

## 中学校理科における有機物と分子の深い学び—粒子概念からの構築—

## Heuristic Learning of Organic Compounds and the Molecules at Junior High School Education

○加茂川恵司<sup>\*1</sup>, 菊地洋一<sup>\*2</sup>KAMOGAWA Keiji<sup>\*1</sup>, KIKUCHI Yoichi<sup>\*2</sup><sup>\*1</sup> 東邦大学, <sup>\*2</sup> 岩手大学<sup>\*1</sup>Toho University, <sup>\*2</sup>Iwate University

〔要約〕中学校理科の物質領域における深い学びについて、有機物とその分子に焦点を当てて粒子概念の基盤からの構築を検討した。まず「主体性・対話性・探究性」「現象の深い理解」「社会的文脈による学習」の深い学びを学習内容の視点で模式的に整理した。この模式図を基に教科書及びフィンランド理科教科書を概観し、深い学びへの可能性と課題について分析した。学びを組み立てる基盤として、「分子の性質・役割の導入」「有機物の指標による柔軟な系統化」の必要性が見いだされた。構築への支援として分子モデルの簡素化と生活と結ぶための内容の新たな編成を検討した。

〔キーワード〕中学校理科, 有機物と分子, 主体的対話的で深い学び, 内容構成, 基盤と課題

## I. 問題の所在

理科の物質領域の重要な柱に粒子概念がある。物質は原子・分子・イオンなどの粒子から構成されている。その中で分子は、有機物という視点では中学校理科でほとんど扱われていない。一方21世紀型学習として重視されるコンピテンシーの育成・全人的な学びの視点を含む様々な形の深い学びが現在進められている。この両者がどのように組み合わせられるかは興味深い問題である。それは有機物が生活や社会問題の中に広く存在し、学習者との関わりが特に広いからである。高校「化学」では内容に有機化合物の体系が含まれ、海外のカリキュラム構成と照合ができる。しかし中学校理科においては有機物の分類は扱われておらず、また原子とイオンの構造が3年に配置されている現状がある。そのため深い学びを内容構成の側から開拓する必要がある。

こうした背景から、本研究では中学校理科における分子と有機物に関わる深い学びへの課題を分析し、内容と深い学びを統合するためのツールを検討する。学習内容と能力育成との包含関係・相互依存は21世紀型教育としてイメージ化されているが、漠然としている。そこで教材の側から構築を試みる。

## II. 研究の方法

## 1. 深い学びにおける内容領域の模式的分析

これまでの深い学び・コンピテンシー育成・社会的文脈学習の報告を参考に、深い学びを広く捉えそ

れに伴う学習内容の領域を模式的に整理した。

## 2. 有機物とその分子を学ぶ可能性と課題

中学校教科書（平成23年版・令和3年度版見本）とフィンランドの理科教科書日本語版を概観して、有機物およびその分子について深い学びにつながる可能性と課題と思われるポイントを分析した。

3. モデル化 フリーソフト“MolView”を用いて分子モデルの簡素な3D表現を検討した。

## III. 結果

## 1. 深い学びの模式化

これまでに報告されているいくつかの深い学びは学習内容の領域から次のように模式化された。

〔基本型〕 現行の内容領域に立脚し、授業の中で主体性・対話性・探究性を育成する場を設ける。

〔知識導入型〕 溶解現象における水和のように、上位概念を導入して現象の深い理解を図る。

〔文脈型〕 ドイツのCHiK学習やSTEM教育で知られる社会的な文脈の流れの問題解決の段階で理科の学習内容やスキルが配置される。

## 2. 教科書の潜在的な可能性

中学校理科教科書を1の模式図に沿って参照した。全体として、有機物という物質群とその分子の働きについては系統的には触れられていない。

1学年 有機物の定義と確認（炭素を含む物質・燃焼時の二酸化炭素発生）。密度・状態変化・溶解度で有機物の例はある。これらを素材として有機物とい

う概念を捉えてゆく可能性がある。

2 学年 分子の定義(物質の最小単位で原子で構成)がある。有機物が一部変化する化学反応やそのまま拡散する挙動を見るには、その分子の粗い形と性質を描く必要がある。それにより有機物の化学変化は燃焼のほかにも広がってゆく。

3 学年 酸性の学習では有機物は観察に留まるので官能基に簡素に触れることは理解を深める可能性がある。持続可能な社会の領域では、有機物群を生活の中の気体や密度融点の学習と結べる可能性がある。

### 3. フィンランド理科教科書日本語版の分析

フィンランドの理科教科書は短い章立てで知識を中核に記述している。著しい特色として、日本の高校「化学」の内容にある官能基ごとに整理された有機化合物体系を構造含めて示している。興味深いのは、化合物が生活に濃く結びつけられており分子式の他にも簡素な分子モデルを多様に用いている。

#### 4. 簡素な分子モデルの検討

原子の学習前で分子モデル導入を想定すると、結合を明示しない空間充填 3D モデルが適する。図 1 はプロパンとエタノールを描いた例である。炭素・水素の基盤と官能基で粗視化し両親媒性を表現した。

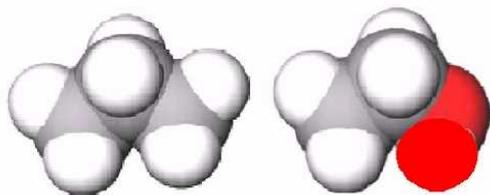


図 1. プロパンおよびエタノールの 3D 分子図

#### 5. 深い学びの構築の検討

14 節を基に内容を連結させて流れを組み立て、糸口と基盤は何になるかを分析した。1 学年の燃焼性・密度・状態変化では身近な有機物について「密度が水前後で融点が低い」などの初歩的概念を持つことができる。これは異なる項目を組み合わせる基礎型の新たな学びを示し、有機物という標識(タグ)でつなぐ必要がある。次にエタノールが水にも油にも親しむ溶解性を持つことは、分子の簡素なモデル化(図 1)が考える手がかりとなる。それは 2 学年で有機物の「化学変化」を燃焼に限定せず、官能基部の変化として眺める手がかりを用意する。すなわち「炭化水素・アルコール化合物」などカリキュラムの再編や上位概念の移行まで至らずに、知識導入

型の学びがイメージ的に促される。文脈型学習の図式を循環型社会の形成課題に当てはめると、化学物質汚染やプラスチックごみの海洋拡散では有機物が関わりを持っている。有機物の標識タグと並んで、有機物の水に近い密度・状態変化や燃焼の性質はプラスチック製品・ゴミの問題に向き合う上で内容的な基盤となる。また有機物の移動や蓄積では、「分子は原子からなる物質の最小単位」という定義だけでなく、基本的に分子が安定でありその形を保って移動や拡散する「分子の性質」が必要な基盤となる。文脈型学習においても基礎型の深い学びに培われるこれらの内容的基盤が存在している。

### IV. 考察

今回明瞭になった課題は、中学校理科において有機物の取り上げ方が断片的で系統性に乏しいことである。有機物は生活面で様々に関わっており、それは基本型学習の主体性にもつながっている。その知識は社会的な文脈での学習での問題の発見や解決の手段となる。有機物と分子の学びでは生活面がそのまま概念につながるのではなく、深い学びを支えるいくつかの基盤の存在が分析より見いだされる。

- (1)厳密ではないが実行可能な定義・見方
  - (2)分子が安定である性質やその役割
  - (3)有機物という指標(呼称)や異なる事項を互いに関連付ける組み換えで柔軟に系統性を持たせる。
- 学びの構築を促すツールとして今回見いだされたのは、(a)日常生活物質との関連付けと(b)分子モデルの簡素な導入である。身近な冷却スプレー缶の仕組みには加圧を含む有機物の液化と溶解が関与している。それが燃える物質である性質も観察でき(加茂川ほか:2015)、深い学びへの糸口として期待される。

#### 謝辞

本研究の一部は 2020—2022 年度科学研究費(基盤研究 C)「教育内容の特徴を生かし深い学びを実現する小・中学校の物質学習」(課題番号 20K03222)の助成を受けている。

文献 加茂川他 3 名(2015) : 教科書を場として児童の思考力をどのように育てるか—気体・液体を多角的につなぐ記述と身近な素材の検討—日本科学教育学会年会論文集 39 巻 pp.278-279.