

## 酪農家モデルの土壤—飼料—乳牛系における微量元素の循環

久米新一・相井孝允・高橋繁男・栗原光規  
(農水省九州農業試験場\*)

### Trace Element Cycling on Soil — Feed — Dairy Cattle in the Model of Dairy Farm

Shin-ichi KUME, Takamitsu AII, Shigeo TAKAHASHI and Mitsunori KURIHARA  
*Kyushu National Agricultural Experiment Station*

The object of this study was to clarify trace element cycling on soli-feed-dairy cattle in the standard model of dairy farm in Japan. Except for Fe, trace elements ingestion from purchased feed of the cow herd were generally larger than that from self-sufficing feed. Since the secretions into milk and body accumulation of trace elements were remarkably smaller than those ingestion, trace elements excretion were almost the same as those ingestion. Thus, large amounts of trace elements were accumulated in the soil from the out of the model of dairy farm.

乳牛は、主に飼料畑で生育した牧草を給与されているために、乳牛の微量元素栄養は土壤—牧草—乳牛の微量元素の循環系から影響されることが多い。しかし、近年我が国の酪農家では、乳牛の生産性向上のために、配合飼料、粗飼料、製造粕類、ミネラル剤、ビタミン剤など、系外から多種類の飼料や添加物を乳牛に給与しているのが現状である。

それゆえ、乳牛の微量元素栄養を適正に保つためには、土—草—家畜系の微量元素の循環の視点が必要なことは言うまでもないが、単純な閉鎖系としてではなく、購入飼料などによる系外からの微量元素の流入や、さらに生産物などによる系外への流出をも考慮しなければならない。特に、我が国では飼料畑への糞尿の大量還元による飼料中の硝酸態窒素やKの多量の蓄積が、牛の硝酸塩中毒やグラスステタニー症の発生に関与していることが知られているため、乳牛の微量元素栄養を適正に保つためには、土壤—飼料—乳牛系における微量元素の循環を量的に把握することが必要である。

そこで、本研究は西南暖地の標準的な酪農家モデルを設定し、酪農家モデルの土壤—飼料—乳牛系における微量元素の循環を検討した。

---

\*所在地：熊本県菊池郡西合志町2421 (〒861-11)

### 材料および方法

西南暖地の標準的な酪農家モデルとして、牛群46頭（成牛30頭、育成牛12頭及び子牛4頭）及び飼料畑3.9ha（利用率200%）の酪農家の技術モデルを設定し、牛群における年間の栄養素摂取量、生産物生産量及び排泄量を Table 1 に示した。ここで、飼料摂取量及び生産物生産量の算出基礎は、前報に示

**Table 1.** Assumed value of annual ingestion, production, and excretion of the cow herd in the model of dairy farm

Annual ingestion		
Concentrate(P);	92t, Alfalfa(P);	11t
Italian ryegrass(S);	191t, Corn(S);	96t
Sorghum(S);	109t, Rice straw(P);	11t
Mineral mixture(P);	1.7t, Block salt(P);	0.3t
Water;	730t	
Annual Production		
Milk;	195t, Older cow;	5.2t
Newborn calf;	1.1t, Gain of B. W.;	4.1t
Annual excretion		
Cow; Ingestion - production of (milk + newborn calf + older cows)		
Heifer or calf; Ingestion - production of gain of B. W.		

Assumed cow herd; 30 cows, 12 heifers, and 4 calves

Assumed forage crop field; 3.9ha (200% utilization)

P; Purchased feed, S; Self-sufficing feed

した値<sup>1)</sup>を用いた。さらに、牛群の年間の微量元素摂取量及び生産量は、牛群の年間の栄養素摂取量及び生産物生産量に、既報の飼料及び生産物の微量元素濃度<sup>1)</sup>をあてはめて求めた。

一方、牛群の微量元素排泄量は、乳牛の微量元素栄養の実態調査<sup>2)</sup>、投与実験<sup>3)</sup>及び出納試験<sup>4)</sup>の結果から、成牛では摂取量から牛乳、新生子牛及び老廃牛への移行量を差し引いた量が、糞尿中に排泄されるものと考えた。また、育成牛及び子牛では、摂取量から増体時の蓄積量を差し引いた量が糞尿中に排泄されるものとした。

さらに、土壌中の微量元素含量は、作土を10cm、また仮比重を0.65と仮定して、九州農業試験場畜産部圃場の火山灰土壌の微量元素濃度と土壌の乾物含量から求めた。

### 結果および考察

酪農家モデルにおける微量元素の循環の例として、Znの循環を Fig. 1 に示した。

購入飼料と水からの Zn が系外から、また自給飼料からの Zn が系内から牛群に摂取されたが、牛群の Zn 摂取量は系内よりも系外から摂取する割合が高かった。さらに、成牛では牛乳、老廃牛及び子牛への Zn の移行と、育成牛及び子牛では増体時の Zn の蓄積もみられたが、Zn 摂取量に対する生産物への Zn 移行量の比率が小さかったので、糞尿中への Zn 排泄量は非常に多くなり、摂取量に近似した値

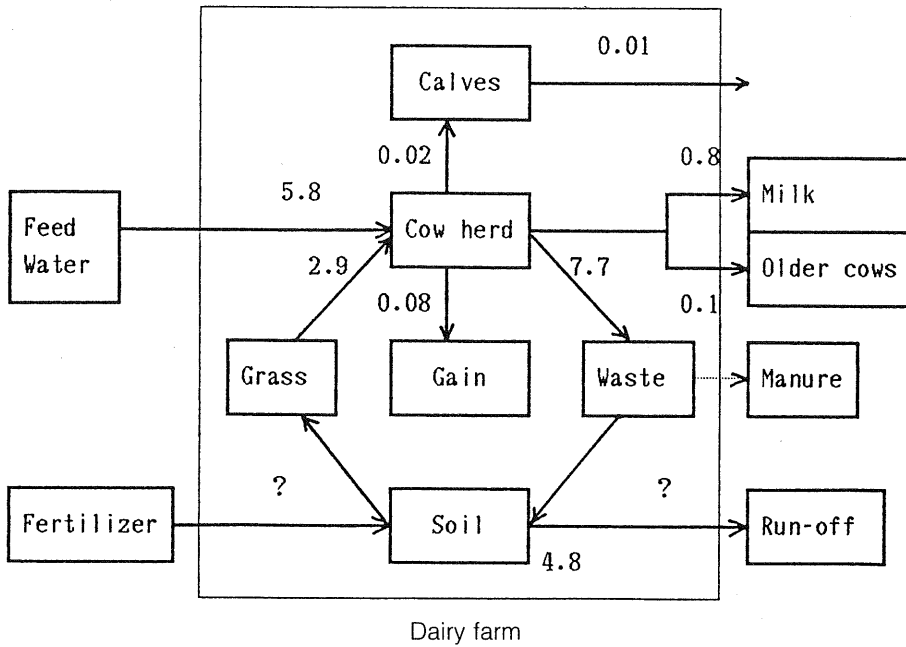


Fig.1. Zinc cycling in the model of dairy farm (kg/year).

□; Compartment, →; Flow of zinc.

となった。

一方、糞尿中の微量元素は、一部は堆肥として系外へ出される場合もあるが、ここでは全て飼料畑に還元されるものとした。また、飼料畑には化学肥料の施肥などによる系外からの微量元素の流入や、土壌からの自然浸透などによる系外への流出も考えられるが、ここでは正確な数値を把握できなかったので、土壌における微量元素の動態は考慮しなかった。それゆえ、糞尿中に排泄された量から、自給飼料に移行した量を差し引いた量が飼料畑に蓄積することになり、系外から流入した Zn の年間の蓄積量は 4.8kg であった。

酪農家モデルにおける牛群の 7 種の微量元素の年間摂取量、生産量及び排泄量、並びに系外からの土壌中への微量元素蓄積量を Table 2 に示した。Fe を除くと、微量元素の摂取量はいずれも自給飼料よりも購入飼料から摂取する割合が高かった。また、摂取量に対する生産物への移行量の比率は元素によって異なり、大別すると 10% 以上に達する高い比率のものが Zn と Se であり、1~10% 内には Cu と Mo が入り、また 1% 以下の低い比率のものは Fe、Mn 及び Co であった。さらに、この結果、摂取量に対する糞尿中への排泄量の比率も元素によって非常に異なり、Fe、Mn 及び Co ではほぼ摂取量に相当する量が糞尿中に排泄された。

また、微量元素の排泄量及び系外からの流入量は、それらの摂取量が異なるために元素によって差異が非常に大きかった。しかし、土壌中の微量元素含量も元素によって差異が非常に大きく、Fe、Mn 及び Co では流入量に比較して土壌中のそれらの含量が非常に多いために、土壌中含量に対する系外からのそれらの流入量の比率は 0.03~0.28% と低かったが、Zn、Cu、Se 及び Mo では比較的多く、その比

**Table 2.** Trace element ingestion, production, and excretion of the cow herd and trace element accumulation in soil in the model of dairy farm

	Fe	Zn	Cu	Mn	Se	Mo	Co
	----- kg/year -----			----- g/year -----			
Ingestion	123.3	8.7	2.02	14.6	19.2	154.4	82.0
Self-sufficing(S)	85.0	2.9	0.60	6.1	4.3	61.8	11.8
Production	0.6	1.0	0.07	0.01	6.4	10.5	0.6
Excretion(E)	122.7	7.7	1.95	14.6	12.8	143.9	81.4
E - S*	37.7	4.8	1.34	8.5	8.5	82.1	69.2
Total content in soil** (T, kg/3.9ha)	134134	259	114	2986	0.53	3.45	45.6
Accumulation in soil*** ((E - S)/T, %)	0.03	1.85	1.14	0.28	1.60	2.34	0.15

\* Inflow from the out of the model of dairy farm

\*\* Trace element concentration in soil (ppm on dry basis): Fe, 52913; Zn, 102; Cu, 45; Mn, 1178; Se, 0.21; Mo, 1.36; Co, 18.0.

Depth of cultivated soil; 10cm, Apparent specific gravity; 0.65.

\*\*\* Accumulated rate in soil from the out of the model of dairy farm

率は1.14～2.34%であった。

一方、牧草中の Zn, Cu 及び Se 含量は大部分が乳牛の要求量以下であることが報告されているので<sup>5)</sup>、糞尿を大量還元することによって牧草中のそれらの含量が高くなれば、糞尿を飼料畑に還元する効果も期待できる。しかし、実際に糞尿を大量還元している酪農家や試験場から採取した粗飼料の、Zn, Cu 及び Se 濃度は大部分が乳牛の要求量以下であったので<sup>1,2)</sup>、流入した微量元素の牧草による利用効率にはある程度の限度があり、それほど有効には利用されていないものと思われた。

さらに、さきの研究<sup>1)</sup>で得られた主要元素についてみると、Ca, P, Mg 及び K でも系外から飼料畑に流入する量は非常に多く、同様に土壌中含量に対する系外からのそれらの流入量の比率を求めると5.47～26.65%で、微量元素はそれと比較して非常に低い値を示した。そのため、乳牛の生産性におよぼす飼料畑へ還元された微量元素の影響は、主要ミネラルの還元による影響に比較すると小さいと考えられるが、年数が経過すれば多量の微量元素が土壌中に蓄積し、それが乳牛の生産性に悪影響をおよぼす可能性も推察される。また、飼料畑への糞尿の大量還元が、農家周辺地域への微量元素の流出となり、河川などの環境汚染につながる危険性も考えられる。それゆえ、酪農家モデルにおける微量元素の循環の検討結果からも、酪農家においては飼料畑への糞尿の大量還元を避けることが、乳牛の生産性向上を図り、さらに環境保全を適正にするためにも必要なことが示唆された。

## 文 献

1. 久米新一, 向居彰夫, 柴田正貴, 相井孝允, 栗原光規, 高橋繁男 (1988) 九州農試報告 25:95
2. 久米新一 (1984) 微量元素研究 1:83

3. 久米新一 (1985) 微量栄養素研究 2 : 73
4. 久米新一, 栗原光規, 高橋繁男, 柴田正貴, 相井孝允 (1986) 微量栄養素研究 3 : 155
5. 高橋達児 (1977) 日草誌 23 : 259