

アラメ・カジメ群落に関する
生態学的研究—III
アラメ藻体における相対生長の季節変化

前川行幸・喜田和四郎

三重大学水産学部

Ecological Studies on *Eisenia bicyclis* and
Ecklonia cava Communities—III
Seasonal Changes in Allometric Relation of *Eisenia* Frond

Miyuki MAEGAWA and Washiro KIDA

Faculty of Fisheries, Mie University

Eisenia bicyclis is widely distributed along the central Pacific coast of Honshu, Japan, and forms a dense marine forest on the rocky bottom. The purpose of the present study was to obtain the primary data for analyzing the structure of the *Eisenia* population by comparing the seasonal changes in allometry. The materials examined were collected seasonally at a depth of 3m from the coastal area of Goza, around the Shima Peninsula, Mie Prefecture.

There is an allometric relation between the length and diameter of stipes and the weight of stipe, blade and frond, respectively. The allometry of *Eisenia* was discontinuous and, because of the remarkable change in its form about one year after germination when the upper part of the stipe forked, it could be represented by two equations.

The equations for stipe weight to stipe length were regular nearly all the year round, and showed a slight discontinuity, but those for blade weight to stipe length varied seasonally and had notable discontinuity. This clearly shows that the seasonal changes in frond weight depend on the changes in blade weight, and that this discontinuity is due to the changes in blade weight when the stipe forks.

The relation between stipe length and stipe diameter was represented by extended allometric equations which had the upper limit of stipe diameter.

From one to four growth rings were counted among the materials collected, and each ring group was distinguished from the others in the figure of allometry. Generally the growth rings were formed from about March to June, but in young plants the first ring was not formed in fronds with a short stipe of less than 5cm. It seems that except for young plants,

the growth ring may be used as an indicator of age.

It was confirmed that the stipe length is the most suitable standard factor for analyzing the structure of the *Eisenia* population considering the relation between stipe length and the other parts of the frond, and because of the ease it affords in measuring under water.

Key words : *Eisenia bicyclis*, allometry, growth ring

褐藻類コンブ科に属するアラメ *Eisenia bicyclis* は本邦中部太平洋岸に広く分布し、カジメ *Ecklonia cava* とともに外海に面した浅海岩礁域に海中林を形成する大型の多年性海藻である。また、アワビ、サザエ、ウニ等の有用動物の餌料源として水産上重要な役割を果している。

アラメ群落の分布や生長に関する生態学的研究は、新崎(1953)、林田(1963, 1966)、吉田(1970)、岩橋ら(1979)、小島(1979)、喜田・前川(1982, 1983)らによって、天然群落の観察に基づき報告されている。また、近年浅海漁場開発の必要性から、アラメ群落の造成試験が各地で進められている(西川・吉田1978, 秋山・谷口1981, 1982, 秋山・谷口・原1983, 角田・中村1974, 1975)。しかしながら、群落の造成・管理技術の基礎となる、群落構造やその更新の実態に関する研究は少なく(高間1979, 谷口・秋山1981, 1982, 谷口・秋山・原1983)、この方面の基礎的研究を推し進める必要がある。

筆者らは、前報(喜田・前川1982, 1983)までに、三重県沿岸のいくつかの地域について、主に夏季における垂直的な分布構造を比較し、その実態を明らかにした。本研究では、これらを更新の過程として位置づけるため、季節的に採取された多数の標本について茎長、茎径および茎部・葉部の乾重量並びに生長輪数などを測定し、これら諸形質間にみられる相対生長関係を比較・検討した。その結果、群落更新の過程や形態変化の時期および群落構造を解析するための基準形質等についていくつかの知見を得たのでここに報告する。

研究方法

三重県志摩半島岩井崎沖、水深3mの岩礁地帯を研究対象域とした(Fig.1)。この水域は外海に面し、波浪の影響を強く受ける広い岩礁域からなる。アラメは水深0~9mに分布し、特に岸寄り2~3mの深さで密生し、水深3m附近では、ほぼアラメの純群落となっている(喜田・前川1982)。

1983年3月から1984年3月にかけて、2~3ヶ月間隔で計6回にわたり、ほぼ同一水深から大小様々な150個体前後の標本を刈り取った。採取した標本は淡水で洗浄後、茎部と葉部に分離し、茎長・茎径と茎部・葉部および個体の乾重量並びに生長輪数の測定を行った。今回の研究では、根部については測定しなかった。茎長は生長点から茎の最下部までの長さとし、茎径は茎下部の最も太い部分の直径を測定した。乾燥重量は天日乾燥である程度水分を除去し、その後約85°Cで8時間送風乾燥し、秤量して求めた。生長輪数は茎下部の

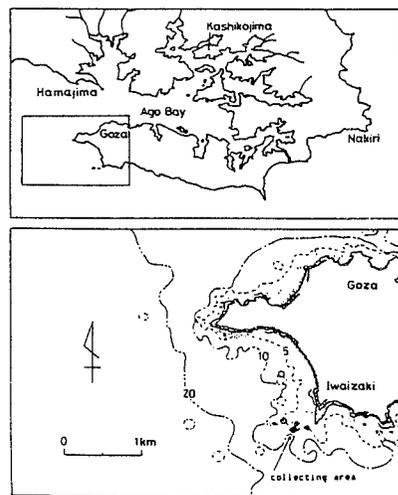


Fig. 1. Maps of location where *Eisenia* fronds examined were collected.

断面にみられる輪紋数を数えた。

結 果

アラメの茎長・茎径に対する基部・葉部および個体の重量などの間には、それぞれの組合せで明瞭な相対生長関係がみられ、

$$\log Y = a \log X + b \quad (a, b: \text{定数})$$

の対数直線式で表わすことができた。

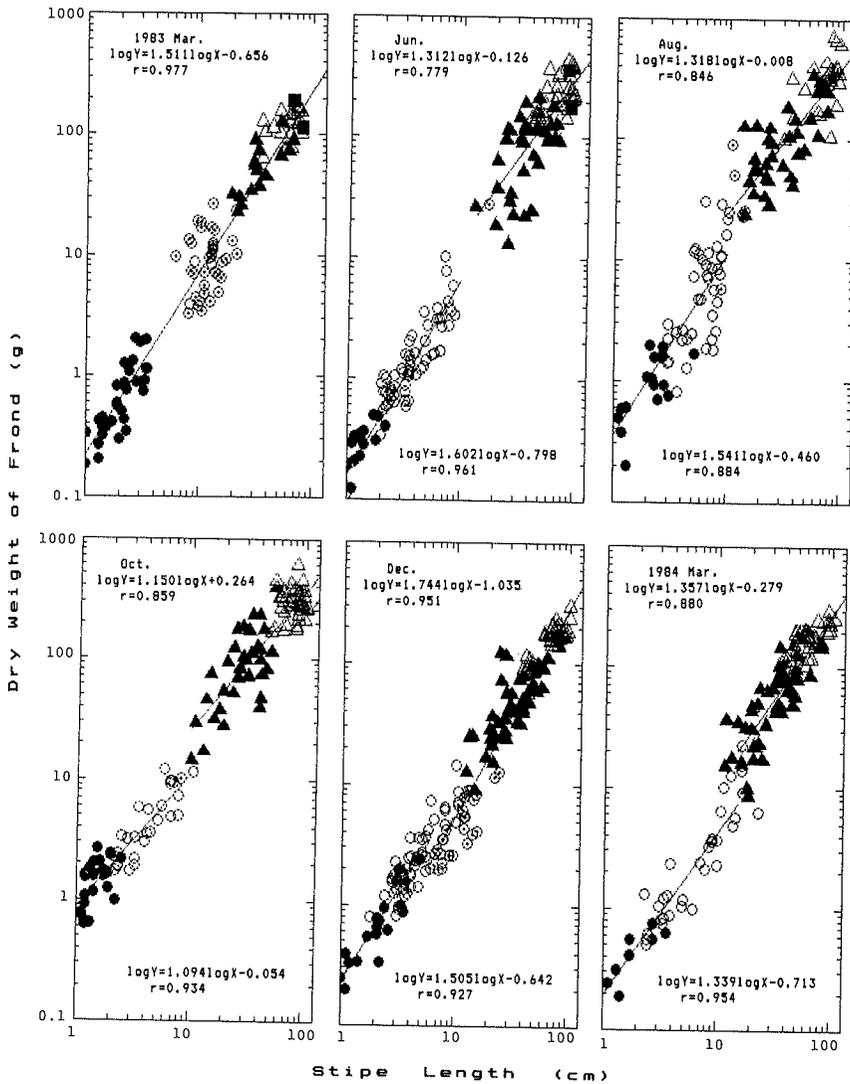


Fig. 2. Seasonal changes of the allometric relation between stipe length and dry weight of frond from 1983 to 1984. Regression equation and correlation coefficient are shown together. Symbols show fronds with no ring (●), one ring (○), one ring with forked stipe (◎), two rings (▲), three rings (△) and four rings (■).

まず、茎長と個体重量との相対生長の季節変化を Fig.2 に示す。図中の各個体は生長輪数により区別して表わし、1 輪群中の分叉個体と未分叉個体についても区別して表示した。生長輪は 3 ないし 4 輪まで計数することができたが、4 輪に達する個体は年間を通じてごく稀にしかみられなかった。

アラメは発芽後約 1 年で分叉すると云われており (新崎 1953, 小島 1979), 分叉を境に形態は大きく変化する。そこで、無輪群と 1 輪群の分叉前の個体とそれ以降の分叉後の個体に分けて回帰式を求めた。求めた 2 本の回帰式を伊藤 (1953) の方法により、傾斜の差と位置の差を危険率 1% で検定を行ったところ、1983 年 3 月では 1 本の回帰式で、6 月以降はすべて 2 本の回帰式で表わすことができた。

3 月では、前年の秋から冬にかけて発芽した無輪群は 1 輪以上の群に明瞭に分離しており、無輪群の茎長は最大 3.5 cm に達している。6 月になると、新生群は茎長 2 cm 前後を境に無輪群と 1 輪群に分離する。すなわち、無輪群中の茎長の長い個体に生長輪が形成され、1 輪群に移行していた。また、3 月にみられた分叉した 1 輪群は 6 月にはほとんどみられなくなり、2 輪群に移行していた。同様に 2 輪群は 3 輪群に移行したものと考えられる。8 月から 10 月にかけては各群とも相互関係に大きな変化はみられず、無輪群は茎長約 3 cm 以下、1 輪群は 3~10 cm, 2 輪群は 10~50 cm 前後、3 輪群は約 50 cm 以上の範囲に分布していた。12 月には、1 輪群中の茎長の長い個体が分叉し始める。1984 年 3 月には、新たに新生の無輪群が出現し、茎長の長い個体ではすでに、生長輪の形成されているものもみられた。また、前年 12 月にみられた無輪群は 1 輪群に移行していた。1984 年 3 月では前年の 3 月と多少異なり、すでに生長輪の形成がみられ、各輪群は移行の途中と考えられる。

個体重量は、茎長 80 cm の大型個体を例に見ると、1983 年 3 月では約 150 g であるが、その後増加し、8 月には約 320 g と年間を通じて最高となる。その後減少し、12 月から翌年 3 月には 200 g 前後となる。

次に、茎長と茎部および葉部重量の相対生長関係を Fig.3~4 に示す。ここでは例として 3 月と 8 月について図示した。茎長と茎部重量との相対生長 (Fig.3) は、分叉を境に 2 本の直線で表わされるが、その不連続性は小さい。

また、回帰式は年間を通じてほぼ一定しており、相関係数も 0.970 以上の高い値を示した。これに対し茎長と葉部重量との相対生長 (Fig.4) では、3 月では 1 本であるが、それ以後はすべて 2 本の直線で表わされ、不連続性も大きい。また、回帰式は特に分叉後で変動が大きく、

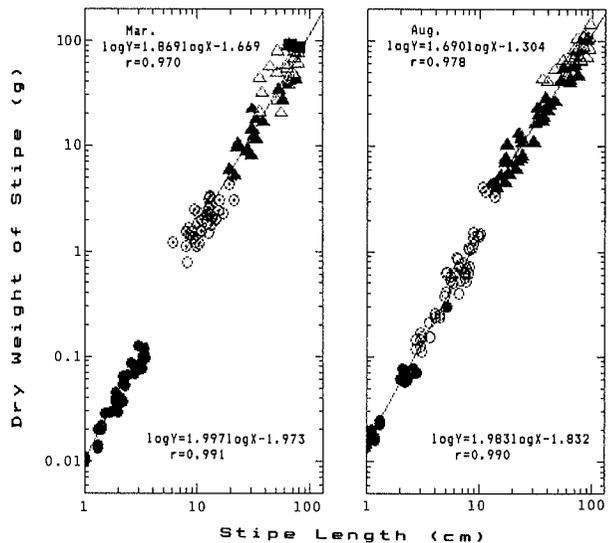


Fig. 3. Allometric relation between stipe length and dry weight of stipe in March and August, 1983. Regression equation and correlation coefficient are shown together. Symbols show fronds with no ring (●), one ring (○), one ring with forked stipe (⊙), two rings (▲), three rings (△) and four rings (■).

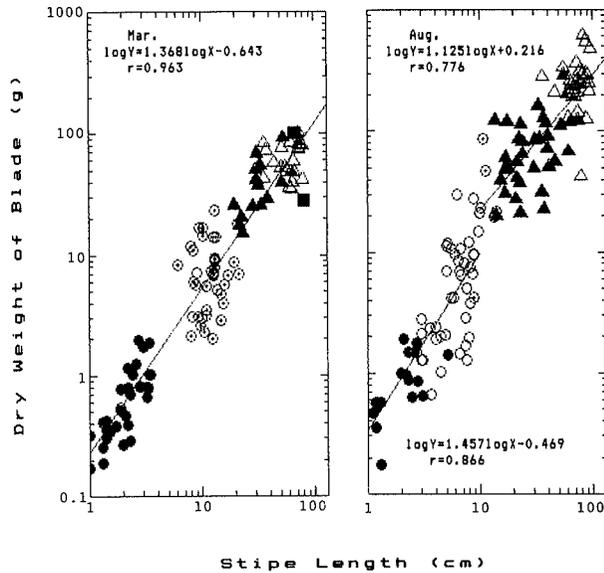


Fig. 4. Allometric relation between stipe length and dry weight of blade in March and August, 1983. Regression equation and correlation coefficient are shown together. Symbols show fronds with no ring (●), one ring (○), one ring with forked stipe (⊙), two rings (▲), three rings (△) and four rings (■).

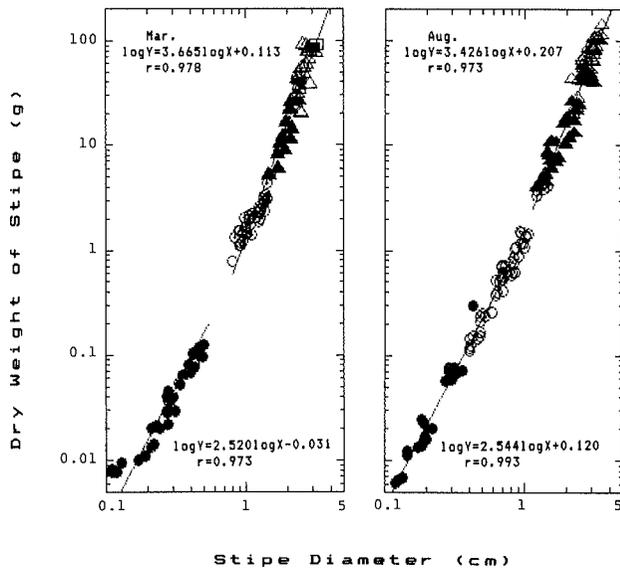


Fig. 5. Allometric relation between stipe diameter and dry weight of frond in March and August, 1983. Regression equation and correlation coefficient are shown together. Symbols show fronds with no ring (●), one ring (○), one ring with forked stipe (⊙), two rings (▲), three rings (△) and four rings (■).

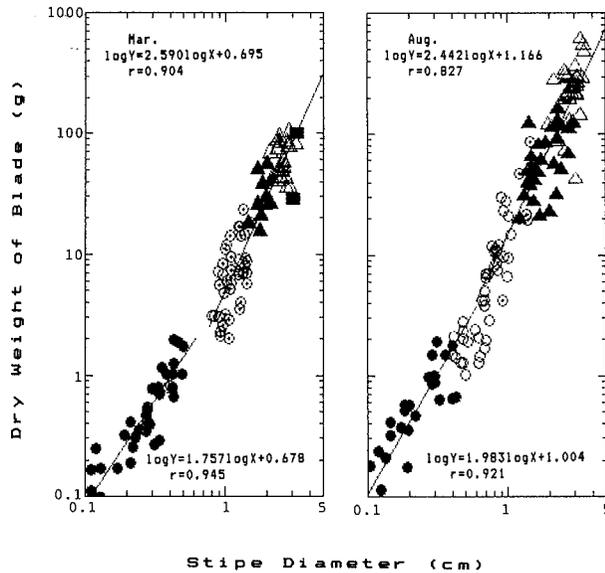


Fig. 6. Allometric relation between stipe diameter and dry weight of stipe in March and August, 1983. Regression equation and correlation coefficient are shown together. Symbols show fronds with no ring (●), one ring (○), one ring with forked stipe (⊙), two rings (▲), three rings (△) and four rings (■).

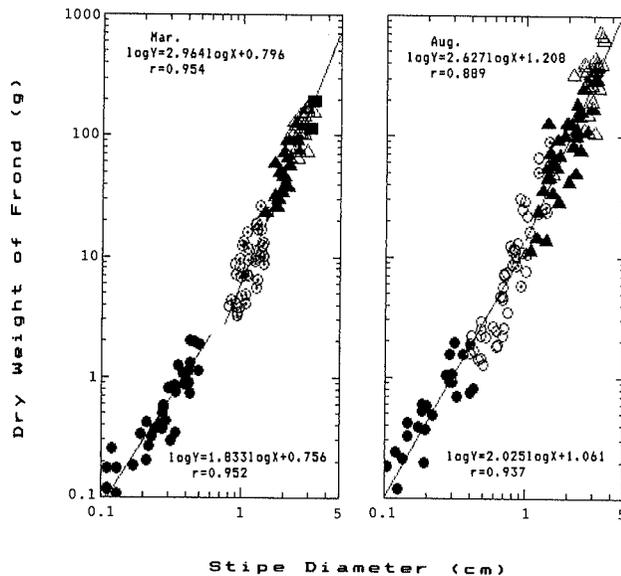


Fig. 7. Allometric relation between stipe diameter and dry weight of blade in March and August, 1983. Regression equation and correlation coefficient are shown together. Symbols show fronds with no ring (●), one ring (○), one ring with forked stipe (⊙), two rings (▲), three rings (△) and four rings (■).

相関係数もやや低かった。

茎径に対する茎部・葉部および個体重量の相対生長関係を、3月と8月についてFig.5~7に表わす。回帰式は茎長に対する場合と同様に、分叉を境に2本の対数直線式で表わすことができた。また、相関係数は、茎長よりも茎径に対する方にやや高い傾向が認められた。

茎長と茎径との関係を10月を例にしてFig.8に示した。ここでは対数直線関係はみられず茎径の値に上限値をもつ

$$\frac{1}{SL} = \frac{1}{a(SD)^b} + \frac{1}{D}$$

(SL: 茎長, SD: 茎径
D: 茎径の上限値, a, b: 定数)

の拡張相対生長式で表わすことができた。茎径の上限値は3,701cmであった。

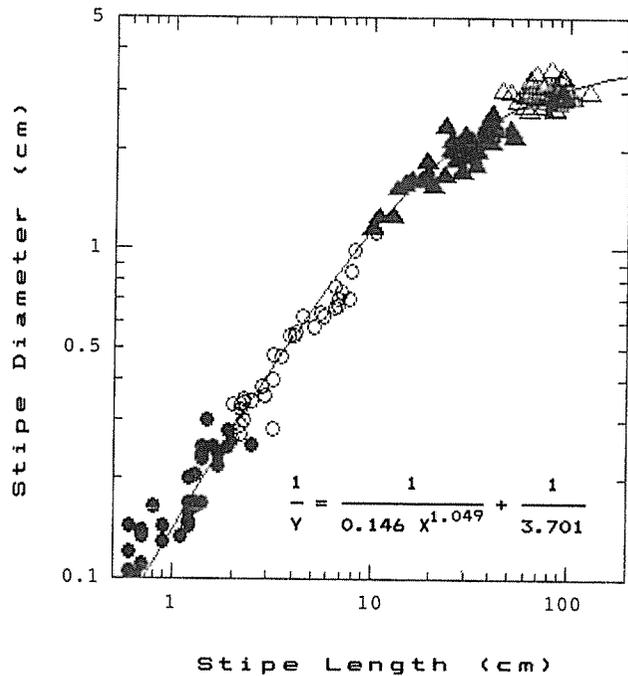


Fig. 8. Extended allometric relation between stipe length and stipe diameter in October, 1983. The equation is shown together. Symbols show fronds with no ring (●), one ring (○), one ring with forked stipe (⊙), two rings (▲), three rings (△) and four rings (■).

考 察

植物が生長して時間の経過とともに個体がだんだん大きくなる場合、個体の2つの部分間や、全体とその部分との間の量的関係には両対数直線関係が成立する場合が多い。この相対生長関係はきわめて実用性の高い法則であるため、陸上植物では個体や群落の生長解析に広く利用されている。しかしながら、大型海藻について、このような観点から相対生長関係を用いて生長解析を行った例は少なく、コンブ *Laminaria japonica* について鳥居ら(1972)や船野・阿部(1973)が報告しているにすぎない。本研究では、アラメについて茎長・茎径に対する茎部・葉部および個体重量などの間には、それぞれの組合せで相対生長関係が成立することを見出し、相対生長の季節変化を比較・検討することにより、群落解析に関する多くの基礎資料を得ることができた。

アラメの相対生長関係には不連続性がみられ、分叉を境に2本の回帰式で表わすことができた。この不連続性は、茎長・茎径に対する茎部重量との関係においては小さく、葉部重量との関係において著しい。特に分叉後の回帰式は、その季節変化が大きい。すなわち、この不連続性は、主に分叉前後における葉部重量の変化に起因するものであり、個体重量の季節変化は葉部重量の季節変化によるものとみることができる。

アラメの茎径は、2輪目から3輪目にかけてその増大率は著しく低下する(Fig.8)。このような

傾向は徳島沿岸のアラメについて小島(1982)も報告しており、茎部2.0cm以上の個体では、径の増大はほとんど認められないとしている。これに対し、茎長の伸長率は3輪目までほぼ一定しており(喜田・前川1982, 1983)、この期間内では上限値には達しない。したがって茎長と茎径の関係は、茎径に上限値を持つような拡張相対生長式で表わすのが適当と考えられる。

アラメは、発芽後約1年を経て12月頃から分叉を始め、3月には分叉を完了する。この分叉の時期は新崎(1953)、西川・吉田(1978)、小島(1979)の報告とほぼ一致する。しかしながら茎長の短い個体ではこの時期に分叉せず、分叉時期はほぼ一年ずれるものと考えられる。したがって、小島(1979)も観察しているように、ほぼ同時期に発芽した同一年級群であっても、冬から春にかけては分叉個体と未分叉個体が混在してみられる。

カジメでは茎部断面にみられる生長輪が年令形質として利用できる(林田1977)。アラメについても茎部断面に生長輪がみられ、2~3年藻の年令査定が可能とされている(新崎1953)。本研究においても、生長輪は3ないし4輪まで計数することができたが、それ以上の輪数になると生長輪は表皮に接近し、測定が困難な場合もみられた。

生長輪の形成時期は、1983年は3月から6月までの間に、1984年3月では、生長輪が形成されつつある段階と考えられ、生長輪の形成時期は年によって多少変動するようである。また、新生群における1輪目の生長輪は茎長の長い個体のみ形成され、茎長の短い一部の個体ではこの時期に形成されず、翌年3月頃に形成される。このように、新生群では生長輪数は必ずしも年令と一致しないが、成体では生長輪は1年に1輪ずつ形成され、また、各輪群は相対生長の季節変化の中で明瞭に分離できる。したがって、これらのことを考慮すれば、カジメと同様、アラメについても生長輪は年令形質として利用できると考えられる。

高間(1979)は、アラメ・カジメについて、茎長 \times (茎径)²と湿重量との関係に対数直線式で表わし、現存量の推定を行っている。谷口・秋山(1981, 1982)は、アラメ成体の分叉長と個体重量の関係は、分叉長が12cm未満で対数直線関係が成立し、分叉長組成から年令群を分離することができると報告している。また、小島(1979)は茎径組成から年令群の分離を試みている。これらのことから、茎長、茎径、茎長 \times (茎径)²、分叉長等は群落構造を解析するための基準形質として利用できるものと考えられる。これらの形質のうち、茎長は、前述したように、藻体各部の間に明瞭な相対生長関係が成立し、また測定も比較的容易である。特に、個体標識法などにより、天然群落を着生状態のまま実地に計測するような場合には、測定の難易性は重要な条件である。また、群落の高さ、すなわち立体構造を解析する上でも、茎長はその基準として最も適した形質と考えられる。しかしながら岡村(1927)が述べているように、アラメ成体の茎長は生育水深によって異なる。すなわち、浅所のもの、特に低潮線近くに生育する個体は茎が短く、深所のものは長い傾向がある。吉田(1970)は、宮城県松島湾口部のアラメ群落において、水深2~4mの範囲では顕著な茎長の差は認められないと報告している。本研究では、水深3m附近から採取した材料を用いたが、今後水深による茎長組成や年令組成の変化についても詳しく検討されなければならない。また、今後の課題として、群落更新の実態や機構を解明するためには、さらに茎長組成や生育密度の季節変化から、年令群交代の様相を把握する必要があると考える。

要 約

三重県志摩半島、岩井崎沿岸のアラメ藻体における相対生長の季節変化を比較・検討し、次の様な結果を得た。

- 1) アラメの茎長・茎径に対する茎部・葉部および個体重量との間には、それぞれの組合せで明瞭な相対生長関係が成立した。
- 2) 相対生長には不連続性がみられ、分叉を境に2本の回帰式で表わすことができた。この不連続性は、分叉前と分叉後において、形態が大きく変化するためである。
- 3) 茎長と茎径の関係は、茎径の値に上限値をもつ拡張相対生長式で表わすことができた。
- 4) アラメの新生群は、発芽後約1年を経た11月頃から翌年3月までの間に分叉するが、茎の短い一部の個体は、分叉が遅れるものと思われる。
- 5) 生長輪は3ないし4輪まで認められ、各輪群は相対生長の季節変化の中で年級群として明瞭に把握することができた。
- 6) 生長輪は3月頃から6月までの間に形成されるが、1輪目は新生群の中の茎長の長い個体のみに形成され、茎長の短い個体は形成が遅れる。
- 7) 生長輪は、アラメについても、新生群の輪紋形成時期を考慮すれば、年令形質として利用できることが認められた。
- 8) 茎長は藻体各部との間に相対生長関係が成立することや測定が容易であることなどから、群落構造を解析する基準形質として適切と思われる。

文 献

- 秋山和夫・谷口和也, 1981. 適地の選定と育成種苗の定着. 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(マリーランディング計画). 昭和55年度研究成績報告書, 35-39.
- ・———, 1982. 同上. 昭和56年度研究成績報告書, 25-29.
- ・———・原素之, 1983. 同上. 昭和57年度研究成績報告書, 29-34.
- 新崎盛敏, 1953. アラメに就いて. 藻類, 1(2): 49-53.
- 船野隆・阿部英治, 1973. 忍路湾におけるホソメコンブ漁場の群落解析. 北水試月報, 30(2): 1-16.
- 林田文郎, 1963. アラメ・カジメの生態学的研究—I. アラメの幼体の後期生長について(予報). 東海大water研報告, 4(1): 31-34.
- , 1966. アラメの幼体についての2, 3の実験. 東海大海洋紀要, 1(1): 123-134.
- , 1977. 海中林構成種カジメの年齢と生長について. 日本水試, 43(9): 1043-1051.
- 伊藤隆, 1953. 陸水産機脚類の自然集団に於ける変異に関する研究. 三重県大water産紀要, 1(3): 273-400.
- 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.
- 角田信孝・中村達夫, 1975. アラメ種苗培養と移植試験. 山口外海水試事業報告(昭和49年度), 25-27.
- ・———, 1976. アラメ・カジメの移植試験. 同上(昭和50年度), 33-35.
- 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. 志摩半島御座岬周辺における群落の分布と構造. 三重大water産研報, 3: 41-54.
- ・———, 1983. 同上—II. 熊野灘沿岸各地域における群落の分布と構造. 本誌, 10: 57-69.
- 小島博, 1979. 徳島県産アラメの生長について. 水産増殖, 27(3): 156-159.
- , 1982. 標識アラメの茎径調査—III. 徳島水試事業報告(昭和56年度), 91-92.
- 西川博・吉田範秋, 1978. 人工採苗クロメ・アラメの生長と養成について. 水産増殖, 26(1): 6-15.
- 岡村金太郎, 1927. 日本海藻誌, 内田老鶴圃, 1-964.
- 高間浩, 1979. 三浦市沿岸におけるアラメ・カジメの現存量と群落構造について. 神奈川水試相模湾資源環境報告書, 137-151.
- 谷口和也・秋山和夫, 1981. 海底条件と生活帯. 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(マリーランディング計画). 昭和55年度研究成績報告書, 7-14.

- ・———, 1982, 同上, 昭和56年度研究成績報告書, 1-6.
- ・———, 原 素之, 1983, 同上, 昭和57年度研究成績報告書, 1-10.
- 鳥居茂樹・三本菅善昭・阿部英治・船野 隆・石川政雄・工藤敬司・佐々木茂・垣内政宏, 1972, コンブの現存量
推定法および群落構造解析法に関する二・三の知見, 北水試報, 14:31-44.
- 吉田忠正, 1970, アラメの物質生産に関する二・三の知見, 東北水研報, 30:107-112.