

20 년 월 일 요일

시간 : 장소 :

 학교 학년 반

번 이름 :

지구 한 조각

실험키트구성

지구 한 조각 도안(표지, 뒷지, 속주머니, 각 지형), 나무스틱, 양면테이프,

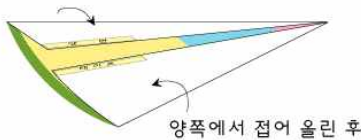
지구 모형을 만들고, 지구 한 조각을 꺼내어 지구 내부 구조를 확인하면서 지구 내부 구조를 알아낸 방법에 대해 생각해봅시다.

생각해보기

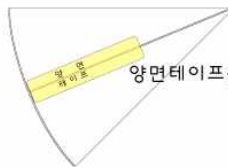
지구의 내부를 알아내는 방법에는 어떤 것들이 있을까요?

실험방법

1. 지구 한 조각의 도안 4종을 확인합니다. 표지와 뒷지 각 1장, 속주머니와 각 지형은 모두 4조각씩 구성됩니다.
2. 속주머니 네 개의 조각을 그림과 같이 접고 노란색으로 표시된 자리에 양면테이프를 붙입니다.
 ✓속주머니 네 개 모두 같은 방법으로 만드세요.

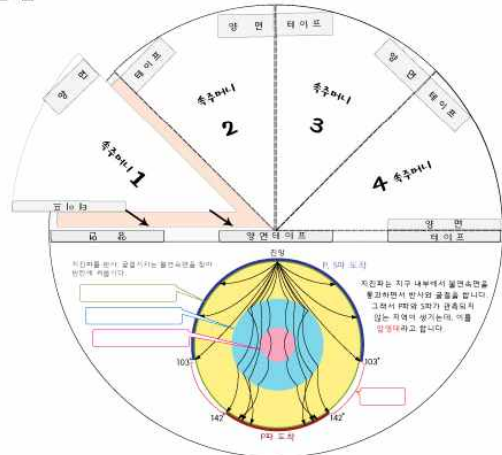


양쪽에서 접어 올린 후

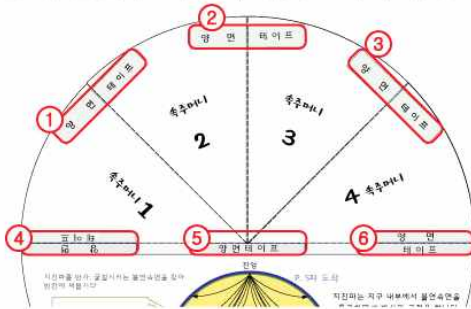


양면테이프를 붙이세요.

3. 뒷지에 속주머니 네 개를 뒷지에 붙입니다.
 ✓그림과 같이 '속주머니 1, 2, 3, 4' 의 글씨가 보이도록 붙이세요.

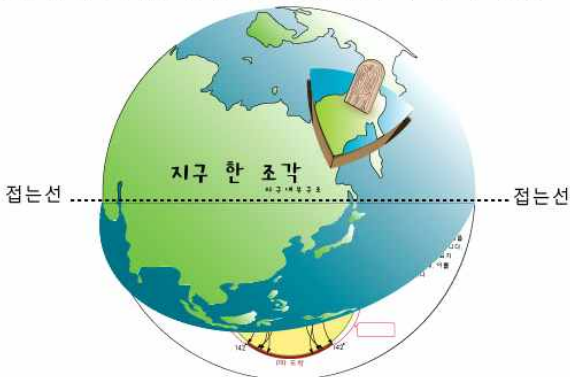


4. 속주머니를 다 붙인 후 다음의 여섯 군데에 양면테이프를 붙입니다.




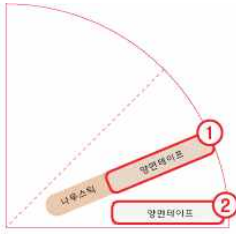
✓양면테이프의 위치를 잘 확인하고 붙이세요.

5. 그 위에 표지를 접는 선에 잘 맞추어 붙이세요.



✓표지와 뒷지를 붙일 때 표지의 접는 선과 뒷지의 양면테이프 자리를 잘 확인하고, 전체의 위와 옆을 확인하며 잘 맞추어 붙여야 합니다.

 한 번 붙이면 떼어내기 어렵습니다. 주의하세요!



6. 각 지형 안 쪽 두 군데에 양면테이프를 붙입니다.
7. 나무스틱을 붙이고 반으로 접어 각 지형을 완성합니다.
 ✓지각, 맨틀, 외핵, 내핵 네 개 모두 같은 방법으로 만드세요.



8. 앞에서 만든 '지구 한 조각' 속 주머니에 지각, 맨틀, 외핵, 내핵 각 지형을 넣으면 완성!
 ✓지각, 맨틀, 외핵, 내핵 네 개 모두 같은 방법으로 만드세요.
9. '지구 한 조각' 활동 내용의 빈 칸을 채우며 지구 내부 구조를 알아봅니다.

원리학습

지구 내부 구조는 어떻게 구분할까요?

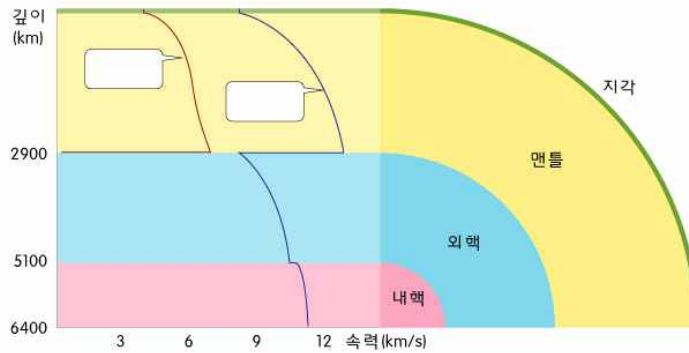
과학자들은 지진파의 속도 변화를 이용하여 지구 내부가 지각, 맨틀, 외핵, 내핵으로 구성되어 있다는 것을 알게되었습니다.

P 파 중파

- 지진이 발생하였을 때 가장 먼저 도달
- 기체, 액체, 고체 물질을 모두 통과
- 전파속도가 바름

S 파 횡파

- 지진이 발생하였을 때 P파 다음으로 도달
- 고체 상태만 통과
- 전파속도가 느림

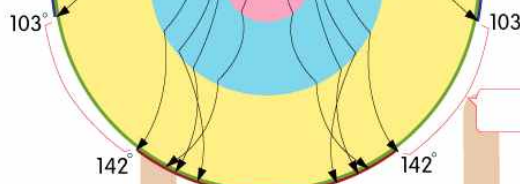


지진파를 반사, 굴절시키는 불연속면을 찾아 빈칸에 써주세요.

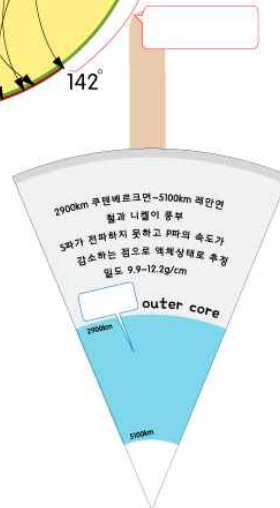


P, S파 도착

지진파는 지구 내부에서 불연속면을 통과하면서 반사와 굴절을 합니다. 그래서 P파와 S파가 관측되지 않는 지역이 생기는데, 이를 **암영대**라고 합니다.



P파 도착



느낀점

■ 교사용 실험 자료실 ■

실험 제목	지구 한 조각 - 지구 내부 구조		실험 원리	지구 내부 구조 이해	
실험 시간	30~40분	실험 분야	지구과학	실험 방법	개별실험
실험키트 구성	지구 한 조각 도안 (표지, 뒷지, 속주머니, 각 지형), 나무스틱, 양면테이프				
교사준비물			학생준비물		
실험 결과	완성된 '지구 한 조각' 1개를 가지고 갈 수 있습니다.				
실험팁	<p>TIP 1. 양면테이프 작업이 많습니다. 실험 방법을 잘 읽은 후 그 위치에 잘 붙이도록 지도하세요.</p> <p>TIP 2. 양면테이프는 한 번 붙이면 떼어내기 어렵습니다. 표지와 뒷지를 붙일 때 원의 위, 옆면을 잘 확인하여 맞추어 붙입니다.</p>				

생각해보기

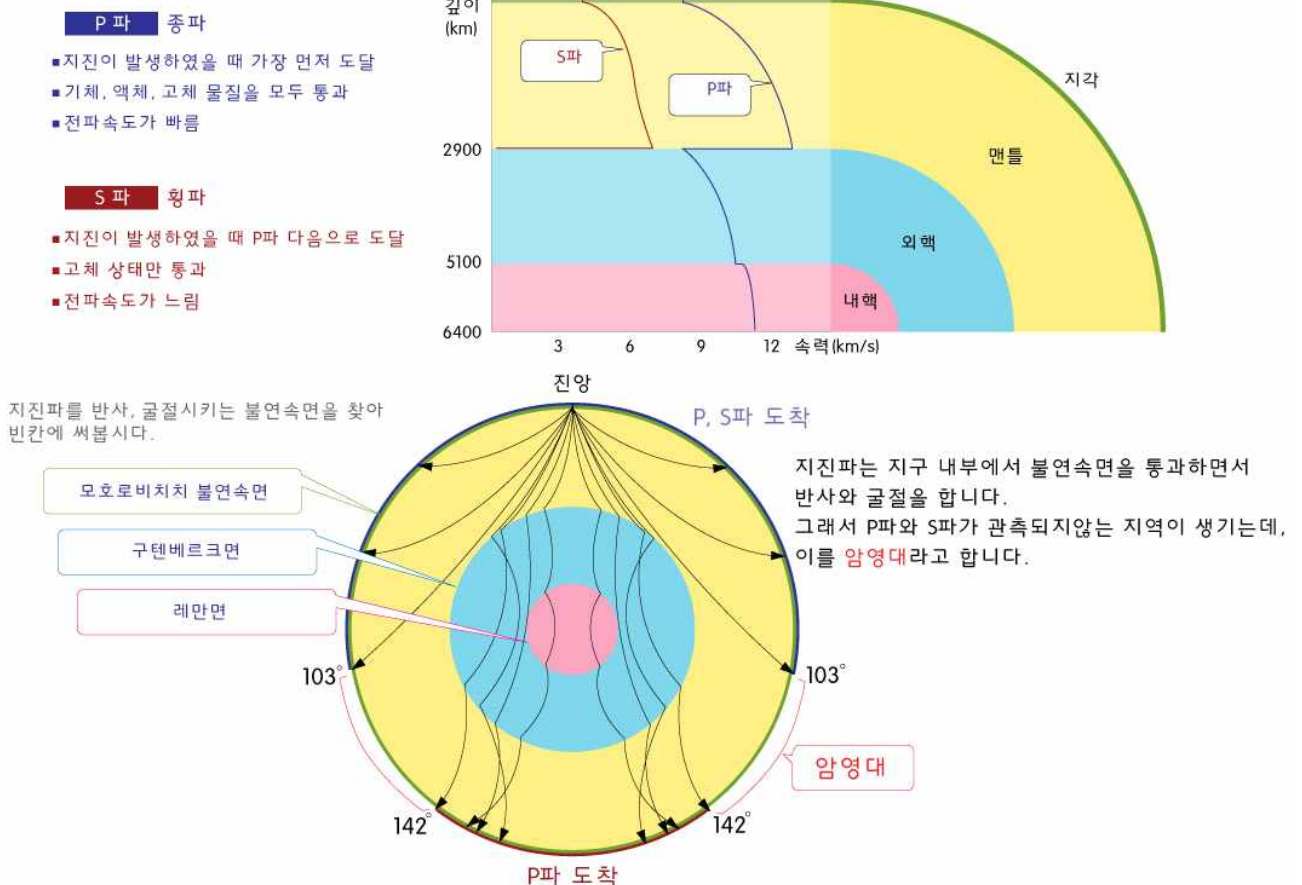
지구의 내부를 알아내는 방법에는 어떤 것들이 있을까요?

직접적인 방법으로 시추법이 있습니다.

간접적인 방법으로는 지열의 분포를 측정하거나, 중력의 크기를 측정하는 방법 등이 있지만, 가장 효과적인 방법은 지구 내부를 통과하는 지진파의 특성을 연구하는 것입니다.

지구 내부 구조는 어떻게 구분할까요?

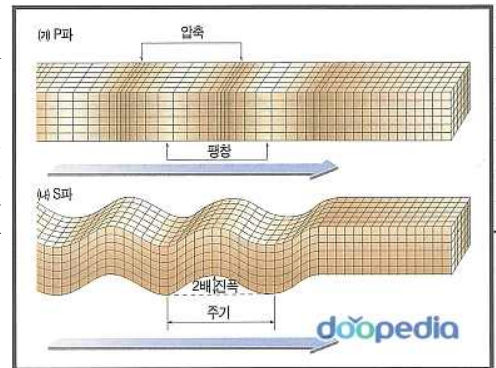
과학자들은 지진파의 속도 변화를 이용하여 지구 내부가 지각, 맨틀, 외핵, 내핵으로 구성되어 있다는 것을 알게되었습니다.





지진파

중을 치면 종소리가 모든 방향으로 퍼지는 것처럼 지진이 발생하면 그 진동이 지진파의 형태로 사방으로 퍼져나간다. 지진파는 크게 실체파(body wave)와 표면파(surface wave)로 나눈다. 실체파는 지각 내부를 통과해 전달되는 파로 파의 진행방향과 매질의 이동방향이 같은 P파(primary wave)와 파의 진행방향과 매질의 이동방향이 수직인 S파(secondary wave)의 두 가지가 있다. 표면파는 지표면을 따라 파가 전달되어 지진이 발생하면 큰 피해를 입힌다. 이러한 표면파에는 레일리파(Rayleigh wave)와 러브파(love wave)가 있다. 지진파의 속도는 P파가 가장 빠르고 다음이 S파, 가장 느린 것이 표면파이다. 실체파는 파장에 상관없이 일정한 속도를 유지하지만 표면파는 파장에 따라 그 속도가 변화한다.



지진파 연구

지진파는 매질의 구성물질과 상태에 따라 반사, 굴절하고 속도가 변하기도 한다. 특히 S파는 고체는 통과하지만 기체나 액체는 통과하지 못한다. 이러한 성질을 이용하여 지구 내부를 지각, 맨틀, 외핵, 내핵으로 구분한다.

지각

지구의 내부구조를 층으로 구분했을 때 가장 바깥쪽의 표면을 구성하는 부분으로 지표부터 모호로비치불연속면(모호면)까지의 부분이다. 피자의 가장자리를 크리스트(crust)라 하는 것처럼 지구의 가장자리인 지각을 earth crust라 한다. 지구 전체 부피의 약 1%를 차지하며 지구 전체 질량의 0.5% 미만을 차지한다. 지각을 구성하는 원소는 90종 이상이나, 가장 많은 비율을 차지하는 것은 산소(O), 규소(Si), 알루미늄(Al), 철(Fe), 칼슘(Ca), 나트륨(Na), 칼륨(K), 마그네슘(Mg)의 순서로서 위의 8가지 원소를 지각의 8대 원소라 한다. 지각의 8대 원소가 차지하는 비율은 전체의 98% 이상이다.

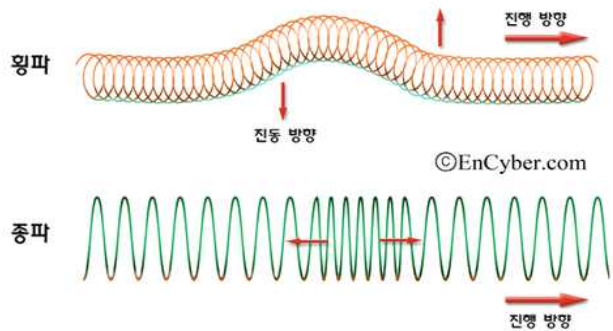
지각은 대륙지각과 해양지각으로 나눈다. 대륙지각은 20~70km의 두께에 2.7g/cm³의 평균 밀도를 가지고, 해양지각은 약 5~15km의 두께에 3.0g/cm³의 평균 밀도를 가진다. 대륙지각은 Si(규소), K(칼륨) 및 Na(나트륨)이 많은 화강암질 암석으로 이루어지고, 해양지각은 Fe(철), Mg(마그네슘) 및 Ca(칼슘)이 많은 현무암질 암석으로 이루어진다. 두 지각의 밀도 차이로 인해 밀도가 큰 해양지각이 상대적으로 밀도가 작은 대륙지각 아래로 내려가 해구가 형성된다. 그리고 지진파의 속도차로 상부지각과 하부지각으로 나누기도 한다. 상부지각에서는 P파의 속도가 6km/s이지만 하부지각에서는 6.8km/s로 빨라진다.

지각과 지각 아래의 맨틀을 구분하는 경계를 모호로비치불연속면(Mohorovicic discontinuity; 모호면)이라고 한다. 이 면에서 지진파의 속도는 현저히 빨라진다. 이는 모호면 아래 맨틀의 밀도가 지각의 밀도보다 높기 때문이다.

맨틀

지표에서 깊이 30km의 모호로비치 불연속면에서 지하 2,900km의 구텐베르크 불연속면, 즉 외핵(外核)까지의 사이를 가리킨다. 지구 부피의 82% 이상, 질량에서는 68%를 차지하며 화학조성도 직접 알 수 없으나 운석(隕石)의 화학조성에서 유추하면 철·마그네슘의 규산염을 주성분으로 하는 암석일 것으로 추정된다. 이것은 지구 중심부의 핵(코어)이 금속 액체로 되어 있는 것과 대조적이다.

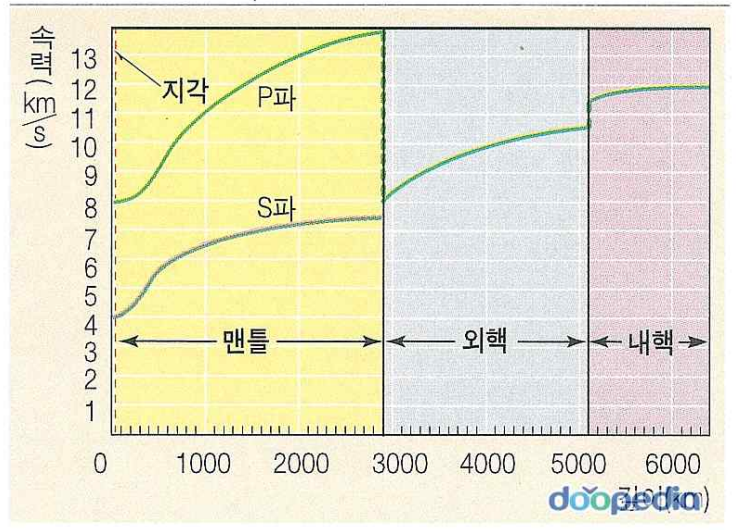
각종 지진파(地震波)의 전파 연구로부터 맨틀에는 층구조(層構造)가 존재할 것으로 추정된다. 지각 바로 아래부터 약 370km 깊이까지를 상부맨틀(upper mantle), 370km에서 650km까지를 전이대(transition zone), 650km부터를 하부맨틀



각종 지진파(地震波)의 전파 연구로부터 맨틀에는 층구조(層構造)가 존재할 것으로 추정된다. 지각 바로 아래부터 약 370km 깊이까지를 상부맨틀(upper mantle), 370km에서 650km까지를 전이대(transition zone), 650km부터를 하부맨틀

(lower mantle)로 구분한다. 지각 바로 아래부터 수십 또는 100km의 부분에서는 지진파의 속도가 깊이와 더불어 증대한다. 이 부분은 지구의 굳은 표피 같은 것으로, 약 20개 미만의 부분으로 나뉘어 지구를 둘러싸고 있다. 그 각각은 판(板:plate)이라고 하며, 그것들이 서로 상대운동을 함으로써 여러 가지 지질 현상이나 지진이 일어난다고 한다(판구조론).

이 층 밑에는 지진파의 속도가 감소하는 저속도층(低速度層)이 존재한다. 저속도의 원인은 이 부분이 고온 때문에 부분용융상태에 있다는 설이 유력하다. 맨틀 상부는 주로 감람암(감람석과 휘석)으로 구성되어 있는데, 깊이 약 400km쯤에서 고압 때문에 감람석은 결정변태(結晶變態)를 일으켜 스피넬상(相)이 되어 지진파 속도나 밀도가 갑자기 증가한다. 또 그 이상의 심부(1,000km 이상)에서는 다른 상전이(相轉移)나 분해가 일어나서 맨틀물질은 산화물의 혼합체가 된다. 맨틀내부의 온도는 아직 확실하게 밝혀져 있지 않으나, 철이나 규산염의 녹는점으로 보아 최상부는 약 1,000°C, 최하부는 약 5,000°C인 것으로 추정된다.



외핵

외핵은 S파가 전파하지 못하고 P파의 속도가 감소하는 점으로 미루어 유체인 것으로 알려져 있다. 유체 상태인 외핵의 존재는 지구 자기장의 성인을 설명하는데 필수적이다. 외핵에서 P파의 속도는 완만하게 변하며 진폭의 감소도 매우 적다. 외핵의 밀도는 9.9 - 12.2g/cm³ 이다. 충격과 실험에 의하면 외핵의 구성 물질은 순수한 철보다 밀도가 낮게 나타난다. 따라서 외핵은 순수한 철로만 이루어진 것이 아니라 가벼운 원소, 즉 황, 규소, 산소 등과 화합물을 이루고 있을 것으로 추정된다.

내핵

지표 아래 약 5100km에서 중심부까지의 부분을 가리킨다. 지구는 지각·맨틀·핵의 3부분으로 이루어져 있는데, 핵은 다시 외핵과 내핵으로 나누어진다. 외핵은 지진파 중 P파는 전달하나 S파는 전달하지 않으므로 액체이다. 그러나 내핵에서는 P파의 속도가 약 10% 빨라진다는 사실에서, 고체로 추정된다.

외핵과 내핵이 같은 물질(주로 철)로 이루어져 있다면, 그 경계면에서의 온도는 액상·고체상의 공존온도, 즉 녹는점과 같아야 한다. 이러한 사실은 지구 심부의 온도를 측정하는 데 도움이 된다. 내핵의 존재는 1936년 레만(Lehman)에 의해 밝혀졌으며, 외핵과 내핵의 경계에서 P파의 속도는 10.3km/s에서 11km/s로 급격히 증가한다. 이와 같은 속도 증가는 내핵을 구성하는 물질의 강성률의 증가를 의미하며, 따라서 내핵은 액체가 아니라 고체로 추정된다. 지구 심부의 물질을 추정하는데 도움을 주는 것은 운석의 성분이다. 지구의 내핵은 밀도가 커서, 철, 니켈 등을 주성분으로 하는 철질운석(鐵質隕石)과 유사한 물질로 이루어진 것으로 생각된다. 핵은 지구 전체 부피의 16% 정도이며, 질량으로는 31%를 차지한다. 내핵의 밀도는 12.6 ~ 13.0g/cm³이다.