【 문제-1 】 (30점)

포유동물 A의 수컷 체세포는 18,000,000 염기쌍(base pair, bp) 크기의 X 염색체를 갖고 있다. 이 동물 A의 체세포는 11시간의 G_1기, 10시간의 S기, 2시간의 G_2기, 1시간의 M기의 세포주기(cell cycle)를 거쳐 증식하며, DNA 중합효소의 복제 속도는 분당 3,000 bp이다. 다음 물음에 답하시오. (단, 이 X 염색체의 18,000,000 bp에는 TTAGGG 말단소체 (telomere) 서열을 포함하지 않으며, 모든 복제개시점(origin of replication)으로부터 양방향(bidirectional)으로, 모든 오카자키 절편(Okazaki fragment)은 동일하게 150 bp 크기로, 복제가 일어난다고 가정한다.)

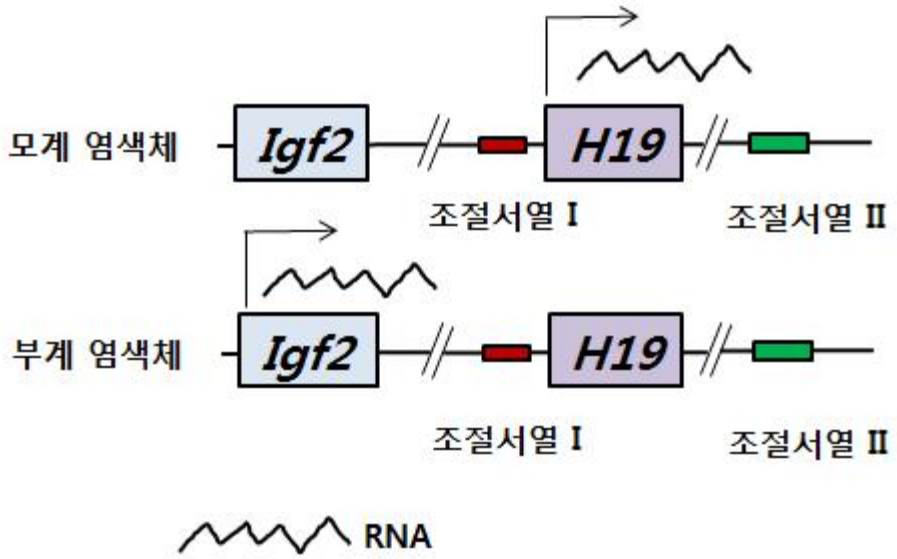
(1) 이론적으로 이 X 염색체의 복제에 필요한 복제개시점의 최소 개수를 구하시오. (단, 답을 구하는 과정을 설명하시오.) (20점)

(2) 이 동물 체세포에서 X 염색체가 복제되는 동안 생성되는 오카자키 절편의 개수를 구하고, 이 X 염색체의 복제에 필요한 RNA 프라이머의 최소 개수를 구하시오. (단, 답을 구하는 과정을 설명하시오.) (10점)

【 문제-2 】 (20점)

포유류에서 유전체 각인(genomic imprinting)은 부모에게서 받은 두 개 대립유전자 중 부계 또는 모계 유래 한 개 대립유전자만을 발현하여 나타나는 현상이다. 다음 물음에 답하시오.

(1) 다음 그림은 유전체 각인으로 잘 알려져 있는 Igf2와 H19 유전자가 위치하는 염색체 일부이다. 조절서열 II는 모계 유래 염색체에서는 H19 유전자에만 작용하고 부계 유래 염색체에서는 Igf2 유전자에만 작용하여 이들의 발현을 활성화시킨다. 조절서열 I이 결손된 모계 염색체와 부계 염색체에서는 두 유전자 모두 발현이 활성화된다. Igf2와 H19 유전자들의 발현 조절에서의 조절서열 I과 II의 역할을 설명하고, 조절서열 I이 조절서열 II를 어떻게 조절하는지 설명하시오. (10점)



(2) H19 유전자의 산물은 비암호화(non-coding) RNA로 antisense RNA와 유사한 작용을 하는 것으로 사료된다. Antisense RNA에 의한 일반적인 유전자 발현 조절에 대하여 기술하시오. (10점)

【 문제-3 】 (30점)

CRISPR-Cas9 시스템을 이용하여 생쥐에서 유전자 편집(gene editing)을 하고자 한다. 다음 물음에 답하시오.

(1) 박테리아에서 CRISPR-Cas9이 작동되는 과정을 기술하고, 실제 유전자 편집기술에서 사용되는 guide RNA와의 구조적 차이를 비교·설명하시오. (15점)

(2) 편집과정 중에 비상동 말단연결(non-homologous end joining) 또는 상동재조합(homologous recombination) 복구가 작동하는 이유와 각 경우에서 일어날 수 있는 타겟 유전자의 편집 결과를 기술하시오. (단, 상동재조합을 통한 유전자 편집에 필요한 요소를 포함하여 기술하시오.) (10점)

(3) 이 시스템을 유전자 치료에 적용할 때 타겟 유전자 이외의 부위가 편집되는 문제(off-target)를 해결하는 방법을 제시하시오. (5점)

【 문제-4 】 (20점)

Francis Crick은 생명체에서 유전정보는 DNA → RNA → 단백질의 방향으로 흐른다고 주장하였다.

(1) 단백질을 암호화하는 DNA 염기서열 상의 돌연변이가 단백질의 아미노산 서열의 변화에 반영되지 않는 경우가 있다. 이 같은 현상에 작용하는 유전암호의 특성과 그에 의해 생명체의 생존에 유리할 수 있는 점을 문제 (2)의 관점을 제외하고 설명하시오. (8점)

(2) 61개의 유전암호들은 단백질 번역과정 중에 해당 아미노산에 대한 tRNA의 anticodon에 의해 해석되는데 실제 세포 내에 존재하는 tRNA의 종류는 종에 따라 다르지만 대개 45개 내외뿐이다. 이런 현상을 설명하기 위해 Francis Crick이 제안한 가설을 염기쌍의 실례를 들어 설명하시오. (12점)