

II-63

ホソメコンブの成長における流れの要因

北海道開発局開発土木研究所	正会員	北原 繁志
北海道開発局開発土木研究所	正会員	佐々木秀郎
北日本港湾コンサルタント(株)	正会員	桑原 伸司
北海道栽培漁業総合センター		松山 恵二
北日本港湾コンサルタント(株)	正会員	大塚 夏彦
北海道東海大学海洋開発工学科	正会員	谷野 賢二

1. はじめに

海洋における藻場はそれ自身が漁獲の対象となるだけでなく、魚類の産卵場、稚仔魚の保育の場、藻食動物の餌量など水産資源へ大きな影響を与えているとともに、光合成によって二酸化炭素を固定し地球環境の保全においても重要な役割を担っている。

今後の沿岸域の開発においては藻場の保全とともに、港湾漁港構造物を初めとする海洋構造物においても藻場創出に配慮した機能が求められており、表面形状や構造形式の工夫など技術開発に積極的な取り組みが行われている。しかし、環境アセスメントや藻場造成量の予測を行う上でモデルの開発が不可欠である。

筆者らは、藻場造成量を海域環境因子との関係から工学的に予測する3次元モデルを開発中である。対象藻類としては、北海道周辺の寒冷地藻場の優占種であるコンブ類とし、中でも北海道日本海中南部沿岸域が主な分布域で、磯焼け現象とも関係の深いホソメコンブ(*Laminaria religiosa* 以下コンブ)としている。

モデルの開発に当たっては藻場造成量と物理環境要因の関係を定量的に把握することが重要である。本論では物理環境要因の内、光とともに成長に最も関係が深い栄養塩への供給外力である流れに着目し、流速とコンブの成長量の関係について現地実験を行ったのでその結果を報告する。

2. 3次元モデルの概要と実験目的

生産量算定の基本式はMonsi&Saeki(1953)の確立した植物群落の総生産力を算出する基本式を松山(未発表)が改良した以下の式を用いた。

$$Pg = \frac{2Db}{Ka} \ln \frac{1 + [1 + \{K/(1-m)\}a(I_M \cdot \tau/100)]^{1/2}}{1 + [1 + \{K/(1-m)\}a(I_M \cdot \tau/100)\exp(-KF)]^{1/2}}$$

ここで、Pg:群落の日単位総光合成速度(g wet wt./m²/day)、a:b/aは光飽和値での光合成量(P_{max})、b:光合成—光曲線の立ち上がり勾配、K:群落吸光係数、I_M:日南中時の光強度(μE/m²/sec)、D:日長(hr)、F:葉層全体の葉面積指数(m²/m)、m:葉状体部の光の透過率、τ:ホソメコンブ群落の葉層上面までの光減衰率

コンブの成長に及ぼす環境要因は、物理的要因、化学的要因、生物的要因が考えられる。今回開発したモデルは北海道日本海中南部海域で普遍的に適用できることを目標として、物理的要因を中心とする海域環境要因によってコンブの成長特性が規定されると考えた。このため、コンブ自体の持つ生態特性を表す係数のうちa、b、mは年平均値を与え、K、Fは算定式を推定して与えた。そして、海域環境のうち、光強度、水温、栄養塩を直接的な影響を与える変数として生産量式に取り入れた。取り入れるにあたっては、これら

Influence of flow velocity in growth of *Laminaria religiosa*
Shigeshi Kitahara, Hideo Sasaki, Shinji Kuwabara, Keiji Matsuyama, Natsuhiko Ohtsuka, Kenji Yano

の変数を規定する物理的要因として、波浪・流況、漂砂、水深、懸濁物質を選定し、その他の外的要因として、遊走子の着生と深い関係のある着定基質とコンブに高い食圧を与える阻害生物(キタムラサキウニ)を選定した。

今回の実験においては、上記物理的要因の内、遊走子の輸送、コンブをたなびかせることによる日射量の均等化、モデルの変数である栄養塩を供給するなど、コンブの生育に与える影響が最も大きいと考えられる流れに着目し、流れと成長の関係を把握する目的で実験を行った。

コンブが吸収する栄養塩は濃度と流速の積によって定義する事ができるが、筆者らはこれを栄養塩フラックスと呼ぶことにした。

3. 実験目的と内容

3.1 ホソメコンブの生態

ホソメコンブ(褐藻綱、コンブ目、コンブ科)は北海道檜山、後志地方を分布の中心とする一年生の水産植物である。北海道産の他のコンブ類に比べて品質が劣り、かつ生産量も少ないが分布地域には海藻資源が少なく、ウニ類やエゾアワビを中心とした有用藻食動物の主要な餌量として重要である。

生態は、干潮帯下 2m くらいの間によく 7m くらいまで群落をつくって生育する。1月～2月の間に卵形成、受精、発芽が起き、3月～5月にかけて最も伸長が著しい。長さ 0.4m～1.5m、幅 5cm～10cm、茎の長さ 4cm～6cm まで成長する。その後、伸長は少なくなり、先端部から先枯れが起り葉長は次第に短くなる。10月～12月にかけて遊走子の放出を行い、葉体は年を越す頃にはほとんど流出する。



図一 実験場所

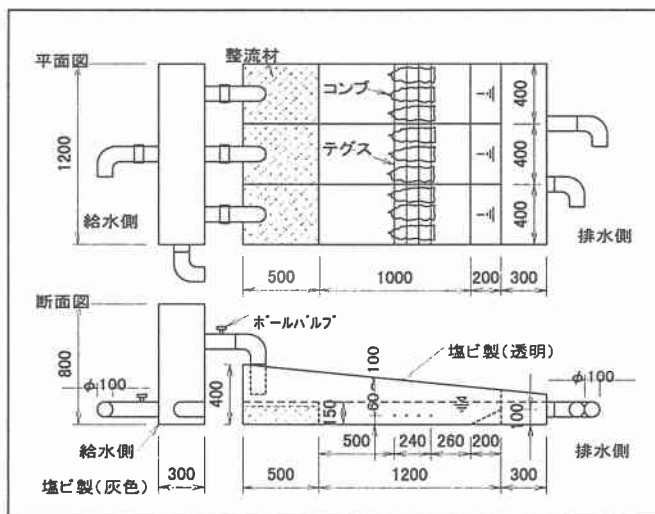
3.2 実験方法

コンブの成長量は、実験の前後に湿重量を測定し、重量差をもって成長量とした。

(1) 実験装置

実験は小樽市忍路の北海道大学忍路臨海実験場の一角(図一参照)に、図二に示す実験装置を内部に持つ観測小屋を設置しておこなった。装置は水中ポンプと塩化ビニール製の3本の水路から成り、水路はそれぞれ流速を変化できるようにしてある。水路にはテグスが4本、流れ直角方向に貼ってありコンブを挟んで保持できるようになっている。

海水は観測小屋の前面の海域(水深約 0.7m)から汲み上げ、貯水槽に



図二 実験装置

ためバルブによって所定の流速となるよう流量を調整し、水路に注水する。注水による噴流は整流材を用いて低減させ、更に堰を設けることにより幅方向に一樣な流れをつくる。海水は排水ホースを通して排水する。

照度は外光を遮断して各水路に蛍光灯を3本ずつ配置し、一定照度となるように配慮した。なお、使用した蛍光灯は一定時間使用した照度のばらつきの少ないものとした。

(2)実験の時季と設定流速

実験はコンブの生活史を念頭に、5月20日～6月10日、7月29日～8月5日、9月30日～10月7日の3回実施した。更に、平成10年2月から3月頃に4回目を実施する予定である。表-1に実験内容を示し、合わせて今後の表記に用いる略称を同時に示した。

実験で設定した流速は、表-1に示すように第1回目が5種類、第2回目以降は3種類とした。1回目については流速と成長率及び時季の関係がつかめていなかったため、流速と時季を変えて3週間にわたり実験を行った。2回目以降は流速による成長差がより大きく表れるよう流速差を大きく設定した。

表-1 実験の時季と設定流量

実験回数	設定流速	期 間	略称
1 回目	1.0、5.0、10.0 cm/sec	平成9年 5月20日～5月27日	5月
	20.0、30.0 cm/sec	5月27日～6月3日	6月(1)
	1.0、5.0、10.0 cm/sec	6月3日～6月10日	6月(2)
2 回目	5.0、10.0、30.0 cm/sec	7月29日～8月5日	8月
3 回目	5.0、10.0、30.0 cm/sec	9月30日～10月7日	10月

(3)実験に用いたコンブ

コンブは実験施設近傍の水深約-0.7mの忍路湾内から、実験の設定流速ごとに3本ずつ配置できるように合計9本採取した。長さは根元から30cmを標準としたが、先枯れが進行している場合は採取可能な長さとした。

(4)実験の手順

採取したコンブをペーパータオルで表面の水分や汚れをきれいに取り除き、重量は精密電子天秤を使用して1/100gまで測定し、長さを測定後、コンブを水路内に貼ったテグスの間に挟み込んでセットした。7日間連続通水で成長させ、8日目に実験前と同様に水分等を取り除いた後、重量と長さを測定した。この間の光条件は12時間明期、12時間暗期とした。

(5)環境因子の測定

コンブの成長に対する影響因子として、海水の栄養塩濃度、水温、照度について測定した。栄養塩濃度は1回の実験の最初と最後(7日後)に採水を行い、別途水質分析を行った。分析項目はアンモニウム態窒素、硝酸態窒素、オルトリン酸態リンの3項目とした。水温は実験期間中(7日間)に1日数回測定した。照度は外光を遮断し蛍光灯のみとし、実験の最初と最後の2回測定を行った。

4. 実験結果と考察

(1)時季的な日当たり成長率(R)の変化

図-3は実験を行った時季ごとに1日あたりの成長率(重量比)を示したものである。この図から、コンブの成長率は時季的变化が非常に大きいことがわかる。特に、5月から6月上旬にかけては指数関数的に減少し、5月20日からの成長率に対し、6月3日からの成長率は2週間の間に約50%成長率が減少している。

なお、自然界においては5月中旬以降先枯れ現象が起こってくると言われているが、今回の実験中においては、先枯れ現象が起こっていないコンブを用い、また、実験中においても確認されていないため、コンブの真の成長率が測定されている。

阿部ら(1983)が行ったコンブの伸長実験によれば、5月中旬以降生長率、生長量とも指数関数的に激減し、8月下旬以降には、最大時の1~2%に減少した。本実験においては成長率は重量比で表現しているが、5月20日からの実験による最大成長率(平均成長率4.65%)と9月30日からの最小成長率(平均成長率0.15%)を比較すると3.2%に減少しており、傾向はほぼ阿部らの実験と一致している。

(2)総光合成量の実測値と今回実験結果の比較

図-4は松山(未発表)が1981年12月~1982年11月にかけて忍路湾のホソメコンブ葉体から最大葉副部の葉片を切り取り、乾燥重量当たり総光合成速度($\text{mg C} \cdot \text{g}^{-1} \text{dry wt} \cdot \text{hr}^{-1}$)を測定した結果から、5月の測定値を100%として示したものである。また、合わせて今回の実験結果を最大成長重量を100%として示した。

これらから、今回の実験結果は松山の測定値に比べて約10%程度成長量の減少割合が大きいことがわかる。しかし、減少傾向はほぼ整合しており、指数関数で示した相関係数も高い値を示している。

(3)流速と成長率の関係

図-5は流速と成長率の関係を示したものである。

5月、6月の成長率が大きい時季は流速と成長率に相関が見られるが、8月以降の成長率が小さくなる時季は相関が見られなくなる。これらから、成長率が大きい時季は流速と成長率に相関があることがわかる。

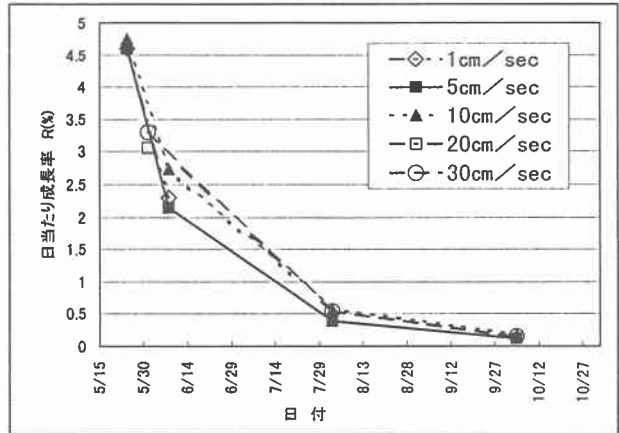


図-3 実験毎の日当たり成長率

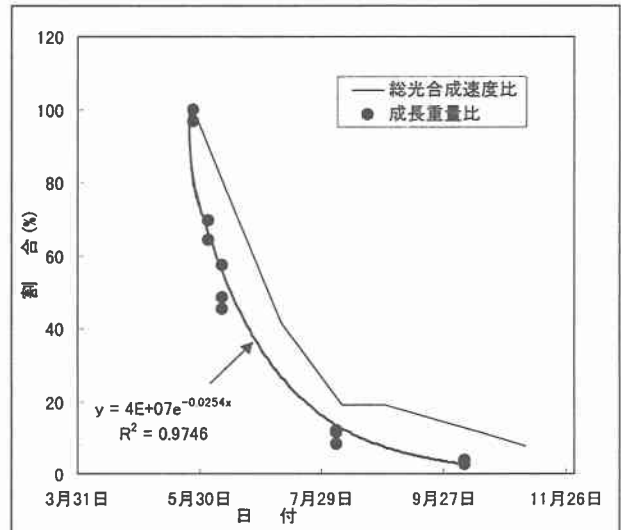


図-4 光合成量の減少割合(松山測定値と今回実験結果)

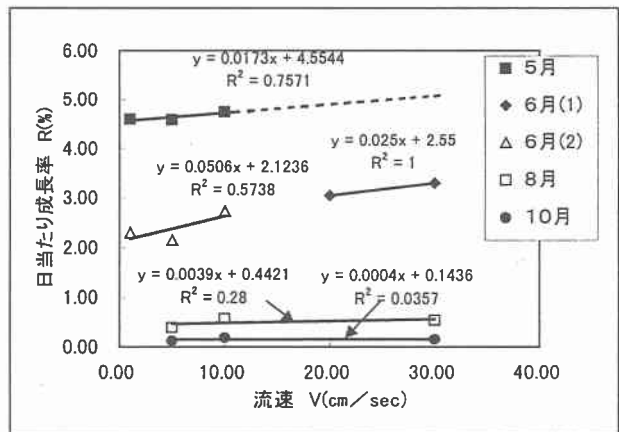


図-5 流速と成長率

なお、今回示した近似曲線は流速と成長率の関係を把握しやすい直線近似としたが、成長率は流速の増加に伴いある一定値に近づくと考えられるため、漸近線に近づく形状を持つ近似曲線が適切と考えられる。残りの現地実験は成長率が大きいと考えられる来年2月から3月にかけて行う予定であるので、これらの流量と成長率の関係については次回の実験結果を踏まえて再度考察したい。

(4)水温測定結果

図-6は今回の実験中に測定した水温と1948年～1967年の20年間に測定された平均水温の推移を示した。

5月から6月にかけては、水温は低めに経過したが、7月から8月にかけては好天気を反映して平年より高めに経過し、その後、平年値とほぼ一致する結果を示した。

水温とコンブの成長には密接な関係があり、松山(未発表)によれば15～20℃に成長のピークがあるとしている。今回の実験においては、8月の実験が20℃を超えており、成長に影響があったと考えられる。なお、忍路湾内におけるコンブ繁茂量は平年に比べて多かった。

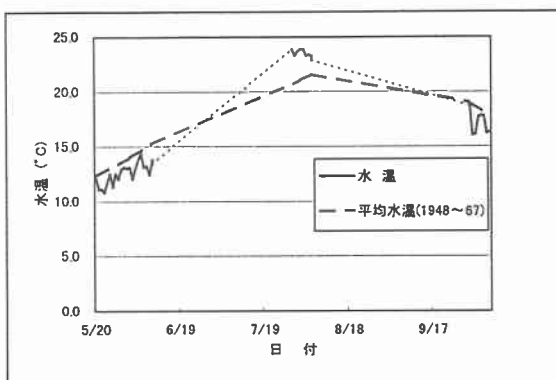


図-6 海水温の推移

(5)水質測定結果

図-7に栄養塩の測定結果を示す。栄養塩には、主に窒素とリンがあるが生物が利用可能なものは、無機態のものであり、一般に窒素はアンモニウム態(NH₄-N)、亜硝酸態(NO₂-N)、硝酸態(NO₃-N)として存在し、リンは溶存性のオルトリン酸態リン(PO₄-P)として存在する。

NH₄-Nは深層よりも表層に多く、その他は植物プランクトンに消費されるため表層で低く、深層で高い濃度で存在すると言われている。

過去に忍路湾で行われた調査における上記栄養塩は0.2～14.5 μg-al/l程度の範囲にあり、今回の測定結果はほぼ平均的な栄養塩量であった。

図-5と図-7から、栄養塩濃度のばらつきによる成長率は、コンブの時季的な成長率の違いが大きいため、栄養塩濃度のばらつきの大きさほど違いはない結果となった。

なお、図-5から実験ごとの成長率は流速に比例して高くなっており、栄養塩フラックスが大きいほうが成長率は高いと考えられる。

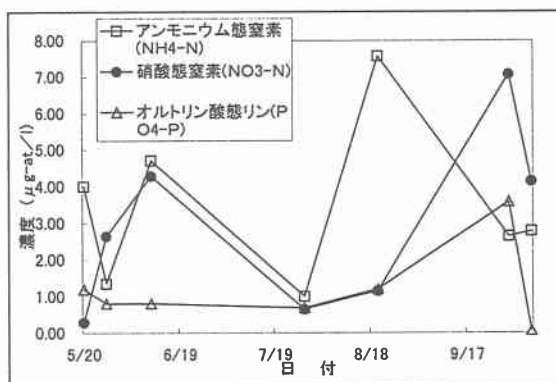


図-7 水質測定結果

(6)照度

室内実験における平均照度は1回目(5月、6月(1)、6月(2))14,450lx、2回目 14,418lx、3回目 14,381lxであり、その変動幅は0.5%以下と小さかった。なお、9月5日午前9:00に実施した忍路湾水面上での平均照度(6点)は、67,550lxであり、実験での照度に比べて約4.7倍であった。

5. まとめ

今回の現地実験結果から得られた主要な結論は以下の通りである。

- (1)コンブの成長率は時季的に大きな変化がある。
- (2)時季ごとの重量による成長率と過去に実測された総光合成速度の変化割合はほぼ一致する。
- (3)成長率は流速に比例して高く、成長が大きいときに高い相関を示す。

今後は、残りの現地実験を行うとともに、これらの実験結果を3次元モデルに効果的に組み込む方を研究していきたい。

6. 謝辞

本研究を進めるに当たり、北海道大学忍路臨海実験場の利用に便宜を図られた上、種々の調査に御協力いただいた、同実験場の信太郎氏に深く感謝いたします。

参考文献

桑原伸司、松山恵二、北原繁志、大塚夏彦、谷野賢二(1997):藻類の生長に影響する環境要因の研究、海洋開発論文集、V o l 13、 pp.285-290

松山恵二(未発表):ホソメコンブの光合成並びに光合成より見た忍路湾におけるホソメコンブの生産

阿部英治、垣内政宏、松山恵二、金子 孝(1983):忍路湾のホソメコンブの成長と各種体内成分含有量の季節変化、北水試報 25、 pp.47-60

船野 隆(1983):ホソメコンブの生態、第1報 生活史と核相交番および配偶体と幼胚体の生理生態、北水試報 25、 pp.61-109