

# 多包虫症（エキノコックス症）の予防に向けて

## 生態系と危機管理の視点から

コノノ ケイタ オク ユウザフロウ カミヤ マサオ  
 紺野 圭太\* 奥 祐三郎<sup>2\*</sup> 神谷 正男<sup>2\*</sup>  
 トイ リクオ クマシロ ヒデヒコ  
 土井 陸雄<sup>3\*</sup> 玉城 英彦\*

**Key words** : 疫学, 危機管理, 生態系, 多包虫症 (エキノコックス症), 予防

### I はじめに

ヒトの多包虫症（エキノコックス症）では、多包虫（多包条虫 (*Echinococcus multilocularis*) の幼虫）が主に肝臓で慢性的に増殖し、多数のう胞性病変が形成される。病態は悪性腫瘍に類似し、成人では進行は遅いが、早期に診断されないと致命的となる。

しかし、本症の（特に早期）診断は、極めて難しい。その理由としては、①無症状の潜伏期間が約20年と長いこと、②早期診断に有用な、住民への体系的サーベイランスがほとんどの流行地域で確立されていないこと、などが挙げられる。

宿主を含めた多包条虫の生態の理解が困難であり、虫卵の分布や汚染状況が不明で、ヒトへの正確な感染経路の同定ができていないため、本症の対策はこれまで成功していない。

北海道での終宿主であるアカキツネ（キタキツネ）の感染率は、札幌などかつての非流行域で近年上昇<sup>1)</sup>しつつある。都市部に出没するキツネの数は増加傾向<sup>2)</sup>にあると考えられており、飼い犬の感染も確認されている<sup>3)</sup>ことから、多くの住民が多包虫症感染の危険にさらされていることが懸念される。また、本症の流行により、北海道の農

業や観光が大きな影響を受ける恐れもある。

野生動物とヒトの流行との間に、数十年のギャップがある本症に対しては、公衆衛生的に有効な対策を予め構築しなければならない。特に、ヒトおよび宿主の疫学像把握のために、一般集団を反映する、綿密に練られた疫学調査が望まれる。

本稿では、本症の疫学について記載すると共に、危機管理および生態系管理の観点から対策を検討する。

### II 多包虫症の疫学

#### 1. 一般的特徴

##### 1) 多包条虫 (*E. multilocularis*) の地理的分布

表1に、多包条虫の分布またはヒトの多包虫症例が報告<sup>3~9)</sup>されている国を示した。旧ソビエト連邦から新たに独立した国々は活発な流行地域と考えられるが、特にヒトについての正確な疫学データはほとんど得られていない。近年、特に中央ヨーロッパでは、各地でアカキツネの感染が新たに確認されているが、これが流行範囲の拡大なのか、既存の生活環の初確認なのかはわかっていない<sup>5,6)</sup>。他の国々でも、本症に対する知識の普及や新たな調査により、今後生活環やヒトの症例が確認される可能性がある<sup>5,6)</sup>。

##### 2) 多包虫症の頻度

ヒト多包虫症に関する体系的な疫学研究は次のような理由から非常に少ない。①ヒトが多包条虫にとっての中間宿主としては非好適で、生活環維持に貢献しない、②本症は頻度が低く、空間的分布も限られており、一般に人々の認識が薄い、③潜伏期間が長く、正確な早期診断および頻度の把

\* 北海道大学大学院医学研究科社会医学専攻予防医学講座老年保健医学分野

<sup>2\*</sup> 北海道大学大学院獣医学研究科動物疾病制御学講座寄生虫学教室

<sup>3\*</sup> 横浜市立大学医学部衛生学講座

連絡先：〒060-8638 札幌市北区北15条西7丁目  
北海道大学大学院医学研究科社会医学専攻予防医学講座老年保健医学分野 玉城英彦

表1 多包条虫の分布またはヒト多包虫症例が報告されている国

	多包条虫の分布と ヒト多包虫症例	多包条虫の分布と ヒトの散発症例	多包条虫の分布のみ	ヒトの散発症例のみ
アジア	イラン, ウズベキスタン, カザフスタン, 中国, トルコ, 日本			インド
アフリカ				チュニジア
北アメリカ	アメリカ合衆国 (アラスカ), カナダ	アメリカ合衆国 (中央部)		
ヨーロッパ	オーストリア, スイス, ドイツ, ベルギー, フランス, ポーランド, リヒテンシュタイン, ロシア	アゼルバイジャン, キルギスタン, スロバキア, チェコ	アルメニア, ウクライナ, オランダ, グルジア, タジキスタン, デンマーク, ノルウェー, モルドヴァ, ルクセンブルク	イギリス, ギリシア, スウェーデン, スロベニア, ハンガリー, ブルガリア, ポスニア

(文献3-9)から作成

表2 世界の流行地における, 終宿主 (多包条虫) およびヒト (多包虫) の感染頻度

地域	国・地域名	終 宿 主			ヒ ト			
		種類	検査頭数	感染率 (%)	文献	期間	罹患率 (年間100万人あたり)	文献
アジア	日本	キツネ	373	45.8				
		イヌ <sup>a</sup>	9,849	1.0	1)	1982-99	0.9-3.3	1)
		ネコ	91	5.5				
	中国(甘肅省)	イヌ	58	10.3	3)	1994-97	3.4% <sup>d</sup>	11)
北アメリカ	アラスカ	キツネ	—	40-100	3)	—	70-980	3)
		イヌ	—	12				
ヨーロッパ	オーストリア	キツネ	3,600	1-35		1983-90	0.2	
		キツネ	7,059	29.0		1970-83	1.8	
	スイス	イヌ	660 <sup>c</sup>	0.3		1984-92	1.0	
		ネコ	263 <sup>c</sup>	0.4	4),16)	1970-83	7.4	4)
	ドイツ	キツネ	679	44.8		1985-89	0.3	
		ネコ	170	2.9				
	フランス	キツネ	513	14-36		1971-89	5.0	
イヌ		36	5.6		1960-92	14		

<sup>a</sup>: 日本のみ野犬, 他の地域は飼い犬

<sup>b</sup>: アラスカのみホッキョクギツネ, 他の地域はアカギツネ

<sup>c</sup>: 糞便抗原 ELISA と PCR で確認, 他は剖検検査による

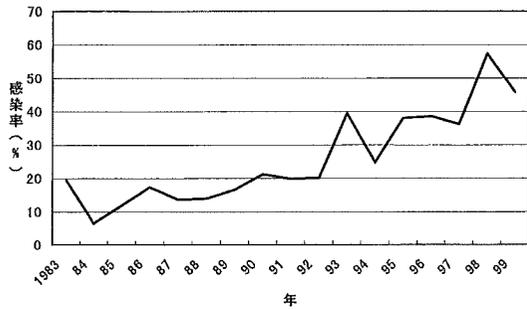
<sup>d</sup>: 有病率

握が難しい。

表2に示すように, 主にキツネが終宿主となっている地域での多包虫症の罹患率は, スイス, ドイツ, フランスなどヨーロッパで年間100万人あ

たり0.2~14人<sup>4)</sup>, 北海道では0.9~3.3人<sup>1)</sup>と報告されている。また, 飼い犬がヒトへの主な感染源となっているアラスカや中国では, 小規模な地域ベースの調査<sup>3,10,11)</sup>から, より高い数字が報告さ

図1 北海道におけるアカギツネの多包条虫感染率 (1983-99)



(文献12)から作成)

れている。ただし、これらの頻度は、地域によって異なる診断基準から得られている。

## 2. 北海道における終宿主の疫学

### 1) アカギツネ

北海道では、剖検検査によるアカギツネの感染率は1984年以降上昇<sup>12)</sup>(近年では50%前後)(図1)しており、特に、1993年以降は南西部など従来の低流行地域でも上昇<sup>1)</sup>している。世界の他の流行地域での感染率には、地域によって1%から60%まで大きな幅<sup>3-5,13,14)</sup>がある。ただし、これらの剖検検査における抽出標本の代表性ははっきりしていない。

現在、簡便で特異度が高く<sup>6)</sup>、かつ感染危険性の面でも安全な糞便抗原 ELISA (後述) が開発中で、その妥当性が試験されている<sup>6,14-19)</sup>。札幌での予備調査<sup>2)</sup>によれば、市街地にあるキツネの巣の周囲で集められた糞便標本のうち、21.3% (33/155) が抗原陽性を示した。

また、キツネの調査においては、感染率だけではなく、その年齢構成(一部の調査<sup>5,6,13,14)</sup>では、1歳未満の幼獣は成獣に比べ、感染率が高い)やキツネ1個体当たりの小腸内虫体数<sup>5,6,13,14)</sup>についても、標本抽出による推定などを通じて考慮することが望ましい。

### 2) イヌ・ネコ

北海道で登録されている飼い犬は約23万頭<sup>1,20)</sup>であり、農村部でのアンケート調査<sup>20)</sup>によれば、ネズミとの接触を持っている飼い犬は約40%にのぼった。北海道の調査によると、野犬の感染率は0.5~5%<sup>12,21)</sup>だが、近年は剖検数が少なく、感染

率の推測は難しい。飼い犬の感染率は、北海道で2.0%(糞便抗原 ELISA 陽性率)<sup>1)</sup>、スイスで0.3%(糞便抗原 ELISA と PCR で確認)<sup>16)</sup>と報告されている。また、北海道やヨーロッパではネコの感染も報告されている<sup>4,12,16,22)</sup>。

ネズミと飼い犬との間で生活環が成立し、本症が高頻度で認められるアラスカや中国の例<sup>3,10,11,23)</sup>から示されるように、ペットは飼い主への感染源となる恐れがある。わが国でも、糞便抗原検出法を用いた、ペット集団に対する疫学調査<sup>5,14,16,21)</sup>が望まれる。また、ネズミとの接触を減らす上でも、狂犬病予防法に定められた飼い犬の係留を徹底すべき<sup>20)</sup>と考える。

## 3. 北海道における中間宿主の疫学

### 1) ネズミ類

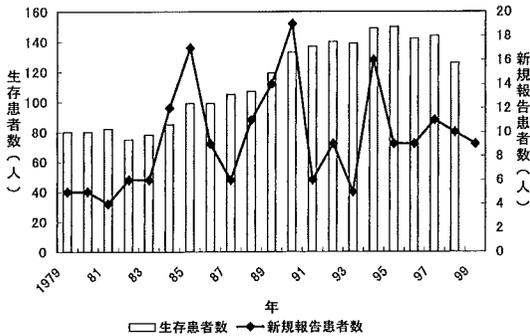
ネズミ類の多包虫感染率については、北海道やヨーロッパで約1~8%、アラスカではそれ以上と報告<sup>3,4,12,13)</sup>されている。これらの地域では、1日で20~30匹のネズミを捕食する終宿主(キツネ)の感染率は前述のとおりで、これより高い。

北海道では、エゾヤチネズミ (*Clethrionomys rufocanus*) が多包条虫の主たる中間宿主として生活環に関与している<sup>2,12,14)</sup>。エゾヤチネズミ体内での多包虫の成長や増殖は、実験的には研究されているが、さらなる自然界での観察も望まれる。春には、感染した越冬ネズミが、仔ギツネへの感染源となり、夏から秋にかけては、キツネの巣の周りに棲む当年個体のネズミが、キツネの糞に混じった虫卵を頻繁に摂取することで感染する、という巣穴周辺の生活環が近年分かってきた<sup>12,24)</sup>。自然界での伝播を解明すべく、季節によるネズミとキツネの個体数および伝播の推移について、さらなる研究<sup>12)</sup>が行われている。

### 2) 家畜

北海道やヨーロッパでは、ブタの多包虫感染が確認<sup>6,12)</sup>されている。北海道での食肉検査における感染率は約0.1~0.2%<sup>12)</sup>である。また近年従来非汚染地域とされていた青森県にも感染が広がっている<sup>25,26)</sup>。体内での多包虫の成長が悪いブタは、多包条虫の生活環には寄与しない<sup>25,27)</sup>。しかし、一般に周囲の環境から遮断された屋内で、短期間しか飼育されない北海道のブタでみられる比較的高い感染率からは、農場周辺の虫卵汚染も懸念される。飼育形態の検討を含めた、畜産業者の

図2 北海道における生存患者数および新規報告患者数 (1979-99)



(文献12)から作成)

危機意識向上が望まれる。

感染実験において多包虫の発育が非常に悪い<sup>25)</sup> ウンも、多包条虫の生活環には関与しないと考えられる。北海道での感染例は報告されていないが、牧草地の虫卵汚染については注意を要する。

### 3) ヒト

ELISA (Enzyme-linked immunosorbent assay) および WB (Western blotting) を用いた住民検診が導入された1984年以降、北海道では毎年10人前後の患者が報告されており、現在の生存患者数は約140人となっている<sup>1,12,28)</sup> (図2)。しかし、①1%強と低い検診率(人口570万人中毎年約7万人)、②受診者の固定化、③都市と地方間の受診率の差(例えば札幌市の0.03% [人口181万人中年間約500人] に対し、根室市では5.9% [人口3万4千人中約2千人]<sup>28)</sup>)、といった問題が存在する。都市部での低い受診率は、多包虫症に対する自治体の取り組み姿勢や、住民の認識の低さによるところが大きいと思われる。

1997年に長期札幌在住者から初めて患者が報告され、札幌の市街地でも多包条虫の生活環成立の可能性が示唆<sup>2,25)</sup>された。特に都市部では、検診率の向上と共に、住民意識の高揚が、早期発見および正確な疫学像把握のために求められよう<sup>28)</sup>。

また、年間約7万人いる<sup>21)</sup>北海道外への移住者の中に、感染者が含まれている可能性があるなかで、彼らへの検診は移住後一切行われていない。北海道全体に流行が広がった1980年頃から約20年が経過し、潜伏期間を過ぎて発症する道外移住患

者が今後発見されることも予想される。発症前の早期発見のためにも、潜在的高リスク群(後述)の移住者に対しては、追跡検診の実施が望まれる。

これまで行われた疫学調査<sup>11,14,29,30)</sup>では、様々な感染危険因子が報告されている。北海道では畜産業者のリスクが示唆<sup>29)</sup>されているのに対し、ハンターや毛皮業者、剥製業者には有意に高いリスクは認められていない<sup>29)</sup>。ヨーロッパには、農業従事を危険因子と報告している研究<sup>14)</sup>がみられるほか、オーストリアでの疫学研究<sup>30)</sup>では、ネコの飼育と狩猟が独立した危険因子として挙げられている。また、中国やアラスカでは、犬の飼育歴が危険因子として示されている<sup>11)</sup>。地域によって異なる宿主とヒトとの距離や関係を考慮<sup>14)</sup>し、流行地ごとに潜在的高リスク群を検討することが重要と考える。

### 4) 多包虫症例の地理的分布

これまで、日本の多包虫症例のほとんどは、北海道から報告されている。戦中戦後の礼文島での流行(後述)終結後、1960年代に根室市で数例の患者が確認<sup>25)</sup>された。患者の分布は初め根室・釧路地方に限局していたが、現在では北海道全体に広がっている<sup>1,12,25,26,28)</sup>。また、日本で最初の報告症例は東北地方からであり、現在までに北海道外原発と思われる18例の症例が報告<sup>26)</sup>されている。

今後、感染の拡大が懸念される北海道外でも、ヒトおよび宿主の疫学調査や、キツネと養豚農家の分布についての調査が求められる<sup>26)</sup>。流行の把握にはキツネの感染率調査が最も有効だが、本州では猟師によるキツネの多数捕獲が行われておらず、実施は難しい。一方、ブタについては、東北<sup>31)</sup>・関東甲信越地方<sup>32)</sup>で食肉衛生検査を通じた流行監視体制が整備されつつあり、全国的な展開が期待される。

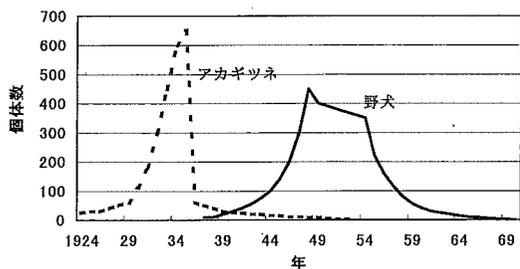
### 4. 北海道礼文島における流行史

稚内沖の日本海に浮かぶ礼文島での本症の流行史は、疫学的に以下のような興味深い側面を持っている。

#### 1) アカギツネと野犬数の推移(図3)

1924年から1926年の間に、多包条虫の活発な流行地であった千島のシムシル島から、12番のアカギツネが礼文島に移入された。その後、キツネの数は急速に増加し、ネズミとの間に多包条虫の生活環が成立した。しかし、1935年に商業目的の密

図3 北海道礼文島におけるアカギツネおよび野犬の個体数年次推移 (1924-70)



(出典：文献34))

猟者達がキツネ狩りを始め、数年で島のキツネをほぼ絶滅させた。1940年代、キツネに続いて数を増やしたのは野犬であったが、多包虫症の重要な感染源とみなされ、やがて根絶された<sup>33,34)</sup>。

## 2) ヒト多包虫症例

礼文島からは、北海道初の報告症例となった1936年以降、131例が報告されている。また、1990年までに、74人の「多包虫症による死亡」が死亡診断書に記載されている<sup>34)</sup>。しかし、一部の患者は本症を知らずに死亡し、あるいは地域的偏見により検診を受けなかったと考えられるうえ、当時の診断技術が未発達であったことから、これらの数字は必ずしも現実を反映していない<sup>33,34)</sup>と思われる。

自治体による対策は1970年に終了したが、その後、島からは感染後長期を経た12人の患者（一番最近では1989年）が報告されている<sup>12,33,34)</sup>。

## 3) 感染経路の推測

1948年以降に北海道が実施した調査では、キツネへの感染はみつからず、数頭のイヌおよびネコに少数の虫体が発見されたにとどまった。また、飲料水中に虫卵はみられなかった<sup>25,33)</sup>。これらの結果は、当時は活発な多包条虫の生活環は維持されておらず、感染の危険性が低かったことを示している。

また、近年の疫学研究<sup>33,34)</sup>は、ヒトへの感染は遅くとも1941年には終結しており、その後増加した野犬が感染源となった可能性は低い、と推測している。この推測に従えば、密猟者達がアカギツネのみならず多包条虫をも減ぼしたことになり、多包虫症対策に限定すれば、戦後行われた野犬狩

りの効果は低かったと考えられる。もちろん、礼文島では、周囲を海に囲まれた地理的要因ゆえに、キツネの個体数管理が多包虫症対策につながったことを銘記しておかねばならない。

土井<sup>34)</sup>は、キツネの数がピークであった1935年を算定上の感染開始期と仮定し、多包虫症の性比(男/女)を2.2、平均感染期間、平均潜伏期間、平均有症状期間をそれぞれ、 $26 \pm 7$ 、 $21 \pm 7$ 、 $5 \pm 5$  (平均±標準偏差)年と推測している。また土井<sup>34)</sup>は、かつて虫卵による汚染が疑われた河川の飲料水とは別に、虫卵の付着した土、草、毛皮が屋内に持ち込まれ、感染源になったと推測している。

## III 北海道での多包虫症診断および治療

### 1. 診断

北海道では、一次検診にはELISAが、二次検診にはWB・超音波検査・腹部X線撮影が<sup>12)</sup>、臨床病期分類にはCT、血管造影、MRIなどが用いられている。

スクリーニング検査に用いられている、粗抗原(C抗原)を使ったELISA<sup>12,35)</sup>は、多包虫の様々な成長段階に対して陽性を示しうる<sup>12)</sup>。現在、確定診断も可能な信頼性の高い血清診断法が研究<sup>36~38)</sup>されている。ELISAと同じ抗原を用いるWB<sup>12,35)</sup>では、多包虫症患者の血清は2種類の染色パターンのいずれかを示し、これらの病態生理学的関係が研究されている<sup>12,39,40)</sup>。これまで報告<sup>35,37,39,41)</sup>されている二つの血清診断法の精度を表3に示す。

多包虫症は潜伏期間が長く、感染後の経時的な抗体価変動はわかっていないことから、特に病理組織が確認されない早期での診断は難しい<sup>20)</sup>。

### 2. 治療

現在、唯一の根本的治療法は病変部分の手術摘出と、再発予防を目的とした術後最低2年間の薬物療法(アルベンダゾールやメベンダゾールを使用)だが、根治手術は多くの場合、早期の患者にしか施せない。そうでない場合には、緩和的手術(ヨーロッパでは肝臓移植の適用もある)と薬物療法が併用される<sup>42)</sup>。

完全摘出手術症例の10年生存率(100%)は不完全切除症例(63%)に比べて有意に高く、早期発見による根治手術の重要性が示唆<sup>43)</sup>されてい

表3 ヒト多包虫症の血清診断法の精度

診断法	ELISA <sup>a</sup>			WB <sup>b</sup>
	C抗原	Em2 <sup>PLUS</sup>	Em18	C抗原
抗原名				
感度	86-96% <sup>(11,35)</sup>	97% <sup>(41)</sup>	90-97% <sup>(11,37)</sup>	90-95% <sup>(35,39)</sup>
単包虫血清に対する特異度	報告なし	74% <sup>(41)</sup>	98% <sup>(37)</sup>	100% <sup>(39)</sup>

<sup>a</sup>: Enzyme-linked immunosorbent assay

<sup>b</sup>: Western blotting

る。現在、手術不能症例に対し、病変拡大を抑制するアルベンダゾール投与療法が研究<sup>6,44)</sup>されている。

## IV 終宿主に関する近年の研究成果

### 1. より正確な多包虫検出法の開発

現在主に用いられている剖検法は、小腸内の虫体を直接検出する方法<sup>6,12,15,17)</sup>で、最も信頼性が高い。従来は感染の危険もあった<sup>12,17)</sup>が、北海道では虫卵を殺すために超低温凍結処理がなされるようになった。糞便中虫卵検出法は、多包虫の産卵期間にしか陽性を示さないが、簡便でフィールド調査<sup>2,45)</sup>に適している。他のテニア科条虫の卵との形態的な類似により、種の鑑別は難しいが、北海道ではキツネに寄生するテニア科条虫のほとんどが多包虫である<sup>2,19)</sup>ことから、有効な検出法として用いられている。

近年、糞便標本から、多包虫の代謝物を検出する糞便抗原 ELISA 法<sup>1,2,6,15,16,18)</sup>が開発されつつある。この方法は虫卵が排出されない、キツネの感染早期にも陽性を示し、安全かつ簡便<sup>1,6,16,18,19)</sup>で、フィールド調査<sup>2,45)</sup>にも利用できる。感度および特異度はそれぞれ約83-87%、95-99%と報告<sup>6,16,19)</sup>されている。比較的感染率の低い宿主集団においては、陰性予測値 (negative predictive value) が非常に高く、キツネの他、イヌやネコなどペット集団へのスクリーニング法としても期待される<sup>6,16)</sup>。少数虫体からの微量抗原検出や交差反応に改良の余地があり<sup>16,19)</sup>、交差性の低い抗原が現在開発<sup>1)</sup>されている。

また、虫卵標本に対する PCR 法が開発中<sup>6,16,46)</sup>で、糞便抗原陽性例の確定診断法として、今後の応用が期待される。

## 2. 終宿主の駆虫

駆虫剤(プラジカンテル)入りの餌を散布して、キツネの感染率を低下させようとする研究<sup>47)</sup>が南ドイツで行われた。14か月間で6回、全部で6万個の餌が、566 km<sup>2</sup>の試験地域に地上(密度15個/km<sup>2</sup>)および空中(20個/km<sup>2</sup>)から散布された結果、キツネの感染率は32%から4%に低下した。ただし、感染率調査目的の射殺で個体数が減少し、駆虫されていない感染キツネが外部から試験地域の辺縁部へ移入してきたため、辺縁部では中心部よりも感染率の低減効果が小さかった。また、部分的なキツネの個体数管理は、感染率低減には無効であった<sup>47)</sup>。現在、虫卵や多包虫の寿命を考慮し、この散布法の長期的効果についての調査<sup>47,48)</sup>が行われている。

日本でも、餌散布が有効な最小面積や費用・便益分析を含めた、標準的な散布法の確立に向けた研究<sup>1,20,35)</sup>が進行している。

また、駆虫剤の経皮的塗布による非侵襲的駆虫法が飼いネコに有効、との研究<sup>22)</sup>もあり、ネコの駆虫法として注目される。

## V 北海道における費用・便益分析

### 1. 住民検診事業

前述のとおり、日本やヨーロッパでの疫学調査では、本症の罹患率は住民10万人あたり年間1人以下と低い<sup>3-5,49)</sup>が、北海道の住民検診事業については予後のみならず、コスト面での意義も示されている<sup>43,48)</sup>。

住民検診で発見された症例については、医療機関で診断された症例に比べ、有意に高い病巣の完全切除率や5年生存率が報告<sup>43)</sup>されている。

コスト面では、受診者1人あたりの検診(ELISA)費用が日本では約500円と安い<sup>48,49)</sup>。検診事業の便益については、「北海道では、1984年から1993年の間に、ELISAと超音波を用いた住民検診で60人の多包虫患者が発見されたが、彼らはすべて無症状で、すべての病巣が切除可能だった。もしも検診を行わなければ、検診と早期治療に要した費用全体よりも約2億2千万円(発見患者1人あたり367万円)高い医療費がかかっただろう。」と推計<sup>48)</sup>されている。

今後、より高精度な血清診断法が開発・利用されれば、さらに確実に経済的な早期診断が可能に

なり、かつ住民における虫卵の曝露指標として利用され得る。

## 2. 北海道産業への潜在的影響

本症の北海道産業への影響は無視できない。まず、北海道経済で大きな位置を占める畜産および畑作（1998年の両者の生産高は合計約9,200億円にのぼり、農業全体の生産高は北海道のGDPの2.6%を占める<sup>50)</sup>）への影響が考えられる。ここでは、昨今、日本や台湾、ヨーロッパに甚大な被害をもたらしている口蹄疫の流行<sup>51)</sup>が参考になろう。今回の流行では、畜産業への直接被害以外に、情報不足による誤解に基づく間接的な風評被害が社会問題となった。中間宿主のブタが、同じ中間宿主である人間への感染源になり得ない多包虫症でも、同様の現象が起これば農業全体へ被害が及ぶ可能性がある。

もう一つの重要な産業である観光（毎年約600万人の観光客が道外から訪れ、推計<sup>52)</sup>によれば彼らの消費行動により、約7,000億円の経済活動が誘発される）も、風評による牧草地など観光地へのマイナスイメージによって、大きな損失を蒙る可能性がある。

## Ⅵ 疾病対策に向けた考察

### 1. 長期戦を覚悟で

単包虫症は別種のエキノコックスである単包条虫 (*Echinococcus granulosus*) の幼虫への感染で起こる。現在でも、アジア、アフリカ、南米などの広範囲で家畜（主にヒツジ）とイヌとの間で生活環が成立し、ヒトの症例も多く、対策が急務となっている<sup>5,25)</sup>。かつて活発な流行地だったアイスランドでの対策成功例<sup>25)</sup>は、現在でも他の流行地で参考にされている。

19世紀半ば、アイスランドは、住民の有病率が6分の1とされる程の流行地だった。対策としては、研究者による市民教育の他、終宿主のイヌに対する課税、駆虫および飼育制限、中間宿主に対する感染家畜の取り扱いや市場流通に関する法的規制が実施された。その結果、対策開始から約100年後の1960年に、単包虫症の流行は終結した<sup>25)</sup>。

生活環がヒトの近くで維持されている単包虫症は、終宿主と中間宿主の両者に同時に介入できる、という点で多包虫症とは異なる。だが、住民

意識高揚を含めた、総合的な対策に必要な「長い時間」をこの例は示している。

### 2. 事前危機管理型対応

表4には、予妨および疾病対策に必要な研究と具体策を示した。潜伏期間の長い本症では、流行拡大の予防が重要<sup>21)</sup>と思われる。

わが国には、これまで危機を例外としてしか認識しない風潮があり、長期的予測に立った準備が不得手であった<sup>53)</sup>。しかし、昨今話題に上る事前

表4 予防対策に向けた具体策と研究課題

介入可能なポイント（特に1および2が重要）
1. 多包条虫の生活環
2. 感染した終宿主とヒトとの距離
3. 感染後の病変部の進行
宿主
1. アカギツネに関する感染率と個体数の調査体系確立
2. 飼い犬の飼育状況把握および糞便抗原検出法によるマス・スクリーニング
3. 野生動物および感染可能性のあるペットへの駆虫推奨・駆虫施設の整備
4. 多包虫生活域へのペットの接近禁止
5. 正確・簡便・安価な宿主検査法の開発（交差反応を示さないEmA-9による糞便抗原ELISAなど）
6. 宿主の生態に関わる研究（都市へのキツネ流入、キツネを遠ざける方法、適切な土地利用など）
ヒト
1. 流行地域の住民の意識向上
①多包虫・多包条虫の生活環
②感染の深刻さ、早期発見の重要性
③感染を防ぐ適切なライフスタイル
④ペットへの感染・虫卵付着の可能性、飼い主の潜在的感染リスク
⑤イヌの係留義務（狂犬病予防法）
2. 検診事業の改良・拡充
3. 潜在的高リスク群への重点的予防対策
4. 診断基準および治療基準の策定
5. 現在よりも精度の高い血清診断法の開発
6. 早期患者に対して有効・安価な治療薬の開発
7. ヒトへの正確な感染経路の特定・感染後の発症リスクに関する研究
8. 宿主間の流行とヒトへの感染リスクの関係についての研究

（文献1,35）から作成

図4 静観型対応と事前危機管理型対応

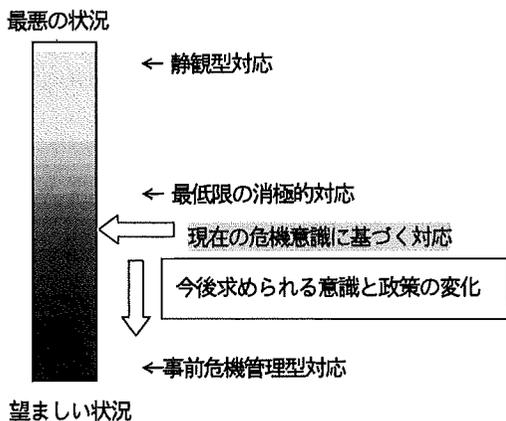
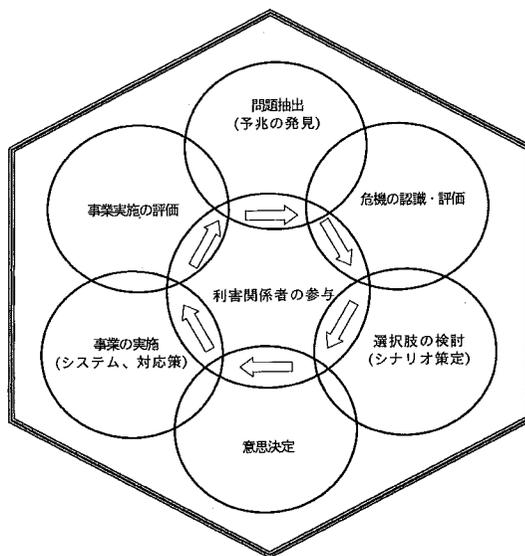


図5 危機管理の枠組み



(文献56)から作成)

危機管理の原則<sup>53~56)</sup>が教えるように、今後は根拠が不確実な場合でも、利用し得る知識を活用し、住民の健康を優先した公衆衛生政策を予め立案・策定することが求められる。図4には静観型対応と事前危機管理型対応を両極として、現状と今後望まれる対応の変化を示した。

北海道でのアカギツネの感染率は上昇しており、地方のみならず都市部でも多包条虫の生活環成立が示唆<sup>1,20)</sup>されている。危機管理の第一段階では、調査を継続し、流行を示唆するこれらの予兆をとらえなければならぬ<sup>44)</sup>。現在、多包虫症の新規報告患者数は少ないが、開発や娯楽活動に伴うヒトとキツネとの接触機会の増加や、飼い犬を通じた虫卵曝露<sup>21)</sup>による流行の拡大も懸念される。

第二段階として、リスクを正確に評価しなければならない。多包虫症は頻度が低く、潜伏期間が長いので、感染リスクを評価しにくい。しかし、正確な感染経路が不明な現在、終宿主への接触機会が多い潜在的高リスク群に対し、教育や検診事業などの対策を重点的に実施することはできる。具体的には、屋外で土遊びをする子供、酪農・畜産を含む農業従事者、動物園職員、屠畜場職員、陸上自衛隊員（1996年にレインジャー隊員が患者として認定されている（土井、未発表））が挙げられる。

また今後は、従来の行政主導型対応から脱却し、行政、民間企業（製薬会社など）および住民が情報を共有する関係者参加型対応も求められよ

う。図5に示すように、危機管理においては、すべてのプロセスへの利害関係者の参加が重要と思われる<sup>56)</sup>。

### 3. 生態系への配慮を

キツネの個体数に影響を及ぼす要因には、狂犬病ワクチン入り餌散布（ヨーロッパではキツネは増加傾向と考えられている<sup>5)</sup>）やヒゼンダニ寄生による疥癬の流行（北海道東部ではキツネの減少が伝えられている<sup>57)</sup>）も挙げられている。多包条虫の生活環が自然界で営まれている以上、総合対策には、人間活動を含めたこうした不確実要因への着目と、全体像の把握が求められよう。

ヨーロッパでは、野生動物間で伝播する狂犬病対策としての、アカギツネの個体数管理には限界があった<sup>58)</sup>。北海道の多包虫症においても、宿主感染率の上昇だけに注目し、「有害そう」な宿主や多包条虫を根絶しようとする対策は無効だった<sup>12,28)</sup>。このような生態系への配慮を欠いた対策は精緻な生態系のバランスを歪めかねない。同じ生態系に生きる人間・宿主・多包条虫の共存という視点に基づいた、社会的・経済的にも受け入れられる<sup>59)</sup>対策が重要だろう。

最後に、いくつかの公衆衛生対策について考察したい。

## 1) キツネの駆虫

キツネへの多包条虫感染は狂犬病と違って病原性は弱く、ネズミの多包虫感染率は低い。このため、キツネの駆虫によってキツネやネズミの個体数が増える可能性は低い。プラジカンテルによって他の寄生虫も駆虫されるが、これが個体数に及ぼす影響も小さいと考えられる。このように、現時点では餌散布の生態系への影響は小さいと予想されるが、残留薬剤や、散布後にキツネが環境中に排出する「生きた虫卵」の感染性についての調査が続けられている<sup>47)</sup>。特定危険地域を対象としたキツネへの餌散布であれば、経済的にも実施可能と考えられる。

## 2) 住民検診・宿主感染の監視体制

宿主調査と住民検診が実施されている北海道であれば、ヒトへの感染を抑えられる程度の「キツネ感染率の低減目標値」策定に向け、地域ごとにキツネ感染率と発生患者数を監視・解析する疫学調査体系の確立も可能だろう。

また、飼い犬に対しては、感染ネズミとの接触機会が多いと思われる飼い犬の「高リスク群」への感染率調査や定期的駆虫、検便・駆虫施設の整備<sup>21)</sup>などが求められる。イギリスでは、流行地からの転入犬への駆虫<sup>21)</sup>が義務づけられており、日本でも、流行域拡大を防ぐべく、この対策を参考にしたい<sup>21)</sup>。

## 3) 土地利用

中国では、耕地開拓のための森林伐採で生息地を増した中間宿主（ネズミ）が個体数を増し、活発な感染環が成立したと報告<sup>11)</sup>されている。他にも、人間の土地利用が宿主密度や虫卵曝露に及ぼす影響が示唆<sup>57,60)</sup>されている。今後、こうした影響をさらに掘り下げ、感染環の活発化を抑え、虫卵曝露を減らすような土地利用の研究が望まれる。

## 4) 住民への知識普及・意識向上

本症の影響や深刻さが過小評価されている今、住民に対し、宿主との接触や虫卵曝露を減らすアドバイスと正しい情報を提供することは、感染予防や危機意識向上、そして風評被害の予防のためにも意義がある。今後は特に、飼い犬を介した感染リスク<sup>29)</sup>に関する知識と意識の向上が重要だろう。

本症の対策には、様々な分野の関係者間での活発な協力と議論が必要であり、我々は、北海道に

おいて、これらの協力体制を強化し、多包虫症対策に貢献したいと考えている。

(受付 2001. 5.25)  
(採用 2001.11.19)

## 文 献

- 1) 北海道における終宿主の感染状況. 北海道大学大学院獣医学研究科寄生虫学教室ホームページ <http://133.87.224.209/echinococcus.html>
- 2) Tsukada H, Morishima Y, Nonaka N, et al. Preliminary study of the role of red foxes in *Echinococcus multilocularis* in the urban area of Sapporo, Japan. *Parasitology* 2000; 120: 423-428.
- 3) Schantz PM, Eckert J and Craig PS. Geographic distribution, epidemiology, and control of *Echinococcus multilocularis* and alveolar echinococcosis. Uchino J and Sato N. *Alveolar Echinococcosis*. Sapporo: Fuji Shoin, 1996; 1-25.
- 4) Eckert J. Epidemiology of *Echinococcus multilocularis* and *E. granulosus* in central Europe. *Parasitologia* 1997; 39: 337-344.
- 5) Eckert J, Conraths FJ, Tackmann K. Echinococcosis: an emerging or re-emerging zoonosis? *Int J for Parasitol* 2000; 30: 1283-1294.
- 6) Deplazes P, Eckert J. Veterinary aspects of alveolar echinococcosis—a zoonosis of public health significance. *Veterinary Parasitology* 2001; 98: 65-87.
- 7) Cook BR. *Echinococcus multilocularis* infestation acquired in UK. *Lancet* 1991; 337: 560-561.
- 8) Eckert J, Schantz PM, Gasser RB, et al. Geographic distribution and prevalence. Eckert J, Gemmel MA, Meslin F-X, Pawlowski Z. *WHO/OIE Manual on Echinococcosis in Humans and Animals*. Paris: World Organization for Animal Health, 2001; 100-142.
- 9) 大林正士. 包虫（エキノコックス）そのⅣ. 北獣会誌 1975; 19: 183-192.
- 10) Craig PS, Deshan L, Macpherson CNL, et al. A large focus of alveolar echinococcosis in central China. *Lancet* 1992; 340: 826-831.
- 11) Craig PS, Giraudoux P, Shi D, et al. An epidemiological and ecological study of human alveolar echinococcosis transmission in south Gansu, China. *Acta Tropica* 2000; 77: 167-177.
- 12) 北海道衛生研究所. 北海道のエキノコックス: 創立50周年記念学術誌. 札幌: 北海道立衛生研究所, 1999.
- 13) Hoffer S, Gloor S, Muller U, et al. High prevalence of *Echinococcus multilocularis* in urban red foxes (*Vulpes vulpes*) and voles (*Arvicola terrestris*) in the city of Zurich, Switzerland. *Parasitology* 2000; 120: 135-142.

- 14) Eckert J, Rausch RL, Gemmell MA, et al. Epidemiology of *Echinococcus multilocularis*, *Echinococcus vogeli*, and *Echinococcus oligarthrus*. Eckert J, Gemmell M A, Meslin F-X, Pawlowski Z. WHO/OIE Manual on Echinococcosis in Humans and Animals. Paris: World Organization for Animal Health, 2001; 164-194.
- 15) Deplazes P, Eckert J. Diagnosis of the *Echinococcus multilocularis* infection in final hosts. Appl. Parasitol 1996; 37: 245-252.
- 16) Deplazes P, Isabelle T, Thompson RCA, et al. *Echinococcus multilocularis* coproantigen detection by enzyme-linked immunosorbent assay in fox, dog, and cat populations. J. Parasitol 1999; 85: 115-121.
- 17) Eckert J, Deplazes P. Methods for surveys on *Echinococcus multilocularis* infections in final hosts. Uchino J and Sato N. Alveolar Echinococcosis. Sapporo: Fuji Shoin, 1996; 151-163.
- 18) Nonaka N, Iida M, Yagi K, et al. A diagnostic method for the definitive host of *Echinococcus multilocularis* by coproantigen detection. Uchino J and Sato N. Alveolar Echinococcosis. Sapporo: Fuji Shoin, 1996; 147-149.
- 19) Sakai H, Nonaka N, Yagi K, et al. Coproantigen detection in a routine fox survey of *Echinococcus multilocularis* infection in Hokkaido, Japan. Parasitol Int 1998; 47: 47-51.
- 20) 奥祐三郎. 体内で増殖・転移する寄生虫“エキノコックス”の拡がり. mVm 2000; 48: 5-17.
- 21) 土井陸雄, 神田栄次. あなたの愛犬はエキノコックス症に感染していませんか? 狩猟界 2001; 45: 60-65.
- 22) Jenkins DJ, Roming T. Efficacy of Droncit<sup>®</sup> Spot-on (praziquantel) 4% w/v against immature and mature *Echinococcus multilocularis* in cats. Int J for Parasitol 2000; 30: 959-962.
- 23) Jinang C. Epidemiology of alveolar and cystic (unilocular) echinococcosis in China. Uchino J and Sato N. Alveolar Echinococcosis. Sapporo: Fuji Shoin, 1996; 49-57.
- 24) Takahashi K, Uruguchi K. Ecological factors influencing prevalence of larval *E. multilocularis* in vole populations. Uchino J and Sato N. Alveolar Echinococcosis. Sapporo: Fuji Shoin, 1996; 75-77.
- 25) 山下次郎, 神谷正男. エキノコックス—その正体と対策. 札幌: 北海道大学図書出版会, 1997.
- 26) 土井陸雄, 神田栄次, 二瓶直子, 他. 北海道外における多包虫症発生の実態と今後の対策への提言. 日本公衛誌 2000; 47: 111-126.
- 27) Ohbayashi M. Host animals of *Echinococcus multilocularis* in Hokkaido. Uchino J and Sato N. Alveolar Echinococcosis. Sapporo: Fuji Shoin, 1996; 59-64.
- 28) 皆川知紀. エキノコックス症対策の総括と展望. 北海道医誌 1997; 72: 569-581.
- 29) 伊藤 亮. エキノコックス症—世界・日本での現状, 診断・治療・予防—. 北海道プライマリ・ケア研究会会報 2001; 19: 29-39.
- 30) Kreidl P, Allerberger F, Judmaier G, et al. Domestic Pets as Risk Factors for Alveolar Hydatid Disease in Austria. Am J Epidemiol 1998; 147: 978-981.
- 31) 神谷晴夫. 東北地方におけるエキノコックス症流行実態調査ならびに監視体制の構築. 厚生科学研究費補助金新興・再興感染症研究事業「エキノコックス症の監視・防御に関する研究」平成12年度総括・分担研究報告書: 2001; 38-40.
- 32) 松田 肇, 松本 淳, 内田明彦, 他. 関東甲信越地方へのエキノコックス症侵入監視体制の整備. 厚生科学研究費補助金新興・再興感染症研究事業「エキノコックス症の監視・防御に関する研究」平成12年度総括・分担研究報告書: 2001; 45-48.
- 33) 皆川知紀. 礼文島エキノコックス症自然史再考. 北海道医誌 1999; 74: 113-134.
- 34) 土井陸雄, 中尾 稔, 二瓶直子, 他. 北海道礼文島における多包虫症の消長と感染期間の推定. 日本公衛誌 2000; 47: 145-152.
- 35) 田村正秀. 感染症新法と北海道のエキノコックス症対策. 北海道公衛誌 2000; 14: 6-11.
- 36) Furuya K, Sato N, Uchino J. Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) and Western blotting (WB) test. Uchino J and Sato N. Alveolar echinococcosis of the liver. Sapporo: Hokkaido University School of Medicine, 1993; 75-90.
- 37) 伊藤 亮. 旭川医科大学におけるエキノコックス症研究の現状と日本におけるエキノコックス症の問題点. 北海道医誌 2001; 76: 3-8.
- 38) 伊藤 亮. 多包虫症術前確定血清診断法 (Em18-immunoblot, Em18-ELISA) の確立と住民健診への適用の可能性. 厚生科学研究費補助金新興・再興感染症研究事業「エキノコックス症の監視・防御に関する研究」平成12年度総括・分担研究報告書: 2001; 18-21.
- 39) Sato C, Nagano H, Furuya K. A diagnostic polysaccharide antigen in human alveolar hydatid disease. Uchino J and Sato N. Alveolar Echinococcosis. Sapporo: Fuji Shoin, 1996; 129-134.
- 40) Nagano H, Sato C, Furuya K. Seroprevalence of human alveolar echinococcosis demonstrated by Western blotting in Hokkaido. Uchino J and Sato N. Alveolar Echinococcosis. Sapporo: Fuji Shoin, 1996; 135-138.
- 41) Pawlowski ZS, Eckert J, Vuitton DA, et al. Echinococcosis in humans: clinical aspects, diagnosis and treatment. Eckert J, Gemmell MA, Meslin F-X, Pawlowski Z. WHO/OIE Manual on Echinococcosis in

- Humans and Animals. Paris: World Organization for Animal Health, 2001; 20-71.
- 42) WHO Informal Working Group on Echinococcosis. Guidelines for treatment of cystic and alveolar echinococcosis in humans. Bulletin of the World Health Organization 1996; 74: 231-242.
- 43) Uchino J, Sato N, Une Y, et al. Surgical management of screened and unscreened patients with alveolar echinococcosis of the liver. Uchino J and Sato N. Alveolar Echinococcosis. Sapporo: Fuji Shoin, 1996; 313-320.
- 44) Ammann RW, Hofmann AF, Eckert J, et al. Mortality and morbidity in 104 patients with alveolar echinococcosis (AE) in the Swiss chemotherapy trial 1976-1994. Uchino J and Sato N. Alveolar Echinococcosis. Sapporo: Fuji Shoin, 1996; 283-292.
- 45) Nonaka N, Tsukada H, Abe N, et al. Monitoring of *Echinococcus multilocularis* infection in red foxes in Shiretoko, Japan, by coproantigen detection. Parasitology 1998; 117: 193-200.
- 46) Yagi K, Ohya T, Okamoto M, et al. The application of PCR for the identification of *Echinococcus multilocularis* eggs in Hokkaido. Uchino J and Sato N. Alveolar Echinococcosis. Sapporo: Fuji Shoin, 1996; 165-170.
- 47) Schelling U, Frank W, Will R, et al. Chemotherapy with praziquantel has the potential to reduce the prevalence of *Echinococcus multilocularis* in wild foxes (*Vulpes vulpes*). Ann Trop Med Parasitol 1997; 91: 179-186.
- 48) Eckert J, Schantz PM, Gemmell MA, et al. Control of *Echinococcus multilocularis*. Eckert J, Gemmell MA, Meslin F-X, Pawlowski Z. WHO/OIE Manual on Echinococcosis in Humans and Animals. Paris: World Organization for Animal Health, 2001; 230-237.
- 49) Suzuki K, Uchino J, Sato N, et al. Development and efficacy of mass screening of alveolar echinococcosis in Hokkaido. Uchino J and Sato N. Alveolar Echinococcosis. Sapporo: Fuji Shoin, 1996; 213-217.
- 50) 北海道. 北海道勢要覧. 札幌: 北海道統計協会, 2000.
- 51) 村上洋介. 口蹄疫ウィルスと口蹄疫の病性について. 日獣会誌 2000; 53: 257-277.
- 52) 北海道経済部. 新たな北海道観光の展開. 札幌: 北海道経済部, 1998.
- 53) 大泉光一. クライシス・マネジメント: 危機管理の理論と実践. 東京: 同文館出版, 1997.
- 54) Foster KR, Vecchia P, Repacholi MH. Science and the precautionary principle. Science 2000; 288: 979-981.
- 55) Anonymous. Caution required with the precautionary principle. Lancet 2000; 356: 265.
- 56) リスク評価及びリスク管理に関する米国大統領/議会諮問委員会編, 佐藤雅也, 山崎邦彦, 訳. 環境リスク管理の新たな手法. 東京: 化学工業日報社, 1998.
- 57) 斜里町立知床博物館編. 知床のほ乳類 I. 札幌: 北海道新聞社, 2000. 113-126.
- 58) Toma B, Dufour B, Sanaa M, et al. 杉浦勝明訳. 獣医応用疫学. 東京: 分永堂出版, 1997. 229-231.
- 59) 柿沢宏昭. エコシステム・マネジメント. 東京: 築地書館, 2000. 11-16.
- 60) Giraudoux P, Vuitton DA, Bresson-Hadni S, et al. Mass screening and epidemiology of alveolar echinococcosis in France, western Europe, and Gansu, central China: from epidemiology towards transmission ecology. Uchino J and Sato N. Alveolar Echinococcosis. Sapporo: Fuji Shoin, 1996; 197-211.

## HOW CAN WE PREVENT ALVEOLAR ECHINOCOCCOSIS? ECOSYSTEM AND RISK MANAGEMENT VIEWPOINTS

Keita KONNO\*, Yuzaburo OKU<sup>2\*</sup>, Masao KAMIYA<sup>2\*</sup>,  
Rikuo DOI<sup>3\*</sup> and Hiko TAMASHIRO\*

**Key words** : Echinococcosis, Ecosystem management, Epidemiology, Prevention, Risk management

**Purpose** This article focuses on understanding epidemiological features of alveolar echinococcosis and discussing its prevention and control, especially from a viewpoint of the ecosystem and risk management.

**Method** Publications on alveolar echinococcosis throughout the world were systematically reviewed with special reference to ecology, epidemiology and countermeasures.

**Results** Alveolar echinococcosis, caused by accidental infection with larva of the parasite *Echinococcus multilocularis* is fatal to humans unless diagnosed at an early stage. No effective control measures have been identified so far because it is difficult to fully understand the ecology of the parasite and its intermediate and definitive hosts. It is also not easy to determine the precise infection route to humans mainly because of the long latent period.

In Hokkaido, infection rates among red foxes have recently risen even in low endemic districts. Not only stray and domestic dogs but also some pigs in Hokkaido have been found to be infected. While the number of reported human cases is still small, around 10 cases per year, local residents seem to be threatened with the risk of infection.

**Discussion and Conclusions** We predict that the incidence of alveolar echinococcosis among humans in Japan will increase in the near future if no effective preventive measures are conducted. In addition, *Echinococcus multilocularis* infection has the potential to affect the economy of Hokkaido because of its impact on the agricultural and tourist industries.

Well-designed epidemiological surveys are therefore urgently required, in the context of ecosystem and risk management prior to large outbreaks. International collaboration is also desired.

---

\* Department of Health for Senior Citizens, Division of Preventive Medicine, Social Medicine Cluster, Hokkaido University Graduate School of Medicine

<sup>2\*</sup> Laboratory of Parasitology, Department of Disease Control, Graduate School of Veterinary Medicine, Hokkaido University

<sup>3\*</sup> Department of Hygiene, Yokohama City University, School of Medicine