

## 草地農業における無機 balance に関する研究

### 第5報 Grass tetany 症 (和牛) 集団発生地区における土壌・肥料および牧草の無機 balance について\*

篠原 功\*\*・原田 勇\*\*

(土壌肥科学研究室)

### Studies on the Balance of Inorganic Elements in the Grassland Agriculture (Part 5)

On the relationships between the grass tetany of Wagyu (Japanese Cattle) and the inorganic balance of the soil, fertilizer and forage in the Wagyu farm

Isao SHINOHARA\*\* and Isamu HARADA\*\*

(April, 1978)

#### I. 緒 論

草地農業の集約化に伴って、その土壌、飼料および家畜系における各種無機栄養素の循環量は膨大となり、しかも迅速化してくる。そのときこの農業の栄養 balance が崩れる恐れがある<sup>2),5),9),19)</sup>。そこで、われわれはこの栄養 balance を制御するため無機 balance の研究に着手してきた。そしてこれまで、土壌の無機養分環境条件の変化が牧草体内の無機 balance を乱し、家畜にも影響する可能性を予知してきた<sup>3),4),12),13),14)</sup>。またこれらのデータを基礎として根釧北東部 N 町 K 地区における草地酪農の現場との関係のなかから、土壌および牧草の無機 balance と乳牛疾病との関連について検討した<sup>15)</sup>。その結果、土壌および牧草の K/Ca+Mg (me) ratio, NO<sub>3</sub>-N 含量の増大および Ca/P (%) ratio の低下が「乳牛の起立不能症候群」の多発に関与している可能性について指摘してきた。しかし、これまでの研究からは、土壌および牧草と乳牛個々の具体的疾病あるいはその血清中の無機 balance との関連について明らかにすることはできなかった。ところが、われわれは 1974 年 5 月下旬から 6 月上旬にかけて、北海道上川南部において起立不能症候群の一種と

\* この研究の要旨の前半は 1975 年 10 月 3 日、日本草地学会秋季全国大会 (松江) および後半は 1977 年 4 月 6 日、日本土壌肥科学会全国大会 (宇都宮) において発表した。

\*\* Laboratory of Soil Science and Plant Nutrition, The College Dairying, Ebetsu, Hokkaido, Japan

考えられる grass tetany 症が和牛に集団発生するという事態に遭遇した。そこで今回は、grass tetany 症発生地区の土壌、肥料および牧草の無機 balance を中心に家畜との関連について検討した。以下にその概要を記述する。

## II. 調査研究の方法

### 1) 調査農場の選定および資料の入手

1974年6月4日、上川南部占冠村役場から「村内の仔付泌乳和牛に起立不能症状を示しけいれんを伴った疾病が集団発生した。どのように対処すればよいだろうか……」という電話連絡がわれわれのもとへ入ってきた。このときから、今回の調査研究がはじまった。われわれは直ちに現地へ向かい、村役場、獣医師、農改駐在員と打ち合わせを行い、翌日 grass tetany 症の最も多発した和牛飼育農場 (I)、同発生地区内の grass tetany 症の発生しなかった和牛飼育農場 (II) および地区外のこれが疾病の発生しない乳牛飼育農場 (III) を選び、これらの農場の牧草および土壌を採取した。一方、現地の間山獣医師および酪農学園大学獣医学科其田教授らは分析用の血液を採取した。また後日、これらの農場の営農概況を調査した。

### 2) 土壌および牧草の採取と調整

上記調査農場における土壌および牧草は放牧用草地および採草用草地において採取した。すなわち、牧草は1枚の草地につき3地点から地際5cmを残して牧草の地上部を採取し、これら3地点の牧草を合わせて1試料とした。また土壌は牧草採取地点の地表から深さ10cmまでの耕土3点を採取し、これら3地点の土壌を生土のまま細かく砕き3点を合わせて1試料とした。このようにして採取した牧草試料および土壌試料はおよそ4時間から10時間以内に約170km離れた本学実験室(野幌)へ持ち帰った。そして直ちに牧草は80°Cの通風乾燥機に入れた。この牧草は乾燥後粉末試料に調製した。また土壌は室温で風乾し細土とした。これら調製した牧草および土壌はつぎの化学分析に供した。また同時に牧草以外の飼料は牧草の化学分析法によって分析した。

### 3) 化学分析法

牧草および飼料の分析は以下の方法によった。

- (1) 牧草の全窒素の測定はマイクロケルダール法<sup>7),18)</sup>
- (2) 牧草の磷酸の測定は常法により灰化し、その珪酸分離液について Fiske-Subbarow の光電比色法<sup>16),17)</sup>。
- (3) 牧草の加里、石灰および苦土の測定は常法により灰化し、その珪酸分離液について加里は蛍光分析法<sup>1)</sup>、石灰および苦土は EDTA 法により分析した<sup>16)</sup>。

また土壌の分析法は以下のようである。

(4) pH の測定はガラス電極 pH メーター法<sup>10)</sup>

(5) Total-N の測定はマイクロケルダール法<sup>7),18)</sup>

(6) 有効態リン酸の測定は Bray's No. 1 の方法および Fiske-SubbaRow の光電比色法<sup>8),17)</sup>

(7) 置換性加里の測定は 1 N-酢酸アンモニウム (pH 7.0) 置換抽出法および炎光分析法<sup>6),1)</sup>

(8) 置換性石灰および苦土の測定は 1 N-酢酸アンモニウム (pH 7.0) 置換抽出法および EDTA 法<sup>6),16)</sup>

なお、採血した血清中の無機含量の分析は北海道上川家畜衛生保健所および酪農学園大学獣医学科内科学教室が担当した。

### III. 結果ならびに考察

#### 1) Grass tetany 症集団発生状況および仔付泌乳和牛の血清中無機 balance

和牛 grass tetany 症の集団発生状況の概要はおよそつぎのようであった。

##### (1) 発生状況

ここ 1・2 年、二三の疑わしい疾病が発生したがその原因は明らかでない。しかし今回の疾病は 1974 年 2 月から 6 月にかけて発生、とくに 5 月下旬から 6 月上旬に集中し、それは分娩後 6~110 日の仔付泌乳和牛に発生した。その数は 22 頭に達し、成牛に対する発生率は 7.7% で、最も多発した農場の発生率は泌乳和牛の 25.5% にも達した。これが 22 頭のうち死産率は 54% に達した。その内訳は死後発見 4 頭、発見後死亡 7 頭で、いずれも発見後 2~4 時間以内に死亡した。この他治療廃用は 1 頭である。なお他の発生牛 10 頭は硫酸マグネシウム 25% のもの 200 ml を主剤とする 1~9 回の注射によって全快している。また grass tetany 症非発症和牛については 6 月 5 日硫酸マグネシウムの注射、酸化マグネシウム 1 頭当り 30~50 g を毎日給与、マグネシウム入鉱塩の使用などにより、その後の発生はほとんどなくなっている。

##### (2) 臨床症状

軽症のものは神経質になり、目が輝きなく、群から離れる。胸部、肘、肩および大腿部にけいれん (tetany) が認められる。重症のものは口からあわを出す。歩行がヨタヨタし、起立不能 (tetany) 様となり、脈はくは 100~120、死の直前には離れていても心臓のどろきがわかる。体温が 35~36°C と低くなる。

##### (3) 解剖

全般に心臓部に出血があり心臓マヒの状態がみられる。口からよだれを出し、あわが

気管につまって窒息する。

#### (4) 血清中の無機 balance

和牛血清中の無機含量および無機 balance は Table 1 のようであった。すなわち grass tetany 未発症和牛血清中のマグネシウム含量は Mg として 2.28~2.62 mg/dl 血清であった。これに対し grass tetany 発症和牛のそれは 1.23~1.43 mg/dl 血清であり、かなり低下していることが認められた。また血清中の K/Ca+Mg (wet.) ratio はこれが未発症牛で 1.60~2.19 であった。これに対し grass tetany 発症牛のそれは 2.51~2.88 と高くなっている。しかも硫酸マグネシウムの投与によって血清中のマグネシウム含量は Mg として 1.90~3.30 mg/dl 血清まで増大し、K/Ca+Mg (wet.) ratio もしだいに低下している。

**Table 1.** Inorganic balance in serum of normal wagyu and change of inorganic balance in serum of grass tetany wagyu dy injection the 200 ml of 25% magnesium in the Shimukappu region

Inorganic balance in serum of normal wagyu			Change of inorganic balance in serum of grass tetany wagyu by injection the 200 ml of 25% magnesium sulphate					
			grass tetany		injection	heal		
Cow name	Cow name or number		31/MAY	2/JUN	31/MAY	3/JUN	3/JUN	
	Mg mg/dl	$\frac{K}{Ca+Mg}$ (wet) ratio *	Mg mg/dl	$\frac{K}{Ca+Mg}$ (wet) ratio	Mg mg/dl	$\frac{K}{Ca+Mg}$ (wet) ratio	Mg mg/dl	
Izuko	2.28	1.60	No. 12	12.3	2.77	1.88	1.70	2.60
Nakagawa	2.31	2.19	13	1.43	2.51	1.65	1.82	3.30
Koakiyoshi	2.61	1.66	17	1.32	2.88	1.62	1.76	1.90

\* wet: weight ratio

以上のことから、この grass tetany 発症牛はけいれん (tetany) を伴った起立不能症におちいり、その血清中のマグネシウム含量は低下し、K/Ca+Mg (wet) ratio は増大していたこと、そしてこれが発症牛に硫酸マグネシウムを注射することによって全快していることが明らかになった。このことは Kemp<sup>9)</sup>, Wolton<sup>20)</sup> および村上らのデータならびに著者らがさきに、根釧北東部 N 町 K 地において実施した「土壌、牧草の無機 balance と乳牛の疾病との関連について」<sup>15)</sup> のデータ等から、このような事実は主要な飼料である牧草中の無機要素含量ならびにその無機 balance の崩れに原因するのではないかと推定した。

そこで、grass tetany 症集団発生地区の土壌・肥料および牧草の無機要素含量およびその無機 balance ついて調査した。そしてその結果を grass tetany 発症牛に最も近い牧草から土壌への方向で検討することとする。

2) 牧草の無機 balance

Grass tetany 症が最も集中した5月下旬から6月上旬にかけての草地は、ほとんどイネ科牧草によって占められていた。6月5日に採取したイネ科牧草の無機 balance は Fig. 1 のようであった。すなわち、grass tetany 症多発農場 (I) の牧草体内の K/Ca+Mg (me) ratio は 3.10~4.91, 同地区非発生農場 (II) のそれは 4.13~5.82 であり、いずれもかなり高い値を示している。これに対し地区外の非発生農場 (III) のそれは 2.99~3.59 とわずかに低い。Kemp ら<sup>9)</sup> は牧草体内の K/Ca+Mg (me) ratio の増大が grass tetany の発生率を増大させることを認め報告している。それはこの ratio が 3 以下のとき grass tetany の発生率は 6.80% であったが、3 を越えるとその発生率は 17.40% にも達したというのである。また著者らは、すでにイネ科牧草は土壌養分環境条件の変化によって牧草体内のこの ratio は 5.28 にも達し grass tetany 発生要因的牧草になることを明らかにしている。これらのことからこれが grass tetany 集団発生地区の草地は grass tetany 発生要因的牧草で占められ、しかもその牧草体内の K/Ca+Mg (me) ratio は異常に高いことが明らかとなった。またこれが傾向は第4報において報告した乳牛の起立不能症候群多発農場の牧

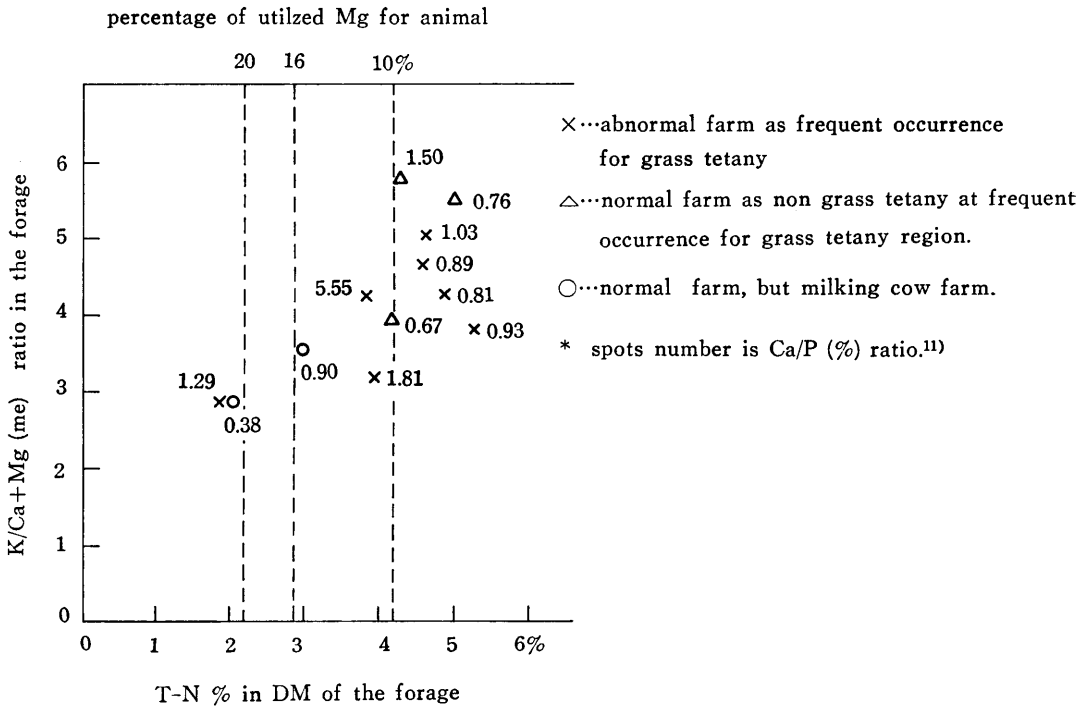


Fig. 1. The mineral balance of the forage on the frequent occurrence area for grass tetany and on the non occurrence area.

草体内の  $K/Ca+Mg$  (me) ratio と酷似していた。また Kemp らは grass tetany の発生はこの無機 balance に加えて、家畜が高窒素含量の牧草を摂取した場合ルーメン内でアンモニアが異常発生しアルカリ性となるためマグネシウムは難溶性の塩を作り、これが消化管内におけるミネラルの利用度を低下させることが一つの要因であると考えている。そして Wolton は飼料中の窒素含量が高い場合、家畜の飼料乾物中のマグネシウム要求量を Mg として 0.2%, MgO として 0.33% 以上としなければ grass tetany にかかる恐れがあるとしている。

つぎにこのような無機 balance を示した牧草の無機要素含量について検討する。

### 3) 牧草の無機要素含量

#### (1) 牧草の窒素 (N) 含量

まず牧草の窒素含量であるが、grass tetany 集団発生地区のそれは Fig. 2 に示したようであった。すなわち、grass tetany 多発農場 (I) における牧草の窒素含量は乾草を除いて、そのほとんどが乾物中 T-N として 3.65~5.30%、また同地区非発生農場 (II) のそれも 4.40~5.10% の異常に高い窒素含量を示した。これに対し地区外の非発生農場 (III) のそれは 2.10~2.95% の低い値を示した。このことから grass tetany 多発農場 (I) の牧草は窒素含量が高いといえよう。この高い窒素含量をその牧草の粗蛋白含量に換算してみると、grass tetany 多発農場の牧草は乾物中で粗蛋白含量 22.8~33.1% にも達していたことになる。この牧草乾物中の高い粗蛋白

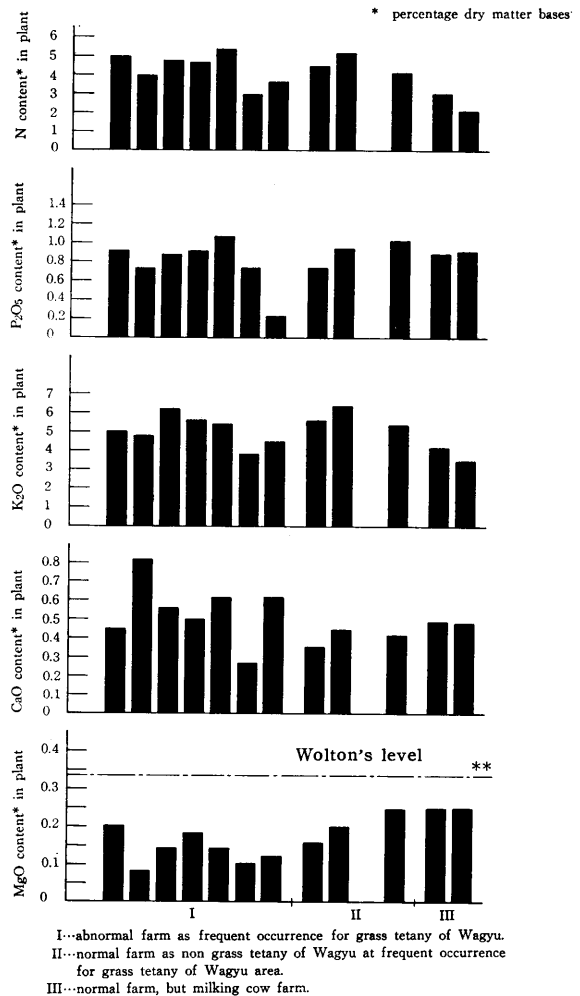


Fig. 2. The relationship between the contents of each inorganic nutrient in the forage and the grass tetany of Wagyu in the farm.

含量は Kemp らの報告からみて家畜のマグネシウム利用率をすこぶる低下させる一つの要因になると考えられる。また著者らは別の研究において高窒素含有牧草は糖含量が低下していることを認めている。このことから grass tetany 多発農場 (I) の家畜は高蛋白でときに低エネルギーの牧草を摂取していたものと考えられる。

#### (2) 牧草の磷酸含量

家畜が飼料中に要求する磷酸含量は NRC\* によれば P として 0.33% 以上であり、それは  $P_2O_5$  として 0.76% 以上となる。grass tetany 多発地区における牧草の磷酸含量は Fig. 2 に示したようである。すなわち、grass tetany 多発農場 (I)、同地区非発生農場 (II) および同地区外非発生農場 (III) のいずれも牧草乾物中  $P_2O_5$  として 0.67~1.06% の範囲にあり、それはさきの磷酸要求量をほぼ満している。このことから grass tetany 多発農場 (I) の和牛に対する牧草中の磷酸はじゅうぶんであったといえよう。

#### (3) 牧草の加里含量

家畜が飼料乾物中に要求する加里含量は NRC によれば K として 0.70% であり、それは  $K_2O$  として 1.21% となる。grass tetany 多発農場 (I) の牧草の加里含量は Fig. 2 のようである。すなわち、牧草乾物中  $K_2O$  として乾草を除き 4.5~6.2%、同地区非発生農場 (II) のそれは 5.4~6.4% であり、この二つの農場 (I・II) の牧草の加里含量はかなり高いといえよう。これに対し地区外の非発生農場 (III) のそれは 3.5~4.2% であり、これは前 2 者よりやや低い。

加里は家畜体内でもっとも多量に存在するイオンであるが、これが過剰に存在すると flaccid な麻痺や不整脈を生じ、心拍停止にいたることがあるという。家畜体内の加里はソーダとの関連において論議されることが多いが、飼料中の加里含量についての家畜からみた最大許容限界は明らかでない。しかし植物中の加里含量の異常な増大は、その植物体内の石灰および苦土含量を低下させることが認められている。それは加里、石灰および苦土相互間の拮抗作用として一般に知られている事実である。著者らは牧草について実験を行い、牧草においても加里石灰および苦土間に拮抗関係にあることを認めている。これらのことからみて牧草中加里含量の異常な高まりは家畜に対して何らかの影響があるのではなからうか。

#### (4) 牧草中の石灰含量

家畜が飼料乾物中に要求する石灰含量は NRC によると Ca として 0.43% 以上であり、それは CaO として 0.60% 以上となる。grass tetany 集団発生地区における牧草の石灰含量は Fig. 2 に示すようである。すなわち、grass tetany 多発農場 (I) の牧草乾物中石

\* NRC: National Research Council, USA (1971)

灰含量は CaO として 0.45~0.82% で、それは家畜の要求をほぼ満たしているが、同地区非発生農場 (II) および地区外非発生農場 (III) のいずれの牧草も乾物中 CaO として 0.36~0.49% の範囲にあり、この値は家畜の要求する石灰含量をじゅうぶん満たしていないと考えられる。

#### (5) 牧草中の苦土含量

家畜が飼料中に要求含する苦土含量は NRC の標準では、乾物中 Mg として 0.10% 以上である。これは MgO として約 0.17% 以上となる。grass tetany 多発農場 (I) の牧草乾物中の苦土含量は Fig. 2 に示すようである。すなわち、MgO として 0.08~0.20% の範囲にあり、その平均は 0.14% である。これに対し同地区非発生農場 (II) のそれは 0.15~0.25% である。同地区外の非発生農場 (III) のそれは 0.25% であった。このことから grass tetany 多発農場の牧草は苦土がやや不足しているといえよう。そしてさらに、この牧草が高い窒素含量を示したことから、Wolton のいう MgO として 0.33% を基準として、これらの牧草中の苦土含量を検討すると、これが和牛の grass tetany 多発農場 (I) のそれは、この基準値の 1/3、同地区非発生農場 (II) のそれは 2/3、地区外非発生農場 (III) のそれは 3/4 程度の含量であった。このことから grass tetany 多発農場 (I) の牧草の苦土含量はいちじるしく少ないことが明らかとなった。

これらのことから grass tetany 多発農場の牧草は窒素および加里含量が異常に高く苦土含量がいちじるしく低いことが明らかとなった。

#### 4) 牧草栽培に用いられた肥料要素の使用量とその年次推移

grass tetany 集団発生地区の代表農場としてとりあげた grass tetany 多発農場の牧草は窒素および加里を異常に高く含み、苦土はいちじるしく低かった。これが牧草の無機養分含量におよぼす大きな要因は、これが牧草の培地である土壌またはこの土壌に施用された肥料である。そこで、つぎに grass tetany 集団発生地区 (I・II 農場を含む 12 農場、和牛……成牛 287 頭、育成その他 222 頭) の 536 ヘクタールの草地耕地のために、過去 4 年間に購入された化学肥料中の年次ごとの要素量は 4 年間の合計で窒素は N として 51.1 t、磷酸は  $P_2O_5$  として 26.5 t、加里は  $K_2O$  として 43.0 t、石灰は CaO として 18.5 t である。ところが苦土はこの 4 年間にまったく購入されていない。この肥料要素購入量の推移を調査基本年の 1971 年を 100 とした年次ごとの指数でみると 1974 年の窒素は 255、磷酸は 235、加里は 439 となり、窒素、磷酸および加里はいずれもいちじ

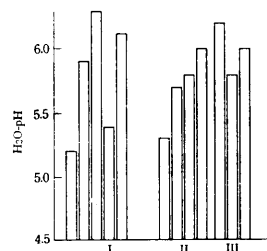


Fig. 3. pH value in the soil of abnormal and normal farm.



るしく増加している。ところが石灰は55となり、そしてさらに苦土は1971から1974年までいずれの年にも全く購入されていない。

これらのことから、さきの牧草が高い窒素、リン酸および加里含量と極めて低い苦土含量を示した原因は肥料要素購入量のアンバランスに負うところが大きであると考えられた。

また聞き取り調査では grass tetany 多発農場 (I) の牛舎糞尿のほとんどは附近の野菜農家へ提供していたことも明らかとなり、このような農場から苦土資源である糞の搬出は牧草中の苦土供給量を低下せしめる結果となったものと考えられる。

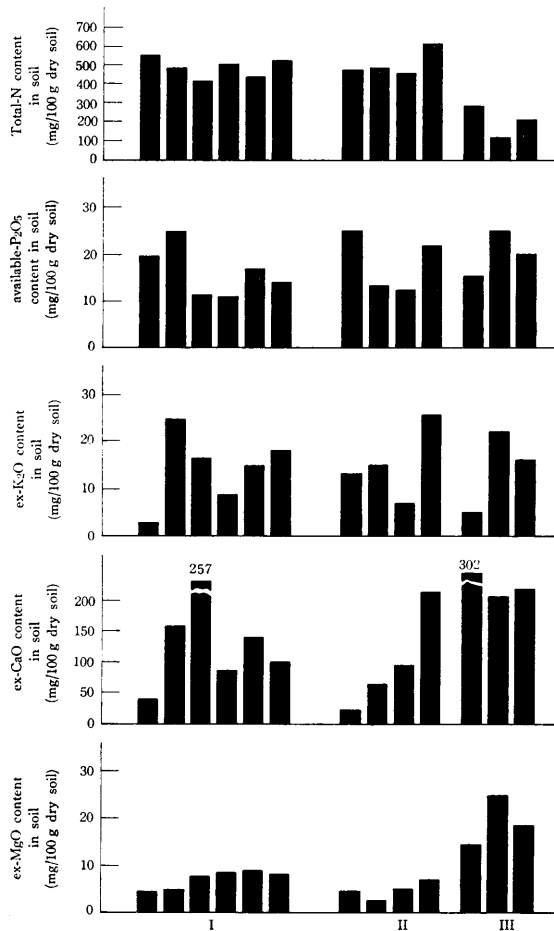
そこでつぎに牧草中の無機養分含量におよぼすもう一方の培地要因である土壤中の pH および有効態養分レベルについて検討することとする。

### 5) 土壌の pH および有効態養分レベル

grass tetany 集団発生地区における H<sub>2</sub>O-pH は Fig. 3 のようである。すなわち全般に酸性土壌であったが、grass tetany 多発農場でとくに低いものがみられた。つぎに、このような土壌の有効態養分レベルについて検討する。

#### (1) 土壌の全窒素含量

grass tetany 集団発生地区における土壌の全窒素含量は Fig. 4 のようである。すなわち、grass tetany 多発農場 (I) および同地区内非発生農場 (II) のそれは N として 410~610 mg/100 g 乾土である。これに対し同地区外の非発生農場のそれは 120 mg~380 mg/100 g 乾土と低い。これら土壌の



I---abnormal farm as frequent occurrence for grass tetany of Wagyu.  
 II---normal farm as non-grass tetany of Wagyu at frequent occurrence for grass tetany of Wagyu area.  
 III---normal farm, but milking cow farm.

Fig. 4. The relationship between the level of available elements in the soil and grass tetany of Wagyu in the farm.

全窒素含量はその土壤の腐植含量および施肥から採土までの期間などが大きく影響するので一様ではないが、一般的にみて grass tetany 多発農場の土壤の窒素含量は高いといえる。

#### (2) 土壤の有効態リン酸含量

grass tetany 集団発生地区における土壤の Bray's No. 1 の方法による有効態リン酸含量は Fig. 4 のようである。すなわち grass tetany 多発農場 (I) および同地区内非発生農場 (II), 地区外非発生農場 (III) のいずれの土壤も  $P_2O_5$  として 10.3~24.4 mg/100 g 乾土であり、これは一般に 10 mg/100 g 乾土以上を標準レベルとしていることからみて土壤の有効態リン酸含量はじゅうぶんであったと考えられる。

#### (3) 土壤の置換性加里含量

grass tetany 集団発生地区における土壤の N-酢酸アンモニウム抽出法による置換性加里含量は Fig. 4 のようである。すなわち、grass tetany 多発農場 (I) および同地区内非発生農場 (II) における土壤の置換性加里含量は  $K_2O$  としておよそ 2.8~25.4 mg/100 g 乾土の範囲にあり、これは同地区外の非発生農場 (III) におけるその 4.4~22.0 mg/100 g 乾土と比較して特異的な差異があるとは認められなかった。しかし、さききのべた肥料の使用状況からみて grass tetany 多発農場 (I) の土壤はかなり高い加里レベルに達した可能性がある。そしてそれは牧草体内の加里含量をいちじるしく高くならせたであろうと推測される。

#### (4) 土壤の置換性石灰含量

grass tetany 集団発生地区における土壤の N-酢酸アンモニウム抽出法による置換性石灰含量は Fig. 4 に示すようである。すなわち grass tetany 多発農場 (I) および同地区内非発生農場 (II) における土壤のそれは  $CaO$  として 26~257 mg/100 g 乾土の範囲にあるが大部分は 100 mg/100 g 乾土以下である。これに対し地区外非発生農場 (III) のそれは調査点数が少ないとはいえ、いずれも  $CaO$  として 200 mg/100 g 乾土以上である。このように grass tetany 多発地区の土壤の置換性石灰は低い値を示した。このことが家畜の疾病に直接結びついたかいは明らかなでない。この地区は火山灰土壤であり塩基が流亡しやすく、NK 化成などの多用により石灰などの塩基がかなり流亡していることを物語っているといえよう。

#### (5) 土壤の置換性苦土含量

これまでの検討のなかでたびたび論議の対象となってきた苦土の土壤中における含量はどのようになっているのだろうか。grass tetany 集団発生地区における土壤の N-酢酸アンモニウム抽出法による置換性苦土含量は Fig. 4 のようであった。すなわち、grass

tetany 多発農場 (I) における置換性苦土含量は 4.2~8.4 mg/100 g 乾土および同地区内の非発生農場 (II) におけるそれは 2.2~6.4 mg/100 g 乾土となっており、これは同地区外の非発生農場 (III) のそれが 13.8~24.2 mg/100 g 乾土であったのにくらべ、その 1/3 程度しかなく、一般に土壤の標準苦土レベルは置換性の MgO として 20~30 mg/100 g 乾土であることから判定しても grass tetany 多発農場および同地区内の非発生農場における土壤の苦土含量は極めて低いといわなければならない。このことはさきの肥料苦土購入量が皆無であったことを反映しているといえよう。そしてこれが牧草の苦土含量をいちじるしく低下させ grass tetany 多発の大きな要因となったと考えられる。

以上調査例の範囲であるが、土壤の全窒素含量、置換性加里含量、有効態磷酸含量および置換性石灰含量が正常であっても置換性苦土が MgO として 10 mg/100 g 乾土以下のときには grass tetany が多発する恐があるといえよう。

5) grass tetany 発生地区における泌乳和牛の苦土過不足率の推定

これまでの家畜の血清中苦土含量、牧草、肥料および土壤の窒素、磷酸、加里石灰および苦土含量とその balance について検討し、grass tetany 発生の大きな要因の一つは土壤肥料および牧草の苦土不足にあることが明らかとなった。ここでは、これまでもたびたび触れてきた家畜体内の苦土利用率の低下について、Fig. 1 に併記した Kemp らの報告を基礎として、これが grass tetany にかかった泌乳和牛の推定泌乳量<sup>21)</sup>による苦土要求量と牧草の粗蛋白含量および苦土含量の関係から泌乳和牛の苦土過不足率を推定した。その結果は Fig. 5 のようである。すなわち、grass tetany 多発農場 (I) の分娩後 1 カ月目以内の仔附泌乳和牛は 1 日当りの泌乳量を 8.7 kg<sup>21)</sup> としたとき牧草サンプルごとの

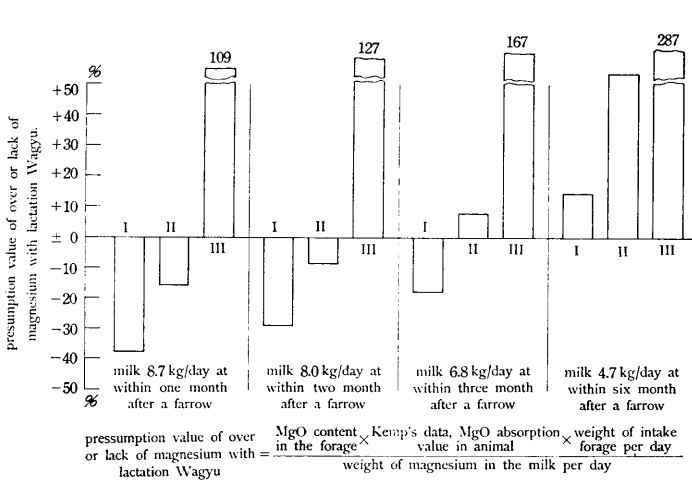


Fig. 5. Presumption value of over or lack of magnesium with lactation Wagyu in the farm of frequent occurrence grass tetany.

平均でマイナス 37% の苦土が不足していたことになり、それは泌乳中苦土 1214 mg のうち 449 mg/日相当が不足したことになる。但し、この推定値には母体の維持に必要な苦土量は計算に入っていない。一般に生物は新しい世代へ栄養を集中する傾向があるといわれていることから、この不足した苦土は母牛の身体を削って仔牛に供給したと考えられる。このような推論は、これが grass tetany 発生牛の血清中苦土含量が低下していたことと符合するものと考えられる。そして分娩後 1 カ月目以内の同地区内の非発生農場 (II) のそれはマイナス 16% の苦土が不足していたことになる。これに対し同地区外の非発生農場 (III) のそれはプラス 109 であった。これが 2 カ月目のそれでは 1 日当りの泌乳量 8.0 kg として、grass tetany 多発農場 (I) のそれはマイナス 29%、同地区内の非発生農場 (II) のそれはマイナス 9%、同地区外の非発生農場のそれはプラス 127% であり、分娩後 3 カ月目では泌乳量 6.8 kg として、それぞれマイナス 17%、プラス 7% およびプラス 167%、分娩後 6 カ月目では 1 日当り泌乳量 4.7 kg として、いずれの農場の家畜ともプラスとなり、それはそれぞれプラス 14%、プラス 53% およびプラス 287% のマグネシウム過不足率が推定された。このことから grass tetany 多発農場の牛はもちろんのこと同地区内の非発生

presumed value of magnesium absorption for animal

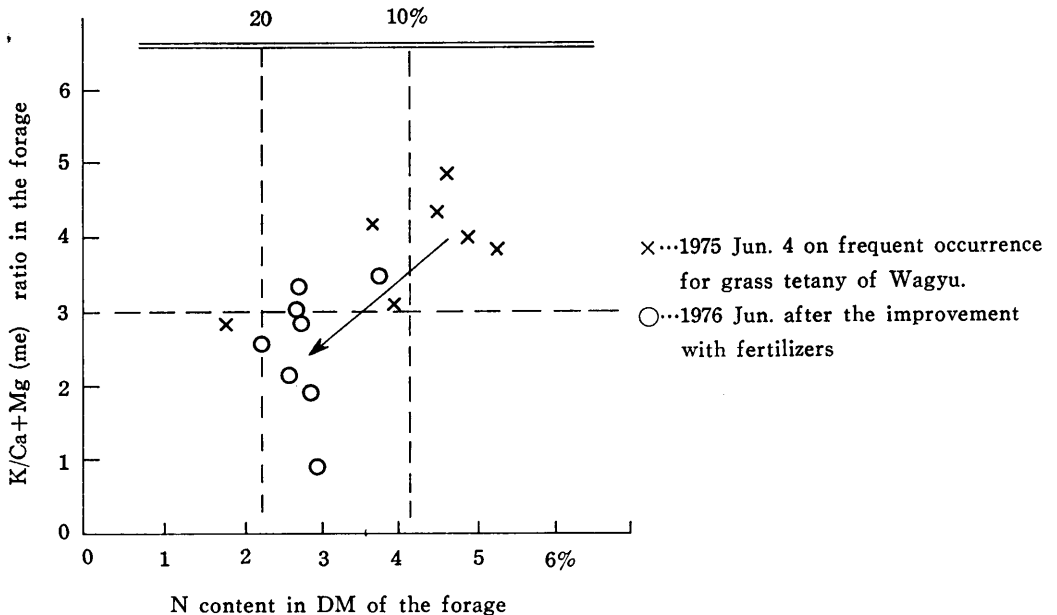


Fig. 6. The variation of K/Ca+Mg (me) ratio and N content in the DM of the forage with the improvement of fertilization elements in the forage and the presumed value of magnesium absorbed for animal.

農場の牛もかなりの苦土が不足していたものと推定された。なおこの同地区内の非発生農場(II)においては本調査の6カ月後にあたる1975年12月に入って grass tetany の発生をみている。

以上のことから家畜の苦土不足は土壌・肥料および牧草の苦土含量低下によって引き起されるだけでなく、家畜体内の苦土利用率の低下および分娩泌乳などによる苦土要求量の増大が大きな要因であると考えられる。しかしこれが家畜体内における苦土利用率の変化とその機作についての研究説明はじゅうぶんに行われていない。われわれはこれまでの一連の検討から牧草体内の  $K/Ca+Mg$  (me) ratio,  $K+Na/Ca+Mg$  (me) ratio および  $K+Na+NH_4/Ca+Mg$  (me) ratio などが家畜体内の苦土利用率とその機作および生理機能におよぼす影響はかなり大きく重要であると予想している。

以上の結果をふまえて、著者らは、これが grass tetany 多発農場に対し牧草中の苦土含量を高め、 $K/Ca+Mg$  (me) ratio を低下させるための施肥指導を行った。つぎにその結果について検討する。

#### 6) 施肥改善に伴う牧草の無機 balance の変化と和牛の grass tetany の消長

1975年5月下旬から6月上旬にかけて泌乳和牛に grass tetany が発生したが、これが土壌、肥料および牧草との関連についての検討結果は前述のようであった。そこでこれが検討結果に基づき grass tetany 多発後の1975年7月全草地に対して苦土石灰 30~50 kg および熔成燐肥 30 kg/10 a を施用した。またその翌年の1976年5月上旬にも同様の施肥を行った。その結果、1976年には grass tetany の発生は皆無となった。これが1976年6月における土壌および牧草について検討した結果は Fig. 6 および 7 のようである。Kemp らは牧草  $K/Ca+Mg$  (me) ratio の増大は grass tetany の発生要因となることを報告しているが、これが施肥改善による牧草のこの ratio は1975年6月 grass tetany 多発時 3.10 から 4.91 であったものが1976年6月には 0.89 から 3.45 までかなり低下している。また Kemp らによって家畜の苦土利用率を低下させると

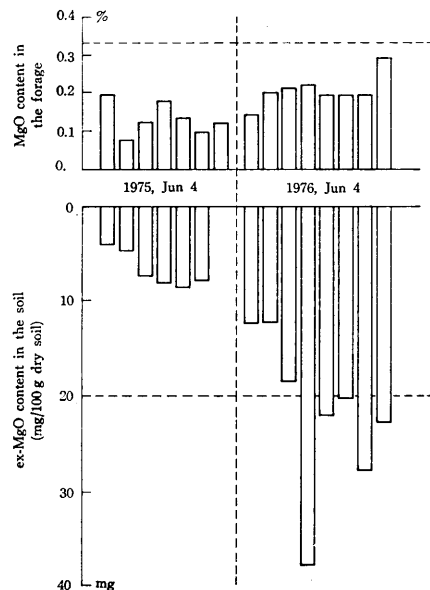


Fig. 7. The variation of MgO content in the forage and ex-MgO content in the soil with the improvement of fertilization elements in the Wagyu farm.

している牧草乾物中の窒素含量はNとして4.40から5.10%であったものが2.34から3.74まで低下している。また牧草乾物中の苦土含量はMgOとして0.08から0.25%で平均0.14%であったものが0.14から0.29%まで増大し、平均0.20%となった。また牧草栽培土壌の置換性苦土含量は1975年6月のgrass tetany多発時にMgOとして4.2から8.4 mg/100 g 乾土であったものが苦土の施肥によって12.4から38.0 mg/100 g 乾土まで増大した。これらの土壌および牧草の変化からgrass tetanyの発生が皆無となった要因について検討するとつぎのようである。すなわち、1976年の牧草中苦土含量は1975年のそれに対し平均43%程度の改善にとどまり、MgOとして平均0.20%で、これはWolton<sup>20)</sup>のいうgrass tetanyを防止するために0.33%以上とすることが望ましいとする値にはおよばないが、牧草体内のK/Ca+Mg (me) ratioがかなり低下したこと、また牧草中の窒素含量がかなり低下したことなどから、家畜の苦土利用率および牛生体のconditionが向上したためにgrass tetanyが発生しなかったと考えられる。

以上のことから、泌乳和牛のgrass tetanyと土壌、肥料および牧草の関係について総括するFig. 8とのである。すなわち、和牛農場における購入肥料中苦土の欠除がgrass tetanyを発生させ、苦土肥料の投下がgrass tetanyの発生を低下させたのである。

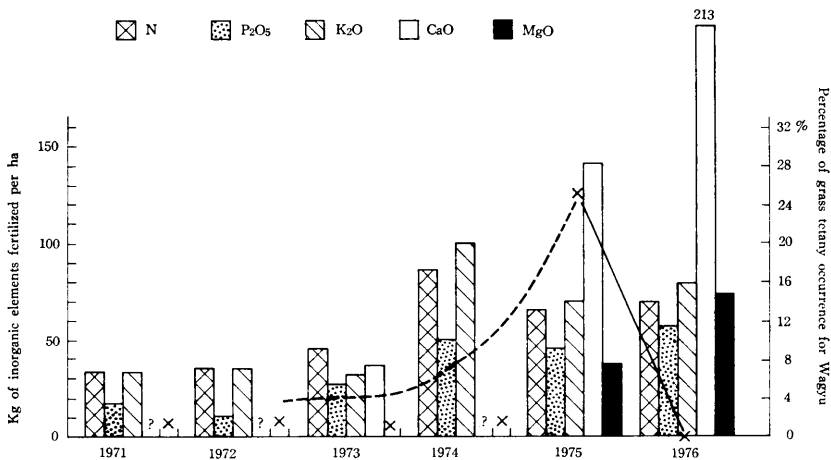


Fig. 8. The relationship between the fertilization history of inorganic elements and the grass tetany occurrence for the Wagyu in the farm, Shimukappu-Tomamu area, Hokkaido.

以上のことから草地農業における和牛の健康を維持し、grass tetanyから家畜を守るためには牧草の栄養および家畜の健康からみて牧草体内のK/Ca+Mg (me) ratioは3.0以下、牧草乾物中の苦土含量はMgOとして0.33%以上、全窒素含量はNとしておよそ3.0%以下、そして土壌の置換性苦土含量はMgOとして20 mg/100 g 乾土以上に維持する

ことが重要であると考えられた。なお grass tetany については畜産、獣医面からの説明がまたれるところである。

#### IV. 摘 要

Grass tetany 症 (和牛) 集団発生地区における土壌・肥料および牧草の無機 balance について検討した。その結果は以下のようである。

1) 繁殖和牛 287 頭のうち 22 頭が grass tetany にかかった。このうち 12 頭は死廃した。そして残り 10 頭は 25% 硫酸苦土 200 ml の 1~9 回の注射により回復した。

2) 正常和牛血清中の苦土含量は Mg として 2.28~2.61 mg/dl 血清であったのに対し grass tetany 発症和牛のそれは 1.23~1.43 mg/dl 血清と低かった。またこれは硫酸苦土の注射により 1.90~3.30 mg/dl 血清まで増大し回復した。

3) Grass tetany の多発した和牛農場の牧草体内の K/Ca+Mg (me) ratio は 3.10~4.91, grass tetany が遅れて発生した和牛農場のそれは 4.13~5.82 といずれも高かった。これにくらべ地区外の grass tetany の発生しなかった乳牛農場のそれは 2.99~3.59 とやや低かった。

4) Grass tetany 発生和牛農場の牧草乾物中加里含量は  $K_2O$  として 3.70~6.20%, 窒素含量は N として 3.92~5.30% であったのに対し苦土含量は MgO として 0.08~0.20% ですこぶる低かった。これにくらべ正常乳牛農場の加里含量および窒素含量は比較的低く、苦土含量は 0.25% とかなり高かった。

5) 一方、これが grass tetany 発生地区の 536 ha の耕地草地に対し 1971 年から 1974 年までの 4 カ年間に投入された肥料要素量は N として 51.1 ton, 磷酸は  $P_2O_5$  として 26.5 ton, 加里は  $K_2O$  として 43.0 ton, 石灰は CaO として 18.5 ton であったが、苦土の投入は皆無であった。その結果、土壌中の置換性苦土含量は MgO として 4.2~8.4 mg/100 g 乾土と低かった。

6) 以上のことからこれが草地に放牧された分娩後 1~2 カ月以内の泌乳和牛は摂取牧草の Mg 利用率および泌乳中の Mg 量から推定して毎日 30~37% の Mg 不足をきたしていたものと考えられた。

7) Grass tetany 多発後の 1975 年 7 月から苦土石灰 30~50 kg および熔成磷肥 30 kg/10 a を施用した。そして翌 1976 年 5 月にも施用したところ grass tetany の発生は皆無となった。その 6 月上旬における牧草体内の K/Ca+Mg (me) ratio は 0.89~3.45 と低い。牧草乾物中全窒素含量も N として 2.34~3.74% と低かった。また加里も  $K_2O$  として 1.90~4.30% とやや低下した。これに対し牧草乾物中の苦土含量は 0.14~0.29% まで増大し

た。そしてこれが牧草栽培土壌の置換性苦土含量は 12.4~38.0 mg/100 g 乾土に増大していた。

8) 以上のことから草地農業における和牛の健康を維持し grass tetany から家畜を守るためには、牧草の栄養および家畜の健康からみて牧草体内の K/Ca+Mg (me) ratio は 3.0 以下、牧草乾物中の苦土含量は MgO として 0.33% 以上、全窒素はおよそ 3.0% 以下、そして土壌の置換性苦土含量は少なくとも MgO として 20 mg/100 g 乾土以上に維持することが重要であると考えられた。

謝辞 なお、本研究における患畜の診療および血清の分析は間山寿一獣医師らおよび酪農学園大学獣医学科其田三夫教授らによった。ここに記して衷心より謝意を表します。

## 文 献

- 1) Barnard, J. A. and R., Chayen 1965. Modern methods of chemical analysis. pp. 1-19, 25-34, 101-106, McGraw-Hill London.
- 2) Bommer, D. F. R., 1969. ヨーロッパにおける草地研究の課題, 日草誌, 15: 105-111.
- 3) 原田 勇, 篠原 功, 1970. 草地農業における無機 balance に関する研究 (第 1 報) (その 1). 酪農大紀要, 3: 262-280.
- 4) 原田 勇, 篠原 功, 1973. 草地農業における無機 balance に関する研究 (第 1 報) (その 2). 酪農大紀要, 5: 15-33.
- 5) Harlan, J. R., 1956. Theory and Dynamics of Grass land Agriculture. D. Van-Nostrand. New York.
- 6) 船引真吾, 青峰重範, 1953. 土壌学実験法, pp. 139-144, 養賢堂, 東京.
- 7) 石橋雅義, 1950. 定量分析実験法, pp. 333-339, 富山房, 東京.
- 8) Jackson, M. L. 1958. Soil chemical analysis pp. 159-160, 183-204, Prentice-Hill. Englewood, cliffs, N. J.
- 9) Kemp, A. T. and Hart, M. L., 1957. Grass tetany in grazing milking cows. Netherland, J. Agric. Sci 5: 4-36.
- 10) 京大農芸化学教室編, 1960. 農芸化学実験書, 1: 247-248, 産業図書, 東京.
- 11) Maynard and Loosli, 1971. Animal Nutrition, sixth edition pp. 157-176. McGraw-Hill, New York.
- 12) 篠原 功, 1974. 牧草のミネラルバランス, 北海道土壌肥料研究通信, 第 21 回シンポジウム. 草地をめぐる諸問題, 特集号, pp. 33-52.
- 13) 篠原 功, 原田 勇, 1976. 草地農業における無機 balance に関する研究 (第 2 報). 酪農大紀要, 6: 283-303.
- 14) 篠原 功, 原田 勇, 1977. 草地農業における無機 balance に関する研究 (第 3 報). 酪農大紀要, 7: 111-127.
- 15) 篠原 功, 原田 勇, 1978. 草地農業における無機 balance に関する研究 (第 4 報). 酪農大紀要, 投稿中.
- 16) 植物栄養学実験編集委員会編, 1961. 植物栄養学実験, pp. 99. 朝倉書店, 東京.
- 17) 高橋泰常, 1958. 無機リン酸の Fiske-SubbaRow 法による比色定量法, 化学の領域増刊, pp. 34-11.
- 18) 東大農芸化学教室編, 1960. 実験農芸化学, I, pp. 54-59. 朝倉書店, 東京.
- 19) Voisin, A., 1963. Grass tetany. pp. 147-153. Crosby-locwood, London.
- 20) Wolton, K. M. 1963. N. A. A. S. Rev. 14. 122.
- 21) 八幡策郎, 1972. 肉牛肥育の経営と技術, p. 221. 家の光協会, 東京.



### Summary

Because of the importance of efficient management of mineral nutrition in grassland agriculture, as a 5th step in our series of studies, we conducted a case study on the relationship between the grass tetany outbreak of Wagyu (Japanese indigenous cattle) and the inorganic balance or imbalance of the soil, fertilizer and forage in a Wagyu cattle farm.

A summary of the results are as follows:

1) A grass tetany outbreak was found in 22 head, in a herd of 287 head in lactation Wagyu cattle in the Shimukappu region, Hokkaido from Feb. to Jun. 1975. 12 head out of 22 cases succumbed and the remainder were cured by 1 to 9 of injections the 200 ml of 25% magnesium sulphate solution.

2) The magnesium content in the serum of grass tetany Wagyu was 1.23 to 1.43 mg/100 dl, this recovered to a level of 1.90 to 3.30 mg/dl by magnesium injection, and the Wagyu was cured.

3) The K/Ca+Mg (me) ratio in the forage showed a high ratio of 3.10 to 4.91 in the Wagyu farm in areas of frequent occurrence of grass tetany, and 4.13 to 5.82 in the Wagyu cattle farms in the Shimukappu-Tomamu region where no cases of grass tetany outbreak have been recorded. But the ratio of milking cow (Holstein) farms where no cases of grass tetany have been reported should a medium ratio of 2.99 to 3.59.

4) The content of nutrients in the dry matter of forage on the Wagyu farms with no grass tetany cases and a frequent occurrence of grass tetany in Wagyu farms from 4.40 to 5.10 and generally 3.65 to 5.30 of total-N, from 0.77 to 1.05 and 0.73 to 1.07%  $P_2O_5$ , from 5.40 to 6.40 and 3.70 to 6.20% of  $K_2O$ , from 0.36 to 0.49 and 0.45 to 0.82% of CaO, from 0.15 to 0.25 and 0.08 to 0.25% of MgO. And the content of nutrients in forage of milking cow farms with no occurrence of grass tetany was from 2.10 to 2.95% of total-N, from 0.88 to 0.91% of  $P_2O_5$ , from 3.50 to 4.20% of  $K_2O$ , from 0.49% of CaO, from 0.25% of MgO.

5) The applied volume of fertilizer to 536 ha of pasture in the 12 farms in Shimukappu-Tomamu area with a high incidence of grass tetany was for 1971 to 1974, 51.1 tons of N, tons of  $P_2O_5$ , 43.0 tons of  $K_2O$ , 18.5 tons of CaO. MgO fertilizer was not administered.

6) The soil chemical characteristics in Wagyu farms with zero incidence and those of frequent occurrence of grass tetany was from 453 to 614 mg and from 453 to 554 mg of total-N, from 12.8 to 24.8 and from 11.0 to 24.8 mg of available  $P_2O_5$ , from 6.4 to 25.7 and from 2.8 to 25.1 mg of exchangeable  $K_2O$ , from 27.4 to 227.0 and from 35.5 to 275.0 mg of exchangeable CaO, from 2.3 to 6.8 and from 4.2 to 8.5 mg/100 g dry soil of exchangeable MgO. And, the characteristics on the milking cow farms with no incidence of grass tetany was from 206 to 282 mg of total-N, from 15.6 to 24.8 mg of available  $P_2O_5$ , from 4.6 to 21.9 mg of exchangeable

K<sub>2</sub>O, from 259 to 302 mg of exchangeable CaO, from 13.6 to 24.2 mg/100 g dry soil of exchangeable MgO.

7) Where a 30 to 37% deficiency of the optimal amount of magnesium for lactation Wagyu was seen, within 1 or 2 months the incidence of grass tetany rose.

8) For the prevention of grass tetany, K/Ca+Mg (me) ratio should be at least 3.45, at least 2.34 to 3.74% of total-N, at least 1.90 to 4.30% of K<sub>2</sub>O, with medium values of 0.14 to 0.29% of MgO in dry matter of forage and exchangeable MgO should be at medium values of 12.4 to 38.0 mg/100 g dry soil. Approximately 60 kg/ha of magnesium (MgO) fertilizer was spread on the pasture in 1975 in the high incidence areas of grass tetany on Wagyu farms.

9) In conclusion in our studies of Wagyu (Japanese indigenous cattle) farming, it was noted that maintenance of K/Ca+Mg (me) ratio at less than 3.0, MgO at more than 0.33%, total-N at less than about 3.0% in the dry matter of the forage, and exchangeable MgO at more than 20 mg/100 g in the dry soil is important for nutrition of forage and health of lactation Wagyu, and maintenance of health of lactation Wagyu for prevention of grass tetany.