

洪積期火山灰土壌に関する研究

I. 土壌中におけるカルシウムの移動について

大槻貞男・中路 勉

信州大学農学部 植物栄養学研究室

緒 言

洪積期火山灰原野の土壌は強酸性であり、地力がせき薄で有効成分の絶対量が極めて少く、これらは土壌生産力の抑制因子であると考えられる。開墾された畑地土壌は水田土壌と異なり栽培される作物も多岐にわたり酸性反応矯正の問題も複雑であろうが、まず反応を矯正し土壌の理化学的性質の改善および有効性成分の富化などが有効な手段と考えられる。特に、開墾当初はかなり多量の石灰質資材の施用が必要とされるが、わが国のような多雨湿潤な気候条件下では溶解が早く下層深くカルシウムが溶脱されるという報告^{1~9)}がある。

著者らは火山灰土壌の酸性反応を矯正するのに多量に施用した各種石灰質資材中に含有されるカルシウムおよびマグネシウムがどの程度表層土から移動するものであるかを調査しようとして開墾地土壌において圃場試験を実施した。

この第1報ではカルシウムについての調査結果を報告する。

試 験 方 法

1 試験地の概要

試験地は信州大学農学部構内（標高770m）の微傾斜地にあり、ワラビ・シバ・カヤを主とし、それにツツジ・ナラ・赤松の幼木のまじる原野であった。

昭和33年10月に鋤を用いて試験区総面積約100m²を深さ約15cm程度に人力で開墾し、シバ・根株等を試験区外に運び出した。開墾完了後、再び鋤を用いて十分に耕起し整地して試験圃場とした。

試験地の表層は火山灰性土壌で、土性は国際法によれば植壤土であり腐植に頗る富む強酸性の黒褐色を呈したかなり厚い土壌である。

当試験圃場に隣接する表土の化学的性質の概要は表—1に表示する如くである。圃場試験期間は昭和34年6月から昭和38年9月までの4年3カ月間であり、その間は作付せずしかも石灰質資材以外は化学肥料も施用しない裸地状態のまま試験を行った。但し、時々雑草を取り除いた。

昭和46年10月18日受付

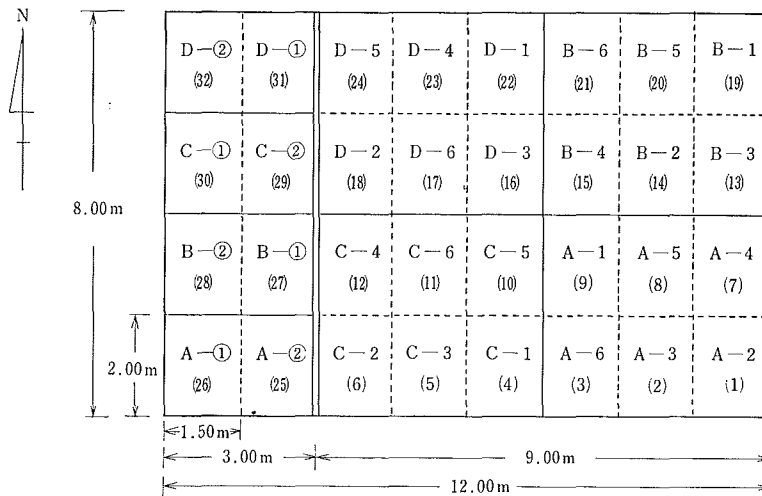
表一 表層土の化学的性質¹⁰⁾

(風乾細土)

pH (KCl)(H ₂ O)	置換酸度 (y ₁)	加水酸度 (y ₁)	置換性塩基 (meq/100g)		腐植 (%)	塩基置換容量 (meq/100g)	有効性P ₂ O ₅ (p. p. m.)	磷酸吸収係数 (P ₂ O ₅)
			Ca	Mg				
4.45 4.90	7.7	47.1	0.37	0.15	13.3	27.4	5	2000

加水酸度(y₁)の測定はIN-酢酸カルシウムを用いた Kappen 法¹³⁾腐植の定量は Tiulin 法¹⁴⁾

2 試験ブロックおよび処理区の配置



() : 均一性調査のための仮の plot No.

図一 試験ブロックおよび処理区の配置

試験の規模は図一に示した如くで、土壌中における単独の石灰質資材中のカルシウム・マグネシウムの移動を調査することを主目的とする試験地では 24プロット (1 Plot 1.5 m × 2.0 m = 3.0 m²) を A B C D の 4 ブロックに分割し 4 連制とし各 Block に後記の如く 1. 無石灰区, 2. 消石灰 (生) 区, 3. 消石灰区, 4. 炭カル区, 5. 炭酸苦土石灰区, 6. 珪酸苦土石灰区の 6 処理区をランダムに配置した。

また、土壌中における 2 種の石灰質資材を混合しカルシウム・マグネシウムの移動を調査することを主目的とする試験地では 8 プロット (1 Plot 1.5 m × 2.0 m = 3.0 m²) を A B C D の 4 ブロックに分割し、4 連制とし各 Block に ①. 炭酸苦土石灰 + 炭カル区, ②. 珪酸苦土石灰 + 炭カル区の 2 処理区を交互に配置した。

3 表層土および下層土の均一性調査

各試験地内の各ブロック間および処理区間ならびに表層土および下層土の均一性を調査するために図一の如く 32 プロットについて仮の Plot, No. (1) ~ (32) までを順次割あて各

表一 均一性調査における試験地表層土の
化学的性質

(風乾細土)

仮のPlot No.	新鮮土の pH		置換酸度 (y_1)	置換性石灰 (CaOmg/ 100g)
	H ₂ O	KCl		
(1)	5.07	4.40	5.25	13.0
(2)	5.09	4.40	6.15	14.5
(3)	5.14	4.37	4.95	13.0
(4)	5.09	4.35	6.90	16.0
(5)	5.07	4.35	6.80	13.0
(6)	5.05	4.35	6.90	13.5
(7)	5.10	4.44	5.25	12.0
(8)	5.10	4.42	4.85	11.0
(9)	5.05	4.39	5.90	12.5
(10)	5.05	4.37	6.35	11.5
(11)	5.04	4.35	7.05	13.0
(12)	5.05	4.35	7.55	14.5
(13)	5.10	4.42	5.55	13.5
(14)	5.13	4.42	5.75	12.5
(15)	5.13	4.39	6.45	13.0
(16)	5.12	4.35	7.55	15.5
(17)	5.09	4.35	8.10	15.0
(18)	5.10	4.35	7.70	13.5
(19)	5.10	4.44	5.35	13.5
(20)	5.12	4.42	5.95	14.0
(21)	5.14	4.39	6.50	17.0
(22)	5.14	4.37	7.45	15.0
(23)	5.09	4.35	7.35	11.5
(24)	5.09	4.35	7.25	11.5
(25)	5.09	4.37	7.30	14.0
(26)	5.10	4.37	6.60	16.5
(27)	5.05	4.37	6.90	11.5
(28)	5.05	4.39	7.15	13.0
(29)	5.09	4.35	7.10	12.0
(30)	5.04	4.37	7.25	13.5
(31)	5.02	4.35	7.05	11.5
(32)	5.07	4.37	6.90	11.5
平均値	5.09	4.38	6.60	13.3

プロット4カ所より深さ10cmまでの表層土を採取し分析試料とした。この分析結果は表一2に示す通りである。更に検土杖により各プロットの南北両端の境界中央部分を各々1カ所について表層土および下層土の土色、礫の有無、土性等を現地で観察したところ土色は地表から約21cmの深さまでは黒褐色を呈しそれ以下は黄褐色であった。礫は殆んど無く土性は表層土および下層土ともに国際法によれば埴壤土であった。従って、表一2の分析結果と検土杖による観察結果とを併せ考察するに各ブロック間および各処理区間の差異は認めがたく大体均一の土壌であることが推測された。

4 石灰質資材の施用量の決定

試験地の風乾細土(表層土)を用い、室内実験で各種割合の炭カル・炭酸苦土石灰・珪酸苦土石灰を各々添加、混合し水を加えて畑地状態の水分量に保ち綿栓をして15°Cの恒温器中に静置した(水分の減量は時々純水で補給した)。添加後21日目にキンヒドロ電極法でpH(KCl)を測定し各々について方眼紙上に緩衝曲線を書き主として炭カルの曲線から10a当りの現地容積比重0.63深さ10cmまでをpH(KCl)6.5に矯正するに必要な施用量を計算するとCaOとして635kg/10a当りの施用量を基礎にした。

①. 炭酸苦土石灰+炭カル区および②. 珪酸苦土石灰+炭カル区の施用量は炭酸苦土石灰および珪酸苦土石灰中のMgOを10a当り施用量23kgを基礎にして、pH(KCl)6.5に矯正するに要するその差額を炭酸苦土石灰および珪酸苦土石灰の緩衝曲線を考慮して炭カルの緩衝曲線より補正する

炭カル量を求め混合した。但し、珪酸苦土石灰中のMgOを後で分析をやり直した結果、表一4に示す通り6.珪酸苦土石灰区の10a当りの施用量はMgOをCaOに換算した場合665kgのCaO換算量になった。また②.珪酸苦土石灰+炭カル区の10a当りのMgO施用量は31kg

になった。

表一3 石灰質資材中のCaOおよびMgOの定量結果

石灰質資材名	製造工場および 会社名	定量された成分量	
		CaO(%)	MgO(%)
消石灰(生)※	—	64.8	0.0
消石灰	盤城化工株式会社	63.6	0.0
炭カル	甲信連海尻工場	54.8	0.0
炭酸苦土石灰	吉沢石灰工業株式会社	36.2	18.4
珪酸苦土石灰	川崎製鉄株式会社	37.0	5.1

※ 肥料用生石灰に水を加えて消化させ、2mm円孔篩を通過したものを供試した。

5 石灰質資材中に含まれる成分の分析方法

石灰質資材中の有効石灰および有効苦土の定量法¹¹⁾ N/2塩酸溶液で煮沸、溶解したろ液を用い、EDTA滴定法で定量した。なお、珪酸苦土石灰中のは珪酸を常法¹²⁾により分離し、また鉄・アルミニウムはアンモニア水で水酸化物として除去したろ液について同様に定量

表一4 各種石灰質資材の成分量および施用量

処 理	10a当り CaO の換算量 (kg)	10a当り成分量 (kg)		10a当り施用量 (kg)	Plot (3m ²) 当りの施用量 (kg)
		CaO	MgO		
1. 無石灰区	—	—	—	—	—
2. 消石灰(生)区	635	635	—	983	2.95
3. 消石灰区	635	635	—	1000	3.00
4. 炭カル区	635	635	—	1160	3.48
5. 炭酸苦土石灰区	635	370	188	1023	3.07
6. 珪酸苦土石灰区	665	558	77	1507	4.52
①. 炭酸苦土石灰区 炭カル	587	555	23	123 930	0.37 2.79
②. 珪酸苦土石灰区 炭カル	840	797	31	607 1043	1.82 3.13

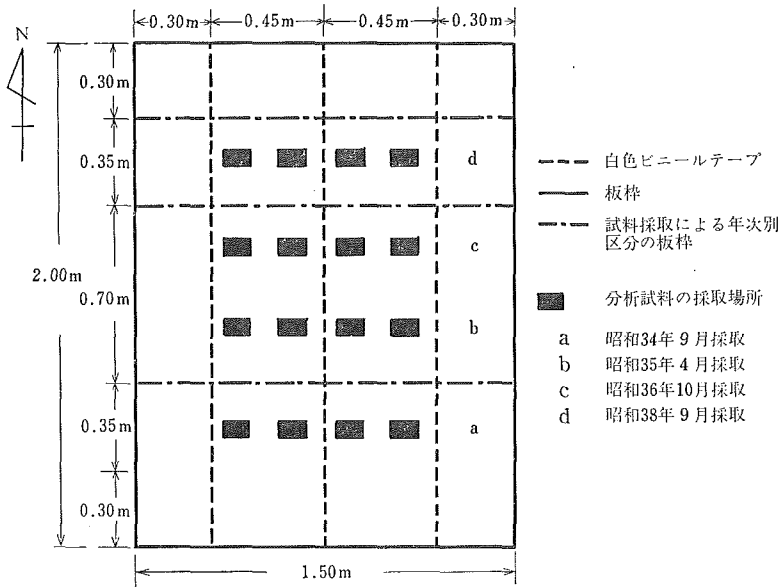
した。

石灰質資材中に含まれるCaOおよびMgOを定量した結果は表一3に示した如くである。

6 石灰質資材の施用方法

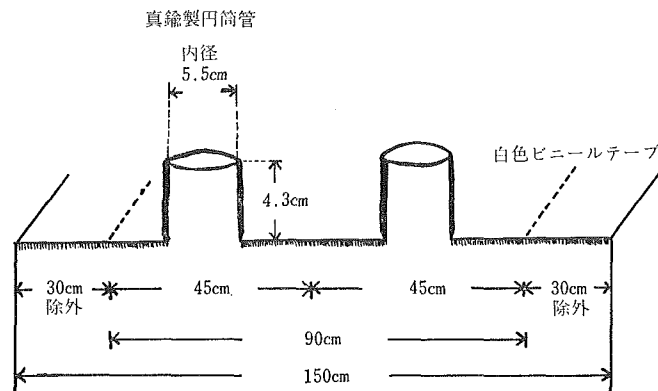
1 Plot (3 m²)、深さ10cmの新鮮土の重量は現地容積比重から計算すると326kgに相当する。昭和34年5月下旬から6月上旬にわたり各処理区の1 plot全面より表土326kgを台秤で秤量して採取した後、木箱(縦2.50m×横1.00m×高さ0.25m)に移し、表一4に表示した如く各種処理に基き石灰質資材の1 Plot当りの施用量を加え十分に混合し各Plotの表層へ戻した。この混合土壌と混合しない10cm以下の土壌との境界を明らかにするために東西の両端から30cmの部位と残りの90cmの中央部に白色ビニールテープを張り土中に埋設し目印とした。なお、無石灰区は石灰質資材を加えないだけでそれ以外は他の処理区と全く同様な操作を行なった。

次に、重量約40kgのコンクリート製ローラを2～3回試験区全面に引き表層土を鎮圧してから、全処理区について風雨による各処理区からの土壌の移動や表面流去水を防止するために巾15cmの板に防腐剤クレオソートを塗布し土中に5cm埋め、10cm地上に現われるように板枠を設置した。



図一 2 各処理区の見取平面図

7 現地容積比重の測定方法



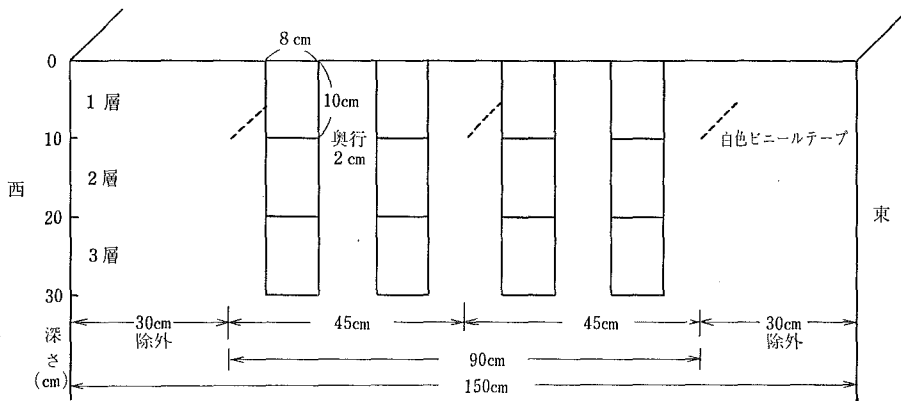
図一 3 現地容積比重の測定方法

現地容積比重の測定時期は分析試料の採取時期と同一である。
測定方法は図一 3 に示したように真鍮製円筒管蓋付（内径5.5cm×高さ4.3cm）102ml容

積のものを用い、各処理区の各層土壌について東西の両端30cmを除き残りの90cmを大体2等分しほぼ中央部分より各々1カ所宛測定した。採取しようとする土面は移植鍬で平らに削り取り円筒管の鋭利の部分を土面に、上部は平らな板をのせ手で廻すように挿入した。しかし硬い土壌の場合には手では挿入困難であるから足で廻すように踏込んだ。次に板を取り管内に土壌が十分満されていることを確認したならば上蓋をつけ周囲の土壌をできるだけ取り除き手を添えて移植鍬で掘り起し、管の外側および余分の土壌は切り落とし管内の土壌を残すことなくビニール袋に入れて研究室に持ち帰り室内で清潔な紙上で乾燥、秤量した後100ml容積の風乾土重量に補正した。

8 分析試料の採取方法

ABブロックは各処理区とも地表から10cm単位に6層(0-60cm)まで、CDブロックは各処理区とも地表から深さ10cm単位に3層(0-30cm)までとした。但し、昭和38年9月(最終回)の試料採取では全ブロックとも各処理区の地表から6層(0-60cm)までを採取した。



図一四 各処理区の分析試料の採取方法

図一四に採取方法を示したように、各処理区の東西両端30cmの部分を除いた残りの90cmの間隔を4等分したその中央部分4カ所から深さ10cm、横8cm、奥行2cmより試料を採取し、自動上皿秤で1カ所150gを目標に秤量し、4カ所合計約600gを十分混合しビニール袋に入れて研究室に持ち帰り室内で風乾した。掘り上げて残った土壌は元の場所に戻して固く踏つけておいた。その後、1層の風乾土壌は1mm、2層以下の風乾土壌は2mmの円孔篩でそれぞれ篩別して分析試料とした。

9 土壌の分析方法

pHの測定は新鮮土について行ない、土壌:H₂OまたはN-KClの比を1:2.5とし、懸濁液についてキンヒドロ電極法で測定した。

置換酸度(y₁)の測定はKappen法¹³⁾を用いた。

置換性石灰の定量は置換酸度測定の出る液を用い、EDTA滴定法で行なった。

有効性CaOの定量は無石灰区および石灰質資材施用区の風乾細土12.5gを三角フラスコに採取しN/2塩酸100ml加え室温で一昼夜時々振とうしながら浸出した後、ろ過した。次

に、検量線作成用のために無石灰区の水液を第1層では2ml、第2層では5ml、第3層では10ml採取し、標準カルシウム液を各々添加し、0—20PPmCaの濃度範囲になるように100ml調整した。石灰質資材施用区の水液は第1層では2ml、第2層では5ml、第3層では10ml採取し、純水を加えて各々100mlに調整した。以上のように調整した溶液について、日立207形原子吸光分光光度計を用い吸収量を読み取り検量線よりCaO含量を求めた。

試験結果

1 表層土（新鮮土）のpHを年次別にまた処理区別に測定し、平均値を求めた結果は表—5に示す如くである。

表—5 表層土（新鮮土）のpH

処 理	昭34・6月 (採取)		昭34・7月 (採取)		昭35・1月 (採取)		昭35・12月 (採取)		昭36・10月 (採取)		昭37・12月 (採取)		昭38・9月 (採取)	
	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl
1. 無石灰区	4.58	4.08	4.59	3.98	4.69	4.42	4.85	4.66	5.24	4.79	4.72	4.53	4.78	4.64
2. 消石灰(生)区	6.88	6.11	6.85	6.03	7.16	6.04	7.30	6.25	7.20	6.27	6.47	5.79	6.96	6.05
3. 消石灰区	6.79	5.92	6.56	5.74	7.21	6.09	7.36	6.40	7.17	6.25	6.50	5.74	7.01	6.07
4. 炭カル区	6.64	5.89	6.67	5.89	7.43	6.23	7.49	6.39	7.55	6.47	6.61	5.90	7.16	6.20
5. 炭酸苦土石灰区	6.46	5.45	6.58	5.43	7.44	6.16	7.67	6.42	7.65	6.59	6.84	5.97	7.27	6.13
6. 珪酸苦土石灰区	5.30	4.43	5.43	4.44	6.24	4.97	6.38	5.19	6.64	5.47	6.14	5.34	6.45	5.37
①. 炭酸苦土石灰区 + 炭カル	6.74	5.86	6.57	5.78	7.29	6.02	7.24	6.23	7.43	6.33	6.57	5.85	6.93	5.95
②. 珪酸苦土石灰区 + 炭カル	6.72	5.90	6.63	5.79	7.28	6.07	7.53	6.42	7.34	6.35	6.93	6.23	7.15	6.25

分析試料は各処理区の4カ所から深さ10cmまでを採取、各処理区とも4連の平均値を示す。

昭36・10月（採取）、昭38・9月（採取）のpHは表—6に示すpHを用いた。

表—5の表層（新鮮土）のpH（H₂OおよびKCl）を見るに各処理区の値は試験直後から終了まで採取時期によるpHの変動と同様な傾向を示した。反応矯正の度合は無石灰区・珪酸苦土石灰区を除く他の処理区の間には明らかな差異は認め難く、これらの処理区が目標pH（KCl）6.5に近く、珪酸苦土石灰区は無石灰区と他の処理区とのほぼ中間を示した。採取時期によるpH（H₂OおよびKCl）の変動は無石灰区も他の処理区も共に漸次上昇し、昭和35年12月から昭和36年10月にほぼ最高値に到達し、pH（KCl）の場合では珪酸苦土石灰区・無石灰区を除く他の処理区で目標pH（KCl）6.5にほぼ矯正された。その後は各処理区とも多少の差異はあるにしても傾向としては漸次下降するようである。

推計学的手法を用いて各処理区の測定値について三元配置法（処理・採取時期・ブロックの各因子）により分散分析を行ないF検定を行った結果、有意と判定されたもののうち処理・採取時期の水準間における有意差を推定したところ次のようであった。pH（KCl）の場

合、 $\alpha = 5\%$ で処理区間では $1 < 6 < 3 \cdot 5 \cdot 2 < 4 \cdot ②$, $6 < ① < 2$. 採取時期間では昭和34年7月<昭和34年6月<昭和37年12月<昭和35年1月<昭和38年9月<昭和35年12月<昭和36年10月. pH (H₂O) の場合、 $\alpha = 5\%$ で処理区間では $1 < 6 < 3 \cdot ① \cdot 2 < 4 \cdot ② \cdot 5$. 採取時期間では、昭和34年7月・昭和34年6月<昭和37年12月<昭和38年9月<昭和35年1月<昭和35年12月<昭和36年10月の如く有意差が認められた。

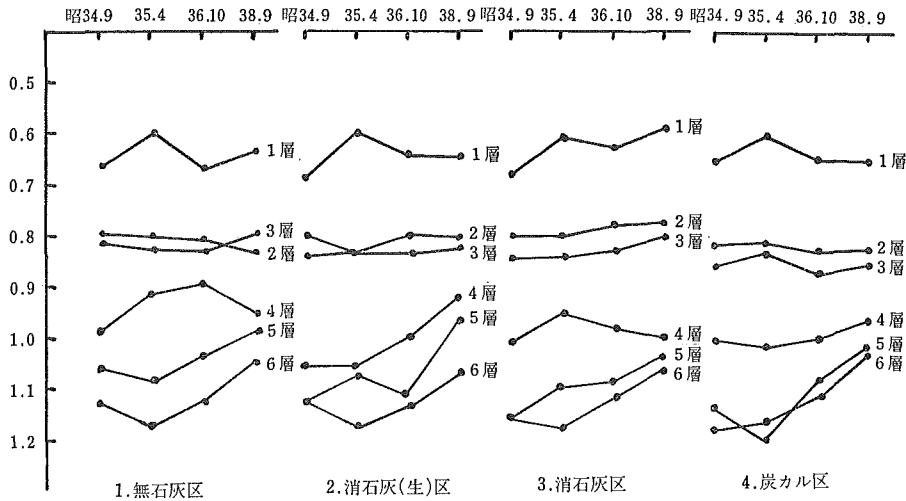
2 各処理区の各層から採取した新鮮土の pH を測定し平均値を求めた結果は表-6 に示す如くである。

表-6 各層新鮮土の pH

処 理	1 層 (0-10cm)		2 層 (10-20cm)		3 層 (20-30cm)		4 層 (30-40cm)		5 層 (40-50cm)		6 層 (50-60cm)	
	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl
1. 無石灰区	5.24	4.79	5.04	4.87	5.07	4.98	5.31	4.98	5.33	4.87	5.43	4.90
2. 消石灰(生)区	7.20	6.27	5.37	4.96	5.13	4.93	5.09	4.84	5.10	4.82	5.18	4.85
3. 消石灰区	7.17	6.25	5.45	4.95	5.35	5.00	5.14	4.89	5.36	5.05	5.39	5.04
4. 炭カル区	7.55	6.47	5.97	5.21	5.57	5.11	5.34	5.02	5.27	4.96	5.39	4.97
5. 炭酸苦土石灰区	7.65	6.59	5.91	5.17	5.60	5.17	5.42	5.10	5.44	5.01	5.47	5.02
6. 珪酸苦土石灰区	6.64	5.47	5.54	5.05	5.65	5.12	5.42	5.03	5.35	4.94	5.38	4.95
①. 炭酸苦土石灰区 + 炭カル	7.43	6.33	5.79	5.08	5.56	5.11	5.21	5.00	5.13	4.87	5.20	4.88
②. 珪酸苦土石灰区 + 炭カル	7.34	6.35	5.71	5.03	5.57	5.12	5.27	5.02	5.22	4.91	5.23	4.91

分析試料は昭和36年10月採取した。

各処理区とも1層・2層・3層では4連、4層・5層・6層では2連の平均値を示す。



昭34・9月, 昭35・4月, 昭36・10月の値は各処理区とも1層・2層・3層では4連、4層・5層・6層では2連の平均値を示す。

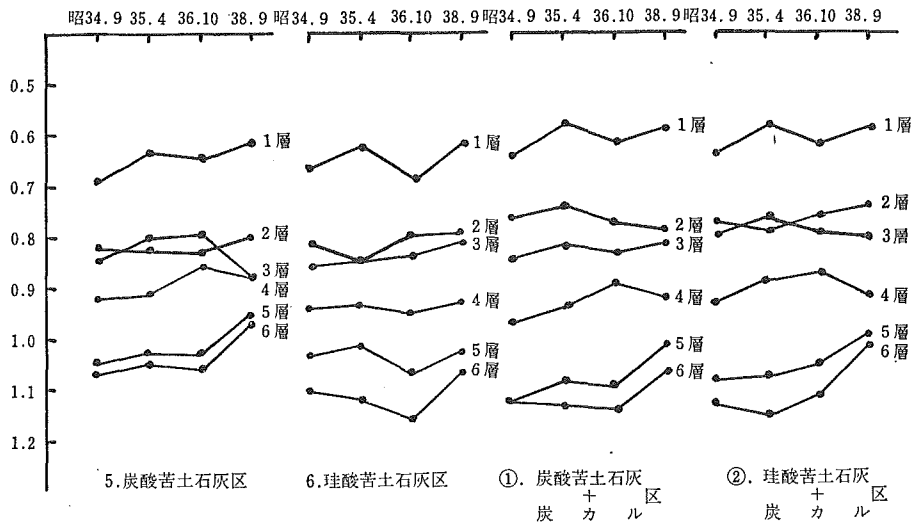
昭38・9月の値は各処理区とも4連の平均値を示す。

図-5 各層土壌の現地容積比重(風乾土)

表一六を見るに、石灰質資材の施用により第1層土の pH (H₂O および KCl) は無石灰区に比して顕著に上昇し、珪酸苦土石灰区だけが少々劣るように見受られた。昭和36年10月採取の pH (H₂O) の場合は無石灰区と比較してその他の処理区は第2層および第3層で、第1層からの Ca・Mg の影響を受けているのか僅かに pH が高く、第4層以下では無石灰区の pH と殆んど変らなかつた。昭和38年9月採取の pH (H₂O) の場合でも、昭和36年10月採取の場合とほぼ同様であり第2層から第4層まで Ca・Mg の影響を受けているのか僅かに pH が高く、第5層以下では無石灰区の pH と殆んど同様であつた。昭和36年10月・昭和

処 理	1 層 (0-10cm)		2 層 (10-20cm)		3 層 (20-30cm)		4 層 (30-40cm)		5 層 (40-50cm)		6 層 (50-60cm)	
	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl
1. 無石灰区	4.78	4.64	4.98	4.66	5.01	4.76	4.95	4.70	5.06	4.65	5.10	4.65
2. 消石灰(生)区	6.96	6.05	5.67	4.85	5.48	4.79	5.24	4.69	5.05	4.63	5.05	4.64
3. 消石灰区	7.01	6.07	5.63	4.85	5.52	4.82	5.21	4.70	5.10	4.67	5.13	4.66
4. 炭カル区	7.16	6.20	5.66	4.89	5.48	4.82	5.21	4.73	5.05	4.68	5.00	4.66
5. 炭酸苦土石灰区	7.27	6.13	5.69	4.84	5.51	4.83	5.32	4.77	5.05	4.71	5.06	4.72
6. 珪酸苦土石灰区	6.45	5.37	5.33	4.71	5.45	4.81	5.57	4.78	5.15	4.70	5.13	4.70
①. 炭酸苦土石灰区 炭カル	6.93	5.95	5.49	4.82	5.48	4.84	5.16	4.77	4.99	4.70	5.02	4.69
②. 珪酸苦土石灰区 炭カル	7.15	6.25	5.58	4.90	5.39	4.87	5.32	4.82	5.01	4.72	5.01	4.73

分析試料は昭和38年9月採取した。
各処理区とも4連の平均値を示す。



38年9月両採取時期のpH (KCl) の場合では、無石灰区と比較してその他の処理区の第2層は第1層からCa・Mgの影響を受けているのか僅かにpHが高く、第3層以下では無石灰区のpHと殆んど変わらないようであった。

推計学的手法を用いて各処理区の第3層までの測定値について三元配置法(処理・採取時期・層位の各因子)により分散分析を行ない、F検定を行った結果、有意と判定されたもののうち各因子の水準間における有意差を推定したところ次のようであった。pH (KCl) の場合、 $\alpha=5\%$ で処理区間では $1 < 6 < 2 \cdot 3 < \textcircled{1} < \textcircled{2} < 4 \cdot 5$ 。採取時期間では昭和38年9月<昭和36年10月。層間では第2層・第3層<第1層。pH (H₂O) の場合、 $\alpha=5\%$ で処理区間では $1 < 6 < 2 < 3 < \textcircled{1} \cdot \textcircled{2} < 4 \cdot 5$ 。採取時期間では昭和38年9月<昭和36年10月。層間では第3層<第2層<第1層の如く有意差が認められた。

3 各処理区の各層土壌の現地容積比重を測定し、平均値を求めた結果は図-5に示した如くである。

図-5を見るに、現地容積比重は表層土より下層土へ行くにしたがい孔隙量が減少し緻密になり次第に増加し、第6層では第1層の約2倍に増加した。しかし第2層と第3層との差は少なかった。第1層は、昭和35年4月までは各処理区ともほぼ同様であるが昭和36年10月以降においては無石灰区と比較するに珪酸苦土石灰区との差は認め難いがその他の処理区では僅かに減少するようである。第4層から第6層までは年次の経過と共に各処理区で漸次減少するようであるが、第2層と第3層ではその差が僅少でありほぼ同様に思われる。

推計学的手法を用いて、各処理区の第3層までの測定値について三元配置法(処理・採取時期・層位の各因子)により分散分析を行ない、F検定を行った結果、有意と判定されたもののうち各因子の水準間における有意差を推定したところ次のようであった。 $\alpha=5\%$ で処理区間では $\textcircled{2} \cdot \textcircled{1} < 3 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 1 < 5 \cdot 4$ 。採取時期間では昭和35年4月・昭和38年9月<昭和36年10月<昭和34年9月。層間では第1層<第2層<第3層の如く有意差が認められた。

4 各処理区による各層土壌中の風乾土に対するCa含有率を算出し平均値を求めた結果は表-7に示し、これを図に示すと図-6の如くである。

表-7に示すCa含有率の算出法は、各処理区とも無石灰区の該当する層のCaO含量を差引き、1層では1Plot深さ10cmに相当する新鮮土の重量326kgを風乾土に直し、10a当りの風乾土中に含有するCaO量を、また2層・3層では現地容積比重(風乾土)と深さ10cmを乗じ10a当りの風乾土中に含有するCaO量を各々求めた。更に各層について10a当りCaO施用量に対する含有率(%)を計算して4連の平均値を示した。

表-7および図-6を見るに、第1層のCa含有率は各処理区とも高く、各処理区間と比較するに炭酸苦土石灰区(平均96%)が最も高く、消石灰(生)区(平均79%)が最も低かった。年次の経過により第1層のCa含有率は珪酸苦土石灰区・炭酸苦土石灰区が他の処理区と相違し逆に漸増し、珪酸苦土石灰区では昭和35年4月(施用後10ヵ月)・炭酸苦土石灰区では昭和36年10月(施用後2年4ヵ月)でそれぞれ最高値を示し、その後両区とも漸減する傾向にある。それら以外の処理区は年次の経過に伴ない第1層のCa含有率は漸次減少の傾向を辿るようであるが、特に減少度の大きい処理区は消石灰区次に消石灰(生)区・珪酸苦土石灰+炭カル区であり、減少度の小さい処理区は炭酸苦土石灰区次に炭酸苦土石

灰+炭カル区の順であった。

第2層のCa含有率は第1層と比較して各処理区とも顕著に低く、試験当初昭和34年9月（施用後3カ月）の採取土壌では約2～4％であり、年次の経過により漸次増加する傾向にあるが試験後期昭和38年9月（施用後4年3カ月）の採取土壌でも約4～9％の範囲内であり僅か2～5％増加に過ぎず予想外に少なかった。年次の経過により第2層のCa含有率は各処理区の中でも炭カル区次に消石灰（生）区・炭酸苦土石灰+炭カル区・珪酸苦土石灰+炭カル区に若干増加するようであった。

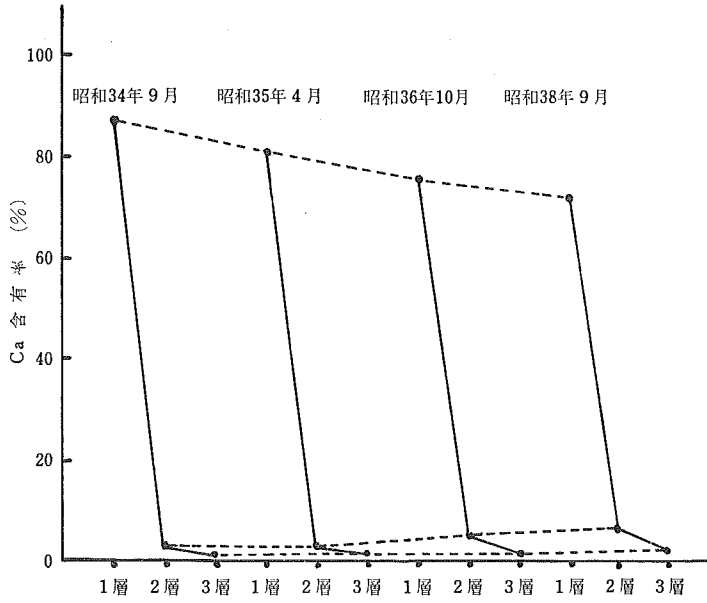
表-7 各層土壌のCa含有率

(風乾土)

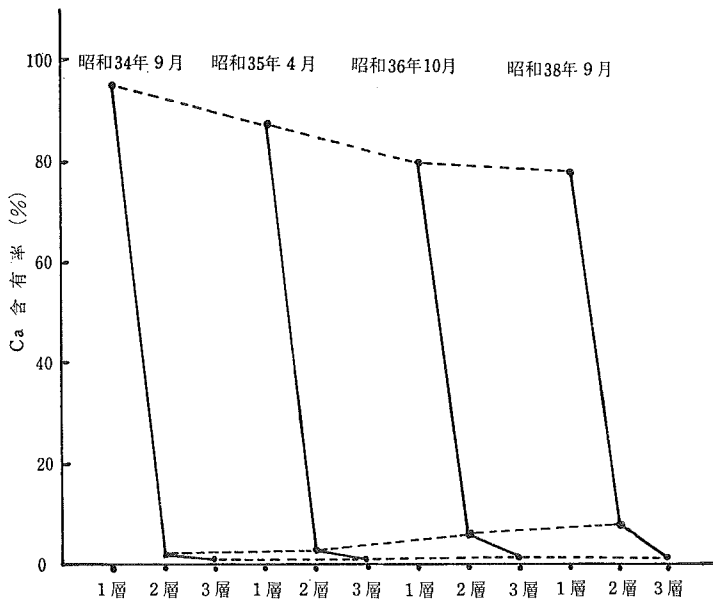
処 理	層位 (深さ)	昭和34年9月 (施用後3カ月)	昭和35年4月 (施用後10カ月)	昭和36年10月 (施用後2年4 カ月)	昭和38年9月 (施用後4年 3カ月)
2. 消石灰(生)区	1(0-10)cm	83.2%	81.2%	76.2%	74.5%
	2(10-20)	3.6	2.8	5.8	8.7
	3(20-30)	0.8	0.8	1.7	1.4
		(87.6)	(84.8)	(83.7)	(84.6)
3. 消石灰区	1(0-10)	88.1	80.9	75.7	72.5
	2(10-20)	2.5	2.5	5.2	6.3
	3(20-30)	0.5	0.9	1.3	1.1
		(91.1)	(84.3)	(82.2)	(79.9)
4. 炭カル区	1(0-10)	95.4	87.3	79.5	77.0
	2(10-20)	2.5	2.7	6.9	9.6
	3(20-30)	0.3	0.9	0.9	1.6
		(98.2)	(90.9)	(87.3)	(88.2)
5. 炭酸苦土石灰区	1(0-10)	92.4	95.2	105.1	93.5
	2(10-20)	2.4	3.5	6.8	4.9
	3(20-30)	0.5	1.1	1.1	1.1
		(95.3)	(99.8)	(113.0)	(99.5)
6. 珪酸苦土石灰区	1(0-10)	78.3	92.4	81.2	80.3
	2(10-20)	1.6	2.3	3.4	2.9
	3(20-30)	0.2	0.9	1.6	1.6
		(80.1)	(95.6)	(86.2)	(84.8)
①. 炭酸苦土石灰区 +炭カル	1(0-10)	95.5	90.9	83.1	78.9
	2(10-20)	1.8	1.9	5.2	6.6
	3(20-30)	0.4	0.5	1.4	1.3
		(97.7)	(93.3)	(89.7)	(86.8)
②. 珪酸苦土石灰区 +炭カル	1(0-10)	85.1	80.1	77.8	76.4
	2(10-20)	2.0	2.2	4.1	6.7
	3(20-30)	0.4	0.5	1.1	1.3
		(87.5)	(82.8)	(83.0)	(84.4)

()内の含有率は合計値を示す。

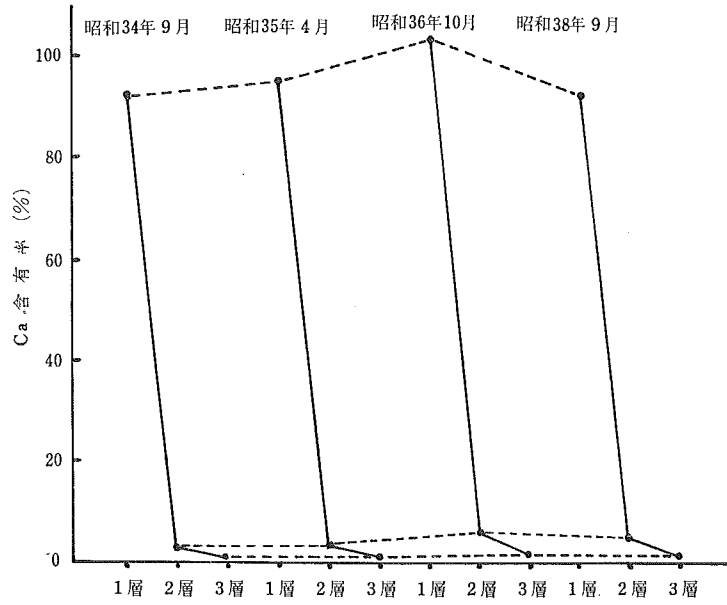
2 消石灰 (生) 区



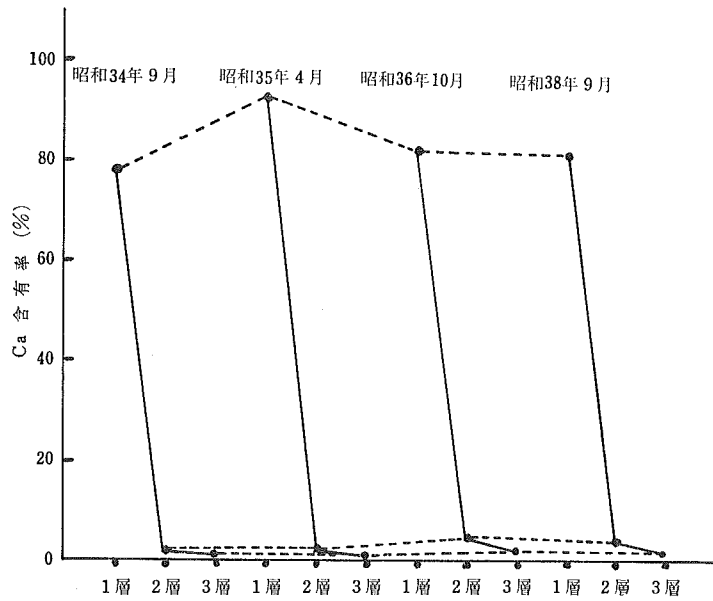
3 消石灰 区



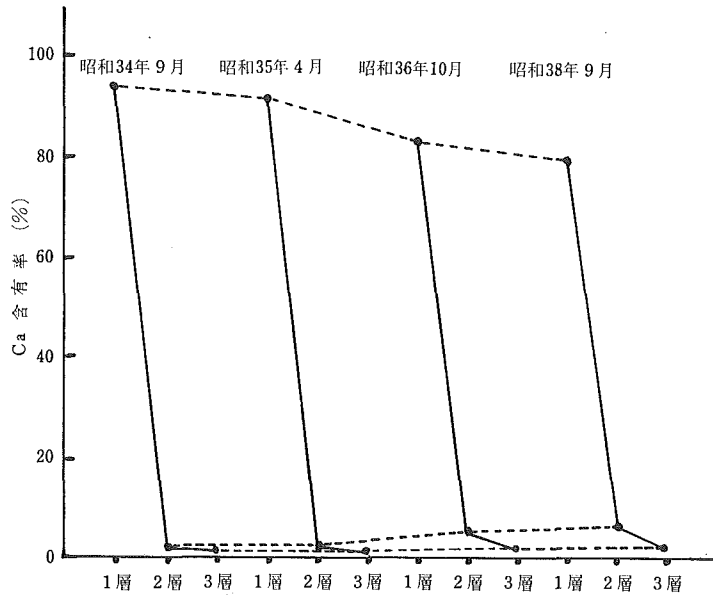
4 炭 カ ル 区



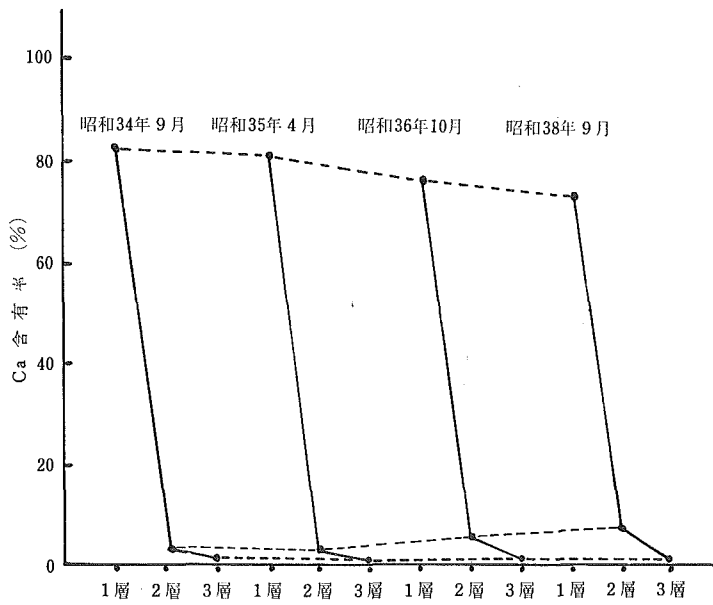
5 炭酸苦土石灰区



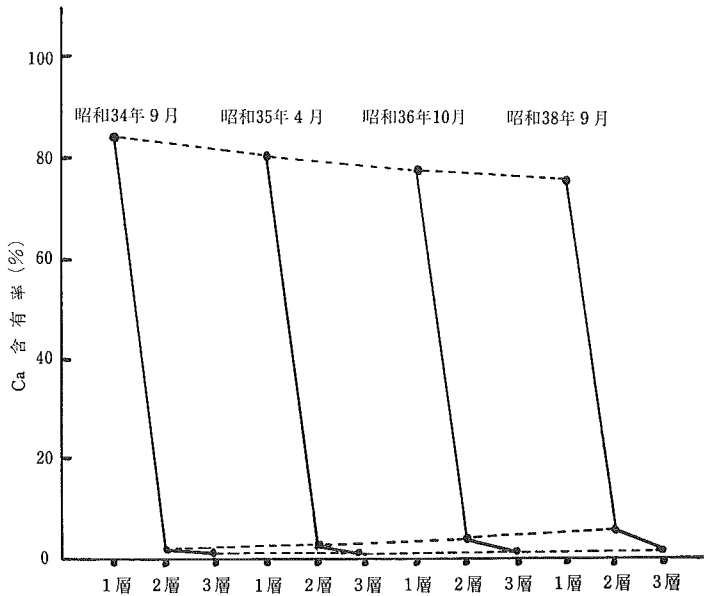
6 珪酸苦土石灰区



① 炭酸苦土石灰+炭カル区



② 珪酸苦土石灰+炭カル区



図一六 各層土壌のCa含有率

第3層のCa含有率は各処理区とも第2層よりも更に少なく試験期間を通じて2%以下であり、第2層の半分以下であった。年次の経過により、第3層のCa含有率の増加は試験後期においても当初より僅か1%内外に過ぎず殆んど問題にならない程度であった。試験当初より1%増加した処理区は炭カル区・珪酸苦土石灰区であった。

推計学的手法を用いて、表一七に示した処理区の第1層のCa含有率について三元配置法(処理・採取時期・ブロックの各因子)により分散分析を行ないF検定を行った結果は次のようであった。 $\alpha = 5\%$ で処理区間では2(消石灰(生)区)・3(消石灰区)・②(珪酸苦土石灰+炭カル区) < 4(炭カル区) < 5(炭酸苦土石灰区), ②(珪酸苦土石灰+炭カル区) < ①(炭酸苦土石灰+炭カル区)・6(珪酸苦土石灰区) < 5(炭酸苦土石灰区)で消石灰(生)区・消石灰区・珪酸苦土石灰+炭カル区で少なく、炭酸苦土石灰区で多く、採取時期間では昭和34年9月 > 昭和35年4月・昭和36年10月 > 昭和38年9月の如く有意差が認められ、年次の経過にしたがって減少していることがわかる。

要約並びに考察

消石灰(生)・消石灰・炭カル・炭酸苦土石灰・珪酸苦土石灰の施用により第1層の新鮮土(深さ0-10cm)のpH(H_2O およびKCl)は珪酸苦土石灰区を除き顕著に高い値を示し、昭和35年12月(施用後1年6カ月)および昭和36年10月(施用後2年4カ月)頃にほぼ目標pH(KCl)6.5に接近し、その後漸次下降する傾向が見られる。これらの資材間による反応矯正の効果については明らかな差異は認められなかった。珪酸苦土石灰区では10a当り

CaO 換算量が他の処理区よりも多量であるにもかかわらず目標 pH まで上昇し得なかったことより、他の処理区よりも反応矯正の効果が劣るようであるけれども炭カルを同時に施用することによって目標 pH まで到達することができる。

石灰質資材の施用により第1層(新鮮土)の pH は漸次上昇するのに対し、Ca 含有率は炭酸苦土石灰区と珪酸苦土石灰区を除く他の処理区では時期的に漸減する傾向が見受けられる。また炭酸苦土石灰区では昭和36年10月(施用後2年4カ月)、珪酸苦土石灰区では昭和35年4月(施用後10カ月)にCa含有率はそれぞれ漸次上昇するが、その後は他の処理区と同様に減少するようになる。それは炭酸苦土石灰および珪酸苦土石灰は他の資材と比較して溶解度が低いためであり、第1層から移動するカルシウムを減少させ或いはN/2塩酸可溶性カルシウムの減少を遅らせているのに役立っているものと考えられる。

容積重については、各処理区間の差異は僅少であり、消石灰区・炭酸苦土石灰+炭カル区・珪酸苦土石灰+炭カル区で僅かに低い値を示すようである。各処理区とも下層へ行くにしたがって高い値を示し、第1層から移動してきたカルシウムは容積重に殆んど影響しないようである。

第1層から第6層に至る新鮮土の pH (H_2O および KCl) の差異は石灰質資材の施用により第1層と第2層との間には顕著な差異が認められるが、第2層または第3層以下での pH の差異は無石灰区と他の処理区間および年次の経過によっても僅少であることより、第2層以下へのカルシウムの移動は各層の pH および Ca 含有率から見ても少ないように思われる。

Ca 含有率については、各処理区の第1層で最高値を示し、第2層で顕著に少なく第3層では更に少なく、第2層と第3層との差異は僅少であることなど Ca 含有率と pH との関係は大体対応している。Ca 含有率は第1層では炭酸苦土石灰区が最高値を示し、消石灰区・消石灰(生)区・珪酸苦土石灰+炭カル区が他と比較して低い値を示し、第2層および第3層では珪酸苦土石灰区が僅かに低く消石灰(生)区が僅かに高かった。

第1層から第3層までの Ca 含有率の合計値は炭酸苦土石灰区が最高値を示し、次が炭酸苦土石灰+炭カル区であり、消石灰区・消石灰(生)区・珪酸苦土石灰+炭カル区などが低い値を示した。更に第1層に施用したカルシウムと第1層から第3層までの Ca 含有率の合計値との差が仮に第4層以下へ移動したとすれば、その量は炭酸苦土石灰区が最低値を示し、消石灰区・消石灰(生)区・珪酸苦土石灰+炭カル区が高い値を示すことになる。

青木氏ら⁸⁾は開墾した火山灰土壌(黒土)と鈹質土壌にそれぞれ10a 当り563kg と450kg の市販炭カルを施用し無施肥、裸地状況で石灰の移動流亡状況をN/2酢酸可溶CaOを定量して調査した。その結果によれば火山灰土壌では2年後に施用石灰の44.2%が深さ30cm以下の下層に移行流亡し、他方鈹質土壌では410日後に50.0%の石灰が移行流亡するとした。しかし著者らの試験成績は原野を開墾して無施肥、裸地状態で4年3カ月後においてN/2塩酸可溶性Caを定量した結果では、深さ30cm以下へ移動したと思われるCaの計算量は施用石灰に対して最も少ない値を示したのが炭酸苦土石灰区の0.5%、最も多い値を示したのが消石灰区の20.1%でありその量も高々約20%に過ぎなかった。その他の処理区では両者の範囲内にあった。

彼らの試験成績よりも可成り低い値を示したことは、試験地土壌の性質や試験期間中の降

雨量などの影響によるものか考慮しなければならないにしても、弱酸としての N/2 酢酸浸出液では溶解しにくい Ca が含有されていて強酸の N/2 塩酸浸出液によって溶解され結果的には低い値を示したものであろうと考えられる。なお今後この点について研究を要する問題である。

摘 要

火山灰質の腐植質強酸性埴壤土の原野を開墾し、消石灰(生)・消石灰・炭カル・炭酸苦土石灰・珪酸苦土石灰を施用し、裸地状態のまま4年3カ月間放置し、その間 N/2 塩酸可溶性カルシウム・マグネシウムを定量することによりこれら石灰質資材中に含まれるカルシウムおよびマグネシウムがどの程度移動するかについて圃場試験を実施した。

得られた結果のうち、主としてカルシウムについて要約すれば次の如くである。

- 1) 反応矯正の効果は炭カル・炭酸苦土石灰が優り、珪酸苦土石灰は劣るようであった。
- 2) 新鮮土の pH は石灰質資材の施用により第1層(0—10cm)では顕著に上昇したが、第2層(10—20cm)および第3層(20—30cm)では無石灰区より僅かに高く、第4層(30—40cm)以下では無石灰区と殆んど同様であった。
- 3) 現地容積重では無石灰区と比較して石灰質資材の施用による差異は僅少であった。
- 4) 土壌に施用された炭酸苦土石灰中のカルシウムの N/2 塩酸に対する溶解度は他の石灰質資材の場合に比して低いようであった。
- 5) 試験開始4年3カ月後においても、第2層および第3層土壌中における N/2 塩酸可溶性カルシウムは無石灰区に比してさほど多くないが、第1層から第3層までの N/2 塩酸可溶性のカルシウム合計量は炭酸苦土石灰区に多く、消石灰区に少なかった。またこれから計算した第4層以下へのカルシウムの移動量は炭酸苦土石灰区(0.5%)に少なく、消石灰区(20.1%)に最も多いようであった。

謝辞 カルシウムおよびマグネシウムの定量に際し、原子吸光分光光度計使用の便宜をあたえていただいた信州大学農学部畜産学科家畜飼養飼料学研究室に感謝の意を表す。

文 献

1. 開拓地土壌調査事業十周年記念論集，農林省農地局，P. 534 (1959)
2. " P. 537
3. " P. 549
4. " P. 556
5. " P. 566
6. " P. 911
7. 青木・山本・北野：京都工芸繊維大学繊維学部学術報告，2，86 (1957)
8. 青木・山本・北野：土肥誌，29，25 (1958)
9. 出井：九州農業試験場彙報，6，181 (1960)
10. 大槻・中路：信州大学農学部学術報告，9，35 (1965)
11. 農芸化学実験書(新改版)，第1巻，産業図書，P. 300 (1957)

12. // P. 129
13. // P. 250
14. 低位生産地改良資料第25号, 土壤分析法, 農林省農業改良局, P. 66 (1953)

**Studies on the Volcanic Ash Soil of Diluvial Epoch.
I. On the Movement of Calcium in Volcanic Ash
Organic Soil**

By Sadao ŌTSUKI and Tsutomu NAKAJI

Laboratory of plant Nutrition, Fac. Agric., Shinshu Univ.

Summary

After reclamation of the field of volcanic ash organic soil (heavy acid), and liming materials (slaked lime hydrated from calcined lime, slaked lime, ground calcitic limestone, ground dolomite and slag) were incorporated in the first layer (depth 0-10cm) of fresh soil. After about four years under non-planted bare field condition, contents of calcium and magnesium in each layer of soil were determined with N/2-hydrochloric acid extraction and the degree of movements of applied calcium and magnesium from the surface layer to the sub-layer of soil was clarified in the field experiment.

In this report, the results obtained concerning calcium will be summarized as follows.

- 1) The effects of application of ground calcitic limestone and ground dolomite were better than that of slag.
- 2) In the application of the liming materials, pH of the first layer (depth 0-10cm) was markedly increased, but pH of the second (depth 10-20cm) and the third layer (depth 20-30cm) was slightly higher than that of the non-treatment, and pH of below the fourth layer (depth 30-40cm) was almost same as that of the non-treatment.
- 3) In the application of the liming materials, changes of volume weight of soil were slightly from the non-treatment.
- 4) In the ground dolomite application, solubility of calcium with N/2-hydrochloric acid was lower than that of the other liming materials.
- 5) After about four years, contents of N/2-hydrochloric acid soluble calcium in the second and the third layer were slightly increased. From the first to the third layer, as to the total amount of N/2-hydrochloric acid soluble calcium was greater in ground dolomite than that in slaked lime. But the calculated amount of calcium moved to below the fourth layer was greater in slaked lime (20.1%) than that in ground dolomite (0.5%).