

(別添)

水産基盤調査委託事業報告書

課題名 資源増殖対象種の生態特性に配慮した漁場整備手法の実験的解明のうち
(3) ウミグモ生態調査, および (4) ウミグモ駆除手法の検証

終了報告書 (平成 20~21 年度)

実施機関名と担当者

課題名と実施機関

I. ウミグモ生態調査	
I-1 ウミグモ寄生追跡調査	千葉県水産総合研究センター
I-2 ウミグモ分布生態調査	株式会社東京久栄
I-3 ウミグモ寄生生態調査	京都大学
I-4 分子マーカーによるウミグモ生態調査	(独) 水産総合研究センター
II. ウミグモ駆除手法の検証	千葉県水産総合研究センター

実施機関名と担当者

千葉県水産総合研究センター東京湾漁業研究所	所長	鳥羽光晴
のり貝類研究室	研究員	宮里幸司
同	研究員	小林 豊
千葉県農林水産部水産局漁業資源課栽培推進室	主査	末永 望
株式会社東京久栄環境事業部環境科学部環境技術課	主任研究員	井上 隆彦
	顧問	柿野 純
京都大学フィールド科学教育研究センター瀬戸臨海実験所	講師	宮崎勝己
(独) 水産総合研究センター中央水産研究所浅海増殖部浅海生態系研究室	室長	張 成年
	研究員	片山知史
	研究員	柴田玲奈

調査実施年度

平成 20~21 年度

緒 言

平成 19 年春に我が国のアサリ主要生産海域の一つである東京湾のアサリ漁場 (千葉県木更津市) で, 寄生性節足動物カイヤドリウミグモ (以下ウミグモ) が突発的に

大発生し、この寄生によってアサリが大量に死亡した。また平成 20 年には三河湾（愛知県美浜町）、さらに平成 21 年には松川浦（福島県相馬市）のアサリ漁場にもウミグモの大量寄生が拡大し、これらの漁場ではアサリ資源量が大幅に低下するとともに、風評被害など二次的な影響も加わって漁業生産および漁家経営に深刻な問題が生じている。

これに対し、漁業現場からは、ウミグモ駆除対策および減少したアサリ資源の再生産対策など、本来の漁業生産を回復するための手法の速やかな展開が強く求められている。しかしながら、ウミグモは元来希少な生物であり、1920 年代以降現場観察について数例の報告があるのみで、防除はもちろん、その基礎となる生理生態学的知見そのものが非常に乏しく、これら要望に対し直ちに有効な対策を講じ得ない状況にある。

アサリへのウミグモ感染が、今後他の海域へ拡大した場合には、我が国のアサリ資源に重大な被害を与える可能性が懸念される。

本課題では、ウミグモの被害軽減および漁場生産性を回復させる手法の開発を目的として以下の調査等を実施する。先ずウミグモ対策の基礎となるウミグモの生態を把握するために、木更津全域で貝類に対するウミグモの寄生実態の時空間変化を把握するとともに、ウミグモの空間分布と各種環境条件（海底地形・水質・底質・海水の流動・底生生物）との対応関係からウミグモ生息域の形成条件を明らかにする。また、知見が欠落しているウミグモの生活史（発育段階、成長速度、繁殖生態）について室内観察を中心に解明する。さらに、被害軽減対策として、ウミグモの捕集あるいは駆除等のための掃海器具を開発し、上の生態知見と合わせて、現場試験に基づき最も効果的にウミグモを防除するための手法を提案する。

調査方法

I-1 ウミグモ寄生追跡調査（H20（独）水産総合研究センター、H21 千葉県水産総合研究センター）

（1）調査計画

調査項目	平成 20 年度	平成 21 年度
ウミグモ寄生追跡調査		
①ウミグモ寄生追跡調査	(←—————→) (共同機関が実施)	←—————→
②ウミグモ成体分布調査	←—————→	—————→

本調査は上表のとおり、①ウミグモ寄生追跡調査、および②ウミグモ成体分布調査の 2 細部課題による構成とした。なお、平成 20 年度のウミグモ寄生追跡調査は共同研究機関（（独）水産総合研究センター中央水産研究所）が実施し、平成 21 年度は千葉県水産総合研究センターがそれを引き継いで実施した。

（2）調査場所の概要

調査場所は千葉県木更津市および富津市沿岸のアサリ漁場である（図 1）。両漁場はそれぞれ盤洲干潟および富津干潟に当たり、地盤高は+0.8~±0m（DL=AP）で大潮の干潮時には沖合い約 0.5~1.0km までが露出する。年間水温と塩分はそれぞれ概ね 8~28℃、25~31PSU である。調査場所の多くではアサリ放流漁場であり、

ウミグモが大量発生するまでは毎年春～夏にアサリが放流されていた。

木更津市地先では平成 19 年春にウミグモの大量発生があり，その寄生によってアサリを中心として，シオフキ，マテガイなど大量の二枚貝が死亡した。また富津市地先では平成 20 年秋にウミグモの発生が確認された。両地先ではその後もウミグモの寄生は続いており，間欠的にアサリなど有用二枚貝の大量死が発生している。

(3) 実施方法

①ウミグモ寄生追跡調査（平成 20～21 年度）

ウミグモの寄生追跡調査のためのアサリ採取地点は，木更津市および富津市の漁場全域に合計 14 点配置した(図 1)。木更津市の調査点はすべて干潟域に当たるが，富津市の調査点は沖側の 3 点が潮下帯に当たる。各調査点において，平成 20 年 4 月から平成 22 年 1 月まで，2～4 週間間隔で 1 点当たりアサリ 30 個を採取した。採取したアサリは直ちに実験室に持ち帰り，解剖した上で，肉眼あるいは拡大鏡を用いて軟体部表面のウミグモ寄生個体の有無を確認し，計数した。計数結果に基づいて，以下によって寄生確認率と寄生強度を算出した。

$$\text{寄生確認率 (\%)} = (\text{ウミグモが確認されたアサリ個体数} / \text{検査に供したアサリ個体数}) \times 100$$

$$\text{寄生強度 (ウミグモ/アサリ)} = \text{寄生が確認されたアサリ 1 個当たりの平均ウミグモ寄生個体数}$$

②ウミグモ成体分布調査（平成 20～21 年度）

成体分布調査は，木更津市金田地先に配置した合計 15 調査点 (図 2) で平成 20 年 11 月～平成 22 年 1 月に実施した。

成体の採取には，ネット曳き器具を用いた (40 ページ図 1C)。ネット曳き器具は，間口の幅 1.5m×高さ 0.25m×長さ 3.5m で，ネットの網目は 3mm 角目である。成体の採取に当たっては，あらかじめ距離のわかった標柱間を一定速度で 3 回以上曳網して所要時間を計測し，その後は同じ速度で曳網しつつ時間を計測し，曳網距離を算出した。曳網距離は 50m を標準とし，その曳網所要時間は 1 分 20 秒～1 分 50 秒であった。曳航時には，ウミグモ成体を効率良く採取するように，ネット曳き器具の間口下端の鉄棒が海底砂を 3～5cm の厚さでかき取るように曳航速度を調整した。1 曳航での採取物は，砂をふるい落とした後，一括して船上で容器に移し，そのままビニル袋に収容して実験室に持ち帰った。持ち帰った採取物は，直ちに肉眼と手作業で夾雑物を除去し，ウミグモ成体を抽出，計数した。

I-2 ウミグモ分布生態調査 (H20-21 株式会社東京久栄)

(1) 調査概要

調査概要を表 1 に示した。現地調査は，これまでウミグモの出現量が多い中里漁協管内(以下，中里地区)と金田漁協管内(以下，金田地区)の 2 地区で行った。この 2 地区において沖岸方向に測線を設定し，平成 20 年度は地形を考慮して調査点を干潟部に各 8 点，平成 21 年度は前年度の測線を潮下帯域まで延長して中里地区 7 点，金田地区 6 点を設定した。調査時期は，平成 20，21 年度ともにこれまでウミグモの成体が最も多く出現した 7 月に行った。調査内容は，平成 20 年度はウミグモの生息環境として地形調査(測線断面)，底質調査(粒度組成，強熱減量)，ベントス調査を行い，同時にウミグモ成体調査，ウミグモ幼体調査，寄生状況調査を行った。平

成 21 年度は地形調査，底質調査，ウミグモ調査，寄生状況調査を行った。

(2) 調査点

平成 20 年度の調査場所および調査点位置を図 1，平成 21 年度の調査場所および調査点位置を図 2 に示した。

(3) 調査時期

- ・平成 20 年度：平成 20 年 7 月 16～21 日
- ・平成 21 年度：平成 21 年 7 月 20～22 日

(4) 調査方法

①地形調査(平成 20～21 年度)

中里地区と金田地区に設定した測線において，平成 20 年度は測量器(Trimble5800)を用いて約 3m 間隔で測定し，平成 21 年度は沖側に追加した潮下帯部分について音響測深器(PS-20R)を用いて測量した。

②底質調査(平成 20～21 年度)

各調査点において底質を採取し，粒度組成，強熱減量を分析した。

③ベントス調査(平成 20 年度)

50cm×50 cm のコードラートを用いて深さ 10 cm まで海底土を採取し，目合 1mm の篩上に残ったものをベントス試料とした。試料は，10%ホルマリンで固定し，分析に供した。なお，採取は調査点当たり 3 枠実施した。分析は門レベルまでとし，個体数の計数と門別の湿重量を計測した。ただし，二枚貝のアサリ，バカガイ，シオフキに関しては，別途に個体数，湿重量の計測を行った。

④ウミグモ成体調査(平成 20～21 年度)

目合い 2 mm の網を付けた間口 50cm のウミグモ採取器を製作し，海底砂中にわずかに食い込ませながら 20m 曳き，採取されたウミグモの成体を計数した。採取は各調査点で 3 回行った。

⑤ウミグモ幼体調査(平成 20 年度)

ウミグモ幼生採取には，袋状に縫製した目合い 50 μ m×50 μ m のプランクトンネットを幅 50cm×高さ 20cm の開口部に取り付けたウミグモ幼体採取器を使用した(図 3)。幼生採取に当たっては，採取器の開口部の下縁が海底表面に触れるようにしながら一定距離曳き，ネット内に残った砂泥を含む残留物を試料とした。採取した試料は分析まで 10%ホルマリンで固定し，保存した。

⑥寄生状況調査(平成 20～21 年度)

平成 20 年度は各調査点においてアサリ採貝のために用いる間口 50cm のまき籠を用いて二枚貝を採取し，固定せずに分析室に持ち帰り，分析に供した。分析は，アサリ，バカガイ，シオフキについて上限 30 個体とし，軟体部に寄生している約 1 mm 程度から 10mm 程度の成体に近い大きさのウミグモ幼体を検出し，個体数を計数した。

平成 21 年度は各調査点において干潟部は前述のまき籠，潮下帯部は船上から貝類を採取する大まきを用いて二枚貝を採取し，固定せずに分析室に持ち帰り，分析に供した。分析は，前年度分析したアサリ，バカガイ，シオフキに加えてマテガイやハマグリ等の採取された二枚貝を対象に，原則 30 個体を上限として平成 20 年度と同様のウミグモ幼体を検出し，個体数を計数した。

I-3 ウミグモ寄生生態調査 (H20-21 京都大学)

(1) 材料の入手 (平成 20~21 年度)

研究材料は全て、千葉県木更津市沿岸より採集した。前述のようにカイヤドリウミグモは、幼体期はアサリを初めとする二枚貝中で内部寄生をする。そのため幼体は、寄生追跡調査で採集されたアサリの殻を開き、肉質部に付着しているものを取り出したものを、材料とした。また成体は砂中で自由生活をしているので、寄生追跡調査や駆除手法開発に関する調査で、砂中から捕獲されたものを材料とした。孵化幼生については、カイヤドリウミグモを含むウミグモ類は、雄(父親)が受精卵を抱卵し孵化まで哺育する習性を持つので、抱卵雄を飼育しながら、順次孵化してくる幼生を集めて材料とした。

(2) 成体の飼育と孵化幼生の強制感染 (平成 20~21 年度)

飼育は全て、千葉県富津市の千葉県水産総合研究センター東京湾漁業研究所内で行った。成体の一部についてシャーレやマイクロプレート等の適当な容器を用い、止水飼育を行った。エサは一部試行的に各種珪藻を与えた事もあったが、原則として与えていない。

受精卵を抱えた成体雄を飼育し、その卵塊から孵化してくる幼生を、形態観察及び強制感染の材料とした。強制感染は、得られた孵化幼生の一部をアサリ殻内にピペットを用いて注入する事で行った。

(3) 組織学的観察 (平成 20~21 年度)

組織学的観察及び走査型電子顕微鏡観察用の試料の固定は、70%エタノール、10%海水ホルマリン、海水ブアン液、ユフィックス(サクラファインテックジャパン社)のいずれかでを行った。

組織学的観察は、パラフィン包埋法によって行った。固定試料をエタノール上昇系列で脱水し、n-ブタノールに置換した後、パラフィンに包埋した。そこから厚さ5~8 μ mの連続切片を作成し、常法に従ってヘマトキシレン-エオシン染色(H-E染色)もしくはアザン染色を施し、光学顕微鏡で検鏡した。

(4) 走査型電子顕微鏡による観察 (平成 20~21 年度)

前述の固定を行った試料を、エタノール上昇系列で脱水し、t-ブタノールに置換した後、凍結乾燥器にて乾燥を行った。乾燥試料をイオンスパッタリング装置で白金・パラジウムでコーティングし、走査型電子顕微鏡用の観察試料とした。観察には日立 S-4300 型走査型電子顕微鏡を用い、加速電圧はおおむね 10 kV とした。

(5) ビデオカメラによる観察 (平成 20~21 年度)

飼育中の成体から雌雄一頭ずつを取り出してつがいとし、適当な大きさのシャーレに入れ、ビデオカメラ(ソニー SR-12)による連続撮影により、つがいの行動を観察した。撮影は、マクロ撮影機能を使って直接、もしくは実体顕微鏡にビデオカメラ本体をアダプターで取り付けて行った。夜間時の撮影には、ビデオカメラの赤外線撮影機能を用い、赤外線ランプによる補助照明を併用した。

(6) 抗体の作成 (平成 21 年度)

抗体の作成は、(株)セシルリサーチ社に委託して行った。カイヤドリウミグモ孵化幼生を直接、もしくはホモジェネートしてからウサギに注射し、抗血清(ポリクロナール抗体)を作成した。同じく孵化幼生を抗原として、ハイブリドーマ法によって、モノクロナール抗体の作成を試みた。

I-4 分子マーカーによるウミグモ生態調査 (H20-21 (独) 水産総合研究センター)

(1) 遺伝的多型マーカーの検出と応用

マイクロサテライト領域の分離には Lian ら(2006)及び Wu ら(2008)が考案したコンパウンドプライマーによる手法を用いた。千葉県盤洲干潟で採取された貝内の寄生ウミグモおよび貝外のウミグモ成体標本から抽出した DNA を鋳型として、各種コンパウンドプライマーにより PCR 増幅を行い、増幅断片が確認された場合に PCR 産物をクローニングした。クローニングした断片の塩基配列解析を行い、マイクロサテライトを含むと考えられる領域を選別し、それらを増幅するための PCR プライマーを設計した。これらのプライマーにより千葉県産ウミグモ標本を用いて多型検出を行った。ミトコンドリア DNA (以下 mtDNA) における多型検出についてはデータベースにある異種ウミグモ類の mtDNA 配列情報から cytochrome c oxidase I (COI) の部分領域を増幅するためのプライマーを各種デザインした。その結果、1セットのプライマー (UMCOI-1F2: ACAAATCATAAAGAYATTGG と UMCOI-2R1: TGATGAGCTCAAACAATAAA) の組み合わせで良好な増幅が確認された。このプライマーセットを用いて千葉県、福島県、愛知県標本から増幅した DNA 断片の塩基配列を決定し、比較した。

(2) ウミグモ捕食動物の探索

木更津沿岸で採取した魚類、甲殻類の消化管内容物観察を行うとともに、ウミグモの核 rDNA の ITS1 領域とミトコンドリア DNA (mtDNA) の 16S rDNA 領域の配列を解析し、ウミグモだけが増幅されるプライマーを設計し、魚類、甲殻類の消化管内容物から抽出した DNA に応用した。

II. ウミグモ駆除手法の検証 (H20-21 千葉県水産総合研究センター)

(1) ウミグモ駆除器具開発 (平成 20 年度)

ウミグモ駆除のために開発した器具は、底曳き型漁具を模倣して作成したチェーン曳き器具である。このチェーン曳き器具は、チェーンの編成形状が異なる格子型とダイヤモンド型の 2 種類を作成した (図 1A, B)。格子型は、網目が縦約 20cm × 横約 35cm の長方形であり、ダイヤモンド型は網目が辺の長さ約 25cm で縦約 30cm × 横約 40cm のひし形になっている。2 種類ともに、前端 (曳航方向) を横幅 2.5m のそりの着いた鉄製桁に装着した。曳航には船外機船を使用し、曳航ロープは船首に固定して、後進させつつ曳航した (図 1D)。チェーン部分の曳航時の全長は、格子型が 1.8m、ダイヤモンド型が 2.3m であった。

チェーン曳きによる駆除の調査区画は 300m × 100m の方形とし、1 辺が汀線と平行になるように配置した (図 2)。調査区画の周囲および内部要所には 25m あるいは 50m 間隔でプラスチックポールを設置し、駆除漁具を曳航する際の距離目標とした。

チェーン曳きによるウミグモ成体の損傷状況を把握するため、チェーン曳き器具の直後でネット曳き器具を曳航し、ウミグモ成体を採取した (実験区)。ネット曳き器具は、ウミグモ成体調査で使用したものと同様である。ネット曳き器具の曳航ロープは、チェーン曳き器具と同様に船外機船の船首に固定し、ネット曳き器具がチェーン曳き器具の直後を曳航するように曳航ロープの長さを調節した (図 3D)。対

照としては、チェーン曳きを行わずネット曳きのみを行い、ウミグモ成体を採取した（対照区）。チェーン曳きは平成 20 年 6 月から 8 月まで合計 3 回実施した。

採種物の処理はウミグモ成体分布調査と同様とし、実験室内でウミグモ成体を抽出した。抽出したウミグモは、紫外線照射海水を満たした組織培養用のマルチウェルプレート（各ウェルに 1 個体ずつ収容した）。ウミグモを収容したマルチウェルプレートは、25℃の恒温室内に静置し、その後毎日実態顕微鏡を用いてウミグモの生死を確認した。観察時に、体液に動きが見られず、ピンセットなどの器物で体に触れても反応しない個体は死亡個体とした。

（2）ウミグモ駆除手法の最適化（平成 21 年度）

① ネット曳き器具の採取効率の推定

平成 20 年度の結果でチェーン曳き器具の駆除効果が認められなかったため、ネット曳き器具を駆除器具としてその後の駆除試験を行なうこととした。

ネット曳き器具のウミグモ成体採取効率を明らかにするために、平成 21 年 6 月 1 日と 6 月 17 日に木更津市金田地先でネット曳き器具による掃海と貝類採取漁具（腰まき漁具）によるウミグモ成体採取を並行して実施し、両者の採取量を比較した。

ネット曳き器具はウミグモ成体分布調査で用いたものと同様であり、成体の採取はあらかじめ距離を計測して設標した浮標間（50m）で同器具を曳航して行った。貝類採取漁具は、間口の横幅 50cm の腰まき漁具を改良して採取かごの内側に目合い 2mm×2mm のステンレス網を張った器具である。ネット曳き器具を曳航した場所の直近でこの器具を 5m 曳き、海底の表層砂（厚さ約 3～5cm）とともにウミグモを採取した。両器具での採取は、各調査日でそれぞれ 5 回繰り返した。貝類採取漁具による採取量から算出したウミグモ成体の分布密度をその場所の分布密度とし、ネット曳き器具の採取効率を算定した。

② ネット曳き器具による駆除効果の検証

ネット曳き器具を用いて、ウミグモ成体の出現盛期に駆除（掃海）作業を継続的に実施し、その後のアサリ寄生確認率の変化から駆除効果を検証した。調査場所は木更津市金田地先である。用いたネット曳き器具はウミグモ成体分布調査で用いたものと同様である。掃海作業は 1 日当たり 14～15 隻の作業船を用いそれぞれが 1 台のネット曳き器具を使用した。1 日当たりの掃海時間は約 2.5 時間であり、掃海作業は平成 21 年 5 月 1 日～6 月 29 日に合計 23 日間実施した。なお、駆除作業に当たっては金田漁業協同組合の協力を得た。

調査結果

I-1 ウミグモ寄生追跡調査（H20（独）水産総合研究センター，H21 千葉県水産総合研究センター）

（1）ウミグモ寄生追跡調査（平成 20～21 年度）

① 寄生確認率

調査点を 6 群（A～F）に区分して、それぞれの群での寄生確認率の平均の季節変化を見ると、いずれの群でもアサリでのウミグモ寄生確認率は平成 20，21 年ともに 6～7 月に年間最高値を示した（図 3）。平成 19 年からウミグモの発生が続いている木更津市の A～D 群では、5 月に 20%前後かそれ以下であった寄生確認率が 6

～7月に70～100%に急上昇し、その後9～10月には再び20%前後かそれ以下に急低下した。この時期を除く11～4月の寄生確認率の変化は群によって差があり、Bでは平成20年12月から平成21年4月に冬季を中心として寄生確認率が40%以上に高まる時期があったが、CとDではおおむね20%前後かそれ以下で大きな変化はなかった。平成20年12月からウミグモの発生が見られた富津市のE、F群では、木更津市の各群と同様に6～7月に寄生確認率が高まることが観察された。干潟域のE群と潮下帯のF群では、6～7月の寄生確認率のピークはF群が高かった。

②寄生強度

寄生強度（寄生が確認されたアサリ1個体当たりの平均ウミグモ数）は、多くの群で寄生確認率が高まる6～7月に高くなることが多く、平成20年はAを除くすべての群で、平成21年はすべての群で同時期に極大となった（図4）。調査期間中に観察されたウミグモの寄生強度の最高値はA～F群で6.8～18.1個体/アサリであった。寄生強度はそれ以外の時期でも高まることもあり、Cでは平成20年11月および平成21年2月、Dでは平成20年9月にも極大が見られた。それ以外の時期では、ウミグモの寄生強度はおおむね5個/アサリ以下であった。

(2) ウミグモ成体分布調査（平成20～21年度）

調査点を岸沖方向に配置した3点ごとに一括してA～Eの5ラインとし、各ラインごとにウミグモ成体の分布密度（採取器具の採取効率を100%として計算した）の季節変化を見ると、各ラインともに共通して平成21年5月に密度が極大になり、そのときの密度は0.5～2.3個体/m²だった（図5）。一部のラインでは7～10月にも密度が高まることがあった。極大密度はラインによって異なり、ラインAでは最も少なく0.5個体/m²前後であるのに対し、ラインCでは最も高く2.3個体/m²だった。また、ラインAでは密度が高まる機関が5～7月に限られており、それ以外の時期はほとんど0個体/m²だったが、ラインB～Dでは密度が0個体/m²になる期間は12～2月の冬季を中心とした時期に限られていた。

I-2 ウミグモ分布生態調査（H20-21 株式会社東京久栄）

(1) 平成20年度調査

①地形調査

各測線の地形断面を図4に示した。中里地区は比較的地盤高が高く、岸側から100m程度の緩やかな前浜斜面(N-1)と若干の凹凸がある平坦部(N-2, N-3)があり、その後やや隆起した前置斜面岸側(N-4, N-5)と前置斜面沖側(N-6, N-7, N-8)が続いていた。金田地区は、全体的に地盤高が低く、200m近いほぼ平坦な前浜斜面(K-1, K-2)から300mの平坦部(K-3, K-4, K-5)があり、前置斜面岸側(K-6, K-7)、前置斜面沖側(K-8)へと続いていた。

②底質調査

粒度組成と強熱減量の分析結果を図5、6および表2に示した。粒度組成は中里地区では中砂分が、金田地区では中砂分、細砂分がほとんどを占めた。強熱減量はいずれの調査点でも2%程度であった。以上の結果から、底質は前置斜面最沖側の調査点で底質の粒径がやや大きく、強熱減量は小さくなる傾向がみられるものの、調査点間に特に大きな差はみられなかった。

③ベントス調査

ベントスの門別出現結果を図 7, アサリ, シオフキ, バカガイの二枚貝 3 種の出現結果を図 7 に示した。出現個体数は中里地区の N-6 では環形動物門が多かったが, 金田地区も含めて全調査点を通じた主な出現動物門は軟体動物門であった。また, 軟体動物門では, アサリ, シオフキ, バカガイの出現個体数が多く, 他には前置斜面の調査点でイボキサゴが多く出現した。出現湿重量はいずれの調査点でも軟体動物門が多かった。また, ベントスの出現状況と地形に明確な傾向はみられなかった。

二枚貝 3 種では, アサリは N-2~7, K4, K-7 で出現個体数が多く, それ以外では出現個体数は少なかった。シオフキは K-3, K-5 で出現個体数が多く, それ以外では出現個体数はやや少なく, N-8 では出現しなかった。バカガイは, N-6~8, K-1~5, K-7, 8 で比較的多く出現し, N-1~3 では出現せず, 全体的に出現個体数は少なかった。

④ウミグモ成体調査

ウミグモ成体の分布を図 8 に示した。図には 3 回の平均値を示し, 縦線は最大, 最小値を示した。ウミグモ成体は, 中里地区では全調査点を通して 10 m²あたり 10 個体前後出現したが, N-7, N-8 では少なかった。金田地区では出現個体数が多い調査点と少ない調査点の差が大きく, K-4~K-7 で 10 個体以上出現し, 特に K-4~K-6 は 20 個体以上出現した。いずれの測線でも中央部凹地に多い傾向がみられ, 金田ではその傾向が大きかった。

⑤ウミグモ幼体調査

試料を検鏡した結果, ウミグモの幼体はいずれの調査点でも確認できなかった。

⑥寄生状況調査

二枚貝の種類別ウミグモ確認率を図 10 に示した。なお, 確認率とはウミグモの寄生が確認できた貝の割合である。アサリのウミグモ確認率は, 中里地区の N-3~5, N-7 で 40%以上, 金田地区の K-3, K-5~7 で 60%以上と金田で確認率が高かった。シオフキのウミグモ確認率は, 中里地区ではいずれの調査点でも 20%前後, 金田地区の K-6, 7 で 60%程度と金田地区で確認率が高かった。バカガイではウミグモがほとんど確認されず, 全調査点を通じバカガイ 1 個体にウミグモ 1 個体のみであった。また, アサリとシオフキでは, アサリで確認率が高かった。

⑦まとめ

粒度組成, 強熱減量は各測線の調査点間に大きな差はみられず (図 5, 6), 底質とウミグモ成体, ウミグモ確認率に傾向はみられなかった。ウミグモ成体は平坦部から前置斜面岸側に多く, 干潟の谷部に多い傾向がみられた (図 4, 9)。また, 寄生前のウミグモ幼体は今回確認できず, 極めて密度が低いと考えられたが, その原因は不明であった。ウミグモの確認率は二枚貝の種によって異なり, アサリとシオフキではアサリの確認率が高く, バカガイではほとんど確認できなかった。ウミグモ成体の分布, ウミグモの確認率および宿主である二枚貝の分布は特に一定の傾向がみられなかった (図 8, 9, 10)。

(2) 平成 21 年度調査

①地形調査

各測線の地形断面を図 11 に示した。前年度に行った測線の沖側に追加した部分は, 若干の起伏がみられ, 水深はいずれの測線でも D.L.-0.5~-2.0m で干出しない区域であった。

②底質調査

粒度組成と強熱減量の分析結果を図 12, 13 および表 3 に示した。粒度組成は調査点を通して中砂分、細砂分がほとんどを占めた。強熱減量は中里地区の N-11 でやや高かったが、その他の調査点は 2%程度であった。以上の結果から、潮下帯の調査点は、強熱減量がやや高い傾向がみられるものの、概ね差はみられなかった。

③ウミグモ成体調査

ウミグモ成体の分布を図 14 に示した。図には 3 回の平均値を示し、縦線は最大、最小値を示した。ウミグモ成体は、N-4 で 34 個体と多かったが、その他の調査点では 10 個体以下と昨年と比較して少なく、定期的なモニタリング調査の結果から調査時期が成体の出現ピークを過ぎていたためと考えられる。また、潮下帯の調査点でもウミグモ成体が確認され、ウミグモの分布域は干潟部分のみでなく、沿岸の潮下帯でも生息可能であることが確認された。

④寄生状況調査

二枚貝の種類別ウミグモ確認率、平均ウミグモ数を図 15、調査点別の二枚貝の確認率を図 16 に示した。今回、全調査点を通して採取された 11 種の二枚貝について調査を行ったところ、前年度に確認したアサリ、バカガイ以外にマテガイ、ハマグリ、カガミガイでウミグモが確認された。確認率は、マテガイ、シオフキ、アサリが 50%以上と高く、カガミガイは 5.6%、ハマグリは 3.1%と低かった。また、各二枚貝で確認されたウミグモの平均数はマテガイが 50 個体以上と他の二枚貝と比較して非常に多く、その他は 10 個体以下であった。また、調査点別の確認率に傾向はみられなかったものの、潮下帯で採取された二枚貝でもウミグモが確認された。

⑤まとめ

今回、潮下帯の調査点においてもウミグモの成体が確認され（図 14）、潮下帯で採取された二枚貝からもウミグモが確認されたことから（図 16）、干潟部から続く潮下帯域においてもウミグモが分布、再生産していると考えられる。また、マテガイ、ハマグリ、カガミガイでウミグモが確認され（図 15）、今回分析を行った二枚貝以外においても寄生していると考えられた。

I-3 ウミグモ寄生生態調査（H20-21 京都大学）

（1）カイヤドリウミグモの後胚発生と生活史（平成 20～21 年度）

①孵化幼生

受精卵は、雄が出すセメント物質で鉄アレイ状にまとめられ、その両端部を頭部第三付属肢である担卵肢が貫くことで保持している（図 1）。成体雄が担卵肢に抱える卵塊から孵化した幼生は、三対の付属肢（うち一対目は顕著なハサミ状をした鋏肢）と顕著な吻が特徴的である（図 2）。この形態の幼生は、プロトニンフォン幼生と呼ばれるもので、他の多くのウミグモ類の孵化幼生と共通するものであった。

孵化幼生を強制感染させたアサリを顕微鏡下で観察したところ、鋏肢を使ってアサリの鰓にしがみつぎ、吻を組織へ突き刺す行動が見られた（図 3）。吻を突き刺した孵化幼生は、消化管がおそらくアサリの体液と思われる物質で満たされ、体全体が著しく膨化していた。

②後胚発生段階

平成 20 年度の段階では、アサリ殻内から取り出された幼体は、その大きさや附属肢の特徴などから、少なくとも 7 段階に分けられた (図 4, 5)。これに孵化幼生を加えた計 8 段階がいわゆる幼生段階として認められたが、孵化幼生 (図 2) と殻内の最小幼体 (図 4) との間には、大きさや形態に非常なギャップがあった。平成 21 年度には、強制感染個体を定期的に採取する事で、初期幼生の観察を試み、その胴部・腹部及び付属肢の発達状態から、前年度確認した最小個体より前に、少なくとも 3 つの発生段階がある事が確認出来た (図 6)。すなわち現時点では、少なくとも 11 の後胚発生段階が認められる事になる。

成体は、歩脚第 1 対の末端 2 節が小環節に分節する事と、生殖孔を持つ事で、幼体と区別できる。多くは砂中で自由生活をしているが、まれに殻内に留まった状態で発見される事もあり、殻内で最終脱皮を行うものと考えられる。

成体では性的二型が認められ、特に体全体の大きさ、生殖孔の位置と数、担卵肢の大きさと節の形状で顕著である。すなわち雌に比べ雄の方が体が一回り大きい、雌の生殖孔は各歩脚の第二節 (第二基節) に開口するのに対し、雄の生殖孔は第四歩脚の第二基節のみに開口し、雌のそれに比べはるかに小さい、雄の担卵肢は雌のそれに比べ強力で、おそらく卵塊の脱落を防ぐために端部に剛毛が密生している (図 7)。

成体の体の大きさにはかなり幅がある (図 8)。また成体を飼育していた容器中に、脱皮殻が見つかったことから、カイヤドリウミグモでは、成体になっても脱皮して成長を続けるものと考えられる。

(2) カイヤドリウミグモの生殖 (平成 20~21 年度)

① 配偶行動

ビデオカメラを使った配偶行動の観察の試みは、平成 20-21 年度を通じて、延べ 40 日あまりに及んだが、観察には成功しなかった。他のいくつかのウミグモ類では、雌雄が一对一でつがい、種特異的な一連の行動の後にそれぞれの生殖孔から精子と卵を同時に放出する事で、受精する事が知られている。他の海産動物でしばしば見られる、昼夜・月齢・潮汐等と配偶行動との関連は、今のところウミグモ類では見出されていない。

② 産卵と卵形成様式

雄ではしばしば複数個の卵塊を抱卵しているのが観察され、その数は最大で 7 個にも達した (図 9)。

成体雌の卵巣は、胴体部から各歩脚の第 6 節 (第二脛節) に枝を伸ばしていた (図 10)。カイヤドリウミグモと同じフタツメイソウウミグモ *Ammothella biunguiculata* で見られるように (図 11)、他の多くのウミグモでは、卵巣の枝は各歩脚の第 4 節 (腿節) までにとどまる。発達した卵細胞は、生体の透明なクチクラを通して観察する事が出来 (図 10)、その数を計測したところ、約 2,600 個と算出された。

卵巣中の卵細胞は、組織学的に三段階 (a-c) に分けられた。すなわち a 卵細胞質中に卵黄顆粒の蓄積が認められる「卵黄形成期卵母細胞」b 卵黄の蓄積は認められないが、卵核胞の発達が顕著な「前卵黄形成期卵母細胞」c 細胞がきわめて小さく球形で、特徴的なクロマチン顆粒を有する同様に球形の核を持つ「卵原細胞」である (図 12, 13)。卵原細胞は卵巣壁の一部に集中し、全体として卵巣全域に紐状に分布する形成細胞巣を形作っていた (図 13)。前卵黄形成期卵母細胞以降の発達

段階の卵細胞は、卵巣腔内ではなく、卵巣の外側の血体腔中で卵形成が進行していた。ただし卵細胞は、血体腔中に遊離するのではなく、卵巣壁が変形して出来た卵柄によって、常に卵巣と繋がっていた（図 12）。また卵巣腔と生殖孔が、輸卵管を介して連絡しているのが確認出来た（図 14）。

また飼育下で産卵して数日以内の雌個体の卵巣を観察したところ、形成細胞巢中の卵原細胞を含めた、様々な発達段階の卵細胞が見られた（図 15）。

③抗体作成（平成 21 年度）

孵化幼生を抗原とした抗血清（ポリクロナール抗体）が精製された。孵化幼生生体及び固定試料を用いた免疫染色により、幼生の体の一部、主に吻や付属肢の末端部分に、反応が認められた。一方免疫前血清を用いたネガティブ試験では、反応は認められなかった（図 16）。

得られた抗血清を基に、ハイブリドーマ法によるモノクロナール抗体作成を進めたが、ハイブリドーマのスクリーニングで、抗体作成に十分な高い活性を持つラインが得られなかった。

I-4 分子マーカーによるウミグモ生態調査（H20-21（独）水産総合研究センター）

（1）遺伝的多型マーカーの検出と応用

総数 400 以上のクローンの塩基配列解析を行った結果、マイクロサテライトを含むと考えられる 34 配列を分離した（表 1）。全体的に繰り返し数が少なく、実際にはマイクロサテライトではない配列もふくまれているものと考えられる。良好な増幅が得られるかを確認するために、これら 34 配列について適当な位置に PCR プライマーを設計し（表 1, 括弧内）、34 組のプライマーで PCR を行ったところ、4 組のみで良好な増幅が得られた（表 1, *マーク）。金田及び木更津で採取されたウミグモをそれぞれ 8 個体ずつ計 16 個体について、これら 4 組のプライマーセットを用いて PCR を行ったが、多型は観察されなかった。mtDNA の COI 領域については約 800 塩基対断片の増幅が見られ、福島県で 17 個体、千葉県で 19 個体、愛知県で 8 個体、計 44 個体の塩基配列を決定することができた（表 2）。44 個体の配列は 8 種類の遺伝子型に類別され、各地域標本の塩基置換率は 0.04 から 0.26%、遺伝子型多様度は 1.1 から 9.3%であった。

（2）ウミグモ捕食動物の探索

木更津沿岸でウミグモ成体調査時に採取された魚類、甲殻類の消化管内容物観察結果を表 3 に示した。平成 20 年度と合わせて、魚類 107 個体、甲殻類 29 個体の観察を実施したが、全てにおいてウミグモは発見できなかった（図 1）。

ウミグモの mtDNA16S rDNA 部分塩基配列と核 rDNAITS1 全長の配列及びウミグモ特異的プライマーの配列と位置を表 4 に示した。予備実験では、デザインしたウミグモ特異的プライマーはウミグモのみを増幅することを確認している。表 3 に示した魚類、甲殻類全個体の消化管内容物から DNA を抽出し、ウミグモ特異的プライマーを用いて PCR を行ったが、ウミグモ DNA の増幅は全く得られなかった。

II. ウミグモ駆除手法の検証（H20-21 千葉県水産総合研究センター）

（1）ウミグモ駆除器具開発（平成 20 年度）

平成 20 年 6 月 25 日には、格子型器具によるチェーン曳き試験を 4 回、対照のネ

ット曳きを2回実施した。ウミグモ採取個体の3日後の死亡率は、実験区で $11 \pm 10\%$ (平均±標準偏差)、対照区で $8 \pm 5\%$ で両者に有意差はなかった (Kruskal-Wallis, $P < 0.05$) (図 3)。

また、平成20年7月9日には、格子型器具およびダイヤモンド型器具によるチェーン曳き試験をそれぞれ4回および3回、ならびに対照のネット曳き試験を3回行った。その結果、採取したウミグモ成体の3日後の死亡率は、それぞれ 13 ± 4 、 14 ± 12 、 $11 \pm 5\%$ であり、同じくそれぞれに有意差は認められなかった ($P < 0.05$) (図 3)。

さらに平成20年8月7日には、船外機船による格子型チェーン器具による曳航を3回、同じく対照のネット曳きを3回実施するとともに、曳航速度遅くするために人力による曳航を実験区、対照区ともにさらに3回ずつ実施した。しかし、これら12回の曳航では、採取されたウミグモ成体が1個体であったのが2回あったのみで、それ以外の10回の曳航ではウミグモが採取されなかった。このため、チェーン曳きの効果を比較することができなかった。

(2) ウミグモ駆除手法の最適化 (平成21年度)

① ネット曳き器具の採取効率の推定

平成21年6月1日の試験では、貝類採取漁具およびネット曳き器具での採取結果から計算したウミグモ成体採取密度は、それぞれ3.7、2.0個体/m²であり、貝類採取漁具の採取効率を1としたときのネット曳き漁具の採取効率は、 $2.0/3.7 = 0.54$ であった (表 1-1)。また、6月17日に実施した試験では、同じくそれぞれ1.4、0.2個体/m²であり、ネット曳き漁具の採取効率は、 $0.2/1.4 = 0.21$ であった (表 1-2)。2回の試験結果を平均したネット曳き漁具の採取効率は0.38であった。

② ネット曳き器具による駆除効果の検証

ネット曳き器具の間口幅 (1.5m)、平均曳航速度 (40m/分)、作業時間 (2.5時間/日)、ネット曳き器具の数 (14~15台/日)、および作業日数 (23日間) から計算した延べ掃海面積は318haと推定された (表 2)。金田漁業協同組合の貝類漁場面積は393haであり、重複曳網がなかったと仮定すると、駆除作業によって $318\text{ha}/393\text{ha} = 81\%$ の面積を掃海したと計算された。さらに、ネット曳き器具の採取効率を0.38とすると、駆除作業によって同漁場に分布するウミグモ成体のうちの $0.81 \times 0.38 = 0.31$ すなわち約30%を除去したと計算された。

一連のウミグモ駆除作業は当該漁場において最もウミグモの生態密度が高かった時期を中心に実施した (図 4)。同地先でのウミグモ寄生確認率の変化を見ると、駆除作業終期の6月末から7月に同値の高まりが認められ、そのときの極大値は78%であった。

考 察

I-1 ウミグモ寄生追跡調査 (H20 (独) 水産総合研究センター, H21 千葉県水産総合研究センター)

文献情報 (大島 1927a b, 大島 1939) を含めて、これまでの知見で判明しているカイヤドリウミグモの生活史は以下のとおりである。カイヤドリウミグモには雌雄があり、成体は自由生活をしつつ交接して産卵し、雄が卵塊を抱える。卵は雄に

抱卵された状態でふ化し、ふ化幼生となる。ふ化幼生は遊泳することではなく、何らかの経路を経てアサリなどの二枚貝の殻腔内部に侵入し、寄生生活を始める。幼生は寄生生活を続けながら脱皮を繰り返し、やがて成体あるいはそれに近い段階になって貝の外へ出て再び自由生活に入る。ウミグモに寄生されている二枚貝は体液を吸われるため、衰弱し、死亡することがある。

本調査の結果からは、ウミグモ成体の分布密度が高まったのは5～6月が中心であり、その直後の6～7月にアサリでの寄生確認率がピークとなった。そしてその後、8月以降に寄生確認率が低下するとともに成体密度が増加することがあった。すなわち、春から秋にかけて、自由生活をする成体の出現とその産卵に伴うアサリへの新たな寄生の開始、さらには寄生しつつ成長したウミグモが成体となって再び自由生活を始めるという生活史が明確に認められた。また、寄生確認率と成体密度の周年観察から、少なくとも1年間に2世代以上の繰り返しが起きると推定された。

6～7月に寄生確認率が年間最高値を示すことが多い理由は不明である。しかし、この時期は、アサリをはじめとする二枚貝の死亡が多く認められ、ウミグモのアサリに対する影響が最も明瞭に観察される時期であった。

ウミグモを駆除する観点からは、寄生生活をしている幼体（アサリの殻内で生活）を自然条件下で人為的に減少させることは困難であり、自由生活をしている成体を対象とすることが第一に考えられる。ところが、成体が出現する時期はウミグモの生活史の一時期であり、季節的にも限られていることが明らかになった。また、成体分布調査からは、成体の出現密度は場所によって差があることが判明した。すなわち、成体の駆除を考える場合には、成体密度の季節的、空間的出現密度の変化を十分に把握し、効果的に実施する計画を立てる必要があると思われた。本調査対象海域では、成体の駆除に適切は時期は5～6月、適切な場所はラインB、C、Dを中心とした海域と推定された。

I-2 ウミグモ分布生態調査（H20-21 株式会社東京久栄）

今回の結果から、ウミグモ成体は干潟部の谷部に主に分布し、干潟部から続く潮下帯においても数は少ないものの生息していることがわかった。また、潮下帯で採取された二枚貝で寄生が確認されたことから、ウミグモは潮下帯域においても再生産可能であると考えられる。今後、ウミグモの分布域拡大を考慮した場合、干潟部のみでなく潮下帯からの伝播についても留意しなければならない。

寄生前の幼体についても調査を行ったが、密度が低く発見には至らなかった。今後、寄生前の幼体に対する分析方法の精度向上が必要である。

今回11種の二枚貝のうち5種類の二枚貝において寄生が確認された。このことから、今回調査した二枚貝以外にも宿主となりうる二枚貝が存在すると考えられ、今後さらに多くの二枚貝についての調査が必要であり、これらが感染源となって分布域を拡大させる可能性が考えられる。

以上のことから、今後、干潟部を中心とした潮下帯を含めたウミグモの分布状況のより詳細な把握と宿主となりうる二枚貝のデータの収集をすることが必要である。さらに、季節的な消長のデータと合わせて解析を行うことにより、ウミグモの分布生態の解明と対策技術の確立に向けた一助になると考える。

I-3 ウミグモ寄生生態調査 (H20-21 京都大学)

(1) 後胚発生と生活史

今回の知見と従来の知見とを付き合わせると、カイヤドリウミグモの後胚発生と生活史に関して次のような事が明らかになっている。

自由生活をする成体雌雄の（おそらく1対1での）配偶行動により、雌が産卵した卵が受精し、その受精卵を雄がセメント物質によって卵塊とし、担卵肢で保持する。その状態でプロトニンフオン幼生が孵化してくる（20℃の飼育下で最低30日後）。自然状態で、幼生がいつアサリに感染するかは明かではないが、強制感染させた孵化幼生がアサリの体液を吸う行動が観察された事から、孵化幼生の段階で寄生を開始するものと推測される。殻内において、孵化幼生から亜成体に至るまで少なくとも11の後胚発生段階を経て成長する。おそらく殻内で最終脱皮を行い成体になった直後に殻外へと出て行き、自由生活に移行する。成体は夜行性で、日中は砂底のごく表層中に潜み、夜間砂底上に這い出て活動的になる。また成体でも脱皮を行い、成長を続けているらしい。寄生確認率と成体密度の周年観察から、少なくとも1年間に2世代の繰り返しが起きていると推定される（宮崎ら2010）。

後胚発生の発達段階は、少なくとも11段階と見積もられたが、これは従来のウミグモにおける研究例（Arnaud & Bamber 1987）とほぼ同程度の数である。しかし本種は、後胚発生がアサリ等の二枚貝殻内で進行する事から、飼育しながら脱皮を直接観察できる他種の研究例に比べ、精度が低いと言わざるを得ない。特に孵化幼生からすぐ後の数令については、形態的なギャップが必ずしも明瞭ではなく、今後例えば孵化幼生を貝のむき身に取り付かせて、脱皮を直接観察するなどの方法で、正確に把握する必要がある。

(2) 産卵と卵形成

卵巣の組織学的観察から推測される卵形成様式及び排卵・産卵経路は、基本的にこれまでの研究結果と同様である（Miyazaki & Makioka 1991, Miyazaki & Makioka 1992, Miyazaki & Bilinski 2006）。すなわち卵原細胞が集まった形成細胞巣が卵細胞の供給源となり、発達途中の卵母細胞は卵巣外に卵柄によって繋ぎ止められた状態で突出し、その位置で卵黄形成を行う。卵巣と生殖孔が直接連絡する事から、おそらく配偶行動時に、卵母細胞は卵柄腔を通り卵巣腔内へと排卵され、そこから輸卵管を通して、生殖孔から産卵される。

しかしこれまで調べられた他の多くのウミグモと異なるのは、胴体部も含めた卵巣全域で卵形成が進行する点である。他のウミグモでは、卵形成は歩脚部の枝の一部でしか進行せず、胴体部の卵巣は卵原細胞のみが詰まった形成細胞巣のみの状態にある（Miyazaki & Makioka 1991, Miyazaki & Makioka 1992, Miyazaki & Bilinski 2006）。また他の多くのウミグモ類では、各歩脚への卵巣の枝は第4節（腿節）までであり（Arnaud & Bamber 1987, Miyazaki & Makioka 1991, Miyazaki & Makioka 1992, Miyazaki & Bilinski 2006）、第6節までのカイヤドリウミグモの方が、はるかに長い。枝を伸ばす形状をしており、これらの事は、カイヤドリウミグモが他のウミグモ類に比べて、より高い卵産能を持つ事を示している。

以前の観察で、一卵塊中の受精卵数は約1,000~3,000個と算出されており、これは卵巣内の発達した卵細胞数（約2,600個）とほぼ一致する事から、一度の配偶行動時に、発達段階の進んだ卵細胞を一気に産卵するものと考えられる。卵細胞の

発達段階が組織学的に三段階に分けられたということは、カイヤドリウミグモの雌は少なくとも三回は産卵が可能だということになる。飼育下で産卵して間もない雌の卵巣の組織切片で、卵原細胞を初めとする、様々な発達段階の卵細胞が観察された事も、この事を裏付けている。

カイヤドリウミグモでは配偶行動の直接観察がまだ出来ていないが、他のウミグモ類の観察では、一回の配偶行動で1個ないし1対の卵塊を形成する事が知られており (Arnoud & Bamber 1987), またカイヤドリウミグモにおいても、1個の卵塊のみを保持する個体が多く見られた事から (すなわち卵塊の最小単位は1個), カイヤドリウミグモの雄は短期間のうちに複数回の配偶行動を行っているものと考えられる。

(3) 抗体

これまでにフジツボ類やイガイ類等で、モノクロナール抗体を作成し、それを使った初期幼生段階での種の識別に成功していることから、今回カイヤドリウミグモでも、これら従来の成功例にならってモノクロナール抗体作成を進めてきた。しかし、特異性が認められるポリクロナール抗体は作成出来たものの、簡易識別に応用可能な高い特異性を得るに至らなかった。

I-4 分子マーカーによるウミグモ生態調査 (H20-21 (独) 水産総合研究センター)

今回行ったウミグモのマイクロサテライト探索では、良好な増幅が見られる領域が4種類しか得られなかった (UMB4-2, UMC7-2, UMC3-1, UMC3-3)。しかもこれら4種のうち明らかにマイクロサテライトであろうと考えられる配列は2種だけであった (UMC7-2, UMC3-3)。また、明らかにマイクロサテライトであろうと考えられる7配列 (UMA-G-29, UMA-G-108, UMA-G-116, UMA-G-156, UMC7-1, UMD11-1, UMA5) では良好な増幅が見られなかった。その原因としてはPCRプライマー配列のデザイン不適が考えられるが、34種類中30種類で増幅が見られないというのは割合としては高すぎるようである。その他の可能性として、ウミグモの配列ではない可能性も示唆される。ウミグモは歩脚基部にも消化管が見られるため、消化管内容物が抽出DNAに混合した場合、それらがクローニングされた可能性も否定できない。マイクロサテライトであろうと考えられる2配列 (UMC7-2, UMC3-3) では多型が検出できなかった。これはウミグモ集団の遺伝的多様性が低い可能性を示唆するものであるが、少なくともさらに数種類のマーカーの検討が必要と思われる。mtDNAのCOI領域における塩基配列分析では遺伝的多様性が非常に低いことが示された。ほぼ同じ領域の塩基配列分析を用いたイセエビでの研究では、塩基置換率は1%程度、遺伝子型多様度については95%以上であることが示されている (Inoue et al., 2007)。特にウミグモの遺伝子型多様度は1.1から9.3%と極端に低く、他の多くの動物での研究結果でもこのような低い値が見いだされた種類はほとんど無い。3つのウミグモ地域標本ではどれも遺伝子型1が最も多く検出されたタイプであったが、多様性については最初にウミグモが発見された千葉県で最も低いという結果が得られた。個体数が少ないことによるバイアスの可能性は残されるものの、千葉県で発生したものが各地へ分派したというよりも、各地で別ルート由来で発生した可能性が考えられる。今後、千葉県内での地域間標本、異なる年度の標本の分析を行うとともに、全体の分析標本数を増やす必要がある。

消化管内容物観察でも、DNA 検出手法でもウミグモを捕食する動物を特定することはできなかった。千葉県による室内飼育実験では、いくつかの魚種がウミグモを捕食することが観察されており、魚類にとって忌避される生物ではないと思われる。ウミグモは光に敏感で、昼間は潜砂しており夜間のみ底泥上に出てくるものと考えられている。そのため、捕食されにくいものと考えられる。しかし、今回調査した魚類ではメゴチが大量のアサリ稚貝を捕食していたことが観察されており、このような魚類が砂中のウミグモを捕食していても何ら不思議ではない。あるいはメゴチは二枚貝の稚貝にかなり特化している可能性もある。いずれにせよ、今回調査したメゴチは1個体のみであるため、さらに多くの個体を分析する必要がある。

II. ウミグモ駆除手法の検証 (H20-21 千葉県水産総合研究センター)

(1) ウミグモ駆除器具開発 (平成 20 年度)

本調査では、ウミグモ成体の密度を低下させるための手法として、チェーン曳き器具による殺傷を試みた。しかし、繰り返し実施した試験結果からは、チェーン曳き器具による殺傷効果は認められなかった。効果が認められなかった理由は、同器具が海底表面をかく乱する際にウミグモ成体を舞い上げるなどして効果的に物理的刺激を与えられなかったこと、あるいはチェーン直下にウミグモ成体を巻き込んだにしてもそれを死亡させるのに十分な損傷を与えられなかったなどの可能性が想定された。

(2) ウミグモ駆除手法の最適化 (平成 21 年度)

駆除対象域は干潟上の浅海域であるため船外機ボートなどの小型船で実施する必要があることなどから、今回用いた器具をさらに大型化あるいは重量化するなどして殺傷効率を高めることは困難であった。このため、限られた調査期間の制約からチェーン曳き器具の改良は断念し、確実にウミグモ成体を採取できるネット曳き器具を用いて、規模を拡大した駆除試験の効果を検証することとした。

ネット曳き器具による駆除の検証は、当該場所の漁業協同組合との共同で大規模に実施し、使用船舶数、使用器具数、掃海期間、および作業時間などはほぼ上限に近いものであった。また、これまでの調査結果から、ウミグモ成体の密度が高まる5~6月に集中的に実施した。しかしながら、掃海作業後も6~7月に新規のウミグモ感染が発生して、アサリでの寄生確認率は80%近くに達した。すなわち、ウミグモ成体の駆除効果は認められなかった。ネット曳き器具でウミグモ成体が採取できることは確認されているが、ウミグモ個体群を縮小させるほどの影響を与えることはできなかったと考えられた。

摘 要

I-1 ウミグモ寄生追跡調査 (H20 (独) 水産総合研究センター, H21 千葉県水産総合研究センター)

- 1) アサリでのウミグモの寄生確認率と寄生強度の変化には季節性があり、アサリの大量死亡が発生するのは、寄生確認率と寄生強度が高まる6~7月が中心であった。
- 2) ウミグモ成体の分布密度の変化には季節性があり、ピークとなったのはアサリ

での寄生確認率が高まる直前の 5～6 月であった。また、ウミグモ成体の分布密度は場所によって差があった。

- 3) ウミグモ成体の駆除に際しては、成体密度の季節的、空間的出現密度の変化に応じて効果的に実施する必要があると思われた。本調査対象海域では、成体の駆除に適切は時期は 5～6 月、適切な場所はライン B, C, D を中心とした海域と推定された。

I - 2 ウミグモ分布生態調査 (H20-21 株式会社東京久栄)

- 1) 底質とウミグモ成体に明瞭な関係はみられなかった。
- 2) ウミグモ成体は干潟部の谷部に多い傾向がみられた。また、その沖の潮下帯においても生息が確認された。
- 3) 寄生前の幼生はきわめて少なく、分析方法を含めた検討が必要である。
- 4) 寄生状況と底質、地形に傾向はみられなかった。また、潮下帯においても寄生が確認された。このことから、ウミグモは潮下帯においても再生産していると考えられた。
- 5) 今回、11 種の二枚貝について調査し、5 種で寄生が確認されたが、これら以外にも宿主となる二枚貝があると考えられ、今後さらに多くの二枚貝についての知見が必要である。

I - 3 ウミグモ寄生生態調査 (H20-21 京都大学)

- 1) カイヤドリウミグモはおそらく孵化幼生の段階で、アサリ等の二枚貝への内部寄生を始め、殻内で少なくとも 11 の後胚発生段階を経た後、最終脱皮を行い成体になった直後に殻外へ出てくる。初期幼生段階の令期については曖昧さが残っており、更なる観察が必要である。
- 2) 成体は自由生活をし、夜行性である。成体になった後も脱皮が見られる。成体の配偶行動については、直接観察に未だ成功していない。
- 3) 卵形成様式及び排卵・産卵様式は、他のウミグモ類と基本的に同じである。卵巢の歩脚への進入程度は他のウミグモよりも著しく、また他のウミグモと異なり、胴体部も含めた卵巢全域で卵形成が進行する事から、より高い卵産能を有していると考えられる。
- 4) 受精卵数と発達した卵母細胞数の比較、及び卵巢の組織学的観察から、雌は複数回の産卵が可能であると考えられる。
- 5) 雄は多くの場合複数 (最高 7 個) の受精卵塊を持つ事から、短期間のうちに複数回の配偶行動を行っていると考えられる。
- 6) 孵化幼生を抗原として作成したポリクロナール抗体により、幼生の体の一部が免疫染色された。より特異性が高いモノクロナール抗体の作成には、抗原タンパク量を引き上げる事が必要である。

I - 4 分子マーカーによるウミグモ生態調査 (H20-21 (独) 水産総合研究センター)

- 1) 明らかにマイクロサテライトと考えられる 2 配列が得られたが、多型性は確認できなかった。
- 2) 魚類 6 種 14 個体、甲殻類 5 種 12 個体、計 26 個体の消化管内容物を観察したが

ウミグモ及びその一部と考えられるものは発見できなかった。また、ウミグモのみを検出できる PCR 法を用いて、上記 26 個体の消化管内容物から抽出した DNA を検査したがウミグモ DNA 断片の増幅は観察できなかった。

II. ウミグモ駆除手法の検証 (H20-21 千葉県水産総合研究センター)

- 1) チェーン曳き器具による駆除はウミグモに対する十分な殺傷効果は認められず、効果的ではないと思われた。
- 2) ネット曳き器具でウミグモ成体が採取できることが確認された。同器具で大規模に駆除作業を実施したが、ウミグモ個体群を縮小させるほどの影響を与えることはできなかった。
- 3) 本調査で実施したチェーン曳き器具あるいはネット曳き器具によるウミグモ成体の駆除は大きな効果がないと思われた。今後はさらに別の手法による駆除手法を開発する必要がある。

文 献

I - 1 ウミグモ寄生追跡調査 (H20 (独) 水産総合研究センター, H21 千葉県水産総合研究センター)

- 1) 大島 廣, 1927a: 蛤蜊に寄生する海蜘蛛に就いて. 九州帝國大学農學部學芸雑誌, 2:366-379.
- 2) 大島 廣, 1927b: アサリに寄生するウミグモに就いて (第二報). 動物学雑誌, 39:487-488.
- 3) 大島 廣, 1939: アサリに寄生するカヒヤドリウミグモの生活史. 吉田博士祝賀記念誌, 3:415-434.

I - 3 ウミグモ寄生生態調査 (H20-21 京都大学)

- 1) 宮崎勝己・小林 豊・鳥羽光晴・土屋 仁 2010: アサリに内部寄生し漁業被害を与えるカイヤドリウミグモの生物学. タクサ, (28): 45-54.
- 2) Arnaud, F. & Bamber, R.N. 1987: The biology of Pycnogonida. Adv. Mar. Biol., 24, 1-96.
- 3) Miyazaki, K. & Makioka, T. 1991: Structure of the adult female reproductive system and oogenetic mode in the sea spider, *Endeis nodosa* (Pycnogonida: Endeidae). J. Morphol., 209: 257-263.
- 4) Miyazaki, K. & Makioka, T. 1992: Adult female reproductive system and oogenesis in the sea spider, *Pycnogonum littorale* (Pycnogonida: Pycnogonidae). Zool. Jb. Anat., 122: 55-66.
- 5) Miyazaki, K. & Biliński, S.M. 2006: Ultrastructural investigations of the ovary and oogenesis in the pycnogonids, *Cilunculus armatus* and *Ammothella biunguiculata* (Pycnogonida, Ammotheidae). Invertebrate Biol., 125: 346-353.

I - 4 分子マーカーによるウミグモ生態調査 (H20-21 (独) 水産総合研究センター)

- 1) Lian, C., Wadud, M. A., Geng, Q., Shimatani, K. and Hogetsu, T. (2006). An improved technique for isolating codominant compound microsatellite markers. *J. Plant Res.* 119: 415-417.
- 2) Wu, B., Shiokawa, A., Matsushita, N. and Hogetsu, T. (2008). Isolation of compound microsatellite loci in the herbaceous perennial *Cirsium purpuratum* (Maxim.) Matsum. *Mol. Ecol. Res.* 8: 814-817.
- 3) Inoue, N., Watanabe, H., Kojima, S. and Sekiguchi, H. (2007). Population structure of Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* inferred by nucleotide sequence analysis of mitochondrial COI gene. *Fish. Sci.* 73: 550-556.

図表

I. ウミグモ生態調査

I-1 ウミグモ寄生追跡調査 (H20 (独) 水産総合研究センター, H21 千葉県水産総合研究センター)

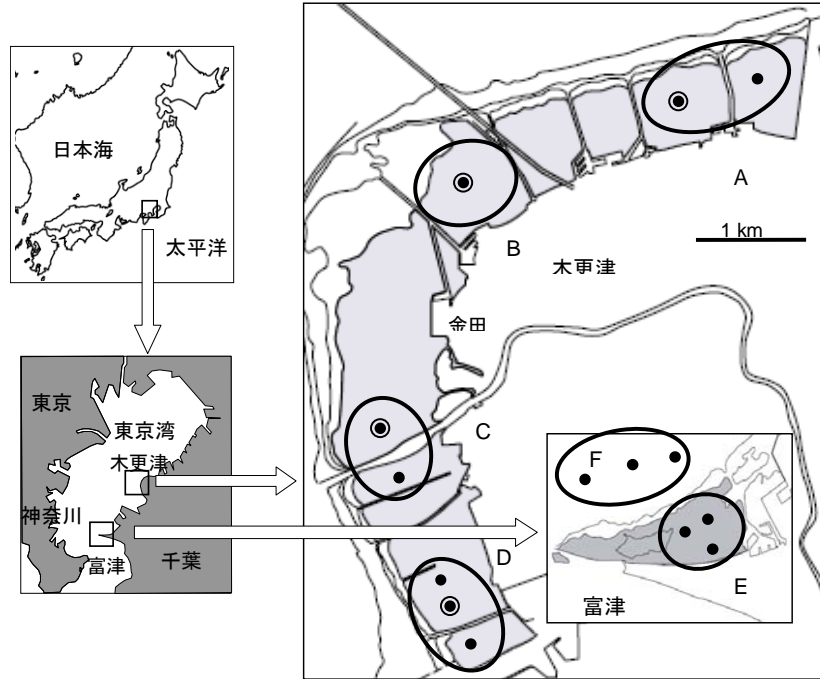


図1 ウミグモ追跡調査点位置図

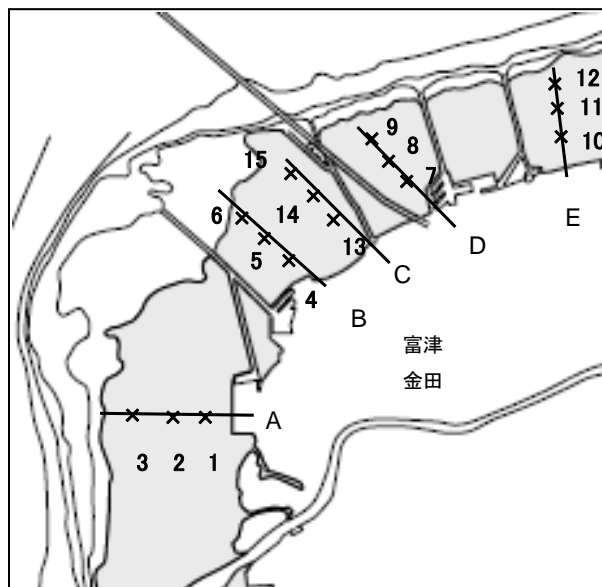


図2 ウミグモ成体調査点位置図

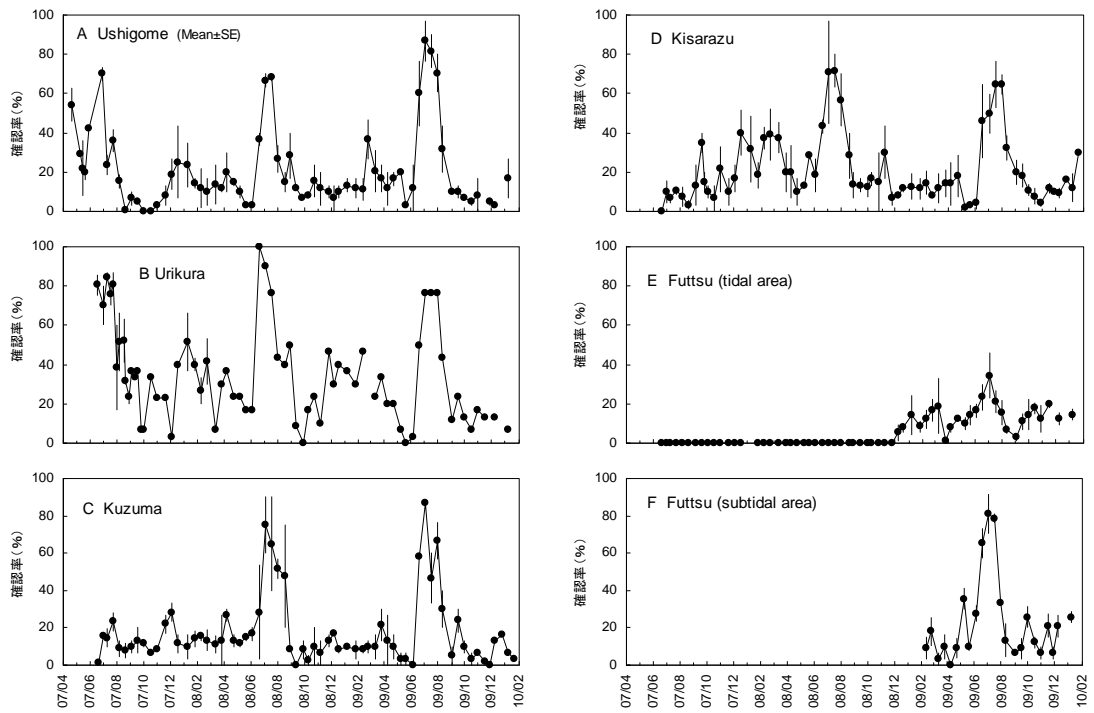


図3 アサリでのウミグモ確認率の変化

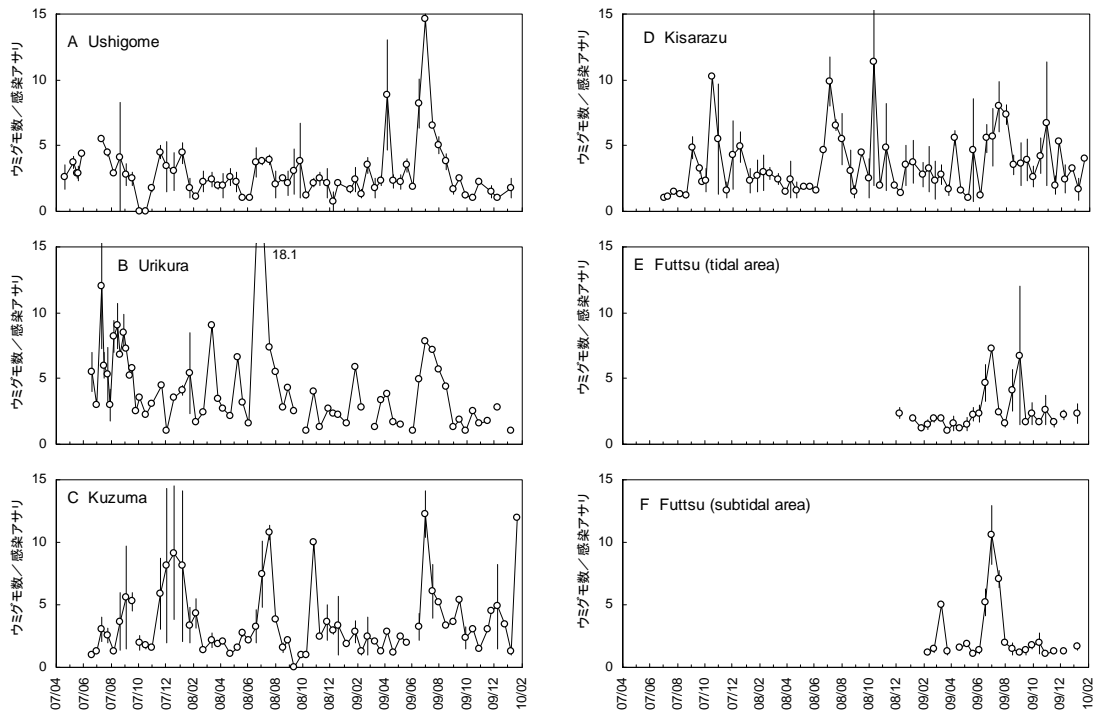


図4 アサリでのウミグモ寄生強度の変化

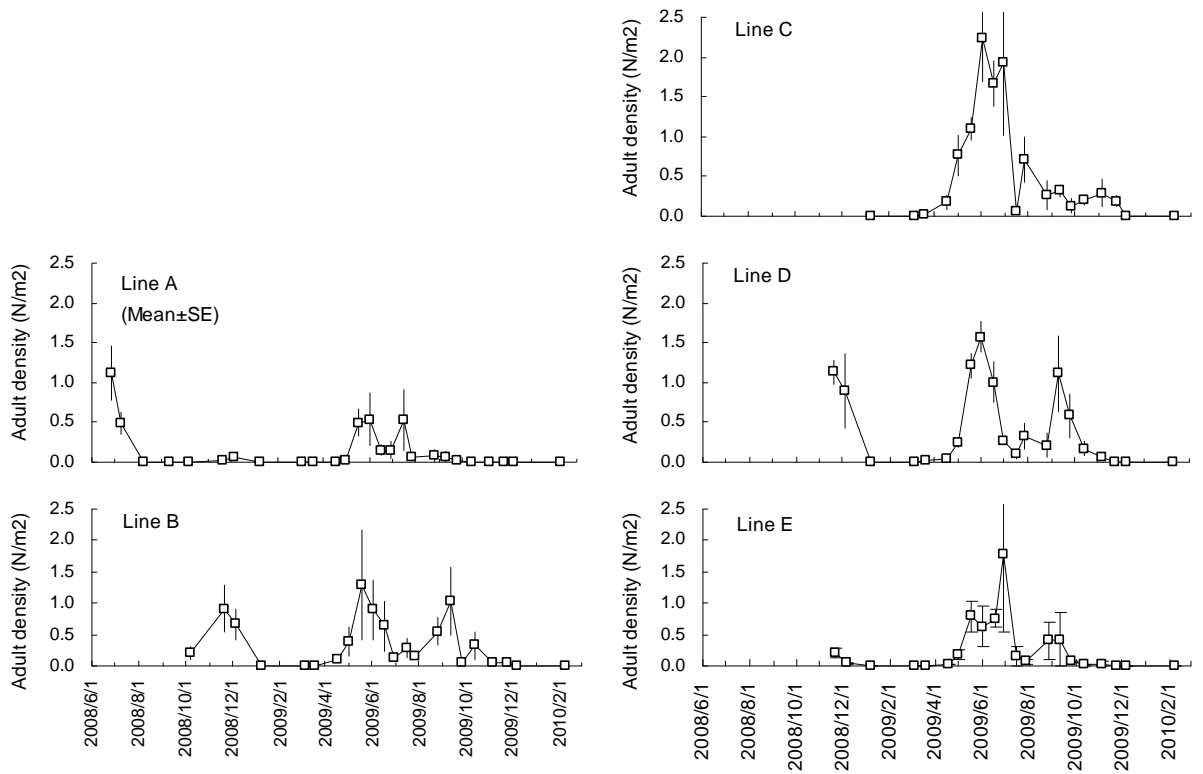


図5 ウミグモ成体密度の変化

I-2 ウミグモ分布生態調査（H20-21 株式会社東京久栄）

表1 調査の概要

年度	調査場所	調査実施時期	調査内容
平成 20 年度	中里 N1~8 金田 K1~8	平成 20 年 7 月	地形調査 底質調査 ベントス調査 ウミグモ成体調査 ウミグモ幼体調査 寄生状況調査
平成 21 年度	中里 N2,4,6,7,9~11 金田 K2,4,7,9~11	平成 21 年 7 月	地形調査 底質調査 ウミグモ成体調査 寄生状況調査

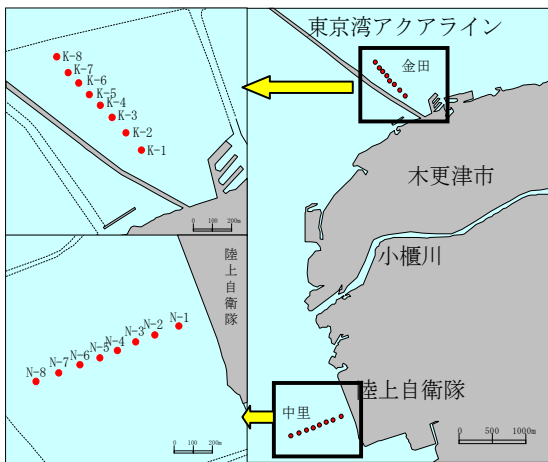


図1 調査点位置（平成 20 年度）

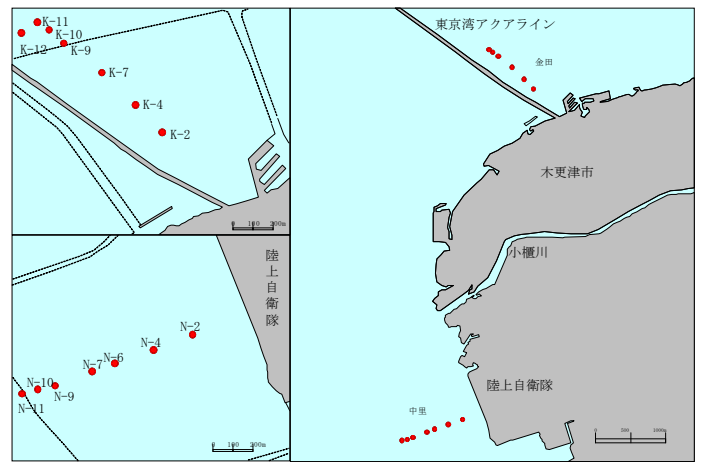


図2 調査点位置（平成 21 年度）



図3 ウミグモ幼生採取器

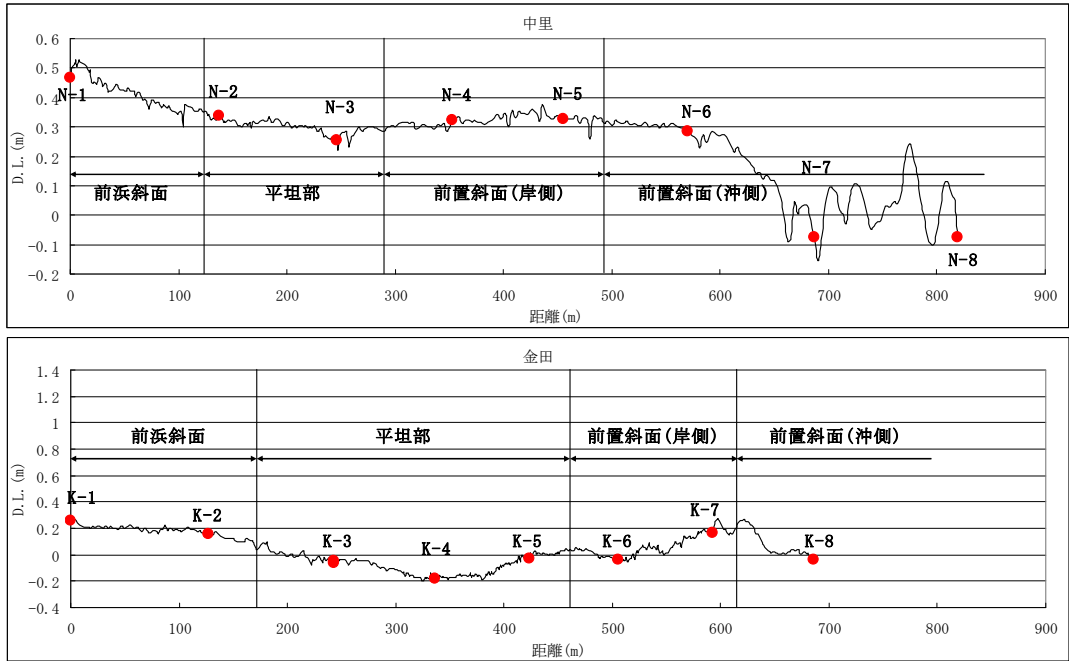


図 4 各側線での地形断面の地盤標高 (平成 20 年度)

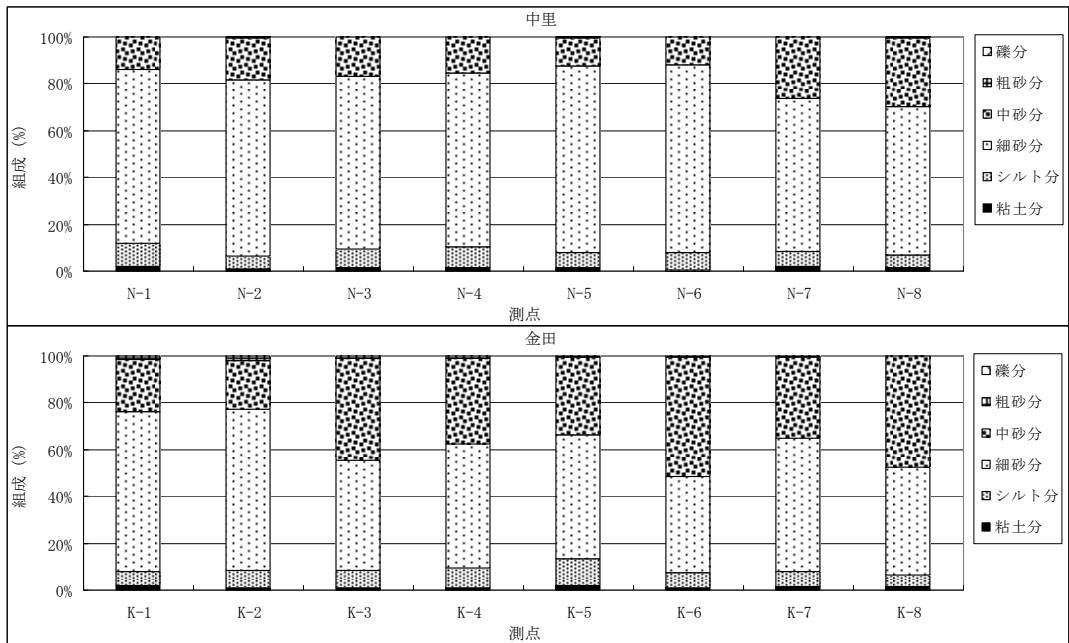


図 5 底質の粒度組成 (平成 20 年度)

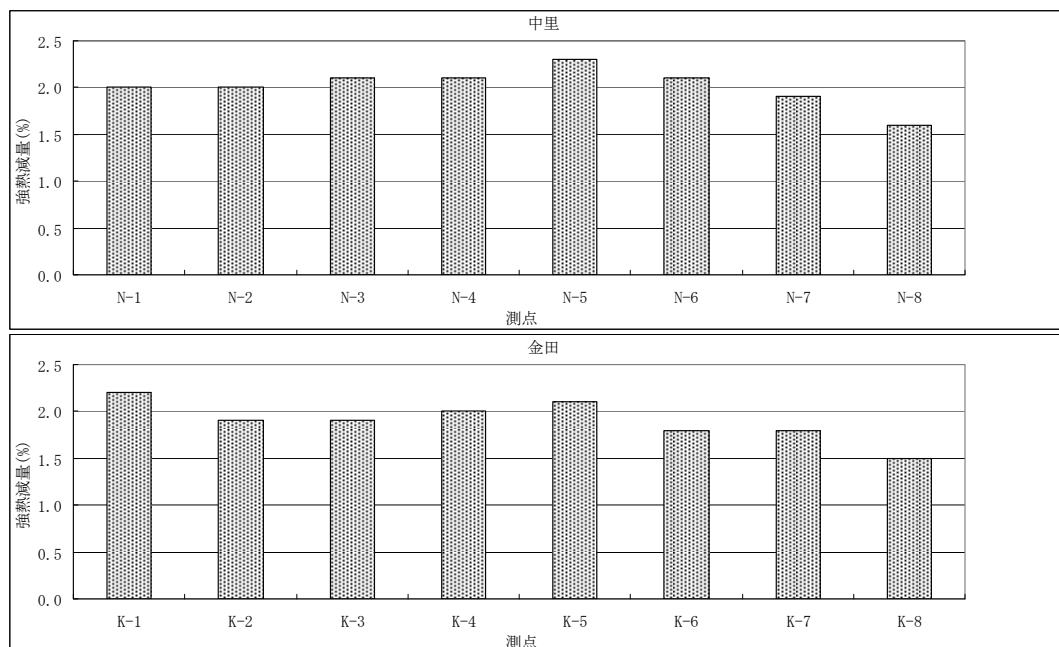


図 6 底質の強熱減量 (平成 20 年度)

表 2 底質分析結果

調査点	強熱減量	粒度組成						調査点	強熱減量	粒度組成					
		粘土分	シルト分	細砂分	中砂分	粗砂分	礫分			粘土分	シルト分	細砂分	中砂分	粗砂分	礫分
中里								金田							
N-1	2.0	2.1	9.8	74.0	13.9	0.2	0.0	K-1	2.2	1.9	6.2	68.1	22.3	1.5	0.0
N-2	2.0	1.2	5.3	75.1	18.1	0.3	0.0	K-2	1.9	1.2	7.2	68.6	21.0	2.0	0.0
N-3	2.1	1.6	7.8	73.6	16.8	0.2	0.0	K-3	1.9	1.0	7.4	47.0	43.5	1.1	0.0
N-4	2.1	1.7	8.8	74.1	15.2	0.2	0.0	K-4	2.0	1.2	8.0	53.1	36.9	0.8	0.0
N-5	2.3	1.5	6.6	79.3	12.1	0.5	0.0	K-5	2.1	1.8	11.8	52.6	33.5	0.3	0.0
N-6	2.1	0.7	7.1	80.1	11.9	0.2	0.0	K-6	1.8	1.2	6.1	41.2	51.0	0.5	0.0
N-7	1.9	1.8	6.4	65.7	25.9	0.2	0.0	K-7	1.8	1.7	6.4	56.7	34.9	0.3	0.0
N-8	1.6	1.6	5.1	63.6	29.3	0.4	0.0	K-8	1.5	1.4	5.1	46.1	47.4	0.0	0.0

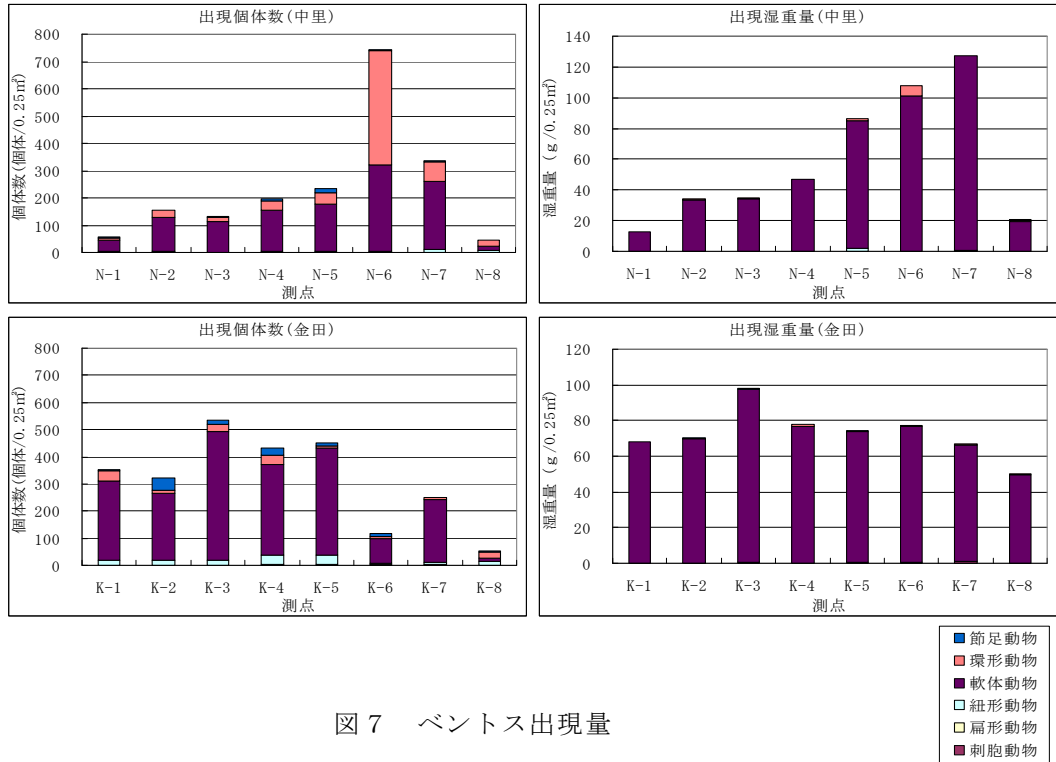


図7 ベントス出現量

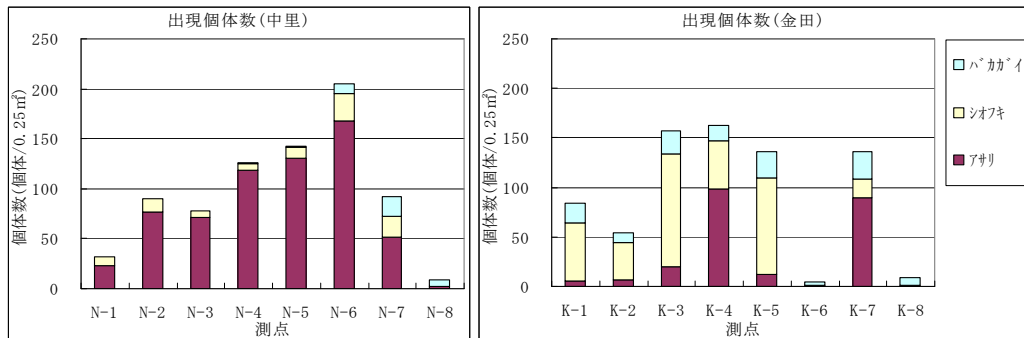


図8 二枚貝3種の出現個体数

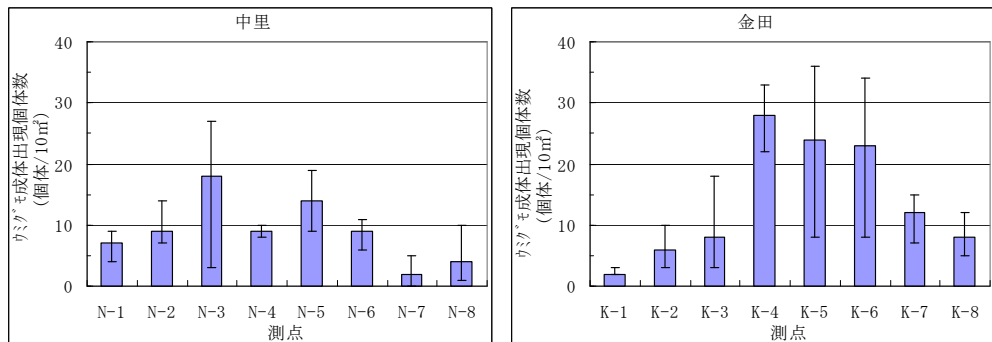


図9 ウミグモ成体の分布密度

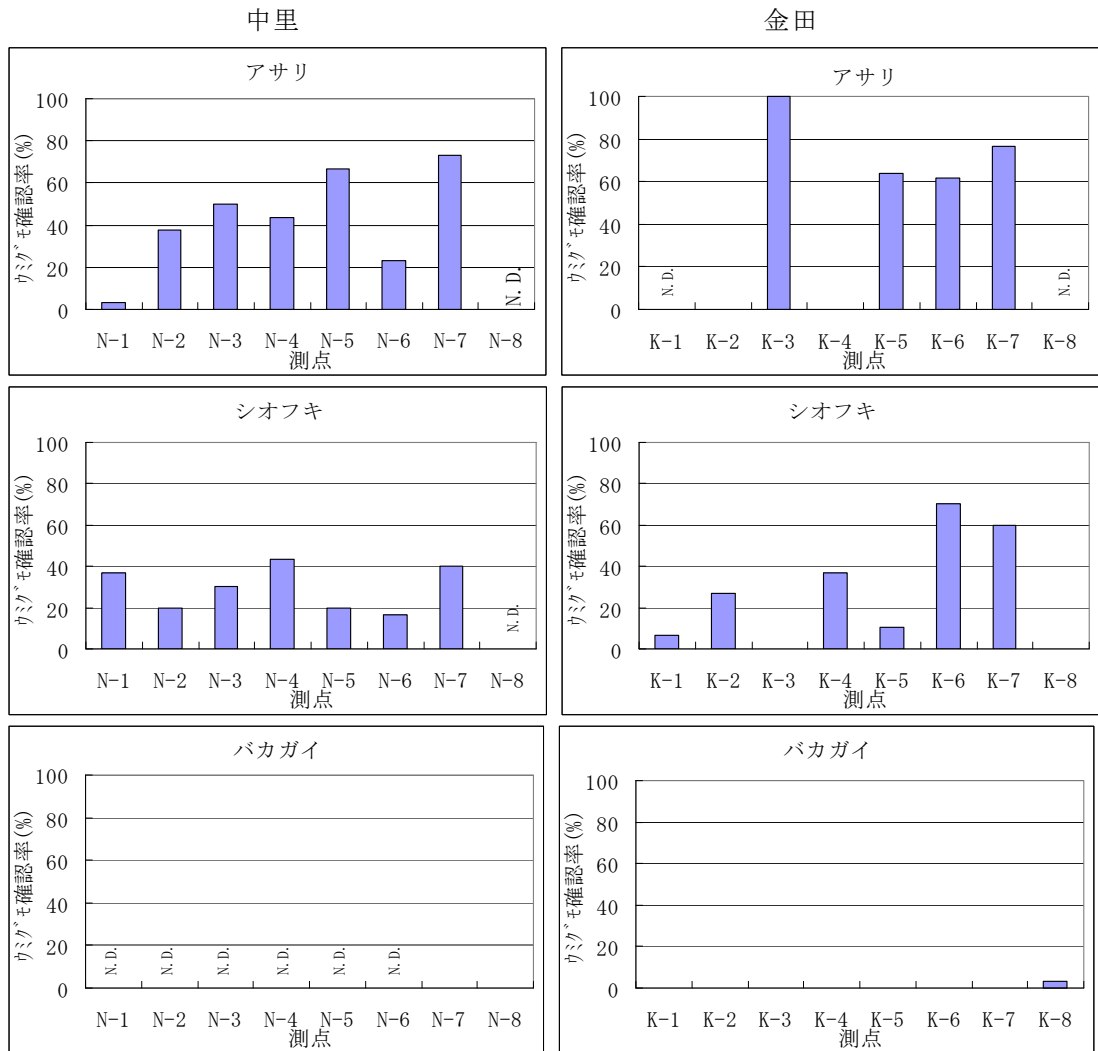


図 10 二枚貝種ごとのウミグモ寄生確認率（平成 20 年度）

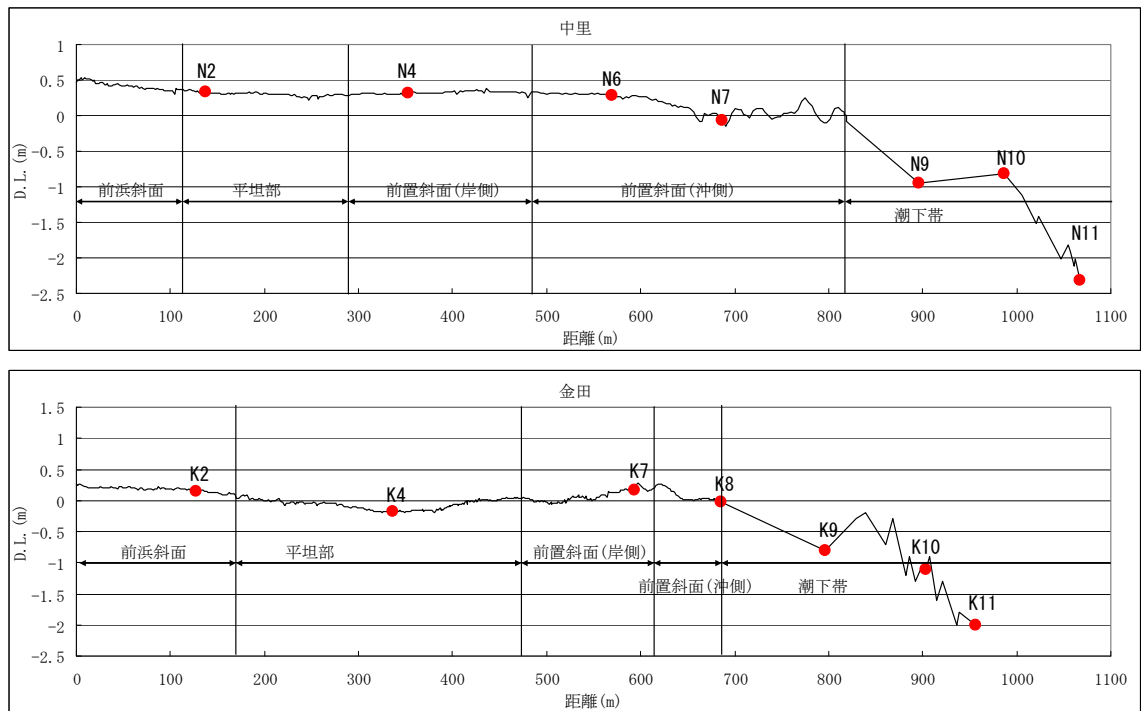


図 11 各側線での地形断面の地盤標高（平成 21 年度）

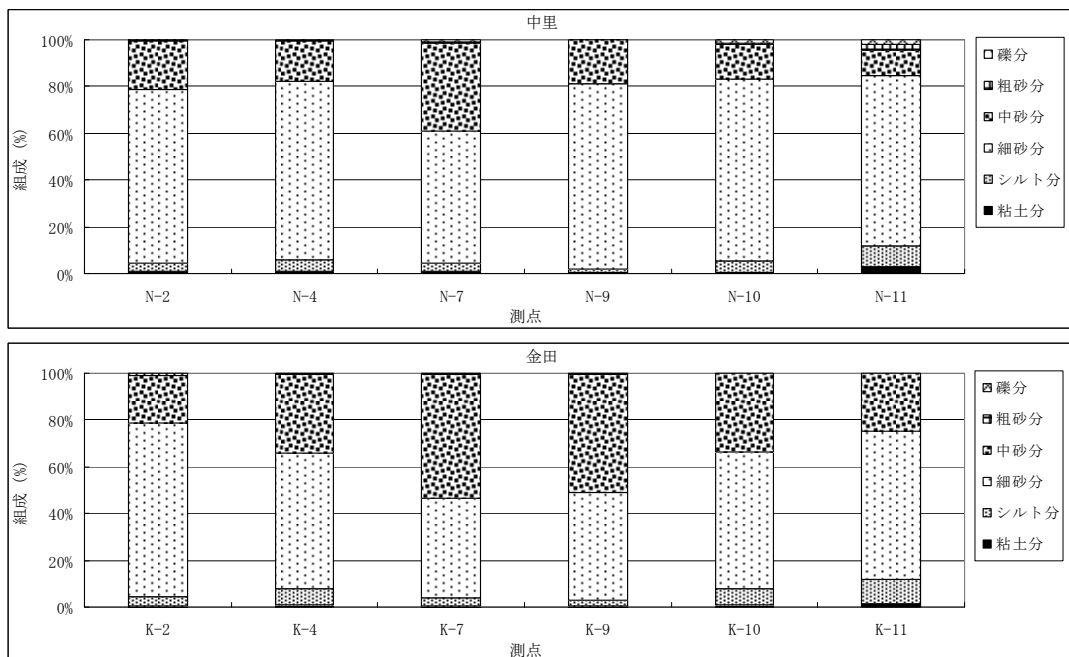


図 12 底質の粒度組成（平成 21 年度）

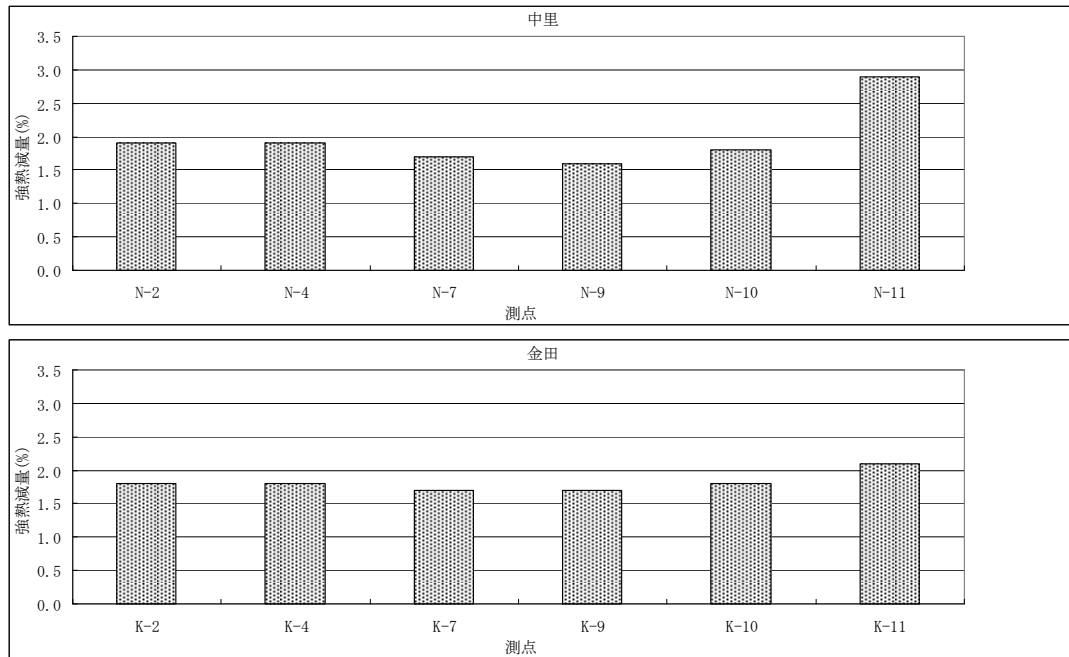


図 13 底質の強熱減量（平成 21 年度）

表 3 底質分析結果（平成 21 年度）

調査点	粒度組成							調査点	粒度組成						
	強熱減量	粘土分	シルト分	細砂分	中砂分	粗砂分	礫分		強熱減量	粘土分	シルト分	細砂分	中砂分	粗砂分	礫分
中里 N-2	1.9	0.8	3.7	74.0	21.2	0.3	0.0	金田 K-2	1.8	0.4	3.9	74.2	20.6	0.9	0.0
中里 N-4	1.9	0.9	5.0	76.1	17.3	0.2	0.5	金田 K-4	1.8	1.0	6.8	58.0	33.8	0.4	0.0
中里 N-7	1.7	0.9	3.4	56.8	37.6	0.4	0.9	金田 K-7	1.7	0.6	3.6	42.2	53.1	0.5	0.0
中里 N-9	1.6	0.7	1.5	79.0	18.8	0.0	0.0	金田 K-9	1.7	0.4	2.6	46.0	50.6	0.4	0.0
中里 N-10	1.8	0.6	4.6	77.9	14.7	0.5	1.7	金田 K-10	1.8	1.0	6.7	58.6	33.7	0.0	0.0
中里 N-11	2.9	3.0	8.8	72.9	11.0	2.3	2.0	金田 K-11	2.1	1.5	10.5	63.4	24.5	0.1	0.0

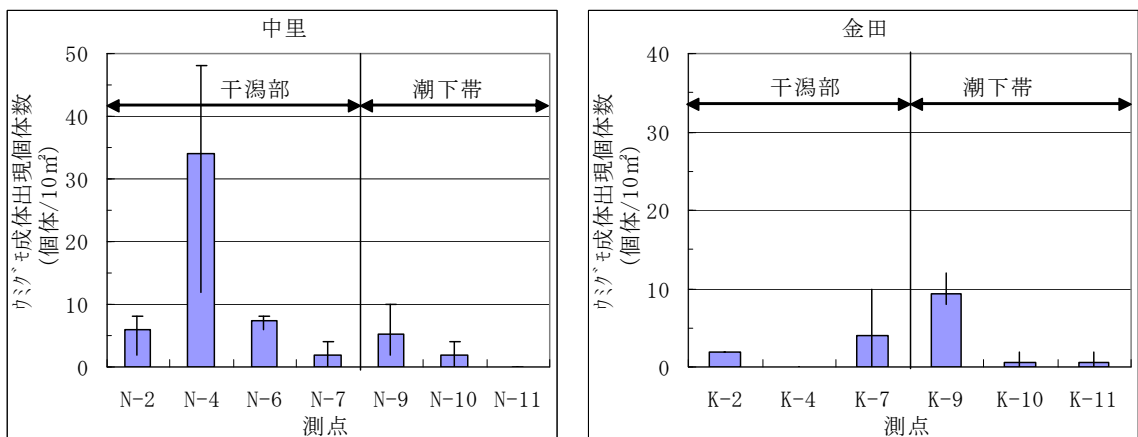


図 14 ウミグモ成体出現密度（平成 21 年度）

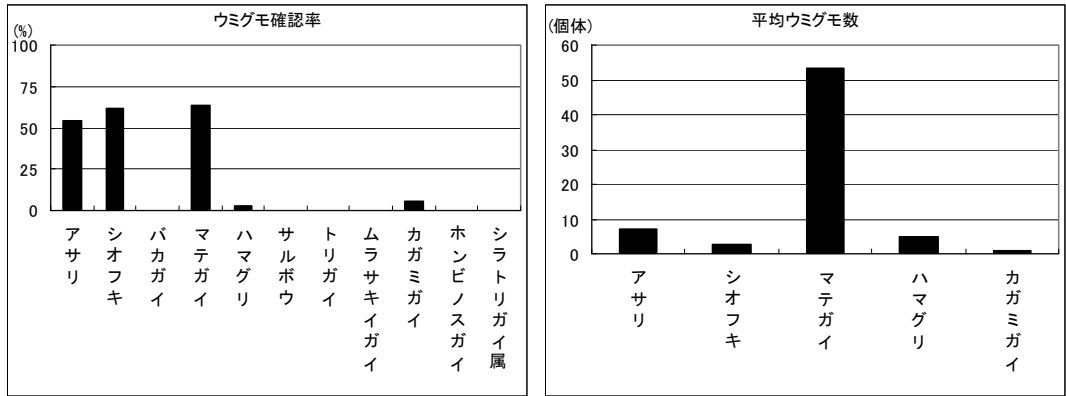


図 15 ウミグモ確認率と平均ウミグモ数 (平成 21 年度)

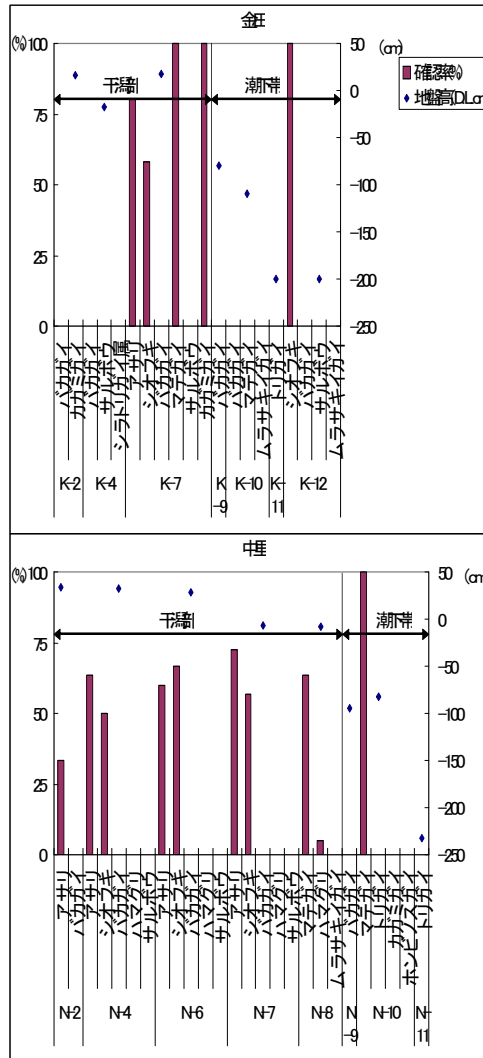


図 16 調査点別二枚貝のウミグモ確認率 (平成 21 年度)

I - 3 ウミグモ寄生生態調査 (H20-21 京都大学)

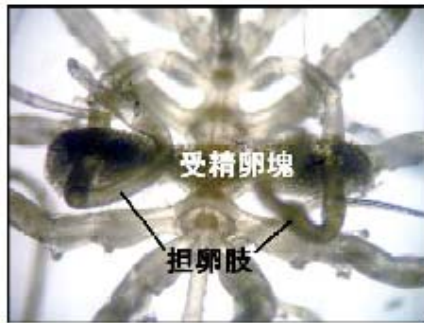


図1. 担卵肢に受精卵塊を抱える成体雄 (腹面から)

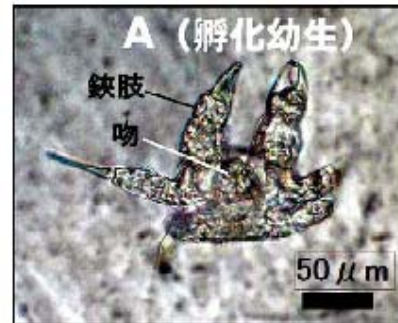


図2. 孵化幼生(A)=プロトニンフオン幼生 (腹面から)

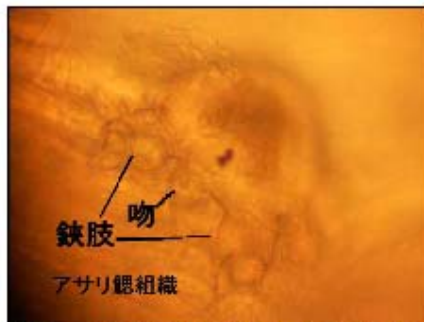


図3. アサリ鰓組織にしがみついたプロトニンフオン幼生。吻を組織に突き刺している

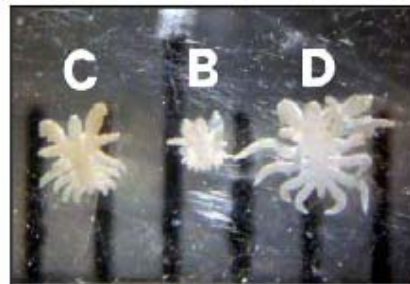


図4. アサリ殻内から見つかった小型幼体(B-D)。背景の目盛りは1mm

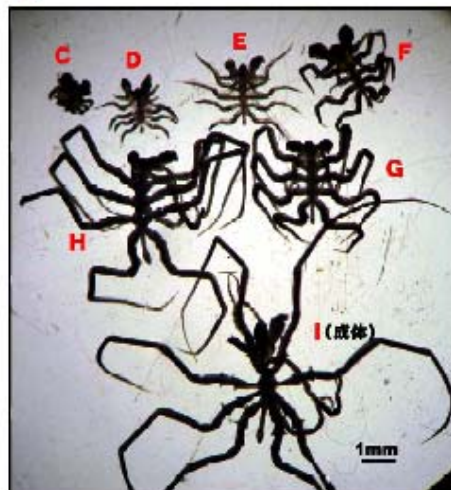


図5. アサリ殻内から見つかった様々な発達段階の幼体(C-H)と成体



図6. 孵化幼生(A)と小型幼体(B)の中間段階と考えられる3段階の初期幼生



図7. 剛毛を有する雄担卵肢の先端部



図8. 大きさの異なる雌成体

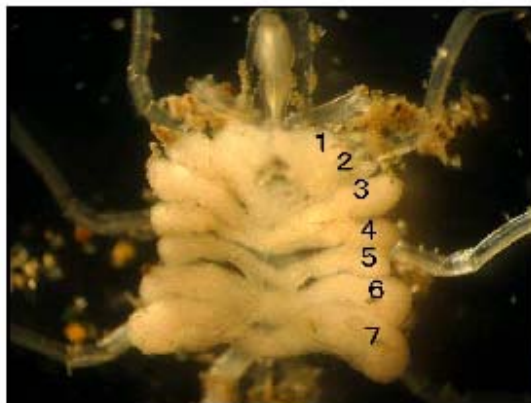


図9. 7個の受精卵塊を抱える雄成体(腹面から)



図 10. カイヤドリウミグモの卵巣



図 11. フタツメイソウミグモの卵巣



図 12. 胴体部卵巣 (H-E染色)

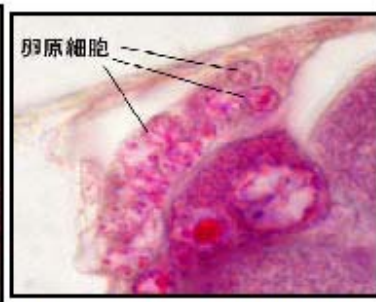


図 13. 形成細胞巣 (アザン染色)

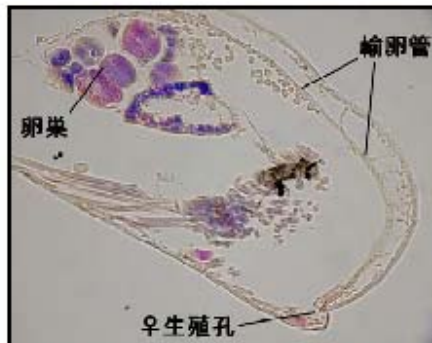


図 14. 卵巣・輸卵管・生殖孔の連絡 (H-E染色)

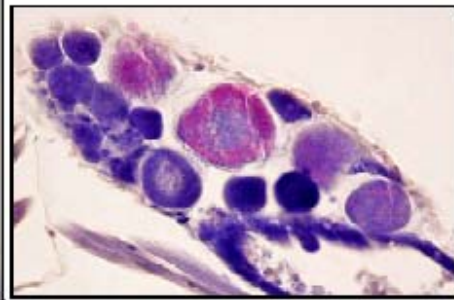


図 15. 産卵後の卵巣 (H-E染色)



図 16. 孵化幼生の免疫染色によるネガティブコントロール試験（左）と免疫後血清（＝ポリクロナール抗体）特異性の確認試験（右）。矢印の部分が染色している。

I-4 分子マーカーによるウミグモ生態調査 (H20-21 (独) 水産総合研究センター)

表1. マイクロサテライト (アンダーライン部分) を含むと考えられるクローンの配列。括弧はPCRプライマー。

クローン	塩基配列	増幅断片の予想サイズ
UMA-G-9	(CAAAATTACATTCACCGATAG) <u>GTGTGTGTGTGTCTCTCTCTCTATCAGG</u> GGATAACGCAGGAAAGAACATGTGAGCAAAGGCCAGCAAAGGCCAGGAACC GTAAAAAGGCCCGCTTGTGGCGTTTTTCCATAGGCTCCGCCCCCTGACGAG CATCACAAAAATCGACGCTCAAGTCAGAGGTGGCGAAAC (CCGACAGGACTAT AAAGATA)	216
UMA-G-24	(GAACTTGTA TAGGGTTGGA) <u>GAGAGAGAGAGGTTGGTGGAAATCGCTGAGGC</u> <u>AACAACAACAACAAGAGGCTGAGAGAGAGAGAGAGGTTAGCAGCCATACACAAC</u> GAACTAGCGGAGCGAGCAGTGAGTGATCCGGCAGTACGTACACAGCGTACAGC AGTGC (GGAGTAGTGTAGAGTGAGTA)	182
UMA-G-29	(GAGATAAACAGGGGCGTAGA) <u>GAGAGGGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAG</u> <u>AGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAAAGACAGAGAGCAAACACCAGATACACGCACA</u> CAACACACAGAAGGGGTACTCTGTAAATGACTCCGTTCAAATC (ATCACTCAC AAGTAGAGAGCCAT)	170
UMA-G-60	(TCACAGTCAGCAATCGCTAA) AACAAGGAAACCCCCCCCCAAAAAAGCCA TGCTATGTGATAAGCACATGTGTGTACACGTGTGCAGTATGATTTCTAGATAC CCAATCACGTTTGCTCTCTCTCTCTTGGTCTGCTCACCCC (AACCTGGTAC TGCTTCTTGG)	170
UMA-G-108	(CATACGTACATCACACTCGT) TACTTACGCGCGCAGCCAAAGTGCCGATGC CAACACTATTGCACGGAGCTCTGCTGATGGTGAGGCCTTATCTATGCACACTG CATACAACATTTCCACACACACACACACACACACACA (AGGTATGCACA TGCTATCAC)	160
UMA-G-116	(TCTTTGGGCTGGGTTGCTCT) TGCTATCTTTGGCTCACACTCTACCATCTCT <u>CTCTCTCTCTCTCTCTCTTAGACGGTGTGCATGTGGGACATTGACGGCCAGAC</u> CGCCAACGGCGCGACCTGCAGGCCAAGGCGGCCT (TAGCGGCCACGCAGAG ATT)	160
UMA-G-156	(ACTTCGCCAGAGGCCAAC) <u>ACACACACACACACAGCCACAGCACACACAC</u> <u>ACACACAGAGGGGAGGTCGCTAAGAAGCATGAAGTTGGTCCACACACAGAG</u> <u>AG</u> GAAGAAGTGGAGATGCG)	170
UMA-G-161	(GGCAAACACTGAATGAAAAG) TAGCAACAGTGTGTGTGTGTATGTGTATGTA ACGTTTCGTATGTGCTGCATGTATGTATGTAAAGCAAAGTGGTTGTATGTAT GTGTGTATAGTGTGCGGGGTACAGTGTGTGCGCGGTGGGTGTGTGTGAGTAGT CACGGGTTTTGGCTGCGGTTGGAGAACGCGAGACTCGAGTGGCTGTAGGTTGT T (GTGTACGTTGTGGATATTGT)	230
UMA-G-178	(GATTCCGACGTCTGACCAA) AACTCTCGGTTCTCCCTCCGGGCGCTTTCCG TCGCTTTTTCGTTCCCGCTTTCGTAGGCACGCACTCACACACAGCACACCAA <u>CACACACCAACACACACTCAGATCCCAACAACAAGCAATCAAA (ACCAGTCA</u> CATCCAAGATGC)	170
UMB3	(AGAGAGAGAGAGTGTGTGTGTG) ACACGGTGCAGCACATACATACCCGACA AGGAACCCCCACTAGTGTGTGTGCGCACATTCAGCTTCACTACTACTTACC AGCTATATATTTAGCATGAACATATTTCGCCGTTTATCTGATGCGTGTGTGTG TTAACACGGATAAAGACGTCACCCCGTGGGGTT (CCAATCATTCGGACAC AAC)	212
UMB4-1	(ACATGTCCACCCTCGCCATT) GGTAAATTAGAGTTCATAGAACAATATAC AGTAAGACTCCCCCTACCCTCCATCCATCCATCCATCCATCCATCCATCCAGC TGGTGTCTCTAGAGGTGAGTTTACTTAGTACCGTGCTATGCTATGCTATACT ATACTATAGTATACTGTAGGTAGGTAGGTATCA (GCATGCTACACTGCATCAT C)	210
UMB4-2*	(ACAAGTGCAGGTTGCGCT) CTGGGTGTGGCCGCTCTCTTAGCCTTGT GCCCCCCCCCTCCATCACACGCACGCTGTACGAGGGTGTGCTACTGCTGCTGA TGAACACTGGACCAACTACTCTACTCTACTCTACCTTAGCTTTGCTTTGCTTT <u>GCTCTAATCATCGGCACACTCATCAGATGATGATGATGTTGTGATGATGATG</u> ATGGCGAGGAGCACACCTTCATCGTACTT (CACCTACACGTGAACTGTG)	259

(表1続き)

UMC7-1	(CGCGCGCGCACACACACAC)ACTCTTGTGTGTGTTTTGCGCGCGCTCTAGGATATCTCTTTCTCTCTCTGACACGGAGAGAGAGAAATACATGGGGAGGGGGGGGGTTTTATGTCTCTTTTTTCTACATACATATAAGAGAGTGCCCTCTCTCTCACACACATATGGGGGGGG (AGTGTGCGCGAGGCGCCACA)	259
UMC7-2*	(AGTGTGCGCGAGGCGCCACA)CTCTCTATATATGAGAGAGAGAGAGAGCGCGCGTGTGTGTGTGCGAGCGCCAAAACACACAGGGGGGGGGGGGGCTCAGCGCGGTGTGTTTTTGTAAAAAAACACGGTGTGAGTGAGAGAGAGAGAAAGAATATCTATATGTGTGTGTCTCTCTCCACACACCCGGGGGGCGCACACTGTGAAATATAAAAAATATCTCTCTTCAGAGAAAAACACACACACACACACAA (AATACACGAGGAGAGGCTC)	278
UMC7-3	(AATACACGAGGAGAGGCTC)TCTCTCCACATATATAGAATATCTATATATATATATATACACATCATCTATCTACCTAGTCTACTAGTCGCTTACTTACTTACATCCATAGAGAGACATGCGAGCGATCAAACCAAAGTCTATGGTCTC (CTCCATCACTCCTTTAACC)	175
UMD2-1	(TCATTATCCGAGAGTCGCTG)CTTAGCCGCTATACAGATAAGCGACGATCATCAACATAATCCACGCAGCAAAGTAACTGTACTCCATCAATCAATCAATCAATCAATGAGAGGTTGAATGTTTGGTTTGGTAGAAACAACCT (GAGCA TAAGATGGCTCAACC)	171
UMD2-2	(GAGCATAAGATGGCTCAACC)AGCTAATTAATGCGGACCATCAGGAGGGGGA GGAAGAGGGGGTCTTTAGTTGGCAGCAGCAAGTCGCAATCAAAAACAGAAA CTGGTAATTGCGAGACCGCCGAAAATTAACGAGTGAAGTTGTAAAAATATGA AAGTAGGAGGTGTATGTCTTGGTACGTGTGCGTGTGT (GTGTGTGTGTGCGCGCGC)	214
UMD11-1	(CGCGCGCGCACACACACAC)ACACACACACACACACACACACACACACACACACACATACATACATACACAGTTACCCTACTCTTTCTCTCTCCCTGACTCTTTTCACTAACTACCCTTGCTGCTCACCCGAGTGAGTGGGAGAGACAGATGACCCCTCTTTGTATGAAGTGTGTTCCAGATGTATTAGGG (TGCCGTGGTGTGTGCTTTA)	216
UMD11-2	(TGCCGTGGTGTGTGCTTTA)TGATCATTGAAAATTTATCCCTGCAAAAATA TCTCCTCCCACTACCCTCTGTCTAATGTACATTCACCACCCTGCGTGTGTGTGTGTGTGTATTGCTTTGTAGAACCCCCCCCCCTATGTTGAAGATTGACGGTTAATGACCGACTTGGGG (AGGCCGCTCTATCGTGTTA)	201
UME8	(CTCGTTGCTAACTACTTTGC)AGTTACTGAACGAATATATTCATGTGTAGTG TATATGCATGCGAGTGTGTGTGCATATAGCTTTGCGATGGGAAGAAACGG (CCATGTTTATGTGTGGACAA)	123
UMC1-1	(CGCGCGCGCACACACACAC)AAAGTGTCTCTCTTGTCTTACTTTCAACTTGGT TCTGGTGTGTAGCTGAGTAGTGATTAGCTGATGCTGATTGTTGATGTCCTCC AACCTGAAAACATGAAAAGAGAACAAGTGAGCATCGTCAATAGCATCAGTAAG GAA (TGAGGATGAGGACGTGGTGG)	180
UMC1-2	(TCCGAAGTGGTGGATGAGGA)CGGCACCACGCTACTCACCACAACATGATG ACCACCAGTAGCAGCAGCAGCAGTGCATCACCGACCACAACATTTCCAA CTCTGAAGCAAACAACAAAATCGTA (AACAGAGCGAAACAACAACG)	150
UMC1-3	(CCGACCATGAATAGAATGTG)GACCAACAAGGATGAAAAGTGGGATGGTTCAT AGAGTAAGTTCGTTTTGTTTGTAGAGATTGGAATCCAGGCGAGGCAATAAAGCAA TTAGGTGGCAATGAGAGTGGATAAAACAGCGAGAGAGAGAG (TGTGTGTGTGTGCGCGCGC)	168
UMC3-1*	(AGAGTAGATGAGATGTGGC)GCGTTTTAAACAACAACAACAATGTGCGTGTGTGTGTGTACGCCTATATGTCTATGTTAGGATAGGGATGAATTATA (GGAAG GCCACTAACCTGATA)	118

(表1 続き)

UMC3-2	(GGAAGGCCACTAACCTGATA) ACATGCCCCGCCTGTGAGCAGAGAGGTGGAG GTGGTGGAGGTGACCGTCGCCCTCACGCAGATAGGACGGAGGCTGACGTTGCTT GCCTACTCCTACTCCTACTCCTGTTCTTGTACTGCCCGGTGTGTGTGTGTGT GTCGGACTAGCTCCTCACC (ACTCCGTTGTCTGCTACTCA)	196
UMC3-3*	(ACTCCGTTGTCTGCTACTCA) CTCTACACTACTCCGCACTGCTGTACGCTGT GTACGTACTGCCGATCACTCACTGCTCGCTCCGCTAGTTGCTGTGTATGGC TGCTACCTCTCTCTCTCTCTCTCTCAGCCTCTTGTGTTGTTGTTGCTCG GCGATTCCACCAACCCTCTCTCCAACCCTAGTACAAGTTCATTCA (ACCTCT GCGTGTATGCGTTT)	223
UMC11	(CGGCCGGGATTTGAACTCAC) AGGCAAACACTCTACTACTAGGCCATATGTC TGCTTGTGTAGTATAGCGTTAGAGTGAAGTAGGTGTGTGTGAGTTTGTGAC TTTGTGCGGTTTCTTGGGTGATGAAGTGATATGGCGGTAATCCACGTCGCCG TGTGCGTTTGTGTTATATTTGTTTCGATGAATAATTTAAAGCAAGCATTACGCT GATTACCTGTACGTGTG (TGTGTGTGTGTGCGCGCGC)	246
UMB12-1	(CGCGCGCGCACACACAC) AGTCCTTCGTGTGTTCTGCGCGGACTAGCGGA GCTCTGTTTAGCGCTGCCAGATGCGGAGTGGTAAACATAGGTGGAGGTTGGCC GGGCTTATGTCAACCTCCTTCATCCAAATACTAGAATGTAACCCTCCCTTTCC AACATAGTTAGGTGGTG (GAGTTTGCACGAGGCGACCG)	194
UMB12-2	(CATGCTGAATGTTACAGAGA) GTACGAGTAACTAACTAATGATTGCATCTA GTTGCCACATCAACGCTGGGCGCAAACACTGTGAACTAGATGAAGAATTGCT GCAATGAGACAACAACAACAACAACAACACGATGGAGGCTACTTCACTGTACA TAGA (GAAGCTTCATCTATCTACT)	181
UMB12-3	(CGTAGTAGAGGATCCTAGC) AGAGTGGACAACAAGTTATGATTATGGTGGGA GGTGACAAGCAGCAACAAGAGCAGCTATACTCCAGTTGCTTAGTCTACCACT GCACGCATACCTGCCAAGTATGCTGCATCAGTAGACGTGATGCCAGCAC GCAATGTTTGCAGCAAGAGTATTGTGCTCCATCTACATGTCCTCATCTCCAT CTACAGGTCCTCATCTCCTTGCTTGTTCATCTTAGTTGATCACACGGCGC CCATGTACCATGGT (TGTGTGTGTGTGTGCGCGCGC)	299
UMA5	(CACCACCACGGCTGTGAGTG) TGTGTGTGTGTGTATGCATCAGGTGGGTGAG GCAGTGGCCCACTTATGATTACTTCTCCCCCTTATTGCTGCTGATAATT TGAGTTATTTATCTTGTACTGTCTATCCATCGTCCATGTTGTGTGTGTGTGT GTTGTGTGTGTGTGTGTGTGTGTGTGTGTGTGT (GTGTGTGTGTGTGAGAGA GA)	211
UMA7	(GGGCCACTTAGTTAGGGTTA) ACTAGCGATGGTTAGAGTTAGGCTCACGGTT GATTGGTTGGTTTACTCTGGTAGGAAGCGCACACACGCTGCACCTGCCTCCACTA CCAGTAGACGATGACATTGGTTTAGCAGCCCCCTTCTTGTGACCATCAGC TCTTGTAGTATGTAATATTGTCGTATACGT (GTGTGTGTGAGAGAGAGAGA)	207
UMD12-1	(ATAACACAACCGCACACGGC) GACGTGGATTTACCGCCATATCACTTCATCA CCCAAGAAACCGCACAAAGTCAACAAACTCACACACACTACTTCACTCTAAC GCTATACTACAACAAGCAGACATATGGCCTAGTAGTAGAGTGTGCTGTGA GTTCAAATCCCGGCCGAGTCATGCCAAATACATATAAAA (GGTTACTTCGCTT AGCACTC)	216
UMD12-2	(AGGCAAGCGATGTGTTTCATG) TTCATCACACCAGCCTACCATTACATAACA AAGTAAGAAGATGAACTACAACCTTTCTCTACCATAAACACACACTATAGT TGTGCTGTGATGTGAAGGGAGGAGAAAAAGAAAAACAACACTTCGGCTGGTT GCTTACT (CAGTATGGAGGTGGTTGATG)	184

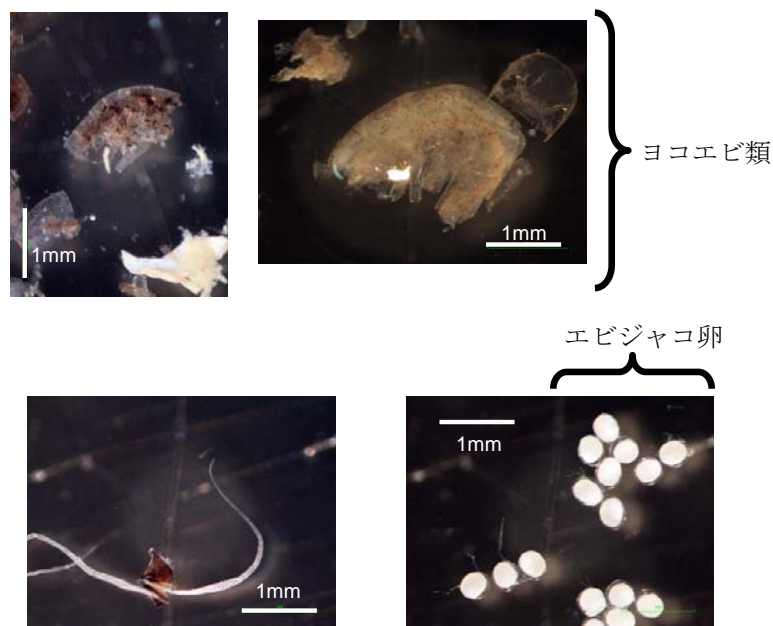
表 2. ウミグモ mtDNA COI 部分領域で検出された塩基置換と遺伝的多様性

x11114444555					
遺伝子型	x15770029235	福島	千葉	愛知	計
784280949029					
1	CTAAGAACGGAA	10	17	4	31
2	....A.....	2	1	2	5
3	...T.....	1	0	1	2
4	.....A...	2	0	0	2
5	.....A..	0	0	1	1
6	TCC...GT...T	1	0	0	1
7	.....T.....	0	1	0	1
8	.....T..G.	1	0	0	1
個体数		17	19	8	44
塩基置換率(%)		0.26	0.04	0.17	0.15
遺伝子型多様度(%)		3.8	1.1	9.3	1.1

表 3. 消化管内容物観察を行った魚類、甲殻類

種	観察個体数	体長(cm)	胃内容物
イシガニ	2	5.5-5.8	空 1、不 1、卵 1 (エビジャコ?)
エビジャコ	6	1.7-2.9	空 1、不 5、砂 1
テナガエビ	1	3.6	不
コブシガニ	1	2	不
タイワンガザミ	2	8.8-11.4	不 2、甲殻類付属肢 1
クサフグ	1	3.4	ヨコエビ多数、メガロパ
コチ	1	14.3	エビジャコ、エビ
ダイナンギンポ	1	11	ヨコエビ多数
メゴチ	1	10.6	アサリ稚貝充満
ヨウジウオ	1	17.6	不、ヨコエビ、ワレカラ
ヒメハゼ	9	5.1-6.3	空 1、不 8、ゴカイ 1、触角 1、砂 1

不：不定形物



タイワンガザミ (甲幅11.4cm) イシガニ (甲幅5.5cm) 胃内の卵
胃内の付属肢

図1. 魚類、甲殻類消化管中で観察された動物

表4. ウミグモのmtDNA 16S rDNAと核rDNA ITS1配列及びウミグモ特異的プライマーの位置 (アンダーライン)。太字はユニバーサルプライマー部分。

16S rDNA	<p>CGCCTGTTTATCAAAAACATGGTTTTAAGATTTAAATTTAAAATCGTACC TGCTCAATGACAAAAGTTAAATAGCCGAGTAATTTGACTGTGCAAAGGT AGCATAATAATTTGTCCTTTTAAATTAAGACTGGAATGAATGGTTTGACGT <u>GAAAACCTTCTGTCTCAATTTTTTTTATTTGAAATTGACTTTTAAGTTAAAA</u> GGCTTAAATAATATTGAGGGACGAAAAGACCCTATTAAGTTTTATAAAC GTAAAATTTATTATCTGGAAAAGTTTTATTTTTATTTAACTGGGGCGGT TAAAATAGTTTATCTTTTTTTTATTAAATTTGATTAAATTAATTTTTATT TGATCTAGTATTACTAATTAATGATTAAATTAATTAATAGGGATAACAGCA TAATTTCTTTTTAAAGTTCTTATTGATAAAGAAGATTGTGACCTCGATGT TGGATTAATTTTTCTTTTTGGTGAAGAAGTTAAAAGGGTAAGTCTGTTCG ACTTTTTAAAATTTTACATGAGCTGAGTTCAGACC</p>	<p>} forward</p> <p>} reverse</p>
ITS1 ()内は 18S rDNAの 3' 末端と5.8S rDNAの5' 末 端	<p>(TCCGTAGGTGAACCTGCGGAAGGATCATTA) CAGAAAAATAAAATATGA <u>ATTATTTTTTACGTGGCTGCCAAAAAATTTAATTTTTTTGCAGTCTCAI</u> <u>TCAATGCGACCGCATCCATCGTTTCCGATGAATTTCTCCCGAATAATCA</u> GGGGAGGTGGTTACGGGATGTCGTTAAGGTCGCGGCCGGTTGCTCAGACT CCGGCTAGAACGTCACCTGTCGATTTTCGAGGGGTACCTATTCCCGCTGAG AAGGGAATGAGCCCGCTTGTAGCCTCGTGATATTTCCGTGAGAAATTA TATAAACGAAGGCAATTTACAGGCTGCGAGGTTCAAAGAAGCTCGTCTTTT TCGATTAACTGCAAGTTTATCGAGAGCGGGTCGCCCCACGAATACTTT <u>CTTTCATGCTTACAAACTAGATGATGATTATGATGAAATTTAAAATGTG</u> <u>(ATCACTTTGGACGGTGGATCACTCGGCTCGTGGTCGATGAAGAACGCA</u> GCG)</p>	<p>} forward</p> <p>} reverse</p>

Ⅱ. ウミグモ駆除手法の検証 (H21 千葉県水産総合研究センター)



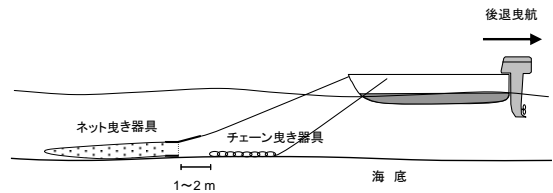
A チェーン曳き器具 (格子型, 幅 2.5m×長さ 1.8m) .



B チェーン曳き器具 (ダイヤモンド型, 幅 2.5m×長さ



C ネット曳き器具 (幅 1.5m×高さ 0.25m×長さ 3.5m, 目合



D チェーン曳きによる駆除試験の作業図.

図 1 チェーン曳き器具 (A, B), ネット曳き器具 (C), と駆除試験の作業図 (D).

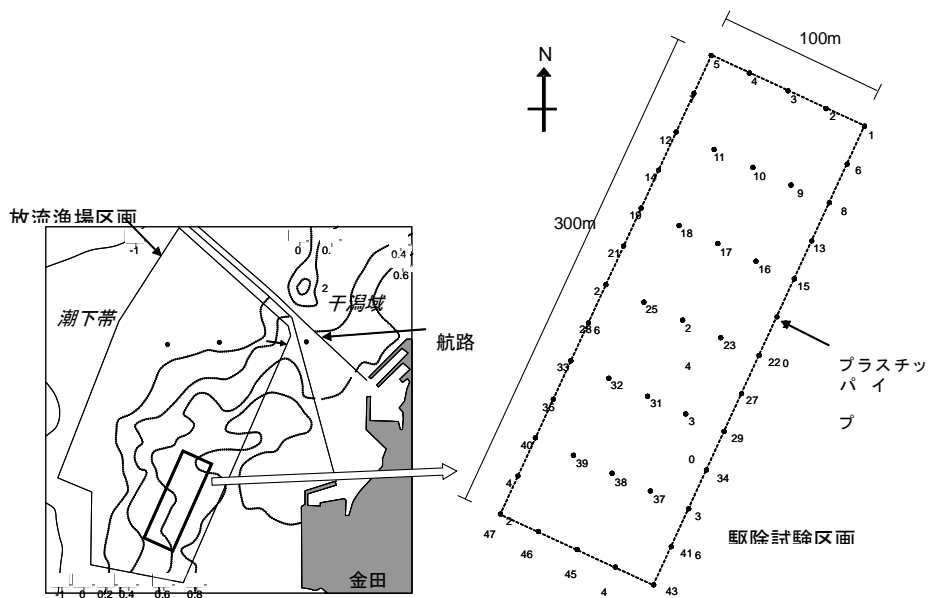


図 2 ウミグモ駆除試験位置図

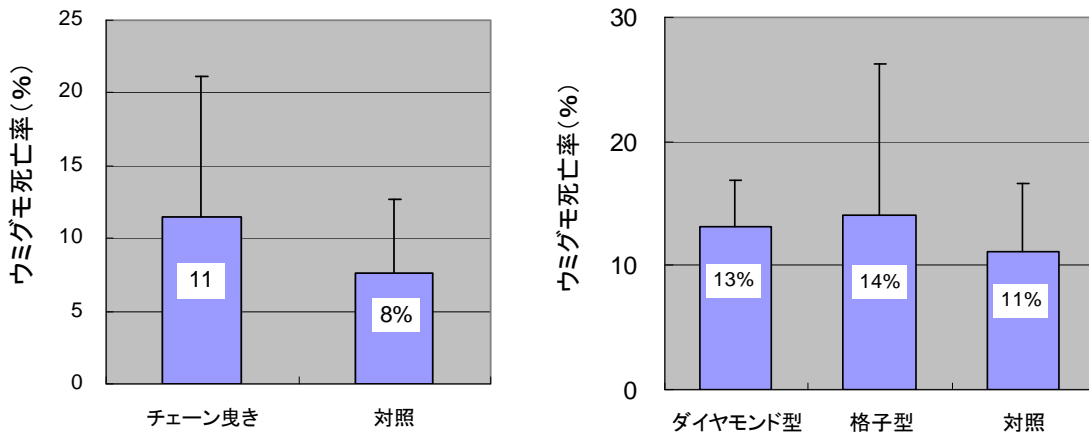


図3 ウミグモ駆除試験結果

表1-1 ネット曳き器具のウミグモ成体採取効率推定試験（平成21年6月1日）

	貝類採取漁具（腰まき）			ネット曳き器具			採取効率 B/A
	採取 個体数	採取面積	分布密度 A (個/m ²)	採取 個体数	採取面積	分布密度 B (個/m ²)	
1	15	0.5m×5m=2.5m ²	6.0	232	1.5m×50m=75m ²	3.1	
2	5		2.0	188		2.5	
3	8		3.2	103		1.4	
4	13		5.2	115		1.5	
5	5		2.0	130		1.7	
平均	9.2		3.7	154		2.0	0.54

表1-2 ネット曳き器具のウミグモ成体採取効率推定試験（平成21年6月17日）

	貝類採取漁具（腰まき）			ネット曳き器具			採取効率 B/A
	採取 個体数	採取面積	分布密度 A (個/m ²)	採取 個体数	採取面積	分布密度 B (個/m ²)	
1	4	0.5m×5m=2.5m ²	1.6	17	1.5m×50m=75m ²	0.23	
2	4		1.6	15		0.20	
3	3		1.2	22		0.29	
4	5		2.0	9		0.12	
5	1		0.4	11		0.15	
平均			1.4			0.20	0.21

表2 ネット曳き器具による駆除作業

実施場所	木更津市貝類漁場（金田漁業協同組合）
実施期間	平成21年5月1日～6月29日
作業日数	延べ23日間
作業時間	2.5時間/日
使用したネット器具数	14～15台/日
作業人員	28～32人/日
延べ掃海面積/対象漁場面積	318ha/393ha
掃海面積率	81%
ウミグモ成体捕獲効率	21～54% (n=2)

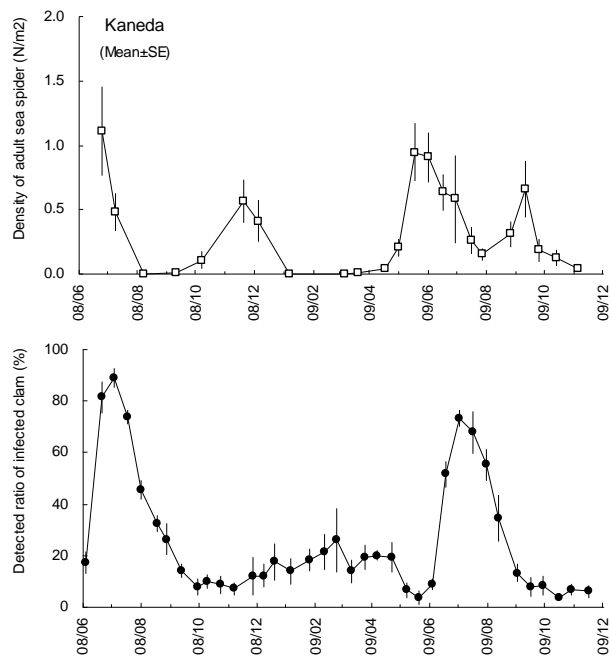


図4 成体駆除作業とアサリ寄生確認率の変化

附表

I. ウミグモ生態調査

I-1 ウミグモ寄生追跡調査 (H20 (独) 水産総合研究センター, H21 千葉県水産総合研究センター)

附表1 寄生確認率

	A			B			C		D		E		F	
	Mean	SE		Mean	SE		Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE
2007/4/19	54.2	8.3	2007/6/18	80.5	5.5	2007/6/20	1.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0		
2007/5/8	29.0	1.0	2007/7/1	70.0	10.0	2007/7/1	16.0		10.0	5.8	0.0	0.0		
2007/5/16	22.0	14.0	2007/7/10	84.7	2.0	2007/7/10	14.4	4.8	6.7	2.2	0.0	0.0		
2007/5/21	19.6	3.3	2007/7/17	75.5	5.5	2007/7/24	23.3	5.1	10.8	1.8	0.0	0.0		
2007/5/29	42.0		2007/7/24	80.8	5.8	2007/8/7	8.9	4.0	7.5	5.1	0.0	0.0		
2007/6/28	70.0	3.3	2007/7/31	38.3	21.7	2007/8/21	7.8	4.0	3.3	2.2	0.0	0.0		
2007/7/10	23.3	5.0	2007/8/7	51.7	15.0	2007/9/4	10.0	3.3	13.3	10.0	0.0			
2007/7/24	36.1	5.7	2007/8/16	52.4	11.2	2007/9/18	13.3	6.7	35.0	5.0	0.0			
2007/8/7	15.3	3.6	2007/8/21	31.7	1.7	2007/9/25			15.0	5.0				
2007/8/21	0.8	0.8	2007/8/28	23.3	3.3	2007/10/2	11.7	1.7	10.0	3.3	0.0			
2007/9/4	6.7	3.3	2007/9/4	36.7		2007/10/16	6.7	0.0	6.7	6.7	0.0			
2007/9/18	5.1	1.6	2007/9/11	33.3		2007/10/30	8.5	1.5	21.5	11.5	0.0			
2007/10/2	0.0	0.0	2007/9/18	36.7		2007/11/19	22.0	5.0	10.0	7.0	0.0			
2007/10/16	0.0	0.0	2007/9/25	7.0		2007/12/3	28.3	5.0	16.7	6.7	0.0			
2007/10/30	3.0	2.0	2007/10/2	6.7		2007/12/18	11.7	5.0	40.0	11.5	0.0			
2007/11/19	8.0	5.0	2007/10/16	33.3		2008/1/8	10.0	6.7	31.7	17.0				
2007/12/3	18.9	7.8	2007/10/30	23.0		2008/1/24	14.1	4.1	18.3	6.6	0.0	0.0		
2007/12/18	25.1	18.2	2007/11/21	23.0		2008/2/7	15.6	2.2	37.1	5.5	0.0	0.0		
2008/1/8	23.6	11.4	2007/12/3	3.3		2008/2/21	13.3	5.8	39.2	12.8	0.0			
2008/1/24	14.3	2.6	2007/12/18	40.0		2008/3/12	11.1	4.4	37.5	7.9	0.0			
2008/2/7	11.7	10.0	2008/1/8	51.7	15.0	2008/3/27	13.3	13.3	20.0	10.0	0.0			
2008/2/21	10.0	6.7	2008/1/24	40.0	3.3	2008/4/7	26.7	3.3	20.0	13.3	0.0			
2008/3/12	13.4	9.9	2008/2/7	26.7	6.7	2008/4/22	13.3	3.3	10.0	6.7	0.0			
2008/3/27	11.7	1.7	2008/2/22	41.7	11.7	2008/5/8	11.7	1.7	13.3	0.0	0.0			
2008/4/7	20.0	10.0	2008/3/12	6.7		2008/5/21	15.0	1.7	28.3	1.7	0.0			
2008/4/22	15.0	1.7	2008/3/27	30.0		2008/6/3	16.7	3.3	18.3	8.3	0.0			
2008/5/7	10.0	3.3	2008/4/7	36.7		2008/6/20	28.3	25.0	43.3	3.3	0.0			
2008/5/21	3.3	0.0	2008/4/22	23.3		2008/7/3	75.0	15.0	70.6	26.1	0.0			
2008/6/4	3.4	0.1	2008/5/8	23.3		2008/7/18	65.0	25.0	71.7	8.3	0.0			
2008/6/20	36.7	3.3	2008/5/21	16.7		2008/8/1	51.7	5.0	56.7	13.3	0.0			
2008/7/3	66.7	3.3	2008/6/3	16.7		2008/8/18	47.5	27.5	28.3	11.7	0.0			
2008/7/18	68.3	1.7	2008/6/20	100.0		2008/8/28	8.5	1.5	13.5	6.5	0.0			
2008/8/1	26.7	6.7	2008/7/3	90.0		2008/9/12	0.0	0.0	13.3	3.3	0.0			
2008/8/18	15.0	5.0	2008/7/18	76.7		2008/9/29	8.3	5.0	12.2	4.5	0.0			
2008/8/28	28.5	11.5	2008/8/1	43.3		2008/10/9	2.5	2.5	16.7	3.3	0.0			
2008/9/12	11.8	1.5	2008/8/18	40.0		2008/10/24	10.0	10.0	15.0	15.0	0.0			
2008/9/26	6.7	0.0	2008/8/28	50.0		2008/11/7	6.7	6.7	30.0	13.3	0.0			
2008/10/9	8.3	1.7	2008/9/12	8.7		2008/11/25	13.3	3.3	6.7	3.3	0.0			
2008/10/24	15.2	8.1	2008/9/29	0.0		2008/12/8	17.0	0.3	8.3	1.7	5.6	4.0		
2008/11/7	11.7	8.3	2008/10/9	16.7		2008/12/19	8.3	1.7	11.7	1.7	7.8	2.2		
2008/11/25	10.0	3.3	2008/10/24	23.3		2009/1/6	10.0	0.0	12.7	6.7	14.4	9.9		
2008/12/8	6.7	6.7	2008/11/7	10.0		2009/1/26	8.3	5.0	11.7	5.3	8.4	2.6		
2008/12/19	10.0	3.3	2008/11/26	46.7		2009/2/10	8.3	1.7	14.6	6.0	12.2	4.8	8.9	5.9
2009/1/6	13.3	3.3	2008/12/8	30.0		2009/2/23	10.0	3.3	8.0	1.4	16.7	5.8	18.1	7.4
2009/1/26	11.7	5.0	2008/12/19	40.0		2009/3/10	10.0	6.7	11.8	7.3	18.9	14.2	3.3	3.3
2009/2/10	11.1	5.6	2009/1/6	36.7		2009/3/25	21.7	8.3	14.2	6.9	1.1	1.1	10.0	6.7
2009/2/23	36.7	10.0	2009/1/26	30.0		2009/4/7	13.3	13.3	14.2	10.9	8.0	2.2	0.0	0.0
2009/3/10	20.5	10.5	2009/2/10	46.7		2009/4/22	10.0	6.7	17.9	10.5	12.2	1.1	9.3	5.2
2009/3/25	16.7	6.7	2009/2/23			2009/5/8	3.3	3.3	2.1	1.4	10.0	3.3	35.6	5.6
2009/4/7	11.7	8.3	2009/3/10	23.3		2009/5/20	3.3	3.3	3.3	1.4	14.4	4.8	10.0	1.9
2009/4/22	16.7	3.3	2009/3/25	33.3		2009/6/4	0.0	0.0	4.2	2.9	16.7	3.3	27.8	4.4
2009/5/8	20.0	0.0	2009/4/7	20.0		2009/6/18	58.3	1.7	46.0	18.8	23.3	6.7	65.6	7.8
2009/5/20	3.3	0.0	2009/4/22	20.0		2009/7/2	86.7	0.0	49.6	9.8	34.4	11.8	81.1	10.6
2009/6/4	11.7	11.7	2009/5/8	6.7		2009/7/16	46.7	13.3	64.6	11.8	21.1	5.6	78.6	2.4
2009/6/18	60.0	16.7	2009/5/20	0.0		2009/7/31	66.7	10.0	64.6	4.9	15.6	6.2	33.3	
2009/7/2	86.7	10.0	2009/6/4	3.3		2009/8/12	30.0	10.0	32.3	6.5	6.7	1.9	13.3	8.8
2009/7/16	81.7	8.3	2009/6/18	50.0		2009/9/1	5.0	5.0	20.0	6.2	3.3	1.9	6.7	0.0
2009/7/31	70.4	9.6	2009/7/2	76.7		2009/9/15	23.9	6.1	18.1	5.9	11.1	4.0	8.9	5.6
2009/8/12	31.7	11.7	2009/7/16	76.7		2009/9/29	10.0	3.3	10.8	2.5	14.4	7.8	25.7	5.7
2009/9/1	10.0	0.0	2009/7/31	76.7		2009/10/15	3.3	3.3	7.7	3.9	17.8	2.9	12.2	2.9
2009/9/15	10.0	3.3	2009/8/12	43.3		2009/10/29	6.7	0.0	4.2	1.8	12.2	6.8	6.7	3.3
2009/9/29	6.7	0.0	2009/9/1	11.5		2009/11/16	1.7	1.7	11.7	2.3	20.0	1.9	21.1	6.2
2009/10/15	5.0	1.7	2009/9/15	23.3		2009/11/26	0.0	0.0	10.0				6.7	3.3
2009/10/29	8.3	8.3	2009/9/29	13.3		2009/12/9	13.3	0.0	9.4	2.4	12.4	3.0	21.1	5.9
2009/11/16			2009/10/15	6.7		2009/12/24	16.7		16.0					
2009/11/26	5.0	1.7	2009/10/29	16.7		2010/1/7	6.7	0.0	11.9	7.1	14.4	2.9	25.7	3.1
2009/12/9	3.3	0.0	2009/11/16	13.3		2010/1/22	3.3		30.0					
2009/12/24			2009/11/26											
2010/1/7	16.8	9.9	2009/12/9	13.3										
			2009/12/24											
			2010/1/7	6.7										
			2010/1/22											

付表2 寄生強度

	A		B		C		D		E		F	
	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE
2007/4/19	2.60	0.90	2007/6/18	5.50	1.50	2007/6/20	1.00					
2007/5/8	3.75	0.45	2007/7/1	3.00	0.00	2007/7/1	1.30		1.00	0.00		
2007/5/16	2.85	0.35	2007/7/10	11.99	4.72	2007/7/10	3.06	0.96	1.08	0.10		
2007/5/21	2.91	0.54	2007/7/17	6.00	1.00	2007/7/24	2.51	0.59	1.50	0.20		
2007/5/29	4.33		2007/7/24	5.28	2.05	2007/8/7	1.23	0.15	1.28	0.18		
2007/6/28			2007/7/31	2.98	1.18	2007/8/21	3.67	2.33	1.25	0.25		
2007/7/10	5.50	0.05	2007/8/7	8.18	1.18	2007/9/4	5.63	4.13	4.86	0.86		
2007/7/24	4.48	0.31	2007/8/16	9.00	1.71	2007/9/18	5.25	0.75	3.24	0.35		
2007/8/7	2.85	0.10	2007/8/21	6.79	0.09	2007/9/25			2.25	0.08		
2007/8/21	4.13	4.13	2007/8/28	8.52	1.35	2007/10/2	1.92	0.58	2.38	0.88		
2007/9/4	2.83	0.83	2007/9/4	7.27		2007/10/16	1.75	0.25	10.25			
2007/9/18	2.50	0.50	2007/9/11	5.20		2007/10/30	1.60	0.10	5.50	4.20		
2007/10/2	0.00	0.00	2007/9/18	5.82		2007/11/19	5.88	2.88	1.60	0.60		
2007/10/16	0.00	0.00	2007/9/25	2.50		2007/12/3	8.15	6.15	4.26	2.60		
2007/10/30	1.75	0.25	2007/10/2	3.50		2007/12/18	9.15	5.35	4.90	1.19		
2007/11/19	4.50	0.50	2007/10/16	2.20		2008/1/8	8.10	5.99	2.33	0.95		
2007/12/3	3.42	1.92	2007/10/30	3.10		2008/1/24	3.36	1.45	2.69	1.19		
2007/12/18	3.06	1.44	2007/11/21	4.43		2008/2/7	4.28	1.16	2.96	1.34		
2008/1/8	4.43	0.82	2007/12/3	1.00		2008/2/21	1.36	0.18	2.86	0.47		
2008/1/24	1.75	0.75	2007/12/18	3.58		2008/3/12	2.11	0.59	2.46	0.45		
2008/2/7	1.14	0.14	2008/1/8	4.11	0.39	2008/3/27	1.88		1.44	0.11		
2008/2/21	2.27	0.77	2008/1/24	5.41	3.05	2008/4/7	2.09	0.20	2.40	1.40		
2008/3/12	2.43	0.57	2008/2/7	1.70	0.20	2008/4/22	1.10	0.10	1.60	0.60		
2008/3/27	1.96	0.29	2008/2/22	2.44	0.00	2008/5/8	1.54	0.21	1.88	0.13		
2008/4/7	1.94	0.94	2008/3/12	9.00		2008/5/21	2.75	0.25	1.83	0.05		
2008/4/22	2.63	0.63	2008/3/27	3.44		2008/6/3	2.13	0.13	1.58	0.08		
2008/5/7	2.25	0.75	2008/4/7	2.73		2008/6/20	3.28	1.28	4.67	0.24		
2008/5/21	1.00	0.00	2008/4/22	2.14		2008/7/3	7.46	2.65	9.86	1.86		
2008/6/4	1.00	0.00	2008/5/8	6.57		2008/7/18	10.74	0.59	6.54	0.41		
2008/6/20	3.69	1.11	2008/5/21	3.20		2008/8/1	3.79	0.15	5.52	1.95		
2008/7/3	3.79	0.21	2008/6/3	1.60		2008/8/18	1.61	0.39	3.11	1.51		
2008/7/18	3.94	0.36	2008/6/20	15.30		2008/8/28	2.15	0.15	1.50	0.50		
2008/8/1	2.05	1.05	2008/7/3	18.11		2008/9/12	0.00	0.00	4.43	0.23		
2008/8/18	2.50	0.17	2008/7/18	7.39		2008/9/29	1.00	0.00	2.50	1.50		
2008/8/28	2.15	0.95	2008/8/1	5.46		2008/10/9	1.00		11.38	9.38		
2008/9/12	3.04	1.71	2008/8/18	2.83		2008/10/24	10.00		2.00			
2008/9/26	3.83	2.83	2008/8/28	4.30		2008/11/7	2.50		4.88	3.28		
2008/10/9	1.17	0.17	2008/9/12	2.50		2008/11/25	3.60	1.40	2.00	0.00		
2008/10/24	2.18	0.32	2008/9/29			2008/12/8	2.90	0.30	1.42	0.08	2.38	0.38
2008/11/7	2.50	0.50	2008/10/9	1.00		2008/12/19	3.33	2.33	3.50	1.50		
2008/11/25	2.13	1.13	2008/10/24	4.00		2009/1/6	1.83	0.17	3.76	1.65	2.00	0.00
2008/12/8	0.75	0.75	2008/11/7	1.33		2009/1/26	2.88	0.88	2.80	0.97	1.22	0.22
2008/12/19	2.13	0.13	2008/11/26	2.71		2009/2/10	1.25	0.25	3.22	1.71	1.53	0.37
2009/1/6	1.70	0.30	2008/12/8	2.33		2009/2/23	2.50	1.50	2.38	1.40	1.93	0.26
2009/1/26	2.45	0.95	2008/12/19	2.25		2009/3/10	2.10	0.10	2.82	0.76	1.93	0.07
2009/2/10	1.33	0.33	2009/1/6	1.55		2009/3/25	1.29	0.04	1.65	0.43	1.00	
2009/2/23	3.51	0.63	2009/1/26	5.89		2009/4/7	2.88		5.60	0.57	1.56	0.56
2009/3/10	1.78	0.78	2009/2/10	2.79		2009/4/22	1.20	0.20	1.55	0.13	1.17	0.17
2009/3/25	2.36	0.36	2009/2/23			2009/5/8	2.50		1.00	0.00	1.53	0.53
2009/4/7	8.83	4.17	2009/3/10	1.29		2009/5/20	2.00		4.67	3.89	2.26	0.53
2009/4/22	2.29	0.54	2009/3/25	3.40		2009/6/4			1.25	0.25	2.33	0.69
2009/5/8	2.25	0.58	2009/4/7	3.83		2009/6/18	3.23	1.05	5.56	1.08	4.67	1.39
2009/5/20	3.50	0.50	2009/4/22	1.67		2009/7/2	12.27	1.88	5.66	2.19	7.28	0.13
2009/6/4	1.86		2009/5/8	1.50		2009/7/16	6.09	2.19	7.98	1.90	2.44	0.22
2009/6/18	8.20	1.89	2009/5/20			2009/7/31	5.23	0.01	7.34	0.75	1.57	0.30
2009/7/2	14.67	0.37	2009/6/4	1.00		2009/8/17	3.33	0.00	3.50	0.75	4.11	1.60
2009/7/16	6.50	0.09	2009/6/18	4.93		2009/9/1	3.67		3.59	1.62	6.75	5.25
2009/7/31	5.06	0.64	2009/7/2	7.83		2009/9/15	5.36	0.24	3.93	1.57	1.63	0.19
2009/8/17	3.78	0.61	2009/7/16	7.17		2009/9/29	2.38	0.88	2.63	0.79	2.35	0.82
2009/9/1	1.67	0.33	2009/7/31	5.65		2009/10/15	3.00		4.22	1.35	1.65	0.11
2009/9/15	2.50	0.00	2009/8/17	4.38		2009/10/29	1.50	0.00	6.67	4.67	2.61	1.11
2009/9/29	1.25	0.25	2009/9/1	1.33		2009/11/16	3.00		2.00	0.74	1.65	0.30
2009/10/15	1.00	0.00	2009/9/15	1.86		2009/11/26	4.50		5.33			
2009/10/29	2.20		2009/9/29	1.00		2009/12/9	4.88	3.38	2.46	1.05	2.22	0.37
2009/11/26	1.50	0.50	2009/10/15	2.50		2009/12/24	3.40		3.25			
2009/12/9	1.00	0.00	2009/10/29	1.60		2010/1/7	1.25	0.25	1.67	0.82	2.33	0.73
2010/1/7	1.75	0.75	2009/11/16	1.75		2010/1/22	12.00		4.00			
			2009/12/9	2.75								
			2009/12/24									
			2010/1/7	1.00								
			2010/1/22									

付表3 ウミグモ成体密度(個体/m2)

	Line A		Line B		Line C		Line D		Line E	
	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE
2008/6/25	1.11	0.34								
2008/7/9	0.48	0.15								
2008/8/7	0.00	0.00								
2008/9/10	0.01	0.00								
2008/10/7	0.01	0.00	0.21	0.10						
2008/11/20	0.02	0.02	0.91	0.37			1.13	0.16	0.21	0.08
2008/12/5	0.05	0.04	0.66	0.25			0.89	0.47	0.04	0.02
2009/1/7	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
2009/3/5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2009/3/19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00
2009/4/17	0.00	0.00	0.10	0.06	0.18	0.09	0.04	0.02	0.01	0.00
2009/5/1	0.01	0.01	0.39	0.24	0.76	0.25	0.24	0.06	0.18	0.09
2009/5/18	0.50	0.16	1.28	0.88	1.09	0.14	1.21	0.15	0.79	0.24
2009/6/1	0.53	0.34	0.90	0.47	2.24	0.55	1.57	0.19	0.63	0.32
2009/6/17	0.15	0.07	0.64	0.40	1.66	0.28	1.00	0.25	0.76	0.14
2009/6/29	0.15	0.12	0.13	0.06	1.92	0.90	0.27	0.05	1.78	1.24
2009/7/16	0.52	0.39	0.28	0.16	0.06	0.03	0.10	0.06	0.16	0.15
2009/7/27	0.07	0.06	0.16	0.06	0.70	0.28	0.32	0.16	0.07	0.04
2009/8/26	0.08	0.07	0.55	0.22	0.27	0.18	0.21	0.15	0.40	0.29
2009/9/10	0.07	0.06	1.04	0.54	0.32	0.08	1.11	0.47	0.42	0.42
2009/9/25	0.02	0.02	0.06	0.01	0.13	0.10	0.58	0.27	0.07	0.02
2009/10/13	0.00	0.00	0.32	0.22	0.20	0.06	0.17	0.09	0.02	0.02
2009/11/5	0.00	0.00	0.05	0.02	0.29	0.17	0.07	0.01	0.04	0.03
2009/11/24	0.00	0.00	0.06	0.06	0.19	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
2009/12/7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2010/2/8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

I - 2 ウミグモ分布生態調査 (H20-21 株式会社東京久栄)

付表 1 底質分析結果(平成 20 年度)

調査点 中里	強熱減量	粒度組成						調査点 金田	強熱減量	粒度組成					
		粘土分	シルト分	細砂分	中砂分	粗砂分	礫分			粘土分	シルト分	細砂分	中砂分	粗砂分	礫分
N-1	2.0	2.1	9.8	74.0	13.9	0.2	0.0	K-1	2.2	1.9	6.2	68.1	22.3	1.5	0.0
N-2	2.0	1.2	5.3	75.1	18.1	0.3	0.0	K-2	1.9	1.2	7.2	68.6	21.0	2.0	0.0
N-3	2.1	1.6	7.8	73.6	16.8	0.2	0.0	K-3	1.9	1.0	7.4	47.0	43.5	1.1	0.0
N-4	2.1	1.7	8.8	74.1	15.2	0.2	0.0	K-4	2.0	1.2	8.0	53.1	36.9	0.8	0.0
N-5	2.3	1.5	6.6	79.3	12.1	0.5	0.0	K-5	2.1	1.8	11.8	52.6	33.5	0.3	0.0
N-6	2.1	0.7	7.1	80.1	11.9	0.2	0.0	K-6	1.8	1.2	6.1	41.2	51.0	0.5	0.0
N-7	1.9	1.8	6.4	65.7	25.9	0.2	0.0	K-7	1.8	1.7	6.4	56.7	34.9	0.3	0.0
N-8	1.6	1.6	5.1	63.6	29.3	0.4	0.0	K-8	1.5	1.4	5.1	46.1	47.4	0.0	0.0

付表 2 底質分析結果(平成 21 年度)

調査点 中里	強熱減量	粒度組成						調査点 金田	強熱減量	粒度組成					
		粘土分	シルト分	細砂分	中砂分	粗砂分	礫分			粘土分	シルト分	細砂分	中砂分	粗砂分	礫分
N-2	1.9	0.8	3.7	74.0	21.2	0.3	0.0	K-2	1.8	0.4	3.9	74.2	20.6	0.9	0.0
N-4	1.9	0.9	5.0	76.1	17.3	0.2	0.5	K-4	1.8	1.0	6.8	58.0	33.8	0.4	0.0
N-7	1.7	0.9	3.4	56.8	37.6	0.4	0.9	K-7	1.7	0.6	3.6	42.2	53.1	0.5	0.0
N-9	1.6	0.7	1.5	79.0	18.8	0.0	0.0	K-9	1.7	0.4	2.6	46.0	50.6	0.4	0.0
N-10	1.8	0.6	4.6	77.9	14.7	0.5	1.7	K-10	1.8	1.0	6.7	58.6	33.7	0.0	0.0
N-11	2.9	3.0	8.8	72.9	11.0	2.3	2.0	K-11	2.1	1.5	10.5	63.4	24.5	0.1	0.0

付表 3 ベントス門別出現結果(平成 20 年度)

単位) 湿重量: g
調査年月日: 2008年7月21日

中里	N-1		N-2		N-3		N-4		N-5		N-6		N-7		N-8	
	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量
門																
刺胞動物			0.3	0.01							0.3	0.01	0.3	0.76	0.3	0.06
扁形動物													1.0	0.00		
紐形動物	3.7	0.06	3.7	0.01	1.3	0.01	3.3	0.04	3.0	1.68	3.0	0.01	10.0	0.04	8.0	0.11
軟体動物	41.7	12.35	123.0	33.63	110.3	34.14	150.7	46.53	174.0	83.33	319.3	100.92	250.3	126.15	15.3	19.39
環形動物	9.3	0.61	26.7	0.41	17.7	0.46	34.3	0.50	43.0	1.12	416.0	6.98	70.0	0.55	21.0	0.82
節足動物	0.7	0.00	0.3	0.00	1.3	0.06	6.7	0.00	15.0	0.26	6.3	0.02	5.3	0.09	1.7	0.06
合計	23.7	0.83	64.0	1.20	52.3	1.77	69.0	12.04	93.0	16.43	539.6	63.47	244.9	103.15	37.0	20.13

注) 0.00: 0.01 g 未満のものを示す。
+: 計数困難なものを示す。

単位) 湿重量: g
調査年月日: 2008年7月21日

番号	門	K-1		K-2		K-3		K-4		K-5		K-6		K-7		K-8		
		個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	
1	刺胞動物	1.3	0.16	0.7	0.09	1.3	0.35	0.7	0.00	1.0	0.53	2.3	0.37	0.7	0.90		+	0.00
2	扁形動物	0.3	0.00			0.3	0.00	2.7	0.15	1.0	0.06	2.0	0.04	1.3	0.05	1.7	0.01	
3	紐形動物	16.3	0.03	19.0	0.03	19.0	0.06	35.3	0.08	35.0	0.10	3.7	0.21	7.7	0.31	13.3	0.10	
4	軟体動物	292.7	67.60	246.3	69.73	473.0	97.00	333.0	76.75	395.7	73.29	90.3	75.97	234.3	65.04	13.3	49.56	
5	環形動物	39.0	0.33	12.3	0.22	27.3	0.24	33.7	0.65	7.3	0.06	9.0	0.61	6.7	0.38	22.0	0.49	
6	節足動物	1.7	0.02	43.3	0.03	13.3	0.16	26.7	0.13	12.7	0.11	11.0	0.30	0.3	0.13	4.0	0.04	
	合計	267.0	3.07	268.0	11.92	377.0	7.27	269.7	21.90	317.0	12.81	114.3	57.51	115.3	28.22	45.7	30.87	

注) 0.00: 0.01 g 未満のものを示す。
+: 計数困難なものを示す。

付表4 二枚貝出現結果(平成20年度)

単位) 個体数

調査年月日: 2008年7月21日

中里	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7	N-8
アサリ	23.3	77.3	71.3	118.3	130.3	168	51.3	2
シオフキ	8.3	12.7	7	6.3	10.7	27	21	0
ハマカガイ	0	0	0	1.3	1	10.3	19.7	7.3

単位) 個体数

調査年月日: 2008年7月21日

金田	K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	K-7	K-8
アサリ	5.7	6.7	20	99	12.7	1	89.3	0.3
シオフキ	59	37.7	113.7	47.7	96.3	0.3	19.3	0.3
ハマカガイ	19.7	9.7	23.7	16	26.7	2.7	27	8

付表5 ウミグモ成体数(平成20年度)

調査年月日: 2008年7月21日

中里

単位: 個体

測点	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7	N-8
1	9	7	3	10	13	6	0	1
2	7	14	25	8	19	11	0	10
3	4	7	27	10	9	9	5	1

金田

測点	K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	K-7	K-8
1	2	3	3	33	36	8	7	12
2	3	10	18	29	8	34	13	5
3	2	5	3	22	27	28	15	6

付表6 ウミグモ成体と地盤高(平成21年度)

中里

調査年月日: 平成21年7月20日、21日

調査地点	N-2	N-4	N-6	N-7	N-9	N-10	N-11
水深(cm)	34	32	29	-7	-95	-82	-232
1	8	48	8	0	2	0	0
2	8	42	8	2	4	2	0
3	2	12	6	4	10	4	0

金田

調査地点	K-2	K-4	K-7	K-9	K-10	K-11
水深(cm)	16	-18	17	-80	-110	-200
1	2	0	10	8	0	0
2	2	0	2	8	0	0
3	2	0	0	12	2	2

付表7 ウミグモ確認率(平成20年度)

付表7 ウミグモ確認率 (平成20年度)

単位：個体数

調査年月日：2008年7月21日

測点	アサリ	シオフキ	バカガイ	
中里	1	3.3	2	-
	2	37.5	2.7	-
	3	50	2.4	-
	4	43.3	3.1	-
	5	66.7	2.3	-
	6	23.3	2.4	-
	7	73.3	2.9	0
	8	-	-	0
金田	1	-	3	0
	2	0	1.9	0
	3	7	0	0
	4	0	1.4	0
	5	10.9	3	0
	6	4.9	3.3	0
	7	6.6	2.8	0
	8	-	0	1

付表8 各二枚貝でのウミグモ確認率と平均ウミグモ数

調査年月日：平成21年度7月20、21日

	確認率(%)	平均ウミグモ数(個体)
アサリ	54.5	7.1
シオフキ	62.0	2.8
バカガイ	0.0	-
マテガイ	63.6	53.3
ハマグリ	3.1	5.0
サルボウ	0.0	-
トリガイ	0.0	-
ムラサキイガイ	0.0	-
カガミガイ	5.6	1.0
ホンビノスガイ	0	-
シラトリガイ属	0	-

付表9 ウミグモ確認率と地盤高

中里 調査年月日：平成21年7月20、21日

測点	N-2	N-4	N-6	N-7	N-8	N-9	N-10	N-11
水深(cm) (DL基準)	34	32	29	-7	-8	-95	-82	-232
ウミグモ成体(個体)	6.0	34.0	7.3	2.0	-	5.3	2.0	0.0
確認率(%)	アサリ	33.3	63.3	60.0	72.7			
()内は、 検体数	シオフキ		50.0	66.7	56.7			
	バカガイ	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	
	マテガイ					63.3	100.0	
	ハマグリ		0.0	0.0	0.0	5.0		
	サルボウ		0.0	0.0	0.0			
	トリガイ							0.0
	ムラサキイガイ					0.0		
	カガミガイ							0.0
	ホンビノスガイ							0.0

金田 調査年月日：平成21年7月20、21日

測点	K-2	K-4	K-7	K-9	K-10	K-11	K-12
水深(cm) (DL基準)	16	-18	17	-80	-110	-200	-200
ウミグモ成体(個体)	2.0	0.0	4.0	9.3	0.7	0.7	-
確認率(%)	アサリ		80.0				
()内は、 検体数	シオフキ		58.3				100.0
	バカガイ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	マテガイ			100.0		0.0	
	ハマグリ						
	サルボウ		0.0	0.0			0.0
	トリガイ						0.0
	ムラサキイガイ					0.0	0.0
	カガミガイ	0.0		100.0			
	ホンビノスガイ						
シラトリガイ属		0.0					

I-3 ウミグモ寄生生態調査 (H20-21 京都大学)
(図化データなし)

I-4 分子マーカーによるウミグモ生態調査 (H20-21 (独) 水産総合研究センター)
(図化データなし)

Ⅱ. ウミグモ駆除手法の検証 (H20-21 千葉県水産総合研究センター)

付表4 チェーン曳き試験結果(2008/6/25)

	Tow No.	Towed distance	Number of sea spiders								% of spiders	
			Total [A]	Intact [B]		Wounded [C]		Dead [D]		Sex unknown	% [C+D]	% [D]
				Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Wounded+Dead	Dead
Rectangular Chian	1	25 m	25	10	8	4	2	1	0	0	28	4
	2	50 m	20	10	6	0	1	2	1	0	20	15
	3	50 m	24	5	7	7	4	0	0	1	50	4
	4	50 m	184	67	80	19	5	7	6	0	20	7
	Mean										30	8
Control (Net)	5	50 m	109	31	36	17	5	8	10	2	39	18
	6	37.5 m	43	19	13	3	6	1	1	0	26	5
	Mean										32	11

付表5 チェーン曳き試験結果(2008/7/9)

	Tow No.	Towed distance	Number of sea spiders								% of spiders	
			Total [A]	Vigorous [B]		Moribund [C]		Dead [D]		Sex unknown	% [C+D]	% [D]
				Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Moribund+Dead	Dead
Rectangular Chian	5	50 m	10	5	4				1		10	10
	6	50 m	44	21	17			3	3		14	14
	7	50 m	66	25	22	4	3	2	2	8	29	18
	8	50 m	130	45	59	8	4		1	13	20	11
	Mean										24	14
Diamond Chain	1	50 m	9	4	3			1	1		22	22
	2	50 m	10	6	4						0	0
	3	50 m	5	2	2				1		20	20
	Mean										10	10
Control (Net)	4	50 m	17	5	10				1	1	12	12
	9	50 m	37	14	11		6	3	3		32	16
	10	50 m	55	19	21	7	5	1	1	1	27	5
	Mean										30	11

付表6 チェーン曳き試験結果(2008/8/7)

	Tow No.	Towed distance	Number of sea spiders								% of spiders	
			Total [A]	Vigorous [B]		Moribund [C]		Dead [D]		Sex unknown	% [C+D]	% [D]
				Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Moribund+Dead
Control (Boat-towing)	1	50 m										
	2	50 m										
	3	50 m										
	Mean											
Control (Manual towing)	4	25 m	1	1							0	0
	5	25 m										
	6	25 m										
	Mean											
Chain (Boat-towing)	7	50 m										
	8	50 m										
	9	50 m	1	1							0	0
	Mean											
Chain (Manual towing)	10	25 m										
	11	25 m										
	12	25 m										
	Mean											
Chain (Repeated boat-towing)*	13	50 m	1	1							0	0
	14	50 m										
	15	50 m	1		1						0	0
	Mean											

