

生徒と取り組む「レベル 5」の探究活動

－石焼き芋を科学する－

いむら ゆり
井村 有里

抄録：探究活動には 5 つのレベルがあるとされている。生徒の発案テーマ「岩石の違いによる遠赤外線効果の比較」について、生徒たちと実験方法や結果の検証方法などの設計を行い、学問領域を横断するレベル 5 の探究に取り組んだ。日々の学びを活かして探究活動に取り組む生徒たちの姿から、探究活動を通しての学びの可能性と授業づくりについて考える。

キーワード：地学、高等学校、探究活動、岩石、遠赤外線

1. はじめに

2018 年 1 月中旬。センター試験も終わり、60 期生高Ⅲ地学の授業では、二次試験に向けて英語論文を読もうと筆者は準備をしていた。しかし、

生徒 A 「先生！英語はやらんでいいから焼き芋しよ！」

教員 「焼き芋?? 地学ちゃうやん。」

生徒 B 「石焼き芋やったら石使うから地学やん！」

教員 「そ、そやな、」

生徒 C 「石焼き芋しよ！」

教員 「う～ん、ほな、おいしい石焼き芋を作れる石を探そか。」

生徒達 「やったー！」

生徒達の強い希望から、石焼き芋を理科の「見方・考え方」で探究する取り組みが始まった。「石焼き芋」について調べてみると、温められた岩石の遠赤外線によって芋内部の温度がゆっくり上がり、糖化が進む、ということがわかった（日本いも類研究会 2015）。「石焼き芋の実験」という探究テーマ名では地学の視点が明確ではないため、「岩石の違いによる遠赤外線効果の比較」という探究テーマ名が設定された。

本稿は、生徒達と筆者の探究活動の記録であり、日々の学びを活かして探究活動に取り組む生徒達の姿から、探究活動を通しての学びの可能性と授業づくりについて検証するものである。

2. 取り組みのねらい

探究活動には 5 段階のレベルがあり（Banchi and Bell 2008、松原 2023）、天王寺校舎と天王寺中学校では、理科の各科目で様々なレベルの活動に取り組んでいる（井村ら 2023）。地学は、地面と空という日々の生活に溶け込んだ事物・事象を扱うことか

ら、筆者は、生徒達が身近な題材を科学的視点で観察、探究し、学び続けてほしい、という願いを込めて授業を展開してきた。これは、本校元副校長の柴山元彦先生の「ひとりで探せる川原や海辺のきれいな石の図鑑」（柴山 2015）などの著書や、卒業生でジオ・アクティビストの異好幸先生の「美食地質学」（異 2022）などの著書の影響も大きい。さらに、学習指導要領でも「課題を解決するために探究する学習活動には、問題を見だし観察、実験を計画する学習活動、観察、実験の結果を分析し解釈する学習活動、科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動などが考えられる。」とされていることから、広い視点で探究に取り組みたいと考えた。また、本稿のテーマについては、筆者の前任の岡本義雄先生が小麦粉ココア断層実験を考案されたこと（岡本 2000）、身近な素材や身の回りのものを使った実験から地球惑星科学現象を考察する「キッチン地球科学」（熊谷 2020）があることを岡本先生からきいていたことから、切り口は異なるものの、食べ物を扱ったテーマとする後押しとなった。

これらの背景から、本研究は、生徒達が附属天王寺での学びの集大成として、実験条件などの検討すべき課題に生徒自ら気づき、「主体的・対話的で深い学び」を展開することを目的とした。

3. 実験方法の検討

探究のテーマが決まったので、生徒達は考えを出し合って実験の準備を進めた。

(1) 加熱手段と実験器具の選定

石焼き芋には、ガスコンロと、市販の石焼き芋専用鍋を用いることとした。岩石は、スーパーマーケットなどでよく見かける石焼き芋器には黒色の石が入っているが、比較実験区として、黒色（玄武岩

質岩石）と白色（花崗岩質岩石）を用いることとした。また、電磁波を用いた調理方法として、トースター（赤外線）と電子レンジ（マイクロ波）も用いた。初年度のみ、表面から熱を加える蒸し器も用いた。

(2) 試料の選定

電磁波の効果を検証する試料として、サツマイモを選定した。太さ、長さの形が似ている試料を準備する必要性に留意しつつ、店頭で試料を選抜した。

(3) 試料の温度の経時変化の比較軸の設定

岩石と試料表面の温度変化を測定するために、1年目はサーモカメラを用いたが、機器の故障により、2年目以降は使用しなかった。

試料内部の温度の経時変化は、1年目の実験では、竹串が刺さる深度を測定して温度の上がり方（火の通り具合）を調べた。測定に時間を要して熱が逃げてしまい、温度が上昇するのに時間を要したこともあり、2年目以降は、試料内部の温度変化を測定するために、あらかじめ試料にキリで穴を開け、温度計で試料内部の温度を測定した（図1）。



図1 実験の様子

(4) 実験結果の比較方法と比較軸の設定

甘さを数値として比較するために、糖度計を用いて測定した。糖度計は透明の液体を用いる必要があり、1年目の実験では、試料切片に水を少量加えてすりつぶして得られた溶液を測定に供したが、測定できなかった。2年目以降は加える水の量を増やし、さらにコーヒーフィルターで繊維をこしとり、そのろ液を測定に供した（図2）。また、測定に供する試料の大きさを統一すること、すりつぶす度合いを統一する必要性にも気づき、糖度測定係の生徒を固定した年度もあった。



図2 糖度測定用試料の調整

他方で、焼き芋といえば食感や見た目も重視される。食感は食品開発で用いられる官能検査の手法を活用して「ほくほく感」「ねっとり感」など、見た目は「透明感」「色味」などの比較項目を生徒達が協議の上設定した。



図3 官能検査用試料の調整

(5) 安全性の確保

岩石が熱ではぜる危険性、芋が突沸する危険性に備えて、保護メガネの着用を義務付けた。また、火傷の防止のために軍手も着用した。また、受験期の感染症拡大防止のため、手指はしっかり洗浄して消毒し、マスクを着用した。

(6) 再現性の確保

再現性を確保するために、本実験を毎年実施することにした。また、実験手法を統一できるように、「実験方法」の記述を加除修正してくれた生徒がいた（図4, 5）。

4. 結果

Ⅲ年生で「地学」を履修する生徒達の中には、実験が好きな生徒・好きでない生徒、SSHをⅢ年次まで履修した生徒・Ⅱ年次まで履修した生徒・Ⅰ年次のみ履修した生徒・履修していない生徒など、年度によって様々な背景の生徒達がいる。実験の設定や改訂について生徒達に発言を求め、その過程を楽し

んだ生徒も、設計には興味はなく、官能検査項目にだけ発言する生徒もいたが、実験には全員が「おいしい焼き芋を食べたい」と前向きに取り組んだ。しかし、生徒ごとに実験操作の注意点の理解に差異があり、先述のように複数の問題点も生じた。そのため、操作手順などの記述を次年度に改訂するという過程をとった。これらの事情に加えて、用いた岩石や試料のサツマイモの品種が年度によって異なるために、実験結果も年度によって大きな差があり、完全な再現性はとれていないことから、本稿では割愛する。

実験の合間に、岩石の種類と組成、ウィーンの変位則とシュテファン・ボルツマンの法則、芋の種類と産地、焼き芋の歴史や地方ごとの特徴など、幅広い話題が生徒達の間で展開された。

【実験手順】＊鍋の操作には防護メガネと軍手を使用すること。
その 1. 岩石の温度変化
1, 岩石の重さを計測し、鍋に均一に並べる。
2, 強火で加熱しながら岩石の温度を計測する。150℃くらいまで。
その 2. 芋への遠赤外線効果の比較
1, 芋の長さ、長径、重さを計測する。
2, 岩石の上に芋を並べ、中火で 15 分加熱する。
3, 芋の内部の温度変化を記録する。
4, 芋をひっくり返し、中火で 15 分加熱する。
5, 芋の内部の温度変化を記録する。

図 4 実験手順 1 年目

【実験手順】
0. 共通の手順
① さつまいもに番号を書く。
② 調理前のさつまいもの長径、長径の両端をそれぞれ甲乙とした線分甲乙の中点丙の直径および周囲の長さ、重さを計測し、記録する。
③ さつまいもの長径の両端をそれぞれ甲乙とし、線分甲乙の中点丙に直径 3mm の穴を、さつまいもの点丙における直径の半分の深さまで開ける。
④ 点火して時間を測る。
⑤ 5 分、10 分、15 分、20 分ごとに、③で開けた穴に調理用温度計を刺してさつまいもの内部の温度を測定し、記録する。
⑥ 調理後のさつまいもの長径、長径の両端をそれぞれ甲乙とした線分甲乙の中点丙の周囲の長さ、重さを計測し、記録する。
⑦ 点丙中心部の資料 5g を切り取りつて水 10ml を加えてつぶし、コーヒーフィルターでろ過したろ液の糖度を測定し、記録する。
⑧ 温度が下がりきる前に、さつまいもの中央部から幅 2 センチの厚さに輪切りにした後、輪切りのさつまいもを 4 等分にイチョウ切りし、感応検査に供する。

図 5 実験手順 改定後

5. 生徒の感想

生徒達の感想には、「とてもおいしいイモを食べられてしあわせでした。」「晴天下 木枯らしにのる甘いにおい」の他、「糖度の測り方や石の違いに

よる味の違いなど今まで知らなかった要素について知ることができた。」など実験そのものを楽しんだ様子であらわれていた。実験に取り組む生徒達の姿とあわせて、横断的なテーマの設定を含むレベル 5 の探究活動に授業として生徒全員で取り組み、地学やそれを取りまく分野についての考えを深め合うことは、可能であると考ええる。

6. さいごに

学習指導要領をめぐる議論では、「主体的・対話的で深い学び」がキーワードとなっており、視座の高まりと視野の広がりを実現させる授業が必要とされている（石井 2022）。本校のグラデュエーションポリシーである「科学的リテラシーを基礎として社会変革と課題解決に貢献できるとともに、自らの人生を豊かにする力を身に付けた人間を育てる」ために、筆者は地学を通して、日々の不思議に目を向ける面白さを生徒達に伝えたいと授業づくりに取り組んできた。本稿で取り上げた石焼き芋の他に、岩石を用いた調理法には石焼きビビンバや溶岩焼きなどがある。飲食店などでそれらの料理を食べた際に、その調理器具の石が何岩か気になる、分析できる、そんな視点を生徒達が持ち続けてほしい。

参考文献

- 石井英真（2022）：高等学校真正の学び、授業の深みー授業の匠たちが提案するこれからの授業ー。学事出版
- 井村有里。南勝仁・山口耕司・堀井久嗣・森中敏行・篠原孝雄・藤井宏明・木内葉子・仲矢史雄（2024）：6 年間で育成するコンピテンシーの体系化と実践ー附属天王寺中高理科の探究課題 2022 年度の記録ー。大阪教育大学附属天王寺中学校・大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎研究集録第 66 集
- 岡本義雄（2000）：小麦粉を用いた断層モデル実験。大阪と科学教育 14 巻 p13-16
- 熊谷一郎・市原美恵・久利美和・栗田敬（2020）：地球惑星科学の混相流ーキッチン地球科学の視点からー。混相流 34, 3, 389-394
- 柴山元彦（2015）：ひとりで探せる川原や海辺のきれいな石の図鑑。創元社
- 巽好幸（2022）：「美食地質学」入門ー和食と日本列島の素敵な関係。光文社
- 日本いも類研究会「焼きいも研究チーム」（2015）：焼きいもが、好き！。株式会社農文協プロダクション
- 松原憲治（2023）：教科等横断的な視点から拡張する探究レベルに関する予備的考察，日本科学教育学会研究会研究報告，37，5，65-70
- 文部科学省（2019）：高等学校学習指導要領解説特別活動編。東京書籍。
- H. Banchi and R. Bell（2008）：The many levels of inquiry. Science and Children, 46, 2, 26-29

Level 5 Inquiry with Students Scientific Investigation of Stone-Roasted Sweet Potato

IMURA Yuri

Abstract: Banchi and Bell (2008) and Matsubara (2023) suggested five levels of inquiry. The students designed experimental methods and methods of verifying results for a student-initiated theme, “Comparison of Far-Infrared Effects of Different Rocks,” and engaged in a Level 5 exploration, which crossed academic disciplines. They engaged in inquiry activities using the knowledge they learned in class. I investigated the possibilities of learning through inquiry activities and class design.

Key Words: Geoscience, High School, inquiry-based learning, stones, far-infrared rays