

乳牛の体内における微量元素含量に及ぼす  
給与飼料の影響

久 米 新 一

(農水省九州農業試験場\*)

Effect of Rations on Trace Elements Concentration  
in the Body of Dairy Cattle

Shinichi KUME

*Kyushu National Agricultural Experiment Station*

The objective of this study was to clarify the effect of trace elements level in rations on the trace elements status of Holstein cattle. Zn, Cu, Se and Co intake by the cattle fed mainly roughage in this study was marginally inadequate, since most of those content in roughage was below dietary requirement for dairy cattle (NRC). It seems likely that Cu and Se deficiency in the cattle may occur after long periods of feeding low those diets, since those concentration in the liver and blood was decreased with the decreased dietary those level. Also, there may be the possibility of a borderline Zn deficiency for the cattle fed rations of low Zn contents as roughage, because Zn concentration in the liver of the cattle fed low Zn diets was lower than for the cattle fed mainly concentrate. Furthermore, there may be the possibility of the simultaneous occurrence of Zn, Cu and Se deficiency for the cattle fed mainly roughage, since the correlation among those elements in the liver was significant. However, most of dietary trace elements seems to be excreted in the feces, since those concentration in the feces was increased with the increase in dietary those level. Therefore, further study should be provided for much needed refinement in requirement

---

\*所在地：熊本県菊池郡西合志町須屋(〒861-11)

and tolerance level which will allow for more effective mineral supplementation of dairy cattle.

反すう動物では、微量元素の関係する欠乏症、あるいは中毒症が現在でも世界各地において重要な問題にされ<sup>1)-5)</sup>、わが国でも過去において、Co欠乏症、Mo中毒症、あるいはCu欠乏症の発生が報告されている<sup>6)</sup>。また欠乏症や中毒症の発生には至らなくても、飼料中の微量元素の不足や過剰が、増体や泌乳量などの家畜の生産性に影響を及ぼすことが明らかにされ<sup>1)-5)</sup>、実際の家畜飼養における微量元素栄養についての関心が強まりつつある。さらに、最近わが国の牧草の微量元素含量を調べた結果では、わが国の牧草にはZn, Cu, Se及びCoの不足していることが明らかにされ、栄養的に問題のあることが指摘されている<sup>7)</sup>。

一方、乳牛は元来牧草などの粗飼料を中心に飼養していたが、最近では乳量増加のために穀類を多量に含有した配合飼料を多給する傾向もみられ、乳牛の飼養方法も変化しているのが現状である。そこで、筆者は乳牛に対する適正な微量元素の給与のために、飼養条件の異なるホルスタイン種牛の肝臓、血液及びふんの微量元素濃度を定量し、乳牛の体内における微量元素の栄養状態に及ぼす給与飼料の影響について検討した。なお、調査方法は前報<sup>8)-10)</sup>と同様である。

### 1. 飼料中の微量元素濃度

当場の各種飼料の微量元素濃度と、NRC標準(乳牛, 1978年版)<sup>1)</sup>における要求量の推奨値を表1で比較した。飼料中のFe及びMn濃度はいずれも要求量を超えていたが、粗飼料が

**Table 1.** Trace elements concentration in feed obtained from Kyushu Natl. Agric. Exp. Stn. (ppm on dry matter basis)

Feed	Number of samples	Fe	Zn	Cu	Mn	Se	Mo	Co
Concentrate	4	190 <sup>1)</sup>	51	11.1	40	0.16	0.62	0.16
Beet pulp	2	487	19	9.2	56	0.14	0.80	0.08
Italian ryegrass (hay)	2	474	29	4.2	84	0.03	0.84	0.13
Italian ryegrass (low moisture silage)	2	1618	24	5.1	121	0.02	1.00	0.16
Tall oatgrass (hay)	2	70	14	1.7	94	0.02	0.65	0.04
Requirement (NRC) <sup>2)</sup>		50	40	10	40	0.10	—	0.10

1) Mean of samples

2) Recommended nutrient contents of rations for dairy cattle

配合飼料よりも高い値を示した。一方、Zn, Cu 及び Se については、配合飼料は要求量よりも高い値を示したが、粗飼料では要求量以下であった。Mo は要求量よりもむしろ過剰の害が問題にされ、飼料中の Mo 濃度が 6 ppm 以上では中毒の発生のおそれがあると考えられているが、飼料中の Mo 濃度は 1 ppm 以下の低い値であった。また飼料中の Co 濃度は、ビートパルプとトールオートグラスが要求量よりも低い値を示した。

以上のことから、微量元素含量は飼料によって一様でないことが認められ、特に粗飼料主体で飼養している牛では、Zn, Cu 及び Se の不足する可能性のあることが推察される。また、Co についても粗飼料で要求量以下の値がみられたことから、粗飼料によっては Co が不足することも考えられる。

一方、同様な結果が熊本県内の酪農家から採取した飼料からも得られたため、乳牛の微量元素栄養を適正に保つためには、あらゆる給与飼料からの微量元素の摂取量を正確に把握し、その後不足していると考えられた元素については、ミネラル剤の添加などによって要求量を満たすことが必要と考えられる。

## 2. 乳牛体内の微量元素の栄養状態

当场けい養牛を屠殺前の飼養状態から、乾乳牛、泌乳牛及び肥育牛に区別し、それらの飼料の摂取量を表 2 に示した。表でみるように、乾乳牛は粗飼料主体に、肥育牛は配合飼料主体に、また泌乳牛はその中間の型で飼養していたものである。

乳牛体内の微量元素の栄養状態を判定する指標としては、肝臓及び血液の微量元素濃度が良く利用されている<sup>1)-5)</sup>。当场けい養牛の肝臓及び血液の Cu 及び Se 濃度は、泌乳牛と肥育牛が乾乳牛よりも高い値を示したことから(表 3)、Cu 及び Se 濃度の低い粗飼料主体で飼養

Table 2. Feed intake of Holstein cows kept at Kyushu Natl. Agric. Exp. Stn.

Feed	Feed intake (kg/day)		
	Dry	Lactating	Fattening
Concentrate	1	4-6 <sup>1)</sup>	10-14
Beet pulp	—	1-2	—
Italian ryegrass (hay)	<i>ad libitum</i> <sup>2)</sup>	<i>ad libitum</i>	—
Italian ryegrass (low moisture silage)	<i>ad libitum</i>	<i>ad libitum</i>	—
Tall oatgrass (hay)	—	—	2.3-5.5

1) Range of feed intake.

2) Dry and lactating cows were fed 7~10 kg Italian ryegrass on a dry matter basis

Table 3. Trace elements concentration in liver, blood and feces of Holstein cows kept at Kyushu Natl. Agric. Exp. Stn. (ppm on dry matter basis)

	Dry	Lactating	Fattening
Number of samples	6	4	4
..... Liver .....			
Fe	1396 ± 1370 <sup>a)1)</sup>	391 ± 233 <sup>a)</sup>	249 ± 125 <sup>a)</sup>
Zn	160 ± 30 <sup>a)</sup>	242 ± 96 <sup>a)</sup>	214 ± 82 <sup>a)</sup>
Cu	20 ± 27 <sup>a)</sup>	76 ± 68 <sup>a, b)</sup>	112 ± 16 <sup>b)</sup>
Mn	11.2 ± 1.6 <sup>a)</sup>	11.4 ± 2.5 <sup>a)</sup>	11.2 ± 1.2 <sup>a)</sup>
Se	0.67 ± 0.14 <sup>a)</sup>	1.15 ± 0.20 <sup>b)</sup>	1.36 ± 0.03 <sup>b)</sup>
Mo	4.77 ± 0.42 <sup>a)</sup>	4.54 ± 0.47 <sup>a)</sup>	4.51 ± 0.47 <sup>a)</sup>
Co	0.15 ± 0.08 <sup>a)</sup>	0.20 ± 0.08 <sup>a)</sup>	0.12 ± 0.02 <sup>a)</sup>
..... Blood .....			
Fe	2314 ± 106 <sup>a)</sup>	2045 ± 201 <sup>b)</sup>	2339 ± 136 <sup>a, b)</sup>
Zn	10.4 ± 2.0 <sup>a)</sup>	10.1 ± 0.4 <sup>a)</sup>	11.9 ± 4.4 <sup>a)</sup>
Cu	3.8 ± 1.1 <sup>a)</sup>	6.3 ± 1.0 <sup>b)</sup>	5.6 ± 1.0 <sup>b)</sup>
Mn	0.19 ± 0.03 <sup>a)</sup>	0.20 ± 0.07 <sup>a)</sup>	0.23 ± 0.06 <sup>a)</sup>
Se	0.31 ± 0.07 <sup>a)</sup>	0.47 ± 0.09 <sup>b)</sup>	0.58 ± 0.07 <sup>b)</sup>
Mo	0.11 ± 0.02 <sup>a)</sup>	0.10 ± 0.01 <sup>a)</sup>	0.12 ± 0.01 <sup>a)</sup>
Co	0.014 ± 0.001 <sup>a)</sup>	0.014 ± 0.003 <sup>a)</sup>	0.015 ± 0.003 <sup>a)</sup>
..... Feces .....			
Fe	2631 ± 747 <sup>a)</sup>	1714 ± 506 <sup>a)</sup>	2683 ± 868 <sup>a)</sup>
Zn	65 ± 11 <sup>a)</sup>	89 ± 19 <sup>b)</sup>	131 ± 17 <sup>c)</sup>
Cu	18 ± 5 <sup>a)</sup>	23 ± 4 <sup>a, b)</sup>	29 ± 6 <sup>b)</sup>
Mn	276 ± 51 <sup>a)</sup>	289 ± 64 <sup>a, b)</sup>	201 ± 38 <sup>b)</sup>
Se	0.11 ± 0.02 <sup>a)</sup>	0.25 ± 0.08 <sup>b)</sup>	0.21 ± 0.01 <sup>b)</sup>
Mo	1.47 ± 0.16 <sup>a)</sup>	1.42 ± 0.21 <sup>a)</sup>	1.42 ± 0.14 <sup>a)</sup>
Co	0.35 ± 0.20 <sup>a)</sup>	0.47 ± 0.20 <sup>a)</sup>	0.51 ± 0.09 <sup>a)</sup>

a, b and c: Values in the same line with different superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ )  
 1) Mean ± S. D.

した牛は、Cu 及び Se の不足していたことが推察される。一方、有意差は認められなかったが、肝臓の Zn 濃度は泌乳牛と肥育牛が乾乳牛よりも高い値を示したことから、粗飼料主体で飼養した牛は Zn が不足とまではいえなくても、不足する可能性のあることが推察される。

また、摂取した微量元素の大部分はふん中に排泄されることが知られているが<sup>3)</sup>、Zn, Cu

及び Se は摂取レベルの高い泌乳牛と肥育牛が乾乳牛よりも高い傾向を示し、逆に Fe 及び Mn では摂取レベルの高い乾乳牛が高い傾向を示した(表3)。このことは、土壌-植物-家畜という生態系の観点から、微量元素の摂取量の多い牛は摂取量の少ない牛よりも微量元素を多量排泄し、またそれが土壌に還元されると考えるならば、乳牛の微量元素栄養を適正に保つためには、生態系における微量元素の循環を十分に考慮しなければいけないことを示唆している。

次に、当场けい養の初生子牛及び成牛の肝臓の微量元素濃度を表4に示した。成牛では不足していたと考えられた Zn, Cu 及び Se は、初生子牛では高濃度に蓄積されていたが、逆に成牛ではほぼ充足していたと考えられた Fe, Mn, Mo 及び Co は、初生子牛は成牛よりも低い値を示した。

**Table 4.** Trace elements concentration in liver of Holstein cattle kept at Kyushu Natl. Agric. Exp. Stn. (ppm on dry matter basis)

	Newborn calf	Cow
Number of samples	2	14
Fe	212 ± 259 <sup>1)</sup>	781 ± 1023
Zn	476 ± 141	199 ± 73
Cu	228 ± 5	62 ± 56
Mn	4.66 ± 1.17	11.2 ± 1.65
Se	1.50 ± 0.34	1.00 ± 0.34
Mo	3.34 ± 0.68	4.63 ± 0.40
Co	0.06 ± 0.01	0.16 ± 0.07

1) Mean ± S. D.

初生子牛の肝臓に蓄積した微量元素は、妊娠中に母体より胎盤を經由して胎児へ移行したものであろうが、元素によって蓄積の様相が異なるのは、微量元素間の相互作用などさまざまな要因によって、元素の母体から胎児への移行が阻害されたり、あるいは促進されたことによるものであろう。このことは、成牛では恒常性維持機能によって体内の微量元素濃度を一定に保とうとする機能が働いているが、初生子牛ではまだその機能が十分に働いていないことを示唆しているものと思われる。

### 3. 微量元素間の相互作用

微量元素の家畜体内での代謝には、元素間に相乗・拮抗作用などの相互関係のあることが知られている<sup>1)-5)</sup>。当场及び熊本県内の酪農家から採取した乳牛の肝臓の微量元素濃度間の相関係数を求めると、有意な相関が得られたのは、当场では Fe-Se ( $r = -0.69^{**}$ ), Zn-Cu

( $r=0.61^*$ ) 及び Cu-Se ( $r=0.80^{**}$ ) であり, また酪農家では Zn-Cu ( $r=0.65^{**}$ ), Zn-Se ( $r=0.54^*$ ) 及び Cu-Se ( $r=0.66^{**}$ ) であった。

当场及び酪農家において Cu-Se 間に 1% 水準で正の有意な相関が得られたことから, Cu と Se の不足が同時に発生する可能性のあることが推察される。また, Zn-Cu 及び Zn-Se 間に正の有意な相関が得られたことから, Cu と Se の不足に加えて Zn の不足も同時に発生する可能性のあることが推察される。

#### 4. む す び

わが国の牧草には Zn, Cu 及び Se の不足していることが明らかにされているが, 今回の調査結果にみられるように, 粗飼料主体で飼養した牛は Zn, Cu 及び Se の不足が同時に発生する可能性のあることが推察されたため, 乳牛の Zn, Cu 及び Se の栄養状態については特に注意が必要と考えられる。またその場合には, 微量元素間の相互作用についても十分に考慮し, 乳牛の微量元素栄養を適正に保つことが必要であろう。

## 文 献

1. National Research Council (1978) Nutrient Requirement of Dairy Cattle. 5th. rev. ed. NAS. Washington, D. C.
2. Agricultural Research Council. (1980) The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. 2nd. ed. C. A. B. London
3. UNDERWOOD, E. J. (1977) Trace Elements in Human and Animal Nutrition. 4th. ed. Academic Press. New York
4. UNDERWOOD, E. J. (1981) The Mineral Nutrition of Livestock. 2nd. ed. C. A. B. London.
5. MILLER, W. J. (1979) Dairy Cattle Feeding and Nutrition. Academic Press. New York.
6. 農林水産技術会議事務局編(1974) 日本飼養標準 乳牛 中央畜産会
7. 高橋達児(1977) 日草誌 23: 259
8. 久米新一, 向居彰夫, 柴田正貴(1982) 日畜会報 53: 630
9. KUME, S., A. MUKAI and M. SHIBATA (1983) Jpn. J. Zootech. Sci. 54: 535
10. KUME, S., A. MUKAI and M. SHIBATA (1984) Jpn. J. Zootech. Sci. 55: 183