

理科カリキュラム研究における中等化学教科書の分析動向：分析目的とその手法の類型化に基づいて

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2014-06-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 郡司, 賀透 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00007795

理科カリキュラム研究における中等化学教科書の分析動向

—分析目的とその手法の類型化に基づいて—

郡司 賀透

Analysis of upper secondary chemistry textbooks to clarify their types, purposes, and procedures in the context of the science curriculum

Yoshiyuki GUNJI

要旨

Analysis of chemistry textbooks is an essential aspect of in science curriculum studies, because students can only understand science content if it is presented clearly in teaching materials and textbooks. Generally, differences among science educators' purposes and interests generate various kinds of materials with various appropriate analysis procedures. Recently, the analysis of chemistry textbooks in science curriculum studies has taken up diverse methods, such as quantitative approaches, qualitative approaches, and mixed methods. In this paper, the author attempts to research the purposes and procedures of various analyses of chemistry textbooks to clarify the merits of and issues with each approach.

キーワード： 理科教科書分析 分析目的 分析手法 中等化学教科書

1. はじめに

理科カリキュラム研究において、理科教科書の分析は重要な位置にある。理科教科書に記述される理科教材が、理科教育課程の理科教育内容と目の前の生徒とを結びつけるからである。

理科教科書の教材分析では、理科教育関係者の研究関心や目的によって、分析対象や手法などに違いが現われるものである。近年の理科教科書の分析をみると、国際学力調査の結果等々、社会の関心事になっていることもあるためか、数量的であったり記述的なアプローチであったり、あるいは混合型であったりと、多様化の様相を呈している。

そこで、分析の背後にある考えかた、その考えに依拠した分析の視点、各々の視点から分析できる（できない）こと等々を探って定式化できれば、今後の理科カリキュラム研究の展開に貢献できると考えられる。

いうまでもなく、日本の理科教科書分析には研究方法論上の十分な蓄積がある。その成果については、浅石（2012）によって詳しく紹介されている¹⁾。この論文等を手がかりにすると、たとえば、国立国語研究所（1983）は、国民が一般教養として、専門知識を身につける時に必要と思われる語彙の実態を明らかにすることを目的として、高校の理科全科目の教科書を対象にした語彙調査を行っていた。この分析は、単に出現した語彙の一覧表をつくるのではなく、専門知識の体系を記述する語彙・表記・表現の把握を目標としたものであった²⁾。

また、上野・安部（2008）は、スキャナーと OCR ソフトを駆使して、技術・家庭科分野の教科書を量的

に分析する手法が理科教科書分析に援用できるか否か、その検証を行った³⁾。松森・入山・田中（2012）は、理科教科書にみる各用語（元素・単体・化合物・混合物）の概念規定を概観し、いくつかの記述パターンに整理して、各用語の概念規定の記述パターンを比較・照合しながら、妥当性や問題点等を論じていた⁴⁾。最近では、浅石（2013）が理科教科書の記述様式に関する数量的な分析を行っている⁵⁾。

上述のように、日本の理科教科書分析が発展している一方で、海外においても日本の理科カリキュラム研究にはほとんどみられない理科教科書の分析が実施されている。当然のことながら、理科教科書の教材とその選択行為は、国々の背景の影響を受けるものだから、海外における分析の枠組みが直ちに参考になるわけではない。とはいえ、理科教科書教材分析の目的・視点、手法等々の定式化ができれば、これまでとは違った日本の理科教科書における新たな理科教材像が明らかになると思われる。

本論文は、定式化に向けた基礎的な研究の1つに位置するものである。とりわけ、今回は1990年代以降にみられた海外の中等化学教科書研究における教科書分析の目的とその手法に着目して特徴などを調べて、示唆を得ることにした。

2. 目的と方法

本研究をすすめるにあたり、以下の学術論文・著書4つを中等化学教科書分析の典型として選び出した。典型事例を選ぶにあたっては、“chemistry textbook”、“analysis”をキーワードにして教育論文データベース

を活用した。

- Leif Östman(1996), Discourses, discursive meaning and socialization in chemistry education, *J. Curriculum STUDIES*, Vol.28, No.1, pp.37-55
- Wolff-Michael Roth Lilian Pozzer-Ardenghi and Jae Young Han(2007): Semiotics of chemical inscriptions In *Critical Graphicacy*. Springer
- Mansoor Niaz and Arelys Maza(2011). *Nature of Science in General Chemistry Textbooks*. Springer
- Mansoor Niaz and Bayram Coştu(2013): Analysis of Turkish General Chemistry Textbooks Based on a History and Philosophy of Science Perspective In Mynt Swe Khine(Ed) *Critical Analysis of Science Textbooks*. Springer

3. 結果

文献調査の結果、理科教科書分析の目的や視点に関する類型を見いだすことができた。

(1) Leif Östman(1996)の化学教科書分析

Östman は、1980年代に発行されたスウェーデンの中学校化学教科書6冊を検証した。調査対象の化学教科書数は比較的少数であり、化学教科書における文章の一部分(水、空気および環境問題)だけを調査対象とした点特徴的であった。Östman は、重層的な諸規則(5つの教科の主眼 subject focus, 3つの自然言語 nature language および3つのカリキュラムの強調点 curriculum emphasis)を想定していた。これらの諸規則に従いながら、人間と自然の関係の見方、自然の見方および自然科学の見方が、化学教科書における言説的な意味を決定すると考えていた(表1)。表1は、教科の主眼、自然言語および強調点の組み合わせを4つに類型化したものであり、この類型が後述の意味を生成すると、Östman は考えたのである。

表1 化学教科書に現われていた諸規則

1. 認識論的なカリキュラムの強調点	3. 日常生活での対処の強調点
科学の手ほどきの主眼	脅威としての人間の強調点
古典的言語	生物学的な見地に立った機械論的な言語
2. 日常生活での対処の強調点	4. STDの強調点*
自然の開発利用の主眼	人類の生存の強調点
古典的言語	自然の保護の主眼
	生態学的な見地に立った機械論的な言語

* 科学、テクノロジーおよび意思決定の強調点

【出典】Leif Östman(1996), Discourses, discursive meaning and socialization in chemistry education, *J. Curriculum STUDIES*, Vol.28, No.1, p47の一部を訳出して転載。

1) Östman が考えた化学教科書の4つの言説的意味

Östman によれば、異なる諸規則(教科の主眼、自然言語およびカリキュラムの強調点)は、個々の規則によって生成された意味の総和には安易に還元できないような意味を生成しているものであり、諸規則の相互作用は、明らかな矛盾を生じることあれば、相互に強化しあうこともあるといい⁶⁾、表1を諸規則の布置 constellations と名づけた。

第1の諸規則の布置は、自然が機械のように機能するという意味を、自然科学の正しい知識が提示するという。すなわち、人間が自然の上であり、人間は自然を道具のように利用する。人間と自然との相互作用への責任について何も言及されず、人間は自然に対して道徳的な責任を持たない支配者であるとされる。この布置が生成する言説的意味はまさに生命のない機械的な自然像であり、支配者たる人間が、その目的のための手段として自然を利用できるというものである。

第2の諸規則は、第1の布置が道具化された自然の見方を生じることに由来するものである。日常生活での対処の強調点が自然の開発利用の主眼によって集中される時、この自然の見方はより一層明らかになる。この化学教科書では、どのように科学知識が自然を利益のために利用しているのか、および、利用し得るのかについて、物質に関する言い方で明快な説明があるとされる。自然の道具化は、実用本位の考えと結びついている。この道具化された実用本位の考えは、調査対象の化学教科書において、自然科学から導き出された知識が自然を支配するために直接的に利用され得ると論じられる時に、表明されていたという。

第3の諸規則の布置では、自然は生命の誕生と維持および管理をする機械のように作動しているという意味を、正しい自然科学に関する知識が提示するという。人間は生命を脅かす存在であるけれども、正しい科学知識を手にして、この知識をテクノロジーに変換することで、私たちは人間活動の影響を制御し得るとされる。人間は自然を取り扱うことについて道徳的な責任を負うということは考慮に入れていない。さらに、自然への関わりかたを変革する必要性について何も言及されていない。こうして、私たちが自然を取り扱うこの目的は、受容可能なものになる。唯一の問題は、私たちの充分でない処置の仕方なのであり、その欠点は自然科学と技術によって改善し得るのである。

第4の諸規則の布置は、自然がすべての部分がすべての部分に影響を与える自己調整を図る全体であり、自然の機能が生命の維持にあるという意味を、正しい自然科学に関する知識が提示するというのである。生命の維持のバランスに人間が影響を及ぼすということを知っているので、知識をテクノロジーに変えることに責任を有していると論じていた。

2) Östman が想定した、生徒による自然と社会の関わり の概念形成

続いて、Östman は言説的な意味によって生徒にもたらされる自然と社会に関する概念を2つ述べていた。

1つめが、教室において生徒に提示される自然および人間の自然に対するかかわりの見方は、生徒は自然との関連においてどのように自分自身を理解するのかに影響するというものである。この論点は、分析対象教科書のなかでひととき目立つ見方が人間中心主義的なものであったことを根拠にしていた。

すなわち、人間を中心すれば、自然は人間の利益のために存在することになるのであり、生物中心主義的な見方（自然は固有の価値を持っており、自然に対する特別なかかわり方を生じさせるべきとする見方）が化学教科書から排除されたというのである。化学教科書はまた、ひとびとが自然をケアしたり、審美的あるいは他の文化的価値を持つものとして自然を捉えたりすることも軽視しているという。この見方から、生徒には次のような自己認識が生じるのではないかと懸念した。すなわち、「私」は自然の所有者であり、「私」は自然によって形成されたり、自然の影響を受けたりはしない。自然と離れて自己を構成する可能性があるという信念で特徴づけられるので、この見方を「モダン的な自己」と、Östman は称していた。

2つめの論点は、市民としての自己認識である。生徒が何らかのやりかたで何かを学ぶ時、生徒はまたある論じ方と妥当な論証は何かについても学んでいる。いかなる認識論的なカリキュラムの強調点を適用しようにも、例えば、「科学の構造」が強調されて教えられる場合、生徒はある科学的な定義だけでなく、特定のやり方でもって、議論を進める必要性をも学んでいるというのである。いわゆる、「科学的な議論」の学びに通じるものであり、その結果、将来もたらされるかもしれない生徒の市民としての自己認識にまで踏み込んで考察している点が特徴的である。

3) Östman が想定した、化学教科書記述内容・形式によってもたらされる生徒の市民としての自己認識

Östman は、生徒が4つのことを学び得るのではないかと考えた。第一に、言明がリアリティに対応しなければならない、すなわち証明されなければならないことである。第二に、立証されてかつ真実なのは科学知識であるということである。第三に、はじめの2つの必然的な帰結として、自然科学者は真実を知る、すなわち、自然科学者は自然に関連した問いの専門家なのである。第四に、自然科学者が、自然科学者になるように教え込まなければ、学習者は自然に関して何も知らないままである。

生徒がこの授業を受けることによって、どのように市民としての自身を認識するのか影響するかもしれないと Östman は考えた。自分自身が無知であり他者（科学者）が有能であると考えすることは、市民として消極的な役割を促すようになる。専門家より知らないと自覚しているために、例えば環境問題に関する議論と意思決定のプロセスに自らを関わらせる理由など皆無なのである。この自己概念は、人間はどのように自然を扱うべきか決定するパワーを、自然科学者として養成される個人に割り当てるための前提条件として考えることができる。想定し得る帰結の1つは、人間の自然に対するかかわりに問いを扱うには科学的なものとは考えられないすべての見方を排除するというものであると考えた。

日常生活での対処の強調点が適用されれば、生徒はいかに物事が構成されるのかのみならず、問題解決の仕方と問題解決における知識の有用性をも学ぶことになる。さらにいえば、生徒はどのように問題は理解されるようになるのかを学ぶ。このカリキュラムの強調点との関連において、生徒が学び得るのは、自然に対する関わりに結びついた問題はテクノロジー的な性質を帯びるものであり、自然科学に由来する知識を活用することで、問題は最も解決されるということである。問題はテクノロジー的なものであり、道徳的なものではないため、提起された解決が最も可能性が高いということに異論をはさむ余地がない。こうして、日常生活での対処の強調点の想定し得る帰結は、認識論的な強調点の帰結と同じものになるという。

上述の論拠をもとに Östman は、科学、テクノロジーおよび意思決定の強調点の帰結は、「私」は道徳的な問題を解決したり、あるいはその立場をとったりすることについて無学で無能であると考えようになると推断した。教科書に示された科学知識は、客観的に正しい真実の規範の根拠であるため、人間が自然をどのように扱うべきかについて決定する過程において、自然科学者には権威が付与されているとした。

道具的合理性、科学主義および、科学技術的な価値の基礎づけ主義には共通点がある。その共通点とは、これらが自然科学と科学者に社会における特権的な地位を与えていることである。結果的に、私たちの自然に対するかかわりを扱った社会における意思決定の過程において、「私」は無学で重要な存在ではないというような、市民として消極的な自己概念になり得る潜在的な可能性を危惧していたのであった。

(2) Wolff-Michael Roth Lilian Pozzer-Ardenghi and Jae Young Han(2007) の化学教科書分析

1) 理論的前提としての「インスクリプション」

Roth らの化学教科書分析の理論的前提には、Latour が創案した「インスクリプション」の概念があった。インスクリプションは、さまざまなテキストにおける、写真、グラフ、数、表、等式、地図等々を意味するものである⁷⁾。状況論的学習論の立場から、上野 (1999) は、協同的な活動において、社会組織や活動といったものを相互に可視的にするテクノロジーとして、インスクリプションに焦点を当てている。上野によれば、インスクリプションは、「文書記録、帳簿、図、表、リスト、グラフ、コンピュータ・ドキュメントといった類の文章的な道具の総称である」という。インスクリプションは、社会を可視化する道具であり、デザイン学、認知科学からの知見が求められる。いったん作られた図のインスクリプションは、社会組織やその活動がどのようなものか順序だて、理解可能なものにするための道具として用いられる⁸⁾。

Roth によれば、科学界においてインスクリプションは、実験室活動のなかで生産されて、その後変形されて、多段階の過程を経たりしながら、科学者の主張（ナラティブ）を支持する実験データなどの人造物を生み出している。科学教育界においても、科学界に匹敵するようなインスクリプションがあり、その典型例が学業成績であると、Roth は論じている。この特性をもつからこそインスクリプションは、地理的距離や多様な実践共同体を超えてディスコースを新たに生成する出発点にもなり得るのである⁹⁾。

Roth は、科学教育界におけるインスクリプションの特性に言及している。第一にインスクリプションは、重複・結合・表現・移動可能で変わらない特性を有しており、この特性からパワーを獲得している¹⁰⁾。第二にインスクリプションには、二重構造的な特性がある。すなわち、インスクリプションが多様な実践共同体のなかで意味を持ちえるためには、インスクリプションは社会的世界での共存を認めて、解釈、翻訳、発話の根拠となるように弱く構造化された性質をもたねばならない。しかし一方でインスクリプションは、特定の実践共同体のなかで意味を制約するために、低度の解釈の柔軟性によって、強く構造化された性質をもたねばならない¹¹⁾。

弱く構造化されながらも、特定の実践共同体のなかで意味を制約するために強く構造化された性質をも併せ持つインスクリプションは、特定の結節点 nodes (インスクリプションが収集されて校合されて蓄積される点) で中心的要素になる。ネットワークの各々の結節点を構成するのがアクターであり、アクターは人間以外の要素 (社会組織、物質、人造物、自然現象等々) を含み込んだ集合体であるとされる¹²⁾。

化学は、物質とその相互作用に関する学問である。物質の多くを肉眼で認識できる一方で、現象的に理解

しやすい形で存在していても、あまりにも小さな構成要素 (原子、分子) から説明されるものである。そのため、必然的に、化学のインスクリプションは巨視的 (たとえば、実験と経験)、(サブ) 微視的な (たとえば、分子、原子)、シンボリックなインスクリプション (たとえば、化学式や化学方程式) に分類できるとされる。3つのレベルにおける物質のインスクリプションとその関係は、化学概念の学習において決定的なものになる。Roth らによれば、3種のインスクリプションの存在 (多元的な表現) が、化学学習に実際役に立っているのか議論があるものの、たいていの場合、どうすればこのような転移や移行が生じるのかの説明が、化学教科書にも授業にも含まれることはない事態を問題視していたのである¹³⁾。

2) Roth らの提起する記号論的な化学教科書分析

このような問題意識に基づいて、Roth らは、化学記号論と称するインスクリプションの構成を分析の対象にした¹⁴⁾。記号は、他の事物を意味する事物 (たとえば、分子の図) であり、この場合、他の事物とは指示対象 (たとえば、通常的气体分子) である。記号と指示対象の関わりは直結するものでない。通常的气体分子は、あらゆる特定的气体分子をカバーするものであるし、どのように考える气体分子も具体的なものにしたわけでもないからである。しかしながら、記号と指示対象は解釈項によって媒介される (たとえば、記号を翻訳したり、あるいは精緻化するの科学言語である)。たとえば、記号が「二酸化炭素分子」であるならば、酸素を意味する (青色の) 円と炭素を意味する (黒色の) 円を含みこんだ絵が解釈項であり、他にも化学式 CO_2 や構造を表す $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ も解釈項である。科学者は、世界 (物質) を記号や言語のほかの形態に転化することで一連のインスクリプションをつくりだすことになる¹⁵⁾。

生徒は物質の粒子理論の理解と学習に困難を経験するものである。この困難を打開するために、化学教科書執筆者は、巨視的な世界理解とその世界を説明する過程で使われる粒子を基にしたモデルの間にあるギャップを埋めようと、多くのインスクリプションを使用している¹⁶⁾。分析の結果から、インスクリプションからの学習の過程に含まれるとてつもない量の、化学の初学者には馴染みのないワークを明らかにした。インスクリプションとテキストの読解は、いくつかの種類のワークを必要とすることを提示していた。すなわち、各々のインスクリプションとテキスト (図に付される主題) を構造化し、インスクリプションを転置し、インスクリプションをテキストに結びつけて (テキストでインスクリプションを翻訳して)、インスクリプションの意味を解釈する (教科書にねらいとする

世界を結びつける) というワークである。それゆえ、分析の単位は、あらゆるインスクリプション、図に付される主題、主たるテキストであるとした。

3) 化学教科書にみられる記号論的な矛盾点

彼らは、この分析枠組みに従って、韓国の中等化学教科書1冊を分析した。その結果、標準的な化学ディスコースのために意図されたインスクリプションの意味を見つけるのに必要な読解のワークなかで、多くの矛盾を特定した¹⁷⁾。たとえば、分子運動を記述する化学教科書では、あるページには、ペットボトルの口に風船をとりつけた絵が描かれており、その中に動いている粒子が記されている。そのペットボトルを湯につけると、ペットボトル上部の風船が膨らんで、その風船のなかで動く粒子が描かれている。しかし、他のページには、擬人化された粒子が描かれており、固体状態であれば互いに手を結んでおり、気体状態であれば互いに自由に動いている絵が描かれている。2つの絵の関わりが不明のため、絵のインスクリプションが、分子のモデルを提示できていないというのである。

これらの矛盾を解決するために、彼らは次のように提起した。同一の意味を具体化した異なる要素は、矛盾だけでなく、互いに補い合うものでもある。教科書におけるイメージ自体は分子運動を提示できなくても、付随する図に付される主題とテキストが、用語に運動を提供する補足になるのである。こうして読者は、分子運動のモデルを図で表現したものとして、確かな特徴を理解できるのである。つまり、テキストはインスクリプションの読解を支援し、媒介する。このように、インスクリプションとテキストは第三の構成要素であるねらいとした世界との三者関係（記号論的モデルのピラミッドの側面）において、読解され得るものである（図1）。

また、任意のスペース意味が何も説明されていない場合、読者は時折、図の社会的な慣行を頼りながらその意味を憶測することしかできない。それゆえ、生徒がインスクリプションの種類に納得して、そうすることで、批判的にインスクリプションを生み出し使ううえで必要なグラフィカシー（視覚表現の能力）を育成するために、十分なリソースが提供されなければならないとした。

このように化学教科書分析に、インスクリプションの概念を導入することで、写真、グラフ、数、表、等式まで分析対象を拡大して、視覚表現の能力育成の必要性を訴えている点にも、この研究の特徴があるといえよう。

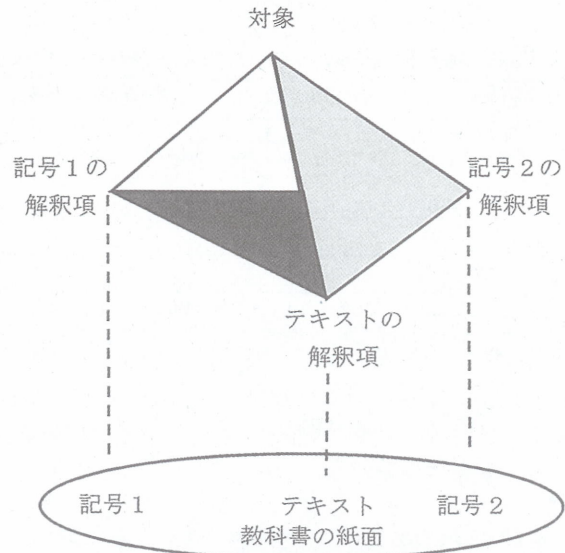


図1 Rothらによる教科書の記号論的なモデル

【出典】Wolff-Michael Roth Lilian Pozzer-Ardenghi and Jae Young Han(2007):Semiotics of chemical inscriptions In Critical Graphicacy ,p.196の一部を訳出して転載。

(3) Mansoor Niaz and Arelys Maza(2011)の化学教科書分析

Niaz and Maza は、アメリカで発行された一般化学教科書75冊を分析した。「科学の性質 nature of science」に関する記述内容が、現代科学論の知見を踏まえた9つの規準に従って得点化 (Satisfactory : 2点, mention : 1点, no mention : 0点) された。得点結果から教科書には、表2のように評価されたのである。

その記述内容の少なさから取り扱いを拡充すべきであるとする主張がみられた。その規準とは、以下の9つであった¹⁸⁾。なお、表2の平均ポイントは9つの規準の各得点を算出したものを教科書数で割ったものである。つまり、そのスケールは18から0となる。

- 規準1 科学理論の暫定的性質
- 規準2 科学において法則と理論は、異なる役割を担うこと（証拠を付け加えたとしても、理論が法則になることはない）
- 規準3 段階的に進む科学的方法はない
- 規準4 観察は理論負荷的なものである。
- 規準5 科学知識はすべてではないものの著しく、観察、実験から得られる証拠、合理的な議論、創造性、懐疑主義に依存する。
- 規準6 科学の進展は、対立する諸理論の競争によって特徴づけられる。
- 規準7 科学者は、同一の実験結果を異なる形で解釈することができる。
- 規準8 科学理論の進展は時折、相反する基礎に基づくこともある。
- 規準9 科学的な考えは、社会的歴史的環境の影響を

受ける。

表2 種々の期間における一般化学教科書の比較

期間	教科書数	平均ポイント
1965-1989	15	2.3
1981-1990	27	2.5
1991-2000	23	2.5
2001-2008	10	2.4
全教科書	75	2.3

【出典】 Mansoor Niaz and Arelys Maza(2011).*Nature of Science in General Chemistry Textbooks*.Springer,p.26 の一部を訳出して転載。

分析対象の化学教科書の選択は、以下の6つのガイドラインにもとづいて行われた¹⁹⁾。

- 大学と近隣の図書館での教科書の入手可能性
- 近年の教科書を含む
- 何度かの改訂・増補を行い発行されている教科書を含むこと。改訂・増補は、科学教育のコミュニティに受け入れられていることを示すものである。
- 最近の教科書と比較するために、1990年以前に発行されたものを含む。42冊の教科書が1965～1990年に発行されたものになっている。
- 様々な地域にいる科学教育者たちの助言・相談が、本研究における教科書の翻訳という形であらわになっていること
- 科学教育雑誌における様々な研究が、これらの教科書を使用していること

前述の通りこの規準は、以下の手順により当てはめられ、点数化された²⁰⁾。

- ・充分である(S)2点：その規準が記述され、かつ、多様な側面を例示しようと事例を記述したのであれば、教科書におけるその取り扱いが充分であると考えられる。
- ・記載されている(M)1点：規準について、わずかに述べたり事例がなかったりする、単なる記述である。
- ・記載されていない(N)0点：本研究において考えられる規準に密接に関わる課題について、言及していない。たとえば、規準3についていえば、ある教科書は伝統的な諸段階に基づいた科学的方法を記述するかもしれない、「情報を知らせていない」見方として、記載されていないと分類される。

この分析結果から、6つの特徴、すなわち、①化学史は「内部からの」化学である(社会との関わりが軽視されている)。②理想化としての科学法則。③化学：量的な科学なのか。④科学者の特性。⑤科学者が実践するように、わたしたちは科学を教えているのか。

⑥著者や出版社の影響を、Mansoor Niaz and Arelys Maza は指摘したのであった²¹⁾。

(4) Mansoor Niaz and Bayram Coştu(2013)の化学教科書分析

Mansoor Niaz and Bayram Coştu は、27種の化学教科書を選んで、科学史・科学哲学に関する内容の分析を行った。研究に先立って、各々のトピックの歴史的再構成に基づいて、トルコの一般化学教科書を評価する規準を開発した。トルコの一般化学教科書を選ぶため、以下のガイドラインが使用された²²⁾。

- トルコの図書館での教科書の入手可能性
- 近年および以前の教科書を含む
- 化学教師によって広く使われているか。

規準を当てはめる手順は、以下のものであり²³⁾、点数化は行われなかった。

- ・充分である(S)：その規準が記述され、かつ、教育的な示唆が書かれているのであれば、教科書におけるその取り扱いは充分であると考えられる。
- ・記載されている(M)：明白に詳述しておらず、規準に関する単なる記述である。
- ・記載されていない(N)：本研究において考えられる規準に密接に関わる課題について、言及していない。

4つの化学史上のトピック(原子構造の評価、油滴の実験、気体の分子運動論、共有結合の起源)に関する教科書の評価の信頼性を確立するため、以下の手順が使用された。

第1段階：ファーストの著者が、アメリカで当初発行された書籍の翻訳をトルコ国内で発行した2つの教科書を分析した。セカンドの著者がこれらの評価を吟味して、議論を通じてすべての相違点を解決した。

第2段階：セカンドの著者が、アメリカで発行された2つ以上の教科書を分析した。教科書の評価に関して、さらなる経験と提供するものであった。

第3段階：無機化学の博士学位を有する2人のトルコ大学化学教授(15年および14年の教授経験を有する)とセカンドの著者が、トルコで発行された3つの教科書(無作為に選んだもの)を評価するために、それぞれ規準を当てはめた。すべての相違点をもう一度、議論を通じて解決した。

化学史上のトピックに応じた類型・規準がつけられて、集計された。

・原子構造の評価

T はトムソン，R はラザフォード，B はボーアを意味する。

T1 エーテルにおける荷電粒子または波としての陰極線

T2 陰極線がイオンなのか，それとも，普遍的な荷電粒子なのかどうかを決めるための質量対電荷比の決定

R1 有核原子

R2 原子が極めて強い電場の中心であるとき，大きなたわみの発生確率が非常に小さい。

R3 アルファ粒子の単純／複雑な散乱

B1 ラザフォードの原子模型の逆説的な安定性

B2 水素の線スペクトルの解釈

B3 深刻な考え方の相違

・油滴の実験

規準1 ミリカン—エーレンハフト論争

規準2 ミリカンによるその後を方向づけた仮定

規準3 疑念の中断

規準4 電気素量の整数倍としての電荷輸送

規準5 実験変数における電気素量の依存

規準6 一連の進展的な発見原理の一部分としてのミリカンの実験

・気体の分子運動論

規準1 マクスウェルによる単純化された（基本的な）仮定

規準2 マクスウェルによる研究プログラムの相反する性質

規準3 マクスウェルの統計学的な考慮

規準4 ファンデルワールスの寄与：基本的な仮定の単純化／改良

規準5 競合する研究プログラムとしての気体分子運動論と化学熱力学

規準6 「アルゴリズム的な様式」から「概念的なゲシュタルト」への気体の挙動の理解移行

・共有結合の起源

規準1 電子の共有を理解する理論的な装置としてのルイスの立方体原子

規準2 電子の共有（共有結合）は，電子の移動（イオン結合）と競争しなければならない

規準3 共有結合：立方体の原子から導かれた帰納的な一般化

規準4 共有結合における電子の共有を説明するパウリの排他原理

4. 海外における化学教科書分析の特徴と示唆

以上，非常に限られた数ではあるものの，1990年代以降にみられた海外の化学教科書研究における教科書分析の目的とその手法に着目して特徴などを調べて，示唆を得ることができた。

その示唆とは，化学教科書における写真，グラフ，数，表，等式の記述内容にまで分析対象が拡大している点である。日本の理科教科書分析においても，紙面における占有率やその妥当性についての検証はなされているものの，海外の化学教科書分析では，紙面における写真，グラフ，数，表，等式を多層的に捉えて，ページ間の関係を考究するようになっていて，その矛盾を指摘したり，学習上の困難性を推察するようになっていのである。

今後もワードカウントを主たる方法にした量的な分析と解釈に基づいた質的な分析を踏まえて，両方の手法による化学教科書分析が進むものと思われる。しかしどちらのアプローチであっても，実証性の点において難点を抱えているといえよう。生徒は化学教科書をどのように読んでいるのか，たとえば，情報の多くを取り入れる視覚，目線の動きがどのようになっているのか，手の動きはどのようになっているのだろうか，デジタル教科書と紙媒体の違い等々の研究に着手して，その実証性を高める研究が必要になっている。

【付記】

本論文の一部は，日本理科教育学会第50回東北支部大会（平成23年11月5日，於弘前大）における発表内容を加筆訂正したものである。

【註】

- 1) 浅石卓真・影浦峽 (2013) : 「中学・高校理科教科書の記述様式に関する予備的考察—従来研究の概観と課題—」, 『東京大学大学院教育学研究科紀要』, 第 52 卷, pp.255-261.
- 2) 国立国語研究所 (1983) : 『高校教科書の語彙調査』, 秀英出版. pp.506-514 には, 当時の『化学 I』教科書に登場した語彙について, 度数, 比率, 順位が示されている。
- 3) 上野嗣弥・阿部二郎 (2008) : 「コンピュータを利用した教科書の量的分析手法の研究—富澤・上野手法の汎用性の検証:理科教科書の場合—」, 日本科学教育学会, 『科学教育研究会報告』, 第 23 卷, 1 号。
- 4) 松森靖夫・入山裕・田中啓太 (2012) : 「我が国の理科教科書にみる用語の概念規定の分析とその問題点の抽出—用語『元素』・『単体』・『化合物』・『混合物』を中心にして—」, 山梨大学教育人間科学部, 『紀要』, 第 13 卷, pp.22-30.
- 5) 浅石卓真 (2013) : 「高等学校理科教科書における記述様式の研究」, 中央教育研究所, 『教科書フォーラム』, 第 11 号, pp.2-17.
- 6) Leif Östman(1996), Discourses, discursive meaning and socialization in chemistry education, *J. Curriculum STUDIES*, Vol.28, No.1, p47
- 7) ブルーノ・ラトゥール著, 川崎勝, 高田紀代志訳 (1999) : 『科学が作られているとき—人類学的考察—』, 産業図書, pp.109-115.
- 8) 上野直樹(1999) : 『仕事の中での学習』, 東京大学出版会, pp.178-179.
- 9) Wolff-Michael Roth, Michelle K. McGinn, “>UnDELETE science education:/lives/work/voices”, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.35, No.4, p.404.
- 10) *Ibid.*, p.402.
- 11) *Ibid.*, p.404.
- 12) *Ibid.*, p.404.
- 13) Wolff-Michael Roth Lilian Pozzer-Ardenghi and Jae Young Han(2007): Semiotics of chemical inscriptions In *Critical Graphicacy*. Springer, p191.
- 14) *Ibid.*, pp.194-195.
- 15) *Ibid.*, p211.
- 16) *Ibid.*, p214.
- 17) *Ibid.*, p215.
- 18) Mansoor Niaz and Arelys Maza(2011). *Nature of Science in General Chemistry Textbooks*. Springer, pp.4-8.
- 19) *Ibid.*, p9.
- 20) *Ibid.*, pp9-10.
- 21) *Ibid.*, pp26-31.
- 22) Mansoor Niaz and Bayram Coştu(2013): Analysis of Turkish General Chemistry Textbooks Based on a History and Philosophy of Science Perspective In Mynt Swe Khine(Ed) *Critical Analysis of Science Textbooks*. Springer, p200.
- 23) *Ibid.*, pp9-10.