

## 千葉県小湊における潮下帯海藻植生の構造と遷移

今野 敏 徳

(東京水産大学資源育成学科)

海藻植生の構造や遷移と環境要因との関係を明らかにすることは、有用海藻類の増殖技術や藻場の造成・保全技術を確立するための基礎として重要な意義を持つ。しかしながら、この分野での研究においては、海中作業を余儀無くされて調査測定に困難を伴うために有効な資料を十分に得られない場合が多く、応用面への展開が可能となるような成果が得られた例は数少ないのが現状である。

筆者は1972年以来、房総半島南東岸の内浦湾湾口に位置する千葉大学理学部附属臨海実験場(千葉県天津小湊, 1985年までは東京水産大学に所属)禁漁区内のヘイト支湾の潮下帯において、海藻植生の構造と遷移に関する調査研究を実施してきた。以下にこれまでに得た結果の概要を述べる。なお、本稿の大部分は未発表資料にもとづくが、詳細については稿をあらためて別途報告する予定である。

### 1 潮下帯海藻植生の構造におよぼす水深、波浪、底質の影響

ヘイト支湾は湾奥から湾口までの距離が約130m、湾口の幅が約80m、湾口部の水深が約6mの南東に開口する小湾である(図1)。波浪は南から侵入し、湾口から湾奥にかけて次第に小さく、また北東岸よりも南西岸のほうがやや小さい。底質は、湾の両側の斜面は岩礁であるが、海床面は斜面に連なる岩礁の露頭のほかに大小の転石や砂礫が混在して錯雑としている。潮下帯には、海床面南西岸寄りの一部の砂礫域を除くと、ほぼ全域にわたり多種のホンダワラ類やアラメ、カジメの繁茂するガラモ場あるいは海中林が発達している。

湾内外の潮下帯海藻植生の構造を明らかにするために、岩礁斜面では南西岸の湾奥から湾外にかけて6測線を設けて帯状トランセクト法により、また海

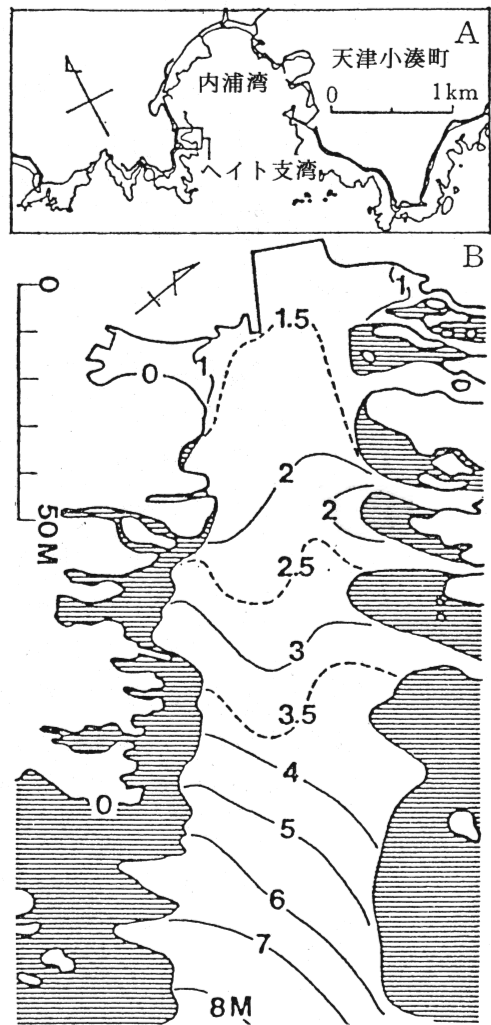


図1 (A)ヘイト支湾の位置。(B)海底地形。横線部は平均海面下の岩礁斜面、数字は海床面における水深(平均海面下)を示す。

床面では全域をカバーするよう多数の測点を設けてコドラート法により、出現種の被度測定を実施した。なお調査は、岩礁斜面では湾軸に対してほぼ直角にのびる尾根筋(岩礁の張出し部)の傾斜角度30度未満の平坦な岩面に生育する海藻を、海床面では岩礁露頭と長径50cm以上の安定した大形基質の上面平坦部に生育する海藻を対象とした。

調査および観察結果にもとづき、植生景観を最も大きく左右する大型海藻優占種によって区分した群落の分布図を岩礁斜面(図2)と海床面(図3)とに分けて示した。岩礁斜面での分布に関しては、急傾斜の崖や谷の部分での測定を欠いている。また海床面での分布に関しては、小形で転がりやすい不安定な基質での測定を欠いている。したがってこの両図は、現実のヘイト支湾の植生景観を忠実に写しとったものではない。しかしながら、このような微地形の影響を排除することによって、ヘイト支湾の基本的な植生構造を読み取ることができる。

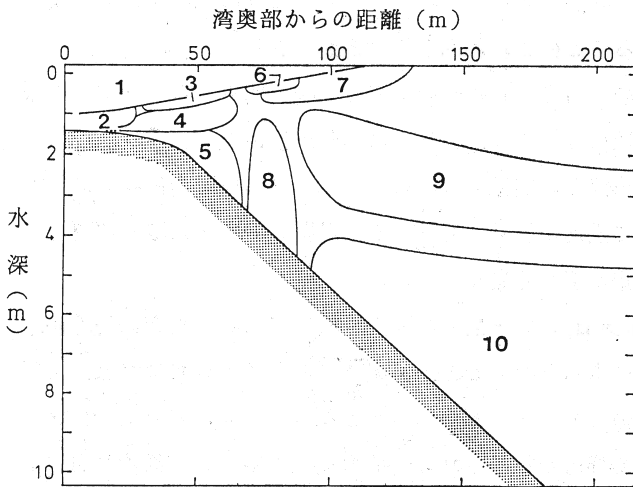


図2 ヘイト支湾南西岸の岩礁斜面における大型海藻(群落)の分布。水深は平均海面下。1ヒジキ, 2ヨレモク, 3ホンダワラ, 4ヤツマタモク, 5マメタワラ, 6イソモク, 7アズマネジモク, 8ノコギリモク, 9アラメ, 10カジメ。(今野ら 1985)

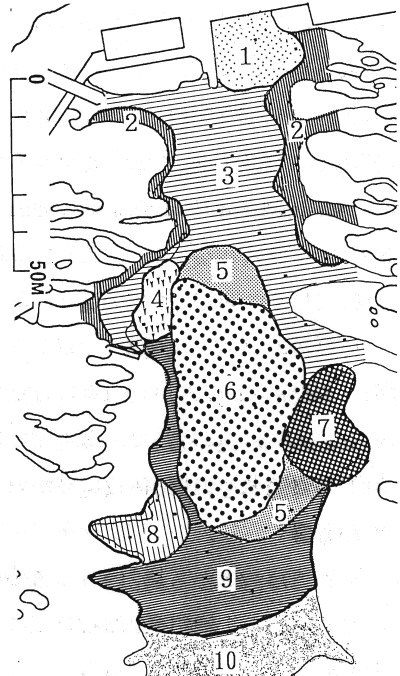


図3 ヘイト支湾海床面における大型海藻群落の分布。1マメタワラ・ヤツマタモク・オオバモク群落, 2ヨレモク・ヤツマタモク群落, 3マメタワラ・ヤツマタモク群落, 4オオバモク群落, 5ノコギリモク・アラメ群落, 6ノコギリモク群落, 7ノコギリモク・トゲモク群落, 8オオバモク・アラメ・カジメ群落, 9ノコギリモク・オオバモク・アラメ・カジメ群落, 10カジメ群落。(今野ら 未発表)

図2は岩礁斜面に生育する各種について相対被度75%以上の範囲(優占域)を示したもので、図中の各種をそれぞれが優占する群落と置き換えてさしつかえない。この図で明らかのように、岩礁斜面では湾内の水深約5m以浅では全域が各種のホンダワラ類の優占するガラモ場、湾口から湾外部では水深4m前後の幅の狭い移行域(混生域)をはさんでそれ以浅ではアラメ場、それ以深ではカジメ場となっており、湾内と湾口・外部とでは移行域をはさんで植生が著しく異なっている。ヘイト支湾のような開放的な小湾では内外の水質にそれほど顕著な差はない。また、禁漁区であるため過去の長い期間漁業活動の影響も受けていない。このような点を考慮すると、湾内と湾口・外部の植生にちがいをもたらしている最大の原因は、波浪条件の差にあると結論してよいであろう。また、波浪は湾奥から湾口にむけて次第に大きくなるという点に注目すると、ガラモ場内においてもホンダワラ類各種の分布が水深および波浪によって支配されていることがよくわかる。さらに図2からは、波浪が大きくなるにつれて極浅所で優占するホンダワラ類数種の生育帯は上方に押し上げられ、アラメ、カジメの生育帯は下方に押し下げられていることがよみとれる。なお、アラメ帯より上部の水深約2m以浅は、サンゴモ類オオシコロの密生帯となっており、大型海藻が全くみられない。これはその場の波浪条件が、大型海藻の生育には不適なほど過酷であることの表れとみなすことができる。

図3は海床面の大形基質上に成立する群落の分布を示したものである。図で明らかのように、海床面では優占種を単一種に特定できる群落は少数にとどまり、大部分は複数の優占種を含む混生群落で占められている。また、群落の分布と水深や波浪との関係も容易には把握しがたい。岩礁斜面での群落は移行域を除くと優占種を明瞭に特定できて識別が容易であり、かつ群落の分布と水深、波浪との関係が明瞭であるのに対して、海床面では様相が著しく異なっている。

海床面と岩礁斜面の植生構造にちがいをもたらしている最大の要因は底質である。資料は省くが、岩礁や転石、礫、砂などの基質分布図を図3に重ね合わせると、海床面での群落の分布は水深、波浪条件の影響をうけながら基質分布と密接に関係していることが明らかとなった。大形基質上とはいえ海況悪化時には周囲の砂礫や転石などによって群落が攪乱される。その攪乱の度合いが群落分布に影響しているといつてよいのであろう。

## 2 ガラモ場、カジメ場の群落構造におよぼす基質安定度の影響

海藻植生が発達する岩石域では、岩礁、転石、礫、砂など多様な基質が混在して、底質が不均一である場合が多い。このようなところでは、前項でふれたように群落の分布は基質の分布に大きく左右される。そこで、底質が著しく不均一で多様な基質がモザイク的に分布する水深3.5mのオオバモク優占域と水深6~7mのカジメ優占域に調査区を設定して、基質条件が群落構造にどのような影響を及ぼしているかを調査した。基質はその長径によりⅠ(1~5cm)、Ⅱ(5~12.5cm)、Ⅲ(12.5~25cm)、Ⅳ(25~50cm)、Ⅴ(50cm以上)の5段階に区分し、さらに各階級の基質を手で動かせるか否かによって可動石、不動石の区別を行い、測定は基質階級、類型ごとに実施した。

両調査区ともに植被率は基質階級が高まるにつれて増加し、また同じ基質階級であれば可動石よりも不動石の方が大きな値を示した。出現種数は、被度や頻度が著しく小さい偶在種ともいべきものを除くと、基質階級Ⅲで最も多く、ⅠまたはⅤに向かうにつれて減少する傾向を示した。

図4に両調査区の基質階級，類型ごとの大型海藻各種の被度の变化を示した。種により，また同じ種でも調査区によって变化のパターンが異なること，オオバモク区のコギリモクとカジメ区のカジメは，種は異なるけれども变化のパターンがほぼ同じであることがわかる。

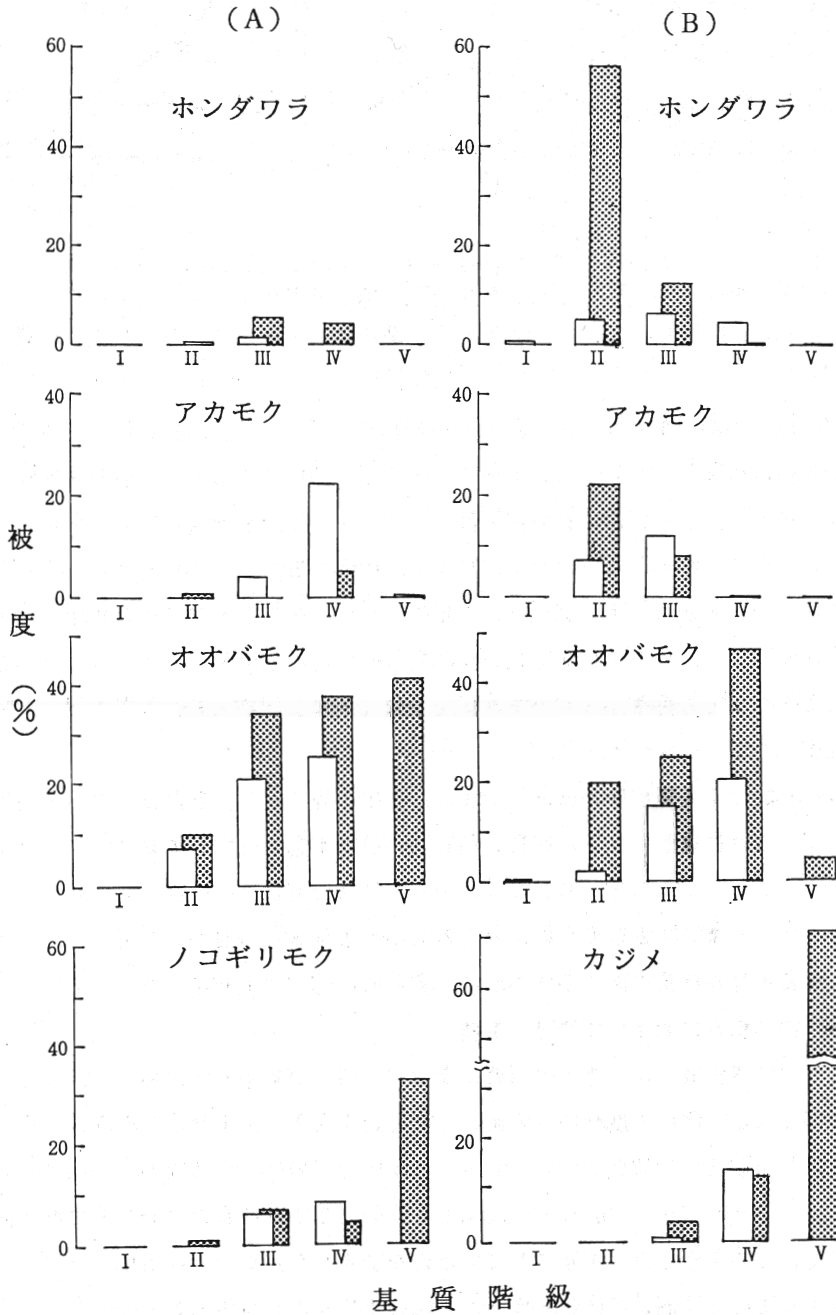


図4 オオバモク区(A)とカジメ区(B)における基質階級に伴う大型海藻各種の被度の变化。白抜きは可動石，網目は不動石。(今野ら 未発表；今野 1977)

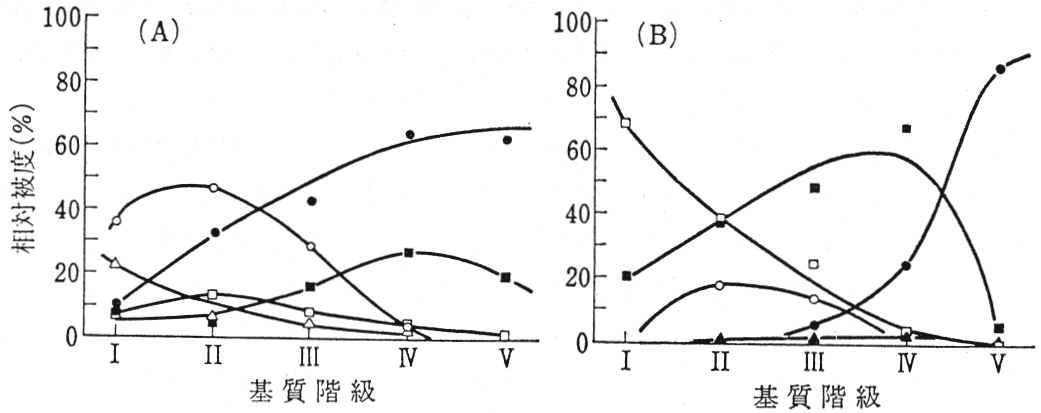


図5 カジメ区における基質階級に伴う生活型(A)および大型海藻(B)の相対被度の変化。基質階級は本文参照。(A)△微小型海藻, □小型一年生海藻, ■小型多年生海藻, ○大型一年生海藻, ●大型多年生海藻, (B)□ホンダワラ, ○アカモク, ■オオバモク, ▲ノコギリモク, ●カジメ (アラメを僅かに含む)。(今野ら 未発表; 今野 1977)

図5はカジメ区での調査をもとに、可動石と不動石を一括して基質階級に伴う各生活型および大型海藻各種の相対被度の変化を示したものである。生活型についてみると、基質階級が増すにつれて微小で短命な海藻群から大型で寿命の長い海藻群へと優占生活型が順次入れ替わっている。また、大型海藻の種についてみると小形基質ではホンダワラが、中形基質ではオオバモクが、大形基質ではカジメが優占しているのがわかる。ホンダワラは1年生、オオバモクとカジメは多年生で、茎部の長さはホンダワラ、オオバモク、カジメの順で長い。基質階級と優占生活型、および優占種の寿命や体形との間にみられるこのような関係はオオバモク区でもほぼ同様に認められ、両者の間には密接な関係のあることが推察される。

小さな基質(小礫)は不安定で頻繁に反転や埋没、露出を繰り返す、群落はそのつど破壊、再発を余儀なくされる。これに対して大きな基質(巨石、岩礁)は不動で安定しており、群落は十分に発達することができる。こうしてみると、基質傾度に沿った群落の変化はその場における群落の遷移過程を反映しているといつてよい。安定度合いが異なる大小さまざまな基質が入り混じっている海底では、遷移段階の異なる多様な群落の断片がその場の基質配置に応じてモザイクをなしているのである。

### 3 カジメ場の群落構造におよぼす漂砂の影響

岩礁と砂質の混じる海底では、漂砂の影響によって群落の植被率や優占種などが異なっている場合がしばしば観察される。漂砂の度合いは岩礁の基部で最も大きく、上部にむかうほど小さい。そこで前項と同じ水深7m前後の砂質底を混じえたカジメ場内で、岩礁面の基部からの高さを0~5, 5~12.5, 12.5~25, 25~50, 50~100, 100~150cmと6区分してそれぞれの区分ごとに群落測定を実施し、漂砂が群落構造にどのような影響を及ぼしているかを調査した。なお、群落構造は岩面の傾斜角度によっても影響されるので、測定は傾斜角度30度未満の平坦な面を対象として行った。

植被率は岩面の高さが高くなるにつれて増加した。出現種数は12.5~25cmの高さで最も多く、それより低くても高くても減少傾向を示した。岩面の高さに伴う生活型の被度の変化はいずれも連続的で

あるが、最大被度を示す岩面の高さは微小型海藻、小型海藻、サンゴモ型海藻、大型海藻と体形の大きさの順でより高い位置にずれており、変化のパターンは生活型によって異なることが明らかとなった。

図6は大型海藻、小型海藻、サンゴモ型海藻の3群の主要種について、相対被度が岩面の高さに伴って変化するもようを示したものである。どの種も変化は連続的であるが、ピークのあらわれる位置は種によって異なり、大型海藻ではオオバモク、アラメ、カジメの順で、小型海藻ではマクサ、チャシオグサ、キントキの順で、サンゴモ型海藻ではサンゴモ属、ウスカワカニノテ、ヒメカニノテ、カニノテ、ヘリトリカニノテの順でより高い位置にずれている。これはそれぞれの生活型における種間の優劣の関係が、漂砂の度合いによって大きく変化していることを意味するものである。

漂砂の影響域内では、漂砂の度合いによってさまざまな規模、頻度で群落の攪乱、更新がおこる。したがって、漂砂の影響度に伴う群落構造の変化は、群落がそれまでにたどってきた経過時間のちがいによるものと考えてよい。前項で述べたと同様に、漂砂傾度に沿った群落の変化は、その場における群落遷移の過程を反映しているといつてよい。

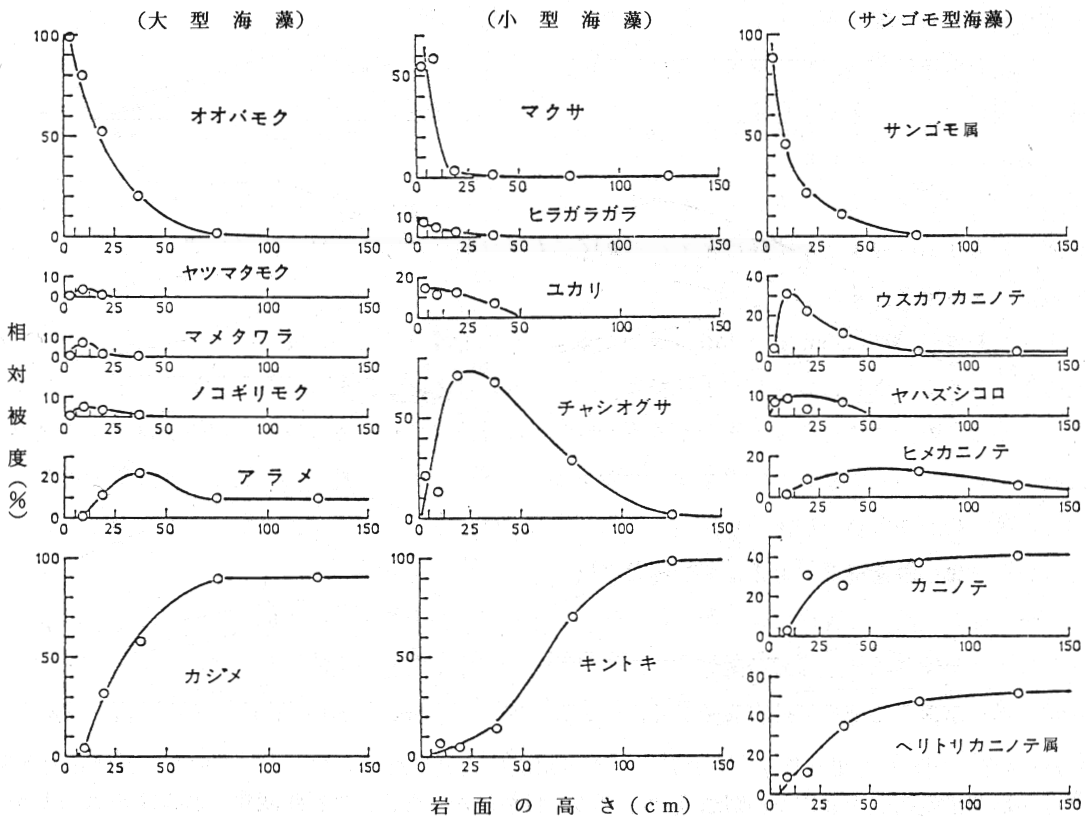


図6 砂質底に接したカジメ場の岩礁の、岩面の高さに伴う各生活型の主要種の相対被度の変化。(今野ら 未発表; 今野 1985b)

#### 4 ガラモ場, カジメ場における海藻群落の遷移

上記の調査区を含むヘイト支湾全域を対象として, 水深(1.5, 3.5, 7 m), 底質(砂礫・転石域, 転石・岩礁域, 岩礁域), 開始季節(春, 夏, 秋, 冬)を異にしたさまざまな条件下で, コンクリート平板(60×60×10cm)を用いた群落遷移実験を行った. 結果を総合して, 遷移の過程を優占生活型によってみると概略以下のようなものである.

第1期: 入植期. 階層構造は未分化, 1層. ①バクテリア, 附着珪藻類. ②一年生(短命)微小型海藻(アオノリ, アオサ, クロガシラ等).

第2期: 発達期. 階層構造が1層から2~3層へと分化. ①一年生(短命)殻状海藻(イソハンモン, サビ類等). ②一年生小型海藻(フクロノリ, ウミウチワ等). ③さほど長命でないサンゴモ型海藻(ピリヒバ, ウスカワカニノテ等).

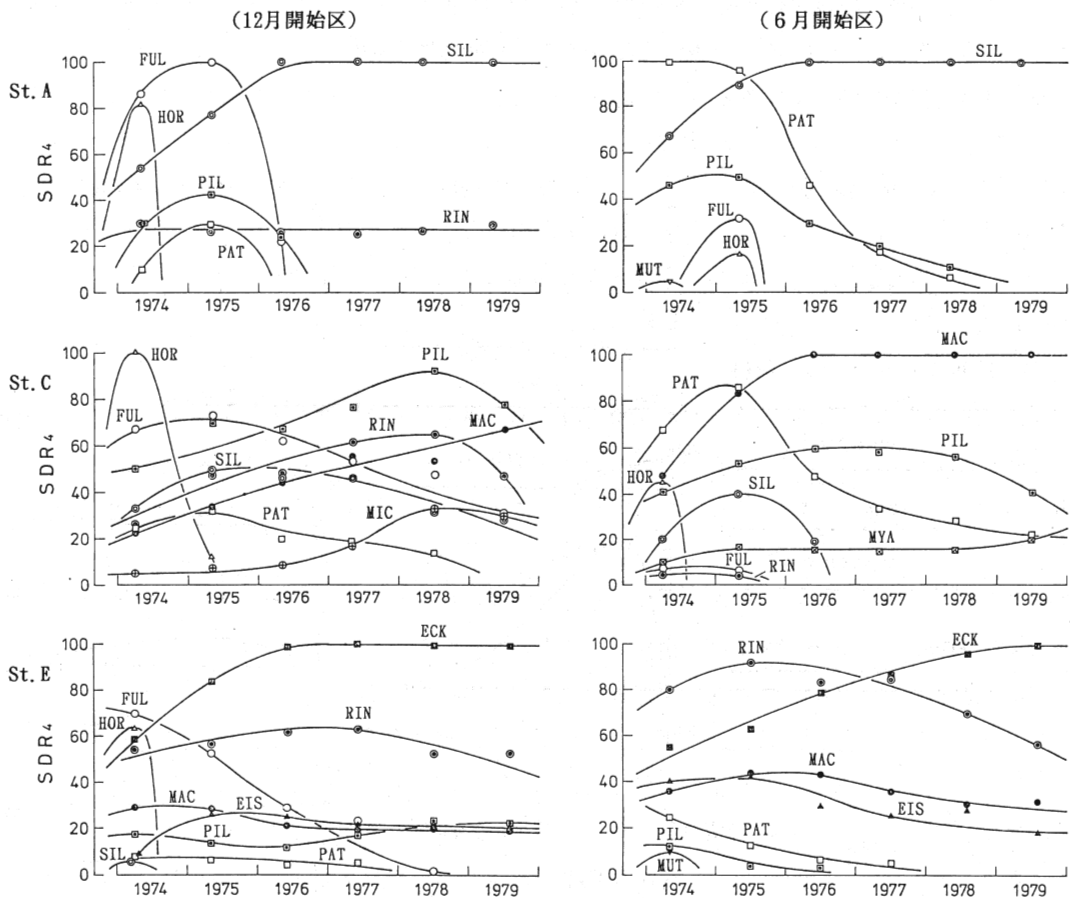


図7 冬季(12月)および夏季(6月)に異なる水深に設置したコンクリート平板上における大型海藻の積算優占度(SDR:被度, 密度, 頻度, 自然高から算出)の経年変化. 水深はSt.Aで1.5m, St.Cで3.5m, St.Eで7.5m. いずれも転石・岩礁優占域.

ECK カジメ, EIS アラメ, FUL ホンダワラ, HOR アカモク, MAC ノコギリモク, MIC トゲモク, MUT タマハハキモク, MYA ジョロモク, PAT ヤツマタモク, PIL マメタワラ, RIN オオバモク, SIL ヨレモク. (今野 未発表)

第3期：安定期(極相期)．階層構造は3～4層，時に2層．①一年生大型海藻(アカモク，ホンダワラ)．②多年生大型海藻 [a：茎長が短い種群(ヨレモク，ヤツマタモク，トゲモク等)．b：茎長がやや長い種群(マメタワラ，オオバモク，ノコギリモク等)．c：茎長が長い種群(アラメ，カジメ)]．(上層のみを示す．下層では第2期を特徴づけるサンゴモ型海藻の種がガラモ場で存続するほかは，より長命の種群に交代する)

種の多様性は第2期で最も大きく，第3期にいたると低下してやがて変化が小さくなる．遷移が第3期のどの段階にまで進むか，すなわちどの段階で極相期を迎えるかは，水深，波浪，底質など生育地の環境条件によって異なる．開始時期のちがいは極相にいたるまでの時間や途中相の群落(遷移経路)には変化をもたらすが，極相段階ではやがて差が無くなり，同じ群落に収斂する．また，極相期を特徴づける多年生の種は，他種または自らの枯死脱落跡に再加入が行われ，自己再生的に個体群を維持するが，第1期や第2期の優占生活型とくに一年生の種群は，第3期に至るとその初期段階で姿を消し，群落に何らかの攪乱が生じないかぎりには再び現れることがない．

遷移に伴う種の優占度の変化を，図7に大型海藻の例で示した．優占度の変化のパターンは，種によって，また同じ種でも水深や開始季節のちがいによって異なっている．しかし，優占度が最大に達する時期や，優占種の交代のしかたをみると，種間にはほぼ一定の序列が認められる．底質や開始季節を異にする他の結果を合わせて遷移の過程を優占種の変化系列によってみると，深所あるいは底質安定域における変化系列は，浅所あるいは底質不安定域における変化系列をその中にたみ込みつつ，さらに高次段階の種へと到達することが明らかとなった．

## 5 潮下帯海藻植生の構造と遷移

以上の結果をすべてまとめて，ヘイト支湾における大型海藻の分布と遷移との関係を模式化して図8に示した．図中に示した種は，その種を優占種とする群落とおきかえて差支えない．この図は，それぞれの種(群落)の位置によって水深や波浪，底質など主要な環境傾度と関連させた空間的配置を，矢印によってそれぞれの種(群落)にいたるまでの時間的変化過程を表している．

図8の意味する最も重要な点は，空間軸に示す環境傾度に沿った種の配列すなわち分布が，その植生域での時間軸に沿って変化する種の出現順序すなわち遷移を強く反映しているということである．波浪(海水流動)や底質(基質)のほか，水温，塩分など海藻の生育を支配する無機的环境条件の変動の大きさやきびしさは，一般に浅所ほど大きく，深所に向かうほど小さい．したがって，遷移の進行方向は不安定できびしい環境下の群落から安定したためぐまれた環境下の群落へ向かっているとみなすことができる．不安定なきびしい環境条件下では群落は低次段階にとどまってそれ以上高次の群落への交代が起こらず，安定したためぐまれた環境条件下ではより高次の群落にまで発達するということがある．遷移の経路は図に示すようにさまざまで，現実には1ないし数段階をとりこえて次期群落に移行するのがむしろ普通である．遷移の進行速度は，遷移がどの段階で止まるかと同様に生育場所の環境によって異なるほか，遷移開始季節によっても大きく左右される．海藻植生は空間的にも時間的にもしばしば著しく大きな変化を示すが，そこには一定の秩序が認められると結論することができる．



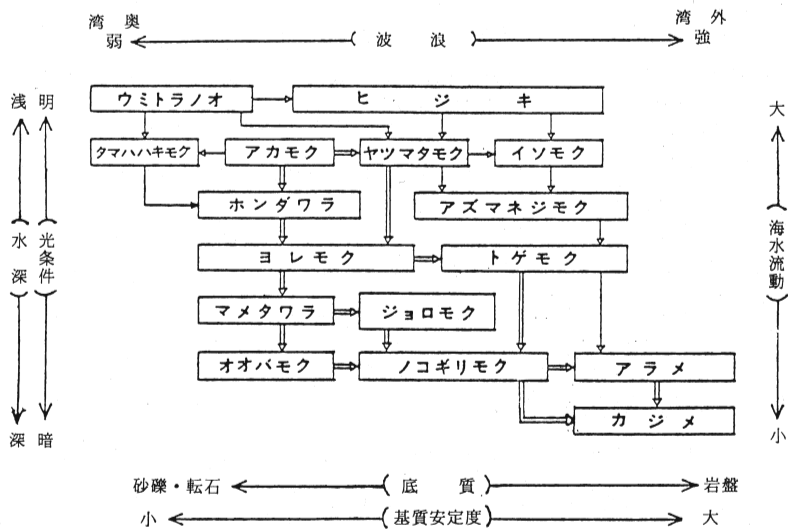


図8 ヘイト支湾における海藻植生の空間的、時間的構造. 説明は本文参照. (今野ら 未発表; 今野 1985b)

## 6 おわりに

海藻類の増殖、藻場や海中林の造成・保全とは一言でいえば植生構造の人為的改変あるいは遷移の人為的コントロール、やや誇張していえば生態系の部分的改造、コントロールということである。この目的のためのいわゆる環境改善事業では、人工面造成や投石などの例をあげるまでもなく、多くの場合は地形の改変が最も重要な基礎をなしている。これは取りも直さず、海藻増殖技術を発展させるには、植生構造や遷移と海域環境、特に地形に支配される諸要因との関係の解明が必要不可欠であるということにほかならない。

本稿では、自然がよく保たれた一小湾における中スケールないし小スケールの海藻植生の構造や遷移が、地形によって支配される主要な要因とどのように関わり合っているかについて述べた。海藻の植生構造、遷移には地形以外のさまざまな無機的要因や、種間の競い合いや動物による捕食など、生物的要因が影響を及ぼしていることはいうまでもない。また近年では、陸地の植生に対すると同様に、海藻植生に対しても人間活動の好ましくない影響が大きくなりつつある。自然域と海藻増殖の現場とを問わず、植生構造や遷移と環境との関係をさまざまなスケールで、またさまざまな視点から解明して、その成果を技術に結び付ける努力がなされることが必要である。

## 文 献

- 今野敏徳 (1977) 海藻群落構造の測定. 日本水産学会編 海の生態学と測定. 恒星社厚生閣, 東京, 16-34.
- 今野敏徳 (1985a) 漸深帯固着生物の分布に及ぼす岩面傾斜角度の影響. 東水大研報, 72, 99-109.
- 今野敏徳 (1985b) ガラモ場・カジメ場の植生構造. 月刊海洋科学, 17, 57-65.
- 今野敏徳・泉 伸一・竹内慎太郎 (1985) 漸深帯大型海藻の帯状分布に及ぼす波浪の影響. 東水大研報, 72, 85-97.