

アラメ, カジメ類の属間, 種間交雑

右 田 清 治

Intergeneric and Interspecific Hybridization between
Four Species of *Eisenia* and *Ecklonia*

Seiji MIGHTA

Interspecific crossing in the Laminariaceae has been carried out for long time. Many investigators considered that interspecific hybridization takes place among many species in *Laminaria* and that crosses between three species in *Undaria* are also complete interfertility. In this paper, hybridizations between *Eisenia bicyclis*, *Ecklonia cava*, *Ecklonia stolonifera* and *Ecklonia kurome* were investigated in laboratory and field cultures.

Intergeneric and interspecific crosses were possible between any pair of the four species in *Eisenia* and *Ecklonia*. Among the four species, *Ecklonia cava* has smooth leaves, but other three species have densely rugose leaves. After 3 months culture in the field, the hybrids between *Ecklonia cava* ♀ and *Eisenia bicyclis* ♂ showed intermediate morphological aspects of their parents in occurrence of rugae on leaves. The hybrids between *Ecklonia cava* ♀ and *Ecklonia kurome* ♂, and between *Ecklonia cava* ♀ and *Ecklonia stolonifera* ♂ had similar results.

アラメ, カジメ類は, ホンダワラ類と共に主要な藻場構成種であり, またアワビ, サザエの天然餌料としても重要である. 最近これらの天然群落を保護, 養成する藻場造成も各地で試みられつつある.

一方, 褐藻コンブ目では, ワカメ属3種のすべての正逆交雑で種間交雑種が得られており (齊藤 1966, Saito 1972, 右田 1967), またコンブ属でも多くの種間で交雑が可能なが知られている (Sundene 1958, Yabu 1964, 長谷川 1966, 船野 1978, 1980).

著者は1980~1982年にアラメ, カジメ属のアラメ, カジメ, ツルアラメ, クロメの4種を用いて, それらの属間, 種間の交雑試験を行い, 室内培養ではすべての組合せで交雑種ができることを明らかにした. また, それらの交雑種の一部は海で翌年の初夏まで養殖し, 形態について比較観察してみた. それらの結果について報告する.

材 料 と 方 法

実験に供した配偶体の原藻は, アラメは1977年9月ツルアラメは1978年10月いずれも長崎県平戸市で, ク

ロメは1979年10月に長崎県野母崎町で, カジメは1979年10月に神奈川県三浦市で採集されたものである. それらの藻体より放出された遊走子は, 遊走子液として1, 2滴をフラットシャーレ (9 cm × 1.5 cm) に入れ, 15°Cで約1ヵ月培養した. 生育した配偶体は造精子, 生卵器の形成をまって, 顕微鏡下でマイクロピペットを用いて雌, 雄別々に分離培養した. シャーレ内で繁殖した配偶体は, 三角フラスコに移しフリー状態でストック培養とした. また, 雌, 雄の判定に誤りがあったり, 後で雌雄同株の体が出てくることがあるので, スtock培養の配偶体は時々ミキサーで細断して, 切断した配偶体の枝をシャーレに移植し, よく換水して成熟させ雌, 雄が混在していないかを確認, 実験には確実な雌または雄の配偶体のみを使用するようにした.

交雑にあたり, アラメ, カジメ属の4種の雌, 雄配偶体はミキサーで別々に細断して, 小ガラス板を底にしたフラットシャーレに散布して付着, 再生長させた. 培養は, 水温15°C, 9:15hの日長, 照度3,000 luxの白色蛍光灯の光のもとで行い, 培養液には PES

処方を用い4, 5日おきに換水した。20~30日後に成熟した配偶体は、ガラス板に付着したまま、4種の雌、雄の正逆交雑16通りの組合せでシャーレに入れ、また同一種の雌、雄のみと雌雄同時に入れた自殖のものも対照として、前述の条件下で培養し交雑させた。また、同様にミキサーで細断した配偶体はスライドガラスにクレモナ1号糸を巻いた基質板に、4種の正逆16通りの組合せで雌、雄の配偶体を同時に散布して交雑させた。

交雑の成否は室内培養で主に観察したが、正常な形態をした孢子体の多数の出現をもって交雑したものと判定した。また、同じ交雑実験は年度、時期をかえて、少なくとも一つの組合せで3回以上試み、交雑可能かどうかを総合的に判断した。

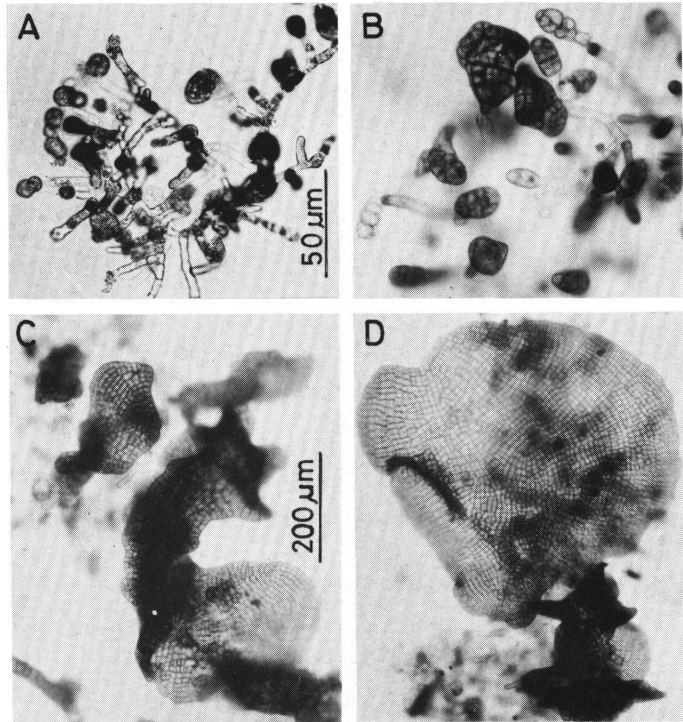


Fig. 1. Parthenogenetic germlings from eggs of *Ecklonia kuro-me*.

A, female gametophyte with many eggs; B, early stages of development, showing abnormal shapes; C, D, further developed parthenogenetic thalli. Scale in A applies to B. Scale in C applies to D.

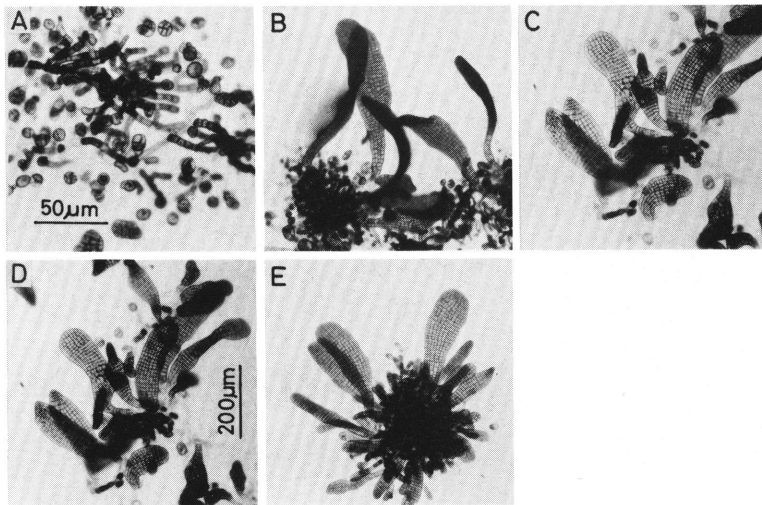


Fig. 2. Sporophytes developed in hybridization between *Eisenia bicyclis* and other three species of *Ecklonia*, cultured for 1 month after mating.

A, *Eisenia bicyclis* ♀ (parthenogenesis)
 B, *Ei. bicyclis* ♀ × *Ei. bicyclis* ♂
 C, *Ei. bicyclis* ♀ × *Ecklonia cava* ♂
 D, *Ei. bicyclis* ♀ × *Ec. stolonifera* ♂
 E, *Ei. bicyclis* ♀ × *Ec. kuro-me* ♂
 Scale in D applies to B, C and E.

海での養殖試験は、クレモナ糸上の交雑種を用い、10月中下旬に野母崎町の野母港内の試験筏に垂下し、翌年の6, 7月まで定期的に観察した。また、同時に交雑種の一部は島原市三会のワカメ漁場で当業者に依頼して延縄式の養殖を試みた。

結 果

この実験で交雑の成否は、発芽孢子体が正常な葉状体であるかどうかで判定した。しかし、コンブ目とくにアラメ、カジメ属では卵の単性発芽が多くみられ、孢子体状の葉状体の出現で交雑したとは限らないが、単性発芽体の形態は一般に異常であった。すなわち、アラメ、カジメ属の単性発芽体は、クロメを例にして Fig. 1 に示すように、雌性配

偶体より離れているのが多いこと、発芽初期に不均等に細胞が分割していること、円形またはくびれた不定形の異常芽になることなど、披針状をした正常な孢子体とは明確に区別できた。

アラメ雌とカジメ、ツルアラメ、クロメ雄との属間交雑では、同一容器で雌、雄配偶体を培養し30日後の生育状態をみると、アラメ雌の単性発芽 (Fig. 2, A) を除き、カジメ、ツルアラメ、クロメと交雑したものは (Fig. 2, C-E), すべてアラメ雌、雄の自殖の場合 (Fig. 2, B) と同じく正常な孢子体の発生がみられ、明らかに交雑したものとみなされた。

また、カジメ雌とツルアラメ、クロメ、アラメ雄との種

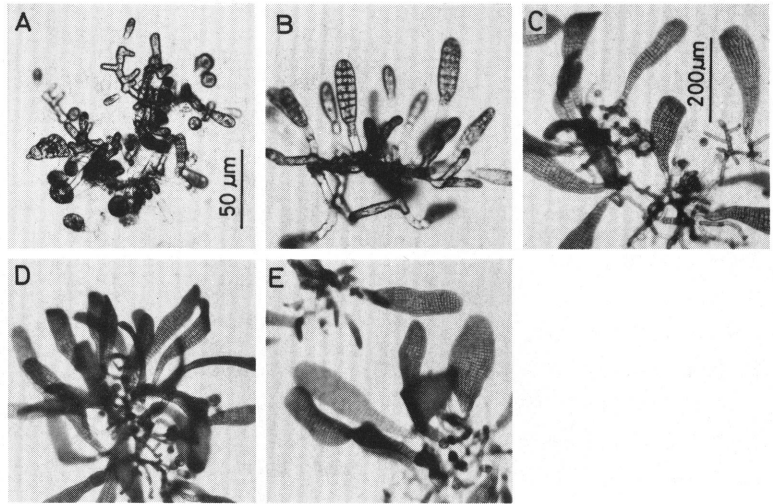


Fig. 3. Sporophytes developed in hybridization between *Ecklonia cava* and other three species, cultured for 1 month after mating.

A, *Ecklonia cava* ♀ (parthenogenesis)

B, *Ec. cava* ♀ × *Ec. cava* ♂

C, *Ec. cava* ♀ × *Ec. stolonifera* ♂

D, *Ec. cava* ♀ × *Ec. kurome* ♂

E, *Ec. cava* ♀ × *Ei. bicyclis* ♂

Scale in A applies to B. Scale in C applies to D and E.

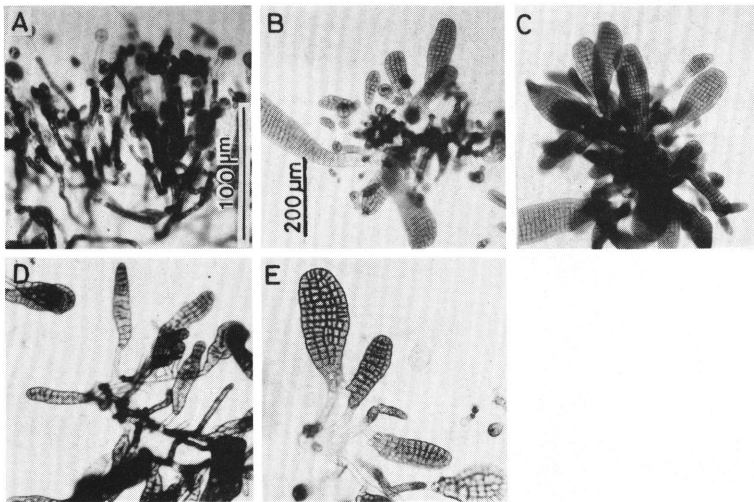


Fig. 4. Sporophytes developed in hybridization between *Ecklonia stolonifera* and other three species, cultured for 1 month after mating.

A, *Ecklonia stolonifera* ♀ (parthenogenesis)

B, *Ec. stolonifera* ♀ × *Ec. stolonifera* ♂

C, *Ec. stolonifera* ♀ × *Ec. cava* ♂

D, *Ec. stolonifera* ♀ × *Ec. kurome* ♂

E, *Ec. stolonifera* ♀ × *Ei. bicyclis* ♂

Scale in A applies to D and E. Scale in B applies to C.

間、属間交雑でも、Fig. 3に示すように、前実験の結果と同様に交配したものはすべて正常な孢子体が発生し、これらの組合せでも交雑可能ながわかった。

さらに、ツルアラメならびにクロメ雌と他の3種の雄とのそれぞれの組合せの交雑でも、Fig. 4, Fig. 5に示すように、交雑したF₁孢子体が得られた。

属間、種間の交雑によって得られたクレモナ糸上の孢子体は、対照の各種の自殖孢子体および単性発芽体の種苗糸とともに、野母港内と島原市三会で養殖したところ、交雑種の多くは正常に発育した。それらのうち、海に入れて約3ヵ月を径た30~40cmに生長したカジメ×ツルアラメとカジメ×アラメの葉体をFig. 6, A, Bに示した。

交雑種の形態は、本来両親

藻の形態が1年目ではよく類似するため、翌年初夏までの外形でそれらの特徴を見出すのは困難であった。しかし、カジメだけは他の3種と違って、葉に竜紋状の皺がなく平滑であるので、これを一つの形質として交雑種の形態を比較してみた。まず、カジメ×ツルアラメの交雑F₁と同じ原藻に由来するカジメ、ツルアラメの葉体と比べると、島原市三会で養殖した3ヵ月後のものでFig. 7, Aのように、カジメでは皺がなくツルアラメでは多数の皺があるのに、交雑種では皺があるもののその出現の程度は両親藻の間であった。また、カジメ×クロメの種間およびカジメ×アラメの属間交雑種を、野母港

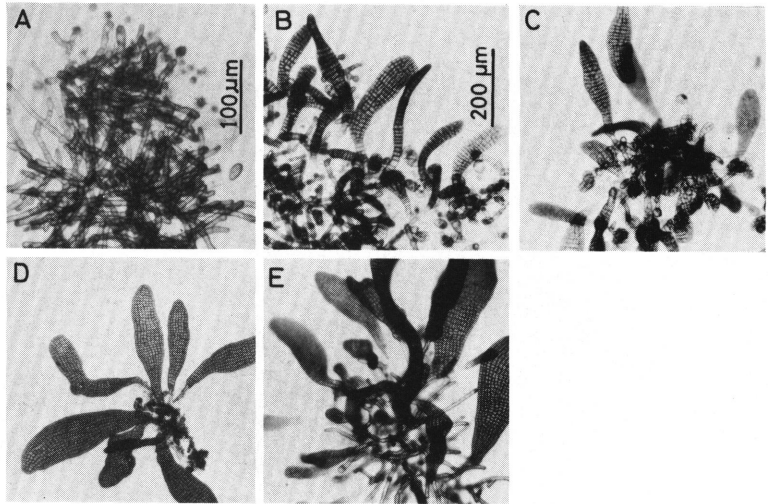


Fig. 5. Sporophytes developed in hybridization between *Ecklonia kurome* and other three species, cultured for 1 month after mating.
 A, *Ecklonia kurome* ♀ (parthenogenesis)
 B, *Ec. kurome* ♀ × *Ec. kurome* ♂
 C, *Ec. kurome* ♀ × *Ec. cava* ♂
 D, *Ec. kurome* ♀ × *Ec. stolonifera* ♂
 E, *Ec. kurome* ♀ × *Ei. bicyclis* ♂
 Scale in B applies to C-E.

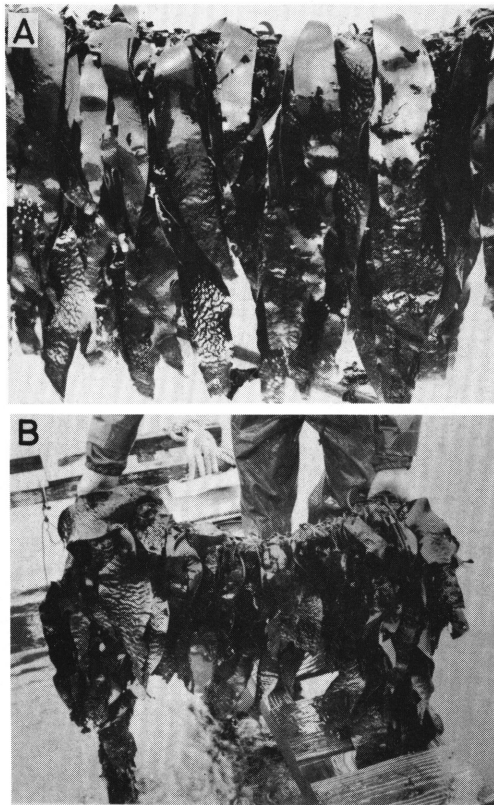


Fig. 6. Hybrids cultivated for 3 months after transplantation in the sea.
 A, *Ecklonia cava* ♀ × *Ec. stolonifera* ♂
 B, *Ec. cava* ♀ × *Ei. bicyclis* ♂

内で3ヵ月養殖したのももFig. 7, B, Cに示すように、前述の組合せの場合と同様に雑種F₁の皺の出現は両親藻と比べて中間的であった。なお、カジメと他の3種の組合せで、雌、雄を逆にしてカジメ雄と他の雌とを交雑した場合、雑種F₁の皺の出現も中間的であった。

一方、アラメ×ツルアラメ、アラメ×クロメ、ツルアラメ×クロメの皺のある種の正逆交雑で得られた雑種F₁は、正常に生育したものの1年目の葉体では外形、皺の出現など殆んど差がなく、交雑種としての特徴は見出せなかった。

なお、この実験を通じアラメ、カジメ属の単性発芽の種苗糸も多く海で養殖したが、いずれも葉体の発生をみなかった。さらに、この交雑実験と同時にアラメ、カジメ属4種とコンブ属のマコンブ、ナガコンブおよびワカメ属のワカ

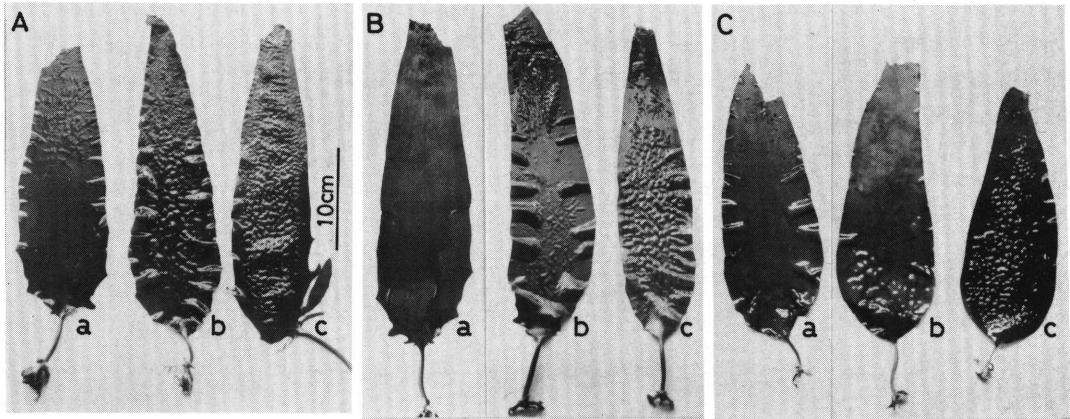


Fig. 7. Hybrids and their parental plants cultivated for 3 months in the sea. Hybrids (b) showed intermediate morphological aspects of their parents in occurrence of rugae on leaves.

A, a, *Ecklonia cava*; b, *Ec. cava* × *Ec. stolonifera*; c, *Ec. stolonifera*; B, a, *Ec. cava*; b, *Ec. cava* × *Ec. kurome*; c, *Ec. kurome*; C, a, *Ec. cava*; b, *Ec. cava* × *Ei. bicyclis*; c, *Ei. bicyclis*. Scale in A applies to B and C.

メ、ヒロメ、アオワカメとの交雑試験を行ったが、アラメ、カジメ属とコンブ、ワカメ属の交雑またコンブとワカメ属の交雑で属間交雑種は得られなかった。

考 察

この研究ではアラメ、カジメ属4種の正逆16通りの組合せで交雑実験を行ったが、交雑の成否は主に室内培養での胞子体の発生とその形態で判定した。しかし、アラメ、カジメ属では卵の単性発芽もよくみられ交雑せずに葉状体が出現したという疑問も持たれるが、単性発芽では形態が異常であったのに、交雑種の胞子体は同一種の雌、雄の場合と全く変らない正常な形をしていた。この単性発芽体の形態の異常は、Yabu (1964) のコンブ属での観察結果とよく一致する。また、交雑した胞子体は海での養殖ですべてよく生育したが、単性発芽体は育たなかった。一方、カジメと他の3種との交雑胞子体を海で養殖したところ、カジメに皺がないのに交雑種はいずれも皺が現われており、交雑できたものと認められた。このように、室内培養での正常な胞子体の出現や海で生育した交雑種の形態からみて、アラメ、カジメ属では種間、属間の交雑が可能であり、この実験結果からアラメ、カジメ属4種のすべての正逆交雑で交雑種ができるものと考えられる。

すでに、ワカメ属ではワカメ、ヒロメ、アオワカメのすべての組合せで交雑することが判明し (斉藤 1966, Saito 1972, 右田 1967)、コンブ属でも交雑例が多く種間交雑が可能なが知られている (Schreiber 1930, Sundene 1958, 1962, Yabu 1964, 長谷川 1966, 船野 1978, 1980, 1983)。また、チガイソ×ミ

ツイシコンブ (船野 1983)、クロメ×アントクメ (新村 1981) で属間交雑種ができたという報告もある。このようにコンブ目では、同属内の種間交雑が容易に行われ、また近縁の属間の交雑も可能であると考えられる。この研究で、アラメ、カジメ属の属間、種間で交雑することが明らかになったが、同時に試みた著者のこれまでの実験では、コンブ属とワカメ属、コンブ属とアラメ・カジメ属、ワカメ属とアラメ・カジメ属といった組合せの属間交雑は不成功に終わっている。

交雑種 F_1 の形態は、アラメ、ツルアラメ、クロメの組合せの交雑種では1年生の葉体は互に似ており、葉に皺もあり、母藻も含めて明確な区別はできなかった。ただ、カジメは滑かな葉を有するので、皺のある他の種との交雑で、皺の出現を一つの形質に利用できる。カジメと他の3種の交雑 F_1 では皺が出現し、その出現数は両親藻の間であった。このことは、これらの種類の種間、属間交雑において交雑種が程度の差はあるにしても中間遺伝であることを示唆しており、ワカメ属の種間交雑における交雑種の形態の特徴とよく一致する。

交雑種の生長について、船野 (1983) はコンブ属では種の組合せにより雑種強性或雑種弱性がみられるとしているので、アラメ、カジメ属の交雑でもそれらの点を検討する必要がある。本研究では、内湾で養殖し外海での越冬養殖施設が得られず、翌年の7月までに雑生物着生のため生育試験が続けられなかった。また、それまでに得られた生長の経過も、同一種や同一交雑種でも室内培養や海での養殖期など培養、養殖の経歴で大きい変動があり、そのため交雑種の生長の知見は

十分には得られなかった。アラメ、カジメ属には生育深度、地理的分布の相違も知られており、今後優れた形質の母藻を選び、数多くの養殖を経て、交雑種の雑種強性や生態的特徴を追究しなければならない。

終りに、カジメの遊走子発芽体を分譲して下さった神奈川県水試の今井利為氏、養殖管理でご協力いただいた島原市の山口 清氏に感謝の意を表する。

文 献

- 長谷川由雄 (1966). 交雑用材料とその扱い方—藻類. 水産増殖, 13, 120—122.
- 船野 隆 (1978). 北海道沿岸に産するコンブの交配実験. 北水試月報, 35, 23—42.
- 船野 隆 (1980). 同上(2). 同誌, 37, 181—207.
- 船野 隆 (1983). 北海道の産業種コンブの種分化と品種改良. 水産育種, 8, 54—62.
- 右田清治 (1967). アオワカメとワカメの雑種について. 長崎大学水産学部研究報告 No. 24, 9—20.
- 斎藤雄之助 (1966). 交雑種の育成—藻類. 水産増殖, 13, 149—155.
- Saito, Y. (1972). On the effects of environmental factors on morphological characteristics of *Undaria pinnatifida* and the breeding of hybrids in the genus *Undaria*. In Abbott, I. A., and Kurogi, M. (ed.) Contributions to the Systematics of Benthic Marine Algae of the North Pacific. Japanese Society of Phycology, Kobe, 117-133.
- Schreiber, E. (1930). Untersuchungen über Parthenogenesis, Geschlechtsbestimmung und Bastardierungsmögen bei Laminarien. *Planata*, 12, 331-353.
- 新村 巖 (1981). クロメとアントクメの属間交雑について. 昭和55年度鹿児島水試事業報告書, 45—46.
- Sundene, O. (1958). Interfertility between forms of *Laminaria digitata*. *Nytt Mag. Bot.* 6, 121-128.
- Yabu, H. (1964). Early development of several species of Laminariales in Hokkaido. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 12, 1-72.