

リレーエッセイ 2023年・冬

ノリは干出中にも光合成している

有賀 祐勝

海藻は空気中でも光合成するか

ノリ養殖では、健全種苗育成のために若い葉状体が着生しているノリ網に干出を与えることが重要視されてきました。特に支柱式ノリ柵では、潮の干満に伴ってノリ網が干出する時間が決まるので、どの水位にノリ網を張るかは養殖管理上非常に重要なポイントです。干出を経験することによってノリ葉状体の耐乾燥性が高まると考えられますが、同時にノリ網に混生してくるアオサ・アオノリ等のいわゆる雑藻が除去されること、また、ノリ葉状体表面に着生する珪藻等を除去する効果もあり、さらに種々の病害対策にもなるので、ノリ網の干出は極めて重要です。このようなことから、浮流し式ノリ柵でも特に育苗期には浮上筏（人工干出装置）を使ったノリ網干出が行われています（図1、2）。



図1. 支柱式ノリ柵における干出中のノリ網。



図2. 浮上筏を使ったノリ網の干出。

養殖場のノリは、日光を受けて海水中の二酸化炭素を吸収して光合成を行い、成長のもとになる炭水化物を生産します。ノリは、日中に干出している間はどのようにしているのでしょうか。生きていますから呼吸はしていると考えられますが、光合成はしていないのでしょうか。潮間帯に生育している他の海藻の光合成や呼吸は干出中はどうなっているのでしょうか。

潮間帯に生育する海藻が日中に干出して（空気中に出て）いる時に光合成を行っているかどうかを明らかにするため、室内培養したスサビノリの葉状体を使って実験してみました。葉状体をナイロンネットの上に広げて、表面についた水滴をティッシュペーパーで拭き、光合成測定用の同化箱内に入れ、種々の光条件・温度条件の下で光合成を測定しました。その結果、ノリ葉状体は空気中でも呼吸は勿論のこと、光合成を行っていることが明らかになりました。この研究は主に大学院留学生にやってもらい、その成果を日本植物学会第50回大会（新潟、1985年）で留学生のKS君に「干出中の海藻の光合成および呼吸」と題して口頭発表

してもらいました。発表後の質疑討論で東京大学の宮地重遠教授から「そうすると、海藻は海水中とは異なる光合成のキョウ（機構）をもっているということですか？」との質問がありました。これに対して KS 君は流暢な日本語で「先生、海藻にはキョウ（気孔）はありません！」と堂々と答えたので、失笑がもれました。宮地教授は「有賀さん、留学生にはしっかりと日本語を教えないと・・・」と言われ、会場には和やかなムードが流れました。

空気中でのノリの光合成の測定

スサビノリの空気中での光合成の測定は、東京大学理学部植物学教室の赤外線ガス分析計を借りて、上記のようにサンプルを同化箱の中におさめ、上方から光照射しながら同化箱の入口と出口の空気中の CO_2 濃度を測定し、その差から求めました（図 3）。また、呼吸は同化箱を黒布で被った時の CO_2 濃度差から求めました。光合成・呼吸の測定と共に測定時間の経過に伴う葉状体の重量の変化（乾燥に伴う水分含量の減少）も測定しました。

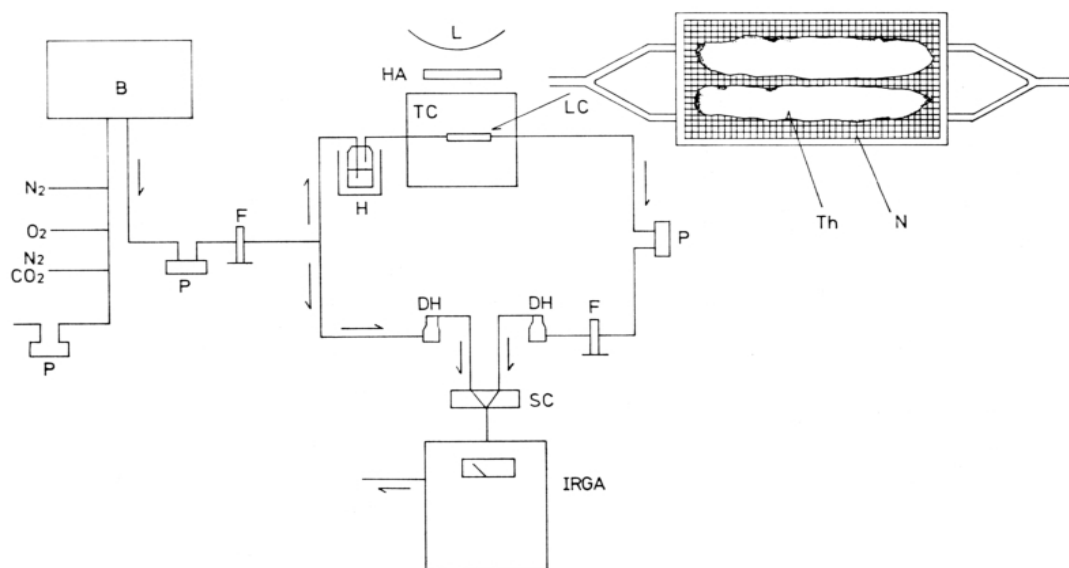


図 3. 赤外線ガス分析計（IRGA）を用いた光合成測定システム。B: 空気バッグ、P: ポンプ、F: 流速計、H: 加湿瓶、L: 光源、HA: 熱吸収用フィルター、TC: 温度調節装置、LC: 同化箱、Th: 海藻サンプル、N: ナイロンネット、DH: 除湿瓶、SC: 切替スイッチ。（Gao and Aruga 1987）

光合成と呼吸の時間経過を図 4 に示します。光飽和純光合成（ P_n ）は測定開始直後にはやや低く、時間経過とともに高まり、極大値に達した後徐々に低下し、180 分後には 0 に近づきました。呼吸（R）は、値は小さいが、最初高く、時間経過とともに低下しました。

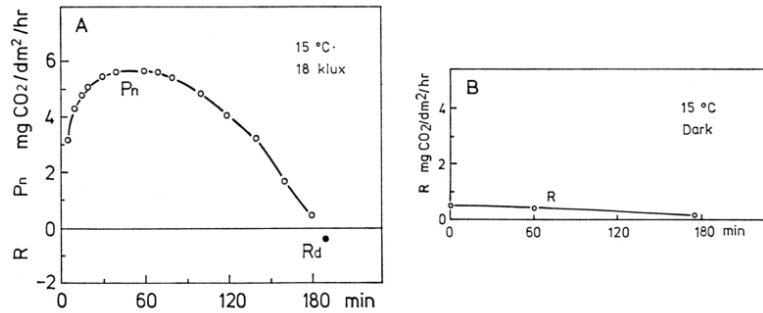


図 4. スサビノリ葉状体の空気中における純光合成 (Pn, 18 klux) および呼吸 (R, 暗所) の経時変化 (15 °C)。R_d: 光合成測定後の暗呼吸。(A) は葉令 44 日の葉状体 1 個体 (面積 34.6 cm²) を、(B) は葉令 54 日の葉状体 5 個体 (合計面積 85.0 cm²) を使用。(Gao and Aruga 1987)

光合成測定中に葉状体は徐々に水分を失い (乾燥が進み)、重量が軽くなっていきます。測定開始時の水分ロス (WL) を 0% (含水率 100%) とし乾燥の度合いを表しました。水分ロス (WL) は、光合成測定中は時間経過に伴って直線的に進みました (図 5)。純光合成速度が最大値に達した時の水分ロス (WL) はおよそ 16% で、水分ロス (WL) がおよそ 32% を超えると純光合成速度は低下し始め、水分ロス (WL) がおよそ 90% を超えるとほぼ 0 になりました。このようにスサビノリは空気中でも著しく乾燥しない限り光合成を行っていることが明らかになりました。

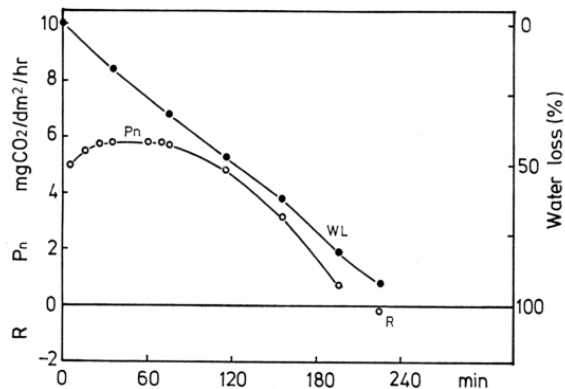


図 5. スサビノリ葉状体の空気中における純光合成 (Pn) と乾燥 (WL) の経時変化 (15 klux, 15 °C)。R: 光合成測定後の暗呼吸。葉令 65 日の葉状体 2 個体 (合計面積 80.6 cm²) を使用。(Gao and Aruga 1987)

空気中での光飽和純光合成速度は、初め水分ロス (WL) の増加と共に高まり、最大値に達した後、水分ロス (WL) の増加に伴って低下しました。5-30°C の範囲で温度を変えて測定すると、温度が高いほど光飽和純光合成度が最大値に達するのが速く、その後の光合成速度の低下は温度が高いほど急速であることが分かりました。これは、温度が高いほど葉状体

の乾燥が速く進むことによるものと考えられます。

空気中でのスサビノリの光合成を光の強さと温度を変えて測定してみました。純光合成速度は光が強くなるにつれて高まり、10°Cと15°Cではおよそ15 kluxで、20°Cと30°Cではおよそ30 kluxで光飽和に達することが分かりました。光飽和純光合成速度は25°Cまでは温度上昇に伴って高まりましたが、30°Cでは低下しました。空気中での呼吸速度は10–30°Cの範囲では温度上昇に伴ってほぼ直線的に高まり、また、水分ロス(WL)の増加(含水率の低下)に伴って低下しました。

空気中と海水中での光合成 - 光曲線の比較

スサビノリの空気中での光飽和純光合成速度は、溶存酸素法で測定した海水中での光飽和純光合成速度と比較してみると、15°Cでは水中よりおよそ20%高いことが分かりました(図6)。(海水中での光合成は放出されたO₂量を測り、吸収されたCO₂量に換算しました。)

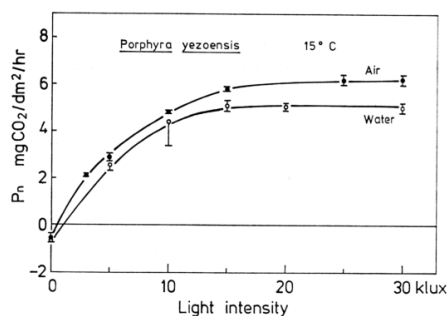


図 6. スサビノリ葉状体の空気中 (air) および水中 (water) における光合成-光曲線の比較。(Gao and Aruga 1987)

支柱柵と浮流し柵のノリの光合成の比較

千葉県富津市下洲漁場の支柱柵と浮流し柵で養殖したスサビノリ葉状体を使って、空気中での光飽和純光合成速度を測定し比較してみました。図7に示すように、時間経過に伴う光合成は、支柱柵で育てた葉状体の方が浮流し柵で育てた葉状体より高く、明瞭な差が見られました。これは、支柱柵と浮流し柵での干出に関する履歴の違いを示しているものと考えられます。

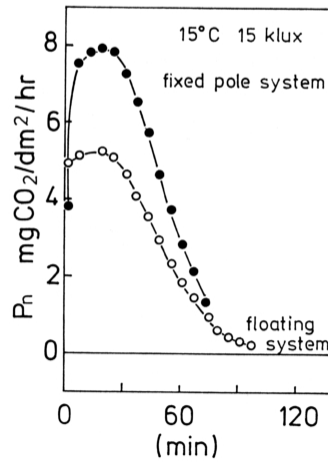


図7. 支柱柵 (●) または浮流し柵 (○) で養殖したスサビノリの空気中での純光合成の経時変化 (15 klux, 15 °C)。富津市下洲漁場で養殖した葉状体各 5 個体を使用。(Gao and Aruga 1987)

以上のように、スサビノリは海水中だけでなく、潮汐に伴う干出中でも水分ロスがおよそ 60%以下 (含水率がおよそ 40%以上) であれば光合成を行うことが明らかになりました。スサビノリだけでなく潮間帯に生育する海藻は、日中に潮がひいて干出した場合には、著しく乾燥しなければ (藻体の水分がある程度保たれていれば) 空気中の二酸化炭素 (CO₂) を吸収して光合成をかなり行っています。

執筆者

有賀祐勝 (あるが・ゆうしょう)

一般財団法人海苔増殖振興会副会長、浅海増殖研究中央協議会前会長、公益財団法人自然保護助成基金理事、東京水産大学名誉教授、理学博士