

## 이산화탄소의 성질 (12-3)

### [ 제품 구성 ]

- 랩에이즈 기체발생기 및 기체수집통 각 3개
- 기체수집병 24개 (뚜껑 포함)
- 카트리지 3개
- 고무튜브 및 클램프 각 3개
- 120mL 염산 9병
- 석회수 6병
- 브롬티몰블루 점적병 3개
- 비누용액 점적병 3개
- 중탄산나트륨용액 점적병 1개
- 나무막대 12개
- 석회암조각 1봉지
- 스포이드 3개
- 학생용 실험보고서 1장
- 교사용 지도서 1장

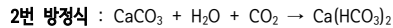
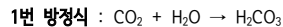
이산화탄소는 매우 중요한 화합물이다. 생명체 유지에 반드시 필요한 요소로 공기, 암석, 대양 간의 관계에서 매우 중요한 역할을 담당한다.

공기 중 질소, 산소, 이산화탄소의 비율이 각각 78%, 21%, 그리고 0.03%로 이산화탄소의 비율이 월등히 낮지만, 이산화탄소는 다음의 몇 가지 요소로 인해 과소평가되어서는 안 된다. 동물은 신진대사 과정에서 공기를 들이마신다. 산소는 유기 화합물의 산화의 결과로 만들어지는 이산화탄소로 대체된다. 사람이 내뿜는 공기는 약 15.9%의 산소와 3.7%의 이산화탄소로 이루어진다.

동물이 생산해내는 이산화탄소의 양은 가정과 공장의 연료 연소로부터 발생하는 이산화탄소의 양(매년 약 50억 톤)에 비해 적다. 산불 또한 이산화탄소 대량 생산의 주원인이다. 자동차는 주요 도시에서의 이산화탄소 농도 증가의 주원인이다.

물에서의 용해성(1번 방정식과 1번 실험의 3번 참조) 및 석회암과 같은 불용성물질과 탄산 사이의 반응(2번 방정식과 2번 실험의 2번 참조)은 이산화탄소의 비율을 유지시키는 다른 원인이다. 이 반응의 결과로 탄산이 포함된 물과 석회암이 만나면 석회암 동굴이 만들어진다.

이산화탄소 생산량의 균형을 이루는데 필요한 다른 요소는 탄소의 순환과 관련이 있다.



녹색해조류는 수중에서 매우 빨리 성장하며 이산화탄소를 대량으로 흡수 및 소비하기 때문에 반응은 오른쪽에서 왼쪽으로 진행되며 실제로  $CaCO_3$ 이 생긴다. (2번 방정식 참조) 수면 위의 이산화탄소 농도가

높으면 평형은 왼쪽에서 오른쪽으로 이동하며 더 많은  $CO_2$ 와 더 많은  $CaCO_3$ 가 용해된다. 조개류는 탄산칼슘을 껍질 안에 저장한다. 어떤 지역의 지하수는 이산화탄소와 염분이 과포화 되어있다. 이산화탄소 그 특성으로 인해 지상의 살아있는 생명체와 비생물체 사이의 관계에서 특별한 위치를 차지하고 있다. 다음 실험에서 그 특성에 대해 다룰 것이다.

### 석회수 준비

석회수는 수산화칼슘( $Ca(OH)_2$ ) 용액이다. 석회수를 만들기 위해서는  $Ca(OH)_2$  분말이 필요하다. 1리터 증류수에  $Ca(OH)_2$  분말 1.5g을 실험 하루 전날 넣어 석회수를 준비한다. 세계 혼든 후 용액이 안정되도록 충분한 시간을 준다. 석회수를 이용하기 전에 종이 필터에 한 번 걸러 석회수가 맑은 액체가 되도록 한다.

### 이산화탄소의 수집

이 실험키트에는 학생과 교사 모두 쉽고 안전하고 효과적으로 실험할 수 있도록 특별히 개발된 기체발생기가 포함되어 있다. 기체발생기는 용매와 용질에 따라서 다양한 기체를 만들어낸다. 이 실험에서는 희석된 염산과 탄산칼슘이 화학반응을 일으켜 이산화탄소를 만들어낸다. 액체의 흐름은 클램프에 의해 조절된다. 클램프를 제거하면 고무튜브를 따라 액체가 카트리지로 들어가 화학반응이 일어나는 것이다. 화학반응식은 다음과 같다.



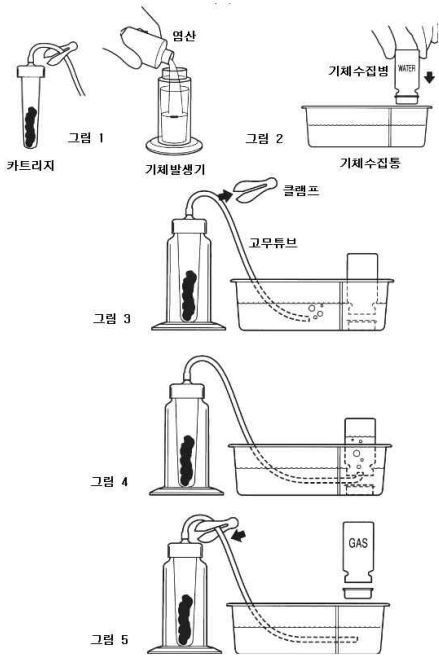
1. 기체발생기를 평평한 곳에 놓는다. 실험 중 용액을 흘릴 수도 있기 때문에 바닥에 종이 타월 등을 깔아두는 것이 좋다.
2. 고무튜브를 카트리지에 연결한다. 클램프를 카트리지 상단으로부터 3~5cm 되는 지점에 단단히 고정시킨다. (그림 1)
3. 기체발생기 옆면에 표시된 지점까지 용매 즉 희석된 염산을 조심스럽게 채운다. (그림 1)
4. 고무튜브와 클램프가 연결된 카트리지를 희석된 염산이 들어있는 기체발생기에 넣고 뚜껑을 닫는다.
5. 플라스틱 기체수집통에 약 3cm 또는 통 옆면에 표시된 지점까지 물을 채운다.
6. 기체수집병에 물을 가득 채우고 뚜껑을 단단히 닫는다. 기체수집통의 두 개 챔버 중 작은 챔버에 이 병을 거꾸로 놓는다. (그림 2)
7. 물속에서 뚜껑을 열고 병 주둥이가 물 밖으로 나오지 못하도록 조심한다. 뚜껑은 챔버 안에 둔다.
8. 고무튜브를 물속에 넣고 클램프를 제거한다. 그러면 기체발생기 안에 들어 있는 희석된 염산이 카트리지 바닥의 작은 구멍을 통해 카트리지 안으로 들어간다. 카트리지 안에서 염산과 고체가 만나면 화학반응이 일어난다. 이 반응의 결과로 기체가 발생하며 고무튜브 내부의 기체를 밖으로 내보낸다. 원래 고무튜브 안에 있었던 기체가 빠져나가도록 3~5초 기다린다. 이 공기가 빠져나가면서 공기방울이 만들어진다. (그림 3)
9. 기체수집통 안에는 칸막이가 있으며 이 칸막이에는 작은 구멍이 있다. 이 구멍에 고무튜브를 꼽는다. 이 때 고무튜브가 기체수집병에 들어갈 수 있도록 기체수집병을 살짝 들어준다. 단, 물에서 기체수집병을 꺼내지 말아야 한다. (그림 4)
10. 기체가 기체수집병 속의 물을 대체하도록 둔다. 기체수집병이 기체로 가득 차면 클램프로 다시 고무튜브를 집어 기체의 흐름을 차단한다. 생산 중이던 기체가 압력을 만들어내며, 따라서 카트리지에 있는 염산은 바닥의 구멍을 통해 밖으로 나가게 된다. (그림 5)
11. 조심스럽게 기체수집병을 살짝 들어 플라스틱 뚜껑을 병아래 위치시키면서 뚜껑으로 확실하게 잠근다.

(그림 5)

- 12. 이제 기체를 가득 담은 병을 사용할 수 있다. 이산화탄소와 같이 공기보다 밀도가 낮은 기체는 실험테이블에 놓을 때 병마개가 아래로 가게 놓는다. (그림 5)
- 13. 랩에이스 기체발생기는 별도의 조치 없이 보관했다가 다음 수업에 사용할 수 있다. 위에 설명된 방법으로 원하면 언제든지 기체 생산 및 수집 실험을 할 수 있다. 필요하면 카트리지를 염산에서 꺼내 깨끗하게 세척할 수 있다. **기체발생기에 남아있는 염산과 보관중인 염산을 섞어서는 안 된다.**
- 14. 기체발생기와 카트리지를 비우고 기체발생기를 물로 세척할 수 있다. 카트리지는 잘 건조시킨다.

**주의 :** 기체발생기에서 기체가 안 나오거나 압력이 충분하지 않은 경우 용매를 새로 교체해야 할 수도 있다. 고무튜브의 클램프를 교체하고 챔버에서 카트리지를 꺼낸다. 오래된 용매를 부어버리고 물로 완전히 희석시킨다면 새로운 용매로 교체하고 위의 절차에 따라 실험한다.

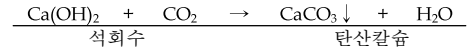
카트리지는 탄산칼슘이 모두 용해될 때까지 이산화탄소를 만드는데 사용할 수 있다. 필요하면 카트리지를 교체할 수도 있다. 기체발생기를 바꾸어가며 다양한 기체를 만들어낼 수 있다. 카트리지와 용매를 바꾸어 주기만하면 된다. 다른 기체를 모두 새로 채울 수 있다.



### 1. 이산화탄소의 물리적·화학적 특성

#### 1. 이산화탄소의 확인

이산화탄소는 석회수와 반응을 통해 확인할 수 있다. 기체수집병에 석회수를 약 2cm 정도 채운다. 석회수의 색깔이 바뀔 때까지 기체발생기로부터 기체가 나오면서 공기방울이 만들어진다. (주의 : '탁한 색' 또는 '우유 빛' 색으로 변한다.) 다른 어떤 기체도 석회수와 그런 화학반응을 하지 않기 때문에 이 실험은 이산화탄소를 확인하는 매우 확실한 방법이다. 아주 적은 양의 이산화탄소라도 동일한 반응이 나타난다. 화학반응식은 다음과 같다.



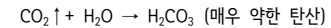
#### 2. 이산화탄소의 존재 증명

깨끗한 석회수를 기체수집병에 조심스럽게 붓는다. 석회수가 안정되면 몇 분마다 용액의 변화에 주의하면서 관찰한다. (주의 : 공기 중에는 약 0.03%의 이산화탄소가 들어있다.)

#### 3. 이산화탄소의 용해성 및 밀도

기체수집병에 물을 약 2.5cm 붓는다. 이산화탄소를 병에 넣어 이산화탄소로 공기를 대체한다. 손바닥으로 병 입구를 틀이 없도록 막고 몇 초 동안 힘차게 흔든다. 병이 손바닥에 달라붙는가? (주의 : 병 입구를 손바닥으로 잘 막고 흔들었다면 손바닥에 병이 달라붙을 것이다.) 이로써 이산화탄소는 공기보다 밀도가 높으며 물에 용해된다는 것을 알 수 있다.

#### 4. 이산화탄소는 수용성이며 탄산이라는 불안정한 산을 만들어낸다. 화학반응식은 다음과 같다.



위 식을 증명해 보이려면 기체수집병에 반 정도 물을 채우고 확실한 색이 나타날 때까지 브롬티몰블루를 한 방울씩 물에 추가한다. 브롬티몰블루는 산성 지시약이다. 물에서는 녹색을 띠며 산이 들어가면 노란색으로 변하고 염기가 들어가면 파란색으로 변한다.

고무튜브의 끝을 브롬티몰블루가 들어간 물에 넣고 이산화탄소가 공기방울을 만들어내게 한다. (주의 : 적은 양의 산 또는 염기가 들어가도 색이 변한다.)

#### 5. 이산화탄소의 연소성

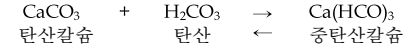
학생은 각자 이산화탄소 한 병을 만들어내고 빈 병에 이산화탄소를 옮겨야한다. 나무막대에 불을 붙이고 병 입구로 불을 가져다댄다. 어떤 현상이 일어나는가?

다시 병에 이산화탄소를 채우고 뚜껑은 닫지 않은 채 책상 위에 둔다. 나무막대에 다시 불을 붙인다. 병을 조심스럽게 들어 이산화탄소를 불꽃 위에 붓는다. 이 실험은 이산화탄소의 어떤 특성을 보여주는가?

#### 질문

- 1. 이산화탄소의 특성은 무엇인가?

2. 이산화탄소를 확인할 수 있는 방법은 무엇인가? 어떤 기체에 이산화탄소가 약간 포함되어 있다고 가정하자. 이 기체에 이산화탄소가 들어있는지 어떻게 증명할 수 있는가?

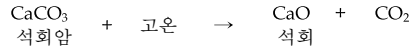


중탄산칼슘은 물에 용해되며 다량의 이산화탄소를 함유하고 있다. 석회암 동굴이 어떻게 생기는지 설명할 수 있는가?

## II. 공기, 물, 암석 속의 이산화탄소

이산화탄소는 여러 가지 중요한 역할을 한다. 소화기에 사용되며, 드라이아이스를 만드는데도 사용된다. 중탄산나트륨이라고도 불리는 베이킹 소다와 탄산나트륨 등과 같이 산업용 혼합물을 만드는데도 사용된다. 참고로 탄산나트륨은 중이를 만드는 펄프 공정과 유리, 범랑철기, 비누 등을 만드는데 사용된다. 뿐만 아니라 연수제와 같은 세탁 관련 제품에도 사용되고, 석유 정제에도 사용되는 등 산업용으로 다방면에 쓰인다.

산업용으로 쓰이는 이산화탄소는 몇 가지 방법으로 만들 수 있다. 이산화탄소의 중요한 원료 중 하나는 쉽게 구할 수 있는 석회암이다. 석회암을 이용해 이산화탄소를 만드는 방법도 여러 가지가 있다. 산업에서는 매우 고온인 특별 용광로에서 석회암을 가열시키는 방법으로 이산화탄소를 만들어낸다. 석회암은 이산화탄소와 매우 유용한 화합물인 "석회"로 분해된다. 화학식은 다음과 같다.

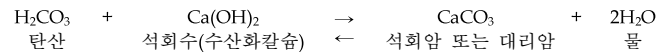


1. 석회암 또는 대리암 또한 산과 반응한다. 이 화학반응은 열을 방출하지 않으며 신속하게 이루어진다. 반대로 이 실험을 이용해서 석회암이나 대리암이 암석에 포함되어 있는지 확인할 수 있다. 스포이드를 이용해 희석된 염산 몇 방울을 이 실험키트에 포함된 석회암 조각 위에 떨어뜨린다. 어떤 현상이 일어나는가?

이 반응은 기체만들기 실험키트에서 소개되었다.

2. 석회암 동굴은 어떻게 만들어지는가?

병에 맑은 석회수를 반 정도 채운다. 기체발생기로부터 나오는 이산화탄소를 석회수가 든 병에 넣는다. 앞서 살펴본 바와 같이 이 반응은 산과 염기 사이에서 일어나는 전형적인 반응이다.



석회수가 뿌얇게 보이는 이유는 탄산칼슘이 매우 미세한 분말 형태로 침전물이 생기기 때문이다. 이 분말은 물에 녹지 않으며 나중에는 가라앉는다. 이 화합물은 석회암에서 발견되는 물질과 동일하다.

이 부연 석회수를 기체수집병에 붓고 잠시 놓아둔 후 시간을 정해놓고 가끔씩 관찰한다.

기체수집병에 남아있는 부연 석회수에 계속해서 이산화탄소를 넣어보자. 용액이 더 뿌얇게 되는지 확인한다. 색의 변화가 더 이상 생기지 않을 때까지 계속해서 이산화탄소를 추가한다. 이 화학반응식은 다음과 같다.

## 3. 일시적 센물(temporary hard water)이란 무엇인가?

"센물"이란 용해된 광물이 들어있는 물을 말한다. 센물에 용해된 광물 때문에 물맛이 다르며, 물을 사용하는데 제약이 따른다.

중탄산칼슘은 종종 우물물에서 발견된다. 그것은 석회암이 매우 흔한 암석이기 때문일 수도 있다. 중탄산칼슘이 든 물을 시험관에 넣고 끓을 때까지 가열해보자. 물에 변화가 생길 때까지 계속해서 가열하자. 어떤 일이 발생하겠는가?



이 물을 '일시적 센물'이라고 부르는 이유는 무엇일까? 보일러 내에서 이런 일시적 센물은 어떻게 문제를 일으킬 수 있는가?

끓여서 연수된 물을 보관해 다음 실험에 사용하자. 어떻게 이 물이 연수된 물이라고 할 수 있는가?

## 4. 센물이 세탁에 적합하지 않은 이유는 무엇인가?

- 1) 순수한 물(증류수)을 시험관에 약 3cm 정도 붓는다. 비눗물을 한 방울씩 시험관에 떨어뜨릴 때마다 시험관을 흔든다. 몇 방울을 떨어뜨려야 비누 거품을 확인할 수 있는가? 비누 거품이 생기면 그 물을 세탁에 사용할 수 있다는 의미이다. 비누 거품이 형성된 후의 시험관 물의 외형을 관찰하자.
- 2) 학교의 물과 시험관의 물을 비교하자. "센물"의 광물은 비누와 섞여 끈적끈적하면서도 물에 용해되지 않는 물질을 형성한다. 이 물질 때문에 비누의 세척 기능이 떨어지고, 이 물질이 옷에 붙어 옷을 뽀뽀하게 만들고 지저분하게 보이게 한다. 물은 채수 위치에 따라 경도가 달라진다.

**5. 연수제의 원리는 무엇인가?**

센물을 단물로 바꾸는데 다양한 물질이 사용되며, 그런 물질은 용해된 광물과 결합하며 비누와 결합하지는 않는다. 시험관에 센물을 넣고 센물의 절반 정도 연수제를 넣는다. 비누 거품이 생기는데 비누가 얼마큼 필요인지 확인한다. 또한 비누 거품이 만들어진 후의 물의 변화를 관찰하자. 연수제는 물을 부엌계 만들 수도 있다. 물이 부엌계 되는 것은 분말 형식의 물질 때문이며 옷에 달라붙지 않고 무해하다.

**추가 실험**

- 1) 시중에 나와 있는 다양한 연수제를 실험에 사용해 보자. 어떤 연수제가 가장 낮은 비용으로 센물을 단물로 바꾸는지 실험을 통해 확인해 보자.
- 2) 일반적으로 석회암 동굴에서 중유석과 석순을 발견할 수 있다. 중유석과 석순이 무엇인지 알아보자.

**III. 이산화탄소와 생물**

거의 모든 생물을 생존을 위해 공기를 필요로 한다. 더 구체적으로 말하면 공기 중의 산소를 필요로 한다. 산소는 지속적으로 소비되지만 공기 중의 산소의 양은 거의 변함이 없다. 산소가 소비되는 속도만큼 생산되고 있다는 증거일 것이다. 이 과정을 이산화탄소와 관련이 있다. 산소 및 이산화탄소는 산소-이산화탄소 순환라고 불리는 일련의 변화와 관련이 있다. 이 순환의 결과로 대기 중의 산소 및 이산화탄소의 양은 거의 변함없이 일정한 수준을 유지하는 것이다.

**1. 불이 나면 이산화탄소가 배출되는 이유는 무엇인가?**

탄소 또는 탄소를 포함한 화합물이 연소되면 이산화탄소가 배출된다. 석탄은 거의 순수한 탄소이다. 나무에도 많은 양의 탄소가 들어있다. 왁스는 탄소 화합물이다. 가솔린은 탄소 화합물들이 섞여 만들어진 것이다. 사실 거의 모든 연료에는 탄소가 들어있다.

숨을 들이쉬고 숨을 참아보자. 맑은 석회수가 담긴 컵에 빨대로 숨을 불어보자. 들이마신 공기와 내뿜은 공기는 다른가? 왜 그렇게 생각하는가? (주의 : 내뿜는 숨에는 약 4%의 이산화탄소가 들어있으며, 그 양은 들이마시는 공기 중에 포함된 이산화탄소의 양 보다 거의 100배는 더 많다. 내뿜는 숨에 포함된 이산화탄소는 신체 세포에서 지속적으로 일어나는 산화작용에 의해서 만들어지며, 불꽃은 일어나지 않지만 열과 에너지, 또는 빛을 방출하는 일반적인 연소로부터 발생한다. 이때 발생하는 기체는 연료를 태울 때 발생하는 것과 정확히 같은 것이지만, 이와 같은 느린 산화(slow oxidation) 과정에서는 빛 에너지의 방출은 없다.

**2. 공기 중의 이산화탄소가 사라지고 산소가 저장되는 원리는 무엇인가?**

중탄산나트륨 용액 12 방울을 기체수집병에 떨어뜨리고 물을 병 어깨까지 채운다. 용액의 색깔이 변할 때까지 브롬티몰블루를 한 방울씩 떨어뜨린다. 색깔은 어떻게 변하는가? 이 색깔 변화로 알 수 있는 용액의 특성은 무엇인가? (주의 : 이 용액은 파란색을 띠 것이다. 중탄산나트륨의 영향으로 약염기이기 때문이다.

용액의 색깔이 변할 때까지 기체발생기의 이산화탄소를 이 용액에 넣는다. 색깔은 어떻게 변하는가? 이 색깔 변화로 알 수 있는 용액의 특성은 무엇인가? 왜 이런 변화가 일어나는가? (주의 : 이 용액은 노란색을 띠

것이다. 용액이 약산성이라는 의미이다. 이산화탄소를 추가함으로써 산 용액이 만들어진 것이다. 노란색은 많은 양의 이산화탄소가 들어있다는 것을 나타낸다.

기체수집병에 길이가 짧은 수중식물을 넣는다. 7~10cm의 검정말이 적당하다. 노란색 용액으로 병을 채우고 뚜껑을 받고, 기체수집통에는 약 3cm 정도 물을 채운다. 그리고 병을 거꾸로 한 채 용액을 쏟지 않고 물에 넣는다. 물속에서 병의 뚜껑을 제거한다.

물속 식물은 이제 햇빛이 잘 드는 곳 또는 전기불이 들어오는 곳에 약 이틀 정도 놓아둔다. 빛에 노출된 후 이 용액에 포함된 이산화탄소의 양이 줄어들었다는 증거가 있는가? (주의 : 이 용액은 여전히 파란색이다.)

병속에는 기체가 있을 것이다. 거꾸로 세운 병에 뚜껑을 닫고 바로 세운다. 나무막대에 불을 붙이고 불씨만 남게 한다. 병뚜껑을 조심스럽게 열고 신속하게 병 주둥이에 가져다댄다. 이 기체는 무엇인가? 병에 들어 있는 식물은 이 실험결과와 어떤 관계가 있는가? 그렇게 생각하는 근거는 무엇인가?

이 실험서는 (주)한국과학에 의해 작성되었으며 저작권법에 의해 보호를 받습니다. 무단복제를 금하며, 무단 복제 및 배포 시 저작권법에 의해 처벌 받을 수 있습니다.