

【教育実践報告】

高大連携

—サイエンス・サマーキャンプからSSHの研究指導—

富田信一

1. はじめに

2011年度から2013年度まで高大連携として、スーパー・サイエンス・ハイスクール (SSH) の研究指導をした。この高大連携は、あらかじめ正式な連携ということではなかったが、農学部主催のサイエンス・サマーキャンプに参加した生徒がこれをきっかけとしてSSHでの研究に発展させていった。当該生徒の研究成果は、進捗に従ってK-12での学内発表から学外での発表へと移行し、ひとつの論文にまとまった。そこで、サイエンス・サマーキャンプからSSH研究指導を教育実践報告という形でまとめることとした。

2. サイエンス・サマーキャンプ

2011年夏にサイエンス・サマーキャンプ (化学系) を担当した。テーマは「多機能性タンパク質 ラクトフェリンの魅力」である。

このサイエンス・サマーキャンプは、理科への興味や関心を持ってもらう、あるいは深めてもらうことを目的として、講義だけではなく、実験を取り入れた形式の理科教室である。生徒の進路選択の参考になることを期待しつつ、2007年に始まった農学部主催の高大連携プログラムのひとつで玉川学園内部生を対象に理科 (生物系と化学系) を題材として実施している。

参加募集のポスターには、以下のような文章を記載した。

* * *

我々の体内で起こっている様々な現象は、結合、定着、付着などの「くっつく」ということから始まるものが少なくありません。例えば、感染という現象は、病原体が宿主細胞に定着することから始まります。今回の実験で用いるラクトフェリンというタンパク質は、母乳中の感染防御因子のひとつで自らが病原体に「くっつく」ことで感染を防御します。

今回のプログラムでは、腸内細菌やアメーバ細胞にラクトフェリンが「くっつく」現象をみなさんで観察してみましょ。また、ラクトフェリンに限ったことではありませんが、タンパク質分子が何かに「くっつく」という現象を可視化するための原理などを学んでください。

* * *

ラクトフェリンはミルクなどに存在する鉄結合性糖タンパク質であり、鉄を結合することで鉄要求性の高い大腸菌などの増殖を抑制する。しかし、ラクトフェリンの作用機構を鉄結合性のみで説明することには無理があり、大腸菌に「くっつく」ことが必要である。サイエンス・サマーキャンプでは、大腸菌などの表層にラクトフェリン分子が「くっつく」ということを可視化した。目に見えないタンパク質分子を可視化するために西洋ワサビペルオキシダーゼ (HRPO) でラクトフェリン分子を標識して、Dot Blot法と顕微鏡下でHRPOの発色を観察した。

準備と当日のサポートは、村田智香先生、卒研究生 丸井綾子さん、伊藤大輔くんにお願いした。参加者は、10年生1名、11年生1名、12年生8名の合計10名であった。参加した生徒の背景や動機について、詳細は分からない。もしかすると強制的に参加させられた生徒もいたのかもしれない。

心掛けたことは、生徒が実際に自分の手で結果を出してもらいたいので定性的な実験であること、お料理教室のような演示実験にはならないこと、ちょっと難しい内容にして分からないことで興味をもってもらうこと、である。また、実験の待ち時間を利用して、実験ノートのことやデータを多方面から眺めることの重要性、データを吟味して疑問が生じたことで次の課題が得られることを説明した。とにかく、自分で考えるということを理解してもらいたかった。

参加した生徒たちは、ひとつひとつの事象に対する反応にはとても新鮮なものがあり、探究心の強さを感じた。実験と講義の合間の休憩時間には、食品生産加工室の植

田先生に準備していただいた玉川アイスを食べてもらった。ここで抹茶アイスクリームなどの抹茶製品の変色という問題点と、もしかしたらラクトフェリンで変色が防げられるかもしれないという可能性について説明した。この休憩時間の些細なやりとりがSSHでの研究テーマにつながった。

サイエンス・サマーキャンプで触れた内容に興味を持ち、SSHでの研究テーマにつなげた当該生徒は、唯一参加していた10年生であった。このキャンプをきっかけに卒業までの約3年間、微力ながら指導に携わった。

3. SSHの研究指導

サイエンス・サマーキャンプをきっかけとしてSSHでの研究テーマにつながったが、具体的な方向性などを考えて、いざ実験となると時間的な制約が問題となった。実験は放課後のわずかな時間を利用するしかなく、まとまった時間を確保するために週末の休日や長期休暇に実験を組み込んだそうである。安全面の確保など木内美紀子先生のサポートがあつてのことである。また、K-12サイテック・センターはSSHによって実験環境が整備され安全面の配慮も行き届いていた。実験を始めるにあたり、濃度計算はできるのか？ 試薬の調製はできるのか？ などの不安があつたが、基礎的な計算や操作はしっかりと対応していた（写真1）。



写真1 サイテック・センターでの実験

気をつけたことは、高度な設備があればある程度容易に証明できてしまう実験もあるが、高校レベルの設備でできる実験をおこなうこと。しかし、データをとることが目的ではないし、結論はひとつではなく、試行錯誤して自分で考える力をつけてもらうのが大事なことである。

研究指導や打ち合わせは、不定期でメールと対面方式

で進めた。メールだけで教えることは不可能なので、こちらからサイテック・センターに出向いたり、当該生徒が農学部に来たりで、同じキャンパスであることが最大のメリットとなった。

実験が進んでデータが蓄積してくると、研究内容の発表という流れになった。高校生の発表する場が少なくなることによって少々驚いた。発表実績を表にまとめたが、学内外での発表を通して研究の整理ができた。さらに研究の手薄なところなどが浮き彫りになり、さらなる課題を見出した。この実績は、当該生徒が努力を惜しまず情熱を失わずに研究を続けた証拠であろう。

表 当該生徒の発表実績

玉川学園SSH生徒研究発表会・成果報告会
東京都SSH生徒研究発表会
関東近県SSH合同発表会
SSH全国生徒研究発表会
高校化学グランドコンテスト
日本学生科学賞
ジュニア農芸化学会

当該生徒は目的意識の高い優秀な生徒であり他大学の理系学部に進学したが、このような生徒であれば高大連携をきっかけにすることで、玉川大学に進学し、本学大学院農学研究科での学士一修士5年プログラム（案）での修士号の取得も可能であったかもしれない。

今回のSSHの研究指導を通して、実験をともなう高大連携では、農学部の教職コースに所属する学生や理科専修免許を目指す大学院生を活用することが望ましいと感じた。教職を目指す学生や院生にとっては、中等教育機関の理科教員との交流などを含めて実践力を養うことのできる貴重な機会ではないかと思う。

結果として、高大連携は高学年と学部や大学院全体の活性化につながり、双方で能動的な学びを展開することが可能であろう。

4. ジュニア農芸化学会

私の所属する学会のひとつに日本農芸化学会がある。「生命・食・環境を科学する学会」で、生命化学科の前身が農芸化学科ということもあり、生命化学科教員の多くが日本農芸化学会に所属している。会員数は10,000名以上に達し、バイオ分野では最大規模の学会である。ジュニア農芸化学会は日本農芸化学会が理科の教育・普及の

ために化学、生物、環境、生命科学などに関連した学問領域の高校生による研究発表会であり、交流も大きな目的となっている。

このジュニア農芸化学会は、日本農芸化学会年次大会の期日に合わせて大会と同じ場所で開催されている。2006年度京都大会から始まり、2015年度岡山大会で9回目（2011年度京都大会は震災のため中止）を数える。当該生徒は2013年度仙台大会、2014年度東京大会と2回の発表機会を得た。2014年度大会は私も参加させていただいたが、発表している高校生の誰もが大学教員や企業などの研究者に対して真剣にプレゼンテーションしていた。彼らのプレゼンテーションは、参加者に自分の研究内容を伝えたい、理解してもらいたいといった気持ちの入ったプレゼントを贈るような感じであった(写真2)。



写真2 ジュニア農芸化学会での発表

日本農芸化学会の会員誌「化学と生物」の誌面に「農芸化学@High School」というコーナーがある。当該生徒のジュニア農芸化学会2013年度大会での発表「抹茶アイスクリームの風味を長持ちさせるための検討～多機能性タンパク質ラクトフェリンの利用～」が取り上げられている。この掲載にあたって、学会の和文誌編集委員の査読を受けて掲載予定が3ヶ月くらい遅れたようである。妥協のない査読などこれも貴重な体験ではなかろうか。

「農芸化学@High School」の一部から編集委員のコメントを以下に紹介する。

* * *

本研究は、日本農芸化学会2013年度大会において開催された「ジュニア農芸化学会」で発表された。ラクトフェリンは、近年注目を集めている機能性素材であり、一部ではすでに製品化され始めている。今回、明快なアプローチと実用化の可能性の高い研究であることから、

和文誌編集委員会から高い評価を受けた。

発表者は、抹茶アイスクリームの酸化や変色について観察しラクトフェリンの効果を定量的に検証するためにさまざまな方法を検討した。実験結果を定量的に示すことはたいへん重要であり、その方法を個人研究として一人で地道に試行錯誤し続けた姿勢は高く評価できる。

今後、添加するラクトフェリンの最適な量を検討し、実際にラクトフェリン入りの抹茶アイスクリームを作り、実用化に向けて研究が進展していくことを期待したい。

* * *

5. おわりに

「自分で考える。」教えてもらった実験操作を繰り返すことやレポートを書く上での情報の丸写しは、ある程度日本語が理解できれば可能だと思う。考えることをせずに、準備万端、お膳立てがあって当たり前と考える卒研究生の存在は否定できない。試行錯誤を繰り返して物事を検証していく。いろいろなアプローチがあると思うが、そのアプローチに正解も不正解もないと思う。高校生や大学生は自ら考えて何でも吸収してほしい。そのためにも高大連携は重要なのではないだろうか。

いろいろと書きましたが、高大連携などに関係するときの参考になれば幸いです。

最後になりましたが、木内美紀子先生には写真を提供していただきありがとうございました。また、当該生徒は現在、慶應義塾大学理工学部在籍中で、今夏は自然科学研究機構分子科学研究所の研究プログラムに参加するそうである。

参考文献

- 上原美夏 (2014) 抹茶アイスクリームの風味を長持ちさせるための検討：多機能性タンパク質ラクトフェリンの利用, 化学と生物, 52, 413-415.
特集 科学する心 自学自律のサイエンス, 全人, 781, pp.10-14 (2014).
平成20年度指定 スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施報告書・第4年次、玉川学園高等部・中等部 (2012).
K-12 農学部 教育連携開発実践レポート (2011).