

初めての個人研究を通して学んだこと

高松工業高等専門学校
高松工業高等専門学校

学生会員 ○上原大和
正会員 多川 正

1. はじめに

高松高専の建設環境工学科4年時には、創造的教育の実践として、創成工学という授業科目が1年間を通じて行われている。この科目では、年度当初に教員1人あたり4名程度の学生が希望調査の結果をもとに配属される。配属先の学生のグループ間および指導教員との密な連携を自分からとりながら、必ずしも解が1つでは無い工学的な課題を学生一人ひとりが自由に決定し、各個人が自主的かつ積極的に取り組む。授業時間以外の夏休みや放課後も利用し、自分だけでなくグループの協力を得ながら、知識や技術を活かして実現可能な解や結果を導き出したり発見したりする能力を養い、そしてその得られた結果を2回の報告書やプレゼンテーションにて表現するものである。昨年度、私もその授業を受け、人生で初めて1年を通して行うような長期的な研究活動の一步をふみだした。

今回、自分は創成工学でのテーマを設定するにあたって、自分は前々からバイオテクノロジーに興味を持っており、本科3年次に受講した環境工学の授業で近年需要、注目ともに高まってきたバイオエタノールの事について知り、このことについて知識を深めたいと思い、調査・実験等を行うこととした。今回は、この創成工学で踏み出した研究活動の1年間を振り返って、学んだことを報告したい。

2. 研究活動内容

2. 1 必要知識の習得

研究テーマは知的興味から始まったが、手元に資料も前提知識も全くない状態で始まったため、まずバイオエタノールを製造するための手段などを、書籍等を調査して必要知識の習得から行った。この際、インターネット検索は便利であるが、過度の依存を避けることを目的とし、図解シリーズなどの書籍から始め、段階を経て専門書などの調査も行った。調査を行った後に、バイオエタノールの製造を体得するため、まずは実験計画書を作成し、指導教員とディスカッションの上条件等を確認した上で、実験を開始した。

(以後、すべての実験についても、まずは計画書を作成し、打ち合わせの上進めていくことを遵守した。)

調査の結果、バイオエタノールの製造の各工程において、以下のような方法を採用し、実験を行った。

- ・デンプン質の糖化：塩酸(HCl)を使用
- ・発酵：酵母菌(ドライイースト)を使用
- ・エタノールの精製：蒸留によってのみ行う

2. 2 実験方法

実際に実験で確認した複数の穀物からのバイオエタノール製造手順について以下に記した。

糖化：穀物に含まれるデンプン質を強酸性の塩酸を用いてグルコース($C_6H_{12}O_6$)にまで分解させる。なお、今回は食糧である「米」、「小麦粉」、「トウモロコシ」の三種類の代表的な穀物をバイオエタノールの原料として使用した。

発酵：酵母菌を用いてグルコースを発酵させ、エタノールを作り出す。今回は、発酵条件を

- ・温度 $30^{\circ}C$ (ウォーターバスにより管理)
- ・pH=5.5 (発酵開始時)
- ・常に振とうさせた状態で7日間放置と設定した。

蒸留：蒸留装置についても、実験装置を自作することから、始めた。以下の図-1のような蒸留装置を作成し、発酵液をコーヒーフィルター等でろ過した上澄み液を3時間、蒸留を行い発酵によって作り出されたエタノールを精製した。なお、熱源は安全のため電熱ヒーター(電気エネルギー)を使用した。

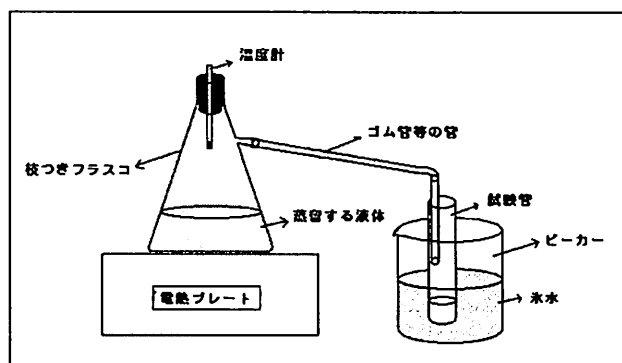


図-1 蒸留装置概要

3. 実験結果と考察

3. 1 バイオエタノール製造実験結果

表-1に各穀物から得られた発酵液を蒸留し、最終的に得られたエタノールの量を示した。

表-1 各穀物からのエタノール収量

原料	採取できたエタノールの量(g)
米	45
トウモロコシ	10
小麦	5

蒸留を行って回収した 3 種類の液体がエタノールであるかの確認は、実験室に適切な分析機器がなかったため、*カタコ*などを調査した結果、エタノール検知用気体検知器(*ガス*社製)を用いて、検証した。すなわち、回収液を適量、試験管に移し、エタノールの揮発する温度程度まで加温し、そこで揮発した気体に対して*ガス*検知管を用いて検証を行った。この結果、定性的ではあるが、すべての穀物の発酵液を蒸留した液体はエタノールであることを確認することができた。また、濾紙にこれらの液体を含ませ、着火すると燃焼が確認された。以上の結果より、調査したバイオエタノール製造方法に準拠して各穀物を発酵させることによって、バイオエタノールは確かに生成し、かつ蒸留も成功したことが判明した。

3. 2 環境配慮への検討

バイオエタノールは、環境問題への対策を目的としており、具体的には*ガス*等に混合することにより (E3 等)、生成に数億年必要とする化石燃料の消費を低減させることによる CO₂ の削減効果をねらったものである。このため、バイオエタノールの製造に対して、過剰な電気エネルギーを使用したのであれば、その効果は少ない。ここでは、今回の実験で得たバイオエタノールの CO₂ 削減量を、最も電気エネルギーを必要とした蒸留の工程に対して簡易的に計算し、この効果について考察を行った。なお、検討の対象として、エタノール収量の最も多かった米からのバイオエタノールを代表とした。

まず、バイオエタノールを作成する際に排出する二酸化炭素量だが、前にも述べたが、今回は蒸留に電熱ヒーター、つまり電気エネルギーを用いた。よって、高松高専に電力を供給している、四国電力株式会社が HP 上で公開している 1kwh あたりの二酸化炭素排出量原単位 (0.33kg-CO₂ /kwh) と、今回の実験で使用した電熱ヒーターの電力量(0.875kw×3h)から、仮想的に二酸化炭素排出量を計算した。すなわち、

- ・実験で消費した電力

$$=0.875\text{kw} \times 0.8(\text{負荷率}) \times 3\text{h} = 2.1\text{ kwh}$$
- ・実験にて排出した二酸化炭素量

$=0.33 \times 2.1 \approx 0.7\text{kg-CO}_2$ となる。

この計算結果と表-1 から、今回の実験方法で米からバイオエタノールを仮に 1L 作成したとすると、排出される総二酸化炭素量は、単純計算で 15.5kg-CO₂/L-バイオエタノール製造となった。この製造効率を CO₂ 削減の観点から簡易的に比較する。一般的に、化石燃料の*ガス*が 1L 燃焼した場合の CO₂ 排出量は、燃焼の化学反応式より約 2.3kg-CO₂/L-*ガス* (出典：環境省) であるため、*ガス*とバイオエタノールの二酸化炭素排出量の差：

$$15.5 - 2.3 = \text{約 } 13\text{kg-CO}_2/\text{L}$$

ものの差が出た。これは当然、実験的に蒸留を行ったため、工業的に大量生産されるバイオエタノールとは効率も異なるが、実際に自分で作成したバイオエタノールを用いて、計算を行うことで、食糧とバイオ燃料との争奪以外に、バイオエタノールが抱えている問題 (蒸留工程の高効率化) も知ることができた。

4. 実験を行っての感想

今回の実験では、今まで知識でしか知らなかったバイオエタノールに、直接触れることができたのでとてもためになる実験を行えたと思う。また、バイオエタノールが本当に作れるのかと、実験を計画した段階では不安だらけだったが、今回の実験でバイオエタノールを作ること成功したことから、今後行っていくであろう研究への大きな自信になったと思う。

5. 研究活動を通して学習したこと

自ら率先して物事を行うことは、何においても自らを向上させる。このことを私は今回の研究を通じて学んだ。他の座学の授業のように、与えられるものとは違い、この創成工学という授業では、調査や実験のほとんどを自分自身で行わなくてはならなかった。そのような研究を行っていることで、物事を誰かに言われるがまま行うのではなく、自らの意思で行動していくことが、研究を長期にわたって行っていくためには必要不可欠なのだと実感した。また、この一年間で行った多くの実験を通して指導教員から、実験結果の報告方法などの基礎的なことや研究者としての心構え、実験を行う際、また各種実験器具を扱う際の注意点など様々な事を教えていただくことができ、精神的にも少し成長したといえるだろう。今回の研究から学んだ、向上心、自ら率先して物事行う気持ちを何事においても忘れずに、これからも常に上を目指して努力していきたいものである。