

8. フィンランド

フィンランドの理科の教科書は、WSOY 社と Otava 社、及び Tammi 社と Edita 社の 4 社が供給している。そのうち WSOY 社と Otava 社がシェアの大部分を占めており、WSOY 社の採用が最も多いと言われている。フィンランドの理科教育は、基礎教育として 9 年間を通してカリキュラムが組み立てられている。検定制度はないが、教科書はそこに示された到達目標や学習すべき内容に準拠した形で作成される。本稿では、WSOY 社の理科の教科書を分析しながら、体様上や学習内容の特徴を紹介するものである。

(1) 教科書の特徴

1) 体様

①初等理科教育（小学校）

フィンランドの初等理科教育は、2004 年の学習指導要領改訂から、第 1 学年から第 4 学年までが生物やヒト、環境を中心とした「環境と自然の学習」を学ぶように構成されている。その後、第 5 学年から「物理と化学」、「生物と地理」を学ぶ。現在教科書は、第 1 学年から第 4 学年まで学ぶ「Luonnkirija」が 1 から 4 まで、また 2004 年から以前出版されていた第 5、6 学年用の「Luonnkirija」5、6 が加筆修正され、内容がほぼ合わさったものとなる「Luonnkirija 5・6: Fysiikka ja Kemia (物理と化学)」と、「Luonnkirija 5・6: Biologia ja Maantieto (生物と地理)」が新たに出版されている。また、「Luonnkirija」の 3 と 4 が合併したものの出版されるなど、現場の実情に応じたバラエティに富んでいる。

なお地理であるが、その内容には人文地理と自然地理、さらに地学の内容が含まれている。フィンランドには、日本と異なりこれらを分離する概念がない。したがって、ここでは比較的地理の内容が多い初等教育と前期中等教育を地理、地学の内容が多い後期中等教育を地学と表記する。

「Luonnkirija」は A4 変型判で作られ、1、2 の装丁はハードカバーであり、それ以外はソフトカバーの体裁である。この「Luonnkirija」1、2 は、それぞれ 143 ページ（€17.2=約 2,000 円）、176 ページ（€17.2=約 2,000 円）で構成される。またこの 2 冊には、巻末

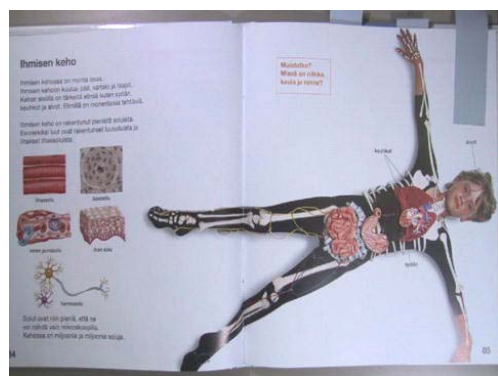


図 1 Luonnkirija 2 より

には正確な動植物の図が図鑑のようにそれぞれ 47 ページ、45 ページ含まれている。左の図は、「Luonnkirija 2」である。カラーで写真と正確なイラストを巧みに用いながら、人体を構成する骨芽細胞や横紋筋の細胞、マクロファージやニューロンなど主要な細胞群が、イラスト入りで正確に記述されている。また、写真で少年が着ている服は、ややデフォルメされているものの、肺の 5 葉構造など要点をとらえたものとなっている。これで、小学校第 2 学年の内容である。「Luonnkirija」では、全体を通

IV. 理科の教科書

してこのような詳細なイラストと写真を織り交ぜて、学習内容が視覚的にも綺麗に構成されているのが特徴である。重さは400gから500gほどで、課題が出ると自宅に持ち帰っている。また、前述したように5,6年は、「Luonnkirija 5・6:物理と化学」と、「Luonnkirija 5・6:生物と地理」を学習する。前者は総頁160ページ(327g)に対し、後者は393ページ(770g)にも及ぶ。「環境と自然の学習」は、理科学習への動機づけの意味でも重要視されている。「低学年の時に身の回りの自然を学び、自身の体の仕組みを学ぶことによって、多くの児童は理科学習に動機づけられる。その後、苦手となる分子や力といった抽象概念を学んでいく流れになっている。」と、現地の教師たち述べている。それが、教科書の編集にも色濃く反映されている。

なお2008年から、「環境と自然の学習」の別バージョンの教科書として「Pisara」の刊行が開始されている。これは、高度な内容が多い「Luonnkirija」より児童が学びやすいように新たに編集されたものであり、執筆者も異なる。例えば、現在刊行されている「Pisara 1」や「Pisara 5」では、それぞれ106ページ、152ページと「Luonnkirija」に比べて約15%近く内容が減っている。イラストもカラーではあるが、かなりデフォルメした描写も少なくない。「Pisara」は2009年には全学年揃い、しばらくの間は「Luonnkirija」と併売される。

②前期中等教育理科(中学校)

中学校3年間の理科は、保健が加わった物理、化学、生物、地理、保健の5科目から学ぶ。教科書は以下の通りである。なお、保健は現在教科書が入手できていないため省略する。

生物は、現在「Luononkiria」と「Luonto」が併売されているが、「Luononkiria」が最も新しい教科書である。学習指導要領の内容に準拠し、1.水辺、2.森、3.生命と進化、4.人体、5.環境の5冊から構成されている。1,2は、生徒が住む地域の特性によってどちらか一方の選択必修となりそれぞれ156ページ(329g:€15=約1,800円)、174ページ(369g:€15=約1,800円)でできている。それ以外は基本的に必修となる。その中でも4.人体は、180ページ(370g:€15=約1,800円)と最も内容が厚い。人体については、前述の初等理科教育「環境と自然の教育」でも重視されており、その傾向は次の高等学校まで続いている。

記載内容は、「環境と自然の学習」と同様で、正確なイラストと大きな写真を織り交ぜて、学習内容が視覚的にも綺麗に構成されている。2004年以前は、「Luonto」が出版されており、1.生命とその多様性(98ページ:€20.1=約2,400円)、2.身のまわりの(活動的な)自然(281ページ:€25=約3,000円)、3.共有する環境(144ページ:€20.8=約2,500円)、4.人体(177ページ:€20.8=約2,500円)の4冊からなっている。これらは、現在併売されている。

一方、物理と化学は「Aine ja energia(物質とエネルギー)」というタイトルで、物理を学ぶFysiikan tietokirija(2007年に改訂297ページ)と化学を学ぶKemian tietokirija(2008年に改訂306ページ)から構成されている。両者とも装丁はハードカバーであり、重さはそれぞれ、728g(€31=約3,700円)、719g(€31=約3,700円)と重い。記載内容も一貫してイラストや写真が潤沢であり、学習者がわかりやすい内容になっている。地理は、「Maapallo」が最も新しい教科書であり。初等理科と同じく人文地理と自然地理、地学の内容で構成されている。それぞれ、1.世界(203ページ)、2.ヨーロッパ(165ペ

IV. 理科の教科書

ージ), 3. フィンランド (184 ページ) の教科書がある。

③後期中等教育理科 (高等学校)

高等学校では, 日本と同様に, 物理, 化学, 生物, 地学の 4 科目から構成されている。生物は, 最新刊の 2007 年から出版された「Bios」と, それ以前から出版されている「Biologia」(2006 年以降一部改訂) の 2 種が併売されている。「Bios」は A4 変型の 6 冊からなり, 1. 進化 (141 ページ: €19.7=約 2,400 円), 2. 細胞 (168 ページ: €19.7=約 2,400 円), 3. 環境 (184 ページ: €19.8=約 2,400 円), 4. 人体 (192 ページ: €19.8=約 2,400 円), 5. バイオテクノロジー (200 ページ: €19.8=約 2,400 円), 6. 復習 (128 ページ: €21=約 2,500 円) で構成される。1. 細胞と 2. 進化が必修であり, それ以外は選択となっている。なお, 6 は理系進学者のための復習用である。装丁はソフトカバーであり, 高等学校になるとイラストはより詳細で, 大胆に大きく描かれている。これらは, 学習指導要領の記載と準拠している。一方, ・細胞 (296 ページ: €33.8=約 4,100 円), ・環境 (204 ページ: €22.4=約 2,700 円), ・人体 (197 ページ: €22.4=約 2,700 円), ・遺伝 (180 ページ: €19.8=約 2,400 円) の 4 冊からなる「Biologia」も出版されている。

物理は, 「Physica」が「Bios」と同様に A4 変型で 9 冊出版されている。その内容は, 1. 自然科学における物理 (€11.2=約 2,500 円), 2. 温度 (€22=約 2,600 円), 3. 波長 (€22=約 2,600 円), 4. 運動 (€22=約 2,600 円), 5. 重力 (€22=約 2,600 円), 6. 電気 (€23=約 2,800 円), 7. 電磁石 (€23=約 2,800 円), 8. 物質と電波 (€23=約 2,800 円), 9. 復習 (€28=約 3,400 円) である。1 は必修, 9 は理系進学者のための復習, それ以外は選択となっている。

また化学は「Kemist」が 6 冊出版されている。その内容は, 1. 人と生物環境における化学 (€11.2=約 2,500 円), 2. 化学のミクロな世界 (€22=約 2,600 円), 3. 反応とエネルギー (€22=約 2,600 円), 4. 金属 (€22=約 2,600 円), 5. 平衡 (€22=約 2,600 円), 6. 復習 (€25.5=約 3,100 円) となっている。1 が必修, 6 は理系進学者のための復習であり, それ以外は選択となっている。物理や化学も装丁はソフトカバーでそれぞれ 150 ページから 200 ページ弱で編集されている。生物と同様にカラーでわかりやすい記載となっているが, 選択と言うこともあり大変高度な内容となっている。

地学は「Globus」が A4 変型で 3 冊出版されている。ページ数も他と同様である。その内容は, 1. 地域別の世界, 2. リスクのある世界, 3. 宇宙から見た地球からなっている。カラー写真がふんだんに使われており, 特に「2. リスクのある世界」などは, 日本の教科書では考えられない大胆で魅力的な内容となっている。

2) 目次からみた教科書の構成

フィンランドの教科書の目次は, 日本の記載の方法と異なる。また, 初等理科教育での「環境と自然の教育」の学習は日本にはないため同様である。本稿では, 中学校「化学」の教科書構成を翻訳し分析することにする。日本では中学では科目としての「化学」はないが, 教科書観の相違や特徴, またつくり方の工夫をとらえる上で適切と考えられるからである。以下簡単に紹介する。

下記の表は, 2008 年に改訂された「物質とエネルギー: 化学」の旧版の目次と, 細かな

IV. 理科の教科書

学習内容を記載したものである。なお、旧版の総ページ数は 252 ページであり、新版より約 50 ページ少ない。しかし、その内容からフィンランドの教科書が目指すものが見て取れる。なお、化学は物理と合わせて 3 年間 6 単位で学習する。

表 「物質とエネルギー：化学」の目次構成と単元の学習内容

-
- 1 化学を学ぶ前に
 - 1) 安全な運用について
 - ・換気や薬品の配置
 - ・火の取り扱い方
 - ・実験室での心構え
 - ・消火器や液体薬品の扱い方
 - ・危険物輸送車両のマーク
 - 2) 純物質と混合物
 - ・純物質と混合物は何か（ジュースやヨーグルトを例に）
 - ・化学的な洗浄について（アスファルトから血液までを例に）
 - 3) 飽和水溶液
 - ・飽和とは（塩湖、鍾乳洞の石、サイダーを例に）
 - ・溶液、溶媒、温度、量との関係
 - 4) 混合物の分離法
 - ・濾過、蒸発、蒸留による分離
 - ・日常での分離（コーヒーマーカー、ティーバッグを例に）
 - ・最新の微粒子分離法
 - 5) 原子とその構成要素
 - ・陽子と原子、その大きさ
 - ・原子の構造
 - ・様々な原子の組み合わせでできる物質
 - ・人体や地球の構成要素
 - ・食べ物も原子でできている（チョコレートを例に）
 - 6) 化学反応と化合物
 - ・化学反応とは何か（酸化マグネシウムを例に）
 - ・水と過酸化水素水
 - ・炭素の酸化
 - 7) 反応の速度
 - ・反応速度を制御するもの、温度、量
 - ・酵素と触媒（車のマフラーを例に）
 - 2 物質の構造
 - 1) 周期表
 - ・陽子と電子 Xe までの 54 個の原子
 - ・電子軌道、陽子数と電子数
 - ・同位元素と医薬品
 - ・花火の色を作る物質
 - 2) 周期表の主なグループ
 - ・元素の 8 グループ
 - ・ガス、金属、ハロゲンその他
 - ・最外殻電子と価電子
 - 3) イオン化合物
 - ・陽イオン、陰イオン
 - ・イオン結合、共有結合
 - ・イオン式、組成式
 - ・フィンランドの塩
 - 4) 分子の形成と構造
 - ・単結合、二重結合、三重結合
 - ・いろいろな分子の構造
 - 3 生活環境の化学
 - 1) 燃焼とは化学反応である
 - ・木の燃焼と CO₂、エネルギーの放出
 - ・化学反応による新しい化合物の再構成
 - ・様々な燃焼と温度
 - ・ろうそくの炎と火薬
 - ・炎の安全性
 - 2) 炎の安全性
 - ・家庭での安全をいかに確保するか
 - ・様々な消火方法
 - ・森林火災、人の火災、タンクローリー火災
 - ・火災防御法
 - 3) 命を守る大気
 - ・大気圏から成層圏へ
 - ・大気成分と地球の保護
 - ・酸素の由来
 - ・オゾンの構造と役割
 - ・C の循環
 - ・CO₂ の排出と温室効果
 - ・オゾンホール拡大
 - 4) 水は命の源
 - ・水の化学的構造、水の分解と合成
 - ・宇宙ロケットとガス
 - ・水の循環
 - ・植物の吸水と蒸散
 - ・水の浸透と拡散
 - 5) 酸と塩基
 - ・レモンとヨーグルトに見る酸
 - ・酸とは何か
 - ・水素イオン濃度 pH
 - ・塩基とは何か
 - ・イオン反応式
 - ・歯の表面の酸の状態（虫歯）
 - ・フッ素処理による虫歯対策
 - 6) 自然界の酸性化
 - ・産業が排出する酸
 - ・酸性雨
 - ・中和反応と塩
 - ・自然の治癒力
 - ・腐食
 - 7) 工業化学における基礎的な酸と塩基
 - ・強酸、弱酸
 - ・塩酸、硫酸、硝酸
 - 8) 塩を作る
 - ・塩の生成方法
 - ・塩化カリウム、塩化マグネシウムのでき方
 - ・塩（しお）の重要性
 - 9) 窒素と肥料
 - ・窒素の循環
 - ・植物の栄養素
 - ・窒素肥料とアンモニウム塩
 - ・水素イオン濃度とバクテリアの成長
 - 4 生命の化学
 - 1) 生命の要素：炭素

IV. 理科の教科書

- ・生命における炭素の重要性 ・有機化学の意味 ・炭素の燃焼 ・炭素の骨格
- 2) 炭化水素
 - ・メタンに見る炭化水素の構造 ・不飽和結合, 単結合
 - ・鎖状構造と環状構造 ・脂肪族炭化水素 (アルカン, アルケン, アセチレン) ・燃料としての炭化水素
 - ・油田とカタストロフィー ・バイオガスの利用 ・芳香族炭化水素 ・ガソリン, エーテル, ベンジン
- 3) アルコールの化学
 - ・メタノール, エーテル, プロパノールの化学 ・メタノール, エタノールの危険性
 - ・アルコールの吸収量と危険性 ・キシリトールやソルビットの構造と水酸基
 - ・アルコール飲料とエネルギー ・アルコールの分解
- 4) カルボン酸からエステルまで
 - ・カルボキシル基 ・脂肪酸 ・飽和モノカルボン酸とヒドロキシ酸 ・エステルと芳香族化合物
 - ・自然界のエステル ・中枢神経への効果
- 5) 炭素-栄養の基礎-
 - ・緑色植物による炭酸同化作用 ・単糖類, 二糖類, 多糖類の構造 ・食べ物に見られる炭水化物
- 6) タンパク質-体の建築材料-
 - ・細胞の構成物質としてのタンパク質 ・アミノ酸の構造 ・アミノ酸とタンパク質 ・グリシン
- 7) 脂肪—エネルギー源—
 - ・植物の脂肪と動物の脂肪 ・脂肪の構造と特性 ・石けんが作られるまで
 - ・食物の中の様々な脂肪 (バター, ミルク, ポテトチップス) ・コレステロールと健康
- 5 金属の化学的性質
 - 1) 鉱石から金属まで
 - ・人類の進化と金属 ・鉱石から金属の抽出 ・鉄の精錬 ・中世における錬金術 ・鉄原子の誕生
 - 2) 金属の特性
 - ・金属結合, 自由電子 ・周期表 ・金属結晶 ・伝導性 ・チタンや金の特性
 - 3) 金属の反応
 - ・酸化マグネシウムの反応 ・金属と酸素, 酸, 塩基との反応 ・パソコンの基板, 給水管の洗浄
 - 4) 金属イオン
 - ・融雪剤と金属 ・金属イオン ・銅の屋根, 歯の金属の変化
 - 5) 電気化学
 - ・電池やバッテリーの化学反応 ・発電 ・電池における電子の移動 ・金属の腐食と保護
 - ・乾電池のしくみと電気
 - 6) 電気分解
 - ・電気分解とは何か ・塩化銅の電気分解 ・銀メッキ ・電解質
- 6 製品のライフサイクル
 - 1) ライフサイクルの分析
 - ・フィンランドの化学工業 ・環境と化学工業 ・様々な製品のライフサイクル
 - ・貸借対照表 (エコとエネルギーの関係) ・エコマーク
 - ・ヨーグルトのプラカップとガラス瓶との生態的, 経済的違い
 - 2) 木から紙ができるまで
 - ・森林の重要性 ・林業と紙の消費 ・フィンランドの再生紙利用
 - ・紙のホワイトニングでの有害物質とその対応 ・硫酸塩と機械的方法
 - 3) 原油から合成樹脂ができるまで
 - ・油田と私たちの生活 ・原油からできるもの
 - ・熱可塑性樹脂 (ポリエチレン, ポリプロピレンなど)
 - ・プラスチックの構造 ・プラスチックの処理と再生
 - 4) 色と絵の具
 - ・キノンの構造と絵の具 ・天然色素と染め ・自然の色 ・水性塗料と油絵の具
 - 5) 化粧品
 - ・化粧品の歴史 (メソポタミア, エジプトなど) ・化粧品の開発 ・基本的スキンローション, 口紅, 香水
 - 6) 織物
 - ・衣服の歴史 ・織物の化学的生産 ・様々な繊維 ・合成繊維の生産と利用
 - 7) 洗剤と掃除
 - ・汚れが落ちるしくみ ・石けんの歴史 ・洗剤と環境 ・洗剤の粘性と硬水 ・機械の洗浄
 - ・フィンランドの1年の洗剤量と洗濯材料
 - 8) ガラスとセラミックス
 - ・ガラスの歴史 ・バイオガラス ・医療用セラミックス ・防弾ガラスのしくみ
 - 9) 建築材料
 - ・炭酸カルシウムと建築材料 ・セメントの製造過程
 - ・プラスチックや粘土から作られたコンクリート ・家の構造 ・家庭へのラドンの進入
 - ・フィンランドにおける自然界の放射能の様子
 - 10) 水の浄化
 - ・地表から地下へ ・浄水のメカニズム ・下水の処理
- 7 巻末問題 202 題, 索引, 資料 (元素の性質, 周期表 (103), 危険物の表示, 主な陽イオン 16 陰イオン 16)

まず、冒頭に化学を学ぶに当たっての心構えや、実験での安全に関する内容が記述されている点である。これは、初等理科教育の「環境と自然の学習」の第1学年の冒頭のところでも同じであり、体験を通じた学びを重視している。実験に取り組む姿勢についてもここでは言及している。次に特徴的なのは、食品や人体、車や家といった日常生活に関する内容を積極的に取り上げている点である。原子や分子といった抽象概念が多くなる化学において、身近な生活の中にも科学的なものの見方や化学そのものが存在することを強調している。

一方、例えば「物質の構造」や「有機化学」に関する学習内容は大変詳しく、日本の現行「高等学校・化学I」の内容を一部含むものとなっている。また、「金属」では、電気分解を含め日本の「高等学校化学I・II」の内容も含まれている。フィンランドの理科教育では、早い時期から詳細で専門的な内容を生徒に伝える工夫が随所になされている。

ところで糖の学習では、植物の炭酸同化作用や、大気やオゾン層、植物の栄養素といった「生物」の学習を含めた内容となっている。医療に関する内容も含まれている。フィンランドは、1 人としての成長、2 文化的アイデンティティと国際化、3 メディア・スキルとコミュニケーション、4 市民としての参加意識と起業家精神、5 環境、福祉持続可能な未来に対する責任、6 安全と交通 7 技術と個人といった内容を、領域を超えて他教科から学ぶ7つのクロスカリキュラムが有名であるが、それ以外でも他教科とのリンクは通常の授業の中でも随所に見られている。

持続的社会の維持を生徒に理解させていくことも、フィンランドの理科教育が目標とするものである。本教科書には、居住環境を科学的に考える学習内容が章立てされており、燃焼や大気、水や酸性雨などを通して環境保全や自然保護を学ぶ内容も含まれている。「製品のライフサイクル」が教科書で章立てされており、そこでは資源の有限性と保護の内容が記述されている。

新版は旧版に比べ、項目の立て方に違いはあるものの内容はほぼ同じである。最終章に地球の大気の問題に関する記述があることが特徴的である。

3) 特定分野に関する教科書の記述

①小・中学校の特定分野に関する教科書の分析

ア) 原子力や原子核エネルギー

原子力や原子核エネルギーについては、小学校の教科書に記載は無く、中学校の「物質とエネルギー：物理」で記載がある。「電気」の章で、原子核の構造や電荷、電流回路や電気磁石について学んだ後、「9. 電気を作り出すこと」の項で、発電方法のひとつとして、原子力発電所のしくみを紹介している。ここでは、原子力発電所のしくみ、核分裂を起こして中性子が飛び出す過程が図示さ



図2 「物質とエネルギー：物理」より

れている。また、最後の章でも「物質の構造」のところでも、核分裂と核融合が詳しく図解されている。

イ) 粒子概念 (原子・分子) の導入

粒子概念の導入は小学校第5学年からである。「Luonnkirija 5・6: (物理と化学)」の「私たちは空気と水を調べます」の単元で、初めて水分子や原子について学ぶ。特に最初の「空気と水とは何か」の項では、水分子のモデルを示し、原子と分子の違いは何かということも明記されている。また、次のページには水生成の化学反応式もモデルと共に載せられている。その後、洗濯物や車などの身近な例から水の三態を学び、水と空気の性質を学習していく。その後、表面張力の概念なども水分子のモデルを使って図解されている。

また「私たちは物質とエネルギーを調べます」の単元では、再度水分子の構造と原子と分子について説明がある。自然から得られるいろいろなエネルギーを紹介した後、石油から得られるエネルギーの学習内容の箇所、高分子化学物のモデルと構造式が描かれており、日常生活でのプラスチック製品の重要性とそれらが自然の中では分解されにくいということが説明されている。他に金属の性質などを学習する。

2008年に新しく出版された「Pisara」でも、第5学年で粒子概念について学ぶ。「I さまざまな物質」の単元の中の、「6. 元素の構成要素は原子」で、原子が最も小さな物質の構成要素であること、同じ原子から成る物質が元素であることが書かれている。このページでは主に金属元素について学び、Fe, Au, O, C, S, N, Hの原子を例として挙げている。各原子の大きさを比較している図も見られる。また、次のページの「化学反応では新しい物質が生まれる」では、水と二酸化炭素を例に分子の概念や、水素と酸素が反応して水ができることを説明している。酸素原子が結合して酸素分子になり、炭素原子と結合して二酸化炭素分子になる過程も生徒のロールプレイの絵で例示されている。

中学校では「物質とエネルギー：化学」の中の、「物質と反応」の単元「物質は原子からできている」で、原子について説明されている。またここで酸素分子が2つの酸素原子からできていることが説明されている。

次のページでは、ヘリウム原子の構造モデルが示されている。ここでは、ヘリウム原子の原子核が2対の陽子と中性子から成ること、2つの電子を持つことが書かれている。その後も燃焼や化学反応、金属元素、酸化還元反応、電気分解などを学ぶが、各項で色々な電子配置の図や化学反応式とモデルが多く記載されている。また、前述したが、グルコースなどの構造や光合成の過程などの生化学も学ぶ。

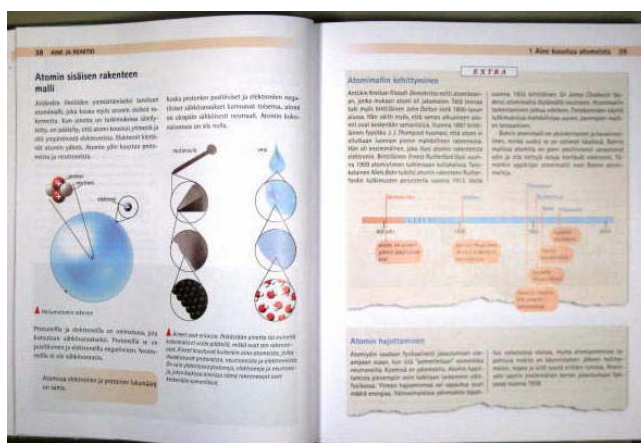


図3 「物質とエネルギー：化学」より

ウ) DNA の導入

DNAの取り扱い第7学年からである。したがって小学校では遺伝子の存在には触れる

が、DNAの塩基配列や複製に関する内容については触れていない。WSOY社の第7学年から第9学年用の教科書では、「人体」の中でDNAが扱われている。

ここでは、「遺伝」の章でDNAについて学習する。ここでは、まず私たちの遺伝は遺伝的要因と環境的要因の両方が関わっているということ、なぜ遺伝が起こるのか、遺伝子の情報が乗っている染色体について学ぶ。常染色体と性染色体があり、受精の際にどのように子どもの性が決定するかということも学ぶ。その次の単元で、それを踏まえて、遺伝子の本体であるDNAについて学ぶ。内容は、遺伝子の場所と量について、遺伝子のDNAの中には情報が含まれていること、DNAは自己複製ができることなどを学ぶ。また、DNAの二重らせん構造を発見したワトソンとクリックについても載せられている。隣のページには、染色体からDNA、塩基配列の構造図などが描かれている。



図4 「人体」より

ここでは、4種類の塩基（A, T, G, C）については明記されていないが、「3つの塩基の情報が1つの文字になる」とあり、コドンによるアミノ酸の決定を示唆している。さらに次のページからは、遺伝子から発現する形質について、ヘテロ、ホモ接合体や優性形質、劣性形質が、色々なヒトの形質を例に挙げて説明されている。特に、そばかすの有無については父親と母親の遺伝形質から、子どもがそばかすの遺伝形質を持つ割合がどのくらいか等が図解されている。また、遺伝子がどのように変異を起こすかを学び、最後の資料にはダウン症の染色体異常の写真の例にして、染色体の変異についても説明している。

ここでは、4種類の塩基（A, T, G, C）については明記されていないが、「3つの塩基の情報が1つの文字になる」とあり、コドンによるアミノ酸の決定を示唆している。さらに次のページからは、遺伝子から発現する形質について、ヘテロ、ホモ接合体や優性形質、劣性形質が、色々なヒトの形質を例に挙げて説明されている。特に、そばかすの有無については父親と母親の遺伝形質から、子どもがそばかすの遺伝形質を持つ割合がどのくらいか等が図解されている。また、遺伝子がどのように変異を起こすかを学び、最後の資料にはダウン症の染色体異常の写真の例にして、染色体の変異についても説明している。

エ) 惑星

惑星の学習は、小学校第1学年から導入されている。第1学年では、まず星と星座について学び、その後太陽の特徴と自然へのその恩恵について学んだ後、太陽系が9個の惑星、60以上の衛星、小惑星、彗星で構成されていることを学ぶ。その後、「惑星の情報カード」のページで各惑星の詳しい特徴（寒いのか暑いのか、生命があるか、水があるか、空気があるか、衛星の数など）について学習する。その後、地球の内部構造や、夜と昼のしくみを学び、章末の活動では、太陽系のモデルを作成する。

第5学年は、「私たちは宇宙を調べます」の章で再び惑星が写真つきで紹介されている。そこでは、第1学年の時よりもより詳しい情報を載せ、惑星の定義、惑星の3つのタイプ（固体惑星、巨大ガス惑星、巨大氷惑星）を説明している。また、小惑星とは何か？の項目では、小惑星の定義、小惑星は火星と木星の間で多く見つけられること、フィンランド人の科学者が発見した小惑星（シベリウス、ヘルシンキと名前が付けられている）があることを紹介している。衛星、彗星についても説明がある。また、フィンランド国内にある隕石によってできたクレーターを紹介している。また、WSOYの新版教科書Pisaraでも、第5学年の「私たちの太陽系」で惑星を学習し、巻末資料に各惑星の惑星タイプ、太陽からの距離、温度、直径、大気の構成元素などの詳しい情報が載せられている。

IV. 理科の教科書

中学校では、「物質とエネルギー：物理」で「自然の構造」の単元で「天文学」のページに惑星の内容が記載されている。小学校と同様、太陽系惑星の構造と惑星の特徴が述べられている。また、地学 *Maailman ympäri* で「小さな青い惑星」の単元で「4. 宇宙にある地球」に惑星の内容が記載されている。ここでは、宇宙の誕生、地球の誕生について学び、地球の大気の獲得や他の惑星にはない特徴など地球を中心に述べられている。また、太陽系の構造の図が示されており、太陽からの距離と軌道が描かれている。また、小学校と同様に、各惑星を構成する物質や、衛星、小惑星、彗星の定義と特徴が書かれている。



図5 Luonnonkirja 1 より

②高等学校の教科書の分析

フィンランドの高等学校「生物」は、前述したように、「Bios」が、1. 進化, 2. 細胞, 3. 環境, 4. 人体, 5. バイオテクノロジー, 6. 復習の6冊で構成されている。また併売される「Biologia」は、細胞、環境、人体、遺伝の4冊からなる。両者に共通するのは、その内容の高度さと詳細さにある。また「Bios」は出版されて間もなく詳細な分析を進めていないが、「Biologia」より、詳細なイラストや写真が多く、より高度な内容となっている。特に、5. バイオテクノロジーでのゲノム情報は非常に詳細である。



図6 BIOS 6冊の外観

図7は、「Biologia」の人体の一部を示したものである。人体に走る動脈と静脈が記載され、血管を構成する内膜・中膜・外膜の3層構造、及び末梢組織などの各部位での構造の違いを、わかりやすく示している。また上部の写真は、肥厚した血管組織によって、流れにくくなった赤血球の様子を示し、病気との関連を示している。日本では、医療系の初年時教育に登場するような内容である。このように、初等理科教育と同じく正確で高度な情報を教科書に記述しているのが大きな特徴である。

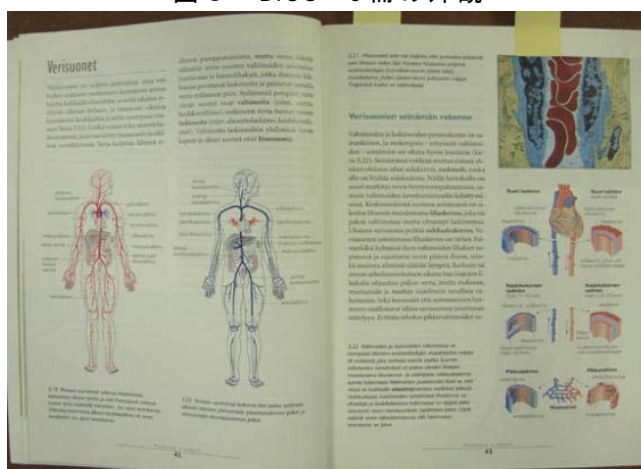


図7 Biologia : ヒトより

4) 教科書充実の工夫

フィンランドの学びが、知識は行為であり共同体的な社会実践を通して学習は進むとする社会的構成主義に基づくことは広く知られているところである。そのために、初年時から教科書のあらゆるところで、体験を通じた知識の獲得の必要性が記載されている。1つの用語を教科書などのテキストからの文字情報で得るのか、同じ用語を実験や観察など体験を通して得るのでは、情報の質や量は全く異なることは言うまでもない。例えば、認知科学の知見にそれを求めるのであれば、情報の二重、三重による符号化、つまり情報の精緻化での説明が適当であろう。「肝臓」という文字による単一の符号化より、実験や観察を通して目にする色や臭い、手触りといった体験を通じた知識の獲得の方が、遙かに情報量は多く忘却することも少ない。それは「肝臓」が二重、三重それ以上に精緻化されるからである。フィンランドの教科書の編集は、高等学校までそのような記載が軸として貫かれている。実際の授業も参観したが、ほとんどそのような場面に遭遇している。

また再三触れているが、教科書の図は正確であり、発達の早い段階から詳細な情報をきちんと伝え、知的好奇心を掻き立てる編集がなされている。「決して覚える必要はない。そのようになっていることがわかればよい。」と現場の教師たちは言う。早い時期から「ホンモノ」と遭遇させることを意識した編成になっている。その結果として、教科書に記載する内容が自然と高度になっていくのである。このことは、将来の日本の理科教育の内容を編成する上も、また意欲を引き出す理科教育を考える上でも重要な視点であろう。

一方、教科書の編集に関しても様々な工夫がされている。例えば、WSOY社の初等理科教育の「Pisara」で述べたように、1994年の改訂以降に出版された教科書、特に2001年以降のものはレベルが大変高かった。しかし、子どもたちの学びに適するように、また自学自習しやすいよう2007年から見直しが図られている。教科書会社は絶えず教育現場のモニタリングを行っており、その情報を教科書作りにフィードバックしている。2、3年で細かい手直しもされている。教科書は、基本的には現場の教師たちが執筆する。高等学校も同様である。教科書を執筆する、教師の専門性で対応できない場合、もしくはそのジャンルを深める必要が生じた場合に、大学教員へ執筆を依頼する。教科書会社のHP上には「あなたも教科書を書きませんか？」なる広告もある。

(2) 現地調査の結果から

現地での授業参観や教師へのインタビュー内容について、以下に簡単に箇条書きする。

- ・ 調査時期 2008年11月26日から28日
- ・ 調査方法

50分授業をフル参観後、教科書の使用を中心に学習指導に関する内容について、学級担当、及び教科担当教師、管理職にインタビュー

- ・ 調査校及び学習内容

- 1) ・イタケスク小学校 (ヘルシンキ市) Juha Hirvonen 教諭
第6学年 「自然と環境の学習：2時間」

IV. 理科の教科書

- ・ キャピュラ総合学校（ヘルシンキ市） Kirsi Arino 教諭
 - 第9学年 「人体：脳の働き」
 - 第9学年 「Suuntana Suomi 使用，快適な生活環境の研究」＊
 - 第7学年 「研究とは何か，仮説・実験計画の立て方」
 - 第9学年 ＊の現地調査
 - 第8学年 「保健：ヘルシンキ市購入のネットプログラムに基づく」
 - 第9学年 ＊のグループ発表後ヘルシンキ市の都市計画（ネット）
 - 第9学年 環境研究作業完成
 - 第9学年 「人体：脳の働き」

- 2) ・ ターヴィンキュラ小学校（エスポー市） Antti Yla-Rautio 校長
 - 第4学年 「自然と環境の学習：フィンランドの大きな動物」

- ・ ヌーメラン小学校（ビヒティ市） Ulla Myllyniemi, Meri Hursksinen, Vivaanna, Margit, Mirya, 各教諭
 - 第5学年 「物理と化学：熱の伝導」特別支援クラス
 - 第3学年 「自然と環境の学習：水辺の地域」
 - 第6学年 「生物と地理：アジア」
 - 第3学年 「自然と環境の学習：環境」
 - 第4学年 「自然と環境の学習：フィンランドの大きな動物」

1) 教科書がどのように使用されているか

- ・ 基本的には、日本の学習指導要領にあたるナショナル・コア・カリキュラム及び各自治体でそれらに手を加えたカリキュラムに準拠しながら、到達目標にしたがって教科書の内容を、生徒の実態や周囲の環境に合わせて教えるというスタンスで学習は進められる。教科書は貸与であり、新版・旧版、他社の教科書等自由に取り上げて授業が進められている。
- ・ 教科書内に書かれている実験については、基本的に実施している場合が多い。実習をさせ、そこから「なぜ？」と問い掛けることが多い。したがって、教科書に記載される問題についても扱う場合がある。教科書によるが、単元が終了するところにまとめ実験が配置されている。その取り扱いは教師の自由裁量であるが、生徒に自由選択をさせ、教師と実験計画を練りながら実施するという場面もあった。

2) 教科書の位置づけはどうなっているのか

- ・ 前述のナショナル・コア・カリキュラムに準じた教科書で行われる。しかしながら、基本的には教科書は主たる教材である。そこから教師は、カリキュラムにしたがって自由に授業を展開する。
- ・ 「教科書の内容を教える」という発想より、「教科書の内容を学ぶ」と言った方が適切であろう。聞き取り調査で見ると、教科書に記載されているところはほぼ押さえている。ただし、多くの教師は教科書の内容は十分とは考えていない。そこに地域の自然や

IV. 理科の教科書

環境の素材を取り込みながら、IT環境が整っているところはそれを駆使し、できぬ地域は直接体験と文字による間接体験を使い分けながら学習を進めている。

3) 学校や家庭で子供が教科書をどのように使っているのか

- ・宿題が出れば家庭に持ち帰るのが原則である。教科書への書き込みはなく（貸与のため）ノートに記入する。

4) 副教材をつかっているのか

- ・地方自治体の財政状態によって異なる。基本的には、生徒用のワークブックを学校が購入し児童や生徒に個人用として与えている。
- ・教科書は副教材を使用するという前提で編集されている。ただし、教師が使うのは教科書会社が出すワークブックだけではない。ネットで教材を配信しており、教師はリアル・タイムで学習指導に利用している。他、行政が出す情報などあらゆる資料を利用している。

5) 教科書使用における教師の裁量はどの程度か

- ・ナショナル・コア・カリキュラムの流れに準拠する。教師はその到達目標にしたがって、教科書や教科書以外の資料をフレキシブルに用いて、学習指導を行っている。例えば、8月下旬から始まった新学期には理系科目が多く、街が凍結する冬は数学が多いといったことはどの学校でも見られるものである。理科は自然体験が重要だからである。
- ・教科書を使用しないということはない。教師の教材の選択肢は、実に潤沢である。
- ・全国的な学力調査の結果がフィードバックされるのは、各自治体や学校だけであり、その学習指導が問われる。

6) デジタル・コンテンツについて

- ・CDではなく、ネットで情報が配信される。一つは教科書会社が配信するもの、もう一つは地方自治体（教育委員会）が配信するものの二つが基本である。ただし、教師はネット情報に熟知しており、NASAやBBC、あるいは行政が発信する情報を自由自在に収集し、十分吟味した上で教材化している。児童のコンピュータ・スキルは高い。

(3) その他

- ・教室の使用は、フレキシブルである。目的にあった教室をその都度使用し、生徒も移動する。学習効率を考えた学級の分割も自由である。特に特別支援が必要なクラスや語学（主に英語）は、クラスを半分にして授業を行う。その場合理科が裏番組になることが多い。ただし、このことが全ての学校に当てはまるわけではない。地方自治体の財政状態に因る。各教室にはネットにつながれたパソコンは、基本的に教師用と生徒用の2台以上が設置されているが、これも同様である。他、パソコンルームは設置されている。
- ・液晶プロジェクターは、全ての教室で完備されている。また、プロジェクターに繋がれた実体投影機などのIT機器は完備されている。潤沢な予算を持つ地方自治体では、写真に示すような、パソコンをそのまま投影し書き込みや消去ができるスマート・ボードも

IV. 理科の教科書

設備されている。教師は、IT 機器の使用に関してはかなり熟知しており、カリキュラム開発や教材作成に熟知している。それらは、5年間の教員養成課程の中で鍛えられている。

- ・生徒が学習に遅れがないように、絶えず教師はモニタリングしている。遅れた生徒が数名出ると、規則によって予算配分され、講師が派遣され個別学習が実施される。なお、教科書会社によっては、Eマークの付いた特別支援用の教科書を出版している。一般用と大差はないが、全体に説明が丁寧でページも増えているのが特徴である。



スマート・ボードを自在に扱う教師

【参考文献】

※膨大な数となるため、一部のみ記載する。小学校について、WSOY 社の下記の教科書を分析対象とした。また中学校，高等学校についても同社のものを用いた。

- ・ Anna Maaria Nuutinen, Pirijo Tolvanen, Erkki Alanen: *Luonnonkirija 1, 2*, WSOY, 2002, 2003, Finland.
- ・ Johanna Honkanen, Martti Raekunnas, Jorma Riikonen, Matti Saarivuori, Erkki Alanen: *Luonnonkirija 3, 4, 5, 6*, WSOY, 2003, Finland.
- ・ Johanna Honkanen, Martti Raekunnas, Jorma Riikonen, Matti Saarivuori: *Luonnonkirija fysiikka ja kemia 5&6*, WSOY, 2005, Finland.
- ・ Johanna Honkanen, Martti Raekunnas, Jorma Riikonen, Matti Saarivuori: *Luonnonkirija biologia ja maantieto 5&6*, WSOY, 2004, Finland. 他

また、下記の出版物も参考とした。

- ・ 鈴木誠編著『フィンランドの理科教育』明石書店，2007。
- ・ 鈴木誠「フィンランドの理科教育—教育制度と前期中等教育での化学教育」『化学と教育』，53(8)，2005，pp.463-467。
- ・ Finnish National Board of Education: *National core curriculum for basic Education 2004*, Finland. 他

(鈴木 誠)