

機関番号：11301

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20580193

研究課題名 (和文) ウニ生殖周期の変異性の生態学的、集団遺伝学的解明

研究課題名 (英文) Ecological and population genetic clarification of geographic variation in reproductive cycle of sea urchin

研究代表者

吾妻 行雄 (AGATSUMA YUKIO)

東北大学・大学院農学研究科・教授

研究者番号：50292256

研究成果の概要 (和文)：北海道におけるエゾバフンウニの生殖周期は海域によって異なる。本研究は遺伝学的な分化の有無を東北太平洋の個体群も含めて明らかにする。東北太平洋沿岸での本種の生殖周期は北海道日本海タイプと一致した。異なる生殖周期と 1 万年前以降に成立した海流、水温、コンブ属褐藻の分布とは対応する。しかし、遺伝学的な有意差は認められなかった。北海道南部太平洋産稚仔は、高水温により成長が著しく停滞するために宮城県中部沿岸には加入できないと考えられた。

研究成果の概要 (英文)：Reproductive cycle of the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* differs among sea areas in Hokkaido. This study aims to clarify genetic differences in the populations among sea areas. The reproductive cycle in the Pacific Ocean in Tohoku coincided with that in the Sea of Japan in Hokkaido. There was no significant difference in the mitochondrial DNA sequences among the sea areas, although each different reproductive cycle is closely associated with ocean current, water temperature and distribution of *Saccharina* kelps established since 10,000 years ago. A rearing experiment of the sea urchins derived from the Pacific Ocean in southern Hokkaido showed their extremely low growth rate due to high water temperature, suggesting no juvenile recruitment to southern regions from central Miyagi Prefecture.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009 年度	800,000	240,000	1,040,000
2010 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：水産学・水産学一般

キーワード：エゾバフンウニ、生殖周期、遺伝的分化、成長、年齢形質、水温

1. 研究開始当初の背景

(1) ウニは沿岸岩礁生態系の主要な一次消費者であるとともに、重要な漁獲対象種である。種によっては、複数の海域に広範に分布し、産卵期が異なることが知られている

(Lawrence 2001)。その要因として、水温や光などの無機環境の相違が指摘されている (Pearse and Cameron 1991)。しかし、異なる産卵期をもつ個体群の遺伝的組成に相違があるのか、または生殖巣の発達をもたらす

食物となる海藻群落との関係でも相違があるのか明らかではない。海外においては、地理的に広範に分布するホクヨウオオバフンウニ個体群の遺伝的組成が北西大西洋と北東大西洋で異なり、地史的成立過程に起因するとの報告があるにすぎない (Addition and Hart 2004)。

(2) 北海道の沿岸岩礁域で主要な漁獲対象種であるエゾバフンウニの生殖周期は海域によって異なり、秋に産卵する日本海型、春と秋に2回産卵が認められる噴火湾・南部太平洋型、春から秋にかけて長期間産卵が認められるオホーツク海・東部太平洋型の3つのタイプに区分される (Agatsuma 2001)。本種は東北太平洋沿岸にも分布するが、そこでの知見はない。北海道ではかつて一部の地区でエゾバフンウニの増殖を図るために海域間での移植が行われてきた。しかし、北海道東部太平洋沿岸に移植した北海道日本海沿岸に分布したエゾバフンウニ成体は、移植後3年間にわたって地元の天然群とは明確に異なり、秋に産卵する日本海固有の生殖周期を維持したことが明らかにされた (富田ら 1986)。私たちは、北海道南部太平洋沿岸に放流した北海道日本海沿岸産の親ウニから採苗した人工種苗も、放流後3年間にわたって日本海固有の生殖周期を維持し、地元の天然群とは明確に異なったことを明らかにした (吾妻・門間 1988)。同様に、北海道日本海沿岸産の親ウニから採苗した人工種苗を北海道津軽海峡東部沿岸へ、また、北海道南部太平洋沿岸産の親ウニから採苗した人工種苗を北海道日本海沿岸へ相互に移植しても、放流された種苗はいずれも親ウニの生殖周期を維持した結果を得ている (吾妻ら 1994)。環境が異なる海域に移されても固有の生殖周期を維持することは、北海道沿岸におけるエゾバフンウニが、海域によって遺伝的に独立した個体群から成り立っている可能性が考えられる。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、いままで知見のない東北太平洋沿岸におけるエゾバフンウニの生殖周期を調べ、北海道のどの海域のタイプの属するかを明らかにする。

(2) そして、他種のウニで使用されているミトコンドリア DNA マーカーを用いて生殖周期を異にする北海道の海域毎および東北太平洋沿岸における本種の DNA 配列を調べ、海域による遺伝的組成の相違を明らかにす

る。そして、北海道の日本海、オホーツク海、太平洋ならびに東北太平洋の地史的成立過程および海洋環境とそれに密接に関わり、ウニの生殖巣の発達を左右する食物となる海藻群落との関係を把握して、海域毎に独自の繁殖様式を獲得し、生殖周期を異にする集団へと適応するにいたった要因を解明する。

3. 研究の方法

(1) 岩手県広田湾と宮城県本吉町大谷沿岸のいずれも水深 0.5-1 m において、殻径 35mm 以上の性成熟サイズに達したと考えられるエゾバフンウニ (Fuji 1960b) 10 個体を、素潜りにより採集した。採集したウニは、殻径をノギスで、体重と生殖巣重量 (湿重量、精度 0.1g) を電子天秤で測定し、生殖巣指数 (生殖巣重量の体重比) を求めた。広田湾で採集したウニは組織学的観察のために生殖巣の小片を 20%ホルマリンで固定した。固定した生殖巣は 50%エタノールから 10%段階で 90%まで順次浸漬して脱水を行った後、自動包埋機を用いてパラフィンで包埋した。包埋した生殖巣はマイクロトームを用いて 6 μ m 厚の連続切片を作成した後、マイヤーのヘマトキシリンとエオシンで二重染色した。作製した組織切片を生物顕微鏡下で生殖細胞の形成過程を Fuji (1960a) に従って回復期、成長期、成熟前期、成熟後期、放出期の 5 期に区分した。大谷沿岸で採集したウニの生殖巣の発達段階は肉眼により、肥大して配偶子が滲出する成熟期、配偶子の滲出後著しく萎縮する放出期、配偶子が認められない未成熟期の 3 段階に区分した。

(2) 北海道においてエゾバフンウニの生殖周期を異にする海域および東北地方太平洋の計 7 地区沿岸におけるエゾバフンウニのミトコンドリア DNA の 2 領域について配列決定を行った。東北地方太平洋では本吉町大谷沿岸と陸前高田市広田湾で採集したエゾバフンウニ各 50 個体を用いた。北海道では、オホーツク海枝幸沿岸、根室海峡標津町沿岸、東部太平洋厚岸町沿岸、噴火湾伊達市有珠町沿岸、ならびに日本海奥尻島神威脇沿岸から採集したいずれも 50 個体を用いた。採集後、-5 $^{\circ}$ C 以下で 1-2 日間冷凍後、研究室へ運搬後 -30 $^{\circ}$ C で保存し、DNA の抽出に用いた。

顎骨伸筋から抽出した全 DNA を、超純水で 10 ng/ μ l に調整したものを鋳型として PCR 反応を行い、mtDNA の CO I 領域および ND I 領域を増幅した。反応に用いるプライマーは、Lee (2003) が報告した配列を作製した。PCR には PCR Thermal Cycler Dice Gradient を用い、終了後、2%アガロースゲル電気泳動により増幅産物が得られたことを確認した。

PCR により増幅した DNA 内の未反応のプラ

イマーおよび余剰の dNTP を取り除き、サイクルシーケンス反応により蛍光標識した。そして、エタノール沈殿を行った後、電気泳動を行い、個体ごとに2領域の塩基配列を決定した。得られた塩基配列データについては1個体ずつゲノムバンクに登録されたエゾバフンウニのミトコンドリア DNA の塩基配列 (CO I : EU003212, ND I : AF525454) と比較し、変異性の解析に用いる範囲を決定した。いずれの領域でも明確な配列を読み取ることのできた枝幸 46 個体、標津 45 個体、厚岸 42 個体、有珠 38 個体、奥尻 47 個体、広田 47 個体、大谷 44 個体について、CO I 領域 361 塩基および ND I 領域 262 塩基の配列を決定した。決定した配列を個体ごとに CO I 領域と ND I 領域の順に一列に並べ、個体間の塩基の多様度とハプロタイプ多様度を算出した。そして、連結した配列において7地区間に有意な遺伝的分化の有無を AMOVA 分析と固定指数 F_{ST} を求めて判定した。また、Minimum Spanning Network を計算してネットワーク図を作成し、ハプロタイプ間の類縁関係を調べた。

(3) 北海道泊村栽培漁業センターにおいて、2008年8月に泊村沿岸のエゾバフンウニ成体を用いて採苗した人工種苗約1,000個体を、2009年6月24日に宮城県水産技術総合センターの屋外水槽(1,0001)に収容した。また、北海道栽培漁業振興公社鹿部支所において、2009年4月に鹿部村沿岸の成体を用いて採苗した人工種苗約1,000個体を2009年12月2日に同様に収容した。いずれも約1ヶ月間飼育後、2009年7月15日に泊村産ウニを同水槽内に39の区画(180×180×300mm/区画)を設けたトリカルネット製飼育カゴ1基に、各区画14個体ずつ収容した。2009年12月15日に、鹿部産ウニをトリカルネット製カゴ内の24区画および屋内の各区画と同様量の101角型水槽(300×150×250mm)15基に14個体ずつ収容した。水槽には宮城県水産技術総合センターが面する佐須浜から揚水し、砂濾過した海水を1時間当たりおよそ2回転でかけ流し、通気した。また、ほぼ毎日午前10時頃の飼育水温を、自動温度記録計によって測定した。収容時のエゾバフンウニの殻径をノギスで測定し、区画間での有意差の有無を Kruskal-Wallis 法により検定した。収容したウニの実験開始時の平均殻径は泊産ウニで 11.6~12.6 mm、鹿部産ウニで 13.0~13.9 mm であり、区画間で有意差は認められなかった。飼育したウニには食物として北海道函館市南茅部産乾燥マコンブを、ほぼ1週間に1回与えた。給餌量を決定するため、飼育した個体とほぼ同じ大きさのウニを、屋内の101水槽3基に10個体ずつ収容した。毎月1回、事前に恒温乾燥機を用いて80℃で5日間以上乾燥させたマコンブを飽食量(乾重量)与

えた。そして、約1週間後の残餌の乾燥重量の差を水槽間で平均して1日当たりの摂食量を算出し、その1/4重量のマコンブを翌月に与えた。また、摂食以外の要因による海藻の重量の変化を調べるため、同じ水槽1基にコンブのみを収容し、収容前と回収後の乾燥重量から算出した変化率を用いてエゾバフンウニの摂食量を補正した。給餌前に、水槽内の排泄物を除去した。2009年7月から10月、および2010年9月から12月までの泊産ウニには、Agatsuma (2000) による同時期のホソメコンブの摂食量(乾重量)の1/4を与えた。

泊産エゾバフンウニは2009年7月15日から、鹿部産ウニは2009年12月14日からいずれも2011年2月15日までの毎月1回、それぞれ定められた区画(A, B, C区)に収容したエゾバフンウニ全個体の殻径と体重を全数測定し、月間成長率(%)を求めた。

成長の測定と同時に、3区画のウニの体重ならびに生殖巣重量を測定し、生殖巣指数((生殖巣重量/体重)×100)を求めた。そして、生殖巣の発達段階を、生殖巣が肥大して配偶子が滲出する成熟期、配偶子の滲出後著しく萎縮する放出期、配偶子が認められない未成熟期の3段階に肉眼により区分した。また、全個体の囲肛部をハサミで切り抜き、砥石で研磨し、ガラスセラミック製の板上でガスバーナーにより加熱した。そして、キシレンに浸漬し、実体顕微鏡下の落射照明下で、生殖板外縁部に年1回形成され、年齢形質と認められる黒色帯(輪紋)を形成中の個体の割合を求めた(Jensen 1969, 川村 1973)。

4. 研究成果

(1) 広田湾で採集したエゾバフンウニの生殖巣は、ろ胞壁に沿って第1次精母細胞、あるいは卵黄形成前の卵母細胞が認められる回復期、ろ胞壁の周囲に精母細胞、あるいは卵黄形成初期に加えて卵黄が形成された卵母細胞が観察される成長期、ろ胞の中心に精子、あるいは卵が観察される成熟前期、ろ胞内に精子、あるいは卵が充満する成熟後期、ならびに、ろ胞内に空隙が顕著に認められ、配偶子が残存する放出期の5つの発達段階に区分された。

生殖巣指数は、2005年9月から10月の20.7のピークへ達した後、水温が14.8℃に下降する11月に3.4へと急激に低下し、水温が下降を続ける2006年2月まで5以下の低い値で推移した。そして、3月に水温が5.0℃の最低となった後、水温の上昇にともなって上昇し、9月下旬の23.5の最大に達した。その後、水温が13.0℃へ下降する11月に、1.9へと前年同様著しく低下した。生殖巣の発達段階は、2005年9月から10月に成熟後期の個体が優占し、指数が急激に低下する11月

に放出期へと移行した。2006年1月には回復期の個体が出現し、2月には大部分を占めた。3月以降、指数の上昇にともない成長期の個体が増加し、5月には全個体を占めた。6月以降、成熟前期の個体が観察され、9月には大部分を占めた。そして9月から10月に成熟後期の個体が現われた後、11月には放出期の個体が優占した。

大谷沿岸で採集したウニの生殖巣指数は2007年11月から、水温が年間最低の7.7°Cへと下降する2008年3月まで4.2から8.8の範囲で推移した。以後、水温の上昇にともなって指数は増加し、9月の18.6のピークに達した後、水温が21.5°Cから16.5°Cへ下降する10月に3.4へと急激に低下した。

生殖巣の発達段階は、指数が低く推移する2007年11月、12月には放出期の個体がそれぞれ約67および80%、2008年1月に約27%、そして3月には再び60%を占めた。成熟期の個体が2007年12月に20%、2008年1月に18%ずつ出現した。3月以降は指数の上昇に伴い未成熟期の個体が占める割合が増加したものの、成熟期の個体が4月と5月に、それぞれ約20%および10%出現した。成熟期の個体は7月から指数がピークにいたる9月に著しく増加し、指数が急激に低下した10月には全てが放出期の個体であった。

2007年11月には、全ての個体が輪紋を形成中であった。以後、その割合は12月の70%から2008年5月の10%へと減少し、7月には認められなかった。8月には形成中の個体が10%出現し、10月に36%へと増加した。

(2) エゾバフンウニ309個体について、ミトコンドリアDNAの連結したCOI-NDI領域から623bpの塩基配列が得られた。塩基の置換はCOI領域で45箇所、NDI領域で37箇所認められ、2つの領域を連結した配列において82のハプロタイプが得られた。NDI領域については、ゲノムバンクから引用した同範囲から、3塩基の欠失が全個体に認められた。連結した配列におけるハプロタイプ多様度は 0.8544 ± 0.0163 、塩基多様度は 0.008639 ± 0.004620 であった。

7地区を一つのグループとしてAMOVA分析を行った結果、 F_{ST} は0.01682となり、地区間で有意な変異は認められなかった($P > 0.05$)。出現数が10個体以上のハプロタイプはいずれも4地区以上で共有され、特定の地区が優占するハプロタイプは認められなかった。

(3) 実験を開始した2009年7月から2011年2月までの泊産ウニの平均殻径は、12.2mmから26.9mm、体重は0.9gから9.4gへと増加した。2009年12月から2011年2月までの鹿部産ウニの殻径は、13.4mmから23.8mm、体重は1.3gから6.6gへと増加した。飼育開

始1年間の殻径と体重の月間平均成長量は泊産で12.0mm、0.7gに対して、鹿部産は0.8mm、0.3gと小さかった。平年より極めて高水温であった2010年8月の殻径と体重の成長率は泊産で0.1%、-8.2%に対して鹿部産は-3.5%、-14.9%と顕著な負の成長を示した。

泊産ウニの生殖巣指数は2009年7月の1.8から9月の6.3へと増加し、11月に急激に低下して翌年1月まで2未満で推移し、6月まで増加した。生殖巣は、2009年7月に未成熟期が優占し、8月以降成熟期の個体が増加して10月に全個体を占めた。11月には放出期の個体が出現し、未成熟期へと移行した。生殖板外縁部に輪紋を形成中の個体は、2009年7月から10月まで全個体を占め、11月から翌年5月までは極めて少なかった。

鹿部産ウニの生殖巣指数は2009年12月から翌年の2月まで2.3~0.9で推移した後、4月の6.4へと増加して10月の1.1まで緩やかに低下した。生殖巣は、2009年12月から翌年3月まで未成熟期が優占し、4月以降成熟期の個体が増加し、5月から7月まで54~71%を占めた。7月に放出期の個体が僅かに出現した後、8月以降は再び未成熟期の個体が優占した。輪紋形成中の個体は、2009年12月の48%から翌年2月の93%まで増加し、4月まで85%以上、5月以降11月まで全個体でみとめられた。

本研究により、東北地方太平洋広田湾と気仙沼大谷沿岸におけるエゾバフンウニは年1回秋に産卵することが明らかになった。

広田湾近傍の大船渡と北海道日本海余市の旬別平年水温は類似している。しかし、厚岸と臼尻は大船渡と余市よりも、周年にわたって著しく低く推移する。北海道日本海沿岸は周年高水温・貧栄養の対馬暖流の影響下にある(秦1962)。日本海から津軽海峡を通して、太平洋に流入する対馬暖流は、津軽暖流として三陸地方沿岸を岸寄りに南下する(上野・山崎1987)。一方、流氷の融氷水を含む低水温・富栄養の沿岸親潮はオホーツク海沿岸を流下し、さらに太平洋に流入して、北海道東岸に沿って南西に流れる(大谷・村上1987)。また噴火湾には、春から夏にはオホーツク融氷水を含む親潮が、秋から冬には津軽暖流が流入する(大谷・秋葉1970, 大谷1971, 1981)。このようにエゾバフンウニの3型の生殖周期は、それぞれ対馬暖流、親潮、親潮と対馬暖流の影響域に対応する。

一方、エゾバフンウニの主要な食物となるコンブ属褐藻は、北海道日本海と三陸沿岸ではホソメコンブ、北海道オホーツク海と東部太平洋沿岸では、リシリコンブ、オニコンブ、ナガコンブ、ミツイシコンブ、噴火湾および南部太平洋では、マコンブが優占群落を形成し(Miyabe 1902)、海流系と高い相関が認められる。日本海型のホソメコンブ群落は浅所

に季節的に形成され(阿部ら 1982)、年変動が著しく大きい(赤池ら 1999)。これに対し、北海道オホーツク海から噴火湾に至る各海域に形成されるコンブ群落は、より深い水深まで分布し、周年安定している(川嶋 1993)。このように、エゾバフンウニの生殖周期3型とコンブ群落には明確な対応関係が認められる。本種が海域毎に異なる生殖周期を持つのは、海域における食物環境とそれを支配する海洋条件が関わっていると考えられる。

しかし、本研究により、エゾバフンウニのミトコンドリア DNA の CO I - ND I の領域に7地区間の有意な変異性の差は認められず、生殖周期の区分と対応しないことが明らかになった。また、出現数の多いハプロタイプは地区間で共有され、特定の地区に限定されるものは無かった。エゾバフンウニは、北極海を中心に朝鮮半島およびオレゴン州以北の太平洋と、マサチューセッツ湾以北の大西洋に分布する *Strongylocentrotus pallidus*、および Cape Africa と Provideniya 湾の間の沿岸とグリーンランド東部を除いた北極海と、オホーツク海、日本海、バンクーバー以北の太平洋、チェサピーク湾以北の大西洋に生息するホクヨウオオバフンウニ *S. droebachiensis* (Jensen 1974) と共通の祖先から、4,600,000~12,000,000 年前に分岐し (Lee 2003)、日本近海的环境に適応した種であると考えられる。現在の日本海的环境は、最終氷期が終了した8千年前以降、対馬暖流が日本海へ本格的に流入を開始し、津軽暖流が形成されて成立した (Oba *et al.* 1991)。したがって、エゾバフンウニの日本海型の生殖周期は、少なくとも8千年前以降に成立したと考えられる。したがって、エゾバフンウニは現在の北海道と東北地方太平洋の地理的な分布範囲においては、CO I および ND I 領域に海域固有の変異が生じるほど時間が経過していないと考えられる。しかし、表現型の異なる棘皮動物の同種個体群間で、有意な遺伝学的分化も報告されており (Kan-no and Kijima 2003 など)、より進化速度の速い他の遺伝子マーカーによって生殖周期を異にするエゾバフンウニ個体群に有意な遺伝学的分化が認められる可能性を示す。

北海道日本海では、主に回復期が10-3月、成長期が3-7月、成熟前期が6-8月、成熟後期が8-9月、そして放出期が9-10月にある(川村 1967 など)。北海道南部太平洋では成熟前期あるいは成熟後期がほぼ周年認められ、放出期は主に4-6月と10-11月に認められる(川村ら 1983)。大谷沿岸のエゾバフンウニの生殖巣指数が冬季から上昇して夏季にピークに至り、秋季に10未滿に急激に低下する季節変化は、北海道日本海の型とほぼ一致する。しかし、ここでは1月、4月、10月、12月に成熟期の個体が出現したこと

は北海道日本海沿岸では認められない。したがって、東北地方太平洋沿岸のエゾバフンウニ個体群は、日本海型に加えて北海道南部太平洋型が混在している可能性がある。

飼育した日本海産と太平洋産種苗は、原産海域を反映して、それぞれ秋季と春季に産卵する生殖周期を維持した。また、生殖巣指数の季節変化も生殖周期の相違を反映して両群で明瞭に異なった。年齢形質となる生殖板外縁部に形成される黒色帯の形成時期も両群で明瞭に異なった。年間成長率は同一の食物条件であるにもかかわらず南部太平洋産種苗で低く、特に高水温の夏季に負の成長が顕著にみとめられたことは、北海道南部太平洋産種苗は、日本海産種苗に比べて明らかに原産地より高い宮城県中部沿岸の水温には適応できず加入しないと考えられた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 16 件)

1. Ogasawara M, T. Matsui and Y. Agatsuma, Growth and rapid gonad recovery of the sea urchin *Hemicentrotus pulcherrimus* after spawning in an *Undaria pinnatifida* and *Saccharina japonica* kelp bed. *J. Shellfish Res.* 30,159-166 (2011) 査読有
2. Agatsuma Y., Y. Sakai and K. Tajima, Recent advances in sea-urchin aquaculture in Japan. *Bull. Aquacul. Assoc. Canada.* 108, 4-9 (2010). 査読有
3. Li J-Y., Y. Agatsuma, T. Nagai, Y. Sato and K. Taniguchi, Difference in resource storage pattern between *Laminaria longissima* and *L. diabolica* (Laminariaceae; Phaeophyta) reflecting their morphological characteristics. *J. Appl. Phycol.*, 21, 215-224 (2009) 査読有
4. Agatsuma Y., H. Hazama and H. Arakawa, Limited recovery of the kelp *Eisenia bicyclis* after population reduction of the sea urchin *Hemicentrotus pulcherrimus* and *Anthocidaris crassispina* on Kii Peninsula, southwestern Japan. *J. Shellfish Res.*, 28, 939-946 (2009) 査読有
5. Li J-Y., Y. Agatsuma and K. Taniguchi, Inhibitory effect of 2,4-dibromophenol and 2,4,6-tribromophenol on settlement and survival of larvae of the Japanese abalone *Haliotis discus hannai* Ino. *J. Shellfish Res.* 28, 877-882 (2009) 査読有
6. Agatsuma Y., H. Endo and K. Taniguchi, Inhibitory effect of 2,4-dibromophenol and 2,4,6-tribromophenol on larval survival and metamorphosis of the sea urchin *Strongylocentrotus nudus*. *Fish. Sci.*, 74,

837-841 (2008) 査読有

7. Matsui T. and Y. Agatsuma, M. Ogasawara and K. Taniguchi, Coincidence in reproduction of the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* in Hirota Bay, on the Pacific Ocean off northern Honshu and in the Sea of Japan off Hokkaido, Japan. *J. Shellfish Res.*, 27, 1283-1289 (2008) 査読有
8. Narita M., Y. Agatsuma and K. Taniguchi, Marine algae in Matsushima Bay, northeastern Honshu, Japan. *Aqua. Sci.*, 56, 387-399 (2008) 査読有

[学会発表] (計 19 件)

1. Matsui T, Ogasawara M, Nakajima M, Ikeda M, Agatsuma Y. 2010. Genetic difference among the sea urchin populations of *Strongylocentrotus intermedius* with different spawning seasons in northern Japan. 7th European Conference on Echinoderms, October 2-9, Geoscience Center, University of Göttingen, Göttingen, Germany.
2. Agatsuma Y., Toda N, Ogasawara M, Kinoshita J, Watanabe M, Matsui T. and Inomata E. Growth and gonad development of the sea urchin *Hemicentrotus pulcherrimus* in an *Eisenia* kelp bed in the Oshika Peninsula, northern Japan, 7th European Conference on Echinoderms, October 2-9, 2010, Geoscience Center, University of Göttingen, Göttingen, Germany (2010).
3. Kanomata I, Ise M, Agatsuma Y. and Taniguchi K. Effect of thinning on morphology, growth, and maturation of the kelp *Undaria pinnatifida* cultivated in Matsushima Bay, northeastern Honshu, Japan, Asian Pacific Aquaculture 2009, November 3-6, Putra World Trade Center, Kuala Lumpur, Malaysia (2009)
4. Agatsuma Y. and Endo H. Growth and gonad production of the sea urchin *Hemicentrotus pulcherrimus*, which has a year-round high digestibility, Asian Pacific Aquaculture 2009, November 3-6, Putra World Trade Center, Kuala Lumpur, Malaysia (2009)
5. Agatsuma Y., Ogasawara M, Taniguchi K. Growth and gonad development of the sea urchin *Hemicentrotus pulcherrimus* in a bed of the brown algae *Undaria pinnatifida* and *Laminaria japonica* in Matsushima Bay, northeastern Honshu, Japan. 5th World Fisheries Congress, October 20-25, Pacifico Yokohama,

Yokohama, Japan (2008)

6. Li J-Y, Agatsuma Y., Nagai T, Taniguchi K. Difference in resource storage pattern between the kelps *Laminaria longissima* and *L. diabolica* associated with their morphological characteristics. 5th World Fisheries Congress, October 20-25, Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan (2008)

[図書] (計 9 件)

1. 吾妻行雄: ウニの生態学的な役割. ウニ学 (本川達雄編) 東海大学出版, 神奈川県秦野, pp. 221-247. (2009).
2. 吾妻行雄: ウニの生殖周期と海藻群落への摂食活動. 磯焼けの科学と修復技術 (谷口和也・吾妻行雄・嵯峨直恆 編). 恒星社厚生閣, 東京, pp. 61-69. (2008).

[その他]

ホームページ等

<http://www.agri.tohoku.ac.jp/agri-field/010.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吾妻 行雄 (AGATSUMA YUKIO)

東北大学・大学院農学研究科・教授

研究者番号 : 50292256

(2) 研究分担者

()

研究者番号 :

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :