

研究発表 ・ 第5分科会 (15:10-16:00) 教室 E (小会議 302b)

座長 寺木 秀一 発表 15 分 質疑5分

- ② 和田 重雄 (日本薬科大学)
 - 河川に流出しうる化学物質の環境影響を自分ごととして検討する理数探究学習
ー生徒の主体的な問題解決能力の育成を目指してー
- ③ 橘 淳治 (神戸学院大学)
 - 琵琶湖淀川水系ならびに大和川水系の水質調査
ー高校教員による精密化学分析と教材化ー
- ④ 高橋 直己 (国立高専機構 香川高等専門学校)・町田 善康 (美幌博物館)
 - 環境教育におけるポータブル魚道システムの活用
- ⑤ 【Web】長山定正 (市川学園)
 - 水環境をテーマにした課題研究の授業実践
- ⑥ 谷 保孝・杉浦 淳・三橋雅子・西山由理花・内田浩明・小川芳也 (大阪工業大
学工学部)・田中耕司 (河川情報センター)
 - 「淀川学」における地学分野の取り組み

河川に流出しうる化学物質の環境影響を 自分ごととして検討する理数探究学習 －生徒の主体的な問題解決能力の育成を目指して－

Science Inquiry Study to Examine the Environmental Impact of Chemicals That Can Be Released into Rivers, Designed by the Students Themselves. －Aiming to Develop Students' Independent Problem-Solving Skills.－

和田重雄
日本薬科大学
WADA Shigeo
Nihon Pharmaceutical University

概要：探究学習を始めて行う高校1年生に「化学物質の環境影響を植物の発芽・生長で観察する」というテーマを提示したところ、実験班の探究課題として歯磨き、虫除けスプレーなど河川を通じて環境に拡散し悪影響を及ぼす可能性がある物質の影響測定や水質浄化の検討などを課題として設定し、探究活動を実践した。また、探究のプロセスを繰り返すことで、より充実したより探究活動を行えるようになることが示唆された。

1. はじめに

令和4年施行の高等学校学習指導要領において「主体的・対話的で深い学び」の実現に向け、必修の教科として「総合的な探究の時間」が設定された。「①課題の設定→②情報の収集→③整理・分析→④まとめ・表現」という探究のプロセスをスパイラル的に繰り返し実施しながら、主体的に学習活動を行うことも目的の一つと捉えることができる。この4つのプロセスにおいて、現実的に生徒が苦勞している過程の一つが①の課題の設定である。

「総合的な探究の時間」の科目には、日本史探究、古典探究等いわゆる文系の科目5科目と理数系の科目として理数探究基礎、理数探究の2科目が設定されている。理数系の科目の最も大きな特徴は、多くの場合実験を伴うことである。すなわち、理系の探究学習における課題設定には、原則高校生が実施可能な実験ができるという条件が必要となる。そのため、生徒に対してより多くの助言・指導を行ったり、ある程度の方向性を持った“導かれた探究”を行うなどの対応が必要となる。

今回、生徒の主体的な問題解決能力の育成を目指して、理数探究の授業において、①課題設定に多くの時間を配当し実現可能な実験を含む課題を設定できるようにするため探究のプロセスを2回繰り返すこと、に焦点をあてて教育実践を行った。その様子を報告する。

2. 実践の方法・結果

(1) 教育実践の対象：東京都内の私立の高等学校、理系選抜クラス1年生、理数探究での化学・生物選択者17名(5班)を対象に、2、3学期に出張授業として高等学校理科教員免許を所持している大学教員が指導した。なお、1学期には高等学校の教員が種々の基礎的な実験を指導し、生徒は基本的な実験技術は身につけていた。

(2) 教育実践のスケジュール：2、3学期の探究学習のスケジュールを表1に示す。探究プロセスの第1サイクルを2学期(各回2時限を8回)に、第2サイクルを3学期(同上4回)として授業を行った。スケジュールの特徴として、第1サイクルで半分の4回を課題設定・実験計画に費やした点が挙げられる。当初は3回の計画であったが、

表1. 探究学習のスケジュール

	探究のプロセス	
	第1サイクル	第2サイクル
	2学期	3学期
課題設定・実験計画	第1～4回	
実験準備・実験開始	第5回	第9回
実験結果測定	第6回	第10回
結果解析・発表準備	第7回	第11回
成果発表	第8回	第12回
次サイクルの実験計画	第8回	
総合討論		第12回

課題設定が予定より遅れたため1回増やすこととした。

(3) 課題設定の指導: 生徒が自分ごととして探究活動を実施する工夫として、クラス全体に大きなテーマを提示し、それに沿うように班ごとに課題を設定するという自由度を持たせた。一方、第1サイクルでは実験方法を統一し、実験技術の検討を排除した点も挙げられる。具体的には、「化学物質の環境影響を植物(ハツカダイコン)の発芽・生長で観察する」というテーマをクラス全体に提示し、どのような物質群で探究するかを生徒たちに考えさせた。「構造化された探究」に近いが、探究学習が初めての生徒には探究の本質をつかみやすいと考えられる。生徒達は、実社会で利用されている化学物質の中で環境に拡散した際に、環境(生態系)に悪影響を与える可能性がありうるものを多角的に検討してテーマ《探究目標》を設定した。さらに、実際に植物の発芽・生長の実験で曝露させる物質を絞り込んだ。実験方法までの検討を必要としないため、十分に化学物質の絞り込みを行うことができた。なお、課題設定の過程で教員と毎回協議し、より適切な方向に軌道修正を行った。

生徒が選んだ各班の課題と植物に曝露させた化学物質を表2に示す。ほとんどが河川に流出する可能性があるものであった。なお、水の浄化について、生徒が課題を設定し水質浄化作用を持つポリグルタミン酸を提示した。そこで、植物の生長に影響を及ぼし、ポリグルタミン酸に吸着される可能性のある物質として、抗生物質を提案した。

表2 生徒が選んだ探究課題と化学物質

探究課題	実験に利用した化学物質
歯磨き粉	ドデシル硫酸ナトリウム、サッカリンナトリウム、塩化ベンゼトコウム、メントール、カルボキシメチルセルロース
虫除ナスプレー	ディート、イカリジン、虫除ナスプレー製品液剤
日焼け止め	オキシベンゾン、オキシケイ化酸エチルヘキシル、酸化亜鉛
無農薬農薬	カプサイシン、カフェイン、クロゲン酸、無農薬農薬原液
水の浄化	ポリグルタミン酸、テトラサイクリン、コリスチン

(4) 生徒の探究活動の様子: 課題設定でそれぞれ植物に曝露させる物質を選んだが、多くの物質で曝露濃度の設定が不適切な値(かなり大きい値)を提案してきた。教員が適切な値を直接提示するのではなく、適切な値を選択できるような助言を施すことが大変難しかった。

今回利用した植物の発芽・生長観察実験系は、

我々が化学物質の環境影響を簡易的に判定できる実験教材として開発した方法(和田ほか, 2017)に準じて、基本栽培液(Hyponex®1000 倍希釈液)に化学物質を添加した栽培液を利用し理科室の恒温培養機で栽培した。7日の栽培後に、根と茎の長さを測定し、生長に対する化学物質の影響を調べた。培養機で水耕栽培を行うため、水分が蒸発しやすく、水やり等の世話を行う必要があったが、それを怠ったり不適切な対応をした班において、発芽生長の様子に大きな異常を示した試料も存在した。これは第1サイクルの探究活動での反省点として、第2サイクルの活動に活かしていた。

また、第1サイクルの結果より、第2サイクルにおいて植物ではなく単細胞の植物である緑藻を実験材料に選ぶ班、第1サイクルの実験結果がかんばしくない、あるいは、結果に満足がいかない班は、第2サイクルでも植物を利用して同等の実験を行った。このように第1サイクルでの探究活動の経験は、第2サイクルを実施する際に有効に反映されていることが明確であった。

3. おわりに

高校生が身近な化学物質の環境影響を検討する際に取り上げた探究課題を選んだ根拠は多様であるが、河川を通じて環境拡散する可能性がある物質が多かった。これは、我々の生活の利便性を高めている身近な化学物質が様々な場面で利用されるが、適切に処理されていないことを無意識のうちに感じとっている可能性があると考えられる。

本実践において探究のプロセスの第1サイクルにおいて、明確な結果が得られる実験方法に制限したことにより、課題設定で環境影響というテーマに集中して深く検討でき、また、客観的な実験データを収集できる方法を実際に体験した。これは、効果的に新たな知見を得るために適切な課題を設定する基本的な知識・技能を学ぶことに役立っていることが、第2サイクルの課題設定の様子から伺える。しかし、第1サイクルでの課題設定において、担当教員が生徒の個々の提案に対して個別により深く対応する必要があり、多くの研究活動を経験しているような力量を持つことが望まれる。これが、理数系の探究学習を実践するにあたり要検討の課題になり得る。

4. 参考文献

和田重雄, 庭野純, 熊本隆之, 堀江均(2017), 「種子の発芽・発根への化学物質の影響を観察できる環境教育教材の開発と教育実践」, 日本科学教育学会研究会研究報告, 32巻3号, pp. 51-56.

琵琶湖淀川水系ならびに大和川水系の水質調査

— 高校教員による精密化学分析と教材化 —

Water Quality of the Lake Biwa-Yodo River System and the Yamato River System

— Precision Chemical Analysis and Educational Materialization by High School Teachers —

橘 淳治 ・ 橘 孝
神戸学院大学 ・ 大阪市建設局
TACHIBANA, Junji ・ TACHIBANA, Kou
Kobegakuin University ・ Osaka City Construction Bureau

概要: 大阪府内を流れる主要河川である淀川・大和川を高校教員によって流域概念で水質調査を行い、河川環境保全や修復についての考察と教材化を行った。淀川水系は桂川からの汚濁負荷が著しいが、宇治川や木津川の河川水による希釈効果と水量が多いことに伴う自然浄化により流下に伴い水質改善が見られた。同様に、大和川は奈良市内の汚濁負荷が大きいですが、流下の過程で自然浄化が働き水質改善が見られる結果であった。

1. はじめに

大阪府内の高校教員の研究団体である、大阪府高等学校生物教育研究会では、1988年から継続的に大阪府内の河川環境や生物の分布を調べ、環境学習教材の作成と実践を行ってきた。

2023年度から”流域概念”での河川水質の調査と教材化を始めた。教員が、大阪府を流れる代表河川である淀川、大和川の精密な水質化学分析を行い、調査法のマニュアル化、水質データの蓄積と教材化に取り組んでいるので紹介する。

2. 方法

淀川水系は、京都府の桂川、宇治川、三重県・奈良県の木津川、淀川の4つの河川から成っており、宇治川は滋賀県の一級河川「琵琶湖」を水源としている。

大和川水系は、奈良県の笠置山地を源流とし、奈良盆地を經由して大阪府に流れている。

この2つの水系について、2023年8月1日～10日にかけて、府内の教員が手分けして31地点で採水を行った(図)。試水は、遮光・冷蔵して分析担当校に持ち帰るほか、冷凍してクール宅配便で分析担当校に送付する形で行った。

分析担当校では、Whatman社のグラスファイバーフィルターGF/Fで吸引濾過を行い、ろ紙とろ液を-20℃で分析まで冷凍保存した。

化学分析はろ液を解凍し、栄養塩類のアンモニア態窒素はSagi(1966)のインドフェノール法、亜硝酸態窒素はBendshneider and Robinson(1952)のジアゾ法、硝酸態窒素は西条・三田村(1995)の硫酸ヒドラジン法、リン酸態リンは

Murphy and Riley (1962)のリンモリブデン錯体・アスコルビン酸還元法で分析を行った。

尿素態窒素も藻類は主要な窒素源とするので、Newell, Morgan, and Cundy (1967)のジアセチル・尿素法で分析を行った。

溶存有機窒素(DON)はろ液そのまま、懸濁態窒素(PN)はろ紙を有機物フリーの水を入れた試験管に入れて、これらをアルカリ性ペルオキシニ二硫酸カリウム分解法で硝酸態窒素に分解し、その後、硫酸ヒドラジン法で分析した。

溶存有機リン(DOP)はろ液をそのまま、懸濁態リン(PP)はろ紙を有機物フリーの水を入れた試験管に入れて、これらをペルオキシニ二硫酸カリウム分解-リンモリブデン錯体・アスコルビン酸還元法を用いて分析した。

これらの比色定量には、日立ハイテクサイエンスのU-5100分光光度計を用いた。



図 淀川および大和川水系の調査地点

表 淀川水系の水質調査結果

	COD (mgO ₂ /L)	Ammonia	Nitrite	Nitrate	DIN (μ g-at.N/L)	DON	PN	T-N	Urea	Phosphate	DOP	PP	T-P (μ g-at.P/L)
Lake Biwa	10	10.3	1.23	21.1	32.6	11.2	40.2	84	9.8	8.2	2.2	15.2	26
Sta.1	10	10.3	1.23	21.1	32.6	11.2	40.2	84	9.8	8.2	2.2	15.2	26
Sta.2	15	12.1	1.65	18.0	31.8	12.3	28.2	72	10.2	6.7	1.8	13.7	22
Uji River	7	7.2	0.97	15.3	23.5	9.8	17.2	50	6.1	5.6	1.5	9.5	17
Sta.3	7	7.2	0.97	15.3	23.5	9.8	17.2	50	6.1	5.6	1.5	9.5	17
Sta.4	5	7.1	0.85	14.5	22.5	9.2	15.6	47	5.8	6.7	1.8	8.8	17
Sta.5	6	8.2	0.91	16.5	25.6	9.5	17.2	52	6.1	7.2	1.7	9.1	18
Katsura R	15	19.1	3.58	47.2	69.9	14.2	37.8	122	18.9	24.1	3.5	28.3	56
Sta.6	15	19.1	3.58	47.2	69.9	14.2	37.8	122	18.9	24.1	3.5	28.3	56
Sta.7	15	18.7	3.62	51.3	73.6	13.2	38.2	125	22.2	19.7	2.8	30.1	53
Kizu River	4	3.4	0.45	5.6	9.5	5.2	3.2	18	2.2	1.1	0.7	2.1	4
Sta.8	4	3.4	0.45	5.6	9.5	5.2	3.2	18	2.2	1.1	0.7	2.1	4
Sta.9	6	4.8	0.23	6.4	11.4	6.3	5.4	23	1.9	1.3	0.6	2.5	4
Sta.10	5	5.4	0.51	4.9	10.8	4.8	6.2	22	3.2	1.8	0.6	3.1	6
Yodo Rive	15	16.8	3.03	38.4	58.2	13.5	39.0	111	15.1	13.5	3.3	23.5	40
Sta.11	15	16.8	3.03	38.4	58.2	13.5	39.0	111	15.1	13.5	3.3	23.5	40
Sta.12	8	11.1	1.96	18.2	31.3	12.1	30.5	74	9.9	9.4	2.9	15.2	28
Sta.13	10	9.9	1.85	15.3	27.1	14.2	21.2	62	7.2	8.7	2.2	11.5	22
Sta.14	8	8.8	1.62	16.4	26.8	11.1	19.5	57	8.3	7.6	2.5	13.5	24
Sta.15	8	9.5	1.68	11.2	22.4	12.5	16.4	51	6.9	8.6	2.1	15.2	26
Sta.16	10	8.4	1.72	13.1	23.2	9.8	17.9	51	7.9	7.6	2.4	11.2	21
Sta.17	10	8.1	0.98	9.7	18.8	11.9	19.8	50	7.2	8.2	1.8	9.8	20
Sta.18	10	8.6	1.32	11.5	21.4	10.8	17.6	50	8.2	6.8	2.3	13.1	22
Sta.19	8	7.9	0.87	12.1	20.9	12.2	11.8	45	6.8	7.6	1.9	7.1	17

3. 結果と考察

淀川水系の水質分析結果を示した (表)。

琵琶湖・宇治川のCODは琵琶湖から下流の三河川合流地点に向かい低下する傾向が見られ、6~15ppmであった。

アンモニア態窒素は7.2~12.1 μ g-at.N/L、亜硝酸態窒素は0.85~1.65 μ g-at.N/L、硝酸態窒素は14.5~21.1 μ g-at.N/L、これらの総計である溶存無機態窒素(DIN)は22.5~32.6 μ g-at.N/Lであった。溶存有機態窒素(DON)は9.2~12.3 μ g-at.N/L、懸濁態窒素(PN)は15.6~40.2 μ g-at.N/L、全窒素(TN)は47~84 μ g-at.N/Lであった。尿素態窒素(Urea)は5.8~10.2 μ g-at.N/Lであった。

リン酸態リン(DIP)は5.6~8.2 μ g-at.P/L、溶存有機リン(DOP)は1.5~2.2 μ g-at.P/L、懸濁態リン(PP)は8.8~15.2 μ g-at.P/L、全リン(TP)は17~26 μ g-at.P/Lであった。

全窒素(TN)と全リン(TP)の比(N/P比)は2.7~3.3であった。N/P比が3程度である結果は、海洋のバイオマス試料中の栄養素の比率がC:N:P=106:16:1という「レッドフィールド比」に照らし合わせると、琵琶湖・宇治川は窒素に対してリンが過剰であると考えられる。

琵琶湖・宇治川は栄養塩類の濃度が比較的高いが、アンモニア態窒素の割合は平均33%であ

ることを考えると自浄作用は概ね良好に進んでいると考えられる。

桂川は、三河川中、全窒素、全リンの現存量は高く、N/P比も高い。京都の生活排水が主な汚濁源と考えられるが、無機態窒素(DIN)における硝酸態窒素(NO₃⁻)の割合が低いことを考えると、酸化環境であり自浄作用も働いていると考えられる。

木津川は三河川の中で最も良好な水質であった。N/P比も4~5程度で窒素に比べてリンが過剰であった。木津川は流域に大都市が存在せず良好な水質が維持されていると考えられる。

三河川合流地点の下流にあたる淀川のCODは8~15ppm程度であり、また、全窒素、全リン共に流下と共に低下していた。これは、桂川の汚濁した河川水が流下と共に物理的な希釈と自浄作用による浄化がはたらいたものと考えられる。

琵琶湖淀川水系の河川は、河川の水質特性が顕著であり、自浄作用なども認められた。河川の汚濁と浄化の教材としての利活用が期待され、現在、河川教育教材を開発中である。

謝辞

本研究は大阪府高等学校生物教育研究会が河川財団の河川基金助成を受けて行いました。ご支援に心から感謝いたします。

環境教育におけるポータブル魚道システムの活用

The Utilization of a Portable Fishway System in Environmental Education

高橋直己¹, 町田善康²

国立高専機構 香川高等専門学校¹, 美幌博物館²

TAKAHASHI Naoki¹, MACHIDA Yoshiyasu²

National Institute of Technology, Kagawa College¹, Bihoro Museum²

概要：サケ・マス類の遡上環境改善に用いるポータブル魚道システムを、環境教育のツールとして活用することを試みた。2022年と2023年のサケ遡上期に実施した2回の環境保全活動にて、合計38名の市民が参加した。魚道設置は約20分で完了し、すぐにサケの遡上を確認できた。魚道設置から観察までの一連の体験を参加者は2時間程度の活動時間で得ることができ、環境教育のツールとして提案魚道システムを活用できることが確認された。

1. はじめに

河川法改正（1997年）以降、各地で水生動物の移動環境改善が進められている。しかし国内には遡上阻害箇所が多く存在し、従来の建設に費用と時間を要する恒久的な魚道整備のみで、遡上阻害問題を解決することは難しい。この問題に対して、高橋らは低コストで簡単に運用できるポータブル魚道システムを提案した（高橋ほか、2021）。このシステムでは、人力で運搬可能な魚道ユニット（以降、可搬魚道ユニットと呼ぶ）を連結することで魚道を形成する。高橋らは、先行研究にてサケ・マス類の体長を考慮したポータブル魚道システム（図1）を開発し、サケマス（*Oncorhynchus masou masou*）、カラフトマス（*Oncorhynchus gorbuscha*）およびサケ（*Oncorhynchus keta*）の遡上環境改善に成功している（Takahashi et al., 2023）。提案魚道システムは、その運搬・設置・撤去の容易さから、市民による環境保全活動にて、環境教育のツールとして活用可能であると考えられるが、先行研究の段階では行政による環境保全事業で試行的に運用されており、専門知識を持たない市民による環境保全活動（特に子供が参加する、環境教育の現場）での運用については十分に検討が進められていなかった。そこで本研究では、提案魚道システムを用いた市民によるサケの環境保全活動を実施し、提案技術の環境教育のツールとしての活用方法について検討した。



U1～U3：可搬魚道ユニット ←---：移動経路

YouTube：サケ・マス類が利用可能なポータブル魚道
<https://youtu.be/AH6qMucTTo8>

図1 サケ・マス類が利用可能なポータブル魚道システム

2. 研究方法

研究対象地の諸元を図2に示す。この現場では堰堤中央の切欠き部に流れが集中し、この箇所を遡上できないサケが滞留することが問題となっている。本研究では、美幌博物館が主催した、市民による環境保全活動「ポータブル魚道を使ってみよう」（2022/10/22）、および「もっとポータブル魚道を使ってみよう」（2023/10/21）にて、提案魚道システムを用いてサケの遡上環境構築を試みた。本活動は、主にサケの生態と遡上阻害問題、河川横断構造物や魚道の特徴と役割などを、ポータブル魚道システムの導入作業を通して総合的に学ぶ内容となっている。著者らと市民が共同で現場に導入した可搬魚道システムを図3に示す。図のように、2つの可搬

魚道ユニットを連結して現場に設置した。両活動日とも、約2時間の活動時間内において、魚道設置からサケの遡上観察までを参加した市民が体験できるかを検証した。また2022年度の活動については、美幌博物館が本活動の様子を動画配信し(図4)、その再生数を計測した。

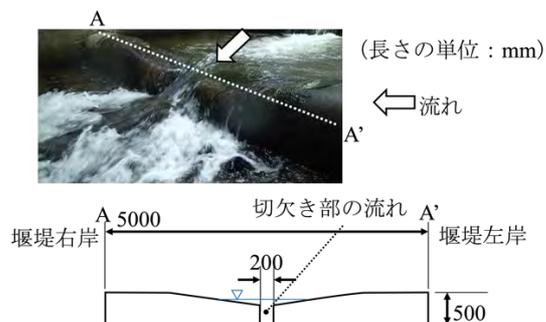


図2 研究対象地の諸元



図3 現場に導入された提案魚道システム

3. 研究結果・考察

提案魚道システムを利用して遡上するサケの動きを図3に示す。可搬魚道ユニットの設置作業は、著者と約3名の参加者により、20分程度で完了した。他の参加者は可搬魚道ユニットの設置作業を見学しつつ、魚道に至るまでの経路の流れを木材や礫を用いて改善する作業に取り組んだ。設置後、すぐに魚道を利用して遡上するサケを観察することができた。2022年度、2023年度共に、図4に示すように約2時間の活動時間内で魚道の設置からサケの遡上観察までを、問題なく実施することができ、参加者は一連の環境保全活動を体験できた。参加者数は、2022年度では16名(大人12名、小学生4名)、2023年度では22名(大人20名、小学生2名)であった。いずれも大人・子供を問わず提案魚道システムを用いたサケの遡上環境改善を楽しむ様子がみられた。また、活動の様子を紹介す

る動画(図4)の再生数は、2024年9月時点で5800を越えており、著者のもとにはサケの生息範囲外の地域からも好意的な意見が寄せられていることから、北海道内のみならず、他の地域にも活動の趣旨を発信できていると考えられる。

市民により導入された提案魚道システム



YouTube: [美幌博物館] ポータブル魚道を使ってみよう
<https://youtu.be/x9gW6Dth88>

図4 サケの遡上を見守る参加者

4. おわりに

市民による環境保全活動にて、著者らが開発したポータブル魚道システムを環境教育のツールとして活用できることが確認された。活動の様子を配信した動画の再生数から、本活動が高い関心を得られることが明らかとなった。本研究では、参加者が魚道設置からサケの遡上観察までの一連の体験を予定通りに得られるか、という観点で簡易的に活動の評価を行ったが、今後はアンケート調査により本活動が有する教育的価値の評価に取り組み、内容を改善していきたい。

5. 参考文献

高橋直己, 三澤有輝, 本津見桜, 柳川竜一, 多川 正, 中田和義 (2021), 「農業水路に適用可能なポータブル魚道システムの提案」, 農業農村工学会論文集, No.312(89-1), pp. I_29- I_35.
 Naoki TAKAHASHI, Kazuyoshi NAKATA, Takeshi SONODA, Shigeya MAEDA (2023), 「Water depth and flow velocity characteristics of a portable fishway unit for salmon」, PAWEES2023 International Conference.

謝辞

本研究は北海道e-水プロジェクトの助成を受けた。また、本活動には、地元以外に、東京都などの遠方からも参加いただいた。ここに記して感謝の意を表す。

水環境をテーマにした課題研究の授業実践

Educational Practices in Project-Based Research Focused on Water Environment

長山定正

東京大学，市川学園市川中学校高等学校

NAGAYAMA Sadamasa

The University of Tokyo, Ichikawa Gakuen Ichikawa Junior & Senior High School

概要：本校では毎年約 200 の課題研究を授業に取り入れている。本研究では、2009 年から 2024 年までの水環境をテーマにした研究の推移を分析し、生徒の科学的思考力や環境意識への影響を考察する。水環境をテーマにした研究数は年度ごとに増減を繰り返しつつも安定しており、主に化学と生物分野での研究が主流である。実践的な指導法により、生徒は科学的探究力や問題解決能力を向上させ、持続可能な社会への意識を高めている。

1. はじめに

現在、多くの高等学校で課題研究が実施されているが、その指導法は個々の教員の経験に基づいており、指導の仕方に不安を抱く声も少なくない。

市川学園市川高等学校は、文部科学省よりスーパーサイエンスハイスクール (SSH) に指定されて 16 年が経過した。毎年数件ではあるが、水環境をテーマとした研究が選ばれている。水環境は地球規模の環境問題の一つであり、持続可能な社会の実現に向けた教育において重要なテーマである。ここでは、2009 年から 2024 年にかけて行われた水環境に関する課題研究の指導実践について報告する。

2. 本校における SSH プログラムの特徴

本校では、高校 2 年生の理系生徒全員（6 クラス約 250 名）が SSH プログラムの対象である。週に 2 時間、学校設定科目『市川サイエンス』で 1 年間研究活動を行い、テーマは理科・数学・情報の分野なら自由に選ぶことができる。個人での研究が主流となり、テーマ数は年間で約 200 件に達する。この規模は全国的にも稀有である（図 1）。

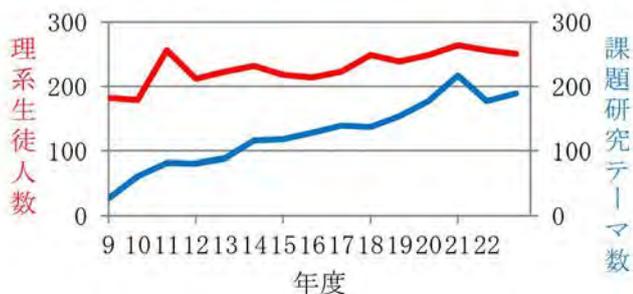


図 1 課題研究テーマ数の経年変化

3. 課題研究に取り組む生徒の動き

高校 1 年の冬休みから、生徒は自身の研究テーマを考え、『研究計画書』にまとめる。LHR の時間を活用して、専門科目の教員と二者面談を行い、テーマの方向性を確認する。2 年の 1 学期にはテーマ確定に向けて文献調査を進め、予備実験を開始する。6 月中旬には『研究構想発表会』を行い、他教員や大学教員と意見交換を行う。この発表会は本校独自の取り組みであり、外部からも高く評価されている。

『研究構想発表会』を終えると本格的に実験を始める。11 月に『中間発表』、3 月に『論文作成』およびポスターによる最終の『ポスター発表』を経て SSH プログラムとしては終了する

（図 2）。途中、ある程度形になった研究については外部発表への参加を促している。

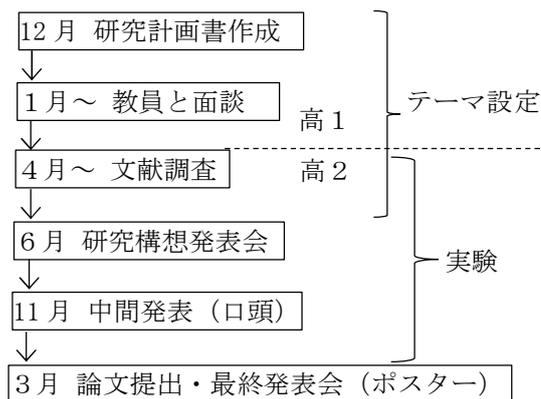


図 2 課題研究に取り組む生徒の動き

4. 課題研究の指導

課題研究は中等教育における究極のアクティブラーニングであり、教員は主にサポート役として関わる。

高2の5月頃から担当生徒が決まり始める。約200のテーマを約30名の教員で割り振るため、1人の教員がみるテーマが平均6～7となる。正直負担は大きいですが、確実に教員としての経験値は上がっていく。

毎回授業後は『実験ノート』の提出を課し、それをもとにディスカッションしながら研究内容を深掘りしていく（表1）。

表1 水環境に関するテーマ一例

分野	研究タイトル
物理	降雨量と川の水面上昇に関する実験的考察
化学	市川市流域の河川の水質調査と下水道・窒素成分について
化学	光触媒による水の浄化
生物	調整池と大柏川の水生生物の調査
生物	納豆菌を用いたバイオリアクターの生成と、水浄化作用
地学	湧水を指標とした大気・土壌物質の環境影響評価

5. 水環境と関連の深い通常授業

①学校周辺の地形観察巡検（中1地学）

毎年5月、学校周辺の自然環境を学ぶフィールドワークを実施している。クラスごとに2時間かけて学校周辺約5kmを巡り、地学教員が各ポイントで説明する（図3）。ポイントの一つに湧き水があり、地下水という水の流れや高い透明度などを解説する。また別時間には湧き水の水質調査を実施する。



図3 中1地学巡検

②環境微生物の培養（中3生物）

土壌懸濁液を用いた微生物培養を通じて、水環境中の細菌数や種類を分析する技術を学ぶ。

③リゾチームのはたらき（高1生物基礎）

鶏卵に含まれるリゾチームの抗菌作用をディスク拡散法で仮説検証する。生活排水に含まれる物質が、水環境の細菌叢にどのような影響を及ぼすかなど、発展可能となる。

④河川水の汚染度を測定する（高2探究化学）

酸化還元で扱う。河川水などは有機物が多く含まれるほど汚染度が高い。有機物を酸化するために必要な KMnO_4 の量を、逆滴定法によって測定する技術を学ぶ。

6. 水環境に関するテーマ数推移

図4は理科4分野ごとの課題研究の数を示している。特に化学と生物の分野で多くの研究が行われており、水質調査や水生生物の生態系に関する研究が主流となっている。近年では、物理や地学の分野にまたがる研究も増加しており、例えば、水の流れや堆積物の物理的な分析など、異なる視点から水環境を捉える研究が進展している。



図4 水環境に関するテーマ数の経年変化

7. 考察と課題

日常の理科授業が課題研究のテーマ設定に役立っていることは、SSH指定の効果の一つである。

「水環境」は生徒にとっては身近で、地域の風土や歴史を鑑みた、分野横断的な内容にも発展可能な研究となり得る。一方で、長期的な視点でのデータ収集や環境の変化を追跡する体制が不足している。より包括的な結論や効果を引き出すことが今後の課題であろう。

8. 参考文献

1) 山科勝 (2020)、「高等学校における自然科学系の課題研究指導に関する教員の意識調査」、日本科学教育学会研究会研究報告、34巻7号 p. 45-50

「淀川学」における地学分野の取り組み

A case report on the geological approach in “Yodogawa River Study”

谷 保孝¹, 田中 耕司^{2,3}, 三橋 雅子², 内田 浩明², 西山 由理花¹, 杉浦 淳¹, 小川 芳也¹
大阪工業大学¹, (財)河川情報センター², 兵庫県立大学大学院³
TANI Yasutaka¹, TANAKA Kohji^{2,3}, MITSUHASHI Masako¹, UCHIDA Hiroaki¹,
NISHIYAMA Yurika¹, SUGIURA Jun¹, OGAWA Yoshiya¹
Osaka Institute of Technology¹, Foundation of River & Basin Integrated Communications, Japan²,
University of Hyogo³

概要: 本報告は大阪工業大学で開講されている「淀川学」の地学分野(「地学からみた淀川」)に関する取り組みについて、主に講義で取り上げた地学的な事物・現象を選ぶ際の考え方や大阪平野および田上山地に関する学修内容の例について述べたものである。地学分野のねらいは、淀川がつくる地形と人との関係性について理解することで、地学的な観点からみても、人は淀川と深く関わり合いながら生きていることを認識することである。

1. はじめに

「淀川学」は、大阪工業大学工学部におけるリベラルアーツ教育の一環として開講している科目である。また、工学部の学生向けの講義という観点から、「淀川学」では「持続可能な開発(社会)」を実現できる技術者を育む機会になることも目指している。そのため、「淀川学」では、淀川を流域の歴史を支えた淀川水系の社会基盤としてとらえながら、人文学、社会科学、自然科学そして工学といった多様な観点から淀川流域の自然資本(資源)について学ぶことにより、「淀川流域という自然資本を利用してきた人の営みと自然との関わり合い」について理解することをねらいとしている。淀川や淀川流域を対象とするのは、大阪工業大学工学部を含む大宮キャンパスのすぐ横を淀川が流れており、学生にとってより身近な存在と考えられるからである(図1)。

「淀川学」は全14回(1回100分)で、第1回と第14回を除いた12回の講義を構成する主要テーマとして「生物学からみた淀川」、「地学からみた淀川」、「環境倫理学からみた自然」、「歴史のなかの淀川」、「社会のなかの淀川」および「科学技術からみた淀川」がある。各テーマは12回のうち2回分の講義を担当している。

今回は、上記の6テーマのうち、地学(地質学)分野をベースとした「地学からみた淀川」の取り組みに関連して、講義で取り扱う地学的な事物・

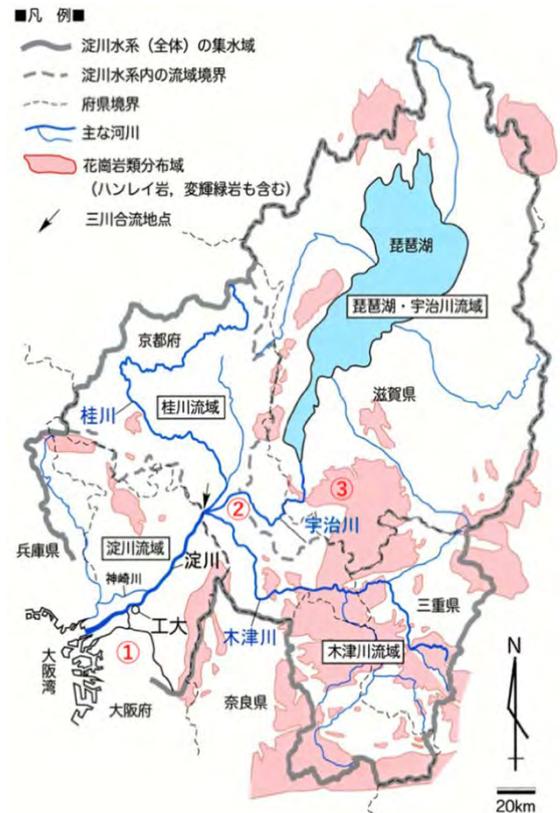


図1. 淀川流域の位置および花崗岩類の分布(谷, 2022に加筆・修正)。

図中番号は、①: 大阪平野(北部), ②: 巨椋池跡地および③: 田上山地の位置を示す。なお、花崗岩類分布域にある全ての花崗岩が強風化しているわけではない。

事象を選んだ際の考え方や、幾つかの学修内容例について報告する。

2. 地学分野（「地学からみた淀川」）の取り組み

(1) 取り扱った地学的な事物・現象を選定する際の考え方

淀川や淀川流域には多数の興味深い地形・地質が存在している。しかし、それらの特徴や成因を理解するだけでは、淀川学の趣旨から外れた学修になってしまう。また、工学部の学生が「淀川学」を受講するため、中学卒業後に地学教育を経験した学生も少ないと考えられる。さらに、本テーマの授業回数は2回だけという時間的制限もある。このような条件を配慮しながら、「地学的な事物・現象の成り立ちに淀川(河川)が深く関係していること」、「人は淀川と関わり合いながら生活・産業基盤を構築してきたこと」を学生が理解できる点を意識した授業を組み立てた。

(2) 地学分野における学修内容の例

地学分野では地形と碎屑物に注目し、大阪平野(北部)、巨椋池、天井川および田上山地を取り上げている。以下に大阪平野と田上山地について記す。

① 大阪平野の成り立ちと人と淀川との関係性

大阪平野は、私たちの生活・経済・社会活動を支えていることから最も身近な地形である。また、上町台地を除いた大阪平野の低地部最上位を構成する地層は、約5500年以降に淀川や大和川が運搬してきた碎屑物(礫・砂・泥など)が、かつて存在した河内湾や河内湖に堆積して形成(沿岸部の地層は海の堆積作用も関係)したものである(趙, 2003など)。なお、本講義では基盤岩類(先第四系)に発達する堆積盆地に大阪層群が堆積していく過程は扱わず、大阪平野の低地部最上位の地層(時代的には約2万年前頃のウルム氷期最盛期以降)のみに注目した。資料としては趙(2003)や増田(2019)などを参考にした。

大阪平野の成り立ちから人と淀川との関係性を理解するため、大学周辺地図(明治前期)に、国土地理院の治水地形分類図や土地分類図から推定した自然堤防や後背湿地の分布を重ね合わせた教材を作成した。この教材では、かつて集落は水害リスクが低い自然堤防に設けられていたことを理解できるほか、大阪の京街道(大阪と京都を結ぶ古い街道)も自然堤防を利用して構築されていることがわかる。このような自然の地形を利用した地政学的な要素が淀川流域には多く存在している。学生は自然堤防、後背低地あるいは後背湿地などの

地形に関する知識がないため、講義では地図や地形の判例とともに上記の地形などに関する解説を行った上で、学生に教材を観察させた。そして、自然地形と社会基盤(自然と人との営み)との関係性について考えてもらった。

② 田上山地の土砂流出と人と自然との関係性

淀川は碎屑物の流入が活発な河川であり、河床に堆積する碎屑物は治水を含めた統治だけではなく、淀川流域の舟運事業にも影響を及ぼした。淀川流域の発展を語る上で舟運は避けて通れないばかりでなく、歴史を下支えしたことも伝えるべきと考えている。

淀川に多くの碎屑物が流入する要因として、宇治川流域や木津川流域に花崗岩山地が広く分布すること(図1)、それらの山地では強く風化した花崗岩が存在する場合があること、森林伐採などによって水源山地の荒廃が進んだことなどがある。講義では、淀川流域の代表的な花崗岩山地である田上山地を例に、花崗岩の風化作用と土砂流出の関係について述べ、さらに土砂流出には自然素因だけでなく森林伐採などの人間活動(社会素因)も深く関係する事を示している。この際、簡単な自作動画を用いて強風化花崗岩と弱風化花崗岩の脆さの違いを理解できるようにしている。

3. おわりに

これまでに淀川や淀川流域における人と河川・自然との関係性について地学的な観点から理解し、それらが私たちの生活・産業にも影響を与えてきたことを取り上げてきた。今後は、さらに地学的な事物・現象と流域の発展や歴史との関わりを発掘したいと考えている。

謝辞：本研究は公益財団法人河川財団による河川基金の助成を受けています。

4. 参考文献

- 趙 哲済(2003), 大阪平野のおいたちと人類遺跡, 大阪100万年の自然と人の暮らし(普及講演会資料集), 第四紀学会.
- 増田富士雄編著(2019), ダイナミック地層学, 近未来社.
- 谷 保孝(2022) 淀川水系の地学, 淀川と人間(大阪工業大学工学部淀川教育センター編), pp19-34.