

造成漁場に放流されたエゾバフンウニ種苗の成長と生残

水産庁北海道区水産研究所資源増殖部藻類増殖研究室

町口裕二・飯泉 仁

調査実施年度 平成4-6年度

緒言

エゾバフンウニはホタテに続く栽培漁業の有望種として期待され、人工種苗の生産や種苗放流が行われるとともに漁場造成が進められ、生産の維持安定を図っている。これまで、エゾバフンウニについて天然漁場での生態については、生息場所とサイズや餌料海藻との関係など、詳細なものがある^{1,2)}。しかし、沿岸事業を主体として各地で造成されている増殖場内において、近年盛んに行われつつあるエゾバフンウニ人工種苗放流では、放流された種苗の漁場内での成長や生き残りに影響を及ぼす各種要因についての知見が不十分なため、必ずしも安定した生産に結びついていない。

根室支庁管内尾岱沼地先に造成された大規模増殖場内において、エゾバフンウニ放流種苗の追跡調査を行い、ウニ種苗の放流密度や餌料海藻の量と放流されたウニ種苗の成長との関係について知見を得た。また、造成礁内のウニ生息量を明らかにするとともに、放流種苗の生残ならびにウニ礁としての造成礁（投石礁）が持つ構造的な問題点を明らかにできたのでここに報告する。

調査方法

エゾバフンウニ人工種苗放流とその追跡調査

本調査は、昭和60年より平成1年までの5年間に北海道根室支庁管内別海町野付地先に造成された大規模増殖場（通称磯根礁）を調査対象とした。磯根礁は砂質の底質上に沈降防止シートを敷き、その上に1基あたり20m四方（400m²）に中割石を投石したもので、南北方向に20m、東西方向に60m間隔をあけて合計80基設置されたものである（図-1）。それぞれの礁には、これまで複数回のエゾバフンウニの放流および漁獲が行われている。

磯根礁80基のうち造成年度の古い礁について、潜水による漁獲を行った後、93年4月28日に礁別に放流密度を変えてエゾバフンウニ人工種苗（以後ウニ種苗と称する）を放流した。放流時のウニ種苗の平均殻径は20mm、放流密度は1平方m当たり、25、50、100、200個体（1礁当たりでは、1万、2万、4万、8万個体）とし、それぞれ2礁ずつ合計8基を調査対象とした。礁番号とウニ放流密度を表-1にまとめた。また、各礁の海藻出現状況を比較するため、ウニ種苗を全く放流しない対照区を1礁（No.14）設けた。

密度別にウニ種苗を放流したそれぞれの礁について、出現する海藻種および海藻量（湿重量）、放流したウニ種苗の殻径を、93年5月から94年7月まで隔月で追跡調査した。海藻類の採集は潜水により行い、0.5m方形枠（0.25m²）を用いた5回採集を最低単位とし、海藻量の少ない場合は、海底面で方形枠を転がして枠内に2度海藻が出現するまで繰り返し採集した。採集した海藻は陸上へ持ち帰ったのち種類別に湿重量を測定し、1平方m当たりの海藻量に換算した。また、調査期間を通じた礁内の平均海藻量を求めた。

ウニについては潜水による無作為採集で最低50個体以上を採集し、船上で殻径を測定したのち採集した礁へ再度放流した。殻径測定の際、殻径が大きく明らかに放流群とは異なると判断されるものは測定から除外した。

94年7月時点でのウニ放流数と平均海藻量、ウニ放流数とウニの殻径増加量、平均海藻量とウニの殻径増加量との関係をそれぞれkendallの順位相関によって検定した。

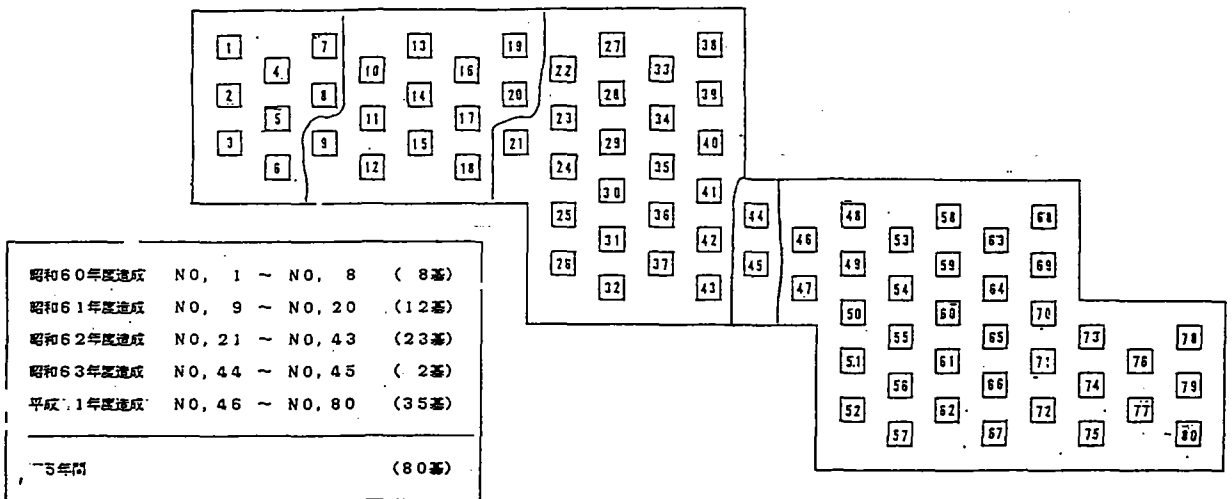
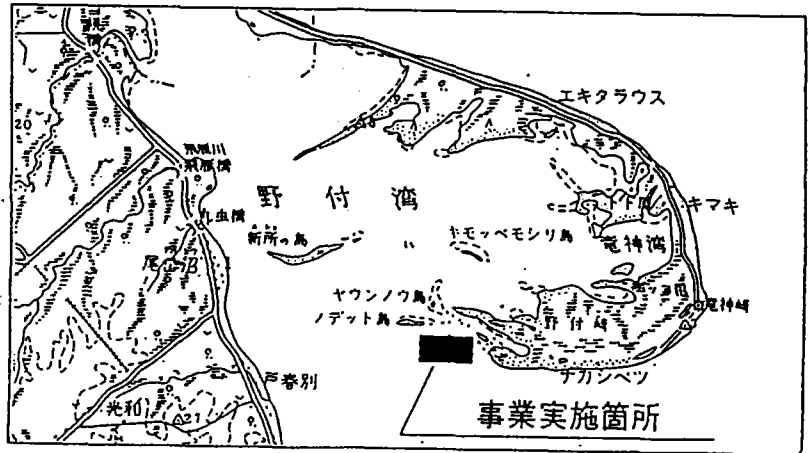
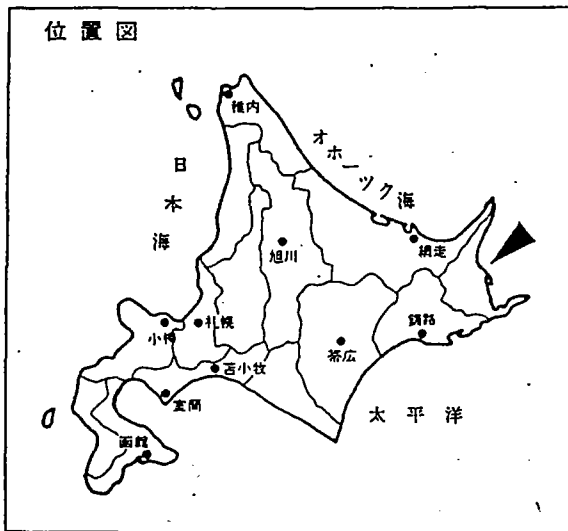


図-1 調査実施場所および磯根礁の配置

表-1 調査対象とした磯根礁のNo. とエゾバフンウニ人工種苗の放流密度

礁 No.	2	3	5	7	9	10	16	19
放流密度 (n/m ²)	50	25	100	200	200	25	50	100
総放流数	20000	10000	40000	80000	80000	10000	20000	40000
放流時の殻径 (mm)	20	20	20	20	20	20	20	20

結果および考察

放流密度別礁別の海藻量と出現海藻およびウニ種苗の成長

放流密度別礁別の海藻量および放流したウニ種苗の平均殻径の変化を図-2に示した。

海藻量は磯根礁全体を通してみると、春-夏期(3-7月)に増大し、秋-冬期(9-1月)に減少する季節的な変動がみられた。また、礁個別にみた場合、海藻量は礁によって大きな差がみられた。

海藻量の少ない礁としては、昭和60年度造成のNo.2, 3, 5礁であり、これらの礁は調査期間を通じて海藻量は $500\text{g}/\text{m}^2$ 未満であった。特に、No.5礁の海藻量は最大でも $95\text{g}/\text{m}^2$ 、もっとも少ないときでは $1.2\text{g}/\text{m}^2$ と、ほとんど海藻がみられず磯焼け状態を呈した。一方、海藻量の多い礁は昭和61年度造成のNo.10, 16, 19礁で、これらの礁は調査期間を通じて $500\text{g}/\text{m}^2$ 以上の値を示し、No.16礁で3月には最大 $3500\text{g}/\text{m}^2$ 以上の海藻量となった。

磯根礁内に出現した主な海藻種としては、褐藻類ではケウルシグサ(*Desmarestia viridis*)、カラフトトロロコンブ(*Laminaria sachaliensis*)、カヤモノリ(*Scytosiphon lometarius*)等が、紅藻類ではダルス(*Rhodymenia palmata*)、アナダルス(*Rhodymenia pertusa*)、カレキグサ(*Tichocarpus crinitus*)等が、緑藻類ではアナアオサ(*Ulva Pertusa*)、キヌシオグサ(*Cladophora stimpsonii*)等がみられた。また、稀に出現したものとして、褐藻のウガノモク(*Cystoseira Hakodatensis*)、紅藻のエゴノリ(*Campylaeophora hypnaeoides*)やコノハノリ科sp. (*Delesseriaceae* sp.)、ダジア科sp. (*Dasyaceae* sp.)がみられた。

出現した海藻種についても海藻量と同様に季節的な変化がみられた。礁内に出現した海藻種のうち、量的に多かった6種について出現時期と湿重量を図-3に示した。出現量の多い海藻種の中でも特に、一年生のケウルシグサは5-7月時に大量に出現し、 $1000\text{g}/\text{m}^2$ 以上となった礁(No.9, 10)もみられたが、他の調査月では全くみられなかった。ダルス、アナダルスは1月から礁内に出現し、3-5月に最大量となり7月以降急速に減少した。一方、アナアオサ、カレキグサは多くの礁で周年みられた。

野付半島周辺海域でウニの餌料として重要な、オニコンブ(*L. diabolica*)、カラフトトロロコンブ等のコンブ類は、調査対象とした礁では最大でも $200\text{g}/\text{m}^2$ 以下であり、しかも若い個体が5-7月にのみ見られ、他の調査時には全くみられなかった。これらのコンブ類はケウルシグサとは異なり、本来二年生であり、短期間に消失したのは枯死したのではなく、ウニによって捕食されたものと考えられる。また、カレキグサは北海道太平洋岸からオホーツク海岸の造成礁において特徴的な海藻であり、特に年数を経た礁やウニ類を放流している礁ではカレキグサのみが見られることがよくある³⁾。この磯根礁においてもカレキグサは、量的にも出現頻度からももっともありふれた海藻であった。このことは、カレキグサがコンブ類とは異なり、ウニ類の摂餌選択性が低く、しかも摂餌量もコンブに比較してきわめて少ないことから^{3, 4)}、ウニの食圧をまぬがれた結果と考えられる。言い換えれば、カレキグサの多い礁、あるいはカレキグサしか見られない礁はウニの食圧が高い礁であると言えるであろう。

93年4月にウニを放流しなかったNo.14礁の海藻量は海藻量の多かったNo.10, 16, 19礁と同等かそれ以上の海藻量であり、特に、94年1月以降の海藻量は他の礁と比較して大きく増加し、海藻種でみるとダルス、アナダルス、アナアオサの増加が他の礁と比較して大きかった。このことは93年春の漁獲後にウニ種苗を放流しなかったため、礁内のウニの食圧が低下したためと考えられる。礁内に多く出現したアナアオサはウニ類が比較的よく好むことや⁴⁾、ダルス類は紅藻類の中ではウニに好まれコンブ類と変わらぬ嗜好性を持っており(町口未発表)、ウニの食圧の影響が少なくなったためこれらの海藻が多く出現したものと思われる。

各礁の海藻量を、調査期間を通算した平均海藻量で比較したものを図-4に示した。平均海藻量の多い礁についてみると、ウニ種苗を放流しなかったNo.14礁が $1461\text{g}/\text{m}^2$ ともっとも多く、次いでNo.16礁の $1400\text{g}/\text{m}^2$ 、No.19礁の $1211\text{g}/\text{m}^2$ 、No.10礁の $966\text{g}/\text{m}^2$ 、No.7礁の $880\text{g}/\text{m}^2$ とつづいた。一方、平均海藻量の少ない

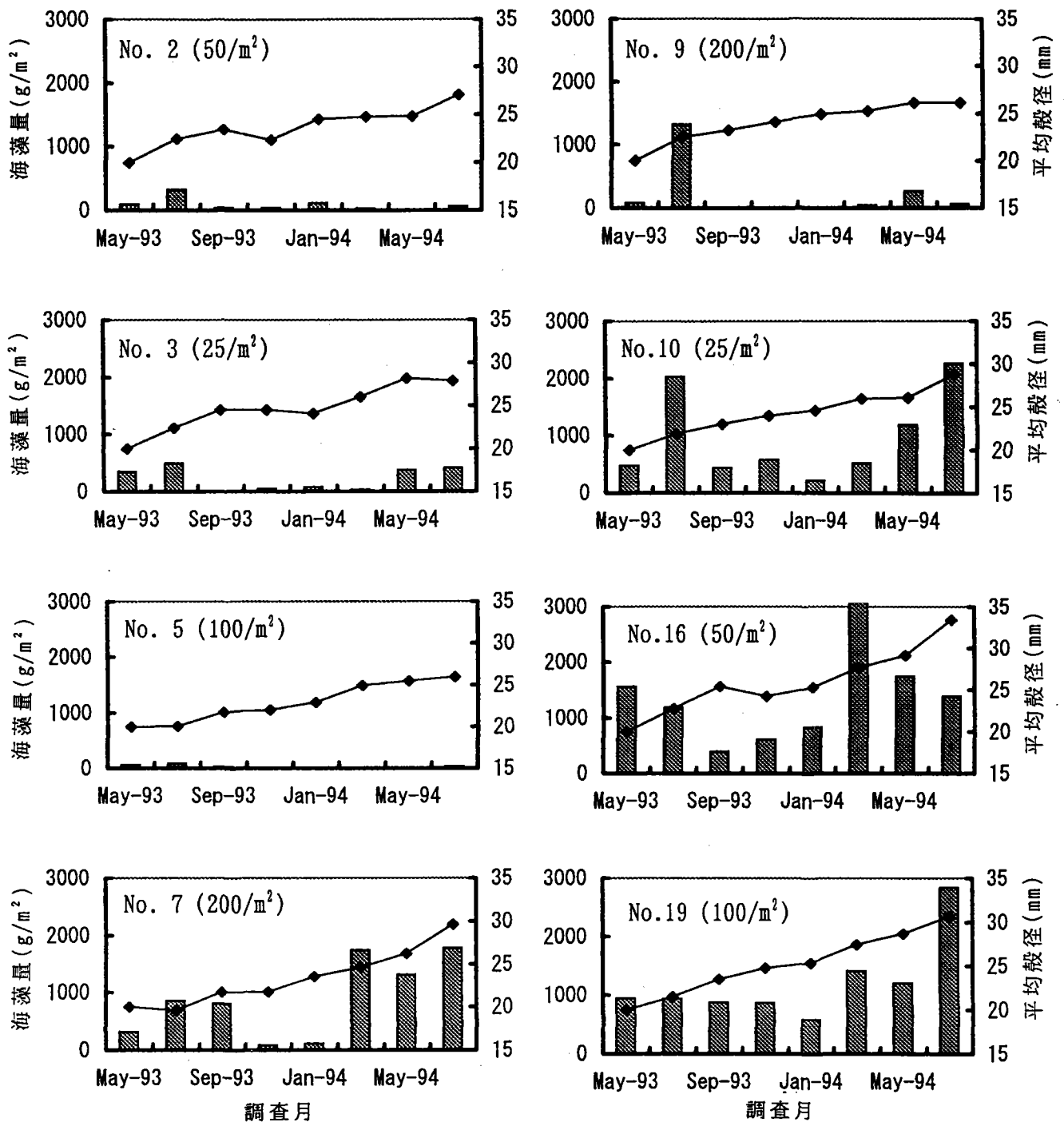


図-2 調査期間を通じた各磯根礁の海藻量および放流ウニ種苗の殻径の変化

棒グラフ：海藻量 折れ線：ウニの殻径

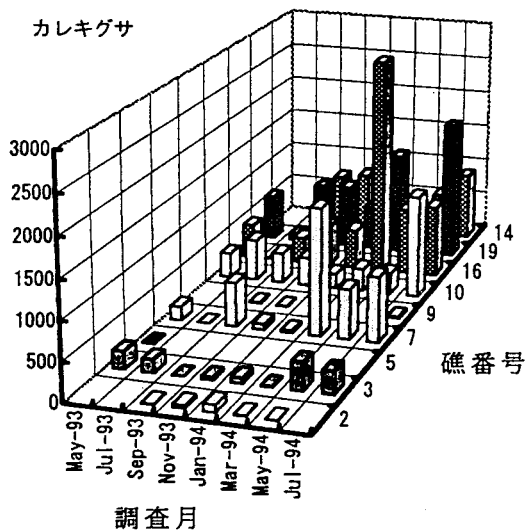
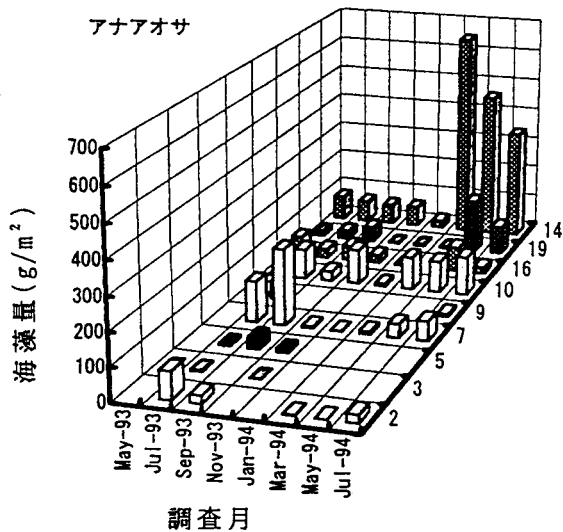
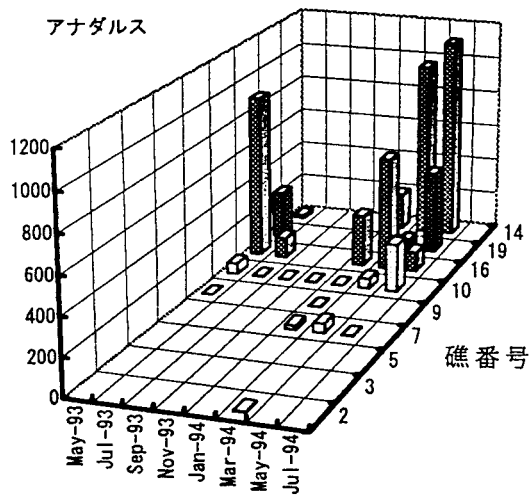
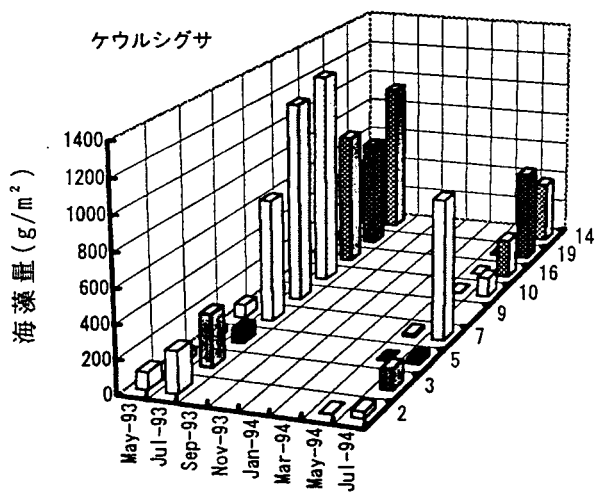
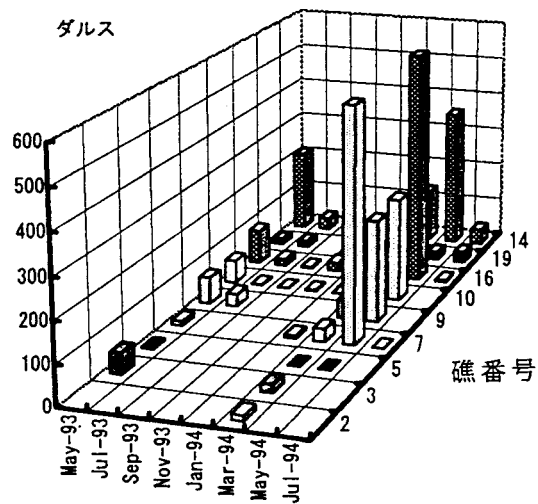
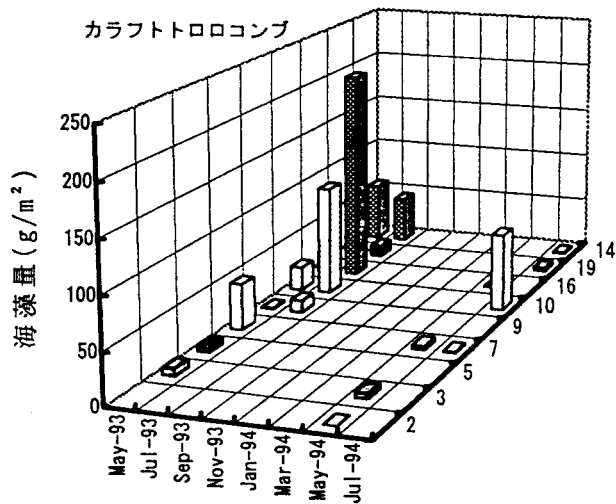


図-3 磯根礁に出現した代表的な海藻6種の礁別、時期別出現量

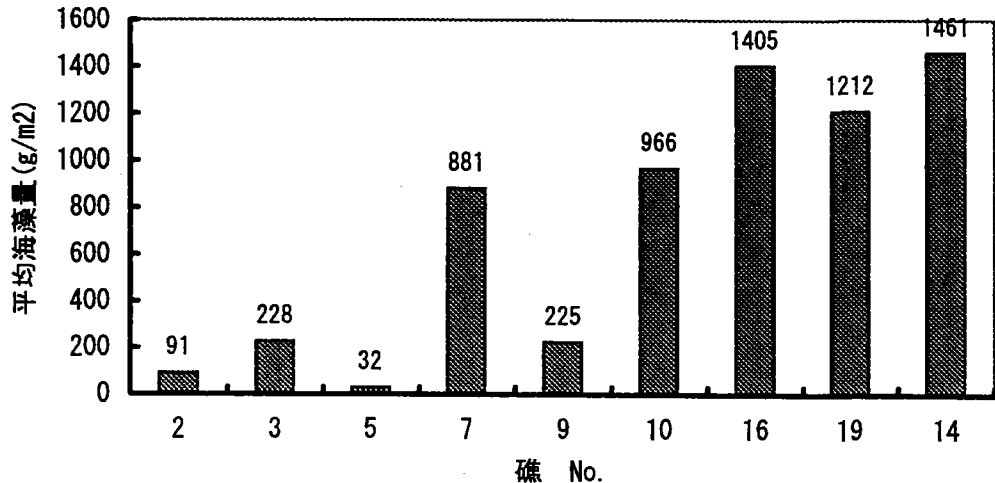


図-4 磯根礁の調査期間を通じた平均海藻量

礁としては、No.5礁の31g/m²、No.2礁の90g/m²の二つの礁が100g/m²以下ときわめて少なく、つづいてNo.9礁の225g/m²、No.3礁の228g/m²であった。

各礁における93年4月のウニ種苗放流密度と平均海藻量との関係を図-5に示した。両者の関係はウニ種苗を放流しなかったNo.14礁における海藻量の増加や礁内に出現した海藻種から考え相関があるように思えたが、実際は礁によるばらつきが大きく、kendallの順位相関係数も $\tau = -0.1785$ と低く、有意な相関ではなかった。このことは、海藻量が単にウニの生息量のみで制限されているのではないことを示唆している。すなわち、ウニの食圧が低ければ、ダルスやアナダルス、アナアオサといった海藻が礁内に増えてくるが、食圧が高くなると、カレキグサのようなウニに好まれない海藻が増えてくる、さらに食圧が高まればカレキグサさえも少なくなるというように、海藻量を左右するのは個々の海藻種に対するウニの食圧の差異と加えて海藻種間の競合が礁全体の海藻量に影響している可能性がある。しかし、93年放流群の放流数が礁内のウニの生息数を代表しているかどうかこの時点では明らかではない。後述のように礁内のウニは93年放流群のみではなくそれ以前の漁獲をまぬがれた残存ウニをも含んでいるとともに、93年放流群の減耗等も考慮しなければならず、この時点では礁内のウニの生息数を正確に推定できていない。このことがウニ種苗放流密度と平均海藻量との関係を不明瞭なものとしているもっとも大きな要因と思われる。

93年放流ウニ種苗の成長

図-2に示したように93年放流ウニ種苗の殻径成長量は礁によって異なり、放流時に20mmであった平均殻径は放流後1年2ヶ月後で、最大36mm (No.16礁) から最小25mm (No.5礁)、殻径増加量は16mm-5mmであった。また、殻の成長は冬期(11-1月)に停滞し、春-夏期(3-7月)の増大する傾向がみられた。これは、当該海域の海水温が冬期間はマイナスになることや、海藻量が減少することと関連していると思われるが、すでに報告されているエゾバフンウニの殻径の成長様式とよく一致していた^{1, 5)}。

ウニ種苗放流密度と殻径増加量との関係を図-6に示した。両者の間の順位相関係数は $\tau = -0.25$ と低い値であり、有意な相関ではなかったが、これもウニ放流密度と海藻量との関係と同様に、礁内のウニ生息数を正確に推定できていないことにもよると思われる。

一方、図-7に示したように、平均海藻量と殻径増加量との間には $\tau = 0.8214$ と高い順位相関係数が得られ、海藻量が多い礁はウニの殻径増加量も多いという明瞭な相関が認められた ($P < 0.01$)。このことは、造成漁場(この場合中割石の投石礁)に放流されたウニ種苗の成長には礁内の海藻量の多寡が大きく影響しており、海藻量の多い礁ほどウニが良く成長することを明瞭に示している。

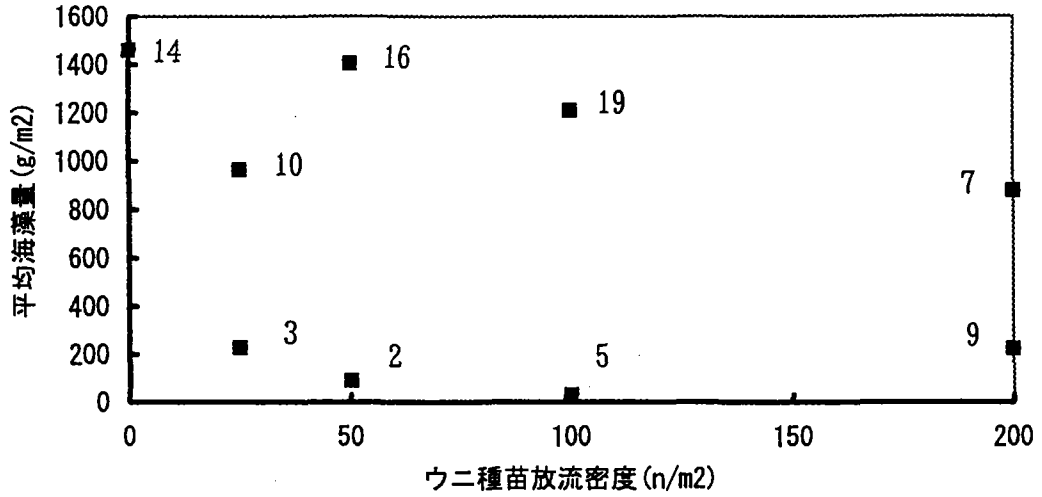


図-5 エゾバフンウニ種苗放流密度と平均海藻量との関係
図中の数字は礁No.

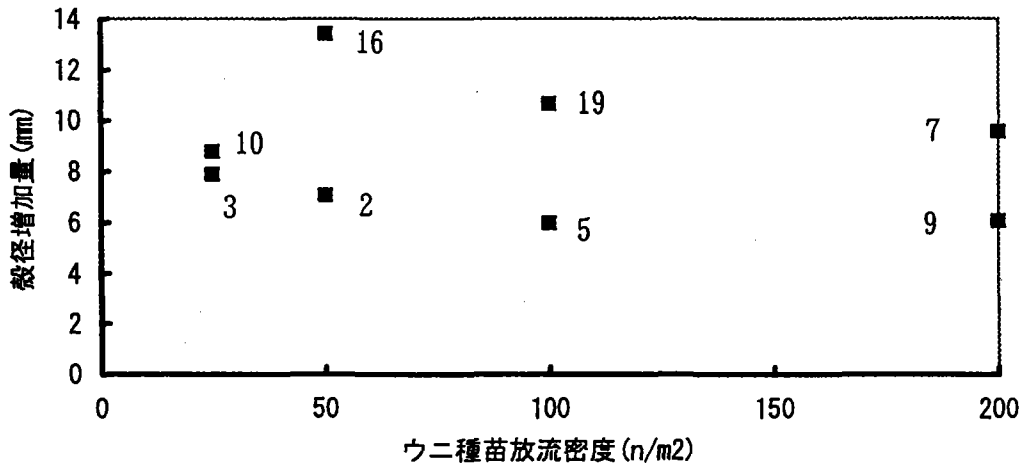


図-6 エゾバフンウニ種苗放流密度と殻径増加量との関係
図中の数字は礁No.

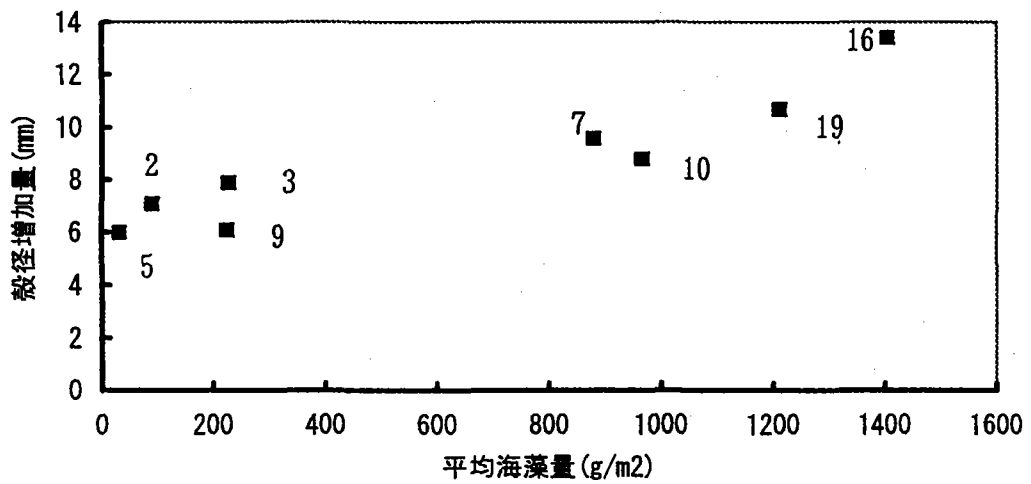


図-7 平均海藻量と殻径増加量との関係
図中の数字は礁No.

ウニの殻径増加量を目的変数、ウニ種苗放流密度と平均海藻量とを説明変数として重回帰式を求めた結果でも、ウニ種苗放流密度の標準偏回帰係数が-0.1411と小さく説明変数として有意な値とはならなかったのに対し、海藻量の標準偏回帰係数は0.9168と大きくしかも有意な ($p < 0.01$) 値となった。

追跡調査における問題点

93年放流群の追跡調査を通じて、礁内の海藻量が放流種苗の成長に大きな影響を及ぼしていることが明らかとなったが、ウニ種苗の放流密度が放流後のウニの成長にどのような影響を及ぼしているのか、またウニ放流密度と礁内の海藻量との関係についても明らかではなかった。

しかしながら、この結果からウニの成長は生息するウニの密度とは無関係であるとは言い切れない。なぜなら、調査対象とした磯根礁は造成1年後からウニ種苗を放流し漁場として利用されているため、過去に放流されたウニのなかから漁獲をまぬがれた残存ウニの影響を考慮する必要がある。礁内のウニの漁獲は潜水により行われているが、中割石が2-3段に積み重なっている礁の構造では礁内のウニを完全に回収することは困難であり、93年4月のウニ放流時においても礁内には多数のウニがいたものと考えられる。現実には93年放流群の追跡調査を通じて、礁内には放流ウニとは明らかにサイズの異なるウニが採集されている。そのため、ウニの成長量や海藻量とウニの密度との関係を考えるには、礁内のウニの生息密度を明らかにする必要がある。加えて、93年放流ウニ種苗の生残を明らかにするには、礁内のウニ生息数とともに過去の放流群と区別する必要がある。

そこで、磯根礁におけるウニ生息数および過去の放流群を明らかにするため、以下に述べる調査を行った。

磯根礁内のウニ生息数調査ならびに93年放流ウニ種苗と93年以前のウニ放流群との分離

方法

93年4月放流のウニ種苗の追跡調査を通じて、磯根礁内には93年以前に放流されたウニが、数回の漁獲が行われたにもかかわらず多数残存していることが明らかとなった。そこで、93年以前の群と93年放流群とを区別するため、枠取りおよびPetersen法によるウニの生息数の推定ならびに多峰形解析を行った。

枠取り調査に先立ち、各磯根礁それぞれについて、無作為に約500-700個体のウニを採集し、船上で直ちにミカオン・ブリアントレッド (8BS) 0.5%溶液に20分間浸漬による生体染色標識(田嶋の方法を一部改変)⁶⁾を行った後、同一礁内に再度放流した。標識ウニはおおよそ1-2個体/m²の密度になるように、潜水によって礁内くまなく分散させた。

標識放流から1-4週間後に、1 m²方形枠を用いたウニの枠取りを行った。枠取りは20m四方の磯根礁内に4m間隔で4本のラインを張り、各ラインともライン上に沿って1m間隔で10回の採集を行い、合計40m²、1礁の面積400m²に対して10%の採集面積とした。採集したウニは全個体について殻径を測定するとともに、標識ウニの混入数を数えた。さらに採集したウニの一部は、Jensenの方法⁷⁾によって生殖板輪紋数を数えた。各礁について、採集したウニの殻径組成と記録にある放流回数をもとに、赤嶺のHasselblad法⁸⁾による多峰形解析プログラムを用いた多峰形解析を行い、各放流群について平均殻径と構成比率を求めた。また標識個体の再捕数からPetersen法によって推定されたウニ生息数から、放流数をもとに放流群ごとの礁内残存率を求めた。

この調査で得られた礁内のウニ生息数および93年放流群の平均殻径と前述の平均海藻量との関係を、それぞれkandallの順位相関により検定した。

なお、ウニの生息数調査は94年10月から行い、当初追跡調査を実施した全8礁について行う予定であったが、94年10月5日夜半に起きた北海道東方沖地震のため現地が混乱し、最終的にはN0.2, 5, 10, 16, 19の5つの礁について実施することができた。

結果および考察

枠取り法およびPetersen法による、結果を表-2に示した。40/m²の枠取り調査のよって採取されたウニは、No.2, 5, 10, 16, 19礁それぞれで、979, 2378, 539, 532, 1221個体であり、そのうち標識個体は38, 69, 25, 34, 39個体であった。

北海道東方沖地震の起きた当日の10月5日に調査を実施したNo.5礁では、枠取りによる推定数が23780個体、Petersen法では25150個体と両手法間で大きな差はみられなかった。しかし、地震後に実施した4回の調査では、いずれも枠取り法がPetersen法の推定値を大きく下回り、Petersen法によって得られた推定値の約1/2の値となった。北海道東方沖地震では調査地域でも激しい揺れとともに津波が来襲し、調査対象とした磯根礁も礁自身の沈下、石の反転、動揺に伴うウニの損傷等がみられた。また、礁内のウニも、地震前では礁の表面にでているものが多かったが、地震以後では礁の積み石の内部に入っているものが多くみられた。これらのことから地震後の調査では、ウニの回収率が低下したためと思われる。

各礁で採取されたウニの殻径組成と多峰形解析の結果を図-8に、また、殻径組成と各殻径に対応する生殖板輪紋数とを図-9にそれぞれ示した。93年放流群として計算された正規分布曲線に対応する殻径の範囲では、生殖板輪紋数は黒色帯が2本と一定の値を示し、輪紋数からも多峰形解析の結果は実際の放流群をよく一致した。他の放流群についても、得られた正規分布とそれに対応する殻径とその群が示すと考えられる生殖板輪紋数とはよく一致した。特に人工種苗では同一放流群で全く同じ輪紋数を、天然種苗群では複数の輪紋数を示すものの一定の殻径範囲におさまり、多峰形解析と生殖板輪紋数から93年放流群および他の放流群を明瞭に区別することができた。

表-2 磯根礁内のウニ生息量調査の結果

礁 No.	2	5	10	16	19
枠取りによる回収数	979	2378	539	532	1221
標識放流数	700	730	527	525	700
標識個体の再捕数	39	69	24	35	40
推定個体数 (枠取り)	9790	23780	5390	5320	12210
推定個体数 (Petersen)	17571	25158	11835	7980	21367
調査実施月日	H7. 11. 21	H7. 10. 5	H7. 11. 22	H7. 11. 21	H7. 10. 12

Petersen法による推定生息数(点推定)と多峰形解析によって分離した正規分布の構成比率から、各礁における93年放流群までの各放流群の個体数と平均殻径、ならびに93年放流群について放流数に対する生残率を表-3に示した。礁内の残存ウニと93年放流群を合わせた推定ウニ生息数は、No.2, 5, 10, 16, 19礁それぞれについて、17571, 25158, 11835, 7980, 21367個体と計算され、そのうち93年放流群はそれぞれ、3727, 11472, 2408, 1361, 10423個体となった。また、平均殻径はそれぞれ、30, 26, 36, 37, 33mmと計算され、放流時からの殻径増加量はそれぞれ、10, 6, 16, 17, 13mmとなった。93年放流群の生残率は放流数からそれぞれ、18.6, 28.6, 24.1, 6.8, 26.1%と計算された。

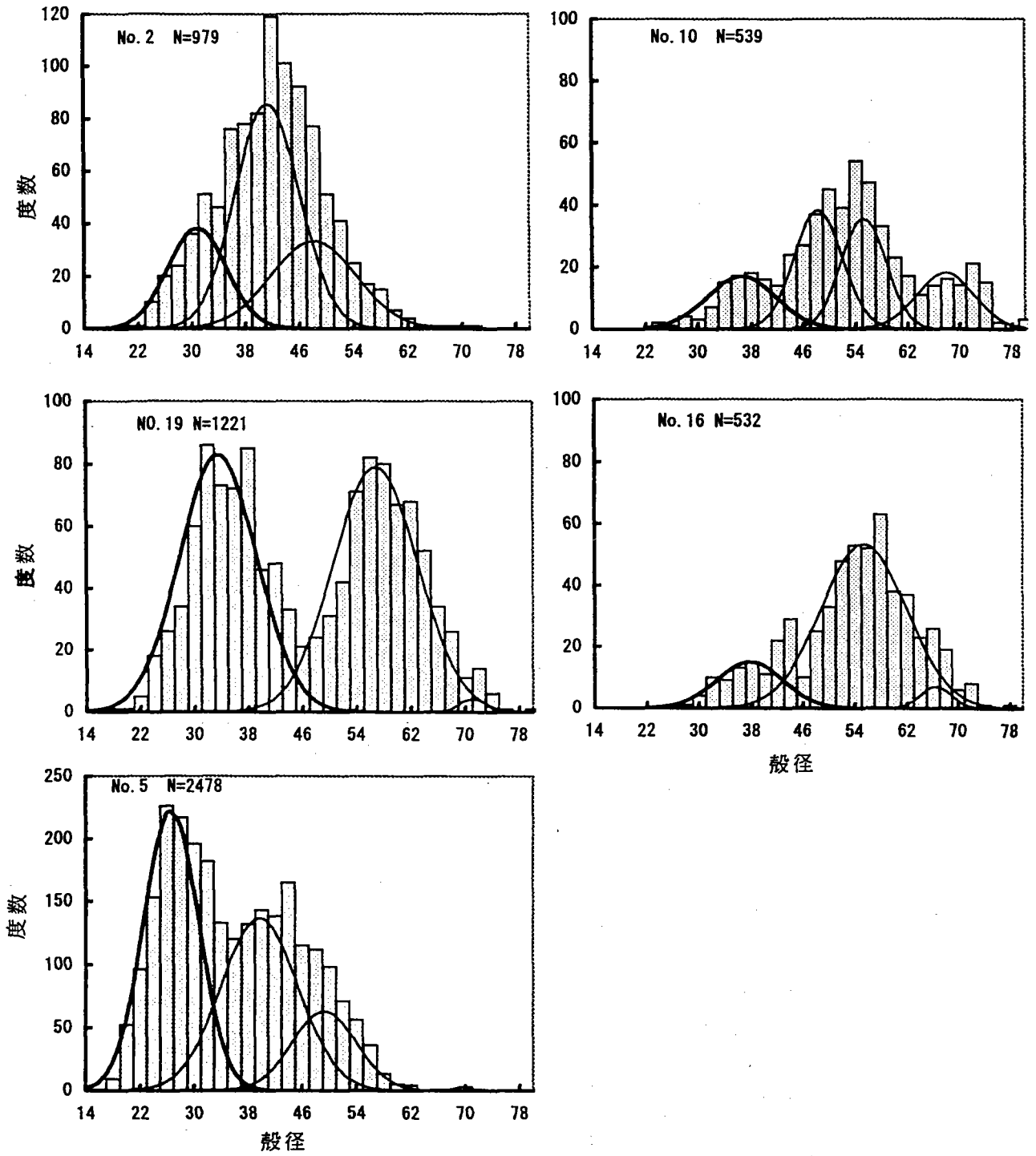


図-8 枠取りで得られたウニの殻径組成と多峰形解析によって得られた正規分布
太線が93年放流種苗を示す

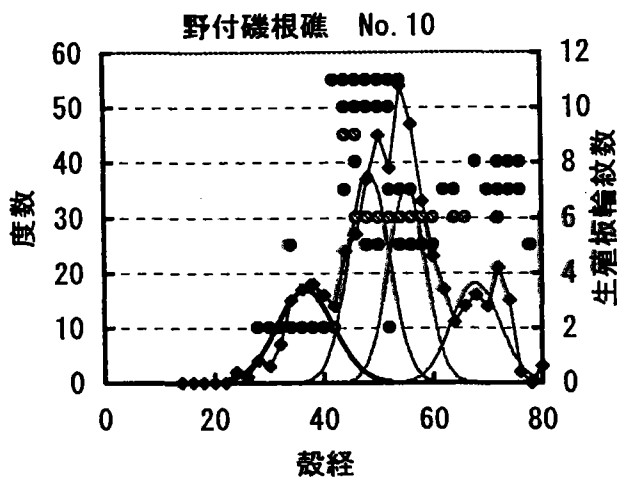
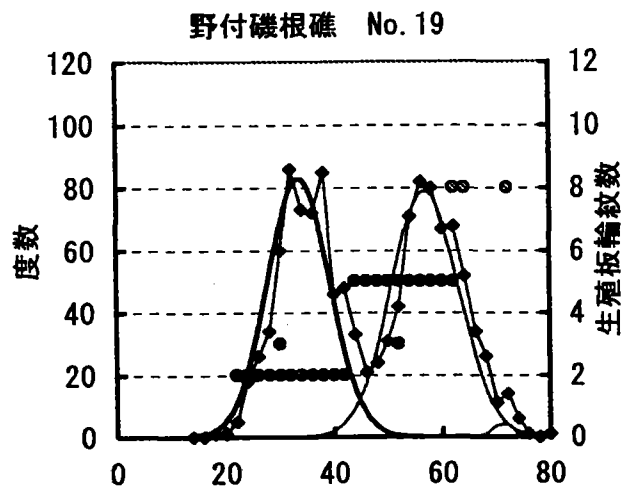
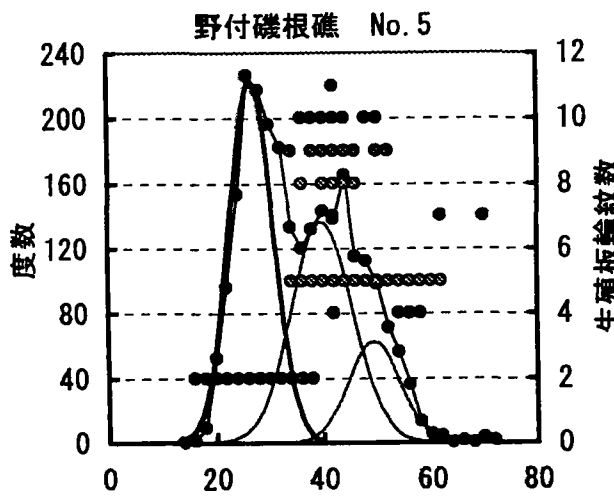
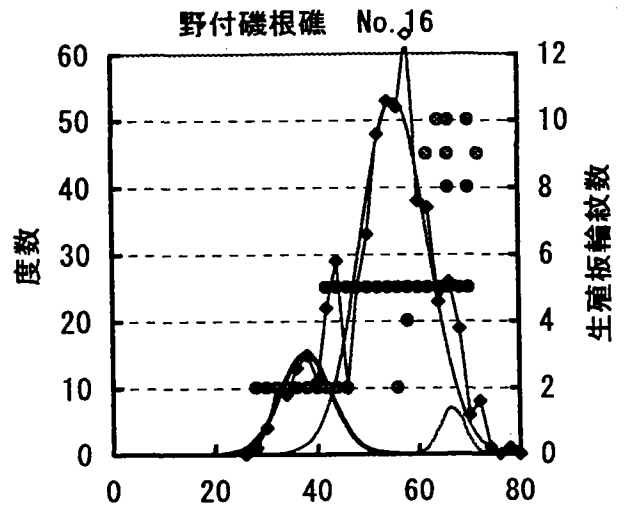
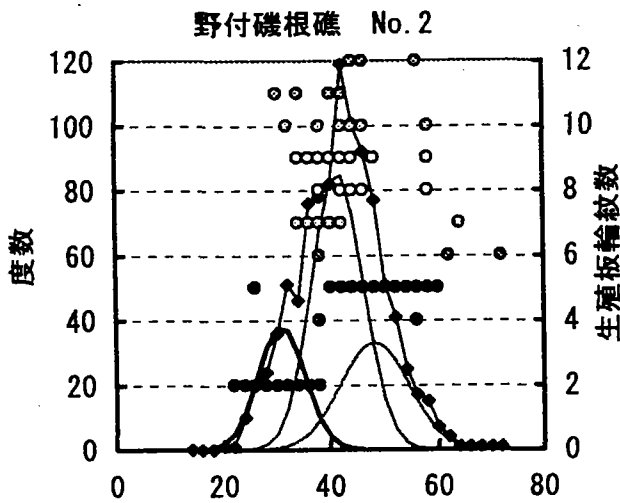


図-9 殻径組成の多峰形解析によって得られた正規分布と殻径に対応したウニ生殖板輪紋数。

生殖板輪紋数は(●)で示す。 93年放流群の輪紋数は2

表-3 Petersen法による推定個体数にもとづいた多峰形解析の結果

礁番号	放流年	殻径 (mm)	放流数	産地	輪紋数	推定殻径 (mm)	構成比	H. 6推定残存数, 生残率	
No. 2	S61. 10. 17	32	2500	秋山・人工	8-9	68	0.3%	46	1.8%
	S62. 6. 28	57	2000	巽沖				0	0.0%
	H1. 11. 27	22	17500	知内・人工	5	47	26.7%	4688	26.8%
	H3. 7. 26	29	19970	雄武・夜間	?	40	51.8%	9108	45.6%
	H5. 4. 29	20	20000	野付・人工	2	30	21.2%	3727	18.6%
		(Petersen法による推定残存数)							
		17571							
NO. 5	S61. 10. 17	32	2500	秋山・人工	8-9	69	0.1%	25	1.0%
	H1. 11. 27	22	17500	知内・人工	5	48	15.1%	3799	21.7%
	H3. 7. 26	29	19970	雄武・夜間	?	39	39.2%	9862	49.4%
	H5. 4. 29	20	40000	野付・人工	2	26	45.6%	11472	28.7%
		(Petersen法による推定残存数)							
		25158							
No. 10	S62. 6. 29	40	3750	石狩					
	H3. 6. 4	35-40	10000	石狩 (a)	5-8	67	18.6%	2191	
	H3. 6. 4	35-40	10000	石狩 (b)	5-8	54	28.2%	3325	40.1%
	H3. 7. 29	29	9200	雄武・夜間	?	47	32.8%	3865	42.0%
	H5. 4. 28	20	10000	野付・人工	2	36	20.4%	2408	24.1%
		(Petersen法による推定残存数)							
		11835							
No. 16	S62. 10. 28	47	4000	西網走	7<	70	3.8%	300	7.5%
	H2. 4. 14	22	25531	野付. 人工	5	56	79.2%	6318	24.7%
	H5. 4. 29	20	20000	野付・人工	2	37	17.1%	1361	6.8%
		(Petersen法による推定残存数)							
		7980							
No. 19	S62. 10. 28	47	4000	西網走	7<	70	0.8%	168	4.2%
	H2. 4. 14	22	25531	野付. 人工	5	56	50.4%	10776	42.2%
	H5. 4. 29	20	40000	野付. 人工	2	33	48.8%	10423	26.1%
		(Petersen法による推定残存数)							
		21367							

これらの結果をもとに、磯根礁内の94年秋の時点のウニ密度と前述の平均海藻量との関係を図-10に、磯根礁内の94年秋の時点のウニ密度と多峰形解析によって得られた平均殻径から求めた93年放流群の殻径増加量との関係を図-11に、平均海藻量と殻径増加量との関係を図-12にそれぞれ示した。

前述の追跡調査では有意な関係とは認められなかった礁内ウニ密度と平均海藻量との間は、今回の調査の結果、順位相関係数 $\tau=-0.8$ と有意な負の相関が認められた($P<0.05$)。同様に、前述の追跡調査で放流密度と殻径増加量との間に有意な相関が認められなかったが、この調査において礁内のウニ密度と93年放流群の殻径増加量との間には順位相関係数 $\tau=-1$ と有意な負の相関がみとめられた($p<0.01$)。平均海藻量と殻径増加量の間にも順位相関係数 $\tau=0.8$ と有意な相関がみとめられた($p<0.05$)。このことは、磯根礁に放流されたウニは礁内の海藻量が多ければ良く成長し、同時にウニの密度が高ければ成長が劣ることを示している。

前述の追跡調査同様、93年放流群の殻径増加量を目的変数、礁内のウニ密度と平均海藻量を説明変数として重回帰式を求めた結果、以下の回帰式を得た($p<0.05$)。

$$GU=-0.13963DU+0.003851MA \quad \text{重相関係数}r=0.98203$$

GU=放流ウニの殻径増加量(mm), DU=礁内のウニ密度(n/m^2), MA=礁内の平均海藻量(g)

DU, MAそれぞれの標準化偏回帰係数は

$$DU=-0.5398 \quad MA=0.5474 \quad \text{となり、両変数とも同等の影響力を持っていることになる。}$$

以上のことから、磯根礁における調査を通じて礁内の放流ウニの成長を考えたとき、磯根礁内の水温等や底質といった環境要因はほぼ一定と見なせるので、最も重要な要因としてはウニの密度と餌料としての海藻量が増えよう。今回の調査から、礁内のウニ密度の影響、いわゆる密度効果については明確にできない。しかしウニ密度の影響は、限られた餌料海藻をめぐってウニ同士それぞれの競合となって現れることになる。とくに磯根礁内において、餌料海藻をめぐって競合相手としてはウニ以外の生物はほとんどない。また、海藻量については、磯根礁が砂地に独立して設置され、周辺に岩礁がないことから流れ藻の影響もほとんどない。そこで、ウニの餌料条件を評価する目安として、礁内の平均海藻量をウニの密度で割ったウニ1個体当たりの海藻量を求めた(この場合、礁内のウニのサイズについては考慮していない)。このウニ1個体当たりの海藻量と93年放流群の殻径増加量との関係を図-13に示した。両者の間には高い相関がみとめられた。

放流ウニの生残について

放流ウニの生残と93年放流時のウニ放流密度ならびに平均海藻量との関係を図-14, 15に示した。放流ウニの生残と93年放流時のウニ放流密度との順位相関係数は $\tau=0.6$ 、放流ウニの生残と平均海藻量との順位相関係数は $\tau=-0.4$ といずれの関係とも有意な相関は得られなかった。

93年放流群の生残率はNo.16礁において6.8%と低い値であるほかは、18.6-28.7%と比較的まとまった値となっていた。ここで表-3に示した、多峰形解析から得られた結果と過去の放流数および漁獲量から求めた、磯根礁における93年以前の放流群の生残率についてみると、89年放流の知内人工種苗では20-26%、90年放流の野付人工種苗では24-42%、91年放流の雄武天然種苗では42-46%と同一の種苗間では生残率に大きな差はなかった。このことは、放流ウニ種苗の生残には放流場所の餌料条件や放流密度等の外的条件より、種苗自身のサイズや健全さといった要因、すなわち健苗性が大きく影響していることを示唆している。

現在北海道各地でおこなわれているエゾバフンウニ人工種苗放流の生残率は、放流場所によって大きく異なり、高い値としては65%(10mm種苗)という数字が報告されている⁹⁾。しかし、道東沿岸では多くの場合、

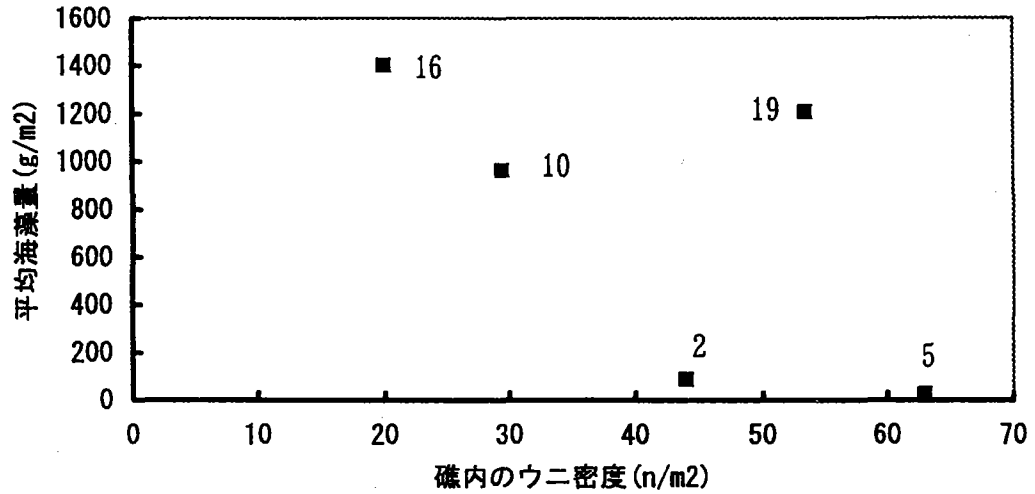


図-10 礁内のウニ密度と平均海藻量との関係
 図中の数字は礁No.

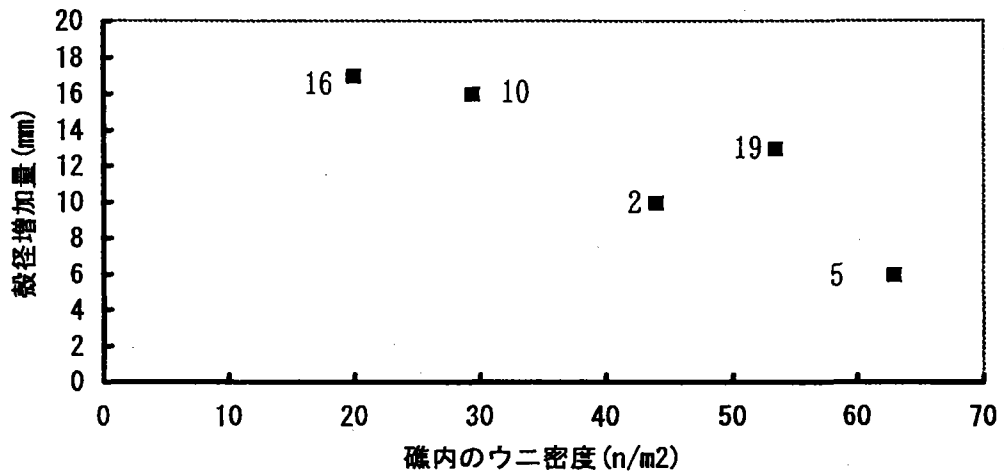


図-11 礁内のウニ密度と殻径増加量との関係
 図中の数字は礁No.

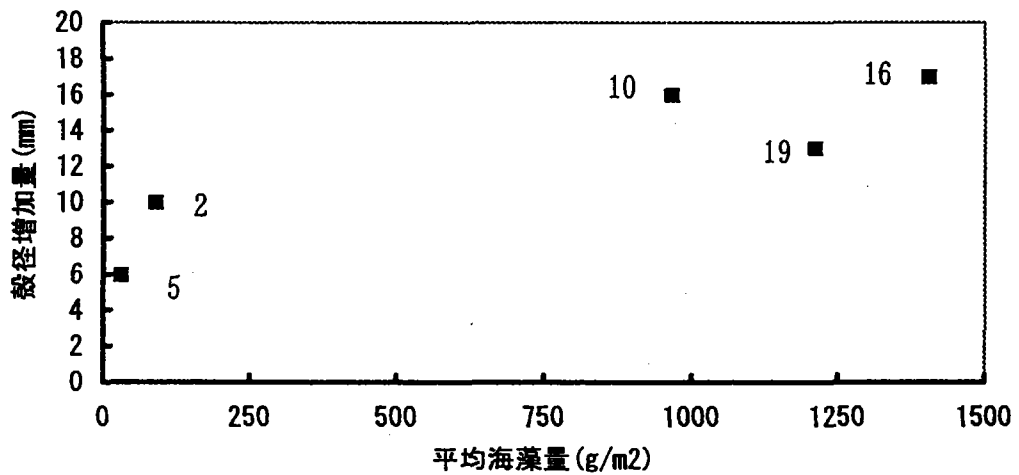


図-12 平均海藻量と殻径増加量との関係
 図中の数字は礁No.

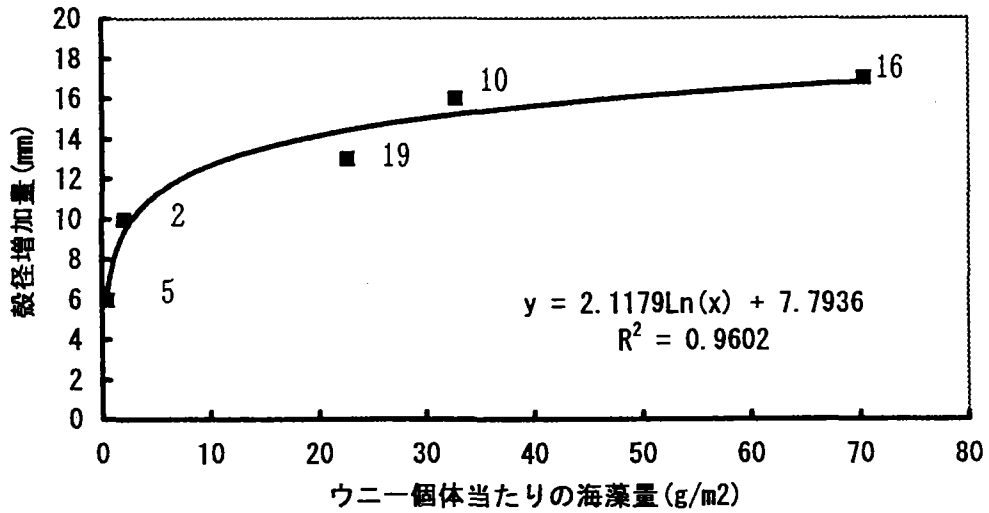


図-13 ウニ1個体当たりの海藻量と殻径増加量との関係
 図中の数字は礁No.

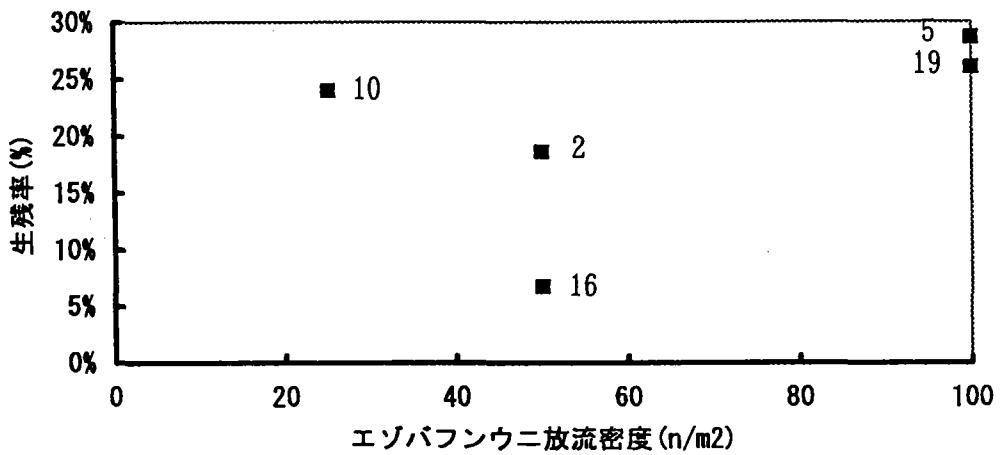


図-14 エゾバフンウニ種苗の放流密度と生残率との関係
 図中の数字は礁No.

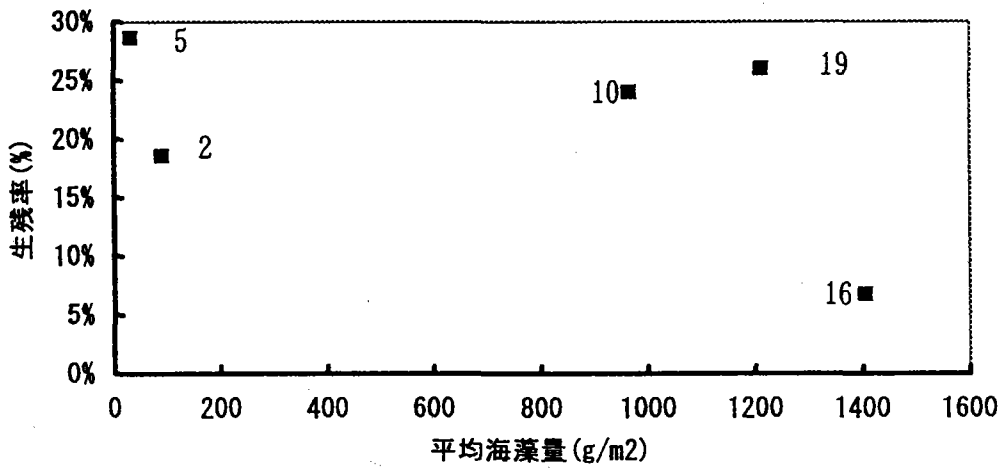


図-15 礁内の平均海藻量とエゾバフンウニ種苗
 生残率との関係 図中の数字は礁No.

放流種苗の生残率は10-40%程度であり（正立 私信，町口未発表），今回得られた値はおおむねその範囲と考えられる。しかし、生残率を考えたとき、放流後どの時期にどれくらい減耗するのかといった問題は本調査からは明らかにできなかった。

まとめ

造成漁場に放流されたエゾバフンウニ人工種苗の成長と生残について追跡調査を行った。

エゾバフンウニ人工種苗の成長は、礁内の海藻量と正の相関が、礁内のウニ密度とは負の相関が認められた。また、礁内の海藻量はウニ密度と負の相関が認められた。

造成漁場の海藻量はウニの密度によって制限され、同時にウニの成長量は海藻量によって制限されることが明らかとなった。

一方、放流されたエゾバフンウニ人工種苗の生残は、放流密度や海藻量と相関が認められず、種苗自身の健苗性によって制限されることが示唆された。

加えて、中割石を用いた投石礁ではウニの漁獲効率が悪く、漁獲を行っても多数のウニが礁内に残存することが明らかとなった。

漁獲効率が低いということは経済効率の低さに直結するが、さらに造成礁の利用管理に大きく影響する。礁内の残存ウニの量を把握できないまま種苗放流を繰り返すと、海藻生産量が極端に低下し、その結果ウニの成長量も低下するため漁獲可能なウニの量が減少する。しかも、漁獲が行われても漁獲効率の低いことから、多くのウニが礁内に累積して残存することとなる。その結果、小型のウニが多数残存するものの、海藻のほとんどないいわゆる磯焼け状態の礁となる。このような礁は現実的にはほとんど利用されない。

これらのことから、造成漁場内で種苗放流を中心にウニを生産する場合、以下のことが重要となる。

既存の礁について

第一に、餌料海藻の確保。造成礁自身の持つ海藻生産量は、ウニを放流することによって年々低下する。そのため、減少する海藻量を何らかの方法（たとえば、海中林）で補う必要がある。こののとは、ウニの成長量を保証することにもなる。

第二に、適度な密度管理。言い換えれば漁獲サイズになったウニの徹底的な回収を行うこと、これにより放流種苗の経済効果を最大にする。加えて、礁自身の海藻生産力の回復を図る。

新たにウニ類の育成礁を考える場合

第一に、ウニの回収が容易な礁の設計。ウニの回収が容易であれば放流種苗の経済効果も上がり、また礁内のウニ密度管理も容易となる。

第二に、餌料海藻生産場所とウニ育成場所を分離する。従来の発想は造成礁全体に海藻を生やし、同じ場所でウニを生産するというものである。これではすでに述べたような理由で礁内の海藻生産量は時間の経過とともに減少し、結果としてウニ類の育成礁としては機能しなくなる。この問題は、海藻礁とウニ礁を分離して造成するというよりは、既存の造成サイズ20-30m四方の中で石の大きさや配置といったことで解決できるものと思われる。

いずれの場合も人為的な管理は不可欠であり、造成漁場を有効に利用しようとする意識が重要であろう。

今後の問題点

本研究で、海藻量やウニ密度とウニの成長量との関係を明らかにできたが、餌料海藻の質（海藻種）については踏み込んでいない。現実にはコンブ等の大型褐藻がウニ類にとって重要な餌料であることは明らかである。今後は造成礁内で、コンブ類を効率よく生産する手法について検討する必要がある。また、礁の構造についてこれまで安定性に重点の置かれた設計となっているが、中割石以外ではどうなのか、礁の高さや石のサイズについて、回収率成長との関係等も含めて、ウニや海藻類の生育場としての検討が必要である。

放流種苗の生残については種苗の健苗性が重要であるが、これについては室内実験を中心としたウニの生理面での検討が必要であるとともに、漁場に放流後の減耗パターンを明らかにすることが重要である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、現地調査において多大なご尽力をいただいた野付漁協の関係各位、根室北部水産技術普及指導所の関係各位、別海町役場水産振興係の関係各位に厚くお礼申し上げます。また、飼育実験用ウニ種苗の提供ならびにエゾバフンウニ人工種苗放流について多くの知見をいただいた、広尾漁協ウニ採苗センターの各位、十勝地区水産技術普及指導所の関係各位に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 富士 昭, 1969: 北海道のウニとその増殖. 水産増殖叢書 21. 日本水産資源保護協会, 東京, pp79.
- 2) 川村一広, 1973: エゾバフンウニの漁業生物学的研究. 北海道立水産試験場報告, 16, 1-54.
- 3) 町口裕二, 1993: 造成漁場におけるウニ類生産機構の解明. 平成3年度沿岸漁場整備開発事業に関する水産庁水産研究所研究報告, 35-45, 水産庁開発課.
- 4) 三本善昭・町口裕二・嵯峨直恒, 1987: ウニ食害作用の海藻群落形成におよぼす影響. 昭和61年度沿岸漁場整備開発事業に関する水産研究諸研究報告, 119-136, 水産庁開発課.
- 5) 町口裕二, 1992: エゾバフンウニに対するジャイアントケルプの餌料価値. 北海道区水産研究所研究報告, (56), 61-70.
- 6) 田嶋健一郎 1982: プリリアントレッドによるエゾバフンウニの標識法. 北水試月報, 39(4), 81-87.
- 7) JENSEN, M. 1969: Age determination of echinoids. *Sarsia*, (37), 41-44.
- 8) 赤嶺達郎, 1987: 多重正規分布のパラメータを推定するアルゴリズムの比較 (英文). 日本海区水産研究所研究報告, (37), 259-269.
- 9) 鳥居茂樹・角田富男, 1988: 特定海域沿岸漁場開発調査 根室地区: エゾバフンウニ. 昭和63年度北海道立釧路水産試験場事業報告, 154-182.