

## 牡鹿半島沿岸におけるアラメ群落の構造

誌名	東北区水産研究所研究報告
ISSN	0049402X
著者	谷口, 和也 佐藤, 陽一 長田, 穰 末永, 浩章
巻/号	49号
掲載ページ	p. 103-109
発行年月	1987年3月

## 牡鹿半島沿岸におけるアラメ群落の構造

谷口 和也・佐藤 陽一・長田 穰・末永 浩章

### On the Structure of the *Eisenia bicyclis* Population on the Coast of Oshika Peninsula in Northeastern Honshu, Japan

Kazuya TANIGUCHI, Yoichi SATO, Yutaka OSADA  
and Hiroaki SUENAGA

**Abstract** The *Eisenia bicyclis* population on the coast of Oshika Peninsula was investigated in the period from 1981 to 1983 by a systematic sampling method in the season of the maximum biomass. The structural characteristics of the population and their variations are discussed. The population was the coenopopulation and was distributed at depths ranging from 0 to 8 m below datum. In the high density area density was 10-20 individuals/m<sup>2</sup>, typically in a contagious, near-random distributional pattern. It is concluded from these characteristics that the population on the coast has high stability. Large algae such as *Undaria pinnatifida*, *Laminaria japonica* and *Costaria costata* decreased and the small alga *Dilophus okamurai* increased conspicuously in year of low recruitment of *Eisenia bicyclis*. *Dilophus okamurai* is an indicator of the variation of the population. The structure of the population stabilized because of high recruitment in years that recorded lower sea temperatures during the germination period from early spring to summer.

**Keywords** age distribution, biomass, density, *Eisenia bicyclis*, population

### はじめに

アラメ *Eisenia bicyclis* (KJELLMAN) SETCHELL は、我が国沿岸岩礁域で、広い地理的分布をもつ、主要な一次生産者となっている。近年、アラメ群落の衰退による磯焼け現象(遠藤 1911)が多くの海域でみられるようになったことから、アラメ群落を造成する技術の開発が必要になってきている。アラメ群落を造成するためには、アラメ群落の形成から衰退にいたる分布様式や年齢組成、種類組成などの構造的な特徴を把握して群落の状態を評価できる基準を得るとともに、造成の目的とされる安定した相を明らかにすることが必要である。このため著者は、常磐沿岸におけるアラメ群落を数ヘクタールの空間規模で3年間、現存量の年間極大期である7~8月(殖田・猪野 1956, 吉田 1970)に調査して、群落構造とその変動に及ぼす海況条件について考察し一定の関係を見出した(谷口ら 1986)。特定海域で得られた結果が他の海域においても一般的にあてはまるか否かを検討する必要がある。そこで常磐沿岸とは条件の異なる牡鹿半島沿岸のアラメ群落を対象に、常磐沿岸の場合と同様な方法で調査し、群落構造

について考察するとともに、その変動に及ぼす海況条件についても検討をこころみた。

### 方法

牡鹿半島北岸、牡鹿町泊浜地先(Fig. 1)のアラメ群落を調査区に定め、1981年8月、1982年7月及び1983年7月の3回にわたって調査を行った。1981年8月には潜水目視観察によってアラメの垂直分布範囲を把握した後、水深1, 3, 5, 7 mと分布下限付近の8 mの地点で、1 m<sup>2</sup> 方形枠内の総てのアラメを採集した。1982年7月には前年の調査結果にもとづき、水深1~2 m付近に設けた陸岸にはほぼ平行な基準線に沿って20 m間隔に4つの基点をおき、そこから沖出し140 mのロープをそれぞれ平行に張って調査線とし、基点から20 m毎に合計32標本区を定め、1 m<sup>2</sup> 方形枠内の直立する総ての海藻を採集した。1983年7月には、1982年と同一の基準線上、15 m間隔で5つの基点をおき、前年と同様に、40標本区で海藻を採集した。採集した海藻を標本区毎に生鮮のまま計測した。アラメについては単葉の幼体(当歳個体)と莖葉移行部で二又した成

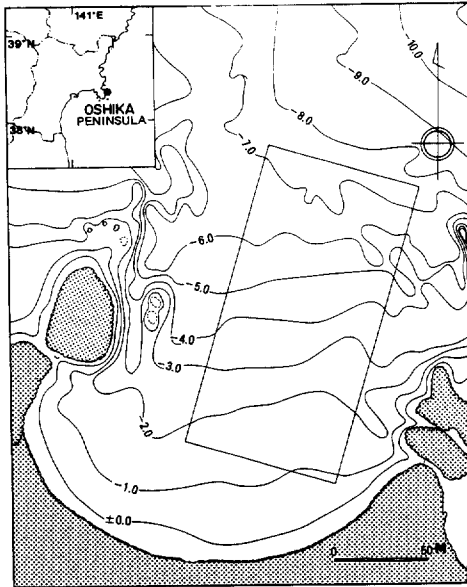


Fig. 1 Geography of survey area

体において個体数と個体重量を、成体については更に年齢を推定するため枝長を計測した。他の海藻については種類毎に重量を計測した。

調査区の海底が海藻の着生基質としてどのような特徴をもっているかを明らかにするため、精密小型音響測深機（海上電機 KK, PS-11E 特）を用いて地形を計測し、岩礁の一部を採集して岩質の検討を行った。また群落構造の年変化の条件になると考えられる海況変動を知るため、調査地近傍の江の島における定地海洋観測資料（宮城県水産試験場）を参照し、1961年から1980年までの旬別の平均水温から調査年の水温の偏差を求めた（Fig. 2）。

## 結 果

調査区の海底は、水成岩質の黒色泥岩の岩盤で、岩盤上、岩盤と同質の不動石や転石がところどころに散在し、Fig. 1 に示したようになだらかに傾斜している。この岩盤は、中世代ジュラ紀に形成された牡鹿層群で、密度が普通程度のかかなり硬い岩質である。転石は、水深0~1 m 並びに 8 m 以深でやや多い。このような海底の性状からみて、調査区内ではどこでも海藻が十分に着生できる条件をそなえていると判断される。

海底の性状は、海藻の着生条件として一様であることがわかった。また、1981年の予備調査によって、ア

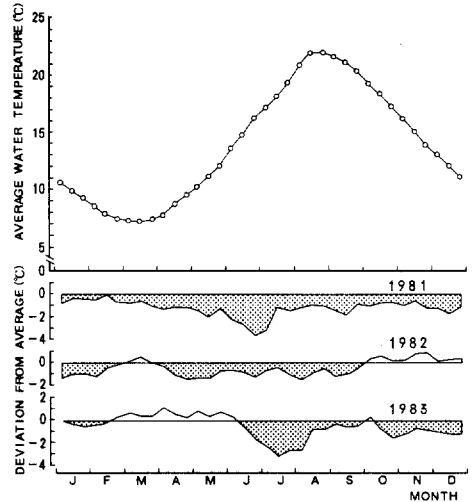


Fig. 2 Seasonal variation of the sea surface temperature at Enoshima Island near the survey area, obtained from ten day mean values in the period from 1961 to 1980 (upper panel), and ten day mean sea surface temperatures (deviations from the value in the upper panel) for 1981, 1982 and 1983 (lower panel)

ラメは潮間帯下部から水深 8 m 付近まで分布することがわかったので、アラメの分布密度は主に水深によって変化すると考えられた。そこで1982年と1983年のアラメの分布密度を幼体と成体とにそれぞれ水深との関係を調べた（Figs. 3, 4）。

幼体は、1982年には調査区のほぼ全域にみられ、水深3~6 m の範囲で15~53 個体/m<sup>2</sup> と最も密度が高く、この水深帯から深部並びに浅部方向にむかって低下していくという傾向を示した。ところが1983年になると、アラメの分布域の著しい縮少がみられ、分布域内でも大部分の標本区で10 個体/m<sup>2</sup> 以下の密度となった。両年の分布様式を MORISHITA (1959) の I<sub>0</sub> 値によってみると、2.04 と 2.21 で比較的弱い集中分布であり変化が認められなかったものの、小野・森下(1969)によって計算した平均密度では、14.91±4.81 個体/m<sup>2</sup> と 2.17±0.89 個体/m<sup>2</sup> で、1983年には萌出量が著しく低下していたことがわかる。

他方、成体では1982年には水深3~6 m に、1983年には前年より浅い2~5 m に10~18 個体/m<sup>2</sup> の最も密度の高い水深帯があり、これらの水深帯から深部並びに浅部方向にむかうにつれて密度が低下していた。1982年から1983年にかけて高密度域が浅部に移った

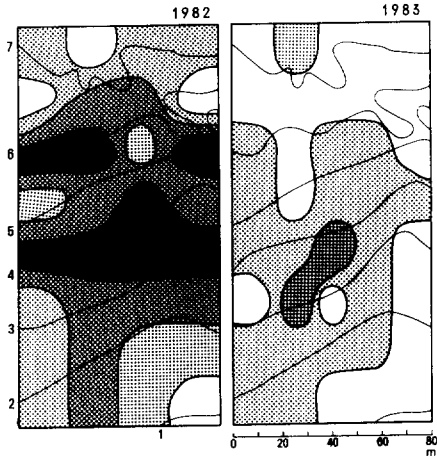


Fig. 3 Distributional density (number of individuals/m<sup>2</sup>) of yearlings of *Eisenia bicyclis* in the survey area in 1982 and 1983. ■ above 20 individuals/m<sup>2</sup>; ■ 10-19; ■ 1-9; □ 0. Thin lines in the figure indicate water depth (m)

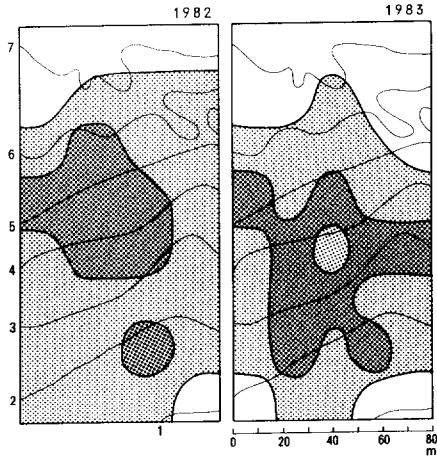


Fig. 4 Distributional density (number of individuals/m<sup>2</sup>) of adults of *Eisenia bicyclis* in the survey area in 1982 and 1983. Explanation of the figure is same as Fig. 3

ことにともなって、1983年には分布下限も部分的に数10 cmから2 m近くまで浅所寄りになった。両年の成体のI<sub>δ</sub>値は、1.46と1.79で、いずれもランダム分布に近い集中分布とみなされ、年による差が認められなかった。また平均密度でみても5.45±1.55個体/m<sup>2</sup>、4.90±1.54個体/m<sup>2</sup>と成体の密度については大きな変化がみられなかった。

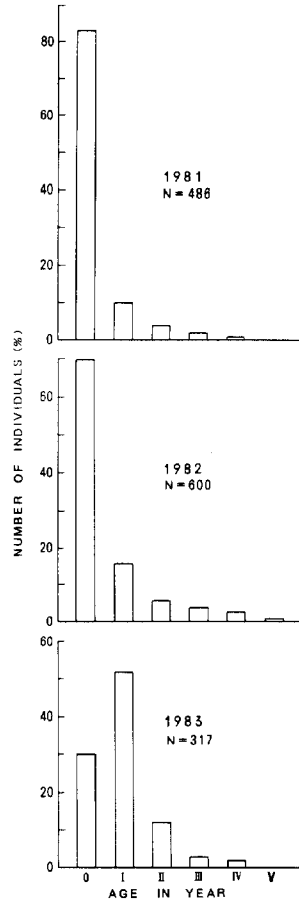


Fig. 5 Age distribution of *Eisenia bicyclis* population from 1981 to 1983

1982年から1983年にかけて特に幼体に顕著にみられた分布密度の変化の状況を明らかにするため、資料の得られた1981年の分も加えて年齢組成を検討した(Fig. 5)。Fig. 5の年齢組成は、成体の枝長組成にもとづいてMACDNALD and PITCHER (1979)並びに赤嶺(1982)の方法で分解した年齢群(谷口・加藤1984)に、幼体の個体数を加えて年齢組成を求めたものである。泊浜沿岸のアラメ群落は、ヘクターールないしそれに近い空間規模でみれば全齢個体群とみなされる。1981年と1982年では、幼体の組成比が最も高く、高齢になるにつれて徐々に低下している。ところが1983年になると満1年群以上においては前年と同様な組成を示していたが、幼体の組成比は満1年群よりも低くなった。幼体の分布密度をみると、幼体の組成比が高い1982年には密度が高く、分布域も広がったが、幼体の組成比が

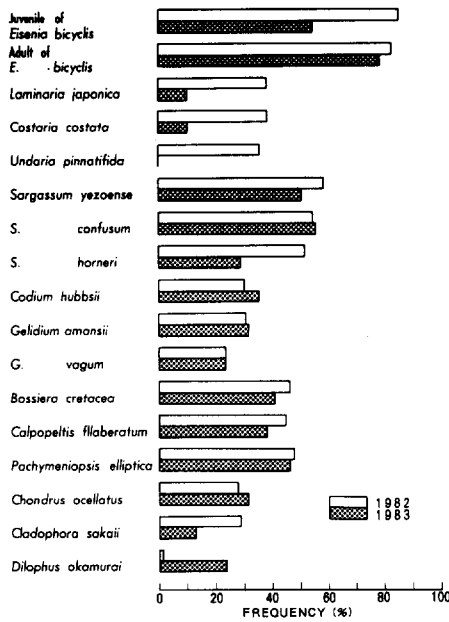


Fig. 6 Frequency (%) of major algae occurring in survey area in 1982 and 1983

低い1983年には密度が低く、分布域も狭かったことがわかる(Fig. 3)。このように幼体の組成比は、分布域、分布密度と良く対応している。

他方、成体の分布密度は1982, 1983両年でほとんど変化がみられなかった(Fig. 4)。萌出したアラメは加齢にとまって徐々に枯死脱落していくとみられるので、1982年と1983年には成体の枯死脱落量に見合う個体が前年の幼体から補充されていたとみられる。

次に分布密度と年齢組成にみられたアラメ群落の変化に対して、アラメと同所的に生育する他の海藻の組成に変化がみられたか否かを明らかにするため、1982年と1983年の調査区に出現した46種のうち、いずれかの年に20%以上の出現頻度(全標本区に対する出現標本区の割合)を示した主要な海藻の出現状況をFig. 6に示す。アラメは、幼体、成体ともに1983年には1982年に較べて出現頻度の低下がみられたものの両年ともに優占種であった。アラメと同様に群落上層を形成する大形海藻のうち、マコンブ *Laminaria japonica* ARESCHOUG, スジメ *Costaria costata* (TURNER) SAUNDERS, ワカメ *Undaria pinnatifida* (HARVEY) SURINGAR, アカモク *Sargassum horneri* (TURNER) C. AGARDH の出現頻度が1983年には低下し、エゾノネジモク *S. yezoense* (YAMADA) YOSHIDA et T.

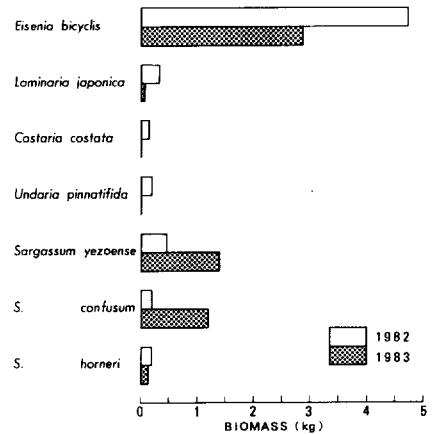


Fig. 7 Average biomass (wet weight kg/m<sup>2</sup>) of seven large algae occurring in survey area in 1982 and 1983

KONNO, フシスジモク *S. confusum* AGARDH には変化がなかった。

群落下層を形成するミルの一種 *Codium hubbsii* DAWSON 以下の小形海藻では大部分顕著な変化がみられなかったが、フクリンアミジ *Dilophus okamurai* DAWSON が1983年には著しく上昇した。潜水目視観察によれば、フクリンアミジはアラメの垂直分布の下限付近に多くみられた。

群落上層を形成する大形海藻7種について更に平均現存量の点から組成の変化を検討してみる。Fig. 7に1982,1983両年の平均現存量を示す。アラメは、1983年には現存量においても低下した。またマコンブ、スジメ、ワカメは、1983年には出現頻度の低下(Fig. 6)に対応して現存量も低下していた。エゾノネジモクとフシスジモクは、出現頻度では両年ともあまり変化がない(Fig. 6)にもかかわらず、現存量では1983年にかなり上昇していた。アカモクはあまり変化がみられなかった。

このようにアラメ群落内において大形海藻で出現頻度と現存量からみて明らかに変化がみられたと思われるのは、アラメとともにマコンブ、スジメ、ワカメのコンブ科植物4種である。また小形海藻では出現頻度から判断するとフクリンアミジの増加傾向が1982年から1983年にかけての特徴である。

## 考 察

従来、アラメの垂直分布の下限水深として松島湾で

5 m (吉田 1973), 常磐沿岸で 4 m (秋元・天神 1974), 神奈川県三浦沿岸で 3~4.5 m (高間 1979), 伊豆半島で 10 m (岩橋ら 1979) などの値が報告されている。また喜田・前川 (1982, 1983) は志摩半島並びに熊野灘沿岸でアラムの分布下限水深が内湾側で浅く, 外海側で深いことを報告している。さらに中久・小島 (1981) は, 徳島県海部沿岸でアラムの分布下限水深が磯焼け海域では 2~6 m にとどまるに対して, 正常な海域では 8 m に達すると報告している。牡鹿半島沿岸では分布下限が水深 8 m まで達しているのので, 他の海域と較べて外海的な特徴を示すとともに磯焼けのみられない海域であるとみなされる。

アラム成体の平均的な分布密度は, 調査区全体で約 5 個体/m<sup>2</sup> で, 高密度に分布する水深 3~6 m ないし 2~5 m では 10~18 個体/m<sup>2</sup> であった (Fig. 4)。千葉県小湊の水深 5~6 m で 10~11 個体/m<sup>2</sup> (殖田・猪野 1956), 松島湾の水深 2~4 m で 10 個体 (吉田 1970), 福島県磯部沿岸の水深 5~6 m で 12 個体 (大和田 1974), 神奈川県三浦沿岸の水深 4 m で 10 個体 (高間 1979) となっており, 牡鹿半島沿岸の高密度に分布する水深帯で得られた値とほぼ等しい。アラム群落は, 分布の中心となる高密度域では海域によらず 10~20 個体/m<sup>2</sup> 程度の密度をもっていると考えられる。

常磐沿岸のアラム群落の変化を 1980 年から 1982 年にかけて観察した結果 (谷口ら 1986) によれば, 分布下限の水深は, 1980 年には成体で 2 m 前後, 幼体で 4 m 前後であったものが, 翌年幼体の大量萌出によって, 1982 年には成体の分布下限水深が 6 m 近くまで拡大し, 分布密度も著しく上昇している。また分布密度は, I $\sigma$  値からみた分布様式と良く対応して, 分布密度が高い場合にはランダム分布又はランダム分布に近い集中分布であったのに対し, 分布密度が低い場合には強い集中分布であった。

牡鹿半島沿岸における幼体の分布域と分布密度 (Fig. 3) からすれば, 萌出量は 1982 年に高く, 1983 年には低かったといえる。萌出量の多寡は年齢組成 (Fig. 5) にも反映され, 幼体の組成比が 1982 年には最も高く, 1983 年には満 1 年群よりも低くなっている。逆に年齢組成 (Fig. 5) からみれば, 1981 年も萌出量が高かったと思われる。また年齢組成において, 高齢群ほど組成比が相対的に低くなる (Fig. 5) のは, 加齢ともなって枯死脱落していくことを示していると考えられる。

牡鹿半島沿岸の 1982, 1983 両年の成体の分布密度は

約 5 個体/m<sup>2</sup> で変化がなく (Fig. 4), 分布様式は常磐沿岸の観察結果 (谷口ら 1986) からして分布密度が高いことを示すランダム分布に近い集中分布で, 変化がなかった。このことは, その前年の幼体の萌出量が高かったこと (Figs. 3, 5) からすれば, 加齢ともなって枯死脱落した成体数に見合う個体が幼体から補充されていたことによると考えられる。1983 年には, 成体の分布域の部分的な縮少がみられたとはいえ, 当沿岸のアラム群落は, 全齢個体群である上に, 成体の分布水深, 分布密度, 分布様式からみて相対的に安定した相を示しているといえよう。

大形海藻のワカメ, マコンブ, スジメは, アラムの萌出量の高い年には増加傾向を, 低い年には減少傾向を示す (Figs. 6, 7)。ワカメは, 常磐沿岸でもアラムの萌出量の高い年に多数みられたことから, アラムに随伴する種とみなされる (谷口ら 1986) ことに加えて, 牡鹿半島沿岸では, マコンブ, スジメも随伴種とみなすことができる。

一方, 小形海藻のフクリンアミジの出現頻度は, アラムの萌出量とは逆の関係がみられる上に (Fig. 6), アラム群落の縮少をきたした下限付近に顕著な分布がみられる。本州北東部ではフクリンアミジは, アラム群落の下限に接して出現し, しばしばアラム群落の衰退域に優占群落を形成することが知られている (児玉 1979, 茨城水試 1982, 佐々木ら 1983)。またコンブ群落の衰退域においてもフクリンアミジ優占群落の形成がみられている (高橋ら 1982)。更に常磐沿岸の水深 2~6 m でアラムが新たに群落を形成する以前にはフクリンアミジが優占群落を形成していたことが明らかにされている (谷口ら 1986)。こうしたことからフクリンアミジの増加は, アラム群落の衰退を示す指標と考えることができる。そして牡鹿半島沿岸においても同様にみられる現象といえるであろう。

ところで 1981 年から 1983 年にかけての牡鹿半島沿岸周辺の水温は, 1981 年が異常冷水現象の発生年であったこと (奥田・武藤 1986) に引き続き, 1982 年も 9 月までは平年より低めに経過し, その後 1983 年 6 月までは高めに経過している。つまりこの海域のアラムの萌出期に相対的に低温だった 1981, 1982 年にはアラムの萌出量が高く (Figs. 3, 5), 成体の分布域も広がった (Fig. 4), 萌出期に高温だった 1983 年には, 萌出量の著しい低下 (Figs. 3, 5) と成体の分布域の部分的な縮少とを招いたといえる。また, アラムの随伴種と考えられたワカメについては低温年に作柄が良い

ことが知られている(酒井 1959, 藤本 1960)。同様にアラメの随伴種と考えられたマコンブ, スジメは地理的分布からみて寒流系種とみられている(岡村 1936)。フクリンアミジの増加は, すでに指摘したように高温であった 1983 年にみられている (Fig. 6)。

1981 年の異常冷水現象の発生にともなう常磐沿岸ではアラメが大量に萌出し, 同時にワカメも繁茂した結果, 翌年にはアラメ群落は深所まで形成された(谷口ら 1986)。また 1984 年の異常冷水現象の発生(奥田 1986, 奥田・武藤 1986)に際しても常磐沿岸や鹿島灘沿岸でアラメの多数の萌出が報告された(佐藤ら 1985, 茨城水試 1984)。これらの結果を併せて考えると, アラメの萌出期に相対的に低温な年にはアラメの萌出量が高まり, 低温年に繁茂するとみられるワカメなどを随伴して, アラメ群落の安定がはかられるものといえよう。

## 要 約

牡鹿半島沿岸におけるアラメ群落を 1981 年から 1983 年にかけて, 現存量の年間極大期に系統抽出法によって調査し, その群落構造について考察した。アラメ群落は, 全齢個体群で水深 0~8 m にみられ, 垂直分布の下限は, 他の海域と比較して相対的に深い。高密度水深帯における分布密度は, 10~18 個体/m<sup>2</sup> と平均的な値を示した。アラメの分布様式は, 密度が高い場合にみられるランダム分布に近い集中分布を示す。このような特徴から牡鹿半島沿岸のアラメ群落は安定性が高いと考えられる。アラメの萌出量が低い年にはワカメ, マコンブ, スジメの大形海藻 3 種がともに減少し, 小形海藻のフクリンアミジが顕著に増加する。フクリンアミジはアラメ群落の変動のよい指標になると考えられる。こうしたアラメ群落の変動は, 海況条件の変化と相関しており, 萌出期に相対的に低温な年には萌出量が高まることによって, ワカメなどを随伴して安定がはかられていると考えられる。

## 謝 辞

本研究の遂行に終始御協力をいただき, 本稿の御校閲の労をとられた東北区水産研究所増殖部長小金澤昭光博士, 同藻類研究室長秋山和夫博士に深く感謝する。茨城大学教育学部助教授牧野泰彦博士には岩石の同定と地質学的な御教示をいただき, 東北区水産研究所海

洋部海洋第二研究室長小川嘉彦博士と同部主任研究官奥田邦明博士にはとりまとめに際し, 御懇篤な御助言, 御討議をいただいた。また野外調査の実施に際しては宮城県栽培漁業センター石田信正所長, 東北区水産研究所増殖部原素之博士, 牡鹿町泊浜漁業協同組合の各位に御協力をいただいた。ここに記して著者の謝意を表したい。

## 文 献

- 赤嶺達郎 (1982) Polymodal な度数分布を正規分布へ分解する BASIC プログラム。日本研報告 (33), 163-166
- 秋元義正・天神 稜 (1974) 永崎禁漁区内のキタムラサキウエの生態。福島水試研報 (2), 19-29
- 藤本 武 (1960) 茨城県浅海増殖事業の効果性に関する調査-IV。茨城県浅海生物の消長に関する二・三の現象について。昭和 34 年度茨城水試試験報告, 87-97
- 茨城県水産試験場 (1982) 餌料藻場造成技術の研究。昭和 56 年度指定調査研究総合助成事業報告書, 茨城水試資料, 1-34
- 茨城県水産試験場 (1984) 餌料藻場造成技術の研究。昭和 56~58 年度指定調査研究総合助成事業報告書, 茨城水試資料, 1-45+II
- 岩橋義人・稲葉繁雄・伏見 浩・佐々木 正・大須賀穂作 (1979) 伊豆半島沿岸のアラメ・カジメの生態学的研究-IV。分布と群落の性状。静岡水試研報 (13), 75-82
- 喜田和四郎・前川行幸 (1982) アラメ・カジメ群落に関する生態学的研究-I。志摩半島周辺における群落の分布と構造。三重大水実研報 (3), 41-45
- 喜田和四郎・前川行幸 (1983) アラメ・カジメ群落に関する生態学的研究-II。熊野灘沿岸各地域における群落の分布と構造。三重大水実研報 (10), 57-69
- 児玉正碩 (1979) 海藻群落造成基礎調査。昭和 53 年度茨城水試事業報告, 296-306
- MACDONALD, P.D. and PITCHER, T.J. (1979) Age-groups from size-frequency data; a versatile and efficient method of analyzing distribution mixture. *J. Fish. Res. Board Can.* 36(8), 987-1001
- MORISHITA, M. (1959) Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional pattern. *Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ., Ser. E. (Biol.)* 2, 215-235

- 中久喜昭・小島 博 (1981) 海部沿岸の海藻類分布調査(IV), 昭和54年度徳島県水産試験場事業報告, 86-91
- 岡村金太郎 (1936) 日本海藻誌, 194 pp. 東京, 内田老鶴圃.
- 奥田邦明 (1986) 1984年の異常冷水現象の発生過程について, 東北水研研報 (48), 87-96
- 奥田邦明・武藤清一郎 (1986) 親潮域の異常海況—東北海区の異常冷水現象の特徴とその発生要因, 水産海洋研究会報 50(3), 231-238
- 小野勇一・森下正明 (1969) サンプルングのための理論的基礎, 九州果樹病害虫共同防除研究協議会編「カンキツ病害虫の共同防除の合理化に関する研究」, 4-16
- 大和田 淳 (1974) 福島県沿岸の未利用磯根資源開発調査-II. 県北部地先磯根資源開発調査, 福島水試研報 (2), 47-56
- 酒井誠一 (1959) 女川湾附近におけるワカメの豊凶と海況, 日本水産学会東北支部会報 (10), 36-41
- 佐々木 良・及川 茂・飯塚晃朗・川村 亨 (1983) 宮城県唐桑町におけるアワビ種苗放流効果事例, 昭和57年度東北ブロック増養殖研究連絡会議報告書, 45-50
- 佐藤美智男・大和田 淳・八代守正・鈴木 宏・秋元義正 (1985) 外海性漁場における造林適地の選定, 大型別枠研究有用海藻研究グループ59年度レポート, 11-18
- 高橋広樹・中本宣典・煙山 彰 (1982) ウニ移植による漁場改良(中間報告), 日本水産学会東北支部会報 (32), 33
- 高間 浩 (1979) 三浦市沿岸におけるアラメ・カジメの現存量の群落構造について, 相模湾資源環境調査報告書, 神奈川水試資料, 137-151
- 谷口和也・加藤史彦 (1984) 褐藻類アラメの年齢と生長, 東北水研研報 (46), 15-19
- 谷口和也・佐藤美智男・大和田 淳 (1986) 常磐沿岸におけるアラメ群落の変動特性, 東北水研研報 (48), 49-57
- 殖田三郎・猪野 峻 (1956) 加里原藻の生育量, 水産増殖 3(3), 51-53
- 遠藤吉三郎 (1911) 海産植物学, 748pp. 東京, 博文館
- 吉田忠生 (1970) アラメの物質生産に関する2・3の知見, 東北水研研報 (30), 107-112
- 吉田忠生 (1973) 宮城県松島湾の寒風沢島周辺における海藻群落について, えびの高原野外生物学実験室研究業績 (1), 19-24

東北区水産研究所業績第416号

(1986年12月19日受理)

近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究(マリーナランディング計画)業績MRP86-IV-1-(1)-1

Address: TANIGUCHI, Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory, 3-27-5 Shinhamacho, Shiogama, Miyagi 985, Japan (東北区水産研究所)  
 SATO, Miyagi Prefectural Fish Farming Center, Yagawa-Hama, Oshika-Machi, Oshika-Gun, Miyagi 986-24, Japan (宮城県栽培漁業センター)  
 OSADA, Department of Fisheries and Forestry, Miyagi Prefectural Office, 3-8-1 Hon-cho, Sendai, Miyagi 980, Japan (宮城県水産林業部)  
 SUENAGA, Miyagi Prefectural Fresh Water Fisheries Experimental Station, Yoshida, Taiwa-Machi, Kurokawa-Gun, Miyagi 981-30, Japan (宮城県内水面水産試験場)