

枯死海藻・海草起源有機物の分解特性

2008年3月 環境学研究系自然環境学専攻 66715 鈴江 真由子
指導教員 准教授 小松 輝久

キーワード:海藻、海草、溶存態有機物、炭素循環、難分解性溶存態有機物

1. 背景と目的

海産大型植物(海草・海藻)により構成される藻場は、単位面積当たりでは熱帯雨林に匹敵する一次生産量を有し、魚介類の産卵場や生育場としても重要な役割を果たしている。日本沿岸に広がる海藻・海草の現存量から、日本全体で約200万tC/年の二酸化炭素が藻場によって固定されていると試算されており、有効な炭素貯蔵場として藻場が果たす役割も注目されている。

溶存態有機物(DOM)は海洋中に約700Gt存在している非生物・非粒状の有機物で、地球表層上の最も大きな有機炭素のリザーバーのひとつである。DOMの中でも微生物によって分解されやすい易分解性と分解されにくい難分解性があり、難分解性のDOMは数千年の滞留時間をもつことが知られている。DOMの多くは光合成産物が起源であると考えられているが、バクテリアなどの従属栄養微生物による代謝過程によって変性した後に残留しているため、その起源の詳細を知ることは困難である。海藻・海草は細胞外代謝産物としてDOMを分泌し、海洋中にDOMを供給するだけでなく、枯死後、微生物分解を受けることによりDOMの起源となっている。後者についての知見は特に少なく、分解性については不明である。藻場によって固定された200万tC/年も速やかに分解し、無機化されてしまえば滞留効果は短期間に限られてしまうだろう。そこで、本研究では海藻・海草から溶出したDOMに着目し、海藻・海草起源のDOMの長期的な分解過程を調べ、回転時間を指標とした分解性から炭素のリザーバーとしての滞留効果の評価を検討することを目的とした。

2. 材料と方法

日本沿岸の藻場を構成する緑藻、褐藻、紅藻、そして海草の中から、それぞれの優占種である、緑藻アオサ目アオサ科アオサ属(*Ulva* spp.)、褐藻ヒバマタ目ホンダワラ科アカモク(*Sargassum horneri* (Turner) C.Agardh)、紅藻テングサ目テングサ科マクサ(*Gelidium crinale* Kützing)、オモダカ目アマモ科アマモ(*Zostera marina* Linnaeus)を分解実験に用いた。まず、1ヶ月間、枯死海藻・海草の分解溶出実験(実験I)を行い、枯死後に微生物分解により溶出する溶存態有機炭素(DOC)濃度の経時変化を調べた。人工海水1Lと現場海水5mLを入れたガラス瓶をそれぞれの種について3本用意し、その中に海藻・海草を入れ、20℃の暗条件下で分解実験を行った。定期的に、採水濾過を行い、DOC測定用のサンプルを採取し、全有機態炭素分析計を用いた高温触媒燃焼酸化法で分析した。次に、この過程で溶出した海藻・海草起源のDOMについて6ヶ月間の分解実験(実験II)を行い、DOC濃度の経時変化を実験(I)と同様の方法で調べた。また、バクテリア密度について

も調べた。

3. 結果と考察

実験(I)の結果、それぞれの海藻・海草は実験開始後 10 日から 17 日まで DOC 濃度が増加し続け、その後は緩やかになる傾向があった。アマモの DOC 量は実験開始後 30 日目に $98 \pm 36 \mu\text{mol/gWW}$ 、アオサは $62 \pm 20 \mu\text{mol/gWW}$ 、マクサは $215 \pm 10 \mu\text{mol/gWW}$ 、アカモクは $140 \pm 47 \mu\text{mol/l/gWW}$ となった。

実験()の結果、180 日の実験期間中、全ての海藻・海草の DOC 濃度は、初めの 7 日間で急激に減少し、その後は緩やかになり、90 日目以降はほとんど変化が見られなくなった。従って、分解されやすい DOC は 7 日目までに急激に減少し、180 日目以降は比較的分解されにくい DOC が残存したと考えられる。分解実験中の DOC の分解過程を 1 次反応式と仮定し、7、90、180 日の 3 区間に区切り、それぞれの分解速度定数から回転時間を算出した(表 1)。分解実験 180 日間で、約 40-60% の DOC が残存した。DOC 残存率ではアマモが 58% と最も高く、海草はセルロースやリグニンの難分解な成分の含有量が多いため、他の海藻よりも難分解な DOM を多く溶出したと考えられる。海藻・海草の分解過程の違いは海藻・海草の種によって、分解性の異なる DOM が生成されたためであると考えられる。

4. まとめ

180 日に亘る分解実験の結果は、枯死海藻・海草起源の DOC の回転時間が、既往研究の植物プランクトン(30 日)よりもはるかに長い 2-4 年となり、難分解性 DOM の起源となる可能性を示した。これらのことから、長期的に炭素を固定するリザーバーへの有機炭素供給源の一つとして海藻・海草の果たす役割は大きいのではないかと考えられる。

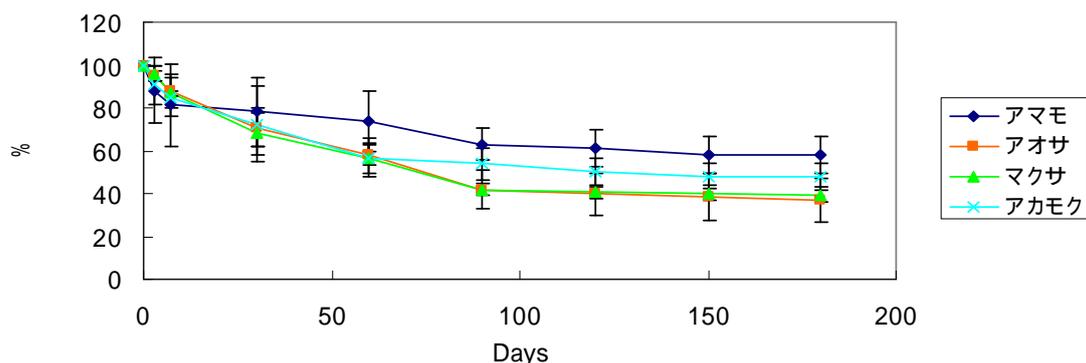


図1 分解実験開始時のDOC濃度を100%としたときのDOC濃度の割合(±S.D.)の経時変化 アマモ、アオサ、マクサ(n=3)、アカモク(n=4)

表1 分解実験開始時 DOC 濃度を 100%としたときの 7、90、180 日目の残存率と回転時間

	7 日目		90 日目		180 日目	
	残存率(%)	回転時間(d)	残存率(%)	回転時間(d)	残存率(%)	回転時間(d)
海草アマモ	81 ± 20	34	63 ± 8	345	58 ± 8	1000
緑藻アオサ	88 ± 8	54	42 ± 9	114	37 ± 10	714
紅藻マクサ	87 ± 1	49	42 ± 3	118	39 ± 4	1429
褐藻アカモク	85 ± 9	43	54 ± 7	175	48 ± 6	769

Degradation characteristics of decaying seaweed and seagrass organic matter

March 2007, Department of Natural Environmental Studies,
66715 Mayuko Suzue

Supervisor: Associate Professor Teruhisa Komatsu

Keywords: seaweed, seagrass, dissolved organic matter (DOM), carbon cycling,
refractory DOM

1. Introduction

Seaweed and Seagrass forests display a primary production per unit area similar to tropical rain forests. It is estimated that they fix about two million tons of carbon per year in Japanese EEZ. As a result, they represent significant carbon reservoirs.

Marine dissolved organic matter (DOM) constitutes one of the largest reservoirs of organic matter on earth with an estimated stock of 700 Gt. Two types of DOM can be distinguished: fast degradation organic matter and slow degradation one. The latter is called refractory DOM and displays a turnover time, which can reach about several thousand years. Hence, refractory DOM plays the role of carbon reservoir in the sea. So far, it has been suggested that phytoplankton represents the main origin of marine DOM. Moreover, it is difficult to trace the origin of refractory DOM in the sea, as metabolic processes have already significantly altered it. While seaweed and seagrass have been generally ignored as marine DOM producers, the multiple and complex processes taking place at this level are still under debate. Indeed, whether it is widely accepted that seaweed and seagrass release DOM, it remains unclear whether seaweed decomposition generates DOM as well. This study examines through laboratory experiments the temporal variations of the dissolved organic carbon (DOC) amount originated from decomposition of seaweed and seagrass in order to evaluate turnover time of DOC.

2. Material and Method

Representative species from Japanese seaweed and seagrass forests were selected and used for experiments: green algae (*Ulva* spp.), brown algae (*Sargassum horneri*), red algae (*Gelidium crinale*) and seagrass (*Zostera marina*). The first experiment consisted in measuring the amount of DOC produced by seaweed and seagrass decomposition. For each species, three samples were collected and decomposed separately during 30 days in a glass culture bottle filled with 1 L organic-free artificial seawater and 5 mL natural seawater. The second experiment consisted in measuring decomposition rates of DOC in conditions similar to experiment 1 but without plants and during 180 consecutive days. Both experiments were conducted in complete darkness and at constant temperature (20 °C). Water samples were routinely collected from the bottles and filtered via a GF/F

filter. The amount of DOC was then measured using a high-temperature combustion method.

3. Results and discussion

The first experiment shows that DOC never stops increasing but the increase rate declines significantly after 10 d or 17 d. At day 30, the decomposition of *Zostera marina*, *Ulva* spp., *Sargassum horneri* and *Gelidium crinale* produces respectively $98 \pm 36 \mu\text{mol/g}$ in wet weight (hereafter gWW), $62 \pm 20 \mu\text{mol/gWW}$, $215 \pm 10 \mu\text{mol/gWW}$ and $140 \pm 47 \mu\text{mol/gWW}$. The second experiment indicates that DOC tends to decrease rapidly in the first 7 days before slowing down and even stabilizing at 90 days (Fig.1). These differences in decrease rate underline that in 90 days, bacteria easily decompose some fraction of DOC while the other part, 40-60% of the initial DOC, is still present even after 180 d. Then, the turnover time related to seaweed and seagrass DOC was calculated using the exponential model of DOC concentration change (Table 1). This result suggests that DOC derived from seaweed and seagrass is more refractory than from DOC derived from phytoplankton whose turnover time equals about 30 d.

4. Conclusion

DOC derived from seaweed and seagrass displays a turnover of about 2-4 y and belongs then to the semi-labile DOC group. This result suggests that seaweed and seagrass constitute a source of refractory DOM. Hence, it can be expected that seaweed and seagrass forests constitute long-term reservoir for carbon.

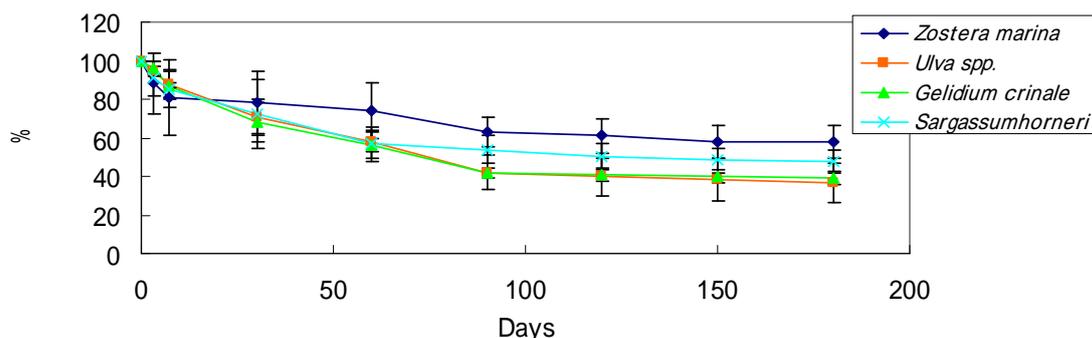


Fig.1. Changes in DOC remaining ratio regarding initial DOC concentration as 100%(± S.D.) *Z. marina*(n=3), *Ulva* spp.(n=3), *G. crinale*(n=3), *S. horneri*(n=4)

Table.1 Remaining ratio of DOC (%) with reference to the initial one (100%) and turnover time (d) estimated for 0-7 d, 7-90 d and 90-180 d.

	0-7 d		7-90 d		90-180 d	
	Ratio (%)	T. time (d)	Ratio (%)	T. time (d)	Ratio (%)	T. time (d)
<i>Z. marina</i>	81±20	34	63±8	345	58±8	1000
<i>Ulva</i> spp.	88±8	54	42±9	114	37±10	714
<i>G. crinale</i>	87±1	49	42±3	118	39±4	1429
<i>S. horneri</i>	85±9	43	54±7	175	48±6	769