

論文

BDF を題材とした高校生向け環境教育プログラムの開発

井貝 烈¹、市川 智史²

1. 滋賀大学大学院教育学研究科
2. 環境総合研究センター

Program Development in Environmental Education about Bio Diesel Fuel for Upper Secondary School Student

Tsuyoshi IKAI¹, Satoshi ICHIKAWA²

1. Graduate School of Education, Shiga University
2. Research Center for Environment and Sustainability

In this study, the authors developed an Environmental Education Program for upper secondary school students about BDF (Bio Diesel Fuel). The aims of the program are to understand renewable energy, biomass, carbon neutrality, and BDF; learn how to use BDF in society; and think about promoting the use of BDF. As a result of trials, a learning effect was recognized in understanding renewable energy, biomass, carbon neutral, and BDF. Also, it was able to foster student interest in BDF and the "NANOHANA Project" (Rape Blossom Project). This program will be available for use in upper secondary schools.

Keywords: environmental education, program development, bio diesel fuel, upper secondary school, carbon neutrality

1 はじめに

二酸化炭素濃度の上昇による地球温暖化問題や資源・エネルギー問題、原発問題等への対応策の1つとして、再生可能エネルギー源の開発・普及が求められている。再生可能エネルギー源は、再エネ特措法第2条¹⁾、及び農山漁村再生可能エネルギー法第3条²⁾において、「太陽光」、「風力」、「水力」、「地熱」、「バイオマス」が挙げられている。本研究で取り上げるBDF (Bio Diesel Fuel (バイオディーゼル燃料)) は、バイオマスの1つである。

BDFは他のバイオマスと同様、カーボンニュートラル

という特性を有している。つまり、使用時には二酸化炭素を排出するが、それらは元々大気中にあった二酸化炭素を植物が吸収・固定したもので、排出と吸収が相殺され、大気中の二酸化炭素濃度の上昇につながらないという特性である。またBDFは、植物性の油だけではなく廃食用油からも作ることができ、廃食用油の有効利用に役立つとともに、生活排水による水質汚濁の軽減に役立つ。既存のディーゼル・エンジンで使用できるといった利点もあり、軽油に比べて黒煙が少ないことから大気汚染の軽減にもつながる。このようにBDFは社会的に有用であり、今後普及が

期待されるものであると同時に、環境教育プログラムの題材として現代的意義を持つものである。

BDFの教材化・実践に関する先行研究としては、中学校での高城(2012)、西ヶ谷ほか(2010)、工業高校での土生(2007)、高等専門学校(高専)での澤田ほか(2011)、高等学校での塩崎ほか(2012)、藤井(2010)、平松(2011)が見られる。

高城(2012)は中学校選択理科(第3学年)、及び科学部における実践を報告したものである。選択理科の実践では専門家(外部講師)の協力を得てBDF作成実験を取り入れ、「BDFとは何か(講義)」、「まず、BDFを作ろう」、「様々な条件でのBDF作成」という流れで45分授業10回で実践している。西ヶ谷ほか(2010)は中学校「技術・家庭」の技術分野での実践を報告したものである。ゴマの栽培から始め、収穫したゴマ(量的に不足するため購入したゴマを足している)を用いてBDFを作り、ラジコンのエンジンを動かすという実験・実習を行っている。カーボンニュートラルにも注目し、事前調査で「地球温暖化対策として「カーボンニュートラルという考え方がある」ことを知る生徒はいなかった」(西ヶ谷ほか2010)ことも踏まえ、実践でカーボンニュートラルの説明を行っている。この実践はゴマ栽培から始めており、長期的な実践である。

土生(2007)は工業高校において、天ぷら料理店の廃てんぷら油を用いたBDF製造実習を行ったものである。作ったBDFでグラウンド整備用のトラクターを動かしたり、ディーゼル発電機で発電を行ったりする実習を取り入れている。澤田ほか(2011)は高専において、寮食堂で使用した天ぷら油を用いたBDF合成実習を行ったものである。フラスコでの合成実験と合成装置を使用した実習を行い、ディーゼル発電機で発電量やススの発生量の測定を行っている。土生(2007)、澤田ほか(2011)には授業時数は記されていないが、多くの時間を要したと推察されるとともに、工業高校や高専の施設設備を必要とする実践である。

塩崎ほか(2012)は日本と韓国の共同研究として、高等学校「化学」の授業においてBDFを取り上げたものである。「世界のエネルギー事情に関する講義」、「菜種油からのBDF合成、及びBDFと軽油の粘性比較の実験」、「BDF活用モデルについて討議を行う演習」という流れで、夏休みに2日間かけて実践している。藤井(2010)は日本とドイツの共同研究として夏休みの4日間を使い、「世界と日本のエネルギー事情とバイオエネルギー」の講義の後、固体(木質)、液体(BDF)、気体(バイオガス)の作成実

験を行い、バイオエネルギープラントの視察、及びバイオエネルギーに対する評価の演習を行ったものである。平松(2011)は高等学校の「化学」と「政治・経済」のコラボレーションとして、藤井(2010)の研究の一部を取り入れ、「バイオエネルギーに関する基礎知識の講義」、「BDF合成、及び液体燃料発熱量測定の実験」を「化学」で行い、「バイオエネルギーと社会との関係に関する講義」、「バイオディーゼルの可能性についての討議」を「政治・経済」で行ったものである。平松(2011)には授業時数は記されていないが、各項目に1時間としても計4時間は必要である。

これらの先行研究はBDFの合成やディーゼル・エンジンでの使用等の実験・実習を取り入れている。体験的で実感を伴うという点では有意義な実践であるが、特別な授業という印象を拭えない。また、多くの授業時数を要することや実験設備を必要とすることにも課題があり、一般的に普及し得るプログラムとは言い難い。

そこで本研究では、高等学校の普通教室において、2時間で実践でき、一般的に普及し得る、BDFを題材とした環境教育プログラムの開発を行った。

2 プログラム作成の予備的調査

プログラムの作成に先立ち、2つの予備的調査を行った。1つは中学校の教科書調査、もう1つは大学生の認識調査である。

プログラムの対象とする高校生の既習知識をとらえるため、中学校「社会」、「理科」、「技術・家庭」の教科書の資源・エネルギー関連単元における「再生可能エネルギー」、「バイオマス」、「カーボンニュートラル」の3つの用語の記載について調べた(表1~表3)。

「再生可能エネルギー」は「社会」、「理科」の全ての教科書、及び「技術・家庭」の3社の教科書に記載が見られた。具体的な再生可能エネルギー源に関しては、「太陽エネルギーなど、いつまでも利用できるエネルギーを、再生可能エネルギーという」(大日本図書、理科928)(有馬朗人ほか2016:291)といった簡単な記述も見られたが、「社会」(公民的分野)の教科書では、全てに太陽光(熱)、風力、地熱、バイオマスが記載されていた(水力は記載のない教科書が見られた)。教科書によって詳細さの程度は異なるものの、中学生は「社会」、「理科」、「技術・家庭」で5つの再生可能エネルギー源を学習しているととらえられる。

「バイオマス」は「理科」の全ての教科書、「社会」のう

ち2社を除く教科書、及び「技術・家庭」の4社の教科書に記載が見られた。「社会」の教科書では単に「バイオマス」と言葉だけ記されているか、例えば「バイオマス（生物資源）」（教育出版、公民930）（中村達也ほか 2016：203）のようにごく簡単な補足が加えられている程度であった。「理科」の教科書では詳細さの程度に差はあるが、「廃材」、「家畜の糞尿」、「サトウキビ」、「トウモロコシ」などから作られるといったような説明があり、「社会」の教科書よりは詳しい記述が見られた。「バイオマス」に関しても「社会」、「理科」、「技術・家庭」で学習しているととらえられる。

「カーボンニュートラル」は「理科」の2社のみで、多くの中学生はカーボンニュートラルを学習していないと言える。具体的な記述内容に関しては、啓林館（理科932）の教科書では「バイオマスはもともと植物が光合成によって大気中の二酸化炭素をとりこんだものなので、バイオマスを燃やした場合は大気中の二酸化炭素の増加の原因とならない。この性質はカーボンニュートラルとよばれている」（吉川弘之ほか 2016：197）と説明されていた。学校図書（理科929）の教科書では「バイオエタノールは、トウモロコシやサトウキビが空気中の二酸化炭素を取りこんでつくった有機物がもとになっています。そのため、バイオエタノー

ルを燃やしたときに出る二酸化炭素は、それ以前に大気中にあった二酸化炭素の炭素原子に由来しているので、二酸化炭素の量はプラスマイナスゼロとカウントされています。これは、カーボンニュートラルといわれています」（霜田光一ほか 2016：280）と説明されていた。

中学校の教科書ではBDFの記載は見られなかったが、「技術・家庭」（家庭分野）の開隆堂（家庭726）の教科書では、循環プロセスを示した図入りで菜の花プロジェクトの説明が記されていた（大竹美登利ほか 2016：243）

大学生の認識調査は、滋賀大学共通教養科目「環境教育概論」の受講生を対象に行った。2017年12月14日の講義において「再生可能エネルギー」の具体的な例をできるだけたくさん書いてください」として、3分間で記述を求めた。分析には1回生のデータを使用した（有効数217人）。

集計においては、「太陽光」、「太陽熱」との記述は「太陽光・熱」と一括し、「波力」、「潮力」との記述は「海流（波力・潮力）」に分類した。「トウモロコシ」、「サトウキビ」等のバイオマスの原料となるものを記述した場合は「バイオマス」に分類した。「その他」には「震力」、「雪氷熱」、「重力」、「人力」、「廃熱」などを分類した（表4）。なお、エネルギーとは思われない記述は除外した。

表1. 中学校「社会」（地理的分野、公的分野）

出版社	検定番号	著者（発行年）	再生可能エネルギー	バイオマス	カーボンニュートラル
東京書籍	地理725	坂上康俊ほか（2016）	○	—	—
教育出版	地理726	竹内裕一ほか（2016）	○	○	—
帝国書院	地理727	谷内達ほか（2016）	○	△	—
日本文教	地理728	水内俊雄ほか（2016）	○	—	—
自由社	公民927	杉原誠四郎ほか（2016）	○	○	—
東京書籍	公民929	坂上康俊ほか（2016）	○	○	—
教育出版	公民930	中村達也ほか（2016）	○	○	—
清水書院	公民931	中村研一ほか（2016）	○	○	—
帝国書院	公民932	池上彰ほか（2016）	○	○	—
日本文教	公民933	林敏彦ほか（2016）	○	○	—
育鵬社	公民934	伊藤隆ほか（2016）	○	○	—

※：帝国書院（地理727）ではバイオマスではなくバイオ燃料と書かれている（△マーク）。

表2. 中学校「理科」

出版社	検定番号	著者（発行年）	再生可能エネルギー	バイオマス	カーボンニュートラル
東京書籍	理科927	岡村定矩ほか（2016）	○	○	—
大日本図書	理科928	有馬朗人ほか（2016）	○	○	—
学校図書	理科929	霜田光一ほか（2016）	○	○	○
教育出版	理科931	細矢治夫ほか（2016）	○	○	—
啓林館	理科932	吉川弘之ほか（2016）	○	○	○

表3. 中学校「技術・家庭」(技術分野、家庭分野)

出版社	検定番号	著者(発行年)	再生可能エネルギー	バイオマス	カーボンニュートラル
東京書籍	技術 724	田口浩継ほか(2016)	○	△	—
教育図書	技術 725	市川道和ほか(2016)	—	○	—
開隆堂	技術 726	安東茂樹ほか(2016)	○	○	—
東京書籍	家庭 724	佐藤文子ほか(2016)	—	—	—
教育図書	家庭 725	伊藤葉子ほか(2016)	—	—	—
開隆堂	家庭 726	大竹美登利ほか(2016)	○	○	—

※:東京書籍(技術724)では図中にバイオマスが記されている(△マーク)。

法律に挙げられている5つの再生可能エネルギー源について見ると、「太陽光・熱」、「風力」、「水力」、「地熱」は80%を超えているが、「バイオマス」は70.0%であった。「バイオマス」の認識度は他の4つに比べると低い。最も割合の高い「太陽光・熱」でも95.4%と100%に至らず、また「火力」との回答も見られたことからすると、大学生の再生可能エネルギーに関する認識度は高いとはいえない。なお、「バイオマス」に分類した152人のうち、「BDF(バイオディーゼル等を含む)」と記述した学生は0人で、「なたね油」、「家庭の天ぷら油(回収し、バスなどのガソリンに変える)」と書いた学生が各1人いた。

表4. 大学生の再生可能エネルギーの認識状況

分類	人	分類	人
	%		%
太陽光・熱	207	海流(波力・潮力)	61
	95.4		28.1
風力	204	原子力	11
	94.0		5.1
水力	188	温度差	7
	86.6		3.2
地熱	191	火力	25
	88.0		11.5
バイオマス	152	その他	19
	70.0		8.8

※:有効数217(人)

上述と同様「環境教育概論」(2018年1月4日)の講義において、「[カーボンニュートラル]」について簡単に説明してください。「カーボンニュートラル」という言葉を初めて聞いた人は「初めて聞いた」と書いてください。言葉を聞いたことはあるが、説明できない人は「知らない」と書いてください」として、5分間で記述を求めた。分析には1回生のデータを使用した(有効数230(人))(表5)。

「カーボンニュートラル」を「初めて聞いた」、「知らない」

との回答を足すと91.8%で、ほとんどの学生は「カーボンニュートラル」という言葉を聞いたことがないか、聞いたことがあっても説明できない状況であった。カーボンニュートラルの説明を書いた19人の学生の回答を精査すると、十分理解できている、またはほぼ理解できているととらえられる説明を書いた学生は7人(3.0%)で、ごく少数であった。

表5. 大学生のカーボンニュートラルの認識状況

	初めて聞いた	知らない	説明あり
人数(人)	166	45	19
割合(%)	72.2	19.6	8.3

※:有効数230(人)

2つの予備的調査から、次の3点が明らかとなった。

- ①高校入学までに再生可能エネルギー、バイオマスの学習機会はあるものの、大学生でもそれらの認識は十分ではない。
- ②高校入学までにカーボンニュートラルに関する学習機会はほとんどなく、大学生もほとんど理解していない。
- ③BDFの学習機会は全くないといっても過言ではなく、大学生も認識していない。

3 プログラムの作成と試行実践

予備的調査の結果を踏まえ、まず、①「再生可能エネルギーの定義・種類、バイオマスの種類、カーボンニュートラルの概念を理解すること」をプログラムの作成方針とした。次いで、新しい知識として、②「BDFそのものとBDFの長所・短所を理解すること」、そして、それらの知識理解を踏まえ、③「BDFの活用事例を通して、その普及・促進について自分の考えを持てるようにし、活用方法を考えられるようにすること」を方針とした。

これらの方針に従って、2時間で実践し得るプログラムを作成し、試行実践による検証を行った。プログラムは「これからのエネルギー」と題し、汎用性の観点からスライド

(Microsoft 社 PowerPoint) を用いることとし、質問・説明、ディスカッションの形式で作成した。作成方針に従って、学習目標として次の3点を設定した。

- ①再生可能エネルギー、バイオマス、カーボンニュートラル、BDF について理解する。
- ②BDF の取り組み事例を通して、その活用への興味・関心を培う。
- ③BDF の普及・活用促進について考える。

試行実践は滋賀県内のA高等学校の協力を得て、第1学年の「現代社会」の授業時間を使い、第1時を2018年9月18日、第2時を9月20日に行った。対象は1クラス40人(各時欠席が1人いたため39人)であった。以下、試行実践を報告する形でプログラムの全体像を述べる。

1) 第1時のプログラム

第1時は、導入として北極の氷の面積の変化をスライドで提示し、地球温暖化の防止から再生可能エネルギーが重要であることを話し、質問1へと進めた。

【質問1】

次のうち再生可能エネルギー(自然エネルギー、新エネルギーとも呼ばれている)はどれでしょう？

すべて選んで下さい

- | | |
|------------|------|
| ①水力(水) | ⑤石炭 |
| ②石油 | ⑥木炭 |
| ③風力(風) | ⑦地熱 |
| ④太陽光・熱(太陽) | ⑧原子力 |

【質問1】は、ほとんどの生徒が30秒ほどで解答の記入を終えていた。2人の生徒(男子)に発言させたところ、2人とも「①水力」、「③風力」、「④太陽光・太陽熱(太陽)」、「⑦地熱」と答え、「⑥木炭」は挙げなかった。「⑥木炭」を間違える生徒がいることは想定していたので、正答を提示する前に再生可能エネルギーの観点と種類をスライドで説明した。

具体的には、再生可能エネルギーとは「永続的に利用することができ、枯渇しない、環境に影響を及ぼさないもの」であること、「石炭、石油、原子力(ウラン)は枯渇性で、環境への影響があり再生可能エネルギーではない」ことを説明した。そして、再生可能エネルギーの観点として「いつまでも使える」、「枯渇しない」、「環境に影響を及ぼさない」の3点を説明した。次に、再生可能エネルギーの種類として、「太陽光」、「水力」、「風力」、「地熱」、「バイオマス」があることを説明し、「⑥木炭」も「バイオマス」の1つであることを説明した。

正答(①、③、④、⑥、⑦)を提示した後、全て正しく選択した生徒に挙手させたところ0人であった。「⑥木炭」が入っていることに少し驚いている様子が見られたことから、多くの生徒が「⑥木炭」を間違えたようであった。

次に「では、バイオマスにはどんなものがあるでしょうか」として【質問2】へと進めた。

【質問2】は2分程度で解答の記入を終えていた。生徒の解答を選択肢順に挙手させたところ、全員が正答の④を選択していた。正答提示後1人の生徒(女子)に理由を尋ねたところ、「二酸化炭素が出るから」と答えた。生徒はペットボトルが石油から作られていることを知っており、それを再生して燃料を作ったとしても、【質問1】の「②石油」と同じであることを理解していたものととらえられる。

【質問2】

バイオマスでないものが一つだけ含まれています。

次のうちどれでしょう？

- ①動物の糞尿などを発酵させて作る燃料
- ②間伐材や廃材などを固めて作る燃料
- ③穀物などを発酵させて作る燃料
- ④ペットボトルを再生して作る燃料

続けて、選択肢①はバイオガス、②は木質ペレット、③はバイオエタノールであることをスライドで説明し、「バイオマスには他とは違う特性があります」として【質問3】へと進めた。

【質問3】

バイオマスにはカーボンニュートラルという特性があります。次のうちカーボンニュートラルに関して、最も適切な文はどれでしょうか？ なお、カーボンとは炭素の事です。

- ①使用時にCO₂を排出しないこと
- ②使用時にCO₂を排出するが、大気中のCO₂濃度の上昇につながらないこと
- ③使用時にCO₂を排出するが、植物に吸収され、炭素が自然(生態系)を循環すること
- ④使用時にCO₂を排出するが、地球全体の炭素量の増加につながらないこと

【質問3】は隣や近くの生徒で相談して良いこととした。生徒同士の会話の中で「中学の理科の授業で習った」といった声も聞かれた。生徒の解答を選択肢順に挙手させたところ、選択肢①と②は0人、③が38人、④が1人であった。

選択肢④を選んだ生徒(男子)に理由を尋ねたところ、「炭素は宇宙に放出されないから」と答えた。選択肢③を選んだ生徒2人(男子と女子)に理由を尋ねたところ、1人は「植物は炭素を吸収するから」(男子)と答えた。この生徒は、

炭素循環とカーボンニュートラルを同じ意味にとらえていると考えられる。もう1人は「②は二酸化炭素が高くなる(はず)。④は二酸化炭素が増加しないのはおかしい」(女子)と答えた。この生徒は②と④には二酸化炭素の吸収が書かれていないので、排出するなら濃度は高くなるはずであり、炭素量も増えるはずだと考え、吸収が書かれている③を選んだものと考えられる。

生徒に発言させた後、正答が②であることを提示したところ、生徒からは「えー」という反応があった。多くの生徒は、二酸化炭素の吸収が書かれていることを判断基準としたものと考えられる。

【質問3】の後、カーボンニュートラルの概念をスライドで説明した(図1、2)。

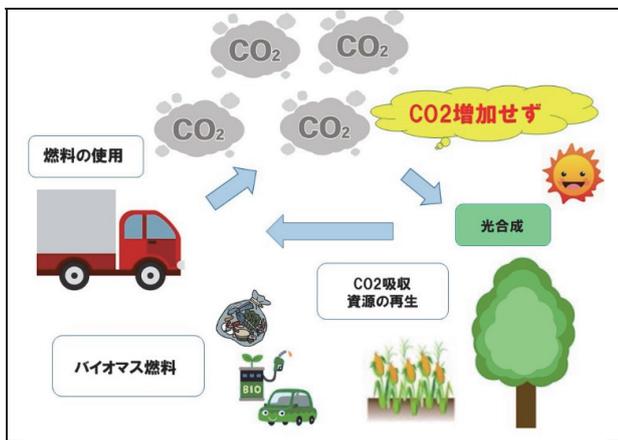


図1 カーボンニュートラルの説明スライド (1)

カーボンニュートラルとは？

植物は光合成でCO₂を(吸収)する。
その植物から作った(バイオマス)燃料をエネルギー源として使うとCO₂が出る。

しかし、植物が光合成で(吸収)したCO₂の量と、(バイオマス)燃料を使った時のCO₂の量は同じなので、大気中のCO₂の(増加にならない)。

この特性を称して「**カーボンニュートラル**」という。

図2 カーボンニュートラルの説明スライド (2)

カーボンニュートラルの説明後、「バイオマスにはもう1種類注目するものがあります」としてBDFの説明に入った。「BDF(バイオディーゼル)は廃食用油を化学反応させて作る燃料」であるとし、続けてBDFの合成、BDFの

長所・短所について説明した。

BDFの合成に関しては、「油(脂肪酸)とメタノールを化学反応(メチルエステル化)させると、脂肪酸メチルエステルとグリセリンができる。脂肪酸メチルエステルは軽油と似た性質を持っており、軽油に混ぜてディーゼル・エンジンで使用できる。この脂肪酸メチルエステルのことをBDFと呼んでいる」と説明した。

BDFの長所に関しては、次の4点を説明した。

- ①他のバイオマスと同様、カーボンニュートラルという特性があり、使用しても大気中の二酸化炭素を増加させないこと。
- ②廃食用油からBDFを作った場合のリサイクル率が高いこと。
- ③廃食用油を台所などから流さず、BDFを作ることで、水質汚濁の軽減につながる。
- ④BDFは軽油と比較して黒鉛の発生が少ないため、大気汚染の軽減につながる。

BDFの短所に関しては、次の4点を説明した。

- ①品質が劣化しやすいこと。
- ②ディーゼル・エンジンで使用する場合、フィルター等の定期的なメンテナンスが必要であること。
- ③給油できる場所が少ないこと。
- ④軽油への混合率が5%を超えるとエンジン等の不具合の発生リスクが高まること。
- ⑤日本では法律で混合率5%までとされていること。

ここまでで第1時を終えたが、最後のBDFの説明は想定より約4分長く約14分を要した。その間生徒は説明を聞くだけになったこともあり、やや疲れた様子が見受けられた。

2) 第2時のプログラム

第2時は、簡単に第1時の内容をふりかえった後、菜の花プロジェクトの説明を行った。菜の花プロジェクトは滋賀県で始まったことと、その経緯、プロセスを説明し(図3、図4)、菜の花プロジェクトの長所として、次の7点を説明した。

- ①カーボンニュートラルという特性があり、使用しても大気中の二酸化炭素を増加させないこと。
- ②廃食用油を台所などから流さず、BDFを作ることで、水質汚濁の軽減につながる。
- ③菜の花の栽培に休耕田や耕作放棄地を有効活用していること。

- ④休耕田・耕作放棄地の活用等で、雇用の創出につながる
こと。
- ⑤菜の花の開花が観光資源となり、観光客の集客等により
地域の活性化や経済的効果が生まれること。
- ⑥廃食用油の回収に住民が参加することにより、地域コ
ミュニティの再構築につながる事。
- ⑦菜の花プロジェクトのプロセスにおいてほとんど無駄が
ないこと。
- 長所の説明後、菜の花プロジェクトは全国に広がっており、
全国菜の花サミットが開かれていることを説明した。これら
の説明は想定より約2分短く約14分間であったが、それでも
少し長かったようであった。

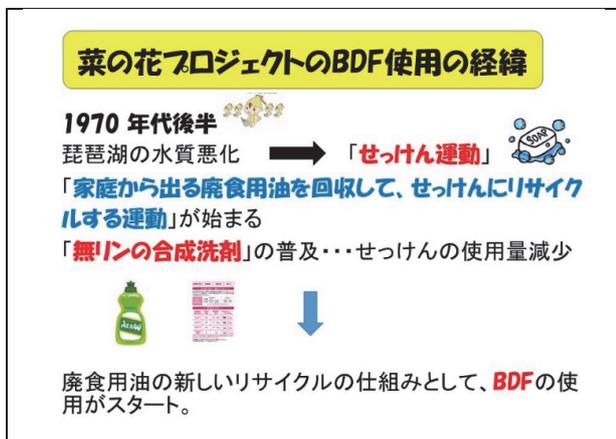


図3 菜の花プロジェクトの経緯スライド

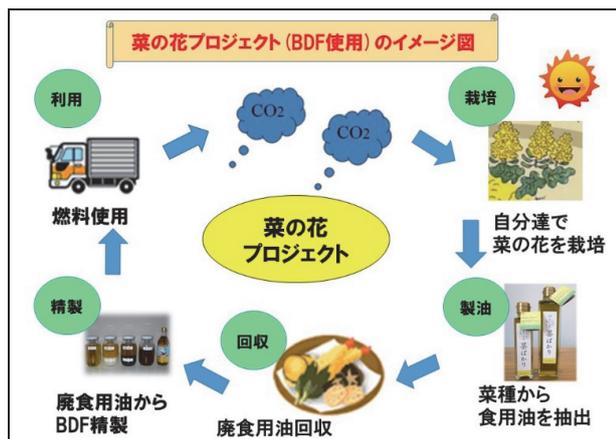


図4 菜の花プロジェクトのプロセススライド

菜の花プロジェクトの説明に続けて、「では、菜の花プロジェクトは良いことだけでしょうか」として【質問4】へと進めた。

【質問4】

菜の花プロジェクトの問題点はどれでしょう？

問題点ではないものが一つだけ含まれています。

- ① BDF 製造時の化学反応の不要物を捨てていること
- ② 廃食用油回収の協力者が減ってきていること
- ③ BDF 製造時の電力がまかなえていないこと
- ④ 菜の花栽培時の肥料を購入していること

この質問は4つの選択肢のうち3つが問題点であるので、生徒はどれか1つを除く3つを解答することになる。生徒の解答を選択肢順に挙手させて、およその分布を把握したところ、①、②はほぼ全員、③は1/3程度、④は半数弱であった。

この質問で問題点ではないものは②である。つまり、①、③、④を解答した生徒が正答となる。ほぼ全員が②で挙手していることから、正答者は0人に近いととらえられる。生徒2人(男子と女子)に解答と理由を尋ねたところ、1人は①、②、④を挙げ、理由は「何となく」(男子)と答えた。もう1人は①、②、③を挙げ、「①は小学校の時に聞いたことがある。②と③はなんとなく」(女子)と答えた。

問題点ではない選択肢が②であることを提示した後、3つの問題点について説明を行った。その後、菜の花プロジェクト以外のBDF活用事例として、草津市、多賀町、彦根市の取り組みを紹介し、【質問5】へと進めた。

【質問5】は「資源のない日本で、今後、BDFを普及するには、どのような方法が考えられるでしょう」との発問で、前後の机の4人または3人を1グループとして、グループで話し合いをさせた。いくつかのグループに発表させ、1分程度で簡単なまとめを行い、第2時を終了した。

4 試行実践の分析と考察

プログラムの有効性を評価するため、試行実践の事前・事後に調査票による調査(資料1、資料2)を実施した。事前調査は2018年9月13日、事後調査は9月27日に行った。試行実践の欠席者、事前・事後調査の欠席者を除外したところ、有効数は37(人)、男女の内訳は、男子23(人)、女子14(人)であったが、設問によって若干の欠損値が見られた。なお、全ての設問について述べることは困難なため、学習目標と関係の深い設問の分析と考察を述べる。

1) 用語の認識状況

事前調査において、「BDF」、「カーボンニュートラル」、「菜の花プロジェクト」という言葉を聞いたことがあるか

どうかを尋ねた（表6）。なお、BDFに関しては、「バイオディーゼル燃料（BDF）」と表記した。

「BDF」、「菜の花プロジェクト」は、聞いたことがあると回答した生徒は少なかったが、「カーボンニュートラル」は約3割が聞いたことがあると回答した。「カーボンニュートラル」に関しては、中学校の理科で聞いた可能性が考えられるが、これら3つの用語の認識状況は低い。

表6. 用語の認識状況

		ある	ない	どちらとも言えない
BDF	人	5	31	1
	%	13.5	83.8	2.7
カーボンニュートラル	人	11	22	4
	%	29.7	59.5	10.8
菜の花プロジェクト	人	3	32	2
	%	8.1	86.5	5.4

※：有効数 37（人）

2) 知識理解に関する分析

(1) 再生可能エネルギーの種類に関する知識理解

8つの選択肢を提示し、再生可能エネルギーに該当するものを複数回答で尋ねた。この設問は試行実践の【質問1】と同じである。すなわち、事前調査で尋ねたことと同じことを試行実践で質問・説明し、事後調査でもう一度尋ねたものである。

事前・事後の結果を見ると、「風力」、「太陽光・熱」、「地熱」は事前・事後ともに高率であった（表7）。「水力」は事前がやや低い、事後では100%に達した。これら4つに関しては既得知識であるとともに、本プログラムで理解が促進されたと考えられる。

「木炭」が再生可能エネルギーであるとの知識理解に関しては、事前調査ではごく少数で、試行実践においても驚いている様子が見られ、事後調査では72.2%となった。このことから学習効果は認められるものの、約7割という事後の正答率が高いとは言えず、改善が求められると考える。

(2) カーボンニュートラルに関する知識理解

「次のうち、「カーボンニュートラル」の説明として、最も適切なものはどれだと思いますか」として、4つの選択肢で回答を求めた。この設問は設問文、選択肢が若干異なっているが、試行実践の【質問3】とはほぼ同じである。事前調査ではカーボンニュートラルを聞いたことのある生徒のみに回答を求めたため、事前・事後の結果を別々の表に示す（表8、表9）。

正答は「②発電などでエネルギー源を使用したとき、二酸化炭素を排出するが、大気中の二酸化炭素濃度の上昇につながらないこと」で、事前調査では正答者はおらず、事後調査では61.1%の正答率であった。

事前調査の段階でカーボンニュートラルを聞いたことのある生徒は約3割で、試行実践においてほぼ同じの質問と説明を行った結果、事後調査の正答率が約6割になった。このことから学習効果は認められるものの、約6割という事後の正答率が高いとは言えない。

選択肢②と③は苦慮しつつ作成したものである。植物が二酸化炭素を吸収しなければカーボンニュートラルは成立しないが、カーボンニュートラルと炭素循環を仕分けるため、選択肢②には敢えて吸収の観点を盛り込まなかった。試行実践において生徒から「えー」という反応があり、印象深く学習できた可能性はあるものの、約6割という事後の正答率から見ると改善が求められると考える。

(3) BDFに関する知識理解

「次のうち、「バイオディーゼル燃料（BDF）」の説明として、最も適切なものはどれだと思いますか」として、4つの選択肢で回答を求めた。この設問は試行実践の【質問2】とはほぼ同じであるが、【質問2】の選択肢にはBDFを入れていない点が異なっている。事前調査ではBDFを聞いたことのある生徒のみに回答を求めたため、事前・事後の結果を別々の表に示す（表10、表11）。

正答は「④廃食用油などを化学反応させて作る燃料」で、事前調査では正答者は1人、事後調査では48.6%の正答率であった。

事前調査の段階でBDFを聞いたことのある生徒は5人とごく少数で、試行実践において説明を行った結果、事後調査の正答率は5割弱になったが、半数に満たない正答率は十分とは言えない。BDFは本プログラムの中心的な学習内容であるので、改善を要すると考える。

3) 意識に関する分析

(1) 再生可能エネルギーの普及・促進への意識

「日本では「再生可能エネルギー」の普及・促進は難しいと思いますか」として、4択で回答を求めた（表12）。事前・事後の違いについてカイ二乗検定（2行4列、有意水準5%、IBM社SPSS ver.23を使用）を行ったところ、有意差が認められた。

事前・事後を比較すると「どちらかと言えばそう思う」

表 7. 再生可能エネルギーに関する知識理解

		水力	石炭	木炭	石油	風力	太陽光・熱	地熱	原子力
事前	人	27	2	2	3	33	37	33	6
	%	73.0	5.4	5.4	8.1	89.2	100	89.2	16.2
事後	人	36	2	26	1	35	35	35	1
	%	100	5.6	72.2	2.8	97.2	97.2	97.2	2.8

※：ゴシック体は正答を示す。有効数は事前 37 (人)、事後 36 (人)。

表 8. 【事前】カーボンニュートラルに関する知識理解

	① CO ₂ 排出無し	② CO ₂ 濃度上昇無し	③ 炭素循環	④ 炭素総量増加無し
人数	4	0	3	3
割合 (%)	40.0	0.0	30.0	30.0

※：ゴシック体は正答を示す。有効数 10 (人)

表 9. 【事後】カーボンニュートラルに関する知識理解

	① CO ₂ 排出無し	② CO ₂ 濃度上昇無し	③ 炭素循環	④ 炭素総量増加無し
人数	1	22	8	5
割合 (%)	2.8	61.1	22.2	13.9

※：ゴシック体は正答を示す。有効数 36 (人)

表 10. 【事前】BDF に関する知識理解

	① 糞尿発酵	② 間伐材・廃材固形化	③ 穀物発酵	④ 廃食用油化学反応
人数	0	3	1	1
割合 (%)	0.0	60.0	20.0	20.0

※：ゴシック体は正答を示す。有効数 5 (人)

表 11. 【事後】BDF に関する知識理解

	① 糞尿発酵	② 間伐材・廃材固形化	③ 穀物発酵	④ 廃食用油化学反応
人数	3	5	10	17
割合 (%)	8.6	14.3	28.6	48.6

※：ゴシック体は正答を示す。有効数 35 (人)

が減り、「そう思う」と「どちらかと言えばそう思わない」が増えている。つまり、試行実践の結果、再生可能エネルギーの普及・促進は「どちらかと言えば難しくない」と思うようになった生徒がいる一方で、「難しい」と思うようになった生徒もいると言える。確認のため「そう思う」側と「そう思わない」側の 2 行 2 列でカイ二乗検定を行ったところ有意差は認められなかった。

プログラム作成者としては「難しいと思わない」生徒が増えることを期待したが、そのような結果にはならなかった。その要因ははっきりしないが、事前・事後で違いが見られたことからすれば、少なくとも再生可能エネルギーの普及・促進について考える機会を与えることはできたと言える。

(2) BDF への興味・関心、及び普及への考え

事後調査において、「[バイオディーゼル燃料 (BDF)] に興味・関心を持ちましたか」、「[バイオディーゼル燃料 (BDF)] は、今よりもっと普及すると思いますか」として、それぞれ 4 択で回答を求めた (表 13、表 14)。

BDF への興味・関心は「どちらかと言えば持った」が 54.1%と最も高く、「持った」を足すと 73.0%であった。事前段階で BDF を聞いたことのある生徒は少数であったが、7 割強の生徒に興味・関心を持たせることができたと言える。また、BDF 普及への考えは「そう思う」が 45.9%と最も高く、「どちらかと言えばそう思う」を足すと 83.7%であった。今後の BDF の普及に関しては、8 割強の生徒に普及するとの考えを持たせることができたと言える。

(3) 菜の花プロジェクトへの興味・関心、及び参加意欲

事後調査において、「[菜の花プロジェクト]に興味・関心を持ちましたか」、「[菜の花プロジェクト]の活動に参加してみたいと思いますか」として、それぞれ4択で回答を求めた(表15、表16)。

菜の花プロジェクトへの興味・関心は「どちらかと言えば持った」が48.6%と最も高く、「持った」を足すと72.9%であった。事前段階で菜の花プロジェクトを聞いた

ことのある生徒はごく少数であったが、7割強の生徒に興味・関心を持たせることができたと言える。また、菜の花プロジェクトへの参加意欲は、「そう思う」と「どちらかと言えばそう思う」を足した「そう思う」側は47.2%で半数に満たなかった。菜の花プロジェクトに関しては、興味・関心を持たせることはできたものの、活動に参加してみようと思うところまでは至らなかったと言える。

表 12. 再生可能エネルギー普及・促進に関する意識

		そう思う	どちらかと言えばそう思う	どちらかと言えばそう思わない	そう思わない
事前	人	5	20	7	5
	%	13.5	54.1	18.9	13.5
事後	人	10	7	12	6
	%	28.6	20.0	34.3	17.1

※：有効数は事前 37 (人)、事後 35 (人)。

表 13. BDF への興味・関心

		持った	どちらかと言えば持った	どちらかと言えば持たなかった	持たなかった
人数		7	20	7	3
割合 (%)		18.9	54.1	18.9	8.1

※：有効数 37 (人)

表 14. BDF 普及への考え

		そう思う	どちらかと言えばそう思う	どちらかと言えばそう思わない	そう思わない
人数		17	14	5	1
割合 (%)		45.9	37.8	13.5	2.7

※：有効数 37 (人)

表 15. 菜の花プロジェクトへの興味・関心

		持った	どちらかと言えば持った	どちらかと言えば持たなかった	持たなかった
人数		9	18	7	3
割合 (%)		24.3	48.6	18.9	8.1

※：有効数 37 (人)

表 16. 菜の花プロジェクトへの参加意欲

		そう思う	どちらかと言えばそう思う	どちらかと言えばそう思わない	そう思わない
人数		4	13	14	5
割合 (%)		11.1	36.1	38.9	13.9

※：有効数 36 (人)

5 おわりに

本研究では、高等学校の普通教室において、2時間で実践でき、一般的に普及し得るプログラムの開発を行った。具体的には、スライド (Microsoft 社 PowerPoint) を用いて「質問を提示し、生徒に考えさせ、解答と説明を行う」

という形式のプログラムを作成し、実践的に検証した。

試行実践の結果、再生可能エネルギー、カーボンニュートラル、BDF の知識理解に関しては、事後の正答率において課題を残した部分もあるものの、学習効果が認められたと考える。

また、再生可能エネルギー、BDF、菜の花プロジェクトへの意識についても、再生可能エネルギーの普及・促進について考える機会となったことや、BDF、菜の花プロジェクトへの興味・関心を持たせることができ、学習効果が認められたと考える。

課題として浮上したBDFの知識理解に関しては、第1時の最後に説明を行ったのみで生徒に考えさせる場面がなかったことが挙げられる。そこで【質問2】のバイオマスの種類の選択肢にBDFを加え、バイオエタノール、バイオガス、木質ペレットと合わせて、BDFを説明するという改善が考えられる。説明を聞くだけでなく、生徒に考えさせるようにすることで、BDFへの理解が進むと考える。また、カーボンニュートラルの知識理解に関しては、【質問3】の選択肢②に吸収の観点を盛り込むことで、より一層理解が進むと考える。

これらの修正を加えるとともに、実践対象とする生徒やクラスに合わせた調整を行うことで、本プログラムは高等学校の「公民」や「理科」、「総合的な学習の時間」などで使用可能である。

本稿において全てのスライドを掲載することはできないが、関心のある方がおられればご連絡頂ければ幸いである。

付記

本論文は井貝の修士論文「BDFを題材とした高等学校「現代社会」における環境教育プログラムの開発」(2018年度)に基づき、市川が原稿を執筆したものである。修士論文では高等学校の科目「現代社会」向けにプログラムを開発したが、他の教科・科目でも使用可能であるため、より一般的に使用し得る環境教育プログラムの提案として論述した。

本稿は、井貝と市川の両者の合意において投稿したものであり、紙幅の都合上、修士論文の主要な部分に絞って論述したものであることを申し添えておきたい。

謝辞

末尾になりましたが、本プログラムの試行実践にご協力頂いたA高等学校の先生方に感謝申し上げます。

註

1) 「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法(平成23(2011)年法律第108号、最終更新:平成28(2016)年法律第59号)」(http://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/

lsg0500/detail?lawId=423AC0000000108、2018年4月6日取得)。

2) 「農林漁業の健全な発展と調和のとれた再生可能エネルギー電気の発電の促進に関する法律(平成25(2013)年法律第81号、最終更新:平成28(2016)年法律第50号改正)」(http://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=425AC0000000081、2018年4月6日取得)。

分析に用いた教科書

坂上康俊ほか、2016、『新編 新しい社会 地理』, 東京書籍, 地理725.

竹内裕一ほか、2016、『中学社会 地理 地域にまなぶ』, 教育出版, 地理726.

谷内達ほか、2016、『社会科 中学生の地理 世界の姿と日本の国土』, 帝国書院, 地理727.

水内俊雄ほか、2016、『中学社会 地理的分野』, 日本文教, 地理728.

杉原誠四郎ほか、2016、『中学社会 新しい公民教科書』, 自由社, 公民927.

坂上康俊ほか、2016、『新編 新しい社会 公民』, 東京書籍, 公民929.

中村達也ほか、2016、『中学社会 公民 ともに生きる』, 教育出版, 公民930.

中村研一ほか、2016、『中学 公民 日本の社会と世界』, 清水書院, 公民931.

池上彰ほか、2016、『社会科 中学生の公民 より良い社会をめざして』, 帝国書院, 公民932.

林敏彦ほか、2016、『中学社会 公民的分野』, 日本文教, 公民933.

伊藤隆ほか、2016、『[新編] 新しいみんなの公民』, 育鵬社, 公民934.

岡村定矩ほか、2016、『新編 新しい科学 3』, 東京書籍, 理科927.

有馬朗人ほか、2016、『新版 理科の世界 3』, 大日本図書, 理科928.

霜田光一ほか、2016、『中学校 科学 3』, 学校図書, 理科929.

細久治夫ほか、2016、『自然の探求 中学理科 3』, 教育出版, 理科931.

吉川弘之ほか、2016、『未来へひろがる サイエンス 3』, 啓林館, 理科932.

- 田口浩継ほか, 2016, 『新編 新しい技術・家庭 技術分野 未来を創る Technology』, 東京書籍, 技術 724.
- 市川道和ほか, 2016, 『新技術・家庭 技術分野』, 教育図書, 技術 725.
- 安東茂樹ほか, 2016, 『技術・家庭 [技術分野]』, 開隆堂, 技術 726.
- 佐藤文子ほか, 2016, 『新編 新しい技術・家庭 家庭分野 自立と共生を目指して』, 東京書籍, 家庭 724.
- 伊藤葉子ほか, 2016, 『新技術・家庭 家庭分野』, 教育図書, 家庭 725.
- 大竹美登利ほか, 2016, 『技術・家庭 [家庭分野]』, 開隆堂, 家庭 726.
- 引用文献**
- 藤井浩樹, 2010, 「科学教育におけるプロジェクト授業のモデル開発に関する日独共同研究」, 科学研究費補助金研究成果報告書 (基盤研究 (C)), <https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-19500754/19500754seika.pdf>.
- 土生達明, 2007, 「バイオディーゼル燃料製造を中心とする環境リサイクル実習の取り組み」, 『技術教育研究』, (66), pp.59-63.
- 平松敦史, 2011, 「バイオディーゼルを題材にした「持続可能な開発」の発想を育成する科学の授業 —公民科のコラボレーションを通して—」, 『理科の教育』, 60 (6), pp.402-404.
- 西ヶ谷浩史, 江口啓, 藤井道彦, 八木佑樹, 紅林秀治, 2010, 「持続可能な社会を考える中学校技術科の授業の試み: ゴマ栽培からバイオディーゼルを作る授業」, 『静岡大学教育実践総合センター紀要』, (18), pp.47-55.
- 澤田善秋, 岩田政司, 淀谷真也, 木村達夫, 2011, 「バイオディーゼル燃料の合成を通じた環境教育の試み」, 『論文集「高専教育」』, (34), pp.411-416.
- 塩崎絵里, 藤井浩樹, 平松敦史, 大方祐輔, 内海良一, KIM Sung Hoon, 小川治雄, 2012, 「生徒の社会における判断力の育成をめざした化学授業の日韓共同開発: バイオディーゼルを題材として (化学教材・教育法, 一般研究発表 (口頭発表))」, 『日本理科教育学会全国大会要項』, (62), p.316.
- 高城英子, 2012, 「地元企業との協働の中で学ぶ BDF: 生徒の主體的な探究学習の創造に向けて」, 『環境教育学研究: 東京学芸大学環境教育実践施設研究報告』, 21, pp.59-73.

【資料 1】 事前調査票

環境・エネルギー学習に関するアンケート (1)

このアンケートは、環境に関する教育・学習の改善などに役立てるためのもので、みなさんの成績にはまったく関係ありません。思ったとおりに回答して下さい。データは統計的に処理し、個別の結果を公表することはありません。ご協力をお願いします。

問 1. あなたの学年、クラス、出席番号、性別を教えてください。
 () 年 () 組 () 番 性別: 男 女

問 2. 次の (ア) ~ (エ) について、右の 1 ~ 4 の中から最も当てはまるものを 1 つ選んで、番号に○印をつけてください。

	はい	どちらかと言え ば「はい」	どちらかと言え ば「いいえ」	いいえ
ア) 私は地球温暖化に関心がある	1	2	3	4
イ) 私はエネルギー問題に関心がある	1	2	3	4
ウ) 私は「現代社会」の学習が好きだ	1	2	3	4
エ) 私は環境に関わる活動に取り組んでいる	1	2	3	4

問 3. 次のうち、「再生可能エネルギー」(自然エネルギー、新エネルギーとも呼ばれている)は、どれだと思いますか。該当するものをすべて選んで、番号に○印をつけて下さい。

- (1) 水力
- (2) 石炭
- (3) 木炭
- (4) 石油
- (5) 風力
- (6) 太陽光・太陽熱
- (7) 地熱
- (8) 原子力

問 4. あなたは、日本では「再生可能エネルギー」の普及・促進は嬉しいと思いますか。
 1 つ選んで番号に○印をつけて下さい。

- (1) そう思う
- (2) どちらかと言えばそう思う
- (3) どちらかと言えそう思わない
- (4) そう思わない

問 5. あなたは、「バイオディーゼルの燃料 (BDF)」という言葉を聞いたことがありますか。
 1 つ選んで、番号に○印をつけて下さい。

- (1) ある
- (2) ない
- (3) どちらとも言えない

問 6. 問 5 で「ある」と回答した人にお尋ねします。
 次のうち、「バイオディーゼルの燃料 (BDF)」の説明として、最も適切なものはどれだと思いますか。
 1 つ選んで、番号に○印をつけて下さい。

- (1) 動物のふん尿などを発酵させて作る燃料
- (2) 間伐材や廃材などを固めて作る燃料
- (3) 穀物などを発酵させて作る燃料
- (4) 廃食用油などを化学反応させて作る燃料

問 7. あなたは、「カーボンニュートラル」という言葉を聞いたことがありますか。
 1 つ選んで番号に○印をつけて下さい。

- (1) ある
- (2) ない
- (3) どちらとも言えない

問 8. 問 7 で「ある」と回答した人にお尋ねします。

次のうち、「カーボンニュートラル」の説明として、最も適切なものはどれだと思いますか。1 つ選んで、番号に○印をつけて下さい。

- (1) 発電などでエネルギー源を使用した時、二酸化炭素を排出しないこと
- (2) 発電などでエネルギー源を使用した時、二酸化炭素を排出するが、大気中の二酸化炭素濃度の上昇につながらないこと
- (3) 発電などでエネルギー源を使用した時、二酸化炭素を排出するが、植物に吸収され、炭素が自然(生態系)を循環すること
- (4) 発電などでエネルギー源を使用した時、二酸化炭素を排出するが、地球全体の炭素の量(総量)の増加につながらないこと

問 9. あなたは、「菜の花プロジェクト」という活動を聞いたことがありますか。
 1 つ選んで番号に○印をつけて下さい。

- (1) ある
- (2) ない
- (3) どちらとも言えない

問 10. 問 9 で「聞いたことがある」と回答した人にお尋ねします。
 実際に「菜の花プロジェクト」の活動に参加したことがありますか。
 1 つ選んで、番号に○印をつけて下さい。

- (1) ある
 - (2) ない
 - (3) どちらとも言えない
- ありがとうございました。

環境・エネルギー学習に関するアンケート (2)

このアンケートは、環境に関する教育・学習の改善などに役立てるためのもので、みなさんの成績にはまったく関係ありません。思ったとおりに回答して下さい。データは統計的に処理し、個別の結果を公表することはありません。ご協力をお願いします。

- 問1. あなたの学年、クラス、出席番号、性別を教えてください。
 () 年 () 組 () 番 性別： 男 女
- 問2. 環境・エネルギーの授業に関して、次の(ア)～(エ)について、右の1～4の中から最も当てはまるものを1つ選んで、番号に○印をつけてください。
- | | はい | どちらかと言えは「はい」 | どちらかと言えは「いいえ」 | いいえ |
|---------------------|----|--------------|---------------|-------|
| ア) 質問が難しかった | 1 | --- 2 | --- 3 | --- 4 |
| イ) 説明がよくわからなかった | 1 | --- 2 | --- 3 | --- 4 |
| ウ) 授業は楽しかった | 1 | --- 2 | --- 3 | --- 4 |
| エ) これまで知らなかったことを学べた | 1 | --- 2 | --- 3 | --- 4 |

- 問3. あなたは、「バイオディーゼル燃料 (BDF)」に興味・関心を持ちましたか。
 1つ選んで番号に○印をつけて下さい。
- (1) 興味・関心を持った (2) どちらかと言えは興味・関心を持った
 (3) どちらかと言えは興味・関心を持たなかった (4) 興味・関心を持たなかった
- 問4. あなたは、「バイオディーゼル燃料 (BDF)」は、今よりもっと普及すると思いますか。
 1つ選んで番号に○印をつけて下さい。
- (1) そう思う (2) どちらかと言えはそう思う
 (3) どちらかと言えはそう思わない (4) そう思わない
- 問5. あなたは、「菜の花プロジェクト」に興味・関心を持ちましたか。
 1つ選んで番号に○印をつけて下さい。
- (1) 興味・関心を持った (2) どちらかと言えは興味・関心を持った
 (3) どちらかと言えは興味・関心を持たなかった (4) 興味・関心を持たなかった

- 問6. あなたは、「菜の花プロジェクト」の活動に参加してみたいと思いますか。
 1つ選んで番号に○印をつけて下さい。
- (1) そう思う (2) どちらかと言えはそう思う
 (3) どちらかと言えはそう思わない (4) そう思わない
- 問7. 次のうち、「再生可能エネルギー」はどれだと思いますか。該当するものをすべて選んで、番号に○印をつけて下さい。
- (1) 水力 (2) 石炭 (3) 木炭
 (4) 石油 (5) 風力 (6) 太陽光・太陽熱
 (7) 地熱 (8) 原子力
- 問8. あなたは、日本では「再生可能エネルギー」の普及・促進は難しいと思いますか。
 1つ選んで番号に○印をつけて下さい。
- (1) そう思う (2) どちらかと言えはそう思う
 (3) どちらかと言えはそう思わない (4) そう思わない

- 問9. 次のうち、「バイオディーゼル燃料 (BDF)」の説明として、最も適切なものとはどれだと思いますか。
 1つ選んで、番号に○印をつけて下さい。
- (1) 動物のふん尿などを発酵させて作る燃料
 (2) 間伐材や廃材などを固めて作る燃料
 (3) 穀物などを発酵させて作る燃料
 (4) 廃食用油などを化学反応させて作る燃料
- 問10. 次のうち、「カーボンニュートラル」の説明として、最も適切なものとはどれだと思いますか。
 1つ選んで、番号に○印をつけて下さい。
- (1) 発電などでエネルギー源を使用した時、二酸化炭素を排出しないこと
 (2) 発電などでエネルギー源を使用した時、二酸化炭素を排出するが、大気中の二酸化炭素濃度の上昇につながらないこと
 (3) 発電などでエネルギー源を使用した時、二酸化炭素を排出するが、植物に吸収され、炭素が自然(生態系)を循環すること
 (4) 発電などでエネルギー源を使用した時、二酸化炭素を排出するが、地球全体の炭素の量(総量)の増加につながらないこと
- ありがとうございました。