

제 43회 과학리딩 노트 산호

(박문호 박사의 강의를 요약 정리한 내용입니다.)

오늘은 산호를 공부한다.

누구나 알지만 아무도 제대로 모르는 것이다.

먼저 분류부터 한다. 산호는 자포동물문에 속한다. 자포동물은 2배엽 동물이다. 자포는 가시 대포를 의미한다.

자포동물에는 해파리(jelly fish), 산호(coral), 히드라(hydra) 그리고 입방 해파리(cubic jelly fish) 4개의 강으로 구성되어 있다. 입방해파리는 맹독성이다. 쓰이면 사망할 수도 있다.

산호는 육방산호, 팔방산호, 그리고 꽃 말미잘이 있다.

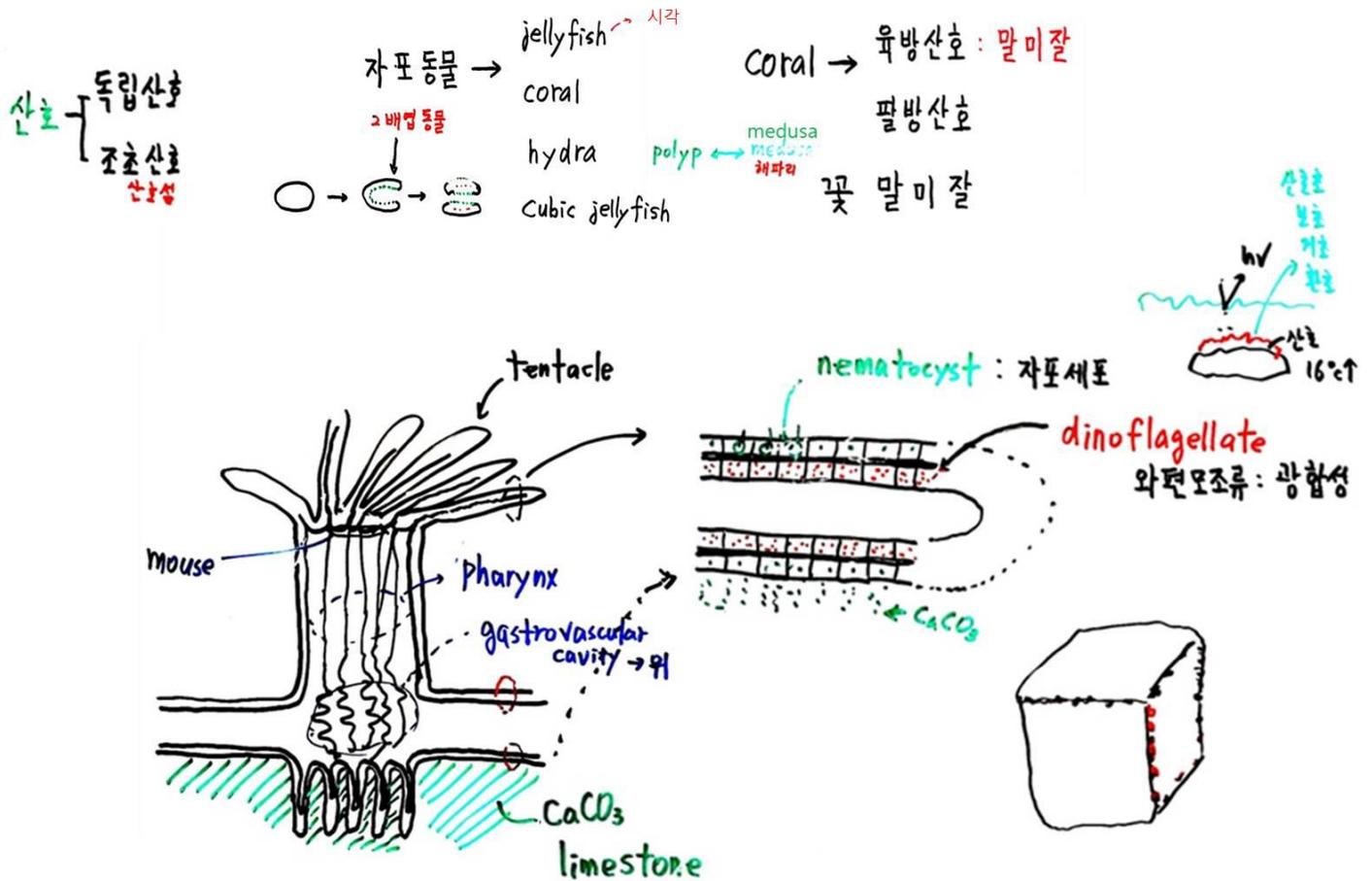
대부분의 사람들은 살아있는 산호는 본적이 없다. 스쿠버 다이빙해서 물속에 가야 볼 수 있다.

다들 보았지만 아무도 모른다. 산호초는 산호 분비물이다. 석회암이다. 산호가 짙은 도장이다.

말미잘이 살아 있는 산호이다. 육방 산호의 다른 이름이 말미잘이다.

고생대에 있던 사방 산호와 판상산호는 멸종했다. 육방과 팔방은 구조에 관한 것인데 화석으로 남는다.

도시의 암석학을 위해 산호를 공부해야 한다.



세포는 대륙을 만든다.

젖소는 매일 1.5리터의 젖을 만든다.

위에서는 매일 염산 1.5리터가 나온다. 소장에서도 매일 1.8리터의 소장 액이 나온다. 합치면 3리터가 넘는다.

우리가 100년을 산다고 하면 $3 \times 365 \times 100 = 109,500$. 한 사람이 일생 동안 점막세포에서 100톤이 넘는 액을 만든다..

세포가 대륙을 만든다는 것이 과장이 아니다.

산호가 만드는 석회암이 호주 great beer reef의 경우 폭 300km, 길이 3000km에 달한다. 한반도보다 크다. 지금 남아 있는 것이 이 정도인데 중생대 때는 한반도의 100배는 되었을 것이다.

세포가 대륙을 만든다. 이것을 알아야 행성 지구를 이해할 수 있다.

산호는 지질학적 생물이다. 산호가 없어지면 지구가 바뀔 것이다.

산호를 본다는 것은 지구를 만나는 것이다. 단순한 생물학 이야기가 아니다.

그만큼 우리의 인지 공간이 왜곡되어 있다. 그래서 반드시 살아 있는 산호를 보아야 한다.

산호는 그려 보아야 이해가 된다.

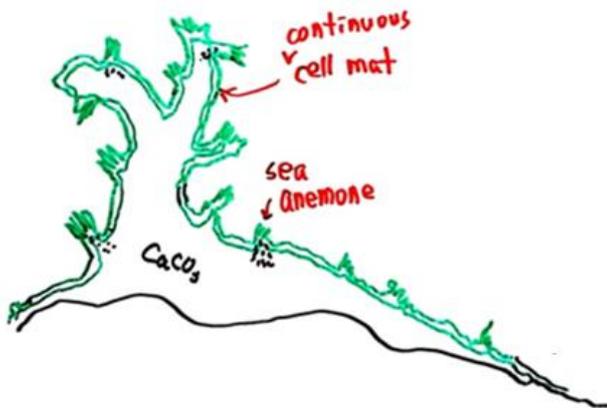
tentacle: 촉수, gastrovascular cavity: 위

촉수를 확대해서 보면 2개의 층으로 되어 있다. 위 층에는 작살을 갖고 있는 세포(nematocyst)가 있고, 아래층 세포에는 와편모조류(dinoflagellate)가 박혀 있다. 와편모조류와 공생한다. 즉 광합성을 한다. 독립영양생 명체이다. 그러면서도 작살로 사냥을 한다. 세포동물은 식물과 동물의 키메라이다.

산호는 2배엽 동물이다. 입인 동시에 항문이다. 입에서 내려오면 인두(pharynx)가 있다. 산호와 말미잘을 공부하면 인간의 소화 시스템의 기원을 추적할 수 있을 것 같다. 인간의 소화시스템은 에너지를 흡수하는 시스템이다. 인두 밑에는 위(gastrovascular cavity)가 있다. 면적을 넓히기 위해 굴곡이 쪼여 있다. 산호를 누구나 알지만 아무도 제대로 알지 못했다. 중. 고등학교 때 이렇게 배웠으면 생명을 보는 인지 공간이 덜 왜곡되었을 것이다.

탄산칼슘(CaCO₃)을 분비한다. Lime stone이 된다. 바닷가에 많다.

가장 특이한 것은 아래 층과 위층 세포가 끊어 지지 않고 연결되어 있다는 것이다. 하나의 생명체가 축구장보다 클 수가 있다는 것이다.

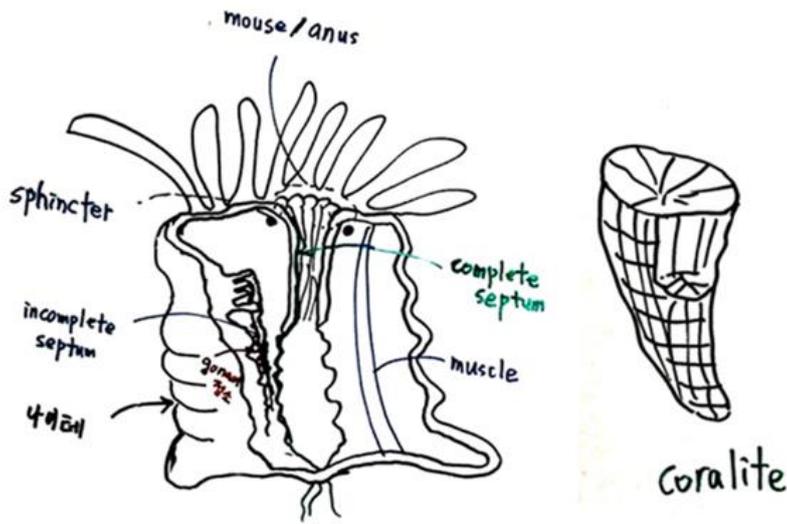


산호가 대륙을 만드는 방식이다.

해저 바위 위에 산호가 자란다. 끊어 지지 않고 연결되어 있다. 이차원적 생명이다 매트처럼 되어 있다. 군체를 형성한다. 막으로 덮였다. 자라면서 계속 탄산칼슘이 나온다. 탄산칼슘 위로 계속 성장한다. 밑에 거대한 산호 섬을 만든다. 수 천만년 동안 계속 자란다. 대륙을 만든다. 생명 문제를 넘어선 지질학적 문제이다

이 과정을 이해해야 corallite(산호석)을 알 수 있다. 산호석을 보는 것은 생명의 지문을 보는 것이다.

촉수(Tentacle) 형태가 그대로 돌에 남는다. 산호 촉수는 6의 배수와 8의 배수가 있다.



산호의 단면이다 산호 공부는 선을 끊지 않고 그리는 것이다. 산호의 나비테가 암석에 나타난다. septum은 격막이다. 굴을 까 보면 각각 독립되어 있듯이 촉수 사이가 격막으로 구분되어 있다. 육방산호는 6개이고 팔방산호는 8개이다. 그 모양대로 암석(coralite)에 남는다. 입(mouse)과 항문(anus)이 같다. 입 주위에 괄약근(sphincter)이 있다. 손을 넣으면 꼭 문다. 신경 시스템이 있다는 것이다. 종주 근도 있다. 침략을 받았을 때 말미잘이 움직여 도망간다.

분리된 산호가 말미잘(sea anemone)이다. 산호와 말미잘이 같은 것이다. 빅 히스토리는 빈틈 없이 모든 것이 연결되는 것이다. 다른 것인 줄 알았으나 다르지 않고 동일하다. 우리의 인지 공간이 조각 나 있다. 빅뱅에서 우리 인간의 의식까지 매듭 없이 빈틈 없이 연결되어 있다. 우리는 그렇게 교육 받지 못했다. 그래서 박자세라는 단체가 나왔다.

해면 동물과 자포동물을 한꺼번에 이해하는 키워드가 소화(digest)이다. 생명을 보는 중요한 관점이다. 소화는 세포 내 소화와 세포 외 소화가 있다. 세포 내 소화를 하는 것은 단세포 생물이다. 세포 외 소화는 다세포 생물이다. 이 다세포 생물에서 동물이 출현한다.

동물은 왜 움직일까?
 단세포 생물은 먹이를 기다리면 된다. 단세포 생물이 존재하는 곳은 주로 바다이다. 해류를 타고 먹이가 온다. 그래서 해면 동물은 움직이지 않는다.
 그러나 다세포 동물은 먹이를 찾아 나서야 한다. 그래서 동물은 움직인다.

해면 동물 외 모든 동물은 움직인다. 해면동물은 세포 내 소화를 한다. 해면 동물은 분해 되도 각각의 세포는 살아간다. 모아도 살고, 분해해도 산다. 각자 살아갈 수 있다.

그러나 동물이 되면 다른 세포의 도움 없이는 생존이 불가능하다. 조직은 에너지와 산소를 배분하는 시스템이다. 배분 시스템은 독립되면 유지될 수 없다. 도로가 끊겨서 보급 물자가 오지 않으면 죽는다.

그것이 다세포 동물이다. 다세포 동물이면서 혼자 세포 내 소화를 할 수 있는 유일한 동물이 해면동물이다.

우리의 인지 공간이 왜곡되어 있다.

전체 생명체에서 볼륨 측면에서 산호가 차지하는 비율이 제일 크다. 다음은 어류이다.

그리고 어류와 비슷한 크기가 해면이다. 산호와 해면이 전체 생물 공부의 50%라고해도 과언이 아니다.

호주 윈드자나에는 산호로 된 석회암이 높이 100m, 길이 250km 산맥을 이루고 있다.

호주 동부 해안 산호초 Great barrier reef는 폭 300km, 길이 3000km에 달한다. 수천 개 산호 섬으로 되어 있다.

포유류는 아주 작은 부분이다. 고래, 공룡도 그렇게 크지는 않다.

산호와 해면을 정확히 알고는 지구 행성을 이해한다는 것은 넌 센스이다.

자포동물의 몸 설계도가 포유동물의 설계도까지 연결되어 있다.

해면을 공부해야 하는 이유는 더 근본적이다. 동물은 왜 이동해야 하는가에 대한 질문을 해면동물에게 해야 한다.

해면은 움직이지 않는다. 자포동물부터 움직인다.

고래는 육지에 살다가 바다로 들어간 포유류이다. 고래는 주기적으로 바닷가로 나온다.

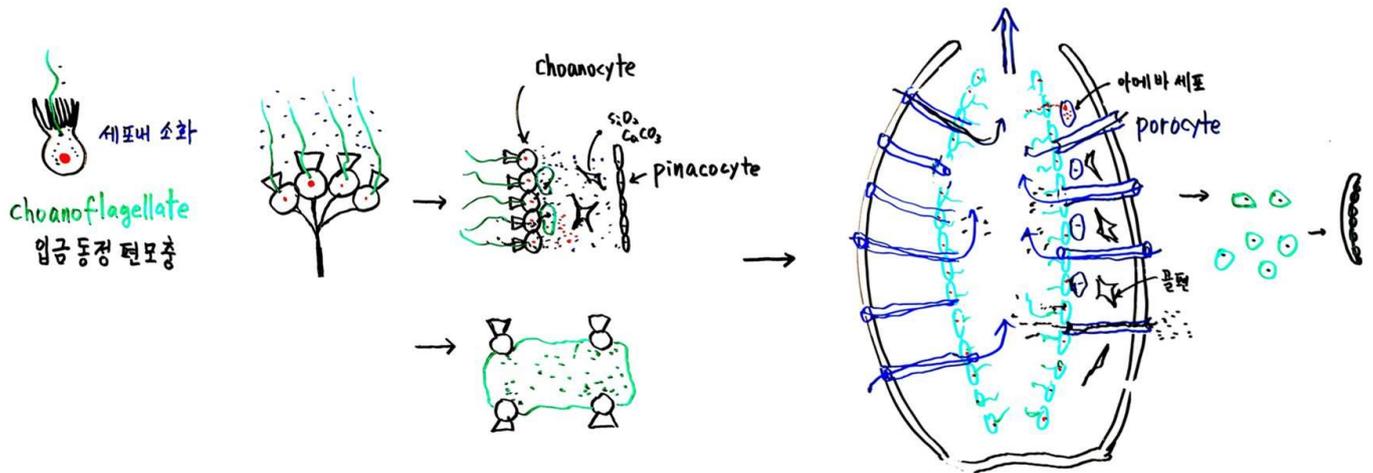
환경 보호운동가들이 힘들게 바다로 돌려 보내지만 주기적으로 다시 나온다. stranding이라고 한다.

고향에서 마음껏 숨쉬고 싶어서 나온다고 한다.

아칸소스테가는 바다에서 육지로 나왔다. 380ma에서 360ma 사이에 아가미를 폐로 바꾸면서 바다에서 육지로 올라왔다. 아가미가 폐로 바뀐 것은 AI를 만든 것 보다 10배 이상 중요한 사건이다.

공부에는 들어가는 문이 있다. 그것을 놓치면 비례 관계를 놓친다. 인지 공간이 왜곡된다.

산호와 해면을 이해하면 동물이 왜 움직여야 되는지를 이해할 수 있다.



해면을 보면 지구 상에서 다세포 동물이 출현하는 과정을 알 수 있다. 해면은 다세포 생명이면서 군체이다.

진핵세포가 원핵세포보다 10,000배 크다.

진핵세포 속에 부속품을 마음대로 넣을 수 있다. 미토콘드리아, 엽록체를 수용할 수 있다.

진핵세포가 막의 일부를 변형시켜 섬모를 만들었다. 그리고 기저립에서 편모를 출현 시켰다.

편모의 운동성이 동물을 만들어 준다. 모든 동물의 기원이 되는 입금동정편모충(choanoflagellate)이다.

이들이 모여서 군체를 형성하여 공동으로 먹이를 포획한다. 이 군체가 다세포 동물의 시작이다.
 다음 단계로 이 편모충들이 모여 면을 만들고 아교질 같은 물질을 분비한다. 반대편에도 면을 만든다.
 포획한 먹이를 소화하는 아메바 세포도 있다. 해면과 산호의 위와 인간의 내장이 만나다.
 우리는 멀리오지 않았다.

아교질 안에 석회질, 규산질 골격 구조가 출현한다. 이것들이 해면의 골편이다.
 이 규산질 물질이 빛을 유도하여 광합성 효율을 높여 준다.

또 다른 한편에서는 입금 동정편모충이 협동하여 매트 같은 형태의 군체를 만든다.
 이 두 과정이 결합하여 해면의 모양을 갖춘다. 입수공(porocyte), 골편(sclerocyte), 아메바 세포(amebocyte) 등이 보인다. 그리고 입수 공으로 들어온 물이 출수 공(osculum)을 통해 밖으로 나간다.

해면은 이런 구조를 만들면 이동하지 않는다.

입금동정편모충은 세포 내 소화를 했다.

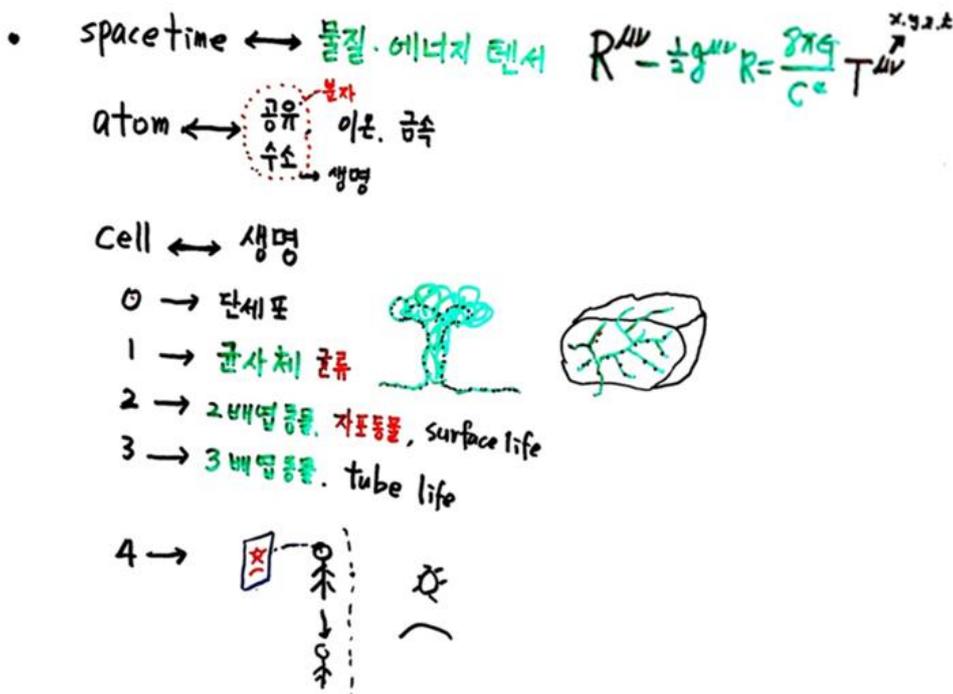
군체를 이루었던 해면이 각각의 세포로 분해되어도 죽지 않고 살아간다. 떨어져 있다가 다시 뭉쳐서 해면이 된다.

해면은 움직이지 않아도 액체 속에 있는 먹이가 지나가면 흡입하면 된다.

세포 외 소화를 하는 다세포 동물은 먹이를 향해서 이동해야 한다.

세포 내 소화와 세포 외 소화는 근본적으로 동물이 왜 이동하는가 하는 문제와 링크된다.

생명의 차원을 생각해 볼 수 있다.



1차원 생명은 균류이다. 선이다.

2차원 생명은 자포동물이다. 면이 본질이다.

3차원 생명은 인간을 제외한 3배엽 다세포 동물이다.

4차원 생명은 인간이다.

인간이 중추신경을 통해 반사적으로 자연을 mirror imaging 할 수 있었다.

우주의 모든 것은 우주의 법칙과 맞아야 한다. 우주의 가장 근본적인 법칙은 일반 상대성 이론이다. 일반상대성 이론은 spacetime을 말한다.

우주는 3가지로 자신을 Representation한다.

spacetime, atom, cell 이 세가지 플랫폼을 갖고 자연의 구조를 드러낸다.

spacetime은 물질. 에너지 텐서이다.

spacetime과 물질. 에너지 텐서의 교환 과정을 나타내는 것이 일반 상대성 이론이다.

spacetime이 R^{uv} 이고 물질. 에너지 텐서가 T^{uv} 이다.

나머지 atom과 cell도 이 물리적 법칙 속에 링크가 되어야 한다.

atom은 공유, 수소, 이온, 금속 결합한다. 공유 결합하면 분자가 생긴다.

공유결합과 수소 결합을 같이 하면 생명이 된다.

cell에서 생명으로 간다. 이것을 시공의 관점에서 차원을 따져 보면 0, 1, 2, 3, 4 차원이 있다.

0,1,2,3차원은 공간만 있으면 된다. 시간이 없다.

0차원 생명은 단세포이다.

해면동물은 대단히 독특하다. 0차원적 속성을 갖고 있다. 분해되어도 단 세포로 생존 가능하다.

1차원 생명은 균류이다. 선이다. 균류는 분해자이다.

동물이나 식물의 죽은 덩어리를 분해하기 위해서는 그 속으로 파고 들어가는 것이 빨리 분해한다.

그래서 균류는 선의 형태를 취한다. 글루코겐과 녹말의 차이와 비슷하다.

동물은 급 발진 운동을 해야 하므로 빨리 분해가 가능한 글루코겐 형태를 취한다.

2차원 생명은 2배엽 동물인 자포동물이다. Surface life이다. 면이 본질이다.

3차원 생명은 인간을 제외한 3배엽 동물이다.

4차원 생명은 인간이다.

4차원에는 시간이 들어 간다. 인간은 시간적 속성을 갖는 기억을 갖고 4차원 세계로 들어간다.

인간은 브레인을 통해서 거울을 갖고 있다. 그 거울 속에 실제 자연을 그대로 mapping한다.

인간은 평소에 실제 자연을 보는 것이 아니라 기억한 내면의 세계를 본다.

인간은 바깥을 보는 것이 아니라 거울 속에 갇혀 있다. 이것이 가상세계(virtual nature)이다.

여기에서 인류의 철학이 두 갈래로 갈라진다.

불교에서는 화엄사상에서 일체유심조라고 한다. Real nature는 없고 mirror 속 세상만 있다는 것이다.

해결책은 내가 없는 세계를 상정해 보면 된다.

내가 없으면 거울 속 세상은 없어진다. 내가 없어진다고 real nature가 없어지는 것은 아니다.

그러나 내가 없어지지만 나의 F1이 나와서 시간성을 갖는다. 그래서 mirror 속 virtual nature도 같이 변한다.

대단히 복잡하다. Mirror속 세상에는 문화가 들어가고 인간의 사회적 속성이 들어간다.

감정이 만들어지는 과정, 셸프가 만들어 지는 과정, default mode가 연결되어 있다.

30억년 생명의 진화와 연결되어 있다. 링크되지 못하는 어떤 이론도 살아남지 못한다. 이것이 빅 히스토리이다.

융합되지 못한 것은 떨어진 섬이고 사라진다. 격리되면 죽는다.

우리가 존재한다는 것은 그 매듭들이 모두 연결되어 있다는 것이다.

빅 히스토리가 그것을 모두 밝혀 내어야 한다.

산호, 해면, 말미잘 등 리얼 세계를 하나하나 추적해 가면서 그 맞선 꼴로 있는 가상세계를 추적한다.

존재하는 이유는 융합되어 있기 때문이다. 리얼 세계를 추적하면서 맞선 꼴인 가상 세계를 추적하는 것이다.

산호는 끊어 지지 않았다. 끊어지지 않고 계속된다. 영속된다. 그리고 대륙을 만든다. 세포는 대륙을 만든다.

논리적 구조가 비약하지 않는다.

뇌는 왜 mirror image를 만들었을까? 에너지 관점이다.

모든 자연과학은 일반 상대성 이론 공식을 충족시켜야 한다.

GPS는 뉴턴 역학이 아니고 일반 상대성 이론을 이용한다. 시. 공간이 같이 간다.

우리는 지구에 있으니까 지구 중력 때문에 시공간이 휘어 졌다는 것을 잘 모른다. 너무 적게 휘어져서 모른다.

지구의 중력에 의해서 $1/10^{13}$ 만큼 시공간이 휘어져 있다. 너무 약해서 느끼지 못한다.

우리는 휘어진 시공간에서 산다. 시간. 공간이 분리되어 있지 않다.

모든 물질과 생명은 상대성 이론 방정식을 충족하지 않으면 안 된다.

세포 생물학을 할 때도 일반상대성이론 방정식을 써 놓고 해야 한다,

이것이 빅 히스토리 정신이다. 지금부터는 모든 것이 통째로 하나라는 것을 선언하고 해야 한다.

Mirror image는 생존 확률을 높이는 것이다. 의식은 자연의 교묘한 술수이다. 내가 타인이고 타인이 바로 나이다.

이 링크가 완벽할수록 더 혜택을 입는다.

마찬가지로 의식과 가상세계가 진화할 수록 유기체가 더욱 stable해 진다. 에너지적으로 만족해 진다.

그래서 그곳으로 간다.

일반 상대성 이론이 인류의 지평선이 넓혀 주었다. 생명도 여기서부터 이야기해야 한다.

모든 것은 물질 에너지와 시공에 관한 이야기이다. 그것이 구체화되는 것이 atom과 cell이다.

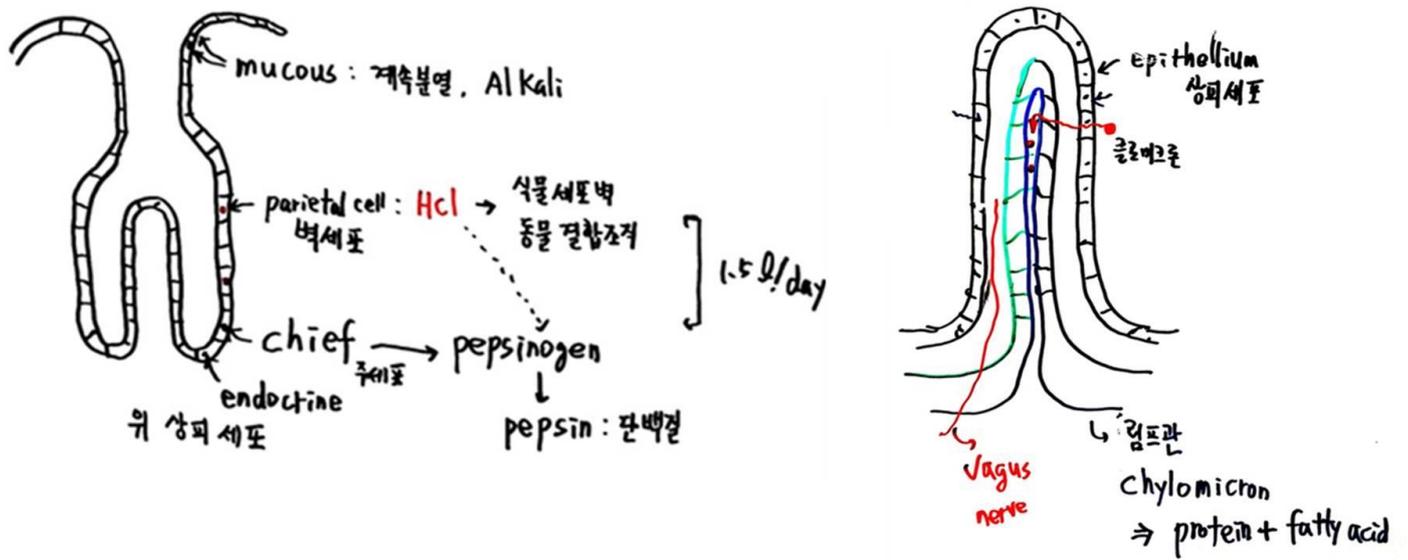
생명 전체에 대하여 차원적 사고가 필요하다.

3차원 생명은 tube life이다. 그래서 항문과 입이 중요하다. 기둥이 아니고 관이다. 그것이 창자이다.

항문, 입, 창자 모두 관이다. 관은 세포벽이다. 세포 외 소화라는 개념이 근본적이다.

세포 바깥 공간을 세포들이 만들었다. 세포가 관을 만들었다. 관이 있는 세포가 출현했다.

인간의 위 상피 세포 세포이다. 위 점막이다. 위 점막도 2 차원적 조직이다.



벽 세포(parietal cell)에서 염산을 만든다.

벽 세포에서 염산이 나와 식물세포의 벽을 분해하고 동물세포의 결합조직을 분해한다.

염산이 작용하여 위 점막에서 나오는 펩시노겐을 펩신으로 만든다. 펩신이 단백질을 분해한다.

주 세포(chief cell)에서 펩시노겐이 나온다. 펩시 노겐이 염산 작용을 받으면 펩신으로 변한다.

펩신은 단백질을 분해한다.

점액 세포(mucoous)는 계속 분열하여 상피세포를 만든다. 또한 Alkali 를 분비하여 위 내부를 중화 시킨다.

벽 세포와 주 세포가 분비하는 위 액이 하루에 1.5 리터를 만든다.

다음은 소장 용모 세포이다.

세 동맥이 들어 가서 정맥으로 바뀐다.

가운데에는 림프관이 있다. 혈관을 통과하지 못하는 chylomicro 은 림프관으로 간다.

킬클로미크론은 protein 과 fatty acid 가 합해진 것이다. 그리고 미주신경(vagus nerve)가 들어 간다.

이 모두 소화에 관한 문제이다.

그 다음에 중요한 것이 연체동물이다. 연체 동물 전체계보이다.



극피동물 : 성게. 불가사리. 해삼

연체동물 전체 조상에서 맨 처음 나오는 걸 가지가 무판류이다. 다음이 다판류, 단판류, 그리고 큰 부류가 이매패류이다. 조개 껍질이 대칭이다. 그 가지에서 나온 것이 굴족류이다. 그리고 달팽이, 고동 종류인 복족류(gastropoda)가 있다. 중생대 오징어인 벨렘나이트가 있고 암모나이트도 있다. 암모나이트의 곁가지가 지금도 살아 있는 앵무조개이다. 마지막 메인 가지가 오징어 문어의 두족류(cephapoda)이다.

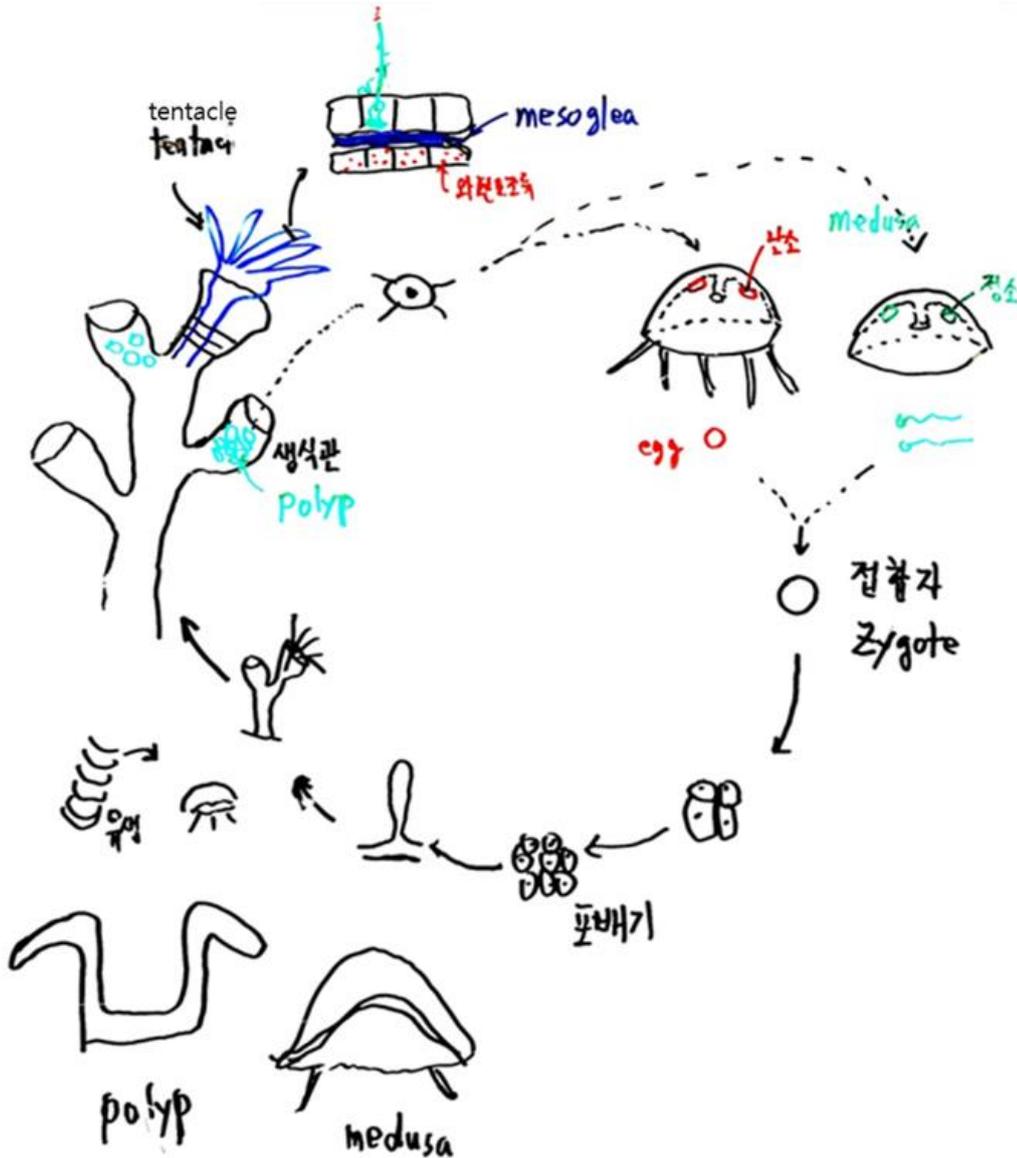
자포동물, 연체동물에 이어 극피 동물이 있다.

극피 동물에는 성게, 불가사리, 해삼이 있다.

완족류(brachialpoda)는 다른 가지이다.

(2 교시)

해파리의 라이프 사이클이다.



산호는 Polyp 상태이고 해파리는 medusa 상태이다.

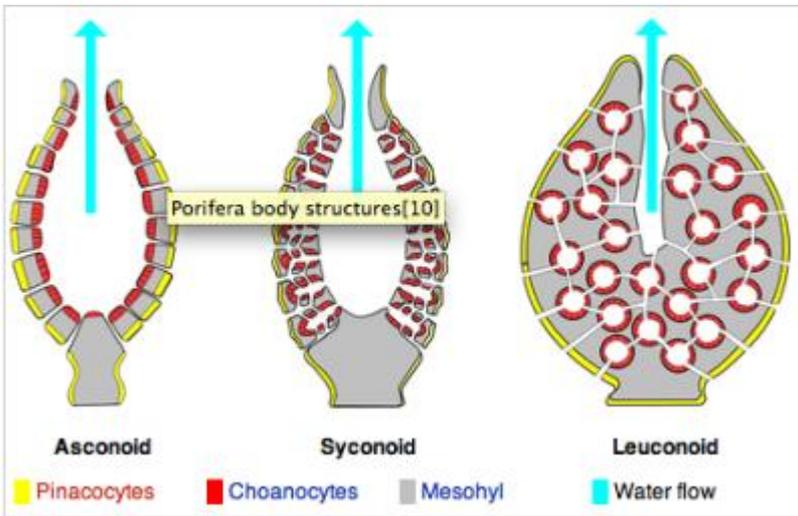
난자와 정자가 합쳐진 것을 접합자(zygot)라고 한다. 포배기를 거쳐 군체가 된다.

산호는 polyp 상태로 머무는 것이다. polyp 과 medusa 는 모양이 반대로 되어 있다.

polyp 상태에서 하나 하나 떼 내면 medusa 상태가 된다.

해파리도 유생일 때는 폴립상태로 되어 있다가 떨어져 나와 메두사 상태가 된다.

측수는 두 겹으로 되어 있다. 위에는 자포세포이고 중간은 mesoglea이며 아래층은 외편모 조류가 있어 광합성을 한다. 자포세포에는 독이 있는 작살이 있어 동물을 잡는다.



해면은 asconoid, syconoid, leuconoid 3가지 형태가 있다.

동정편모세포(choanocyte)가 박혀 있는 위치에 따라 해면의 모양이 달라진다.

바닷물의 흐름이 점점 복잡하게 되어 먹이를 쉽게 섭취할 수 있도록 진화했다.

해면은 4가지로 분류한다.

보통해면: 보통해면이 1000여종 되는데 담수에 사는 해면도 1-2종 있다.,

육방해면,

석회해면: 석회질 골편

동골해면: 콜라겐 IV가 많다.

왜 공부해야 하는가 하는 것을 확립해야 한다. 그렇지 않으면 지식을 습득해도 자기 것이 되지 않는다.

공부하는 시간이 10시간이라면, 적어도 1시간 정도는 내가 이 분야를 왜 공부해야 하는지를 확립해야 한다.

깊이 있는 공부를 위하여 텃줄을 찾아야 한다. 나와 만나는 지점이 있다.

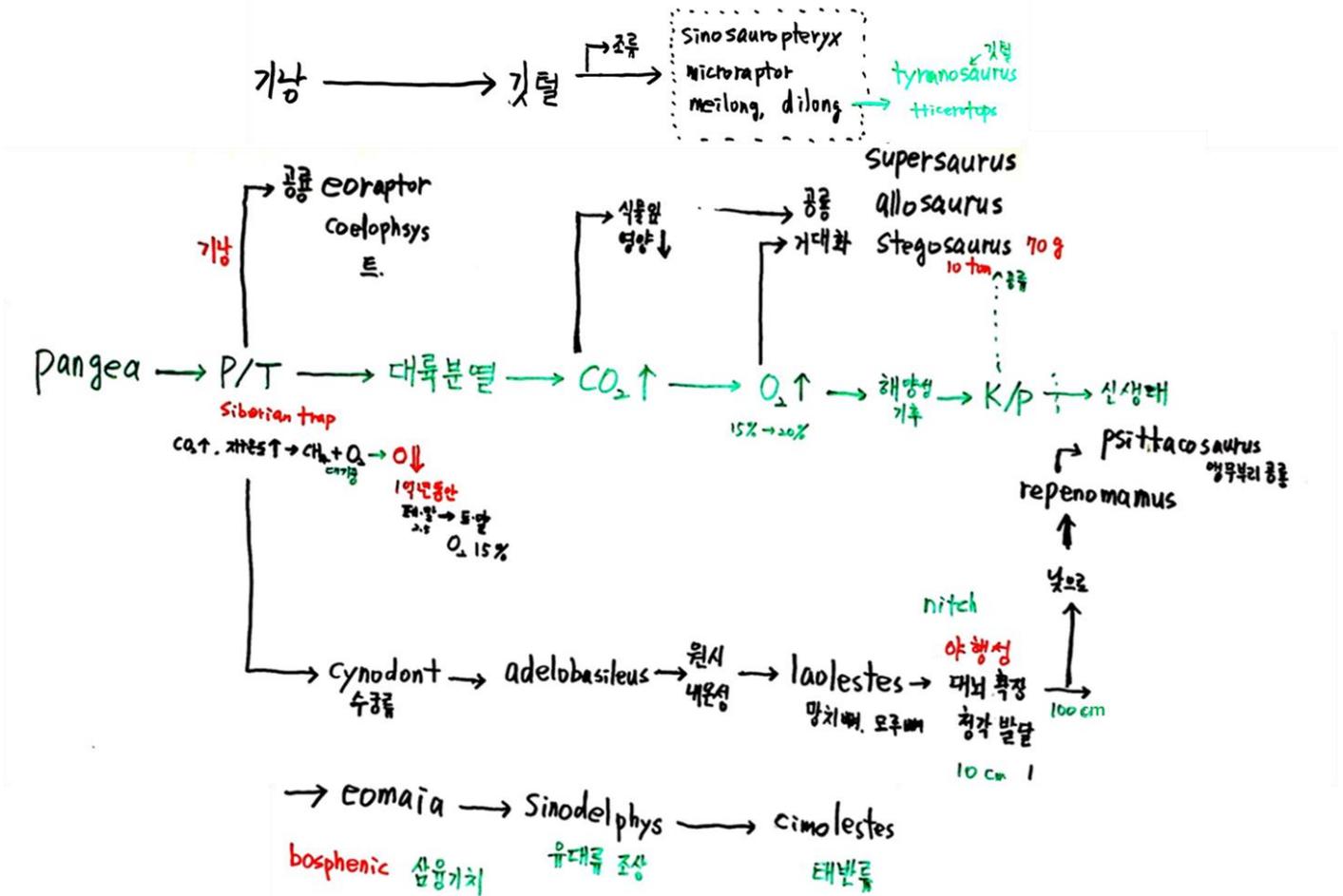
그 지점을 보지 못했기 때문에 공부하고 싶은 마음이 생기지 않는다.

공룡에 관한 책이 많지만 NHK 다큐멘터리 팀이 쓴 <공룡, 인간을 디자인하다>라는 책이 좋다.

공룡을 모르고는 포유동물이 무엇인지 알 수 없다.

균류에서 항생제가 많이 나오는 이유가, 균류가 박테리아와 싸우면서 면역 물질들을 많이 갖고 있기 때문이다.

공룡은 포유 동물과 1억5천만년 이상 싸웠던 경쟁자이다. 포유류는 공룡을 피해서 밤으로 들어갔었다.



모든 것은 판게아에서 시작한다. 판게아 대륙 분열 시기 페름기 말에서 트라이아스기 초에 대 멸종이 일어난다.

대륙분열로 시베리아에 대규모 현무암 범람으로 다량의 CO2가 나오고 지구의 온도가 급 상승한다.

지구 온도 상승으로 해양 지각에 있던 메탄가스가 분출하고 메탄가스는 산소와 결합하는 과정에 지구 대기 중 산소 농도가 15%까지 떨어지게 된다. 이 저 산소 시기가 페름기 말에서 트라이아스기 말까지 1억년 지속된다.

지구상 모든 동물이 해발 5000m에 사는 것과 같은 상황이다.

공룡은 이 상황을 극복하기 위하여 기낭과 시스템을 발달 시켰다.

트라이아스기에 출현한 초기 공룡인 Eoraptor는 이족 보행하였다. 제트엔진을 단 파충류라고 한다.

이산화탄소 농도가 높아지면 식물은 잘 자라지만 잎의 영양소가 낮아 진다. 많이 먹어야 했다.

그리고 산소 농도가 회복되면서 공룡의 몸집이 커지기 시작했다.

그래서 supersaurus, allosaurus, stegosaurus가 출현한다.

백악기로 들어오면서 깃털 달린 공룡이 출현한다. 중국 열하 생물군에서 화석이 많이 발견되었다.

sinosauropteryx(중화용조), microraptor, meilong, dilong 등의 공룡 화석이 발견되었다.

dilong 계열에서 tiranosaurus가 나온다. 깃털이 있었다고 한다.

깃털 달린 공룡에서 조류가 갈라져 나왔다.

포유류의 진화를 살펴보자.

반룡류는 페름기 대멸종에서 사라 졌다. 반룡류의 결가지인 수궁류는 트라이아스말까지 살아 남았다. 그 계열이 키노돈트(cynodont)이다. 견치류라 한다. 포유류는 수궁류 계열에서 나온 adelobasileus이다. 이후 원시 내온성이 진화한다. 다음이 laolestes이다. 이때 망치뼈, 모루뼈가 출현한다. 이어서 대뇌 피질이 확장되고, 청각이 발달하면서 밤으로 들어가 야행성이 된다. 이때까지 포유류는 10cm정도로 작았다. 백악기에 와서 점점 커져서 1m가까이 되었다. 그러면 밤에 곤충만 잡아 먹고서는 생존이 어렵다. 그래서 다시 낮으로 나오게 된다.

이후 eomia, sinodelphys, cimolestes로 진행된다.

eomaia 때 삼용기치(bosphenic)가 발달하고, sinodelphys는 유대류의 선조이다.

Cimolestes가 태반류의 조상이다.

eomia 때 척추가 좌우 운동에서 상하 운동으로 바뀐다. 그리고 턱뼈가 속 귀 뼈와 분리된다.

그래서 두개골 확장이 가능하게 되었다. 브레인 진화의 초석을 놓았다.

포유류가 낮으로 나아갈 시점에 포유류는 repenomamus였는데 앵무부리 공룡(psittacosaurus)의 새끼를 잡아 먹은 화석이 발견 되어 학계에 충격을 주었다.

쥬라기부터는 해양성 기후로 바뀐다. 백악기 말에 운석 충돌로 K/T 멸종을 맞아 공룡의 시대가 끝난다.

어떤 분야든 지구전체 대륙과 화산과 해양시스템을 바탕으로 공부해야 한다.

지구 역사상 5번의 멸종 중 페름기 말 멸종이 가장 심했다. 육상 70%, 해양에는 90% 이상의 종들이 멸종했다. 결정적인 것이 페름기 말부터 트라이아스기 말까지 산소 농도가 15% 정도로 낮았다.

공룡과 조류는 기상을 발전 시켰고 포유류는 횡경막을 발전 시켰다.

큰 공룡들은 대개 식물식이다. 트라이아스기 공룡이 출현 때는 크기가 개만 했으나 1억년만에 30m까지 커 졌다. 공룡은 몸집을 키웠으나 포유류는 내부를 바꾸었다. 그리고 포유류 진화에서 가장 결정적인 것은 밤의 생태계로 들어 갔다는 것이다. 포유류의 주로 밤에 활동했다. 공룡을 피하고 곤충을 잡기 위해 밤으로 들어 갔다. 이빨이 삼 용기치로 바뀌고, 망치 뼈와 모루 뼈가 생기면서 청각이 예민해 졌다. 턱뼈가 귀속 뼈와 분리되어 두뇌가 커 질 수 있었다.

밤에 활동하는 동물이 많지 않다. 새는 밤에 활동하지 않는다. Nitch 생존 환경이다.

포유류의 특징은 브레인이 발달하면서 Nitch에 적응할 수 있는 능력이 향상 되었다. 포유류는 거의 모든 곳에 적응 할 수 있다. 포유류는 브레인에 투자했다. 브레인이 만든 논리구조라는 가상세계를 통해서 어디에나 적응 할 수 있는 종이 지구상에 출현하여, 드디어 달나라까지 갔다. 인공위성이 Nitch이다. 뉴럴 시스템을 통해서 인공환경을 만들었다.

몸집에 대한 투자보다 브레인 확장은 포유류 선조들의 좋은 선택이었다.

브레인이 중생대에 2배로 늘었다. 그 후 호미닌으로 진화 후 다시 2배가 늘었다.

침팬지는 300cc이고 호모 사피엔스는 1400cc이다. 호모 에렉투스 때 1000cc 정도였다.

포유류끼리 비교할 때 브레인 크기는 체중에 비례한다.

그러나 스테고사우르스의 몸무게가 10톤이나 되었지만 브레인은 70g 밖에 안 되었다.

공룡은 정보를 분산 처리했다고도 한다. 인간은 중앙집중 식이다. 중앙집권 속에서 분산한다.

대뇌피질 속에서 1차 영역은 집중모드이다. 그러나 연합피질은 분산 모드이다. 분산 한 것이 경우의 수가 많다.

경우의 수가 너무 많아서 그것을 해결하기 위해 검색엔진이 발달했다. 우리는 양 극단을 함께 가고 있다.

창의성의 핵심적 특성은 양 극단을 함께 가져야 한다. 기본적으로 엉뚱해야 한다.

jelly fish에도 시각이 있다. Eye sensation without brain이다. 집중 신경계 없이 시각이 있다.

해파리 눈도 인간 눈과 비슷하다. 가리비 조개도 눈이 있다. 어렵고 신비스럽다고 생각하는 것은 별 것 아니다.

눈의 진화는 20만년이면 된다. 생명의 진화에서 눈은 수십 번 만들어 졌다. 가장 흔한 것이 눈이다.

해파리조차 눈을 갖고 있다.

마무리하면

산호는 대륙을 만들었다. 연속되어 있는 매트 같다. Continuous cell mat이다. 생명의 막이다.

산호에는 독립산호와 조초 산호가 있다. 조초 산호는 산호 섬을 만든다.

뿔 산호처럼 독립적으로도 살아가는 산호도 있다..

지구 전체에 영향을 미치고 대륙을 만드는 것은 조초 산호이다.

산호, 말미잘 모두 근육과 신경이 있어 이동한다. 형태가 화석으로 남는다.

산호는 와편모조류와 공생한다.

촉수(tentacle)가 2개층 세포(bilayer)로 되어 있다. 이것이 surface life이다.

산호의 생명 형태가 면이다. 살아 있는 것은 겉 면에 있고, 속은 죽은 몸과 같다. 화석이다.

위 세포 층은 작살이 있고 밑의 세포층은 광합성을 한다

산호가 자라는 곳에 가보면 물이 크리스탈처럼 맑다. 햇빛이 들어와야 광합성을 하므로 물이 깨끗하다.

산호는 16도c보다 낮으면 살지 못한다. 아열대 지방에서만 살 수 있다.

산호초는 보초, 거초, 환초가 있다. Surface life이다.

3차원적 생명체는 tube life이다.

4차원적 생명체는 전두엽이 만든 세계상을 얻는다. 그것을 second nature라고 한다.

1차 영역으로부터 보고를 받는데 그것이 연합영역에 오면 언어로 바뀐다. 연합영역은 언어의 세계이다.

전두엽은 감각에서 직접적 입력을 받지 않고, 연합영역으로부터 받는다.

브레인 안에 있는 브레인이라 하여 세컨드 브레인 이라 한다. 전 전두엽이 만든 세계상이 second nature인데,

그 세계의 이미지는 그 전두엽에 고유한 것이다. 지구상에 70억개 다른 이미지가 동시에 출현하고 있다.

유기체가 붕괴되면 그 기억이 사라지므로 이 세계상도 사라진다. 그렇다고 해서 nature는 사라지지 않는다.

철학적으로 많은 의견이 있지만, 나의 세계는 사라지지만 보편적 nature는 그대로 있다고 본다.

그러나 원본 nature가 그대로 있다고 내가 이야기하고 내가 인식해야 하는데, 내가 사라졌으니 그것이 딜레마

이다. 그 딜레마를 극복해야 하는 텃줄을 찾아 내어야 한다. 세계상은 real nature를 카피한 것이다.

내가 사라지면 원본을 볼 수 없다. 원본을 보지 못하는데 원본이 있다고 어떻게 증명할 수 있을 것인가?

가우스가 이것을 극복했다.

가우스 해답이 있다. 비록 각자의 세상에 갇혀 있어도 그 세상의 논리구조를 갖고도 다른 세상의 실상을 알 수 있다는 것을 보여 주었다. 그것이 가우스 혁명이다. 가우스의 제자인 리만이 3차원을 n차원까지 확장하는 수학 공식을 만들었다. 우주의 차원적 세계가 펼쳐졌다. 리만은 젊은 나이에 죽었지만, 그것을 수식으로 옮긴 것이 아인슈타인의 중력장 방정식이다.

차원적 사고

세포가 연결된 형태도 차원적으로 생각해야 한다.

1차원적 생명은 균사이다. 2차원적 생명은 자포동물이다. 3차원적 생물이 인간을 제외한 모든 동물이다.

4차원적 생물은 인간이다. 왜냐면 시간이란 개념을 체계화 했기 때문이다. 새로운 생물철학이 나올 수 있다.

이런 것이 빅 히스토리가 추구하는 것이다. 앞으로 2년동안 Big history 모델링을 해야 한다.

우주론에서 의식까지를 30여개 모듈로 만들어야 한다. 모듈은 활용되어야 한다.

활용되기 위해서는 그 사람 인생관을 통째로 바꿔야 한다.

엄청난 탈 범주화, 재 범주화가 일어나야 한다.

살아 있는 산호를 만져 볼 수 있다. 산호가 말미잘이라는 것이 재 범주화이다.

수고하셨습니다.