

日産科学振興財団 理科／環境教育助成 成果報告書

回次：第 **4** 回 助成期間：平成 **19**年11月1日～平成 **20**年10月31日（期間 **1**年間）

テーマ：海洋性発光細菌を用いた微生物教材の開発と実践

氏名：和田 実 所属：長崎大学大学院生産科学研究科 登録番号：07255

1. 課題の主旨

本活動は、海洋から分離した「光る細菌（発光細菌）」を用いて微生物教材を開発し、中学や高校などの教育現場で、細菌の基礎的な培養実験を、安全かつ簡便に行う機会を提供することを目指している。環境中の細菌に対する適切な理解は、現代の円滑な産業活動や公衆衛生の維持、環境問題などの解決にとって必須であるが、我が国の一般的な中学、高校の理科教育において、細菌の生態や多様な性質を、観察や実験を通して体験的に学ぶ機会は極めて希である。本活動は、中学、高校生に細菌についての基礎的な知見を教え、簡単な実験を体験させることによって、自然界の微生物に対する興味や関心を喚起するとともに、細菌（微生物）の科学リテラシーの向上に貢献することを目的とした。

2. 準備

本活動は、＜発光細菌株の選別と性状評価＞、＜培養と保存方法の最適化＞、＜微生物実験の立案と実施＞から構成されている。

- ① ＜発光細菌株の選別と性状評価＞すでに海洋から分離、保有している発光細菌株の中から1株選抜した。
- ② ＜発光細菌株の培養および保存方法の最適化＞発光を強く持続させるための培養方法、濃縮・運搬方法を考案した。
- ③ ＜発光細菌を用いた微生物実験の立案と実施＞(1)無菌操作法の習得を目指した基本実験、(2)浸透圧（塩濃度）の違いや、海水中の金属イオンが、発光細菌の光強度に及ぼす影響を調べる応用実験を立案し、中学・高等学校において実践した。

また、私立中学および高等学校（東京都内）の教員を対象として、海洋性発光細菌の生理・生態学知見ならびに教材としての応用事例を紹介し、理科（生物）教育現場における微生物教材の導入および普及促進を目指した。

3. 指導方法

- ①＜発光細菌株の選別と性状評価＞すでに海洋から分離、保有している発光細菌株の中から、目で見えるほど明るく光り、短時間で容易に培養できるものを1株選んだ。
- ②＜発光細菌株の培養および保存方法の最適化＞選んだ菌株はマイナス 80 度で冷凍保存しておき、実験に用いる 2, 3 日前に寒天培地で培養（25 度）した。発光の強いコロニーを継代培養して、イベントの当日には液体培地にも接種、培養した。強く光る菌液をつくるために、寒天培地上に生育したコロニーを回収して濃縮菌体を調製し、2ml程度のマイクロチューブに収めて低温（4 度程度）で運搬する方法を考案した。
- ③＜発光細菌を用いた微生物実験の立案と実施＞(1)無菌操作法の習得を目指した基本実験と、(2)浸透圧（塩濃度）の違いや、海水中の銅イオンが、発光細菌の光強度に与える影響を調べる応用実験を立案し、進路

実績や設置地域の異なる公立(長崎県)および私立中学・高校(東京都)の生徒(参加人数合計28名;内訳=中学生1年生11名、高校1年生3名、2年生14名)を対象として実践した。また、本活動の内容について、都内の私立中学・高等学校の教員(29名)に対して紹介した。

4. 実践内容

【中学・高校生に対する実践内容】

本活動において実施した内容は下記①～⑤である。各イベントの参加者に合わせて内容を取捨選択したが、基本的には①、②、③を中心に実践した。一回のイベントに要した時間は3～4時間程度だった。

- ①海の細菌の役割や多様性などについて基礎的な知見の紹介
- ②発光細菌株を寒天培地に植菌する手法(無菌操作)の習得
- ③異なる塩濃度溶液に添加した発光細菌の光強度の定量
- ④太陽電池を用いた発光検出の実験
- ⑤海水中の銅イオンが発光細菌に与える影響を調べる実験



<写真左>:発光細菌の濃縮液の発光画像、<写真中央>:発光測定の様子、<写真右>:イベントに参加した中高生(平成20年9月13日、東京農業大学第一高等学校)

【教員に対する実践内容】

①海洋の発光生物の多様性および生態、②海洋性発光細菌の増殖と発光生理、③発光細菌の多様性と海洋における分布、④海産魚類と発光細菌の共生関係、⑤発光細菌の遺伝子進化、⑥発光細菌を用いた微生物教材の安全性および特徴などを紹介し、⑦発光細菌教材を用いた予備的な実習活動に対するアンケートを実施した。また、本イベントの参加者に発光細菌教材の実験案を解説したマニュアル本を配布するとともに、実際に発光細菌株を寒天培地に植菌する基本的な培養手技を指導した。

5. 成果・効果

【生徒に対するイベントの成果・効果】

長崎県内の高校生に対する活動では、参加したすべての生徒は微生物の無菌操作や培養などの経験がなかった。しかし、明るく光る細菌の培養液や寒天培地上のコロニーの観察時には、感嘆の声を上げ、興味を持った様子だった。発光細菌培養液を、ループ(白金耳)を用いて新たな寒天培地に塗抹する操作も間違えることなく行えた。浸透圧(塩濃度)の変化が発光細菌へ与える影響を調べる実験では、海水程度の塩濃度(0.5M NaCl)において、最も発光が強いことを目で観察・認識し、さらに測定装置で定量することによって確認できた。これらの経験によって生徒は、環境変化に対して細菌の生理活性の変化が起きたことを容易に理解できた。また、東京農業大学第一高等学校および同中学校における活動では、対象となる生徒が生物部員であり、そのう

ちの一部の生徒は、昨年から微生物の無菌操作や培養などの経験をもっていた。しかし、光る細菌を用いる実験は、これまで実施したことはなく、興味を持って取り組んでいた。塩濃度の変化が発光細菌へ与える影響を調べる実験では、発光量の違いを目で観察し、さらに測定装置で定量することによって細菌の生理活性の変化を容易に理解できた。また、発光細菌の光を太陽電池で検出できることが分かり、自作の発光測定装置の原理を理解した。さらに、海水に漬けた 10 円硬貨から溶出した銅イオンが発光細菌の光を低下させることがわかり、発光細菌を用いる水質検査実験の好例となった。

【教員に対するイベントの成果・効果】

参加者の過半数は微生物の取り扱いについて未経験だったが、イベント終了後のアンケート調査によれば、発光細菌を用いた基本的な培養手技の実践により、微生物実験に対する心理的な負担を軽減することができたと考えられた。また、過去に発光細菌の分離培養を試みた参加者もいたが、いずれも分離株の保存や純化において問題を抱えていることがわかった。しかし、今回のイベントを通して、自らの問題点を明らかにできたようだった。ほぼすべての参加者は、発光細菌教材の優れた視認性およびデモンストレーション効果を実感あるいは再認識したと思われ、参加者が本教材を授業に導入するための動機付けを強めることができたと考えられた。

6. 所 感

本イベントに参加した中学、高校生に対し、発光細菌を用いる実験を行うことで、微生物に対する興味を促すことができたと感じられた。イベント後のアンケート結果や生徒から後日もらった手紙などからも、そのことを実感した。また、イベントに参加した教員も、発光細菌を用いた微生物教材に高い関心を示していた。一般の中学、高校においては、生物の実習に微生物を扱う機会はほとんど無いようだが、発光細菌を用いた教材を改良し、より使いやすいものにすれば、多くの教育現場において、微生物を通じた生命理解を促し、発展的な生物学習の機会を増やせると感じた。そのためにも、本イベントに参加した教員や中学・高等学校と連携して、発光細菌を用いた微生物教材の改良および普及に向けた活動を今後もぜひ実践したい。

7. 今後の課題や発展性について

発光細菌を教材として教育現場で普及させるためには、発光強度を簡便に測れる装置が不可欠である。しかし現状では、発光測定装置は高額なため、通常の中学・高等学校では設置することができない。本活動によって、太陽電池を使った自作発光測定装置の可能性が示されたので、今後は、生徒自身が自作できるように改良すれば、教育現場における発光細菌の利用をより一層促進できると考えられる。また、発光細菌を用いた応用実験例として、海水中の銅イオンが発光量に与える影響を調べたが、他の化学物質の影響も同様に調べることができるので、今後、発光細菌を用いた水質検査の実験案として発展させたい。

8. 発表論文、投稿記事、メディアなどの掲載記事

口頭発表

1. 和田 実：発光細菌を用いた理科教材の開発、平成 19 年度東京大学海洋研究所 共同利用研究集会「発光生物研究の展開と教育への応用；光がつなぐ科学と教育」、東京大学海洋研究所、2007 年 12 月