

엽록소 형광법을 이용한 식물플랑크톤 일차생산력 측정을 위한 기초연구

이준백 · 송성준

Basic Study for the Measurement of Phytoplankton Primary Productivity using Chlorophyll Fluorescence Method

Joon-Baek Lee and Sung-Jun Song

Summary

Phytoplankton primary productivity has been measured using chlorophyll fluorescence method and carbon-14 method to investigate the differences between the two methods. The coincidence from these results suggest that chlorophyll fluorescence method might be very useful to apply to the *in situ* measurement of phytoplankton primary productivity in aquatic ecosystem.

序 論

식물플랑크톤은 종류마다 각기 다른 엽록소를 구성하고 있으며 빛에너지를 이용하여 광합성을 수행하고 있어 수서생태계의 일차생산자로서 중요한 위치를 차지하고 있다(Rowan, 1989). 그러므로 식물플랑크톤의 생물량(biomass)과 생산력(productivity)을 측정하는 것은 수서생태계를 파악하는데 가장 기본적인 일이다. 일반적으로 생물량은 단위체적당 세포수 또는 엽록소량을 측정하여 현존량으로 사용하며, 생산

력은 산소법(O₂ method)과 방사선 동위원소법(Carbon-14 method)에 의해 각각 단위체적당 산소발생량 또는 탄소고정량을 측정하여 광합성능력으로 사용되고 있다(Parsons *et al.*, 1984). 그러나 이들 방법들은 모두 각각의 문제점을 가지고 있고 특히 정확도가 가장 높아 근래에 많이 이용되고 있는 방사선 동위원소법도 현장사용시 방사능 오염등의 위험성을 내포하고 있다. 따라서 본 연구는 고등식물의 광합성능을 측정하는데 이용하고 있는 엽록소 형광법을 식물플랑크톤에도 적용하여 수서생태계의

일차생산력 측정법으로 확립시키기 위하여 기초적인 실험을 수행하였다.

材料 및 方法

1. 채수와 여과

제주도 성산항과 한림항의 항내와 항외에서 각각 4 liter씩 채수하여 즉시 실험실로 운반하여 실험재료로 이용하였다. 해수 중 식물플랑크톤의 농도가 아주 낮은 경우는 membrane filter (Milipore, 0.45 μ m)로 여과하여 fluorometer의 측정이 가능하도록 하였다. 형광분석에 사용될 해수시료의 적정량을 알기 위하여 250, 500, 1000, 3000 ml의 량을 각각 여과하여 해수량과 형광량의 상관관계를 조사하였다.

2. 온도에 대한 영향

식물플랑크톤의 엽록소 형광이 해수의 온도에 의하여 영향을 받고 있는가를 알기위해 해수시료의 온도를 15, 20, 25 $^{\circ}$ C로 처리한 뒤 여과방법에 의해 형광량을 측정하였다.

3. 방사선 동위원소(C-14) 방법과 엽록소 형광법에 의한 광합성능의 비교

식물플랑크톤의 광합성능을 측정하는 방법중 가장 효과적인 C-14 방법과 본 연구에서 확립하고자 하는 엽록소 형광법을 서로 비교하기 위하여 각각의 광합성능을 측정하였다.

1) 방사선 동위원소(C-14) 방법

해수시료중 80 ml를 2반복으로 분취하여 배

양용기(Captube)에 넣고 C-14으로 처리된 Sodium bicarbonate (NEN, NEC-860s, 10 μ Ci/ml)를 0.2ml (2 μ Ci)씩 첨가하여 광조건(자연광)과 무광조건에서 각각 2시간 동안 배양하였다. 배양이 끝난 재료는 곧바로 Glass fiber (GF/C) 여과지로 여과시켜 진한 염산으로 Acid fuming을 시킨 후 Scintillation vial에 넣고 Cocktail 용액 (NEN, Aquasol)을 20ml씩 첨가하여 Liquid scintillation counter (Bethold, BF800)에서 DPM 값을 측정했다. 측정된 방사능량은 광합성량으로 계산하여 시간당 일차생산력 (mg C/ m³/ hr)으로 환산하였다. 각 재료의 해수내 총 이산화탄소량은 Parsons *et al.* (1984)의 산적정법에 의해 측정하여 일차생산력 계산에 이용하였다.

2) 엽록소 형광법

해수 시료 1 liter를 여과하여 여과지 위에 CMU(3-(P-Chlorophenyl)-1, 1-dimethylurea)를 처리한 후 유도형광량을 fluorometer(독일 Hannover 대학교 생물리 연구소 제작품)로 측정하였다.

3) 엽록소량 측정

Chlorophyll 량 측정을 위한 시료는 1 liter씩 채수하여 Glass fiber 여과지 (GF/C, 45mm)에 여과하였다. 이를 90% Acetone에 넣고 하루정도 암냉소에 보관하여 색소를 추출한 후, 원심분리시켜 흡광광도계 (Spectrophotometer)에 의해 각 파장별로 측정하였다. 각 파장별 측정치는 Parsons *et al.* (1984)의 공식에 의해 계산하여 엽록소량을 구하였다.

結果 및 考察

1. 해수시료 여과량의 결정

해수시료의 여과량은 Fig.1 에서 보는 것과 같이 그 양이 증가함에 따라 엽록소 형광도 비례적으로 증가되고 있다. 그러나 1000 ml 이상에서는 엽록소 형광의 증가폭이 적었다. 이는 시료 여과량이 증가함에 따라 해수 중의 부유고형물도 동시에 증가되어 조류의 엽록소에서 발하는 형광이 고형물로 흡수되기 때문이라 생각된다. 따라서 부영양화가 일어나지 않는 청정해역의 해수 중 식물플랑크톤에 의한 엽록소 형광을 측정할 때 그 여과량은 1 liter로 산정함이 적당하다고 생각된다.

2. 온도에 대한 영향

Table 1에서 보는 바와 같이 식물플랑크톤의 경우도 고등식물과 마찬가지로 생육 온도에 의해서 엽록소 형광량이 달라지고 있다. 따라서 엽록소 형광과 광합성에 미치는 주요인자 (광, 온도, 염분, CO₂량, 영양염류 등)와의 관계에 대한 검토가 요구된다.

3. 광합성능력 비교

C-14 방법과 엽록소 형광법에 의한 광합성능력을 비교하면 Table 2와 같다. 도시하수 등의 유입으로 영양염류의 공급이 과다한 항내가 항외보다 식물플랑크톤의 현존량 (단위체적당 세포수)이 높았으며(이와 좌, 1990), 이로 인한 광합성능력 역시 두가지 방법에 의해 모두 높게 나타내었다. 이것은 fluorometer에 의한

엽록소 형광방법도 C-14 방법과 함께 부영양해역 뿐만 아니라 청정해역의 일차생산력을 조사하는데 활용될 수 있음을 시사하고 있다고 생각된다. 따라서 C-14 방법에 의한 측정시 시간이 많이 걸리고 방사능 작업에 따른 안전문제 등 실험에 수반되는 번거로움 때문에 현장에서 직접 측정하는데 어려움이 많은 반면 엽록소 형광법에 의한 일차생산력 측정이 확립된다면 간편하고 신속하게 현장에서 측정될 수 있을 것으로 생각된다.

參 考 文 獻

- 이준백, 최종현. 1990. 제주도 한림항과 성산항 일대 식물플랑크톤의 군집동태. 제주대 해양연보, 14: 9-24.
- Rowan, K.S. 1989. Photosynthetic Pigments of Algae. Cambridge University Press, Cambridge, 334pp.
- Parsons, T.R., Y. Maita and C.M. Lalli. 1984. A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press, Oxford, 173pp.

要 約

식물플랑크톤의 일차생산력을 엽록소 형광법과 방사선 동위원소법을 이용하여 측정한 결과 일치하였으며 수서생태계에 있어 엽록소 형광법에 의한 일차생산력의 현장 측정도 가능하리라 생각된다.

Table 1. Effect of temperature on CMU induced Chl fluorescence of algae.

Temperature (°C)	Chl fluorescence (Mean ± SD)*
15	20.0 ± 4.49
20	31.4 ± 2.45
25	29.7 ± 3.26

* 3 replications

Table 2. Comparison between photosynthesis rate measured by C-14 method and Chl fluorescence (CMU-induced) method in algae.

Sampling location	Photosynthesis rate by C-14 method (dpm/liter seawater)	Chl fluorescence	Chl contents (µg/ml)
Cheju			
Halrim harbor			
Inside	2045	40	1.50
Outside	463	9	1.15
Sungsan harbor			
Inside	1805	31	1.15
Outside	381	20	0.60

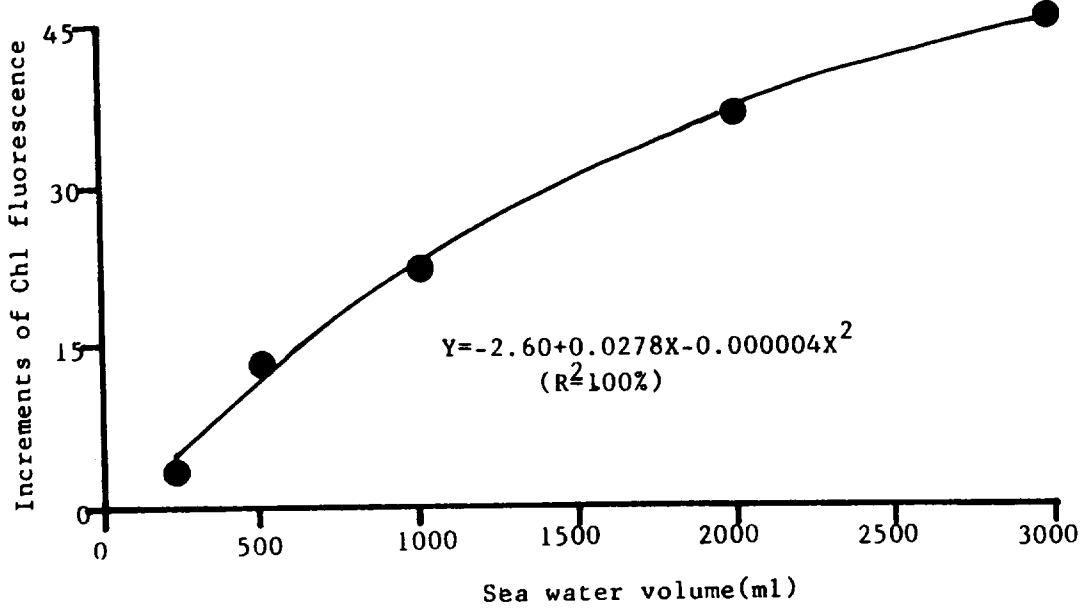


Fig.1 Relationship between sample volume of sea water and Chl fluorescence. and Chl