家畜の中毒および飼料に関連する畜産物の安全性

農研機構 動物衛生研究所
病態研究領域
上席研究員（中課題推進責任者）　山中典子

家畜共済統計によれば、牛の中毒による病傷件数は約１０００件内外で、ウイルス病の件数をやや下回る程度で推移している。この件数は実際の発生件数をそのまま表すものではないが、毎年、ある程度の件数の中毒（または中毒を疑う）症例が発生していることの証左と言えるだろう。

家畜の中毒は、本来正しい飼養管理の下では起こり得ないはずだが、古くから知られた有毒植物でありながら、知識がないために飼料として給与してしまったり、新規の飼料を導入する際、想定外の有毒物質が含まれていたりというように、多くは不慮の事故として発生する。

突然死や神経症状など、急性感染症や BSE 等のヒトへのリスクの高い疾病との鑑別が必要な場合も多く、確実な診断が求められる。中毒の場合、その後の被害の拡散の可能性は少ないものの、発生農家にとっては壊滅的な打撃になることも少なくない。また、中毒から回復した家畜由来の畜産物に有害物質が残留する可能性があり、生体に残留しやすい物質や、発がん性物質などについては公衆衛生上の問題ともなり得る。

我が国の家畜飼料のうち、濃厚飼料については元来輸入割合が高かったが、1990 年代から粗飼料についても輸入の割合が拡大し、新規飼料の導入に伴うそれまでにない中毒の発生が相次いだ。一方、自給飼料については、流通段階での有毒物質のモニタリング等を経ていないことがあって、農薬、かび毒など我が国でも発生しうるハザードに対して畜産農家や臨床獣医師の不安が高まっている現状がある。

ここでは、輸入、自給の各飼料について、近年我が国で発生しており、注意が必要な中毒事例について解説するとともに、飼料を通じて畜産物に残留し、人の健康に影響する可能性のあるリスク要因についても取り上げることとしたい。

１． 植物による中毒

有毒な成分を含む植物は多く、剪定した枝を給与してしまったり、野草や野菜を吟味せずに与えたりすることによって起こる中毒は毎年のように発生している。ワラビ、シキミ、オナモミ、ドクゼリ、ユズリハ、エゴマなどの中毒が全国家畜保健衛生所業績発表会で発表されている。これらの他、キョウチクトウやアセビ、ツツジ、シャクナゲなどのツツジ科の植物、イチイなどの灌木については身近な植物であることから、今後も注意が必要である。2009 年には、関東では珍しいシキミによる中毒が埼玉県で発生したが、剪定枝を牛に給与した畜主はこの樹木がシキミであることを知らなかった。この事例では、胃内容か

ら毒性成分のアニサチンを検出するとともに、PCR でシキミを同定、さらに葉片を国立科学博物館で同定してもらうなど多角的な診断を行っている(土門尚貴ら,2009)。

また、中毒事例はヤギなどで起こったものが多いが、牛にも当然毒性があるので注意を要するのが、カラシナなどのアブラナ科の植物、エゴマ、モロヘイヤなどの野菜である。人間の食料であることから、安全性に疑問を持たないで給与してしまう。しかし、たとえばカラシナのアリルイソチオシアネートやエゴマのペリラケトンなどの生理活性物質は、ヒトにとっては香味成分であり、抗がん性などの機能性をもつものもあるが、牛は大量に摂食するために、急性毒性作用が出てしまう。また、モロヘイヤの熟した種実や茎には強心配糖体が含まれるが、ヒトの可食部でない部分でも草食動物には与えてしまい、中毒を引き起こすことになる。

過去、自給飼料だけの問題であった硝酸塩中毒は、粗飼料の輸入量が増加するにつれ、スーダングラスなど高値になりがちな牧草種による症例が目立つようになった。白菜など葉物野菜の硝酸塩濃度は高値であるので、ここでも野菜類の給与は慎重にすべきである。

また、近年、飼料の高騰や人手不足のためか、かつて散発していた傷んだサツマイモによる牛の間質性肺炎など、長く忘れられていた中毒が再燃する傾向が見られ、注意が必要である。

２． 鉛中毒、銅中毒

さび止めとして鉛丹塗料が用いられていた時代には、畜舎の鉄柵などの塗料を子牛が舐食して貧血や神経症状を呈する中毒を起こすことはよくあった。現在では鉛丹さび止め塗料は JIS 規格から外れており、その他の鉛を含む塗料も廃止の方向にあるが、過去に使用された塗料による中毒は今も発生している。宮崎県では 2005 年に新築された畜舎で年余にわたって子牛の神経症状を呈する突然死が散発していたが、2010 年になって改めて詳細な疫学調査を行い、患畜の臓器と塗料の鉛含有量を調べることにより、畜舎に使われた鉛丹さび止め塗料が原因の鉛中毒であることが明らかになった（馬場信隆ら 2010）。一度に多頭の被害が出ないため、不明となりがちな中毒症例だが、年余にわたって散発する子牛の突然死例では疑う必要がある。

また、1992 年と 2001 年、さらに 2012 年に漁網をリサイクルしたロープから中心におもりとして仕込まれていた鉛による中毒が起こったことがあり、思わぬ経路で重金属が畜舎環境に入り込む事例として注目される。

海外では、英国で鉛中毒が頻繁に起こっていることが特徴的である。投棄された廃バッテリーによる例が多いが、鉛を多く含む土壌からの中毒という例もある。我が国ではこれまでバッテリーによる鉛中毒はあまり報告がなかったが、2002 年に、北海道で廃バッテリーによる中毒が診断された（七尾ら、2006 年）のは、牧野の環境の類似性を考えると興味深い。

銅は、生理活性をもつタンパク質の成分や、多くの酵素の活性中心として働く必須元素

であるが、子牛や羊では要求量と中毒量の幅が狭く、成牛用の配合飼料の給与による事故が散発している。

３．エンドファイト中毒

エンドファイト中毒は、牧草に人為的に感染させた内生菌であるエンドファイトが産生する毒性物質による家畜の中毒である。

米国では、オレゴン州を中心として、西洋芝の栽培が盛んである。西洋芝は、ペレニアルライグラスやトールフェスクその他の牧草を、芝用に品種改良したものである。この西洋芝の種子の圃場では、種子を取った後のストロー（わら）は、産業廃棄物になってしまう。一方、日本では、黒毛和種の育成、肥育の段階で脂肪色を白く保つ粗飼料として稲わらを与える。しかし、国内の肉牛農家では慢性的な稲わら不足に陥っている。そこで、1990年代中頃から、オレゴン州の芝草品種のストローが、安価な稲わら代替飼料として輸入されるようになった。

ところが、芝草用の牧草品種には、病虫害予防、生育促進効果を狙って、エンドファイトが感染させてある。牧草の種類により、感染するエンドファイトの種類は異なっている。これらの中で、家畜に毒性を有する物質を産生するものがあり、黒毛和種を中心に中毒事故が発生することとなった。

中毒の原因となる物質は大きく分けて 2 種あり、一つはペレニアルライグラス（*Lolium prenne*）に感染した *Neotyphodium lolli* が産生するロリトレム lollitrem、もう一つはトールフェスク（*Festuca arundinacea*）に感染した *Neotyphodium coenophialum* が産生する麦角アルカロイドである。以下、この 2 種類の物質による中毒について述べる。

a. ロリトレム

ロリトレム lollitrem は前述の *N. Lolii* 感染ペレニアルライグラスに産生される毒物で、痙攣 tremor を起こす毒物という意味の物質である。多くの同族体があるが、主要なものはロリトレム B である。

中毒は、皮筋の振戦から始まる。頸部、脇部の皮膚に、虫を追う際に限局された部位におこるような細かな振戦が、広い範囲で観察される。ロリトレム B を含む飼料の給与を続けると、歩様の異常、特に歩き始めの運動協調性の失調、音や動きに対する神経過敏などの症状が現れ、ついには起立不能、遊泳運動や痙攣などの重大な神経症状が現れる。

神経症状の発症機序はながらく不明のままであったが、最近の研究で、細胞膜上のカルシウム依存性カリウムチャンネルのひとつである BK チャンネルの阻害による神経伝達障害であることがわかってきた(Imlach, ., et al., 2011)。

芝草品種のストローを飼料する例は海外にもあって、このような症状はオレゴン州を始めオーストラリアなどでも知られており、ライグラススタッガーryegrass stagger と呼ばれている。オレゴン州立大学では、ロリトレム B の許容量を 1800ppb とし、それ以下のものを

給与するよう提言している。しかし、黒毛和種では感受性が高いらしく、このレベル以下のものを給与した例でも、中毒例が発生した。稲わらおよび代替品の供給が十分でない状況では、芝草品種のストローの利用自体を止めてしまうことは難しい。そこで日本では飼料中の濃度のみを許容値とするのではなく、投与試験により黒毛和種に対するロリトレム B の無毒性量（12 μg/kg 体重/日）を算定（Shimada, et al. 2013, in press）して、ストロー中のロリトレム濃度（輸入業者により濃度の証明書を添付して売られている）と牛の体重によって、ストローの給与量を制限する方法を推奨している。詳細は動物衛生研究所の家畜中毒情報のサイトに「輸入ストローの安全な使い方のパンフレット」として公開されている。（http://niah.naro.affrc.go.jp/org/niah/disease_poisoning/）。この効果もあってか、いったんはライグラススタッガーの症例は激減したが、気候の年変動等により、オレゴン州産ペレニアルライグラスストローのロリトレム B 濃度が高くなる年があり、現在も散発しているのが現状である。

b. 麦角アルカロイド

主にエンドファイト *N. coenophialum* に感染したトールフェスク *Festuca arundinacea* にはエルゴバリン ergovaline をはじめとする麦角アルカロイドが含まれている。麦角アルカロイドは血管収縮作用をもち、小麦やライ麦に感染する麦角菌の産生するエルゴタミンによるヒトの麦角中毒（四肢の壊死）が有名だが、エルゴバリンも同様の血管収縮作用によって以下のいくつかの病態の原因となる。

エルゴバリンはペレニアルライグラスにもロリトレム B と同時に産生されることがあり、ペレニアルライグラスではこちらの病態も重要である。

フェスクフット Fesque foot

耳介、蹄、尾の先端、鼻先など、体の先端部分の末梢血管が収縮し、血流が乏しくなるために冷感をもち、次第に壊死して自壊する。蹄冠の壊死から蹄が脱落したり、鼻先に病変がでたりするため、口蹄疫との鑑別が必要にあることもある。主に冬期に発生する。我が国でもいくつかの症例が報告されている。

フェスクトキシコーシス Fesque toxicosis

逆に夏期に発生するのがフェスクトキシコーシスで、これは体表の血管が収縮するために、放熱が十分できず、体温の上昇を引き起こし、このため泌乳量の減少や繁殖障害等、生産性に影響が起こる。泌乳量の減少にはプロラクチン分泌量の抑制作用の影響もあると言われる。

脂肪壊死 Fat necrosis

脂肪壊死は、過肥やそれに伴う代謝障害等が原因となるが、麦角アルカロイドが腹腔内、

特に腸間膜脂肪の血管に作用した場合に、同様の病態があらわれることがある。

４．マイコトキシンに関する懸念

実験動物に強い発がん性をもつアフラトキシン、免疫系を傷害するデオキシニバレノール、ニバレノール、腎障害、肝障害を引き起こすフモニシン、繁殖障害につながるゼアラレノン、国内のリンゴでも汚染が確認されているパツリンなど、健康に重大な被害をもたらすマイコトキシンについて、国内の現場でも不安の声が上がっている。

流通飼料については、農林水産消費安全技術センターにおいていくつかのマイコトキシンをモニタリングしており（http://www.famic.go.jp/ffis/feed/sub4_monitoring.html）、検出率は低くないものの基準値の定められたアフラトキシン B1、ゼアラレノン、デオキシニバレノールについて基準値を超えるものは見つかっていない。

しかし、トリコテセン系マイコトキシンのデオキシニバレノールやニバレノールなどは免疫毒性を有することから、低濃度でも家畜の免疫反応をかく乱し、易感染性やそれによる生産性の低下をもたらすのではないかとの懸念が農家や臨床獣医師の間に根強い。これらトリコテセン系マイコトキシンを始め、フモニシン、オクラトキシン、ゼアラレノンなど、フザリウム属真菌の生産するかび毒は、アフラトキシンなどのように主に亜熱帯以南で生成するかび毒とは異なり、わが国のような温帯地域でも生成されることがわかっており、また飼料保管中やサイレージ調製過程にかびの発生を見ることもまれでないため、マイコトキシンに対する不安の声は多い。

国内でマイコトキシンによる急性中毒として確定診断された例はない。しかし、自給飼料での汚染の実態や栽培、貯蔵の段階での消長などについての情報が少なく、トリコテセン系のデオキシニバレノールやニバレノールなどの慢性影響などについてはわからないのが現状である。そこで、農研機構では機関横断的にこうした自給飼料のかび毒の実態の調査を行い、圃場でのかび毒産生時期や産生の程度に影響する栽培条件などを検討し、ある程度の汚染実態と防除に向けた栽培条件などが明らかになってきた。

海外では、英国やフランス、ギリシャでは日本と同様に中毒が表面化していないが、他の国では中毒症例が紹介されていて、ベルギーでは肉用牛が神経症状を起こして、ひどいものでは斃死しているが、これはパツリンによるとされている。イタリアではアフラトキシン M が牛乳に移行した例の他、ゼアラレノンによる繁殖障害の例なども報告されている（Guitart, R., et al. 2010）。

5．農薬に関する懸念

毒劇物に分類される農薬は、現在では少ない。登録農薬のうち、普通物 326 種に対し劇物が 77 種（うち 47 種は剤型によっては普通物）、毒物は 9 種（うち剤型により劇物または普通物となるものが 7 種）、特定毒物は 2 種のみだが、これは法令で指定された者のみが使用できる。しかも、たとえば劇物としてあげられている除草剤の塩素酸塩は原剤を扱う際

の危険性は高いが、散布後は急速に分解されるというように、必ずしも飼料に混入した際の危険性が高いとは限らないので、通常に農薬散布された植物を給与したために中毒事故が起こる可能性は非常に低い。

有機リン剤の中毒としては、外部寄生虫を防除するために鶏の体表に噴霧する剤による中毒が散発している。これは、説明書にある量をこえて大量に使用したり、飼料、飲水に入らないようにとの注意書きを無視したり、といった使用失宜によるもので、

実際に遭遇することの多い農薬中毒として殺鼠剤による豚の中毒がある。クマリン系をはじめとする殺鼠剤は、豚舎の中や近くに貯蔵しておくことが多いために飼料への混入の危険性が高い。これまでに、飼料と同じ場所に保管していた殺鼠剤の袋を誤って倒し、飼料の袋にも入ってしまったという例や、殺鼠剤を食パンにまぶしてネズミを誘引していたところ、ネズミがくわえて運んだものが豚房中に入った例、また殺鼠剤で死んだネズミを豚が食べた例など、管理がしっかりしていれば防げる事例が多い。現在まで、殺鼠剤の事故としてはクマテトラリルやワルファリンなどクマリン系殺鼠剤による溶血性変化を伴う中毒がほとんどである。しかし、昨今、いわゆるスーパーラット、すなわちクマリン系薬剤に耐性を獲得したネズミが分布を広げており、りん化亜鉛のような急性毒性の高い薬物が使われることが多くなっている。スーパーラット問題は都市部で顕著だが、畜産地帯での分布が広がれば、このような薬剤や第二世代のクマリン系薬剤など、新たな中毒がおこる可能性もある。

６．環境汚染物質

環境汚染物質による家畜の中毒事故は、我が国の鶏のダークオイル事件、1999 年のベルギーでの食用油リサイクルに関わる豚と鶏の PCB 汚染事故など、大きな問題ではあるが、たびたび起こるような事例とはいえない。しかし、いったん生じた場合には直接ヒトの健康に関わる事態になる。

一方家畜の中毒とは別に、家畜の体に残留・蓄積した環境汚染物質によるヒトの健康被害という側面も見逃せない。特に牛は、飼育期間が長いために蓄積性が問題になること、肉と乳を供給することから、常に環境汚染物質との関係に注意をむけておく必要がある。逆に一連のダイオキシン騒動のように、こうした可能性に対し、情報が得られない、または誤った情報が流れるために消費者の不安が異常に高まるということもある。したがって、環境汚染物質のリスクについて十分なリスク評価の結果を農家や消費者に伝達し、ステークホルダーからの情報を収集する、すなわちリスクコミュニケーションを行うことはわれわれ生物系技術者の責務である。

残留性有機汚染物質 Persistent Organic Pollutants (POPs) は

（1）環境中で分解しにくい（難分解性）

（2）食物連鎖などにより生物の体内で濃縮、蓄積しやすい（高蓄積性）

（3）長距離を移動して極地などに蓄積しやすい（長距離移動性）
（4）ヒトの健康や生態系に対して有害性がある（毒性）
という性質を持つ化学物質であり、地球的規模での汚染（本来使用されていない極地のイヌイットの人々、アザラシ、クジラ等への蓄積）が報告されていることから、国際的な枠組みでの対策が必要である。

そこで、ストックホルム条約（日本では 2001 年 6 月調印）において 12 種の物質が指定を受け、生産、使用について厳しい制限が設けられた。また、さらに 2009 年 5 月と 2011 年 4 月にはさらに追加の指定がなされた。

これらの化学物質の生産、使用は禁止されるが、DDT については代替薬剤の開発を待ってマラリア予防のための殺虫剤としてのみ使用される。

条約に指定されている物質の他にも、農薬として広く使用された BHC（1,2,3,4,5,6-Hexacyclohexan)や船底、漁網の防藻剤として用いられたフェニルスズ、ブチルスズなどが POPs の定義に近い。

BHC については、1971 年使用が禁止されたきっかけは残留稲わらからの牛乳の汚染であった。近年、使用されていた当時の古家屋が解体され、出てきた畳床を敷料や飼料として利用し、ここから BHC が検出されるという例が出てきている。2005 年 11 月に飼料用カットわらで基準値（0.05ppm）を越える 0.086ppm、2010 年 8 月にも 0.05ppm を検出している。2010 年の例では、アルドリン、エンドリンなどの他の POPs も検出されている。2011 年の例では、飼料として使用されてしまい、牛肉から検出されて（0.03ppm）、回収されることとなった。

ダイオキシン類については、わが国では魚粉、魚油を飼料原料として利用する習慣があるため、継続的なモニタリングが必要である。我が国の魚粉は、市場あらといって、市場で捌かれた魚のあらを収集したもので作られる。草食性の魚、肉食性の魚、回遊性の魚、海底に生息する魚など、区別して収集される訳ではなく、収集の時期によって内容が一定でないため、ダイオキシン類の汚染程度も変動するからである。

ダイオキシン類やカドミウム、ヒ素などの土壌を汚染する環境汚染物質については、飼料作物、特に飼料稲における汚染物質吸収の動態についても注意が必要である。逆に、吸収を予防する栽培法なども、汚染物質の種類によっては開発されている。

馬場信隆ら（2010)家畜保健衛生所業績発表会
土門尚貴ら(2009)埼玉県調査研究成績報告書-家畜保健衛生所業績発表会集録, 51: 49-53
Guitart, R., et al. (2010)Vet. J. 183:249-254
Imlach, ., et al. (2011)toxicon, 57:686-694.
七尾祐樹ら（2006 年）北海道獣医師会雑誌, 50:189-192.
宮崎茂ら（2003）第 136 回日本獣医学会講演要旨集 181.
Shimada, et al. (2013), Food additives & contaminants: 30:1402-1406.