

Part 02 세포 분열

이번 PART부터는 별도의 GUIDELINE은 다루지 않으며 본격적으로 유전 문항이 출제되는 방식과 구체적인 METHOD를 다룬다. 출제되는 문항은 두 문항으로, 핵형 분석 유형과 감수 분열 유형이 있다.

특히 감수 분열 유형은 주요 준킬러 문항으로 출제되고 이를 어려워하는 학습자도 많기에 그 내용을 차분하게 정리하고 문항으로 연습하는 것이 중요하다.

이번 PART는 다음 두 개의 THEME로 구성된다.

- ① THEME 01 : 핵형 분석
- ② THEME 02 : 감수 분열

THEME마다 그 특징이 매우 뚜렷하므로 하나씩 잘 정리하도록 하고, 예제와 유제를 꼭 전부 다루길 바란다. 또, 꾸준히 복습하는 것이 매우 중요하다. 어느 정도 정리가 되면 추가적인 N제 등을 통해 많은 문항을 풀며 연습했으면 한다.

| THEME 01. 핵형 분석

IDEA.

핵형 분석은 저번 교육과정부터 지금까지 **꾸준히 출제되어왔던 주요 자료해석형 유형**이다.

모든 시험에 반드시 출제되지는 않는다.

염색체와 핵형에 대해 묻는 가벼운 개념형 문항으로 출제되기도 한다.

추론의 깊이가 깊지 않아 어려워하는 학습자가 많지 않고 시험지에서도 간단하게 풀고 넘어갈 수 있는 유형이지만, 최근의 흐름에서는 **문항 구성이 다양해지고 풀이의 호흡도 길어지고 있다.**

METHOD를 통해 구체적인 사고 순서를 점검하고, 기존의 평가원 문항들을 차례대로 풀어보며 STANDARD한 구성에 익숙해지자. 최근의 트렌드에 맞춰 문항의 Variation 요소도 정리해두었으니 확인하고 넘어가기를 바란다.

METHOD #0. 【핵형 분석】 문항 분석

기존의 【핵형 분석】 유형의 문항 구성은 다음과 같다.

- (1) 서로 같거나 다른 종의 개체 2~3마리와 세포 2~5개가 제시됨
- (2) 각 세포의 염색체의 수, 모양, 크기가 모두 공개됨
- (3) 특정 개체의 유전자형이 일부 공개될 수 있음
(유전자형의 제시는 하나의 종에 대해서만 가능하다.)

→ 각 개체의 종, 성별, 세포를 Matching

주어진 자료를 바탕으로 각 개체의 종, 성별, 세포를 Matching 하면 된다.
기본적으로 주어지는 자료는 각 세포의 핵형에 대한 정보다.
문항에 따라 각 개체의 유전자형이 일부 공개되어 조건으로 쓰일 수 있다.

그러나 최근에는 평가원에서 【핵형 분석】의 문항 구성에도 variation을 주기 시작했다.
최근 변화된 대표적인 문항 구성은 다음과 같다.

- (1) 서로 같거나 다른 종의 개체 2~3마리와 세포 2~5개가 제시됨
- (2) 각 세포의 염색체의 수, 모양, 크기가 모두 공개됨 → 일부가 미공개됨 : [220914], [231116]
- (3) 유전자형이 일부 공개될 수 있음 → 핵형보다 유전자형 중심의 사고가 강화됨 : [220619]

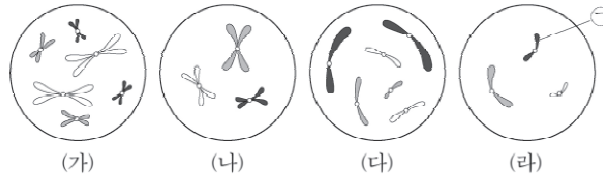
→ 각 개체의 종, 성별, 세포를 Matching

Main 자료인 핵형이 일부 미공개됨으로서 추론적인 요소가 강화된 문제가 두 차례나 출제되었고,
2022학년도 6월 평가원 모의고사에서는 핵형보다 유전자형이 문제 풀이의 주요 사고 과정이었다.
이와 같은 변화에 대하여 【핵형 분석】 유형의 올바른 사고 순서를 정립하고 평가원 전 문항을 정리했으니
예제와 유제를 풀어보며 충분히 연습하자.

METHOD #1. 세포 분석

개체의 종, 성별, 세포를 각각 Matching 하기 위해 먼저 주어진 자료를 정리하자.
 자료에서 유의미하게 사용할 수 있는 정보는 염색체의 수, 모양, 크기를 바탕으로 한 핵형이다.
 핵형을 통해 각 세포에 대하여 정리하자.

11. 그림은 서로 다른 종인 동물($2n=?$) A~C의 세포 (가)~(라) 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. (가)~(라) 중 2개는 A의 세포이고, A와 B의 성은 서로 다르다. A~C의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.



- (1) 가장 큰 염색체를 비교하자. **가장 큰 염색체가 다른 색이거나 크기가 다른 세포들은 서로 다른 종이다.**
- (2) 마지막으로 Y 염색체의 유무를 같은 종에서 다른 세포와의 비교를 통해 확인한다.
Y 염색체가 확인되면 XY다.³⁾
 $2n$ 세포에서 **서로 다르게 생긴 상동 염색체 쌍이 있는 경우에는 Y 염색체를 바로 확인할 수 있다.**⁴⁾

판단 기준 (염색체의 수, 모양, 크기)	
가장 큰 염색체의 색은 무엇인가?	종 구분
Y 염색체가 존재하는가?	성 결정

유전자형 조건이 있다면 Case가 제한된다. 이 문항에서 유전자형에 대한 조건은 존재하지 않는다.

판단 기준 (유전자형)	
특정 대립유전자가 존재할 수 있는가?	정보 없음

다음과 같이 세포에 대해 정리하자.

구분	종	성
(가)	흰색	XX
(나)	회색	?
(다)	검은색	XY
(라)	회색	XY

3) X 염색체의 유무는 성을 결정해주지 않는다.
 4) 참고로 지금까지는 X와 Y는 모양은 달라도 염색체 색은 같게 제시되었다.

METHOD #2. 개체 분석

구분	종	성
(가)	흰색	XX
(나)	회색	?
(다)	검은색	XY
(라)	회색	XY

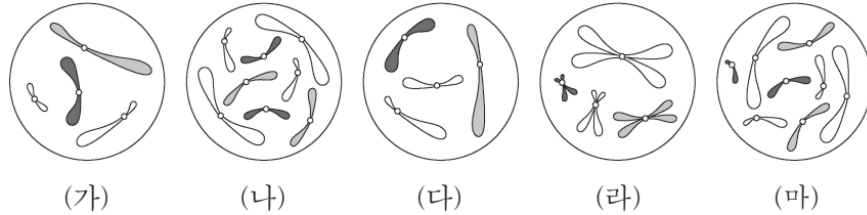
정리한 세포에 대한 정보와 문제의 조건을 바탕으로 개체를 분석하자.

(가)~(라) 중 2개는 A의 세포이고, A와 B의 성은 서로 다르다.

구분	세포	종	성
A	(나), (라)	회색	XY
B	(가)	흰색	XX
C	(다)	검은색	XY

예제(1) 2019학년도 6월 평가원 6번

그림은 세포 (가)~(마) 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. (가)~(마)는 각각 서로 다른 개체 A, B, C의 세포 중 하나이다. A와 B는 같은 종이고, B와 C는 수컷이다. A~C는 $2n = 8$ 이며, A~C의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

<보 기>

- ㄱ. (라)는 B의 세포이다.
- ㄴ. (가)와 (다)는 같은 개체의 세포이다.
- ㄷ. 세포 1개당 $\frac{\text{X염색체 수}}{\text{상염색체 수}}$ 의 값은 (나)가 (마)의 2배이다.



METHOD #1. 세포 분석

핵형 자료를 바탕으로 세포를 먼저 분석하자. 유전자형에 대한 조건은 존재하지 않으므로 염색체의 수, 모양, 크기를 바탕으로 판단한다.

구분	종	성
(가)	회색	XY
(나)	흰색	XX
(다)	회색	?
(라)	흰색	XY
(마)	흰색	XY

→ 세포 (가)와 (라)의 성이 XY로 결정되는 이유 : (마)에서 '흰색' 종의 Y 염색체의 모양을 확인할 수 있고, '회색' 종에 해당하는 (가)와 (다)의 비교를 통해 상동 염색체 중 모양이 서로 다른 흰색 염색체를 확인할 수 있다. 즉, (가)와 (라) 같은 n세포 에서는 다른 세포와의 비교를 통해 Y 염색체의 유무를 알 수 있다.

METHOD #2. 개체 분석

추가 조건을 바탕으로 세포와 개체를 Matching 하자.
A와 B는 같은 종이고, B와 C는 성이 XY다.

세포 분석에서 (나)가 '흰색' 종에서 성이 XX인 개체의 세포임을 알 수 있었다.
B와 C는 XY이므로 (나)는 A의 세포이다. A와 B는 같은 종이므로 B는 '흰색' 종의 XY 개체이다.

개체에 대해 정리하자.

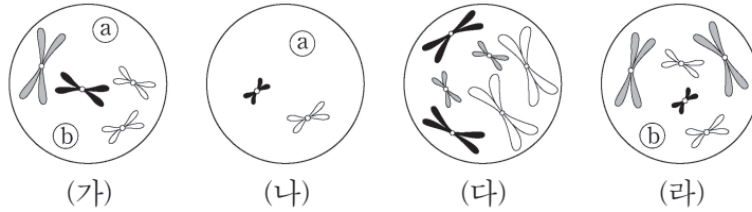
구분	성	종	세포
A	XX	흰색	(나)
B	XY	흰색	(라), (마)
C	XY	회색	(가), (다)

- ㄱ. (라)는 B의 세포이다. (○)
- ㄴ. (가)와 (다)는 모두 C의 세포이다. (○)
- ㄷ. $2n = 8$ 이므로 세포 1개당 $\frac{X \text{ 염색체 수}}{\text{상염색체 수}}$ 의 값은 (나)가 $\frac{1}{3}$, (마)가 $\frac{1}{6}$ 이다. (○)

정답 : ㄱ, ㄴ, ㄷ

예제(2) 2022학년도 9월 평가원 14번

그림은 동물($2n = 6$) I~III의 세포 (가)~(라) 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. I~III은 2가지 종으로 구분되고, (가)~(라) 중 2개는 암컷의, 나머지 2개는 수컷의 세포이다. I~III의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다. 염색체 ㉠과 ㉡ 중 하나는 상염색체이고, 나머지 하나는 성염색체이다. ㉠과 ㉡의 모양과 크기는 나타내지 않았다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

<보 기>

- ㄱ. ㉠은 X 염색체이다.
- ㄴ. (나)는 암컷의 세포이다.
- ㄷ. (가)를 갖는 개체와 (다)를 갖는 개체의 핵형은 같다.



METHOD #1. 세포 분석

핵형 자료를 바탕으로 세포를 먼저 분석하자.

염색체 ㉓와 ㉔가 공개되지 않아, 완벽하게 세포를 분석하기 어렵다.

다만, (가), (나), (라)는 모두 ㉓ 혹은 ㉔가 존재하므로, 같은 종임을 알 수 있다.

서로 다른 종의 개체에는 같은 염색체가 존재할 수 없기 때문이다.

두 가지 종으로 구분된다고 하였으므로 종은 모두 결정된다.

세포에 대해 알 수 있는 부분을 정리하자.

구분	종	성
(가)	회색	?
(나)	회색	?
(다)	흰색	XX
(라)	회색	?

(가), (나), (라)를 '회색' 종으로 결정지을 수 있는 것은 (라)를 보았을 때,

㉓는 검은색 염색체가 되어야 함을 알 수 있기에

(라)의 종에 대해서 크기가 가장 큰 염색체는 회색 염색체가 되는 것이다.

성염색체를 포함한 일부 염색체가 공개되지 않았으므로 ㉓와 ㉔를 결정하여 성염색체를 따져야 한다.

'회색' 종의 세포 (가), (나), (라) 간의 비교를 통해 검은색 염색체가 서로 모양이 다를 수 있으므로, 검은색 염색체는 성염색체이다. (나)와 (라)에는 Y 염색체가 존재한다.⁵⁾

(가)~(라) 중 2개는 암컷의, 나머지 2개는 수컷의 세포라는 점을 이용하여 세포에 대해 정리하자.

구분	종	성
(가)	회색	XX
(나)	회색	XY
(다)	흰색	XX
(라)	회색	XY

5) 사람이 아니기 때문에 무조건 X 염색체가 Y 염색체보다 크다고 단정지을 수는 없으나, X 염색체가 Y 염색체보다 더 크다고 전제한다.

METHOD #2. 개체 분석

개체에 대해 정리하자.

	종	세포
개체	회색	(가)
개체	회색	(나), (라)
개체	흰색	(다)

마지막으로, ㉔와 ㉕를 결정하자.

(라)에서 수컷의 $2n$ 세포이므로 XY를 모두 가져야 한다. ㉔는 '회색' 종의 X 염색체이다.

㉔는 상염색체이다. '회색' 종에서 크기가 가장 큰 회색 염색체에 해당한다.

ㄱ. ㉔는 X 염색체이다. (○)

ㄴ. (나)는 수컷의 세포이다. (X)

ㄷ. (가)를 갖는 개체와 (나)를 갖는 개체는 종은 같으나 성이 서로 다르므로 핵형이 다르다. (X)

정답 : ㄱ