



## ラングストン通信⑤

寄生虫対策特集号

ラングストン大学アメリカヤギ研究所

塚原洋子

この10月、ビザ更新のために一時帰国して、病床からご回復中の長野實先生をお見舞いするとともに、広島県庄原市で開催された全国山羊サミットにも参加しました。皆様、楽しい時間をどうもありがとうございました。

さて、今夏のオクラホマは例年以上に竜巻の発生が多く、たくさんの犠牲者を出しましたが、十分な降水量のおかげで近年の早魃は和らぎ、夏は珍しく緑の大地に覆われました。重い竜巻雲とすさまじい雷雨、そして竜巻が去った後のどこまでも続く青空を見ていると、自然に対する畏怖の念が湧き上がってきます。家畜生産の面では、例年よりも乾草の収量が高かった一方で、寄生虫問題がより深刻でした。天候が安定して過ごしやすいこの季節、どこまでも続く美しい朝焼けと夕焼けは、オクラホマの贅沢な楽しみです。



### アメリカの寄生虫対策と薬耐性寄生虫

近年、アメリカではヤギ生産が停滞しています。早魃も大きな要因ですが、第一の原因は、体内寄生虫による生産性の低下だと言われています。ヤギはウシやヒツジに比べると、一般に体内寄生虫に対する耐性が低いのですが、特に吸血性のバーバーポールと呼ばれる線虫（捻転胃虫）の問題が深刻です。これはアメリカに限らず、世界中のヤギ・ヒツジ生産者を悩ませている寄生虫で、駆虫に利用できる薬の効果が極めて低下しています。つまり、駆虫薬耐性を持つバーバーポールの出現と伝播が世界中で起こっているのです。

#### 【ヤギの寄生虫対策】

一般に、寄生虫は広く自然界に存在している色々な役割を担っています。非常に低温、あるいは乾燥した地域を除き、草食動物は常に体内寄生虫の危険に晒されていると言えます。自然界では、長い歴史の中で寄生虫耐性の低い個体が淘汰され、耐性の高い個体が生き残ってきました（自然選抜）。ただ、抵抗力が高い個体だからといって、体内に全く寄生虫がいないということは稀で、問題が起こらない量の寄生虫と上手く共存しているということをまず理解する必要があります。

ヤギは、ほかの家畜種と比較すると、体内寄生虫に対する耐性が低いことが知られています。

その理由として、元来乾燥した地域を好み、草本よりも木本を選んで食べてきたことが考えられています。つまり、ウシやヒツジは草を好むため、必然的に寄生虫に感染する機会が高く、自然選抜を受けてきたのです。それに比べ、木本を好むヤギは、寄生虫に晒される機会が比較的少なく、十分な自然選抜が行われてきませんでした。草地で飼養されるようになって寄生虫に晒される機会が急増したために、耐性が備わっていないと考えられます。一方、ダニやシラミのような外部寄生虫に対する耐性は高いことが知られています。

1960年代に駆虫薬が登場して以来つい最近まで、寄生虫対策は手軽で効果の高い駆虫薬に頼ってきました。しかし、オーストラリアやニュージーランドなど放牧主体で家畜を管理する国々で、駆虫薬耐性を示す寄生虫の存在が問題となり、1980年代から研究が行われるようになりました。21世紀に入ってから、アメリカでも同様の問題が発生し、私たちの研究所でも他の機関や生産者と連携しながら研究を進めています。2003年には、アメリカ小型草食家畜寄生虫対策協会（ACSRPC; American Consortium for Small Ruminant Parasite Control : ウェブサイト <http://www.acsrpc.org/>）が発足し、様々な角度から駆虫薬に頼らない内部寄生虫の制御方法を模索しています。

#### 【バーバーポールの生活史】

右の写真が、ヤギの世界的な脅威となっている寄生虫（♀）で、学名を *Haemoncos Controudtus* と言います。床屋さん（barber）の螺旋状に回る看板支柱（pole）に似ていることから、通称バーバーポールと呼ばれています。高温・高湿を好むため、オーストラリアやアメリカ南部、南アフリカなどでは特に深刻です。近年の気候温暖化に



より、生息範囲が広がっているという報告もあります。バーバーポールの体長は2cm程度、繁殖力が非常に旺盛で、最盛期には1日に5,000~10,000個もの卵を産むと言われています。ヤギの第4胃に寄生した雌は、卵を産む栄養源（主にタンパク質）を得るために盛んに吸血（約0.05~0.25 ml/日）します。その結果、ヤギは貧血を起こし、重篤な場合は死に至ります。ひどく感染したヤギの糞中には、1gあたり20,000個以上の卵が検出されることがあります。ちなみに、螺旋状の濃く見える部分が宿主から得た血液で満たされた胃、白い部分が卵巣です。したがって卵巣を持たないバーバーポールの♂は単色です。

ヤギの糞と共に排出されたバーバーポールの卵は、十分な空気と湿度、さらに10℃以上の温度条件があれば3~7日程度で孵化します。したがって、冬や寒冷地ではあまり問題になりません。孵化した1齢幼虫（L1）は、糞の中でバクテリアなどを食べて成長・脱皮し、2齢幼虫（L2）になります。L2も糞の中に留まり成長しますが、脱皮をせずに3齢幼虫（L3）に変態します。L1およびL2期は、乾燥と熱に弱いのですが、2層の表皮に覆われたL3は、暑熱乾燥の環境条件にも強い抵抗性を示します。これらの幼虫は移動のための運動能力を持ちませんが、糞から環

境中に出た L3 は、朝露などの水滴を通じて地表から草へと移動し、ヤギが草を食べることにより、草と共にヤギの体内へ取り込まれます。このため L3 のことを感染幼虫 (infective larvae) とも言います。L3 は第4胃へ移動して通常 48 時間以内に 4 齢幼虫 (L4) へ変態します。L4 は、口を第4胃の内壁に突き刺して吸血し、血液の塊を作ってその中に潜み、3 日程度で成虫になります。血塊から出た成虫は第4胃の粘膜上に定着し、2～3 週間後から繁殖を開始します。



ヤギの第4胃に大量寄生したバーバーポール

ここで、なぜバーバーポールが高い駆虫薬耐性を獲得し、世界に蔓延しているのかということですが、旺盛な繁殖力と 3～4 週間という世代交代の速さに加え、人間側の寄生虫に対する理解の不足と駆虫薬の利用過剰、そして世界的な繁殖個体の取引などが理由として挙げられます。つまり、駆虫薬によって大多数のバーバーポールは抑制できますが、わずかに生き延びたバーバーポールはすでに薬耐性を備えていて、その個体は短期間のうちに増殖します。一斉駆虫や定期的な駆虫は、その速さに拍車をかけます。薬耐性を持ったバーバーポールは、ヤギとともに取引されて、世界各地に広がっているのです。

#### 【バーバーポール感染症状と診断方法】



先にも述べたとおり、多量のバーバーポールに感染したヤギでは、貧血を起こすほか、目に見える症状として、低蛋白血症による下あご部分の水腫 (浮腫) を起こします (Bottle Jaw、左写真)。食欲低下や成長不良、痩身、俊敏性の低下などもしばしば見られますが、合併症がなければ発熱や下痢は起こしません。診断方法には、症状である貧血を診断する方法と、原因である寄生虫の感染程度を検査する糞便検査があります。貧血

診断には、ヘマトクリット値 (血中血球容積: PCV) を求めます。ヤギの正常時の PCV は 30% 程度で、20% 以下になると貧血の症状を呈することがあります。その場合は、バーバーポール感染症を疑います。また、アメリカでは、貧血診断の簡易な方法として FAMACHA® システムの利用が推奨されています。南アフリカで開発されたこのシステムは、カラーチャートを用いて目の粘膜の色から貧血の度合いを推定し、治療の必要な個体だけを駆虫することで、薬耐性寄生虫の増殖を最小限に抑えることを目的にしています。



FAMACHA®チャートとその使用例

FAMACHA®チャートは、獣医師、あるいは事前に FAMACHA®研修を受けて認定された人であれば ACSRPC のウェブサイトから入手することが出

来ます。

糞便検査は、内部寄生虫の診断をするための最も有効で確実な方法です。糞便 1 g 中に含まれる虫卵数を数えることで、感染の程度を測定することも出来ます。当研究所のウェブサイトで検査手順をわかりやすく紹介しています。<http://www.luresext.edu/goats/library/fec.html>。いずれの方法を用いるにしても、治療に必要な個体だけを駆除することが大切です。

#### 【駆虫薬とその効果】

現在アメリカでは、以下の 3 クラスの駆虫薬が使用されています。

**Benzimidazole** : アルベンダゾール (Valbazen®)、フェンベンダゾール (Safe Gard®) など。細胞内のタンパク質と結合して、寄生虫のエネルギー代謝を阻害。

**Imidazothiazole** : レバミゾール (Prohibit®) やモランテルタートレイト (Rumatel®) など。寄生虫の神経系を阻害する。レバミゾールは、過剰投与をすると家畜へも悪影響を与え、死亡することもある。

**Macrocyclic Lactone** : イベルメクチン (Ivomec®)、モキシデクチン (Cydectin®) など。ニューロン信号の伝達を阻害。また寄生虫の産卵量を減少する効果もある。脂溶性で体内脂肪に取り込まれるため代謝されにくく、他のクラスの駆虫薬に比べて、低用量でも長時間効果が持続する一方、出荷制限期間に対する注意が必要。

このうち、アメリカ国内でヤギに投与することが承認されているのはフェンベンダゾールとモランテルタートレイトのみで、その他の駆虫薬には獣医師の承認が必要です。

バーバーポールが大きな脅威となっているのは、これらの駆虫薬に対する耐性の蔓延です。当研究所がオクラホマ州内 9 軒のヤギ農家を調査したところ、2 軒の農家でレバミゾールに、またアルベンダゾールとイベルメクチンに対しては、全ての農家で薬耐性バーバーポールの存在が認められました。皮肉なことに、ヤギによく手をかけている農家さんほどこの傾向が高く、駆虫薬の利用歴が反映されています。さらに、ヤギは代謝が早く、経口投与の駆虫薬が効き難いという側面もあります。ACSRPC では、ヤギに対する駆虫薬を、ヒツジの 1.5~2 倍量で投薬するように推奨しています。また、薬耐性の寄生虫を作らない (100% 駆除する) ために、複数のクラスの駆虫薬を同時に投与する方法や、12 時間毎に駆虫薬を複数回投与して体内の駆虫薬濃度を維持する方法なども実際に行われています。新しい駆虫薬の開発には何年もの月日と莫大な費用を要しますが、薬耐性のバーバーポールは短期間のうちに出現します。駆虫薬に頼らない、寄生虫制御方法の開発が重要な課題です。

#### 【統合的な寄生虫対策】

今年 5 月 21~23 日に ACSRPC の 10 周年記念大会がジョージア州フォートバレー州立大学で開催されたので、私たちも参加して意見交換を行ってきました。この大会には国内だけでなく、南アフリカ、ギリシャ、フランス、スペイン、メキシコなど 8 カ国から 120 名を超える研究者や

生産者が集いました。その中で発表された様々な寄生虫対策方法をご紹介します。

1) **FAMACHA®システム**：前述の簡易な貧血検査方法と選択的駆虫の推奨プログラム。

2) **酸化銅線粒子**：体内に取り込まれた酸化銅線粒子から、バーバーポールの致死因子である銅イオンが徐々に放出されることにより、駆虫効果が期待できる。

3) **タンニン**：お茶や柿など様々な植物に含まれるタンニンが、寄生虫を制御する効果があるという多くの報告がある。特にメドハギ（学名 *Lespedeza cuneata*）の効果が高いことが知られている。アメリカではメドハギを原料とした飼料も流通している。

4) **放牧と草地管理**：ウシとヤギ（ヒツジ）は寄生虫を共有しないため、混牧することによって放牧地の寄生虫の総数が減少する。あるいはヤギとウシを交互に草地に放牧することも同様の効果が期待できる。ヤギだけを放牧する場合は、放牧地を分割して循環放牧を行う。休牧期間は長いほどよく、湿潤温暖な気候地帯では8～12ヵ月空けることが望ましいとの報告もある。低密度での放牧や、草丈の低い草地に放牧しないことは、草地の寄生虫汚染を予防する。

5) **遺伝的改良**：寄生虫耐性は、品種間、品種内でも異なることが報告されてる。品種選択や交雑、選抜は改良の有効な手段である。当研究所でも、今年から近隣農家と提携して寄生虫耐性を持つ個体の選抜試験を行っている。農場レベルでは、繰り返し駆虫が必要な個体を淘汰することや、寄生虫による問題を起こさない個体を繁殖に用いることが有効な改良方法である。

6) **その他**：バーバーポールから抽出した抗原を利用したワクチンや土壌細菌を用いた制御方法の研究も進められている。

これら ACSRPC の大会で紹介された対策方法以外にも、パパイヤやカボチャの種などの効果が調査されています。また、ヤギの栄養状態やストレス条件（妊娠、泌乳、離乳など）が免疫機構に大きく影響するため、適切な飼養管理をすることも大切です。

#### 【おわりに】

バーバーポールは、アメリカのヤギ産業を脅かしています。その原因は、人間側の寄生虫に対する理解不足と駆虫薬への依存です。しかし、現在でも一斉駆虫や定期的な駆虫を行っている生産者は少なくありません。特に問題が深刻だった今年は、血色を失ったヤギたちが駆虫の甲斐なく死んでいく脅威を何度も目の当たりにしました。この問題が日本でまだ馴染みが薄いのは、非常に幸運だと考えていますが、将来同じことが起こり得ないとは言えません。遺伝的にバーバーポール耐性の高いヤギを作出することが、私の研究課題の大きなテーマです。全てのヤギの健康と幸せを祈っています。



ACSRPC の主要メンバー