

理科教育における工業に関する教材の取扱いと新たな展開

郡司賀透

静岡大学教育学部

静岡県駿河区大谷836

抄録

理科教育における工業に関する教材の取扱いを考えるため、石油化学工業教材を典型例にして調査・分析を行った。はじめに、高等学校学習指導要領理科編および化学教科書・教師用指導書の記述内容を分析した。その結果、3点が明らかになった。(1)石油化学工業教材は、石油化学原料および製品に関連づけられて記述される傾向にあった。(2)一貫して関連づけられた化学原理は、分留、クラッキング等々であった。(3)教科書執筆者には、純粋自然科学の学問体系に基づいた系統性の観点から当該教材の取扱いに賛否があった。つぎに、現代理科カリキュラム論のトレンドである、コンテキストベースアプローチによる海外の高等学校化学教科書の石油化学工業教材を分析した。その結果、これらの教科書には筋書きを重視する共通性が確認された。

キーワード

理科教育, 石油化学工業教材, 化学教科書, 教師用指導書, 教科書執筆者の意図

1. はじめに

日本の理科教育には、実社会・実生活との関連を明確にした学習指導の工夫が求められている¹⁾。関連づけを図るうえで有効なものの1つに工業に関する教材がある²⁾。工業は社会に直結しているうえ、我々の生活の大部分は工業製品を基盤にして成り立っているからである。とはいえ、純粋科学に関する概念を対象にした研究に比べると、工業に関する教材に着目してその取扱いを本格的に論じたものは非常に少ないといえる。本研究は、理科教育における工業に関する教材の取扱いを明らかにするものである。この解明に向けて、2つの調査・分析を行った。

1つめが、理科教材史的な調査・分析である。歴史的なアプローチをとるのは、次の理由による。1950年代の生活単元学習の理科教科書には、実社会・実生活とのかかわりにおいて、工業に関する教材が多数みられた。つづく1960年代の日本の中等理科教育は、高度経済成長を支える科学技術人材育成の重要な場として充実が図られていた。この時期の理科教育には、教育内容の系統性を重視した系統学習が普及・浸透して、この傾向は、学問の系統性を基軸にした1970年代のいわゆる現代化カリキュラムにおいて強くなった。その一方で、系統性の曖昧な工業に関する教材は、高等学校の理科教科書から少なくなった。つまり、1960年代の高等学校理科教科書における工業に関する教材は、1950年代と1970年代の間であって、特徴的な移り変わりをみせていたかもしれないのである。さらに、この時期の理科教育の課題(学習内容の系統性の担保や実社会・実生活との関連づけ)や理科教育課程政策の方向性(科学技術教育の充実)は、現在の日本の理科教育の置かれた状況と類似しており、歴史的な示唆を得られると考えたからである。

2つめは、現在の海外の高等学校理科教科書を分析することにある。工業に関する教材は人間的で社会的な側面を鮮明にするので、純粋科学に関するものに比べて学習活動にリアリティを与えやすい特性がある。この特性を活かして、海外の高等学校理科教科書には、工業に関する教材が取り上げられているものもあるからである。

本稿では典型事例として、高等学校化学における石油化学工業教材を選んだ。その理由は、戦後の高等学校の化学教科書においてほぼ一貫して当該教材が登場してきただけでなく、後述するように、その取扱いをめぐって1960年代に理科教育関係者に議論がみられたなど、特徴的なパターンを示すと考えたからである。また、戦争で壊滅的打撃を受けた石油精製産業は、占領政策の転換や世界的なエネルギー革命の背景に、1952年には、石油精製企業の原油処理能力は戦前のピークを上回る水準にまで回復することとなった。通商産業省（現・経済産業省）は、1955年に「石油化学工業の育成対策」を決定した。育成政策の目的は、①合成繊維、合成樹脂の原材料確保、②輸入に依存している石油化学製品の国産化、③主要化学工業原料の価格引き下げによる産業構造の高度化と関連産業の国際力強化にあったとされる³⁾。1960年代、日本の石油化学工業は、高度経済成長をリードする戦略産業の1つとして、飛躍的な発展を遂げるようになった。

本稿では、「石油化学工業」を、石油や天然ガスを出発原料としてさまざまな生産工程を経て、合成樹脂、合成繊維原料、合成ゴムなど多種多様な化学製品を製造する産業と定義する⁴⁾。石油化学工業に使用する原料は、その国の資源事情などによって異なるものである。日本やヨーロッパでは原油を精製して得られる石油製品のうち「ナフサ」を主原料としている。一方、アメリカ、カナダ、中東産油国では天然ガスや原油採取時の随伴ガスに含まれているエタンを主原料として使用する違いがある。

2. 研究方法

上述の問題意識に基づいて、はじめに、戦前の旧制中学校の教授要目と化学教科書等における石油化学工業教材の取扱いを概観してから、戦後発行の高等学校学習指導要領理科編の記述内容を調べた。具体的には、1951（昭和26）年から2007（平成19）年までに発行された、12社74種74冊の高等学校化学教科書を分析した。同数の教師用使用指導書も分析の対象にした。典型例にした石油化学工業教材から工業に関する教材の特徴を探るため、本研究では以下の手順を踏んだ。第一に、高等学校化学教科書の巻末に付された索引に「石油化学」または「石油化学工業」の項目があるものを抽出した（46種46冊）。第二に、この学習単元に示された化学用語をカウントして、当該教材に関連づけられた化学原理を探り、その特徴を明らかにした。第三に、高等学校化学の教師用指導書で想定された授業目標、授業時数および活動等を分析して、教科書執筆者の意図を探った。

つぎに、海外の高等学校化学教科書（アメリカ化学会『*Chemistry in Community*』、イギリス・ヨーク大学科学教育グループ『*Chemical Storylines*』、イスラエル・ワイズマン科学研究所『臭素とその化合物』）にみられる石油化学工業教材の取扱いを分析した。

3. 戦前の旧制中学校における「石油化学工業」の取扱い

戦後の高等学校化学における石油化学工業教材の移り変わりを論じるに先立って、戦前の旧制中学校

における当該教材の歴史を概観する。戦後の高等学校の母型となった旧制中学校の理科的教科のなかでも、石油化学工業教材が取り上げられていた。そこで、戦前の教材史を調べることによって、日本の高等学校化学における石油化学工業教材の歴史的なつながりを見通すことができるのではないかと考えたからである。

はじめに、現在の「高等学校学習指導要領」に相当する「中学校教授要目」に対応した化学教科書にみられる石油化学工業教材の移り変わりをみることにする。板倉ほか(1987)は、幕末から現代までの理科(科学)教育に関する歴史的資料をまとめた『理科教育史資料』のなかで、「旧制中学校・新制高等学校化学関係教材一覧」をすでに完成させていた。このリストには、1898(明治31)年の「尋常中学校教科細目調査報告」から1960(昭和35)年の「高等学校学習指導要領」までの化学教科書に登場した教材が分かりやすくまとめられている。そこで、この資料を基本にしながら、関連の先行研究と旧制中学校の化学教科書の記述内容を踏まえて、戦前の中学校における当該教材の歴史を見ることにする⁶⁾。

板倉の作成したリストによれば、「中学校教授要目」に対応した化学教科書において「石油」が初めて現れたのは、1911(明治44)年であった。第5学年で行われるようになった「化学」のなかに、「石油」が登場したのであり、1925(大正14)年の「中学校教授要目中物理及化学ノ部」改正後も「石油」は同学年に残っていた。1931(昭和6)年の「中学校教授要目」乙表の「一般理科」でも「燃料」として記述されるようになった。戦時下の1942(昭和17)年の「中学校教授要目中数学及理科ノ要目改正」の「物象」では、第4学年に石油が石炭と併記された。翌年の1943(昭和18)年の「中学校教科教授及修練指導要目」の「理数科物象」では、第2学年の教授内容として「石油」が登場していた。

それでは、中等化学教科書の記述内容の特徴を具体的にみってみる。1928(昭和3)年改訂の化学教科書⁶⁾には、主要な化学概念の1つである「化学エネルギー」の單元において、「反応熱」に続いて「燃料」が登場していた。この單元では、反応熱の測定器具である熱量計の説明がなされた後、固体燃料、液体燃料、気体燃料と続き、石油は液体燃料のなかで取り上げられていた。その記述内容をみると、「機関車、汽船、軍艦等では、原油をそのまま使用する。極めて優秀な燃料として現今各国がこれに注目している状態である」、「現時、自動車、飛行機、そのほかの内燃機関の発達が著しくガソリンの需要がはなはだ多くなった」と、石油のエネルギー源としての卓越性とその用途について触れられていた。さらに、秋田県黒川油田の噴油、越後新津油田、脱硫器、ガスタンク、水ガス発生炉、大阪瓦斯会社の写真が付されるなど、工業的側面の説明を重視した内容構成であった。

石油を軍艦、飛行機などの兵器に関連づけて記していたように、当時の中学校教育における石油化学工業教材には戦争の影響を認めることができる。たとえば、1925(大正14)年に刊行された受験参考書を見ると、まず、石油の所在と製法、組成および性質が示されて、「 C_7H_{16} なる化学式を有する炭化水素の0.5グラムを燃焼するに要する酸素の標準状態における体積は幾立なるか、またこのとき生じせし炭酸ガスおよび水蒸気の重さ如何」という問題があった。この解説と問題は、当時の「陸軍士官学校」、「海軍兵学校」、「海軍機関学校」、「海軍経理学校」の入試対策であったのである⁷⁾。

このようにみると、戦前の石油化学工業教材はエネルギー源として注目されるようになった昭和初期に本格的に取り上げられるようになったといえる。しかし、化学概念（燃焼熱）の解説を加えた後に、燃料としての性質が説明されていて、単に応用面だけが強調されたものではなかった。

なお、三井（1987）は、旧制中学校用と高等女学校用の化学教科書（4年の物象第2類）を比較すると、細部において教材の違いがあることを指摘していた⁸⁾。「石油」の単元についていえば、旧制中学校用には「石油」、「天然ガス」、「石炭ガス」、「石油の人造」があるのに対して、高等女学校用には、生活と密接に関連した「燃料」の項目に、「固体燃料」、「石油」、「気体燃料、天然ガス、石炭ガス」、「アルコール」があった。彼は、ほかにもいくつかの単元について違いを指摘しており、高等女学校の内容が家庭生活に関係ある実用的なものが強調されていると論じていた。この傾向は、たとえば1928(昭和3)年版の『女子化学教科書』⁹⁾にも認められるものであった。同教科書では「鉱油」のもつエネルギー源としての卓越性については触れられていなかった。また、鉱油の1つである「揮発油」の記述内容は「脂肪などを溶解するから溶媒として用い、洗濯用に供し」とあり、家庭生活との関わりが記されていた。

4. 戦後の高等学校学習指導要領理科編（化学）にみられる「石油化学工業」

戦前の旧制中学校における石油化学工業教材には、男女差や戦争等々当時の時代的な影響が見られることを述べた。この記述内容の傾向は戦後になって大きく変化することになる。戦後の高等学校学習指導要領における「石油化学工業」の記述内容の移り変わりは、表1のようになっている¹⁰⁾。

表1 戦後の高等学校学習指導要領理科編（化学）にみられる「石油化学工業」

<p>昭和26年度版 「化学」</p> <p>単元 燃料の特性をどのように活用しているか 学習の範囲と順序、学習活動 家庭ではどのような燃料をどのように使ったらよいか 気体燃料にはどんなものがあるか 見学 石炭ガス工場を見学する。 図表の作製 石炭ガス製造の過程を示す図表を作成する 研究 発生炉ガスおよび水性ガスを製造する炉の構造を資料によって調べる。 図表の作製 各種ガス燃料の成分を示す表を作る。 実験 メタンを捕集して、その性質を調べる。アセチレンにつき、製法と性質を実験する。 研究・専門家の話をきく 炭坑の爆発について、資料により、または専門家にあつて調べる。 問答 問答によって、この部分の整理をする</p> <p>液体燃料にはどんなものがあるか 見学と標本収集 石油工場を見学する。諸種の石油製品の標本を集め、展示する。 実験 原油を分留する。アルコールの性質を調べる。アルコール発酵の実験をする。 研究と報告 石油中に含まれている脂肪族炭化水素について研究し、その報告書を作る。 交通の発達と、交通に利用される燃料の変遷について研究し、報告書を作る。 研究と討議 アルコールとガソリンとの性質を比較し、いずれが燃料として有利かを、各方面から討議する。 話合いと問答 石炭と石油の成分を比較して、石炭の液化の理を推論する。 問答 問答によって、固体燃料・液体燃料・気体燃料の特質について明らかにする。</p>
<p>昭和31年度版 「化学」</p> <p>5単位の内容 生活および産業に関係の深い物質 石油、ガソリン、重油</p> <p>3単位の内容 生活および産業に関係の深い物質 石炭、石油、コークス、コールターール、ガソリン、重油</p>

<p>昭和 35 年度版</p> <p>「化学 A」 有機化合物 炭化水素、アルコール、フェノール、アルデヒド、有機酸、エステル、アミン、アミノ酸 指導計画作成および指導上の留意事項 生活や産業（特に化学工業）との関連を考慮して指導するようにする。実際の応用例などを取り扱うときは、細部にわたり特殊な事項にふれたりすることを避け、化学の基本的な事実、法則などとのつながりをじゅうぶんに理解させることがたいせつである。</p> <p>「化学 B」 有機化合物 炭化水素、アルコール、フェノール、エーテル、アルデヒド、ケトン、有機酸、オシキ酸、エステル、アミン、アミノ酸 指導計画作成および指導上の留意事項 基本的な事項の指導においても、生活や産業（特に化学工業）との関連を図り、具体的な例などを用いて帰納的な考え方をさせることがたいせつである。</p>
<p>昭和 45 年度版</p> <p>「化学 II」 炭素化合物と高分子化合物 内容の取扱い 生物体に関係ある物質については、内容の「炭素化合物」あるいは「有機高分子化合物」のところで扱うようにすること。</p>
<p>昭和 53 年度版</p> <p>「理科 I」 人間と自然 資源、太陽エネルギー・原子力の活用、自然環境の保全 内容の取扱い 「資源」については、化石燃料などを例として扱い、その特質や有限性に触れること。</p> <p>「化学」 有機化合物 有機化合物の特徴、炭素・水素・酸素からなる化合物、窒素を含む化合物 内容の取扱い 「窒素を含む化合物」については、アミンを中心に扱うこと</p>
<p>平成元年度版</p> <p>「化学 I A」 身の回りの物質の製造 石油からできるもの 内容の取扱い それぞれを原料としてできる 2 又は 3 の製品を中心に扱い、複雑な化学反応式は扱わないこと。</p> <p>「化学 I B」 物質の性質 有機化合物 炭化水素 酸素を含む化合物 窒素を含む化合物 内容の取扱い 配座異性体は扱わないこと。また、反応及び構造に関連して該当する箇所、ポリエチレン、ポリ塩化ビニル、ポリエステル、ナイロンにも触れること。アルコール、フェノール類、エーテル、カルボニル化合物、カルボン酸、エステルを中心に、その代表的な物質を扱うこと。なお、油脂のけん化価及びヨウ素価は扱わないこと。アニリンを中心に扱い、アミノ化合物、ニトロ化合物については、その代表的な物質を扱うこと。</p>
<p>平成 10 年度版</p> <p>「化学 I」 物質の種類と性質 無機物質と有機化合物の性質や変化を観察、実験などを通して探究し、物質に関する基本的な概念や法則を理解させるとともに、それらを日常生活と関連付けて考察できるようにする。 有機化合物 炭化水素 官能基を含む化合物 内容の取扱い 酸素及び窒素を含む官能基をもつ代表的な有機化合物を扱うが、羅列的な扱いはしないこと。油脂のけん化価及びヨウ素価は扱わないこと。また、配座異性体は扱わないこと。</p>

【出典】国立教育政策研究所ホームページ「学習指導要領データベース」から作成した。

<http://www.nier.go.jp/guideline/>

第二次世界大戦終了後、民主主義国家にふさわしい国民を育成する時代的な要請もあり、1950年代のわが国の理科教育には経験カリキュラムが浸透した。1951（昭和26）年度版の『中学校・高等学校学習指導要領理科編（試案）』では、今日では教科・科目中心の高等学校理科でも職業生活や日常生活を中心にした理科カリキュラムが構成されていたのである。講義だけでなく野外調査、施設見学または劇化等、今でいうフィールドワークやロールプレイングを含む多岐にわたる学習形態が提言されていた。これらの学習活動によって、生徒に日常生活の対処や問題解決の能力を育成しようとしたのである。当時の学習指導要領はその名の通り試案の位置づけであり、理科教育の場における教育課程編成の手引や見本の性格を有していた。そこで例示された単元の1つ「燃料の特性をどのように活用しているか」には、家庭における燃料の使い方を調べる学習活動があった。例えば、石炭ガス工場・石油工場を見学したり、石炭ガス製造の過程を示す図表を作成したり、炭坑の爆発について専門家に話を聞く活動が示されていた。また、メタン、アセチレン、原油の分留、およびアルコールの性質を調べる理科実験が提起されていた。

1956（昭和31）年度版では、試案の文字が消えて、経済界からの要望を受けたとされるコース制の導入に伴い、3単位と5単位の化学が示された。応用科学ではなく純粋科学の立場を明確にするため「化学の観点から扱う」とされ、学問の系統性を重んじた系統学習が強調された。また、指導上の留意点には「必要に応じて地域の産業や日常生活等との関連をはかって指導する」と示され、応用科学との関連づけは、配慮事項となった。生活および産業に関係の深い物質のなかで、「石油、ガソリン、重油」（5単位）が、「石炭、石油、コークス、コールタール、ガソリン、重油」（3単位）が明記された。1960（昭和35）年度版では、A類型（どの教科にも比較的片寄らないもの）、B類型（国・社・数・理・外の5教科に重点を置くもの）に分けられ、3単位の「化学A」と、4単位の「化学B」が示されたのである。そのなかで、有機化合物として、「炭化水素、アルコール、フェノール、アルデヒド、有機酸、エステル、アミン、アミノ酸」（化学A）が示され、「化学B」には、これらの物質に加えて「エーテル、ケトン、オキシ酸」が示された。また、指導計画作成および指導上の留意事項には、「生活や産業（特に化学工業）との関連を考慮して指導するようにする。実際の応用例などを取り扱うときは、細部にわたったり特殊な事項にふれたりすることを避け、化学の基本的な事実、法則などとのつながりをじゅうぶんに理解させることがたいせつである」（化学A）、「基本的な事項の指導においても、生活や産業（特に化学工業）との関連を図り、具体的な例などを用いて帰納的な考え方をさせることがたいせつである」（化学B）とされた。

いわゆる現代化運動の影響を受けた1970（昭和45）年版では、一転して、工業に関する記述は少なくなった。石油化学工業についてみると、「化学Ⅱ」の炭素化合物と高分子化合物の取扱いには、生物体に関係ある物質について「炭素化合物」あるいは「有機高分子化合物」のところで扱うようにすることされたに過ぎなかった。

1970年代における公害の社会問題は、産業の発展を重視する価値観に再考を促して人間を中心にすえた福祉優先へと方向を変えるきっかけになった。学問中心カリキュラムによる学習者の自律性に積極的な意義を認めながらも、自己自身や人間関係を知る学習活動や学習者の情意的側面の重要性も力説される、いわゆる、ヒューマナイジングの影響を受けた1978（昭和53）年度版では、「理

科 I」において、「資源、太陽エネルギー・原子力の活用、自然環境の保全」が示された。その内容の取扱いにおいて、「資源」については、化石燃料などを例として扱い、その特質や有限性に触れることが示された。また、「化学」の有機化合物には、有機化合物の特徴、炭素・水素・酸素からなる化合物、窒素を含む化合物が示され、窒素を含む化合物についてはアミンを中心に扱うこととされた。1989（平成元）年版では、「化学 I A」の「身の回りの物質の製造」において、「石油からできるもの」が示され、「それぞれを原料としてできる 2 又は 3 の製品を中心に扱い、複雑な化学反応式は扱わない」とされた。また、「化学 I B」の「物質の性質」では有機化合物、炭化水素、酸素を含む化合物、窒素を含む化合物が示され、「反応及び構造に関連して該当する箇所で、ポリエチレン、ポリ塩化ビニル、ポリエステルナイロンにも触れる」とされた。1998（平成 10）年度版「化学 I」では、「有機化合物、炭化水素、官能基を含む化合物」の取扱いとして「代表的な有機化合物を扱うが、羅列的な扱いはしないこと」とされた。

以上、戦後の高等学校学習指導要領理科編（化学）において、「石油化学工業」に関する記述内容はほぼ一貫して記述されてきたものの、その扱いには変化が認められた。それでは、理科教育実践を規定する化学教科書の記述内容はどのように移り変わってきたのか、使用された化学用語とその教師用指導書の分析を通して、次項においてその一端を明らかにする。

5. 有機化学工業教材にみられた化学用語と教科書執筆者の意図の移り変わり

はじめに、戦後発行された高等学校化学教科書の有機化学工業に関する学習単元に示された化学用語をカウントした。その集計結果を数の多かったものから示したのが図 1 である。石油から得られる燃料の種類（灯油、軽油、重油、アスファルト等々）とその利用法が多く示されていた。化学原理に着目すれば、「分留」（留分温度および炭素原子数）や「クラッキング」（熱分解、分解蒸留、接触分解）等々、石油を精製するうえで重要なものに石油化学工業教材に関連づけた傾向にあった。同様の傾向は、紙幅の都合により図示していないものの「リフォーミング（接触改質）」についても確認されており（14 件）、そのうち半分がこの化学操作の中核をなす「触媒」を併記していた（7 件）。

集計の結果、戦後発行の高等学校化学教科書における有機化学工業教材の記述内容には、（1）実生活における燃料の重要性（「灯油」、「用途」等々）、（2）化学原理を示すもの（「分留」、「クラッキング」等々）の 2 類型が認められた。それでは、高等学校化学教科書執筆者はいかなる意図でもって、石油化学工業教材を教科書に掲載した（しなかった）のであろうか。その意図には年代により違いがあったものの、大まかに以下の傾向を確認することができた。

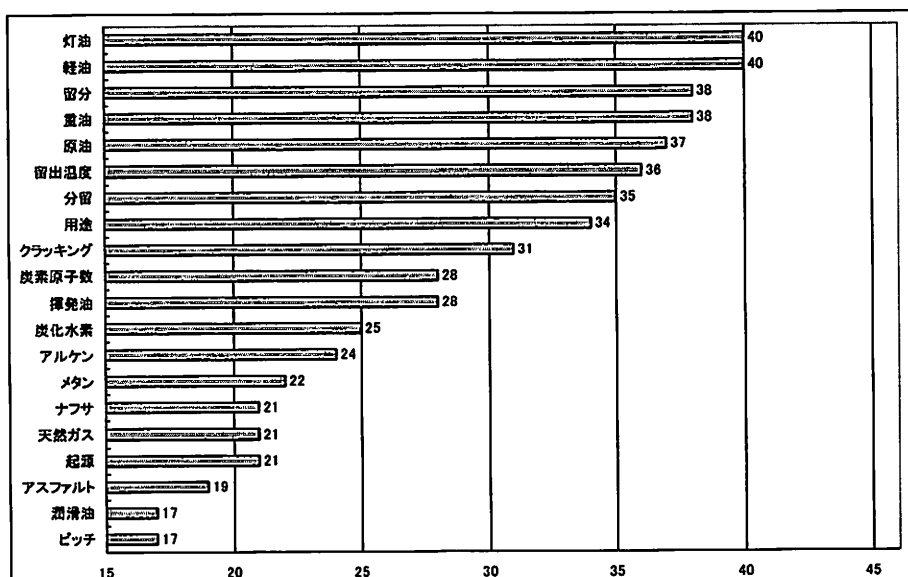


図1 戦後発行の高等学校化学教科書の石油化学工業教材に現れた化学用語（46種46冊）

1950年代の高等学校化学教科書執筆者は、化学原理の応用というよりもむしろ、身近な燃料としての石油という側面を強調していた。この背景には、いわゆる生活単元学習の影響があったと推察される。想定された授業時間は0.3～1.0程度であり、授業形態は生徒の発表が中心であった(表2)。しかし、学習活動の量に比べて授業時間が少なく、実態についてはさらなる検討が必要である。

表2 1950年代発行高等学校化学教科書の学習指導案の一例（時間配当1時間）

順序と方法	学習活動	目標A	目標B
予習	教科書		
1. 質問	1. 液体燃料にはどんなものがあるか 2. 液体燃料はどんな特徴があるか 3. 石油問題について何か知っていることがあるか	液体燃料の特徴	石油や経済と化学工業の関係に対して興味を持つ
2. 発表	石油の分留について図を説明させる	石油と石油工業	
3. 質問	問1, 問2		
4. 講義	アルコールについて	アルコール	
5. 練習	問3		
まとめ	質疑応答, 復習		

【出典】柴田雄次ほか（1952）：『化学指導書』，大日本図書，p126を一部改変。

1960年代の高度経済成長期に入ると、「ペトロケミカルスは…（中略）…今後はいづらか説明しなくてはならない」という記述にみられたように、石油化学工業の台頭をその意図に挙げたものが現れた。しかし、「有機化学学習の系統と一致しない」ことを理由に石油化学工業教材の記述に消極的なものもあった。この事実から、教科書執筆者には、純粋自然科学の学問体系に基づいた系統性の視点から石油化学工業教材の取扱いに賛否があったようである(表3)。1970年代の石油化学工業教材はアルカンやアルケンの学習単元で化学構造と反応メカニズムの科学原理に関連づけられた。1980年代以降、当該教材は基幹原料物質を供給する化学工業として記述されるようになっている。

表3 1960年代の高等学校化学教師用指導書にみられた有機化学工業教材に関する記述内容

<p>ペトロケミカルス</p> <p>石油の成分が各種の炭化水素で、主として燃料として利用されていることは周知のことであるが、第二次世界戦争以来石油が 化学工業の重要な原料になってきたことも見逃してはならないことである。その化学反応については、有機化学のはじめでは説明しにくいと思って教科書には入れていないが、<u>今後はいづらか説明しなくてはならないことであろう</u>。石油を原料としてつくられるいろいろの物質はペトロケミカルスとよばれ、今日の重要な産業の一つとなってきている。</p>
<p>【出典】白井俊明ほか（1960）『理科の教室化学改訂版指導書』，実教出版，p.104。下線は筆者。</p>
<p>石油化学工業の概観</p> <p>最近の石油化学工業は、いまや化学工業の中核となりつつあるが、本教科書ではあえてそれには系統的に触れることはしなかった。その理由は、<u>石油化学工業の系統が有機化学学習の系統と一致しないこと</u>、わが国の石油化学工業が目下いちじるしい成長期にあり、教科書に取り入れるのに適当な時期ではないこと、<u>反応が複雑で教材として不適当と思われるものがあること</u>、全体を概観するのにスペースが不足することなどによっている。</p>
<p>【出典】玉虫文一ほか（1967）『新版化学B』，中教出版，p188。下線は筆者。</p>

1960年代の理科教育における工業に関する教材の取扱いの変化は、1958（昭和33）年度中学校学習指導要領理科編にもみることができる。当該学習指導要領には、第3学年第2分野で「有機化学工業」が示されたものの、指導上の留意事項として、「工業の過程のうちから実験しうるものを選び、実験を中心として指導する」ことが付されていた¹¹⁾。「工業プロセスのなかで実験し得るもの」という条件は、工業のもつ経済的合理性、社会的インパクトおよび技術開発におけるスケールアップの手法を、どうしても後景に退かせることになる。実験室的製法には留まらない様々な要因を含む工業的製法を実験室で再現するにはかなりの苦心があったものと推察されるのである。

6. 海外の化学教科書における「石油化学工業」教材の取扱いの特徴

1990年代になると、主として海外の理科（科学）教育界では context-based アプローチ（context を起点として、科学の考えを“need to know”とする状況を生み出して生徒の主体的学習を促進するアプローチ）が提唱されるようになった。そのなかで、工業に関する教材を数多く掲載する高等学校化学教科書が現れた。本項では、定評のある教科書のアメリカ化学会発行 *Chemistry in Community*（第5版）とイギリス・ヨーク大学科学教育グループ発行で Salters Advanced Chemistry シリーズの *Chemical Storylines*（第2版）を分析の対象にした。後者については、*Teacher's and Technician's Guides*（第2版）も参照した。また、地域の特性を活かしたカリキュラム開発の視点から、主力輸出品の1つである臭素をテーマにしたイスラエル・ワイズマン科学研究所の「臭素とその化合物」について分析を行った。

（1）*Chemistry in Community* における石油化学工業教材

現代の社会は科学技術を基盤にして成立している。一方で、社会のニーズが科学技術の研究・開発の方向性を決めるようにもなっている。この実態を踏まえて、理科教師が「科学とは何か」について生徒に理解を図ろうとすれば、科学・技術・社会の相互のつながりに注目したカリキュラムを

構成することになる。とはいえ、科学や技術に起因する社会的な問題は、生命倫理、遵法の徹底、環境汚染への対処等々、多様な側面を含みこんだものになっている。この複合的な問題を解決するためには、科学知識の習得だけでは充分でなく、トータルな思考や意思決定能力、行動力が必要になる。これらの必要性から開発されたものが *Chemistry in Community* である。同教科書は7つの単元から構成されており、その1つが「石油：結合の切断と生成」である¹²⁾。表4は内容構成を示したものであり、基礎的な化学概念や化学実験を関連づけながら、想像上のコミュニティにおける社会的諸問題の解決を図るストーリーになっており、問題解決スキルの育成をも目指す点に、本単元の特徴がある。

表4 *Chem Com* における単元「石油：結合の切断と生成」の内容構成

<p>セクションA 石油：何か 石油とは何か 蒸留分離（探究活動題材）石油精製 石油の分子を確かめる 炭化水素 沸点（スキル育成）化学結合 アルカンのモデル化（探究活動題材） アルカンの沸点の傾向（スキル育成）アルカン再訪（探究活動題材） アルカン異性体の沸点（スキル育成）燃料と気候（意思決定）</p>
<p>セクションB 石油：エネルギー源 エネルギーと化石燃料 エネルギー変換 自動車のエネルギー変換（スキル育成） エネルギー効率（スキル育成）エネルギーの変換効率 燃焼（探究活動題材） 燃焼熱の利用 燃焼熱（スキル育成）代替燃料 交通に関する燃料</p>
<p>セクションC 石油：材料を組み立てて作る源 新たな付加仕様の創出：石油化学製品 高分子の構造と性質（モデリング題材） アルカン以外のもの ビルダー（探究活動題材）さらなるビルダー分子 酸素を含むビルダー分子 縮合高分子 縮合（探究活動題材） 交通におけるビルダー分子（意思決定）</p>
<p>セクションD 石油の代替エネルギー エネルギー：過去と現在 燃料源の経時変化（スキル育成）代替燃料とエネルギー源 バイオディーゼル燃料（探究活動題材）意思決定 石油代替物のバイオディーゼル 代替燃料の乗り物 代替燃料の選択を評価する（意思決定）</p>

【出典】 American Chemical Society (2006) : *Chemistry in Community*, Freeman, pp208–287.

(2) *Chemical Storylines* における工業に関する教材

イギリス・ヨーク大学科学教育グループ発行の *Chemical Storylines* は、14の単元から構成されており、最後に「化学工場を訪ねる」というユニークな単元がある。なお、*Chemical Storylines* とは別に、基本的な化学概念を扱う *chemical ideas* という教科書がペアになっている。表5は当該単元の内容構成を示したものである。化学工業に従事する人々や利潤のような経済性の話題等々、現実の化学工業を映し出したものになっている。この単元には、化学プラントの訪問を強く推奨するユニークな活動が含まれており、プラント訪問には計画を練りレポートを提出するまで、1週間以上かけることがもとめられている。比較的多くの時間を費やすのには、この活動に明確なねらいがあるからである。すなわち、「実験室における良質のプラクティカルワークは、化学の経験を個人的に促し、横たわる化学の考えの理解を促すものである。同様に、化学プラントの訪問は、化学工

業における研究作業の仕方を学ぶことができるものであり、この訪問が工程において活用される化学原理の理解に寄与する¹³⁾ というのである。断言はできないが、日本の観察実験活動に相当するプラクティカルワークに近い重要性が化学プラントの訪問には与えられているのかも知れない。この化学プラントの訪問は、生徒に次の6つの望ましい変化や機会を生み出すという。すなわち、動機づけと自信の増加、問題解決スキルの向上、学校で学ぶ化学とリアルな生活状況との関連性のよりよい理解、大規模な製造や小規模な研究の理解の促進、職業機会に対する見通し、リアルな探究活動を行う機会である¹⁴⁾。

表5 Chemical Storylinesにおける単元「化学工場を訪ねる」の内容構成

はじめに	研究開発	化学プラントを建設する	化学工業に従事する人々
安全な方法	環境問題	建設する場所	原材料を選ぶ
			利潤を生み出す
			まとめ

【出典】University of York Science Education Group (2000) : Chemical Storylines, Heinemann, pp284-296.

(3) ワイズマン科学研究所の『臭素とその化合物』

最後に、石油化学工業教材ではないものの、地域の特性を活かした理科カリキュラム開発という点で、イスラエル・ワイズマン研究所の『臭素とその化合物』を分析する¹⁵⁾。このテキストは6章構成である(表6)。図2に示すように、「製造プロセス、製品と応用」を中核にして、周辺に化学原理や安全に関する側面、環境的側面、技術的側面、経済的側面が配置されるカリキュラム構成モデルを採用している¹⁶⁾。そのねらいは次の9つである。すなわち、(1) 化学工業における基本的な化学原理と概念の応用を例証する、(2) 生徒個人および、生徒の生きる社会に対する化学工業の重要性とかかわりを例証する、(3) 化学工業の設置と稼働に密接に関連する技術的、経済的および環境に関する要因の基本的な知識を育成する、(4) 化学プラントの設置場所、原材料の供給、労働力、環境に対するケアの仕方および、ケアに関連した経済的な側面のような、地域の化学工業が直面するいくつかの特殊な問題を探究する、(5) 基礎技術、経済、工業プロセスの点で工業のなかで使用される専門用語を使用する、(6) 実験室と工業プロセスの相違点および、工業生産の構想で必要なスケールアップの諸段階を提示する、(7) 工業のダイナミックな性質を例証する、(8) 化学工業の直面する経済的・環境的・技術的な問題に関する情報を提供する、(9) 化学産業と社会的・政治的課題(道徳的・倫理的な矛盾をはらむ環境に関する課題および議論)のつながりを提示するためである¹⁷⁾。

表6 『臭素とその化合物』の章構成

第1章	はじめに
第2章	死海の臭素
第3章	どのように臭素が生産されるのか?
第4章	アイデアから製品まで
第5章	臭化物の製造
第6章	臭素とその化合物の応用

【出典】ワイズマン科学研究所ホームページ：
<http://www.weizmann.ac.il/sci-tea/Brombook/contents.html>

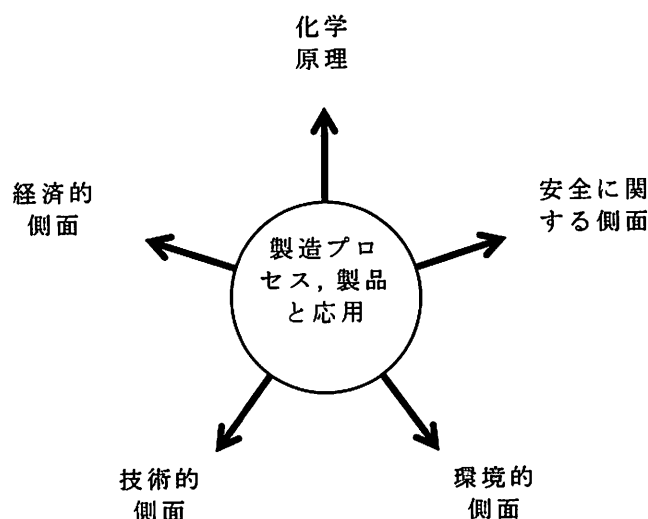


図2 『臭素とその化合物』にみられる工業に関する教材と化学原理のかかわり

【出典】 Weizmann Institute of Science, *Bromine and Bromine Compounds from the Dead Sea*, p285 から転載。

7. 理科教育における工業に関する教材における科学知識のとらえ方

先述の通り、1960年代の日本の高等学校化学教科書執筆者は、石油化学工業に関する教材を、純粋自然科学に基づいて実験し得るものを選んだ可能性があった。基本的な化学概念の理解は重要なものであるけれども、このアプローチは、工業における製造プロセスをフラスコや試験管で再現するという点で、どうしてもリアリティを欠くものであった。このようなアプローチをとることになった背景には、終戦直後にみられたように生徒の身の回りにある工業製品について、その知識を断片的に教えてしまうことへの懸念があったのかもしれない。現在においても、理科学習内容を実社会・実生活とのつながりにおいて教える際、理科教師が生徒の実生活において目の当たりにすると想定した工業製品に应用されている科学原理を紹介する程度では、学習者の動機づけは困難な場合があるといえよう。加えて、理科教育実践では、授業時間といった現実的な制約があるのも事実である。この制約はおそらく日本に限らず、海外の理科教育にもあると思われる。にもかかわらず、工業に関する教材を手厚く取り扱おうとするのはなぜか。その手掛かりの1つになるのが科学知識のとらえ方にあるといえよう。レイトン(1993)の議論をもとにそのとらえ方を考えてみたい。彼の提起する科学学習プロセスのモデル(図3)では、日常知識は科学教育のプロセスを経ることで、科学知識になるだけでなく、その先をも見通して、特定状況下の実践的行為のための知識に変容するものであった¹⁸⁾。この科学学習の流れのなかで、工業に関する教材が生徒に伝えるものは、現実の産業に関する知見や身の回りにある製品に関する情報にとどまるものではなかった。工業に関する教材が伝えるのは実践的知識に変えるための人間的な営みの側面であり、それゆえ当該教材を構成するうえでストーリーが重視されていると考えられるのである。

このような拡張された理科教育における科学知識のとらえ方は、学習内容と実社会・実生活の関係づけや問題解決能力の育成、環境問題への対処、さらには、キャリア教育の充実といった高等学

校学習指導要領理科編の目指すところと合致する点も多く、今後の理科教育における工業に関する教材を考えるうえで参考になる点があるといえよう。

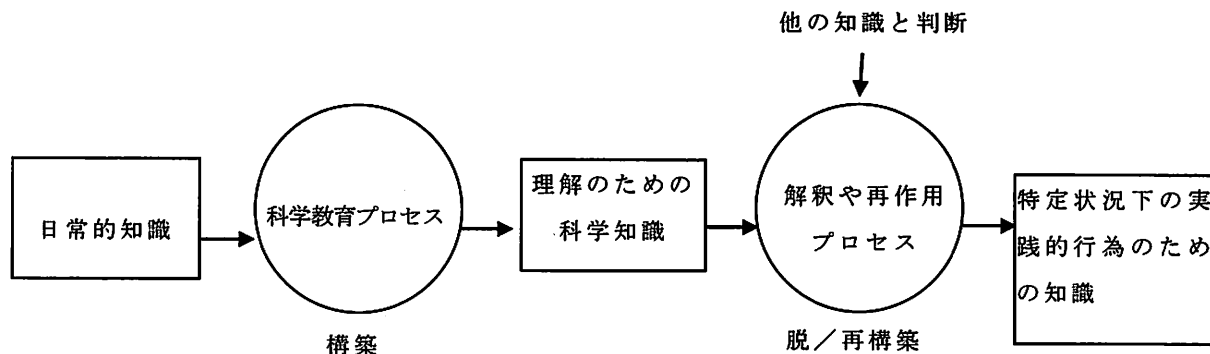


図3 科学知識の構築と脱/再構築

【出典】Layton,D (1993) : *Technology's Challenge to Science Education*, Open University Press, pp57-66.

8. おわりに

以上、理科教育における工業に関する教材の取扱いを考えるため、石油化学工業教材を典型例にして調査・分析を行った。はじめに、戦後の高等学校学習指導要領理科編および化学教科書・教師用指導書の記述内容を分析した。その結果、3点が明らかになった。(1)石油化学工業教材は、石油化学原料および製品に関連づけられて記述される傾向にあった。(2)一貫して関連づけられた化学原理は、分留、クラッキング等々であった。(3)教科書執筆者には、純粋自然科学の学問体系に基づいた系統性の観点から当該教材の取扱いに賛否があった。つぎに、現代理科カリキュラム論のトレンドである、コンテキストベースドアプローチによる海外の高等学校化学教科書の石油化学工業教材を分析した。その結果、これら教科書には筋書きを重視する共通性が確認された。

今後は、本稿において示した日本の理科教育における工業的教材を取扱う際の特徴を念頭に置きつつ、海外における実践的知識の育成の視点を踏まえた、効果的な理科カリキュラム論の構築を目指したい。

付記

本稿は、日本教材学会第20回研究発表大会(平成20年11月)および日本科学教育学会第33回全国大会(平成21年8月)における発表内容を訂正したうえで、大幅な加筆を行い再構成したものである。

註

- 1) 国立教育政策研究所教育課程研究センター(2007):『平成17年度高等学校教育課程実施状況調査教科・科目別分析と改善点(理科・化学I)』, p9.
- 2) たとえば、日常生活教材作成研究会(2005):『学習内容と日常生活との関連性の研究—学習内容と日常生活, 産業・社会・人間とに関連した題材の開発—』, pp224-377.

- 3) 石油化学工業協会 (2009) : 『石油化学ガイドブック』, pp13-15.
- 4) 石油化学工業協会ホームページ : 「石油化学工業とは」
<http://www.jpca.or.jp/4stat/01aramashi/00sekika.htm> (確認日 2012 年 12 月 28 日)
- 5) 板倉聖宣 (1987) : 『理科教育史資料』, 第 5 巻, 東京法令出版, pp362-365.
- 6) 湯田重太郎・村田房一 (1928) : 『中等化学新教科書』, 積善館, pp241-250.
- 7) 中等教育会 (1925) : 『受験参考答案式化学粹』, 慶文堂書店, pp141-142.
- 8) 三井澄雄 (1987) : 『化学教育入門』, 新生出版, pp19-28.
- 9) 大幸勇吉 (1928) : 『三訂女子化学教科書』, 富山房, pp137-138.
- 10) 国立教育政策研究所ホームページ : 「学習指導要領データベース」
<http://www.nier.go.jp/guideline/> (確認日 2012 年 12 月 28 日)
- 11) 同上ホームページ。
- 12) American Chemical Society (2006) : *Chemistry in Community*, Freeman, pp.208-287.
- 13) University of York Science Education Group (2000) : *Chemical Storylines*, Heinemann, p284.
- 14) University of York Science Education Group (2000) : *Teacher's and Technician's Guides*, Heinemann, pp127-128.
- 15) Weizmann Institute of Science <http://www.weizmann.ac.il/sci-tea/Brombook/contents.html> (確認日 2013 年 10 月 1 日)
- 16) Weizmann Institute of Science, *Bromine and Bromine Compounds from the Dead Sea*, p285.
- 17) Avi Hofstein and Miri Kesner (2006) : *Industrial Chemistry and School Chemistry: Making chemistry studies more relevant*, *International Journal of Science Education*, Vol.28, No.9, p1021.
- 18) Layton, D (1993) : *Technology's Challenge to Science Education*, Open University Press, pp57-66.