

反すう家畜とカドミウムの関係

家畜衛生試験場 小 倉 幸 子

昨今、カドミウムは産業公害の原因のひとつとして扱われているが、すでに1942年(昭和17年)に、フランスにおいて、カドミウム蓄電池工場の労働者の間に起こる職業病の原因であるとして、紹介されている。この外に、鍍金や色素などに多く使用されていたので、1時的に多量のカドミウムを吸い込んだり、飲み込んだりして起こる人の中毒の症状についての記載や、若干の作用機序は明らかにされている。

職業としてカドミウムを扱っている者は別として、環境汚染のために空気、飲水、食料から体内に入ってくるカドミウムをどのように考えるかが問題になると思われる。

人の食料は農作物、畜産物、海産物などが主なものであるが、私ども家畜に関係ある仕事にたづさわる者としては、畜産物のカドミウム含量が関心事になることは当然と思われる。土壌中のカドミウムの含量と、そこに栽培した飼料作物中の含量の関係、さらに、これを飼料として給与した家畜の体内のカドミウムの蓄積量との関係、ならびに動物の生理状態がどのように保たれるかなどが明瞭になっていれば非常に好都合である。しかしこのような系統だった仕事は、今のところ、世界中どこにも見られない。そこで最良の手段として、過去現在の文献から反芻家畜に関係あると思われる事項と私たちが行なった若干の成績を併せて記載し、参考に供したい。

カドミウムについて

まず、第1にカドミウムの性質を知っておかなければならないが、カドミウムは元素のひとつであるので煮たり、焼いたりしても分解してなくなることはない。しかし800℃位の高温では気体になって飛散する。また、比較的低い温度で、熔融する性質があり、金属鍍金や細工などに広く利用されている。カドミウムの硫化物は鮮明な黄色をしているので、単独または水銀やセレンウムを含む複塩の形で、黄～橙～赤色の金属化合物顔料に使われている。近年の樹脂工業では、塩化ビニール樹脂用の安定剤として、ステアリン酸やラウリン酸などの脂肪

酸のカドミウム塩が使用されている。

元素の周期律表によると、第Ⅱ—Ⅵ属に属していて、同じ系列に、亜鉛と水銀があるので、この3つは共通した化学的性質を持っていることがわかる。生体内でもこの性質はあって、生物的に活生な亜鉛が作用する部位を、似たような化学的性質を持っているカドミウムが塞いでしまうが、しかし、カドミウムは亜鉛と全く同じように働かないために、体内の一連の反応が停止したり、円滑に進まなくなったりすると考えられている。

カドミウムはこの他に亜鉛と同じように体内に微量しか存在しないけれども、色々な生体反応を保持するうえに欠くことのできない鉄や銅とも相互干渉の作用を持っている。言い方を変えると、カドミウムが体内に入ることによって、銅、鉄および亜鉛の正常な代謝が、吸収されたカドミウムの量や状態によって、多少の程度の差は有っても乱れてくる。これらは細胞内で起こる出来事であり、体内では巧妙な緩衝機構がはたらくので、必ずしも生体の病的症状となって表われるとは限らない。

反芻家畜にカドミウムを多量に投与した実験

反芻家畜では自然発生したカドミウム中毒の報告はないので、実験的に、犢、乳牛、山羊に、かなり多量のカドミウムを投与した場合の報告から動物の反応を調べてみよう。

ミラーらは、乳牛に1日3gのカドミウムに相当する塩化カドミウムをゲラチンカプセルに入れて、朝、夕2回に分けて、14日間投与した。この量は総乾物飼料当り、およそ250～300ppmになった。対照の牛には空のカプセルを飲ませた。カドミウムを投与しはじめてすぐに、濃厚飼料の摂取量が減って、3～4日目最低になったが、その後回復して1週間目には、以前の摂取量にもどった。乳量は飼料の摂取量と平行して急速に減少したが、飼料摂取の回復とともに増加してきた。しかし回復は遅れて、カドミウム投与を止めて1週間たってから、

もとの量に戻った。カドミウムを投与した牛の体重は実験期間中に、相当に減少したが、このこと以外には、中毒の症状らしいものはなかった。酸化クロムを指標に使って、一定期間の糞を集め、カドミウムの排泄量を調べると、大部分が糞中に排泄されていた。尿や乳汁に移行してくる分は極めて少ないことがわかった。

ポエルらは8週間の犢を使って、飼料にカドミウムが40, 160, 640, 2560 ppmになるように塩化カドミウムを加えて、給与実験をした。期間は3ヵ月行なったが、2560 ppm 給与群は2—8週間の間に全部が死亡した。640 ppm 給与群4頭のうち1頭が6週間後に死亡した。この群はほとんど、増体していなかった飼料のカドミウムが増量するにつれて、生長速度、飼料の摂取量、飲水量、が次第に遅延または減少した。血液ヘモグロビン量は40, 160 ppm群ではわずかに減少したが640, 2560 ppm群では逆に増加を示した。臨床症状としては、640又は2560 ppm群のものについて、繁殖不能症、被毛の粗剛、脚腿および胸部の被毛の脱落、乾燥した鱗状の皮膚、口腔粘膜の損傷、陰囊の水腫、元気喪失、削瘦、後肢の筋肉の萎縮などが見られた。160 ppm群のうち1頭が腔粘膜の損傷と他の2頭が陰囊の水腫を発症し、40 ppm群の2頭が陰囊の水腫を発症したが、他の症状は見られなかった。精巢の発育を体重に比べて測定した結果、40 ppm群はごくわずかに悪いが、発育程度はカドミウムの投与量に逆比例していて、640 ppm群では非常に少ししか生長していかなかった。640 ppm群のうち1頭をカドミウム投与実験の終了後に、普通の飼料に切り換えたところ、急速に飼料の摂取量、生長、外観などがよくなった。投与実験終了時の体重は66 kgであったが、2ヵ月後に120 kg、7ヵ月後に282 kgになった。この時に精液を採取して検査したが精子は検出されなかった。

ミラーらは、カドミウム放射性同位元素を使って、山羊で、経口と静脈注射の2つの異なる投与方法で与えたカドミウムの吸収、排泄、組織内の分布を調べた。投与後5日以内に経口投与群では90%以上のカドミウムが糞のなかに排泄されたが静脈注射群ではわずかに5.6%だけが糞中に排泄された。投与の方法に関係なくカドミウムは主に糞中に排泄される。

組織及び血液のカドミウム蓄積

カドミウムの放射性同位元素を使って、経口投与の場合、14日後の放射活性の行方を追跡すると、カドミウムは小腸壁、腎、肝に多く蓄積することがわかった。静脈注射では調査したほとんどの組織に、カドミウムが移行していたが、肝、腎、脾にとくに多く蓄積していた。山羊に、普通の飼料に100 ppmのカドミウムに相当する

塩化カドミウムを混ぜて与え、この飼料に慣れてから1回だけ、カドミウムの放射性同位元素を投与して、かなり多量のカドミウムが飼料に混ざっている場合のカドミウムの行方を調べた。カドミウムが多く蓄積する臓器は腎、肝、十二指腸、第4胃であった。放射活性カドミウムはかなり早い速度で糞中に排泄され、14日後の体内残留量は投与した量の0.3~0.4%であり、このうちの約半分が肝、 $\frac{1}{4}$ が腎、残りは消化管とその内容物に検出された。骨、筋肉、血液、被毛、皮膚、結合織の含有量はごくわずかであった。

腎では中心部より皮質部の方がカドミウム含量が高く、屠場から集めた馬の腎皮質からメタロチオネインと呼ばれるカドミウムを5.9%、亜鉛を2.2%含む蛋白質が分離された。この金属蛋白質は普通の人の腎からも分離された。

家畜試の生化学1研究室で、カドミウム汚染地区に指定されている地方に飼養されていた廃用牛の肝、腎、血液のカドミウム含量を測定したが、都内の屠場で採材した肝の平均含量が湿重量当たり0.069 ppmであったのに対し、汚染地区のものは1.220 ppmであり、腎は0.467 ppmに対して6.150 ppmと、かなりの差を示した。これに反して血液のカドミウム含量はほとんど差がなかった。

牛乳中のカドミウム量

工場排水のために、カドミウム汚染地区になっているところの酪農家で、牛に給与している稲わらと、牛乳、尿中のカドミウム量を調べたことがある。農家によって水稲と陸稲のわらがあったが、カドミウム含量は乾物当たり0.40~3.65 ppmの間で、非汚染地区の稲わらが0.105~0.303 ppmであったのに比べて少し高いようだった。これらの農家からの牛乳のカドミウム含量は最高値が0.0036 ppmであり、28例の平均値は東京都の畜産試験場飼育の牛の乳汁と変らなかった。

牛乳のカドミウム含量は低いものであるが、乳牛の飼養されている地区によって若干、含量に差があるようである。モンタナ州のある地区から集めた牛乳のカドミウム含量は12-20 $\mu\text{g}/\text{l}$ で平均が15 $\mu\text{g}/\text{l}$ (0.015 ppm)であったが、他の地区からのものは1-10 $\mu\text{g}/\text{l}$ で平均が6 $\mu\text{g}/\text{l}$ (0.006 ppm)であったという報告がある。ミラーらが乳牛に1日3gのカドミウムを投与した実験でも牛乳中のカドミウム量は1 ppm以下で分析法の信頼限界より少ない量であったと述べている。この当時の分析法に比べて現在の分析法は長足の進歩を遂げているので、感度、精度が非常に高くなっている。

WHO世界保健機構及び日本で飲料水水質基準で定められたカドミウムの許容最高値は0.01 ppmである。こ

れに比較する時、牛乳中のカドミウム量はとくに問題になることはないようであるが、乳幼児に対する影響などはっきりしていないので、この基準以下に留めるよう注意して行かねばならない。

試験管内で牛乳に塩化カドミウムを加えると、カゼインを乳漿蛋白の分画に結合していた。

カドミウムの動物の生理作用に及ぼす影響

反芻家畜と関係があるかどうかははっきりしないが、高血圧の患者の尿中にはカドミウムの排泄が多いこと、ラットに5 ppmのカドミウムを入れた飲水を与えると10ヵ月以上経ってから高血圧症を起こすこと、腎に局所貧血などの傷害を与えておくと短期間で高血圧を起しうることなど血圧についての仕事がある。

また、成熟雄ラットに比較的少量のカドミウム塩を1回だけ注射するだけで選択的に精巣が破壊され、機能が長期間傷害されることについての多数の報告があるが反芻家畜については、はっきりしていない。

ま と め

反芻家畜の給与実験において自然界では考えられないような多量のカドミウムを投与した場合だけに、亜鉛欠

乏症に似た症状が観察された。飼料汚染については、適量でバランスの取れた栄養素を含む飼料を給与すれば、動物は耐用年限が短いために問題が起こる機会は少ないと考えられる。

多量にカドミウムを投与した動物で、カドミウムは、肝、腎、脾、消化管、被毛などに多く蓄積するが、筋肉、骨、乳汁などには少ないことが示された。

アメリカの28の都市で大気中のカドミウムの量を調査したところ検出できないような微量から0.062 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ というような高い濃度の処まであり都会の空気もカドミウム汚染の原因になる。飲料水のカドミウム含量も非常に高いものもある。亜鉛メッキした管や黒色ポリエチレン管の内に一液たまっていた軟水は1リタリ0.15-1.1 μg のカドミウムを含んでいたこともあった。

人の食物のカドミウム含量も色々あって、牡蠣は、例外的に多量を含んでおり、湿重量当り3~4 ppm であると報告された。

これらに比べて畜産物に含有されるカドミウムの量は焼とり用の肝、腎、内臓を除けば、多いものではないが、カドミウムの生体に対する影響がはっきりしていない段階ではカドミウム含量の高い飼料を多量に給与することを避けカドミウム汚染の少ない清浄な畜産物を生産するよう努力することが重要である。そのためには飼料の汚染を防止することは大切である。

イタリアンライグラスの新品種紹介

○ヒタチアオバ

正式名、イタリアンライグラス農林合四号、旧系統名友系五号、茨城県畜産試験場の育成

本品種はオランダ育成の四倍体品種より個体を選抜して、晩秋と早春の収量が高い9系統を選び、それらの種子の混合で合成した品種である。

草型がやや開張で、草丈も高く、葉幅も広い。茎数は中程度で再生力旺盛、持続性の長いのが特徴である。

出穂期は茨城で5月中旬なので晩生型であるが4~5月までの短期利用でも多収が得られる。

オオバヒカリに比べて短期利用で14%、長期利用で17%の増収が期待できる。

栽培地としては、北海道の春まき、東北、関東、中部、裏日本などの採草地、放牧地、水田裏作などに適し、オオバヒカリ、ワセヒカリに代り得る品種である。

○ワセユタカ

正式名、イタリアンライグラス農林合五号、旧系統名山統一号。

山口県農試が「黒石在来」「鳥取在来」「高知在来」の三系統生態種を用い三代集団選抜した系統に交雑した合成種、残根量の少ない裏作に適する。

ワセヒカリと比較して草型が直立型で、稈は太く葉幅も広い。草丈は長い、茎数は少なく出穂期は山口県で4月下旬、早生種の早に属する。生育は初期が旺盛で、秋から早春までの生産量が高い。しかし栄養生長期が短かく、晩春では衰退が早い。

適地。関東以西の平地部、中間地帯(標高500 m以下)、暖地での水田裏作で、青刈り利用に好適する。播種期と刈り遅れないようにすることが肝心である。

○ヤマアオバ

正式名、イタリアンライグラス農林合六号、旧系統名山系六号。同じく山口県農試が、外国系品種「B 2138」「CB」「ゴーカノロードワ」国内「オオバヒカリ」の4品種を母材にして基盤集団を養成し、その中から選抜した合成種。耐病性強く長期利用に適する品種。

オオバヒカリに比べ草型が偏開張型で、稈長、太さ、穂長は同程度。草丈はやや高く。葉幅が広い。出穂期は山口で5月中旬、晩生の中に属する。カンサビ病、ハンテン病に強い、しかし耐雪性は弱い。

関東以西、特に西南暖地平地部で、カンサビ病の多発地帯に適し、秋まきで年内から翌7月中旬までの長期青刈利用で多収が得られる。