

中 根 一 芳 三 橋 一 夫

## まえがき

遺伝の学習が生徒にとって最難関の一つであることは確かである。その理由として考えられることは、

1. 実験観察によって具体的に取り扱いにくく、組合せ、確率的な数学的要素が多い。
2. 体細胞分裂、成熟分裂、相同染色体、性染色体などの基礎理解を絶体に必要とする。
3. 術語が多く、しかもそれらが具象名詞でなく抽象名詞である。

等があげられる。

そこで現行指導要領で要求されている指導内容、旧指導要領の内容、BSCSの内容および中学校指導要領の内容等を教科書分析により比較し、また最近数年の大学入試の遺伝の問題を内容の上で分類してみた。

また高校3年生におけるテストにより、学習困難点を分析し、これにもとづいて、今秋、高校1年生で、指導法を工夫して学習させてみた。今回はこのうち、本年度の1年生に対する遺伝指導の結果を報告する。

## 本年度1年生における指導結果

本年度1年生に対して遺伝の学習を指導するにあたって、染色体と遺伝子の模型を使った生徒の演習を十分に入れ、染色体の行動（体細胞分裂・減数分裂・受精）や相同染色体の概念を利用し、その基盤の上で行うことにした。

実験群（B組）に対し、A組を対照群として、模型演習は生徒に行なわず、必要に応じて、教師が一斉に供覧する程度とし、指導順序も、いわゆる記号遺伝学の形ではいい、最後に染色体と結びつけて理解させる方法をとった。

進度は対照群の方を1週間ずらして先行し毎時間、小テストを行ない、質問、興味、感想なども書かせ、実験群の指導の参考にした。もちろん実験群にも同様の内容をその都度提出させ、小テストも行った。テストは速刻しらべて誤っているところは個々に面接指導を加えた。

なおA組、B組はそれぞれ53名で男女比は双方とも大体6:4となっている。全般の学業成績はA組の方がやや良好である。

## (1) 調 査

授業内容と質問、興味、関心などの調査および考察は、終りに紙面の許す範囲で記してあるので、ここでは10月末現在（連鎖、のりかえまで進んでおり、性染色体、性の決定、伴性遺伝、遺伝子相互のはたらかきは未習）において調査した結果を述べる。（調査時に対照群は2名欠席）

## 調査問題

問1 ある植物の紫花と白花とは対立形質で、紫花は白花に対して完全優性、遺伝子をR、rとする。これについて次の間に答えよ。

- a. 紫花の遺伝子型にはどんなものがあるか。
- b. 白花の……………
- c. 純系の紫花の花粉にはどんな遺伝子をもったものがどんな比でできるか。
- d. 純系の紫花の卵子には……………
- e. 雑種の紫花の花粉には……………
- f. 雑種の紫花の卵子には……………
- g. 白花の花粉には……………
- h. 白花の卵子には……………
- i. 純系の紫花と白花との交配によってできる子の代にはどんな遺伝子型のものがどんな比でできるか。
- j. 雑種の紫色と白花との交配……………
- k. 雑種の紫色のものどうしの自花受精……………

問2 ある植物で花が紫色（B・完全優性）と赤色（b）のものとがあり、花粉の形が長い（L・完全優性）ものと、丸い（l）ものがある。これについて次の間に答えよ。

- a. かりにこの2対の形質が別々の染色体の上にある（独立遺伝）として下表にある表現型のものにはどんな遺伝子型のものがありうるか。ありうる型を全部かきなさい。

(紫花・長花粉) (紫花・丸花粉) (赤花・長花粉)  
(赤花・丸花粉)

- b. また同じように二つの形質が別の染色体の上にあるとして、次の遺伝子型をもった個体からはどんな配偶子がどんな比でできるか。  
 (BbLl)(BBLl)(BBll)(bbLl)(bbll)
- c. もしこの2対の遺伝子が同一相同染色体の上であり、しかもBとL、bとlとが完全に連鎖する(のりかえ率0%)とすると、BbLlの遺伝子型の個体からはどんな配偶子がどんな比でできるか。
- d. またこの2対の遺伝子が上のように連鎖し、さらに20%ののりかえがあるとすると、BbLlの個体からはどんな配偶子がどんな比でできるか。
- e. 上の問bの場合 BbLlの自花受精によって子の代にはどんなものがどんな比でできるか。
- f. 上の問cの場合の自花受精によって……
- g. 上の問dの場合の自花受精によって……

(2) 結果および考察

(i) 表現型と遺伝子型との関係の理解について、問1のa, b, 問2のaによる。

第1表 形質が1対の場合(問1のa, b)

群	表現型	遺伝子型		計
		正答	誤答	
対照群	紫花	41	7	51
	白花	48	—	
実験群	紫花	37	12	53
	白花	49	—	

第2表 形質が2対の場合(問2のa)

群	表現型	遺伝子型		計
		正答	誤答	
対照群	紫・長	34	13	51
	紫・丸	46	1	
	赤・長	47	0	
	赤・丸	47	0	
実験群	紫・長	40	12	53
	紫・丸	46	6	
	赤・長	47	5	
	赤・丸	51	1	

1対の形質の場合は対照群が、2対の形質の場合は実験群がややよい。原因ははっきりしない。授業時行った小テストで対照群に対しては単性遺伝の問題を一度多く行ったことが影響しているの

かも知れない。

しかし上述の結果の信頼度はあまり大きくないともいえる。すなわち1対の形質の場合に正答を得ているものが2対の形質の場合にも正答を得るかということで調べて見た。

第3表 形質が1対と2対の場合の表現型で優性のものに対する正答者の相関(対照群)

2対の形質		1対の形質		計
正答	誤答	正答	誤答	
正	答	29	5	34
誤	答	12	5	17
計		41	10	51

$\chi^2=1.55$  有意な相関なし

第4表 形質が1対と2対の場合の表現型で優性のものに対する正答者の相関(実験群)

2対の形質		1対の形質		計
正答	誤答	正答	誤答	
正	答	32	8	40
誤	答	5	8	13
計		37	16	53

$\chi^2=7.87^{***}$

対照群では一対の遺伝子の場合に正答をしたものが、2対の遺伝子の場合にも正答を得るとはかならずしもいえない。実験群においてはその間に相関がはっきりあらわれている。実験群の方が確実な知識になっていると考えてよいと思う。

(ii) 1対の遺伝形質について親から配偶子への分離の理解

問1のcからhまでによる

第5表 対照群の場合

親	配偶子	解答		分離しないかあるいは受精後の状態	でたらめ
		正答	誤答		
R R	花粉	41	7	3	
	卵子	42	3		
R r	花粉	39	10(8)※	2	
	卵子	41	6(4)※		
r r	花粉	37	10	4	
	卵子	41	5		

第6表 実験群の場合

親	配偶子	解答		分離しないかあるいは受精後の状態	でたらめ
		正答	誤答		
R R	花粉	42	7	4	
	卵子	40	8		

R r	卵 子	32	12(6)※	9
	花 粉	31	12(6)※	10
r r	花 粉	41	8	4
	卵 子	39	8	6

第5・6表中※印の数はそのらんの人数のうち  
 $RR : Rr : rr = 1 : 2 : 1$  (あきらかに自花受精の結果)と答えているもの。

花粉と卵子とを別々に問うたのはややくどかったが、生殖細胞とか配偶子という語より具体的に分かりやすいと思ったからである。複雑さのためか、花粉と卵子とで異った答を書いているものが多かった。

また分離していない複相の状態の解答をしているものが相当多い。これについては、分離して遺伝子が1つずつ分かれることがはっきり理解できないためか、それとも早合点して分離してから自花受精の結果の子の代の遺伝子型を解答してしまったものか判別しがたい。

いずれにしても、この点については実験群対照群の差異はほとんどない。しいていえば雑種Rrの分離の理解は対照群にいくらか多いようである。これも先きののべた、授業後の小テストの問題と関係があるかとも考えられる。

(イ) 1対の形質の交配による遺伝子型とその比の理解

問1のi~kによる。

第7表 対照群の場合

交配	正 答	誤 答		
RR×rr	Rrだけ 46	R・r 1:1 3	RR・Rr・rr 1:2:1 1	でたらめ 2
Rr×rr	Rrとrr 1:1 40	R・r 1:1 1	RR・Rr・rr 1:2:1 2	Rr 2 でたらめ 6
Rr×Rr	RRとRrとrr 1:2:1 46	RR・rr 1:1 1	Rrだけ 2	でたらめ 2

第8表 実験群の場合

交配	正 答	誤 答		
RR×rr	48	R・r 1:1 2	RR・Rr・rr 1:2:1 1	でたらめ 2
Rr×rr	42	R・r 1:1 1	RR・Rr・rr 1:2:1 1	Rr 2 でたらめ 7
Rr×Rr	43	RR・rr 1:1 1	Rrだけ 1	でたらめ 8

対照・実験両群間における差異はほとんどない。

だいたい90%弱の正答率を示している。もどし交配は両群とも純系の優劣交配や雑種の自花受精の場合よりも正答数がやや低くなっている。もどし交雑の思考過程も全く同じはずであるから相当の正答率を示してよいと考えたいがやはり、他の二つの交配の場合にくらべるとどこか抵抗になるところがある。

次に配偶子の構成(種類と比率)と交配による子の代の遺伝子型の構成の理解の相関を調べたのが第9, 10表である。

この表では配偶子の構成の理解度を問1のcからhまでの解答により判定し、完全な理解をしているとおもわれるもの、不注意のためか、あるいはいささか理解が不確実だとおもわれるもの、および完全に間違った理解をしていると判定されるものと三段階に分けた。一方交配結果も問1のiからkまでの解答から判定して三段階にし相互の関係を相関表にしたものである。

結果としても対照群・実験群の間の差異は全くみあたらなかった。

第9表 対照群の場合

配偶子の理解 子の遺伝子型	完全理解	不完全理解	誤解	計
完全正答	26	7	1	34
不完全正答	Rr×rr RR・Rr・rr 1:2:1 Rr×Rr→Rrだけ	8	2	13
誤 答	0	1	3	4
計	29	16	6	51

第10表 実験群の場合

配偶子の理解 子の遺伝子型	完全理解	不完全理解	誤解	計
完全正答	29	5	4	38
不完全正答	Rr×rr→Rr だけ	7	4	12
誤 答	0	1	2	3
計	30	13	10	53

(ロ) 両性遺伝についての理解

まず第一に独立遺伝の場合を分析してみるために、配偶子に分かれてはいつていく遺伝子のくみあわせの理解を調べた。

問2のbによる。

第11表 独立遺伝をする場合の配偶子の形成

群	親の遺伝子型	一部解答不足	BbLlに分離	B/b L/lに分離	誤答計
対照群 51人	BbLl	3	+	※	0
	BBLl	0			
	bbLl	2			
	BBll	2			
	bbll	2			
		(のべ数) 4	1	0	5
実験群 53人	BbLl	2	+	※	5
	BBLl	1			
	bbLl	1			
	BBll	1			
	bbll	1			
		(のべ数) 3	2	5	10

この表においてとくに目立つことは、たとえば B・b・L・l の2対の形質をBL・bl・Bl・bLのように組まないで、この四つの遺伝子を対等に考えてあらゆる組み合わせをつくっているものが実験群に5人(表中※印)もいることである。

第12表 対照群の場合

条件	連鎖群を異にする場合	BL・blの組合わせで完全に連鎖する場合	連鎖し20%のりかえが起きる場合	誤答者	答名
正答	BL・Bl・bL・bl 1:1:1:1	BL・Bl・bL・bl 1:0:0:1	BL・Bl・bL・bl 4:1:1:4		
正 誤 答 の 頻 度 お よ び 誤 答 分 析	正答 47	正答 39	正答 36	誤答 ③	YMC MTD ARK
	誤答 ④	誤答 ⑧	誤答 ⑦	誤答 ①	NKY+ NKG+ ITO SKI YMD NRT MRI HRT
	1:1:1:0 (不注意ミス) 1:1:1:1+Bb (不注意ミス)	正答 ②	正答 ②	誤答 0	MRY + MTN +
	Bb 1Llの分離 9:3:3:1 (自花受粉後不注意ミス)	誤答 ②	正答 0	誤答 ②	TKZ UCD ※
計	正答 47 誤答 4	正答 41 誤答 10	正答 45 誤答 6	51	

指導は独立遺伝、連鎖、のりかえの順に理解させるように行った。

結果は対照群では完全連鎖のときの配偶子の分離で理解に困難を感じておるようであり、実験群では最初の独立遺伝のときの分離で困難を感じて

る。これが対照群には1人もいないことと対比すれば、なにかに影響されているとみなければならぬ。表中の※印はすべてBb | Ll, BB | Ll, bb | Llのように分離すると考えているものである。

実験群の指導が染色体および遺伝子のモデルにより各自演習したことがかえって逆に生徒の思考過程を混乱させたのか、対照群の指導順序を歴史的発達段階によって行ったことに原因するのか、これだけでは判然としない。

BbLlの遺伝子型をもつ親から配偶子が分離する場合B・bとL・lとが連鎖群を異にする場合と、完全に連鎖する場合と、また20%のりかえをおこす場合とに分けてそれぞれいかなる経過によって思考を進めていくものか。指導上の最大の困難点であるだけに、問2のb, c, dの解答からこれを分析してみた。

その結果が次の第12, 13表である。

第13表 実験群の場合

条件	連鎖群を異にする場合	BL・blの組合わせで完全に連鎖する場合	連鎖し20%のりかえが起きる場合	誤答者	答名
正答	BL・Bl・bL・bl 1:1:1:1	BL・Bl・bL・bl 1:0:0:1	BL・Bl・bL・bl 4:1:1:4		
正 誤 答 の 頻 度 お よ び 誤 答 分 析	正答 44	正答 44	正答 42	誤答 ②	YMD HDN
	誤答 ⑨	誤答	誤答 ①	誤答 ⑤	SCN + SZK + NKS ※ ASO ※
	1:0:0:1 1:0:0:1 Bb   Ll	正答 ④	正答 ③	誤答 ①	無答 → ASO ※
	B-b (あらゆる) L-l (組合わせ)	誤答 ⑤	正答 0	誤答 ⑤	無答 → HSG ※ HTR ※ OHS ※ NGR ※ ARK ※
計	正答 44 誤答 9	正答 48 誤答 5	正答 45 誤答 8	53	

いるのが目立つ。

しかも対照群におけるこれらの誤答者は独立遺伝では正しい理解をもっているはずであるがこの理解が連鎖遺伝の思考には転移されていない。この点に両群の指導法の相異が影響していると考え

られる。

一方実験群の独立遺伝の配偶子分離をあやまっ  
て理解しているものは連鎖, のりかえに至るま  
で, 同様に混乱しているようである。

12, 13表中の (※), ※, +印は第19表中のそれ  
ぞれ該当する誤答者を示している。

(b) 配偶子の構成から受精による子の代の遺伝子型  
の理解について

いわゆる碁盤目法を使った組み合わせ, 確率の考  
え方をどの程度理解しているかについての考察で  
ある。

第14表以下第16表までがそれで, 問2のbとe,  
cとf, dとgとの解答を対比し正・誤答者の相  
関表としたものである。

第14表 独立遺伝・対照群の場合

子の表現型		配偶子		誤答	計
		正答	BL·Bℓ·bL·bℓ		
正答	BL·Bℓ·bL·bℓ	1:1:1:1		2	43
	9:3:3:1	41			
誤答			6	2	8
計			47	4	51

第15表 独立遺伝・実験群の場合

子の表現型		正答	誤答	計
正答		41	4	45
誤答		3	5	8
計		44	9	53

第16表 連鎖遺伝・対照群の場合

子の表現型		配偶子		誤答	計
		正答	BL·Bℓ·bL·bℓ		
正答	BL·Bℓ·bL·bℓ	1:0:0:1		2	32
	3:0:0:1	30			
誤答			11	8 <small>うち4名は準正答</small>	19
計			41	10	51

第17表 連鎖遺伝・実験群の場合

子の表現型		正答	誤答	計
正答		33	0	33

誤答	15	5	20
計	48	5	53

第18表 のりかえのある遺伝・対照群の場合

子の表現型		配偶子		誤答	計
		正答	BL·Bℓ·bL·bℓ		
正答	BL·Bℓ·bL·bℓ	4:1:1:4		1	43
	66:9:9:16	42			
誤答			3	5 <small>うち3名は準正答</small>	8
計			45	6	51

第19表 のりかえのある遺伝・実験群の場合

子の表現型		正答	誤答	計
正答		41	1	42
誤答		4	7 <small>うち1名は準正答</small>	11
計		45	8	53

上記中準正答というのはのりかえ率の数値を不  
注意であやまり, それなりに碁盤目法による計算  
は正しいものという意味である。

以上3組の相関表を総合してみると, いずれも  
両群の間の差異は認められない。しかし三つの場  
合のうちでは連鎖遺伝の正答率が外の二つの遺伝  
に比して, 極端に低い。

(c) 要 約

(1) 染色体と遺伝子模型をつくらせ, グループで  
分離・交配の模式演習を大中に行なわせ, 指導  
の順序1染色体の行動を基礎においた。一方,  
対照群として教科書の順に忠実に, 講義を中心  
にして進めていった。

(2) 実験群にとくに目立った効果は認められな  
かったが, 両性遺伝の場合の分離の時の組合わせ  
に, 極端に誤まった思考を起すようになったのは  
興味深い。

対照群の方が, 完全連鎖の理解に困難を感じ  
るものが比較的が多かったのも指導法の差が原  
因したものと考えられる。しかし, 実験の目標であ  
った染色体の行動と密接させた分離組合わせの  
指導方法はとくに有効な結果はえられなかつ  
た。

(3) 全般的に両性遺伝とくに連鎖の現象は生徒が  
理解するのに相当の困難を感ずるようである。

第20表

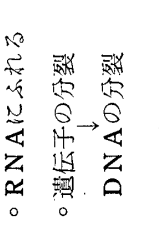
対照群 (男31・女21) 授 業 内 容	調 査 結 果 の 主 な も の 興 味 2. ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ 質 問 4. 感想	考 察	実 験 群 (男31・女22) 授 業 の 変 更 ・ 留 意 点	調 査 結 果 の 主 な も の 興 味 2. ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ 質 問 4. 感想	考 察
1. 導 入 遺伝ということ 遺伝と変異	1. 遺伝子記号で3:1が説明できた ダーウイン, ワイズマンの考え メンデルの成功 形質に優劣があること 遺伝と変異の関係	⑩にあらわれている学習困難点は、最初から遺伝子と染色体の関係だけを解決するであろう。しかし、独立遺伝連鎖, くみかえ, 伴性遺伝などの事例を先にあげ, それから遺伝子と染色体の関係に目を向けさせる(系統的, 歴史的?)のと, いづれがよいかは, 十分検討されねばならない。⑩の疑問は意外に強いので, 比率というものを統計的に理解させる必要があること。⑨の疑問をもつことに対しては, 仮定としての遺伝子の本質がこれから次第に明らかになれることを注意し, 関心を持ちつつげさせるとよい。	。学習上の注意として, 基礎理解の重要性を強調する。 $\begin{array}{c} \text{高} \quad \text{低} \\ \text{TT} \quad \text{tt} \\ \text{⑦} \quad \text{⑧} \\ \text{⑨} \quad \text{⑩} \\ \text{高} \quad \text{低} \\ \text{3} \quad \text{1} \\ \text{①} \quad \text{②} \\ \text{③} \quad \text{④} \\ \text{⑤} \quad \text{⑥} \end{array}$	22 21 9 5 2 3 12 8 3 1 2 2 2 17 10 4 2 1 3	ここでの最も大きい問題は, 染色体と遺伝子との関係を先に出すか否かということである。遺伝子を表に記入したあとで, 自力で染色体との類似に気付いたもののは, 53人中16人であったが, この点を留意させることにより先行組でみられた⑩が減少し, 逆に④があらわれている。こういう原理先行型がよいかどうか, また, よいとしても遺伝子と染色体の関係をここでどこまで出すかむつかしい問題をばらんでい
2. 遺伝子についてのダーウインとワイズマンの説明 パンゲン説と生殖質連続説を対比させ, 形質のもとという考え方を強調する	2. ⑩遺伝子は分離して配偶子に入る ダーウイン, ワイズマンの違い 優性の法則 文字の使用と碁盤目法 ⑥比率の意味		このように仮定された遺伝子のうごきと, よく似たものを既習の範囲から考えさせ, 染色体を思い浮かばせる。男女の性比は1:1であるにもかかわらず, 実際の各家庭では必ずしもそうでないことを指摘し, 統計的比率というものを理解させる。	1. 遺伝子記号で3:1が説明できた ダーウイン, ワイズマンの考え メンデルの成功 ⑩遺伝子と染色体との関係 遺伝子の未知 その他	
3. メンデルと彼が成功した理由	3. ⑩遺伝子はなぜ分離するか ③どうして優劣がきまらるか ④F <sub>1</sub> の配偶子④①がなぜ1:1になるか ⑥遺伝子はなぜ対になっているか ⑦F <sub>2</sub> が5個体あつたらどうなるか			3. 遺伝子の分離についてどうして優劣がきまらるか その他	
4. メンデルの法則(I) 単性遺伝のF <sub>2</sub> まで (遺伝子記号を入れ碁盤目法により考える) 優性の法則 分離の法則	4. やさしい, よくわかる興味がある むつかしい 興味もてない 遺伝子についてのあやふやな考えがはつきりした ⑩もっと深く理由・原因を知りたい その他			4. やさしい・よくわかる興味がある むつかしい 興味もてない 考えるのが楽しい その他	
(2時間)					

<p>5. メンデルの法則(II) 前時の復習を兼ねて用語の説明 対立遺伝子 遺伝子型・表現型・ホモ・ヘテロ・単性遺伝・両性遺伝 両性遺伝のF<sub>2</sub>まで (遺伝子記号を入れ替る) (盤目法により考える) 独立の法則</p>	<p>④にあらわれているようにF<sub>1</sub>の配偶子に4種類が : : : であらわれることが十分理解できぬ場合が多いこれは誤答分析の結果とも全く一致している。</p> <p>これが全遺伝学習を通じて、最大のキーポイントと思われるので指導に特に留意をはらいたい。</p>	<p>18 3 3 22 5 3 10 7 18 7 4 1 1 1</p>	<p>遺伝子記号で9:3:3:1が説明できた 表現型と遺伝子型の考え その他 ④4種類の配偶子の生じ方 碁盤目法による遺伝子のくみあわせ その他 ④4種類の配偶子の生じ方 その他 むつかしい やさしい・よくわかる 興味がある 興味もてない 機械的で生物現象でないように感ずる その他</p>	<p>1. 遺伝子記号で9:3:3:1が説明できた 表現型と遺伝子型の考え 碁盤目法 2. 4種類の配偶子の生じ方 碁盤目法による遺伝子のくみあわせ その他 3. 4種類の配偶子の生じ方 その他 4. やさしい・よくわかる 興味がある むつかしい カードによる説明でよくわかった 複雑になっても1つの原理でとける その他</p>	<p>後行組の方が④に困難を感じたり、質問したりするものが相当減っている。左の留意点は有効と判断してよいらう。 。カードにより視覚にうったええる方法は今後大いに利用されてよいと思う。 。反覆練習の重要性も示唆されているように思える。</p>
<p>5. メンデルの法則(II) 前時の復習を兼ねて用語の説明 対立遺伝子 遺伝子型・表現型・ホモ・ヘテロ・単性遺伝・両性遺伝 両性遺伝のF<sub>2</sub>まで (遺伝子記号を入れ替る) (盤目法により考える) 独立の法則</p>	<p>④にあらわれているようにF<sub>1</sub>の配偶子に4種類が : : : であらわれることが十分理解できぬ場合が多いこれは誤答分析の結果とも全く一致している。</p> <p>これが全遺伝学習を通じて、最大のキーポイントと思われるので指導に特に留意をはらいたい。</p>	<p>18 3 3 22 5 3 10 7 18 7 4 1 1 1</p>	<p>遺伝子記号で9:3:3:1が説明できた 表現型と遺伝子型の考え その他 ④4種類の配偶子の生じ方 碁盤目法による遺伝子のくみあわせ その他 ④4種類の配偶子の生じ方 その他 むつかしい やさしい・よくわかる 興味がある 興味もてない 機械的で生物現象でないように感ずる その他</p>	<p>1. 遺伝子記号で9:3:3:1が説明できた 表現型と遺伝子型の考え 碁盤目法 2. 4種類の配偶子の生じ方 碁盤目法による遺伝子のくみあわせ その他 3. 4種類の配偶子の生じ方 その他 4. やさしい・よくわかる 興味がある むつかしい カードによる説明でよくわかった 複雑になっても1つの原理でとける その他</p>	<p>後行組の方が④に困難を感じたり、質問したりするものが相当減っている。左の留意点は有効と判断してよいらう。 。カードにより視覚にうったええる方法は今後大いに利用されてよいと思う。 。反覆練習の重要性も示唆されているように思える。</p>
<p>6. 連鎖とくみかえ サイトピー 紫・長赤・長紫・長紫・長 紫・長 紫・長赤・長赤・丸 紫・長 紫・長赤・長赤・丸 1528 106 117 381 メンデルの三法則に従ったらどうなるか (遺伝子記号を入れ替る) (盤目法により考える) どうしてこんな比になったかを碁盤目などを利用して考えさせる 連鎖 紫・丸, 赤・長が小数</p>	<p>④を明確に理解させるために染色体と遺伝子の模型をつくり、各グループ毎に独立の場合連鎖の場合の遺伝子と染色体との関係を組み立てさせる。</p> <p>      ⑤⑥④②</p> <p>。くみかえ率10, 20, 30 ……%の場合の配偶子の比を辿る練習をする 。くみかえ率に大小ある</p>	<p>13 10 9 8 3 20 14 5 1 8 3</p>	<p>1. 連鎖という事実があること メンデルと違う結果がうまく説明できた くみかえという事実があること メンデルの法則に例外があった くみかえ率という考え 2. ④連鎖 ④くみかえ ⑥くみかえ率 その他 3. ④くみかえ率はなにによってきまるのか 独立か連鎖かどうかをける</p>	<p>先行組・後行組の⑥に大きな差があることは、くみかえ率の練習を意識的に多くしたためと考えられ、その効果は認めてよいらう。 。それに反し、模型の使用にもかかわらず④の困難さはむしろ後行組で増大している。これは、①横型の意味がよくつかめない ②染色体、細胞分裂などの基礎知識</p>	





<p>習の上記のことがらを考えなおしてみる (先行組 1時間) (後行組 1.5時間)</p>	<p>4. むつかしい ④こじつけみたいに感ぜずやさしい・よくわかる興味がある 図解・色わけでよくわかった ⑤既定されたものとそうでないものが混乱してしまっ た その他</p>	<p>結果がでていいる。染色体のことに触れずに来たので4, 5, 6項の所でいただいたこの感想が先入感になってしまったのであろうか。とにかく、こうした感じ方の中に生徒を長くおいておくのはよくないと思う。</p>	<p>③ 対立遺伝子 分離の法則 連鎖の法則 連鎖 を模型カードで説明させる。 模型カードの作業が必ずしもうまくいかなかった6項の場合を反省し、時間を充分あたえ各自に考えさせるようしむける。</p>	<p>分離の法則と減数分裂の関係 その他 4. 興味がある 模型カードの練習がよかつた やさしい・よくわかる むつかしい 今までのことがまとめてもらえた 今までのことの裏付けができた その他</p>	<p>いるようだ。ゆっくり時間をとり、1人1人に考えさせるところがやはり大切であったようだ。 。減数分裂の記憶が不十分なものが多いよ うなので、しっかり復習してから進むこ とが必要である。</p>
<p>8. 染色体と遺伝 (II) 連鎖地図 くみえ率の大小 遺伝子間距離の大小 <math>\begin{matrix} A-B \text{ 間 } 3\% \\ B-C \text{ 間 } 5\% \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} A-C \text{ 間 } 8\% \end{matrix}</math> (三定交横雑) キイロシヨウジヨウバエかのX染色体上の六つの遺伝子(Y, W, V, M, R, B')の相互間のくみえ率を示し、それによってこれらの遺伝子の配置を考えさせる Y-B'間の直接のくみえ率と、この間を五つに分したくみえ率の合計値が一致しない点に気付かせらる</p>	<p>1. 連鎖地図の作成 ③二重くみかえの補正 遺伝子の数の多いこと キイロシヨウジヨウバエが実験につかわれるわけ 2. ⑥二重くみかえとモーガン単位の関係 くみかえ率と遺伝子間距離の関係 モーガン単位 細分したくみかえ率の合計が直接のくみかえ率より大きくなる その他 3. ③くみかえ率50%だとなぜモーガン単位∞か ④二重くみかえがおこるとみかかけのくみかえ率が小さくなる理由 ⑤モーガン単位・くみかえ率はどうかやってみようか 三重のりかえはないか その他</p>	<p>⑥に示されるように、ここでの理解困難な点は、二重くみかえにより、みかかけのくみかえ率が小さくなり、従ってくみかえ率をそのまま距離にできない場合があることにある。二重くみかえに触れていない教科書もあるが、連鎖地図をモーガン単位で示す以上やはりその相異を説明する必要があるろう。 。⑥の感想が示すように6種類の遺伝子間の15のくみかえ率をあげたのは繁雑に過ぎたようである。</p>	<p>。模型カードにより、くみかえ率の大きい配列小さい配列を考えさせ、三点検定交雑の必要を、知らせる。 。二重くみかえが接近した遺伝子間にはおこらず、遠い遺伝子間におこること。そして、それはみかかけのくみかえ率を小さくしていることをゴム管に色をつけて染色体模型にカードの遺伝子をのせて示す。 。三重くみかえがあつても、説明の上で一応無視してもよいことに触れておく。 。連鎖地図をつくる例を5種(Y, W, V, M,</p>	<p>1. 連鎖地図の作成 ③二重くみかえの補正 2. ⑥二重くみかえとモーガン単位の関係 くみかえ率と遺伝子間距離の関係 モーガン単位 細分したくみかえ率の合計が直接のくみかえ率より大きくなる その他 3. ③モーガン単位、くみかえ率はどうかやってみようか くみかえ率50%だとなぜモーガン単位∞か 二重くみかえがおこるとみかかけのくみかえ率が小さくなる理由 染色体が交叉し左図のように結合しなすこと ではないか その他 4. 興味をもてた</p>	<p>⑥および4の調査結果にあらわれているように、先行組・後行組に大きな差がある。 その理由としては、模型カードなどによる作業や説明の効果がここで大きいことと、例を簡単にしたこと、この効果を考えられる。 。即ちここでの学習困難点は本質的なものではないことがうかがえる。 。④の疑問に対しては、くみかえ率を直接的に知るには検定交雑によることに触</p>

二重くみかえなど くみかえ率 ↓ モーガン単位  (1時間)	4. むつかしい 興味ももてた 興味ももてない ◎数字が多すぎて複雑である やさしい その他	◎の疑問が多いのは、くみかえ率50%になると、独立しているということが不徹底であり、モーガン単位∞の意味がわからぬわけで念を押す説明が必要とされよう。	B')の遺伝子間の10のくみかえ率を示すことに単純化する。 。くみかえ率と配偶子の遺伝子構成の比の練習をしながら、のりかえ率50%は独立していることに気付かせよう。	むつかしい やさしい・よくわかる 複雑である 模型が参考になった その他	4 4 3 3 2	れる必要があるかも知れない。
<p>9. 染色体と遺伝 (Ⅲ) だ液腺染色体の観察 ユスリカカの幼虫 酢酸カーミン</p> <p>10. 遺伝子とそれのたらき DNA(とRNA) 肺炎菌 生きたR株+死んだS株→生きたS株 バクテリオファージ DNAの構造 遺伝子と形質の間 アカパンカビの栄養要求性の突然変異 DNA ↓ 酵素 ↓ 生化学反応 ↓ 形質</p>	<p>1. DNAと遺伝子 (実験のしかた) だ液腺染色体の観察 遺伝子→酵素→形質 ピールスの正体 仮定された遺伝子が実験で裏付けされた</p> <p>2. ◎DNAについて ◎遺伝子と酵素の間 アカパンカビの例について 肺炎菌のS株、R株について その他</p> <p>3. ◎遺伝子と酵素の間 アカパンカビの例について AGCTについて 肺炎菌のS株、R株の変化の機構 その他</p> <p>4. ◎遺伝子の本体が追求されていく様子が興味深い むつかしい 複雑である ◎だ液腺染色体の観察がむつかしかった</p>	<p>◎DNAについて、もう少しくわしくのべる必要が◎などからありそうに思われる。その内容としては、DNAの構造とそのふえ方。◎との関連からRNAとの比較を出してもよいのではないか。</p> <p>◎に関してRNAの役割を述べなければならぬ。これをどこまで出すかはなかなかむつかしい問題であると思う。</p> <p>しかし、◎にあらわれたように、予想以上に興味・関心を持つ生徒が多いことはもう少し立ち入った説明が可能であることを示すのではないだろうか。</p>	<p>。だ液腺染色体観察の実質的時間を少し長くする。 。RNAにふれる 。遺伝子の分裂 DNAの分裂</p>  <p>1. DNA→RNA→酵素→DNAと遺伝子 (実験のしかた) だ液腺染色体の観察 DNAのふえ方 ピールスの正体 仮定された遺伝子が実験で裏付けされた</p> <p>2. 遺伝子と酵素の間 DNA, RNAについて ◎全般的にむつかしい アカパンカビの例について バクテリオファージのところ DNAのふえ方 その他</p> <p>3. ◎遺伝子と酵素の間 DNAとRNAのつながり DNAのふえ方 アカパンカビの例について DNAと突然変異 ◎全体がわからぬ 三連子とアミノ酸の対応 その他</p> <p>。DNA(RNA)のA, G, C, T(U)の三連子の排列がアミノ酸の種類に対応すること。 。DNA ↓ メッセンジャーRNA ↓ 転移RNA</p>	<p>19 16 13 2 1 1 7 6 5 3 2 2 4 5 3 3 2 2 2 2 10</p>		

<p>11. いろいろなる遺伝 (先行組 2時間 後行組2.5時間)</p> <p>中間性遺伝 (1:2:1) オシロイバナの花の色 補足遺伝子 (9:7) スイトピーの花の色 同系遺伝子 (15:1) ナズナのさやの形 抑制遺伝子 (13:3) カイコのまゆの色 伴性遺伝 性染色体による性決定のしくみ 性染色体上の遺伝子の向き 伴性遺伝</p>	<p>実習がたのしい ④実習をゆっくりにやりたかった やさしい 程度が高い</p>	<p>3 3 2 1</p> <p>④の実習時間をのばすことを前後の説明などを能率的にはこぶことにより心掛けの必要がある。</p>	<p>アミノ酸 ↓ 蛋白質 ↓ 酵素 ↓ 生化学反応 ↓ 形質</p>	<p>4. ④むつまじい 遺伝子の本体が追求されていく様子が興味深い ④複雑である 実習がたのしい 程度が高い 興味をもてない その他</p>	<p>25 9 8 4 3 2 6</p> <p>進んだ理解をもったことは事実であるが、どこをばさぶき、どこまで話すかの検討のむつまじさと重要性をよく示している。</p>
<p>11. いろいろなる遺伝 (先行組 2時間 後行組2.5時間)</p> <p>中間性遺伝 (1:2:1) オシロイバナの花の色 補足遺伝子 (9:7) スイトピーの花の色 同系遺伝子 (15:1) ナズナのさやの形 抑制遺伝子 (13:3) カイコのまゆの色 伴性遺伝 性染色体による性決定のしくみ 性染色体上の遺伝子の向き 伴性遺伝</p>	<p>1. 伴性遺伝 (色盲) 性決定のしくみ 補足遺伝子の生化学的裏付け 抑制遺伝子 メンデルの法則の応用としてうまくとける その他 2. 抑制遺伝子 ④性決定のしくみ 中間性遺伝 伴性遺伝 その他 3. 質問数 (種々) 4. 興味がある (特に色盲) むつまじい 複雑である こじつけみたい・パズル やさしい・よくわかる その他</p>	<p>33 7 6 2 1 2 8 5 4 4 3 15 17 8 4 3 2 3</p> <p>④の疑問が比較的多いし、これは当然な知的要求と思われ、遺伝子の突然変異をDNAの変化におきかえ</p>	<p>④の疑問が比較的多いし、これは当然な知的要求と思われ、遺伝子の突然変異をDNAの変化におきかえ</p> 	<p>1. 伴性遺伝 (色盲) 性決定のしくみ 補足遺伝子の生化学的裏付け 抑制遺伝子 補足遺伝子 メンデルの法則としてうまくとける その他 2. 抑制遺伝子 伴性遺伝 補足遺伝子 同義遺伝子 その他 3. 質問数 (種々) 4. 興味がある (特に色盲) やさしい・よくわかる むつまじい 複雑である その他</p>	<p>37 5 3 3 3 3 3 5 2 2 2 2 14 14 11 3 2 1</p> <p>調査結果から後行組で、性の決定や伴性遺伝が容易に理解されたようであり、これは模型カードによるところが大きいと思われる。 抑制遺伝子の説明のしかたの変更により抵抗が少なく、理解されたように思われた。これは問題を解く技術として別に練習をさせるべきであろうか。 遺伝学習の中心となるのは3~10で、ここではその応用編とでも考えてはいけないだろうか。</p>
<p>12. いろいろなる遺伝(II) 致死遺伝子 ハツカネズミの黄色と正常色 (2:1) キセニア</p>	<p>1. 致死遺伝子 突然変異 細胞質遺伝 人為突然変異 ヒトの遺伝</p>	<p>12 12 8 4 4</p> <p>特に目立った学習困難点は認められない。このことは調査項目2にもあらわれているし、3をみても④</p>	<p>④の疑問が比較的多いし、これは当然な知的要求と思われ、遺伝子の突然変異をDNAの変化におきかえ</p>	<p>1. 致死遺伝子 突然変異 キセニア ④突然変異の発生をDNAで説明</p>	<p>16 15 7 7</p> <p>④にあらわれるように、あるていど突然変異の本質についてふれることは必要であらう。この点後行</p>

トウモロコシ 砂糖性—デンプン性 ♀	トウモロコシ 砂糖性—デンプン性 ♀	倍數性 キセニア 突然変異の利用 ヨハンセンの純系分離の実験 異數性 その他	をのぞいて集中して いる質問がないこと もこれを裏付けてい ると思われる。 。③で突然変異発生の 機構の質問があるの は10で、遺伝子の本 質を学んでいるので 当然ともいえる。D NAにふれて突然変 異がどうやって生ず るかについての現代 生物学の考え方の一 端を話すことも必要 と思われる。	3 3 3 2 2 3 6 4 3 3 5 6 2 16 15 7 4 4 2 2	ヒトの遺伝 ③染色体突然変異のいろいろ 細胞質遺伝 ヨハンセンの純系分離の実験 その他 2. キセニア 細胞質遺伝 突然変異とDNAの変化 致死遺伝子 倍數性 染色体突然変異 その他 3. 突然変異とDNAについて 細胞質遺伝 ④染色体突然変異と表現型 の変化 キセニアについて その他 4. 興味がある むつかしい やさしい ⑤突然変異の原因もわかり そうでおもしろい 模型でよくわかった ヒトの遺伝をくわしく知り たかった その他	6 5 4 3 3 8 7 5 3 2 2 4 3 3 3 3 7 13 7 4 3 3 3 6	組は10で、DNAの ふえ方を述べてある ので好都合であった 。この範囲では模型 による説明は③④が 出ているくらいで、 目立った効果は期待 できないかもしれない。 しかし、時間の 大幅な短縮、動きを 簡単に示せるなどの 効果は無視できない と思う。 。時間のふりわりで深 くふれられなかった ヒトの遺伝について は、生徒の関心が深 いようでも少し時間 をかける必要を感ず る。(遺伝学の応用 についても同じこと がいえよう。) 。個体変異の実習を入 れることも考えられ る。(統計的処理) 。致死遺伝子、キセニ アを抑制遺伝子のつ ぎ、伴性遺伝の前に するものが順当であっ たと思う。
13. 非メンデル性遺伝 細胞質遺伝 オシロイバナの葉の ふ入り	倍數性 キセニア 突然変異の利用 ヨハンセンの純系分離の実験 異數性 その他	をのぞいて集中して いる質問がないこと もこれを裏付けてい ると思われる。 。③で突然変異発生の 機構の質問があるの は10で、遺伝子の本 質を学んでいるので 当然ともいえる。D NAにふれて突然変 異がどうやって生ず るかについての現代 生物学の考え方の一 端を話すことも必要 と思われる。	3 3 3 2 2 3 6 4 3 3 5 6 2 16 15 7 4 4 2 2	ヒトの遺伝 ③染色体突然変異のいろいろ 細胞質遺伝 ヨハンセンの純系分離の実験 その他 2. キセニア 細胞質遺伝 突然変異とDNAの変化 致死遺伝子 倍數性 染色体突然変異 その他 3. 突然変異とDNAについて 細胞質遺伝 ④染色体突然変異と表現型 の変化 キセニアについて その他 4. 興味がある むつかしい やさしい ⑤突然変異の原因もわかり そうでおもしろい 模型でよくわかった ヒトの遺伝をくわしく知り たかった その他	6 5 4 3 3 8 7 5 3 2 2 4 3 3 3 3 7 13 7 4 3 3 3 6	組は10で、DNAの ふえ方を述べてある ので好都合であった 。この範囲では模型 による説明は③④が 出ているくらいで、 目立った効果は期待 できないかもしれない。 しかし、時間の 大幅な短縮、動きを 簡単に示せるなどの 効果は無視できない と思う。 。時間のふりわりで深 くふれられなかった ヒトの遺伝について は、生徒の関心が深 いようでも少し時間 をかける必要を感ず る。(遺伝学の応用 についても同じこと がいえよう。) 。個体変異の実習を入 れることも考えられ る。(統計的処理) 。致死遺伝子、キセニ アを抑制遺伝子のつ ぎ、伴性遺伝の前に するものが順当であっ たと思う。	
14. ヒトの遺伝 ヒトの遺伝の研究の困 難性 ヒトの遺伝の研究方法 ヒトのおもな遺伝形質	倍數性 キセニア 突然変異の利用 ヨハンセンの純系分離の実験 異數性 その他	をのぞいて集中して いる質問がないこと もこれを裏付けてい ると思われる。 。③で突然変異発生の 機構の質問があるの は10で、遺伝子の本 質を学んでいるので 当然ともいえる。D NAにふれて突然変 異がどうやって生ず るかについての現代 生物学の考え方の一 端を話すことも必要 と思われる。	3 3 3 2 2 3 6 4 3 3 5 6 2 16 15 7 4 4 2 2	ヒトの遺伝 ③染色体突然変異のいろいろ 細胞質遺伝 ヨハンセンの純系分離の実験 その他 2. キセニア 細胞質遺伝 突然変異とDNAの変化 致死遺伝子 倍數性 染色体突然変異 その他 3. 突然変異とDNAについて 細胞質遺伝 ④染色体突然変異と表現型 の変化 キセニアについて その他 4. 興味がある むつかしい やさしい ⑤突然変異の原因もわかり そうでおもしろい 模型でよくわかった ヒトの遺伝をくわしく知り たかった その他	6 5 4 3 3 8 7 5 3 2 2 4 3 3 3 3 7 13 7 4 3 3 3 6	組は10で、DNAの ふえ方を述べてある ので好都合であった 。この範囲では模型 による説明は③④が 出ているくらいで、 目立った効果は期待 できないかもしれない。 しかし、時間の 大幅な短縮、動きを 簡単に示せるなどの 効果は無視できない と思う。 。時間のふりわりで深 くふれられなかった ヒトの遺伝について は、生徒の関心が深 いようでも少し時間 をかける必要を感ず る。(遺伝学の応用 についても同じこと がいえよう。) 。個体変異の実習を入 れることも考えられ る。(統計的処理) 。致死遺伝子、キセニ アを抑制遺伝子のつ ぎ、伴性遺伝の前に するものが順当であっ たと思う。	
15. 変異 個体変異 (非遺伝的変 異)	倍數性 キセニア 突然変異の利用 ヨハンセンの純系分離の実験 異數性 その他	をのぞいて集中して いる質問がないこと もこれを裏付けてい ると思われる。 。③で突然変異発生の 機構の質問があるの は10で、遺伝子の本 質を学んでいるので 当然ともいえる。D NAにふれて突然変 異がどうやって生ず るかについての現代 生物学の考え方の一 端を話すことも必要 と思われる。	3 3 3 2 2 3 6 4 3 3 5 6 2 16 15 7 4 4 2 2	ヒトの遺伝 ③染色体突然変異のいろいろ 細胞質遺伝 ヨハンセンの純系分離の実験 その他 2. キセニア 細胞質遺伝 突然変異とDNAの変化 致死遺伝子 倍數性 染色体突然変異 その他 3. 突然変異とDNAについて 細胞質遺伝 ④染色体突然変異と表現型 の変化 キセニアについて その他 4. 興味がある むつかしい やさしい ⑤突然変異の原因もわかり そうでおもしろい 模型でよくわかった ヒトの遺伝をくわしく知り たかった その他	6 5 4 3 3 8 7 5 3 2 2 4 3 3 3 3 7 13 7 4 3 3 3 6	組は10で、DNAの ふえ方を述べてある ので好都合であった 。この範囲では模型 による説明は③④が 出ているくらいで、 目立った効果は期待 できないかもしれない。 しかし、時間の 大幅な短縮、動きを 簡単に示せるなどの 効果は無視できない と思う。 。時間のふりわりで深 くふれられなかった ヒトの遺伝について は、生徒の関心が深 いようでも少し時間 をかける必要を感ず る。(遺伝学の応用 についても同じこと がいえよう。) 。個体変異の実習を入 れることも考えられ る。(統計的処理) 。致死遺伝子、キセニ アを抑制遺伝子のつ ぎ、伴性遺伝の前に するものが順当であっ たと思う。	
ヨハンセン 純系 遺伝的変異 交雜変異 突然変異 遺伝子突然変異 染色体突然変異 數の異常 異數性 倍數性 構造上の異常	倍數性 キセニア 突然変異の利用 ヨハンセンの純系分離の実験 異數性 その他	をのぞいて集中して いる質問がないこと もこれを裏付けてい ると思われる。 。③で突然変異発生の 機構の質問があるの は10で、遺伝子の本 質を学んでいるので 当然ともいえる。D NAにふれて突然変 異がどうやって生ず るかについての現代 生物学の考え方の一 端を話すことも必要 と思われる。	3 3 3 2 2 3 6 4 3 3 5 6 2 16 15 7 4 4 2 2	ヒトの遺伝 ③染色体突然変異のいろいろ 細胞質遺伝 ヨハンセンの純系分離の実験 その他 2. キセニア 細胞質遺伝 突然変異とDNAの変化 致死遺伝子 倍數性 染色体突然変異 その他 3. 突然変異とDNAについて 細胞質遺伝 ④染色体突然変異と表現型 の変化 キセニアについて その他 4. 興味がある むつかしい やさしい ⑤突然変異の原因もわかり そうでおもしろい 模型でよくわかった ヒトの遺伝をくわしく知り たかった その他	6 5 4 3 3 8 7 5 3 2 2 4 3 3 3 3 7 13 7 4 3 3 3 6	組は10で、DNAの ふえ方を述べてある ので好都合であった 。この範囲では模型 による説明は③④が 出ているくらいで、 目立った効果は期待 できないかもしれない。 しかし、時間の 大幅な短縮、動きを 簡単に示せるなどの 効果は無視できない と思う。 。時間のふりわりで深 くふれられなかった ヒトの遺伝について は、生徒の関心が深 いようでも少し時間 をかける必要を感ず る。(遺伝学の応用 についても同じこと がいえよう。) 。個体変異の実習を入 れることも考えられ る。(統計的処理) 。致死遺伝子、キセニ アを抑制遺伝子のつ ぎ、伴性遺伝の前に するものが順当であっ たと思う。	