

# 琉球大学学術リポジトリ

## 土壌リン酸の蓄積形態に及ぼすリン酸質肥料の影響

メタデータ	言語: 出版者: 沖縄農業研究会 公開日: 2009-01-29 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 高江洲, 均, 仲本, 優, 村山, 盛和, 大東, 正臣, Takaesu, Hitoshi, Nakamoto, Masaru, Murayama, Morikazu, Ootsuka, Masaomi メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002015378">http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002015378</a>

# 土壌リン酸の蓄積形態に及ぼす リン酸質肥料の影響

高江洲均・仲本 優・村山盛和・大東正臣  
(琉球肥料株式会社)

Hitoshi TAKAESU, Masaru NAKAMOTO, Morikazu MURAYAMA and Masaomi  
OOTSUKA: Effect of phosphate fertilizers on the form of available  
phosphate accumulated in soils.

## 1. はじめに

赤黄色の酸性土壌や火山灰土壌ではリン酸吸収係数が高く、リン酸肥料を多量に施肥する必要があり、これを施肥しないと作物は数年で著しく減収することがよく知られている。また、施肥した窒素やカリは50～100%が作物に吸収・利用され、残りが雨水などにより流亡する。この両養分に対して、土壌に施用されたリン酸のうち、作物に利用される割合は、多いときで10～15%、低いときで3～5%であり、残りの85～92%近くが土壌に吸着・固定され、土壌リンとして蓄積される<sup>1)</sup>。最近、志茂ら<sup>2)</sup>は本県内に分布する主要土壌を用い、作物に吸収・利用される有効態リン酸の3つの測定法を比較検討して Truog 法、Bray No 2 法及び HSPA 法の間には有意差がみられ、Truog 法によるリン酸は他の2つの方法によるリン酸より低い値を示すことを報告している。一方、土壌に添加されたリン酸の形態及び分布は、火山灰土壌においては、約70～80%がAl型、約10～18%がFe型、10%以下がCa型として、逆に、鉍質土壌においては、約70～80%がCa型、約10～18%がAl型、1～5%がFe型として分布している<sup>6)</sup>。本県内に分布する主要土壌中のリン酸の存在形態については仲本ら<sup>2)</sup>によって報告されている。すなわち、①土壌中の全リン酸量は、島尻マージ>

沖積土壌=ジャーガル>国頭マージ>ニービの順に減少した。②全リン酸に占める形態別リン酸の割合は、島尻マージと国頭マージではFe型リン酸が最も多く、ニービやジャーガルではFe型リン酸が若干多い特徴を示した。③土壌pHが8以下ではTruog法リン酸量はCa型リン酸量とほぼ同等か、または同法はAl型リン酸の一部も抽出した。④pH8以上の土壌では、同法はCa型リン酸の一部を抽出した。

土壌に施用されたリン酸の土壌リン酸としての蓄積形態について、本県内の土壌についての報告は少ないように思われる。ここでは、数種類のリン酸質肥料を用いて、土壌リン酸の蓄積形態に及ぼすリン酸質肥料の影響について調べ、さらにTruog法による可給態リン酸と各形態別リン酸との関係から可給態リン酸の指標について考察することを目的とした。

## 2. 実験材料及び方法

### (1) 供試土壌及びリン酸質肥料

供試土壌は、ジャーガル、島尻マージ、国頭マージの各畑土壌及び国頭マージの未耕地土壌を用いた。なお、国頭マージの試料は畑土壌を国頭マージ(K7)、未耕地土壌を国頭マージ(K4)とした。ジャーカルは南風原町喜屋武のサトウキビ畑、島尻マージは糸満市真壁のサトウキビ畑、国頭マ

ージ(K7)は名護市羽地のキク畑、未耕地の国頭マージ(K4)は国頭マージ(K7)採取地点近くの土壌断面からそれぞれ採取した。

土壌は風乾後、2 mm以下に粉碎し供試した。リン酸質肥料は、次の4種を用いた。

①過リン酸石灰( $P_2O_5$ 保証成分17%, 以下過石と略する), ②重焼リン( $P_2O_5$ 保証成分35%), ③リン酸二アンモニウム( $P_2O_5$ 保証成分46%, 以下リン安と略する), ④BMヨーリン( $P_2O_5$ 保証成分20%)。これらの肥料は混合ムラを少なくするために、いずれも0.5 mm以下に粉碎して用いた。

## (2) 実験方法

風乾細土100 gに $P_2O_5$ として200 mgに相当する各リン酸質肥料を加えた。よく混合した後、約120 ml容フタつきプラスチック容器に入れ、最大容水量の60%になる様に蒸留水を加えた。プラスチック容器にピンホールを開けたフタをし、暗室内に保温静置した。静置期間は1日、1カ月、2カ月とし、その間適宜に重量をはかり、減少分の水分を補給した。これらのリン酸施用試料(区)以外に、リン酸を加えないで同様に処理した試料(無リン酸区)も保温静置した。これらはすべて3連で行なった。各静置期間の終了後、各土壌を風乾した後、0.5 mm以下の微細土として以下の分析に供した。

## (3) 測定方法

### ① 全リン酸の定量法

まず、微細土(<0.5 mm) 2.5 gをトールビーカ

ーに取り、70%過塩素酸25 mlを加え、ホットプレート上で加熱分解した後、ろ過、洗浄し、250 mlに定容した。定容後、その一定量を取り、バナドモリブデン酸法により比色定量した<sup>1)</sup>。

### ② 形態別リン酸の定量法

無機リン酸の形態別分析は、関谷法<sup>1)</sup>に準じ、その方法をさらに縮小して用いた。すなわち、微細土(<0.5 mm) 0.5 gに対して、2.5%酢酸・N塩化アンモニウム液抽出部分をCa型リン酸、中性のNフッ化アンモニウム液抽出部分をAl型リン酸、0.1 N水酸化ナトリウム液抽出部分をFe型リン酸とした。各形態のリン酸は抽出液をそれぞれ100 mlに定容した後、Murphy-Riley 法<sup>7)</sup>を用いて比色定量した。全リン酸から各形態別リン酸を差し引いた部分は有機態リン酸と難溶性リン酸の含量(「その他」)とした。

### ③ Truog法リン酸の定量法

Truog法では、微細土(<0.5 mm) 1 gを1 l 容ポリビンに取り、0.002 N硫酸200 mlを加えて30分間振とうした後ろ過し、そのろ液の一定量を取り、Murphy-Riley 法<sup>7)</sup>でリン酸を比色定量した。

## 3. 実験結果

### (1) 保温静置前のリン酸含量

供試土壌のpH、リン酸吸収係数及び土壌リン酸の含有量を表1に、全リン酸に占める形態別リン酸の構成割合を表2にそれぞれ示した。土壌pHはジャーガルで最も高く、未耕地の国頭マージ

表1. 供試土壌のpH、リン酸吸収係数及び土壌リン酸の含有量

土 壤 名	pH (H <sub>2</sub> O)	リン酸吸 収係数 *	全リン酸 *	形 態 別 リ ン 酸 *				Truog法 リン酸*
				Ca型	Al型	Fe型	その他**	
ジャーガル	8.26	1369	124	26.6	38.0	23.3	36.7	0.5
島尻マージ	7.37	889	378	2.2	26.5	172.2	177.4	68.8
国頭マージ(K7)	7.46	378	210	54.5	36.7	36.7	82.0	9.4
国頭マージ(K4)	4.40	469	47	2.5	0.8	7.3	35.9	8.4

\* 単位は土壌100 g当りの $P_2O_5$  mg ( $P_2O_5$  mg/100 g)を示す。

\*\* その他は、有機態リン酸と難溶性リン酸との含量を示す。

表 2. 供試土壌中の形態別リン酸及び Truog 法リン酸の構成割合 (%)

土 壌 名	形 態 別 リ ン 酸 *				Truog 法 リン酸*
	Ca型	Al型	Fe型	** その他	
ジャーガル	21.3	30.5	18.7	29.5	0.4
島尻マージ	0.6	7.0	45.5	46.9	18.2
国頭マージ(k7)	26.0	17.5	17.5	39.1	4.5
国頭マージ(k4)	5.4	1.7	15.7	77.2	18.1

\* 全リン酸に対する構成割合 (%) を示す。

\*\* その他は、有機態リン酸と難溶性リン酸との含量を示す。

(K4) で低い値を示した。既耕地の国頭マージ(K7) は、土壌改良がなされており、国頭マージ(K4) に比べ、pH が高く、島尻マージとほぼ同等の pH を示した。リン酸吸収係数は、ジャーガル > 島尻マージ > 国頭マージ(K4) > 国頭マージ(K7) の順に低かった。一般にリン酸の吸着・固定の要因として、①リン酸イオンと鉄やアルミニウムとの化学的結合、②リン酸イオンと土壌コロイド表面の OH<sup>-</sup>イオン又は SiO<sub>3</sub><sup>-</sup>イオンとの陰イオン交換、③リン酸イオンとカルシウムとの化学的結合、④リン酸イオンの微生物による吸収などが報告されている<sup>5)</sup>。これらの事から、供試土壌のリン酸の吸着・固定は、pH の高いジャーガル、島尻マージ、国頭マージ(K7) ではいずれもカルシウムとの化学的結合、pH の低い国頭マージ(K4) では、鉄やアルミニウムとの化学的結合によるものと推察された。表 1 に示すように、保温静置前の供試土壌の形態別リン酸含量では、Ca型リン酸は国頭マージ(K7)、Al型リン酸はジャーガル、Fe型リン酸及び「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量は島尻マージでそれぞれ多かった。Truog法リン酸は、島尻マージで最も高い値を示した。また島尻マージと国頭マージ(K4) では、Truog法リン酸量はCa型リン酸とAl型リン酸との含量より高い値を示した。表 2 に示すように形態別リン酸の全リン酸に占める構成割合では、ジャーガルはAl型リン酸と「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量が多く、Ca型リン酸は比

較的に少なかった。Ca型リン酸：Al型リン酸：Fe型リン酸の構成割合は、1：1.4：0.9 で仲本ら<sup>2)</sup> の報告とは異なり、Al型リン酸が高い割合を示した。島尻マージは、Ca型リン酸が少なく、Fe型リン酸、「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量が高い値を示した。Ca型リン酸：Al型リン酸：Fe型リン酸の割合は、1：12：78 で仲本ら<sup>2)</sup> の報告と同様の傾向を示した。国頭マージ(K7) は、「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量及びCa型リン酸が多く、Ca型リン酸：Al型リン酸：Fe型リン酸の構成割合は、1：0.7：0.7 で仲本ら<sup>2)</sup> の報告とは異なり、Ca型リン酸の割合が高い値を示した。国頭マージ(K4) は、「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量が最も多く、Al型リン酸が少ない値を示した。Ca型リン酸：Al型リン酸：Fe型リン酸の構成割合は、1：0.3：2.9 で仲本ら<sup>2)</sup> のそれとは異なり、Al型リン酸が少ない値を示した。

## (2) 保温静置後の土壌リン酸含量

保温静置後のジャーガルについて全リン酸、形態別リン酸、Truog法リン酸の含量をそれぞれ表 3 に示した。また、島尻マージ、国頭マージの(K7) 及び(K4) についても同様に表 4、表 5、及び表 6 にそれぞれ示した。

表 3. ジャーガル中の土壌リン酸の形態別分布

保 温 期 間	処 理 区 名	全 リ ン 酸 *	形 態 別 リ ン 酸 量 *				Truog 法 リン酸*
			Ca型	Al型	Fe型	** その他	
1 日	無リン酸区	130	29.3	31.6	23.3	45.4	2.4
	過石区	352	183.6	68.6	36.2	63.8	117.2
	重焼リン区	326	173.1	47.7	34.5	70.9	84.2
	リン安区	333	190.5	46.4	33.5	62.1	103.0
	BMヨーリン区	342	191.0	48.4	34.1	68.3	5.5
1 か 月	過石区	359	200.7	77.1	30.4	50.6	54.3
	重焼リン区	340	186.2	60.7	28.7	64.4	58.2
	リン安区	342	201.1	61.8	29.4	49.7	63.4
	BMヨーリン区	337	203.6	61.5	27.9	43.7	16.0
2 か 月	過石区	360	200.2	73.8	30.5	55.8	42.6
	重焼リン区	330	183.8	56.0	29.8	60.8	49.1
	リン安区	333	193.0	57.7	29.8	52.5	53.3
	BMヨーリン区	336	197.6	59.0	28.9	50.1	21.8

\* 単位は土壌 100 g 当りの P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mg (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mg / 100 g) を示す。

\*\* その他は、有機態リン酸と難溶性リン酸との含量を示す。

ジャーガル(表 3) では、すべてのリン酸施用区においてCa型リン酸の蓄積が最も多く、Fe型

リン酸の蓄積が少ない傾向を示した。Truog法リン酸は、リン酸を施用すると増加し、過石、重焼リンおよびリン安施用区において顕著であった。保温静置時間の経過により、Ca型リン酸とAl型リン酸は増加し、Fe型リン酸と「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量は減少する傾向を示した。肥料の種類による土壌リン酸の蓄積形態では、水溶性リン酸を主成分とする過石区は、他のリン酸処理区に比べ、Al型リン酸の蓄積が多く、又、Truog法リン酸は、保温静置初期には多いが、時間の経過により減少する特徴を示した。水溶性リン酸とク溶性リン酸を同量ずつ含む重焼リン区では、他のリン酸処理区に比べ、Ca型リン酸の蓄積が少なく、「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量の含量が多い特徴を示した。水溶性リン酸を主成分とするリン安区では、Ca型リン酸の蓄積が多く、又、Truog法リン酸は過石区よりやや少ないが、時間の経過による減少は過石区と同様の傾向を示した。ク溶性リン酸を主成分とするBMヨーリン区では、他のリン酸処理区と同様Ca型リン酸の蓄積が多い特徴を示した。一方、Truog法リン酸の蓄積は、他のリン酸処理区に比べて最も少ないが、時間の経過により増加する特徴を示した。

島尻マーヅ(表4)は、リン酸肥料を施用するとCa型リン酸が相対的に最も多く増加し、「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量は減少する傾向を示した。又、Truog法リン酸は著しく増加した。保温静置時間の経過により、Ca型リン酸と「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量は減少し、Al型リン酸とFe型リン酸は増加する傾向を示した。肥料の種類別には、過石区は、他のリン酸処理区に比べ、比較的Al型リン酸の蓄積が増加する特徴を示した。リン安区は、初期にはTruog法リン酸の蓄積が多いが、その量は時間の経過により減少する特徴を示した。BMヨーリン区では、Ca型リン酸が最も多く蓄積し、Truog法リン酸は、他のリン酸施用区に比べて最も蓄積量が少ない特徴を示した。

機態リン酸と難溶性リン酸の含量はわずかに増加した。又、Truog法リン酸は著しく増加した。保温静置時間の経過により、Ca型リン酸と「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量は減少し、Al型リン酸とFe型リン酸は増加する傾向を示した。肥料の種類別には、過石区は、他のリン酸処理区に比べ、比較的Al型リン酸の蓄積が増加する特徴を示した。リン安区は、初期にはTruog法リン酸の蓄積が多いが、その量は時間の経過により減少する特徴を示した。BMヨーリン区では、Ca型リン酸が最も多く蓄積し、Truog法リン酸は、他のリン酸施用区に比べて最も蓄積量が少ない特徴を示した。

表5. 国頭マーヅ(K7)中の土壌リン酸の形態別分布

保温静置期間	処理区名	全リン酸*	形態別リン酸量*				Truog法リン酸*
			Ca型	Al型	Fe型	その他	
	無リン酸区	209	54.2	33.0	36.6	84.5	63.3
1日	過石区	424	234.2	68.2	45.0	76.4	231.3
	重焼リン区	402	233.7	55.1	46.3	67.3	219.4
	リン安区	421	226.2	54.8	46.4	93.7	226.4
	BMヨーリン区	407	238.0	62.2	43.3	64.0	163.5
1ヵ月	過石区	440	232.1	68.1	48.7	91.0	229.5
	重焼リン区	400	223.0	55.7	48.3	73.4	219.8
	リン安区	408	232.7	56.8	47.6	70.8	230.6
	BMヨーリン区	414	216.0	56.2	45.6	96.0	166.3
2ヵ月	過石区	431	234.0	70.9	48.6	77.6	225.1
	重焼リン区	408	218.9	54.5	45.2	89.5	214.0
	リン安区	412	223.9	62.2	47.8	77.5	219.6
	BMヨーリン区	416	228.8	62.9	45.9	78.2	165.2

\* 単位は土壌100g当りのP<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mg (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mg/100g)を示す。  
 \*\* その他は、有機態リン酸と難溶性リン酸との含量を示す。

表4. 島尻マーヅ中の土壌リン酸の形態別分布

保温静置期間	処理区名	全リン酸*	形態別リン酸量*				Truog法リン酸*
			Ca型	Al型	Fe型	その他	
	無リン酸区	375	2.6	17.7	161.1	194.0	9.8
1日	過石区	605	136.5	71.3	176.0	221.2	130.9
	重焼リン区	584	120.5	51.0	171.7	240.8	129.2
	リン安区	588	132.8	53.7	174.9	226.6	142.6
	BMヨーリン区	589	160.6	48.9	167.9	211.6	73.4
1ヵ月	過石区	600	115.5	78.0	213.8	192.7	123.6
	重焼リン区	581	110.0	63.2	209.9	197.9	135.5
	リン安区	585	108.5	70.8	216.2	189.5	117.0
	BMヨーリン区	585	140.1	63.1	204.1	177.7	81.0
2ヵ月	過石区	612	116.4	86.5	209.3	199.8	119.8
	重焼リン区	587	110.7	67.9	206.4	202.0	123.7
	リン安区	587	102.5	79.0	210.6	194.9	105.9
	BMヨーリン区	596	129.0	67.3	198.6	201.1	67.3

\* 単位は土壌100g当りのP<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mg (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mg/100g)を示す。  
 \*\* その他は、有機態リン酸と難溶性リン酸との含量を示す。

国頭マーヅ(K7)(表5)では、すべてのリン酸施用区においてCa型リン酸が最も多く蓄積し、Fe型リン酸の蓄積量が少なかった。又、すべてのリン酸施用区においてTruog法リン酸は増加した。各リン酸処理区では、時間の経過による特徴が異なり、過石区では、形態別リン酸の変動が少ないが、Truog法リン酸の減少傾向が認められた。重焼リン区では、Ca型リン酸が減少し、「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量が増加する傾向が認められた。リン安区では、Al型リン酸及びFe型リン酸がいずれも増加し、「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量が減少する傾向

を示した。また BM ヨーリン区では、Ca 型リン酸が減少し、「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量が増加する傾向が見られた。

表 6. 国頭マージ(K4)中の土壌リン酸の形態別分布

保温静置期間	処理区名	全リン酸*	形態別リン酸量*				Truog法リン酸*
			Ca型	Al型	Fe型	その他**	
	無リン酸区	46	0.6	1.1	6.0	38.2	0.6
1日	過石区	265	81.5	80.4	55.6	47.5	76.5
	重焼リン区	239	71.7	64.6	51.9	51.1	76.1
	リン安区	246	74.8	71.3	54.1	46.3	74.5
	BMヨーリン区	242	126.4	40.4	43.5	31.2	86.4
1か月	過石区	270	94.5	73.7	53.6	47.8	73.2
	重焼リン区	236	69.7	66.4	52.0	48.2	65.2
	リン安区	244	75.1	70.9	54.8	43.3	69.2
	BMヨーリン区	239	97.0	49.2	46.0	47.0	90.7
2か月	過石区	270	88.6	75.8	55.1	50.8	70.8
	重焼リン区	239	62.6	72.0	53.3	51.2	60.8
	リン安区	245	68.5	74.2	53.2	49.6	65.1
	BMヨーリン区	246	106.1	54.2	48.4	37.3	76.2

\* 単位は土壌 100 g 当りの P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>mg (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mg/100 g) を示す。  
 \*\* その他は、有機態リン酸と難溶性リン酸との含量を示す。

表 6 に示すように国頭マージ(K4)では、リン酸を施用するとCa型リン酸、Al型リン酸およびFe型リン酸がいずれも著しく増加し、「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量も僅かに増加した。又、Truog法リン酸も著しく増加する特徴が見られた。保温静置時間の経過による変化は、過石区では、時間の経過と共にTruog法リン酸が減少する傾向を示した。重焼リン区では、Ca型リン酸とTruog法リン酸がいずれも減少しAl型リン酸、Fe型リン酸がいずれも増加する傾向を示した。リン安区では、Truog法リン酸が減少する傾向を示し、BMヨーリン区では、Al型リン酸、Fe型リン酸がいずれも増加し、Ca型リン酸が減少する傾向を示した。

(3) 施肥リン酸の形態別リン酸への蓄積割合

表 3, 表 4, 表 5 及び表 6 に示した形態別リン酸及びTruog法リン酸の含量を無リン酸区と比較し、添加リン酸による土壌へのリン酸の蓄積量を計算し、その比率を算出した。そしてジャーガル、島尻マージ、国頭マージ(K7)、国頭マージ(K4)について、図 1, 図 2, 図 3 及び図 4 にそれぞれ示した。

表 7. Ca 型リン酸に対する Truog 法リン酸の比率(%)\*

保温静置期間	処理区名	ジャーガル	島尻マージ	国頭マージ(K7)	国頭マージ(K4)
1日	過石区	74.4	90.4	93.3	93.8
	重焼リン区	56.9	101.3	87.0	106.2
	リン安区	62.4	102.0	94.8	99.6
	BMヨーリン区	1.9	40.3	54.5	68.2
1か月	過石区	30.3	100.8	93.4	77.3
	重焼リン区	35.6	117.0	92.7	93.5
	リン安区	35.5	101.2	93.7	92.1
	BMヨーリン区	7.8	51.8	63.7	93.5
2か月	過石区	23.5	96.7	90.0	79.8
	重焼リン区	30.2	105.4	91.5	97.1
	リン安区	31.1	96.2	92.1	95.0
	BMヨーリン区	11.5	45.5	58.4	71.7

\* (Truog 法リン酸/Ca 型リン酸) × 100

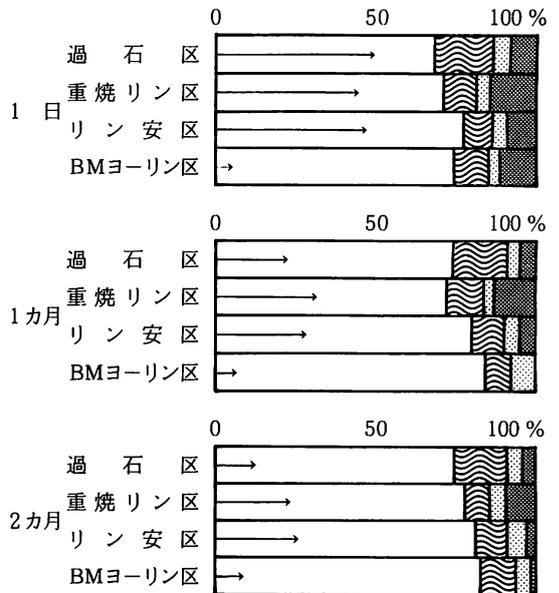


図 1. ジャーガルでの施肥リン酸による形態別リン酸への蓄積割合

Ca型 Al型 Fe型 その他 Truog法

ジャーガル(図1)では、添加リン酸の69~84%がCa型リン酸、9~20%がAl型リン酸、3~4%がFe型リン酸、0~9%が「その他」の有機態

リン酸と難溶性リン酸の含量として土壤に蓄積された。

Ca型リン酸の蓄積量が多い処理区は、BMヨーリン区、リン安区で、Al型リン酸のそれは、過石区、「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量は重焼リン区であった。Fe型リン酸には、各肥料施用区に差異は見られなかった。保温静置時間の経過では、Truog法リン酸は、過石区では1日目の51%から2カ月目で18%、重焼リン区は、41%から24%、リン安区は、49%から25%といずれも減少するのに対し、BMヨーリン区は、逆に2%から9%へ増加した。Ca型リン酸に対するTruog法リン酸の比率(Truog法リン酸/Ca型リン酸×100)(表7)を見ると、過石区では、1日目の74%から2カ月目では24%へ、重焼リン区では、57%から30%へ、リン安区では、62%から31%へといずれも比率を低下するが、BMヨーリン区は逆に2%から12%へ増加した。

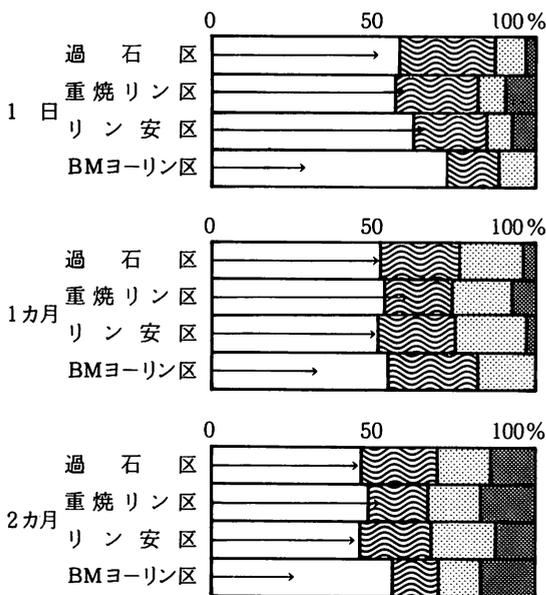


図2. 島尻マージでの施肥リン酸による形態別リン酸への蓄積割合



島尻マージ(図2)では、添加リン酸の46~73%がCa型リン酸、16~26%がAl型リン酸、11~22%がFe型リン酸、0~12%が「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量として土壤に蓄積された事を示した。Ca型リン酸の蓄積が多いのは、BMヨーリン区で、Al型リン酸の蓄積は、過石区で多く、Fe型リン酸のそれは、リン安区で、「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量のそれは、重焼リン区でそれぞれ多かった。保温静置時間の経過により、Truog法リン酸は、過石区、リン安区では減少するのに対し、重焼リン区及びBMヨーリン区では、1カ月目で増加し、2カ月目で減少する特徴を示した。Ca型リン酸に対するTruog法リン酸の比率(表7)は、過石区では90~101%、重焼リン区では101~107%、リン安区では102~96%となり、これらの3肥料処理区では、Truog法リン酸量は、Ca型リン酸量とほぼ同等、あるいはそれよりも僅かに高い値を示した。BMヨーリン区では40~52%の低い値を示した。土壤pHが8以下では、Truog法リン酸の抽出液には緩衝能があり、Ca型リン酸と同等あるいはAl型リン酸の一部を抽出して僅かに高くなるという仲本ら<sup>2)</sup>の結果と過石区、重焼リン区及びリン安区のTruog法リン酸の傾向は一致するが、BMヨーリン区では、Truog法リン酸はCa型リン酸より小さい値を示し、彼らの報告とは異なる結果を示した。これは、肥料の性質の相違によりTruog法リン酸の量が異なることを示唆する。

国頭マージ(K7)(図3)では、添加リン酸の75~85%がCa型リン酸、10~17%がAl型リン酸、3~6%がFe型リン酸、0~10%が「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量として土壤に蓄積された。Ca型リン酸の蓄積が多いのは重焼リン区、Al型リン酸の蓄積は過石区で多く、Fe型リン酸及び「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量は肥料による差異が認められなかった。保温静置時間の経過に伴って、過石区、BM

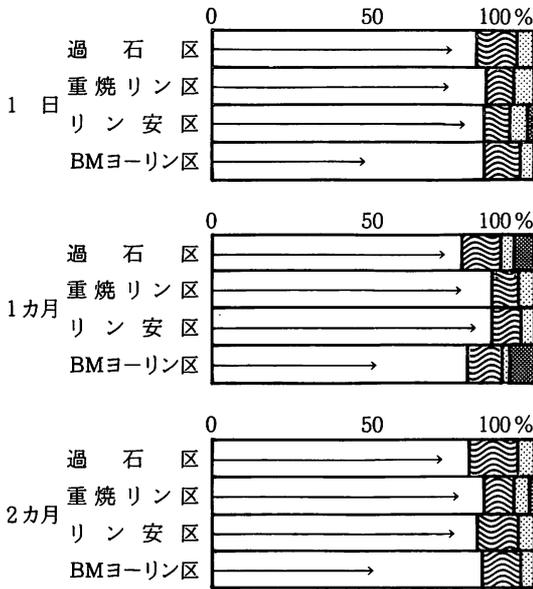


図3. 国頭マージ(K7)での施肥リン酸による形態別リン酸への蓄積割合

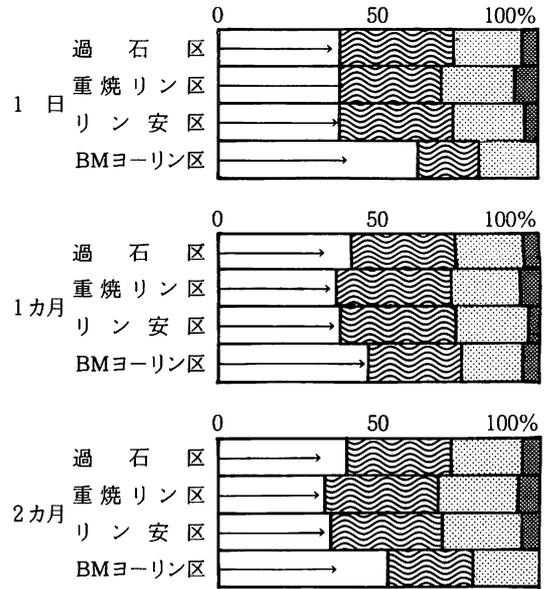


図4. 国頭マージ(K4)での施肥リン酸による形態別リン酸への蓄積割合

Ca型 Al型 Fe型 その他 Truog法

Ca型 Al型 Fe型 その他 Truog法

ヨーリン区では、Ca型リン酸が1カ月目は減少し、2カ月目で増加し、重焼リン区、リン安区では逆に1カ月目で増加し、2カ月目で減少する特徴を示した。Al型リン酸の蓄積は、Ca型リン酸のそれとほぼ同様な傾向を示したが、「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量はCa型リン酸、Al型リン酸のそれとは逆の傾向を示し、Fe型のリン酸の蓄積には肥料による差異が認められなかった。添加リン酸に対してTruog法リン酸は過石区、重焼リン区及びリン安区では70～80%であり、BMヨーリン区では45～50%と低かった。Ca型リン酸に対するTruog法リン酸の比率(表7)は、過石区、重焼リン区及びリン安区では87～95%、BMヨーリン区では54～64%であり、島尻マージと同様な傾向を示した。

国頭マージ(K4)(図4)では、添加リン酸の32～62%がCa型リン酸、19～37%がAl型リン酸、

18～25%がFe型リン酸0～6%が「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量として土壌に蓄積された。Ca型リン酸として最も多く蓄積されるのは、BMヨーリン区であり、その次に過石区であった。重焼リン区及びリン安区では、Ca型リン酸とAl型リン酸の比率はほぼ同等であった。保温静置時間の経過により、Ca型リン酸は重焼リン区およびリン安区では減少し、過石区では1カ月目は増加し、2カ月目は若干減少し、BMヨーリン区では逆に1カ月目は減少し、2カ月目は増加する傾向を示した。Al型リン酸及びFe型リン酸はいずれも増加し、「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量は1カ月目で増加し、2カ月目で減少する傾向を示した。Truog法リン酸は、添加リン酸に対して過石区、重焼リン区及びリン安区では40～31%、BMヨーリン区では37～46%を示した。他の土壌とは異なり、Truog法リン酸がBMヨーリン区に

多い傾向を示した。Ca型リン酸に対するTruog法リン酸の比率(表7)は、過石区、重焼リン区、リン安区では77~106%、BMヨーリン区では68~94%を示した。そして、他の土壌とは異なり、BMヨーリン区では、Ca型リン酸とTruog法リン酸がよく対応する特徴を示した。

#### 4. 考 察

一般に土壌リン酸の形態変化はCa型→Al型→Fe型→難溶型の順に溶解度が減少し、作物に対する有効性が低下すると言われている<sup>6)</sup>。これらの事から、Ca型リン酸が土壌中に増えることは、作物に対する有効態リン酸の増加を導くことになる。

添加リン酸に対して、ジャーガルでは69~84%、島尻マージでは46~73%、国頭マージ(K7)では75~85%、国頭マージ(K4)では32~62%がそれぞれCa型リン酸として蓄積し、国頭マージ(K7)＞ジャーガル＞島尻マージ＞国頭マージ(K4)の順に施肥効果が期待できると推察された。肥料の種類別では、2カ月後のCa型リン酸の蓄積割合は、ジャーガルではBMヨーリン＞リン安＞重焼リン＞過石、島尻マージでは、BMヨーリン＞重焼リン＞過石＞リン安、畑土壌である国頭マージ(K7)では重焼リン＞BMヨーリン＞リン安＞過石、及び未耕地土壌である国頭マージ(K4)ではBMヨーリン＞過石＞リン安＞重焼リンの順の傾向を示した。これらの事から、ジャーガル、島尻マージ、未耕地土壌の国頭マージ(K4)ではBMヨーリンの作物への効果が高く、畑土壌の国頭マージ(K7)では重焼リンの作物への効果が若干高いことが推察された。

一方、土壌中の有効態リン酸の指標としてよく用いられているTruog法リン酸は、2カ月後のその蓄積割合が、ジャーガルではリン安＞重焼リン＞過石＞BMヨーリン、島尻マージでは、重焼リン＞リン安＞過石＞BMヨーリン、畑土壌の国頭マージ(K7)では重焼リン＞リン安＞過石＞BM

ヨーリン及び未耕地土壌の国頭マージ(K4)ではBMヨーリン＞リン安＞過石、重焼リンの順の傾向を示した。これらの事から、ジャーガルではリン安、島尻マージと畑土壌の国頭マージ(K7)では重焼リン、未耕地土壌の国頭マージ(K4)ではBMヨーリンがそれぞれ作物に対する施肥効果が高いことが推察された。

Ca型リン酸とTruog法リン酸による評価が異なることは、土壌中のリン酸の施肥効果を評価する場合、分析法が異なれば、その評価も異なることを示唆している。他方では土壌に加えられたリン酸の蓄積形態は、土壌の環境条件(pH<sup>8)</sup>、温度<sup>3)</sup>、水分状態<sup>4)</sup>、石灰施用<sup>5)</sup>等)により異なることも報告されている<sup>1)</sup>。又、土壌中の有効態リン酸の測定法としては、抽出液の種類やその濃度、操作法など非常に多くの方法があり、世界各国で気候あるいは土壌の相違により様々な方法が選ばれ使用されている<sup>1)</sup>。作物に対する土壌中の有効態リン酸の指標としてCa型リン酸を用いるか、あるいはTruog法リン酸を用いるかにより、土壌への施肥効果の評価が異なることから、その評価法は土壌と作物との間で更に検討される必要があると思われる。

#### 5. 摘 要

成因や施肥来歴の異なる4種の土壌と、4種のリン酸質肥料を用いて、加えたリン酸がどのような形態で土壌に蓄積されるのかを調べた。又、可給態リン酸の評価指標としてTruog法リン酸とCa型リン酸に注目し、土壌の種類に対する施肥効果や肥料の種類による効果の程度を考察した。

(1) 施肥されたリン酸は、Ca型リン酸、Al型リン酸、Fe型リン酸及び「その他」の有機態リン酸と難溶性リン酸の含量が各々次の様に蓄積された。ジャーガルでは、69~84%、9~20%、3~4%及び0~9%、島尻マージでは、46~73%、16~26%、11~22%及び0~12%、国頭マージ(K7)では、75~85%、10~17%、3~6%及び

0～10%，国頭マージ(K4)では、32～62%，19～37%，18～25%及び0～6%であった。

(2) Truog法リン酸の量は、過石区、重焼リン区、リン安区の三区とBMヨーリン区とでは、次の様に異なった。土壌へのリン酸施肥後、ジャーガルのTruog法リン酸は、前三者が1日目の保温静置によって51～41%を示したが、2カ月目は18～25%へと減少した。しかし、BMヨーリン区では、保温静置時間の期間が長くなるにつれて2%から9%へと逆に増加した。島尻マージのTruog法リン酸では、前三者は、2カ月目では、44～52%であったが、BMヨーリン区は25%と前三者よりも低かった。国頭マージ(K7)では、Truog法リン酸は前三者では、70～80%であった。しかし、BMヨーリン区は、50%とそれらよりも低かった。国頭マージ(K4)では、他の土壌の傾向とは異なり、前三者のTruog法リン酸は、31～40%であるのに対し、BMヨーリン区は、46%と高かった。

(3) Ca型リン酸とTruog法リン酸の含量を比較した時、ジャーガルでは過石、重焼リン、リン安区の三区のTruog法リン酸は74～24%と低かったが、他の土壌の三施肥区では、それは117～77%を示し、Ca型リン酸量とほぼ同等か、又はAl型リン酸の一部を含有した。BMヨーリン区では、ジャーガルは2～12%、島尻マージは40～52%、国頭マージ(K7)は54～64%とそれぞれ低いTruog法リン酸量を示したが、国頭マージ(K4)は68～94%とその量が高かった。

(4) Ca型リン酸を可給態リン酸の指標として用いたとき、ジャーガル、島尻マージ及び国頭マージ(K4)ではBMヨーリンの施肥効果が高く、国頭マージ(K7)では、若干重焼リンの施肥効果がそれぞれ高かった。他方、Truog法リン酸を指標として用いたとき、ジャーガルではリン安、島尻マージと国頭マージ(K7)では重焼リン、国頭マージ(K4)ではBMヨーリンの施肥効果が高いことが示された。土壌中の可給態リン酸の含量は、

指標の相違によって異なった。

## 謝 辞

本報をまとめるにあたり終始貴重な御指導を賜わり、ご校閲をいただいた琉球大学農学部渡嘉敷義浩助教授に、又、貴重なご意見をいただいた同部助手の志茂守孝氏にあつくお礼を申し上げます。

## 引用文献

- 1) 土壌養分分析法委員会編 1976 土壌養分分析法 p 225～257
- 2) 仲本優・高江洲均・村山盛和・大東正臣 1984 土壌中のリン酸の挙動に関する研究(第1報)土壌の可給態リン酸測定法における分析法の比較、沖縄農業研究会第23回講演要旨 p 37～38
- 3) 中山忠・佐藤友之・山下貴 1966 土壌中におけるリン酸の行動(第1報)施肥リン酸の固定に及ぼす土壌温度の影響 土肥誌 37: 203～206
- 4) 中山忠・山下貴 1966 土壌におけるリン酸の行動(第2報)施肥リン酸の固定に及ぼす土壌水分の影響 土肥誌 37: 471～475
- 5) 農学大事典編集委員会 1980 農学大事典 p 171～172
- 6) 農林省農林水産技術会議事務局 1962 畑土壌の生産力に関する研究(別冊) p 561～570
- 7) 農林水産省農産園芸局農産課編 1979 土壌環境基礎調査における土壌、水質及び作物体分析法 p 86～87
- 8) 佐伯秀章・岡本昌雄 1960 土壌リン酸の固定とその有効化に関する研究(第6報)粘土鉱物に固定されたPの形態 土肥誌 31: 87～90
- 9) 志茂守孝・渡嘉敷義浩・大屋一弘 1985 可給態リン酸測定法について(第1報)Truog法、BrayNa<sub>2</sub>法及びHS PA法の比較検討 琉大農学報 32: 49～54