

生物環境化学工学科での体験学習の実践とその成果

岡 村 隆 成*・小比類巻 孝幸**・伊 藤 幸 雄*
若 生 豊*・高 橋 晋***

Practical Learning and its Results in Department of Chemical Engineering on Biological Environment

Takanari OKAMURA*, Takayuki KOHIRUIMAKI**, Yukio ITOH*,
Yutaka WAKO* and Susumu TAKAHASHI***

Abstract

Our department has taken in experience learning to produce cheese and beer for three grades of classes in a curriculum. The purpose of this leaning is to be interested in engineering and to bring up independence of a student. As a result of having done a class evaluation questionnaire by a student, it was shown that a student got a high satisfactory degree for this experience learning. Here, the practice situation of learning and the result are described.

Keywords: Experience learning, Manufacturing, Cheese and beer, Sustainable process, Process engineering

1. 緒 言

本学科は、“自然との共生を科学する”をモットーに、資源循環型の社会システムを目指した環境調和型のプロセス技術を教育の大きな柱としている。学習効果を高める施策として、3年生を対象に体験型の学習を積極的に取り入れた。チーズやビールなどの身近な食品を学生自ら作り出すことで、物づくりの楽しさを味わうと同時に、発酵などの現象を把握させ、さらに製造過程での廃棄物の有効利用による環境に配慮した生産システムへの理解を促すことを意図している。前期授業のチーズ製造実習と後期授業のビール製造実習を2年間実施しており、ここに授業の狙い目と学習内容やその効果などに付いて述べる。

2. 体験学習の狙い

環境調和型のプロセス技術に関心を持ち、その理解を体験的に習得することを目的として、3年生を対象にチーズとビールの製造実習を導入した。この体験型学習の狙いは、次の通りである。

- (1) 物づくりを通して化学工学への関心を深める。
- (2) 講義科目の知識と製造プロセス中の現象との関連付けを、作業を通して学生自身の感覚で捉える。
- (3) グループでの共同作業を行う中から、自主性を育み、連携の大切さを身に付ける。
- (4) 廃棄物利用に対する独自のアイデアの創出とプレゼンテーションで、個性と能力を引き出す。

この製造実習は、講義との両輪を形成するものであり、専門分野の講義科目と連動させてい

平成 17 年 12 月 16 日受理

* 生物環境化学工学科・教授

** 生物環境化学工学科・助教授

*** 生物環境化学工学科・講師

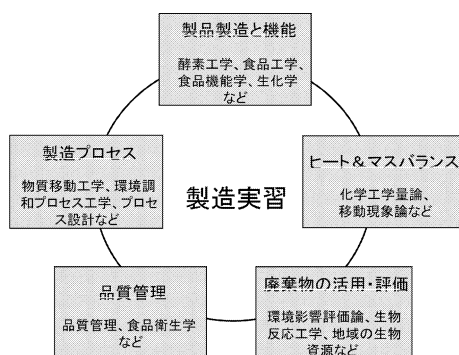


図1 製造実習と各分野の講義科目との関連付け

る(図1)。製造実習を通して、主に、「製品製造と機能」、「製造プロセス」、「ヒート & マスバランス」、「品質管理」、そして「廃棄物の活用・評価」の5つの領域で講義科目との関連付けをしている。チーズ製造プロセスは、比較的単純で、装置も開放系であるが、ビール製造装置は、各装置が配管で接続され、複雑な構成となっている。そのため、特に、後期に実施するビール製造を対象にして前期授業の「プロセス設計」の科目で、発酵などの現象把握や装置系統図の作成、そして運転操作方法の学習を授業に取り入れた。このように、特定科目と実習を連動させたカリキュラム編成を行うことで、事前に製造プロセスに対する理解が深まり、実習の効果がより一層高まることを期待している。

実習の対象にチーズとビールを選定した理由として、これらは身近な食品で親しみ易いこと、また発酵食品であることから、その発酵技術は食品製造の重要な方法の一つであることが挙げられる。さらに企業でのビール製造で、“ゼロエミッション工場からの出荷”を謳い文句にする程、製造過程での廃棄物の再資源化や副製品の開発、そして電力へのエネルギー変換など、環境への配慮が進んだ製造プロセスであることも大きな理由である。この実習は、3年生で実施する工学実験とは別授業であるが、製造されたビールの一部を工学実験の一テーマとして、食品の成分分析の中の“糖質の定量”の試料に活

表1 チーズ製造実習の授業計画

第1回	1. ガイダンス
	1.1 実習の目的
	1.2 実習日程・順番
第2回	2. チーズプラントとLCA
第3回	3. チーズ製造(1)
	3.1 製造準備
第4回	3. チーズ製造(2)
第5回	3. チーズ製造(3)
第6回	3. チーズ製造(4)
第7回	3. チーズ製造(5)
第8回	3. チーズ製造(6)
第9回	3. チーズ製造(7)
第10回	3. チーズ製造(8)
	3.1 後片付け
第11回	4. プラント図等, レポート作成
第12回	5. 実習における廃棄物(ホエイ)の利用演習
第13回	6. 環境調和プロセスエンジニア・コンテスト
第14回	7. 品質保証試験
第15回	8. レポート提出

用するなど、工学実験とも連動させている。

3. 実習内容

この体験型の実習は2004年度から開始し、現在2年を経過している。チーズ製造実習は、前期4,5月に学生を2班に分けて実施し、その授業計画を表1に示す。第1,2回は、実習の目的などを中心に講義形式で実施し、第3~10回は、準備などを含めた3日間の実習を集中講義で行い、それ以降は、レポート作成や製造過程で排出される廃棄物の有効利用に関する発表会を実施している。後期授業のビール製造も8,9月の夏休みを利用して同様に2班に分けて実施した。

3.1 チーズ製造実習

チーズの種類は、乳酸発酵の硬質タイプである“ゴーダチーズ”である。製造実習は、3日間の集中講義方式で行った。製造プロセスの概要

を図2に、実習状況を図3に示す。手作業が基本であり、原料は地元の酪農家から朝一番で搾乳した生乳を使用している。これを容量200リットルの殺菌タンクに入れて、温度を68℃まで上げて1hr殺菌する。殺菌乳を冷却した後、酸度を上げるためのスターター（乳酸菌）と加工助剤（Ca成分）を添加する。これをチーズバットに移してタンパク質凝固酵素であるレンネット

トを注入する。凝固した固形成分がチーズであり、液体成分がホエイである。チーズは型詰め、プレスされた後、2日間塩水漬けされて、3ヶ月で熟成する。チーズは原料乳の12,3%程度の量であり、残りがホエイである。このホエイは、乳糖やタンパク質、水溶性ビタミンなどを含んだ大変栄養に富んだ液体である。飲料水や食品へのサプリメントなどに使われているが、国内ではまだ充分には利用されていない。ホエイを如何に活用するか、この未利用資源に対して学生が独自のアイデアを提案するコンテストを授業に導入している。このような学生の自由な発想を重んじる試みは、実習の大きな主題でもある。また、個々の学生が作業を行い易くするため、4,5名の少人数グループを構成し、教職員は、教員3名、技術職員2名、それに大学院生のティーチング・アシスタント（TA）2名の計7名の体制とした。

製造実習終了後に作成するレポートの課題として、下記に示す項目を課した。

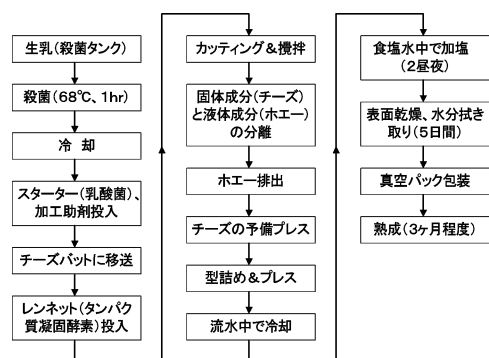


図2 チーズの製造プロセスの概要



(a) 殺菌タンクへの生乳の投入



(b) チーズバットに移された殺菌乳の固化状態を確認



(c) 学生達の手による攪拌で固体・液体成分の分離



(d) 固体成分であるチーズの型詰め作業



(e) プレス後の塩水漬け



(f) 恒温室に移して熟成を待つ

図3 チーズ製造実習の状況

1. 原乳の成分とチーズ，ホエイの成分
2. 原乳の雑菌の種類と殺菌方法の長所・短所
3. スターター，加工助剤，レンネットの成分と役割
4. 温度管理と時間の重要性
5. チーズの種類の違いによる製造の可能性
6. 温度管理，殺菌にスチームボイラを使用の長所・短所
7. 製造時の廃棄物の減少法，有効利用方法
8. 品質管理面からの殺菌・洗浄の重要性

これらの課題は，原乳・チーズの成分から製造過程での現象変化や工程管理，そして廃棄物の有効利用や品質管理面など多岐に渡る内容を含んでいる。上記課題の 7. 項に対応して，未利用資源であるホエイの有効利用に関する授業内容は次のとおりである。

1. ホエイの成分，機能，製品化の状況に関する講義の実施
2. グループによる活動
 - 1) 現状の利用状況等の調査
 - 2) 独自アイデアの提案
3. グループ発表会の開催と評価
4. 試食会

学生が提案したホエイの有効利用のアイデアは，食品(菓子類，酒類)，健康製品，サプリメント，化粧品，工業製品，エネルギー製造など多岐に渡っている。2004 年度の発表会(図 4)では，12 グループが下記のテーマで発表し，持ち時間 12 分で，内 4 分が質疑応答に当てられた。

- ・食品廃棄物循環モデル
- ・ホエイを利用したドリンク
- ・植物，家畜への利用
- ・ホエイミネラルを使った減塩漬物
- ・化粧品，入浴剤，ホエイ麺
- ・口臭予防，リコグダチーズ，化粧品，ホエイ豚
- ・ホエイ焼酎
- ・ラクトビオン酸(ミネラル補給剤)
- ・バイオプラスチック



(a) パワーポイントを使ったグループでの発表



(b) 発表後の質疑応答

図 4 ホエイ有効利用の発表会の状況

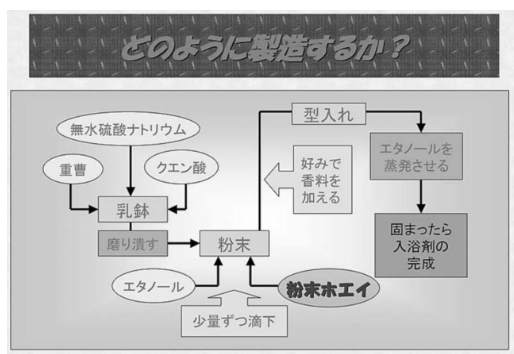


図 5 ホエイを使った入浴剤の製造に関する学生の発表の事例

- ・便秘薬剤，秋鮭の冷凍フィレー，ハンバーグ，超臨界水ガス化水素製造，生理活性剤，ホエイペプチド
- ・入浴剤（フルーツ酸），シャンプー・リンス剤の製造法
- ・生分解性プラスチック，ラクトフェリン，ホエイタンパク質

これらの中には，今まで製品化されていないユニークな提案があり，また，製品の製造法まで踏み込んだ発表（図5）もあり，学生が自由に発想し，また主体的に取り組んだことが分かる発表会であった。製造実習を通して学生個々に対する評価は下記の通りとした。発表会には，学科の教員が全員参加して学生1名ずつの評価を行って平均値を採用している。

・実習態度	20%
・レポート内容	50%
・発表内容と質疑応答の対応	30%
計	100%

3.2 ビール製造実習

酒類の製造は，製造場ごとに免許を受けることが酒税法で定められており，本学のビール製造場は，教育目的の製造に認められる「試験製造免許」を2003年10月に税務署から交付された。

ビールの種類は，淡色麦芽にカラメル麦芽を混合した中等色ビールで，古くから伝わる製法である上面発酵法を採用している。設備容量は100リットルであり，製造装置を図6に示す。ビールの製造工程を以下に簡単に示す（図7）。麦芽を粉碎して仕込槽に温水と共に入れてもろみを造り，糖化させる。このもろみをろ過槽に移して，液体だけを回収して，仕込槽に戻してホップを加えて煮沸すると麦汁ができる。この麦汁をワールプールに移して，ホップ粕や熱凝固物を沈降させた後，麦汁を発酵開始温度まで冷却して酵母を加えて発酵タンクに移送する。麦汁中の糖分は発酵によってアルコールに分解されて，発酵終了時に若ビールとなり，0℃の低



図6 ビール製造装置の全景

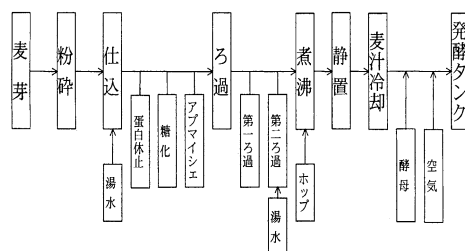


図7 ビール製造工程

温で数十日間貯蔵すると熟成されたビールができあがる。原料の麦芽や酵母，ホップはビールメーカーから供給を受けている。ビール製造の実習は，チーズ製造と同様，集中講義方式で行う。この実習の特徴として，ビール製造時の二酸化炭素の発生・吸収量や装置の使用動力などのデータから，学生がパソコンを使って環境影響評価（LCA）の授業を受ける点にある。

4. 体験実習の成果

現在まで2年間の製造実習を行って来たが，学生は大変興味を持って参加し，特別の欠席理由で欠席した以外は全員が参加している。特に，チーズ製造終了後の装置洗浄の作業にも積極的な取り組みを見せていた。製造後に行う塩水漬けの反転やチーズ表面の水分除去の作業は，授業時間外や休日に掛かるスケジュールが組まれているが，作業担当の学生は快く受け入れて実

施してくれた。学生が実際にホエイを手にし、試飲することで、資源としての活用と環境を考える上で、一層の関心を喚起できたものと信じている。このような経験を通して、この後の続くホエイの有効利用に関する学生アイデア創出の授業では、独創的で思わぬ提案が飛び出したり、予想以上の踏み込んだ調査内容をレポートしてくれた。学生が提案したアイデアに対する実現への取り組みとして、実際に研究を行い、製造に結び付けることなど、今後の課題も浮き彫りになった。

学科における教育内容の改善の一環として、学生による全授業の評価アンケートを実施している。授業評価アンケートの項目内容は、「授業内容」、「授業の進め方」、「担当教員」、「受講態度」、および「全体評価」あり、19項目からなる。次にアンケート項目を示す。

アンケート項目	項目数
1. 授業内容	6項目
(1) 授業のシラバスの説明が十分に行われ、授業の内容や教育目標を理解することができたか？	
(2) 授業内容はシラバスに沿って行われたか？	
(3) 授業内容を、充分理解できたか？	
(4) 授業内容を理解する上で、演習やレポートなどの負担は適切か？	
(5) 授業を受講して、もっと勉強したいという気持ちになったか？	
(6) 「この授業で〇〇を学んだ」という明確な達成感、成就感が得られたか？	
2. 授業の進め方	4項目
(7) 授業の進む速さは適切か？	
(8) 授業の学習内容は適切か？	
(9) 教科書や配布資料は適切か？	
(10) 授業方法は、学生の理解度や到達度に留意し工夫されていたか？	
3. 担当教員	5項目
(11) 授業に対する教員の熱意・真剣さを感じたか？	

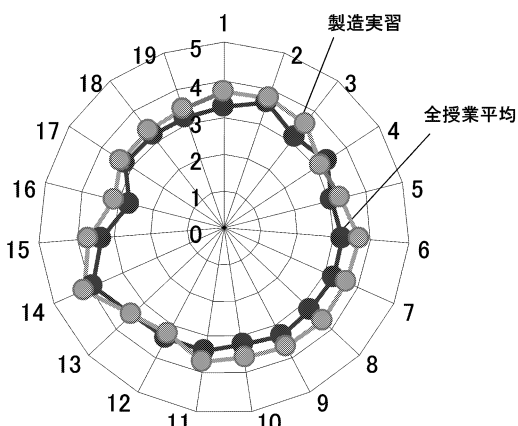


図8 学生による授業評価アンケート結果

- | | |
|---|-----|
| (12) 声の大きさ、話し方、板書は適切か？ | |
| (13) 質問に対する対応は適切か？ | |
| (14) 休講は少なかったか？ | |
| (15) 学生が発言や質問をしやすい雰囲気をつくるなど、学生の授業への参加を促す努力をしていたか？ | |
| 4. 受講態度 | 3項目 |
| (16) 予習、復習など必要な準備をしたか？ | |
| (17) 学ぼうという積極的な態度で授業に臨んだか？ | |
| (18) 私語、居眠り、その他授業に関係のない作業等はしなかったか？ | |
| 5. 全体評価 | 1項目 |
| (19) 総合的に判断して、この授業に満足できたか？ | |

このアンケート結果から、全授業の平均値とチーズ、ビール製造実習の結果を図8に示す。製造実習は、一部レポートの量が過大である点を除けば、ほとんどの項目で平均値を上回っており、この体験実習が学生に受け入れられていることが分かる。

5. 結 言

体験学習を取り入れたカリキュラムで2年が経過し、3年生の授業でチーズおよびビール製

造実習を行って来た。この実習を通して以下の結果を得た。

1. 実習に対する学生の取り組み姿勢が極めて積極的であり、支障のない限り全員が参加した。
2. 実習レポートの課題が量的に多く、かつレベル設定が高いにも拘らず、ほとんどの学生はこれを十分に満たすことができた。
3. 学生授業アンケートの結果からも、製造実習が学生の満足度を充分満たしており、授業時間以外の作業に対する取り組みも意欲的に実施する姿勢が見られた。
4. 製造実習を通して、未利用資源の有効利用や環境負荷への影響など、環境に対する意識を持つことができた。

最後に、チーズ製造装置は、既に公開講座や高校生のインターンシップでも使用しており、

本学の学生だけでなく地域の市民にも広く開放していることを記しておく。

謝 辞

チーズ、ビール両製造装置の導入に当たり、技術指導を頂いた(株) 明治テクノサービスとサッポロエンジニアリング(株)の方々に、ここに謝意を述べたい。

参 考 文 献

1. 岡村隆成, 奥田慎一, 若生 豊, 小比類巻孝幸, 高橋晋, 中谷勝美, 化学系学科における物づくりを通じた体験型学習の充実化, 工学教育協会講演会, 2004.
2. 岡村隆成, 伊藤幸雄, 若生 豊, 高橋 晋, 細越寿則, 中谷勝美, ビール製造実習を通じた体験型学習, 工学教育協会講演会, 2005.