

高等学校理科・生物基礎における教科書記述の変化に基づいた 新しい学習指導案の開発に関する研究 ～「PREP 法」による「主体的対話的で深い学び」へ～

Studies on the Development of Teaching Plan in Basic Biology Class
According to the Alteration of Newly Revised Text Book
in Upper Secondary School
～ through “PREP Method” for Proactive, Interactive, and Deep Learning ～

西 野 秀 昭

Hideaki NISHINO

福岡教育大学・教職実践研究ユニット（理科）

（令和4年9月26日受付, 令和4年12月20日受理）

要 約

本研究では, 新しい高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説理科編理数編に基づいて書かれた高等学校生物基礎の教科書での, 内容の記述様式の変化に対応した, 新しい学習指導案の書き方, 「PREP（プレップ）学習指導案」の構成様式を提案するものである。教科書の各単元や各節の最初に, 小学校や中学校の理科授業で最初に板書される「めあて」や最後の「まとめ」に相当する目標や課題文が記されるようになった。これを一步推し進め, 効果的な話し方の一つ PREP 法や, 英語で書かれた教科書のように, 最初に結論（Point by teacher, Teacher P）を掲げ, 次にその理由（Reason, R）とその具体例（探究活動での観察・実験の結果や研究者の研究成果）（Example, E）の学びを生徒が主体で, 教師と生徒や生徒どうしで対話的に構成し, 最後に R や E を踏まえた内容での新たな結論（Point by individual student, Student P）を生徒が自身の言葉で整理し, それを評価対象とする, という授業様式及び評価のための学習指導案である。この, 生徒による「まとめ」の Student P は, 新しい高等学校学習指導要領解説（平成30年告示）理科編理数編の教育目標の（1）知識・技能, （2）思考力・判断力・表現力等, （3）学びに向かう力・人間性等, における到達度の評価に用いることができる。本研究で提案する方法に基づいた「PREP 学習指導案」は, 板書計画相当内容+評価の判断基準から構成されている。教職大学院で理科を専攻する大学院生に「PREP 学習指導案」を, 教科書内容を基に構築させたところ, 評価の判断基準まで構築させることができたことから, 現職の教師にも適用できると考えられる。

キーワード 高等学校理科, 生物基礎, PREP 法, 単元・節の目標や課題文, 結論・理由・具体例・結論

1 目 的

本研究は, 新しい高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説理科編理数編（以降, 「解説」）に基づいて書かれた, 高等学校生物基礎の教科書での内容の記述様式が, 小学校や中学校理科の授業方式に倣った変化をした事に対応した, 新しい学習指導案, 「PREP（プレップ）学習指導案」の構成様式を提案する為に実施したものである。

以前の高等学校学習指導要領の下で書かれた教科書と比べて大きく変わったのは、各単元や各節の最初に、「目標」や「課題」が明確に掲げられたことである。例えば、「遺伝子とそのはたらき」の章の最初には、以前（例えば、嶋田他，2019）には見られなかった「この章の目標」が記載され、「…を理解し、自分の言葉で説明できるように…」と、理科の目標（1）の（生徒が自らの力で）知識（を獲得し、理解を深めて体系化）・技能だけでなく、目標（2）思考力・判断力・表現力等の涵養を目指したものになっている（例えば、嶋田他，2022）。また、同じ章の最初の節には、「この節の目標」として、その節で「理解する」ことが2点、述べられている。これは、小学校や中学校の学習指導案にもある「めあて」と「まとめ」に相当する内容であると考えられる。即ち、その章や節で学ぶべき事が何であるのか、「結論」が学習の最初に明確に示されるようになったと言える。実は、以前の高等学校学習指導要領の下で書かれた教科書も、最後に改訂された生物基礎（2単位）や生物（4単位）でも、それまでに無かった「目標」や「課題」が単元や節の最初に記載されていた。例えば、改訂高等学校生物（吉里他，2019）の「3. さまざまなタンパク質のはたらき」には、「学習のめあて」が三つ、「～を理解する」の形で示されているが、高等学校生物（吉里他，2016）には「学習のめあて」は示されておらず、いきなり内容に入っていて、学習目標などは明示されていなかった。このような変化は、新しい「解説」の内容が明らかになった後の出版であることから、新しい学習指導要領が実施される前であっても、新しい「解説」の意図を汲んでいるものと考えられる。

そこで本研究では、2022年度から使用され始めた高校生物科目の生物基礎の教科書において、「結論」に相当することが学習前に述べられていることを踏まえて、結論を最初に述べる話し方「PREP法」（例えば、大嶋，2013；春日他，2016）に倣って、新しい学習指導案「PREP学習指導案」のモデル様式を提案し、その作成を、高校教師を目指す教職大学院の院生が行えるか検証することとした。「PREP法」は、大嶋（2013）によっても提唱されているように、論理的で説得力があるとされる話し方の一手法である。最初に結論（Point, P）を話し、そのPの理由（Reason, R）を示し、具体例（Example, E）を挙げ、RとEを最初のPの論拠（福澤，2002）とし、最後のPをまとめる、というものである（大嶋，2013；春日他，2016）。

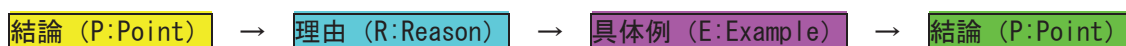


図1 PREP法〔大嶋（2013）から引用・改変〕

結論（P:Point）を先に出して、次にその理由（R:Reason）を述べる。結論をより分かりやすく説得力が出るように具体例（E:Example）を挙げて、最後にもう一度、結論（P:Point）を述べる。

2 方法

PREP学習指導案の構築：図1に示す流れで学習指導案（表1）を構成し、以降、「PREP学習指導案」と呼ぶ。最初の結論は教師が提示し、最後の結論は生徒一人ひとりがまとめる評価対象であることから、区別が付くように記号化する。最初の結論は、教師によって提示される結論（Point by teacher）、即ち Teacher P、最後の結論は生徒がまとめる結論（Point by individual student）、即ち Student P と呼び分ける。Student P には理由（R）と具体例（E）が反映された表現を必要とする。

PREP学習指導案の板書計画：本研究代表者が所属する教職大学院では、大学院生が毎週、実習校にてインターンシップ実習を行っている。その指導の一環で高校教師の授業を見せて頂く際や、大学院生による授業実践へのご指導を見ていると、高校教師は板書計画ノートを基準にして授業を行う傾向があると感じている。そこで、高校教師が既にお持ちの板書計画ノートの内容をPREPの様式に再構成する、即ち、最初の導入で教師による結論を板書計画ノートへ入れることでPREP学習指導案に変換できるよう、表1は示してある。授業では、単元の最初に、例えば「カリマネ地図」の考え方（西野，2021）で生徒に興味・関心を抱かせる導入を行った後、教科書に記載の目標や理解すべき事を板書する。この目標や理解すべき事は、紙に書いて貼っても、ICT機器等で示しても良い。教師と生徒の対話の想定は、理由と具体例を理解させる流れで構成する。

表1 PREP 学習指導案（簡略版）

生物基礎の教科書	PREP 学習指導案(簡略版)
単元題目： DNA の構造	<p>【導入】「コンピューターの情報の文字は 0(ゼロ)と 1(イチ)だけ(数学・情報の「カリマネ地図」* から)。一方, DNA の文字は？」</p> <p>【発問】DNA にはどのような文字で情報が書き込まれているのだろうか？</p> <p>【Teacher P】DNA の構造には特有の文字で遺伝情報が書き込まれている。</p> <p>《生徒の疑問》なぜ, そのように言えるのだろうか？(問題の発見)</p> <p>～ここから教師と生徒の対話を想定し, 下記の演示実験の必要性を理解させる～</p> <p>【教師&生徒による演示実験】 DNA の抽出</p> <p>～抽出した物質が DNA であることはどうすれば分かるだろうか？～(実験結果への考察)</p>
第 1 節： DNA の構成成分	<p>【Teacher P】DNA の遺伝情報の文字は 4 種</p> <p>《生徒の疑問》なぜ, そのように言えるのだろうか？(問題の発見)</p> <p>～ここから教師と生徒の対話を想定し, 下記の理由と具体例を理解させる～</p> <p>【理由:R】DNA を加水分解すると, 4 種のデオキシリボヌクレオチドが得られる。</p> <p>【具体例:E】DNA の加水分解実験結果の表(シャルガフの研究)</p> <p>[教材]デオキシリボヌクレオチドの塩基部分の模型</p> <p>【Student P】学習プリントに書かせ, 理科の目標への到達度を段階評価</p>
第 2 節： DNA の二重らせん構造	<p>【Teacher P】4 種の文字の結合のズレが DNA の二重らせん構造を生み出す</p> <p>《生徒の疑問》なぜ, そのように言えるのだろうか？(問題の発見)</p> <p>～ここから教師と生徒の対話を想定し, 下記の理由と具体例を理解させる～</p> <p>【理由:R】文字間の結合 1 つのズレは 36° の角度。文字 11 個目では DNA は 1 個目から 360° 一回転することに。</p> <p>【具体例:E】DNA 二重らせん構造模型の結合のズレを真上から分度器で測定。</p> <p>[教材]DNA 二重らせん構造模型</p> <p>【Student P】学習プリントに書かせ, 理科の目標への到達度を段階評価</p>

*：カリキュラム・マネジメント地図（カリマネ地図），即ち他の教科との結びつきを具体的に図式化したもの（西野，2021）。最初の結論は，教師によって提示される結論（Point by teacher），即ち Teacher P，最後の結論は生徒がまとめる結論（Point by individual student），Student P と呼び分ける。赤字の《生徒の疑問》が，ここでは「問題（の発見）」に相当する。

PREP 学習指導案での評価：高校生による学習のまとめである Student P の例を表 2 に示す。高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説理科編理数編（文部科学省，2018）によれば，「知識・技能」の「知識」は「理解」であることから，その「理解」が読み取れ，「思考・判断」したことが「表現」されているかを評価の対象とする。表 2 のような例を大学院生に示しながら，評価の基準を検討することにした。即ち，生徒による結論への評価をどのようにモデル化するかは，本研究代表者と大学院生で対話（話し合い）しながら整理していった。大学院生は評価される側の生徒の気持ちに近いと考えたためである。表 2 には評価の対象になる文章表現も示している。

表2 生徒による結論の評価の基準例

評価	Student P (生徒による学習のまとめ例：DNA の構成成分)
A	コンピューターでは0(ゼロ)と1(イチ)を文字として情報が書かれているように〔「知識・技能」を理解し身につけて駆使できているか?〕, DNA には4種の文字を用いて情報が書かれている〔最初の結論を書いているか?〕。DNA ではA・T・C・Gの4種の塩基が文字であることは, DNA を加水分解して構成要素に分けることで分かる。〔結論の理由を書けているか?、結論と理由を区別できているか?〕シャルガフの研究によって, 生物が違ってもAとTどうしの数は同じ, CとGどうしの数は同じだが, 生物が違うと(A+Tの数)/(C+Gの数)の比は異なることが分かった。〔具体的な例を書けるか?〕このシャルガフの発見から, DNA が文字として用いているA・T・C・Gの4種の塩基の情報の違いが生物どうしの形質の違いにつながっていると考えられる。〔学習内容を理解して自分の言葉で結論を書けているか?、「知識・技能」を理解し身につけて駆使できているか?、「学びに向かう力・人間性等」は見られるか?〕〔文章全体から, 「思考力・判断力・表現力」を見取れるか?〕
B	DNA は4種の文字を用いて情報を書いている。DNA ではA・T・C・Gの4種の塩基が文字であることは, DNA を加水分解して構成要素に分けることで分かる。シャルガフの研究によって, 生物が違うと(A+Tの数)/(C+Gの数)の比は異なることが分かった。このシャルガフの発見から, DNA の情報の違いが生物どうしの形質の違いにつながると考えられる。
C	A 評価, B 評価以外(例えば, 教師が示した結論や, 理由などしか書かれていない)

朱書き〔〕内が「解説」の目標に準じた, ここでの評価の詳細な基準。ここでは評価を3段階に分けたが, 5段階などに分けることも考えられる。

基本AL学習指導案 浜島書店 生物 p266, 267 「自然選択」
数研出版 生物 p361 「自然選択」
解説 p132 の進化の仕組みについて 3段階目
「遺伝子頻度に変化する要因として, 遺伝的浮動と自然選択を扱う」

【結論(教師による)】
繁殖や生存に有利な変異をもつ個体が次の世代により多くの子を残す。

【理由】
＜思考実験＞
・産業革命によって生産活動の主要が「農業」から「工業」へと変わった。ある田園地帯では, オオシモフリエダシヤク(明暗型)が多く生息している。しかし, 産業革命後に工場が多く建てられるようになり工業地帯となり, 工場から排出される煙により大気汚染などの公害が起こり始めた。このことに伴って, 工業地帯では, オオシモフリエダシヤクの突然変異型(暗色型)が増加した。どうして突然変異型が増加したのか説明してください。また, 条件は以下の通りである。
条件1: オオシモフリエダシヤクは鳥に捕食されることによって個体数が増えるものとする。
条件2: オオシモフリエダシヤクの個体数は木の幹に見られたもので判断した。
条件3: 産業革命前の田園地帯であったときの木の幹には白っぽい地衣類が生えていたが, 産業革命により工業地帯となった影響で木の幹に地衣類が生息できなくなった。
○大気汚染の様子(北九州) 現在 1960年代

引用: <https://asiangreencamp.net/general/工場での汚れた子供>

引用: https://www.city.kitakyushu.lg.jp/kankyou/file_0268.html

○オオシモフリエダシヤクの明色型と暗色型

引用: <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%87%A5%E6%A5%A4%E6%9A%97%E5%8C%96>

○田園地帯の木の幹と工業地帯の木の幹

引用: <https://ib.bioninja.com.au/standard-level/topic-5-evolution-and-biodiversity/evidence-for-evolution/evolution-example.html>

結果: 産業革命のときの工業地帯では煙の煤によって木の幹が黒くなり, オオシモフリエダシヤクの突然変異型が捕食者である鳥に見つかりにくくなったため, 個体数が増加した。

【具体例】
19世紀, イギリスの工業地帯を中心に, オオシモフリエダシヤクの突然変異型(暗色型)が増加した。次の表は, 工業地帯と田園地帯とで, 明色型と暗色型のそれぞれにマークして放し, 数日後, 再捕獲して両型の割合を調べたものである。このように, 工業地帯で暗色型が増えたのは工場の煤で樹木が黒くなり, 暗色型が明色型よりも目立たず, 捕食されにくかったためと考えられる。その後の左のグラフのように, 大気汚染の改善とともに, 暗色型の頻度は低下している。

	明色型	暗色型	割合	
田園地帯	放した数(n)	496	473	969
	再捕獲した数(n)	62	30	92
	再捕獲率(n-a)	12.5%	6.3%	
工業地帯	放した数(n)	64	154	218
	再捕獲した数(n)	16	82	98
	再捕獲率(n-a)	25.0%	53.2%	

【結論(各生徒による)】

A	産業革命のときの工業地帯では, 煙の煤によって木の幹が黒くなったことによりオオシモフリエダシヤクの明色型の個体数が減少し, 突然変異型(暗色型)の個体数が増加したことから, 繁殖や生存に有利な変異をもつ個体が次の世代により多くの子を残す。
B	繁殖や生存に有利な変異をもつ個体が次の世代により多くの子を残す。

個体間の変異が遺伝し, その変異に応じて繁殖力や生存率に差がある場合に限る

導入: 同系色の見えやすさと黒写真と白い写真に黒い虫のイラストを乗せたときに見えやすい方はどちらか考えさせ, 生物の進化に関わることがあると考えさせる。

カリマネ地図

```

graph LR
    A[産業革命  
(社会)] --> B[自然選択]
    B --> C[色彩(美術)]
    B --> D[地域の特徴  
(社会)]
  
```

図2 大学院生による PREP 学習指導案の例 (A)

単元は, 生物進化の「自然淘汰」を採り上げた。この PREP 学習指導案を基に模擬授業を実施し, 質疑応答を行ったあとのものである。授業の導入に用いるカリマネ地図(西野, 2021)の作成も行った。

3 結果と考察

授業実践と評価の研究（理科）等の大学院授業において、図2、図3、図4が、高校教師等を目指す大学院生に最終的に作成させた PREP 学習指導案の例である。大学院生によって表現の多様性が見られるが、90 分の授業時間中に、本研究代表者と対話しながら作成することができている。大学院授業の導入では、「カリマネ地図」（西野，2021）の例として、NHK 高校講座数学Ⅱ（ラジオ第2放送）において、「無理数（ $\sqrt{}$ ）」の学習に先立って、エジプト文明で、毎年ナイル川が洪水を起こす度に耕作地の再測量を行うのに「無理数」の概念が必要だったことを導入で取扱っていることを話し、授業の導入部で「カリマネ地図」の考え方をを用いて生徒の興味・関心を引きつける PREP 学習指導案の構成を検討させた。

図2は、生物進化の「自然淘汰」を採り上げた。この時の大学院授業の実施時期はまだ生物基礎（2単位）の新しい教科書が使用開始前であったことから、旧学習指導要領の下での生物（4単位）教科書から観察・実験が難しい単元の例として採り上げた。高等学校では、PREP 学習指導案の「具体例」に相当する観察・実験の実施が、授業時間数等のやりくりから難しい場合がある。生物進化の学習の場合も観察・実験が困難なので、研究者等によって得られたデータ等を科学的（即ち適切な根拠として、以降同じ）に読み取れるかが課題になる。このような点で、「解説」で求められている「(2) 思考力・判断力・表現力等」のうち、「思考力・判断力」を高校生に育てることができると考えられる。左上の「結論（教師による）」の前に、右下のカリマネ地図を活用して導入部で生徒の興味・関心をかき立てる話を、まず教師がする。各種の写真やデータは ICT 機器によって投影し、かつ、生徒へ資料として配付することも考えられる。評価を行うための生徒によるまとめ（Student P）は、理由と具体例、即ち根拠、を論拠（福澤，2002）として表現する力「表現力等」を育てることができると考えられる。ここには「知識・技能」も理解に基づいて表現されていることも必要があり、評価の対象とする。

図3は、「化石による進化の証拠」を採り上げた。この場合もやはり、大学院の授業実施時期はまだ生物基礎の新しい教科書が使用開始前であったことから、観察・実験が難しい単元の例としてここでも旧学習指導要領の下での生物（4単位）教科書から採り上げた。観察は場合によっては一部可能かもしれないが、実験はできない単元で、科学的に考える必要がある。この場合は、教師と生徒の対話を、通信アプリ LINE での会話のイメージで構成している。このようにすると、より具体的な授業構成のイメージを学習指導案に浮き上がらせることができると考えられる。

図4は、「DNA の複製」を採り上げた。この場合は、授業実施時期は生物基礎の新しい教科書が出版され、高校でも使われていたこと、及び大学院生が実習先の高校で授業実践で実施した単元であることからここで採り上げた。この場合は、実際に授業を実施した直後であり、授業時間の短さが既に実感されていることから、授業での生徒との対話が少ない傾向にあるので、その点の改善が必要かもしれない。一方で、評価の対象である「生徒によるまとめ（Student P）」はかなり具体的になっていることが分かる。この Student P を教師が予め構成することは、「解説」の三つの目標を確認しながら学習指導案を作成することにも役立つと考えられる。

アメリカの生物学の教科書では、例えば、Sadava, et al. (2011) などのように、各節の題目が結論になっているものが見られる。例として Sadava, et al. (2011) の「検定交雑」の節を和訳した D・サバディ他 (2010) で見ると、原文 (Mendel verified his hypothesis by performing a test cross) 通り「メンデルは検定交雑を実行することによって仮説を検証した」が題目になっている。これは PREP 学習指導案の「教師による結論 (Teacher P)」に相当し、「具体例」は検定交雑の実験とその結果になる。「test cross (検定交雑)」という用語はこの節で初めて出てくるが、英文本文では、“test cross, which is a way of finding out whether an individual showing dominant trait is homozygous or heterozygous.” と記述して定義できている (Sadava, et al., 2011)。関係代名詞での表現であり、日本語の教科書ではできない表現のように見えるが、カッコ付で定義したり、D・サバディ他 (2010) のように別の文章で表現したりすることで、これまでの高校生物科目教科書での「これを～という。」という、「新しい学習指導要領の考え方（文部科学省，2017）」で、批判され改善が求められている、単に暗記を求めるような表現にはならないと考えられる。

基本AL学習指導案
実教出版 生物 P282 化石による進化の証拠 解説 P92 (ア) 生物の起源と生物の変遷について 2
段階目
ここでは、生命の起源と、その後の生物進化の道筋を理解させることがねらいである。

【導入 カリマネ地図による】

いのちの
旅博物館


化石

ピカイヤ
(脊椎動物の
祖先)

教師	生徒
生物の形や外見などの特徴、すなわち形質が、世代を重ねて受け継がれていく課程で変化していくことを何ということができますか？	中学校の理科で習いました。進化ですよね。
そうです進化です。では、その進化はどのような仕組みで起こってきたと思いますか？	遺伝子か何かが変わることですか？
そうですね。そのような予想も立てることが出来ますね。では、予想を確かめるためにはなにが根拠が必要ですね。進化の場合は実験することができないので、何かを観察することにより、根拠を得られないでしょうか？	
では、進化の仕組みの手がかりを得るためには何を観察すれば良いと思いますか？	
みなさん、カプトガニやシーラカンス、メタセコイアというものを知っていますか。	
生きた化石と言います。	聞いたことがあります。
それでは、ウマの化石で調査してみましょう。	あ！化石！化石を観察すると進化の仕組みを調査することができるかもしれないと思います。

【結論（教師による）】生き物の進化は連続的な変化による。
【理由】ウマの化石を見ると、臼歯の咬合面は、時代が経るにつれ複雑になり、より硬い草を食べるように歯生が変化しているから。

【具体例】



【結論（各生徒による）】
評価 ウマの化石を年代別に並べると、形や大きさ、歯の数などが連続的に変化していることが分かる。
よって生き物の進化は連続的な変化によることが分かる。
評価 ウマの化石を年代別に並べると、連続的に変化していることが分かる。よって生き物の進化は連続

的な変化によることが分かる。

評価：評価A 評価B以外

図3 大学院生によるPREP学習指導案の例(B)

単元は、「化石による進化の証拠」を採り上げた。このPREP学習指導案を基に模擬授業を実施し、改善のための質疑応答を行ったあとのものである。授業の導入に用いるカリマネ地図（西野，2021）の作成も行った。

生徒との対話に関しては、教室の生徒全体へ呼びかけると、生徒一人ひとりが自分事として考えない場合は対話が成り立たない事がある。そのようなことを未然に防ぐには、授業毎に2～3名の生徒をその授業での担当生徒として教師と対話する生徒の役割とし、他の生徒は、その様子を観察する役割とする方法も考えられる。NHK 高校講座のテレビ放送と同じ方式なので、その場合は原稿があるので、スムーズに授業を進める為に、事前に担当の生徒とおおまかな授業の流れを打ち合わせておく事も工夫として考えられる。限られた生徒のみを対話の対象とすると、他の生徒が単なる傍観者になる懸念を持たれるかもしれないが、全ての生徒が最後のStudent Pをまとめなければならないので、生徒はその日の授業の役割に関わらず、自分事として捉えなければならないのと、対話する生徒役の機会は全員に均等に回ってくるように設定することで、そのような懸念は不要になるだろう。

4 まとめ

本研究では、これまでの学習指導案とは異なる形で、「PREP学習指導案」という新しい形式を提案した。これは学習指導案ではない、とのご指摘もあるものとは考えている。確かに、「これまで」の学習指導案とは違うが、「これから」の学習指導案の一つの基礎になる可能性を、本研究では提案している。近年、教師の多忙さが取り沙汰される中でも、全く新しいものではなく簡易なことからも、これまでの方法、例えば授業ノート、のマイナーチェンジのみで、授業で実施可能と考える。新しく版が改められた教科書の変化にも対応し、実施することで解説に記載されている三つの目標の実現へ、よりつながる高校理科教育が、実施できるものと期待している。その目標には、(1) 知識・技能、(2) 思考力・判断力・表現力等、(3) 学びに向

かう力・人間性等, があるが, これは重要性の順番を示すものではないとの但し書きが解説にはある(文部科学省, 2018)。これはむしろ, (3) 学びに向かう力・人間性等, を高校生に身につけさせるために(2) 思考力・判断力・表現力を鍛え, そのためには, 暗記ではなく, 理解に基づいた(1) 知識・技能が必要なのではないかと考える。この考え方に沿った, 高校生における(3) 学びに向かう力・人間性等の涵養へ本研究が少しでも貢献できることを願っている。

前回まで何を学習してきましたか? DNAの塩基の割合の計算をして終わりましたね。塩基の相補性が大事だったけど、どの塩基同士が相補的だった? (生徒「AとT, CとG」) そうですね。今日は前回までに学習したことを踏まえて、遺伝情報などのように複製されているのかや分配されているのかについて学習していきます。

教科書は82ページからです。今回学習する内容についての目標を2つ出します。①-, ②-です。半保存的や細胞周期という言葉がまだわからないと思います。この言葉についても今から学習していきます。

遺伝情報の複製と分配

1. DNAは半保存的に複製される。
2. DNAの複製は細胞周期のS期(合成期)で行われる。

細胞周期のS期(合成期)とは、細胞が分裂するまでの期間である。この期間には、DNAの複製が行われる。

細胞周期のM期(分裂期)とは、細胞が分裂するまでの期間である。この期間には、細胞が2つに分かれる。

次に分裂期であるM期について説明していきます。M期は前期、中期、後期、終期に分けられるのでそれぞれみていきましょう。はじめに細胞は動物細胞と植物細胞があることを復習しましたが、今から示すのは動物細胞でのM期の様子です。まず前期では(〜終期まで)。そして、終期では核膜が生じると話しましたが、これは動物細胞の話でした。植物細胞ではここが少し違うので、植物細胞の終期だけ板書します。植物細胞は動物細胞と違って細胞壁と細胞板の2つを持っています。動物細胞では、核膜ではなくて細胞板という板のようなものができます。最終的に細胞板が完成するとDNAの複製が行われます。動物細胞のM期のDNAの量の増減(相対値)も、植物細胞のM期のDNAの量の増減(相対値)も、横軸が細胞周期です。もとのDNA量はこれを2として考えてみましょう。(細胞周期の説明のときの図を示した。)S期でDNAを複製して、G₂期にはDNAは2倍の量になっている。

最初の結論(P)
細胞周期の進行に伴ってDNAは半保存的に複製され、2つの細胞に分配される。
【予想される高校生の考え】
細胞分裂によって、1個の細胞が2個になる。(DNAの量的概念がない)
DNA量は、
1 減っていく
2 変わらない(同じ量) → そのしくみは? (コピーと言わせる方法が欲しい) 変化しないから大丈夫
3 増えていく
・ DNAは複製されるけど、減ったり増えたりしないさ。だって複製方法にないから工夫が必要じゃない?
・ DNA量の増減の質問から、生徒に興味関心を持たせることが必要かもしれない。
生徒自身の学ぶ動機になりそう。→生徒が主体的に対話的な学びにつながり、それが深い学びにつながるのではないかと考えられる。

最初の結論(P)
分裂を終えた細胞が次の分裂を終えるまでの期間である細胞周期の進行に伴って、DNAはもとのDNA量の塩基配列をもとにして相補的に新しい鎖が合成される半保存的複製を行い、2つの細胞に分配される。

細胞周期という言葉が目標の①に出てきました。これは、分裂を終えた細胞が次の分裂を終えるまでの期間のことをいいます。そして、この細胞周期には大きく4つに分けられます。それが(1〜4)です。4つめの分裂期はさらに4段階に分けられます。(前期〜終期)です。これらを図で示すこのようになります。このように細胞内のDNAが複製され、分配されることで元の細胞と新しくできた細胞では同じDNAを持つことになります。次に、DNA合成期であるS期について詳しくみていきます。例えばこのようなDNAの塩基配列があったとします。これを複製するとき、どうやって複製されると思う? (生徒「一本ずつ」) そうです。DNAは複製されると一本ずつにわけられます。そうすると前回学習した塩基の相補性を使えば、もとの塩基に相補的な塩基を使えばいいですね。(生徒が赤字部分回答)すると、もとのDNAと同じものが2つできています。このようにS期ではDNAが複製されます。

考察・推論

・ DNAは半保存的に複製される。
・ 細胞周期の進行に伴ってDNAが正確に複製され2つの細胞に分配される。

表現・伝達

・ DNA合成期(S期)には、もとのDNAの一方のヌクレオチド鎖に相補的な塩基を持つヌクレオチドが結合し、新しいヌクレオチド鎖がつくられていく。このように、DNAは半保存的に複製される。
・ DNA合成期(S期)に複製されたDNAは、分裂期(M期)を経て2つの娘細胞に均等に分配される。このように、細胞周期の進行に伴ってDNAが正確に複製され2つの細胞に分配される。

(A評価)
DNA合成期(S期)には、もとのDNAの一方のヌクレオチド鎖に相補的な塩基を持つヌクレオチドが結合し、新しいヌクレオチド鎖がつくられていく。このように、DNAは半保存的に複製される。
DNA合成期(S期)に複製されたDNAは、分裂期(M期)を経て2つの娘細胞に均等に分配される。このように、細胞周期の進行に伴ってDNAが正確に複製され2つの細胞に分配される。

(B評価)
DNA合成期(S期)には、もとのDNAの一方のヌクレオチド鎖に相補的な塩基を持つヌクレオチドが結合し、新しいヌクレオチド鎖がつくられていく。このように、DNAは半保存的に複製される。
DNA合成期(S期)に複製されたDNAは、分裂期(M期)を経て2つの娘細胞に均等に分配される。このように、細胞周期の進行に伴ってDNAが正確に複製され2つの細胞に分配される。

(C評価)
A評価とB評価以外の解答。

図4 大学院生による PREP 学習指導案の例 (C)

単元は、「DNAの複製」を採り上げた。ここでは高校で実践した生物基礎の授業の板書計画を基に、PREP学習指導案に再構成したものである。評価では鍵になる表現には黄色でハイライトしている。板書計画にどんどん台詞を貼り付けて行っていて、まだ、対話部分などは未完成である。

参考文献

- ・ D・サバディ他 著; 石崎泰樹・丸山敬 監訳・翻訳 (2010): カラー図解 アメリカ版 大学生物学の教科書 第2巻 分子遺伝学, 97-100 (ISBN9784062576734)
- ・ Sadava, D., Hillis, D.M., Heller, H.C., Berenbaum, M.R. (2011): Life The Science of Biology, 9th ed., 242-244 (ISBN9781429219624)
- ・ 福澤一吉 (2002): 議論のレッスン, NHK 出版 (ISBN9784140880258)
- ・ 春日恒輝・根岸正実・中村太戯留・上林憲行 (2016): 6ZA-08 クイズを作ることによって動画教材から要約を生成する教育的方法についての研究, 情報処理学会台78回全国大会講演論文集, 4-695-4-69 (<https://www.ipsj.or.jp/event/taikai/78/78program/index.html>)
- ・ 文部科学省 (2017): 新しい学習指導要領の考え方 - 中央教育審議会における議論から改訂そして実施へ - (<https://www.pref.miyagi.jp/documents/9611/726592.pdf>)
- ・ 文部科学省 (2018): 高等学校学習指導要領 (平成30年告示) 解説 理科編 理数編, 実教出版 (ISBN9784407348736)
- ・ NHK 高校講座数学II (ラジオ第2放送), 第1回 広がる数の世界の魅力, 学習メモ, 講師 矢作裕滋 (https://www.nhk.or.jp/kokokoza/radio/r2_math2/archive/chapter001.html)

- ・西野秀昭（2021）：小学校理科教材と他教科間の学びのつながりを地図化するデータベース構築のパイロット研究，福岡教育大学紀要，第70巻，第6分冊，9-13
- ・大嶋友秀（2013）：話すスキルUPすぐできる！論理的な話し方 話の組み立て方が上手になるPREP法の使い方，日本能率協会マネジメントセンター（ISBN9784820748281）
- ・嶋田正和他13名（2019）：生物基礎，数研出版（ISBN9784410811180）
- ・嶋田正和他19名（2022）：生物基礎，数研出版（ISBN9784410812569）
- ・吉里勝利・他16名（2016）：高等学校 生物，38，第一学習社（ISBN9784804006390）
- ・吉里勝利・他19名（2019）：高等学校改訂 生物，42，第一学習社（ISBN9784804009308）

附記

本研究は，福岡教育大学令和4年度科研費獲得推進サポート経費の交付を受けて行えた成果である。また，本研究へ協力してくれた本学教職大学院大学院生の大野航汰氏，坂本昌弥氏，白水優花里氏に感謝申し上げる。このような研究成果は，本来は所属学会誌等にて発表するべきところではある。しかし本学紀要では，リポジトリ上では高画質のカラーで写真データも掲載されることから，学術研究の公表の効果にも鑑み，またピア・レビューも実施されていることもあり，本学紀要にて発表するものである。本研究で参照した全てのウェブサイトは，2022年9月26日時点でアクセス可能である事を確認している。

本研究内容に関する問合せ先

西野 秀昭（にしの ひであき）

〒811-4192 福岡県宗像市赤間文教町1番1号 福岡教育大学・教職実践研究ユニット（理科）



e-mail: hideakin--atmark--fukuoka-edu.ac.jp

Tel 0940-35-1385（研究室直通）

researchmap:「西野秀昭」で検索（“--atmark--”は@に置き換えて利用）