

Schema 1

염기 수 Counting

[출제 문항 예시]

DNA 염기 서열을 제시한 후, 특정 염기 서열의 위치 추론을 요구하였다.

제한 효소

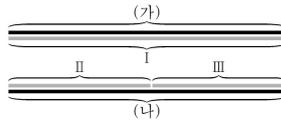
특정 염기 서열을 인식하여 DNA를 선택적으로 절단하는 효소

인식 서열의 특징



제한 효소가 인식하는 염기 서열은 점대칭(회문 구조)이다.

- (가)와 (나)는 복제 주형 가닥이고, 서로 상보적이다.
- (나)는 29개의 염기로 구성되고, 염기 서열은 다음과 같다.
①과 ②는 각각 5' 말단과 3' 말단 중 하나이다.
① -CTGACGAACAGACTTGAGGTCGCGACTGA-②
- I~III는 새로 합성된 가닥이고, II가 III보다 먼저 합성되었다.
- II와 (나) 사이의 염기쌍의 수와 III과 (나) 사이의 염기쌍의 수의 합은 29이다.
- II는 프라이머 X를, III은 프라이머 Y를 가진다.
- X와 Y는 각각 4개의 염기로 구성되고, X와 Y 중 하나의 염기 서열은 5'-UCAG-3'이다.
- II와 III 각각에서 디옥시리보스를 포함하는 뉴클레오타이드의 피리미딘 계열 염기의 개수는 7개이다.



20학년도 6월 평가원

- x는 31개의 염기쌍으로 이루어져 있고, x 중 한 가닥의 염기 서열은 다음과 같다. ①~④은 A, C, G, T를 순서 없이 나타낸 것이다.
5-①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺-3
- 그림은 제한 효소 BamHI, BglII, EcoRI, SmaI 이 인식하는 염기 서열과 절단 위치를 나타낸 것이다.
5'-GGATCC-3' 5'-AGATCT-3' 5'-GAATTC-3' 5'-CCCGGG-3'
3'-CCTAGC-5' 3'-TCTAGA-5' 3'-CTTAAG-5' 3'-GGGCCC-5'
BamHI BglII EcoRI SmaI
[: 절단 위치]

[실험 과정 및 결과]

- (가) 제한 효소 반응에 필요한 물질과 x가 들어 있는 시험관 I~V를 준비한다.
- (나) (가)의 I~V에 표와 같이 제한 효소를 첨가하여 반응시킨다. V에 첨가한 제한 효소는 BamHI, BglII, EcoRI, SmaI 중 2가지이다.
- (다) (나)의 결과 생성된 DNA 조각 수와 각 DNA 조각의 염기 수를 확인한 결과는 표와 같다.

시험관	I	II	III	IV	V
첨가한 제한 효소	BamHI	BglII	EcoRI	SmaI	?
생성된 DNA 조각 수	2	2	2	3	3
생성된 각 DNA 조각의 염기 수	?	?	?	20, 20, 22	8, 24, 30

21학년도 수능

다음에 유의하여 염기 수를 Counting하면 문제 해제에 유리하다.

- 주형 가닥 염기 수
- 직접 vs 나머지
- 5개씩
- 제한 효소는 점대칭

예를 들어보자.

염기 조성 추론 - 위치 추론

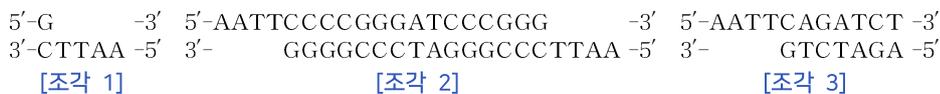
Schema 1

염기 수 Counting

31개의 염기쌍으로 구성된 이중 가닥 DNA x를 제한 효소 EcoR I가 절단하는 상황을 가정하자.



DNA x는 다음과 같이 절단된다.



조각 1의 염기 개수는 6개임을 한 눈에 알 수 있다.

조각 3의 염기 개수를 Counting해보자.



이중 가닥인 부분부터 염기쌍을 5개씩 끊어세면 염기가 10개 있는 것을 알 수 있다.
(∵ 5개씩 카운팅)

아래 두 조각의 염기 개수는 제한 효소의 성질에 의해 정확하게 동일하다.



따라서 눈으로 개수를 인식할 때 다음과 같이 인식할 수 있다.



∴ 조각 3은 18개의 염기로 구성

마지막 남은 조각 2의 개수를 직접 점대칭과, 5개씩 Counting을 이용하여 개수를 세면 아래와 같다.



∴ 조각 2는 38개의 염기로 구성

(∵ 직접)

점착성 말단



DNA 조각의 점착성 말단이 서로 상보적이면 DNA 연결 효소에 의해 서로 연결될 수 있다.

이는 제한 효소 ①에 의해 생성된 DNA 조각과 제한 효소 ②에 의해 생성된 DNA 조각도 두 DNA 조각의 점착성 말단이 상보적이면 서로 연결될 수 있다는 것을 포함한다.

(∵ 점대칭)

조각 2의 염기 개수를 나머지의 관점으로 파악해보자.

앞서 이중 가닥 DNA x 는 31개의 염기쌍으로 구성되어 있다고 제시되어 있다.

그에 따라 조각 2의 개수를 다음과 같이 Counting할 수 있다.

⇒ 62-(조각 1의 염기 개수)-(조각 3의 염기 개수)

⇒ 62-6-18(개)

⇒ 38(개)

∴ 개수가 상대적으로 적으면 “직접” 세는게 유리

개수가 상대적으로 많으면 “나머지”로 판단하는 게 유리

다음은 이중 가닥 DNA X 와 X 위에 있는 유전자 x 에 대한 자료이다.

- 가닥 ㉠과 ㉡으로 구성된 X 의 염기 서열은 다음과 같다.



- x 에 포함된 염기 중 A의 비율은 0.25이고, x 에서 염기 사이의 수소 결합 총개수는 60개이다.

[구하는 것] x 에서 ㉠ 기준 3' 말단으로부터 7번째 뉴클레오타이드의 염기는?

염기 조성 추론 - 위치 추론

Schema 1

염기 수 Counting

앞서 풀었던 문제의 논리를 배운 내용을 상기하며 다시 살펴보자.

[해제]

2중 가닥 DNA에서 A의 비율이 0.25이므로
모든 염기의 비율이 동일하다.

\therefore AT 염기쌍 수 = GC 염기쌍 수

유전자 x 부분에서 염기 사이의 수소 결합 총개수는 60개이므로
 $2 \times (\text{AT 염기쌍 수}) + 3 \times (\text{GC 염기쌍 수}) = 60$ 개 이다.

따라서 x 부분의 AT 염기쌍 수와 GC 염기쌍 수는 12쌍이다.

$\therefore x$ 의 염기쌍 수 = 24쌍

x 의 좌위를 알아내기 위해 AT 염기 또는 GC 염기를 Counting해보자.

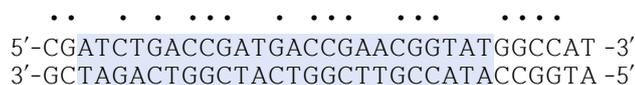


5쌍씩 끊어세면 DNA X의 총 염기쌍 개수는 32쌍이고
한 가닥의 G+C 염기 개수를 세면 18개인 것을 알 수 있다.

따라서 DNA X는 AT 염기쌍 14쌍, GC 염기쌍 18쌍으로 구성된다.

AT 염기쌍 12쌍, GC 염기쌍 12쌍인 부분이 등장하려면
양쪽 말단에서 AT 염기쌍 2쌍과 GC 염기쌍 6쌍이 빠져야 한다.

따라서 유전자 x 의 좌위는 다음과 같다.



$\therefore x$ 에서 ① 기준 3' 말단으로부터 7번째 뉴클레오타이드의 염기는 아데닌(A)이다.

AT 염기쌍 12쌍, GC 염기쌍 12쌍을 직접 세는 것보다는
AT 염기쌍 2쌍, GC 염기쌍 6쌍을 파악하여 제외하는 게 더 유리함을 한 눈에 알 수 있다.

[문제 63 - 16학년도 수능 변형]

다음은 이중 가닥 DNA X와 X 위에 있는 유전자 x 에 대한 자료이다.

- 가닥 ㉠과 ㉡으로 구성된 X의 염기 서열은 다음과 같다.



- x 에 포함된 염기 중 A의 비율은 0.25이고, x 에서 염기 사이의 수소 결합 총개수는 60개이다.

문제 63

앞서 푼 문제 22와 동일하나 처음 풀었을 때와 다르게 속도와 정확성 면에서 향상되었음을 체감하길 바라며 수록하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고르시오.

< 보 기 >

- ㄱ. x 의 염기쌍 수는 24쌍이다.
 ㄴ. x 에서 ㉠ 기준 3' 말단으로부터 7번째 뉴클레오타이드의 염기는 아데닌(A)이다.
 ㄷ. X의 수소 결합 총개수는 82개이다.

[문제 64 - 17학년도 수능 변형]

다음은 이중 가닥 DNA X와 X 위에 있는 유전자 x 에 대한 자료이다.

- 이중 가닥 DNA X에서 한 가닥의 염기 서열은 다음과 같다.



- x 에 ㉠-TGGAAC와 ㉡-ACATCG의 염기 서열이 포함된다. ㉠과 ㉡은 각각 5' 말단과 3' 말단 중 하나이다.
 ○ x 에서 염기 사이의 수소 결합 총개수는 59개이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고르시오.

< 보 기 >

- ㄱ. x 의 염기쌍 수는 23쌍이다.
 ㄴ. ㉠은 5' 말단이다.
 ㄷ. ㉡은 3' 말단이다.

[문제 63 해설] [답] ㄱ, ㄴ, ㄷ

[해설]

문제 22와 동일하며 위치 추론 Schema 1에 본 문항의 논리가 제시되어 있다. 생략

[자료 해제]



[선지 해제]

----- < 보 기 > -----

ㄱ. x 의 염기쌍 수는 24쌍이다. (O)

AT 염기쌍 12쌍, GC 염기쌍 12쌍으로 구성된다.

ㄴ. x 에서 ㉠ 기준 3' 말단으로부터 7번째 뉴클레오타이드의 염기는 아데닌(A)이다. (O)

㉠의 염기 서열은 다음과 같다.



x 에서 ㉠ 기준 3' 말단으로부터 7번째 뉴클레오타이드의 염기는 아데닌(A)이다.

ㄷ. X의 수소 결합 총개수는 82개이다. (O)

X는 32개의 염기쌍으로 구성된다.

따라서 수소 결합 총개수는 $2 \times 32 + 18 = 82$ 개이다.

[Comment]

1. 총 염기쌍 개수를 셀 때 5개씩 Counting하면 편리하다.
2. DNA와 RNA에서 공통인 염기는 GG 계열 염기이므로 GG로 일관되게 Counting해도 무방하다.
3. 전체 염기쌍 수 - GC 염기쌍 수 = AT 염기쌍 수
4. 염기 서열이 결정된 DNA의 수소 결합 총개수는 "짧은 단일 가닥 G+C 개수를 구하라"와 같은 말이다.

[문제 64 해설] [답] ㄷ

[해설]

염기 서열의 위치는 다음과 같다.



따라서 ㉠과 ㉡은 모두 3' 말단이다.
GC 염기를 분류하면 다음과 같다.



두 염기 서열을 양 끝에 포함하는 DNA 절편의 수소 결합 개수는 $21 \times 2 + 10 = 52$ 개이다.
따라서 59개의 수소 결합을 갖는 유전자 x 의 좌위는 다음과 같다.



[자료 해제]



[선지 해제]

< 보 기 >

ㄱ. x 의 염기쌍 수는 23쌍이다. (X)

두 염기 서열을 양 끝에 포함하는 DNA 절편의 염기쌍 수는 21쌍이고 3개의 염기쌍이 더 포함되므로 24쌍이다.

ㄴ. ㉠은 5' 말단이다. (X)

ㄷ. ㉡은 3' 말단이다. (O)

㉠과 ㉡은 모두 3' 말단이다.

'각각' ~중 하나이다. 라는 표현은 두 가지가 모두 하나의 경우인 것도 포함한다.

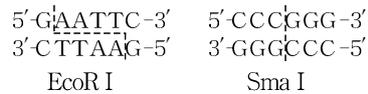
[문제 65 - 19학년도 수능 변형]

다음은 이중 가닥 DNA x 에 대한 자료이다.

- x 는 46개의 염기쌍으로 이루어져 있고, x 중 한 가닥의 염기 서열은 다음과 같다.
 ㉠와 ㉡는 각각 5' 말단과 3' 말단 중 하나이다.

㉠'-ACTAATCCCGGGTTCAACTTAAGATGGATTAGAAAGAATTCAGCG-㉡'

- 그림은 제한 효소 EcoR I 과 Sma I 이 인식하는 염기 서열과 절단 위치를 나타낸 것이다.



⋮: 절단 위치

[실험 과정 및 결과]

- (가) 제한 효소 반응에 필요한 물질과 x 가 들어 있는 시험관 I ~ III을 준비한다.
 (나) (가)의 I ~ III에 표와 같이 제한 효소를 첨가하여 반응시킨다. ㉠와 ㉡는 EcoR I, Sma I을 순서 없이 나타낸 것이다.
 (다) (나)의 결과 생성된 각 DNA 조각의 염기 수를 확인한 결과는 표와 같다.

시험관	I	II	III
첨가한 제한효소	㉠	㉡	㉠, ㉡
생성된 DNA 조각의 수	2	2	3
생성된 각 DNA 조각의 염기 수	18, 74	?	?

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고르시오.

< 보 기 >

- ㄱ. ㉠는 3' 말단이다.
 ㄴ. ㉡는 EcoR I이다.
 ㄷ. 시험관 III에서 염기 수가 60개인 DNA 조각이 생성된다.

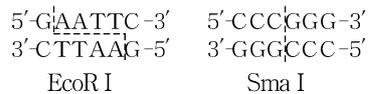
[문제 66 - 21학년도 수능 간소화]

다음은 이중 가닥 DNA x 를 이용한 실험이다.

- x 는 31개의 염기쌍으로 구성되고, x 의 염기 서열은 다음과 같다.



- 그림은 제한 효소 EcoRI 과 Sma I 이 인식하는 염기 서열과 절단 위치를 나타낸 것이다.



↓: 절단 위치

[실험 과정 및 결과]

- (가) 제한 효소 반응에 필요한 물질과 x 가 들어 있는 시험관 I ~ III을 준비한다.
 (나) (가)의 I ~ III에 표와 같이 제한 효소를 첨가하여 반응시킨다. ㉠, ㉡는 EcoRI, Sma I 을 순서 없이 나타낸 것이다.
 (다) (나)의 결과 생성된 각 DNA 조각의 염기 수를 확인한 결과는 표와 같다.

시험관	I	II	III
첨가한 제한효소	㉠	㉡	㉠, ㉡
생성된 DNA 조각의 수	2	2	3
생성된 각 DNA 조각의 염기 수	?	18, 38	?

이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 모두 고르시오.

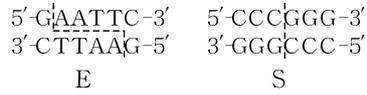
< 보 기 >

- ㄱ. ㉡는 Sma I 이다.
 ㄴ. 시험관 I 에서 염기 수가 28개인 DNA 조각이 생성된다.
 ㄷ. 시험관 III에서 염기 수가 12개인 DNA 조각이 생성된다.

[문제 65 해설] [답] c

[해설]

기입의 편의를 위해 다음과 같이 줄여서 부르도록 하자.



S가 절단할 수 있는 부위는 주어진 염기 서열 중 다음뿐이다.



시험관 I 과 II에서 모두 생성된 DNA 조각의 수가 2이므로
두 시험관 모두 제한 효소에 의한 절단이 일어났음을 알 수 있다.

시험관	I	II	III
첨가한 제한효소	㉔	㉕	㉔, ㉕
생성된 DNA 조각의 수	2	2	3
생성된 각 DNA 조각의 염기 수	18, 74	?	?

제한 효소가 위 서열을 절단하려면 ㉔는 5' 말단, ㉕는 3' 말단이어야 한다.

시험관	I	II	III
첨가한 제한효소	㉔	㉕	㉔, ㉕
생성된 DNA 조각의 수	2	2	3
생성된 각 DNA 조각의 염기 수	18, 74	?	?

S에 의해 절단된 왼쪽 절편이 염기 9쌍으로 구성되므로
S에 의해 절단된 오른쪽 절편은 염기 46-9=37쌍으로 구성된다.

따라서 생성된 각 DNA 조각의 염기 수는 각각 18개, 74개이고 ㉕는 Sma I 이다.

∴ ㉔는 EcoR I 이다.

E에 의해 주어진 DNA는 다음과 같이 절단된다.



E에 의해 절단된 오른쪽 절편은 염기 14개로 구성되므로



E에 의해 절단된 왼쪽 절편은 염기 92-14=78개로 구성된다.

∴ S와 E를 모두 첨가했을 때 생성되는 각 DNA 조각의 염기 수는 14개, 18개, 60개이다.

[자료 해제]

ACTAATCCCGGGGTTCAACTTAAGATGGATTAGAAAGAATTCAGCG

[선지 해제]

< 보 기 >

ㄱ. ㉠은 3' 말단이다. (X)

㉠은 5' 말단이다.

ㄴ. ㉡는 EcoR I이다. (O)

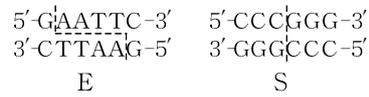
ㄷ. 시험관 III에서 염기 수가 60개인 DNA 조각이 생성된다. (O)

S와 T를 모두 첨가했을 때 생성되는 각 DNA 조각의 염기 수는 14개, 18개, 60개이다.

[문제 66 해설] [답] ㄴ, ㄷ

[해설]

기입의 편의를 위해 다음과 같이 줄여서 부르도록 하자.



주어진 가닥에서 제한 효소의 인식 서열을 파악하면 다음과 같다.



염기 개수를 세면 다음과 같다.

첨가한 제한효소	EcoRI	Sma I
생성된 각 DNA 조각의 염기 수	18, 38, 6	16, 18, 28

따라서 염기 개수가 18개인 DNA 조각과 염기 개수가 38개인 DNA 조각이 나타나는 시험관 II에는 EcoR I 이, 시험관 I에는 Sma I 이 첨가되었다.

[선지 해제]

< 보 기 >

ㄱ. ㉞는 Sma I 이다. (X)

㉞는 EcoR I 이다.

ㄴ. 시험관 I에서 염기 수가 28개인 DNA 조각이 생성된다. (O)

염기 수가 16, 18, 28개인 DNA 조각이 생성된다.

ㄷ. 시험관 III에서 염기 수가 12개인 DNA 조각이 생성된다. (O)

다음과 같이 염기 수가 12개인 DNA 조각이 생성된다.



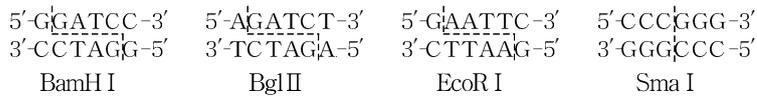
[문제 67]

다음은 이중 가닥 DNA x 를 이용한 실험이다.

- x 는 31개의 염기쌍으로 구성되고, x 의 염기 서열은 다음과 같다.



- 그림은 제한 효소 BamHI, BglII, EcoRI, SmaI이 인식하는 염기 서열과 절단 위치를 나타낸 것이다.



⋮: 절단 위치

[실험 과정 및 결과]

- (가) 제한 효소 반응에 필요한 물질과 x 가 들어 있는 시험관 I ~ IV를 준비한다.
 (나) (가)의 I ~ IV에 표와 같이 제한 효소를 첨가하여 반응시킨다. ㉠~㉢는 BamHI, EcoRI, SmaI을 순서 없이 나타낸 것이다.
 (다) (나)의 결과 생성된 각 DNA 조각 중 2가지 조각의 염기 수를 확인한 결과는 표와 같다.

시험관	I	II	III	IV
첨가한 제한효소	㉠	㉡	BglII	㉢
생성된 각 DNA 조각의 염기 수	?	16, 28	?	18, 38

이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 모두 고르시오.

< 보 기 >

- ㄱ. ㉡는 SmaI이다.
 ㄴ. 시험관 I에서 염기 수가 26개인 DNA 조각이 생성된다.
 ㄷ. x 에 ㉠과 ㉢를 함께 처리하면 염기 수가 18개인 DNA 조각이 생성된다.
 ㄹ. x 에 ㉡와 BglII를 함께 처리하면 염기 수가 22개인 DNA 조각이 생성된다.
 ㄹ. ㉠에 의해 만들어지는 DNA 조각과 BglII에 의해 만들어지는 DNA 조각은 DNA 연결 효소에 의해 서로 연결될 수 있다.