えている。

開発してきたSD教材では、キーワードに含まれる内容を取り込むように配慮し、これら三つの目標とその基となる行動や態度を育成していくことを目指している。大気汚染対策教材においては、GSCの考え方を中心に据え、第二の目標を中心に開発改訂してきた。電気教材においてもGSCの考え方は重要な視点と考えているが、第一の目標である総合的な判断の仕方としてのベストミックスの考え方等を入れるとともに、第三の目標である自ら判断・意思決定し、活動する意欲を促すことも意図して、「もったいない」や「3 R's」等のキーワードを入れて作成した。

なお、GSCとは、グリーンケミストリーとも呼ばれ、環境汚染を防ぎ、化学物質の合成や設計をする化学である。汚染が発生してから処理ではなく、汚染そのものの発生を断つための原理と方法論であり、廃棄物を出してから処理を、廃棄物ができないようないわば予防にしていこうとする考えである⁹⁾。

2 大気汚染対策教材の構成

大気汚染対策教材の構成は表2のとおりである。事例を示したワークシート(以下、WSと略記する)の1から4に加え、それらの内容とGSCとの関連を説明する「WS5をはじめる前に」と、GSCについて解説したWS5からなる。

本教材¹⁰⁾では炭酸ナトリウム工業と環境対策技術をまず扱い、WS1で炭酸ナトリウムの古い製造法であるルブラン法について学習する。産業革命による織物産業での需要等で成長する一方、塩化水素による汚染が発生したこと、その対策としてまず採られた方法が大気への拡散や河川での希釈による処理であったが、汚染の拡大につながったこと、塩素として回収製品化することで解決したことを学習する。WS2では、高校化学で扱う炭酸ナトリウムの製造法であるアンモニアソーダ法を取り上げる。ルブラン法からアンモニアソーダ法へと移行することで、ルブラン法での環境汚染物質であった塩化水素そのものが発生しない方法へと移り変わったことになり、これは汚染の発生後の処理から、汚染そのものの発生しない工程へと変化したことになり、GSCへの変化であっ

表2 大気汚染対策教材の構成

導入 WS : 大気について考えるワークシート
WS 1、2をはじめる前に : 過去の大気汚染問題の理解と解決 (HClを中心に)
WS 1 : 塩化水素の問題 (Na ₂ CO ₃ の古い製造法)
WS 2 : 塩化水素の汚染の問題解決 (アンモニアソーダ法)
WS 3、4をはじめる前に : 現在の大気汚染問題の理解と今後の解決に向けて
WS 3 : 硫酸化物についての理解と問題解決策
WS 4 : 窒素酸化物についての理解と問題解決策
WS 5をはじめる前に : WS 1 ~ 4のまとめ
WS 5 : グリーンケミストリーとリスク評価

注) 表中のWSは、ワークシートを表す。

たことを学習する。

次に石油工業と環境対策技術について扱い、WS3では、硫酸化物について学習する。硫酸化物が銅の精錬や石油の燃焼で発生し、その処理としてはじめは拡散や希釈によったが、多くは汚染の拡大につながったこと、その後排煙脱硫や原油脱硫の技術が開発され、それらを組み合わせることによってわが国ではほぼ完全に大気への放出を抑えていること、そしてこの移行はやはりGSCへの変化であったことを学習する。WS4では、窒素酸化物について取り扱う。この窒素酸化物は排煙脱硝法などにより多くは取り除かれているが、まだ完全とは言えない状況であることを学習した上で、生徒自身がその対策について考える機会とした。

最後にWS5で、リスク評価とGSCの考え方を扱う。大気汚染解決の過程から、最善の対策は大気汚染物質が出ない工程にすることであったが、汚染物質そのものを発生させない方法を最初の段階から念頭に置いた研究開発、すなわちGSCに沿った研究がなされ始めていること、また、技術革新に関する意思決定に科学者や技術者ばかりでなく一般市民も参加する機会が増えていることを学習する。

3 大気汚染対策教材の実践と生徒の反応

この大気汚染対策に関する教材は、これまで7校(約200名)において、それぞれ実施可能な範囲で実践してきた。高等学校の化学I(年度や学年により旧課程化学IAやIB)のほか、総合的な学習の時間や化学IIの課題研究、中学校での選択教科としての理科など、GSCの内容を扱うことが可能な時間に位置づけて実践をしてきている。

なお、今回の実践では、本教材を学習していく際に教科書や副教材のほか、年表などあらかじめ用意した資料を使った。授業実践の結果、与えられた資料を使う以上の時間的な余裕がないことが報告された。また、生徒の感想の中には与えられた資料をまとめるだけでかなりの調べ学習をしたと感じていることが示されていた。これらのことより、本教材では与えられた資料を使い、それ以上の調べ学習については特に指示しなかった。

本教材の評価には、一枚ポートフォリオ評価法(OPPA¹¹⁾)に基づく学習履歴シートを使い、そこへの生徒の記述内容を分析した。この一枚ポートフォリオ評価法とは、一つの単元または学習のまとまりをA3判1枚のシートにまとめて記し、その記述内容を分析することで児童生徒や教師、教材等を評価する方法である。シートは大きく三つの部分からなり、一つ目は、学習前後でその単元のキーワードを使った文をつくり、学習前後の記述を比較することで学習による自らの変容を見いだす部分、二つ目は、毎時間または小さな学習のまとまりごとに、学習内容の要約または大切だと思った内容を記述する部分、三つ目は、その単元を通しての振り返りと感想を記述する部分で構成されている。

2002年度に本教材を総合的な学習の時間9校時で実施した公立A高等学校第2学年での生徒の記述の一部を示す。次の例は、WS1~4の学習前後の「『大気汚染』という語を使って文を三つ書きなさい」に対して、学習後に記載の文字数が大きく増えた典型的な回答である¹⁰⁾。

学習前

大気汚染は主に化石燃料の燃焼によって起こる。
大気汚染は時間が経てば解消するというわけではない。
大気汚染は喘息などの健康に被害を与えている。

学習後

昔は塩化水素や硫黄酸化物、窒素酸化物、粉塵、ばい煙などの大気汚染物質が大量に放出されたが、現在は回収、再利用などの技術が進んでいる。
まだ対策の遅れている大気汚染物質もある。
大気汚染対策として、拡散希釈を行っても解決せず、やはり、原因となる汚染物質の除去をする必要がある。

学習後の記述では、大気汚染に対してその対策がなされてきたこと、未解決の問題もあること、原因物質を取り除くとした GSC の考えが入ってきていること、の三つがあげられており、これらは本教材が意図した内容でもある。

次は、WS 1 ~ 4 を学習後の特徴的な感想例である。

学習前、大気汚染のことを知らなすぎた。大気汚染とは空気がよごれてきたなくて見た目が悪いだけかと思っていた。人体に害があるなんて……。酸性雨になるなんて……。解決されつつあることも知らなかったし。

環境や環境問題について具体的な知識のない生徒が多いこと、また、その知識はあっても、対策が採られておらず改善されていないと思っている生徒もかなりいることが、一連の実践を通して見出されている。

学習前は大気汚染を解決するには原因物質をあまり出さないようにする条例かなんかで解決していると思っていたが、学習していき、原因物質が出ないようにする化学反応で解決法があると知って化学はすごいと思った。

環境は法律で規制することで改善していると考える生徒がいることも発見であった。これには、社会科や国語などでの環境学習の影響も考えられるが、そこには科学者や技術者の姿や科学的な視点が少ない。科学者や技術者の努力している姿を示すことは科学や技術に対する信頼感につながってくると思われる。

利害両面について考えることの重要性については、次の本教材を学習しての感想に表れている。

大気汚染や公害問題など、新聞やテレビ、学校で散々見たり、聞いたりしてきたが、実際具体的に何が原因で何をどうすればよいかほとんどわからない状態だったが、それについて学べて理解を深められた。

また、科学技術についてよい点ばかりを聞いてきたが、今回はその逆の悪い面を考えることが出来た。同時に、その欠点が克服される過程を知ること、今はその悪い面しか見られていないようなものについても可能性を考えることができたし、科学技術の更なる発展の可能性も考えることが出来た。

今回の学習では今までとは違う視点で科学技術というものを見れたし、違う意味で考えることが出来た。

最初の部分はこのような教材を学習した後に生徒が示すよい評価の例である。続く文では、長短両面を知りその解決過程を学ぶことで、科学者や技術者の姿勢と科学や技術が環境を改善していく可能性を秘めていることがわかったと指摘している。これは、良い面ばかりではなく悪い面についても情報を得ることで、利害両面の知識を基に自分なりの判断・意思決定につながる考えを構築できるようになること、また、悪い面があった事実と克服の過程を知ることが将来の科学や技術の発展を考えることに結びつき、科学の価値に前向きな態度が培われたことを示している。つまり、ありのままの情報を得ることによって、科学や技術に対するより深い理解を得られた例と考えられる。

4 1年後に実施したアンケートの結果

前年度の上記実践から生徒がどのように大気汚染対策教材を捉え、何が頭に残っているのかを調査した¹²⁾。アンケート用紙は、朝の SHR を通じて前年度講座を取った生徒全員に配布し、昼に回収した。回収方法は、生徒のいる各階に回収箱を設け、記入後、回収箱に入れるようアンケートプリントで指示した。当日の欠席者はなく、生徒は受験期であったが、27名中22名の回答を得ている(回答率81%)。

グリーンケミストリーとは何かとする問いには、ほぼ全員が「環境に出来る限り配慮した化学物質の生産など化学的に対する考え方」や「同じものを合成する場合、より環境に被害の少ない合成法を選択する考え方」、「有害物質を出さない」、「有害物質を再び人間の力で解決しようという試み！」など、適切な回答をしていた。グリーンケミストリーそのものについて記載していない例としては、教材で取り上げた事例を挙げ、どうやって「その方法に辿りついていったのかその過程が心に残った」とする記述があった。

グリーンケミストリーの考えを知ってあなたにとって役立ったことはあるかとする問いには、「あった」と回答した生徒が14人(64%)であった。記述内容としては、学習内容が高等学校の授業などで、「3年次の化学の授業(無機)のとき役立った」や「生物や現代社会・地理の環境問題に役立った」と感じている生徒がいた一方、「一つはこれまで第三者的な視点でしか見てかこなかった多くの環境を身近に感じるようになったこと。もう一つはなるべく欠陥のない方法を編み出そうとあきらめずに努力し、見えないゴールに向かってがんばる人たちに対して尊敬するとともに自分も少しのことであきらめまいと思うようになった。(これはグリーンケミストリーとは直接関係無いが。)」など、考えそのものが役に立ったと記述した生徒が6人、また、「公害を克服できた例があることが科学の猜疑心を減らした」という生徒もいた。

前年度受けたグリーンケミストリー学習についてどういう印象が残っているかとする問いには、学習方法に関して、「毎回プリントを用いて整理するのが非常に大変だった。」「プリントをうめる作業は面倒くさかった。」などの記述もあったが、総じて、「ひたすら書いていたことを思い出します。ですが決して消極的な意味ではありません。たくさんある資料を読み自分の手で書き写しまとめていったので今でも（全てというわけには行きませんが）頭の中に残っているので有意義な授業であったと思っています。」や「受講して本当によかったし、ためになった」など受講したことを肯定的に受け止めている記述をしている生徒が多かった（15人、68%）。

また、大気汚染解決過程の内容に関して触れて「産業革命時のイギリスでの公害の話で違う方法を使ったりすることでその公害を克服したという、公害問題で人間が完全に解決したものもあるんだ！と知った驚きが印象的であった。現在のSOxとかの公害問題も解決できるのではないかと希望が持てた。」と記した生徒もいた。なお、SOxは亜硫酸ガスなどの硫黄酸化物のことである。

5 電気教材の構成

電気教材の構成は表3の通りである¹³⁾。この電気教材では挿絵や図表を使って視覚に訴える部分が多いことが一つの特徴である（図1参照）。中学校を主な対象と考えているが、高等学校や大学においても本教材を実践することができた。高校生や大学生であっても、挿絵の多い本教材が幼稚であるというような反応は少なかった。また、工業高校においては、「読書感想文などの作文も苦手意識が強く、なかなか多くを書けずに苦しんでいる姿をよく見かける。そんな生徒が学習履歴シートにこれだけ多くの文字を書いたことには大変驚いている。」との報告¹⁴⁾があり、教材の内容をよく理解できた現われと思われる。2校の中学校では、3人のグループを作り、登場人物3人のロールプレイを取り入れながら授業を進めていた。登場人物の会話で進んでいく電気教材においてはこのような形の授業が可能であることがわかった。

序章でニューヨークの大停電から電気の大切さをイメージさせることを導入とし、第1章では、その電気をつくる方法として、レモン電池、及び、磁石とコイルによる電磁誘導を示し、実験を通して体験し、続いて、発電機の仕組みを知り、いろいろな発電の多くが電磁誘導の原理を利用していることを学習する。第2章では、電気技術がどのようにして発展してきたかその変遷を追いながら、それぞれの発電による環境への影響をどのように解決してきたか整理し、中でも火力発電についてはその燃料や環境問題、その対策技術についても学習する。さらに、電気エネルギーの有効利

表3 電気教材の構成

序章：電気と私たちの生活	
第1章：電気をつくる	(1) 電流の発見 実験1. レモン電池、実験2. 電磁誘導
	(2) 発電機のしくみ
	(3) いろいろな発電
第2章：電気技術の発展と環境	(1) 水力発電
	(2) 火力発電
	1 火力発電の条件、2 石炭・石油、3 脱硫、4 LNG、5 CO ₂ の問題
	(3) 原子力発電
	(4) 新エネルギー
	(5) 電気エネルギーの有効利用
第3章：持続可能な社会	



図1 教材の挿絵の例

用に関連してベストミックスやコージェネレーションにも触れる。第3章では、これまでの電気技術の変遷から持続可能な発展を目指すにはどうすればよいかを生徒が考える機会とするとともに、生徒がさらに持続可能な発展を考えていく手がかりとなる主要な考えを学習する。

6 電気教材の実践と生徒の反応

電気に関するSD教材を開発以来、中学校、高等学校、大学といろいろな校種（学校段階）にわたり、また、理系や文系の学生・生徒など、これまでに16の学校で実践し、分析・改訂を重ねてきた。その結果、教材全体を通して3人のキャラクターが話を進める形式ができあがった¹³⁾。

教材の評価には、一枚ポートフォリオ評価法に基づく学習履歴シートを使い、その記述内容を分析することで、具体化した枠組みが学習にどのように反映されたか検討した。各校での実践の結果では、ほとんどの生徒・学生が電気についての見方が以前と変わったことを述べている。また、電気を大量消費することは地球環境に負荷を与える側になることも自覚し、自分たちに出来る省エネなど小さなことから始めようと考えた生徒も多く、自ら判断し活動していく意欲を促すことにつながったと思われる。

2006年度に、ロールプレイを取り入れた形式で8校時を使って本教材を実践した、公立Z中学校でのある生徒の学習履歴シートへの記述内容を以下に示す¹⁵⁾。

学習前の「電気」を使った3文

- ・電気が体に流れると危ない
- ・電気は私たちの生活を助けている
- ・電気が無いとこまる

学習後の「電気」を使った3文

- ・電気はとても大切
- ・電気の技術や発電などは日々進歩し続けている
- ・これから、より良い電気の作り方を考えていくべきだ

学習後の記述では、電気が生活に欠かせないものであること、(科学者や技術者の努力により)日々改善が図られていること、自分たち自身による環境への配慮が必要であること、の三つが挙げられている。これは、他の生徒でも多くが学習後に挙げている内容である。

以下は学習前後を比較しての感想である。自分の成長に気づくとともに、持続可能な社会への責任を感じているものと思われる。

電気についてよく考えられるようになったし、正しい知識も身についた。私たちは、今重要な課題の前に立っているんだということがわかった。

また、次に示す学習を振り返っての記述でも、同様のことが記されている。

学習を通して自分が変わったと思います。発電や現在の電気技術について初めて考えさせられることが多かったです。どんどん技術が発達していくと思うけど環境の問題があります。電気のない生活なんて考えられないので、今のやれることをやるのが大切だと思いました。

このことは、他の生徒による感想にも現れており、次の記述はそのことがよく示されている典型的な例である。

電気が自分たちの生活に大きく関わっていて、蛍光灯の電気ひとつにしてもいろんな問題点やそれを克服しようという努力が続けられていることが分かった。また、電気を使う私たちもやはり電気について知識をもっているべきだと思った。また、自然とのバランスも大切だと思った。

さらに、持続可能な社会にするためにできることについての記述でも、身近なところから活動しようとする意識が認められる。

私たちの身近な所にあるのは環境問題のほうが大きいと思います。資源はたくさんあるとか、自分一人でやって何も変わらないとか思わないことが一番大切なことだと思います。具体的な行動ではテレビやビデオをつけっぱなしにしない、お湯を出しっぱなしにしないなど身近な所から少しでも注意するように心がけたいです。

中学校及び高等学校で実践した電気教材において、学習履歴シートの振り返りや感想の記述からそれぞれの目標に対応した内容を抽出すると以下のとおりである⁷⁾。

第一の目標に沿った記述としては、「それ(電気)の長所と短所、ベストミックスという考え方については全然知らなかったので、知れてよかった」や「環境によって、発電方法を選んでいくのは大事なことだと思った」などがあつた。

第二の目標に関しては、「グリーンケミストリーなどもはじめて知ったし、新しい発電方法など、たくさんの研究者たちの努力によって今の生活が支えられてるんだなって思った」や「資源をなるべく使わないようにすることも大切だけど、資源を使わないようにするために技術開発をしていく

ことも大切だと思いました」といった記述が見られた。

第三の目標に関しては、「いろいろなことを知って気づいたら節電する意識を持っていた」や「もっと大切に電気を使うようにしたいと思ったし、少しでも協力ができればいいと思いました」などの記述が見られ、いずれの目標に関しても何らかの言及が認められた。それぞれの枠組みに対応した学習がなされたことがわかる。

おわりに

中・高等学校において開発した教材を実践してきたが、その結果、どの実践校でも学習を進めるうちに生徒たちは本教材により興味を示し、熱心に取り組むようになっており、感想などの記述から科学や技術に対しても、また、本教材に対しても好意的な反応が認められた¹⁰⁾。大気汚染対策教材では、生徒に無機物質の知識や環境関連の情報を与えるとともに科学者や技術者の努力している姿を示し、また、生徒自身に判断・意思決定させる機会をつくることで、文科系の生徒にも無機物質各論を学習する意味を与えるものとなった。その一方で、環境問題やその対策については漠然としか知らないこと、また、環境問題は法律で改善しているとして、科学者や技術者の姿が見えていない生徒がいることもわかった。

これまで、このような学習では科学者や技術者が新しい科学・技術を開発し、一般市民はその科学・技術について利害を考えどのように使っていくか判断するとされてきたように思われる。こうした場合、科学者や技術者は新しい科学・技術の開発を目指すあまり、環境を考慮に入れていないようにも受け取れ、一般市民がその使い方に責任を持たされる感覚もあったと思われる。

今回のような教材の学習により、益より害の面を強く印象付けられる生徒もいるが、多くは科学者や技術者が努力し、害のより少ない方法の開発を目指している姿を歴史的事実などから見出している。このことが科学や技術への信頼感や安心感を生み、科学者や技術者への期待とともに、自分でもできることから行動しようという生徒の感想があったが、このような感想にもつながったと思われる。

なお、本研究の一部は科学研究費基盤研究 (B) (課題番号14380066、代表松原静郎) 及び科学研究費基盤研究 (B) (課題番号17300258、代表松原静郎) によった。

引用文献

- 1) 大木道則「科学・技術リテラシーの育成に関する考察」『高度科学技術社会に必要な科学・技術リテラシーの育成の基礎的研究』科学研究費補助金 (代表大木道則、課題番号03301103) 研究成果報告書、pp.1-6 (1983)
- 2) 下野洋「調査のねらいと問題の構成 小学校6年理科」『特別研究「基礎学力」調査報告書 - 第二年度報告書 (平成3年度調査) -』国立教育研究所特別研究「児童・生徒の基礎学力の形成と指導方法等との関連に関する総合的研究」研究成果報告書、pp.12-14 (1983)
- 3) 国立教育政策研究所『生きるための知識と技能3 OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA) 2006年調査国際結果報告書』ぎょうせい、pp.15-16 (2007)
- 4) 国立教育政策研究所『生きるための知識と技能2 OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA) 2003年調査国際結果報告書』ぎょうせい、pp.17-18 (2004)
- 5) 渡辺賢寿、松原静郎、会田良三、愛場良雄、江里口博、清田三郎「環境放射能の教材化 (4) - 空気中の放射能測定を取り入れた実験授業 -」環境教育研究、5、pp.33-42 (1982) など

- 6) 松原静郎「小学生 - 中学生 - 高校生の理科に対する意識の違い」化学と教育、49 (5)、pp.265-267 (2001)
- 7) 国立教育政策研究所『平成13年度教育課程実施状況調査報告書 中学校理科』ぎょうせい (2003) など
- 8) 松原静郎、清田三郎、高野裕恵、寺谷敞介「理科における ESD 教材の枠組み」日本科学教育学会年会論文集、31、pp.213-214 (2007)
- 9) 渡辺正、北島昌夫訳『グリーンケミストリー』丸善 (1999)
- 10) 松原静郎「高校生を主な対象としたグリーンケミストリー教材の開発と実践」化学と教育、53 (11)、pp.604-607 (2005)
- 11) 堀哲夫「学習履歴による教育内容構成の妥当性を検討する評価方法の開発」『グリーンケミストリー教材の開発研究』科学研究費補助金 (代表松原静郎、課題番号14380066) 中間報告書、pp.74-83 (2003); 堀哲夫編著『一枚ポートフォリオ評価 理科』日本標準 (2004)
- 12) 後藤顕一「グリーンケミストリー教材実施 1年後のアンケート」『グリーンケミストリー教材の開発とそれを使っての意思決定能力育成に関する調査研究』科学研究費補助金 (代表松原静郎、課題番号14380066) 研究成果報告書、pp.87-96 (2005)
- 13) 高野裕恵「電気教材の改訂」『持続可能な発展に関する教材の開発』科学研究費 (代表松原静郎、課題番号17300258) 中間報告書、pp.26-30 (2007)
- 14) 松高和秀、蒲原正憲「工業高校における ESD 電気教材の実践」『持続可能な発展に関する教材の開発』科学研究費 (代表松原静郎、課題番号17300258) 中間報告書、pp.14-23 (2007)
- 15) 林誠一「電気教材の3中学校での実践」『持続可能な発展に関する教材の開発』科学研究費 (代表松原静郎、課題番号17300258) 中間報告書、pp.6-13 (2007)