

指導事例 1

生物領域 生殖

本事例では、教師が生徒の学習状況にあわせて探究する課題を選択したり、生徒が個別に学習することができるように、「学習用Web教材」の作成を構想した。このことによって、形成的な評価によって明らかになった課題に対応するとともに、生徒の主体的な学習への取組を促す教材を数多く作成することをめざした。

ここでは、このような新しい学習指導の工夫・改善の考え方を、具体的な事例を通して紹介する。

《 事 例 の 内 容 》

A 学習指導計画 【教師用】

生物 の該当する内容について、国立教育政策研究所が中間整理として示した評価規準（平成 15 年 9 月）を、評価のよりどころとして活用するよう努めた。

- 1 指導のポイント
- 2 観点別評価規準と評価の場面と方法
- 3 単元の指導計画

* 評価の判断基準については、参考資料の「指導に生かす評価の考え方」の中に示した。

B 学習のガイダンス 【生徒配付用】

年間の授業の概要についてはシラバスに示す。それとは別に、単元ごとにさらに詳しい内容を示し、学習の振り返りや自己評価に活用させるためにこの資料を作成した。

C 学習の資料 【生徒配付用】

評価の観点から、記述させたり、図をかかせたりする内容を充実させた。

- 資料 1 染色体をモデルに表そう（ワークシート 4）
- 資料 2 補助資料（学習用 Web 教材）
- 資料 3 Web 教材を利用した学習の例
- 資料 4 染色体モデルに関する補足説明
- 資料 5 学習の振り返りシート

D 評価問題（学習の理解度チェックを含む）

染色体モデルの操作の技能をみる実験テストのほか、単元の学習のまとめとして実施する確認テストを想定して評価問題を作成した。

A 学習指導計画【教師用】

単元名：「生殖」

1 指導のポイント

中学校段階では、減数分裂によって、染色体数が半減する結果、遺伝的多様性がもたらされることを指導することに主眼がある。減数分裂の過程を体細胞分裂の過程と比較させながら理解させる本格的な指導は高校段階ではじめて行われる。

○「減数分裂と生殖細胞の形成」の扱い

高等学校学習指導要領の解説の中では、この内容の扱いについて、次のように説明している。

- ・ 減数分裂については、相同染色体の分配によって、遺伝的多様性がもたらされることに重点をおいて扱う。
- ・ 受精については、生殖細胞の合体によって染色体数が復元し、新しい体細胞のもとができることに重点をおいて扱う。

このようなことから、染色体のモデルを用いて減数分裂の過程を理解させることは、高校生物の最も重要な指導目標の一つと考えられる。

○「染色体のモデル」を用いた減数分裂の指導のポイント

- ・ 相同染色体は、通常の染色法（分染法を含む）では見分けられないことから、大きさと形が同じであることをモデルでも表現していることを理解させる。
- ・ 体細胞分裂と減数分裂のいずれの分裂についても、染色体の分配に先立って、それぞれの相同染色体が複製されていることから、複製されていない段階の染色体モデルの表し方を基本とすることを理解させる。
- ・ 相同染色体と複製された染色体の違いを見分けられるようにする。
- ・ 子は染色体を通じて両親の遺伝的な違いを受け継ぐことから、父方と母方の染色体をそれぞれ色分けすることによってこの特徴を表すことを理解させる。

2 観点別評価規準・評価の場面と方法

	(1) 関心・意欲・態度	(2) 思考・判断	(3) 観察・実験の技能・表現	(4) 知識・理解
評価規準	・ 生殖細胞の形成と受精に関する事象に関心をもち、意欲的にそれらを探究しようとする。	・ 減数分裂の仕組みによって、遺伝的多様性がもたらされることを考察する。 ・ 減数分裂と受精によって、染色体数が一定に保たれることを考察する。	・ 減数分裂の過程を顕微鏡で観察する技能を習得し、その観察結果を的確に表現する。	・ 減数分裂によって生殖細胞が形成される過程及び受精について理解し、知識を身に付けている。
評価の場面と方法	○ 目標に向かって取り組んだり、表現したりする場面。 ・ 学習の振り返りシート ・ ワークシート ・ ノート	○ 根拠に基づく論理的な思考・判断の場面。 ・ ワークシート ・ 学習の振り返りシート ・ テスト	○ 観察、実験の計画を立てたり、方法を工夫したりする場面。 ・ ワークシート ・ 学習の振り返りシート ・ テスト	○ 身に付けた知識を生かして、説明したり、課題を解決する場面。 ・ ワークシート ・ 学習の振り返りシート ・ テスト

3 単元の指導計画

単元名：「生殖」（6時間予定）

時	学習のねらい（・） 学習方法（○）	学習内容	観点別の具体的な評価項目（評価規準）	
			【関心・意欲・態度】	【関心・意欲・態度】 以外の観点
1	1 生殖の方法 ・生殖の方法には、有性生殖と無性生殖がある。 それらの違いを理解する。 ○ ワークシート1【観察】	・染色体や遺伝物質の伝わり方に着目して、二つの生殖方法を比較する。	・有性生殖と無性生殖に関する事象に関心をもち、意欲的に観察に取り組もうとしている。	【知識・理解】 ・有性生殖と無性生殖のしくみの違いやできた子の遺伝的な特徴について説明する。
2 ・ 3 ・ 4	2 減数分裂 ・減数分裂によって配偶子が形成される過程で、染色体に多様な組合せが生じるしくみを理解する。 ○ ワークシート2【観察】 ○ ワークシート3【実験】 ○ ワークシート4【演習】 (* ワークシート4を p.126-127に示した。) 【観察・実験・演習】 家庭学習の課題 実験テスト (p.132)	・減数分裂の像を観察し、対合した染色体を確認する。 ・染色体をモデルに表し、それを操作することによって減数分裂のしくみを説明する。 ・観察した染色体像を、モデルによって説明する。	・モデルを用いたシミュレーション実験や観察に意欲的に取り組もうとしている。	【思考・判断】 ・減数分裂の仕組みによって、遺伝的多様性がもたらされることを考察する。 【技能・表現】 ・減数分裂の像を顕微鏡を適切に操作して観察している。 ・染色体のモデルを適切に操作している。 【知識・理解】 ・減数分裂にともなって、生殖細胞に多様な染色体の組合せが生じることで、遺伝的多様性が生じることを説明する。
5 ・ 6	3 植物の受精 ・種子植物の受精や種子が形成されるしくみを理解する。 ○ ワークシート5 【観察・実験】 4 動物の受精 ・動物の生殖細胞の形成や受精のしくみを理解する。 ○ ワークシート6 【観察・実験】	・中学校でも学習した内容を、観察、実験の方法や材料を工夫して理解を深める。 ・減数分裂が生殖細胞の形成のどの段階にあたるのか確認する。 ・受精のしくみが、植物と動物で異なることを確認する。	・植物や動物の生殖細胞の形成と受精に関する事象に関心をもち、観察や実験に意欲的に取り組もうとしている。	【思考・判断】 ・減数分裂と受精によって、染色体数が一定に保たれることを考察する。 【知識・理解】 ・減数分裂によって、植物や動物が生殖細胞を形成する過程及び受精について理解し、知識をまとめる。
	確認テスト (p.133-134の1の問いが今回の範囲) ・学習の振り返りシート (p.131)		・自分の学習状況を確認している。	・ワークシートの内容を理解している。

B 学習のガイダンス 【生徒配付用】

— 生命の連続性『生殖・遺伝』について —

生物の個体には寿命があり、自分のなかまをふやす生殖のしくみ、親から子へ形質を伝える遺伝のしくみは、46億年の生命の連続性をささえる重要なものです。生殖細胞、染色体及び遺伝子に着目し、これらのしくみについて理解を深めます。

《 生 殖 》

- 子孫をふやす生殖のしくみには、中学校で学んだように無性生殖と有性生殖があります。身近な生物を観察して、それぞれのしくみの違いを明らかにしましょう。
- 私たちの体をつくっている細胞は、組織や器官によって構造や働きが違っています。しかし、同じ染色体をもっていることから遺伝的には共通の性質の細胞と考えられます。それでは、子孫をつくるための卵や精子などの配偶子はどのようにしてつくられるのでしょうか。体細胞分裂で注目したように、相同染色体の動きを追ってみましょう。
- 植物と動物とでは、体の構造や生活の仕方に大きな違いがあります。観察結果をもとに生殖のしくみについて共通する点と異なる点を明らかにしましょう。

主な学習内容（ワークシートの課題）	学習のねらい	主な観察・実験、教材
○ ワークシート1 【観察】 有性生殖と無性生殖の違いを明らかにする。	・ 有性生殖と無性生殖の違いを、染色体のモデルを用いて表して説明できる。	・ 無性生殖によるふえ方の観察
○ ワークシート2 【観察】 ○ ワークシート3 【実験】 ○ ワークシート4 【演習】 減数分裂によって配偶子が形成される過程で、染色体や遺伝物質に多様な組合せが生じるしくみを理解する。 家庭学習の課題（ワークシート3、4） 実験テスト・学習の振り返りシート	・ 減数分裂の像を観察し、対合した染色体を観察できる。 ・ 減数分裂の過程を、染色体のモデルを用いて表して、その特徴を説明できる。 ・ 観察した染色体像を、モデルを用いて表して、その特徴を説明できる。	・ 減数分裂の観察 ・ シミュレーション実験 ・ 演習問題
○ ワークシート5 【観察・実験】 種子植物の受精や種子の形成のしくみを理解する。	・ 観察、実験の方法や材料の選定を工夫して、特徴をとらえることができる。	・ 花粉管の発芽の観察 ・ 植物の種子の観察
○ ワークシート6 【観察・実験】 動物の配偶子形成や受精のしくみを理解する。 確認テスト	・ 減数分裂が配偶子形成のどの段階にあたるのか、染色体のモデルを用いて表して、説明できる。 ・ 受精のしくみが、植物と動物で異なることを、観察を通して理解できる。	・ タニシの精子の観察 ・ さまざまな卵の観察

C 学習の資料〔生徒配付用〕

以下に、「ワークシート」の一部、補助資料、「実験テスト」、「学習の振り返りシート」を紹介する。

資料1 染色体をモデルで表そう(ワークシート4)【演習】

年 組 番 氏名

課題1

次の図1は、ある植物の体細胞分裂中期の染色体を顕微鏡で撮影し、大きさごとに並べたものである。4本の染色体は、2対の相同染色体から成り立っている。また、同じ図を印刷したシールを配付しています。



1 2 3 4

図1 ある植物の体細胞分裂中期の染色体

(1) 体細胞分裂の後期から終期にかけて、染色体は二分されて両極に移動する。1から4のそれぞれそれぞれの染色体がどのように二分されるのかわかるように、点線をかきいれなさい。

(2) 配付した染色体のシールを切り取って、次の模式図の両極側に二分した染色体を貼りつけなさい。

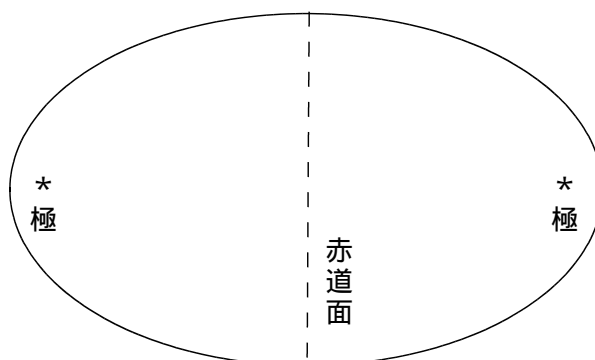


図2 分裂期の細胞の模式図

(3) この植物の体細胞は $2n = 4$ であり、次の図3のようなモデルで表すことができる。図3をもとに、図1をモデルに表すとどのようになるか。下の点線の中にかきなさい。

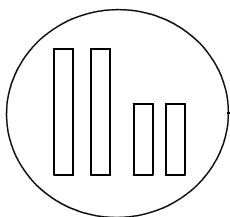


図3 体細胞の染色体のモデル

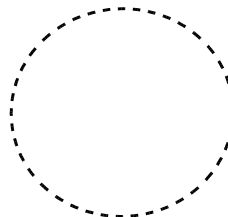


図1の細胞の染色体のモデル

(4) 教科書に示されている染色体のモデル ($2n = 4$ の生物の体細胞) では、相同染色体同士が色分けされている(例: 下の図4)。実際には、染色体が色分けされて観察されることはない。グループ内で相談して、染色体のモデルを色分けする意味を説明する文を作成しなさい。(*教科書のページや図の番号はその場で指示する。)

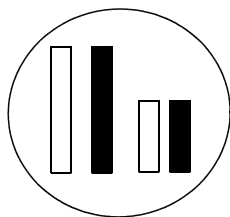


図4 相同染色体同士の色分けの例

染色体のモデルを色分けする意味

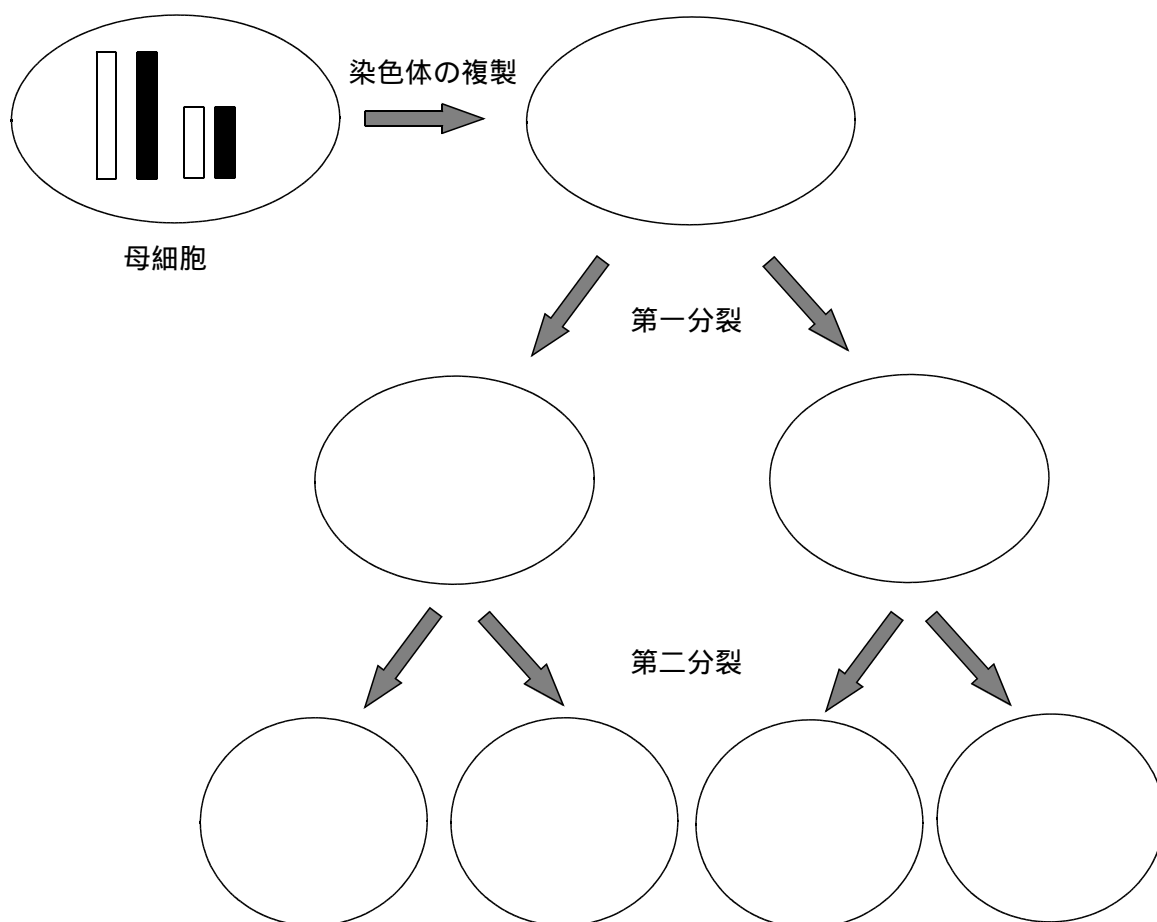
* 以下の課題2は家庭学習の課題です。

課題2

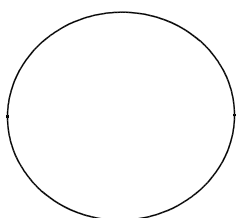
2n = 4の生物が減数分裂を行うと、どのような染色体の組合せの生殖細胞ができるだろうか？（生殖細胞は、何種類の染色体の組合せが考えられるだろうか。）
課題1の図4の細胞を母細胞とした場合について考えなさい。

（考えるプロセス）

ワークシートの裏面のメモ欄には、下の図と同じ減数分裂の過程を表す図が2つあります。
この過程にしたがって自分の考えたモデルをかいてみましょう。



（考えた結果をかく欄）



* 複数考えられる
ので、同じよう
に生殖細胞を表
す円をかいて、
中に染色体のモ
デルをかき入れ
る。

資料2 補助資料（学習用Web教材）

染色体のモデルは中学校の教科書でも扱われる生物の学習の基礎基本の内容である。しかし、生徒にとって、観察でとらえられる分裂中期像の染色体をモデルで表したり、減数分裂の過程について、モデルを操作しながら説明することは意外に難しい学習である。

染色体のモデルは、「体細胞分裂」、「減数分裂」、「遺伝子と染色体」など、生物及び生物のいろいろな単元で扱う。模式図をかいたり、マグネットやわりばしのモデルを活用したり、授業中の活動に加えパソコンの画面上のモデルを操作したりして、染色体や遺伝子の特徴をどのようにモデルで表すのか理解させることができる。

本研究では、次の図のようなショウジョウバエの学習用 Web 教材を作成し、「生命の連続性」の学習全体を通じて、染色体と遺伝子についての理解が深まるような指導を計画した。

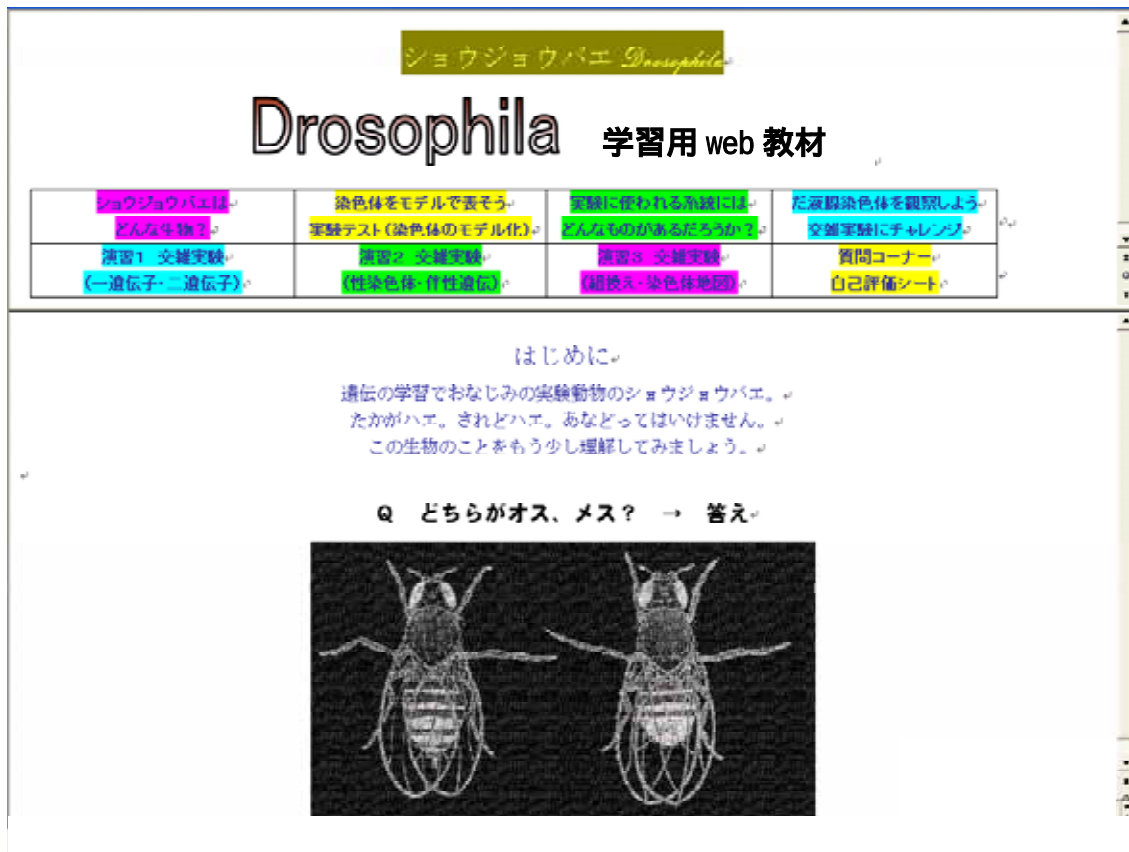


図 学習用 Web 教材のトップ画面

活用法

- 細胞、生殖、発生、遺伝、DNA 組換え実験など、さまざまな場面で活用する。
- 授業での活用、評価をもとに改訂を重ねる。
- 校内だけでなく、自宅でも利用させる。

資料3 Web教材を利用した学習の例

(1) ショウジョウバエの染色体について、Web上で次のような学習を行います。

中期像はそれぞれの染色体が複製されていることを、染色体モデルの操作を通して理解する。

両親から受け継いだ染色体上の遺伝子が異なることを、染色体モデルを色分けすることで表せることを理解する。

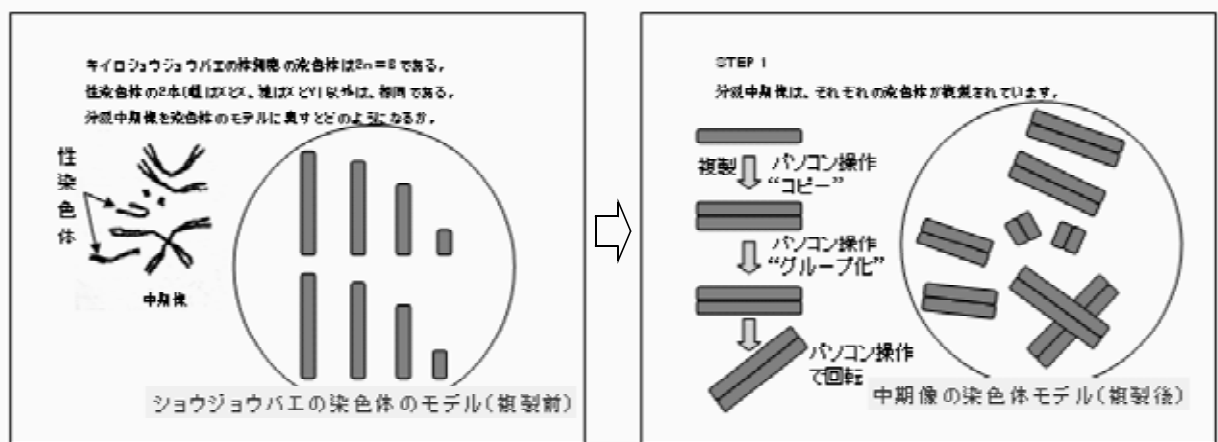
受精と配偶子形成の過程を、染色体モデルの操作を通して理解する。

(2) パソコン上のモデルの操作

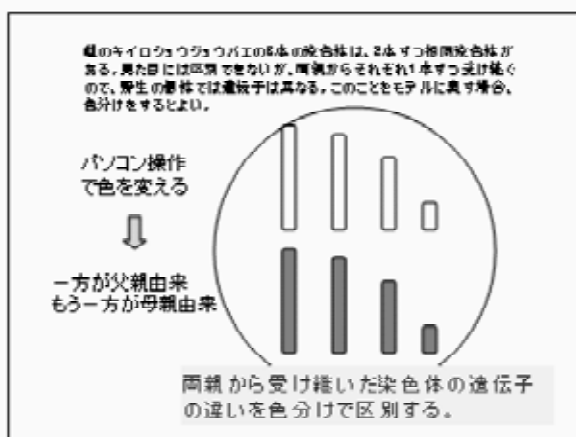
- ・複製→”コピー”
- ・複製された染色体どうしのつながり→”グループ化”
- ・対合→”グループ化”
- ・両親に由来するそれぞれの相同染色体を区別する場合、モデルの色を変更する。
- ・染色体の移動や分配は、モデルをドラッグして動かす。

(3) Web教材の内容

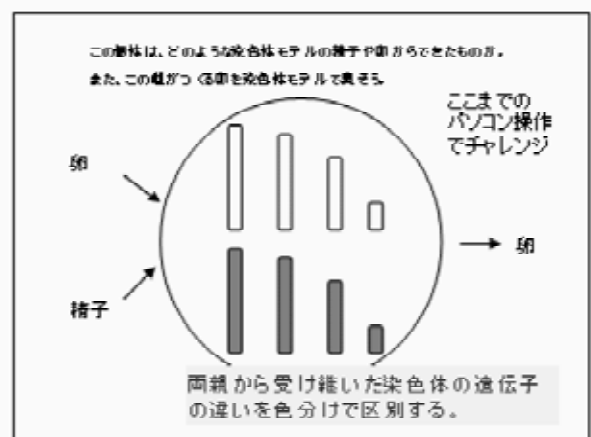
染色体の複製



両親から受け継いだ染色体の区別

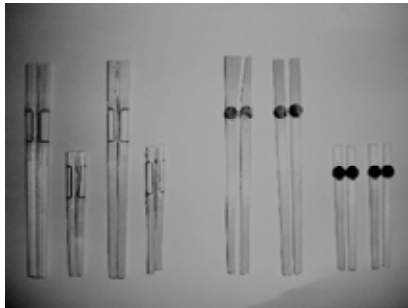


受精と配偶子形成の過程

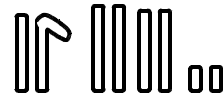


資料4 染色体モデルに関する補足資料

- ・ 染色体モデルは、教科書やワークシートでは、棒状の図で表すことが多い。古典的であるが、実感を持たせるためには、わりばしやカードなどを用いる方が効果的である。



わりばしの染色体モデル

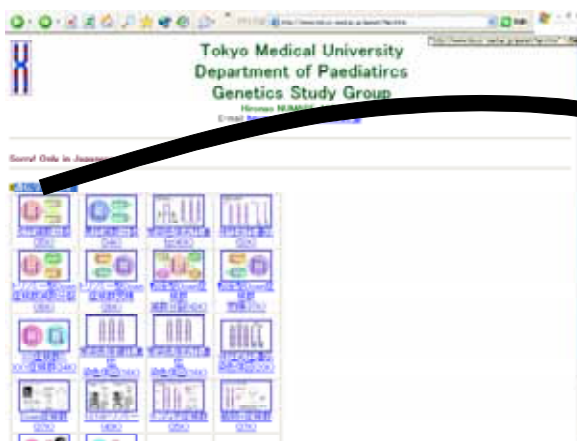


模式図の染色体モデル

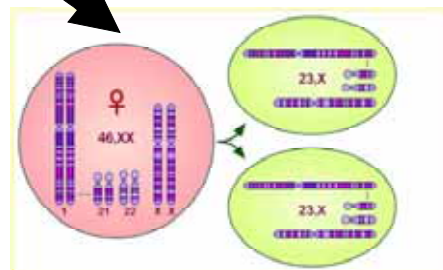
- ・ 最近では、インターネット上に染色体モデルを公開している例がある。
- ・ 画面上で、複製、分配などの操作ができることから、学習の手助けになる使い方も可能である。

- 東京医科大学 (Tokyo Medical University Genetics Study Group Hironao NUMABE, M.D.)

<http://www.tokyo-med.ac.jp/genet/index-j.htm>



染色体のモデルを動かすことができる。



- 学習用 Web 教材からも、パワーポイントや一太郎などの形式の資料がダウンロードできる。

栃木県総合教育センター カリキュラムセンター <http://www.tochigi-c.ed.jp/curriculum/>

資料5 学習の振り返りシート

- 染色体の動きをモデルで表す学習を振り返ってみよう。

年	組	番	氏名
---	---	---	----

- 1 下の(1)から(5)について、あてはまるものを、次の1、2、3、4の中から一つずつ選んで、その番号に○をつけてください。

4 そうしている	3 どちらかといえば そうしている	2 どちらかといえば そうしている	1 そうしていない
----------	----------------------	----------------------	-----------

- (1) 自分の考えで、予想しながら演習(モデルの操作)に取り組みましたか。

4 - 3 - 2 - 1

- (2) 友だちと協力したり、意見を交換したりして演習を進めましたか。

4 - 3 - 2 - 1

- (3) 演習の取り組み方がまちがっていないか、途中で確認しましたか。

4 - 3 - 2 - 1

- (4) 家庭学習で、演習のまとめや復習に取り組みましたか。

4 - 3 - 2 - 1

- (5) 学習した内容について、分からないことを教師に質問しましたか。

4 - 3 - 2 - 1

- 2 染色体をモデル化する方法について、あなたはどのように感じましたか。それぞれの内容について、該当するものの番号に○をつけてください。

4 とてもわかりやすかった	3 比較的わかりやすかった
2 ややわかりにくかった	1 とてもわかりにくかった

- (1) 次の方法はわかりやすかったですか。

A ワークシートに染色体モデルをかくこと

4 - 3 - 2 - 1

B わりばしの染色体モデルを操作すること

4 - 3 - 2 - 1

C マグネットの染色体モデルを操作すること

4 - 3 - 2 - 1

D パソコン上の染色体モデルを操作すること

4 - 3 - 2 - 1

- (2) 染色体モデルの色分けは、どんなことを表していると思いますか。

--

- (3) 染色体モデルをかいたり、操作したりして気づいた体細胞分裂と減数分裂の共通点と相違点を説明してください。

共通点	相違点

- (4) 染色体モデルをかいたり、操作したりして、不思議に思ったこと、興味を持ったこと、質問したいことを書いてください。

--

D 評価問題

〔 理科実験テスト 〕

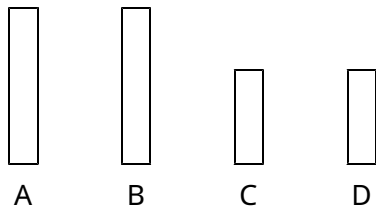
調査時間：15分

（ 注 意 ）

下の説明を参考にして、実験器具やモデルを操作しながら解答しなさい。

年	組	番	氏名
---	---	---	----

（ 染色体モデルの説明 ）



- ・ A と B は相同染色体の関係になっています。
- ・ C と D は相同染色体の関係になっています。
- ・ 父親からの染色体と母親からの染色体を区別する場合、次の色に染め分けてください。
 父親由来→青 母親由来→赤
- ・ それぞれの染色体は、必要に応じて切り離して用いなさい。
- ・ 染色体モデルはシールになっているので、切り抜いて解答欄に貼り付けなさい。

1 次の(1)から(4)の記述を、染色体モデルを用いて表しなさい。なお、父親から受け継いだ染色体と母親から受け継いだ染色体どうしは色分けして解答しなさい。

- (1) 体細胞分裂において、それぞれ1本の染色体は分裂に先立って複製される。
- (2) 減数分裂において、両親から受け継いだ1組の相同染色体のそれぞれが第一分裂に先立って複製される。
- (3) $2n = 2$ の生物について、両親から染色体を受け継いだ受精直後の細胞は2本の染色体からなる。
- (4) $2n = 4$ の生物について、減数分裂の第一分裂の前期から中期において、相同染色体どうしは対合している。

(1)		(2)		(3)	(4)
複製前	複製後	複製前	複製後		

2 $2n = 4$ の生物について、この生物の母細胞からできる配偶子の染色体の組合せは何通りか。また、母細胞と配偶子の染色体モデルも表しなさい。なお、父親から受け継いだ染色体と母親から受け継いだ染色体どうしは色分けして解答しなさい。

母細胞	配偶子 () 通り

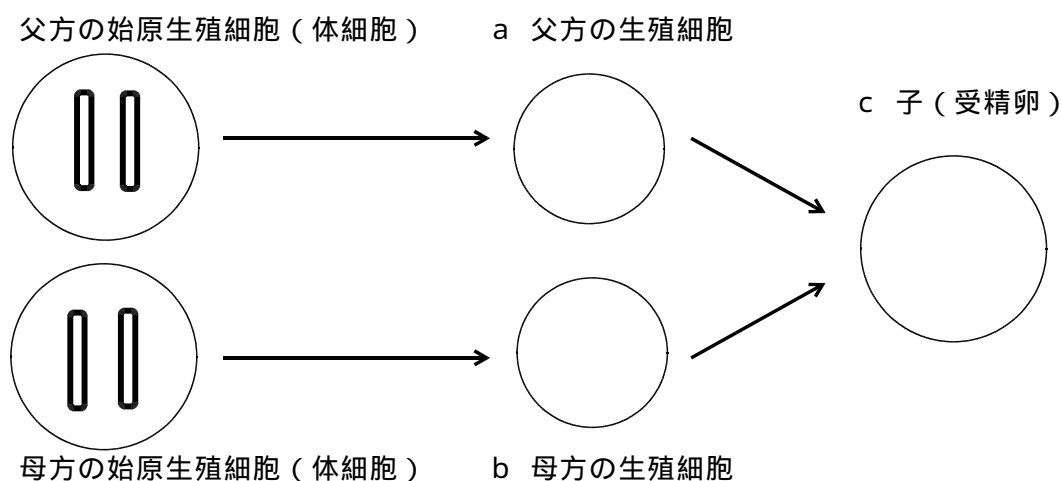
〔 確認テスト 〕

生殖と減数分裂・遺伝子と染色体	年	組	番	氏名
-----------------	---	---	---	----

* この単元の学習に関わる重要な語句や記号である。具体例をあげたり、説明したりできるかどうかをチェックしなさい。

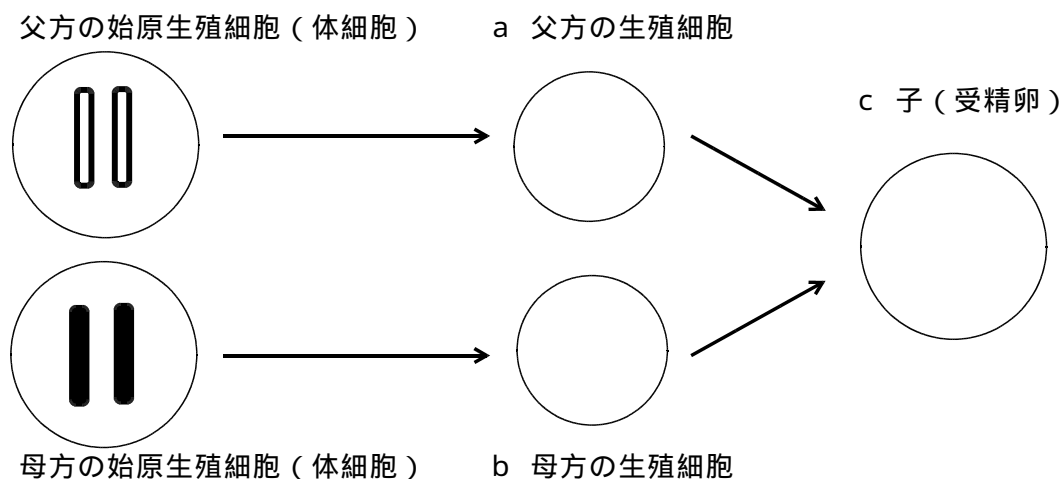
- ☐ 体細胞 ☐ 生殖細胞 ☐ 始原生殖細胞 ☐ 配偶子 ☐ 卵 ☐ 精子
☐ 細胞分裂 ☐ 母細胞 ☐ 娘細胞 ☐ 体細胞分裂 ☐ 減数分裂
☐ 受精 ☐ $2n$ 、 n ☐ 対合（二価染色体）
☐ 遺伝的多様性 ☐ 相同染色体 ☐ 染色体の複製
 以下の三つは、遺伝子と染色体の単元の語である。
☐ 乗換え ☐ 常染色体 ☐ 性染色体

1 次の図は、染色体数が $2n = 2$ の生物について、生殖細胞の形成と受精の過程を模式的に表したものである。下の(1)、(2)、(3)の各問いに答えなさい。



- (1) 有性生殖では、子は父方と母方から相同染色体を1本ずつ受けつぐことによって、親と子の染色体数は一定に保たれる。上のa、b、cの細胞の染色体のモデルを完成させなさい。ただし、形態的には、父方と母方の相同染色体を見分けることはできないものとして表しなさい。
- (2) (1)の問いでは、子が父方と母方から受け継ぐ相同染色体が遺伝的に異なることをモデルで表していない。一般に、父方と母方の体細胞の染色体の遺伝的な違いをモデルに表す場合、色分けすることによって区別する。

この考え方に基づいて、次のa、b、cの細胞の染色体モデルを完成させなさい。

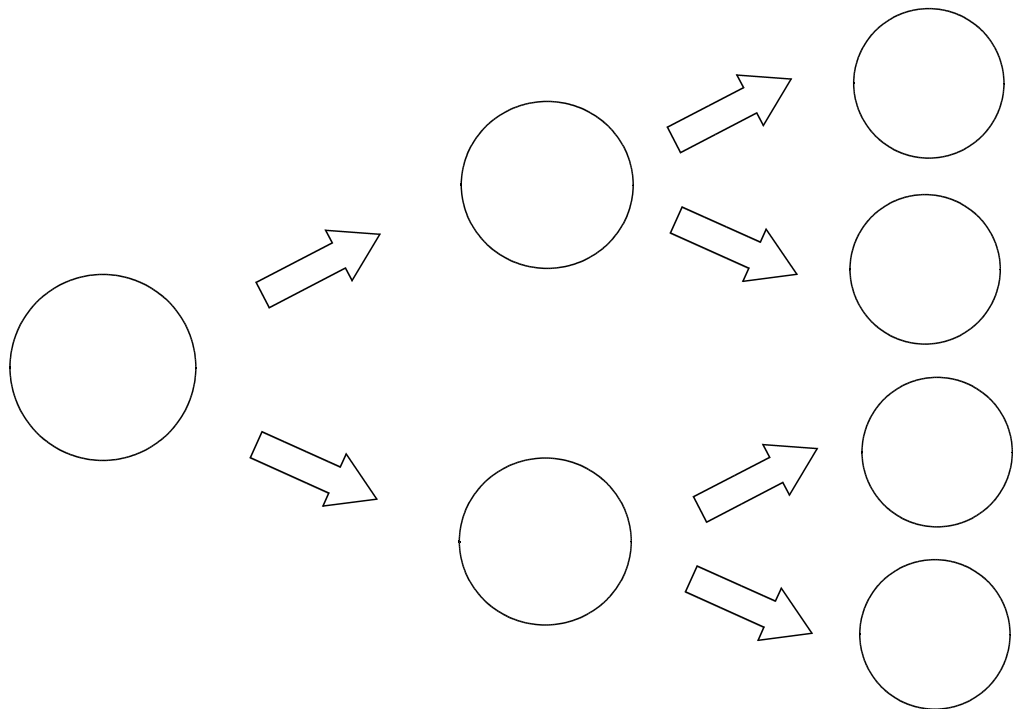


c の 1 個の受精卵から始原生殖細胞をへて、雄の生殖細胞（精子）が形成される場合、減数分裂の各段階において、染色体はどのようなモデルに表されるか。次の図の七つの細胞にモデルを書き込みなさい。

子の受精卵から形成された
一次精母細胞の分裂中期

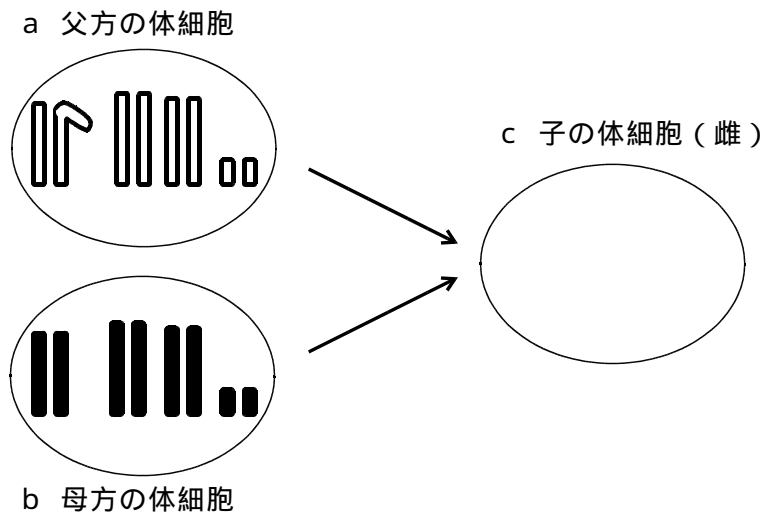
二次精母細胞の分裂中期

精子



2 キイロショウジョウバエの体細胞の染色体をモデルに表すと、雌雄はそれぞれ下の a、b のようになった。

この雌雄を両親として雌の子が生まれたとすると、子の体細胞 c の染色体をモデルに表しなさい。



受精卵が発生を進めると始原生殖細胞が分化して生殖細胞を形成する。 c の子が卵を形成した場合、その染色体のモデルは何通りの組合せが考えられるか答えなさい。なお、メモ欄に考えの過程も書きなさい。

(メモ欄)

第1分裂

第2分裂

答え () 通り

で推定したように、減数分裂の過程において両親に由来する染色体の新たな組合せが生じるため、配偶子の遺伝的多様性は大きくなる。実際には、相同染色体の一部が入れ換わる乗換えという現象が起こり、遺伝的多様性はより大きくなる。次のメモ欄に示した相同染色体が複製した後、乗換えが起こった場合のモデルを書きなさい。なお、メモ欄に考えの過程も書きなさい。

(メモ欄)	答え
1 組の 相同染色体	

学習の理解度のチェック

- ・染色体をモデルに表す学習を振り返りましょう。
- ・十分理解できたかどうか学習事項を確認したり、気づいたことをメモしましょう。

【 学習事項の確認 】

チェック欄

- (1) 減数分裂によって、母細胞の一对(2本)の相同染色体がそれぞれのように生殖細胞にうけつがれるかモデルを用いて表すことができる。 ☐
- (2) 体細胞分裂と減数分裂は、どちらも同じように染色体が複製されることをモデルを用いて表すことができる。 ☐
- (3) 父方由来と母方由来の染色体は、性染色体以外は形で区別することはできないが、遺伝子には違いがあることをモデルを用いて表すことができる。 ☐
- (4) 減数分裂と受精の段階で、遺伝的多様性が大きくなることを染色体のモデルを用いて表すことができる。 ☐
- (5) 染色体の乗換えによって、遺伝的多様性が大きくなることを染色体のモデルを用いて表すことができる。 ☐

【 気づいたことのメモ 】

メモのポイント(例)

- ・染色体のモデルの扱いに慣れたかどうか。
- ・細胞分裂の過程を、染色体の複製と分配のしくみによって説明できたかどうか。
- ・染色体と遺伝子の関係をモデルを用いて表せたかどうか。
- ・単元の学習計画表に示した学習のねらいを把握できたかどうか。

○ 学習を通して実感できたことや興味を持てたこと

○ 疑問に思ったことや質問したいこと

- * 遺伝の学習が終わったあとに実施することを想定しています。
- * 生殖の学習の終了後に実施する場合、(5)を除いて回答させます。