

魚介類の寄生虫病への対策確立を目指して

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	良永, 知義
巻/号	78巻3号
掲載ページ	p. 384-387
発行年月	2012年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



平成 23 年度水産学進歩賞

魚介類の寄生虫病への対策確立を目指して^a

良 永 知 義

東京大学大学院農学生命科学研究科

Works toward development of countermeasures against fish and shellfish parasitic diseases

TOMOYOSHI YOSHINAGA

*Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo,
Bunkyo, Tokyo 113-8657, Japan*

これまで産業からの研究ニーズに対応する形で様々な寄生虫について研究を行ってきた。魚介類の寄生虫病の専門家が少ないこともあり、寄生虫であれば相手を選ばず研究してきた感がある。本稿では、これまでの自分自身の研究の一部を紹介しながら、対策という観点から、寄生虫病の特徴を概観するとともに、今後の研究の抱負にも触れる。

1. 環境と寄生虫

「寄生虫は宿主が死亡すると自分も死んでしまうのだから、病害性は低いはず。」「天然の魚介類にも寄生していて、養殖場のように宿主が過密状態で存在している場所で大量に増殖する。」この認識は水産研究者からしばしば聞く話で、一般的な認識になっているようだ。

ブリ属の体表に寄生する単生類のハダムシ *Benedenia seriolae* や、海産魚の白点虫でよばれる繊毛虫 *Cryptocaryon irritans* などは、天然魚に寄生して見つかることはまれである。天然海域では感染幼虫が宿主にであう確率が低く、これが増殖の律速になっていると考えられる。しかし、養殖場のような魚体密度の高い場所では、宿主に出会う確率が天然に比較して格段に高く、寄生強度も著しく高くなる。

また、中間宿主の有無も寄生に大きな影響を与える。たとえば、アコヤガイの生殖巣・結合組織に幼虫が寄生する吸虫 *Bucephalus varicus* の場合は、終宿主である魚類マルエバやナガエバがいない水域で養殖されているアコヤガイには寄生しない。¹⁾

宿主が養殖場という環境に置かれたために寄生虫病の発生が増大する場合、何らかの方法で寄生虫の感染環を断つ、あるいは飼育方法の改良により感染幼虫が宿主に出会う確率を下げるのが有効だと考えられる。

先に述べたアコヤガイの吸虫寄生の場合は、アコヤガ

イの養殖場を移動させることで感染環が断たれ、問題は生じなくなったとされている。

宿主に出会う確率を下げるためには、それぞれの寄生虫の養殖場での感染環を定量的に把握し、飼育密度を下げる、生簀の間に距離を置く、感染源になる越冬魚と種苗を湾を変えて飼育するなどの方法が考えられる。しかし、実際には、養殖は経済行為であること、また、飼育形態の変化のためには区画漁業権を執行している養殖漁家間の調整が必要であることなどから、実現していない。

2. 駆虫薬

寄生虫の駆虫薬の開発は容易ではない。体表や鰓上に寄生する虫体に対しては、様々な化学物質による薬浴が有効であるが、これらの中には安全性の観点から食用魚には用いることができないものも多い。¹⁾

細菌病の多くは抗生物質による治療が可能である。しかし、寄生虫と宿主である魚介類はどちらも真核生物であり、その代謝系や生合成系は細菌と魚介類ほどは違わない。このことが、駆虫剤の探索・開発を難しくしている一因となっている。

寄生虫のほとんどが *in vitro* で培養ができないという点も大きな阻害要因である。培養できない寄生虫では、宿主を使って維持、増殖させた虫体を用いて薬剤の探索や評価をせざるを得ない。また、全ての評価を *in vivo* での攻撃試験によって行う必要がある。

学位取得直後に、寄生虫の *in vitro* 培養法を開発したいという夢をもった。幸いにして、海産魚の白点虫について培養細胞を餌とした培養法を開発できた。³⁾ 開発した培養法を用いて、様々な抗原虫薬の効果を *in vitro* で評価し、鶏のコクシジウムの駆虫薬であるイオノフォア系抗生物質が有効であることを見出した。その有効性はヒラメを用いた *in vivo* 試験でも証明された。⁴⁾ 現在、マ

ダイを対象として、この抗生物質による白点病治療薬開発を目指して研究を行っている。

3. ワクチン

近年、魚類の細菌病やウイルス病を対称としたワクチンの開発が盛んに行われ、市販されるようになった。寄生虫に対するワクチンの研究もいろいろされているが、市販された抗寄生虫ワクチンは存在しない。

寄生虫には宿主の生体防御系を潜り抜けることができる種も多く、一般に、寄生虫病では、ウイルス病や細菌病にみられるような宿主による免疫の獲得は弱い。

ハダムシの一種 *Neoheterobothrium hirame* に実験的に寄生させたヒラメを、淡水浴によって駆虫しふたたび感染させたところ、寄生強度はコントロールの半分程度にとどまった。⁵⁾ また、サケの体表細胞に寄生するべん毛虫 *Ictyobodo necator* では、魚に寄生する虫体数は、一旦最初増加した後、徐々に減少するということが報告されている。⁶⁾

ただし、これらの寄生強度の低下は、免疫の獲得というよりも、寄生によって体表の構造や粘液に変化が起き、それによって寄生強度が下がったためと考えられる。その証拠に、過去にハダムシの寄生を受けたブリでも繰り返し寄生をうけることができる。⁷⁾ このような寄生虫では、ワクチンの開発は非常に困難だと言わざるを得ない。

細菌やウイルスでは培養によって得た抗原を不活化して使用する場合がほとんどである。前述したように寄生虫の多くは *in vitro* 培養系が開発されておらず、ワクチンのための抗原の入手も困難である。

最近ヒラメに日和見感染的に寄生するスクーチカ織毛虫に対するワクチン開発の試みがなされている。⁸⁾ これは、この寄生虫が本来自由生活性で、培地を用いた大量培養が可能であるためであり、例外的である。

抗原入手の問題は、将来的には、抗原タンパクを遺伝子組換え体によって大量生産することで克服できるかもしれない。しかし、宿主の生体防御系を潜り抜ける術を持つ多くの寄生虫では、ワクチン開発はやはり難しい。

4. 育種

寄生虫には宿主特異性の強い種が多数存在する。特に、養殖場で大きな被害を生じている単生類などでは、宿主が同じ属に属していても種や系群が異なると全く寄生できない、あるいは寄生強度が著しく低くなる場合が多い。

たとえば、トラフグのエラムシ *Heterobothrium okamotoi* はトラフグには寄生するが、クサフグの鰓に着定した場合はすぐに排除されてしまう。⁹⁾ また、大西洋サケの体表に寄生する単生類 *Gylodactylus salmonis* は、バルト海系群の大西洋サケでは大量増殖できないが、北海系群の大西洋サケでは、大量増殖し、養殖および天然魚群に死亡をもたらす。¹⁰⁾

一方、魚類では、属内であれば交雑可能な種類が多い。そのため、交雑による耐病家系の作出が有効と考え

られる。現在、東京大学附属水産実験所の鈴木譲先生のグループは、*H. okamotoi* 耐病家系の作出を目指して、トラフグとクサフグの交雑家系を用いた病遺伝子の探索を行っている。今後、ワクチンや薬剤開発が困難な寄生虫に対しては、宿主特異性を利用した育種は重要な研究方向になると考える。

5. Integrated Parasite Management (IPM)

前述したような寄生虫病の特徴は、魚介類だけでなく、陸上の家畜でも同様である。家畜の寄生虫病でもワクチン開発が難しく、また、薬剤耐性をもつ寄生虫の発生も多い。そのような背景から、薬剤やワクチンの開発によって疾病を抑え込むのではなく、利用できるすべての方策を組み合わせて寄生虫病の発生を経済的に許容できる範囲に抑えるという手法が重要と考えられるようになった。これが、総合的寄生虫管理すなわち Integrated Parasite Management と呼ばれる考え方である。

IPM としては、感染幼虫が宿主に出会う機会を下げるため生簀周辺の水通をよくする、中間宿主のいない環境で飼育するというような方策が考えられる。

最近、私自身もかかわった研究であるが、水産総合研究センター水産工学研究所高木儀昌室長を中心としたグループが、魚を入れ替えることなく網を乾かすことができる生簀網の開発を行った。この網を用いると、付着したハダムシの虫卵を乾燥により殺すことができる。¹¹⁾

現在、ハダムシ対策としては淡水浴や薬浴が一般的であるが、その作業は大きな労力を必要としている。また、魚体への負担も大きい。この新型生簀は淡水浴・薬浴の回数を減らし、少しでも省力化しようとするものである。この取り組みも、IPM を目指した研究の一つと位置づけられる。

IPM の実施にあたっては、それぞれの寄生虫や養殖対象種によって、また、養殖場での飼育方法や周囲の環境によって管理方法が大きく変わる。対象とする生物と養殖場の環境について十分な知見を集積し、それぞれの養殖場で異なる IPM を構築する必要がある。

6. 天然魚介類の寄生虫病

前述した薬剤、ワクチン、育種、IPM のどれもが歯が立たない対象がある。天然生物の寄生虫病である。

「天然の魚介類にも寄生していて、養殖場のように宿主が過密状態で存在してる場所で大量に増殖する。」はずの寄生虫が、どうして天然魚介類で問題になるほど大発生するのだろうか？ 私のこれまでの経験では二つの要因が大きいと思う。一つは、侵入疾病の宿主転換、そしてもう一つは何らかの環境の変化である。

1990年代半ばに日本近海に原因不明の貧血ヒラメが高頻度に発生するようになった。当初はウイルス病であると疑われていたが、その後、私を含む水産庁養殖研究所を中心としたグループが、エラムシの一種である単生類 *Neoheterobothrium hirame* の寄生が原因であることが証明した。¹²⁾

さらに、本種がもともとは北米東岸に生息するサザン

フ라운ダーに低い感染強度で感染していたものが、何らかの経路で日本近海に侵入し、ヒラメに寄生して広がったものであることもわかった。一般に、寄生虫は本来の宿主に対しては病原性が低いが、新しい宿主に出会って宿主転換し、病原性が強く出る場合がある。本寄生虫の場合も、このようなケースに当てはまる。

2007年以來、東京湾東岸のアサリにカイヤドリウミグモが大量発生しアサリの大量死が起きている。¹³⁾ そのため、当地でのアサリの生産はほぼ休止状態に陥っている。この寄生虫は日本国内で過去に大量発生した記録もあり、海外から侵入した可能性は低い。何らかの環境変化がこの大量発生をもたらしたと考えられるが、その詳細は不明である。

また、1980年代中ごろから、日本の各地でアサリの資源量が激減し、現在の生産量は盛期の1/4程度にとどまっている。一方、北海道の一部の海域を除く広い海域のアサリに *Perkinsus olseni* が感染していることが2000年代の初めに明らかにされた。¹⁴⁾ この原虫は世界獣疫機関(OIE)によって重要病原体に指定されているが、国内のアサリの研究者はその存在をほとんど考慮せずに研究を行っている。しかし、アサリへの攻撃試験では、本虫は少なくとも殻長10 mm以下程度の幼貝には致死性であった。¹⁵⁾ この寄生虫が天然アサリの減耗要因の一つになっている可能性も高い。

カイヤドリウミグモも *P. olseni* もアサリに侵入しやすい季節があり、また、ある程度の大きさのアサリは寄生に耐えるようである。また、*P. olseni* が存在しているも、海域によって感染レベルが大きく異なる。これらの特徴を利用すると、寄生虫の存在下でもアサリの生産を維持、増産できる可能性がある。たとえば、寄生に耐えられるサイズのアサリを侵入盛期をさけて放流するという方法である。*P. olseni* については、寄生強度が低い海域に増殖場を整備する、あるいは、そういう環境で種苗の中間育成を行い、耐過サイズに成長してから放流するという方法も考えられる。

いずれにせよ、これらは、寄生虫が存在する中でもなんとかかいくぐって生産を行うという考え方である。通常、病害の対策としては、「病害防除」という用語が一般的であるが、本稿のタイトルではあえて、対策という用語にこだわった理由もここにある。

7. 海外疾病の侵入とその防除

海外からの疾病の侵入が頻発している。1990年代以降に侵入した重要な疾病に限ってみても、マダイイリドウイルス病、海産魚のハダムシ、アコヤガイの赤変病、ヒラメのネオヘテロボツリウム症、コイヘルペスウイルス病、アユの *Edwardsiella ictaluri* (細菌) 感染、マボヤの原虫感染による被囊軟化症、アワビのキセノハリオチス(細菌)感染があげられる。

これらの疾病の多くは侵入後蔓延し、養殖業や産業に大きな影響を与えてきた。対策が確立したものでも生産コストの上昇につながっている。また、現時点では全く対策が見当たらない病気、天然資源へ広がり実効性のあ

る対策を講じられない疾病もある。

疾病による産業の崩壊の例もある。アメリカ東岸のアメリカガキの生産は、*Haplosporidium nelsoni* と *Perkinsus marinus* という2種の寄生虫の侵入で、かつては20万トン以上の生産量があったものが、数千トン程度にまで減少し、産業がほぼ成り立たなくなっている。この2種のうち、前者は極東のマガキに極めて低い強度で寄生していた種がアメリカに種苗とともに伝搬して宿主転換したと考えられている。また、日本では1990年代にアコヤガイの赤変病が突然発生し、真珠産業が大被害を被り、社会問題化した。これは、病原体は特定されていないが、アコヤガイ種苗とともに中国から持ち込まれた病原体が原因と考えられている。

疾病に対する対策を講じるには時間もかかり、有効な対策が見当たらない場合が多い。重大な疾病が次々と侵入しており、それぞれに対する予防治療法を一つ一つ研究しているのでは間に合わなくなっている。原因究明、診断法開発ととりあえずの対処法が決まった段階で研究がストップすることもある。寄生虫病にとどまらず、水産生物の疾病の侵入を防除することが最も重要な課題の一つになっている。

重大な疾病の侵入が頻発する理由としては、いろいろな複合的要因が絡んでいるが、一つには、我が国では水産生物疾病の侵入防止のための法と制度の整備が進んでいないこと、また一つには、水産生物が多様であるため疾病侵入の予想が困難なことも大きいと考える。

防疫の対象となっている水産生物は、コイ科、サケ科魚種とエビ類だけである。しかし、これら以外の魚介類に重要な病気はないわけではない。アワビの疾病であるキセノハリオチスはOIEが以前から重要疾病として指定してきたにもかかわらず、防疫の対象となっていなかった。また、海外の魚病専門科学雑誌には毎年新しい疾病がいくつも報告されている。しかし、それぞれの疾病が侵入する可能性や、侵入した場合に予想される影響の評価はされていない。どこかの組織で行っている可能性もあるが、少なくとも公表はされていない。

法や制度の整備の遅れには様々な原因がある。国際的には、農産物の防疫は非関税障壁につながりやすく最低限にとどめるべきと考えられている。また、防疫対象の疾病が侵入した場合、現行法では埋却、焼却などの処分を行うことになるが、そのためには漁業者への補償が必要である。魚介類の病気は、家畜と異なり封じ込めが困難であり、蔓延しやすい。処分のための補償金の予算的措置も必要である。これらが大きな壁となっていると思われる。

1990年代にカナダ西岸の海域に移植されたホタテガイでは、*Perkinsus qugwadi* という原虫の感染により半数以上が死亡した例がある。¹⁾ 現地の在来の貝に寄生していた種が、日本から移入されたホタテガイに宿主転換して、強い病原性を示したものと思われる。この病気が日本に侵入するとホタテガイ産業は養殖、天然を問わず、大きな被害を被ることになる。しかし、この疾病も防疫の対象にはなっていない。ホタテガイの生産額は天

然養殖を合わせて、約600億円に達する。侵入した場合の蔓延防止に必要な経費を考えると防疫対象にできないのではないだろうか。

また、水産生物では様々な種類が世界各地で養殖されており、そのうえ宿主転換を考えると疾病の侵入をあらかじめ予想することは困難である。このことも疾病侵入の要因になっている。先に挙げた侵入疾病のうち、日本で発見される前から知られていた疾病は、コイヘルペスウイルス病とアワビのキセノハリオチス感染のみである。

2008年ヨーロッパの一部海域で養殖されていたマガキに新しい病原体カキヘルペスウイルス変異株が現れ、マガキの大量死が生じた。この病気は2010年にはオセアニアにまで飛び火した。農林水産省は、2011年春に、この疾病の侵入防止のため、種苗の輸入・購入に関する注意喚起とその周知要請を都道府県に対して2回にわたって行った（農林水産省ホームページ：http://www.fish-pathology.com/news_kaki.pdf, 2012年3月9日）。

2011年11月と2012年2月にカキの主産県においてこの注意喚起がカキ養殖業者にどの程度浸透しているかを聞き取り調査した。県によって大きく異なるものの、カキヘルペスウイルスという名前さえ聞いたことがない漁業者が3割以上存在し、また、聞いたことがあるという養殖業者の中でも、その危険性を理解している漁業者は極めて少なかった。農林水産省が発した注意喚起は現場にはきちんと届いていないといわざるを得ない。

先に述べたように、魚介類の疾病防止のための法や制度の整備は難しい。「お上には頼れない」状況である。だとすると、養殖業界自身が疾病侵入防止のための方策を自主的に講じるしかない。一方、聞き取り調査によって、カキ養殖業者のほとんどは重大な感染症を経験しておらず、外国での疾病によるカキ産業崩壊やアコヤガイの赤変病に関する知識を持っていないことが分かった。

病気の怖さを認識していない状態の養殖業者に対して一方的に疾病の怖さを説いても有効ではないであろう。リスク（この場合は重大疾病の侵入・蔓延）の管理を行うためには、リスクの精度高い評価と評価に基づく管理が重要であることは言うまでもないが、最近ではリスクコミュニケーションの重要性が注目されている。

リスクコミュニケーションとは、利害関係者がリスクに関する正確な情報を共有し、相互に意思疎通を図りながら合意形成を行うことである。魚介類疾病の侵入防止という観点でみると、利害関係者は、養殖業者、漁獲漁業者、流通業界、消費者、行政と非常に広く、これらが疾病侵入防止のための議論をオープンに行って侵入防止のためにとるべき方策に関して合意形成をしていく必要がある。私自身も合意形成に必要な社会的側面からの研究を進めていきたい。

謝 辞

これまでの研究に当たっては多くの方々にお世話になってきた。特に、指導教官として暖かく見守っていただ

いた若林久嗣先生、現職に就いた後も長く指導いただいた小川和夫先生には心から感謝の意を表す。水産研究所時代には多くの上司、同僚、部下に支えられて研究を行ってきた。また、魚病対策のために一緒に汗を流した都道府県の魚病担当者の方々、養殖業者の方々、そして、学生の皆さんにも支えられて研究を行っている。これらの皆さんに厚く御礼を申し上げたい。

文 献

- 1) 江草周三監修, 若林久嗣・室賀清邦編. 「魚介類の感染症・寄生虫病」恒星社厚生閣, 東京, 1998.
- 2) Shirakashi S, Nakatsuka S, Udagawa A, Ogawa K. Oncomiracidial behavior of *Heterobothrium okamotoi* (Monogenia, Diclidophoridae). *Fish Pathol.* 2010; **45**: 51-57.
- 3) Yoshinaga T, Akiyama K, Nishida S, Nakane M, Ogawa K, Hirose H. In vitro culture technique for *Cryptocaryon irritans*, a parasitic ciliate of marine teleosts. *Dis. Aquat. Org.* 2007; **78**: 155-160.
- 4) Yoshinaga T, Im HJ, Nishida S, Ogawa K. In vitro and in vivo efficacies of ionophores against *Cryptocaryon irritans*. *Aquacult.* 2011; **321**: 167-172.
- 5) Bonadad Reantaso MG, Ogawa K, Yoshinaga T, Wakabayashi H. Acquired protection against *Neobenedenia girellae* in Japanese flounder. *Fish Pathol.* 1995; **30**: 233-238.
- 6) Urawa S. Epidermal responses of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) fry to the ectoparasitic flagellate *Ichthyobodo necator*. *Can. J. Zool.* 1992; **70**: 1567-1575.
- 7) 長倉義智, 中野昌次, 虫明敬一, 大原恵理子, 岡本信明, 小川和夫. プリ, ヒラマサおよびそれらの交雑種の *Benedenia seriola* に対する感受性の違い. 水産増殖. 2006; **54**: 335-340.
- 8) Song JY, Sasaki K, Okada T, Sakashita M, Kawakami H, Matsuoka S, Kang HS, Nakayama K, Jung SJ, Oh MJ, Kitamura SI. Antigenic differences of the scuticociliate *Miamiensis avidus* from Japan. *J Fish Dis.* 2009; **32**: 1027-1034.
- 9) Ohhashi Y, Yoshinaga T, Ogawa K. Involvement of host recognition and survivability in the host specificity of the monogenean parasite *Heterobothrium okamotoi*. *Int. J. Parasitol.* 2007; **37**: 53-60.
- 10) Bakke TA, Harris PD, Cable J. Host specificity dynamics: observations on gyroactylid monogeneans. *Int. J. Parasitol.* 2002; **32**: 281-308.
- 11) 良永知義, 田中康三郎, 高木儀昌, 濱田和久. 省力型魚類養殖システム. 特開2010-124736, 2010.
- 12) Yoshinaga T, Kamaishi T, Segawa I. Anemia of Japanese flounder caused by the monogenean *Neoheterobothrium hirame*. *Bul. National Res. Inst. Aquacult.* 2001; **Suppl. 5**: 77-80.
- 13) 宮崎勝己, 小林 豊, 鳥羽光晴, 土屋 仁. 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. 2010; **28**: 45-54.
- 14) 浜口昌巴, 佐々木美穂, 薄 浩則. 日本国内におけるアサリ *Ruditapes philippinarum* の *Perkinsus* 原虫の感染状況. 日本ベントス学会誌. 2002; **57**: 168-176.
- 15) Shimokawa J, Yoshinaga T, Ogawa K. Experimental evaluation of the pathogenicity of *Perkinsus olseni* in juvenile Manila clams *Ruditapes philippinarum*. *J. Invert. Pathol.* 2010; **105**: 347-351.