

# 第1章 海藻類の群落構成と植食動物の生息量からみた磯焼け発生機構の解明

## 1 海藻類の植生に基づく診断技術

### (1) 海藻群落の植生変化と環境条件との関連

#### ア 研究目的

磯焼けにより海藻群落が消滅する過程は多様で、また、その進行速度も異なる。これらは海藻種間の相互作用および海洋の環境条件により、海藻植生が大きく変化していることが考えられる。本調査はこのような視点から、磯焼けに至る海藻植生変化を季節的に把握するとともに、それらと地形条件および水温、栄養塩等の環境条件の変化との関連を明らかにし、磯焼け発生機構の解明と診断技術の開発に関する基礎データに資することを目的とした。

本調査においては、北海道日本海沿岸の石狩湾湾奥に位置する忍路湾におき環境条件の周年変動と海藻植生の季節的变化を3年にわたり解析するとともに、過去の知見と比較し、環境条件の変動と植生の変動との関連を推察した。

#### イ 研究方法

##### (ア) 植生調査と動物調査

1992年7月から1995年3月にかけて、3月と7月を中心に合計11回の植生調査および動物調査を行った。調査は小樽市忍路湾内で、湾奥 (St.A)、湾中 (St.B) に各1点、湾口部に2点 (St.CおよびSt.D) の計4地点 (図1-1) の調査点を設け、潮間帯から漸深帯にかけて調査ラインを設定した。湾奥および湾中については平磯の端を基準として陸側と沖側の両方にラインを設定し、湾口の2点については潮間帯上部を基準にラインを設定した (図1-2)。各調査点では潜水により1mごとにホソメコンブ、ナンブワカメを中心として海藻類の採り調査を行い、有用海藻類の密度および現存量を測定した。採り調査は海藻類の葉体の全長や密度に応じて25×25cm、25×50cm、50×50cmとし、最終的に1㎡あたりの密度に換算した。動物については、ウニ類を中心に50×50cmの採り調査を行い、個体数と湿重量を測定した。このうちホソメコンブ、ナンブワカメについては1㎡あたりの個体数密度を求めた。

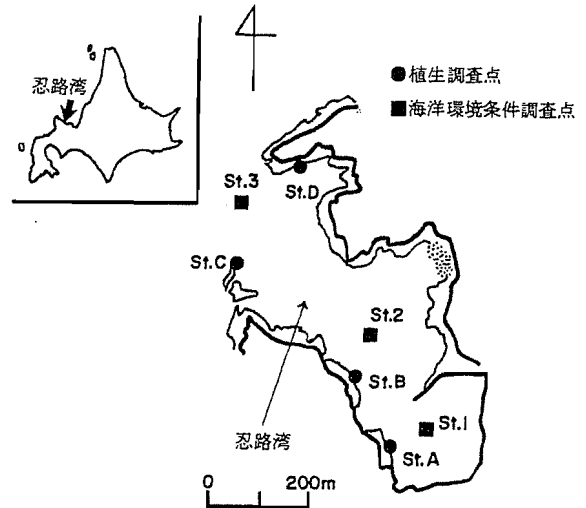


図1-1 忍路湾における植生・動物調査点 (St.A, B, C, D) および海洋環境条件調査位置図 (St. 1, 2, 3)

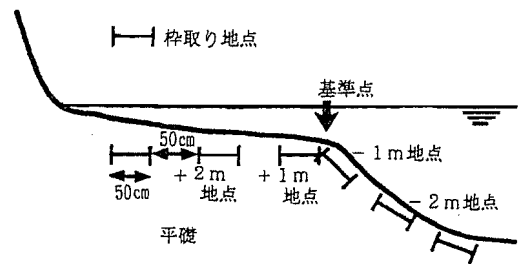


図1-2 忍路湾の植生・動物調査における調査ライン概念図

##### (イ) 航空写真による磯焼け調査

忍路湾全体の磯焼け状況を把握するための3年間の調査期間中に毎年1回ずつの航空写真を撮影した。撮影は海藻の最も繁茂する6月下旬とし、また、年ごとの比較をするためほぼ同時期での撮影を目標としたが、撮影の条件として海面上に波のない平穏な晴天の日を選択したため、年によって若干のずれを生じた。結局、撮影は1992年6月23日、1993年7月2日、1994年6月29日の3回、高度612~852mからRC-200型カメラを使用して行われた。縮尺は4000分の1で、オーバーラップ度は60%、カラー密着写真は、海底状況が良好に

判読できるように焼き付け処理を行った。得られた航空写真からは、水深約10mまで藻場と磯焼け場の判読が可能であり、この範囲で各年ごとの藻場面積および磯焼け面積を計算した。

#### (ウ) 海洋環境条件調査

1992年9月から、湾奥部 (St.1: 水深約3.5m)、湾中部 (St.2: 水深約9m)、忍路湾湾口部 (St.3: 水深約18m) の3点 (図1-1) の表面と深度5mの2層で採水を行い、栄養塩および環境条件の測定を行った。採水は原則として1週間に1回とし、船外機付きのボート上から、表面は5リットルの手付きポリビーカーで、5m層はバンドーン採水器により行うとともに透明度を測定した。時化の場合はSt.2に近い防波堤先端で、0mおよび5m層をバンドーン採水器により直接採水した。採水した海水は棒状水銀温度計により水温測定後、直ちに船上で分注して持ち帰り、後日、実験室において分析した。実験室での測定項目は塩分、pH、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、PO<sub>4</sub>-P、Chl.aとし、塩分はサリノメータ601 MKIII、pHはpHメータTOA HM-30V、栄養塩の分析はオートアナライザー Technicon AA-IIにより測定した。また、Chl.aは濾過後、90%アセトンにより抽出した後、Turner Designs Fluorometerを用いて蛍光法で分析した。

#### ウ 結 果

##### (ア) 忍路湾における有用海藻の植生

表1-1に1992年7月から1995年3月にいたる平磯縁部におけるホソメコンブとナンブワカメの密度と現存量の季節的变化を示す。1992年7月のホソメコンブの密度と現存量は湾奥部 (St.A) で大きく、湾口部で小さかった。逆にナンブワカメの密度と現存量は、湾奥部で小さく、湾口部で大きい。このことから、忍路湾では湾奥から湾口方向にホソメコンブとナンブワカメを中心として植生が変化することがわかった。1993年はホソメコンブは周年を通じて湾奥部中心に生育がみられた。1~7月に出現を確認したナンブワカメも生育の中心は湾奥部であった。海藻類の生育状況を、前年の7月と10月で較べると1993年のホソメコンブは湾奥部中心に生育しており前年と同様の傾向がみられた。しかし、ナンブワカメも湾奥部主体に存在し、前年とは異なる傾向がみられた。ホソメコンブの生育量が比較的多かったSt.A,Bにおい

て、密度の季節変化に注目するとピークは1月 (St.A) と11月 (St.B) にみられた。これに対して現存量のピークは5月 (St.A,B) であった。ナンブワカメでは最大密度が1月 (St.A,C,D) と3月 (St.B) に、現存量の最大は5月 (St.A,B,C,D) にみられた。ホソメコンブ、ナンブワカメはともに、現存量のピークが地形に伴い変化することはなかった。1993年の海藻類生育量は、7月のSt.C、11月のSt.Bのホソメコンブを除き1992年を下回っていた。1994年のホソメコンブとナンブワカメの現存量は、5月から7月にピークが集中しており、この時期における経年変化を検討したところ、ホソメコンブではSt.Bを除き1992年から1994年にかけて現存量はやや低下しているものの、特別な傾向はみだせなかった。ナンブワカメでも同様に特別な傾向はなかった。

##### (イ) 航空写真から推定した忍路湾の磯焼け面積

現地調査およびカラー空中写真をもとに写真判読を行い、判読可能水深である約10mまでの藻場および磯焼け場の面積を計算した (図1-3)。その結果、1992年6月23日には忍路湾総面積約15haに対して藻場は約0.5ha、磯焼けは約1.6haであり、忍路湾全体に対する割合は藻場が3.5%で、磯焼け場は10.6%に達していた。1993年7月2日には、藻場は約1.1ha、磯焼けは約0.9haで、忍路湾全体に対する割合は藻場が7.3%で、磯焼け場は6.1%であった。また、1994年6月29日には藻場が3.4%、磯焼け場は5.7%であった。航空写真による藻場面積は1993年がもっとも広い値を示しており、坪刈り調査結果と異なるが、これは面積による調査と重量による調査とは異なる結果になることを示している。

##### (ウ) 忍路湾における海洋環境条件

###### a 水温

水温調査の結果を図1-4に示す。1992年の忍路湾の水温はいずれの調査地点においても8月下旬から9月上旬にもっとも上昇して23.1°Cに達し、11月中旬以降に10°Cとなった。最低水温は1993年2月中旬にみられ、St.2の0m層および5m層で4.1°Cを記録した。1993年の夏は冷夏で、8月上旬から8月下旬に湾奥部でもっとも高い水温を記録したが最高でも21.5°Cを越えることはなかった。

表1-1 海藻類の密度 (No./m<sup>2</sup>) と現存量 (g/m<sup>2</sup>)

|        |      | ホリメンブ |         | ナツヅカメ  |       |        |        | ホリメンブ |        | ナツヅカメ  |       |        |
|--------|------|-------|---------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|
|        |      | 密度    | 現存量     | 密度     | 現存量   |        |        | 密度    | 現存量    | 密度     | 現存量   |        |
| '92/7  | St.A | 232.0 | 17844.0 | 0.0    | 0.0   | '93/7  | St.A   | 64.0  | 4643.8 | 0.0    | 0.0   |        |
|        | /13  | B     | 28.0    | 624.0  | 28.0  | 2187.2 | /5     | B     | 22.0   | 460.8  | 2.0   | 114.8  |
|        |      | C     | 0.0     | 0.0    | 132.0 | 6643.6 |        | C     | 4.0    | 9.4    | 2.0   | 112.0  |
|        |      | D     | 20.0    | 547.2  | 60.0  | 4242.0 |        | D     | 0.0    | 0.0    | 0.0   | 0.0    |
| '92/10 | St.A | 110.0 | 3772.0  | 0.0    | 0.0   | '93/11 | St.A   | 8.0   | 163.6  | 0.0    | 0.0   |        |
|        | /29  | B     | 106.0   | 1198.2 | 0.5   | 2.0    | /4     | B     | 144.0  | 1591.2 | 0.0   | 0.0    |
|        |      | C     | 0.0     | 0.0    | 0.0   | 0.0    |        | C     | -      | -      | -     | -      |
|        |      | D     | 0.0     | 0.0    | 0.0   | 0.0    |        | D     | 0.0    | 0.0    | 0.0   | 0.0    |
| '93/1  | St.A | 528.0 | 1164.0  | 56.0   | 113.6 | '94/3  | St.A   | 68.0  | 232.0  | 38.0   | 542.0 |        |
|        | /27  | B     | 35.6    | 76.0   | 64.0  | 196.4  | /14.31 | B     | 92.0   | 197.0  | 48.0  | 624.0  |
|        |      | C     | 0.0     | 0.0    | 8.0   | 20.8   |        | C     | 0.0    | 0.0    | 0.0   | 0.0    |
|        |      | D     | 0.0     | 0.0    | 32.0  | 32.0   |        | D     | 0.0    | 0.0    | 312.0 | 2871.0 |
| '93/3  | St.A | 424.0 | 3292.8  | 12.0   | 42.0  | '94/5  | St.A   | 92.0  | 1049.0 | 24.0   | 643.0 |        |
|        | /22  | B     | 120.0   | 965.8  | 128.0 | 1504.0 | /16.20 | B     | 64.0   | 3752.0 | 26.0  | 2950.0 |
|        |      | C     | -       | -      | -     | -      |        | C     | 4.0    | 22.0   | 52.0  | 1943.0 |
|        |      | D     | 0.0     | 0.0    | 0.0   | 0.0    |        | D     | 0.0    | 0.0    | 6.0   | 127.0  |
| '93/5  | St.A | 60.0  | 7181.8  | 2.0    | 143.0 | '94/7  | St.A   | 50.0  | 2945.0 | 8.0    | 664.0 |        |
|        | /17  | B     | 112.0   | 6130.0 | 7.5   | 2221.8 | /7     | B     | 84.0   | 1677.0 | 12.0  | 1444.0 |
|        |      | C     | 0.0     | 0.0    | 4.0   | 181.2  |        | C     | 0.0    | 0.0    | 0.0   | 0.0    |
|        |      | D     | 0.0     | 0.0    | 16.0  | 1150.0 |        | D     | 0.0    | 0.0    | 0.0   | 0.0    |
|        |      |       |         |        |       |        | '95/3  | St.A  | 360.0  | 5440.0 | 24.0  | 189.6  |
|        |      |       |         |        |       |        | 27     | B     | 160.0  | 476.0  | 122.0 | 634.6  |
|        |      |       |         |        |       |        |        | C     | 56.0   | 53.6   | 52.0  | 381.4  |
|        |      |       |         |        |       |        |        | D     | 16.0   | 20.2   | 124.0 | 949.6  |

注：-は波高のため未調査

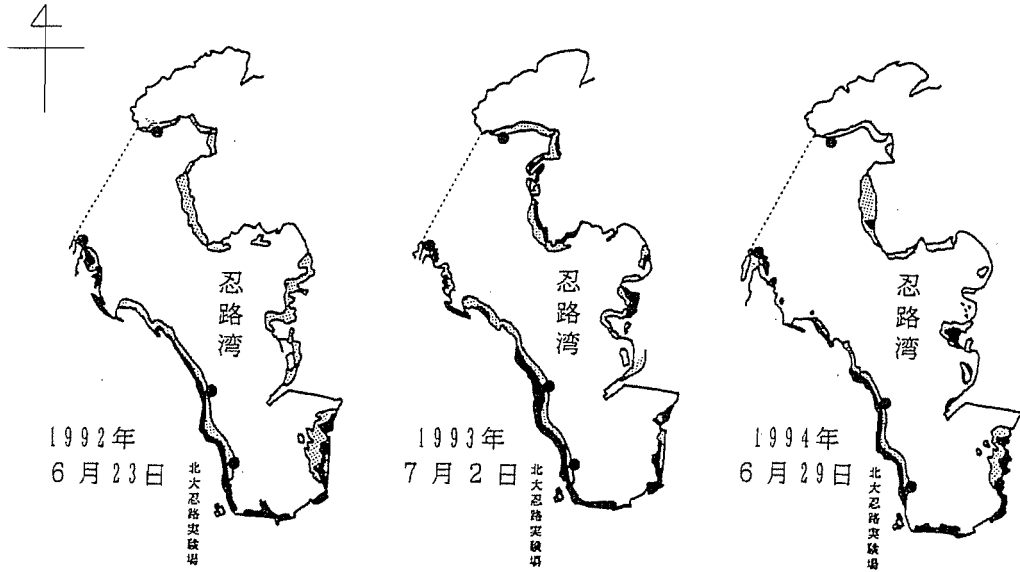


図1-3 航空写真による1992~94年の忍路湾における藻場（塗りつぶし部分）および磯焼け場（網かけ部分）の分布状態  
●は植生・動物調査点を示す

10°C以下となったのは1992年と同じ11月下旬であった。1994年2月上旬から中旬にかけて5°Cを下回り、最低水温4.5°Cを記録した。この夏は前年とは逆に記録的な猛暑となり、8月下旬から9月上旬にかけて最高24.6°Cに達したが、10月以降は平年並みで推移し、前年および前々年同様11月下旬に10°Cを下回った。

#### b 塩分

塩分調査の結果を図1-5に示す。忍路湾での表面の塩分値は通常32~34psuで変動するが、4月から5月にかけての雪解けには20psuを下回ることもある。これは湾奥部（St.1）だけでなく湾中部（St.2）や湾口部（St.3）においても顕著にみられる。5m層の塩分もほぼ同様な値で推移するが、やはり雪解け時には、St.1やSt.2で32psuを下回ることもあり、雪解けの影響は湾中部の5m層まで及んでいることがわかった。また、忍路湾における塩分値は天候による影響を受けていることもわかった。たとえば38mmの雨量があった翌日の観測では、湾奥から湾口部まで通常の32~33である表面塩分が23~27まで下降しており、河川水の影響は湾口部まで達していた。

#### c 透明度

忍路湾における透明度は季節変化よりも天候に影響されていた。湾口部（St.3）では夏の静穏な

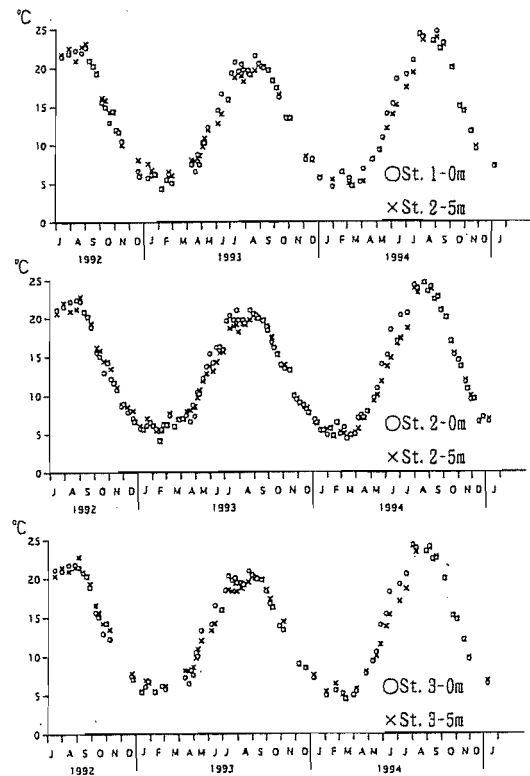


図1-4 忍路湾における水温の変動

日に15mを超える透明度が観察され、この時、湾中部（St.2）では透明度板は着底した。冬の1~2月にもSt.3で17mを超える透明度が観察された。4月から5月上旬にかけてのブルーミング時期には10mを超えることはなかった。

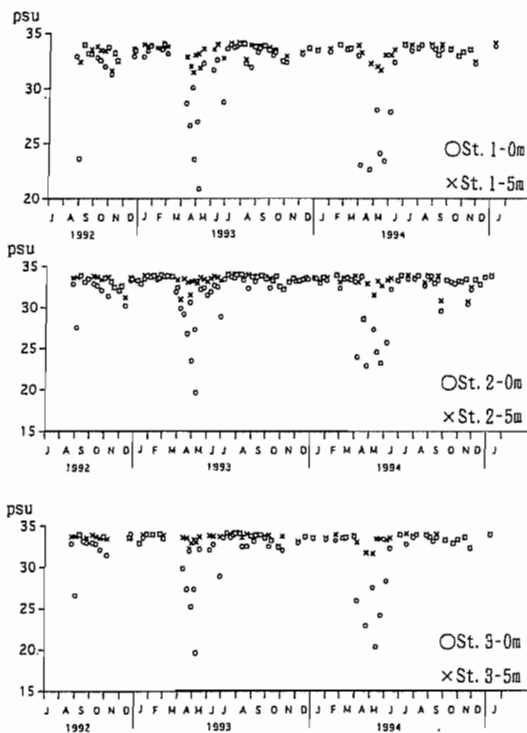


図 1-5 忍路湾における塩分の変動

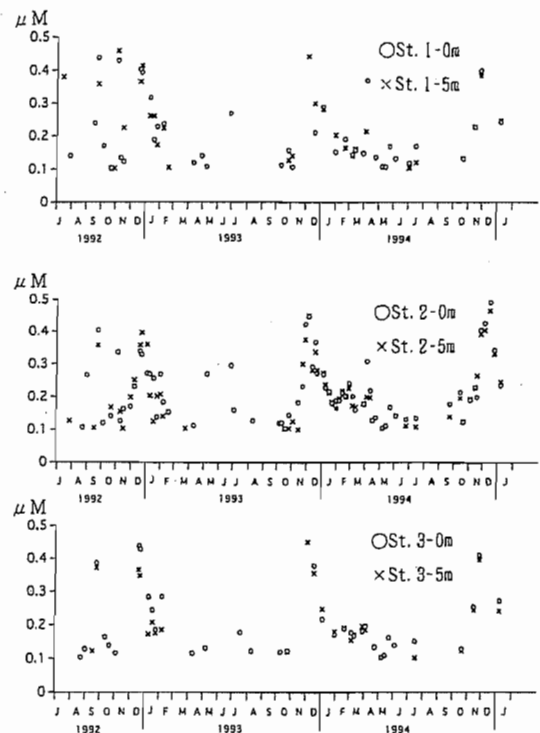


図 1-6 忍路湾におけるNO<sub>2</sub>-Nの変動

d 栄養塩

忍路湾におけるNO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-Nの濃度を図1-6および1-7に示す。これらは、いずれの測定点、深度においても11月上旬から上昇し始め4月上旬に減少する。そのピークはNO<sub>2</sub>-Nについては12月下旬から1月上旬, NO<sub>3</sub>-Nについては5m層で2月上旬, 表面では4月中旬というように若干のずれがみられた。また、深度によって高い値の持続期間にも差異がみられた。NH<sub>4</sub>-Nについてはほとんど検出をみなかった、まとまった降雨のあとに高くなる傾向がみられた。たとえば1992年9月1日のNH<sub>4</sub>-N濃度は湾奥部表面で2.2μM, 5m層で1.39μMまで、湾口部表面でも1.52μMまで上昇したが、湾口部の5m層では0.36μMであり、このときの塩分の結果と併せて河川水の影響は湾中部から湾口部では表面に留まることがわかった。

e Ch1.a

Ch1.a量は1992年9月から測定を開始した。分析結果を図1-8に示す。Ch1.a量は同年9月下旬には湾奥部の表面で最高2.93μg/lを示した後は、いずれの観測点においても濃度は減少した。1993年からは年を通じて観測を継続し、その結果、Ch1.a量は5m層で各測定ともに3月から4月にピー

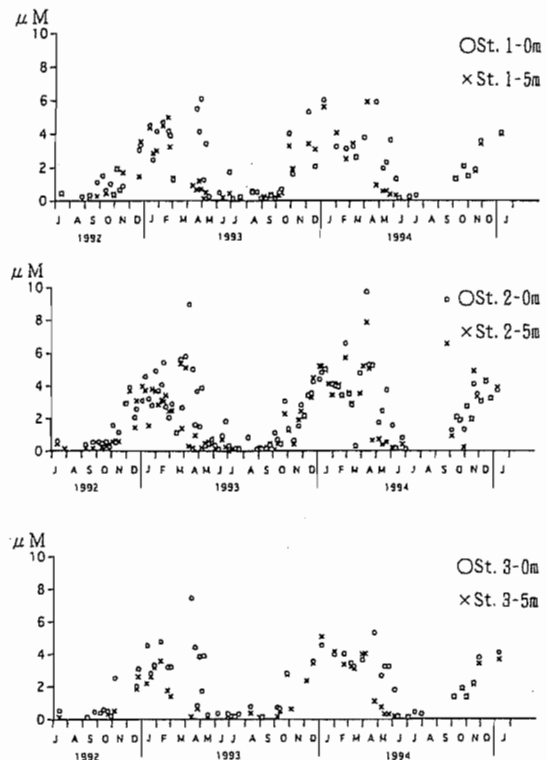


図 1-7 忍路湾におけるNO<sub>3</sub>-Nの変動

クがみられるが、表面ではこの時期に低いことがわかった。湾奥部の表面では6月以降に頻繁に増減を繰り返していた。

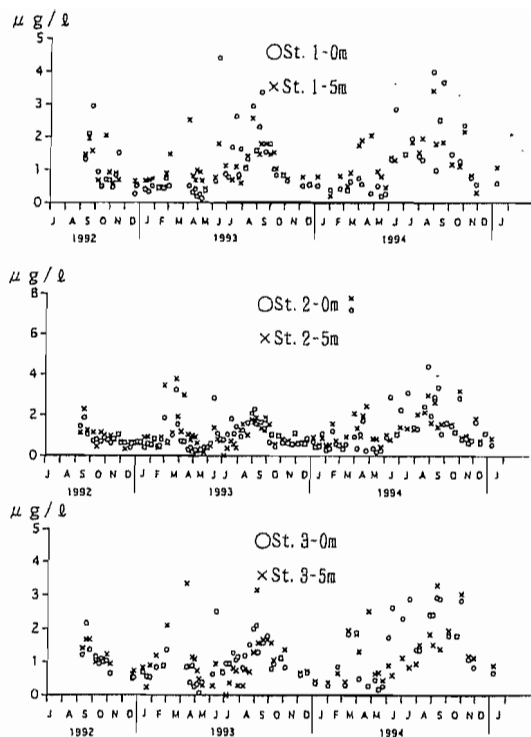


図1-8 忍路湾におけるChl. aの変動

## 工 考 察

### (ア) 海藻植生の変化・磯焼けと対馬暖流

海藻の繁茂状況に関連して、経験的に冬場（2月頃）の水温が低ければ夏場（5～6月頃）の海藻の繁茂状態がよいといわれている。これは、一つには水温が低いことは栄養塩が豊富であるということ、もう一つはコンブやワカメの幼芽体が発芽する2月頃に水温が5℃を下回ると、これらの海藻を摂餌するウニの行動が鈍る、つまり摂餌圧が減少することが、冬場に発生した幼芽体の生長の促進および保護になるという理由である。しかし、ホソメコンブの光合成活性と水温の結果からみても、水温の低下は寒冷性のコンブ類の成長にとってそれほど大きな問題ではなく<sup>1)</sup>、ホソメコンブ幼芽体の成長速度は5℃前後であれば水温が低くても高くてもあまり差はない<sup>2)</sup>ということから、冬場の水温と翌年の海藻の繁茂状態については、水温の高低が直接生長へ影響を及ぼすというよりも、水温変動が環境要因に何らかのインパクトを与え、それが繁茂状況に影響を及ぼすと考える方が妥当である。たとえば1984年のように年頭の水温が低く、その年の海藻の量が豊富であったと経験に即した年（ただし、夏場の海藻量は前年

秋に発生するウニの量にも関連してくるので、必ずしも100%の相関があるとはいえない）がある中で、1994年のように2月の水温が平年並みで、その頃の幼芽体の量が少ないという条件においても、夏場の海藻量は平年並みという例もあるなど（これは発芽時期の遅れで説明しているが）、海藻の量については説明に苦慮することが多いが、これは水温変動と海藻量の間には他の要因が介在することを考えれば当然だと思われる。

これらのことはじつは水温の変動と海藻量の年変動についての説明である。磯焼けとは海藻が繁茂しない、もしくは極端に悪い状況が長期的に継続する現象であるので、磯焼けの原因解明については水温を含めた環境要因の長期的変化の解析が必要である。昨今の海水の温暖化により、水温が高いために海藻量が減少するというのが長期的に継続しているのが磯焼けだという説もあるが、日本海沿岸のようにすでに磯焼けがかなり進行した地域において、磯焼け以前から継続して環境要因の調査が行われている例は、一部海域の水温のほかになく、原因の決定的究明の決め手に欠けているのが現状である。今回の3年間の坪刈り調査から、海藻の現存量は1992年がもっとも多く1993年、1994年が平年並みという結果が出ているが、1992年始めには、まだ調査が開始されておらず、関連は推測できていない。また、1993、1994年はそれぞれ冷夏、猛暑を記録した年であるが、いずれも夏場の水温に影響があっただけで、漁業対象となる群落を形成する胞子体出現の中心時期である11～12月の2か月間の水温はほぼ平年並みに推移しており<sup>3)</sup>、これだけでは海藻量の増減に及ぼす水温の影響の推測、およびそれに続く磯焼けとの関連の推測は困難であった。

日本海の沿岸域の水温がもっとも影響を受けるのは対馬暖流の動向である。大谷・八田<sup>4)</sup>および八田・大谷<sup>5)</sup>は、津軽海峡を抜ける対馬暖流の量は一定であり、全体量が多い時は北上流量も多い、したがって対馬暖流の勢力が強い場合は北海道日本海は高温・低栄養塩の環境になり、1次生産の低下を招き、これが磯焼けにつながっているとしている。たしかに、日本海沿岸域でニシンの来遊が見られていた昭和28年以前の冬季間の水温が低かったこと<sup>1)</sup>、1954年以前のプランクトン組成は

純寒流種群から北方冷水種群が卓越し、1955年以降では北方温暖種群に変わっていることなどの記録<sup>6)</sup>があり、また、1940年以降北海道の西海岸の降水量が非常に減少したこと、1945年以降札幌の冬季気温においてマイナス10°C以下の日数が減少したことなどからみても、1950年代の対馬暖流における冬季間の水温条件に何らかの変化が起こった可能性は強い。コンブ生産量についても1920年代から1950年代末にかけて北海道日本海沿岸の生産量が一桁も減少したこと<sup>7)</sup>から、対馬暖流の水温条件が変化した時期と磯焼けが顕在化した時期は一致する。最近では低水温が磯焼けの持続要因であるといわれる無節サンゴモの表層剥離作用を緩慢にするとか、孢子形成を抑制するという報告<sup>1)</sup>もあり、今後とも長期的な水温を中心とした環境要因の変動と磯焼けとの関連をモニターする必要があるのであろう。

#### (イ) 対馬暖流と忍路湾における栄養塩動態の特徴

対馬暖流系水は、おもに日本海南側の本州寄りを北上し、平均的にみれば津軽海峡で暖流流量の3分の2以上が太平洋に流出し、残りの流量は北海道西岸沿いを北上し、一部が宗谷海峡からオホーツク海に流出する<sup>8)</sup>。対馬暖流の栄養塩の供給は冬季の鉛直混合による下層からの補給と対馬海峡における東シナ海から朝鮮半島の沿岸の富栄養水の取り込みである<sup>9)</sup>。その栄養塩、とくに沿岸の混合層での $PO_4 - P$ 、 $NO_3 - N$ 、 $NO_2 - N$ の濃度は冬季にもっとも高くなり、1972~1988年まで越前岬沖定線 (PMライン) において調査した結果<sup>9)</sup>では、それぞれ $0.4 \sim 0.6 \mu M$ 、 $4 \sim 8 \mu M$ 、 $0.1 \sim 0.5 \mu M$ を示した。筆者らも1993年から日本海の北緯42度30分ライン (J4ライン) の定線観測を継続して行っている (未発表) が、同年3月のもっとも沿岸寄り定点 (J41) の100m深までの混合層における $PO_4 - P$ 、 $NO_3 - N$ 、 $NO_2 - N$ の濃度は、それぞれ $0.39 \sim 0.40 \mu M$ 、 $3.7 \sim 3.8 \mu M$ 、 $0.08 \sim 0.11 \mu M$ で、今村らの結果とほぼ同様な結果を得た。今村らを得た結果が現在でもほぼ同レベルだとすると、対馬暖流の栄養塩は供給と消費を繰返し、北海道西岸の14ラインあたりまでほぼ同じ濃度となっていると推測できる。なお、1993年春季のChl. a量は3月下旬から4月上旬にかけて最大値で、したがっ

て、J4ラインにおける栄養塩濃度は、ブルーミング前の濃度と思われ、日本海の冬季の栄養塩濃度を反映していると推測できる。忍路湾においては時化や大雨の影響により湾内の環境が一変するので一概に比較はできないが、1993年冬季の静穏期の $PO_4 - P$  (図1-9)、 $NO_3 - N$ 、 $NO_2 - N$ の濃度は、それぞれ、 $0.5 \mu M$ 前後、 $3 \sim 5 \mu M$ 前後、 $0.1 \sim 0.3 \mu M$ 前後となり、対馬暖流の栄養塩濃度をよく反映しているように思われる。また、この時期の無機三態窒素総量 ( $NO_3 - N + NO_2 - N + NO_4 - N$ ) と $PO_4 - P$ の比 (N/P比) はおおむね10前後で推移しているが、時により大きく増減することがあり、これもまた、忍路湾の環境が短時間で変化することを示している。なお、 $NO_3 - N$ の濃度は春季の湾口部で高い値を示し、4月に湾奥部で高くなるという従来の知見<sup>10)</sup>とは異なる結果を得た。

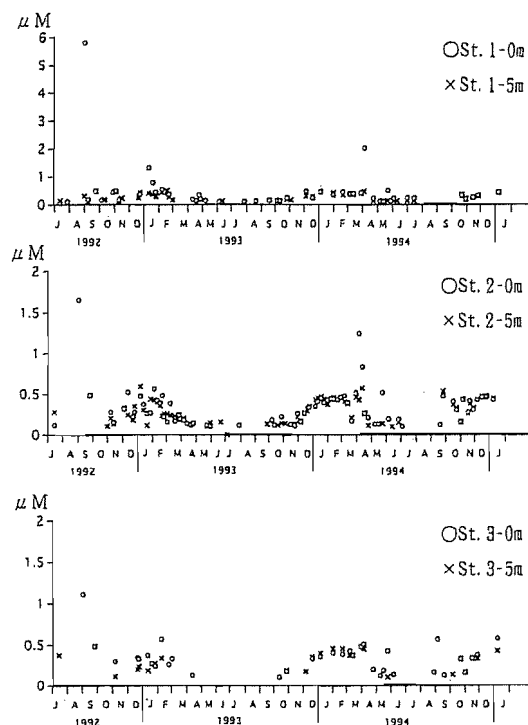


図1-9 忍路湾における $PO_4 - P$ の変動

夏季における対馬暖流域の栄養塩濃度は逆に低い値を示す。今村ら<sup>9)</sup>のPMラインの結果では、表面における $PO_4 - P$ 、 $NO_3 - N$ 、 $NO_2 - N$ の濃度は、それぞれ $0.05 \sim 0.1 \mu M$ 、 $0.1 \sim 1 \mu M$ 、 $0.03 \mu M$ 以下であった。筆者らのJ4ライン調査 (未発表) では、8月のJ41の表面で $PO_4 - P$ 、 $NO_3 - N$ 、 $NO_2 - N$ の濃度が、それぞれ $0.02 \mu M$ 、 $0.2 \mu M$ 、 $0.02 \mu M$ で、さ

らに忍路湾ではほとんどの栄養塩が検出限界値以下となる。忍路湾では、夏季に天候が穏やかな際には、表層に高温低鹹な水が分布し、同時に低温高鹹な沖合水が湾口から底層に侵入するのが典型的な分布様式であるが、強風が吹くと成層は乱れ、湾全体が比較的単調な環境条件となる<sup>11)</sup>というように、夏季の忍路湾では、日本海の栄養塩濃度を反映してかなりの貧栄養状態になることがわかった。N/P比は $PO_4 - P$ の値が検出限界値以下になることが多いので計算できなかったが、検出された場合でも5以下となっていた。

しかし、忍路湾における栄養塩の挙動が陸域とくに河川や天候あるいは融雪水などの影響を受ける。前述のように $NH_4 - N$ は調査期間を通じてほとんど検出されなかったが、まとまった降雨のあとに高くなる傾向がみられており、これは陸域からの河川水の影響と思われ、塩分の分布と併せて、河川水の影響は湾中部から湾口部の表面までいたることがわかった。また、たとえば1993年の3月18日の調査のように、前述のJ4ライン調査の2日後の調査で、当日は忍路湾でかなりの時化になり、 $PO_4 - P$ や $NO_3 - N$ の濃度はそれぞれ0.17 (0 m) ~ 0.23 (5 m)  $\mu M$  および1.1 (0 および 5 m)  $\mu M$  に低下していたような例もある反面、他の時期の

調査では、時化であっても栄養塩の低下がみられない場合もあり、様々な要因により複雑に栄養塩の分布が変化することがうかがわれた。とくに忍路湾のように固有の潮流はなく、気象条件に起因した風だけが海水の移動に関係している<sup>12)</sup>のであれば、気象条件が変化しやすい湾内も相当の環境条件の変化が生じていると思われる。

(ウ) 海藻群落の植生変化と環境条件との関連  
忍路湾における動物や植物に関する生態的調査・研究は古くから盛んに行われているが、湾内での栄養塩の挙動に関する報告は少ない。前述のように対馬暖流の海洋条件が変化し、忍路湾内の栄養塩濃度が対馬暖流の海洋条件、とくに水温の変動を反映するのであれば、忍路湾における海藻植生の変化は対馬暖流そのものの変動の結果としてみることができる。

対馬暖流と忍路湾の海藻量との関連は今回の短期間の調査にも現れている。繁茂状況がもっともよかった1992年は、北海道における100m層の6℃等水温線から推定した対馬暖流の勢力が弱い年に相当する(図1-10)。このことから、対馬暖流、とくに4月から6月にかけての勢力の強弱が忍路湾の海藻の生育に何らかの影響を与えていると考えることもできる。この結果をみても、海藻

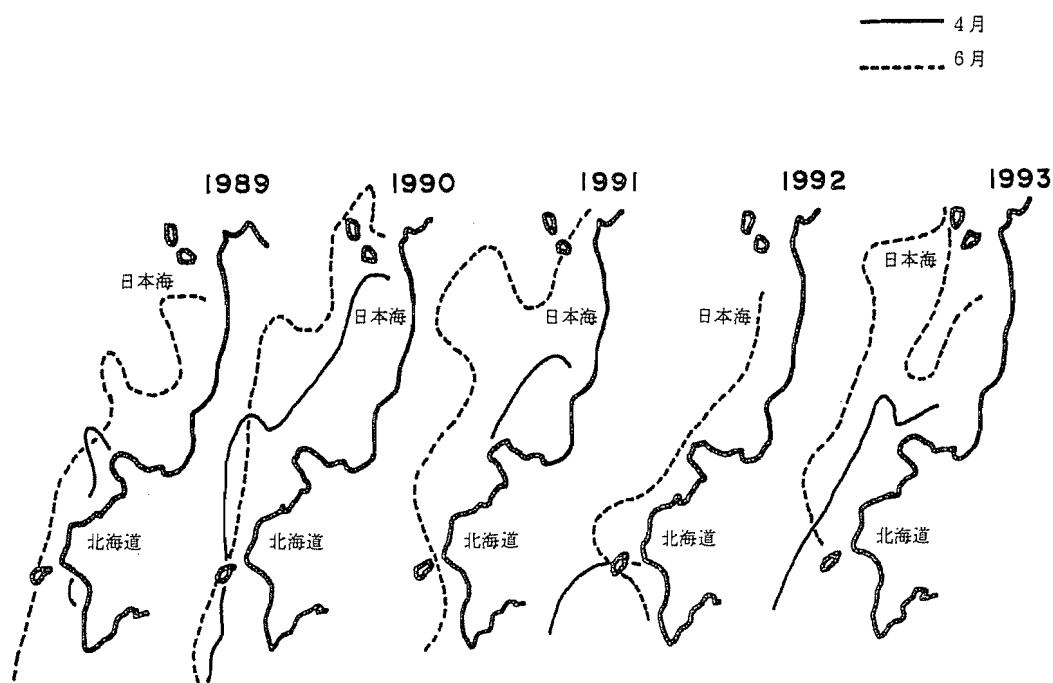


図1-10 北海道西岸における対馬暖流の動向(100m層の6℃線を基準とする)



繁茂状況だけでなく磯焼けの発生も、やはり長期的にみて対馬暖流の変動と何らかの影響があると思われる。しかし、対馬暖流の中の水温が海藻の生長に直接的な影響を及ぼしているのか、あるいは水温が上昇することにより栄養塩濃度の低下を招いたり、他の二次的な環境変化を引き起こしたりした結果として磯焼けが発生しているかどうかは判別するにいたっていない。さらに、忍路湾では短時間においても植生は変化するし、今回の調査のような海藻植生の年変動についても、湾内の水温や栄養塩の分布だけでは説明できない。日射量の影響<sup>13)</sup>も無視できない。忍路湾という限られた空間内において海藻群落の植生変化と環境条件との関連を明らかにするのであれば、湾内における栄養塩や日射量などの海洋条件の細かい分布状態や、長期にわたる海藻植生の変化の観察が求められている。

#### オ 今後の問題点

海藻群落の植生変化と環境条件との関連を明らかにすることについては、調査海域がすでに磯焼け状態になっていることと、既往の知見が断片的にしか存在しなかったことにより、磯焼け進行度を植生変化から把握することは困難であった。今後は磯焼けが進行しつつある海域を対象にこの種の調査・研究を実施することが必要であると思われる。

#### カ 要 約

北海道日本海沿岸の石狩湾湾奥に位置する忍路湾において、環境条件の周年変動と海藻植生の季節的变化を1992年から3年にわたり調査し、環境条件の変動と植生の変動との関連を推察した。

(ア) 忍路湾に設けた植生調査点においては、ホソメコンブとナンブワカメが卓越して発生していた。ホソメコンブの現存量は季節や湾の地形により変化するが、ナンブワカメの現存量は季節変化は認められるものの、地形による変化は認められなかった。

(イ) 航空写真から判読した忍路湾の海域総面積は約15haであり、そのうち藻場の割合は3.4~7.4%、磯焼けは5.7~10.6%で、日本海における典型的な磯焼け状況を呈していた。

(ウ) 春季および冬季における海洋環境は海藻類の生育に大きく影響すると一般的に考えられて

いるが、調査年度における冬季から春季の海洋環境には著しい年変化は認められなかった。

(エ) 春季は、NO<sub>3</sub>-Nが湾口部で高く、従来の知見とは異なった結果が得られた。

(オ) 春季における水温は、ホソメコンブの現存量がもっとも高かった湾奥の表面でもっとも低く、ホソメコンブの生育に強く影響しているものと考えられた。

(カ) 忍路湾の海藻の繁茂状況は、調査期間の中では1992年がもっともよく、これは北海道日本海における100m層6℃等水温線から推定した対馬暖流の勢力が弱い年に相当する。このことから、対馬暖流、とくに4月から6月にかけての勢力の強弱が忍路湾の海藻の生育に何らかの影響を及ぼしていると推測した。

(キ) 海藻群落の植生変化と環境条件との関連を明らかにすることについては、調査海域がすでに磯焼け状態になっていることと、既往の知見が断片的に存在するのみであったことにより、磯焼け進行度を植生の変化から把握することは困難であった。今後は磯焼けが進行しつつある海域を対象にこの種の調査・研究を実施することが必要であると思われる。

#### キ 文 献

- 1) 松山恵二：北海道の磯焼け対策，育てる漁業，217,2-12 (1991)
- 2) 岡田行親・三本管善昭・町口裕二：マコンブ，リシリコンブ，オニコンブ，ホソメコンブおよびナガコンブ幼芽胞体の生長ならびに形態と培養温度との関係，北水研報告，50，27-44 (1985)
- 3) 阿部栄治・松山恵二・辻寧昭：忍路湾におけるホソメコンブの群落形成，北水試報，24，41-50 (1982)
- 4) 大谷清隆・八田光代：磯焼け問題と対馬暖流北海道西岸北上流の変動，日本海洋学会秋季大会講演要旨集，257-258 (1992)
- 5) 八田光代・大谷清隆：対馬暖流の北上流と津軽暖流への分岐，2. 日本海洋学会秋季大会講演要旨集，267-268 (1992)
- 6) 飯塚篤・田村真樹：マイクロ・プランクトンを指標としてみたニシン産卵場の生物環境の経年変化と近年の特性について，水産庁（ブ

- リント印刷), 1 - 14 (1960)
- 7) 大谷清隆・大西光代: 北海道南西沿岸のこんぶ生産量の春ニシン漁獲量と沿岸水温による重回帰分析, 海の研究, 4(3), 175 - 185 (1995)
- 8) 木谷浩三: 日本海周辺海域における水塊の特徴について, 漁業資源研究会議報, 29, 19 - 28 (1995)
- 9) 今村正直・榎原資嗣・沖村英幸・角野康二: 対馬暖流の栄養塩について, 海と空, 66(2), 93 - 111 (1990)
- 10) 中央水試: 水族の増殖に関する試験研究, in 昭和55年度事業成績書。北海道立中央水産試験場編, 39 - 47 (1981)
- 11) 安楽正照: かいあし類のマイクロ・ディストリビューションに関する一考察, Bull. Plankton Soc. Japan. 22, 1 & 2 (1975)
- 12) 阿部英治・名畑進一・垣内政宏: ホソメコンブの群落形成が阻害される原因についての一考察, 北水試研報, 35, 37 - 60 (1990)
- 13) 船野 隆: ホソメコンブの生態 第2報 小樽市忍路湾の年齢と着生地異なる個体群の生態, および総合考察, 北水試報, 25, 111 - 186 (1983)
- (八木宏樹)