

学 位 論 文 題 名

北日本沿岸におけるウニおよびアワビ摂食に及ぼす
波浪の影響とその評価

学位論文内容の要旨

〔目的〕藻食動物の高い摂食圧により慢性的に餌料海藻が不足している北海道日本海・三陸沿岸のウニ・アワビ漁場では、波による海水流動が浅所の海藻を動物の食害から保護し、海藻とウニ・アワビとのバランスを調整する重要な役割を果たしている。しかし、ウニ・アワビの摂食行動に及ぼす流動の影響についてはこれまで全く研究がなされていなかった。本研究では、ウニ・アワビの種苗放流・移殖技術および漁場造成の計画・設計の適正化のために流動による摂食抑制効果を定量的に解明し、その重要性を明らかにした。

〔材料と方法〕動物の摂食に及ぼす流動の影響を調べるため、室内実験と現地調査を実施した。室内実験では自然岩礁と同じ様な波による流動を造り出せる実験水槽を用いた、延べ実稼働時間約 250 日に及ぶ室内生態実験を実施し、ウニ・アワビ類の摂食活動に及ぼす流動の影響を定量的に詳しく調べた。現地調査では、キタムラサキウニが優占する磯焼け海域に位置する北海道日本海側忍路湾において、コンブなどの海藻の孢子着底～孢子体成長期および群落形成後の繁茂期に、流速計と石膏塊を用いた流速測定と生物の分布調査を行い、ウニ・アワビ類および海藻の分布と流動との関係を検討した。

またキタムラサキウニなどの摂食圧が高く磯焼け状態になっている北海道南西部日本海沿岸と三陸沿岸を対象として、19～20 年間の長期波浪観測データを用いて沿岸浅所に発生する波動流速の水深および季節による変化を推定し、両沿岸域における流動環境を、キタムラサキウニの摂食に対する抑制効果の側面から評価した。

〔結果と考察〕室内実験と現地調査の結果、以下の事項が明らかになった。

① 波動流による摂食抑制効果は、海藻の形と大きさ、動物の体サイズ、水温などの要因に依存する。しかし、ウニが波動下で揺動する葉状の海藻

を摂食する場合、その摂食には摂食時の力学的不安定さによって規定される、ある限界流速が存在する。この摂食限界流速は、移動に関する限界流速よりもはるかに低く、ウニ類の場合、適水温下でも 0.4 m/s であることが示された。これに対して、エゾアワビではその摂食限界流速をはるかに超える（おそらく 1m/s 以上）流速振幅でも海藻を摂食できることが明らかにされた。

② コンブなどの海藻が加入する冬季にはウニ・アワビの摂食活動は流動と共に低水温に制限されるが、それらの影響には種によって顕著な差異があることが示された。キタムラサキウニは、4℃の低水温下でも 0.30 m/s 以下の流速振幅では自由に移動して摂餌でき、その活動範囲は水温の上昇に伴ってより高流速領域へ拡大し、水温 16℃では 0.60 m/s の領域に及んだ。しかし、キタムラサキウニが海藻幼体に接近して摂食する限界流速は、水温の上昇に伴って多少大きくなる傾向が示唆されたが、水温 7～13℃では、流速振幅約 0.4 m/s 以下の領域に限られた。エゾバフンウニの摂食活動については、キタムラサキウニと明らかに異なり、低水温と流動に対する高い耐性を示した。波動下におけるエゾバフンウニは 4～16℃の広い水温域にわたり水温に影響されない移動分布を示し、流速振幅 0.60 m/s の高流速領域にも侵入して定位した。しかし、その摂餌はほぼ 0.40 m/s 以下の流速領域に限られ、またその領域でもキタムラサキウニに比べて活発ではなかった。エゾアワビはさらに高い流動耐性を示したが、エゾバフンウニと異なり顕著な水温依存性が認められた。エゾアワビは、水温が 13℃以上になると、活発に索餌活動し、キタムラサキウニやエゾバフンウニがほとんど摂食できない 0.40 m/s を超える領域にも移動して盛んに摂食した。しかし 10℃以下ではその摂餌活動は緩慢で、摂食は流速の最も遅い場に分布する海藻に限られた。

③ 自然の岩礁における海藻の入植は、藻食動物による摂食速度だけでなく海藻の成長速度にも依存する。キタムラサキウニが高密度に生息する磯焼け地帯に位置する忍路湾では、深所の不毛地帯への海藻の入植は、冬季の水温低下によってもたらされた。水温低下は、キタムラサキウニの摂食速度を低下させると共にコンブなどの大形海藻の成長に有利に作用するため、加入した海藻は急速に成長して濃密な植生帯を形成することができる。その結果として強まる藻体の鞭打ち効果によってキタムラサキウニが海藻生育帯から排除され、濃密な海藻群落とキタムラサキウニが優占する不毛地帯が明瞭な境界を成す垂直分布構造が形成される。この海藻の入植下限を制限する摂食圧は、流速だけでなく、深所のキタムラサキウニの分布量と深所から海藻生育帯へ接近する地形的容易さにも依存する。しか

し、海藻の入植時期の水温が平年より高めに推移して 6℃ほどにしか下がらなかった年に、深所にキタムラサキウニが高密度に分布する所でも有義波動流速振幅が 0.4 m/s 未満になる確率が 0.5 以下になれば、海藻が入植し群落を形成できることを示した。

④ 群落形成後のコンブ場の周辺におけるキタムラサキウニは、海藻の“鞭打ち”の影響を非常に強く受け、あまり強くない波動流速でも完全に群落から排除され、その限界の流速振幅は約 0.2 m/s であることが示された。またキタムラサキウニは密な群落の内部へ侵入することではなく、波が穏やかになると素早く群落に接近してその縁辺部の着生藻体から摂食し、荒れてくると群落から離れることを繰り返す。このため、海藻群落に対するキタムラサキウニの摂餌形態には、静穏時に群落から垂れ下がった藻体を群がった多数のウニが押さえ込んで摂食する場合と共に、摂食前線のウニが茎状部をかじり、それによって脱落した藻体を群落の下に群がるウニが捕食する場合が多くみられた。エゾバフンウニもキタムラサキウニと同様な波動流速の時間的变化に伴う群落周辺での深淺移動を示す。しかし、エゾバフンウニは群落の内部にも侵入する点でキタムラサキウニと異なり、また流速振幅 0.25~0.30 m/s で群落から大部分の個体が排除されるが、完全には排除されなかった。エゾアワビはウニ類と異なり、忍路湾ではコンブ群落の奥深くに入り込み、群落が好適な索餌場・隠れ場となっていることが示唆された。

また、沖波観測データから北海道南西部日本海沿岸と三陸沿岸における例年の波動流速を推算した結果、ウニの摂食抑制要因としての流動環境が両域で顕著に異なることが示された。すなわち、例年、主要な藻食動物であるキタムラサキウニの摂食が抑制されて大形 1 年生海藻の生育が可能となる波の場は、北海道南西部日本海沿岸では水深の比較的浅い領域（沖からの波が直接当たる所でも約 6m より浅い水深帯）に限られるが、三陸沿岸では水深 8m に及ぶことが推察された。また、キタムラサキウニの摂食が可能となる流速の確率は、日本海沿岸では夏季には顕著に増加して、浅所に形成された海藻群落はほとんどの領域で摂食により後退することが予想されたのに対して、三陸沿岸の波動流は水深の比較的深い所まで年間を通じて恒常的に強く、活着した藻体が直接摂食される可能性が比較的低いため、先枯れや波浪などによって脱落した藻体がウニ・アワビの重要な餌料になっていることが示唆された。

本研究の成果により、流動の強さをウニ・アワビの摂食抑制要因として定量的に評価することが可能となり、従来、発現機構が明確にされてこなかった海藻－ウニ垂直分布構造、ウニ・アワビの深淺移動などの重要な生

物現象を説明したり、ある程度予測したりすることができる。またそのことを通じてウニ・アワビの種苗放流技術および漁場造成の計画・設計の適正化に新しい展望を与えることができる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 梨 本 勝 昭
副 査 教 授 山 本 弘 敏
副 査 教 授 山 本 勝太郎
副 査 助教授 平 石 智 徳

学 位 論 文 題 名

北日本沿岸におけるウニおよびアワビ摂食に及ぼす

波浪の影響とその評価

大形褐藻群落を造成する試みは古くから行われ、食用として重要な海産物とされてきたコンブ類の藻場造成では 100年以上の歴史がある。現在、コンブ類の他にアラメ・カジメ類、ホンダワラ類の藻場造成が盛んに試みられている。藻場造成は多くの場合、食用となるコンブの増殖の他に主にアワビ、トコブシ、ウニ、サザエなどの餌場作りを目的として行われてきている。また、沿岸環境の悪化に伴う荒廃によって天然藻場の衰退が著しくなった1970年代頃からは沿岸魚介類の棲息の場としてホンダワラ類の藻場（ガラモ場）の造成試験が西日本各地で行われるようになってきている。ホンダワラ類はアワビ、ウニに対する餌料価値が低く、北海道や三陸沿岸では一般にコンブの着生を阻害する害藻とされている。しかし、ガラモ場はワレカラ、ヨエエビ類などの小動物が多く着生生活をしており、それらを餌とする幼稚仔魚の育成場となっていたり、イセエビ、ハタハタ、ニシンなどの重要な魚介類の産卵、育成、加入の場としても重要であることが再認識され、北日本沿岸においてもガラモ場造成が検討されるようになってきている。このように沿岸において生物資源を安定的に生産するために藻場を計画的に造成することが重要視されている。

藻場を造成のためするには着生基質の改良、播種および植食動物による食害の防除が重要な技術的課題とされ、様々な試みがなされてきている。いくつかの技術は実用化され、産業的に利用されてきている。しかし、持続的に安定的に藻場を造成するまでには至っておらず、重要な問題となっている。

波による海水流動が沿岸の浅い所における海藻を動物の食害から保護し、海藻群落を形成させ、植食動物のウニ、アワビと海藻との平衡を調整する重要な機能を果している。しかし、その役割について十分明らかにされていない。

申請者はこの点に注目して、本論文ではアワビ、ウニ類などの植食動物の摂食

活動に及ぼす流動の影響を室内における生態実験と現地調査を行ない、定量的に解明し、さらに北日本沿岸における波浪の数値解析を進め、藻場造成するための漁場評価を試みている。

室内実験では実海域の岩礁と同じような波による流動環境を作り得る水槽を用いて室内生態実験を行ない、ウニ類、アワビの摂食活動に及ぼす波動振幅の大きさの影響について詳しく調べた。

また、実海域においてはコンブ類などの海藻の孢子着底から孢子体成長期および群落形成後の繁茂期に流動測定と生物の分布調査を行ない、ウニ類、アワビおよび海藻の分布と流動環境との関係を検討した。

さらに北海道、南西部日本海沿岸と三陸沿岸を対象として19～20年間の長期波浪観測資料を用いて浅所に発生する波動流速振幅の状態について季節毎に、水深別に推定し、両沿岸域における流動環境をキタムラサキウニの摂食に対する抑制効果の視点から評価した。そして、今まで定量的にほとんど判らなかった流動環境要因をウニ・アワビの摂食抑制要因として捉えることによって、現場から見られる海藻－ウニ垂直分布構造などのような重要な現象を説明したりすることが可能となり、ウニ類、アワビの種苗放流、移植技術および漁場造成の計画設計の適正化を図るための基礎的な資料を得たものである。

特に審査員一同が高く評価した点は以下の通りである。

- 1) ウニ類が幼体から成体の大きさまでのコンブ類を摂食できなくなる波動流速振幅の上限は0.4m/s。また、キタムラサキウニはコンブ群落が形成された時には鞭打ち効果を強く影響を受け、上限流速振幅は0.2m/sになることを確かめた点。
- 2) コンブ群落の中にはキタムラサキウニは入らないが、エゾバフンウニ、エゾアワビは入ることを確認した点。
- 3) エゾアワビは高い流動耐性を示すが、エゾバフンウニと異なり、顕著な水温依存性を示すことを見出した点。
- 4) キタムラサキウニが高密度に分布する海域でも有義波動流速振幅が0.4m/s未満になる確率が0.5以下になれば海藻が入植し、群落を形成できることを指摘した点。
- 5) 沿岸浅所の岩礁海域における波動流速振幅について季節毎、水深別に求め、流動環境をキタムラサキウニの海藻摂食に対する抑制効果の側面から評価した点。
- 6) 沿岸浅所における流動環境を石膏半球を用いた簡易流速計を考案して波動流速振幅を広範囲にわたって計測した点。

以上の成果はウニ類、アワビの種苗放流、移植技術および藻場造成を有効的に行うための重要な基礎的知見を得たものと高く評価できる。よって審査員一同は本論文が博士（水産科学）の学位論文として価値あるものと判定した。