

地域課題を対象とした科学系課題研究の教育実践

仲野 純章¹⁾, ²⁾, 藤原 学³⁾

1) 奈良県立奈良高等学校 nakano-sumiaki-07@e-net.nara.jp

2) 京都大学大学院理学研究科附属サイエンス連携探索センター

3) 龍谷大学先端理工学部応用化学課程 fujiwara@rins.ryukoku.ac.jp

キーワード：課題研究，地域課題，伝統産業，高大連携

(受付：2022年1月4日)

I. はじめに

我が国の学校教育現場では、いわゆる VUCA 社会と称される、変動性 (Volatility)、不確実性 (Uncertainty)、複雑性 (Complexity)、曖昧性 (Ambiguity) に富んだ現代社会 (Johansen & Euchner, 2013) を支える「変化対応力」や「課題設定力」を持つ人材の育成が求められている (内閣府, 2020)。

このような中、近年、小・中・高等学校の学習指導要領が相次いで改訂され、高等学校では、2022 年度から年次進行で実施される。新学習指導要領において基盤となる考え方が「社会に開かれた教育課程」であり、これからのより良い社会を創り出していく人材に必要な資質・能力が何かを明らかにし、それを学校と社会の連携・協働により育成することが期待されている (山崎, 2018)。新学習指導要領で示されたこうした新しい教育理念に沿った取組みは既に様々な形で進められており、各種教科・科目の指導において多様な地域支援員を参画させる取組み (例えば、横山, 2020) や地域の研究者・大学院生から指導・助言を受ける取組み (例えば、中村, 2020)、あるいは、地域の企業から機材等の貸出しや寄贈を受け、教育活動に生かす取組み (例えば、栗栖, 2020) は一般的な形態として各所で見られる。一方、より発展的な形態として、近隣地域等の社会が抱える問題の根幹にある課題 (以下、地域課題) の解決を目指し、多様な連携の中で探究的、あるいは創造的な取組みを推進するといったものも挙げられ、地域特性に応じて取り組まれている事例も見られる (例えば、大畑ほか, 2019)。これら種々の取組みのうち、地域課題の解決を目指した上記取組みは、「社会に開かれた教育課程」の本旨と合致し、その実現手段として親和性が高い (井田, 2021)。しかしながら、社会と関連付けた教育の論調が高まりを見せ、生徒を地域課題と関わらせる教育を導入する事例が益々増加する中、理科を始めとする科学系科目における地域課題解決学習の実現は必ずしも十分ではないという指摘もある (浦崎, 2017)。そのため、地域課題の解決を目指した取組みを科学系教科の側面からも充実させていく努力が求められる。

以上のような状況の中、今回、奈良県内の公立高等学校において、科学的な課題研究に取り組む学校設定科目を履修する 1 班 (第 2 学年男子 2 名、女子 1 名で構成) に対し、地域課題を対象とした科学的な観点からの課題研究の教育実践を行った。本稿では、その概要について紹介する。

Ⅱ. 地域の伝統的工芸品「奈良墨」への着目と取組みの方向性

本教育実践では、活動の主体性を尊重しながらも、新規要素の多い試みを着実に進めるため、継続的に教員（当該班担当：理科教員 1 名）が関わることにした。特に、どのような地域課題に着目するのか、そしてそれに対してどういった方向性で追究を進めるのか、といった課題研究冒頭の方向付けにおいては、全面的に教員が介入し、支援を施した。

1. 対象となる地域課題の絞り込み

奈良県の地域課題は、まちづくり、観光振興、農村振興、産業振興等、様々な分野にわたり、その対象地域も都市部から山間部に至るまで幅広く存在する。そこで、組織を取り巻く環境を整理しながら進むべき方向性を見いだす際に多用されるクロス SWOT 分析（野崎，2021）の概念を取り込みながら指導した。具体的には、図 1 に示す環境分析フレームワークを用い、自校を取り巻く内部環境と外部環境を強み（Strength）、弱み（Weakness）、機会（Opportunity）、脅威（Threat）の各観点から洗い出させ、地域課題の絞り込みに向けた生徒間の議論を支援・促進した。その結果、次節に述べるような課題を抱える奈良県の伝統的工芸品「奈良墨」への着目に至った。

内部環境	強み（Strength）	弱み（Weakness）
	・ ・	・ ・
外部環境	機会（Opportunity）	脅威（Threat）
	・ ・	・ ・

図 1 環境分析フレームワーク

2. 伝統的工芸品「奈良墨」の実状 —生産数の減少と科学的裏付け強化の必要性—

「奈良墨」は、産業構造審議会での審議を経て、2018 年に国の伝統的工芸品指定を受けるなど、文化的・技術的な面で高く評価されている。しかしながら、他の伝統的工芸品同様（渡邊，2019），その生産数は近年減少の一途を辿り、産業や技能の継承の面で危惧される状況にある（図 2）。

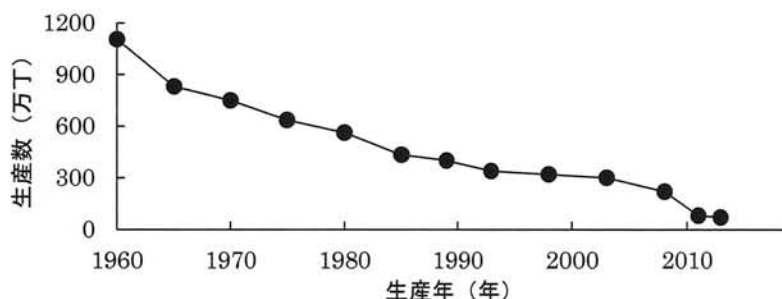


図 2 奈良墨の生産数推移

奈良墨は、表 1 に示す主要工程 1)～7)を経て製造され、このうち、煤づくりを行う工程「採煙」は、最終製品の品質を大きく左右する重要な位置付けとなっている。

表 1 奈良墨製造の主要工程

1) 採煙	植物性油を土器に入れ、蘭草製の灯芯に火をともし土器の覆いをかぶせ、その内側についた煤を採取する。採煙は、古くから伝わる間取りの「採煙蔵（図3）」室内で、規定の配置で土器が並べられてなされる（図4、5）。
2) 膠溶解	膠を銅壺に入れ、70℃の湯で長時間湯煎をし、膠溶液を作製する。
3) 練り	煤と膠溶液を100：60の割合で混合し、香料添加の上、練り上げる。
4) 型入れ	木型を用い、練り上げられた墨を型入れする（図6）。
5) 灰乾燥	木型から取り出した墨を木灰に埋め、乾燥させる（図7）。
6) 自然乾燥	灰乾燥を経た墨を藁で編み、吊るして自然乾燥させる（図8）。
7) 磨き・彩色	光沢が出るまで表面を磨き、金粉や銀粉、各種顔料で彩色する。



図 3 採煙蔵外観



図 4 採煙用土器



図 5 規定の配置で並ぶ採煙用土器



図 6 型入れ作業風景



図 7 灰乾燥作業風景



図 8 自然乾燥作業風景

今回の教育実践で連携した製造元では、古くから伝わる伝統的な製造方法が厳格に守られている（松井，1929）。その製造方法は、経験則に基づき編み出されてきたも

のであり、現代においても職人の技能により支えられている。その反面、ものづくり全般（工程設計や作業の標準化、品質管理等）において、科学的な追究が十分なされてこなかった側面もある。とりわけ、最も根幹的な工程である採煙では、温度管理や酸素濃度管理などはなされない一方で、採煙蔵での土器配置方法や土器の覆いの火炎からの設置高さは規定されているなど、良品とされる煤を得るための方法が専ら経験則に依存し、科学的裏付けを伴っていないのが実態である。技能を確実に残し、事業を継承する、更には、事業多角化や事業転換をも視野に入れながら基幹技術を維持・発展させるには、個人に依存せず安定して狙いの仕様・品質のものをつくり出せるよう工程の標準化と明文化を図ると共に、科学的裏付けを伴わせていくことが望まれる。

そもそも、煤形成については十分解明されていない部分が多く、研究も決して多くはない。例えば、Xi et al. (2021) は、これまでの煤形成研究を総括し、火炎上部に向かって煤の成長と酸化が進行する概略的な煤形成モデルを示している（図9）。しかし、こうした煤形成モデルに見るように、火炎内のどのような場所でどの程度煤の成長と酸化が進行するのかといった具体的なプロセスは理解されていない状況にある。

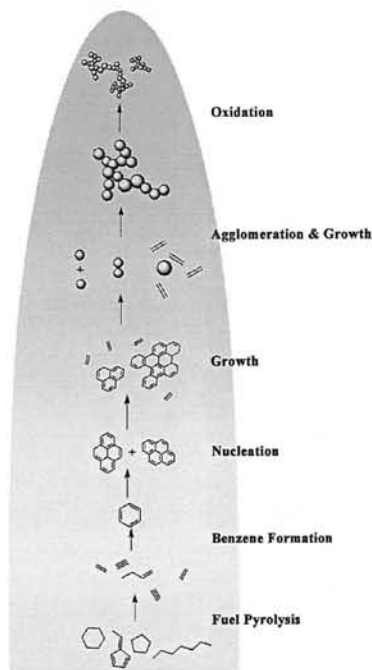


図9 煤形成モデル例 (Xi et al., 2021)

3. 取組みの方向性

以上のことを踏まえ、本教育実践では、奈良墨の製造に大きく関わる煤形成について、各種経験則を科学的に検証していくと共に、煤形成のモデル化に有用な科学的知見の獲得を試みる課題研究の取組みを奨励し、その推進を指導・支援した。

Ⅲ. 取組み状況

課題研究の初期段階において、各種経験則などのヒアリングを含めた製造現場の工程見学(図 10)を実施し、その後、校内実験室内に製造現場との関連性を意識した実験環境を構築させた。特に、製造現場における経験則と実験環境下で得られた科学的データとの紐付けを行う上で、使用材料に大きな差異があることは望ましくないため、煤づくりに用いる基本的な材料である植物性油(菜種油)や灯芯(藺草)については製造現場のものと揃えたと共に、また、煤採取時には、無用な火災のゆらぎを防止するなど、極端に製造現場と異なる要因を混入させないように指導した。その上で、ヒアリングの内容を踏まえながら、どのパラメータを振って何を追跡し、どの経験則を検証していくのかといった、実験の方針を策定するよう促した。

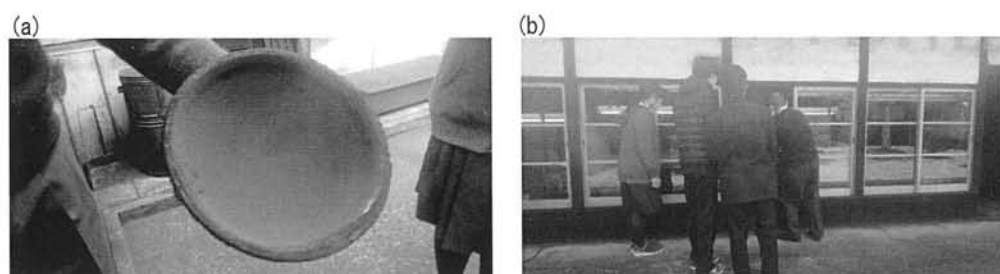


図 10 製造現場の工程見学；(a)採煙、(b)型入れ

実験環境下で作製・採取された煤については、外観的な状態を見る分析と化学的な状態を見る分析が進められている。外観的な状態を見る分析は、超高分解能電界放出型走査電子顕微鏡(FE-SEM, 日立ハイテク SU8000)によりなされている。一方、化学的な状態は X 線光電子分光法(XPS, アルバック・ファイ ESCA-1600R)による分析とし、Mg K α 線(1253.6 eV)を X 線源として使用し、エネルギー範囲を広くとるワイドスキャン XPS スペクトルと特定の電子軌道によるピークに焦点を当ててエネルギー範囲を狭くとるナローズキャン XPS スペクトルが取得されている。なお、煤の採取は、火炎中に小型銅板(20×20×0.5 mm)を水平方向から挿入し、表面に煤を付着させることで行い、こうして得られた銅板表面に付着した状態の煤が両分析に供されている。

図 11, 12 に、作製・採取された煤の FE-SEM 像とその XPS データ(ワイドスキャン XPS スペクトル)をそれぞれ例示する。図 11 や 12 に例示するような FE-SEM や XPS を用いた分析で得られる各種データからは、煤の形成過程についての有益な情報が得られ、図 9 に示した従来の煤形成モデルでは明らかとなっていなかった点が明らかとなりつつある。例えば、図 9 に示すモデルでは、火炎上部に向かうほど煤の外観的な形状が完成し、最終的に酸化が起こるとされているが、今回の課題研究からは、火炎の比較的下部で煤の外観的な形状が完成し、酸化も幾分か進行することを示唆するデータが把握されている。ただし、煤形成のプロセスを製造現場における各種経験則へ信頼度の高い科学的裏付けを伴わせる程度にまで包括的に説明できる段階にまでは至っておらず、今後の継続的な取り組みが必要である。

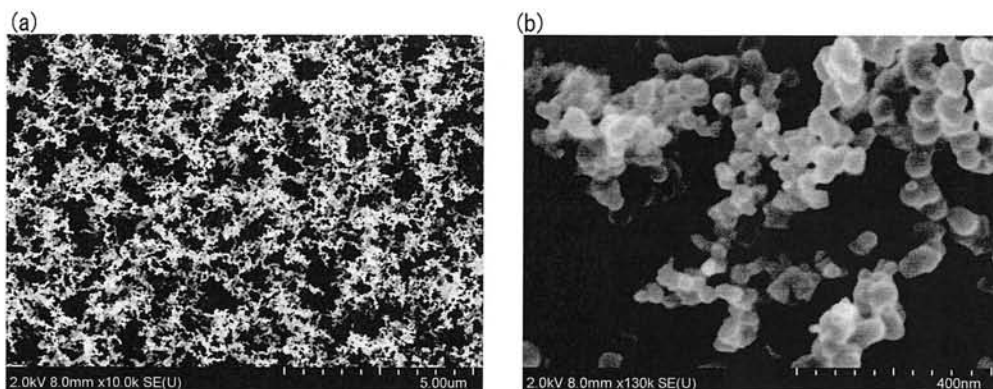


図 11 実験室で作製・採取された煤の FE-SEM 像例；(a) 10000 倍，(b) 130000 倍

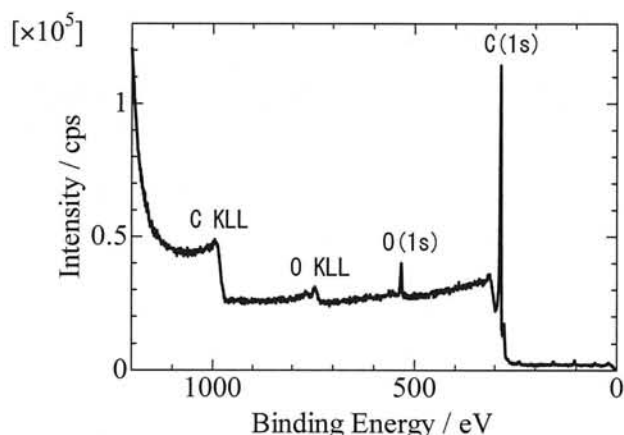


図 12 実験室で作製・採取された煤の XPS データ例（ワイドスキャン XPS スペクトル）

IV. おわりに

今回、地域課題の解決を目指した取組みを科学系教科の側面から推進する取組みの一例として、事業の継承や技術の維持・発展が懸念される「奈良墨」を対象とした課題研究について、その教育実践の概要を紹介した。本教育実践で例示したように、「社会に開かれた教育課程」の益々の充実が求められる中、地域課題の解決を目指した取組みを科学系教科の側面から充実させていく余地は十分存在し、指導者自身が意識的に開拓と生徒への働きかけ（動機付けや方向付けなど）をしていく必要があろう。

本稿で述べた教育実践では、究極的な目標として、製造現場に科学的裏付け、更にはより良い技術的提案（最適条件など）のフィードバックを施すことで、製造現場と学校現場が相補的な関係性となり、事業や技術の継承に貢献するという、まさに「地域課題の解決」に寄与していくことを目指している。また、大学など他の協力・連携機関と学校の関係性も相補的な関係性となるように努め、一方的に受益的な関係性に陥らないように留意する必要があるとも感じている。そして、そのような一連の取組みの中で、多様な他者と協力・連携しながら、高い目標を達成していく醍醐味、ある

いは難しさを体験させながら、課題解決を成し得る資質・能力を養っていくことを目論んでいる。

謝辞

本稿で述べた教育実践を進めるにあたって、各種煤試料や灯芯のご提供を始め、様々な形で協力・連携頂いている株式会社古梅園の皆様に謝意を表する。本教育実践の一部は、文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム課題として京都大学ナノテクノロジーハブ拠点（課題番号 D21058）において実施された。

文献

- 井田浩之 2021. 「社会に開かれた教育課程」に向けた「総合的な学習の時間」の理論的考察. 城西大学教職課程センター紀要, 5, 73-85.
- Johansen, B., & Euchner, J. 2013. Navigating the VUCA world. *Research-Technology Management*. 56(1), 10-15.
- 栗栖裕 2020. 地域の大学・企業と連携した理数課題探究活動. *理科の教育*, 69(814), 24-26.
- 松井元泰 1929. 古梅園墨談略抄. 古梅園本店, 奈良, 1-8.
- 内閣府 2020. 第6期科学技術基本計画の論点（案）. 第5回総合科学技術・イノベーション会議基本計画専門調査会資料, p6.
- 中村泰輔 2020. 大学・研究機関との全校的・継続的連携で、生徒の探究を支える一筑波研究学園都市に位置する SSH としての取り組み一. *理科の教育*, 69(814), 17-19.
- 野崎篤志 2021. SWOT 分析とは何か？一戦略立案へ活かすための 3C・知財視点を取り入れたフレームワーク一. *知財管理*, 71(2), 292-297.
- 大畑健二・佐藤杏菜・高橋沙生・宮島新・高崎禎子 2019. SDGs 実現の視点を育む地域素材の教材化一「信州産ソルガム」の教材化を手掛かりに一. 信州大学教育学部附属次世代型学び研究開発センター紀要, 18, 109-118.
- 浦崎太郎 2017. 「社会に開かれた教育課程」や「高大接続」に理科はどう関わればよいか？サイエンスネット, 59, 10-13.
- 渡邊毅 2019. 伝統産業における競争力要因の変化に関する研究一輪島塗を事例に一. *地域イノベーション*, 11, 35-47.
- Xi, J., Yang, G., Cai, J., & Gu, Z. 2021. A review of recent research results on soot: The formation of a kind of carbon-based material in flames. *Frontiers in Materials*. 8, 1-6.
- 山崎保寿 2018. 地域の教育環境を生かした「社会に開かれた教育課程」の実現とその可能性一新学習指導要領の理念を踏まえて一. *地域総合研究*, 19(1), 7-19.
- 横山孝志 2020. 理科観察実験アシスタントを生かした実践一小学校での観察・実験の充実, 教員の授業力の向上, 働き方改革を目指して一. *理科の教育*, 69(814), 14-16.