

주제 탐구 활동 보고서

탐구 주제	기후자금의 활용 사례와 그 속의 과학적 원리 조사	
학번 및 이름		
탐구 내용 및 결과		

3. 탐구 결과

(탐구활동에 대한 객관적 자료(탐구활동 데이터, 도표, 사진, 측정결과 등)을 포함하고 자료를 인용한 경우는 출처를 반드시 밝힐 것)

먼저 기후자금이란 기후변화에 대응하고 그로 인한 피해에 효과적으로 대응하며, 모두가 지속이 가능한 미래를 살아갈 수 있도록 지원하는 자금이다. 다자개발은행과 민간 부문이 기후자금을 모으기 위해 현재 노력하고 있다 모금된 기후자금은 온실가스 감축, 기후변화적응, 기술 개발 등 다양한 분야에 사용되고 있다. 기후자금이 필요한 이유는 기후 위기가 전 세계에 불균형하게 영향을 미치기 때문입니다. 역사적으로 선진국이 더 많은 온실가스를 배출해왔지만, 그 피해는 주로 재정적인 한계로 기후 위기에 적절히 대응하기 어려운 개발도상국이 받고 있기에 국제사회의 지원이 필수적임을 알 수 있었다. 이러한 기후자금은 주로 녹색기후기금(GCF)과 기후투자기금(CIF) 같은 국제기구를 통해 운영되며, 태양광, 풍력 등 신재생에너지 발전소 건설, 전기차 보급, 대중교통 시스템 개선 등 저탄소 인프라 구축, 그리고 기후 피해 지역 복구 및 농업 적응 기술 개발 등 광범위하게 활용되고 있다. 기후자금이 사용되는 사례 중에서 우리는 태양광 발전과 기후적응 농업 기술에 대해 자세하게 조사하였다. 여기서 태양광 발전은 심각한 기후변화를 예방하기 위한 것이고, 기후적응 농업 기술은 지금 변화한 기후에 어떻게 적응할지에 대한 방법이다.



예시 중에서도 태양광 발전과 기후농업 적용 기술을 자세하게 조사했다. 먼저 태양광 발전은 사진에서 보이는 것과 같이 물리적 원리인 광전효과를 이용하여 전기를 생산하는 발전 방식입니다. 광전효과란 물질의 표면에 빛을 비추면 자유전자가 튀어나오는 현상이고 아인슈타인에 의해 발견되었으며 그는 광전효과를 통해서 노벨 물리학상을 수상하였습니다. 태양광 발전의 원리는 태양 빛이 태양전지에 닿으면, 반도체 물질 내부에서 전자가 에너지를 받아 이동하게 되고, 이 전자의 움직임이 전류를 만들어냅니다. 태양전지는 n형 반도체와 p형 반도체로 이루어져 있으며, 이들 사이의 전기장이 전자의 흐름을 유도해 전기가 발생하게 된다. 만들어진 전기는 가정에서 직접 사용할 수 있습니다. 태양광 발전 시스템을 통해 생산된 전기는 전력망과 연동하여 사용하거나, 배터리에 저장하여 필요할 때 사용할 수 있습니다. 또한 태양광 패널을 구성하는 태양전지의 주재료는 실리콘으로, 해변에 가면 밟을 수 있는 모래와 비슷한 성분이다. 그렇기 때문에 쓰고 난 태양광 패널은 재사용하거나 90~95% 이상 재활용이 가능합니다. 이를 통해 유리, 은, 실리콘 등 재활용 가치가 높은 자원을 회수할 수 있다. 한 가뭄, 홍수, 고온 등 다



기후적응 농업 기술은 기후변화로 인한 가뭄, 홍수, 고온 등 다양한 자연재해와 기후 불안정성에 농업이 효과적으로 적응하도록 돕는 기술입니다. 대표적인 기후적응 농업 기술로는 스마트팜이 있습니다. 스마트팜은 정보 통신 기술을 사용해 온도, 습도, 토양 상태 등 농업 환경을 자동으로 조절합니다. 이를 통해 기후변화에 따른 피해를 최소화하고 생산 효율을 높일 수 있기 때문에 기후적응에 매우 효과적인 기술입니다. 스마트팜에 이용되는 화학적 원리는 비료에 포함된 질소화합물, 특히 암모늄 이온과 질산이온의 화학적 변화를 이용한 형태의 질소를 흡수하여 아미노산, 단백질 등 생명 활동에 필요한 유기 화합물을 합성합니다. 토양 내 미생물 활동과 화학반응을 통해 암모니아가 질산염으로 산화되는 질산화 작용이 일어나 이 과정은 식물이 흡수가 가능한 질소 형태를 만듭니다. 스마트팜은 토양 상태와 작물의 영양 상태를 실시간으로 확인해 비료투입량과 시기를 조절함으로써 질소의 과다 축적이나 손실을 방지합니다. 이것을 통해 질소 비료의 효율적인 이용이 가능해지고, 환경 오염을 줄일 수 있습니다. 따라서 기후변화에 대응하기 위한 다양한 기술과 자금 지원이 중요해지고 있습니다.

기후자금은 태양광 발전과 같은 친환경 에너지 개발에 투자되어 온실가스 배출을 줄이는 데 사용되고 또한 스마트팜과 같은 기후적응 농업 기술에 자금을 지원해 농업 생산을 높이고 기후변화로 인한 피해를 최소화하고 있습니다. 이것들과 같이 우리가 기후자금을 이러한 곳에 사용한다면 너무 둠거나 너무 추운 이상기후 현상을 막을 수 있을 것입니다. 하지만 이러한 기후변화 대응과 친환경 발전을 위한 자금이 필요에도 불구하고 기후자금 모금은 많은 이유로 인해서 어려움을 겪고 있습니다. 왜냐하면 위에 말한 것뿐만 아니라 온실가스 감축, 기후변화 적응, 그리고 기후 재난으로 인한 손실 및 피해 복구에 필요한 자금 규모가 너무 많은 것도 있고 선진국과 개발도상국 간의 역사적 책임과 재정 부담에 관한 입장 같은 기후자금의 범위에 대한 국제적인 합의가 부족해 자금 운용의 투명성 문제가 발생했다. 이러한 요인들은 국제사회가 기후 위기를 위해서 기후자금을 마련하는데 장애물이 되어가고 있다.

이처럼 기후자금이 기후변화 대응에 꼭 필요하지만, 아직 충분히 마련되지 못하는 현실을 알게 되면서, 모두가 기후자금의 중요성을 널리 알리고 제대로 마련될 수 있도록 노력해야 한다는 생각이 들었고 기후자금이 잘 조성되어야만 태양광 발전, 스마트팜 같은 친환경 기술들이 더 활발히 발전하고, 기후변화로 인한 피해도 효과적으로 줄일 수 있기 때문에 앞으로 우리 사회가 기후자금 마련에 더 많은 관심을 가지고, 국제사회와 모두가 함께 힘을 모아야 할 때라고 생각한다.

4. 탐구 과정 중 발생한 문제점 및 해결 방법

탐구를 진행하면서 문제점이 몇 가지 있었다. 먼저, 기후자금과 관련된 개념들이 복잡하고 전문적이어서 정확히 이해하고 설명하는 데 시간이 걸렸고 특히 기후자금이 어떻게 조성되고 활용되는지, 그리고 태양광 발전이나 스마트팜 같은 과학적 원리가 어떻게 적용되는지를 명확하게 연결하는 것이 쉽지 않았습니다. 또한, 자료를 찾는 데에도 어려움이 있었고, 찾은 내용에서 중요한 내용을 정리하는 것이 쉽지 않았다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 뉴스 기사를 많이 참고하였고, 여러 출처를 비교 검토하며 내용을 정확하게 이해하려고 노력했다. 또한, 어려운 과학적 원리는 여러 차례 반복해서 내용을 찾아보고 쉽게 풀어 쓸 수 있도록 여러 번 수정하며 표현을 바꿨었다.

(느낀점(배운점 / 본인이 성장했다고 생각되는 점 등))

이번 주제 탐구 보고서를 작성하면서 기후변화 문제에 대한 이해를 한층 더 잘 이해할 수 있었다. 어렵다고만 인식했던 기후변화의 위기 해결을 위한 '기후자금'의 중요성을 구체적으로 파악하게 되었다. 특히 기후변화의 영향이 국가 간 불균형하게 나타나며, 이에 대한 국제적인 협력과 책임이 얼마나 중요한지 절감하는 계기가 되었다. 또한, 태양광 발전의 광전효과나 스마트팜의 질소 비료 활용 원리 등 과학적 원리들이 실제 기후변화 대응 현장에서 어떻게 적용되고 있는지 이해하게 된 점이 인상 깊었다. 무엇보다 기후변화 대응에 기후자금이 필수적임에도 불구하고, 현실적으로 그 자금이 턱없이 부족하다는 사실을 인지하면서 안타깝다고 생각했다. 이번 보고서를 계기로 기후변화 문제에 대한 저의 인식을 더욱 명확히 하고, 앞으로 사람들이 이 문제에 관심을 가지고 적극적으로 동참해야 한다는 생각을 가지게 되었다. 지속이 가능한 지구를 위해 저 또한 작은 실천부터 시작하여 미래 세대에 긍정적인 영향을 미칠 수 있도록 노력해야겠다는 생각이 들었다.

주제 탐구 활동 계획서

학번 및 이름	
관련 과목	통합과학
지도 교사	
탐구 주제	CRISPR 유전자 편집 기술과 이를 활용한 질병 치료 분석

1. 탐구 동기

과학 수업 인포그래픽 수행평가 주제로 ‘유전자 편집 기술’을 선택하여 인포그래픽을 만드는 활동을 했었다. 그때 유전자를 자르고 붙이며 편집을 하여 유전병을 치료하거나 특성을 바꿀 수 있다는 사실에 충격과 흥미를 느꼈다. 유전자 편집 기술 (크리스퍼 가위 기술, 표적 치료 등)에 대해 조사하면서 CRISPR 유전자 편집 기술이 실제로 사람의 몸에서 어떤 방식으로 적용되는지, 실제 질병 치료에 사용된 사례에는 무엇이 있는지, 더 나아가 치매(알츠하이머병)와 같은 현재 완벽한 치료가 되지 않는 질병을 치료할 수 있는 방법이 되지는 않을지 궁금증과 호기심이 생겨 이에 대해 더욱 깊이 탐구 해보고 싶어졌다. 그래서 탐구를 하며 CRISPR 유전자 편집 기술과 이를 활용한 질병 치료 가능성에 대해 분석하고자 한다. 이번 탐구를 통해 더욱 깊이있는 과학적 이해와 나만의 관점을 쌓고 싶었다. 평소 생명과학 분야에 진로 관심이 높았기 때문에 이번 탐구로 진로 관심사를 반영할 수 있는 좋은 기회라고 생각하였다. 결론적으로 이번 탐구는 단순한 이해 확장을 넘어서 생명과학의 응용력과 생명 윤리적 역할을 함께 고민할 수 있다는 점에서도 의미 있는 주제라고 생각하여 탐구를 하게 되었다.

2. 탐구 계획(매우 구체적으로 작성)

1. CRISPR 유전자 편집 기술의 개념과 원리 조사하기 (인터넷 자료 참고)
2. 1~2개 CRISPR 유전자 편집 기술을 이용한 치료 사례 조사하기 (인터넷 기사 자료 참고)
3. “치매(알츠하이머병)와 같은 질병 치료에도 적용될 수 있을까?” 같은 질문으로 탐색하기
 - 치매의 생물학적 원인 & 관련 유전자 조사
 - 치매 치료 가능성
4. 한계점 및 윤리적 문제 분석
5. 미래 유전자 편집 기술에 대한 전망

주제 탐구 활동 보고서

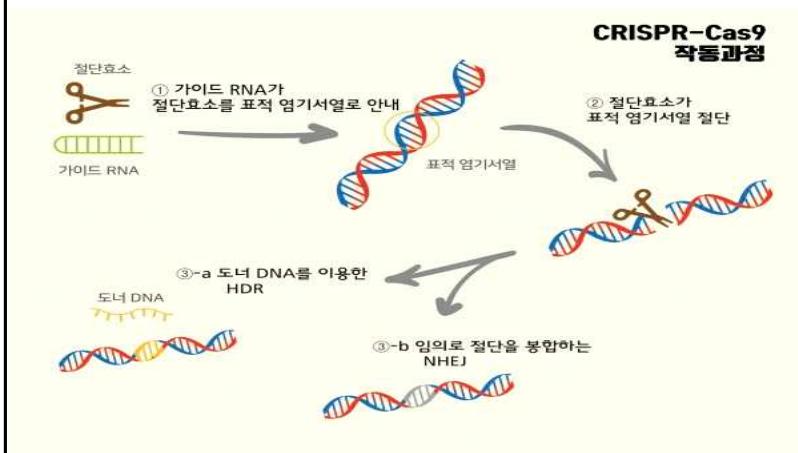
탐구 주제	CRISPR 유전자 편집 기술과 이를 활용한 질병 치료 분석	
학번 및 이름		

탐구 내용 및 결과

3. 탐구 결과

1. 유전자 편집 기술 (CRISPR-Cas9) 원리

유전자 편집 기술은 생명체의 유전체를 구성하는 DNA 염기서열을 정확하게 잘라내거나 바꾸거나 삽입하여 원하는 형질을 유도하여 기존 유전자의 기능을 변형하거나 유전 질환의 원인이 되는 돌연변이를 교정하는 기술이다. 대표적인 유전자 편집 도구로 CRISPR-Cas9 (크리스퍼 유전자 가위) 기술이 있는데, 이 기술의 시스템은 DNA를 절단하는 Cas9 단백질과 절단 부위를 지정하는 가이드 RNA로 구성된다. Cas9 단백질(효소)은 DNA를 가위처럼 자르는 역할을 하며 가이드 RNA가 이끄는 곳에 도달하면 Cas9가 DNA 이중가닥을 절단한다. DNA가 잘리면, 세포는 스스로 이 부분을 복구하려 하는데 이때 과학자가 원하는 염기서열을 넣으면 교정/삽입이 가능하다. 가이드 RNA는 편집할 목표 유전자 부위를 찾아가는 역할을 하며, 특정 DNA 염기서열을 정확하게 인식한다. 이 기술은 기존 방식보다 정확성, 비용, 효율성 면에서 매우 뛰어나며, 단일 유전자 돌연변이에 의한 질환 치료에 적합한 도구로 평가받고 있다.



2. 유전자 편집 기술을 활용한 치료 사례

2-1) 미국에서 세계 최초로 유전적 질환이 있는 아기가 DNA 속 유전자 편집을 통한 치료를 받고 건강히 생활하고 있는 것으로 확인됐다. 영국 가디언과 뉴욕 타임스 등 외신들은 미국 필라델피아 소아 병원의 베카 아렌스 니클라스 박사와 키란 무수누루 펜실베이니아 대학 박사로부터 생후 9개월된 아기 KJ 멀둔이 세계 최초로 맞춤형 유전자 편집 치료를 받았으며, 아기는 퇴원 이후 집에서 건강히 생활하고 있다고 보도했다. 케이제이의 질환은 중증 CPS-1 결핍증이다. 130만명 중 1명에게만 나타나는 질환으로, 체내 단백질이 자연적으로 분해돼 생성되는 암모니아를 요소로 전환해 소변으로 배출하는 간 효소가 부족한 증상이 나타난다. 암모니아가 몸속에 축적돼 간이나 뇌 등 장기에 손상을 줄 수 있다. 케이제이에게 적용된 연구는, 결함이 있는 유전자를 교정할 수 있는 기술로 유전자 가위 기술인 ‘크리스퍼’(CRISPR)를 바탕으로 한다. 문제가 있는 유전자를 포함하고 있는 DNA를 찾아 잘라내는 대신, 결함이 있는 DNA의 염기 서열만 콕 집어 교정하는 ‘염기 편집’기법을 사용했다. 의료진은 아기의 DNA 중 돌연변이만 찾아내 이를 수정하는 방식을 맞춤 설계하여 치료했다는 기사가 있다.

2-2) 난치성 혈액암에 걸린 10대 소녀에게 유전자 편집기술의 하나인 ‘염기 편집’을 적용해 치료에 성공했다고 영국 BBC가 11일 보도했다. 영국 레스터의 소녀 앤리사는 지난해 5월 ‘T세포 급성 림프구성 백혈병(ALL)’ 진단을 받았다. ALL은 림프구계 백혈구가 암세포로 변해 골수에서 증식해 말초 혈액을 타고 간, 비장, 림프계, 대뇌, 소뇌, 척수 등을 침범하는 질병이다. 앤리사는 이를 치료하기 위해 화학요법과 골수이식을 받았지만 소용이 없었다. 그때 영국 런던에 있는 그레이트 스트리트 오먼드 어린이병원의료진이 6년 전 처음 개발된 신기술인 염기 편집 치료법을 제안했다. 대규모 의료진은 암에 걸린 앤리사의 T세포를 추적해 죽일 수 있는 새로운 유형의 T세포를 개발하기 위해 염기편집 기술을 사용했다. 유전자 편집 기술을 사용해 수술한 뒤 6개월이 지난 시점까지 암세포는 발견되지 않았고, 앤리사는 “놀랍고 매우 감사하다”며 “이 치료법이 미래에 다른 아이들에게도 도움이 될 것”이라고 말했다.

3. 치매의 생물학적 원인

3-1) 치매의 원인은 퇴행성, 혈관성, 뇌손상, 탈수초질환, 신생물, 감염, 염증, 뇌수종, 전신성, 독성작용 등이 있으며, 이들 중 퇴행성질환이 가장 흔한 것으로 알츠하이머병이 반수 이상을 차지한다. 알츠하이머병의 생물학적 원인은 다양하지만, 대표적인 두 가지 원인은 아밀로이드 플라크와 신경섬유다발이다. 아밀로이드 플라크는 아밀로이드라는 작은 단백질이 정상적으로 분해되지 않고 뭉쳐진 미세 덩어리로 뇌 조직에 과도하게 축적되어 플라크(반점)을 형성하고 이로인해 염증과 신경세포 손상을 일으킨다. 신경섬유다발은 ‘타우’라는 단백질이 세포 안에 뭉친 것으로, 과인산화되어 신경세포 내에 엉키면서 신경섬유다발을 형성하여 신경세포의 신호전달 능력을 떨어뜨리고 결국 뇌세포를 사멸시킨다. 이러한 뇌 조직의 변화로 알츠하이머병 초기에는 경미한 기억력장애가 나타나며, 아밀로이드 플라크나 신경섬유다발의 영향을 받는 뇌 영역이 점점 늘어나면서 다양한 심리행동 증상이 발생하고 인지기능 장애는 점차 심해진다. 한편 이 두 가지 단백질이 형성되는 이유로는 유전적 원인과 환경적 요인이 있는데, 환경적 요인의 경우 직접적인 원인이라기보다는 발병을 촉진하는 ‘위험인자’로 이해할 수 있으며, 이중 대표적인 것이 노화이다. 하지만 정상적 노화에서 보이는 인지기능 감퇴와 알츠하이머병에서 보이는 인지기능 감퇴는 관련된 뇌 부위와 그 정도가 다르다. 노화 외의 위험인자로는 당뇨, 고혈압, 우울증, 수면장애, 낮은 수준의 뇌-신체-사회 활동, 청력저하, 흡연과 음주, 미세먼지 등이 있다.

3-2) 또, 가족력 (유전적 요인) 또한 알츠하이머 발병 위험을 증가시키는 원인으로 알려져 있다. 그 외의 원인으로는 외상, 감염 등으로 인한 뇌 손상, 뇌 기능을 손상시키는 뇌종양, 뇌 안에 뇌척수액이 과도하게 축적되어 뇌 압 상승이 발생하는 수두증 등이 있다. 치매의 정확한 원인은 아직 명확하게 알려지지 않았으며, 일부 치매는 유전적 요인과 관련이 있지만, 대부분의 치매는 유전적 요인 외 다른 요인들이 복합적으로 작용해 발생한다고 알려져 있다.

3-3) 아밀로이드 베타 : 알츠하이머 환자의 뇌에서 발견되는 아밀로이드 플라크의 주성분으로서 알츠하이머 병에 결정적으로 관여하는 36~43개의 아미노산펩타이드를 말한다.

3-4) 타우 단백질 : 세포 내 미세소관과 관계되어 다양한 단백질을 생성하는 유전자인 MAPT에서 생성되는 단백질이다. 신경전달물질의 수송 통로인 미세소관의 안정성을 유지하는 역할을 주로 하므로 중추신경계의 신경세포에 많이 존재한다. 알츠하이머병 및 파킨슨병과 매우 밀접한 관계를 가지고 있어서 병리학적 분석에 중요한 생물지표로 구분된다.

3-5) 과인산화 : 단백질에 인산기가 과도하게 결합하는 현상으로, 특히 타우 단백질의 과인산화는 알츠하이머병과 밀접한 관련이 있다. 이는 신경세포 내 미세소관의 안정성을 해치고 신경섬유다발을 형성해 뉴런 손상과 사멸을 유발한다.

4. 치매 관련 유전자

치매와 관련된 유전자로는 APOE4,PSEN1,PSEN2,APP 등이 있다. 알츠하이머 발병 위험이 특히 높은 사람들은 알츠하이머 치매의 유전적 위험인자로 알려진 ‘아포지단백 E4(APOE4)’ 사본을 두 개 가진 사람들로, 대부분 알츠하이머 징후를 보이는 것으로 나타났다. APOE4 유전자가 알츠하이머병과 가장 관련이 깊으며, 이 유전자 보유