

アニサキス科線虫類幼虫のスルメイカへの寄生

学位論文内容の要旨

〔目的〕

寄生虫の中には、魚の病気や品質の低下を起こすものや、人間に感染して公衆衛生上問題になるものが多数存在する。そのため、これまで分類学的研究や食品衛生学的研究が多くなされてきた。一方で、寄生虫の生活史について研究された例は少なく、個体数の季節変動や年変動が追跡された例は、きわめて稀である。寄生虫の生活史を知るためには、それらが無脊椎動物、魚類、鳥類、海棲哺乳類などの生物を宿主としてどのように利用しているのかを調べる必要がある。

アニサキス科 *Anisakidae* 線虫に属する *Anisakis simplex* は、宿主間の食物連鎖を利用しており、オキアミなどの甲殻類からアジやサバ類、スルメイカ *Todarodes pacificus* などの魚類、頭足類を介して、最終宿主である海棲哺乳類に寄生する。本種の生活史における魚類や頭足類は、待機宿主と呼ばれており、それらへの本種の幼虫の寄生率は高いことが知られている。

これまでの研究で、スルメイカに寄生する *A. simplex* の主な寄生源は、北日本海域にあると推定されている。しかし、調査で用いられたスルメイカは生まれ群が区別されていない。スルメイカは、生まれ群により回遊経路や索餌海域が異なることから、分布域や食性に違いが生じる。そのため、幼虫の寄生率や寄生数などの寄生状況に違いがあると考えられる。

また、スルメイカには、同じアニサキス科線虫に属する *Lappetascaris* sp. が寄生している。本種の生活史については、現在のところまったくわかっておらず、スルメイカ以外ではタコイカとアカイカからのみ検出されており、成虫を宿す最終宿主はイカ類を捕食する大型魚類ではないかと推測されている。

本研究では、アニサキス科線虫の宿主の1つであるスルメイカにおける2種の幼虫の寄生特性を明らかにすることを目的とした。具体的には、飼育実験による幼虫の行動観察に基づく宿主体内での寄生プロセスの推定、および季節的に異なる時期と海域でスルメイカを採集して幼虫の寄生状況を精査し、いつ、どこで、どのように2種の幼虫が寄生するのかを考察した。

〔材料と方法〕

本研究では、2008～2009年に日本周辺海域12地点で漁獲されたスルメイカ3,417個体を用いた。採集したスルメイカは、精密測定(外套背長、体重、成熟度判定)を行った。その後、幼虫の寄生数と寄生部位を記録し、検出した幼虫は顕微鏡で観察して同定した。さらに、2007年12月に函館沖で漁獲されたスルメイカを用いて、スルメイカ生存時における幼虫の寄生部位を調べた。これには、宿主死亡後の幼虫の移動の有無を調べるため、スルメイカ死亡後の幼虫の移動を1時間ごとに記録した。

飼育実験では、FITC-biotinを注入した幼虫を餌に封入し、スルメイカに投与後解剖し、寄生の有無を調べた。さらに、酸素パックにスルメイカと染色した幼虫を同封し、寄生の有無を調べた。

〔結果と考察〕

1. アニサキス科線虫類幼虫の寄生様式

スルメイカには、*A. simplex*と*Lappetascaris* sp. の2種類の幼虫が寄生していた。寄生部位は、*A. simplex*が胃部外壁と盲嚢、*Lappetascaris* sp.が鰓周辺の外套膜内壁筋肉内であった。

A. simplex 幼虫は、漁獲されたスルメイカ3,417個体のうち154個体(4.5%)で認められた。また、検出した幼虫は200個体であり、すべてが胃部外壁と盲嚢から検出された。幼虫は、スルメイカ1個体に1～6個体寄生しており、平均 1.30 ± 0.75 (SD) 個体寄生していた。

Lappetascaris sp. 幼虫は、漁獲されたスルメイカ3,417個体のうち318個体(9.3%)で認められた。また、検出した幼虫は454個体であり、全て外套膜内壁筋肉内から検出された。幼虫は、スルメイカ1個体に1～5個体寄生しており、平均 1.43 ± 0.76 (SD) 個体寄生していた。

スルメイカの外套背長と 2 種の幼虫の全長には相関がなく、*A. simplex* 幼虫はオキアミ類や他の待機宿主から得られた幼虫の全長と変わりなかった。このことから、他の待機宿主体内同様にスルメイカ体内でも成長せず、被囊（水疱様の袋の中にいる状態）し、休眠していると考えられる。

FITC-biotin で染色した幼虫を餌に入れ、スルメイカに投与した結果、*A. simplex* 幼虫は胃部外壁と盲囊への寄生が確認されたが、*Lappetascaris* sp. 幼虫の寄生は確認されなかった。一方、酸素パックにスルメイカと FITC-biotin で染色した 2 種の幼虫を入れた寄生実験では、*Lappetascaris* sp. 幼虫の鰓への寄生が確認されたが、*A. simplex* 幼虫では寄生は確認されなかった。これらの結果から、*A. simplex* 幼虫は、宿主間の捕食 - 被食関係を通じて多くの魚類や頭足類に寄生することが確認できた。また、*Lappetascaris* sp. 幼虫の寄生は、餌を介して起こるのではなく、スルメイカが呼吸のために外套膜内に海水を取り込む際に、海水中を漂う *Lappetascaris* sp. 幼虫と一緒に取り込まれ、鰓に寄生することが示唆される。

2. スルメイカの分布回遊とアニサキス科線虫類幼虫の寄生

雌雄間で 2 種の幼虫の寄生率に差は認められなかった。しかし、スルメイカの外套背長と 2 種の幼虫の寄生の関係を調べたところ、雌雄共に外套背長が 220mm 以上になると寄生個体数は増加した。さらに、外套背長は寄生個体の方が未寄生個体よりも大きかった。これは、幼虫の寄生がスルメイカの雌雄には関係がなく、個体サイズに関係していることを示している。

A. simplex 幼虫の寄生率は、索餌海域において秋生まれ群より冬生まれ群で高かった。これは、スルメイカがオホーツク海および親潮流域で *A. simplex* 幼虫の寄生した餌(オキアミ類やスケトウダラなど)を索餌し、体内に幼虫を取り込んだ可能性がある。また、冬生まれ群の索餌海域の個体群と南下回遊時の個体群の寄生率や幼虫保有数を調べたところ、ともに差はなかった。したがって、索餌海域から産卵海域へ向けて南下回遊中のスルメイカは、*A. simplex* 幼虫の新たな寄生を受けないと推察される。

秋、冬生まれ群ともに北上回遊期と索餌期初期の個体では、*Lappetascaris*

sp.幼虫の寄生率は低かった。また、索餌海域の個体群と南下回遊時の個体群の寄生率や幼虫保有数を調べたところ、寄生率は共に高く、幼虫保有数には差がなかった。このことから、*Lappetascaris* sp.幼虫の寄生は、スルメイカの季節発生群に関係なく、北海道周辺海域に来遊し、呼吸のために外套膜内に海水を取り込む際に *Lappetascaris* sp.幼虫と一緒に取り込んだためと考えられる。

〔総合考察〕

本研究で明らかにした *A. simplex* と *Lappetascaris* sp. のスルメイカへの寄生特性は、多くの点で相違し、特にスルメイカへの侵入から寄生へのプロセスが全く異なっていた。この相違については、2種の幼虫の形態、特に尾部の違いが関係している可能性がある。*A. simplex* の尾部は鈍円で短いのに対し、*Lappetascaris* sp. の尾部は細長く鋭い鉤状であった。*Lappetascaris* sp. はスルメイカに取り込まれた際、鉤状の尾部を鰓に引っかけることで寄生するのではないかと考えられる。

また、*A. simplex* 幼虫の寄生は、冬生まれ群がオホーツク海および親潮海域で幼虫の寄生した餌（オキアミ類やスケトウダラなど）を摂餌し、体内に幼虫を取り込んだためと考えられた。オホーツク海および親潮海域は、*A. simplex* の生活史に必要なオキアミ（中間宿主）やカタクチイワシ、スケトウダラ、サンマ（待機宿主）、ミンククジラ（最終宿主）が揃っており、それらが捕食－被食の関係にある。そのため、*A. simplex* は本海域で生活史を完結していると考えられる。

以上のことから、オホーツク海および親潮海域では、スルメイカの餌生物における *A. simplex* の寄生率や幼虫保有数が他の海域より高くなり、本海域で索餌を行った個体は *A. simplex* を体内に取り込む機会が増え、寄生されやすくなった可能性がある。本研究で明らかにした 2 種の幼虫の寄生の違いは、スルメイカの系群判別や分布回遊を知るうえでの有用な生物標識となる可能性がある。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 桜 井 泰 憲

副 査 教 授 吉 水 守

副 査 准教授 綿 貫 豊

副 査 准教授 バウア ジョン リチャード

学 位 論 文 題 名

アニサキス科線虫類幼虫のスルメイカへの寄生

アニサキス科線虫に属する *Anisakis simplex* は、宿主間の食物連鎖を利用しており、オキアミなどの甲殻類からアジやサバ類、スルメイカなどを介して、最終宿主である海棲哺乳類に寄生する。これまでの *A. simplex* 幼虫の寄生状況調査は、宿主の生活史や生態が考慮されないまま行われてきた。宿主の1つであるスルメイカは、季節発生群により回遊経路や索餌海域が異なることから、分布域や食性に違いが生じる。そのため、幼虫の寄生率や寄生数には、時間的・地理的な違いがあると考えられる。また、スルメイカには同じアニサキス科線虫に属する *Lappetascaris* sp. が寄生しているが、本種のスルメイカへの寄生の経路などはほとんどわかっていない。

本研究では、スルメイカに寄生する2種のアニサキス科線虫類幼虫の寄生方法を明らかにすることを目的とし、飼育実験による2種の幼虫の宿主体内での寄生までのプロセスの推定、および季節的に異なる時期と海域でスルメイカを採集して2種の幼虫の寄生状況を精査し、スルメイカの分布回遊と2種の幼虫の寄生の関係を検証した。

〔材料と方法〕

本研究では、日本周辺海域12地点で漁獲されたスルメイカ3,417個体を用いた。採集したスルメイカは、精密測定を行った。その後、幼虫の寄生数と寄生部位を記録し、検出した幼虫は顕微鏡で観察して同定した。

飼育実験では、5%FITC-biotin で染色した幼虫を餌に封入し、スルメイカに投与後に解剖し、寄生の有無を調べた。さらに、海水・酸素パックにスルメイカと染色した幼虫を混泳させ、寄生の有無を調べた。

〔結果と考察〕

1. アニサキス科線虫類幼虫の寄生様式

スルメイカには、*A. simplex* が胃部・盲囊外壁、*Lappetascaris* sp. が鰓周辺の外套膜内壁筋肉内に寄生していた。

A. simplex 幼虫は、漁獲されたスルメイカ 3,417 個体のうち 154 個体(4.5%)で認められた。また、*Lappetascaris* sp. 幼虫はスルメイカ 3,417 個体のうち 318 個体(9.3%)で認められた。

染色した幼虫を餌に入れ、スルメイカに投与した結果、*A. simplex* 幼虫は胃部・盲囊外壁への寄生が確認された。一方、海水・酸素パックにスルメイカと染色した 2 種の幼虫を混泳させた寄生実験では、*Lappetascaris* sp. 幼虫の鰓への付着が確認された。これらの結果から、*A. simplex* 幼虫は、宿主間の捕食―被食関係を通じて多くの魚類や頭足類に寄生することを実験的に証明した。また、*Lappetascaris* sp. 幼虫の寄生は、スルメイカが呼吸の際に、海水中を漂う本幼虫を海水とともに外套内に取り込み、鰓にトラップされ、最終的に外套内壁に寄生すると考えた。

2. スルメイカの分布回遊とアニサキス科線虫類幼虫の寄生

A. simplex 幼虫の寄生率は、索餌海域において秋生まれ群より冬生まれ群で高かった。これは、スルメイカがオホーツク海および親潮域で本幼虫の寄生した餌(オキアミ類やスケトウダラなど)を索餌し、体内に幼虫を取り込んだと推定した。

秋、冬生まれ群ともに北上回遊期と索餌期初期の個体では、*Lappetascaris* sp. 幼虫の寄生率は低かった。しかし、北海道周辺海域で索餌期を過ごしたスルメイカには、幼虫が高頻度で寄生していた。このことから、本幼虫の寄生は、スルメイカの季節発生群に関係なく、主に北海道周辺海域での索餌・成長期に寄生すると推定した。

〔総合考察〕

スルメイカへの侵入から寄生へのプロセスは、*A. simplex* と *Lappetascaris* sp. で異なっていた。この相違は、2 種の幼虫の尾部の形態の違いが関係している可能性がある。*A. simplex* の尾部は鈍円で短いのに対して、*Lappetascaris* sp. の尾部は細長く鋭い鉤状であった。*Lappetascaris* sp. はスルメイカに取り込まれた際、鉤状の尾部を鰓に引っかけることで寄生すると推定した。

オホーツク海および親潮域は、*A. simplex* の生活史に必要なオキアミ（中間宿主）やカタクチイワシ、スケトウダラ、サンマ（待機宿主）、ミンククジラ（最終宿主）が捕食―被食の関係にある。そのため、*A. simplex* は本海域で生活史を完結していると考えられる。このことから、オホーツク海および親潮域では、スルメイカの餌生物における *A. simplex* の寄生率や幼虫保有数が他の海域より高くなり、本海域で索餌を行った個体は *A. simplex* を体内に取り込む機会が増え、寄生されやすくなったと推定した。

本研究は、アニサキス科線虫類幼虫のスルメイカ体内への寄生プロセスを初めて解明し、スルメイカの分布回遊と幼虫の寄生の時間的・地理的变化について明らかにした。こ

の成果は、寄生虫を用いた宿主の系群判別、分布・回遊経路などの解明に大きく寄与する。審査員一同は、申請者が博士（水産科学）の学位を授与される資格のあるものと判定した。