

# 乳用牛の栄養条件と体毛 P I X E 分析値との関係

青木康浩 安藤 貞\*

農業技術研究機構・畜産草地研究所  
329 - 2793 栃木県那須郡西那須野町千本松 768

\*農業技術研究機構・近畿中国四国農業研究センター  
694 - 0013 島根県大田市川合町吉永 60

## 1 はじめに

乳牛は一般に、分娩後約 10 か月間の泌乳期に引き続き、約 2 か月間の乾乳期を経て次の分娩、泌乳期を迎える。このような乳牛の飼養管理を合理的に行う上で、その栄養生理状態を的確に把握することは不可欠である。

乳牛の栄養生理状態を把握する手法に関してはこれまで多くの検討がなされており、実用されているものも多い。しかしながら体内における各種元素の動態については、それが乳牛の栄養生理状態と密接な関連があると推測されるものの、まだ不明な点が残されている。とくに被毛中における各種元素の濃度は、被毛の性状と栄養との関連を指摘するいくつかの報告<sup>1-4)</sup>があり、また被毛が当該家畜への侵襲が少ない状態で採取できることから、有用な情報となると考えられる。このため、採取された被毛に含まれる各種元素濃度を知ることによって当該牛の栄養生理状態を推測する手法の確立が望まれており、基礎知見を蓄積する必要がある。

そこで栄養状態や生理状態が明らかに異なる乳牛から採取された被毛について、これまで畜産学、草地学分野での応用が少ない P I X E によって多元素同時測定を施し、栄養生理状態の相違によって被毛中各種元素含量がどのように影響を受けるかについて検討した。

## 2 材料および方法

### 2.1 供試牛

試験には農業技術研究機構・畜産草地研究所(那須)で飼養するホルスタイン種搾乳牛 4 頭および乾乳牛 2 頭を用いたが、今回の検討にはそのうちのそれぞれ 2 および 1 頭の計 3 頭の結果を用いた。

これら 3 頭の概要を表 1 に示した。A および B 牛は分娩後 3 および 6 週で泌乳最盛期に相当した。A 牛は 7 産次であるのに対し、B 牛は初産であり、そのため両牛間では体重および乳量が異なった。また B 牛は試

表 1 . 供試牛の概要

状態	産次数	体重(kg)	乳量(kg/日)	栄養状態
A牛	7	809	38.8	良好
B牛	1	575	31.7	不良
C牛	0	580	-	良好

料採取の 1 週前に第 4 胃変位を起こし、比較的軽症だったため回復過程にはあったものの栄養要求量を給与してもすべてを摂取できず、栄養状態はよくない状態であった。A 牛は給与された飼料を完全に摂取でき、栄養状態は良好とみなされた。

C牛は未経産牛で初回分娩予定日の3日前に試料を採取した。C牛はA牛と同様に栄養状態は良好とみなされた。

## 2.2 被毛試料の採取

A牛は背、B牛は背と頸、C牛は頸から被毛試料を採取した(表2)。毛色によって元素含量が影響を受けるという報告<sup>5)</sup>があることから、いずれも毛色の黒い部分から試料を得た。これらの部位ではおおむね3cm四方をはさみによってできるだけ皮膚表面近くで切り取った。また5ないし10cm程度離れた2か所から採取し、後述するように同一部位であれば近接する2か所で分析値も類似するかどうかの検討に供した。

被毛のつやを官能的に5段階で分類したところ、栄養状態の悪いB牛では背および頸ともAまたはC牛に比べて劣っており、A牛でもっとも良好であった。

## 2.3 試料分析

被毛試料は蒸留水中で一晩攪拌して洗浄し、ろ紙上で汚れを除いてから室温で乾燥させた。その後、日本アイソトープ協会仁科記念サイクロトロンセンターにおいて無調製無標準法によるPIXE分析に供した。その際、2ないし3本の被毛試料を分析用ホルダーの孔部中央を横切るように接着テープで貼り付けて分析を行った。

## 2.4 結果の解析方法

PIXEによって分析された元素は、生理学上の意義に基づいて必須元素<sup>6,7)</sup>およびその他の元素に分類し、また必須元素について牛における体内含量の多寡によって主要元素および微量元素に分類<sup>6,7)</sup>した。

同一牛の同一部位2か所から採取した試料の分析結果が相互に類似するかどうかを、両測定値の変動係数によって判断し、便宜的に変動係数が10%以下の元素については同一部位内ではおおむね類似する値を示すとみなすこととした。

次に、同一部位内で分析値が類似するとみなされた元素について、同一牛内での部位(背および頸)による相違をB牛の背および頸の結果から、泌乳牛の栄養状態による相違を栄養状態の良好なA牛(背)および不良なB牛の背の結果から、また栄養状態と生理状態(泌乳期および乾乳期)の交互作用による相違を乾乳期で栄養状態の良好なC牛(頸)および泌乳期で栄養状態の不良なB牛の頸の結果から判断した。その際、両者の差の絶対値が一方を基準として50%以上(++および--)、20%以上50%未満(+および-)、および20%未満(+/-)の5段階に分類した。

## 3 結果および考察

本研究で用いた被毛試料は、栄養状態の良好な牛と不良な牛との間では被毛のつやが異なると官能的に認知される状態であった。一般に、動物の被毛は細密で光沢が良好なほど栄養状態が良好である

表2. 採取被毛試料の特徴

採取部位*	色	つや**
A牛 背		+++
B牛 背 頸	黒	± ±
C牛 頸		++

\*: 近接する2か所から \*\* : - ~ +++の5段階

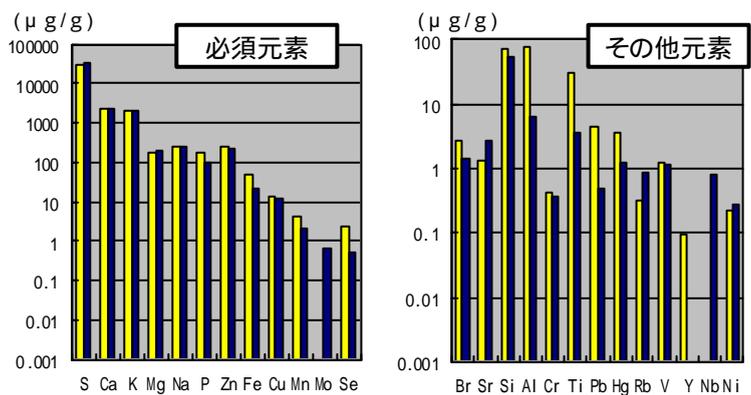


図1. 同一牛の近接する2か所から採取した被毛のPIXE分析値の例. A牛(背).

各元素について2か所の実測値を示す. : 2か所の実測値の変動係数が10%を超える元素. : 1か所のみで検出された元素.

と経験的にいわれており、今回の検討は、被毛の外見的特徴から栄養状態の相違を推測できるほど、栄養状態に差のある乳牛を対象としたものといえた。

なお今回の被毛のPIXE分析は特別な前処理を要さず、また内部標準物質を必要としない無調製無標準法によった。毛髪 PIXE 分析には従来、湿式灰化処理した試料が用いられることが多かったが、湿式灰化に供する試料が今回の実験上の制約によって充分量得られなかったこと、および湿式灰化処理試料のPIXE分析値は再現性に問題があるとされていることから、今回の分析は無調製無標準法によって行った。

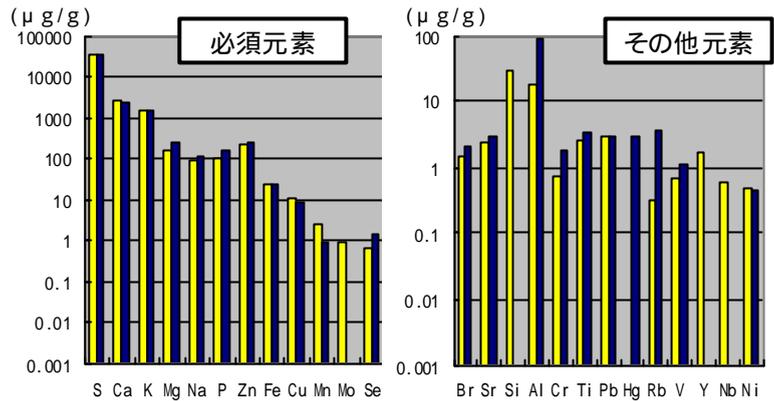


図2. 同一牛の近接する2か所から採取した被毛のPIXE分析値の例. B牛・頸.  
各元素について2か所の実測値を示す. : 2か所の実測値の変動係数が10%を超える元素. : 1か所のみで検出された元素.

### 3.1 各種元素含量の近接2か所での分析値の比較

同一部位での近接する2か所におけるPIXE分析値の例として、A牛の背およびB牛の頸の分析結果についてそれぞれ図1および図2示した。これらの図中における必須元素には、主要元素および微量元素のいずれも含まれており、その他の元素には、生体にとっての意義が明らかでないが今回のPIXE分析で検出されたものが含まれる。

5ないし10cmの距離で近接する2か所であっても、A牛の例では、必須元素のうちMnおよびSe、その他の元素のうちBr、Sr、Al、Ti、Pb、HgおよびRbが試料採取場所の相違によって測定値が変動するとみなされた。またMo、YおよびNbは2か所のうちいずれか一方でしか検出されなかった。B牛の頸の例では、必須元素のうちA牛と同様にMnおよびSeに加えて含量が比較的多いMgやPでも試料採取場所による測定値の変動が大きいとみなされ、またその他の元素のうちBr、Al、Cr、Ti、RbおよびVの変動が大きく、Si、Hg、YおよびNbはいずれか一方でしか検出されなかった。

他のB牛の背およびC牛(頸)でもこれらと同様の元素について、近接した箇所でも必ずしも類似する分析値となるとは限らなかった。

近接箇所であっても値が大きく変動した元素がみられた原因については現在のところ明らかでないが、例えばそれらの元素は体内での代謝が速やかであるなどの理由で部位が少し違うだけでも被毛中含量が変動しやすい可能性がある。また今回の分析では、ホルダーに被毛を貼り付ける際、被毛のどの部分が照

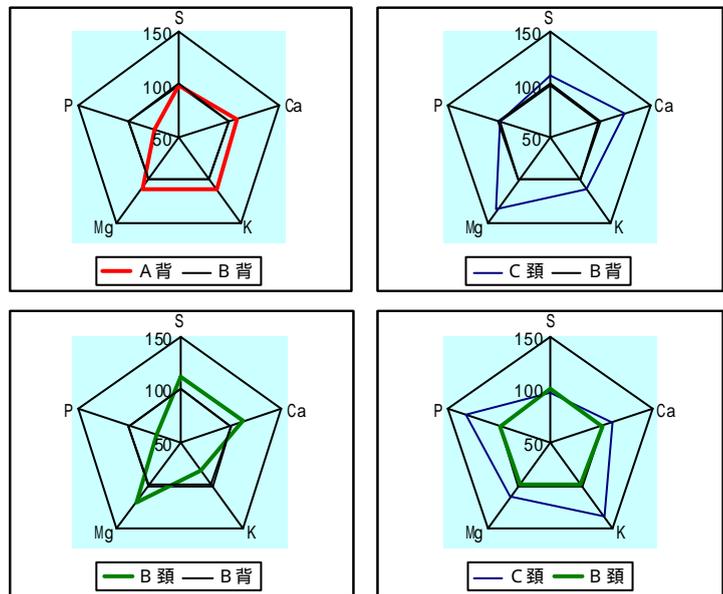


図3. 主要元素の被毛中含量の牛および部位間での比較. 4種類の試料のうち少なくとも3種類で近接2箇所の分析値が類似した元素のみを示す。左上, 左下および右上: B牛の背における分析値に対するそれぞれA牛・背, B牛・頸およびC牛・頸の分析値の割合(%). 右下: B牛・頸に対するC牛・頸における分析値の割合(%).

射対象となるか、被毛の先端あるいは末端からの距離を一定にしなかったため、試料によって照射部分の相違があった。このような試料調製条件を考慮して分析する必要のあると思われた。また今回は被毛を蒸留水中で一晩攪拌することにより洗浄したが、このような方法では一部の元素が溶出する可能性があり、洗浄法の改善が不可欠と思われる。

### 3.2 各種元素含量の部位または個体による相違

全4種類の試料について近接2か所で分析値が類似した元素は少なかったため、3種類において近接2か所の分析値間の変動係数が10%以下で、残り1種類でも変動係数がおおむね15%以下であった元素について、牛間あるいは部位間で比較することとした。

これらの元素はいずれも必須元素で主要元素のうちS、Ca、K、MgおよびP(図3)微量元素のうちZn、Fe、Cu、MnおよびSe(図4)があった。ただしSeについてはC牛の試料(頸)では変動が大きく比較の対象としなかった。

同一牛(B牛)内で背と頸における分析値を比較したところ(図3および図4、左下)頸においては背に比較して主要元素ではMgがやや多くPとKがやや少なく、微量元素ではZnやFeがやや多いが、全般に顕著な相違ではなかった。

次に栄養状態の不良なB牛と良好なA牛とで同一部位(背)について比較したところ(図3および図4、左上)A牛においてはB牛に比較して主要元素ではPがやや少ない他は顕著な相異は認められなかった。一方微量元素では、A牛においてFeおよびMnが多く、ZnおよびCuもやや多く、Seが少なかった。

また同一部位(頸)について、栄養状態が不良な泌乳牛であるB牛と、分娩前で栄養状態良好なC牛を比較したところ(図3および図4、右下)、C牛においては

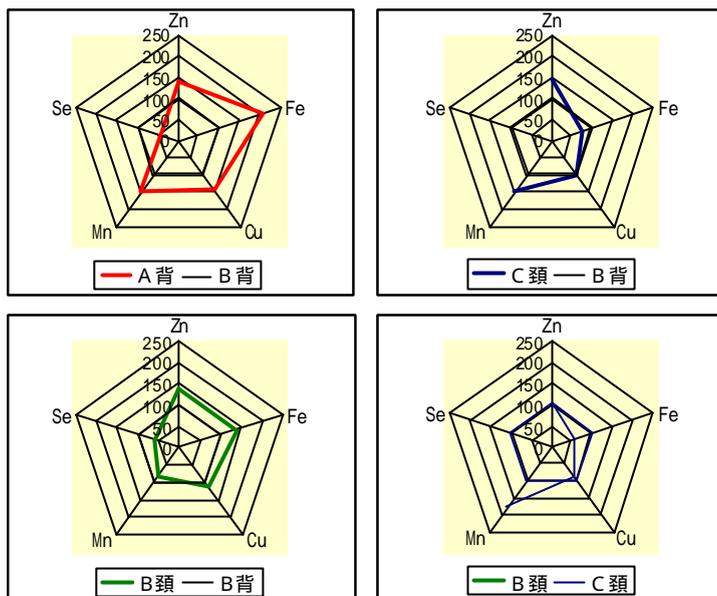


図4. 微量元素の被毛中含量の牛および部位間での比較. 4種類の試料のうち少なくとも3種類で近接2箇所の分析値が類似した元素のみを示す。左上, 左下および右上: B牛の背における分析値に対するそれぞれA牛・背, B牛・頸およびC牛・頸の分析値の割合(%). 右下: B牛・頸に対するC牛・頸における分析値の割合(%).

比較したところ(図3および図4、右下)、C牛においてはB牛に比較して主要元素ではKおよびPが多く、微量元素ではZnおよびMnが多くFeが少なかった。なお図3および図4の右上の図は、C牛の頸における各種元素含量を他の3試料と比較したものであり、当該試料のCa、MgおよびMnの相対的な多さとFeの少なさを示している。

以上の結果を要約すると(表3)、微量元素では同一牛内でも部位が異なることによって、あるいは泌乳牛間で栄養状態が異なることによって変動するものがあるが、ほとんどの主要元素はそのような場合でも大きく変動することはないと考えられた。しかしながら、栄養状態の不良な泌乳牛(B牛)と栄養状態の良好な乾乳牛(C牛)

表3. 各種元素含量の試料間での比較

元素	同一牛内		泌乳牛間・背		頸	
	頭 v 背	背 v 頭	栄養良好 vs 不良	不良 vs 良好	乾乳牛・栄養良好 vs 泌乳牛・栄養不良	良好 vs 不良
S	+	-	+	-	+	-
Ca	+	-	+	-	+	-
K	+	-	+	-	+	-
Mg	+	-	+	-	+	-
P	-	+	-	+	-	+
Zn	+	-	+	-	+	-
Fe	+	-	++	--	+	-
Cu	+	-	+	-	+	-
Mn	+	-	++	--	+	-
Se	-	+	--	++	-	(欠)

後者に対して前者が+50%超=++, +50~20%=+, +20~-20%=+/-, -20%~-50%=-, -50%未満=-/-

とを比較すると微量元素だけでなく主要元素でも変動するものがあった。

被毛から検出された元素のうち最も多いSの含量は、牛の栄養生理状態に大きな影響を受けないことが示された。このことは、被毛中のSはほとんどが被毛を形成する基本的な含硫アミノ酸に由来すると考えられ、その部分は栄養状態に大きな影響を受けないためと推察された。Ca および Mg にも大きな影響は認められず、これは体内含量の恒常性が維持されており今回みられた条件では被毛中の含量が影響を受けなかったことを示唆すると考えられた。P については同一牛内や泌乳牛間の同一部位（背）で比較したとき相異がみられたが、この原因については不明でありさらに検討が必要である。

主要元素については全般に大きな影響は受けないようだが、分娩を経てしかも泌乳最盛期にありながら疾病のために栄養状態が不良となっているB牛では、栄養生理的に相当なストレスを受けていると考えられ、そのためまだ分娩や泌乳を経ていない栄養状態の良好なC牛と比較すると、KおよびPのように被毛中含量にも何らかの影響が生じる可能性が示唆された。

本研究の結果は、供試牛の例数が必ずしも充分でなかったが、栄養生理状態の相当な変化によって被毛中の各種元素含量が影響を受ける可能性のあることを示唆するものであり、さらに例数を増やして検討する必要があると考えられた。

#### 4 引用文献

- 1) 小倉幸子, 牛見忠蔵(1981) 牛の血液および被毛のセレンウム含量. 家畜試研報. 82: 41 - 45 .
- 2) Ritter, M., H. Hardebeck, D. Kowertz and H. Sommer (1981) Mineral elements in hair of cattle and their importance for disease and management investigations in dairy herds. Tierärztliche Umschau, 36: 549 - 552.
- 3) Chen, W.F., W. N. Ji, Z. Z. Si and X. T. Gu (1982) Trace elements and bovine leucosis. Chinese J. Vet. Med., 8: 31 - 32.
- 4) Boyles, S. L. and J. G. Riley (1991) Feedlot performance of Brahman x Angus versus Angus steers during cold weather. J. Anim. Sci., 69: 2677 - 2684.
- 5) van Ryssen, J.B.J., P. D. Whanger, H. A. Turner and I. J. Tinsley (1994) Mineral and vitamin interactions of steers in a Mediterranean climate. Livest. Prod. Sci., 38: 107 - 115.
- 6) 津田恒之 (1985) 家畜生理学. 207 - 209. 養賢堂. 東京.
- 7) 志賀隴郎 (1998) 第3章・代謝の生理と内分泌制御. 第4節・無機物代謝. 反芻動物の栄養生理学 (佐々木康之監修). 232 - 241. 農山漁村文化協会発行. 東京.