

# エキノコックス駆虫薬ベイトの小面積散布とその効果

北海道立衛生研究所 感染症部 医動物グループ

浦口 宏二

北海道立衛生研究所と北海道大学獣医学部の研究グループは、エキノコックス駆虫薬ベイトを小面積地に散布した場合の効果について、2022年8月に論文を発表しました (<https://doi.org/10.3201/eid2808.212016>)<sup>1)</sup>。ここでは、その論文の内容にいくつかの付帯情報を加えながら、駆虫薬ベイトの小面積散布について解説します。

## はじめに

北海道のエキノコックス症は、多包条虫 (*Echinococcus multilocularis*, 図1) によって引き起こされる重篤な人獣共通寄生虫症である。多包条虫 (以下、エキノコックスという) は世界的には北半球に広く分布しており、自然界では主にキツネ (終宿主) に成虫が寄生し、野ネズミ類 (中間宿主) に幼虫が寄生している<sup>2)</sup>。人は、キツネやイヌなど終宿主の糞便に含まれる虫卵を経口的に摂取したときエキノコックスに感染し、主に肝臓に幼虫が寄生する (図2)。

近年ヨーロッパでは、野生動物に経口ワクチンを投与する狂犬病対策が成功し、それまで狂犬病で多数死亡していたキツネの個体数が増えて、都市にも侵入・定着するようになり、近い将来のエキノコックス症患者の増加が懸念されている<sup>3-7)</sup>。この疾病に対してヨーロッパでは、1990年代から条虫駆虫薬を入れたベイト (餌) を野外に散布し、野生のキツネに食べさせて、キツネのエキノコックス感染率を下げる試みが行われてきた。その結果、エキノコックスの根絶は困難ながら、十分な密度と頻度でベイトを散布すれば、地域のキツネの感染率を下げるのに有効であることが明らかになっている<sup>4,6,8-10)</sup>。

北海道でも、道立衛生研究所と北大獣医学部がそれぞれ市町村レベルの大面积地でベイト散布の効果を検証し、ベイト散布によって地域のキツネの感染率を下げられることを確認している<sup>11-13)</sup>。これらの研究結果をもとに、北海道は2007年に「キツネの駆虫に関するガイドライン」 ([https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/5/9/3/3/1/7/7/\\_/E3%82%AC%E3%82%A4%E3%83%89%E3%83%A9%E3%82%A4%E3%83%B3.pdf](https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/5/9/3/3/1/7/7/_/E3%82%AC%E3%82%A4%E3%83%89%E3%83%A9%E3%82%A4%E3%83%B3.pdf)) を作成し、主に市町村レベルのベイト散布を推奨している。

一方、近年道内の大学や動物園などでは、キツネが敷地内に出没することや敷地内部で繁殖することが珍しくなくなり (図3)、動物園の飼育動物がエキノコックスに感染して死亡する例も複数報告されている<sup>14,15)</sup>。これらの施設の管理者にとっては、職員や学生、施設利用者、さらに貴重な飼育動物のエキノコックス感染リスクを軽減することが重要な課題となりつつある。このように多数の利用

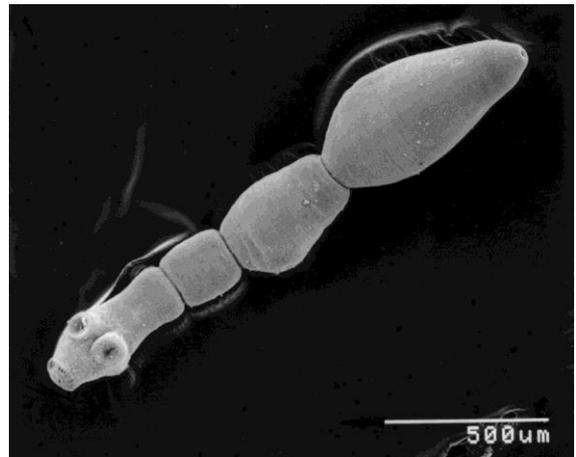


図1. エキノコックス (多包条虫) の成虫。全長3~4mm。左端が頭節、右端が老熟片節。老熟片節の中に虫卵が約200個産生される。

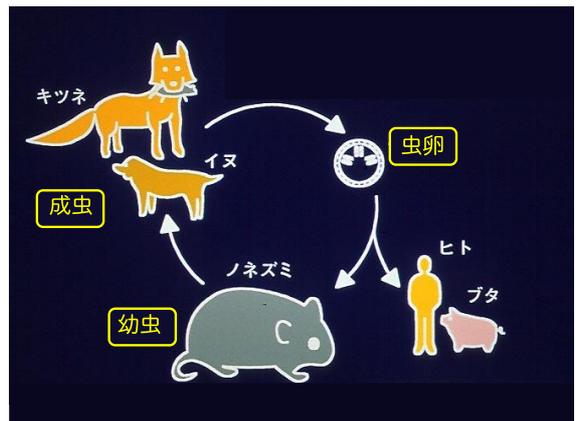


図2. エキノコックス (多包条虫) の生活環

者がいる小面積施設のエキノコックス症対策としても、駆虫薬ベイトの散布は有効である可能性がある。しかしこれまで、そのような小面積地に対するベイト散布の効果はほとんど検証されていなかった。そこで本研究では、札幌市中心部にある北海道大学キャンパスで高密度のベイト散布を行い、エキノコックスの虫卵汚染に対する抑止効果を調査した。



図3. 北海道大学植物園に生息するキツネ (1992年撮影)



図4. エキノコックス駆虫薬ベイトの作製

## 方 法

### 1. ベイト散布と消失率調査

日本国内ではエキノコックス駆虫薬ベイトは市販されていないため、研究用のベイトは自作した。条虫駆虫薬のプラジクアンテルと魚粉と2種類の植物性油脂を混合し、型に入れて固化して、1個あたり約50mgのプラジクアンテルを含むベイトに成形した(図4, 図5)<sup>16)</sup>。プラジクアンテルは、イヌやネコに対して体重1kgあたり5mgの投与で十分な駆虫効果を発揮する<sup>2)</sup>。北海道のキツネの体重はメスで平均4.2kg、オスで平均5.1kg、最大でも7kg程度であるため<sup>17)</sup>、キツネがこのベイトを1個摂取すれば、寄生しているエキノコックスはすべて駆虫される。



図5. エキノコックス駆虫薬ベイト

本研究では、キツネやエキノコックスに関する専門知識を持たない者でも容易に散布が実施できるように、キツネの巣穴の位置や目撃情報によらず、施設内に均等にベイトを散布する方法を検証した。このため、1.8km<sup>2</sup>の北大キャンパスを地図上で100m四方のグリッドに分け、1つのグリッドに1個のベイトを手作業で配置した(図6, 図7)。

ベイト散布は2つのフェーズに分けて行った。第1フェーズ(2014年8月~2016年7月上旬)では、2014年と2015年の夏から秋にかけて、散布間隔がほぼ30日(26~35日)になるように毎月1回、キャンパス全域にベイトを散布した。冬から春にかけては散布を休止した。ベイトの散布密度は100個/km<sup>2</sup>、1回の散布個数は約190個であった。第2フェーズ(2016年7月下旬~2018年10月)では休止期間をなくし、毎月1回(25~39日間隔)のベイト散布を通年実施した。ただし、第1フェーズでベイトの消失率とカメラ調査のキツネ出現頻度が低かった「校舎エリア」は散布区域から外した(図6)。この結果、第2フェーズの散布区域はキャンパスの約70%(1.3km<sup>2</sup>)になり、キャンパス全体でのベイト散布密度は約70個/km<sup>2</sup>、1回の散布個数は約130個になった。

散布したベイトがどれだけキツネに摂り込まれたかを調べるために、述べ23カ所(2014年10月:4カ所、2015年8月:8カ所、2015年9月:11カ所)のベイト設置地点

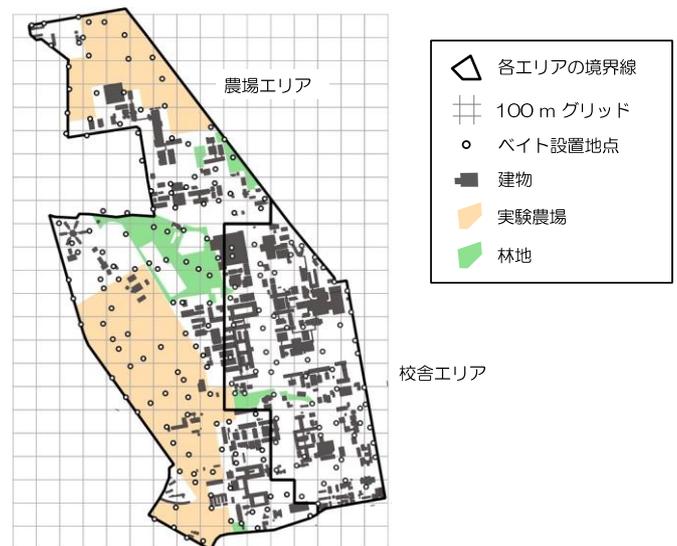


図6. 北海道大学キャンパスにおけるベイト設置地点



図7. エキノコックス駆虫薬ベイトの散布



図9. エキノコックス（多包条虫）の虫卵。直径約0.03mm。



図8. 北海道大学キャンパスのベイト設置地点に設置した自動撮影カメラ。体温を持った動物が画角内に入ると自動的に動画を30秒間録画する。

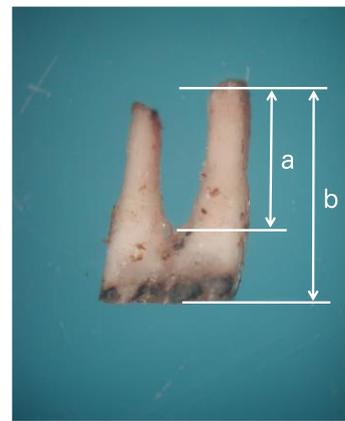


図10. 北海道大学キャンパスで捕獲されたエゾヤチネズミの上顎第2臼歯。歯根率 (a/b) = 65% から13±3.8月齢と査定されたもの。

に自動撮影カメラを設置し、ベイトを置いてから7日間消失状況を記録した（図8）。

## 2. キツネの糞便調査

ベイト散布の効果を調べるため、散布前後にキャンパス内でキツネの糞便を採集し、エキノコックス虫卵の有無を検査した。キツネの糞便とイヌやネコの糞便との鑑別は、色や形、サイズのほか、糞便の内容物も参考にして行い、判断に迷った場合は検査対象にしなかった。採集したすべての検体について、糞便1グラムを用いた蔗糖遠心浮遊法により寄生虫卵を検査した（図9）<sup>18)</sup>。エキノコックスを疑わせる条虫卵が検出された場合には、種を同定するために虫卵を回収して分子学的解析を行った。虫卵からDNA抽出後、ミトコンドリアDNAのシトクロームcオキシダーゼサブユニット1遺伝子領域、および核DNAのU1スプライソソームRNA遺伝子領域について、DNAシーケンシングにより塩基配列を決定し、データベース上の多包条虫塩基配列との相同性を確認した<sup>19)</sup>。また第2フェーズでは、虫卵検査に加え、糞便3グラムを用いて糞便中に排出された

多包条虫組織に由来する特異的DNAの検査（コプロDNAテスト）を行い、キツネのエキノコックス感染の有無を評価した<sup>20)</sup>。

## 3. 中間宿主の感染状況調査

キャンパス内に感染した野ネズミ類がいることは、キツネの感染源が存在し、エキノコックスの生活環がキャンパス内で成立しうることを示す。野ネズミ類のエキノコックス感染状況を調べるため、2014年春を除く2014～2018年の春・夏・秋に、キャンパス内に野ネズミ捕獲用のシャーマントラップ（H.B. Sherman Traps Inc., Tallahassee, FL., USA）150～250個を連続3日間設置した。捕獲した野ネズミ類はすべて解剖し、肝臓などの臓器を肉眼的に観察してエキノコックス幼虫感染の有無を検査した。北海道の主要な中間宿主であるエゾヤチネズミについては、臼歯の形状と歯根比から日齢または月齢を査定した（図10）<sup>21)</sup>。



## 考 察

あった。齢から判断して、すべての感染個体の生存期間にベイトの非散布期間が含まれていた (図 11)。また、第 2 フェーズに生まれた 286 頭のエゾヤチネズミには、エキノコックスに感染した個体はいなかった。

### 3. ベイト消失率

カメラ調査の結果、23 カ所のベイトのうち散布後 1 週間以内に消失したのは 20 カ所 (87%) であった。内訳は、キツネによる摂食または持ち去り (図 13) が 7 カ所 (30%)、ネコが 3 カ所 (13%)、ドブネズミが 2 カ所 (9%) であり、動物は写っていなかったがベイトが消失したのは 8 ヶ所 (35%) であった。

北大キャンパスでは、ベイト散布前に採集したキツネの糞便の 50%以上からエキノコックス虫卵が検出された。本研究では、発見した糞便をすべて採集したため、同一個体の糞便を複数採集している可能性が高く、糞便の虫卵陽性率はキツネのエキノコックス感染率と同じではない。しかし、虫卵陽性率は、大学職員や学生がキャンパス内でキツネの糞便に接触した際、虫卵に暴露されるリスクをダイレクトに表している。したがって、キャンパスでのベイト散布の目的は、キツネの感染率を下げるのではなく、人の感染源であるキツネ糞便の虫卵陽性率をゼロに近づけ、

表1 北海道大学キャンパスで採集されたキツネ糞便のエキノコックス虫卵陽性率

散布フェーズ	糞便採集期間	ベイト散布の有無	採集糞便数	虫卵陽性糞便数	虫卵陽性率 (%)
(散布前)	2014年6~8月	(散布前)	58	31	53.4
第1フェーズ	2014年8~11月	散布	31	0	0.0
	2015年1~7月	休止	43	2	4.7
	2015年8~10月	散布	22	0	0.0
	2016年4~7月	休止	48	1	2.1
第2フェーズ	2016年9月~2018年10月	散布	282	0	0.0

表2 北海道大学キャンパスで捕獲された小哺乳類のエキノコックス感染率 (陽性個体数/捕獲個体数)

種名\年月	2014 (450TN *)		2015 (450TN)			2016 (750TN)			2017 (750TN)			2018 (750TN)			合計
	7月	9月	5月	7月	9月	5月	7月	10月	5月	7月	9月	5月	7月	9月	
エゾヤチネズミ	1 / 17	1 / 24	2 / 11	0 / 12	0 / 19	0 / 81	0 / 42	3 / 31	0 / 23	0 / 79	0 / 65	0 / 18	0 / 54	0 / 32	7 / 508
エゾアカネズミ	0 / 31	0 / 11	0 / 15	0 / 3	0 / 7	0 / 6	0 / 1	0 / 2	-	-	0 / 3	-	0 / 7	-	0 / 86
ヒメネズミ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 / 2	-	-	0 / 2
ドブネズミ	0 / 1	0 / 7	-	-	0 / 2	-	0 / 3	0 / 22	0 / 1	-	0 / 1	-	-	0 / 5	0 / 42
オオアシトガリネズミ	-	0 / 1	-	-	-	-	-	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 6	-	-	-	0 / 10
エゾトガリネズミ	-	-	-	-	-	-	0 / 1	-	-	-	-	-	-	-	0 / 1

\* TN : Trap night (ワナ数×設置日数)



図 12. 北海道大学キャンパスで捕獲されたエゾヤチネズミから発見されたエキノコックス幼虫 (白矢印)



図 13. 北海道大学キャンパスで撮影された駆虫薬ベイトを摂食するキツネ (動画からキャプチャー)

キャンパス内で人がエキノコックスに感染するのを防ぐことである。

この目的のために、今回は1カ月間隔の高密度で均一なベイト散布を行った。1カ月の散布間隔は、キツネが感染ネズミを捕食してから糞便中に虫卵を排出するようになるまでの期間(29~32日)<sup>22)</sup>にほぼ等しい。この間隔でベイトを摂取しているキツネは、仮に感染したとしても、エキノコックスが虫卵を産生する前に駆虫されるため、結果的に虫卵を出さない。また、今回の散布密度(70~100個/km<sup>2</sup>)は、これまで世界で行われたベイト散布試験の中でもっとも高密度である。自動撮影カメラによる消失率調査の結果、北大キャンパスでは散布したベイトの約30%がキツネによって消失した。個数にして、毎月約60個(第1フェーズ)から約40個(第2フェーズ)のベイトがキツネに摂取されたことになり、キャンパス内に生息するすべてのキツネが毎月少なくとも1個のベイトを摂取した可能性は高いと思われた。

この方法によって、第1フェーズでキツネ糞便の虫卵陽性率を急激に減少させ、ベイト散布期間中は虫卵陽性糞をゼロにできた。しかし、ベイト散布を休止すると6~7カ月後には再び虫卵陽性の糞便が発見された。これは、キツネの感染源であるエゾヤチネズミがキャンパス内に1年以上も生存しうることから、キツネはいつでも再感染の可能性があり、1カ月間隔のベイト散布を休止すれば、エキノコックスが虫卵を産生するまで成長してしまうためと考えられた。

そこで第2フェーズではベイト散布を通年継続したところ、2年以上にわたってキャンパス内にエキノコックス虫卵のない状態を作ることができた。しかしながら、この期間中にも、エキノコックスのDNA陽性の糞便が発見されたことは、虫卵排出に至らないもののエキノコックスに感染したキツネがキャンパス内にいたことを示している。これは、おそらく秋の分散期に外部から感染したキツネが侵入してくることによると思われる。

以上の結果は、大学キャンパス程度の小面積地であっても、エキノコックスの根絶は困難なことを示している。しかしそれでも、高密度のベイトの毎月散布によって「虫卵の根絶」は可能であることが示された。

本研究では、面積1.8km<sup>2</sup>の大学キャンパスに約130個のベイトを毎月散布して、人がキャンパス内でエキノコックスに感染するリスクをゼロに近づけることに成功した。今後は、この方法がどこまで小さな面積でも機能するかの検証が必要である。

## 文 献

1) Uraguchi K, Irie, T, Kouguchi H, Inamori A, Sashika M, Shimozuru M, Tsubota T, Yagi K: Anthelmintic Baiting of Foxes against *Echinococcus multilocularis*

in Small Public Area, Japan. *Emerg Infect Dis.* 2022; 28: 1677-1680.

<https://doi.org/10.3201/eid2808.212016>

- 2) World Health Organization/World Health Organization for Animal Health. Geographic distribution and prevalence. In: Eckert J, Gemmell MA, Meslin FX, Pawlowski ZS, editors. WHO/OIE manual on echinococcosis in humans and animals: a public health problem of global concern. Paris: World Health Organization/World Health Organization for Animal Health. pp. 101-143 [cited 2022 May 1]. 2001. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42427>
- 3) Deplazes P, Hegglin D, Gloor S, Romig T. Wilderness in the city: the urbanization of *Echinococcus multilocularis*. *Trends Parasitol.* 2004; 20: 77-84.
- 4) König A, Romig T, Janko C, Hildenbrand R, Holzhofer E, Kotulski Y, et al. Integrated-baiting concept against *Echinococcus multilocularis* in foxes is successful in southern Bavaria, Germany. *Eur J Wildl Res.* 2008; 54: 439-447.
- 5) Robardet E, Giraudoux P, Caillot C, Boue F, Cliquet F, Augot D, et al. Infection of foxes by *Echinococcus multilocularis* in urban and suburban areas of Nancy, France: Influence of feeding habits and environment. *Parasite.* 2008; 15: 77-85.
- 6) Comte S, Raton V, Raoul F, Hegglin D, Giraudoux P, Deplazes P, et al. Fox baiting against *Echinococcus multilocularis*: Contrasted achievements among two medium size cities. *Prev Vet Med.* 2013; 111: 147-155.
- 7) Hegglin D, Deplazes P. Control of *Echinococcus multilocularis*: Strategies, feasibility. *Int J Parasitol.* 2013; 43: 327-337.
- 8) Schelling U, Frank W, Will R, Romig T, Lucius R. Chemotherapy with praziquantel has the potential to reduce the prevalence of *Echinococcus multilocularis* in wild foxes (*Vulpes vulpes*). *Annals of Tropical Medicine and Parasitology.* 1997; 91: 179-186.
- 9) Tackmann K, Löschner U, Mix H, Staubach C, Thulke HH, Ziller M, et al. A field study to control *Echinococcus multilocularis*-infections of the red fox (*Vulpes vulpes*) in an endemic focus. *Epidemiol Infect.* 2001;

- 127: 577-587.
- 10) Romig T, Bilger B, Dinkel A, Merli M, Thoma D, Will R, et al. Impact of praziquantel baiting on intestinal helminths of foxes in southwestern Germany. *HELMINTHOLOGIA*. 2007; 44: 137-144.
  - 11) 高橋健一, 浦口宏二, Thomas Romig, 畠山英樹, 田村正秀. キツネ用駆虫薬入りベイトを用いたエキノコックス症感染源対策法の検討. *道衛研所報*. 2002; 52: 61-63.
  - 12) Tsukada H, Hamazaki K, Ganzorig S, Iwaki T, Konno K, Lagapa JT, et al. Potential remedy against *Echinococcus multilocularis* in wild red foxes using baits with anthelmintic distributed around fox breeding dens in Hokkaido, Japan. *Parasitology*. 2002; 125: 119-129.
  - 13) Takahashi K, Uruguchi K, Hatakeyama H, Giraudoux P, Romig T. Efficacy of anthelmintic baiting of foxes against *Echinococcus multilocularis* in northern Japan. *Vet Parasitol*. 2013; 198: 122-126.
  - 14) Sato C, Kawase S, Yano S, Nagano H, Fujimono S, Kobayashi N, et al. Outbreak of larval *Echinococcus multilocularis* infection in Japanese monkey (*Macaca fuscata*) in a zoo, Hokkaido: western blotting patterns in the infected monkeys. *J Vet Med Sci*. 2005; 67: 133-135.
  - 15) Yamano K, Kouguchi H, Uruguchi K, Mukai T, Shibata C, Yamamoto H, et al. First detection of *Echinococcus multilocularis* infection in two species of nonhuman primates raised in a zoo: A fatal case in *Cercopithecus diana* and a strongly suspected case of spontaneous recovery in *Macaca nigra*. *Parasitol Int*. 2014; 63: 621-626.
  - 16) 高橋健一, 浦口宏二, 阿部 茂, 平川浩文. キツネ用試作ベイトとその摂食に関する検討. *道衛研所報*. 2010; 60: 81-82.
  - 17) Uruguchi K. *Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758). In: Ohdachi SD, Ishibashi Y, Iwasa MA, Fukui D, Saitoh T, editors. *The Wild Mammals of Japan, Second edition*. Kyoto: Shoukadoh. 2015; pp. 222-223.
  - 18) Ito S. Modified Wisconsin sugar centrifugal-flotation technique for nematode eggs in bovine feces [in Japanese.]. *Nippon Juishikai Zasshi*. 1980; 33: 424-429.
  - 19) Irie T, Mukai T, Yagi K. *Echinococcus multilocularis* surveillance using copro-DNA and egg examination of shelter dogs from an endemic area in Hokkaido, Japan. *Vector Borne Zoonotic Dis*. 2018; 18: 390-392.
  - 20) Irie T, Ito T, Kouguchi H, Yamano K, Uruguchi K, Yagi K, et al. Diagnosis of canine *Echinococcus multilocularis* infections by copro-DNA tests: comparison of DNA extraction techniques and evaluation of diagnostic deworming. *Parasitol Res*. 2017; 116: 2139-2144.
  - 21) Abe H. Age determination of *Clethrionomys rufocanus bedfordiae* (THOMAS). *Jap J Ecol*. 1976; 26: 221-227.
  - 22) 八木欣平, 伊東拓也. 感染実験による多包条虫の生物学的性状の解析. (北海道立衛生研究所創立 50 周年記念誌編集委員会, 編: 北海道のエキノコックス—創立 50 周年記念学術誌—) 1999; pp. 51-63. 北海道立衛生研究所, 札幌.

(2023 年 1 月公開)