

# 中学校の理科と総合的な学習の時間に関する一考察

～La main à la pâte コレージュチーム開発によるフランスの横断的実践的学習  
EPI用教材を参考として～

角島 誠\*

(平成30年8月7日受付)

A study on the science and the period for integrated studies in lower secondary schools in Japan  
—Teaching materials for Interdisciplinary Practical Learning “EPI” in France  
developed by La main à la pâte Collège team as a reference—

Makoto KADOSHIMA

(Received Aug. 7, 2018)

## 概要

日本の総合的な学習の時間に相当するフランスの中学校（コレージュ）の横断的実践的学習（EPI）の理系教科用の教材として、La main à la pâte 財団のコレージュチームが開発した教材を参考事例として、教科担当制となる中学校での探究的な学びのあり方、深い学びのために必要なことなどを踏まえながら、日本の中学校の理科と総合的な学習の時間のありようについての考察を行った。

キーワード：中学校，理科，総合的な学習の時間，フランス，EPI，Lamap

## 1. はじめに

フランスのコレージュ（collège 4年制中学校）では、日本でいう「総合的な学習の時間」に相当する複数教科が連携してプロジェクト学習を行う横断的実践的学習（Enseignement Pratique Interdisciplinaire, 以下 EPI）が、2016-2017年度より行われている。フランスの学習指導要領（programme）では、プロジェクトとして扱う8つのテーマが示され、更に具体的にブレイクダウンされた22のテーマ（プロジェクト名）について、関連する教科、具体的な展開内容・方法まで示された<sup>(1)</sup>。ただ、あくまで参考事例であり、8つのテーマに沿ったものであれば展開の仕方は現場の裁量にゆだねられている。

この22の具体例には、中学校理科が他教科と連携するという点からも、理科と総合的な学習との関わりという点からも日本にはない展開と示唆に富む教材も示され、その一部は角島<sup>(2)</sup>が扱っている。

その一方で、国民教育省が提供する教育関連情報を扱うサイト eduscol によって、理系教科の EPI 教材の具体的な展開例として紹介されたのが、La main à la pâte 財団のコレージュチームが開発した教材であり、学習指導要領が示した事例ともまた違う展開例である。

本論文では、まずその事例について具体的な部分まで訳出を行い、その特徴を引出す。そして、教材の周辺事情も踏まえ、日本の中学校段階の理科教育が他教科とつながるということについて、総合的な学習の視点も絡めながら考察を進めて行く。

## 2. La main à la pâte について

### 2.1 Lamap について

英語でいう Hand-on を意味する La main à la pâte を冠した財団、La Fondation La main à la pâte とは、ノーベル賞受賞者 Georges Charpak によって1995年に開始された La main à la pâte プロジェクトを引き継ぎ、2011年にフラン

\* 初等中等教育研究センター、ICTセンター、広島工業大学生命学部食品生命科学科

ス科学アカデミー、ならびにパリとリヨンの高等師範学校によって設立され、小学校と中学校の科学とテクノロジー教育の質の向上を求める革新的なアイデアと実践の研究所である（以下、Lamap）。その活動や概要について、日本への紹介は畑中ら<sup>(3)</sup>や山崎<sup>(4)</sup>などが行っている。

幼年ならびに小学校の教育についてのLamapの取り組みは、土田ら<sup>(5)</sup>、土田<sup>(6)</sup>や各努ら<sup>(7)</sup>が扱っている。また、コレッジ前半学年対象での科学テクノロジー統合教育（Enseignement intégrée de science et technologie 以下、EIST）におけるLamapの取り組みについては三好<sup>(8)</sup>が扱っているが、EPIの扱いについては見当たらない。

## 2.2 Lamapのコレッジチーム開発の教材

EPIの参考教材となるものとして、国民教育省が提供する教育関連情報を扱うサイト eduscol に紹介されたLamapのコレッジチームが開発した教材は、以下の4つの展開モジュールである<sup>(9)</sup>：

### ①「難解な捜査」(Epineuse enquête)

「難解な捜査」モジュールは、(警察の捜査といった体裁で)共通の問題に対応していくものである。その解決のためには、教科横断的な関係を設定する前に、関係する教科の学習が必要である。捜査はシャーロック・ホームズによって導かれ、血痕(SVT)、白い粉(化学)と暗号化された一連のメッセージ(数学)の3つの手がかりの調査によって殺人犯とその動機をつきとめることを提案する。

### ②「伝染病」(Epidémies)

「伝染病」モジュールは、横断的にかなり複雑な状況の中で必要とされる異なった教科の視点の重なりを、より正確なやり方で示す。授業はシナリオ化され、生徒は、新興感染症に向き合わなければならない危機管理センターの疫学者を体現する。解決のために、生徒は本質的に生物学(SVT)と数学から援用した様々な手法を使用する必要がある。他の(地理学、造形芸術)といった教科も関わり得る。

### ③「知・エピステーメー」Epistémè

基本的なコンピテンスを活用するために、2つの教科が組み合わせられる。「知・エピステーメー」モジュールでは、鳥の起源の発見を行う。「種の起源」の出版の2年後の発見された始祖鳥の化石の発見は、進化論の支持者とその反対者の間の衝突の場面となる。この場面は、チャールズ・ダーウィン助手として、ビーグル号の船上に、更にはこの歴史的な論争の中心に生徒を立たせることとなる。彼らはこの理論を理解しなければならず、また修辭的、科学的な様々なトリックを使う用意のある敵対する聴衆を前にして、対抗することを準備しなければならない。この教材では、議論の土台をつくるためにフ

ランス語と理科を組み合わせている。この基本的コンピテンスの活用以外にも、この難しい理論の理解を容易にする方法として、議論に頼ることも考えられる。

### ④ワタチヨロギ (Epiaire laineux)

教科間の出会いは、考察を刺激し新たな関心を引き出し得る。バイオミメティクスは、生物界からインスピレーションを引き出す技術革新のプロセスである。「ワタチヨロギ」モジュールでは、いくつかの企業にとって重要な問題である「水」資源の管理を検討する。アイデアは、露から水を回収できる凝縮器を作ることである。しかし、その凝縮器は疎水性材料に注目する必要がある。そこで、砂漠のフンコロガシ、毛綿鴨、蓮そして有名なワタチヨロギを参考とすることとなる。これらの生物は、私たちの凝縮器を改善し、ある教科で獲得した知識が別の教科でどのように進展し得るかを示すための、調査や革新を支えるものである。

尚、②の「伝染病」は、2016年3月に実施されたEPI展開のための教員研修全国大会でも取り上げられた事例である<sup>(10)</sup>。

簡単な概略のみではあるが、理科関係の教科主体で開発された体裁は十分に窺える。その各々が具体的にどのような展開されたかは紙面の関係上扱うことができないが、その1つである「難解な捜査」を具体事例として取り上げ、理科の教科がどの程度の深さで展開されているかを、以下、確認していく。

## 3. 事例「難解な捜査」モジュール

このモジュールは、パリの2つのコレッジで実践されて公開された教材である<sup>(11)</sup>。以下、日本の1分野に相当する教科名「物理・化学」はPC、2分野に相当する教科名「生命と地球の科学」はSVTと表記する。

### 3.1 想定される授業の構成(組織化)

このモジュールは、日本でいう中学3年(コレッジの最終学年 第3級)を想定して作成され、殺人事件の捜査という体裁をとっている。数学、PCの化学分野、SVTの生物分野の3教科が共同して行うこととなっており、以下のような授業の構成が考えられており、()内で示された教科名の内容は、その教科担当者によって、その教科専門が活かされて展開される。

導入 シナリオ、登場人物の説明等が行われ、シャーロックホームズの友人であるワトソンの立場で、犯人とその動機をつきとめることが、この授業のミッションであることが伝えられる。

- 第1回 (PC または SVT) : 染みは血液だろうか？  
 第2回 (SVT) : 血液の染みを残した人の性はどちらだったろうか？  
 第3回 (数学) : 最初のメッセージを解読と暗号化と復号化の概念の発見。  
 第4回 (PC) : 謎の粉末と pH に基づいて想定される粉末の分析 (この概念の発見)。  
 第5回 (SVT) : 血液の染みを残した人はどの血液型だった？  
 第6回 (数学) : 2つ目または3つ目のメッセージの解読 (復号化)。  
 第7回 (PC) : 謎の粉末ならびに、酸性、塩基、塩化物イオンへの反応に基づいて想定される粉末の分析。  
 第8回 (SVT) : 血液の染みを残した人はどのような遺伝子型だったか？

### 3.2 具体的な展開事例の訳出

そして、この第1回から第8回について、各教科でどのように展開していくかが詳細に作成されている。数学は暗号の解読ということで展開されている。ここでは、日本の1分野相当のPCが関わる第7回<sup>(12)</sup>と、2分野相当のSVTが関わる第8回<sup>(13)</sup>について訳出してみる。

#### 第7回のPCでの展開案

概要	犠牲者にかかっていた粉末を特定する
教科	化学 (PC)
教科で扱う概念	酸と塩基の溶液の反応
能力、機能させる態度	実験の手順を考案し実現する
成果物	実施されたテストと観察をまとめた表
必要/活用教材	(H+Cl-, Na+OH-, Na+Cl-) の溶液試験と疑わしい溶液、カップ、ピペット、試験管、安全メガネ、手袋
時間	1回

この回の活動の目的は、化学の特性試験の概念を学習し、酸と塩基間の反応を導入する要素をもたらすことである。科学的な方法の観点からも、いくつかの独立した結果によって確認され、複数の一致した要素から事実を確立することを求めることができれば、証拠がより強固であるという考えを紹介することも興味深いものになる。

この活動において、犯行現場で見つかった粉末の性質を決定するために、生徒は以前に実施した実験能力を再び活用する。彼らは、次の手順を自分で考案する必要がある：

疑わしい粉末の各々について、使用可能な溶液を用いて試験し、観察された結果を記録する。その後、その溶液を決定するためにこれらの試験を繰り返し、他の観察結果と比較して、その性質を見つけ出す。

酸、塩基、塩化物イオンの3つの要素が、特性試験を行うために提案されている。塩基を第2の酸 (例えば酢) で置き換えて、酸反応に対する生徒の注意を集中させ、同様

の反応が異なる酸で起こっていることを示すことができる。

提案された3つの要素を提示した後、特性試験の原則を生徒に思い出させることが必要である。化学変化の概念を再定義し、ある化学種に特徴的な新たな生成物 (沈殿物という用語が導入され得る) の出現の予見を明確にすることが可能となる。

主な知見の中でも、酸の存在下で反応して試験した塩基性粉末 (この場合は炭酸塩) とガス (CO<sub>2</sub>) が現れることに留意することができる。このことは、酸と塩基間の反応を扱うのに、後に授業で再び扱われ得る。活動の一環において、炭酸塩などのいくつかの化学種が、それらが酸の存在下に置かれているときに観察される発泡によって識別されるという考えにしばられる可能性がある。我々の粉末を同定するものではないとして、それは炭酸塩ではないと結論することができる。

一方、塩化物イオンの存在下では塩化銀の白色沈殿物の出現や、水酸化ナトリウムでの試験中に酸化銀の沈殿が発生することに気づく。より古典的には、塩化物イオンを証明するために使用されるのが硝酸銀であるとしても、これらの要素から硝酸銀を特徴付けることができる。

生徒は、いくつかの試験が同じ結論につながることを注意しておく必要がある。科学においては、可能な限り複数の異なる技術で結果を裏付けようと試みるものであるという考えをもたらすことは興味深いものになる。

最後に、被害者から採取した粉体から得られた溶液に酸、塩基および塩化物イオンを加えることの効果は、硝酸銀溶液について観察されたものと同一である。したがって、未知の粉はおそらく硝酸銀である。

#### 得られた結果のまとめ：

試験する溶液	溶液の pH (100 ml 中 0.1 g)	塩酸との試験	水酸化ナトリウムとの試験	塩との試験
炭酸ナトリウム	8	発泡		
硝酸銀	6	白い沈殿物	茶色の沈殿物	白い沈殿物
塩	7			
小麦粉	7			
砂糖	7			
ドリبران (※1)	7			
アスピリン	6			
硫化鉄 (II)	6		緑の沈殿物	
謎の粉末	6	白い沈殿物	栗色の沈殿物	白い沈殿物

※1 フランスで流通する解熱剤の商品名

#### 諸注意

炭酸水素ナトリウムと塩酸の存在下での発泡は、CO<sub>2</sub> (および水) の生成をもたらす酸塩基反応である。

硝酸銀は塩酸と塩の両方の塩化物イオンと反応する。この反応を除去する場合は、HCl を酢酸と置き換えることができる (ただし、水の Cl<sup>-</sup> イオンのために反応は非常に弱い)。生成された沈殿物は、塩化銀の沈殿物 (AgCl) であ

る。水酸化ナトリウムの存在下では、 $\text{Ag}^+$  と  $\text{OH}^-$  イオンの反応により、水酸化銀 ( $\text{Ag}_2\text{O}$ ) (※1) の茶色の沈殿物が生成される。

水道水に入れると、硫酸鉄は、酸化のためにオレンジ色になる。可能ならば脱塩水を使ったほうがよい。水酸化ナトリウムの存在下では、イオン  $\text{Fe}^{2+}$  と  $\text{OH}^-$  の間の反応による緑色の水酸化鉄 (II) ( $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ) の沈殿の生成がある。

ローヌのアスピリンは、部分的に水と酸に可溶である。これは、すべてのアスピリンでそうなるわけではない。(留意しておく、例えば、pH 8 のアスピリンは、その賦形剤のために塩基性である)。ローヌのアスピリンを希釈するとき、我々は pH 3 から pH 6 を経て 7 にする。少し待てば、アスピリンの大部分は希釈することができ、溶液の pH はやや酸性となる。

生徒は、インターネットや資料の検索で捜査を継続することができる。資料検索の場合、以下の資料の提供ができよう。

**補足資料：硝酸銀の主な用途**

- ・化学では、塩化物イオンを識別するために使用される。
- ・眼科用の溶液で希釈使用される収斂剤である。
- ・写真の定着のプロセスで使用される。(今日、実際によく使用されている)
- ・医療では、陥入爪と爪にはえる皮膚の成長の治療のために使用される。

**結論：**粉末状で発見されたので、収斂剤の仮説は除外することができる。犠牲者は、おそらく化学者として、医師として、またはカメラマンとして、使用したのであろう！

**発展：**この回の活動からさらに可能な発展的な扱いとして、実験中に行われた1つまたは複数の観察から複数の化学変化を示すことができる。

**活動の提案**

**最初の状況**

- ホームズ君、君の捜査は進展していないようだが...
- そんなに焦ってはいけない。探している手がかりは基本的なものだ。私の親愛なるワトソン君。私にその時間を与えたまえ。しかし、間もなく我々は、疑問に答えるための決定的な要因を手にするだろう...
- 君は、試験管の中に殺人動機を見いだすだろう。親愛なる友人よ、君はいつも私を感動させる。

課題：犠牲者の上で見つかった粉末の性質を決定しなさい！

**知識：**溶液の性質を判断する他の試験がある。それら中で、私たちの謎の粉末を特徴付けるのに、酸との試験、水酸化ナトリウムとの試験、塩化物イオンとの試験の3つを

使用することができる。調べている元素と試薬との間で化学変化があったとき、ある試験は陽性となる。もちろん、試験が機能するように、化学変化の生成物を観察しなければならない！

**ツールボックス：**溶液の試験：塩酸に、… (酸性溶液)；水酸化ナトリウムに、… (塩基性溶液)；塩化物イオンに、…；試験する溶液 (疑わしい粉末+犯罪の現場で発見された粉末)。

**期待される授業の成果物 (下の表を完成させる)**

試験する溶液	酸との試験	水酸化ナトリウムとの試験	塩化物イオンとの試験

**第8回のSVTでの展開案**

概要	個々の遺伝子型を決定することを調べる。
教科	SVT
教科で扱う概念	表現型 - 遺伝子型、遺伝子、対立遺伝子、遺伝的多様性、突然変異
能力、機能させる態度	資料を関係づける
成果物	資料を関係づけた文書
必要/活用教材	資料
時間	1回

活動は概念にとって必須の学習から始まる。それは3つの段階である。まず、すでに見たことがある概念を再び活用し、そして、それら概念が生徒に良く理解されているかをすぐにテストすることによって完了する。遺伝学の語彙の困難さに因る混乱は、まず伝え得る方法でこれら概念をとらえ、活動を通してそれら概念を再び活用したりすることで興味深くなる。(その後、可能な限り定期的に)。

生徒は、次の推論を行う必要がある：血液型 A (文字) の場合は、2つの対立遺伝子 A、または対立遺伝子 A と O を持つ可能性がある。ハドソン夫人の両親は、二人とも血液型 AB であるため、彼らは二人ともハドソン夫人には対立遺伝子 A しか渡すことができなかった(そうでなければ、ハドソン夫人の血液型は AB 型となる)。だから、ハドソン夫人は2つの対立遺伝子 A を持っている。

これらから、生徒は、次の推論を行う必要がある：ハドソン夫人の2つの対立遺伝子は同一であり、対立遺伝子 A に対応している。

アドラー嬢の2つの対立遺伝子の1つは、ハドソン夫人と同じである(それは対立遺伝子 A である)。もう1つは、2つの変異(塩基配列上の2つの違い)を示した：それは、対立遺伝子 O である。

血液の染みでは、2つの対立遺伝子が異なっており、対立遺伝子 A と O にそれぞれ対応していることが観察される。だ

から容疑者の遺伝子型は (AO), アドラー嬢のように。それ故、被害者の上着に血を失った人は彼女であると考え得る。

### 活動の提案

#### 開始の設定

- ワトソン：君が正しかった、血液型の研究によって状況が絞られてきた。しかし、2人の容疑者とは、ホームズ君にとっては多すぎる。そして、私たちは、可能な限りこの血痕の話をしたかと思うが。
- ホームズ：親愛なる友人よ、まだ不十分だ。私は2人の男に対し、この2人の容疑者に近い家族のメンバーの新しい血液サンプルを探してくるように命じた。
- ワトソン：いずれかの容疑者の母親か兄弟の血液型を知ることが何某かの関心につながると、どのようにして考えるというのか。
- ホームズ：君は、まもなくそのことをよく理解することとなるだろう。

#### 知識に関する項目

##### 獲得した知識を再び活用する。

- ・ 遺伝情報は、各細胞の染色体、より詳細にはDNAと呼ばれる分子に含まれる。
- ・ この分子は一連の情報、個人のそれぞれの特徴に關与する遺伝子を持っている。したがって、私たちの血液型を担う遺伝子も存在する。

##### 新しい知識を身につける！

- ・ いくつかの血液型があるので、この遺伝子のいくつかのバージョンがあることを推測することができる。実際には3つ (A, B, O) がある。同じ遺伝子の異なるバージョンのことを対立遺伝子という。
- ・ 核型の学習で見たように、我々は染色体のペアを持っている。つまり、我々は各遺伝子の2つのコピーを持っている。したがって、我々は血液型遺伝子の2つのコピーを持っているということである。これらの2つの対立遺伝子のうちの1つは父親によって与えられ (父親自身が持つ2つの内)、もう1つは母親によって与えられる。
- ・ これらの2つのコピーは、同一 (同じ対立遺伝子が2つ) であっても、異なって (2つの異なる対立遺伝子) いてもよい。対立遺伝子の6つの可能な組み合わせがある (順序は関係ない)。これらの対立遺伝子の組み合わせを遺伝子型という。遺伝子型が異なるため、人それぞれに (血液型などの) 身体的特徴に差異がある。
- ・ 2つの対立遺伝子が同一である場合、我々は血液型を直接得る。したがって、遺伝子型 (AA) の個体は、血液型 A である。2つの対立遺伝子が異なる場合、A および B 対立遺伝子は、(劣性と呼ばれる) 対立遺伝子 O (劣性)

に対し優性である。したがって、対立遺伝子 A および対立遺伝子 O を有する個体は、A 型 (B についても同様である) であろう。一方、それが対立遺伝子 A および対立遺伝子 B を有する場合、それは AB 型である。

##### 新しい知識についてテストする。

ピーター、ポール、ジャックとロマンの4人について考えてみよう。彼らは、それぞれ A, B, AB そして O の血液型である。彼ら各々に対し、想定される遺伝子型を決定する。彼ら各々に対し、彼らの両親の想定される遺伝子型を決定する。次の語彙をきちんと使用しなさい。：遺伝子型、遺伝子、対立遺伝子。

課題：犠牲者の上着に残された血液が誰のものかを判断する資料を完成させなさい。

質問に答えることを可能としたあなたの推論の段階を報告しなさい。

#### 新しいデータ



図内の矢印が指す夫人ハドソン夫人 (左) とイレヌス・アドラー (右) の家系図

現代的な分析は系統樹の研究ではなく、塩基配列の研究に直接負っている。それはどういうことか? DNA はヌクレオチドと呼ばれる小さい分子の連続から成り、A, T, C および G の4つの型を持っている。塩基配列は、DNA 分子の一部を構成するヌクレオチドの正確な連続を得ることである。

同じ遺伝子の2つの対立遺伝子は、突然変異と呼ばれる例外を除いて、同様の配列を持つことになる。

これが、2人の容疑者と血液の染みのための血液型の遺伝子配列の部分的な結果である。

##### ハドソン夫人の対立遺伝子

...GTGCGGCCTAC.....CCGGCT...TACCTGGGGGGGT...  
 ...GTGCGGCCTAC.....CCGGCT...TACCTGGGGGGGT...

##### アドラー嬢の対立遺伝子

...GTGCGGCCTAC.....CCGGCT...TACCTGGGGGGGT...  
 ...GTGCGGCCTTC.....CCGGCT...TACCTGGGAGGGT...

##### 血の染みを残した人の対立遺伝子

...GTGCGGCCTAC.....CCGGCT...TACCTGGGGGGGT...  
 ...GTGCGGCCTTC.....CCGGCT...TACCTGGGAGGGT...

犠牲者の上着に血のしずくを落とした人を知るためにすべてのデータを活用しなさい！

### 3.3 学習指導要領での扱いから

SVTの学習指導要領の生物分野は、「生物とその進化」と「人体と健康」からなるが、「難解な調査」での該当内容である「生物と進化」を資料1として訳出した。また、資料2として、物理・化学の学習指導要領の化学分野の単元である「物質の構成と変化」の内容部分について訳出した。

フランスの学習指導要領では、この訳出した内容の後に進度等についての基準が示されているものの、どの内容をどの学年で展開するかは各校に委ねられている。更に、教科書に検定制度はなく、学習指導要領が示されてから実施までの期間が短く、従来の教科書を部分的に使いながら補ったりすることなどが行われるなど、要は学習指導要領の目指すところが達成されれば、どのように展開するかは、現場にお任せという文化風土がある。

さて、化学の内容について、このモジュールの内容を展開するには、通常授業で「化学変化を記述し説明する」の単元内容が事前に扱われ既習状態である必要がある。知識的にも実験の段取り・手際といった観点からも、その定着が如実に試される復習的な内容であり、かつ応用的推論が求められる発展的な内容である。

一般原則としてどの内容をどの時期に展開するかは各校の裁量となっているが、化学の積み上げの内容特性からすると、基本的に資料1にあるような順序で展開される必要がある。そういった意味で、展開時期については物理分野の内容と化学分野の内容の実施時期をどう配列するかということが絡んでくる。EPIの8つのテーマを1年で2つ、3年間で6つ扱うということから、そのテーマを選び、それに関係する教科とのバランスで各教科がそれぞれの内容をどの時期に扱うかということと絡めていく必要がある。

生物の内容について、知識に関する項目は、「獲得した知識を再び活用する」として通常授業で扱われたことを確認し、「新しい知識を身につける！」として通常授業では扱わない、対立遺伝子や塩基配列に関する内容が扱われている。血液型については、簡単なテストまで組み込まれている。通常授業から踏み込んだものであり、こういったモジュールがなければ扱わない内容でもある。このあたりが教科書レベルにおいて実際にどのように扱われているのだろうか。

### 3.4 教科書での扱いから ～遺伝分野

資料1にあるように学習指導要領では「遺伝子型ならびに環境の作用によって、表現型がどのように決定されるかを説明する」の表記のみで、対立遺伝子 (allèle) の用語、(塩基) 配列、ヌクレオチド、AGCTの用語は学習指導要領

では扱われておらず、また、具体例としてどういった事例を扱うかも示されていない。血液型のABO式についても扱うか否かは任意となる。

この度の学習指導要領に沿って編集された7冊の教科書(※2)についてその扱いを見てみると、全てにおいて対立遺伝子、ABO式の血液型が扱われており、(塩基)配列、ヌクレオチド、AGCTについてはいずれも触れられていなかった。

遺伝分野については、学習指導要領で具体的に扱うべきものが示されていないこともあり、人間に関する遺伝事例だけでも、耳たぶの形状、PTC味覚能、多指症、血友病、鎌形赤血球症、アルビノ、EPO(エリスロポエチン)、嚢胞性線維症、目の色、肌の色素、ダウン症、…等々多くの事例が各教科書によってさまざまに扱われている。ただ、教科書に掲載されているから授業でそのすべてを扱うわけではない。

SVTの授業で血液型ABO式の血液型を扱い、EPIの時間では簡単な復習として扱うこともできるし、SVTの授業では他の遺伝事例を扱い、このEPIで血液型ABO式を初出として扱うことも可能である。このあたりは、全くの現場裁量となる。

ただ、はっきりしていることは、既習内容を土台に新たなことをこのモジュールで積み上げ、学習内容の理解度をその場で確認し、その上での応用的な推論を求めているという発展的な教材であるということである。

## 4. 特徴

以下、モジュールの特徴をまとめた。

- ①シナリオ設定の上で、各回の授業が周到に組まれた発展的な教科指導そのものであり、各回においては教科のコンピテンスを深めるものとなっている。つまり、教師が担当授業の中で総合的な計らいをするのではなく、シナリオ全体を通して生徒の中で総合されていく形である。
- ②教科の「社会的有用性」をどのようにして実感させるかというときに、現実社会の具体的な課題に対してどのように役立たせるかといったこともあろうが、このような推理フィクションという仕立ての中で、具体的な教科内容を発展的に活用し深めるという展開例もあるという事例見本である。
- ③事例として訳出して取り上げたのが「難解な捜査」ではあったものの、他の3つについてもそのテーマはいわゆる「環境」や「エネルギー」といった社会問題に対する善きことの貢献につながるといった意味合いをもつテーマではなく、事実や現象に対して個別的でありかつ具体的に科学的に深めていくものである。
- ④具体的に教科の学習内容をいかに活用していくこの

モジュール展開は、教科担当が直接に指導できるから展開可能なレベルの内容であるといえる。特に、このLamapのモジュールは、いわゆる文系教科や表現系教科との共同ではなく、理系教科のみでのinterdisciplineのモジュールであり、学年団や担任の誰もが扱うようなものでなく、あくまで個々の理系教科教師の専門性が発揮されて展開する授業である。

- ⑤シナリオ設定で展開する性格上、また周到に実質的な内容が組み込まれているという点で、自発的なテーマ設定ができないなど生徒側の自由度は低い。既習内容を総動員しての活動や新たな知識を得ながら推論するなど、深い思考や能力が求められている。
- ⑥日本では理科という傘の下、PCならびにSVTの内容はそれぞれ1分野と2分野として同一教科として扱われるが、フランスでは教科の成立の経緯もあり、別教科という考えられ方がされており、いわゆる1分野と2分野が共同するものも教科横断的(interdiscipline)と扱われる。
- ⑦教育資源がほぼWebに蓄積されて公開されており、誰もがそこから情報が得ることができる。

## 5. 考察

### 5.1 中学校という教育段階での「深さ」

日本の現行学習指導要領では高等学校の場合、理科においては「探究活動」が設定され、履修率は低いものの「理科課題研究」があるなど、科学的に深化していく場面設定が与えられている。また、小学校においては、一般には中学校のように教科担任制がとられることもなく、教員自体が全教科的なアプローチをとることに壁が無く、「総合的な学習の時間」といった教育をつくっていくことに壁が無い。

その点、中学校とは、探究的な学びをある意味、形式陶治的なバイアスで進められる小学校的アプローチと、膨大な学習量が要求される実質陶治的側面が強い高等学校での学びの狭間にある段階と位置付けるなら、そのバランスに苦しむ教育段階ともいえる。

そして、中学校の場合、高等学校ほど教科内容が深化しておらず、また、現行学習指導要領では教科の枠組みの中だけで高等学校でいうような「探究活動」という枠はない。中学校では教科担任制をとるものの、「総合的な学習の時間」を現実に展開しようとする、時間割上の配置等から、フランスのように教科担当の配置を一様に求めることは難しく、負担の公平性なども踏まえると学年団の全教員協力型となることなどが発生し、周到な計画を作るとはいえ、教師の専門性が生かされた深みをもたらすという点ではどうだろうか。

ほぼ10年前の平成19年の報告書「理科好きの裾野を拡げ、トップを伸ばす科学カリキュラムとは」<sup>(14)</sup>において示され

た蓮田南中学校のような理科と総合的な学習をつないだ理科教師の専門性が生かされた素晴らしい実践例がある一方で、同報告書に掲載された「公立中学校の理科教育、理科教師の現状」と題された窮状とでもいべき現実、その後10年を経て新たな学習指導要領を受け入れるに十分な改善の状況にあるだろうか。総合的な学習の時間の展開は、優れた実践事例を参考に各校の状況に応じた判断での実施とはいえ、教師の専門性を念頭に置いた配置が保証されているものではない。

その点、教科担当が行うことを前提とした制度におけるこのモジュールは、特に中学3年を想定しており、中学校段階でありながら教師の専門性が生かされた深みをもたらすことを具現化した教材であるといえる。

そして、このLamapのモジュールをそのまま採用するか否かは別として、教科担当がこのような展開ができる枠組みは保障されている。その上で、理系教科担当者の立場として、どのようなスタンスでEPIの授業を展開していけばいいか、このように細部までイメージできる具体例がモジュールとして示され検討できることの意義は大きい。

### 5.2 中学校での学びの深さを支える仕組み

学びの深さとは何かを考えると、日本では「深い学び」は「探究的な学習」を意味する方向での表現が使われてきている。

土田ら<sup>(5)</sup>、土田<sup>(6)</sup>が報告しているように、フランスにおいても幼年・小学校では、EUが推進する「探究を基礎とする科学教育(Inquiry Based Science Education)」を実現するためLamapの取り組みが報告されているように、日本が目指すような意味合いでの「探究的な学び」と重なる。

学習指導要領の作り方の抜本的な改革とも言われる日本の新学習指導要領では、総合的な学習の時間における探究的な学習が強調され、理科においても課題の探求の学習課程のイメージ図が付され<sup>(15)</sup>、枠としては設定されないものの、普段の学習において科学的に探究する力や態度の育成<sup>(16)</sup>がされることが求められている。

ただ、中学校という段階で、このことの実現をどうとらえたらよいであろうか。

フランスのコレージュは4年制であり日本の小6から中3年齢相当の生徒が通う学校である。しかしながら、現在、フランスの教育の区分は学習期(Cycle)という枠でも区切られている。いわゆる中1から中3は第4学習期(深化期)Cycle 4、小4から小6が第3学習期(定着期)Cycle 3と区分されている。つまり、小6年齢の生徒はコレージュに通学しているものの、上級生とは学習区分が違う。三好<sup>(8)</sup>によると、科学テクノロジー統合教育(Enseignement intégré de science et technologie 以下、EIST)は、小学校とは違っ

て教科専門型をとる教員配置のコレージュの前半年齢である小6と中1年齢学年を対象として展開されており、EISTの目的は：

- ①生徒の好奇心を刺激し科学やテクノロジーに対する嗜好を発展させること
- ②探究の手続きの実践を促進すること
- ③教科間に一貫性を持たせ学習の目的をよりよく理解させること
- ④小学校からコレージュへの移行をスムーズにすること
- ⑤教科横断的な活動やコンピテンスを基盤とするアプローチにより共通基礎を獲得させること
- ⑥グループ活動を通して生徒の自律性と能力を開発するとともにフランス語を習得させること

とされる。

ここで注目すべきは②と④である。教科専門制をもつコレージュで、教科連携をすることの難しさを踏まえた上で、かつ小学校での探究的な学びの継続をするためのクッションのようなカリキュラムとして機能していることである。

そして、もう一つ注目すべきは、EIST授業の最大人数の上限を20名としていることである。フランスでは、理科系の教科の授業で実験を行う場合は最大24名と決められており、座学30名の場合は15名ずつに分割することが当然視されているが、教科専門を持つコレージュの教員が協働し、かつ真に生徒に探究的な学びを展開しようとしたときに、責任もって対応できる人数の上限を設定していることである。それほど手をかけなければ探究的な学びの実現は難しいという証しといえる。

コレージュは4年制であるが、EPIが対象としているのはCycle 4であり（※3）、また今回訳出したLamapのモジュールの想定はコレージュの後半学年である。5.1で論じたように教科担当制が生きる探究的な学びであり、中学校の出口で接続する高校（lycée）におけるより一層教科バイアスのかかったいわゆる総合的な学習や深い学びの下地<sup>(17)</sup>となっているといえる。そして、入口である教育段階や指導体制が変わる小学校と中学校の接続での具体的なカリキュラム、人数制限といった裏付けがあることは、小中高を通して深い学びであり探究的な学びを支えるという点で、教育段階の橋渡しの位置にある中学校における注目すべき仕組みといえる。

## 6. おわりに

授業としてのEPIの実施は2016-2017年から始まったが、義務的な実施であったはずのEPIの実施が各校の判断に委ねられる扱いとなるなど<sup>(18)</sup>、運用方針の転換などフランスの現場は混乱の中にある。Lamapコレージュチームによって開発された教材は、試験的な実施を行った上で公開され

ている教材例に過ぎず、採用は各校次第であり、どの程度が採用され展開されているかは未知数である。

ただ、この事例は、Lamapの小学校からの取り組みの積み上げの先にある資質・能力の育み方のありようとして、中学校段階特有の制度的な難しさの中で、理系教科間のinterdisciplineな取り組みがどのようにあるべきか、その展開の仕方に手堅い示唆をもたらすものといえる。

今後は、ある程度の時間を経て出てくるEPIの展開に伴う課題等を踏まえ、日本の中学校理科への示唆を導いていきたい。

## 注 釈

- ※1 原文では un précipité brunâtre d'hydroxyde d'argent ( $\text{Ag}_2\text{O}$ ) du fait de la réaction entre les ions  $\text{Ag}^+$  et  $\text{OH}^-$  と  $\text{Ag}_2\text{O}$  に水酸化銀 (hydroxyde d'argent) が当てられているが、以下の意味合いを含んでいると解釈してそのまま訳した。一時的に水酸化銀  $\text{AgOH}$  ができても不安定なために  $2\text{AgOH} \rightarrow \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$  と酸化銀 (I) となる。
- ※2 以下の7冊の教科書を分析の対象とした。  
SVT CYCLE 4 Collection Spiral'ère, Nathan, 2017  
SVT Cycle 4 NOUVEAU PROGRAMME, Nathan, 2017  
SVT cycle 4 Nouveau programme, Belin, 2017  
SVT cycle 4 nouveau programme 2016, Hachette, 2017  
SVT cycle 4, Magnard, 2017  
SVT cycle 4 nouveau programme 2016, Bordas, 2017  
SVT manuel de cycle 4, Hatier, 2017
- ※3 2017-2018年度よりコレージュの第1学年（小6）もEPI展開が可能となっている。

## 文 献

- (1) “Des ressources adossées aux 8 thématiques interdisciplinaires”, <http://eduscol.education.fr/cid99750/epi.html>
- (2) 角島誠「中学校の教科と総合的な学習の時間の関係に関する一考察～フランスの横断的実践的学習EPIを参考に～」『広島工業大学紀要 研究編』第53巻 2019 pp. 95-104
- (3) 畑中敏伸、高松森一郎「フランス La main à la pâte の国際的活動—日本の理科教育分野における国際教育協力への示唆—」『理科教育学研究』Vol. 55 No. 3 2014 pp. 323-332
- (4) 山崎友紀「フランスの理科教育の現状と教材デザインの有効性」に関する調査研究 『法政大学多摩研究報告』27：2012 pp. 25-37
- (5) 土田理 他「フランスにおける幼年・初等期探究基盤

- 型科学教育プログラム (1) - La main à la pâte が進める project の概要 - 『日本理科教育学会九州支部大会発表論文集』第40巻 2013 pp. 90-93
- (6) 土田理「フランスにおける幼年・初等期探究基盤型科学教育プログラム (2) - La main à la pâte が提供する CPD 用診断ツール -」『日本理科教育学会九州支部大会発表論文集』第41巻 2014 pp. 74-77
- (7) 各努南, 磯崎哲夫 「フランスの科学教育財団 La main à la pâte における初等科学教育に関する研究」日本科学教育学会第41回年会 2017 発表資料
- (8) 三好美織 「フランス前期中等教育段階における「科学テクノロジー統合教育」に関する考察」『学校教育実践学研究』第22巻, 2016 pp. 149-154
- (9) “EPI, sciences et interdisciplinarité”, <http://eduscol.education.fr/numerique/tout-le-numerique/veille-education-numerique/archives/2016/novembre-2016/epi-sciences-interdisciplinarite>
- (10) “Journée de formation Enseignements pratiques interdisciplinaires en maths, physique-chimie, technologie, SVT”, <http://eduscol.education.fr/cid101402/journee-formation-epi-maths-physique-chimie-technologie-svt.html>
- (11) “Epineuse enquête - Présentation des séances”, <https://www.fondation-lamap.org/fr/page/48070/epineuse-enquete-presentation-des-seances>
- (12) “Epineuse enquête - Recherche 7”, <https://www.fondation-lamap.org/node/48090>
- (13) “Epineuse enquête - Recherche 8”, <https://www.fondation-lamap.org/node/48091>
- (14) 平成18年度科学研究費補助金特定領域研究 領域「新世紀型理数系教育の展開研究」公募研究 科学的探究能力の育成を軸としたカリキュラムにおける評価法の開発 (課題番号17011073) 研究報告書『理科好きの裾野を拡げ、トップを伸ばす科学カリキュラムとは』研究代表者 小倉 康 平成19年3月
- (15) 文部科学省『中学校学習指導要領解説 総合的な学習の時間』平成29年7月 p. 9
- (16) 文部科学省 上掲書 (15) p. 114
- (17) 角島誠 「高等学校の総合的な学習の時間に関する一考察～フランスの高等学校における理系コースのTPEを参考に～」『広島工業大学紀要 研究編』第53巻 2019 pp. 105-115
- (18) L'arrêté du 16 juin 2017 relatif à l'organisation des enseignements dans les classes de collège
- ※ 掲載サイトの閲覧は2018年7月25日に最終確認

資料1 学習指導要領 SVT 生物分野「生物と進化」

生物と進化

- ・空間と時間の異なるスケールでの生物の世界, その構造とダイナミズムの組織を説明する。
- ・以下のことを説明するために, 異なる事実を関連付け, 因果関係を確立する:  
生物組織の栄養/個体群動態/生物の分類/生物多様性 (種の多様性)/個体の遺伝的多様性/生物の進化

知識ならびに関連するコンピテンス	生徒にとっての状況, 活動, 手段の事例
動物細胞が必要とするものと個体内の輸送システムの役割を関係づける。 ・ 個体, 器官, 組織や細胞のレベルでの栄養と機能的な組織。 ・ 栄養と微生物との相互作用。 緑色植物の細胞が必要とするものと植物内の物質生産ないしは物質の取入れおよび貯蔵の場および輸送システムを関係づける。	このテーマは, 特に以下のことに適している: ・ 生徒が, 生殖や遺伝や進化についての考えの進化を, 歴史的, 技術的な文脈に設定するとき, 科学史を; ・ 調査される生物の構成と生物 (細菌や真菌を含む) の多様性のために異なるスケールでの観察を。
個体群動態における生物の有性・無性生殖の生物学の要素と個体の生存の環境の影響を関係づける。 ・ 有性および無性生殖, 配偶子の出会い, 生殖の環境と様式。 ・ 脊椎動物や開花植物の配偶子と遺伝的遺産。	実験的アプローチの実施同様に, データを収集し, 簡単なレベルでそれらを整理し, 処理するという点でフィールド観察を実施すべきである。
生物間の血縁関係の研究と進化を関係づける。 ・ 共有される特徴と分類。 ・ 生物の大きな種, ホモ・サピエンス, その血縁性と進化。	このテーマは, 決定と分類のツールを使用する機会をもたらす。
個体の多様性と遺伝的安定性が何に基づいているかを説明する。 遺伝子型ならびに環境の作用によって, 表現型がどのように決定されるかを説明する。 動的プロセスとして, 遺伝的多様性と生物多様性とを関係づける。 ・ 様々な組織レベルでの生物界の多様性とダイナミクス: 種間関係の多様性。 ・ 個体群の中の遺伝的多様性; 遺伝, 種の安定性。 ・ DNA, 変異, 掛け合せ, 遺伝子, 減数分裂と受精。	このテーマは, 生徒が細胞培養をつくったり, 遺伝子組み換え生物や (母細胞供給源, 成長, 保存, 倫理的基準) の細胞株やクローニングのプロトコールを研究するときに, バイオテクノロジーの応用に適している。 他の惑星の生命の可能性と形態を評価し, 議論するためにここで知識を活用する。

## 資料2 学習指導要領 物理・化学「物質の構成と変化」

知識ならびに伴うコンピテンス	生徒に対する、状況、活動、道具の事例
<p>・物質の成分と状態を説明する</p>	
<p>さまざまな状態（固体、液体、気体）を特徴づける。 状態変化の特性を調べるための実験手順を計画して実施する。 純物質の様々な状態変化を特徴づける。 微視的なレベルで状態変化を解釈する。 質量を決定するための実験手順を計画して実施する 液体または固体の体積。 化学種を区別するために密度測定を利用する。 ・化学種と混合物。 ・純物質の概念。 ・物質の状態の変化。 ・質量の保存、体積、状態の変化の温度。 ・密度：関係 <math>m = \rho \cdot V</math></p>	<p>生徒が物質のさまざまな状態について学び始めた第2サイクルからの連続性において、このテーマは、物質の微視的性質と物理的状态から化学成分への移行を生徒に発見させることを目的としている。 状態の変化の際に物質の質量保存（ただし、体積は保存しない）を示す簡単な実験の実施。 - 他を除外しないで - 状態変化の学習で水が主たる実験材料である場合、ある設定状況下の物体の状態を知るためにデータを利用したり、純物質を同定するために状態変化の温度を利用することができる。 実験の学習では、状態変化時のエネルギー移動に焦点を当てる。 体積または質量のどちらかの大きさを知っていて、体積または質量を測定し、かつ異なる物質を同定するために、密度の関心が示される。 比例関係や量と商（割算）の数学を用いた学習が提案される。</p>
<p>混合物を特徴付けるための実験を計画し、実行する。 水中の溶解度値を実験的に推定する。 ・溶解性。 ・混和性。 ・空気の組成。</p>	<p>これらの学習は、健康と環境問題に関して水への気体の溶解を取り上げる場となる。 これらの学習は（浄化、海水淡水化など）の水処理のさまざまな方法に応用されあるいは説明を可能とする。</p>
<p>・化学変化を記述し説明する</p>	
<p>豊富に提供される化学種の特性試験を実施する。 実験的に化学変化を同定する。 化学変化と混合、化学変化と物理変化を区別する。 原子の再分配として化学変化を解釈する。 観察された化学変化を説明するために提供された化学反応式を利用する。 ・分子、原子、イオンの概念。 ・化学変化中の質量の保存。 周期表を利用して元素記号が使える。 原子レベルで化学式を解釈する。 ・酸素分子、水素分子、窒素分子、水、二酸化炭素。</p>	<p>この単元では、化学変化のさまざまな種類を含む実験活動に基づいて展開される：燃焼、酸塩基反応、酸-金属反応。 元素名から始めて、元素記号、原子番号を探し、あるいはその逆から探すために周期表を利用する。</p>
<p>酸と塩基の性質 pHを測定することにより、溶液の酸性または塩基性を特定する。 酸性または塩基性の特徴を <math>\text{H}^+</math> および <math>\text{OH}^-</math> イオンの存在と関連付ける。 ・ <math>\text{H}^+</math> と <math>\text{OH}^-</math> イオン。 ・ pHの測定。 ・ 酸性溶液と塩基性溶液の反応。 ・ 酸性溶液と金属との反応。</p>	<p>これらの様々な化学変換は、（日常生活、生物、産業、健康、環境）といった様々な文脈における、化学変化の概念を導入または活用することを支えることができる。 実験実習と扱われる変化の事例は、安全と環境に関する問題に取り組む機会となる。</p>
<p>・宇宙の物質の構成を記述する</p>	
<p>宇宙と太陽系の構造を説明する。 異なる距離の単位にアプローチし、それらを変換する方法を知る： km から光年まで。 ・ 銀河、宇宙の進化、太陽系の形成、地質年代 ・ 天文学の距離のオーダー。 物質の起源を知り理解する。 観察可能な問題はどこでも同じ性質であり、同じ法則に従うことを理解する。 ・ 地球と星を構成する物質 ・ 地球と宇宙の元素 (水素、ヘリウム、重い元素：酸素、炭素、鉄、ケイ素...) ・ 原子の構成要素、原子核の内部構造（核子：陽子、中性子）、電子。</p>	<p>このテーマは、宇宙は過去では異なっていたこと、その組成、スケールそして構成において進化し、その進化から太陽系と地球が作られていることを生徒に意識させる。 生徒は、無限小と無限大の間に連続性があり、人間の尺度はこの二つの両極端の間にあることを実感する。 生徒の訓練として、オンラインリソースを活用し、また情報の信頼性の高いソースを同定する学びの場となる。 このテーマはまた、研究、天文台、衛星や宇宙探査機を介して行われた作業の性質について開かれる機会となる。</p>