

# 「生物」 指導の手引き

2016年 第1回評価



# 「生物」 指導の手引き

2016年 第1回評価

## ディプロマプログラム (DP)

### 「生物」指導の手引き

2014年2月に発行の英文原本 *Biology guide* の日本語版  
2014年11月発行

本資料の翻訳・刊行にあたり、  
文部科学省より多大なご支援をいただいたことに感謝いたします。

**注：** 本資料に記載されている内容は、英文原本の発行時の情報に基づいています。ただし、ディプロマプログラムの概要を説明している「ディプロマプログラムとは」のセクションに限り、日本語版刊行時現在の新たな情報が反映されています。

非営利教育財団 国際バカロレア機構  
(International Baccalaureate Organization)  
15 Route des Morillons, 1218 Le Grand-Saconnex, Geneva, Switzerland

発行所  
International Baccalaureate Organization (UK) Ltd  
Peterson House, Malthouse Avenue, Cardiff Gate  
Cardiff, Wales CF23 8GL, United Kingdom

ウェブサイト : [www.ibo.org](http://www.ibo.org)

© International Baccalaureate Organization 2014

国際バカロレア機構 (以下、「IB」という。) は、より良い、より平和な世界の実現を目指して、チャレンジに満ちた4つの質の高い教育プログラムを世界中の学校に提供しています。本資料は、そうしたプログラムを支援することを目的に作成されました。

IBは、資料の中で利用する多様な情報源について、情報の正確さと信憑性を確認します。ウィキペディアのようなコミュニティーベースの知識源を使用する際には、特に留意します。IBは知的財産の原則を尊重し、利用する著作物すべてについて刊行前に著作権者を特定し、許諾を得るよう常に努力します。IBは、本資料で利用した著作物に対して許諾をいただいたことに感謝するとともに、誤記および遺漏がありました場合には、可能な限り早急に訂正いたします。

本資料に関するすべての権利はIBに帰属します。法令またはIB内部規則もしくは方針に明記されていない限り、IBの事前承諾書なしに、本書のいかなる部分も、形式と手段を問わず、複製、検索システムへの保存、送信を禁じます。詳しくは [www.ibo.org/copyright](http://www.ibo.org/copyright) をご覧ください。

IBの商品と刊行物は、IBストア (<http://store.ibo.org>) でお求めください。ご注文については、販売・マーケティング部にお問い合わせください。

電子メール : [sales@ibo.org](mailto:sales@ibo.org)

International Baccalaureate、Baccalauréat International および Bachillerato Internacional は、International Baccalaureate Organization の登録商標です。



## IBの使命

### IB mission statement

国際バカロレア（IB）は、多様な文化の理解と尊重の精神を通じて、より良い、より平和な世界を築くことに貢献する、探究心、知識、思いやりに富んだ若者の育成を目的としています。

この目的のため、IBは、学校や政府、国際機関と協力しながら、チャレンジに満ちた国際教育プログラムと厳格な評価の仕組みの開発に取り組んでいます。

IBのプログラムは、世界各地で学ぶ児童生徒に、人がもつ違いを違いとして理解し、自分と異なる考えの人々にもそれぞれの正しさがあり得ると認めることのできる人として、積極的に、そして共感する心をもって生涯にわたって学び続けるよう働きかけています。



# IBの学習者像

すべてのIBプログラムは、国際的な視野をもつ人間の育成を目指しています。人類に共通する人間らしさと地球を共に守る責任を認識し、より良い、より平和な世界の構築に貢献する人間を育成します。

IBの学習者として、私たちは次の目標に向かって努力します。

## 探究する人

私たちは、好奇心を育み、探究し研究するスキルを身につけます。ひとりで学んだり、他の人々と共に学んだりします。熱意をもって学び、学ぶ喜びを生涯を通じてもち続けます。

## 知識のある人

私たちは、概念的な理解を深めて活用し、幅広い知識を探究します。地域社会やグローバル社会の重要な課題や考えに取り組みます。

## 考える人

私たちは、複雑な問題を分析し、責任ある行動をとるために、批判的かつ創造的に考えるスキルを活用します。率先して理性的で倫理的な判断を下します。

## コミュニケーションができる人

私たちは、複数の言語やさまざまな方法を用いて、自信をもって創造的に自分自身を表現します。他の人々や他の集団のものの見方に注意深く耳を傾け、効果的に協力し合います。

## 信念をもつ人

私たちは、誠実かつ正直に、公正な考えと強い正義感をもって行動します。そして、あらゆる人々がもつ尊厳と権利を尊重して行動します。私たちは、自分自身の行動とそれに伴う結果に責任をもちます。

## 心を開く人

私たちは、自己の文化と個人的な経験の真価を正しく受け止めると同時に、他の人々の価値観や伝統の真価もまた正しく受け止めます。多様な視点を求め、価値を見だし、その経験を糧に成長しようと努めます。

## 思いやりのある人

私たちは、思いやりと共感、そして尊重の精神を示します。人の役に立ち、他の人々の生活や私たちを取り巻く世界を良くするために行動します。

## 挑戦する人

私たちは、不確実な事態に対し、熟慮と決断力をもって向き合います。ひとりで、または協力して新しい考えや方法を探究します。挑戦と変化に機知に富んだ方法で快活に取り組みます。

## バランスのとれた人

私たちは、自分自身や他の人々の幸福にとって、私たちの生を構成する知性、身体、心のバランスをとることが大切だと理解しています。また、私たちが他の人々や、私たちが住むこの世界と相互に依存していることを認識しています。

## 振り返りができる人

私たちは、世界について、そして自分の考えや経験について、深く考察します。自分自身の学びと成長を促すため、自分の長所と短所を理解するよう努めます。

この「IBの学習者像」は、IBワールドスクール（IB認定校）が価値を置く人間性を10の人物像として表しています。こうした人物像は、個人や集団が地域社会や国、そしてグローバルなコミュニティの責任ある一員となることに資すると私たちは信じています。





# 目次

<b>はじめに</b>	<b>1</b>
本資料の目的	1
ディプロマプログラムとは	2
科学の本質（NOS）	7
「生物」の学習	17
ねらい	23
評価目標	24
<b>シラバス</b>	<b>25</b>
シラバスの概要	25
「生物」の指導の方法・学習の方法	26
シラバスの内容	31
<b>評価</b>	<b>151</b>
ディプロマプログラムにおける評価	151
評価の概要——標準レベル（SL）	154
評価の概要——上級レベル（HL）	155
外部評価	156
内部評価	158
グループ4プロジェクト	173
<b>付録</b>	<b>179</b>
指示用語の解説	179
参考文献	182



## 本資料の目的

本資料は、「生物」を学校で計画、指導、評価するための手引きです。「生物」の担当教師を対象としていますが、生徒や保護者に「生物」について説明する際にも、ご活用ください。

本資料は、オンラインカリキュラムセンター（OCC）の教科のページで入手できます。OCC（<http://occ.ibo.org>）は、パスワードで保護されたIBのウェブサイトで、IBの教師をサポートする情報源です。また、本資料はIBストア（<http://store.ibo.org>）で購入することもできます。

## その他のリソース

教師用参考資料や科目レポート、内部評価のガイダンス、評価規準の説明といったその他のリソースも、OCCで取り扱っています。過去の試験問題とマークスキームはIBストアで取り扱っています。

OCCでは、他の教師が作成したり、活用している教育リソースについて情報を得ることができますので、ご活用ください。教師たちによりウェブサイトや本、ビデオ、定期刊行物、指導案などの役立つリソースも提供されています。

## 謝辞

IBは、本資料を作成するにあたり、時間やリソースを惜しみなく提供して下さった教育関係者や提携校の皆様に感謝の意を表します。

2016年 第1回評価

## ディプロマプログラムとは

ディプロマプログラム（DP）は16歳から19歳までの大学入学前の生徒を対象とした、綿密に組み立てられた教育プログラムです。幅広い分野を学習する2年間のプログラムで、知識豊かで探究心に富み、思いやりと共感する力のある人間を育成することを目的としています。また、多様な文化の理解と開かれた心の育成に力を入れており、さまざまな視点を尊重し、評価するために必要な態度を育むことを目指しています。

### DPのプログラムモデル

DPは、6つの<sup>グループ</sup>教科が中心となる核（「コア」）を取り囲んだ形のモデル図で示すことができます（図1参照）。DPでは、幅広い学習分野を同時並行して学ぶのが特徴で、生徒は「言語と文学」（グループ1）と「言語の習得」（グループ2）で現代言語を計2言語（または現代言語と古典言語を1言語ずつ）、「個人と社会」（グループ3）から人文または社会科学を1科目、「理科」（グループ4）から1科目、「数学」（グループ5）から1科目、そして「芸術」（グループ6）から1科目を履修します。多岐にわたる分野を学習するため、学習量が多く、大学入学に向けて効果的に準備できるようになっています。生徒は各教科から柔軟に科目を選択できるため、特に興味のある科目や、大学で専攻したいと考えている分野の科目を選ぶことができます。



図1

DPのプログラムモデル

## 科目の選択

生徒は、6つの教科からそれぞれ1科目を選択します。ただし、「芸術」から1科目選ぶ代わりに、他の教科で2科目選択することもできます。通常3科目（最大4科目）を上級レベル（HL）、その他を標準レベル（SL）で履修します。IBでは、HL科目の学習に240時間、SL科目の学習に150時間を割りあてることを推奨しています。HL科目はSL科目よりも幅広い内容を深く学習します。

いずれのレベルにおいても、さまざまなスキルを身につけますが、特に批判的<sup>クリティカル</sup>な思考と分析に重点を置いています。各科目の修了時に、学校外で実施されるIBによる外部評価で生徒の学力を評価します。また、多くの科目で、科目を担当する教師が評価する課題（コースワーク）を課しています。

## プログラムモデルの「コア」

DPで学ぶすべての生徒は、プログラムモデルの「コア」を形づくる次の3つの必修要件を履修します。「知の理論」（TOK：theory of knowledge）では、批判的<sup>クリティカルシンキング</sup>思考に取り組みます。具体的な知識について学習するのではなく、知るプロセスを探究するコースです。「知識の本質」について考え、私たちが「知っている」と主張することを、いったいどのようにして知るのかを考察します。具体的には、「知識に関する主張」を分析し、知識の構築に関する問いを探究するよう生徒に働きかけていきます。TOKの目的は、共有された「知識の領域」の間のつながりを重視し、それを「個人的な知識」に結びつけることで、生徒が自分なりのものの見方や、他人との違いを自覚できるよう促していくことにあります。

「創造性・活動・奉仕」（CAS：creativity, action, service）は、DPの中核です。「IBの使命」や「IBの学習者像」の倫理原則に沿って、生徒が自分自身のアイデンティティを構築するのを後押しします。CASでは、DPの期間を通じて、アカデミックな学習と同時並行して多岐にわたる活動を行います。CASは、創造的思考を伴う芸術などの活動に取り組む「創造性」（creativity）、健康的なライフスタイルの実践を促す身体的活動としての「活動」（action）、学習に有益であり、かつ無報酬で自発的な交流活動を行う「奉仕」（service）の3つの要素で構成されています。CASは、DPを構成する他のどの要素よりも、「多様な文化の理解と尊重の精神を通じて、より良い、より平和な世界を築く」という「IBの使命」に貢献しているといえるかもしれません。

「課題論文」（EE：extended essay）では、生徒は、関心のあるトピックの個人研究に取り組み、研究成果を4000語（日本語の場合は8000字）の論文にまとめます。EEには、世界を対象に学際的な研究を行う「ワールドスタディーズ」として執筆されるものも含まれます。生徒は、履修しているDP科目から1科目（「ワールドスタディーズ」の場合は2科目）を選び、対象とする研究分野を定めます。また、EEを通じて大学で必要とされるリサーチスキルや記述力を身につけます。研究は、正式な書式で構成された論文に

まとめ、選択した科目にふさわしい論理的で一貫した形式で、アイデアや研究結果を伝えます。高いレベルの研究スキル、記述力、創造性を育成し、知的発見を促すことを目的としており、担当教員の指導のもと、生徒が、自分自身で選択したトピックに関する研究に自立的に取り組む機会となっています。

## 「指導の方法」と「学習の方法」

D P での「指導の方法」(approaches to teaching) と「学習の方法」(approaches to learning) は、熟慮された戦略やスキル、態度として、指導や学習の場に浸透しています。「指導の方法」も「学習の方法」も、「I Bの学習者像」に示されている人物像と本質的に関連しています。そして、生徒の学習の質を高めると同時に、D Pの最終評価やその先の学びのための礎をつくります。D Pでの「指導の方法」と「学習の方法」には、次のようなねらいがあります。

- ・ 学習内容を教えるだけでなく、学習者を導く存在としての教師のあり方を支援する。
- ・ 生徒の有意義で体系的な探究と、批判的思考や創造的思考を促すため、教師がファシリテーターとしてより効果的な戦略を立てられるよう支援する。
- ・ 各教科のねらい(科目別に掲げる目標以上のもの)と、それぞれの知識の関連づけ(同時並行的な学習)の両方を推進する。
- ・ 生徒が卒業後も積極的に学び続けるために、さまざまなスキルを系統的に身につけるよう奨励する。また生徒が良い成績を得て大学に進学できるよう支援すると同時に、大学在学中の学業の成就や卒業後の成功に向けて準備する。
- ・ D Pでの生徒の体験の一貫性と関連性をよりいっそう高める。
- ・ 理想主義と実用主義が融合したD Pの教育ならではの本質に対して、学校の理解を促進する。

5つの「学習の方法」(思考スキル、社会性スキル、コミュニケーションスキル、自己管理スキル、研究スキルの各スキルを高める)と、6つの「指導の方法」(探究を基盤とした指導、概念に重点を置く指導、文脈化された指導、協働に基づく指導、生徒の多様性に応じて差別化した指導、評価を取り入れた指導)には、I Bの教育を支える重要な価値観と原則が含まれています。

## 「I Bの使命」と「I Bの学習者像」

D Pでは、「I Bの使命」と「I Bの学習者像」に示された目的の達成に向かって、生徒たちが必要な知識やスキル、態度を身につけられるよう働きかけます。D Pにおける「指導」と「学習」は、I Bの教育理念を日々の実践において具現化したものです。

## 学問的誠実性

DPにおける「学問的誠実性」(academic honesty)は、「IBの学習者像」の人物像を通じて示されている価値観と振る舞いに則しています。学問的誠実性は、指導、学習、そして評価において、各自が誠実で公正であることを促し、他人とその成果物の権利を尊重することを奨励します。また、すべての生徒は学習を通じて身につけた知識や能力を示す機会を等しく得ることが保証されています。

評価のための課題(コースワーク)を含むすべての学習成果物は生徒本人が取り組んだものでなければなりません。学習成果物は生徒自身の独自のアイデアに基づくものであり、他人のアイデアや成果物を用いる場合は出典を明示しなければなりません。教師が課題について生徒に指導する場合や、生徒同士の協働作業を要する評価課題に取り組む際には、必ず、IBが定めるその教科のためのガイドラインを順守しなければなりません。

IBおよびDPにおける学問的誠実性について、より詳しくはIB資料『学問的誠実性』、『DP：原則から実践へ』、および同(英語版)『*General regulations: Diploma Programme* (総則：DP編)』を参照してください。DP科目の学校外で実施されるIBによる外部評価(external assessment)と学校内の教師が評価を手がける内部評価(internal assessment)に関連する学問的誠実性の情報は、本資料の中にも記載されています。

## 出典を明らかにする

国際バカロレア<sup>ディプロマ</sup>資格(IB資格)取得志願者は、IBに提出する評価課題で引用した情報の出典をすべて明らかにしなければなりません。コーディネーターと教師は、このことに留意する必要があります。以下にこの要件について説明します。

IB資格取得志願者は、さまざまな媒体を用いた評価課題をIBに提出します。その中には、出版物または電子情報として公表された視聴覚資料、文章、図表、画像、データなどの引用が含まれている場合があります。志願者は、他人の成果物やアイデアを用いる場合、参考文献目録の書式として標準的とされる一定の書式に従い、出典を明示しなければなりません。志願者が出典の明示を怠った場合、IBは規則違反の可能性があると調査を行います。場合によっては、IB最終資格授与委員会(IB final award committee)による処分の対象となります。

IBは志願者が用いる参考文献目録や本文中の引用の書式については指定せず、志願者の学校の担当者または教師に判断を委ねています。幅広い科目を提供していることや、英語、フランス語、スペイン語の3言語に対応していること、そして多様な参考文献目録の書式があることから、特定の書式を要求することは非合理的かつ制限的です。実際には、ある特定の書式が最も頻繁に使われるかもしれませんが、学校はその科目と使用言語に適した書式を自由に選ぶことができます。その科目のために学校が選ぶ参考文献目録の書式にかかわらず、著者名、発行日、書名、ページ番号などの最低限の情報は明記する必要があります。

志願者は標準的とされる書式を用い、言い換えや要約を含むすべての参考資料の出典を一貫した書式で明示することが求められます。文章執筆の際、生徒は引用符（または、字下げなどのその他の方法）を用いて自分自身の言葉と他人の言葉を明確に区別し、適切な形で引用を示して参考文献目録に明記してください。電子情報を引用した場合、参考文献目録にアクセス日を明記してください。志願者に期待されているのは、参考文献目録の作成の完璧さではありません。すべての出典を明らかに示すことが求められているのです。志願者は、自分自身のものではない出版物や電子情報として公表された視聴覚資料、文章、図表、画像、データなどもすべて出典を明らかにするように必ず指導を受けなければなりません。この場合も参照・引用の適切な書式を用いてください。

## 学習の多様性と学習支援の必要な生徒への取り組み

I B資格取得志願者で学習支援を必要とする生徒に対して、学校は平等に評価を受けるための配慮と妥当な調整を行わなければなりません。配慮や調整は、I B資料『受験上の配慮の必要な志願者について』および同（英語版）『*Learning diversity in the International Baccalaureate programmes: Special educational needs within the IB programmes*（I B教育と学習の多様性：I Bプログラムにおける特別な教育的ニーズ）』に沿って行わなければなりません。



## 科学の本質（NOS）

「科学の本質」（NOS：Nature of science）とは、「生物」「化学」「物理」の各科目に共通するテーマです。そのため「生物」「化学」「物理」のいずれの「指導の手引き」にも「科学の本質（NOS）」と題したセクションが設けられています。「科学の本質とは何か」を教師が理解するための参考としてください。本セクションでは、21世紀における「科学の本質」とは何かを包括的に説明します。ただし、指導または評価に関して、上記3科目のテーマすべてを詳細に取り上げることはしていません。

「科学の本質」の各段落には、1.1、1.2などの番号がつけられています。シラバス（横長のページ）には、サブトピックごとに『科学の本質』（NOS）との関わり」の欄があり、関連する段落の番号と要点が明記されています。また、どのように「科学の本質」を捉え、学習内容と結びつけるかの例も示されています。具体的には、各サブトピックで取り組む「理解」「知識・スキルの活用」と、1つあるいは複数の「科学の本質」のテーマを関連づける方法を説明しています。本セクションに挙げる「科学の本質」の記述を単に繰り返したものではありません。あくまでも具体的な文脈に「科学の本質」を位置づけています。詳細は、「シラバスのフォーマット」の項を参照してください。

### 技術について

「科学の本質」を取り上げるにあたって、「<sup>テクノロジー</sup>技術」という用語をどのように解釈するかは重要です。また、科学から派生し、科学に貢献する技術というものの役割も明確にしなければなりません。今日の世界では、「科学」と「技術」という用語は、あたかも同義語のように用いられていますが、歴史的には「科学」と「技術」は必ずしも同じではありませんでした。技術が生まれたのは、科学よりも前のことです。「なぜ物質には、多様な目的に利用できる、さまざまな性質があるのか」ということが理解されるずっと以前から、人々は物質を用いて、役に立つ、装飾的な人工物をつくり出してきました。一方、現代社会では、その関係は逆転し、根本的な科学の理解が、技術的な発展の基礎になっています。そして、生み出された新しい技術が、今度は科学の発展の推進力となるのです。

科学と技術は、相互に依存し合いながらも、それぞれ異なる価値観に基づいています。科学が、<sup>エビデンス</sup>証拠と合理性、より深い理解の追求を重視する一方で、技術は、実用性と妥当性、役立つものかどうかに価値を置いています。また、技術では、持続可能性に力点を置くことが、ますます重要になってきています。

## 1. 科学とは何か・科学的試みとは何か

- 1.1. 科学は、「万物には、人間の感覚で認識でき、人間の理性で理解できる、自律的な外的現実性がある」ということを基本的な前提としています。
- 1.2. 純粋科学は、この万物について共通の理解に至ることを目的としています。応用科学や工学は、新しい方法や製品につながる技術を開発します。ただし、これらの領域間の境界は曖昧です。
- 1.3. 科学者は、幅広いさまざまな方法を組み合わせて、科学のプロセスをつくり上げています。「科学的方法」は1つではありません。科学者は、その知見や考えを構築するために、その時々に応じてさまざまな方法を用いてきました。また、それは今日も同様です。科学者は、そうしたさまざまな方法について、どのようなことが科学的に妥当であるかについての共通理解をもっています。
- 1.4. 科学は、刺激のかつチャレンジに満ちた冒険です。多大な創造性と想像力、そして厳格で、きめ細かな思考と知識の活用を必要とします。科学者は、予期せぬ、驚くべき、偶発的な発見にも備えなければなりません。科学の歴史は、そのようなことが非常によく起こるということを示しています。
- 1.5. 多くの科学的発見は、直観のひらめきを伴います。また発見の多くは、特定の現象に関する推測、または単純な好奇心に端を発しています。
- 1.6. 科学者は、共通の専門用語と共通の推論のプロセスを用います。そのプロセスとは、類推と一般化を用いた演繹的推論と帰納的推論を指します。また、科学者は、科学における言語として「数学」という強力な道具を共有しています。実際に、いくつかの科学的な説明は、数学的な形式でのみ存在しています。
- 1.7. 科学者は、主張に対して懐疑的な態度をとらなければなりません。科学者がすべてを信じないということではありません。主張の真偽を信じるに足る根拠を得るまでは、判断を保留するということです。こうした根拠は、<sup>エビデンス</sup>証拠と議論に基づきます。
- 1.8. <sup>エビデンス</sup>証拠が重要であるということは、根本的な共通理解です。<sup>エビデンス</sup>証拠は、観察または実験によって得ることができます。<sup>エビデンス</sup>証拠は、人間の感覚（主として視覚）を通じて収集しますが、非常に小さいものや非常に遠い場所、あるいは人間の感覚では知覚できない現代科学の領域では、遠隔操作および自動で情報を収集できる設備やセンサーを用いています。改良された設備や新技術が、しばしば新しい発見への推進力になってきました。また、観察とそれに続く分析および推論が、宇宙の起源に関するビッグバン理論や、自然選択による進化の理論につながりました。これらの理論の場合には、コントロールされた実験を行うことは不可能です。地質学や天文学などの領域は、フィールドでのデータ収集に強く依存していますが、一方で、どの領域でも、<sup>エビデンス</sup>証拠を収集するために、ある程度の観察を行うといえます。<sup>エビデンス</sup>証拠を得る別の方法としては、コントロールされた環境での実験（一般的には実験室での実験）が挙げられます。データの形で<sup>エビデンス</sup>証拠を得るのです。どのよう

に実験を遂行するべきかについては、さまざまな約束事や踏まえなければならない了解事項があります。

1. 9. このようにして得た証拠<sup>エビデンス</sup>は、理論を展開したり、データから一般化して法則をつくったり、仮説を提案したりするために用いられます。そして、これらの理論と仮説は、検証可能な予測を立てるために用いられます。こうして理論は支持されたり、反対されたりするほか、修正されたり、新しい理論に置き換えられたりします。
1. 10. モデルには、単純なものもあれば、非常に複雑なものもあります。モデルは、理論的な理解に基づいており、観察できないようなプロセスの説明のために開発されるものです。コンピューターによる数理モデルは、検証可能な予測を立てるために用いられ、実験できない場合に特に役立ちます。実験または観察データによって検証された結果、モデルが不适当であると証明されるかもしれません。その場合、そのモデルは、修正されたり、新しいモデルに置き換えられたりします。
1. 11. 実験結果、モデルの構築によって得られた洞察、および自然界の観察結果は、主張のためのさらなる証拠<sup>エビデンス</sup>として用いることができます。
1. 12. コンピューターの情報処理能力の向上は、モデルの構築力を高めました。現在、モデル（通常は数理モデル）は、実験が不可能である場合に（時には可能である場合にも）新しい理解を引き出すために用いられています。大量のデータ、大量の変数と複雑で長い計算を伴う複雑な状況に関する動的モデルの構築は、コンピューターの情報処理能力が向上した結果、可能になりました。例えば、地球の気候に関するモデルの構築は、将来の気候条件の幅広い予測を行うために用いられます。さまざまな異なるモデルが開発され、どのモデルが最も正確であるかを調べるために、各種モデルによる結果が比較されてきました。時には、過去のデータを用いてモデルを検証し、現在の状況を予測することができるかどうかを調べることもできます。こうした検証で通用したモデルは、正確さにおいて信頼を得るのです。
1. 13. 科学の考え方とプロセスはいずれも、人的な背景があってはじめて生じ得るものです。科学には、多様な背景や伝統をもった人々が関わってきました。その多様性は、各時代における科学の進歩に明らかに影響をもたらしました。一方で、科学に従事するということは、ある共通した原理、方法論、理解およびプロセスをもった探究のコミュニティーに関わることでであると理解するのが重要です。

## 2. 科学の理解

2. 1 科学者は、「理論」「法則」「仮説」という概念を用います。これらの概念は関連していますが、いずれか1つの概念から別の概念へと発展するというものではありません。これらの用語は、科学において特別な意味をもっており、日常的に使う用語とは区別することが重要です。

- 2.2. 「理論」は、万物、または万物の一部がどのように機能しているかを示す統合的かつ包括的なモデルです。理論は、事実、法則、および検証された仮説を組み込むことができます。理論から予測を立て、それを実験、または注意深い観察によって検証することができます。病原体の細菌理論や原子理論がその例です。
- 2.3. 理論は、一般に、他の理論の仮定および前提と矛盾することなく、幅広い現象や学問領域にあてはまる一貫した理解を打ち立てます。一方で、新しい理論が基本概念の理解や枠組みを根本的に変化させ、他の理論に影響を与え、時として科学における「パラダイムシフト」と呼ばれるものを引き起こす場合もあります。科学において最も有名なパラダイムシフトの1つは、アインシュタインの相対性理論です。相対性理論によって、私たちの時間の概念は、絶対座標系から観測者に依存した座標系へと変化しました。ダーウィンの自然選択による進化論も、地球上の生物に関する私たちの理解を変化させました。
- 2.4. 「法則」は、挙動の規則的なパターンの観察から導き出された詳述的、規範的な記述です。一般的には、数学的な形式をとり、結果を計算し、予測を行うために用いることができます。理論や仮説とは異なり、法則は証明することができません。科学的な法則は、例外がある可能性もあり、また、新しい<sup>エビデンス</sup>証拠に基づいて修正されたり、却下されたりすることもあります。法則は、必ずしも現象を説明する必要はありません。例えば、ニュートンの万有引力の法則によると、2つの物体の間の力は、それらの間の距離の2乗に反比例するため、それに基づいて任意の距離だけ離れた物体間の力を計算することができますが、「物体がなぜ互いに引きつけ合うのか」については説明されていません。なお、「法則」という用語は、科学においてはさまざまな使われ方をしてきたので、特定の概念を「法則」と呼ぶか否かは、法則が発見された学問領域および時代によって決まる場合があることに注意してください。
- 2.5. 科学者は、時として「仮説」を立てます。仮説とは、世界に関する説明で、真または偽であり得るものです。また、多くの場合、仮説は要素間の因果関係または相関関係を説明します。仮説は、実験または自然界の観察によって検証され、支持される場合もあれば、反対される場合もあります。
- 2.6. ある考え（例えば、理論または仮説）が「科学的」であるためには、その考えは、自然界および自然についての説明に焦点をあてたものでなければなりません。また、検証可能であることも条件となります。科学者は、一般に認められている原理と矛盾せず、既存の考え方を単純化して統一する仮説や理論を構築することに努めています。
- 2.7. 「オッカムの剃刀」の原理は、理論を構築する際の指針とされています。理論は、説明能力を最大化しつつ、できる限り単純であるべきです。
- 2.8. 「相関関係」と「因果関係」という考え方は、科学において非常に重要です。相関関係は、ある変数と別の変数の間の統計的な関連性のことです。正の相関または負の相関があり、+1、0、-1の間の値をもつ相関係数を計算することができます。

ます。ある要素と別の要素の間の（正または負の）強い相関関係は、2つの要素の間のある種の因果関係を示唆しますが、科学者が「因果関係がある」と認めるまでには、たいていの場合、多くの証拠<sup>エビデンス</sup>を必要とします。因果関係（ある要素が別の要素の原因となっていること）を確立するには、科学者は、それらの要素を結びつける妥当な科学的体系を必要とします。科学的体系は、喫煙と肺がんの関係の例のように、一方が他方の原因となるという事例を裏づけます。科学的体系は、実験によって検証可能です。

- 2.9. ある要素と別の要素との間の関係性を調べるには、それ以外のすべての要素の設定をコントロールした状態で実験することが理想的です。ただし、いつもそのような実験ができるわけではありません。科学者（特に生物学者や医学者）は、実験（二重盲検法や治験など）が不可能な場合に、サンプリング、疫学のコホート研究、および症例対照研究によって、因果関係への裏づけを強化します。医学分野の疫学では、確立された科学的知識がほとんどない場合や、状況を完全にコントロールするのが困難な場合に、データの統計分析を用いて相関関係の有無の可能性を検討します。このような場合には、他の分野と同様に、確率論による数学的分析が役立ちます。

### 3. 科学の客観性

- 3.1. データは、科学者に不可欠なものです。データには、定性的データと定量的データがあります。データは、純粋な観察から得る場合もあれば、電子センサーを使った遠隔実験や直接的な測定による特定の実験から得る場合もあります。正確かつ的確な記述や予測を行うには、通常、定量的で数理解析が可能なデータが最も適しています。科学者は、データを解析し、パターン、傾向、矛盾を探し出して、関係性を発見し、因果関係を確立することを試みます。ただし、これは必ずしも可能とは限りません。したがって、観察結果や、銀河系や化石など対象物のタイプを同定して分類することは、今も科学研究の1つの重要な側面です。
- 3.2. 反復測定を行い、大量の測定値を集めることは、収集データの信頼性を向上させます。データは、例えば、線形グラフや対数グラフなどのさまざまな形式で提示することができます。こうしたグラフを用いて、正比例または反比例、あるいは指数関係の解析をすることも可能です。
- 3.3. 科学者は、確率的誤差および系統誤差に注意し、グラフ上のエラーバーおよび回帰線などの手法を用いて、データをできる限り現実的かつ誠実に表現しなければなりません。データの外れ値を却下すべきか否かを検討する必要があります。
- 3.4. 科学者は、誤差と不確かさ、正確度と精度の間の違いを理解する必要があります。また、平均、平均値、最頻値、中央値などの数学的概念を理解して活用することも必要です。標準偏差、およびカイ二乗検定などの統計的手法は、よく用いられます。また、結果がどの程度、正確であるかを評価できることは重要です。さま

さまざまな状況下でどの手法が適切であるかを決定できるようになることは、科学者としての訓練および身につけるべきスキルの重要な部分です。

- 3.5. 実験計画と解釈に影響を与え得る「認知バイアス」に注意することも、科学者としてきわめて重要です。例えば、「確証バイアス」は、予期していないデータや、期待や要求に従わないデータを却下し、期待や要求と一致するデータを受け入れる理由を探すよう駆り立てる認知バイアスで、よく知られています。科学のプロセスおよび方法論は、概して、先入観によるこれらのバイアスを考慮するように設計されています。しかし、こうしたバイアスの影響を受けることのないよう常に注意をしなければなりません。
- 3.6. 科学者は、結果または発見を確実に「正しい」とすることはできません。一方で、私たちは、一部の科学的成果が「確実」に非常に近いものであることを知っています。科学者は、結果について議論する時に「信頼度」について話すことが少なくありません。ヒッグス粒子の存在の発見は、このような「信頼度」に関連する一例です。この粒子は、決して直接的に観察できません。したがって、その粒子の「存在」を確定するにあたって、素粒子物理学者は「発見」と見なすための自主的な定義である「5シグマの確かさ」——ヒッグス粒子が存在しないにもかかわらず、偶然、そのように示す実験結果を得る確率が0.00003%であるという基準——をクリアしなければなりませんでした。
- 3.7. 近年、コンピューターの情報処理能力、センサー技術、およびネットワークの発達により、科学者は大量のデータを収集できるようになりました。地球観測衛星や宇宙探査機など多くのデータ源からは、絶えず大量のデータがダウンロードされています。また、遺伝子シーケンサーでは、大量のデータが生成されています。欧州原子核研究機構 (CERN) の大型ハドロン衝突型加速器による実験では、1秒間に23ペタバイトのデータが定期的に生成されています。これは、1秒間に、高解像度のテレビ番組の13.3年分に匹敵する量のデータが生成されている計算になります。
- 3.8. 研究では、データベースに収録されたこの大量のデータを解析して、パターンと固有の事象を探し出します。解析には一般的に、研究に参加している科学者が作成したソフトウェアが用いられます。データとソフトウェアは、科学的成果とともに公表されない場合もありますが、通常は他の研究者が利用できるようになっています。

## 4. 科学の人間的な側面

- 4.1. 科学は、<sup>コラボレーション</sup>協働の要素の多い営みです。科学のコミュニティは、科学、工学、技術に従事する人々で構成されています。研究は、共通のゴールに向けて、さまざまな専門分野や専門性による貢献が得られるように、1つの科学分野にとどまらず、多くの学問領域の研究者から成るチームで行うのが一般的です。問題を1つの学問領

域のパラダイムの枠組みにのみあてはめた場合、得られる解決策の可能性は限定されます。さまざまな観点をを用いて問題の枠組みをつくり、新たな解決策の可能性を見いだすことが、きわめて有効な場合があるのです。

- 4.2. こうしたチームワークは、「科学とは、心を開いて物事を受け入れる精神に富み、地域や文化、政治、国籍、年齢や性別から独立した存在である」という共通理解のもとに形成されます。科学の世界では、情報や考え方が世界規模で自由に交換されます。もちろん、個々の科学者は人間であり、偏見や先入観をもっていることもあります。科学の制度、実践、方法論が、科学的な試みを全体として偏見のないものに保つことに役立っています。
- 4.3. 科学者は、成果を交換することで協力し合うと同時に、学問領域、研究室、組織、国の中や、それらをつなぐ形で形成される大小の規模の研究グループで日々、協働しています。また、そうした協働は、インターネット上のコミュニケーションによってますます促進されています。以下は、大規模な協働の例です。

- マンハッタン計画。原子爆弾の製造とテストを目的とし、最終的には13万人以上を雇用。複数の製造研究拠点を設置し、秘密裏に運営しました。広島と長崎に2つの原子爆弾を投下するに至りました。
- ヒトゲノム計画 (HGP)。ヒトゲノムのマッピングのために立ち上げられた国際的な科学研究プロジェクト。1990年に30億ドルのプロジェクトが始まり、2000年にはゲノムの概要配列がつくられました。DNAの配列は、インターネット上の誰でも利用できるデータベースに収録されています。
- 気候変動に関する政府間パネル (IPCC)。国連によって組織され、公式にはおよそ2500人の科学者で構成されています。世界中のさらに多くの科学者の研究をまとめた報告書を作成しています。
- 欧州原子核研究機構 (CERN) は、1954年に設立された国際機関で世界最大の素粒子物理学研究所。研究所はジュネーブにあります。およそ2400人を雇用し、100カ国以上、600以上の大学や研究機関に在籍する1万人の科学者や技術者と成果を共有しています。

上記の例は、いずれも賛否両論があり、科学者や一般の人々のさまざまな感情を喚起してきました。

- 4.4. 科学者は、他の科学者の発表した成果を読むのに、かなりの時間を費やしています。科学者は、査読と呼ばれるプロセスを経て、科学雑誌に自らの成果を発表します。査読では、同じ分野で研究している何人かの科学者が匿名かつ別々に、その科学者（より一般的には複数の科学者から成るチーム）の研究を審査します。研究方法が妥当であるか否か、およびその研究がその分野の知識に新たな貢献をもたらすか否かの判定するのです。また、科学者は学会に参加して、研究の口頭発表やポスター発表を行います。査読制度のある学術誌の掲載論文がインターネット上で公開されるようになったことで、科学文献を効率よく検索して見つけ

ることができるようになりました。専門領域の研究に従事する科学者のための組織は、国内組織、国際組織ともに数多くあります。

- 4.5. 科学者は、倫理的、政治的に重要な意味をもつ領域で研究を行ったり、知見を生み出したりすることが少なくありません。たとえば、クローニング、食品や生物の遺伝子組み換え技術、幹細胞および生殖技術、原子力、兵器開発（核、化学、生物兵器）、組織および器官の移植、動物実験を含む領域などが例として挙げられます（IB資料『*IB animal experimentation policy*（IBの動物実験に関する方針）』を参照）。知的財産権と社会に重大な影響を与え得る情報を自由に交換することに関する問題もあります。科学には、大学や企業のほか、政府機関、防衛省庁、国際機関も取り組んでいます。特許や知的財産権の問題は、保護された環境で研究が行われる際に生じます。
- 4.6. データの不正のない誠実な提示が、科学においては最も重要です。結果を修正、操作、改ざんしてはなりません。学問的誠実性（*academic honesty*）を順守し、剽窃をしないためにも、すべての出典を明記し、援助や支援には適切な謝辞を記します。同僚による査読や科学コミュニティによる精査と懐疑的な姿勢も、誠実さを守るのに役立ちます。
- 4.7. あらゆる科学には、資金が必要です。資金源は、どのような種類の研究を行うかを方向づけます。政府や慈善団体からの資金提供が、直接的な受益者が明らかではない基礎研究に対して行われることがあるのに対して、企業からの資金提供は、多くの場合、特定の製品や技術を生み出すための応用研究に対して行われます。政治的、経済的要素が、しばしば資金提供の性質と程度を決定します。科学者は、研究助成金の申請に時間を費やし、研究の必要性を主張しなければならないことが少なくありません。
- 4.8. 科学は、多くの問題を解決し、人類の暮らしを向上させるために用いられてきました。一方で、倫理的に疑問のある科学利用や不本意な問題も招いています。公衆衛生の向上や安全な水の供給率の改善、病気予防や健康維持の促進により、死亡率は著しく低下しましたが、出生率は低下していないため、莫大な人口増加とともに、資源、エネルギー、食糧供給などの問題を引き起こしています。倫理的議論、リスク便益分析、リスク評価、予防原則はいずれも、科学が公共の利益に取り組む際の手法の一部です。

## 5. 科学的リテラシーと科学に対する一般の人々の理解

- 5.1. 科学的知見や課題について社会的な判断をする際には、科学の本質に対する理解が欠かせません。一般の人々は、どのように判断を下すのでしょうか。一般の人々がその科学について直接理解して判断することは可能でない場合もあるかもしれません。一方で、一般の人々が科学的プロセスに従っているかどうかに関し



て重要な問いを投げかけることは可能です。科学者には、その問いに答える役目があります。

- 5.2. 科学者は、特定の分野の専門家として、彼らが取り組む課題と知見を一般の人々に説明する立場にあります。自分の専門外では、科学的課題について他の人に助言する能力は一般の人々と大差ないかもしれません。ただし、科学のプロセスについての理解があることは、その科学者自身が個人的な決定したり、ある主張が科学的に信頼できるか否かについて一般の人々を教育する際に役立てることができます。
- 5.3. 科学的リテラシーには、科学者がどのように研究して考えるかを知ることだけでなく、誤った推論に気づく能力も含まれます。人々（科学者を含む）が影響を受けやすい推論の認知バイアスあるいは誤謬はたくさんあり、可能な限り正す必要があります。これらの例としては、「確証バイアス」のほか、少ない例から一般的な結論を導こうとする「早まった一般化」、前後関係と因果関係を混同する「前後即因果の誤謬」（虚偽の原因の誤謬）、相手の主張を歪め、論点をすり替えて反論する「<sup>ストロマン</sup>わら人形の虚偽」、途中で当初の目的を変えてしまう「ゴールポストの移動」（再定義）、「伝統に訴える論証」、「誤った権威」、および「根拠と見なされている逸話の集積」が挙げられます。
- 5.4. こうしたバイアスや誤謬が適切に取り扱われたり、訂正されたりしない場合、または、科学のプロセス、チェックおよびバランスが無視または誤用された場合、結果は「疑似科学」になります。疑似科学は、科学的であると主張しますが、適切な科学的方法論の基準を満たしておらず、その基準に準じていません。疑似科学とは、裏づけとなる<sup>エビデンス</sup>証拠、あるいは理論的枠組みがなく、必ずしも検証可能ではないため反証可能であり、厳密ではない方法または不明瞭な方法で表現され、しばしば科学的検証によって支持できない信念や実践に対して用いられる用語です。
- 5.5. もう1つの重要な課題は、適切な用語の使用です。科学者が科学用語として合意している単語は、しばしば日常生活で別の意味をもつことがあるため、一般の人々も読む科学論文は、これを考慮する必要があります。例えば、「理論」は、慣用的には直観または憶測を意味しますが、科学において、受け入れられた「理論」とは、多くの異なる方法で十分に検証された予測を伴う科学的概念です。「エアロゾル」は、一般の人々にとってはただのスプレー缶を示す言葉ですが、科学においては、気体中に固体または液体粒子が浮かんだものを指しています。
- 5.6. いかなる科学の分野——基礎研究、応用研究、または新しい技術の工学分野——であっても、創造性と想像力に富んだ思考には限界がありません。科学は、これまでに多くを達成してきましたが、未来の科学者が取り組むべき、まだ答えの出ていない問題もたくさんあります。

以下のフローチャートは、「科学的な探究プロセス」の実践を示すインタラクティブなフローチャートの一部です。インタラクティブ版は、カリフォルニア大学古生物学博物館 (University of California Museum of Paleontology) のサイト (英語) 「How science works: The flowchart (科学の仕組み: フローチャート)」で見ることができます。

アクセス日: 2013年2月1日 <<http://undsci.berkeley.edu/article/scienceflowchart>>

[訳注] 上記サイトから日本語版のフローチャートをダウンロードできます。

## 科学はどのようにおこなわれているか

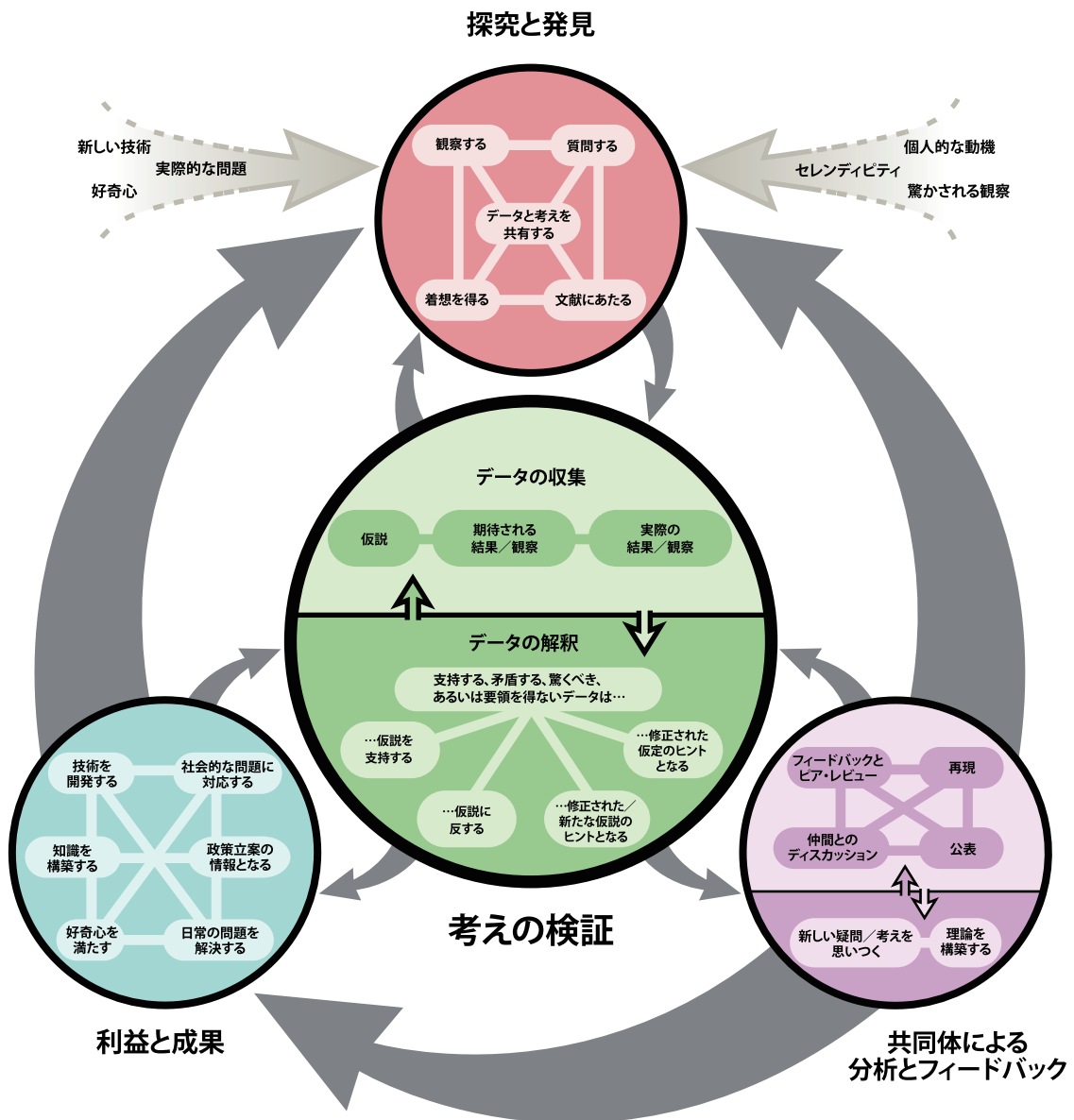


図2

科学的発見への道筋

## 「生物」の学習

生物学は、生命についての研究です。地球上で最初の生命は、およそ 30 億年前に誕生しました。その後、生殖と自然選択を通じて、今日生きている約 800 万種の生物が存在するようになりました。さまざま推測がありますが、進化の過程で 40 億種の生物が生み出されてきたとされています。そのうちのほとんどが、ある時代に繁栄し、より適応した新しい種がそれにとって代わると絶滅していきました。これまでに非常に多くの種が絶滅した時期が少なくとも 5 回あったと考えられており、生物学者は、さらなる大量絶滅が、人間活動によって進行中であると懸念しています。とはいえ、地球上には現在、かつてないほどの多くの種が生存しています。この多様性は、生物学を魅力あるチャレンジに満ちた学問にしています。

生命への興味は人間の本質です。私たち自身が生物であるというだけではありません。私たちは、生きるために多くの種に依存し、一部の種に脅かされ、そして、それよりもずっと多くの種と共存しているのです。人間の生物への興味は、最古の洞窟壁画から現代の野生生物のドキュメンタリーに至るまで、どこでも見られるほどに明らかなものです。そして、生物学は世界中の老若男女を魅了し続けているのです。

「生物学」という用語は、ドイツの博物学者ゴットフリート・ラインホルトによって 1802 年につくられた表現です。一方、生物についての私たちの理解は、18 世紀と 19 世紀に発展した手法や技術の出現、中でも顕微鏡の発明や、自然選択が生命の進化を推し進めてきたプロセスであるという認識に伴って急速に深まりました。

生物学者は、多くのさまざまなアプローチと手法を用いてあらゆるレベルで生命の世界を理解しようと試みています。一方のミクロの世界では、細胞の分子構成や複雑な代謝反応が研究されています。もう一方の巨視的な視点では、生物学者は生態系機能全体をつくる相互作用を調査しています。

生物学には、多くの発見が待たれているるチャレンジに満ちた研究領域が数多くあります。生物学は、まだ若い科学であり、21 世紀に大きく前進することが期待されます。その前進は、増加する人口が食糧供給や他の種の生息地をますます圧迫し、私たちの住むこの惑星を脅かしている今の時代に必要とされているものです。

## 指導の方法

生物にはさまざまな指導の方法があります。生物という科目の性質上、実験を取り入れた指導のアプローチが適していますが、DPの「生物」では、科目全体を通じて実験を重視することが期待されます。

シラバスの編成順は、教えるべき順序では**ありません**。どのような順番で教えるかを決めるのは、教師に委ねられています。教師は、それぞれの状況に応じて、順序を決定します。選択項目は、必要に応じて、「SL・HL共通項目」(core) または「HL発展学習」(AHL : additional higher level) の項目の中で教えることもできます。また、独立した単元として教えることもできます。

## 科学とその国際的側面

科学は、国際的な取り組みです。国境をこえた情報やアイデアの交換が、科学の進歩を後押ししてきました。こうした情報やアイデアの交換は、とりわけ新しいことではありませんが、近年では、情報コミュニケーション技術 (ICT) の発展とともにその速度は加速しています。実際のところ、科学が「西洋の発明である」という考え方は「神話」にすぎません。現代科学の基礎の多くは、何世紀も前に、特にアラビアやインド、中国の文明などによって築かれました。教師は、さまざまなトピックを教えるにあたり、この貢献をウェブサイトの年表などを利用して強調することが推奨されています。最も広い意味での「科学的方法」とは、査読などの相互評価、開かれた心と自由な思考に重点を置き、政治的、宗教的な境界や、国境を超えるものです。「理科」(グループ4) の各科目の「指導の手引き」にある「シラバスの詳細」のセクションでは、特定のトピックの中で必要に応じて、科学の国際的側面との結びつきを説明しています。

現在、科学を推進するために多くの国際的な機関が存在しています。科学が重要な位置を占める国連教育科学文化機関 (ユネスコ)、国連環境計画 (UNEP)、世界気象機関 (WMO) などの国連機関が、よく知られていますが、さらに、分野別に何百もの国際的な機関があります。例えば、素粒子物理学やヒトゲノム計画など、大規模研究のための機関は費用がかかるため、共同事業として多くの国からの資金提供がなければ実現できません。そのような研究から得られたデータは、全世界の科学者間で共有されます。教師と生徒は理科の指導および学習を通じて、こうした国際的な科学機関の充実したウェブサイトやデータベースにアクセスし、科学の国際的側面についての認識を高めることが奨励されています。

「科学的な問題の多くは、国際的なものである」という認識はますます高まっています。そうした認識が、多くの領域でのグローバルな研究アプローチにつながってきました。「気候変動に関する政府間パネル」の報告書が、その典型例です。教育実践のレベルでは、「グループ4プロジェクト」[DPの「理科」(グループ4) 科目を履修する生徒は全員取り組まなければならない] で、地域をまたいだ学校間の協働を促進することで、本物の科学者の研究の営みを反映した取り組みを実現することができます。

科学的知識には、社会を変革する大きな力があります。科学的知識には、多大な普遍的利益を生み出す可能性もあれば、不平等を拡大し、人々と環境に害を引き起こす可能性もあります。「IBの使命」を踏まえ、生徒は理科の学習を通じて「科学者には、科学の知

識やデータをすべての国々で公平に利用できるようにする道徳的責任と、持続可能な社会を発展させるよう知識やデータを用いることのできる科学的能力をもつ道徳的責任があること」を認識する必要があります。

教師は、生徒が「国際的な視野」との結びつきに関心をもつよう働きかけてください。「国際的な視野」に関連した事例が、シラバスのサブトピックの欄内に挙げられています。IBウェブサイト「Global engage (IB認定校でのグローバルな諸課題への取り組み)」(<http://globalengage.ibo.org>)にあるリソースを使うこともできます。

## 「標準レベル」と「上級レベル」の違い

「理科」(グループ4)では、標準レベル(SL)と上級レベル(HL)のいずれの生徒もシラバスの「SL・HL共通項目」と「内部評価課題」(IA: internal assessment)に取り組みます。また、選択項目によっては、両レベルに共通する要素があります。生徒はシラバスを通じて、本資料の「評価目標」のセクションで示されている特定のスキル、性質、態度を身につけます。

また、「理科」(グループ4)では、SLとHLのいずれも同じスキルと学習活動に取り組みます。ただし、HLでは「HL発展学習」の項目や共通の選択項目でいくつかのトピックをより深く学ぶことが求められます。SLとHLでは、学習の幅と深さが異なります。

## 事前の学習経験

これまでの経験から、生徒は、理科についての背景や事前の知識がなくても「理科」(グループ4)の各SL科目で実りある学習ができることがわかっています。「IBの学習者像」の人物像に特徴づけられた「<sup>アプローチ</sup>学習の方法」は、「理科」(グループ4)の学習では重要です。

一方、HLで「理科」(グループ4)の科目を履修することを考えている場合は、何らかの正規の理科教育を受けていることが必要です。ただし、これは「理科」(グループ4)の科目の履修を制限するものではありません。事前の学習が必要な具体的なトピックの詳細は明示していませんが、IB中等教育プログラム(MYP)に取り組んだ生徒、もしくは、国の教育課程で同等の理科を修了した資格をもつ生徒、または学校で正規の理科の科目を履修した生徒には、上級レベル(HL)科目に対する十分な備えがあるといえるでしょう。

## MYPとの接続

IB中等教育プログラム(MYP)の「理科」「デザイン」「数学」の科目に取り組んできた生徒は、「理科」(グループ4)の科目に対する十分な備えがあるといえるでしょう。MYPの「理科」とDPの「理科」(グループ4)の科目との間には整合性があるため、生徒にとってはプログラム間の円滑な移行が可能になります。DPの「理科」(グループ4)の各科目の新カリキュラムとMYPの新カリキュラム「ネクストチャプター」(ともに2014年に開始)の設計に同時並行的に取り組んだことは、緊密な整合性をもたせるのに役立ちました。

MYPでは、科学的探究が理科の「指導」と「学習」の中心となっています。生徒は科学的探究を通じて、考え方やスキルを身につけるとともに、知識を習得し、活用します。また、自信をもってDPの「理科」(グループ4)の内部評価課題に取り組むための力も養います。MYPの「理科」は、21世紀の学習者としての生徒の成長に貢献することをビジョンとして描いています。<sup>ホリスティック</sup>全人教育的な理科のプログラムによって、生徒は、探究に基づいた学習環境の中で、さまざまな認知能力、社会的スキル、個人的な動機づけ、概念的知識、問題解決能力を高め、活用することができます(Rhoton 2010)。探究は、調査と実験の両方を通じて、関連性のある諸課題について1人で、または協働して研究する機会を与え、生徒の理解を深めます。また、DPで「理科」(グループ4)の科目の履修に向けて、深い概念理解に根ざした科学的理解のための確固とした基盤を形成します。

MYPの教師は、<sup>プロフェッショナル</sup>専門的な見地から生徒の到達度を判断します。判断は厳密な評価規準に基づいて行われます。評価規準は、公開され、事前に周知されています。そうすることで、評価の透明性を確保しているのです。IBでは、このようなアプローチを「評価規準に基づいた評価」と説明しています。これは、生徒が相互に比較され、想定される到達度の分布の中で相対的に評価される「集団規準に準拠した評価」とも、設定された規準をすべて習得した場合にしか到達したと見なさない「到達度評価」とも異なる評価哲学に基づくものです。MYPでの評価(PYPおよびDPとも一貫している)の最も重要なねらいは、カリキュラムの目標を支え、生徒が適切な学習を行うよう促すことです。これを強調することは重要です。評価は、教科のねらいと目標に基づいているため、教科の要件となっている学習内容を効果的に教えることが、正規の評価で求められる内容を効果的に教えることにもなります。生徒は、期待される到達度、レベル、実践がどのようなものかを理解する必要があります。これらはすべて、指導の初期の段階で自然に伝えられなければなりません。また授業や宿題を通じて、伝えていきます。評価規準に基づいた評価の経験は、DPの「理科」(グループ4)で内部評価の要件を理解する際に大きく役立ちます。

MYPの「理科」は、概念駆動型のカリキュラムです。学習者が批判的思考の強化と知識の転移(transfer)を通じて意味を構築するのを助けることをねらいとしています。最上位には、幅広く、体系的で、有力な考えである「重要概念」(key concept)があり、その概念は、理科の分野の中だけでなく、教科の範囲をこえて、他の教科とも関連づけられています。これらの「重要概念」は、教科学習と学際的な学習の両方を促し、他の教

科とのつながりをつくります。「重要概念」が、幅広さを提供する一方で、MYPの「理科」における「関連概念」(related concept)は、プログラムに深さを追加します。「関連概念」は、単元の目的とも捉えることができ、単元の学習に焦点と深さをもたらし、生徒を概念的な理解へと導きます。

MYP全体では、16の「重要概念」があり、MYPの「理科」では、3つの概念が取り上げられています。

MYPカリキュラムの「重要概念」			
美しさ	<b>変化</b>	コミュニケーション	コミュニティー
つながり	創造性	文化	発展
形式	グローバルな相互作用	アイデンティティー	論理
ものの見方	<b>関係性</b>	<b>システム</b>	時間、場所、空間

またMYPの生徒はさらに、DPの「理科」(グループ4)の各科目のための準備として、概念を問う形式のコンピューター試験(選択制)に取り組むこともできます。

## 「理科」と「知の理論」

「知の理論」(TOK)(2015年第1回評価)では、知識の性質、そして、私たちが「知っている」と主張することについてどのように知るのかを、生徒に深く考えさせます。TOKでは「知るための方法」(ways of knowing)として、理性、感情、言語、知覚、直観、想像、信仰、記憶の8つを設定しており、生徒は、自然科学、ヒューマンサイエンス(人間科学)、芸術、倫理、歴史、数学、宗教的知識の体系、土着の知識の体系にわたるさまざまな知識分野の文脈で、知識を生み出しているこれらの「知るための方法」を探究します。また、TOKでは、さまざまな知識分野の間の比較を行うことを生徒に求めます。生徒は、さまざまな学問分野の中でどのように知識に到達するのか、学問分野に共通するものは何か、また異なっているものは何かを考察します。

理科の学習が、生徒のTOKでの学びを支えるのと同様に、TOKの授業も、理科の学習を支えます。TOKは、「ある学問分野が科学であることとは何を意味するのか」、「科学的知識の追求に倫理的制約があるべきか否か」などの問いについて、幅広い議論を促します。また、生徒が、科学の方法論について、そして、それが他の知識分野の方法論とどのように異なるのかについて考察する機会も提供します。厳密なポパーによる科学の定義の意味において科学的方法は1つではないということが現在では広く受け入れられています。その代わりに、科学は、自然界の挙動を説明するためにさまざまなアプローチを用いています。帰納的推論および演繹的推論を用いたり、証拠<sup>エビデンス</sup>を重視したりするなど、さまざま

な科学の学問分野には共通点が見られます。生徒は、これらの方法を、例えば、芸術や歴史に見られる方法と比較します。

このように、生徒はさまざまな機会を通じて、理科とTOKの間のつながりを見いだします。理科の教師は、理科ならではの文脈から生じる「知識に関する問い」(knowledge question) に生徒の関心を促すことで、生徒がTOKとのつながりを見いだすのを手助けすることができます。「知識に関する問い」は、知識についてのオープンな問い(自由回答形式の問い)であり、以下のような例を挙げることができます。

- ・ 科学と疑似科学をどのように見分けるか。
- ・ 実験を行うとき、科学者の予測と知見の間にはどのような関係性があるか。
- ・ 科学的知識はどのように発展するか。
- ・ 科学において想像力と直観の果たす役割は何か。
- ・ 自然科学とヒューマンサイエンス(人間科学)の方法の類似点と差異は何か。

本資料のシラバスのサブトピックの欄には、関連する「知識に関する問い」の例が記載されています。また、TOKの「指導の手引き」の「知識の領域」および「知識の枠組み」のセクションには、議論の題材として興味深い「知識に関する問い」が例示されています。生徒は、理科とTOKの授業の両方で、こうした「知識に関する問い」を提起して議論するよう奨励されます。



## 「理科」(グループ4)のねらい

「生物」「化学」「物理」を履修する生徒は、学習を通じて、科学者がどのような方法で研究し、どのような方法で互いにコミュニケーションをとるのかについて意識するようになるでしょう。科学的方法には幅広い形態がありますが、これらの科目を特徴づけているのは実験を通じた実践的なアプローチに重点を置いている点です。

「理科」(グループ4)では、「科学の本質」のテーマを中心としながら、生徒が以下を身につけることを目指します。

1. 刺激的でチャレンジに満ちた機会を通じて、グローバルな文脈における科学研究とその創造性について理解する。
2. 科学技術の特徴づける知識体系、方法、および手法を習得する。
3. 科学技術の特徴づける知識体系、方法、および手法を応用し活用する。
4. 科学情報を分析、評価、統合する能力を身につける。
5. 科学活動の中で、効果的な協働およびコミュニケーションの必要性と価値に対して批判的意識を身につける。
6. 実験および研究に関する科学的スキルを身につける。スキルには、現在、利用可能な技術を活用することを含む。
7. 科学を学ぶことを通じて21世紀のコミュニケーションスキルを身につけ、応用する。
8. 科学技術を用いることの倫理的影響について、グローバルな社会の一員として批判的な意識をもつ。
9. 科学技術の可能性とその限界についての理解を深める。
10. 科学の学問分野間の関係性と他の知識分野への影響についての理解を深める。

## 評価目標

「生物」「化学」「物理」では、前述の「ねらい」に照らし合わせて、科目を担当する教師が評価する内部評価、または学校外で実施されるIBによる外部評価を通じて評価目標を正式に評価します。評価では、「科学の本質」が重視されます。各科目は、生徒が以下の評価目標を身につけることを目指します。

1. 以下の知識と理解を示すことができる。
  - a. 事実、概念、用語
  - b. 方法論と手法
  - c. 科学情報の伝達
2. 以下を応用することができる。
  - a. 事実、概念、用語
  - b. 方法論と手法
  - c. 科学情報の伝達の方法
3. 以下を公式化、分析、評価することができる。
  - a. 仮説、リサーチクエスト研究課題と予測
  - b. 方法論と技法
  - c. 一次データと二次データ
  - d. 科学的説明
4. 洞察力があり倫理に適った研究を行うのに必要とされる適切な研究スキル、実験スキル、人間性の側面に関連したパーソナルスキルを示すことができる。

## シラバスの概要

シラバスの構成	授業時間数	
	S L	H L
<b>S L ・ H L 共通項目</b>	<b>95</b>	
1. 細胞生物学	15	
2. 分子生物学	21	
3. 遺伝学	15	
4. 生態学	12	
5. 進化と生物多様性	12	
6. 人間生理学	20	
<b>H L 発展項目</b>		<b>60</b>
7. 核酸		9
8. 代謝、細胞呼吸、光合成		14
9. 植物生物学		13
10. 進化と生物多様性		8
11. 動物生理学		16
<b>選択項目</b>	<b>15</b>	<b>25</b>
A. 神経生物学と行動	15	25
B. バイオテクノロジーとバイオインフォマティクス	15	25
C. 生態学と環境保全	15	25
D. 人間生理学	15	25
<b>実習を伴う学習活動</b>	<b>40</b>	<b>60</b>
実習 (practical activity)	20	40
個人研究 (individual investigation) (内部評価 — I A)	10	10
「グループ 4 プロジェクト」	10	10
<b>総授業時間数</b>	<b>150</b>	<b>240</b>

I B 資料 (英語版) 『*General regulations: Diploma Programme for students and legal guardians* (DPで学ぶ生徒とその保護者のための「総則」)』(2011年刊) の第 8.2 項 (4 ページ) に示されているとおり、H L 科目で 240 時間、S L 科目で 150 時間の授業時間を確保することが推奨されています。

## 「生物」の指導の方法・学習の方法

### シラバスの形式

「理科」（グループ4）のシラバスは、「物理」「化学」「生物」ともに共通の形式です。新しい形式では、「指導」と「学習」の要点がわかりやすくなりました。

### トピックまたは選択項目

トピックは数字で、選択項目はアルファベットで示されています（例えば、「トピック4：生態学」、または「選択項目D：人間生理学」）。

### サブトピック

サブトピックは「4.1 種、群集、生態系」のように番号がついています。授業時間数の割りあてについては、「教師用参考資料」に記載されています。

各サブトピックは、「学習のポイント」で始まります。学習のポイントは、科学についての一般に理解されている基本的な考えを示します。続く『「科学の本質」(NOS)との関わり』の欄では、「科学の本質」の各要素につながるのある特定の例を文脈の中に置いて説明します。これらは、「指導の手引き」の「科学の本質」のセクションに記述された特定の段落に直接結びついており、取り組むべき全体的なテーマを教師が理解するのに役立ちます。

「科学の本質」のテーマの下には2つの欄があります。左側の欄は、教えるべき主要な概念を「理解」として一覧にしています。次に「理解」から発展させるべき具体的な応用とスキルを概説する「知識・スキルの活用」の項目が続きます。「指導」の項目では、「どのようなポイントを必ず押さなければならないか」、「どのようなポイントは要求されていないか」、また、「どの程度深く学ばなければならないか」など、教師および試験官が知らない情報を示しています。「科学の本質」の欄の内容、および左側の欄の内容は、すべて評価の対象となる項目です。さらに、これまで同様、右側の欄にある「国際的な視野」も評価の対象となります。

右側の欄は、「国際的な視野」に関して参考となるヒントを教師に提案しています。「知の理論(TOK)」の項目では、「知識に関する問い」(2014年刊の『「知の理論(TOK)」指導の手引き』を参照)の例を挙げ、「所定課題エッセイ」(TOKエッセイ)に向けて生徒の思考を深めます。「自然や人間生活との関わり」の項目では、サブトピックをシラバスの他の部分、他のDP科目、または現実世界への応用に関連づけます。最後に、「ねらい」の項目は、「理科」(グループ4)の各ねらいがサブトピックにおいて具体的にどのように扱われるのかについて言及しています。

## 「指導の手引き」の形式

### トピック1：〈単元名〉

【学習のポイント】各サブトピックの学習のポイントを明示します。

1.1 サブトピック	
<p>「科学の本質」(NOS) との関わり —— 中心となっている「科学の本質」のテーマとサブトピックを関連づけます。</p>	
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>各サブトピックで扱わなければならない学習内容を具体的に挙げます。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>生徒が「理解」をどのように応用するかについての詳細を説明します。応用には、数学的な計算や実習に関するスキルも含まれます。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>「理解」と「知識・スキルの活用」で習熟することが求められる要件を具体的に説明します。</li> </ul>	<p><b>国際的な視野</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>教師が授業で取り上げやすい内容を取り上げます。</li> </ul> <p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>TOKの「知識に関する問い」の例を挙げます。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <p>「生物」で学習する他のトピック、さまざまな現実世界への応用、他のDP科目との関連を列記します。</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>「理科」(グループ4)のねらいとのつながりを示します。</li> </ul>

## 「理科」(グループ4)の実験スキル

「百聞は一見に如かず。百見は一為に如かず。故に、万聞は一為に如かず」

孔子

「理科」(グループ4)の各科目を履修する生徒の学習経験に欠かせないのが、教室、実験室、フィールドワークでの経験です。実習を通じて、生徒は自然現象や二次データ源と直接関わり合うことができます。これらの経験は、生徒にとって、研究計画、データ収集、操作スキルの向上、結果の解析、クラスメートとの協働、知見の評価と伝達に取り組む機会となります。実験は、トピックの導入や、現象の研究、または、生徒が抱えている疑問や興味をもった問題について考察し、検証する方法として活用することができます。

生徒に実践的な実験の機会を設けることで、生徒は、科学者が行うのと同じプロセスの一部を経験します。実験を通じて、生徒は、科学的思考と研究の本質を経験することができます。すべての科学的理論と法則は、観察から始まります。

「実習」は、生徒が科学的探究を発展させることのできるものであることが重要です。単に指示に従い、与えられた実験手順を反復できるだけでは、十分ではありません。生徒には、真の探究の機会を設けなければなりません。科学的探究スキルを身につけること

で、生徒は確かな証拠<sup>エビデンス</sup>と論理的推論に基づいた説明を構築できるようになります。このような高次の思考スキルを身につけることを通じて、生徒を生涯にわたり学び続ける科学的な教養のある人になるよう導きます。

学校での「実習を伴う学習活動」は、生徒が、選択項目を含む学習内容の幅と深さを十分に経験できるようなものでなければなりません。また、「実習を伴う学習活動」は、生徒が内部評価の要件である「個人研究」に取り組むための準備となるようなものでなければなりません。「操作スキルの向上」には、生徒が指示に正確に従えること、さまざまな手法や装置を用いて、安全で適正な秩序だった実験を実践できるようになることが含まれます。

シラバスの「知識・スキルの活用」の項目には、生徒が「理科」（グループ4）の各科目の学習を通じて経験しなければならない具体的な実験スキル、手法、および実験内容が挙げられています。その他の推奨される実験スキル、手法、および実験内容は、シラバスの「ねらい」の項目に挙げられています。「理科」（グループ4）の「ねらい6」は、実験および研究スキルの習熟に直接的に関係するものです。

## 数学に関する要件

DPで「生物」を学ぶ生徒はいずれも、以下に習熟していなければなりません。

- ・ 基本的な加減乗除の算術関数を行うこと
- ・ 平均、小数、分数、百分率、割合を含む計算を行うこと
- ・ 正比例や反比例を含め、棒グラフ、グラフ、ヒストグラムの形態で頻度データを表し解釈すること
- ・ 直線的関係や非線形の関係を示す2つの変数を含むグラフを（適切なスケールと軸で）作成すること
- ・ 2変数間の相関関係を特定するために散布図をプロットして解釈し、相関関係の存在は因果関係を確立しないことを理解すること
- ・ データセットの最頻値および中央値を決定し、標準偏差を計算して分析すること
- ・ 特定のデータの解析に適した統計的検定を選択し結果を解釈すること

## 情報コミュニケーション技術の活用

授業では、実習、そして日々の教室での活動の両方で情報コミュニケーション技術（ICT）を活用することが奨励されています。教師は、「教師用参考資料」のICTのページを参照してください。

## 授業計画

「指導の手引き」のシラバスは、教える順番を示したものではありません。履修期間中に網羅する必要のある学習内容の詳細を記したものです。学校は、生徒にとって最も望ましい授業計画を開発するようにしてください。授業計画は、リソースの利用可能状況や、生徒のこれまでの学習経験、また、その他の地域的な要件などを考慮に入れて開発することができます。

上級レベル（HL）の担当教師は、どのように教えるかを選択することができます。「SL・HL共通項目」と「HL発展項目」を同時に教えることもできる一方、第1年次に「SL・HL共通項目」を教え、第2年次に「HL発展項目」の学習し、それを通じて「SL・HL共通項目」を復習するというように、らせん状に教えることもできます。「選択項目」のトピックは、独立したトピックとして教えることも、「SL・HL共通項目」または「HL発展項目」、あるいはその両方の授業に統合することもできます。

どのように授業を計画するにしろ、試験勉強に向けた復習の時間を十分に確保しなければなりません。また、生徒が自分自身の学習経験と学習者としての自己の成長を振り返るための時間も必要です。

## I Bの学習者像

DPの「生物」は、「I Bの学習者像」に示される人物像へと生徒が成長することに密接に結びついています。「生物」を履修することによって、生徒は「I Bの学習者像」の各要素に取り組むこととなります。例えば、内部評価課題で求められる要件に取り組むことは、「I Bの学習者像」のあらゆる要素での成長を生徒に促します。「I Bの学習者像」の各人物像と「理科」（グループ4）の関連する点を以下の表に示します。

I Bの学習者像	「生物」「化学」「物理」
探究する人	ねらい2、ねらい6 実習、内部評価
知識のある人	ねらい1、ねらい10、「国際的な視野」との関わり 実習、内部評価
考える人	ねらい3、ねらい4、「知の理論」（TOK）との連携 実習、内部評価
コミュニケーションができる人	ねらい5、ねらい7、外部評価 実習、内部評価

信念をもつ人	ねらい8、ねらい9 実習、内部評価、倫理的行動実践（ポスター「 <i>Ethical practice in the Diploma Programme</i> （ディプロマプログラムにおける倫理的実践）」、I B資料『 <i>IB animal experimentation policy</i> （I Bの動物実験に関する方針）』）、学問的誠実性
心を開く人	ねらい8、ねらい9、「国際的な視野」との関わり 実習、内部評価、「グループ4プロジェクト」
思いやりのある人	ねらい8、ねらい9 実習、内部評価、「グループ4プロジェクト」、倫理的行動実践（ポスター「 <i>Ethical practice in the Diploma Programme</i> （ディプロマプログラムにおける倫理的実践）」、I B資料『 <i>IB animal experimentation policy</i> （I Bの動物実験に関する方針）』）
挑戦する人	ねらい1、ねらい6 実習、内部評価、「グループ4プロジェクト」
バランスの取れた人	ねらい8、ねらい10 実習、内部評価、「グループ4プロジェクト」、フィールドワーク
振り返ることができる人	ねらい5、ねらい9 実習、内部評価、「グループ4プロジェクト」



## シラバスの内容

	授業時間数
<b>SL・HL共通項目</b>	<b>95時間</b>
<b>トピック1 — 細胞生物学</b>	<b>15</b>
1.1 細胞の概論	
1.2 細胞の微細構造	
1.3 膜構造	
1.4 膜による輸送	
1.5 細胞の起源	
1.6 細胞分裂	
<b>トピック2 — 分子生物学</b>	<b>21</b>
2.1 分子から代謝まで	
2.2 水	
2.3 炭水化物と脂質	
2.4 タンパク質	
2.5 酵素	
2.6 DNAおよびRNAの構造	
2.7 DNA複製、転写、および翻訳	
2.8 細胞呼吸	
2.9 光合成	
<b>トピック3 — 遺伝学</b>	<b>15</b>
3.1 遺伝子	
3.2 染色体	
3.3 減数分裂	
3.4 遺伝的形質	
3.5 遺伝子組み換えとバイオテクノロジー	

	授業時間数
<b>トピック4 — 生態学</b>	<b>12</b>
4.1 種、群集、生態系	
4.2 エネルギーの流れ	
4.3 炭素循環	
4.4 気候変動	
<b>トピック5 — 進化と生物多様性</b>	<b>12</b>
5.1 進化の証拠	
5.2 自然選択	
5.3 生物多様性の分類	
5.4 分岐分類学	
<b>トピック6 — 人間生理学</b>	<b>20</b>
6.1 消化と吸収	
6.2 血液系	
6.3 感染症に対する防御	
6.4 ガス交換	
6.5 神経とシナプス	
6.6 ホルモン、恒常性、生殖	
<b>HL 発展項目</b>	<b>60時間</b>
<b>トピック7 — 核酸</b>	<b>9</b>
7.1 DNAの構造と複製	
7.2 転写と遺伝子発現	
7.3 翻訳	
<b>トピック8 — 代謝、細胞呼吸、光合成</b>	<b>14</b>
8.1 代謝	
8.2 細胞呼吸	
8.3 光合成	
<b>トピック9 — 植物生物学</b>	<b>13</b>
9.1 植物の木部における輸送	
9.2 植物の師部における輸送	
9.3 植物の生長	
9.4 植物の繁殖	

	授業時間数
<b>トピック 10——進化と生物多様性</b>	<b>8</b>
10.1 減数分裂	
10.2 遺伝的形質	
10.3 遺伝子プールと種分化	
<b>トピック 11——動物生理学</b>	<b>16</b>
11.1 抗体産生と予防接種	
11.2 運動	
11.3 腎臓と浸透圧調節	
11.4 有性生殖	

**選択項目****15時間 (SL) / 25時間 (HL)****A 神経生物学と行動****SL・HL 共通項目のトピック**

- A.1 神経の発生
- A.2 ヒトの脳
- A.3 刺激の知覚

**HL 発展項目のトピック**

- A.4 生得的行動と学習による行動
- A.5 神経薬理学
- A.6 行動学

**B バイオテクノロジーとバイオインフォマティクス****SL・HL 共通項目のトピック**

- B.1 微生物学：生物の産業利用
- B.2 農業分野のバイオテクノロジー
- B.3 環境保護

**HL 発展項目のトピック**

- B.4 医学
- B.5 バイオインフォマティクス

**C 生態学と環境保全****SL・HL 共通項目のトピック**

- C.1 種と群集
- C.2 群集と生態系
- C.3 生態系への人類の影響
- C.4 生物多様性の保全

**H L 発展項目のトピック**

- C. 5 個体群生態学
- C. 6 窒素とリンの循環

**D 人間生理学**

**S L ・ H L 共通項目のトピック**

- D. 1 人間栄養学
- D. 2 消化
- D. 3 肝臓の機能
- D. 4 心臓

**H L 発展項目のトピック**

- D. 5 ホルモンと代謝
- D. 6 呼吸ガス輸送

【学習のポイント】多細胞生物の進化により、細胞の分業と、交換が可能になった。

<p>1.1 細胞の概論</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり 傾向と相違点を探す——ほとんどの生物は、細胞説に従うが、例外もある。(3.1) 研究の倫理的意味——幹細胞に関する研究が重要性を増しており、倫理的問題が提起されている。(4.5)</p>	<p><b>国際的な視野</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>幹細胞研究においては世界中の科学者チームが業績を共有することで、研究の進歩が加速した。しかし、これらの科学者の業績や治療に向けた利用が波紋を投げかけるがゆえに、各国家政府は地域的、文化的、宗教的な方面からの影響を受けることになった。</li> </ul> <p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>生物環境と非生物環境の間には違いがある。その違いをどのようにして知ることができるか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>疾病治療への幹細胞の利用は、骨髄幹細胞を除いて、大部分は実験段階である。しかし、科学者は近い将来、心臓病や糖尿病などあらゆる種類の疾病を治療する標準的な治療法として、幹細胞が利用されると期待している。</li> </ul>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>細胞説によると、生物は細胞で構成されている。</li> <li>単一細胞から成る生物は、すべての生命機能をその細胞内で行っている。</li> <li>細胞のサイズの限界には、表面積と体積の比が重要な要因になる。</li> <li>多細胞生物は、細胞成分の相互作用から生じる特性をもっている。</li> <li>多細胞生物における特殊化した組織の発生は、細胞分化によって行われる。</li> <li>細胞分化の過程には、ゲノム中の一部の遺伝子が働き、一部が働かないという現象が含まれる。</li> <li>[未分化な状態で]細胞分裂し得ること、そしてさまざまな運命へ分化し得るといふ幹細胞の能力は、胚発生において必須のものであり、またこの能力が治療的な目的にも役に立つ。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：横紋筋、巨大な藻類、無隔菌糸など典型的でない例を用いて、細胞説についての検証を行う。</li> </ul>		

<p>1.1 細胞の概論</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：ゾウリムシと、指定された光合成単細胞生物についての生体機能の調査。</li> <li>知識の活用：スタルガルト病およびその他の指定された一疾患の治療への幹細胞の使用。</li> <li>知識の活用：人為的に操作された胚、新生児の臍帯血、成人自身の組織より作成された幹細胞の治療的利用に関する倫理。</li> <li>スキルの活用：光学顕微鏡を用いて観察した細胞をスケッチすること、細胞、組織の構造、微細構造を学ぶ。拡大倍率の計算、スケッチまたは顕微鏡写真に見られる構造の実際のサイズの計算を行う。(実習1)</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>生徒は、栄養、代謝、成長、反応、排出、恒常性、生殖といった生命の特徴についての用語を挙げて簡単に説明することができることが期待される。</li> <li>クロレラまたはイカダモが、適切な光合成単細胞生物であるが、ユーズは、従属栄養的な採餌が可能であるので避けたほうがよい。</li> <li>スケッチや顕微鏡写真で実際のサイズのサイズを示す方法としては、スケールバーが有効である。</li> </ul>
	<p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい8</b>：幹細胞研究には、ヒトを用いても他の動物を用いても、倫理的問題が含まれる。胚性幹細胞（ES細胞）を利用するには、初期胚の死が伴うからである。しかし、患者からの「iPS細胞等を用いた」治療的クローニングが成功すれば、「ES細胞で倫理的問題が起きるような」さまざまな状況においても患者の苦しみを低減させることができるだろう。</li> </ul>

【学習のポイント】真核生物は、原核生物より細胞構造がずっと複雑である。

1.2 細胞の微細構造	
<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b> 科学研究の進展は装置の改良に追従する——電子顕微鏡の発明が、細胞構造の大きな理解につながった。(1.8)</p>	<p><b>国際的な視野</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>情報伝達が遅かった時代、様々な顕微鏡が世界の各所で独立して同時多発的に発明された。現代では通信技術が発達したおかげで、より効率的な共同研究が可能となり、科学の進歩の充実に貢献している。</li> </ul> <p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>私たちが認識する世界というのは、目に見える範囲に限定されている。知覚による観察に頼った「知識に関する主張」と、技術によって支援された観察に頼った「知識に関する主張」との間には相違点があるか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b> 《シラバスや他科目との関連性》 「物理」 トピック 4.4 波動現象 トピック C.1 画像化の概論 トピック C.3 光ファイバー</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい8</b>：電子顕微鏡のような科学の進歩は、企業に経済的な利益を生む機会を与えるが、同時に科学者間の協力で経済的な関係性をもちこむ場合がある。</li> </ul>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>原核生物は、区画化されていない単純な細胞構造をもつ。</li> <li>真核生物は、区画化された細胞構造をもつ。</li> <li>電子顕微鏡は、光学顕微鏡よりもはるかに高い分解能を有している。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：脾臓の外分泌細胞内および葉の柵状葉肉細胞内の細胞小器官の構造と機能。</li> <li>知識の活用：原核細胞は二分裂で細胞分裂する。</li> <li>スキルの活用：電子顕微鏡写真を見て原核生物細胞の微細構造をスケッチする。</li> <li>スキルの活用：電子顕微鏡写真を見て真核生物細胞の微細構造をスケッチする。</li> <li>スキルの活用：細胞小器官を同定し、専門的に分化した細胞の機能を推測することを目的として、電子顕微鏡写真を解釈する。</li> </ul>	<p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>原核細胞のスケッチ中に示されるべきものとして、細胞壁、線毛(せんもう：Pili)及び鞭毛、そして細胞膜に囲まれた細胞質中の複数の70Sリボソームと、裸のDNAからなる1つの核様体が挙げられる。</li> <li>真核細胞のスケッチ中に示されるべきものとして、細胞膜に囲まれた細胞質の中に、複数の80Sリボソームと、1つの核、そしてミトコンドリアやその他の膜系細胞小器官が挙げられる。</li> </ul>

【学習のポイント】 生体膜の構造自体が膜の流動性を生む。

<p>1.3 膜構造</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり        現実世界を表現したのとしてモデルを用いる——膜構造の代替モデルがある。(1.11)        ある理論が別の理論に反証され、とってかわられる例——証拠がダニエリ - ダブソンモデルを反証した。(1.9)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>リン脂質は、リン脂質分子の両親媒性特性により水中で二重膜を形成する。</li> <li>膜タンパク質は、構造、膜内での位置、および機能の点で多様である。</li> <li>コレステロールは、動物細胞膜の構成要素である。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：ほ乳類の細胞膜中のコレステロールは、膜の流動性と、特定の溶質の浸透性を減少させる。</li> <li>スキルの活用：流動モザイクモデルを描く。</li> <li>スキルの活用：ダニエリ - ダブソンモデルの提案につながった電子顕微鏡からの証拠を分析する。</li> <li>スキルの活用：シンガー - ニコルソンモデルにつながったダニエリ - ダブソンモデルの反証を分析する。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>両親媒性リン脂質は、親水性と疎水性を併せもつ。</li> <li>膜構造の流動モザイクモデルのスケッチは、3次元ではなく2次元でよい。個々のリン脂質分子は、2本の平行な線がくっついた円を用いて示すこと。膜タンパク質については、糖タンパク質の表現まで含むものとする。</li> </ul> <p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>細胞膜の構造の説明は、新たな証拠や分析方法が現れるにつれ、年々変化してきた。どのような状況で、後に間違いとされた理論について学習することが重要になるか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <p>《シラバスや他科目との関連性》        「生物」        トピック 2.3 炭水化物と脂質        トピック 2.6 DNAおよびRNAの構造</p>
----------------	--	---



【学習のポイント】生体膜は、能動輸送および受動輸送により細胞の組成をコントロールしている。

<p>1.4 膜による輸送</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり 実験計画——浸透圧の実験では、正確な量的測定が不可欠である。(3.1)</p> <p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 粒子は、単純拡散、促進拡散、浸透圧、能動輸送によって膜を通過する。</li> <li>・ 膜の流動性のおかげで、物質はエンドサイトーシスにより細胞に取り込まれ、エクソサイトーシスにより放出される。細胞内における物質輸送は、小胞により行われる。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：能動輸送のためのナトリウム-カリウムポンプの構造と機能、軸索での促進拡散のためのカリウムチャンネル。</li> <li>・ 知識の活用：医療処置で用いられる組織または器官は、浸透作用を防ぐために細胞質と同じ浸透圧の溶液中に浸されなければならない。</li> <li>・ スキルの活用：低張液および高張液にサンプルを浸すことにより組織の浸透圧を推定する。(実習2)</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 浸透圧の実験は、科学実験では正確な質量および体積の測定が必要であることを強調する有効な機会である。</li> </ul>
	<p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 腎臓透析は、適切な膜と濃度勾配を用いて、ヒトの腎臓の機能を人工的に模倣したものである。 《シラバスや他科目との関連性》 「生物」 トピック 6.5 神経とシナプス</li> </ul> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>ねらい8</b>：臓器提供は、臓器提供の利他的な本質や、ヒトの器官の販売に関する懸念など、いくつかの興味深い倫理的問題を提起する。</li> <li>・ <b>ねらい6</b>：透析チューブ実験は膜活動のモデルとして機能し得る。ジャガイモ、ビートの根、または単細胞藻類を用いた実験を、実際の膜の性質を調べるために用いることができる。</li> </ul>

**【学習のポイント】** 現在生存している生物のすべての細胞に、地球上の最初の細胞から途絶えることのない生命の鎖が繋がっている。

<b>1.5 細胞の起源</b>	
<b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b> 自然界の根底にある一般的な原理を検証する——細胞は以前から存在している細胞にのみ由来するという原理を検証する必要がある。(1.9)	
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>細胞は、以前から存在している細胞の分裂によってのみ形成され得る。</li> <li>最初の細胞は、非生物材料から生じたに違いない。</li> <li>真核細胞の起源は、細胞内共生説によって説明できる。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：「細胞や生物の自然発生は、地球上では今は起こらない」というパズルの実験による証明。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>細胞内共生説の証拠を挙げることを要求する。真核細胞の繊毛と鞭毛の起源は含まれなくてもよい。</li> <li>遺伝子コードの64コドンはほとんどすべての生物で同じ意味をもつが、地球上の生命の共通起源以来、いくつかのわずかな変異が生じている可能性があることを、生徒は知っていないなければならない。</li> </ul>	<p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>生物学は、生命の学問であるが、生命は、創発性である。どのような状況で、システムアプローチが生物学において生産的な手法になるか、どのような状況で、還元主義的アプローチの方が適切になるのか。競合するアプローチの一方を科学者はどのように選択するのか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b> 《シラバスや他科目との関連性》 「生物」 トピック 5.1 進化の証拠</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい6</b>：パズルの実験は、現代の装置を用いて再現可能である。</li> </ul>

【学習のポイント】細胞分裂は生命の本質的要素であるが、制御されたものでなければならぬ。

1.6 細胞分裂	
<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b> セレンディピティと科学的発見 — サイクリンの発見は偶然だった。(1.4)</p>	
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 体細胞分裂とは、核が遺伝的に同一な2つの娘核に分裂するような細胞分裂である。</li> <li>・ 染色体は、体細胞分裂中に、超らせん構造を形成して凝縮する。</li> <li>・ 体細胞分裂後に細胞質分裂が起こり、これは植物細胞と動物細胞では様子が異なっている。</li> <li>・ 間期は、細胞周期の中でも非常に活動的な時期であり、核と細胞質で多くのプロセスが起こる。</li> <li>・ サイクリンが、細胞周期の制御に関与する。</li> <li>・ 突然変異原、ガン遺伝子、転移が、原発腫瘍と二次性腫瘍の増殖に関与している。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：喫煙とガンの発生の間の相関関係。</li> <li>・ スキルの活用：顕微鏡で直接、または、顕微鏡写真で見た細胞の体細胞分裂の期(ステージ)を特定する。</li> <li>・ スキルの活用：顕微鏡写真から分裂指数を決定する。</li> </ul>	<p><b>国際的な視野</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 世界中の研究室で生物学者が、ガンの原因と治療について研究している。</li> </ul> <p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 多くの科学的発見が、偶然の産物または予期せぬものであったと言われる。これらの科学的発見の一部は運よりもむしろ直感の結果であるが、どの程度か。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 分裂指数は、ガン細胞の化学療法への反応を推し量ることのできる重要な予測ツールである。</li> </ul> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>ねらい8</b>：たばこ産業について議論してもよい。たばこ会社が喫煙の健康への影響の調査結果を隠蔽していたことは、非倫理的である。喫煙は、かなりの社会的損害を引き起こすが、ブータンでの生産および供給に関する法律を除いては、違法にはなっていない。</li> </ul>

## 1.6 細胞分裂

### 指導

- ・ 体細胞分裂の4つの期で起こる事象の順番がわかること。
- ・ 根をつぶして一時プレパラートを準備することが推奨されるが、体細胞分裂の各段階の細胞は、永久プレパラートを用いても観察できる。
- ・ 用語の混乱を避けるために、教員は、体細胞分裂の初期段階でセントロメアによって互いに接着されている間には、染色体の2つの部分を姉妹染色分体と呼ぶことを推奨する。体細胞分裂後期以降、姉妹染色分体が分離して個別の構造を形成した時に、染色体と呼ぶべきである。

【学習のポイント】生物は、複雑に入り組んだ化学反応の相互作用によってその組成をコントロールしている。

### 2.1 分子から代謝まで

#### 「科学の本質」(NOS) との関わり

理論の反証——尿素の人工的な合成が、生気論の反証に役立った。(1.9)

#### 理解

- ・ 分子生物学は、生命現象の過程を、それに関わるさまざまな分子を用いて化学的に記述する学問である。
- ・ 炭素原子は、多様な安定化合物の存在を可能にする4つの共有結合を形成することができる。
- ・ 生命は、炭水化物、脂質、タンパク質、核酸などの炭素化合物を基にしている。
- ・ 代謝とは、細胞または生物で起きる入り組んだすべての酵素触媒反応のことである。
- ・ 同化とは、縮合反応による単量体からの高分子形成など、単純な分子から複雑な分子を合成することである。
- ・ 異化とは、高分子から単量体への加水分解など、複雑な分子を単純な分子へと分解することである。

#### 知識・スキルの活用

- ・ 知識の活用：生物によって生産されるが人工的にも合成できる化合物の一例として尿素を挙げる。

#### 自然や人間生活との関わり

《シラバスや他科目との関連性》

「化学」

トピック4 化学結合および構造

選択項目B 生化学

#### ねらい

- ・ **ねらい7**：このサブトピックと2.3および2.4では、炭水化物、脂質、タンパク質の分子を視覚化するためにICT(情報コミュニケーション技術)を用いることができる。
- ・ **ねらい6**：デンプンの同定のためのヨウ素または還元糖の同定のためのベネジクト液の使用などの食品テストを利用してみてみよう。

<p>2.1 分子から代謝まで</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ スキルの活用：グルコース、リボース、飽和脂肪酸、一般アミノ酸の構造式を描画する。</li> <li>・ スキルの活用：構造式から糖類、脂質、アミノ酸などの生化学物質を同定する。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 環形状のD-リボース、<math>\alpha</math>-D-グルコース、<math>\beta</math>-D-グルコースを描ければよい。</li> <li>・ 糖類とは、単糖類と二糖類を含む。</li> <li>・ [描くことが期待されるのは] 1つの飽和脂肪だけでなく、具体的な名称は必要ない。</li> <li>・ アミノ酸の多様性をもつ側鎖の部分は、Rで示すことができる。個々の側鎖の構造を覚える必要はない。</li> <li>・ 生徒は、分子図から、トリグリセリド、リン脂質、ステロイドが脂質であることを認識できなければならない。ステロイドの描画は要求しない。</li> <li>・ アミノ酸間のペプチド結合を示す分子図を見せられた時に、タンパク質、もしくはポリペプチドだと認識されなければならない。</li> </ul>
---------------------	---

【学習のポイント】 水は生命の源である。

<p>2.2 水</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり 理論を用いて自然現象を説明する——水分子間に水素結合が形成されるといいう理論は、水の特性を説明している。(2.2)</p>	<p><b>国際的な視野</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>人口が増加する中で、飲料水および灌漑用水、発電用水、さまざまな産業および自家使用のために公平に水資源を分け合うのは難題である。</li> </ul> <p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>「水の記憶」に関する主張は、疑似科学的なものとして分類されている。疑似科学的主張から科学的主張を区別するのに用いることができる基準は何か。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b> 《シラバスや他科目との関連性》 「生物」 トピック 4.3 炭素循環 トピック 4.4 気候変動 「物理」 トピック 3.1 熱の概念</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい6</b>：水を用いた冷却に関して影響を与えそうな複数の要因を検討する際に、センサーが利用可能である。</li> </ul>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>水分子は、極性分子であり、水素結合が分子間に形成される。</li> <li>水素結合と二極性によって、水の凝集性、付着性、熱特性、溶媒特性を説明する。</li> <li>物質は、親水性か疎水性に分けることができる。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：水の熱特性とメタンの熱特性の比較。</li> <li>知識の活用：汗の中の水分を冷却剤として利用する。</li> <li>知識の活用：水への溶解度に関連した血液中のグルコース、アミノ酸、コレステロール、脂質、酸素、塩化ナトリウム輸送の仕方。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>水の各特性の生物に対する利益について、少なくとも1つの例を知っていること。</li> <li>水の透明性と4℃で密度が最大になることを含める必要はない。</li> <li>水とメタンの熱特性の比較は、水の水素結合の重要性を理解する助けになる。</li> </ul>		

【学習のポイント】炭素、水素、酸素の化合物は、エネルギーの供給および蓄積のために用いられる。

<p>2.3 炭水化物と脂質</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり 主張の評価——食品の脂質に関する栄養機能表示については再考する必要がある。(5.2)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>単糖類単量体は、縮合反応によって結合して、二糖類および多糖類の重合体を形成する。</li> <li>脂肪酸には、飽和脂肪酸、一価不飽和脂肪酸、およびポリ不飽和脂肪酸がある。</li> <li>不飽和脂肪酸は、シスまたはトランス異性体になり得る。</li> <li>トリグリセリドは、3つの脂肪酸と1つのグリセロールの縮合によって形成される。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：植物のセルロースおよびデンプンならびにヒトのグリコーゲンの機能と構造。</li> <li>知識の活用：トランス脂肪と飽和脂肪酸の健康リスクについての科学的根拠。</li> <li>知識の活用：人間にとつて、脂質は炭水化物よりも長期間エネルギーを蓄えるのに適している。</li> <li>知識の活用：脂質に関する栄養機能表示の証拠と、その証拠を得るために用いられた方法の評価。</li> <li>スキルの活用：セルロース、デンプン、グリコーゲンの比較のために、分子視覚化ソフトウェアを利用する。</li> <li>スキルの活用：計算して、または計算図表を用いて、体格指数 (BMI 値) を決定する。</li> </ul> <p><b>国際的な視野</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>肥満、エネルギーの貧弱な食品と食糧難、タンパク質欠乏による栄養失調、神経性食欲不振症、冠動脈性心疾患など、世界中に蔓延するさまざまな健康問題について議論できる。</li> </ul> <p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>食べ物の中の脂肪の害と利益に関しては矛盾した見方がある。相反する2つの視点の間で、私たちはどのように意思決定をすればよいのだろうか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ジャガイモでは、アミロースのレベルを減少させて、より効率的にデンプン糊をつくるために、遺伝子組み換えが行われている。</li> </ul> <p>《シラバスや他科目との関連性》 「生物」 選択項目 B：バイオテクノロジーとバイオインフォマティクス</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい8</b>：肥満は社会問題となっている。</li> </ul>
--------------------	--	---



<b>2.3 炭水化物と脂質</b>	<b>指導</b> <ul style="list-style-type: none"><li>・ デンプンの構造に、アミロースとアミロペクチンを含んでいること。</li><li>・ 個々の脂肪酸の名称を挙げる必要はない。</li><li>・ スクロース、ラクトース、マルトースが、単糖類の結合によって産生される二糖類の例として含まれていること。</li></ul>
--------------------	---

【学習のポイント】 タンパク質は、生命体の中で非常に幅広い機能を持っている。

<p>2.4 タンパク質</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり パターン、傾向、相違点を探す——すべてではないが大部分の生物は、同じアミノ酸のセットからタンパク質を合成している。(3.1)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>アミノ酸は、縮合によって結合され、ポリペプチドを形成する。</li> <li>ポリペプチドは20のアミノ酸から、リボソーム上で合成される。</li> <li>アミノ酸はどのような配列でも結合されることから、ポリペプチドの種類は非常に幅広くなり得る。</li> <li>ポリペプチドのアミノ酸配列は、遺伝子によってコードされている。</li> <li>タンパク質は、単一のポリペプチドまたは互いに結合した1つ以上のポリペプチドから構成され得る。</li> <li>アミノ酸配列は、タンパク質の3次元構造を決定する。</li> <li>生物は、さまざまな機能をもつ多くの異なるタンパク質を合成する。</li> <li>個体ごとに独自のプロテオーム (ある生物が生産するタンパク質全体の構成) を持っている。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用: ルビスコ、インシュリン、免疫グロブリン、ロドプシン、コラーゲン、クモの糸などが、タンパク質の機能の幅の例である。</li> <li>知識の活用: 熱によって、または最適pHからずれることによって、タンパク質は変性する。</li> <li>スキルの活用: ペプチド結合の形成を示す構造式を描画する。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>タンパク質の機能を説明するために選択された6つのタンパク質の詳細な構造について取り扱う必要はない。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>プロテオミクスと、発酵槽で培養された細胞によるタンパク質生産は、食品や薬品などの産業に多くの機会を提供している。</li> </ul> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい7</b>: タンパク質の構造の分子可視化にICTを用いることができる。</li> <li><b>ねらい8</b>: 免疫学、薬学、人類学研究のためにヒトの血液サンプルを集めることは、多くの倫理的問題を伴う国際的な試みである。</li> </ul>
------------------	--	---

#### 2.4 タンパク質

- ・ 卵白またはアルブミン溶液を変性実験に用いることができる。
- ・ 生徒は、いくつかの例外を除いて、大部分の生物は、同じ遺伝子コードで同じ20種のアミノ酸を用いていることを理解すること。また、具体的な例を用いて説明できること。

【学習のポイント】酵素は、細胞の代謝を制御している。

<p>2.5 酵素</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり 実験計画——酵素実験での正確な定量的測定には、信頼性を確保するために複数回の実験が必要である。(3.2)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>酵素は、特異的基質が結合する活性部位をもつ。</li> <li>酵素触媒反応は、分子運動、および、基質と活性部位との接触を伴う。</li> <li>温度、pH、基質濃度が、酵素活性速度に影響する。</li> <li>酵素は変性し得る。</li> <li>[担体に] 固定化された酵素は、幅広く産業に用いられている。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：ラクトースフリー牛乳の生産方法とその利点。</li> <li>スキルの活用：温度、pH、物質濃度の酵素活性への影響を検証する実験の計画。</li> <li>スキルの活用：酵素活性に影響する要因の実験的調査。(実習3)</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ラクターゼは、アルギン酸ビーズに固定化することができ、牛乳中のラクトースが加水分解される実験を行うことができる。</li> <li>生徒は、グラフを描いて、酵素活性に対する温度、pH、物質濃度の予想される影響を示すことができること。また、これらのグラフに現れるパターンや傾向について説明ができること。</li> </ul>
		<p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>一部の技術の開発は、とりわけ、特定の人類集団に恩恵をもたらす。例えば、ヨーロッパと米国で入手可能なラクトースフリー牛乳の開発は、ラクトース不耐症がより広く見られるアフリカとアジアでより大きな恩恵をもたらすだろう。技術の開発には、財政的投資が必要である。世界のある地域で開発された技術が、別の地域で役に立つ場合に、知識を共有すべきだろうか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>酵素は、果物ジュースから粉石けんに至る製品の生産のために幅広く産業利用されている。</li> </ul> <p>《シラバスや他科目との関連性》 「生物」 トピック8 HL 発展項目 代謝、細胞呼吸、光合成</p>

【学習のポイント】DNAの構造は、遺伝情報の効率的な保存を可能にしている。

2.6 DNAおよびRNAの構造	
「科学の本質」(NOS) との関わり 現実世界を表現したものとしてモデルを用いる——ワトソンとクリックは、モデルを利用することでDNA構造を発見した。(1.10)	
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>核酸DNAとRNAはヌクレオチドの重合体である。</li> <li>DNAは、存在するらせんの数、塩基の組成、五炭糖の種類がRNAとは異なっている。</li> <li>DNAは、相補的塩基対の間の水素結合によって結合したヌクレオチドの2本の逆平行鎖からなる二重らせんである。</li> </ul>	<p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>DNA構造の解明の物語は、科学者の協力と連携が、研究グループ間の競争と同時に存在したことを示している。研究が秘密にされることほどの程度「科学の精神に反した」ことなのだろうか。自然科学における共有知識と個人的知識の間の関係性とはどのようなものか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b> 《シラバスや他科目との関連性》 「生物」 トピック 2.2 水 トピック 3.5 遺伝子組み換えとバイオテクノロジー トピック 7 核酸</p>
<p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：ワトソンとクリックによるモデルを用いたDNA構造の解明。</li> <li>スキルの活用：リン酸、五炭糖、塩基をそれぞれ円、五角形、長方形で表して、DNAとRNAの単一ヌクレオチドの構造を簡単にスケッチする。</li> </ul>	<p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>DNA構造の図において、らせん形状を示す必要はないが、2本のらせんが逆平行に示すこと。アデニンはチミンと、グアニンはシトシンと対になるように示さなければならないが、プリン塩基とピリミジン塩基の相対的な長さも、塩基対間の水素結合の数もことさらに示す必要はない。</li> </ul>

【学習のポイント】 特定の細胞に必要な特定のタンパク質をつくり出すために、DNAの遺伝情報が正確にコピーされ、翻訳され得る。

<p>2.7 DNA複製、転写、および翻訳</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり 科学理論の証拠を手に入れる——メセルソンとスタールは、DNAの半保存的複製の証拠を手に入れた。(1.8)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DNAの複製は、半保存的であり、相補的塩基対合に依存して行われる。</li> <li>• ヘリカーゼは、二重らせんをほどき、水素結合を切ることで2本のらせんを分離する。</li> <li>• DNAポリメラーゼは、すでに存在しているらせんを鋳型として、ヌクレオチドを結合させて新たならせんを形成する。</li> <li>• 転写とは、RNAポリメラーゼが、DNA塩基配列からコピーして、mRNAを合成することである。</li> <li>• 翻訳とは、リボソームでのポリペプチドの合成である。</li> <li>• ポリペプチドのアミノ酸配列は、mRNAにより、遺伝子コードにしたがって決定される。</li> <li>• mRNA上の3塩基のコドンが、ポリペプチド内の1つのアミノ酸に対応する。</li> <li>• 翻訳は、mRNA上のコドンとtRNA上のアンチコドンとの間の相補的塩基対合に依存する。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 知識の活用：ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)によって高速でDNAの多数のコピーを生成するために、TaqDNAポリメラーゼを用いる。</li> <li>• 知識の活用：遺伝子コードの普遍性が種間での遺伝子導入を可能にする一例として、バクテリアでのヒトインスリンの産生。</li> <li>• スキルの活用：遺伝子コードの表を用いて、どのコドンがどのアミノ酸に対応するかを推定する。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b> 《シラバスや他科目との関連性》 「生物」 トピック 3.5 遺伝子組み換えとバイオテクノロジー トピック 7.2 転写と遺伝子発現 トピック 7.3 翻訳</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ねらい8</b>：ヒトでの医学的用途でタンパク質を生成するために、[人間以外の]生物のゲノムを改変することには、倫理的意义がある。</li> </ul>
---------------------------	--	---

## 2.7 DNA複製、転写、および翻訳

- スキルの活用：メセルソンとスタールの結果を分析して、DNAの半保存的複製の理論を支持する議論を構築する。
- スキルの活用：mRNAコドンとそれらに対応するアミノ酸の表を用いて、既知の塩基配列をもつ短いmRNA鎖にコードされたアミノ酸配列を推定する。
- スキルの活用：mRNAらせんに対してDNAの塩基配列を推定する。

**指導**

- ささまざまなタイプのDNAポリメラーゼを区別する必要はない。

【学習のポイント】細胞呼吸は、生命維持のためのエネルギーを供給する。

<p>2.8 細胞呼吸</p>	<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b>                  科学的研究の倫理を評価する——呼吸計の実験に無脊椎動物を用いることには、倫理的意味がある。(4.5)</p> <p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>細胞呼吸は、ATPを生産するために、有機化合物からエネルギーをコントロールしながら放出することである。</li> <li>細胞呼吸によってつくり出されるATPは、細胞のエネルギー源としてじかに利用可能である。</li> <li>嫌氣的細胞呼吸は、グルコースから少量のATPを産生する。</li> <li>好氣的細胞呼吸は、酸素を必要とするが、グルコースから大量のATPを産生する。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：酵母の嫌氣性呼吸を利用してパンを焼く時にエタノールと二酸化炭素を産生する。</li> <li>知識の活用：[酸素欠乏環境下] ヒトが嫌氣呼吸を行うときの乳酸産生は、筋肉収縮の力を極限まで引き出すために用いられる。</li> <li>スキルの活用：呼吸計を用いた発芽種子や無脊椎動物の呼吸速度の測定を含む実験の結果を分析する。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>細胞呼吸の代謝経路の詳細は必要ないが、基質と最終的な老廃物は知っておくべきである。</li> <li>利用できる簡易呼吸計が多数ある。生徒は、アルカリがCO<sub>2</sub>の吸収に用いられるので、体積の減少が酸素の利用によるものであると理解することが期待される。温度変動による体積の変化を避けるために、温度は一定に保たなければならない。</li> </ul>
	<p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい8</b>：実験に動物を使うことの倫理について、呼吸計実験に関連して議論できる。食用植物をバイオ燃料用として大規模に利用することと、結果として生じる食物価格への影響には、倫理的意味がある。</li> </ul>



【学習のポイント】光合成は、太陽光のエネルギーを用いて、生命に必要な化学エネルギーを生産する。

2.9 光合成	
「科学の本質」(NOS) との関わり	
<p>実験計画——光合成実験においては関連する変数 [要因の条件設定] をきちんと制御しておくことが非常に大事である。(3.1)</p>	<p><b>自然や人間生活との関わり</b>            《シラバスや他科目との関連性》            「生物」            トピック 2.5 酵素</p>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>光合成は、光エネルギーを用いて細胞内で炭素化合物を生産することである。</li> <li>可視光とは、紫の最短波長から赤の最長波長までの範囲の波長である。</li> <li>葉緑素は、赤色光と青色光を最も効率よく吸収し、緑色光をその他の色よりも反射する。</li> <li>光合成では、水の光分解から酸素が生産される。</li> <li>二酸化炭素から炭水化物などの炭素化合物を生産するために、エネルギーが必要である。</li> <li>温度、光の強度、二酸化炭素濃度が、光合成速度の律速要因として考えられる。</li> </ul>	<p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：光合成による地球の大気、海洋、岩石の堆積の変化。</li> <li>スキルの活用：葉緑素の吸収スペクトルと光合成の作用スペクトルを描画する。</li> <li>スキルの活用：光合成の律速要因の影響を調べるための実験を計画する。</li> <li>スキルの活用：クロマトグラフで光合成色素を分離する。(実習4)</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>生徒は、可視光が400から700ナノメートルの波長であることを理解しなればならないが、特定の色の光の波長を思い出せなくてもよい。</li> </ul>

<p><b>2.9 光合成</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 水を沸騰させてから冷却することにより、光合成実験のために、二酸化炭素が溶け込んでいない水をつくることができる。</li> <li>• ペーパークロマトグラフィーを光合成色素の分離に用いることができるが、薄層クロマトグラフィーの方がよい結果が得られる。</li> </ul>
-----------------------	---

【学習のポイント】すべての生物は、両親から生命の設計図を受け継いでいる。

### 3.1 遺伝子

#### 「科学の本質」(NOS) との関わり

科学研究の進展は技術の向上に追従する——DNAシーケンサが、遺伝子のシーケンシングに用いられる。(1.8)

#### 理解

- ・ 1つの遺伝子とは、ある長さのDNAからできており、受け継がれ、特定の形質に影響することが可能な、1つの因子である。
- ・ 1つの遺伝子は染色体上において特定の位置を占めている。
- ・ ある遺伝子において、多様な種類がある場合にそれぞれを対立遺伝子という。
- ・ 対立遺伝子は、互いに1塩基または数塩基だけ異なっている。
- ・ 新たな対立遺伝子は突然変異によって形成される。
- ・ ゲノムとは、ある生物がもつ「その生物たらしめるのに必須かつ最小限の、核酸上の」全遺伝情報のことである。
- ・ ヒトの遺伝子の全塩基配列は、「ヒトゲノムプロジェクト」で配列決定された。

#### 知識・スキルの活用

- ・ 知識の活用：鎌状赤血球貧血の原因を考察する。これに含まれるのは、塩基置換変異、転写されたmRNAの塩基配列の変化、ヘモグロビンのポリペプチドの配列の変化などである。

#### 国際的な視野

- ・ ヒトゲノムの配列決定により、全人類が塩基配列の大部分を共有していることがわかるが、ヒトの多様性に寄与する多くの一塩基変異多型があることも示されている。

#### 「知の理論」(TOK)

- ・ 鎌状赤血球貧血症とマラリアの流行との間には関連がある。このような場合に因果関係があるのか、単なる相関関係なのかを、どのようにして知ることができるだろうか。

#### ねらい

- ・ **ねらい7** : DNA塩基配列を比較するためにデータベースを利用する。
- ・ **ねらい8** : ヒトの遺伝子の特許についての倫理。

<h3>3.1 遺伝子</h3>	<ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：ヒトの遺伝子数と他の種の遺伝子数との比較。</li> <li>スキルの活用：2つの種の遺伝子の塩基配列の差を決定するためにデータベースを利用する。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>生徒は、ヘモグロビンの6番目のアミノ酸において、グルタミン酸からバリンに置き換わる原因が、特定の塩基置換であることを覚えなければならぬ。</li> <li>ある種における遺伝子数をゲノムサイズと呼ぶべきではない。この用語はDNAの総量に対して用いられるからである。少なくとも1種の植物と1種の細菌をヒトとの比較に含めること。少なくとも1種はヒトよりも遺伝子が多く、1種はヒトよりも少ない種を比較すること。</li> <li>ジェンバンク (Genbank®) データベースをDNA塩基配列の検索に用いることができる。シトクロムC遺伝子配列は、多くの異なる生物で利用でき、生物を3つのドメインに再分類するのに用いられるため、特に興味深い。</li> <li>欠失変異、挿入変異、フレームシフト変異を含める必要はない。</li> </ul>
------------------	--

【学習のポイント】染色体の中には、1次元の文字配列で記載された種に共通の遺伝子が入っている。

<p>3.2 染色体</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり                  研究の進展は技術の向上に追従する——染色体中のDNA分子の長さを決定するために、オートラジオグラフィが用いられた。(1.8)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>原核生物は、環状DNA分子からなる1本の染色体をもつ。</li> <li>原核生物の中にはプラスミドをもつものもいるが、真核生物はもたない。</li> <li>真核生物の染色体は、ヒストンタンパク質を伴った線状DNA分子である。</li> <li>真核生物種では、異なる染色体ごとに異なる遺伝子をもつ。</li> <li>相同染色体は、載っている遺伝子の並びは同じだが、それぞれの遺伝子(座)にまったく同じ対立遺伝子があるとは限らない。</li> <li>2倍体核は、1対の相同染色体をもつ。</li> <li>半数体核は、各対の一方の染色体をもつ。</li> <li>染色体数は、その種の構成員に固有な特徴の1つである。</li> <li>カリオグラム(染色体の数と形態を撮影し、観察用にあらわしたものは、生物の染色体の相同対を長い順に示したものである)。</li> <li>性は、性染色体によって決定され、常染色体は性を決定しない染色体である。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：オートラジオグラフィによってDNA分子長を測定するケアンズの技術。</li> <li>知識の活用：T2ファージ、大腸菌、キイロシヨウジョウバエ、ヒト、キヌガサソウのゲノムサイズの比較。</li> <li>知識の活用：2倍体の染色体数をヒト、チンパンジー、イヌ、イネ、ウマカイチュウで比較。</li> </ul> <p><b>国際的な視野</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>イネゲノムの塩基配列決定には、10カ国の生物学者の間の協力があつた。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b>                  《シラバスや他科目との関連性》                  「生物」                  トピック1.6 細胞分裂</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい6</b>：根端を押しつぶした試料を染色して、染色体を顕微鏡観察することは、推奨されるが必須ではない。</li> <li><b>ねらい7</b>：遺伝子座と遺伝子のタンパク質産物の同定にデータベースを使用する。</li> </ul>
----------------	---	--

<p><b>3.2 染色体</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：性別の推定とヒトにおけるダウン症の診断にカリオグラムを使用。</li> <li>・ スキルの活用：ヒトの遺伝子の遺伝子座とそのポリペプチド産物を同定するためにデータベースを用いる。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 核型とカリオグラムという用語は意味が違う。核型とは、細胞の特性、つまり、核に存在する染色体の数およびタイプであり、染色体の写真や図ではない。</li> <li>・ ゲノムサイズは、生物のDNAの全長である。ゲノムと染色体数の例は、肝心な点を示すことができるように選択した。</li> <li>・ 細胞分裂の前にDNA複製によって形成された2つのDNA分子は、有糸分裂後期の開始時にセントロメアが分裂するまで、姉妹染色分体とみなされる。この後、姉妹染色分体は個別の染色体となる。</li> </ul>
-----------------------	--

【学習のポイント】対立遺伝子のペアが減数分裂中に分離することで、また新たな組み合わせが配偶子の融合によって形成されることが可能になる。

3.3 減数分裂	
「科学の本質」(NOS) との関わり	
注意深く観察する — 減数分裂は、生殖系列細胞の分裂を顕微鏡観察することによって発見された。(1.8)	
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1つの2倍体核は、減数分裂によって4つの半数体核を生み出す。</li> <li>染色体数を半減させることで、配偶子の融合を伴う有性生活環が可能になる。</li> <li>DNAは、すべての染色体が2つの姉妹染色分体で構成されるように、減数分裂前に複製される。</li> <li>減数分裂の初期段階には、相同染色体の対と交叉が含まれ、続いて染色体凝縮が起きる。</li> <li>分離前の相同染色体の対の並び方はランダムである。</li> <li>減数分裂の第1分裂で相同染色体の対が分離することによって、染色体数が半減する。</li> <li>交差と各相同染色体のランダムな配分によって、遺伝的多様性が高められる。</li> <li>異なる両親由来の配偶子の融合によって、遺伝的多様性が高められる。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：染色体の不分離は、ダウン症などの染色体異常を引き起こし得る。</li> <li>知識の活用：両親の年齢が染色体不分離の可能性に影響をもつことを示す研究。</li> </ul>	<p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1922年に、ヒトの細胞中で数えられた染色体数は、48本だった。それから、写真の証拠を検討して、46本だということが明確に示されたにもかかわらず、48本が、30年間正しいとされていた。どのような理由で、ある種の惰性のうちに、既存の考えが残るのだろうか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>核型の理解によって、遺伝子カウンセンシングのための診断を行うことができるようになった。</li> </ul> <p>《シラバスや他科目との関連性》</p> <p>「生物」</p> <p>トピック 1.6 細胞分裂</p> <p>トピック 10.1 減数分裂</p> <p>トピック 11.4 有性生殖</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい8</b>：染色体異常の出生前スクリーニングにより、胎児の性別もわかるため、一部の国では女の胎児の選択的妊娠中絶に関する倫理的問題を引き起こす。</li> </ul>

<p><b>3.3 減数分裂</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：核型分析用の細胞を採取するために用いられる方法、例えば、絨毛膜標本採取や羊水穿刺と、それに関連する関連するリスクについての記述。</li> <li>・ スキルの活用：4つの半数体細胞を形成する減数分裂のステージを示す図を描画する。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 減数分裂を示す顕微鏡スライドの準備は難しいため、減数分裂中の細胞が一時プレパラートで見られない場合に備えて、永久プレパラートを準備しておくことよ。</li> <li>・ 減数分裂のステージのスケッチには、キアズマを含める必要はない。</li> <li>・ キアズマ形成のプロセスを説明する必要はない。</li> </ul>	
--	--



【学習のポイント】 遺伝子の遺伝にはある法則がある。

3.4 遺伝的形質	
<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b></p> <p>信頼性を確保するために、定量的な測定を反復して行う。メンデルのエンドウマメの遺伝的交配は、数値データを生み出した。(3.2)</p>	<p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>メンデルの理論は、長い間、科学界に受け入れられなかった。どのような要素があれば、科学界が新しい考え方を受け入れるように促すことができるだろうか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <p>《シラバスや他科目との関連性》</p> <p>「生物」</p> <p>トピック 1.6 細胞分裂</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい8</b>：家族への影響や汚名を着せられることを含む突然変異の診断の社会的影響。</li> </ul>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>メンデルは、大量のエンドウマメを交配させる実験で遺伝の原理を発見した。</li> <li>配偶子は半数体なので、各遺伝子の対立遺伝子を1つだけ含んでいる。</li> <li>各遺伝子の2つの対立遺伝子は、減数分裂中に異なる半数体の娘核へと分配される。</li> <li>配偶子の融合により、各遺伝子の2つの対立遺伝子をもつ2倍体の接合子が形成される。2つの対立遺伝子は、同一または異なる対立遺伝子である可能性がある。</li> <li>優性対立遺伝子は、劣性対立遺伝子の影響を抑えるが、不完全優性対立遺伝子は、両方の形質が混合して現れる。</li> <li>ヒトの多くの遺伝的疾患は、常染色体の遺伝子の劣性対立遺伝子によるものであるが、一部は優性遺伝子や、不完全優性遺伝子の場合もある。</li> <li>一部の遺伝的疾患は伴性遺伝であり、一部の疾患は優性または共優性対立遺伝子によるものである。</li> <li>多くの遺伝的疾患がヒトで確認されてきたが、大部分は非常に稀である。</li> <li>放射線や変異原性化学物質は、突然変異率を高め、遺伝的疾患やガンの原因となる可能性がある。</li> </ul>	<p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：A B O血液型の遺伝。</li> <li>知識の活用：伴性遺伝の例として赤緑色覚異常と血友病。</li> <li>知識の活用：囊胞性線維症とハンチントン病の遺伝。</li> </ul>

### 3.4 遺伝的形質

- ・ 知識の活用：広島原子爆弾とチェルノブイリの事故後の放射線の影響。
  - ・ スキルの活用：1 遺伝子雑種の遺伝的交雑の結果を予測するためにパネットの方形をつくる。
  - ・ スキルの活用：実際のデータを用いて遺伝交雑の予測された結果と実際の結果を比較する。
  - ・ スキルの活用：遺伝的疾患の遺伝パターンを予測するために家系図を分析する。
- 指導**
- ・ X染色体上の対立遺伝子は、大文字のXに上付き文字で、 $X^h$  のように示すこと。
  - ・ ABO血液型の対立遺伝子について求められる表記法は以下のとおり。

表現型	O	A	B	AB
遺伝子型	ii	$I^A I^A$ or $I^A i$	$I^B I^B$ or $I^B i$	$I^A I^B$

【学習のポイント】生物学者は、DNA、細胞、生物を人工的に操作するための技術を開発してきた。

3.5 遺伝子組み換えおよびバイオテクノロジー	
「科学の本質」(NOS) との関わり	
<p>科学的研究に関連するリスクの評価——科学者は、作物や家畜の、遺伝子組み換えに関するリスク評価を試みている。(4.8)</p> <p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ゲル電気泳動は、タンパク質やDNA断片をそれらの大きさに従って分離するのに用いられる。</li> <li>PCR法を用いて、少量のDNAを増幅することができる。</li> <li>DNA鑑定では、DNAが比較される。</li> <li>遺伝子組み換えは、種間の遺伝子導入によって行われる。</li> <li>クローンは、元となる単一の親細胞に由来する遺伝的に同一の生物個体のグループである。</li> <li>多くの植物種と一部の動物種は、天然なやり方でクローニング[無性生殖]を行っている。</li> <li>動物では、[多能性をもつ]初期胚の段階において、細胞塊を分割することによりクローニングを行うことが可能である。</li> <li>分化した細胞を用いることでも動物の成体のクローニングを可能にする方法が開発された。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：DNA鑑定は、父子判定や犯罪捜査に用いられる。</li> <li>知識の活用：細菌に遺伝子導入を行う際に、制限酵素とDNAリガナーゼを利用して作成したプラスミドを用いる。</li> <li>知識の活用：作物の遺伝子組み換えに関連するリスクと利益の評価。</li> <li>知識の活用：体細胞核の[卵子細胞体への]移植によってつくり出されたクローン胚の産生。</li> </ul>	<p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>訴訟における有罪判決等に確たる証拠としてのDNA[の配列情報]の利用はよく確立している。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <p>《シラバスや他科目との関連性》</p> <p>「生物」</p> <p>トピック 2.7 DNA複製、転写、および翻訳</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい6</b>：発根実験のデザインについて、生徒自身の手によって計画と実行ができるように、上手に誘導するべきである。</li> <li><b>ねらい8</b>：遺伝子組み換えに関する倫理について議論することができる。</li> </ul>

3.5 遺伝子組み換えおよびバイオテクノロジー

- スキルの活用：挿し木を行ったときの発根に、どのような条件が影響するか、評価するための実験を計画する。
- スキルの活用：DNA鑑定を分析する。
- スキルの活用：Bt作物〔昆虫病原菌（Bt）の一部の遺伝子導入により、アフロメイガなどによる被害を防ぐ遺伝子改変作物〕の〔本来はターゲットでなく、天然記念物として保護されるべき〕オオカバマダラに対するリスクのデータ分析。

**指導**

- 生徒は、ある男性がDNA鑑定のバンドパターンから子どもの父親であるか否かを推定することができなければならない。
- クローン羊のドリーを、体細胞核移植の一例として用いることができる。
- 発根実験では、水や固形培地で速やかに根を形成する植物種を選択する。

【学習のポイント】 ヒトを含めた生物が生き続けていくことができるかどうかは、群集が持続可能であるかどうかにかかっている。

<p>4.1 種、群集、生態系</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり パターン、傾向、相違点を探す ― 植物と藻類は、ほとんどが独立栄養生物であるが一部は違う。(3.1)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>種は、潜在的に交配によって繁殖可能な子孫を生み出すことができる生物個体のグループである。</li> <li>種の構成員が、別々の個体群に生殖隔離されている場合もある。</li> <li>種は、独立栄養または従属栄養によって栄養を摂取する(両方の方法をとる種もわずかにいる)。</li> <li>消費者とは、摂食によって生物を餌にしている従属栄養生物のことである。</li> <li>デトリタス食者は、体内消化によりデトリタスから有機栄養を得る従属栄養生物である。</li> <li>腐生生物は、体外消化により生物の死骸から有機栄養を得る従属栄養生物である。</li> <li>群集は、共存し互いに相互作用する異なる種の個体群から形成される。</li> <li>群集は、非生物的環境との相互作用によって生態系を形成する。</li> <li>独立栄養生物は、非生物的環境から無機栄養を得る。</li> <li>無機栄養の供給は、栄養循環によって維持される。</li> <li>生態系は、長期間にわたって持続可能である潜在能力を持っている。</li> </ul> <p><b>国際的な視野</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>人間活動における持続可能性の必要性と、それを促進するために必要な方法について議論できる。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b> 《シラバスや他科目との関連性》 「地理」 パート2A：淡水の問題と論争 「環境システムと社会」 トピック 2.1 種と個体群</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい6</b>：フィールドワーク技術を直接体験するために、生徒は、カイ二乗検定が実施可能なデータを自分自身でとることが最善である。</li> </ul>
---------------------	--	--

<p>4.1 種、群集、生態系</p>	<p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>スキルの活用：栄養様式の知識を用いて、独立栄養生物、消費者、デトリタス食者、または腐生生物として種を分類する。</li> <li>スキルの活用：持続可能性の確立を試みるために閉鎖系メソコスム（海洋や湖沼の現場の生態系構成要素を取り込んだ実験生態系）を設置する。（実習5）</li> <li>スキルの活用：コドラートサンプリング（方形区法）によって得られたデータでカイ二乗検定を用いて2種類の相関関係を検証する。</li> <li>スキルの活用：統計的有意性の理解と解釈。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>メソコスムは、開放タンクに設置することもできるが、密閉されたガラス容器が好ましい。物質の出入りを防ぐことができる上に、光が入り熱を逃がすことができるからである。水系は陸系よりも成功する可能性が高い。</li> <li>カイ二乗検定のためのデータを得るには、選択した種の分布に影響する1つまたは複数の要素が多様である生態系を選択すべきである。サンプリングは、乱数に基づいて行うこと。各コドラートで、選択した種の存否を記録すること。</li> </ul>
---------------------	---

【学習のポイント】生態系は、途切れることのないエネルギーの供給を必要としている。これは生命の連続を支えるため、そして「最終的に生態系から」熱として失われるエネルギーを補うためである。

4.2 エネルギーの流れ	
「科学の本質」(NOS) との関わり	
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大部分の生態系は、太陽光からのエネルギー供給に頼っている。</li> <li>・ 光エネルギーは、光合成によって有機物の化学エネルギーに変換される。</li> <li>・ 炭素化合物中の化学エネルギーは、摂食を伴った食物連鎖を通じて「上位の階層へと」流れていく。</li> <li>・ 呼吸によって有機物から解放されたエネルギーは、生物に用いられて熱に変換される。</li> <li>・ 生物は、熱を他の形態のエネルギーに変換することができない。</li> <li>・ 熱は、生態系の中から失われる[と戻らない]。</li> <li>・ 栄養段階の間でのエネルギー損失は、食物連鎖の階層数とより高い栄養段階の生物量を制限する。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ スキルの活用：エネルギーの「生態」ピラミッドを用いたエネルギーフローの定量的表現。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 個体数と生物量の「生態」ピラミッドは必要ではない。生徒は、陸上生態系の生物量が、二酸化炭素、水、尿素などの他の老廃物の損失により、食物連鎖に沿ってエネルギーとともに減少することを明確にしなければならぬ。</li> </ul>	<p><b>国際的な視野</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 食物連鎖におけるエネルギーの議論は、世界における飢餓問題軽減に向けた、効率的な食料生産の大事なポイントとなる。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <p>《シラバスや他科目との関連性》</p> <p>「生物」</p> <p>トピック 2.8 細胞呼吸</p> <p>トピック 2.9 光合成</p> <p>「物理」</p> <p>トピック 2.3 仕事、エネルギー、力</p> <p>トピック B.2 熱力学</p> <p>「環境システムと社会」</p> <p>トピック 2.3 エネルギーと物質の流れ</p>

## 4.2 エネルギーの流れ

- エネルギーピラミッドは、正しい縮尺で描き、三角形ではなく階段状であること。第一栄養段階、第二栄養段階などではなく、生産者、一次消費者、二次消費者などの用語を用いること。
- 生態系のエネルギーの流れと無機栄養素循環の違いを強調する。生徒は、太陽光という形でエネルギー供給については変動的だが連続的であることを理解する一方で、生態系の栄養素の供給は有限であり制限があることを理解しなければならない。



【学習のポイント】生態系で絶えず炭素を利用できるのは、炭素循環による。

4.3 炭素循環	
「科学の本質」(NOS) との関わり	
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>独立栄養生物は、二酸化炭素を炭水化物などの有機物に変換する。</li> <li>水系生態系において、炭素は、溶存二酸化炭素と炭酸水素イオンとして存在する。</li> <li>二酸化炭素は、大気または水から独立栄養生物へと拡散する。</li> <li>二酸化炭素は、呼吸によって産生され、生物から水または大気へと拡散する。</li> <li>メタンは、メタン生成古細菌によって嫌気的条件下で有機物から生成され、一部は大気中へと拡散または地中に蓄積される。</li> <li>メタンは、酸化されて大気中の二酸化炭素と水になる。</li> <li>水分を多く含む土壌中で酸性および/または嫌気的条件下であったがために、有機物が完全に分解されない時に、泥炭が形成される。</li> <li>過去の地質時代に由来する部分的にしか分解されていない有機物は、石炭になるか、石油や、多孔質の岩石の中に蓄積されたガスになった。</li> <li>バイオマスや化石化した有機物の燃焼により、二酸化炭素が生じる。</li> <li>造礁サンゴや軟体動物などの動物は、炭酸カルシウムからなる堅い部分をっており、化石化して石灰石になり得る。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：炭素循環の過程による炭素フラックス（大気、海洋、森林等の炭素を貯蔵する炭素プール間の炭素の移動量）の推定。</li> </ul>	<p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <p>《シラバスや他科目との関連性》</p> <p>「物理」</p> <p>トピック 8.1 エネルギー源</p> <p>「化学」</p> <p>トピック C.2 化石燃料</p> <p>トピック C.5 環境影響——地球温暖化</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい 8</b>：トウモロコシなどの作物を食料から燃料作物へと転換することの倫理的意味について考察することができる。</li> </ul>

<p>4.3 炭素循環</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>知識の活用：大気中のモニタリングステーションからのデータを分析し、年変動を説明する。</li><li>スキルの活用：炭素循環の図を作成する。</li><li>炭素フラックスは、ギガトン単位で測定すること。</li></ul>
-----------------	--

【学習のポイント】 大気中のさまざまなガスの濃度は、地球表面の気候に影響する。

<p>4.4 気候変動</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり 主張の評価 — 人間活動が気候変動を生み出しているという主張を検証する。(5.2)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 二酸化炭素と水蒸気は、最も影響の大きい温室効果ガスである。</li> <li>・ メタンや酸化窒素など他の気体は影響が小さい。</li> <li>・ 気体の影響は、長波長放射の吸収能と大気中での濃度によって決まる。</li> <li>・ 暖められた地球は、長波長放射(熱)を放出する。</li> <li>・ 長波長放射は、大気中に熱をためる温室効果ガスによって吸収される。</li> <li>・ 世界の温度と気候のパターンは、温室効果ガスの濃度から影響を受ける。</li> <li>・ 200年前の産業革命開始以来の大気中の二酸化炭素濃度の上昇と世界の平均気温の間には相関関係がある。</li> <li>・ 大気中の二酸化炭素の近年の増加は、大部分は、化石化した有機物の燃焼の増加によるものである。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用： 溶存二酸化炭素濃度の上昇によるサンゴ礁への脅威。</li> <li>・ 知識の活用： 世界の気温と地球上の二酸化炭素濃度の間の相関関係。</li> <li>・ 知識の活用： 人間活動は気候変動の原因ではないという主張の検証。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 二酸化炭素、メタン、水蒸気については、議論に含めなければならない。</li> <li>・ オゾンの枯渇による有害な結果については議論する必要はなく、オゾンの枯渇は、温室効果ガスの影響を促進する原因ではないことを明確にする。</li> </ul> <p><b>国際的な視野</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 温室効果ガスの放出は、局所的に起こるが、世界的な影響をもつので、放出削減の国際的な協力が欠かせない。</li> </ul> <p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 予防原則は、確実性が欠如している条件下で意思決定を導くよう意図されている。自然科学において確実性の実現は可能か。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b> 《シラバスや他科目との関連性》</p> <p>「物理」 トピック 8.2 放射と温室効果 「地理」 パート 1.3 環境の質のパターンと持続可能性/大気と変化 「環境システムと社会」 トピック 7.2 気候変動 — 原因と影響</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>ねらい7</b>： 温室効果ガスの濃度の分析にデータベースを用いることができる。</li> <li>・ <b>ねらい8</b>： カーボンフットプリントを削減しつながらない人と社会的動物の不正行為の間には、興味深い類似点がある。不正行為のレベルがあるレベルまで高まると、「その集団における」社会的行動が崩壊する。</li> </ul>
-----------------	---	---

## トピック5——進化と生物多様性

12時間

【学習のポイント】地球上の生命の進化には圧倒的証拠がある。

<p>5.1 進化の証拠</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり パターン、傾向、相違点を探す——その使用目的がさまざまであるとはいえ、脊椎動物の四肢の骨の構造には共通した特徴がある。(3.1)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>進化は、種の遺伝的形質が変化する時に起こる。</li> <li>化石記録は、進化の証拠を提示する。</li> <li>家畜動物の選抜育種は、人工的な選択が進化を起こし得ることを示している。</li> <li>適応放散による相同構造の進化が、機能に違いがありながら、構造に類似性があることの説明になる。</li> <li>種の個体群は、進化によって別の種へと次第に分化する。</li> <li>連続的に変異した関連個体群が、地理的に「連続的に」分布している様子は、漸進的分岐「連続的に多様化していくこと」の概念と重なる。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：黒化型昆虫は、汚染地域で生じる。</li> <li>知識の活用：移動様式が異なるほ乳類、鳥類、両生類、は虫類の五指のある四肢の比較。</li> </ul>
<p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>進化の歴史は、科学において特に困難な領域である。過去の出来事やその原因を証明するために実験を行うことができないからである。それにもかかわらず、いくつかのケースにおいて起こったことを合理的な疑いの余地なく証明する科学的方法がある。過去を再構築するため、これらの(科学的)方法と、歴史家によって用いられる方法とを、どのように比較するか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <p>《シラバスや他科目との関連性》</p> <p>「物理」 トピック 7.1 離散エネルギーと放射線</p> <p>「地理」 パート 1.3 環境の質のパターンと持続可能性 / 生物多様性と変化</p> <p>「環境システムと社会」 トピック 4 生態系中の生物多様性</p>		

【学習のポイント】生命の多様性は、自然選択によって進化してきたものであり、進化し続けている。

<p>5.2 自然選択</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり</p> <p>理論を用いて自然現象を説明する——自然選択による進化仮説は、細菌の抗生物質耐性の進化を説明できる。(2.1)</p> <p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自然選択は、同種の構成員の間に変異がある場合にのみ起こり得る。</li> <li>・ 突然変異、減数分裂、有性生殖が、種の中の個体間の変異の原因である。</li> <li>・ 適応は、個体が自分自身を、環境とその生存目的に合う様に変えるという特性のことである。</li> <li>・ 種は、環境が支え得るよりも多くの子孫を生む傾向にある。</li> <li>・ より適応している個体は、生存してより多くの子孫を残す傾向にあり、あまり適応していない個体は死亡したり多くの子孫を残さない傾向にある。</li> <li>・ 繁殖する個体は子孫に形質を受け渡す。</li> <li>・ 自然選択は、[種内の] 各個体において、[環境に] より適応する形質の頻度を高め、その他の形質の頻度を減少させ、その結果、種内での変化につながる。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：ガラパゴスのダフネ・メジャー島でのフィンチのくちばしの変化。</li> <li>・ 知識の活用：細菌の抗生物質耐性の進化。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 生徒は、個体が産まれた後に、一生の間に獲得した形質が遺伝しないことを明らかにしなければならない。ラマルク説という用語は必要ない。</li> </ul>
-----------------	---

「知の理論」(TOK)

- ・ 自然選択は仮説である。1つの仮説を支持するためにはどれだけの証拠が必要で、異議を唱えるためにはどのような反証が必要か。

【学習のポイント】種は、国際的に合意されたシステムを用いて命名および分類される。

<p>5.3 生物多様性の分類</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり                  科学者グループ間の協力と連携——科学者は、多くの異なる現地名ではなく二名法を用いて種を同定する。(4.3)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>種の二名法は、生物学者の間で普遍的なものであり、一連の会議で合意されつくり出されてきたものである。</li> <li>種が発見されると、二名法を用いて学名をつけられる。</li> <li>分類学者は、分類群の分類体系を用いて種を分類する。</li> <li>すべての生物は、3つのドメインに分類される。</li> <li>真核生物を分類する主要な分類群は、界、門、綱、目、科、属、種である。</li> <li>〔生物の特徴全体をとらえて分類する〕自然分類において、属とそれに付随する高次分類群は、1つの共通祖先種から進化したすべての種からなる。</li> <li>分類学者は、新たな証拠により、以前の分類群が、異なる祖先種から進化した種を含んでいることが証明された時には、種のグループを再分類することができる。</li> <li>自然分類は、種の同定に役立ち、グループ内の種によって共有される形質の予測を可能にする。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：ドメインから種レベルで植物種1種と動物種1種を分類する。</li> <li>知識の活用：コケ植物門、シダ植物門、針葉樹門、裸子植物の1系統植物門、被子植物門の特徴の認識。</li> <li>知識の活用：海綿動物門、刺胞動物門、扁形動物門、環形動物門、軟体動物門、節足動物門、脊索動物門の特徴の認識。</li> </ul>
	<p><b>国際的な視野</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>生物分類の際に従うべき原則として、国際的な合意と命名に関する体系が決められている。</li> </ul> <p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>二名法が採用されたのは、スウェーデンの植物学者で医師のカール・フォン・リンネ(1707-1778)によるところが大きい。リンネは、人類の4つのグループも定義しており、その分類は、身体的形質と社会的形質の両方に基づいていた。21世紀の基準からすると、リンネの記載は、人種差別と見なされ得る。科学的研究の社会的側面が、研究の方法と成果にどのように影響を及ぼすのだろうか。知識の主張の倫理的側面を評価する時に、社会的側面を考慮する必要があるのだろうか。</li> </ul>	

5.3 生物多様性の分類	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：鳥類、ほ乳類、両生類、は虫類、魚類の特徴の認識。</li> <li>・ スキルの活用：標本の同定に用いるための二分式検索表をつくる。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 3つのドメインについては、古細菌、真正細菌、真核生物という分類群を用いる。</li> <li>・ 3つのドメインの構成員は、古細菌、細菌、真核生物と呼ぶ。</li> <li>・ 生徒は、どの植物門が維管束組織をもつかについて、理解していかないければならないが、それ以外の内部の詳細は必要ない。</li> <li>・ 各動物門を識別するための特徴として、最も便利な物を理解していることが[生徒には]期待されるが、各門の特徴の完全な記載は必要ない。</li> <li>・ ウイルスは、生物に分類されない。</li> </ul>	

【学習のポイント】種のグループの祖先は、塩基またはアミノ酸配列の比較によって推測できる。

<b>5.4 分岐分類学</b>	
<b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b>	
ある理論が別の理論に取って代わられる、理論の反証——分岐分類学からの証拠によって、植物の科が再分類されてきた。(1.9)	
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ クレード(単系統群)とは、共通祖先から進化した生物のグループのことである。</li> <li>・ どの種がクレードの一員であるかという証拠は、遺伝子の塩基配列またはタンパク質の対応するアミノ酸配列から得ることができる。</li> <li>・ 配列の差異は次第に蓄積するので、2種類の差異の数と共通祖先から分岐して以来の時間との間には正の相関関係がある。</li> <li>・ 形質は、相似または相関の関係をもた得る。</li> <li>・ 分岐図は、クレードの分岐の最も確からしい順序を示す樹状図である。</li> <li>・ 分岐分類学による証拠は、構造に基づくいくつかのグループの分類が、グループまたは種の進化的起源と対応しなかったことを示した。</li> </ul>	<p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 細菌の研究の主な前進は、カール・ウーズによって1977年によって、古細菌は、細菌とは異なる進化的系統の独立した系統であることが認識されたことである。ルリヤやマイヤーなどの有名な科学者は、ウーズによる原核生物の分類に異議を唱えた。科学における保守主義ほどの程度までが望ましいか。</li> </ul>
<p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：ヒトと他の類人猿を含む分岐図。</li> <li>・ 知識の活用：分岐分類学による証拠を用いたゴマノハグサ科の再分類。</li> <li>・ スキルの活用：分岐図を分析して、進化的関係性を推定する。</li> </ul>	



【学習のポイント】小腸壁の構造により、食物の移動、消化、吸収が可能になる。

<p>6.1 消化と吸収</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり 現実世界を表現したのとしてモデルを用いる——小腸での吸収のモデルとして、透析チューブを用いることができる。(1.10)</p>	<p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>一部の加水分解酵素には経済的重要性がある。例えば、デンプンからの砂糖の生産やビールの醸造で用いられるアミラーゼなどである。</li> </ul> <p>《シラバスや他科目との関連性》 「生物」 トピック 2.1 分子から代謝まで トピック 2.5 酵素</p>
<p><b>理解</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>小腸の環状筋と縦走筋の収縮で、食物と酵素が混ざり合い、消化管に沿って移動する。</li> <li>膵臓は、小腸の腹腔に酵素を分泌する。</li> <li>一群の酵素は、食物中のほとんどの高分子を小腸で単量体に消化する。</li> <li>絨毛は、吸収が行われる上皮組織の表面積を大きくする。</li> <li>絨毛は、消化により形成された単量体と無機イオンおよびビタミンを吸収する。</li> <li>さまざまな方法の膜を介した輸送が、さまざまな栄養の吸収に必要である。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：小腸で起こっているプロセスによって、デンプンの消化と肝臓への消化物の輸送が行われる。</li> <li>知識の活用：小腸で消化された食物の吸収のモデルとして透析チューブが用いられる。</li> <li>スキルの活用：消化システムの注釈付きの図を作成する。</li> <li>スキルの活用：顕微鏡または顕微鏡写真で見た小腸の横断面で組織層を同定する。</li> </ul>	

<p>6.1 消化と吸収</p>	<p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>生徒は、アミラーゼ、リパーゼ、エンドペプチターゼ（ペプシン、トリプシン、キモトリプシン）が膵臓から分泌されることを理解しなければならぬ。トリプシンという名称およびトリプシンの活性化に用いられる方法は必要ない。</li> <li>生徒は、デンプン、グリコーゲン、脂質、核酸が単量体に消化され、セルロースは未消化で残ることを理解しなければならぬ。</li> <li>組織層には、縦走筋と環状筋、粘膜、上皮組織が含まれなければならない。</li> </ul>
------------------	--

【学習のポイント】血管系は、細胞に物質を適切に輸送し、同時に老廃物を集める。

6.2 血液系	
<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b></p> <p>理論は不確かなものと見なされる——ウイリアム・ハーヴェイは、古代ギリシアの哲学者ガレンが体内の血液の動きに関して展開した仮説を覆した。(1.9)</p> <p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 動脈は、心室から身体の組織に高圧の血液を運ぶ。</li> <li>・ 動脈は、血管壁に筋肉細胞と弾性繊維をもつ。</li> <li>・ 筋肉と弾性繊維は、ポンプサイクルの合間に血圧を維持するのに役立つ。</li> <li>・ 血液は、毛細血管を通して組織内を流れる。毛細血管は、組織の細胞と毛細血管の血液との間で物質の交換を可能にする浸透性の壁をもっている。</li> <li>・ 静脈は、身体の組織から低圧力の血液を集め、心臓の心房へ戻す。</li> <li>・ 静脈の弁と心臓は、逆流を防ぐことによって血液循環を確実なものにする。</li> <li>・ 肺には「心臓との間に」独立した循環がある。</li> <li>・ 心拍は、洞房結節と呼ばれる右心房の特殊化した筋肉細胞塊によって引き起こされる。</li> <li>・ 洞房結節は、ペースメーカーとして機能する。</li> <li>・ 洞房結節は、電気信号を送り、その信号は心房壁 [にある房室結節] を通して心室壁へと伝わった時に収縮を促す。</li> <li>・ 心拍数は、延髄からの2本の神経を通して心臓にもたらされるインパルスによって増減し得る。</li> <li>・ アドレナリンは、激しい身体活動に備えて心拍数を高める。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：心臓がポンプとして機能することで血液が循環するというウイリアム・ハーヴェイの発見。</li> </ul>	<p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現在の理解では、感情は、心臓ではなく脳の活動の産物である。科学に基づいた知識は、直感に基づいた知識よりも有効なのか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 心臓血管系の構造の理解が、心臓外科手術の発展を可能にした。</li> </ul> <p>《シラバスや他科目との関連性》</p> <p>「生物」</p> <p>トピック 2.2 水</p> <p>トピック 2.3 炭水化物と脂質</p> <p>トピック 6.4 ガス交換</p> <p>トピック 6.6 ホルモン、恒常性、生殖</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>ねらい6</b>：心臓の構造を研究する手段として心臓の解剖を提案する。</li> <li>・ <b>ねらい8</b>：冠状動脈性心臓病 [コレステロール過多と狭心症—アメリカの社会問題] の社会的影響について議論することができる。</li> </ul>

<p>6.2 血液系</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：心周期中の左心房、左心室、大動脈の血圧の変化。</li> <li>・ 知識の活用：冠状動脈閉塞の原因と予後。</li> <li>・ スキルの活用：動脈、毛細血管、静脈を、血管壁の構造から同定する。</li> <li>・ スキルの活用：解剖した心臓または心臓の構造の図で、心臓の心室および弁と、心臓自体へとつながる血管を認識する。</li> </ul>
----------------	--

【学習のポイント】人体は、絶え間ない病原体の侵入の脅威に抵抗する構造とプロセスをもっている。

<p>6.3 感染症病原体に対する防御</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり 科学的研究に関連するリスク——フロリーとチェーンによるペニシリンの安全性に関する試験は、現在の試験の手順を遵守したものではなかった。(4.8)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>皮膚と粘膜は、感染症の原因となる病原体に対する一次防御を形成する。</li> <li>皮膚の傷口は、血液凝固によって密封される。</li> <li>凝固因子は、血小板から放出される。</li> <li>カスケード反応（1つの反応が引き金となって次の段階の反応が連鎖的に引き起こされ多段階の反応が進行する）の結果、トロンピンによってフィブリノーゲンからフィブリンへの速やかな変換が起きる。</li> <li>貪食性白血球 [好中球や単球など] による病原体の貪食は、非特異性免疫を担う。</li> <li>特定の病原体に反応したリンパ球によって抗体が産生される。これは特異免疫を担っている。</li> <li>抗体物質は、原核生物細胞では起こるが真核生物細胞では起こらないプロセスを阻害する。</li> <li>ウイルスは代謝しないので、抗体物質を用いてウイルス性疾患を治療することはできない。細菌の株の中には、抗体物質耐性をもつ遺伝子を進化させたものがあり、さらに一部には多剤耐性の細菌もある。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：冠状動脈内での血栓形成の原因と予後。</li> <li>知識の活用：マウスの細菌感染でペニシリンを試験したフロリーとチェーンの実験。</li> <li>知識の活用：HIVの免疫システムへの影響と感染方法。</li> </ul> <p><b>国際的な視野</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>鳥インフルエンザなどの疾病の蔓延を封じ込めるには、国際協力とコミュニケーションが必要である。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>免疫の理解が、予防接種の開発につながった。 《シラバスや他科目との関連性》 「生物」 トピック 5.2 自然選択 「化学」 トピック D2 アスピリンとペニシリン</li> </ul> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい8</b>：世界中の細菌性疾患をコントロールすることの社会的および経済的利益について強調する。</li> <li><b>ねらい9</b>：新たな疾病や抗生物質耐性細菌の蔓延からわかるように、科学が、病原体と闘うための手段は限られている。</li> </ul>
-------------------------	---	---

**6.3 感染症病原体に対する防御****指導**

- ・ 皮膚の図は必要ではない。
- ・ 食細胞とリンパ球のサブグループは必要ないが、生徒は、一部のリンパ球が記憶細胞として機能し、特異抗原をもつ病原体が再侵入した場合に速やかに増殖して形質細胞のクローンを形成できることを理解しななければならない。
- ・ HIVの免疫システムへの影響は、活性化したリンパ球数が減少し、抗体産生能力が失われ、AIDSの進行につながることに限定すべきである。

【学習のポイント】肺は、(肺胞における)受動的なガス交換が確かに起こるように積極的に換気されている。

<p>6.4 ガス交換</p>	<p>「科学の本質」(NOS)との関わり 理論の証拠を手に入れる——疫学研究が、肺がんの原因の理解に貢献してきた。(1.8)</p>	<p><b>自然や人間生活との関わり</b> 《シラバスや他科目との関連性》 「生物」 トピック 1.4 膜による輸送 トピック 1.6 細胞分裂 トピック 6.2 血管系 「物理」 トピック 3.2 ガスのモデリング</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>ねらい8</b>：肺がんと肺気腫の社会的重大性について議論できる。</li> </ul>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 呼吸によって、肺胞の中の空気と、隣接する毛細血管を流れる血液との間の酸素および二酸化炭素の濃度勾配を維持する。</li> <li>・ I型肺細胞は、ガス交換を行うのに適応した非常に薄い肺胞細胞である。</li> <li>・ II型肺細胞は、表面張力を減少させることで肺胞の側面が互いに付着することを防ぐために肺胞の内部の表面を湿らせる界面活性剤を含む溶液を分泌する。</li> <li>・ 空気は、気管と気管支で肺に運ばれ、細気管支で肺胞に運ばれる。</li> <li>・ 筋肉の収縮は、胸部の内側の圧力を変化させて、換気のために肺から空気を出入れさせる。</li> <li>・ 呼吸、吸気が行われる際は、それぞれ異なる種類の呼吸筋の収縮が必要となる。</li> </ul>	<p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：肺がんの原因と予後。</li> <li>・ 知識の活用：肺気腫の原因と予後。</li> <li>・ 知識の活用：拮抗筋の動きの例として、外肋間筋および内肋間筋と、横隔膜筋および腹筋。</li> <li>・ スキルの活用：休息時と穏やかな運動後および激しい運動後のヒトの呼吸をモニタリングする。(実習6)</li> </ul>	

<p>6.4 ガス交換</p>	<p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>呼吸は、簡単な観察や簡単な装置によって、または、肺活量計やチェストベルトと圧力計でのデータ記録によってモニタリングできる。呼吸率と1回分の換気量は測定すべきだが、肺活量と残存量はその限りではない。</li> <li>生徒は、肺胞とそれに隣接する毛細血管の構造を示す図を描くことができなければならない。</li> </ul>
-----------------	---



【学習のポイント】ニューロンは信号を伝達し、シナプスは信号を調節する。

6.5 神経とシナプス	
「科学の本質」(NOS) との関わり	
科学者グループ間の協力と連携——生物学者たちは、記憶と学習の研究に貢献している。(4.3)	
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ニューロンは、電気インパルスを伝達する。</li> <li>・ 神経線維の髄鞘形成により、跳躍伝導が可能になる。</li> <li>・ ニューロンは、膜を介してナトリウムとカリウムをポンプで輸送すること、静止電位を生成する。</li> <li>・ 活動電位は、ニューロンの脱分極と再分極で構成される。</li> <li>・ 神経インパルスは、ニューロンの軸索に沿って伝達される活動電位である。</li> <li>・ 神経インパルスの伝達は、局所電流が軸索の各部分を次々と閾値電位に到達させる結果である。</li> <li>・ シナプスは、ニューロン間、および、ニューロンと受容細胞または効果器の細胞との間の接合部位である。</li> <li>・ シナプス前ニューロンが脱分極した時に、神経伝達物質をシナプスに放出する。</li> <li>・ 神経インパルスは、閾値電位に達した場合にのみ引き起こされる。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：ニューロンによるシナプスでのアセチルコリンの分泌と再吸収。</li> <li>・ 知識の活用：ネオニコチノイド系殺虫剤のアセチルコリン受容体への結合による昆虫のコリン作動性シナプスでのシナプス伝達の異常を引き起こす。</li> <li>・ スキルの活用：静止電位と活動電位を示すオシロスコープの波形を分析する。</li> </ul>	<p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 神経伝達物質とシナプスの働きの理解は、精神疾患の治療のための多くの薬品の開発につながる。</li> </ul> <p>《シラバスや他科目との関連性》</p> <p>「生物」</p> <p>トピック 1.4 膜による輸送</p> <p>「化学」</p> <p>トピック C.6 電気化学、充電式電池、燃料電池</p> <p>「心理学」</p> <p>HL・SL共通項目 分析の生物学的度合い</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>ねらい8</b>：向精神薬の乱用の社会的影響を考察することができ、美容整形術用の神経毒ボトックスの使用についても考察できる。</li> </ul>

<p><b>6.5 神経とシナプス</b></p> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 異なるタイプのニューロンの詳細な構造は必要ない。</li> <li>・ 化学シナプスのみが必要であり、電気シナプス [ギャップ結合を介した細胞間伝達] は必要なく、化学シナプスを単にシナプスと呼んでよい。</li> </ul>	
---	--

【学習のポイント】 ホルモンは、信号を広範囲に伝達する必要がある時に用いられる。

6.6 ホルモン、恒常性、生殖	
<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b></p> <p>科学研究の進展は装置の向上に追従する——ウィリアム・ハーヴェイは、装置がなかったことによって、発生学(生殖)の観察研究を完遂できなかった。顕微鏡は、彼の死の17年後に発明された。(1.8)</p>	<p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ホルモンは、補充治療などのさまざまな治療で用いられている。</li> </ul> <p>《シラバスや他科目との関連性》</p> <p>「生物」</p> <p>トピック 3.2 染色体</p> <p>トピック 3.3 減数分裂</p> <p>トピック 10.1 減数分裂</p> <p>「心理学」</p> <p>S L・H L 共通項目：分析の生物学的度合い</p>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>インシュリンとグルカゴンは、血中グルコース濃度をコントロールするため、それぞれ膵臓の<math>\beta</math>細胞と<math>\alpha</math>細胞によって分泌される。</li> <li>チロキシンは、甲状腺によって分泌され、代謝率を制御し、体温のコントロールを助ける。</li> <li>レプチンは、脂肪組織の細胞によって分泌され、脳の視床下部に作用して食欲を抑制する。</li> <li>メラトニンは、松果腺から分泌され概日リズムをコントロールする。</li> <li>Y染色体上の遺伝子が、胎児性腺を睾丸に発達させ、テストステロンを分泌させる。</li> <li>テストステロンは、男性器を出生前に発生させ、思春期に精子産生と男性の第二次性徴を発達させる。</li> <li>エストロゲンとプロゲステロンは、女性の生殖器官を出生前に発達させ、思春期の女性の第二次性徴を引き起こす。</li> <li>月経周期は、卵巣ホルモンおよび下垂体ホルモンが関与する負のフィードバックと正のフィードバックメカニズムによってコントロールされている。</li> </ul>	<p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい8</b>： 科学者は、不妊治療をしている女性が摂取している薬物は、潜在的に「母体への」健康へのリスクがあることに気づいている。子どもでできないカプルの治療において、思いやりのある配慮より科学的知見を優先すべきだろうか。</li> </ul>
<p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用： I型およびII型糖尿病の原因と治療。</li> <li>知識の活用： 臨床的な肥満患者のレプチンの試験および疾病をコントロールできない理由。</li> </ul>	

<p><b>6.6 ホルモン、恒常性、生殖</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：時差ぼけの原因と時差ぼけを軽減するためのメラトニンの使用。</li> <li>知識の活用：体外受精において、ホルモンの正常な分泌を中断するために薬物を使用した後に、過排卵を誘導するホルモンの人工投与を行って、妊娠を確立する。</li> <li>知識の活用：ウイリアム・ハーヴェイによるシカでの有性生殖の研究。</li> <li>スキルの活用：男性および女性の生殖システムの図を示し、構造と機能の名称を示す。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>月経周期でのF S H、L H、エストロゲン、プロゲステロンの役割を挙げることに期待される。</li> <li>ウイリアム・ハーヴェイは、研究時に有効な顕微鏡を使えなかったために、有性生殖の謎を解明することができなかつたので、配偶子の融合とそれに続く胚発生は発見できなかつた。</li> </ul>
-------------------------------	---

【学習のポイント】DNAの構造は、その機能に適した理想的なものである。

7.1 DNAの構造と複製	
<p>【科学の本質】(NOS) との関わり          注意深く観察する ― ロザリンド・フランクリン・ワトソン・クリックのX線回折によって、DNAが二重らせん構造であるという重要な証拠が提供された。(1.8)</p>	
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ヌクレオソームは、DNAの超らせん構造の形成を助ける。</li> <li>DNA構造自体が、DNA複製のメカニズムを示唆した。</li> <li>DNAポリメラーゼは、プライマーの3'末端にヌクレオチドを追加することができる可能性がある。</li> <li>DNA複製は、リーディング鎖で連続的に、ラギング鎖で不連続に行われる。</li> <li>DNA複製は、複雑な酵素群のシステムによって行われる。</li> <li>DNAの一部の領域はタンパク質をコードしていないが、他の重要な機能をもっている。</li> </ul>	<p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>非常に繰り返しが多い配列は、かつて、確信的に役割をもたないことを示す「ジャンクDNA」と分類されていた。どの程度まで、知識の探究の過程で行われるラベルづけや分類は、私たちの得る知識に影響するのだろうか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b>          《シラバスや他科目との関連性》          「生物」          トピック 2.6 DNAおよびRNAの構造</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい6</b>：生徒は、DNA複製の各段階を図解したモデルを作成してもよ</li> </ul>
<p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：ロザリンド・フランクリンとモーリス・ウィルキンスのX線回折によるDNA構造の研究。</li> <li>知識の活用：塩基配列決定のサンプルの準備に、DNA複製を停止するためにジデオキシリボヌクレオチドを含むヌクレオチドを使用する。</li> <li>知識の活用：タンデム反復 (DNAに複数見られる同じ配列の繰り返し領域) が、DNA鑑定に用いられる。</li> </ul>	

7.1 DNAの構造と複製	
<ul style="list-style-type: none"> <li>スキルの活用：DNAが遺伝物質である証拠を提供するハーシーとチェイスの実験の結果を分析する。</li> <li>スキルの活用：分子視覚化ソフトウェアを用いて、ヌクレオソーム中のタンパク質およびDNAの関係を分析する。</li> </ul>	<p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>DNA複製の詳細は、原核生物と真核生物では異なっている。[完全に理解することが]期待されているのは原核生物のシステムのみである。</li> <li>DNA複製に関与するタンパク質酵素は、ヘリカーゼ、DNAジャヤイレース（DNAの二本鎖を切断し、二重らせんの撚りを戻す酵素）、一本鎖結合タンパク質、DNAプライマーゼ、DNAポリメラーゼ I および III を含んでいなければならない。</li> <li>タンパク質をコードしないDNAの領域は、遺伝子発現の調節遺伝子、イントロン、テロミア、tRNAの遺伝子に限定する。</li> </ul>

【学習のポイント】DNAに遺伝暗号として保存された情報は、mRNAへとコピーされる。

7.2 転写と遺伝子発現	
「科学の本質」(NOS) との関わり	
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>転写は、5'末端から3'末端へ起こる。</li> <li>スクレオソームは、真核生物における転写調節に一役買っている。</li> <li>真核生物細胞は、転写の後にmRNAを修正する。</li> <li>mRNAのスプライシングは、生物が産生できる異なるタンパク質の数を増加させる。</li> <li>遺伝子発現は、DNA内の特異的な塩基配列に結合するタンパク質によって制御される。</li> <li>細胞および個体周辺の環境は、その遺伝子発現に影響をもつ。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：機能をもち非コードDNAの一例としてのプロモーター遺伝子。</li> <li>スキルの活用：DNAのメチル化パターンの変化の分析。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>RNAポリメラーゼは、遊離RNAヌクレオチドの5'末端を、伸びつつあるmRNA分子の3'末端に追加する。</li> </ul>	<p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>遺伝か教育かといった議論は、個体の能力に関して生得的な資質と、生後の経験で獲得した資質のどちらがより重要かといった考察を含みながら現在も結論が出ていない。科学にとってこの疑問に答えようとすることは重要だろうか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <p>《シラバスや他科目との関連性》 「生物」 トピック 2.7 DNA複製、転写、および翻訳</p>

【学習のポイント】DNAからmRNAへ転写された情報は、アミノ酸配列に翻訳される。

7.3 翻訳	<b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b> 科学研究の進展はコンピューターの向上に追従する——コンピューターの利用によって、科学者は、遺伝子のゲノム内の位置を突き止めたり、保存された配列を特定したりするなど、バイオインフォマティクスを進歩させることが可能になった。(3.7)	
<b>理解</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>翻訳の始まりは、プロセスを実行する [タンパク質等の] 構成要素の組み立てを含む。</li> <li>ポリペプチドの合成は、一定の手順が繰り返しが見られる。</li> <li>翻訳の終止後に構成要素の分解が起こる。</li> <li>遊離リボソームは、主に細胞内で用いるためのタンパク質を合成する。</li> <li>結合リボソームは、主に分泌のためまたはリソソームで用いるためのタンパク質を合成する。</li> <li>原核生物では核膜がないために、転写後すぐに翻訳が起こり得る。</li> <li>一次構造は、そのポリペプチド内のアミノ酸の配列と数のことである。</li> <li>二次構造は、水素結合で安定化した<math>\alpha</math>ヘリックスと<math>\beta</math>シートの構造のことである。</li> <li>三次構造は、さらに折りたたまれ、R基 [アミノ酸残基] 間の相互作用により安定化した [一分子の] ポリペプチドの立体構造のことである。</li> <li>四次構造は、2本以上のポリペプチド鎖をもつタンパク質の立体構造のことである。</li> </ul>	<b>自然や人間生活との関わり</b> 《シラバスや他科目との関連性》 「生物」 トピックス 2.7 DNA複製、転写、および翻訳 バイオテクノロジーとバイオインフォマティクス	
<b>知識・スキルの活用</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：tRNA活性化酵素 [アミノシルtRNA合成酵素] は、酵素の基質特異性とリン酸化反応の役割の例になる。</li> </ul>		



## 7.3 翻訳

- スキルの活用: 原核生物と真核生物の電子顕微鏡写真でポリソーム (複数のリボソームが1本のmRNAに結合した形のもの) を特定する。
- スキルの活用: 分子視覚化ソフトウェアを用いて、真核生物のリボソームとtRNA分子の構造を分析する。

**指導**

- tRNA結合部位の名称をそれらの役割とともに挙げることを求められる。
- 終止および開始コドンの例は必要ない。
- 極性および非極性アミノ酸は、R基間に形成される結合の種類と関連する。
- 四次構造は、共役タンパク質を形成するための補欠分子族の結合を含む場合がある。

【学習のポイント】代謝反応は、細胞の必要に応じて調整される。

### 8.1 代謝

#### 「科学の本質」(NOS) との関わり

科学的研究の進展はコンピュータの向上に追従する——データベースの問い合わせなどのバイオインフォマティクスの発展が、代謝経路の研究を促進した。(3.8)

#### 理解

- 代謝経路は、酵素触媒反応の連鎖と回路からなる。
- 酵素は、それらが触媒する化学反応の活性化エネルギーを低下させる。
- 酵素阻害剤は、競合的または非競合的であり得る。
- 代謝経路は、最終産物が阻害的に働くことで、調節され得る。

#### 知識・スキルの活用

- 知識の活用：トレオニンをイソロイシンに変換する経路の最終産物による阻害。
- 知識の活用：潜在的な新しい抗マラリア薬を特定するためのデータベースの利用。
- スキルの活用：実験結果の生データから反応速度を計算しプロットする。
- スキルの活用：決まった基質濃度において行った、異なるタイプの阻害実験の結果を、グラフから判別する。

#### 指導

- 酵素阻害は、競争的および非競争的阻害の具体例を用いて学習する。

#### 「知の理論」(TOK)

- 注意深く制御および反復された一連の実験によって、多くの代謝経路が記載されてきた。部分を見ることによって、どの程度まで全体の知識を得ることができだろうか。

#### 自然や人間生活との関わり

- 多くの酵素阻害剤は、医薬品に用いられてきた。例えば、エタノールは、不凍液中毒の競合的阻害剤として作用するよう用いられてきた(自動車エンジンの不凍液として使われるエチレングリコールを誤飲した患者にエタノールを解毒剤として投与するなど)。
- アルコールドヒドロゲナーゼの阻害剤であるフォメピゾールは、不凍液中毒に対しても用いられてきた。

《シラバスや他科目との関連性》

「生物」

トピック 2.7 DNA複製、転写、および翻訳

「化学」

トピック 6.1 衝突説と反応速度

8.1 代謝	<p>ねらい</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ <b>ねらい6</b>：酵素阻害の実験を行うことができる。</li><li>・ <b>ねらい7</b>：代謝阻害などの酵素作用のコンピュターシミュレーションを利用できる。</li></ul>
--------	--

【学習のポイント】 エネルギーは、細胞呼吸で利用できる形態に変換される。

<p>8.2 細胞呼吸</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり                  パラダイムシフト——化学浸透圧説は、生体エネルギー学の分野のパラダイムシフトにつながった。(2.3)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>細胞呼吸は、電子伝達体の酸化還元を含む。</li> <li>分子のリン酸化反応により分子が不安定になる。</li> <li>解糖では、グルコースが、細胞質でピルビン酸に変換される。</li> <li>解糖により、酸素をわずかに少量のATPが得られる。</li> <li>好氣的細胞呼吸では、ピルビン酸が、脱炭酸と酸化された後に、アセチル化合物に変換され、補酵素Aに付加されるまでの一連の反応によってアセチル補酵素を形成する。</li> <li>クエン酸回路において、アセチル基の酸化は、水素受容体の還元と共役して、二酸化炭素を放出する。</li> <li>酸化反応によって放出されたエネルギーは、還元型NADおよびFADの形で、ミトコンドリアのクリステに運ばれる。</li> <li>クリステ膜上の電子伝達系における各呼吸鎖複合体間の電子の伝達には、プロトンポンプと共役している。</li> <li>プロトンは、化学浸透により、ATP合成酵素を通して拡散することで、ATPを生成する。</li> <li>水素(プロトン)の濃度勾配を維持するには、酸素が、遊離プロトンと結合して「マトリクス側」水を形成する必要がある。</li> <li>ミトコンドリアの構造は、その機能に適応している。</li> </ul> <p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ピーター・ミッチェルの化学浸透圧説は、最終的に受け入れられるまでに何年もの反対にあった。反証が新しい理論やパラダイムシフトの速やかな受け入れに必ずしもつながらないのは、どのような理由か。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <p>《シラバスや他科目との関連性》</p> <p>「生物」                  トピック 2.8 細胞呼吸                  「化学」                  トピック 9.1 酸化還元</p>
-----------------	---	---

<p>8.2 細胞呼吸</p>	<p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：活性化したミトコンドリアの画像を生成するのに、電子線トモグラフィー（電子顕微鏡を用いて断層像を作成する3次元再構成法の1つ）が用いられる。</li> <li>スキルの活用：好氣的呼吸の経路の図を分析して、脱炭酸反応と酸化反応が起こるところを推測する。</li> <li>スキルの活用：ミトコンドリアの図に、その機能に適応していると思われるところに注釈をつける。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>解糖およびクエン酸における中間産物の名称は必要ではない。</li> </ul>
-----------------	--

【学習のポイント】 光エネルギーが、化学エネルギーに変換される。

<p>8.3 光合成</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり 科学研究の進展は装置の改良に追従する——<sup>14</sup>C源とオートラジオグラフィにより、カルビンによる炭酸固定経路の解明が可能になった。(1.8)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>光化学反応は、チラコイド膜上と、チラコイド内の空間で起こる。</li> <li>カルビン・ベンソン回路は、ストロマで起こる。</li> <li>還元型NADPとATPは、光化学反応で産生される。</li> <li>光化学系による光の吸収が、励起電子を生成する。</li> <li>水の光分解が、水が光分解されることで、光化学反応で使われる電子を生成する。</li> <li>励起電子の輸送が、チラコイド膜の電子伝達系の間で起こる。</li> <li>光化学系II由来の励起電子は、プロトン勾配の形成に寄与している。</li> <li>チラコイドのATP合成酵素は、プロトン勾配を用いてATPを生成する。</li> <li>光化学系I由来の励起電子は、NADPを還元するのに用いられる。</li> <li>光非依存的反応「カルビン・ベンソン回路」では、カルボキシラーゼが、リブロース二リン酸 (RuBP) のカルボキシル化「炭酸固定」を触媒する。</li> <li>3-ホスホグリセリン酸 (PGA) は、還元型NADPとATPを用いてトリオースリン酸 [グリセロールデヒドリン酸 (GAP) とジヒドロキシアセトンリン酸の総称] に還元される。</li> <li>トリオースリン酸からは、リブロース二リン酸が再生成され、また一部は炭水化物を生成するのにも用いられる。</li> <li>リブロース二リン酸は、ATPを用いて再形成される。</li> <li>葉緑体の構造は、光合成の機能に適応している。</li> </ul> <p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>カルビン回路の生化学的詳細を解明するのに用いられるロリポップ実験は、[非常にシンプルで美しい実験であり] 注目に値する創造性の発露といえる。エレガントなプロトコルの創造は、どの程度、芸術品の創造に似ているか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>世界人工光合成 (GAP) プロジェクトは、今後10年のうちに、人工「葉」をつくり出すことを目的としている。水と太陽光から酸素と水素をつくり出す葉の電子版は、すでに発明されており、今後10年に実用目的のものが開発されるだろう。</li> </ul> <p>《シラバスや他科目との関連性》</p> <p>「生物」</p> <p>トピック 2.9 光合成</p> <p>トピック 4.2 エネルギーの流れ</p> <p>トピック 4.3 炭素循環</p> <p>「化学」</p> <p>トピック 9.1 酸化還元</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい6</b> : DCPIP還元を観察によって葉緑体での電子伝達を実証したヒルの方法、イカダモなどの藻類を培養する際のアルギン酸ビーズでの固定化、炭酸水素塩指示薬 [水溶性 pH 指示薬] を用いた、光合成速度の測定は、すべて可能な実験である。</li> </ul>
----------------	---	---

<p><b>8.3 光合成</b></p> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：カルビンの実験は、リブロース二リン酸のカルボキシル化を明らかにした。</li> <li>・ スキルの活用：葉緑体の図の中に、その機能に適応していると思われるところに注釈をつける。</li> </ul>	
---	--

# トピック9——植物生物学

13時間

**【学習のポイント】** 植物の木部では、構造と機能に相関関係がある。

## 9.1 植物の木部による輸送

### 「科学の本質」(NOS) との関わり

現実世界を表現したのとしてモデルを用いる——植物組織と構造がよく似た装置と材料を用いて、木部での水の輸送に関するメカニズムを研究することができる。(1.10)

### 理解

- ・ 蒸散は、葉においてガス交換を行う場合には避けることができない現象である。
- ・ 植物は、根から葉へと水を輸送して、蒸散で失われた水を補う。
- ・ 水の凝集性と導管の構造から、張力による輸送が可能になる。
- ・ 水の付着性と蒸発により、葉の細胞壁に張力が発生する。
- ・ 根における無機イオンの能動摂取が、浸透作用による水の吸収を引き起こす。

### 知識・スキルの活用

- ・ 知識の活用：砂漠や塩類土壌の植物の水の保持に対する適応。
- ・ 知識の活用：吸い取り紙またはフィルタ紙、多孔質のポット、毛細管などの簡単な装置を使った木部の水輸送のモデル。
- ・ スキルの活用：顕微鏡画像に基づいた茎の断面図の一次導管の構造をスケッチする。
- ・ スキルの活用：吸水計を用いて蒸散速度を測定する。(実習7)
- ・ スキルの活用：蒸散速度への温度または湿度の影響に関する仮説を検証する実験を計画する。

### 自然や人間生活との関わり

《シラバズや他科目との関連性》  
「生物」

- トピック 2.2 水
- トピック 2.9 および 8.3 光合成

### ねらい

- ・ **ねらい7**：画像処理ソフトウェアやデジタル顕微鏡を導入し、信頼性を確かにするためにより多くのデータの収集する能力をさらに高める。
- ・ **ねらい8**：気孔開口部と気孔の分布を葉のレプリカ法（葉の表面に接着剤などの樹脂を塗り、乾いてからはがすと透明なレプリカができるので、これを顕微鏡で観察する）を使って計測する。計測を反復すると信頼性の高い実験をすることができる。



【学習のポイント】植物の師部では、構造と機能に相関関係がある。

9.2 植物の師部による輸送	
<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b></p> <p>科学研究の進展は装置の改良に追隨する——アブラムシ口針と放射能でラベルされた二酸化炭素を用いて師部の輸送速度を測定する実験の方法は、ラジオアイソトープが利用できるようになって初めて可能になった。(1.8)</p>	<p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <p>《シラバスや他科目との関連性》 「生物」 トピック 1.4 膜による輸送</p>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>植物は、供給源から貯蔵器官へ有機化合物を輸送する。</li> <li>水の非圧縮性により、静水圧勾配に沿って輸送できる。</li> <li>〔有機物〕産生場所から師管内へ、有機物を注入するためには能動輸送が用いられる。</li> <li>産生場所周辺における師管内の溶質濃度が高いことにより、浸透圧による水の吸収が起きる。</li> <li>静水圧が高められると、師部の内容物が貯蔵器官に向かって流れる。</li> </ul>	<p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：師管の構造と機能の関係性。</li> <li>スキルの活用：茎と根の顕微鏡画像で木部と師部を同定する。</li> <li>スキルの活用：アブラムシ口針と放射能でラベルされた二酸化炭素を用いて師部の輸送速度を測定する実験のデータを解析する。</li> </ul>

【学習のポイント】植物は、環境条件に応じて生長を変化させている。

<p>9.3 植物の生長</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり                  科学研究の進展は分析と推論の向上に追隨する——分析技術の向上は、微量の物質の検出を可能にし、植物ホルモンとそれらによる遺伝子発現への影響の理解を進めた。(1.8)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>植物の頂端分裂組織の未分化細胞が、無限成長を可能にする。</li> <li>茎頂での体細胞分裂が、茎の伸張と葉の展開に必要な細胞を供給する。</li> <li>植物ホルモンが、茎頂 [直下において起こる] 生長をコントロールしている。</li> <li>植物の芽は、屈性によって環境に応える。</li> <li>オーキシン排出ポンプは、植物組織中のオーキシンの濃度勾配を設定できる。</li> <li>オーキシンは、遺伝子発現のパターンを変化させることによって細胞分裂速度に影響し得る。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：生長点からの組織、栄養寒天ゲル、成長ホルモンを使った植物のマイクロプロパゲーション(組織培養技術を用いた大量増殖)。</li> <li>知識の活用：新しい品種の迅速な増殖、既存の品種のウイルスフリー株の生産、および、ランなどの希少な種の増殖のために、微細繁殖法を利用する。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ホルモンとして、オーキシンを挙げることだけが期待される。</li> </ul>
		<p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>植物は、内部にも外部にも化学的に通信している。どの程度まで、植物には言語があると言えるだろうか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>微細繁殖法は、植物の新しい品種の迅速な増殖に用いられる。《シラバスや他科目との関連性》「生物」トピック 3.5 遺伝子組み換えとバイオテクノロジー</li> </ul> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい6</b>：屈性の研究を行うことができる。</li> </ul>

【学習のポイント】種子植物の繁殖は、生物学的および非生物的環境から影響を受ける。

9.4 植物の繁殖	
「科学の本質」(NOS) との関わり	
<p>パラダイムシフト——世界の25万種の種子植物の85%以上が、繁殖を花粉媒介者に依存している。この知識は、個々の種よりも生態系全体の保護へとつながってきた。(2.3)</p>	<p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ドイツのゲッティンゲン大学では、2005年に世界の主要な作物115種について200カ国からの科学研究の大規模な総括を行った。作物の内の87種は、ミツバチを含む動物媒にある程度依存していることがわかった。これは、世界の作物生産の3分の1にあたる。</li> </ul>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>開花は、頂端分裂組織での遺伝子発現の変化を含む。</li> <li>開花へのスイッチは、多くの植物で明期と暗期の長さへの応答である。</li> <li>植物の繁殖成功は、花粉媒介、受精、種子分散に依存する。</li> <li>ほとんどの種子植物は、有性生殖において花粉媒介者との共生関係を利用している。</li> </ul>	<p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：シーズン外に短日植物の開花を誘導するのに用いられる方法。</li> <li>スキルの活用：種子の内部構造をスケッチする。</li> <li>スキルの活用：動物に受粉が媒介されている時の花の片側断面図をスケッチする。</li> <li>スキルの活用：発芽に影響する因子に関する仮説を検証する実験を計画する。</li> </ul>
<p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>生徒は、花粉媒介、受精、種子分散の間の違いを理解しなければならぬが、各プロセスの詳細を知る必要はない。</li> <li>キクなどのいわゆる短日植物の開花は、昼が短くなることよりも夜の長さによって誘導されている。</li> </ul>	

## トピック10——遺伝学と進化

8 時間

【学習のポイント】減数分裂により、染色体が独立して組み合わせられ、また「組み換えにより」各娘細胞独自の対立遺伝子の「再」構成が引き起こされる。

## 10.1 減数分裂

## 「科学の本質」(NOS) との関わり

注意深く観察する——注意深い観察と記録を続けることで、メンデルの独立の法則で説明できない例外的なデータが見つかった。トーマス・ハント・モーガンは、そのような例外を説明するために遺伝子の連鎖という概念を発展させた。(1.8)

## 理解

- ・ 染色体は、減数分裂の前の間期に複製される。
- ・ 交差とは、非姉妹相同染色体間で一部DNAの交換である。
- ・ 交差により、半数体細胞の染色体上で対立遺伝子の新たな組み合わせが生じる。
- ・ 二価染色体の非姉妹染色体間のキアズマ形成は、対立遺伝子の交換につながる。得る。
- ・ 相同染色体は、減数第一分裂で分離する。
- ・ 姉妹染色体は、減数第二分裂期に分離する。
- ・ 遺伝子の独立組み合わせは、減数第一分裂期の相同染色体対のランダムな配置によるものである。

## 知識・スキルの活用

- ・ スキルの活用：交差により形成されたキアズマを示す図を描く。
- ・ キアズマの図は、交差が起こりキアズマが形成された部分を除いては、まだ接近して並んでいる姉妹染色体を示さなければならない。

## 自然や人間生活との関わり

《シラバズスや他科目との関連性》

「生物」

- トピック 1.6 有糸分裂
- トピック 3.3 減数分裂
- トピック 11.4 有性生殖

## ねらい

- ・ **ねらい6**：生殖系列細胞を含むユリの葎などの組織を染色し、減数分裂中の細胞を顕微鏡で観察する活動が可能である。

【学習のポイント】 遺伝子は、連鎖または非連鎖であり、それに基づいて遺伝する。

10.2 遺伝	
<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b></p> <p>パターン、傾向、相違点を探す——メンデルは、自然界を観察して、パターンと傾向を見いだして説明した。それ以降の科学者は、相違点を探し、さらなる観察に基づいて疑問を問いかけ、ルールの例外を示した。例えば、モーガンは、ショウジョウバエの実験でメンデル遺伝に従わない分離比を発見した。(3.1)</p>	<p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>連鎖遺伝子を見れば、独立の法則には例外があるとすぐにわかる。科学における法則と理論の違いは何か。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>遺伝の理解は、農家が、特定の形質を指して家畜の選抜育種を行うことを可能にした。</li> </ul> <p>《シラバスや他科目との関連性》 「生物」 トピック 3.4 遺伝</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい4</b>：分析スキルを用いて遺伝的交雑を説明する。</li> <li><b>ねらい8</b>：遺伝性疾患の遺伝を防ごうとする場合には、倫理的問題が生じる [優生学]。</li> </ul>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>遺伝子座が同じ染色体上にある場合、連鎖しているという。</li> <li>非連鎖遺伝子は、減数分裂時に独立して分離する。</li> <li>変異は、非連続的または連続的であり得る。</li> <li>ポリジーン形質（多数の遺伝子により制御されている形質）の表現型は、連続的な変異を見せる傾向にある。</li> <li>カイ二乗検定は、頻度分布の観察値と期待値の間の差が統計的に有意であるか否かを決定するために用いられる。</li> </ul>	<p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：ショウジョウバエにおける非メンデル分離比のモーガンによる発見。</li> <li>知識の活用：二遺伝子雑種形質についてのパネットの方形の完成と分析。</li> <li>知識の活用：ヒトの身長などのポリジーン形質は、環境要因からも影響を受ける可能性がある。</li> <li>スキルの活用：非連鎖常染色体遺伝子を含む二遺伝子交雑の子孫の遺伝子型と表現型の比の予測値を計算する。</li> <li>スキルの活用：2つの連鎖遺伝子に關与した交雑における組み換え体特定する。</li> <li>スキルの活用：二遺伝子交雑のデータに対してカイ二乗検定を行う。</li> </ul>

10.2 遺伝	<p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>対立遺伝子は、通常、二遺伝子雑種では、例えばTtBbのように並べて示される。連鎖に関連する交雑を表す際には、例えば以下のよう に、垂直の対として示すことがより一般的である。</li></ul> $\begin{array}{c} TB \\ \hline tb \end{array}$ <ul style="list-style-type: none"><li>このフォーマットは、試験で用いられる。つまり、生徒は、どの対立遺伝子が連鎖しているのかを推測するのに十分な情報を与えられる。</li></ul>
---------	---

【学習のポイント】 遺伝子プールは時間とともに変化する。

10.3 遺伝子プールと種分化	
<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b></p> <p>パターン、傾向、相違点を探す——いくつかの属の染色体数のパターンは、倍数性による種分化によって説明できる。(3.1)</p>	<p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>断続平衡は、進化の代替理論であり、「ゆっくりと進化する」とするダーウインの考えという長い間確立していたパラダイムへの挑戦である。長い間見なされていた。科学におけるパラダイムシフトはどのように起こり、その成功に与する要素は何か。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>多くの作物種は、倍数性になるようにつくり出されてきた。倍数性は、対立遺伝子の多様性を高め、新しい表現型の生成を可能にする。また、雑種強勢につながる。</li> </ul> <p>《シラバスや他科目との関連性》 「生物」 トピック 5.1 進化の証拠</p>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ある遺伝子プールとは、1つの個体群の中の交配可能な全個体における、遺伝子のすべてと、そのほかの対立遺伝子からなる。</li> <li>進化は、個体群内で時間とともに対立遺伝子頻度が変化することを必要とする。</li> <li>個体群の生殖隔離は、時間的、行動的、または地理的であり得る。</li> <li>隔離個体群の分岐による種分化は、漸進的であり得る。</li> <li>種分化は、突然に起こり得る。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：方向性選択、安定化選択、分断選択の例を特定する。</li> <li>知識の活用：倍数性によるネギ属の種分化。</li> <li>スキルの活用：地理的に隔離された個体群の対立遺伝子頻度の比較。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>断続平衡とは、大きな変化のない長い期間と急速に進化する短い期間があることを意味する。</li> </ul>	

## トピック11—動物生理学

16時間

【学習のポイント】 免疫は、自己の認識と異物の破壊に基づく。

<p>11.1 抗体産生と予防接種</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり 研究の倫理的意味について考える——ジェンナーは、天然痘のワクチンを子どもでも試験した。(4.5)</p>	<p><b>国際的な視野</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>世界保健機構(WHO)は、1967年に天然痘の世界的な根絶のキャンペーンを始めた。このキャンペーンは、わずか10年後の1977年に成功したと判断された。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ヒトのワクチンは、他の動物の免疫応答を用いて産生されることが多い。《シラバスや他科目との関連性》</li> </ul> <p>「生物」</p> <p>トピック 6.3 感染症に対する防衛 トピック 11.4 有性生殖 「地理」</p> <p>パート 2F 食物と健康の地理学</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい7</b>：データベースを用いて疫学的データを分析する。</li> </ul>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>あらゆる生物は、細胞表面に特有の分子を持っている。</li> <li>病原体は、種特異的なものもあるが、多くの種に感染するものもある。</li> <li>Bリンパ球は、ほ乳類ではTリンパ球によって活性化される。</li> <li>活性化B細胞は増殖して、プラズマ細胞と記憶細胞のクローンを形成する。</li> <li>プラズマ細胞は抗体を分泌する。</li> <li>抗体は、病原体の破壊を助ける。</li> <li>白血球は、アレルゲンに応答してヒスタミンを放出する。</li> <li>ヒスタミンは、アレルギー症状の原因となる。</li> <li>免疫は、記憶細胞の持続性に依存する。</li> <li>ワクチンは、免疫を作動させる抗原を含むが、疾病は引き起こさない。</li> <li>ガン細胞と抗体産生プラズマ細胞の融合が、ハイブリドーマ細胞を生み出す。</li> <li>モノクローナル抗体は、ハイブリドーマ細胞によって産生される。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：天然痘は、予防接種によって根絶された最初のヒト感染症であった。</li> </ul>		



<p>11.1 抗体産生と予防接種</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：抗HCGモノクローナル抗体が、妊娠検査キットに用いられている。</li> <li>・ 知識の活用：赤血球細胞表面の抗原は、異なる血液型をもつヒトの抗体産生を刺激する。</li> <li>・ スキルの活用：予防接種プログラムに関する疫学的データを分析する。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 免疫応答については、ほ乳類に限定する。</li> </ul>
-----------------------	--

【学習のポイント】 筋骨格系の役割は、運動、支持、保護である。

<p>11.2 運動</p>	<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b>                  科学研究の進展は装置の改良に迫随する——蛍光カルシウム指示薬は、筋肉収縮における相互作用サイクルの研究に用いられてきた。(1.8)</p> <p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>骨と外骨格は、筋肉の固定点を提供し、てことして作用する。</li> <li>〔内骨格における〕滑膜関節は、特定の動きを許容するが他の動きは許容しない。</li> <li>身体の運動は、拮抗する作用をもつ対になった筋肉を必要とする。</li> <li>骨格筋繊維は、多核であり、特殊化した小胞体を含む。</li> <li>筋繊維は、多くの筋原線維を含む。</li> <li>各筋原線維は、収縮性サルコメアから成る。</li> <li>骨格筋の収縮は、アクチンおよびミオシンフィラメントの滑りにより達成される。</li> <li>フィラメントが滑るためには、ATP加水分解と架橋形成が必要である。</li> <li>カルシウムイオンとタンパク質トロポミオシンおよびトロポニンが、筋収縮をコントロールしている。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：昆虫の肢の拮抗する筋肉対。</li> <li>スキルの活用：ヒトの肘の図に注釈をつける。</li> <li>スキルの活用：サルコメアの構造の名称を付した図を描く。</li> <li>スキルの活用：電子顕微鏡写真を分析して、筋繊維の収縮状態を見いだす。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>肘の図は、軟骨、関節液、関節胞、名称を付した骨、拮抗する筋肉を含まなければならない。</li> </ul>
----------------	---

**ねらい**

- ・ **ねらい7**：握力データロガーを用いて、筋肉疲労を評価する。
- ・ **ねらい7**：動画を用いて、収縮を視覚化する。

## 11.2 運動

- ・ サルコメアの構造に名称を付した図には、Z線、アクチンフィラメント、ヘッドのあるミオシンフィラメント、結果として生じる明帯と暗帯を含まなければならない。
- ・ サルコメアの長さの測定には、顕微鏡の [対物マイクロメーターを用いた] 接眼マイクロメーターのスケールの校正が必要である。

【学習のポイント】すべての動物は、窒素性の老廃物を生み出しており、一部の動物では、水分と溶質の濃度のバランスもとっている。

11.3 腎臓と浸透圧調節	
「科学の本質」(NOS) との関わり	特定の現象に関する好奇心——砂漠の動物は老廃物を排出することで水が失われることをどのように防いでいるかを究明する調査が行われた。(1.5)
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>動物は、浸透圧調節型生物か浸透圧順応型生物のいずれかである。</li> <li>昆虫におけるマルピギー管システムと腎臓は、浸透圧調節と窒素性老廃物の除去を行う。</li> <li>腎動脈の血液の成分は、腎静脈中の血液成分とは異なっている。</li> <li>糸球体とボーマン囊の微細構造が、限外ろ過を促進する。</li> <li>近位尿細管(ループ)は、能動輸送によって有益な物質を選択的に再吸収する。</li> <li>ヘンレ係蹄[ヘンレのループ]は、髄質の高張状態を維持する。</li> <li>抗利尿ホルモン(ADH)は、集合尿細管中の水分の再吸収をコントロールする。</li> <li>ヘンレ係蹄の長さは、動物の水分保持の必要性と正の相関関係がある。</li> <li>動物の窒素性老廃物のタイプは、進化の歴史と生息地に相関関係がある。</li> </ul>	<p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：脱水と水分過剰の結果。</li> <li>知識の活用：血液透析または腎臓移植による腎不全の治療。</li> <li>知識の活用：血液細胞、グルコース、タンパク質、薬物が、尿検査で検出される。</li> <li>スキルの活用：ヒトの腎臓の図を描き、名称を記入する。</li> <li>スキルの活用：ネフロンの図に注釈をつける。</li> </ul>

<b>11.3 腎臓と浸透圧調節</b>	
<b>指導</b> <ul style="list-style-type: none"><li>・ ADHの呼称は、バソプレッシンに優先して用いられる。</li><li>・ ネフロンの図には、糸球体、ボーマン嚢、近位尿細管、ヘンレ係蹄、遠位尿細管が含まれなければならない。ネフロンと尿細管の関係性も含めること。</li></ul>	

【学習のポイント】有性生殖は、半数体である配偶子の形成と融合を含む。

<p>11.4 有性生殖</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり          科学研究のリスクと利益の評価——プロゲステロンとエストロゲンに関連したステロイドが女性用経口避妊薬の利用の結果として環境中に放出される前に、ヒトの男性の生殖能力へのリスクについては十分に評価されなかった。(4.8)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>精子形成と卵形成はいずれも、体細胞分裂、細胞成長、減数分裂の第一分裂と第二分裂、および分化を伴う。</li> <li>精子形成と卵形成のプロセスは、異なる量の細胞質を備えた異なる数の配偶子を生み出す。</li> <li>動物の受精は、体内で行うものと体外で行うものがある。</li> <li>受精の際には、多精子受精を防ぐメカニズムがある。</li> <li>子宮内膜への胚盤胞の着床が、妊娠の継続には欠かせない。</li> <li>HCGは、妊娠初期にプロゲステロンを分泌するよう卵巣を刺激する。</li> <li>胎盤は、母体と胎児間の物質交換を促進する。</li> <li>エストロゲンとプロゲステロンは、胎盤が形成されると胎盤から分泌される。</li> <li>出産は、エストロゲンとオキシトシンが関与する正のフィードバックによってもたらされる。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：ヒトの平均38週の妊娠期間は、動物のサイズと他のほ乳類の出生時の子どもとの成長との間の相関関係を示すグラフ上に位置づけることができる。</li> <li>スキルの活用：精細管と卵巣の図に注釈をつけて、配偶子形成のステータジを示す。</li> <li>スキルの活用：成熟した精子と卵の図に注釈をつけて、機能を示す。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>受精は、先体反応、卵および精子の細胞膜の融合、表層反応を伴う。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <p>《シラバスや他科目との関連性》          「生物」          トピック 3.3 減数分裂          トピック 6.6 ホルモン、恒常性、繁殖</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい 8</b>：ヒトの凍結胚に対する責任について議論する。</li> </ul>
------------------	--	--

# SL・HL共通項目

**【学習のポイント】** ニューロンの「結合の」修正は、胚発生の最も初期のステージに始まり、一生の晩年まで続く。

<p><b>A.1 神経発生</b></p>	<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b>                  現実世界を表現したのとしてモデルを用いる——発生神経学ではさまざまな動物モデルを用いる。(1.10)</p>	<p><b>国際的な視野</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 言語の習得などの文化的経験が、神経の刈り込みにつながる。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 脊髄損傷の患者での組織再生のための神経組織の成長の研究が進行中である。</li> </ul> <p>《シラバスや他科目との関連性》                  「生物」                  トピック 6.5 神経とシナプス</p>
<p><b>理解</b></p>	<p>脊索動物の胚の神経管は、外胚葉の陥入後に管が伸張することによって形成される。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ニューロンは、神経管の分化において最初につくられる。</li> <li>・ 未成熟のニューロンが、「最終的に機能するための」最終的な位置まで移動する。</li> <li>・ 軸索は、未成熟な各ニューロンから化学的刺激に応答して成長する。</li> <li>・ 一部の軸索は、神経管を越えて伸び、身体他の部位まで達する。</li> <li>・ 発生中のニューロンは、多くのシナプスを形成する。</li> <li>・ 不要なシナプスは、じき失われる。</li> <li>・ 神経細胞の間引きは、使われなかったニューロンが失われていくことで起こる。</li> <li>・ 神経系は、その可塑性により、経験に伴って変化することが可能である。</li> </ul>	<p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：胚の神経管の閉じ方が不完全である場合、二分脊椎が起こり得る。</li> </ul>

<p><b>A.1 神経発生</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：脳卒中などの出来事が、脳の機能の再編成を促進する場 合がある。</li> <li>・ スキルの活用：動物モデルとして用いられるアフリカツメガエルの神 経胚形成中の胚組織の図に注釈をつける。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 胚の時期の脳領域または神経系に関連する用語は必要ない。</li> </ul>
------------------------	---



【学習のポイント】 脳の部位は、異なる機能に特殊化している。

<b>A.2 ヒトの脳</b>	
<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b></p> <p>現実世界を表現したのとしてモデルを用いる——感覚ホムンクルスおよび運動ホムンクルスによる運動ホムンクルスおよび運動ホムンクルス上で人体の各部位が占める相対的なスペースを示すモデルである。(1.10)</p> <p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>神経管の前部が拡張して脳を形成する。</li> <li>脳のさまざま部位は、特定の役割をもっている。</li> <li>自律神経系は、延髄に位置する中枢を用いて体の無意識の動作をコントロールしている。</li> <li>大脳皮質は、脳の中でも大きい割合を占めており、ヒトでは他の動物よりも高度に発達している。</li> <li>ヒトの大脳皮質は、主に、頭蓋内に収まるように極度に折りたたまれて総面積を増やすことで大きくなった。</li> <li>大脳半球は、より高次の機能を担っている。</li> <li>大脳の左半球は、身体の右側の感覚受容体および両目の視野の右側から入力された感覚を受信し、右半球はその逆である。</li> <li>大脳の左半球は、身体の右側の筋収縮をコントロールし、右半球はその逆である。</li> <li>脳の代謝には大量のエネルギーを必要とする。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：視覚野、ブローカー野、側坐核は、特定の機能をもつ脳の領域である。</li> <li>知識の活用：嚥下、呼吸、心拍は、延髄によって調整されている活動の例である。</li> <li>知識の活用：瞳孔反射は脳の損傷を評価するために用いられる。</li> </ul>	<p><b>国際的な視野</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>「生きていく」ことの定義は、地域や国の法律と文化によってさまざまである。</li> </ul> <p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>医学においては、「死」という概念は、脳の機能の観点で定義されるが、死の医学的な基準が家族の死の基準と異なる時に衝突が起きることがある。医学的倫理において意思決定する時、家族の一員の考え方をどの程度まで優先すべきか。倫理的な決定を行うためにはどのような基準を用いるべきか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>アンジェルマン症候群は、脳波図の特徴的な異常パターンから診断される遺伝性の疾患である。</li> </ul>

<p><b>A.2 ヒトの脳</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：動物実験、剖検、脳損傷患者、fMRIは、さまざまな脳の部位の役割を特定するために用いられる。</li> <li>・ スキルの活用：脳の写真、図、またはスキャンで、脳の部位を特定する。</li> <li>・ スキルの活用：さまざまな動物で体サイズと脳のサイズの間の相関関係を分析する。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 脳の図には、延髄、小脳、視床下部、下垂体、大脳半球を含むこと。</li> <li>・ 特定の機能は、特定の領域に起因すると考えられるが、「fMRI等を用いた」脳のイメージング研究からは、いくつかの活動が多くの領域に広がっていること、脳卒中などの攪乱後に脳が「各部の機能を」自身で再編成することさえできることを示している。</li> </ul>
------------------------	---

【学習のポイント】生物は、環境の変化を検出することができる。

A.3 刺激の知覚	
「科学の本質」(NOS) との関わり	
<p>根底にある科学を理解することが、技術開発の基礎である——聴覚系での電気刺激が音の知覚を生み出すことができるといふ発見が、電気補聴器の開発や最終的には人工内耳の開発につながった。(1.2)</p>	<p>「知の理論」(TOK)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>他の生物は、ヒトが検知できない刺激を検知することができる。例えば、花粉媒介者の中には、非可視領域の電磁波 [紫外線など] を検知できるものもいる。結果として、私たちが花に模様がないと知覚している場合にも、模様のあるものとして知覚するのかもしれない。したがって、私たちが知覚するものは、どの程度、現実を個人的に構築したものにすぎないのだろうか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <p>《シラバスや他科目との関連性》</p> <p>「生物」 トピック 3.4 遺伝 「物理」 トピック 4.2 進行波</p>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>受容体は環境の変化を検知する。</li> <li>桿体細胞と錐体細胞は、網膜に存在する光受容細胞である。</li> <li>桿体細胞と錐体細胞は、光強度と波長に対する感受性に違いがある。</li> <li>双極細胞は、桿体細胞と錐体細胞から網膜神経節細胞にインパルスを送る。</li> <li>網膜神経節細胞は、視神経を介して脳に信号を送る。</li> <li>両目の右の視野からの情報は、視野の左側へ送られ、逆も同様である。</li> <li>中耳の構造が、音を伝達して増幅する。</li> <li>蝸牛の感覚毛が、特定の波長の音を検知する。</li> <li>音の知覚によって引き起こされたインパルスは、聴覚神経を通して脳へと伝達される。</li> <li>三半規管の有毛細胞は、頭部の動きを検知する。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：赤緑色盲は、正常な三色視からの一種のバリエーション [派生型] である。</li> <li>知識の活用：多くの異なる嗅覚受容体による空気中の化学物質の検知。</li> <li>知識の活用：聴覚障害患者への人工内耳の使用。</li> <li>スキルの活用：ヒトの眼の構造の図に名称をつける。</li> </ul>	

<p><b>A.3 刺激の知覚</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ スキルの活用：網膜の図に註釈をつけて、細胞の種類と光の移動方向を示す。</li> <li>・ スキルの活用：ヒトの耳の構造の図に名称をつける。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ヒトの感覚受容体は、機械刺激受容体、化学受容体、温度受容体、光受容体を含まなければならない。</li> <li>・ ヒトの眼の図は、強膜、角膜、結膜、まぶた、脈絡膜、房水、瞳孔、水晶体、虹彩、硝子体、網膜、窩、視神経、盲点を含むこと。</li> <li>・ 網膜の図は、桿体細胞と錐体細胞、双極神経細胞、網膜神経節細胞を含むこと。</li> <li>・ 耳の図は、耳介、鼓膜、中耳骨、卵円窓、正円窓、三半規管、聴覚神経、蝸牛を含むこと。</li> </ul>
-------------------------	---

## HL 発展項目

【学習のポイント】行動パターンには、生得的なものや学習によるものがある。

<p>A.4 生得的行動と学習による行動</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり パターン、傾向、相違点を探す——実験室での実験や野外調査が、さまざまなタイプの行動と学習の理解を助けた。(3.1)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 生得的行動は、両親から遺伝するため、環境とは独立して発達する。</li> <li>・ 自律反応と無意識の反応は、反射と呼ばれる。</li> <li>・ 反射弓は、反射を仲介するニューロンを含む。</li> <li>・ 条件反射は、新しい関連づけを形成することを伴う。</li> <li>・ 学習行動は、経験の結果として発達する。</li> <li>・ 刷り込みは、特定の生活史段階で起こる学習であり、行動の結果とは独立している。</li> <li>・ オペラント条件づけは、試行錯誤経験からなる学習の形態である。</li> <li>・ 学習は、スキルまたは知識の習得である。</li> <li>・ 記憶は、情報を記号化し、保存し、アクセスするプロセスである。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：痛み刺激から手を引っ込める反射。</li> <li>・ 知識の活用：イヌの条件反射に関するパブロフの実験。</li> <li>・ 知識の活用：鳥の歌の発達における遺伝と学習の役割。</li> </ul> <p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 動物の行動が生存と繁殖の機会にどのように影響するかを推測することとは容易である。直感、科学者にとって有効な出発点になるか。</li> </ul> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>ねらい7</b>：神経筋反射の分析のためにECGセンサーを用いてデータを記録する</li> <li>・ <b>ねらい8</b>：動物実験——パブロフの実験における現在の実験動物指針の示唆。</li> </ul>
--------------------------	---	---

<p><b>A.4 生得的行動と学習による行動</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ スキルの活用：生存と繁殖の機会への影響の観点で、無脊椎動物の行動実験からのデータを解析する。</li> <li>・ スキルの活用：逃避反射のための反射弓の図を描いて名称をつける。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 反射弓の図は、受容体細胞、感覚ニューロン、介在ニューロン、運動ニューロン、効果器を含むこと。</li> </ul>
---------------------------------	---

【学習のポイント】ニューロン間のコミュニケーションは、伝達物質様化学物質の放出と受容の操作を通して変えることができる。

<p><b>A.5 神経薬理学</b></p>	<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b> 科学研究と関連するリスクの評価——患者活動家団体は、しばしば、薬物の許認可プロセスの迅速化を要求して、より高いリスク許容度を奨励する。(4.5)</p>	<p><b>国際的な視野</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>薬物に対する姿勢と薬物の使用は、地球上の地域によって異なっている。儀式または宗教的体験を高めるために薬物を使う文化が多くある。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>多くの向精神薬が、さまざまな精神疾患および心理的障害の治療に用いられてきた。</li> </ul> <p>《シラバスや他科目との関連性》 「化学」 選択項目 D 医薬品化学 トピック D1 医薬品と薬物作用 トピック D3 鎮静剤 「心理学」 HL・SL 共通項目 生物学的レベルの分析</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい 8</b>：使用者、その家族、より広い社会について、向精神薬の社会的文脈（意義）を考察することができる。</li> </ul>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>神経伝達物質の中には、シナプス後ニューロンの神経インパルスを興奮させるものも、阻害するものもある。</li> <li>シナプス前ニューロンから受信したすべての興奮性および抑制性神経伝達物質の総和の結果として、シナプス後ニューロンにおいて、神経インパルスが開始または抑制される。</li> <li>多くの異なる運動性神経伝達物質は、脳の迅速なシナプス伝達を調節する。</li> <li>記憶と学習は、運動性神経伝達物質 [Gタンパク共役型受容体等に結合するもの] によって引き起こされるニューロンの変化を伴う。</li> <li>いくつかの向精神薬は、シナプス後伝達を増減させることによって脳に影響を与える。</li> <li>麻酔は、体の感覚受容細胞の領域と中枢神経系と CNS の間の神経伝達を妨げることによって作用する。</li> <li>覚醒剤は、交感神経系による刺激を模倣している。</li> <li>薬物依存は、遺伝的素因、社会環境、およびドーパミン分泌から影響を受け得る。</li> </ul>	<p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：2つの興奮剤と2つの鎮静剤の神経系への影響。</li> <li>知識の活用：意識に対する麻酔の影響。</li> </ul>	

A.5 神経薬理学	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 知識の活用：エンドルフィンは、鎮痛剤として作用し得る。</li><li>・ スキルの活用：脳内のセロトニンとドーパミンへのMDMA(エクスタシー)の影響を示すデータを評価する。</li></ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 興奮剤の例には、ニコチン、コカイン、アンフェタミンがある。</li><li>・ 鎮静剤の例は、ベンゾジアゼピン、アルコール、またはテトラヒドロカンナビノールD(THC)である。</li></ul>
-----------	--



【学習のポイント】自然選択は、特定のタイプの行動に有利に働く。

<p>A.6 行動学</p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり          仮説の検証 —— ズグロムシクイの渡り行動に関する仮説を検証する実験が行われた。(1.9)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>行動学は、自然条件での動物行動の研究である。</li> <li>自然選択は、動物行動の観察頻度を変化させ得る。</li> <li>生存と繁殖の機会を増加させる行動は、個体群において、より普及するようになる。</li> <li>学習による行動は、生得的行動よりも早く個体群に普及または個体群から失われ得る。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：行動の遺伝的根拠および自然選択による変化の一例として、ズグロムシクイの渡り行動。</li> <li>知識の活用：自然選択による利他的行動の発達の一例として吸血コウモリの血液の共有。</li> <li>知識の活用：餌の選択の最適化による生存の機会の増加の一例として、浜ガニの採餌行動。</li> <li>知識の活用：生存と繁殖の機会に影響する行動の一例として、ギンザケ個体群における繁殖戦略。</li> <li>知識の活用：配偶者選択の一例として、フウチョウ科の鳥の求婚。</li> <li>知識の活用：子孫の生存と繁殖の機会を高める生得的行動の一例として、群れ内の雌ライオンの発情期の同調。</li> <li>知識の活用：学習行動の発達と喪失の一例として、アオガラにおける牛乳瓶からのクリームの採餌。</li> </ul> <p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ラドヤード・キップリングの『なぜなぜ物語』は、文学的に動物行動を説明したものである。歴史的または文学的表現と、科学的説明のそれぞれの特徴は何か。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <p>《シラバスや他科目との関連性》          「生物」          トピック 5.2 自然選択</p>
----------------	--	--

<p><b>A.6 行動学</b></p>	<p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ このサブトピックの7つの「知識の活用」は、一般原理の理解を強化することを目的としている。これらの「知識の活用」は、さまざまな種類の行動とさまざまな種類の動物を含む。観察できる地域的な例など、他の例についても可能であれば学習する。</li> </ul>
-----------------------	---

# SL・HL共通項目

【学習のポイント】微生物は、産業プロセスを実行するために利用および改良できる。

<p><b>B.1 微生物学：生物の産業利用</b></p>	<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b> セレンディピティが科学的発見につながった——アレキサンダー・フレミングによるペニシリンの発見は、思いがけない出来事と見なすことができる。(1.4)</p>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>微生物は、代謝的に多様である。</li> <li>微生物は、小さくて成長速度が速いので、産業利用される。</li> <li>代謝経路操作技術は、微生物の遺伝的プロセスと調整プロセスを [操作すること] 最適化する。</li> <li>代謝経路操作技術は、望む代謝産物を産業的に生産するために用いられる。</li> <li>発酵槽は、微生物による代謝産物の大量生産を可能にする。</li> <li>発酵は、回分培養または連続培養によって実行される。</li> <li>発酵槽の微生物 [の増殖] は、それら自身の老廃物によって制限されるようになる。</li> <li>プローブは、発酵槽内の条件を監視するために用いられる。</li> <li>条件は、培養される微生物の成長に最適なレベルに維持される。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：ペニシリンの大量生産におけるディープタンク回分発酵。</li> <li>知識の活用：黒色アスペルギルスによる連続発酵でのクエン酸の生産と、その保存料および香料としての利用。</li> </ul>	<p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1928年、英国でアレキサンダー・フレミングは、廃棄されたペトリ皿にペニシリンを発見した。フレミングの発見はどの程度幸運な観察によるものなのか。また、私たちは、見ようとしていないものしか認識しないのか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b> 《シラバスや他科目との関連性》 「生物」 トピック 2.1 分子から代謝まで トピック 4.3 炭素循環 トピック 6.3 感染症に対する防御</p>

<b>B.1 微生物学：生物の産業利用</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>知識の活用：バイオガスは、発酵槽の有機物から細菌や古細菌によって生産される。</li><li>スキルの活用：グラム陽性およびグラム陰性細菌のグラム染色。</li><li>スキルの活用：無菌培養で殺菌剤による細菌成長の阻害域を示す実験。</li><li>スキルの活用：小規模発酵槽でのバイオガスの生産。</li></ul>
-------------------------	--

【学習のポイント】生産性を高め、新たな産物を得るために、作物を改良できる。

<p><b>B.2 農業分野のバイオテクノロジー</b></p>	<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b>                  科学研究のリスクと利益の評価——科学者は、除草剤耐性遺伝子の野生への逸出の可能性を検証する必要がある。(4.8)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 遺伝子組み換え生物は、以前はその種のプロテオームの一部にはなかったタンパク質を産生する。</li> <li>・ 遺伝子組み換えは、環境抵抗を克服して作物の生産量を高めるために用いることができる。</li> <li>・ 遺伝子組み換え作物は、新しい産物をつくり出すために用いることができる。</li> <li>・ バイオインフォマティクスは、標的遺伝子を特定する際に役に立つ。</li> <li>・ 標的遺伝子は、その発現を制御するその他の配列とセットである。</li> <li>・ オープンリーディングフレームとは、開始コドンから終止コドンまでの [アミノ酸配列を指定する意味のある] 部分の DNA である。</li> <li>・ マーカー遺伝子は、遺伝子導入に成功したことを検出するために用いられる。</li> <li>・ 組み替え DNA は、植物細胞の染色体 DNA または葉緑体 DNA の中に挿入される必要がある。</li> <li>・ 組み替え DNA は、植物体全体、葉片、または原形質に導入することができる。</li> <li>・ 組み替え DNA は [細胞内へ]、直接物理的な方法や化学的な方法、またはベクターによって間接的に導入できる。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：アグロバクテリウム (<i>Agrobacterium tumefaciens</i>) の腫瘍誘発 (Ti) プラスミドを用いて、ダイズにグリホセート耐性を導入する。</li> </ul>
		<p><b>自然や人間生活との関わり</b>                  《シラバスや他科目との関連性》                  「生物」                  トピック 1.5 細胞の起源                  トピック 3.5 遺伝子組み換えとバイオテクノロジー                  「環境システムと社会」                  トピック 5.2 陸域食糧生産</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>ねらい7</b>：バイオインフォマティクスを用いて、組み換えられる配列を決定する。</li> <li>・ <b>ねらい8</b>：ヨーロッパでの遺伝子組み換えアムフロラポテトの導入には、倫理的・政治的意味がある。</li> </ul>

B.2 農業分野のバイオテクノロジー	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：タバコモザイクウイルスの遺伝子組み換えは、タバコにおいてB型肝炎ワクチンの大量生産を可能にした。</li> <li>・ 知識の活用：製紙産業および接着剤産業用のアムフロラポテト (<i>Solanum tuberosum</i>) の生産。</li> <li>・ スキルの活用：グリホセート耐性ダイズの環境影響に関するデータの評価。</li> <li>・ スキルの活用：オープンリーディングフレーム (ORF) の特定。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ オープンリーディングフレームとして意味をもつ、特定の長さのDNAは、ポリペプチド鎖をコードするのに必要十分なヌクレオチドを含んでいる。</li> <li>・ 植物に遺伝子を導入する化学的な手法については、塩化カルシウムとリポソームに限定する。</li> <li>・ 植物に遺伝子を導入する物理的な手法については、電気穿孔法、顕微注入法、微粒子銃 (ショットガン法) に限定する。</li> <li>・ ベクターは、アグロバクテリウム (<i>Agrobacterium tumefaciens</i>) とタバコモザイクウイルスに限定する。</li> </ul>

【学習のポイント】 バイオテクノロジーは、産業、農業、都市廃棄物による汚染の防止および削減に用いることができる。

<p><b>B.3 環境保護</b></p>	<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b>                  科学研究の進展は装置の改良に追従する—— 共焦点レーザー顕微鏡などのツールの利用が、バイオフィルムの構造のより深い理解につながった。(1.8)</p>	<p><b>国際的な視野</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>石油流出の際には、世界のさまざまな地域からの科学者が環境を保護するために協働する。</li> </ul> <p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>創発特性は、システムの要素の相互作用の結果である。どのような状況で科学への還元主義者のアプローチが生産的になり、どのような状況で還元主義者のアプローチが問題になるか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b>                  《シラバスや他科目との関連性》                  「生物」                  トピック 1 細胞生物学                  「化学」                  選択項目 C2 化石燃料                  「環境システムと社会」                  トピック 4.4 水質汚染                  トピック 6.3 光化学スモッグ                  トピック 6.4 酸性降下物</p>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>汚染事故への対応は、物理的および化学的手順と組み合わせたバイオレメディエーションを含み得る。</li> <li>バイオレメディエーションには、微生物が用いられる。</li> <li>汚染物質の中には、微生物によって代謝されるものがある。</li> <li>微生物の共同的な集合体は、バイオフィルムを形成することができる。</li> <li>バイオフィルムは、創発特性をもっている。</li> <li>バイオフィルム内で育つ微生物は、抗菌剤に対する高い耐性がある。</li> <li>バイオフィルム中の微生物は、菌体密度感知機構を通して協調している。</li> <li>バクテリオファージは、水系の消毒に用いられる。</li> </ul>	<p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用: マリノバクター属などの好塩性細菌によるベンゼンの分解。</li> <li>知識の活用: シュートドモナス菌による石油の分解。</li> <li>知識の活用: シュートドモナス菌によるメチル水銀から元素水銀への変換。</li> <li>知識の活用: 汚水処理用の滴下フィルター床でのバイオフィルムの利用。</li> <li>スキルの活用: バイオフィルムによって引き起こされる環境問題に関するデータまたはマスコミ報道を評価する。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>バイオフィルムによる環境問題の例としては、パイプの詰まりや腐食、パラスト水での微生物の伝播、または食品表面の汚染が挙げられる。</li> </ul>	

## HL 発展項目

【学習のポイント】 バイオテクノロジーは、疾病の診断と治療に用いることができる。

<p><b>B.4 医薬</b></p>	<p>「科学の本質」(NOS) との関わり 科学研究の進展は技術の向上に追従する——技術革新が、科学者に疾病の診断と治療を可能にできた。(1.8)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>病原体の感染は、その遺伝物質の存在または抗原によって検知できる。</li> <li>遺伝性疾患の素因は、マーカーの存在を通して検出できる。</li> <li>DNAマイクロアレイは、遺伝的素因のテストまたは疾病の診断に使用することができる。</li> <li>疾病のマーカーとなる代謝産物は、血液や尿中に検出できる。</li> <li>追跡実験は、目的タンパク質の局在化および相互作用に関する情報を得るために用いられる。</li> <li>生物医薬生産は、治療目的でタンパク質を生産するために遺伝子組み換え動植物を用いる。</li> <li>ウイルス性ベクターは、遺伝治療に用いることができる。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：さまざまなインフルエンザウイルス株を検出するためにPCRを利用する。</li> <li>知識の活用：腫瘍細胞の追跡に、発光プロローブと結合したトランスフェリンを用いる。</li> <li>知識の活用：アンチトロンビンの生物医薬生産。</li> </ul> <p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>遺伝子治療研究プロトコルに参加した結果として被験者が死亡したケースが世界で起こっている。リスクのある治療を進めるという決定をどのように行うのか。</li> <li>人が「サンプルとして」科学的研究に参加するのを許容するために受け入れることのできるレベルのリスクとは、どのようなものか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b> 《シラバスや他科目との関連性》 「生物」 トピック 3.5 遺伝子組み換えとバイオテクノロジー トピック 6.3 感染症に対する防御 トピック 11.1 抗体産生と予防接種</p>
----------------------	---	--



<b>B.4 医薬</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>知識の活用：重症複合免疫不全症（SCID）の治療にウイルス性ベクターを用いる。</li><li>スキルの活用：簡単なマイクログアレイを解析する。</li><li>スキルの活用：ELISA診断テストの結果を解釈する。</li></ul>
---------------	---

**【学習のポイント】** バイオインフォマティクスは、生物学的研究で配列データ等の分析のためにコンピュータを使うことである。

<b>B.5 バイオインフォマティクス</b>	
<b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b>	
科学者のグループ間の協力と連携——インターネット上のデータベースのおかげで、科学者は自由に情報にアクセスできる。(4.3)	
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ データベースは、科学者が容易に情報にアクセスすることを可能にする。</li> <li>・ データベースに格納されたデータは、指数関数的に増加している。</li> <li>・ BLASTサーチは、異なる生物の類似した配列を特定できる。</li> <li>・ 類似した配列をもつモデル生物を使って、遺伝子機能を研究できる。</li> <li>・ 配列アライメントソフトウェアは、異なる生物由来の配列の比較を可能にする。</li> <li>・ BLASTnはヌクレオチド配列アライメント、BLASTpはタンパク質アライメントに対応している。</li> <li>・ データベースで検索を行って、新たに特定された配列と他の生物の既知の機能の配列とを比較することができる。</li> <li>・ 多配列アライメントが、系統学の研究に用いられている。</li> <li>・ ESTは、[発現している] 可能性のある遺伝子の特定に用いることができる特定組織における、mRNAの断片的な情報を集めたデータベースの事である。</li> </ul>	<p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ データベースを証拠として用いることで正当化(支持)された知識の主張は、ユニークな問題を提起する。ある目的のために他の研究者がつくったデータベースを用いて、当初の想定とは異なる目的のために、また異なる方法を用いて得られた知識というのはいずれほど信頼性がおけるものだろうか。</li> </ul> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>ねらい6</b>：ヘモグロビンやミオグロビンなどの関連タンパク質の配列アライメントを調査できる。</li> </ul>
<p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：マウスでノックアウト技術を用いて「当該遺伝子の機能をなくしてみることで」、遺伝子機能を決定する。</li> <li>・ 知識の活用：ESTデータベースによる遺伝子の発見。</li> <li>・ スキルの活用：データベースで21番染色体を調べる(例えば、ゲノムデータベース「Ensembl」を活用する)。</li> </ul>	

<b>B.5 バイオインフォマティクス</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>スキルの活用：2つのタンパク質を並べるためにソフトウェアを用いる。</li><li>スキルの活用：ソフトウェアで、DNA配列を用いて関連生物の簡単な分岐図と系統樹をつくる。</li></ul>
-------------------------	--

# SL・HL共通項目

【学習のポイント】 群集構造は生態系の創発特性をあらわす。

<p><b>C:1 種と群集</b></p>	<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b>                  現実世界を表現したのとしてモデルを用いる——ストレス領域と耐性限界のグラフは、予測する力をもち、群集構造を説明する現実世界のモデルである。(1.10)</p> <p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>種の分布は、制限因子から影響を受ける。</li> <li>群集構造は、キーストン(中枢)種から強く影響を受け得る。</li> <li>それぞれの種は、空間的な居住地と他の種との相互作用の独自の組み合わせゆえに、群集内で独自の役割を果たす。</li> <li>群集における種間の相互作用は、効果によって分類できる。</li> <li>ニッチが同一ならば、2種が同じ居住地で永久に生存することはできない。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：動物種1種と植物種1種の分布から、耐性限界とストレス領域を説明する。</li> <li>知識の活用：局所的な例で、種が群集内で相互作用できるさまざまな方法について説明する。</li> <li>知識の活用：褐虫藻と造礁サンゴ間の共生関係。</li> <li>スキルの活用：基本ニッチと実現ニッチとの間の違いを説明するデータセットを分析する。</li> <li>スキルの活用：トランセクト「調査地に線を引き、その線から一定の範囲の生物について調査する手法」を用いて、植物種または動物種の分布を無生物変数と相関させる。</li> </ul> <p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ランダムサンプリングは、広範囲の地理的領域を含む研究や時間が限られている場合に用いられる。ランダムサンプリングは、サンプリングバイアスがかかるとして可能性があるが、科学者にとって有益な方法か。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b>                  《シラバスや他科目との関連性》                  「地理」                  パート2C 極限環境</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい6</b>：草食性に影響する要因がどのようなものか、調べてみるのもよい。</li> </ul>
------------------------	--

【学習のポイント】 群集構造の変化は、生物に影響し、生物から影響を受ける。

C.2 群集と生態系	
「科学の本質」(NOS) との関わり	
<p>現実世界を表現したものであるとしてモデルを用いる——エネルギーピラミッドは、生態系のエネルギーフローのモデルである。(1.10)</p> <p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ほとんどの種は、複数の食物連鎖で異なる栄養段階を占めている。</li> <li>食物網は、群集内で可能性のあるすべての食物連鎖を示す。</li> <li>摂取エネルギーが生物量に変換される割合は、呼吸速度に依存する。</li> <li>ある地域に出現する安定的な生態系のタイプは、気候に基づいて予測できる。</li> <li>閉鎖生態系では、エネルギーは周囲の環境と交換されるが物質は交換されない。</li> <li>攪乱は、生態系内部の構造と生態系の変化速度に影響する。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：持続可能な食料生産での転換率。</li> <li>知識の活用：人類が栄養循環をどのように妨げるのかを示す一例の考察。</li> <li>スキルの活用：さまざまな生態系のエネルギーピラミッドの比較。</li> <li>スキルの活用：温度、降水量、生態系タイプの関係性を示す気候図を分析する。</li> <li>スキルの活用：栄養貯蔵と、タイガ、砂漠、熱帯雨林間の栄養の流れとの間の相互関係を示す Gersmehl 図を構築する。</li> <li>スキルの活用：一次遷移を示すデータを分析する。</li> <li>スキルの活用：生態系への環境攪乱の影響を調査する。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>生態系で調査すべき要素の例として、種の多様性、栄養循環、水の動き、浸食、葉面積指数などが挙げられる。</li> </ul>	<p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>科学者のモデル、例えば、栄養段階や Gersmehl 図における実体は、実際に存在するのか、あるいは、そもそも、自然界を予測し説明するために有効な発明なのか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>変温動物（体温が可変である動物）は、食物を生物量に変換する割合が高いので、恒温動物（体温を調整して維持する動物）よりも効率的にタンパク質を生産する。</li> </ul> <p>《シラバスや他科目との関連性》</p> <p>「生物」</p> <p>トピック 4.2 エネルギーの流れ</p>

【学習のポイント】 人間活動は、生態系機能に影響を及ぼす。

C.3 生態系への人類の影響	
「科学の本質」(NOS) との関わり	
<p>科学研究のリスクと利益の評価——生物学的防除の利用は、リスクと関連しており、許可される前に、厳しくコントロールされた実験による検証が必要である。(4.8)</p>	<p><b>国際的な視野</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>世界の100カ国以上が、オゾン層の減少を軽減するためにCFC生産を禁止することに合意している。</li> <li><b>ねらい 8</b>：多くの先進国が、有毒廃棄物を途上国に輸出している。経済的賠償は、有害廃棄物の見返りとして公正か。</li> </ul>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>導入された外来種は、地域生態系へ逸出し侵略的になり得る。</li> <li>競争排除と捕食者の不在は、外来種が侵略すると固有種の数を減らすことにつながる得る。</li> <li>汚染物質は、生物濃縮によって高次の栄養段階の生物の組織内で濃縮される。</li> <li>大型および微細プラスチック層が、海洋環境に蓄積している。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：オーストラリアへのオオヒキガエルの導入および他の地域での外来種の導入例の学習。</li> <li>知識の活用：マラリア原虫のコントロールとDDT汚染との間のトレードオフについての議論。</li> <li>知識の活用：コアホウドリと他の指定された種への海洋プラスチック層の影響に関する事例研究。</li> <li>スキルの活用：生物濃縮の原因と結果を示すデータを分析する。</li> <li>スキルの活用：外来種の影響を軽減する方法として根絶プログラムと生物学的防除を評価する。</li> </ul>	

【学習のポイント】 生物多様性を守るためには、群集全体の保全が必要である。

<b>C.4 生物多様性の保全</b>	
<b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b>	
科学者は他の機関と連携する——種の保存は、政府間組織および非政府組織による国際協力に伴う。(4.3)	
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>指標種は、特定の環境条件を評価するために用いられる生物である。</li> <li>指標種の相対的な数を用いて、生物指標の値を計算することができる。</li> <li>生育域内保全では、自然保護区や国立公園の積極的管理が必要になることがある。</li> <li>生育域外保全は、自然の居住地の外で種を保存することである。</li> <li>生物地理学的要素が、種の多様性に影響する。</li> <li>種の豊富さと均等性は、生物多様性の構成要素である。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：絶滅危惧動物種の飼育下繁殖や再導入に関する事例研究。</li> <li>知識の活用：島のサイズに制限される多様性とエッジ効果への生物地理学的要素の影響の分析。</li> <li>スキルの活用：シンプソンの多様度指数を用いて、2つの局所群集の生物多様性を分析する。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>シンプソンの多様度指数の公式は：</li> </ul> $D = \frac{N(N-1)}{\sum^n(n-1)}$ <p>D = 多様度指数、N = 観察されたすべての種の個体数の総数、n = 特定の種の個体数</p>	<p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい 8</b>：政府から支援を受けている科学者は、特定の動物種を守るために比較的大きな努力をしている。種の間での価値の順位を正当化するための基準を確立できるか。</li> </ul>

# H L 発展項目

**【学習のポイント】** 動的な生物学的プロセスが、個体群密度と個体群成長に影響する。

<p><b>C.5 個体群生態学</b></p>	<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b> バイアスを避ける —— 乱数発生器は、個体群サンプリングのバイアスを確実になくすことに役立つ。(5.4)</p>	<p><b>国際的な視野</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>増加する世界人口に関する問題は、国によって増加率が異なっているにもかかわらず、国際的な懸念である。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b> 《シラバスや他科目との関連性》 「地理」 パート 1.1 人口の推移 「環境システムと社会」 トピック 8.4 人類集団の環境収容力</p>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>個体群サイズの推定には、サンプリング技術が用いられる。</li> <li>指数関数的成長パターンは、理想的な無制限の環境で生じる。</li> <li>個体群成長は、個体群が環境収容力に達すると鈍化する。</li> <li>シグモイド曲線に示された相は、出生、死亡、移入、移入、移出の相対的な速度によって説明できる。</li> <li>制限因子は、トップダウンまたはボトムアップであり得る。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：海洋資源の商業的備蓄サイズの推定に用いられる方法の評価。</li> <li>知識の活用：動物種の個体群サイズ推定のための標識再捕法の利用。</li> <li>知識の活用：個体群サイズへの出生、死亡、移入、移出の影響についての議論。</li> <li>知識の活用：持続可能な漁業に対する個体群サイズ、年齢構造、繁殖状況の影響の分析。</li> <li>知識の活用：栄養不足によるアオコ発生やボトムアップコントロールと食植者によるトップダウンコントロール。</li> <li>スキルの活用：酵母またはウキクサなどの単純な生物を用いて成長曲線をモデル化する。</li> </ul>		



【学習のポイント】土壌サイクルは、崩壊の影響を受ける。

C.6 窒素とリンの循環	
<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b> 科学的研究のリスクと利益の評価——農業はリンの循環を崩壊させ得る。(4.8)</p>	<p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 輪作は、土地を「休養」させることで、土壌栄養の更新を可能にする。</li> </ul>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 窒素固定細菌は、大気中の窒素をアンモニアに変換する。</li> <li>・ 根粒菌は、根と共生関係にある。</li> <li>・ 酸素のないところでは、脱窒細菌が、土壌中の硝酸塩を還元する。</li> <li>・ リンは、肥料の施肥によってリン循環に追加されるかまたは農作物の収穫によって除去される。</li> <li>・ リン循環の回転率は、窒素循環よりもずっと低い。</li> <li>・ リンの利用可能性は、将来の農業の制限になる可能性がある。</li> <li>・ 農地から河川への無機栄養塩の浸出は、富栄養化の原因となり、生物化学的酸素要求量の増加につながる。</li> </ul>	<p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：窒素循環への灌水の影響。</li> <li>・ 知識の活用：灌水土壌 [稲刈り後にも田に水を張ること] での低窒素利用に適した食虫植物。</li> <li>・ スキルの活用：窒素循環の図を描き名称を記入する。</li> <li>・ スキルの活用：土壌サンプルの栄養含量を評価する。</li> </ul>

# SL・HL共通項目

**【学習のポイント】** バランスの取れた食事の取れた人間の健康にとって欠かせないものである。

<p><b>D.1 人間栄養</b></p> <p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b></p> <p>ある理論が別の理論に取って代わられる理論の反証——壊血病はヒトに特異的だと考えられていた。実験室でラットやマウスに症状を誘発する試みが完全に失敗したからである。(1.9)</p>	<p><b>国際的な視野</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>微量栄養素欠乏情報システム (MDIS) として以前は知られていたビタミンおよびミネラル栄養情報システム (VMNIS) は、世界レベルでの微量栄養素欠乏症の監視を強化するために世界保健総会による要請を受けて、1991年に設立された。</li> </ul> <p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ビタミンDの産生など、日光を浴びることのプラスの効果と、紫外線を浴びることによる健康被害がある。矛盾した知識についてどのようにバランスをとることができるか。</li> </ul> <p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <p>《シラバスや他科目との関連性》</p> <p>「生物」 トピック 6.1 消化と吸収 「地理」 パート 2F 食物と健康の地理学</p>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>必須栄養素は、体内で合成できないので、飲食物に含まれていなければならない。</li> <li>食物中のミネラルは、必須化学元素である。</li> <li>ビタミンは、体内で合成できない化学的に多様な炭素化合物である。</li> <li>いくつかの脂肪酸といくつかのアミノ酸は必須である。</li> <li>必須アミノ酸の欠乏は、タンパク質産生に影響する。</li> <li>栄養失調は、食物中の栄養素の不足、バランスの悪さ、過剰によって引き起こされ得る。</li> <li>食欲は、視床下部の中核でコントロールされる。</li> <li>体重過剰の人は、高血圧とⅡ型糖尿病にかかる可能性が高い。</li> <li>飢餓は、体の組織の破壊につながる。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：一部のほ乳類はアスコルビン酸を産生するが、食餌による供給を必要とする他のほ乳類は産生しない。</li> <li>知識の活用：フェニルケトン尿症 (PKU) の原因と治療。</li> </ul>	

<p><b>D.1 人間栄養</b></p>	<p>「化学」 トピック B5 ビタミン</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：ビタミンDまたはカルシウムの欠乏は、骨の骨化に影響し、くる病または骨軟化症を引き起こし得る。</li> <li>・ 知識の活用：拒食症による心筋の破壊。</li> <li>・ 知識の活用：冠動脈性心疾患のリスクの指標としての血中コレステロール。</li> <li>・ スキルの活用：燃焼によって食物のエネルギー含量を決定する。</li> <li>・ スキルの活用：食品の栄養素含量のデータベースとソフトウェアを用いて、日常的な食物由来の必須栄養の摂取を計算する。</li> </ul>	

【学習のポイント】消化は、神経およびホルモンのメカニズムによってコントロールされている。

D.2 消化	
<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b></p> <p>セレンディビティと科学的発見——消化における胃酸の役割は、銃弾による開放創での消化プロセスの観察中に、ウィリアム・ボーモンによって確立された。(1.4)</p>	<p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <p>《シラバズや他科目との関連性》</p> <p>「生物」</p> <p>トピック 1.2 細胞の超微細構造</p> <p>トピック 6.5 神経とシナプス</p> <p>「化学」</p> <p>トピック D4 胃のpH調整</p>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 神経とホルモンのメカニズムが、消化液の分泌をコントロールしている。</li> <li>・ 外分泌腺は、体の表面または消化管の内腔に分泌する。</li> <li>・ 胃液分泌の体積と内容は、神経とホルモンのメカニズムによってコントロールされている。</li> <li>・ 胃の酸性条件は、一部の加水分解反応に有利に働き、摂取した食物内の病原体を抑制するのに役立つ。</li> <li>・ 絨毛の上皮組織の細胞構造は、食物の吸収に適応している。</li> <li>・ 大腸を通る物質の通過速度は、繊維含有量と正の相関関係がある。</li> <li>・ 吸収されなかった物質は、排泄される。</li> </ul>	<p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：プロトンポンプ阻害剤による胃酸分泌の低減。</li> <li>・ 知識の活用：コレラ毒素による脱水。</li> <li>・ 知識の活用：胃潰瘍の原因としてのピロリ菌感染。</li> <li>・ スキルの活用：電子顕微鏡写真から、消化液を分泌する外分泌腺細胞および消化された食物を吸収する絨毛上皮細胞を同定する。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 絨毛上皮細胞の適応は、微絨毛、ミトコンドリアを含む。</li> </ul>

【学習のポイント】血液の化学組成は、肝臓によって調整されている。

D.3 肝臓の機能	
<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b>            化学的主張に関する公衆教育—— 科学的研究により、高密度のリポタンパク質を「善玉」コレステロールと見なせることが示された。(5.2)</p>	<p><b>「知の理論」(TOK)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>過剰なアルコール消費は、肝硬変を引き起こし得る。薬物やアルコールに対する姿勢は、文化に関連するもの一例だろうか。すべての知識は文化に依存するののか。</li> </ul> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい6</b>：肝細胞の一時プレパラートは、新鮮な肝臓から準備できる。</li> <li><b>ねらい8</b>：医療資源へのプレッシャー、特に移植用の器官の利用可能性を考えると、アルコール依存症の人への肝臓移植を許容すべきか。</li> </ul>
<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>肝臓は、血液から毒素を除去して無毒化する。</li> <li>赤血球の成分は、肝臓の働きで再生利用される。</li> <li>赤血球の破壊は、クッパー細胞による赤血球細胞の食作用から始まる。</li> <li>新たな赤血球細胞のヘモグロビンを産生するために、鉄は骨髓へと運ばれる。</li> <li>余剰のコレステロールは、胆汁塩に変換される。</li> <li>肝細胞の小胞体とゴルジ装置は、血漿タンパク質を産生する。</li> <li>肝臓は、栄養レベルを調整するために、消化管から血液を受けとる。</li> <li>余剰の栄養の一部は肝臓に蓄えることができる。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：黄疸の原因と予後。</li> <li>知識の活用：肝臓への二重の血液供給について、また洞様毛細血管および毛細血管の間の違い。</li> </ul>	

【学習のポイント】 内部要因および外部要因が心臓機能に影響する。

<p><b>D.4 心臓</b></p>	<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b>                  科学研究の進展は装置や器具の改良に追随する——聴診器の発明は、心臓の働き知識の向上につながった。(1.8)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>心筋細胞の構造は、心臓壁を通じた刺激の伝播を可能にする。</li> <li>収縮を引き起こす洞房結節からの信号は、心房から心室へ直接伝わる ことができない。</li> <li>房室結節での刺激の到達と伝達の間には遅れがある。</li> <li>この遅れにより、房室弁が閉じる前に心房収縮期のための時間がある。</li> <li>伝達繊維が、心室壁全体の収縮を確実に協調させる。</li> <li>正常な心音は、房室弁と半月弁が閉じて血流を変化させることによつて引き起こされる。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：心拍を調節する人工ペースメーカーの利用。</li> <li>知識の活用：命に関わる心臓の病気を治療するための除細動の利用。</li> <li>知識の活用：高血圧と血栓症の原因と予防。</li> <li>スキルの活用：異なる疾患下での心拍の測定と解釈。</li> <li>スキルの活用：収縮期と拡張期の血圧測定値を解釈する。</li> <li>スキルの活用：正常心電図 (ECG) 波形に心周期をマッピングする。</li> <li>スキルの活用：冠動脈性心疾患の発症に関する疫学的データを分析する。</li> </ul> <p><b>指導</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>心筋細胞の構造に分歧および介在板を含めること。</li> </ul>
----------------------	---	---

**「知の理論」(TOK)**

- 非言語コミュニケーションの形態として、記号が用いられる。心臓が愛の記号として用いられるのはなぜだろうか。異なる知識分野における記号の重要性とは何か。

## HL 発展項目

【学習のポイント】 ホルモンは、一定速度では分泌されず、低濃度で効果を発揮する。

<b>D.5 ホルモンと代謝</b>	
<b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b>	
科学者のグループ間の協力と連携——ヨード欠乏症国際対策機構には、ヨード欠乏症による被害を撲滅するために働く多くの科学者が参加している。	
<b>理解</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 内分泌腺は、ホルモンを血流へ直接分泌する。</li> <li>・ ステロイドホルモンは、標的細胞の細胞質内の受容体タンパク質と結合して、受容体 - ホルモン複合体を形成する。</li> <li>・ その受容体 - ホルモン複合体は、特定の遺伝子の転写を促進する。</li> <li>・ ペプチドホルモンは、標的細胞の細胞質膜の受容体に結合する。</li> <li>・ ホルモンが細胞膜上の受容体に結合すると、細胞内の二次メッセンジャーによって仲介されるカスケード反応が活性化される。</li> <li>・ 視床下部は、下垂体の前葉および後葉によるホルモン分泌をコントロールしている。</li> <li>・ 下垂体によって分泌されたホルモンは、成長、発生中の体の変化、生殖、恒常性をコントロールしている。</li> </ul>	<b>ねらい</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>ねらい8</b>：運動能力を高めることができる薬物がたくさんある。すべての運動選手が平等にこれらの薬物にアクセスできる限り、公平な検査を行うという観点からこれらの薬物の使用は受け入れられるか。</li> </ul>
<b>知識・スキルの活用</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知識の活用：運動選手の中には、筋肉をつくるために成長ホルモンを摂取する人もいる。</li> <li>・ 知識の活用：オキシトシンとプロラクチンによる乳汁分泌の調節 [オキシトシンは射乳作用を、プロラクチンは乳汁の分泌自体を促進]。</li> </ul>	

【学習のポイント】赤血球細胞は、呼吸ガスの輸送に欠かせない。

<p><b>D.6 呼吸ガス輸送</b></p>	<p><b>「科学の本質」(NOS) との関わり</b>                  科学者は公衆に情報を与える役割をもつ——科学研究が、喫煙に対する公共の認識を変えてきた。(5.1)</p>	<p><b>理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>酸素解離曲線は、酸素に対するヘモグロビンの親和性を示す。</li> <li>二酸化炭素は、溶解して運ばれ、血中のヘモグロビンと結合する。</li> <li>二酸化炭素は、赤血球細胞で重炭酸イオンに変換される。</li> <li>ボーアシフトは、「抹消において」組織が呼吸している場所では、ヘモグロビンによる酸素の放出が高まることを説明する。</li> <li>化学受容体は、血液 pH の変化に敏感である。</li> <li>換気速度は、延髄の呼吸中枢によってコントロールされている。</li> <li>運動中、換気速度は、血中の CO<sub>2</sub> の量に応じて変化する。</li> <li>胎児ヘモグロビンは、成人ヘモグロビンとは異なるために、胎盤中の酸素が胎児ヘモグロビンに移ることを可能にする。</li> </ul> <p><b>知識・スキルの活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識の活用：高い標高が、ガス交換にもたらす帰結。</li> <li>知識の活用：血液の pH は、7.35 から 7.45 の狭い範囲にとどまるよう調整されている。</li> <li>知識の活用：肺気腫の原因と治療。</li> <li>スキルの活用：ヘモグロビンとミオグロビンの解離曲線を分析する。</li> <li>スキルの活用：肺組織の光学顕微鏡写真および電子顕微鏡写真で、肺細胞、毛細血管内皮細胞、血球を特定する。</li> </ul>
	<p><b>自然や人間生活との関わり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>運動選手のトレナーニングキャンプはしばしば、血液のヘモグロビン含量を増やすために標高の高い場所で行われる。それにより、運動選手が競技のために低地に戻ってきた時に有利になる。</li> </ul> <p>《シラバスや他科目との関連性》</p> <p>「生物」</p> <p>トピック 6.4 ガス交換</p> <p>「物理」</p> <p>トピック 3.2 ガスのモデリング</p> <p><b>ねらい</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ねらい 8</b>：高標高の登山やスキューバダイビングなど、いくつものスポーツは、人体の限界を超えて、ダメージを引き起こすことがある。それらのスポーツを規制または禁止すべきだろうか。</li> </ul>	



# ディプロマプログラムにおける評価

## 概要

評価は、指導および学習と一体化した要素です。DPでは、カリキュラム目標の達成を支援し、生徒に適切な学習を促すことを評価の最も重要なねらいとして位置づけています。

DPでは、学校外で実施されるIBによる外部評価（external assessment）、および内部評価（internal assessment）の両方が実施されます。外部評価のための提出課題はIB試験官が採点します。一方、内部評価のための評価課題は教師が採点し、IBによるモデレーション（評価の適正化）を受けます。

IBが規定する評価には次の2種類があります。

- ・「形成的評価」（formative assessment）は、「指導」と「学習」の両方に指針を与えます。生徒の理解と能力の発達につながるよう、学びの種類や、生徒の長所と短所といった特徴について、生徒と教師に正確で役立つフィードバックを提供します。また、形成的評価からは、科目のねらいと目標に向けての進歩をモニタリングするための情報が得られるので、指導の質の向上にもつながります。
- ・「総括的評価」（summative assessment）は、生徒のこれまでの学習を踏まえて、生徒の到達度を測ることを目的としています。

DPでは、主に履修期間の終了時または終了間近の生徒の到達度を測る総括的評価に重点が置かれています。ただし、評価方法の多くは、指導および学習期間中に形成的に用いることもできます。教師はそうした評価を実施するよう推奨されています。総合的な評価計画は、指導、学習およびカリキュラム編成と一体を成すものです。より詳しくは、IB資料『プログラムの基準と実践要綱』を参照してください。

IBが採用する評価アプローチは、評価規準に準拠した「絶対評価」です。集団規準に準拠した「相対評価」ではありません。この評価アプローチは、生徒の成果を特定の到達の度合いを示す基準に照らし合わせ、そのパフォーマンスを判断するものであり、他の生徒の成果と比較するものではありません。DPにおける評価について、より詳しくはIB資料（英語版）『*Diploma Program assessment: Principles and practice*（ディプロマプログラムにおける評価：原則と実践）』を参照してください。

OCCでは、DPの科目のコースデザイン、指導、および評価の分野で教師を支援するための多様なリソースを入手できます。また、リソースをIBストア（<http://store.ibo.org>）で購入することもできます。試験問題の見本やマークスキーム（採点基準）、教師用参考資料、科目レポート、評価規準の説明など、その他の資料もOCCで取り扱っています。過去の試験問題やマークスキームはIBストアで購入できます。

## 評価方法

I Bは複数の方法を用いて、生徒の成果を評価します。

## 評価規準

評価規準 (assessment criterion) は、オープンエンド型の課題に対して適用されます。各規準は生徒が身につけることが期待されている特定の能力に重点を置いています。評価目標は「何ができるべきか」を明確にし、評価規準は「どの程度よくできるべきか」を到達の度合いを示す基準に照らし合わせて測ります。評価規準を採用することで、個々のさまざまな解答の違いを識別することが可能となり、多様な解答を奨励することにつながります。

各規準には、どのような基準を満たすと特定のレベルに到達していると判断されるのかが詳細に説明されています。その説明は到達レベル別に段階的に並べられ、レベルごとに1つまたは複数の点数が設けられています。また、採点ではベストフィット(適合)モデルを用いて、各規準を個別に適用します。何点かその規準の満点となるかは規準の重要度に応じて異なる場合があります。各規準での得点を合計したものを、その課題に対する総合点とします。

## マークバンド (採点基準表)

マークバンド (採点基準表) は、求められる学習成果の基準を一覧にまとめた表です。教師はマークバンドに照らし合わせて、生徒の到達度を判断します。規準ごとに、到達レベルに沿って段階的に到達の度合いを示す基準が並べられています。生徒の学習成果の違いを識別するために、各レベルの点数には幅をもたせてあります。個々の学習成果物にどの点数をつけるかを確定するには、ベストフィット(適合)アプローチを用います。

## マークスキーム (採点基準)

この用語は特定の試験問題のために用意された分析的マークスキーム (採点基準) のことを指します。分析的マークスキームは、生徒の最終的な解答や、その他特定の種類の答案を要求する試験問題のために作成されます。これらは、各設問に対する総合点を生徒の解答の異なる部分についてどのように配分するかについて試験管に詳細な指示を与えるものです。このマークスキームには、試験問題の解答で求められる内容や、評価規準をどのように適用するかについての手引きとなる採点のための注意事項などが含まれます。

## 採点のための注意事項

評価規準を用いて採点される評価要素<sup>コンポーネント</sup>には、「採点のための注意事項」(marking note) がついている場合があります。採点のための注意事項は、設問に課されている特定の要件に対し、評価規準をどのように適用するかについて指針を示すものです。

## 受験上の配慮

国際バカロレア資格取得志願者で評価の際に配慮を必要とする志願者は、受験上の配慮を受けることができます。受験上の配慮を設けることで、さまざまなニーズをもつ志願者が最終試験を受験し、評価対象である知識や理解を身につけたかどうかを示すことができます。

I B 資料『受験上の配慮の必要な志願者について』には、学習支援を必要とする志願者が受けられる、すべての受験上の配慮についての詳細が記されています。I B 資料（英語版）『*Learning diversity within the International Baccalaureate programmes/Special educational needs within the International Baccalaureate programmes*（I B プログラムにおける学習の多様性／I B プログラムにおける特別な教育的ニーズ）』では、I B プログラムにおける多様な学習ニーズをもつ志願者についての I B の基本方針を概説しています。受験の支障となり得る特別な事情のある志願者については、I B 資料（英語版）『*General Regulations: Diploma Programme*（総則：DP編）』および『DP 手順ハンドブック』に対応の詳細が記されています。

## 学校の責任

学校は学習支援を必要とする志願者に対し、I B 資料『受験上の配慮の必要な志願者について』および『*Learning diversity within the International Baccalaureate programmes/Special educational needs within the International Baccalaureate programmes*（I B プログラムにおける学習の多様性／I B プログラムにおける特別な教育的ニーズ）』に従って、平等に評価を受けるための配慮と妥当な調整を行わなければなりません。

## 評価の概要——標準レベル（SL）

2016年第1回評価

評価要素	配点比率（%）	目標ごとのおよその配点比率（%）		試験時間（時間）
		1 + 2	3	
試験問題 1	20	10	10	¾
試験問題 2	40	20	20	1 ¼
試験問題 3	20	10	10	1
内部評価	20	評価目標 1、2、3、4 に対応		10

## 評価の概要——上級レベル（HL）

2016年第1回評価

評価要素	配点比率 (%)	目標ごとのおよその配点比率 (%)		試験時間 (時間)
		1 + 2	3	
試験問題 1	20	10	10	1
試験問題 2	36	18	18	2 ¼
試験問題 3	24	12	12	1 ¼
内部評価	20	評価目標 1、2、3、4 に対応		10

## 外部評価

各試験問題用紙に固有の詳細な採点基準が、生徒の評価に用いられます。

### 外部評価——標準レベル（SL）

#### 試験問題 1

試験時間： $\frac{3}{4}$ 時間

配点比率：20%

満点：30点

- ・「SL・HL共通項目」に関する30問の多肢選択問題。そのうち約15問はHLと共通。
- ・「試験問題1」では、評価目標1、2、3についての到達度が測られる。
- ・電卓の使用は認められない。
- ・不正解の解答は減点されない。

#### 試験問題 2

試験時間：1 $\frac{1}{4}$ 時間

配点比率：40%

満点：50点

- ・データに基づく問題。
- ・「SL・HL共通項目」に関する短答式問題と論述式問題。
- ・論述識問題2問のうち1問を選んで解答する。
- ・「試験問題2」では、評価目標1、2、3についての到達度が測られる。
- ・電卓の使用は認められる（OCCの「Calculator(電卓)」セクションを参照）。

#### 試験問題 3

試験時間：1時間

配点比率：20%

満点：35点

- ・「SL・HL共通項目」および「SL選択項目」に関する問題。
- ・セクションA：「SL・HL共通項目」および「HL発展項目」の内容に関連する初めて見るデータを用いて、実験に関するスキルと手法、および分析と評価について答える短答式問題2～3問が出題される。出題された問題すべてに解答する。

- ・ セクションB：1つの選択項目からの短答式問題と論述式問題。
- ・ 「試験問題3」では、評価目標1、2、3についての到達度が測られる。
- ・ 電卓の使用は認められる（OCCの「Calculator(電卓)」セクションを参照）。

## 外部評価の詳細——上級レベル（HL）

### 試験問題1

試験時間：1時間

配点比率：20%

満点：40点

- ・ 「SL・HL共通項目」および「HL発展項目」に関する40問の多肢選択問題。  
そのうち約15問はSLと共通。
- ・ 「試験問題1」では、評価目標1、2、3についての到達度が測られる。
- ・ 電卓の使用は認められない。
- ・ 不正解の解答は減点されない。

### 試験問題2

試験時間：2¼時間

配点比率：36%

満点：72点

- ・ データに基づく問題。
- ・ 「SL・HL共通項目」および「HL発展項目」についての短答式問題と論述式問題。
- ・ 論述式問題3問のうち2問を選んで解答する。
- ・ 「試験問題2」では、評価目標1、2、3についての到達度が測られる。
- ・ 電卓の使用は認められる（OCCの「Calculator(電卓)」セクションを参照）。

### 試験問題3

試験時間：1¼時間

配点比率：24%

満点：45点

- ・ セクションA：「SL・HL共通項目」の内容に関連する、初めて見るデータを用いて、実験に関するスキルと手法、および分析と評価について答える短答式問題2～3問が出題される。出題された問題すべてに解答する。
- ・ セクションB：1つの選択項目からの短答式問題と論述式問題。
- ・ 「試験問題3」では、評価目標1、2、3についての到達度が測られる。
- ・ 電卓の使用は認められる（OCCの「Calculator(電卓)」セクションを参照）。

## 内部評価

### 内部評価の目的

内部評価は授業と一体を成す要素であり、S LとH Lのいずれのレベルの生徒も必ず取り組まなければなりません。内部評価課題では、筆記試験でのように時間の制限やその他の制約に左右されることなく、それぞれの興味を追い求めつつ、知識とスキルの活用を示すことができます。内部評価はできる限り通常の授業に織り込まれるべきであり、履修期間の終了後に別途実施されるべきではありません。

なお、内部評価の要件はS LとH Lで共通です。本セクションは、「教師用参考資料」の内部評価のページと併せて読むようにしてください。

### 指導と「生徒本人が取り組んだものであること」の認証

内部評価のために提出される学習成果物は生徒自身が取り組んだものでなければなりません。しかし、学習成果物が「生徒本人が取り組んだものである」ことは、生徒自身がタイトルやトピックを決め、教師からの支援を一切受けずに、独自に内部評価課題に取り組まなければならないということではありません。教師は、生徒が内部評価課題を計画する段階と取り組む段階で重要な役割を果たします。生徒に以下の点について確実に理解させるのは、教師の責任です。

- ・ 内部評価の対象となる課題についての要件
- ・ I Bの動物実験に関する方針と「生物」の安全ガイドライン
- ・ 評価規準——評価課題を通じて、生徒は与えられた評価規準に効果的に取り組むべきであること

教師と生徒は内部評価課題について話し合わなければなりません。生徒がアドバイスや情報を得るために率先して教師と話し合うよう促してください。また、生徒が指導を求めたことで減点してはなりません。学習プロセスの一環として、教師は一度、草稿を読み、生徒にアドバイスします。教師はどのようにすれば生徒の取り組みの質を高めることができるかについて、口頭または文章でアドバイスしますが、一方で、草稿を編集したり、推敲したりすることは認められません。なお、この草稿の次に教師に提出されるものが最終的な学習成果物となります。

教師には、学問的誠実性に関連する概念、特に知的財産と生徒本人が課題に取り組むことについての基本的な意味および重要性をすべての生徒に確実に理解させる責任があります。教師は必ず、すべての評価課題が要件に沿って取り組まれていることを確認しなけれ



ばなりません。また、内部評価課題が完全に生徒自身によるものでなければならぬことを生徒に対して明確に説明しなければなりません。生徒同士の協働作業が許されている場合は、生徒に「協働」(collaboration)と、誤った目的や手段のために協調する「共謀」(collusion)の違いをきちんと理解させてください。

モデレーション(評価の適正化)、または評価のためにIBに提出されるすべての学習成果物は、本当に生徒本人が取り組んだものであることを教師が認証しなければなりません。また、規則違反の事実またはその疑いがあることはありません。各生徒は学習成果物が自分自身のものであること、またそれが最終版であることを正式に認めなければなりません。生徒が正式に最終版を提出した後は、その学習成果物を撤回することはできません。生徒本人が取り組んだものであるかどうかの認証は、モデレーションのためにIBに提出される学習成果物のサンプルに限らず、すべての生徒の学習成果物に求められます。より詳しくは、IB資料『学問的誠実性』(2014年刊)、『DP:原則から実践へ』(2014年刊)、および(英語版)『General regulations: Diploma Programme(総則:ディプロマ資格プログラム)』(2011年刊)の関連項目を参照してください。

生徒本人が取り組んだものであるかどうかは、生徒と課題の内容について議論すること、次のいずれか(または2項目以上)を精査することを通じて確認します。

- ・ 生徒の最初の案
- ・ 記述課題の1回目の草稿
- ・ 引用・参考文献
- ・ 生徒自身が書いたものであることが確認されている他の課題との文体の比較
- ・ インターネット剽窃検知サービス(www.turnitin.comなど)による課題の分析

同一の課題を、内部評価と「課題論文」(EE)の双方の要件を満たすものとして重複して提出することはできません。

## グループ作業

各研究は、収集されたさまざまなデータや測定値に基づいた個人の作業です。理想的には、データ収集時にも、生徒は各自で作業することが望まれます。場合によっては、収集されたデータや測定値がグループ実験から得られたものである場合があります。その場合、生徒は自分が使用するデータや測定値を自分自身で収集、測定していることが条件となります。「生物」では、場合によって、各生徒がそれぞれの分析を十分に行えるように、グループ実験から得られたデータや測定値を組み合わせることもあります。この場合でも、各生徒は各自のデータを収集および記録し、どのデータが自分のものであるのかを明確に示せるようにしなければなりません。

また、研究とそれに関連するすべての作業は、生徒自身が取り組んだものであるべきだということを生徒に理解させるようにしてください。そのために、教師は、生徒が自分自身の学習に対して責任感をもつよう働きかけ、学びを主体的に自分自身のものとして受け入れて、自分自身の研究と作業に誇りをもつよう生徒を促すようにしてください。

## 時間配分

内部評価は「生物」におけるきわめて重要な要素です。SLとHLのいずれにおいても、最終評価の20%を占めます。この配点比率を踏まえて、課題に取り組むのに必要な知識、スキル、理解の指導にあてる時間、および課題を進めるために必要な時間を配分する必要があります。

SL・HLともに内部評価課題には、合計約10時間を割りあてるのが推奨されています。この中には、以下の時間を含めるようにしてください。

- ・ 教師が生徒に内部評価の要件を説明する時間
- ・ 授業中に生徒が内部評価課題に取り組んだり、質問したりする時間
- ・ 教師と各生徒が話し合う時間
- ・ 課題に目を通し、進行状況を確認する時間、および生徒本人が取り組んだ課題であるかどうかをチェックする時間

## 安全要件と推奨事項

教師は、国または地域の安全ガイドラインに従う責任を負っています。安全ガイドラインの内容は国ごとに異なる場合があります。一方、以下に記載する安全ガイドラインにも留意してください。このガイドラインは、ラボラトリー・セーフティー・インスティテュート（LSI）が国際科学教育協議会（ICASE）の安全委員会のために開発したものです。

安全と衛生の確保については、すべての関係者に基本的な責任があり、継続的に取り組まなくてはなりません。いずれのアドバイスも、地域的な文脈、さまざまな教育的文化的伝統、予算上の制約、各国の法体系を尊重するものです。

### LSIの「実験室安全ガイドライン」とは…

#### より安全な実験室にするための40の提案

#### 最小限の出費で実現するための手順

1. 「環境安全衛生に関する方針」を策定し、文書化する。
2. 管理者、教師、スタッフ、生徒で構成される環境安全衛生委員会を組織し、環境安全衛生環境の諸課題について定期的に議論する会合をもつ。
3. 新任教職員と新入生の全員に環境安全衛生に関するオリエンテーションを行う。
4. 教職員と生徒が自分自身と他の人々の安全と衛生に注意するよう促す。
5. 安全対策に全教職員と全生徒が何らかの関わりをもつようにし、それぞれに具体的な責任をもたせる。
6. 安全遂行に対する教職員および生徒の意識を高める。
7. 全教職員に適切な安全マニュアルを読むことを求める。全生徒に学校の実験室安全ルールを読むことを求める。教職員と生徒に、それぞれマニュアルまたは

- ルールを読んで内容を理解した上で、その手順に従い実践する旨の誓約書に署名させる。これらの誓約書は部門のオフィスにファイルして保存する。
8. 有害な状態や安全でない作業を特定して是正するために、断続的に実験室の抜き打ち点検を行う。生徒と教職員を安全衛生の模擬点検に参加させる。
  9. 安全であるための方法を身につけることを、科学教育、自分の仕事および生活の不可欠かつ重要な部分として認識する。
  10. 安全会議を定期的で開催し、点検結果を踏まえ、実験室での安全について全生徒および教職員が議論に参加するようにする。
  11. 危険を伴う実験、または潜在的な危険を伴う実験を行うときは、以下の点を確認する。
    - 何が危険か。
    - 間違った方向に進んだ場合に起こり得る最悪の事態は何か。
    - それらにどのように対処するか。
    - 危険にさらされるリスクを最小限にするために必要とされる作業、保護施設および設備は何か。
  12. 事故や危険事例は、必ず報告の上、安全委員会による評価、安全会議での議論を行うよう求める。
  13. 研究実験計画に関する事前の議論で安全衛生面の配慮事項を取り上げるよう求める。
  14. 絶対的な安全が確保されていない限り、実験を放置して、実験を行っている場所から離れないようにする。
  15. 実験室での単独での作業、およびスタッフメンバーに事前に知らせない状態での作業を禁止する。
  16. 実験室内に限らず、自動車の管理や家庭生活などにも安全管理対策を適用する。
  17. 実験室での可燃性液体の保管は、必要最小限のみとする。
  18. 実験室での喫煙、飲食を禁止する。
  19. 化学物質を保管する冷蔵庫に食べ物を保存させないようにする。
  20. 火災、爆発、毒物汚染、化学物質の流出または揮発性物質の放出、感電、出血、感染などの緊急事態に対処するための計画を立て、訓練を行う。
  21. 全作業領域で、整理整頓を行うよう求める。
  22. 消防署、警察署、救急の緊急連絡先電話番号を、すべての電話機、または電話機のすぐ横に表示する。
  23. 酸および塩基を別々に保管する。燃料と酸化剤を別々に保管する。
  24. 不必要な量の化学物質の購入を避けるために化学物質の保管記録を作成する。
  25. 危険を示すための警告を掲示する。
  26. ドラフト内だけで行うべき実験や特に危険な物質を使う実験など、個々の実験のための具体的な作業方法を開発する。可能であれば、最も危険な実験はフード内で行うようにする。

## 中程度の出費を伴う手順

27. 安全対策のために必要予算を割りあてる。
28. 実験室および化学物質を取り扱う場所では、常に適切な保護具を着用して目を保護するよう求める。
29. 保護メガネ、保護ゴーグル、フェイスシールド、保護手袋、白衣、ベンチトップシールドなどの個人用保護装備を適切に備える。
30. 各実験室に消火器、緊急シャワー、洗眼器、救急箱、防火用毛布、排煙装置を備え、毎月検査点検する。
31. 真空ポンプにガードを設置し、圧縮ガスシリンダを固定する。
32. 適切な救急装置を備えつけ、その使用方法を提供する。
33. 可燃性化学物質を保管するための防火保管庫を備える。
34. 安全に関する以下のような図書を中心として集めたライブラリーを設置する。
  - “Safety in School Science Labs (理科実験室の安全)”, Clair Wood, 1994, Kaufman & Associates, 101 Oak Street, Wellesley, MA 02482
  - “The Laboratory Safety Pocket Guide (実験室安全ポケットガイド)”, 1996, Genium Publisher, One Genium Plaza, Schenectady, NY
  - “Safety in Academic Chemistry Laboratories (大学化学実験室の安全)”, ACS, 1155 Sixteenth Street NW, Washington, DC 20036
  - “Manual of Safety and Health Hazards in The School Science Laboratory (理科実験室の安全衛生ハザードマニュアル)”, “Safety in the School Science Laboratory (理科実験室の安全)”, “School Science Laboratories: A guide to Some Hazardous Substances (理科実験室：危険物ガイド)” Council of State Science Supervisors (現在 L S I のみから入手可能)
  - “Handbook of Laboratory Safety (実験室安全ハンドブック)”, 4th Edition, CRC Press, 2000 Corporate Boulevard NW, Boca Raton, FL 33431
  - “Fire Protection Guide on Hazardous Materials (危険物の火災予防ガイド)”, National Fire Protection Association, Batterymarch Park, Quincy, MA 02269
  - “Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Disposal of Hazardous Chemicals (実験室の用意周到な実践：危険化学物質の取り扱いと廃棄)”, 2nd Edition, 1995
  - “Biosafety in the Laboratory (実験室のバイオセーフティー)”, National Academy Press, 2101 Constitution Avenue, NW, Washington, DC 20418
  - “Learning By Accident (事故から学ぶ)”, Volumes 1-3, 1997-2000, The Laboratory Safety Institute, Natick, MA 01760(上記の図書は、すべて L S I から入手可能)
35. 化学物質を保管する冷蔵庫は、庫内から電気接続を取り除き、磁気で閉鎖するものにする。
36. すべての電気設備にアースを備え、必要に応じて漏電遮断機を設置する。

37. すべての化学物質に、物質名、危険の性質と程度、適切な取り扱い、保管責任者名を示すラベルをつける。
38. 化学物質の保管期限を管理し、保管期限切れの化学物質に関して再保管または廃棄するための仕組みをつくる。
39. 化学物質の廃棄について、合法で安全、かつ環境に配慮したシステムをつくる。
40. 化学物質の保管には、十分なスペースに、換気の良い、安全な保管庫を備える。



## 内部評価への評価規準の適用

内部評価には、多くの評価規準が設けられています。各評価規準には、学習成果物が特定のレベルに到達している場合にその成果物に見られる特徴を記述した「レベルの説明」と、それに対応する点数が明示されています。「レベルの説明」では、基本的に学習の成果として捉えられる肯定的な側面を判断基準として取り上げています。ただし、下位の到達レベルでは、達成できなかった点を判断基準としている場合もあります。

教師がSLおよびHLの内部評価課題を採点する際は、評価規準の「レベルの説明」に照らし合わせて判断しなければなりません。

- ・ 評価規準は、SL・HL共通です。
- ・ ベストフィット(適合)モデルの考え方にに基づき、「レベルの説明」から、生徒の到達レベルを最も適切に示す説明を見つけます。学習成果物に見られる到達度が規準に示されている要素によって異なる場合、補正するというのがベストフィット(適合)アプローチの考え方です。与えられる点数は、規準に照らし合わせた場合に、到達レベルのバランスを最も公正に反映するものでなければなりません。「レベルの説明」に挙げられている要素をすべて満たさなければ、その点数が得られないということではありません。
- ・ 生徒の学習成果物を評価する際、教師は、評価規準で学習成果物のレベルを最も的確に示している説明と一致するまで、各レベルの説明を読まなければなりません。学習成果物が2つの説明のちょうど中間にあたると見られる場合、両方の説明を読み直し、生徒の学習成果物をより適切に示す方を選ばなければなりません。

- ・ 1つのレベルに複数の点数が割りあてられている場合、生徒の学習成果物について、説明内容を達成している度合いが大きければ（学習成果物はその上のレベルに到達しそうな場合）、高い方の点数をつけます。説明内容を達成している度合いが小さければ（その下のレベルに近い場合）、低い方の点数をつけます。
- ・ 整数のみを用います。分数や小数を用いた点は認められません。
- ・ 教師は合格・不合格の線引きをするような考え方をせずに、各評価規準において、学習成果物を最も適切に表すレベルを判別することに専念しなければなりません。
- ・ 「レベルの説明」にある最上位レベルは、欠点のない完璧な学習成果を意味するものではありません。基準は、生徒が最上位レベルに達することができるように設定されています。その学習成果物が最上位レベルの説明内容にあてはまるのであれば、教師は最高点をつけことを躊躇してはなりません（最低点についても同様です）。
- ・ 1つの規準において到達レベルの高かった生徒が、他の規準においても到達レベルが高いとは限りません。同様に、1つの規準において到達レベルの低かった生徒が、他の規準においても到達レベルが低いとは限りません。教師は、生徒の全体的な評価からある特定の点数をその生徒の得点として想定するべきではありません。
- ・ 評価規準を生徒に示すことが推奨されています。

## 実習および内部評価

### 概要

内部評価の要件は、「生物」「化学」「物理」に共通です。内部評価は、最終評価の20%に相当し、科学研究である「個人研究」が評価の対象となります。「個人研究」では、標準レベル（SL）、上級レベル（HL）のそれぞれのレベルに見合ったトピックを扱うようにしてください。

「個人研究」は、学校内の教師によって内部で評価され、IBによって外部的にその評価が適正化されます。SL・HLともに24点満点で、共通の評価規準に照らし合わせて採点されます。

**注：**評価の対象として行われる研究はいずれも関連する評価規準に照らし合わせて計画されなければなりません。

内部評価課題では、1つの科学研究に約10時間かけて取り組みます。研究は、約6～12ページのレポートにまとめます。この長さを超える研究は、簡潔さに欠けるものとして、評価規準の「コミュニケーション」の項目において減点されます。

内部評価課題の評価規準は一般的なものであるため、観察実験を伴う研究では「生物」「化学」「物理」の多様なニーズを満たす幅広い実習活動を取り入れることが可能です。

生徒は研究に取り組むことで、「IBの学習者像」の要素の多くに取り組むこととなります。「IBの学習者像」との具体的な関連性については、本資料の『『生物』の指導の方法・学習の方法』を参照してください。

取り組む課題は、複雑かつ履修している授業のレベルに見合ったものでなければなりません。また、はっきりとした目的のある研究課題とそれに対する科学的な裏づけを伴うものでなければなりません。「教師用参考資料」の採点例を通じて、評価が厳正であること、そして、改訂前の「生物」で行われてきた課題の評価と同じ水準であることがわかるでしょう。

以下は、具体的な課題の取り組みの例です。

- ・ 実際の実験室で観察実験を行う。
- ・ 分析とモデル化で集計表を活用する。
- ・ データベースからデータを抽出し、グラフによって分析する。
- ・ 集計表またはデータベースの作業と従来の観察実験型の研究を融合する。
- ・ インタラクティブでオープンエンド型のシミュレーションを活用する。

取り組む課題によっては、関連性のある適切な定性的手法と定量的手法を組み合わせる場合も考えられます。

課題の取り組みには、これまでの「生物」の授業で行われてきたのと同様に、従来の実習を伴う観察実験型の研究も含まれます。実習を伴う観察実験型の研究に必要とされる内容の取り扱いの深さは、これまでの内部評価と変わりません。「教師用参考資料」に詳細が説明されています。また、実習の具体的な側面については、「指導の手引き」の「シラバスの内容」の関連項目で詳細に述べられているように、筆記試験で評価されます。

内部評価課題の評価規準は、SL・HL共通です。「主体的な取り組み」「探究」「分析」「評価」「コミュニケーション」の5つの評価規準があります。

## 内部評価の詳細

### 内部評価の構成

配当時間：10時間

配点比率：20%

- ・ 個人研究
- ・ この研究は、評価目標 1、2、3、4 に対応する。

### 内部評価の評価規準

新しい評価モデルでは、5つの評価規準を用いて、個人研究の最終レポートの評価を行います。それぞれの評価規準には以下の素点が割りあてられています。カッコ内は、合計に占める各評価規準の割合です。

主体的な取り組み	探究	分析	評価	コミュニケーション	合計
2 (8%)	6 (25%)	6 (25%)	6 (25%)	4 (17%)	24 (100%)

評価では、最終レポートを、レベルごとに記述された複数の指標に照らし合わせて判断します。多くのレポートは、複数の指標がある場合、特定の同一レベルに記述された複数の指標と一致しますが、そうでない場合もあります。また、すべての指標が常に見られるわけではありません。レポートに見られる特徴と一致する指標が、それぞれ異なるレベルにあることもあります。このような場合に対応するため、IBでは、採点にマークバンド（採点基準表）を用います。試験官と教師は、各評価規準に対してどの点数が適切かを決定する際に**ベストフィット(適合)アプローチ**を使います。

教師は、採点を始める前に、マークバンド（採点基準表）の利用方法に関する指示を読んでもください。指示は、「指導の手引き」の「内部評価への評価規準の適用」に記載されています。「教師用参考資料」で取り上げられている採点例に完全に精通していることも欠かせません。評価規準で用いられる指示用語の正確な意味は、「指導の手引き」の「指示用語の解説」で説明されています。

### 主体的な取り組み

この評価規準では、生徒がどの程度、主体的に探究に取り組んだかについて評価します。主体的な取り組みは、さまざまな資質とスキルにおいて認めることができます。具体的には、個人的に関心をもっていることに取り組んだり、研究の計画、実施、またはプレゼンテーションにおいて、独自の思考を示すほか、創造性や主体性を発揮したりすることが挙げられます。



評点	レベルの説明
0	このレポートは、以下の基準に達していない。
1	<b>探究への主体的な取り組みを示す証拠が限定されており、レポートには、独自の思考、主体性、または洞察がほとんどない。</b> 研究で取り組んだ研究課題またはトピック（あるいはその両方）を選んだ理由に、 <b>個人的な重要性、関心、または好奇心</b> が示されていない。 研究の計画、実施、またはプレゼンテーションにおいて、 <b>自ら情報や考えを提示したり、主体的に取り組んだり</b> したことがほとんどうかがえない。
2	<b>探究への主体的な取り組みを示す証拠が明らかであり、レポートには、かなりの独自の思考、主体性、または洞察が含まれている。</b> 研究で取り組んだ研究課題またはトピック（あるいはその両方）を選んだ理由に、 <b>個人的な重要性、関心、または好奇心</b> が示されている。 研究の計画、実施、またはプレゼンテーションにおいて、 <b>自ら情報や考えを提示したり、主体的に取り組んだり</b> したことがうかがえる。

## 探究

この評価規準では、「研究の背景となる科学的文脈を設定できたか」「明確で焦点を絞った研究課題を提示できたか」「D Pのレベルに適切な概念と手法を用いているか」のそれぞれについて、どの程度できたかを評価します。また、該当する場合には、この評価規準で、安全性、環境、および倫理的配慮に対する意識についても評価します。

評点	レベルの説明
0	このレポートは、以下の基準に達していない。
1～2	研究トピックが特定され、ある程度、関連性のある研究課題が <b>提示されているが、焦点が絞られていない。</b> 研究の背景となる情報が <b>表面的</b> 、または関連性が限定的なため、研究の文脈についての理解を助けるものになっていない。 研究方法について、収集されたデータの関連性、信頼性、および十分に影響し得る重要な要素がほとんど考慮されていない。したがって研究方法は、研究課題を扱うのに非常に限られた程度にしか適切でない。 <b>研究方法に関連する重要な安全性、倫理、または環境の問題への意識が限定的であることがうかがえる。*</b>
3～4	研究トピックが特定され、関連性のある研究課題が提示されているが、研究課題の焦点は十分には絞られていない。 研究の背景となる情報は概ね適切で関連性があり、研究の文脈についての理解を助けるものとなっている。 研究方法について、収集されたデータの関連性、信頼性、および十分に影響し得る重要な要素の一部だけを考慮している。したがって研究方法は、研究課題に扱うのに概ね適切であるが限定的である。 <b>研究方法に関連する重要な安全性、倫理、または環境の問題をある程度意識していることがうかがえる。*</b>

評点	レベルの説明
5～6	<p>研究トピックが特定され、関連性のある研究課題が明確に提示されている。研究課題は、十分に焦点が絞られている。</p> <p>研究の背景となる情報は、十分に適切で関連性があり、研究の文脈についての理解を高めるものとなっている。</p> <p>研究方法について、収集されたデータの関連性、信頼性、および十分に影響し得る重要な要素のすべて、またはほとんどすべてを考慮している。したがって研究方法は、研究課題を扱うのに非常に適切である。</p> <p><b>研究方法に関連する重要な安全性、倫理、または環境の問題を完全に意識していることがうかがえる。*</b></p>

\*この指標は、該当する場合にのみ適用します。英語版「教師用参考資料」の採点例を参照のこと。

## 分析

この評価規準では、生徒が<sup>リサーチエスチョン</sup>研究課題と関連づけ、結論を裏づけるために、データを選択、記録、処理、および<sup>エビデンス</sup>解釈したことを示す証拠が、レポートの中にどの程度、見られるかを評価します。

評点	レベルの説明
0	このレポートは、以下の基準に達していない。
1～2	<p>研究課題に対する妥当な結論の裏づけとなる、<b>関連性のある生データが十分に含まれていない。</b></p> <p>ある程度の<b>基本的な</b>データ処理が行われているが、<b>妥当な結論を導くには不正確または不十分</b>である。</p> <p>分析に関する測定値の不確かさの影響をほとんど考慮していないことがうかがえる。処理されたデータの解釈が不正確または不十分である結果、結論が正しくないかまたは非常に不完全である。</p>
3～4	<p>研究課題に対して簡単な結論、または部分的に妥当な結論の裏づけとなり得る、関連性はあるが不完全な定量的および定性的生データが含まれている。</p> <p>概して妥当な結論につながり得る適切かつ十分なデータ処理が行われているが、処理においてはかなり不正確で矛盾している。</p> <p>分析に関する測定値の不確かさの影響をある程度考慮していることがうかがえる。処理されたデータの解釈は、研究課題に対して概して妥当であるものの不完全または限定的な結論を導き出し得るものである。</p>

評点	レベルの説明
5～6	<p>研究課題に対する詳細で妥当な結論の裏づけとなり得る、十分に関連する定量的および定性的な生データが含まれている。</p> <p>適切かつ十分なデータ処理が行われている。そのデータ処理には、研究課題の結論を実験データと完全に<b>一致する</b>形で引き出すことを可能にするのに必要とされる<b>正確さ</b>が備わっている。</p> <p>分析に関する測定値の不確かさの影響を十分かつ適切に考慮していることがうかがえる。</p> <p>処理されたデータの解釈は、間違いがなく、研究課題に対して完全に妥当で詳細な結論を導き出し得るものである。</p>

## 評価

この評価規準では、リサーチクエスチョン研究課題および一般に受け入れられている科学的文脈に対して、研究および結果についての評価したことを示す証拠がエビデンスレポートの中にどの程度、見られるかを評価します。

評点	レベルの説明
0	このレポートは、以下の基準に達していない。
1～2	<p>研究課題に関連しない結論、または提示されたデータによる裏づけのない結論が<b>簡単に述べられている</b>。</p> <p>結論を一般に受け入れられている科学的文脈と表面的に比較している。</p> <p>データの限界やエラーの原因など研究の長所と短所が<b>簡単に述べられている</b>が、実際の<b>作業</b>、または<b>手順</b>に関して直面した問題の<b>説明</b>に限定されている。</p> <p>研究を改善し、広げるための現実的で関連する提案がきわめてわずかに挙げられ、<b>簡単に述べてられている</b>。</p>
3～4	<p>研究課題に関連し、提示されたデータによって裏づけられた結論が<b>詳しく述べられている</b>。</p> <p>一般に受け入れられている科学的文脈とある程度関連性のある比較を踏まえて、結論が詳しく述べられている。</p> <p>データの限界やエラーの原因など研究の長所と短所が<b>詳しく述べられており</b>、結論の構築に関連する<b>方法論の問題</b>※をある程度意識していることがうかがえる。</p> <p>研究を改善し、広げるための現実的で関連性のあるいくつかの提案が詳しく述べられている。</p>
5～6	<p>研究課題と全面的に関連し、提示されたデータによって十分に裏づけられた詳細な結論が<b>詳しく述べられ、正当化されている</b>。</p> <p>一般に受け入れられている科学的文脈と関連性のある比較を踏まえて、結論が<b>正確に詳しく述べられ、正当化されている</b>。</p> <p>データの限界やエラーの原因など研究の長所と短所が<b>議論されており</b>、結論の構築に関連する<b>方法論の問題</b>※を明確に理解していることがうかがえる。</p> <p>研究を改善し、広げるための現実的で関連性のある提案について<b>議論されている</b>。</p>

※英語版「教師用参考資料」の採点例を参照のこと。

## コミュニケーション

この評価規準では、研究の焦点、プロセス、成果を効果的に提示および報告できたかどうかを評価します。

評点	レベルの説明
0	このレポートは、以下の基準に達していない。
1～2	<p><b>研究のプレゼンテーションは、不明瞭で、研究の焦点、プロセス、および成果を理解することが難しい。</b></p> <p>レポートは、うまく構成されておらず不明瞭である。研究の焦点、プロセス、および成果に関する必要な情報が欠けているか、あるいは一貫性のない状態、または整理されていない状態で提示されている。</p> <p>研究の焦点、プロセス、および成果の理解が不適切、または無関係な情報が入っているために曖昧である。</p> <p>専門用語および表現技法*に多くの間違いがある。</p>
3～4	<p><b>研究のプレゼンテーションは、明瞭である。間違いがあっても、研究の焦点、プロセス、および成果を理解することを妨げるようなものではない。</b></p> <p>レポートは、うまく構成されており明瞭である。研究の焦点、プロセス、および成果に関する必要な情報が入っており、理路整然と提示されている。</p> <p>レポートは、関連性があるが簡潔であり、それによって研究の焦点、プロセス、および成果を速やかに理解できる。</p> <p>専門用語および表現技法が適切かつ正確である。間違いがあっても、理解を妨げるようなものではない。</p>

\*例えば、グラフ、表、図のラベルの間違いや欠如、単位、小数の使用。参照および引用の問題については「学問的誠実性」を参照のこと。

## なぜ「実習」を行うのか

内部評価課題の要件は研究活動に焦点を置いたものですが、さまざまなタイプの「実習」に生徒が取り組むことで、以下に挙げるような研究以外の目的を果たすことができます。

- ・ 理論的概念を説明、教育、および強化する。
- ・ 本質的に実際にやってみることが大事だという科学的研究の性質についての理解を促す。
- ・ 科学者がデータベースからの二次データを利用することについての理解を促す。
- ・ 科学者によるモデルの活用についての理解を促す。
- ・ 科学的方法論の利点と限界についての理解を促す。

## 実習を伴う学習活動

「実習を伴う学習活動」(P S O W : practical scheme of work) では、実習のカリキュラムを教師が計画します。また、「実習を伴う学習活動」は、生徒が取り組む研究すべてのまとめとしても位置づけられます。同じ科目のS LまたはH Lを履修する生徒は、いくつかの研究活動で同じ研究に取り組むことができます。

## 対応するシラバスの範囲

実習内容は、S LおよびH Lのシラバスの取り扱う範囲の学習の幅と深さに対応していることが望まれますが、シラバスのあらゆるトピックについて実習を行う必要はありません。ただし、「グループ4プロジェクト」および内部評価課題の「個人研究」には、全生徒が取り組まなければなりません。

## 「実習を伴う学習活動」の計画

教師は実習を伴う学習活動の計画を、下記に示される一定の要件に則って、自由に組み立てることができます。教師は、以下に基づいて実習を選択します。

- ・ 指導する科目、レベル (S L・H L)、および選択項目
- ・ 生徒のニーズ
- ・ 利用可能なリソース
- ・ 指導のスタイル

各活動は、広範な概念的理解が必要となる、いくつかの複雑な実験を含まなくてはなりません。全体的に、項目をチェックしたり、表に値を記入したりするだけの簡単な実験から成る活動は、生徒にとって適切な経験となりません。

教師は、オンラインカリキュラムセンター (O C C) のディスカッションフォーラムに参加したり、科目のホームページにリソースを追加したりすることを通じて、実習のアイデアを共有することが奨励されています。

## 柔軟性

「実習を伴う学習活動」は、幅広い実習の取り組みに対応できる柔軟性があります。例えば、以下のような活動が可能です。

- ・ 短い実験、または数週間にわたるプロジェクト
- ・ コンピューターシミュレーション
- ・ 二次データのためのデータベースの利用
- ・ モデルの開発と利用
- ・ アンケート、ユーザー試験、および研究などのデータ収集課題
- ・ データ分析課題
- ・ フィールドワーク

## 実習の記録

「実習を伴う学習活動」に関する記録を『D P 手順ハンドブック』に記載されている実習実施報告書「4/PSOW」に記入します。モデレーション（評価の適正化）のために提出するサンプルには、クラスの「4/PSOW」のコピーを添付します。

## 実習のための時間配分

すべてのD P 科目で推奨される総授業時間数は、S Lで150時間、H Lで240時間です。S Lの生徒は40時間、H Lの生徒は60時間を「実習を伴う学習活動」（提出物を書き上げる時間を除く）に費やすことが求められています。これらの時間には、「グループ4プロジェクト」のための10時間と、内部評価課題である「個人研究」のための10時間が含まれます。（サンプルをモデレーターに提出する提出期限の後、2～3時間に限り、研究活動を行うことができます。その時間は、「実習を伴う学習活動」の時間数として加算することができます）。

## グループ4プロジェクト

「グループ4プロジェクト」は、DPの「理科」(グループ4)の科目を履修するすべての生徒が参加しなければならない学際的活動です。「理科」(グループ4)の異なる科目の生徒が共通のトピックまたは問題の分析に取り組むことを目的としています。このプロジェクトは、協働を経験する機会であることを重視し、活動の**成果よりもむしろ活動のプロセス**に力点を置いています。

**多くの場合**、学校内で1つの研究トピックに取り組めます。生徒が多数の場合には、いくつかの小さな班に分けることができます。各班に異なる科目を履修する生徒が交ざるようにします。班ごとに同じトピックを研究をしても、異なるトピックの研究をしても構いません。異なるトピックを研究する場合には、同じ学校にいくつかの「グループ4プロジェクト」が存在することになります。

「環境システムと社会」を履修する生徒は、「グループ4プロジェクト」に取り組む必要はありません。

### 「グループ4プロジェクト」について

「グループ4プロジェクト」は、「理科」(グループ4)の異なる科目を履修する生徒が科学的または技術的トピックに協働して取り組み、ねらい10に則して学問分野を横断する概念と知見を共有すること、つまり、「科学の学問分野間の関係性と他の知識分野への影響についての理解を深める」ことを可能にする協働活動です。プロジェクトは、実際の観察実験活動に基づくものでも、理論に基づくものでも構いません。また、異なる地域に所在する学校間の協働が奨励されています。

生徒は「グループ4プロジェクト」を通じて、科学技術の環境的、社会的、倫理的意味を理解します。また、科学研究の限界、例えば、適切なデータの不足やリソースの欠如を理解することもできます。研究の成果よりも、学際的な協力と科学研究に含まれるプロセスに力点が置かれています。

科学技術に関するどのようなトピックに取り組むかの選択は自由ですが、プロジェクトは、「指導の手引き」に記載されている「理科」(グループ4)のねらい7、8、および10に明確に取り組むものでなければなりません。

生徒がプロジェクトのすべての段階で、自分とは別の科目の生徒と協働することが理想的です。このため、選択されるトピックが科目別の要素に明確に分けられている必要はありません。しかし、実施計画上の理由から、学校によっては、科目別に「行動」の段階に取り組むことを選択する場合があります(以下の「プロジェクトの段階」を参照のこと)。

## プロジェクトの段階

「グループ4プロジェクト」に割りあてられた10時間は、「実習を伴う学習活動」を行うために確保された授業時間の一部であり、「計画」「行動」「評価」の3つの段階に分けることができます。

### 計画

この段階は、プロジェクト全体にとってきわめて重要です。約2時間を割りあてます。

- ・「計画」の段階は、1回のセッション、または2～3回の短いセッションで構成することができます。
- ・この段階では、「理科」（グループ4）の生徒全員が集まって、中心的なトピックについてブレインストーミングおよび議論を行い、アイデアと情報を共有することに取り組みます。
- ・トピックは、生徒自らが選択しても、教師が選択しても構いません。
- ・多数の生徒が関与する場合には、異なる科目を履修している生徒が混ざり合った班を2つ以上つくるのが推奨されます。

**取り組むトピックまたは問題を選択したら、「計画」の段階から「行動」「評価」の段階に移る前にどのような活動を行うのかを明確に定義しなければなりません。**

具体的な進め方の例としては、特定の課題を自分たちで定義し、生徒がそれぞれ個別に、または班のメンバー同士で、トピックのさまざまな側面を研究するという方法が挙げられます。プロジェクトが実験に基づいたものになる場合、「行動」の段階で遅れが生じないように、この段階でどのような器具を使うかを特定します。他の学校と共同事業に取り組む場合は、この時点で連絡を取り合うことが重要です。

### 行動

「行動」の段階には、約6時間を割りあてます。通常の授業期間の1週間ないし2週間にわたって6時間を割りあてる形が考えられるほか、フィールドワークを含むような場合には、丸1日を確保する形も考えられます。

- ・生徒は、異なる科目を履修している生徒が混ざり合った班、または同じ科目を履修する生徒同士の班でトピックを研究します。
- ・「行動」の段階では協働しなければなりません。研究の知見は、班の他のメンバーと共有します。この段階では、実際の観察実験に基づいた活動で安全性、倫理、環境への配慮に注意を払うことが重要です。

**注：**「理科」（グループ4）で2科目を履修している生徒は、2つの異なる「行動」の段階を行う必要はありません。



## 評価

「評価」の段階には、2時間程度が必要となります。この段階では、生徒が、成功も失敗も含めて他の生徒と知見を共有することに力点が置かれます。どのようにして知見を共有するかは、教師が決定しても、生徒自身が決定しても、あるいは両者が決定しても構いません。

- ・ 1つの例としては、朝、午後、または夕方の時間をあてて、すべての生徒が個別に、または班ごとに簡単なプレゼンテーションを行うシンポジウムを開催することが挙げられます。
- ・ 別の方法としては、形式張らない形のプレゼンテーションを行うことが挙げられます。各班の活動をまとめた展示を見てまわる科学フェアの形式をとることもできます。

保護者や教育委員会のメンバー、報道機関をこうしたシンポジウムや科学フェアに招待することもできます。地域にとって重要な問題を研究した場合には、特に意味があるでしょう。得られた知見によっては、学校の環境や地域コミュニティとの関わり方を変えることもあるかもしれません。

## 「ねらい7」と「ねらい8」への取り組み

**ねらい7**は、「科学を学ぶことを通じて21世紀のコミュニケーションスキルを身につけ、応用する」ことです。

ねらい7は、「計画」の段階でやりとりされる学校内、学校間の電子コミュニケーションという形で部分的に取り組まれているといえます。技術（データロギング、集計表、データベースなど）は、「行動」の段階で活用されるほか、「評価」の段階のプレゼンテーションでは確実に用いられます（例えば、デジタル画像、プレゼンテーションソフトウェア、ウェブサイト、デジタルビデオなどの利用）。

**ねらい8**は、「科学技術を用いることの倫理的意味について、グローバルな社会の一員として批判的な意識をもつ」ことです。

## 国際的側面への取り組み

プロジェクトでは、科学的試みの国際的な側面や、グローバルな諸課題に科学技術を用いて取り組むために協力関係がますます必要とされていること例証するようなトピックを選択することもできます。別の地域の学校と協働することで、プロジェクトに国際的側面をもたせることもできます。

## プロジェクトのタイプ

ねらい7、8、および10に取り組む一方で、プロジェクトは、科学またはその応用を扱ったものでなければなりません。プロジェクトは、実際の観察実験を伴うものでも、純粋に理論的な要素を取り上げたものでも構いません。以下に挙げるようなさまざまなタイプのプロジェクトを実施することが可能です。

- ・ 実験室での研究またはフィールドワークを計画実行する。
- ・ 別の学校と協働して比較研究（実験、またはその他）を実行する。
- ・ 科学学術誌、環境保護団体、科学技術関連企業や政府の報告書などの他のソースからデータを収集、操作、分析する。
- ・ モデルまたはシミュレーションを設計、または活用する。
- ・ 学校が組織する長期プロジェクトに貢献する。

## 実施方法

「グループ4プロジェクト」を組織することは、多くの学校にとって簡単なことではありません。以下のモデルは、プロジェクトを実施するための方法を説明しています。

モデルA、B、Cは、1校が単独でプロジェクトを行う場合の学校内での実施形態について、モデルDは、学校間の協働を含むプロジェクトに関するものです。

### モデルA：異なる科目を履修する生徒の班と1つのトピック

学校は、異なる科目を履修する生徒で班を編成し、全班共通のトピックを1つ選択して取り組みます。班の数は、生徒数によります。

### モデルB：異なる科目を履修する生徒の班と2つ以上のトピック

生徒数の多い学校は、2つ以上のトピックを選択することもできます。

### モデルC：同じ科目を履修する生徒同士の班

実施計画上の理由で、学校によっては、同じ科目を履修する生徒同士の班を編成することを選び、「行動」の段階で1つまたは複数のトピックに取り組みます。このモデルは、多くの科学者が関わる異なる科目間の協働を体験することにならないため、あまり望ましくありません。

### モデルD：他校との協働

どの学校も他校との協働に取り組むことができます。IBは、他校との協働を希望する学校のために、学校がプロジェクトのアイデアを投稿して他の学校との協働を募ることができる電子掲示板をOCC上に設けています。単に共通のトピックの「評価」を共有す

ることから、すべての段階で全面的に協働するものまで、さまざまな形態の協働が可能です。

DPの生徒が少ない学校やDPの科目履修生のいる学校については、DPを履修していない生徒、またはDPの「理科」(グループ4)の科目を履修していない生徒と協働することや、隔年でプロジェクトを実施することが可能です。一方、こうした学校は、他校と協働することが奨励されます。この方法は、例えば、病気や、プロジェクトをすでに実施してしまった学校へ転入したりしたために、プロジェクトに参加できなかった生徒がいる場合にも推奨されます。

## 実施時期

IBが「グループ4プロジェクト」に割りあてるよう推奨する10時間を、数週間にわたって分散させることも可能です。プロジェクトを実施するのに最適な時期を選択する際には、どのように時間を分散させるかを考慮する必要があります。ただし、すべての他の学習活動、または他の学習活動のほとんどを中断する場合には、プロジェクトの作業のためだけに一定の期間を費やすことができます。

### 1年次に実施

DPの1年次には、生徒の経験とスキルが限られている場合があるため、1年次の開始後すぐにプロジェクトを始めることは推奨できません。ただし、1年次の最終段階でプロジェクトを実施すると、その後の生徒の負担を軽減できるという利点があります。また、この方法では、予期しない問題が生じた場合に解決するための時間を与えます。

### 1年次から2年次にかけて実施

1年次の最後に、「計画」の段階を開始し、トピックを決定し、個々の科目で事前の議論を行うことができます。生徒は、どのようにプロジェクトに取り組むかについて休みの期間を使って考えることができるため、2年次の初めには作業を開始できます。

### 2年次に実施

2年次のある時点までプロジェクトの開始が遅れた場合、特に遅すぎる場合には、さまざまな面で生徒への負担が増します。例えば、他の方法を選択した場合に比べて作業スケジュールに余裕がありません。生徒の誰かの病気や予期せぬ問題などがさらなる困難を引き起こす可能性もあります。一方、2年次に実施する場合、生徒はこの時点までにお互いのことや教師のことをよく知るようになっているため、チームでの作業にも概ね慣れていきます。また、1年次で実施するよりも関連分野での経験が深まっているといえます。

## SLとHLの合同で実施

諸般の事情によりプロジェクトが隔年で実施される場合、HLの1年次の生徒とより経験を積んだSLの2年次の生徒が合同でプロジェクトに取り組むことも考えられます。

## トピックの選択

生徒はトピックを選択したり、提案したりすることができます。教師はリソース、プロジェクトに関わることのできるスタッフの体制などに基づいて、どのトピックが最も実行可能性が高いかを決定します。反対に、教師がトピックを選択したり、提案したりするいくつかのトピックの中から、生徒が特定のトピックを選択することも考えられます。

## 生徒がトピックを選択する場合

生徒は、自分自身が選択したトピックである場合、そのトピックをより深く自分のものとして捉え、より熱心に取り組むものです。生徒がトピックを選択する際（「計画」の段階の一部も含む）には、以下のような方法をとることが考えられます。この時点で、各科目の担当教師は、提案されたトピックの実現可能性についてアドバイスすることができます。

- ・ 生徒にアンケートを実施して、トピックの候補を特定する。
- ・ 可能性のあるトピック、または問題について、最初のブレインストーミングセッションを行う。
- ・ 興味深そうな2～3のトピックについて簡単に議論する。
- ・ 総意に基づいて1つのトピックを選択する。
- ・ 生徒は、候補となる実行の可能な研究のリストを作成する。次に、生徒全員で、重複や連携研究の可能性についてなどの問題を論じます。

「グループ4プロジェクト」への参加について、各生徒は簡単な「振り返り」の記録を内部評価研究用のカバーシートに記入しなければなりません。詳細は『DP手順ハンドブック』を参照してください。

## 指示用語の解説

### 「生物」のための指示用語

生徒は、試験問題で用いられる次の重要な用語や表現に習熟する必要があります。それぞれの意味は以下に示すとおりです。試験問題には、これらの用語が用いられますが、それ以外の用語を用いて、生徒に考えを述べるよう求める場合もあります。

指示用語は、対象の取り扱いについての深さを示します。

#### 評価目標 1

指示用語	意味
描きなさい、 図示しなさい Draw	鉛筆を用いて、名称がつけられた正確な図またはグラフとして表しなさい。直線には直定規を用いること。図表は一定の縮尺で描きなさい。グラフは（該当する場合）正確に点を書き入れ、直線または滑らかな曲線でつなぎなさい。
名称をつけなさい Label	図表に名称をつけなさい。
列挙しなさい List	説明をつけ加えずに、簡潔な答えを並べなさい。
測定しなさい Measure	数量値を求めなさい。
述べなさい State	説明または計算することなしに、特定の名称、数値、またはその他の簡潔な答えを示しなさい。

#### 評価目標 2

指示用語	意味
注釈しなさい Annotate	図表やグラフに簡単な説明をつけなさい。

<b>計算しなさい</b> Calculate	作業の過程を適切に示しながら、答えとなる数値を求めなさい。
<b>詳しく述べなさい</b> Describe	詳細に述べなさい。
<b>区別しなさい</b> Distinguish	2つまたはそれ以上の概念または事柄の相違点を明確にしなさい。
<b>概算しなさい</b> Estimate	およその値を求めなさい。
<b>特定しなさい</b> Identify	数ある可能性の中から答えを確定させなさい。
<b>簡単に述べなさい</b> Outline	簡潔な説明または要点を述べなさい。

## 評価目標 3

指示用語	意味
<b>分析しなさい</b> Analyse	本質的な要素または構造を明らかにするために分解しなさい。
<b>コメントしなさい</b> Comment	与えられた記述または計算結果に基づき、見解を述べなさい。
<b>比較しなさい</b> Compare	2つ（またはそれ以上）の事柄または状況の類似点について、常に双方（またはすべて）について言及しながら、説明しなさい。
<b>比較・対比しなさい</b> Compare and contrast	2つ（またはそれ以上）の事柄または状況の類似点および相違点について、常に双方（またはすべて）について言及しながら、説明しなさい。
<b>作成しなさい</b> Construct	図表形式または論理形式で情報を示しなさい。
<b>推論しなさい</b> Deduce	与えられた情報から結論を導き出しなさい。
<b>設計しなさい</b> Design	設計図、シミュレーション、またはモデルをつくりなさい。
<b>決定しなさい</b> Determine	考えられる唯一の答えを求めなさい。

指示用語	意味
<b>論じなさい</b> Discuss	さまざまな議論、要因、仮説を考慮し、バランスよく批評しなさい。 意見または結論は、適切な根拠を挙げて、はっきりと述べなさい。
<b>評価しなさい</b> Evaluate	長所と短所を比較し、価値を定めなさい。
<b>説明しなさい</b> Explain	理由や要因などを詳しく述べなさい。
<b>予測しなさい</b> Predict	予想されている結果を示しなさい。
<b>略図を描きなさい</b> Sketch	(必要に応じて名称をつけ) 図表またはグラフで表しなさい。略図は、求められる形または関係の概観を示し、特徴を表したものでなければなりません。
<b>提案しなさい</b> Suggest	解決策、仮説、またはその他の考えられる答えを示しなさい。

## 参考文献

以下の資料は、『「生物」指導の手引き』（2016年第1回試験）の刊行に伴う改訂に用いた主な参考文献です。入手可能な文献をすべて網羅したものではありません。教師にとって特に役立つと思われるものを取り上げています。なお、以下は、教科書として推薦する図書のリストではありません。

Rhoton, J. 2010. *Science Education Leadership: Best Practices for the New Century*. Arlington, Virginia, USA. National Science Teachers Association Press.

Masood, E. 2009. *Science & Islam: A History*. London, UK. Icon Books.

Roberts, B. 2009. *Educating for Global Citizenship: A Practical Guide for Schools*. Cardiff, UK. International Baccalaureate Organization.

Martin, J. 2006. *The Meaning of the 21st Century: A vital blueprint for ensuring our future*. London, UK. Eden Project Books.

Gerzon, M. 2010. *Global Citizens: How our vision of the world is outdated, and what we can do about it*. London, UK. Rider Books.

Haydon, G. 2006. *Education, Philosophy & the Ethical Environment*. Oxon/New York, USA. Routledge.

Anderson, LW et al. 2001. *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York, USA. Addison Wesley Longman, Inc.

Hattie, J. 2009. *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Oxon/New York, USA. Routledge.

Petty, G. 2009. *Evidence-based Teaching: A practical approach (2nd edition)*. Cheltenham, UK. Nelson Thornes Ltd.

Andain, I and Murphy, G. 2008. *Creating Lifelong Learners: Challenges for Education in the 21st Century*. Cardiff, UK. International Baccalaureate Organization.

Jewkes, J, Sawers, D and Stillerman, R. 1969. *The Sources of Invention (2nd edition)*. New York, USA. W.W. Norton & Co.

Lawson, B. 2005. *How Designers Think: The design process demystified (4th edition)*. Oxford, UK. Architectural Press.

Douglas, H. 2009. *Science, Policy, and the Value-Free Ideal*. Pittsburgh, Pennsylvania, USA. University of Pittsburgh Press.

Aikenhead, G and Michell, H. 2011. *Bridging Cultures: Indigenous and Scientific Ways of Knowing Nature*. Toronto, Canada. Pearson Canada.



- Winston, M and Edelbach, R. 2012. *Society, Ethics, and Technology (4th edition)*. Boston, Massachusetts, USA. Wadsworth CENGAGE Learning.
- Brian Arthur, W. 2009. *The Nature of Technology*. London, UK. Penguin Books.
- Headrick, D. 2009. *Technology: A World History*. Oxford, UK. Oxford University Press.
- Popper, KR. 1980. *The Logic of Scientific Discovery (4th revised edition)*. London, UK.
- Hutchinson. Trefil, J. 2008. *Why Science?*. New York/Arlington, USA. NSTA Press & Teachers College Press.
- Kuhn, TS. 1996. *The Structure of Scientific Revolutions (3rd edition)*. Chicago, Illinois, USA. The University of Chicago Press.
- Khine, MS, (ed). 2012. *Advances in Nature of Science Research: Concepts and Methodologies*. Bahrain. Springer.
- Spier, F. 2010. *Big History and the Future of Humanity*. Chichester, UK. Wiley-Blackwell.
- Stokes Brown, C. 2007. *Big History: From the Big Bang to the Present*. New York, USA. The New Press.
- Swain, H, (ed). 2002. *Big Questions in Sciences*. London, UK. Vintage.
- Roberts, RM. 1989. *Serendipity: Accidental Discoveries in Science*. Chichester, UK. Wiley Science Editions.
- Ehrlich, R. 2001. *Nine crazy ideas in science*. Princeton, New Jersey, USA. Princeton University Press.
- Lloyd, C. 2012. *What on Earth Happened?: The Complete Story of the Planet, Life and People from the Big Bang to the Present Day*. London, UK. Bloomsbury Publishing.
- Trefil, J and Hazen, RM. 2010. *Sciences: An integrated Approach (6th edition)*. Chichester, UK. Wiley.
- ICASE. 2010. *Innovation in Science & Technology Education: Research, Policy, Practice*. Tartu, Estonia. ICASE/UNESCO/University of Tartu.
- American Association for the Advancement of Science. 1990. *Science for all Americans online*. Washington, USA. <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>.
- The Geological Society of America. 2012. *Nature of Science and the Scientific Method*. Boulder, Colorado, USA. <http://www.geosociety.org/educate/naturescience.pdf>
- Big History Project. 2011. *Big History: An Introduction to Everything*. <http://www.bighistoryproject.com>
- Nuffield Foundation. 2012. *How science works*. London, UK. <http://www.nuffieldfoundation.org/practical-physics/how-science-works>.
- University of California Museum of Paleontology. 2013. *Understanding Science*. Berkeley, California, USA. 1 February 2013. <http://www.understandingscience.org>.
- Collins, S, Osborne, J, Ratcliffe, M, Millar, R, and Duschl, R. 2012, *What 'ideas-about-science' should be taught in school science? A Delphi study of the 'expert' community*. St. Louis, Missouri, USA. National Association for Research in Science Teaching (NARST).

*TIMSS (The Trends in International Mathematics and Science Study)*. 1 February 2013. <http://timssandpirls.bc.edu>.

*PISA (Programme for International Student Assessment)*. 1 February 2013. <http://www.oecd.org/pisa>.

*ROSE (The Relevance of Science Education)*. 1 February 2013. <http://roseproject.no/>.