

## Theme 3

### 세포 대응 추론

#### [교육과정 상 단위 목표]

- 염색 분체의 형성과 분리를 DNA 복제와 세포 분열과 관련지어 이해할 수 있다.
- 생식 세포 형성 과정에서 일어나는 염색체의 조합을 이해한다.

최근 Trend에서 DNA 상대량과 유전자 유무에 관련된 고난도 문항이 출제되고 있고

22학년도 수능에서는 돌연변이와 연결되어 킬러 문항으로 출제되었어.

그렇지만 다른 킬러 문항에 비해 적절한 훈련을 통해 시간을 줄여나갈 수 있는 고마운 단위이야!

#### [출제 유형]

10. 사람의 유전 형질 (가)는 상염색체에 있는 대립유전자 H와 h에 의해, (나)는 X염색체에 있는 대립유전자 T와 t에 의해 결정된다. 표는 세포 I~IV가 갖는 H, h, T, t의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. I~IV 중 2개는 남자 P의, 나머지 2개는 여자 Q의 세포이다. ㉠~㉣은 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이다.

세포	DNA 상대량			
	H	h	T	t
I	㉠	0	㉡	?
II	㉢	㉣	0	㉤
III	?	㉥	㉦	㉧
IV	4	0	2	㉨

22 9평

- (가)~(나)의 유전자는 서로 다른 2개의 상염색체에 있다.
- (가)는 대립유전자 A와 a에 의해, (나)는 대립유전자 B와 b에 의해, (다)는 대립유전자 D와 d에 의해 결정된다.
- P의 유전자형은 AaBbDd이고, Q의 유전자형은 AabbDd이며, P와 Q의 핵형은 모두 정상이다.
- 표는 P의 세포 I~III과 Q의 세포 IV~VI 각각에 들어 있는 A, a, B, b, D, d의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉨은 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이다.

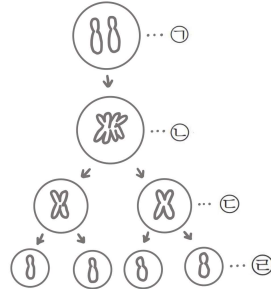
사람	세포	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
P	I	0	1	?	㉠	0	㉡
	II	㉢	㉣	㉤	?	㉥	?
	III	?	㉦	0	㉧	㉨	㉩
Q	IV	㉪	?	?	2	㉫	㉬
	V	㉭	㉮	0	㉯	㉰	?
	VI	㉱	?	?	㉲	㉳	㉴

22 수능

[인강]



세포 대응 추론  
Schema 1  
상대량 간 비율



G<sub>1</sub>기, M<sub>1</sub>기, M<sub>2</sub>기, 생식 세포에서 염색체 이동에 따른 대립유전자 상대량을 추론할 수 있는지 질문하는 문항이 출제되곤 한다. 유전자형이 Aa인 개체에서 나타나는 생식 세포로의 유전자 이동 양상을 정리하면 다음과 같다.

세포	특징	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형
㉠ : G <sub>1</sub> 기		2n	2	Aa
㉡ : M <sub>1</sub> 기		2n	4	Aa (×2)
㉢ : M <sub>2</sub> 기		n	2	AA 또는 aa
㉣ : 생식 세포		n	1	A 또는 a

위 표에서 다음을 알 수 있다.

세포	특징	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형
㉠ : G <sub>1</sub> 기		2n	2	Aa
㉡ : M <sub>1</sub> 기		2n	4	Aa (×2)

**유전자형**

특정 형질에 대한 대립유전자를 기호로 나타낸 것

- ㉠과 ㉡에서 염색체는 Set로 존재한다.
- 즉, ㉠과 ㉡은 어떤 형질에 대한 세포의 유전자형은 개체의 유전자형과 정확하게 동일하다.
- ㉢의 대립유전자 구성은 ㉠의 대립유전자 구성과 동일하고, DNA 상대량은 2배이다.

세포	특징	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형
㉠ : G <sub>1</sub> 기		2n	2	Aa
㉡ : M <sub>1</sub> 기		2n	4	Aa (×2)
㉢ : M <sub>2</sub> 기		n	2	AA 또는 aa
㉣ : 생식 세포		n	1	A 또는 a

- 대립유전자상의 수와 관계없이, 핵 1개당 DNA 상대량의 비는 2:4:2:1이다.

[인강]

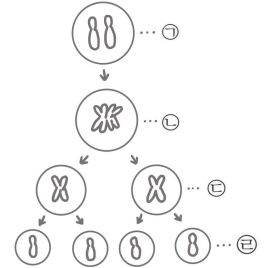


세포 대응 추론  
 Schema 2  
 숫자 내 정보

유전자형이  $AaX^bX^b$ 인 개체에서 나타나는 생식세포의 유전자 이동 양상이 다음과 같다

세포 분열 그림

특징 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량		
				A	a	b
㉠ : $G_1$ 기	$2n$	2	$Aa$	1	1	2
㉡ : $M_1$ 중기	$2n$	4	$Aa (\times 2)$	2	2	4
㉢ : $M_2$ 중기	$n$	2	$AA$ 또는 $aa$	0	2	2
㉣ : 생식 세포	$n$	1	$A$ 또는 $a$	0	1	1



위 표에서 다음을 알 수 있다.

특징 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량		
				A	a	b
㉠ : $G_1$ 기	$2n$	2	$Aa$	1	1	2
㉡ : $M_1$ 중기	$2n$	4	$Aa (\times 2)$	2	2	4
㉢ : $M_2$ 중기	$n$	2	$AA$ 또는 $aa$	0	2	2
㉣ : 생식 세포	$n$	1	$A$ 또는 $a$	0	1	1

- ㉡과 ㉢에서는 동형 접합, 이형 접합과 무관하게 핵 1개당 대립유전자의 DNA 상대량은 짝수이다.
- 어떤 대립유전자 T의 상대량이 4인 칸이 나오면  $G_1$ 기 세포의 유전자형은 TT(동형 접합)이고 이 칸에 대응되는 세포는  $M_1$ 기 중기이다.

**[Remark 1]** 자료에 산발적으로 주어진 정보의 위상을 판단할 때 특수한 것 우선으로 판단하는 게 좋다. 예를 들어 위 숫자 중 가장 정보의 위상이 높은 숫자는 4이며 그 다음은 1이다.

- 4는 ㉡에만 올 수 있는 숫자이고
- 1은 ㉠과 ㉣에만 올 수 있는 숫자
- 2는 ㉠, ㉡, ㉢에 올 수 있는 숫자
- 0은 ㉠~㉣에 모두 올 수 있는 숫자이기 때문이다.

그에 따라 4, 1을 먼저 판단하고  
 2나 0은 판단을 유보하는 게 자료 해석에 유리할 가능성이 높다.

[인강]



세포 대응 추론  
Schema 2  
숫자 내 정보

세포 \ 특징	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량		
				A	a	b
㉠ : G <sub>1</sub> 기	2n	2	Aa	1	1	2
㉡ : M <sub>1</sub> 기	2n	4	Aa (×2)	2	2	4
㉢ : M <sub>2</sub> 기	n	2	AA 또는 aa	0	2	2
㉣ : 생식 세포	n	1	A 또는 a	0	1	1

㉣에서 나올 수 있는 DNA 상대량은 0 또는 1뿐이다.

세포 \ 특징	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량		
				A	a	b
㉠ : G <sub>1</sub> 기	2n	2	Aa	1	1	2
㉡ : M <sub>1</sub> 기	2n	4	Aa (×2)	2	2	4
㉢ : M <sub>2</sub> 기	n	2	AA 또는 aa	0	2	2
㉣ : 생식 세포	n	1	A 또는 a	0	1	1

대립유전자 상대량이 1과 2가 동시에 나올 수 있는 세포는 G<sub>1</sub>기 세포가 유일하다.  
이는 돌연변이와 비분리가 일어나지 않았다면 ㉡과 ㉣에서는 짝수만 나오며,  
㉠에서는 0 또는 1만 나오기 때문이다.

⇒ 돌연변이나 비분리를 고려하지 않을 때  
두 대립유전자에 대해 DNA 상대량의 합이 3(2+1)이면  
대응되는 세포는 반드시 G<sub>1</sub>기 세포이다,

세포 \ 특징	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량		
				A	a	b
㉠ : G <sub>1</sub> 기	2n	2	Aa	1	1	2
㉡ : M <sub>1</sub> 중기	2n	4	Aa (×2)	2	2	4
㉢ : M <sub>2</sub> 중기	n	2	AA 또는 aa	0	2	2
㉣ : 생식 세포	n	1	A 또는 a	0	1	1

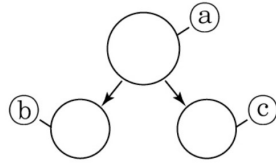
G<sub>1</sub>기에 대립유전자 상대량이 1인 세포는 ㉡과 ㉣이 짝수이고  
G<sub>1</sub>기에 대립유전자 상대량이 2인 세포는 ㉠, ㉡, ㉢이 짝수이다.

[인강]



Schema 3

포함 관계



돌연변이를 고려하지 않을 때

하위 두 세포의 대립유전자 구성의 합은 상위 세포의 대립유전자 구성과 동일하다.

이를 정리하면 다음과 같다.

㉠ : 1행 = 개체의 유전자형이 드러남	
㉡ : 2행 = ㉠의 DNA 상대량 × 2 = 3행 세포들의 대립유전자 구성의 합 = 4행 세포들의 대립유전자 구성의 합	
㉢, ㉣ : 3행 ㉡ = ㉢ + ㉣	
㉤, ㉥, ㉦, ㉧ : 4행 ㉢ = ㉤ + ㉥ ㉣ = ㉦ + ㉧	

이때

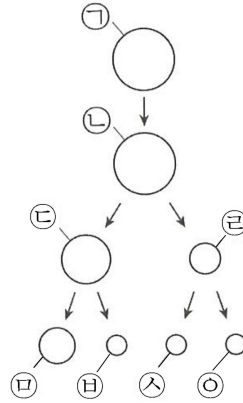
㉡이 3행 대립유전자 구성의 전체 집합이고, ㉢이 ㉤과 ㉥의 전체 집합이므로 ㉡에서 0이면 하위 세포들도 0이고, ㉢에서 1이면 상위 세포들도 1 이상이다.

세포	특징	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량			
					A	a	B	b
㉠ : G <sub>1</sub> 기		2n	2	Aa	1	1	0	2
㉡ : M <sub>1</sub> 중기		2n	4	Aa (×2)	2	2	0	4
㉢ : M <sub>2</sub> 중기		n	2	AA 또는 aa	0	2	0	2
㉤ : 생식 세포		n	1	A 또는 a	0	1	0	1

[인강]



세포 대응 추론  
 Schema 4  
 포함 관계



상동 염색체가 분리될 때  
 동형 접합의 경우 두 하위 세포에 모두 같은 대립유전자가 전달되지만  
 이형 접합인 경우 두 하위 세포의 대립유전자 구성이 다르게 나타난다.

이를 DNA 상대량과 대립유전자 유무로 나타내면 다음과 같다.

[DNA 상대량]

특징 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량			
				A	a	B	b
㉠ : G <sub>1</sub> 기	2n	2	Aa	1	1	0	2
㉡ : M <sub>1</sub> 중기	2n	4	Aa (×2)	2	2	0	4
㉢ : M <sub>2</sub> 중기	n	2	AA 또는 aa	0	2	0	2
㉣ : M <sub>2</sub> 중기	n	2	aa 또는 AA	2	0	0	2
㉤ : 생식 세포	n	1	A 또는 a	0	1	0	1

[유전자 유무]

특징 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량			
				A	a	B	b
㉠ : G <sub>1</sub> 기	2n	2	Aa	○	○	×	○
㉡ : M <sub>1</sub> 중기	2n	4	Aa (×2)	○	○	×	○
㉢ : M <sub>2</sub> 중기	n	2	AA 또는 aa	×	○	×	○
㉣ : M <sub>2</sub> 중기	n	2	aa 또는 AA	○	×	×	○
㉤ : 생식 세포	n	1	A 또는 a	×	○	×	○

[인강]



세포 대응 추론  
 Schema 4  
 포함 관계

특징 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	유전자 유무			
				A	a	B	b
㉠ : G <sub>1</sub> 기	2n	2	Aa	○	○	×	○
㉡ : M <sub>1</sub> 중기	2n	4	Aa (×2)	○	○	×	○
㉢ : M <sub>2</sub> 중기	n	2	AA 또는 aa	×	○	×	○
㉣ : M <sub>2</sub> 중기	n	2	aa 또는 AA	○	×	×	○
㉤ : 생식 세포	n	1	A 또는 a	×	○	×	○

2n인 세포의 유전자형은 개체의 유전자형과 동일하고

특징 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량			
				A	a	B	b
㉠ : G <sub>1</sub> 기	2n	2	Aa	○	○	×	○
㉡ : M <sub>1</sub> 중기	2n	4	Aa (×2)	○	○	×	○
㉢ : M <sub>2</sub> 중기	n	2	AA 또는 aa	×	○	×	○
㉣ : M <sub>2</sub> 중기	n	2	aa 또는 AA	○	×	×	○
㉤ : 생식 세포	n	1	A 또는 a	×	○	×	○

㉢이나 ㉣의 대립유전자 구성은 ㉡에 포함된다.

[일부 칸 감춤]

특징 세포	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	DNA 상대량			
				A	a	B	b
㉠ : G <sub>1</sub> 기	2n	2	Aa	○	○	×	○
㉡ : M <sub>1</sub> 중기	2n	4	Aa (×2)	?	○	?	○
㉢ : M <sub>2</sub> 중기	n	2	AA 또는 aa	×	○	×	○

개체가 갖고 있는 대립유전자 중 일부가 없으면 핵상이 n이다.

⇒ 대립유전자 줄에서 ○와 ×가 동시에 나타나면 ×가 나타난 칸의 세포는 핵상이 n이다.

[인강]



세포 대응 추론  
 Schema 5  
 상동 염색체

세포	특징	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	유전자 유무			
					A	a	B	b
㉠ : G <sub>1</sub> 기		2n	2	Aa	○	○	×	○
㉡ : M <sub>1</sub> 중기		2n	4	Aa (×2)	○	○	×	○
㉢ : M <sub>2</sub> 중기		n	2	AA 또는 aa	×	○	×	○
㉣ : M <sub>2</sub> 중기		n	2	aa 또는 AA	○	×	×	○
㉤ : 생식 세포		n	1	A 또는 a	×	○	×	○

어떤 세포가  $n$ 개의 대립유전자 중  $\frac{n}{2}$ 개를 초과하여 가질 경우에는 적어도 한 쌍 이상의 상동 염색체를 갖게 된다.

상동 염색체 쌍이 존재하면 핵상이  $2n$ 이므로 절반을 기준으로 유무 수가 절반을 초과하는 세포의 핵상은  $2n$ 이다.

⇒  $\frac{n}{2}$  미만 또는  $\frac{n}{2}$  초과인 경우 핵상이 결정된다.

⇒  $\frac{n}{2}$  일 때는 추가 조건까지 판단해야 한다.

[인강]





세포 대응 추론  
Schema 6  
배반 사건

세포	특징	핵상	핵 1개당 DNA 상대량	유전자형	유전자 유무			
					A	a	B	b
㉠ : G <sub>1</sub> 기		2n	2	Aa	○	○	×	○
㉡ : M <sub>1</sub> 중기		2n	4	Aa (×2)	○	○	×	○
㉢ : M <sub>2</sub> 중기		n	2	AA 또는 aa	×	○	×	○
㉣ : M <sub>2</sub> 중기		n	2	aa 또는 AA	○	×	×	○
㉤ : 생식 세포		n	1	A 또는 a	×	○	×	○

핵상이 n이면 상동 염색체 쌍이 존재하지 않는다.

즉, 성염색체 유전에서 남성에서 나타나는 “모두 ×”의 특수한 경우를 배제하고는 한 대립유전자의 유무가 ×이면 다른 대립유전자의 유무는 ○이고 한 대립유전자의 유무가 ○이면 다른 대립유전자의 유무는 ×이다.

그에 따라 포함 관계를 통해 핵상이 n인 세포를 파악한 후, 상동 염색체 쌍이 존재하지 않는다는 논리를 활용한 유전자형의 역추적이 최근에 많이 출제되고 있다.

[예제]

유전자	I의 세포		
	(가)	(나)	(다)
㉠	○	○	○
㉡	○	○	×
㉢	○	×	○
㉣	×	×	×

- 유전 형질 ㉠은 2쌍의 대립 유전자 E와 e, F와 f에 의해 결정된다.
- E와 e는 9번 염색체에, F와 f는 X 염색체에 존재한다.
- ㉠~㉣은 E, e, F, f를 순서 없이 나타낸 것이다.

[정오 판단]

- ㉠은 ㉣의 대립유전자이다. (○ / ×)

[인강]



세포 대응 추론  
 Schema 6  
 배반 사건

유전자	I의 세포		
	(가)	(나)	(다)
㉠	○	○	○
㉡	○	○	×
㉢	○	×	○
㉣	×	×	×

(나)는 (가)에 있는 유전자 ㉢이 없고,  
 (다)는 (가)에 있는 유전자 ㉡이 없으므로  
 (나)와 (다)의 핵상은  $n$ 이다.

유전자	I의 세포		
	(가)	(나)	(다)
㉠	○	○	○
㉡	○	○	×
㉢	○	×	○
㉣	×	×	×

유전자 ㉠과 ㉡은 핵상이  $n$ 인 세포에 함께 있으므로 대립유전자 관계가 아니다.

유전자	I의 세포		
	(가)	(나)	(다)
㉠	○	○	○
㉡	○	○	×
㉢	○	×	○
㉣	×	×	×

유전자 ㉠과 ㉢은 핵상이  $n$ 인 세포에 함께 있으므로 대립유전자 관계가 아니다.

∴ ㉠은 ㉣의 대립유전자이다.  
 ⇒ ㉡은 ㉢의 대립유전자이다.

㉠은 ㉢의 대립유전자이다. (○ / ×)

[인강]



세포 대응 추론  
 Schema 7  
 특수한 양상

특징 세포	유전자 유무			
	㉠	㉡	㉢	㉣
(가)	○	×	×	×

N개의 유전자 중 N/2개 미만의 유전자를 갖는 세포 (가)는 남성의 세포이며, ㉠은 상염색체 위 유전자이다.

상염색체 위 유전자는 반드시 한 쌍 중 하나의 대립유전자 이상이 있고  
 성염색체 위 유전자는 성별이 남성인 경우, 핵상이 n이고 Y염색체가 왔을 때 X염색체 위에 있는 대립유전자가 나타나지 않을 수 있기 때문이다.

이러한 양상의 세포를 실마리로 여러 단서를 조합하여 문항의 상황을 풀어가곤 한다.

[예제]

유전자	I의 세포			II의 세포		
	(가)	(나)	(다)	(라)	(마)	(바)
㉠	○	○	○	○	○	×
㉡	○	○	×	○	×	○
㉢	○	×	○	×	×	×
㉣	×	×	×	○	×	○

- 유전 형질 ㉣는 2쌍의 대립 유전자 E와 e, F와 f에 의해 결정된다.
- E와 e는 9번 염색체에, F와 f는 X 염색체에 존재한다.
- ㉠~㉣은 E, e, F, f를 순서 없이 나타낸 것이다.

[정오 판단]

- I의 ㉣에 대한 유전자형은 EeFF이다. (○ / ×)

[인강]



세포 대응 추론  
 Schema 7  
 특수한 양상

유전자	I의 세포			II의 세포		
	(가)	(나)	(다)	(라)	(마)	(바)
㉠	○	○	○	○	○	×
㉡	○	○	×	○	×	○
㉢	○	×	○	×	×	×
㉣	×	×	×	○	×	○

㉠은 상염색체 위에 있는 유전자이며, F와 f는 X염색체 위에 존재하는 유전자이므로 (마)는 Y염색체를 갖는 핵상 n의 세포이다.

유전자	I의 세포			II의 세포		
	(가)	(나)	(다)	(라)	(마)	(바)
㉠	○	○	○	○	○	×
㉡	○	○	×	○	×	○
㉢	○	×	○	×	×	×
㉣	×	×	×	○	×	○

유전자 ㉢ 행에서 (가)는 ○이고 (나)는 ×이므로 (나)의 핵상은 n이고  
 유전자 ㉡ 행에서 (가)는 ○이고 (다)는 ×이므로 (다)의 핵상도 n이다.

유전자	I의 세포			II의 세포		
	(가)	(나)	(다)	(라)	(마)	(바)
㉠	○	○	○	○	○	×
㉡	○	○	×	○	×	○
㉢	○	×	○	×	×	×
㉣	×	×	×	○	×	○

핵상이 n인 (나)에서 ㉠과 ㉡이 공존하므로 ㉠과 ㉡은 대립유전자 관계에 있지 않고  
 핵상이 n인 (다)에서 ㉠과 ㉢이 공존하므로 ㉠과 ㉢은 대립유전자 관계에 있지 않다.

따라서 ㉠과 ㉢이 상염색체 위에 있는 대립유전자 관계에 있고,  
 ㉡과 ㉢이 X염색체 위에 있는 대립유전자 관계에 있다.

[인강]



세포 대응 추론  
 Schema 7  
 특수한 양상

유전자	I의 세포			II의 세포		
	(가)	(나)	(다)	(라)	(마)	(바)
㉠	○	○	○	○	○	×
㉡	○	○	×	○	×	○
㉢	○	×	○	×	×	×
㉣	×	×	×	○	×	○

㉡과 ㉢이 X염색체 위에 있는 대립유전자 관계에 있으므로  
 I은 X염색체를 쌍으로 갖는다.

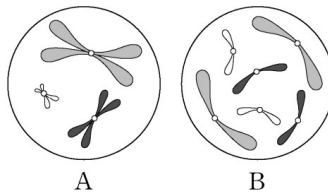
∴ I은 여자이다.

∴ I의 ㉠에 대한 유전자형은 EeFF이 아니라 EEff 또는 eeFf이다.

- I의 ㉠에 대한 유전자형은 EeFF이다. (○ / ×)

[예제]

유전자	I의 세포		II의 세포	
	(가)	(나)	(다)	(라)
㉠	×	○	×	×
㉡	×	×	×	○
㉢	○	○	×	○
㉣	○	○	○	×



- 같은 종인 동물(2n=6) I과 II
- A와 B는 각각 I과 II의 세포 중 하나
- ㉠~㉣은 H, h T, t를 순서 없이 나타낸 것

[정오 판단]

- (라)에는 X염색체가 있다. (○ / ×)

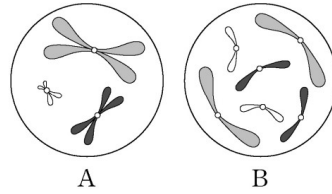
[인강]



세포 대응 추론

Schema 7

특수한 양상



B의 성염색체 조합이 XX이므로, 같은 종 A의 성염색체 조합은 Y  
따라서 B는 암컷, A는 수컷의 세포

유전자	I의 세포		II의 세포	
	(가)	(나)	(다)	(라)
㉠	×	○	×	×
㉡	×	×	×	○
㉢	○	○	×	○
㉣	○	○	○	×

㉣은 상염색체 위에 있는 유전자이며, (마)는 Y염색체를 갖는 핵상 n의 세포이다.  
따라서 A는 II의 세포이다.

유전자	I의 세포		II의 세포	
	(가)	(나)	(다)	(라)
㉠	×	○	×	×
㉡	×	×	×	○
㉢	○	○	×	○
㉣	○	○	○	×

유전자 ㉠ 행에서 (나)는 ○이고 (가)는 ×이므로 (가)의 핵상은 n이고  
유전자 ㉣ 행에서 (다)는 ○이고 (라)는 ×이므로 (라)의 핵상도 n이다.

유전자	I의 세포		II의 세포	
	(가)	(나)	(다)	(라)
㉠	×	○	×	×
㉡	×	×	×	○
㉢	○	○	×	○
㉣	○	○	○	×

핵상이 n인 (가)에서 ㉢과 ㉣이 공존하므로 ㉢과 ㉣은 대립유전자 관계에 있지 않고  
핵상이 n인 (다)에서 ㉡과 ㉢이 공존하므로 ㉡과 ㉢은 대립유전자 관계에 있지 않다.

따라서 ㉢과 ㉠이 X염색체 위에 있는 대립유전자 관계에 있고,  
㉡과 ㉣이 상염색체 위에 있는 대립유전자 관계에 있다.

[정오 판단]

- (라)에는 X염색체가 있다.

㉢과 ㉠이 X염색체 위에 있는 대립유전자 관계에 있고  
(라)는 ㉢이 있으므로 (라)에는 X염색체가 있다.

- (라)에는 X염색체가 있다. (○ / ×)

[인강]

