

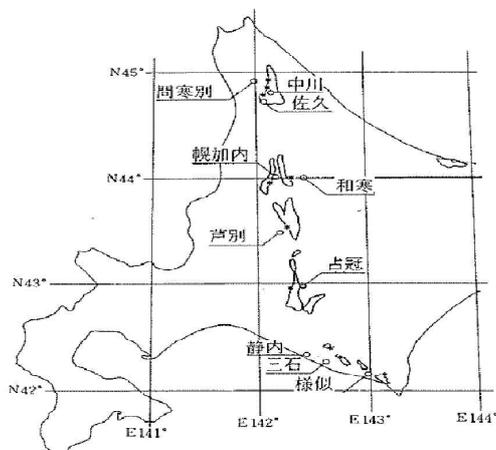
草地用化成等肥料の苦土 (MgO) 成分を考慮した検討について

十勝総合振興局産業振興部整備課 川岸淳司

1. はじめに

牧草の生育に必要な要素の一つである苦土 (マグネシウム、MgO) は、葉緑素の構成元素であり、タンパク質、脂肪の合成に必要な元素である。植物の新陳代謝を盛んにし、植物体内のリン酸の移動を助ける働きを持っている。また、苦土過剰による障害は植物に対してはなく、火山性・泥炭土壌やカリウム過剰による吸収抑制などで苦土欠乏が生じている。

北海道南端の日高地方から北端の宗谷地方の近くに至る山脈の西側に沿って、北海道



のほぼ中心地帯を細長く南北に「蛇紋岩帯」が散在しており、宗谷管内においては、神居古潭帯の延長部にあたる幌延町の東部山地に南北方向に分布している。

【図-1】 北海道の蛇紋岩分布図 (北海道立農業試験場報告第 29 号 昭和 54 年 3 月 北海道立中央農業試験場)

この蛇紋岩は、「マグネシウム MgO」が多く含まれる蛇紋石を主な鉱物としている

ことから、管内の過去の土壌診断 (地力保全基本調査成績書 (S46 ~ 49 年)) から泥炭土壌 (サロベツ原野周辺等) を含む広い範囲の土壌において苦土施用が不要な状況にある。

このため、管内のホクレン (稚内支所) では、一部の配合肥料 (N (窒素)・P (リン酸)・K (カリウム)) で苦土無しの肥料 (BB122W (苦土有り BB122 は道農政部単価有り)、BB022W 等) が生産され、農家へ販売されていた。

また、草地整備事業では、目標となる牧草の初期成育のための反 (10a) 当たりの必要苦土量や、追肥 (不足) 量が明確でないことから、土壌分析を行い苦土分が不足する場合には、酸性土壌を改良する炭カル (炭酸カルシウム CaO) 量が土壌 pH の値によりその必要量が増減するにもかかわらず、一律に炭カルに苦土分を加えた「苦土炭カル」で補っていた。このため、牧草生育に必要な苦土分が十分補われていたか不明であった。

このことから、

- ・ 管内の苦土施用が概ね不要な状況により、事業で使用している苦土を含む草地用化成等肥料 (化成・配合肥料、リン酸質資材) に対し、新たな「苦土を含まない肥料」が必要であること。
- ・ 整備時の目標となる反 (10a) 当たりの必要苦土量や追肥 (不足) 量を設定する必

要があること。

これらの課題を踏まえて更に、

- ・ 事業での苦土の追肥に対し、草地用化成等肥料に含まれる苦土分を考慮することを、検討しフローチャートで整理するなど新たな手法を提案した。

今後、整備時の目標値や苦土分考慮については、ほ場での実証試験を行い証明がなされたならば、事業での利用が可能となり、コスト縮減に結びつくことになる。

※ [参考] (酸化) マグネシウム (MgO) を苦い味に由来して苦土 (くど、bitter salts) とも呼称する。

2. 苦土無し草地用化成等肥料の提案

道農政部単価の「20-1 土壌改良資材・肥料」においては、元々苦土を含まない BB052、エコープ 052 以外の草地用化成等肥料は、苦土分を含んだ銘柄のみの単価が掲載されていた。

ホクレン稚内支所に道農政部単価掲載の苦土有り草地用化成等肥料で、販売されていない苦土無し肥料銘柄の新たな製造・販売について提案したところ、リン酸質資材 (単肥) を除き製造・販売が可能であるとの回答が得られた。

このことから、道農政部単価に掲載している肥料の中で、事業で多く利用される苦土有りの配合肥料 (BB055、BB122、BB306) について、苦土無し肥料が知事登録後に製造の運びとなり、H24 年度農政部単価表への掲載 (BB306 は今後追加掲載予定) となった。

※ 他の「化成肥料」については、事業で経済比較の対象になるが使用実績が殆どなく、登録 (登録されている肥料資材を混ぜ合わせる配合肥料は道への届け出で良いが、化学工場で肥料成分を合成する化成肥料は農林水産大臣登録が必要となる) に時間を要することから、苦土無し肥料の製造は見送ることにした。

また、「リン酸質資材 (ダブリン、重焼燐、熔燐)」に含まれる苦土分については、その製造過程により除外が難しい、とのホクレンの見解であった。

今後、土壌分析した苦土量が必要苦土量に照らして満足していると判断される場合については、新たな「苦土無し配合肥料 (BB055・BB122・BB306)」を使用することでコスト縮減が図られることになる。

3. 目標となる反 (10a) 当たりの必要苦土量 (kg/10a) と、追肥 (不足) 量 (kg/10a) の検討

これまで、苦土等の土壌分析を行い、「草地開発整備事業計画設計基準」に示す「土壌 100g 中の交換性マグネシウム含量 20mg 以下のものについては、マグネシウムを含む石灰質の利用を考える。」を基に、目標となる反 (10a) 当たり必要苦土量 (kg/10a) が示された文献等がないことから、土壌 100g 中 20mg を下回った場合は、一律に苦土入り炭カルを使用して苦土を補っていた。(苦土過剰による障害は植物に対してはないとされている。)

また、「北海道施肥ガイド 2010」では、造成・更新時における土壌診断基準として、

土壌区分（火山性土、低地土・台地土、泥炭土）ごとの「土壌 100g 中の交換性マグネシウム量（mg/100g）」が示されているものの、事業ではこの値を活かせない状況であった。

今回、北海道立中央農業試験場発行による「土壌および作物栄養の診断基準 - 分析法 - 1992 年改訂版」の「石灰投入量算出法」を参考に、「北海道施肥ガイド 2010」の土壌区分ごとの土壌 100g 中の苦土量（mg/100g）の目標値を用いて、反当たり（10a）の必要苦土量（kg/10a）や、追肥（不足）量（kg/10a）を算定する手法を検討した。

1) 反当たりの必要苦土量（kg/10a）の算定（案）

① 必要条件

ア) 土壌 100g 当たりの必要苦土量 : A (mg/100g)

「北海道施肥ガイド 2010」による造成・更新時における土壌区分ごとの値「土壌 100g 中の交換性苦土量（mg/100g）」を目標値として用いる。

※ 土壌分析の結果、この目標値以上あれば苦土追肥の必要なし。

・ 交換性苦土（MgO）の造成・更新時における土壌及び作物栄養診断基準

a) 火山性土 25mg/100g 以上

b) 低地土・台地土 10mg/100g 以上

c) 泥炭土 40mg/100g 以上

イ) 仮比重（現地土壌の仮比重試験による） : B (g/cm³)

② 反当たりの重量（g/10a）

ア) 対象土層は、牧草作土深の 15cm とする。

イ) 作土深度 15cm での反当たり容積（cm³/10a）は、

$$1,000\text{m}^2 \text{ (10a を m}^2 \text{ に換算)} \times 100\text{cm} \times 100\text{cm} \text{ (m}^2 \text{ を cm}^2 \text{ に換算)} \times 15\text{cm} \\ = 150,000,000 \text{ cm}^3/10\text{a}$$

ウ) 仮比重 B (g/cm³) を掛けて、反当たりの重量（g/10a）を出す。

$$B \text{ g/cm}^3 \times 150,000,000 \text{ cm}^3/10\text{a} = B \text{ (g/cm}^3\text{)} \times 150,000,000 \text{ g/10a}$$

③ 反当たりの必要苦土量（kg/10a）は、上記式に土壌 100g 当たりの必要苦土量

A (mg/100g) を掛けて、反当たりの必要苦土量（kg/10a）を出す。

$$A \text{ mg/100g} \times B \text{ (g/cm}^3\text{)} \times 150,000,000\text{g/10a}$$

mg を kg に換算すると、1kg=1,000,000mg、また、100g 当たりを g にして、

$$A \text{ mg/100g} \times 1/1,000,000\text{mg} \times 1/100\text{g} \times B \text{ (g/cm}^3\text{)} \times 150,000,000\text{g/10a} =$$

よって、A (mg/100g) × B (g/cm³) × 1.5kg/10a となる。

④ 計算例

ア) [設定条件]

以下の値で仮定すると、

a) 土壌 100g 当たり必要苦土量（低地土・台地土） A : 10 (mg/100g)

b) 仮比重 B : 1.0 (g/cm³)

イ) [計算例]

A (mg/100g) × B (g/cm³) × 1.5kg/10a により、この式に値を入れると、必要

苦土量は、

$$10 \text{ (mg/100g)} \times 1.0 \text{ (g/cm}^3\text{)} \times 1.5\text{kg/10a} = 15 \text{ kg/10a} \text{ となる。}$$

2) 苦土の反当たり追肥 (不足) 量 (kg/10a) の算定 (案)

現地土壌分析の苦土含量 (mg/100g) から反当たりの苦土追肥 (不足) 量 (kg/10a) を算出する。

①交換性苦土 (MgO) の造成・更新時における土壌及び作物栄養診断基準

- a) 火山性土 25mg/100g 以上
- b) 低地土・台地土 10mg/100g 以上
- c) 泥炭土 40mg/100g 以上

②必要条件

- ア) 仮比重 (現地土壌の仮比重試験による) : B (g/cm³)
- イ) 現地土壌分析による苦土含量 : C (mg/100g)

③ 補うべき土壌区分ごとの反当たりの追肥 (不足) 量 (kg/10a) は、前項の算定式にこれらを入れると、

ア) 火山性土

$$(25 - C) \text{ (mg/100g)} \times B \text{ (g/cm}^3\text{)} \times 1.5\text{kg/10a}$$

イ) 低地土・台地土

$$(10 - C) \text{ (mg/100g)} \times B \text{ (g/cm}^3\text{)} \times 1.5\text{kg/10a}$$

ウ) 泥炭土

$$(40 - C) \text{ (mg/100g)} \times B \text{ (g/cm}^3\text{)} \times 1.5\text{kg/10a} \text{ となる。}$$

④計算例

ア) [設定条件]

以下の値で仮定すると、

- a) 土壌区分を低地土・台地土として、
- b) 仮比重 B : 1.0 (g/cm³)
- c) 現地土壌分析による苦土含量 C : 8 (mg/100g)

低地土・台地土の場合、苦土量 10mg/100g 以上必要により、2mg/100g 不足。

イ) [計算例]

低地土・台地土の場合の算定式は、

$$(10 - C) \text{ (mg/100g)} \times B \text{ (g/cm}^3\text{)} \times 1.5\text{kg/10a} \text{ により、}$$

これに値を入れると、

$$(10 - 8) \text{ (mg/100g)} \times 1.0 \text{ (g/cm}^3\text{)} \times 1.5\text{kg/10a} = 3.0 \text{ kg/10a} \text{ が追肥量となる。}$$

4. 草地用化成等肥料に含まれる苦土分を考慮した検討

1) 草地用化成等肥料に含まれる苦土分 (案)

草地用化成等肥料 (配合・化成肥料、リン酸質資材) に含まれる苦土分は、「保

証成分」でもあり、事業での施肥設計におけるリン酸分同様に、整備時の必要苦土量の算定に苦土成分を考慮することが可能と考え、今回、これを新たな手法に応用する提案をした。

※ [参考] 保証成分とは？

苦土を含む主成分は、肥料の有効成分として認められた要素で、農林水産大臣によって定められ、どのようなものを有効成分として保証することができるかは公定規格に示されている。保証成分（有効成分）は肥料袋に記載されている。

・道農政部単価に掲載している草地用化成等肥料の苦土分（％）

①草地用化成・配合肥料

ア)BB055 (N10 P25 K15)	MgO	5%	→ 今回 Mg 無しを追加
イ)BB122 (N10 P20 K20)	MgO	5%	→ 今回 Mg 無しを追加
ウ)BB306 (N13 P20 K16)	MgO	4%	→ 今後 Mg 無しを追加予定
エ)BB052 (N10 P25 K12)	MgO	無し	
オ)E-コブ [°] 055 (N10 P25 K15)	MgO	5%	
カ)E-コブ [°] 122 (N10 P20 K20)	MgO	5%	
キ)E-コブ [°] 052 (N10 P25 K12)	MgO	無し	

※ [参考] 055 等の番号は配合率 N・P・K の 1 桁目で、但し、000 の場合は 2 桁目に表示している。

②リン酸質資材

ア)重焼燐 (P40)	MgO	3%
イ)ダブリン (P35)	MgO	7%
ウ)熔燐 (P20)	MgO	12%

③炭カル

苦土炭カル (7ルカリ 53)	MgO	6%
-----------------	-----	----

2) 苦土分を考慮した施肥設計手順（案）

「3.2 苦土の反当たり追肥（不足）量（kg/10a）の算定（案）」の値から草地用化成等肥料に含まれる苦土量を控除して施肥設計を行う。

①リン酸質資材に含まれる苦土量を苦土追肥量からの控除

②草地用化成等肥料（化成・配合肥料）に含まれる苦土量を控除

（③ この時、苦土有り配合肥料で苦土量を補え、苦土無しである炭カルを用いるが、炭カル量が 200kg/10a 以下になると、苦土無し配合肥料と苦土炭カルで苦土量を補う方が経済的となる。次項 3) で検討。）

④ 更に、苦土が不足する場合、苦土炭カルで苦土量を補うことになるが、この場合、苦土無し配合肥料の利用が可能か検討する。

⑤これにより、リン酸質資材、化成・配合肥料、炭カルが決定される。

※ [表-1] 施肥設計フロー図（案）を参照（枠左の番号①～⑤とリンク）

3) 草地用化成等肥料で苦土量を補えた場合の検討（案）

苦土有り配合肥料と炭カルの組合せになった場合でも、炭カルが少量の場合については、苦土無し配合肥料と苦土炭カルの組合せが安価となることから、その場合となる炭カル量を算定した。

※ 苦土有り・無しの配合肥料 ha 当たり単価差を、ha 当たり何 t の炭カルの時に、苦土有り・無しの炭カル ha 当たりの単価差が上回るか？

7) 配合肥料での苦土有・無の ha 当たり単価差

- a) BB055 苦土有 (5%) 96,700 円/t、苦土無 91,700 円/t、差 5,000 円/t
- b) BB122 苦土有 (5%) 94,600 円/t、苦土無 89,600 円/t、差 5,000 円/t
- c) BB306 の価格は、現在未確定

苦土有・無の配合肥料 ha 当たり単価差

配合肥料 400kg/ha (0.4t/ha) を施肥すると、

ha 当たりの単価差は、 $0.4t/ha \times 5,000 \text{ 円/t} = 2,000 \text{ 円/ha}$

イ) 炭カルでの苦土有・無の単価差

苦土炭カル (6%) 17,400 円/t、炭カル 16,500 円/t、差 900 円/t
1ha 当たり

- a) 1t の差額は、900 円/t
- b) 2t の差額は、1,800 円/t
- c) 3t の差額は、2,700 円/t と比例する。

ウ) 配合肥料と炭カルの経済利用

配合肥料の差額である 2,000 円/ha を、炭カルの 1ha 当たりの差額が越える炭カル量 (t) は、

炭カル差額が、2t で 1,800 円/t、Xt で 2,000 円/t により、 $Xt = 2t \times 2,000 \text{ 円/t} \div 1,800 \text{ 円/t} = 2.22t \doteq 2t/ha$ (200kg/10a)

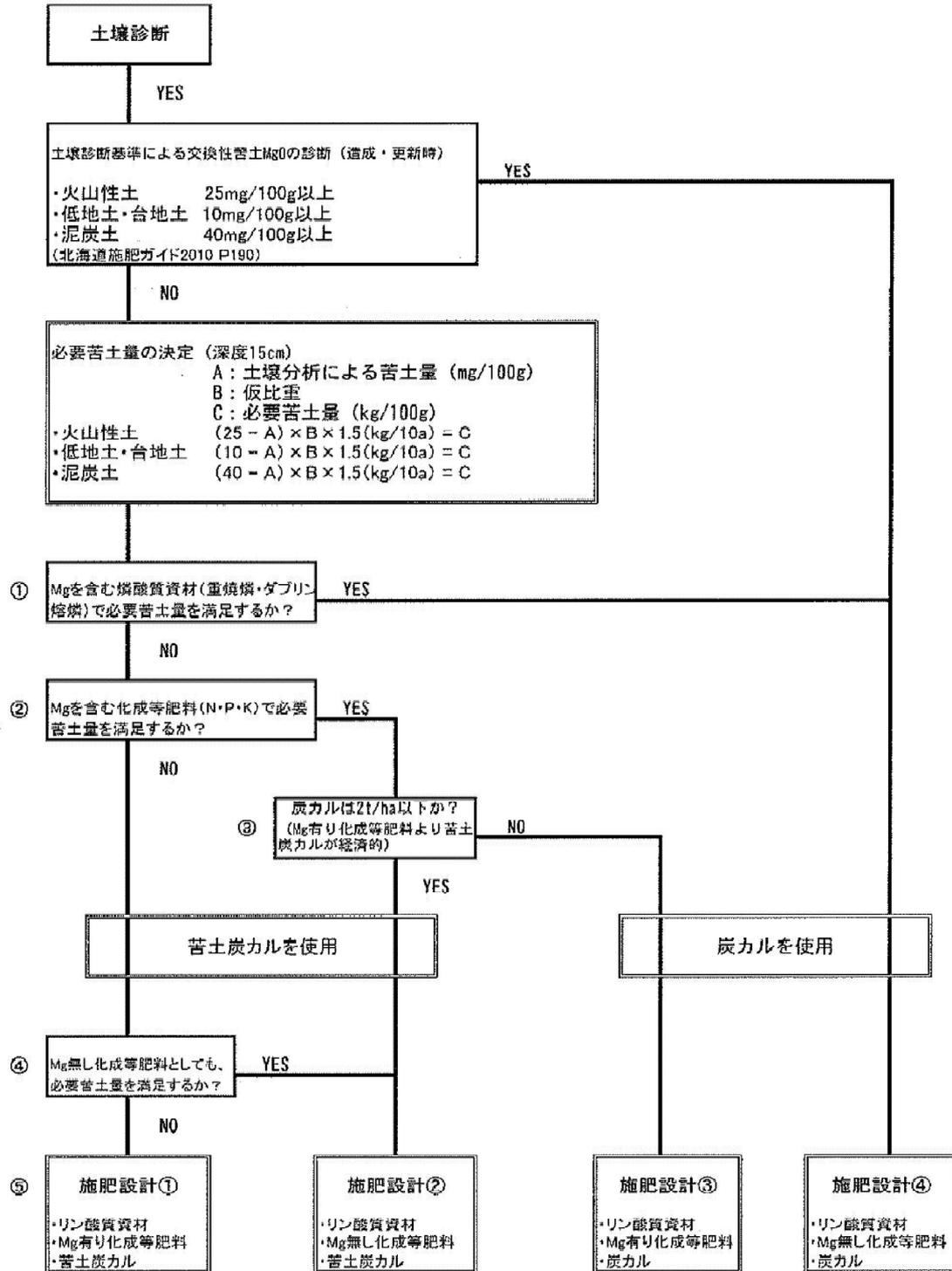
よって、2t/ha (200kg/10a) 以下では苦土炭カルと苦土無し配合肥料が経済的であることから、

- a) 炭カル 200kg/10a 以下 → 苦土無し配合肥料と、苦土炭カル
- b) 炭カル 200kg/10a を越える → 苦土有り配合肥料と、炭カル となる。

※ ただし、200kg/10a の場合の苦土量は、 $200kg/10a \times 6\% = 12kg/10a$ である。

- 4) 以上の草地用化成等肥料に含まれる苦土分を考慮した施肥設計を、フローチャートに纏めた。

苦土(Mg)分を考慮した施肥設計フロー図 (案)



【表-1】 [草地用化成等肥料に含まれる苦土分を考慮した施肥設計フロー図 (案)]

※ 「3.2) 苦土の反当たり追肥 (不足) 量」の A、B、C とリンクしない。

※ 「4.2) 苦土分を考慮した施肥設計手順 (案)」の①～⑤が枠左の番号①～⑤とリンク

5) 施肥設計フロー図（案）に基づく計算例

① [設定条件]

以下の値で仮定すると、

7) 苦土の追肥（不足）量 (kg/10a)

(1) 10.0kg/10a とした場合と、(2) 3.0kg/10a とした場合において算定

イ) 配合肥料 (BB055・Mg5%) の全体量 : 40kg/10a

ロ) リン酸質資材 (ダブリン・Mg7%) の全体量 : 29kg/10a

(リン酸不足 10kg/10a として、ダブリン P35% より全体量 $10 / 0.35 = 29\text{kg}/10\text{a}$)

ハ) (苦土) 炭カル (Mg6%) の全体量 : 500kg/10a (> 200kg/10a)

② [計算例]

(1) 苦土の追肥（不足）量 10.0kg/10a とした場合

a) リン酸質資材 (ダブリン、Mg7%) の苦土量を考慮

$$29\text{kg}/10\text{a} (\text{全体量}) \times 7\% (\text{苦土分}) = 2.0\text{kg}/10\text{a}$$

$$10.0\text{kg}/10\text{a} - 2.0\text{kg}/10\text{a} = 8.0\text{kg}/10\text{a} \text{ 不足} \rightarrow \text{配合肥料で補う}$$

b) 配合肥料 (BB055、Mg5%) の苦土量を考慮

$$40\text{kg}/10\text{a} (\text{全体量}) \times 5\% (\text{苦土分}) = 2.0\text{kg}/10\text{a}$$

$$8.0 \text{ kg}/10\text{a} - 2.0\text{kg}/10\text{a} = 6.0\text{kg}/10\text{a} \text{ 不足} \rightarrow \text{苦土炭カルで補う}$$

c) 苦土炭カルで補う場合に苦土無し配合肥料の利用が可能か確認

リン酸質資材 (ダブリン、Mg7%) のみでの苦土不足量

a) から 8.0kg/10a 不足

苦土炭カル (Mg6%) の苦土量

$$500\text{kg}/10\text{a} (\text{全体量}) \times 6\% (\text{苦土分}) = 30.0\text{kg}/10\text{a}$$

$$30.0\text{kg}/10\text{a} \geq 8.0\text{kg}/10\text{a} \text{ により、苦土無し配合肥料の利用が可能である。}$$

d) よって、この場合の施肥は、

・ リン酸質資材 (ダブリン)

・ 苦土無し配合肥料 (BB055)

(※コスト縮減 : 苦土有り配合肥料 → 苦土無し配合肥料)

・ 苦土炭カル となる。

(2) 苦土の追肥（不足）量 3.0kg/10a とした場合

a) リン酸質資材 (ダブリン、Mg7%) の苦土量を考慮

$$29\text{kg}/10\text{a} (\text{全体量}) \times 7\% (\text{苦土分}) = 2.0\text{kg}/10\text{a}$$

$$3.0\text{kg}/10\text{a} - 2.0\text{kg}/10\text{a} = 1.0\text{kg}/10\text{a} \text{ 不足} \rightarrow \text{配合肥料で補う}$$

b) 配合肥料 (BB055、Mg5%) の苦土量を考慮

$$40\text{kg}/10\text{a} (\text{全体量}) \times 5\% (\text{苦土分}) = 2.0\text{kg}/10\text{a}$$

$$1.0 \text{ kg}/10\text{a} - 2.0\text{kg}/10\text{a} = \Delta 1.0\text{kg}/10\text{a} \text{ 過剰により、リン酸質資材と配合肥料で苦土分を補える。}$$

c) 炭カル (> 200kg/10a) で良い。

d) よって、この場合施肥は、

・ リン酸質資材 (ダブリン)

- ・ 苦土有り配合肥料（BB055）
- ・ 炭カル となる。

（※コスト縮減：苦土炭カル → 炭カル）

③コスト縮減の試算（H24 年度単価）

※【表-1】施肥設計フロー図（案）を参照（施肥設計①～⑤）

7) 苦土無し配合肥料の利用となる場合は、

- a) 土壌苦土含量が必要苦土量を満足している。 … 施肥設計④
- b) 炭カルが少量（200kg/10a 以下）な場合においては、苦土無し配合肥料と苦土炭カルの組合せが安価になる。 … 施肥設計②
- c) 苦土炭カルで苦土量を補うが、苦土無し配合肥料の利用が可能になる。 … 施肥設計②（計算例（1）の場合）、がある。

配合肥料 BB055 による苦土有・無の 10a 当たりの価格差

- ・ 苦土有り BB055（Mg5%） 96,700 円/t
- ・ 苦土無し BB055 91,700 円/t、価格差 5,000 円/t（5 円/kg）

BB055 が 40kg/10a の場合、 $40\text{kg}/10\text{a} \times 5\text{円}/\text{kg} = 200\text{円}/10\text{a}$ のコスト縮減となる。

- i) 苦土を含むリン酸質資材と草地用化成等肥料の苦土分を考慮することにより苦土炭カルから炭カル（200kg/10a 越）の利用となる場合は、 … 施肥設計③（計算例（2）の場合）

炭カルの苦土有・無の反当たりの価格差

- ・ 苦土炭カル（Mg6%） 17,400 円/t
- ・ 炭カル 16,500 円/t 価格差 900 円/t（0.9 円/kg）

炭カル 500kg/10a の場合、 $500\text{kg}/10\text{a} \times 0.9\text{円}/\text{kg} = 450\text{円}/10\text{a}$ のコスト縮減となる。

- ii) 苦土を含むリン酸質資材のみで苦土分を補え、苦土有り配合肥料から苦土無し配合肥料、苦土炭カルから炭カルの利用となる場合は、 … 施肥設計④
上記の7)+i)により $200 + 450 = 650\text{円}/10\text{a}$ のコスト縮減となる。

5. 今後のほ場での実証試験について

これら検討した、

- ・ 土壌 100g 中の苦土量（mg/100g）の目標値を用いて、反当たりの必要苦土量（kg/10a）、追肥（不足）量（kg/10a）の算定式や、
- ・ 整備時の苦土の追肥に対し、元々、草地用化成等肥料に由来する苦土の有効性、の提案について、今後、農業試験場等の協力を得られれば、ほ場での実証試験を行い確立していきたいと考える。

【参考】ほ場での実証試験（案）

土壌タイプ（火山性土、台地土、低地土、泥炭土）が異なる供試ほ場で、更新時の苦土施用量と牧草収量の関係をプロットし、更新時の最適な苦土施用量を決定する。併せて、苦土入り草地用化成等肥料を表面散布した場合、散布肥料に由来する苦土はどのように評価できるかも検討する。

現行の苦土炭カル施用（0～15cm）を想定した処理区を対象として、

- ① 苦土の 100%混合（0～15cm）区、
- ② 75%混合（0～15cm）+25%表面散布区、
- ③ 50%混合（0～15cm）+50%表面散布区、
- ④ 25%混合（0～15cm）+75%表面散布区、
- ⑤ 苦土の 100%表面散布区、の 5 処理区の設置が考えられる。

試験期間は、土壌タイプの違いや年次間差を考慮すると、少なくとも 3～4 年は必要と思われる。

6. おわりに

今回、苦土分が満足している土壌においては、苦土無しの配合肥料（BB055、BB122、BB306）の利用が可能となった。

また、検討した

- ・ 反（10a）当たりの目標とする必要苦土（追肥）量（kg/10a）や、
- ・ 草地用化成等肥料に含まれる苦土分を考慮することを、

ほ場での実証試験を通して証明されれば、

- ・ 苦土炭カルから炭カルへの利用や、
- ・ 苦土を含む配合肥料から新たな苦土無し配合肥料への利用が可能になるであろう。

振興局と、普及センター、農業試験場や、ホクレンなどとの打合せを通じて、苦土に関する宗谷管内の状況・課題の把握や、苦土無し配合肥料の製造・販売が可能になるとともに、肥料成分を有効に活用した施肥手法の提案に至ることができた。

今後、ほ場での実証試験によりこれら手法が確立することになれば、公共工事のコスト縮減にも結びつくことになり、大きな成果を得ることができると考える。

以上

[参考文献]

1. 北海道立農業試験場報告第 29 号 昭和 54 年 3 月 北海道立中央農業試験場
「北海道の蛇紋岩分布図」
2. 天北における苦土を含まない化成肥料の導入に関する検討 平成 21 年 3 月 宗谷支庁地域農業技術支援会議 「地力保全基本調査成績書（S46～49年）」
3. 草地開発整備事業計画設計基準 平成 19 年 8 月 農林水産省生産局
4. 北海道施肥ガイド 2010 平成 22 年 3 月 北海道農政部
5. 土壌および作物栄養の診断基準 - 分析法（改訂版）- 1992 年 北海道立中央農業試験場