

生物領域と化学領域の統合的な理解を促す単元構想

「炭素原子の移動経路」を単元テーマとした「生物の体のつくりと働き」における授業実践

中澤祐介*¹ 郡司賀透*²

(*¹ 静岡大学教育学部附属浜松中学校 *² 静岡大学大学院教育学領域)

Development of a Teaching Unit to Promote Integrated Understanding of Biological and Chemical Domains

A Classroom Practice in "Structure and Function of Living Organisms" Focusing on "Transfer
Pathways of Carbon Atoms"

Yusuke NAKAZAWA, Yoshiyuki GUNJI

Abstract: This study aims to empirically clarify an effective framework for unit design that promotes integrated understanding through "Scientific Perspectives and Ways of Thinking." A classroom practice was conducted in the "Structure and Function of Living Organisms" unit within the biological domain, involving 35 second-year junior high school students. Pre- and post-practice surveys were administered to measure changes in their awareness. The analysis revealed that the unit theme "Transfer Pathways of Carbon Atoms" successfully facilitated an integrated understanding of both biological and chemical domains. These findings suggest that selecting a strategic unit theme is crucial for fostering integrated understanding within a curriculum based on the National Course of Study. The insights from this study are expected to provide specific instructional guidelines for teachers when designing lessons that promote integrated learning.

キーワード

中学 理科 見方 統合的な理解 化学 生物

1. 研究の背景

1.1 はじめに

近年の理科教育では、単なる知識の暗記ではなく、「見方・考え方」を働かせることで、個別の知識を統合し、未知の事象にも応用できる「統合的な理解」を目指す流れが主流となっている。現行の学習指導要領では、領域ごとの単元の学びを精緻化し、「深い学び」を実現するために、「見方・考え方」を働かせることが重視されている。

論点整理では、次期学習指導要領の実現を通じて、「主体的・対話的で深い学び」の実装を図る観点から、学習指導要領の内容について、中核的な概念等をもとに表形式で構造化を図る方針を示している。特に、「深い学び」を実現するために、目標への「見方・考え方」の記載や、内容への「知識及び技能の統合的な理解」や「思考力・判断力、表現力等の総合的な発揮」としての記載が検討されている。

見方・考え方は、必要な基本概念をつなぎ合わせ、

深い学びに至る鍵となっているが、領域固有のものとして捉えることが、知識の統合を妨げるとの指摘もある。石井(2011)によれば、「見方」は、各教科や教科内の各分野がそれぞれの特性や専門性を強調しすぎるあまり、総合知という観点からの教科教育の問い直しへの道を閉ざす方向で機能している状況も見られるとしている。石井は、新学習指導要領で示された各教科等の「見方・考え方」については、「見方・考え方であるもの」として、一般的な学び方のように捉えてしまうと、スキル訓練に陥る懸念や遵守すべき型のように捉えてしまいがちであり、「見方・考え方となる」ものとして、教師がその教科を学ぶ意味や教科の本質的な視点や方法について議論することが重要であると述べている。

学習指導要領で示された「見方・考え方」を参考に、本質的な視点や方法について検討することを通して、「統合的な理解」を目指す単元構想の在り方を明らかにすることは意義のあることであると考えられる。

表2 融合の方法

方法1
今までの物理・化学・生物・地学あるいは、現在の中学校における第1、第2分野から、必要な基本概念（気体の性質・酸化・還元・物質の合成分解など）を洗い出し、それらを組み合わせ、構造化する。
方法2
必要な主題（燃焼・海水）などのように、身近で多方面へ発展の可能性があるものを中心のトピックスとし、現象を主とし追究し、物・化・生・地の各分野の教材や考え方を含有し発展させ、必要な基本概念や科学の方法を取り込んでいく。

1.2 シンガポールにおける統合

シンガポールは、国際的にも理科の成績が上位に位置している国であり、そのカリキュラムには注目が集まっている。鈴木(2022)のまとめた調査によれば、シンガポールでは、異なる内容領域間のつながりを子供が正しく理解できるように、個々の学習内容が、テーマに基づいて構成されている。中等教育段階では、多様性、システム、エネルギー、相互作用の四つのテーマがあり、異なるテーマやトピックス間のつながりを生徒に味わわせ、科学的な考えを統合させることをねらいとしている。

1.3 理科教育における統合

我が国の理科教育においても、統合的な理解は着目されてきた。高等学校では、昭和45年に告示された学習指導要領（文部省，1970）以来『基礎理科』『理科I』『総合理科』が導入されてきた。「総合理科」は、自然科学を統合して教授しようとする考え方であり、自然現象を物理・化学・生物・地学にわたる「分科理科」に対立する考え方である。栃堀ら(2014)は、高等学校における「総合理科」の変遷から、その取組みに鑑みて、生徒に「自然の統合的理解」を促すためには、物理・化学・生物・地学の4分野に共通して含まれている見方を示す必要があることを示している。

中学校の理科教育でも、「融合理科」として、「統合的な理解」が着目されてきた。田中(1973)は、自然の事物現象は、分科したものではなく、一つの事物あるいは現象として認知するため、物理・化学・生物・地学を融合または総合した「見方・考え方」で自然を学習させる事も可能としている。融合理科は、田中(1973)によって、表1のように示され、融合の方法を表2のように2点上げている。方法2では、4領域の基本概念や科学の方法を融合するために、主題を設定している。しかし、課題として、4領域を融合するための指導過程の計画に専門性が必要であったり、現行の学習指導要領の内容項目との整合性が難しかったりすることがあげられている(表3)。

表1 融合理科

1) 自然の事物、現象を、一つの自然として全体的に捉え、物理・化学・生物・地学を融合した形で学ぶ。
2) 理科は物理・化学・生物・地学の学習の根底にある「科学の方法」を学ぶのであって、単なる物・化・生・地の知識を学ぶのではない。
3) 情報を集めたり、データを解釈したりして、自然の事物、現象から生じる問題の答えを自分自身で求めることを学ぶのである。

表3 融合の方法2の長所と短所

方法2の長所
1) 中心となる主題から発展させるので自然を全体として統一的に学習することができる 2) 中心の主題から発展させるので概念と概念がむりなく結合され融合理科の精神がよく生かされる。 3) ストーリーをもって全体が発展するように組み合わせることができ、生徒に無理なく探究の過程を踏ませることができる 4) 内容がそれぞれの段階で関連を持ちながら取り上げられるので生徒にトピック全体が把握しやすい。 5) 自然科学者が自然を探究する過程そのままなので、効果的学習がしやすい。
方法2の短所
1) 指導過程を計画するのに多くの時間を要し、物・化・生・地を専門とする者がいないとよいプランはできない。 2) ミニマムエッセンシャルな基本概念と内容を落ちなく入れることが困難で、また重複する場合がある。 3) 現行指導要領の内容と食い違うところが多く、一般の公立学校では、トライアウトが困難である。

1.4 問題の所在

普段教師が使用している教科書は、学習指導要領の内容項目にそって単元が構成されている。学習指導要領の内容項目は、物理化学生物地学の各領域に分かれており、教科書の単元も基本的には、4領域の内容ごとに分かれている。他領域との関連は、部分的に見られるが、4領域のうちの1つの領域を基盤の単元として単元構成が行われる。現行の日本の教科書を使用する多くの教員には、「融合理科」やシンガポールの統合カリキュラムのように、テーマに沿って、4領域の単元の内容項目を統合し、バランスよく複合単元の設定をするのは、難易度が高い。学習指導要領との整合性を担保し「統合的な理解」を促す単元構想の方法について、論考する必要があると考える。

2. 研究の目的

融合理科の課題として、学習指導要領の内容とそぐわないことが多く、基本概念や内容の取りこぼしが、あげられている。学習指導要領の内容項目に準じた、他領域との統合的な理解が可能となる単元構成については、十分な検討がなされておらず、中学校理科における実証的なデータに基づいた分析は限定的である。

そこで本研究では、学習指導要領の内容項目を基盤とした単元において、見方・考え方をういた統合的な理解を促す単元構成の枠組みはどのようなものがあるかを実証的に明らかにすることを目的とする。

本研究では、基盤となる単元を設定し、既習事項である他の領域の見方を含めてテーマを設定することで、統合的な理解を促すことをねらう。これは、学習指導要領の内容項目を基盤とした、統合的な理解を促す単元構成の枠組みを提示する一助となり、現場の教員が教科書を基に、統合的な理解を促す授業を行う際の具体的な指導指針となることが期待される。

3. 研究の方法

3.1 2領域の単元を統合する枠組み

先行研究での課題を解決し、学習指導要領の内容項目に即して統合的な理解を促すために、2領域の統合フレーム(図1)を使用して単元を構想する。

その際、以下の2点に留意する。

- ・統合の対象とする単元を、新たに学ぶ基盤とする単元と、既習単元の組み合わせとして2領域に絞る。
- ・2つの領域の「見方・考え方」を組み合わせ、ストーリー性をもったテーマを設定し、基盤となる単元の学習を進める。

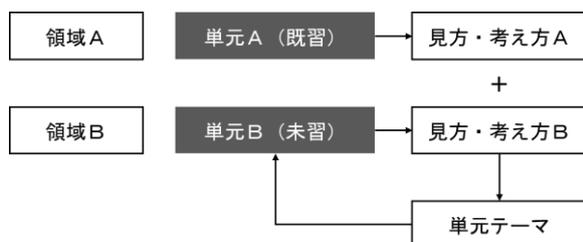


図1 2領域の統合フレーム

3.2 単元の設定方法

2領域の統合フレームでは、統合する領域を物理・化学・生物・地学すべてではなく、2領域に絞る(図1)。2領域に対応する2つの単元は、新しく学習する領域の単元を基盤とする単元とし、もう一方の統合をはかる領域を既習事項の単元とした。これにより、授業者が未習の単元の学習内容を統合して、再構成する必要がなくなり、学習指導要領の内容項目との整合性の担保や基本概念の欠落や重複を防ぐことができると考える。学習者は、領域ごとの基本概念の統合も行いながら、他領域との統合的理解をしていく。一方が既習単元であることで、学習者の負担が少なく、無理なく学習を進めることができると考える。

3.3 単元テーマの設定方法

2領域の統合フレームでは、統合的な理解を促すために、単元を通して意識するテーマを設定する(図1)。領域Aにおいて、既習単元(単元A)の基本概念を統合的に理解する見方・考え方(見方・考え方A)を設定する。そして、統合する領域Bにおいて、新たに学習する単元(単元B)の基本概念を統合的に理解する見方・考え方(見方・考え方B)を設定する。これら2つの単元の見方・考え方を加味して、ストーリー性のある単元テーマを設定した。この単元テーマを意識して学習を進めていくことで、単元B内の学習内容の統合的な理解と、単元Aと単元Bの学習内容の統合的な理解が促されると考えた(図2)。

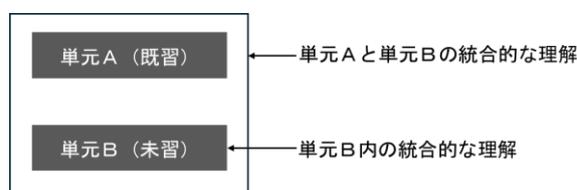


図2 単元テーマによる統合的な理解

4. 研究の実践

4.1 実践の対象と目的

調査時期 2025年7月~11月

調査対象 静岡大学教育学部附属浜松中学校2年生
実施単元名 「生物の体のつくりとはたらき」

目的

2領域の統合フレームを使用することで、基盤とする単元内での統合的な理解と、既習単元と未習単元の統合的な理解を促すのか実証的に明らかにする。

4.2 単元とテーマの設定

中学校第2学年の化学領域と生物領域の統合的な理解を促す単元を設定した(図3)。新たに学習する基盤となる単元を、生物領域の「生命の体のつくりと働き」、既習である単元を化学領域の「化学変化と原子・分子」として実践した。

単元テーマは、生物領域と化学領域を統合するために、2つの領域の「見方・考え方」を加味して設定した。生物領域の「生物の体のつくりと働き」を基盤とする単元では、基本概念のつながりを促す見方を、「生物の構造と機能」として意識した。また、化学領域の「化学変化と原子・分子」において、基本概念のつながりを促す見方を、「粒子の保存性」「粒子の結合」として意識して学習してきた。これら2つの領域の見方から、単元のテーマを「炭素原子の移動経路」と設定し、生徒には「炭素原子の旅」と示した。

「炭素原子の移動経路」というテーマを意識することで、生徒が生物領域の学習内容の統合的な理解と、

生物領域と化学領域の学習内容の統合的な理解を促すことをねらいとした。

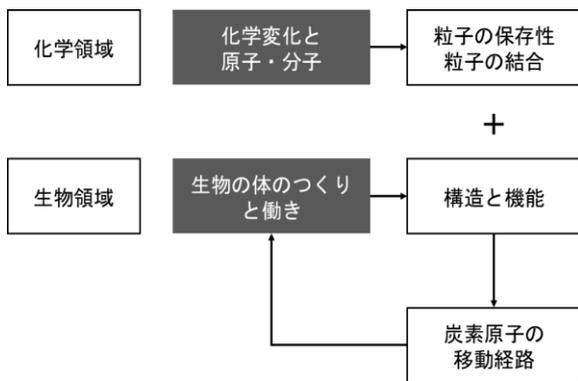


図3 実践した「2領域の統合フレーム」

生物領域では、光合成と細胞の呼吸での、大気中の二酸化炭素の同化と異化により、生きるためのエネルギーを得る仕組みを中心に、動植物の各器官を「構造と機能」に着目しながら学習を進めた。その際、「炭素原子の移動経路」を意識することが、生物領域の学習内容を「構造と機能」に着目して統合的に理解することを促すと考えた。

生物が生きるためのエネルギーは、大気中の二酸化炭素の光合成による同化、有機物の細胞の呼吸による異化という順番でつくられる。炭素の移動経路をたどることで、そのつながりを順序立てて学ぶことが容易になる。さらに、生物の体内の各器官では、デンプン、タンパク質、炭水化物、脂肪といった有機物や二酸化炭素、尿素などが、形を変えながら交換・運搬される。これらも個別の知識として暗記するのではなく、「炭素原子の移動経路」を視点とすることで、各器官の関連や、構造や機能の意義・必要性を学ぶことが見込まれる。

また、「炭素原子の移動経路」というテーマを意識することで、生物領域と化学領域の学習内容の統合的な理解もねらいとした。光合成と呼吸は、それによるエネルギーの出入りを伴う化学反応である。炭素原子に着目することで、化学式による表記され、化学反応として捉えることが容易である。さらに、光合成や呼吸のみならず、消化による分解が行われ物質が変化しても、炭素原子は消滅せずに、尿素や二酸化炭素として体外に排出される。これらも、炭素原子に着目することで「粒子の結合」や「粒子の保存性」として捉えることができると考える。

4.3 単元テーマに対応したパフォーマンス課題

単元テーマの文脈に沿って学習活動を行うために、単元テーマに対応したパフォーマンス課題を設定した。生徒には、「炭素原子の旅をまとめよう」と提示し、生物をつくる細胞や各部分が、どのように物質の運搬や

交換を行いながら連携しているのかを調べ、そのつくりと働きによる生命を維持するしくみの精妙さや不思議さ、美しさをレポートにまとめることを課題とした。生徒は一人一人が、タブレット端末を操作し、ロイロノートで「炭素原子の移動経路」を視点に、生物の体の各器官のつくりと働きを調べ、生命を維持するしくみについてまとめた。図4はパフォーマンス課題に対して生徒が作成したレポートである。

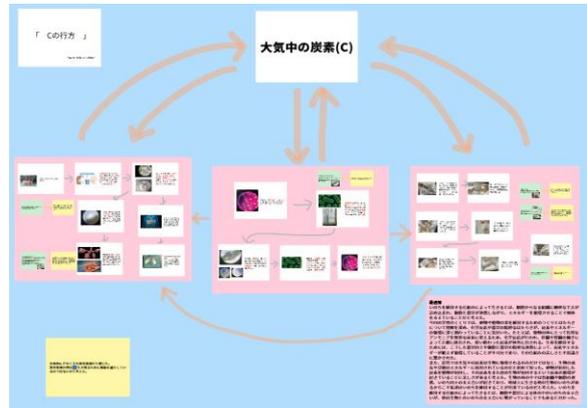


図4 パフォーマンス課題に対する生徒のレポート

パフォーマンス課題は、単元のガイダンスで提示し、自ら行った実験や観察の記録を根拠として使用して作成していくことを伝えた。これにより、「炭素の移動経路」という単元テーマを学習活動につなげることをねらった。

図5は、生徒が作成した観察記録である。単元テーマ「炭素原子の移動」を意識しながら、細胞の呼吸に必要な二酸化炭素が外気から、植物に気孔を通して取り込まれることを、実際の観察から理解していった。これら実験・観察の記録を、炭素原子の移動の視点でつなげ、図4のようなレポートを作っていく。

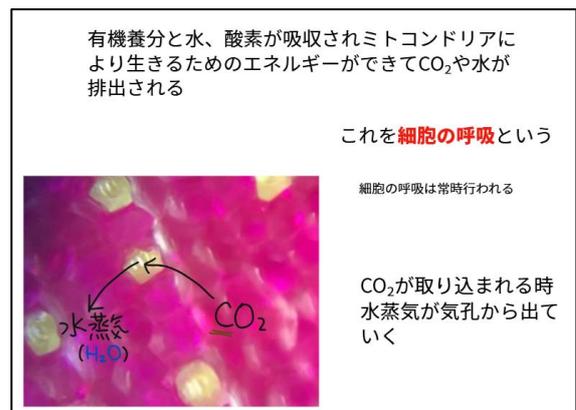


図5 生徒の葉の断面の観察記録

図6は、生徒のツバキの葉の断面の観察記録である。気孔から葉に入った、二酸化炭素は、海綿状組織を通っていく。生徒は、炭素原子の移動をたどることで、葉に入るための気孔や、葉の中を移動しやすい海綿状組織など、構造としてなぜこのようなつくりになっているのか、その機能から捉えた。

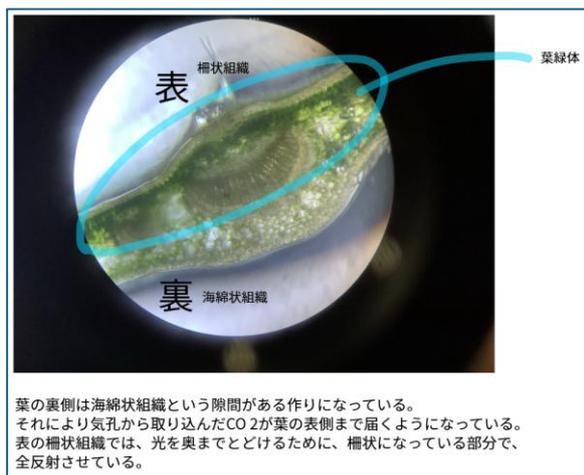


図6 生徒の葉の断面の観察記録

4.4 単元テーマに対応した単元の展開

単元テーマのストーリー性を単元の学習の文脈として使用するために、単元内容の展開を構成し、表4のように実践した。

第1時には、単元ガイダンスを行った。ガイダンスでは、「炭素原子の移動経路」の視点をつかみ、体内の臓器や、体に取り込まれる前の食物とのつながりを見だし、単元の見通しをもつことをねらいとした。そこで、「吐いた息の炭素原子は、どこから来たのか」という課題を設定し、個人で考えをつくり、小グループで、ホワイトボード上で意見を共有した。

第2～5時間目は、生命を維持するしくみの核となる光合成と細胞の呼吸を押しさえ、炭素の移動経路の大枠を把握した。ここでは、外気の二酸化炭素が光合成によって同化され、細胞の呼吸によって異化することで、生きるためのエネルギーが取り出され、不要物として二酸化炭素が排出されることをおさえた。

第6～10時間目は、光合成を行うために必要な物質を、「炭素の移動経路」の視点からとらえた。植物の体の各器官（葉・茎・根）のつくりを観察し、その構造を吸水や蒸散などの働きと関連させて捉えた。

第11～15時間目は、感覚器官や運動器官のつくりと働きを観察した。「炭素原子の移動経路」を視点とすることで、動物が有機物を得るための体のつくりや、様々な機能をもっていることをおさえた。

第16～19時間目は、有機栄養の血液内への吸収や、血液から体外への不要物の排出にかかわる器官のつくりを観察したり、働きを実験で確かめたりした。アミノ酸、ブドウ糖などの吸収する物質や、尿素といった排出する不要な物質も炭素原子を追うことで、器官のつくりや働きとつながりをとらえるようにした。

第20～22時間目は、血液循環によって物質が交換・運搬されている。炭素原子の移動経路に着目することで、器官同士のつながりを捉えていく。最終的に肺から外気へ出ていくことも、粒子の保存性を意識しながら押さえていく。

以上のように、「炭素原子の移動経路」を単元テーマとして学習の文脈になるように、教科書の学習の展開から変更している。

表4 単元の展開

時	学習内容	単元テーマ（炭素原子の移動経路）に関連した授業展開
1	ガイダンス	吐く息の二酸化炭素がどこから来たのかを予想させ、単元のテーマを意識してこれからの学びの見通しを持たせた。 【学習活動】・炭素原子の移動経路の予想
2	植物・動物の細胞	空気中の二酸化炭素の光合成による同化・細胞の呼吸による異化を、環境、植物、動物の間の炭素原子の移動によってとらえた。
3	細胞の呼吸	【学習活動】・細胞のつくりの観察
4,5	光合成	
6	葉のつくり	光合成に必要な物質と不要物の移動経路を炭素
7,8	茎と根のつくり	原子の移動によってとらえた。 【学習活動】・根・茎・葉のつくりの観察
9,10	吸水と蒸散	・吸水と蒸散の働きの検証
11	刺激と反応	動物が有機物を得るための各器官のつくりと働きを観察した。 【学習活動】
12,13	骨と筋肉の働き	・骨・筋肉・脳のつくりの観察
14,15	神経の働き	・感覚器官の働きの観察
16,17	消化のしくみ	有機物の消化と血液内への吸収、血液から体外への不要物の排出を、炭素原子の移動によってとらえた。
18	吸収のしくみ	【学習活動】・唾液の働きの検証 ・胃・小腸・腎臓のつくりの観察
19	排出のしくみ	
20	血液の循環	血液循環による有機栄養や、不要物の体内の移動を炭素原子の移動によってとらえた。
21	心臓の働き	【学習活動】・心臓のつくりの観察
22	呼吸の働き	血液中の不要な二酸化炭素の外気への排出を、炭素原子の移動によってとらえた。 【学習活動】・肺モデルでつくりの観察
23~27	追究する学習	【学習活動】・パフォーマンス課題を達成するための追究活動
28~30	炭素の旅	【学習活動】・レポートの作成
31	交流	【学習活動】・レポートの交流
32	単元のまとめ	【学習活動】・単元のまとめ

5. 結果と考察

5.1 アンケート結果とその考察

本実践後、2領域の統合フレームを用いた単元構想とその実践が、生物領域の単元内での統合的な理解と、生物領域と化学領域との統合的な理解を促すことに有効だったかを調査した。

実践を行った大学附属中学校の1クラス生徒35名に対して表4のアンケートを行った。ただし、表4のアンケート時に出席していた生徒は31名である。表5のアンケート項目Q1～Q8が、表6のアンケート結果Q1～Q8に対応している。Q1～Q8は、4件法（4とてもそう思う、3そう思う、2あまりそう思

わない、1 全くそう思わない) で解答している。また、4 と 3 の回答率を合わせたものを肯定率として表している。図 7 は、結果をグラフとして表したものである。

表 5 アンケート項目 1

	質問内容
Q1	植物の器官(葉、根など)と動物の器官(肺、胃など)は、形は違うが、生命を維持するために共通した役割を果たしていると感じた。
Q2	臓器のつくり(構造)を学ぶ際、「なぜこのような形になっているのか」という働き(機能)の理由を理解しながら学習できた。
Q3	動物の器官(肺や柔毛など)のつくり(構造)は、効率よく物質を交換・運搬するためにできていることが理解できた。
Q4	炭素原子(C)の移動経路を追いかけることで、光合成と細胞の呼吸が密接につながっていることがよくわかった。
Q5	炭素の移動を考えることで、生物の体の中で化学変化(原子の組み換え)が起こっているということを意識できた。
Q6	単元を通して学習した内容を、炭素の循環という一つの流れで全体的に捉えることができた。
Q7	植物が有機物を作り、動物がそれを分解してエネルギーを取り出すという生命の普遍的な仕組みが理解できた。
Q8	光合成と細胞の呼吸や、様々な器官や臓器のつくりとはたらきを、別々の知識としてではなく、生命を維持するためのしくみとして理解できた。

表 6 アンケート結果 1

	4	3	2	1	平均値	肯定率
Q1	19	11	1	0	3.58	96.80%
Q2	21	9	1	0	3.65	96.80%
Q3	24	6	1	0	3.74	96.80%
Q4	24	4	2	1	3.65	90.30%
Q5	21	10	0	0	3.68	100%
Q6	21	9	1	0	3.65	96.80%
Q7	22	9	0	0	3.71	100%
Q8	25	6	0	0	3.81	100%

n=31

4 とてもそう
3 そう思う
2 あまりそう
思わない
1 全くそう
思わない

表 6 のアンケート結果 1 より、アンケート項目 Q 1 ~ Q 3 は、すべて肯定率が 96% であった。

Q 1 の肯定率が高いことから、生徒は、植物と動物の器官役割を別々の個別の知識ではなく、共通点を見いだしていることがわかる。Q 2 の肯定率が高いことから、生物の器官を、構造と機能の視点でとらえることが出来たと感じる生徒が多いことがわかる。Q 3 の肯定率が高いことから、動物の器官を構造で捉える上で、物質の移動をもとに理解している生徒が多いことがわかった。

これは、「炭素原子の移動経路」という物質の移動の視点から、動物の器官の構造の理解につながっていると考えられる。よって、Q 1 ~ Q 3 の結果から、「2 領

域の統合フレーム」が、植物と動物の体のつくりと働きについて、「構造と機能」に着目しながら、統合的に生物領域の学習内容を理解することを促していると考ええる。

アンケート項目 Q 4, Q 5 の肯定率は、それぞれ、90%、100% だった。Q 4 の肯定率が高いことから、「炭素原子の移動経路」の視点で、光合成と細胞の呼吸の間でおこる物質の移動からそのつながりを見いだした生徒が多いと考える。Q 5 の肯定率が高いことから、「炭素の移動経路」の視点を用いることで、光合成や細胞の呼吸など、生物領域の内容を化学変化関連付けて考えることができていると考えられる。これは、「炭素の移動経路」の視点を用いて光合成や細胞の呼吸を考える時に化学式の使用が増えるからだと考えられる。よって、Q 4, Q 5 の結果から、「2 領域の統合フレーム」を使用し、「炭素の移動経路」を単元テーマとして用いる事で化学領域と生物領域の統合を促す姿が見られたと考える。

アンケート項目 Q 6 ~ 8 の肯定率は、それぞれ、96%、100%、100% であった。Q 6 の肯定率が高かったことから、単元テーマである「炭素の移動経路」によって、単元全体の学習内容を、統合的に理解することができていると考えられる。Q 7 の肯定率が高かったことから、植物の光合成による炭素の同化と、動物の細胞の呼吸による異化によって、エネルギーを取り出すという植物と動物の統合的な理解ができている生徒が多かったと考える。Q 8 の肯定率が高かったことから、生物領域の基本概念である光合成や細胞の呼吸、器官や臓器の構造と機能について、エネルギーを得て生命を維持するしくみとして統合的に理解する生徒が多かったと考える。よって、Q 6 ~ 8 の結果から、「2 領域の統合フレーム」を使用し、「炭素の移動経路」を単元テーマとして用いる事で化学領域と生物領域の統合を促す姿が見られたと考える。

表 7 アンケート項目 2 の Q 9 Q 10 は、単元の学習を終えた生徒を対象に、単元の学習後に行ったものであり、33 名の生徒が解答している。自由記述の解答を基に、NLI による文ベクトル解析を行った。分析に用いた基準文と適合スコアを以下の表 8 に示す。適合スコアは、設定した基準文に対してどれだけ整合性があるかを 0 ~ 1 までの値で示したものである。0.95 以上であれば、基準文とほぼ同じ意味の文章であると考えられることができる。

表7 アンケート項目2

n=33

Q9	植物や動物のからだのつくりや働きを学ぶ際、炭素原子の移動経路を考える、メリット(よさ)を教えてください。
Q10	植物や動物のからだのつくりや働きを学ぶ際、炭素原子の移動経路を考える、デメリット(課題・大変だったこと)を教えてください。

表8 基準文に対する適合スコア

n=33

	基準文	Q9	Q10
1	つくりを理解できた	0.83	0.13
2	働きを理解できた	0.96	0.18
3	つながりに気づく	0.99	0.71
4	植物と動物のつながりに気づく	0.65	0.17
5	環境とのつながりに気づく	0.85	0.64
6	器官とのつながりに気づく	0.83	0.64
7	まとめるのが大変	0.45	0.92
8	経路が複雑	0.51	0.94
9	情報量が多い	0.97	0.81

Q9の「炭素の移動経路」の視点を使用するメリットについて、基準文1「つくりを理解できた」2「働きを理解できた」に対応する適合スコアは、それぞれ、0.83、0.96であった。下の囲みは、基準文1、2に関連するQ9の解答の一部である。

- ・自分の体の作りや、植物の作りを今まで以上に深く理解することができたこと。
- ・それぞれの体のつくりや働きの流れを理解しやすくなるというメリット
- ・植物や動物のからだのつくりや働きについて、理解を深めることができること。
- ・炭素原子がさまざまな器官と関わっていることを理解できるため、各器官のはたらきについて知ることができる。
- ・それぞれの細胞や器官がある意味が具体的にわかったり、器官の位置などが印象的になり、記憶に残りやすいから。

具体的な生徒の記述からは、炭素原子に着目することで、器官同士の働きをつなぎ、構造や機能の関連と道筋を把握することを促していると考えられる。クラス全体の適合スコアの値からも、「2領域の統合フレーム」において、「炭素原子の移動経路」を単元テーマと

して実施することは、生物の「構造や機能」の理解を促すことに、一定の効果があつたと考えられる。

Q9の「炭素の移動経路」の視点を使用するメリットについて、基準文3「つながりに気づく」4「植物と動物のつながりに気づく」5「環境とのつながりに気づく」6「器官とのつながりに気づく」の適合スコアは、それぞれ0.99、0.65、0.85、0.83であった。下の囲みは、基準文3～6に関連するQ9の解答の一部である。

- ・炭素は生物に関わる様々なところに関わっていてつながりがわかりやすい
- ・炭素原子の移動経路を考えることで、植物や動物、環境の繋がりがわかりやすかった。
- ・動物や植物、空気の関係性をよく知ることができ
- ・植物と動物の関係性や循環の流れについて知り、他の物質と繋げて考えることができる。
- ・環境と個体を繋げて考えることができる。
- ・各器官がどのように繋がり、機能しているのかを考えることができた点
- ・器官同士がつながっていて作用し合っている、さらに自分と植物、二酸化炭素も関わっていることを知ることができる。
- ・教科書どおりにそれぞれの器官についてバラバラに学ぶよりも繋がっているということが分かりやすく、それぞれの器官の働きも考えやすかった。
- ・地球上の生命活動全体のつながりが明確になり、説明できるようになること
- ・全体の流れが把握できる。
- ・どれほど人類にとって自然という環境が大切であり共存していく必要があるかわかること。

具体的な生徒の記述からは、動物と植物だけでは無く、器官同士や環境との関わりを見いだしていることがわかる。さらに、自己との関わりや地球全体の生命活動まで統合的に捉える記述も見られた。また、つながりが見いだせたからこそ、器官のはたらきも理解しやすくなったという解答も見られた。

ここから、「2領域の統合フレーム」において、「炭素原子の移動」を単元テーマとして実施することは、生物領域の単元内で統合的な理解を促すことに、一定の効果があつたと考えられる。

Q10の「炭素の移動経路」の視点を使用するデメリットについて、基準文7「まとめるのが大変」8「経路が複雑」9「情報量が多い」の適合スコアは、それぞれ0.92、0.94、0.81であった。下の囲みは、基準文7、8に関連するQ9の解答の一部である。

- ・炭素を循環させるための必要最低限の器官だけだといらないものもあり、しかし生命活動を続けるためには必要であることを説明すること。
- ・複数のサイクル同士のつながりが複雑だった。
- ・つくりや働きの構造の工夫が複雑すぎて書ききれない。
- ・多くの臓器や仕組みの名前が出てきて覚えるのが大変だった
- ・様々なつくりがあるため、どれがどこにいくのかと、多くの知識が出てきて難しかった。
- ・炭素原子がどんなふうに移動しているのかを深く考えすぎて時間が足らなかった
- ・炭素原子の移動経路はとても広いので、全て調べることが大変だった。
- ・情報量が多くまとめるのが大変だった。

具体的な生徒の記述からは、詳細に調べていくと、それだけ情報量が多くなり、細分化していく経路に複雑さを感じていることがわかった。基準文9「情報量が多い」は、Q9の適合スコアでも0.97の高い相関を示している。多くの情報のつながりを統合的に把握することができるというメリットがある一方で、その情報量の多さを生徒が負荷だととらえていることがわかった。

5. まとめ

本研究では、学習指導要領の内容項目を基盤とした単元において、見方・考え方を用いた統合的な理解を促す単元構成の枠組みとして、「2領域の統合フレーム」を提案した。第2学年生物領域の「生物の体のつくりとはたらき」において、既習の化学領域の見方・考え方を含めて設定した単元テーマ「炭素原子の移動経路」を設定して実践した結果、学習指導要領の内容を担保しつつ、生徒が個別の知識を統合しやすくなることが確かめられた。

領域内における統合的理解について、生命を維持するために、構造と機能との関連を学ぶことを通して、共通の仕組みとして、統合的にとらえる姿が見られた。また、化学領域と生物領域の2領域間の統合的理解について、光合成や細胞の呼吸を中心に物質の同化や異化という基本的な概念を、「炭素原子の移動経路」を意識することで、生命活動の観察を通して具体的に理解しやすくなるという効果が見られた。

単元テーマにそった学習活動として、「炭素原子の旅をまとめる」というパフォーマンス課題を設定した。これにより、生徒は実験・観察の結果を単なる記録に留めず、炭素の移動という文脈で情報を再構成し、統合的な理解をレポートとして表現することが可能となったと考える。

「2領域の統合フレーム」の利用は、「融合理科」とは異なり、一領域を既習事項とすることで、教員の単元構想の負担を軽減することができる。学習指導要領の内容との整合性を保ち、「統合的な理解」を促す単元構想の方法の一つと考えることができる。

以上のことから、学習指導要領の内容項目を基盤とした単元において、見方・考え方を用いた統合的な理解を促す単元構成の枠組みとして「2領域の統合フレーム」を用いることは一定の効果があつたと考える。

課題として、情報量の多さや複雑さが生徒の負担になっていることが挙げられた。単元テーマは、多くの情報のつながりを促す一方で、扱う情報量が増大するため、生徒の理解度に応じた情報提示や、思考を整理する足場かけの検討が必要であると考えられる。また、今回は化学領域と生物領域の事例による検証だった。物理領域や地学領域を基盤とする場合においても、「2領域の統合フレーム」が有効に機能するかどうか、さらに実践例を積み重ねて検証する必要がある。

6. 参考文献

- 石井英真 (2011) 現代アメリカにおける学力形成論の展開. 372-383.
- 文部科学省 (2017) 中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 理科編. 学校図書, 86-91.
- 文部科学省 (2025) 中央教育審議会 初等中等教育分科会 教育課程部会 総則・評価特別部会 (第 2 回) 資料 1-1「検討資料 (1) 目標・内容の構造化・表形式化等」. 文部科学省.
- 鈴木敏之 (2022) 諸外国の先進的な科学教育に関する基礎的研究～科学的探究と STEM/STEAM を中心に～ (令和 3 年度 プロジェクト研究調査研究報告書 初等中等教育—0 4 8 『学校における教育課程編成の実証的研究』報告書 4). 国立教育政策研究所. 55-60.
- 田中正寿 (1973) 中学校における融合理科. 化学教育, 21 (4), 283-286.
- 田中誉也 (2023) AAS - Argument Aggregation System. AAS の広場, 2023, <https://www.aas-hiroba.com> (2026 年 1 月 9 日閲覧).
- 栃堀亮・片平克弘 (2014) シンガポールの理科教科書における自然の統合的理解に関する研究. 日本科学教育学会研究会研究報告, 28 (5), 25-28.