

日本語版公表にあたっての前書き

本小冊子は、カナダ・ゲルフ大学を中心とする研究者グループにより書かれた「Handbook for the Control of Internal Parasites of Sheep & Goats - 2019」(<https://www.ontariosheep.org/parasites>) の全訳です。本書は、めん山羊の内部寄生虫の種類や診断法、駆虫薬耐性の問題、持続性のある防除法等について、実用的かつ分かりやすい形で解説しています。

本書は、我が国でのめん山羊の飼養管理にとって大いに役立つものであると思われます。ただし御注意頂きたいのは、「はじめに」(p4) で述べられているとおり、本書が第一義的にはカナダのオンタリオ州でめん山羊に関する仕事をしている人たちのために書かれたものであるということです。従って、本書の内容を我が国での飼養管理に適用する場合には、経営規模、気候条件、法制度など、両国の事情の違いについて十分考慮する必要があります。このような考慮すべき点については可能な範囲で巻末に訳注を加えました。本文及び訳注を含め、翻訳者の不勉強から十分な内容となっていない部分があるかもしれません。お気づきの点があれば遠慮なく御指摘を頂ければ幸いです。

最後に、本書の訳出及びホームページ上での公表について快くお許し頂いたゲルフ大学名誉教授の Dr. Paula Menzies の御厚意に感謝申し上げます。

2019年4月 翻訳者一同

目次

はじめに	4
重要な消化管内寄生線虫	4
<i>Haemonchus contortus</i> (捻転胃虫)	4
<i>Teladorsagia circumcincta</i> (オステルターグ胃虫)	5
<i>Trichostrongylus axei</i> (胃毛様線虫)	6
<i>Trichostrongylus colubriformis</i> (蛇状毛様線虫) 及び <i>T. vitrinus</i>	7
<i>Nematodirus</i>	7
消化管内寄生線虫の典型的な生活環	8
消化管内寄生線虫の疫学	9
成畜及び若齢畜での通常の感染パターン	9
休眠又は幼虫の活動休止	10
免疫性と寄生虫感染量	10
放牧地における感染性の通常のパターン	11
消化管内寄生線虫症の診断	13
虫卵数検査 (FEC)	13
個体の臨床的変化	15
剖検及び虫体の計数	17
めん山羊用の駆虫薬	17
広域スペクトル駆虫薬	18
狭域スペクトル駆虫薬	19
投薬経路	19
駆虫薬の適正な投薬量	20
何に対して有効か	20
駆虫薬を投薬しても効果がない場合	20
投薬の失敗	21
治療後の再感染 — 明らかな治療の失敗	22
駆虫薬耐性 (AR)	22
五ツ星の虫害対策	27
★1. 放牧地の汚染レベルを管理	27
★2. 駆虫薬を適正に使用	30
★3. 家畜を個体毎に監視して投薬	31
★4. 新たに導入する家畜を検疫し投薬	37
★5. 投薬の失敗について調査	38
めん山羊の有機農場での寄生虫防除	38
その他の重要な寄生線虫	39
小腸	39
大腸	40
肺	41

神経系	41
線虫以外の内部寄生虫	42
原虫	42
めん羊の条虫	48
イヌに寄生する条虫の中間ステージ	48
肝蛭類（吸虫類）	51
略語集	52
付録	53
1. 糞中の虫卵数検査のためのサンプル採取手順	53
2. マックマスター虫卵計数盤による虫卵数検査法	54
3. 放牧地の利用及び寄生虫対策の記録	55
4. 虫卵数検査によるモニタリングの記録	56
5. 追加資料	57



はじめに

このハンドブックの目的は、カナダにおいてめん山羊に影響を及ぼす内部寄生虫の防除の基本について、生産者、獣医師及び普及員に知ってもらうことである。それは、獣医師、生産者及びその所有する家畜の間のひとつひとつの関係をこれまでとは別のものに置き換えようということではなく、利用できる情報を増やそうということである。

このハンドブックは第一義的には、過去10年余の間にいくつかの研究機関による調査が行われ、内部寄生虫の疫学について我々が理解できるようになったオンタリオ州、さらにはカナダ各地で、めん山羊に関する仕事をしている人たちのために書かれている。しかし、この情報は諸外国の他の地域—特に類似の温帯気候地域—に暮らす人々にとっても有用となるに違いない^{訳注A}。この国でのめん山羊の寄生虫症についての理解を我々が深めるのに伴い、このハンドブックの改定を常に続けるつもりである。この版を書いている時点で、寄生虫への免疫性、遺伝学及び耐性寄生虫を検出するための新たな検査法の開発に関して、重要な研究がカナダで進行しつつある。めん山羊群の寄生虫防除計画を策定するうえでこのハンドブックが有用であることを、皆さんに知って頂ければと思う。

重要な消化管内寄生線虫

本節では、カナダのめん山羊に最も普通に見られ、かつ臨床的に重要な消化管内寄生線虫（GIN: gastrointestinal nematode）について説明する。これ以外の、重要であるがそれほど一般的でない消化管、肺及び神経系への寄生線虫並びにその他の内部寄生虫についての情報は、本ハンドブックの最後の方に記載されている。特に断らない限り、GINの生活環は互いによく似ており、図1に記載されるとおりである。カナダでは、最も一般的で病原性のある（症状を引き起こしやすい）めん山羊の寄生線虫は *Teladorsagia circumcincta*, *Trichostrongylus* spp. 及び *Haemonchus contortus* (捻転胃虫) である。

HAEMONCHUS CONTORTUS (捻転胃虫)

どんな姿をしている？

ごく普通に見られるこの寄生虫は、「barber pole worm (床屋のサインポール虫)」、**「blood worm (吸血虫)」**又は**「wire worm (針金虫)」**とも呼ばれる。大型(1.5~3.0cm)で、裸眼でも容易に見ることができ、雌では赤い血に満ちた腸の周りに輸卵管が白く縞状に見えるため床屋のサインポールのような外観を示す。この寄生虫は、第四胃(皺胃)の表面上に見られる。*H. contortus*の虫卵は楕円形で中程度の大きさ(65~100 x 35~50 µm)であり、毛様線虫上科(Trichostrongyloidea)に典型的なものであって、ここで述べるGINの多くの虫卵と区別できず、しばしばGIN卵と呼ばれている。



毛様線虫型の卵

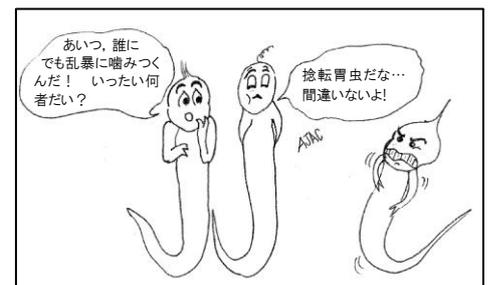
どのような一生を過ごすか？

めん山羊に一番の病原性を示すこの寄生虫は、ラマ、シカ及び場合によっては牛にも寄生する。*Haemonchus*は熱帯性の寄生虫であるが、カナダなどの寒冷な気候下で十分に定着してきている。しかし、感染性の第3ステージ幼虫(L3)は、気温が0°Cよりも低くなる場合には放牧地で十分に冬を越すことはできない。前年の放牧シーズンに由来するL3が春に放牧地の牧草中に多少は見いだされるかもしれないが、これらは弱々しく、それほどは家畜に感染できない。

しかし、産卵能力が極めて高い(1匹の雌が1日当たり5,000~10,000個の虫卵を生産することができる)ため、七月中旬までには危険な水準にまで放牧地を急激に汚染することができる。放牧地の汚染は、ふたつの汚染源による。まずは感染した子羊及び子山羊による汚染が主要なものであるが、一方で初期の汚染は成畜の体内で越冬した寄生虫によるものであり、これらの寄生虫が分娩時期に多量の虫卵を産み始める。これらの放牧地汚染源を両方とも管理することが重要である。

虫卵はわずか4~5日で感染性のあるL3ステージに成長することができる(図1参照)が、それにはかなりの暖かさを必要とする。虫卵は環境条件の影響を受けやすく、その成長は天候が冷涼であれば最大2ヶ月にまで遅れる。湿った条件下では、L3は放牧地で数ヶ月間生き延びることができる。

著しい発病(捻転胃虫症)は、通常、若齢畜及び成畜で7月半ばから8月に起こるが、実際の時期は気温(25°Cを上回ることを好む)及び湿度によって違って来る。従って、夏が高温・多湿だと発病の時期が早まり、涼しいと遅

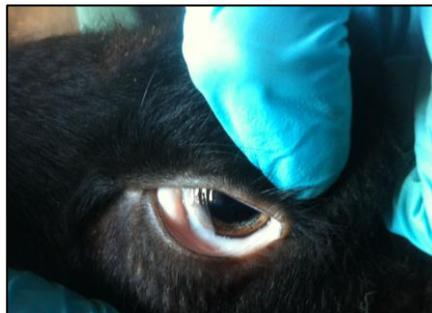


れる。高温で乾燥した条件は、放牧地で L3 が生き残るのに適していない。最後に、秋の初めには摂食された L3 の多くが第四胃で「活動休止」となり、翌年の春の子羊分娩時期（周産期）の頃まで成長を遂げなくなる。

めん山羊の症状

成虫は尖刃刀状の口器を持ち、これによって第四胃の粘膜表面を突き通すことができる。こうして、傷から漏れ出る血液を餌とする。線虫 1 匹によって、吸血及び傷からの出血で 1 日当たり 0.05ml の血液を失うことになる。5,000 匹の寄生虫量では毎日 250ml (1 カップ分^{訳註B}) の損失となる。体重 25kg (55 ポンド) の子羊又は子山羊の総血液量は 2,000ml しかない。しかし、たった 500 匹の線虫でも臨床症状が表れることがある。感染した家畜は、血液が失われることで数週間のうちに著しい貧血となる。骨髓は赤血球の増産により損失を補おうとするが、しばしば負け戦となる。重篤な感染（例えば線虫数 30,000 匹）では、家畜は放牧地で死亡することがある。これは病気の典型的な表れかたであり、しばしば「**I 型の捻転胃虫症**」と呼ばれる。感染の水準が低い場合は、家畜は貧血の臨床症状を示し、タンパク質が低下（低タンパク血症）して「ボトル・ジョー（下顎の浮腫）」となり、食欲低下と体重減を示す。目の周りの粘膜（結膜）は薄いピンクから白色となる。血球容積（赤血球を含む血液分画）はしばしば 12% を下回り（正常値は 25～35%）、深刻な貧血を示す。

カナダ及び北方諸国では、春に家畜が放牧地に出される前であっても、いわゆる「**II 型の捻転胃虫症**」がしばしば発症する。成雌のめん山羊が通常は分娩又は哺乳の時期に重篤な症状となる。これは、前年の放牧中にめん山羊に摂食され第四胃内で幼虫のまま越冬した多量の寄生虫が、春に成虫となって、吸血を開始することによるものである。



貧血及び低タンパク血症の子羊

C. Schwartzentruber 氏の好意による



第四胃中の *Haemonchus contortus*。N. Sargison 氏(エジンバラ大学)の御厚意による。

診断

糞中の虫卵数は、第四胃の成虫数と相関した場合には、極めて高い値を示す傾向がある。線虫数 500 匹で虫卵数 3,000～5,000epg を示すことは珍しくないが、500 匹の線虫が子羊を殺すことはありえるので、虫卵数が少ないからといって無視してはいけぬ。加えて、虫卵がどの GIN のものであるかを区別できないので、虫卵数が 1,000epg を超えれば、家畜にとって危険であるかもしれないと考えるのが賢明である。

剖検では、死体は貧血のためとても血色が悪い。低タンパク質の場合には、皮下組織は水腫様を呈することもある。第四胃には目に見える多数の線虫（500～20,000 匹）を含んでいる。胃の内容物は血管からの出血及び消化され排泄された血液で濃い茶色を呈し、虫体が見えづらいことがある。水の入った皿に第四胃の内容物を浮かべることで、虫体が見えやすくなるだろう。激しい急性の感染では、第四胃壁（粘膜）は腫脹し、出血しているように見える。

TELADORSAGIA CIRCUMCINCTA （オステルターグ胃虫）

どんな姿をしている？

第四胃に見いだされる小型の寄生虫で、体長は約 1cm、裸眼ではほとんど見えない。正式には「**ostertagia**（オステルターグ胃虫）」と呼ばれ、「**brown stomach worm**（茶色胃虫）」の名でも知られている。虫卵は典型的な GIN 卵で、*Haemonchus* の虫卵と区別できない。

どのような一生を過ごすか？

この寄生虫はめん山羊に感染する。消化液を分泌する第四胃の胃腺に穿孔し、そこで摂食する。穿孔により胃腺が破壊されることもある。多くの場合、著しい感染は夏の終わりから秋にかけて起こるが、まれには越冬していた幼虫が春に活動を再開することに伴い重い疾病となる（Ⅱ型の **Teladorsagia** 胃虫症）。感染性の第3ステージ幼虫（L3）は、カナダの気候下で放牧地において越冬できるよう十分適応しており、難なく冬を越す！ 前年の秋に著しく汚染されていた放牧地は春になって家畜が放牧に出される時期にもまだ著しく汚染されているだろう。しかし、この線虫は **Haemonchus** より少ない数の虫卵しか産まないの、北部の気候下では新しい放牧地がひどく汚染されるまでにより長期間を要する — このことは気候がより暑くなれば変わってくるだろう。成雌畜体内に留まって冬を越した活動休止ステージの個体は春になって成長し、周産期の虫卵数増加によって放牧地の汚染に大きく関与する。

めん山羊の症状

疾病は、放牧初年目の子羊・子山羊で最も多く見られる。感染により断続的な下痢、体重減若しくは増体の低下及び食欲減退が表れる。第四胃がダメージを受け、血漿中のペプシノーゲン（第四胃中の消化酵素）の水準が上昇するかもしれない。塩酸を分泌する腺細胞へのダメージの結果、第四胃のpHは上昇する（正常値は2.0～2.5）。これによって消化が妨げられ、削瘦や体重減につながる。感染に伴う炎症によって、家畜は具合が悪くなり、食欲減退がひどくなる。5,000匹の線虫感染によって明確な臨床症状を引き起こすと考えられる。糞に虫卵が現れるよりも前に激しい疾病が生じることも考えられる。重度に汚染された放牧地に放された子羊・子山羊は、突然の大量感染によって重篤な疾病を経験することがある。



山羊成畜の第四胃壁。小結節は *Teladorsagia* の感染による炎症と癒痕化を示す。この山羊はたいへん瘦せて下痢をしていた。

診断

この寄生虫は虫卵をそれほど産まないことから、500epgを超える虫卵数は重大な感染を示すことがある。剖検では特徴的な損傷がみられる。この寄生虫は第四胃粘膜の胃腺に侵入し、胃壁の皺に腫れと発赤を引き起こす。癒痕化が起こり胃の機能が失われ、重度の感染では回復しなくなる。重度に癒痕化した場合、駆虫によって寄生虫がたとえ殺されてもその個体は回復しないだろう。

TRICHOSTRONGYLUS AXEI（胃毛様線虫）

どんな姿をしている？

この寄生虫は、「**stomach hairworm**（胃毛様線虫）」という名前でも知られている。これも第四胃の寄生虫である。体長は0.5 cm未満で、裸眼で見るとは極めて困難である。虫卵は典型的なGIN卵で、**Haemonchus** 又は **Teladorsagia** のものと区別できない。

どのような一生を過ごすか？

めん山羊の寄生虫であるが、牛及びシカにも感染する。成虫は第四胃の壁に穿孔し摂食する。**Teladorsagia circumcincta** と同様に、疾病は通常、夏の終わりから秋にL3が放牧地に蓄積してから発生する。L3は、カナダの気候下で放牧地において越冬できるよう十分適応している。めん山羊体内での活動休止ステージの線虫は春になって成長し、春の周産期虫卵排出数増加によって放牧地の汚染の大きな原因となる。

めん山羊の症状

この寄生虫についても他と同様に、重度に感染した際は下痢、低タンパク血症（ボトル・ジョー）、食欲低下及び体重減少といった臨床症状を示す。**Teladorsagia** と同様、血漿ペプシノーゲンと第四胃pHの上昇もまた重要な特徴である。家畜体内の感染量が5,000匹になると臨床症状が表れると考えられる。

診断

Teladorsagia と同様、虫卵数が 500epg を超えると、重篤な感染の徴候といえる。この寄生虫が腺性粘膜に侵入し、分泌細胞に損傷を与える。臨床症状が表れるほどの感染では、剖検により第四胃表面に斑 (plaque) が認められることがある。

TRICHOSTRONGYLUS COLUBRIFORMIS (蛇状毛様線虫) 及び *T. VITRINUS*

どんな姿をしている？

「**black scour (黒痢)**」や「**bankrupt worm (破産虫)**」といった名前でも知られており、小腸（十二指腸及び空腸上部）で見られる小型（体長 0.5～0.75cm）で明るい茶色の毛状の線虫である。虫卵は典型的な GIN 卵である。

どのような一生を過ごすか？

めん羊、山羊及び牛 (*T. colubriformis* のみ) に寄生する。幼虫は変態のため小腸の粘膜に穴を開けてもぐり込み、感染後 10 日ほどで飛び出してくる。このことが小腸の壁に著しい損傷を与え、血液及びタンパク質が失われることがある。疾病は多くの場合、放牧地の汚染の蓄積によって晩夏及び秋に発生する。幼虫は放牧地で十分越冬し、春の放牧で子羊及び子山羊に著しい感染を起こす。また、活動休止した L3 が家畜体内で越冬することもできる。*Trichostrongylus* 類は単独で重篤な疾病を引き起こしえるが、最も悪性の病気は *Teladorsagia* との複合感染で起きる。

めん山羊の症状

この寄生虫は暗色の下痢及び低タンパク血症（ボトル・ジョー）を引き起こし、同時に、食欲の低下と体重減が見られる。弱い感染では、軟便と成長速度の低下が起こる。感染した子羊及び子山羊は尻及び尾が便で汚れ、下痢の兆候を示す。

診断

重篤な感染では、虫卵数は *Teladorsagia* と同程度である。剖検では、小腸にびらんの斑点が生じ正常絨毛に被われた内面が失われていることが、鏡検により認められる。

NEMATODIRUS

どんな姿をしている？

「**thread-necked worm (糸状の首の線虫)**」という名でも知られている。細い、体長 1～1.25cm の線虫で、小腸の上部に住む。体の前部が他の部分よりも細い。大量に感染すると、小腸内上部で綿の球のように見える。たいへん大きな虫卵を産み、その中で幼虫が L3 ステージまで成長する。この虫卵は他の GIN の虫卵よりもずっと大きい (152～260 x 67～120µm)。 *N. battus* の虫卵は茶褐色であるが *N. filicollis* 及び *N. spathiger* の虫卵は無色であるので、顕微鏡下で区別できる。めん羊、山羊及び場合によっては子牛にも感染する。

どのような一生を過ごすか？

N. battus はこの属で最も病気の症状を引き起こしやすい。これに対して *N. filicollis* 及び *N. spathiger* は弱い症状を引き起こすだけか又は症状を引き起こさないかである。生活環は、他の GIN とは大きく異なっている。*N. battus* では、一定の寒冷な期間の後に温和で気温が 10°C 以上の天候が訪れたときにのみ、虫卵が孵化する。通常、夏に産まれた虫卵は翌春まで、あるいは場合によって 2 年間は孵化しない。従って、感染及び発病の危険が最も高い時期は晩春（5 月及び 6 月）である。春に放牧されている子羊及び子山羊は発病のリスクが最も高い。しかし、屋内又は牧草のないパドックで飼われている子羊又は子山羊への感染が見られることから、この寄生虫は放牧なしに生活環を完結できることが分かる。めん山羊の成畜はこの種に対するたいへん高い免疫性を有しているようで、子畜に対する汚染源とはならないようである。



めん山羊の症状

N. battus は子羊及び子山羊に黄緑色の水様の激しい下痢を引き起こし、しばしば脱水と喉の渇き、そして重篤な感染では死を伴う。臨床的な兆候は虫卵が生産される前に表れるかもしれない（プレパテント・ピリオド^{訳注}は14～16日）。このため、臨床症状が出た時点で糞中の虫卵数（FEC）の検査を行ってもあまり役に立たないかもしれない。*N. filicollis* 及び *N. spathiger* による少しの感染では病徴が見られなかったりわずかであったりするかもしれない。たいていの場合、他のGINとの複合感染がみられる。

診断

少数でも虫卵が見つければ、家畜体内に大量の寄生虫がいることを示している。線虫による多数の糸状の「綿の球」が小腸内に見られる。著しい感染の場合、小腸がやや発赤し（腸炎）、腸絨毛（小腸内壁を覆う細胞の襞で、養分吸収の役割を果たす）の著しい萎縮が見られる。

消化管内寄生線虫の典型的な生活環

図 1

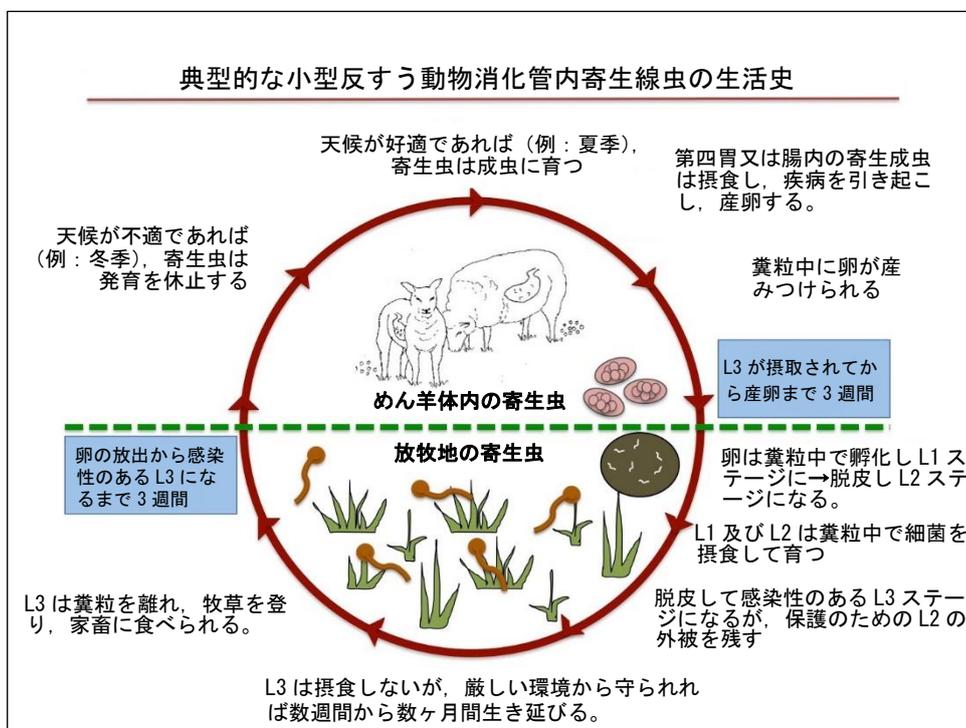


図 1 は消化管内寄生線虫である *Teladorsagia circumcincta*, *Haemonchus contortus* 及び *Trichostrongylus* spp. の典型的な生活環を示す。これらの寄生虫には中間宿主はない。L3 が摂食されてから糞中に虫卵が検出されるまでの期間であるプレパテント・ピリオドは、多くのGINで 16～21日 である。

- 寄生虫の虫卵は糞中に排出される。
- 虫卵は糞粒中で孵化して L1 となる。
- L1（自由生活状態）は糞粒中で細菌を摂食し、脱皮して L2 になる。
- L2（自由生活状態）は糞粒中で細菌を摂食し、脱皮して L3 になる。
- L3 は L2 の外被の中に留まる。このステージはめん山羊への感染性を有する。このステージは摂食することなく貯蔵養分に依存して生きる。このステージは糞粒の外の放牧地に棲息場所を変え、牧草の茎を数センチメートル登る能力を有し、めん山羊が放牧されている間に摂食される。



- 虫卵の排出から L3 までの期間は、天候と寄生虫の種類によって 5 日から 6 週間以上まで様々である。
- 消化管内で L3 が脱皮して L4 となる。
- L4 は寄生性で、めん山羊から栄養を得て、脱皮し未成熟な成虫となり続いて成熟した成虫となる、又は.....
- L4 が活動休止（休眠）し、環境条件がより好適になるまで摂食せず成虫にもならない。
- 成虫は寄生性で産卵し、虫卵は糞中に排出される。
- 以上のサイクルを繰り返す。

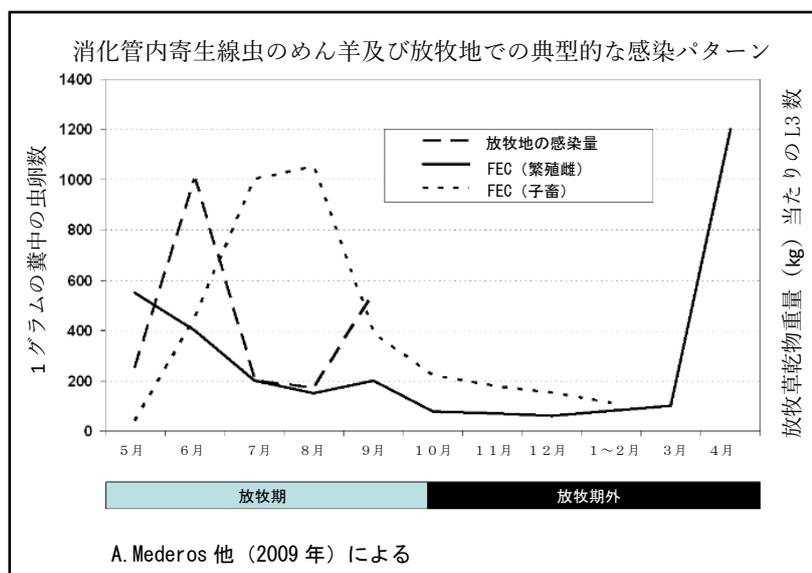
消化管内寄生線虫の疫学

ここでは、寄生虫がどのようにその宿主（めん山羊）と環境に関わるのか、さらに寄生虫がどの程度上手く生き残るかや宿主に疾病が発生するか否かを決定するのは何なのか、について検証する。

図 2 は、中央カナダの条件下で、めん羊の子畜及び成畜における消化管内寄生線虫感染量及び放牧地における感染性 L3 の数について要約したものである。このグラフはオンタリオ州及びケベック州の農場で 2006～2008 年に得られたデータを基にしている。この研究の要約は付録 5 に掲載されている。春には、成めん山羊が若齢畜用の放牧地を汚染するが、その後は放牧期を通じて、若齢畜が放牧地の主たる汚染源となる。高温で乾燥した夏には放牧地の汚染は低下するが、8 月末から 9 月に多く見られる暖かい雨によって線虫数は増加する。

成畜及び若齢畜での通常の感染パターン

図 2



初めて放牧期を迎える若齢畜

子羊・子山羊は、消化管内寄生線虫 (GIN) に対して様々なレベルで生得的（生まれつきの）免疫性を有している場合があるものの、獲得免疫性は有していない。放牧地において寄生虫への曝露経験がない子羊・子山羊が L3 に感染する。放牧地における L3 の汚染水準及び若齢畜が持つ免疫性水準によってどの程度の症状が発生するかが決まってくる。放牧期を通じて、子羊・子山羊が体内に抱える寄生虫量は増加する傾向にあり、短期間のうちに子畜が線虫卵による放牧地汚染の主たる原因となる。放牧期の終盤には、摂食される L3 の一定割合は成虫にまで育たず、むしろ発育途中で休眠ないし活動休止状態となる。もし若

齢畜を放牧しなかった場合、彼らは成畜（例：満 1 歳）として放牧されるまで免疫性が発現しない。めん羊の免疫性は発現するまでに数ヶ月（最大で 5 ヶ月）を要す。山羊はそれほど免疫性を発現しない。

成めん山羊

成めん羊は、放牧経験がある場合には冬の間も活動休止状態の L4 として感染を維持しているかもしれないが、春に放牧に出されたときに成虫が活動を再開し、放牧地の汚染源となりえる。虫卵の排出程度は前年の放牧期の寄生虫への曝露及び発現した免疫性の水準によって異なる。成山羊はめん羊ほど免疫性が発現せず、成めん羊よりも放牧地の汚染に大きく寄与する可能性がある。周産期の虫卵排出量増加は、出産期前後の免疫性の低下（「下方調整（down-regulation）」と呼ばれる）によるものである（p10 参照）。これによって寄生虫卵が増加し、春に子羊・子山羊にとって最も大きな放牧地汚染源となる。

休眠又は幼虫の活動休止

L3 が宿主に感染し、家畜体内で脱皮して L4 ステージ (*Trichostrongylus* では L3) となった後、成虫に育つ場合と幼虫のまま活動休止する場合がある。活動休止した場合は、宿主にはほとんど病徴が見られず、虫卵も放出されない。このようにして、未成熟の多くの寄生虫が臨床症状を示さずに宿主内に蓄積されることがある。発育休止のきっかけとなるのは、虫卵の孵化及び幼虫の自由生活ステージへの成長に適さない環境条件、例えば温帯気候下での秋の冷涼な天候又は熱帯での乾期などであると考えられている。カナダにおいて、活動休止は *H. contortus* と同様に *Teladorsagia* や *Trichostrongylus* が生き残ることを可能にする重要なメカニズムである。カナダでは、秋に — *Haemonchus* の場合は晩夏に — 摂食されるほとんどの L3 が成虫にならずに活動休止すると考えられている。

免疫性と寄生虫感染量

寄生虫に対する獲得免疫性

子羊及び子山羊（子羊よりは劣るが）は、時間とともに寄生虫への免疫性を発現する。実際の期間は GIN の種類によって異なるものの、一般には最初の放牧シーズンが十分長ければ（4～6 ヶ月）この期間に免疫性が生じる。哺乳中の子畜は免疫性を持たない傾向にあるが、草を食べ始めるまでは GIN 線虫に晒されることもほとんどない。一旦放牧地で草を食べ始めると、少なくとも子羊では、免疫性が作られ始める。しかし、免疫性が発現する時期は家畜の種及び品種、並びに同じ群内でも個体によって異なる。中程度の遺伝性があるこの能力を、科学者は一定のゲノム分析及び育種プログラムを用いて特定・利用するための研究を行っている。免疫性が発現されれば、少数の寄生虫による感染は続くものの、寄生虫の成虫は駆逐される。このことは「自己治癒 (self-cure)」と呼ばれる。

寄生虫に対する獲得免疫性はいくつかの要因によって低下する可能性がある。寄生虫に対する免疫性は短命であることが知られている。寄生虫に曝露され続けると、数ヶ月後には個体の免疫性が低下して、再び感受性を示すようになることもある。このことは、カナダで冬の間ずっとめん羊が舎飼いされていた後、春に低い免疫性を示すことから分かる。加えて、放牧地での多数の GIN による攻撃が免疫システムを圧倒し、症状を引き起こすことがある。

免疫性はまた、栄養によっても大きく影響を受ける。タンパク質、特に「バイパス」タンパク質とも呼ばれるルーメン非消化性タンパク質のような飼料中タンパク質の欠乏は、GIN に対する免疫反応を身につける能力を低下させる。このタイプのタンパク質はルーメンの微生物によっては消化されず、ルーメンを通過して第四胃及び腸で消化される。このタイプのタンパク質の例としては、魚粉、炒り大豆及びコーングルテンがある。より多くのタンパク質を含む飼料を補助飼料として与えることで、めん羊の虫卵数は低下し、このことは、分娩及び泌乳の時期に顕著である。縮合型タンニンを含む牧草（例：Sanfoin [= イガマメ] 及びバースフットトレフォイル）も、このタイプのタンパク質を供給することができる。山羊はめん羊ほどには免疫性を発現させないということを覚えておくことはとても大切である。

周産期の虫卵数増加 (PPER)

この現象は「周産期の免疫性緩和」(PPRI) によるものであり、分娩数週間前から哺乳期を通じて（約 8 週間）雌のめん羊の糞に排出される虫卵数が増加することをいう。このことは、春に起こるのが典型的で、妊娠後期の雌畜での免疫性低下による。これによって、活動休止していた幼虫が産卵する成虫に成熟できるようになり、放牧地で越冬した L3 を摂食することによる感染が増し、すでに体内に存在する成虫がより多くの虫卵を生産するようになる。これらのすべてが、春に子羊・子山羊が生まれ哺乳する時期の放牧地汚染の急激な進行という結果につながる。妊娠後期及び泌乳期の栄養ストレスによって PPER が起こりやすくなる。PPER は単胎の雌の方が多胎のものより少なく、経産の方が初産のものより少なく、そして雌畜にバイパスタンパク質源を補助飼料として給与した場合に少なくなる。

季節外の出産群での PPER

オンタリオ州での、分娩促進プログラムが適用された群についての研究結果から、冬に分娩するめん羊では PPER が起こるが、秋分娩ではすでにたいへん高い水準の感染が生じており、PPER が不明瞭であることが分かった。この研究の要約は、付録 5 に掲載した。このように、PPER は季節によらず発生するが、秋に分娩する雌羊では、おそらく寄生虫がまだ休眠するに至っていないことが理由で、それほど目立たない。カナダでのデータはまた、乳用のめん羊で PPER が長期化することを示唆している。これはおそらく、栄養ストレスがより高いことによるものであろう。

GIN 感染に対する遺伝的抵抗性

寄生虫感染に対する免疫性は、生得的な（つまり、個体が寄生虫の感染に対処する能力を持って生まれる）もの又は寄生虫に曝露されてから獲得されたものかもしれない。これらはともに重要である。めん山羊の中には寄生虫へのより高い免疫性を発現し、寄生虫感染へのより強い抵抗性を示す個体がいる。このことはいくつかの品種でより顕著であり、例えば熱帯地方のいくつかの羊肉品種は北部の羊毛品種に比べて免疫性をより早期に発現させることが知られている。また、めん山羊の群内にも個体間でこの能力に変異があり、その能力の一部は遺伝的なものである。この形質は、中程度の遺伝性があると考えられている。

この遺伝的能力を伝える遺伝子を保有するめん羊を特定するプログラムが開発されてきている。これらには雄畜を選抜するもの（例えば、雄羊を一緒に育て、その中から糞中の虫卵数が少ない個体を選ぶ）あるいは DNA 中の遺伝子マーカーを特定しようと試みるものがある。これらのいずれの方法にも以下の欠点がある。

- 糞中の虫卵数 (FEC) には日々のたいへん大きな変動があるので、FEC データを使って遺伝の結果生じる虫卵数の有意な差をとらえるには多数の家畜が必要となる。
- 加えて家畜は、個体間の差を検知するのに十分なほど高い FEC を示すだけの量の寄生虫に晒される必要がある。
- 遺伝子マーカーはある家畜品種の寄生虫抵抗性を検出することができるかもしれないが、これらのマーカーは他の品種では役に立たない。

これらに代わって、免疫性を測定する新しい方法（例：ニュージーランドの AgResearch による CarLA 唾液検査）は有望であることが示されている。より少数の個体で違いが検出でき、能力の高い子羊を放牧開始からわずか 3 ヶ月で検出できる。この技術がオンタリオ州で使用できるか明らかにするための調査が行われている。

獲得免疫性を発現する十分な能力を持った子羊又は子山羊であっても、免疫性が発現するまでは GIN に感染する可能性があることから、感染の観察が必要であることを覚えておかねばならない。効果は後になって、免疫性を発現する機会を得てから生じる。これらの抵抗性に優れた個体は成畜になったとき、最も重要なこととしては PPER の際に、あるいは放牧地で過度の線虫量に直面した場合に、他の個体より少ない虫卵の排出で済む。彼らの子孫もまた、寄生虫による攻撃を上手く乗り切ることができる可能性が高まるだろう。

寄生虫感染に対する回復力 (resilience)

これは、寄生虫への感染に直面した家畜が健康に育つ能力である。このような家畜は、感染し、虫卵を排出して放牧地を汚染するが、健康であるように見える（症状を示さない）。どのような個体群の中にも回復力を示す個体が含まれている。しかし、それらの個体は回復力や抵抗性を持たない家畜の放牧地を汚染することにもなる。回復力はまた、高免疫性の形質ほどには遺伝しない。このことは、ある個体が草地汚染の影響を受けない一方で、群の大部分は影響を受け、疾病の害を被るかもしれないことを意味する。このため、回復力よりも抵抗性の方が好ましい。

放牧地における感染性の通常のパターン

自由生活ステージの寄生虫の成長と生存に環境が及ぼす影響

温度

10°C 未満では、虫卵の孵化、幼虫の成長及び脱皮は起こらない。寄生虫の幼虫はそれより高い温度で成長するが、成長に最も適するのは温度がさらに高い場合である。虫卵の孵化、幼虫の成長及び L3 の生存に最適な温度は、寄生虫によって異なる：

- *Teladorsagia circumcincta* は 16~30°C を好む
- *Trichostrongylus colubriformis* は 22~33°C を好む
- *Haemonchus contortus* は 25~37°C という最も高い温度を好む

北部の春の天候条件は急速な虫卵の孵化及び幼虫の成長には好適ではないかもしれない。しかし、夏季に温度が 25~30°C の範囲にあるときは、すべての寄生虫の幼虫の成長に好適である。夏の気温が高いときは、他の寄生虫が虫卵から L3 になるまで通常は 3 週間を要するのに対して、*Haemonchus* はたったの 5 日で成長する。気候が温暖化を続けた場合、すべての GIN が — しかしなかでも *Haemonchus* が — より生育に適した条件を享受するだろう。

温暖な天候は L3 への成長を早めるが、一方でこれら幼虫の生存期間を短くする。暑いとき（例えば 28℃よりも高温）には代謝速度が上昇し、貯蔵栄養（L3 は摂食ができないことに注意）が使い果たされるので、L3 はより短期間で死ぬかもしれない。

逆に寒冷な天候では幼虫の成長は遅くなるが、代謝速度が低下するおかげで L3 は数週間から数ヶ月まで、より長く生存できるようになる。気温 5℃未満では、L3 の代謝はたいへん遅く、例えば放牧地で越冬するなど、生存期間は長くなる。

湿度

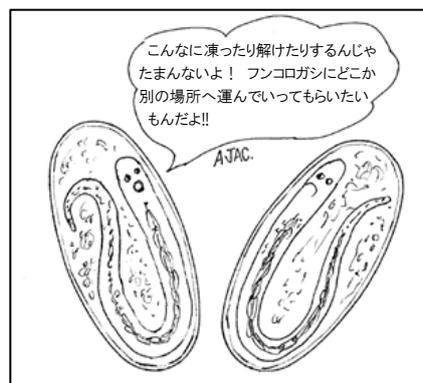
幼虫が成長するには、糞粒中又は地面の湿度が 80%を上回る必要がある。L3 はクチクラ層に覆われていることから、たとえ氷点下であっても、乾燥（低湿度）を生き延びることができるが、L1 及び L2 ではそのようなことはない。

放牧地における自由生活ステージの成長と生存に関する仮説

放牧地での L3 の越冬

いくつかの種の L3（例えば *Teladorsagia* 及び *Trichostrongylus* が含まれるが *Haemonchus* は含まれない）は厳しい寒さと乾燥に耐えられる「乾眠」の状態に入ることができ、これによってカナダの冬の凍結と融解の繰り返しを生き残るのによく適応している。

前年の晩夏又は秋に放牧に使用されていた放牧地に、春になってめん山羊が出される時、その放牧地は冬を越えて生き残っていた L3 によって汚染されていることが考えられる。もし、前年秋の放牧地汚染度が高かった場合、春になっても *Teladorsagia* 及び *Trichostrongylus* の L3 による汚染の水準が高いだろう。冬を通して雪に覆われることで、生存率はより高くなる。何度かの凍結と融解の繰り返し又は雪がないままで低温が続くことによって生存率は低下するかもしれない。*Haemonchus* は気温が 0℃を下回ると十分に越冬しない。どんな GIN であれ、越冬した L3 は 6 月末よりも長く生存することはないと考えられているが、温度と湿度に左右される。春に低温で多湿だと生存が向上し、暖かく乾燥していると生存期間は短くなる。



放牧シーズンの放牧地における L3 の成長と生存



前述のように、産卵から L3 に成長するまでの期間は温度と湿度によって異なる。適度の温度と高い湿度によって L3 への成長は促進される。適度な温度であれば L3 の生存期間は長くなる。6 及び 7 月に存在した L3 の一部は 9 月になってもまだ生存しているだろう。高温になれば生存期間が短くなる。放牧地の状態によっても成長と生存は影響される。枯死した牧草が土壌の上に堆積しているような古い放牧地では、湿度が保たれるとともに極端な温度になりにくいのので、成長と生存は促進される。重度の放牧（例えば徹底した輪換放牧による）によって枯れ草などの堆積物が減り、土壌が光を受けて乾燥するので、生存は抑制される。多量の朝露や降雨後の水分によって L3 は牧草を数センチ上に移動することが可能になり、放牧地の感染性が高まる。暑い晴れた日には、L3 が地表の土の高さにまで追いやられ、感染性は低下する。

放牧地における GIN の世代

1 世代とは、糞中への虫卵の排出から、孵化、自由生活ステージへの幼虫の成長、めん山羊の感染を経て、再度の糞中への虫卵の排出までの期間をいう。虫卵の排出から L3 まで 2~3 週間（冷涼であれば最長 6 週間）、感染から虫卵の生産まで 3 週間 — 従って、平均で合計 5~6 週間 — と仮定しよう。カナダのほとんどの地域では最適な温度環境が 4 ヶ月（5 月半ば~9 月半ばの 16 週間）しか続かないので、ある放牧地で放牧 1 年目に L3 が大量増殖するだけの十分な時間はない。このことは気候が温暖化すれば違ってくる。

Teladorsagia 及び Trichostrongylus

中央カナダの夏の条件では、これらの寄生虫が3世代より多く生じるとは考えにくい。それゆえ、農場でこれらの寄生虫による著しい感染が起こった場合、前の放牧シーズンからの重度の汚染があり、かつその放牧シーズンの放牧圧が高かった — しかも高温多湿といったL3の生育と生存に最適な夏の条件であった — ものと考えられる。

Haemonchus

Haemonchus はカナダの放牧地では冬を越さないが、成めん山羊の体内で、休眠（活動休止）状態のまましっかりと生き残る。春になって、雌の成虫がひとたび成熟すれば、1日に5,000～10,000個の虫卵を生産することができる。暖かく多湿な条件では、L3はわずか4～5日で成長し、1回の放牧シーズン当たり多数の世代の生育が可能となり（1世代は3週間半にまで短くなりえる）、よって放牧地の重度の汚染が起こりえる。つまりこれらのことは、1回の放牧シーズン内に放牧地の感染性が極めて高くなりえるので、7月半ばから8月までには子羊・子山羊だけでなく成畜にさえも危険となることを意味する。

屋内でのL3の生存

屋内でのGINの生存と感染についてはほとんど何も知られていない。畜舎内で感染が起こりえることを示す十分な事例証拠がある。確かに、ドライロット（植生のないパドックを利用できる状態）で飼われている子羊及び子山羊でも、特に飼料を地面に撒いた状態で与えられているときには、GINを取り込むかもしれない。畜舎内では、夏場に虫卵が孵化しL3にまで生育するかもしれない。しかし、問題となるほどの感染を引き起こすには、子羊及び子山羊は地面から十分な量の幼虫を摂食する必要がある。糞によって汚染された給水槽や飼槽はもうひとつの感染源である。屋内で寄生虫が臨床的に問題となるほどの量となるのは、ごくまれである。この場合、GINのリスクを低減するには、飼料及び水の糞尿による汚染を最小にすることが重要である。

消化管内寄生線虫症の診断

虫卵数検査（FEC）

FECはめん山羊の体内にいる寄生虫の成虫個体数の指標であって、感染全体（つまりL4と未成熟な（まだ虫卵を産まない）成虫を含む）の指標ではない。FECは個体間でかなりの変動があるので、家畜群の中から無作為に一定の割合を抽出することが、群内の寄生虫感染量を的確に把握するためには重要である。

どの個体からサンプルを採取するか

放牧中のめん山羊のうち、標準的な個体からサンプルを採取すべきである。病気あるいは何らかの理由で採食していない個体から、サンプルを採取すべきではない。理想的には、標準的な子畜10頭と標準的な成雌10頭からサンプルを供試するのが望ましい。同じ放牧地で放牧されていても若齢畜と成畜では虫卵数が大きく異なることから、これらのサンプルを別々に採取することが重要である。

サンプル採取

最も簡単な方法は、家畜の群を放牧地の隅（地面がきれいな場所）に追い詰め、15分間そのままにしてから解放する。個体毎に10頭分の新鮮な（生暖かい）、できれば踏みつけられていない糞サンプルを拾い上げて、1頭分ずつジッパー付きのサンドイッチ袋などのプラスチック・バッグ^{訳注D}に入れる。直ちに袋からできるだけ空気を抜き、保冷剤の入ったクーラーボックスに入れる。糞サンプルは直腸から採取することもできる。この場合も、プラスチック・バッグ又は使い捨ての手袋を用いる。手袋をはめた指先に少量の潤滑剤（例えばメチルセルロースやKY®ゼリー）を付けてそっと糞粒をかき出す。後者の方法では必要に応じて、サンプルを後ほどプールすることなしに、個体毎の分析結果を求めることができる。プールしたサンプルでの検査をする場合は、家畜は無作為に選ばなければならない。サンプルの採取とラベリング、保存法の詳細については付録1を参照すること。

サンプルの輸送と保管

検査室に到着するまで、サンプルを凍らせることなく低温（<5℃）に保つことが重要である。これは虫卵が孵化することによって感染の程度を過小評価してしまうことを防ぐためである。冷蔵したサンプルは採取から7日以内に分析すべきである。

サンプルの分析

糞中に一般に見られる気泡、植物繊維、花粉、その他の混入物を虫卵と間違えないように、熟練した者がサンプルを検査すべきである。定量的手法を用いてサンプルを検査することも重要である。マックマスター法は糞 1 グラム中の虫卵数 (epg) を報告することのできる手法のひとつである。質的変数 (例えば 1+, 2+, 3+などの段階区分) では、中程度の感染 (例: 150epg) も著しい感染 (例: 1,500epg) もともに 3+と解釈されてしまうので、これらを区別するには役立たない。どのようにして分析を行うかの詳細は、付録 2 を参照すること。

サンプルをプールするかそれとも個体毎に分析するか^{訳注E}

虫卵の排出には個体毎にかなりの変動があり、虫卵の 70%までが 30%の個体から排出されている。従って、複数のサンプルをプールして一群の家畜に対して 1 回だけ検査する手法は、寄生虫感染量を分析するには妥当なものである。しかし、各個体から同じ量の糞 (少なくとも個体当たり 4 グラムの糞) が確実にプールできるようにするため、(農場ではなく) 検査室でサンプルを混ぜ合わせるべきである。この理由から、個体毎のサンプルを個別の袋に採取することが重要である。個体毎のサンプルの分析結果から、獣医師は最も感染の重篤な個体を特定し投薬することができる。しかし、プールされたひとつのサンプルよりも個体毎の 10 サンプルについて検査する方が、ずっと経費が掛かる。

問題となる虫卵数のレベルは？

個体毎の又はプールされたサンプルについて、以下の区分値がしばしば用いられる：

- 低い；500epg 以下
- 中程度；500～1,000epg
- 重篤；1,000epg 以上

しかし、どのような区分値を用いるか、そしてどのような対応をとるかについて決定するには、以下のいくつかの要因を考慮する必要がある。

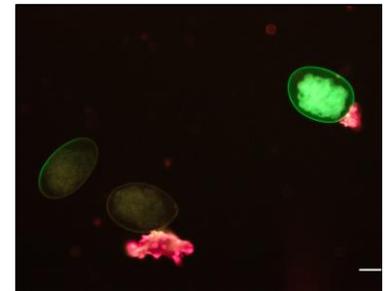
GIN の種

Haemonchus はとても多産であり、放牧地の感染度の急な変化と関係している。中等度の *Haemonchus* 感染でも FEC が 1,500epg を超える (他の GIN 種では重篤な寄生虫感染量とされる) 値を示す。

Haemonchus が GIN の優占種である場合、子羊又は子山羊の罹患レベルと同様、FEC が急激に変化する可能性がある。さらに、3 週間のプレパテント・ピリオド内であっても、虫卵数が大きく変化する前に若齢畜が著しい貧血となる可能性がある。

一般には、我々はどの種の寄生虫が FEC に寄与しているのか知ることができないが、前年の感染歴から類推することはできる。いくつかの民間の検査施設では、蛍光性のピーナッツ凝集素 (PNA) 結合タンパク質を利用して *Haemonchus* タイプの虫卵を染色し、その割合の同定を行っている。

幼虫の培養による GIN の同定は、専門の検査所で可能であるが、中央カナダにある各診断検査所では日常的には行われていない。標準的な手法では虫卵を孵化させ、L3 になるまで培養する。種の同定は、尾部の長さなどの形態学的な差異による鑑別といった、非常に手間がかかり不正確になりがちな方法によって行われる。カルガリ一大学で開発中の新技術では、幼虫の培養は L1 までしか行われず (より容易に実施可能)、寄生虫の DNA を検出する PCR 手法を用いて種の識別が行われる。ゲルフ大学と合同で行われた大学での予備試験では、この手法が非常に正確であることが示された。



蛍光性の PNA 結合タンパク質染色による *Haemonchus* の虫卵 (右上) の同定。Chris Pinard 氏及び Trisha Westers 氏の御厚意による。



培養された L3。J. Avula 氏の御厚意による。

昨シーズンの感染畜からの活動休止幼虫が春に活動を再開

夏に放牧されためん山羊は、冬の間、GIN の活動休止 (休眠) 状態の幼虫をかなり大量に抱えていることがある。これらは成虫になる前に、第四胃の胃壁内部又は表面でより好適な気象条件になるのを待っている。翌春には、これらの幼虫が大量に活動を再開し、これに伴って重篤な症状 (しばしば「II 型」疾病と呼ばれる) を起こす。幼虫が虫卵を生産する成虫に至っていないため、家畜は FEC が陰性のまま、下痢 (*Teladorsagia* 感染の場合)、ボトル・ジョー又は貧血 (*Haemonchus* 感染の場合) を示す。これが群内でいつ起こるかを理解することが、FEC の適切な解釈にとって重要である。

重度に汚染された放牧地で放牧をする

極めて重度に汚染された放牧地に放牧された、寄生虫への曝露経験のない個体は、*Teladorsagia* 及び *Trichostrongylus* のプレパテント・ピリオドが終わる前に、これらによって病気になることがある。II型の疾病と同様、これらの家畜は FEC がたいへん低いまま、水様の下痢と下顎の浮腫を示し、ときには死に至る。

FEC の個体間のバラツキ

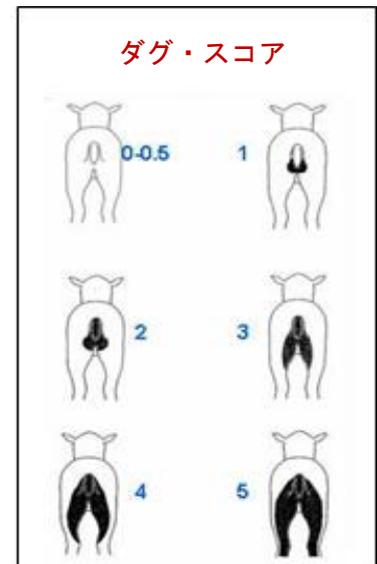
虫卵の全生産量の 70% が約 30% の若齢畜によるものであることが、これまでに分かっていた。このことは、虫卵の排出には家畜の個体毎に著しい変動 — 研究者から「極端なバラツキ (over-dispersion)」とも呼ばれる — があるということを意味する。一群の家畜がどの程度汚染されているのかを示すのに平均値を用いた場合、感染の水準を過小評価する大きなリスクがある。例えば、3つの糞のサンプルが 1,000epg を示し、6つのサンプルが 50epg であった場合、平均は 367epg である。この例で 500epg を区分値として用いた場合、多量に虫卵をばらまいている投薬を行うべき個体に対して、投薬しないという判断を下す結果になってしまう可能性がある。以下に概略を示すとおり、家畜の臨床症状を含むいろいろな要因について、併せて考慮すべきである。



個体の臨床的变化

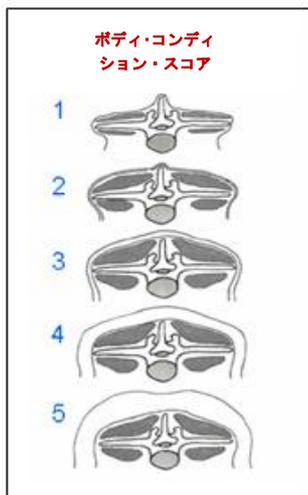
下痢又はダグ・スコア

糞の性状（しっかりした粒状、柔らかい粒状、水様の下痢）は寄生虫感染量を反映している可能性がある。しかし、寄生虫に感染していても下痢を起こさない個体もある（例えば、急性の捻転胃虫症）。コクシジウムに感染した個体も重篤な下痢を示すが GIN はいない。繁茂した青草は下痢を起こすというように、飼料も糞の性状に大きく影響を及ぼすので、尻の汚れ度合いを解釈する際には、放牧地のタイプを考慮する必要がある。ダグとは尾の周辺及び後躯の毛の糞による汚れと定義される。柔らかい又は下痢の便は毛を汚す。ダグ・スコア（尻の汚れのスコア）から、めん山羊群での糞の性状又は下痢のまん延状況の概況を知ることができる。下痢をしている個体では、虫卵が糞便中の水分で希釈されるので、FEC 値が低いかもみれず、従って下痢の個体では FEC が低いことは必ずしも寄生虫感染していないことを意味しないということに留意する必要がある。



増体不良又は体重減

消化管内寄生線虫症は、成長速度の低下を伴う。成長不良は主に、寄生虫の感染による食欲の低下によるものである。その他の要因としては家畜が感染と戦うこと（すなわち免疫反応）によるエネルギーのロスや、寄生虫が消費するタンパク質と血液のロスがある。生産者は、放牧地で子羊又は子山羊の体重を測定して、成長速度に変化があるかどうかを観察し、この情報（FEC とともに）によって寄生虫症が臨床的に重要かどうか判定することができる。この方法は、めん山羊個体の寄生虫症重篤度を示す最も感度の高い指標のひとつであるといえる。リスクの最も高い時期に、数週間に一度の割合で子畜の体重を簡単に量れるよう体重計を設置すれば、期待どおりの成長を示さない個体に選択的に投薬ができるようになる。同時に、貧血の度合いについても評価することができる（FAMACHA®スコア、下記参照）。しかし、増体が悪いのには、他の原因も考えられる（例えば放牧地の草生不良、コクシジウム症、肺炎）ので、寄生虫症の問題であることを確認するために FEC を測定すべきである。



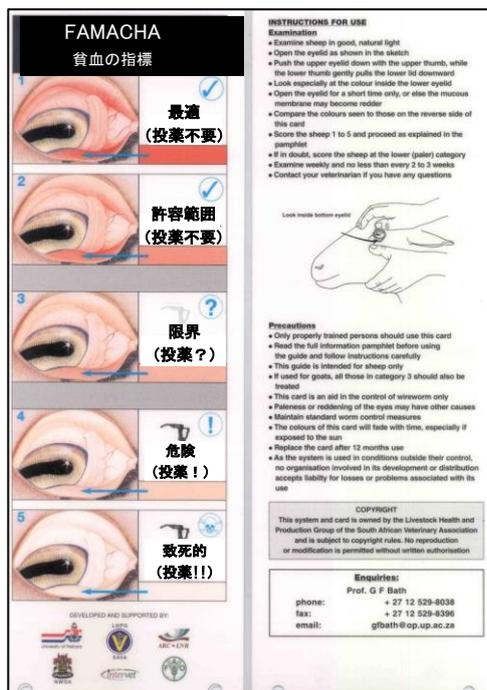
ボディ・コンディション・スコア (BCS) は他の多くの要因の影響を受けるので、寄生虫量の信頼できる指標として使うのが難しい。家畜は痩せる (BCSが2以下になる) よりも前に深刻な臨床症状にも見舞われるため、スクリーニングテストとしては遅すぎてうまく使えない。これらの理由から、BCSは寄生虫症の感染の程度を判定する最良の指標ではない。しかし、ヨーネ病 (パラ結核) などの他の病気により衰弱していた場合、BCSが低い個体はとりわけ寄生虫への感受性が高い可能性がある。

貧血 (Haemonchus)

捻転胃虫症 (haemonchosis) の主要な臨床的特徴は貧血である。中央カナダでは、7月下旬から、夏の暖かく多湿な時期にかけて、捻転胃虫症がしばしば農場で最も重要な寄生虫症となる。この期間中、子羊・子山羊の貧血の兆候を監視しておく。これには、血液のサンプルを採取しその中の赤血球細胞の割合 (PCVすなわち血球容積) を測定するが、貧血の度合いの評価は結膜、つまりまぶたの内側の粘膜組織の色合いを評価することでも行える。通常の色合いはピンクであるが、*Haemonchus* による著しい感染を受けた場合は薄いピンクから白色となりえる。

FAMACHA®システムはこれを利用している。色合いの異なるピンク (濃いピンクから白色まで) の描かれているカードと個体の下眼瞼結膜の色とを比較し、貧血の度合いを推定する。これは *Haemonchus* がGINの主流となっている南アフリカで開発され、この寄生虫が一般的である世界の各地で成功裏に用いられている。これによって生産者は、個々の家畜を観察し貧血を示す個体だけに投薬することができる。この方法の欠点は、もし他の寄生虫が重要であった場合、その感染を発見し損ねることであるので、この方法を用いる際は、虫卵検査を必ず行わなくてはならない。貧血の原因となる寄生虫は他にも存在し、コクシジウム類と肝蛭はその例である。またFAMACHA®は労働集約的で、かつ頭部の保定が容易にできるような設備が必要となる。それぞれのめん山羊個体は3週間毎に、*Haemonchus* が群内で発生しているときには2週間毎に測定する必要がある。色合いは陽光の下で評価するのが望ましいが、無理な場合は畜舎の照明やLED

ではない懐中電灯で代用できる。LEDの懐中電灯は色が白っぽく見えるので、貧血の程度が実際よりも高く評価される結果になることが報告されている。



FAMACHA®スコアリングと評価

FAMACHA®で1と2 (ピンク) にスコアリングされた個体は健康で、治療は必要ないと判断される。4と5にスコアリングされた個体は重篤な貧血で、直ちに有効な駆虫薬による治療が必要と判断される。3とスコアリングされた個体は注意深い観察が必要で、もし4か5とスコアリングされた個体が群れ全体の10%を超えている場合は駆虫が必要とされる。

しかしながらスコアリングは主観的であるため、どうしても評価ミスが発生する。例えば4か5とスコアリングされた個体が貧血状態ではなく、治療は必要ないといったことが起こりえる。このエラーの場合は、不必要なときに治療されたとしても健康を危険に晒すことはなく、個体にはほとんど悪影響がない。しかし、実際には深刻な貧血状態である個体が1, 2, 又は3とスコアリングされることもある。必要な治療がされなかった場合は、致命的なエラーとなる、つまり判定ミスのために個体は死亡する。このシステムは致命的なエラーを低減させるようにデザインされているが、FAMACHA®カードを正しく使用し、結果を判定するには、使用前に講習を受けることが必要である。

FAMACHA®システムは、獣医師の指導の下で、定期的なFEC検査に補助的に用いられるべきである。もしFAMACHA®システムが農場で役に立つと考えるのであれば、獣医師に連絡してできるだけ上手く使えるように訓練を受けるべきである。また、ロードアイランド大学による米国北東部小型反すう動物寄生虫防除サイト

(<https://web.uri.edu/sheepngoat/famacha/>) で、オンラインの訓練を受けることも可能である。

低タンパク血症（ボトル・ジョー）

ほとんどすべてのGINが、血液及びリンパ系を通じて循環しているアルブミンと呼ばれるタンパク質を餌にしている。カナダでは、ボトル・ジョーが *Haemonchus* 感染と最も密接に関連している。重篤な感染を起こした場合、血中タンパク質のレベルが極めて低くなり、通常は血管及びリンパ管内に留まっている液が漏れ出して、皮下や消化管内膜に集まる。顎の下に液が蓄積した場合、これを「ボトル・ジョー」と呼ぶ。消化管内膜の浮腫は栄養吸収の低下や下痢を引き起こす。このことが臨床的に明確になる頃には、寄生虫症は相当進行しており、その個体は死ぬ危険性がある。



捻転胃虫症によるボトル・ジョー

剖検及び虫体の計数

群の中で死亡畜が出始め、内部寄生虫がその原因であると考えられる場合は、消化管内にいる成虫の数を数えてこの診断が正しいかを確認することが重要である。放牧地で死んだ子羊又は子山羊はどれも寄生虫によるものだと推測してはいけない。熟練した獣医師が行う剖検によって明らかにするべきである。

獣医師は現場での剖検を行い、第四胃と腸の線虫の同定を試みることができる。*Haemonchus* は大きくて容易に見ることができる。*Teladorsagia* 及び *Trichostrongylus* は小型なので、検査室で顕微鏡を用いて計数する必要がある。第四胃の内容物は取り出して重量を測定し、そこから一定量を取り出して線虫数を計測する。例えば第四胃の内容物全体の十分の一の量に20匹の線虫が見つかった場合、第四胃には200匹の線虫がいたことになる。英国のマニュアルである「めん羊における持続可能な寄生虫防除 (the Sustainable Control of Parasites in Sheep, 第4版)」で勧めている線虫量の評価法は、以下のとおりである。

- 2点＝寄生虫症が生産性に影響を及ぼしていると考えられる
- 3点＝寄生虫症が臨床症状及び死亡をも引き起こしていると考えられる

合計点で判断する

<i>Teladorsagia</i> spp:	3,000 匹	= 1 点
<i>Trichostrongylus</i> spp:	4,000 匹	= 1 点
<i>H. contortus</i> :	500 匹	= 1 点
<i>Nematodirus</i> spp:	4,000 匹	= 1 点
未成熟な線虫:	4,000 匹	= 1 点

めん山羊用の駆虫薬^{訳注F}

カナダでは現在、めん羊用に使用が承認された駆虫薬は3種類あり、具体的にはイベルメクチン経口及び注射薬（例 Ivomec®, Merial Canada Inc.）、クロサンテル経口薬（Flukiver™, Elanco Canada Limited）及びデルクアンテルとアバメクチンの経口合剤（Startect™, Zoetis Canada Limited）であり、山羊への使用が承認されている駆虫薬はない。

州から免許を受けている臨床獣医師は、他の家畜種に使用が承認されている駆虫薬を処方することが可能である。ただし、それには安全性（人と家畜の両方にとって）、有効性（実際に寄生虫に対して働くか）及び肉・牛乳の適切な出荷停止期間^{訳注G}を保証する責任を伴う。かかりつけの獣医師は、使用する駆虫薬を処方する前に CgFARAD^{訳注H} (<https://cgfarad.usask.ca/language.php>) へアクセスすることによって、科学的に適切な肉・牛乳の出荷停止期間を得ることができる。特定の種（山羊など）での使用が承認されていない薬物では、肉や牛乳に許容されているその薬物の最大残留限度（MRL）は確立されていないことに留意する。つまり、例えば山羊の乳汁に駆虫薬が検出されたとして、その値が例えば牛の乳汁の許容量を下回っていても、これは違反となる残留であり、その乳汁は廃棄され、畜主に罰金が科せられる。従って、乳用牛に使ってよいからというだけでは、乳用のめん山羊に使ってよいとはいえない。

駆虫薬は広域スペクトルと狭域スペクトル — すなわち、様々な寄生虫を殺すことができるものと、1又は2種類のタイプの寄生虫のみを殺すことができるもの — に分類できる。以下は、様々な薬がどのように作用するのか、そしてそれらの活性の範囲についての簡単な説明である。

広域スペクトル駆虫薬

マクロサイクリック・ラクトン (ML)

このグループには、イベルメクチン類 (イベルメクチン, ドラメクチン, エプリノメクチン) 及びミルベマイシン類 (モキシデクチン) が含まれる。これらの化合物は *Streptomyces* 属の特定の細菌から得られ、すべてが同様の働きをする。ML類は L4 ステージを含む大部分の線虫に効果があるが、条虫や肝蛭には効果がない。MLは、寄生虫の神経及び筋肉における活動電位の伝播を遮断し、麻痺を引き起こす。その作用機序は哺乳類に危害を加えない程度のものである。それらに殺卵性はないため、寄生虫が産んだ虫卵は殺滅しない。節足動物の外部寄生虫のあるもの、特に吸血性のシラミやヒツジバエ (*Oestrus ovis*) に対して有効であることに加え、ヒツジシラミバエ (*Melophagus ovinus*) や疥癬 (*Chorioptes*, *Sarcoptes* 及び *Psoroptes*) に対しても有効である。このような作用範囲から、この系統の薬品はしばしば「endectocide (体の内外のものを殺すもの)」と呼ばれる。

投与された薬は脂肪組織に蓄積され、徐々に体内に放出される。このような薬物動態特性から、食肉及び乳の出荷停止期間は長い (イベルメクチンでは、めん羊への経口投与剤で 15 日、注射剤で 35 日)。モキシデクチンはこの系統で特に *Teladorsagia* 及び *Haemonchus* に対して長期間有効とされる薬剤であり、注射により投与した場合は 35 日間、経口投与の場合は 21 日間有効である。どちらもカナダでは入手できず、「リスト B」の医薬品であるという要件を満たしていないため、「食用家畜用の特定の医薬品の個人輸入」の新しい規制のもと、輸入できない¹。

Eprinomectin pour-on (肉用牛、乳用牛及びめん山羊用へのポア・オン剤として Eprinex® Multi 5mg/ml, Merial Animal Health Limited) は、英国ではめん山羊への成虫の GIN (幼虫及び外部寄生虫を除く) 用として承認されているが、カナダでは承認されておらず、その使用は適用外使用 (ELDU) と見なされる。吸収が異なる場合があるため、小型の反すう動物へのポア・オン剤の使用は一般的に推奨されない。本剤では、剤剤が皮膚に直接接触するよう、背中の中毛をかき分け、ノズルを皮膚に当てて投薬する必要がある。もしかかりつけの獣医師が、エプリノメクチンの使用を選択した場合、牛の 2 倍 (1mg/体重 kg) 量を局所投与する。この投与量で使用した場合、担当獣医師は CgFARAD を確認し、小型反すう動物の適切な肉・牛乳の出荷停止期間を決定すべきである。

スピロインドール - ML 合剤

近年、新しい駆虫薬 (合剤) が開発され、カナダのめん羊での使用が承認された (Startect™, Zoetis Canada Ltd.)。この製品は、新しいスピロインドール系の最初の薬であるデルクアンテルと、イベルメクチンと同系統の ML であるアバメクチンの両方を含んでいる。これは初めてカナダで利用可能となる反すう動物用の駆虫薬 (合剤) である。山羊での安全性や有効性に関するデータがないため、使用承認は与えられていないので、山羊では使用しない。

デルクアンテルは、ニコチン性コリン作動性受容体において拮抗薬として作用し、寄生虫の体細胞の筋肉の収縮をブロックし、弛緩性麻痺を引き起こす。別の作用で寄生虫の麻痺を引き起こすアバメクチンと組み合わせると、いくつかの活動休止ステージを含む広範囲の内部寄生線虫を殺滅するのに非常に効果的である。しかし、肝蛭及び条虫には効かない。ML を含む他の駆虫薬に耐性のある GIN に対しても効果的であることも証明されている。執筆時点では、この合剤に対する寄生虫の耐性は世界のどこでも証明されていない。

ベンズイミダゾール (BZ)

「白い」経口薬としても知られている。このグループの薬剤はあらゆる GIN に効果的であり、成虫となった条虫にも幾分か効果がある。この薬品はルーメン内に投与され、消化管内にゆっくりと放出される。線虫の腸の細胞及び条虫の皮膚の細胞に作用し、微小管の重合を抑制する。そして、ブドウ糖の吸収を阻害し餓死させる。成虫だけではなく、未成熟のステージ (L4) のものをも殺す。殺卵性、すなわち線虫や条虫が産んだ虫卵に対する効果も有している。

現在、このグループでめん羊に対して最も一般的に用いられている薬品はフェンベンダゾール (Safeguard® 10% suspension, Merck Animal Health) であり、これにアルベンダゾール (Valbazen®, Zoetis Canada Inc.) が続く。これらの製品はともに経口薬として入手できるが、カナダでは牛に承認されているもののめん山羊用には承認されていない。アルベンダゾールは肝蛭の成虫に対しても効果が

¹ <https://www.canada.ca/en/public-health/services/antibiotic-antimicrobial-resistance/animals/personal-importation-certain-drugsfood-producing-animals.html#a3>

あるが、妊娠初期の胎児に毒性があることから繁殖期や妊娠期の最初の 45 日間に用いるべきではない。しかし、一般に BZ 系に属する薬品は毒性が低く安全である。めん羊への投薬量は牛と同じであるが、山羊は薬品をより早く代謝することから、2 倍の投薬量を要する。

イミダゾチアゾール (LV) 及びテトラヒドロピリミジン

このグループはレバミゾール、ピランテル及びモランテルを含む。これらはまた、「黄色い」経口薬としても知られている。レバミゾールはもはや (2005 年以來) カナダでは承認されていないが、他の国ではまだ使用されている。これは人の免疫賦活剤として、あるいは特定のタイプの癌の治療に用いられている。家畜に対する中毒量と消化管内線虫に対する有効量の差が非常に狭いため、過剰投与による中毒の危険がある。この薬の販売中止以前は、薬の使用による家畜への有害反応のうちで、レバミゾールによる山羊への害が最も多く報告されていた。安全域が狭いため、使用は推奨できない。また、「リスト B」の医薬品であるという要件を満たしていないため、「食用家畜用の特定の医薬品の個人輸入」に関する新しい規制のもと、輸入することはできない。

レバミゾールは寄生虫を麻痺させることで消化管からすぐに排出されるように作用する。これは広範囲の成虫によく効くが、未成熟のステージ (例えば L4) にはそれほどではない。しかし、肺線虫に対しては特に効果がある。家畜に対する毒性の兆候としては、唾液の分泌、心拍数の低下、筋肉の震えであり、場合により死亡する。モランテルは GIN の駆虫に使用できるが、未成熟のものには有効ではない。ピランテルが家畜に用いられることはまれである。

アミノアセトニトリル誘導体 (AAD)

この新しい系統からの最初の製品 (モネパンテル) は 2009 年 3 月 31 日にニュージーランドと英国で発売された (Zolvix®, Elanco Animal Health) が、カナダでは未発売である。これは過去 25 年間に開発された最初の新しい系統の駆虫薬であり、耐性系統の GIN、未成熟の線虫及び特に *Haemonchus* に対して優れた効果を示す。本薬剤はまた、線虫のみに特異的なアセチルコリン受容体サブユニットを標的にすることから、毒性が低い。残念なことに、その発売以来、小型反すう動物の GIN における耐性が多く報告されてきている。このことは、これらの薬剤を適正に使用することがどれほど重要であるかを再認識させる。Zolvix は「リスト B」の医薬品の基準を満たしていないので、個人使用のために輸入することはできない。

狭域スペクトル駆虫薬

これらの薬品は少数のタイプの寄生虫にのみ作用する。

クロサンテル

本薬剤は、近年 *H. contortus* の防除への使用がカナダで承認された (Flukiver™, Elanco Animal Health)。吸血性の内部寄生虫にのみ有効である。めん山羊では、*Haemonchus* (幼虫ステージを含む) 及び肝蛭 (*Fasciola hepatica*) がこれに該当する。本薬剤は寄生虫のミトコンドリアでの ATP 合成を阻害することによってそのエネルギー代謝に影響を与える。本薬品はまた、宿主の血漿タンパク質 (アルブミン) に強く結合することにより持続的な活性を有するので、吸血寄生虫へ直接輸送される。クロサンテルは非常に持続性があるが、非吸血未成熟期の *H. contortus* に対しては効果がない。

プラジクアンテル

条虫の成虫及び未成熟のステージに有効であり、番犬及び使役犬の条虫駆除に最もよく用いられる。めん山羊では使用できない。

投薬経路

経口投与と注射

経口投与では、薬剤がルーメンに投入されることによって適正に吸収される。駆虫薬を注射した場合、長く効くようになることが示されており、このことはいくつかの場面では好ましいものの、治療効果を示すよりも低い薬剤の水準が長く続くことで耐性線虫を選抜してしまう可能性がある。それ故、注射型の駆虫薬 (すなわち、イベルメクチン) の利用は全く勧められない。

ポア・オン剤の使用

ポア・オンの製品は、めん山羊では牛ほどには吸収されないことが分かっている。この経路では治療効果を示すよりも低い投薬となってしまう危険があることから、めん山羊への利用は勧められない。エプリノメクチンの詳細については、上記 ML の項 (p18) 参照。

ラベルに表示された以外の経路での駆虫薬の使用

ポア・オンの製品を経口投与に用いることは、吸収、効能、作用の持続及び出荷停止期間を予測することができないので推奨されない。これは寄生虫が薬剤耐性を獲得する危険性を増大させる。また、注射用の製品を経口投与することは、基剤が異なり効果に影響する可能性があることから勧められない。

駆虫薬の適正な投薬量

表 1 には、カナダ国内でめん山羊に対して利用可能と考えられる駆虫薬を示している。ここに示した投薬量は、カナダの処方表示に基づいているか、若しくはカナダで承認されていない場合は、これらの薬品が承認されている他国で許可された推奨値又は文献値による。当該畜種に対して承認されていない駆虫薬は、生産者からの依頼を受けて実際に家畜を診療している、免許を有する獣医師からの助言に基づいてのみ使用できることに留意されたい。

表 1 消化管内線虫の感染への処置として勧められる駆虫薬の投与量

	ベンズイミダゾール類	アベルメクチン類	クロサンテル	デルクアンテル/アバメクチン
めん羊	5mg/体重 kg	0.2mg/体重 kg	10mg/体重 kg	0.2ml/体重 kg
山羊	10mg/体重 kg	0.3mg/体重 kg	10mg/体重 kg	使用不可

最重要：上記の投与量はすべて（デルクアンテル/アバメクチンを除き）、家畜の体重 1kg 当たりの有効成分の量に基づくことに留意すること。様々な組成の薬は異なる有効成分量を有しているため、実際に家畜に投与される薬品の量は、投薬量、薬品の濃度及び家畜の体重から計算されねばならない。

何に対して有効か

表 2 異なる寄生虫の区分に対する駆虫薬の効果

	ベンズイミダゾール類	アベルメクチン類	クロサンテル	デルクアンテル/アバメクチン
生育休止中の幼虫	+	++	+/-	++
持続的効果	-	+/-	++	+
条虫	+	-	-	-
外部寄生虫	-	+	+	+
肝蛭	+/-*	-	++	-

+ = 有効; ++ = 特に有効; - = 効果なし; +/- = ほとんどの GIN にわずかな効果

* = アルベンダゾールは肝蛭の成虫に有効だが、2 倍の投与量（めん羊で 10mg/kg 体重）が必要である。

ベンズイミダゾール類：フェンベンダゾール及びアルベンダゾール

アベルメクチン類：イベルメクチン、ドラメクチン及びエプリノメクチン

クロサンテルは山羊においてめん羊ほどには活性が持続しない

駆虫薬を投薬しても効果がない場合

治療をしても内部寄生虫の問題を解決できなかった場合、つまり、寄生虫症の臨床症状が治らないとか、糞の中に検出される虫卵数が減少しないなどの場合は、駆虫薬がどのように選択され投薬されたか、又は寄生虫の駆虫薬耐性に原因があると考えられる。問題を改善するためには、それぞれの理由を理解することが大切である。

投薬の失敗

これは、駆虫薬による治療が上手くいかない場合のことを指す。まず、駆虫薬耐性以外の原因を調べることが重要である。

間違った駆虫薬の使用

対象とする寄生虫に効果のない駆虫薬が用いられた場合には、治療の失敗が起こる。よくある例には、条虫にイベルメクチンを使用することがあげられる。クロサンテルは *Haemonchus* にのみ効果がある。

駆虫薬投与の失敗

駆虫薬を投与してもきちんと効果を発揮しないのには、多くの理由がある。これらの失敗が起きる危険性を最小限にする責任は生産者と獣医師にある。以下に、投薬の失敗を防ぐ方法を列記する。

駆虫する個体の体重を量る

投薬量不足（体重の過小評価）を防ぐために、校正（キャリブレーション）してある体重計を使うこと。もし体重にバラツキがある場合には、グループ内で一番体重の重い個体の投薬量に合わせて投薬する。グループ内のバラツキが大きい（例えば成畜と若齢畜が一緒のグループにいる）場合には、さらにふたつのグループに分けて、それぞれのグループで一番体重の重い個体の投薬量に合わせて投薬すること。

カナダ医薬品承認番号（DIN）がある薬品のみを使用すること

例えば、インターネットを通じて入手した薬品は、品質管理に関する厳密な法規制がない国で製造されているかもしれない、ラベルに記載されている内容のものが含まれていない可能性がある。DIN は、その薬品がカナダの法規制を遵守して製造されていることを示す。個人輸入規制の変更によって、カナダに輸入される駆虫薬が制限されている。カナダあるいは米国で承認された製品に関しては、個人的な利用のために輸入することができるが、ラベルに FDA 承認の記載がなければならない。

正しい投薬量を選択すること

めん羊に承認されている駆虫薬の処方表示を読むこと。もしめん羊への処方の記載がない、あるいは山羊に使用する場合には、適正な投薬量を獣医師に処方してもらうこと。投薬量の推奨例を表 1 に示す。

山羊への適正な投薬量

山羊はめん羊や牛よりも多くの、ときには 2 倍の投薬量を必要とすることがある。これは、山羊がめん羊や牛よりも駆虫剤を早く代謝（消費）するためで、薬が体内からより早く消失し、作用する機会を失うからである。投薬前に獣医師から助言を得ること。加えて、肉及び乳を出荷する場合は、出荷停止期間も考慮しなければいけない。

投薬量を 2 倍にすることと 2 回投薬することの違い

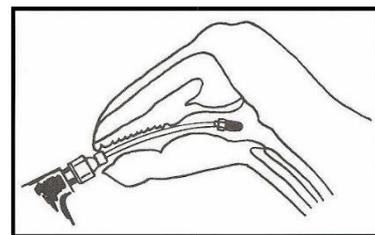
表 1 に示した投薬量を 2 倍にしても、駆虫薬の効果が 2 倍になるわけではない。薬剤の中には、投薬量を 2 倍にすると、特にその個体が寄生虫によって弱っている場合には、有毒となるものもある。しかし、もし駆虫薬耐性（後述）のために必要ならば、BZ（ベンジミダゾール）と ML（マクロサイクリック・ラクトン）系の駆虫薬を 12 時間おきに繰り返し投薬する。そうすることによって、有効な水準の薬剤が消化管内に留まる時間が長くなる。

ノズル式投薬器を頻繁に校正すること

正しい量を確実に投薬するためには、ノズル式投薬器が表示されたとおりの量を吐出していることをしばしば確認することが重要である。ノズル式の投薬器の筒部に表示されている量が実際の量と異なる場合が往々にしてあるので、きちんと量って比べてみる。投薬器を校正する方法は、投薬器に駆虫薬を吸い上げ、別の注射器に 2 回分の投薬量を注入してその量を計測する（このとき、注射器の内筒を外して筒先を指でふさいでおく）。こうすることによって、実際に投薬された量を正確に量ることができる。その後正しい量を投薬するように投薬器を調整する。

正しく経口投与する

これにはまず、家畜の頭がしっかりと保定されていることを確認する。もし、投薬中に家畜が飛び上がったり嫌がったりすると、投薬器で喉の奥を傷つけてしまうことがある。激しく動いている家畜は、きちんと治療を受けられない。頭を高く持ち上げすぎると、うまく飲み込めなくなるので気をつける。投薬器のノズル先を口の側部にある歯の隙間からゆっくりと挿入し、舌の上を通して喉の奥へ向ける。こうすることによって、薬剤がルーメンへ送り込まれ、よりゆっくりと放出されるようになる。もし、口の浅い部分で投薬すると、薬剤が吐き出されたり、薬が直接第四胃へ送られてすぐに消化管を通過し、薬の効果が急速に低下したりするなどのロスが起こる。経口投与の方法を解説した素晴らしい動画がウェブ上に記されている (<https://www.wikihow.com/Drench-Sheep>)。



注射で投与する場合

連続注射器を用いる場合には、きちんと校正されていることを確認し、全投薬量が（被毛の中ではなく）皮下に注射されていることを確認する。

不適切な投薬経路で用いない

牛用のポア・オン（経皮投与）製品をめん山羊のポア・オン又は経口投与に用いないこと。注射薬を経口投与しないこと。ポア・オンタイプの駆虫薬をめん山羊に利用すると、効果のある適正量が吸収されずに駆虫薬耐性を進行させてしまうことがあるので使用しないこと。

治療前に餌を与えない

治療前の12時間飼料を与えないでとくと、駆虫薬の効果持続時間が長くなる。これはBZ系の駆虫薬にのみ効果的な方法である。また、妊娠後期の雌では妊娠中毒症の危険性が増すので、絶食させないこと。

治療後の再感染 — 明らかな治療の失敗

投薬後に家畜を放牧する放牧地がL3で高度に汚染されている場合、明らかな治療の失敗を招く可能性がある。たいていの駆虫薬には持続性がない、つまり投薬後すぐに子羊・子山羊は放牧地でL3に再感染してしまう。放牧地の汚染がひどい場合、臨床的には治療に反応しなかったかのようにさえ見えることがある。糞サンプルを再検査する時期（例えば治療の2週間後）によっては、FECはとても低く、体内寄生虫が駆虫できていることを示す。しかしながら、体内には症状を起こすに十分な数の未成熟の成虫がいるかもしれない。これらは、放牧地を管理して治療後の感染量を減らすことで防ぐことができる。

駆虫薬耐性（AR）

駆虫薬耐性（AR）は世界中にまん延している。特に *Haemonchus* と *Teladorsagia* では、現時点でスピロインドールを除くすべての系統の駆虫薬に対して耐性を持っている。その結果、めん山羊の飼養が多くの国と地域で脅威にさらされている。臨床的に駆虫薬耐性が明らかになる（つまり、健康回復のために駆虫された個体が、回復しなかったことが分かる）までには、駆虫薬耐性は群れの中で相当まん延している。駆虫薬耐性の発達を妨げることが、小型反すう動物生産が生き残るうえで必須である。ここでは、どのように駆虫薬耐性が発達するのか、そしてその発達を防止するための対策は何かを説明する。



AR の定義

耐性、ここでいう駆虫薬耐性（AR）は、通常は有効な濃度の駆虫薬を浴びても生き延びることができる寄生虫の遺伝的能力である。一般的に、通常濃度1回の投薬で寄生虫が落ちない場合、その寄生虫には耐性があると見なされる。しかしながら、駆虫薬投与が正しく行われなかった場合にも、寄生虫は生き延びる。つまり、これは投薬の失敗（p21参照）であって、駆虫薬耐性ではない。耐性は寄生虫が持つ遺伝形質であるので、遺伝的にホモ接合型耐性、つまりふたつの耐性遺伝子を持つ場合（RR）と、ヘテロ接合型耐性、つまり耐性遺伝子と感受性遺伝子をひとつずつ持つ場合（Rr）がある。

ホモ耐性の寄生虫は、ヘテロ耐性の寄生虫よりも駆虫薬に対する耐性がずっと高い。ヘテロ耐性の寄生虫は、適量の駆虫薬に対して感受性がある（効果がある）が、投薬量が不足した場合には生き延びる。一方、ホモ耐性の寄生虫は、駆虫薬に対して全く影響を受けないと考えられる。ただし、高濃度を繰り返し投薬したり、あるいは2種類の駆虫薬を同時に投薬したりする場合には、しばらくは効果があるかもしれない。ホモ耐性の寄生虫は、選抜が行われていない線虫個体群ではまれであるが、一度選抜が行われると耐性を失うことはない。

農場でどのように駆虫薬耐性が起こるのか

レフュージアの説明

レフュージアという用語は放牧地に生息する自由生活ステージのGIN（つまり、虫卵、L1、L2及びL3）、並びにめん山羊の体内に寄生している駆虫薬に晒されなかったGINを指す^{訳注}。一般に、農場内における寄生虫の総量のうち、農場の放牧地に存在する虫卵や自由生活ステージの幼虫（80%）は、めん山羊の体内にいるL4並びに未成熟の及び成熟した成虫（20%）に比べてより多くを占めている。レフュージアは感受性寄生虫の農場内における供給源である。レフュージアをなくしてしまったり著しく減少させてしまったりすると、駆虫薬耐性の発達が早くなる。しかし一方で、レフュージアはめん山羊が寄生虫感染による臨床症状を進行させる主要因であり、放牧地の汚染度が高いことはリスクともなるので、このリスクとのバランスを取る必要がある。レフュージアが多すぎること少なさすぎることもない、絶妙な境界線にいかに乗るかについて学ぶことが重要である。



レフュージア

- 20%の寄生虫は動物体内に、80%は卵や幼虫として放牧地にいる。
- レフュージアとは、めん山羊群が駆虫された時に薬に晒されなかった寄生虫、つまり放牧地にいた寄生虫と投薬を免れためん山羊の体内にいた寄生虫を指す。
- 十分な数のレフュージアを維持することは、農場における駆虫薬耐性の発達を遅らせる。

駆虫薬の使用による選択圧

ある駆虫薬を繰り返して投薬すると、多くの場合、家畜体内のGINの95%以上を駆虫することができる。しかし、虫卵を産み続け放牧地を汚染し続けるのは、生き残った5%の遺伝的耐性を有する寄生虫群である。繰り返しかつ頻繁に投薬し、特に投薬量の不足があった場合には、レフュージアの耐性発達を早めてしまう。めん山羊は、たとえその投薬が95%以下しか駆虫できなかつたとしても治療に対する臨床反応を示すが、次第に感受性の寄生虫は少数派となり、ついには投薬による臨床的な効果が得られなくなる。このことは一夜にして起こることではなく、農場がこの状態に至るまでには何年もかかることがある。

副耐性

寄生虫がある薬品に耐性を示すならば、同一系統のすべての薬品に耐性を有する。つまり、例えば、フェンベンダゾールに耐性を示す寄生虫は、アルベンダゾールにも耐性がある。イベルメクチンの効果がなくなってから1年間は、モキシデクチンは有効であるかもしれない。これは、モキシデクチンが異なる系統の薬品であるからではなく、単にイベルメクチンよりも強力な薬であるからである。

寄生虫の適合能力

駆虫薬耐性は、寄生虫群がひとつ以上の系統の駆虫薬に耐性を持っていた場合に、より早く発達するよう見受けられる。これらの寄生虫は100%感受性のものに比べて薬剤をより迅速に代謝する能力を有しているのかもしれない。このことは、農場において複数の系統への薬剤耐性が発生することに一役かっているかもしれない。オンタリオ州で2010及び2011年の夏に行った研究では、単一の系統への薬剤耐性よりも複数の系統への薬剤耐性の方が、いずれかの薬剤を何年間も使っていない農場においてさえ、多く見受けられた。



徹底的な駆虫プログラムを実施している農場で、レフュージアが少ないとどうなるか

放牧地に感受性のレフュージアがいれば、めん山羊は感受性寄生虫に再感染する機会が与えられ、これによって駆虫薬耐性が農場の問題となるリスクは少なくなる。しかし、放牧地が重度に汚染されないようにすることもまた重要である。それ故、我々の寄生虫防除法にはレフュージア寄生虫の数を

減らすことも含まれる（これらの方法は、この後に示す）。しかし、もしレフュージアが少ない状態で徹底した駆虫プログラムが実施される場合、駆虫薬耐性の発達は加速される。特にリスクの高い寄生虫防除法は以下のふたつの例である：

「投薬して移動」の転牧方法

この「投薬して移動」戦略は、昔から家畜が安全な放牧地に寄生虫の幼虫又は虫卵を持ち込むのを防ぐ意図で行われてきた。しかし、この考えかたは変わってきた。図3を参照。

投薬してすぐに安全な放牧地へ移動 めん山羊を汚染された放牧地で駆虫し、その後安全な放牧地へ転牧すれば、めん山羊は長期間低い感染程度を維持することができる。しかし、家畜体内で駆虫を生き延びた寄生虫は、その駆虫薬にすでに耐性がある。この生き延びた寄生虫は、耐性L3として放牧地を汚染する。感染症状と駆虫の失敗が明らかとなるレベルまで耐性寄生虫が積み上げられるまでには、何回もの放牧シーズンを要することがあるが、実際に駆虫薬耐性が起こったときにはすでに手遅れであることが多い。従って、駆虫した家畜をすぐに移動させないことを、強く推奨する。

投薬してすぐに汚染された放牧地へ移動 駆虫されためん山羊が、汚染された放牧地に留まるか、あるいは別の汚染された放牧地へ移動する場合には、放牧地に感受性レフュージアが多くいるために駆虫薬耐性の発達はかなり遅くなる。しかし、家畜はすぐにまた感染してしまうので、より頻繁に駆虫しなければならない。最終的に、何度かの放牧シーズンを経るうちに、耐性寄生虫が放牧地に蓄積し、駆虫薬耐性はよりゆっくりとではあるものの、発達する。

投薬せずに安全な放牧地へ移動 めん山羊は、駆虫されない代わりに単に安全な放牧地へ移動する。短期的には、寄生虫をそれほど摂食しなくなるので、病気を引き起こすほどの感染レベルには達しない。もし、農場にたくさんの安全な放牧地があれば、家畜を短い周期（例えばひとつの放牧地を2週間未満）で転牧することで、寄生虫レベルを低く保つことが可能である。しかし、たいていの農場には安全な放牧地がたくさんないので、いずれは家畜が元の放牧地に戻ってこなければならない。そして放牧地は徐々に汚染され、家畜体内の寄生虫量は、病気を防ぐために駆虫が必要な水準にまで到達するであろう。

投薬してしばらくしてから安全な放牧地へ移動 これが望ましい手法である。感染症状を防ぐために、感染レベルが十分高くなった時点で駆虫する。しかし、駆虫薬耐性の発達を防止するため、めん山羊が感受性の幼虫を摂食するまで、つまり寄生虫にわずかに再感染するのに十分なだけ、数日間同じ放牧地に留めておく。この手法により、家畜体内の寄生虫レベルを低く保ったまま、放牧地に排出される駆虫薬耐性寄生虫の量も減らせる。

図3



分娩時の投薬

カナダの気候下では *Teladorsagia* 及び *Trichostrongylus* の L3 は放牧地で十分越冬するが、*Haemonchus* は越冬しない。これは、春の放牧地が寄生虫によって全く汚染されていないか、とても低い汚染レベルでしかいないことになるので、よい知らせのように聞こえる。しかし、もし我々が成畜を放牧する前に全頭駆虫すると（例えば分娩時期の成雌を一斉駆虫した場合）、家畜体内に残った駆虫薬耐性をもつ *Haemonchus* を除く、農場のすべての *Haemonchus* を駆除することになる。つまり、このシナリオは「投薬してすぐに安全な放牧地へ移動」のものとても似ている。そして、これらの耐性 *Haemonchus* が子羊や子山羊に感染する。たとえ成畜が減多に駆虫されなくても、耐性 *Haemonchus* が農場における優占寄生虫となるには時間はかからない。さらに、成畜がまだ畜舎にいるうちに駆虫されるとすれば、耐性 *Haemonchus* はより早く優占するだろう。

耐性寄生虫の導入

大量の耐性寄生虫を体内に持っためん羊を購入することは、農場に耐性寄生虫を導入することになるかもしれない。そして不適切な寄生虫防除手法が組み合わさって、農場での駆虫薬耐性の発達を早めることになる。山羊では駆虫薬耐性がより早く発達する傾向にあるため、特に危険である。これは、多くの駆虫薬がめん羊よりも山羊でより早く代謝されるからであり（このことは、投薬量が治療効果のある量を下回るリスクを高める）、また、成熟した山羊では、めん羊ほど免疫性が発達しないので、より重度の感染症を引き起こす。新たに導入される家畜の検疫と適正な駆虫は、駆虫薬耐性寄生虫の導入を防ぐ重要な戦略である。詳しくは「五ツ星の虫害対策」の★4 を参照すること。

不適切な駆虫

不適切な投薬には様々なものがある（投薬の失敗を防ぐには p21 を参照のこと）。投薬不足によって、ヘテロ耐性寄生虫はより生き残りやすくなり、めん羊の体内に残される寄生虫の数が多くなり、農場における駆虫薬耐性の発達を早めるだろう。

中央カナダの状況

2006 年以降、多くの研究によってオンタリオ州の農場における消化管内寄生線虫の疫学が検証されてきた。これらの論文の要旨は付録 5 に掲載されている。これによって、寒冷なカナダ大陸におけるこの病原体についてよりよく理解されるようになってきた。他にもケベック、ノバスコシア、アルバータ州で研究が行われ、すでに公表されたり、あるいは今後公表の予定であったりする。このこと及び事例的証拠から、我々がオンタリオ州で発見してきたことはカナダ全土でもまた発見されるようだということが示唆される。

我々が発見したのは、駆虫薬がめん羊に頻繁に投薬されていないにも関わらず、*Haemonchus* における ML と BZ に対する駆虫薬耐性が非常にまん延しているということである。これは冬、めん羊が（例えば分娩時に）畜舎内にいる間に駆虫することが大きな要因ではないかと我々は考えている。つまり、農場に放牧地の *Haemonchus* が存在せず、もし一斉駆虫がされたとすると、耐性のものを除き、レフュージアは全く存在しないことになる。そして *Haemonchus* の駆虫薬耐性は、急速に進行する。群内に駆虫しない家畜をある程度残すように、あるいは感受性の *Haemonchus* 群を維持するに十分な放牧地由来のレフュージアを確保するように、注意が払われるべきである。これについては、五ツ星の虫害対策でより詳しく述べる。

農場に駆虫薬耐性があることを突き止める

もし、めん羊の群に駆虫薬耐性が疑われた場合は、駆虫の手順を再確認し、投薬が適正に行われていることを確かめることが重要である。農場での駆虫薬耐性を確認するには、以下の方法を用いることができる。

投薬反応試験

これは糞サンプルを 1 回採取するだけで実施できるが、駆虫薬耐性の存在を証明するのではなく示唆するに留まる。一群の家畜に投薬し、一定期間（BZ では 10~14 日、ML、クロサンテル、Startect では 14 日）の後に、無作為に選んだ 10 頭の幼畜から糞サンプルを採取する。虫卵数が少なくなければ、駆虫薬耐性又は他の理由による投薬の失敗があったことが示される。

糞中の虫卵数減少試験（FECRT）

FECRT はしばしば、農場に駆虫薬耐性が存在するか否かを決定する「最適手法」として用いられる。適正に実施されれば科学的根拠となり、ある農場で駆虫薬がどの程度有効であるかを正確に示すことができる。しかしながら、この行程には多くの労力と費用を要する — ただし、最新の技術を用

いることなく最良の情報が得られる。もし FECRT を実施すると決めた場合、以下のプロトコルに従う。

- 1) 虫卵数が十分に高い子羊・子山羊あるいは若齢畜（初めて放牧期を迎えるもの）を少なくとも 30 頭要する。できれば同じ放牧グループであることが望ましい。実験前 30 日間は、駆虫しないこと。
- 2) それぞれの個体の FEC が最低でも 200epg, できれば 300epg 程度であることが望ましい。
- 3) 10~15 頭の子羊・子山羊を無作為に対照区と投薬区に割り当てる。個体間で糞中虫卵数にバラツキがあるので、各区当たりこれだけ多くの頭数を用いる必要がある。無作為に処理区を割り当てるのが非常に重要である！
- 4) 3 種類の駆虫薬 [例えば ML を代表するイベルメクチン, BZ を代表するフェンベンダゾール及びクロサンテル (CL)] を評価する場合、対照区 (投薬なし), ML 区, BZ 区及び CL 区の 4 グループ (60 頭) が必要となる。
 - a) クロサンテルが *Haemonchus* のみを駆虫することを念頭におくと, ML 又は BZ のいずれかを CL と組み合わせた投薬区を含めることも賢明かもしれない。*Haemonchus* が問題となっている場合はクロサンテルを含めること。
 - b) もし 2 種の駆虫薬を組み合わせて使う場合, それぞれの薬剤を別々の投薬器で投与すること。薬剤を投薬器の中で混ぜてはいけない。
- 5) 個体毎の糞サンプルを 0 日目 (投薬日) に直腸から採取する。
- 6) 対象家畜の体重をそれぞれ体重計で測定し, 正確な投薬量を経口で適正に投薬する。
- 7) 対照区の家畜には投薬しない。
 - a) 投薬区すべての個体から糞サンプルが 0 日目に採取される場合は, 対照区は必要ない。しかし, もし十分な個体数がある場合は, 投薬しない (対照区) グループを含めると一助となる。
 - b) 対照区を設ける場合は, 投薬前に投薬区それぞれのサンプルを採取する必要はない。しかし, 投薬区の代表値として, 投薬区すべての糞をプールしたサンプルを用いて予め FEC を求め, FECRT を実施するのに十分な感染レベル (虫卵数) があることを確認すべきである。つまり, 混合サンプルの虫卵数として 200epg が最低限必要である。
- 8) すべての対象家畜を同一のグループとして放牧地に放牧する。
- 9) 全対象家畜について後日 (BZ では 10~14 日後, ML と CL では 14 日目) に再度サンプルを採取する。
- 10) 投薬後の FEC を対照区のものとの統計的に比較する。これは個体毎ではなく, 通常全体をまとめた結果で示される。
 - a) 最も正確であるとされる計算式は, 先ず 0epg の結果を 25epg (マックマスター法を使っている場合。なお, この値はバイアス補正係数と呼ばれる。) に読み替えたうえで, 算術平均を比較する。
 - b) 統計分析が複雑なので, 表計算ソフトのデータをウェブ上にアップロードして計算することもできる。 <http://shiny.math.uzh.ch/user/furrer/shinyas/shiny-eggCounts/>
- 11) このプログラムに従い対照区と比べて虫卵数が 95%以上減少しなかったものは, 駆虫薬耐性が示されたとみなす。
 - a) 信頼区間 (CI) についても計算し, 下方の信頼区間が 90%より低い場合は駆虫薬耐性が存在すると判断する。

研究分野で駆虫薬耐性を診断するのに用いられる他の手法

幼虫発育検査 (LDAs) は, 実験室内で駆虫薬耐性を検出するのに用いることができるが, いくつかの欠点がある。この方法では, ML 耐性は検出できず, 経費が掛かり, 適正に実施するには特別の実験室が必要である。駆虫薬に曝露させた状態で, 虫卵を孵化させ L3 の段階まで発育させる。そして, 検査手法に応じて孵化, 成長あるいは摂食の成功レベルを測定する。この方法のよい点は, 農場現場での労働が少なく, 家畜への投薬と取扱いを要しないということである。現時点では, 幼虫発育検査は主に研究のための手法として用いられている。

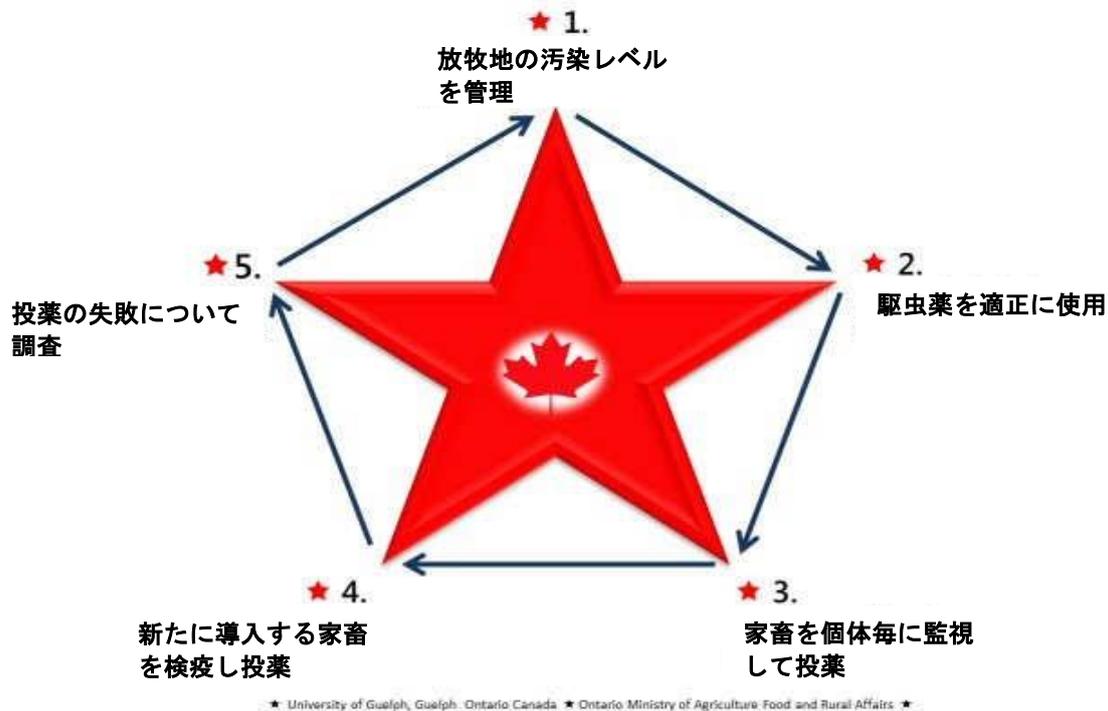
寄生虫の遺伝解析で, 駆虫薬耐性をコードする遺伝子部位を特定するという, 画期的な研究が行われている。PCR を用いて L1 (孵化卵) からこれらの遺伝子を検出し, 寄生虫群内にどれだけ駆虫薬耐性がまん延しているかを評価するというのだ。この研究は, マギル大学 (ケベック州) とカルガリー大学 (アルバータ州) で進捗中である。

五ツ星の虫害対策

寄生虫防除計画のゴールは、駆虫薬耐性を生じさせないようにしつつ、農場での寄生虫のレベルを家畜の健康と生産性への影響が最小限である範囲に抑えることである。

このことは、寄生虫の持続可能な総合的管理（sIPM; Sustainable Integrated Parasite Management）として知られている。しっかりとした原則と疫学の理解に基づき適切な防除計画を立ててさえいれば、消化管寄生虫は小型反すう動物農場で問題となることはない。ここでは、主要な点を示すことにする。この防除計画は「五ツ星の虫害対策」と呼ばれる。かかりつけ獣医師と一緒にあなたの農場にあった衛生管理手法を確立するために、この防除計画を活用されたい。

五ツ星の虫害対策



★1. 放牧地の汚染レベルを管理

放牧地の寄生虫汚染レベルを低下させる方法には様々なものがある。それらはいずれも、単独では100%効果的という訳ではないが、寄生虫の持続可能な総合的管理計画においてはこれらを組み合わせることがたいへん重要で、このことが成功と失敗を分けるもととなる。ゴールはすべての放牧地を「安全な」放牧地とすることであり、これを達成するには様々な方法がある。

1.1 放牧地の最大の汚染源を管理する

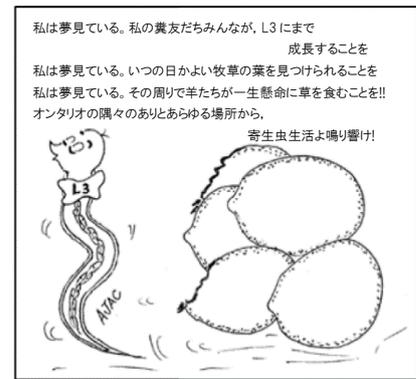
GINの虫卵による放牧地の汚染時期及び汚染源として主要なものは、1) 放牧中期ないし後期（例えば7月下旬～8月）までの子羊又は子山羊と、2) 通常は春の放牧時にみられる妊娠後期ないし泌乳期の成雌（分娩期前後の寄生虫卵増加）である。若齢畜による汚染を防ぐためには、特に放牧中期（例えば7月上・中旬）以降、頻繁に観察し必要があればその都度投薬する。分娩期前後の寄生虫卵増加による汚染を防ぐには、放牧に出す前に成畜に選択的に投薬する（p31参照）。放牧地で分娩を行わせている農場で寄生虫症を防除することは、分娩時又はその直後に投薬のため雌めん山羊を集めなければならなくなった場合に母めん山羊が子を取り違える危険性が生じることから、より困難である。その場合、投薬を遅らせる必要があるかもしれないが、これには成畜を監視し何かあればすぐ投薬できるようにしておくことが重要である。哺乳中の子羊や子山羊はあまり牧草を食べないので、生後数週間は寄生虫を取り込まない傾向があるが、成めん山羊によって放牧地にため込まれた寄生虫は子羊・子山羊が成長するのを待ち受けている。

1.2 自由生活期の行動を理解し利用する

感染性のある L3 が放牧地のどこにいるかを理解することで、めん山羊が接触する機会を減らすよう放牧管理方法を変えることができる。

1.2.1 糞粒を破壊する

L1 及び L2 ステージが糞粒の中で生活していることを思い出されたい。もし糞粒が水分に晒されたり、ミミズや糞虫、又は機械的な方法（例：ハロー掛け）により破壊されたりして、生育に不適な温度、陽光や乾燥した条件に晒された場合には、L1 及び L2 がより短い時間で殺される。しかし残念ながらこのことは、糞粒から L3 が放出されるのを助長することにもなる。

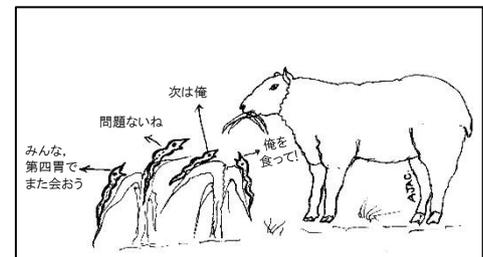


1.2.2 温度と湿度に応じて放牧方法を変える

L3 は乾燥を嫌うため暑い日中は土壤に下がるが、草に露が付く頃には草に上ってくる。草丈の短い放牧地で牧草から露が消えるまで待って放牧させることはしばしば実際的ではない。地面を太陽光に晒すことは、L3 が隠れる場所を少なくし、熱や乾燥に晒すことになるので効果があるかもしれない。これは、ハローを用いて地表の牧草残さを取り除いたり、頻繁に放牧地を新播し古いところはプラウで起こしたりすることで実現可能である。

1.2.3 草高に応じて放牧方法を変える

L3 は、牧草に上れる高さ（通常は 5cm (2 インチ) 以下) によって制限を受けているので、放牧地の牧草が長い場合は、短い場合より安全かもしれない。しかしめん山羊と山羊は、牛よりもさらに選り食いができ、リグニンを多く含む背の高い草を避けて地面に近い新芽を好んで食べる。過放牧は、家畜が地面近くまで採食することになるので感染の危険を高める。



1.2.4 放牧地内で L3 が生き残りやすい場所をなくす

低地や水飲み場の周りなど、放牧地内でより水分の多い場所は牧草がより青々と茂りめん山羊を引きつけることがあるが、L3 の生き残りにも適している。できれば、このような場所をフェンスで囲ったり砂利を入れたり（水飲み場の周りなど）して、なくすべきである。放牧地内に家畜の休息場所（例えばロールベール置き場の周辺）があれば、そこは著しく汚染されるだろう。

1.3 放牧地を他の畜種と輪換する

牛はめん山羊と共通の寄生虫 (*Trichostrongylus axei* など) があるものの、放牧地を牛と輪換することでめん山羊への感染性を低下させることが明らかになっている。馬についても同じ効果があるだろうが、ラマとは寄生虫が共通するので効果は期待できない。牛と同時に放牧することは、少しであるが効果があるかもしれない。

放牧地の汚染度を下げる他のすべての手段と同様、この方法を用いる場合でも、レフュージアの寄生虫がほとんど残らない方法で駆虫をすれば、駆虫薬耐性の獲得リスクが増加する。

1.4 めん羊と山羊を同じ放牧地に放牧しない

めん羊と山羊は寄生虫が共通している。山羊の成畜は寄生虫への免疫性が発達しないことから、めん羊の成畜よりも大きな放牧地汚染源となる。加えて、山羊はめん羊よりも駆虫薬を早く代謝し、より高い投与量の駆虫薬を必要とする。このため、山羊はめん羊よりも早期に駆虫薬耐性を引き起こす危険がある。



1.5 重度に汚染された放牧地を休ませる

前年の放牧終期に放牧地が特に重度に汚染された場合、耕起、再播種、牧草生産、又は他の畜種による放牧に切り替えること。

1.6 保存した堆肥による汚染のリスクを知る

十分に発酵して適切に発熱した堆肥の中で感染性のある幼虫が生き残ることは考えにくいですが、生の堆肥は寄生虫の供給源となりえる。特に春、放牧又は乾草生産を予定している草地に、畜舎から生堆肥を出して直接撒くことで大きなリスクが発生することがある。このため、堆肥は草地を耕起する前に散布するのが安全である。

堆肥は季節によりしばしばセメントや砂利を敷いた上で保存される^訳。家畜がこの堆肥置き場に近づけないように、加えて堆肥置き場から染み出した汚水が家畜を飼養している場所に流れ込まないように気を付けなければならない。この場所にはパドックや放牧地も含まれる。これらのことはすべての農場の栄養管理計画に含めるべきである。



1.7 感受性の高い家畜に低リスクの放牧地を用いる

離乳した子羊又は子山羊は新播放牧地、使っていなかった放牧地又は採草地に放牧する。放牧期の終わりにすき込まれる一年性作物の放牧地（例：飼料カブ）もリスクが低い。

1.8 「投薬して移動」対「投薬して遅らせて移動」

群全体に投薬した場合、図3で説明するような感受性のレフュージアを維持する技術 — 理想的には、投薬後数日間移動を遅らせて、家畜に感受性のある寄生虫を確実に少量感染させることが望ましい — がある。

1.9 放牧地の輪換により汚染を減少する

先ず、湿潤で温暖な環境であれば L3 が放牧地で数週間から数ヶ月間生き残れること、そしてほとんどの種（0°Cよりも低い温度で死滅する *H. contortus* は除く）の L3 は冬を越すことができることを理解すべきである。このことは、輪換体系のなかで放牧地が最終的にいつになったら「安全」となるのか予測することをたいへん難しくする。たいていの輪換放牧体系では、同一放牧期間中に、群が同じ放牧地に何度も戻ってくる必要がある。輪換の周期が7日間未満 (*Haemonchus*) 又は14日間未満 (*Teladorsagia* と *Trichostrongylus*) でなければ、以前に放牧したときに残された虫卵が孵化して L3 に成長し、戻ってくる家畜を感染させるべく待ち受けているだろう。加えて好適な天候条件下（例：温暖多湿）では、L3は何ヶ月間も生き残る。以下は、輪換放牧により寄生虫を防除するうえで役立つ提案である。

1.9.1 回避的放牧

寄生虫のリスクが最も低いときに放牧するというこの技術は、その地域の条件の下で幼虫がどれくらいの速度で生育するかということについての知識を必要とする。地理的条件、天候及び管理方法を考慮して、放牧地が危険になるかもしれない時期を予測するモデルが開発されている。これらはオーストラリア、ニュージーランド及び英国などの国々で用いられている

(<http://www.nadis.org.uk/parasite-forecast/>)。夏の間は、放牧地が数ヶ月間、感染性が極めて高いままとなることから、寄生虫防除のための手法として回避的放牧のみを用いることは実用的ではないということを心に留めるべきである。

1.9.2 集約的な輪換放牧

これは回避的放牧の一形態であり、以下の条件を満たせば比較的安全である。

1. 線虫の虫卵が孵化し L3 ステージに幼虫が成長するよりも前（天候により異なり、冷涼時には長く、温暖時には短くなる）に家畜を移動すること、さらに
2. L3 が死滅するよりも前（天候及び水分条件により異なるが、温暖かつ湿潤であれば数ヶ月にもなる）に家畜が元の牧区に戻らないこと。多くの生産者はここまでの余裕はない。



平均して、放牧回次間の期間として最悪なのは、2～3週間 — 虫卵が孵化してL3にまで育っている可能性が最も高い期間 — である。短期の放牧は放牧地汚染を抑制するものの、1シーズン中に同じ場所に何度も戻ることは、ちょうど牧区を固定する（家畜を放牧期間中ずっと同じひとつの牧区に置いたままとする）のと同様にL3が蓄積するという結果になってしまう。放牧地を最大限に活用するうえで集約放牧又は輪換放牧は賢明なやりかたであるが、FECにより十分に監視することが必要である。

1.10 重度に汚染された放牧地に放牧する必要がある場合

しばしば、生産者が重度に汚染された放牧地しか放牧用に持っていないことがある。重度に汚染された放牧地を放牧に用いる際にリスクを引き下げるには、以下の戦略が役に立つかもしれない。

1.10.1 離乳した若い家畜を成畜よりも前に安全な放牧地に放牧する

農場内の安全な放牧地はどこも、離乳後の子羊又は子山羊を「真っ先」に入れるべきである。これにより、汚染された放牧地に曝露されるリスクが下がる。成畜の方が、重度に汚染した放牧地に耐えられる。

1.10.2 重度に汚染された放牧地は成畜の放牧に用いる

放牧地が重度に汚染され、安全な放牧地が十分に確保できない場合、若い家畜よりも妊娠後期でない乾乳中の雌羊又は雌山羊の方が、これらの放牧地に安全に放牧することができる。成畜の免疫性が十分ならば、放牧によって放牧地のL3を摂食して減らす一方、新しい虫卵で放牧地を汚染することはないので、感染力を減じるのに役立つかもしれない。このような放牧は、FECにより監視しながら行うべきである。

1.10.3 哺乳中の子羊又は子山羊を放牧しない

母親と一緒に放牧した場合、子羊又は子山羊の寄生虫への曝露を防ぐことが難しくなる。ひどく汚染された放牧地しか利用できない場合は、哺乳中の子羊又は子山羊を放牧しないように努めるべきである。可能であれば、感染の機会を減らすよう、早期離乳（60日など）を実行すべきである。それができない場合は、FECによる監視の頻度を上げること。離乳にあたっては、子羊又は子山羊は汚染の水準が最も低い放牧地に移動すべきである。

1.10.4 放牧圧を低くする

小型反すう動物の糞の特徴（べたつとした状態ではなく粒状である）により、めん山羊はしばしば、牛のように糞を避けて採食することができない。このため、これらの種では放牧圧の管理がより重要になる。家畜の密度を下げることによって、糞による放牧地の汚染が減少するだろう。推奨される水準は場合により様々であるが、1エーカー当たり6～8頭のめん山羊の頭数を維持することがしばしばいわれる。頻繁に輪換する場合、放牧圧を引き上げることができる。しかし、放牧圧にかかわらずFECによる監視はしなければならない。

1.11 放牧地の利用と処理について記録する

付録3は、この目的に用いることのできる様式例である。

★2. 駆虫薬を適正に使用

2.1 投薬の失敗や駆虫薬耐性の発達を防ぐため、適正に投薬すべきである

- めん山羊の体重を量り、群内の最も重い個体に合わせて投薬量を決める。
- 製品の品質確認のため、医薬品承認番号（DIN）のある駆虫薬のみを使用する。
- ラベルを読み、投薬対象の個体の体重に基づいて計算した正しい用量を投薬する。
 - めん羊用の表示がなかったり山羊に使用したりする場合は、獣医師から正しい用量を聞く。
 - 通常、山羊にはめん羊の2倍（BZ）又は1.5倍（ML）の量を投薬する。
- 駆虫薬耐性が疑われた場合に効果を強めるには、
 - 推奨される量の2倍を与えるのではなく、推奨される量を12時間間隔で2回投薬する（BZ及びMLに限る）。
 - BZの投薬前に12～24時間絶食させることで駆虫薬の効果時間を延ばすことができる。
- 投薬器又は自動シリンジの校正をしばしば行う。

- 全量をのどの奥の舌の向こう側に注入することで、正しく投薬する。
- 注射薬ではなく経口投与薬を使用する。
- その製品の適正な投薬経路に従う。牛用のポア・オン剤を用いない。

2.2 駆虫薬の系統の交替はゆっくりと

一般に、用いる駆虫薬の系統を年1回よりも頻繁に変えるべきではないとされている。頻繁な交替は、複数の系統に対する多剤耐性を引き起こすと考えられる。駆虫薬が耐性により全く効かなくなるまで使用しない。これはその系統の薬剤がその群に対して永久に効かなくなることを意味する。

2.3 駆虫薬の併用

農場で使用中の系統の駆虫薬に耐性が存在していたら、他の系統の駆虫薬と組み合わせることで少なくともしばらくの間は効果を増強させることができる。カナダではめん羊用の合剤の駆虫薬が承認されており（Startect, Zoetis Canada）、これは北米で承認されている唯一の製品である。この駆虫薬は耐性獲得寄生虫の侵入防止のため、検疫時の駆虫薬として使用できる（★4参照）。これはまた、農場にBZやMLへの耐性が存在しているとき、又は駆虫薬耐性の発達リスクを下げるために、必要に応じて注意しながら使用できる。しかし、山羊には使用できない。

農場で使用したことのない系統の駆虫薬を他の系統の薬と併用すると、駆虫薬耐性の発達をとでも遅らせることができることの証左がある。ふたつの系統の駆虫薬を同時に使用しようと判断したとき（Startectの使用は例外）、同じ投薬器に混合せず、それぞれの所定の量を別々に連続して投与する（つまり、A系統の薬品（例えばイベルメクチン）をめん羊に投薬し、別の投薬器を用いてB系統の薬品（フェンベンダゾール）を投薬する。駆虫薬を組み合わせることは適用外使用（ELDU）に該当し、肉の出荷停止期間を長くする可能性があるため、適正な肉の出荷停止期間の算定を含め、必ずかかりつけの獣医師の助言を得ながら行うこと。また、さらなる薬剤耐性の発現が抑制されるよう、農場の寄生虫防除計画を再評価すること。

★3. 家畜を個体毎に監視して投薬

3.1 標的への投薬

このことは、めん山羊群に必要なときにだけ投薬するという意味を意味する。このことはFEC（通常はプールしたサンプルに対して実施）及び疾病の臨床症状を監視し、それから群に対して投薬することで達成される。FECの結果をすべて記録すべきである（参考の様式が付録4にある。）。駆虫薬を投薬する間隔が長くなるほど、駆虫薬耐性の発達が軽減される。十分に検査する（そして、場合によって投薬する）ことである。

3.1.1 分娩前の雌羊又は雌山羊への投薬

これは、子羊又は子山羊にとっての最大の放牧地初期汚染源であると考えられるPPERを防止又は抑制するためのものである。分娩時や泌乳初期の雌羊又は雌山羊を検査する。顕著なPPERを示す雌羊・雌山羊は、栄養管理によっては分娩の数週間前から泌乳開始後6～8週間程度までの間を通じて、春の放牧地を寄生虫卵で汚染する。若齢畜は放牧地で越冬したL3があった場合に感染をとでも受けやすい。

雌羊は、FECが高くなった場面で駆虫をしないと、発病又は生産性の低下が起こる。山羊は寄生虫に対する免疫性が低いことから、より発病しやすい傾向がある。しかし、必要のない場面での投薬や群全体を対象とした投薬は、特に*Haemonchus*について、農場での駆虫薬耐性の発現を加速する可能性がある。なぜならば駆虫薬耐性の発達を防ぐのに十分な数の寄生虫がレフュージアとして存在していない（*Haemonchus*の場合、春にL3のレフュージアが放牧地にない）からである。一定の管理条件下、例えば雌羊が屋内で分娩し哺乳している場合などでは、放牧地を汚染することはないので、雌羊の体調に問題がない限りこの時期の駆虫は必要ないかもしれない。

以上のことから、分娩の前に駆虫すべきか否かをかかりつけ獣医師とともに判断すること、そして哺乳中の成畜をFECで常に監視することが重要である。

3.1.2 夏場の子羊・子山羊の管理

実際にいつから糞のサンプルを取り始めるかは、農場でのそれまでの寄生虫感染歴、夏の暖かさ及び湿度並びにその農場にどのように暖かい天候がやって来るかによって違ってくる。一般に、寄生虫感染の症状が決まって見られるようになるのは一番早くて7月上～中旬であり、たいいていの場合、もう少し遅い7月下旬～8月となり、この時期が我が国の気候下で捻転胃虫症のリスクが最も高くなる時

期であると考えられる。しかしカナダでは、暖かい天候の始まりは年によって大きく異なるので、獣医師と生産者はこの時期に対応できるように準備しておかなくてはならない。

消化管内寄生線虫症は、家畜の感染を日常的に監視していれば防止できる。このことは、若齢畜（及び同時に放牧しているのであれば成畜）の FEC を 7 月上～中旬に確認し、大きい値が得られた場合（あるいは捻転胃虫症の場合は貧血の症状、すなわち FAMACHA®スコアリングを手掛かりとしてもよい）にのみ投薬することで達成される。もし FEC が陰性だけれども著しい寄生虫症の症状が現れているときには、他の病気（例えばコクシジウム症）がないかを明らかにするため、かかりつけの獣医師に相談すべきである。あるいは寄生虫のプレパテント・ピリオドがまだ経過していない可能性がある。

場合によって、前年の放牧から越冬した L3（通常は *Haemonchus* ではなく *Teladorsagia*）によって春の放牧地が著しく汚染されている場合は、より早い時期から感染が起こる。このような放牧地での子羊又は子山羊は、これらの越冬した L3 を摂食することで激しく感染するので、糞に寄生虫の虫卵が出現するよりも前に未成熟の寄生虫による臨床症状（下痢、食欲減退、沈鬱）が表れる。若齢畜が死亡した場合は死因を特定するために獣医師によって剖検してもらうべきである。死亡が寄生虫によるものである（あるいはそうでない）と決めつけてはいけない。

3.1.3 放牧期間中の繰り返しの検査

最もリスクの高い時期、つまり真夏から秋の初め頃には高い頻度で検査をすべきである。子羊又は子山羊を検査した際に、FEC が投薬対象となる基準値よりも低かったとしても、真夏には少なくとも 3～4 週間毎又はそれ以上の頻度で再度サンプルを採取すること。このことは、過去に *Haemonchus* が問題となっていたり、FEC が境界付近の値であったりした場合は特に重要である。*Hemonchus* の感染歴のある農場では、10 日に一度の頻度で検査することが必要かもしれない。

3.1.4 投薬後の検査

定期的な FEC を、投薬後 4 週間ないし 6 週間毎（持続時間の短い駆虫薬を使用したときはより短期間）に行うべきであるが、放牧地が著しく汚染されていて安全な放牧地がない場合はさらに頻繁に行ってもよい。投薬後に家畜への寄生虫感染の徴候がすぐに改善されなかった場合は、投薬の失敗が起こったか否かを判定するため、14 日目に再度サンプルを採取することが強く勧められる（p26 参照）。投薬の失敗には駆虫薬耐性以外にいくつかの理由が考えられるということを中心に留め、駆虫薬の投与に関する手順のすべてを再確認すべきである。

3.1.5 農場の来歴に基づいた検査

農場の来歴を知ることで、検査の時期を適正化できる。例えば、もし前年の夏、子羊の FEC が 7 月の第一週に上昇したとすれば、検査は 6 月半ばから開始すべきだろう。

3.1.6 秋の検査は意味があるか？

10 月までには、感染確認のために FEC を用いることの意味が少なくなる。寄生虫が家畜に感染していても、その多くが吸血をせず虫卵も生産しない活動休止期（L4）に入る。もちろん差異はあるが、ほとんどの成虫は秋には死に絶え、ほんの少数だけは冬まで生き延びるが、それほど産卵はしない。この時期に FEC を実施しても家畜の感染のレベルを適正に推定することはできない。しかし、もし家畜が病気の症状を示していたり、過去の同時期に問題があったりといった気がかりがあるときには、FEC を行ってもよい。FEC の値が高ければもちろん問題だが、低くても虫卵を排出していない成虫がいる可能性があるため、寄生されていないということにはならない。同様に、*Haemonchus* の感染レベルを特定するため、FEC の補助として FAMACHA®スコアも使用できる。

3.1.7 繁殖個体を畜舎で投薬する意味はあるか？

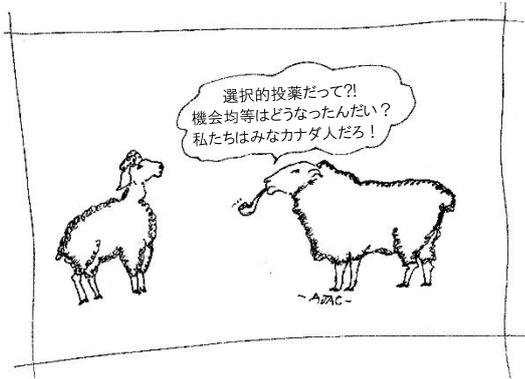
秋の投薬は、家畜の体内で越冬する活動休止期の L4 の数を減少させ、翌春、妊娠した雌羊又は雌山羊の PPER を低減する効果があることがある。しかし、一年のうちのこの時期に投薬することが必要かつ有効であるかについて確かめる必要がある。すべての家畜に投薬を行うことは、*Haemonchus* のレプュージアとなる寄生虫がいなくなるため駆虫薬耐性の発達へとつながる。このため、この時期には選択した家畜のみに投薬することを強く推奨する。

3.1.8 分娩前に投薬する意味はあるか？

分娩前の投薬は、検査結果又は体調不良から成畜が感染しているとみられる場合にのみ推奨されるべきである。通常は、成畜は周産期であるか又は他の疾病若しくは栄養不良により体力を消耗しているかしない限り、寄生虫への感染の兆候を示さないものである。必要のない場合に投薬することは、駆虫薬耐性の発達につながってしまう可能性がある。

3.2 標的選択的な投薬 (TST)

このことは**必要な個体に必要なときにだけ**投薬するという意味であり、ある群において実際に駆虫が必要な個体は一定割合に限られているという知見に基づいている。難しい点は、投薬が必要な個体



と必要でない個体を正確に特定することである。駆虫薬耐性の発達は、群の約 1/3 (30%) の個体が投薬されなかった場合に、遅らせたり防止したりすることができない。駆虫薬耐性が発現していない場合には、投薬しない個体が 30%未満となることもやむをえないが、すでに発現している場合は最低でも 30%の個体について投薬しないようにする必要がある。この手法は、放牧地及び投薬を免れた家畜体内に存在するレフュージア中に感受性のある寄生虫個体群を残すというものであり、総合的寄生虫防除計画の成功のカギを握るものである。これを効果的かつ経済的に行ううえで生産者がとれる選択肢は、そんなに多くはない。

3.2.1 FEC の活用

「大量に寄生虫を放出している個体」 — つまり寄生虫卵の 70%を放出している 30%の個体 — を特定するためにすべての個体に対して FEC を行うことは、群のサイズがとても小さい場合を除いて、経済的ではない。糞中の寄生虫卵量を決定する手法には、実験室で行う検査以外のものはない。生産者の中には自分で FEC を行いたいという者もいる。この場合には、実施者はしっかりと訓練されていて、最も多くの情報が得られる時期に、FEC の作業に集中しなくてはならない。

3.2.2 FAMACHA®のシステムの利用

捻転胃虫症への投薬のため個体を選別するには FAMACHA®のシステムをたいへん効果的に用いることができる。しかし、このシステムは他の消化管線虫の感染を検出するには有効ではない。これは *Haemonchus* がいつ問題となるか (例：7月下旬又は8月上旬に始まる) が分かっている農場では用いることができる。しかし、他の寄生虫感染の可能性を排除するためにはプール検体での FEC と**組み合わせ**て用いなければならない。この手順を行う前に、生産者は適切な訓練を受けなくてはならない (p16 参照)。訓練によって致命的なエラー (スコアリングの間違いのため、貧血のものに投薬しない) を低減できるからである。

スコアが 4 又は 5 と判定されるめん山羊 (群の大部分が貧血を示す場合は 3 と判定されるものについても) は投薬が必要であり、その後の高リスクの期間は 2~3 週間毎に群のすべてを検査すべきである。FAMACHA®カードは十分な光の下で使わなければならない、時間とともに色あせすることがあるので毎年取り替えねばならない。他にも貧血を起こす原因はあることから、投薬が失敗したかを調査することが重要である。FAMACHA®の検査に基づいた治療の結果を追跡するには、提供される記録を使用すべきである。

3.2.3 下痢の形跡の活用

下痢の指標となるダグ・スコアは、家畜の削瘦時に、生産者が他の原因 (コクシジウム症や放牧地での青草など) を否定できる場合は役に立つかもしれない、増体重の監視と組み合わせた場合に最も有効だろう。しかし、いくつかの研究では子羊又は子山羊が下痢をする段階に達するまでに、すでに重要な臨床疾病が生じており、下痢が起こってからでは遅すぎるとされている。加えて捻転胃虫症は下痢を示さなくとも重篤の場合がある。

3.2.4 増体重の活用

子羊又は子山羊の体重を定期的 (例えば 3 週間毎) に測定することで、同時期の他の個体よりも成長が遅い個体を把握することができる — 体重が増えない理由のひとつとして消化管線虫の寄生が考えられる。この情報を活用して、体重の軽い個体に投薬し、重い個体は駆虫しないでおくという方法がある。期待される ADG (average daily gain = 平均日増体重) は家畜の品種や性別、月齢や放牧されている放牧地によって異なる。生産者は、放牧地の牧草の種類や生育状態に応じて若齢畜にどの程度の成長が期待できるか、感触をつかんでいるだろう。これは、科学的な計算式よりも役に立つことがある。

電子耳標と自動体重測定の使用により、生産者は生育の劣る個体を投薬のために比較的頻繁に選別することが可能である。同様のシステムが、フィードロットの子羊でしばしば用いられている。このようにして、家畜の個体毎の体重変化を追跡し、成長が悪い個体に投薬することができる。成長不良の原因が寄生虫症にあって栄養不良やコクシジウム症、肺炎などの他の疾病にあるのではないことを検証するために、プールした糞の FEC を測定すべきである。

最近のカナダでの研究では、ボディ・コンディション・スコアが FEC を予測するのに役立つという結果は得られていない。この手法は初期の寄生虫感染を把握できるほどには感度がよくはないのかもしれない。家畜が痩せるほどになるまでの間には、寄生虫は大きな被害をもたらしてしまっているだろう。とはいうものの、非常に痩せた個体に対しては投薬すべきであるが、ヨーネ病（パラ結核）、マエディ・ビスナ、慢性肺炎、歯の疾病及び体内の膿瘍その他様々な疾病がボディ・コンディション・スコアが 2 よりも小さいことの原因であるかもしれないので、投薬への反応を監視することも必要である。

3.2.5 放牧中の乳用小型反すう動物における乳量の活用

初回の泌乳期を迎える乳用山羊は、若齢時に放牧されていたことがある場合、駆虫によって乳量が改善されるという効果があることがある。乳用種の雌羊又は雌山羊では駆虫によって乳量が改善されることが示されているが、泌乳期の乳用小型反すう動物への使用が認められている駆虫薬はないということを知っておく必要がある。駆虫する場合は、例えば FEC の上昇などの証拠に基づいた決定をすべきである。生産者及び獣医師は、人の消費用に販売される乳に化学物質が残留しないようにする責任がある。

乳牛用に承認された駆虫薬を乳用のめん山羊に使用することは、めん山羊の乳汁中に基準を超える残留物質が検知されないことを保証するものではない。これにはいくつかの理由がある — すなわち、山羊への投与量はしばしば多くなること、めん山羊は牛とは駆虫薬の代謝が異なっているため、乳汁への排出期間が長くなるかもしれないこと、乳用のめん山羊用に承認されていない薬剤には最大残留基準値（MRL）も設定されていないため、もし検査で薬剤が検出された場合、それが牛では許容されている量であっても違法となることである。前述のように、CgFARAD から適切な指標を得よう獣医師に要請してもらう。

3.2.6 哺乳中の産子数の活用

複数の産子に哺乳している雌羊又は雌山羊は、1 頭のみ哺乳している場合に比べてより多くの寄生虫卵を排出することが示されている。これは、ふたつのグループ間での栄養ストレスの違いによるものと思われる。分娩前の超音波画像による妊娠診断又は分娩後の哺乳頭数に基づいて、複数の産子を有する雌のみを駆虫するというのは、より高い PPER を有する個体を標的とする手法のひとつである。

3.2.7 分娩又は泌乳初期の FAMACHA®スコアリングの活用

オンタリオ州の家畜に対する調査の結果、周産期及び泌乳初期に投薬（*Haemonchus* を対象とするものに限る）のための選択をするには 3、4 又は 5 の FAMACHA®スコアを指標とすべきだということが分かった。痩せた雌羊は FAMACHA®スコアが正常でも、投薬すべきである。他の寄生虫も原因ではないことを確認するために、プールされた検体による FEC を実施することもまた重要である。

3.3 投薬のための「5 点チェック」基準の活用

このシステムは駆虫が必要なめん山羊を特定するためのもので、南アフリカで開発された。これは GIN のみならず様々な寄生虫による感染を対象とし、標的選択的な投薬 — すなわち「最もよいものを残し、他に投薬する」という考えかたを取り入れている。

1. ウマバエ (*Oestrus ovis*) の存在を示す鼻汁を調べるため、鼻を確認する。
2. 吸血蠕虫の存在を示す貧血を調べるため、眼を確認する。
3. 顎下の浮腫を調べるため、顎を確認する。この浮腫は、*Haemonchus* や肝吸虫などの寄生虫に起因する、貧血及びタンパク質の損耗を引き起こす感染に伴うものである。
4. ボティコンディションスコアを調べるため、背中を確認する。このことは、*Teladorsagia* 及び *Trichostrongylus* などの内部寄生虫の感染の可能性を示す。
5. 下痢を調べるため、尾部を確認する。下痢は寄生虫の存在を主に示し、この寄生虫がボディ・コンディション・スコアについても低下させる。

このアプローチはいまだに改良が加えられており、FEC の監視が必要である。上記 2~5 のような寄生虫感染の兆候が表れる前に、すでに家畜は病状が重くなっていることに留意すること。このシステムでは、（五ツ星の虫害対策の★1 に従って）放牧地での寄生虫への曝露を小さくするよう最大の努力をする必要がある。

3.4 化学的駆虫薬への依存を減らすための代替防除法

化学的駆虫薬の使用を減らすために、標的選択的投薬を強化する以下の方法が用いられてきた。どのような方法を用いるにせよ、科学に基づいた、あなたの農場で実行可能なものでなければならぬ。この分野で発表された文献についての最近の分析からは、遺伝的な選抜及びいくつかの栄養面の

手法のみがGINの寄生を防止できる代替法として科学的に証明されている。文献の要約が付録5に示されている。

3.4.1 遺伝的な選抜

品種を選択する（例えば熱帯産の肉用品種）又はひとつの品種のなかで個体 — 一般には、群の中の他の雄羊と比べてFECが低いなど一定の条件を満たしたりする雄羊 — を選抜することによって、抵抗性のあるめん山羊を育種することが可能である。しかし、「抵抗性の」品種が選択されたときに、それによって繁殖性、産乳性、増体、枝肉の特性といった経済的に重要な形質を犠牲にしていないのを確認することが重要である。



品種にもよるが、いくつかの国では、FECがより低いめん羊を判別するのに、遺伝子マーカー検査が役立つだろう。ゲノム学を利用してこれらの家畜の判別をより正確に行う研究が、盛んに行われている。免疫反応を獲得する能力に基づき家畜を選抜する方法は有望である。ニュージーランド（AgResearch）で開発されたCarLA®（Carbohydrate Larval Antigen）唾液検査はL3ステージのGINに対する抗体を測定し、免疫性を示す個体をより迅速に選抜したり、そうでない個体を淘汰したりするのに役立つ。最近ゲルフ大学で終了した研究において、そのオンタリオ州での有用性が評価されている。この研究（学位論文を準備中）の結果、雌子羊に対して10月にCarLA®唾液検査を行うことで、次の放牧シーズンに彼女らが分娩し産子を育てる時点で、どの個体が低い

FEC及び高いCarLa抗体を示すであろうかを予測できると考えられている。このことはたいへん有望であり、この特性がオンタリオ州の品種及び放牧条件下でどれほど遺伝性があるかについて明らかにするために、さらなる研究が必要である。

免疫性は獲得されるものであり、たとえ抵抗性の個体であっても免疫性を発揮するためには寄生虫に感染することが必要であることに留意すべきである。この特性に関する遺伝性は中程度（遺伝率 h^2 は0.25~0.3）であるので、生産者は子羊又は子山羊のFECの値（群内での比較）を、更新用の雄を選抜したり値が高い個体を出荷（淘汰）したりする基準として用いることができる。しかし、遺伝性が中程度でしかないので、群の寄生虫感染レベルに影響が表れるほどに遺伝的改良が進むためには5年もの期間を要することがある。寄生虫抵抗性の雄を適切に選抜するには、生産面で重要な遺伝的形質を損なうことなく抵抗性のある家畜を選ぶことができるよう、十分大きな群を維持することが重要である。

山羊は一般的にめん羊ほどには免疫性を示さないことを覚えておくべきである。山羊に関しては遺伝的免疫性の選抜についてずっと少ししか研究されていないため、次の段落で述べる戦略がよりうまく当てはまるだろう。

「寄生虫磁石」の淘汰

抵抗性の個体を選抜するよりも、免疫性の発達が遅いため寄生虫に感染した成畜を特定し淘汰する方が容易である。このことは、FECが高い個体、FAMACHA®のチャートで繰り返し4若しくは5のスコアを示す個体又は繰り返し駆虫が必要となる個体 — つまり、「寄生虫磁石」として知られている個体 — を淘汰することで達成できる。これらの成畜は繁殖群から除外し、その子畜は後代として残さず市場に出荷すべきである。さらに、繰り返し投薬が必要となる子羊又は子山羊についても、寄生虫への免疫性を発現させる能力の低い子孫を生む可能性が高いので、後代として残すべきではない。

回復力のある家畜

回復力（p11参照）のあるめん山羊は寄生虫に感染し、放牧地を寄生虫の虫卵で汚染するが、深刻な生産の低下を来さない。これらの家畜を残しておくべきか否かについては様々な意見がある。とはいえ、群の中には回復力のある個体や感受性の個体が存在するだろうから、損失を防ぎ正しい家畜を選ぶために、十分な記録、貧血の測定、FEC及び成長の監視による選抜をしなければならない。

念頭におくべき重要な点は、臨床所見のみを利用していると、虫卵排出量の多い回復力のある個体の識別・投薬ができなくなるということだ。このことが、FECによって感染を監視することが重要であるもうひとつの理由である。



3.4.2 縮合型タンニンを含む牧草

縮合型タンニン (CT) を多く含む植物の割合が高い放牧地では、様々な程度に糞中の寄生虫卵放出が抑えられることが示されてきた。北米で発表された研究のほとんどが、マメ科の *Sericea lespedeza* (SL; メドハギ) という暖地植物に関するものである。その作用は2つの段階からなっている。寄生虫の成虫が虫卵を生産する能力と、その虫卵が糞中で感染性のある幼虫に発育する能力に対する、CTの直接効果に加え、効果のうちの少なくともいくつかは、家畜が利用できるバイパス蛋白のレベルを上昇させることによるものである。SLを給餌された家畜は、対照飼料を給餌された家畜よりも免疫反応が改善される。

飼料中の低濃度のCTによって、寄生虫量にかかわらず繁殖成績及び羊毛の生育が改善されることが示されている。しかし、CTの濃度が高すぎる場合は家畜にとって有毒であり、飼料中の高いレベルのCTは飼料摂取量を低減させ、成績を悪化させる。

温暖気候で育つ有望な植物としてはバズフットトレフォイル (*Lotus corniculatus*) 及びアカバナオウギ (*Hedysarum coronarium*) の2つがある。試験的にはイガマメ (*Onobrychis coronarium*) について、有用である又は有用ではないという両方の報告がなされている。他にも、効果が期待でき、他の防除手法の補完に役に立つであろうものとして、CTを含む植物や樹木の抽出物 (例えば *Quebracho* の抽出物) がある。バズフットトレフォイルのいくつかの品種を異なる時期に異なる成長段階で刈り取り、タンニンの含量を調べる研究がゲルフ大学で始まっている。次のステップは、牛とめん羊での嗜好性と投与効果の評価である。

3.4.3 線虫捕食菌 (線虫の天敵のカビ)

糞中に生育するカビである *Duddingtonia flagrans* は、糞粒の中にいる自由生活型のGINを捕らえて殺す菌糸を伸ばす。これらのカビは自然に発生するが、効果を発揮するのに十分な量までこれらのカビを糞中に含ませるためには、最低でも60日間、胞子をめん羊に毎日給与しなければならない。その目的は、放牧中の疾病発生がなくなる季節まで放牧地にL3をまん延させないよう、十分な期間、放牧中の給与を行うことである。*Duddingtonia flagrans* の胞子を含む2種類の製品 (Bio Worma®及びBio Worma® with Livamol®) がオーストラリア及び米国で商品化されている。詳しい情報は業者のホームページを参照されたい。

3.4.4 酸化銅

酸化銅の針金の小片は最初、世界のめん山羊で銅欠乏がみられる地域で、銅を補うために開発された。この製品は *H. contortus* による感染を一時的に抑える効果があるようだ。これは、対照区と比較して増体を改善しないようである。また、めん羊の肝臓中の銅濃度を引き上げる。銅中毒がすでに問題となっている中央カナダでのめん羊の銅に関する状況を考えれば、酸化銅の針金の小片を使用することは、群の銅の状態を監視しながらでない限り推奨できない。さらに、硫酸銅を絶対に何があってもめん山羊に与えてはいけないということを理解することがたいへん重要である。硫酸銅が寄生虫の防除に役立つものと勘違いして生産者がめん山羊に給与することによる銅中毒が、これまでにカナダ国内で何件か発生している。

3.4.5 ワクチン接種

オーストラリア、ニュージーランド及び英国において、*H. contortus* を防除するワクチン (Barbervax) が市販されている。英国の農家による家畜衛生慈善団体である Moredun Research Institute は、豪州食肉家畜生産者事業団 (MLA) の支援を受け、西オーストラリア州農業食品局と提携して Barbervax を開発した。そのすべての収益は、家畜の疾病の軽減を目的としたさらなる研究プロジェクト (毛様線虫などのワクチン開発など) に使われている。これはまだ北米では承認されていない。

ワクチンは、意図的に感染させた子羊の屠畜時に採取された *Haemonchus* の虫体全体から作製された不活化ワクチンである。免疫性を刺激することによって虫卵数及び寄生虫数が減少し、これにより放牧地の汚染度も減少される。ワクチンは *Haemonchus* のまん延時期の前に3回事前投与される必要がある。さらに放牧時期に2, 3回追加投与されるので、合計5, 6回のワクチン投与が必要となる。研究は周年放牧が行われるオーストラリアで行われたことを念頭に置いてほしい。5, 6回のワクチン投与は多いように思われるが、オーストラリアでは各々の子羊に年5, 6回の駆虫が行われることが一般的である。このワクチンの利用は、放牧地の汚染度を減少させ免疫性を賦活化することによって、必要とされる化学的駆虫薬の使用量を大幅に減少させる。現在は毛様線虫 (*Teladorsagia* 及び *Trichostrongylus*) に対するワクチンの開発研究が進行中である。

3.4.6 代替の駆虫薬

これまで何年も、数多くの「代替」又は「天然」の駆虫製品の使用が薦められてきた。これらのうちあるもの（例えばニコチンなど）は寄生虫に対してのみならずめん山羊に対しても有毒である。またあるもの（ニンニク、パパイヤ種子、珪藻土など）は、査読付きの比較試験の結果、効果が認められていない。珪藻土は外部寄生虫の防除には効果があるかもしれないが、十分な効果と安全性を示すにはさらなる調査が必要だろう。これを人が吸引することは危険である。他にも駆虫薬として有効とされるハーブ（ニーム油など）があるが、現時点でこれを支持する十分な科学的証拠がなく、家畜及び人の双方に対する安全性も示されていない。

「天然」の駆虫薬の目的は、化学的駆虫薬の使用を減らすことである。これは立派な目的ではあるが、効果や安全性の確証がない限り、動物福祉に対する脅威となりかねない。五ツ星の虫害対策のゴールは、化学薬品の使用を大幅に減らすことであるが、この計画は、家畜を寄生虫症の影響によって苦しめることなく駆虫薬の使用を減らすことによって実行されるべきである。

★4. 新たに導入する家畜を検疫し投薬

購入しためん山羊によって寄生虫が持ち込まれたり、場合によっては駆虫薬耐性が持ち込まれたりするかもしれない。FECを実施することで感染の有無を確認できるだろうが、より慎重に進めるには、購入した家畜を隔離中に効果的に駆虫し、農場の群と一緒にする前に農場の寄生虫に曝露させた方がよい。これら措置をどのようにするのが一番よいかは農場毎に異なり、手順を決める際はかかりつけの獣医師に加わってもらうべきである。その実施方法の案について、以下に示す。

4.1 隔離中に全頭に投薬する

購入しためん山羊は、駆虫薬耐性の寄生虫を持つ可能性を最小にしたうえでなければ農場の群と一緒に放牧したり農場の群が放牧されている場所に放牧したりしてはいけない。

4.1.1 導入元の農場での駆虫薬耐性歴が不明の場合

Startect™ (Zoetis Canada Ltd) はめん羊に承認されており、めん羊の検疫時に投与する駆虫薬の候補に挙げるべきである。山羊に対しては効果と安全性のデータがないため使用すべきではない。どんな家畜に投薬するときでも、まず体重を量り、その体重に応じた投与量を、若しくは投薬不足の危険性を防ぐため少々多めに投与すべきである。

山羊にはイベルメクチンの経口薬（注射薬ではない）をめん羊の1.5倍量投与する。家畜が駆虫薬を飲み込んだ後に、続けて（混ぜ合わせないこと）フェンベンダゾール又はアルベンダゾール（妊娠初期30日間の雌山羊への投薬は避ける）のいずれかのBZを10 mg/kg（めん羊の2倍）投薬すべきである。獣医師の指示により、BZの投薬を12時間経ってから再度行ってもよい。

4.1.2 導入元の農場でML及びBZ両方への駆虫薬耐性がある場合（山羊のみ）

問題となる寄生虫が*Haemonchus*である場合、クロサンテル (Flukiver™, Elanco Canada Ltd) がおそらく非常に効果的であろう。この薬は駆虫薬耐性も報告されていない。しかしカナダでは山羊には承認されておらず、かかりつけの獣医師の指示の下でのみ使用できる。カナダでは駆虫薬耐性のほとんどは、*Teladorsagia* や *Trichostrongylus* ではなく *Haemonchus* で認められている。イベルメクチン又はBZのいずれか一方とクロサンテルの組合せは4.1.1で説明したように、これらの寄生虫を駆除するのに最も適していると見込まれる。

4.2 投薬した家畜は放牧地に出さないでおく

めん山羊は、寄生虫卵をすべて排出させるため、放牧地には出さずに理想的には植生のないパドックに最低でも48時間保留しておく。この保留期間の糞尿は、駆虫薬耐性のある虫卵や幼虫が死ぬよう適正に堆肥化する必要がある。

4.3 家畜を汚染された放牧地に放牧する

もし、新たに導入された家畜が投薬後もまだGINに汚染されていたとすれば、それらは強い耐性を持っているだろう！ このことは、これらの家畜がいまだに放出し続けている虫卵を「農場の寄生虫」で希釈することが重要であるということを示している。そのような希釈は、家畜を汚染された放牧地、できれば高い水準のレフュージアを有する場所に放牧することで実現できる。

4.3.1 汚染された放牧地がないときは

投薬した家畜を隔離すべきである。放牧期間中、FECを投薬後14日目に行うこと。群が10頭以上であれば、サンプルはランダムに選んだ10頭からプールする。もし頭数が少ないなら、個体毎にサンプルを採取すべきである。その結果、いまだに陽性であるなら他に投薬できる駆虫薬がないかかかりつけの獣医師に相談すべきである。冬季に家畜を購入した場合は、寄生虫が休眠期にある（活動休止している）ことからFECは有効ではないかもしれない。春の放牧前には、まだ駆虫薬耐性のGINに感染しているかを評価するためにFECを行わなければならない。

★5. 投薬の失敗について調査

5.1 家畜の具合が悪いのは寄生虫のせいなのか？

最近駆虫したばかりであるにもかかわらず、めん山羊が投薬の効果を示さなかったり寄生虫症の兆候を示したりする場合は、その理由について調査しなければならない。他の原因によっても成長不良、下痢、あるいは突然死といったことまで起こりえる。成長不良の原因は栄養的なもの（例えば放牧地の不良、セレン欠乏）かもしれない。下痢はコクシジウム症によるものかもしれない。よく茂った緑の放牧地での突然死は、パルプ状腎（D型の*Clostridium perfringens*による感染）によって引き起こされることがある。貧血は肝蛭（*Fasciola Hepatica*）によるものかもしれないが、今のところカナダではまれである。

FECを実施（ML、CL又はStartectを用いた場合は投薬の14日後、BZならば投薬の10～14日後）すべきである。家畜が死亡した場合は、獣医師又は地域の診断所に剖検してもらい、第四胃の線虫の数を数えてもらうこと。少数の線虫が胃に見られたからといって、それらが家畜を殺したことの「証拠」とはならない。線虫は先に述べたように測定・計数されねばならない。

5.2 駆虫薬耐性が存在するかを試験する

FECが依然として高い場合は、先に述べた投薬反応試験を実施する。十分な量の駆虫薬を与えていることを確認すべきである。もし投薬によってFECが低下しないようなら、虫卵数減少試験を実施すべきか獣医師と相談すべきである。もし駆虫薬耐性が確認できれば、この文献を再読し、かかりつけの獣医師とともに寄生虫防除の計画を策定すべきである。

5.3 感受性の寄生虫レフュージアの再構築は可能か？

所有するめん羊に駆虫薬耐性が確認された場合、感受性のレフュージアを再構築することは可能だろうか？ このことは可能かもしれないが容易ではない。以下のことが推奨される。1) 放牧地を長期に亘って休ませたり、牛や馬などの他家畜（めん山羊以外）を放牧したり、耕起し再播種したりすることで、レフュージアを減少させ、2) その後に、感受性のGINによって意図的に感染させた子羊又は子山羊を放牧して感受性のL3を放牧地にばら撒く。3) それからその農場の群をこれら放牧地に放牧し、家畜の保持している耐性寄生虫のレベルを新たな感染によって薄める。この手法の難しい点は、最初にレフュージアを減少させるために注力し、その後に感受性のGINを体内に大量に抱えた子羊又は子山羊を配置しなければならないことである。

めん山羊の有機農場での寄生虫防除

有機飼養されためん山羊を臨床的な寄生虫症で苦しめることがあってはならないが、そのためには生産者が寄生虫の持続可能な総合的管理の原則に非常に注力しなくてはならない。オンタリオ州とケベック州の従来型及び有機めん羊農場で最近行われた研究では、これらの2種類の農場での寄生虫レベルの差はほとんど見られなかったが、個々の農場間の寄生虫感染量には非常に大きな差異があることがわかった（付録5に概要あり）。家畜が臨床症状を示すまで、生産者が投薬を引き延ばすことは、GIN感染症の対策としては適切ではなく、動物福祉にも抵触することを念頭に置かなくてはならない。有用性と安全性について科学的証拠のない代替的な合成物を使うことは、問題をさらに悪化させるため避けなければならない。下記は有機畜産に関する最新の規則のうち、内部寄生虫管理に関連する部分である（2018改訂）。

第6.6章 家畜の健康管理

6.6.11 有機畜産経営体は、寄生虫の問題を最小にする包括的な計画を立てなければならない。この計画には、牧草管理、糞便検査、寄生虫症発生時の緊急措置などの予防的措置が含まなければならない。例外として、気象条件やその他の制御不能な要因により予防措置が失敗した場合、CAN/CGSB-32.311の表5.3に記載されていない駆虫薬を以下の条件で使用できる。

- a) その種にふさわしい手法による観察又は糞便検査の結果、家畜が寄生虫に感染したことが明示されていること。
- b) 管理者は、使用する製品とその使用方法について、獣医師からの文書による指導を得ていること。
- c) 出荷停止期間は、薬に表示されている期間の2倍又は14日間のうち長い方を適用すること。
- d) 肉用畜では12カ月令未満は1回のみ投薬とすること。12カ月令以上のものは2回の投薬が可能である。これらを上回る投薬が必要となった場合は、有機飼育のステータスを失う。
- e) 乳用畜については、12カ月間のうちに駆虫薬若しくは抗生物質の一方を、又は両方を合わせて、2回を超えて投薬されたものは有機飼育のステータスを失うため、12カ月間の有機飼育への移行期間を置くこと。肉用畜においては、2回を超えて駆虫薬を投与されたものは有機飼育には戻れない。
- f) 妊娠中の繁殖雌には投薬してもよい。
- g) 採卵鶏では12ヶ月間で1回を超える投薬を受けると有機飼育のステータスを失う。個体毎ではない群への投与は許可される。
- h) 類似の危機を避けるため、管理者は寄生虫防除計画の変更内容を示しタイムラインを添えた、文書化された行動計画を提出すること。

6.6.12 CAN/CGSB-32.311の表5.3に記載されていない駆虫薬又は獣医薬を投与された家禽又は繁殖用家畜は、非有機飼育の肉用家畜家禽とみなされる。駆虫薬使用に関する例外の適用については6.6.11参照。

有機生産システム許可物質リスト³

(CAN/CGSB-32.311-2015, 2018年3月改訂)

表 5.3 健康管理製品と生産補助資材

駆虫薬と抗生物質 内部寄生虫駆除薬の使用にあたっては、CAN/CGSB-32.310の6.6の要件を順守すること。

さらなる情報は、本文書全体を参照のこと。

その他の重要な寄生線虫

以下に、その他の重要な寄生線虫について記載する。これらは、重大な疾病を起こす可能性があるが、先に述べたものほどには一般的ではない。

小腸

Cooperia curticei (クーパー毛様線虫)

この寄生虫はめん羊と山羊の両方に感染する。小型で、0.5~0.8cmである。虫卵は、典型的なGIN型である。生活環は、幼虫が腸陰窩に穿孔して寄生し、成虫が腸の表面に寄生するといった、典型的なものである。プレパテント・ピリオドは2週間である。*Cooperia*は晩秋には休眠(活動休止)状態となる。放牧地の子羊・子山羊は最も重度の感染を起こしやすい。成畜は免疫性を維持するが、少数

² http://publications.gc.ca/collections/collection_2018/ongc-cgsb/P29-32-310-2018-eng.pdf

³ http://publications.gc.ca/collections/collection_2018/ongc-cgsb/P29-32-311-2018-eng.pdf

の虫卵をばらまく。感染が重度でなければ病徴はゆるやかであるか、又は現れない。重度の場合は、食欲低下及び成長不良が最も顕著である。著しい病徴が見られなくとも、寄生虫数は多いことがある。寄生虫は腸の絨毛萎縮を引き起こす。牛での研究によれば、*Cooperia* の駆虫薬耐性は短時間で発達する。

Bunostomum trionocephalum (羊鉤虫)

この寄生虫は「**hookworm** (鉤虫)」という名前でも知られている。めん羊と山羊の両方に感染する。かなり大型 (1~3cm) で、成虫は小腸内に寄生する。虫卵は、典型的な GIN 型である。現時点では、この寄生虫は中部カナダで確認されておらず、一般的ではないものようである。感染性の L3 は皮膚を突き抜けることができ、肺に移行した後に消化管に移行する。経口摂取された L3 は肺に移行することはない。プレパテント・ピリオドは 4~8 週間である。この寄生虫はより熱帯的な気候を好む。成虫は吸血し、線虫数が 500 匹程度のかかなり低い感染で貧血、低タンパク血症 (ボトル・ジョー)、体重減少及びへい死が起こる。死体は血色が悪い。腸上皮は赤くなり浮腫がみられる。線虫は、小腸の粘膜に付着しているか、内腔にいるのが見つけれられるだろう。

Strongyloides papillosus (乳頭糞線虫)

この線虫は「**threadworm** (糸虫)」という名前でも知られる。めん山羊及びその他の反すう動物に感染する。たいへん細く、長さは 1cm 未満である。虫卵は幼虫形成卵^{註K}であり、典型的な GIN 卵の約 5 割の大きさで、診断用サンプル中にごく普通に見つけることができる。雌のみが寄生ステージを有し、雌雄ともに自由生活性である。雌は単為生殖 (無性生殖) により産卵することができる。幼虫のステージは環境条件による影響を受けやすいので、環境中にかなりの程度にまではびこるためには温暖で湿潤な条件が維持されなければならない。感染性の L3 は、摂食されたり、皮膚を突き抜けたたり、母親の乳から子羊・子山羊に感染したりできる。プレパテント・ピリオドは 8~14 日である。虫卵は FEC で普通に見つかる一方で、疾病の発生は一般的ではなく、重篤ではない。たいへん著しい感染では、幼い子羊・子山羊 (2 週齢) は下痢と成長低下の徴候を示すことがある。FEC が高いからといって、必ずしも臨床的に重大な感染が示されたとはいえない。成虫は腸の炎症と絨毛萎縮を引き起こすことがある。

大腸

Chabertia ovina (大口腸線虫)

この寄生虫は「**large-mouthed bowel worm** (大口腸虫)」という名前でも知られているが、カナダでは一般的ではない。めん羊と山羊の両方に感染する。成虫は長さ 1.5~2cm で結腸に見つかる。虫卵は典型的な GIN 型である。成虫がほんの 300 匹しかいなくても病気の症状を引き起こすことがある。成虫は結腸上皮の組織片を摂食し、血液とタンパク質を失わせる原因となる。L3 は放牧地で冬を越すことができ、L4 は大腸で休眠状態となって春に再出現することができる。しかし、温帯気候下で重篤な疾病となることは一般的でない。重度の感染は糞中に血、粘液、そしてときには目に見える線虫の混じった下痢を引き起こす。子羊・子山羊は貧血、低タンパク血症及び体重の減少が進む。若い幼虫は盲腸に、成虫は結腸にいる。被害を受けた粘膜は明らかで、目視できる線虫を伴う。

Oesophagostomum columbianum (コロンビア腸結節虫)

この寄生虫はめん山羊及び野生の反すう動物に感染する。「**nodular worm** (結節虫)」という名前でも知られている。成虫は長さが 1cm をわずかに上回り、大腸中に発見される。虫卵は GIN 型である。この寄生虫は世界中で見られるが、熱帯及び亜熱帯の国々では重要な寄生虫だとされている。L3 は小腸又は大腸の粘膜を突き抜けて、結節を形成し、そこで L4 ステージに成長する。結節中には最長で 1 年間留まることがある。L4 が結節から外に出てくる際、腸壁にかなりの損傷を及ぼす可能性がある。プレパテント・ピリオドは 45 日である。重度の感染では暗緑色の下痢が、よりゆるやかな感染では断続的な下痢及び成長の低下が特徴的である。結節は腸管下部に形成され、最大で直径 2cm になる。結節の破裂に伴う炎症は癒着や、ときとして穿孔をも引き起こし、腹膜炎に至る。

Trichuris ovis (羊鞭虫)

この寄生虫はめん山羊及び場合によって他の反すう動物に感染する。「**whipworm** (鞭虫)」とも呼ばれる。成虫はたいへん長く (4~8cm)、体の後部が太く、前部はたいへん細くて通常は大腸の粘膜に潜り込んでいる。虫卵は楕円形で、両端に透明な卵栓^{註L}を有する。L1 は家畜体外では虫卵内に留まり、感染性を有するステージである。虫卵は家畜体外で最長 4 年間生存できる。ひとたび摂食されると、卵栓は消化され、幼虫が放出されて小腸遠位部及び大腸の上皮を突き抜ける。プレパテント・ピリオドは 7~10 週間である。中部カナダでは、感染はごく普通であるが重大な疾病は見られない。た

いていの感染は軽度であり、臨床症状はほとんどない。本寄生虫は軽度の大腸炎を引き起こす。成虫は剖検で容易に見つけられる。線虫が潜り込んだ周辺の結腸上皮は出血を起こす。

肺

Dictyocaulus filaria (糸状肺虫)

この寄生虫はめん山羊及びシカに感染し、より一般的には「**lungworm** (肺虫)」の名前で知られている。成虫は肺の大小の気道(気管支)に寄生し、極めて大きい(5~10cm)。世界中で発見の記録があるが、カナダでの感染は散発的であり一般的ではない。雌は気道に産卵し、虫卵は咳によって気道から押し出され飲み込まれる。虫卵は孵化してL1となり、糞中に入って脱皮し、L3となる。日常的な糞の検査では、虫卵が孵化してしまっているために見逃されるかもしれない、感染を診断するには特別な検査(ペールマン法)が必要である。幼虫は放牧地で越冬することが可能であるが、放牧地の汚染の大部分は、その放牧シーズンに感染しためん山羊に由来する。咳(粘液を伴う)及び生育不良は最も一般的な徴候である。二次的な肺炎によって、これら病徴は悪化する可能性がある。肺は水分を多く含んで赤くなり、気管支及び場合によって気管に線虫が充満している。

Muellerius capillaris (毛細肺虫)

この極めて一般的な寄生虫はめん山羊及びシカに感染する。これは「**nodular lungworm** (結節肺虫)」とも呼ばれている。体長1~3cmではあるが、気管支ではなく肺組織にいたので見つけにくい。生活環には中間宿主を必要とし、この種の場合それは巻き貝及びナメクジ(軟体動物)である。終宿主の体内のL1は、咳によって肺組織から押し出され飲み込まれ、糞中に入る。軟体動物の腹足から侵入し、成熟し、めん山羊によって放牧時にたまたま摂食されるまでの2~3週間そこに留まる。軟体動物は消化されL3を放出し、これが消化管壁を突き抜けて血液・リンパ系を通じて肺に運ばれる。プレパトेंट・ピリオドは6~10週間である。成虫は数年間生きることができ、このため結果的に感染及びこれによる被害が蓄積していく可能性がある。この寄生虫はめん羊ではそれほど病原性があるとされていないが、山羊にとっては病原性である。咳、呼吸障害及び肺炎が見られる。レントゲン写真は肺の背側に密度の増加(白色)を示し、肺虫による疾病又は山羊関節炎・脳脊髄炎(CAE)が疑われる。肺の背側表面には直径2cmまでのたいへん小さい結節が生じる。この結節は固く(散弾状)、中に1~数匹の線虫を含む。線虫が死ぬと結節は壊死する。山羊ではより広範囲の肺の硬化が生じる。肺の癒痕化のために治療は困難であるので、繰り返し投薬を行う必要があるかもしれない。

神経系

Parelaphostrongylus tenuis

終宿主(固有宿主)はオジロジカ(**white-tailed deer**)であるが、多くの他の反すう動物 — とりわけ、めん山羊、ムース、アメリカ大陸のラクダ科動物(ラマ、アルパカ) — が感染しうる。この寄生虫は、より一般的には「**deer meningeal worm** (シカ髄膜虫)」という名前で知られている。この線虫により引き起こされる疾病は「**moose sickness** (ムース病)」という名前でも知られている。体長9cm以下の、大きく細い線虫である。中間宿主は巻き貝とナメクジである。通常、オジロジカが感染した巻き貝又はナメクジを摂食すると、線虫は腸から脊髄神経を遡って移行し、ついには脳及び脊髄に達する。虫卵は微小血管中に産みつけられ、肺に運ばれて孵化し、幼虫は咳によって押し出されて飲み込まれ、糞中に入る。

オジロジカにはこの寄生虫が普通にみられ、巻き貝やナメクジはどこにでもいるため、この疾病を抑制するのは難しい。オジロジカがごく普通に棲息しているオンタリオ州及びケベック州では、放牧地に入ってくることを防ぐのはとても困難である。オジロジカが感染しても通常は病気を引き起こさないが、本来感染しない反すう動物が感染した場合は、著しい神経症状が表れる。これは、固有宿主以外への迷入(場所を間違えた)感染によるものである。線虫は神経幹又は脳に移行して炎症を引き起こす。動物は混乱して方向感覚を失い、神経幹に沿って激しい搔痒(かゆみ)を生じることがある。ムースがよるめきながら街に迷い込むかもしれない。めん山羊では特に後躯に麻痺が生じるかもしれない、旋回し、目が見えなくなり、体重が減少し、死亡する。治療にはしばしば、抗炎症剤に加え駆虫薬(フェンベンダゾールなど)の長期投与が含まれる。剖検により、線虫が脳内又は脊柱管内に見いだせるかもしれない。オンタリオ州では迷入感染の多くがアルパカ及びラマで見られるが、めん山羊では、剖検による診断なしには確認できない。

カナダ中部には、めん羊に重大な病気を引き起こす内部寄生虫が他にも多く存在する。以下では3つのタイプ、すなわちコクシジウム (*Eimeria*) 及びクリプトスポリジウムを含む原虫、成虫及び幼虫 (中間ステージ) の条虫、並びに肝蛭について説明した。ライフサイクルは寄生虫毎に記載した。

原虫

Cryptosporidium parvum (クリプトスポリジウム・パルバム)

本寄生虫は、めん羊、牛、山羊、馬、シカ、そして人に寄生する。この疾病は「クリプトスポリジウム症」又は「クリプト」として知られている。本疾病は小腸への微視的原虫 (単細胞) の寄生である。人獣共通感染症であり、人に1週間をはるかに超えて持続する深刻な胃腸疾患を引き起こすことがある。本寄生虫は *Eimeria* 種 (コクシジウム) に似たライフサイクルを持っているが、動物体内でライフサイクルを完了してオーシスト (虫卵) を産生するのに数日しか要さない。オーシストは新鮮な糞便内で感染性を持ち、環境要因に非常に抵抗力があり、子羊・子山羊の飼養場所で急速に蓄積する。家畜は自己感染する可能性があるため、高レベルの環境汚染がなくても疾病が重篤化する可能性がある。主な症状は子羊・子山羊の下痢で、数日齢から最大3~4週齢で発生する。感染した子羊・子山羊は、絨毛萎縮などにより小腸から栄養素を吸収する能力が失われるため、たとえミルクを飲んでも適切に消化又は吸収されない可能性があり、ひどい発育不全になりえる。さらに、体液が失われる。患畜は重度の脱水状態になり、沈鬱及び削瘦、そして場合によっては、子羊・子山羊の斃死の重要な原因になる。ハロフジノン (*Halocur*®, Merck Animal Health) が重症の場合に試みられるが、カナダにおいて利用できる有効な薬剤はない。デコキネートが予防薬として使用されているが、この使用は承認されていない。これらの薬品を使用すべきかを、かかりつけの獣医師に相談すること。クリプトスポリジウムは人にも感染するので、罹患した子羊や子山羊を扱うときは細心の注意を払うべきである。適切に診断するためには、本寄生虫の確認を依頼する旨を明示して、糞便サンプルを分析用に家畜衛生診断研究所などに提出すべきである。死後病変は軽度で、通常は小腸の回腸に局限して認められる。

Eimeria によるコクシジウム症

コクシジウムは、微視的な腸の寄生原虫で、場合によって肝臓に寄生する。病原性種は、カナダ及び世界中で最も重要な幼若畜の寄生虫病のひとつとされる疾病を引き起こす。本疾病は放牧地や畜舎で発生することがある。深刻なコクシジウム症は一年中いつでも起こりえる。*Eimeria* は種毎に宿主特異的であり、すなわち、めん羊のコクシジウムはめん羊、山羊のコクシジウムは山羊にのみ影響を及ぼす。人に疾病を引き起こすものはない。

表3 めん山羊に重度の病原性を示す *Eimeria* 種

畜種	コクシジウムの名前	プレパテント・ピリオド	病原性
めん羊	<i>Eimeria crandallis</i>	15~20 日間	++
めん羊	<i>Eimeria ovinoidalis</i>	12~15 日間	+++
山羊	<i>Eimeria arloingi</i>	20 日間	++
山羊	<i>Eimeria christenseni</i>	14~23 日間	++
山羊	<i>Eimeria ninakohlyakimovae</i>	10~13 日間	+++
山羊	<i>Eimeria caprina</i>	17~20 日間	++

軽度の疾病を引き起こす種もあれば、非常に深刻で致命的な疾病を引き起こす種もある。この違いは、腸内でどの程度広がっているか、そしてコクシジウムがどこの細胞に感染するかによって生じる。小腸は損傷から回復する驚異的能力を持っているが、大腸はそうではない。感染が小腸に局限している場合、めん山羊の症状ははるかに軽い。図4から分かるように、コクシジウムの生活環は非常に複雑である。1つのコクシジウムオーシストは、最大5,000万個の腸細胞を破壊する。メロゴニー (無性生殖) 及びガメトゴニー (有性生殖) によって小腸の細胞を破裂させ、そしてライフサイクルの次の段階 (メロゾイトやオーシスト) を放出する。感染をいかに上手く防止御するかを理解するためには、このライフサイクルの基本を理解することが重要である。

コクシジウム症 — 症状

本疾病は、多くの場合、若齢畜に影響を与える病気であり、哺乳期又は離乳期のいずれかに、下痢及び成長不良を引き起こす。成めん羊が症状を示すことはなく、成山羊はたいへんまれに症状を示すのみである。コクシジウム症は、しばしば他の疾患、最も一般的には肺炎や伝染性膿疱性皮膚炎（orf）とともに認められる。群に他のストレス、例えば過密飼育や天候のストレス（例えば、寒冷、暑熱、高湿度）がある場合、コクシジウム症は群の問題としてより頻繁に認められる。

急性重症コクシジウム症

子山羊・子羊は重症化し、迅速で適切な治療を施さないとその多くが斃死するかもしれない。子山羊・子羊は、早ければ生後3週齢、多くの場合は5週齢で影響を受ける可能性があり、その時期は環境がオーシストでどの程度汚染されているかによって異なる。兆候は突然表れることがある。そして、子山羊・子羊は前日に軽症であったにも関わらず、翌日には重症化するかもしれない。下痢は重要な特徴であり、水様性で褐色であるか、又は便中に血液が混在している可能性がある（黒及びタール状又は鮮血の赤縞）。患畜は脱水状態で、しばしば貧血である。患畜は常時沈鬱状態であろうが、発熱が常に認められるわけではない。中には、下部大腸の炎症によりいきみ、水で薄まった血液だけを排泄するものがある。このような発病では、斃死するのが一般的である。

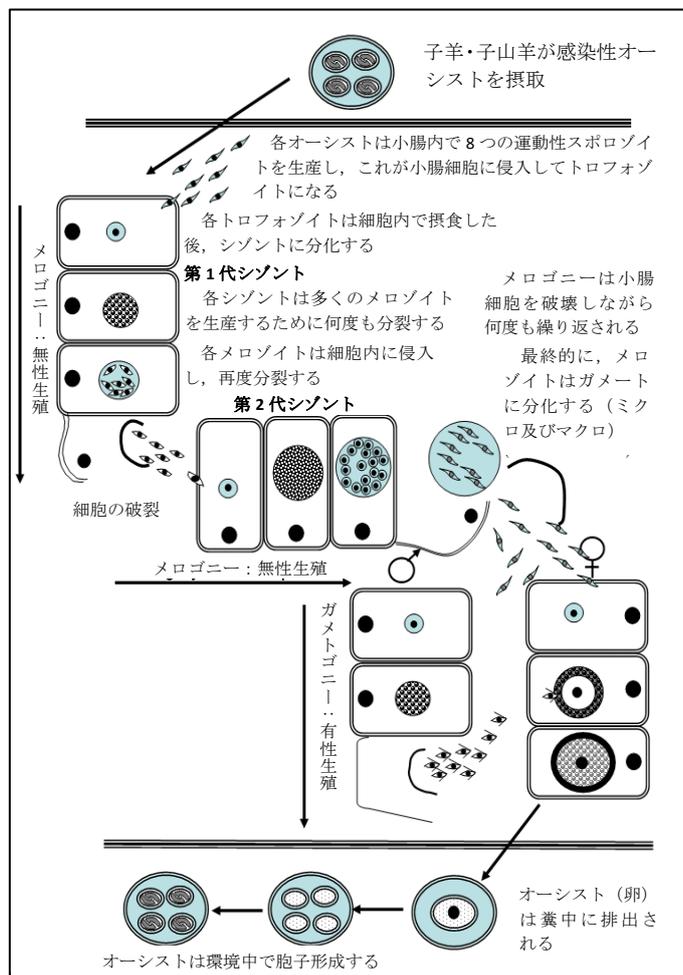
慢性コクシジウム症

本疾病の個体は、以前に急性重症コクシジウム症に罹患したことのある場合もあれば、疾病に気付くほどの症状が出なかった場合もあるだろう。罹患群は発育不良に見え、成長が遅れる。患畜は削瘦し、太鼓腹で小型であるにも関わらず、頭部は成長し、いじけた外観になることがある。臀部は軟便と断続的な下痢で汚れている（毛に糞がこびりついている）かもしれない。慢性コクシジウム症に罹患している子山羊や子羊は、この疾病の影響から完全に回復することは決してなく、その生涯を通じて発育不全になる。

コクシジウム症が認められる時期

コクシジウム症は、子山羊や子羊の病気である。影響を受ける最も一般的な時期は4週齢から5ヶ月齢である。哺乳期の子羊・子山羊は急性重症コクシジウム症の危険性がより高いようである。ときおり、3週齢以下の子山羊や子羊が罹患することがあるが、これより若齢の下痢は新生児下痢（ロタウイルス、コロナウイルス、大腸菌及びクリプトスポリジウム）が原因であることの方が多い。より齢の進んだ個体が慢性コクシジウム症であるように見えるのならば、それは若齢時からの感染の影響が続いているのかもしれない。コクシジウム卵（オーシスト）の排出は疾病の証拠ではなく、感染の証拠にすぎないことを覚えておくことが重要である。成山羊や成めん羊は特に周産期にしばしばオーシストを排出するが、その多くは非病原性 *Eimeria* 由来のものである。また、重症疾患は、めん羊がオーシストを排出するのに十分なほど感染が進行する前に起こりうることを覚えておくことも重要である。

図4 コクシジウムのライフサイクル



メロゴニーは小腸細胞を破壊しながら何度も繰り返される。最終的に、メロゾイトはガメートに分化する（ミクロ及びマクロ）

メロゴニー：無性生殖

細胞の破裂

メロゴニー：有性生殖

ガメトゴニー

オーシスト（卵）は糞中に排出される

オーシストは環境中で孢子形成する

どのように被害が生じるか

一度摂食されると、単一のオーシストがスポロゾイトを放出し、スポロゾイトは腸の内容物を通して遊泳し、次にそれぞれ腸粘膜上皮細胞内に侵入する。スポロゾイトは細胞内でトロフォゾイトとなり、シズントに変化するのに十分な大きさになるまで摂食する。こうして生じたシズントは何度も分裂して1,000個ものメロゾイトを生成する。その後、細胞は破裂し、メロゾイトを放出、これが再び腸の内容物を通して遊泳する。この無性生殖をメロゴニーと呼ぶ。各メロゾイトは別の腸細胞に侵入し、もう一度同じサイクルを経て再び何千もの

メロゾイトを放出する。最終的に、放出されたメロゾイトは腸細胞に侵入し、雄性（マイクロ）又は雌性（マクロ）ガモントに変化する。雄性のマイクロガモントは何度も分裂し、雌性細胞を受精させる（有性生殖、すなわちガメトゴニー）雄性細胞を放出し、そして感染した各腸細胞内でオーシスト、すなわち虫卵が形成される。これらオーシストは細胞が破裂して放出され、糞便中に排出される。

多くのステージがあり、各ステージで腸細胞は侵入され、そして破壊される — こうして腸に繰り返し損傷を引き起こす。腸の損傷は出血及び腸内壁の炎症を引き起こす可能性がある。家畜は血液、水分、タンパク質を失い、栄養分を効率的に吸収することができない。十分なダメージを受けると、非常に重篤化し、斃死することもある。

コクシジウム症の診断

コクシジウム症を診断する最善の方法は、上述のような群の臨床徴候に加え、斃死した場合の剖検に基づく感染の証拠による。便サンプルを採取し、便中のオーシストの数を定量的にカウントすること（便オーシストカウント又は FOC）も役に立つが、様々な要因によって誤認される可能性があるため注意が必要である。

FOC が低くとも、コクシジウム症でないとはいえない。急性疾患では、プレパテント・ピリオドに達する前に発症する可能性があり、そのため、FOC は非常に低い可能性がある。下痢は FOC を薄めて低下させる。子山羊や子羊が低病原性の種に感染して FOC が高い値（数千までも）を示すこともありえる。鏡検によるオーシストの外観に基づくコクシジウムの種の特定は可能であるが、それは困難であり、訓練された寄生虫の専門家によって特別な技術を用いて行われなければならない。さらに、ある程度高い FOC が、家畜が免疫性を獲得した後も長期間継続することが多く、また、家畜の免疫系にストレスがかかると上昇する可能性があるが、これらはすべて、疾病といえるものではない。

コクシジウム症が群の問題となるか否かに影響する要因

ある群にコクシジウム症の問題があり、別の群で問題にならないのはなぜか？ ある年に、あるいは年のうちのある時期に、他のときより悪くなるのはなぜか？ コクシジウム症の問題が発生するには、病原体が存在するだけでは十分ではないことが多く、様々な要因がすべて関与しているということについてよく考える必要がある。要因を以下の3つのカテゴリとして考えた方が簡単である。

寄生虫

どんな種類のコクシジウムが存在し、それらはどのくらい病原性があるか？ 環境にはオーシストがどのくらい存在し、どこにあるか？ オーシストは、子山羊や子羊に容易に感染できる場所を汚染しているか？

家畜

子山羊や子羊にどのくらい免疫性があるか？ 若齢の家畜はより感受性がある。子山羊・子羊は、伝染性膿疱性皮膚炎や肺炎など、自身の免疫システムを弱める可能性のある他の疾病に罹患しているか？ 飼料の変化や低栄養飼料によって、過密飼や悪天候によって、ストレスを受けているか？ 群が混ぜられたか（例えば、若齢畜がより齢の進んだ家畜の中に入れられたか）？ フィーダーでの闘争と競争はあったか？ 最近離乳したか？

環境

オーシストが感染性を獲得するには成熟（孢子形成）しなければならない。孢子形成までの時間は、水分、酸素（例えば、敷料に埋もれているのではなく空気に晒されている）及び温度に依存する。日光に晒されるとオーシストが殺滅されやすくなり、屋内よりも放牧地の方が安全である。汚れた敷料で飼育された家畜は、スノコ床や清潔な敷料の上の家畜よりも危険に晒されている。糞尿による汚染を防御するように設計されている場合は、飼槽や給水器の種類が影響を与える可能性がある。飼育密度を高くしたり、分娩期を通じて更褥（ぼろ出し）をしなかったりといったことはすべて、環境中のオーシストの量を増加させ、それによって疾病の発症リスクを高める。

コクシジウム症の抑制

子羊・子山羊のストレス軽減

飼養密度を低くする。繁殖雌だけでなく幼畜にも十分なスペースがあることを確認すること。哺乳中の母子1組当たり2.5平方メートルあってもおかしくなく、できれば3平方メートルの飼養面積が好ましい。換気は、畜舎内の湿度とアンモニア濃度が高まるのを防ぐのに十分であることを確認すること。隙間風や日々の気温変動を避ける。屋外にいる場合は、暑い日差しを含む悪天候からの避難所（追い込み小屋など）を確保すること。栄養ストレスは、低品質又は管理不十分な代用乳による人工哺乳、低質飼料による栄養不足（例えば、消化率の低い粗飼料、不適切なビタミンE及びセレン、その他のミネラル不足）に起因する可能性がある。伝染性膿疱性皮膚炎（orf）や肺炎などの他の疾病は、ストレスの多い条件下では増悪する可能性がある。放牧されている子山羊や子羊では、消化管内線虫との複合感染はコクシジウムによる疾病のリスクを高める可能性がある。抗コクシジウム薬を慎重かつ適切に、予防的に投与することで感染を管理することができる。罹患した子山羊や子羊はさらなる環境汚染を防ぐために速やかに治療されるべきである。

環境からのリスクの削減

環境汚染の最大の原因は、感染したまま放置されている子山羊や子羊による。子山羊や子羊が摂食するオーシスト1個からは、新たに10,000個のオーシストが作られ、糞便1グラム当たり数千から数百万個のオーシストが排出される可能性がある（30グラム=1オンス）。これらのオーシストは、畜舎内で何ヶ月も生き残ることができる。分娩後期に発生するコクシジウム症は、冬季間に（オーシストが）蓄積されることによるものであり、特に畜舎が清掃されていなかった場合に好発する。粗飼料と穀物の飼槽は、排便や汚れた肢による糞の汚染が最小限になるように設計する必要がある。敷料も新鮮で乾燥した状態に保つ必要がある。

オーシストは、乾燥や多くの消毒剤に対して非常に耐性がある。日光は放牧地のオーシストを殺滅するのに役立つ。オーシストは、12°Cという低い温度でわずか2~5日で孢子形成する（感染性になる）ため、環境中への蓄積の可能性は大きい。

消毒するには、次の手順を実行する。最初にすべての敷料、古い飼料、水、及び糞尿をこすり落とす。可能であれば、畜舎と設備全体を蒸気洗浄する。高熱はオーシストを殺すだけでなく、物理的にそれらを除去するのに役立つ（それらは粘着性である！）。子羊の *E. arloingi* のオーシストを100%殺すのに必要な温度の例は、56°Cで1分、54°Cで8分であり、50°Cでは150分を要する。さらに低い温度では、オーシストを殺すのに24時間を要するかもしれない。オーシストに対して有効な消毒剤はほとんどない — ラベルを確認すること。アンモニウムベースの消毒剤が最も効果的かもしれないが、表面の汚れを予め落としておく必要がある。すべての有機物を除去した後は、OO-Cide (Vétoquinol Canada Inc.) (塩化アンモニウム及び水酸化ナトリウム) を空舎で使用できる。安全のため、注意書きにきっちりと従うこと。

成畜からのリスクの削減

成畜はオーシストの重要な供給源ではないが、GINと同様に産卵が増加する周産期は、おそらく例外である。この増加を抑制するために、この期間中に成畜に薬剤添加飼料を給与する人もいる。すべての事例でこの投薬が上手くいったり、この投薬だけで幼畜のコクシジウム症を防げたりする訳でないことから、かかりつけ獣医師の指導に従うべきである。これは明らかに、若齢畜の離乳前後での防除戦略の代替策ではない。

抗コクシジウム薬の使用

予防的な抗コクシジウム薬（コクシジウム抑制薬とも呼ばれる）の使用は、めん山羊のコクシジウム症を抑制するための一般的な方法だ。しかし、いくつかの問題がある。

- カナダには承認された山羊の薬はひとつ（モネンシン）しかなく、他のすべてのものは獣医師による処方が必要である。
- これらの薬を使用するには、個々の子山羊・子羊が毎日正しい量を摂取するように、より厳密な摂食管理が必要である。
- 病気を予防するために、たいへん幼若な（場合によって1週齢以下の）家畜に十分な量を投薬することも必要である。
- 最良の薬でも、ストレスの大きい個体や重度に汚染された環境下の個体を保護することはできない。
- コクシジウムはこれらの薬剤に対する耐性を発現する可能性があり、そして実際に発現するため、投薬の失敗を調査すること。
- 認定有機農場では、薬を飼料や水に加えることはできない。肉用畜は、臨床的に発症した場合に一度だけ投薬することができる（つまり予防的な使用はできない）。

これらの薬を使用するにあたっての目標は、病気を予防しつつ、しかも若齢の家畜が免疫力を発達させるのに十分な感染を許容するよう、感染レベルを抑制することである。これには通常、出生から3～4月齢までの間、薬が有効である必要がある。そのため、一般にはクリープ飼料（すなわち、若齢畜にのみ与えられる混合濃厚飼料）に薬を混ぜ、十分な摂食を確保しつつ過剰投与を防ぐようにして与える。確実に家畜に摂食させるためには、嗜好性が高く、混合飼料から薬が分離して底に残ったり選り食いされたりしてはならず、すべての家畜が必要量を確実に摂食できるようにするために十分な広さの飼槽が必要である。

あるアイメリア種に対する免疫性を獲得したからといって、その子羊又は子山羊がすべての種に対して免疫性を獲得しているわけではないという証拠がある。免疫性は種特異的なようである。これは、免疫性がすべての重要種に対して確立するまで、畜舎又は放牧地の様々な場所でこの投薬を継続する必要があるかもしれないことを意味する。ゲルフ大学では、これについてさらに検討するための研究が進行中である。

以下の薬は子羊と子山羊のкокシジウム症を抑制するために使用することができる。特定の種（山羊かめん羊か）又は種類（成羊か子羊か）での使用が承認されていない場合は、獣医の処方が必要である。

ラサロシド

イオノフォア抗生物質であるラサロシド（Bovatec®/Avatec®, Zoetis Canada）は子羊での使用が承認されているが、子山羊では使用できない。子山羊で本製剤を使用するには、獣医師は飼料会社へ処方箋を書く必要がある。本製剤は、кокシジウムの「自由生活」ステージ（スポロゾイト及びメロゾイト）が腸内の細胞から細胞へと移動する際、それらを殺滅する（図4参照）。本製剤はкокシジウムを殺滅するので、家畜の感染後に発症を抑制するのに役立つかもしれない。子羊では、36ppm（＝飼料1kg当たり36mg）の濃度で自由給餌用の飼料添加剤として承認されている。子山羊・子羊に効果的であるためには、1日当たりラサロシド1mg/体重kgを摂取する必要がある。子山羊・子羊が十分に摂取しているかどうかを判断するために、毎日の飼料消費量と家畜の体重を計量して、実際の摂取量を計算する。例えば、10kg（22ポンド）の子山羊は治療効果のある量を摂取するために毎日0.28kgのクリープ飼料（36ppmのラサロシドの場合）を摂取しなければならない。子羊や子山羊らはルーメン微生物を順応させるために2～3週間かけてゆっくりと給餌を始めなければならない。肉の出荷停止期間は2日である。泌乳中の乳用種には使用しないこと。

モネンシン

他のイオノフォア抗生物質であるモネンシン（Rumensin™, Elanco Canada）は、カナダではめん羊に対してごく最近承認された（11及び22gm/トン）。ラサロシドと同じ働きをする。一般に、推奨される添加量は自由給餌で11g/トン（ppm）、制限給餌で22ppmである。モネンシンは、ラサロシドよりも安全域が狭い。めん羊のLD50（このレベルで摂取した家畜は50%が死亡する）は11.9mg/体重kg/日であり、山羊のLD50は26.4mg/体重kg/日である。家畜が1%死亡するレベルはもっと低いので、多く摂取しすぎないように注意が必要である。飼料中の濃度が高すぎると、摂食拒絶及び硬直、斃死が起こる可能性がある。子羊や子山羊らはルーメン微生物を順応させるために2～3週間かけてゆっくりと給餌を始めなければならない。

デコキネート

デコキネート（Deccox® 6% Premix, Zoetis Canada）は抗生物質ではなく、飼料効率を改善することもない。本製剤はカナダではめん羊に承認されているが山羊ではされていない。めん羊と山羊では、推奨される治療用量は1日当たり0.5mg/体重kgである。ただし、1mg/体重kgの方がはるかに効果的であるという強い証拠がある。完全飼料への混合率は、6%プレミックスを飼料1トン当たり1.67kg（給餌量50g/体重10kgの場合）又は3.34kg（給餌量が25g/体重10kgの場合）である（各々のデコキネート添加量は飼料1トン当たり100g又は200g）。哺乳中の子羊の摂取量は少なくなるかもしれないので、離乳前では高混合率へと増加させることを推奨する。

デコキネートは、ライフサイクルの非常に早い段階に作用し、子山羊や子羊に最初に感染するスポロゾイトを殺滅するだけなので、кокシジウム症の治療には効果がない（図4参照）。推奨される給与期間は最低28日間である。しかしながら、本製剤はサイクルの非常に早い段階に効果的であるので、子山羊又は子羊が免疫性を獲得するためには、最低3サイクル（例えば70日間）、又はおそらくそれより長期間投薬されるべきである。本製剤の肉の出荷停止期間はない。泌乳中の乳用種には使用しないこと。

デコキネートはミルク又は人工哺乳子山羊用の代用乳への添加剤として、別の形で利用可能である（Deccox M 0.8%）。子羊や子山羊には承認されていない。本剤は8g/kgのデコキネートを含む。ミルクに添加する量は、制限哺乳か自由哺乳かによって異なる。例えば、10kgの子山羊は5～10mg/日必要である。ただし、ミルクが沈殿し過少投与にならないように、給餌前に5分間攪拌

し、給餌中も攪拌しなければならないので、個別給餌にのみ使用することを覚えておくことが重要である（例えば、子山羊用バー^{※注N}では使用しないこと）。

トルトラズリル

トルトラズリル（Baycox® 5% Bayer Animal Health）は、カナダでは子羊、子豚、子牛のкокシジウム症を抑制するための承認を受けている。家畜の一生のうちのも限られた時期に投与する経口薬である。子羊の投与量は、最初に予想される発病前に1回、20mg/体重kg（1ml/体重2.5kg）である。多くの場合、3～4週齢で投与するが、農場によって異なる。本製剤は20日間近く、非常に持続性がある。肉の出荷停止期間は48日である。泌乳中の乳用山羊やめん羊には絶対に使用しないこと。他国での研究で、子山羊には通常20mg/体重kg（子羊と同投与量）で有効であることが分かった。子山羊での使用は適用外なので、肉の出荷停止期間はもっと長くなるべきである。出荷停止期間を設定するのにCgFARADに相談すること。

トルトラズリルは、メロゾイト及びミクロ、マクロガメートを含む細胞内ステージでкокシジウムを殺滅する。これは、家畜が投薬されたときに、あらゆるステージの感染を削減するのに非常に効果的であることを意味する。さらに、本薬には持続性があり、再投与の必要性が少ない。その作用機序のために、トルトラズリルは他の抗кокシジウム薬とは非常に異なる方法で使用されなければならない。しかし、あなたの群のкокシジウム症を抑制するために本剤を使用すると決定する前に、考慮しなければならないいくつかの要因がある：

- 全頭の子羊・子山羊に投薬しなければならない。未投薬の家畜を1頭でも残せば、環境汚染を増大させることによって残りの家畜を再感染させる可能性がある。
- 家畜は適齢でなければならない。子羊・子山羊で最初のкокシジウム症が発症する1週間前に投薬が行われる。ほとんどの農場では発症は4～5週齢である。これは多くの場合、3～4週齢に達したときに個体毎に投薬することを意味する。つまり、個々の家畜がその年齢に達したときに投薬するのであって、一度に群全体に投薬することはできない。すべてが十分な適齢になるまで待つことは、早生まれの個体が罹患し、多数のオーシストを排出することを意味し、それによって環境汚染が増大し、それにより薬効が抑制される可能性がある。
- 一部の生産者は、子豚の推奨日齢（3～4日齢）と同様に、子羊も非常に若い日齢で投薬したいと考える。その理由は、より少ない投与量で済み、費用節約になるということである。それはまた、省力化になるかもしれない。子豚に影響を与えるкокシジウム *Isospora spp* は子羊の *Eimeria spp* より感染時期がはるかに早いことを覚えておくこと。薬は持続性があるが、せいぜい有効期間は20日間である。トルトラズリルが4日齢で投与された場合、25日齢、ほとんどの子羊が感染し始めているときには予防効果はない。3～4日齢で使用される場合、感染を防止するために再投与が必要になる可能性が非常に高い。
- 適齢期の家畜に投薬するには、適齢の子羊・子山羊を見つけ、捕まえ、投薬するのが容易になるように、非常に優れた識別システム並びに十分な記録及び家畜の取扱施設が必要である。
- 薬が持続性であるため、まだ小さいうちに屠畜する子山羊や子羊には使えない。子羊が28日齢で投薬され+48日間肉の出荷停止期間の場合、それは76日齢までに出荷することはできない。子山羊はより長い肉の出荷停止期間を設定するべきである（かかりつけ獣医師にCgFARADに連絡してもらう）。
- кокシジウム症の徴候について家畜を観察し続ける必要がある。環境中にオーシストがまだ大量に残っている状況では、ときには3～4週間後に再投与する必要がある。

アンプロリウム

アンプロリウム（Amprol 9.6%, Huvepharma AD）は、カナダではめん羊には承認されていない。予防用よりも治療用としてより効果的である。その機序では、第2世代シズントに作用するので、ライフサイクルの後半で、すでに家畜にいくらかのダメージを与えた後のкокシジウムを殺滅する。しかし、それはまた、腸によるチアミン吸収を妨げるので、過剰摂取又は慢性使用は、灰白質脳軟化症（大脳皮質壊死症）とも呼ばれるチアミン（ビタミンB1）欠乏症を引き起こす可能性がある。山羊では、кокシジウムのアンプロリウム耐性が報告されている。

子山羊や子羊のための投与量が何通りも提案されているが、以下のものが問題を起こさず治療としてうまくいくと報告されている。子山羊は日量50mg/体重kgを5日間、子羊は同20～50mg/体重kgを5日間投与と報告されている。アンプロリウムは水に添加することができるが、特に哺乳期や病気の家畜ではすべての個体について十分な量を確実に投薬することは不可能なので、個体毎に経口投与することを強く勧める。

スルホンアミド

このグループの抗菌薬は治療目的にのみ使用される。コクシジウムに対する有効性があるいくつかの種類がある：スルファメタジン及びスルファキノキサリン、スルファジメトキシンは通常経口薬として、又は飼料若しくは水に添加して投与される。過剰投与や長期治療によって毒性が生じる危険が現実であり、その症状は沈鬱や腎不全である。サルファ剤への慢性的な曝露は抗菌剤耐性の原因となるだろう。アムプロリウムと同様に、サルファ剤に対するコクシジウム耐性は小型反すう動物で報告されている。

ジクラズリル

子山羊や子羊での使用に適したジクラズリルはカナダにはない。ジクラズリルを含有する製品、Clinacox 0.5% (Merck Animal Health) は、七面鳥及び家禽用の飼料添加剤として販売されている。Clinacox (反すう動物用ではなく、鳥の腸のために設計されている) の薬物担体^{註10}は小型反すう動物用のものとは非常に異なっているので、我々は本製剤が子羊や子山羊の消化管で機能するかどうか分からない。ジクラズリルはトルトラズリルと同様、コクシジウムの細胞内ステージに作用する。EUではめん羊用経口薬 (Vecoxan, Elanco Animal Health) として入手可能である。ジクラズリルとして体重 1kg 当たり 1mg を、最も一般的には約 6~8 週齢で単回投与、又は 3~4 週齢と約 3 週後の 2 回投与するようラベルに記載されている。トルトラズリルと同様に、家畜の被害を予防するためには、本製剤は疾病の初期に投与される必要がある。トルトラズリルとは異なり、本製剤は持続性がなく、肉の出荷停止期間は短い。

要約

コクシジウム症は、子山羊や子羊の疾病の一般的な原因であり、非常に重要な内部寄生虫である。環境管理は本疾病に対する群の健康管理アプローチの一部でなければならないが、適切な管理を確実に行うために抗コクシジウム薬の慎重な使用が必要かもしれない。農場毎に課題は異なっているので、コクシジウム症抑制計画は、かかりつけ獣医師と共に設計されるべきである。

めん羊の条虫

すべての条虫はふたつの宿主 — つまり幼虫が生育する中間宿主、及び成虫が成長・摂食・産卵する終宿主 (固有宿主) — を必要とする。終宿主が感染するためには、中間宿主の体の全体又は一部を食べる必要がある。

Moniezia expansa (拡張条虫)

これはめん羊と山羊に共通の条虫である。成虫は小腸中に見いだされる。白色で、幅 1~1.5cm の片節 (卵囊) 及び頭節 (頭部) からなる。頭節には、腸壁に固着するための吸盤がある。いくつもの節がつながりたいへん長く (数メートル) なることがある。虫卵は三角ダイヤモンド形^{註11}で、糞を調べることで容易に見つけられる。各々の虫卵には胚状の条虫がひとつ含まれている。中間宿主は草地にいる自由生活性のダニである。虫卵はめん山羊の糞中に排出され、これをダニが摂食する。すると虫卵は孵化し、幼虫がダニの体腔に移行し、そこで擬囊尾虫 (cysticeroid, 固い構造をした条虫の頭部) に成長する。放牧中にダニがめん山羊に摂食されると、擬囊尾虫は成虫に成長する。摂食されてからめん羊体内で虫卵を生産するまでには、約 6 週間を要する。面白いことに、条虫の成虫は長生きしない (約 3 ヶ月の寿命)。通常、感染は夏季にひどくなるが、擬囊尾虫はダニの中で冬を越すことができる。



子羊の糞に含まれる条虫の片節

この条虫はめん山羊に重要な疾病を引き起こしはしないが、片節が糞中に簡単に見つかるので、家畜の所有者が心配する。しかし、重篤な感染では下痢を起こし元気がなくなり、ごくまれには寄生虫が腸管内で嵩張って腸閉塞を起こしたり、*Clostridium perfringens* の D 型感染 (パルプ状腎、エンテロトキセミアとも呼ばれる) の危険因子になったりすることがある。子羊・子山羊は条虫への免疫性を発現し、最後には感染が「自己治癒」する。カナダでは BZ 系駆虫薬の使用は制限されているが、これはこの寄生虫にわずかな効果しかなく、投薬しても寄生虫の頭部はしばしば生き残る。

イヌに寄生する条虫の中間ステージ

イヌの条虫には様々なタイプがあり、そのうちのいくつかがめん羊に感染可能な中間ステージを有している。これらがめん山羊に及ぼす損害は通常は内臓又は枝肉に限定され、経済的なものである。しかし、枝肉の廃棄に伴う経済的損失は甚大なものとなりえる。このタイプのあるものは、人畜共通感染性である。これらはすべて、同様の方法で防除できる。

Echinococcus granulosus (単包条虫)

「**hydatid disease** (包虫症)」としても知られる。このイヌ及び野生のイヌ科動物 (コヨーテ及びオオカミ) の寄生虫は人畜共通感染性が高い (すなわち人間に疾病を引き起こす)。イヌ科動物中ではこの条虫は短く (長さ 0.6cm 以下)、腸内及び糞中に見つけることは困難である。中間ステージは包虫嚢胞である。これら嚢胞はめん羊 (又は人) の肝臓又は肺に形成され、たいへん大きく (直径 20cm まで) 育つことができる。嚢胞の内部には、しばしば繁殖胞に包まれて、数十~数百の条虫の幼虫 (包虫砂) が含まれており、そのひとつひとつが 1 匹の条虫に成長できる。腹部に嚢胞が形成された場合、数リッターの液体を含みながらたいへん大きく育つことがある。



T. hydatigena の薄い膜で包まれた嚢胞及び幼生の通過痕が見られる、屠畜された子羊の肝臓

多くの反すう動物が (人とともに) 中間宿主となりえるが、イヌの感染を維持することにめん羊が歴史的に関係してきた。イヌは、数千の成虫に感染しても何の徴候も示さないかもしれない。そして、感染しためん羊はめったにその徴候を示すことはない。しかし、嚢胞をもった人は、しばしば感染から 10~20 年後に呼吸器 (肺) 病又は肝臓病の徴候を示す。もし嚢胞が破裂すれば、人はショック死することがある。感染したイヌと遊ぶ子どもたちは特にリスクが高い。イヌに、感染しためん羊の死体をあさらせると感染する。めん羊での嚢虫症の証拠 (後述) は、めん羊及びイヌの管理が *Echinococcus granulosus* の感染を助けていることを示す。

カナダでの人の症例の大部分は、風土病として包虫症がある国又はムースとオオカミ若しくはイヌの間での野生動物サイクルが起こりえるカナダ北部からの移住者によるものである。カナダの野生イヌ科動物には、*Echinococcus multilocularis* も発生し、古くは極地方の疾病であったが、オンタリオ州のコヨーテ及びキツネにも高い割合の感染が示されており、イヌや人へのリスクをもたらしている。これは、めん羊とは関係していない。

Taenia hydatigena (胞状条虫)

これは、中間型である *Cysticercus tenuicollis* が、最終型となったものである。イヌ、野生のイヌ科動物 (オオカミ、キツネ、コヨーテ)、イタチ及びオコジョが終宿主である (つまり、成虫がこれらの種に発生する)。めん山羊、シカ及び牛は中間宿主となる。イヌが感染した中間宿主 (例: めん山羊の内蔵) を食べ、感染する。成虫は何千もの虫卵を含む片節を糞中にばらまく。虫卵は放牧地又は飼料を汚染し、これをめん山羊が食べる。

虫卵が孵化してから幼虫は 4 週間ほど体内を移行し、最終的に肝臓及び腹腔に定着して、そこで各幼虫が嚢虫になる。これは、胚状態の条虫 — すなわち原頭節 (頭部のみ) — をひとつ含む、薄い膜で包まれた袋状の構造物である。これらの嚢胞状構造物はかなり大きい (1~3cm) が、めん羊に害を及ぼしはしない。嚢虫が摂食されなかった場合、最後には死んで癥痕化する。めん山羊 (肝機能不全を引き起こすかもしれない濃厚な感染の場合を除く) には何の臨床症状も見られない。感染したイヌも健康に見える。

肝臓には幼虫の通過痕、薄い膜で包まれた嚢胞及び癥痕が見られ、屠畜時の廃棄の原因となる。経済的には大きな被害ではないが、この感染が見られることは死亡畜管理 (イヌなどによる死体あさり) 又は殺処分した家畜の内蔵の管理に農場段階で問題があることを表している。このことは、経済的に大きな損失を招く *Taenia ovis* (羊条虫) による感染 (後述) の可能性につながる。

Taenia ovis (羊条虫)

「**sheep measles** (羊条虫)」としても知られる。中間型は *Cysticercus ovis* である。イヌ及び野生のイヌ科動物 (オオカミ、コヨーテ、キツネ) が固有宿主である。めん山羊は中間宿主である (シカは該当しない)。これはカナダで問題となりつつある疾病である。成虫は長く、各々が 7 万個以上もの虫卵を含む片節をばらまく。片節は糞中に見つけられるが、イヌの被毛やイヌが寝る場所にも見られる。放牧地内で虫卵は、おそらく昆虫や辺りをうろつく動物によって、最大で 80 メートルまで広がることが知られている。めん羊は汚染された放牧地又は飼料から虫卵を摂食する。

幼虫は筋肉 (骨格筋、心臓、横隔膜、咬筋) に移行し、1cm 以下の小型の嚢胞を形成する。2~3 ヶ月後に、嚢胞はイヌへの感染が可能となる。この生活環は図 5 に示されている。嚢胞は数ヶ月から 1 年後になってようやく死に癥痕化するが、筋肉中に障害が残っている。イヌに感染性の嚢胞を食べさせた場合、プレパテント・ピリオドは 6 週間である。この病気にとっての最大のリスク要因は、死亡畜の不適切な処分によってイヌが死体をあさることである。めん羊及びイヌには何の臨床症状も生じない。

嚢胞は屠畜時に明らかとなり、その数と分布に応じて、枝肉を部分廃棄又は全廃棄することとなる。この病気は人畜共通性ではないが、肉の品質に影響するので、発生すれば枝肉の多くの部分を廃棄することになって、産業に大きな経済的被害を与える。

Taenia ovis の管理及び防除

めん羊への感染の防止は、農場のイヌの感染防止並びにコヨーテ、オオカミ及びキツネの感染防止によって行える。一度めん羊が条虫の虫卵に曝露されると、投薬又はワクチン接種のいずれによっても、嚢胞が生育するのを妨げる方法はない。

死亡畜の管理

牧畜犬、近所のイヌ及び野生のイヌ科動物を含め、イヌ科のあらゆる動物が家畜の死体をあさるのを防止するよう、適正な死亡畜管理を行わなければいけない。カナダで実施された研究では、死亡畜処理は、群の中に *T. ovis* により廃棄となる子羊が生じるか否かにとって一番重要な側面であり、自然任せの処理 — つまり、死体をあさらせるままにしておくこと — によって、リスクが 11 倍にも拡大した。二番目に重要な要因は、生産者の飼っているイヌがめん羊の死体をあさることだった。死体を適正に堆肥化又は埋却することで、リスクはずっと小さくなった。

イヌの定期的な駆虫

めん山羊に触れる可能性のある農場のすべてのイヌについて、毎月駆虫するべきである。駆虫のスケジュールはプレパテント・ペリオド (35 日間であり、この間は駆虫薬耐性が発達しない) よりも短くなければならない。これはニュージーランド (Ovis Management Ltd) で定期的な使用について推奨されているプログラムである。

駆虫製品は条虫に有効でなければならず、獣医師の処方によってのみ入手可能である。プラジクアンテル又はエブシランテルを含む製品 (Interceptor Plus™ (Elanco Canada 社), Dolpac® (Vetoquinol 社), Drontal® Plus (Bayer 社), Cestex® (Zoetis 社), Droncit® Cesticide Tablets or Injectable (Bayer 社)) 又はニトロスカネートを含む製品 (Lopato!™ (Elanco 社, Novartis 社)) のみが有効である。この予防的な投薬法をどのように行うのが最もよいかは、獣医師と相談すること。

めん羊の死体をイヌに与える場合は^{訳注Q}

牧畜犬に餌を与えるには経費が掛かる。健康けれども事故で死亡しためん羊やバルビツールを使わずに安楽死させた淘汰家畜の死体はイヌの餌として適したものにするができる。嚢胞は、死体を 10℃以下で 7 日以上置く、又は内部の温度が 72℃以上になるよう加熱することで殺せる。

野生のイヌ科動物 (コヨーテ、キツネ) からの感染

野生のイヌ科動物にとって、単に道を外れた場所ではなく放牧地で糞をしたり、放牧地で夜を過ごしたり (休んだり) することは危険な行動であり、農場毎に状況は違うものの、通常はこのようなことはしない。しかし、放牧家畜に採食させるために放牧地にロールバールを置いた場合、しばしばコヨーテがこれを見張り台又は休み場所として利用する。このことは、野生のイヌ科動物による飼料汚染のリスクがあることを意味する。コヨーテに投薬することは不可能であるし、放牧地で粗飼料を補給しないことは不便であるので、これらの動物が家畜を襲ったり死亡畜をあさったりするのを防止することがより重要となる。しかし、野生のイヌ科動物によるリスクは、役用犬、番犬、ペットを問わず、飼いイヌに死亡しためん羊をあさらせることによるリスクよりずっと小さくさうである。

図 5



羊条虫の虫卵が広くまき散らされる可能性はある

1匹のイヌがいくつもの農場を汚染する (あなたの農場だけでなく)

1x = 6ヶ月の汚染

OVIS MANAGEMENT
The Meat Industry and Farmers working together

0800 222 011

毎月のイヌの駆虫が最大限の予防を約束する

Ovis Management Ltd より

Fasciola hepatica（肝蛭）

固有宿主はめん山羊、牛、馬及びシカである。これは「**liver fluke**（肝蛭）」という名前の方がよく知られている。肝臓及び胆管の寄生虫であり、木の葉型で扁平、成虫で長さ 2.5~3.5cm である。虫卵は大きく（130~150 x 63~90 μ m）、小蓋（透明な栓）をひとつ有しており、GIN の円虫タイプの虫卵とはたいへん異なる外観をしている。この寄生虫は他国では普通に見られないへん有害である。カナダではアルバータ州での調査でめん羊、牛、飼われたバイソン、ワピチ（ヘラジカ）から見つかっているものの一般的ではない。潜在的な発生の可能性に注意を払うことは重要である。

中間宿主は *Lymnaea* 属の水陸両生の巻き貝の一種である。この巻き貝は低湿地を好むため、病気はこのような放牧地に見られる。肝蛭の成虫は肝臓の胆管内に虫卵を産み付け、これが糞中にばらまかれる。虫卵は暖かい条件で孵化してミラシジウムを生じ、これが孵化後 3 時間以内に適合する貝に侵入する。するとミラシジウムは分裂し 600 匹ものセルカリアに育つ。セルカリアは巻き貝からばらまかれ草の葉に付着し、メタセルカリアとして被嚢形成して、環境に対してより大きな抵抗力を持つようになる。めん山羊が放牧時にメタセルカリアを摂食すると、腸壁を通して肝臓に移行する。若い肝蛭は約 2 ヶ月間、肝臓の中を動き回り、その後、胆管の中に入って産卵する成虫となる。成虫は家畜体内で何年も生きることができる。プレパトेंट・ピリオドは 10~12 週間である。

摂食されたメタセルカリアの数及び疾病のステージに応じて、疾病は急性、亜急性又は慢性となりえる。仮に数千のメタセルカリアが肝臓に感染したとすれば、被害は極めて甚大となって、肝臓の出血及びクロストリジウムによる二次感染が発生する可能性がある。亜急性の疾病はより少数のメタセルカリア（500~1500 匹）を摂食することで生じ、約 6~10 週間後（晩秋から初冬）に胆管の炎症と肝臓への被害によって症状が明らかになる。家畜は著しい貧血と低タンパク血症（ボトル・ジョー）を示し、治療をしなければ 1~2 週間のうちに死亡する。慢性型は最も一般的であり、200~500 匹のメタセルカリアを摂食してから 4~5 ヶ月後の、晩冬から初春に見られる。この場合もまた、貧血と低タンパク血症が主な病徴である。しかし、この場合は肝蛭の虫卵を糞中に見つけることができる。めん山羊は免疫性を発現しないので、どのような齢であっても影響を受けえる。血液検査で著しい肝障害の証拠を検出することで、診断への助けとなる。剖検では、急性型の場合は肝臓が肥大し出血性を示すかもしれない、慢性型では肝臓に癒痕が生じて退色し、胆管が肥厚拡張する。肝蛭は肝臓及び胆管に観察できる。

肝蛭には通常の駆虫薬（フェンベンダゾール、イベルメクチン）は効果がない。クロサンテル（Flukiver™（Elanco Canada Ltd 社））が成虫及び 5 週齢以上の未成熟な肝蛭には有効であるが、若い未成熟な形態に対してはそれほど効果的ではない。アルベンダゾール（Valbazen®（Zoetis Canada 社））の 2 倍量投与は成虫にのみ有効である。しかし、多くの国において、この駆虫剤に対する耐性が肝蛭で広く見られる。トリクラベンダゾール（Fasinex, Elanco 又は Novartis 社）はあらゆる未成熟ステージ及び成虫に効果があるが、カナダではカナダ保険局（Health Canada）獣医薬理学会（Veterinary Drug Directorate）から入手できる緊急医薬品放出（emergency drug release）としての利用が可能だけである。もし肝蛭症と診断された場合は、群を管理する獣医師が家畜治療のためにこの製品の輸入を請求することができる。中間宿主となる巻き貝は、湿った、沼地の多い放牧地にしかいないので、柵を設けて放牧家畜をこのような場所から閉め出せばよい。

Fascioloides magna（巨大肝蛭）

この寄生虫は、通常はシカ、ワピチ、牛及びムースに見られるが、めん山羊が著しい影響を受けることがある。一般には「**large American liver fluke**（大型米国肝蛭）」又は「**giant liver fluke**（巨大肝蛭）」という名前で知られている。その名前が示すとおり、これは最大で 10cm（3 インチ）というたいへん大きな肝蛭である。中間宿主は淡水産巻き貝である。肝臓を通して移行し、激しい出血と炎症を起こす。腸を突き抜け大量の血液損失と感染を引き起こすこともある。胆管に入り込むことはなく、従って糞中に産卵することはない。感染はオンタリオ州及び西部カナダにおいてシカで一般的である。シカも摂食するような低湿地の放牧地で摂食する反すう動物は、危険な結果を招きかねない感染をしている。巻き貝は、湿って、よどんだ沼地を好むので、このような場所での放牧はさせないのが一番である。放牧地で死んだ家畜は獣医師による剖検が必要である。出血と感染が著しい場合、肝蛭を発見することは難しい。肝蛭が肝臓のどこかにいるかもしれないので、肝臓を端から端まで注意深く薄切りにしてみるべきである。農場内の、リスクのある健康そうに見える家畜のすべてに投薬することが勧められる。このことは、さらなる損失を防ぐかもしれない。獣医師の処方により、クロサンテル又はトリクラベンダゾールを使うことができる。

Dicrocoelium dendriticum (槍形吸虫)

この吸虫の終宿主はめん山羊、牛、シカ、ラクダ科動物（ラマ及びアルパカ）及びウサギである。カナダの一部地域で普通に見られ、「**small lanceolate fluke** (小型槍形吸虫)」とも呼ばれる。とても小さく1cm未満で、とがった外見をしている。中間宿主は第一に陸生の巻き貝で、これがセルカリアを産出する。しかし、次にこれらがアリによって摂食される。生じたメタセルカリアはアリの脳に感染し、これによりアリが狂ったように活動して牧草の葉の先端にまで登る。そこでは、アリが牧草を摂食している反すう動物に食べられやすくなる。吸虫の成虫はたいへん長生きで、胆管で感染が蓄積していく。虫卵は吸虫型であり、他の吸虫卵よりも小さい(38~45 x 22~30 μ m)。野生動物サイクルが存在し、中間宿主が陸生の巻き貝であるという事実から、ある地域にこの寄生虫が存在すればその感染を避けることは難しいかもしれない。この吸虫はめん山羊に対して強い病原性であるとは考えられていないが、重度の感染では消瘦を引き起こす。ラクダ科動物には、病原性がより強い。オンタリオ州では、おそらくこの吸虫による肝臓への被害が引き金となったものと思われる、銅の毒性によるめん羊死亡の例が報告されている。この吸虫は、実質移行することはない。重度の感染による被害は、胆管の癒痕化と二次的な肝硬変によるものである。このような肝臓は廃棄される。

略語集

AAD	アミノアセトニトリル誘導体	FECRT	糞中の虫卵数減少試験
ADG	日平均増体重	GIN	消化管内線虫
AR	駆虫薬耐性	ML	大環状ラクトン
BZ	ベンズイミダゾール類	PPER	周産期の虫卵数増加
CT	縮合型タンニン	SL	メドハギ (<i>Sericae lespedizia</i>)
epg	糞1グラム当たり虫卵数		
FEC	糞中の虫卵数(検査)		



1. 糞中の虫卵数検査のためのサンプル採取手順

設備と材料

- ジップロック又は封のできるサンドイッチ袋
- 検査室への持ち運びが必要な場合は、保冷剤及び発泡スチロール製の保冷容器
- ディスポの手袋及び潤滑剤（直腸からサンプルを採る場合）
- 黒のサインペン（サンプルの識別用）
- 以下を記載するための様式：サンプル採取を行った日、グループ名、放牧区、家畜の齢、個別サンプルの総数

サンプル採取

- 各グループ（哺乳期の子羊，離乳した子山羊，妊娠中の雌羊など）毎又は放牧地毎に代表する10～15頭の異なる個体から，各々8～10gの糞のサンプル（子羊及び子山羊では10～15粒，成畜では6～8粒）を採取する。
- 異なるグループ又は放牧地のサンプルを混合しない。
- 最も簡単なサンプル採取法は，地面からの採取である。複数の家畜をきれいな場所に囲うか，放牧地の汚れていない隅に追い詰める。そこに15分間家畜を留めた後に解放し，地面から糞を集める。



- 特定の個体を対象としてサンプルを採取することもできる。

最もよいやりかたは，手袋をはめ，少量の潤滑剤を用いて1本の指で直腸から糞粒をかき出すことである。

- 地面から採取するサンプルは新鮮（暖かく，湿っている）でなければならない。古いサンプルでは虫卵が孵化し顕微鏡下で観察できなくなり，誤った「陰性」の結果を出してしまうかもしれない。
- どの個体が糞をしたのかを追跡する必要はないが，個体毎の虫卵数に関心があるのであれば追跡を行ってもよい。

サンプルの送付

サンプルをそれぞれのジップロックに納めたら，発泡スチロール製の箱に入れ，保冷剤と一緒に入れて記録を様式に記入する。サンプルは冷蔵状態のまま動物病院などの検査機関に届ける。低温であれば，サンプルは数日間良好な状態に保てるが，室温では虫卵が孵化してしまう。ジップロックから空気を可能な限り抜き，しっかりと密封することでも，虫卵が孵化することを防ぐ助けとなる。サンプルはかかりつけの獣医師が処理してもよいし，獣医師を通じて急行便によりゲルフ大学動物衛生研究室又はこのサービスを提供する他の研究室あてに送付してもよい（オンタリオ州の生産者の場合）。サンプルは個々に採取するが，分析の際はサンプルを「プール」する — すなわちひとつの群（例：生産グループ，放牧地など）の家畜に対し，ひとつのプールされた結果が得られる — よう依頼されたい。

2. マックマスター虫卵計数盤による虫卵数検査法

原理

マックマスター虫卵計数盤による虫卵数検査法は、糞 1 グラム中に含まれる虫卵数 (epg = egg per gram) を算定するための定量法である。ふたつの区画を持つマックマスター計数盤の中で、浮遊液を用いて糞の中から虫卵を分離する。以下に述べる方法により糞中から感度 50epg 以上の虫卵が検出できる。

適用範囲

この方法は、線虫及びコクシジウムによる虫卵排出数を定量的に推計するのに用いることができる。

器具

- ビーカー又はプラスチック容器 (複数)
- 0.1g まで正確に量れる秤
- 茶漉し又はチーズクロス (ガーゼ)
- メスシリンダー
- 攪拌用器具 (舌圧子)
- パスツール・ピペットとスポイトゴム, プラスチックの使い捨てピペット又は 1ml のシリンジ
- 浮遊液 ; 例えば食塩/糖液 NaCl 400g + 水 1,000ml + ショ糖 500g (液の比重= 1.280)
- 区画がふたつあるマックマスター虫卵計数盤
- 顕微鏡

手順

- 糞 4 グラムを量り取り, 容器 1 に入れる。
- 浮遊液 56ml を加える。
- 攪拌用器具 (舌圧子) で内容物を十分混ぜ合わせる。固まりが残らないようにすること。
- 糞の懸濁液を茶漉し又は二重にしたチーズクロスで濾過して容器 2 に移す。
- 濾過液を容器 2 の中で攪拌しながら, パスツール・ピペット又はシリンジでその一部を吸いあげる。
- マックマスター計数盤の一方の区画を濾過液で満たす。目に見える気泡があってはならない。
 - コツ : 気泡ができるリスクを減らすために計数盤の内側を先ず水で濡らし, 浮遊液を希釈してしまわないよう大きなしずくを軽くたたいて, 又は振って落とす。
- シリンジを空にし, 再び濾過液を攪拌してからその一部を吸い上げ, マックマスター計数盤の他方の区画を満たす。
- 計数盤を 5 分間, 静置する (重要)
- 10 x 10 の倍率の顕微鏡下で濾過液の分画を鏡検する。
- 両方の区画のうち線で区切られた範囲内に見えるすべての虫卵及びコクシジウムのオーシストを数える。両方の区画の値が大きく違っているときは, 濾過液の攪拌が十分ではないので, 計数盤を空にして再度計数を繰り返す。
- 糞 1 グラム中の虫卵数は以下により計算できる : 両方の区画の虫卵数を足し, 合計値に 50 を掛けて epg を求める。(例 : 区画 1 に 12 個, 区画 2 に 15 個の虫卵があった場合, $(12 + 15) \times 50 = 1,350\text{epg}$)

出典 : Hansen, J. and Perry, B (1994) The epidemiology, diagnosis and control of helminth parasites of ruminants. International Laboratory for Research on Animal Diseases, P.O. Box 30709, Nairobi, Kenya, pp. 171.

4. 虫卵数検査によるモニタリングの記録

五ツ星の虫害対策
FEC の記録

サンプル 採取日	放牧地	種/ クラス	齢/ 体重	最終の 駆虫日	結果			備考
					GIN epg 平均 (範囲)	コクシジウム opg 平均 (範囲)	その他	

5. 追加資料

カナダ・オンタリオ州の消化管内寄生線虫症に関する論文抄録

ここに示す研究は、他の論文を読んだり国際的な専門家の意見を聞いたりすることと併せて、このハンドブックの基礎となったものである。我々は、この病気の国際的な状況を理解しつつ、本ハンドブックがカナダでのめん山羊生産者にとってできるだけふさわしいものとなるよう努めた。論文の全文は要望に応じて提供可能である。

カナダのオンタリオ州及びケベック州における有機及び従来方式の 32 のめん山羊生産牧場での、消化管内線虫のまん延と分布 (2006~2008 年) [Mederos A, Fernández S, VanLeeuwen J, Peregrine AS, Kelton D, Menzies P, LeBoeuf A, Martin R. *Prevalence and distribution of gastrointestinal nematodes on 32 commercial sheep farms in Ontario and Quebec, Canada (2006-2008)*. *Vet Parasitol*. 2010 Jun 24;170(3-4):244-52.]

カナダにおける有機及び従来飼養方式のめん山羊群での消化管内線虫の疫学的特徴を明らかにするために、目的に合致するよう選んだオンタリオ州 (ON) 及びケベック州 (QC) の 32 の農場を調査対象とし、2006 年 5 月から 2008 年 3 月までの間、縦断的研究を実施した。調査対象農場のうち、8 農場は証明を受けた有機農場 (CO)、16 農場は証明を受けていない有機農場 (NCO)、8 農場は従来方式の農場 (C) であった。各農場で、10 頭の成雌羊及び 10 頭の雌の子羊を選定した。放牧期間を通じて毎月及び冬季に 2 回、農場の現地調査を実施した。各調査では個体毎に糞サンプルを採取し、放牧期間中は牧草サンプルを採取した。加えて、すべてのめん羊についてボディ・コンディション・スコアを記録した。糞サンプルすべてについて、虫卵数 (EPG) を算定し、成雌と子羊それぞれの糞サンプルと各農場の牧草サンプルから感染性の幼虫 (L3) を同定した。2006 年の放牧期間の終わりに、オンタリオ州の 23 農場のうち 7 農場からの 14 頭の子羊に剖検 (ネクロプシー) を行った。第 1 年目 (2006 年 5 月~2007 年 3 月) の平均の EPG は、ON 及び QC での成雌について各々 181 (範囲: 0~9,840) 及び 351 (範囲: 0~18,940)、ON 及び QC での子羊について各々 509 (範囲: 0~25,020) 及び 147 (範囲: 0~3,060) であった。第 2 年目 (2007 年 4 月~2008 年 3 月) の平均の EPG は、ON 及び QC での成雌について各々 303 (範囲: 0~21,160) 及び 512 (範囲: 0~22,340)、ON 及び QC での子羊について各々 460 (範囲: 0~26,180) 及び 232 (範囲: 0~8,280) であった。EPG 全体平均は著しく高くはないものの、両州とも成雌では 5~6 月、子羊では 7~8 月に EPG がより高くなった。放牧地の感染性は 5~6 月及び 9 月に最も高かった。一般に CO の農場では NCO 及び C の農場に比べて平均の EPG が低い傾向があった。糞の培養結果から、最も優勢な線虫属は *Teladorsagia* sp., *Haemonchus* sp. 及び *Trichostrongylus* spp. であった。放牧地の感染性について、1 年目は、ON の農場では 6~7 月に最も高く (984 L3/乾物 kg)、QC の農場では 9 月が最も高かった (436 L3/乾物 kg)。2 年目の最も高いピークは ON では 10 月 (398 L3/乾物 kg)、QC では 7 月 (239 L3/乾物 kg) であった。2006 年の放牧期間終了時に剖検で最も多く同定された種は *Trichostrongylus axei* 及び *Trichostrongylus colubriformis* (それぞれ、36.44%及び 38.26%) であり、これに次いで *Haemonchus contortus* 及び *Teladorsagia circumcincta* が多く同定された。

カナダの農場におけるめん羊の消化管内寄生線虫予測のための英国コンピュータ・シミュレーション・モデルの評価 [Guthrie AD, Learmount J, VanLeeuwen J, Peregrine AS, Kelton D, Menzies PI, Fernández S, Martin RC, Mederos A, Taylor MA. *Evaluation of a British computer model to simulate gastrointestinal nematodes in sheep on Canadian farms*. *Vet Parasitol*. 2010 Nov 24;174(1-2):92-105.]

駆虫薬耐性のレベルが世界的に上昇し、さらなる有機農産物の生産需要が拡大するなかで、駆虫薬の使用を最小限に抑える消化管内線虫の防除戦略の活用がより重要になっている。この研究では、英国での既存のめん羊寄生虫予測モデルの農場レベルでの有効性を、カナダのデータを用いて評価した。英国モデルは関心の高い消化管内寄生線虫 (GIN) の 3 つの主要種 (*Teladorsagia* spp., *Haemonchus* spp. 及び *Trichostrongylus* spp.) の疫学シミュレーションを行い、子羊及び成雌羊における寄生虫水準の季節的な変動予測値を算出している。モデルの入力値は、オンタリオ州のめん羊群の GIN 感染症の疫学について調べた 3 年間 (2006~2008 年) の研究の、最初の 2 年のデータを用いて作成された。必要とされた入力データは、成雌羊の虫卵排出数、放牧地に関する情報及び飼養管理の動態である。2006 及び 2007 年の農場調査からは、分析するにふさわしい放牧期間中の月毎のデータが、それぞれ 6 回及び 7 回分収集できた。これらのデータはひとつの農場当たり 10 頭の成雌及び 10 頭の子羊から集められた。カナダでの研究はこのシミュレーションモデルを念頭において設計されたものではなかったため、オンタリオ州の 23 の農場のうちモデルで分析するのに適したデータが得られたのは、2006 年はたった 11 農場、2007 年は 14 農場のみであった。FEC の観測値はモデルで算出された FEC の推定値と比較され、線形回帰分析により評価された。2006 年に得られたデータを用いてモデル化された 11 農場のうちの 8 農場及び 2007 年に得られたデータを用いてモデル化された 8 農場については、観測値と予測値の間に十分な適合性を示した (2006 年データ: $F=7.55-42.66$, $df=10-11$, $R(2)=0.43\sim 0.81$, $p=0.021\sim < 0.001$ 。2007 年データ: $F=5.56\sim 35.82$, $df=9\sim 11$, $R(2)=0.36\sim 0.82$, $p=0.040\sim < 0.001$)。いくつかのデータセットで観測値とシミュレーションの結果があまり一致しないのは、農場での低度の感染の場合、低い値に対して虫卵数の計数感度が悪いこと又は成雌の免疫性パターンがモデルの仮定と矛盾することから、回帰が困難となっているためであると考えられる。モデルの修正が必要な部分として、英国とカナダでの管理様式の違い — 特に、カナダの農場では子羊を離乳させるのに畜舎内に収容するというやりかたがしばしば採られること — を調整することに焦点が当てられた。

野外条件下のめん羊の消化管内線虫に対する代替的処置の効果について調べた一次研究の、体系的総説・メタ分析 [Mederos A, Waddell L, Sánchez J, Kelton D, Peregrine AS, Menzies P, Vanleeuwen J, Rajić A. *A Systematic Review-Meta-Analysis of Primary Research Investigating the Effect of Selected Alternative Treatments on Gastrointestinal Nematodes in Sheep Under Field Conditions*. *Prev Vet Med*. 2012.104:1-14]

放牧で飼養されているめん羊の消化管内寄生線虫 (GIN) 予防あるいは制御のための代替的処置についての先行研究を、体系的な総説・メタ分析手法を用いて評価した。51 の研究 (21 の比較対象試験 (CS) 及び 30 の投与試験 (ChS)) について報告している 43 の出版物及び 85 の代替的処置法の比較が、本総説に含まれている。代替的処置の種類は、栄養補

助飼料 (28), 遺伝的耐性のための育種 (12), 栄養処置 (6), ホメオパシー (2), 酸化銅線片の投与 (2) 及び生物学的操作 (1) であった。新鮮糞 1 グラム当たりの虫卵数 (FEC), 線虫数 (WC) 又は乾物 1 グラム当たりの虫卵数 (FECDM) を成績として, 対照区群と処置区群の平均値の差を自然対数変換 (lnMD) し, 変量効果メタ分析 (MA) 及びメタ回帰を実施した。処置の効果の推定値 (lnMD) を計数比 (CR) に逆変換して — すなわち対照区に対する処置区の効果の相対尺度として — 結果を示した。

栄養補助飼料, 遺伝的耐性及び栄養処置を評価する CS 及び ChS にはともに, 有意な不均質性が見られた。Chs の MA では, FEC 及び FECDM について全体の CR がそれぞれ 1.62 ($P<0.01$) 及び 1.64 ($P<0.01$), WC についての CR が有意差の限界値である 1.14 ($P=0.06$) という結果になり, いずれも処置区の方がよい成績であった。遺伝的耐性を調査した CS と ChS の MA では, 全体の CR がそれぞれ 5.89 と 15.42 で有意 ($P<0.01$) となり, 再び処置区の方が良い成績であった。FEC を成績としてホメオパシーについて調べた CS の MA は, 均質 ($I(2)=0.0\%$) であり, 全体をプールした CR は 1.61 であり有意ではなかった。WC を成績として酸化銅線片の投与について調べた ChS は均質 ($I(2)=0.0\%$) であり, 全体をプールした CR は有意差の限界値である 1.68 ($P=0.06$) を示した。WC を成績とした ChS について文献による偏りが見られ, 有意ではない CR を報告する小規模の研究が, 有意な CR を示す同様の研究ほどには出版されないことが示された。メタ回帰では, FEC を成績とするとき, 無作為化 (6.2%) 及び研究規模 (29.2%) が全変動に寄与する主な要因であり, いずれの変数も研究間の不均質性に寄与しなかった。WC を成績としたとき, 処置のタイプが唯一の有意な共変量であり, 不均質性の 6% 及び全変動の 38.5% を説明していた。選ばれた研究における手法的な安定性及び一次研究の報告は低かった。我々の研究結果は, 調査した代替的処置のうち栄養補助飼料及び遺伝的耐性を有するめん羊の利用が, めん羊の GIN の防除にとってより効果が期待できることを示している。

カナダの農場での *Cysticercus ovis* の感染によるめん羊枝肉の廃棄の分布及びリスク要因 [DeWolf BD, Peregrine AS, Jones-Bitton A, Jansen JT, Mactavish J, Menzies PI. *Distribution of, and risk factors associated with, sheep carcass condemnations due to *Cysticercus ovis* infection on Canadian sheep farms.* Vet Parasitol. 2012 Dec 21;190(3-4):434-41.]

イヌの条虫の *Taenia ovis* の中間ステージである *Cysticercus ovis* は, めん羊の骨格筋及び心筋に嚢胞性病変を生じ, これが多数に及ぶ場合, 枝肉の全廃棄を招く。2007 及び 2008 年, *C. ovis* による枝肉廃棄の数がカナダ全体で劇的に上昇し, めん羊農場でのこの感染が増加していることが示唆された。オンタリオ州内の, 州による検査が行われている屠畜場で 2009 年 3 月から 2011 年 3 月までの間に廃棄された 237 の枝肉を遡って追跡した結果, カナダ全土からの 133 農場に由来することが分かった。*C. ovis* による枝肉廃棄に関連する農場レベルでのリスク要因を明らかにするため, 症例対照研究 (症例群 40 例, 対照区 56 例) を行った。アルバータ, サスカチュワン, マニトバ及びオンタリオの各州に所在する参加農場に対し, 簡単なアンケートを実施し, これにより各農場の地理的な位置や管理手法に関する情報が収集された。多変量ロジスティック回帰モデルによって, 農場のイヌが死体をあさること (OR (オッズ比) =4.04, 95%信頼区間:1.16~14.04) 及び死体処理の失敗 (OR=11.78, 95%信頼区間:2.93~47.40) が枝肉廃棄と有意に関連している ($p\leq 0.05$) ことが示された。

カナダ・オンタリオ州のめん羊群における駆虫薬耐性 [Falzon LC, Menzies PI, Shakya KP, Jones-Bitton A, Vanleeuwen J, Avula J, Stewart H, Jansen JT, Taylor MA, Learmount J, Peregrine AS. *Anthelmintic resistance in sheep flocks in Ontario, Canada.* Vet Parasitol. 2013 Mar 31;193(1-3):150-62.]

消化管内寄生線虫 (GIN) は, 放牧中心のめん羊生産にとって世界的に大きな制約要因である。駆虫薬耐性 (AR) は世界中のほとんどのめん羊生産地域から報告されてきているが, カナダでの AR の実情についてはほとんど知られていない。本研究はカナダのオンタリオ州のめん羊群における GIN の AR の出現頻度を明らかにするために行われた。研究対象としためん羊群 47 群について, 群当たり 15 頭の子羊について放牧期間を通じて所有者が採取した糞サンプルを分析することによって, 毎月の感染の水準が監視された。糞中の平均の虫卵数 (FEC) が閾値の 200epg に達したとき, イベルメクチンの有効性を確認するために群の所有者に経口投与用のイベルメクチンを提供し, 投与から 14 日後の FEC 平均値の減少を計算した。「投薬の失敗」とは平均の FEC の減少が 95%未満のことであると定義された。明らかな投薬失敗がみられた群では, めん羊を対照区 (投薬しない), イベルメクチン区, そして頭数が十分な場合はフェンベンダゾール区及びレバミゾール区という 4 つの投薬区 (10~15 頭) に分けて, 研究者が糞中の虫卵数減少試験 (FECRT) を行った。AR は平均の FEC の減少が 95%未満で, 95%信頼区間の下限値が 90%未満であることであると定義した。幼虫の培養は, 投薬後の FECRT 用糞サンプルをプールして行った。チアベンダゾール及びレバミゾールへの耐性の存在を検知するための幼虫発育分析 (LDA) は, イベルメクチン投薬試験の前に, 生産者が採取した糞サンプルのうち FEC が閾値の 200epg に達したものをプールして行った。対象農場の内の約 89% (42/47) が FEC 閾値である 200epg に達し, これら農場のうち 93% (39/42) がイベルメクチンの投薬試験を行い, そのうちの 88% (34/39) で投薬の失敗が起こった。34 農場中 29 農場で FECRT が行われた。イベルメクチン, フェンベンダゾール及びレバミゾールへの耐性は, それぞれ検査を行った農場の 97% (28/29), 95% (19/20) 及び 6% (1/17) で見られ, 農場間で耐性の水準にかなりの変動があった。処理後の糞のサンプルから最も多く培養された線虫は *Haemonchus sp.* であった。21 農場での LDA 結果が得られ, そのうち 14% (3/21) 及び 62% (13/21) がチアベンダゾールへの各々高い及び低い耐性を示す一方で, レバミゾールへの耐性を示す農場は無かった。検査を実施したこれらの農場のなかでは, ごく一般的にイベルメクチンとベンズイミダゾールの両方に耐性が示された。これらのことから, AR, 特に *Haemonchus sp.* の駆虫薬耐性が, これらのめん羊群の深刻な問題であることが強く示唆された。従って, 状況悪化を緩和するために GIN 管理の大幅な見直しに直ちに着手する必要がある。

分娩季節がオンタリオ州のめん羊群での周産期虫卵数増加に及ぼす影響についての縦断的研究 [Falzon LC, Menzies PI, Shakya KP, Jones-Bitton A, Vanleeuwen J, Avula J, Jansen JT, Peregrine AS. *A longitudinal study on the effect of lambing season on the periparturient egg rise in Ontario sheep flocks.* Prev Vet Med. 2013 Jul 1;110(3-4):467-80.]

めん羊における消化管内線虫の周産期虫卵数増加 (PPER) についての疫学は明らかでないままであり, 分娩季節により影響を受けることが考えられる。この縦断的研究は, オンタリオ州におけるめん羊の PPER に対する季節外分娩の影響, 並びに血漿総タンパク質 (TPP) 及び血球容積 (PCV) と PPER との関連性を明らかにするために行われた。季節外繁殖を行う 6 ヶ所の農場を対象に, 連続する 3 つの分娩季節 (冬, 春及び秋) にそれぞれサンプルを収集した。分娩季節毎

に、全農場で5回の現地調査を行った。各分娩季節の最初の調査では、15~20頭の妊娠した雌と15~20頭の妊娠していない又は妊娠初期の雌を無作為に選び出した。各調査時に、選び出しためん羊のすべてについて糞サンプルを収集し、個体毎のGIN虫卵数(FEC)を測定した。血液サンプルは分娩時当たり3回採取し、TPP及びPCVを測定した。成雌は農場調査時に収集した情報に基づき5つの生産ステージ(維持[妊娠していない]、妊娠前期及び後期[120日より前及び120日以降]、泌乳前期及び後期[40日より前及び40日以降])のどれかひとつに分類した。TPP、PCV及び対数変換したFEC(lnFEC)それぞれについて線形混合モデルを作成した。冬及び春分娩では、FECは妊娠期を通じて徐々に上昇し、泌乳時にピークを迎え、その上昇の程度はPCVが低い雌ほど大きかった(最終モデルでの3因子の相互作用)。秋分娩では、特にPCVが低い水準の個体で、妊娠初期にFECが高い値で動き始め、急速に増加して妊娠後期にピークに達した。TPPモデルでは、PCVとlnFECがそれぞれTPPと正の相関を示した。秋及び冬分娩ではいずれも、維持から妊娠を経て泌乳初期に至るまで、TPPは減少していき、その後はFECが高い場合を除いて泌乳後期に増加した。春分娩では、妊娠初期にTPPがピークを示し、妊娠後期に減少し、泌乳期を通じてよりゆるやかに増加した。PCVモデルでは、PCVはTPPとともに増加し、lnFECの増加とともに指数関数的に減少した。PPERは3つのどの分娩季節でも生じ、その程度と分布は分娩季節により異なった。このことは、雌羊のPPERが環境と家畜の生理的要因の両方に依存していることを示唆しており、それは季節外分娩を行うめん羊農場で予防的な寄生虫防除対策を実行するうえで十分考慮する必要がある。

Taenia ovisの伝播モデルの開発と防除戦略の評価 [DeWolf BD, Poljak Z, Peregrine AS, Jones-Bitton A, Jansen JT, Menzies PI. *Development of a Taenia ovis transmission model and an assessment of control strategies.* Vet Parasitol. 2013 Nov 15;198(1-2):127-35.]

条虫 *Taenia ovis* の中間ステージは、めん羊の骨格筋及び心筋に嚢胞性病変を生じ、このことが枝肉の全廃棄につながる。近年、カナダの農場では、*T. ovis* による枝肉の全廃棄の数が著しい増加を示している。数学的な伝播モデルは、寄生虫の伝達を予想したり考えられる防除方法の有効性を評価したりするうえで有用なツールである。今日まで、*T. ovis* に特化したモデルは開発されてこなかった。ここに述べる研究では、カナダのめん羊牧場での *T. ovis* の伝播動態をよりよく理解するために、伝播についての決定論的なコンパートメントモデルが開発された。このモデルは実用的であることを意図しており、枝肉廃棄となる子羊の感染伝達経路及びイヌ科動物への伝播を表す。すべての伝播パラメータは文献から、又は先行研究が無ければ専門家の意見に基づいて設定した。モデルでは、カナダにおけるめん羊牧場で最も可能性の高い伝播ルート、つまり固有宿主(番犬)、中間宿主(放牧された子羊)及び環境を含む経路を用いて、寄生虫の生活環の各ステージがつながっている。先行文献との比較から、本研究のモデルは期待どおりに作動し、子羊における寄生虫の伝播状況を妥当に推定したと言える。加えて、モデル化によって考えられる防除方法を評価・比較することが可能となった。モデルによるシミュレーションから、市場に出される子羊の感染リスクは、番犬を5週間毎に定期的に適切な条虫駆虫薬で駆除するか、番犬がめん羊の死体を食べないようにするかすれば除去できることが示唆された。

カナダ・オンタリオ州の羊群での *Haemonchus contortus* (捻転胃虫) のベンズイミダゾール耐性の評価：薬剤耐性の検出法の比較 [Barrere V, Falzon LC, Shakya KP, Menzies PI, Peregrine AS, Prichard RK. *Assessment of benzimidazole resistance in Haemonchus contortus in sheep flocks in Ontario, Canada: comparison of detection methods for drug resistance.* Vet Parasitol. 2013 Nov 15;198(1-2):159-65.]

2011年に、カナダ・オンタリオ州の羊群における消化管内線虫の薬剤耐性を評価するために野外調査が行われた。*Haemonchus contortus* (捻転胃虫) のベンズイミダゾール耐性が、虫卵の遺伝解析により評価された。手法としては、集められた *H. contortus* の虫卵にパイロシーケンシング法を用いて、 β -チューブリン遺伝子中のコドン 167, 198 及び 200 座位の多型に起因する耐性対立遺伝子の割合を計測した。消化管内線虫のベンズイミダゾールへの感受性はまた、虫卵数減少試験(FECRT)及び幼虫の発育分析(LDA)によっても求められた。合計で、16農場が遺伝子検査により評価された。耐性対立遺伝子頻度の結果から、試験を行ったすべての農場(16/16)で *H. contortus* のベンズイミダゾール耐性が認められた。ベンズイミダゾール耐性 *H. contortus* の全体としての割合(Hardy-Weinbergの式を用いて投薬に先立って推定した値)は68.5%であった。FECRT及びLADは各々11及び13の農場で実施された。フェンベンダゾールへの耐性はFECRTを実施した農場の100%(11/11)で確認された。LDAの結果、*H. contortus* のチアベンダゾール耐性は全農場の92%(12/13)に存在していることが示された。二種類の生物学的試験及び遺伝子検査で求められた、*H. contortus* 個体群の中の耐性寄生虫の割合の推定値が比較された。遺伝子検査の結果は生物学試験と一致しており、*H. contortus* のベンズイミダゾール耐性がオンタリオ州の羊群に存在することが確認された。異なる薬剤耐性検出法の間の差異について、経費、時間及びサンプル採取の面から考察した。

Taenia ovisによる感染及びその防除：カナダの観点から [De Wolf BD, Peregrine AS, Jones-Bitton A, Jansen JT, Menzies PI. *Taenia ovis infection and its control: a Canadian perspective.* N Z Vet J. 2014 Jan;62(1):1-7.]

Taenia ovis による感染は世界的に広がっており、多くの国でめん羊枝肉の廃棄の原因となっている。この総説は、ニュージーランドでめん羊の *T. ovis* を防除するのに成功したプログラムに焦点を当て、*T. ovis* の疫学に関して現在知られている事柄を考慮した場合、類似のアプローチをカナダで適用するためにはどのように修正すればよいかということについて考察している。イヌを固有宿主、めん山羊を中間宿主とするこの寄生虫の生活環はよく知られている。効果的なワクチンが存在するものの、現在、一般には市販されていない。ニュージーランドでは、農場のイヌの条虫駆虫薬による定期的な駆虫の必要性を含む、*T. ovis* 及びその必要な防除戦略について生産者を教育するための、産業ベースの、規制ではないプログラムが作られている。このプログラムは1991年から2012年の間に *T. ovis* による感染の伝播を相当程度減少させた。カナダのめん羊産業にとって歴史的には *T. ovis* は大きな問題ではなかったが、最近になって *T. ovis* による子羊枝肉の廃棄が2006年の1.5%から2012年の55%にまで増加している。コヨーテが *T. ovis* を伝播しているのではないかとということが示唆されているが、このことは確認されていない。*T. ovis* による感染が広がるのを抑えるため、ニュージーランドで用いられているのと類似の防除計画を採用するよう、カナダのめん羊産業に対して勧告がなされている。

カナダ・オンタリオ州におけるめん羊の消化管内寄生線虫幼虫が自由生活ステージで越冬することについて調査するためのパイロット・プロジェクト [Falzon LC, Menzies PI, VanLeeuwen J, Shakya KP, Jones-Bitton A, Avula J, Jansen JT, Peregrine AS. *Pilot project to investigate over-wintering of free-living gastrointestinal nematode larvae of sheep in Ontario, Canada.* Can Vet J. 2014 Aug;55(8):749-56.]

本研究では、放牧地において自由生活をしている消化管内寄生線虫（GIN）の越冬生存率及び感染性を調査した。オンタリオ州で過去に捻転胃虫症の臨床症状が報告されたことのある3つのめん羊農場で、2009～2010年の冬季に毎月、放牧地からサンプルを採取しGIN幼虫の存在を調べた。春の放牧地にいるGIN幼虫の感染性は、追跡用の16頭の子羊を用いて評価した。気温、土壌の温度及び湿度を毎時記録した。自由生活ステージの *Trichostrongylus spp.*及び *Nematodirus spp.*は、粗飼料サンプルから分離された。GINはすべての農場のすべての追跡用子羊から得ることができ、そのなかで *Teladorsagia sp.*が優占種であった。*Haemonchus contortus*（捻転胃虫）は1農場の1個体からのみごくわずかに検出された。これらの結果から、*Haemonchus*の幼虫は放牧地では十分に越冬することはできず、一方で *Teladorsagia sp.*、*Trichostrongylus spp.*及び *Nematodirus spp.*はオンタリオ州の放牧地において越冬可能であり、春になってもまだめん羊への感染性を有することが示唆された。

めん羊寄生虫の駆虫薬耐性に関連する要因についての体系的総説及びメタ分析 [Falzon LC, O'Neill T], Menzies PI, Peregrine AS, Jones-Bitton A, VanLeeuwen J, Mederos A. *A systematic review and meta-analysis of factors associated with anthelmintic resistance in sheep.* Prev Vet Med. 2014 Nov 15;117(2):388-402.]

背景：駆虫薬は、費用対効果に優れた方法として、消化管内寄生線虫（GIN）の防除に広く用いられてきた。しかし、駆虫薬耐性（AHR）が増大していることから、駆虫薬耐性のさらなる拡大の危険性及び打撃を緩和するための、根拠に基づいた推奨される管理法を明らかにすることが差し迫った課題となっている。

目的：めん羊における駆虫薬耐性に関する要因についての先行研究から、利用可能なデータを特定し、批評的に評価し、統合する。

方法：めん羊におけるGINのAHRに関連したいくつかの要因について報告した観察又は実験による原著研究であって、1974年以降に公表された先行研究を、ふたつの過程により特定した。関連する可能性のある文献を、3種類の電子データベース（PubMed, Agricola, CAB）及びWeb of Science[®]を用いて調査した。追加的な文献は専門家からの意見、該当する文献及び会議議事録に引用されている文献についての手作業による調査並びに小型反すう動物の開業獣医師向けサイトで得た情報により見つけ出した。2人の独立した調査者が、関連する文献抄録を選別した。妥当とされた文献は、系統的バイアスがないかについて評価された。十分なデータが得られる場合は、ふたつ以上の文献で報告されているAHRの要因についてのプールしたオッズ比（OR）及び95%信頼区間（CIs）を推計するために変量効果メタ分析（MAs）を実施した。

結果：適格性について選別した1,712の文献抄録のうち、131について文献全文を確認するべきであると判断された。25の個別の研究（15の観察研究、7の投与試験及び3の比較対照試験）を記述した30本の論文について定性的統合に含められて系統的バイアスに関する評価がなされた。選択バイアス及び交絡バイアスが不明瞭（報告がなされていない又は評価できない）又はそのリスクの高いものがそれぞれ観察研究の93%（14/15）及び60%（9/15）に見られ、すべての試験研究について選択バイアスのリスクが不明瞭であることが確認された。10の個別の研究は定量的統合に含め、5つの要因に関するMasを行った。高い投薬頻度のみが有意なリスク要因（OR=4.39；95%信頼区間=1.59, 12.14）であり、残りの4要因については有意性の限界値（種を混合した放牧（OR=1.63；95%信頼区間=0.66, 4.07）、群の大きさ（OR=1.02；95%信頼区間=0.97, 1.07）、長期間作用する調剤（OR=2.85；95%信頼区間=0.79, 10.24）、投薬して移動する放牧地管理（OR=4.08；95%信頼区間=0.75, 22.16））であった。

結論：めん羊におけるGINのAHRに関する話題について多くの文献があるが、推定リスク又は保護要因とAHRとの関連について明白にした研究はほとんどない。従って、現在推奨されている寄生虫管理法のいくつかは根拠が明らかでない。さらに、この総説に含まれる多くの研究は系統的バイアスのリスクが高いか、又は不明である。このことはこの分野で将来行われる研究の設計及び報告の方法について改善が必要であることを強く示している。

カナダのめん羊群において糞中虫卵数及び血球容積を推計するための主観的臨床パラメータ利用性の評価 [Mederos A, Kelton D, Peregrine AS, VanLeeuwen J, Fernández S, LeBoeuf A, Menzies P, Martin R. *Evaluation of the utility of subjective clinical parameters for estimating fecal egg counts and packed cell volume in Canadian sheep flocks.* Vet Parasitol. 2014 Oct 15;2015(3-4):568-74.]

血球容積（PCV）又は糞中の虫卵数（FEC）と寄生虫感染症の程度を示す主観的臨床パラメータの関係を表すために、カナダの農場でめん羊を調査した。オンタリオ州（ON）の21農場及びケベック州（QC）の8農場を目的に合わせて選定し、2007年の4、5月（春）及び8月（夏）に現地調査を行った。各現地調査において、10頭の成雌及び10頭の子羊から血液と糞のサンプルを採取した。また、サンプルを採取したすべてのめん羊について、ボディ・コンディション・スコア（BCS）、ダグ・スコア（DS）、糞の性状のスコア（FCS）及びFAMACHAスコアを記録した。採取した血液のすべてについてPCVを求め、すべての糞サンプルについてFECを検査した。記録したパラメータについて、基本統計量及び単純相関係数を求めた。農場レベルでの変量効果を有する2種類の混合モデルを開発した。そのひとつはPCVを、他方はグラム当たり虫卵数の自然対数値（lnEPG）を反応変数として用いた。最終的に、両方のモデルからの残差とモデルの共変量とは相関関係にあった。ON及びQCの各々について、春の間のPCVの平均値は子羊29.7%及び36.7%、成雌では28.8%及び31.1%であった。夏のPCV平均値は、ON及びQCそれぞれについて、子羊で32.0%と32.8%、成雌で30.1%と29.9%であった。ON及びQCの各々について、FECの算術平均値は、春期に子羊で3及び2、成雌で1,266及び789であった一方、夏期には子羊で907及び237、成雌で458及び246であった。単純相関分析の結果、PCVはlnEPG（ $r = -0.255$ ； $r(2) = 6.5\%$ ）及びFAMACHA（ $r = -0.312$ ； $r(2) = 9.7\%$ ）と負の相関を示した一方、BCSとは正の相関を示した（ $r = 0.317$ ； $r(2) = 10\%$ ）。LnEPGはBCS（ $r = -0.232$ ； $r(2) = 5.4\%$ ）及びPCV（ $r = -0.255$ ； $r(2) = 6.5\%$ ）と負の相関を示したが、FAMACHA（ $r = 0.178$ ； $r(2) = 3.2\%$ ）及びDS（ $r = 0.086$ ； $r(2) = 0.7\%$ ）とは正の相関を示した。モデルの結果から、PCV及びlnEPGの残差はFAMACHA、FCS及びほとんどすべてのBCSとDSの区分とで負の相関を示すことが明らかとなったが、相関は極めて弱かった。この研究の主な結果から、今回調べた主観的臨床パラメータのなかでPCV又はlnEPGと高い相関を示すものはなく、それゆえオンタリオ州及びケベック州の調査農場でのlnEPG又はPCVを予測する良い指標ではないことが明らかになった。

温帯大陸性気候下においてめん羊に関する駆虫薬耐性決定に用いられる計算法の比較 [Falzon LC, van Leeuwen J, Menzies PI, Jones-Bitton A, Sears W, Jansen JT, Peregrine AS. *Comparison of calculation methods used for the determination of anthelmintic resistance in sheep in a temperate continental climate.* Parasitol Res. 2014 Jun;113(6):2311-22. Corrected and republished in Parasitol Res. 2015 Apr;114(4):1631-43.]

この研究は、温帯大陸性気候下のめん羊の消化管内寄生線虫における、イベルメクチン、フェンベンダゾール及びレバミゾールへの耐性について定義するための5つの異なる虫卵数減少 (FECR) の計算法によって得られた結果を比較した。ここで、FECR1 及び FECR2 は投薬した個体及び対照区の個体の両方について、投薬の前及び後の虫卵数 (FEC) の平均値を用いたが、FECR1 では算術平均を用いるのに対して FECR2 は幾何平均を用いた。FECR3 は投薬した個体についてのみ、投薬の前と後の FEC の算術平均を用いた。FECR4 は投薬した個体及び対照区の個体についての投薬後の FEC の算術平均のみを用いて計算した。FECR5 は一般化線形混合モデルにより求められた FEC の平均推計値を用いて計算した。農場の駆虫薬耐性 (AR) ステータスの分類は、どの FECR 計算手法を用いるか及び 0 の場合にバイアス修正項 (BCT, すなわち最小検出限界の半分) を加えるか否かによって変わった。全体として、BCT を用いた場合にすべての手法の一致度が高くなり、特に駆虫薬耐性が低い場合は顕著であった。FECR4 は他の FECR 手法と最もよく一致した。それゆえ、小型反すう動物の臨床獣医師が AR 決定に際して BCT のある FECR4 の式を用いれば、バイアスを最小化し、異なった農場間の比較を可能にしつつも、FECRT の経費を削減することができるので、この手法を我々は勧める。FECR1 又は FECR2 には投薬の前後の FEC を含まれており、処理区と対象区に個体を無作為に割り当てることで駆虫薬の真の有効性を推計できそうであるので、研究者にはこれらの手法を使うよう我々は勧める。

カナダ・オンタリオ州のめん羊での、イベルメクチン及びフェンベンダゾールへの耐性を有する *Haemonchus sp.* へのクロサンテルの有効性 [Westers T, Jones-Bitton A, Menzies P, Van Leeuwen J, Poljak Z, Peregrine AS. *Efficacy of closantel against ivermectin- and fenbendazole-resistant Haemonchus sp. in sheep in Ontario, Canada.* Vet Parasitol. 2016 Sep 15;228:30-41.]

カナダ・オンタリオ州では、めん羊で用いることのできる入手しやすい唯一の駆虫薬であるイベルメクチン及びフェンベンダゾールへの耐性が特に *Haemonchus sp.* で広がっていることが明らかになっている。世界の他の地域では、クロサンテルがこのような感染を防止するのに用いられてきた。しかし、この薬剤は現在のところ、カナダ及び米国での使用が承認されていない。イベルメクチン及びフェンベンダゾールへの耐性を有する *Haemonchus sp.* による周産期の成雌羊及び放牧された子羊への感染に対する、クロサンテル (Flukiver® 5% 経口懸濁液, Elanco Animal Health 社, 体重 kg 当たり 10mg 投与) の有効性を明らかにするため、オンタリオ州で 2013 及び 2014 年に、無作為化比較試験が 6 件の協力農場で行われた。予め定めた基準に沿って、すべての雌羊に投薬を行う 3 農場と、雌めん羊の分娩時に選択的に投薬を行う 3 農場が無作為に割り当てられた。投薬時及びその約 14 日後に、各農場から無作為に選んだ最低 15 頭の雌及び 13 頭の子羊から、糞サンプルを採取した。検出下限が糞 1 グラム当たり 8.3 であるマックマスター法を用いて、糞中の GIN 卵を計数した。各農場の糞培養から同定された *Haemonchus sp.* の割合を FEC に掛けて *Haemonchus* に限定した FEC を求め、各農場について *Haemonchus* の減少率を計算した。放牧されている 20 頭の子羊について、毎月 FEC を実施し、月の FEC の平均値が 200epg を超えた時点で、クロサンテル、ポジティブコントロール (イベルメクチン、フェンベンダゾール又はレバミゾール) 又はネガティブコントロールのいずれかのグループにすべての子羊を無作為に割り当てた。*Haemonchus* に限定した FEC の投薬前の平均値の範囲は、雌羊で 27~3,359epg、子羊で 0~5,698epg であった。*Haemonchus sp.* に対するクロサンテルの有効性は、すべての農場において 2 年とも、分娩直後の成雌 (供試頭数 274 頭) について 99% (95% 信頼区間: 97~99%) ~100% の範囲であり、放牧子羊 (サンプル数 171 頭) について 2 年とも、1ヶ所を除くすべての農場で 99% (95% 信頼区間は 98~99%) ~100% の範囲であった。後者の農場では群全体への投薬を行ったが、クロサンテルの放牧子羊に対する有効性は 1 年目には 84% (95% 信頼区間は 81%~88%) であったが、2 年目には 100% であった。レバミゾールが GIN 全般に対して有効であったのは、2ヶ所の農場の子羊に対してのみであった。イベルメクチン及びフェンベンダゾールの耐性は、特に *Haemonchus sp.* において存在し続けた。クロサンテルは 2 年間の研究期間を通じて、投薬グループの違いによらず *Haemonchus sp.* に対して素晴らしい効果を示したことから、駆虫薬耐性及び捻転胃虫症の問題が確認された農場に対する、持続可能で統合された寄生虫防除計画で用いることのできる要素のひとつと考えるべきである。

カナダ・オンタリオ州において周産期雌羊の捻転胃虫症を抑制するための選択駆虫計画を利用するうえでの、有効な投薬基準の特定 [Westers T, Jones-Bitton A, Menzies P, VanLeeuwen J, Poljak Z, Peregrine AS. *Identification of effective treatment criteria for use in targeted selective treatment programs to control haemonchosis in periparturient ewes in Ontario, Canada.* Prev Vet Med. 2016 Nov 1;134:49-57.]

捻転胃虫症はしばしば、カナダでの雌羊の受胎・分娩の遅延を伴う。駆虫薬耐性 (AR) の進行に対する関心が広がっているため、選択駆虫 (TST)、つまり群全体ではなく個体毎に駆虫薬を投薬する手法が、寄生虫のレフェュージアを維持しながら出産後の雌羊の臨床症状を管理するために取りえる戦略である。個体毎に糞中の虫卵数 (FEC) を計数することは、しばしば桁違いの費用がかかるので、FEC が高い雌羊を特定する指標が TST 計画には必須である。本研究の目的は、a) 4 種類の TST 指標について、*Haemonchus sp.* の FEC が高い周産期雌をどの程度特定できるかを評価すること及び b) 統計的に有意な指標について、投薬の要否判断のための適切な閾値を決定することである。雌羊での駆虫薬耐性及び捻転胃虫症の問題についての記録のある、オンタリオ州内の 3 件の協力農場において、2013 及び 2014 年の分娩時期 (2~5 月) に野外調査を実施した。分娩後 3 日以内に雌羊を検査し、以下の 4 つの条件の少なくともひとつに合致すれば、カナダでの新しい駆虫薬であるクロサンテルの経口投与 (10mg/体重 kg) の対象とした。その条件とは、a) 前年の放牧期が最初の放牧期であったこと、b) ボディ・コンディション・スコアが 2 以下であること、c) Faffa Malan Chart (FAMACHA®) スコアが 3 以上であること、又は d) 3 頭以上の子羊を哺乳しているということである。各農場で投薬した又は投薬していない成雌からそれぞれ 20 頭ずつを無作為に抽出し、投薬日に直腸便を個体毎に採剤した。糞培養から求めた各農場での *Haemonchus sp.* の割合は糞中の GIN 卵数全体の 53~92% であった。投薬した雌 (供試頭数 136 頭) では投薬していないもの (103 頭) に比べて、投薬日での *Haemonchus sp.* の FEC の平均値が 2 年間とも有意に高かった ($p=0.001$)。このことは、指標が *Haemonchus sp.* の FEC が高い個体を見つかるのに適していることを示唆している。*Haemonchus sp.* の FEC の対数変換値を出力変数とし、4 種類の指標及び年次を固定効果、農場を変量効果として、線形混合モデルに当てはめた。FAMACHA® スコアは FEC と有意 ($p=0.002$) に関連した唯一の指標であった。受信者操作特性曲線から、FAMACHA® スコアを単独の指標として用いた場合、検査感度はスコアが 3 以上のときに最大 (92.4%) になることが明らかになった。従って *Haemonchus sp.* が原因で分娩時に投薬を必要としている雌羊を特定するための TST プログラムには、FAMACHA® スコアを含めるべきである。

本及び技術マニュアル

- Sheep Flock Health - a planned approach. Neil Sargison. Blackwell Publishing, Oxford UK. 2008.
- Smart Drenching and FAMACHA©, Integrated Training for Sustainable Control of Gastrointestinal Nematodes in Small Ruminants. Southern Consortium for Small Ruminant Parasite Control.
- Sustainable Worm Control Strategies for Sheep, a technical manual for veterinary surgeons and advisors 3rd edition. K.A. Abbott, M. Taylor, L.A. Stubbings editors. April 2009.
- Veterinary Parasitology, 3rd edition. M.A. Taylor, R. L. Coop and R. L. Wall editors. Blackwell Publishing, Oxford UK. 2007.
- The epidemiology, diagnosis and control of helminth parasites of ruminants. Hansen J, Perry B. ILRAD 1994. FAO. <http://www.fao.org/wairdocs/ilri/x5492e/x5492e00.htm#Contents>

インターネット上の動画及び情報

- Wormboss. Australia's sheep and goat worm control measures. <http://www.wormboss.com.au>
- Paraboss. for professionals. Australia. <https://www.paraboss.com.au>
- SCOPS (Sustainable Control of Parasites) United Kingdom. <http://www.scops.org.uk>
- American Consortium for Small Ruminant Parasite Control. <https://www.wormx.info>
- War of the Worms. Moredun Research Institute. <https://www.youtube.com/watch?v=nV7ItbKCKhE>
- FAMACHA Score Your Meat Goat. Purdue Extension. <https://www.youtube.com/watch?v=BAdeVez5yyc&feature=related>
- Online FAMACHA© Certification. University of Rhode Island. <https://web.uri.edu/sheepngoat/famacha/>
- Sheep Fecal Sampling Video. University of Guelph. <https://www.youtube.com/watch?v=X2C9sVstceo&feature=relmfu>
- Turn your smart phone into a digital microscope. Kenji Yoshino. https://www.youtube.com/watch?v=KpMTkr_aiYU
- CarLA Saliva Test. Agresearch NZ. <https://www.agresearch.co.nz/doing-business/products-and-services/carla-saliva-test/>
- FDA's public meeting on antiparasitic drug use and resistance in ruminants and equines. Food and Drug Administration, USA. <https://www.fda.gov/AnimalVeterinary/ResourcesforYou/ucm318015.htm>
- Guide for the control of external parasites of sheep and goats. New Mexico State University. http://aces.nmsu.edu/pubs/_b/B112/
- Liceboss. Australia. <http://www.liceboss.com.au>
- NADIS Animal Health Skills Parasite Forecast (model based on weather) <http://www.nadis.org.uk/parasite-forecast/>
- Ovis Management Ltd (New Zealand) <https://www.sheepmeasles.co.nz>

重要な研究論文及び総論

- Besier RB, Kahn LP, Sargison ND, Van Wyk JA. Diagnosis, treatment and management of *Haemonchus contortus* in small ruminants. *Adv Parasitol.* 2016;93:181-238.
- Charlier J, van der Voort M, Kenyon F, Skuce P, Vercruyse J. Chasing helminths and their economic impact on farmed ruminants. *Trends Parasitol.* 2014 Jul;30(7):361-7.
- Coles GC, Bauer C, Borgsteede FHM et al. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Vet Parasitol* 1992;44:35-44
- Craig TM. Gastrointestinal nematodes, diagnosis and control. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2018 Mar;34(1):185-199.
- Emery DL, Hunt PW, Le Jambre LF. *Haemonchus contortus*: the then and now, and where to from here? *Int J Parasitol.* 2016 Nov;46(12):755-769.

- Eysker M, Bakker N, Kooyman FNJ et al. The possibilities and limitations of evasive grazing as a control measure for parasitic gastroenteritis in small ruminants in temperate climates. *Vet Parasitol* 2005;129:95-105.
- Fleming SA, Craig T, Kaplan RM et al. Anthelmintic resistance of gastrointestinal parasites in small ruminants. *J Vet Intern Med* 2006;20:435B444
- Houdijk JGM, Kyriazakis I, Jackson F et al. Effects of protein supply and reproductive status on local and systemic immune responses to *Teladorsagia circumcincta* in sheep. *Vet Parasitol* 2005;129:105B117.
- Hoste H, Torres-Acosta JF, Quijada J, Chan-Perez I, Dakheel MM, Kommuru DS, Mueller-Harvey I, Terrill TH. Interactions between nutrition and infections with *Haemonchus contortus* and related gastrointestinal nematodes in small ruminants. *Adv Parasitol.* 2016;93:239-351.
- Kenyon F, Greer AW, Coles GC et al. The role of targeted selective treatments in the development of refugia-based approaches to the control of gastrointestinal nematodes of small ruminants. *Vet Parasitol* 2009;164:3-11.
- Keeton STN, Navarre CB. Coccidiosis in Large and Small Ruminants. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2018 Mar;34(1):201-208.
- Kotze AC, Prichard RK. Anthelmintic Resistance in *Haemonchus contortus*: History, Mechanisms and Diagnosis. *Adv Parasitol.* 2016;93:397-428.
- Langrová I, Makovcová K, Vadlejš J et al. Arrested development of sheep strongyles: onset and resumption under field conditions of Central Europe. *Parasitol Res* 2008;103:387B392
- Larsen M. Biological control of nematode parasites in sheep. *J AnimSci* 2006;84(E. Suppl.):E133-E139
- Learmount J, Taylor MA, Smith G et al. A computer model to simulate control of parasitic gastroenteritis in sheep on UK farms. *Vet Parasitol* 2006;142:312B329.
- LeJambre LF, Windon RG, Smith WD. Vaccination against *Haemonchus contortus*: performance of native parasite gut membrane glycoproteins in Merino lambs grazing contaminated pasture. *Vet Parasitol* 2008;153:302-312.
- Louie K, Vlassoff A, Mackay AD. Gastrointestinal nematode parasites of sheep: A dynamic model for their effect on liveweight gain. *Int J Parasitol* 2007;37:233-241.
- Marley CL, Fraser MD, Fychan R et al. Effect of forage legumes and anthelmintic treatment on the performance, nutritional status and nematode parasites of grazing lambs. *Vet Parasitol* 2005;131:267B282
- Matthews JB, Geldhof P, Tzelos T, Claerebout E. Progress in the development of subunit vaccines for gastrointestinal nematodes of ruminants. *Parasite Immunol.* 2016 Dec;38(12):744-753.
- Mavrot F, Hertzberg H, Torgerson P. Effect of gastro-intestinal nematode infection on sheep performance: a systematic review and meta-analysis. *Parasit Vectors.* 2015 Oct 24;8:557.
- Miller JE, Horohov DW. Immunological aspects of nematode parasite control in sheep. *J AnimSci* 2006;84(E. Suppl.):E124-E132.
- Min BR, Barry TN, Attwood GT et al. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Anim Feed Sci Tech.* 2003;106:3-19.
- Morgan ER, Cavill L, Curry GE et al. Effects of aggregation and sample size on composite faecal egg counts in sheep. *Vet Parasitol* 2005;131:79B87.
- O'Connor L, Walkden-Brown SW, Kahn LP. Ecology of the free-living stages of major trichostrongylid parasites of sheep. *Vet Parasitol* 2006;142:1-15.
- Pasture Production. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Order Publication 19, Agdex #130. <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/pub19/pub19toc.htm>
- Pollott GE, Karlsson LJE, Eady S et al. Genetic parameters for indicators of host resistance to parasites from weaning to hogget age in Merino sheep. *J AnimSci* 2004;82:2852B2864.
- Sweeney T, Hanrahan JP, Ryan MT, Good B. Immunogenomics of gastrointestinal nematode infection in ruminants - breeding for resistance to produce food sustainably and safely. *Parasite Immunol.* 2016 Sep;38(9):569-86.
- vanWyk JA, Bath GF. The FAMACHA system for managing haemonchosis in sheep and goats by clinically identifying individual animals for treatment. *Vet Res* 2002;33:509B529.

- Zajac AM. Gastrointestinal nematodes of small ruminants: life cycle, anthelmintics, and diagnosis. *Vet Clin Food Anim.* 2006;22:529-541.
- Zvinorova PI, Halimani TE, Muchadeyi FC, Matika O, Riggio V, Dzama K. Breeding for resistance to gastrointestinal nematodes - the potential in low-input/output small ruminant production systems. *Vet Parasitol.* 2016 Jul 30;225:19-28.

訳 注

- A 我が国の気候はオンタリオ州よりも湿潤であり、特に本州ではオンタリオ州よりも気温が高い。このため、寄生虫の活動が早期に開始したり、成長速度が速まったり、放牧地での越冬率が高まったりする可能性があることに留意が必要である。〔p4〕
- B カナダの1カップは250ccである。〔p5〕
- C 寄生虫に感染してから虫卵が検出されるようになるまでの期間。潜伏期間とは異なり、この期間に臨床症状を生じることがある。〔p8〕
- D いわゆるポリ袋やビニル袋のこと。〔p13〕
- E ここでは、主にオンタリオ州の生産者を対象として、群内の寄生虫感染状況を把握するためにはサンプルをプールして分析すべきとしている。しかし、検査の目的が個体の疾病診断、選択的駆虫若しくは群内選抜である、飼養頭数が少なく個体ごとに検査しても労力及び経費面で問題が生じない、又はより詳細な情報を得たい等の場合は、個体ごとに検査することが重要である。〔p14〕
- F カナダと我が国とでは、動物用医薬品に関する規制が異なっており、承認されている動物用医薬品の種類にも違いがあるので、国内での動物用医薬品の使用に関しては獣医師と相談すること。〔p17〕
- G 日本の法令等では「休業期間」及び「使用禁止期間」という言葉が使われているが、原文の withdrawal は「製品の出荷停止」という意味なのでこの訳語とした。〔p17〕
- H Canadian Global Food Animal Residue Avoidance Database (カナダ食用家畜残留物質回避データベース) の略。〔p17〕
- I Van Wyk (2001 年) によれば、レフュージアとは「ある特定の駆虫措置を免れることで耐性に関する選択を受けなかった寄生虫群の一部 (The proportion of the parasite population that is not exposed to a particular given control measure, thus escaping selection for resistance.) と定義されている (Onderstepoort Journal of Veterinary Research, 68: 55-67, 2001)。〔p23〕
- J 我が国では「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」(平成 11 年法律第 112 号) により、家畜糞尿の野積み等が禁止されていることに注意が必要である。〔p29〕
- K 虫卵の中で卵細胞が分裂し、幼虫となった状態のものを幼虫形成卵という。一般的な寄生虫卵は、産卵後主に外部の環境中で卵細胞が分裂し幼虫形成卵となるが、糞線虫では虫体の子宮内で分裂し幼虫形成卵となり、糞中に産卵される。〔p40〕
- L 鞭虫卵では楕円形の虫卵の両端に特徴的な円形の透明な構造がひとつずつみられる。これが卵に栓をしているように見えることから「卵栓」と呼ばれる。〔p40〕
- M ここに記載されているものに加え、我が国では指状糸状虫の寄生による腰麻痺がめん山羊に被害を及ぼしている。詳しくは http://ilta.lin.gr.jp/publish/sheep/kiji/02_03.html を参照のこと。〔p42〕
- N 複数の子山羊に同時に哺乳できる哺乳器のこと。〔p47〕
- O 薬物担体は生体の消化吸収機能や免疫システムなどの妨害をかいくぐって薬物を目的となる部位に送り届ける物質で、薬物を結合させるためのアルブミンなどのたんぱく質、薬物を内包させるための脂質などがあり、薬理・生理学分野において研究が進められている。〔p48〕
- P 丸みを帯びた三角形のこと。〔p48〕
- Q 我が国では「化製場等に関する法律」(昭和 23 年法律第 140 号) 第 2 条の規程により、許可を受けた施設以外でめん山羊の死体を処理することは禁止されている。〔p50〕
- R 幅広い学術情報を網羅した、オンラインの文献データベース。〔p60〕