

自然と科学

第2節 自然と科学 後期

竹内史央・松本真一
曾我雄司

【抄録】 「自然と科学」後期では、「知識」と「思考力」のどちらも大切にしながら、「科学的な思考法の立脚点をつくるための学習」という目標を達成すべく、数学・理科（物理）・社会（日本史）の3人の教員が授業を担当した。少人数で思考し追及していく体験、名古屋大学年代測定総合研究センターと連携しての授業を通じて、生徒たちに「科学的リテラシー」を身につけさせることを目指した。

【キーワード】 科学的な思考 年代測定

1. 目標

S L P II 「自然と科学」では、地球市民としての「科学的リテラシー」を身につけること、知的好奇心を高め既存教科の学びに対する意欲を増進させることを目標としている。「自然と科学」後期では、その目標を踏まえたうえで、科学的な思考法とは何か、科学的な思考法の立脚点をつくるためにはどうしたらよいかを念頭において授業を展開した。

2. 学習方法

「自然と科学」後期では、「知識」と「思考力」のどちらも大切にしながら、「科学的な思考法の立脚点をつくるための学習」という目標を達成すべく、数学・理科（物理）・社会（日本史）の3人の教員が授業を担当した。

授業形態としては、一クラス全体で行うもの、数学

的・物理科学的・人文科学的なそれぞれの視点を持つ3グループに分かれて行うものを基本とし、内容に応じて2グループ合同で行う授業なども織り交ぜた。

最初に一クラス全体の授業を3回ほど行った。17世紀の哲学者デカルトを素材として、人文科学的・物理科学的・数学的なそれぞれの側面から「科学的に考える」とはどういうことかを確認させた。その後、理科グループ（竹内）「ほくらもガリレオー地上の法則」、数学グループ（松本）「つながりを意識した数学」、社会グループ（曾我）「歴史を“科学的”に考える」の3グループに分けて、少人数で思考し追及していく体験をする機会を通じて様々な観点から「科学的リテラシー」を身につけさせた。また名古屋大学年代測定総合研究センターと連携して、年代測定法をめぐる諸問題を人文科学的・物理科学的・数学的に学び、かつセンターの訪問を行うことで、「知識」と「思考力」の連携を図りつつ「科学的な思考法の立脚点をつくるための学習」を行った。

3. 活動内容

(1) 年間計画

回	竹内(理科)	松本(数学)	曾我(社会)
1	オリエンテーション		
2	デカルトの生涯と思想(曾我)		
3	デカルトの精神と科学 疑うことと測定(竹内)		
4	デカルトの哲学の原理(松本)		
	選択希望調査を実施し、以後はグループ学習		
5	帰納と演繹① マジックミラーの実験	帰納法と演繹法 その①	歴史を“科学的に”考える① 考古学
6	帰納と演繹② マジックミラーの分析	帰納法と演繹法 その②	歴史を“科学的に”考える② 典籍・編纂物
7	帰納と演繹③ GRAPESによる発見的数学	幾何学と解析学 その①	歴史を“科学的に”考える③ 木簡

8	帰納と演繹④ GRAPESによる発見的数学	幾何学と解析学 その②	歴史を“科学的に”考える③ 木簡
9	科学とニセ科学① 薬の効果を調べるには？	振り子の周期 その①	歴史を“科学的に”考える④ 絵図
10	科学とニセ科学② 「水からの伝言」問題	江戸時代の和算 (社会グループと合同)	江戸時代の和算 (数学グループと合同)
11	科学とニセ科学③ 科学と道徳の関係を考える	振り子の周期 その②	歴史を“科学的に”考える⑤ 長屋王について
12	年代測定について (曾我)		
13	放射線と放射能について (竹内)		
14	年代測定について (松本)		
15	年代測定総合研究センター見学		
16	科学とは？① 進化論裁判	光と放物線 その①	歴史を“科学的に”考える⑤ 長屋王について
17	科学とは？② 「知識」について	光と放物線 その②	歴史を“科学的に”考える⑤ 長屋王について (発表)
18	まとめ		

(2)各グループの取り組み

1) 理科グループ 竹内 史央

①全体の中での位置づけ

「科学」＝「科学的知識」であって、知識をインプットすることが学習であるとの考え方は根強いと思われる。しかし、そのような学習は、一見科学的な宣伝の「〇〇健康法」の被害者となってしまような素質を育てているとも考えられる。「単に知っていること」と「科学的知識」を区別する方法を身に付け、主体的に科学と関わるができることの必要性は、福島第一原子力発電所事故以後いっそう増大しているであろう。様々な科学の方法・考え方に触れさせることで、自分の知識が確かなものと説明できる能力を育てたい。

これまでの新教科およびS L P IIの蓄積の上に立って、Theory of Knowledge (TOK) の要素も取り入れる。

2) 数学グループ 松本 真一

①全体の中での位置づけ

高校数学ともなると、小学校や中学校で習う内容に比べ非常に抽象度が高くなる。十分な時間が与えられない中で、生徒の多くはそれらを理解するのに苦しみ、問題演習に追われているのが現状であろう。そんな状況で、数学と他教科とのつながりや、数学の中で異なる分野とのつながりなどを感じたりする機会は少ないと思われる。

しかしながら、高校数学との関わりが見えないものを題材に授業を進めると、生徒は必要性を感じられず、“S L P IIのためのS L P IIの授業”になってしまう恐れがある。そのような理由から、こ

の授業では、通常の高校数学から離れることなく、既に習った内容もしくはこれから習う内容を題材に、その他の分野での価値や意味、天下りの説明されてしまいがちなことを、自分たちの力で見つけたり、必要性などをじっくり考えるなど、通常の数学の授業では体験できないことを行う。そしてその体験を高校数学に活かせるようにすることを目標にした。

②概要

数学で習う内容のいくつかは、そのひとつの分野を習っただけでは、問題が解けてもその内容の存在価値や必要性がなかなか感じられない。他分野・他教科とのつながりを知るによって、相対的に考えることができ、その内容の位置をつかみやすくなると思われる。

彼らはみな、中学生の頃から数学の解答を演繹法を用いて作成しているにもかかわらず、“演繹”という言葉すら知らない生徒が多く見受けられた。「明日の太陽は、東の空から昇ることを隣の人に説明しなさい」という問いかけを例に演繹法と帰納法の違いを知り、実際の高校数学の問題を2通りでアプローチさせた。(対象が高校1年生ということもあって、数学的帰納法までは扱っていない)その後、デカルトの哲学の原理に触れ、また、実験の世界における帰納的なアプローチの重要性についても触れることができ、多くの生徒が2つの方法の価値について考えることができた。授業後のアンケートにおいて、「高校2年生で数学的帰納法を習うのがたのしみだ」と記述した生徒もいた。

他教科というより実験とのつながりを重視した授

業の一つに『振り子の周期』が挙げられる。数学Ⅲで習う無理関数を自分たちの力でみつけ、普段扱っている味気ない関数は、意外に自分たちの身近にあることを感じることに、物理とのつながりを感じるために行った。

ビニールひも、ペットボトル（中に水を入れ重さを調節）、はかり、ストップウォッチ、黒板用の分度器を与え、2～3名のグループに分かれて行った。振り子の半周期が何の関数になるかというところから調べさせたのと、時間を手動で計ることによる誤差のため生徒達はかなり苦労していたが、ほとんどのグループがひもの長さで時間が変化することを突き止めた。1メートルで1秒、2メートルで約1.4秒というデータから無理関数を予想するのは難しいようだったが、中には4メートルや9メートルの振り子を作るグループもあり、それらのデータから正解にたどり着いたグループも存在した。

どの生徒も“実験”というだけで普段よりも非常に積極的に楽しそうにかつ真剣に取り組んでいた。それだけでなく、正解となる関数を伝えた後、物理の教科書に載っている振り子の周期の公式を見せ、 π と分母にある重力加速度の平方根（正の値）がほぼ同じ値なので、約分してしまえばみんなで導いたキレイな無理関数が出てくることを伝えると、多くの生徒が事後のアンケートで関心を持って授業を聞けたと記述していた。

授業は、物理の教科書に載っている公式がなぜそうなるかというところまでは触れられなかったが、時期を工夫すれば、導かせることも可能ではないかと思うが、今後の課題としたい。

以上のような2時間で1回ぐらいの授業を何度か行った。その中で、普通の数学の授業で、問題が解けたときや理解できたときに生徒が見せる表情とは別の表情を見ることができたと思う。それをSLPⅡの中だけでなく、普段の授業の中で見られるようにするにはならないと思う。

③評価

毎時間のワークシートの記入内容や提出状況、長期休業中のレポート、集団討議の内容や授業への取り組みを評価する。

3) 社会グループ 曾我 雄司

①全体の中での位置づけ

「科学」という言葉には、自然科学をさす狭義の意味と様々な事象を認識・研究する活動をさす広義の意味とがある。社会グループでは広義の科学の領域において、「科学的態度の形成」＝確実なデータに基づく確実な思考という姿勢を身につけていくこ

とを目指した。具体的な取り組みとしては、一昨年度・昨年度に続き歴史資料の性格・扱いやその問題点を考えていく授業を展開した。

②概要

科学としての歴史学というのは、史資料の厳密なる分析の上に成り立つものである。そのためには、データ（史資料）の吟味（史料批判）、史資料の性格及び取扱いの方法論（史料学）の理解が不可欠である。歴史および歴史像を形成していく上で、以上のような手続きが必要であることに気付かせることを授業の中では目指し、1テーマ1～2コマでの授業を展開した。

データを吟味し、確実なデータを基にして思考する力は、歴史の問題だけではなく今日の情報過多の社会を生きていくためでも重要なリテラシーである。ガイダンスとなる初回の全体向けの授業では、デカルトの方法的懐疑の問題を取り上げて、確実な立論のために確実な根拠を得ることの重要性とその困難さを生徒たちには考えさせた。確実な真理を得るために「疑う」という姿勢の延長上に、社会グループの授業は位置している。常識と思っている教科書的・通史的歴史叙述を史資料から考え直すことで、確実なデータを基とした思考力を養いたいと考えている。

今年度は、史料学としての授業を5テーマ・8時間行った。ねつ造問題を通じた考古学・出土遺物の問題、大化改新否定論をテーマにした典籍・編纂物の問題、物質資料としての性格と文字史料としての性格を併せ持つ木簡の問題、現地名との対比を主軸にした絵図の記載・描写の問題を題材として取り上げた。前者二つの授業では、史資料の扱いを論じるとともに、教科書的・通説的な歴史像を鵜呑みに暗記してしまうことへの問題提起を狙った。また後者二つの授業では、生徒たちの生活地域である愛知県との接点を射程に入れつつも、あくまで史料的側面を理解させることを目指して授業を行った。以上の学習を通じた理解の上に、考古学的知見・文献史的知見を総合して歴史像を組み立てることのできる奈良時代の上級貴族・長屋王について、社会グループ内を3つに分けて調べ学習・発表をさせて、知識を総合しての歴史像の形成と確認をさせた。

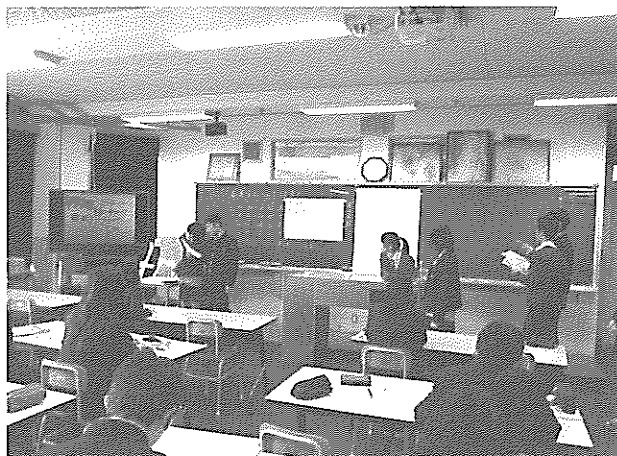
また今年度は、新たな試みとして数学グループとの合同授業を1時間行った。江戸時代の和算を題材として、江戸時代における科学を歴史的な側面、数学的な側面から生徒たちに考えさせた。過去の時代における科学受容及び認識がいかなるものであったのかを知ることは、狭義の科学に対する社会・歴史から可能なアプローチの一つだと考えられる。今後

の取り組みへのステップとしてトライしてみた次第である。

③評価

毎時間のワークシートの記入内容や提出状況、集団討議の内容や授業への取り組みを評価する。

(3)年代測定についての授業

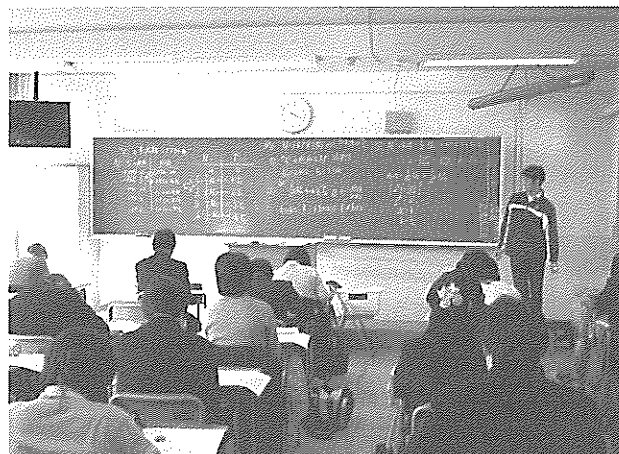
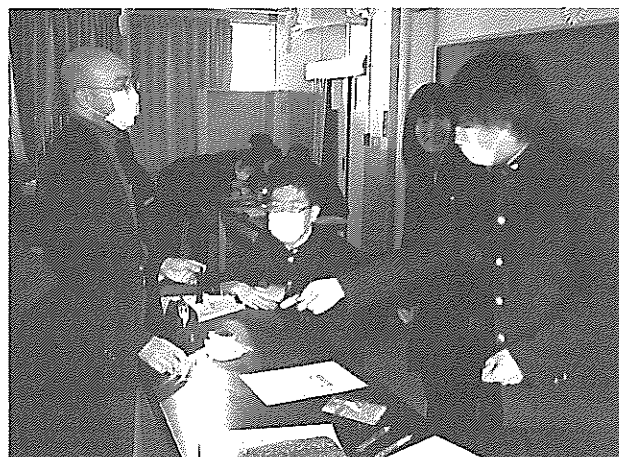


一昨年度・昨年度に引き続き、今年度も名古屋大学年代測定総合センターとの連携による授業を行い、人文科学的・物理科学的・数学的な学びを総合することで「知識」と「思考力」の連携を図った。

この授業は4時間構成で行った。年代測定についての考古学的手法と理化学的手法の紹介、 C^{14} 年代測定法の原理については曾我が、 C^{14} の半減率をめぐる数学的問題と常用対数によるアプローチについては松本が、放射能と放射線、半減期の問題、放射線の観察実験については竹内が担当した。歴史・数学・理科の3つの授業の後で、同じキャンパス内にある年代測定総合研究センターを見学させていただいた。このセンターは、2台のタンデトロン加速器質量分析計を有する世界唯一の研究機関である。年代測定装置の前でセンター長の中村俊夫先生から、試料調整室で南雅代先生からお話をうかがった。

見学後の生徒の感想には「何となく何年前と言われていたものも、たくさんに人がかかわって、いろんな作業が行われているんだと思った」「実際に機械や測定の過程の作業の様子を見て改めて科学のすごさを実感しました」「思っていたより中学・高校でできたことがあるようなことも利用していたので、学校で習うことって本当に基礎で大事ななと思いました。こんなことに応用して使えるなんてすごいなと思いました」といったものがあった。

高校生にとって、大学の最先端の研究に触れることは有意義なことである。しかもそれが超越的なものではなく、高校での自分の学びの延長上にあると知るとは、現在の学びへの意欲を否応なしに高めることにつながっ



たのではないかと思う。

4. 成果と課題

S L P II年間を通じてのアンケートとは別に、後期独自のアンケートを最後の授業にとったので、その結果を紹介して成果と課題とを確認してみたい。

質問(1) 今現在のあなたの考えや状態を1～5で答えてください。

1:とてもよくわかる 2:わかる 3:どちらでもない 4:あまりわからない 5:まったくわからない の5段階で選択回答させた。総回答数は104。ただし項目によっては回答していない生徒もいるため、質問項目によって合計数が一致しないことをお断りしておく。

1) 「科学的である」といとはどういうことかわかる、という質問に対しての回答の平均値は、2.61。「5」とする回答はひとつもなく、「2」とする回答が52で全体の半数、「1」とする回答は3あった。

2) 科学は信頼できるものだと思う、という質問に対しての回答の平均値は、2.49。「2」とする回答が56で過半数となっている一方で、「1」とする回答が7、「5」とする回答が2あり、やや分散傾向が見られた。

3) 科学によってすべての問題が解決できると思う、という質問に対しての回答の平均値は、3.77。(1)の回答の中ではもっとも「わからない」結果である。「5」とする回答が17、「4」とする回答が52であるのに対して、「2」とする回答が6、「1」とする回答はひとつもなかった。

4) 人類の歴史にも法則のようなものがあると思う、という質問に対しての回答の平均値は、2.45。「2」とする回答が53で約半数、「1」とする回答は10あった。一方で「4」とする回答は14あり、やや分散傾向も指摘できる。

5) 歴史についても科学的に考えることは必要だと思う、という質問に対しての回答の平均値は、2.13。(1)の回答の中では最も「わかる」結果となった。「1」とする回答は14、「2」とする回答は69あり、過半数が「わかる」と回答していた。また中間値である「3」は、1)～4)の項目では26～29で平均しているが、5)については12と格段に少ない。なお「4」とする回答は8、「5」とする回答はひとつもなかった。

1)～3)の回答から、科学的だということはなんとなくわかっているが、それが信頼できるかという戸惑いを持っている生徒がある程度いること、すべての問題

が解決できるという考え方についてはかなり懐疑的であることがうかがえる。デカルトの方法的懐疑や「疑似科学」の問題などを素材で取り上げたことなどが大きく作用しているのではないだろうか。

4) 5)の回答に影響を及ぼしたのは、年代測定についての一連の授業、とりわけ年代測定総合センター訪問であったのではないと思われる。理化学的な知識・数学的な知識に裏付けられた歴史研究があることを学習したことは、生徒にとって大きな財産となったことは指摘できよう。

質問(2) 「科学的に考える」とは、どのように考えることだと思いますか。自由に記述してください。

S L P II後期のプログラムを終えての生徒の「科学観」を確認することをねらいとした質問項目である。

「科学的に考える」という質問は、様々な問題を包含している。例えば「科学」という概念を理数的な学問の枠組みで捉えるのか、学問全体という枠組みで捉えるのかという問題である。

「科学」＝「理数系の学問」とする捉え方による回答としては、「物事を科学知識を使って考えること」「化学や地学などの色々な知識を使って考えたら「科学的に考える」と言える」「生物学・地学・物理学など、理科的な公式等を使って問題を解決していく。また理科的な考え方をもとに、他の教科とのつながりを持って考えること」などあった。これらの回答に共通してみられるのは、理数的な学問を方法論・ツールとして用いることが「科学的に考える」ことという認識である。「科学的」という語に力点をおいての回答とも言い換えられるし、知識活用を重視しているとも言える。

回答の大半は、「科学」を広い意味で捉えての回答であった。いくつか例を挙げると、「思いついた意見や根拠がない意見で考えるのは科学的ではないと思う。根拠や客観的事実を吟味し、論理的に考えること。そこに、主観や感情を持たせてしまうと、科学的とは言えないと思う」「確かな根拠と正しい仮説をたてて考え、答えを導き出すこと。いろんな方面から、考えたいことについて知り、その情報を吟味してから適切な情報に基づき判断する」「仮説・実証・考察・結論の段階を踏んでいるもの」などあった。先入観・主観の排除、客観性の重視、論理的で多面的な思考の重視などがこれらの回答のキーワードである。こちらは「科学的に考える」という言葉の「考える」という語に力点をおいた回答と言える。

本校のSSHにおいて育成すべきサイエンスリテラシーは、「自ら課題を設定して、様々な知識・技能を活用して、論理的・批判的に考え、それを表現する力」と定義されている。高校1年生のS L P IIプログラムを通して、「様々な知識・技能を活用して、論理的・批判的

に考え」ること、つまり知識活用と論理的思考の重要性を生徒たちに認識させることができたということが、記述回答を包括的に見た場合に指摘できる点である。これは、SSHのプログラム的一端を担うSLPⅡプログラムのひとつの到達点と言えよう。

(文責・曾我雄司)