

根釧地方の火山性土における草地のリン酸 肥沃度に基づくリン酸施肥対応

三枝 俊哉*¹ 松原 一實*² 能代 昌雄*¹

根釧地方の火山性土に立地した草地におけるリン酸の土壌診断基準値は、火山性土の種類に応じて設定する必要性が認められた。その理由は、ブレイNo.2法ではリン酸吸収係数が大きく異なる火山性土のリン酸肥沃度を一律に評価できないこと、および、各火山性土のリン酸含量とチモシーの乾物収量ならびにリン酸含有率との関係に差が認められたことである。そこで、根釧地方の主要火山性土を対象に、リン酸の土壌診断基準値および土壌診断に基づくリン酸施肥対応を次のように設定した。すなわち、土壌診断基準値はブレイNo.2法による P_2O_5 として未熟火山性土で30~60mg/100g, 黒色火山性土で20~50mg/100g, 厚層黒色火山性土で10~30mg/100gとした。そして、土壌診断に基づくリン酸施肥対応は、診断値が基準値内の場合、施肥標準量である8~10kg/10a, 基準値よりも低い場合は12~16kg/10a, また、基準値よりも高い場合には4~5kg/10aが適当であった。

緒 言

北海道の火山性土に立地した草地に対するリン酸施肥法の研究は、根釧地方の火山性土において精力的に行われてきた。早川ら³⁾⁴⁾は、火山性土の一般的特性であるリン酸吸収力の強さから、特に草地造成時におけるリン酸の卓効を指摘している。また、関口ら¹⁹⁾は、リン酸がある程度蓄積した維持管理階段においてもリン酸追肥の必要性を明らかにした。さらに、大村ら¹⁵⁾は草地の生産力に大きな影響をおよぼす草種構成を良好に維持する面からも、リン酸施肥の重要性を指摘した。このため、土づくりの一環として、各種リン酸資材が定期的に投入され、また、北海道施肥標準⁹⁾においてもリン酸施肥量は吸収量よりも多めに設定されている。したがって、リン酸は草地土壌の表層に蓄積する傾向にある。

一方、国際競争力の増強を強いられ、厳しい状況にある本道の酪農経営においては、生産コストの低減が緊急かつ重要な課題の1つである。この

ため、リン酸施肥においても土壌診断を行い、土壌のリン酸肥沃度を考慮した効率的な施肥法が望まれている。現在、北海道の草地におけるリン酸の土壌診断基準値⁷⁾は、火山性土では有効態リン酸含量（ブレイNo.2法、以下ブレイNo.2リン酸と略記）が20mg/100g (P_2O_5)以上と設定されている。しかし、根釧地方の主要火山性土である未熟火山性土、黒色火山性土、厚層黒色火山性土にみられる理化学的特性の相違は、牧草のリン酸吸収にも影響をおよぼす可能性が示唆されている¹¹⁾¹²⁾。このようなことから、各火山性土に対応したリン酸の土壌診断基準値設定の必要性の検討、さらに、土壌診断基準値からはずれた領域での増肥および減肥量の検討が必要である。

本報告では、根釧地方の主要な混播草地であるチモシー・アカクロープ・シロクロープおよびチモシー・シロクロープ混播草地を対象に、当地方の主要火山性土に対応したリン酸の土壌診断基準値およびそれに基づくリン酸施肥量について検討した。

1989年6月8日受理

*¹ 北海道立根釧農業試験場, 086-11 標津郡中標津町

*² 同上(現天北農業試験場, 098-57 枝幸郡浜頓別町)

試験方法

1. 主要火山性土の構成火山灰における形態別無機態リン酸含量とブレイNo.2 リン酸含量の関係

リン酸吸収係数（以下P吸と略）の大きく異なる火山灰に添加されたリン酸の形態変化について検討するために、根釧地方における主要火山性土の作土を構成する火山灰⁹⁾にリン酸を添加し、無機態リン酸の形態別含量およびブレイNo.2 リン酸含量を調査した。供試火山灰は表1に示した雌阿寒岳火山灰a（以下Me-aと略）、カムイヌプリ岳火山灰2aおよび4a（以下Km-2a, 4aと略）、カムイヌプリ岳火山灰1（以下Km-1fと略）、矢白別火山灰、および摩周岳火山灰f₁（以下Ma-f₁と略）の6種類であり、いずれも未耕地から採取した。これらの火山灰に、風乾土100g当たり0, 20, 40, 80, 150, 300mg相当量のリン酸(P₂O₅)を過リン酸石灰（以下過石と略）で添加した。土壌水分は最大容水量の60%に、温度は15℃に保ち、1987年9月23日から10月23日まで放置した後、風乾した試料について形態別無機態リン酸およびブレイNo.2 リン酸を定量した。

2. 主要火山性土のブレイNo.2 リン酸含量とチモシーの生育

試験1. チモシーのリン酸吸収量と各火山性土からのリン酸減少量の関係（ポット試験）

供試火山性土の理化学性を表2に示した。これらの火山性土は仮比重が異なるので、容積が一定

となるようにa/5000有底ポットに充填した。このため、ポット当たりの重量は乾土として未熟火山性土で2.8kg、厚層黒色火山性土で1.8kgとなった。試験処理としてリン酸用量を6段階もうけた。すなわち、1985年4月23日、各火山性土P吸の0, 1, 2, 4, 6, 10%相当量のリン酸を、過石で全層に混和した。またこの時、緩衝曲線法によって求めた中和石灰量を炭酸カルシウムで、苦土(MgO) 0.5g/ポットを硫酸マグネシウムで施肥し、同様に混和した。その後、20日間ガラス室に放置し、4~5回乾湿を繰り返してリン酸を土壤に吸収させた。1985年5月13日、草地からチモシー（ノサップ）を掘取り、1茎ずつ分離した後、ほぼ同じ大きさのものを移植し、ポットあたり10本立てとした。施肥は移植時および1番草刈取り後に窒素(N) 0.5g/ポットを硫酸アンモニウムで、カリ(K₂O) 0.5g/ポットを硫酸カリウムで表面に施肥した。刈取りは6月25日、7月29日、9月26日の3回、地ぎわから5cmの高さで行い、3番草の刈取り後には根も採取した。これらの牧草体は乾物重を測定後、粉碎してリン酸含有率の分析に供試した。乾物重とリン酸含有率の積から、各番草および根のリン酸含有量を求めた。さらにこれらの合計値から、移植時の苗に含まれていたリン酸を差し引いて、年間のリン酸吸収量を算出した。チモシー移植時と3番草刈取り後に土壌を採取し、ブレイNo.2および無機態リン酸含量を調査した。

試験2. 各火山性土のブレイNo.2 および無機態リ

表1 供試火山灰*

火山灰名	Me-a	Km-2a	Km-4a	Km-1f	矢白別	Ma-f ₁
リン酸吸収係数	860	1410	485	2115	1830	2300
対応する火山性土**	未熟, 黒色, 厚層黒色	未熟	未熟	黒色, 厚層黒色	黒色, 厚層黒色	厚層黒色, 黒色

*: 火山灰は Km-4a を除き、すべて腐植層から採取した。

** : 耕起した場合、その火山灰が作土に多く混入することになる火山性土。

表2 供試火山性土の理化学性

供試火山性土	仮比重	pH	リン酸吸収係数	ブレイNo.2 リン酸*
未熟火山性土	0.79	5.8	755	11.0
厚層黒色火山性土	0.50	5.0	1850	16.7

* : mg/100g

表3 供試草地の概況

土壌区分	No	試験場所	造成年	試験実施年	リン酸施肥量	備 考
未 熟 火山性土	1～4	標 茶 町	1981	1982～1984	0～16	*造成時 P_2O_5 0, 20, 40, 80kg/10a を0～15cm に混和
	5～7	別 海 町	1980	1985	0～15	早春 P_2O_5 0, 4, 9kg/10a を表面施肥
黒 色 火山性土	1～5	中 標 津 町	1982	1982～1984	0～16	*造成時 P_2O_5 0, 20, 40, 80, 160kg/10a を0～15cm に混和
	6～10	桜 ケ 丘	1982	1982～1984	8	*造成時 P_2O_5 0, 20, 40, 80, 160kg/10a を0～15cm に混和
	11	別 海 町	1980	1985	0～15	
	12～14	上 春 別	1979	1985	0～15	早春 P_2O_5 0, 4, 9kg/10a を表面施肥
厚層黒色 火山性土	1～5	中 標 津 町	1981	1982～1984	0～16	*造成時 P_2O_5 0, 20, 40, 80, 160kg/10a を0～15cm に混和
	6～8	茶 志 骨	1980	1985	0～15	早春 P_2O_5 0, 4, 9kg/10a
	9	標津町茶志骨	1981	1985	0～15	
	10	標津町川北	1982	1987	0～15	
	11	浜中町姉別	1984	1987	0～15	
	12	浜中町姉別	1986	1987	0～15	

*：いずれの草地も、播種時には表層に20kg/10aの P_2O_5 を施用している。

ン酸含量とチモシーの生育（現地試験）

未熟火山性土は別海町西春別および標茶町虹別、厚層黒色火山性土は標津町川北および浜中町東門朱別に試験地をそれぞれ設置した。各試験地でチモシー単一草地を1草地ずつ選定し、リン酸の用量試験を行った。リン酸は過石で0, 2.5, 5, 10, 20, 40, 80kg/10aを早春(1987年5月7, 8日)に全量施肥した。共通施肥は北海道施肥標準⁶⁾に準じ、N, K_2O , MgO の順にそれぞれ16, 20, 4 kg/10aとし、このうちN, K_2O は早春および1番草刈取り後(7月3, 4日)に2:1の割合で分施し、 MgO は早春に全量施肥した。刈取りは6月下旬および8月下旬の2回行い、乾物収量、莖数およびリン酸含有率を調査した。また、施肥前、施肥後15日目、および各番草刈取り後に0～5cm層の土壌を採取し、ブレイNa2および無機態リン酸含量を測定した。

3. 草地に対するリン酸の土壌診断基準値の設定とそれに基づくリン酸施肥量

主要火山性土に対応したリン酸の土壌診断基準

表4 リン酸用量試験処理の区分 (P_2O_5 施用量 kg/10a)

処 理	1982～1985	1985, 1987
1 無施肥	0	0
2 減肥	4	5
3 標準施肥	8	7.5, 10
4 増肥	12, 16	12.5, 15

値と、それに基づくリン酸施肥量を設定するために、未熟火山性土、黒色火山性土、厚層黒色火山性土に立地するチモシー・アカクロープ・シロクロープおよびチモシー・シロクロープ混播採草地を対象に、表3に示したリン酸肥沃度の異なる35草地でリン酸の用量試験を行った。リン酸用量は年度および地点によって異なったので、これらを表4のように無施肥、減肥、標準施肥、増肥の4処理にまとめた。リン酸は過石を用いて、早春に全量施肥した。共通施肥は北海道施肥標準⁶⁾に準じ、N, K_2O , MgO の順に8, 18～22, 4 kg/10aとし、このうちN, K_2O は早春および1番草刈

取り後に均等分施, MgOは早春に全量施肥した。刈取りは各年度とも1番草を6月下旬, 2番草を8月下旬のいずれも刈取り適期に行い, 生草収量および牧草体リン酸含有率を調査した。一方, 土壌試料は0~5cm層の土壌を施肥前(前年秋を含む)および各番草の刈取り後に採取し, プレイNo.2リン酸含量を測定した。

4. リン酸肥沃度の高い草地におけるリン酸の減肥可能年限

リン酸肥沃度の高い草地におけるリン酸の減肥可能年限を設定するために, 前述の草地からリン酸肥沃度の高い草地を選定し, リン酸の用量試験を行った。リン酸用量は標準施肥区では8kg/10a, 減肥区では4kg/10aとし, 早春に全量施肥した。共通施肥は北海道施肥標準⁶⁾に準じ, N, K₂O, MgOの順に8, 18, 4kg/10aとし, 施肥配分はN, K₂Oは早春および1番草刈取り後に均等分施, MgOは早春に全量施肥した。処理は1983年か

ら1985年まで3年間継続し, 草種構成, 乾物収量, 牧草体リン酸含有率, および0~5cm土層中のプレイNo.2リン酸含量を調査した。

5. 分析方法

牧草体のリン酸含有率は, 70℃で乾燥後, 粉碎した試料を湿式灰化し, バナドモリブデン酸法⁸⁾によった。

土壌中プレイNo.2リン酸含量は土:液=1:20, 抽出温度20℃でプレイNo.2法によった⁸⁾。形態別リン酸含量は関谷ら²⁰⁾の方法にしたがった。また, P吸は常法によった。なお, 以後, 特にことわりのない場合, 無機態リン酸とはカルシウム型, アルミニウム型, 鉄型(以下Ca型, Al型, Fe型と略記)の合計量を指すものとする。

表5 リン酸添加に伴う火山灰のプレイNo.2リン酸含量と形態別無機態リン酸含量の変化

火山灰	添加量	プレイ No.2	無 機 態		
			Ca 型	Al 型	Fe 型
Me-a (860)	0	11.5	15.5	21.3	9.9
	10	18.0	20.5	26.9	10.0
	20	23.0	24.0	28.8	10.1
	40	38.5	34.0	50.0	11.6
	80	59.6	63.5	58.5	12.5
	150	140.0	94.0	70.7	13.2
	300	215.0	201.0	138.2	16.0
Km-4a (485)	0	14.9	10.7	35.4	6.8
	10	25.3	14.0	40.6	7.6
	20	32.9	18.0	46.9	7.7
	40	52.4	26.5	53.8	8.5
	80	87.3	46.0	65.6	9.2
	150	143.0	108.0	93.8	10.5
	300	275.5	220.0	111.3	10.8
Km-2a (1410)	0	4.5	4.5	20.7	14.4
	10	8.9	7.7	27.8	15.8
	20	14.7	10.9	31.0	18.7
	40	29.7	13.5	47.2	19.6
	80	50.1	25.0	67.2	24.1
	150	79.5	55.0	108.2	30.5
	300	137.0	125.0	182.6	38.7
火山灰	添加量	プレイ No.2	無 機 態		
			Ca 型	Al 型	Fe 型
矢臼別 (1830)	0	2.6	0.8	18.8	11.4
	10	6.6	2.0	26.3	13.8
	20	11.5	3.4	32.2	16.0
	40	20.4	6.9	45.0	20.0
	80	39.8	14.5	67.5	28.3
	150	72.8	31.0	106.3	38.3
	300	140.5	80.0	189.4	55.2
Km-1f (2115)	0	1.0	0.3	15.6	6.5
	10	1.8	0.7	23.8	9.2
	20	3.1	1.2	30.7	9.8
	40	5.8	2.2	46.9	17.1
	80	14.0	5.3	73.5	24.3
	150	33.4	13.0	127.5	36.0
	300	81.6	33.5	220.0	58.7
Ma-f ₁ (2300)	0	1.0	0.5	10.7	8.5
	10	2.4	3.5	16.3	11.5
	20	4.3	4.0	25.1	13.9
	40	8.1	4.9	37.9	17.9
	80	19.1	10.3	62.5	24.6
	150	37.9	10.5	102.5	31.4
	300	80.4	39.0	205.0	52.8

単位: mg/100g

() はリン酸吸収係数

結 果

1. 主要火山性土の構成火山灰における形態別無機態リン酸含量とブレイNo.2 リン酸含量の関係

主要火山性土の作土層を構成する火山灰について、リン酸添加に伴うブレイNo.2 リン酸含量および形態別無機態リン酸含量の変化を表5に示した。リン酸添加量の増加に伴ってブレイNo.2 リン酸含量は増大したが、その程度は火山灰の種類によって異なり、P吸の小さい火山灰の方がP吸の大きい火山灰よりも高いブレイNo.2 リン酸含量を示した。一方、無機態リン酸の形態を比較すると、P吸の小さい火山灰ではCa型およびAl型リン酸がその主体を占め、Fe型リン酸はわずかであった。これに対し、P吸の大きな火山灰では、Ca型リン酸は少なく、Al型およびFe型リン酸が多かった。また、ブレイNo.2 リン酸含量が同程度であれば、Ca型、Al型、Fe型の3形態合計の無機態リン酸含量はP吸の大きな火山灰ほど多くなった。

リン酸添加量とブレイNo.2 および無機態リン酸の増加量との関係を図1に示した。いずれの火山灰においても、添加されたリン酸量とそれによって増加した無機態リン酸量は、ほぼ等しい関係にあった。その形態を比較すると、P吸の小さい火山灰ほどCa型リン酸の増加量が多く、P吸の大きい火山灰ほどAl型およびFe型リン酸の増加量が多かった。一方、ブレイNo.2 リン酸の増加量

は、Ca型リン酸の場合と同様の傾向を示し、P吸の最も小さい火山灰で最も多く、P吸の大きな火山灰ほど少なかった。

以上のように、P吸の大きな火山灰ほど、添加されたリン酸はAl型やFe型等の難溶性の形態に移行し、これに伴ってブレイNo.2法では抽出されにくくなることが明らかとなった。

2. 主要火山性土のブレイNo.2 リン酸含量とチモシーの生育

試験1. チモシーのリン酸吸収量と各火山性土からのリン酸減少量の関係（ポット試験）

チモシーのリン酸吸収量と、チモシー栽培前後における各火山性土のリン酸含量の差から求めたリン酸減少量との関係を図2に示した。未熟火山性土では、チモシーのリン酸吸収量とブレイNo.2 リン酸減少量はほぼ等しい値を示したが、厚層黒色火山性土では明らかに前者が後者を上回った。また、無機態リン酸減少量とチモシーのリン酸吸収量との間には、いずれの火山性土でも量的にほぼ等しい関係が認められた。無機態リン酸の減少量を形態別にみると、厚層黒色火山性土では未熟火山性土よりもCa型リン酸の減少は少なく、Al型リン酸の減少が多く認められた。以上のように、チモシーはブレイNo.2法で抽出されない形態のリン酸をも給源としている可能性が伺われた。

試験2. 各火山性土のブレイNo.2 および無機態リン酸含量とチモシーの生育（現地試験）

未熟火山性土および厚層黒色火山性土に立地す

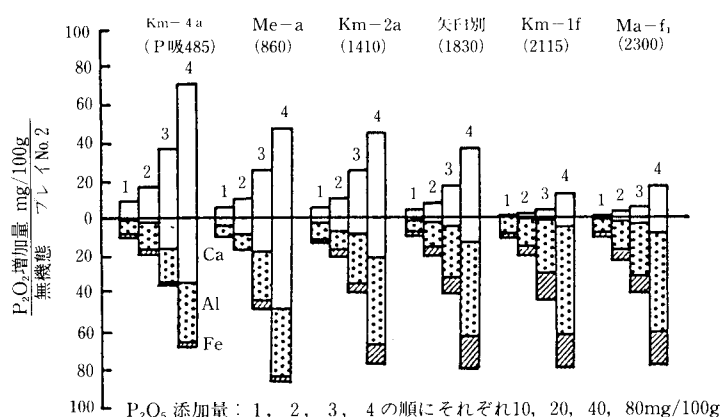
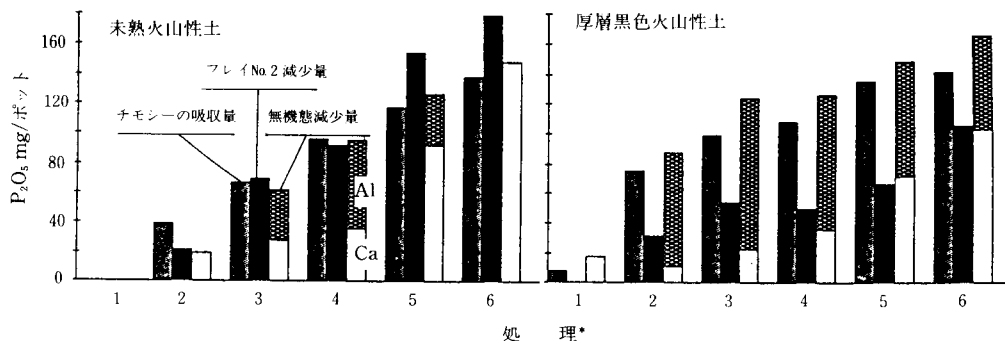
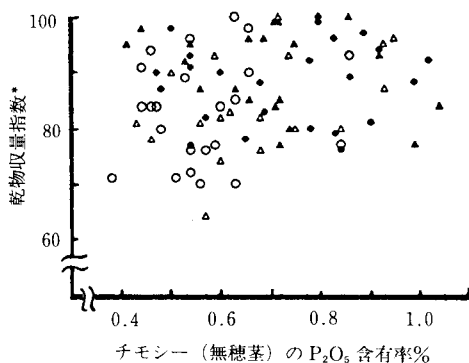


図1 リン酸吸収係数の異なる火山灰へのリン酸添加量とブレイNo.2 および形態別無機態リン酸増加量



*リン酸施肥量は1, 2, 3, 4, 5, 6の順に各火山性土のP吸の0, 1, 2, 4, 6, 10%の相当量

図2 チモシーのリン酸吸収量と各火山性土からのリン酸減少量



*: 各試験地の最高収量を100とした。
最高収量実数: 未熟火山性土
(kg/10a) ○別海町西春別 = 802
△標茶町虹別 = 715
厚層黒色火山性土
●浜中町東円朱別 = 702
▲標津町川北 = 848

図3 チモシー1番草のリン酸含有率と乾物収量指数

るチモシー単一草地の、1番草における牧草体リン酸含有率と乾物収量指数との関係を図3に示した。厚層黒色火山性土におけるチモシーの乾物収量指数はリン酸含有率に関係なく、平均で 89.3 ± 2.1 (95%信頼区間) と高い値を示した。これに対して未熟火山性土の乾物収量指数は、リン酸含有率が高い場合には、厚層黒色火山性土と同程度の値を示したが、リン酸含有率が0.7%を下回ると低下する場合が認められた。なお、リン酸含有率は有穂茎や全収穫物では、ばらつきが大きいため無穂茎の分析値を用いた⁹⁾。また、乾物収量は、試験地による変動を除去するために、各試験地における最高収量を100とした場合の指数として表示した。

この収量低下の原因を検討するために、未熟火山性土の試験区を厚層黒色火山性土と同程度の乾物収量指数を得た区と、それ以下の区に2区分し両区の収量構成要素を表6に示した。両区の区分

表6 未熟火山性土における標準区***および低収区の収量構成要素

区 分		早 春 全茎数	1 番 草 収 穫 時								
			茎数(本/m ²)			1 茎重(g/本)			乾物重(kg/10a)		
			有穂	無穂	合計	有穂	無穂	全体	有穂	無穂	合計
標準区	平 均	1621	934	1002	1936	0.67	0.13	0.38	580	133	713
(n=15)	標準偏差	241	225	325	340	0.23	0.04	0.06	54	55	53
低収区	平 均	1517	773	865	1638	0.65	0.14	0.38	482	115	596
(n=28)	標準偏差	306	189	377	388	0.13	0.04	0.08	53	57	53
t-検定結果		n.s.	*	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	**

***: 厚層黒色火山性土と同程度の乾物収量を示した区

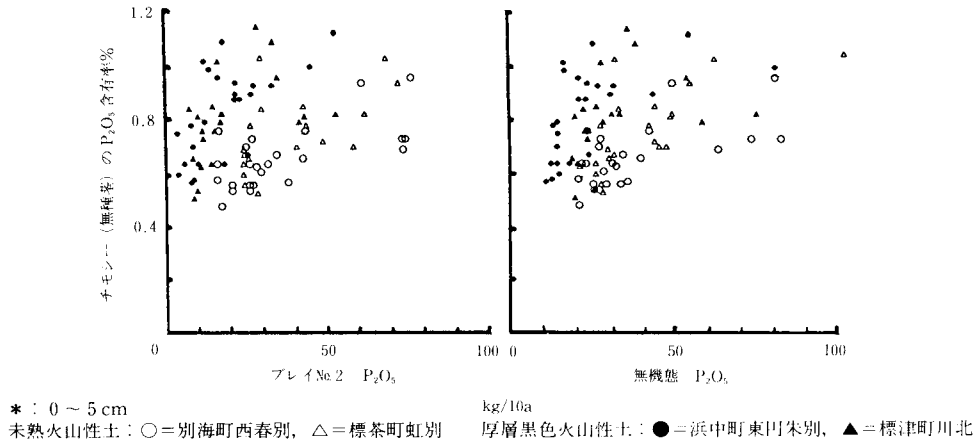


図4 10a 当りのブレイNo.2および無機態リン酸量とチモシー1番草のリン酸含有率

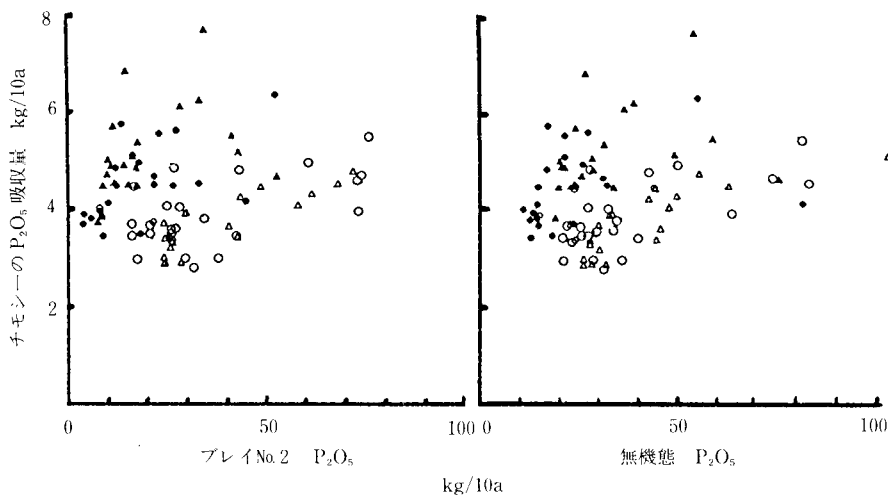


図5 10a 当りのブレイNo.2および無機態リン酸量とチモシー1番草のリン酸吸収量

は、厚層黒色火山性土における平均乾物収量指数の95%信頼区間の下限値(87.2)を用い、乾物収量指数がこれよりも高い場合には標準区、低い場合には低収区とした。これによると、有穂茎数では明らかに低収区が標準区を下回ったが、無穂茎数や1茎重ではいずれも両区に有意な差は認められなかった。すなわち、両区の収量差は有穂茎数の差によるものと判断された。

次に、0 ~ 5 cm 層の土壤中におけるブレイNo.2および無機態リン酸含量とチモシーのリン酸含有率の関係を図4に、また、リン酸吸収量との関係を図5に示した。チモシーのリン酸含有率および吸収量は、いずれの火山性土においても、ブ

レイNo.2および無機態リン酸含量の増加に伴って増大した。また、その値は厚層黒色火山性土の方が未熟火山性土よりも明らかに大きかった。すなわち、同じリン酸含有率および吸収量を得るためには、未熟火山性土の方が厚層黒色火山性土よりも多量のブレイNo.2および無機態リン酸が必要であった。

3. 草地に対するリン酸の土壌診断基準値の設定とそれに基づくリン酸施肥量

1) 土壤中のブレイNo.2リン酸含量と生草収量との関係

各火山性土に対応したリン酸の土壌診断基準値を設定するために、施肥前(前年秋を含む)にお

ける土壌中のブレイNo.2 リン酸含量と、各試験処理条件で栽培した場合の年間生草収量との関係を、図6に示した。年間生草収量は年次変動の影響を除去するために、各処理ごとに各年度内における最高収量を100とした場合の指数として表示した。その時の最高収量の実数は表7に示した通りである。生草収量はばらつきが大きかったので、ブレイNo.2 リン酸含量が同程度の場合には、高い方の生草収量の値を用いて、図6中に示した回帰式を求めた。なお、回帰式の当てはめには、 $y = a1nx + b$ を用いた⁹⁾。

ここで、最高収量の90または95%以上の収量が得られるブレイNo.2 リン酸含量の領域を充足領域と仮定した。そして、リン酸の土壌診断基準値は、施肥標準量の施肥条件下で十分な収量が確保できるブレイNo.2 リン酸含量とした。したがって、当基準値は、その下限値を標準施肥条件での充足領域の最低値とし、上限値を減肥条件での充足領域の最低値とした。たとえば、黒色火山性土の場合、最高収量の95%以上の収量が得られるブレイNo.2 リン酸含量を充足領域とすると、減肥条件における充足領域は50mg/100g 以上で、また、標準施肥条件では40mg/100g 以上であるから、リン酸の土壌診断基準値はブレイNo.2 リン酸で40~50mg/100g と設定することができる。

同様に、充足領域における収量を最高収量

表7 各年度の最高収量

土壌区分	リン酸施肥量*	1982	1983	1984	1985	1987
未 熟 火山性土	無施肥	—	—	4470	5650	—
	減肥	—	—	4970	5480	—
	標準施肥	6260	—	5410	5930	—
	増肥	—	—	4920	5060	—
黒 色 火山性土	無施肥	—	5960	5250	4780	—
	減肥	—	6290	5760	5520	—
	標準施肥	—	6680	6200	5800	—
	増肥	—	5750	5960	5160	—
厚層黒色 火山性土	無施肥	—	4350	5780	5500	5710
	減肥	—	4580	5620	5700	6050
	標準施肥	7563	5300	5750	6060	5870
	増加	—	4500	5700	5750	5730

* : 具体的な量は表4に記載

の90%以上とした場合の基準値と、95%以上とした場合の基準値を、各火山性土について計算し、表8に示した。両者の値は、未熟火山性土ではそれぞれ30~40および50~60mg/100g、黒色火山性土では20~30および40~50mg/100g であった。厚層黒色火山性土ではそれぞれ10および30mg/100g が基準値の上限と設定された。しかし、標準施肥条件においてブレイNo.2 リン酸含量の低い領域での収量低下が認められなかったため、基準値の下限は判然としなかった。また、診断値が基準値よりも低い場合には12~16kg/10a、高い場合には4~5 kg/10a のリン酸施肥量で十分な収量を期待できることが図から認められた。

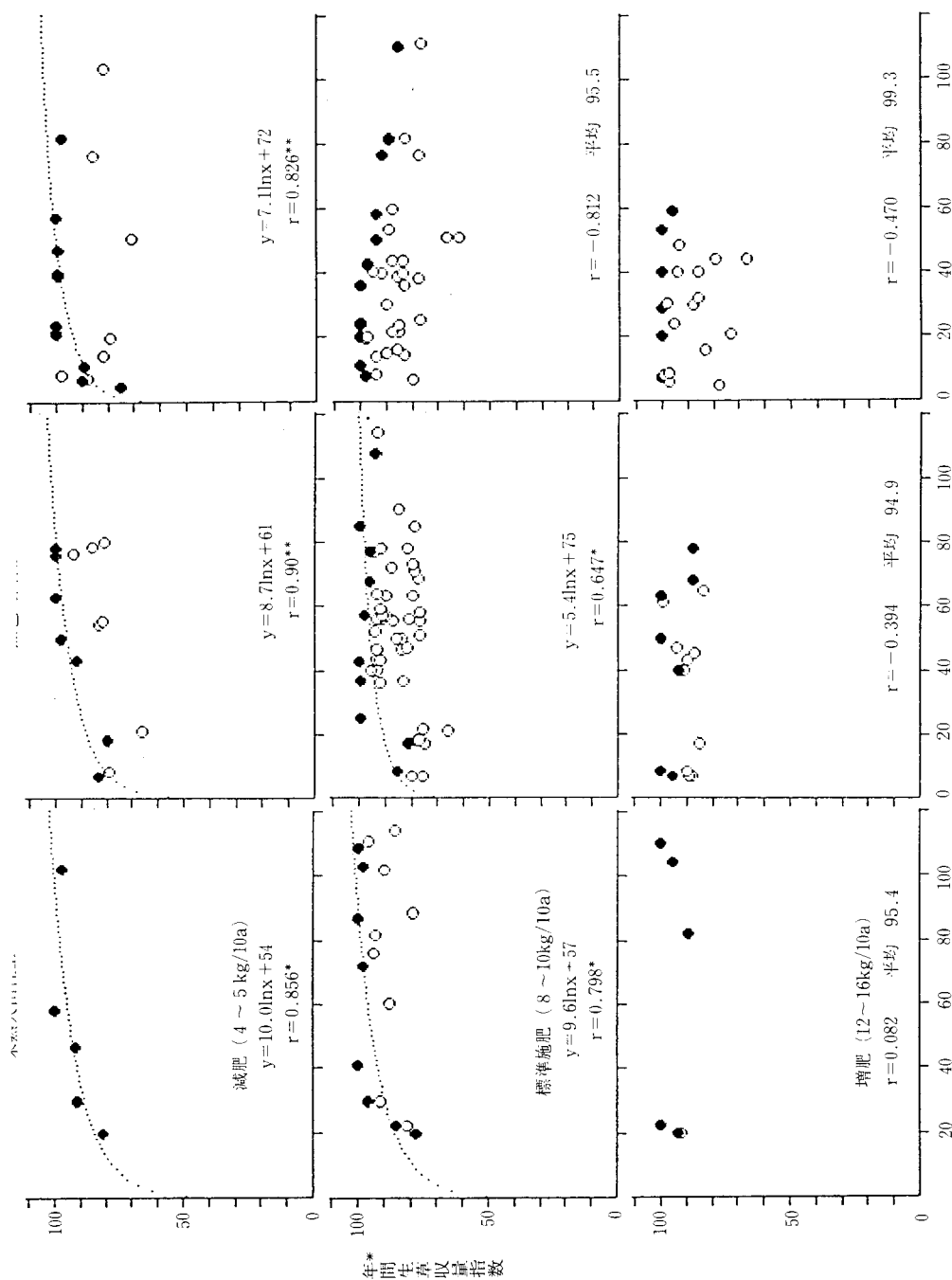
2) 各火山性土のブレイNo.2 リン酸含量と牧草のリン酸含有率との関係

今回求めようとしているリン酸の土壌診断基準値は、収量ばかりでなく、収穫された牧草全体のリン酸含有率からみても十分満足のいくものでなければならない。そこで、ブレイNo.2 リン酸含量と1番草のリン酸含有率との関係を調査した。なお、一部の試験区では生草収量のための調査が行われたため、生草収量と牧草体リン酸含有率の調査点数は異なっている。未熟火山性および黒色火山性土では、ブレイNo.2 リン酸含量がそれぞれ30~60mg/100g および20~50mg/100g の範囲にあれば、標準施肥条件で牧草体のリン酸含有率はそれぞれ $0.71 \pm 0.03\%$ および $0.68 \pm 0.03\%$ (いずれも95%信頼区間) の値を示し、粗飼料として十分なリン酸含有率 0.7% ⁷⁾をほぼ満足していた。一方、収量との関係では基準値の下限が判然としなかった厚層黒色火山性土について、ブレイNo.2 リン酸含量と牧草のリン酸含有率との関係を図7に示した。これによると、ブレイNo.2 リン酸含量の低下に伴う牧草体リン酸含有率の低下は、標準施肥条件では認められなかったが、減肥条件では10 mg/100g 以下で若干認められた。

4. リン酸肥沃度の高い草地における減肥可能年限

前項において、リン酸肥沃度の高い草地では、4~5 kg/10a 程度の施肥量が妥当と考えられたので、リン酸減肥の可能性について3年間にわたって調査した。

その結果、図8に示したように、リン酸4 kg/10 a 施肥区と8 kg/10a 施肥区における1番草の乾



ブレイNo.2 P_2O_5 mg/100g
 * : 各年度各試験圃場における最高収量を100とした
 注) ●を計算に使用

* : 各年度各試験圃場における最高収量を100とした。
 注) ●を計算に使用

図6 主要火山性土におけるブレイNo.2リン酸含量と年間生草収量指数

表8 施肥標準量施用条件で十分な収量が得られるブレイNo.2 リン酸含量

算 定 基 準	未熟火山性土	黒色火山性土	厚層黒色火山性土
最高収量の95%	50~60	40~50	30以下
最高収量の90%	30~40	20~30	10以下

単位: mg/100g

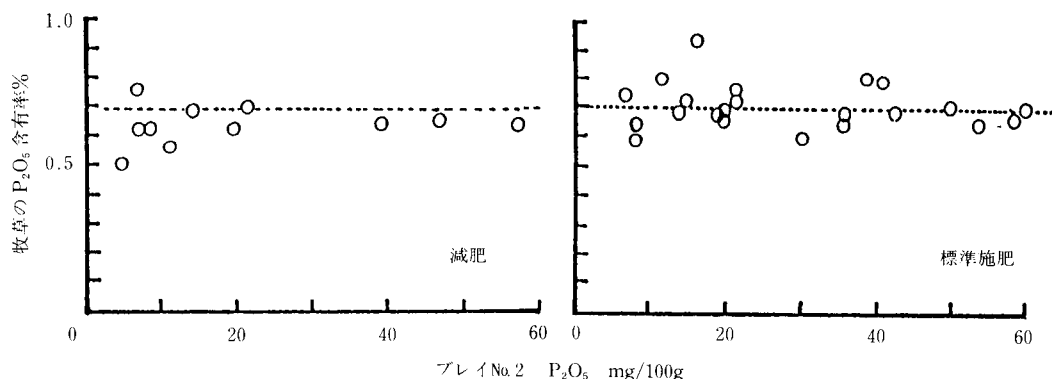


図7 厚層黒色火山性土におけるブレイNo.2 リン酸含量と牧草のリン酸含有率

物収量, リン酸含有率, マメ科率を比較すると, 3年間いずれの火山性土においても両区間に差が認められなかった。すなわち, リン酸肥沃度の高い草地では, 少なくとも3年間はリン酸減肥の可能性が示された。

考 察

土壤診断を行い, 土壤養分状態に応じた効率的な施肥をすることは, 牧草の生産コストを低減するうえで重要なことである。既に筆者らはカリ肥沃度に基づくカリ施肥対応について報告した¹⁸⁾。今回は, リン酸の土壤診断基準値とリン酸肥沃度に基づくリン酸施肥対応を明らかにしようとした。

従来, 北海道の草地におけるリン酸の土壤診断基準値²⁾は, 火山性土について一律に20mg/100g以上と設定されている。しかし, 本試験ではこれを改めて, 火山性土ごとに基準値を設定することが必要であると考えられた。その理由の第1は, 草地土壤における有効態リン酸の評価法に関してである。大村ら^{16), 17)}は黒色火山性土について, ブレイNo.2法による評価量が牧草のリン酸吸収量にもっとも良く対応することを明らかにした。しか

し, 本報告で供試した未熟火山性土や厚層黒色火山性土のように, リン酸吸収係数の著しく異なる火山性土で当該評価法による土壤診断基準値が一律に適合するか否かについては未検討であった。これまでに, リン酸吸収係数の異なる火山灰に添加されたリン酸は, その火山灰のリン酸吸収係数が大きいほど, より難溶性のアルミニウム型, 鉄型へと形態変化し^{2), 16)}, これに対応して0.2N-HCl可溶の有効態リン酸含量は, リン酸吸収係数が大きくなるほど小さい値となることが指摘されている¹⁶⁾。本試験では, 有効態リン酸の評価法としてブレイNo.2法を用いた場合でも, これと同様の傾向が得られることを明らかにした(図1)。一方, チモシーのリン酸吸収量を評価する場合でも, リン酸吸収係数の大きい厚層黒色火山性土では, チモシーのリン酸吸収量と無機態リン酸の減少量とは量的にもほぼ等しい関係にあったが, ブレイNo.2法で抽出されるリン酸の減少量はチモシーのリン酸吸収量よりも明らかに少なかった(図2)。ブレイNo.2法で抽出されるリン酸よりも無機態リン酸の方が, より難溶性のリン酸まで評価することは既に知られている¹⁾。上記の結果は, リン酸吸収係数の大きな火山性土では, 牧草がブレイNo.2

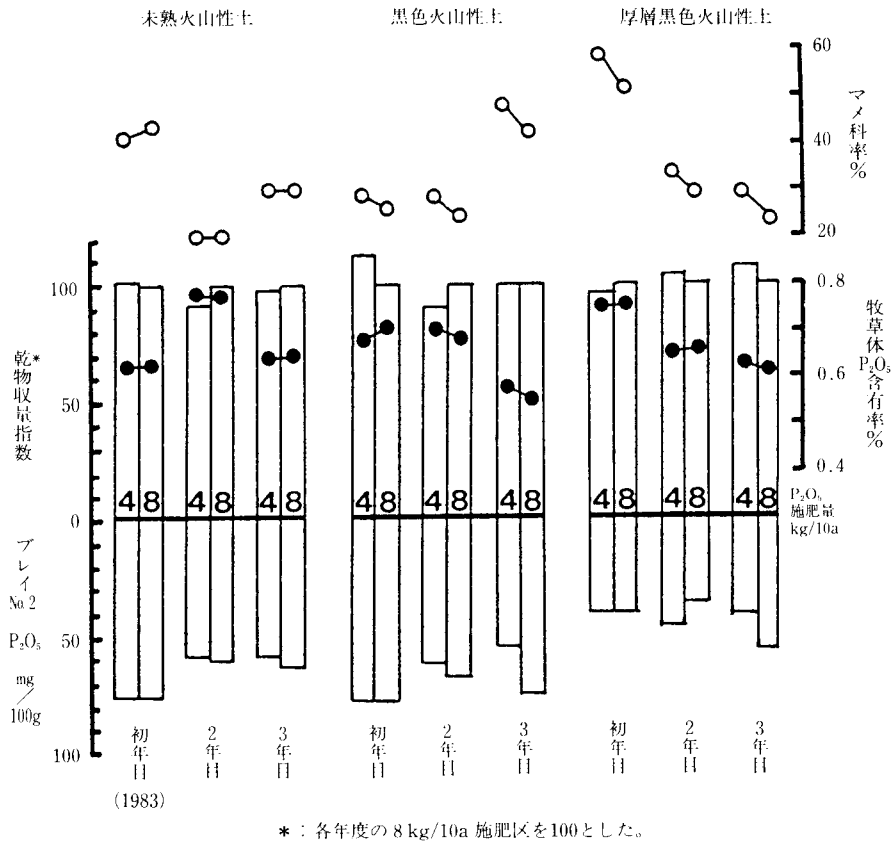


図8 リン酸肥沃度の高い草地におけるリン酸減肥の影響

法で抽出されない画分の無機態リン酸をも給源とすることを示唆するものである。火山性土の種類にかかわらずリン酸肥沃度をより正確に評価するためには、アルミニウム型リン酸をさらに強く抽出する方法の開発が望まれる。しかし、現時点においては、土壤診断分析法として、簡易、迅速、正確さが要求される点でブレイNo.2法が最適と考えられる。したがって、有効態リン酸の評価はブレイNo.2法を用い、リン酸吸収係数の大小によって基準値を別々に設定することがより現実的であろう。

第2は牧草のリン酸吸収効率に関してである。各火山性土のリン酸肥沃度に関する性質の違いが、前述のような評価法の問題だけで説明できるものであれば、10a当たりの無機態リン酸量が同程度の場合、チモシーのリン酸吸収量はいずれの

火山性土においてもほぼ同じと予想される。しかし、実際には図5のように、その値は火山性土の種類によって明らかに異なった。これは次の2つの現象によるものと考えられた。すなわち、図4のように、未熟火山性土におけるチモシーのリン酸含有率の方が、厚層黒色火山性土よりも上昇しにくい傾向を示すことと、図3に示したように、未熟火山性土では厚層黒色火山性土よりも、チモシーのリン酸含有率の上昇が乾物重の増加に結びつきにくい傾向を示すことである。現在、土壤から作物へのリン酸の供給は、土壤中におけるリン酸の拡散によるところが大きいとされている^{13),14)}。さらに、オルセン¹⁴⁾らは粒径の細かい土壌ほど同一のpFにおける土壤水分量が多くなり、また、有効拡散距離が短くなるために、リン酸の拡散速度が大きくなることを指摘している。未

熟火山性土は厚層黒色火山性土に比較して、粒径が粗く、腐植が少ないため、保水性に劣る¹¹⁾。したがって、リン酸の拡散については、未熟火山性土の方が厚層黒色火山性土よりも不利な条件を有していると言えることができる。未熟火山性土において、土壌中のリン酸含量の増加に伴うチモシーのリン酸含有率の上昇が、厚層黒色火山性土よりも小さかったことは、前者におけるリン酸の拡散が後者よりも緩慢であった結果であろう。また、チモシーのリン酸含有率の低下に伴う乾物収量の減少が、未熟火山性土で明瞭であったことについても、前述と同様の説明をすることができる。未熟火山性土で認められた1番草乾物収量の低下は、有穂茎数の減少に対応していた。チモシーの1番草生育については、幼穂形成期までに吸収されたリン酸が1番草の有穂茎数を増加させ、乾物収量の増大に貢献することが明らかにされている¹⁰⁾。未熟火山性土では厚層黒色火山性土に比較してリン酸の拡散速度が小さいため、幼穂形成期までに得られたリン酸吸収量が少なく、有穂茎数が十分に確保されなかったために乾物収量が低下したものと推測される。このように、火山性土の種類によって牧草のリン酸吸収や、吸収したリン酸の乾物生産への影響が異なることも、火山性土ごとにリン酸の土壌診断基準値を必要とする理由である。

各火山性土のブレイNo.2法で抽出されるリン酸含量に対応したリン酸施肥量を決定するにあたって、リン酸の土壌診断基準値は、施肥標準量の施肥条件で十分な収量および牧草体リン酸含有率が得られる土壌中のリン酸含量であると考えた。表8から黒色火山性土では、施肥前における土壌中のリン酸含量が20~50mg/100gの範囲にあれば、90~95の生草収量指数と、0.7%前後のリン酸含有率が得られることが明らかである。したがって、黒色火山性土におけるリン酸の土壌診断基準値は20~50mg/100gと設定した。同様に、未熟火山性土では30~60mg/100gが適当と考えられた。厚層黒色火山性土の場合、基準値の上限は30mg/100gが妥当と思われた。しかし、標準施肥条件において土壌中のリン酸含量の低下に伴う収量低下が認められず、下限値が明らかでなかった。そこで、本試験の減肥条件で土壌中のリン酸含量が10mg/100g以下の場合に牧草のリン酸含有率が低下し

たこと、および、関口ら¹⁹⁾によって、リン酸含量3.6mg/100gの草地で牧草収量およびリン酸吸収量に対して明らかな施肥反応が確認されていることから、下限値を10mg/100g程度に設定すれば安全であろうと考えた。また、土壌診断に基づく施肥対応としては、土壌診断値が当基準値よりも低い場合には12~16kg/10aの施肥量が必要であり、高い場合には4~5kg/10aまでの減肥が少なくとも3年間は可能であることが確認できた(図8)。したがって、リン酸に関しては、3年に1回程度の土壌診断を行い、土壌のリン酸肥沃度に対応した施肥を行うとともに、リン酸の肥効に大きな影響をおよぼす土壌pHを良好に維持することによって、良質牧草の安定確保が可能になると考えられた。また、植物のリン酸吸収には、前述の土壌物理性の影響とともに、根はりの影響が多く指摘されており¹³⁾、今後は各火山性土地帯に特有の気象要因も考慮しながら、リン酸供給力における土壌間差の要因を解明する必要がある。

謝 辞 根釧農業試験場中川渡場長、中央農業試験場大崎亥佐雄農芸化学部長および菊地晃二環境資源部長には本報告の御校閲と貴重な助言、指導を頂いた。また、本試験を進めるにあたっては、北見農業試験場専技室佐藤辰一郎専技に御指導頂いた。根釧農業試験場土壌肥料科の木曾誠二、宝示戸雅之の両氏および北見農業試験場土壌肥料科の松中照夫氏には、有益な論議を共にして頂いた。記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 土壌標準分析・測定法委員会編, "土壌標準分析・測定法", 1986, p. 130-131.
- 2) 早川康夫, 奥村純一, "根釧地方火山灰土壌中における燐酸の行動 第2報 可給態無機燐について", 北海道立農試集報, 8, 13-23 (1961).
- 3) 早川康夫, 橋本久夫, "根釧地方火山灰地における牧草地土壌の理化学的特性とその施肥法に関する試験 第1報 チモシー及び赤クローバの肥料3要素試験", 北海道立農試集報, 4, 9-19 (1959).
- 4) 早川康夫, 橋本久夫, "根釧地方火山灰地における牧草地土壌の理化学的特性とその施肥法に関する試験 第5報 牧草地土壌としての特性発現過程と窒素, 燐酸, 加里の供給力について",

- 北海道立農試集報, 7, 16-34 (1961).
- 5) 北海道根室支庁, 北海道立根釧農業試験場, “根室支庁管内 土層類型区分(火山灰の性質とその活用)”, 1986, p. 8-9.
- 6) 北海道農務部編, “北海道施肥標準”, 1983, p. 31-33.
- 7) 北海道農務部農業改良課編, “土壌および作物栄養の診断基準-改訂版-”, 1983, p. 17.
- 8) 北海道農務部農業改良課編, “土壌および作物栄養の診断基準-分析法-”, 1983, p. 100-108.
- 9) 近藤秀雄, “オーチャードグラスのリン酸栄養診断”, 日草誌, 34, 286-291 (1989).
- 10) 松中照夫, 小関純一, “チモシの1番草生育に及ぼすN, P, K供給時期の影響”, 日土肥誌, 53, 99-105 (1982).
- 11) 松中照夫, 三枝俊哉, 松原一實, 菊地晃二, “北海道根釧地方に分布する主要火山性土の理化学的性質”, 北海道立農試集報, 53, 81-92 (1985).
- 12) 松中照夫, 三枝俊哉, “北海道根釧地方に分布する主要火山性土の牧草生産力”, 北海道立農試集報, 54, 39-48 (1986).
- 13) 岡島秀夫, “土壌肥沃度論”, 農山漁村文化協会, 1976, p. 162-173.
- 14) Olsen, s. r. and Watanabe, F. S. “Diffusion of phosphorus as related to soil texture and plant uptake”. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27, 648-653 (1963).
- 15) 大村邦男, 木曾誠二, 赤城仰哉, “火山灰草地における施肥管理が草地の経年変化に及ぼす影響”, 北海道立農試集報, 52, 65-78 (1985).
- 16) 大村邦男, 赤城仰哉, “根釧火山灰草地の施肥法改善 第3報 草地に対するりん酸の施肥について”, 北農, 49 (7), 1-26 (1982).
- 17) 大村邦男, 赤城仰哉, “火山灰草地における土壌可給態りん酸の定量法と適正基準値の設定に関する研究”, 北海道立農試集報, 51, 61-72 (1984).
- 18) 三枝俊哉, 菊地晃二, 近藤 熙, “根釧地方の火山性土に立地した草地のカリ肥沃度に基づくカリ施肥対応”, 北海道立農試集報, 60, 99-109 (1990).
- 19) 関口久夫, 大村邦男, 赤城仰哉, “根釧火山灰草地におけるりん酸追肥効果”, 北農, 49 (4), 1-8, (1982).
- 20) 関谷宏三, “無機態リン酸の分別定量法”, 土壌養分分析法, 養賢堂, 1973, p. 235-238.

Phosphorus Application on Grassland in Andosols Corresponding to Phosphorus Fertility in Konsen District

Toshiya SAIGUSA*, Ichimi MATSUBARA** and Masao NOSHIRO*

Summary

Regosolic, ordinary, and cumulic andosol are mainly distributed in Konsen District. Each has different physical and chemical properties from others. Phosphorus application on the grassland in each andosol corresponding to phosphorus fertility were estimated.

1) Al-p and Fe-p fraction increased with phosphate absorption coefficient. But, phosphorus with Bray No. 2 and Ca-p fraction were decreased.

2) In the pot examination, phosphorus uptake by timothy was equal to decrease with Bray No. 2 from regosolic andosol. But in cumulic andosol, the former was much more than the latter. On the other hand, the former was equal to decrease of inorganic phosphorus in any andosol. Timothy seemed to absorb phosphorus even from the fraction which did not be extracted with Bray No. 2.

3) In the field survey, when inorganic phosphorus per area in cumulic andosol was as much as that in regosolic andosol, the amounts of phosphorus uptake by timothy in the former were much more than that in the latter. The reason of differences on phosphorus fertility between regosolic and cumulic andosol seemed to also include physical properties of them.

4) The amounts of phosphorus with Bray No. 2 were as follows to maintain high yield and phosphorus content of the grasses with standard fertility (80–100kg/ha/year) ;
Regosolic andosol : 30–60mg/100g, Ordinary andosol : 20–50mg/100g, Cumulic andosol : 10–30mg/100g.

5) When phosphorus with Bray No. 2 was more than that, 40–50kg/ha/year of phosphorus application permitted to maintain high yield, phosphorus content of the grasses, and legume ratio at least for 3 years. In the opposite case of it, 120–160kg/ha/year of phosphorus application were needed.

* Hokkaido Prefect. Konsen Agric. Exp. Stn, Nakashibetu, Hokkaido, 086-11, Japan

** Hokkaido Prefect. Tenpoku Agric. Exp. Stn, Hamatonbetsu, Hokkaido, 098-57, Japan