

北海道草地研究会賞受賞論文

# 根釧地方の火山性土における草地土壌の肥沃度に対応した 施肥管理に関する研究

三枝 俊哉

Fertilizer Application Corresponding to Fertility of Grassland in Andosols Popular in Konsen District

Toshiya SAIGUSA

## はじめに

1980年以前の北海道における草地の施肥管理技術では、土壌診断基準値が設定されてはいたものの、それに基づく施肥対応が定量的に示されてはいなかった。また、基準値自体にも、上限値の設定されていない項目があること、土壌の性質に対応したきめ細かい基準値設定の必要性があることなど、検討の余地が残されていた。本研究は、草地土壌の肥沃度に応じて施肥量を調節するための具体的な処方箋を、土壌の性質を考慮して設定することを目的として行われた。

根釧地方に分布する火山性土は、北海道農牧地土壌分類第2次案により、未熟火山性土、黒色火山性土および厚層黒色火山性土に概ね区分される。これら性質の大きく異なる火山性土に立地したチモシーを基幹とする採草地を対象に、乾物で年間900kg/10a程度の目標収量と良好な草種構成を維持することを目的とし、草地土壌の肥沃度に対応した施肥量の検討を行った。

本研究は根釧農試土壌肥料科で1983-1995年の期間に道費、農林水産省指定試験および土壌保全を予算背景に実施したものであり、この間多くの方々のご指導を頂きました。皆様に心よりお礼申し上げます。また、本研究会賞の選考に際し、推薦、決定を頂きました諸先輩、草地研究会員の皆様に厚くお礼申し上げます。

## 1. 窒素

年間窒素施肥量は土壌分析を用いず、管理来歴から土壌の窒素肥沃度を評価することによって算定することとした。管理来歴は三木(1993)に従い、①草地更新時の前植生および表層蓄積有機物、②更新時および維持段階の施用たい肥、③混播マメ科牧草による窒素固定、④維持段階における草地系内の還元有機物の4項目に注目した。

このうち、③はマメ科牧草混生割合に対応した窒素施肥量としてすでに農家に普及していたので、本研究ではたい肥②および土壌①、④からの窒素供給量について検討した。施用されたたい肥からの窒素供給量は、すき

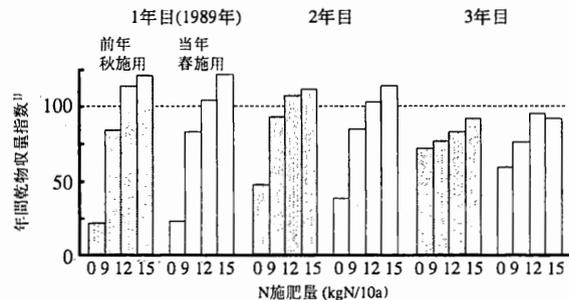


図1. たい肥4t/10a施用区における乾物収量の推移<sup>2)</sup>

- 1) たい肥無施用、施肥標準区 (N15kg/10a) の年間乾物収量を100とした指数
- 2) たい肥は2年目以降無施用、化学肥料は毎年継続施用

表1. たい肥施用に伴う窒素の減肥可能量 (kgN/現物t)

年次*	1年目	2年目	3年目
減肥可能量	1.0	0.5	0.3

\*草地更新時にすぎ込んだ場合は更新翌年、表面施用では施用当年をそれぞれ1年目とする。秋の表面施用は施用翌年を1年目とする。

込みの場合は造成翌年から、表面施用の場合は施用当年(秋施用の場合は翌年)からたい肥原物1t当たり1kg、翌年は0.5kg、3年目には0.3kgと設定した(図1, 表1)。しかし、草地土壌に蓄積された有機物からの窒素供給については、その大きさを改めて確認できたものの、本試験の中で具体的な減肥可能量として設定することはできなかった。そこで、年間窒素施肥量  $F_N$  (kg N/10a) を次式により求めることとした。

$$F_N = N_{S1} - N_{S2}$$

$N_{S1}$  はすでに北海道で設定されている草種構成に対応した年間窒素施肥量である(表2)。 $N_{S2}$  はたい肥の施用に伴う窒素減肥可能量であり、たい肥施肥量に表1の値を乗じて求める。

表2. 草種構成に対応した窒素施肥量

区分	マメ科率	年間窒素施肥量 (kgN/10a)
1	30-50	4
2	15-30	6
3	5-15	10
4	5%未満	16

(北海道施肥ガイドから抜粋, 2002)

## 2. リン

それまで、北海道の草地土壌におけるリンの土壌診断基準値はブレイ No.2 法による有効態リン含量で 20mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g 以上と設定され、上限が示されていなかった(北海道農政部, 1983)。また、リン酸吸収係数の大きな厚層黒色火山性土地帯では、土壌中の有効態リン含量が少ないにも係わらずリン酸吸収係数の小さな未熟火山性土地帯よりも高い牧草生産性を示す実態が明らかになり、火山性土の種類に対応した基準値の必要性が指摘されていた(三枝, 1984)。本研究では火山性土の種類ごとに基準値を設け、それぞれに上限値を設定することによって施肥対応を可能にしようとした。

土壌診断基準値は未熟火山性土 30~60mg/100g、黒色火山性土 20~50mg/100g、厚層黒色火山性土 10~30mg/100g と設定した(図2)。大きなリン酸吸収係数を有する厚層黒色火山性土の土壌診断基準値が低く設定された理由には、以下の2点が考えられる。①リン酸吸収係数の大きな火山灰では、土壌中の無機態リン含量が多量に存在しても、Bray No.2 法で評価される有効態リン含量は低い値となる(図3)。しかし、チモシーは Bray No.2 法で抽出されないリンをも給源とし得る可能性が伺われた(図4)。②土壌から牧草根へのリンの供給効率も厚層黒色火山性土が未熟火山性土を上回ると推定された。この要因には土壌中におけるリンの拡散速度と根張りの影響が予想された。このうち、厚層黒色火山性土に

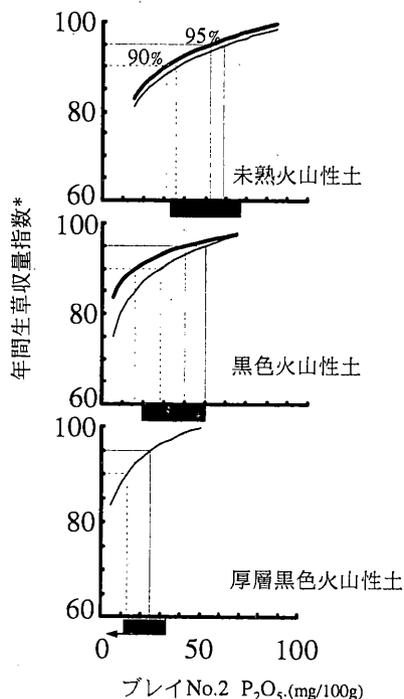


図2. 年間生草収量に対する施肥反応によって設定したリンの土壌診断基準値

—— 減肥 (4-5kg/10a)  
 ——— 標準施肥 (8-10kg/10a)  
 ■■■ 土壌診断基準値

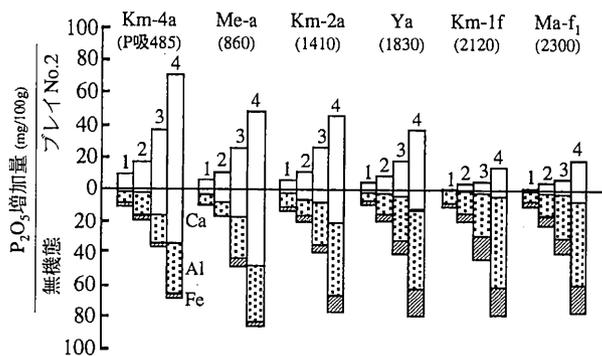


図3. リン酸吸収係数の異なる火山灰へのリン添加量<sup>1)</sup>とブレイNo.2および形態別無機態リン増加量の関係<sup>2)</sup>

- 1) リン添加量 : 1, 2, 3, 4の順にそれぞれ10, 20, 40, 80 mg/100g
- 2) リンを過リン酸石灰で添加後、最大容水量の60%の水分条件下で15℃、1ヶ月間静置した試料について、リン添加前との差を計算した。

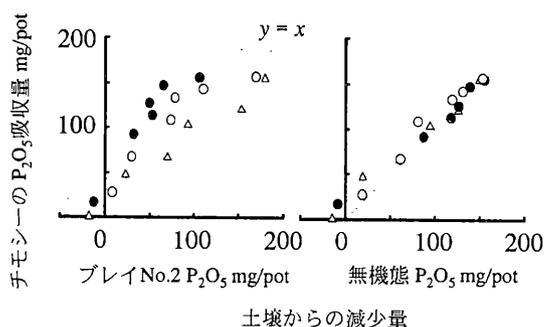


図4. 栽培前後の土壌からのリン減少量とチモシーのリン吸収量の関係

△, 未熟火山性土; ○, 黒色火山性土; ●, 厚層黒色火山性土

おけるリンの拡散係数は、吸着の影響を強く受けて、未熟火山性土と同等かそれ以下と評価されたので、拡散速度の違いによる説明は困難であった。今後、根張りの影響についての検討が必要と考えられた。

土壌分析値が土壌診断基準値よりも低い場合には P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> で年間 12~16kg/10a、基準値内の場合には 8~10kg/10a のリン施肥量が適当であった。また、土壌分析値が基準値よりも高い場合には、年間 4~5kg/10a 程度のリン施肥量で少なくとも3年間は安定した目標収量と良好な草種構成が維持できた(図2)。

## 3. カリウム

カリウムの土壌診断基準値は交換性カリウムで 18-30mgK<sub>2</sub>O/100g と下限値と上限値の設定がすでになされていた(北海道農政部, 1983)が、火山性土の種類による違いや施肥対応については未検討であった。本研究では、いずれの火山性土でも、チモシー草地の年間乾物収量と年間カリウム吸収量が早春土壌中の交換性カリウム量とカリウム施肥量の合量に良好に対応することを明らかにした。早春土壌中の交換性カリウム含量と年間カリウム施肥量の合量は、十分な乾物収量を安定的に得るためには 30kg/10a 程度(図5)、また、マメ科牧草を良好に維持するためには 20kg/10a 以上必要と考えられ

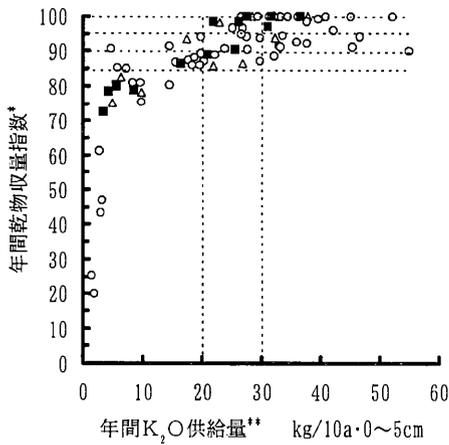


図5. 牧草への年間カリ供給量と年間乾物収量との関係(1983~1985年)

△: 未熟火山性土 ○: 黒色火山性土 ■: 厚層黒色火山性土  
 \*: 各年度における各草地の最高収量を100とした。  
 \*\*: 年間カリ供給量 $K_s$ kg/10aは次式によって求めた  
 $K_s = K_n + K_a$   
 ここで、 $K_n$ は早春施肥前の交換性カリウム含量kg/10a、 $K_a$ は年間カリ施肥量kg/10aである。

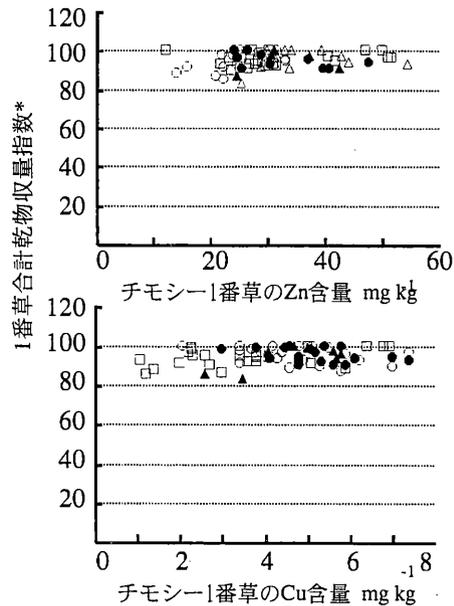


図7. チモシー1番草の亜鉛および銅含量と乾物収量との関係(1994年)

\*: 各試験地の最大収量を100とした  
 △未熟火山性土, ○黒色火山性土, □厚層黒色火山性土  
 白抜きは各草種の単播草地, 黒抜きはチモシー・シロクロバ混播草地

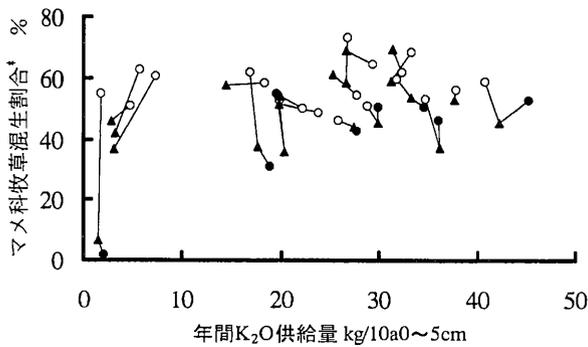


図6. 年間カリウム供給量とマメ科牧草混成割合

\* 1番草の生草重量割合 ○, 処理1年目; ▲, 同2年目; ●, 同3年目

た(図6)。そこで、本研究では乾物収量の安定確保を重視し、早春土壌中の交換性カリウム含量と年間カリウム施肥量の合計値が30kg/10aとなるように、年間カリウム施肥量を決定することとした。

すなわち、

$$F_K = 30 \cdot S_K$$

ここで、 $F_K$ は年間カリウム施肥量(kg  $K_2O$  /10a)、 $S_K$ は早春に0~5cm土層中に存在する交換性カリウムの量(kg  $K_2O$  kg/10a)である。この関係は火山性土の種類によって変化することはなかったが、各火山性土のかさ密度が大きく異なるため、 $K_s$ が同じであっても土壌100g当たりの $K_2O$ mgの値は火山性土ごとに異なった。なお、この算定方法は後に、乾物収量の確保からマメ科牧草の維持に重点を移したカリウム低減型施肥法(根釧農試,1998)により、土壌中のカリウムと施肥カリウムの合計値が30kg/10aから22kg/10aに引き下げられて現在に至っている。

#### 4. 亜鉛および銅

根釧地方の火山性土では、牧草体微量元素含量の低いことが以前から指摘されていた(大村・赤城,1981)。乳牛における泌乳能力の急激な向上に伴い、粗飼料品質の改善が指摘されるようになると、生産現場の一部では、草地に対する微量元素施用に関心が高まってきた。そこで、根釧地方の草地に対する亜鉛と銅の施肥反応を調査した。

根釧地方の火山性土で亜鉛と銅の用量試験を行うと、いずれの要素でも施肥量の増加に伴って牧草体の亜鉛および銅含量は増大したが、乾物収量の増大は認められなかった。このことから、当地方では亜鉛や銅が不足して牧草体亜鉛、銅含量が低下し、そのために牧草生育が抑制されているという状態にはないことが明らかになった(図7)。しかし、収穫された牧草の亜鉛および銅含量は乳牛の要求量を下回る場合が多かった。また、牧草の亜鉛および銅含量はイネ科牧草よりもマメ科牧草の方が高いこと、生育ステージの早い時期では著しく高い値になること(図8)が示された。このことから、粗飼料中の亜鉛および銅含量向上の対策としては、亜鉛や銅含量の相対的に高いシロクロバ混生割合の向上、早刈りや放牧などによる生育ステージの早い時期の利用が有効といえた。一方、亜鉛や銅を多量に施肥すると、生育ステージの早い時期に牧草体亜鉛、銅含量が急激な上昇が認められた(図8)。

これらのことから、家畜の要求量を考慮した牧草体亜鉛および銅含量の向上対策は、放牧や早刈り、マメ科草の維持及びたい肥の活用等を優先し、化学肥料による施肥を極力避けることが妥当と考えられた。

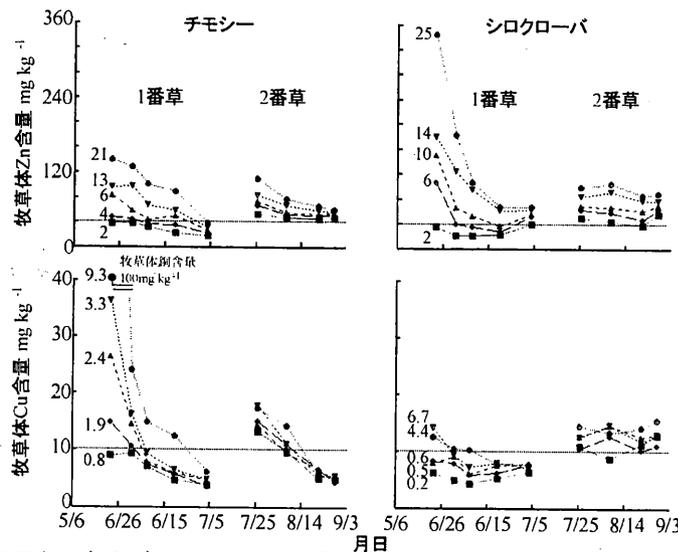


図8. チモシーおよびシロクロバ単播草地における牧草体亜鉛および銅含量の経時変化 (黒色火山性土 1994年)

ZnまたはCu施肥量 kg/10a ■ 0 ◆ 0.5 ▲ 1.0 ▼ 2.0 ● 3.0  
 施肥はシロクロバのCu区のみ前年の1993年5月10日、他は1994年5月9日にそれぞれ全量表面散布  
 図中の数字は2番草刈取り後の0-5cm土壌中における0.1M塩酸可溶性Zn含量kg/ha および0.1M塩酸可溶性Cu含量mg kg  
 点線は乳牛の要求量を示す

## 5. 結論

北海道根釧地方の火山性土に立地したチモシーを基幹とするマメ科牧草との混播採草地を対象に、年間乾物収量 900kg/10a 程度の目標収量と良好な草種構成を安定的に維持するため、窒素、リンおよびカリウムの肥沃度に基づく施肥量を次のように設定した。

### 1) 窒素

年間窒素施肥量  $F_N$  (kg N /10a)を次式により求める。

$$F_N = N_{S1} - N_{S2}$$

$N_{S1}$  は草種構成に対応した年間窒素施肥量であり、表2から求める。 $N_{S2}$  はたい肥の施用に伴う窒素減肥可能量であり、表1から求める。

### 2) リン

土壌診断基準値は0~5cm 土壌を対象に Bray No.2 法で未熟火山性土 30~60、黒色火山性土 20~50、厚層黒色火山性土 10~30 mg  $P_2O_5$ /100g とする。土壌分析値が土壌診断基準値よりも低い場合には年間 12~16、基準値内の場合には 8~10、高い場合には、年間 4~5kg  $P_2O_5$ /10a のリン施肥量が適当である。リンの減肥は少なくとも3年間は継続できる。

### 3) カリウム

草地土壌 0~5cm について交換性カリウムを測定し、分析値に基づいて次式により年間カリウム施肥量  $F_K$  (kg  $K_2O$  /10a)を求める。

$$F_K = 30 - K_s$$

ここで、 $K_s$  は早春に0~5cm 土層中に存在する交換性カリウムの量( $K_2O$  kg/10a)である。

### 4) 亜鉛および銅

根釧地方の火山性土における1番草と2番草の牧草体

亜鉛および銅含量は家畜の要求量を下回るが、土壌中の亜鉛および銅含量は牧草収量の制限要因にはなっていない。家畜の要求量を考慮した牧草体亜鉛および銅含量の向上対策は、放牧や早刈り、マメ科草の維持及びたい肥の活用等を優先し、化学肥料による施肥を極力避ける。

以上のように、本研究は、それまで別々に指導されてきた土壌診断と施肥技術を定量的に関連づけ、草地土壌の肥沃度に応じた効率的な施肥設計を可能にした。

## 参考文献

- 1) 三木直倫(1993) 寒冷地における草地土壌の有機物並びに窒素の経年的動態とそれに基づく窒素施肥管理法に関する研究. 北海道立農業試験場報告 79, 1-98.
- 2) 大村邦男・赤城仰哉(1981) 根釧火山灰草地の施肥法改善, 第1報, 採草地における土壌と牧草の無機組成の実態, 北農 48(12), 20-37.
- 3) 三枝俊哉(1996) 北海道根釧地方の火山性土における草地土壌の肥沃度に対応した施肥管理に関する研究 89, 1-76.
- 4) 三枝俊哉・室示戸雅之・能代昌雄(1997) 北海道根釧地方の火山性土に立地したチモシーを基幹とする草地における亜鉛および銅の施肥反応. 日本土壌肥科学会誌 68, 453-457.
- 5) 北海道農政部農業改良課編(1983)土壌および作物栄養の診断基準-改訂版-, p17.
- 6) 北海道農政部(2002) 北海道施肥ガイド, pp205.
- 7) 北海道立根釧農業試験場(1998) 牧草ミネラル組成改善のためのカリ低減型施肥法. 平成10年普及奨励ならびに指導参考事項, 北海道農政部, pp152-154.