

## 합성생물학 기술동향

### 제 1 장 합성생물학(Synthetic Biology)과 유전공학

#### 1. 합성생물학(Synthetic Biology) 등장 배경 및 개요

- 1-1. 합성생물학(Synthetic Biology) 기술 개요
  - 1-1-1. 합성생물학(Synthetic Biology) 등장 배경
  - 1-1-2. 합성생물학(Synthetic Biology) 개요
- 1-2. 합성생물학(Synthetic Biology)의 발전 배경
  - 1-2-1. 합성생물학(Synthetic Biology) 역사
    - (1) 합성생물학의 시작
    - (2) 합성생물학의 역사
  - 1-2-2. 합성생물학(Synthetic Biology)의 발전
  - 1-2-3. 합성생물학(Synthetic Biology)의 장단점
    - 가. 장점
    - 나. 단점
- 1-3. 합성생물학(Synthetic Biology) 과정
  - 1-3-1. 합성생물학(Synthetic Biology)과 DNA
    - (1) DNA 구조
    - (2) DNA 와 합성생물학
  - 1-3-2. 합성생물학(Synthetic Biology)과 유전자 배열
    - (1) 유전자 배열
      - 가. 유전자 개념
      - 나. 유전자 기능
    - (2) 유전암호와 단백질 합성
      - 가. 유전암호(Genetic code)
      - 나. 단백질 합성
        - 나-1. 전사(transcription)
        - 나-2. 번역(Translation)
    - (3) DNA, RNA 단백질의 기능
      - 가. DNA(deoxyribonucleic acid) 단백질
      - 나. RNA(RiboNucleic Acid) 단백질
        - 나-1. RNA 간섭(RNA interference, RNAi)
        - 나-2. 작은 간섭 RNA(small interfering RNA, siRNA)
        - 나-3. 마이크로 RNA(microRNA, miRNA)
        - 나-4. RNA 간섭과 질병 치료
    - (4) 합성유전자 배열

#### 2. 유전공학(genetic engineering)과 생물학

- 2-1. 유전공학(genetic engineering)
  - 2-1-1. 유전공학(genetic engineering)의 개요
    - (1) 유전공학(genetic engineering)의 개요
    - (2) 유전공학(genetic engineering)과 유전체 공학(genomic engineering)의 차이
  - 2-1-2. 유전자가위, 크리스퍼-카스 9(CRISPR-Cas9)
    - (1) 유전자가위 개요

- 가. 유전자가위 개념
- 나. DNA 절단 및 복구 과정
  - 나-1. DNA 절단(Excision)
  - 나-2. DNA 복구(DNA repair) 과정
- 다. 유전자 편집(Gene Editing) 기술
  - (2) 제 3 세대 유전자가위 크리스퍼-카스 9(CRISPR-Cas9)
- 2-2. 시스템 생물학(systems biology)
  - 2-2-1. 유전체(genome)
  - 2-2-2. 전사체(transcriptome)
  - 2-2-3. 단백질체(proteome)
  - 2-2-4. 대사체(metabolome)

### 3. 합성생물학 기술 개요

- 3-1. 유전자 합성
  - 3-1-1. 유전자 합성 개요
  - 3-1-2. 유전자 합성 기술
- 3-2. 게놈 엔지니어링(genome engineering)
  - 3-2-1. 합성생물학과 게놈 해독
    - (1) 바이오 융합
    - (2) 게놈분석(Genome sqence)
      - 가. 게놈분석(Genome) 개요
      - 나. 게놈 분석 기술 동향
        - 나-1. 개인 유전 정보 분석
        - 나-2. 유전체 기능 분석(functional genomics)
- 3-3. DNA 클로닝(cloning)
- 3-4. 차세대 시퀀싱(Next Generation Sequencing, NGS)
  - 3-4-1. 차세대 염기서열 분석(Next Generation Sequencing, NGS)
  - 3-4-2. 차세대 염기서열 분석(NGS) 기술의 종류
- 3-5. 부위 특이적 돌연변이(Site-Directed Mutagenesis, SDM)

## 제 2 장 합성생물학 기술동향

### 1. 합성생물학 활용 기술

- 1-1. 합성생물학의 분야별 기술동향
  - 1-1-1. 의료 용도
    - 가. 전염병
    - 나. 게놈백신(Genomic vaccines)
    - 다. 중앙 제거
    - 라. 바이오센서
  - 1-1-2. 바이오연료, 재생에너지
  - 1-1-3. 바이오소재, 그린 화학제품
    - 가. 바이오 플라스틱(bioplastic)
    - 나. 유전자 조작 거미실크
    - 다. 바이오 화장품
  - 1-1-4. 농업
- 1-2. 합성생물학과 바이오안보
  - 1-2-1. 바이오안보의 개요
  - 1-2-2. 바이오 안전 및 안보의 중요성
    - 가. 생명윤리(bioethics) 논란나. 생물안전성(biosafety) 논란
    - 다. 생물안보(biosecurity) 논란
      - 다-1. 감염병(Infectious Diseases)
      - 다-2. 바이오테러(Bioterror)
      - 다-3. 생물학무기(Biological Weapons)

## 2. 국내외 산업동향 및 시장 전망

### 2-1. 국내외 산업동향

### 2-2. 시장 전망

#### 그림목차

- [그림 1] 합성생물학(Synthetic Biology)의 응용 분야
- [그림 2] 합성생물학(Synthetic Biology)의 개념과 프로세스
- [그림 3] 합성생물학 프로세스
- [그림 4] 유전자 합성, 조립을 이용한 미생물 개발
- [그림 5] 크레이그 벤터 연구진의 인공 DNA 미생물
- [그림 6] 미 UC 샌디에이고 연구진의 플라스틱 소재 인공세포
- [그림 7] DNA 합성과 조립의 대략적인 과정
- [그림 8] 원핵생물과 진핵생물
- [그림 9] 인공 DNA 로 박테리아 제작하는 원리
- [그림 10] 인공생명체 만드는 과정
- [그림 11] 새로운 인공생명체(artificial life) 탄생[그림 12] JCVI-syn3.0 합성 과정 모식도
- [그림 13] DNA 3 차원 구조
- [그림 14] DNA 염기서열
- [그림 15] 뉴클레오티드(nucleotide) 구조
- [그림 16] DNA 복제과정
- [그림 17] 유전학의 기본
- [그림 18] 유전암호(Genetic code) 읽기
- [그림 19] 코돈(codon)-안티코돈(anticodon)의 상호 작용
- [그림 20] DNA 와 RNA 의 차이점
- [그림 21] 단백질 합성 과정
- [그림 22] 전사(transcription)
- [그림 23] tRNA 구조
- [그림 24] 번역(Translation)
- [그림 25] DNA 와 RNA 기본 구조
- [그림 26] DNA 매카니즘
- [그림 27] DNA 나노 구조체 제조 과정 모식도
- [그림 28] 세포내 히스톤의 구조와 기능
- [그림 29] RNA(Ribonucleic Acid)
- [그림 30] RNA 간섭(RNA interference) 메커니즘
- [그림 31] RNA 간섭 경로
- [그림 32] siRNA 메커니즘
- [그림 33] RNAi 경로
- [그림 34] miRNA 생합성 및 관련 유전자 침묵 메커니즘
- [그림 35] 마이크로 RNA 생합성 과정
- [그림 36] mRNA 의 번역 억제 또는 활성화에 영향을 미치는 miRNA 의 기능
- [그림 37] 중추 신경계 질환 RNAi 메커니즘
- [그림 38] 합성세포를 생산하는 프로세스
- [그림 39] 합성유전자 메커니즘
- [그림 40] 인슐린 생산을 위해 사용된 유전공학(genetic engineering)
- [그림 41] CRISPR-Cas9 시스템을 사용한 염기 편집
- [그림 42] 차세대 시퀀싱을 활용한 유전체 정보 분석 프로세스
- [그림 43] DNA 를 추출하는 기술
- [그림 44] 제한 효소(restriction enzyme)
- [그림 45] 유전자가위 작동 원리
- [그림 46] 제한 효소(restriction enzyme)에 의한 DNA 절단
- [그림 47] DNA 손상 복구(damage repair)
- [그림 48] DNA 손상 및 복구 메커니즘
- [그림 49] DNA 손상을 복구하기 위한 DNA 손상 반응
- [그림 50] DNA 복구의 두 방식과 유전자가위의 작동
- [그림 51] 절단 회복 메커니즘

- [그림 52] 유전자 교정치료 방법(In vivo·Ex vivo 형)
- [그림 53] 크리스퍼와 유전자 편집의 역사
- [그림 54] 크리스퍼(CRISPR) 작동
- [그림 55] 네블라 지노믹스(Nebula Genomics)의 블록체인(Blockchain) 기술 기반 유전체 분석 기술
- [그림 56] 만성질환 연관 유전변이 발굴 및 기능 검증
- [그림 57] 일반적인 RNA-seq 방법
- [그림 58] 메타 유전체학
- [그림 59] DNA 마이크로어레이(microarray) 과정
- [그림 60] 프로테오믹스(proteomics)
- [그림 61] 메타프로테오믹스(metaproteomics) 개요
- [그림 62] Metaproteomics workflow
- [그림 63] 메타볼로미스는(Metabolomics) 개요
- [그림 64] Metabolomics workflow
- [그림 65] 인공유전자 합성 응용
- [그림 66] 지노(XENO) 및 합성생물학(Synthetic Biology)
- [그림 67] 올리고뉴클레오타이드(oligonucleotide) 합성
- [그림 68] DNA 해독 기술
- [그림 69] 생명공학 기술
- [그림 70] 복제 및 시퀀스 적용 범위
- [그림 71] 게놈 분석
- [그림 72] 개인 유전 정보 분석
- [그림 73] 만성질환 연관 유전변이 발굴 및 기능 검증
- [그림 74] 클로닝(Cloning) 실험의 기본적인 흐름
- [그림 75] 유전자 복제
- [그림 76] 기존 방식 대 차세대 염기서열 분석(NGS) 방식의 비교 [그림 77] 차세대 DNA 시퀀싱
- [그림 78] NGS 분석 진행과정
- [그림 79] 표적 염기서열 분석(targeted NGS)의 과정과 필요 시간
- [그림 80] Inverse PCR 을 이용한 부위 특이적 돌연변이(Site-Directed Mutagenesis)
- [그림 81] 합성생물학 시스템
- [그림 82] 아르테미시닌 기반 병용 요법(artemisinin-based combination therapies)
- [그림 83] 역 병균학의 개요
- [그림 84] 암세포의 신진대사 모식도
- [그림 85] 바이오 연료(biofuel) 개발 과정
- [그림 86] 세포공장 기반의 바이오화학 산업
- [그림 87] 인간과 생태계를 위협하는 플라스틱 순환 과정
- [그림 88] 미생물을 이용한 생분해성 플라스틱
- [그림 89] bioprinting 작동 방식
- [그림 90] 상피세포성장인자(epidermal growth factor)
- [그림 91] 합성생물학과 농업
- [그림 92] 바이오안보의 범위
- [그림 93] 생명윤리(bioethics) 시스템
- [그림 94] 바이오 안전성 및 생물 보안성 위험 평가
- [그림 95] 생물학무기(Biological Weapons)
- [그림 96] 글로벌 합성생물학 시장 현황과 전망

## 표목차

- [표 1] 합성생물학의 패러다임 변화
- [표 2] 유전자 연구 역사
- [표 3] 합성생물학의 발전 배경
- [표 4] 인류가 당면한 난제
- [표 5] 합성생물학의 긍·부정적 영향 및 비전
- [표 6] DNA 역사와 구조
- [표 7] 유전공학의 역사와 유전자 변형 방법의 예
- [표 8] 유전자가위 세대별 특성 비교
- [표 9] 크리스퍼(CRISPR)의 역사 및 크리스퍼 유전자가위 작동 원리

[표 10] 크리스퍼 Cpf1 유전자가위 vs. 크리스퍼 Cas9 유전자가위 비교

[표 11] 대사체학 연구 응용 분야

[표 12] NGS 플랫폼

[표 13] 합성생물학의 적용 분야

[표 14] 합성생물학 활용범위 및 적용 분야

[표 15] 응용산업별 합성생물학 시장 현황 및 전망(단위: 십억달러)

[표 16] 기존 백신과 DNA 백신의 비교

[표 17] 바이오 플라스틱 종류 및 생산과정