

## 草地農業における無機 balance に関する研究 (第2報)

牧草体内の無機 balance の変動と土壌  
および家畜の関連についての考察

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 2)

The relationships between content of inorganic elements  
in the forage and variation of available elements  
in the soil and animal disease.

Isao SHINOHARA\* and Isamu HARADA\*

(March, 1976)

#### I 緒 論

草地農業において土壌、飼料および家畜の栄養 balance はその農業が集約化され、各種栄養素の循環が量的にも速度的にも増大するにしたがって次第に崩れてゆく恐れがある<sup>1)3)4)</sup><sup>5)8)9)13)15)</sup>。すなわち、板垣<sup>8)</sup>は、わが国における家畜の栄養障害についての知識は馬の栄養失調症や骨軟症などでは比較的多いが、乳牛の栄養障害、とくに高蛋白質についての知識は乏しく、土壌と飼料と家畜との関連が不鮮明であることを指摘している。また一般に佝僂病は骨に石灰沈着が無く、骨軟症は石灰脱失があるとし、飼料中の Ca/P の比率は 1~2 が適当であるといわれている。

また飼料乾物中の硝酸含量が KNO<sub>3</sub> として 1.5% 以上含有すると家畜にとって急性中毒による致死の恐れがあるともいわれている。そして CRAWFORD ら<sup>2)</sup>は N 施肥量の増大などによって飼料中の硝酸含量が増大することを認めている。KEMP ら (1957) は、家畜に多発するグラスステタニーの原因として加里の多施用をあげ、粗飼料中の K/Ca + Mg (me)\*\*ratio が不均衡になり、Mg 欠乏症になることを指摘している。さらにこれらの疾病には Ca/Mg (me) ratio も関連している可能性があるとしている<sup>10)11)18)20)</sup>。KEMP ら (1961) は飼料中の

\* Lab. of Soil Science and Plant Nutrition, The College of Dairying, Nopporo, Hokkaido, Japan.

\*\* miligram equivalent.

蛋白質の増大は家畜の Mg の利用率を低下させるとし<sup>10)</sup>、一方 WOLTON(1963)は窒素含量の高い牧草によるグラスタニーの発生を防止するため、家畜の飼料乾物中に要求する Mg 含量を、Mg として 0.2%以上とするよう提案している<sup>10)</sup>。

これらのことから、われわれは草地農業における無機 balance が重要であると考えて実験を開始したわけである。すなわち、前報の第一報その 1<sup>6)</sup>およびその 2<sup>7)</sup>においては、土壌の無機養分環境条件が牧草体内の無機 balance におよぼす影響について検討した。その結果オーチャードグラスおよびアルファルファにおける無機要素含量の変動範囲は土壌の無機養分環境に関連することを明らかにした。

今回は、これらオーチャードグラスおよびアルファルファ体内の無機 balance の変動と土壌および家畜の関連について明らかにするため、前報のその 1、オーチャードグラスとその 2、アルファルファを比較することによりこれが家畜に対してどのような影響をおよぼす可能性があるかについて考察した。以下にその概要を記述する。

## II 方 法

考察のデータは前報その 1<sup>6)</sup>およびその 2<sup>7)</sup>より得たものである。すなわち、野幌重粘性洪積土壌を供試して、これに養分環境条件を相違させた 28 区を設け、オーチャードグラスを 2 ヶ年、アルファルファを 2 ヶ年栽培し、それぞれ 5 回の刈取を行った。その得られた牧草および土壌の分析結果を用いて、牧草体内の無機 balance と土壌および家畜との関連について考察を行った。

## III 考 察

### 1) 土壌の養分環境の変化に伴う牧草の乾物生産量およびその無機含量の変動が、家畜におよぼす影響の可能性について

前報(その 1)<sup>6)</sup>(その 2)<sup>7)</sup>では土壌の無機養分環境条件の変化が牧草体内の無機含量の変動範囲におよぼす影響について検討した。ここでは、これらの無機含量の変動が家畜の要求する飼料中ミネラル含量と比較してどのような位置を占め、その位置が土壌のどのような無機養分環境条件によって変化するかについて検討することにする。なお、家畜の要求する牧草乾物中のミネラル含量は NRC 飼料標準(1971)の値のなかで最大含量を用い、苦土については WOLTON<sup>10)</sup>の示している値を用いた。

#### (a) 窒 素

本実験における全 28 処理区オーチャードグラス 140 点の牧草乾物中窒素含量の平均値は N として 2.57%で低く、アルファルファ 140 点のそれは 3.19%で高かった。これが土壌の窒素の増大に伴う牧草乾物生産量および乾物中窒素含量の変動範囲は Fig. 1 のよう

ある。すなわち、オーチャードグラスの乾物生産量は土壤窒素量 (Total-N) の増大に伴って著しく増加する。またそのオーチャードグラスの窒素含量も土壤窒素量の増大に伴って牧草乾物中Nとして1.70~4.00%まで増大している。これがアルファルファの乾物生産量では土壤窒素量が Total-N としておよそ 500 mg/100 g 乾土程度までは土壤窒素量の増大に伴って乾物生産量は増加するが、それ以上の土壤窒素量の増大では乾物生産量が激減している。しかしアルファルファの窒素含量は土壤窒素の増大に伴って牧草乾物中Nとして2.75~4.60%まで増大している。

NRC 飼料標準 (1971) によると、1日当り 30 kg の牛乳を生産する乳牛が飼料乾物中に要求する DCP 含量は 10.7% である。この値から粗蛋白質の消化率を 60% として、窒素含量から粗蛋白質を導びく係数 6.25 を用いて逆算した“家畜の飼料乾物中に要求する窒素含量は N として 2.85% である”。これに対して、いずれの牧草も土壤窒素量の増大に伴って牧

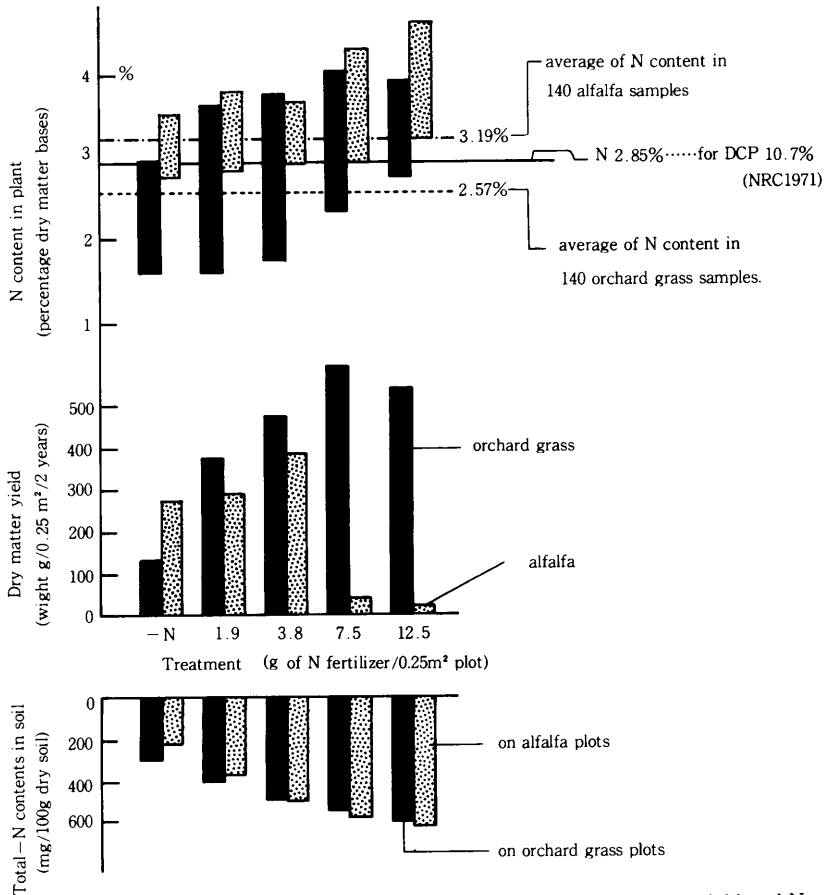


Fig. 1 The relationship between total-N in the soil and dry matter yield and N content in the forage.

草乾物中の窒素含量は、NRC 標準から導いた家畜の要求窒素含量の 2.85% をかなり上廻ることが認められた。このことから土壤窒素量の多い土壤に栽培された牧草はオーチャードグラス、アルファルファいづれも高窒素含量の牧草になりやすく、これらの牧草のみを家畜に多給すれば家畜が N 過剰あるいは N 過剰によるミネラル利用率の低下<sup>10)</sup>を招く恐れがあると考えられた。また著者らは別の研究においてオーチャードグラスの窒素含量 (Total-N) の増大は硝酸態窒素含量の増大を伴い、家畜にとって危険といわれる ( $\text{NO}_3\text{-N}$  として) 0.2% 以上に達することを確認している<sup>16)17)</sup>。そしてアルファルファのそれは相対的には低い含量であることを報告している<sup>16)</sup>。これらのことから、一般にミネラル含量の多いアルファルファの乾物収量が土壤窒素の増大によって激減する、一方ミネラル含量の少ないオーチャードグラスの乾物収量は土壤窒素の増大により増加する。そのためイネ科牧草のみを家畜に給与する結果となる。これはマメ科牧草の給与にくらべ、かなり早い時期に家畜がミネラル欠乏あるいは不均衡に陥る恐れがある、と推定された。

#### (b) 磷 酸

全 28 処理区におけるオーチャードグラス 140 点の牧草乾物中の平均磷酸含量は  $\text{P}_2\text{O}_5$  として 0.33% である。これにくらべアルファルファ 140 点の牧草乾物中のそれは 0.48% で後者が 0.15% 高かった。

土壤有効態磷酸量の増大に伴う牧草乾物生産量および乾物中の磷酸含量の変動範囲は Fig. 2 のようである。すなわち、オーチャードグラスの乾物生産量は土壤の有効態磷酸量の増大に伴って、はじめやや増大するが、その後は横ばいである。しかしその乾物中の磷酸含量はおおむね増大し 0.08~0.68% まで変動した。これがアルファルファの乾物生産量では土壤の磷酸量の増大に伴ってわずかに増大し、その牧草乾物中の磷酸含量は  $\text{P}_2\text{O}_5$  として 0.28~0.78% まで変動した。

NRC 飼料標準 (1971) によれば家畜 (泌乳牛) の要求する飼料乾物中の磷酸含量は  $\text{P}_2\text{O}_5$  として 0.76 から 0.89% の範囲である。この最大値を要求量の基礎として検討すると牧草乾物中の平均値でオーチャードグラスはかなり不足し、またアルファルファはやや不足することが予想される。しかしこれが土壤の有効態磷酸量の変化によって NRC 飼料標準による家畜の要求量をどれだけ満し得るかについて検討した結果はつぎのようである。

オーチャードグラス乾物中の磷酸含量は土壤の有効態磷酸含量が  $\text{P}_2\text{O}_5$  として 10 mg/100 g 乾土以下のとき平均 0.24% でその標準に対して磷酸の著しい不足をきたす。これが 10~20 mg/100 g 乾土のときのそれは 0.36% で不足する。そしてこれが 20 mg/100 g 乾土以上のときのそれでも 0.57% でやや不足する。

アルファルファのそれは 5 mg/100 g 乾土以下のときは平均 0.42% で不足、5~10 mg/

100 g 乾土のとき 0.48% でわずかに不足するが、10 mg/100 g 乾土以上のときは 0.65% とその標準含量に近くなる。

(c) 加里

窒素、磷酸と同様に加里については、その平均加里含量は  $K_2O$  として、オーチャードグラスは 2.88%、アルファルファのそれは 2.45% で前者が 0.43% も高い。

土壤加里の増大に伴い牧草の乾物生産量の変化は Fig. 3 に示すようである。すなわち、オーチャードグラスでは、はじめ土壤の置換性加里量の増大に伴ってその牧草乾物生産量は

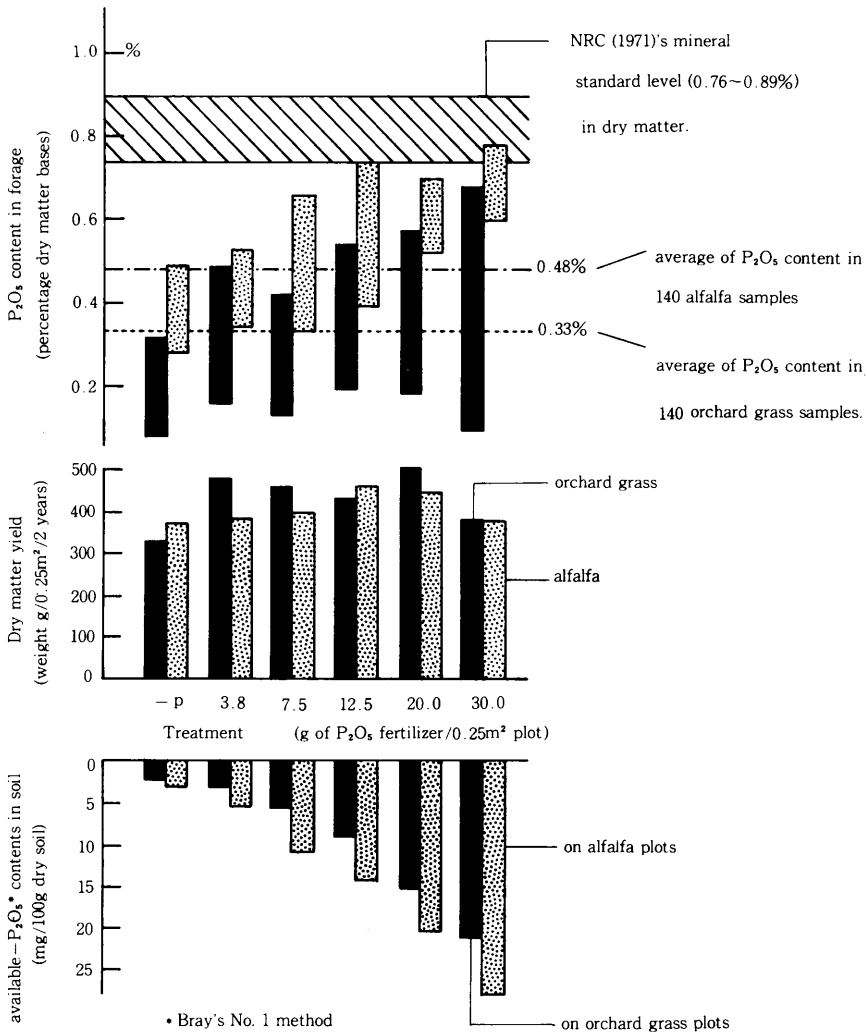


Fig. 2 The relationship between available  $P_2O_5$  in the soil and dry matter yield and  $P_2O_5$  content in the forage.

増加するが、やがて横ばいとなる。しかしその牧草乾物中の加里含量はその土壌加里量の増大に伴って1.28~4.62%まで増大する。これがアルファルファではその土壌加里量の増大に伴ってはじめ乾物生産量は増加するが、やがて横ばいとなる。そしてその乾物中の加里含量は土壌の加里含量の増大に伴って1.16~4.06%まで増大する。

NRC 飼料標準 (1971) によれば家畜 (泌乳牛) の飼料乾物中に要求する  $K_2O$  含量は1.21%である。この最大値を基礎として検討すると、牧草乾物中の加里含量はオーチャードグラス、アルファルファともにすこぶる高い。これが土壌の置換性加里の変化によって家畜の要求をどれだけ満し得るかについて検討した結果はつぎのようである。

オーチャードグラス乾物中の加里含量は土壌の置換性加里含量が  $K_2O$  として 20 mg/

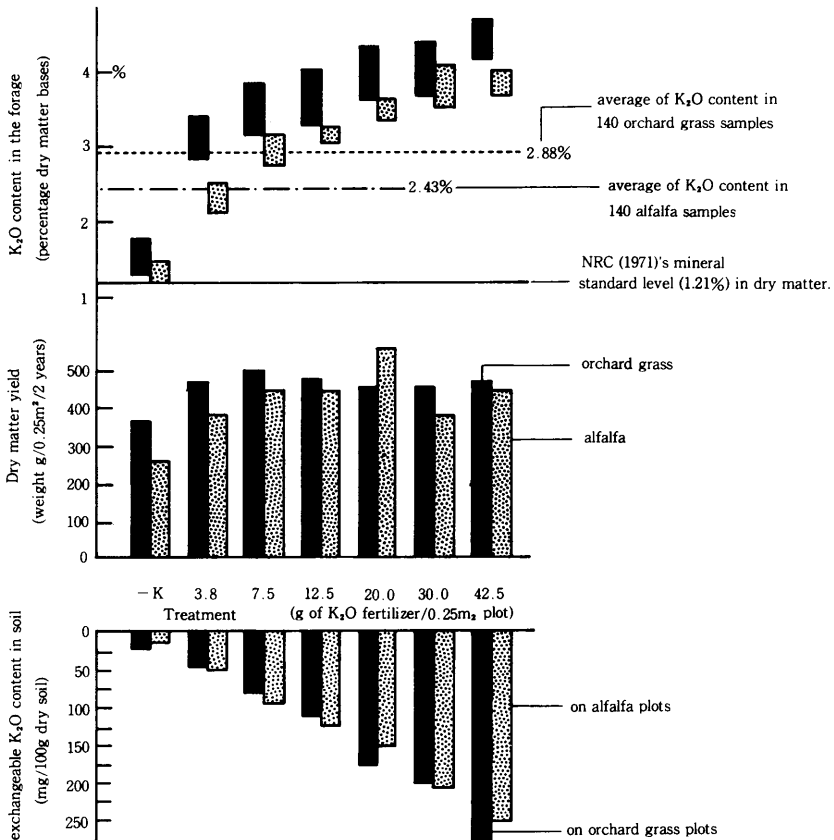


Fig. 3 The relationship between exchangeable- $K_2O$  in the soil and dry matter yield and  $K_2O$  content in the forage.

100 g 乾土以下でも NRC 飼料標準による加里含量の 1.21% を上まわる 1.5% である。従ってこれが 50 mg/100 g 乾土以上では当然その標準量を大きく上まわることになる。また 120 mg/100 g 乾土以上にも達するとおよそ 4.0% にもなり加里過剰飼料ということとなる。

またアルファルファの場合は  $K_2O$  50 mg/100 g 以下では 2.3% で、それ以上では 3.0% を越える加里過剰飼料となる。

(d) 石 灰

同様にオーチャードグラスの平均石灰含量は CaO として 0.49% で、これがアルファルファのそれは 2.35% で後者が 1.86% 高かった。

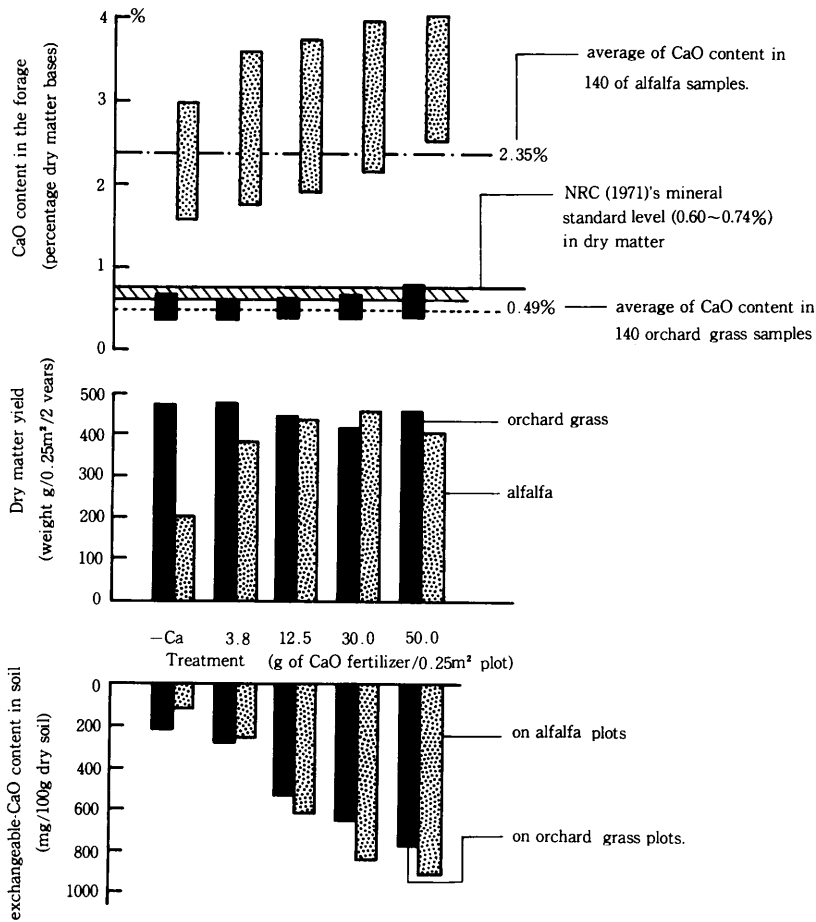


Fig. 4 The relationship between exchangeable-CaO in the soil and dry matter yield and CaO content in the forage.

土壤の置換性石灰量の増大に伴う牧草の乾物生産量および乾物中の石灰含量の変化は Fig. 4 のようである。すなわち、オーチャードグラスは土壤の置換性石灰量の増大に伴って牧草乾物生産量はやや減少する傾向を示すが、その乾物中の石灰含量は CaO として 0.38~0.53% の範囲でほとんど変化しない。これがアルファルファのそれでは土壤の置換性石灰量の増大に伴って牧草乾物生産量は増加し、その乾物中の石灰含量も 1.60~4.04% まで増大した。

これに対し前記の例による家畜の飼料乾物中に要求する CaO 含量は 0.60~0.74% である。この最大値を基礎として検討すると、牧草乾物中の平均値で、オーチャードグラスの石灰含量ではこの要求を満たすことはできない。これがアルファルファのそれではオーチャードグラスのおよそ 5~10 倍の石灰を含有し高石灰牧草といえよう。

そこでこれらの牧草について土壤の置換性石灰量の変化によって NRC による標準量の家畜の要求量をどれだけ満たし得るかについて検討した結果はつぎのようである。

オーチャードグラス乾物中の石灰含量は土壤の置換性石灰含量が CaO として 100 mg/100 g 乾土以下となるようなとき NRC 標準の CaO 量を満たし得ない恐れがある。また同様に土壤の置換性石灰含量が 170 mg/100 g 乾土以上でも、その標準を満たすには充分ではない。さらに土壤の置換性石灰含量が 400~800 mg/100 g 乾土に達してもオーチャードグラスの石灰含量は本来的に低く、家畜のために多くを期待することはできない。

アルファルファのそれは土壤の置換性石灰含量が 150 mg/100 g 乾土以上でおよそ 2.3% に達し標準を上まわる。これが 250~800 mg/100 g 乾土では 3.0~4.0% になり高石灰牧草となる。

これらのことから家畜に対する石灰供給は土壤の置換性石灰含量を増大させるとともにオーチャードグラスとアルファルファの石灰吸収特性を生かした利用が合理的であると考えられる。

#### (e) 苦 土

全 28 処理区におけるオーチャードグラス 140 点の乾物中平均苦土含量は MgO として 0.33% で、アルファルファ 140 点のそれは 0.59% で後者が 0.26% 高かった。

土壤の苦土量の増大に伴う牧草の乾物生産量および乾物中の苦土含量の変化は Fig. 5 のようである。すなわちオーチャードグラスは土壤の置換性苦土含量の増大に伴って乾物生産量は、はじめやや増大するが、その後しだいに減少した。しかし牧草乾物中の苦土含量は 0.17~0.72% まで土壤の置換性苦土含量の増大に伴って増大した。これがアルファルファのそれでは土壤の置換性苦土含量の増大に伴って乾物生産量は、はじめかなり増加したが、やがてしだいに減少する傾向を示した。しかし牧草乾物中の苦土含量は 0.14



~1.48% まで土壤の置換性苦土含量の増大に伴って増大した。

NRC 飼料標準 (1971) によれば飼料乾物中に要求する苦土含量は MgO として 0.17% である。しかし WOLTON は 0.33% 以下ではグラスタニー発生の可能性があるとしている<sup>10)</sup>。これを基礎として検討するとオーチャードグラスのほとんどはこの値 0.33% より低い。またアルファルファのそれでも苦土を施用しない区では牧草中の苦土含量が不足すると考えられる。そこで土壤の置換性苦土含量の変化によって家畜の要求をどれだけ満し得るかについて検討した結果はつぎのようである。

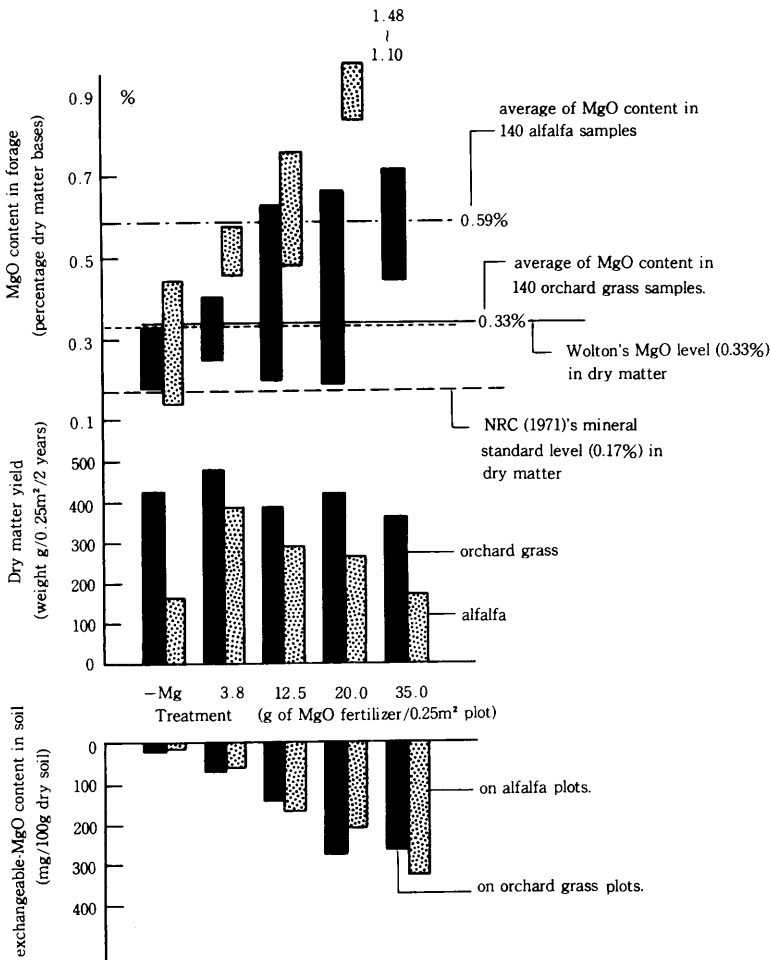


Fig. 5 The relationship between exchangeable-MgO in the soil and dry matter yield and MgO content in the forage.

オーチャードグラス乾物中の苦土含量は土壤の置換性苦土含量がMgOとして20 mg/100 g 乾土以下ではおよそ0.24%である。20~60 mg/100 g 乾土のときおよそ0.33%であり、200 mg/100 g 乾土以上では0.50%にも達する。

アルファルファのそれは土壤の置換性苦土含量が20 mg/100 g 乾土以下ではおよそ0.28%であるが、20~50 mg/100 g 乾土では0.53%であり、これが150 mg/100 g 乾土以上では0.98%にも達した。

これらのことからWOLTONの指摘するMg量を過不足なく供給するためには草種のいかんを問わず土壤の置換性苦土含量をMgOとして20~50 mg/100 g 乾土の範囲に保つことが必要である。

## 2) 牧草体内の無機 balance の変動と土壤および家畜の関係

牧草は飼料として家畜に摂取される植物である。この牧草の無機含量の変動は土壤の養分条件によって変動するわけであるが、これはまた無機要素相互間のbalanceに影響するものである。この変動が家畜にどのような影響を与える可能性があるかを、オーチャードグラスとアルファルファの比較において検討することとした。

そこで前報その1<sup>6)</sup>およびその2<sup>7)</sup>から家畜の佝僂病および骨軟症に関連すると言われるCa/P (%) ratio<sup>12)</sup>についてはFig. 6, 7および8に、家畜のグラステナーに関連すると考えられているK/Ca + Mg (me) ratioはFig. 9, 10, 11および12にそれぞれ示した。

### (a) 牧草のCa/P (%) ratio と土壤および家畜の関係

飼料のCa/P (%) ratioについては一般に1~2が適当であるとされている<sup>12)14)</sup>が、オーチャードグラスの乾物中ratioはそれにかかなり近い値を示すものが多い。これにくらべアルファルファのそれは全般にその4~6倍にも及んでいる。これが土壤の養分条件の変化ではFig. 6のようにオーチャードグラスのそれが土壤の磷酸の増大および苦土の増大で

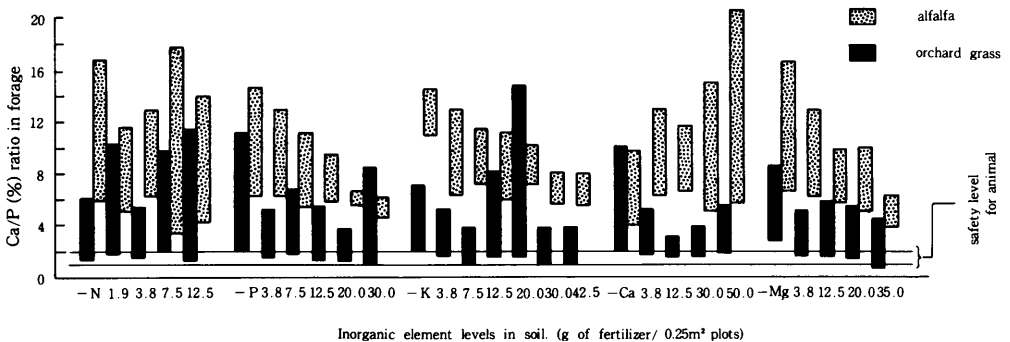


Fig. 6 The relationship between inorganic element in the soil and Ca/P (%) ratio in the forage.

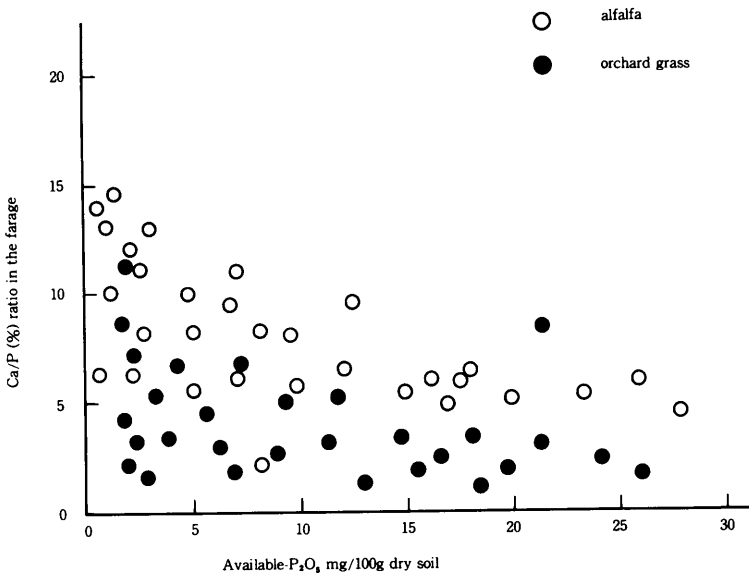


Fig. 7 The relationship between available-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in the soil and Ca/P (%) ratio in the forage.

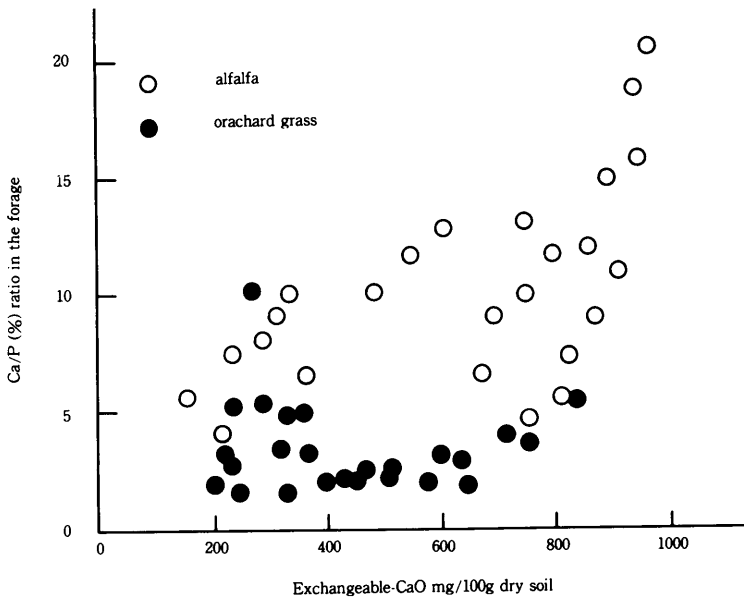


Fig. 8 The relationship between exchangeable-CaO in the soil and Ca/P (%) ratio in the forage.

この Ca/P (%) ratio の低下が認められた。しかし土壌の窒素，加里および石灰の増大では明瞭な傾向は認められなかった。これがアルファルファのそれでは土壌の磷酸，加里および苦土の増大によって Ca/P (%) ratio はかなり低下した。また土壌石灰の増大によってこの ratio は増大した。しかし土壌窒素の増大では明瞭な傾向は認められなかった。

そこで、これらの変化のうちこの ratio の構成に関わっている石灰および磷の土壌中の有効量とこの Ca/P (%) ratio がどのような関係にあり、またそれが家畜との関連について検討した結果は Fig. 7 および 8 のようである。すなわち、土壌中の有効態磷酸含量が増大すると牧草中の Ca/P (%) ratio は低下している。これを家畜の要求 ratio との関連で検討するとつぎのようである。

オーチャードグラスの Ca/P (%) ratio は土壌の有効態磷酸含量が P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> として 23 mg/100 g 乾土以上ではおよそ 3 以下でほぼ良好であるが、これが 13 mg/100 g 乾土まではおよそ 5 以下でやや不良である。そして 7 mg/100 g 乾土以下では Ca/P (%) ratio が 10 以上にも達するものが認められる。

アルファルファのそれは土壌中の有効態磷酸含量が P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> として 15 mg/100 g 乾土以上でもおよそ 5 以上となり不良であり、これが 10 mg/100 g 乾土以下では Ca/P (%) ratio は 10~15 にも達するものが認められる。

これらのことから土壌の有効態磷酸が 7~10 mg/100 g 乾土以下においては家畜の尙俵病および骨軟症などの疾病に関連するといわれる Ca/P (%) ratio が大きく増大する恐れがある。

また土壌の置換性石灰含量が増大すると牧草の Ca/P (%) ratio は変化している。これを家畜の要求 ratio との関連で検討するとつぎのようである。

オーチャードグラスの Ca/P (%) ratio は土壌の置換性石灰含量が増大しても増加の傾

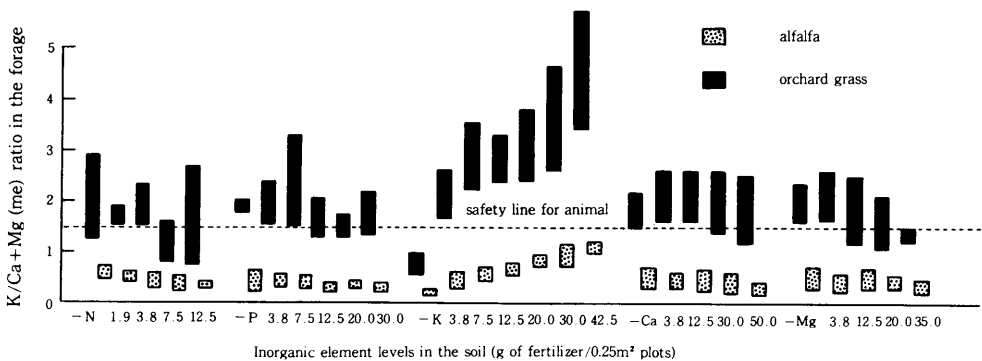


Fig. 9 The relationship between inorganic element in the soil and K/Ca + Mg (me) ratio in the forage.

向を示さず、この置換性 CaO 200~800 mg/100 g 乾土の範囲ではほとんどが4以下でやや不良と認められた。またこれ以下あるいはこれ以上の土壤置換性石灰含量では明らかでない。

アルファルファのそれは土壤の置換性石灰含量がCaOとして240 mg/100 g 乾土程度でこのratioは5以上となりやや不良となるが、これが400 mg/100 g 乾土以上では、このCa/P (%) ratioが10を越えるものが多く認められる。

これらのことから土壤の置換性石灰含量は少なくとも400 mg/100 g 乾土前後とし、これを越える場合は家畜の佝僂病および骨軟症などの疾病に関係するといわれているCa/P (%) ratioが大きく変化する恐れがある。

#### (b) 牧草体内のK/Ca + Mg (me) ratioと土壤および家畜の関連

飼料中のK/Ca + Mg (me) ratioについては、1.40以下が望ましいとしているKEMPら<sup>21)</sup>の報告があるが、本実験におけるオーチャードグラスの値は高く、それは土壤の加里量の増大に伴い著しく増大し最高5.28にも達した。また土壤の石灰および苦土量の増大に伴ってこのratioはやや低下した。しかしアルファルファのこのratioは土壤の加里量が増大しても最高1.12にとどまった (Fig. 9)。

そこで、これらの変化のうちこのratioの構成に関わっている加里、石灰および苦土の土壤中の有効量とこのK/Ca + Mg (me) ratioがどのような関係にあり、それが家畜との関連について検討した結果はFig. 10, 11 および12のようである。すなわち、土壤の置換性加里含量が増大すると牧草中のK/Ca + Mg (me) ratioは増大している。これをKEMPらの指摘する数値との関連で検討するとつぎのようである。

オーチャードグラスのK/Ca + Mg (me) ratioは土壤の置換性加里含量がK<sub>2</sub>Oとして25 mg/100 g 乾土以下のとき1.4以下である。そして25~40 mg/100 g 乾土のとき1.4~2.0となり、40~70 mg/100 g 乾土のときこのratioは3に達する。これが70 mg/100 g 乾土以上では、このK/Ca + Mg (me) ratioは4~5以上にも達する。アルファルファのそれは土壤の置換性加里が100 mg/100 g 乾土以上に達してもK/Ca + Mg (me) ratioは1.12である。

これらのことから土壤の置換性加里含量がK<sub>2</sub>Oとして25 mg/100 g 乾土以上のとき、とくにオーチャードグラスではその土壤の置換性加里量が増大するに伴い、K/Ca + Mg (me) ratioは増大することが伴明した。

またこれが土壤の置換性石灰含量とK/Ca + Mg (me) ratioとの関連ではつぎのようである。すなわちオーチャードグラスのK/Ca + Mg (me) ratioは土壤の置換性石灰含量がCaOとして500 mg/100 g 乾土以上のとき1.6以下であるが、この土壤の置換性石灰含量

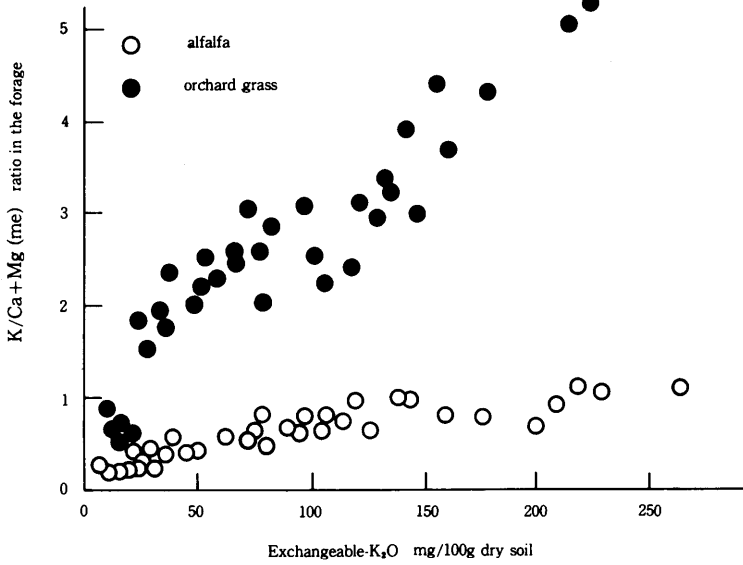


Fig. 10 The relationship between exchangeable-K<sub>2</sub>O in the soil and K/Ca + Mg (me) ratio in the forage.

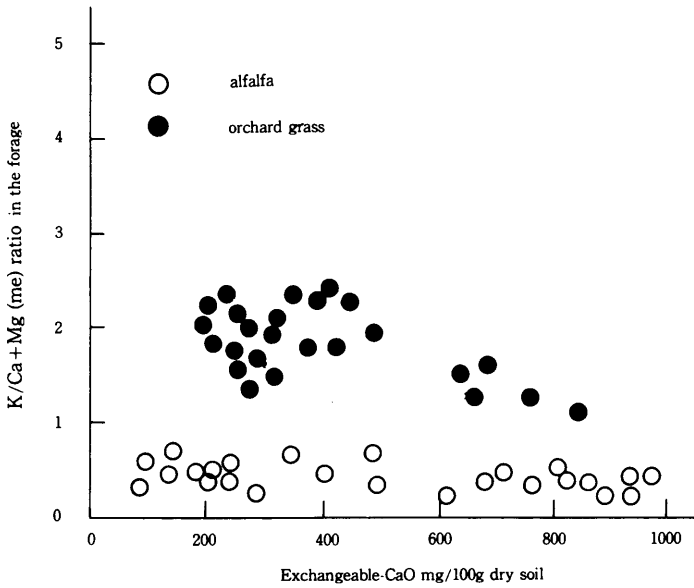


Fig. 11 The relationship between exchgeneable-CaO in the soil and K/Ca + Mg (me) ratio in the forage.

が 400 mg/100 g 乾土以下ではこの ratio は 2.0 を越える。アルファルファのそれは土壤の置換性石灰含量の 100~1000 mg/100 g 乾土の変化によってはほとんど影響がなく、この ratio は 1.0 以下である。

これらのことから土壤の置換性石灰含量は 300~400 mg/100 g 乾土程度が家畜のために望ましいことになるが、これは土壌的にはわが国の場合至難のことに近い。

さらに土壤の置換性苦土含量の増大に伴って牧草の K/Ca + Mg (me) ratio は低下している。これを同様に K/Ca + Mg (me) ratio との関連で検討するとつぎのようである。

オーチャードグラスのそれは土壤の置換性苦土含量が MgO として 50~100 mg/100 g 乾土以上のとき 1.0~2.3 である。50 mg/100 g 乾土以下のとき K/Ca + Mg (me) ratio は 1.4 を越えるものが多い。アルファルファのこの ratio は土壤の置換性苦土含量が MgO として 10~25 mg/100 g 乾土程度でも 0.7 以下である。またこれ以上の置換性苦土含量でもこの ratio は 1.0 以下である。

(c) 牧草の Ca/Mg (me) ratio と土壌および家畜の関係

飼料の Ca/Mg (me) ratio については明確でないが、この ratio の増大は家畜の grass-tetany の発生と関連していると考えられている<sup>17)19)20)</sup>。本実験におけるオーチャードグラスの Ca/Mg (me) ratio は 0.31~7.91 まで変動した。とくに土壤の置換性石灰量の増大に

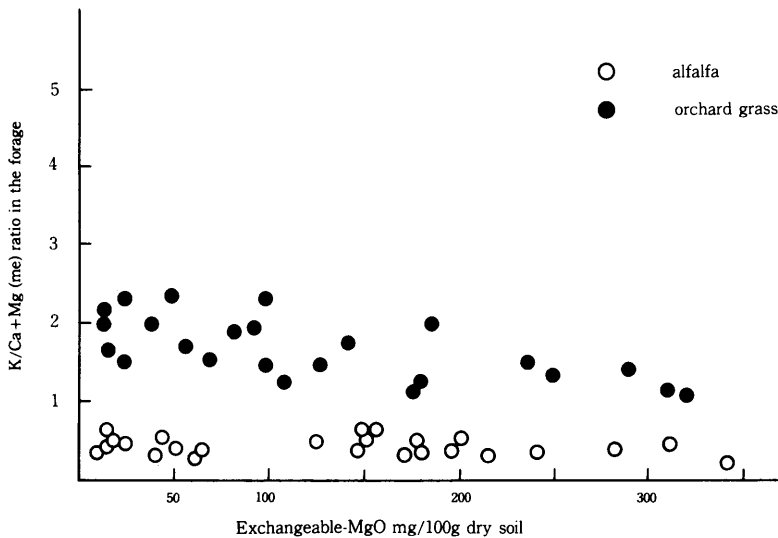


Fig. 12 The relationship between exchangeable-MgO in the soil and K/Ca + Mg (me) ratio in the forage.

伴って、また同じく土壌の置換性苦土量の増大に伴いこのratioは0.81~20.31まで変動した。また土壌の石灰の増大または苦土の欠除で著しく増大した (Fig. 13)。

そこでこれらの変化のうちこのratioの構成に関わっている石灰および苦土の土壌中の有効量とこのCa/Mg (me) ratioがどのような関係があり、それが家畜との関連について検討した結果はFig. 14および15のようである。すなわち、土壌中の置換性石灰含量が増大すると牧草のCa/Mg (me) ratioは増大している。これを家畜との関連で検討するとつぎのようである。

オーチャードグラスのCa/Mg (me) ratioは土壌の置換性石灰含量がCaOとして150~500 mg/100 g乾土のとき1~8まで変動した。アルファルファのこのratioは土壌の置換性石灰含量が100~1000 mg/100 g乾土のとき1.5~14.0まで変動した。

これらのことから土壌の置換性石灰含量の300 mg/100 g乾土以上の増大は牧草のCa/Mg (me) ratioを著しく増大させることになる。

また土壌の置換性苦土含量の増大は牧草のCa/Mg (me) ratioを低下させている。これを

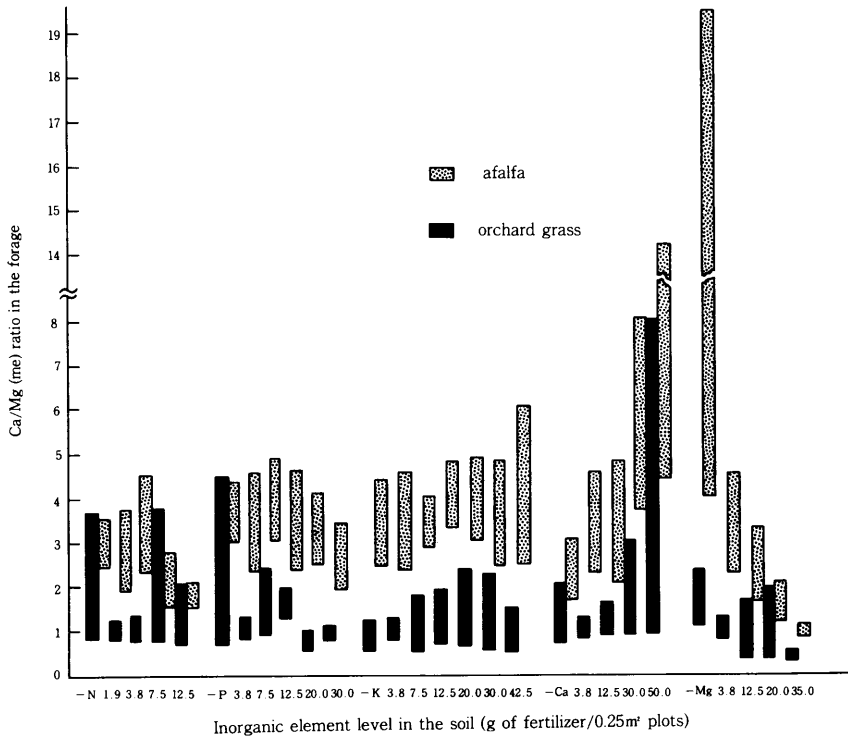


Fig. 13 The relationship between inorganic element in the soil and Ca/Mg (me) ratio in the forage.



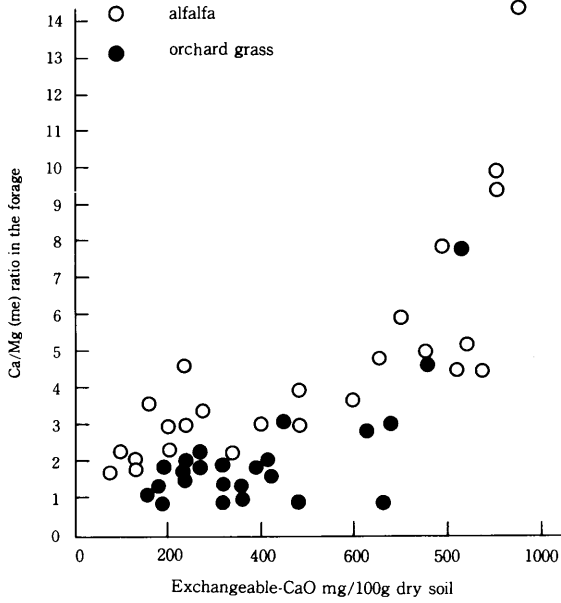


Fig. 14 The relationship between exchangeable-CaO in the soil and Ca/Mg (me) ratio in the forage.

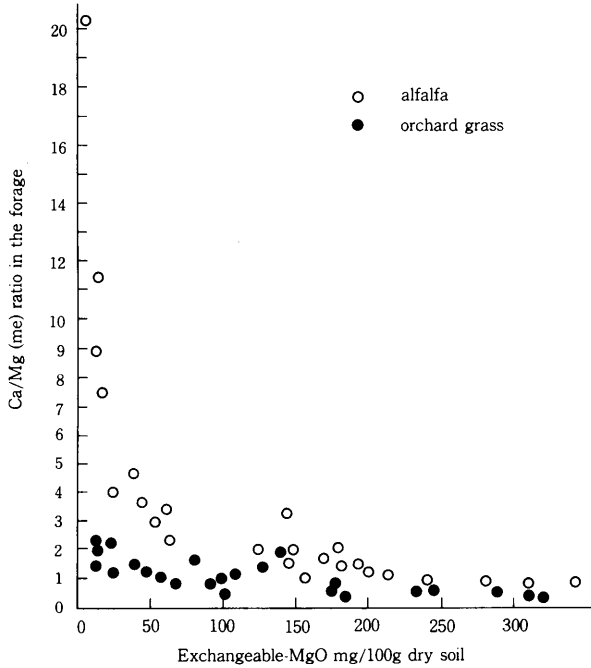


Fig. 15 The relationship between exchangeable-MgO in the soil and Ca/Mg (me) ratio in the forage.

家畜との関連で検討するとつぎのようである。

オーチャードグラスのそれは土壤の置換性苦土量が MgO として 30 mg 以下のとき 2 前後となるが、60 mg/100 g 乾土以上では 1 以下となり 0.31 にも低下するものが認められる。アルファルファのそれでは土壤の置換性苦土含量が 20 mg/100 g 乾土以下のとき、この ratio は 8.90~20.31 まで著しい増大を示すが、これが 20~70 mg/100 g 乾土のとき 2.10~7.52、そして 120 mg/100 g 乾土では 2.00 程度まで低下するが、それ以上の置換性苦土含量では、牧草のこの Ca/Mg (me) ratio は 1.00 を割り 0.81 にも低下するものが認められた。

これらのことから土壤の置換性苦土含量は MgO として 20~30 mg/100 g 乾土の範囲に保つのが適切な Ca/Mg (me) ratio を保つこととなり家畜にとって望ましいのではないかと考えられた。

以上のことから家畜の佝僂病あるいは骨軟症および grasstetany などに関連すると考えられている各種 mineral ratio と土壤の養分条件の間には極めて高い相互関係があることが明らかとなった。具体的には、有効態磷酸は  $P_2O_5$  として 10~20 mg、置換性加里は  $K_2O$  として 25~40 mg、置換性石灰は CaO として 150~300 mg 位に、置換性苦土は MgO として 20~30 mg 程度とすることが家畜のための牧草のために望ましいと考えられた。しかしながら、これらの土壤条件を満すことは困難も多く、各種の mineral balance を適切に保つ上からもイネ科草とマメ科草との、混播としての栽培の意義を再認識する必要がある、と考えられた。

### III 摘 要

- 牧草体内の無機 balance の変動と土壤および家畜の関連について明らかにするため、オーチャードグラスとアルファルファを用いて検討した。その結果は以下のようである。
- 1) 土壤の全窒素含量の増大はイネ科牧草の窒素含量を著しく増大させ、これが家畜のミネラル利用率を低下させる恐れがあると考えられた。
  - 2) 土壤の有効態磷酸含量はオーチャードグラスで  $P_2O_5$  として 20 mg/100 g 乾土以上、アルファルファでも少なくとも 10 mg/100 g 乾土以上に保つことが NRC 飼料標準の mineral 含量から検討して重要であると考えられた。
  - 3) 土壤の置換性加里含量はオーチャードグラスで  $K_2O$  として 20 mg/100 g 乾土以下、アルファルファで 50 mg/100 g 乾土以下とすることが NRC 飼料標準の mineral 含量から検討して望ましいと考えられた。
  - 4) 土壤の置換性石灰含量は CaO としてオーチャードグラスでは 200 mg/100 g 乾土以上、アルファルファでは 150 mg/100 g 乾土が必要である。

5) 土壤の置換性苦土含量では MgO として、オーチャードグラス、アルファルファともに 20~50 mg/100 g 乾土以上に保つことが NRC 飼料標準の mineral 含量から考えて望ましいと考えられた。

6) 牧草の Ca/P (%) ratio を家畜にとって望ましいとされている 1~2 に保つためには、土壤の有効態リン酸含量を  $P_2O_5$  として 20 mg/100 g 乾土以上に保つことが必要である。またこのときの土壤の置換性石灰含量は CaO として 200 mg/100 g 乾土前後に保つのがよいと考えられた。つまり土壤のこの  $P_2O_5$  : CaO 比を 1 : 10 前後とすることが望ましい。

7) 牧草の K/Ca + Mg (me) ratio を、grass tetany の発生を防止するための ratio にするためには、オーチャードグラスでは置換性加里含量を  $K_2O$  として 25 mg/100 g 乾土以下、置換性石灰含量は CaO として 250~300 mg/100 g 乾土程度に、また土壤の置換性の苦土含量は MgO として 30 mg/100 g 乾土程度以上に保つことが望ましい。これがアルファルファでは土壤の置換性加里は 100 mg/100 g 乾土以上、石灰は 100~1000 mg/100 g 乾土で、また苦土では 25~350 mg/100 g 乾土の変化でも安全な K/Ca + Mg (me) ratio 範囲であった。

8) 牧草の Ca/Mg ratio は家畜に対して望ましい値いが明確でないが、オーチャードグラスでは土壤の置換性石灰含量を CaO として 250 mg 前後、土壤の置換性苦土含量を MgO として 30 mg 以上に保つこと、またアルファルファのそれは土壤の置換性石灰含量を 300 mg/100 g 乾土、土壤の置換性苦土含量を 20~70 mg/100 g 乾土に保つことが家畜にとって望ましいのではないかと考えられた。

9) 以上のことから、家畜を mineral の過不足あるいは無機 balance の乱れによる尙瘠病あるいは骨軟症および grass tetany などの疾病から守るための土壤管理が必要であるが、これらの土壤条件を満たすことは困難も多い。しかしながら具体的には、有効態リン酸を  $P_2O_5$  として 10~20 mg、置換性加里を  $K_2O$  として 25~40 mg の範囲とし、置換性石灰を CaO として 150~300 mg、および置換性苦土を MgO として 20~30 mg/100 g 乾土以上とする必要がある。さらに mineral balance の立場から混播牧草の再認識が必要であると考えた。すなわち牧草種の養分吸収特性に意を配ることが重要である。

## 文 献

- 1) 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
- 2) CRAWFORD, R. F., 1961 "Some factors that affect nitrate accumulation in forages" Agron. J., 53, 159-162
- 3) HARLAN, J. R., 1956 Theory and dynamics of grassland agriculture. D. van-Nostrand, New York
- 4) 原田 勇, 1967 牧草の養分吸収過程並びにそれに基づく合理的施肥法に関する研究, 酪農大紀要 3:

90-137

- 5) 原田 勇, 篠原 功, 1968 草地農業における加里輪廻に関する研究 (第1報) 日土肥誌, **39**: 292-299
- 6) 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
- 7) 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
- 8) 板垣四郎, 市川 収, 勝島新美, 1967 家畜内科学, pp. 345-353 南江堂, 東京
- 9) 今村経明, 1966 牛乳の無機質, 日畜会報, **37**: 369-374
- 10) 川島良治, 1969 牛のミネラル栄養, 畜産の研究, **23**: 275-279, 393-396, 527-530
- 11) KEMP A. T., and HART. M. L., 1957 Grass tetany in grazing milking cows. Netherlands. J. Agric. Sci. **5**: 4-36
- 12) MAYNARD, L. A., and J. K., LOOSLI, 1969 Animal nutrition. Sixth Edition pp. 165-180, 584, 587 Mc Graw-Hill, New York
- 13) METOSON, A. J., W. H. SAUNDERS, T. W. COOLLIE and V. W. GRAHAM 1965 Chemical composition of pastures in relation to grass tetany in beef breeding cows. N. Z. J. L. Agric. Res., **9**: 410-436
- 14) 森本 宏, 1974 飼料学, pp. 660. 養賢堂, 東京
- 15) 村上大蔵, 内藤善久, 1972 牛のグラステタニーに関する研究, 日獣誌, **34**: 323-331
- 16) 篠原 功, 1974 牧草のミネラルバランス, 北海道土壤肥料研究通信, 第21回シンポジウム 草地をめぐる諸問題, 特集号 pp. 33-52
- 17) 篠原 功, 1976 グラステタニー症の発生要因とその対策, グラース **21** の 3: 37-55, **21** の 4: 13-27
- 18) VOISIN, A., 1959 Soil grass and cancer, pp. 47-53. Crosby-lockwood. London
- 19) VOISIN, A., 1961 Grass productivity, pp. 1-33. Crosby-lockwood. London
- 20) VOISIN, A., 1963 Grass tetany. pp. 147-153. Crosby-lockwood. London

### Summary

Because of the importance for efficient management of mineral nutrition in grassland agriculture, as a secondary step in our present investigator, we conducted a study on the relationship among the content of inorganic elements in the forage of orchard grass and alfalfa and variation of available elements for plants in the soil and animal diseases.

A summary of the results are as follows ;

1) The nitrogen content in the gramineous forage increased in proportion to total-N in the soil, therefore a decreased absorption rate of minerals by the animal is expected.

2) The available phosphorous and exchangeable bases in the soil must be maintained at a level of  $P_2O_5$  10~20 mg,  $K_2O$  20~50 mg, CaO 200~300 mg and MgO 20~50 mg/100 g dry soil for gramineous forage (orchard grass) and for legumious forage (alfalfa), and also must be maintained to satisfy the content of mineral in the forage for animal health.

3) On the other hand, available  $P_2O_5$  over 20 mg and exchangeable CaO near 200 mg/100 g dry soil was required, for maintenace of a safety ratio of 1~2 of Ca/P(%) in the forage, for Rachitis and Osteomalacia of animals.

4) And, exchangeable CaO under 250~300 mg, K<sub>2</sub>O under 25 mg and MgO over 30~100 mg/100 g dry soil for gramineous forage (orchard grass) was required, for the maintenance of a safety ratio under 3 of K/Ca + Mg (me) ratio in the forage for grassland, but for leguminous forage (alfalfa) those values were 100~1000 mg of CaO, 100 mg K<sub>2</sub>O and 25~350 mg of MgO/100 g dry soil.

5) Also, to maintain a safety level of Ca/Mg (me) ratio for grassland of animals, a level of exchangeable CaO under 250 mg and MgO over 30 mg for the gramineous forage (orchard grass) must be maintained and CaO should be held under 300 mg and MgO 20~70 mg/100 g dry soil for leguminous forage (alfalfa).

In conclusion, on grassland agriculture, maintenance of available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> of 10~20 mg, exchangeable K<sub>2</sub>O of 25~40 mg, CaO 150~300 and MgO of 20~30 mg in the soil is important for the forage, and to maintain animal health. Therefore the importance of mixed forage of legumes and grasses should be recognized again.