

# 高泌乳牛に対するビタミンAの重要性

帯広畜産大学 小野 齊

はじめに

ビタミンは蛋白質、糖質、脂肪などと並んで、動物の生命維持には欠くことのできない物質である。現在、ビタミンは約14種のものが確認されている。これらはホルモンと同様に僅かな量で生命現象の調整に関係しており、このうち一つでも不足すると特有の欠乏症状がおこり、生存、発育、繁殖あるいは日常の活動に重大な障害がおこる。

乳牛のような反芻動物はビタミンB群のように、第一胃がまだ未発達の子牛は別として、第一胃内の微生物によって合成されるもの、あるいはビタミンC、E、Kなどのように、飼料中あるいは消化管内で合成されるものがあり、これらの欠乏症は一般におこりにくいとされている。しかし、ビタミンAは体内で合成されないで、必ず外から補わなければならない。ビタミンAは植物にはほとんど含まれておらず、この前駆物質であるカロチンを牧草や粗飼料からとるのであるが、この含量は変動が非常に大きい。このため、ビタミンA欠乏症はカロチンの絶体量の不足による原発的なものと、またこれが十分であっても消化、吸収、代謝の障害によって、二次的に欠乏を生ずるものが知られている。

従来からともすると、北海道はわが国では代表的な大規模草地酪農地帯として知られ、草資源に恵まれているということから、ビタミンA不足の問題を等閑視する傾向がみられる。しかし、近年、酪農の飼養形態は大きく変化し、また乳牛個体当りの産乳量も一段と向上してきている。自給飼料基盤の充実、土地面積の有効利用あるいは管理の省力化、栄養充足の目的で、放牧地を減らして採草利用に力を入れる酪農家が急増してきている。放牧の時間短縮あるいは全廃、長期貯蔵の粗飼料給与、濃厚飼料給与量の増加、これらはいずれもビタミンA不足との関連から注目しなければならず、ビタミンAに関する問題は今後関心を寄せなければならない課題の一つと考える。

飼料中のカロチン含量

植物中のカロチンにはβカロチン、αカロチン、γカロチンなどがあり、その含量はそれぞれ80%、20%、極微量で、ビタミンAへの転換の割合、生物学的力価はそれぞれ100、53、28といわれ、<sup>1)</sup> βカロチンは他のカロチンに比べ高い活性を持っており、最も重要なビタミンAの供給源である。

カロチンの含量は新鮮な緑色を呈している牧草、特にアルファルファなどに多く、葉部に集中しており、青刈、サイレージあるいは乾草のいづれにおいても葉が脱落すると極端に減少する。<sup>2)</sup> また新鮮な牧草中の蛋白質含量とも比例し、成育過程によって変化することが知られ、この現象は禾本科、荳科でともに観察されている。<sup>3)</sup>

乾草のカロチン含量は生草より著しく少ない。例えばオーチャードグラスの出穂期の生草は215 mg/kgであるのに対し、その乾草は30 mg/kgと激減する。また乾草は調整法や貯蔵中の条件によって著しく異なる。6カ月貯蔵後の乾草のカロチン含量の比較で、圃場乾草で雨にあたらないもののカロチン含量が2.7%であるのに対し、雨にあたったものは0.6%と著明な減少が認められている。これに対し常温通気乾燥のものは7.8%、熱風通気乾燥のものは1.8%と高い値が示されている。<sup>4)</sup> このことは特に北海道のような乾草調製時期に雨の多い気象条件下にある地域では留意しなければならない。

サイレージではグラスサイレージは一般に含量が高く、オーチャードグラス（開花期）のものは150 mg/kgであるが、コーンサイレージ（黄熟期）のものは僅かに16 mg/kgと極端に低い。<sup>2)</sup> しかし、グラスサイレージでも品質（pHや温度）によって大きく差のあることが、最近、実験によって示されている。<sup>5)</sup> レッド・クロバー中のβカロチン含量が、好氣的条件下で酸添加によって、40～50時間という比較的早い時間に、pH 3.7～4.2で最も大きく20%以下に減少することが認められている。また

温度上昇によっても、その減少は大きく、23℃で75.5%のものが、52℃で14.4%に減少することが報告されている。pHの面からは望ましいものほどカロチンの損失が大きく、また二次醱酵による温度上昇による影響も大きいことに注目しなければならない。また醱酵によってコーンサイレージ中に生成するエタノールが、貯蔵中のビタミンAを大量に減少させるという報告もみられる。<sup>6,7,8,9)</sup>しかし、この問題はコーンサイレージ中のエタノール含量は一般に1.5%以下であり、実際的にはおこりにくいとする報告もみられる。<sup>10)</sup>

穀類では黄色トウモロコシは4.8 mg/kgと極端に少なく、濃厚飼料からは一般にカロチン補給は多くを望めない。

カロチンおよびビタミンAは酸化により容易に分解され、また、光、高温、酸敗した脂肪あるいは水にさらすと分解することが知られている。近年、飼料のペレット化、キューブ化が増加しているが、この工程での高圧、高温あるいは蒸気での影響もあることが報告されている。<sup>11)</sup>

現在、わが国では飼料中のビタミン含量については日本標準飼料成分表の数値を用いているが、この数値はわが国での調査成績によるものは極めて少なく、ほとんどが文献値によっており、しかもすでに10年以前のものである。最近、北海道の各地で、各種の民間の酪農指導機関が国の機関と共同あるいは独自で飼料分析事業をとりいれた指導体制の整備に取り組みを開始している。この際、飼料中のカロチン含量の調査もあわせて検討する必要があると考える。

#### カロチンの吸収・利用と生理

$\beta$ カロチンはカロチノイドの一つで、脂質としての性質を持ち、飼料中の $\beta$ カロチンは体内に入り小腸で他の脂質と同様に上皮細胞にとり入れられ、その一部は一連の酵素系によってビタミンAに転換される。<sup>12)</sup>転換されなかった $\beta$ カロチンは他の脂質のトリグセライド、レンチン、コレステロールなどとともカイロミクロンを形成して、リンパ管に放出される。循環血液中ではコレステロールと同様に、主にリポ蛋白質中のLDL、HDLの分画に入っていることが知られている。<sup>13)</sup>しかし、

循環血液中に入った $\beta$ カロチンの生理作用や代謝については、まだほとんど明らかにされていない。カロチノイドの小腸における吸収は動物種により大きく異なり、ヒツジ、ブタ、ウサギなどではカロチノイドはほとんど循環血液中には含まれていない。ニワトリではキサントフィルのような水酸基を持つカロチノイドを選択的に吸収する。これに対して牛では炭化水素系のカロチノイドをよく吸収するため、血液や組織中のカロチン含量が高いことが考えられている。<sup>14)</sup>血液中の $\beta$ カロチン含量は総コレステロール含量と有意な相関関係があることが報告されており、<sup>15)</sup>著者らの十勝地方における乳牛の調査でも同様な結果を得ている。<sup>16,17)</sup>

カロチンからビタミンAへの転換は飼料の種類、牛の品種や年齢によって異なる。

コーンサイレージのカロチンよりもアルファルファ乾草のカロチンがビタミンAに転換されやすいという報告がある。<sup>18)</sup>この実験は去勢牛で行なわれ、血漿中のビタミンA含量は両者間に差はみられなかったが、血漿カロチン含量はコーンサイレージ給与の方が多く、一方、肝臓のビタミンA含量はアルファルファ乾草給与の方が多かったと述べられている。これはアルファルファ乾草中のカロチンがコーンサイレージのカロチンよりもビタミンAに転換されやすいことを示すものであるとしている。

牛の品種については、ホルスタイン種とジャージ種ではジャージ種の方が転換力が弱く、このため乳汁にカロチン含量が多く、黄色が強く、体脂肪にもその影響が現われているという。<sup>19)</sup>年齢については、年齢、月齢の若い牛はビタミンAの欠乏症が早くおこることが実験によって示されているが、これは肝臓の貯蔵量が少ないことが関係すると考えられている。<sup>20)</sup>

飼料中のカロチン含量の変化は乳牛の血液および乳汁中のカロチン、ビタミンAの含量にも明らかに影響が現われてくる。放牧期の乳汁中の脂肪は舎飼期のものに比べ、カロチンで約60%、ビタミンAで約50%多いことが示めされている。<sup>19)</sup>わが国における調査でも、乳脂肪中の総ビタミンAに占めるカロチンの割合は春、夏、秋、冬の各季に、それぞれ13.2%、20.0%、21.7%、11.6%あったと報

告されている<sup>21)</sup>。また北海道の乳牛について放牧期と舎飼期の違いが上月<sup>22)</sup>によって報告されている。放牧期9月には血液中のカロチンおよびビタミンAが、それぞれ $538\gamma/100ml$ 、 $139IU/100ml$ のものが、舎飼中期2月には $218\gamma/100ml$ (40%)、 $74IU/100ml$ (54%)と減少がみられ、牛乳においても9月にはカロチンおよびビタミンAが、それぞれ $48\gamma/100ml$ 、 $166IU/100ml$ のものが舎飼末期5月には $8\gamma/100ml$ (18%)、 $71IU/100ml$ (42%)と同様に減少が認められている。最近、著者<sup>23)</sup>らが行なった大学附属農場の未經産牛を用いての調査では、血中ビタミンA含量は放牧期、舎飼期では大きな差はみられなかったが、血中カロチン含量では舎飼期は放牧期の40%以下に減少することを認めている。

注目される報告として、ビタミンA不足の飼料を給与している乳牛の肝臓貯蔵のビタミンAは、月平均34.8%ずつ消耗されたという報告がある<sup>24,25)</sup>。このことは放牧期に十分にビタミンAを肝臓に貯えたとしても、ビタミンA不足の飼料を給与した場合には約3カ月たらずで貯えは無くなることを意味し、舎飼期中期以降のビタミンAあるいはカロチン補給の必要性を物語るものといえる。

分娩前後には生理的に血中ビタミンAが低下することが知られており、この時期のビタミンAの補給の必要性が強調されている。Sutton<sup>26)</sup>らの報告によると、冬期貯蔵飼料給与下における分娩3週間前から分娩時にかけての血液中ビタミンAの減少は、平均52%(36~87%)であったと述べている。またWise & Atheson<sup>27)</sup>は分娩12週間前より125万単位のビタミンAを投与しても分娩時のビタミンAの低下を防ぐことができなかったと述べている。著者<sup>16)</sup>らの最近行なった試験においても、分娩前約10日前より分娩時にかけて血中ビタミンAは急速に低下し、約30~40%の減少がみられ、分娩後20~50日間は急速に、その後は緩やかに上昇することを認めている。

また疾病やストレスによってビタミンAが大量に消費されることが知られている。吉田<sup>28)</sup>はいくつかの実験を行ない、ストレス時、一過性に血中ビタミンAの上昇がみられることから、肝臓貯蔵のビタミンAが極めて短時間内に血中に放出される

が、相当の強さの感作が生体に加わった場合でもビタミンAの復元は早いことを認めている。しかし、感作が長期にわたると血中ビタミンAが減少することから、一般に血中ビタミンAの低下は、ある程度のビタミンA欠乏状態が進むまでおこらないと考えられると述べている。また高井<sup>29)</sup>は血中ビタミンAの低下現象は一種の生体の適応反応で、主にエステル型として貯蔵されているものをアルコール型に変化放出し、血中濃度を維持する。ストレス時にはカロチンの腸からの吸収能力も障害をうけ、長い感作によってカロチンからの転換も弱まり、ますます体内のビタミンAを消耗させる結果となると推論している。Kogan<sup>30)</sup>およびDeadrick<sup>31)</sup>は薬物による無菌化膿巣および角質増多症作出時の血中、肝臓中のビタミンAやカロチンの消長も明らかに系統的ストレスによることを認めている。

乳房炎は乳牛の疾病の中でも繁殖障害と並び、多発する問題の疾病である。乳房炎と血中ビタミンAに関して、最近、Chew<sup>32)</sup>はCMT反応の陽性度の高いものほど血中ビタミンAおよび $\beta$ カロチンが低いことを報告している。同様な調査が釧路地区において瀬田<sup>33)</sup>によつてなされている。乳房炎罹患牛は同一飼養条件下にある正常な対照牛と比較して、血中ビタミンAおよび $\beta$ カロチンが20~40%低値を示し、PLテスト陽性度が高くなるにつれ低値を示すことが認められている。著者<sup>16)</sup>も道南地区の乳房炎多発農家における乳房炎牛と正常な対照牛の血中ビタミンAと $\beta$ カロチンについて測定を行なったが、血中ビタミンAは対照牛はほとんどのものが $100\sim 150IU/dl$ を示していたのに対し、乳房炎牛は全例 $100IU/dl$ を下廻り、 $30IU/dl$ を示すものもあり、明らかに低いことを認めている。

この他、摂取したカロチンの吸収とビタミンAへの転換に影響をおよぼす要因として次のようなものがあげられている。

飼料中にヨードが欠乏した場合、甲状腺の活性との関連からチロキシンの生産が減少し、カロチン転換が阻害されることが知られている。また飼料中のリンがカロチンをビタミンAに転換する上で重要な役割を果すという報告もみられる<sup>35)</sup>。さら

に低リンの場合、高カルシウム、低カロチンの飼料給与で、肝臓からのビタミンAの流出が減少し、ビタミンA欠乏症が発生することが報告されている。<sup>36)</sup>飼料中あるいは飲水中の硝酸塩や亜硝酸塩もカロチン転換に大きな影響を与えることが知られており、硝酸塩中毒を発生させる濃度より低い場合でも転換阻害や代謝阻害がおけるとされている。これに関する報告は乳牛、<sup>37)</sup>肉牛、<sup>38)</sup>めん羊<sup>39)</sup>などにおいて数多くみられる。

カロチンはビタミンAよりも吸収はよくなく、ARCではビタミンAアルコール $1\mu g$ に相当する飼料中の $\beta$ カロチン量として、反芻獣では $5\mu g$ という数値を推奨している。<sup>40)</sup>

小腸で吸収されたビタミンAの大部分が肝臓に貯えられることは古くから知られていたが、肝臓のどの部分に、どの細胞に貯えられているかが実証されたのは最近で、約10年前である。電子顕微鏡を用いた観察によってビタミンAを特異的に貯える細胞が突き止められ、現在、ビタミンA貯蔵細胞と呼ばれている。この細胞は肝臓のほか肺臓、消化管、リンパ節、脾臓、子宮などにも広く分布し、その最大の特徴はビタミンAの量に応じて数が増える脂質滴をもっていることがあげられている。<sup>41)</sup>しかし、ビタミンAの代謝のメカニズム、欠乏症や過剰症がなぜおこるのかは、依然明らかにされていない。近年、ビタミンAの代謝について蛋白質栄養との関係からの研究が数多くなされ、ビタミンA結合蛋白 (retinol binding protein; RBP) が発見され、めざましい進展がみられている。<sup>42,43,44)</sup>

関心をもたれる報告として、ビタミンA欠乏症に関して蛋白質栄養を重視するものがある。<sup>45)</sup>開発途上国におけるヒトのビタミンA欠乏症が今なお絶滅できないのは、単純なビタミンA欠乏症ではなく、低蛋白質栄養を伴っていることに原因があると、開発途上国は主としてビタミンAはカロチノイドに60~100%と大きく依存しており、その吸収の面に問題があり、食物中の蛋白質はもちろん、脂肪の含有量がより重要であると述べている。また肝臓のビタミンA貯蔵が十分であれば、食物蛋白質の補充のみで血中ビタミンAの上昇がみられたという報告もみられる。<sup>46)</sup>これは肝臓からのビ

タミンAの血中放出に、その結合蛋白であるRBPが特異的な役割をもつことを考慮すれば説明が可能となる。一方、肝臓貯蔵のビタミンAが境界域にある症例では、急激な蛋白質の補給がむしろビタミンA欠乏症状を顕在化するといわれ、治療対策の上で注意を要するとも述べられている。またこれはおそらく蛋白質摂取に伴う体内ビタミンAの要求量が増加することが一因であろうとする報告もみられる。<sup>47)</sup>

#### 乳牛のビタミンA欠乏症

ビタミンA欠乏の症状は大別すると二つに別けられる。一つは夜盲症に関係した眼の変化で、もう一つは粘膜上皮の角化によって粘膜上皮の保護作用が低下することである。

Zintzen<sup>48)</sup>はビタミンA欠乏の症状を次のようにまとめている。

- 1) 視覚の正常な維持ができなくなるという症状
- 2) 上皮組織の膜の変化や、あるいはそれらの機能が阻害され、それによって呼吸器系や消化器系の上皮粘膜の感染に対する抵抗性が低下したり、あるいは子宮内膜や内分泌腺、外分泌腺の機能低下などの症状
- 3) 骨形成異常や運動失調などの骨成長過程の変調という症状
- 4) 飼料の利用性の低下により、蛋白質の蓄積量の減少、成長低下、体重減少といった症状である。

子牛や若齢牛はビタミンA欠乏にかかりやすい。子牛はDomanskiら<sup>49)</sup>の実験的な研究によるとカロチンをビタミンAに転換できるようになるのは生後14日以上であると述べている。また6週齢まで転換できないともいわれている。<sup>48)</sup>この間、子牛は全面的に外からのビタミンAの供給に依存することになる。このためビタミンA欠乏になりやすく、特に分娩後間もない子牛は細菌感染に対する抵抗力が著しく低く、鼻咽腔や呼吸器、消化器の粘膜の弱化によって感染をおこしやすい。また成牛に比べ若齢牛はビタミンAの体内での貯蔵量が少なく、成牛より早くビタミンA欠乏を起すことが知られている。Riggs<sup>50)</sup>の実験によると3~5カ月齢

の子牛は56~79日, 9~8カ月齢の子牛では平均137日, 1歳牛では平均178日であったと述べている。

また成牛がビタミンA欠乏時には抗体の形成が低下し, その結果, 初乳中のガンマーグロブリン含量が減少し, 子牛への抗体の移行が不十分となる。同時に初乳中のビタミンA含量についても, 母牛がビタミンA欠乏状態の場合, 分娩後3時間の初乳には乳脂肪1g当り133IU, 3日後には59IUであるのに対し, ビタミンAの豊富な状態の場合は, それぞれ535IU, 155IUと高いことが知られている。Branstetterらは母牛の肝臓中のビタミンA含量が平均 $272\mu\text{g/g}$ あり, ビタミンAおよび $\beta$ カロチンの摂取量も十分であったが, 出生時の子牛の肝臓中のビタミンA含量は平均 $7.3\mu\text{g/g}$ であったと報告している。また共同研究者の石田<sup>17)</sup>は胎児肝臓1g当りのビタミンA含量は臍帯血液1ml当りの約29倍あることを認め, 胎児の肝臓にビタミンAが貯蔵されることが考えられるとしている。しかし妊娠後期, 体長70cm以上の胎児の肝臓中のビタミンA含量は $6.09\pm 2.42\mu\text{g/g}$ であり, 母体肝臓中のビタミンA含量の4%にすぎないとしている。

成牛では子牛に比べ, 盲目症, 浮腫あるいは神経症などの典型的なビタミンA欠乏症は現われにくく, 低ビタミンA血症の場合の繁殖能力の低下が一般に重視されている。Ronning<sup>52)</sup>は妊娠期間中のカロチン摂取量と繁殖成績について, 数多くの症例を統計的にまとめ, 次のように述べている。妊娠初期の胎児の早, 流産の発生, 死産あるいは分娩子牛の眼障害, 虚弱で死亡するものが多く, 発育も遅延することがあげられている。またこの他に子牛の脳水腫の発生も報告している。Jaskowski<sup>53)</sup>らは6カ月半, カロチン欠乏飼料を給与し, 発情周期が2カ月目から不規則となり, 発情持続, 卵巣機能障害がその数週間後に観察され, 試験終末には不受胎となり, また正常飼料にもどしたら少数のものが受胎したと述べている。この間, 全牛とも試験4カ月目に乳房の腫大を認めている。

最近, 西ドイツのLotthammer<sup>54)</sup>は乳牛の繁殖に対する $\beta$ カロチンの役割を調べる目的で一連の

実験を行ない,  $\beta$ カロチンはビタミンAの前駆物質としての役割だけでなく, 牛に対して $\beta$ カロチン自体が直接に繁殖生理に関係をもち, ビタミンAでは得られぬ特別の効果があることを報告した。それによると $\beta$ カロチン不足は微弱発情, 無発情, 排卵遅延および卵巣嚢腫が多発し, 妊娠初期の早期流産の増加, 乾乳期での不足で子牛の下痢が多発することが指摘されている。

またカナダにおける野外試験においても,  $\beta$ カロチン投与により繁殖成績が向上したことが報告されている。<sup>55)</sup>

これに対してイスラエルのFolman<sup>56)</sup>は実験的に低カロチン飼料を給与した乳牛の繁殖成績は $\beta$ カロチン投与の有無により影響されなかったことを報告している。田島<sup>16)</sup>も十勝地区においてコーンサイレージを主体とした冬期貯蔵飼料給与下にある妊娠末期の未經産牛を用い, 分娩予定日の10日前からビタミンAと $\beta$ カロチンを組合せて投与した場合とビタミンAを単独で投与した場合の分娩後の繁殖成績への影響および血中ビタミンA,  $\beta$ カロチンの経時的变化を検討した。その結果, 繁殖成績は分娩から初回発情までの回数, 受胎当り授精回数, 空胎日数, 初回授精受胎率および最終受胎率について検討したが, いずれも試験群間に有意差は認められずLotthammerらの成績と異なる結果を得た。しかし, 試験開始時点のビタミンAおよび $\beta$ カロチン含量の高低による相異によることが考えられ, この問題は今後さらに検討が必要であるとする。

#### 乳牛のビタミンA要求量

ビタミンAは乳牛にとって非常に重要なビタミンであり, ビタミンDとともに, 米国や英国の公認の飼養標準(NRC, ARC)にも要求量が詳細に記載されており, 日本飼養標準もビタミンについてはNRCに準拠して作られている。

NRC(1978)によれば体重650kgの泌乳牛の維持に要するビタミンAは日量50,000IU, 体重750kgのものは57,000IUとしている。現在用いられている日本飼養標準(1974)は改定前のNRC(1971)をもとに作られているため, 体重650kgのものは28,000IU, 体重750kgのものは32,000

IUと低い値が示されている。これに対し、ARCは、乳牛、肥育牛および若牛について、それぞれ50,000～150,000、40,000～70,000および30,000～50,000と一般に高い数値を示している。

要求量という言葉は曖昧で混乱をおこしやすいが、これは最小許容量を示すものと解すべきである。要求量に影響を与える因子は非常に多様であり、これを決定する方法にも様々なものがあり、また生体での利用性には内的、外的因子が複雑に相互に関係している。さらに年齢、性、生産水準あるいは維持、成長、泌乳、繁殖、環境などの影響もあげられる。このため実際には乳牛の飼養においては安全率を見込む必要がある。

NRCの解説によると、ビタミンAの要求量は安全率を見込んで産乳のためには維持要求量の150%、妊娠後期には維持量の180%、また肥育牛には2倍量を給与すると良いとしている。

泌乳牛に対しては特に乳汁中へのビタミンAの流出の大きいことに注目しなければならない。従来からわが国の市乳のビタミンA含量は津郷の報告<sup>57)</sup>から100ml中100IUとされてきている。最近改訂された日本食品成分表四訂(1982)では生乳について、レチノール30 $\mu$ g/100g、カロチン12 $\mu$ g/100g、ビタミンA効力120IU/100gと記載されている。

中西<sup>58)</sup>によると昭和28年、東北地方の市乳中のビタミンA含量は市乳100ml中、3月が最高で86IU、2月は最低で18IUであったと述べている。この値は当時のアメリカ市乳<sup>59)</sup>の100ml中180IU比較して著しく少ないことを指摘している。北海道での測定結果については上月<sup>22)</sup>の報告があり、放牧期(9月)100ml中166IU、舎飼末期(5月)71IUという値が示されている。いずれも飼料中のカロチン含量の少ない冬季においては夏季に比較して著しく低い。

大原<sup>60)</sup>はいくつかの文献をもとに、牛乳に含まれるビタミン含量を一括表示している。ビタミンAについて牛乳1g当りの含量(IU)は分娩後1週・11.60、2週・7.76、3週・4.30、4週・3.26、5週・2.14および泌乳中期・0.69と記載している。

この数値をもとに計算をすると、体重650kg、分娩後1週、日乳量25kgの乳牛は1日約30,000

IUのビタミンを乳汁中に流出することになり、維持必要量の50,000IUを加え、1日約350,000IUが最低必要となる。また泌乳中期のものは約67,000IUとなる。

またHansen<sup>61)</sup>はNRC標準から、体重1,400ポンド(636kg)の妊娠牛には1日48,370IU(121mgカロチン相当)が必要とされ、これは1日1～3ポンドの早刈牧草、3～8ポンドのサイレージまたは1ポンド以下のアルファルファ乾草の給与で十分であるとしている。しかし通常の牛乳(脂肪4%、ビタミンA1,500IU/ℓ)を生産しようとする場合には20～25倍のカロチンまたはビタミンAを必要とすると述べている。

近年、ビタミンAの投与方法に関して、肝臓内にビタミンAを十分に貯蔵させ、それを維持して行くことの利点を多くの実験から証明し、1回大量投与の方法が注目されている。<sup>62)</sup>

この利点は肝臓のビタミンが長期間血中濃度を維持して、日々の要求量を満すことができ、また感染などによりビタミンAの要求量が増加した時、直ちに有効に働く、さらに妊娠後期の投与によって貯蔵されたビタミンAはガンマーグロブリンとともに母体から胎児への移行、初乳への移行の面でも著しく効果があると考えられている。

ビタミンAは過剰に給与しても牛では安全性は高いとされている。NRC要求量の120倍を給与しても悪影響はみられず、457倍で初めて中毒状態が認められたという報告がある。また肥育牛に日量168,000IUのビタミンAを280日間与えた例<sup>63)</sup>や、日量2,500,000IUを168日間与えた例でも悪影響はみられなかったという報告もある。<sup>63)</sup>しかし、子牛に連日大量投与すると(正常の約100倍)、成長率の低下、運動器障害、脳脊髄液圧の低下をもたらすという報告もみられる。<sup>5)</sup>

これらのことから成牛では1回の給与量は1,500万IU程度までは安全量と考えられ、4,000万IU以上の給与は避けるべきであると考えられる。

#### 乳牛の疾病発生状況に注目

北海道における乳牛(生後6カ月以上の雌牛)の死亡・廃用状況を家畜共済頭数被害率でみると、<sup>64)</sup>昭和47年以降、多少の変動はあるが増加の

傾向がみられ、52年以降はその割合を増し、56年には40%に達し、47年の22%に対しほぼ倍増している。これを家畜共済掛金に対する国庫負担金でみると、56年には遂に50億円を越え、農家に対する支払い共済金も死亡・廃用事故で47年5億円に対し56年45億円、また病傷事故では8億円に対し44億円と著明な増加がみられる。

疾病の内訳を草地酪農地帯の十勝、根釧、北見の三地区でみてみると、いずれの地区も繁殖障害と乳房炎によって死亡・廃用の約50%、病傷事故の約70%が占められている。

十勝地区N村の疾病発生の年次推移と経産牛1頭当りの産乳量の年次推移とを対比してみると、4,000 kg台で乳量が小幅な伸びを示した47年から51年にかけては疾病発生は抑えられていたが、52年以降5,000 kgを越え6,000 kg台に近づくにつれ、一斉に疾病発生が増加している。この様な現象はN村にかぎらず北海道草地酪農地帯全域においてみられる。

N村の酪農家ごとの経営技術診断報告によると、酪農家ごとの年間産乳量は購入飼料費との間には正の相関関係がみられるが、疾病発生率との間には一定の関係がみられず、また疾病発生率は購入飼料費の多い酪農家では少ない傾向にあることが指摘されている。このことは高産乳量の乳牛飼養頭数は急速に増加してきているが、給与粗飼料の量および質あるいは飼料給与技術の面で問題のある酪農家が多いことを物語るものといえよう。

Sommer<sup>(65)</sup>は西ドイツにおいて1950年から1973年の間に、乳牛1頭当りの産乳量が3,785 kgから4,600 kgに増加したが、この20%の生産増加もこの間に不妊症が167%、乳房炎が217%と著しく増加し、乳牛の疾病発生増加による損失によって相殺されたと述べている。疾病のほとんどは分娩前後に発生し、代謝異常によるものであり、分娩前後の飼料給与、栄養充足の問題と密接な関連があり、エネルギー代謝の面から第一胃機能と肝臓機能の問題を重視すべきであるとしている。

遺憾ながら北海道草地酪農地帯においても、乳牛の健康の面から眺めた場合、同様な現象が、現在、高泌乳牛の一部ですでおこっているといわざるを得ない。今後の酪農は、なにをさておいて

も経営の安定をはからなければならない。そのためには乳牛1頭当りの産乳量の増加をはかるとともに、乳牛の疾病による事故率を極力抑えなければならない。高泌乳牛に対してはまづ第一に、第一胃機能と肝臓機能の異常に注目すべきであり、これらと密接な関係をもつビタミンAの問題にも関心を寄せなければならないと考える。

文 献

- 1) ZECHMEISTER, L.(1949); Vitams. Horm. 7, 57.
- 2) NRC. (1978); National Academy of sciences.
- 3) WAITE & SASTRY. [WATSON, S.J.(1951); Grassland and Grassland Products ]
- 4) SWANSON, E. W. & HISTON, S. A.(1951); J. Dairy Sci. 34, 419.
- 5) PAVEL KALAC & VLADIMIR KYZLINK. (1979); Animal Feed Science & Technology. 4, 81.
- 6) MILLER, R. W. et al (1969); J. Dairy Sci. 52, 1998.
- 7) JORDAN, H. A. et al. (1963); J. Animal Sci. 22, 738.
- 8) ZIMMERMAN, J. E. et al.(1963); J. Animal Sci. 22, 1133.
- 9) SMITH, G. S. et al.(1961); J. Animal Sci. 20, 952.
- 10) FENNER, H.(1968); Pers. com.( J. Dairy Sci. 52, 1998, 1969 より引用)
- 11) SHIELDS, Jr. R. G. et al. (1982); Feedstuff. Nove. 15.
- 12) LORING, B. J. et al.(1976); J. Lipid Research. 17, 343.
- 13) 川崎近太郎(1955); ビタミン. 9, 235.
- 14) 橋本正之ら(1981); 日本ロシユ技術本部管理部 (未発表).
- 15) LOTHAMMER, K. H. & AHLWEDE, L. (1977); Dtsch. Tierärztl. Wschr. 84, 220.
- 16) 田島淳史(1982); 帯広畜産大学修士論文.
- 17) 石田聡一(1982); 帯広畜産大学修士論文.
- 18) MILLER, R. W. et al.(1967); J. Dairy Sci. 50, 997.
- 19) KRUKOVSKY, V. N. et al. (1950); J. Dairy Sci. 33, 791.
- 20) RIGGS, J. K. et al.(1940); J. Nutrition. 20, 491.
- 21) 佐々木林治郎ら(1955); 農化. 29, 234.
- 22) 上月操一ら(1952); 北海道農試彙報. 63, 132.
- 23) 大谷雅之.(1982); 帯広畜産大学家畜生産学卒業論文.
- 24) HAYES, B. W. et al.(1966); J. Animal Sci. 25, 901.
- 25) SWANSON, G. G. et al.(1968); J. Animal Sci. 27, 541.
- 26) SUTTON, T. S. et al.(1945); J. Dairy Sci. 28, 933.
- 27) WISSE, G. H. & ATHESON, F. W. (1947); J. Dairy Sci. 30, 279.
- 28) 吉田信行(1957); 日獣会誌. 10, 12.
- 29) 高井俊夫(1956); ビタミン. 10, 399.
- 30) KAGAN, D. M. & KAISER, E. (1956); J. Nutr. 57, 287.
- 31) DEADRICK, R. E. et al.(1955); J. Nutr. 57, 287.
- 32) CHEW, B. P. et al.(1982); J. Dairy Sci. 65, 211.
- 33) 瀬田俊志(1982); 北海道臨床獣医学会発表.
- 34) SMITH, A. M. et al.(1966); J. Dairy Sci. 49, 1.
- 35) JONES, J. R. et al.(1966); J. Dairy Sci. 49, 491.
- 36) GEURIN, H. B.(1981); J. Animal Sci. 53, 758.
- 37) GARNER, G. B.(1958); Mo. Agr. Exp. Sta. Bul. 708.
- 38) JORDAN, H. A.(1963); J. Animal Sci. 22, 738.
- 39) GOODRICH, R. D. et al.(1964); J. Animal Sci. 23, 100.
- 40) MCDONALD, P. et al. [神立誠(監修)(1981) 家畜栄養学. 国立出版]
- 41) HIROSAWA, K. & YAMADA, E.(1973); J. Elect. Microsc. 22, 337.
- 42) OLSON, J. A.(1969); Fed. Proc. 28, 1670.
- 43) ROELS, O. A.(1970); J. Amer. Med. Ass. 214, 1097.
- 44) WASSERMAN, R. H. & CORRADINO, R. A.(1971); Ann. Rev. Biochem. 40, 501.
- 45) ROELS, O. A.(1970); J. Amer. Med. Ass. 214, 1097.
- 46) ARROYAVE, G. et al.(1963); J. Pediat. 62, 920.
- 47) 武藤泰敏(1973); 代謝. 10, 884.
- 48) ZINTZEN, H.(1975); ロシユ飼料セミナー講演集. 6, 58.
- 49) DOMANSKI, E. et al.(1957); Vet. Bull. 27, 136.
- 50) RIGGS, J. K. et al.(1940); Nutrition. 20, 491.
- 51) BRANSTETEER, R. F. et al.(1973); J. Vit. Nutr. Res. 43, 142.
- 52) RONNING, M. & KNOT, C. B.(1952); J. Dairy Sci. 35, 283.
- 53) JASKOWSKI, L. et al. (1957); Vet. Bull. 27, 136.
- 54) LOTHAMMER, K. H.(1969); Feedstuffs. 51, 36.
- 55) Roche Canada Quarterly Technical Report. (1979); Dec, 31.
- 56) FOLMAN, Y. et al.(1979); Br. J. Nutr. 41, 353.
- 57) 津郷友吉(1949); 畜産の研究. 3, 9.
- 58) 中西武雄(1956); 畜産の研究. 10, 1343.
- 59) HOZM.(1954); U. S. Dept. Agr. B. D. I. M. Inf. 25.
- 60) 大原久友(1977); 酪総研資料. 7号. 40.
- 61) HANSEN, P.(1980); Feedstuffs. 52, 50, 18.
- 62) ファンベルス, G. W.(1980); ファンベルス講演集.
- 63) 松下維浄(1980); 農業技術大系. 畜産3, 366.
- 64) 家畜共済事業統計表(昭和56年度); 北農共連.
- 65) SOMMER, H.(1975); Veterinary Medical Review. Bayer. 1, 42.