



## 활동 개요

활동 대상	고 등 학생																															
개발 의도	<p>* 기후변화의 요소 및 현상들에 대한 다양한 관점이 존재함에도 불구하고 가장 일반적인 내용들만 주입함으로서 학생들 스스로 기후변화에 대해 다양한 사고를 할 수 있는 기회가 줄어들었다. '기후변화 탐정 놀이'를 통해 기후변화 현상이 나타나게 된 과정을 다각적으로 이해하고 발견해 나가며 앞으로 더욱 급격하게 변화하게 될 기후에 대해 적극적으로 대응할 수 있도록 하고자 한다.</p> <p>* 학생들에게 '기후변화 탐정 놀이'는 재미난 놀이를 통해 기후변화에 대한 높은 관심과 흥미를 불러올 수 있는 학습 방법으로 수업에 대한 집중도를 높일 수 있다. 학생들은 교사의 설명 없이 주도적으로 가설과 증명을 반복함으로써 답을 발견하는 과정을 통해 기후변화 현상에 대해 이해할 수 있을 것으로 기대된다.</p>																															
학습 목표	<p>* 기후변화 현상이 나타나는 원인 요소를 설명할 수 있다.</p> <p>* 기상 사건의 해결 과정을 통해 온실가스와 기후 변화의 연관성을 찾을 수 있다.</p>																															
내용 체계	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">내 용</th> <th colspan="4" style="width: 40%;">기후변화 현상</th> <th style="width: 10%;">원 인</th> <th style="width: 10%;">영 향</th> <th colspan="2" style="width: 20%;">대 응</th> <th colspan="2" style="width: 10%;">선 택</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>차 시</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="color: green;">★</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										내 용	기후변화 현상				원 인	영 향	대 응		선 택		차 시				★						
내 용	기후변화 현상				원 인	영 향	대 응		선 택																							
차 시				★																												
활동 차시	* 4차시 / 12차시						소요 시간	100분																								
활동 장소	* 실 내																															
준 비 물	강 사 용	* '햄버거 커넥션' 동영상 파일																														
	학습자용	* 모둠 활동지																														
흐 림 도	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; width: 100%;"> <div style="background-color: #8e609a; color: white; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 10px;"> <div style="text-align: center; color: white;">도 입 20 분</div> </div> <div style="flex-grow: 1; background-color: #f0f0f0; padding: 10px; border-radius: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>'설록홈즈' 등 여러 추리 소설 중 짝막한 일화를 들려주고 추리를 풀도록 한다.</li> <li>기후변화 현상을 사진과 그래프로 제시한다.</li> </ul> </div> </div> <div style="margin: 10px 0;">↓</div> <div style="display: flex; align-items: center; width: 100%;"> <div style="background-color: #8e609a; color: white; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 10px;"> <div style="text-align: center; color: white;">전 개 60 분</div> </div> <div style="flex-grow: 1; background-color: #f0f0f0; padding: 10px; border-radius: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>기후변화와 관련된 기상 사건을 제시한다.</li> <li>모둠별로 가설을 세우고 증명한다. 교사는 단서의 힌트를 제공한다.</li> <li>모둠별로 발표한다.</li> <li>'햄버거 커넥션' 동영상을 시청한다.</li> </ul> </div> </div> <div style="margin: 10px 0;">↓</div> <div style="display: flex; align-items: center; width: 100%;"> <div style="background-color: #8e609a; color: white; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 10px;"> <div style="text-align: center; color: white;">마 무 리 20 분</div> </div> <div style="flex-grow: 1; background-color: #f0f0f0; padding: 10px; border-radius: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>도입시 제시했던 사진과 그래프를 설명한다.</li> <li>"삶은 개구리 요리" 이야기를 해준다.</li> </ul> </div> </div> </div>																															



## | 활동 내용 |

### 1. 도입(20분)

#### (1) '셜록홈즈' 등 여러 추리 소설 중 짤막한 일화를 들려 주고 추리를 풀도록 한다.

**\* 예시** \_ **퀴즈 1** 어떤 방 안에 전구가 하나 있다. 밖에는 스위치가 3개 있다. 방에는 딱 한 번만 들어갈 수 있으며 이 3개의 스위치는 몇 번을 눌러도 상관이 없다. 어떤 스위치가 진짜 스위치일까?

**답** 첫 번째 스위치를 켜고 한참 기다린 후에 끄고 두 번째 스위치를 켜고 방에 들어간다.  
불이 꺼져 있고 손으로 만져서 아주 뜨거우면 첫 번째 스위치가 정답.  
불이 켜져 있으면 두 번째 스위치가 정답.  
불이 꺼져 있고 뜨겁지도 않다면 자동으로 세 번째 스위치가 정답.

**퀴즈 2** 무더운 여름 날 박지성 씨 집의 유리 창문이 깨졌다.  
집 정면의 왼쪽에는 단풍나무가 서 있다. 용의자들의 진술은 다음과 같다.

- 1) 이순재 : 난 그 때 독서를 하고 있었어. 오늘은 심심한 날이거든.
- 2) 박해미 : 선풍기를 켤 수 없었어. 그래서 박지성 씨 단풍나무 그늘에서 쉬고 있었어.
- 3) 정준하 : 집안이 더워서, 목욕을 하고 있었어.
- 4) 김분좌 : 난 그 때 '나는 가수다' TV 프로그램을 보고 있었어.
- 5) 돌 리 : 오늘은 정말 짜증 나는 날이야.
- 6) 또 치 : 내 취미는 영화 감상이야. 그런데 오늘은 보지를 못했어.
- 7) 이경규 : 오늘은 오랜만에 손으로 빨래를 했어.
- 8) 호호아줌마 : 오늘은 에어컨을 켜지 못해서, 밖으로 나와 단풍나무 그늘에서 쉬었어.

8명의 사람 중 1명만이 거짓말을 하고 있다. 누가 범인일까?

**답** 김분좌  
잘 보면 동일 시각 전기가 안 들어오고 있다는 사실을 알 수 있다. 전기가 안 들어오는데도 TV를 시청 했다는 김분좌가 범인.

**\* 유의 사항** \_ 되도록 환경과 연관된 일화를 선택하되 없다면 학생 수준에서 짧은 시간 내에 풀 수 있는 문제를 제시한다. 도입에 추리 소설을 적용한 이유는 흥미 유발도 있지만 전개 활동 시 이어지는 추리 과정을 미리 경험해 봄으로써 학생들에게 추리가 어렵지 않고 조금만 생각하면 쉽게 해결할 수 있다는 자신감을 불어 넣어줄 수 있기 때문이다.

#### (2) 기후변화 현상 중 예시를 사진과 그래프로 제시한다.

**\* 예시** \_ 지구 평균 온도가 증가하고 있는 그래프와 기후변화 영향의 대표적 사례 사진(투발루) 등을 제시한다. 그리고 제시한 사진과 그래프에 대한 설명 없이 오늘 수업이 이것들과 연관이 있다는 것만 알리고 바로 전개 활동을 시작한다.

**\* 유의 사항** \_ 학생들이 어떤 방법으로 수업을 하게 되는지 궁금증을 갖고 수업에 임할 수 있도록 유도한다. 따라서 사진과 그래프를 제시할 때 어떠한 힌트도 제공해선 안 된다.

**\* 준비물** \_ 기후변화 현상이 나타난 사진, 그래프



## 2. 전개(60분)

### (1) 기후변화와 관련된 가상 사건을 제시한다.

- \* **예시** \_ 모둠 편성을 하고, 모둠 활동지를 나눠준다. 모둠 활동지에는 두 개의 사건이 제시되어 있다. 사건의 범인은 온실가스이다. 사건의 내용은 우리 주변에서 일어날 수 있는 일들로 설정한다. 또한 단일 사건이 아닌 연쇄 사건으로 이어질 수 있도록 사건 간의 연계성을 고려한다.

예) ○○아파트에서 근무하는 김씨는 관리 사무실이 지하에 있어 아파트를 순회하는 시간 외에는 대부분의 시간을 지하에서 보낸다. 아파트의 지하 근처에는 정화조가 설치되어 있고, 환기 시설이 잘 되어 있지 않다. 김씨는 비오는 날이면 평소보다 더 머리가 지끈거리는 증상을 호소해 왔다. 김씨는 그날도 어김없이 아파트를 순회하고 자리에 돌아왔다. 머리가 아픈 김씨는 차츰 통증이 심해지며 쓰러졌다. 신음 소리를 듣고 인근 사람들이 몰려와 김씨를 구하려 들어왔다가 나머지 사람들도 쓰러져 병원으로 후송되었다. 김씨는 병원으로 옮겨졌으나 숨졌으며, 나머지 사람들은 치료를 받고 있는 중이다.

- \* **유의 사항** \_ 학생들이 범인을 찾아가는 과정을 통해 재미를 느낄 수 있도록 지도하는 것이 교사의 주요 임무이다. 또한 교사는 정해진 답을 찾아 가는 과정보다는 학생들이 창의적으로 사건을 해결할 수 있도록 유도한다.

### (2) 모둠별로 가설을 세우고 증명하고 교사는 단서의 힌트를 제공한다.

- \* **예시** \_ 학생들은 미스터리를 풀기 위해 가설을 세우고 증명하는 과정을 거친다. 범인을 너무 쉽게 찾게 되면 활동이 너무 빨리 끝나기 때문에 단계를 나눠서 힌트를 제공한다.
- \* **유의 사항** \_ 학생들이 범인을 찾아 가는 과정을 통해 재미를 느낄 수 있도록 지도하는 것이 교사의 주요 임무이다. 또한 교사는 정해진 답을 찾아가는 과정보다는 학생들이 창의적으로 사건을 해결할 수 있도록 유도한다.

### (3) ‘햄버거 커넥션’ 동영상을 시청한다.

- \* **예시** \_ 패스트 푸드와 값싼 축산 식품의 대명사라고 할 수 있는 ‘햄버거’는 세계의 입맛으로 자리 잡았다. 세계 121개국에 2만 9,000여 매장을 거느리고 있는 미국의 맥도날드사는 세계 최대의 패스트 푸드 기업으로 일명 ‘햄버거 왕국’으로 불린다. 멕시코의 환경운동가 가브리엘 과드리는, 1960년대 이후 중앙아메리카 숲의 25% 이상이 목초지 조성을 위해 벌채되었으며 1970년대 말에는 중앙아메리카 전체 농토의 2/3가 소나 다른 가축의 축산 단지로 점유되었다고 주장했다. 1987년 이후로도 멕시코에서만 1,497만 3,900ha의 열대우림이 파괴됐으며 그로 인해 사회 불안과 정치적 소요까지 일어나고 있다. 중앙아메리카의 열대림을 희생하고 생산되는 소고기는 주로 유럽과 미국으로 수출되지만 지방분이 적고 미국인의 미각에 그다지 맞지 않아 대부분 햄버거의 재료가 된다. 가브리엘 과드는 ‘열대림 파괴 → 육우사육 → 햄버거 생산’으로 이어지는 반생태적 연결고리를 ‘햄버거 커넥션’이라고 명명했다.

- \* **준비물** \_ ‘햄버거 커넥션’ 동영상 파일



### 3. 마무리 (20분)

#### (1) 도입 시 제시했던 사진과 그래프를 설명한다.

- \* 예시 \_ 투발루 등의 사진은 기후변화로 인해 서식지가 사라지거나 변화된 결과임을 설명한다. 또한 그래프는 온실 기체의 증가로 인해 지구온난화가 가속화된 결과임을 설명한다.
- \* 유의 사항 \_ 도입시 제시했던 사진과 그래프를 기후변화 원인과 관련지어 설명한다.

#### (2) “삶은 개구리 요리” 이야기를 해준다.

- \* 예시 \_ 이 요리는 손님이 앉아 있는 식탁 위에 버너와 냄비를 가져다 놓고 직접 보는 앞에서 개구리를 산 채로 냄비에 넣고 조리하는 것이다. 이 때 물이 너무 뜨거우면 개구리가 펄쩍 튀어나오기 때문에 맨 처음 냄비 속에는 개구리가 가장 좋아하는 온도의 물을 부어 둔다. 그러면 개구리는 따뜻한 물에 아주 기분 좋은 듯이 가만히 엎드려 있다. 그러면 이때부터 매우 약한 불로 물을 데우기 시작한다. 아주 느린 속도로 서서히 가열하기 때문에 개구리는 자기가 삶아지고 있다는 것도 모른 채 기분 좋게 잠을 자면서 죽어 가게 된다. 환경 또한 지금 지구의 온도가 올라간다고 해도 ‘내 생활에 크게 문제는 없으니깐 이만하면 되겠지’ 하는 안일한 생각에 빠져 지금 자기가 어디에 있으며 어디로 가는지도 모른 채 그럭저럭 하루하루를 보내고 있는 것이다. 그것은 마치 자기를 요리하는 물이 따뜻한 목욕물 이라도 된다는 듯이 편안하게 잠자다가 죽어 가는 개구리의 모습과도 같다.
- \* 유의 사항 \_ 이야기를 통해 학생들이 느끼는 점을 발표하도록 한다.



## | 활동 방법 |

- ① 기후변화와 관련된 가상 사건을 제시한다.

### < 첫 번째 사건 >

○○아파트에서 근무하는 김씨는 관리사무실이 지하에 있어 아파트를 순회하는 시간 외에는 대부분의 시간을 지하에서 보낸다. 아파트의 지하 근처에는 정화조가 설치되어 있고, 환기 시설이 잘 되어 있지 않다. 김씨는 비오는 날이면 평소보다 더 머리가 지끈거리는 증상을 호소해 왔다. 김씨는 그날도 어김없이 아파트를 순회하고 자리에 돌아왔다. 머리가 아픈 김씨는 차츰 통증이 심해지며 쓰러졌다. 신음 소리를 듣고 인근 사람들이 몰려와 김씨를 구하려 들어왔다가 나머지 사람들도 쓰러져 병원으로 후송되었다. 김씨는 병원으로 옮겨졌으나 숨졌으며, 나머지 사람들은 치료를 받고 있는 중이다.

### < 두 번째 사건 >

2013년 7월 15일 첫 번째 사건이 발생한 ○○지역에서 약 10km 떨어져 있는 마을에 사는 주민들 대부분이 같은 증세로 고통을 호소하는 사건이 발생했다. 증세로는 얼굴 근육에 경련이 일어나 주민들이 괴상망측한 표정을 짓고 있었고, 더욱 심각한 것은 마취 증세를 보이는 환자가 속출하고 있다는 점이다. 며칠 전에는 갑자기 호흡 이상 증세를 보이다가 결국 사망하는 일까지 벌어졌다. 이 마을을 조사한 결과 특이한 점은 마을 입구부터 달콤한 향기가 진동을 하였다는 점이다. 또한 마을에는 대규모의 비료공장과 하수처리시설이 갖추어져 있었다.

- ② 모둠별로 가설을 세우고 증명한다. 교사는 단서를 제공한다.

### < 첫 번째 사건의 단서 >

단서 1➔ 지하 근처에 정화조 설치 / 단서 2➔ 환기 시설이 잘 되어 있지 않음

### < 두 번째 사건의 단서 >

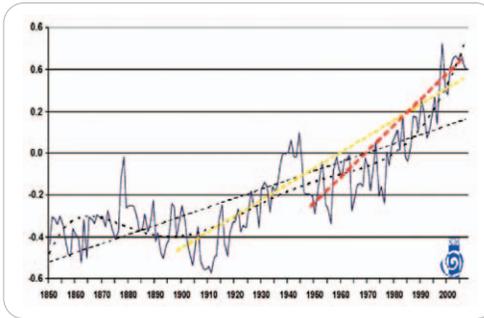
단서 1➔ 얼굴 근육에 경련 / 단서 2➔ 마취 증세

- ③ 모둠별로 문제를 해결하고 원인을 발표한다.
- ④ 위 문제가 해결되지 않고 계속될 경우 어떤 일이 발생할지 예측한다.



## | 참고 자료 |

### (1) 기후변화 현상 예시



지구 평균 기온 그래프(기후변화 현상)



투발루(기후변화 영향) 출처: 구글 이미지

### (2) 온실기체 특징

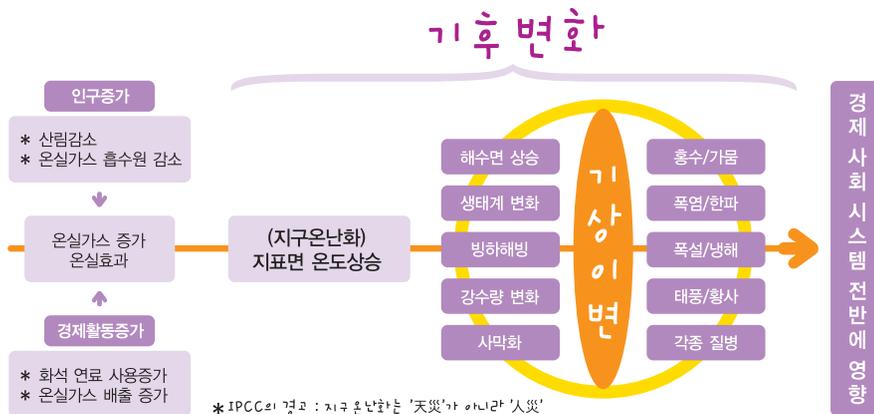
- \* **CO<sub>2</sub>**
  - 주된 온실가스이다. 우리가 숨을 내쉴 때마다 나오는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)는 나무와 석유, 석탄과 같은 화석 연료가 탈 때, 탄소가 공기 중의 산소와 결합하여 생긴다. 자연계에서 이산화탄소는 식물이 광합성 작용을 할 때 사용되고, 바다에 흡수되고 남은 양은 대기 중에 계속 쌓이게 된다. 대기 중에 있는 이산화탄소 양은 1700년대 후반 산업혁명이 시작된 이후 1/3이 더 늘어났다. 이 수준은 앞으로도 수백 년 동안 계속해서 높게 유지될 것이다.
  - 지구 온난화 지수는 낮지만 규제 가능한 가스(Controllable Gas)로서 전체 온실가스 배출량 중 약 80% 이상을 차지하고 있기 때문에 6대 온실가스 중 가장 중요한 온실가스로 분류되고 있다.
  - 이산화탄소는 공업적으로 석회석에 산을 가하거나 석회석을 가열하면 얻어진다. 알코올과 같은 탄소 화합물이 연소할 때 물과 함께 생성되기도 하며 생물체가 유기물을 분해하는 과정에서도 만들어진다. 생명체는 호흡을 통해 유기물을 분해하면서 생활에 필요한 에너지를 얻는데, 이때 이산화탄소가 만들어 지고 날숨을 통해 다시 공기 중으로 배출된다.
- \* **CH<sub>4</sub>**
  - 메테인은 다른 형태의 탄소이며 자연적인 탄소 순환 과정의 일부이다. 메테인은 흰개미, 바다, 진흙 화산에서 자연 방출된다. 비록 메테인이 대기 중에 있는 이산화탄소보다 양은 더 적어도 온실효과는 훨씬 강하다. CO<sub>2</sub>보다 20배의 효과가 있다. 오늘날 메테인 가스가 방출되는 양 중에서 그 절반 정도는 인간이 방출한다. 주로 쓰레기 매립, 가축 사육, 천연가스를 생산할 때 방출된다. 주로 농업 활동이나 폐기물 처리 과정에서 발생한다. 산업 공정이나 에너지 부문에서도 메테인이 발생하지만 그 양은 미미한 것으로 나타났다.
  - 반응에서 생성되는 삼염화메탄(CHCl<sub>3</sub>)은 클로로폼이라 하여 한때 마취제로 사용되었으며, 사염화탄소(CCl<sub>4</sub>)는 발암물질이라고 알려지기 전까지는 소화기의 불연성 액체로 쓰였고 기름에 의한 화재의 소화제로도 쓰인다.



- \* **N<sub>2</sub>O**
  - 웃음가스라고 잘 알려진 아산화질소는 대기 중의 열을 흡수하고, 독성이 없으며 흡입 마취제로 사용할 만큼 안전한 물질이지만, 아산화질소 1분자는 이산화탄소 310분자에 해당하는 온실효과를 유발한다. 바다와 축축한 숲 토양에 있는 박테리아는 아산화질소를 자연 방출한다. 인간이 만들어내는 아산화질소의 주요 원인은 화학 비료와 동물의 거름이다.
  - 마취성이 있어 간단한 외과수술 시 전신마취에 사용하는 경우도 있다. 보통 산소 20%를 혼합하여 사용하며, 독성·자극성이 약하고 안전하지만, 높은 농도를 필요로 하므로 산소결핍증을 일으킬 우려가 있다.
- \* **HFCs**
  - 오존층 파괴물질인 프레온가스인 CFC(염화불화탄소)의 대체물질로 개발되었던 HFCs 대기권내에서의 수명이 짧고, 염소를 포함하지 않아 성층권에서의 오존 손실을 막을 수 있는 대체물로 여겨지고 있으며, 현재도 많은 곳에 사용되고 있다. 불연성 무독성 가스로 취급이 용이하며, 화학적으로 안정하여 냉장고 및 에어컨의 냉매로 사용된다.
- \* **PFCs**
  - 과불화탄소는 탄소와 불소의 화합물로 CFC를 대체하여 쓰이고 있으나, 온실가스의 하나로 알려져 있으며, 해마다 차지하는 비중이 높아가고 있다. 우리 나라의 경우 전량 반도체 제조공정에 사용되며, 국내 온실가스 총 배출량의 4.2%를 차지하고 있다.
- \* **SF<sub>6</sub>**
  - 플루오린과 황의 화합물로 황원자를 중심으로 플루오린 원자가 정팔면체 구조를 취하고 있다. 열적 안정성이 좋고 열 전달성이 뛰어나, 1960년대부터 절연체 등으로 넓게 사용되고 있다. 또한 이러한 높은 절연성으로 변압기, 절연 개폐 장치 등의 절연 매체로 사용되며, 이외에도 반도체 제품이나 액정 패널의 제조 과정에서도 사용된다. 특수하게는 어뢰의 엔진 연료에도 사용된다.
  - 이 기체는 인공적인 온실효과를 만들어 내며, 총 사용량은 많지 않지만, 최근 수요량이 늘어 나고 있는 추세이다. 안정성이 높아 일단 배출되며 대기 중에 거의 영구히 존재하게 된다.

출처: 지구가 아파요. 안 손힐, 다른 출판사, 온실가스전문인력양성과정 교재, <http://www.ecoroko.com/295>

### (3) 기후변화 메커니즘



출처: 유엔 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)



## (4) 사건 범인

### \* 제시된 사건의 추리 과정 1.

제시된 문장	설 명
대부분 지하에서 시간을 보냄.	지하는 여러 가지 환경 물질이 배출되며 밀폐된 공간이다.
지하 근처에는 정화조 설치	메테인은 유기물이 분해될 때 주로 발생되며, 소나 닭과 같은 가축의 배설물의 분해 과정에서 발생한다.
환기 시설이 잘되어 있지 않다.	밀폐된 공간에서 생활하는 시간이 많은 사람에게 환기 시설이 잘 되어 있지 않다면 오염 물질에 그대로 노출되어 위험이 증대된다.

### \* 제시된 사건의 추리 과정 2.

발생사건	설 명
얼굴 근육에 경련이 일어나 과상망측한 표정을 짓는다.	[아산화질소]를 흡입하면 얼굴 근육에 경련이 일어나 마치 웃는 것처럼 보여, 소기 (laughing gas)라고도 한다.
마취 증세 및 호흡 이상 증세	[아산화질소]는 마취성이 있어 간단한 외과수술 시 전신마취에 사용하는 경우도 있다.
달콤한 향기	[아산화질소]는 달콤한 향기를 낸다.
대규모의 비료공장	[아산화질소]는 농업용 비료 제조 공정에서 배출된다.
하수처리시설	<p>하수처리 시 질소 제거는 미생물들의 활동으로 이루어진다. 미생물들의 활동은 크게 질산화성 작용과 탈질 작용으로 나누어진다. 질산화균들은 질산화성 작용을 일으키며 탈질미생물들은 탈질 작용을 일으킨다. 하수 처리 과정 중 질산화성 작용과 탈질 작용의 궁극적 목표는 하수 속에 있는 암모니아성 질소를 질소가스로 변화시켜 대기로 돌려 보내는 것이다.</p> <p>질산화성 작용 : <math>\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-</math>  탈질 작용 : <math>\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}^- \rightarrow \text{N}_2\text{O}</math></p> <p>위의 생화학 반응 시 최적화의 환경이 미생물들에게 조성되지 않을 경우 탈질 작용 중간에 종결되어 질소가스 대신 아산화질소를 방출시킨다.</p>

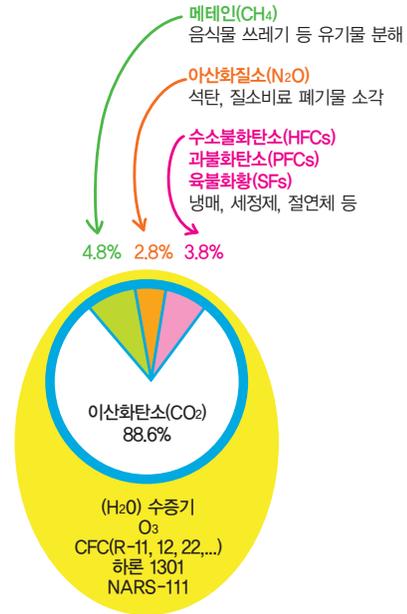


| 온실가스란? |

저탄소 녹색성장 기본법 제2조 9항

'온실가스'란 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 메테인(CH<sub>4</sub>), 아산화질소(N<sub>2</sub>O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF<sub>6</sub>) 및 그 밖에 대통령령으로 정하는 것으로 적외선 복사열을 흡수하거나 재방출하여 온실효과를 유발하는 대기 중의 가스 상태의 물질을 말한다.

| 한눈에 보는 온실가스 종류와 특징 |



\* 어떻게 생겨?

화산이 폭발할 때 산불이 날 때 생기지만 사람들이 나무와 석유, 석탄과 같은 화석 연료가 탈 때, 탄소가 공기 중의 산소와 결합하여 생기는 것이 훨씬 많아. 대기 중에 있는 이산화탄소는 1700년대 후반 산업혁명이 시작된 이후 1/3이 더 늘어났어. 이 수준은 앞으로도 수백 년 동안 계속해서 높게 유지될 것 같아.

\* 실험실에서도 생기던데?

이산화탄소는 공업적으로 석회석에 산을 가하거나 석회석을 가열하면 얻을 수 있어. 알코올과 같은 탄소화합물이 연소할 때 물과 함께 생성되기도 하고 생물체가 유기물을 분해하는 과정에서도 만들어지기도 해. 생명체는 호흡을 통해 유기물을 분해하면서 생활에 필요한 에너지를 얻는데, 이때 이산화탄소가 만들어지고 날숨을 통해 다시 공기 중으로 배출 되는거지.

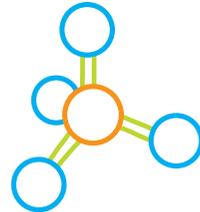
\* 지구온난화에 얼마나 기여해?

\* 지구온난화 지수는 낮지만 그 양이 전체 온실가스 배출량 중 약 80% 이상을 차지하고 있기 때문에 6대 온실가스 중 가장 중요한 온실가스로 분류되고 있어.

\* 없앨 수도 있어?

자연계에서 이산화탄소는 식물이 광합성 작용을 할 때 사용되지, 그리고 일부는 바다에 흡수되기도 해.

\*지구 온난화 지수 : 8page 참고



\* 어떻게 생겨?

메테인은 흰개미, 바다, 진흙 화산에서 자연적으로 생겨. 그런데 오늘날 메테인 가스가 방출되는 양 중에서 그 절반 정도는 인간이 방출하지. 주로 쓰레기 매립, 가축 사육, 천연가스를 생산할 때 방출되는데 주로 농업활동이나 폐기물 처리과정에서 발생해. 산업공정이나 에너지 부문에서도 메테인이 발생하지만 그 양은 미미한 것으로 나타났어.

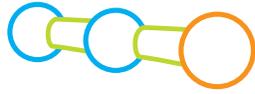
\* 실험실에서도 생기던데?

메테인의 반응은 쉽게 이루어져. 반응에서 생성되는 삼염화메탄(CHCl<sub>3</sub>)은 클로로폼이라 하여 한때 마취제로 사용되었고, 사염화탄소(CCl<sub>4</sub>)는 발암물질이라고 알려지기 전까지는 소화기의 불연성 액체로 쓰였고 기름에 의한 화재의 소화제로도 쓰이기도 했었어.

\* 지구온난화에 얼마나 기여해?

비록 메테인이 대기 중에 있는 이산화탄소보다 양은 더 적어도 온실효과는 훨씬 강해. CO<sub>2</sub>보다 20배의 온실효과를 가지고 있어.

## N<sub>2</sub>O



### \* 어떻게 생겨?

바다와 축축한 숲 토양에 있는 박테리아가 아산화질소를 자연에 방출해, 그런데 인간이 만들어내는 아산화질소의 주요 원인은 화학 비료와 동물의 거름이야.

### \* 특징이 있다던데?

아산화질소는 웃음가스라고 잘 알려져 있는데 대기 중의 열을 흡수하는 것은 물론, 독성이 없고 흡입 마취제로 사용할 만큼 안전한 물질이야.

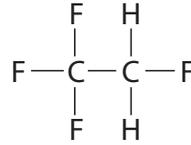
### \* 지구온난화에 얼마나 기여해?

아산화질소 1분자는 이산화탄소 310분자에 해당하는 온실효과를 유발해, 엄청나지?

### \* 사람에게 피해를 줘?

마취성이 있어 간단한 외과수술 시 전신마취에 사용하는 경우도 있어, 보통 산소 20%를 혼합하여 사용하는데, 독성·자극성이 약하고 안전하지만, 마취제로 이용할 때는 높은 농도를 필요로 하기 때문에 산소 결핍증을 일으킬 우려가 있어.

## HFCs



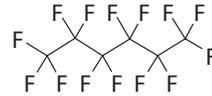
### \* 어떻게 생겨?

불연성 무독성 기체로 취급이 쉽고 화학적으로 안정해서 냉장고 및 에어컨의 냉매로 사용되지.

### \* 특징이 있다던데?

HFCs는 대기권내에서 수명이 짧고, 염소를 포함하지 않아서 오존층 파괴 물질인 프레온가스인 CFC(염화불화탄소)의 대체 물질로 개발되었어, 그래서 많은 곳에 이용되고 있는 거지. 하지만 문제는 지구온난화를 일으키는 주범이라는 거야.

## PFCs



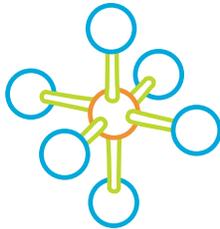
### \* 어떻게 생겨?

우리나라의 경우 반도체 제조 공정에 사용되고, 국내 온실가스 총 배출량의 4.2%를 차지하고 있어.

### \* 특징이 있다던데?

과불화탄소는 탄소와 불소의 화합물로 CFC를 대체하여 쓰이고 있는데, 문제는 역시 온실가스라는 거지. 해마다 차지하는 비중이 늘어가고 있어

## SF<sub>6</sub>



### \* 어떻게 생겨?

절연성이 높아서 변압기, 절연 개폐 장치 등에서 절연 매체로 사용되고 있어. 이외에도 반도체 제품이나 액정 패널의 제조 과정에서도 사용되지, 특수하게는 어뢰의 엔진 연료에도 사용된다.

### \* 특징이 있다던데?

플루오린과 황의 화합물로 황원자를 중심으로 플루오린 원자가 정팔면체 구조를 취하고 있어. 열적 안정성이 좋고 열 전달성이 뛰어나, 1960년대부터 절연체 등으로 넓게 사용되고 있는 거지.

### \* 지구온난화에 얼마나 기여해?

총 사용량은 많지 않지만, 최근 수량이 늘어나고 있는 추세야. 안정성이 높아 일단 배출되며 대기 중에 거의 영구히 존재하게 되어 그만큼 문제가 되고 있어.

## | 온실가스별 지구온난화지수 |

### \* 지구온난화 지수가 뭐야?

온실가스별로 지구온난화에 기여하는 정도가 달라. 일반적으로 이산화탄소를 기준으로 해서 각 가스별 기여 정도를 명시한 것을 지구온난화 지수(GWP, Global Warming Potentials)라고 하지.

### \* 지구온난화 기여도는?

각 온실가스 별로 배출량이 다르기 때문에 온실가스별 지구온난화 지수와 그 배출량을 고려하여 지구온난화에 얼마나 기여하고 있는지 %로 나타낸 거지.

( 온실가스별 지구온난화지수(GWP)와 기여도 )

온실가스	지구온난화지수 (GWP)	지구온난화기여도 [%]
이산화탄소	1	55
메테인	21	15
아산화질소	310	6
수소불화탄소	150 ~ 11,700	24
과불화탄소	6,500 ~ 9,200	
육불화황	23,900	

( ) 고등학교 ( ) 학년 ( ) 반 이름 ( )

## ★ 설록홈즈 따라잡기!! ★

2013년 7월 연쇄적인 사망 사건이 발생했다.

경찰은 이번 사건의 범인을 잡는데 모든 인력을 동원하고 있지만 워낙 특이한 사건이라 단서를 찾는 것조차 쉽지 않다. 아래 글은 조사 결과 경찰이 적어 둔 수첩 내용이다. 탐정단은 아래의 단서를 바탕으로 사건을 해결하길 바란다.

### < 첫 번째 사건 >

○○아파트에서 근무하는 김씨는 관리사무실이 지하에 있어 아파트를 순회하는 시간 외에는 대부분의 시간을 지하에서 보낸다. 아파트의 지하 근처에는 정화조가 설치되어 있고, 환기 시설이 잘되어 있지 않다. 김씨는 비오는 날이면 평소보다 더 머리가 지끈거리는 증상을 호소해 왔다. 김씨는 그날도 어김 없이 아파트를 순회하고 자리에 돌아왔다. 머리가 아픈 김씨는 차츰 통증이 심해지며 쓰러졌다. 신음 소리를 듣고 인근 사람들이 물려와 김씨를 구하려 들어왔다가 나머지 사람들도 쓰러져 병원으로 후송되었다. 김씨는 병원으로 옮겨졌으나 숨졌으며, 나머지 사람들은 치료를 받고 있는 중이다.

| 사건에 대한 단서를 적고 추리해 보세요. |

단 서	추리 내용

| 내가 추리한 범인은 무엇인가요? |

( ) 고등학교 ( ) 학년 ( ) 반 이름 ( )

★ 설록홈즈 따라잡기!! ★

< 두 번째 사건 >

2013년 7월 15일 첫 번째 사건이 발생한 ○○지역에서  
약 10km 떨어져 있는 마을에 사는 주민들 대부분이 같은 증세로 고통을 호소하는 사건이 발생했다.  
증세로는 열골 근육에 경련이 일어나 주민들이 괴상망측한 표정을 짓고 있었고,  
더욱 심각한 것은 마취 증세를 보이는 환자가 속출하고 있다는 점이다.  
며칠 전에는 갑자기 호흡 이상 증세를 보이다가 결국 사망하는 일까지 벌어졌다.  
이 마을을 조사한 결과 특이한 점은 마을 입구부터 달콤한 향기가 진동을 하였다는 점이다.  
또한 마을에는 대규모의 비료 공장과 하수 처리시설이 갖추어져 있었다.

| 사건에 대한 단서를 적고 추리해 보세요. |

단 서	추리 내용

| 내가 추리한 범인은 무엇인가요? |

| 이 문제가 지속된다면 10년 후 마을이 어떻게 변할지 적어 보세요. |