

わが国におけるアニサキス症とアニサキス属幼線虫

鈴木 淳, 村田 理恵

**A Review of Anisakiasis and *Anisakis* Larvae in Japan:
From the Prevalence and Risk of *Anisakis* Infections to the Identification of *Anisakis* Larvae**

Jun SUZUKI and Rie MURATA

わが国におけるアニサキス症とアニサキス属幼線虫

鈴木 淳^a, 村田理恵^a

わが国におけるアニサキス症は、食品媒介寄生虫症の中で最も多く年間500例以上にも及ぶと考えられ、アニサキスは食品衛生法において食中毒起因物質に指定されている。国内のアニサキス症の多くは、*Anisakis simplex*の3種の同種の一つである*Anisakis simplex sensu stricto*によることが分子生物学的解析により明らかとなってきた。その感染原因食は地域により一部異なり、都内ではサバが最も多く、なかでもしめさばの割合が高い。アニサキスは、更に、蕁麻疹や稀にアナフィラキシーを引き起こすアレルギーの原因物質となることが知られている。本稿では、現在までのアニサキス症に関する疫学およびアニサキス属幼線虫の種類と同定について述べるとともに、アニサキスへの感染リスクとその原因について概説する。

キーワード: アニサキス症, アレルギー, アニサキス属幼線虫, 形態学的同定, 分子生物学的同定, *Anisakis simplex sensu stricto*, *Anisakis pegreffii*, マサバ, 筋肉内移行率

はじめに

アニサキス属幼線虫は、クジラ、イルカ、アザラシ等海産哺乳動物を終宿主、オキアミを中間宿主とする寄生虫である¹⁻⁴⁾。すなわち、終宿主の糞便とともに海水中に排出されたアニサキスの虫卵は、卵殻内で第1期幼虫になり、第2期幼虫に発育したアニサキスが虫卵から海中に遊出する⁵⁾。アニサキス第2期幼虫は、中間宿主のオキアミに捕食され、オキアミの体内で脱皮し、第3期幼虫に成長する^{6,7)}。更に、終宿主がオキアミを捕食し、アニサキスは終宿主の胃で、第4期幼虫を経て成虫へと成長していく。一方、オキアミを捕食した魚介類およびアニサキスに感染した魚を捕食した魚介類では、アニサキスが第3期幼虫より発育できない。このような宿主を待機宿主または延長中間宿主といい、これまでに、日本近海の魚介類だけでも150種以上からアニサキスが検出されている⁸⁾。ヒトがアニサキス第3期幼虫の寄生した魚介類を生食した場合には、アニサキス第3期幼虫が人体内で胃や腸などに穿入することにより、アニサキス症と呼ばれる激しい胃腸炎の原因となる。更に近年、アニサキスは、蕁麻疹や稀にアナフィラキシーを引き起こすアレルギーの原因物質として認識されるようになってきた。

わが国におけるアニサキス症は食品媒介寄生虫症の中で最も症例数が多いと考えられ、アニサキスは食品衛生法において食中毒起因物質に指定されている⁹⁾。そこで、本稿では、アニサキス属幼線虫とそれに起因するアニサキス症に関する現在までの知見について述べるとともに、アニサキスの形態学および分子生物学的同定法、魚介類のアニサキス属幼線虫の寄生状況とヒトのアニサキス感染リスクについてなどについて概説する。

1. アニサキス症

アニサキス症は1960年にオランダではじめて報告された

消化管疾患である¹⁰⁾。わが国では、1965年の最初の報告¹¹⁾以降、流通システムの発達とともにアニサキス症は増加し、現在、年間500例以上の発生があると推定されている¹²⁾。国内のアニサキス症の原因寄生虫は、アニサキス属幼線虫2種 (*Anisakis simplex*, *Anisakis physeteris*) およびシュードテラノバ属幼線虫 (*Pseudoterranova decipiens*) の計3種が知られているが、*A. simplex*の報告例が最も多く全症例の87%という調査結果が報告¹³⁾されている。しかしながら、その比率は地域により異なり、北海道の*A. simplex*と*P. decipiens*の割合は*A. simplex*が83%であるのに対し、関東から九州地方では*A. simplex*が99%に達する¹²⁾。また、*A. physeteris*の人体感染例は、これまでに数例の報告¹⁴⁻¹⁶⁾にとどまっている。なお、これまでシュードテラノバ属幼線虫による消化器疾患もアニサキス症と言われていたが、現在では、アニサキス属幼線虫による消化器疾患をアニサキス症 (*anisakiasis*)、シュードテラノバ属幼線虫によるものをシュードテラノバ症 (*pseudoterranovosis*) と区別している。本稿では、主に前者のアニサキス症 (*anisakiasis*) について述べる。

1) 臨床症状と治療

アニサキス属幼線虫によるアニサキス症は、症状の程度により劇症型と緩和型に分けられ、更に感染する部位の違いにより、胃アニサキス症および腸アニサキス症に分けられている。緩和型の胃アニサキス症および腸アニサキス症は、ともに症状が軽微で、自覚症状もない場合が多い。これに対し、劇症型の胃アニサキス症では喫食後8時間以内、劇症型の腸アニサキス症の場合では数時間から数日後に、持続する激しい腹痛や差し込むような痛みが起り、吐き気や嘔吐を伴うこともある¹⁷⁾。胃アニサキス症の場合、治療法は、病院での胃内視鏡による虫体の摘出が最も有効である。腸アニサキス症の場合には対症療法を施しながら経過観察を続け、腸閉塞など重症化した場合には、腸の部分

^a 東京都健康安全研究センター微生物部病原細菌研究科

切除などの外科的治療を伴う場合がある^{18,19)} (Fig. 1). 一方、慢性緩和型と呼ばれるアニサキス胃腸炎は、症状が穏やかなまま自然治癒するか、長期経過を経て癌検診などの際の病理検査においてアニサキスの断端が見出される場合がある²⁰⁾.

*P. decipiens*によるシュードテラノバ症は、1972年に初めて報告^{21,22)}された疾患で、アニサキス症と異なり腹部疼痛が軽く、嘔吐や吐き気が強いのが特徴である¹⁷⁾. また、虫体が吐出される場合も多く、北海道における調査では、約30%が吐出事例と報告²³⁾されている.

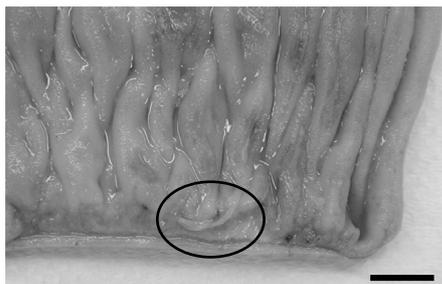


Fig. 1. *Anisakis* larva from a case of intestinal anisakiasis caused by eating marinated mackerel. Bar: 10 mm.

2) 発生時期

国内のアニサキス症は、近年では鮮魚の低温・広域流通の発達や魚介類の旬の移行と変動などにより6月から9月の夏季にも発生している⁸⁾が、一般的には北海道、北陸、関東、九州と共通して11月から4月までに多く報告²⁴⁻²⁷⁾されている。これは、アニサキスの感染原因食として多いサバやカツオ、サケなどの旬の時期と一致していることと、夏季に食中毒菌の感染防止から魚介類の生食を避ける傾向があることが背景にあると考えられる。アニサキスの寄生率や筋肉部への移行数は同一魚種、同一産地の魚介類であってもばらつきがあるため、細菌性食中毒やウイルス性食中毒と異なり、アニサキス症が集団発生することは稀である。しかしながら、1988年には、千葉県において、カタクチイワシの生食による62名のアニサキス集団感染事例が報告²⁸⁾されている。

3) 感染原因食

わが国のアニサキス症の感染原因食は、サバが最も多いと考えられている。しかしながら、地域により原因となる魚種に違いがあり、西日本および関東周辺ではサバ、イワシ、アジなど、北海道ではタラ、ホッケ、サケなどが原因魚種として多く報告^{12,29)}されている。東京都内では、サバが最も多く、特にしめさばの喫食によるアニサキス症が多い³⁰⁾. また、メジマグロ（クロマグロの若魚）やシロザケの生食を原因とした食中毒事例も発生している^{31,32)}.

一方、アメリカではサケによるアニサキス症が多い^{33,34)}が、西ヨーロッパではメルルーサ、ニシン、イワシ、マダラによる症例が多く^{33,35)}、特にスペインではカタクチイワシのマリネの喫食によるアニサキス症が多いと報告されている³⁶⁾.

2. アニサキスによるアレルギー

昔から「サバのような背の青い魚の生食は蕁麻疹が出る」とよく言われ、その原因は、古くなった魚に生じるヒスタミン類似物質や背の青い魚の筋肉に含有するタンパク質によるアレルギーと考えられてきた。その一方で、サバやサンマといった背の青い魚からのヒスタミンやチラミンなどのアミノ酸の検出率については、いずれも10%以下と低い値であるという報告³⁷⁾がなされている。粕谷ら³⁸⁾は、サバの喫食により蕁麻疹を呈した患者を対象としたパッチテストの結果から、サバよりアニサキスに対する陽性率が高いことを発見し、アニサキスによるアレルギー症であることを提唱し、医学会に反響をもたらした。その後、スペインにおいてもアニサキスアレルギーに関する免疫学的な調査^{39,40)}が行われ、その存在が広く認識されるようになった。更に、サバだけでなく他の魚種とアニサキスとのアレルギーに対する比較による調査^{41,42)}も行われるようになり、現在、アニサキスに対する免疫学的検査はアレルギー検査項目の一つになっている。また、これまで*P. decipiens*によるアレルギー症は報告されていない。

1) アニサキスアレルギーの症状と治療

主なアニサキスアレルギーの症状は蕁麻疹で、このアレルギーによる発疹は当研究室において実施したモルモットを用いた動物実験でも確認されている⁴³⁾. また、アニサキスによるアレルギーは、時として呼吸困難や意識消失等のアナフィラキシー症状を呈することも報告^{44,45)}されている。胃アニサキス症の治療法は内視鏡による虫体の摘出が最も一般的であるが、アニサキスによる蕁麻疹等のアレルギー症状に対しては他の発疹症に用いるステロイド剤や抗アレルギー剤が有効であると報告⁴⁶⁾されている。また、呼吸困難や顔面の浮腫などのアナフィラキシーを呈した即時型アレルギーに対しては、エピネフリンやベタメタゾンなどの静注が有効である⁴⁵⁾.

2) アニサキスのアレルギー

現在、*A. simplex*の第3期幼虫またはその代謝産物（排泄物）から単離精製された9種のアニサキスアレルギー（Ani s1-s9）が知られている。なかでも Ani s1 (21 kDa) は、アニサキスアレルギーの主要原因タンパクと考えられ、血清抗体検査でアニサキスアレルギー患者の85-93%がこのタンパクに対して陽性を示すと報告されている^{47,48)}. 現在では、虫体より精製したAni s1と80%のアレルゲン性を保持した組み換えタンパク質rAni s1が作成され、確定診断への応用性も示されている⁴⁹⁾. また、paramyosinである Ani s2 (100kDa) は、9種のアレルゲンの中では2番目に大きな分子量のタンパクで、アニサキスアレルギー患者の88.5% (23/26) が高い陽性率を示している⁵⁰⁾. 一方、近年のアニサキスアレルギー患者を対象とした血清学的研究において、tropomyosin である Ani s3タンパク (41 kDa)⁵¹⁾のみが陽性を示したという報告⁵²⁾もあり、さらなる疫学調査が必要と思われる。また、9種のアレルゲンのうち、Ani s4 (9 kDa), Ani s5 (15 kDa), Ani s8 (15 kDa) およびAni s9 (14 kDa)

は耐熱性タンパクで、アニサキスアレルギー患者における血清陽性率はそれぞれ26.7% (8/30), 48.8% (41/84), 25.0% (7/28) および13.9% (5/36) であると報告⁵³⁻⁵⁶⁾されている。なお、これまでの我々の行った調査では市販の焼き魚、みりん干等の加工製品からアニサキスが検出されており (Fig. 2), アニサキスの多数寄生が認められた場合には加工食品であってもアレルギーを引き起こすことも懸念される。

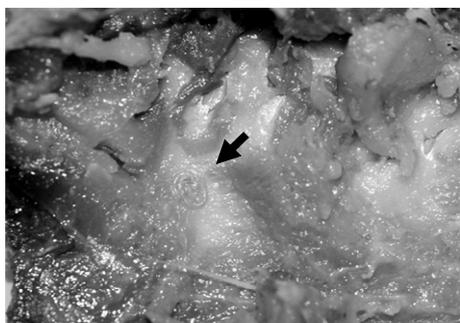


Fig. 2. *Anisakis* larva detected from the muscle of dried mackerel seasoned with marine.

3) アニサキス抗原の検出

国内のアレルギー表示が義務付けられている特定原材料 (卵, 小麦など7項目) の確認試験には, ウェスタンブロット法またはPCR法が採用されている⁵⁷⁾。また, 魚肉製品からのアレルゲンの検出には, SDS-PAGE, ELISA, イムノクロマト法, PCR法などさまざまな方法が検討^{58,59)}されている。現在, 食品中のアニサキス抗原の検出法として, アニサキスのリボゾームDNA (rDNA) のinternal transcribed spacer (ITS) 1またはミトコンドリアDNA (mtDNA) のチトクロームオキシダーゼ2 (*cox2*) 遺伝子をターゲットとしたTaqMan プローブを用いたリアルタイムPCR法による検出方法が報告されている。前者のITS1の場合は魚のDNAに対して1万分の1のアニサキスDNAを検出でき, 後者の*cox2* 遺伝子は魚肉25 gに対して1 mgアニサキスを検出可能であると報告^{60,61)}されている。

3. アニサキス属線虫の分類

アニサキス属線虫に共通した形態は, 小歯状突起を3対の

口唇に備え, 間唇がなく, 口から筋性の食道に続いて腺性の胃部があるのが特徴である。アニサキス属線虫の分類は, 最初に成虫の形態の違いから*A. simplex*, *A. typica*および*A. physeteris*が独立種とされた⁶²⁾。その後の研究により, 形態学的な分類に加えて, アロザイム解析やPCR法による遺伝子解析などによる分類が可能となり, 現在は, *A. simplex*の3種の同胞種 (*Anisakis simplex sensu stricto*, *Anisakis pegreffii*, *Anisakis simplex C*), *Anisakis typica*, *Anisakis ziphidarum*, *Anisakis nascettii*, *Anisakis physeteris*, *Anisakis brevispiculata* および*Anisakis paggiae*の9種に分類されている⁶²⁻⁶⁷⁾。本稿では, アニサキス症の原因となり, 食品衛生上重要となるアニサキス属幼線虫の分類に関して述べ, 成虫の形態学的な特徴に関しては, 上記参考文献を参照するものとする。

1) アニサキス属幼線虫の形態学的分類

アニサキス属第3期幼虫は, これまで胃の長さ, 尾突起の有無という形態学的な違いにより, I型幼虫とII型幼虫に分類されてきた^{68,69)}。近年の分子生物学的な解析により, 現在, 9種のアニサキス属の幼線虫は, *A. simplex sensu stricto*, *A. pegreffii*, *A. simplex C*, *A. typica*, *A. ziphidarum*および*A. nascettii*がアニサキスI型幼虫に, そして*A. physeteris*, *A. brevispiculata*および*A. paggiae*がアニサキスII型幼虫に分類されることが多い。I型幼虫の形態の違いはほとんどなく, 幼虫における形態学的な鑑別は困難であるが, *A. simplex sensu stricto*と*A. pegreffii*の体長に対する胃長の割合では, 後者がわずかに短いと報告⁷⁰⁾されている。一方, Berland⁶⁸⁾がII型幼虫として分類しているアニサキスに関して, 白木が更にII, III, IV型幼虫に形態学的に分類できることを報告⁷¹⁾しているが, この分類方法は広く普及しなかった。

近年, 筆者らは, 日本近海産キンメダイのアニサキスの寄生調査から, アニサキスI型幼虫 (Fig. 3, 1A-1C) の他に, 計測値および形態学的特長から, 胃部が短く尾突起のない幼虫を3種類に分類することができた (Table 1)。これら3種類の幼虫は, いずれもその頭端に穿歯を有し (Fig. 3, 2A-4A), I型幼虫 (Fig. 3, 1B) と比較して胃部が短く, 胃と腸の接合部が水平 (Fig. 3, 2B-4B) で, 尾部に尾突起が認められなかった (Fig. 3, 2C-4C)。しかしながら, 尾部の形態が異なり, Fig. 3, 2Cの幼虫は, 円錐形で先細の尾部で,

Table 1. Measurement of the third-stage larvae of *Anisakis* Types I, II, III, and IV

Type of larvae (No. measured)	Type I (8)		Type II (90)		Type III (6)		Type IV (27)	
	range	(mean ± SD)	range	(mean ± SD)	range	(mean ± SD)	range	(mean ± SD)
Body length (mm)	26.50-36.50	(31.19 ± 3.13)	22.00-34.50	(29.14 ± 2.29)	27.00-35.00	(32.17 ± 3.13)	14.00-23.00	(18.22 ± 2.28)
Body width (mm)	0.42-0.54	(0.46 ± 0.04)	0.51-0.75	(0.65 ± 0.05)	0.75-0.95	(0.86 ± 0.09)	0.40-0.60	(0.50 ± 0.05)
Esophagus length (mm)	2.15-2.70	(2.32 ± 0.21)	1.70-2.40	(2.11 ± 0.17)	1.70-2.35	(1.96 ± 0.27)	1.25-1.85	(1.46 ± 0.19)
Ventriculus length (mm)	1.30-1.05	(1.18 ± 0.08)	0.50-0.72	(0.59 ± 0.06)	0.45-0.56	(0.51 ± 0.05)	0.22-0.40	(0.31 ± 0.04)
Tail length (mm)	0.08-0.13	(0.10 ± 0.02)	0.16-0.38	(0.26 ± 0.05)	0.11-0.15	(0.12 ± 0.01)	0.07-0.17	(0.11 ± 0.03)
Body length / Body width	63.0-72.1	(67.6 ± 3.2)	37.7-50.8	(45.2 ± 3.0)	28.4-46.7	(38.0 ± 6.4)	30.0-46.0	(36.6 ± 4.2)
Body length / Esophagus length	11.2-15.9	(13.5 ± 1.5)	11.1-17.4	(13.9 ± 1.2)	11.5-20.6	(16.8 ± 3.3)	10.3-15.0	(12.6 ± 1.6)
Body length / Ventriculus length	23.0-29.5	(26.4 ± 2.3)	39.0-62.0	(49.7 ± 4.9)	49.1-77.8	(63.7 ± 9.5)	46.8-81.8	(59.7 ± 8.5)
Body length / Tail length	241.7-388.2	(319.0 ± 56.2)	84.0-171.0	(115.0 ± 23.1)	206.7-291.7	(261.2 ± 33.4)	124.1-242.9	(170.9 ± 35.5)

Berland⁶⁸⁾, 小山⁶⁹⁾および白木⁷¹⁾のII型幼虫とほぼ特徴が一致していた。一方, Fig. 3, 3Cの幼虫は, 尾部が短く, 尾端鈍円で, 体幅が広く, 白木のIII型幼虫の計測値および形態の報告と酷似していた。また, Fig. 3, 4Cの幼虫は, Fig. 3, 2Cと同様に尾部が円錐形でとがっていたが, 体長/尾長がII型幼虫と比べて短く, 体長, 体幅, 食道長および胃長がアニサキスII型幼虫およびIII型幼虫に比べて相対的に小さく, 白木のIV型幼虫の計測値および形態の報告とほぼ一致した。これらのことから, 筆者らは, 次項で述べる遺伝子解析によるアニサキスの同定結果とあわせ, BerlandらがII型幼虫として分類している*A. physeteris*, *A. brevispiculata*および*A. paggiae*が, それぞれアニサキスII, IIIおよびIV型幼虫であり, これら3種のアニサキスの形態による分類が可能であることを明らかにした⁷²⁾。

2) アニサキス属線虫の分子生物学的分類

現在, アニサキス属(幼)線虫の分子生物学的手法による同定法として, アニサキスのリボゾームDNAのITS1, 5.8S rDNAおよびITS2 (ITS1-5.8S-ITS2) 領域(約900bp)を標的としたPCRによる遺伝子解析が一般的に行われている。

Table 2. Oligonucleotide primers for PCR assays targeting ITS regions and mtDNA *cox2* gene of *Anisakis* larvae

Primer name	Primer sequence (5' to 3')
ITS regions	
NC5	TAGGTGAACCTGCGGAAGGATCATT
NC2	TTAGTTTCTTTTCTCCGCT
mtDNA <i>cox2</i>	
cox2F-211	TTTTCTAGTTATATAGATTGRTTYAT
cox2R-210	CACCAACTCTTAAAATTATC

本法では, 市販のQIAamp DNAミニキット(キアゲン)などの遺伝子抽出キットによりアニサキスのDNAを抽出し, Table 2に示したZhuら^{73,74)}による回虫上科の線虫に広く利用可能なNC5, NC2プライマーを用いたPCRを行い, 得られたPCR増幅産物のシーケンス解析またはFig. 4に示した制限酵素(*Hinf*Iおよび*Hha*I)を用いたPCR-restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP)パターンにより, アニサキスの種を決定する^{63,75,76)}。

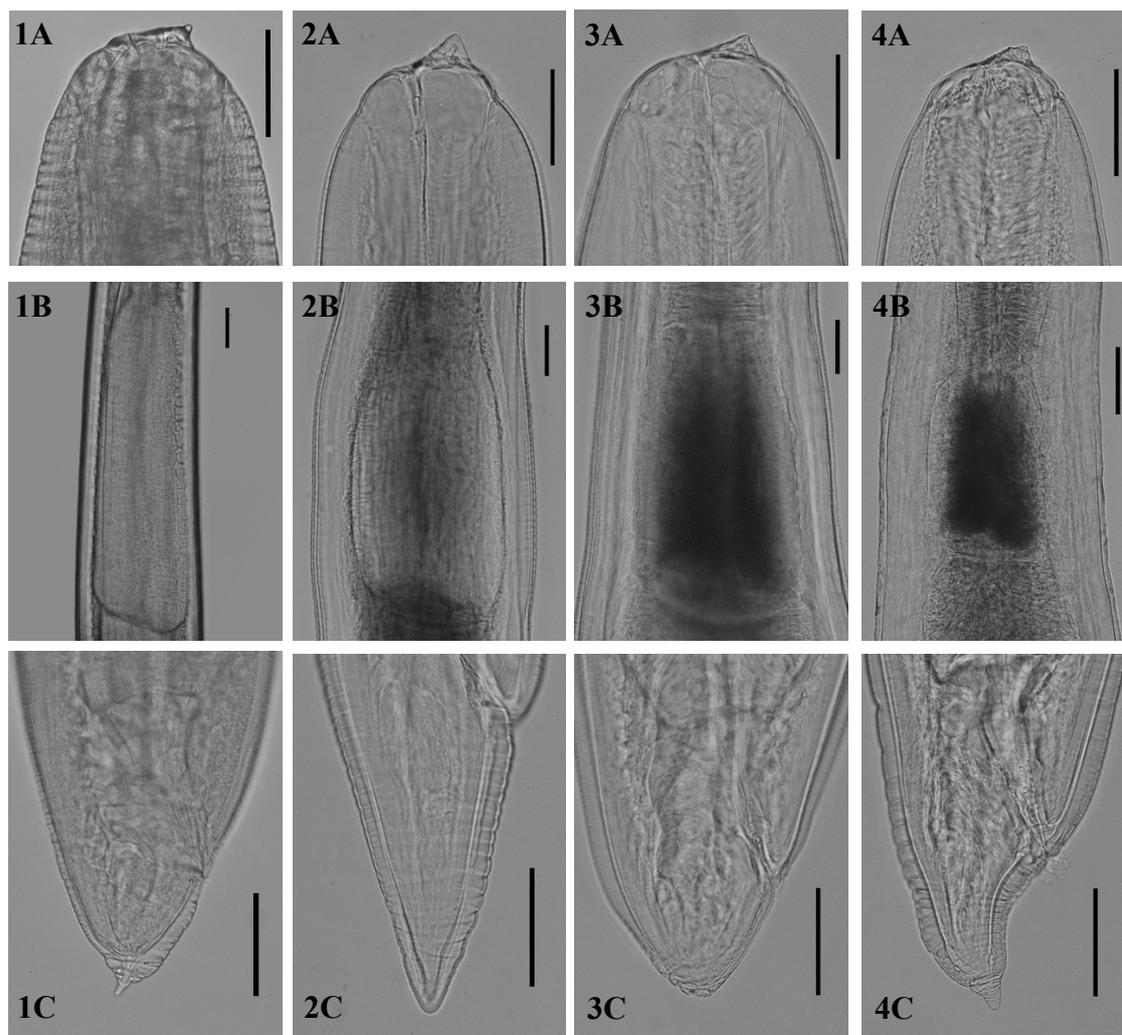


Fig. 3. Morphology of the third-stage larvae of *Anisakis* Types I, II, III, and IV.

Row 1, *Anisakis* Type I; row 2, *Anisakis* Type II; row 3, *Anisakis* Type III; and row 4, *Anisakis* Type IV. Line A, cephalic end; line B, ventricular part; and line C, caudal end. Bar: 100 μ m.

多くのアニサキス属線虫では、形態学的な特徴と ITS1-5.8S-ITS2領域の遺伝子解析結果によりアニサキスの同定が可能となるが、まれにITS1の5'末端から280および296番目の塩基が*A. simplex sensu stricto*と*A. pegreffii*の両方の配列を有するハイブリッド型と呼ばれるアニサキスが存在し、両者の鑑別が困難な場合がある⁷⁶⁾。その理由としては、ITS1-5.8S-ITS2がマルチコピーの領域であるため一部に変異が生じたという説や、ハイブリッド型アニサキスが同胞種間 (*A. simplex sensu stricto*および*A. pegreffii*) の交配から誕生したという説などが提唱されている。未だ明確な結論に至っていないが、後者の説は、*A. simplex sensu stricto*と*A. pegreffii*の分布割合とハイブリッド型アニサキスの地理的分布が一致するという点、mtDNAが母親の遺伝子に

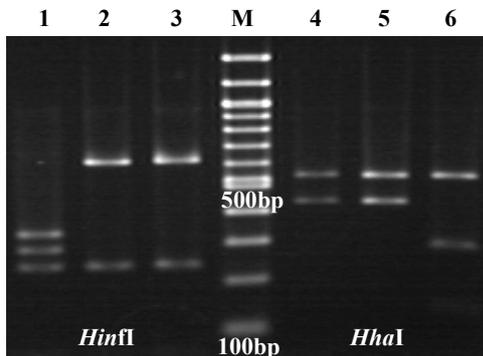


Fig. 4. Restriction fragment length polymorphism patterns obtained by digestion of the internal transcribed spacer (ITS) regions (ITS1-5.8S rDNA-ITS2) of rDNA with the restriction enzymes *Hinfi* and *HhaI*.

Lanes 1 and 4, *Anisakis simplex sensu stricto*; Lanes 2 and 5, *Anisakis pegreffii*; Lanes 3 and 4 *Anisakis simplex* C; M: 100 bp ladder.

よって子に受け継がれることを利用し、mtDNAの*cox2*遺伝子の解析により明瞭な結果が得られたことによるものである⁷⁷⁾。

同種間のアニサキスにおいて塩基置換の少ないITS1-5.8S-ITS2領域と異なり、Fig. 5に示したように、*cox2*遺伝子の解析は、シーケンス解析に基づいた系統樹解析が必要となるが、データベースの構築が進んでいることから、現在、Table 2に示したプライマー (*cox2F-211*, *cox2R-210*) を用いた*cox2*遺伝子の解析⁷⁸⁾がよく行われている。ハイブリッド型アニサキスのようにITS1-5.8S-ITS2領域のシーケンス結果をGenBank等のシーケンスデータと比較する場合はもとより、アニサキスの多形性解析に関して有用性が高く、多数の報告がなされている。

3) 培養によるアニサキスの分類の試み

アニサキス属線虫の分類は、終宿主に寄生していた成虫の形態学および分子生物学的手法等により行われている。しかしながら、終宿主の違いやアニサキスの発育状態の違いなどにより、同じ条件で形態学的な相違を比較することは困難である。そこで、アニサキス第3期幼虫から培養により得られた成虫による分類が試みられ、これまでにいくつかの培養法が検討されてきた。1970年代にBanning⁷⁹⁾, Grabda⁸⁰⁾およびSommervilleら⁸¹⁾による培養法に改良が加えられ、現在は、RPMI1640を1%ペプシンと塩酸によりpH4.0に調整したRPMI1640 (-)培地に、ウシ胎児血清を20%加えたRPMI1640 (+)培地が用いられている^{70,82)}。このRPMI1640 (+)培地により、I型幼虫である*A. simplex sensu stricto*や*A. pegreffii*の第3期幼虫を5%二酸化炭素の条件下で培養した場合は、培養開始3,4日で脱皮が認められ第4期幼虫に発育し、更に27-41日で脱皮し成虫になると報告⁷⁰⁾されている。

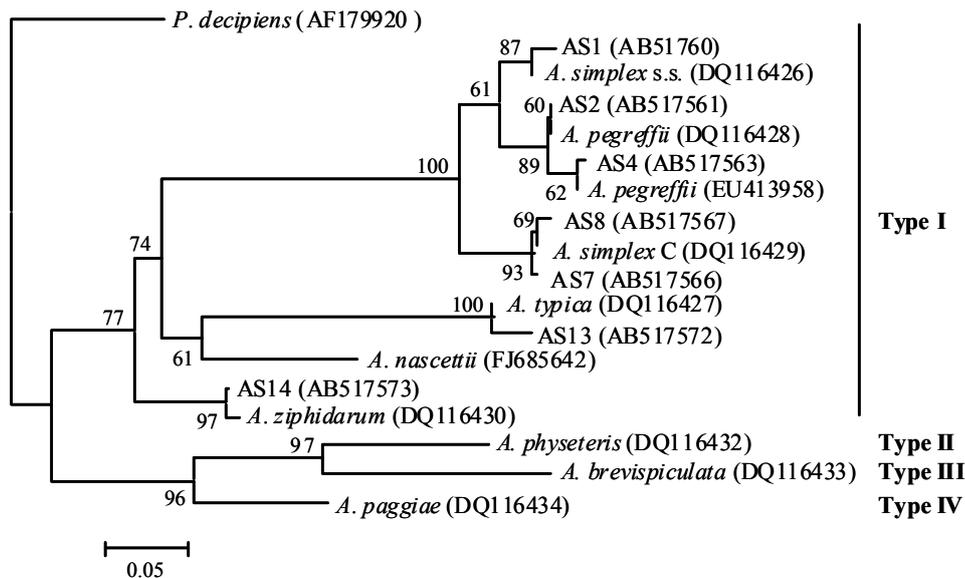


Fig. 5. Phylogenetic tree based on mtDNA *cox2* gene sequences exploring the relationships among *Anisakis* species. The maximum likelihood (ML) tree derived using a general time-reversible model is shown. AS1-AS14 were *Anisakis* larvae detected from *Scomber japonicus*. Significant bootstrap support (N50) from 100 replicates is indicated to the left of the supported node. The scale bar represents the distance in substitutions per nucleotide. The codes within the parentheses represent the GenBank accession numbers.

しかしながら、II, III, IV型幼虫である*A. physeteris*, *A. brevispiculata*および*A. paggiae*での成功例はまだ報告されていない。また、筆者らはRPMI1640 (+)培地を用いて、*A. simplex sensu stricto*や*A. pegreffii*を培養したところ、成虫への発育率が10%以下であったため、培養条件に関して改良の余地があると考えている (Fig. 6)。一方、培養で得られた成虫の形態に関して、*A. simplex sensu stricto*と*A. pegreffii*を比較したところ、遺伝子レベルでの結果に関わりなく、*A. pegreffii*の形態学的な特徴を有する個体が多いという結果が得られ、アニサキスは発育環境に応じて形態的特長が変化する可能性があるという興味深い報告もなされている⁸³⁾。

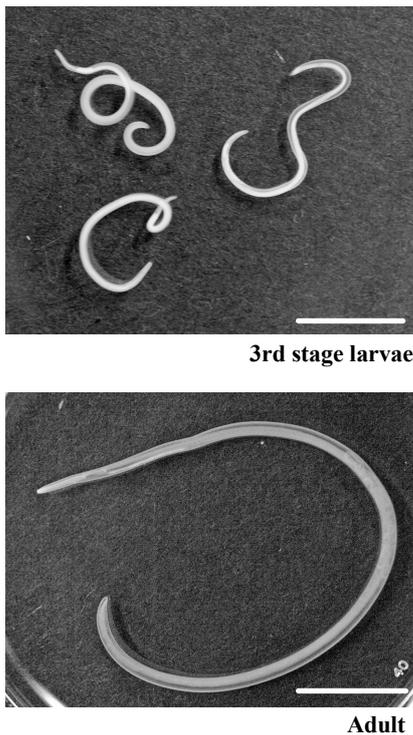


Fig. 6. The third stage larvae of *Anisakis simplex sensu stricto* and the cultivated adult worm of *A. simplex sensu stricto*. Bar: 10 mm.

4. アニサキスの終宿主

魚介類に寄生するアニサキス属幼線虫の寄生状況を考える上では、それらの終宿主である海産哺乳動物や中間宿主のオキアミの生息域が大きく関わると考えられている。Daveyによる*A. simplex*と*A. typica*に関する調査⁶²⁾で、*A. simplex*はツチクジラ、アカボウクジラ、シロイルカ、マイルカなど歯鯨類17種、シロナガスクジラなど鬚鯨類6種、アザラシなどの鰭脚類8種から広く検出され、*A. typica*はマイルカやヒレナガゴンドウなどマイルカ科の哺乳動物から検出されている。その後、遺伝子解析による分類の発達とともに、*A. simplex sensu stricto*は、バンドウイルカやイシイルカから検出され、本虫にとってイルカが好適宿主と考えられてきたが⁸³⁾、わが国の捕鯨調査の一環で行われたミンククジラの寄生虫相に関する研究において、*A. simplex sensu stricto*がミンククジラに多数寄生していても肉眼的所見で

病変が認められないことから、イルカよりもミンククジラの方がより好適宿主であるという報告⁸⁵⁻⁸⁷⁾がある。*A. pegreffii*はコセミクジラ、マイルカ、バンドウイルカに認められ、*A. simplex C*はヒレナガゴンドウ、スジイルカから検出されている⁸⁴⁾。また、*A. ziphidarum*は、ツチクジラから高率に検出されている⁶⁷⁾。9種のアニサキスの中で最も新しく報告された*A. nascettii*は、ハクジラ類 (*Mesoplodon spp.*)から検出されている⁶⁵⁾。*A. physeteris*の成虫は、分布域の広いマッコウクジラに感染が認められ⁸⁴⁾、日本近海のマッコウクジラからも検出されている⁸⁸⁾。*A. brevispiculata*および*A. paggiae*の成虫は、コマッコウやオガワコマッコウから検出されている⁸⁵⁾。

5. 魚介類におけるアニサキス

国内最初のアニサキス症例が報告された1965年以降、生鮮魚介類の生食に起因するアニサキス症が問題となり、1967-1972年に魚介類のアニサキスの寄生状況に関する調査が行われ、日本近海魚介類だけでも150種以上にアニサキスが認められると報告^{8,89,90)}された。当時はアニサキスの第3期幼虫の分類が主に形態学的な分類により行われていたことから、検出されたアニサキスは*A. simplex*またはアニサキスI型幼虫とされていた。*A. simplex*またはアニサキスI型幼虫は、*A. simplex sensu stricto*, *A. pegreffii*, *A. simplex C*, *A. typica*, *A. ziphidarum*および*A. nascettii*の6種を含むと考えてよいが、現在、報告されている遺伝子レベルでの解析結果に基づく調査から、当時報告された多くが*A. simplex sensu stricto*または*A. pegreffii*であったと考えられる。

1) 近年の魚介類におけるアニサキスの寄生状況

1985-2001年の筆者らによる調査において、スルメイカの寄生率は2-24%、スケトウダラは59-100%と高率にアニサキスが検出された。スケトウダラの場合、肝臓、魚卵、白子の生食には注意が必要であるが、アニサキスの寄生部位が主に内臓廃棄部位であるため、刺身の喫食による感染のリスクは低いと考えられる。

日本近海産のサケ・マス類の寄生率は50-100%と高率⁹¹⁾で、多くが筋肉内に寄生していたことから生食は避けるべきである。また、近年の調査では、北海道産のシロザケに寄生しているアニサキスの99%が*A. simplex sensu stricto*であることが報告⁷⁰⁾されている。しかしながら、アメリカ、カナダ、ノルウェー、チリ、オーストラリア、ニュージーランド、スウェーデンおよびデンマークから輸入された養殖サケ・マス類の調査結果ではアニサキスの生存寄生例が認められていないことから、養殖サケ・マス類の生食に関してはおそらく安全といえる⁹¹⁾。

*A. simplex*と同様に早期に独立種とされた*A. typica*および*A. physeteris*に関して、前述のように*A. typica*第3期幼虫は*A. simplex*第3期幼虫と形態学的な鑑別が困難であることから、*A. typica*が高率に寄生している魚介類は1970年前後の調査では明らかになっていなかった。近年の調査結果では、台湾周辺で7月に水揚げされたタチウオから高率に*A. typica*

が検出されたという報告⁹²⁾がなされている。一方、形態学的に分類が可能な*A. physeteris*の魚介類における検出状況について、1970年前後の調査では40種にも満たない魚種から少数の寄生が認められただけで、高率に*A. physeteris*が寄生していたのはアカマンボウのみと報告^{8,93,94)}されている。しかしながら、筆者らが2009年に実施したキンメダイ(44尾)の調査では、全てのキンメダイにアニサキスが認められ、検出されたアニサキス属幼線虫730個体中、624個体(85.5%)が*A. physeteris*であった⁵⁴⁾。1968年に加藤ら⁹⁵⁾により行われたキンメダイの調査では、3尾中2尾に*A. physeteris*が認められているが、その寄生数が2個体以下であったことから、1960年代と比較して終宿主の分布の拡大や個体数の増加が要因の一つと思われる。

2) 魚介類の生息域とアニサキスの種類

近年、*A. simplex*の3種の同胞種(*A. simplex sensu stricto*, *A. pegreffii*および*A. simplex C*)の提唱により、同胞種レベルでの魚介類の寄生状況に関する調査が活発に行われるようになった。筆者らが国内のアニサキス症の主要な原因食であるマサバを対象に、Table 3に示した14産地、218尾のマサバにおけるアニサキス感染状況調査を行った結果、74.3% (162尾)に*A. simplex*の寄生が認められ、マサバ1尾あたりの平均寄生数は22個体であった。遺伝子解析により同胞種レベルで*A. simplex*を同定したところ、長崎県から新潟県の日本海産のマサバに寄生するアニサキスの80%以上が*A. pegreffii*であり、一方、高知県から青森県までの太平洋

側で水揚げされるマサバでは80%以上が*A. simplex sensu stricto*となり、海域によって寄生するアニサキス種が異なっていた (Fig. 7)。日本近海のマサバは、主に九州から三陸沖に分布する太平洋系群、東シナ海から日本海沿岸に分布する対馬暖流系群の2系群に分かれることが知られているが、マサバの生息域、前述のイルカやクジラなどの終宿主の生息域、そしてアニサキスの種類が密接に関係していることが明らかになった。また、*A. simplex sensu stricto*の終宿主であるミンククジラの生息するオホーツク海などに関連し、北海道産のマサバ、シロサケ、ホッケ、スケソウダラおよびマダラからは、90%以上の割合で*A. simplex sensu stricto*が検出されている^{70,87,96,97)}。一方、東シナ海に生息する*A. pegreffii*の終宿主であるバンドウイルカなどに関連し、熊本産のサワラや福井県産のアカガレイに寄生するアニサキスは、98%以上が*A. pegreffii*と報告されている^{70,98)}。筆者らはメジマグロなどの産卵場所や生息域による例外も報告³¹⁾してきたが、マサバに認められたようなアニサキスの分布の違いは他の魚種でも当てはまると考えられる。

3) 魚の筋肉部へのアニサキスの移行率

近年、国内のアニサキス感染者100名より摘出した虫体の99%が*A. simplex sensu stricto*であり、九州のマサバなどの魚介類は*A. pegreffii*の寄生率が高いにもかかわらず、患者より摘出されたアニサキスは*A. simplex sensu stricto*であったと報告⁹⁷⁾された。我々がマサバの内臓から筋肉部位へのアニサキスの移行率の調査を行った結果、Table 3に示したよう

Table 3. Distribution of *Scomber japonicus* and detected numbers of *Anisakis* larvae

District of fish	No. of samples	Positive samples (in fish muscle)	<i>Anisakis</i> larvae		Penetration rate from the abdominal cavity to the muscle of the fish
			No. of the larvae (in fish muscle)	No. of the larvae/fish	
Sea of Japan and East China Sea					
Nagasaki	30	27 (1)	2721 (1)	90.7	
Fukuoka	13	13 (1)	1206 (2)	92.8	0.10 % ^{a)}
Shimane	9	9 (0)	90 (0)	10	(4/4073)
Fukui	18	6 (1)	36 (1)	2	
Ishikawa	16	8 (0)	20 (0)	1.3	
Pacific Ocean					
Oita	6	0 (0)	0 (0)	0	
Kochi	6	6 (4)	42 (5)	7	
Hyogo	8	6 (0)	27 (0)	3.4	
Mie	15	7 (5)	42 (10)	2.8	11.10 % ^{b)}
Kanagawa	14	12 (5)	150 (7)	10.7	(81/733)
Chiba	39	31 (13)	243 (35)	6.2	
Miyagi	11	9 (6)	53 (12)	4.8	
Iwate	23	21 (5)	141 (6)	6.1	
Aomori	10	7 (2)	35 (6)	3.5	
Total	218	162 (43)	4806 (85)	22	1.76% (85/4806)

a) Mainly *Anisakis* species was *Anisakis pegreffii*.

b) Mainly *Anisakis* species was *Anisakis simplex sensu stricto*.

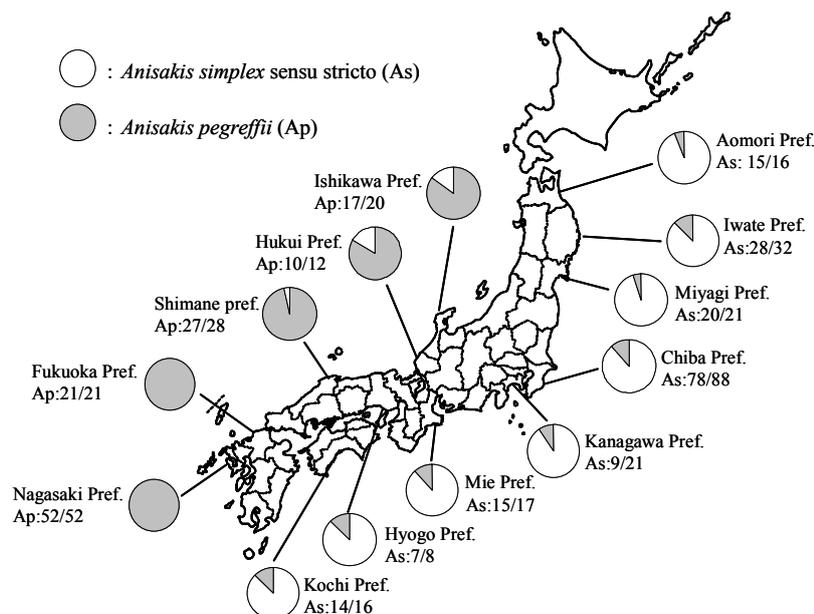


Fig. 7. Proportion of *Anisakis simplex sensu stricto* to *Anisakis pegreffii* in *Scomber japonicus* by the area of origin.

に、*A. pegreffii*と比較して*A. simplex sensu stricto*の方が100倍以上高いことが明らかとなり、筋肉部への移行率の違いが感染者数に反映していると考えられた⁹⁹⁾。また、*A. simplex sensu stricto*の寄生率が高い神奈川県産、千葉県産および宮城県産のマサバと、*A. pegreffii*の寄生率が高い長崎県産のマサバの、計96尾を対象に4°C、20°Cで20時間保存後の筋肉部および内臓における虫体数を比較したところ、Table 4に示したように、*A. simplex sensu stricto*が高率に寄生しているマサバにおいて、検出されたアニサキス総数に対する筋肉部における寄生数の割合（移行率）が、20時間4°C保存後では9.3%であったのに対して、20時間20°C保存後では19.2%であった。一方、*A. pegreffii*が高率に寄生している

Table 4. Penetration rates of *Anisakis simplex sensu stricto* and *Anisakis pegreffii* into the muscle of *Scomber japonicus* under different stock conditions

	On the same day	20 hours after	
		4 °C	20 °C
<i>A. simplex sensu stricto</i> (As) ^{a)}			
No. of fish tested	41	42	30
Total no. of As	359	343	213
No. of As in fish muscle	50	32	41
Penetration rate (%)	13.9	9.3	19.2
<i>A. pegreffii</i> (Ap) ^{b)}			
No. of fish tested	14	15	9
Total no. of Ap	701	1209	677
No. of Ap in fish muscle	0	0	12
Penetration rate (%)	0	0	1.8

a) Distributions were Chiba, Kanagawa and Miyagi prefectures.

b) Distribution was Nagasaki Prefecture.

長崎県産のマサバでは、当日の検査と20時間4°C保存後の移行率がともに0%であったのに対し、20時間20°C保存後においては1.8%であった。したがって、冷蔵より室温に近い温度の方が、よりアニサキスが筋肉部に移行し、消費者がアニサキス症に感染するリスクが増加することが明らかとなった⁹⁹⁾。

6. アニサキス感染防止策

低温広域流通の発達とともに、鮮魚・活魚が一般的になり、様々な種類の刺身だけでなく、しめさばやマリネのような酢じめ加工食品も店頭に並ぶようになってきた。*A. simplex*第3期幼虫の寄生したスケソウダラの肝臓を-20°C、-3°Cおよび4°Cで保存し、24時間ごとの虫体の生存状態を観察したところ、-20°C48時間以上の保存条件において死滅し、-3°Cおよび4°Cでは一週間経過してもアニサキスに運動性が認められている^{100,101)}。また、醤油や15%食塩水中での*A. simplex*第3期幼虫は室温においてそれぞれ2時間および18時間経過すると死滅したが、食酢では18時間経過後もアニサキスに活発な運動性が認められている¹⁰¹⁾。アニサキスは、熱に弱く、60°Cで5秒、100°Cで瞬時に死滅し、電子レンジなどの調理において15秒くらいの加熱で死滅する¹⁰²⁾。

これらのことから、アニサキスの感染防止には、天然海産魚介類の生食を避けること、加熱調理を行うことが最も有効であるが、日本の食文化を考えた場合に、現実的でないと思える。より現実的な感染防止対策として、しめさばのような酢じめ処理による調理法ではアニサキスの感染防止に適さないため、冷凍処理された魚か養殖魚を用いることや、天然海産魚介類を生食する場合にはアニサキスが魚の内臓まわりの筋肉部へ移行する機会が多いことから、早期に内臓と内臓まわりの筋肉部を取り除くことが、感染リ

スクを軽減のために必要と考えられる。

一般に、養殖魚にアニサキスが寄生していることは稀であるが、2005年に養殖カンパチとイサキに与えていた生餌にアニサキスが寄生していたことにより、一時的に養殖カンパチやイサキにアニサキスが高率に感染した。このため、厚生労働省が養殖カンパチ等の取扱いに関する通知¹⁰³⁾を行った経緯もあることから、養殖魚種類でも流通段階でのアニサキスの検査を定期的実施することが必要と思われる。

7. 今後の課題

わが国において、全数把握が義務づけられている寄生虫は、感染症法で指定されているエキノコックス症、マラリア、アメーバ赤痢、クリプトスポリジウム症およびジアルジア症の5疾患のみである。飲食物に起因する寄生虫症は、食品衛生法で食中毒として扱われ、届け出・調査対象（平成11年厚生省令第105号）⁹⁾とすることが定められているが、年間500例以上の感染例があるといわれるアニサキス症でさえ、2009年まで全国で年間5-10件程度の届出しかなく、正確な健康被害の実態を把握できていない。ところが、2009年に厚生労働省により医療機関に向けて挿絵入りの食中毒の届出に関する分かりやすい冊子¹⁰⁴⁾が配布されたことが功を奏してか、それまで1、2件の届出であった都内のアニサキス症が、2010年はノロウイルス、カンピロバクター、サルモネラに次いで4番目に多い6例が報告され、新聞報道されるなど注目された。我々が2010年に実施した調査結果ではサバ、スケソウダラ、スルメイカなどにおけるアニサキスの寄生率が例年と比較して高率でなかったことから、アニサキス食中毒の届出数の増加は医師による届出が円滑に行われるようになってきたためであると考えられる。しかしながら、食中毒となる事例は一部に過ぎず、アニサキス症の発生した背景、つまり原因魚種とその産地、流通経路、保存状態、調理の方法などの詳細が十分に解明されているとはいえない。したがって、アニサキス症を含め、食品媒介寄生虫症による健康被害の未然防止のためには、それらの感染実態の把握が今後の課題となろう。

文 献

- 1) 大島智夫, 嶋津武, 小山博誉, 他: 寄生虫誌, **18**, 241-248, 1969.
- 2) Smith, J.W.: *Nature*, **234**, 478-481, 1971.
- 3) 影井昇: 公衆衛生院研究報告, **23**, 65-71, 1974.
- 4) Shiraki, T., Hasegawa, H., Kemmotsu, M., et al.: *Jpn. J. Parasitol.*, **25**, 148-152, 1976.
- 5) Santamaria, M.T., Tojo, J.T., Gestido, J.C., et al.: *Jpn. J. Parasitol.*, **43**, 187-192, 1994.
- 6) Hatsushika, R.: *Kawasaki Med.*, **5**, 1-7, 1979.
- 7) Bratney, J. and Clark, K.J.: *Canad. J. Zool.*, **70**, 274-279, 1992.
- 8) 影井昇: アニサキス亜科線虫感染魚, 日本水産学会

- 編, 魚類とアニサキス, 99-107, 1974, 恒星社厚生閣, 東京.
- 9) 厚生労働省: 生衛発第 1836 号, 食品衛生法施行規則の一部を改正する省令の施行等について, 1999. http://www1.mhlw.go.jp/topics/syokueihou/tp1228-1_13.html
- 10) Van Thiel, P.H., Kuipers, F.C., Roskam, R.T., et al.: *Trop. Geogr. Med.*, **12**, 97-113, 1960.
- 11) Asami, K., Watanuki, T., Sakai, H., et al.: *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, **14**, 119-123, 1965.
- 12) 唐澤洋一, 唐澤学洋, 神谷和則, 他: 日本医事新報, **4386**, 68-74, 2008.
- 13) 石倉肇, 高橋秀史, 八木欣平, 他: 臨床寄生虫誌, **9**, 41-46, 1998.
- 14) Kagei, N., Sano, M., Takahashi, Y., et al.: *Jpn. J. Parasitol.*, **27**, 427-431, 1978.
- 15) Asato, R., Wakuda, M. and Sueyoshi, T.: *Jpn. J. Parasitol.*, **40**, 181-183, 1991.
- 16) Clavel, A., Delgado, B., Sanchez-acedo, C., et al.: *Jpn. J. Parasitol.*, **42**, 445-448, 1993.
- 17) 石倉肇: 日本における寄生虫学の研究 7, 439-464, 1999, 目黒寄生虫館, 東京.
- 18) 松田信治, 山田稔, 内川隆一, 他: 臨床寄生虫誌, **4**, 194-196, 1993.
- 19) 鈴木淳, 村田理恵, 保坂三継, 他: 臨床寄生虫誌, **20**, 64-67, 2009.
- 20) 高尾善則, 福間利英, 茂木幹義, 他: 臨床寄生虫誌, **4**, 200-202, 1993.
- 21) Suzuki, H., Ohnuma, H., Karasawa, Y., et al.: *Jpn. J. Parasitol.*, **21**, 252-256, 1972.
- 22) Kagei, N., Yanagawa, I., Nagano, K., et al.: *Jpn. J. Parasitol.*, **21**, 257-261, 1972.
- 23) 八木欣平, 高橋健一, 石倉肇: 臨床寄生虫誌, **4**, 166-168, 1993.
- 24) 八木欣平, 高橋健一, 石倉肇: 道衛研所報, **40**, 78-81, 1990.
- 25) 赤尾信明, 大山卓明, 岡澤孝雄, 他: 臨床寄生虫誌, **4**, 169-170, 1993.
- 26) 中村真一, 光永篤, 千葉素子, 他: 臨床寄生虫誌, **4**, 144-146, 1993.
- 27) 飯野治彦, 内田哲, 今村和之, 他: 臨床寄生虫誌, **3**, 94-98, 1992.
- 28) 加藤桂子, 影井昇, 林幸夫, 他: 寄生虫誌, **41**, 425-430, 1992.
- 29) 影井昇: 最新医学, **44**, 781-791, 1989, 最新医学社, 大阪.
- 30) 鈴木淳, 村田理恵, 貞升健志, 他: 臨床寄生虫誌, **22**, 2011, 印刷中.
- 31) 鈴木淳, 村田理恵, 柳川義勢: 臨床寄生虫誌, **18**, 18-20, 2007.
- 32) 村田理恵, 鈴木淳, 柳川義勢, 他: 臨床寄生虫誌,

- 19, 106–109, 2008.
- 33) Audicana, M.T., and Kennedy, M.W.: *Clin. Microbiol. Rev.*, **21**, 360–379, 2008.
- 34) Oshima, T.: *Parasitol. Today*, **3**, 44–48, 1987.
- 35) Audicana, M.T., Ansotegui, I.J., de Corres, L.F., *et al.*: *Trends Parasitol.*, **18**, 20–25, 2002.
- 36) Rello, F.J., Adroher, F.J., Benítez, R., *et al.*: *Int. J. Food Microbiol.*, **129**, 277–281, 2009.
- 37) 観公子, 牛山博文, 新藤哲也, 他: 食衛誌, **46**, 127–132, 2005.
- 38) Kasuya, S., Hamano, H. and Izumi, S.: *The Lancet*, **335**, 365, 1990.
- 39) Buendia, E.: *Allergy*, **52**, 481–482, 1997.
- 40) Gómez, B., Tabar, A.I., Tuñón, T., *et al.*: *Allergy*, **53**, 1148–1154, 1998.
- 41) Montoro, A., Perteguer, M.J., Chivato, T., *et al.*: *Allergy*, **52**, 985–991, 1997.
- 42) Kimura, S., Takagi, Y. and Gomi, K.: *Allergy*, **54**, 1224–1232, 1999.
- 43) 村田以和夫: 東京衛研年報, **44**, 33–42, 1993.
- 44) 朝尾直介, 原田晋, 福永淳, 他: 臨床寄生虫誌, **10**, 82–84, 1999.
- 45) 亀山梨奈, 矢上晶子, 北山高志, 他: アレルギー, **55**, 1429–1432, 2006.
- 46) 山本馨: 臨床寄生虫誌, **10**, 75–77, 1999.
- 47) Moneo, I., Caballero, M.L., Gómez, F., *et al.*: *J. Allergy Clin. Immunol.*, **106**, 177–182, 2000.
- 48) Shimakura, K., Miura, H., Ikeda, K., *et al.*: *Mol. Biochem. Parasitol.*, **135**, 69–75, 2004.
- 49) Kobayashi, Y., Ishizaki, S., Nagashima, Y., *et al.*: *Parasitol. Int.*, **57**, 314–319, 2008.
- 50) Pérez-Pérez, J., Fernández-Caldas, E., Marañón, F., *et al.*: *Int. Arch. Allergy Immunol.*, **123**, 120–129, 2000.
- 51) Asturias, J.A., Eraso, E. and Martínez A.: *Mol. Biochem. Parasitol.*, **108**, 263–267, 2000.
- 52) 繁平有希, 猪又直子, 中河原怜子, 他: アレルギー, **59**, 55–60, 2010.
- 53) Moneo, I., Caballero, M.L., González-Muñoz, M., *et al.*: *Parasitol. Res.*, **96**, 285–289, 2005.
- 54) Caballero, M.L., Moneo, I., Gómez-Aguado, F., *et al.*: *Parasitol. Res.*, **103**, 1231–1233, 2008.
- 55) Kobayashi, Y., Shimakura, K., Ishizaki, S., *et al.*: *Mol. Biochem. Parasitol.*, **155**, 138–145, 2007.
- 56) Rodríguez-Pérez, R., Moneo, I., Rodríguez-Mahillo, A., *et al.*: *Mol. Biochem. Parasitol.*, **159**, 92–97, 2008.
- 57) 消費者庁次長: 消費表第 286 号, アレルギー物質を含む食品の検査方法について; 別添 1「アレルギー物質を含む食品の検査方法」, 2010.
<http://www.caa.go.jp/foods/pdf/syokuhin24.pdf>
- 58) Ishikura, K., Shimakura, K., Nagashima, Y., *et al.*: *Fisheries Sci.*, **63**, 610–614, 1997.
- 59) 濱田友貴, 源河えりな, 大平倫敬, 他: 食衛誌, **41**, 38–43, 2000.
- 60) Mossali, C., Palermo, S., Capra, E., *et al.*: *Foodborne Pathog. Dis.*, **7**, 391–397, 2010.
- 61) Lopez, I. and Pardo, M.A.: *J. Agric. Food Chem.*, **58**, 1469–1477, 2010.
- 62) Davey, J.T.: *J. Helminthol.*, **45**, 51–72, 1971.
- 63) D'Amelio, S., Mathiopoulos, K.D., Santos, C.P., *et al.*: *Int. J. Parasitol.*, **30**, 223–226, 2000.
- 64) Mattiucci, S., Nascetti, G., Dailey, M., *et al.*: *Syst. Parasitol.*, **61**, 157–171, 2005.
- 65) Mattiucci, S., Paoletti, M. and Webb, S.C.: *Syst. Parasitol.*, **74**, 199–217, 2009.
- 66) Nadler, S.A., D'Amelio, S., Dailey, M.D., *et al.*: *J. Parasitol.*, **91**, 1413–1429, 2005.
- 67) Paggi, L., Nascetti, G., Webb, S.C., *et al.*: *Syst. Parasitol.*, **40**, 161–174, 1998.
- 68) Berland, B.: *Sarsia*, **2**, 1–50, 1961.
- 69) 小山力, 小林昭夫, 熊田三由, 他: 寄生虫誌, **18**, 466–487, 1969.
- 70) Quiazon, K.M.A., Yoshinaga, T., Ogawa, K., *et al.*: *Parasitol. Int.*, **57**, 483–489, 2008.
- 71) Shiraki, T.: *Acta. Med. Biol.*, **22**, 57–98, 1974.
- 72) Murata, R., Suzuki, J., Sadamasu, K., *et al.*: *Parasitol. Int.*, **60**, 193–198, 2011.
- 73) Zhu, X., Gasser, R.B., Podolska, M., *et al.*: *Int. J. Parasitol.*, **28**, 1911–1921, 1998.
- 74) Zhu, X., Gasser, R.B., Jacobs, D.E., *et al.*: *Parasitol. Res.*, **86**, 738–744, 2000.
- 75) Pontes, T., D'Amelio, S., Costa, G., *et al.*: *J. Parasitol.*, **91**, 1430–1434, 2005.
- 76) Quiazon, K.M.A., Yoshinaga, T., Santos, M.D., *et al.*: *J. Parasitol.*, **95**, 1227–1232, 2009.
- 77) Abollo, E., Paggi, L., Pascual, S., *et al.*: *Infect. Genet. Evol.*, **3**, 175–181, 2003.
- 78) Valentini, A., Mattiucci, S., Bondanelli, P., *et al.*: *J. Parasitol.*, **92**, 156–166, 2006.
- 79) Van Banning, P.: *Journal of Consiel International de l'Exploration de la Mer*, **34**, 84–88, 1971.
- 80) Grabda, J.: *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, **6**, 119–139, 1976.
- 81) Sommerville, R.I. and Davey, K.G.: *Int. J. Parasitol.*, **6**, 433–439, 1976.
- 82) Iglesias, L., Valero, A., Benitez, R., *et al.*: *Parasitology*, **123**, 285–291, 2001.
- 83) 倉持利明: 獣医寄生虫誌, **9**, 21–34, 2010.
- 84) Mattiucci, S. and Nascetti, G.: *Parasite*, **13**, 99–133, 2006.
- 85) Kuramoti, T., Machida, M., Araki, J., *et al.*: *Rep. int. Whal.*

- Commn.*, **46**, 415–419, 1996.
- 86) 内田明彦, 荒木潤: 日獣会誌, **53**, 85–88, 2000.
- 87) Umehara, A., Kawakami, Y., Matsui, T., *et al.*: *Parasitol. Int.*, **55**, 267–271, 2006.
- 88) 影井昇, 大島智夫, 小林昭夫, 他: 寄生虫誌, **16**, 427–435, 1967.
- 89) Kagei, N.: *Bull. Inst. Publ. Health.*, **19**, 76–86, 1970.
- 90) Oshima, T.: *Progress of Medical Parasitology in Japan*, **4**, 301–393, 1972, Meguro Parasitol. Museum, Tokyo, Japan.
- 91) 鈴木淳, 村田理恵, 三宅啓文, 他: 東京衛研年報, **52**, 26–29, 2001.
- 92) Umehara, A., Kawakami, Y., Ooi, H.K., *et al.*: *Int. J. Food Microbiol.*, **143**, 161–165, 2010.
- 93) 小林昭夫, 小山力, 熊田三由, 他: 寄生虫誌, **15**, 348–349, 1966.
- 94) 市原醇郎, 町田昌昭, 古賀毅, 他: 寄生虫誌, **17**, 582–583, 1968.
- 95) 加藤孝雄, 海沼勝, 伊藤勝男, 他: 食品衛生研究, **18**, 748–793, 1968.
- 96) Abe, N., Ohya, N. and Yanagimachi, R.: *J. Helminthol.*, **79**, 303–306, 2005.
- 97) Umehara, A., Kawakami, Y., Matsui, T., *et al.*: *Parasitol. Int.*, **56**, 211–215, 2007.
- 98) Quiazon, K.M.A., Yoshinaga, T. and Ogawa: *Parasitol. Int.*, **60**, 223–226, 2011.
- 99) Suzuki, J., Murata, R., Hosaka, M. *et al.*: *Int. J. Food Microbiol.*, **137**, 88–93, 2010.
- 100) Deardroff, T.L., Raybourne, R.B. and Desowitz, R.S.: *J. Food Prot.*, **47**, 49–52, 1984.
- 101) 村田以和夫, 宮沢貞雄, 國守利, 他: 東京衛研年報, **38**, 13–21, 1987.
- 102) Adams, A.M., Miller, K.S., Wekel, M.M., *et al.*: *J. Food Prot.*, **62**, 403–409, 1999.
- 103) 厚生労働省医薬食品局通知: 食安監発第 0615001 号, 中国産中間種苗由来養殖カンパチ等の取扱いについて, 2005.
<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2005/11/dl/s1117-5g.pdf>
- 104) 厚生労働省: 食中毒を疑ったときには～医師・医療機関向け～, 2009.
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/iryoku.html>

上記文献中の URL は, 2011 年 8 月 1 日現在のものであり, 変更または抹消の可能性がある.

**A Review of Anisakiasis and *Anisakis* Larvae in Japan: From the Prevalence and Risk of
Anisakis Infections to the Identification of *Anisakis* Larvae**

Jun SUZUKI^a and Rie MURATA^a

Anisakiasis is a gastrointestinal disease caused by ingestion of anisakid nematodes, mainly *Anisakis simplex* and *Anisakis physeteris*. The disease is thought to be caused by *Anisakis simplex* sensu stricto, which is one of three sibling species of *A. simplex*. There are over 500 cases of anisakiasis per year in Japan, where the disease is prevalent. Anisakiasis can occur in humans after consumption of raw mackerel, especially mildly marinated mackerel in Tokyo. Recently, IgE-mediated allergic reactions in individuals who have previously been sensitized with *A. simplex* have been reported. Therefore, anisakid nematodes have been included as pathogenic biological agents in the Food Sanitation Law of Japan since 1999. We reviewed not only the epidemiology of anisakiasis and the identification of *Anisakis* larvae, but also the risk factors associated with human *Anisakis* infection.

Keywords: anisakiasis, allergy, *Anisakis* larvae, morphological identification, molecular identification, *Anisakis simplex* sensu stricto, *Anisakis pegreffii*, *Scomber japonicus*, penetration rate to the muscle of fish

^a Tokyo Metropolitan Institute of Public Health,
3-24-1, Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073, Japan