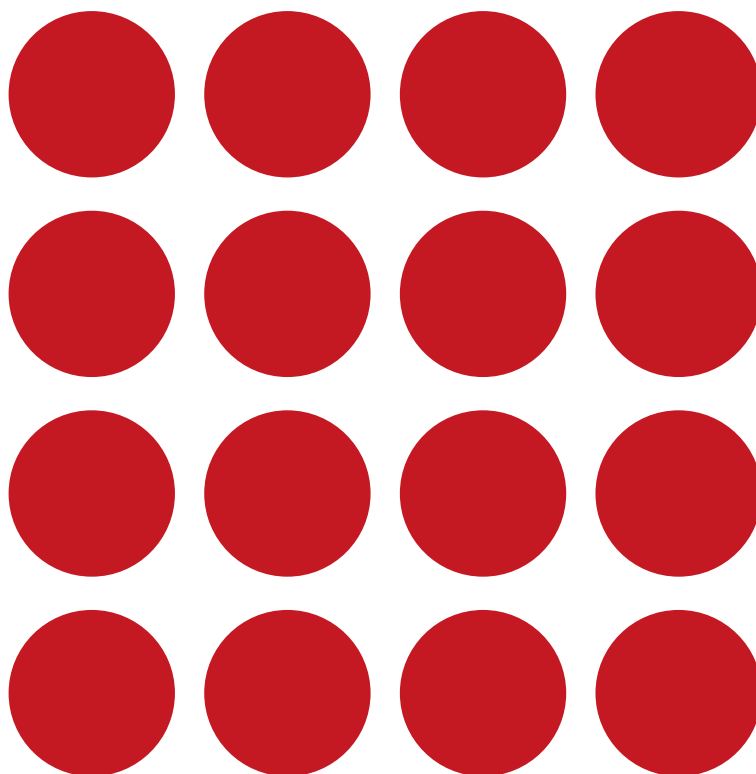


資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究
報告書 3

諸外国の教育課程と学習活動（理科編）



平成 28（2016）年 3 月

研究代表者 梅澤 敦

（国立教育政策研究所 教育課程研究センター長）

はしがき

本報告書は、国立教育政策研究所のプロジェクト研究「資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究－目標・内容、指導方法、評価の一体的検討－」（平成26～28年度）における研究成果のうち、諸外国の教育課程と学習活動（理科編）についてまとめたものである。

本研究は、平成25年度まで実施した「教育課程の編成に関する基礎的研究」を、更に学術的に精緻化・構造化し、教育目標や内容、学習・指導方法、評価等の一体的・実証的な検討を行うことを目的としており、今年度は、教育課程や学習活動等を中心に研究を進めてきたところである。

次期学習指導要領改訂に向けた中央教育審議会への諮問（「初等中等教育における教育課程の基準等の在り方について」平成26年11月20日）では、「これからの学習指導要領等については、必要な教育内容を系統的に示すのみならず、育成すべき資質・能力を子供たちに確実に育む観点から、そのために必要な学習・指導方法や、学習の成果を検証し指導改善を図るための学習評価を充実させていく観点が重要」とされている。また、平成27年8月にまとめられた「論点整理」においても、「社会に開かれた教育課程」という理念を具体化するためには、「学習・指導方法や評価の在り方と一貫性を持って議論し改善していくことが必要である」とされ、次期学習指導要領等では、アクティブ・ラーニングの視点に立った学びなど、学習過程の在り方に関する基本的な考え方を示すことが求められているところである。今後、学習指導要領等において、育成すべき資質・能力やその育成に向けた学習・指導方法をどう示し、どう評価していくか、また、学校における創意工夫ある学習活動やカリキュラム・マネジメントへの効果的な支援はどうあるべきかを検討していく上で、諸外国における取組は大いに参考になると思われる。

本報告書が、我が国における教育課程の基準の在り方を検討する上で参考資料として活用されることを願うとともに、本研究の推進に御協力を頂いた方々に心から感謝申し上げたい。

平成28年3月

研究代表者

国立教育政策研究所教育課程研究センター長
梅 澤 敦

研 究 組 織

【研究代表者】

梅澤 敦 国立教育政策研究所 教育課程研究センター長（平成 27 年 5 月から）
高口 努 国立教育政策研究所 教育課程研究センター長（平成 26 年 7 月から
平成 27 年 4 月まで）
勝野 頼彦 国立教育政策研究所 教育課程研究センター長（平成 26 年 7 月まで）

【研究副代表者】

今関 豊一 国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部長

【企画運営委員】

田口 重憲 国立教育政策研究所 研究企画開発部長（平成 27 年 9 月から）
高橋 雅之 国立教育政策研究所 研究企画開発部長（平成 27 年 4 月から 7 月まで）
渡邊 恵子 国立教育政策研究所 研究企画開発部長（平成 27 年 2 月から 3 月まで、
平成 27 年 8 月から 9 月まで）
大月 光康 国立教育政策研究所 研究企画開発部長（平成 27 年 1 月まで）

【国際研究班（理科担当）所外委員】（ ）内は担当国

磯崎 哲夫 広島大学 教授（総括・イギリス・フランス）
野添 生 宮崎大学 准教授（イギリス）
寺田 光宏 岐阜聖徳学園大学 教授（ドイツ）
遠藤 優介 愛知教育大学 助教（ドイツ）
平野 俊英 愛知教育大学 教授（アメリカ合衆国）
高橋 一将 北海道教育大学 講師（アメリカ合衆国）
清水 欽也 広島大学 教授（カナダ）
畑中 敏伸 東邦大学 准教授（カナダ）
山下 修一 千葉大学 教授（シンガポール）
大寫 竜午 千葉大学 特任助教（シンガポール）
李 智源 韓国教員大学 学術研究教授（韓国）
各務 南 広島大学 院生（フランス）

【国際研究班（教育課程担当）所外委員】（ ）内は担当国

二宮 皓 比治山大学 学長（総括）
青木 麻衣子 北海道大学 准教授（オーストラリア）
新井 浅浩 城西大学 教授（イギリス）
上原 秀一 宇都宮大学 准教授（フランス）
遠藤 貴広 福井大学 准教授（アメリカ合衆国）
河合 久 国立教育政策研究所 特任フェロー
坂野 慎二 玉川大学 教授（ドイツ）
下村 智子 三重大学 准教授（カナダ）

福本 みちよ 東京学芸大学 准教授 (ニュージーランド)
 松本 麻人 文部科学省 生涯学習政策局参事官付 外国調査係 専門職 (韓国)
 渡邊 あや 津田塾大学 准教授 (フィンランド)

【国際研究班 (社会科担当) 所外委員】 () 内は担当国
 宇都宮 明子 佐賀大学 准教授 (ドイツ)

【検討班】

角屋 重樹 日本体育大学 教授 (国立教育政策研究所 客員研究員)
 吉富 芳正 明星大学 教授 (国立教育政策研究所 客員研究員)
 猿田 祐嗣 國學院大学 教授 (所外委員)
 遠山 紗矢香 静岡大学 特任助教 (所外委員)
 淵上 孝 文部科学省 初等中等教育局幼児教育課長 (フェロー)
 今村 聡子 東京大学 経営支援担当部長 (フェロー)
 佐藤 弘毅 国立教育政策研究所 教育課程研究センター研究開発部長 (平成 27 年 4 月から)
 大金 伸光 国立教育政策研究所 教育課程研究センター研究開発部長 (平成 27 年 3 月まで)
 大杉 昭英 国立教育政策研究所 初等中等教育研究部長
 銀島 文 国立教育政策研究所 教育課程研究センター 総合研究官

【事務局】 () 内は国際研究 (理科編) の担当国

佐藤 有正 国立教育政策研究所 教育課程研究センター 学力調査課長 (平成 27 年 7 月まで)
 小久保 智史 国立教育政策研究所 教育課程研究センター 学力調査課長 (平成 27 年 8 月から)
 松尾 知明 国立教育政策研究所 初等中等教育研究部 総括研究官
 白水 始 国立教育政策研究所 初等中等教育研究部 総括研究官
 福本 徹 国立教育政策研究所 生涯学習政策研究部 総括研究官
 二井 正浩 国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部 総括研究官
 西野 真由美 国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部 総括研究官
 後藤 颯一 国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部 総括研究官 (ドイツ・韓国)
 本田 史子 国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部 総括研究官 (平成 27 年 10 月から)
 松原 憲治 国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部 総括研究官 (オーストラリア・理科編全体整理)
 小田 沙織 国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部 研究員 (平成 27 年 4 月から)

(平成 28 年 3 月 1 日現在)

目 次

はしがき	i
研究組織	iii
研究の概要	2
研究のまとめ	3
諸外国の教育課程と学習活動（一覧表）	7
諸外国の教育課程と学習活動（理科編）（一覧表）	15
イギリス（イングランド）	20
ドイツ	32
アメリカ合衆国	44
カナダ	54
オーストラリア	60
シンガポール	68
韓国	74
フランス（参考資料）	82

研究の概要

本調査研究の目的は以下のとおりである。

- ①諸外国において、ナショナル・カリキュラム（NC）レベルで科学（理科）の資質・能力、及び教科固有の知識と学習活動の三つがどのように記載されているか、また、関連付けられているかについて示すこと
- ②資質・能力を育成する観点から、その関連付けについて具体的な授業実践例を紹介しながら示すこと

具体的には、我が国の理科に相当する諸外国の科学を対象とし、下記に示す項目について、各国担当の委員を中心に調査研究を実施した。

事例の科学授業については、前期中等教育段階の科学授業を基本的に対象とし、これについて入手が難しい場合は後期中等教育段階の科学授業を対象とした。

<調査項目>

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1 科学において示されている資質・能力、教科固有の知識と学習活動<ol style="list-style-type: none">(1) どのように記載されているか(2) どのように関連付けられているか2 科学において示されている資質・能力と NC で示されている資質・能力との関連<ol style="list-style-type: none">(1) 科学の「目標」と NC における資質・能力との関連(2) 他教科・他分野との関連 (STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) 教育等の扱いを含む)3 資質・能力を育成する観点から期待される科学授業の事例<ol style="list-style-type: none">(1) 特に育成しようとしている資質・能力(2) 授業の情報(3) 学習課題(4) 授業の概要 (内容)(5) 資質・能力に関連した授業の特徴(6) 特徴的な問い (発問)4 資質・能力の育成に向けた学習活動の特徴<ol style="list-style-type: none">(1) 事例の学習活動と資質・能力の育成及び内容との関連(2) 資質・能力を育成する学習活動の特徴 (我が国の理科授業と比較して) |
|--|

研究のまとめ

諸外国の教育課程と学習活動の全体像については、7 ページからの諸外国の教育課程と学習活動（一覧表）において、教育課程の特色と近年の動向、学習活動、資質・能力を育成する学習活動の展開、学習評価等の観点からまとめて示している。

以下、諸外国の教育課程と学習活動（理科編）についてまとめる。諸外国の教育課程と学習活動（理科編）の一覧表については 15 ページから示している。

研究のまとめ 1

まず、目的①に関し、諸外国のナショナル・カリキュラムレベルの科学において示されている資質・能力、教科固有の知識と学習活動の三つがどのように記載されているか、また、関連付けられているかについてまとめる。

諸外国のナショナル・カリキュラムレベルの科学において示されている資質・能力、教科固有の知識と学習活動は様々であり、各国固有の取組がある。一方、共通する点としては以下を挙げることができる。

○科学の知識、概念や中心的考えなど教科固有の知識に関連するものが示されている。

例：科学的知識と概念（イギリス）、専門知識（ドイツ）、教科固有の知識を定めた学問上の中心的考え（アメリカ合衆国）、科学の理解（オーストラリア）、知識・理解・応用（シンガポール）

これにより、教科における固有の知識を明確にしなが、学問上の中心的な内容について理解を深めることを目指していると考えられる。

○科学のスキル、プロセスや方法など科学の資質・能力に関連するものが教科固有の知識と別に記載されている。

例：科学の本質、プロセス、方法（イギリス）、思考、活動及び行為の仕方、行動の次元（ドイツ）、学習活動場面や育成する資質・能力を定めた科学と工学の実践（アメリカ合衆国）、科学の探究スキル（オーストラリア）、スキルとプロセス（シンガポール）、科学の核心力量（コンピテンシー）（韓国）

○教科横断的な学習や科学と社会との関連について示されている。これにより、科学の授業においても、教科の枠を越え、より汎用的な能力の育成を目指していると考えられる。

例：（科学的な）会話で必要となる言葉、必要な数学的事項（イギリス）、教科横断的なコンピテンシー（ドイツ）、三教科の実践の相互関連を説明（アメリカ合衆国）、人類の挑戦としての科学（オーストラリア）

○教科固有の知識について、エネルギー、物質、機能と構造、システムなどの基礎的な概念が記述されている。

例えば「基礎となる概念」(カナダ)の中では、学習したことの詳細を忘れてしまっても長く保持される、幅広く重要な理解につながる側面を「ビックアイデア」として示している。このような取組により中心的な概念について理解を深めることを目指していると考えられる。

例：基本概念(ドイツ)、分野横断的概念(アメリカ合衆国)、基礎となる概念(カナダ)、キーアイデア(オーストラリア)

○学習活動に関しては、資質・能力と教科固有の知識の関連付けが意識されている。

例：二つを常に関連付けながら学習(イギリス)、各学年の終了時で習得が期待される知識とスキルを提示(カナダ)、各内容について習得が期待されている知識、スキルと理解を提示(オーストラリア)

○学習活動に関して資質・能力と教科固有の知識に加え、教科横断的な学習や科学と社会との関連付けが意識されている場合もある。

例：三つを統合させた指導を展開(アメリカ合衆国)、全ての学習单元において「知識・理解・応用」、「スキルとプロセス」、「倫理と態度」ごとに、期待される学習成果を具体的に記載(シンガポール)

○より具体的な学習活動の方法等については、例の提示にとどめられており、強制力を持つものではない。

例：教授・学習プロセスを標準化するものではないが、より具体的に説明するための範例的な課題事例を提示(ドイツ)、「内容の詳細(*content elaborations*)」において、教師が内容をどのように教授するか、そのアプローチの一例を提示(オーストラリア)

今回取り上げた各国の科学教育では、伝統的に観察・実験などによる子供の能動的な活動が重視されてきた。上述の特色は、1980年代後半以降の全国レベルでのカリキュラムやスタンダードの導入以降に見られる特色であり、PISA2000年調査以降でとりわけ重視されてきている。このことは、*scientific literacy* から *scientific literacy-in-action* へと科学教育における目的・目標の視点が変容していることを意味している、と解釈できる(磯崎, 2014)。

注：アメリカ合衆国については「次世代科学スタンダード(NGSS)」での記述、またカナダについてはオンタリオ州の理科カリキュラムでの記述を基にしている。

文献：磯崎(2014)「理科教育における学力観の再考ー比較教育史的アプローチからの示唆ー」、『理科教育学研究』,55(1), pp. 13-26.

研究のまとめ 2

目的②に関し、諸外国における授業実践の事例から、資質・能力を育成する授業のための工夫等についてまとめる。

科学の資質・能力に関連して

- 科学を学習すること（Learning Science）にとどまらず、最終的に科学を実践すること（Doing Science）までを視野に入れながら授業を展開（イギリスでの事例）
- 生徒の主体的活動を前提に学習場面を構成し、習得済みである法則の証拠となるデータをより適切に導き出せる実験方法について仮説立てさせ、検証実験を実際に行わせて検証過程と結論をレポートさせることで、資質・能力の獲得状況を評価（アメリカ合衆国での事例）
- 探究的スキル「始めることと計画すること」については、授業の導入場面で具体的な屈折現象から、何か法則のようなものがあることを予想させること、「実行することと記録すること」については、実験の機会を与え、光路図などを作らせること、「分析と解釈」については、実験結果を集め、それを解釈させようとする機会を設定（カナダでの事例）
- 実験の計画（実験方法や器具の選択）を各班において個別に決定することで、ナショナル・カリキュラム：科学の「内容の詳細」で示された「調査に取り組む際、最も良い方法の決定を協働的に行うこと」を実践しており、このような資質・能力を育成する場面を提供（オーストラリアでの事例）

学習活動に関連して（科学教育におけるコミュニケーションを含む）

- 生徒たちが主体的に学習に取り組めるような活動的な授業のデザイン（生徒全員がミニホワイトボードに自分の考えを書き込み、教室内で他者と意見を交流することや、理由を説明させること、学習した知識を活用して、新しい解決策やアイデアを考え出させるといった授業の展開）（イギリスでの事例）
- 「コミュニケーション」については、学習者をペア、小グループ、クラス全体と柔軟に学習集団を変えることにより、生徒間のコミュニケーションと実験操作の機会を確保、また、話し合いを促進させる手法として、「プレースマット」「考えを口に出して言う」を利用（カナダでの事例）
- 「科学の探究スキル」における「コミュニケーションすること」に関しては、学際的カリキュラムにおいて複数の教科の内容や見方・考え方について意見交換や議論をする場面を用意（オーストラリアでの事例）
- グループ活動を中心とする授業により、科学的意思疎通能力を育成（韓国での事例）
- 論題に対する自分の立場を決め、自分の意見を自由に、妥当性をもって発表し討論することによって批判的思考力などの科学的思考力と科学的意思疎通能力を育成（韓国での事例）

学際的カリキュラム・教科横断・文脈等に関連して

- 科学がどのように作用するのかに関する知識・スキル・理解を重視することで、「教養的価値」としての科学の学習を超えて、一つの利用可能な知的資産としての学びの価値までを射程に入れた科学の学習を実施。そのような学習活動を通して、全ての児童・生徒が将来の科学的素養を持ち、社会参加することを視野に入れながら授業を展開（イギリスでの事例）
- 文脈（コンテキスト）を通じた学習を通して、生徒に化学を学習する意味・意義を理解しやすくし、学習意欲を喚起（ドイツの事例）
- 物理科学で学習しているニュートンの第二法則に関して生物学・地学への応用例をICTの利用で調査させる設定を導入（アメリカ合衆国での事例）
- グループでの探究活動を中心にしながら、日常生活・社会・環境との文脈を意識した前時の復習・本時で扱う基本的知識の確認・発展的課題の取組（シンガポールでの事例）
- 学際的カリキュラムによって実世界と関連させ、生徒にとって豊かで意味のある学びを提供。内容については「豊かな問い」に関連するものを厳選。更に「豊かな問い」によって、学習期間が数週間に及ぶ学際的カリキュラムの内容を関連付け（オーストラリアでの事例）
- 人間胚子研究に対して、集団によって様々な意見が存在することを理解し、人間胚子研究の発展方向を設定するための意思決定過程を通して、問題解決力と文化的理解力を育成（韓国での事例）

STEM（Science, Technology, Engineering, and Mathematics）に関連して

- 装置の設計・製作という工学的実践を基盤とした課題設定が、既習知識を活用させた理解度確認による科学的概念の理解促進と、他者との効果的な相互作用に必要な諸能力を育成（アメリカ合衆国での事例）
- 科学的な基礎概念を獲得させてから、協働学習によりコミュニケーションスキルも獲得させ、STEMの要素を含んだ身近な発展的課題について探究（シンガポールでの事例）

諸外国の教育課程と学習活動（一覧表）

次ページからの一覧表において、教育課程の特色と近年の動向、学習活動、資質・能力を育成する学習活動の展開、学習評価等の観点から、諸外国の教育課程と学習活動に関する全体像をまとめる。

国名	イギリス	フィンランド	フランス	ドイツ	カナダ
1. 教育改革の方向性	教えるべき知識を精選し明確化(英数理の重視, 他教科の簡素化)。知識に連動したスキルの育成。	汎用的コンピテンスを提示するとともに, これと教科固有の知識等を, 学年区分別に提示。	基礎学力の完全保障と道徳教育の充実を目指す。2013年教育基本法(通称ペイヨン法)により, 「共通基礎」を改訂。	インプット統制からアウトプット統制重視へ。学校終了段階に必要とされるコンピテンシーを規定する傾向。	学力の向上(中等学校修了率の上昇), アカウンタビリティ拡大, 高等教育や就労に生かせる資質・能力の育成。
2. 教育課程の特色と近年の動向					
(1) 教育課程の基準	教育省が出すナショナル・カリキュラム(NC)に法的な要請として内容(学習プログラム)が示されている。NCは2014年9月に改訂。	2014年12月に新たな「全国基礎教育教育課程基準」が公表された(2016年度より実施予定)。	幼稚園から高等学校まで, 教育課程の基準として, 「授業時間配当表」と「学習指導要領」が国民教育省令で定められている。小・中学校学習指導要領は2015年改訂。	州の合意により学校終了段階で獲得する主要教科(ドイツ語, 数学, 外国語, 理科)の共通コンピテンシーを規定。内容の規定から能力規定中心に移行中。	各州で統一のカリキュラムを導入。学区によってはその地域の特徴を生かしたカリキュラム(州教育省の認可が必要)が設定されている場合もある。
(2) 重視されている主な資質・能力	育成すべきスキルは各教科の中で提示されている。ニューメラシー・数学的スキルと言語・リテラシーが特に重視され, 諸教科の中で育成される。	七つの汎用的コンピテンス(①思考力・「学ぶことを学ぶ」力, ②文化的コンピテンス, ③自立心, ④多元的読解力, ⑤ICT, ⑥職業スキル, ⑦持続可能な未来構築)。	新「共通基礎」では, 五領域(①思考とコミュニケーションのための言語, ②学習の方法とツール, ③人格・市民教育, ④自然システムと技術システム, ⑤世界の表現と人間の活動)を重視。	州共通の教育スタンダードでは, 教科ごとに, 教科の一般的資質能力及び教科の内容関連の資質・能力とに分けて提示している。	各州において異なるが, 資質・能力に関する目標等が設定されている。
(3) 資質・能力育成をめぐる近年の動向	英語・数学・理科の基礎的スキルを重視している。	新たな全国教育課程基準の実施に向け, 地方教育課程基準の編成作業中。	2013年教育基本法(通称ペイヨン法)に基づき, 2015年3月に「共通基礎」を改訂。	OECDのコンピテンシー論の影響を受けている。	各州でカリキュラムにおける「21世紀型スキル」の検討と導入に対する議論が展開。
3. 資質・能力と学習内容の関連	過去20年来, スキルの育成を重視。今次のNCでは, スキルは各教科内容と結び付けて示された。	学年・教科別に汎用的コンピテンスを提示。汎用的コンピテンスと教科内容の関連を提示。	小・中学校の学習指導要領では, 各教科と共通基礎五領域との対応表を示している。	各教科固有のコンピテンシーを育成するとともに, 教科を超えたコンピテンシーを育成。	知識や概念の理解の一方で, 資質・能力を育むことを重視。

アメリカ	オーストラリア	ニュージーランド	シンガポール	韓国
州をまたいだ教育スタンダードに基づいた新たな評価方法の開発・普及が進められている。	国家教育指針「メルボルン宣言」に基づき、連邦・州政府が共同で教育改革を推進、育成する能力を明確化。	2010年にナショナル・スタンダードを導入。資質・能力の習得達成状況を初等教育段階の読み・書き・算数に焦点を当て評価。	「思考する学校、学ぶ国家」(1997)を目指した教育改革を推進。「少なく教え多くを学ぶ」量から質への教育の転換を図る。	実践中心の人格教育。 知識基盤社会に対応する、創造的な人材の育成。
州ごとにスタンダードを設定し、対応した学力テストを実施。教育課程については州で大枠が決められているが、具体的な詳細は学区ごとに異なる。	州政府が教育に関する権限を持つため、連邦・各州政府合意の下、「オーストラリアン・カリキュラム、評価、報告機関 (ACARA)」の主導で「オーストラリアン・カリキュラム」を順次導入中。	「ニュージーランド・カリキュラム (NZC)」(2007年改訂)が大綱として教育課程全体の「学びの方向性」と「学習指導」を提示。各学校がNZCを基に学校カリキュラムを作成。	基準となるシラバスを教育省のカリキュラム計画・開発局が策定。2010年3月に発表されたカリキュラムの枠組み (C2015) に基づき、各教科のシラバスを改訂中。	全国的な基準として、教育部長官が定める「教育課程」があり、各学校はこれに基づきカリキュラムを編成、運営。現行版は2009年公示。2015年に改訂、2017年から導入予定。
21世紀型スキルとして、①学習とイノベーションのスキル、②情報とメディアとテクノロジーのスキル、③生活とキャリアスキル	七つの汎用的能力 (リテラシー、ニューメラシー、ICT能力、創造的・批判的思考力、個人的・社会的な能力、倫理的な理解、異文化理解)。	五つのキー・コンピテンシー (思考力、言語・記号・テキストの活用能力、自己管理能力、他者と協調する能力、参加と貢献)。	育むべき四つの市民像 (自信のある個人、自律した学習者、活動的な貢献者、思いやりのある市民) と「21世紀型コンピテンシーと望まれる生徒の成果」の枠組みを提示。	目指される人間像として、「自主人」、「創造人」、「文化人」、「世界人」
CCSS (英語、数学)、NGSS (理科) が公表され、各州に採択を求める動きがある。	連邦教育省が「21世紀型スキル」とACで示される汎用的能力との関係性を検討している。	「知識を教授すること」から「学習を可能にすること」への緩やかな転換。	人格・市民性教育の導入など全人的な学習を充実。	改訂教育課程では、教科共通と教科別のキー・コンピテンシーの開発を検討中。
理科では次世代科学スタンダード (NGSS) の学問的中核観念に即して提示。	特定学年の特定の学習領域で習得される知識・理解・スキルを具体的に提示。	8 学習領域について初等中等教育段階の各レベルで習得される知識とコンピテンシーの達成目標を例示。	各教科のシラバスにおいて、教科の目標や内容と資質・能力の関連を示す。	目指される人間像は、「教育課程」の「総論」及び各教科の課程で提示されている。

国名	イギリス	フィンランド	フランス	ドイツ	カナダ
4. 学習・指導方法や学習活動の示し方					
(1) 教育課程の基準における示し方	国による学習活動や指導方法の例示はない。教師の自由に任されている。	教科別に、「学習環境及び学習アプローチ」「指導・学習の個別化・学習支援」の項目を設定。	各教科で修得すべき資質・能力や学習テーマを列挙し、対応した学習方法・学習活動を示す。	州の学習指導要領で指導方法について記述している州もある。	教育課程の基準では明示されていない。
(2) 主にどこで示されているか	GCSE 試験（16 歳時）を実施する各試験団体が、各教科の試験に対応した学習活動例をウェブサイトを提供。	教育課程基準に全体的な方針を提示。具体的な事柄は原則として、学校及び各教員に任されている。	学習指導要領。	州文部省や州教育研究所、大学等。特定の方法ではなく、複数を推奨。	州教育省によって設置されたオンラインライブラリー等によるリソースの提供。
(3) 普及や支援方策	国による支援は特になく、各教科専門団体、教科書・教材会社、試験団体が実施。	国が補助して研究を実施。教員団体や大学、コンサルタント等が各種研修を実施。	国民教育省の視学制度によって普及や支援が行われている。	州教育研究所等が資料を作成し、書籍、パンフレット、HP 等で普及・公開している。近年は研修も強化。	州教育省が効果的な学習方法に関する啓発資料を発行。指導方法、実践例等の資料をオンラインで提供。
5. 資質・能力を育成する学習活動の展開					
(1) 特徴的な取組や新たな方向性	宗教教育、シテイズンシップ教育、PSHE（人格・社会性・健康・経済）教育などでは、思考力などスキルを重視した授業を展開。	個に応じた学習と協同的な学習双方を推進。改訂版教育課程基準では、「教科横断的テーマ」が各教科内容に埋め込まれている。	各教科の学習指導要領で、育成すべき資質・能力に対応した学習活動を展開するよう定められている。	対面型一斉教授からの脱却。個人に対応した授業を推奨。週単位での学習計画による学習の個別化、プロジェクト方式の学習等の展開。	教科横断的カリキュラムを通じた資質・能力の育成。
(2) 資質・能力の育成に向けた授業改善として重視している学習活動	初等学校では教科横断的トピック学習が多く、活動的学習が取り入れられている。	能動的・自律的学修を推奨。トピック（テーマ）学習、演劇教育など、特に中等教育で特徴的な実践が普及。	教科横断的な学習や調べ学習が推奨されている。	能動的で、個人的、共同的な学びを推奨。多様な学習集団に対応した内的多様化及び主体的な参加を重視。	探求型学習の推進。

アメリカ	オーストラリア	ニュージーランド	シンガポール	韓 国
特定の学習方法がスタンダードに示されることはない。	教育課程の実施は各州及び学校の責任とされるため言及はない。	「効果的な教授活動の在り方」として、協働学習やICT活用など教師に求める工夫を具体的に明示。	教科別に推奨される学習活動を例示。	教育課程の各教科編において、「教授・学習方法」として、活動方法、指導方法などが示されている。
国ないしは州のレベルで特定の指導方法や学習活動が示されることは原則なされていない。	各州カリキュラム及び各学校のカリキュラム、指導計画等。	各学校の指針となるニュージーランド・カリキュラム。	シラバス、教師用指導資料、指導書で様々な指導方法やその背景となる学習理論を解説。インターネット配信も行う。	「教育課程」及び各広域自治体がそれに基づいて作成する教育課程編成・運営指針。
国ないしは州のレベルで特定の指導方法や学習活動を普及させることは原則なされていない。	連邦・州教育大臣所有の非営利教材開発団体が教材等を集めたウェブサイトを経営。各州教育省も同種のサイトを運営。	全国規模で現代的学習環境としてのオンラインサービスが充実。国ないし関連団体がICTを活用した多様な学習ツールや評価ツールを提供。	国立教育研究所や教育省による研修やワークショップ。教育省は各学校の校内研修に講師を派遣。オンラインで学校・教師対象の資料提供も行う。	国や地方、委託を受けた民間業者などがオン・オフラインの研修を実施。政府外郭団体は、学習資料や優秀事例をオンラインで提供。
履修時間によらず、能力の習得状況によって単位認定を行うところもあるが、数は少ない。	「個に応じた学習」を推進、IB等特別カリキュラムはACARAが示す基準・手続に従い認証。	e-Learning やソーシャルネットワークを活用したバーチャル学習ネットワーク(VLN)が普及。	1997年以降、一貫して、思考力育成を重視、探究型の授業の推進・定着を図る。	2009年より小・中・高校で「創造的な体験活動」の時間を導入。
パフォーマンス課題による評価を設定して主体的・協働的な探究学習を促す動き。	より一層児童生徒の興味・関心に即した教育の提供を示唆(グループ活動取り出し授業等)。	「児童生徒一人ひとりの学習達成度に応じた学習内容の提供」を前提に個による活動とグループ活動を効果的に併用。	探究型授業や多様な関わりのある双方向的学習を全教科で推進。教師にはファシリテーション・スキルの育成を求めている。	中学校で進路探索活動など各種体験活動など各種体験活動。教科では、討論や課題解決学習を中心に行う「自由学期制度」を実験中。

国名	イギリス	フィンランド	フランス	ドイツ	カナダ
6. 学習評価					
(1) 基準等における示し方	全国統一試験の回数を減らすなど総括的評価を減らし、形成的評価を重視する方向にある。	評価全体の枠組み、方針を総則に明示。教科・学年区分ごとの内容に到達目標（評価規準）の項目を設定。	学習指導要領において、各学習期の終了時に到達すべき水準が示されている。	一般に各州文部省の規則で規定している。各学年の教科の評定は絶対評価で6段階。	各教科・各学年の目標の達成度やパフォーマンスの達成度によって評価。
(2) 資質・能力に関する評価	形成的評価を重視し、「何ができるか」を含め子供の学習の到達に関する実際の姿を描き出そうとしている。	到達目標（評価規準）に基づく評価を実施。国の全国学力調査では、「学び方を学ぶ」力も測定する。	国民教育省が共通基礎に準拠した通知表の様式を定めている。	求めるコンピテンシーの到達度とそれ以外の能力等の状況について記述評価。学習開発型の記述を推奨。	各教科の達成度を示す「カリキュラム達成度」と、「学習スキル」の達成度によって個別の成績を記録。
7. 教育課程の編成や評価・改善					
(1) 各学校における取組状況	2012年より各学校は教科ごとの学校カリキュラムをウェブ上で公表することが義務付けられた。	国レベルー地方レベルー学校レベルで作成することができるとされるが、学校レベルについては、作成を求めている自治体は少ない。	各学校は、国の教育課程基準に従って教育課程を編成する。	学校の自主性を重視する傾向がある。しかし、学校独自カリキュラムの開発は余り進んでいない。	州統一テストの結果に基づき、教科内容の習得状況が確認・評価され、カリキュラムの改善が行われている。
(2) 国や自治体による評価と支援	各学校は、独立政府機関の教育水準局 (OFSTED) による学校監査により教育内容や指導の質、学習成果などの評価を受け、結果は公表される。学校監査は各学校の改善を目的に含む。	自治体により対応は異なる。国は、地方教育課程基準の編成のためにオンライン版の支援ツールを開発・提供している。	公立学校の教育内容に関する予算は、国民教育省が出先機関を通じて負担している。この予算の執行状況と効果は、毎年、点検評価される。	学校の自己評価や外部評価を通じて、カリキュラム・マネジメントを促進している。学校管理職等への研修を提供している。	オンタリオ州の場合、政府から独立した機関である「教育における質とアカウンタビリティに関するオフィス (EQAO)」が州統一試験等の評価・分析を行っている。

アメリカ	オーストラリア	ニュージーランド	シンガポール	韓国
州教育省の Web サイトにおいて、州スタンダードに対応する評価の内容・方法が示されている。	「内容」は5段階の到達スタンダードで明示。汎用的能力について、各州が評価の内容・方法を検討・提示。	NZC に学習評価に対する基本的考え方を提示。学習評価に特化したサイトで基礎知識や評価ツール、事例、関連サイトを提示	各教科の「教育課程」において、「評価」の項目が設けられており、評価内容や方法について示されている。	各教科のシラバスで評価の観点を示し、評価方法を例示。
英語と数学で共通コア州スタンダードに対応した PARCC ないしは SBAC を導入することが連邦政府からの予算措置によって促されている。	リテラシー、ニューメラシーは悉皆 <small>しつがい</small> の全国調査 (NAPLAN) で評価。ICT リテラシーは抽出調査にて評価。	①教員による多面的な評価に関する啓発を展開。②ICT を活用した多様な評価ツールの開発・提供。③NZ 教育研究所による評価ツールの開発。	「評価」の項目において、資質・能力に関する項目は特に明示されていない。	21 世紀型能力は、知識・スキル・価値で構成される。知識とスキルは評価基準に基づき評価。価値に関しては記述による評価も実施。
学校ないしは教員ごとに州統一学力テスト結果が公表され、その点数の伸びで学校評価・教員評価が行われる動き。	実施状況や成果は各州教育省へ報告。	各学校に PDCA サイクルを徹底させるねらいで、「学校計画と報告に関する枠組み」を導入。	学校主体のカリキュラム開発を推奨。各教科の学習内容に一定割合で学校裁量を認めている。各学校は毎年活動報告を教育省に提出。	学校自己評価の実施。教育課程の運営や教授・学習方法、教育活動及び教育成果などを評価する。評価結果は公開。
連邦政府の予算誘導により、全ての州で上記の取組を求める動き。	ACARA は各州教育省からの報告を基にカリキュラム改善。NAPLAN の結果は「わたしの学校ウェブサイト (My School Website)」で公表。	①教育機関評価局第三者評価。②NZ 資格審査機関による中等学校カリキュラムの評価・認定。③教育省による学力向上支援プログラムの提供。④学校群ごとの学力向上に向けた学校支援。	各学校への評価は、評価機関により数年おきに実施されている。一回の評価において、2 週間の学校訪問が実施される。教育省は、校内研修で各学校の実態に応じたカリキュラム開発を支援する。	地方教育行政機関は、国が定める基本的な計画に基づき、学校評価を実施する。評価結果は、学校改善や財政支援事業の参考資料として活用される。

諸外国の教育課程と学習活動（理科編）（一覧表）

次ページからの一覧表では、表1として諸外国のナショナル・カリキュラムレベルの科学カリキュラム等に示されている教科固有の知識に関連する記述、科学の資質・能力に関連する記述、資質・能力と教科固有の知識の関連付けについての記述、教科横断的な学習や科学と社会の関連に関する記述をまとめる。

表2として、諸外国の科学カリキュラム等において示されている資質・能力についてその詳細を示す。

表1 諸外国の科学カリキュラム等において示されている資質・能力，教科固有の知識と学習活動

国	イギリス (イングランド) (義務教育段階：ナショナル・カリキュラム，後期中等教育段階：GCE・Aレベル)	ドイツ (初等教育段階：GDSU 版スタンダード，前期中等教育段階：KMK 教育スタンダード，後期中等教育段階：EPA)	米国 (次世代科学スタンダード (NGSS))
教科固有の知識に関連する記述 (科学的知識，概念，考えなど)	初等・前期中等教育段階 科学的知識と概念理解 後期中等教育段階 知識・理解	初等教育段階 概念／テーマ領域 前期中等教育段階 内容の次元：専門知識 後期中等教育段階 内容の次元：専門知識	教科固有の知識を定めた学問上の中心的考え (DCIs)
科学の資質・能力に関連する記述 (スキル，プロセスや方法など)	初等教育段階 科学の本質，プロセス，方法 (科学的取組) 中等教育段階 科学的取組	初等教育段階 思考，活動及び行為の仕方 前期中等教育段階 行動の次元：認識獲得，コミュニケーション，評価 後期中等教育段階 行動の次元：専門の方法，コミュニケーション，省察	学習活動場面や育成する資質・能力を定めた科学と工学の実践 (SEPs)
資質・能力と教科固有の知識の関連付けについての記述 (学習活動に向けて)	初等・前期中等教育段階 学習プログラムは「科学的取組」と「生物・化学・物理の教科内容 (Subject content)」の二つに区分されるが，これらは常に関連付けながら学習	初等・前期中等教育段階 スタンダードは学校の教授・学習プロセスを標準化するものではなく，学習活動を明確に規定してはいないが，より具体的に説明するための範例的な課題事例を提示	各学習トピックは到達目標にあたるパフォーマンス期待値 (PEs) を複数設け，一つの PE について対応した SEPs・CCs・DCIs の学習目標セットが NGSS に示され，三つを整合させた指導を展開
教科横断的な学習や科学と社会の関連に関する記述	初等・前期中等教育段階 (科学的な) 会話で必要となる言葉 後期中等教育段階 必要な数学的事項	教科横断的なコンピテンシー (事象，方法，自己，社会など)	国語 (ELA) ・数学・科学の各実践の相互関連を説明 (主に批判的思考・問題解決・分析能力に焦点をあてている)

<p>カナダ (オンタリオ州の 理科カリキュラム)</p>	<p>オーストラリア (ナショナル・カリキュラム)</p>	<p>シンガポール (ナショナル・カリキュラム)</p>	<p>韓国 (ナショナル・カリキュラム)</p>
<p>科学と技術の基本概念を理解する。 (理科カリキュラムにおける目的)</p>	<p>科学の理解 事実, 概念, 原理, 法則, 理論やモデルなど</p>	<p>知識・理解・応用</p>	<p>核心概念を理解する。</p>
<p>科学的探究と技術的問題解決に必要とされるスキル, 方策, 気質 (Habits of Mind) を身に付ける。 (理科カリキュラムにおける目的)</p>	<p>科学の探究スキル</p>	<p>スキルとプロセス (プロセスは幾つかのスキルの利用が必要とされる複雑な操作)</p>	<p>科学の核心力量(コンピテンシー)</p>
<p>「全体的な期待」において各学年の終了時に生徒に習得させることが期待される知識とスキルを示す。 「具体的な期待」で期待される知識とスキルをより詳細に提示</p>	<p>「内容の記述」において児童生徒が学ぶことが期待されている知識, スキルと理解を示す。 「内容の詳細」で内容をどのように教授するか, そのアプローチについて一例を提示</p>	<p>全ての学習単元において, 「知識・理解・応用」, 「スキルとプロセス」, 「倫理と態度」ごとに, 期待される学習成果を具体的に記載</p>	<p>学習単元で, 重視すべき核心概念を明示し, 対応した機能と核心力量 (コンピテンシー) を関連</p>
<p>科学と技術を社会と環境に関連付ける。 (理科カリキュラムにおける目的)</p>	<p>人類の挑戦としての科学 ・自然と科学の発展 ・科学の利用と影響</p>	<p>倫理と態度 好奇心, 創造性, 客観性, 誠実さ, オープンマインド, 忍耐力, 責任 (生命倫理, 環境倫理)</p>	<p>科学的参与, 生涯学習能力 (科学科)</p>

表2 諸外国の科学カリキュラム等において示されている資質・能力【詳細版】

国	イギリス (イングランド) (義務教育段階：ナショナル・カリキュラム，後期中等教育段階：GCE・Aレベル)	ドイツ (前期中等教育段階：KMK 教育スタンダード)	米国 (次世代科学スタンダード (NGSS))
<p>【詳細版】 科学の資質・能力に関連するもの（スキル、プロセスや方法など）</p>	<p>科学的取組</p> <p>初等・前期中等教育段階 科学的な疑問に答えるための様々なアプローチの仕方</p> <p>具体的な項目 (KS3)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・科学的態度 ・実験スキルや調査 ・分析や評価 ・測定 <p>具体的な項目 (KS4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・科学的思考を発展させること ・実験スキルや方策 ・分析や評価 ・語彙，単位，記号，命名法 <p>後期中等教育段階 授業や学習を通して育成される実践的スキル</p> <p>具体的な項目 (GCE・Aレベル)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・個人で考えること ・科学的方法を用い，応用し，実践すること ・実践の文脈において，数学的基礎能力と数学的概念を応用すること ・調査や論及 ・実験器具や装置 	<p>行動の次元：認識獲得，コミュニケーション，評価</p> <p>認識獲得（物，化）： 実験的方法や他の探究方法，並びにモデルを利用する。</p> <p>認識獲得（生）： 観察，比較，実験及びモデルを利用し，活動技術を用いる。</p> <p>コミュニケーション： 事実在即し，かつ専門的に情報を解釈し，交換する。</p> <p>評価： 様々な文脈において，（物理・化学・生物に関する）状況を認識し，評価する。</p>	<p>学習活動場面や育成する資質・能力を定めた科学と工学の実践(SEPs)</p> <p>科学の探究(Inquiry)の様式として</p> <ul style="list-style-type: none"> ・問い・問題の提起， ・調査の計画・実施， ・データの分析・解釈， ・モデルの開発・使用， ・説明構成/解決法デザイン <p>加えて，</p> <ul style="list-style-type: none"> ・証拠に基づく議論の導入， ・数学と計算思考の使用， ・情報の獲得・評価・伝達 <p>の計8段階</p>

<p>カナダ (オンタリオ州の 理科カリキュラム)</p>	<p>オーストラリア (ナショナル・カリキュラム)</p>	<p>シンガポール (ナショナル・カリキュラム)</p>	<p>韓国 (ナショナル・カリキュラム)</p>
<p>科学的探究と技術的問題解決のためのスキル連続体 (第1-8学年)</p> <p>スキルの3領域</p> <ul style="list-style-type: none"> 科学的探究 (実験) スキル 科学的探究 (研究) スキル 技術的問題解決スキル <p>領域別に示される連続体 (continuum) では、スキルは探究や問題解決の過程に則って次の4段階で記載</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 始めることと計画 (例: 問いを立てる, 問題を明らかにする, 手順を計画する。) 2. 実行と記録 (例: 手順に従う, 情報にアクセスする, 観察や結果を記録する。) 3. 分析と解釈 (例: データを整理する, 実行したことの効果を振り返る, 結果を導く。) 4. コミュニケーション (例: 適切な語彙を使う, 様々な方法で見つけ出したことを伝え合う。) 	<p>科学の探究スキル</p> <ul style="list-style-type: none"> ・質問することと予想すること ・計画することと実施すること ・データと情報を処理することと分析すること ・評価すること ・コミュニケーションすること 	<p>スキルとプロセス</p> <p>スキル</p> <ul style="list-style-type: none"> ・問いの生成 ・観察 ・比較 ・コミュニケーション等 <p>初等教育段階で11, 中等教育段階で14のスキル</p> <p>プロセス</p> <p>初等教育段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・創造的な問題解決 ・意思決定 ・探究活動 <p>前期中等教育段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・創造的な問題解決 ・意思決定 ・探究活動の計画 	<p>科学の核心力量 (コンピテンシー)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・科学的思考力 ・科学的探究能力 ・科学的問題解決力 ・科学的意思疎通能力 ・科学的参与と生涯学習能力 <p>の五つの能力</p>

イギリス（イングランド）

1 科学において示されている資質・能力，教科固有の知識と学習活動

1988年教育改革法によって導入されたナショナル・カリキュラム（National Curriculum）は、5歳から16歳までの義務教育段階において、児童・生徒が学習する内容が示されている。義務教育修了時には中等教育修了一般資格 GCSE（General Certificate of Secondary Education）を全員が受験し、大学進学を予定している場合は16歳から18歳までの後期中等教育段階 GCE・A レベル（General Certificate of Education Advanced Level）において資格試験を受験する。これらの二つの資格は、大学に進学する際に最も基本となる資格である。

（1）どのように記載されているか

【義務教育段階（ナショナル・カリキュラム）】

ナショナル・カリキュラムでは、教養ある市民になるために必要となる本質的な知識を提供することが目標において明記されている。それらは、四つの学年区分（キー・ステージ：KS）に分けられた12教科の中で具体的に示されている。

総則において、明示的に「資質」や「能力」として示されているのは、「数学的基礎能力と数学（Numeracy and mathematics）」と「言語とリテラシー（Language and literacy）」の二つである。これらは、ナショナル・カリキュラム全体を成功に導くための前提条件あるいは必要不可欠な基盤として位置付けられている。

初等教育段階（KS1,2）では、「科学的知識と概念理解（Scientific knowledge and conceptual understanding）」「科学の本質，プロセス，方法（The nature, processes and methods of science）」「（科学的な）会話で必要となる言葉（Spoken language）」の三項目、前期中等教育段階（KS3,4）では「科学的知識と概念理解（Scientific knowledge and conceptual understanding）」「（科学的な）会話で必要となる言葉（Spoken language）」の二項目が記載されている。

「科学的知識と概念理解」は、学習プログラムでその配列が記載されており、次のステージに進む（真正なる前進の）ためにも、不安定で表面上の理解ではなく、知識や概念の確実な理解が強く求められている。また、専門用語の正しい使用や数学的知識の応用、科学の社会的・経済的影響についても言及されている。

「科学の本質，プロセス，方法」は、KS1 から KS4 の各段階における「科学的取組（Working scientifically）」で示されており、別の項目としてではなく、科学的探究の重要部分に焦点を当てながら生物、化学、物理の内容に組み込んで教えることが求められている。そのことにより、生徒たちは関連のある科学的な疑問に答えるための様々なアプローチの仕方を学ぶ。一旦、生徒たちが実験計画などの高度な議論に従事するための十分な科学的理解を構築すれば、KS3,4 での「科学的取組」はより一層発展するであろうと記載されている。この「科学的取組」は、KS3 から具体的な項目が挙げられている。KS3 では「科学的態度」「実験スキルや調査」「分析や評価」「測定」といった項目が示されており、KS4 では「科学的思考を發展させること」「実験スキルや方策」「分析や評価」「語彙，単位，記号，命名法」といった項目が示されている。

「(科学的な) 会話で必要となる言葉」は、ナショナル・カリキュラム全体を通じた生徒の認知的・社会的・語学的な発達の中での重要性が示されている。科学において、生徒が聞いたり話したりする言語の質や多様性は、科学用語の語彙を増やし、科学的概念を明確に表現するための重要な要素となることが明記されている。

【後期中等教育段階(GCE・A レベル)】

後期中等教育段階 (GCE・A レベル) では、「知識・理解(knowledge and understanding)」 「科学的取組」「必要な数学的事項(mathematical requirements)」の三項目が記載されている。

「知識・理解」は、各詳述書 (specification) において約 60%を占めるものである。生物学では、植物学、動物学、微生物学を適切なバランスで、科学の発展に関するあらゆる側面において持続可能性が関連していることを正しく認識することが求められている。化学では、科学の発展に関するあらゆる側面において持続可能性が関連していることを正しく認識することが求められている。物理学では、数学的計算と記述説明の適切なバランスの下で、実践的スキルを育成することが求められている。

「科学的取組」は、授業や学習を通して育成される実践的スキルのことであり、観察・実験により直接評価できるものと、記述試験により間接的に評価できるものとに区分される。また、生物学・化学・物理学における実験器具や装置の使用や技術も含まれる。具体的には「個人で考えること」「科学的方法を用い、応用し、実践すること」「実践の文脈において、数学的基礎能力と数学的概念を応用すること」「調査や論及」「実験器具や装置」といった項目における実践的スキルが挙げられている。教育省 (Department for Education) のガイドラインでは、少なくとも 12 以上の実践的活動を通して、生物学・化学・物理学を学習するように示されている。

「必要な数学的事項」は、生物学・化学・物理学を学習する際に必要とされる数学的スキルであり、生物学・化学・物理学の資格試験では、それぞれ少なくとも 10%, 20%, 40% の比重で数学的スキルが課せられる。

(2) どのように関連付けられているか

【義務教育段階 (ナショナル・カリキュラム)】

「科学的知識と概念理解」は、学習プログラムにおいて、その配列が記載されており、「科学の本質、プロセス、方法」は、学習プログラムの中の‘科学的取組’で特に示されている。また、科学の学習全体を通して「(科学的な) 会話で必要となる言葉」の重要性が明記されている。学習プログラムは‘科学的取組’といわゆる‘生物・化学・物理の教科内容 (Subject content)’の大きく二つに区分されるが、これらは常に関連付けながら学習していくことが求められている。また、これらの学習活動において、教師は生徒が自分の考えを他者に明確に表現できるようになり、議論を行うことで生徒自身の誤概念を探り修正しながら確実な基礎を構築していきけるように支援することが求められている。

これらをまとめると、上記の三つの「資質・能力」は以下のように関連付けられる。

生徒たちは、「科学の本質、プロセス、方法」が組み込まれた「科学的知識と概念理解」を習得し、科学の学習活動全体において「(科学的な) 会話で必要となる言葉」が育成される。
--

【後期中等教育段階(GCE・A レベル)】

後期中等教育段階 (GCE・A レベル) は、学校が課程修了証を出すのではなく、外部資格試験を受験し GCE・A レベルを取得するのが一般的である。GCE・A レベル資格の評価目標 (Assessment Objectives: AO) では、「AO1:科学的な考えやプロセス, 技術や手続に関する知識・理解の論証」「AO2:科学的な考えやプロセス, 技術や手続に関する知識・理解の応用」「AO3: (諸問題と関連する科学的な情報や考え, 証拠についての分析・解釈・評価)」の三項目が記載されている。この中でも、特に AO2 のウエートが一番大きく、理論的・実践的文脈や量的・質的データの処理における知識・理解の応用を重視している。

これらをまとめると、上記の三つの「資質・能力」は以下のように関連付けることができる。

生徒たちは、生物学・化学・物理学の「科学的取組」を通して「知識・理解」を習得し、科学の実践的活動において「必要な数学的事項」が育成される。

表 1 ナショナル・カリキュラム科学に示された資質・能力と学習活動

	学習目的	目標	各 KS の序文 (学習プログラム)
初等教育段階	<ul style="list-style-type: none"> ・科学に関する知識, 方法, プロセス, 応用の本質的な側面の学習 ・基礎的な知識・概念の構築 ・児童・生徒は合理的に説明できる力の認識や, 自然現象に関する高揚感や好奇心の発達が促される。また, 何が起きているのか説明したり, 物事がどのように作用するのか予想したり, 原因を分析するのに, 科学が有用であることの理解が促進される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・生物学, 化学, 物理学の特有分野を通して, 科学的知識と概念理解を育成する。 ・生徒を取り巻く世界の科学的な疑問を解決する様々な科学的探究活動を通して, 科学の本質, プロセス, 方法に関する理解を育成する。 ・現在から将来にかけて科学の利用や影響を理解するために必要となる科学的知識を身に付けさせる。 	KS1 体験することや現象を観察することを通して, 身の回りの自然や人工的な世界をより注意深く捉える。
			Lower KS2 身の回りの世界に対する科学的な見方を広げる。
			Upper KS2 幅広い一連の科学的な考えに対する理解をより深める。
前期中等教育段階			KS3 生物学, 化学, 物理学の教科分野における一連の科学的な考えに対する理解をより深める。
			KS4 科学的知識を構築し, 深めていくプロセスや, これまで生物学, 化学, 物理学の教科分野で育成された考え方に対する理解を継続する。

出典 : Department for Education (2013) *The national curriculum in England: Key stages 1 and 2 framework document*.

(https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/425601/PRIMARY_national_curriculum.pdf) (2015 年 6 月閲覧)

Department for Education (2014) *The national curriculum in England: Key stages 3 and 4 framework document*. (https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/381754/SECONDARY_national_curriculum.pdf) (2015 年 6 月閲覧)

表2 GCE・A レベル科学に示された資質・能力と学習活動

	目的・目標	教科内容
後期中等教育段階	<ul style="list-style-type: none"> ・教科の異なる領域における必要な知識・理解、またそれらの相互の関連を育成する。 ・科学的方法のスキルや知識、理解について、正確かつ深く理解し実践できるよう育成する。 ・様々な実践的・数学的・問題解決的スキルに関する能力や自信を育成する。 ・教科に対する関心・意欲を育成し、更なる学習や教科に関連する職業についての興味を高める。 ・科学的問題について社会がどのように意思決定を行うか、また、経済・社会の発展のために科学はどのように貢献できるかについて理解させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・AS・A レベルの詳述書では、以下の構成が義務付けられている。 <u>約60%</u>：科学的取組（Working scientifically）と必要な数学的事項（mathematical requirements）を含めたスキル・知識・理解 <u>上記以外</u>：科学の利用や影響、科学的な考え方の応用に関する進んだ議論や、異なる領域の学習の導入 ・AS・A レベルの詳述書では、現代的なものなど多様な文脈（コンテキスト）を盛り込むことが求められている。 ・<u>詳述書（specification）</u>：各試験委員会（資格付与団体）が発行している、学習内容や試験の出題範囲、評価目標や配点などを詳細に明記したもの。

出典：Department for Education (2014) *GCE AS and A level subject content for biology, chemistry, physics and psychology*. (https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/303026/A_level_science_subject_content-.pdf) (2015年6月閲覧)

2 科学において示されている資質・能力とナショナル・カリキュラムで示されている資質・能力との関連^{注1)}

(1) 科学の「目標」とナショナル・カリキュラムで示されている資質・能力との関連

ナショナル・カリキュラム科学の目標では、大きく「科学的知識と概念理解」「科学の本質、プロセス、方法」「(科学の) 利用や影響」の三つに焦点が当てられている。ナショナル・カリキュラムの総則において、「数学的基礎能力と数学」と「言語とリテラシー」の大きく二つの資質・能力が挙げられているが、「数学的基礎能力と数学」では関連する全ての教科を利用すること、「言語とリテラシー」では数学や科学の正確な専門用語のような、それ自体がその科目の内容を決定付けるような言語を生徒に教授することが重要であると明示されている。

このように、ナショナル・カリキュラムで示されているこれらの資質・能力は、教科の視点で解釈した位置付けとして、科学の「目標」の中の「科学的知識と概念理解」「科学の本質、プロセス、方法」において色濃く反映されている。

(2) 科学の「各KSの序文(学習プログラム)」とナショナル・カリキュラムで示されている資質・能力との関連

ナショナル・カリキュラムの総則で示されている「言語とリテラシー(Language and literacy)」との関連は、KS1において、児童の読み書きの言語知識が増えていくのと同調して、科学用語の読み書きができることが求められている。また、KS2前期では成長して

いく読み書きの言語知識を使って、科学用語を正確に自信を持って読み書きできるように示されており、KS2 後期では科学用語の正確な読み書きに加えて、発音までできるように示されている。さらに、KS3 では科学的命名体系や単位、数式を含めた科学用語の使用を育成すべきであると記載されている。

また、「数学的基礎能力と数学」との関連は、KS1～3 の序文において特に示されていないが、KS4 においては、必要とされる関連のある数学的スキルは数学の学習プログラムでカバーされており、科学の文脈でも組み込まれるべきであると示されている。この後の A レベルにおいても、「必要な数学的事項」という項目が位置付けられており、試験にも一定量を取り入れることが義務付けられている。

したがって、前半の教育段階（KS1～3）において「言語とリテラシー」の資質・能力を中心に育成し、後半（KS4, A レベル）では「数学的基礎能力と数学」の資質・能力を中心に育成している。

3 資質・能力を育成する観点から期待される科学授業の事例

※上述した新ナショナル・カリキュラムは2014年9月からKSや教科ごとに段階的に実施されており、現在は移行期間中である。さらに、KS4 科学については、2016年9月より年次進行で実施される。したがって、以下に示す授業事例は従前のナショナル・カリキュラムに基づくものである。

事例 1（前期中等教育段階）

(1) この授業で特に育成しようとしている資質・能力

- ・プラスチックを事例とした「持続可能性」の重要性に関する理解
- ・プラスチックが持続可能でない理由を説明する表現スキル
- ・学習した知識を活用して、プラスチックの利用をより持続可能にするための新しい解決策やアイデアを生み出す力

参考：Science Programme of study for KS3 and attainment targets: The National Curriculum 2007 (Extract)では、以下の関連する記述がある。

このカリキュラムでは、科学や技術が発展する中で、「持続可能性」の重要性を認識するような機会を生徒たちに提供すべきである。

(2) 授業の情報

学校名：Rossett School (Green Lane, Harrogate, HG2 9JP)

観察日：2013年12月5日 時限：Period 3 (11:25-12:25) 授業者：Mrs.H.C.

単元名：プラスチック（持続可能性） 学年：KS3(Year8) 生徒数：28名

活動の形態：他者との情報共有・意見交流、個人での思考・表現

観察者：野添 生

(3) 学習課題

授業の導入後に、以下の学習の成果‘Learning Outcomes’が教師から生徒たちに提示された。

- ・ 「持続可能」という言葉の意味を述べることができる。(易)
- ・ 現在使用されているプラスチックは、なぜ持続可能ではないのか説明することができる。(やや難)
- ・ 現在のプラスチックの利用を、より持続可能なものにする方法を考え出すために、学習した知識を活用することができる。(難)

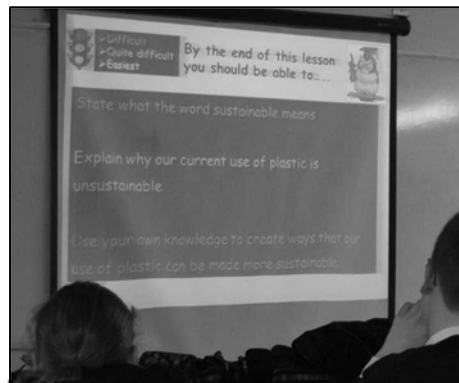


写真1 ‘Learning Outcomes’の提示

(4) 授業の概要 (内容)

始めの導入段階において、生徒たちは、プラスチックを含む身の回りのものをミニホワイトボードに書き込み、各自が書いたリストを持ち歩き、他の生徒たちと共有する活動を行った。教師から「もしプラスチックがなかったら、どのような生活になるか？」について簡単な説明を受けた後、実際にプラスチックを含む生徒たちの所有物を教室の一面に集め、自分たちの身の回りにどれだけ多くのプラスチックを含む製品があるかについて実感を伴って理解した(約10分間)。隣の生徒間で「持続可能」という言葉の意味を話し合い、教師から「持続可能」の言葉の定義が与えられた後、上述した本時の学習の成果を確認した(約10分間)。その後、石油・天然ガスという原料からプラスチック製造されるビデオを視聴し、図1に示すワークシート

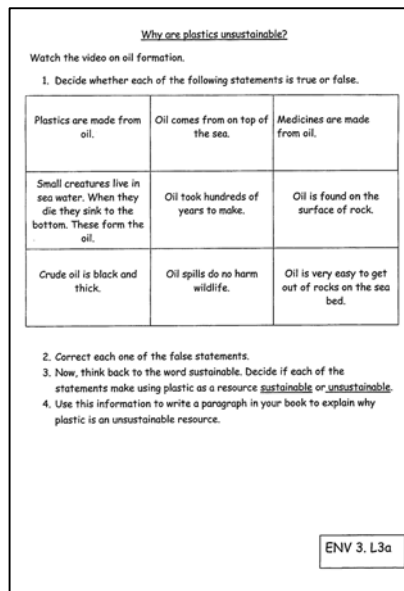


図1 ワークシート

に沿って科学的知識や理解を深め、最終的に、プラスチックは持続可能であるか否かについて意思決定を行った。その後、数人の生徒が持続可能でない説明(理由)を発表した(約30分間)。石油由来のプラスチックは、廃棄後に環境中で分解することができず、土中、海洋等での廃棄物汚染につながるため、持続可能でないことを確認したことを踏まえて、現在のプラスチックの利用を、より持続可能なものにする方法について、個人でできる限り多くのアイデアを考えさせた後、数人の生徒が全体に自分の考えを発表させる学習活動を行った。その際、教師は、学習した知識を活用して思いついたアイデアを、正答にとらわれずに自由に書くよう呼びかけていた。「成績が上位層の生徒は五つ、それ以外の生徒は三つ、下位層の生徒は二つ以上のアイデアを考え出すこと」という異なる具体的目標を設定し、さらに、なかなかアイデアが思いつかない生徒のために、ヒントを教卓に用意し、必要な生徒は個々に自由に見に行くという形式をとっていた(約10分間)。最後に、個々

の生徒たちのレベルに合わせた宿題（石炭と持続可能に関する内容）が提示され、教師から次時についての説明があった。

(5) 特に育成しようとしている資質・能力に関連した授業の特徴

サステナビリティの重要性を、プラスチックの事例というアプローチから生徒たちに理解させている。実験や観察のない講義形式の授業であるが、全体を通して、生徒たちが主体的に学習に取り組めるように活動的な授業がデザインされている。具体的には、生徒全員がミニホワイトボードに自分の考えを書き込み、教室内で他者と意見を交流することや、プラスチックが持続可能でない理由を説明させること、学習した知識を活用して、プラスチックの利用をより持続可能にするための新しい解決策やアイデアを考え出させるといった（実験・観察を伴わない）アクティブ・ラーニングを取り入れた授業を展開している。教師が準備したレッスン・プランでは、終末段階の学習活動（プラスチックの利用をより持続可能にするための新しい解決策やアイデアを考え出す学習活動）を‘Demonstrate Understanding’と記載しており、科学を学習すること（Learning Science）にとどまらず、最終的に科学を実践すること（Doing Science）までを視野に入れながら授業が展開されている点が先進的である。

(6) 特徴的な問い（発問）

【授業のまとめの段階】

プラスチックの利用をより持続可能にしていくための方法（アイデア）を、これまで学習した知識を活用して考え出してください。

事例2（後期中等教育段階）

(1) この授業で特に育成しようとしている資質・能力

- ・発熱反応と吸熱反応を事例とした化学反応におけるエネルギー変化の理解
- ・化学実験を行い結果・考察をまとめる実践的な探究スキル
- ・過去の化学工場爆発事故を事例として、科学の有用性とリスクの相互作用について検討する力

参考：Science Programme of study for KS4: The National Curriculum 2007 (Extract)では、以下の関連する記述がある。

科学がどのように作用するのか (How Science Works: HSW) の科学の応用と影響という項目の中で、「生徒たちは、現代の科学・技術開発の利用や有用性ととも欠点やリスクを教えられるべきである」と記載されている。

(2) 授業の情報

学校名：Titus Salt School (Higher Coach Road, Baildon, West Yorkshire, BD17 5RH)

観察日：2013年12月4日 時限：Period 5 (14:00-15:00) 授業者：Mr.J.S.

単元名：化学反応におけるエネルギー変化 学年：KS4(Year11)

生徒数：19名

活動の形態：グループ（班）での実験・話し合い，個人での思考・表現

観察者：野添 生

(3) 学習課題

授業の開始時に，以下の学習目標‘Learning Objectives’が教師から生徒に提示された。

- ・ 発熱反応と吸熱反応の定義を理解することができる。
- ・ 反応を発熱か吸熱かで分類することができる。
- ・ 化学反応におけるエネルギー変化の重要性を説明できる。

(4) 授業の概要（内容）

授業の構成は，始めの導入段階において，本時の学習目標を確認し，発熱反応や吸熱反応によりエネルギーの移動が生じることを簡単に説明した（10分間弱）。その後，演示で本時の実験操作を説明し，生徒実験を行った（20分間強）。生徒実験の内容は，写真2に示した四つの化学反応（水酸化ナトリウム水溶液と塩酸，硫酸銅(II)水溶液とマグネシウム，硫酸とマグネシウム，炭酸水素ナトリウムとクエン酸）の最初と最後の温度を測定し，発熱反応か吸熱

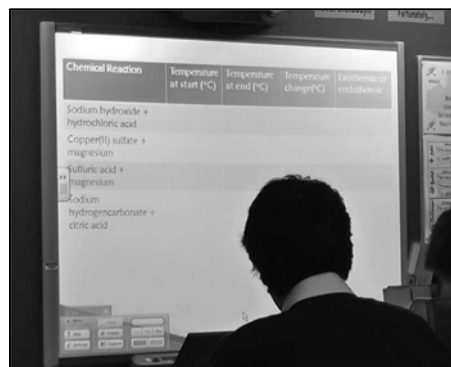


写真2 生徒実験の内容

反応を調べるといふものである。実験終了後，結果を基に考察を行い，発熱・吸熱反応における熱の出入りに関して詳細な解説を行った（約10分間）。発熱・吸熱反応の原理を理解した後，化学反応が発熱か吸熱かを推定することはどのような効果があるのだろうか。例えば，化学工場はこのような発熱・吸熱反応を知っておくことがなぜ重要だと考えるかという発問を行い，生徒間で意見を共有させた後，1984年にインドで起こったボパール化学工場事故^{注2)}を例に挙げ説明

した（約10分間）。最後のまとめとして，「化学工場を運営する会社にとって，工場の化学反応が発熱反応か吸熱反応であるかを知っていることが，なぜ重要だと考えるか」について生徒自身が学習したことを基に自分の意見をまとめた後，数人の生徒が全体に自分の考えを発表した（10分間）。

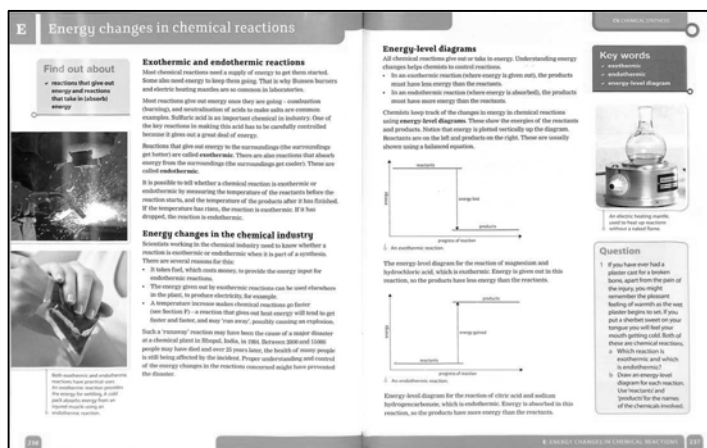


図2 テキストの該当ページ

実際の授業においては、教科書を使用する場面はなく、生徒たちも教科書を持っている訳ではない。授業者は、ヨーク大学とナフィールド財団が作成したテキスト *Twenty First Century Science* を基に、本時の科学授業をデザインしていた。その該当ページを、図 2 に示す。

(5) 特に育成しようとしている資質・能力に関連した授業の特徴

「化学反応とエネルギー変化」に関する科学的な原理を理解し、生徒実験を通して実践的な探究スキルを育成するというオーソドックスな科学の学習が授業前半の基盤となっている。しかしながら、終末段階に向けて授業で行った科学的探究を更に追究し、科学がどのように作用するのか

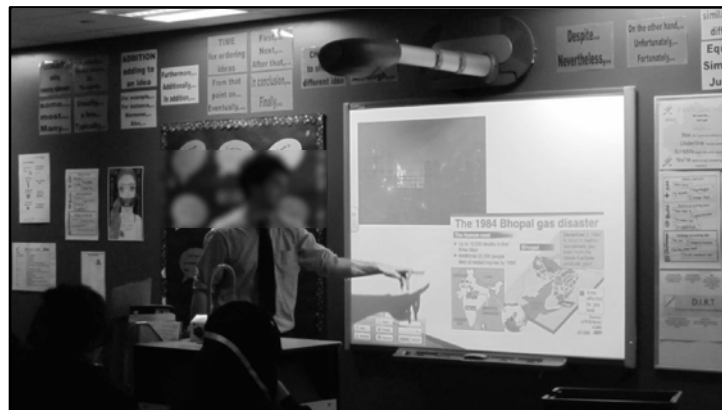


写真 3 化学工場事故の説明場面

(HSW: How Science Works) に関する知識・スキル・理解へと帰結していく。つまり、「教養的価値」としての科学の学習を超えて、一つの利用可能な知的資産としての学びの価値、いわゆる「実利的価値」までを射程に入れた科学の学習を行っている。そのような学習活動を通して、全ての児童・生徒が将来の科学的素養を持ち、社会参加することを視野に入れながら授業が展開されている点が先進的である。

(6) 特徴的な問い（発問）

【授業のまとめの段階】

化学工場で働く科学者にとって、工場の反応が発熱反応か吸熱反応であるかを知ることが、なぜ重要だと考えますか。次の用語を使用して、自分の考えをまとめてください。

発熱, 吸熱, エネルギーの放出, エネルギーの吸収, お金, コントロール, 制御不能な反応, 爆発

(7) 発話の一部

教師：化学反応が発熱か吸熱かを推定することはどのような効果があると思いますか？例えば、化学工場はこのような発熱・吸熱反応を知っておくことがなぜ重要だと考えますか？グループで話し合ってください。

(生徒間での話し合い)

教師：さあ、皆さんは、どう考えましたか？なぜ化学工場を経営する会社の人々は、工場の反応が発熱・吸熱反応を知っておく必要があるのでしょうか？

(数人の生徒の発表後)

生徒：会社は、化学反応に対してエネルギーを供給します。つまり、化学反応で使用され

るエネルギーの量を知っておく必要があると思います。

教師：それは発熱反応，吸熱反応，どちらの話ですか？

生徒：吸熱反応です。

教師：なるほど，会社は化学反応で必要となるエネルギー，つまり，どれ程費用がかかるのかを見積もるということですね。他には？

生徒：化学反応によってエネルギーが取り込まれると，温度が上昇するので，知っておく必要があると思います。

教師：確かに化学反応によってエネルギーが取り込まれると温度は上昇します。さて，ここで一つの事例を紹介しましょう。

(インドで起こったボパール化学工場事故の説明)

教師：化学工場で働く科学者にとって，工場の反応が発熱反応か吸熱反応であるかを知っていることが，なぜ重要だと考えますか。次の用語を使用して，自分の考えをまとめてください。

発熱，吸熱，エネルギーの放出，エネルギーの吸収，お金，コントロール，制御不能な反応，爆発

(各個人で自分の考えをノートに記入)

4 資質・能力の育成に向けた学習活動の特徴

(1) 事例の学習活動と資質・能力の育成及び内容との関連

双方の事例における学習課題では、「プラスチックがなぜ持続可能でないのか」，また，「化学反応におけるエネルギー変化の重要性」について説明することが挙げられており，言語能力，とりわけ，説明する力を重視していることが推察される。また，学習活動の展開においては，「プラスチックの製造プロセス・特性」や「化学反応とエネルギー変化」といった科学を学習すること (Learning Science) にとどまらず，「プラスチックをより持続可能にするための新しい解決策・アイデア」や「化学工場事故を事例とした発熱・吸熱反応を把握することの社会的重要性」といった科学を実践すること (Doing Science) までの授業で扱われており，科学の利用や影響までを射程に入れた科学的知識と概念理解の育成が図られている。そのため，事例の学習活動は，生徒の主体的・能動的な学び (アクティブ・ラーニング) の要素が必然的に含まれたものになっている。

(2) 資質・能力を育成する学習活動の特徴 (我が国の理科授業と比較して)

イギリスでは上述した事例のように，より高度な内容を理解するためだけに科学的知識を学ぶのではなく，科学で学習した知識を活用して未来に向けた新しい解決策やアイデアを考え出すことや，科学的素養を持って社会に参画するためにも科学的知識を学ぶといった考え方が科学授業の基盤にある。さらに，イギリスでは「間違えること」「分からないこと」も「学び」であるという教室文化が根付いており，実際に観察した授業では，生徒たちは分かったときだけでなく，分からないときにも手を挙げて質問していた。日本の教室文化，とりわけ中・高等学校においては，一般的に挙手をすることは分かったときの所作であり，授業のまとめの段階で示された「特徴的な問い (発問)」は，実生活の文脈を意識

し、かつ正解が一つに限らない問いであり、日本の授業で見ることが多くない。つまり、全ての児童・生徒が将来の科学的素養を持ち、社会参加をするというイギリスに伝統的に存在する科学教育の基本的な考え方に加え、正解主義に偏らないイギリスの教室文化が素地となり、実社会・実生活に関連した学習や、論証活動（argumentation）やディベートなどが科学の授業に自然に包摂^{ほうまつ}されていることが特筆すべき点であり、今後の我が国における理科授業の在り方や学習活動に示唆を与えると考える。

注

- 1) CCE・A レベルは資格試験の位置付けであり、全ての科目を横断する資質・能力のようなものは存在しない。したがって、この項目では、義務教育段階（ナショナル・カリキュラム）のみ記述する。
- 2) イソシアン酸メチルの入ったタンクの中に水が流入し、発熱反応が起きたことを原因とする化学工場爆発事故。具体的にはタンク内の温度は 200℃にまで上昇し、一気に圧力が上昇・高圧によるタンクの爆発が起きた。最終的に 2 万人以上が死亡した。

【引用・参考文献】

- Department for Education (2013) *The national curriculum in England: Key stages 1 and 2 framework document*.
(https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/425601/PRIMARY_national_curriculum.pdf) (2016 年 1 月閲覧)
- Department for Education (2014a) *GCE AS and A level subject content for biology, chemistry, physics and psychology*.
(https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/303026/A_level_science_subject_content-.pdf) (2016 年 1 月閲覧)
- Department for Education (2014b) *The national curriculum in England: Key stages 3 and 4 framework document*.
(https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/381754/SECONDARY_national_curriculum.pdf) (2016 年 1 月閲覧)
- Office of Qualifications and Examinations Regulation (2014a) *GCE Subject Level Conditions and Requirements for Biology*. (https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/371197/2014-04-09-gce-subject-level-conditions-and-requirements-for-biology.pdf) (2016 年 1 月閲覧)
- Office of Qualifications and Examinations Regulation (2014b) *GCE Subject Level Conditions and Requirements for Chemistry*.
(https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/371201/2014-04-09-gce-subject-level-conditions-and-requirements-for-chemistry.pdf) (2016 年 1 月閲覧)
- Office of Qualifications and Examinations Regulation (2014c) *GCE Subject Level Conditions and Requirements for Physics*. (https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/371202/2014-04-09-gce-subject-level-conditions-and-requirements-for-physics.pdf) (2016 年 1 月閲覧)

_data/file/371203/2014-04-09-gce-subject-level-conditions-and-requirements-for-physics.pdf)
(2016年1月閲覧)

University of York and the Nuffield Foundation (2011) *Twenty First Century Science GCSE Additional Science Higher*, Oxford: Oxford University Press, pp.236-237.

Qualifications and Curriculum Authority (2007) *Science Programme of study for KS4: The National Curriculum 2007 (Extract)*.

(http://www.nationalstemcentre.org.uk/dl/2a2465eb16bb5e2616d66e5a1d873d265ae85e5e/11571-QCA-07-3345-p_Science_KS4_tcm8-1799.pdf) (2016年1月閲覧)

Qualifications and Curriculum Authority (2007) *Science Programme of study for KS3 and attainment targets: The National Curriculum 2007 (Extract)*.

(https://www.stem.org.uk/system/files/elibrary-resources/legacy_files_migrated/11570-2007%20QCA-07-3344-p_Science_KS3_tcm8-413.pdf) (2016年1月閲覧)

(野添 生・磯崎 哲夫)

ドイツ

1 科学において示されている資質・能力，教科固有の知識と学習活動

インプット統制からアウトプット統制重視への教育改革全体の流れを受け，科学系教科においても「コンピテンシー（Kompetenz）」概念を中核として，獲得・育成すべき教科固有のコンピテンシーの定式化が図られている。以下，ドイツ事実教授学会（GDSU）が作成したスタンダード〔初等〕，各州文部大臣会議（KMK）が決議した教育スタンダード〔前期中等〕，さらに，アビトゥーア試験における統一的試験要求（EPA）〔後期中等〕を基礎資料として，コンピテンシーの内容を整理する。なお，アビトゥーア試験は，大学入学資格を取得するための最終試験であり，その対象は主としてギムナジウム上級段階（統合制学校等に設置されている場合を含む）進学者に限定されていることに留意されたい。

（1）どのように記載されているか

全体として，初等，前期及び後期中等教育を通じ，教科の内容に関連する次元と，行動に関連する次元の二つを軸として，個々のコンピテンシーを規定しようとする方向性が見て取れる。

【初等】コンピテンシーを規定する枠組みは主に「思考，活動及び行為の仕方」と「概念／テーマ領域」という二つの次元からなる。これらは，下図 1 のように，「自然科学の展望」ほか五つの展望各々について，「個々の展望と関連があるもの」及び「展望横断的なもの」という二つの側面から更に細分化される（GDSU，2013，S.13）。

次元： 思考，活動及び行為の仕方		展望横断的な思考，活動及び行為の仕方					
		認識する／理解する	自主的に作り上げる	評価する／省察する	コミュニケーションする ／共同作業する	興味を持って事象に触れる	実行する／行動する
		例えば 分類・整理する，比較する	例えば 情報を開拓する	例えば 評価する，判断する	例えば 交流する，アーギュメント（論証）する	例えば 探究する態度を示す	例えば 具現化する，プロジェクトを実現する
展望と関連した思考，活動及び行為の仕方	例えば 話し合う，判断する，参画する	社会科学の展望 政治—経済—社会				例えば 民主主義	展望と関連した概念／テーマ領域
	例えば 探究する，実験する	自然科学の展望 有機物の世界と無機物の世界				例えば 生命，力	
	例えば 探索し，空間における位置を知る	地理の展望 空間—自然の基盤—生活状況				例えば 空間利用	
	時間における位置を知る，再構成する	歴史の展望 時間—変遷				例えば 変遷	
	構成する，製作する，技術を利用する	技術の展望 技術—仕事				例えば 安定性	
		例えば モビリティ	例えば 健康	例えば 持続可能な開発	例えば メディア	次元： 概念／テーマ領域	
展望を網目状に結びつけるテーマ領域と問題設定							

図 1 GDSU 版スタンダードにおけるコンピテンシーを規定する枠組み（モデル）

「自然科学の展望」に焦点化すると、展望に関連あるものとして表1のような項目が設けられ、各項目について3～8個のコンピテンシーが、「児童は…できる」という形で具体的に示されている。

表1 自然科学の展望に関連ある「思考、活動及び行為の仕方」と「概念／テーマ領域」

「思考、活動及び行為の仕方」	「概念／テーマ領域」
<ul style="list-style-type: none"> ・自然現象を事実即して（客観的に）探究し、理解する。 ・自然科学の方法を習得し、用いる。 ・自然現象を法則性に帰する。 ・自然科学の認識から日常の行為に対する結論を導き出す。 ・自然科学の学習を評価し、省察する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・無機物の世界—物質／物体の性質 ・無機物の世界—物質変換 ・無機物の世界—物理的事象 ・有機物の世界—植物、動物とその分類 ・有機物の世界—生物の成長条件と生存条件

【前期中等】

物理、化学及び生物の KMK 教育スタンダードでは、コンピテンシー領域として「専門知識」、「認識獲得」、「コミュニケーション」及び「評価」が設定されている。「専門知識」は内容の次元とも呼ばれ、教科内容を構造化するための「基本概念」が併せて示されており、残り三つの領域は行動の次元とも呼ばれる（表2）。各領域（化学と生物の「専門知識」では基本概念ごと）、3～10個のコンピテンシーが、「生徒は…する」という形で具体的に示されている。例えば、化学の「コミュニケーション」領域では、「生徒は、化学的事態に対する自らの立場を主張し、自己批判的に異議を省察する」、「評価」領域では、「生徒は、社会に関連ある言明について異なる視点から議論し、評価する」といったコンピテンシーが規定されている。

表2 物理、化学及び生物の KMK 教育スタンダードにおけるコンピテンシーを規定する枠組み

		物理	化学	生物	
内容の次元	専門知識	・物理に関する現象、概念、原理、事実、法則性を知り、基本概念を整理する。	・化学に関する現象、概念、法則性を知り、基本概念を整理する。	・生物、生物に関する現象、概念、原理、事実、法則性を知り、概念を整理する。	
	【基本概念】	<ul style="list-style-type: none"> ・物質(Materie) ・相互作用 ・システム ・エネルギー 	<ul style="list-style-type: none"> 【基本概念】 ・物質(Stoff)-粒子の関係 ・構造-性質の関係 ・化学反応 ・物質変化時のエネルギー的考察 	<ul style="list-style-type: none"> 【基本概念】 ・システム ・構造と機能 ・発生 	
行動の次元	認識獲得	・実験の方法や他の探究方法、並びにモデルを利用する。		・観察、比較、実験及びモデルを利用し、活動技術を用いる。	
	コミュニケーション	・事実即し、かつ専門的に情報を解釈し、交換する。			
	評価	・様々な文脈において、(物理・化学・生物に関する)状況を認識し、評価する。			

【後期中等】

物理、化学及び生物の EPA では、基本的に KMK 教育スタンダードと対応する形で、四つのコンピテンシー領域が設定されている（化学の例：表3）。各領域、より高度なコンピテンシーが、「生徒は…する（できる）」という形で具体的に示されている。

表 3 EPA 化学におけるコンピテンシーを規定する枠組み

専門知識 (基本概念：物質-粒子概念，構造-性質概念，供与体-受容体概念，エネルギー概念，平衡概念)	化学の知識を活用する。
専門の方法	化学の認識方法を利用する。
コミュニケーション	化学の中でそして化学についてコミュニケーションする。
省察	化学の関連について省察する。

(2) どのように関連付けられているか

教科の内容は，初等教育では「概念／テーマ領域」，前期及び後期中等教育では「専門知識（基本概念）」と結び付けられ，個々のコンピテンシーが規定されている。

また，「教育スタンダードは，学校の教授・学習プロセスを標準化するものではない」（KMK，2005a，S.11）という立場から，KMK 教育スタンダードでは学習活動を明確に規定してはいないが，スタンダードをより具体的に説明するための範例的な課題事例を幾つか提示している。同様に，GDSU 版スタンダードにも，1/2 及び 3/4 学年用の課題事例が各々提示されている。

2 科学において示されている資質・能力とナショナル・カリキュラムで示されている資質・能力との関連

「コンピテンシー」は，認知的能力や技能に加え，動機や意欲，社会性をも含む極めて包括的な能力概念である。各教科のスタンダードでは，その具体化を図るべく，主として教科固有のコンピテンシーが規定されるが，併せて教科横断的なコンピテンシー（「事象」，「方法」，「自己」，「社会」の各コンピテンシーが挙げられることが多い）の育成も目指されている。例として前期中等科学について見れば，専門知識と事象，認識獲得と方法，コミュニケーションや評価と自己や社会というおおよその対応もうかがえるが，これらに関する明確な記述はスタンダード上でなされていない。

3 資質・能力を育成する観点から期待される科学授業の事例

教育スタンダードにおける「課題事例」

教育スタンダードと授業構成をつなぐものとして，スタンダードの課題事例，スタンダードに基づいた州ごとの中核カリキュラム，及びこれらに基づき作成された教科書が想定される。著者らの現地調査によると中核カリキュラムが完成していない州では，課題事例を核として，以前の教科書，以前の各州における教育課程の基準である「ルールプラン（Lehrplan）」などを参考に授業を構成している場合があることが明らかになった。課題事例は教師として指導しやすく，生徒からの評判が良いとの評価もあった。この課題事例を利用して文脈（コンテクスト）を基盤とした授業を構成している。現時点では教師（特に，若手の教員が中心）が課題事例を活用することにより，授業の目的が明確になり以前の授業形態からの変化が進んでいる。

課題事例 表 4 教育スタンダード・化学の全 8 課題事例 (KMK, 2005c)

課題 1: 脱石灰化 (カルキ除去)	課題 2: 4 種の異なる瓶の内容物の同定
課題 3: 液化メタンガスライターの機能	課題 4: アイスマン「エッツイ」の銅の斧
課題 5: アルコール発酵	課題 6: 水質調査
課題 7: バイオディーゼルと軽油の比較	課題 8: 融雪剤と腐食

課題事例の例: 課題 5: アルコール発酵 (KMK, 2005c)

1)教材: 酵母はアルコール発酵により無酸素状況下で水溶液のグルコースから二酸化炭素とエタノールを生成する。ある学校のグループが室温で発酵させた次の測定値を報告した。

時間 (分)	60	120	180	240	300	360
二酸化炭素の体積 (mL)	2.3	4.6	9.2	18.4	36.8	73.6

学習グループには、次の器具が用意されている: これらの器具だけでなく、様々なガラス管、栓、ゴム管、スタンド、ブドウ糖水溶液、水性酵母懸濁液と水を使う。



2)課題

- 5.1 報告された測定値の結果により、学習グループで実験計画を立て記述しなさい。
- 5.2 アルコール発酵を単語と化学反応式で記述しなさい。
- 5.3 時間と二酸化炭素の生成の関係をグラフに描きなさい。時間と二酸化炭素生成の量的な関係を自分の言葉で表現しなさい。
- 5.4 エタノールは、産業として糖を含む水溶液から様々な使用用途のために製造される。実験室での反応混合物からのできる限り純粋なエタノールの分離処理を選択し、略図で表現しなさい。

3)期待水準 (要求領域 I, II, III の 3 段階で説明とともに示されている。スタンダードの略記号は、F: 専門知識, E: 認識獲得, K: コミュニケーション, B: 評価である。また列の数字は、スタンダードの番号である。)

課題	期待される成果	要求領域	スタンダード			
			F	E	K	B
5.1	実験計画: 二酸化炭素の量的変化を証明するための器具の選択を記述	I	1.1	2	2	
5.2	化学反応式の表現: - 単語で表現: グルコース → エタノール + 二酸化炭素 - 化学反応式: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$ 反応条件: - グルコース水溶液, 酸素遮断 (無酸素), 室温, 酵母	I II	3.1 3.4		2 4	3
5.3	評価: 自分自身のグラフ記述 (軸, 適応した目盛り) 計測点 量の変化と時間の関係を表にする: - 反応時間が長いほど二酸化炭素が多く発生する - 時間ごとの容積が倍増する	I II		6 7	2 4 8	2
5.4	分離法: 分離法の選択 選択された物理化学的な特徴による理由づけ 例: 沸点, 濃度, 記述	III	1.1 2.2	7	4 8	3

化学分野における革新的な科学教育改善プロジェクト

スタンダードの課題事例やスタンダードに基づいた州ごとの中核カリキュラムだけでは、実際の授業を構成するためには具体性を欠く。その解決の一例としてスタンダード・化学の専門委員の一人であったキール大学 IPN のパーヒマン教授らが進める Chemie im Kontext (以下: CHiK) プロジェクトがある。これは、ドイツ連邦教育研究省から支援を受け教育スタンダード・化学との関連が深く、ドイツにおける文脈 (コンテクスト) を基盤とした学習で革新的な科学教育改革プロジェクトである。パーヒマンら自身も、教育スタンダードは目的ではあるが、その目的に到達する方法としての CHiK であると述べている (Parchmann, I. et al, 2008)。

・ CHiK の中核概念(CHiK を支える三本柱)

- ①文脈：化学と学習者の関係性を供与，概念や知識を応用，キャリア教育
- ②基本概念：体系的で累積的な知識や理解力を構築するための基礎
- ③多様な授業方法

・ 授業計画・学習段階

コンピテンシー領域（「専門知識」「認識獲得」「コミュニケーション」「評価」）と課題事例の関係は図2左のようになっている。課題事例1では「専門知識」「認識獲得」「コミュニケーション」に関係した内容（黒色部分）が埋め込まれている。授業は文脈（コンテキスト）の構造と認知の構造により内容的構造が変動する。CHiK の多様な授業方法（Parchmann, I., Ralle, B. & DiFuccia, D., 2008）としての例として，図2右のような4段階及び学習サークルを提唱している。段階1で生徒自身と関係のある情報（例えば，日常生活や先端技術など）と接することにより「自ら疑問を見付ける」が，この段階では科学的に扱える問いになっていない場合がある。そこで，段階2で教師と生徒はともに生徒自ら疑問を見つけた問いを科学的な問いに変換していく。この指導過程が難しいとされている。

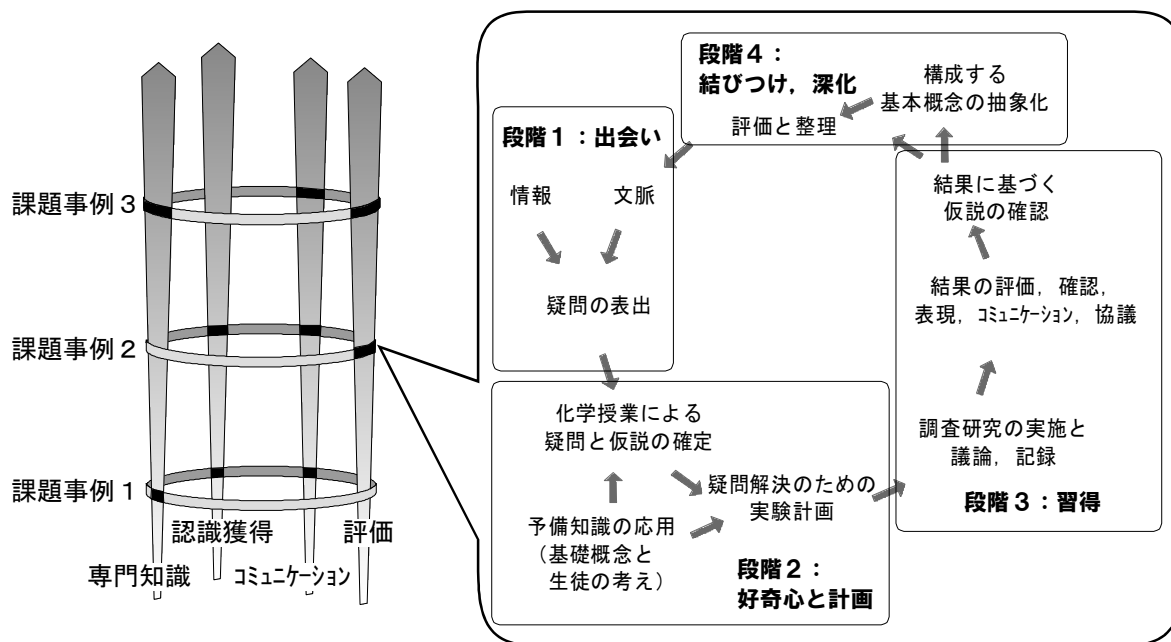


図2 コンピテンシー領域（「専門知識」「認識獲得」「コミュニケーション」「評価」）と課題事例の関係及び各課題事例の Chemie im Kontext における授業展開例（Kranz, 2008, S.17 及び Vos, et al., 2011 から著者らが作成）

事例1

(1) 特に育成しようとしている資質・能力

本事例は，CHiK プロジェクトでの具体的な実践である。図2右に示すように四つのコンピテンシー領域（「専門知識」「認識獲得」「コミュニケーション」「評価」）は相互に結び付いている。以下の「(4)授業の概要」にCHiKの学習の4段階ごととコンピテンシー領域との関係を示す。とりわけ困難とされている「評価」は段階1（出会い）と段階4（結び付

けと深化)に置かれている。

本授業構成はコンテキストを基盤としているため、問いは評価に結び付き、「専門知識」だけでなく、実験の実施などの「認識獲得」や専門的なプレゼンテーションや議論などの「コミュニケーション」が必要となるように展開される (Parchmann, I. et al,2008)。

(2) 授業の情報

後期中等教育 (Sekundarstufe II : 日本における高等学校) 校種 : ギムナジウム

教科書 : Chemie im Kontext Sekundarstufe II 単元 : アルコール

授業 : CHiK プロジェクト研修用ビデオ 授業者 : Gerd Stein

(3) 学習課題

「アルコールは飲用だけではない」

(4) 授業の概要 資質・能力との関連 (【 】は特に育成しようとしている資質・能力)

①段階 1 : 出会い (生徒がテーマと親しむ) 【専門知識, コミュニケーション, 評価】

・日常生活の中にある様々なアルコールの成分を確認しながら分類する。これを通し予備知識や経験を日常から引き出し、内容の要約や問題を提起する。(問題事例) ワイン醸造や製パン, アルコールは体に良いか, アルコールの種類, アルコールから新しい物質を作る。

②段階 2 : 好奇心と計画 (提起された問いの発展及び問題の明確化) 【専門知識, 認識獲得, コミュニケーション】

・出会い段階で提起されたアルコールについての問いをマインドマップ法などにより、問題を徐々に明確化させる。このとき、生徒の予備知識・経験は、習得段階で取り組むべき課題の重要なつなぎ目の役割を担い、教師とともに学術的な問題解決の取組における中心的な要素に導く。生徒は複雑なテーマから意味のある問題提起を引き出し、実験や調査を含む学習方法を計画する。

③段階 3 : 習得 (多様な実験・可能な限り生徒が自力で解決・適切な環境・多様な方法を許容) 【専門知識, 認識獲得, コミュニケーション】

・学習者は認識された問題を可能な限り自力で解決するよう取り組むようにする。そのため、教師は適切な環境を整える。方法の多様さは前提条件であり、体系的、自主的、知識獲得を目指した有意的なチームワークやコミュニケーションが成功のために必須である。

④段階 4 : 結び付けと深化 (概念・内容を構成する要素と一般的な事柄の結合・他の概

念との橋渡し)【専門知識, 評価】

- ・概念獲得にとりわけ近く, 主要な化学の本質的部分は断片ではなく, 実例に基づいた文脈に従って習得するものであるため, 最終段階では, 一方では内容を構成する要素を結合する。また, 他方では得た知識を一般的な事柄へ関連付け, また応用できる知識の基礎を発展させてゆくことを目的とする。

(5) 資質・能力に関連した授業の特徴

CHiK では文脈 (コンテキスト) を通じた学習を通して, 生徒に化学を学習する意味・意義を理解しやすくし, 学習意欲の喚起を大切にしている。それは, 個々の内容に主眼をおくのではなく, 基本概念の獲得と知識獲得方法の修得を目的としている。そのためには, 文脈 (コンテキスト) の選択は非常に重要であり, 単に日常生活を扱うという単純なものではなく, ①基本概念や資質・能力, ②生徒が既知または予想可能な概念と知識, ③生徒の視点と目的の視点を結びつける文脈からの問題提起, という三つの視点が重要な要素となる (Parchmann, I., Ralle, B. & DiFuccia, D. ,2008)。

事例 2

(1) 特に育成しようとしている資質・能力

コンピテンシー領域の専門知識, 認識獲得, コミュニケーション

(2) 授業の情報

ドイツ, シュレーズヴィヒ・ホルシュタイン州 ハイケンドルフ Heinrich-Heine-Schule
ギムナジウム 2015年9月8日 (火) Wilfried Wendtorf 先生の実践 (8年生)

観察日: 9月8日 (火) 時限: 1 観察者: 後藤顕一, 寺田光宏

単元: 物質の構成 授業内容: 前学年の復習

授業者: Wilfried Wendtorf 授業開始時間: 8:30 授業終了時間 9:15

生徒数: (男: 11 女: 4) 授業の形態: 一斉授業 (全体を通じて), グループ活動 (後半一部)

※本授業は, 年度最初の授業で, 前学年で学習した「物質の構成」の単元の復習であったため, 通常の授業とは異なる可能性がある。

(3) 学習課題

「物質の構成」の復習 原子の構造, 元素の周期表, 化学結合等の確認

(4) 授業の概要

本授業は内容とスタンダードとの関係の概要は、表5のとおりである。

表5 本授業内容とスタンダードとの関係

経過時間	場所	内容	スタンダードとの関係
0～15分	教室	<p>1. 周期表と化学結合の関係について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・教室で昨年度使用したスライドを使い、原子構造の専門知識についての確認、復習から始まった。原子の構造から電子配置から原子の安定性、その周期律、アルカリ金属、不活性ガスと展開しイオンの生成へと導いていった。 ・イオン結合の性質（固さ、融点・沸点、結晶構造、電導性）を構造から考察した。 ・教師が生徒に質問しそれに答える形態であった。 	<p>1. 事実に即し、かつ専門的に情報を解釈し、交換する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・専門知識に関するスタンダードの「物質・粒子関係」の「原子の構造を記述」「結合モデルを適用」するもので、再生、適用のレベルであった。 ・認識獲得に関するスタンダード「適切なモデル（例えば、原子モデル、元素の周期律）を活用させる」を十分に達成できるものであった。 ・コミュニケーションに関するスタンダード「専門用語を適用し、あるいはモデルや図表を用いて、化学現象を記述したり、具体的に説明したり解釈する。」ことを教師は生徒に求めている。
17～30分	実験室	<p>2. 亜鉛と硫黄の燃焼反応の実験</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実験室に移動し、亜鉛とイオウの化学反応の演示実験を行った。イオウを粉末にするなどは生徒が行い、危険を伴う点火は教師が行った。 	<p>2. 実験的方法や他の探究方法、並びにモデルを利用する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・専門知識の基本概念である「化学反応」と「物質の変化によるエネルギー的考察」に関する説明がなされた。
32～45分	教室	<p>3. 実験のまとめ</p>	<p>3. 事実に即し、かつ専門的に情報を解釈し、交換する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・結果より認識獲得に関するスタンダード「データより（中略）解釈し、適切な結論を導く」ことをグループで行った。

資質・能力の育成のために、教師は学ぶべき内容を生徒が主体になる学習活動でつないでいた。全体を通じ、教師は巧みに生徒を引きつける話術を用いながら、問答の中で生徒の考えを引き出し、内容構成を行っている。教師は生徒の発話を拾い上げながら、教師と生徒がともに考える授業であった。生徒が考えることを基本に据えながら、本質をつかみ取るために教師が問答を重ねることで、巧みにコントロールしていた。

授業中盤のイオウ末と亜鉛末の燃焼反応を演示実験では、一方的に見せるだけではなく、以前の授業における問答の中から生徒が考えた内容を実現するような展開であった。実験準備は指名された生徒が教壇で行い、全員が共有できるような形式をとっていた。新年度の内容につながるように配慮された内容構成で、実験室でも個人・グループで実験内容の把握や予想を行っていた。実験自体も生徒の心に届くべく、燃焼で火柱があがる視覚的にも派手なものであった。安全めがね、ドラフトを用い、安全面の配慮もなされていた。

教室に戻った後、実験のまとめを行った。ここでも、問答が繰り返され、個人で考え、グループで考え、教師が生徒に質問するだけではなく、生徒からも質問が出され、全体で共有しながら考えていくような場面もあった。

(5) 資質・能力に関連した授業の特徴

特徴的な場面

以下が、教師と生徒による問答により、本授業の内容の本質をつかむために、コミュニケーションに関するスタンダード「専門用語を適用し、あるいはモデルや図表を用いて、化学現象を記述したり、具体的に説明したり解釈する」場面のプロトコル（表 6）である。

表 6 「専門用語を適用し、あるいはモデルや図表を用いて、化学現象を記述したり、具体的に説明したり解釈する」場面のプロトコル

教師	「・・・(生徒 1) から行ってみようか。」
生徒 1	「ええっと、左が水素の原子で…それは原子核に陽子が 1 個あって、電子殻もあります。そしてその電子殻には電子が 1 個あります。右の原子は 12 個の陽子と三つの電子殻を持つマグネシウムの原子です。その原子中の二つの電子殻は、電子でいっぱい、最外殻には 2 個の電子があります。」
教師	「良くできました。すばらしい。誰かこの説明に追加したいことはあるかな？ないなら、次に進もう。繰り返しになるが、最外殻の電子と原子の反応性はどう関係している？これを説明してくれる人はいるかい？では、(生徒 2)。」
生徒 2	「ええっと、まずは幾つの電子が最外殻にあるかを見る必要があります。」
教師	「そう。」
生徒 2	「そして、1 個、2 個、若しくは 3 個あれば、電子を放そうとする。そして、最外殻に 5 個、6 個、7 個や 8 個あるのであれば、電子を増やそうとする。安定した状態の電子数との差が少ないほど、原子の反応性は高くなります。」
教師	「皆のために、もう一度大きな声で言ってくれ。」
生徒 2	「反応…いや、安定した状態の電子数との差が少ないほど、反応性が高い。」
教師	「すばらしい。今、(生徒 2) が言ったことを具体的な例、元素で説明できる人はいるかい？周期表でとても反応性の高い元素はどれだと思う？では、(生徒 3)！」
生徒 3	「ルビジウム。」
教師	「もっと大きな声で。」
生徒 3	「ルビジウムです。それか…」
教師	「ああ…そうだな。なぜそうなのか説明できるかい？なぜだろうか？やってみてくれ。理由だけでも…。他の人がその後を続ければいいから。どの授業だったか覚えていないか？…どうして？それともただ…？」
生徒 3	「わかりません。」
生徒 4	「ええっと、それってアルカリ金属です。」
教師	「もっと大きな声で！」
生徒 4	「それはアルカリ金属です。」
教師	「その通り。これはアルカリ金属だ。みんな、どのアルカリ金属もとても反応しやすい物質だということは知っているよね？でも、それをどうやったら原子の構造で説明することができると思う？はい、どうぞ。」
生徒 5	「ええっと、それは第 I 族の元素です。つまり、それは最外殻に 1 個の電子があるということです。」
教師	「すばらしい。そして、これを (生徒 2) が言ったことと結び付けるには？はい、どうぞ。」

授業者の Wilfried Wendtorf 先生は、スタンダードも CHiK プロジェクトも良く理解されているベテランである。そのため、前述の資質・能力に関する言動が随所に見られた。また、当然ではあるが、文脈（コンテキスト）の使用に適した授業とそうでない内容の授業がある。そのため、一律に文脈を使用した授業はされておらず、今回は一般的な授業構成になった。

4 資質・能力の育成に向けた学習活動の特徴

(1) 事例の学習活動と資質・能力の育成及び内容との関連

先にも述べたように、ドイツでは、コンピテンシー概念の導入により各教科で育成すべき資質・能力の明確化が図られている。科学において育成すべきコンピテンシーについては、主として内容に関する次元（中等教育ではコンピテンシー領域「専門知識」が相当）と行動に関する次元（中等教育ではコンピテンシー領域「認識獲得／専門の方法」、「コミュニケーション」及び「評価／省察」が相当）を軸とした規定がなされている。

事例として挙げた二つの授業では、重点の置き方に違いはあれども、上掲した4領域のコンピテンシーの包括的な育成が目指されていた。特に、事例1に顕著に表れているように、具体的な文脈（コンテクスト）に基づく学習によってコンピテンシーの育成を図るという姿勢がうかがえる。CHiKの基本理念は、①文脈指向、②基本概念の取得、③授業方法の改善である。文脈を指向する授業内容は、教育目的、生徒、コンテクストの視点より重要な要素を確認し選択される。また、文脈を重視しながらも到達点は、化学における体系的な知識の獲得や方法の習得である。これらは、基本概念を整理・標記し、文脈とのリンクをさせている。このことは、例えば「内容及び行動に関連付けられたコンピテンシーは、文脈においてのみ獲得される（KMK, 2005c, S. 8）」とするKMK教育スタンダードの立場からも支持される。また、スタンダードに提示される課題事例も、特定の問題状況を示しているという点では一つの文脈と捉え得るものと言える。したがって、図2のように様々な課題事例（文脈）を用いることで、4領域のコンピテンシーが総合的に育成されていくものと考えられる。

(2) 資質・能力を育成する学習活動の特徴（我が国の理科授業と比較して）

事例1におけるCHiKの授業は、先に示したように生徒の資質・能力の育成のために多様な学習活動を推奨し、全体としてアクティブ・ラーニングとなっている。

また、事例2は、育成しようとしている資質・能力の一つであるコミュニケーションに関して、特徴的な取組が見られた。昨年度学習した内容理解を基盤に据えつつ、復習とは言いながら新しい年度の学びにつながる新たな知見をうまく取り入れていた。常に生徒の主体的な学びを意識しながら、後述する「教授・学習のための九つの方法」(Biethahn, U. et al., 2011)が取り入れられていた。レベルの高い重厚な授業であったが、講義一辺倒のことは、全くなく、生徒との問答で授業が進んでいくため、生徒は楽しみながら学習していた。目的が明確で、内容が豊富であり、生徒が中心で学習活動とのつながりもある、科学的な思考力を高め、資質・能力を育成する活気のある授業であった。

生徒の資質・能力の育成のために多様な学習活動を柔軟に取り入れている。生徒がそれに応え活発な授業であった。

演示実験も含め、常に生徒から考えを引き出す工夫があり、コンピテンシーの「内容の次元」「行動の次元」の獲得に寄与する授業であった。

資質・能力獲得のために、内容と学習活動が高いレベルで融合できており、我が国のこれからの資質・能力育成に向けた授業づくりに示唆を与えてくれるものと言える。

主体的・協働的な学び（アクティブ・ラーニング）は時間の保証をなくしては成立し得ない。観察した事例2の授業では、教師が一方向的に説明している時間は極めて少なく、生徒が一人で考えたり、少人数のグループで話し合ったりする時間が授業時間の半分程度、練り上げ形式の時間（教師が問い、生徒がその場で考え問答することで授業展開がなされる時間）が授業時間の半分程度であった。この授業では、我が国の理科授業が目指すところの主体的・協働的な学習活動が実現されていたと言える。

このような授業展開は、教師の力によるところも大きいですが、各州が示している学習活動に向けた具体的な参考資料の影響も大きいものとする。スタンダードに基づき各州の中核カリキュラムが作成されつつあり、授業のための情報がより詳しく示されている。これに加え、例えば、シュレースヴィヒ＝ホルシュタイン州学校教育研究所 IQSH において、教科にとらわれない授業の質保証、学習活動充実に向けて教員用のパンフレット資料が作成、配布されていた。その一つとして、IQSH は学習活動を充実させるための具体的な参考資料である冊子「授業の方法」(Methoden im Unterricht)を作成している(Biethahn, U. et al., 2011)。この冊子は、理科を念頭にしたものではなく、教科全てに共通する学習活動に向けての参考資料である。冒頭には、「教授・学習のための九つの方法」を示し、「最低基準として教師の研修のために作られた。教師中心型の授業にも、生徒の自主学習性を高めるための生徒中心型の授業にも対応している。」としている。そして、「独断的な授業方法や狭い観点を持つ授業指導方法を、もっとオープンなものに改善する。良い授業というのは人気がある授業ということではなく、様々な方法で形成されるべきである。」としている。また、良い授業のための重要な判断基準を、「文化、方向性のある目標、内容、方法、時間配分、判定、授業環境方針」で示している。これらにより、「教師が授業・相互作用・コミュニケーションの学習プロセスを調整することにより、教師中心型、知識を『教える』のみの授業形式から、生徒自身に責任感のある学習プロセスの中の生徒中心型の授業を形づくる。」ことを目指している。

ところで、先に示した「教授・学習のための九つの方法」とは、「1. 講義 2. 話し合い 3. 思考・ペア・シェア 4. タンデム学習 5. ジグソー法 6. ナンバリング 7. 三段階インタビュー学習 8. ステーション学習 9. プロジェクト授業」である。この3～9の方法は、少しずつ異なるが最初に生徒個人またはグループ単位で活動し、その成果を多人数での活動に徐々に移行し、最終的に教師も含めクラス全体の成果としてまとめ上げていくものである。冊子中には、具体的な実践に向けた詳細な方法が示されている。そして、コンピテンシー領域「コミュニケーション」を実践するために、表7のような学習活動と方法から自分自身の計画を表として作成することを推奨している(Biethahn, U. et al., 2011, S.36-37)。このようにアクティブ・ラーニングに関係がある多様な学びが求められている。

表7 学習活動と方法

結果からの学習	考案する	演習	問題の解決	省察
タンデム学習	ナンバリング	タンデム学習	思考・ペア・シェア	思考・ペア・シェア
話し合い		ステーション学習	プロジェクト学習	三段階インタビュー
ジグソー法			ナンバリング	話し合い
			話し合い	

※本節の資料などの翻訳部分は仮訳である。「教授・学習のための九つの方法」における名称の一部は内容を鑑み変更している。

以上より、コンピテンシーの育成に向けた文脈に基づく学習の在り方は、資質・能力をベースとする今後の我が国における理科授業構成にとっても参考となる部分を多く含んでいる。ただし、そうした授業づくりを検討する際には、いかなる文脈をいかにして授業に導入するかという点が、目指す資質・能力の育成の成否と合わせて問われなければならない。

【引用・参考文献】

- Biethahn, U. et al. (2011). *Methoden im Unterricht Anregungen für Schule und Lehrerbildung*.
- GDSU(2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht, Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe*.
- KMK(2005a). *Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz , Erläuterungen zur Konzeption und Entwicklung*.
- KMK(2005b). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*.
- KMK(2005c). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*.
- KMK(2005d). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*.
- KMK(2004a). *Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Biologie*.
- KMK(2004b). *Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Chemie*.
- KMK(2004c). *Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik*.
- Kranz, J.(2008). Die Bedeutung der Methoden im Chemieunterricht, Kranz, J., Schorn, J. (Hrsg.): *Chemie-Methodik*, Berlin: Cornelsen, 9-22.
- Parchmann, I., Ralle, B. & DiFuccia, D. (2008). Entwicklung und Struktur der Unterrichtskonzeption Chemie im Kontext. In R. Demuth, C. Gräsel, I. Parchmann & B.Ralle, (Hrsg.). (2008). *Chemie im Kontext – Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts*. Berlin: Waxmann. 9-47.
- Parchmann, I. et al. (2008). Neue Strukturen im Bildungssystem -Konsequenzen von und für Chemie im Kontext? In Demuth, R., Gräsel, C., Parchmann, I., Ralle, B.,(Hrsg.). *Chemie im Kontext Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts*, Berlin: Waxmann. 147-180.
- Vos, M. A. J., Taconis, R., Jochems, W. M. G., Pilot, A. (2011). Classroom Implementation of Context-Based Chemistry Education by Teachers: The Relation between Experiences of Teachers and the Design of Materials. *International Journal of Science Education*, 33, 10, 1407-1432.

(遠藤 優介・寺田 光宏・後藤 顕一)

アメリカ合衆国

1 科学において示されている資質・能力、教科固有の知識と学習活動

(『次世代科学スタンダード(NGSS)』(NGSS Lead States, 2013)を基に)

(1) どのように記載されているか

社会で実践される「科学や工学の本質」との相互関連性を反映した NGSS の枠組みは、2012年にNRC(National Research Council)が『K-12 科学教育フレームワーク』で示した通り、学習活動場面や育成する資質・能力を定めた**科学と工学の実践(SEPs)**、知的技能を定めた**分野横断的概念(CCs)**、教科固有の知識を定めた**学問上の中心的考え(DCIs)**の三次元で設定される。SEPs の過程や必要能力の捉え方は、科学の探究(Inquiry)の様式(問い・問題の提起、調査の計画・実施、データの分析・解釈、モデルの開発・使用、説明構成/解決法デザイン)に、証拠に基づく議論の導入、数学と計算思考の使用、情報の獲得・評価・伝達を加えた八段階を採用する。CCsには、パターン、因果:仕組みと予測、尺度・比率・量、体系とそのモデル、エネルギーと物質:流れ・循環・保存、構造と機能、安定と変化の七種が設定される。表1のように、物理学や化学(PS)、生物学(LS)、地学(ESS)、工学等(ETS)の四分野におけるDCIsの各々には2~5個の下位項目が設定される。なお、各次元の到達レベルはK-2, 3-5, 6-8, 9-12の学年帯ごとに設定がなされ、初等段階のK-5学年は学年ごと、中等段階の6-12学年は校種ごと(中学校:MS, 高校:HS)に学習トピックが設けられる。

表1 四分野におけるDCIs

物理科学 (PS)	PS1 物質とその相互作用, PS3 エネルギー,	PS2 運動と安定:力と相互作用, PS4 波と情報転送技術における応用
生命科学 (LS)	LS1 分子から組織へ:構造とプロセス, LS3 遺伝:遺伝的形質と形質の変異,	LS2 生態系:相互作用・エネルギー・ダイナミクス, LS4 生物の進化:共通性と多様性
地球と宇宙科学 (ESS)	ESS1 宇宙における地球の場所, ESS3 地球と人間の活動	ESS2 地球のシステム,
工学・技術と 応用科学(ETS)	ETS1 工学的な設計	
<p>(例) DCI「PS2 運動と安定:力と相互作用」</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> 下位項目 (二項目) </div> <div style="margin-right: 10px;"> [</div> <div style="margin-right: 10px;"> PS2.A:力と運動 PS2.B:相互作用の種類 </div> <div style="margin-right: 10px;"> -----> </div> <div style="margin-right: 10px;"> [</div> <div> PS2.A に対応するパフォーマンス期待値 K-PS2-1,2 / 3-PS2-1,2 MS-PS2-1,2 / HS-PS2-1,2,3 計 9 個 </div> </div> <p>※冒頭の数字・記号は設定学年帯を示す</p>		

(2) どのように関連付けられているか

表1の脚注例の通り、各学習トピックは到達目標に当たるパフォーマンス期待値(PEs)を複数設けており、授業で児童生徒の達成状況を評価する。一つのPEの獲得において満たす必要のある対応したSEPs・CCs・DCIsを組み合わせた学習目標セットがNGSSに示され(表2参照)、三次元を整合させた指導で児童生徒に首尾一貫した概念理解、内容の深い理解や応用力を獲得させるほか、彼らに進学・就職・市民性のための教育を展開している。

2 科学で示される資質・能力と他教科において示される資質・能力との関係

(『共通コア州スタンダード(CCSS)』(NGA Center and CCSSO, 2010)を基に)

(1) NGSSの「目標」とCCSSにおける資質・能力との関連

先行して国語(ELA)と数学でまとめられたCCSSは、高卒生の進学・就職へのレディネスと、その達成に必要となるK-12の、二つのスタンダードで設定され、主に批判的思考・問題解決・分析能力に焦点をあてている点はNGSSでも同様である。NGSSの各PEの学習目標セットにはCCSSの関連PEsが示され、三教科の実践の相互関連を説明している。

表2 PS2.Aに対応した中学校のPE「MS-PS2-2」に対する学習目標セット

(中学校) MS-PS2-2 運動と安定:力と相互作用		
理解を証明する生徒ができること: MS-PS2-2 物体の運動の変化が、物体にはたらく力の総和と物体の質量に依存している証拠を提示するための調査を計画する。 [説明文:系における平衡状態(ニュートンの第一法則)と不平衡状態の力、運動における力・質量・変化の定性的比較(ニュートンの第二法則)、座標系、単位の明記に重点が置かれる。][評価の境界:評価は慣性系における一次元運動の力と変化として、一度に一変数の変化に限定する。評価は、三角法の使用を含めない。]		
上のパフォーマンス期待値は、NRCのK-12科学教育フレームワークの次の要素から開発された		
(SEPs) 調査の計画・実施 ・問いに答えたり、あるいはK-5学年の経験に根付いた6-8学年の問題へ解を試すための調査や、多変量を用いて説明を支え、解を設計する証拠を提供する調査を含めたりする進歩を計画・実施する。 ・調査を個人や協同で計画する。設計において:独立・従属変数や定数、収集を行うのに必要な道具や測定記録方法、主張を支えるデータの必要件数を同定する。	(DCIs) PS2.A: 力と運動 ・物体の運動は、それに作用する力の総和によって規定される;もし物体にはたらく合力が0でなければ、その運動は変化するだろう。物体の質量が大きくなればなる程、運動に同じ変化をもたらすために必要となる力は大きくなる。どんな物体でもより大きな力はより大きな運動の変化をもたらす。 ・物体のどの位置でも、力と運動の向きは、任意に選択された基準座標系と任意に選択された大きさの単位で記述されねばならない。他者と情報を共有するためには、これらの選択肢もまた共有されなければならない。	(CCs) 安定と変化 ・自然の体系あるいは設計された装置における安定と変化の説明は、時間を越えた変化や種々のスケールの力を調べることで構成される。
科学の本質とのつながり 科学知識は経験的証拠に基づく。 ・科学知識は証拠と説明の間の論理的・概念的つながりに基づく。		
この学年帯で他のDCIsとのつながり: MS.PS3.A; MS.PS3.B; MS.ESS2.C		
学年帯を越えたDCIsの相互関係: 3.PS2.A; HS.PS2.A; HS.PS3.B; HS.ESS1.B		
共通コア州スタンダード(CCSS): 国語(ELA)と数学の関連するPEs ELA/Literacy RST.6-8.3 実験や測定を実施したり、技術的な課題を行ったりするとき、正確に多段階の手順に従う。 WHST.6-8.7 いくつかの情報源を引きながら、多様な探究の道筋を許すような追加の焦点化された関連質問を発生しつつ、(自己から発した)問いに答えるために短い研究プロジェクトを行う。 Mathematics MP.2 抽象的・定量的に理由をつける。 6.EE.A.2 文字が数を表す式を書き、読み、評価する。 7.EE.B.3 戦略的に道具を用いて、どんな形でも正と負の有理数で出された多段階の実生活の数学的問題を解く。どんな形でも数を用いて計算し、適切に形を変換し、そして、暗算と見積りの戦略を使用して答えの合理性を評価するため、演算の特性を適用する。 7.EE.B.4 現実世界あるいは数学での問題において量を表すために変数を使い、量の推論によって問題を解決するために一次方程式や不等式を立てる。		

出典: NGSS. (n.d.). Search Performance Expectations retrieved June 9, 2015 from http://www.nextgen science.org/search-performance-expectations?tid_%5B%5D=14&term_node_tid_depth%5B%5D=138

(2) 他教科・他分野との関連

Willard (2015) は、表 3 に示される三教科の実践過程の相互関連として三つの収斂^{しゅううれん}が見られることを指摘しているが、それらは科学コミュニケーション(E3,S8)、数学を用いた検証的調査(M4,S2,S5)、科学的な考えの構築とその批評(E2, E4&M3,E5,S7)と解釈できる。

表 3 数学・科学・国語での実践過程に見られる特色 (Willard, 2015)

数 学	科 学	国 語 (ELA)
M1 問い理解と辛抱強い解答	S1 問い・問題の提起	E1 自立していることの証明
M2 抽象的・定量的な思考力	S2 調査の計画・実施	E2 強い内容知識の構築
M3 存立できる論の構成と他の推論への批評	S3 データの分析・解釈	E3 聴衆・課題・目的・学問等の異なる要求への応答
M4 数学によるモデル	S4 モデルの開発・使用	E4 理解した上での批評
M5 戦略的に適した道具使用	S5 説明構成/解決法デザイン	E5 証拠への価値付け
M6 精度への注意	S6 証拠に基づく議論導入	E6 技術やデジタルメディアの戦略的・上手な使用
M7 構造への注目とその使用	S7 数学と計算思考の使用	E7 他の考え方や文化を理解するようになる
M8 繰り返し推論の規則性への注目と表現	S8 情報の獲得・評価・伝達	

STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) 教育は 2009 年のオバマ政権「革新への教育」運動より発し、市民の資質・能力育成と国家発展に必要な人材育成が企図される (PCAST, 2010; NAE and NRC, 2014)。NGSS に準拠した科学、技術・工学、数学が統合された問題解決を含む調査活動を行わせることで、高校卒業時に STEM 領域の進学・就職のレディネスが確保されるよう資質・能力の形成を図っている (NGSS Lead States, 2013)。

3 資質・能力を育成する観点から期待される科学授業の事例

事例 1

(1) 特に育成しようとしている資質・能力

NGSS では、PEs と三次元の枠組み (DCIs, SEPs, CCs) との関連を強く意識した授業実践を立案・実施し、望ましい資質・能力を獲得した証拠(評価データ)を得ることで、教師が成果説明できることを求めている。また、授業設計の際には各時間の役割を明確に計画できるように、5E 教授モデルなどの教授法を基盤に実施することを NSTA (National Science Teachers Association) などが薦めている。なお、5E 教授モデルは BSCS (Biological Sciences Curriculum Study) による理科カリキュラムなどを通じて広く全米に紹介されており、表 4 に示すような 5 段階の展開構成を持つ特色を有している。

本事例の授業設定として、SEP は「調査の計画・実施」、DCI は「PS2.A 力と運動」、そして CC は「安定と変化」となっている。各設定の詳細内容は、表 2 に記載された通りである。

(2) 授業の情報

Wayne Country Regional Educational Service Agency (ミシガン州) が教員向けに NGSS に準拠した実践例として提供した、中学校第 8 学年物理科学単元「力と運動：ニュートンの第

二法則」の指導案である。単元展開は次のように、5E 教授モデルをベースに設計される。

- ・Engage: 問い「一定に不均衡な力のかかる物体は等速で動くか」への回答紹介：15 分
- ・Explore: 検証実験(ゴム発射台・ボール転がし)の実施と討議：実験 40 分+討論 20 分
- ・Explain: ビデオ, 読書と自己チェック実践, 問題を解く実践：50 分×2 時間
- ・**Elaborate (本時)**: ニュートンの第二法則を説明する調査, ICT 調べ：50 分×4~5 時間
- ・Evaluate: 物体に働く力や質量と運動の加速度との関係について理解の確認

出典：Wayne Country Regional Educational Service Agency. (n.d.). Search lesson plans retrieved June 9, 2015 from <http://www.resa.net/curriculum/curriculum/science/professionaldevelopment/ngss-pd/lesson-plans-exploring-ngss/>

表 4 Bybee(2015)による BSCS の 5E 教授モデルの特色

Engage (導入)	学習者の既有知識を取り出す短い活動を通じて、学習の有意味さを知って興味を促進させ、認知的葛藤などから問いや問題を生成させることで、新しい概念に彼らを引き込む手助けをする。学習者の過去と現在の学習経験の間に関連を作るほか、この活動での学習課題や学習成果へ生徒の考慮を組織する。
Explore (探究)	現在の概念(誤概念)・過程・スキルを同定し開発する、経験の共通基礎が与えられる。導入の問いに答えようとして現在の知識やスキルを表す。観察し情報を集め、同輩と問いについて話し合い、可能な説明を考慮する。認知的不均衡を解決し始める。
Explain (説明)	生徒の注意を彼らの理解のある一側面に置かせて、彼らが問いへの解として概念的理解を表現し、スキルを試す機会を提供する。また、教師が可能な限り簡潔かつ直接的に説明して概念・過程・スキルに正式なラベルや定義を与える機会を提供する。
Elaborate (精緻化)	生徒は新しい活動への適用で概念的理解に挑戦し、拡張する。さらに、求められるスキルや態度を実践する機会が許される。新しい経験を通して生徒はより深く広範な理解、より多くの情報、十分なスキルを発達させる。
Evaluate (評価)	生徒が自身の理解と能力の適切さを評価するほか、教師が教育目標(Educational Objective)の達成に向けた生徒の成長を評価する機会を提供する。

(3) 学習課題 (学習で達成が求められる PE)

MS-PS2-2 物体の運動の変化が、物体にはたらく力の総和と物体の質量に依存している証拠を提示するための調査を計画する。

(4) 授業の概要

本時である Elaborate(精緻化)での活動展開の概要は、次の通りである。

【活動①】二つの問い「物体の質量変化は、一定に働く力を用いていかに加速度へ影響するか」「物体に働く力の変化は加速度へ影響するか」に基づき、ニュートンの第二法則を説明するための調査を生徒が計画して実施する。道具はバネばかり、スケートボードやインラインスケート、メートル定規、タイマーやストップウォッチ、れんが、

ひも、マスキングテープなどに限定する。

【活動②】 実験結果・結論の記述報告を学校指定の様式で作成する。

【活動③】 実験終了後、「ニュートンの第二法則の地学・生物学への応用例」について ICT を用いて調べ学習する。活動成果は、Evaluate(評価)で尋ねる法則適用の例示での生徒の指摘から判断する。

(5) 資質・能力に関連した授業の特徴

Explain(説明)で修得した知識を基に、与えられた道具によりニュートンの第二法則をよりよく示すデータを取り出す実験を生徒に考えさせて、実施させる。規定様式にのっとった生徒の実験報告が評価の対象となるため、以下の「記載必要事項」がきちんと記録されているかどうかを生徒が自ら確認することが重要になる。

[記載必要事項]

問い/問題、理由を付した仮説、各問いにおける変数の同定{独立変数、従属変数、(最少でも三つの、配慮され記録された)定数}、資料、手順、繰り返し試行の結果を示すデータ(表形式で、質的な観察記録の添付が望ましい)、グラフ(線グラフ)、結論の記述

資質・能力の育成の観点から見て、生徒の主体的活動を前提に学習場面を構成し、習得済みである法則の証拠となるデータをより適切に導き出せる実験方法について仮説立てさせ、検証実験を実際に行わせて検証過程と結論をレポートさせることで、資質・能力の獲得状況を評価しようとする点や、物理科学で学習しているニュートンの第二法則に関して生物学・地学への応用例を ICT の利用で調査させる設定を導入した点が先進的である。しかし、いずれも「開いた問い」の学習課題であるので、科学的な検証を生徒が実践できるように教師が時間・学習環境・モチベーションを生徒に保証する点が課題である。

(6) 特徴的な問い(発問)

一斉指導や班活動時の机間指導の際に、次の質問を教師は与える計画となっている。「実験の測定ではどんな困難があるか?」、「どのようにデータをまとめて伝達するか?」、「どの種のグラフを使用するか? その理由は?」、「データは信頼できるか? その理由は?」、「加速度や速度に対して、他にどんな力が作用しているか?」

事例 2

(1) 特に育成しようとしている資質・能力

本事例は BSCS の教科書『BSCS Middle School Science』に基づく学習活動が展開される。生徒は粒子運動とエネルギーの移動の関係、伝導・対流・輻射や比熱、エネルギーと物質の状態変化の関係など熱エネルギーに関わる科学的概念を、問答、観察実験、モデルを用いた教授や説明活動などを通して学ぶ。そして、チョコレートを最短時間で溶かす装置を班で設計・製作して実際に計時するとともに、装置について生徒各自が科学的概念を用いて説明し、班員のフィードバックに基づいて修正して仕上げる。活動で設定された生徒に

求めるパフォーマンスに、班員との相互作用の行為に関する事項を含むことから、熱エネルギーに関わる科学的概念の理解深化や科学的・工学的実践の遂行のみならず、他者と効果的に協力するための資質・能力の育成も目指されていると考えられる。

(2) 授業の情報

本授業はワシントン州の私立中学校に勤務する Judy Barrere 教諭が立案した、第 8 学年の物理科学単元「熱エネルギー」である。単元構成は、BSCS の 5E 教授モデルを参考にしつつ、科学的概念と実社会の関連を示す Extend (拡張) という段階が加えられている。次の表 5 の通り、本時は Evaluate の学習場面であるが、「Extend－熱の利用」については省いて紹介する。

表 5 単元「熱エネルギー」の概要

単元構成	主な学習内容	
Engage 1 時限分	熱エネルギーとエネルギーシステム	
Explore 1.5 時限分	エネルギーが存在する場所	
Explain 4.5~6.5 時限分	熱交換に関連する運動エネルギーと位置エネルギー	
	原子運動のモデルとエネルギー	
	熱エネルギー, 熱, 温度の違い	STEM-Math
	エネルギーの移動	STEM-Technology
Extend 3~5.5 時限分	粒子の動きとシステム内のエネルギー	
	実社会に見られるエネルギーの移動 (発展)	
	伝導, 対流, 輻射, 比熱	
	水の状態変化の原因	STEM-Technology
Evaluate (本時) 2~3 時限分	物質の状態とエネルギーの移動の関係	
	チョコレートを溶かす装置の設計・製作・テスト Extend－熱の利用	STEM-Engineering

出典：Barrere 教諭から入手した単元計画資料を筆者が要約して作表。

(3) 学習課題 (学習で達成が求められる PEs)

MS-PS1-6：化学的プロセスによって熱エネルギーを放出あるいは吸収する装置を組み立て、テストし、修正する設計プロジェクトに取り組む。

MS-PS3-4：移動したエネルギー、物質の種類、質量、そしてサンプルの温度によって測定される粒子が持つ平均の運動エネルギーの変化における関係性を同定するための調査を計画する。

MS-PS3-5：物体の運動エネルギーが変化したとき、その物体へあるいはその物体から

エネルギーが移動するという主張を支持するための論証を構築し、活用し、そして提示する。

MS-ETS1-2：どの程度、問題に関する基準と制約を満たすかを決定するための体系的なプロセスを用いて、競合する設計解を評価する。

MS-ETS1-3：成功の基準を更に満たす、新しい解決策として組み合わせられる各設計解の最良の特徴を識別するために、幾つかの設計解での類似と相違を同定するテストから得られたデータを分析する。

(4) 授業の概要

本授業における主な活動を、表6にまとめる。なお、表5で示した単元の既習内容に関して、本授業で活用されていると考えられる箇所には、下線を引いて示している。

表6 授業での活動要素

班での活動	具体的な内容
目指すパフォーマンスの確認	・ 課題と望ましいパフォーマンスが記されたプリントを班で確認する。
装置製作のルールと材料の確認	・ 教師から製作のルールと利用可能な材料が提示される。
手順の確認及び課題と役割の分担	・ 教科書を読み、活動の手順を確認する。 ・ 班で各班員の課題と役割を分担する。
装置の設計	・ 装置の設計に関わる問いを班で話し合う。 ・ 装置を設計し、設計について教師からフィードバックを得て修正を加える。
装置の製作と起動	・ 班で装置を製作して起動させ、チョコレートが溶けるまでの時間を計測する。
個人での活動	具体的な内容
装置に見られる科学的概念についての説明	・ 個人で装置の最終設計をノートにスケッチし、 <u>装置で生じるエネルギー変換を記入したり、伝導と対流が生じている場所を書き入れたりする。</u> ・ <u>粒子モデルを活用した装置におけるエネルギーの移動と変換についての説明や熱と温度の関連と違いについての説明</u> などを書く。 ・ 他の班員とノートを交換し、内容を互いにレビューして相手にフィードバックを与える。それに基づいてノートの記述内容を修正する。
学習の振り返り	・ <u>Engage</u> で取り組んだエネルギーの定義を振り返り、その定義を学んだ内容を活用して修正する。
班員の取組の評価	・ 各班員の分担した課題と役割の達成を評価するとともに、自分自身についても自己評価する。
学習内容の重要性の確認	・ 学習内容の個人における重要性を説明し、この知識の日常生活や仕事での活用を考える。

出典：BSCS Middle School Science (pp.45-50)と Barrere 教諭作成生徒向けワークシートを参考に筆者が作表。

(5) 資質・能力に関連した授業の特徴

資質・能力の育成の観点から見ると、装置の設計・製作という工学的実践を基盤とした課題設定が、既習知識を活用させた理解度確認による科学的概念の理解促進と、他者との効果的な相互作用に必要な諸能力育成を促す点において、先進的である。一方で、生徒が完成させた成果物としての装置に関して、計時以外に評価の方法・基準が不明瞭な点に課題がある。

(6) 特徴的な問い(発問)

Barrere 教諭が作成した生徒向けワークシートには、次のような問いが用意されている。「熱源はどれか？ なぜそれか？」、「安全対策は？」、「この章で学んだこと全てをどのように表現することができるか？」、「いつストップウォッチを開始し、そして停止するのか？」、「何をもって溶けたと判断するのか？」、「必要な材料は何か？どのような材料が利用可能か？」

4 資質・能力の育成に向けた学習活動の特徴

(1) 事例の学習活動と資質・能力の育成及び内容との関連

二つの事例では、共に単元の学習活動の配列に BSCS の 5E 教授モデルが参考にされていた。このモデルは『NSTA による NGSS の手引書』(Pratt, 2013)においても、NGSS を授業レベルで具現化する際に活用できる、教育効果が検証研究で実証されたモデルとして全米に紹介されている。そのため、アメリカ合衆国における科学の教授法はこれだけに限定されないものの、BSCS の 5E 教授モデルに着目することは重要であると考えられる。BSCS の 5E 教授モデルは、学習者の主体的な活動を通して、学習者が保持する概念をより適切な科学的概念へと変容させていくことを目指している (Bybee et al., 2006)。このモデルでは、生徒は実験や観察、そして読書などの多様な学習活動を通して、特定の科学的概念を継続的に学習することになる。この特徴は、事例 1 において顕著であった。事例 1 では、物体の質量と力と加速度の関係を表すニュートンの第二法則が単元の多様な学習活動を通じて扱われている。Engage (導入)では、「一定に不均衡な力のかかる物体は等速で動くか」という教師の問いかけによって生徒は学習へと引き込まれる。そして、Explore (探究)では、生徒は力と質量と加速度の関係を調査する実験を行う。続く Explain では、生徒は、ビデオの視聴や読書によってニュートンの第二法則について理解を深める。既に紹介した Elaborate では、生徒主体の調査の計画・実施によって彼らの概念的理解の拡張が促される。最後の Evaluate では、生徒の製作物などからニュートンの第二法則に関する彼らの理解が確認される。このように、生徒は、単元レベルで系統的に配列された多様な学習活動を通じて、ニュートンの第二法則を繰り返し学習することが意図されていた。

次にアメリカ合衆国での大きな潮流である STEM 教育の観点から、学習活動と資質・能力の育成及び内容の関連について指摘したい。NGSS や、その骨子を示した NRC のフレームワークでは、STEM 領域の人材育成を主眼とはしていないものの、生徒が高校卒業後に STEM 領域へ進学や就職をすることも考慮して、この領域で求められる資質と能力の基礎

の形成も図っている (NGSS Lead States, 2013; NRC, 2012)。また、以前の『全米科学教育スタンダード (NSES)』 (NRC, 1996) で技術を導入していることに加えて、新たに工学も明確に導入している。工学の要素を取り入れた科学の学習活動における資質・能力の育成を検討する際には、事例 2 を参考とすることができる。表 5 の本時の学習内容欄に「STEM-Engineering」と授業者が付してあるように、事例 2 の学習活動は工学を取り入れた活動である。この学習活動では、生徒は装置の設計・製作という工学的実践を通じて、既習の熱エネルギーに関する科学的概念を活用し、装置の動作状況をもとにそれらの概念を説明する。つまり、事例 2 の工学的実践は、科学の既習内容の活用と定着を図る具体的な文脈となっていることが指摘できる。さらに、ここでは生徒の概念的理解が表現されるため、生徒にとっては自己評価、教師にとっては生徒の到達度評価を行う場面となり得る。これらにより、工学的実践を導入した学習活動は習得した科学的概念と能力の活用と評価の場面として、単元内で位置付けることができる。

事例のように、単元構成を BSCS の 5E 教授モデルに基づかせた学習活動は、反復的に学習内容を習得させ、活用させるため、生徒の資質・能力の形成的評価に適していると言える。

(2) 資質・能力を育成する学習活動の特徴 (我が国の理科授業と比較して)

二つの事例は正にアクティブ・ラーニングを志向した本時の授業であり、社会で行われる科学や工学の実践の行為に根ざして、グループメンバーと協働しつつ、科学的知識を用いた検証的・創造的な学習活動を行わせることで、科学や工学の本質を理解することを生徒に促している。我が国で現在求められる理科授業の在り方と類似するようだが、しかし、児童生徒の理科学習の実態を両国で比べると根本的な差がある。それは、アメリカ合衆国で多くの教員が伝統的に行う知識習得を目的とした学習指導の場合、学習に先行して児童生徒が科学知識を表す教科書のテキスト (論理展開) を把握しておき、授業で理解することにある。小学校では、テキストが原理説明的なストーリーで構成されており、児童は授業導入場面で教師とともにこれを精読し、続いて関連事象の経験や、テキストの意味構造に係わる問答を行う中で、学ぶ科学知識と自身の考え方とのギャップを埋める学習を行う。中学校・高校では、生徒は家庭学習 (予習) として教科書の精読や確認課題の解答が求められ、授業導入場面で実施確認や理解度診断が問答で行われ、続く授業展開を通じて各自が曖昧さを脱することで、科学的な見方に基づく妥当性の高い理解を構築する。学習ゴールとなる獲得すべき事項が児童生徒にはテキスト精読を踏まえて見えていて、それを起点に理解のための学習が科学授業で始まる様式である。教科書のテキストは、科学知識をとらえて理解するためだけのものではなく、児童生徒が行う思考・判断・表現の対象であり、かつ、文章記述や図表等をもとにその表現形式や概念の使用、論理展開について理解して、日常利用の習慣化を促すためのものであることから、授業の中での使用は極めて重要なものといえる。児童生徒の主体的・創造的な実践の支援には、発揮が期待される科学的思考の基盤となる、科学的な概念・法則など知識の正確な獲得・適用が重要で、形成的評価の実施が必要となる。

【引用文献】

- BSCS. (n.d.). *BSCS Middle School Science*. Retrieved October 21, 2015 from <http://bscs.org/mss>
- Bybee, R. W. et al. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Colorado Springs, CO: BSCS.
- Bybee, R. W. (2015). *The BSCS 5E Instructional Model: Creating Teachable Moments*. Arlington, VA: National Science Teachers Association.
- National Academy of Engineering and National Research Council. (2014). *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. Washington, DC: The National Academies Press.
- NGA Center and CCSSO. (2010). *Common Core State Standards*. Washington, DC: National Governors Association.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Cross-cutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Pratt, H. (2013). *The NSTA Reader's Guide to The Next Generation Science Standards*. Arlington, VA: National Science Teachers Association.
- President's Council of Advisors on Science and Technology. (2010). *Prepare and Inspire: K-12 Education in Science, Technology, Engineering, and Math (STEM) for America's Future*. Washington, DC: Office of Science and Technology Policy, Executive Office of the President.
- Willard, T. (2015). *The NSTA Quick-Reference Guide to the NGSS, K-12*. Arlington, VA: National Science Teachers Association, pp.46-47.

(高橋 一将・平野 俊英)

カナダ

1 科学において示されている資質・能力、教科固有の知識と学習活動

カナダの教育は州や準州の責任で行われており教育制度も異なるが、理科カリキュラムについては、1997年の「科学の学習成果に関する共通フレームワーク」^{注1)}の策定後に各州のカリキュラムが作られており共通性がある。本稿では、カナダの約三分の一の人口の住む最も人口が多いオンタリオ州の理科カリキュラムを基に特徴を示す。

(1) どのように記載されているか

オンタリオ州の理科カリキュラム^{注2)}では、次の三つが目的として示されている。

1. 科学と技術を社会と環境に関連付ける
2. 科学的探究と技術的問題解決に必要なとされるスキル、方策、気質(Habits of Mind)を身に付ける
3. 科学と技術の基本的概念を理解する

資質・能力に関連の高い項目であるスキルについては、第1-8学年では「科学的探究と技術的問題解決のためのスキル連続体」として、項目別にスキルの習得の程度がわかるルーブリックとして記載されている。スキルは、科学的探究(実験)スキル、科学的探究(研究)スキル、技術的問題解決スキルの三領域に分けて記載されており、それぞれの領域別に連続体(continuum)が示されている。連続体では、スキルは探究や問題解決の過程にのって次の四段階に分けて記載されている。

1. 始めることと計画(例:問いを立てる,問題を明らかにする,手順を計画する)
2. 実行と記録(例:手順に従う,情報にアクセスする,観察や結果を記録する)
3. 分析と解釈(例:データを整理する,実行したことの効果を振り返る,結果を導く)
4. コミュニケーション(例:適切な語彙を使う,様々な方法で見付け出したことを伝え合う)

各段階ではスキルを、生徒が身に付ける「始め」から「熟練」まで、具体的にスキルの状態がわかるように文章で示されている。第9-10学年では、同じ四段階が独立した学習領域「科学的探究と職業探究」に記載され、後に続く科学の各内容領域でも結び付けて学習することと示されている。

(2) どのように関連付けられているか

学年ごとの学習内容は、第1-8学年では四つの学習領域、生命システム、構造とメカニズム、物質とエネルギー、地球と宇宙のシステム、に分けて示されている。第9-10学年では、科学的探究と職業探究、生物、化学、地球と宇宙科学、物理に分けて示されている。

それぞれの学習内容は、「基礎となる概念」として、①物質、②エネルギー、③システムと相互作用、④構造と機能、⑤持続可能性と責務(stewardship)、⑥変化と継続、の六項目で示している。「基礎となる概念」の中で、学習したことの詳細を忘れてしまっても長く

保持される、幅広く重要な理解につながる側面を「ビックアイデア」として示している。例えば、第3学年の生命システムの学習に関連するビックアイデアは、植物は人間にとって一次生産者である、人間は植物とその生息域を守る必要がある、である。

前項で示した三つの目的に対応する「全体的な期待 (overall expectations)」が、それぞれの学習領域、学年において示されている。「全体的な期待」とは、それぞれの学年の終了時に生徒に習得させることが期待される知識とスキルを一般的な言葉で示したものである。その「全体的な期待」に関連する形で、期待される知識とスキルをより詳細に示した「具体的な期待 (specific expectation)」が示されている。

2 国家レベルで示されている将来必要とされる STEM 関連技能について

現在カナダにおいて必要とされている能力や技能について述べる。

カナダアカデミー会議 (Council of Canadian Academies) の専門家委員団は 2015 年に、カナダ雇用・社会開発省の要請に応じる形で、“必須とされる集合—STEM スキルとカナダの経済生産性 (原題: Some Assembly Required: STEM Skill and Canada's Economic Productivity)” という報告書を発表した。この報告書は、以下の諮問に対する回答として作成されている。

・カナダは、科学 (Science), 技術 (Technology), 工学 (Engineering), 数学 (Mathematics) (STEM) において将来必要とされる技能 (skill) についてどの程度用意ができていますか？

(Council of Canadian Academies, 2015, p.xii)

この諮問に対して、専門家パネルは「現時点では、未来の仕事に対して求められるであろう知識や技能を明確に定義付けることは不可能であろう」としながらも、その一方で、「STEM スキルは様々な教育や職業機会において中心となすものである」としている。また、この専門家パネルは STEM スキルを「基盤的スキル」、「実践的スキル」、「先進的スキル」の三種類に分類し、特に、「基盤的スキル」については「早期、初等、中等教育段階の全ての学習者に対する基盤的スキルの質とレベルを上げることは、この（不確実な将来に対応する）目標に対して戦略的、長期的なアプローチとなるであろう」と結論付けている。ここでいう「基盤的スキル」とは、「・・・批判的思考力や問題解決能力と同様に、推論する能力や数学的能力や計算能力、そして科学技術が豊富な環境においてこれらの技能を活用する能力を内包する」と定められており、単に職業現場において使える実践的知識や高度な知識とは区別されている。さらには、この「基盤的スキル」は、STEM 以外の領域においても活用できる能力であるため、特に初等・中等教育において重要だと提言されている。

パネルは、「基盤的スキル」には、基礎的識字力、効果的記述能力、口頭でのコミュニケーション能力、数量的思考力、探究能力、批判的読解力及び思考力、問題解決能力、効果的に協力する能力、情報リテラシーなどが含まれるとしている。これらのうち、例えば探究能力や協調心、批判的思考力、問題解決能力などは、前述のオンタリオ州のカリキュラムの目的にも含まれており、また、将来起こり得る複雑な科学技術社会への対応について

も、同様にカリキュラムに記述されている。したがって、これらの能力の育成は社会にも求められており、カリキュラムにもそれは反映されているものと考えられる。

3 資質・能力を育成する観点から期待される科学授業の事例

オンタリオの学校（K-12）を支援するための教育省の開発資料サイトが掲載されている「EduGAINS」より、第10学年対象の光の授業の事例を見ていく。

事例

(1) 特に育成しようとしている資質・能力

単元全体にわたって期待されていること

- ・科学的調査スキル（探究と研究）を四つのスキル領域（始めることと計画，実行と記録，分析と解釈，コミュニケーション）で実際にやって見せることができる。
- ・光と色の諸特性がどのようにテクノロジーに応用されているか，またそれらのテクノロジーの社会への影響を分析する。
- ・探究活動を通して光の諸特性について科学的な調査をして，鏡に当たったときと異なる媒質を通過したときの光の性質について予想する。
- ・光の特徴と諸特性，とりわけ反射，屈折，色を足し合わせたり引いたりすることに関して理解していることを表現できる。

(2) 授業の情報

第10学年対象の「光と光学の応用」の授業資料^{注3)}にある8時間目の授業「光は曲がる」。探究や研究に必要な知識とスキルの習得を目的としている資料であり，オンタリオ州の科学カリキュラムにのっとり，リテラシーの習得，しっかりした評価方法を強調し，環境教育スタンダードも埋め込んでいる。

(3) 学習課題

- ①反射の現象を説明できるようになること，その発展として全反射を説明できること
- ②光路図を用いてレンズを用いた観察を説明できること
- ③凸レンズのつくる像の特徴について光路図を用いて予想し説明できること
- ④実験の実施と記録，分析と解釈，コミュニケーション，に関する探究スキルを実際にやってみせることができる。

(4) 授業の概要（内容）

導入部分で意見を引き出し（Elicit），生徒を巻き込む（Engage）ための Minds-on 活動を行ったのち，実験を行い（Action），最後にクラス全体でまとめる（Consolidation）という形式を取っている。

マインズオン：Minds On (Elicit, Engage)

クラス全体：光の屈折の観察

屈折の幾つかの例を演示（例：ガラスの中の水で鉛筆が曲がって見えること）。生徒は、観察を踏まえ「何が見えた？」「見えたことをどのように説明することができるか？」「媒質や物体を通る光の道筋と空気を通る光の道筋の違いは何か？」という問いに答える。

小グループ：レンズを用いた光学機器の探索

各グループに「プレスマット(Placemat)」^{注4)}を配布する。各生徒は、思い付いたことを外側を書いて、それらをもとにグループで協力しプレスマットの中央に質問を書く。

プレスマットの結果を発表する。「考えを口に出して言う(think-aloud)」^{注5)}を用いて、プレスマットで集められたことから幾つかの結論を導く。何人かの生徒に発表させて、更に議論し結論を導き出させる。

行動 Action! (Explore, Explain)

クラス全体：学習課題を確認する

学習課題と実験で明らかにする問いを確認する。この授業に関連した安全手順書の復習。

クラス全体/個人：手順を読む

光路図の書き方を復習し、3時限目の光路図の評価基準を確認する。「手順と実験器具リスト」を配布し、生徒が手順を読み、生徒がキーワードを把握できているか確認し、わからない用語を確認し、実物を見せて理解させる。

ペア/小グループ/クラス全体：レンズを使った実験

手順に従いペアで実験を行う。ペアを他のペアと合体させグループにして、実験結果を比較させる。結論（例：媒質を通過するときに、異なる媒質間の境目に入射する角度に応じて、どのくらい光が曲がったか）を導くように促し、発表させる。「手順と実験器具リスト 2」を配布し、手順に沿ってペアで実験をする。ペアを他のペアと合体させグループにし、実験結果を比較させる。結論（例：凸レンズは光を一点に集め、その場所はレンズの表面の曲率に依存している）を導くように促し、発表させる。

統合 Consolidation (Elaborate, Evaluate, Extend)

ペア/小グループ/クラス全体：シミュレーションを用いた調査活動

インタラクティブなソフトウェア（例：Gizmo「レンズを通る光」）を使って、光路図で凸レンズがつくる像の特徴を予想することができることを演示する。ペアをくっつけて小グループにして、観察したことを比較する。各グループの代表がグループの観察結果を報告する。次の質問をして答えを引き出す「凸レンズでつくられた像は、虚像か実像か」「それはどのようにしてわかるのか」「作られる像はサイズと見え方は、対象物と同じか？」「それはどのようにしてわかるか？」

ペア：理解の確認

生徒は、凸レンズにより物体がつくる像の場所を指し示し、焦点の位置を示す。

クラス全体/個人：最終的な課題のために情報を収集する

授業1の様々なテクノロジーが列挙されているアンカーチャートを見直し、テクノロジー

一を書き加える。次の質問をする「これらのテクノロジーのうちどれが凸面鏡と凹面鏡を使っているか?」「どのように使っているか?」「プロジェクトログに割り当てられたテクノロジーについての質問を書く」

(5) 資質・能力に関連した授業の特徴

探究的スキル「始めることと計画すること」については、授業の導入場面で具体的な屈折現象から、何か法則のようなものがあることを予想させること、「実行することと記録すること」については、実験の機会を与え、光路図などを作らせること、「分析と解釈」については、実験結果を集め、それを解釈させようとする機会を設けている。「コミュニケーションについては、学習者をペア、小グループ、クラス全体と柔軟に学習集団を変えることにより、生徒間のコミュニケーションと実験操作の機会を確保している。また、話し合いを促進させる手法、「プレースマツ」「考えを口に出して言う」が用いられている。

4 資質・能力の育成に向けた学習活動の特徴

(1) 事例の学習活動と資質・能力の育成及び内容との関連

光の屈折の授業では、演示実験を見た後に実験で探るべき問いについて話し合いをしている。探究活動で探るべき問いに関する項目は、カリキュラムにおいては科学的探究(実験)スキルの習得の程度をルーブリックとして記載されている連続体の一項目である。そこで示されているスキルの習得は、程度の低いものから高い順に示されており、①身の回りの世界について好奇心を表している質問をすることができる、②検査や実験により答えることができる幾つかの問いを立てることができ、そのうちから調べるため一つの問いを選ぶことができる、③検査や実験により答えることができる幾つかの問いを立てることができ、そのうちから調べるため具体的な問いを明確に述べることができる、④実際的な問題や論題から生じる幾つかの問いを立てることができ、そのうちから調べるため具体的な問いを明確に述べることができる、となっている。事例の学習活動においては、演示を踏まえて問いを立てていることから②若しくは③のスキルの習得を目指しているとみなすことができる。

(2) 資質・能力を育成する学習活動の特徴(我が国の理科授業と比較して)

光の屈折の授業においては、ペアでの活動により次の三つの側面で学習を促進させている。第一にペアで実験操作を行うことにより、各生徒の実験に従事する機会を確保している。第二にペアで明らかにした結果を他のペアと確認をすることで、生徒間のコミュニケーションを取る機会が確保されている。第三にペアで学習したことをお互いに確認することで、自分の理解を確認させている。このように、ペアでの学習活動により実験への参加、コミュニケーションの促進、理解の確認という三つの側面から、個々の生徒に学習へ参加する機会を増やしている点が参考にできる。

話し合いを促進させる手法を用いて、生徒間のコミュニケーションを促している点も参考にできる。話し合いをしている内容は、唯一の解があるものや知識の確認ではなく、多様な考えが想定される問いであり、事例の中では実験で探るべき問いを考えること、テクノロ

ジーとの関連を話し合わせている。その方法は、「プレースマット」を用いて他者の意見を聞いてグループとしての考えをまとめること、「考えを口に出して言う」ことで積極的にコミュニケーションをとらせること、アンカーチャートを見直し書き加えるという作業を通してコミュニケーションをさせる、という三つの方法が使われていた。このように、意見を具体的に目に見える形で示したり、声に出して言わせたりすることにより、積極的なコミュニケーションを促すことができる方法を用いている。

注

- 1) The Common Framework of Science Learning Outcomes K to 12, 1997. Retrieved from <http://science.cmec.ca/framework/>
- 2) The Ontario Curriculum, Grades 1–8: Science and Technology, 2007; Grades 9–10: Science,2008; Grades 11–12: Science,2008.Retrieved from <https://www.edu.gov.on.ca/eng/curriculum/>
- 3) Science Grade 10 - light and Application of Optics. Retrieved from <http://www.edugains.ca/newsite/literacy/subjectspecific/sciencegr10lightsoptics.html>
- 4) Think Literacy Cross-Curricular Approaches, Grades7-12,pp.162.164. Retrieved from <http://www.edu.gov.on.ca/eng/studentsuccess/thinkliteracy/files/Oral.pdf>
- 5) Think literacy Subject Specific Examples Language/English, Grades 7-9,p.3. Retrieved from <http://www.edu.gov.on.ca/eng/studentsuccess/thinkliteracy/files/ThinkLitEnglish.pdf>

(畑中 敏伸・清水 欽也)

オーストラリア

1 科学において示されている資質・能力，教科固有の知識と学習活動

(1) どのように記載されているか。

オーストラリア・カリキュラム (Australian Curriculum, 以下 AC と示す) は、学問分野の知識，スキルと理解 (disciplinary knowledge, skills and understanding)，汎用的能力，学際的カリキュラム優先事項 (cross-curriculum priorities) を中心とした三次元で設定される。科学は、AC における八つの学習領域の一つとして位置付けられており、基礎から第 10 学年のオーストラリア・カリキュラム科学 (Foundation to Year 10 Australian Curriculum : Science, 以下 AC 科学と示す) と後期中等のオーストラリア・カリキュラム科学で構成されている。本稿では前者の AC 科学について記述する。

AC では各学習領域の内容に関する最も大きな構成単位としてストランドが設定されるが、AC 科学では「科学の理解」，「人類の挑戦としての科学」，「科学の探究スキル」の三つのストランドとして示される。更に各ストランドは表 1 のような下位の項目に分類されている。「科学の探究スキル」は科学における資質・能力，「科学の理解」は科学における固有の知識，「人類の挑戦としての科学」は科学を学習する際の文脈を示していると言える。

表 1 AC 科学において扱われる内容

ストランド	科学の理解	人類の挑戦としての科学	科学の探究スキル
下位項目	生物科学 化学 地球・宇宙科学 物理科学	自然と科学の発展 科学の利用と影響	質問することと予想すること 計画することと実施すること データと情報を処理すること と分析すること 評価すること コミュニケーションすること

出典：The Australian Curriculum v8.1, F-10 Curriculum, Science Structure

<http://www.australiancurriculum.edu.au/science/structure> 表の作成と和訳は著者による。

更に、表 1 の各下位項目について、何が教授され、児童生徒が何を学ぶことが期待されているかについての説明が「内容の記述 (content descriptions)」として示される。具体的には、各学年又はバンド (2 学年等の幅) について、期待される知識，スキルと理解として表される。さらに、到達基準 (achievement standards) によって各学年又はバンドで期待される児童生徒の知識，スキルと理解の程度を明記している。

AC 科学では、科学の学問分野を越えて知識と理解を架橋するものとして「形と機能」，「安定性と変化」，「システム」，「物質とエネルギー」，「スケールと測定」，「パターン，順序と組織」の六つのキーアイディア (key ideas) が記載される。

(2) どのように関連付けられているか。

AC 科学では「科学の理解」, 「人類の挑戦としての科学」, 「科学の探究スキル」の三つのストランドは相互に関連するものとして設定され, 統合された形で教授されることが期待されている。三つのストランドは生徒が世界の科学的な見方を発展させることを通して, 知識, スキルと理解を提供する。「科学の理解」は, これまで科学者が確立してきた事実, 概念, 原理, 法則, 理論やモデルなどの科学的知識に関連する。学習者に適した文脈において, 科学のキーアイデアとスキルが発展することを通して, 「科学の理解」は内容を提供するものとされている。キーアイデアは各学年の記述に埋め込まれ, その学年における教授と学習の重点を示しながら, 学年を越えて系統的に科学的知識の統一と発展を支援するようにデザインされている。



図 1 AC 科学で示された科学の構造

出典 Australia Curriculum: Science

(Ver. 8.1) 和訳は著者による。

2 科学において示されている資質・能力とナショナル・カリキュラムで示されている資質・能力との関係

(1) 科学の「目標」とナショナル・カリキュラムで示されている資質・能力との関連

AC では学問分野の知識とともに, 七つの汎用的能力(リテラシー, ニューメラシー, ICT 技能, 批判的・創造的思考力, 個人的・社会的能力, 倫理的理解, 異文化間理解)が示されている。一方, AC 科学では, 「内容の記述」において汎用的能力がどのような場面で育成され, 又は, 活用されるか特定されている。これにより, ナショナル・カリキュラム(AC)で示されている資質・能力が科学のカリキュラム内容に関連付けられている。

また, 「内容の詳細 (content elaborations)」によって, 教師が内容をどのように教授するか, そのアプローチについて一例が提示されている。更に「内容の詳細」では, 汎用的能力がどのような場面で生徒の学びに深さと豊かさを加えることができるか特定されている。そして, 汎用的能力は学習領域の内容に埋め込まれた形で教授され, 評価されることが期待されている。なお, 生徒の汎用的能力の学習の評価又は報告については, 州の教育機関がその実施の有無や方法を決定する。

(2) 他教科・他分野との関連 (STEM 教育等の扱いを含む)

他教科・他分野との関連については, AC の学習領域において学際的カリキュラム優先事項が「内容の記述」のどのような場所で育成され, 又は, 活用されるか特定されている。

3 資質・能力を育成する観点から期待される科学授業の事例

オーストラリアにおける科学授業の事例としては、「指導とスクールリーダーシップ機構 (Australian Institute for Teaching and School Leadership: AITSL)」が収集・公開している「実践例 (Illustrations of Practice)」を用いる^{注)}。AITSL は連邦政府資金により運営されているが、連邦政府とは独立した組織である。教員やリーダーを認定するための資格認証制度の整備や教員研修の運用等に責任を持ち、2011 年に各州の協力の下「全国教職専門スタンダード (national professional standards for teachers)」を開発している (AITSL, 2013)。「全国教職専門スタンダード」では、教員を教職生活のキャリアの観点から新卒教員 (Graduate)、熟達教員 (Proficient)、高度熟達教員 (Highly accomplished)、主導的立場の教員 (Lead) の四段階に区分している。「実践例」はこの四段階のキャリアステージについて、オーストラリア全域から授業実践を紹介している。なお、これらの「実践例」は幅広く様々な教授的アプローチを含むものであり、規範的または網羅的な例となることを意図したものではない。「実践例」のキャリアステージは、単一の授業や一部の授業場面の内容と関連するものであり、教員の授業実践のレベルの全体的な評価とはされていない。事例 1 として新卒教員の実践例、事例 2 として指導的立場の教員の実践例を示す。

事例 1 新卒教員 (Graduate) の実践例

(1) この授業で特に育成しようとしている資質・能力

本授業に関連する AC の「内容の記述」では、以下の二つが示されている。

- ・ オーストラリア・カリキュラム：科学，科学の探究スキル…AC SIS140
- ・ オーストラリア・カリキュラム：科学，科学の理解…AC SSU151

ここで AC SSU151 は科学における固有の知識であり、AC SIS140 がこの授業で特に育成しようとしている資質・能力を示している。AC SIS140 は以下のように表される。

AC SIS140

科学 / 第 8 学年 / 科学の探究スキル / 計画することと実施すること

「内容の記述」

- ・ 安全と倫理に関する指針に従いつつ、フィールドワークや実験など様々な調査タイプを協働・個別で計画し実施する。

「内容の詳細」

- ・ 調査に取り組む際、最も良い方法の決定を協働的に行うこと
- ・ 調査に関連する可能性をもつ倫理的配慮を特定すること
- ・ 調査を計画するとき、偏りのない分析、入手可能な器具、そして安全な調査に関する全ての側面について考慮すること

(2) 授業の情報

学校名：St. Mary Star of the Sea カレッジ，ニューサウスウェールズ州，非政府系学校，授業者：Ms.M. 学習領域：科学 内容：固体，液体，気体の探究 学年：第8学年(Year 8)

St. Mary Star of the Sea カレッジはニューサウスウェールズの南海岸に位置し，大規模な独立系カトリック中等女学校である。学校の目標はグローバルな文脈において批判的に考えることができる生徒の育成であり，科学コースの特徴は「科学的な探究スキル」に重点を置いていることである。教員は教授リソースである「行うことによる科学 (Science by Doing)」に埋め込まれた 5 E's (Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate) を自分たちの教授方法を支援する型として活用する。

(3) 学習課題

固体，液体，気体を定義すること。

(4) 授業の概要 (内容)

次に授業の内容として，本授業に関連する AC 科学の「内容の記述」ACSSU151 を示す。

ACSSU151

科学 / 第8学年 / 科学の理解 / 化学

「内容の記述」

- ・ 異なる物質の状態は粒子の運動と配置に関連して説明することができる。

「内容の詳細」

- ・ 物質の構造について，モデルが必要である理由を説明すること
- ・ 固体，液体，気体の粒子配置のモデル化
- ・ 粒子のエネルギーと温度変化を関連付け，観察した現象を説明するために粒子モデルを用いること

「行うことによる科学」プログラムを活用した，第8学年の能力混合クラスの授業である。本プログラムでは授業の構成を示す指導案が提供され，教員の希望により利用可能である。固体，液体，気体の性質を定義するために生徒は小グループに分かれて学習する。生徒はノートに学習内容をまとめることに責任を持ち，教師はノートを見ることで生徒の理解度を確認する。学習内容のまとめの際には，生徒は自分たちで説明のルールを設定するが，これにより独立した学習が促進される。

(5) 特に育成しようとしている資質・能力に関連した授業の特徴

前述のように，AC 科学で示され，本授業で特に育成しようとしている資質・能力に関連するのは，「科学の探究スキル」の計画することと実施すること (AC SIS140) である。この観点から，本授業の特徴を示すと以下のようなになる。

本授業では、学習課題に対する調査を班別及びより大きなグループにおいて協働して実施した。また、実験の目的は教師から示されたが、教師は使用する器具の選択を生徒に任せた。本授業の資料には使用する器具の例が示されているものの、実験の計画において限定的ではあるが生徒が主体となったと言える。このような点から、ACSIS140の「内容の記述」で示された「実験など様々な調査タイプを協働・個別で計画し実施すること」をある程度具現化しようとしていることがわかる。さらに、実験の計画（実験方法や器具の選択）が各班において個別に決定されたことは、ACSIS140の「内容の詳細」で示された「調査に取り組む際、最も良い方法の決定を協働的に行うこと」を実践しており、このような資質・能力を育成する場面を提供していると言える。

(6) 特徴的な問い（発問）

授業の導入部分

教師：これは何としますか？

生徒：固体？

教師：私の手の間からすべり落ちてしまいました。なぜこれが固体と言えますか？

生徒：つかめるから、先生が。（自分でつかむジェスチャーをする）

教師：今日の授業の終わりには、皆さんはこれの状態が何か自信をもって言えるようになります。これが何か言えるようになるために、今日は調査をします。班で、固体、液体、気体の体積を見てください。また、固体、液体、気体の形と圧縮性も見てください。それぞれの班は一つの物質の状態について調べてください。ここにある実験器具の中から、必要と思うものをどれでも選んで使ってください。

本授業において、教師は教授リソースである「行うことによる科学」に埋め込まれた5E'sを活用している。5E'sの観点から、本授業の特徴を示すと以下のようなになる。

授業の導入において、教員は生徒にとって固体または液体か判断つきにくいものを提示した。これにより、生徒が物質の三態について考える機会を提供した。この事象提示により、生徒に本時の学習内容に興味関心を持たせて従事させようとした(Engage)。その後、本授業の学習課題(物質の三態の定義)を示した。次に班単位で実験を実施させた(Explore)。実験活動の際に各班に机間巡視をしながら、随時説明を行った(Explain)。この際、実験方法についても支援がなされた。各班での実験の終了後、複数の班を統合して大きなグループを作り、その中で実験について相互に説明し(Elaborate)、実験結果を確認して、評価する機会を提供した(Evaluate)。

事例2 主導的立場の教員（Lead）の実践例

(1) この授業で特に育成しようとしている資質・能力

本授業に関連する AC の「内容の記述」 ACSIS208 を示す。

AC SIS208

科学 / 第 10 学年 / 科学の探究スキル / コミュニケーションすること

「内容の記述」

- ・ 証拠に基づく議論を構築し、適切な科学言語、決まりや表現を用いるなど、特定の目的のために科学的な考えと情報をやり取りしたり伝えたりする。

「内容の詳細」

- ・ 合同プロジェクトや議論における協働を促進するためにインターネットを用いること
- ・ 科学的な考えに関するディベートに参加することや証拠に基づいた議論を構築すること
- ・ 型に沿った実験レポート、口頭発表、スライドショー、ポスター発表によって結果や考えを表明し、グループの議論に貢献すること
- ・ 科学の考えを伝えるために、数学的・記号的形式など様々な表現を使うこと

(2) 授業の情報

学校名：オーストラリア理数学校（The Australian Science and Mathematics School），
南オーストラリア州

授業者：Mr.A.S. 学習領域：科学 内容：X 線と自分や社会との関連

学年：第 10 学年 (Year10)

オーストラリア理数学校は科学と数学の教育に特別の重点を置き、同時に文系の領域など他のカリキュラム領域の内容を科学と数学の学習に埋め込んでいる。Flinders 大学内に設置され、授業実践教員は学際的カリキュラムのシニア・リーダーである。

(3) 学習課題

「人間の健康を向上させるために私は何ができるか？」という学習の中心的課題を示す「豊かな問い (fertile questions)」によって、学際的で探究的な学習が進められる。

(4) 授業の概要 (内容)

本単元では波動、特に X 線に焦点を当てながら、この「科学の理解」が自分たちや社会にとってどのような意味を持つのかについて数週間にわたり学習する。物理、化学及び生物の内容が部分的に扱われる。さらに、「科学の理解」の応用を社会に生かすことの議論において、歴史、英語、哲学といった文系の内容が導入される。科学や医学の技術が自分たちの人生に影響を与えることを示し、学際的で豊かな学習の機会を提供する。

(5) 特に育成しようとしている資質・能力に関連した授業の特徴

AC 科学に記載された「科学の探究スキル」における「コミュニケーションすること」に関しては、学際的カリキュラムにおいて複数の教科の内容や見方・考え方について意見交換や議論をする場面が用意されている。

学際的カリキュラムによって実世界と関連させ、生徒にとって豊かで意味のある学びが提供される。内容については「豊かな問い」に関連するものが厳選される。更に「豊かな問い」は、学習期間が数週間に及ぶ学際的カリキュラムの内容をつなげる役割も持つ。

授業実践者は、各学問分野の内容を示さない限りは、学問分野間の関連を示すことはできないと述べている。また、学問分野間の関連を示すためには、考えを共有したり教材を共同開発したりと、科学以外の教科教員との協働が大切であることを指摘している。

(6) 特徴的な問い（発問）

「人間の健康を向上させるために私は何ができるか？」（豊かな問い）

4 資質・能力の育成に向けた学習活動の特徴

(1) 事例の学習活動と資質・能力の育成及び内容との関連

オーストラリアにおけるナショナル・カリキュラムでは、AC 科学の「科学の探究スキル」において、科学の授業で育成を目指す資質・能力が示されていると言える。「科学の探究スキル」は教科固有の知識を示す「科学の理解」と関連付けられており、特定の学習内容に対応して示されている。これらはAC 科学の「内容の記述」でより具体的に記述され、「内容の詳細」でその教授アプローチがより具体的に記述される。ナショナル・カリキュラムで示されるこれらの情報は、教師を支援するために用意されており、教師の選択肢の一つである。

理科の資質・能力に関連する「実験や調査を計画することと実施すること」はAC 科学の「科学の探究スキル」に明示されている。新任教員の授業実践であった事例1では、調査（実験）を実施するだけでなく、生徒が主体的に実験器具を選択する場面が見られた。我が国の特に前期中等教育段階以降の理科授業では、生徒による実験計画の立案は課題である。事例のように実験器具の選択を生徒に任せることは、授業実践において生徒による実験計画の立案を進める観点から一つ参考になり得る。その際、安全上の配慮や各実験班への支援などが必要であろう。教師が経験を重ね、生徒の実験方法に関する理解が進んだ時点で、教師がコントロールする部分を段階的に手放し、生徒自身が研究の仮説や検証したいことに適合した実験計画を立案するといった取組が期待される。

事例2においては学際的カリキュラムとして、科学を中心に複数の学問分野の内容が扱われた。この際、各分野から取り込まれる内容の量や質が重要となるが、事例では学習の中心となる「豊かな問い」に関連する内容のみを扱うことが示された。内容を精選する仕組みとして、「豊かな問い」が効果的に機能していたと言える。事例2からは、汎用的な資質・能力の育成を目指して学際的カリキュラムを用いる際には、扱われる複数の学問分野の学習内容をつなげることができる良質な問いを準備することが重要と示唆される。

(2) 資質・能力を育成する学習活動の特徴（我が国の理科授業と比較して）

事例2においては汎用的な能力を育成するために、科学を中心に学際的カリキュラムが設定された。すなわち、科学、数学、歴史、英語、哲学の各学問分野における内容と見方・考え方を活用し、ACにおける汎用的能力であるリテラシー、ニューメラシー、ICT技能、批判的・創造的思考力、個人的・社会的能力、倫理的理解を扱う学習がなされていた。事例2の学際的カリキュラムは「人間の健康を向上させるために私は何ができるか?」といった「豊かな問い」を中心に、学習者の生活に関連する統合的な内容を扱うことで、実世界と関連させ、生徒にとって豊かで意味のある学びの場を提供した。このような場面では課題の発見と解決に向けて主体的・協働的に学ぶ学習が促進されており、我が国の理科授業における学習活動に示唆を与えてくれる。

事例2の授業実践者は、各学問分野の内容を示さない限りは、学問分野間の関連を示すことはできないと述べていた。これは、学際的カリキュラムにおいても学問分野の内容が必要であることを示すものである。また、事例2では考えを共有したり教材を共同開発したりと、科学以外の教科教員との協働が大切であることが指摘された。このような点は学校におけるカリキュラム・マネジメントの重要性を示すものとして示唆的であろう。

注

The Australian Institute for Teaching and School Leadership (AITSL) *Illustrations of Practice*

(<http://www.aitsl.edu.au/australian-professional-standards-for-teachers/illustrations-of-practice/find-by-career-stage>) (2016年1月閲覧)

謝辞

指導とスクールリーダーシップ機構 (AITSL) の「実践例 (Illustrations of Practice)」は2016年12月31日まで教育目的に限って利用が認められている。ここに感謝の意を示す。

【引用・参考文献】

Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority (2015a) *Foundation – Year 10 Australian Curriculum version 8.1.*(<http://www.australiancurriculum.edu.au/>) (2016年1月閲覧)

Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority (2015b) *Foundation – Year 10 Australian Curriculum: Science version 8.1.*

(<http://www.australiancurriculum.edu.au/science/curriculum/f-10?layout=1>) (2016年1月閲覧)

Australian Institute for Teaching and School Leadership (2013), *Australian Professional Standards for Teachers*, November 2013.

松尾知明(2015). 21世紀型スキルとは何か コンピテンシーに基づく教育改革の国際比較, 明石書店.

青木麻衣子・佐藤博志編(2014). オーストラリア・ニュージーランドの教育 グローバル社会を生き抜く力の育成に向けて, 東信堂.

(松原 憲治)

シンガポール

1 科学において示されている資質・能力、教科固有の知識と学習活動

(1) どのように記載されているか

初等及び前期中等教育段階の理科（科学）カリキュラムの中心には、科学的探究精神の育成が据えられている。この精神の育成のために、「知識・理解・応用」、「スキルとプロセス」、「倫理と態度」の三領域が記載されている。「知識・理解・応用」では、異なる内容領域間のつながりを子供が正しく理解できるように、個々の学習内容は、初等教育段階では、多様性、循環、システム、エネルギー、相互作用の五つのテーマに、前期中等教育段階では、多様性、モデル、システム、相互作用の四つのテーマに分類され記載されている。「スキルとプロセス」では、スキルとプロセスが区別されて記載されている。プロセスは、幾つかのスキルの利用が必要とされる複雑な操作とされ、初等教育段階では、創造的な問題解決、意思決定、探究活動の三つが、前期中等教育段階では、創造的な問題解決、意思決定、探究活動の計画の三つが、記載されている。スキルは、問いの生成、観察、比較、コミュニケーションなど初等教育段階で11のスキル、中等教育段階で14のスキルが記載されている。「倫理と態度」では、初等及び中等教育段階ともに、好奇心、創造性、客観性、誠実さ、オープンマインド、忍耐力、責任（生命倫理、環境倫理）の七つが記載されている。

子供たちに科学の有用性を理解させるため、日常生活・社会・環境の三つの文脈において探究活動が展開されるよう、学習活動が計画されている。学習活動では、子供は探究者として、そして教員は探究のリーダーとしての役割が期待されている。

(2) どのように関連付けられているか

カリキュラムには、全ての学習単位において、「知識・理解・応用」、「スキルとプロセス」、「倫理と態度」ごとに、期待される学習成果が具体的に記載されている。子供は、「探究活動」を通じて、「知識・理解・応用」、「スキルとプロセス」、「倫理と態度」を習得することによって、科学的探究者として成長することが期待されている。

指導計画に際しては、身近な事象について探究するために、概念の利用や、スキルやプロセスの適用の機会を子供に提供することが、教員には奨励されている。すなわち、「知識・理解・応用」、「スキルとプロセス」、「倫理と態度」において期待される学習成果を基に、探究的な学習のための指導が計画される。

2 科学において示されている資質・能力とナショナル・カリキュラムで示されている資質・能力との関連

(1) 科学の「目標」とナショナル・カリキュラムにおける資質・能力との関連

学校の使命として、学校を卒業後にも活躍し続けることを可能にするスキルの育成、個性の伸長、価値意識の向上のための三種類の機会を子供に提供することが記載されている。

例えば、具体的なスキルとして、問いを生成すること、答えを追求すること、進んで新しい方法で考えようとするなどが挙げられており、これらのスキルの育成に重点が置かれている。これらは、科学的探究のスキルや態度そのものであり、理科の目標である科学的探究精神の育成と共通している。

グローバル化、年齢層の変化、技術の進歩に伴って生じる課題に挑戦し、それらをチャンスとして捉えられるようにするという観点から、子供たちに育成すべきコンピテンシーが「21世紀コンピテンシー」として記載されている。このコンピテンシーは三層構造からなり、その中核をなすのが、中心的価値である。中心的価値は、信念、態度、行動の変容に寄与するために、中核に位置付けられている。第二の層は、社会的及び感情的コンピテンシーである。具体的には、子供たちが、自身の感情の認識及びコントロール、他者への気付き及び配慮、責任ある決定、好ましい関係の構築、挑戦的な状況における効果的な対処、が記載されている。第三の層には、グローバル化への対応力に関わるコンピテンシーが記載されている。

理科においては、生徒自身による意思決定を必要とする探究活動が求められている。シラバスによると、探究活動においては、グループ活動、コミュニケーション活動が重視されている。このことから「21世紀コンピテンシー」の第二の層に包含されるコンピテンシーと、理科において示されている資質・能力との間に関連が見受けられる。

(2) 他教科・他分野との関連 (STEM 教育等の扱いを含む)

初等及び前期中等教育段階のナショナル・カリキュラムには、育成すべきスキルが、事象や問題状況に関わる場面、証拠を収集・発表する場面、推論 (情報や証拠を意味付ける) 場面に分けられて記載されている。この三つの場面全てに唯一記載されているスキルが、コミュニケーションスキルである。前期中等教育段階のシラバスには、コミュニケーションスキルは、言語、表、グラフ、絵という多様な形式で情報を伝え、受けるスキルとして記載されている。言語能力や表やグラフ作成に関わる数学的な能力などとの関連を見て取れる。

3 資質・能力を育成する観点から期待される科学授業の事例

シンガポールで科学授業観察の機会を得ることは困難で、報告までに現地での授業観察ができず、今回は、サルカール アラニ モハメッド レザ(2012) 教員のティーチング・スクリプトに関する研究-中学校理科における「知識の活用」の国際比較授業分析, 中等教育研究部紀要 4, 9-36 で公開されている授業の様子から引用した。

事例

(1) 特に育成しようとしている資質・能力

期待されている授業実践

個々の生徒が、日常生活・社会・環境の文脈での探究活動を通じて、「知識・理解・応用」「スキルとプロセス」「倫理と態度」を獲得していくこと。

(2) 授業の情報

2011年シンガポール X 中学校での M 教諭(男性)による中学校 1 年生「物質の性質」の 1 時間の授業

(3) 学習課題

物質について学んだことを生かして、グループで討論しながら、課題：「スーパーマーケットに持って行きたいと思うようなキャリーバッグのデザイン」について発表する。

(4) 授業の概要（内容）

1) 生物の復習と非生物の導入

前時まで学習してきた「生物」の分類の復習として、課題 1：「ほ乳類に関する言葉」についてのグループ討論(近くの 3~5 名の男女別グループで、考える時間を 3 分間与えてから開始)。

課題 1 の全体発表(教員がくじを引いて発表するグループを指名)

生徒の発表を板書し、発表された言葉は全て「ほ乳類」の特徴であると説明し、教科書を見るように指示した(教科書には、非生物がプラスチック・ガラス・金属・セラミックス・ファイバーの五つに分類されていた)。

2) 金属の導入

金属に着目させて、課題 2：「金属に関する言葉」を提示。

ここでは、グループ討論なしに全体で討論した。課題 2 について生徒が発表した教科書に書かれている内容(光沢・導体・電気・熱・高密度)が金属の特徴であるとまとめた。

3) 「木」についての検討

教科書 91 ページの五つの分類にはない「木」を取り上げて、課題 3：「木の性質に関する言葉」を提示(くじで発表するグループを決めて 4 グループに発表させた)。

教員は、生徒が発表した答えを明確にするための問い返しをした(例えば、「低い密度、う〜ん、明確に言って」)。

4) ほ乳類・金属・木のまとめと課題 4 の提示

ほ乳類・金属・木の性質についてまとめ、この情報を利用して、課題 4「スーパーマーケットに持って行きたいと思うようなキャリーバッグのデザイン」にグループで取り組ませた。

デザインするキャリーバッグの二つの基準をワークシートで説明した。

基準 1：機能に適した物質を使う

基準 2：環境に優しい物質を使う

ペンを例にして、二つの基準を具体的に説明した、

機能については、強いから使う、曲げられるから使う。
環境については、リサイクルできるから使う。

5) 課題 4 についてのグループワークと発表

3 人グループを編成しての 20 分間のグループ討論(発表者を決め、ワークシートを一枚使用)

課題 4 の全体発表(くじで発表順 1 番のグループ 3 が発表した)

発表の前に、ペンを例にして「私たちのペンの本体はプラスチックでできています。なぜならプラスチックは軽量だからです。そして強いです。リサイクルされたプラスチックを使おうと思います。ペンの本体は水のボトルでできています」など、発表の仕方について説明した。

グループ 3 により、「ハンドルはゴムです。なぜなら握りやすいからで。絶縁体、熱の絶縁体です。軽量でソフトです。つぶれやすいです。そして長持ちです。この部分はわかりません。金属です。なぜなら強いからです。簡単には壊れません。そしてこれも長持ちします・・・」のような全体発表がなされ、質疑応答が展開された。

6) 質疑応答の仕方についての振り返り

「このような答えられない質問に出会ったときにどう発表者として対応すべきか。正直になってください。わからないと言ってください」など、質疑応答の仕方について助言した。

7) 宿題の指示

「この話題についての質問と学習のモジュール(e-ラーニングでの宿題)を出します。火曜日までに完成させてください」と指示した。

(5) 資質・能力に関連した授業の特徴

グループでの探究活動を中心にしながら、日常生活・社会・環境との文脈を意識した前時の復習・本時で扱う基本的知識の確認・発展的課題に取り組みせ、振り返りや宿題の指示まで含んだテンポの速い授業であった。

科学的な基礎概念を獲得させてから、協働学習によりコミュニケーションスキルも獲得させ、STEM の要素を含んだ身近な発展的課題について探究するという、シンガポールがシラバスで目指している内容を網羅した授業となっている。

1 時間の授業でこれだけ充実した内容が盛り込めたのは、教員を探究のリーダーとしながら、考える時間を区切り、ペンを例にして具体的な説明や質疑応答の仕方について指導・助言をしながら、グループワークでは生徒の自主性・創造性が生かされるなど、バランスの取れた展開になっていた点が挙げられる。

(6) 特徴的な問い（発問）

発表の前に、ペンを例にして「私たちのペンの本体はプラスチックでできています。なぜならプラスチックは軽量だからです。そして強いです。リサイクルされたプラスチックを使おうと思います。ペンの本体は水のボトルでできています」など、発表の仕方の具体例を示した。

「どういう言葉を使うか気をつけなければならない。ハワイアンテーマと言ったが、自分たち自身でこれがどう発表の焦点に関連するかを考えてください・・・」など、質疑応答の留意点を示した。

「この話題についての質問と学習のモジュール(e-ラーニングでの宿題)を出します。火曜日までに完成させてください」と宿題についても指示された。

4 資質・能力の育成に向けた学習活動の特徴

(1) 事例の学習活動と資質・能力の育成及び内容との関連

日本の理科授業では、観察・実験を中心に据えた展開が多く、グループでも議論も観察・実験結果についてのものがほとんどである。シンガポールの事例の優れた点としては、①STEMの要素を含んだ身近な発展的課題についての探究活動、②教えるべき点での明確な指導・助言、③振り返りや宿題を生かすことの三つを挙げることができる。②と③については、我が国での理科の授業においても取り組まれていると言える。

①を通して、学んだ知識を実生活に生かせることを生徒に実感させ、生徒の創造力を育むことができるだろう。①を実現するために、②グループ討議や発表の仕方について教えるべき点で具体的な指導・助言をためらわないことが必要になる。また、知識の定着を図るために、③振り返りや宿題の活用も検討する必要があるだろう。

(2) 資質・能力を育成する学習活動の特徴（我が国の理科授業と比較して）

シンガポールでは、学習活動として探究活動を強調する際に、併せて次のような注意点も示されている。すなわち、活動がハンズオン（手作業を伴うもの）であれば良いのではなく、子供の情意的な意味合いにおいて探究的でなければならないというのである。この点において、真正な探究活動の実施が求められていると言える。その一方で、教員主導の探究活動による指導の有効性も明記されており、教員は二種類の探究活動の長所をうまく組み合わせて指導方法を考案することが求められている。それを支えるための資料として、各科学的探究プロセスにおいて子供に与える自由度の程度を記したルーブリックが与えられている。このルーブリックを参考にして、授業を通じて育む資質・能力を教員自身が明確に設定し、メリハリのある授業を展開することが求められている。

日本においても、真正な探究活動の実現を目指し、このようなルーブリックにより、どの授業においてどのような資質・能力を育成するか明示しながら授業を計画することが可能であろう。

【参考文献】

Ministry of Education, Singapore (2013). 2014 Science (Primary) Syllabus, <http://www.moe.gov.sg/education/syllabuses/sciences/files/2014-primary-science-syllabus.pdf>

Ministry of Education, Singapore (2012). 2013 Science (Lower Secondary – Express / Normal (Academic)) Syllabus, [http://www.moe.gov.sg/education/syllabuses/sciences/files/2013-lower-secondary-science-\(e-and-n\(a\)\)-syllabus.pdf](http://www.moe.gov.sg/education/syllabuses/sciences/files/2013-lower-secondary-science-(e-and-n(a))-syllabus.pdf)

サルカール アラニ モハメッド レザ (2012) 「教員のティーチング・スクリプトに関する研究-中学校理科における「知識の活用」の国際比較授業分析」, 『中等教育研究部紀要』4, 9-36.

(執筆分担, 1, 2, 4 (2) : 大畠 竜午, 3, 4 (1) : 山下 修一)

韓国

1 科学において示されている資質・能力、教科固有の知識と学習活動

(1) どのように記載されているか

2015年に行われた韓国のナショナル・カリキュラム（以下、NC）である2015改訂教育課程によって、科学教育課程も変化があった。科学教育課程に関して2015改訂教育課程の最も重要な変化は、次の二つにまとめられる。その一つは、創意融合人材育成であり、もう一つは、「核心力量」（コンピテンシー）の涵養^{かんよう}である。

まず、創意融合人材の育成のためには、全ての生徒が人文、社会、科学技術の基礎素養を養う必要がある。これによって、文系と理系に分けられていた高等学校の教育課程を共通のものとし、「通合教科」を新設した。高校1年生時に、国語（8）、数学（8）、英語（8）、韓国史（6）、通合社会（8）、通合科学（8）、科学探究実験（2）^{注1}の七つの通合教科の必須単位を履修し、2、3年生のときは芸術・体育系、人文系、自然系（一般的な学校）、科学重点校（国が指定する）、科学系列特修目的高（科学技術を重視している学校）、科学英才学校（科学技術に特別優れている少数の学校校）など、履修決定の経路の多様化による卓越性(excellence)教育を実施し、進路と連携した科目選択を通じて学習動機を与えて、卓越性教育が必要な生徒には専門科目の履修を可能にする。

次に、2015改訂教育課程では未来社会に必要な「核心力量」の涵養^{かんよう}を全教科で強調した。教科内容を精選するとともに、教育課程の成就基準、教授学習、及び評価方法などに科学科の核心力量を全体的に取り入れた。科学科の核心力量は**科学的思考力、科学的探究能力、科学の問題解決力、科学的意疎通能力、科学的参与と生涯学習能力**の五つである。

教科固有の知識は、領域別に、その核心概念と内容に含まれている。小学3年から中学3年まで学習する内容と、高校1年の通合科学と科学探究実験、高校2年からの選択教科である物理学、化学、生命科学、地球科学に分けられている。小学3年から中学3年までの内容は、運動とエネルギー、物質、生命、地球と宇宙の四つの領域に分けられている。各領域は二つ～三つの「核心概念」を持つ。各核心概念には一つ～二つの内容が含まれており、各領域別の核心概念を初・中・高の全般に渡り螺旋形^{らせん}で学習する。また、四つの領域以外に各領域間の内容が融合された「統合主題」があつて、水の循環、エネルギー、科学と私の未来、災害、災難と安全、科学技術と人類文明を取り扱う。

①通合科学

通合教科の一つである高校1年の通合科学は科学科の構成領域である運動とエネルギー、物質、生命、地球と宇宙を融合し、物質と規則性、システムと相互作用、変化と多様性、環境とエネルギーに再構成されている。以下、通合科学の例を示す。

通合科学の目的は、生徒に科学に対する通合（日常や社会との関わり、教科間の融合、科目間の融合）的な理解を元に周りの自然現象と現代社会の問題に対する自己主導的な理解を追及し、合理的な判断ができる民主的な市民としての基礎素養を育てることにある。**通合科**

学の構成は自然現象に対する核心概念を中心に多様な形の通合を通じ融合的な思考力の育成が可能であるとしている。内容領域は、既存の科学とは違って、物質と規則性、システムと相互作用、変化と多様性、環境とエネルギーという四つの Big Ideas で構成されている。例えば、物質と規則性という領域においては、既存の物質領域を中心として物質の形成と作動原理などを裏付けるために運動とエネルギー、生命、地球と宇宙など、既存の領域と連携された形になる。

通合科学の教育課程には、融合主題が含んでいる核心概念とその学習内容、成就基準、学習活動と評価方法まで、一貫して構成されている。特に学習活動は内容理解、機能の向上を図って、究極的には核心力量を向上するようになっている。つまり、通合科学は、融合的な学習内容を多様な探究中心の学習方法を利用し核心力量を育てる方向に構成されている。表は通合科学の示し方の一部である。

表1 通合科学の内容体系及び成就基準

領域	核心概念	内容	学年別内容要素	機能
物質と規則性	自然の構成物質	生命体と地核を構成するたんぱく質、鉱物などの物質は、元素間の規則的な化学結合を通じて作られ、既存の物質の物理的性質を変化して多様な新素材を開発する。	地核、生命構成物質の規則性 たんぱく質とDNA 新素材の活用	問題確認 探究設計と遂行 資料の収集、分析、解析 数学的な思考とコンピュータ活用など
成就基準及び学習要素				
生命体を構成する物質は基本的な単位体の多様な組合せを通じて形成されるのを、たんぱく質と核酸の例を通じて説明することができる。				
探究主題及び活動（学習活動）				
核酸モデルを観察し、構造的な特徴と規則性を説明する。 探究学習、討論学習、協学習、調査学習、プロジェクト学習などの方法を活用する。				
評価				
核酸のモデルを活用した探究活動をしながら観察した構造的な規則性をまとめた結果報告書を基に遂行評価を実施することができる。				

②科学探究実験

通合教科の一つである科学探究実験の領域は、歴史の中の科学探究、生活の中の科学探究、先端科学探究で構成される。これは科学科の構成領域の核心概念を元にして、科学科の探究能力と核心力量を育てられる多様な状況にての探究活動である。選択科目である物理学Ⅰ、Ⅱ、化学Ⅰ、Ⅱ、生命科学Ⅰ、Ⅱ、地球科学Ⅰ、Ⅱは、科目固有の内容で構成されている。学習活動の場合、学習内容の各核心内容の成就基準にて、その内容に合う探究主題と探究活動を紹介している。例えば、「～現象が私たちの生活に与える影響の調査」、「～の関

係の探究」，「～資料分析を通じて傾向の調査」，「～の仮設を主題とした科学的論争」などがある。

科学探究実験の目的は，9 学年まで科学を習った生徒を対象にして，学科の核心力量を向上させるために科学探究活動と体験，そして協働的な問題解決の経験を提供する科目である。科学探究実験は生徒たちが楽しく実験活動ができるようにグループワーク形式で構成し，成就感，楽しさ，興味を持つようにする。科学探究実験は，科学概念や原理を検証するための実験より，科学探究過程と機能を活用する機会を提供し，科学が日常生活で実際にどう活用されて適用されるかを体験させるのが目的である。**科学探究の領域**は，歴史の中の科学探究，生活の中の科学探究，先端科学探究で構成されている。これは既存科学の構成領域の核心概念を元に科学科の探究能力と核心力量が^{じょう}滋養できる多様な状況にての探究活動である。

表2 科学探究実験の内容体系及び成就基準

領域	核心概念	内容	学年別内容要素	機能
歴史の中の科学探究	科学の本質	科学者の探究実験にて科学の多様な本性が発見され，科学探究を行う過程で科学の本質を経験する。	偶然な発見 パラダイムの転換をもたらした 決定的な発見	問題確認 探究設計と遂行 資料の収集，分析，解析など
成就基準及び学習要素 科学史でパラダイムの転換をもたらした決定的な実験を追実験して，科学の発展過程について説明することができる。				
探究活動（学習活動） ・ ニュートン：自由落下と横に投げた物体の運動を比較する。 ・ メンデレーエフ：周期律作り				
学習要素 ・ 偶然な発見，パラダイムの転換をもたらした決定的な実験 ・ 帰納的探究，演繹的探究				
評価 ニュートンの実験とメンデレーエフの実験で作成した実験報告書を通じて科学的思考力に対する評価を実施する。				

（2）どのように関連付けられているか

2015 改訂教育課程で科学科の核心力量は，各学習内容と学習活動に反映されて述べられている。例えば，物理学1にて，水素原子の準位の内容に関して，生徒の**成就基準**を「水素原子の電子は不連続的なエネルギー準位を持っていることをスペクトルの観察を通じて説明できる」としている。これは，生徒が知るべき内容知識だけを述べた以前の教育課程とは異なる。すなわち，知識の内容(水素原子の不連続的なエネルギー準位)だけでなく，これに対する理解とともに，利用できる能力を表す機能(スペクトルの観察によって，エネルギー準位を説明する)の組合せである。この成就基準によって，**学習活動**は，連続及び不連続なスペクトルが表す情報の特徴を学んで，水素スペクトルの資料を見てエネルギー準位の不連続性が分

かるようになるように構成される。これは実際の科学で知識が発見されたのと似ている。ここで生徒が習う学習内容は「原子のエネルギー準位に対する概念」で、関連力量は「資料を利用した説明の構成」であって、これを行う間、生徒は「科学知識を基礎とした資料の解析」という探究活動を行うこととなる。これは水素原子のスペクトルと連続スペクトルを教師が提示しながらスペクトルの形によるエネルギー準位の解析を直接提示する方法に比べると時間がかかる方法ではあるが、生徒が基礎知識を利用して直接資料を解析する機会を持って、新しい知識を構成し資料解析という探究能力を育てられると期待できる。

したがって、科学の資質・能力（核心力量）と科学固有の知識（核心概念）、そして学習活動（探究活動）の関連性は次のように言える。

各領域の「核心概念」を「探究活動」を中心に指導し、
基本概念の理解と探究経験の上で「科学の核心力量」を育てる。

2 科学で示される資質・能力と他教科において示される資質・能力との関係

(1) 科学の「目標」とナショナル・カリキュラムで示されている資質・能力との関連

科学教育課程では科学の目的を次のように述べている。

自然現象と物事に対し興味と好奇心をもち、科学の核心概念に対する理解と探究能力の養成を通じ、個人と社会の問題を解決するための科学的な素養を育てる。

ア. 自然現象に興味と好奇心を持って、問題を科学的に解決しようとする態度を育てる。

イ. 自然現象及び日常生活の問題を科学的に探究する能力を育てる。

ウ. 自然現象を探究して科学の核心概念を理解する。

エ. 科学と技術及び社会の相互の関係を認識し、これに基づき民主的な市民としての素養を育てる。

オ. 科学学習の楽しさと科学の意義を認識し、生涯学習の能力を育てる。

NCにおける資質・能力は、自己管理能力（自己管理力量）、知識・情報の処理能力（知識情報処理力量）、創造的な思考力（創意融合思考力量）、審美的な感性（審美的感性力量）、コミュニケーション能力（意思疎通力量）、共同体への貢献（共同体力量）の六つである。NCにおける資質・能力は上位の目標に当たるので、科学は知識・情報の処理能力、創造的な思考力、コミュニケーション能力、共同体への貢献などと直接関係があると見られる。

なお、（ ）は韓国語での表現である。

(2) 他教科・他分野との関連（STEM 等の扱いを含む）

科学と関係のある数学と技術で育てようとする教科力量は次のようである。

- **数学**の教科力量：問題解決、推論、創意・融合、意思疎通、情報処理、態度及び実践
- **技術**（実科）の教科力量：技術的問題解決能力、技術システム設計能力、技術活用能力

科学の科学的問題解決力と関連性があると思われる力量は、数学の問題解決、技術の技術的問題解決能力である。そして、科学的意思疎通能力は数学の意思疎通と関係がある。また、科学的探究能力の探究機能の中には資料の収集、分類及び解析が含まれるので、数学の情報処理と関係があるとみられる。

3 資質能力を育成する観点から期待される科学授業の事例

事例 1

この授業は 2009 改訂教育課程に準じたものである。この授業は「第 18 回教室授業改善実践事例研究発表大会」で示されていたモデル的な授業である。この大会は小中高教師が教室における授業を改善するために開発した資料を共有するために、毎年全国で開催されている。授業資料と指導案、授業動画は韓国の教育部の作ったウェブサイトで見ることができる (<http://www.edunet.net>に掲載されている。韓国では教員が HP の授業を閲覧できる)。

(1) 特に育成しようとしている資質・能力

この授業では、推理力や分析、解釈する力を含めた科学的思考力と、グループで互いに教え合う活動が中心となっているため、科学的意味疎通能力が中心的な資質・能力（核心力量）だと言える。

(2) 授業の情報

学年：中学校 3 年生

実践年月日：2015年8月27日

単元名：人の遺伝形質 授業者：女性 教諭

生徒数：32名

活動の形態：グループ間での協働 (peer mentoring)

(3) 学習課題

家系図を分析し、人の遺伝現象を説明する。

(4) 授業の概要

この先生の授業では、学習の過程を意識し、四つの段階を立ててそれに合わせて授業をしている。各段階はみんな学生が中心となる。

Activity：グループで個人個人の遺伝形質を調査し、味覚障害、舌巻きの形質が優性か劣性かを、ディスカッションを通じ分かるようにする。

Thinking：分析する家系図提示、グループで家系図分析、優性形質を探し、分析結果を発表する。

Teaching：グループの男女が結婚したら血液型の家系図がどうなるかを予想し、家系図で表れる（親兄弟の血液型も家系図に入れる）。Mentor 生徒が Mentee 生徒の活動を手伝う。

Learning グループ内で Mentee が Mentor に説明の練習をした後でグループ活動の内容を全部の前で発表する。

(5) 資質・能力に関連した授業の特徴

グループ活動を中心とする授業であるため、科学的意味疎通能力の育成に意義がある。自

力でデータの収集、分析を科学的にする間、科学的探究能力が育てられる。また、家系図を完成させるという問題を解決しながら、科学的思考力、科学的問題解決力も育成できる。

(6) 特徴的な問い（発問）

- ・ 優性かどうかを確かめるためにどんな方法を使いますか。（この質問で、その特徴に当たる人の数が少ないとき、劣性だと思ふ **misconception** を取り出して直す）。
- ・ この家系図に基づいて、味覚障害が優性かどうかをグループで探し出してください（グループ活動をさせる発問）。

事例2

この授業は2014年に行われており、2009改訂教育課程を基にする。この授業は最近強調されている人性教育（自分の内面を健全に育て、他人・共同体・自然と共に生きるために必要な人間らしい資質・能力を育てるための教育）の振興の一環で行われる「人性教育中心優秀授業事例公募」受賞の授業である。

(1) 特に育成しようとしている資質・能力

この授業では、科学的に思考し、根拠を持って意思決定する科学的思考力と、ディベート活動を通じて、相手との科学的意思疎通能力の育成を目指している。また、生命倫理的な問題を含んでおり、科学的参与と生涯学習能力の育成を目指した授業といえる。

(2) 授業の情報

「ディベートを通じた配慮」

学年： 中学校3年生 科学

授業日時：2014年9月5日

単元名：Ⅷ 生殖と発生 授業者：女性教諭

生徒数：16名

活動の形態：ディベート

(3) 学習課題

人間胚子に対するディベートを行い、根拠を持って自分の考えを述べるとともに、相手の意見も聴く。

(4) 授業の概要

準備：役割分担

- ・ 人間胚子研究に賛成するパネル(遺伝学の研究者、難病にかかった患者、賛成の医者など)
- ・ 人間胚子研究に反対するパネル(科学者、宗教指導者、女性団体代表、反対の医者など)
- ・ 市民パネル (3~4人が一つのチームになる)

※ 留意点

- ・自分の役割によって必要な資料を探せる方法を案内する。
- ・パネルの発表文と Q&A を用意する。

導入：好奇心と計画（提起された問いの発展及び問題の明確化）

- ・教師の司会でディベート開催
- ・専門家パネルの発表文の発表

※ 留意点

- ・専門家パネルは自分の意見を簡単に書いた内容を黒板に掲示して分かりやすくする。

展開： 専門家パネルと市民パネルの Q&A

発展： 市民パネルの合意文作成

- ・市民パネルは人間胚子研究に対する自分の意見を作成する。
- ・作成された意見を集めて最終合意文を作成する。ご
- ・合意文発表

整理評価： 生徒の合意文整理（教師と司会者）

科学技術の使用にたいして市民の役割の重要性強調

(5) 資質・能力に関連した授業の特徴

論題に対する自分の立場を決め、自分の意見を自由に、妥当性をもって発表し討論することによって批判的思考力などの科学的思考力と科学的意思疎通能力が育てられる。また、人間胚子研究に対して、集団によって様々な意見が存在することを理解し、人間胚子研究の発展方向を設定するための意思決定過程を通して、問題解決力と文化的理解力が育成される。

4 資質・能力の育成に向けた学習活動の特徴

(1) 事例の学習活動と資質・能力の育成及び内容との関連

先に述べたとおり、韓国では、NC で育成を目指す資質・能力を明確に示している。また、科学で育成すべき、資質・能力を明らかにしている。資質・能力の育成に向けて、内容、学習活動、評価を構造的に示すことを目指している。

科学で重視されている資質・能力としては、科学的思考力は基本的に生徒を中心とする授業には多く含まれているとも言える。その学習活動は、内容に基づいて構成され、多様である。また、科学的意思疎通能力は 2009 と、2015 改訂教育課程の両方ともに含まれ、最近強調されている資質・能力の一つである。また、グループ活動や議論など、科学的意思疎通能力を育てるための学習活動の比重が大きくなっている。また、科学的参与と生涯学習能力といった日常や社会の文脈にもつながるような資質・能力の育成を目指しており、扱う内容も工夫が見られ、環境問題や医療問題等の分野で実際に起こっている具体的な事例や課題などで授業を構成しているのが、特徴であると言えよう。

(2) 資質・能力を育成する学習活動の特徴（我が国の理科授業と比較して）

2015 改訂教育課程における初・中・高等学校を通じ、科学教科と関連した最も大きな変化は、高等学校の「通合科学」と「科学探究実験」の新設であると言えよう。通合科学と科学探究実験は、主題中心の領域間を融合した教科であり、教育課程全体に影響を与える重要な意味を持つ。ここで示す二つの通合教科は、資質・能力の育成を目指し、教科を融合する考え方を基本としている。その上で、領域、核心概念、内容、学年別内容要素、機能を構造的に示している。また、成就基準及び学習要素、探究活動、及び評価を構造的に例示しており、育成する資質・能力と学習活動によって、何がどこまでできるようになるのか、そのための学習活動とは何かを明確に示している点が特徴的である。

注) () 内は1週間の単位数(50分授業)を示している。

【引用文献】

Kang, N. (2015). 2015 改訂教育課程にて物理教科の改訂方向. 物理学と先端技術. 6, 27-30.

Ministry of Education, Korea (2015). 2015 Science Curriculum (2015-74), <http://ncic.go.kr/>

研究大会入賞作品 <http://www.edunet.net/>

(李 智源・後藤 顕一)

フランス（参考資料）

1 科学において示されている資質・能力，教科固有の知識と学習活動

(1) どのように記載されているか

フランスにおいて，ナショナル・カリキュラムに相当するものを教育プログラム（Programme d'enseignement）と呼ぶ。この教育プログラムは，知識とコンピテンス及び文化の共通の基礎（Socle commun de connaissances de competences et de culture）に基づいて作られている。

【知識とコンピテンス及び文化の共通の基礎】

この知識とコンピテンス及び文化の共通の基礎（以下共通の基礎とする）は，2015年3月に官報にて新たに発表され，2016年9月より実施されるものである。この共通の基礎は，義務教育の目的とされており，義務教育期間である6歳から16歳までの間の全ての児童・生徒が獲得すべき基礎的知識やスキルとして，五つの領域に分類され明記されている。以下表1に五つの領域の概略を示す。

表1 「知識とコンピテンス及び文化の共通の基礎」の概略

領域	共通の基礎を習得するための知識とスキルの目的
領域1 思考とコミュニケーションのための言語	<ul style="list-style-type: none"> フランス語の話し言葉，書き言葉をそれぞれ使用して自分自身を表現，理解する。 外国語を，適切に使用して自分自身を表現，理解する，他地域の言語を学習する。 科学とIT，数学用語を使用して自分自身を理解し，表現する。 言語・芸術と身体を使って自分自身を表現，理解する。
領域2 学習の方法とツール	<ul style="list-style-type: none"> 学習のための基礎的なスキル。 協力して計画を実行する。 メディア，研究手法と情報処理。 情報を共有し，通信するためのデジタルツールを利用する。
領域3 人格・市民教育	<ul style="list-style-type: none"> 感性や意見の表現，他人の尊重 規則と法律 省察と洞察力 責任，コミットメントと達成感

領域 4 自然システムと技術システム	<ul style="list-style-type: none"> 科学的アプローチ デザイン, 創造, 実現 個人と集団の責任
領域 5 世界の表現と人間の活動	<ul style="list-style-type: none"> 空間と時間 世界の成り立ちとその表現 発明, 開発, 世代

(出典 : Ministère de l'Education nationale, 2015 を基に筆者が作成)

これらは, 教育プログラムの中の各教科において, それぞれの領域がバランスよく児童・生徒を育成できるように組み込まれている。

【教育プログラム (Programme d'enseignement)】

フランスでは, 共通の基礎の定着を図るため, 学習期を設定している。今回は, 中等教育段階の中の第 6 級～第 3 級 (11～14 歳) までが含まれるサイクル 4 の科学における記載について述べる。(フランスでは, 中等学校第 1 学年を第 6 級, 第 2 学年を第 5 級…と表記している。)

まず, 「このサイクルの終わりに目指される生徒の姿」, 「コンピテンスの働き」, 「(単元ごとの) 知識とコンピテンスの関わり」の四項目が記載されている。

「このサイクルの終わりに目指される生徒の姿」には, 各教科が含まれるサイクル (学習期) が終了する段階で, 生徒が獲得している知識やスキルが記載されている。これを最初に示すことで, 教科全体で目指す方向性が明確化されている。

「コンピテンスの働き」には, この教科で育成すべきコンピテンスを, 共通の基礎にある領域との関連を含めてより詳しい説明が記載されている。以下, 教科「物理と化学 (Physique-Chimie)」における「コンピテンスの働き」の一例を示す。

表 2 コンピテンスの働きの一例

<p>コンピテンスの働き (Compétences travaillés)</p> <p>科学的なアプローチを実践</p> <ul style="list-style-type: none"> 科学的問題を特定する。 科学的な問いに答えるための仮説を提案する。 仮説を検証するための実験やテストをデザインする。 直接的または間接的に物理量を測定する。 実験結果を解釈し, 結論を出し, それについて議論する。 観察された事実を説明し, 科学への具体的なアプローチを実現するための単純なモデルを開発する。 <p style="text-align: right;">→共通基礎の領域 4</p>

「知識とコンピテンスの関わり・生徒のための状況活動と道具の例」については、そのテーマで学習すべき科学的な知識と、学習に用いる文脈や教材が表で記載されている。以下、教科「物理と化学 (Physique-Chimie)」における「知識とコンピテンスの関わり・生徒のための状況活動と道具の例」の一例を表3に示す。

表3 知識とコンピテンスの関わり・生徒のための状況活動と道具の例

知識とコンピテンスの関わり	生徒のための状況活動と道具の例
物質の構成と状態を説明する	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 物質の異なる状態（固体、液体及び気体）を特徴付ける。 ・ 状態変化の特性を研究するための実験方法を提案し、実行する。 ・ 純物質の状態の違いの変化を特徴付ける。 ・ ミクロな状態変化を理解する。 ・ 液体または固体の温度を決定するための実験方法を提案し、実行する。 ・ 異なる化学物質の密度測定を提案する。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 化学物質の種類と混合物 ➢ 純物質の概念 ➢ 物質の状態の変化 ➢ 質量保存, 体積変化, 温度変化 ➢ 密度：$m = \rho \cdot V$ の関係 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 生徒は, サイクル2において, 物質の様々な状態を学習している。それに継続して, このテーマ（「物質の構成と状態を説明する」）は, 生徒の概念を物質のマクロな性質と物理的特性から化学的特性へ移行させることを意図している。 ・ 状態変化時の物質の質量保存（ただし, 単位質量は保存する）を示す簡単な実験を行う。実験において, 水を主に取り上げる場合, 純物質の状態を学習するためのデータとして, 状態変化に伴う温度変化を利用する。 ・ 実験では, 状態変化時のエネルギー順位変化に注目させる。 ・ 密度の値は, 他の量がわかっている場合, 異なる材料を区別するために, 単位質量又は質量を測定するために提示する。 ・ 比例と商の大きさの関係について数学を用いることを提案する。
<ul style="list-style-type: none"> ・ 混合物を特徴付けるために実験をデザインし、実行する。 ・ 実験においては, 水の溶解度を利用する。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 溶解度 ➢ 相溶性（水に溶けるかどうか） ➢ 空気組成 	<ul style="list-style-type: none"> ・ これらの学習は, 健康と環境に関連する問題に関連して, 水中でのガスの溶解を議論する機会となる。 ・ これらの学習によって, 限りある水資源に頼るのか, または別の水処理方法（精製, 脱塩など）を開発すべきかといった例を示すことができる。
化学変化を記述し、説明する	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 豊富なデータから化学物質の特性を明らかにする実験を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ この部分は, 化学変化の種類を使用した実験活動に基づいている。: 燃焼反応, 酸

<ul style="list-style-type: none"> ・ 実験において、化学変化を識別する。 ・ 化学変化と混合、化学変化と物理的变化をそれぞれ区別する。 ・ 化学反応式から化学変化を理解する。 ・ 観察された化学変化を説明するために与えられた化学反応式を使用する。 <p>➤ 分子, 原子, イオンの概念</p>	<ul style="list-style-type: none"> 化反応, 酸-金属反応を中心に行う。 ・ 周期表を使い, 原子名, シンボルと原子番号を検索する。
---	--

(出典: Ministère de l'Éducation nationale, 2015 を基に筆者が作成)

2 資質・能力を育成する観点から期待される科学授業の事例

(1) 教育プログラムにおいて特に育成しようとしている資質・能力

《問題解決のための科学的アプローチの実践》

- ・ 有用な情報を検索・抽出し, 整理する。
- ・ 操作, 測定, 計算を行う。
- ・ 主張, 立証, 実験的または技術的アプローチを行う。
- ・ 結果について, 適切な言葉を用いて表現する。

《数学的な知識とスキル》

- ・ サイズ, 長さや時間などを測定する。

《様々な科学分野の知識の獲得》

- ・ 宇宙と地球: 宇宙の組成を理解する。; 地球の地質学的時間と進化, 物質現象。
- ・ 技術的課題: 分析し, デザインし, 実行する。条件制御を行う。

《データや生産プロセスを使用する》

- ・ 実際の状況のシミュレーションとモデル化された状態を区別する。

《責任ある行動》

- ・ 健康と安全に資する行動を選ぶ。

《様々な場面において, 知力や身体能力を用いることができる》

- ・ 各個人で作品を創る: すなわち, 整理計画, 予測, 関連する情報を探して選択する。

(2) 授業の情報

この授業は, 2013年に作成・実施されたものであり, 2005年の共通の基礎と教育プログラムに基づいて作成されている。フランスの科学教育財団である La main à la pâte から提供された授業計画である。

学年: 主に6学年 単元名: 火星への旅 単元計画: 全9時間

出典: La main à la pâte によるクラスアクティビティ

URL: <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/19931/une-annee-en-6e-cist-un-voyage-vers-mars>

(3) 授業の概要(内容)

火星への旅というテーマを中心軸に, 「物理-化学」, 「地球と生命科学」, 「技術」の教育

プログラムの内容を組み合わせて構成されている。全8時間のうちそれぞれに課題が与えられており、それらを解決するために多様な活動を展開することになっている。

以下に示す指導案には、「物理-化学」、「地球と生命科学」、「技術」の三つの教科において獲得させる知識・スキル・態度等が記載されている。

(4) 指導案 (今回は、9時限目のみを詳細に記載している。)

1時限目：火星は太陽系のどこにあるか？				
2時限目：火星表面と地上の環境の違いは何か？				
3時限目：火星にはどのように移動すればよいか？				
4時限目：スペースシャトルの各部分にはどのような材料が必要か？				
5時限目：シャトル旅行中に電源としてどのようなエネルギーを採用するのがよいか？				
6時限目：火星へ旅行中の食事はどうするのか？				
7時限目：どのように宇宙飛行士のための水を供給するか？				
8時限目：火星の地表を探索するには？				
本時の課題		生徒の活動と教育プログラムとの対応		
9時限目： 火星で何年生きるのか？		<ul style="list-style-type: none"> ・ ベースキャンプ（ドーム）の具体化 ・ 温室を作成する。 ・ 一人当たりに出る家庭ごみの量の算出、また、そのごみに対する様々な対処や資源を検討する。例えばリサイクル、焼却、コンポスト、埋め立てなど 		
		物理-化学	地球・生命科学	技術
		第5学年 <ul style="list-style-type: none"> ・ 人間生活に関わる水、混合物及び純物質、無水硫酸銅による水質試験 ・ 体積：質量と体積の測定値を読み取る。 ・ 水資源のための最適な対策のための条件の選定（メスシリンダー、電 	第6学年 <ul style="list-style-type: none"> ・ 異なる環境への植物の移植 ・ 外来植物の流入 ・ 種子や胞子による植物の拡がり ・ 独立栄養生物に関与する特定植物による栄養の 	第6学年 <ul style="list-style-type: none"> ・ 必要な材料の使用 ・ 目的に合った材料の選択とその材料の経費とアップグレード能力の検討 ・ 生活の様々な状

	子スケールを使用)	生成	況における特定の材料による環境への影響についての見極め
--	-----------	----	-----------------------------

(出典 : Equipe La main à la pâte (plus d'infos) , 2013. Récupérée 10 nov, 2015 de <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/19931/une-annee-en-6e-eist-un-voyage-vers-mars> をもとに筆者ら作成)

【引用・参考文献】

Equipe La main à la pâte (plus d'infos) (2013) . Récupérée 10 nov, 2015 de

<http://www.fondation-lamap.org/fr/page/19931/une-annee-en-6e-eist-un-voyage-vers-mars>

Ministère de l'Education nationale (2015) . *Annexe 3 Programme d'enseignement du cycle des approfondissements (cycle 4)*, Bulletin officiel spécial n°11 du 26 novembre.

Ministère de l'Education nationale (2015). *Socle commun de connaissances, de compétences et de culture*, Bulletin officiel. n°17 du 23 avril.

(各務 南・磯崎 哲夫)

平成 27 年度 プロジェクト研究調査研究報告書

初等中等教育-029

資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究
報告書 3

諸外国の教育課程と学習活動（理科編）

平成 28 年（2016）3 月 発行

研究代表者 梅澤 敦

（国立教育政策研究所 教育課程研究センター長）

発行者 国立教育政策研究所

住 所 〒100-8951 東京都千代田区霞が関 3-2-2

