シンポジウムII 生食文化に潜む危険について

● A Risk of Lurking in Raw Food Eating as Food Culture

魚介類の生食による寄生虫症

Parasitosis Caused by Ingestion of Raw Fish

横山 博[†]

(東京大学大学院農学生命科学研究科)

Hiroshi YOKOYAMA

(The University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo, Tokyo 113-8657)

1. はじめに

日本は四方を海に囲まれた島国であり多種多様で新鮮な魚介類が手に入りやすかったことから、魚介類の生食文化は古くから育まれてきた。文献的には室町時代から「刺身」という言葉が登場するが、実際には酢漬けや塩漬けのようなものであったらしい。生のままで魚を食べる習慣が定着したのは、「握り寿司」が考案された江戸時代以降である。さらに一般化したのは冷蔵技術や設備、流通が発展した近代になってからといえる。こうして生食文化が普及する一方で、食中毒や寄生虫の問題が顕在化してきた。

今まで食品衛生上、問題となる生鮮魚介類由来の病原体としては、ノロウイルスや腸炎ビブリオなどの微生物がまず挙げられるが、寄生虫も数多く知られている。淡水種ではアユやシラウオに寄生する横川吸虫、モツゴなどのコイ科魚類の肝吸虫、サワガニやモクズガニの肺吸虫、ドジョウなどの剛棘顎口虫、サクラマスの子日本海裂頭条虫などが有名である。海産種では、サバ、タラ、イカなどに寄生するアニサキス線虫、ホタルイカの旋尾線虫などが知られていたが¹¹⁾、近年、ヒラメのクドア・セブテンpunkタータが新しい食中毒の原因体として話題になっている。

このように問題となる寄生虫の種類が多いのは、日本人の魚食文化がそれだけ豊かであることを表している。ここでは、主な寄生虫症についての最新の知見、特にヒラメのクドア食中毒に関する研究の現状と課題について紹介する。

2. アニサキス

アニサキス症は*Anisakis simplex*の3期幼虫が寄生したサバやサケ、タラなどの天然魚介類を生食することで激しい腹痛や嘔吐をもたらす寄生虫性疾患の代表であり、対策として食材を加熱または冷凍処理することが推奨されている。従来、本症は天然魚に限られた問題とさ

れていたが、2005年、中国産種苗由来の養殖カンパチにアニサキスが高率で検出された事例があり、養殖業界で大きな問題となった¹⁹⁾。原因は中国で稚魚の育成時に与えられた生餌にあると考えられたため、この輸入種苗を用いた養殖カンパチは冷凍してアニサキスを殺してから出荷するという措置が取られた。しかしカンパチは冷凍してしまうと商品価値が著しく低下するため、多くの養殖業者は甚大な経済的被害を受けた。

アニサキス症の原因虫、*Anisakis simplex*は3種の同胞種に分類され、狭義には*A. simplex sensu stricto* (s.s.)のみ、広義には*A. pegreffii*と*A. simplex* Cも含むとされるが、問題となった養殖カンパチに寄生していたのは*A. pegreffii*であった。当時はこれらアニサキスの病原生物学的な知見が不足していたため、養殖カンパチに対する厳しい措置はやむを得なかった面もあろう。しかし現在であれば、また違った対応が取られたかもしれない。というのは、最近の研究によりアニサキス症の原因になるのは*A. simplex* s.s.がほとんどであり、*A. pegreffii*による事例は極めてまれであることがわかってきたからである¹²⁾。マサバにおいてアニサキスが内臓から筋肉へ移行する率を調べたところ、*A. pegreffii*は*A. simplex* s.s.の100分の1程度であったという¹³⁾。さらに*A. simplex* s.s.と*A. pegreffii*を実際にニジマスとヒラメに経口投与する感染実験を試みたところ、*A. pegreffii*はいずれの魚種においても腸管や腹腔内にしか見られなかったのに対し、*A. simplex* s.s.は体側筋肉内にまで移行した⁹⁾。また寒天培地の上にアニサキスを置いて侵入率を調べた実験でも、*A. pegreffii*は*A. simplex* s.s.より明らかに侵入力が弱かったと報告されている¹³⁾。以上のように魚肉への移行率と侵入力の違いの点で、*A. pegreffii*は*A. simplex* s.s.に比べてリスクがあまり高くないことが証明された。

また疫学調査の結果、日本海から東シナ海側で漁獲される対馬暖流系の海産魚のアニサキスはほとんどが*A. pegreffii*、北海道と本州の太平洋側のアニサキスはほとんど*A. simplex* s.s.であることも報告されている¹⁰⁾。¹³⁾ この結果は、魚の産地によってアニサキス症の発生

[†] 連絡先

〒113-8657 東京都文京区弥生1-1-1

リスクに差があることを示し、それが関東と関西の食文化の違いとなって表れているともいえる。例えば、北海道の郷土料理の一つとして知られる「ルイベ」は、*A. simplex* s.s.を冷凍により殺虫するための知恵であると解釈される一方で、博多名物の「胡麻鯖」など西日本でサバを生食する食習慣があるのは、*A. pegreffii*がほとんど無害であることを反映しているかもしれない。

3. 日本海裂頭条虫

日本海裂頭条虫症は、*Diphyllbothrium nihonkaiense*のプレロセルコイド幼虫に寄生したサケマス類の生食によって起こる。人体に寄生して成虫となり、下痢や腹痛を起こす場合もあるとされるが、多くの場合は無症状であることが複数の寄生虫学者による「自体実験」によって報告されている^{1, 3)}。日本海裂頭条虫の生活環について、第一中間宿主は淡水産のケンミジンコ類、第二中間宿主はサケマス類、終宿主はヒトを含む陸上ほ乳類であるとされてきた。しかし、栗倉らによる日本の河川および近海のサクラマスの寄生状況調査によって、サクラマスへの侵入は従来考えられていた河川ではなく海洋で起きていることが証明された²⁾。

北海道のサクラマスは、図1のような生活史を持つ。成熟した親魚が8~9月に川で産卵し、11~12月に卵が孵化して、稚魚から幼魚期は淡水で1年間を過ごした後、春に降海する。その後、夏場は北上してオホーツク海を回遊し、秋から冬には南下して日本海や本州北部で冬を越す。春に北上・接岸し、夏になると生まれた河川に遡上して産卵する。このようにサクラマスはほかのサケマス類と比べて淡水で生活する期間が長く、淡水のプランクトンを摂食する機会が多いことも、「日本海裂頭条虫は河川で魚に寄生する」という仮説を支えてきた。

ところが、栗倉らは淡水で生活していた幼魚期のサクラマスを1,000尾以上調べた結果、日本海裂頭条虫の寄生は全く認められなかったと報告している²⁾。さらに降

海後の5~11月にも寄生は見られず、翌年1月に日本海へ南下していたサクラマスから初めて寄生が認められた。以後、冬から春にかけて北上し生まれた川に近づくにつれて寄生率と寄生数が上昇し、接岸期には河川を遡上した成魚と同程度まで寄生が見られるようになった。以上の結果から、日本海裂頭条虫は海で侵入することが示されたといえる。これは淡水養殖のニジマスなどについては感染機会がないことを意味し、生食しても安全であることを証明したという点で水産的に重要な成果であった。

しかしながら、この研究においても日本海裂頭条虫の生活環を解明するには至っていない。以前の説では、日本海裂頭条虫はサクラマス成魚をヒトが食することで寄生し、人体内で成熟後、虫卵が糞便とともに河川に垂れ流され、水中で発育したコラシジウムがミジンコ類に侵入すると推測されてきた。しかし、下水処理が整備された現代においても、日本海裂頭条虫の主たる終宿主をヒトが担っているとは考えにくい。とはいえ、海洋で生活環が回っているとするなら、第一中間宿主は何なのか？さらに終宿主は何か？という新たな疑問が湧いてくる。終宿主については、海産ほ乳類や海鳥類などが推測されているものの、いまだに全くわかっていない。今後、生活環を明らかにすることで、日本海裂頭条虫がサクラマスにいつどこで侵入するのかが特定され、科学的証拠に基づいて本症のリスク評価が可能になることが望まれる。

4. クドア・セブテンブクタータ

(1) クドア食中毒

近年、生鮮魚介類の生食により一過性の下痢・嘔吐が発生する「謎の食中毒」が増加していたが、その原因はヒラメに寄生する粘液胞子虫 *Kudoa septempunctata* (以下、クドア) であることが明らかにされた^{4, 6, 7)}。症状は一般に軽く予後は良好であるため深刻な食中毒ではないものの、養殖場から仲卸、飲食店に至るまで産業的な被害が大きい。平成23年4月、厚生労働省で開催された薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会でこのクドアが新しい食中毒の原因であることが初めて公表され、引き続いて平成23年6月には対策についての「提言」が出された⁵⁾。しかしこの時点では「-15~-20℃・4時間以上の冷凍または75℃・5分以上の加熱をすること」とされ、ヒラメが刺身食材であることを考慮すると、現実的な対策とはいえなかった。その後、養殖現場等ではクドアの寄生検査をして感染魚群を排除するという対策が取られてきたが、検査機関や養殖業者間で検査の精度などにばらつきがあり、混乱が続いていた^{17, 18)}。そうしたなか、平成24年6月に検疫所宛て発出された厚生労働省の通知により、ヒラメ筋肉1g当たりのクドア胞子数が 1×10^6 個を超えることが確認された場合、食品衛生法第6条に違反するものとして取扱うことが決まった。これ

図1. サクラマスの生活史における日本海裂頭条虫の寄生時期。0歳から1歳の淡水生活期には寄生が認められず、2歳の春以降、生まれた河川に接岸する頃から見られるようになる。

は食品衛生法における規格基準というわけではないが、一つの法的規制が設けられたことにより、輸入検疫などさまざまな場面で検査の裏付けを与える結果になったといえる。

(2) クドア対策の現状と問題点

クドアの生活環は、胞子がゴカイなどの環形動物に取り込まれ、その体内で放線胞子虫ステージに変態した後、水中に放出された放線胞子が経皮的に魚に感染すると推測されている¹⁶⁾。魚から魚への感染は起こらないため、流通過程の活魚水槽や飲食店のイケス内でクドアが移っていくことはない。また死んだ魚の体内でクドアは増えないので、魚を締めた後の保管状態の不備が原因になることもない。つまり、この食中毒は飲食店や販売者の過失によるものではなく、食材そのものにあるといえる。そこで、生産段階で感染魚を排除して流通に乗せないことを基本的な考え方として、平成24年6月、水産庁から全国の養殖関連団体宛、以下のような内容の対策を実施するよう通知が出された(図2)。

- ①種苗の検査、養殖場へのクドア寄生のない種苗の導入(種苗のPCR検査)
- ②飼育群の来歴ごとの飼育管理(由来の異なる飼育群を混ぜないこと)
- ③飼育環境の清浄化(ゴカイなど、環形動物の存在しない環境の確保)
- ④飼育群ごとの養殖日誌の作成
- ⑤養殖魚の出荷前検査の実施(検鏡検査)
- ⑥クドア寄生魚の取扱い(寄生が確認された場合、活魚・生鮮品での出荷を自粛)

これらの対策は全国の養殖現場で実行され一定の成果

を上げているといえるが、最近いくつかの問題点が指摘されている。一つは⑤の出荷前検査において、検査尾数が30尾とされていることである。これは今までの調査で最も寄生率が低かった事例が10%であったことと、多くの養殖場では数千尾～数万尾単位で飼育されていることから、統計的な基準に基づいて決められた数字である。国際獣疫事務局(OIE)の水生動物衛生規約(the Aquatic Animal Health Code)では、寄生率が10%と仮定した場合、飼育群の陰性を信頼限界95%で証明するために必要な検査尾数として、1,000尾～100,000尾の飼育ロットでは29尾以上が必要とされている。そこで検査尾数が30尾に決められたわけであるが、最近では寄生率が10%よりも低いと疑われる事例も見られている。そのような場合、畜産のように「全頭検査」は現実的でないとしても、もう少し検査尾数を増やしてはどうかという議論もある。しかし尾数を50尾や60尾に増やしたところで、根本的な解決策になるとは思えない。結局、「感染してしまった群の中から検査して除去する」という発想ではなく、「感染源を元から断つ」という方向に切り替えていく必要がある。もう一つの問題点として、きちんと検査をして出荷しても、流通段階で韓国産の輸入ヒラメ(少なくとも日本と同じ基準では検査されていない群)が混入したのではないかと疑われる事例が見られている。そこで現在、これらの問題を解決するための研究がなされている。

(3) クドア防除法に関する最近の研究

一般的に寄生虫症においては、生活環を遮断することが根本的な対策として講じられる。クドアの場合、生活環の半分を占める放線胞子虫ステージは未知であるた

図2. ヒラメの養殖期間中における *Kudoa septempunctata* の検査体制と問題点の概念図。種苗導入時のPCR検査と出荷時の検鏡検査により感染魚を除去する対策が取られているが、種苗期の感染機序は不明であり、また流通過程で輸入魚が混入するという問題も指摘されている。

め、種苗生産場で魚への感染体（放線胞子）を除去するための科学的データはない。しかし、飼育用水の物理化学的処理によって、ヒラメ稚魚への感染を防除する対策が開発されつつある（横山ら、未発表）。これが実用化されれば、ヒラメ生産過程での感染源となっている種苗を寄生虫フリーにすることができるので、有望な対策になりうる。しかし、種苗生産場から養殖場へ移動した後、養殖期間中にも感染が起こるとすれば種苗生産場と同様の対策は現実的でない。用水処理をするには飼育水の流量を絞らざるをえず、飼育密度を上げられないため養殖場での生産性が著しく落ちてしまうからである。そこで、一般に大型の魚ほど粘液胞子虫病に対して抵抗力があるという性質を利用して、魚体サイズが寄生強度に与える影響についての研究がなされている。もし感染を食中毒レベル以下に抑えられる魚体サイズを特定できれば、その大きさ以上の魚を中間種苗として導入すればよいという対策が可能になる。また、流通段階で韓国産ヒラメが混ざってしまうという問題については、韓国産ヒラメと日本産ヒラメ由来のクドアを形態学的あるいは分子生物学的に識別する方法を検討中である。その技術が開発されれば、産地偽装の抑止力につながることが期待できる。

(4) 今後の課題

まず養殖場での感染防除法の研究においては、魚への感染時期を特定すること、感染に抵抗力のある魚体サイズを明らかにすること、魚を殺さずに調べる非破壊検査法を開発することなどが今後の課題として残されている。また、まだ件数は少ないものの、天然ヒラメ由来のクドア食中毒についての対応策も考えておく必要がある。養殖と異なり天然では感染が制御できないので、もし天然海域にまん延してしまったら手の施しようがない。そこで、まずは寄生状況の調査を行うことと、放流種苗の検査を徹底することなど、できるところから始めていくしかないであろう。また、本稿ではヒラメのクドアについてしか論じなかったが、ほかの魚種に寄生するクドア属粘液胞子虫についても同じような食中毒の原因になることが疑われている^{14, 15)}。例えば、メジマグロ（クロマグロの幼魚）の喫食による食中毒事例において高率で*Kudoa* sp.（キハダのジェリーミートの原因になる*K. neothunni*と極めて近縁の種類）が検出されるのは事実である。しかし、*K. septempunctata*と同様の病原性はまだ証明されていない。これを含めて、今後はクドア属すべての粘液胞子虫についても食中毒の原因体として疑いがかかるようになるので、ヒトへの病原性のメカニズムについての基礎研究が重要になってくると考えられる⁸⁾。

文 献

- 1) 栗倉輝彦：広節裂頭条虫と自体実験。魚と水，**21**，32-35 (1983)。
- 2) 栗倉輝彦，坂口清次，原 武：サクラマスに寄生する研究—VIII 広節裂頭条虫プレロセルコイドの寄生状況。北海道立水産孵化場研報，**40**，57-67 (1985)。
- 3) Iijima, I.: The source of *Bothriocephalus latus* in Japan. J. Coll. Sci. Tokyo Imp. Univ., **2**，49-56 (1889)。
- 4) Kawai, T., Sekizuka, T., Yahata, Y., Kuroda, M., Kumeda, Y., Iijima, Y., Kamata, Y., Sugita-Konishi, Y. and Ohnishi, T.: Identification of *Kudoa septempunctata* as the causative agent of novel food poisoning outbreaks in Japan by consumption of *Paralichthys olivaceus* in raw fish. Clin. Infect. Dis., **54**，1046-1052 (2012)。
- 5) 小西良子：病因物質不明な症事例—提言までの道のり—。食品衛生研究，**61**，7-12 (2011)。
- 6) 大西貴弘：*Kudoa septempunctata*を原因微生物とする食中毒。食品衛生研究，**61**，13-20 (2011)。
- 7) 大西貴弘：食中毒原因物質としての“クドア”に関する最新の知見。モダンメディア，**58**，205-209 (2012a)。
- 8) 大西貴弘：粘液胞子虫とその毒性，および検査法。日食微誌，**29**，61-64 (2012b)。
- 9) Quiazon, K. M. A., Yoshinaga, T. and Ogawa, K.: Experimental challenge of *Anisakis simplex* sensu stricto and *Anisakis pegreffii* (Nematoda: Anisakidae) in rainbow trout and olive flounder. Parasitol. Res., **60**，126-131 (2011a)。
- 10) Quiazon, K. M. A., Yoshinaga, T. and Ogawa, K.: Distribution of *Anisakis* species larvae from fishes of the Japanese waters. Parasitol. Res., **60**，223-226 (2011b)。
- 11) 杉山 広：食品と寄生虫感染症。食衛誌，**51**，285-291 (2010)。
- 12) 鈴木 淳：食品媒介寄生虫症—主に魚介類の生食に起因する寄生虫疾患について—。日食微誌，**27**，64-67 (2010)。
- 13) Suzuki, J., Murata, R., Hosaka, M. and Araki, J.: Risk factors for human *Anisakis* infection and association between the geographic origins of *Scomber japonicus* and anisakid nematodes. Int. J. Food Microbiol., **137**，88-93 (2010)。
- 14) 鈴木 淳：魚類からの粘液胞子虫の検出状況。日食微誌，**29**，65-67 (2012)。
- 15) 鈴木 淳，村田理恵，貞升健志，甲斐明美：東京都内で発生したクドアが原因と考えられる下痢症について。病原微生物検出情報，**33**，7-9 (2012)。
- 16) 横山 博：粘液胞子虫病。改訂・魚病学概論。小川和夫・室賀清邦編，p. 102-107，恒星社厚生閣，東京 (2008)。
- 17) 横山 博：ヒラメのクドアによる食中毒について。アクアネット，**14**，50-53 (2011)。
- 18) 横山 博：粘液胞子虫と養殖現場における対策。日食微誌，**29**，68-73 (2012)。
- 19) Yoshinaga, T., Kinami, R., Hall, K. A. and Ogawa, K.: A preliminary study on the infection of anisakid larvae in juvenile greater amberjack *Seriola dumerili* imported from China to Japan as mariculture seedlings. Fish Pathol., **41**，123-126 (2006)。