

植物플랑크톤의 크기와 食物連鎖

최 영 박 / 고려대명예교수 · 수원전문대학장

植物플랑크톤의 크기

투명해서 아무것도 없는 것 같이 보이는 해수 중에는 육안으로 구분할 수 없는 작은 플랑크톤이 가지각색의 입자와 함께 밀치락달치락 어울려 있다. 예컨대 식물플랑크톤이 적은 태평양아열대 해역에서도 해수 1리터 중에는 10만 세포 이상, 부영양화가 진행된 일본 열도의 내만 깊숙한 곳에서는 1천만 세포에 달하는 곳도 있다.

식물플랑크톤은 무기물에서 유기물을 합성한다는 형에서 태양의 광에너지를 화학에너지로 바꾼다. 이 유기물이 식물연쇄를 통해서 해양생물의 모든 에너지원으로 분배되면서 식물플랑크톤은 연안역의 해조착생식물과 함께 생산자로 부르고 있다.

해양 전체에서 식물플랑크톤에 의한 유기물생산량은 전체

의 90% 이상을 차지한다고 알려져 있다. 그렇다면 한마디로 작다고 말하고 있는 식물플랑크톤의 크기는 어느 정도일 것인가.

식물플랑크톤이란 단세포 혹은 무리를 만드는 조류(藻類)를 말한다. 해양에서는 규산질의 껍질을 가지는 규조, 석회질의 껍질을 가지는 원석조 등이 특히 중요하다. 그리고 무리를 형성하는 것에는 장경(長徑)이 수mm 정도가 되는 것이 있고 육안으로 식별이 가능하다.

최근 0.5~1 μ m의 조류가 다량 존재하는 것이 발견되고 이것이 현재로서는 최소의 플랑크톤이다.

사람의 적혈구는 7~8 μ m, 대장균이 3×0.6 μ m이므로 세균급의 크기라고 할 수 있다. 이들은 너무 작아서 보통 광학현미경에서는 볼 수 없으므로

쓰레기입자나 세균과의 구별이 어려워서 식물플랑크톤의 엽록소의 검출이 가능한 형광현미경이나 투과성 전자현미경을 사용해서 관찰한다. 크기는 작지만 세계 각 해역에 넓게 분포하며 극조해역에는 1리터 중에 100만 세포 이상이 나타나기도 하며 생산자로서는 중요한 조류이다.

자연해역에서 식물플랑크톤의 크기 組成

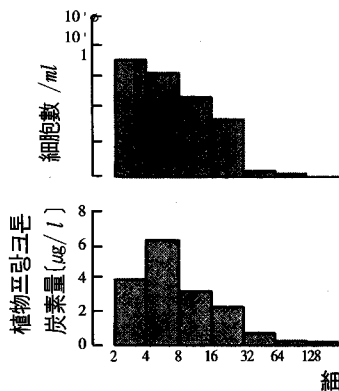
해양에는 식물플랑크톤으로서 매우 많은 종류가 존재한다. 이 사실은 해역 계절별의 식물플랑크톤 종류나 조성을 복잡하게 한다. 하지만 이와 같은 다양한 식물플랑크톤의 군집구조는 세포의 크기에 주목하면 유형화할 수 있다.

해수를 일정량 퍼서 해조체를 세포의 크기별로 구분하여 세포수나 중량을 측정하면 어

는 부분에 피크가 나타난다. 여기서 식물플랑크톤의 중량을 탄소량으로 환산한다. 연안에서 외해로 향함에 따라 탄소량의 피크는 대형조(大型藻)에서 소형조로 변해간다.

세계 각지의 조사결과를 보면 세포 수가 소형획분(劃分)일수록 많고 대형을 향해서 급격히 감소하는 것을 (a)형이라 하고, 다른 한편으로 세포 수가 소형획분에서 많으나 60 μm 전후의 획분에서는 (a)형에 비해 많고 또한 탄소량의 피크가 여기에 있는 것을 (b)형이라고 한다. 외양역에서는 (a)형이며 다른면으로는 연안역 및 심층수가 표층 부근까지 솟아오르는 용승역 예컨대 강한 해류가 섬이나 얕은 여울에 충돌하는 해역 혹은 강한 계절풍이 부는 해역으로 미국 서해안 외해 같은 곳이나 고위도 해역은 (b)형이 특징적이다.

(a) A 外海



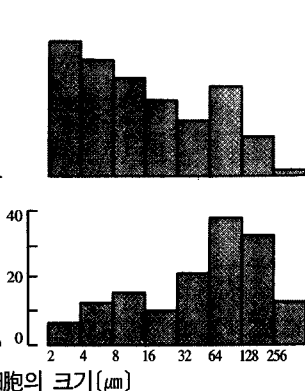
광합성 활성의 조사결과를 분석해 보면 전자의 해역에서는 10 μm 전후의 소형조가 주요한 생산자인데 대해 후자에서는 20 μm 전후보다 큰 조류가 중요하게 된다. 크기의 차이는 무엇이 그 원인이 되는가. 식물플랑크톤의 크기 조성은 조류 자신의 증식, 동물에 의한 섭식, 침강에 의한 감소, 해수운동에 수반하는 이동 등 여러 요인이 서로 뒤얽혀 결정되므로 간단히 해명하기 어려운 문제이나 최근 질소나 인 등의 무기화합물의 양과 결부되어 있다는 것을 알게 되었다.

榮養鹽

식물플랑크톤의 증식은 빛만이 아니고 질소나 인 등의 생체구성 원소의 공급에 지배되고 있다.

바다는 육상과 다르며 칼륨

(b) B 灣



(그림1) A 外海(8月) B 만 외부(5月)의 植物플랑크톤의 크기 조성

은 충분한 양이 있다. 이 외에도 철 등의 금속이온, 비타민 등의 미량 유기물이 필수 영양소로서 들 수 있지만 특히 질소와 인은 중요하다. 해수 중에는 질소 화합물이 주로 초산염으로서, 인 화합물은 인산염으로서 존재한다. 초산염이나 인산염 외에도 식물플랑크톤에 필요한 무기염류를 영양염이라 말한다. 영양염은 표층 부근에서는 식물플랑크톤의 증식에 수반해서 소비되고 부족할 때가 많다.

육지에서 혹은 해저에서부터 영양염의 공급을 받기 쉬운 연안역에서 외해로 갈수록 영양염의 농도는 감소한다. 표층 부근의 해수가 태양의 복사열에 의해 따뜻하게 되거나 염분량이 하층보다 낮게될 경우에는 해수의 비중이 상층에서 작고 하층에서 크게 되므로 물은 연직적으로 정체해서 층을 이룬다.

열대 아열대에서는 일년내내 우리나라 일본근해에서는 여름철에 이와같은 성층화가 일어난다. 그렇게 되면 해수의 상하 혼합이 일어나기 어렵고 하층에 있는 풍부한 영양염의 공급이 느리게 되어있어 상층은 고갈하게 된다.

한편 용승역이나 해수의 상하 혼합이 일어나기 쉬운 해역

은 비옥하다. 이와같은 영양염의 지리적 편기와 식물플랑크톤의 크기 조성은 대응하게 된다. 비옥한 해역에서는 대형조가, 영양염이 고갈된 해역에서는 소형조가 주요생산자이다.

용승역, 연안역에서도 영양염의 공급이 멈추어지고 고갈해 가면 크기 조성은 <그림 1>의 (b)형에서 (a)형으로 이행된다. 대형획분의 피크를 형성하는 조류는 주로 규조이다. 소위 황금어장이라고 말하는 해역에서는 표층수에 영양염의 공급이 풍부하며 대형의 식물플랑크톤이 풍부하게 존재한다.

그리고 대형 식물플랑크톤의 증식에 적당한 빛 즉 광량(光量)이 필요하게 된다.

食物連鎖

전술한 바와같이 생산자의 크기는 생태계에 어떤 의미를 가지는 것일까. 해양만에 머물지 않고 수계(水界)에서 1차 소비자인 식식성(植食性) 동물플랑크톤의 섭식(攝食)에는 먹이의 크기가 중요하다. 소형의 동물플랑크톤 예컨대 원생동물의 섬모충이나 절속동물 Sapphina류의 유생은 소형의 조류를, 대형의 Sapphina류는 보다 대형의 조류를 섭식하는 경향이 있다.

소형의 식물플랑크톤이 보다 많이 차지하는 해역에서는 비교적 소형의 식식자나 소형조를 효율적으로 섭식하는 동물플랑크톤이 주요한 1차 소비자가 되고, 대형조가 주로 많이 차지하는 해역에서는 대형개다리류 보다 대형의 식식자가 우선적으로 차지한다.

각 단계에 있어서 에너지 손실을 생각하면 생태계내의 에너지 전송 효율은 이와같은 해역보다 더욱 좋다는 것이 된다. 이와같이 식물플랑크톤의 크기는 식물연쇄를 통해서 해역 전체의 생물군집구조에 영향을 미치고 있다.

亞表層의 植物플랑크톤

아표층이란 말은 귀에 익은 말이 아니다. 여기서는 표층보다 깊은 층, 대체로 30~40m에서 150m 전후의 심도를 가리키는 말로서 사용된다. 아표층은 해양의 유기성 생산면에서 중요한 층이다. 태양의 빛 에너지가 바다로 들어오면 물 그 자신에 의한 흡수 및 해수 중의 물질에 의해 흡수 산란되고 심도와 함께 급격히 감소한다. 빛의 양 뿐만아니라 빛의 질도 변화한다.

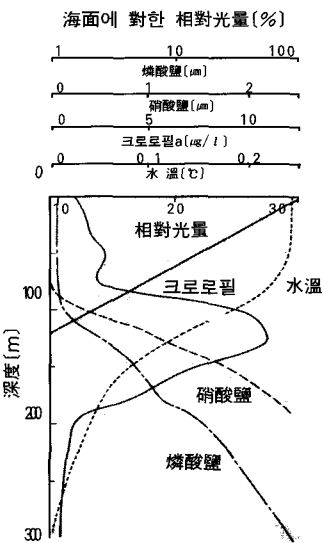
적색 빛 등 장파의 빛은 감소되기 쉽고 아표층에서는 파란 빛에서 초록 빛 중심으로

된다. 식물플랑크톤은 빛합성을 하므로 생육심도에는 하한이 있다. 식물플랑크톤의 성장이 가능한 유광층에서는 유기물의 생산이 일어나고, 유광층의 최하부에서는 빛합성 속도와 호흡속도가 같게되어 여기서는 식물플랑크톤의 생육이 불가능하다. 그 깊이가 보상심도(補償深度)는 바다수면의 빛양이나 해수의 오락방식에 따라 결정된다. 연안역에서는 얕고 만 등에서는 4~5m밖에 되지않는 것이 있다. 이에대해 외양역에서는 100m 이상 깊이까지 미치는 것이 있다.

대체적인 기준으로서 해면 빛 양의 1%가 되는 심도가 보상심도에 대응하지만 평균 심도 3천700m의 해양에서는 상부의 얇은 겹질과 같은 부분에서 유기물이 생산되는 사유가 된다. 식물플랑크톤은 해중에 부유하고 있으므로 그 분포 심도는 해수의 운동에 좌우된다. 해수의 혼합이 왕성한 해역에서는 식물플랑크톤도 상하로 잘 혼합되지만 전술한 바와같이 성층화된 해역에서는 식물플랑크톤량과 영양물질의 연직분포에 편기를 초래하게 된다. <그림 2>에 태평양 열대해역(북위 10도)에 있어서 수온의 연직분포를 나타내고 있다. 70m 수심 이하는 29℃

이상으로 덮게된 물이 150m 이하의 깊이에 있는 저온수가, 그리고 80~150m 부근에 경계층이 존재한다. <그림 2>에는 영양염과 초산염 및 빛의 양 크로로필a가 함께 표시되고 있다. 크로로필a는 엽록소의 일종으로서 식물플랑크톤이 공통으로 가지는 주요 합성 색소인 까닭에 식물플랑크톤의 지표로 사용된다.

크로로필 a의 극대 층은 120m 부근을 중심으로 해서 수온의 경계층에 존재하고 이것을 아표층크로로필 극대라고 부른다. 유광층저부라고 하는 빛의 양이 적은 곳에 식물플랑크톤의 극대층이 존재하는 사실은 1969년경 부터 알게 되었다. 이와같은 극대는



<그림2> 태평양熱帶域 (10°N, 154°45') 에 있어서 수溫, 光量, 硝酸鹽, 磷酸鹽, 크로로필a, 鉛直分布

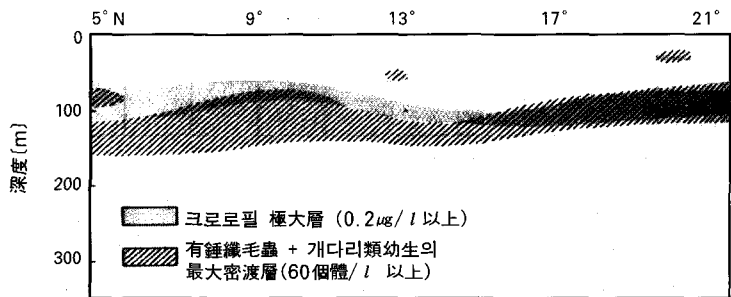
태평양 인도양 대서양에 넓게 분포되고 있는 것을 알게 되었다.

우리나라와 일본 근해의 흑조 근처에는 6월경부터 10월 하순에 해수의 성층화에 따라 형성된다. 이때 극대층의 크로로필a는 표층의 수배에서 20배 정도가 된다. 가을에서 겨울에 걸쳐서는 표층의 해수가 냉각되어 상하의 비중 차가 없어지고 연직적으로 불안정하게 되고 계절풍 등에 의해 상하로 혼합하게 되므로 크로로필의 극대는 소멸한다. <그림 2>에서 표층 부근에서는 고갈한 초산염, 인산염이 수온의 경계층보다 깊은 곳에서 급격하게 증가한다. 깊이와 함께 감소하는 빛의 양과 수온의 경계층보다 깊은 곳에서 증가하는 영양염이 적당하게 공급되는 곳에 낮은 빛의 양에 적응하는 식물플랑크톤이 증식하는 결과 크로로필 극대가 형성되는 것이라고 해석되고 있다.

에컨대 상층에서 침강해온 식물플랑크톤은 수온이 경계층 부근에서 물의 밀도가 크게 되는 것이나 영양염이 풍부하다는 것에서 침강속도는 감소하는 것이다.

식물성 플랑크톤의 연직성 편기는 이것을 먹는 식식성 동물플랑크톤의 편기를 야기하게 된다. <그림 3>은 필리핀해 동경 130도 선에 따르는 크로로필 극대와 이 해역에 있어서 주요 식식자인 원생동물의 유추섬 모충과 개다리류 유생의 연직분포 모습을 나타낸 것이다.

이들 식식자의 농밀한 한 층이 크로로필 극대와 겹친 모습이 표시되고 있다. 그 중의 얇은 층에 동식물플랑크톤 분포의 편기가 있다. 어두컴컴한 푸른 세계가 있는 어떤 곳에 식식자가 모이는 모습을 해면에서 알기가 어려우나 식물연쇄를 통해 우리들의 어류자원이 결부되어 있는 것이다. ㉑



<그림3> 필리핀해 130°E線에 연하는 크로로필 極大의 主要植食者의 鉛直分布