

氏 名(本籍)	佐 野 稔 ^{さ の みのる}
学位の種類	博 士 (農 学)
学位記番号	農 博 第 590 号
学位授与年月日	平 成 12 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科専攻	東北大学大学院農学研究科資源生物科学専攻 (博士課程)
学位論文題目	海藻群落帯状構造とキタムラサキウニの生活に関する生態学的研究
論文審査委員	(主 査) 教 授 大 森 迪 夫 教 授 谷 口 和 也 教 授 木 島 明 博

論文内容要旨

第1章 序文

沿岸岩礁域に生息するウニ類は重要な漁獲対象種であり、資源の維持、増大を図る増殖技術開発が求められている。また、ウニ類の摂食圧は磯焼けに関わる1要因であり、イセエビ、アワビなどの生息場である藻場、海中林の修復のためにも、ウニ類の生態学的知見は不可欠である。北海道、東北地方で漁獲されるキタムラサキウニの生息場所、成長、生殖周期、食性などの生活に関する生態学的事項は、海域内における水深、底質、海藻の種組成や現存量との対応や、海域間の比較によって報告されてきた。一方、ウニ類の摂食活動が、コンブ目、ヒバマタ目大型褐藻が優占する海中林の崩壊と、それに続くサンゴモ目紅藻の優占する無節サンゴモ群落の持続に関わることを報告されており、この現象では主にウニ類と海藻の食う-食われるの関係が示されてきた。さらに近年、無節サンゴモの2次代謝産物によるウニ類の着底、変態の誘起やヒバマタ目、コンブ目大型褐藻の2次代謝産物による摂食阻害作用という化学物質を介した関係がウニ類と海藻との間に存在することが明らかになっている。沿岸岩礁域では浅所に海中林、深所に無節サンゴモ群落で代表される海藻群落の帯状構造が水深帯にそって普遍的に認められる。しかし、ウニ類が海藻群落帯状構造とどのような関わりをもって生活しているのかという視点から進めた研究は、キタムラサキウニの生活を北海道日本海側沿岸のホソメコンブ群落と無節サンゴモ群落からなる帯状構造との関係で明らかにした吾妻¹⁾の報告を除いてほとんどない。一方、三陸から常磐沿岸には浅所から深所にかけてエゾノネジモク群落、アラメ海中林、無節サンゴモ群落からなる帯状構造が認められる。本研究では、この海藻群落帯

が明らかになっている。沿岸岩礁域では浅所に海中林、深所に無節サンゴモ群落で代表される海藻群落の帯状構造が水深帯にそって普遍的に認められる。しかし、ウニ類が海藻群落帯状構造とどのような関わりをもって生活しているのかという視点から進めた研究は、キタムラサキウニの生活を北海道日本海側沿岸のホソメコンブ群落と無節サンゴモ群落からなる帯状構造との関係で明らかにした吾妻¹⁾の報告を除いてほとんどない。一方、三陸から常磐沿岸には浅所から深所にかけてエゾノネジモク群落、アラメ海中林、無節サンゴモ群落からなる帯状構造が認められる。本研究では、この海藻群落帯

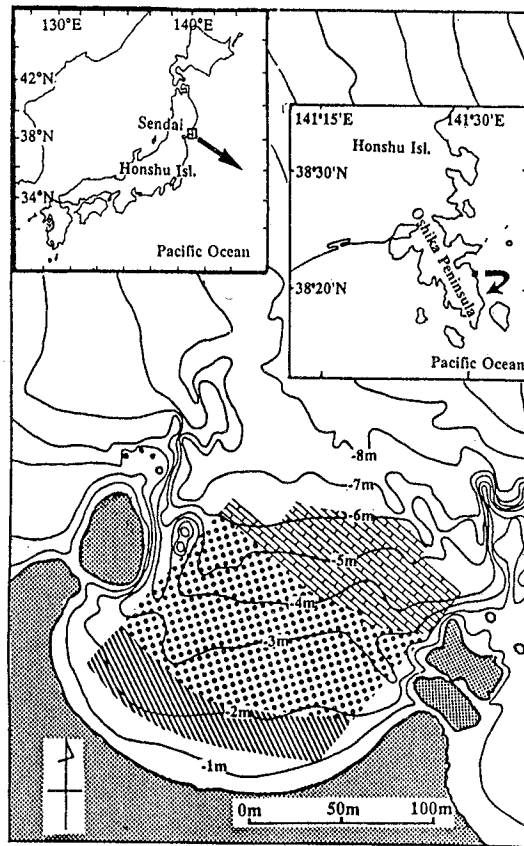


図1 調査海域

- ▨: エゾノネジモクとアラメの混在域
- : アラメ海中林
- ≡: 無節サンゴモ群落

*1 吾妻(1997)キタムラサキウニの個体群動態に関する生態学的研究、北水試研報 51、1-66

状構造との関係で、キタムラサキウニの生活を明らかにし、吾妻¹⁾の報告と比較することで、キタムラサキウニの生活を構築するものである。一連の調査はこのような帯状構造が認められる宮城県牡鹿半島泊浜で行った(図1)。

第2章 年齢による分布域の変化

浮遊幼生からの着底、変態とそれに続く加入を行う海藻群落と、加入後の分布域の季節変化を海藻群落帯状構造との関係で明らかにする。

【方法】 玉石採集とコレクターによる着底、変態稚仔の密度調査、各海藻群落からの方形枠採集、帯状構造にそったライントランセクト調査を行った。採集した個体は体サイズの測定、年齢査定を行った。

【結果と考察】 着底、変態稚仔は浅所から深所にかけて分布し、特に無節サンゴモ群落において高密度であった(表1)。加入後の殻径2cm以下の個体は無節サンゴモ群落からし

表1 天然の玉石とホタテガイ殻によるコレクターから採集したキタムラサキウニの着底・変態稚仔の密度。*: χ^2 適合度検定、 $p < 0.05$ 。

玉石		水深(m)	群落	密度(個体数/m ²)	
採集地点	10月4日*			10月19日*	
st.1	2.0	転石域	6.6	0	
st.2	3.0	アラメ海中林	4.8	7.6	
st.3	3.5	アラメ海中林	1.7	9.9	
st.4	4.5	無節サンゴモ群落	21.7	40.4	
st.5	5.5	無節サンゴモ群落	59.3	14.6	

コレクター(10月4日設置、10月19日回収)			
採集地点	水深(m)	群落	個体数/コレクター
st.A	3.0	アラメ海中林	48
st.B	5.0	無節サンゴモ群落	143

か出現せず、これより殻径が大きくなるにつれて分布範囲がアラメ海中林へ拡大した。殻径組成、年齢組成(図2)は海藻群落間で異なり、無節サンゴモ群落では周年殻径1.0~8.0cmの1~5、6歳の個体が出現し、アラメ海中林では殻径4cm以上の2歳以上の個体が出現した。これらのことから、キタムラサキウニは無節サンゴモ群落に着底、変態して生き残り、年齢が進むにつれてアラメ海中林へと分布域を広げることが明らかになった。

次に分布域の季節変化を帯状構造にそって明らかにした。キタムラサキウニの高密度域は、7月には無節サンゴモ群落からアラメ海中林縁辺にあり、8月、10月には高密度の岸側の縁が海中林内へと移った(図3)。2月には、岸側の縁がアラメ海中林縁辺部へと後退した。この分布域の季節変化に、7月を除いて年齢による違いはなかった。着底、変態か

ら約9ヶ月後の個体の分布は7月の段階では無節サンゴモ群落への高い集中度を示し、1+歳以上の年齢群とは異なった分布を示していた。以上の結果より、着底、変態して約9ヶ月後までに無節サンゴモ群落で生き残った個体が7月から8月にかけてアラメ海中林内へと分布域を拡大し、1歳以上では7月から8月にはアラメ海中林内へ主な分布域を拡大し、12月から2月には無節サンゴモ群落側へと後退することが示された。

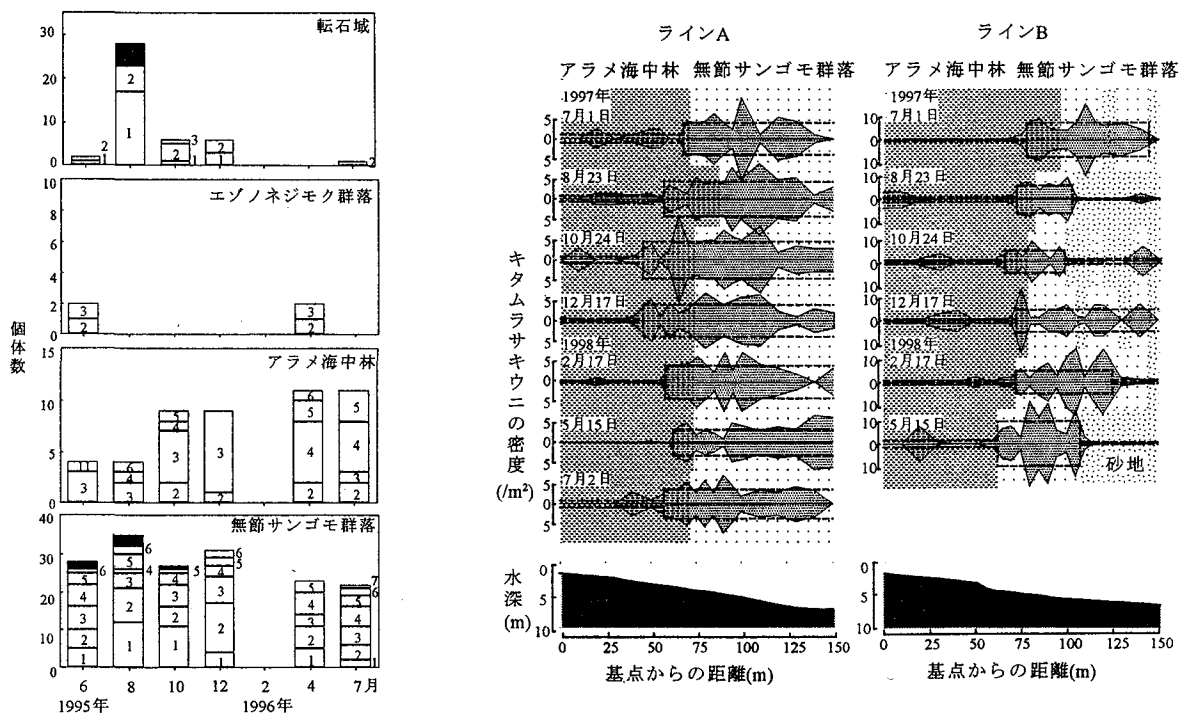


図2 各海藻群落におけるキタムラサキウニの年齢組成
 図中の数値は年齢、黒塗りは年齢不明

図3 キタムラサキウニのライン上における分布域の季節変化
 —: 実測値、---: 区間ごとの平均値。区間ごとの平均値は各ラインの平均密度より低い値が、4カ所以上連続して出現する範囲(低密度域)とそれ以外の範囲(高密度域)に分けて示してある。

第3章 アラメ海中林への移動過程

0+歳の分布域が無節サンゴモ群落からアラメ海中林へと拡大する過程、1+歳以上の分布域が季節的にアラメ海中林内へ分布域を拡大する過程が、帯状構造のどこに位置した個体の移動によって引き起こされたのかを明らかにする。そのため、集団識別可能なキタムラサキウニへの大量標識技術を確立し、標識移植調査を行った。

【方法】ウニへの標識として集団識別可能な Binary Coded Wire Tag の有効性を、標識による死亡、成長への影響と標識脱落個体の割合の時間変化について飼育実験により検討した。

標識移植実験は 0+歳を想定した人工種苗と 1+歳を想定した天然個体に区別して行い、

人工種苗はアラメ海中林と無節サンゴモ群落の境界から 10m 間隔で無節サンゴモ群落側に 3 カ所、天然個体はアラメ海中林から無節サンゴモ群落にかけて 15m 間隔で 4 カ所に移植した。移植は 1998 年 7 月、再捕は 8、11、12 月に行った。

【結果と考察】 Binary Coded Wire Tag (ステンレス製) はキタムラサキウニの死亡、成長阻害を引き起こさなかった。標識脱落個体の割合は、標識後の 14 日目では 20 ~ 48% であり、21 日後からはこの値とそのばらつきが小さくなった。そのため、標識後 21 日目の脱落率を 0 % として標識脱落個体の割合の推定式を求めることができ (図 4)、標識の有効性が確認された。さらに、22 金製の標識でも標識脱落個体の割合に違いはなかった。

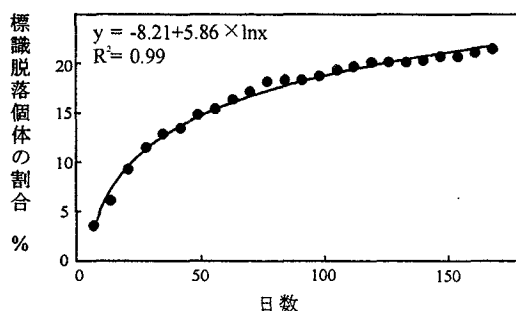


図4 標識後21日目の標識脱落個体の割合を0%としたときの日数と標識脱落個体の割合の回帰式
この時の日数は標識後21日目としている。

標識移植実験の結果より、ある定点に移植した集団の移動・分散後の分布型は分布の中心が移植地点から移る集団があるものの、いずれも正規分布でありアラメ海中林側、より深い無節サンゴモ群落側のいずれにも移動・分散していた。0+歳の個体を想定した人工種苗では、アラメ海中林へ最も近い場所に移植した集団は 12 月までに、移植地点からより深い無節サンゴモ群落側へと分布の中心を移し、これより深い無節サンゴモ群落に移植した集団はアラメ海中林側へと分布の中心を移していた。1+歳の個体を想定した天然個体では無節サンゴモ群落内の海中林に最も近い場所に移植した集団だけが 12 月までにアラメ海中林側へ分布の中心を移し、この時の分布型はアラメ海中林側へ裾を引いた正規分布であった (図 5)。これらのことから、1+歳以上のアラメ海中林内への分布域の拡大は、海中林周辺において移動・分散のベクトルの向きが海中林側に大きいため生じることが示された。

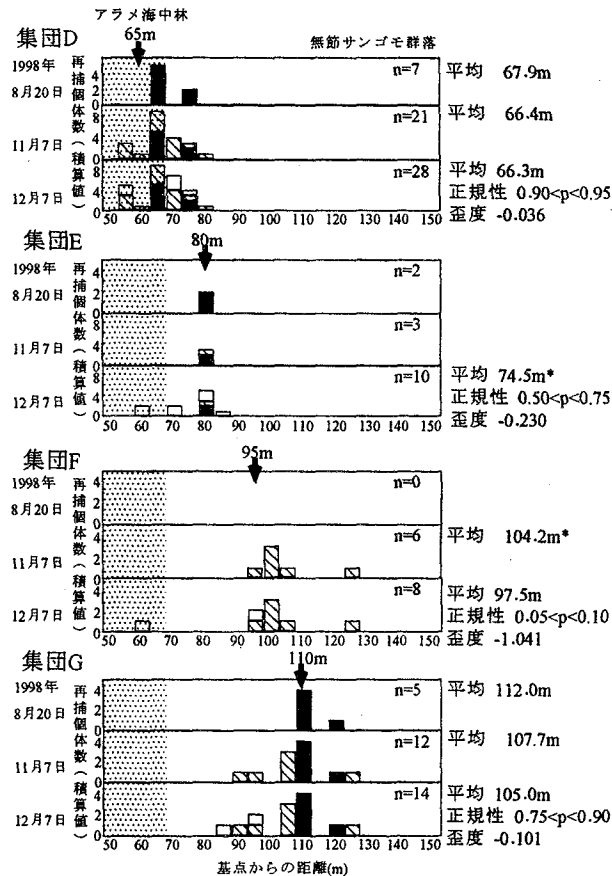


図5 標識移植個体（天然個体）の移動過程
矢印は移植地点(m)
再捕地点の平均は片側t-test(*, p<0.05)により検定
正規性はD'Agostino-Pearson K2 testにより検定
■ 1998年8月20日 ▨ 1998年11月7日
□ 1998年12月7日

第4章 移動によって生じる成長、再生産の変化

キタムラサキウニは1歳以上になると無節サンゴモ群落からアラメ海中林にかけて分布する。そこで、このことにより生じる成長、再生産の変化とその時の食物を明らかにする。

【方法】第2章で採集されたサンプルを用いて殻径、体重の測定、年齢査定、生殖腺の組織学的観察、消化管内容物組成の観察を行った。さらに、得られたデータより帯状構造にそった純生産量と配偶子放出量の計算を行った。

【結果と考察】0+歳の個体では、無節サンゴモ群落からアラメ海中林へと分布域を拡大する8月にはアラメ海中林内で採集された個体の方が殻径が大きかった（図6）。10月以

降になると、アラメ海中林内の個体の成長が速くなり、アラメ海中林から無節サンゴモ群落に移るにつれて殻径が小さくなる傾向を示した。12月には生殖腺指数がアラメ海中林内で大きくなり、殻径同様にアラメ海中林から無節サンゴモ群落に移るにつれて小さくなった。1+歳以上についても、アラメ海中林内で殻径、生殖腺指数ともに大きく無節サンゴモ群落へ移るにつれて小さくなる傾向が周年示された。消化管内容物組成の調査ラインにそった変化は2月を除いて同様であり、アラメ海中林から無節サンゴモ群落へ移るにつれて栄養価の高いアラメやホンダワラ類を摂食する割合が小さくなり、代わりに無節サンゴモの割合が大きくなった(図7)。生殖周期はアラメ海中林、無節サンゴモ群落ともに同調していた。しかし、生殖腺指数の値は周年アラメ海中林で大きく、配偶子放出量を計算すると海中林に生息していた全体の23%の個体が全配偶子量の55%を放出していた。

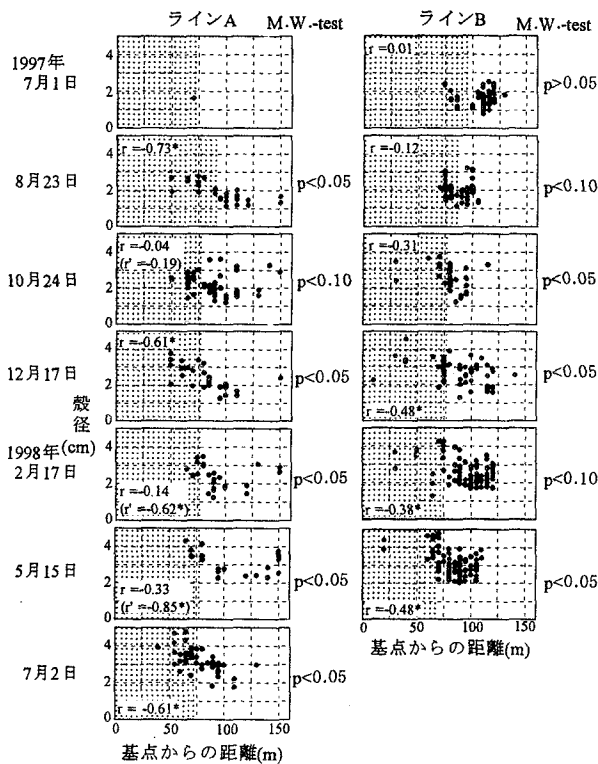


図6 1996年級群(0-1歳)の殻径と基点からの距離との関係
 r : 相関係数、 r' : 50-125m区間における相関係数、*: $p < 0.10$
 M.W-test: Mann-Whitney検定により、アラメ海中林と無節サンゴモ群落間で殻径を比較した結果
 網掛けはアラメ海中林、白抜きは無節サンゴモ群落。

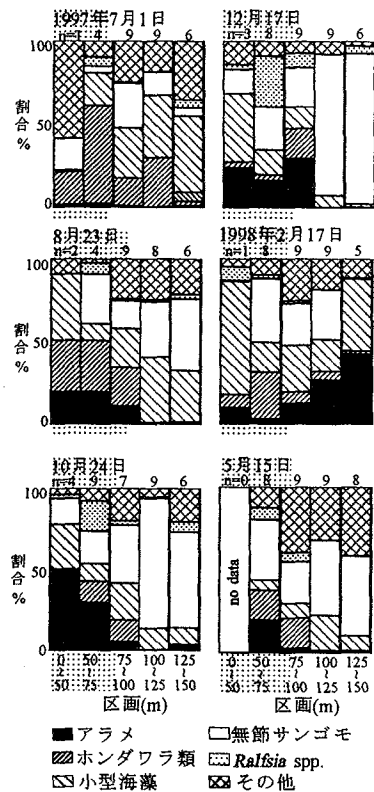


図7 1995年級群(1+歳)以上の区画別の消化管内容物組成
 網掛けはアラメ海中林、白抜きは無節サンゴモ群落

第5章 総合考察

以上の結果をまとめるとキタムラサキウニの着底、変態後の生活が次のようにまとめら

れる。キタムラサキウニは 10 月に浅所から深所にかけて着底、変態し、約 9 ヶ月後の翌年 7 月までに無節サンゴモ群落で生き残る。8 月になると速く成長した個体からアラメ海中林内へと移動し、分布域が拡大する。その後、アラメ海中林内では成長が進み、12 月からは生殖腺の量的発達も進行して、アラメ海中林から無節サンゴモ群落に移るにつれて殻径、生殖腺指数が小さくなる傾向を示すようになる。1+歳以上でも同様な傾向が認められ、これはアラメを摂食する割合がアラメ海中林内で大きく、無節サンゴモ群落へ移るにつれて小さくなるためであった。1+歳以上の主な分布域は 7 月に無節サンゴモ群落からアラメ海中林縁辺にあり、8 月、10 月になると海中林周辺部における移動のベクトルが海中林側へ大きくなるため、高密度域の岸側の縁がアラメ海中林内へと移る。12 ~ 2 月にはこの縁がアラメ海中林縁辺へと後退する。この分布域の季節変化の過程でアラメ海中林内に留まる個体が現れる。生殖周期はアラメ海中林、無節サンゴモ群落ともに同調するが、生殖腺指数はアラメ海中林のほうが周年大きく、アラメ海中林に生息する全体の 23%の個体が全配偶子放出量の 55%を担っていた。

このような季節的な分布域の変化は、潮間帯に限定されたホソメコンブ群落と無節サンゴモ群落の帯状構造においても報告^{*)}されており、7 ~ 8 月にはホソメコンブ群落へ、12 月 ~ 2 月には深所の無節サンゴモ群落へ移動し、その主な要因としてキタムラサキウニの摂食量の季節変化にともなう摂食活動の変化を示している。この報告から、7 ~ 8 月のアラメ海中林への移動は水温上昇にともなう成長や生殖腺の発達を保障する摂食量が増大し、摂食活動が活発になることで、アラメ流れ藻を求めてアラメ海中林内へと索餌移動するためであり、12 ~ 2 月の無節サンゴモ群落への移動は水温低下にともない摂食量が低下して、摂食活動よりも無節サンゴモ群落に多数ある微細生息場への定位を行うためであると考えられた。このような過程の中で、アラメ海中林内に微細生息場を得ることができた個体が海中林に留まると思われる。

論文審査結果要旨

北海道、東北地方沿岸に生息するキタムラサキウニは重要な漁獲対象資源であり、また経済的な被害をもたらす磯焼けに関わる生物でもある。通常、沿岸岩礁域には海藻群落の帯状構造が認められる。近年、そこに棲むと生物と海藻の様々な相互作用が明らかにされ、ウニ類の発育、成長、再生産の過程はそのような海藻群落構造との関係を抜きにしては捉えられないと考えられる。しかし、ホソメコンブ群落と無節サンゴモ群落の帯状構造との関係でキタムラサキウニの季節的移動を明らかにした報告を除いて、ウニ類についてのそのような視点からの研究はない。一方、三陸から常磐沿岸にはエゾノネジモク群落、アラメ海中林、無節サンゴモ群落の帯状構造が認められる。本論文ではこの帯状構造との関係でキタムラサキウニの生活をより詳細に、体系的に明らかにしたものである。

本論文では、はじめに、キタムラサキウニが着底、変態して生き残れる場所が無節サンゴモ群落であり、年齢が進むにつれてアラメ海中林へと分布を広げることを明らかにしている。さらに、着底後、約9ヶ月目の7月までは無節サンゴモ群落に分布し、8月になるとアラメ海中林へと分布域を拡大し、1歳以上になると、7～10月はアラメ海中林内へ分布域を拡大し、12～1月に無節サンゴモ群落側へと分布を後退させることを明らかにし、これがキタムラサキウニの食物要求量の変化にもとづく摂食行動の変化と関連することを示唆した。

次に、これまで殆ど有効な方法がないとされてきたキタムラサキウニへの標識技術を確立して上で、この標識技術を用いてアラメ海中林への分布域の拡大過程を具体的に明らかにしている。1歳以上の個体の分布域がアラメ海中林へと拡大する過程は海中林縁辺の無節サンゴモ群落に位置する個体の移動ベクトルの総和がアラメ海中林へ向いていることにより引き起こされること明らかにし、それが海中林周辺のアラメ流れ藻を摂食しながら海中林へ辿っていくためであることを示した。

さらに、このような分布域の変化にともなう成長、再生産の変化とその時の食物を把握した。0歳の個体が無節サンゴモ群落からアラメ海中林へと分布域を拡大する際に早く成長した個体が移動すること、その後アラメ海中林に生息する個体の方が無節サンゴモ群落に生息する個体よりも早く成長すること、生殖周期は群落間で同調しているが、生殖腺指数の値は周年アラメ海中林で高いこと、群落によるこのような違いはアラメ海中林に棲息する個体の方がアラメを摂食する割合が高いためであることを明らかにした。これらの結果と群落毎に求めた生産量、配偶子放出量に基づいて、アラメ海中林に移動した個体が配偶子放出量の増大に大きく貢献していること等、海中林へ移動することの生態学的意義を明らかにしている。

この論文は、キタムラサキウニの着底、変態から成長して再生産を行うまでの生活を、海藻群落の帯状構造との関係で、時間的、空間的に連続した過程として明らかにすることにより、帯状構造をなす各海藻群落がキタムラサキウニの生活史の完結と個体群の維持に必須の役割を果たしていることを具体的かつ詳細に明らかにしたもので、キタムラサキウニの増殖や藻場、海中林の修復を図る上での重要な知見と視点を与えるものである。

このような理由により、審査員一同は本論文の著者に博士(農学)の学位を授与するに値するものと判断した。