

# 「発生」で何を教える？どう教える？

## ～発生分野のバックグラウンドとなる研究の利用～

日 時 2023年12月10日（日）午後1時30分～3時30分

- \*午後1時半開始です。しばらくお待ちください。
- \*講演中の音声は、ミュートにしてください。
- \*質問や意見は、随時チャット欄に記入または講演後にミュートを解除して発言してください。
- \*ビデオや音声の記録、画面撮影などはご遠慮ください。

# 今日の予定

13:30 挨拶と趣旨説明

13:35 東京都立大学准教授 福田公子先生のお話

14:40 質疑応答&意見交換

新学習指導要領における「発生」の扱いにも注目して

15:30 終了 (アンケート回答のお願い)

# グーグルフォームに書かれていたコメント

高校生物において、発生分野の大項目が「生殖と発生」から「遺伝情報の発現と発生」に移ったことで、発生単独の大項目がなくなってしまった印象です。一方で、発生分野は過去の研究史を追うことで、研究における考え方や考察力を高めるよい教材とも思います。高校生物において、発生分野は今後どのような立ち位置が望ましいでしょうか。また、学会等から次期学習指導要領に対して、何かアクションはあるのでしょうか。

# 高等学校学習指導要領での扱い

## ◆平成21年度告示『生物』

### (1) 生命現象と物質

(ア) 細胞と分子

(イ) 代謝

(ウ) 遺伝情報の発現

② 遺伝情報とその発現

① 遺伝子の発現調節

③ バイオテクノロジー

エ) 生命現象と物質に関する探究活動

## ◆平成21年度告示『生物』

### (2) 生殖と発生

(ア) 有性生殖

② 減数分裂と受精

① 遺伝子と染色体

(イ) 動物の発生

② 配偶子形成と受精

① 初期発生の過程

③ 細胞の分化と形態形成

(ウ) 植物の発生

(エ) 生殖と発生に関する探究活動

## ◆平成30年告示『生物』

### (3) 遺伝情報の発現と発生

(ア) 遺伝情報とその発現

② 遺伝情報とその発現

(イ) 発生と遺伝子発現

② 遺伝子の発現調節

① 発生と遺伝子発現

(ウ) 遺伝子を扱う技術

② 遺伝子を扱う技術

# 高等学校学習指導要領での扱い

## ◆平成21年度告示 『生物』

### (2) 生殖と発生

#### (ア) 有性生殖

㊦ 減数分裂と受精

㊧ 遺伝子と染色体

#### (イ) 動物の発生

㊦ 配偶子形成と受精

㊧ 初期発生の過程

㊨ 細胞の分化と形態形成

#### (ウ) 植物の発生

(工) 生殖と発生に関する探究活動

## ◆平成30年告示 『生物』

### (1) 生物の進化

(ア) 生命の起源と細胞の進化

(イ) 遺伝子の変化と進化のしくみ

㊦ 遺伝子の変化

㊧ 遺伝子の組合せの変化

㊨ 進化の仕組み

(ウ) 生物の系統と進化

## ◆平成30年告示 『生物』

### (3) 遺伝情報の発現と発生

(ア) 遺伝情報とその発現

㊦ 遺伝情報とその発現

(イ) 発生と遺伝子発現

㊦ 遺伝子の発現調節

㊧ 発生と遺伝子発現

(ウ) 遺伝子を扱う技術

㊦ 遺伝子を扱う技術

## (イ) 遺伝子の変化と進化のしくみ

### ㊦ 遺伝子の変化      ㊧ 遺伝子の組合せの変化

#### ㊦ 遺伝子の変化について

中学校では、第2分野「(5) 生命の連続性」で、遺伝子に変化が起きて形質が変化することがあることを学習している。

ここでは、遺伝子の変化に関する資料に基づいて、**突然変異と生物の形質の変化との関係**を見いだして理解させ、進化の理解につなげることがねらいである。

遺伝子の変化については、**塩基の置換、挿入及び欠失**を扱う。

突然変異と生物の形質の変化との関係を見いださせるには、例えば、ヒトの一塩基置換と対応する変異に関する資料に基づいて、個体間の形質の違いが遺伝子の塩基配列の変化によって生じることに気付かせることが考えられる。さらに、仮想的な塩基配列をアミノ酸配列に変換する活動を行わせることも考えられる。その際、塩基の置換、挿入及び欠失が起こることによって、元と異なるタンパク質が生じたり、塩基の置換が必ずしもアミノ酸配列の変化をもたらさなかったりすることなどについて考察させることも考えられる。

## (イ) 遺伝子の変化と進化のしくみ

### ㊦ 遺伝子の変化      ① 遺伝子の組合せの変化

#### ① 遺伝子の組合せの変化について

中学校では、第2分野「(5) 生命の連続性」で、染色体にある遺伝子を介して親の形質が子に伝わること及び分離の法則について学習している。

ここでは、交配実験の結果などの資料に基づいて、**有性生殖によって遺伝子の多様な組合せが生じる**ことを見いだして理解させることがねらいである。

遺伝子の組合せが変化することについては、染色体の組合せによって遺伝子の組合せが変化したり、**減数分裂の際に染色体の乗換えにより遺伝子の組換えが起きること**によって遺伝子の組合せが変化したりすることを扱う。また、**組換えによって新たな連鎖が生じる**ことを扱う。

遺伝子の組合せが変化することを見いださせるには、例えば、ショウジョウバエの交配実験の結果などの資料に基づいて、減数分裂と受精における遺伝子の組合せの変化に気付かせることなどが考えられる。その際、**遺伝子はそれぞれ特定の遺伝子座を占め、相同染色体上に一対存在することを理解させた上で**、同じ染色体上にある二対の遺伝子について、親と異なる遺伝子の組合せをもつ染色体が子に伝わることに気付かせることが考えられる。

なお、有性生殖に関連して、性染色体の存在について触れることが考えられる。

# グーグルフォームに書かれていたコメント

この単元について、いつも何をどの程度扱えば良いのかに悩んでいます。特に、遺伝子の部分が出てきてからはとても細かくて授業で扱う内容の勘所が難しいと感じています。また、HOX遺伝子も進化と関連がありますが、自身が深く理解できていないこともあり、面白みを伝えられません。この分野が進展してきた歴史的な背景を勉強したいなと思いつつ、中々手が出せていません。

# 各教科書会社の扱い (701東書 B5変型490頁)

## 1編 生物の進化 8

### 1章 生命の起源と細胞の進化

1節 共通性と多様性をつなぐ進化	10
2節 生命の誕生	12
3節 生物の多様性と地球環境の変化	16
章末まとめ	24

10

### 2章 遺伝子の変化と進化のしくみ

1節 遺伝的変異	26
2節 多様な遺伝的変異をもたらす有性生殖	30
3節 進化の定義と自然選択による進化	40
4節 遺伝子レベルでみる進化	44
5節 種分化	52
章末まとめ	56

26

### 3章 生物の系統と進化

1節 生物の系統	58
2節 生物の系統分類	64
3節 霊長類のなかのヒト	72
4節 人類の出現と変遷	76
章末まとめ	80
編末問題	82
生物の本棚	84
生物×仕事	85

58

## 3編 遺伝情報の発現と発生 160

### 1章 遺伝情報とその発現

1節 DNAの構造	162
2節 DNAの複製	164
3節 遺伝情報の流れ	168
4節 RNAと転写	170
5節 翻訳のしくみ	176
6節 遺伝情報の変化	182
章末まとめ	186

162

### 2章 発生と遺伝子発現

1節 原核生物の遺伝子発現の調節	190
2節 真核生物の遺伝子発現の調節	196
3節 選択的遺伝子発現と細胞分化	199
4節 動物の発生	202
5節 胚の細胞の発生運命と遺伝子発現	212
6節 発生現象と遺伝子発現の調節	216
7節 動物の形と調節遺伝子の発現	226
章末まとめ	232

190

### 3章 遺伝子を扱う技術

1節 遺伝子を増幅する技術	236
2節 塩基配列を解読する技術	240
3節 遺伝子組換え技術の利用	244
4節 遺伝子や細胞を扱う技術の課題	252
章末まとめ	256
編末問題	258
生物の本棚	260
生物×仕事	261

236

# 1章 生物の進化

## 1節 生命の起源と細胞の進化

特集	多様な生物	8
1	最初の生物と初期の生物進化	10
	まとめ・節末問題	17
特集	生物の変遷	18

## 2節 遺伝子の変化と進化のしくみ

1	遺伝子の変化	20
2	遺伝子の組合せの変化	24
3	進化のしくみ	34
	実験1 カードを使ったモデル実験	36
	まとめ・節末問題	45

3節 生物の系統と進化

# 3章 遺伝情報の発現と発生

## 1節 遺伝情報とその発現

1	DNAと染色体	116
2	DNAの複製	118
3	遺伝子の発現	121
4	遺伝子の発現調節	127
	まとめ・節末問題	133

## 2節 発生と遺伝子発現

1	動物の配偶子形成と受精	134
2	初期発生の過程	137
3	発生のしくみと遺伝子発現	142
4	形態形成と遺伝子の発現調節	148
	まとめ・節末問題	151

3節 遺伝子を扱う技術

# 各教科書会社の扱い（703啓林館 B5変型 418頁）

## 1部 生物の進化 13

### 1章 生物の進化 14

#### 1節 生命の起源 14

##### 1 生命の誕生 14

#### 2節 生物界の変遷と地球環境の変化 18

##### 1 天倉成生物の出現と地球環境の変遷 20

### 2章 有性生殖と遺伝的多様性 26

#### 1節 有性生殖 26

##### A 有性生殖 26

##### B 遺伝子型と表現型 28

##### C 染色体と遺伝子 30

##### D 減数分裂 32

#### 2節 遺伝子の多様な組み合わせ 36

##### A 染色体における遺伝子の位置 36

##### B 2組の対立遺伝子が独立である場合 37

##### C 2組の対立遺伝子が連鎖している場合 42

### 3章 進化のしくみ 48

#### 1節 突然変異と進化 48

##### A 塩基配列の突然変異と進化 50

##### B 染色体の突然変異と遺伝子重複 53

#### 2節 進化の要因 56

##### A 自然選択 56

##### B 集団の遺伝的構成の変化 62

##### C 遺伝的浮動 66

##### D 中立説 67

##### E 分子進化と分子時計 68

## 第3部 遺伝情報の発現と発生 181

### 第7章 遺伝現象と物質 182

#### 第1節 遺伝情報の複製 182

##### A DNAの構造 182

##### B DNA複製のしくみ 186

##### C 複製起点 188

#### 第2節 遺伝子の発現 190

##### A 遺伝子の発現の概要 190

##### B 転写のしくみ 192

##### C 翻訳のしくみ 194

##### D スプライシング 196

##### E 原核生物の転写と翻訳 198

#### 第3節 遺伝子の発現調節 200

##### A 遺伝子の発現調節と細胞分化 200

##### B 転写の調節 202

##### C 原核生物における遺伝子の発現の調節 202

##### D 真核生物における遺伝子の発現の調節 206

### 第8章 発生と遺伝子の発現 210

#### 第1節 動物の配偶子形成と受精 210

##### A 精子と卵の形成 210

##### B 動物の受精 212

#### 第2節 初期発生の過程 214

##### A 卵割と初期発生 214

##### B ウニの発生 216

##### C カエルの発生 218

##### D 組織や器官の形成 220

##### E 形態形成と誘導 226

##### F 形態形成と細胞死 230

#### 第3節 発生と遺伝子の発現 232

##### A ショウジョウバエの発生と遺伝子の発現 234

##### B カエルの形態形成と遺伝子の発現 240

### 第9章 バイオテクノロジー 246

#### 第1節 遺伝子を扱った技術 246

##### A 遺伝子を扱った技術 246

##### B 遺伝子の導入の方法 253

##### C ゲノムの多様性とその応用 258

##### 一問一答 264

### 第8章 発生と遺伝子の発現 210

#### 第1節 動物の配偶子形成と受精 210

##### A 精子と卵の形成 210

##### B 動物の受精 212

# 各教科書会社の扱い（704数研 B5変型 452頁）

## 第1編 生物の進化

第1章 生物の進化 .....	8
第1節 生命の起源と生物の進化 .....	10
第2節 遺伝子の変化と多様性 .....	22
第3節 遺伝子の組み合わせの変化 .....	27
第4節 進化のしくみ .....	42
第5節 生物の系統と進化 .....	60
第6節 人類の系統と進化 .....	
知識の確認・補充問題 .....	

## 第3編 遺伝情報の発現と発生

第4章 遺伝情報の発現と発生 .....	152
第1節 DNAの構造と複製 .....	154
第2節 遺伝情報の発現 .....	162
第3節 遺伝子の発現調節 .....	172
第4節 発生と遺伝子発現 .....	182
第5節 遺伝子を扱う技術 .....	204
知識の確認・補充問題 .....	226

# 各教科書会社の扱い (705—学 B5変型 406頁)

<b>第1編</b>	<b>生物の進化と系統</b>	14
<b>第1章</b>	<b>生物の進化</b>	16
<b>第1節</b>	<b>生命の起源と細胞の進化</b>	16
1	生命の誕生	16
2	細胞の進化	20
<b>資料1</b>	生物の進化と地球の大気組成の変化との関係を考えよう	22
<b>第2節</b>	<b>遺伝子の変化と遺伝子の組み合わせの変化</b>	24
1	遺伝子とその変化	24
<b>資料2</b>	遺伝子の変化と形質との関係について考えよう	25
2	遺伝子の組み合わせの変化	29
<b>資料3</b>	連鎖している遺伝子の遺伝について考えよう	37
<b>第3節</b>	<b>進化のしくみ</b>	42
1	進化のしくみ	42
<b>実験1</b>	モデル実験を行って遺伝子頻度の変化について考えよう	43
<b>実験2</b>	はじめの集団の大きさと遺伝子頻度の変化について考えよう	44
<b>実験3</b>	生存に不利なアレルの遺伝子頻度の変化について考えよう	45
2	種分化	54
	章末問題	58

<b>第3編</b>	<b>遺伝情報の発現と発生</b>	158
<b>第5章</b>	<b>遺伝情報とその発現</b>	160
<b>第1節</b>	<b>DNAの複製</b>	160
1	DNAの構造と複製	160
<b>第2節</b>	<b>遺伝子の発現</b>	166
<b>Guide</b>	遺伝子の発現	166
1	転写	167
2	翻訳	170
	章末問題	174

<b>第6章</b>	<b>遺伝子の発現調節と発生</b>	176
<b>第1節</b>	<b>遺伝子の発現調節</b>	176
1	遺伝子の発現調節	176
<b>資料10</b>	大腸菌が常にβ-ガラクトシダーゼ合成を行うのか考えよう	177

<b>第2節</b>	<b>発生と遺伝子の発現</b>	182
<b>Guide</b>	動物の発生と遺伝子の発現	182
1	動物の配偶子形成と受精	184
<b>観察1</b>	ウニの受精の観察	186
2	ショウジョウバエの発生における遺伝子の発現調節	188
<b>資料11</b>	分節遺伝子の発現のしくみについて考えよう	190
3	カエルの発生における遺伝子の発現調節	194
4	発生過程にみられる多様性と共通性	202
	章末問題	206

<b>第7章</b>	<b>遺伝子を扱う技術とその応用</b>	208
<b>Guide</b>	遺伝子を扱う技術とその応用	208
<b>第1節</b>	<b>遺伝子を扱う技術</b>	209
1	遺伝子の単離と増幅	209
2	遺伝子の構造や発現を解析する方法	214
3	遺伝子の機能を解析する方法	219
<b>実験9</b>	細胞への遺伝子導入	220
<b>第2節</b>	<b>遺伝子を扱う技術の応用</b>	224
1	人間生活への応用	224
2	遺伝子を扱う際の課題	228
	章末問題	230
<b>コラム</b>	ゲノムサイズはどこまで小さくなるのか	232

# グーグルフォームに書かれていたコメント

大学入試において、知識量より考察力に重点が置かれつつありますが、研究の現場では、考察するためにも知識が必要になる場面があると思います。今回の発生の分野においては、入試で測る知識量としてどんな内容が必要だと思われるか。例えばギャップ、ペアルール、セグメントポラリティ遺伝子の名前と順序など。やたら固有名詞がでてくるので困惑します。

# グーグルフォームに書かれていたコメント

「学習のあり方」がどう変わるか、という学習者主語の問題提起が魅力的です。どう教えるか、ではないのが大切だと思います。参加される現場の先生方の声についても興味をもっています。

# アンケート回答のお願い

<https://forms.gle/u1nbuhsQKC7TaCae9>

