

## 福井高専物質工学科による中学生対象出前授業 ～バイオエタノールの生産～

高山勝己<sup>\*1</sup>、宇野秀夫<sup>2</sup>、吉村忠与志<sup>1</sup>

<sup>1</sup>福井工業高等専門学校物質工学科（〒916-8507 福井県鯖江市下司町）

\*takayama@fukui-nct.ac.jp

<sup>2</sup>福井市社中学校（〒918-8055 福井県福井市若杉町 4-1402）

### Visiting lecture on Bioethanol Production for Junior High School Students

Katsumi TAKAYAMA,<sup>1</sup> Hideo UNO<sup>2</sup>, and Tadayosi YOSHIMURA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemistry & Biology Engineering, Fukui National College of Technology

(Geshi-cho, Sabae-shi, Fukui 916-8507, Japan)

<sup>2</sup>Fukui-shi Yashiro Junior High School

(4-1402 Wakasugi-cho, Fukui-shi, Fukui 918-8055, Japan)

(Received December 26, 2011; Accepted January 25, 2012)

#### Abstract

We have carried out many science educational programs at public places, such as elementary schools, city hall, and child welfare institutions. Last year, we held a visiting lecture for students in the third grade at Yashiro Junior High School. The lecture covered three topics: starch saccharification, alcohol fermentation, and distillation. Following each presentation, questionnaires were used to assess student understanding. This lecture was presented in an effort to develop an educational partnership between Fukui National College of Technology (FNCT) and local junior high schools. Another advantage to this lecture is that it familiarized junior high school students with FNCT and the programs available there. The questionnaire results used to assess the program indicated that most of the students found the program interesting, understandable, and enjoyable.

**Key words:** Visiting lecture, Educational partnership

#### 1. はじめに

近年、大学と高校が連携した教育活動が活発に実施されている。スーパーサイエンススクールの指定校が大学の研究者を招聘して、理科実験を実施したり、大学が主幹となって開催するサイエンスパートナーシップ連携教育 (SPP) は、

もはや珍しいイベントではない。こうした時世の中で福井高専（物質工学科）も、学内外、近隣の小中学生を対象としたさまざまな出前実験講座（地域貢献と学校 PR を兼ねた理科啓蒙教育）を行ってきた [1-5]。

今回、我々は、福井市にある社中学の依頼を

受けて、中学3年生を対象に“環境と循環型社会”に関連する“バイオエタノール生産”について理解してもらうことを目的として実施した出前講座の内容とその成果について詳しく紹介する。

## 2. 実施内容

出前講座は2010年11月に2日間の日程で実施され、そのスケジュールの詳細を表1に示す。通常の中学生1クラスの授業時間割に組み込まれたため、使用できる時間は限られ50分×2コマであった。よって実験に用いる試薬類はあらかじめ秤量し、個々の容器にわけて準備するなど所要時間の短縮化に努めた。

表1 出前講座の日程

### 第一日目

- 1: 地球に優しいエネルギー源 バイオエタノールと題してパワーポイントを用いて講義（所要時間：10分程度）
- 2: 酵母によるアルコール発酵実験1（所要時間：25分程度）
- 3: でんぷんの酵素による糖化実験1（所要時間：10分程度）

### 第二日目

- 1: 酵母によるアルコール発酵実験2（所要時間：10分）
- 2: もろみの蒸留（所要時間：25分）
- 3: でんぷんの酵素による糖化実験2（所要時間：10分）
- 4: 2日間の実験講座のまとめ（5分）

## 3. 実験講座の詳細

実験は、教室の前に映し出されるプロジェクターの映像資料とそのコピー（全員に配布）を

みせながら進行した。地球温暖化の要因のひとつである二酸化炭素の放出を削減するためのバイオ技術（バイオエタノール生産）について説明した後、バイオエタノールをどのような工程で生産していくのか実験を交えながら紹介した（図1, 2）。写真（図3）は説明を行っている様子である。社中学では、講義用に大型液晶ディスプレイを導入しておりこれを活用した。受講してくれた中学生は、10分程度の講義に静粛かつ真剣に聴講していた。

## はじめに

地球温暖化に、大気中の二酸化炭素の増大が大きく関係していることを、報道や書籍などを通してみなさんもよく知っていることでしょう。この二酸化炭素の増加を防止する一つの政策として、バイオエタノールの導入が以前から注目されています。

本学習では、このバイオエタノールの製造を簡単な器具を使って実際に体験してもらい、その原理について知ってもらうことを目的としています。

多少、難しいこともでてくるかもしれませんが、自分の理解できる範囲でOKです。気楽にいきましょう！

図1 講義オープニングの問題提起

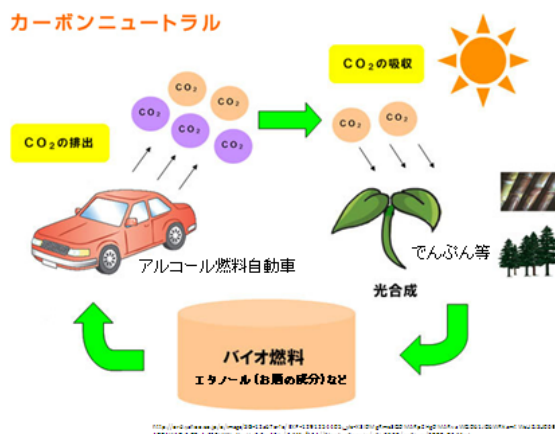


図2 カーボンニュートラルについての説明



第2実験は、酵母を閉じ込めたアルギン酸ビーズの作製である(図7-11)。酵母をそのまま用いてもよいのであるが、アルギン酸ビーズに封入するメリットが何か考えさせた。砂糖と酵母エキス溶液が入った1Lの炭酸飲料用ペットボトルにできたアルギン酸ビーズを投入させ、ペットボトルの側面を押しつぶさせてから、発泡スチロール製の自家製恒温器(37℃設定)に入れて初日の実験講座を終了した。これらの実験の様子を図12-16に示す。

映像に写る実験の流れを確認しながら操作を行い、適当なタイミングでQ&Aのコーナーを設けた。

### 実験1(25分)

- 1) 2%アルギン酸ナトリウム水溶液(海藻の成分の一つ)50mLがはいった100mLビーカーを用意する。
- 2) 2gのパン酵母(スーパーで購入)が入った100mLビーカーに25mLの水(透明のカップに入れてある)を加えてかき混ぜる。
- 3) 2)のパン酵母のどろどろの液体を1)のビーカーに移す。
- 4) 均一になるまでスプーンでかき混ぜる。

1/4

図7 酵母封入アルギン酸ビーズの作製 1

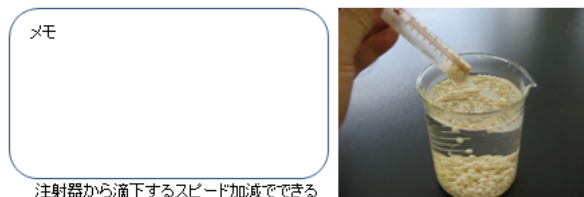
### 実験の前の確認事項

各班ごとに下記の物がそろっているかチェックしてね!

- 器具類(実験台に用意されているかチェック!)
- 1) 50mLの2%アルギン酸ナトリウム水溶液入りの100mLビーカー
  - 2) 2gパン酵母入りの100mLビーカー
  - 3) 5%塩化カルシウム水溶液入りの300mLビーカー
  - 4) 4%でんぷん水溶液
  - 5) ヨウ素液
  - 6) こうじ(こめ粒状)
  - 7) タカジア粉末(粉末)
  - 8) 水
  - 9) スプーン(金属製) 1本
  - 10) 注射器(プラスチック製) 1本
  - 11) ミニ試験管(ガラス製) 3本
  - 12) 1.5Lペットボトル(茶色い透明な液体が入っている)
  - 13) ちゃこし(金網)1個
  - 14) スポイト(プラスチック製) 2本(使い捨て)
  - 15) ティッシュペーパー

図8 酵母封入アルギン酸ビーズの作製 2

- 5) 注射器に4)の液体を吸い込む。
- 6) 5%塩化カルシウム水溶液200mLがはいった300mLビーカーに、スプーンでかき混ぜながら、注射器の中身を滴下する。



メモ  
注射器から滴下するスピード加減でできるビーズの大きさや形が変わるよ!!

こんな感じ!

2/4

図9 酵母封入アルギン酸ビーズの作製 3

- 7) 1.5Lのペットボトル(10%砂糖と1%酵母エキスからできている200mLの液体があらかじめいれてある)を用意する。
- 8) 6)で作成したビーズを茶こしを用いて、液体から回収する。
- 9) ペットボトルのなかに、集めたビーズをこぼさないように注意しながらスプーンを用いて投入する。

Q1: 9)の操作で、なぜビーズに直接手で触れないようにしているのかな?

Q2: 酵母をアルギン酸のビーズに閉じ込めて用いると、どんな利点があるのかな?

3/4

図10 酵母封入アルギン酸ビーズの作製 4

10) ペットボトルの側面を手で押しつぶしてから、キャップを開める。

11) 恒温槽(35℃程度)にセットする。

メモ:

4/4

図11 酵母封入アルギン酸ビーズの作製 5





図 12 酵母封入アルギン酸ビーズの作製



図 15 ビーズ投入後、側面をおしつぶしたところ



図 13 茶こしを用いてビーズの回収



図 16 ペットボトルを恒温器に保管



図 14 ビーズをペットボトルに投入

2日目の第1実験は、ペットボトル容器の観察から始めた(図17)。前日に押しつぶしたペットボトルが膨れてもとの膨れた状態にもどっていること(図18)を確認させその理由を考えさせた。これは、主に発酵の代謝過程において二酸化炭素が発生するためであるが、アルコールのガスによるのではといった解答もあった。

また、キャップをあげさせて、においを嗅いでもらってアルコールの匂いがすることを感させた。“お父さんの晩酌の匂いみたい”といった面白い表現での答えもあった。

## 第二日目

今日は、第一日目の実験の継続です。昨日仕込んでおいたペットボトルの中身がどう変化したかよく観察してみましょう。

さらに、“もろみ”からアルコールを蒸留法により取り出してみましょう。

また、こうじやタカジア粉末の働きで、でんぷん水溶液がどうなったか調べてみましょう。

### 実験3(10分)

- 1) ペットボトルの変化を確認する。

ふたをそっとあけてみる(のぞきこまないよう注意!)  
変化をよく観察する!

Q4: ペットボトルの中身はどうなっていたかな? キャップをあけたときどうなったかな? どうしてそうなったのかな?

1/3

図 17 糖化処理の確認とペットボトルの確認

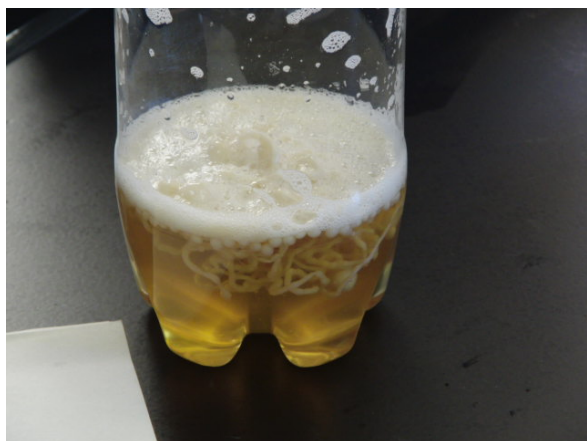
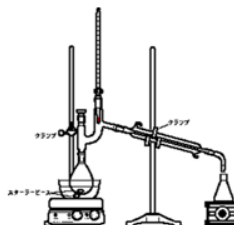


図 18 発酵が進んで泡立っている様子 (ペットボトルが膨れている)

第 2 実験は、エタノールを純粹に取り出す蒸留装置の紹介 (図 19) と演示実験を行った (図 20)。蒸留液に火をつけて可燃液体 (エタノール) であることを理解させた (図 21)。

### 実験4(演示です)(25分)

- 1) 蒸留装置を組み立てる。



2/3

- 2) 蒸留したい液体(もろみなど)をフラスコにそそぐ (突沸を防ぐために沸騰石をいれる)
- 3) 蒸留開始! 85°Cくらいまで昇温!
- 4) 蒸留液を集める。匂いは?

Q: 蒸留開始後、それぞれの温度で発生してくる気体は何を含んでいるのかな?

3/3

図 19 アルコール蒸留装置の説明

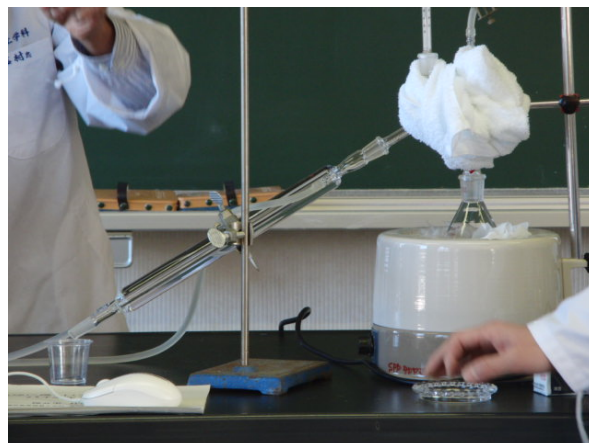


図 20 もろみを蒸留蒸留している様子



図 21 流出液に火をつけて確認している様子

第 3 実験は、前日の糖化実験の確認であり、ヨウ素でんぷん反応により、酵素がでんぷんを分解したことを確認させた(図 22)。中学生には、でんぷんの存在を確認するおなじみの方法で説明を要しないほどであった。



図 22 糖化液にヨウ素液を添加している様子

最後は、2 日間全体を通しての実験のまとめと考察を行った。なお、両日ともに行った実験の合間の Q & A であるが、いずれの生徒も内容をよく理解しており、ランダムに指名した解答者の正答率は 100%であった。

#### 4. 体験講座に対するアンケート調査に基づいた事後評価

講座終了後、全員にアンケート調査を実施した。受講生 1 クラス 24 名を対象に、11 の質問事項(各図中上部に質問事項を表記)に回答させた。図 23~33 までの質問事項に対して、1: そう思う、2: どちらかといえばそう思う、3: どちらかといえばそう思わない、4: そう思わない 5: むしろ思わなくなった(設問 30~32 のみ)と回答した生徒の割合を示す。

講座の内容評価は良く、おおむね理解させることができたといえる(図 23, 24)。

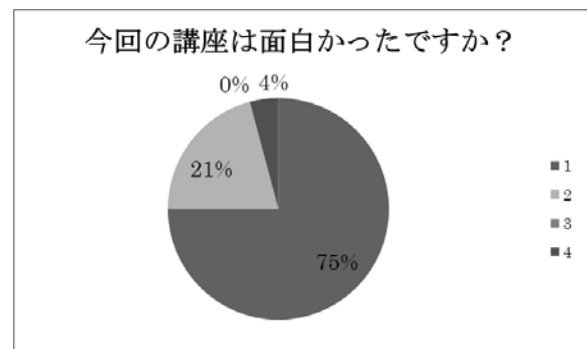


図 23 講座は面白かったですか?

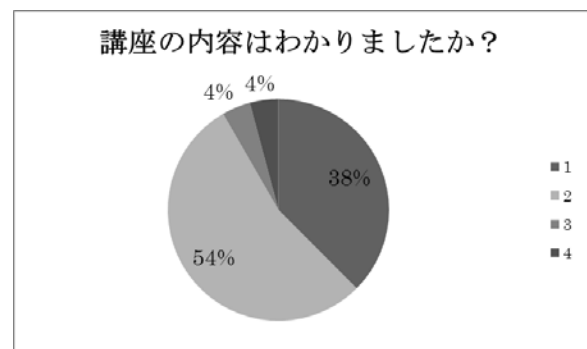


図 24 講座の内容はわかりましたか?

また、サイエンスに対する興味や、自ら自然について調べてみたいという学習意欲の啓発にも役立ったといえる(図 25-27)。



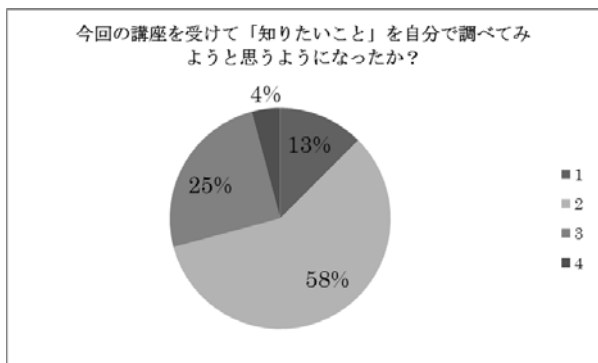


図 25 知りたいことを自分で調べてみる思いになったか？

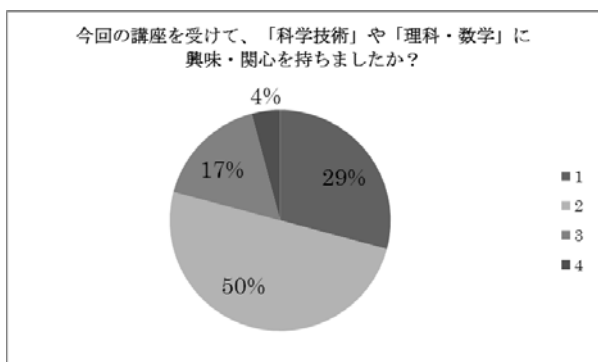


図 26 科学技術等に興味をもったか？

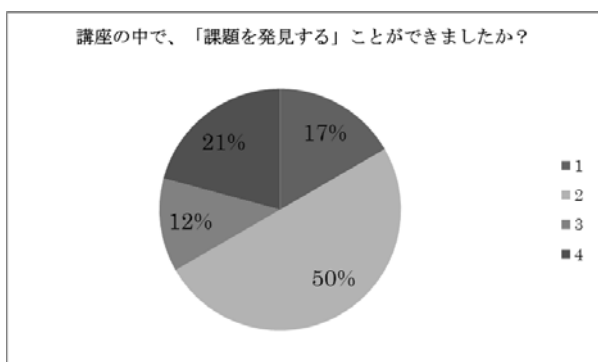


図 27 講座の中で課題を発見できたか？

本講座は、2人1チームで実施しており、一連の実験を通して、生徒らがお互いに協力し議論できたことも示している（図 28, 29）。

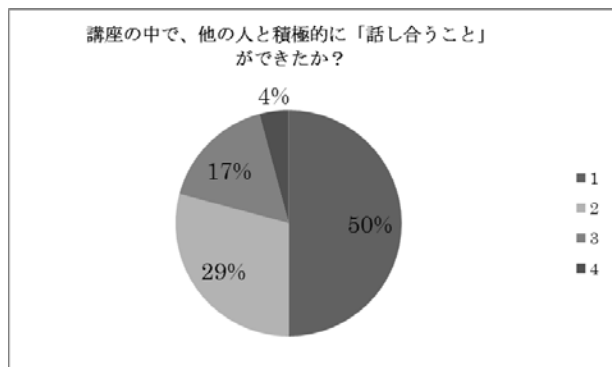


図 28 実験中、話し合うことができたか？

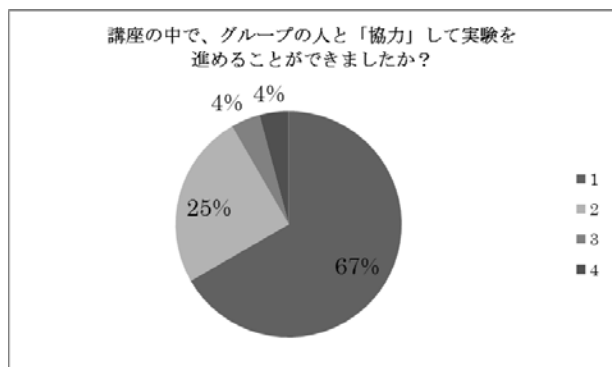


図 29 実験進行で協力しあえたか？

我々は、本講座を通して、生徒たちが自分の将来を考える上（たとえば科学技術の分野の職業を選択する）で、理科の重要性を知ってもらう一役を担うことができたと自負している（図 30, 31）。なお、社中学校では過去にも同様の試みが別の教育機関（福井大学等）の協力の下で、実施されてきており、これらの体験型講座の積み重ねによる成果ともいえる。



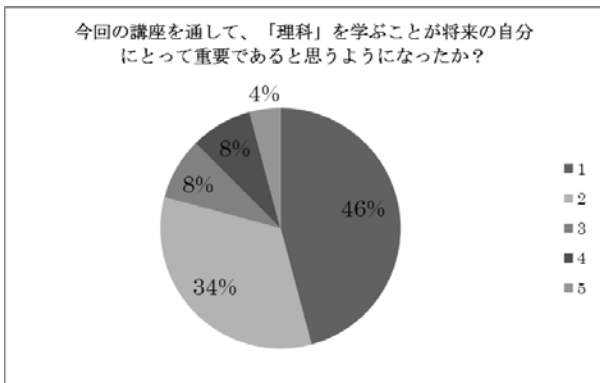


図 30 理科を学ぶことが将来の自分にとって重要と思うようになったか？

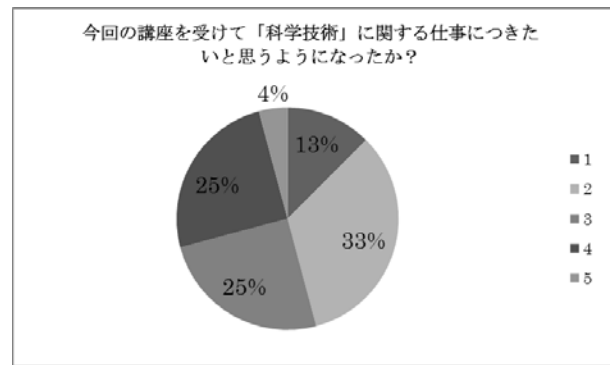


図 32 今回の講座を受講して、科学技術の仕事につきたいと思うようになったか？

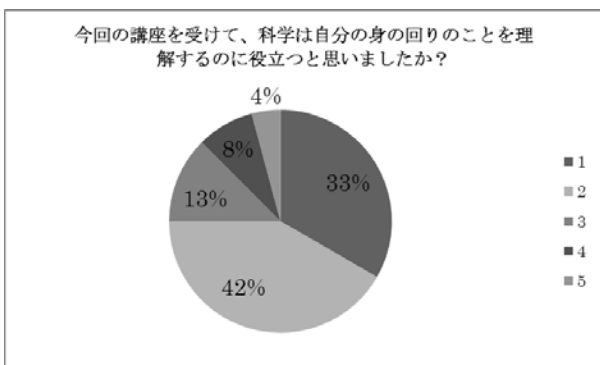


図 31 科学は身の回りのことを理解するのに有効であると思うか？

我々としては、このようなサイエンスに関する実験講座を通して、将来、中学生たちが“科学技術に関する職業につきたい”と考えてくれたらと思うのであるが、なかなか思惑通りにはいかないようである（図 32）。

実は我々が、このような講座を積極的に実施している理由の一つは、中学生の高専入学希望者（理数系進学希望者となって、将来エンジニアをめざしたい生徒）が増加することにあるので、この結果は、講座の内容に対するより一層の工夫と努力を必要としていることを示している。

なお、今後も類似の講座があれば参加したいという生徒が大半をしめていることから、今後も機会があれば高専と中学校の理科連携教育活動ができればと考えている（図 33）。

最後に本講座の実施数日後に、理科の授業において生徒に質問した課題（地球温暖化を解決するのに次の方法が有効だと思いますか？）に対する調査結果を示す（図 34）。質問事項（棒グラフ左側番号）は、1：省エネのライフスタイルを進める、2：太陽光発電など自然エネルギーの開発を進める、3：燃料電池など環境に優しい技術を開発する、4：バイオエタノールの開発を推進する、5：バイオディーゼルの開発を推進する、6：原子力発電を推進する である。

昨今のエネルギー問題や環境問題に対する話題性もあろうが、中学生が、石油に代わるさまざまなエネルギーの有効利用に、かなりの関心を持っていることが伺える。余談であるが、原子力発電の有用性に対する設問についてであるが（“そう思う”と“まあそう思う”を合計すると 80%がエネルギー代替案として支持している）、この調査は 3・11 災害以前のものであり、同じ原発立地県である福井県の中学生の考えが、災害後にはどのように変化したか興味があるところである。

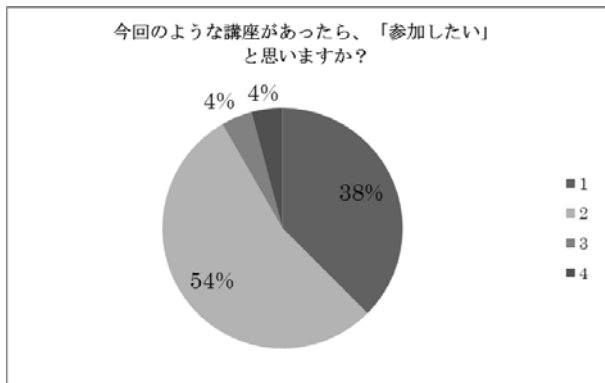


図 33 今回のような講座があったらまた参加したいと思うか？

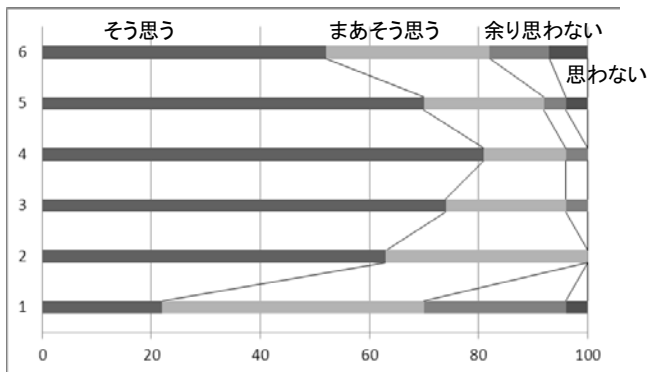


図 34 地球温暖化を解決するのにそれぞれ該当する方法は有効だと思いますか？

まとめ

2日間2コマのみの短い時間であったが、本講座を実施して、中学生が実験大好きで、なによりも科学技術に興味を持っていることが実感して分かった。このことは、受講生徒が書いた以下の数名の感想文（受講生から提出されたものから抜粋）に反映されている（資料1）。

こうしたポジティブな感想をいただくことは、また来年も実施したいという励みになる。

資料1 講座受講後の中学生の感想文

楽しかったです。化学のことについて、よく分かりました。  
 これから、バイオエタノールが普及するようになると、たくさん研究している、と思います。  
 今度は生物のことをもっとよく知りたいです。

私は、今回アルコールを作ったことのように、たまたまして、これにこそいいものがあるのか分かりました。科学技術の技術もすごいと思います。アライゼンという名前も初めて知ったのでよかったと思います。東馬原さかおとさんのは、自分の知ったことや地球温暖化の対策のためにいろいろ開発していることも分かってすごいと思います。

今日バイオエタノールの実験を終えて思ったことは、テキストをみて分かりやすく教えてもらってよかった。なせか、テキストを見ながらいると途中途中問題が出ていて詰った。バイオエタノールのことがよく知れたと思います。

参考文献

- 1) 高山勝己, 上島晃智, 津田良弘, 野村栄一, 片岡裕一, 吉村忠与志, 福井高専物質工学科による小学生対象出前授業, 技術・教育研究論文誌, 18, pp.25-19 (2011)
- 2) 高山勝己, 川村敏之, 片岡裕一, 野村栄市,

- 上島晃智, 吉村忠与志, 中学生を対象とした遺伝子組み換え実験講座の実施成果報告, 技術・教育研究論文誌, **17**, pp. 29-33 (2010)
- 3) 高山勝己, 片岡裕一, 野村栄一, 上島晃智, 吉村忠与志, 福井高専物質工学科 3 年生を対象としたサイエンスパートナーシップの心に～遺伝子組み換え実験体験講座～, 技術・教育研究論文誌, **16**, pp. 41-46 (2010)
- 4) 高山勝己, 片岡裕一, 野村栄市, 吉村忠与志, 福井高専におけるサイエンスパートナーシップ教育連携活動, 技術・教育研究論文誌, **15**, pp. 31-36 (2008)
- 5) 高山勝己, 片岡裕一, 野村栄市, 加藤敏, 上島晃智, 吉村忠与志, 福井高専による中学生対象出前講義を通じた地域貢献 ～電池のしくみを理解しよう～, 技術・教育研究論文誌, **15**, pp. 51-54 (2008)