



5주차 물의 행성

2교시 지구온난화

산을 오를 때와 물 속에 들어갈 때

1. 공기에 의한 압력은 엄청납니다. 그런 공기 속에서 살아가는 우리들은 어떻게 안전할 수 있을까요?
2. 물 속으로 10m 들어갈 때 마다 압력은 얼마씩 증가할까요?
3. 지구 온난화는 왜 이슈가 되는가?

1. 대기압과 마그데부르크의 반구

✎ 대기압은 무엇인가요?

대기압은 궁극적으로 대기에 의한 공기의 무게가 단위 면적당 내려 누르는 힘입니다.

일상생활에서 우리는 대기압의 존재를 느끼지 못하고 삽니다. 그러나 높은 산으로 등산을 하거나 깊은 물 속으로 잠수를 하고 다시 상승할 때 대기압의 존재를 느끼게 됩니다.

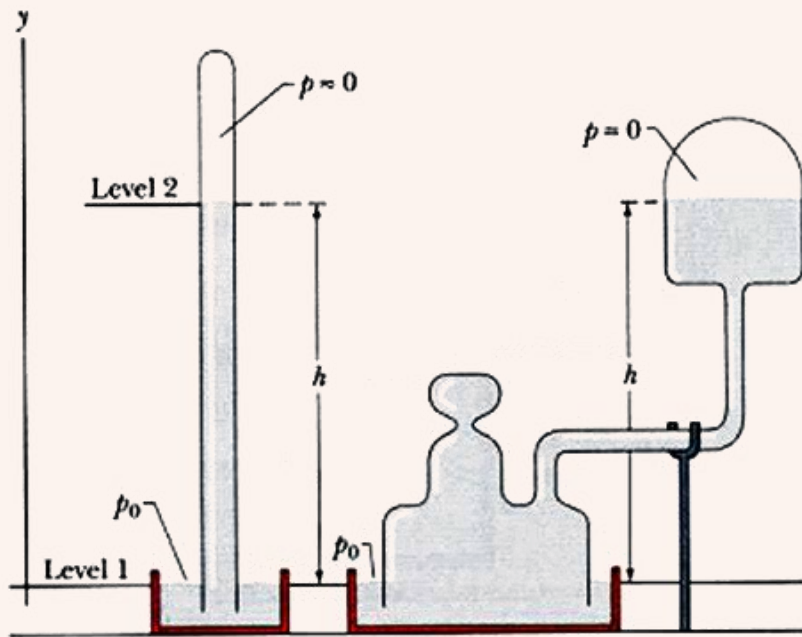
1654년 오토 폰 게리케(Otto von Guericke, 1602-1686)가 레겐스부르크(Regensburg)에서 구리로 만든 지름 50cm 반구 2개의 내부 공기를 자신이 만든 진공 펌프로 제거한 후 반구의 양쪽에서 30마리의 말로 끌게 하여도 반구가 떨어지지 않음을 보여주었다. 반구의 마개를 열자 반구는 쉽게 떨어졌다.

게리케는 1656년 마그데부르크(Magdeburg, 독일 작센-안할트주의 도시, 한자동맹의 맹주 노릇을 한 도시)의 시장이 되면서 같은 실험을 그림과 같이 말 16마리를 가지고 재현하여 큰 인기를 끌었다. 현재는 **마그데부르크 반구**(Magdeburg hemisphere)로 더 잘 알려졌다.



1. 대기압

✎ 대기압을 처음으로 측정한 사람은 누구일까요? 바로, 이탈리아 토리첼리입니다.



<토리첼리의 대기압 측정 실험>

얇은 유리관을 수은에 잠기도록 한 다음, 똑바로 세우면 수은이 유리관을 따라서 ()cm 올라옵니다.

수은 기둥을 밀어 올리는 힘은 대기압이 수은 표면을 내려 누르는 힘 때 문입니다. 수은의 밀도는 13.6g/cm^3 입니다. 따라서 수은 대신 물로 토리첼리 실험을 하면 물은 유리관을 따라서 10m 이상 올라갑니다.

$$1\text{기압}(1\text{atm}) = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 1.013\text{bar} = 1013\text{mbar}$$

$$1\text{atm} = 76\text{cmHg} = 760\text{mmHg}$$

▶ 대기압을 측정하기 위해서 토리첼리는 왜 액체수은을 사용했을까요?

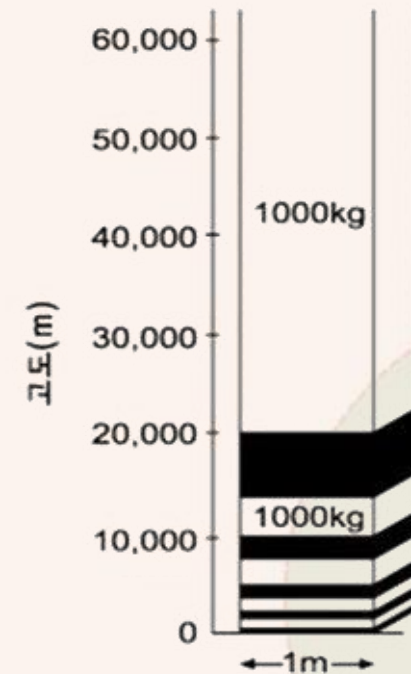
예제 1)

가로 세로 각각 1m인 마룻바닥이 받는 대기압에 의한 힘은 얼마인가?

풀이)

그림과 같이 지구 대기의 대부분의 질량은 고도 6km 이내의 층에 있습니다. 지구의 지름이 12,700km이므로 대기층은 상대적으로 매우 얇습니다. 대기는 중력 때문에 지구 표면에 머물러 있습니다. 공기의 밀도는 지표면 근처에서 크고, 고도가 올라갈수록 작아집니다. 그림은 밑면의 면적이 1평방미터인 공기 기둥을 나타낸 것입니다. 이 바닥 면은 약 100,000N의 힘을 받고 있습니다.

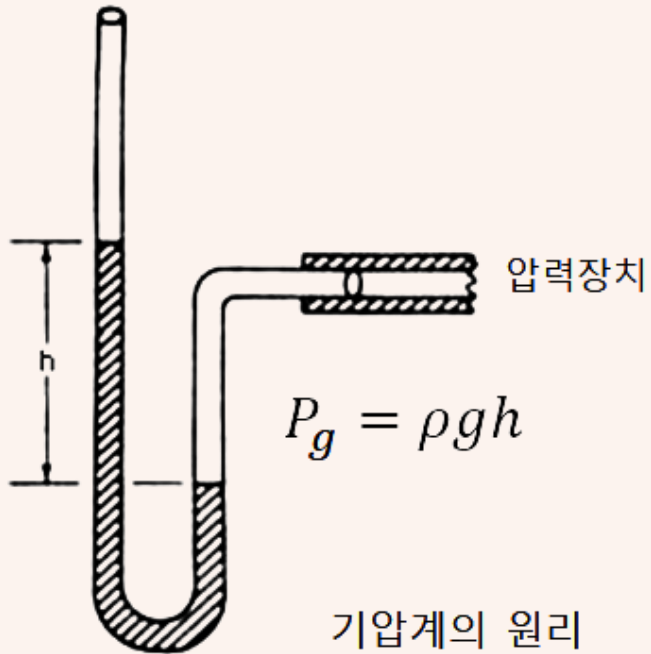
100,000N은 1kg짜리 벽돌 약 10,000개를 쌓아놓았을 때 받는 힘과 같습니다. 따라서 지표면 근처의 공기층은 큰 압력 때문에 압축되어 밀도가 큼니다. 고도가 높아지면 지탱해야 하는 위쪽 공기가 작아지므로 공기 밀도도 작아집니다.



<대기압에 의한 힘과 공기의 밀도>

▶ 우리는 이렇게 큰 압력과 무게를 접하고 있으면서 왜 대기의 존재를 못 느끼고 있을까요?

기압계 (manometer)	그림과 같이 U-모양을 하고 있으며 액체가 올라간 기둥의 높이로 압력을 측정
혈압계 (sphygmomanometer, 수은주 혈압계)	유리관 속에 들어 있는 수은 기둥의 높이를 측정



인간은 1기압의 공기 속에 살고 있으므로 **절대 압력 (absolute pressure)**을 사용하는 것보다 대기압에 대한 상대적인 압력인 **계기압력(gauge pressure)**을 사용하면 편리하다.

절대 압력을 P 라 하면, 계기 압력은 $P_g = P - P_a$ 로 쓸 수 있다. 여기서 P_a 는 대기압을 뜻한다.
이 장의 모든 압력은 계기 압력으로 표현한다.

$$\rho_{Hg} = 13.6 \text{ g/cm}^3 (\text{수은})$$

$$\rho_{H_2O} = 0.998 \text{ g/cm}^3 (\text{물})$$

인체 주요 부위의 압력

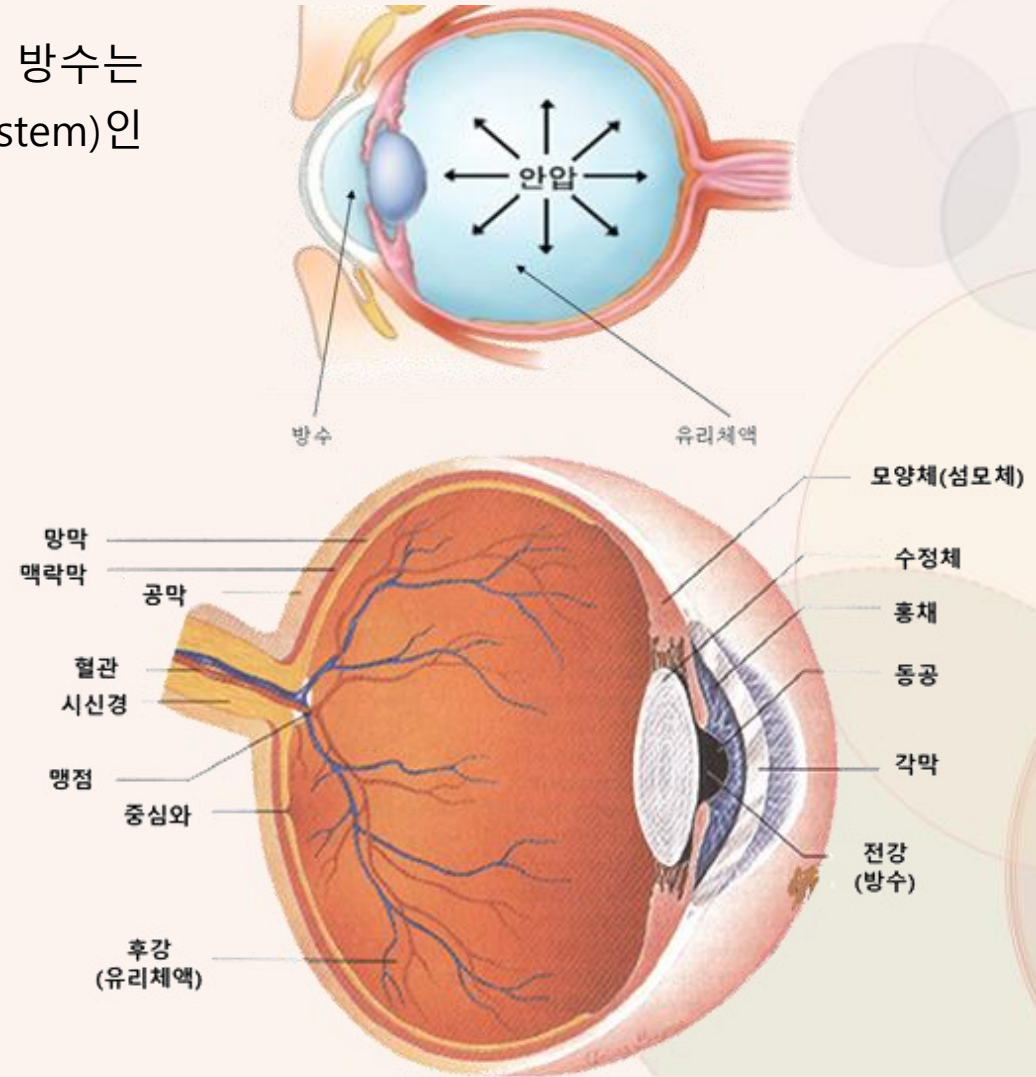
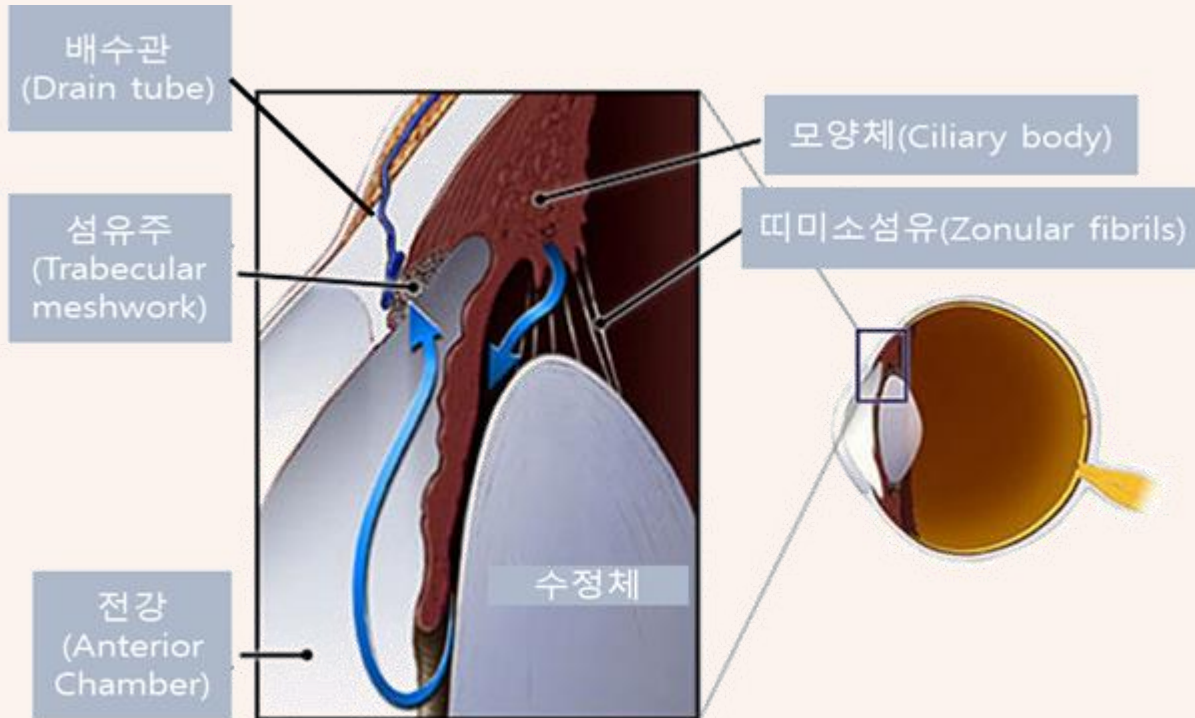
- ✎ 고막의 압력 변화: 엘리베이터, 음식 삼킴, 등산, 하품
- ✎ 손등의 정맥: 손등을 심장 높이 보다 높게 하면 정맥의 압력이 작아져 정맥이 줄어듦
- ✎ 인체 내에서 대기압보다 압력이 낮은 (음 압력) 곳과 대기압보다 높은 (양 압력) 부분이 있다.

[표]인체 주요 부위의 압력

인체의 주요 부위의 압력	압력	
	kPa	(mmHg)
동맥 압력: 최대(수축기)	13 - 18	100 - 140
동맥 압력: 최저(이완기)	8 - 12	60 - 90
정맥 압력	0.4 - 0.9	3 - 7
대정맥	< 0.1	< 1
모세혈관 압력:동맥측 끝	4	30
모세혈관 압력:정맥측 끝	1.3	10
중이 압력	< 0.1	< 1
눈 압력 - 전방수	2.6	20
뇌의 뇌척수액 압력(누워 있는 자세)	0.6 - 1.6	7- 15
위장관	1.3 - 2.6	10 - 20
흉강 내 압력 (폐와 흉벽 사이)	-1.3	-10

✏️ 눈의 안압은 정상일 때 일정하게 유지된다.

작은 안압의 변화도 눈 건강에 큰 영향을 줄 수 있다. 눈의 방수는 대부분 () (ciliary body)에서 생성되고 배수계통(drainage system)인 () (trabecular meshwork)로 배출된다.



2. 중력과 수압

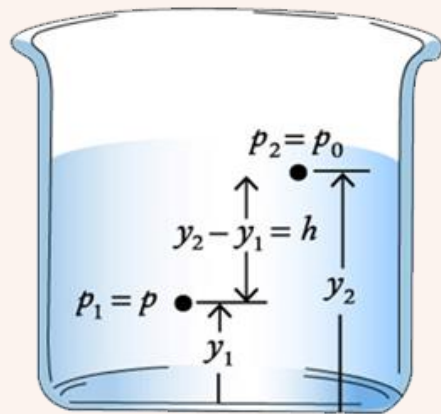
물은 공기보다 밀도가 크기 때문에 물 속에 깊이 들어갈 수록 압력이 빨리 증가합니다. 물 속에서 압력은 1m 깊이당 10,000Pa의 비율로 증가합니다. 깊이가 10m가 되면 압력은 100,000Pa(약 1기압) 증가합니다.

“물속에서 10m 깊어질 때 ()기압 씩 증가한다”

즉, 100m 깊이의 물 속에서 압력은 약 11기압에 달합니다.

유체의 밀도를 ρ , 중력 가속도를 g , 대기압을 p_0 라 하고 유체의 깊이 h 인 지점에서 압력을 p 라 하면

$$P = P_0 + \rho gh$$



<깊이에 따른 수압의 변화>

왼쪽 그림은 수직으로 세운 파이프에 물을 채웠을 때 깊이에 따른 압력을 나타낸 것입니다.

▶ 많은 생물들이 수심이 매우 깊은(100m 이하)곳에서 발견되고 있습니다.

이렇게 깊은 곳에서 수압은 엄청납니다. 생물들은 이렇게 큰 수압 속에서 어떻게 안전하게 살 수 있을까요?

예제 1)

대기압은 1평방 미터당 약 100,000N의 힘을 작용한다.
이 값을 인체의 표면적에 곱하면 엄청난 크기의 힘 때문에 인체는 찢부러져야 하지 않는가?

풀이)

인체의 표면적은 약 1.2 평방 미터입니다. 따라서 인체의 표면이 받는 힘은 약 120,000N 입니다. 그런데 이 힘은 인체의 외부에 작용하는 힘입니다. 사람의 경우 인체의 내부는 혈액과 같은 액체로 되어 있으므로 인체의 내부 압력과 외부 압력이 균형을 이룹니다. 따라서 인체는 찢그러들지 않습니다.

인체에서 압력의 효과를 쉽게 느낄 수 있는 곳이 있는데 바로 귀의 **유스타키오관 (이관)**입니다. 외이는 고막에 의해서 외부공기와 외이 내부의 공기로 나뉩니다. 보통 바깥과 고막 안쪽의 압력은 서로 같아 균형을 이룹니다. 그런데 터널을 지나 갈 때, 엘리베이터를 탈 때, 높은 산으로 등산할 때와 같이 갑자기 압력이 낮아지면 바깥과 고막 안쪽의 압력 차이가 생겨서 귀가 멍멍해지는 것을 느낄 수 있습니다. 이 때 하품을 하거나 입을 크게 열면 입과 통해져 있는 유스타키오관으로 외부 공기가 들어가서 고막 양쪽의 압력이 같아져 멍멍한 것이 없어집니다.



3. 지구 온난화

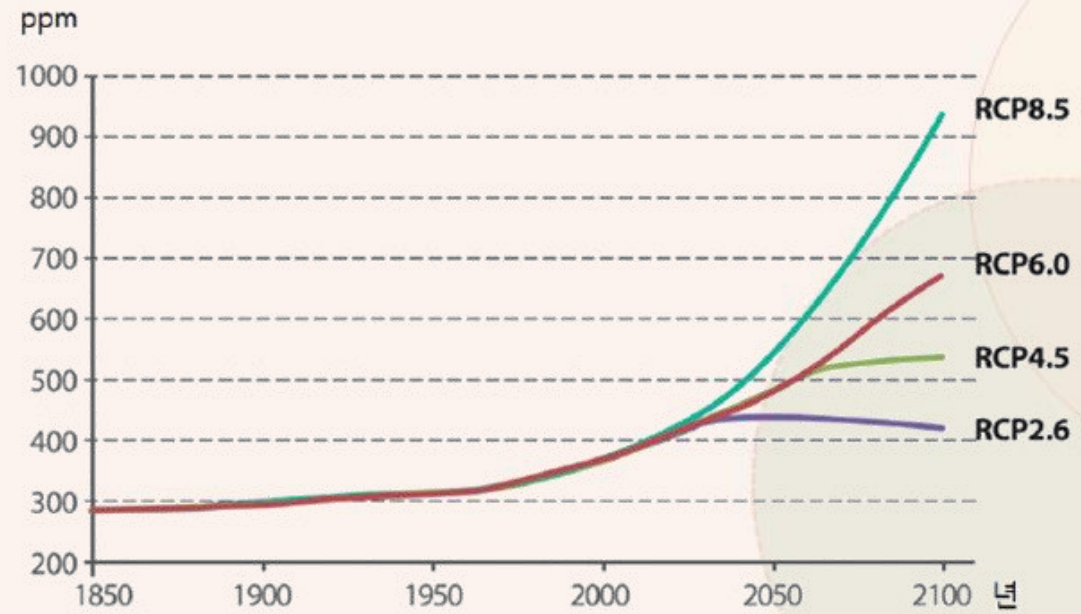
✎ 홀로세(Holocene)

산업화(1840년~현재) 이후 지구의 온도는 약 1℃ 상승하였다고 한다. 온실가스 증가에 의한 () (green house effect)에 의해서 지구의 온도는 급속히 높아지고 있다. 19세기 이전에 약 260~280ppm으로 거의 일정하던 이산화탄소 농도는 현재 10배 이상 증가하였다.

이산화탄소보다 10배 이상의 온실효과를 보이는 메탄(메테인, methane)은 19이후보다 150% 증가하였다.

RCP	RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5
이산화탄소 농도(ppm) (2100년경)	420	540	670	940
기온	1.3	2.4	2.7	4.0
강수량(%)	2.4	4.0	3.6	4.5

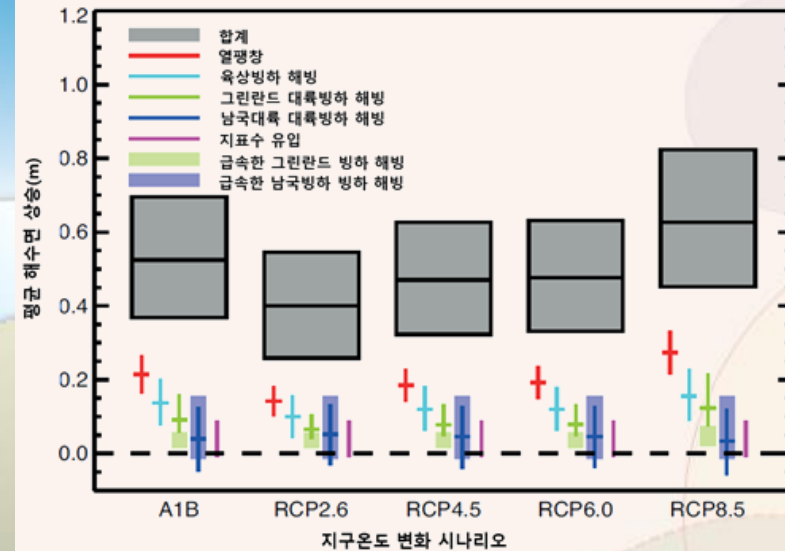
[표] IPCC가 채택한 2100년의 대표농도경로(RCP, Representative Concentration Pathway), 기온상승 예측, 강수량 예측



* 2100년까지 RCP2.6 시나리오를 따라 온도1.5도씨 상승 억제 목표

4. 지구 온난화에 의한 해수면 상승

✎ 해수면은 왜 상승할까?



지구온난화로 기온이 상승하여 해수면 상승이 동반되면 전세계의 해안가 도시들이 침수될 것으로 예상된다. 해수면의 상승을 유발하는 요인은 다양하다. 그림은 물의 순환과정을 나타낸다.

<해수면 상승의 주요 요인>

- 대륙빙하의 해빙
- 해양 빙하와 빙붕의 해빙
- 물의 열팽창

지금까지 지구 온난화에 대해 알아보았습니다.
다음시간에는 지구온난화에 대해서 살펴봅시다.