

제 37회 과학리딩 노트- 토양

(박문호 박사님의 강의를 요약한 내용입니다.)

자유 양성자가 자연 속에 있는가?

자유 전자라는 용어는 쓰는데 자유 양성자라는 용어는 사용하지 않는다.

자유 양성자라는 용어가 필요할 것 같다.

세포 바깥에 자유양성자가 있는가? 공부해야 한다.

오로라는 태양에서 나온 대규모 양성자 흐름이 지구의 극 지방 대기 중에서 질소 분자와 충돌할 때 나오는 빛이다. 오로라는 태양에서 오는 양성자 흐름이다. 조선 실록에 한반도에도 오로라 현상이 있었다는 기록이 있다.

오늘 강의는 자유양성자라는 개념을 끝까지 물고 늘어져야 한다.

가속기 속이나 태양 핵융합 결과 외에는, 자연에서는 자유 양성자가 없다.

이것을 정확히 알면 생명이란 현상이 얼마나 놀라운 현상인가를 알게 된다.

생명이란 현상은 핵 융합에 버금가는 현상이다.

그러면 전자가 자유롭게 다니는 것을 본적이 있나요? 감전되면 죽는다. 번개도 자유전자이다.

그러나 번개하고 감전은 우리가 제어할 수 없다. 제어된 전자의 흐름이 전기이다.

전기는 구리 도선에만 다니는 전자의 흐름이다. 그러나 자연 에서는 연속적인 전자의 흐름은 없다.

그러나 세포 속에는 있다. 미토콘드리아 내막에 있는 전자전달시스템을 지나가는 전자의 흐름이 있다.

제어된 전자의 흐름이 생명이다. 자연에는 제어된 전자의 흐름은 없다.

송전선이나 반도체 회로처럼 인공적으로 제어된 회로를 따라 전자가 흐른다.

전자공학은 전자의 개수를 카운트하는 학문이다. 구리 도선에 전자를 연속적으로 흘려 보내면 전류가 된다.

그 전선에 흐르는 전자를 가속 시키면 전자기파가 나온다. 그것을 방송이라고 한다.

전파도 도선상으로 가속된 전자의 흐름이다.

도체와 반도체 사이에서 전자의 흐름을 제어하는 것을 공학이라 한다. 그것이 현대문명이다.

그런데 자유양성자는 왜 없는가?

전 우주에서 별 속을 제외하고는 미토콘드리아 막간 공간만큼 자유 양성자 밀도가 높은 곳은 없다.

그 막간 공간의 양성자 밀도 차이에 의해 지구 상 모든 생명들이 생명 유지에 필요한 에너지를 만든다.

ATP 합성효소가 자유양성자 펌프이다.

주기율표는 양성자를 말로 쓰는 체스 판이다. 주기율표는 양성자의 체스 게임이다.

자유 양성자 개념을 확실히 알면 주기율표가 보이고 생명이 무엇인지 보인다. 화학은 통째로 보인다.

자연에는 보기 드물고 생명에만 있는 자유양성자 개념을 끝까지 물고 늘어져야 한다.

이것이 오늘 강의의 핵심이다.

브레인 공부할 때 좋은 방법은 강아지를 보는 것이다. 사람을 보면 잘 보이지 않는다.
지구와 생명을 공부할 때는 달을 보아야 한다. 달에는 생명이 없다.

1960년대 닐 암스트롱이 달에 착륙할 때 발자국은 지금도 그대로 있고, 100년 뒤에도, 천만년 뒤에도 그리고 아마 수 억년 뒤에도 그대로 있을 것이다. 달의 분화구들은 45억년에서 39억년 사이에 90%가 생겼다.
그 후에 생긴 것은 얼마 되지 않는다. 달에는 운석이 떨어지는 일 외에 다른 사건이 없다. 아무 일도 없다.
영원한 침묵이다. 그러나 38만 km 떨어진 지구에는 바람 잘 날이 없다.
지구와 달이 그렇게 다른 이유가 자유전자와 자유양성자 때문이다.
달에는 자유양성자와 자유전자가 없다. 그래서 생명이 없다.

지구는 원자를 건드릴 수 없다. 그래도 원자가 바뀔 수는 있다. 방사능 붕괴이다.
잠은 내가 선택할 수 없다. 뉴런이 선택하는 것이다.
마찬가지로 원자가 바뀌는 것은 지구와 상관 없다. 바뀌는 것은 원자가 결정한 것이다.
그래서 원자를 생명이나 지구보다 높게 생각해야 한다. 더 근본적인 것이다.

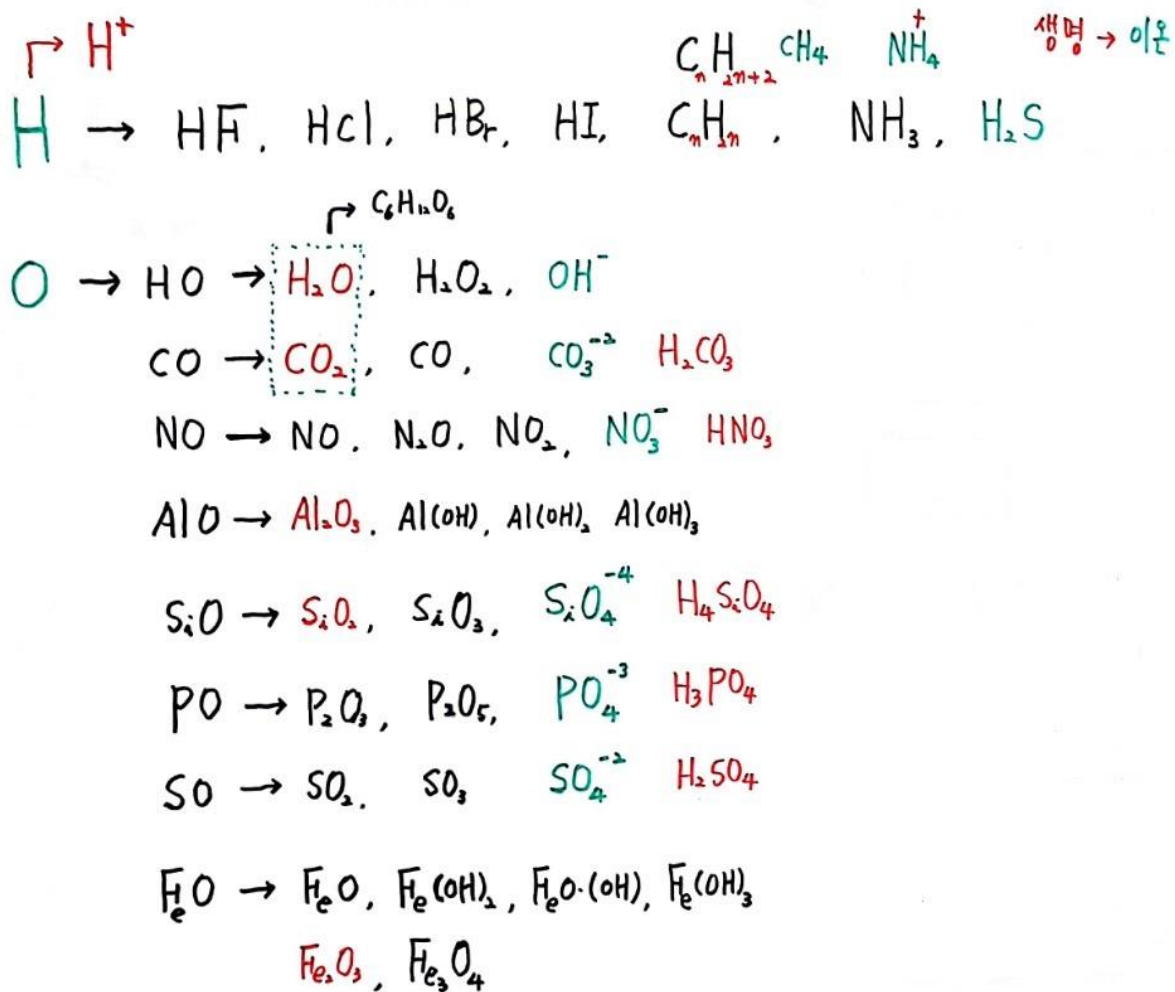
물리학은 불변을 다루는 학문이다. 그것이 보존법칙이고 대칭이다.
대칭을 찾고 불변을 찾는 것은 그것이 제일 위에 있기 때문이다.
우주가 생겼다는 것은 시간을 획득했고 무언가 시작되었다는 말이다.
시작되기 전의 무언가를 상징으로 상정할 수 있다. 그것이 대칭이다. 가장 위에 있는 것이다.
모든 것의 시작이 있고 모든 것을 포함하고 있고 모든 것이 편안해 지는 최고의 포인트가 있다, 위계가 있다.
입자물리학이 자연과학에서 최고 위다. 계층이 있다. 그것을 부정해서는 안 된다.

학문이나 예술에도 높낮이가 있다.
세상에는 2가지 칩이 있다. 포테이토 칩과 반도체 칩이다. 2가지 칩이 동일하지 않다. 가치가 하늘과 땅 차이다.
포테이토 칩의 영향력과 반도체 칩의 영향력은 천문학적으로 다르다.
자연과학의 최고 위는 대칭이다.

원자가 지구나 생명 보다 더 높은 위치를 점하고 있다. 원자는 붕괴되고 말고를 스스로 결정한다.
자기가 알아서 한다. 그것이 높은 존재들이다. 그래서 생명이나 지구보다 더 중요한 개념은 원자라는 개념이다.

지구는 중매쟁이이다.

주기율표에서 수소(양성자)의 결혼 모습이다.



먼저 수소가 할로겐 원소와 결혼한다. HF, HCl, HBr, HI

다음은 수소가 탄소와 결혼한다. C_nH_n 이다. 휘발유와 석유이다. 더 큰 집합은 생명이다. 휘발유 석유는 플랑크톤에서 왔다. 또 다른 형태의 결혼은 C_nH_{2n+2} 이다. 이것의 결과 중 하나가 메탄가스 CH_4 이다.

이번에는 수소가 질소와 결혼하면 NH_3 가 된다. 그런데 생물에 올 때는 약간 변형하여 CH_4^+ 가 된다.

수소가 황과 결혼하여 H_2S 가 된다. 지구역사 초반 10억년을 장악한 황화수소이다.

다음은 산소가 결혼할 차례이다.

주기율표에 순서에 따라 짝 결혼 시키면 화학이 끝난다.

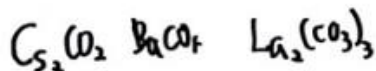
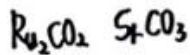
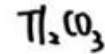
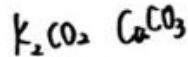
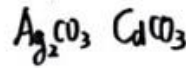
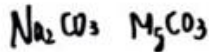
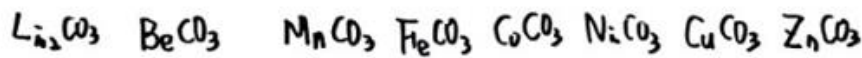
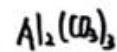
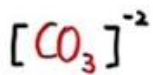
CO는 헤모글로빈과 산소보다 200배나 결합을 잘한다. 일산화탄소 중독을 일으킨다.

지구 초기에는 일산화탄소가 먼저 생긴다. 그 일산화 탄소가 산소와 결합하여 이산화탄소가 된다.

CO3는 一家를 이룬다. 이것이 CO_3^{2-} 가 되어 엄청나게 많은 결합물을 만들어 낸다.

"지구 45억년의 역사는 이산화 탄소가 대기과 대양과 대륙을 순환하는 역사이다."

CaCO₃가 주역이다. 그 주역인 탄산칼슘도 탄소 화합물 중 One of them이다.



이 결혼식을 지구가 주선해 주었다.

일산화 질소(NO)도 중요한 물질이다. 이것을 발견하여 노벨상을 받았고, 비아그라와 협심증 치료제도 여기서 나왔다. 혈관을 확장시켜 준다. 브레인에서는 짧은 거리의 신경전달물질이다.

생명에 중요한 것은 NO_3^{-1} 이다

생명현상은 공유결합의 세계이다. 생명은 분자들의 춤이다.

Al₂O₃는 천생 연분이다. 단단하여 다이아몬드 대용으로 쓰인다. 잘 분해되지 않는다.

알루미늄은 수산화기(OH)와도 잘 결합하는데 Al(OH)₃(gibbsite)가 가장 많은 형태이다.

지질학의 본 게임은 산소와 실리콘의 결합이다. 지구의 맨틀과 지각을 구성한다. 1500여종이나 된다..

SiO₂는 완벽한 절연체이다. 반도체의 절연체로 쓰인다. 실리콘 테크놀로지이다.

반도체는 사진기술과 진공기술의 합작품이다. 진공이 필요한 이유는 산소가 너무나 잘 결합하기 때문에 산소를 없애기 위해 진공 기술이 필요하다. 폭발, 불탄다, 녹는다, 소화된다, 늙어 죽는다. 모두 산화되는 과정이다.

완벽한 절연체가 있기 때문에 우리가 원하는 미세 패턴을 만들 수 있는 것이다.

실리콘과 산소는 우주가 낳은 절묘한 결합이다.

광물의 다양성을 만드는 것은 SiO_4^{-4} 이다. 이 이온이 다른 원소와 결합하여 만든 광물을 실리케이트라 한다.

그 계열이 1500종이나 된다. 그것을 연구하는 분야를 암석학이라 한다.

지금까지 이야기한 모든 것도 것도 주기율표의 1/100밖에 안 된다.

인과 산소의 결합에서는 PO_4^{-3} 가 절세의 영웅이다.

식물학은 초록색으로 표기된 이온들의 무수한 상호 작용이다.

황과 산소가 결합한다. 이 계열에서는 SO_4^{-2} 가 주역이다.

산소와 철의 결합에서는 Fe_2O_3 가 중요하다. $FeO(OH)$ 가 괴싸이트이다.

빨간색으로 표시된 것들은 결합력이 높아서 잘 분해되지 않는다.

초록색으로 표시된 이온들이 모든 변화를 일으킨다.

CO_2 와 H_2O 가 만나서 생명을 만든다. 다른 것이 필요하지 않다. 태양 빛(photon)이 두 물질을 결합시킨다.

이 결합으로 만들어진 분자가 글루코스($C_6H_{12}O_6$)이다. 여기서 아미노산과 DNA까지 다 나온다.

자연과학에서는 전기 중성이 대 전제이다. 전기 중성 원리만 따라가면 다 풀린다.

중성화 시키는데는 양성자를 갖고오면된다.

CO_3^{-2} 와 수소 2개 결합하여 탄산(H_2CO_3)이 된다.

NO_3^{-1} 과 수소 1개가 결합하여 질산(HNO_3)이 된다. 질산에 염산을 더하면 왕수가 된다. 왕수에는 금도 녹는다.

질산, 염산, 황산이 연금술사들이 1000년동안 가장 많이 연구했던 산들이다. 산은 양성자를 방출할 수 있는 물질이다. 액체로 된 산으로 물질을 분해해 보았다. 돌 속의 금속을 녹여 금을 추출해 보려고 했다.

SiO_4^{-4} 와 수소 4개가 만나면 규산(H_4SiO_4)가 된다. 벼과 식물은 규산을 비료로 써야 한다. 규산이 적게 들어 가면 바람이 불면 벼가 쉽게 넘어진다. 그리고 벼 겉질에는 모래성분 즉 규산이 많다. $Si(OH)_4$ 로도 표기한다.

PO_4^{-3} 과 수소 3개가 만나면 인산(H_3PO_4)가 된다.

SO_4^{-2} 와 수소 2개가 만나면 황산(H_2SO_4)가 된다.

주기율표만 암기하고 있으면 암기할 필요가 없다. 자동으로 나온다.

인류는 3만년 전부터 1만년 전까지는 이동하며 살았었다. 1만년 전 농업혁명 이후부터 정착하여 농사를 지었다. 농업 혁명이 인류의 삶에 가장 큰 영향을 미쳤다. 이후의 산업혁명이나 IT혁명들은 농업혁명의 1/10에 불과하다. 농업 혁명의 본질은 토양이다. 이후 인류는 땅이 무엇인지, 흙이 무엇인지에 대하여 주목하기 시작했다.

돈황 벽화가 한 때 모두 뜯긴 적이 있었다. 지금 중국 정부가 엄청 돈을 들여 복원하고 있다.

주변에 사는 농민들이 벽화에 있는 회 가루(Ca)를 뜯어 밭에 뿌려 비료로 사용한 것이었다.

대영제국도 이집트에서 빼내온 미이라가 너무 많아, 보관하지 못한 미이라를 분쇄기로 갈아 비료로 사용했다고 한다. 비료를 따라가면 근세사가 보인다.

EBS 테마 기행 칠레 초석에 관하여 박문호 박사가 인터뷰한 내용을 꼭 보기 바란다.

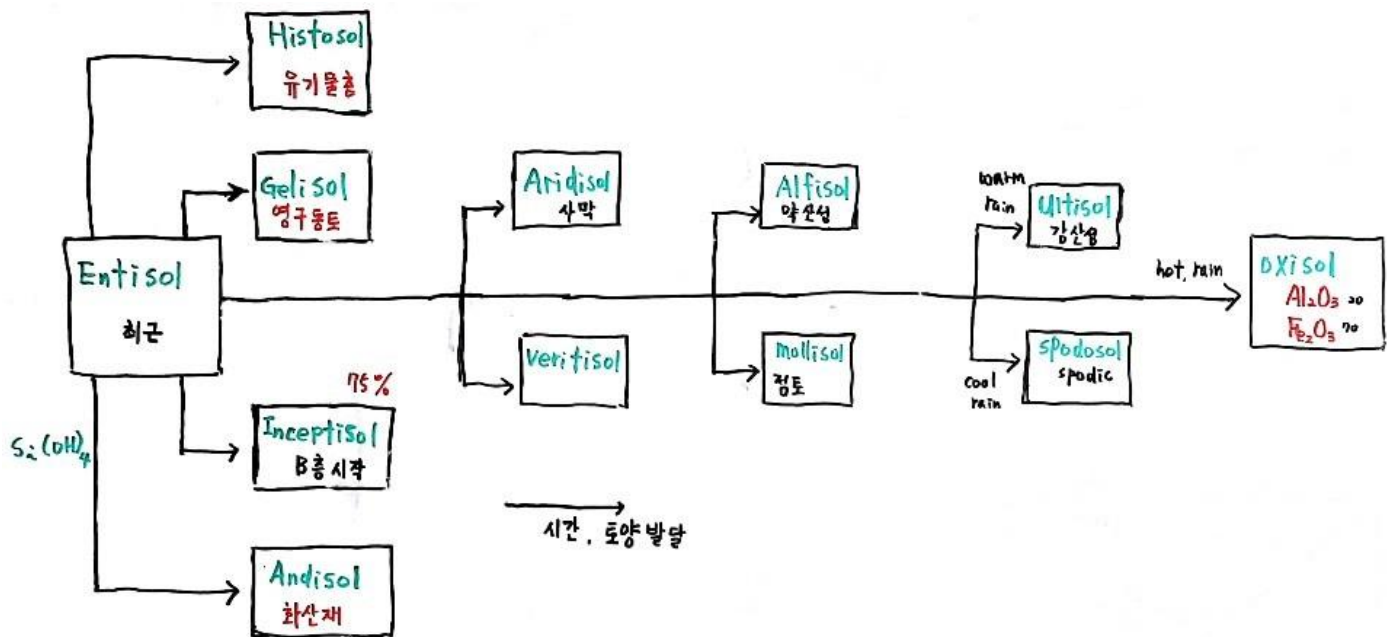
인구 20억이 늘어 났다. 하버-보슈 공법으로 질소 비료를 개발하여 맬더스의 인구론을 무색하게 만들고, 70억 인구의 식량 문제를 해결했다.

비료는 암석학의 부분 집합이다.

비료 중 제일 중요한 비료가 질소비료이다. 북한이 우리에게 항상 요구하는 것이다.

식량 생산이 몇 배로 늘어난다. 질소 비료는 NH_4^{+1} 에 마이너스 1가 원소를 붙여 주면 된다.

제일 중요한 비료가 NH_4NO_3 이다. $(NH_2)_2CO$ 가 요소비료이다. 주기율표에 다 있다.



토양은 1800년대 러시아 학자가 처음으로 분류했다.

미국 농무성에서 토양을 12가지로 분류한다.

사막을 토양이라 하지 않는다. 토양은 층이 형성되어야 한다. 토양은 발달하는 것이다.

토지는 다섯 가지 인자가 토양을 결정한다,

$S = [\text{모재}, \text{기후}, \text{생물}, \text{지형}, \text{시간}]$ 이다.

모재는 바탕이 되는 재료이다. 즉 바위이다.

그리고 기후, 생물, 지형이 관여 한다. 그리고 무엇보다도 시간이 결정적이다.

바위는 가장 젊은 암석도 1000만년이 넘는다. 그러나 흙의 나이는 10년에서 10만년이다

우리나라 토양은 젊은 토양이다.

Entisol은 최근에 형성된 토지 이다,

우리나라 토양은 75%가 inceptisol이다. B층이 시작되는 토양이다.

Andisol은 화산재로 이루어진 토양이다.

Histosol에는 분해되지 않은 유기물들이 있다.

Gelisol은 툰드라의 영구 동토이다.

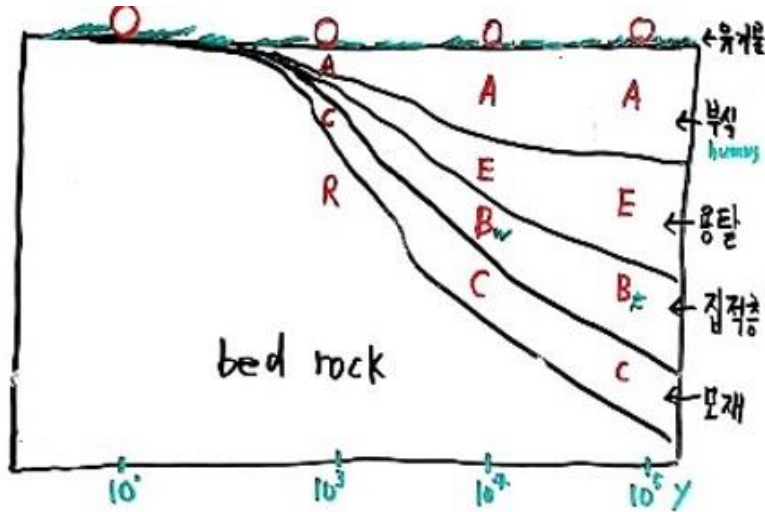
Aridisol은 사막이다

Vertisol은 물기를 머금으면 팽창한다. 비가 오면 산사태가 날 수 있다.

Alfisol은 약 산성이고, Ultisol은 강 산성이다. Molisol은 부드러운 점토이다.

Oxisol은 Fe_2O_3 가 70%, Al_2O_3 가 20% 있는 토양이다. Oxisol로 붉은 벽돌을 만든다.

토양의 구조이다.



O층은 유기물 층이다.

A층(humus)은 부식이 형성된다.

유기층은 10년이면 된다. 토양은 10만년 정도면 성숙된다. 물론 기후 조건에 따라 다르다.

사막이나 달을 토양이라 하지 않는다. 사막이나 달에는 유기물이 없다.

humus는 두엄이다. 두엄이 토양 속에서 풀빅산(fulvic acid)으로 바뀐다. 그것이 부식이다. Humus가 부식층이다.

E는 용탈층이다. 씻겨져 나간 것이다.

B는 집적층이다. 쌓이는 것이다

C는 모재이다.

기반암(Bed rock)이 풍화가 된다. 풍화에서 제일 중요한 요인은 강수량이다.

$$S = F(\text{모재, 기후, 생물, 지형, 시간})$$

식물 5대 영양소 : N, P, K, Ca, humus

산림한계치 : $\frac{\text{Ca}}{\text{Al}} = 1 \downarrow$

→ 80종 종매 CEC
양이온교환능력
 $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{K}^+$

식물의 5대 영양소: N, P, K, Ca, humus

식물은 무기질만 섭취한다. 탄소가 들어가는 화합물을 유기물이라 한다.

질소비료(N), 인산 비료(P), 칼리 비료(K)이다. 칼슘은 토양 중성화를 위해 주로 쓰인다.

두엄(Humus)는 땅에 들어가 수 백 년이 지나면 풀빅산으로 바뀐다.

N이 없으면 아미노산을 만들 수 없다. 단백질을 만들지 못한다.

인산이 없으면 DNA, RNA를 만들 수 없다.

K는 식물에서 매우 중요하다. 알칼리라는 말이 칼륨에서 나왔다. 식물을 태웠을 때 나오는 재 속에 칼륨이 있다. 에 있다. 재를 아라비아에서 알칼리라고 했다. 칼륨은 세포 속에서 80여 종의 단백질 촉매에 관여한다. N, P, K가 없으면 식물이 존재할 수가 없다.

왜 두염이 식물에게 결정적으로 중요할까?

CEC(cation exchange capacity: 양이온 교환 능력)때문이다.

식물학에서 가장 핵심적인 용어이다.

식물이 필요한 양이온은 Na, Mg, K, Ca 네 가지이다.

생명은 Na, Mg, K, Ca와 C, H, N, O, P와의 결혼이야기 이다.

특히 식물에게는 알칼리 양이온들이 중요하다. 이 중에서도 결정적으로 중요한 것이 K이다.

그리고 K는 부작용이 거의 없다.

칼슘은 산성과 관계가 있으므로 중화 시켜 주어야 한다.

산림 한계치= $\frac{Ca}{Al}$ 이 1이상 되어야 나무가 자랄 수 있다.

식물에 원수가 Al이다. 토양 산성화의 주범이다.

식물 뿌리에는 Al이 들어오지 못하도록 Casparian strip 방어막이 쳐져 있다.

Al이 식물 속에 들어가면 엽록체 속의 전달전달 시스템 내에 있는 철-황 복합체를 끊고 Al과 결합하여 기능을 마비시킨다. 생명이 stop한다. 토양에는 알루미늄이 대단히 많다. 식물이 자라기 위해서는 칼슘이 알루미늄만큼은 있어야 한다. 토양은 마지막에는 붉은 토양이 된다. Al_2O_3 과 Fe_2O_3 이다. 알루미늄이 많을 수 밖에 없다.

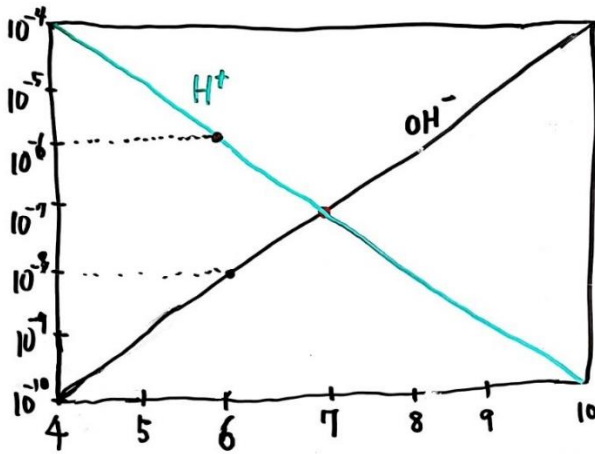
붉은 땅에는 마늘과 고구마가 잘 자란다. 비가 많고 날씨가 따뜻한 남해안 섬들이 붉은 땅이 많다.

해남, 남해 등지에 마늘과 고구마가 잘 자란다. 왜 논은 회색이고 밭은 붉은 색일까? 논에는 항상 물이 있어 산소가 흙 속으로 들어가지 못한다. 논 속의 흙은 환원되었다.

칼슘은 왜 그렇게 중요할까? 흰가루가 칼슘이다.

로마와 카르타고의 포에니 전쟁에서 로마가 최종 승리 후 카르타고가 다시는 로마를 침범하지 못하게 하기 위해서 카르타고의 농지에 소금을 뿌렸다.

소금을 뿌리면 토양의 입단이 분해되어 버린다. 산소가 들어가지 못한다. 식물이 자랄 수 없다.



$$\text{PH} = -\log[H^+] = -\log_{10} 10^{-6} \\ = -(-6) = 6$$

산과 알칼리를 확실히 정리해야 한다.

해양 산성화, 토양 산성화, 인체 산성화

호수가 PH 5이하이면 물고기가 살 수 없다. 순수 증류수는 PH가 7이다. 빗물은 PH 5.6이다.

수증기가 대기 중 400ppm 이산화탄소를 흡수해서 산성화 된 것이다.

식물은 PH5.5에서 PH 7.7까지는 문제가 없다. 토양 산성화는 자연스러운 현상이다.

토양의 산성화가 나쁘다고는 볼 수 없지만 극단적 산성화는 위험하다.

폐광산에서 흘러나온 물은 PH2, PH 0.5까지 떨어질 수 있다. 황화수소(H₂S) 때문이다.

인체는 산성화란 말을 잘 쓰지 않는다.

인체는 PH 7.3으로 엄밀하게 관리 되기 때문에 1%만 범위를 넘어서도 죽는다.

그에 비하여 토양은 완충지대가 넓다. 그 완충을 해 주는 것이 칼슘이다. 식물에게는 칼슘이 구세주이다.

증류수를 상온에 두면 1000만 분자 중 1개가 이온화 하여 H⁺와 OH⁻로 나누어 진다.

1000만 분의 1을 로그를 취하면 7이된다. PH는 양성자의 농도에 로그를 취해 앞에 마이너스를 붙여준 값이다

그래서 PH 7이다. 도표에서 두 선이 만나는 지점이 PH 7이다. PH 6일 때 OH 농도는 -8이 된다..

위 그림에서 초록색 선이 자유양성자의 농도이다. 자유양성자가 생명을 출현시킨다.

수소(H)가 만들어 내는 영순위가 H⁺이다.

자유양성자(H⁺)의 이야기가 생명이다. 생명과 물의 관계가 이것을 보면 명확해 진다.

위 그림에서 초록색 선이 자유양성자의 농도이다.

자유양성자가 생명을 출현시킨다. 그것이 PH 이야기의 진실이다.

자유양성자가 변화를 일으키는 척도이다. 주기율표는 자유양성자 이야기이다.

식물학은 H⁺ 만 알면 된다. 양성자와 전자가 함께 춤을 추는 이야기가 생명이다.

생명은 제어된 전자의 이동이다. 다른 말로 산화, 환원이다. PH이다.

방사선 붕괴

원자는 지구가 어쩔 수 없다. 스스로 결정한다.

우라늄은 양성자가 92개이다. 중성자는 양성자보다 많다.

양성자끼리 밀어내기 때문에 중간에 중성자가 완충 역할을 한다.

자연 상태에서 양성자가 92개를 초과하면 밀어내는 힘이 핵력을 초과한다.

그래서 92번 보다 높은 원자는 인공적으로 만든 것 외에 자연 상태에서는 없다.

우라늄도 불안하다. 그래서 조금만 자극이 있어도 쪼개진다. 쪼개질 때 자유 중성자가 엄청 나온다.

중성자는 자유롭게 되면 15분만에 양성자로 바뀐다. 이것을 베타 붕괴라고 한다. 별에서 에너지를 내는 방식이다.

양성자를 원자핵 속으로 넣으려고 하면 원자핵 속의 양성자의 밀어내는 힘에 의해 어렵다.

그러나 중성자는 전기를 띠지 않기 때문에 쉽게 핵 속으로 들어갈 수 있다.

들어가면 핵이 쪼개진다. 이것이 핵 분열이다.

임계 질량 이상의 우라늄 속에서는, 처음 붕괴 되었던 중성자가 다시 다음 원자핵을 붕괴 시키는 연쇄 반응이 일어나 수초 내로 kg 단위의 우라늄이 다 쪼개진다. 쪼개 질 때 질량 차 만큼 에너지가 나온다. 원자폭탄이다.

원자력 발전소는 천천히 폭발하는 원자 폭탄이다. 제어봉을 설치하여 중성자 개수를 조절한다.

그러면 천천히 붕괴한다. 에너지를 천천히 얻는다. 이것이 핵 발전소이다.

제어봉을 빼 버리면 핵 폭탄이 된다. 자유 중성자를 제어한다.

자유 양성자, 자유전자, 자유 중성자 중 생명은 자유 양성자 이야기이다.

자유중성자, 자유 양성자는 자연에는 거의 없다. 자유 양성자는 생명 속에만 있다.

핵 폭탄은 235U으로 만든다. 그런데 235U는 전체 우라늄 중 0.7% 밖에 없다.

238U에서 235U를 분리 추출하는데 천문학적 돈이 들어간다. 발전소를 만들어야 한다.

맨하튼 프로젝트 때도 발전소를 먼저 만들었다. 235U가 되면 핵분열이 자동으로 일어난다. 최소 임계질량이 있다.

하나만 붕괴되어 중성자가 나오면 중성자가 연쇄 반응을 일으킨다.

핵심은 자연 상태에서 양성자가 92개를 넘으면 양성자끼리 밀어내는 힘에 의해 원자핵을 구성하지 못한다.

조그만 충격이 있으면 자발적으로 방사선 붕괴를 일으킨다.

지구 내부의 상당한 열은 방사선 붕괴에 의해 만들어 진다. 방사선 붕괴에 의해 K에서 Ar이 계속 만들어 진다.

대기 속 아르곤 비율이 1% 정도 된다.

원자가 유일하게 바뀌는 것은 이들이 자발적으로 붕괴되는 경우이다. 이들이 붕괴될 때 α , β , γ 선이 나온다.

α 선은 양성자 2개, 중성자 2개 가 모인 헬륨 원자핵(알파파티클)이며, β 선은 전자, γ 선은 광자(photon)이다.

베타선의 비밀을 밝힌 사람이 파울리이다. 베타선은 자유전자이다.

자유전자는 있다. 번개에도 있고, 방사선 붕괴 시에도 나온다.

감마선은 빛이다. 전자기파이다. 감마선에 의해 DNA에 돌연변이가 일어난다. 죽게 된다.

식물학의 90%는 PH를 알면 다 장악할 수 있다. 생명은 자유 양성자이고 그것이 바로 PH이다.

PH의 본질이 자유 양성자이다. 앞으로 PH를 자유양성자 농도라고 해야 한다.

그래야 곧장 주기율표를 만날 수 있다. 주기율표는 양성자의 체스게임이다. 주기율표도 자유양성자만 알면 된다.

그래서 주기율표의 영순위가 H^+ 이다. 토양학, 식물학, 해양학, 기후학, 인체 생리학에서 가장 핵심이 PH이다.

왜 양성자 농도가 모든 생태계에 그렇게 중요한 것일까? 간단하다. 그것 밖에 없기 때문이다.

금 79개 양성자로 되어 있고, 수은은 80개 양성자로 되어 있다. 차이는 양성자 1개이다.

앞으로는 금, 수은이라는 이름보다 79개 양성자, 80개 양성자라고 해야 한다. 그것이 더 중요한 개념이다.

탄소는 6개 양성자, 산소는 8개 양성자이다.

주기율표는 양성자 개수이다. 양성자 1개씩 늘어 난다는 것 외 다른 것이 없다.

식물이 양성자 12개(Mg)는 좋아하면서 양성자 13개(Al)는 왜 원수가 되었는가?

양성자 개수가 바뀌는 것이 베타붕괴이다. 그 비밀이 밝혀 지면서 인류는 별이 불타는 이유를 알게 되었다.

주기율표를 양성자개수로 바꿔 놓고 보면 그 본질이 보인다.

양성자가 1개에서부터 92개까지 되었는데 어떻게 바뀌 졌는가?

그것이 별과 우주가 만들어 진 것이다. 베타붕괴를 통해서 그렇게 되었다.

베타붕괴를 연구하는 학문이 약한 상호작용이다. 베타붕괴 연구로 노벨상이 쏟아져 나왔다.

베타붕괴 연구를 통해 별이 어떻게 불타고, 별 속에서 원소가 어떻게 만들어 지는지 알게 되었다.

중성자가 베타붕괴를 통해서 양성자로 바뀌면서 새로운 원소가 생긴다. 알아야 될 것은 베타붕괴이다.

그것이 방사선이다. 쿨리 부인이 방사선을 알게 되면서부터 인류가 물질의 비밀을 알게 되었다.

산성 알카리는 양성자 개수 이야기이다.

토양 산성화도 자유양성자 개수가 많아진 사건이다.

토양 산성화는 복합적이다. 크게 5가지 원인이 있다. 토양학의 50%에 해당되는 이야기 이다.

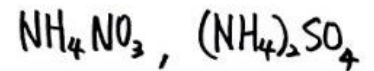
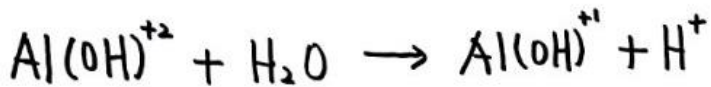
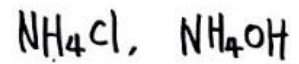
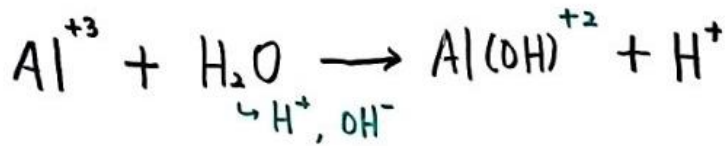
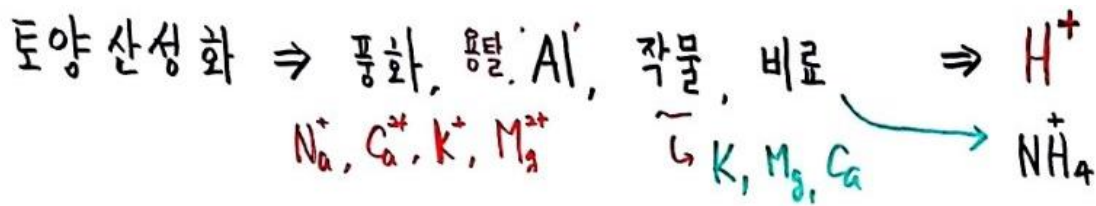
첫 번째 암석의 풍화이다. 풍화가 되면 Na^+ , Ca^{+2} , K^+ , Mg^{+2} 가 나온다. 식물학의 주역 들이다.

두 번째 Al의 영향

세 번째 작물(Bio mass)로 인해 K, Mg, Ca의 유실. 그래서 중세 때는 윤작을 했다.

네 번째 비료의 영향

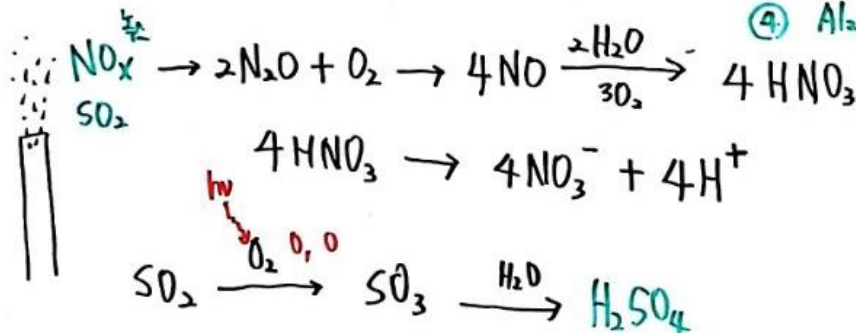
산성화되면 양성자(H^+)가 많아 진다.



풍화 단계



\rightarrow 점토 : 흙



알루미늄 원자 1개가 차례로 물 4분자를 분해하여 양성자 4개가 나온다.

자유양성자는 물이 분해되어 나온다. 그래서 모든 생화학 작용이 일어난다.

자유 양성자는 왜 식물에 나쁜가?

식물의 생명활동에 의해 양성자가 나온다. 그 양성자가 흙에 붙으면 흙에 있던 양이온들이 빠져 나와 식물 속으로 들어간다. 이것이 식물이 영양분을 흡수하는 과정이다. 그런데 알루미늄이 들어와서 만든 양성자가 먼저 토양 속 양이온과 바꿔 치기 해 버리면, 토양의 양이온들이 물에 씻겨 나가버린다.

이것을 리칭(leaching: 용탈)이라고 한다. 식물이 필요로 하는 양이온들을 흡수할 수 없게 된다.

이것이 토양 산성화이다.

흙은 전기 마이너스이다. 평소에 칼슘, 나트륨, 칼륨, 마그네슘 같은 양이온과 결혼해 있다.

그런데 주변에 자유 양성자가 많이 생기면 흙이 주변의 자유 양성자와 결혼하면서 칼슘, 나트륨, 칼륨, 마그네슘 같은 양이온과 이혼을 해버린다. 이혼하자마자 칼슘, 나트륨, 칼륨, 마그네슘 같은 양이온들은 떠 내려 가버린다.

모든 문제가 자유양성자 PH문제이다.

정상적인 과정은 뿌리에서 양성자가 나와서 흙과 결합하고, 흙 속에 있던 양이온이 식물 속으로 들어가는 것이다. 식물에서 양성자가 나오기 전에 주변에 양성자가 많으면 흙 속의 양이온들이 나와서 흘러가버리는 것이다. 이것을 용탈(leaching)이라고 한다.

암석이 분해되어, 씻겨져 나가는 것보다 더 많은 양이온이 생겨주면 된다.

열대 밀림은 비가 많이 오므로 빨리 씻겨져 나간다. 극단적 산성이 된다. Oxisol은 극단적 산성 토양이다.

이 모든 것이 자유 양성자 문제이다.

작물은 칼슘, 마그네슘, 칼륨을 토지로부터 갖고 가버린다. 지력이 약해진다.

비료는 NH_4^+ 이다. 이것을 중화 시키기 위해 음이온이 필요하다.

NH_4Cl , NH_4OH , NH_4NO_3 , $(NH_4)_2SO_4$ 모두 질소 비료이다.

모든 양성자는 원자 핵 속에 있다.

원자핵 속 양성자가 많아지면 밀치는 힘과 핵력이 비슷해 진다.

약간의 불균형으로도 자발적으로 쪼개져 두 개의 원자가 된다.

쪼개진 후 생기는 원자를 딸 원자라고 한다. 쪼개 질 때 중성자가 나온다.

중성자가 나오면 연쇄 붕괴가 일어난다,

별은 자유 양성자 이야기이다. 별 속은 플라즈마 상태이다.

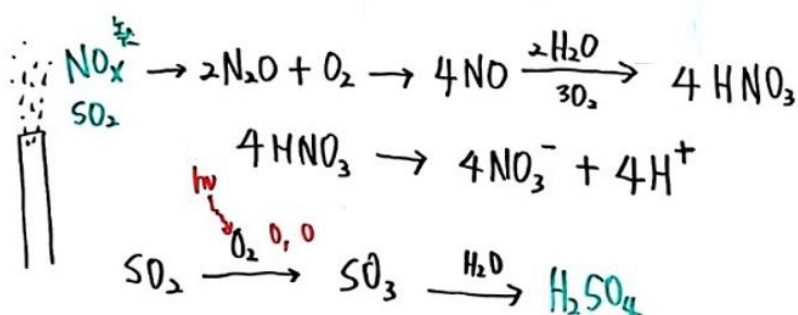
양성자끼리 마음껏 충돌하여 수소에서 헬륨, 헬륨에서 탄소, 산소, 실리콘을 만든다.

자유양성자를 만드는 메커니즘이 생명 현상이다. PH(산, 알카리)는 우주론이다.

그것을 통해서 예외 없이 모든 것이 설명된다.

생명 현상은 양성자 6개(탄소)와 양성자 8개(산소)인 두 가족의 긴 대하드라마이다.

<2교시>

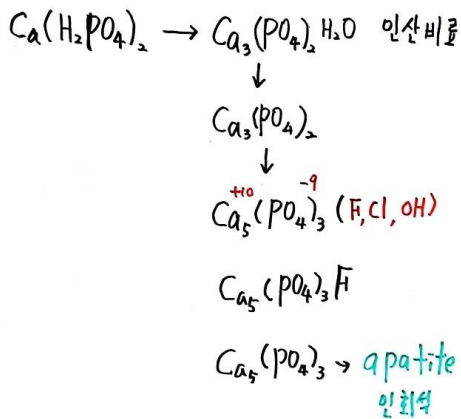
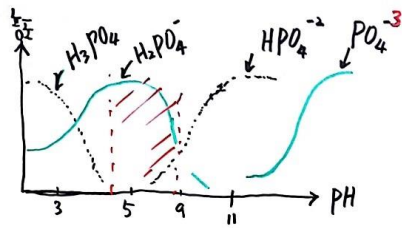


공장 굴뚝에서 NO_x 와 SO_2 가 나온다. NO_x 는 오래된 경유차에서도 나온다. 미세먼지의 주범이다.

물을 만나면 질산(HNO_3)과 황산(H_2SO_4)이 된다.

이것들이 토양 속으로 스며 들면 산성토양이 된다. 많은 예 중 하나이다.

이 모든 것이 토양의 PH 값과 연결되어 있다.



인산(H3PO4)이 주위 PH 조건에 따라 달라진다.

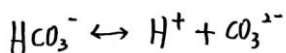
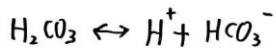
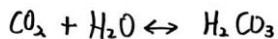
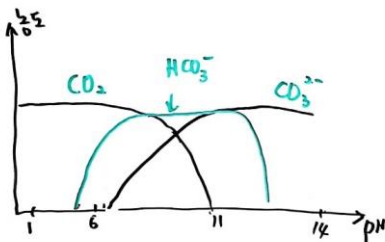
암석이 분해 되었을 경우의 PH는 5-9 정도이다. 붉은 빛금 친 부분이다.

H2PO4⁻¹가 Ca를 만나면 Ca(H2PO4)₂ 가 된다. H2와 Ca가 치환되고 물 한 분자가 붙으면 인산비료가 된다.

여기에서 불소 치약도 나온다. Ca5(PO4)₃F이다.

Ca5(PO4)₃는 Apatite라고 한다. 인회석이다. 대단히 중요한 광물이다.

다음은 탄산과 관련된 도표이다.



CO₂ 1% → 산성기

HCO₃⁻ 90%

CO₃²⁻ 9% → 알칼리성

공기 중에서 이산화탄소가 비를 맞으면 탄산(H2CO3)이 된다.

탄산은 바로 분해되어 양성자(H^+)와 중 탄산염(HCO_3^-)가 된다.

중 탄산염은 양성자와 CO_3^{2-} 로 분리된다.

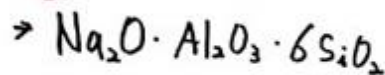
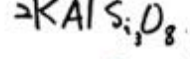
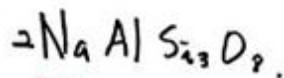
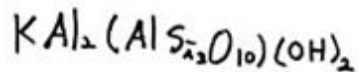
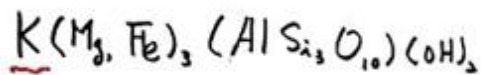
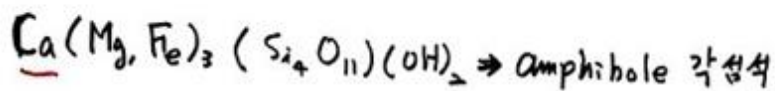
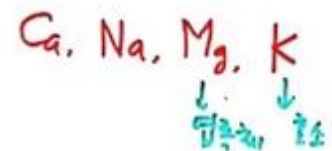
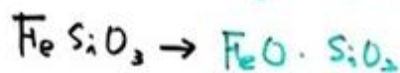
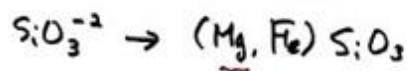
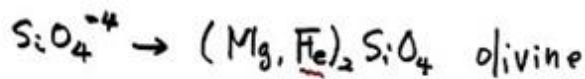
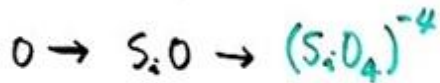
이 3가지의 비율이 CO_2 1%, HCO_3^- 90%, CO_3^{2-} 9%이다.

물에 CO_3^{2-} 가 많으면 알칼리 수가 되고, CO_2 가 많으면 산성수가 된다.

중 탄산염(HCO_3^-)이 핵심이다.

생명은 이온이다.

암석학은 SiO_4^{4-} 를 따라 가면 된다.

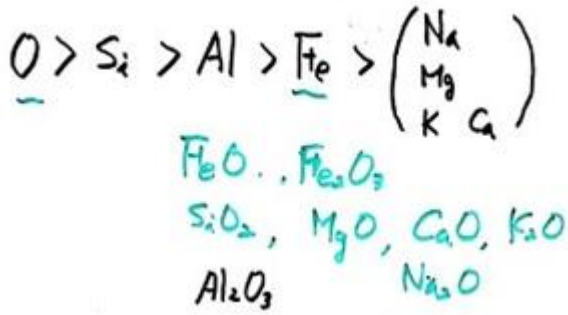


모든 것은 마그마에서 왔다.

산소와 실리콘 결합에 Ca, Na, Mg, K가 양념으로 들어가 있다. 이것으로 암석학 끝이다.

주기율표 안에 다 있는 것이다.

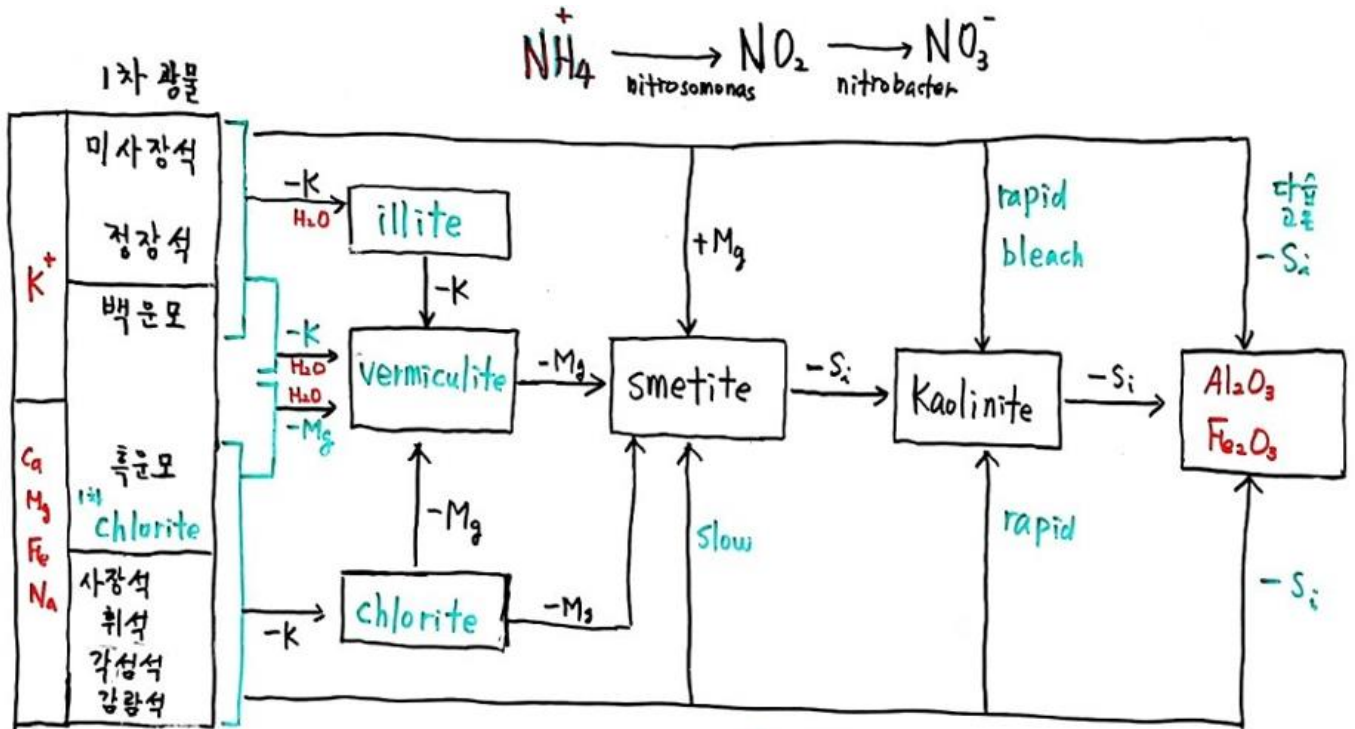
인수 분해는 변하지 않는 것들을 빼 내는 것이다.



지각을 구성하는 원소의 순위이다. 산소와 나머지 원소들을 결혼 시키면 된다.
 이 들은 잘 쪼개지지 않는다. 그래서 모든 암석은 이 광물들로 인수 분해된다.

그런데 Ca, Na, Mg, K는 모두 식물에 필요한 원소들이다.
 바위가 풍화되지 않으면 식물은 존재할 수 없다.

양이온들이 빠져 나오는 단계가 있다. 분해되는데 10만년 정도 걸린다.



미사장석도 결정석은 K장석과 같다.

1차광물은 마그마에서 곧장 굳어져 변성이 되지 않은 광물이다.

1차광물이 풍화가 되어 만들어지는 것이 흙이다.

흙은 결정이다. 전자 현미경으로 봐야 흙의 결정을 볼 수 있다.

1차 광물에서 k와 Mg가 빠져 나가면 illite, vermiculite, chlorite가 된다. 광물들이다.

illite에서 k가 빠져 나가고, chlorite에서 Mg가 빠져 나가면 vermiculite가 된다.

vermiculite에서 Mg가 빠져 나가면 smectite가 된다. smectite에서 실리콘이 빠져 나오면 도자기 원료인 kaolinite가 된다. kaolinite에서 실리콘이 빠져 나오면 모든 암석의 종착지인 Al_2O_3 와 Fe_2O_3 가 된다.

또한 고온 다습한 환경에서 1차 광물에서 직접 smectite, kaolinite, Al_2O_3 , Fe_2O_3 로 가기도 한다.

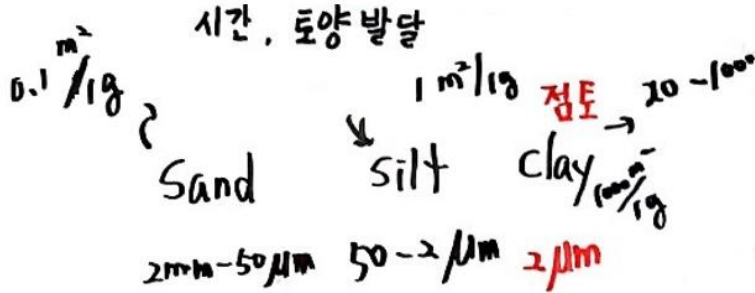
이것이 풍화 과정이다.

smectite와 kaolinite는 판상으로 남는다. 판상으로 되어 있으므로 흙을 만지면 미끄러진다. 판상구조를 필로실리케이트(phyllosilicate)라 한다.

각각의 판상을 붙여 주는 아교풀 역할을 하는 것이 Na, Mg, K, Ca 들이다. 특히 K이다.

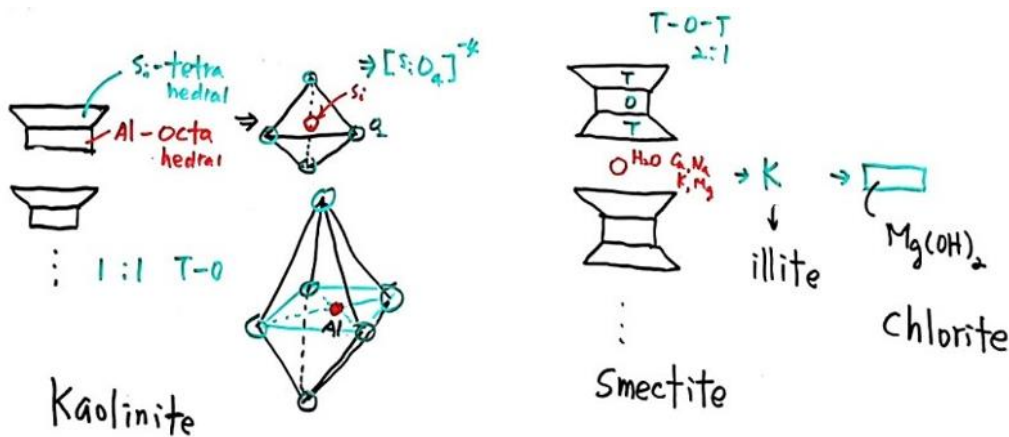
K이 빠져 나오면 날장으로 된다.

모래와 silt와 clay를 구분할 수 있어야 한다. Clay는 우리 말로 점토이다.



각각의 사이즈는 모래: 2mm-50μm, silt: 50μm-2μm, clay: 2μm 이하이다.

clay는 전자 현미경으로 봐야 한다.



실리콘 4면체(silicon tetrahedral)와 알루미늄 8면체(aluminum octahedral)이 1:1 구조로 되어있다.

T-O 구조라고도 한다.

실리콘 4면체는 중앙에 실리콘이 있고 4면체 꼭지점에 산소가 있다.

알루미늄 8면체는 4면체 피라미드를 아래 위로 붙여 놓은 것과 같다. 알루미늄 원자 1개에 실리콘 원자가 6개 결합되어 있다. 이 구조가 kaolinite이다. 이것이 흙이다. 흙은 완벽한 결정이다. 이것이 무한대로 연결된 것이 흙이다.

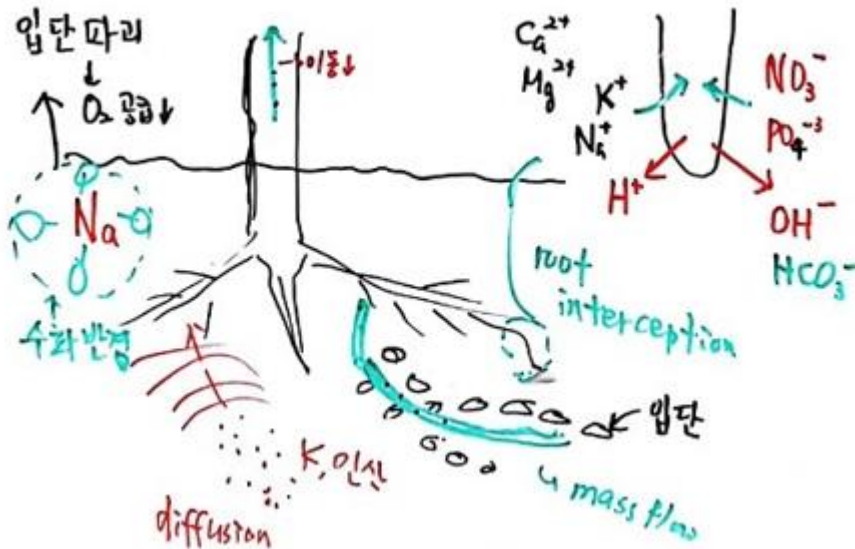
smectite는 T-O-T 구조이다. T가 2개 이므로 2:1 구조라고 한다. 사이에 들어 가는 것이 물 분자와 Na, Mg, K, Ca 등 양이온이 들어 간다. Smectite는 석유 시추할 때 칼날과 바위 사이에 넣어 준다. 땀 등에 구멍이 생길 때도 넣어 준다. Gap 사이에 물이 들어가면 팽창한다. 팽윤성이라 한다. 화장품 등 미용에도 많이 사용한다.

사이에 K가 들어 있는 경우가 illite라고 하고, $Mg(OH)_2$ 팔면체가 들어 있는 경우 chlorite라고 한다.

이 전체가 점토(clay)이다. 흙은 결정이다.

양이온이 만들어 지는 것보다, 많이 씻겨 나가면 토양이 산성화 된다.

뿌리가 아니고 뿌리 털이 물과 무기질을 흡수한다.



영양분을 흡수하기 위하여 먼저 양성자(H^+)와 수산화기(OH^-) 그리고 중 탄산염(HCO_3^-)을 방출하여야 한다.

그리고 흡수하는 것은 Na, Mg, K, Ca 양이온과 NO_3^- 와 PO_4^{3-} 이다. 이 과정을 root interception이라고 한다.

질소가 식물에 들어가기 위해서는 단계를 밟아야 한다.



각각은 nitrosomonas와 nitrobacter에 의해 변환된다.

입단을 통해 물이 흘러 간다. 이것을 mass flow라고 한다. 그 속에 Na, Mg, K, Ca 양이온들이 있어 뿌리로 간다.

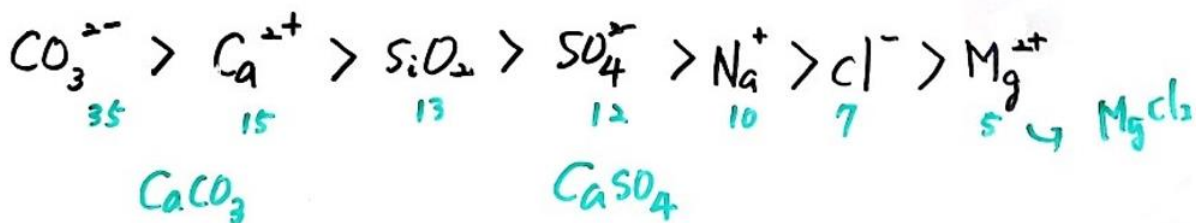
K와 인산은 확산되어 들어간다. diffusion이라고 한다.

식물이 영양분과 물을 흡수하는 방식이 3가지이다. Root interception, mass flow, diffusion이다.

나트륨은 수화반경을 형성하여 입단을 파괴한다. 그러면 산소가 공급되지 못한다.

식물의 뿌리가 가장 가까이에 만나는 물 분자가 3개이다. 결합수라고 한다. 그런데 식물은 가장 가까이 있는 이 물 분자를 흡수하지 못한다. 식물은 다음 층에 15-20개 있는 물 분자를 흡수할 수 있다.

바닷물 속에 녹아 있는 이온의 순위와 비율이다.



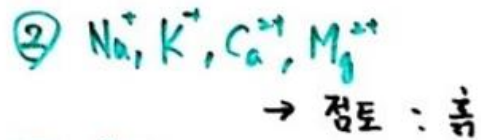
그래서 $CaCO_3$ 가 많이 생겨 대륙을 만든다.

그리고 석고($CaSO_4$)도 많이 생긴다. 전 지구적 현상이다.

염소와 마그네슘이 만나 염화 마그네슘($MgCl_2$)을 만든다. 두부 만들 때 쓰는 간수이다.

풍화에도 순서가 있다.

풍화 단계



염소가 순환이 제일 빠르다. 그래서 먼저 빠져 나가서 염산(HCl)과 석고(CaSO_4)가 만들어 진다.

두 번째는 메인 부대가 빠져 나간다. Na, K, Mg, Ca가 나간다. 이들이 나간 후 잔류물이 점토이다. 통칭 흙이다.

세 번째는 SiO_2 가 빠져 나간다.

마지막에 남는 것이 Al_2O_3 와 Fe_2O_3 이다. 열대 지방의 붉은 흙 라테라이트(laterite)이다. 이것이 토양의 운명이다.

자유양성자, 자유전자, 자유 중성자 이 3가지 개념이 이 모든 것을 풀었다.

자유 양성자는 kaolinite나 smectite에서 아교 역할을 하던 양 이온(Na, Mg, K, Ca)이 빠져 나온 것이다.

이 과정을 용탈(leaching)이라고 한다.

수고 하셨습니다.