

アカウニとバフンウニとの交雑育種の試み

金丸彦一郎*1・真崎邦彦*2・伊藤史郎・伊東義信*1

ウニ類は重要な磯根資源のひとつであり、佐賀県栽培漁業センターにおいては資源の増殖を図る目的で、1976年からアカウニ *Pseudocentrotus depressus*, 1980年からバフンウニ *Hemicentrotus pulcherrimus* の種苗生産を実施し、放流事業を行ってきた。しかし、アカウニは1981年以降ほぼ毎年疾病による大量斃死がみられ安定生産のネックとなっていた¹⁾。

ウニ類の交雑については宇野ら³⁾や井上²⁾、相山³⁾などかなり以前から検討されているものの、育種を目的とした詳細な報告は行われていない。角田・大内^{4),5)}は放流人工種苗の追跡調査時の標識とするために交雑種の生産を行い、角田ら⁶⁾、角田ら⁷⁾はその追跡結果について報告しているが、交雑種の育種を目的とした検討は行っていない。

本研究は、種苗生産過程で大量斃死がみられるものの成長が良く市場価値の高いアカウニと、疾病に強いバフンウニとの交雑種を作出することを目的として、1984年11月から87年4月にかけて行った。

アカウニ、バフンウニ及びその交雑種の受精率とふ化率、浮遊幼生の形態、稚ウニ期以降の成長や生残について比較し、交雑による育種を検討した。

本研究をすすめる上で、前下関水産大学校長網尾 勝博士、長崎大学教養部教授茅野 博博士には有益なご助言をいただいた。心から謝意を表す。

材料と方法

1. 受精率とふ化率

採卵、採精にはアカウニ、バフンウニの、十分に成熟していると思われるものをそれぞれ数個体ずつ用いた。1個体ずつビーカーにのせ、口器抜き取り法で産卵刺激を行った。得られたアカウニ、バフンウニの卵5000粒程度を200mlビーカーに各々収容した。アカウニまたはバフンウニの精子濃度は海水1ml当たり $1 \times 10^2 \sim 10^8$ 個の6段階とし、それぞれアカウニ及びバフンウニの卵に媒精を行った。

このようにして、アカウニ♀×アカウニ♂（以下、アカウニとする）、アカウニ♀×バフンウニ♂（以下、アカ♀とする）、バフンウニ♀×アカウニ♂（以下、バフン♀とする）及びバフンウニ♀×バフンウニ♂（以下、バフンウニとする）の4通りの組合せによる媒精を同時に行った。以下、アカウニ、バフンウニを単一種、アカ♀、バフン♀を交雑種と称する。

媒精約2分後からナイロンネット（オープニング目合70 μ m）を用いて受精卵の流水洗卵を行った。洗卵後スチロール水槽またはビーカーへ移し、沈澱法で数回洗卵を繰り返した。

媒精濃度別の受精率は、流水洗卵の数分後に沈澱水槽をゆっくりかき混ぜた後サンプリングを行い、実体顕微鏡下で卵の受精膜の有無で調べた。

媒精濃度別のふ化率は、媒精24時間後にふ化水槽内をゆっくりかき混ぜた後サンプリングを行い、実体顕微鏡下で調べた。その後ふ化した幼生はサイホンで回収し、幼生の飼育水槽へと収容した。

*1 現、佐賀県玄海水産振興センター

*2 現、佐賀県水産振興課

*3 資料

なお受精率およびふ化率に関する試験はそれぞれ4通りの組合せ別、媒精濃度別に3または4回実施した。

2. 浮遊幼生の形態

ふ化幼生の飼育は30ℓまたは100ℓ円形ポリカーボネイト水槽で行った。飼育は伊東ら⁸⁾の方法にしたがった。

アカウニとバフンウニの幼生は、基底部の長さには差異がみられることが経験上知られている。そこで図1に示した金丸・伊東⁹⁾の基底部長を測定し、単一種と交雑種の4腕期、6腕期浮遊幼生の形態を比較した。

3. 稚ウニ期以降の成長・生残

着底、変態後の稚ウニの飼育は、アカウニ、アカ♀、バフン♀とバフンウニの4群をそれぞれ個別にネトロンカゴで随時同程度の収容密度になるように飼育した。飼育は流水通気の状態、餌としてアラメ、ヒジキ等の藻類を適宜与えた。

生後1年目に目視により体型、体色、棘の長さなどを基準として10グループに類別した。さらに将来の選抜育種のため10グループを各グループ毎(単一種と交雑種)に殻径、体重、殻径に対する殻高や棘の長さの平均と変動係数とを計算し、クラスター分析を行い類別化した。

各グループは同様な環境で飼育を継続した。

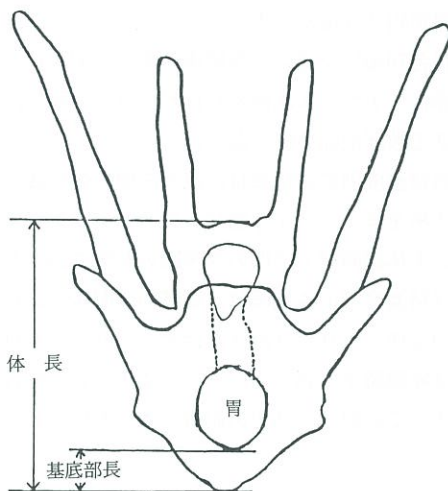


図1 幼生の測定部位

成長については、生後1年目から6ヶ月毎に全数の殻径を測定し、平均殻径で比較した。生残率については、その8ヶ月後の生残数を用いて比較した。さらに生後1年8ヶ月目から毎月1回5～8個体を無作為に選びその生殖腺重量を調べた。

結果と考察

1. 受精率とふ化率

媒精濃度別に3～4回行った平均の受精率、ふ化率をそれぞれ図2、3に示した。

単一種の受精率はともに媒精濃度 1×10^4 個/ml で60%を越え、 10^5 個/ml でほぼ100%となった。アカ♀は 10^5 個/ml で約10%、 10^6 個/ml で約90%となった。バフン♀は 10^5 個/ml でようやく約10%となり、 10^8 個/ml で90%を越えた。

単一種のふ化率は 1×10^5 個/ml でともに90%前後であり、それ以上精子濃度を高くしてもふ化率は上がらず、 10^8 個/ml では逆に低下する傾向がみられた。交雑種は 10^5 個/ml で約60%となり、 10^8 個/ml で90%を越え単一種と同程度となった。

当センターで従来から実施しているアカウニ、バフンウニの大量生産時における媒精濃度は 1×10^5 個/ml 程度であり、今回の実験結果の受精率、ふ化率もほぼ同様な傾向がみられた。しかし、交雑種ではこの精子濃度では著しく低い受精率、ふ化率しか得られず、単一種と同様な結果を得るためには非常に高い精子濃度が必要で、特にバフン♀

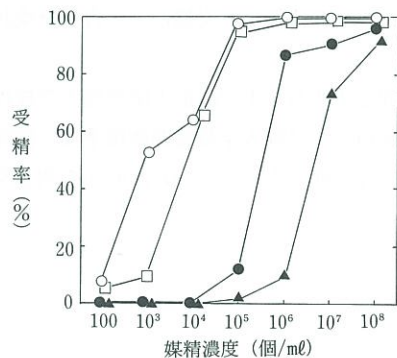


図2 媒精濃度と受精率との関係

○, アカウニ; ●, アカ♀;
▲, バフン♀; □, バフンウニ.

でその傾向が顕著であった。

宇野ら*³は交雑種数種の受精率は単一種の場合

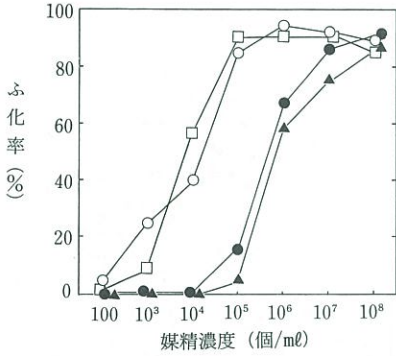


図3 媒精濃度とふ化率との関係
○, アカウニ; ●, アカ♀;
▲, バフン♀; □, バフンウニ.

合よりも悪く50%前後であるとしている。アカウニとバフンウニとの交雑について、どの程度の媒精濃度で行ったかは記載されておらず単純には比較できないものの、同様な傾向を示したものと考えられる。

2. 浮遊幼生の形態

金丸・伊東⁹⁾の基底部長を用いて交雑種の浮遊幼生の形態を比較した。アカウニ, アカ♀, バフン♀及びバフンウニの4群の4腕期幼生を図4に示した。

交雑種の4腕期幼生の骨格構造は、アカウニとバフンウニとのそれぞれやや母系に近いものの中間的な形質であった。Wu et. al¹⁰⁾はアカウニ♀とムラサキウニ♂との交雑種の幼生の骨格構造は中間的な形質を示したとしているが、本研究の交雑

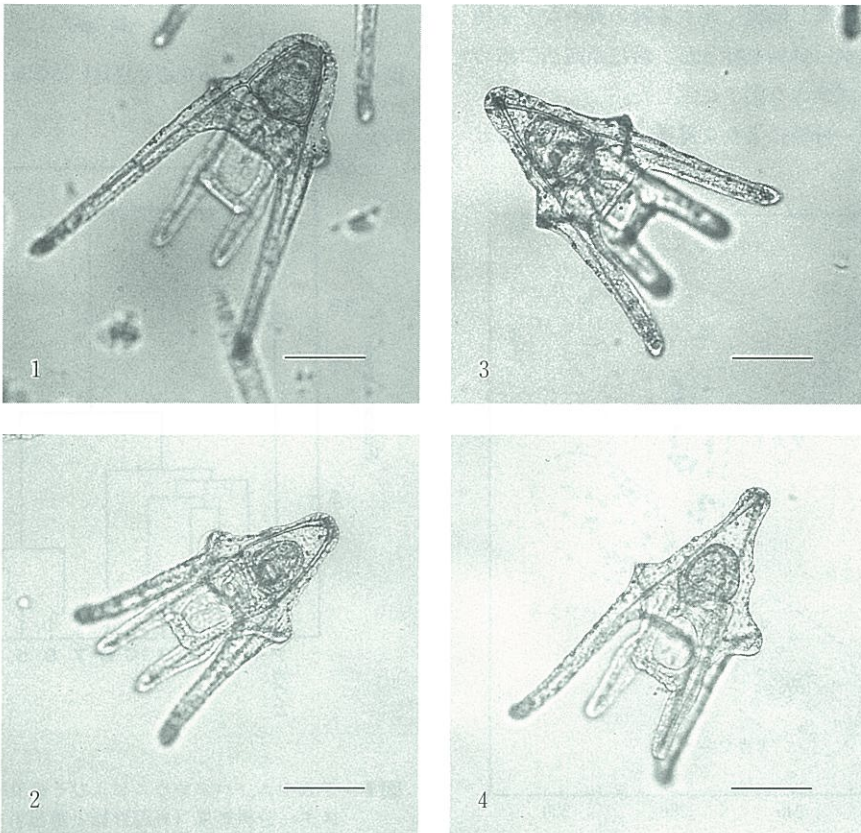


図4 浮遊幼生の形態
1: アカウニ, 2: アカ♀, 3: バフン♀, 4: バフンウニ
Scale bars=100 μm

種の幼生についても同様な傾向がみられた。

金丸・伊東⁹⁾はアカウニ 4 腕期, 6 腕期幼生の胃の後端から基底部までの長さを基底部長として測定を行い, その体長に対する割合は餌の種類や量によって変化しないとしている。

アカウニ, アカ♀, バフン♀及びバフンウニのふ化後 4 日目, 8 日目における 4 腕期, 6 腕期浮遊幼生の体長と基底部長との関係を図 5, 6 に示した。

ふ化後 4 日目, 8 日目において, バフンウニはアカウニより体長が大きく, 基底部長も大きかった。交雑種はともに体長はバフンウニに近く, 基底部長は両者の中間型を示し, この傾向は 4 腕期で顕著であった。

3. 稚ウニ二期以降の成長・生残

生後 1 年目に目視により体型, 体色, 棘の長さなどを基準として 10 グループに類別後, 各集団の平均殻径, 殻高と殻径に対する棘の長さなどを用いてクラスター分析を行った。最短距離法で求めたデンドログラムを図 7 に示した。

クラスター分析により交雑種は雌親の起源など

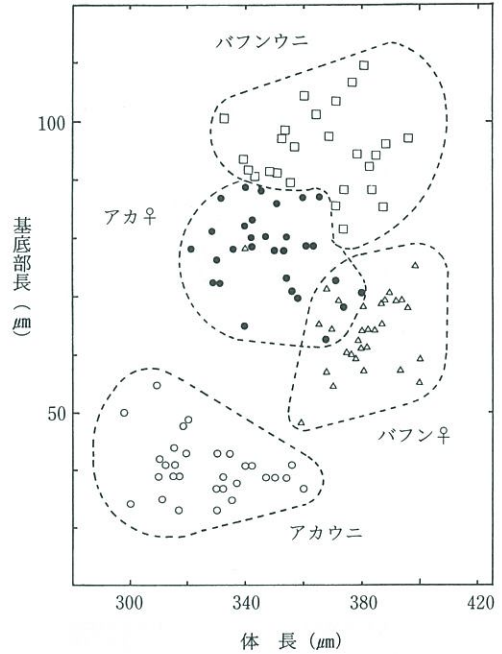


図 6 6 腕期幼生 (ふ化後 8 日目) の体長と基底部長との関係

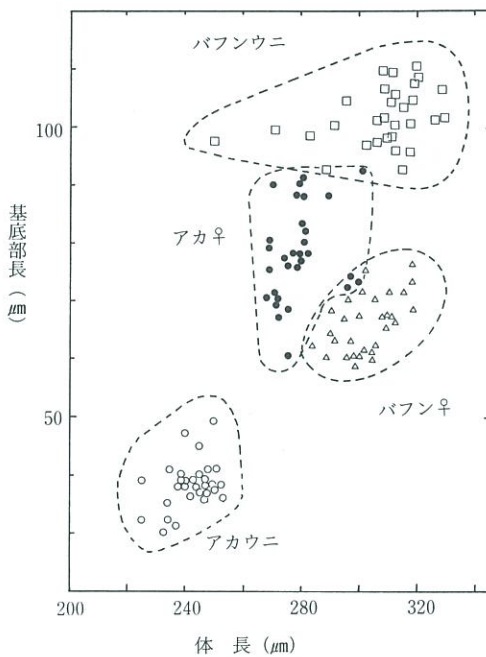


図 5 4 腕期幼生 (ふ化後 4 日目) の体長と基底部長との関係

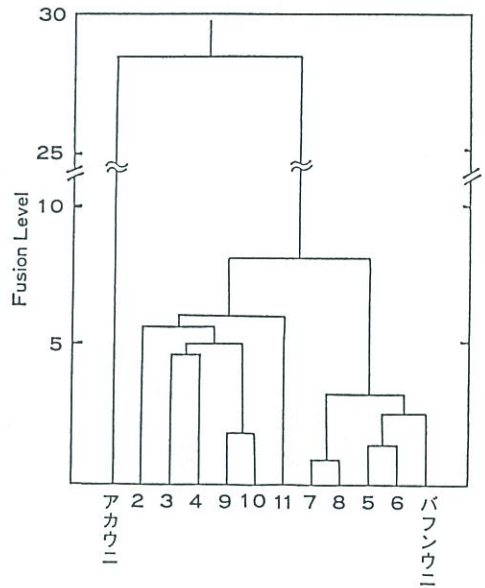


図 7 アカウニ, バフンウニおよびその交雑種のクラスター分析結果 (外部形態と重量について最短距離法で求めたデンドログラム)

2, 3, 4 : アカ♀×バフン♂

5, 6, 7, 8 : バフン♀×アカ♂ (バフンタイプ)

9, 10, 11 : バフン♀×アカ♂ (アカタイプ)

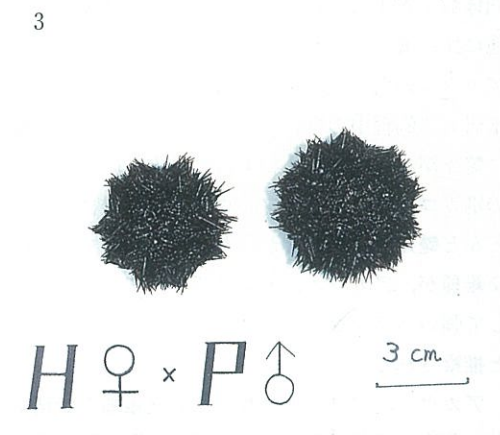
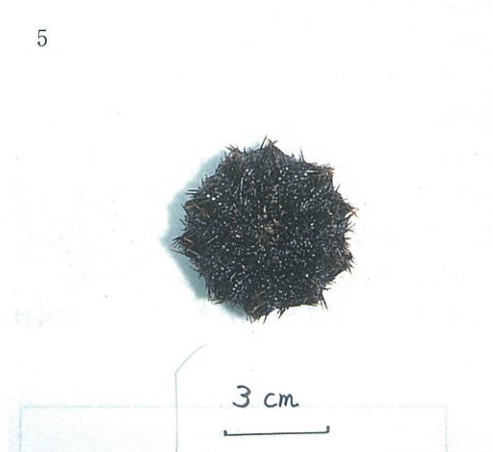
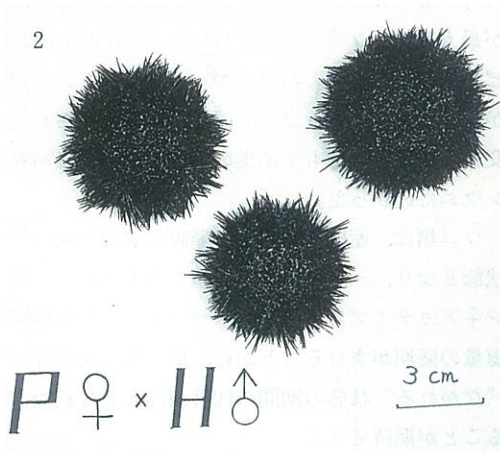
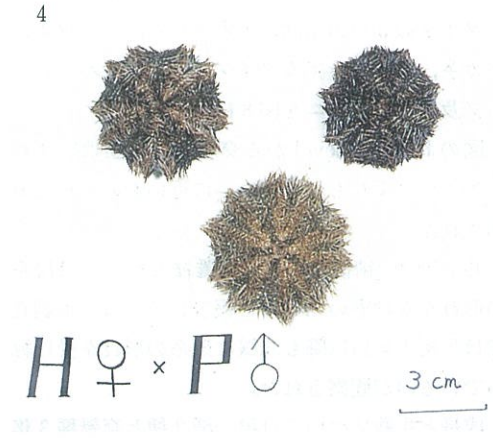
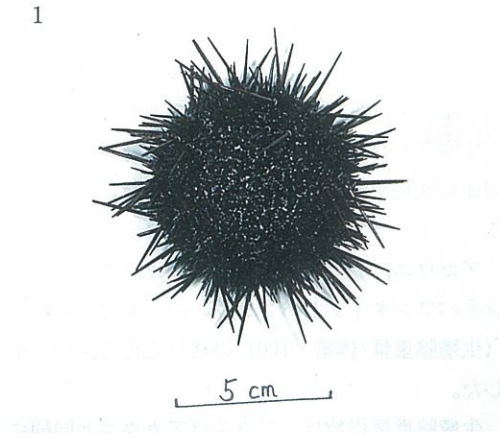


図8 アカウニ、バフンウニ及び交雑種の形態
 1, アカウニ; 2, アカ♀; 3, バフン♀アカタイプ;
 4, バフン♀バフンタイプ; 5, バフンウニ.

からアカ♀、バフン♀アカタイプ、バフン♀バフンタイプの3つの集団に大別された。アカウニ、アカ♀、バフン♀アカタイプ、バフン♀バフンタイプ及びバフンウニを図8に示した。

図の Fusion Level から交雑種3集団はいずれもアカウニよりもバフンウニに近いものとして分類された。

井上²⁾は受精後5ヶ月の交雑種の稚ウニは母系の形質を受け継いでいると報告している。本調査では生後1年目以降も同様に母系の形質を受け継いでいるのが観察された。

成長と生残については単一種2種と交雑種3集団とで比較検討を行った。

生後1年目、2年目および2年6ヶ月目の各グループの平均殻長を図9に示した。

成長はアカウニが最も良く、次いでアカ♀、バフンウニ、バフン♀バフンタイプ、バフン♀アカタイプの順であった。アカウニとその他の群との間には統計的な差がみられたが、アカウニを除く群の間には差はみられなかった。

本研究の飼育環境下におけるアカウニの成長は、

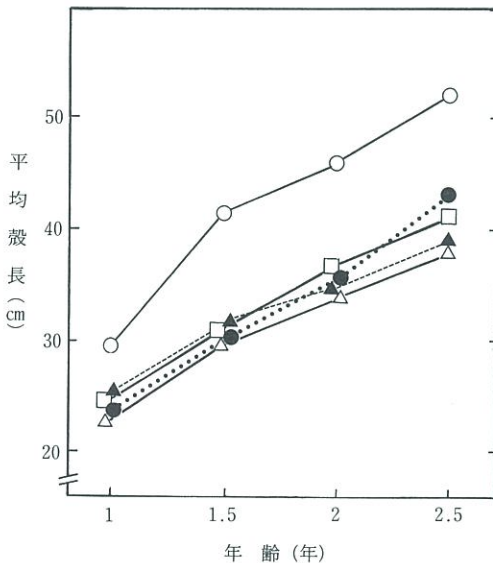


図9 アカウニ、バフンウニと交雑種の成長
○、アカウニ；●、アカ♀；△、バフン♀アカタイプ；▲、バフン♀バフンタイプ；□、バフンウニ。

角田¹¹⁾の山口県黄波戸産をやや上回る程度であった。バフンウニの成長も、勢村¹²⁾の島根県中部海域産を上回っていた。今回の飼育環境下において単一種は良好な成長を示しており、同じ環境下で飼育した交雑種についても天然海域でもほぼ同様な成長をすると考えて差し支えないと思われる。

アカウニ、アカ♀、バフン♀アカタイプ、バフン♀バフンタイプとバフンウニの生殖腺重量指数(生殖腺重量/体重×100)の経月変化を図10に示した。

生殖腺重量指数は、アカ♀はアカウニと同様に11月が最も高かった。バフン♀アカタイプは1月が最も高く、アカウニとバフンウニとの中間にピークがみられた。バフン♀バフンタイプは2月が最も高く、バフンウニと同様な傾向がみられた。交雑種は、いずれも生殖巣の大きさ、形状はバフンウニに近かった。

ウニ類は、産卵盛期には生殖腺が“ながれる”状態となり、一時的に商品価値が低下する。バフン♀アカタイプはアカウニ、バフンウニと生殖腺重量の盛期がずれることから、単一種の生殖腺が“ながれる”状態の期間の代替商品として利用することが期待できる。

生後1年目とその8ヶ月後の各グループの飼育個体数を表1に示した。アカウニの生残率だけが他に比べ著しく低かった。これはこの飼育期間中、アカウニの大量生産水槽において疾病が発生し、本研究で飼育中のアカウニについてもほぼ同時期に斃死がみられたためである。一方、同じ水槽内の別カゴで飼育中のバフンウニ及び交雑種にはほとんど斃死はみられなかった。したがって全ての交雑種が、アカウニの大量斃死を起こす疾病に対して強いバフンウニの形質を受け継いでいたものと推察される。

アカウニ、バフンウニ及びその交雑種の受精率とふ化率、浮遊幼生の形態、稚ウニ期以降の成長と生残について比較検討したところ、アカウニとバフンウニとの交雑種(F₁)は、大きなバリエーションを有しており、全般的にはバフンウニに似

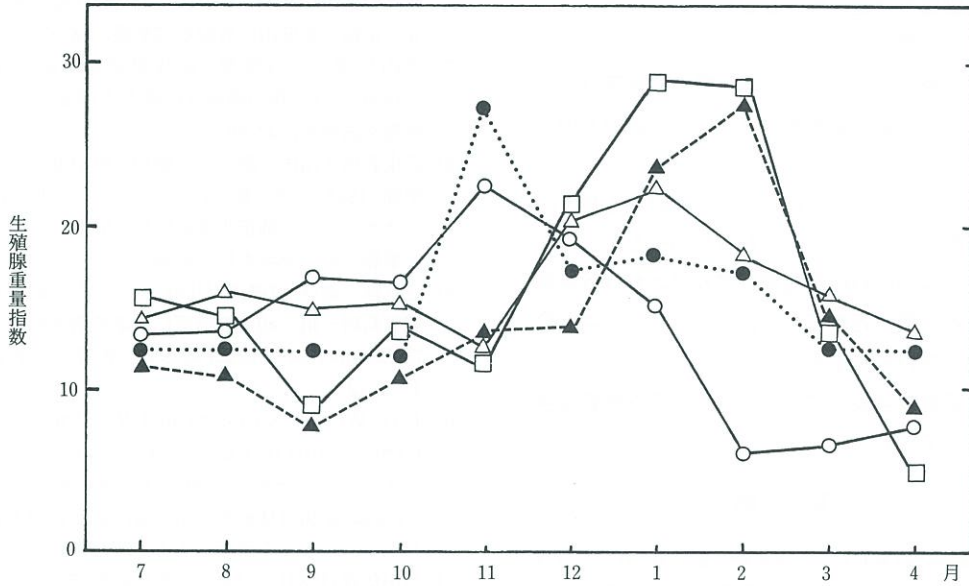


図10 アカウニ、バフンウニと交雑種の生殖腺重量の経月変化
 ○, アカウニ; ●, アカ♀; △, バフン♀アカタイプ;
 ▲, バフン♀バフンタイプ; □, バフンウニ.

表1 生後1年目とその8ヶ月後の飼育個体数

年 数	1年 (個体)	1年8ヶ月 (個体)	生残率 (%)
アカウニ	309	58	18.8
アカ♀	205	189	92.2
バフン♀アカタイプ	147	136	92.5
バフン♀バフンタイプ	143	142	99.3
バフンウニ	100	98	98.0

た形質を多くもっていることがわかった。交雑種は疾病に強いという性質をもっているものの、成長やその他の形質は、バフンウニに近く、当初交雑種に期待した育種効果は得られなかった。

その後、交雑によりアカウニに近い性質を持たせる目的で、交雑種 (F₁) とアカウニとの戻し交雑も検討したが、すべての交雑種は精子、卵ともに、減数分裂の際に不等分割をしていたため、正常な受精卵を得ることはできなかった。

岡田¹³⁾、西村・鈴木¹⁴⁾によると、アカウニは拱歯目らっぽうに科、バフンウニは拱歯目おおぼふ

らうに科とされている。山田ら¹⁵⁾によると、アカウニはサンショウウニ目、バフンウニはエキヌス(拱歯)目とされている。厳密な分類は不明であるが、今回の交雑は科間あるいは目間交雑ということで、一般には交雑種ができにくいとされている分類学上の違いであった。これが減数分裂がうまく進行しなかった原因とも考えられる。

したがって、目的である成長が良く単価も高いアカウニと、疾病に強いバフンウニの両者の長所を持つ交雑種を作出するためには、倍数化などを含めた別の方法を考える必要がある。

要 約

アカウニとバフンウニとの両者の長所を持つ交雑種を作出することを目的として、両種及びその交雑種の受精率・ふ化率、浮遊幼生の形態、稚ウニ期以降の成長や生残について比較した。

1. 交雑種は単一種に比べ著しく高い媒精濃度でなければ、高い受精率とふ化率は得られなかった。

2. 交雑種の浮遊幼生の形態はともにバフンウニに近い形態であった。
3. 交雑種3集団の稚ウニ期以降の形状等は、クラスター分析によるとバフンウニに近いものとして分類された。
4. 稚ウニ期以降の成長はアカウニが最も良く、交雑種はバフンウニとかわらなかった。
5. 稚ウニ期以降の生残率はアカウニだけは疾病による大量弊死が起こったが、バフンウニと交雑種は高い生残を示した。
6. 交雑種は全般的にバフンウニに似た形質を多くもっていた。

文 献

- 1) 真崎邦彦・野口弘三・金丸彦一郎 (1988) : アカウニの種苗生産過程における稚ウニの大量斃死について。西海区ブロック藻類・介類研究会報, 5, 45-59.
- 2) 井上 泰 (1966) : 交雑種の育成—ウニ, 水産増殖, 13 (3), 142-145.
- 3) 椋山正雄 (1979) : 受精。東京大学出版会, 東京, 122 pp.
- 4) 角田信孝・大内俊彦 (1978) : ウニ類種苗生産研究。昭和52年度山口外海水試事報, 45-58.
- 5) 角田信孝・大内俊彦 (1980) : ウニ類種苗生産研究。昭和53年度山口外海水試事報, 33-36.
- 6) 角田信孝・松浦秀喜・大内俊彦・由良野範義・有園真琴・道中和彦 (1978) : ウニ類の種苗放流調査。昭和52年度山口外海水試事報, 48-53.
- 7) 角田信孝・大内俊彦・由良野範義・道中和彦 (1980) : ウニ類の種苗放流調査。昭和52年度山口外海水試事報, 37-40.
- 8) 伊東義信・山田 徹・有吉敏和・野田進治・伊藤史郎 (1985) : ウニ類(アカウニ, バフンウニ, ムラサキウニ)の種苗生産の現状と問題点。佐賀裁セ事報 (55~58年度), 79-96.
- 9) 金丸彦一郎・伊東義信 (1987) : アカウニ幼生期の飼育餌料—III 幼生の発育に及ぼす増殖の劣る餌料 *Chaetoceros gracilis* の影響。佐賀裁セ研報, 1, 9-12.
- 10) J. G. Wu, H. Kurokura and R. Hirano (1990) Hybridization of *Pseudocentrotus depressus* egg and cryopreserved sperm of *Anthorocid-aris crassispine* and the morphology of hybrid larva. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56 (5), 749-754.
- 11) 角田信孝 (1989) : アカウニの年齢形質と成長。日水誌, 55 (11), 1899-1905.
- 12) 勢村 均 (1991) : 島根県中部海域におけるバフンウニの生態。栽培技研, 19 (2), 67-74.
- 13) 岡田 要 (1965) : 新日本動物図鑑 [下]。北隆館, 東京, 763 pp.
- 14) 西村三郎・鈴木克美 (1971) : 海岸動物。保育社, 東京, 196 pp.
- 15) 山田常夫・前川文夫・江上不二夫・八杉竜一・小関治男・古谷雅樹・日高敏隆 編 (1977) : 岩波生物学辞典。岩波書店, 東京, 1654 pp.