

学 位 論 文 題 名

忍路湾に生育するホソメコンブ (*Laminaria religiosa*) の
光合成および生産力

学位論文内容の要旨

北海道西岸ではホソメコンブ (*Laminaria religiosa*) はコンブ漁業として、また、ウニ、アワビなどの磯根資源の餌として重要な海藻である。しかし、近年「磯焼け現象」により生産量は極めて減少し、その対策として天然石やコンクリートブロックなどを用いた漁場造成が進められている。このような増殖技術を発展させるには本種の生理特性や、生産力についての多くの知見が必要である。特に、光合成に関する知見は生理、生態両面から漁場造成技術の発展に役立つと考える。そこで、本種の環境要因と光合成の関係に関する知見を得ると共に、それを基にして忍路湾のホソメコンブ群落の生産量を推定し、さらに数値シミュレーションにより現存量を予測した。

ホソメコンブ藻体の各部位の光合成と呼吸から生産量を調べた。葉状部の基部から2cm部位では、① P_{max} が低い、②弱光下での光合成能が高い、③光飽和点が低い、という陰葉的特性を示し、陽葉的特徴を示す葉状部の他の部位と異なることを明かにした。ホソメコンブの光合成速度と呼吸速度の季節変化を3種類の単位（葉面積当り、乾燥重量当り、クロロフィル a量当り）で示した。この結果、単位によって季節変化のパターンが異なった。特に、乾燥葉重量当りで示した場合、葉状部は成長するに従い厚さを増すため、薄く軽い12月に極めて高く、以後急激に減少した。クロロフィル a量当りでも12月、1月に高く、以後次第に減少した。一方、葉面積当りでは3月から5月に高くなった。季節による変化の幅は葉面積当りで最も小さかった。総光合成速度は日昼に高く夜間に低くなる明瞭な日周変化を示

した。

光障害は $1400 \mu E \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ までの光強度ではいずれの季節にも起こらなかった。特に、3月から5月までの期間は強光下でも光飽和に達しなかった。

光合成速度を最大に導く水温は、水温が最も低くなる3月に $15^{\circ}C$ 、水温が上昇する5月から8月までは $20^{\circ}C$ と、季節により変化した。塩分濃度の適応範囲は、12月、1月に広いが、5月には狭くなった。光合成速度を最大に導く塩分は1月、2月に30psu、3月、5月に32.5psuと変化した。光合成速度はpHに著しく影響を受け、pH8.5以上では極めて低下し、pH9.0では極大値の20%以下に低下した。光合成速度と CO_2 濃度の関係は漁場での CO_2 濃度の範囲(0.027~0.043%)では、 CO_2 濃度が高くなるほど光合成速度が速くなる正の相関を示した。

ホソメコンブの光合成能を基にして群落の生産力を推定する手法を開発し、この結果と比較するため、同時に積み上げ法により生産力を推定した。積み上げ法によるホソメコンブの現存量は、6月または7月に極大になり、 $1m^2$ 当り湿重量で10.1~13.2Kgに達し、年間の純生産量は27.7Kgであった。また、群落の1日当りの生産量が最も高いのは5月下旬、先枯れによる損失量が著しい時期は6月下旬、藻体の流失が著しい時期は8月下旬であった。

光合成法による生産力の推定には陸上植物の群落用に使われている次の数学モデルを用いた。

$$P_g = \frac{b}{K_a} \ln \frac{1+aKl}{1+aKl \cdot \exp(-KF)} \quad (1)$$

しかし、この数学モデルをホソメコンブ群落に適用するには、水中での光の減衰を考慮しなければならないこと、さらにK(群落吸光係数)は種特有であり、季節変化をしないことを想定しているなどの問題点があった。したがって、変数として水面から群落の葉層上面までの光の減衰率(τ)、日射量の日周変化、藻体を通過する光の透過率を加え、新たな生産量式、

$$P_g = \frac{2Db}{K_a} \ln \frac{1 + \{1 + \{K/(1-m)\} a(I_m \tau / 100)\}^{1/2}}{1 + \{1 + \{K/(1-m)\} a(I_m \tau / 100) \exp(-KF)\}^{1/2}} \quad (2)$$

を提案した。ホソメコンブの場合、群落吸光係数 K は、季節による藻体の分布様式の変化に伴い著しく変ることを明らかにした。そこで、光合成定数 a 、 b 、および K については数値シミュレーションの時点で精査した。

(2)の生産量式で推定した1981年12月からの1年間と1982年12月からの1年間の群落純生産量(湿重量)はそれぞれ 1m^2 当り31.3Kg、33.4Kgであり、積み上げ法による値に近かった。忍路湾に生育するホソメコンブの年間純生産量(1m^2 当り乾燥重量)は4.8~5.2Kgで極めて高いことが分かった。年間の総生産量と純生産量の比(P_N/P_G)は0.54~0.57で1年生草本に近い値を示した。また、エネルギー効率(リンデマン比)は2.69~3.21%に達し、本種は物質生産効率のよい植物であることを明らかにした。

忍路湾のホソメコンブ漁場で、生産量式(2)により群落の生産量を推定した。その結果、 K が小さい場合には、 F (葉面積指数)の増大に伴い群落の生産量は増加するが、 K が大きい場合には、 F がある一定の値を越えると群落の生産量は逆に減少した。12月から5月までの F は、 F_{opt} (群落の生産量を最大に導く最適葉面積指数)を越えなかったが、6月の F は F_{opt} を極めて大きく上回り、群落の生産量が低下した。このような葉面積指数の増大は群落内の光量の低下を引き起こし、藻体流失や先枯れの原因になったものと推察した。

ホソメコンブの生産量を光合成法で推定する過程で得た生産量式の変数を物理関数と生態関数に整理して、本式に一般性を持たせることによりホソメコンブの生産量を予測することが可能になった。忍路湾のホソメコンブ現存量の周年変化を3次元数値シミュレーションした結果、漁場の変化に合致した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 山 本 弘 敏

副 査 教 授 梨 本 勝 昭

副 査 教 授 中 尾 繁

学 位 論 文 題 名

忍路湾に生育するホソメコンブ (*Laminaria religiosa*) の 光合成および生産力

ホソメコンブ (*Laminaria religiosa*) はコンブ漁業として、また、ウニ・アワビ等の磯根資源の餌として重要な海藻である。しかし、近年「磯焼け現象」によりその生産量は極めて減少し、対策として漁場造成が進められている。このような増殖技術を発展させるには本種の生理特性や、生産力についての多くの知見が必要である。そこで、本種の光合成に関する資料を得ると共に、それを基にしてホソメコンブ群落の生産量を推定し、さらに数値シミュレーションより現存量を予測した。

ホソメコンブ藻体の基部から2cm部位は、① P_{max} が低い、②弱光下での光合成能が高い、③光飽和点が低い、という陰葉的特性を示し、それより上部が陽葉的特徴を示すのとは異なることを明かにした。ホソメコンブの光合成速度と呼吸速度の季節変化を3種類の単位（葉面積当り、乾燥重量当たり、クロロフィルa量当り）で示した。この結果、単位によって季節変化パターンが異なった。特に、乾燥重量当りで示した場合、葉状部が薄く軽い12月に極めて高く、以後急激に減少した。クロロフィルa量当たりでも12月、1月に高く、以後次第に減少した。一方、葉面積当たりでは3月から5月に高くなった。季節による変化の幅は面積当りで最も小さかった。総光合成速度は日昼に高く夜間に低くなる明瞭な日周変化を示した。光合成速度を最大に導く水温は、水温が最も低くなる3月に15℃、水温が上昇する5月から8月までは20℃と、季節により変化した。塩分濃度の適応範囲は1月、2月に広いが、5月には狭くなった。光合成を最大に導く塩分は1月、2月に30PSU、3月、5月に32.5PSUと変化した。光合成速度と CO_2 濃度の関係は漁場での CO_2 濃度の範囲(0.027~0.043%)では、この濃度が高なるほど光合成速度が高くなる正の相関を示した。

積み上げ法によるホソメコンブの現存量は6月または7月に極大になり、1m²当り

の湿重量で10.1～13.2Kgに達し、年間の純生産量は27.7Kgであった。また群落の1日当りの生産量が最も高いのは5月下旬、先枯れによる損失量が著しい時期は6月下旬、藻体の流出が激しい時期は8月下旬であった。

合成法による生産力の推定には陸上植物の群落用に使われている次の数学モデル

$$P_g = \frac{b}{Ka} \ln \frac{1+aKl_0}{1+aKl_0 \exp(-KF)}$$

に、変数として水面から群落の葉層上面までの光の減衰率(τ)、日射量の日周変化、光の透過率を加え、新たな生産量式

$$P_g = \frac{2Db}{Ka} \ln \frac{1 + \{1 + \{K/(1-m)\} a(I_m \tau / 100)\}^{1/2}}{1 + \{1 + \{K/(1-m)\} a(I_m \tau / 100) \exp(-KF)\}^{1/2}}$$

を提案した。ホソメコンブの場合、群落内での光量減少率を示すKは、季節よる藻体の分布様式の変化に伴い著しく変ることを明らかにした。

この生産量式で推定した1981年と1982年の群落純生産量(湿重量)は1m²当り31.3Kg、33.4Kgであり、積み上げ法による値に近かった。忍路湾に生育するホソメコンブの年間純生産量(1m²当り乾燥重量)は4.8～5.2Kgで極めて高いことが分かった。年間の総生産量と純生産量の比(P_N/P_G)は0.54～0.57で1年生草本に近い値を示した。また、エネルギー効率(リンデマン比)は2.69～3.21%に達し、本種は物質生産効率のよい植物であることを明らかにした。

忍路湾のホソメコンブ漁場で、生産量式により群落の生産様式を推定した。その結果、群落吸光係数(K)が小さい場合には、葉面積指数(F)の増大に伴い群落の生産量は増加するが、Kが大きい場合には、Fがある一定の値を越えると群落の生産量は逆に減少した。12月から5月までのFは、群落の生産量を最大に導く最適葉面積指数(F_{opt})を越えなかったが、6月のFは F_{opt} を極めて大きく上回り、群落の生産量が低下した。

ホソメコンブの生産量を光合成法で推定する過程で得た生産量式の変数を物理関数と生態関数に整理して、本式に一般性を持たせることによりホソメコンブの生産量を予測することが可能になった。忍路湾のホソメコンブ現存量の周年変化を3次元数値シミュレーションした結果、漁場の変化に良く合致した。

本研究の成果は藻場造成に貴重な資料を提供したもので、博士(水産科学)の学位を授与される資格のあるものと判定した。