

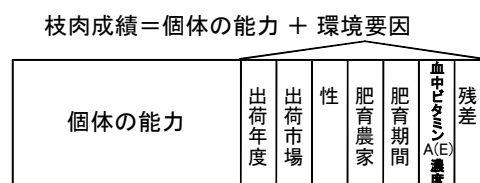
11. 大分県における黒毛和種肥育牛のビタミンAおよびE濃度が 枝肉形質に与える影響

大分家畜保健衛生所

○病鑑 安達恭子 伊藤雅之

【はじめに】

これまで、黒毛和種肥育牛において脂肪交雑を向上させるために血中ビタミンA濃度をコントロールする飼養方法が広く普及・実践されてきた。それに伴い、血中ビタミンA濃度の検査依頼が増加し、現在では年間約2500頭の検査を行っている。血中ビタミンA濃度は、80IU/dl(保健量)^{※1}を下回ると肝臓に蓄積されているビタミンAが放出され、30IU/dl(最小必要量)^{※1}を下回ると欠乏症を招くおそれがある^{※2}。その中で、血中ビタミンA濃度を低く保つ



図－1 枝肉形質に影響を与える環境効果

ように意識するあまり、最小必要量を下回る個体が肥育中期から後期にかけて多く認められている。また、肥育牛の血中ビタミンE濃度は血中ビタミンA濃度と同時に測定しており、総コレステロールと有意な正の相関関係があるため^{※3,4}採食量の指標として活用されている。そこで、枝肉成績向上を目指しつつ、欠乏症を予防する最適な血中ビタミンA濃度を求めることを目的に、これまでのビタミン測定結果と枝肉成績を用いて、血中ビタミンAまたはE濃度が枝肉形質に与える影響について分析を行った。

枝肉形質は量的形質であり、その発現には個体の能力とともに環境の影響を受けることから、血中ビタミン値を環境効果のひとつとして取り上げ、種牛評価に広く用いられているMTDFREML法を用いて分析した。これにより、母数効果のひとつとして血中ビタミン値が枝肉成績に及ぼす影響を推定値として求めることができる。

【材料及び方法】

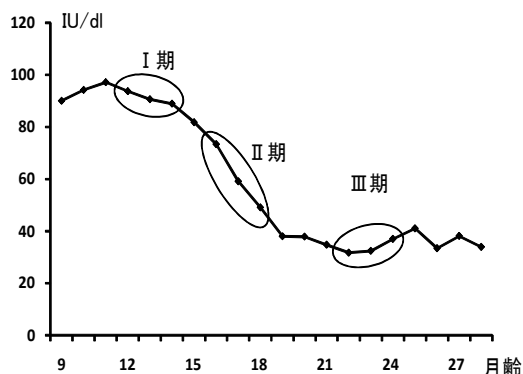
分析には、2006年から2011年までの間に当家畜保健衛生所でビタミンAおよびEを測定した肥育牛延べ6150頭のうち、血統および枝肉成績が得られ、下記の3期に該当した1647検体を用いた。なお、ビタミンAおよびEの測定は高速液体クロマトグラフィーにて行った。

分析は、肥育期間中における大分県黒毛和種肥育牛の平均ビタミンA濃度の推移から、図-2のとおり、高く推移している12～14カ月齢(以下、Ⅰ期)、徐々に低下している16～18カ月齢(以下、Ⅱ期)、低く推移している22～24カ月齢(以下、Ⅲ期)について行った。

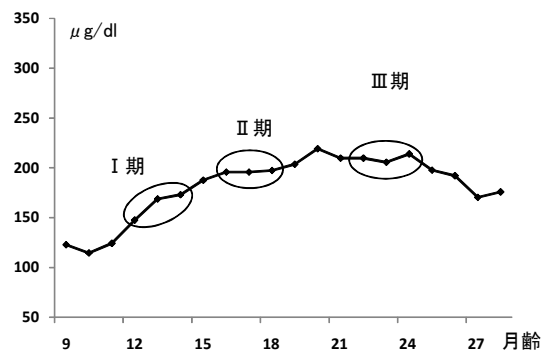
この時期のビタミンE濃度は、図-3のとおりⅠ期は順調に上昇、Ⅱ、Ⅲ期は横ばい

に推移していた。

分析対象形質は、枝肉重量、ロース芯面積、バラ厚、BMS No.、皮下脂肪厚、肥育全期間における日増体量（DG）の6形質とした。



図一 大分県平均ビタミンA濃度の推移と分析時期



図二 大分県平均ビタミンE濃度の推移と分析時期

分析に用いたデータの抽出条件は、以下の4つとした。

- 1) 分析に必要な要因および分析対象形質に欠測値のない肥育牛
- 2) 出荷年度あたりの出荷頭数が10頭以上の年に出荷された肥育牛
- 3) 分析対象形質について度数分布表を作成し、枝肉成績が分布領域から著しく外れる個体は除外
- 4) 各時期に同一個体のデータが複数ある場合は、分析時期の中心月齢に近い月齢の値を採用

また、表-1の基本統計量のとおり、I期、II期、III期の3群に枝肉形質の平均値および標準偏差には差が無く分析可能であることを確認した。(表-1)

表一 基本統計量

| VA n | 枝肉 重量 (kg) | ロース 芯面積 (cm ²) | バラ厚 (mm) | BMS No. | 皮下 脂肪厚 (mm) | DG (g) | VA IU/dl | VE n | 枝肉 重量 (kg) | ロース 芯面積 (cm ²) | バラ厚 (mm) | BMS No. | 皮下 脂肪厚 (mm) | DG (g) | VE μg/dl | |
|-------------|------------------|----------------------------------|-------------|------------|-------------------|-----------|-------------|-------------|------------------|----------------------------------|-------------|------------|-------------------|-----------|-------------|-------|
| I期 588 | ave | 474.4 | 52.3 | 74.3 | 5.4 | 31.2 | 818.1 | I期 614 | ave | 475.2 | 52.4 | 74.6 | 5.4 | 31.5 | 809.1 | 171.0 |
| | SD | 48.1 | 7.5 | 8.1 | 1.9 | 9.4 | 135.2 | | 29.9 | SD | 45.1 | 7.5 | 7.8 | 1.9 | 9.5 | 136.6 |
| II期 604 | ave | 469.1 | 52.0 | 73.9 | 5.4 | 30.8 | 807.4 | II期 627 | ave | 470.3 | 52.2 | 74.0 | 5.4 | 30.7 | 809.2 | 195.7 |
| | SD | 47.2 | 7.7 | 7.8 | 1.9 | 9.0 | 130.0 | | 32.5 | SD | 48.1 | 7.7 | 7.9 | 1.9 | 9.1 | 131.0 |
| III期 344 | ave | 462.1 | 53.6 | 74.0 | 5.8 | 30.2 | 806.8 | III期 406 | ave | 463.8 | 53.5 | 74.0 | 5.7 | 30.3 | 806.6 | 208.3 |
| | SD | 47.7 | 8.1 | 7.8 | 2.1 | 9.5 | 118.3 | | 20.5 | SD | 50.6 | 7.9 | 8.0 | 2.0 | 9.8 | 124.4 |

【分析方法】

分析は、MTDFREML法で行った。その際の母数効果として、枝肉市場出荷年度、枝肉市場、性、肥育期間、ビタミンAまたはEを取り上げ、分子血縁計数を算出するために血統を肥育牛から2代祖までさかのぼった。この場合の数学モデルは以下のとおりである。

$$Y_{ijk} = N_i + M_j + S_k + a_1(X_{ijk} - \bar{X}_{ijk}) + a_2(X_{ijk} - \bar{X}_{ijk})^2 + b_1(V_{ijk} - \bar{V}_{ijk}) + b_2(V_{ijk} - \bar{V}_{ijk})^2 + u_{ijk} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} : 肥育牛の能力記録、 N_i : i 番目の出荷年度の効果、 M_j : j 番目の出荷市場の効果、 S_k : k 番目の性の効果、 a_1 : 肥育期間への1次偏回帰係数、 a_2 : 肥育期間への2次偏回帰係数、 X_{ijk} : 肥育期間の記録、 \bar{X}_{ijk} : 肥育期間の算術平均値、 b_1 : 血中ビタミンAまたはE濃度への1次偏回帰係数、 b_2 : 血中ビタミンAまたはE濃度への2次偏回帰係数、 V_{ijk} : 血中ビタミンAまたはE濃度の記録、 \bar{V}_{ijk} : 血中ビタミンAまたはE濃度の算術平均値、 u_{ijk} : 肥育牛の育種価、 e_{ijk} : 残差

これらの数学モデルにおける効果および回帰係数の有意性を、変量効果を考慮した混合モデルによる母数効果の有意性検定 (GLMTEST) プログラム^{※5}を用いて検定した。

【血中ビタミンA濃度と枝肉形質との分析結果】

ビタミンA濃度と枝肉形質の回帰係数および有意性検定の結果は表-2のとおりである。I期で皮下脂肪厚、II期でロース芯面積、皮下脂肪厚、BMS No. との間には有意性を認めたが、III期ではすべての枝肉形質と有意性は認められなかった。

また、有意であった枝肉形質の回帰式を図-4に示した。

I期では、血中ビタミンA濃度の平均は93.12IU/dlであった。ビタミンA濃度と皮下脂肪厚とは正の相関であり、皮下脂肪厚は血中ビタミンA濃度が低いと薄いことが示された。平均値における枝肉形質を0とすると、例えば、ビタミンA濃度が50IU/dlの場合では、回帰式から皮下脂肪厚は平均値より1.47mm薄くなると計算される。

II期では、血中ビタミンA濃度の平均は62.77IU/dlであった。ビタミンA濃度と皮下脂肪厚とは正、BMS No. とは負の相関であり、ロース芯面積とは2次の回帰式を示した。このことから、血中ビタミンA濃度が低いと、BMS No. は高く、皮下脂肪厚は薄いことが示された。また、ロース芯面積はビタミンA濃度が90.9IU/dlの場合に最小値となり、これよりビタミンA濃度が低くても高くても大きくなることが示された。ビタミンA濃度を最小必要量の30IU/dlとした場合、BMS No. は+0.25、ロース芯面積は+1.40cm²、皮下脂肪厚は-0.75mm。ビタミンA濃度が50IU/dlの場合では、BMS No. は+0.08、ロース芯面積は+0.38cm²、皮下脂肪厚は-0.29mm。また、ビタミンA濃度が保健量の場合

表-2 ビタミンAと枝肉形質の回帰係数

| | | I期 | II期 | III期 |
|---------|----|--------|-----------|--------|
| 枝肉重量 | 1次 | 0.016 | -0.012 | -0.089 |
| | 2次 | -0.000 | 0.002 | 0.000 |
| DG | 1次 | -0.144 | -0.106 | -0.006 |
| | 2次 | 0.000 | 0.005 | 0.01 |
| ロース芯面積 | 1次 | -0.006 | -0.027* | -0.021 |
| | 2次 | -0.000 | 0.000* | 0.000 |
| バラ厚 | 1次 | 0.017 | -0.002 | 0.020 |
| | 2次 | -0.000 | 0.000 | -0.000 |
| 皮下脂肪厚 | 1次 | 0.045* | 0.023* | 0.021 |
| | 2次 | -0.000 | -0.000 | |
| BMS No. | 1次 | -0.002 | -0.008*** | -0.005 |
| | 2次 | -0.000 | 0.000 | 0.000 |

※P<0.05 ※※P<0.01で有意性あり

表-3 II期において
ビタミンA値が枝肉形質に与える効果

| 枝肉形質 | 血中 ビタミンA濃度 | | |
|------------------------------|--------------------|------------------|---------|
| | 30IU/dL (最小必要量) | 80IU/dl (保健量) | 50IU/dl |
| BMS No. | +0.25 | -0.13 | +0.08 |
| ロース芯面積 (cm ²) | +1.4 | -0.32 | +0.38 |
| 皮下脂肪厚 (mm) | -0.75 | +0.40 | -0.29 |

では、BMS No. は-0.13、ロース芯面積は-0.32cm²、皮下脂肪厚は+0.40mmであった(表-3)。

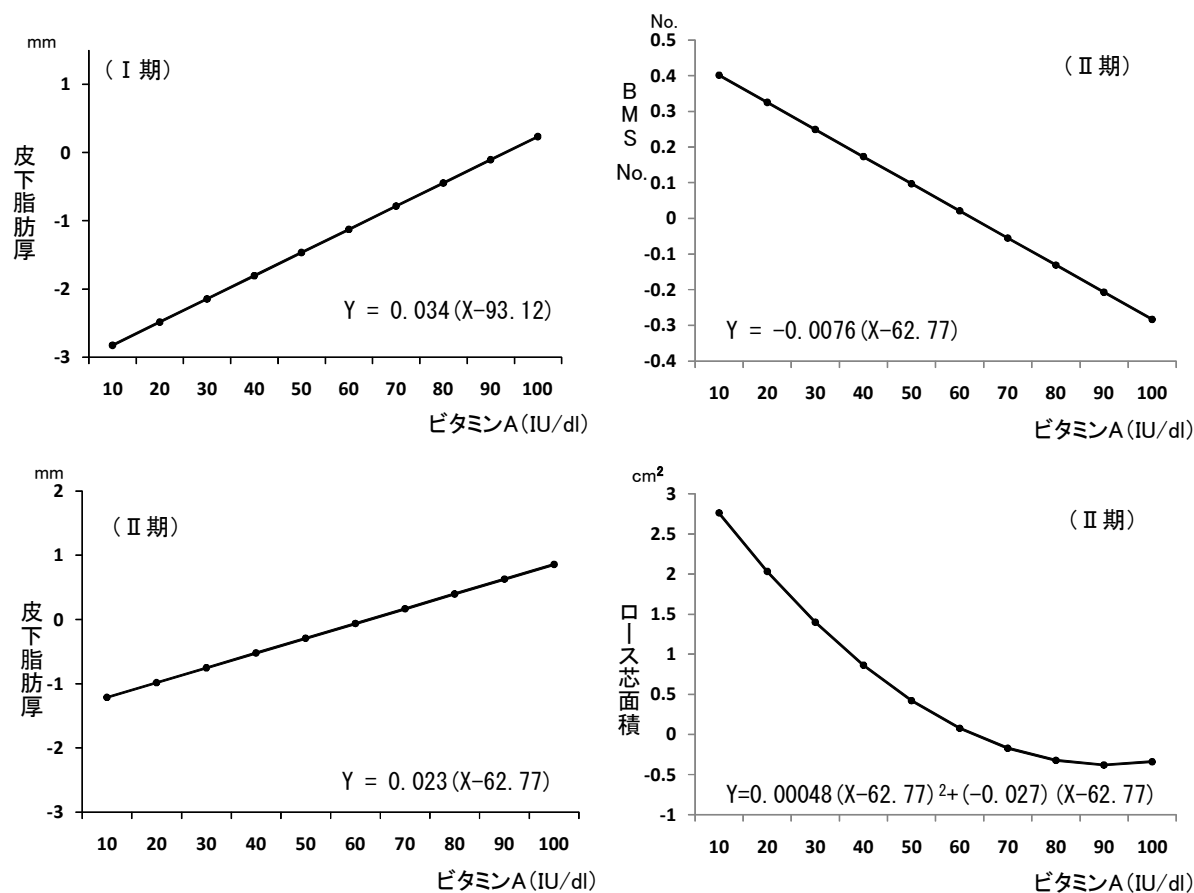


図-4 血中ビタミンA濃度と有意性の認められた枝肉形質の回帰式

【血中ビタミンE濃度と枝肉形質との分析結果】

ビタミンE濃度と枝肉形質の回帰係数および有意性検定の結果は表-4のとおりである。I期では有意性が認められる枝肉形質はなかった。II期ではDGと有意性を認めた。III期では枝肉重量、DG、バラ厚、皮下脂肪厚と有意性を認めた。

また、有意性が認められた枝肉形質の回帰式を図-5に示した。

II期において、大分県の血中ビタミンE濃度の平均は195.76 μg/dlであった。ビタミンE濃度とDGとは正の相関であり、DGは血中ビタミンE濃度が高いと厚いことが示された。

III期において、大分県の血中ビタミンE濃度の平均は208.27 μg/dlであった。ビタミンE濃度と枝肉重量、DG、バラ厚とは正の相関を認め、皮下脂肪厚とは2次の回帰式

表-4 ビタミンEと枝肉形質の回帰係数

| | | I期 | II期 | III期 |
|---------|----|--------|---------------------|----------------------|
| 枝肉重量 | 1次 | 0.040 | 0.053 | 0.086 ^{***} |
| | 2次 | -0.000 | -0.000 | -0.000 |
| DG | 1次 | 0.044 | 0.166 ^{**} | 0.227 ^{***} |
| | 2次 | 0.000 | 0.000 | -0.000 |
| ロース芯面積 | 1次 | 0.006 | 0.003 | 0.005 |
| | 2次 | -0.000 | 0.000 | 0.000 |
| バラ厚 | 1次 | 0.006 | 0.004 | 0.012 ^{**} |
| | 2次 | -0.000 | -0.000 | -0.000 |
| 皮下脂肪厚 | 1次 | -0.001 | -0.005 | 0.016 ^{**} |
| | 2次 | -0.000 | 0.000 | -0.000 ^{**} |
| BMS No. | 1次 | 0.002 | 0.000 | 0.001 |
| | 2次 | -0.000 | -0.000 | 0.000 |

※P<0.05 ※※P<0.01で有意性あり

を示した。このことから、血中ビタミンE濃度が高いと、枝肉重量、DG、バラ厚は増加し、皮下脂肪厚は薄いことが示された。また、皮下脂肪厚はビタミンE濃度が7.95 $\mu\text{g/dl}$ の場合に最小値となり、ビタミンE濃度が高いと厚くなることが示された。

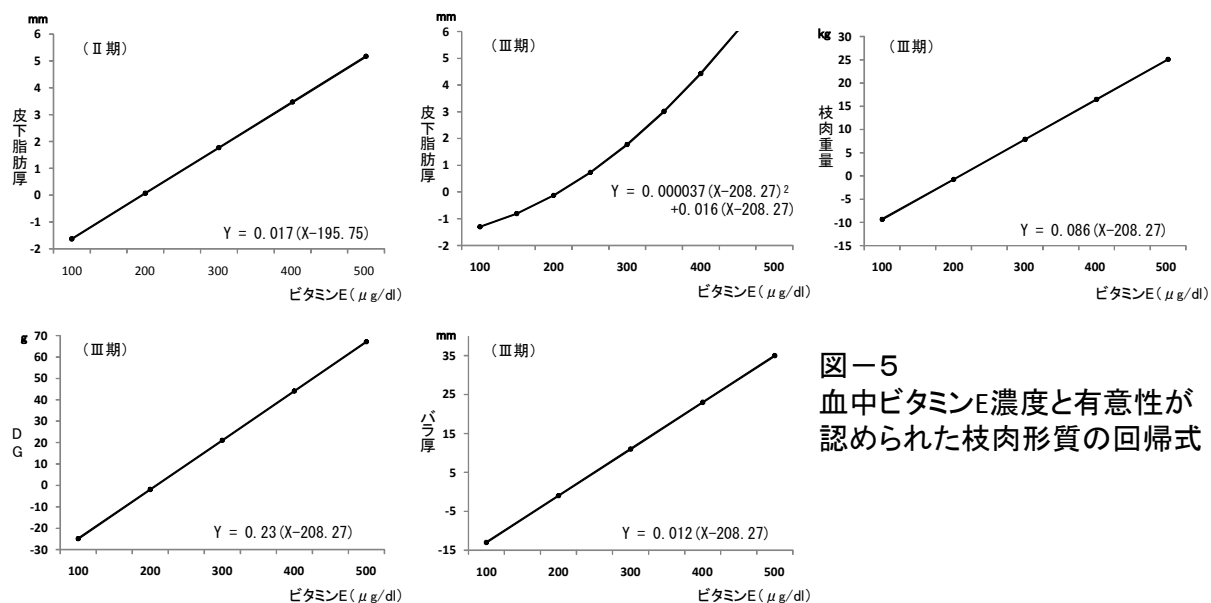


図-5
血中ビタミンE濃度と有意性が認められた枝肉形質の回帰式

【考察】

今回の分析から、ビタミンA濃度について、I期でビタミンA濃度が高いと皮下脂肪厚が厚いことが示唆され、また他の枝肉形質とは有意な関係は認められなかった。そのため、I期においては、ビタミンA濃度をあえて上昇させる必要はなく、むしろビタミンA濃度の上昇により皮下脂肪厚が厚くなるという悪影響を受けることが明らかとなった。II期では、これまでの報告^{※6}と同様に、血中ビタミンA濃度とBMS No.とは有意な関係が認められたものの、その影響はごくわずかであることが示された。また、有意性が認められた形質の中でロース芯面積に与える影響が一番大きく、皮下脂肪厚に与える影響はBMS No. 同様にごくわずかであることが示唆された。このことから、II期では、血中ビタミンAを必要最小量近くまで制限したとしても得られる効果は小さく、欠乏症が発症するリスクが大きくなることの方が問題であると考えられた。

よって、12カ月齢以降肥育期間中の血中ビタミンA濃度は欠乏症と枝肉成績を考慮すると、50IU/dl程度に維持しても何ら問題はないと考察した。

またII期において、BMS No.と皮下脂肪厚が逆の関係を示したことから、筋肉内と皮下では脂肪細胞の発生過程が異なることが示唆された。これは、同じ脂肪組織であっても形成部位により遺伝子発現パターンが異なるという報告^{※7}や、黒毛和種の大分県集団におけるBMS No.と皮下脂肪厚の遺伝相関係数が負であるという報告^{※8}とも一致している。

ビタミンE濃度はII、III期のDG、III期の枝肉重量、バラ厚と正の相関、III期の皮下脂肪厚は2次の回帰式を示した。このことから、II期におけるDG、III期における枝肉重量、DG、バラ厚、皮下脂肪厚はビタミンEが高くなると増加することが示された。

また、大分県では肥育牛の目標DGを880gと設定している。Ⅱ、Ⅲ期においてDGが880gとなる血中ビタミンE濃度は、回帰式よりそれぞれ612.5、527.3 μ g/dlと求められた。

以上のことから、16カ月齢以降に食べ込ませることでDGが、22カ月齢以降に食べ込ませることで枝肉重量、DG、バラ厚が増加することが示唆された。同時に、22カ月齢以降は食べ込ませることにより皮下脂肪厚が厚くなることも示されているため、ビタミンE濃度が400 μ g/dl程度を目安に食べ込ませるのが効果的であると考察した。

【参考文献】

- ※1：甫立京子 ビタミンAと肥育牛の肉質との関係，栄養生理研究会報，39(2)，157-171(1995)
- ※2：農林水産省・安全局監修 病性鑑定マニュアル，第3版，496-497(2008)
- ※3：長谷川真一他 黒毛和種肥育牛の枝肉成績と血液性状の推移について-導入から出荷まで-，臨床獣医，Vol17 No11，30-34(1999)
- ※4：松田敬一 黒毛和種肥育牛における代謝プロファイルテスト②，家畜診療，58巻12号，721-729(2011)
- ※5：Moriya K. et al. Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production，27，469-470(1998)
- ※6：小田原利美他 黒毛和種肥育牛におけるビタミンAが肉質に及ぼす影響(第1報) 大分県畜産試験場試験成績報告書，24，90-97(1995)
- ※7：田原浩二 ウシ脂肪細胞の分化関連遺伝子の解明，Tohoku University Repository TOUR，688(2004)
- ※8：伊藤雅之 血統情報、遺伝的能力を取り入れた育種改良，大分県畜産報告，30，90-94(2001)