

中高大連携による科学リテラシー育成の教育プログラムの開発と実施



実施担当者 静岡県立焼津中央高等学校
教諭 矢追 雄一

1 はじめに

アメリカの国立教育統計センターによると、科学リテラシーとは「個人としての意思決定、市民的・文化的な問題への参与、経済の生産性向上に必要な、科学的概念・手法に対する知識と理解」であるとされている。現代において、個人の生活上の諸問題から、昨今の新型コロナウイルスに代表される地球的規模でおこる感染症の解決や原子力やAI（人工知能）の利用など、豊かに生きる社会を実現するために科学リテラシーの育成は重要である。

コロナ禍により一律一様に同水準の人材を輩出する近代以降の教育システムの弊害が露呈してきており、他律的な「教育」から自律的な「学び」への転換が進みつつある。将来の不確実性が高い社会においては、「変化対応力」、「課題設定力」を持つ人材の育成が急務であり、多様な生活様式に即した働き方により、性別・年齢・身体的ハンデにかかわらず全ての個人が持つ能力が最大限発揮される社会を実現すべきである。そのため、初等中等教育段階では、数理・データサイエンス・AIリテラシー等に関する教育が充実され、市民一人一人が、自ら考え、判断し、創造していくための素養が育まれる。社会の変化に即応できる文理の区分を超えた教育を推進し、イノベーションの担い手など、時代を牽引する幅広い人材を育成していく必要がある。従前の一律一様に大人数を対象とする教育から、個別に一人一人の理解度や好奇心に応じて、主体的な学びへの転換をテクノロジーが実現する中で、「出る杭」が次々と育ち、成長していく環境が実現する(科学技術・イノベーション基本計画の検討の方向性(案)、内閣府、2020より抜粋)。科学技術があらゆる人々に深く関わっている現代において、科学技術の恩恵だけでなくその限界や不確実性の理解も含め、多層的な科学技術コミュニケーション活動が行われるためには科学リテラシーを身に付けた人材である必要がある。科学リテラシーとは、以下に挙げる能力を有するものとされている⁽¹⁾。

- ①実験・推論の考え方および基本的な科学的事実とその意味を理解している。
- ②日々体験する物事に対して好奇心をもって接し、疑問を見出し、問いかけ、答えを導くことができる。
- ③自然現象を、表現あるいは説明、予測することができる。
- ④マスメディアの発する情報を分別を持って読み取り、その帰結の妥当性を社交の場で話しあうことができる。
- ⑤国や地域の意思決定に伴う科学的な問題を認識し、科学的・技術的に熟考した上で自らの見解を表現することができる。
- ⑥情報源および研究手法に基づいて、科学的情報の質を評価することができる。
- ⑦議論の場において、証拠に基づいた主張・評価を行い、そこから妥当な結論を導くことができる。

これらの力を育成するために、専門性の高い内容と体験的実習を取り入れた授業実践が必要である。本プログラムでは、2020年度に静岡大学の支援を受けて本校と清流館高校で連携して行われた生物授業の最先端科学実習の内容を柱として、生物・物理・化学の高校での授業内容に関連する科学リテラシー育成に関連する内容を近隣の中学校の生徒に提供する場を設けた。高校で取り込まれる一步先の学習を、高校生が指導的立場となり中学生に実施し、高校生には科学的現象の解説や体験実習の説明を通して、科学的思考と伝える力の育成、中学生にはレベルの高い科学的現象を学ぶ機会とし、主体的に学び、考えることができるようにすることを大きな目的とした。特に、遺伝子組換えや遺伝子診断の実習、視覚と聴覚、味覚と嗅覚の体験実習を通して、正確に科学的知識を身に付け、社会での利用や問題などについて思考し、問題解決ができる科学リテラシーの育成をはかった。

2 授業実践

2-1 生物プログラム

生物プログラムは昨年度開発した3つの教材を用いて、実施した。1つ目が、ゲノムDNAを用いたPCR法による遺伝子診断（ジェノタイピング）実習で口腔上皮細胞のゲノムDNAを利用してアルコールの分解に係わるアルデヒドデヒドロゲナーゼ（ALDH2：アセトアルデヒド脱水素酵素）遺伝子をPCR法で増幅し、遺伝子の多型解析を行った。PCR法により、ALDH遺伝子の一部を増幅後、制限酵素処理後に、アガロースゲル電気泳動を行い、各自のALDH2遺伝子が、活性型か不活性型であるかを判定した。アルコールに強い体質と弱い体質はアルコールパッチテストによって判定できるため、本プログラムでは、PCR法で判定される遺伝子の型（遺伝子型）とパッチテストによる結果（表現型）を比較した。また、遺伝子診断に関連する新聞記事を集約し、社会的に有効に利用されていることと問題点を共有し、理解し、議論する場を設けた。2つ目が、オワンクラゲの緑色蛍光タンパク質（GFP：Green Fluorescent protein）の遺伝子を組み込んだプラスミドを大腸菌に導入する実習を焼津中央高校にある既存の実験機器をうまく活用しながら、BioRad社のパイオ教育キットを利用して実施した。3つ目が、視覚と聴覚の錯覚を利用した体験実習と味覚と嗅覚

の体験実習を通して、現実的に感じている感覚が、科学的にとらえると非常にシンプルかつ合理的に成立していることを学



写真1 マイクロピペットの操作練習



写真2 味覚と嗅覚の実験



写真3 電気泳動したDNAの観察



写真4 大学の先生からの講義

んだ。そして、ヒトの感覚がいかに曖昧でかつ柔軟であることを知り、それ故に様々なことに対応できていることを、科学的に理解し、説明できる機会を設けた。

第1回中高大連携授業 2022年7月23日 8:30~12:00 実施

生物プログラム：感覚（視覚と聴覚、味覚と嗅覚）体験実習

中学生：16名（1年生1名，2年生3名，3年生12名） 高校生：9名（全員3年生）

大学生：3名 教員：4名（高校3名，大学1名）

第3回中高大連携授業 2022年9月18日 8:30~12:00 実施

第4回中高大連携授業 2022年9月24日 8:30~12:00 実施

生物プログラム：遺伝子組換え実習・遺伝子診断実習（2日間連続の講座）

中学生：7名（1年生1名，2年生1名，3年生5名）

高校生：12名（2年生4名，3年生8名）

大学生：3名 教員：5名（高校4名，大学1名）

2-2 物理プログラム

物理プログラムでは2つのプログラムを実施した。1つ目は、生徒が経験的要因から獲得する誤概念に注目し、実験や討議を通して、生徒が誤概念と科学的に正しい概念の矛盾点に気付き、自己調整的に修正されるために電気抵抗の概念形成に関するプログラムを実施した。具体的には、最初に電気抵抗の形状と抵抗値の大きさの関係に関する概念調査を行い、生徒の誤概念を抽出した。次に、導電性があり、形状を自由に変えることができる粘土を用いて、実験を行い、抵抗値の大きさと電気抵抗の長さや断面積との関係を見出させる。実験後には、班討議を行い、実験前に持ち合わせていた誤概念を実験を通して確認した。科学概念の矛盾点について話合わせることで生徒の認知葛藤を促し、誤概念と科学概念の接合、照合を行い、電気抵抗に関する正しい科学概念を形成させた。2つ目は、「光」をテーマにして身の回りにあふれる光が空気中を伝わる「波」の性質（波動性）を持っていることを実習を通して明らかにした。晴れた日中に見上げる空が青かったり、夕焼けの空が赤かったり、雨上がりに虹がかかったり、雲間から光の筋が見えたりするような日常のスケールの大きな現象から、偏光板や凸レンズ、凹レンズ、レーザー光源などを用いた実験を通して馴染みの少ない光が引き起こす現象やその性質についても扱った。1つの性質や法則を理解することで、小さな世界から大きな世界のことまで沢山のことを説明することが可能になるのが物理学の本質に迫った。

2-3 化学プログラム

化学プログラムでは、3つのプログラムを実施した。1つ目が、DHMO (Di Hydrogen Mono Oxide) を題材とした討論である。DHMO が水であることを伏せ、「重度のやけどの原因となる」「酸性雨に多く含まれている」「硬化する性質を持っており、凶器となる場合もある」「地形の浸食を引き起こす」等の偏った情報を与え、DHMO を地球上から排除すべきかどうか、討論する。この実践を通して、情報は伝え手の都合のよいように操作されている可能性があるため、一面的な情報で決めつけないことが大事だと体感させた。2つ目が、実



写真5 実験で用いる導電性粘土の作製



写真6 導電性粘土を利用した実験



写真7 工作した箱カメラでの観察

際の商品の広告を用いた情報の分析と実験である。例えば、「歯を白く、健康へと導く有効成分を配合」とされているある商品では、その証拠として、錆びた10円玉に商品を塗ることでピカピカになることを掲げている。10円玉の錆びを落とす実験の計画を立てさせ、実践し、錆びを落とす物質の共通点を探る中で、一面的な情報に踊らされないためには科学の学習が重要であることを体感させた。3つ目が生活の中にあふれる金属元素の性質を取り扱った。金属のキラキラ輝く(金属光沢)、たたくと薄くなったり延びる(延性・展性)、電気を送る(電気伝導性)など基本的な性質以外にも、様々な性質があることを実習をとおして学び、マッチの火で簡単に燃える金属や水や二酸化炭素の中でも燃え続ける金属、水にいれると爆発する金属など、金属の性質を深く理解することで見えてくる本当の酸化還元反応とイオンについて考察した。



写真8 スーパーテルミット反応

第2回中高大連携授業 2022年8月9日8:30~12:00 実施

物理プログラム：導電性粘土を用いた電気抵抗に関する概念形成プログラム

化学プログラム：科学のウソホント！情報に踊らされないための体験実習

中学生：9名(1年生2名, 3年生7名) 高校生：6名(3年生1名, 2年生5名)

大学生：3名 教員：6名(高校5名, 大学1名)

第5回中高大連携授業 2022年10月2日8:30~12:00 実施

物理プログラム：光を「曲げる・分ける・散す・偏らせる」

中学生：7名(全員3年生) 高校生：14名(1年生4名, 2年生9名, 3年生1名)

大学生：3名 教員：4名(高校3名, 大学1名)

第6回中高大連携授業 2022年10月23日8:30~12:00 実施

化学プログラム：酸化と還元

中学生：9名(1年生1名, 3年生8名) 高校生：7名(全員2年生)

大学生：3名 教員：3名(高校2名, 大学1名)

3 まとめ

中学生への体験プログラムを行うことで、学校間連携を強固にし、地域の活性化を進め、高校生が中心となり、中学生に指導的立場で授業実践することで、知識の定着の促進と深化、伝える力の向上、ディスカッションし、意見を集約して、新しい考えを見出す力を育んだ。新型コロナウイルス感染拡大防止の影響により、当初の計画どおりに進めることはできなかったが、6回の中高大連携授業を実施することができ、一定の成果を挙げることができたと考える。今後、さらに連携授業の内容と回数、実施人数を改善していきたい。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、ご指導ご支援をいただいた静岡大学理学部石原顕紀准教授、教育学部藤井基貴准教授、同学部郡司賀透准教授、共に教材開発と授業実践を行った静岡県立清流館高等学校合田雅行教諭、静岡県立浜松北高等学校露木隆教諭、静岡県立静岡東高等学校山梨達也教諭、焼津市立大村中学校小泉緋音教諭、藤枝市立西益津中学校佐藤里穂教諭、焼津市立港中学校坂田洋人教諭、藤枝市立高洲中学校多々良哲久教諭、研究助成をいただいた公益財団法人中谷医工計測技術振興財団及び関係の方々に深く感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 「科学リテラシー涵養活動」を創る～世代に応じたプログラム開発のために～、独立行政法人国立科学博物館科学リテラシー涵養に関する有識者会議, 2010)。