



Title	ソ連の科学教育における教科間結合 いくつかの実践例に見る特質と問題点
Author(s)	山路, 裕昭
Citation	長崎大学教育学部教科教育学研究報告, 9, pp.49-57; 1986
Issue Date	1986-03-30
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10069/30016">http://hdl.handle.net/10069/30016</a>
Right	

This document is downloaded at: 2019-02-23T11:36:36Z

## ソ連の科学教育における教科間結合

——いくつかの実践例に見る特質と問題点——

山 路 裕 昭\*

(昭和60年10月31日受理)

### A Study of the Interdisciplinary Ties in the Science Education in the USSR: Realization and Some Problems of the Interdisciplinary Ties

Hiroaki YAMAJI

(Received October 31, 1985)

#### I はじめに

ソ連の科学教育においては、複教の教科<sup>1)</sup>の内容などを互いに関連づけて教授・学習しようという教科間結合(межпредметные связи)の問題が、従来から教授法雑誌などにしばしば取り上げられてきた。そして近年、教授要目の改訂と関連して、教授・学習の改善のために改めて教科間結合の実現が重視され、<sup>2)</sup>さまざまな教科間結合の実践例が紹介されている。ソ連におけるこの教科間結合に関する試みは、わが国においても他教科・科目との関連を図りながら理科の授業を行う際に大いに参考になるものであろう。

本小論においては、ソ連の教授法雑誌に掲載されたいくつかの実践例を通して、教授・学習の場における教科間結合の特質を明らかにし、その問題点などについて考察する。

#### II 教科間結合の実践例

##### (1) 「化学」と「自然」との教科間結合—サルマノワの場合<sup>3)</sup>

サルマノワは、「自然」の課程と「化学」の課程の分析によって表1及び表2のように知識に関する関連表と能力に関する関連表を作り、これらに基づいて「化学」の教授・学習における「自然」との教科間結合の実践例を示している。

サルマノワは、教科間結合実現のために「自然」での既習事項を想起させるような質問を主として利用している。例えば、テーマ「初歩的な化学的概念」の最初の授業(第7学

---

\*長崎大学教育学部理科教室

〈表1〉「自然」と「化学」の課程の分析結果（知識について）

「自然」の 授業テーマ	「化学」と関係のある概念	「化学」の 授業テーマ	「自然」と関係のある概念
1	2	3	4
<p>導入</p> <p>物体と物質</p> <p>何を自然現象と呼ぶか</p> <p>空気 大気</p> <p>空気は何からできているか</p> <p>地球上の生物にとっての空気の価値 空気を汚染から保護すること</p> <p>酸素</p> <p>炭酸ガス</p> <p>自然界の水</p>	<p>物体。</p> <p>すべての物体は、物質からできている。</p> <p>自然現象</p> <p>空気の性質(圧縮率，弾性，熱伝導，加熱・冷却による体積変化量)。</p> <p>空気の組成。空気の構成部分(酸素，窒素，炭酸ガス)</p> <p>人間，動物，植物の呼吸にとっての空気の価値。空気を汚染から守る必要性。</p> <p>酸素の入手。酸素の性質。基本的な利用の分野。</p> <p>入手（白墨と塩酸又は酢酸との相互作用によって)。</p> <p>性質（燃焼を支えず空気より重い)。</p> <p>水の分布と生物におけるその価値。</p>	<p>物質</p> <p>純物質と混合物</p> <p>物理現象</p> <p>化学現象</p> <p>空気の組成</p> <p>空気の組成</p> <p>空気の利用</p> <p>酸素 酸素の性質 酸化 酸化物</p> <p>酸素の入手と利用</p> <p>二酸化炭素又は炭酸ガス</p> <p>自然界の水</p> <p>純水の入手</p> <p>その物理的性質</p>	<p>物体と物質，物質のさまざまな性質。</p> <p>物質の分子構造。純物質と混合物。</p> <p>物理現象。化学現象と物理現象の違い。</p> <p>空気の単体及び化合物含有量。</p> <p>空気の組成の決定，空気中の不活性気体の存在。</p> <p>空気中における物質の完全燃焼の条件。不活性気体の利用。</p> <p>物理的性質。化学的性質(酸素中のリン，イオウ，鉄の燃焼)。酸化物概念。酸素の利用，過マンガン酸カリウムからの酸素の入手。</p> <p>物理的及び化学的性質，利用。</p> <p>水の分布。水の精製。</p> <p>(以下 省略)</p>

〈表2〉「自然」と「化学」の課程の分析結果（能力について）

「化学」の授業で利用される能力	「自然」の授業でどのような活動を行った結果、能力が得られるか
1	2
<p>さまざまな現象を観察する能力。 天候現象を略号で記録する能力。 温度のグラフ図表を作成し、それらを読む能力。 観察の結果を処理する能力。 自主的に一般化を行う能力。特徴を解明する能力。 教科書によって作業する能力。 観察に基づいて、対象とその性質を比較する能力、分析する能力、結論を出す能力、一般化と比較考査する能力。 表に記入する能力。</p> <p>集めてコレクションを作る能力。 物質の組成と性質を決定する能力</p> <p>実践能力：アルコールランプ、試験管、温度計、その他の実験装置を利用する能力。</p>	<p>天気のカレンダー、日記をつけることによって、 生物気候学的観察を行い、カレンダーをつけることによって、 植物と動物の観察、表への記入によって、 空気、水、酸素、炭酸ガス、岩石の学習によって</p> <p>全課程の学習によって、 酸素、炭酸ガスの性質の学習及びそれらの比較に関する実験を行うことによって、岩石の性質を比較することによって、</p> <p>金属の特殊な性質の学習によって、比較表を作ることによって（鑄鉄と鋼鉄の性質、酸素、炭酸ガス、窒素などの性質）。</p> <p>有用鉱物のコレクションを作ることによって、 空気の組成、その性質、酸素、炭酸ガス、水の性質の学習によって、 水の学習の際の木材や土の中の水の存在の決定、ろ紙の準備とろ過、酸素の入手とその性質の決定など、焼いたり、脱水したり、沈積させたり（粘土と砂）して土壌の組成を決定することによって</p>

年)においては、「自然」で得られた知識を導入するために、「自然」で既に学習された次のような内容の質問が生徒に対して行われている。

「物体とは何か。」

「物質とは何か。」

またテーマ「酸素の物理的性質と化学的性質」「酸素の利用と入手」の授業（第7学年）においても、「自然」などで既に学習された酸素の性質を復習するために、導入部において、

「どのような気体が空気中に存在するか。」

「空気中に酸素が存在することをどのようにして示すか。」

「酸素はどのような性質をしているか。」

「それをどのようにして示すか。」

といった質問が生徒に対して行われており、さらに実習「よごれた食塩の精製」(第7学年)においても、作業の前に、「自然」で習得された操作技術を思い出させるために、

「どのようにして物質を溶かすか。」

「溶液から沈殿物をどのようにして分けるか。」

などの質問が生徒に対して行われている。

## (2) 溶液の教授・学習における教科間結合—ソロモン、フェドチェンコの場合<sup>4)</sup>

ソロモンとフェドチェンコは、第7学年「化学」において溶液について教授・学習する際の教科間結合実践例を示している。彼らは、まず溶液に関連する生徒の既習事項として、「自然」の課程における水の精製、「物理学」の課程におけるさまざまな計量器による固体や液体の測定、「数学」の課程におけるグラフの作成とその利用による問題の解決、パーセントを用いた問題の解決などを挙げ、これらに基づいた実践例を示している。

サルマノワの場合と同様に、ソロモンとフェドチェンコにおいても、他教科での既習事項を想起・復習させる質問・問題・課題などを利用する例が示されている。例えば、テーマ「水の組成」の最初の授業において、新しい教材の教授・学習の前に、次のようなそれに関連する準備的課題(類型1又は類型2)が生徒に出されている。(aは「自然」、bは「物理学」における既習事項である。)

### 類型1

- ・ 水、砂、ざらめからなる混合物を、どのようにして分離するか。(a)
- ・ 拡散とは何か。その速さをどのようにして変えるか。(b)
- ・ 次のような固体の例を挙げよ：水に溶けるもの、水に溶けないもの。(a)

### 類型2

- ・ 水の入った5つのコップへ、それぞれ少量のイオウ、すりつぶしたチョーク、リン酸、酸化銅、砂糖を入れて振り混ぜた。どれが溶液を作るか。(a)
- ・ 固体が水に溶ける速さを大きくすることができるか。もしできるなら、どのような方法でか。(b)
- ・ 次のような液体の例を挙げよ：水に溶けるもの、水に溶けないもの。(a)

また、固体の溶解度の温度依存性、気体の溶解度の温度及び圧力依存性の教授・学習においては、次のような問題が復習されている。(aは「数学」、bは「物理学」における既習事項である。)

- ・ 関数関係とは何か。(a)
- ・ 圧力とは何か。(b)
- ・ 気体の圧力は何によって条件づけられるか。(b)
- ・ 圧力と体積との間にはどのような相互関係があるか。(b)

さらに、ソロモンとフェドチェンコにおいては、生徒に対する質問・問題・課題に際して、他教科の教科書を利用する例が示されている。例えば、テーマ「溶解度」の授業において、生徒は「自然」の教科書の中の「塩の飽和溶液」の部分を見て、次のような問題に答えることを求められている。

「どのような溶液が飽和と呼ばれるか。」

「どのようにして飽和溶液を得るか。」

「不飽和溶液から飽和溶液を作る方法を2つ提案せよ。」

また、塩酸のパーセント濃度を決定する課題の解決においては、生徒は「物理学」の教科書の中の「液体比重計」の部分を読んで、次のような問題に答える。

「液体の密度はどのようにして測定することができるか。」

「液体比重計はどのような構造か。」

「それはどのように利用されるか。」

以上のような例の他、ソロモンとフェドチェンコが示した教科間結合の例として注目されるものは、具体的な既習事項の想起・復習を直接目指したものではないが、内容そのものが他教科の内容に関連する課題の利用である。例えば、指示されたパーセント濃度の溶液を調製する実習において、生徒は「物理学」の教科書によって秤量の規則を復習し、次のような生物学に関する内容を含んだ課題（類型1又は類型2）を与えられている。

#### 類型1

- ・ 若干の病気においては、生理的食塩水と呼ばれる0.9%の食塩水が患者に与えられる。そのような水溶液を150グラム作れ。

#### 類型2

- ・ 農業においては、キャベツへの追肥のために、4%塩化カリウム水溶液が用いられる。そのような水溶液を80グラム作れ。

そして、溶液に関する教授・学習のまとめの段階では、生徒に対して次のようなテーマについてまとめるという課題が出されており、ソロモンとフェドチェンコはこの作業において生徒たちが「自然」、「植物学」、「動物学」、「物理学」の各課程の内容に基づいてまとめを行ったと述べている。

「自然界における水」

「水の生物学的役割」

「農業における溶液の価値」

### (3) 細胞の無機成分の教授・学習における教科間結合—フェドレッツの場合<sup>5)</sup>

フェドレッツは、「一般生物学」(第10学年の「生物学」)のテーマ「細胞の無機成分」の教授・学習における教科間結合の実践例を示している。

フェドレッツは、まずこのテーマの教授・学習内容と「物理学」、「化学」、「自然地理学」の各教授要目及び教科書の内容を分析し、テーマの基本的内容を教授・学習する際に利用することのできる生徒の知識を決定し、表3を作成している。そしてこの表に基づいて、生徒に対して、テーマの教授・学習の前にあらかじめ関係する章を家庭で復習することを指示している。この点、他教科での既習事項の復習を授業中に積極的に行うことによって教科間結合を実現しようとしていたサルマノワ、ソロモン及びフェドチェンコと異なる点であろう。むしろフェドレッツは、生徒が家庭での復習に基づいて授業中に問題を解決していく過程で教科間結合を実現しようとしている。

すなわち授業の最初に、生徒に対して次のような質問が行われている。

「無生物界と生物界の構成においては、全く同じ化学元素が存在するのか、あるいは異

〈表3〉 テーマ「細胞の無機成分」に関する分析結果

テーマの 基本的内容	他課程の利用できる知識
1. 細胞の 化学的組成	<p>化学：化学元素の周期律と周期表；生物細胞の成分中に多量に存在する化学元素の原子構造の特徴：それら化学元素の基本的化合物の構造の特徴；無機及び有機物質；化学結合のタイプ。</p> <p>化学と地理学：細胞の成分中に多量に存在する化合物や元素の自然界における分布。</p> <p>物理学と化学：分子間及び分子内の相互作用力の原因となるエネルギー（化学エネルギー）、原子やイオンの電子殻のエネルギー。</p>
2. 細胞中 の水とその 生物学的役割	<p>物理学：水の構造と物理的性質；熱容量；気化熱；表面張力；付着能力；誘電率；物質の内部エネルギー；水の拡散力；物質の三態。</p> <p>化学：電離の機構；水分子の構造；水の化学的性質；異常性；溶解度（水は不活性な溶媒である）、真の溶液とコロイド溶液、乳濁液と懸濁液；イオン結合、共有結合と水素結合。</p> <p>地理学と化学：自然界における水の分布と循環。</p>

なる化学元素が存在するのか。」(問題1)

「一体どうして生物の細胞中には酸素、炭素、水素、窒素が多くあるのか。」(問題2)

「メンデレーフの周期表における化学元素の位置と、細胞中のそれらの元素の生理学的役割の間には関係があるのか。」(問題3)

例えば、問題1について、生徒は「無機物質の化学的組成に関する知識」(化学)及び「植物、動物や人間の細胞中に存在する無機及び有機物質に関する知識」(生物学)に基づいて、「無生物や生物の細胞は同一の化学元素から作られている」という結論を得る。また、フェドレッツは、この結論が「社会科」(第10学年)の授業において物質界の統一に関する弁証法的唯物論の命題を学習する際に利用されるとしている。

さらに例えば、問題2の解決においては、化学元素の周期表、さまざまな元素の構造と性質、自然界におけるそれらの元素の分布、分子間及び分子内の相互作用の力の原因となるエネルギー、原子やイオンの電子殻のエネルギーなどに関して既に生徒が習得している知識などが利用されている。まず話し合いの中で、酸素、炭素、水素、窒素の原子が細胞中のみでなく、世界中において最も広く分布していることが明らかにされ、「生命有機体の細胞の組成においては、宇宙において特に簡単かつ広く分布している原子が多く存在している」ことが確認される。次に生徒は、酸素、炭素、水素、窒素の周期表における位置、原子構造、化学結合の検討、さらに炭素とケイ素の比較(C-C結合とSi-Si結合の距離とエネルギー、CO<sub>2</sub>とSiO<sub>2</sub>の構造と性質、地球上における炭素とケイ素の存在量など)など、主として「化学」での既習事項に基づく検討を通して、「化学元素の生物学的価値は、原子の構造、周期表における元素の位置によって決定される」という結論を導き出している。

### III 実践例に見る教科間結合の特質と問題点

IIに取り上げた教科間結合の実践例は、教授法雑誌などに掲載された実践例のほんの一部であり、しかも詳細な授業展開例という訳ではない。しかしながら、これらの例から実践における教科間結合の特質と問題点をいくつか見出すことができよう。

(1) 教科間結合の形態が時間的観点と内容的観点から分類されることは、既に別報において明らかにしたところである。<sup>6)</sup> これらの観点から実践例に取り上げられた教科間結合を見ると、時間的分類において「先行的」なものが多い。すなわち、既に他教科で生徒が習得した知識や能力を利用する、あるいはそれらの知識や能力に基づいて新しい内容の教授・学習が行われるという場合の教科間の結合である。これに対して「未来型」の教科間結合については、フェドレッツが触れているのみである。

また、「先行型」教科間結合の実現方法としては、他教科からの知識等を利用して解決する問題や課題、すなわち「教科間的」問題や課題が多用されている。他方、「未来型」教科間結合に関して、フェドレッツは、そこで学習されている内容等が将来他教科において利用されるであろうと言うのみであり、教科間結合実現のためにそこで何を行うべきかについて明らかにしていない。

これらのことは、ある程度当然とも考えられる。すなわち、論理的な順次性をもった系統的知識を生徒に習得させることを重視しているソ連の科学教育においては、生徒の過去の学習経験に基づいて教授・学習を展開しようとするのが極めて一般的であり、その過去の学習経験が特に他教科におけるものという点において若干困難を伴う可能性があるものの、「先行型」教科間結合は「未来型」教科間結合よりも受け入れられやすいものであろう。また過去の学習経験をどのように利用するかという問題に比べて、将来その学習内容がどのように利用されるかを予想することが相対的にかなり困難であることは容易に想像され、また、「未来型」教科間結合もその他教科（隣接教科）から見れば「先行型」教科間結合であることを合わせ考えれば、「未来型」教科間結合よりも「先行型」教科間結合が重視されるのも当然であろう。

しかしながら、ある教科における教科間結合は、その教科とともに隣接教科の存在を予定しており、より効果的な教科間結合の実現のためにはそれら2教科のいずれにおける教授・学習においても教科間結合実現のための方策がとられるべきであり、「先行型」教科間結合と「未来型」教科間結合は互いに補完的な意味合いを持つべきものであろう。その意味において、「先行型」教科間結合に比べて「未来型」教科間結合についてあまり触れていないということは、実践における教科間結合の大きな特徴と同時に欠陥をも意味しているように思う。

(2) さらに、「先行型」教科間結合と「未来型」教科間結合との関係が実践に十分に反映されていないということに関連して、隣接教科間における教科間結合によってどのような統一的知識等が生徒に形成されるのか、あるいは形成されることを目指しているのかが明らかでないという問題を指摘することができる。例えばサルマノワ自身が、「この教科間結合は、課程の個々のテーマの学習の際に基礎として利用され得るものである。そのような態



度は、知識の統一性と継承性を促進し、生徒の視野拡大を促進する。』<sup>7)</sup>と述べているように、教科間結合の機能の一つとして生徒の知識の統一性の促進が挙げられている。本来、教科間結合によって生徒の知識の統一性を図ろうという時には、目指す統一的な知識の体系がどのような構造を持つものかを明らかにした上でそれを目指して生徒の知識の統一を図ることが必要となろう。しかしながら、実践例は、単に学習内容と他教科の関連する内容とを結びつけることのみ注目しているように思われる。その点では、それぞれの教科間結合は各々独立しており、「先行型」や「未来型」の教科間結合の間の関連や、教科間結合の組織的・系統的な実現は図られていないと言える。

(3) 教科間結合を利用するには、関連する内容が他のどの教科でどのように教授・学習されているかを明らかにする必要がある。実践例においても、まずこの点の分析が行われていることに注目したい。特に、サルマノワとフェドレッツは、分析の結果を既に示したような表にしているが、このような表は教科間結合の実践的利用にとって極めて有利な環境をもたらすであろう。

#### IV おわりに

わが国においても、他教科・科目の学習内容を考慮しながら理科の授業を行うことは、本来決して珍しいことではない。しかし、一人のクラス担任が全教科を担当する場合が多い小学校においても、また教科担任制の中・高等学校の場合においてはなおのこと、他教科・科目の内容を積極的に考慮しながら理科の授業を行うことはあまり多くないのではなかろうか。

ソ連の科学教育における教科間結合の実践は、他教科・科目の学習内容を考慮しながら理科の授業を行う上で解決すべきいくつかの課題を示唆している。とりわけ重要な課題は、他教科・科目の内容を組織的・系統的に教授・学習活動に取り入れていくにはどのようにすべきかということである。この点に関して、ソ連においても解答が得られているようではないが、フェドローワは、「物理学」、「化学」、「生物学」及び「地理学」の教師たちによる教授法委員会を組織し、この委員会において「教科間的」な授業を計画したり、教科間の内容等の関連図を作成したり、教科間結合に関する経験を交流することなどによって、教科間結合の系統的实现に努力していることを報告している。<sup>8)</sup> 注目すべき試みであろう。

#### V 注及び引用・参考文献

- 1) ソ連においては「理科」という教科はない。我が国の小学校・中学校・高等学校の理科に相当する内容は、「自然」(第2～4学年)、「生物学」(第5～10学年)、「物理学」(第6～10学年)、「化学」(第7～10学年)、「天文学」(第10学年)という5「教科」を中心として教授・学習される。
- 2) 山路裕昭、「ソ連の中等科教育における教科間の関連性—教授要目の改訂と教科間結合の導入—」、『日本理科教育学会研究紀要』, Vol.22, No 2, 1981, pp.13—19.
- 3) Сарманова К.А., Межпредметные связи курсов химии и природоведения, Химия в школе, No.1, 1982, с.38-40 .
- 4) Соломон Д.М., Федотенко И.Л., Использование межпредметных связей при изучении растворов в 7 классе, Химия в школе, No.1, 1981, с.33-35.

- 5) Федорев Г. Ф., Межпредметные связи в процессе изучения неорганических компонентов клетки в курсе общей биологии, Из опыта работы учителя, Биология в школе, №4, 1978, с.56-59.
- 6) 山路裕昭, 「ソ連の中等科学教育における教科間の関連性—教科間結合のさまざまな形態とその分類—」, 『日本理科教育学会研究紀要』, Vol.23, No 1, 1982, pp.25—31.
- 7) Обсуждаем проект программы по химии: Калашникова Л. П., Сарманова К. А., Химия в школе, №1, 1979, с.58-59.
- 8) Федорова В. Н., К проблеме межпредметных связей в процессе обучения биологии, Биология в школе, №3, 1981, с.23-26.