

アマモの枯死期及び葉体の部位による光合成活性

尾田 正

Photosynthesis Activation in the Eelgrass *Zostera marina*
during the Decay Period, and on the Position of Leaf

Tadashi Oda

キーワード：アマモ，光合成，枯死期，部位

アマモ *Zostera marina* はアマモ属アマモ科に属し，北半球を中心に内湾の浅海域の砂泥に生息する種子植物である。アマモ場は我が国においても北海道から九州沿岸に普遍的に見られ，魚介類仔稚魚の成育の場として，また水質浄化の場¹⁾として水産上重要な役割を果たしている。しかし，近年は埋め立てや生活排水，工場排水の汚染などにより全国で藻場が消滅してきている²⁾。特に瀬戸内海では多くの藻場が消滅しており，岡山県においては大正年代後期に約4,200haあったアマモ場は1977年の調査では675ha³⁾，'89年の調査では約575ha⁴⁾となり，大正年代の約1/7と激減してしまった。

岡山県ではアマモ場の再生のために'77年からアマモ場造成に関する基礎的研究を始め，'98年からは（社）マリノフォーラム21と共同でアマモ場造成技術を確認するための調査研究を行っている。その一環としてアマモ生育の制限要因となっている光環境について明らかにする目的でアマモの純光合成速度を指標とした光要求量を調査した*。本報告は，アマモの純光合成速度の季節的变化を測定するにあたり，アマモの外葉と内葉，葉身の部位による光合成活性の差を明らかにするために実験を行った。また，枯死期における一年生アマモ場のアマモと多年生アマモ場のアマモの光合成活性についても検討した。

報告にあたり，プロダクトメーターを貸与していただいた（株）芙蓉開発，光合成測定方法について指導してくださった筑波大学下田臨海実験センター元教授横浜康継博士に厚く御礼申し上げます。

材料と方法

アマモ葉状部の部位による光合成活性 実験に用いたアマモは'99年4月16日に多年生アマモ場から栄養株を地下茎と根を有するように採取し，流水中で養生させた。

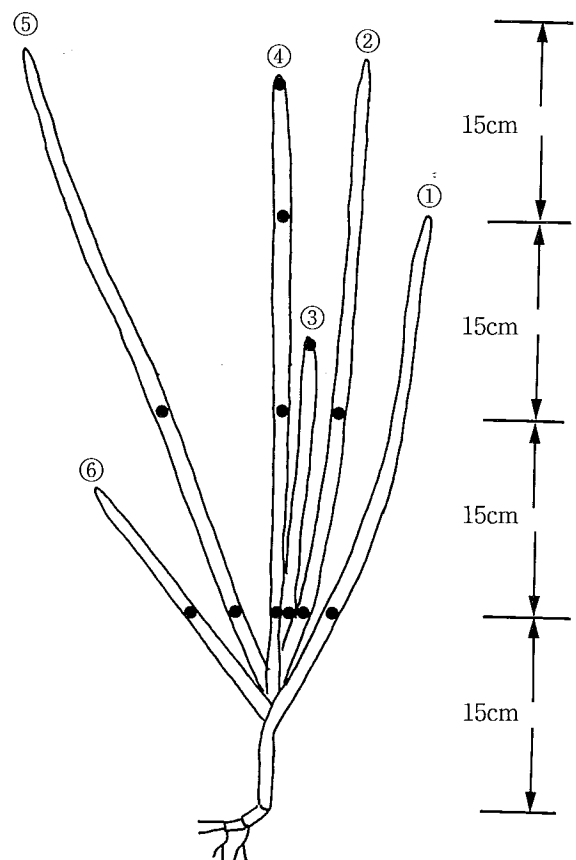


図1 アマモの光合成測定部位
●は葉片の切除位置を表す。

* 未発表

表1 葉片番号とその位置

葉	地下茎から の長さ (cm)	葉片番号	地下茎から の位置 (cm)	備 考
①	47	①-1	15	少し茶色
②	57	②-1	15	
		②-2	30	ごく少し茶色
③	36	③-1	15	
		③-2	(先端部)	
④	55	④-1	15	
		④-2	30	
		④-3	45	少し茶色
		④-4	(先端部)	かなり茶色
⑤	57	⑤-1	15	ごく少し茶色
		⑤-2	30	かなり茶色, 葉が傷んでいる
⑥	24	⑥-1	15	かなり茶色, 葉は傷んでいない

4月21日に葉状部の各部位(図1)を鋭利な刃物で約3cm(1.5~1.8cm²)切除して測定用の葉片を作製した。それぞれの葉片を切除した部位と葉片の外観を表1に示した。外葉は内葉に比べて傷んでおり、また、外葉の先端部は葉鞘部に近い部位に比べると傷んで一部、茶色に変色していた。内葉の③は最も新しく生えてきた葉で傷み、変色もなく健全な外観を呈していた。

葉片に付いた微小藻類はティッシュペーパーで拭い取り、横浜ら⁹⁾の考案した改良型プロダクトメーター(差働式検容計)を用いて純光合成速度を測定した。反応容器に収容した葉片は光を当てて振とうし、光合成活性が安定した後、5分毎に酸素発生量を読みとった。7から8回読みとった後、最小二乗法でアマモ葉片の1時間当たりの純光合成速度($\mu\text{l/h}$)を求めた。得られた純光合成速度は以下の式に基づいて標準状態(0℃, 1気圧)に補正した。

$$V \times 273 / (273 + t)$$

ただし、Vは室温t℃で得られた純光合成速度($\mu\text{l/h}$)を示す。

測定した葉片は-80℃のフリーザー内に保管し、その後、乾燥重量とクロロフィル量を測定した。クロロフィル量は葉片を10mlのN,Nジメチルホルムアミド(DMF)に浸し、-20℃の暗所に24時間放置した後、上澄み液を664及び630nmにおける吸光度を分光光度計を用いて測定した。クロロフィルa量は以下の式⁶⁾を用いて求めた。

$$\text{クロロフィルa量} (\mu\text{g/ml}) = 11.47A_{664} - 0.40A_{630}$$

水温は自然海水温に近い13℃とし、光量を150 $\mu\text{E/m}^2/\text{s}$ とした。なお、光量は光量子計(QSP-160, BIOSPHERICAL INSTRUMENTS INC.)を用いて測定した。測定は同一葉片を用いて'99年4月22, 24, 25日に繰り返して3回行った。

アマモの枯死期における光合成活性 8, 9月の高水温期に栄養株も枯死する一年生アマモ場のアマモと成長は停滞するが枯死しない多年生アマモの光合成活性の差異を明らかにする目的で実験を行った。なお、本報で述べる一年生アマモ場のアマモとは、発芽後1年未満で生殖株を発達させて開花・結実し、草体は越年しない一年生アマモ^{8, 9)}ではなく、生殖株とともに一部栄養株が発達するが、高水温期に根茎が腐食して枯死し、草体が越年しないアマモ¹⁰⁾を示している。なお、多年生アマモとは発芽後1年未満は、栄養株だけが発達して生殖株を形成せず、2年目、又はそれ以降に開花・結実するアマモ¹¹⁾をいう。

測定に用いたアマモは、一年生アマモ場である岡山県備前市の片上港地先と多年生アマモ場である岡山県牛窓町の黒島地先から'99年9月1日にそれぞれ栄養株を採取した。片上港地先では採取日には生殖株はすべて枯死・流失し、一部栄養株が残っているだけであった。なお、これらの栄養株も9月下旬にはすべて枯死した。

採取したアマモは流水中で養生させた後、それぞれ異なる4株のアマモを地下茎から約15cm上方の葉状部から切除して葉片を作製した。

純光合成速度の測定やクロロフィルの分析は前述したとおりとした。水温は自然海水温に近い、26℃とし、光量は150 $\mu\text{E/m}^2/\text{s}$ として、9月2日に同一葉片について純光合成速度を3回測定した。

結果と考察

アマモ葉状部の部位による光合成活性 クロロフィル a量は葉面積、乾燥重量当たり共に葉身やその部位により大きく異なっていた(図2)。葉面積当たりでは最も少なかった①-1の11.84 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ から最も多かった②-2の37.04 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ まで約3倍の差があった。乾燥重量当たりではその差は更に大きく、①-1の2.68 $\mu\text{g}/\text{mg dw.}$ から③-2の12.08 $\mu\text{g}/\text{mg dw.}$ まで約5倍の差があった。クロロフィルa量は葉鞘部から先端に行くほど多くなる傾向が見られ、また、外葉である①、⑥は内葉の②~⑤に比べると少なかった。最も若い葉である③は乾燥重量当たりのクロロフィルa量が最も多かった。また、成長点に当たる③-2では成長が盛んで新しい細胞が多いことから水分含量が高く、乾燥重量当たりのクロロフィルa量が最も多かった。傷みが激しく、変色している葉身④、⑤は先端部からまもなく脱落・流失すると考えられるが、葉面積当たりのクロロフィルa量は他の正常な部位に比べて大差はなかった。

葉面積当たりの純光合成速度は最も小さい⑥-1の平均

9.56 $\mu\text{l}/\text{cm}^2/\text{h}$ から②-2の平均24.94 $\mu\text{l}/\text{cm}^2/\text{h}$ まで2倍以上の差があった(図3)。また、純光合成速度は葉面積、乾燥重量当たり共に葉鞘部に近い部位よりも先端部で高い傾向を示した。葉身では外葉より内葉の方が大きく、内葉では葉鞘部より先端部の方が大きかった。しかし、先端部に傷み、変色が認められる④、⑤では先端部ほど純光合成速度は小さかった。一方、クロロフィルa量当たりの純光合成速度は⑥-1の平均0.31 $\mu\text{l}/\text{mg chl.a}/\text{h}$ から②-1の平均1.21 $\mu\text{l}/\text{mg chl.a}/\text{h}$ まで約4倍の差があった。これは②-1の乾燥重量当たりのクロロフィルa量が非常に少なかったために、クロロフィルa量当たりの純光合成速度が大きくなったからであった。クロロフィルa量当たりの純光合成速度はクロロフィルa量が少なければ大きくなるために、内葉や先端部では小さくなる傾向が見られた。これらのことから茶色に変色している葉片ではクロロフィルa量は少なくないが、光合成活性が低い為に純光合成速度が小さくなったと考えられた。

アマモは成長する過程で葉状部の古い外葉では絶えず先端部から枯死、脱落するとともに、葉鞘部からは新しい葉が内側から成長している事が知られている。葉が変

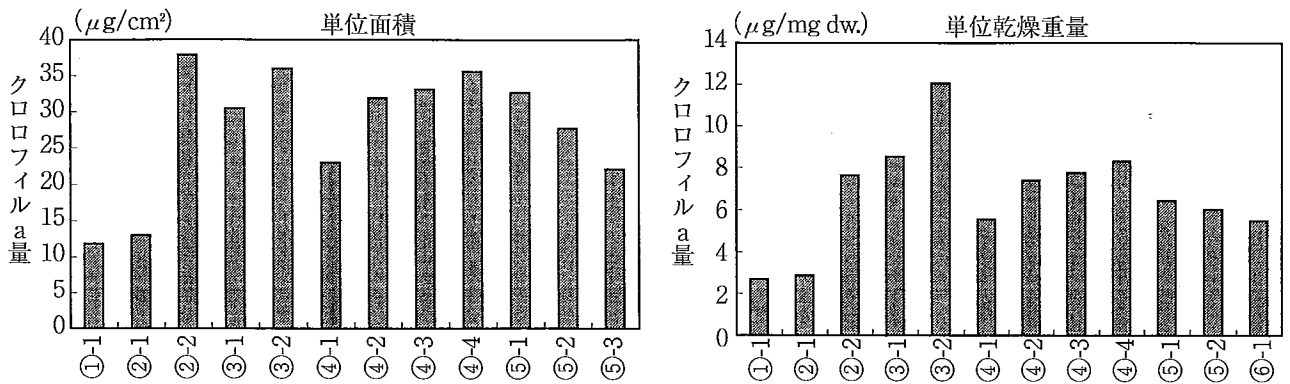


図2 アマモ葉片の部位別クロロフィル a量

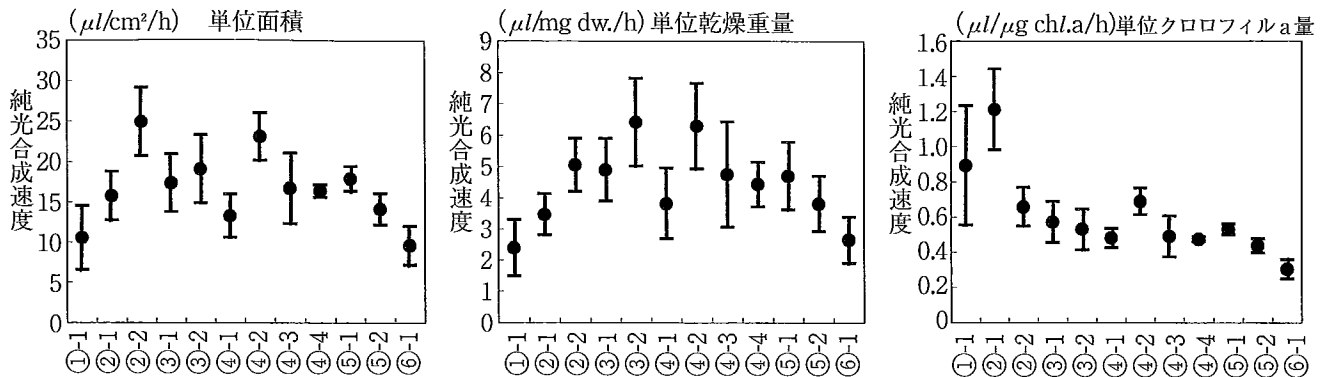


図3 アマモ葉片の部位別光合成速度 測定回数=3回, mean±SD

色し、傷んでいる部位においても光合成活性は低い、失われておらず、脱落するまで光合成を行っていること、また、内葉の若い葉ほど光合成活性が高いことが判明した。

アマモの枯死期における光合成活性 葉片の面積、乾燥重量当たりのクロロフィルa量はいずれも多年生アマモの方が約1.5倍多かった(図4)。

純光合成速度は葉面積、乾燥重量当たりでは多年生アマモの方が大きく、これはクロロフィルa量と正の相関が見られた(図5)。しかし、クロロフィルa量当たりでは一年生アマモの方が純光合成速度は大きいことから、一年生アマモは少ないクロロフィルaで効率よく光合成しているものと考えられた。これらのことから一年生アマモは枯死期(枯死前)においても光合成活性は失われておらず、盛んに光合成していることが明らかになった。すなわち、一年生アマモが枯死するのは、光合成活性が低くなって生命活動に必要な有機物が生産されなくなるためではなく、別の原因があると推察される。

一年生アマモが枯死する原因については、高水温による生理障害、光量不足、透水性の悪い泥質基盤における根茎への酸素供給不足などが考えられている¹²⁾。今回の

試験で明らかになったように、葉体部では光合成活性は失われていないが、高水温時には葉体の上部が切れて流出し、葉体重量は少なくなっているため、光合成によって生産されるO₂や有機物は少ないと考えられる。したがって地下茎へのO₂供給量も少なくなり、根茎の高水温(高泥温)に伴って上昇する呼吸速度との均衡が失われて枯死することも考えられる。そのため、一年生アマモが枯死する原因を光合成から検討するためには、葉片のみではなく、根茎をも含めた純光合成速度を水温(泥温)条件を変えて測定する必要がある。

文 献

- 1) 倉敷市大島地先アマモ場環境調査委員会, 1994: 倉敷市大島地先アマモ場環境調査学術報告書, 1-83.
- 2) 相生啓子, 1998: 日本の海藻—植物版レッドリストより—, 海洋と生物, 114, 7-12.
- 3) 岡山県, 1979: 岡山県沿岸海域の藻場調査—藻場の分布について—, 77-101.
- 4) 環境庁・(財)海中公園センター, 1994: 第4回自然環境保全基礎調査, 海域生物環境調査報告書, 第2巻藻場, 400pp.

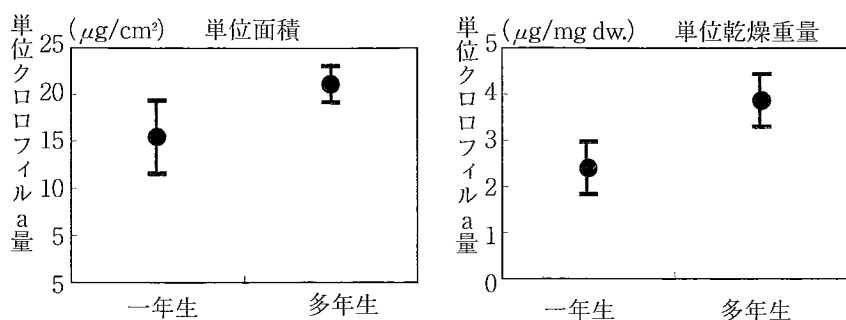


図4 一年生アマモと多年生アマモの枯死期におけるクロロフィルa量 mean±SD, n=4

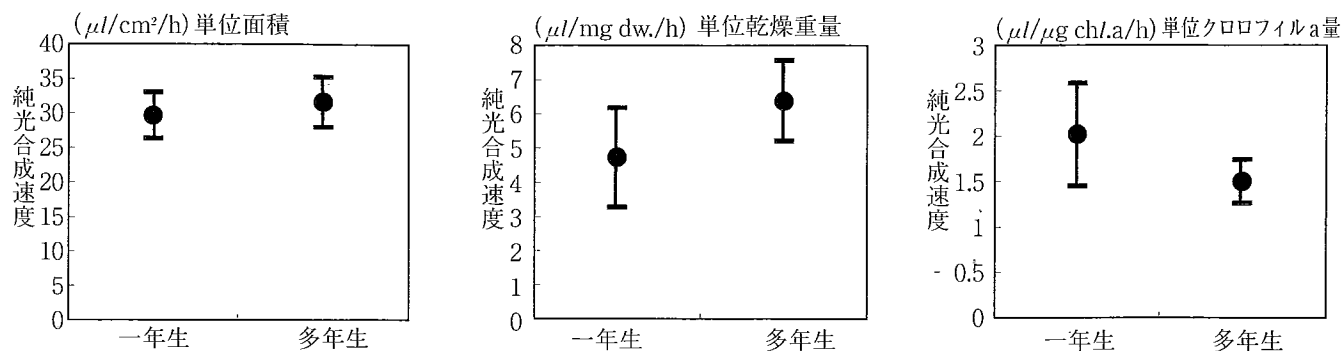


図5 一年生アマモと多年生アマモの枯死期における光合成速度 測定回数=3回, mean±SD, n=4

- 5) 横浜康継・片山 康・古谷庫造, 1986: 改良型プロダクトメーター (差働式検容計) とその海藻の光合成測定への応用, 藻類, 34, 37-42.
- 6) B. J. SPEZIALE, S. P. SCHREINER, P. A. GIAMMETTEO, and J. E. SCHINDLER, 1984: Comparison of N, N-dimethylformamide, dimethyl sulfoxide and acetone for extraction of phytoplankton chlorophyll, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41, 1519-1522.
- 7) W. J. HENLEY and K. H. DUNTON, 1995: A seasonal comparison of carbon, nitrogen, and pigment content in *Laminaria solidungula* and *L. saccharina* (Phaeophyta) in the Alaskan Arctic, *J. Phycol.*, 31, 325-331.
- 8) J. KEDDY and D. G. PATRIQUIN, 1978: An annual form of eelgrass in Nova Scotia, *Aquat. Bot.*, 5, 163-170.
- 9) 今尾和正・伏見 浩, 1985: 浜名湖におけるアマモ (*Zostera marina* L.) の生態, 特に一年生アマモの成立要因, 藻類, 33, 320-327.
- 10) S. MIKI, 1933: On the sea-grasses in Japan(I), *Zostera* and *Phyllospadix*, with special reference to morphological and ecological characters, *Btt. Mag. Tokyo*, 47, 842-862.
- 11) 川崎保夫・飯塚貞二・後藤 弘・寺脇利信・佐伯 巧・平間賢一・菊池弘太郎, 1984: 日本水産学会春季大会講演要旨集.
- 12) 川崎保夫・飯塚貞二・後藤 弘・寺脇利信・渡辺康憲・菊池弘太郎, 1988: アマモ場造成法に関する研究 電力中央研究所報告U14, 1-231.