

## 火山灰草地における土壌の可給態りん酸の 定量法と適正基準値の設定に関する研究\*

大村 邦男\*\* 赤城 仰哉\*\*\*

根釧地方の黒色火山性土における草地のりん酸肥沃度の指標を得るために、土壌分析試料の採取位置の検討、可給態りん酸の定量法および牧草生育に必要な土壌りん酸量の適正基準値の設定について試験を行った。りん酸肥沃度を判定する場合の土壌試料の採取位置は、 $^{32}\text{P}$ りん酸液を用いた牧草根の活力分布調査結果から、0～5 cmが適当と判断された。可給態りん酸の定量法の中で A-value との相関が高かった分析法は Morgan 法、Bray No. 2 法であった。また、肥料効率の指標となる F/S 値からは、Bray No. 2 法が適当な分析法と考えられた。正常な牧草生育を得るための下限値は、Bray No. 2 法で  $20\text{mg}/100\text{g}$  で、この値は F/S 値の 20 に相当した。また、草地の高位安定生産を確保するには、Bray No. 2 法で  $40\text{mg}/100\text{g}$  の土壌りん酸が必要である。

### 緒 言

北海道における草地の約 60% は火山性土に立地し、その多くはりん酸をはじめとする各種土壌養分に乏しいとされている。根釧地方に分布する雌阿寒統、摩周統の火山性土においてもりん酸供給力に乏しく<sup>1)</sup>、これが開墾当初から大きな不良要因として扱われてきた。さらに、近年の大型機械による草地の造成および更新は、従来の工法では作土として利用されていなかったばん土性の高い埋没火山灰層の作土層への混入を招き、それが土壌中のりん酸含量の低下を助長している。

草地に対するりん酸施肥は、造成時の牧草の発芽、定着を左右するばかりでなく、その後の維持段階における生産力にも影響をもたらすことが示されている<sup>2)</sup>。すなわち、草地におけるりん酸の施肥管理は、草地の高位生産を維持するうえで必

要不可欠であることが再認識されている。しかし、草地に対するりん酸施肥の基準は必ずしも明らかではなく、造成時に土壌改良資材として一定量投入し、その後の維持段階では牧草の収奪相当量を補給するという考え方が主体になっている。このような考え方は、経済性を重視した対応策としては評価できるが、牧草生育の安定維持のためには、さらに、土壌中のりん酸量の適値を明らかにするとともに、それを基礎にした効率的な施肥が必要と思われる。そのためには、指標となる可給態りん酸量を明らかにするとともに、作物体に吸収利用されるりん酸について土壌りん酸と施肥りん酸が占める比重を検討することにより、合理的なりん酸施肥法が確立できるものと考ええる。すなわち、本試験では、草地に対するりん酸施肥の基準値を設定する目的で、第 1 に、土壌試料の採取位置を明らかにするために $^{32}\text{P}$ を用いて検討した。第 2 に、草地の可給態りん酸の定量法について検討するために各種分析法について比較を行った。第 3 には、第 2 で得られた結果をもとに、牧草生育に必要な土壌りん酸の基準値の設定を試みた。以上の結果を総合して、肥料効率を配慮した合理的な施肥を行うための指針を示そうとした。

1984年6月2日受理

\* 本報の一部は、1981年度日本土壌肥料学会で発表した。

\*\* 北海道立根釧農業試験場（現北海道立中央農業試験場、069-13 夕張郡長沼町）

\*\*\* 北海道立根釧農業試験場（現三菱化成工業株式会社、060 札幌市中央区）

試験方法

1. 試験1, 分析用土壌試料の採取位置の検討

供試草地は、1971年6月、根釧農試圃場のコンクリート枠に場内の黒色火山性土（雌阿寒，摩周統）を詰めて造成したチモシー、アカローバ混播草地である。施肥条件としては、基肥をN, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O各要素量で4, 5, 8 kg/10 a 相当量を施用した。また、追肥はN, K<sub>2</sub>Oのみとし、各要素量で8, 16 kg/10 a・年施用した。なお、供試土壌の化学性は表1に示すとおりである。

<sup>32</sup>Pりん酸液の注入は、前年秋に埋設したガラス管をとおして行ったもので(図1)、1972年5月19日、<sup>32</sup>Pりん酸液(50 μci/ml) 5 mlを根活力分布検診器を差し込んで所定の深さ(0, 5, 10, 20, 30 cm)に注入した。同年5月26日、牧草体の地上部を切断し、その一部を湿式分解、分解液の一部を赤外線光源下で乾固後、GMカウンター(プローブ、富士通PC-50, スケーラー、同社SA-250 B, タイマー、同社TM-2A)で放射能を測定した。また、試料の一部はラジオオートグラフ用の標本とした。なお、土層中の<sup>32</sup>P分布調査のため、牧草採取後に携帯用GMカウンター(プローブ、アロ

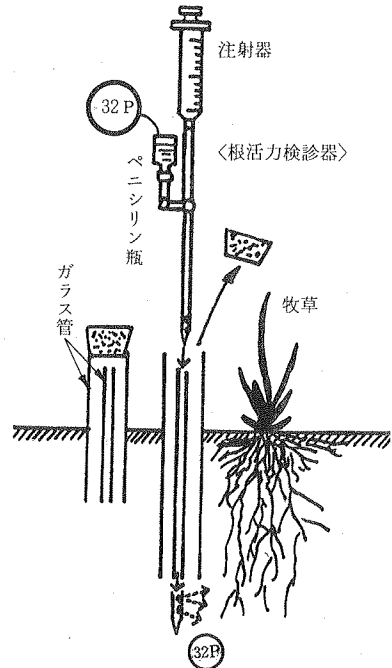


図1. <sup>32</sup>P注入方法

カGP-10C, スケーラー, 同社TDC-P2)で土壌断面の放射能を測定した。

表1. 供試原土の化学性

pH (H <sub>2</sub> O)	T-C (%)	Ex.-Base (mg/100 g)			CEC (me/100 g)	Bray No. 2 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100 g)	りん酸吸収係数
		K <sub>2</sub> O	CaO	MgO			
5.9	5.9	4.3	144	5.7	25.0	3.7	1,700

2. 試験2, 土壌の可給態りん酸定量法の検討

1979年5月、既存草地から掘取ったチモシーをα/3,000無底ポットに移植し、土壌中のりん酸肥沃度に差を設けるためにりん酸の用量試験を実施した。翌年春、ポット当り硫安2 g, <sup>32</sup>P標識過石1 g, 硫加2 gを共通施用した。供試原土の化学

性は表2に示すとおりである。なお、<sup>32</sup>P標識過石は三井らの方法<sup>3)</sup>を参考に製造したもので、全りん酸20.61%で、うち水溶性りん酸19.55%、比放射能は3,502 cpm/mgを示した。牧草体の採取は6月13日(穂ばらみ初期)に地上から5 cmの高さで行い、乾物重を測定した。その一部を試験1と同じ

表2. 供試原土の化学性

pH (H <sub>2</sub> O)	T-C (%)	Ex.-Base (mg/100 g)			CEC (me/100 g)	Bray No. 2 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100 g)	りん酸吸収係数
		K <sub>2</sub> O	CaO	MgO			
5.0	6.0	2.5	60	2.7	26.6	3.1	1,720

表 3. 土壌りん酸定量法

分 析 法	浸 出 液	土：液比	振とう時間
Bray 2	0.1N-HCl+ 0.03N-NH <sub>4</sub> F (pH=1.0)	1 : 20	1 分間
Bray 1	0.025N-HCl+ 0.03N-NH <sub>4</sub> F (pH=3.5)	1 : 20	1 分間
Morgan	10%CH <sub>3</sub> COONa · 3H <sub>2</sub> O in 3%-CH <sub>3</sub> COOH (pH=4.8)	1 : 5	10時間*
0.2N-HCl	0.2N-HCl (pH=0.8)	1 : 10	5時間(40°C) 6 回数とう
2.5%-CH <sub>3</sub> COOH	2.5% CH <sub>3</sub> COOH+N-NH <sub>4</sub> cl (pH=2.5)	1 : 200	2 時間
Truog	0.002N-H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (pH=3.0)	1 : 200	90 分
Olsen	0.5 M-NaHCO <sub>3</sub> (pH=8.5)	1 : 20	30 分

\* または、一昼夜放置 2 時間振とう。

方法で放射能を測定した。また、可給態りん酸の定量法は 0~5 cm 部位の土壌を対象に、表 3 に示す分析法について比較検討した。

### 3. 試験 3, 土壌中におけるりん酸量の基準値の検討

供試圃場は、前年にりん酸の用量試験を行ったチモシー単播草地で、1981年5月上旬にN, K<sub>2</sub>O, MgOを尿素, 硫加, 硫苦を用いて各要素量で10, 10, 3 kg/10 a共通の施肥を行った。供試原土の化学性は試験2と同様である。牧草は6月22日(出穂初期)に地上から約5 cmの高さで刈取り, その一部を分析に供した。また, 分析土壌の採取は0~5 cmを対象に行い, Bray No. 2法によって可給態りん酸量を定量した。

## 試験結果

### 1. 土壌分析試料の採取位置の検討

土壌分析に先立ち, 供試土壌の採取位置について検討するために, <sup>32</sup>Pりん酸液を用いて牧草根の深度別活性度を調査した。土壌に注入した<sup>32</sup>Pりん酸溶液は, 固定分を配慮して50 μci相当の高濃度のもを使用した。供試牧草のチモシーおよびアカクローバは根の形態が異なる草種であったが, 深度別の根活力はほぼ同様の傾向を示した。すなわち, りん酸の施肥位置と牧草によるりん酸吸収量の関係は, 表層施用の場合で大きかった。5 cm 部位に施用した場合のりん酸吸収割合は, チモシーで地表施用の16%, アカクローバは28%であった。また, 10 cm以下の深層施用の場合, 両草種とも地表施用の2~5%の低い値に止った。さらに,

表 4. 牧草根による深度別の<sup>32</sup>P吸収割合

<sup>32</sup> P 注入位置 (cm)	Timothy		Red clover	
	cpm/0.2 g	指数	cpm/0.2 g	指数
0	9,270 ± 96	100	4,196 ± 65	100
5	1,455 ± 38	16	1,157 ± 34	28
10	209 ± 15	2	115 ± 12	3
20	424 ± 21	5	89 ± 11	2
30	214 ± 15	2	127 ± 12	3

注) ± α は測定誤差の範囲を示す。指数は各草種の0 cmを100とした指数  
cpm は1分間当りのカウント数を表わす。

上述の結果を確かめるためにオートラジオグラフを作製し, 牧草体全体のりん酸吸収量を相対的に検討した。その結果, 図2に示すように, 地表に施用した場合にフィルムの黒化度が最も高く, <sup>32</sup>Pの吸収が旺盛であることが認められた。また, 5 cm 部位に施用した場合にも黒化度の高い部分がみられ, <sup>32</sup>Pの吸収が明らかであった。これに対して, 10 cmおよび20 cm部位に施用した場合には, 数本の標本で感光したにすぎず, りん酸の吸収量がごく少ないことを示した。

なお, 土壌に注入した<sup>32</sup>Pりん酸液の土層中での分布を調査した結果, 施用部位の周辺でやや高い値を示し, りん酸液の周辺への浸透の様相が若干認められたが, 各処理区とも試験条件を満足するものであった。

以上の結果から, 牧草根のりん酸吸収能は, 0~5 cmの比較的表層に近い部分で大きく, 牧草体りん酸の大半がこの部位から吸収利用していることが考えられた。すなわち, 牧草生育と土壌中のり

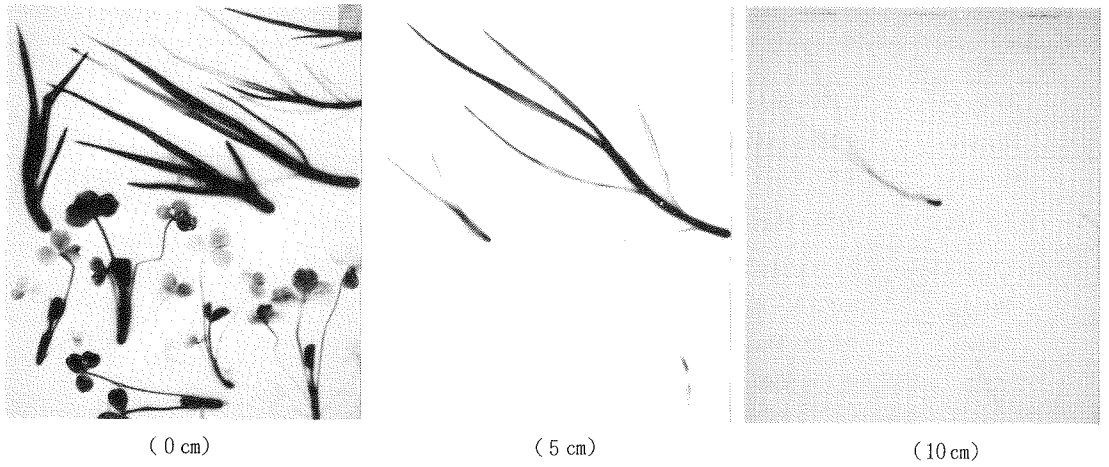
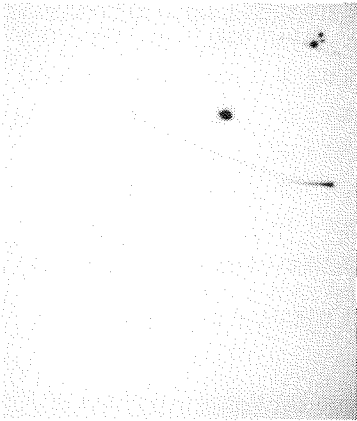
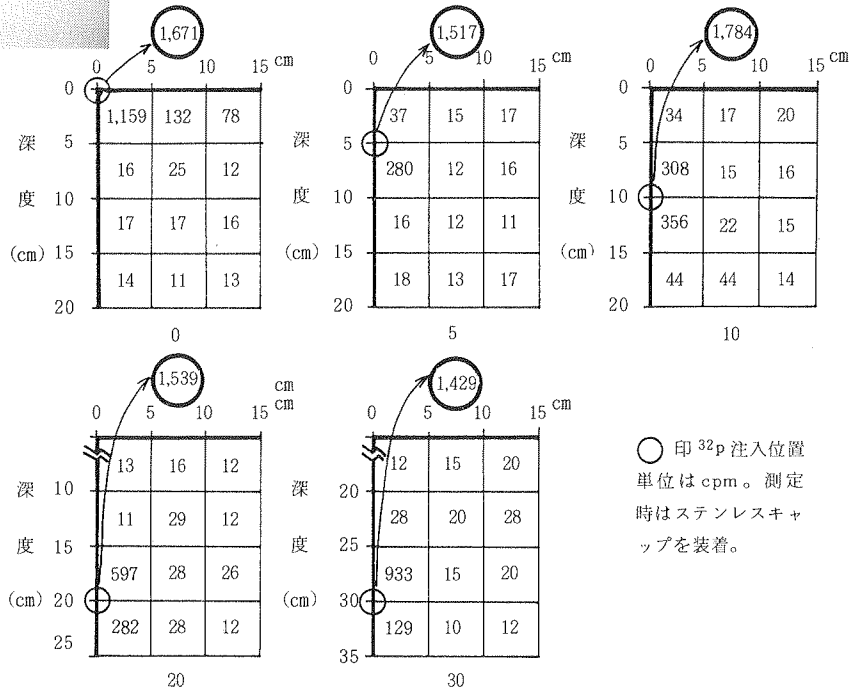


図2. 牧草体内の<sup>32</sup>Pのラジオオートグラフ  
( ) 内処理深度



(20 cm)



○ 印 <sup>32</sup>P 注入位置  
単位は cpm。測定  
時はステンレスキャ  
ップを装着。

図3. 土層内における<sup>32</sup>Pの分布

ん酸含量の関連を探るうえで、表層0～5 cmの層位に含まれている可給態りん酸量が重要な意味をもつものと判断された。

2. 土壌中の可給態りん酸定量法の比較および施肥りん酸の有効度に関する検討

供試牧草は外部に対する放射線をしゃへいするため、地上から1 mの高さにビニールシートで覆ったことから、保温効果による生育促進の傾向がみられ、一般圃場に比べて生育がやや早く、か

つ旺盛であった。牧草の刈取りは<sup>32</sup>Pの減衰期間が短いことを配慮し、りん酸吸収がピークに迫る穂ばらみ期に行った。この試料中の放射能測定の結果をもとに、牧草体の吸収りん酸を土壌由来のもの、肥料由来のものに分け、Fried<sup>4)</sup>らの方法によりA-valueを算出した。A-valueは土壌中の有効りん酸量を示すもので、この値と相関の高い可給態りん酸の分析法が土壌のりん酸肥沃度を判定するうえで有効<sup>5)</sup>であるといわれている。供試

表5. 牧草収量および牧草体吸収りん酸の内訳

No.	乾物収量 (g/pot)	牧草体P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 含有率(%)	牧草体吸収りん酸量(mg/pot)			1) Avalue (mg/pot)	2) F/S
			土壌りん酸 由来(S)	肥料りん酸 由来(F)	全量		
1	18.0	0.298	35.6	18.0	53.6	407	51
2	20.6	0.334	32.3	36.5	68.8	183	113
3	21.9	0.362	46.4	32.9	79.3	292	71
4	24.4	0.315	65.7	11.2	76.9	1,205	17
5	26.3	0.304	38.4	41.6	80.0	190	108
6	26.9	0.321	69.6	16.7	86.3	862	24
7	27.6	0.414	108.0	6.3	114.3	3,474	6
8	30.2	0.315	56.7	38.4	95.1	305	68
9	30.3	0.402	99.7	22.1	121.8	926	22
10	30.3	0.498	141.5	9.4	150.9	3,118	7
11	31.3	0.353	79.2	31.3	110.5	522	40
12	31.8	0.508	145.6	15.9	161.5	1,897	11
13	31.9	0.281	67.6	22.0	89.6	632	33
14	32.5	0.498	146.9	15.0	161.9	2,034	10
15	32.9	0.419	121.4	16.5	137.9	1,526	14
16	33.2	0.442	132.8	13.9	146.7	1,963	11
17	33.2	0.532	169.0	7.6	176.6	4,587	5
18	33.6	0.417	127.0	13.1	140.1	1,986	10
19	33.7	0.329	97.8	13.1	110.9	1,526	13
20	34.0	0.486	160.1	5.1	165.2	6,442	3
21	34.2	0.395	124.5	10.6	135.1	2,436	9
22	35.0	0.333	86.8	29.8	116.6	602	34
23	35.4	0.316	90.0	21.9	111.9	845	24
24	35.6	0.290	81.1	22.1	103.2	757	27
25	35.7	0.366	110.0	20.7	130.7	1,098	19
26	37.2	0.309	93.3	21.6	114.9	890	23
27	37.2	0.474	170.7	5.6	176.3	6,235	3
28	37.7	0.433	153.0	10.2	163.2	3,118	7
29	39.8	0.474	178.0	10.7	188.7	3,410	6
30	41.6	0.438	166.0	16.2	182.2	2,110	10

注1)  $A = M(100 - F_D) / F_D$  M: 施用した放射性肥料の量

$F_D$ : 肥料りん酸の寄与割合(%)

2)  $F/S = \text{標識肥料から吸収したりん酸量} / \text{土壌から吸収したりん酸量} \times 100$

した分析法は、従来草地土壌のりん酸定量法として採用されてきた Bray No. 2法<sup>6)</sup>、0.2N-HCl 抽出法<sup>7)</sup>、2.5%酢酸抽出法<sup>8)</sup>、Morgan法<sup>6)</sup>を中心に、参考として Bray No. 1法<sup>6)</sup>、Truog法<sup>6)</sup>、Olsen法<sup>6)</sup>を加えて比較検討を行った。なお、供試土壌は試験1の結果をもとに0~5 cm部位を採取したものである。

その結果は表7に示すように、A-valueとの関係は、Morgan法、Bray No. 2法、Bray No. 1法、0.2N-HCl法、2.5%酢酸法、Olsen法、Truog法の順に高く、先に行った試験結果<sup>2)</sup>と同じ傾向が認められた。なかでも、Bray No. 2法とMorgan

法では相関係数が0.85以上の有意性を表わしており、これら2法が火山灰草地の土壌中りん酸含量を評価するうえで最も有効であると考えられた。

次に、以上の結果をもとに施肥りん酸の肥料効率について検討を行った。牧草体の吸収りん酸における施肥りん酸(F)と土壌りん酸(S)の割合、すなわちF/S値<sup>9)</sup>との関連から施肥したりん酸肥料の有効度の評価についての検討を試みた。その結果、全体の傾向としては、F/S値が20以上を示す割合が多く、他の試験例<sup>10)</sup>よりも施肥りん酸の牧草による利用割合の高い傾向が認められた。この理由は、供試土壌がりん酸供給力に乏し

表6. 可給態りん酸の定量値

(mg/100g)

No.	Morgan	Bray 2	Bray 1	0.2 N-HCl	2.5% CH <sub>3</sub> COOH
1	0.4	4.1	2.1	3.8	1.3
2	1.0	7.9	3.9	7.1	2.6
3	0.4	4.6	1.9	3.7	1.9
4	1.4	16.8	7.1	11.5	3.8
5	0.8	6.7	2.9	6.3	4.0
6	0.9	8.8	4.6	7.1	2.8
7	3.1	35.9	17.2	27.6	5.8
8	1.0	8.0	3.4	9.0	3.5
9	3.1	37.0	15.3	27.0	8.7
10	6.4	86.2	58.8	127.8	20.7
11	1.6	15.9	6.9	12.2	4.1
12	3.9	66.1	28.2	59.3	9.7
13	1.7	16.9	7.6	11.5	5.3
14	5.3	64.2	44.1	78.9	12.4
15	2.4	33.3	14.3	24.2	3.5
16	4.1	60.2	28.2	48.9	8.1
17	6.8	170.3	68.3	228.0	18.0
18	3.9	49.1	25.1	39.0	7.1
19	1.7	16.6	8.2	12.1	3.2
20	7.8	166.4	89.2	220.3	48.9
21	2.4	27.0	9.9	20.9	3.9
22	0.5	5.7	2.5	6.2	0.9
23	1.0	10.3	4.5	9.8	3.3
24	1.7	18.8	9.2	13.2	2.9
25	1.7	18.1	8.3	10.9	5.2
26	0.8	8.6	3.2	6.2	2.1
27	5.7	93.1	42.5	85.3	13.2
28	2.2	28.1	13.2	22.5	4.5
29	4.2	64.3	31.7	44.7	9.8
30	3.2	30.4	15.8	24.1	7.7

く、可給態りん酸量が少なかったためと考えられる。まず、F/S 値と土壤中の可給態りん酸量の関連を前述した最適分析法である Bray No. 2 法、Morgan 法についてみると、図4および図5に示すような回帰曲線で表わされた。両分析法とも  $r = 0.855$ ,  $r = 0.858$  の高い相関を示しており、施肥りん酸の効率が土壤中のりん酸含量の影響を受けていることが裏付けられた。なかでも、Bray No. 2 法との関連では、曲線の変曲点が明らかに示されていることから、施肥りん酸の有効度を評価するうえで最適な方法と考えられた。すなわち、図4に示されるように  $30 \text{ mg}/100 \text{ g}$  を中心に F/S 値に変化がみられ、 $20 \text{ mg}/100 \text{ g}$  以下の低りん酸土壌では F/S 値が20以上を示し比較的肥料効率が対して、 $40 \text{ mg}/100 \text{ g}$  以上の高い段階では F/S 値は10以下となり、土壌りん酸の増加に伴う肥料効率低減が明らかであった。

以上の結果から、火山灰草地の可給態りん酸定量法としては、Bray No. 2 法、Morgan 法が適当と考えられた。また、肥料効率を考えた場合には、Bray No. 2 法で  $20 \text{ mg}/100 \text{ g}$  以下の低りん酸領域で肥料効率が対して、同法で  $40 \text{ mg}/100 \text{ g}$  以上の高りん酸領域での肥料効率は低い傾向がみられた。

### 3. 草地における可給態りん酸量の適正基準

次に、試験2の結果をふまえて、牧草生育に必要な土壤中のりん酸含量を推定するために圃場条件で試験を行った。

供試圃場は、前年にりん酸の用量試験を行い土壤中のりん酸肥沃度に差を設けているものである。この圃場に対して早春にりん酸を除いた均一施肥を実施した。牧草の刈取り時期は、りん酸吸収量がほぼピークに達する出穂初期に行った。また、土壌の採取は、牧草刈取り時に  $0 \sim 5 \text{ cm}$  部位を採取し、それを分析に供した。

その結果、牧草収量と土壌りん酸量との関係は、図6に示すような逆L字形の曲線で表わされた。この曲線の変曲点は Bray No. 2 法で  $20 \text{ mg}/100 \text{ g}$  前後にあり、当値は牧草生産を維持するうえで必要な下限値に相当するものとみられた。また、圃場観察では牧草体にりん酸欠乏症の発現は認められなかったが、土壌のりん酸含量が  $10 \text{ mg}/100 \text{ g}$

表7. 可給態りん酸量と A-value の相関

分析法	相関係数	回帰式
Morgan	0.860	$y = 695 \times -26$
Bray 2	0.854	$y = 33 \times + 554$
Bray 1	0.843	$y = 64 \times + 614$
0.2N-HCl	0.787	$y = 23 \times + 935$
2.5% CH <sub>3</sub> COOH	0.762	$y = 138 \times + 796$
Olsen	0.757	$y = 227 \times + 517$
Truog	0.673	$y = 78 \times + 1,156$

注) n = 30, 但し olsen, Truog は 25

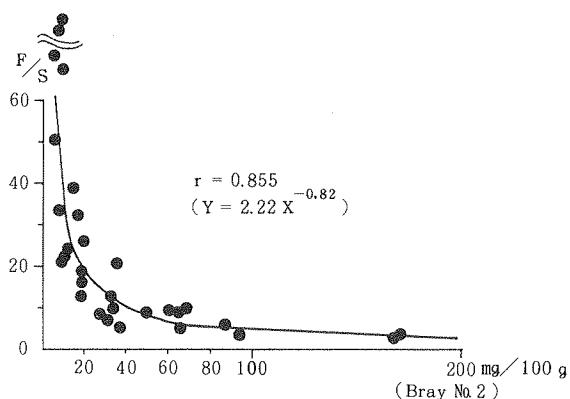


図4. 可給態りん酸含量 (Bray No. 2) と F/S 値の相関

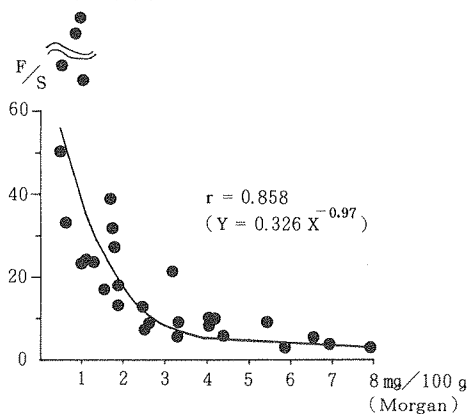


図5. 可給態りん酸含量 (Morgan) と F/S 値の相関

以下の値では収量低下が直線的であることから、潜在的にりん酸欠乏をきたしていることが示唆された<sup>2)</sup>。一方、土壌りん酸量が  $30 \text{ mg}/100 \text{ g}$  以上では収量増加は緩慢であり、また、 $40 \text{ mg}/100 \text{ g}$

で収量はほぼ一定の値に達し、当試験における最大収量に匹敵する牧草収量が得られた。すなわち、土壌中のりん酸含量が著しく低い場合には減収が明らかであるが、一定レベル以上の値では収量が頭打ちとなる傾向が認められた。

また、牧草体の吸収りん酸量と土壌りん酸含量

表 8. 牧草生育量と土壌中りん酸含量

No.	牧 草			土壌中の可* 給態りん酸量 (mg/100g)
	乾物収量 (g/m <sup>2</sup> )	りん酸 含有率 (%)	りん酸 吸収量 (g/m <sup>2</sup> )	
1	190	0.31	0.59	4.1
2	206	0.41	0.85	9.4
3	228	0.34	0.78	5.8
4	243	0.29	0.71	7.2
5	247	0.38	0.94	13.3
6	266	0.46	1.22	18.2
7	304	0.55	1.67	9.3
8	327	0.51	1.67	12.8
9	329	0.41	1.35	10.0
10	333	0.49	1.63	13.3
11	333	0.65	2.17	201.0
12	335	0.58	1.94	47.0
13	335	0.79	2.65	224.0
14	336	0.42	1.41	13.1
15	341	0.36	1.23	8.1
16	341	0.43	1.47	8.4
17	342	0.47	1.61	16.4
18	350	0.46	1.61	10.4
19	355	0.68	2.41	100.5
20	357	0.70	2.50	73.5
21	364	0.48	1.75	12.8
22	379	0.78	2.96	343.0
23	380	0.69	2.62	59.0
24	383	0.72	2.76	56.0
25	398	0.60	2.39	61.4
26	401	0.74	2.97	313.0
27	403	0.69	2.78	52.2
28	407	0.72	2.93	279.0
29	433	0.72	3.12	296.0
30	434	0.61	2.65	40.6
31	439	0.69	3.03	203.0
32	523	0.76	3.98	317.0

\* Bray No. 2法による分析値

との関係は、高い有意性をもつ曲線(図7)で表わされ、牧草体吸収りん酸量とBray No. 2法の定量値との間に高い相関があることを示した。牧草体吸収りん酸量は、牧草収量と体内のりん酸含有率を総合した結果であり、図7の曲線は牧草生育を評価するうえで重要な指標になるものと考えられる。この結果から、牧草体吸収りん酸量は土壌りん酸含量の増加に伴って上昇する傾向がみられ、なかでも、可給態りん酸含量とF/S値の曲線の変曲点に相当する20~30mg/100gまでの上昇割合が大きかった。しかし、当値よりも土壌りん酸

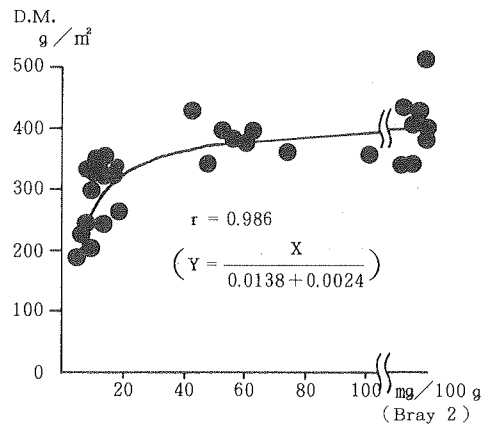


図 6. 土壌りん酸含量と牧草乾物収量

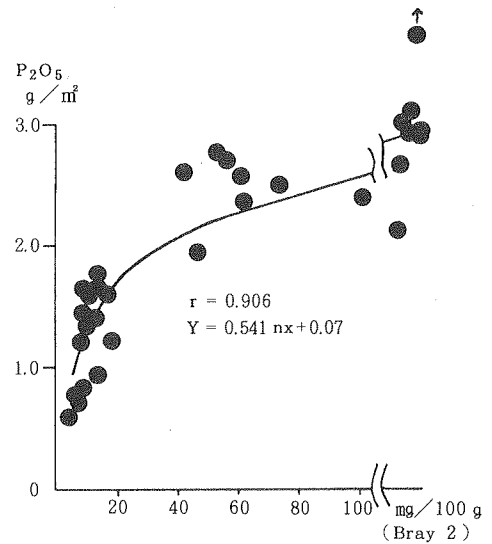


図 7. 土壌りん酸含量と牧草体りん酸含量



含量が高い場合には、牧草体りん酸吸収量の上昇は緩慢であった。すなわち、Bray No. 2法で20~30 mg/100 gが牧草生育に必要な土壌中のりん酸含量であり、この値は施肥対策上の基準になるものと考えられた。

以上の結果から、正常な牧草生育を維持するために必要な土壌りん酸量は、Bray No. 2法で20~30 mg/100 g以上とみられた。また、安定した牧草収量を維持するための目標値は40 mg/100 g程度と考えられた。なお、10 mg/100 g以下では牧草体にりん酸欠乏の発現が予想された。

## 考 察

火山灰草地において牧草の高位生産を得るためには、土壌の不良因子の一つであるりん酸不足を解消し、土壌のりん酸肥沃度の向上を図る必要があるものと考えられる。

草地に対するりん酸施肥は、第1に、造成時における改良対策がその基礎となる。すなわち、造成時のりん酸施肥は、土壌との混合攪拌を伴うことから、立地する土壌条件の影響を強く受けるため、土壌の性質に適合した施肥が必要である。第2には、維持段階における施肥は、改良後のりん酸肥沃度を一定レベルに保持するとともに牧草が必要とするりん酸を供給することにある。経年草地における施肥は表面施肥であるため、その効果は土壌のりん酸固定力の違いによる影響よりも、土壌のりん酸肥沃度に左右されるものと考えられる。この両者に共通して重要なことは、土壌条件に対応した効率的な施肥法の検討に先立って、牧草の高位生産を維持するために必要な土壌のりん酸肥沃度の基準を明らかにすることである。本試験はこの点に着目して、まず、火山灰草地における可給態りん酸の定量法について検討を加え、この結果から得られた手法を用いて牧草生育に適した土壌りん酸含量の基準を見出そうとした。

まず、分析法の検討に先立ち、牧草生育との関連で供試土壌の採取位置について検討した。採取位置の検討にあたっては、 $^{32}\text{P}$ りん酸液を用いて牧草根の深度別りん酸吸収能を調査した。牧草のりん酸吸収は根の分布にはほぼ対応した結果を示し、根の交代が盛んで根量の多い表層では、下層に比

べてりん酸吸収も多かった。また、牧草のりん酸吸収は、根の形態および分布量の異なるチモシーとアカクローバで同じような傾向を示しており、りん酸吸収が根量に対応するのみでなく、根系各部位の活力によっても支配されることが示唆された。この点については、 $^{32}\text{P}$ りん酸を用いた調査結果が根量とともに根の活力をも包含した総合的なりん酸吸収能を現わしているものと考えられた。

次に、この結果をもとに、土壌中の可給態りん酸の定量法について検討した。土壌りん酸の定量法については、これまで定まったものはなく、各時代の作土深に対応した分析法が慣行的に用いられてきたように思われる。すなわち、耕起深が浅く、りん酸吸収係数が中程度の表層の未熟火山灰を作土層としていた時代には、施肥りん酸の形態変化が比較的緩慢であったことから、Ca型りん酸を中心にした分析法が採用されてきた<sup>2)</sup>。しかし、農業機械の大型化による耕起深の拡大は、ばん土性の高い下層の埋設火山灰を作土層に混入させる結果を招いたことから、土壌の無機態りん酸の中でA1型りん酸の占める割合が高まったため、土壌中りん酸の定量法はA1型りん酸を中心にした方法へと移行してきた<sup>2)</sup>。一方、土壌中の有効養分量の評価は、無施用区の作物が吸収した養分量との差をもって表わされる方法が多くとられている。しかし、正常区と欠除区とで作物の生育量が甚しく異なる場合は、単なる差引き法では土壌中の有効養分量を正確に評価し得ないものと考えられる。特に、火山灰土壌ではりん酸供給力に乏しいことから、りん酸欠除による生育阻害は著しく、上述の傾向が強く現われるものと思われる。本試験では、このような矛盾を解消するために、作物体が吸収したりん酸を土壌由来のものと肥料由来のものに区分して検討できる方法として放射性同位体を使用して行った。その結果、牧草生育期間中に肥料りん酸と同位元素交換を起した土壌中の有効りん酸量、すなわち、A-valueとの相関の高かった分析法は、いずれもA1型りん酸を主体としたMorgan法、Bray No. 2法、Bray No. 1法であり、火山灰草地における可給態りん酸の内容は、A1型りん酸が主体を占めることが裏付けられた。この理由としては、牧草の根系発達が著しく、かつ、養分吸収が

旺盛であることに起因しているものとみられ、Ca型りん酸に比べて溶解度の低いAl型りん酸であっても、牧草の著しい根張りによって補償され得るものと考えられた。また、最も相関の高かったMorgan法は、抽出液が可給態アルミニウムの定量にも使用されているように、Al型りん酸として一括して取扱われている中でもアルミニウムと緩やかな結合をもつ比較的溶解度の高いAl型りん酸が、牧草生育と深い関わりをもっているものと推察された。この点については、Al型りん酸として一括されるりん酸も条件によってはその溶解度に幅があることを指摘した高橋ら<sup>11)</sup>の説と一致する点が見出された。

なお、分析法については、現在Bray No. 2を採用している例が多く、分析値の適用範囲、実験操作の簡便さ等を総合すると、A-valueとの相関が最も高かったMorgan法と大差のみられなかった当方法を用いることが妥当であると考えられた。

また、土壌中の可給態りん酸含量とF/S値との関連から、土壌りん酸に対応した施肥りん酸の評価が可能であった。F/S値は、奥田ら<sup>9)</sup>によって土壌有効りんを基準として施用したりん酸肥料中のりんの有効量を相対的に比較し得るものとして提示されている。本試験の結果から、F/S値が草地においてもりん酸施肥を行うにあたっての指標になるものと考えられた。しかし、以上の結果はポット条件下によるものであり、肥料りん酸の効果が過大に評価されている恐れのあることも予想されることから、圃場での確認試験を進めた。

その結果、圃場においてもほぼ同様の傾向が認められた。すなわち、正常な牧草生育を維持するための土壌りん酸含量 (Bray No. 2法) は、F/S値20に相当する20mg/100gが下限値であり、これ以下の低りん酸レベルではりん酸の施肥効果が高まることが確認された。また、F/S値10に対応する40mg/100gでは牧草の収量限界が認められ、これ以上の高りん酸レベルでは肥料効率の低減が明らかであることから、この値は土壌改良目標値として考えられた。

一方、飼料中のリンは家畜の栄養生理学上重要な無機成分の一つであり<sup>12)</sup>、牧草を主な飼料とする草地酪農地帯では牧草中のりん酸含量の向上が

必要である。特に、根釧地方の牧草中のりん酸含量は低い値を示すものが多く<sup>1)</sup>、土壌りん酸の肥沃度を高めることが重要と思われる。このような背景を考慮すると、土壌りん酸含量が牧草体りん酸含量の向上に寄与する割合が高い水準にある30mg/100g以上の可給態りん酸を維持することが望ましいとみられた。

以上のことから、火山灰草地における土壌りん酸含量の基準は、Bray No. 2法を用いることとし、次のように考えた。①牧草の正常な生育を確保するための下限値はF/S値20に対応する20mg/100g。②粗飼料の品質面から牧草体のりん酸濃度を考慮した場合には30mg/100g以上が望ましい。③高位安定生産を図るためには40mg/100gを要し、これを土壌改良のための目標値とする。

謝 辞 本研究を遂行するにあたり、終始御助言をいただいた根釧農試土壌肥料科研究員関口久雄氏 (現中央農試化学部土壌肥料第1科長)、同山口宏氏 (現道南農試専門技術員) に深く感謝する。また、本稿の御校閲をいただいた中央農試環境保全部長高尾欽也氏、同化学部長大垣昭一氏、北見農試土壌肥料科長菊地晃二氏に厚く謝意を表す。

## 引用文献

- 1) 大村邦男, 赤城仰哉. “根釧火山灰草地の施肥法改善, I, 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 (1981).
- 2) 大村邦男, 赤城仰哉. “根釧火山灰草地の施肥法改善, III, 草地に対するりん酸の施肥について”. 北農. 49 (7), 1-26 (1982).
- 3) 三井進午. “アイソトープ農業応用技術”. 地人書館, 1963, p.76-77.
- 4) Fried, M.; Dean, L.A. “Concept concerning the measurement of available soil nutrients”. Soil, Sci. 73, 263-271 (1952).
- 5) 庄子貞雄, 三宅正紀ら. “各種の可給態土壌りん酸定量法の比較, II, 各種可給態りん酸定量法による結果とA-valueとの相関について”. 北海道農試彙報. 84, 32-39 (1964).
- 6) Charles, E.V.; Milton, B.J. “Soil phosphorus tests of california subclover-annual grass pastures”. Soil, Sci. 130, 307-313 (1980).

- 7) 船引真吾, 青峰重範. “土壤実験法”. 養賢堂, 1953, p. 119-121.
- 8) 土壤養分測定法委員会編集. “土壤養分分析法”. 養賢堂, 1970, p. 239-242.
- 9) 奥田東, 河崎利夫. “りん酸肥料の肥効判定に関するトレーサー法の検討, III. リン酸塩の形態の異なる場合のリンの肥効——リンの肥効判定法としてのF/S値の提案”. 日土肥誌. **32** (12), 581-584 (1961).
- 10) 石沢修一ら監修. “草地, 飼料作物に関する土壤肥料研究集録”. 全国購売農業協同組合連合会. 1967, p. 113-120.
- 11) 高橋達児, 山本毅. “改良資材施用跡地におけるとうもろこしの生育——火山灰土壤の蓄積磷酸の効果について”. 東北農試研報. **37**, 139-156 (1969).
- 12) 川島良治. “牛のミネラル栄養”. 畜産の研究. **23** (2), 19-23 (1969).

# Study on the Quantification and Establishment of a Basic Standard for Available Soil Phosphorus in Volcanic Ashy Grassland

Kunio OOMURA\* Takashi SEKIJO\*\*

## Summary

The present study was undertaken with the intention of determining the phosphorus fertility index of grassland with black ashy soil in the Nemuro Kushiro district.

Grass root activity was measured by  $^{32}\text{P}$  activity ratio absorption for the purpose of determining soil picking position. Results from soil available phosphorus tests using  $^{32}\text{P}$ -labeled superphosphate were used to examine the correlation between the "A"-value and the F/S (fertilizer phosphorus/soil phosphorus) value.

The tests were Bray 2 and Bray 1, Morgan, 0.2N-HCl, 2.5%CH<sub>3</sub>COOH, Truog, and Olsen.

In order to confirm the test results, we investigated the relationship between soil available phosphorus and grass growth in field conditions.

The results obtained were as follows:

1. Phosphorus absorption by grass roots was vigorous at 0-5cm, which was an indication of the soil picking position for estimating the soil phosphorus fertility index.
2. The order of correlation between the values obtained from the soil tests and the "A"-value was Morgan, Bray 2 $\geq$ Bray 1 $>$ 0.2N-HCl, 2.5%CH<sub>3</sub>COOH $>$ Olsen $>$ Truog.

The Morgan and Bray 2 tests were therefore suited for measurement of soil available phosphorus.

3. An obvious relation existed between Bray 2 and the F/S value, so that, Bray 2 was the best method for evaluating the soil phosphorus fertility index.

4. For the normal growth of grass, the lower limit value of soil phosphorus was 20mg/100 g with Bray 2, corresponding to an F/S value of 20.

It was necessary for the soil phosphorus was 40mg/100 g with Bray 2, in order to maintain the highly stable production of grass, since it was clear that fertility efficiency was decreased at values over this figure.

\* Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13, Japan.

\*\* Mitsubishi Transformation Industry Limited, Chuo, Sapporo, Hokkaido, 060, Japan.