

海外から学ぶ 理科教科書を充実させる方向性

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
小倉 康

海外の理科教科書の特徴

—加・英・米・フィンランドを例に—

- 民間がカリキュラムスタンダードに準拠して作成
- 検定はなく学校/区が採択（政府認定要の場合有り）
- 無償貸与が基本
- 米国の教科書の価格は40ドル程度から100ドルを超えるものもあり（日本は年間千円未満）、高額なものは相応に分厚い
- 米国では5年程度で償却（新教科書に更新）
- 分厚い教科書は、扱う内容量が多いことに加えて、年間授業時数が多いことに関係（米国では週5時間が一般的のため日本の約1.5～2倍の授業時間での使用が想定されている）
- 分厚い教科書では、学習事項を実生活や社会生活上の技術、社会、環境等に活用させ、科学的リテラシーを高める内容と、個に応じた発展的課題・資料が充実

カナダの現状は

- PISA2006での科学的リテラシーの結果はOECD加盟国でPISA2003での8位から2位へと大きく向上
- 各州・自治区によって教育が異なる
- 理科については、97年に全カナダ共通のカリキュラムの枠組みが設定され、科学的リテラシーの育成が強調された
- 理科教科書もカリキュラムの枠組みを尊重して作成
- PISAの科学的リテラシーの枠組みとカナダのカリキュラムの枠組みとの共通性が高いことが、上位成績につながったとの分析有り
- 教科書での科学とテクノロジーの融合が進展

英国の現状は

- 11年間の義務教育[小学校6年間(K1,K2), 中学校5年間(K3, K4)]で幅広い基礎教育, 及び2年間の大学前教育課程で専門性の高い教育(狭く深い)
- 義務教育は, ナショナルカリキュラムと, 全国テスト(理科はK2, K3の終わり)と修了資格試験GCSE(K4)で学習内容と質をコントロール
- 学問的エリートに対しては大学前教育課程での一般教育資格試験(GCE-Aレベル)が中心課題
- 多様な職業関連資格試験を有する
- 2006年にナショナルカリキュラム(理科)は, 科学的リテラシーを強調する内容に大幅改訂(末尾に参考資料掲載)
- 実験を通じた科学的探究能力の育成を強調

米国の現状は

- 各州・学校区によって教育が異なる
- 96年に全米科学教育基準(スタンダード), 各州も独自のスタンダード。幅広い内容が規定されているが, 理科教科書はさらに多くの内容を盛り込む傾向
- 米国教師は, 幅広い内容を浅く教える傾向 (“A mile wide, an inch deep” by Schmidt, W.)
- 生徒の関心は高いが, 平均的な学力水準は低い
- 小中では, 教科書ではなく, 観察実験活動を中心に展開する“FOSS”等の教育プログラムを採用する学校区も少なくない
- 高校段階では, 生徒の能力に応じて水準の異なる教科書(標準, 高度, AP)を使用

フィンランドの現状は

- 2003年, 2006年のPISA調査において, 科学的リテラシーの結果は1位
- 2006年から実施の全国コアカリキュラムで, 1~4年「環境と自然科学(健康含む)」, 5~6年「生物と地学(地理)」「物理と化学(健康含む)」, 7~9年「物理」「化学」「生物」「地学(地理)」(以上各週1.2時間)「健康」(週1.0時間)。より専門性を重視する傾向。また, 理科の指導における「観察実験」の役割をより強調
- 生徒の学力水準は高いが, 科学への関心は高いとは言えない

海外から学ぶ 理科教科書を充実させる2つの方向性

- 理科の学習事項を実生活や実社会に活用させ、科学的リテラシーを高める内容の充実を図る
- 科学への興味・関心を助長し、個に応じて、科学的能力を伸長させる発展的内容の充実を図る

理科の学習事項を実生活や実社会に活用させ、科学的リテラシーを高める内容の充実

- 衣/食/住の基本的な生活技術・・・家庭科と関連
 - 産業/ものづくり技術・・・技術科/数学と関連
 - 健康/衛生・・・保健科/家庭科と関連
 - スポーツ科学・・・体育科/数学と関連
 - 安全/災害/危機管理・・・社会科/技術科/数学と関連
 - 資源/エネルギー/環境問題・・・社会科と関連
 - 科学史/技術史/人類史・・・社会科/技術科と関連
 - 文学/美術/音楽・・・国語/美術/音楽科と関連
 - 国際的取り組み・・・社会科/外国語科と関連
- 等、他教科に関連する事象について科学的に解説

科学への興味・関心を助長し，個に応じて， 科学的能力を伸長させる発展的内容の充実

- 理科で学習した事項に関連して，科学への興味・関心を助長する科学読み物
 - 最先端の科学や科学技術やその社会での応用例の紹介，科学や科学技術の生産現場の情報（キャリア意識の醸成），科学者や技術者の人物像（ロールモデル（理想像）の形成，男女共同参画の実例），科学の方法論（科学哲学），等
- 学習進度の速い子どもが退屈しないで能力を伸長できる，認知的要求度の高い発展的な課題や資料
- 学習進度の遅れている子どもが基礎を補充できる復習・演習的な課題や資料

英国の科学教科書「21世紀科学」に見られる科学的リテラシーの育成の工夫

実生活，実社会との関連性を重視した内容

- 「21世紀科学」が扱う内容は，個人が生活していく上で身近なあるいは切実な情報や問題を積極的に取り上げている。すべての生徒が学習する「GCSE Science」の内容は，医療，健康，安全，環境，資源，科学技術といった社会生活を送る上で関心の高い領域横断的なテーマに関連して，生物的内容，化学的内容，物理的内容（地球科学を含む）を学習するものとなっている。
- 単元「君と君の遺伝子」では，遺伝子とそのはたらき，遺伝病，遺伝子治療，遺伝子診断と出産時の意志決定，クローンなどが，人間生活と科学技術の関わりが強調された状況設定で扱われている。

英国の科学教科書「21世紀科学」に見られる科学的リテラシーの育成の工夫

- 教科書：Nuffield財団とヨーク大学が連携して“Twenty First Century Science”カリキュラムを開発し2006年から実施
- 義務教育最後の2年間（第10～11学年，日本の中3～高1段階に相当）で，「GCSE Science」を全員が履修し，「GCSE Additional Science」あるいは「GCSE Additional Applied Science」を選択履修することを基本として設計されている
- 「GCSE Science」に含まれる単元名
「君と君の遺伝子」「健康を維持する」「地球上の生物」
「大気のクオリティ」「材料の選択」「食事に関わること」
「宇宙の中の地球」「放射と生命」「放射性物質」

英国の科学教科書「21世紀科学」に見られる科学的リテラシーの育成の工夫

- 単元「健康を維持する」では、病院の待合室でさまざまな症状をもった患者が診断を待っている状況設定で、ウィルスやバクテリア、菌などの微生物による感染やそれぞれの微生物の特徴、生活習慣病、病原菌の増殖と白血球のはたらき、免疫システム、抗生物質と副作用、抗体の必要性、ワクチンと免疫と接種の効果、インフルエンザワクチン、AIDSとHIVウィルス、さまざまな種類の接種とその意志決定、抗生物質耐性生物、新薬の開発、臨床検査の仕組み、循環器病、心臓発作、肺ガンと喫煙の因果関係の究明過程とその信頼性、優れた研究とは何かなどが扱われる。

英国の科学教科書「21世紀科学」に見られる科学的リテラシーの育成の工夫

- 単元「地球上の生物」では、生物の多様性、遺伝的多様性と環境的多様性、進化の歴史、化石からの証拠、選択的交配、自然淘汰、ダーウィンの物語、同じデータに対する異なる説明、種の起源、自然淘汰に対する人々の反応、ローマカトリック教会の評価、メンデルと遺伝学の発生、メンデルの証拠と自然淘汰、二重らせん構造、突然変異、生命の起源と諸説、生体内恒常性、神経システム、ホルモン、ヒトの進化、絶滅危惧種、環境の変化、食物連鎖、人間の影響、生物多様性と持続可能性、などが扱われる。

英国の科学教科書「21世紀科学」に見られる科学的リテラシーの育成の工夫

- 単元「大気のクオリティ」では、大気と汚染物質、大気汚染の原因、汚染濃度の測定と解析法、汚染物質の生成過程、大気中の物質移動、大気の質の健康への影響、汚染除去のテクノロジー、持続可能な発展などが扱われている。
- 単元「材料の選択」では、流行しうる新しい靴のために、相応しい材料を選択するという状況設定で、材料の特性、天然材料と合成材料、ポリマー、あらゆる場所で見られるポリマーが導入され、材料試験、性能管理、光学顕微鏡や電子顕微鏡による繊維構造の説明、高分子とそのモデル、ポリエチレンの発見とナイロンなどポリマーの発展、分子の結合、デザイナーの素材、ゴアテックスなどの巧妙な素材、持続可能性とは何か、材料(モノ)の一生、生物分解素材、などが扱われる。

英国の科学教科書「21世紀科学」に見られる科学的リテラシーの育成の工夫

- 単元「食事に関わること」では、穀物が農場からパンが食卓に上るまでの過程で状況を設定し、農場で、植物のために必要な化学物質、養分の循環、害虫の抑制と殺虫剤、窒素の循環、窒素肥料、集約農場で用いられる化学物質と環境、持続可能性、有機農業と環境、保存食品と加工食品、防腐剤(抗酸化剤等)と食品添加物、健康的な食事、天然のポリマー、消化、成長、排泄、食物や飲料中の有害物質、食物アレルギー、食事と肥満、糖尿病のしくみと対処、食品と消費者、食品標準庁、食品の研究、食品の危険性、リスクの高低と警告前の行動、などが扱われる。

英国の科学教科書「21世紀科学」に見られる科学的リテラシーの育成の工夫

- 単元「宇宙の中の地球」では、宇宙のしくみと地球の歴史、化石から過去を知る、大陸移動説、プレートテクトニクスと造山、地震と火山、災害予測と防災、太陽系の歴史とクレーター、恐竜の絶滅、星と地球の物質、核融合、星の一生、星との距離と光速、望遠鏡で捉える宇宙、宇宙の起源の理論などが扱われる。
- 単元「放射と生命」では、太陽光が健康へ及ぼす利点と危険性、太陽光から生命が受け取るエネルギー、太陽光と大気、オゾンとオゾンホール、放射の原理、電磁波の放射と吸収と生命への危険性、生活利用の電磁波、健康被害のリスク判断、エックス線の安全性と危険性、地球温暖化と二酸化炭素、炭素の循環、気候変動、温室効果ガス削減への行動などが扱われている。

英国の科学教科書「21世紀科学」に見られる科学的リテラシーの育成の工夫

- 単元「放射性物質」では、エネルギー消費について考えさせる状況設定で、電力需要、電気のエネルギー効率、発電による二酸化炭素の放出を扱い、あらゆる場所の放射線、自然放射線と人工的な放射線、ラドン、放射能の健康への影響、放射能汚染、放射線医療、放射線によるイメージング、健康へのリスクと利点、甲状腺ガン治療、放射線被曝量、ガンマ線の利用、原子の崩壊、原子の構造、同位体元素、原子力、核融合、連鎖反応の制御、原子力発電、チェルノブイリ事故、核廃棄物、放射能と半減期、永久処理場、エネルギーの将来、一次エネルギー源、二酸化炭素削減、エネルギーに関するディベート(原子力利用か再生可能エネルギー源かエネルギー消費の提言かの意志決定)などが扱われる。

英国の科学教科書「21世紀科学」に見られる科学的リテラシーの育成の工夫

筆記試験と実地試験で到達度を評価

- 中等教育修了資格(GCSE)のための評価では、教科書で扱われた生物的な問題、化学的な問題、物理的な問題の3つに加えて、「状況においての(科学的な)考え」(Ideas in Context)と呼ばれる応用的な問題の4つの領域に関する外部試験機関による筆記試験によって、全体の3分の2の得点が決まる。残りの3分の1は、「ケーススタディ」と「データ解析」に関する学校内での実地試験で採点される。「ケーススタディ」では、論争を伴うような問題に対する考察や、多様な発表形態を示せることが評価され、「データ解析」では、データを解釈したり評価したりする能力が、実際にデータを収集する活動を実践することを通じて評価される。

英国の科学教科書「21世紀科学」に見られる科学的リテラシーの育成の工夫

- 発展的な科学をより好む生徒向けの選択科目としてのGCSE Additional Scienceの内容
 - 「ホメオスタシス(生体の恒常性)」「成長と発達」「脳と心」
 - 「化学的なパターン」「自然環境の化学物質」「化学的な合成」
 - 「運動を説明すること」「電気回路」「放射の波動モデル」
- 科学の応用をより好む生徒向けの選択科目としてのGCSE Additional Applied Scienceの内容
 - 「健康へのケア」
 - 「農業と食物」
 - 「科学探知」
 - 「化学物質を利用する」
 - 「材料と性能」
 - 「コミュニケーション」

英国の科学教科書「21世紀科学」に見られる科学的リテラシーの育成の工夫

- さらに高度な内容を必要とする生徒のための選択科目「GCSE Separate Sciences」の内容

物理領域

「宇宙飛行士には空はどのように見えるか?」「望遠鏡はどのようににはたらいているか?」「星と銀河は、どんなものか?」「星の誕生と死の間に何が起こるか?」「宇宙飛行士たちは、どのように協力して働いているか?」

化学領域

「アルコール, カルボン酸, エステル」「化学におけるエネルギー変化」「可逆反応と平衡」「分析」「グリーンケミストリー」

生物領域

「生物は相互に依存している」「光合成」「従属栄養」「新たなテクノロジー」「呼吸」「循環」「骨格のシステム」