

# 그랜드퀘스트의 유형과 예시

- SNU 그랜드퀘스트 공모전용 참고자료 -



**GRAND  
QUEST**

서울대학교 그랜드퀘스트 이니셔티브  
SNU Grand Quest Initiative, Seoul National University

## 1. 그랜드퀘스트(Grand Quest)란 무엇인가

그랜드퀘스트는 특정 연구과제나 기술 개발 주제가 아니라 인류와 사회의 미래를 여는 근본 질문입니다. 위대한 연구와 혁신은 종종 하나의 질문에서 시작되었습니다. 어떤 질문은 새로운 학문 분야를 열었고, 어떤 질문은 인류 문명의 방향을 바꾸었습니다.

서울대학교 그랜드퀘스트 프로젝트는 이러한 도전적인 질문을 발굴하고 공유하는 것을 목표로 합니다.

이번 공모전은 해법을 제안하는 공모전이 아니라 질문을 제안하는 공모전입니다. 서울대학교의 교수, 연구자, 학생 등 모든 구성원이 자신의 관심과 문제의식에 따라 그랜드퀘스트를 자유롭게 제안할 수 있습니다.

이렇게 모인 질문들은

- 우수한 질문을 선정하여 시상하고
- Design Board(석학 그룹)의 토론 자료로 활용되며
- 서울대학교가 고민해야 할 미래 질문을 함께 탐색하는 데 사용됩니다.

그랜드퀘스트는 과학기술 문제만을 의미하지 않습니다. 인간의 행동, 사회 제도, 경제 시스템, 문화와 문명의 미래에 대한 질문 역시 중요한 그랜드퀘스트가 될 수 있습니다. 인문학과 사회과학의 시각에서 제기되는 질문도 적극적으로 환영합니다.

## 2. 2026 그랜드퀘스트 공모전의 주요 탐색 분야

서울대학교 그랜드퀘스트 프로젝트는 인류와 사회의 미래에 중요한 의미를 갖는 질문을 탐색합니다. 특히 2026년 그랜드퀘스트 프로젝트에서는 다음 세 가지 큰 변화에 주목하고 있습니다.

**(1) 인공지능 시대의 도래:** 인공지능은 인간의 지능 활동, 경제 시스템, 사회 제도에 큰 변화를 가져오고 있습니다. 이 변화 속에서 인간과 인공지능의 관계, 지식의 생산 방식, 사회 시스템의 구조 등에 대한 새로운 질문이 제기될 수 있습니다.

**(2) 생명의 미래:** 생명과학과 생명공학의 발전은 인간의 건강, 수명, 생명의 이해 방식 자체를 바꾸고 있습니다. 생명 시스템의 원리, 생명 설계의 가능성, 인간 생명의 미래 등에 대한 근본 질문이 등장하고 있습니다.

**(3) 지속가능성의 도전:** 기후 변화, 자원 문제, 생태계 변화는 인류 문명의 지속가능성에 대한 근본적인 질문을 제기하고 있습니다. 지속가능한 문명, 에너지 시스템, 인간과 자연의 관계에 대한 새로운 질문이 필요합니다.

이러한 변화는 과학기술뿐 아니라 사회 제도, 인간 행동, 문화와 문명의 문제와도 깊이 연결되어 있습니다. 공모 참가자는 이러한 세 가지 주제와 관련하여 인류와 사회의 미래를 여는 Grand Quest를 자유롭게 제안할 수 있습니다.

### 3. 그랜드퀘스트의 유형

그랜드퀘스트는 보통 다음과 같은 유형의 질문으로 나타납니다.

#### **(1) 전제 도전형 (Assumption Challenge)**

- 이미 당연하게 받아들여지는 전제를 직접 묻는 것
- 패턴
  - ▷ X는 정말 Y일까?
- 예:
  - ▷ 인간의 선택은 정말 합리적 계산의 결과일까?
  - ▷ 기억은 정말 뇌에만 저장되는 것일까?
  - ▷ 생명은 반드시 유기체 안에서만 존재할까?

#### **(2) 가능성 탐색형 (Radical Possibility)**

- 기존에는 불가능하다고 여겨졌던 것을 묻는 것
- 패턴
  - ▷ X가 가능할까?
- 예
  - ▷ 규칙을 명시적으로 가르치지 않아도 기계가 스스로 학습할 수 있을까?
  - ▷ 아미노산 서열만으로 단백질 구조를 정확히 예측할 수 있을까?

- ▷ 생명체의 발달 과정을 인공적으로 재현할 수 있을까?

### (3) 패러다임 전환형 (Paradigm Shift)

- 기존 패러다임을 다른 방식으로 바꾸는 질문을 던지는 것
- 패턴
  - ▷ X 대신 Y로 이해할 수 있을까?
- 예
  - ▷ RNA를 단순한 전달자가 아니라 조절자로 볼 수 있을까?
  - ▷ 지능을 계산이 아니라 학습으로 이해할 수 있을까?
  - ▷ 경제를 균형이 아니라 진화로 설명할 수 있을까?

### (4) 문명 설계형 (Civilization Design)

- 사고의 수준을 문명 차원을 끌어올린 질문
- 패턴
  - ▷ 인간사회는 X한 시스템으로 진화할 수 있을까?
- 예
  - ▷ 물질 소비를 더 이상 늘리지 않고도 인간사회는 번영을 지속할 수 있을까?
  - ▷ 인간의 존엄과 자유를 보장하는 새로운 인공지능의 구조와 사회계약을 만들 수 있을까?
  - ▷ 생명의 안정성과 변화가 공존하는 원리를 이해하고 이용할 수 있는 방법이 무엇일까?

## 4. 그랜드퀘스트의 예시

다음 질문들은 인공지능, 생명의 미래, 지속가능성 등의 분야에서 제기될 수 있는 예시적 그랜드퀘스트입니다.

아래의 질문들은 그랜드퀘스트의 성격을 이해하기 위한 예시입니다. 이 질문들 중에서 선택하거나 유사한 질문을 제출할 필요는 없습니다. 참가자는 이러한 예시를 참고하여 자신만의 그랜드퀘스트를 제안하시기 바랍니다.

### [분야: 인공지능 시대의 도래]

- 인간의 기억이 뇌에만 저장되는 것일까?
- 인공지능과 인간사회가 함께 학습하는 거대한 사회적 학습시스템을 만들 수 있을까?
- 인간의 존엄과 자유를 보장하는 새로운 인공지능의 구조와 사회계약을 만들 수 있을까?
- 인공지능이 인간의 가치와 윤리를 스스로 학습할 수 있을까?
- 인공지능으로 인간의 학습과정(교육)을 근본적으로 재구성할 수 있을까?
- 인간사회의 갈등을 이해하고 조정하는 인공지능이 가능할까?
- 인공지능이 인간의 창의적 사고를 확장할 수 있을까?
- 인공지능이 인간의 정책, 전략 실험을 완전하게 시뮬레이션 할 수 있을까?
- 민주주의는 인공지능 시대에도 지속 가능한 정치 시스템일까?

### [분야: 생명의 미래]

- 생명현상이 시간과 독립적으로 유지될 수 있을까?
- 생명시스템을 완전히 예측 가능한 과학으로 만들 수 있을까?
- 생명체의 발달과정을 인공적으로 완전히 재현할 수 있을까?
- 생명시스템의 정보 처리 원리를 기술 시스템에 적용할 수 있을까?
- 생명의 안정성과 변화가 공존하는 원리를 이해하고 이용할 수 있는 방법이 무엇일까?
- 생명시스템의 오류 수정 메커니즘을 이해하고 이용할 수 있는 방법이 무엇일까?
- 생명의 진화 방향을 정확히 예측할 수 있을까?

### [분야: 지속가능성의 도전]

- 인류 문명은 자연 생태계의 일부로서 에너지와 자원을 거의 낭비하지 않는 순환 시스템으로 진화할 수 있을까?
- 물질 소비를 더 이상 늘리지 않고도 인간사회는 번영을 지속할 수 있을까?
- 에너지의 형태를 거의 제약 없이 변환할 수 있는 보편적 에너지 시스템을 만들 수 있을까?
- 기후변화의 영향을 완전히 예측할 수 있을까?
- 지구 전체를 실시간으로 관측하고 관리하는 행성 규모의 모니터링 시스템을 구축할 수 있을까?
- 자연 생태계의 회복력 원리를 이해하고 이용할 수 있을까?
- 인간의 기술진화 패턴을 이해하고, 미래 진화방향을 예측할 수 있을까?

## 5. 과거 그랜드퀘스트 사례

※ 다음은 과거의 혁신적 사고로 세상을 바꾼 사례를 그랜드퀘스트 프로젝트의 프레임워크에 따라 재구성한 것입니다. 그랜드퀘스트 프로젝트의 취지와 문제의식에 대한 이해를 돕기 위해 작성되었으며, 실제 사례를 단순화하거나 강조하여 서술한 부분이 있을 수 있습니다.

※ 사례들은 그랜드퀘스트 도출을 돕기 위한 참고일 뿐입니다. 잘 알려진 사례를 재해석한 것이므로, 반드시 이와 같은 종류이거나 분야이어야 할 필요도 없습니다.

※ 또한 일부 사례는 노벨상으로 이어진 연구를 포함하고 있으나, 그랜드퀘스트가 반드시 노벨상과 같은 성과를 전제로 도출되어야 하는 것은 아닙니다. 중요한 것은 기존의 전제를 새롭게 묻고, 가능성의 방향을 여는 질문을 설정하는 데 있습니다.

사례에 대해 의견이나 보완할 점을 제안하고 싶으신 분은 그랜드퀘스트로 연락 주시기 바랍니다.

● mRNA(messenger RNA) 백신 플랫폼

**외부 항원을 주입하지 않고 RNA로 인체가 스스로 백신을 생산하게 만들 수 있을까?**

**1. 기존의 전제 (The Assumption)**

백신은 항원 또는 사멸시킨 병원체를 외부에서 만들어 인체에 주입하는 것이었다. 외부에서 만든 항원을 몸에 노출시키면 면역계가 이를 기억하고 다음 감염에 대비한다. 이 전제는 백신 개발의 방향을 결정했다. 연구자들은 어떤 항원을 선택할지, 어떻게 안전하게 생산할지, 어떻게 대량 배양할지를 연구했으며 세포 배양, 단백질 발현, 정제, 품질 검사 등 복잡한 대규모 바이오공정이 필요하고 수개월에서 수년이 걸리는 상황이 당연시되었다. 세포가 RNA를 읽어 단백질을 만든다는 분자생물학의 중심 원리는 이미 알려져 있었지만, 이 원리를 백신 제조 공정의 근본적인 혁신으로 연결하지는 못했다.

**2. 이 질문을 떠올리게 된 계기 (What Prompted This Question?)**

RNA 연구자였던 카리코는 한 가지 이상한 점을 발견했다. 우리 몸 안에는 다양한 RNA가 존재하지만 자가(Self) 면역 반응을 일으키지 않는다. 그러나 실험실에서 만든 mRNA를 세포에 넣으면 강한 염증 반응이 발생했다. RNA 자체가 위험한 것이라면 왜 세포 내부의 RNA는 문제가 없을까? 문제는 RNA의 존재가 아니라 염기의 화학적 변형과 같은 구조적 차이에 있는 것 아닐까? 분자생물학에서는 RNA가 단백질 생산의 설계도라는 사실이 밝혀져 있었다. 그렇다면 RNA를 안전하게 전달할 수만 있다면, 현재의 백신처럼 복잡하고 오래 걸리는 과정을 거쳐 단백질을 외부에서 만들어 인체로 넣어주는 것이 아니라, 몸이 스스로 단백질을 만들게 할 수 있지 않을까 하는 질문이 떠올랐다.

**3. 그랜드퀘스트 (The Grand Quest)**

외부 항원을 주입하지 않고 RNA로 인체가 스스로 백신을 생산하게 만들 수 있을까?

**4. 이 질문이 열어젖힌 미래 (Impact)**

이 질문은 백신의 개념 자체를 바꾸었다. 백신은 더 이상 완성된 단백질 제품이 아니라, 단백질 생산 정보를 전달하는 플랫폼이 되었다. 병원체의 유전자 서열만 확보되면 RNA 설계를 통해 신속하게 백신을 개발할 수 있는 길이 열렸다. 이 접근을 통해 실제로 COVID-19 유전자 서열이 공개된 후 몇 주 만에 mRNA 백신 후보가 설계되고 수개월 만에 백신을 개발하는 결과로 이어졌다. 이 질문은 감염병 백신을 넘어, RNA를 활용한 암 치료 백신, 단백질 치료제, 그리고 다양한 유전자 기반 의학 기술의 개발이 가능해지는 새로운 연구 영역을 열었다.

**5. 참고: 2023 노벨생리의학상**

● **면역항암 치료(cancer immunotherapy)**

**면역세포의 억제 신호를 차단하면 인체가 암을 스스로 제거할 수 있을까?**

**1. 기존의 전제 (The Assumption)**

암 치료의 오랜 전제는 암세포가 정상 세포에서 유래한 자기 세포이기 때문에 면역계가 이를 강하게 공격하지 못하며, 따라서 암 치료는 암세포 자체를 직접 제거하는 방식으로 이루어져야 한다는 것이었다. 수술, 방사선 치료, 항암 화학요법 등 대부분의 치료법은 암세포 자체를 파괴하거나 증식을 억제하는 데 초점을 맞추었다. 면역계는 세균이나 바이러스 같은 외부 침입자를 제거하는 시스템으로 이해되었지만, 자기 세포에서 발생한 암을 효과적으로 제거하기는 어렵다고 여겨졌다. 실제로 면역계는 정상 조직을 공격하지 않도록 강한 억제 장치를 가지고 있기 때문에, 암세포 역시 이러한 면역 관용 속에서 살아남는 것으로 이해되었다. 이 전제는 암 치료 연구의 방향을 결정했고, 연구자들은 더 강력한 항암제나 정밀한 방사선 기술을 개발하는 데 집중했다. 그러나 이러한 접근은 암세포를 직접 공격하는 방법만을 치료 전략으로 보게 만들었고, 인체 면역계 자체를 활용하는 가능성은 상대적으로 주목받지 못했다.

**2. 이 질문을 떠올리게 된 계기 (What Prompted This Question?)**

면역학 연구자들은 T세포의 활성화 과정에서 이상한 현상을 발견했다. T세포에는 공격 신호뿐 아니라 면역 반응을 억제하는 '브레이크'와 같은 분자들이 존재한다는 사실이 밝혀진 것이다. 특히 CTLA-4와 PD-1 같은 분자는 T세포의 활성을 억제하는 역할을 한다는 연구 결과가 나타났다. 동시에 일부 암세포가 이러한 면역 억제 신호를 이용해 면역 공격을 회피한다는 관찰도 보고되었다. 예를 들어 많은 암세포는 PD-L1이라는 단백질을 표면에 발현하여 T세포의 PD-1 수용체와 결합한다. 이 신호가 전달되면 T세포는 공격을 멈추게 되며, 그 결과 암세포는 면역계의 감시를 피해 살아남을 수 있다. 만약 면역계가 암을 공격하지 못하는 이유가 자기 세포이기 때문이 아니라, T세포의 활성을 억제하는 면역관문 신호가 작동하고 있기 때문이라면 기존의 전제를 다시 생각해 볼 필요가 있었다.

**3. 그랜드퀘스트 (The Grand Quest)**

면역세포의 억제 신호를 차단하면 인체가 암을 스스로 제거할 수 있을까?

**4. 이 질문이 열어젖힌 미래 (Impact)**

이 질문은 암 치료의 패러다임을 바꾸었다. 수술, 방사선 치료, 항암 화학요법 등으로 암세포를 직접 공격하는 대신 면역계의 억제 신호를 차단하여 인체가 스스로 암세포를 제거하도록 만드는 면역항암 치료가 등장했다. 특히 CTLA-4와 PD-1을 차단하는 면역관문 억제제는 일부 환자에서 장기 생존을 가능하게 하며 암 치료의 새로운 축으로 자리 잡았다. 이 접근은 종양학과 면역학의 경계를 확장시켰고, 면역관문 치료, CAR-T 세포 치료, 암 백신 등 다양한 면역 기반 치료 연구로 이어졌다. 인체 면역계를 활용해 질병을 치료하려는 새로운 의학적 탐색이 시작된 것이다.

**5. 참고: 2018 노벨생리의학상**

● **행동경제학(Behavioral Economics)**

**인간의 선택은 합리성이라는 가정 없이도 설명될 수 있을까?**

**1. 기존의 전제 (The Assumption)**

20세기 경제학의 핵심 전제는 인간은 합리적 선택자라는 것이었다. 개인은 자신의 선호를 명확히 가지고 있으며, 가능한 모든 정보를 고려하여 효용을 극대화하는 방향으로 선택한다고 가정되었다. 이 전제는 미시경제학, 금융이론, 정책분석 등 경제학 전반의 이론적 기반이 되었으며 기대효용이론과 합리적 선택모형을 중심으로 체계화되었다. 연구자들은 사람들이 실제로 어떻게 판단하는지보다, 합리적인 선택을 하는 경우 어떤 결과가 나타나는지를 분석하였다. 이러한 가정은 경제 모델을 단순하고 강력하게 만들었고 시장 균형, 가격 형성, 위험 선택과 같은 현상을 설명하는 데 큰 역할을 했다. 그러나 동시에 인간의 실제 판단 과정, 감정, 인지적 한계, 그리고 반복적으로 나타나는 비합리적 선택 패턴은 분석의 주변으로 밀려나거나 예외적 노이즈로 취급되었다.

**2. 이 질문을 떠올리게 된 계기 (What Prompted This Question?)**

1970년대 심리학 연구에서 인간의 판단이 체계적인 편향을 가진다는 실험 결과가 반복적으로 발견되었다. 사람들은 확률을 정확히 계산하기보다 대표성, 가용성, 앵커링과 같은 단순한 판단 규칙에 의존했고 동일한 문제도 표현 방식에 따라 전혀 다른 선택을 했다. 또한 위험 상황에서의 선택이 기대효용이론의 예측과 일관되지 않게 어긋나는 현상도 관찰되었다. 이러한 결과는 기존 경제학이 가정한 완전한 합리성이 실제 인간 행동을 충분히 설명하지 못한다는 의문을 낳았다.

**3. 그랜드퀘스트 (The Grand Quest)**

인간의 선택은 합리성이라는 가정 없이도 설명될 수 있을까?

**4. 이 질문이 열어젖힌 미래 (Impact)**

이 질문은 경제학의 연구 방향을 크게 확장시켰다. 인간의 실제 판단 과정과 심리적 편향을 경제 분석에 통합하려는 행동경제학이 등장했고 전망이론, 손실회피, 현재편향과 같은 새로운 개념이 발전하였다. 이후 금융시장 연구에서는 투자자의 과잉반응과 군집행동을 설명하는 행동금융이 등장했고 정책 분야에서는 선택 구조를 설계하여 행동을 변화시키는 넛지 접근이 발전하였다. 경제학은 더 이상 완전히 합리적인 인간만을 가정하는 학문이 아니라, 실제 인간의 인지적 한계와 심리를 고려하여 경제 현상을 이해하려는 방향으로 확장되었다.

**5. 참고: 2002 노벨경제학상 (Daniel Kahneman)**

● 딥러닝(Deep Learning) 혁명

**규칙을 명시적으로 가르치지 않아도 기계가 스스로 패턴을 인식할 수 있을까?**

**1. 기존의 전제 (The Assumption)**

지능은 명시적으로 설계된 규칙과 논리의 집합으로 구현된다는 것이 오랫동안 인공지능 분야의 교과서적 전제였다. 이에 따라 연구자들은 인간의 사고를 if-then 형태의 규칙으로 분해하고 이를 기계에 입력하면 지능이 구현될 수 있다고 보았다. 이러한 관점은 전문가의 지식을 규칙 형태로 저장하고, 추론 엔진이 상황에 맞는 규칙을 선택하여 결론을 도출하는 전문가 시스템의 발전으로 이어졌다. 이 전제는 복잡한 문제를 해결하기 위해 더 많은 규칙을 축적하고 정교화하는 방향으로 연구를 이끌었으며, 논리적 추론과 설명 가능성을 확보하는 데에도 중요한 기여를 했다. 그러나 점차 현실 세계의 문제가 지나치게 복잡하여 모든 상황을 규칙으로 표현하기 어렵다는 한계가 드러났다. 규칙의 수가 조금만 증가해도 서로 충돌하거나 전체 시스템을 관리하기 어려워졌기 때문이다. 더 나아가 이미지 인식이나 언어 이해와 같이 규칙을 명확히 정의하기 어려운 문제에서는 이러한 접근이 거의 작동하지 않았다. 특히 인간이 직관적으로 수행하는 인식, 패턴 파악, 언어 이해와 같은 영역은 규칙으로 완전히 기술하기 어렵다는 사실이 점차 분명해졌다. 그럼에도 불구하고 지능을 "설계 가능한 것"으로만 보는 관점은 이러한 한계를 충분히 드러내지 못했고, 결과적으로 데이터 속에서 스스로 구조를 발견하는 가능성을 인식하지 못하게 만들었다.

**2. 이 질문을 떠올리게 된 계기 (What Prompted This Question?)**

이미지 인식이나 음성 처리와 같은 문제에서 규칙 기반 접근이 반복적으로 실패하면서 기존 전제에 균열이 나타났다. 연구자들은 사람은 명확한 규칙을 설명하지 못해도 얼굴을 인식하고 언어를 이해한다는 점에 주목하기 시작했다. 동시에 신경망 연구에서 나타난 초기 결과들은 제한적이지만 데이터로부터 패턴을 학습할 수 있다는 가능성을 보여주었다. 여기에 대규모 데이터와 계산 자원의 발전이 결합되면서, 규칙을 설계하는 대신 데이터에서 구조를 학습하는 접근이 현실적인 대안으로 떠오르게 되었다.

**3. 그랜드퀘스트 (The Grand Quest)**

규칙을 명시적으로 가르치지 않아도 기계가 스스로 패턴을 인식할 수 있을까?

**4. 이 질문이 열어젖힌 미래 (Impact)**

이 질문은 인공지능의 개념을 "설계된 지능"에서 "학습되는 지능"으로 근본적으로 전환시켰다. 이후 인공지능 연구는 규칙의 축적이 아니라 데이터와 모델을 통해 표현을 학습하는 방향으로 재편되었고, 딥러닝이라는 새로운 패러다임이 형성되었다. 이 변화는 이미지 인식, 음성 인식, 자연어 처리 등 거의 모든 영역에서 기존 성능 한계를 돌파하게 만들었으며, 자율주행, 의료 진단, 생성형 AI와 같은 새로운 산업과 연구 분야를 촉발하였다. 또한 인간 지능 자체를 데이터와 경험의 축적 과정으로 이해하려는 학문적 흐름을 강화하였고, 이후 연구자들은 더 큰 데이터, 더 깊은 모델, 그리고 새로운 학습 구조를 탐색하는 방향으로 확장된 탐색을 이어가게 되었다.

**5. 참고: 2024 노벨물리학상 (인공신경망 및 머신러닝 기초 기여 관련)**

● 트랜스포머(Transformer) 기반 AI - 현대 LLM의 기초

**언어를 순차적으로 처리하지 않고 문장 전체의 맥락을 동시에 이해하는 기계를 만들 수 있을까?**

**1. 기존의 전제 (The Assumption)**

언어는 시간의 흐름에 따라 순차적으로 처리되어야 한다는 전제가 자연어처리 분야의 교과서적 통념이었다. 문장은 단어의 나열이며, 의미는 앞에서부터 차례로 쌓여 형성된다는 관점이 지배적이었다. 이에 따라 RNN이나 LSTM과 같은 순환 신경망이 표준 구조로 자리 잡았고, 이전 단어의 정보를 상태로 전달하면서 다음 단어를 해석하는 방식이 채택되었다. 이 전제는 번역, 음성인식 등 다양한 시퀀스 처리 문제를 해결하는 데 기여했지만, 동시에 긴 문장에서 멀리 떨어진 단어 간의 관계를 직접적으로 포착하는 것을 어렵게 만들었다. 문장 전체를 하나의 구조로 이해하기보다는, 부분적으로 누적된 정보에 의존하는 방식이 당연시되었고, 언어의 의미가 관계망이 아니라 순서 속에서 형성된다는 관점이 고정관념처럼 작동했다.

**2. 이 질문을 떠올리게 된 계기 (What Prompted This Question?)**

기존 모델에서는 문장이 길어질수록 성능이 급격히 저하되는 문제가 반복적으로 관찰되었다. 특히 멀리 떨어진 단어 간의 의존관계를 제대로 반영하지 못하는 현상이 지속적으로 나타났고, 이는 gradient vanishing 문제와 함께 구조적 한계로 지적되었다. 이러한 한계를 보완하기 위해 attention이라는 메커니즘이 도입되었고, 이를 통해 특정 단어가 문장 내 다른 단어를 직접 참조할 수 있다는 가능성이 드러났다. 처음에는 attention이 단순한 보조 기능으로 여겨졌지만, 실험이 진행되면서 실제로 중요한 정보는 RNN의 순환 구조가 아니라 attention을 통해 전달되고 있다는 신호가 점차 분명해졌다. 예를 들어 번역 모델에서 디코더는 단어를 생성할 때 hidden state보다 attention을 통해 선택된 인코더의 특정 단어들에 더 크게 의존하는 경향을 보였다. 이는 "순환 구조는 필수이고 attention은 보조"라는 기존의 믿음을 흔드는 단서였다. 이러한 관찰이 누적되면서, 언어의 의미가 순차적 흐름 속에서 형성되는 것이 아니라 단어 간 관계 속에서 구성되는 것이라면, 굳이 순서를 따라 처리할 필요가 있는가라는 근본적인 의문으로 이어지게 되었다.

**3. 그랜드퀘스트 (The Grand Quest)**

언어를 순차적으로 처리하지 않고 문장 전체의 맥락을 동시에 이해하는 기계를 만들 수 있을까?

**4. 이 질문이 열어젖힌 미래 (Impact)**

이 질문은 자연어처리의 패러다임을 근본적으로 전환시켰다. 언어는 더 이상 시간적 흐름 속에서 해석되는 대상이 아니라, 단어 간 관계망으로 구성된 구조로 이해되기 시작했다. 그 결과 Transformer 기반 모델이 등장하고, 이후 BERT, GPT와 같은 대규모 언어모델이 발전하면서 텍스트 생성, 번역, 검색, 코딩 등 다양한 영역에서 비약적인 성능 향상이 이루어졌다. 또한 병렬 연산이 가능해지면서 모델의 규모를 급격히 확장할 수 있었고, 이는 생성형 AI라는 새로운 산업과 연구 영역을 탄생시켰다. 이 질문은 단순한 알고리즘 개선을 넘어, 인간 언어 이해 방식에 대한 새로운 관점을 제시하며 이후 인공지능 연구 전반의 방향을 재구성하는 계기가 되었다.

**5. 참고: 2017년 Transformer 논문 ("Attention Is All You Need"), 이후 대규모 언어모델 발전**

● **GLP-1(Glucagon-Like Peptide-1) 기반 비만 치료 혁신**

**뇌의 포만 신호를 모방하여 인위적으로 체중을 조절할 수 있을까?**

**1. 기존의 전제 (The Assumption)**

오랫동안 비만은 개인의 생활습관 문제로 이해되었다. 체중은 섭취 칼로리와 소비 칼로리의 균형으로 결정된다는 에너지 균형 이론이 교과서적 설명이었고, 체중 증가는 과식과 운동 부족의 결과로 여겨졌다. 따라서 비만 치료는 주로 식이 제한과 운동 처방에 의존하였다. 의학적 치료는 제한적이었고 약물은 보조적 수단에 머물렀다. 이 전제는 체중 관리 프로그램과 다이어트 산업을 발전시키는 기반이 되었지만 동시에 체중 조절이 뇌와 호르몬 시스템에 의해 강하게 조절될 수 있다는 가능성은 충분히 탐색되지 못했다. 비만은 대사 질환이라기보다 개인의 의지 문제라는 사회적 인식도 이 전제 위에서 강화되었다.

**2. 이 질문을 떠올리게 된 계기 (What Prompted This Question?)**

장 호르몬 연구에서 기존 설명으로 이해하기 어려운 현상이 반복적으로 관찰되었다. 음식이 장에 도달하면 GLP-1과 같은 호르몬이 분비되어 인슐린 분비뿐 아니라 강한 포만감을 유도한다는 사실이 밝혀졌다. 일부 실험에서는 이 호르몬이 뇌의 식욕 회로에 직접 작용해 음식 섭취를 크게 줄인다는 결과도 나타났다. 만약 체중 조절이 단순한 의지 문제가 아니라 장-뇌 호르몬 신호에 의해 조절되는 생리적 시스템이라면, 비만 치료의 접근 자체가 달라져야 하는 것 아닐까라는 질문이 제기되었다.

**3. 그랜드퀘스트 (The Grand Quest)**

뇌의 포만 신호를 모방하여 인위적으로 체중을 조절할 수 있을까?

**4. 이 질문이 열어젖힌 미래 (Impact)**

이 질문은 비만을 생활습관 문제가 아니라 생물학적 조절 시스템의 질환으로 바라보는 새로운 패러다임을 열었다. GLP-1 기반 약물은 식욕을 조절하는 장-뇌 축을 표적으로 하는 치료 접근을 가능하게 했고 비만 치료에서 두 자릿수 체중 감소를 달성하는 결과를 보여주었다. 동시에 대사질환 연구의 방향도 바뀌었다. 당뇨, 심혈관 질환, 지방간 등 여러 질환을 통합적으로 다루는 대사 의학 분야가 확장되었으며, 식품 산업과 의료 시스템까지 영향을 받을 가능성이 논의되고 있다. 비만 치료는 더 이상 단순한 체중 관리가 아니라 호르몬과 뇌 회로를 이해하고 조절하는 새로운 의학 영역으로 발전하기 시작했다.

● 현대 노화 연구

**노화는 피할 수 없는 운명이 아니라 조절 가능한 생물학적 과정일까?**

**1. 기존의 전제 (The Assumption)**

노화는 시간의 흐름에 따라 필연적으로 진행되는 비가역적 쇠퇴 과정으로 이해되어 왔다. 세포와 조직은 DNA 손상, 활성산소 축적, 단백질 변성 등의 무작위적 손상을 지속적으로 축적하며 기능을 잃는다는 것이 교과서적 설명이었다. 이 전제는 연구의 방향을 "노화를 늦추는 것"이 아니라 "노화로 인해 발생하는 질병을 치료하는 것"으로 고정시켰다. 따라서 암, 치매, 심혈관 질환 등 개별 질환의 병리 기전을 규명하고 이를 억제하는 것이 주요 목표가 되었고, 노화 자체를 조절하거나 되돌린다는 발상은 비현실적인 것으로 간주되었다. 분자생물학적으로는 성장과 발달을 조절하는 유전자 네트워크가 존재한다는 사실이 밝혀졌지만, 이러한 경로가 노화에도 직접적으로 관여한다는 가능성은 충분히 탐구되지 않았다. 결과적으로 노화는 설명의 대상일 뿐, 개입의 대상이 아니라는 인식이 학계를 지배했다.

**2. 이 질문을 떠올리게 된 계기 (What Prompted This Question?)**

모델 생물에서 기존 이론으로 설명되지 않는 현상이 반복적으로 관찰되었다. 선충에서 특정 유전자(*daf-2*)를 변형했을 때 수명이 두 배 이상 증가했고, 칼로리 제한이 다양한 종에서 일관되게 수명을 연장하는 결과가 나타났다. 또한 일부 신호 경로(IGF-1, mTOR)가 성장뿐 아니라 수명과도 강하게 연결된다는 증거가 축적되었다. 만약 노화가 단순한 손상의 축적이라면, 단일 유전자나 환경 변화로 이렇게 큰 수명 변화가 나타나는 이유를 설명하기 어려웠다. 주류는 이를 특이한 예외로 간주했지만, 반복되는 패턴은 노화가 조절 가능한 생물학적 프로그램일 가능성을 시사했다.

**3. 그랜드퀘스트 (The Grand Quest)**

노화는 피할 수 없는 운명이 아니라 조절 가능한 생물학적 과정일까?

**4. 이 질문이 열어젖힌 미래 (Impact)**

이 질문은 노화를 질병의 배경 조건이 아니라 직접 개입 가능한 표적으로 재정의했다. 노화의 공통 메커니즘을 조절하면 여러 만성질환을 동시에 지연시킬 수 있다는 접근이 등장했고, mTOR 억제, NAD+ 대사 조절, 세포 노화 제거와 같은 전략이 연구되기 시작했다. 노화생물학은 독립된 학문 영역으로 성장했으며, 건강수명 연장을 목표로 하는 longevity 산업이 형성되었다. 향후 연구는 노화 경로의 정밀 제어, 조직 수준의 재생, 생물학적 나이의 측정과 조절 등으로 확장될 가능성이 있으며, 질병 단위 치료 중심의 의료 패러다임을 근본적으로 재구성하는 방향으로 이어지고 있다.

● 유도만능줄기세포 iPS Cells (induced Pluripotent Stem Cells)

**성숙한 체세포를 다시 배아줄기세포 상태로 되돌릴 수 있을까?**

**1. 기존의 전제 (The Assumption)**

20세기 후반 생물학의 교과서적 통념은 세포 분화는 비가역적 과정이라는 것이었다. 수정란에서 시작된 세포는 발달 과정에서 점점 특정 기능을 맡게 되고, 일단 피부세포나 신경세포처럼 분화하면 다시 초기 상태로 돌아갈 수 없다고 여겨졌다. 이 전제는 세포 발달을 설명하는 기본 원리로 작동했고, 연구자들은 세포가 어떻게 분화되는지, 특정 세포를 어떻게 배양하고 유지할지를 중심으로 연구를 진행했다. 줄기세포 연구 역시 배아에서 직접 줄기세포를 얻는 방향으로 발전하였다. 그러나 이 전제는 한 가지 가능성을 보지 못하게 했다. 분화된 세포가 다시 초기 상태로 돌아갈 수 있다는 가능성이다. 세포는 이미 결정된 운명을 가진 존재라는 생각이 너무 강했기 때문에, 세포의 정체성을 되돌리는 연구는 거의 시도되지 않았다.

**2. 이 질문을 떠올리게 된 계기 (What Prompted This Question?)**

정형외과 레지던트였던 야마나카 신야는 임상 의사로서 치료의 한계를 경험한 후, 배아줄기세포 연구에서 영감을 받아 성체 세포를 초기화할 수 있는 가능성을 탐구하게 되었다. 동시에 배아줄기세포 연구가 배아를 파괴해야 한다는 윤리적 문제도 경험했다. 그는 배아줄기세포와 체세포의 유전자 발현을 비교하면서 한 가지 의문을 품었다. 세포의 정체성이 특정 유전자 네트워크에 의해 결정된다면, 그 핵심 유전자만 바꾸어도 세포 상태가 달라질 수 있는 것은 아닐까? 배아 없이도 줄기세포 상태를 만들 수 있을지에 대한 질문이 여기서 시작되었다.

**3. 그랜드퀘스트 (The Grand Quest)**

성숙한 체세포를 다시 배아줄기세포 상태로 되돌릴 수 있을까?

**4. 이 질문이 열어젖힌 미래 (Impact)**

이 질문은 세포의 운명은 되돌릴 수 없다는 생물학의 기본 전제를 뒤집었다. 세포의 정체성은 고정된 것이 아니라 유전자 네트워크에 의해 재프로그래밍될 수 있는 상태라는 새로운 패러다임이 등장하였다. 이를 통해 환자 자신의 세포로 줄기세포를 만드는 기술이 가능해졌고, 재생의학·질병 모델링·신약 개발 등 새로운 연구 영역이 빠르게 확장되었다. 또한 배아를 사용하지 않는 줄기세포 연구가 가능해지면서 윤리 논쟁의 구조도 크게 변화하였다. 이후 세포 운명을 조절하는 연구와 직접적인 세포 전환 기술이 활발하게 발전하며 생명과학의 새로운 탐색 방향이 열렸다.

**5. 참고: 2012 노벨생리의학상 (Shinya Yamanaka, John B. Gurdon)**

● **알파폴드 (AlphaFold)**

**아미노산 서열만으로 단백질의 3차원 구조를 정확히 예측할 수 있을까?**

**1. 기존의 전제 (The Assumption)**

단백질의 3차원 구조는 반드시 실험을 통해서만 규명할 수 있다는 것이 구조생물학의 오랜 교과서적 통념이었다. 단백질은 수많은 원자 상호작용을 통해 복잡하게 접히기 때문에 아미노산 서열만으로 구조를 계산하는 것은 사실상 불가능한 문제로 여겨졌다. 따라서 연구자들은 X선 결정학, 핵자기공명(NMR), 그리고 최근의 크라이오 전자현미경(cryo-EM)과 같은 실험 기술을 발전시키는 데 연구 역량을 집중했다. 이 전제는 단백질 구조 연구를 가능하게 했지만 동시에 구조 규명이 오랜 시간과 높은 비용이 드는 실험 프로젝트라는 틀을 고착시켰다. 단백질 서열과 구조 사이의 관계를 계산적으로 풀어낼 수 있다는 가능성은 오랫동안 주변적인 연구로 취급되었다.

**2. 이 질문을 떠올리게 된 계기 (What Prompted This Question?)**

한편 생명과학 데이터는 빠르게 축적되고 있었다. 수많은 생물 종의 유전체가 해독되면서 단백질 서열 데이터는 폭발적으로 늘어났고, Protein Data Bank에는 실험으로 규명된 구조 정보가 점차 축적되었다. 동시에 진화 과정에서 서로 가까운 아미노산이 함께 변이한다는 공진화 패턴이 발견되면서 서열 속에 구조 정보가 숨어 있을 가능성이 제기되었다. 여기에 딥러닝과 같은 인공지능 기술이 다른 복잡한 패턴 인식 문제에서 놀라운 성과를 보이기 시작하면서, 서열 데이터만으로 단백질 구조 규칙을 학습할 수 있는 것 아닐까 하는 의문이 점점 설득력을 얻기 시작했다.

**3. 그랜드퀘스트 (The Grand Quest)**

아미노산 서열만으로 단백질의 3차원 구조를 정확히 예측할 수 있을까?

**4. 이 질문이 열어젖힌 미래 (Impact)**

이 질문은 구조생물학의 연구 방식 자체를 바꾸었다. 인공지능 모델 AlphaFold는 단백질 서열 데이터와 진화 정보를 학습하여 실험 수준에 가까운 정확도로 구조를 예측하는 데 성공했다. 그 결과 수십 년 동안 느리고 비용이 많이 들던 구조 규명 과정이 몇 시간 안에 가능해졌다. 이는 생명과학 연구의 방향을 바꾸는 비가역적 변화를 가져왔다. 단백질 구조 데이터가 대규모로 공개되면서 신약 개발, 효소 공학, 질병 메커니즘 연구가 크게 가속되었고, 동시에 단백질 설계와 같은 새로운 연구 영역도 열렸다. 생명과학은 자연이 만든 단백질을 분석하는 단계에서 벗어나, 인공지능을 활용해 새로운 단백질을 설계하는 시대로 진입하고 있다.

**5. 참고: 2024 노벨화학상 (AlphaFold 단백질 구조 예측 연구 관련 공헌)**

## ● 고대 DNA 연구

### 네안데르탈인의 게놈 전체를 복원할 수 있을까?

#### 1. 기존의 전제 (The Assumption)

오랫동안 고대 생물의 DNA는 분석할 수 없다는 것이 분자생물학과 고인류학의 교과서적 통념이었다. DNA는 시간이 지나면서 가수분해와 산화, 미생물 오염에 의해 빠르게 분해되기 때문에 수만 년이 지난 화석에서는 유전 정보가 사실상 사라진다고 여겨졌다. 실제로 화석에서 추출되는 DNA는 극도로 짧은 조각이거나 현대 인간의 오염 DNA와 섞여 있는 경우가 많았기 때문에, 멸종 인류의 유전 정보를 체계적으로 복원하는 것은 불가능한 일로 간주되었다. 이러한 전제 아래 인류 진화 연구는 주로 두개골 형태나 골격 구조와 같은 화석 형태학에 의존해 왔다. 고대 인류의 생물학적 특성이나 현대 인류와의 유전적 관계는 간접적으로만 추정될 수 있었고, 멸종한 인류의 유전체를 직접 읽는다는 발상 자체는 연구의 현실적인 목표로 고려되지 않았다.

#### 2. 이 질문을 떠올리게 된 계기 (What Prompted This Question?)

1990년대에 일부 연구자들이 화석 뼈와 치아에서 극도로 짧은 DNA 조각을 검출하기 시작했다. 많은 학자들은 이를 오염이나 실험 오류로 간주했지만, 반복적으로 유사한 결과가 보고되면서 의문이 생겼다. 만약 완전한 DNA가 아니라 파편화된 조각이라도 남아 있다면, 그것들을 대량으로 읽고 컴퓨터로 재조합하는 방식으로 멸종 인류의 유전 정보를 복원할 수 있지 않을까 하는 생각이 제기되었다. 특히 차세대 염기서열 분석 기술의 발전은 수백만 개의 DNA 조각을 동시에 읽을 수 있는 가능성을 보여 주었고, 이는 기존의 "고대 DNA는 연구할 수 없다"는 전제를 다시 묻게 만드는 계기가 되었다.

#### 3. 그랜드퀘스트 (The Grand Quest)

네안데르탈인의 게놈 전체를 복원할 수 있을까?

#### 4. 이 질문이 열어젖힌 미래 (Impact)

이 질문은 인류 진화 연구의 방법 자체를 바꾸었다. 화석의 형태를 비교하는 학문이었던 고인류학은 유전체 데이터를 직접 분석하는 진화유전체학으로 확장되었다. 네안데르탈인과 현대 인류의 게놈 비교를 통해 두 집단이 실제로 교배했으며 현대 인류 게놈에 그 흔적이 남아 있다는 사실이 밝혀졌다. 또한 데니소바인과 같은 새로운 고대 인류 집단이 DNA 분석을 통해 발견되었다. 이 접근은 고대 DNA 연구, 고유전체학(paleogenomics)이라는 새로운 연구 분야를 탄생시켰고, 멸종 생물의 진화, 인류 이동 역사, 질병 유전자 기원 등을 유전체 수준에서 탐구하는 길을 열었다.

#### 5. 참고: 2022년 노벨생리의학상 (Svante Pääbo)

● 공유자원 거버넌스 (Governance of Common-pool resources) 연구

**공동체가 공유자원을 시장과 정부 없이도 스스로 관리할 수 있을까?**

**1. 기존의 전제 (The Assumption)**

공유자원은 개인의 이익 추구 때문에 결국 남용되고 고갈된다는 것이 오랫동안 경제학의 교과서적 전제였다. 어장, 목초지, 산림과 같은 공유자원에서는 각 개인이 더 많이 이용할수록 개인의 이익은 커지지만 자원 고갈의 비용은 공동체 전체에 분산되기 때문에 과잉 이용이 합리적인 선택이 된다고 보았다. Garrett Hardin의 '공유지의 비극'은 이러한 논리를 대표적으로 정식화하였다. 이 전제는 공유자원 문제의 해결책을 사실상 두 가지로 제한하였다. 하나는 자원을 사유화하여 개인의 책임을 명확히 하는 것이고, 다른 하나는 국가가 규제를 통해 이용을 통제하는 것이었다. 이러한 관점은 자원경제학과 환경정책의 기본 틀이 되었으며, 많은 정책 설계가 사유화나 국가 규제를 중심으로 이루어졌다. 동시에 실제 공동체가 스스로 규칙을 만들고 자원을 관리하는 다양한 사례들은 학문적 관심의 중심에서 벗어나거나 예외적인 현상으로 취급되는 경향이 있었다.

**2. 이 질문을 떠올리게 된 계기 (What Prompted This Question?)**

Elinor Ostrom은 세계 여러 지역의 관개 시스템, 산림, 어업 공동체를 연구하면서 기존 이론과 맞지 않는 현상을 발견했다. 많은 지역 공동체가 외부 정부의 통제나 사유화 없이도 자체 규칙과 감시 체계를 통해 자원을 안정적으로 관리하고 있었다. 예를 들어 스페인의 전통 관개 시스템이나 스위스의 공동 목초지에서는 이용자들이 스스로 사용 규칙을 만들고 위반자에게 제재를 가하며 수백 년 동안 자원을 유지하고 있었다. 기존 이론에 따르면 이러한 시스템은 오래 지속될 수 없어야 했다. 그러나 실제 세계에서는 반복적으로 이러한 사례가 나타났다. 이처럼 기존 패러다임으로 설명되지 않는 경험적 사례들이 축적되면서 공유자원 관리에 대한 기본 전제를 다시 묻게 되었다.

**3. 그랜드퀘스트 (The Grand Quest)**

공동체가 공유자원을 시장과 정부 없이도 스스로 관리할 수 있을까?

**4. 이 질문이 열어젖힌 미래 (Impact)**

이 질문은 공유자원 관리에 대한 학문적 패러다임을 근본적으로 바꾸었다. 자원 문제는 단순히 개인의 이기적 행동에서 발생하는 것이 아니라 공동체가 어떤 제도와 규칙을 형성하느냐에 따라 달라질 수 있다는 새로운 연구 방향이 열렸다. 이후 공유자원 거버넌스, 제도경제학, 환경 거버넌스와 같은 연구 분야가 빠르게 발전하였다. 또한 정책적으로도 공동체 기반 자원 관리, 지역 참여형 환경 정책, 다층적 거버넌스와 같은 접근이 등장하였다. 이 질문은 자원 관리의 해결책이 반드시 국가나 시장만은 아니라는 가능성을 보여주었고, 기후 변화와 환경 관리와 같은 글로벌 문제에서도 다양한 수준의 협력과 제도 설계를 탐색하는 새로운 연구와 정책 논의를 촉발하였다.

**5. 참고: 2009년 노벨경제학상 (Elinor Ostrom)**

● 위키피디아(Wikipedia)와 집단지성 모델

**전 세계 사람들이 하나의 디지털 공간에서 협력하여 공통의 공유지식을 만들어낼 수 있을까?**

**1. 기존의 전제 (The Assumption)**

지식은 검증된 전문가 집단에 의해 생산되고 축적되어야 한다는 전제가 오랫동안 학계와 출판계의 교과서적 통념으로 작동해왔다. 백과사전과 학술지 등은 엄격한 편집위원회와 동료평가를 통해서만 지식을 승인하고 공개하는 구조를 유지했으며, 이는 정보의 정확성과 신뢰성을 확보하는 데 핵심적인 역할을 했다. 이러한 체계는 지식의 질을 일정 수준 이상으로 유지하게 만들었지만, 동시에 지식 생산의 속도를 늦추고 참여를 제한하는 구조를 고착화했다. 비전문가의 참여는 원칙적으로 배제되었고, 지식은 소수 전문가에 의해 관리되는 자원으로 인식되었다. 그 결과 지식 생산은 중앙집중적이고 폐쇄적인 구조 속에서 이루어지는 것이 당연한 것으로 받아들여졌다.

**2. 이 질문을 떠올리게 된 계기 (What Prompted This Question?)**

인터넷의 확산과 함께 기존 전제와 맞지 않는 현상이 나타나기 시작했다. 온라인 게시판과 오픈 커뮤니티에서는 비전문가들이 자발적으로 정보를 생산하고 공유했으며, 일부 경우에는 빠르고 유용한 지식이 축적되었다. 특히 오픈소스 소프트웨어 개발에서는 전 세계 개발자들이 협력하여 높은 수준의 결과물을 만들어내는 사례가 등장했다. 한편 전문가 중심 모델을 따르던 초기 온라인 백과사전 Nupedia는 모든 문서가 전문가 작성과 다단계 동료평가를 거쳐야 했고, 한 편의 글에 수개월이 소요될 정도로 생산 속도가 매우 느렸다. 실제로 완성된 문서는 수십 건에 불과했다. 이러한 대비는 '전문가 중심 구조가 최선'이라는 전제를 흔들었고, 반복되는 협력 사례는 기존 패러다임을 다시 보게 만드는 계기가 되었다.

**3. 그랜드퀘스트 (The Grand Quest)**

전 세계 사람들이 하나의 디지털 공간에서 협력하여 공통의 공유지식을 만들어낼 수 있을까?

**4. 이 질문이 열어젖힌 미래 (Impact)**

이 질문은 지식 생산의 구조를 근본적으로 바꾸었다. 지식은 더 이상 전문가의 전유물이 아니라, 개방된 네트워크에서 지속적으로 수정되고 개선되는 과정으로 재정의되었다. 위키피디아를 통해 '공개 후 수정'이라는 새로운 패러다임이 자리 잡았고, 집단지성, 크라우드소싱, 오픈이노베이션과 같은 새로운 연구 영역이 확장되었다. 산업적으로는 플랫폼 기반 협업 모델이 확산되었고, 사회적으로는 지식 접근의 민주화가 가속화되었다. 이후 연구자들은 대규모 협력 시스템에서 신뢰를 어떻게 형성할 것인지, 참여와 품질을 어떻게 균형 있게 유지할 것인지와 같은 새로운 질문을 탐색하기 시작했다.

**5. 참고: 2001년 위키피디아 출범**

● 블록체인(Blockchain) 기술의 출발 질문

**중앙 권위 없이도 신뢰 가능한 거래 시스템을 만들 수 있을까?**

**1. 기존의 전제 (The Assumption)**

거래의 신뢰는 반드시 중앙 권위에 의해 보장되어야 한다는 전제가 오랫동안 절대적인 원리로 받아들여졌다. 은행, 정부, 카드사와 같은 중개기관이 거래 기록을 관리하고, 이들이 신뢰를 담보함으로써 경제 시스템이 작동했다. 디지털 환경에서는 정보가 쉽게 복제되기 때문에 동일 자산이 여러 번 사용되는 이중지불 문제를 막기 위해서도 중앙 관리자는 필수적인 존재로 여겨졌다. 이에 따라 연구자들은 더 안전한 인증 방식, 더 강력한 중앙 서버, 더 정교한 규제 체계를 구축하는 데 집중했다. 이 전제는 안정적이고 확장 가능한 금융 시스템을 가능하게 했지만, 동시에 신뢰를 중앙기관에 의존하는 구조를 당연한 것으로 만들었고, 중개기관 없이도 거래가 가능할 수 있다는 가능성은 애초에 탐색 대상에서 배제되었다.

**2. 이 질문을 떠올리게 된 계기 (What Prompted This Question?)**

기존 시스템은 효율적이었지만 몇 가지 반복되는 문제를 드러냈다. 금융위기와 같은 사건을 통해 중앙기관 자체가 실패할 수 있다는 사실이 드러났고, 디지털 환경에서는 중개기관 없이도 정보를 공유할 수 있음에도 거래만은 예외로 남아 있었다. 또한 cypherpunk 공동체에서는 암호기술을 활용해 중앙 없이 거래를 구현하려는 시도가 반복되었지만, 매번 이중지불 문제를 해결하지 못한 채 실패했다. 그러나 이러한 실패 속에서도 "다수의 참여자가 서로를 검증한다면 중앙 없이도 신뢰를 만들 수 있는 것 아닐까"라는 질문이 점차 구체화되기 시작했다.

**3. 그랜드퀘스트 (The Grand Quest)**

중앙 권위 없이도 신뢰 가능한 거래 시스템을 만들 수 있을까?

**4. 이 질문이 열어젖힌 미래 (Impact)**

이 질문은 신뢰의 개념 자체를 재정의했다. 신뢰는 더 이상 특정 기관이 보증하는 것이 아니라, 네트워크 참여자 간의 합의로 생성될 수 있는 것으로 이해되기 시작했다. 그 결과 분산원장, 스마트컨트랙트, 탈중앙 금융과 같은 새로운 연구 영역이 등장했고, 금융뿐 아니라 계약, 조직 운영, 데이터 관리 방식까지 변화하는 계기가 되었다. 이후 연구자들은 중앙 없이 합의를 형성하는 다양한 메커니즘과 인센티브 구조를 탐색하게 되었으며, 이는 Web 3.0과 같은 새로운 디지털 경제 패러다임으로 확장되었다. 한 번 열린 이 가능성은 다시 중앙집중 모델만을 유일한 해법으로 보던 시대로 돌아갈 수 없게 만들었다.

● CRISPR(Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) 유전자 편집

**복잡한 단백질 설계 없이 유전체를 간단하게 편집할 수 있을까?**

**1. 기존의 전제 (The Assumption)**

유전체는 읽고 해석할 수는 있지만, 원하는 위치를 정확히 수정하는 것은 매우 어렵다는 인식이 지배적이었다. 특정 DNA 서열을 절단하거나 수정하기 위해서는 해당 위치에 맞는 단백질을 새롭게 설계해야 했고, 이는 고도의 전문성과 시간, 비용을 요구하는 작업이었다. ZFN이나 TALEN과 같은 기술은 특정 위치 절단을 가능하게 했지만, 설계와 제작 과정이 복잡하여 소수의 전문가만 활용할 수 있는 기술로 남아 있었다. 이 전제는 단백질 공학 기반의 정밀 유전자 조작 기술을 발전시키는 데 기여했지만, 동시에 유전자 편집을 누구나 활용할 수 있는 범용적이고 프로그래밍 가능한 기술로 전환할 가능성은 보이지 않게 만들었다.

**2. 이 질문을 떠올리게 된 계기 (What Prompted This Question?)**

세균의 CRISPR 시스템은 외래 DNA를 인식하고 절단하는 면역 기작으로 알려져 있었으며, 반복적이고 정밀한 작동 패턴이 관찰되었다. 그러나 이는 주로 자연계의 방어 메커니즘으로 이해되었을 뿐, 인공적 도구로 확장하려는 시도는 제한적이었다. 연구자들은 RNA가 특정 DNA 서열을 인식하고 Cas 단백질을 유도한다는 점에 주목하게 되었고, 단백질을 매번 새로 설계하지 않아도 RNA 서열만 바꾸면 표적을 지정할 수 있다는 가능성을 인식했다. 이는 유전자 편집이 복잡한 단백질 공학에 의존해야 한다는 기존 전제를 낮설게 만들었다.

**3. 그랜드퀘스트 (The Grand Quest)**

복잡한 단백질 설계 없이 유전체를 간단하게 편집할 수 있을까?

**4. 이 질문이 열어젖힌 미래 (Impact)**

이 질문은 유전자 편집의 성격을 근본적으로 바꾸었다. 유전체는 더 이상 해석의 대상이 아니라 설계와 수정이 가능한 대상으로 전환되었고, CRISPR-Cas9은 누구나 사용할 수 있는 범용 도구로 확산되었다. 그 결과 질병 치료를 위한 유전자 교정, 작물 개량, 생명공학 산업이 급속히 발전하였다. 학문적으로는 유전자 편집이 분자생물학의 핵심 기술로 자리잡았고, 이후 염기 편집과 프라임 편집과 같은 정밀 기술이 등장했다. 동시에 인간 배아 편집과 같은 윤리적 논의가 본격화되며, 생명과학의 연구 방향과 사회적 규범을 함께 변화시키는 계기가 되었다.

**5. 참고: 2020년 노벨화학상 (CRISPR-Cas9 유전자 편집 기술)**

● PCR (중합효소 연쇄반응, Polymerase Chain Reaction)

극소량의 DNA를 짧은 시간 안에 수백만 배로 증폭할 수 있을까?

1. 기존의 전제 (The Assumption)

DNA 분석을 위해서는 충분한 양의 DNA가 확보되어야 한다는 것이 분자생물학의 기본 전제였다. 따라서 연구자들은 세포를 배양하거나 복잡한 정제 과정을 거쳐 DNA를 확보해야 했으며, 분석의 속도와 범위는 이러한 준비 과정에 의해 크게 제한되었다. 극히 적은 양의 DNA는 실험적으로 다루기 어렵거나 의미 있는 결과를 얻기 힘든 것으로 여겨졌다. 이 전제는 세포 배양 기술과 DNA 정제 기술의 발전을 이끌었지만, 동시에 DNA를 시험관 내에서 직접 증폭하여 원하는 만큼 늘릴 수 있다는 가능성은 고려되지 않았다.

2. 이 질문을 떠올리게 된 계기 (What Prompted This Question?)

DNA는 세포 내에서 복제 효소에 의해 반복적으로 복사된다는 사실은 이미 알려져 있었다. 또한 온도 변화에 따라 DNA 이중가닥이 분리되고 다시 결합하는 특성이 관찰되었다. 일부 연구자들은 이 과정을 시험관 내에서 반복적으로 구현할 수 있다면, 소량의 DNA를 기하급수적으로 증폭할 수 있지 않을까 하는 가능성에 주목하였다. 특히 열에 안정한 효소가 발견되면서, 고온과 저온을 반복하는 과정이 실험적으로 가능해졌고, 세포 없이도 DNA 복제를 모사할 수 있다는 문제의식이 형성되었다.

3. 그랜드퀘스트 (The Grand Quest)

극소량의 DNA를 짧은 시간 안에 수백만 배로 증폭할 수 있을까?

4. 이 질문이 열어젖힌 미래 (Impact)

이 질문은 DNA 분석의 전제 조건 자체를 바꾸었다. DNA는 더 이상 충분한 양을 확보해야만 분석할 수 있는 대상이 아니라, 필요에 따라 언제든지 증폭할 수 있는 대상으로 전환되었다. PCR 기술은 유전 연구, 질병 진단, 법의학, 감염병 검사 등 다양한 분야에서 핵심 도구로 자리잡았으며, 특히 바이러스 검출과 같은 신속 진단 기술의 기반이 되었다. 이후 연구자들은 정량 PCR, 디지털 PCR 등 더욱 정밀한 분석 기술을 개발하며, 극미량의 유전 정보를 기반으로 한 새로운 연구와 응용을 확장해 나가고 있다.

5. 참고: 1993년 노벨화학상 (PCR 기술 개발, Kary Mullis)

## 6. 마지막으로

그랜드퀘스트는 연구 주제가 아니라 **질문**입니다.

그리고 좋은 질문은 많은 사람들이 새로운 방식으로 도전하고 싶어지는 질문입니다.

**서울대학교 구성원 여러분의 도전적인 질문을 기다립니다.**

- 문 의 [grandquest@snu.ac.kr](mailto:grandquest@snu.ac.kr)
- 홈 페 이 지 <http://grandquest.snu.ac.kr>



**GRAND  
QUEST**

서울대학교 그랜드퀘스트 이니셔티브  
SNU Grand Quest Initiative, Seoul National University