

特集 ウイルスとたたかう農畜水産

水産養殖におけるウイルス病とのたたかい

東京海洋大学学術研究院

佐野元彦

はじめに：水産養殖業の現状

本稿の主題である魚介類の養殖におけるウイルス病を述べる前に、まずは、水産養殖の現状について紹介したい。漁業は、漁船などを使って漁獲する「漁業」と網の中などに収容して自身の所有物として育成・出荷する「養殖」に大別される。日本の漁業の状況をみると、2018年（平成30年）における生産量では、海面と内水面合計の漁業で338万トン、養殖で103万トン、漁業全体に占める養殖の割合は約1/3となっている。生産額では、漁業で9,564億円、養殖で6,016億円、漁業全体に占める養殖の割合は約2/3である。つまり、養殖では付加価値の高い魚介類が生産されていることが分かる。これらの養殖生産には、餌を与えて飼育する魚類などの給餌養殖と、餌を与えず環境の栄養を利用するノリや昆布などの藻類、カキやホタテガイなどの貝類などの無給餌養殖がある。給餌養殖の魚類では、海面ではブリ類、マダイ、マグロが、内水面ではウナギ、マス類、アユが生産額として多い。日本での養殖生産は漸減である。世界でみると、漁船漁業の生産自体は頭打ちとなっているが、養殖生産は右肩上がりの成長となっている。人類100億人に向けて、養殖による動物性タンパク質の供給に大きな期待がかかっている。また、各国の経済成長に伴って、新たな需要が起こっており、例えば、東南アジア等ではサーモンの消費が増え、世界全体でもサケ類の価格が上昇している。刺し身・寿司文化の国である日本における魚の消費は若年層を中心に減り続け、肉類の消費の方が多い。魚の消費が落ち込み、日本の養殖は高齢化と次世代の担い手不足も含めて息苦しい産業となっているものの、世界でみれば漁業は右肩上がりの極めて有望な成長産業となっている。

水産養殖における魚病発生

養殖される魚類それぞれに、ウイルス、細菌、真菌や寄生虫による感染症が多く知られている。魚病被害は、かつては250億円を超えていたが、90年代からのワクチンの普及により、近年では70-100億円程度で、生産額の3-5%程度となっている（図1）。細菌病では

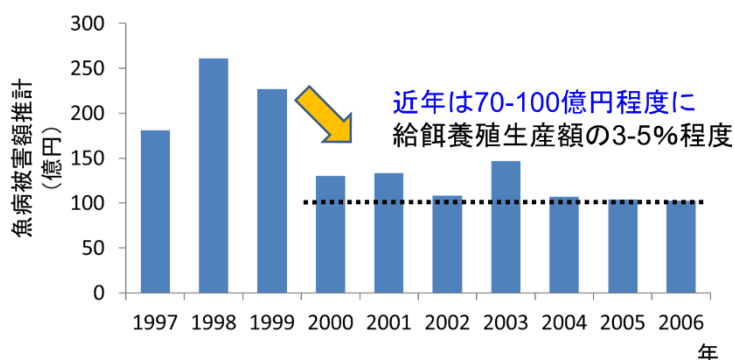


図1 養殖魚介類の推定魚病被害額の推移

抗生物質などの水産用医薬品で治療可能なものもあるが、ウイルス病に対する薬はない。細菌病が治療できるといっても、薬はそれなりに高価で、また、消費者から薬を使っていない食品が求められてもいる。つまり、感染症は出さない、予防が肝心ということになる。魚病の発生について、米国の Snieszko 博士が宿主－環境－病原体の関係を三角形でうまく説明した（図 2）。医学・獣医学や農学でも用いられ概念と思われるが、三つの要素が揃うところで感染症が発生するとした。近年は、養殖環境、魚の栄養要求や生育の生理などの養殖の基礎を成す科学的知見も増え、博士が提唱した時代とは養殖技術・スタイルはだいぶ向上し変貌したが、この三角形にみる魚病発生の基本的な考え方は変わらない。この三角形のように、①環境：「飼育環境を好適に保つ」、②宿主：「魚を健康に保つ＋魚自身を強くする」、③病原体：「そもそも病原体を持ち込まない」といったことが病気を出さない大きなポイントになる。

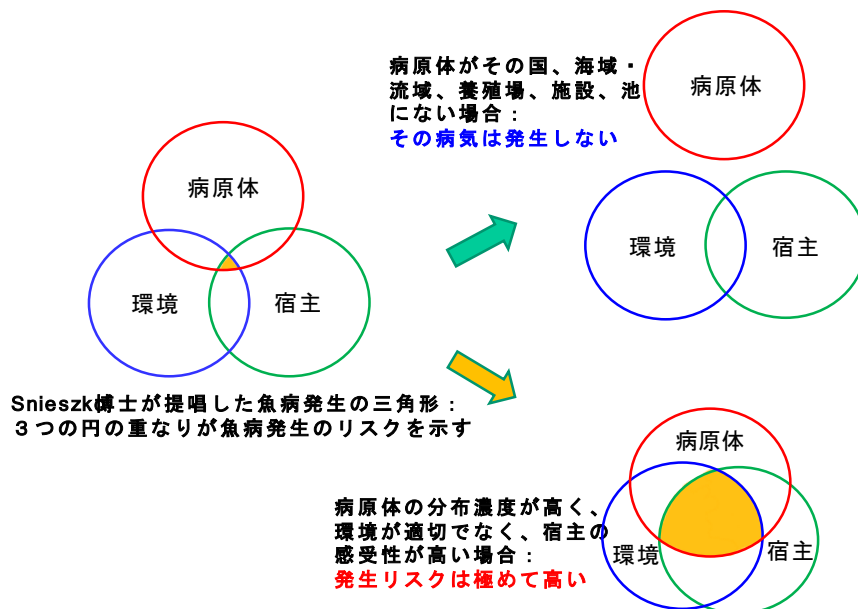


図 2 Snieszko 博士が提唱した魚病発生（リスク）の三角形

①環境：「飼育環境を好適に保つ」

適切な飼育環境（水槽の大きさ・飼育密度・水質・水温など）など飼育の基本の基で、養殖環境の管理技術は以前に比べれば格段に向上している。給餌することによる富栄養化防止や浚渫などの漁場改善は魚病発生防止に役立っている。富栄養化の象徴的なものとして、赤潮発生が知られるが、大規模な発生は近年あまりみないようであり、逆に冬季の窒素・リンなどの栄養塩不足によるノリの色落ちなどの問題が発生しており、ダムの放水などの対策が講じられている。

②宿主：「魚を健康に保つ＋魚自身を強くする」

日々の飼育管理とワクチンなどの予防が主体となる。適切な水温と餌・飼育により、ストレスを軽減し、もともとその魚が備える生体防御能力（免疫力）をきちんと維持することが

一義的に大切である。加えて、ワクチンの利用と病気に強い魚を作る育種も感染症発生防止に貢献する。いくつかの細菌病・ウイルス病に対してワクチンが販売されている。これらは病原体をホルマリンで殺してある不活化ワクチンで、投与方法によって魚を漬ける（浸漬）、餌に混ぜる（経口）、注射するものの三つに分けられ、日本で実用化されたワクチンの多くは、注射投与のものである。養殖ブリのレンサ球菌症などかつては大きな被害を与えた疾病も 1990 年代からのワクチン普及によって激減した。しかし、注射投与は労働コストもかかり、小さな魚や魚価の安い魚には使えない。医学・獣医学で多く使われる（弱毒）生ワクチンは、水産用にはまだ実用化されていないが、注射せず、浸漬するだけでウイルス病に対して強い免疫を付与できるため、高齢化する水産業では特に今後開発していく必要がある。また、浸漬で投与できるように、魚の体表や鰓などの粘膜を通じたワクチンの投与方法の研究も進められている。さらに、耐病性の高い系統・品種を選び・育てる育種は、近年研究が進み、日本ではリンホシスチスウイルス病に抵抗性を示すヒラメの系統が実用化されている。海外ではサケ類の品種改良で利活用が進んでいる。さらに、ゲノムの一部を書き換える技術（ゲノム編集技術）の利用で優良品種や耐病性品種が今後開発されていくものと思われる。

③病原体：「そもそも病原体を持ち込まない」

この点については詳しく紹介したい。病原体を侵入させない対象エリアは、国であったり、県、地域・流域・海域であったり、一つの養殖場あるいは場内のふ化施設、家のキンギョの水槽であったりする。人為的な病原体の持ち込みの中で一番危険なのは、新たな魚の輸入や導入である。一旦病気の魚が入ってしまえば、拡がることは容易に想像できる。

事実、日本に多くの海外疾病が侵入した。古くは、北米で発生が知られていたウイルス病の伝染性腭臓壊死症 (IPN) が 1964 年ごろから国内で発生し始めた。同じくウイルス病である伝染性造血器壊死症 (IHN) は 1970 年にアラスカからベニザケ受精卵とともに侵入したと考えられ、現在でもニジマス養殖で最も被害が大きい。ギンザケのウイルス病である赤血球封入体症候群 (EIBS) も発眼卵の輸入とともに侵入したと考えられ、1986 年に海面養殖ギンザケで大きな被害出し、現在でも発生が見られる。IPN および IHN の対策として精力的に研究開発が行われ、ウイルス検出・診断体制の構築とともに、魚卵の消毒、用水殺菌と稚魚の隔離飼育という防疫対策が確立した。クルマエビでは、1993 年に中国産クルマエビ種苗を導入した地域で初めてクルマエビ急性ウイルス血症 (PAV=WSD) が発生し、翌年には西日本各地の養殖場に拡がり、クルマエビ産業に多大な損害を与えた。本病は、当初、原因不明な感染症であり、原因の究明、病原体の検出法の開発、防除法の構築など、一連の研究開発が行われた。この培養ができないウイルス病のため、PCR による診断・検出法が開発され、威力を発揮した。各都道府県水産試験場に PCR の機器整備が行われ、国内の PCR 診断の体制が整備された。親エビから非感染のクルマエビの種苗を得るため、親エビの PCR によるウイルスチェック、生産された稚エビのウイルスチェックなどの手法、殺菌海水の使用と隔離飼育体制が構築され、種苗生産担当者と養殖担当者の防疫に対する意識も向上し、防疫体制が確立していった。養

殖場での対策として、養殖場の底面砂の徹底的な消毒と耕耘・乾燥、非感染エビの導入、低密度でのエビの飼育などが行われた。近年は、PAV の発生は減少してきている。このクルマエビのウイルス病の発生と被害の甚大さは、輸入防疫の重要性について大きな教訓を与え、漁業者、行政担当者双方が防疫に対する法制度の必要性を痛感した。そこで、外国から新しい感染症が侵入しないよう輸入防疫措置を「水産資源保護法」で、また、万一侵入した場合、国内で感染拡大しないようまん延防止措置を「持続的養殖生産確保法」で定め、これで海外からの日本への感染症の侵入は抑えられるものと皆が思った。

海外病の国内侵入事例：コイヘルペスウイルス病

1998 年頃からヨーロッパや米国などで主に観賞用のニシキゴイの不明な死亡が相次ぎ、米国の Hedrick 教授らによりその原因がコイヘルペスウイルス (KHV=Cyprinid herpesvirus 3) であることが明らかにされた。日本では食用コイとニシキゴイの養殖が重要であることから、2003 年 (平成 15 年) 6 月に前述の二つの法律に対象疾病としてこのコイヘルペスウイルス病が指定された。その直後の同年夏から霞ヶ浦の養殖食用コイの大量死亡が発生した (図 3)。前述のクルマエビのウイルス病の時とは異なり、検査法の準備やその他情報のある状況であったものの、食用コイの一大生産地である霞ヶ浦で大きな被害を出した。この霞ヶ浦での養殖コイ大量死亡の事例が KHV の初検出であったが、霞ヶ浦での発生を受けて行われた全国調査の結果、同じ 2003 年 5 月に他県の一級河川でコイの大量死があったことが分かり、保存されていた死亡魚試料の検査で KHV 感染が原因であったことが判明した。今のところ、それ以前に KHV 病を疑わせるコイの大量死の報告はなく、日本における KHV 病の最初の発生は 2003 年 5 月の事例と考えられている。しかし、上記 2 事例の感染源は結局明らかになっておらず、二つの事例同士の関係も不明なままである。当時、霞ヶ浦は養殖コイの一大産地で、日本の食用コイ養殖の約半分の 5,000 トンを生産していた。霞ヶ浦での KHV 病発生が確定されたのが 11 月であり、死亡が始まってから約 1 か月の間、KHV に感染していることを知らず

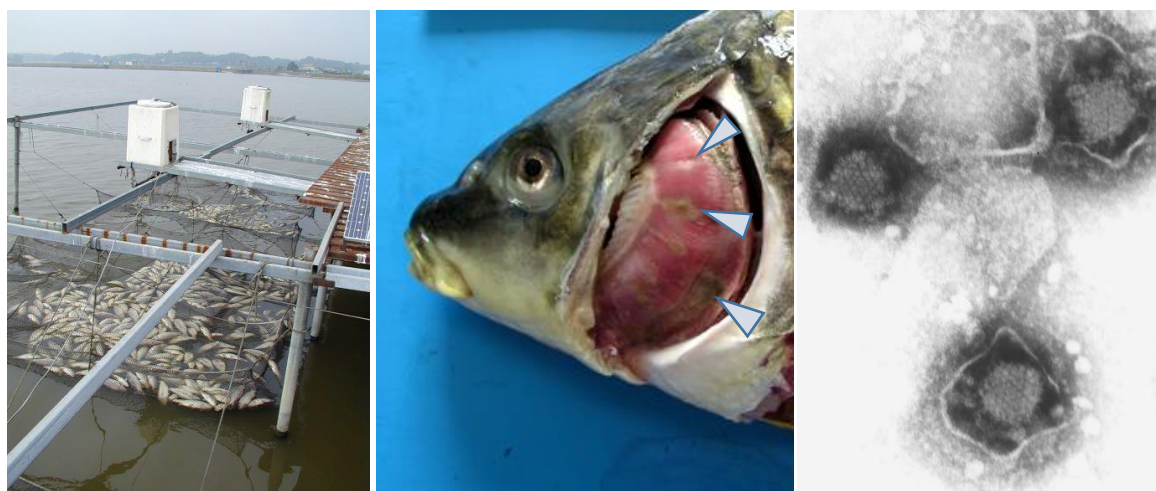


図 3 2003 年 (平成 15 年) 霞ヶ浦で発生したコイヘルペスウイルス病による養殖食用コイの大量死および病魚とウイルス粒子
感染コイの鰓に壊死斑 (矢印) がみられる。

に、全国各地に食用あるいは一般河川・湖沼への放流用に活魚としてかなりの尾数が出荷されてしまった。そのため、11 月には各地でコイの死亡はみられないものの KHV 感染魚が発見・報告され、KHV の侵入地域は 2003 年末までに 23 都府県に及び、人為的な感染魚の移動でウイルスが一気に拡がってしまった。KHV の増殖温度特性のため、低水温となる冬期には KHV 病は治まりをみせたが、水温が上昇してきた 2004 年 4 月末頃から再び KHV 病が急増した。霞ヶ浦から移動したコイを起点にして、各地で壮大な感染試験をやっているような非常に不幸な連鎖的な感染が起こってしまった。特に、琵琶湖においてコイ資源の約 70%に相当する約 10 万尾が死亡し、KHV がコイの天然資源に大きなインパクトを与えた。2004 年末までに 39 都道府県にまで拡がった。2004 年に初めて KHV が確認された地域の多くは、前年に霞ヶ浦から KHV に感染したコイが持ち込まれた可能性が高い。この年が最も発生数が多く、その後、前述の「持続的養殖生産確保法」に従った病魚の処分や移動禁止等のまん延防止措置が効を奏し、年を追うごとに発生数は減少している。発生当初は、霞ヶ浦から移動したコイが飼育された養魚場での発生と、その排水が流れ込む河川や湖での発生、さらには、感染が発生した河川から導水した個人の池における発生が多く見られたが、その後は、天然コイでの発生事例の割合は減少し、個人の飼育池での発生事例の割合が多い。養魚場や釣り堀など、殺菌できる施設は、コイを処分し、施設全体を消毒した後、新たな非感染コイを導入して再開し、二度と KHV 病が発生せず、このようにサケ・マス類で確立された防疫対策がとれる施設は、うまくコントロールすることができた。一方、養殖場から排泄されたウイルスで河川湖沼の天然コイにも感染が拡がったことは大変な驚きであった。河川などの天然コイでは、KHV 撲滅は困難で、河川からのコイの持ち出しを禁止し、終息を待った。実際に既発生河川では KHV 病によるその後の大量死は観察されていない。琵琶湖における疫学調査では、天然コイにおける KHV の PCR 陽性率と KHV に対する抗体の上昇が発生水温期（特に春季）に見られることから、死亡は見られないものの、産卵期を中心としたウイルス再活性化・ウイルス排泄・新たな個体への弱い感染の成立といった KHV の持続的な感染環が成立していることが示唆されている。

コイヘルペスウイルス病の教訓

KHV 病の教訓も踏まえ、動物検疫所による現物検査が行われるようになり、さらに、2016 年（平成 28 年）には農林水産省により対象の病気を増やすなど水産生物の輸入防疫が強化された。KHV 病が法律の輸入防疫・まん延防止の疾病に指定されていたにも係わらず、当時、まん延シナリオを策定し、効果的な監視と対策の体制ができていなかったことは悔やまれる。輸入リスクアセスメントで最も重要な要素は、輸入水産生物の流通フローとその間のまん延の危険性の有無・高低にある。KHV 病の事例のように、ある生物が一元的に生産され、国内に活魚として流通・移入するシステムを取っていると、一旦その場所に病原体が侵入した場合、一気に国内に拡がる最悪のシナリオとなり、その後の駆逐はほぼ不可能になってしまう。輸入検疫をすり抜けてしまった場合の侵入・まん延のいくつかのシナリオを作り、最もクリティカルな部分とそこにおける最も有効な対策を明らかにし、限られた費用、労力、時間の中

で効率的に監視し、発生時には初動でまん延防止が図れるよう、準備しておくことが重要である。まん延防止措置では、感染した魚の摘発淘汰が原則であり、その摘発淘汰による損害は、得られる利益よりも小さいことが前提となる。病原体が検出されれば、処分等の費用の一部は補償されるものの、感染死亡が出たこと自体を養殖業者は隠そうとする意識が働き、病気を初期に見つけることをより困難にする。初期に病原体の侵入を見つけ、火が小さい内に消し止めるため、業界の理解と協力は欠かせない。その処分によって将来的に得られる業界全体の利益がその措置以上に大きいことを業界に対して科学的に説明することが大切である。つまり、このような業界に対するリスクコミュニケーションの促進が制度を機能させるために極めて重要となっている。

おわりに

KHV 病は、国際獣疫事務局 (OIE) に指定される国際的な監視対象疾病となっている。近年、国内の KHV 感染は減少してきたものの、汚染国となってしまった日本から輸出されるニシキゴイでは、2 年間以上の養殖場施設のウイルスフリーおよび輸入国から魚の非感染の検査証明が求められるため、日ごろの飼育管理やウイルス検査など業者は気が抜けないし、対応が非常に大変である。こういった病気を国内に二度と侵入させないことが大切である。

今後も海外の感染症が日本に入らないように努力しながら、すでにある感染症とのたたかいに勝てるよう研究開発を進め、養殖業を振興させていくことが必要である。養殖業が安定した魅力ある産業として次世代に引き継がれていくことを願っている。