

土壤加熱による酸度の変化に関する研究

矢 木 博*・矢彦沢 清 允*

Hiroshi YAGI, Kiyochika YAHIKOZAWA : Studies on the
Change of Acidity by Soil Heating.

(昭和35年9月1日受理)

焼土によつて、土壤の肥沃度を高める慣習は古くからわが国のみならず外国においても行われていた。

大工原¹⁾は大阪、兵庫、新潟、静岡、福井、鳥取、山口、大分、宮崎の諸府県下において焼土を施用する慣行があり、愛知、山梨、徳島、高知の諸県において往時一部に焼土を施用したことがあると調査報告している。Ehrenberg²⁾は英国、ドイツ、フランスおよびオランダの一部において、泥炭土もしくは重粘土等の改良法として土壤を焼く慣習があつたことを報告している。

大工原¹⁾は燻焼によつて土壤中の三要素の有効化、また土壤の粘性が著しく改良されて粗鬆となり、その抱水力を低減し、土壤に水を飽和した場合の土壤の孔隙は著しく増加して、土壤の性質を改良することが出来ると報告している。三井³⁾は土壤加熱による土壤潜在養分の有効化の程度およびその機作に関し詳細な研究をしている。その結果によれば西ヶ原洪積層畑土壤1点、鴻巣沖積層水田土壤2点、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 5.7, 6.0, 5.8 置換酸度 y_1 0.9, 1.3, 0.5の酸度の極めて小さい3点の土壤について65°C, 100°C, 130°C, 170°C, 200°C, 300°C, 400°Cに4時間保つた後 pH および置換酸度などを測定し、170~200°Cにおいて pH 値は最小、置換酸度は最大となるが、300°C, 400°Cと加熱温度の高くなるに従つて置換酸度が減少すること、更に加熱による酸性増加の原因として加熱により脱アミノなどによる水溶性および揮発性の有機酸性物質の生成と置換性の鉄およびアルミナの増加によることを報告している。Fujimoto, C, K & Sherman, G.⁴⁾ および著者ら⁵⁾は土壤加熱により土壤中の有効マンガンが増加することを発表している。大工原は酸性土壤を250°Cにおいて1時間加熱したところいずれもその酸性反応に変化がみられなかつたが、2時間これを加熱するときは全くその酸性反応を失うに至つたと報告している。これに対し大杉⁶⁾は三方原の酸性土壤を白金皿に入れ、直接火焰をもつて3時間加熱し、冷却後常法によりその酸度を定量し、これを加熱しない場合と比較して、全酸度の約半分は消失することを得たが、これ以上は常に残存することを認めたと報告している。

これらの成績から200°C以上の加熱により土壤酸度が減少することが認められる。200°C以上の加熱処理は土壤中の有機物および窒素の損耗をきたすので従来適当でないとされている。しかし近年強酸性土壤の開拓地で土壤を高温加熱して好結果を得ている例が多い。腐植過多の強酸性土壤は緩衝能が強くその反応矯正に極めて多量の石灰が必要であり、かつ酸性腐植は石灰保持力が Montmorin 群や Kaolin 群の粘土礦物に比し著しく小さく、施用した石灰が著しく流亡し易い。反応矯正のため10アール当り300~500kg施用した石灰の $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{2}$ 量が1年間に

* 信州大学繊維学部土壤肥科学研究室

溶脱することは珍しくない。石灰矯正のための石灰量の節約あるいは石灰の溶脱防止の点から高温処理による酸度の変化について研究の必要を感じた。

多数の土壌について加熱試験を行つた結果、陽イオンを吸着置換する陰荷電の種類、例えば有機物と無機物によりまた無機物では粘土礦物の種類によつて高温加熱による酸度の変化に著しい差異があることを認めた。即ち腐植質火山灰土壌では 300°C の加熱で略々酸度がなくなるが礦質土壌ではその加熱温度では酸度が相当残ること、また montmorin 群土壌では 600~700°C の加熱で酸度が著しく減少するのに対して Kaolin 群土壌では高温加熱による酸度の変化が徐々であるなどの結果を得たのでそれらの結果を報告する。

実験材料および方法

(a) 供試土壌 供試した土壌は第 1 表の通りである。長野・菅平、長野・野辺山、山梨・甲斐大泉、静岡・西富士、鳥取・大山、熊本・阿蘇の 6 点は腐植質酸性火山灰土壌で、他は礦質酸性土壌である。礦質酸性土壌のうち山形・水沢、福岡・香椎、福岡・桂川はいずれも第三紀の強酸性土壌で塩基置換容量が大きい。また愛知・高師ヶ原、佐賀・大浦は洪積層土壌で塩基置換容量がそれぞれ 8.5 m. e., 20.5 m. e. また塩基飽和度はそれぞれ 2.0%, 66.3% で大きい差異が認められた。土壌中の粘土礦物は火山灰土壌では主として Allophane と Hydrated halloysite からなり、水沢、桂川、香椎の土壌は Montmorin 系で、高師ヶ原、大浦の土壌は Kaolin 系と考えられる。

(b) 実験方法 風乾細土 50g を磁製皿にとり、これを電気炉で所定の温度に達せしめた後、5 時間静置し、冷却後加熱を行つた土壌について灼熱減量、腐植、pH(KCl)、pH(H₂O)、置換酸度、加水酸度、置換性のカルシウム、マグネシウム、カリウム、ナトリウム、塩基置換容量を測定した。灼熱減量は大島、福田式加熱連続精秤装置を使用した。この測定の原理は試料物質の重量変化に伴う石英スプリングの伸縮による鉄心の移動に対して、ソレノイド電磁力を調節して、鉄心を零位に定座せしめるようにし、その際加減せる電流の値から予め作成した検度表にて重量の値を求める。この方法では昇温の速度によつて脱水曲線が變つてくるので、同じ条件で比較した。一定の温度で放置し 5 分間の減量が 1 mg 以下になれば 50°C 上昇させ、

Tab. 1 Descriptions of the soils studied

No. of samples	Locality		Origin	Depth (cm)
1	Sugadaira	• Nagano	Volcanic ash	0~ 20
2	Nobeyama	• "	"	"
3	Kaiōizumi	• Yamanashi	"	"
4	Nishifuji	• Shizuoka	"	"
5	Daisen	• Tottori	"	"
6	Aso	• Kumamoto	"	150~190
7~	Mizusawa	• Yamagata	Tertiary	30~ 50
8	Katsuragawa	• Fukuoka	"	75~ 78
9	Kashii	• "	"	20~ 50
10	Takashigahara	• Aichi	Diluvium	20~ 40
11	Ōura	• Saga	"	100~200

Tab. 2 Chemical characteristics of the air dried soils and the heated soils. (Oven-dry basis)

No. of Samples	Heating Temp. (°C)	Ignition Loss (%)	Humus (%)	pH		Exch. Acidity (y ₁)	Hydrol. Acidity (y ₁)	Base Exch. Capacity (m.e./100g)	Exch. Base (m.e./100g)				Tol. Exch. Base m.e./100g	Degree of Satd. Base (%)
				KCl	H ₂ O				Ca	Mg	K	Na		
1	air	34.4	27.6	4.5	5.4	12.3	83.8	60.6	11.9	2.2	0.6	0.6	15.3	25.2
	300	2.2	4.8	6.5	7.2	trace	trace	8.4	14.9	0.9	1.1	1.1	18.0	214.2
	400	1.8	0.4	7.3	7.5	—	—	5.1	11.9	3.3	1.4	0.6	17.2	337.2
	500	1.6	0.2	7.3	7.4	—	—	5.0	13.9	0.9	1.1	1.3	17.2	344.0
	600	1.4	0.2	7.4	7.6	—	—	5.0	11.8	0.5	1.0	0.7	14.0	280.0
2	700	1.1	0.2	7.4	7.5	—	—	3.6	7.9	0.5	0.2	0.2	8.8	244.4
	800	0.0	0.1	7.4	7.5	—	—	2.8	2.5	0.5	0.1	0.2	3.3	117.8
	air	37.7	16.2	4.2	5.3	5.1	61.2	34.8	4.8	0.4	0.4	0.1	5.7	16.3
	300	3.5	1.4	6.0	6.6	trace	trace	11.5	3.3	0.6	1.1	0.1	7.1	62.7
	400	0.4	0.5	6.4	6.7	—	—	7.6	6.9	0.6	1.7	0.6	9.8	128.9
3	500	0.1	0.5	6.4	6.7	—	—	2.3	4.9	1.1	1.0	0.8	7.8	339.1
	600	0.2	0.2	7.1	7.3	—	—	2.6	3.1	0.5	0.7	0.5	6.8	261.5
	700	0.0	0.1	7.1	7.3	—	—	2.5	4.1	0.5	0.5	0.6	5.7	228.0
	800	0.0	0.1	7.2	7.5	—	—	2.2	1.7	1.0	0.2	0.4	3.3	150.0
	air	36.2	21.3	4.2	5.2	18.6	83.9	44.2	2.1	0.4	0.2	0.1	2.8	6.3
4	300	10.1	5.1	5.3	6.1	trace	1.8	8.1	2.1	0.5	1.3	0.2	4.1	50.6
	400	9.8	1.2	6.1	6.3	—	trace	6.0	3.3	2.3	1.7	0.5	7.8	130.0
	500	0.5	0.2	6.5	6.8	—	—	2.5	2.2	0.5	1.1	0.3	4.1	164.0
	600	0.0	0.2	7.1	7.3	—	—	2.1	2.1	0.5	1.9	0.4	3.9	185.7
	700	0.0	0.2	7.1	7.3	—	—	2.8	1.5	0.5	0.6	1.0	3.6	128.5
5	800	0.0	0.1	7.1	7.3	—	—	2.6	2.4	0.9	0.2	0.6	4.1	157.6
	air	37.0	23.7	4.1	5.0	13.8	76.2	33.1	0.1	0.4	0.2	0.3	1.0	3.3
	300	11.1	4.6	5.0	6.0	trace	2.6	9.8	0.9	1.0	1.2	0.7	3.8	38.7
	400	0.5	0.2	5.2	6.1	—	2.4	8.1	1.7	1.0	1.7	1.1	5.5	67.9
	500	0.3	0.2	6.0	6.3	—	trace	2.9	1.6	1.0	1.3	1.2	5.1	172.4
5	600	0.2	0.2	6.4	6.8	—	—	1.9	1.8	1.0	1.1	0.9	4.8	252.6
	700	0.0	0.1	6.4	6.8	—	—	1.0	0.4	0.5	0.6	1.3	2.8	280.0
	800	0.0	0.1	6.8	7.1	—	—	1.0	0.3	0.5	0.6	1.2	2.6	260.0
	air	24.9	12.1	4.5	5.5	6.6	50.7	23.2	2.3	0.4	0.9	1.2	4.8	20.6
	300	4.1	0.6	5.8	5.8	0.1	2.6	10.2	2.2	0.4	0.9	1.4	4.9	48.0
5	400	1.5	0.2	6.3	6.5	trace	1.8	6.6	2.4	0.9	0.8	0.8	4.9	74.2
	500	0.2	0.2	6.4	6.7	—	—	3.3	1.6	0.5	0.9	0.4	3.4	103.0
	600	0.2	0.2	6.5	6.6	—	trace	2.5	2.2	0.6	1.4	0.4	4.6	184.0
	700	0.0	0.1	7.0	7.1	—	—	2.7	0.4	0.6	0.7	0.8	2.5	92.5
	800	0.0	0.1	7.0	7.1	—	—	2.1	0.8	0.9	0.6	0.5	2.9	128.5

6	air	dry	24.7	10.5	5.5	5.6	1.7	41.4	39.2	19.9	3.7	0.6	1.8	26.0	66.3
		300	15.8	2.0	6.5	6.7	trace	0.4	22.3	34.3	5.6	0.5	0.3	40.7	182.5
		400	1.1	0.1	6.6	7.0	"	0.4	16.1	31.2	3.1	0.5	0.2	34.9	217.3
		500	0.5	0.1	6.6	7.0	"	trace	13.5	23.8	1.1	0.8	0.2	25.8	191.8
		600	0.5	0.1	6.0	6.2	"	"	4.2	7.4	1.2	0.9	0.3	9.8	233.3
7		700	0.0	—	6.3	6.3	—	—	3.1	4.8	1.0	0.3	0.6	6.1	203.2
		800	0.0	—	6.3	6.3	—	—	2.7	4.4	1.0	1.3	0.6	7.3	280.3
	air	dry	5.8	0.8	4.0	5.0	82.2	73.3	55.0	6.6	1.5	0.8	1.5	10.4	18.9
		300	1.5	0.4	4.0	5.0	52.0	63.4	63.2	9.3	1.4	1.3	2.0	14.0	22.1
		400	1.5	0.2	4.3	5.4	52.0	63.4	56.6	7.1	0.5	1.7	1.3	10.6	18.7
8		500	0.5	0.2	5.0	6.0	51.6	62.4	52.4	5.1	0.3	2.4	0.9	8.7	16.6
		600	0.1	0.1	6.1	6.3	1.8	11.4	14.0	4.0	0.4	2.1	0.2	6.7	47.8
		700	0.0	—	6.2	6.4	0.4	1.7	3.1	2.2	0.4	0.3	0.1	2.8	90.3
		800	0.0	—	6.3	6.5	trace	—	3.0	2.2	0.3	0.1	0.1	2.7	90.0
	air	dry	5.8	0.7	4.5	5.3	197.1	184.3	48.0	trace	1.0	0.3	0.3	1.6	3.3
9		300	1.6	0.4	4.5	5.3	93.6	105.0	35.0	"	0.4	1.0	1.5	2.9	8.2
		400	1.6	0.1	4.5	5.5	73.8	90.4	30.7	"	1.0	1.1	1.2	3.3	10.7
		500	0.5	—	4.5	5.5	39.5	56.1	28.3	"	1.5	1.2	1.0	3.7	13.0
		600	0.0	—	4.5	6.0	18.7	—	13.3	"	1.1	0.8	0.5	2.4	18.0
		700	0.0	—	5.0	6.1	trace	—	2.5	"	1.2	0.3	0.1	1.6	64.0
10		800	0.0	—	5.1	6.2	"	—	1.1	"	0.5	0.3	0.1	0.9	81.8
		900	0.0	—	5.2	6.2	"	—	1.1	"	0.4	0.3	0.1	0.8	72.7
	air	dry	10.2	0.7	3.9	5.3	138.3	122.4	34.5	trace	1.1	0.2	0.3	1.6	4.6
		300	3.6	0.2	4.3	5.0	108.1	79.0	39.9	"	1.5	1.1	0.1	2.7	6.7
		400	0.7	0.1	4.3	5.3	50.9	68.6	36.8	"	1.2	1.6	0.3	3.1	8.4
11		500	0.5	—	4.7	5.8	61.3	72.8	23.8	"	0.5	1.7	0.1	2.3	8.6
		600	0.2	—	5.1	6.0	29.1	43.6	13.3	"	1.1	1.1	0.1	2.3	17.2
		700	0.0	—	5.3	6.2	3.5	16.0	4.2	"	1.1	0.8	0.1	2.0	47.6
		800	0.0	—	5.4	6.2	2.8	—	1.9	"	0.5	0.4	0.1	1.0	52.6
		900	0.0	—	5.4	6.2	2.0	—	1.8	"	0.5	0.2	0.1	0.8	44.4
10	air	dry	9.0	1.2	4.5	5.5	7.9	21.1	9.4	2.1	0.4	0.2	0.1	2.8	29.7
		300	5.3	0.1	4.8	5.5	2.9	13.4	9.4	1.2	0.4	0.9	0.2	2.7	28.7
		400	2.0	—	4.8	5.8	1.9	10.0	9.4	1.2	0.3	0.6	0.1	2.2	23.4
		500	2.0	—	5.3	5.7	1.8	9.3	8.6	1.0	0.3	1.4	0.1	2.8	32.5
		600	0.4	—	5.5	5.8	1.3	8.9	7.6	0.5	0.4	1.4	0.1	2.4	31.5
11		700	0.0	—	5.6	6.7	1.0	6.6	4.2	0.4	0.4	0.7	0.1	1.6	38.0
		800	0.0	—	5.6	6.7	0.7	5.1	3.1	0.3	0.3	1.1	0.1	1.8	58.0
		900	0.0	—	5.6	6.7	0.5	4.5	2.0	0.3	0.4	0.3	0.1	1.1	55.0
	air	dry	16.0	0.7	4.8	5.5	28.7	48.7	20.5	0.6	1.6	0.1	2.7	5.0	24.3
		300	7.6	0.4	5.3	6.2	8.3	32.0	19.1	0.6	1.1	0.1	2.8	4.5	23.5
11		400	1.7	0.3	5.3	5.7	7.9	31.2	11.5	0.3	1.1	0.1	1.0	2.5	21.7
		500	0.5	0.3	5.4	6.1	7.5	29.1	10.1	0.2	1.1	0.2	1.0	2.4	23.7
		600	0.1	0.2	5.5	6.3	7.3	26.0	8.5	0.2	1.0	0.2	2.0	3.4	40.0
		700	0.0	0.2	5.5	6.7	6.0	—	5.1	0.2	1.0	0.1	2.1	3.4	66.6
		800	0.0	—	5.5	6.7	3.6	—	4.8	0.2	1.0	0.1	2.3	2.3	47.9
		900	0.0	—	5.5	6.7	2.9	—	4.1	trace	1.0	0.1	2.1	2.1	51.2

900°Cまで測定した。腐植は Tiulin 法⁸⁾により、pH (KCl) は 1 : 2.5 の 1 規定塩化カリウム液の懸濁液につき、また pH (H₂O) は 1 : 2.5 の水懸濁液についてそれぞれガラス電極法によつて測定した。置換酸度 y_1 、加水酸度 y_1 は常法⁹⁾によつた。置換性カルシウム、カリウム、ナトリウムは M. Fieldes らの方法⁹⁾により、また置換性マグネシウムは山崎らの干渉相殺法¹⁰⁾によりそれぞれ炎光分析装置を使用して定量した。塩基置換容量は吉田、原田法¹¹⁾によつて定量した。

実験の結果と考察

実験結果は第 2 表に示す通りである。菅平、野辺山、甲斐大泉、西富士、大山、阿蘇の火山灰土壌の陰荷電の主因は腐植と Allophane あるいは Hydrated halloysite である。供試火山灰土壌は腐植の含量が多く、腐植は塩基置換容量が大きいのでいずれも原土の塩基置換容量が 23.2~60.6 m. e. で大である。腐植質火山灰土壌は 300°C の加熱によつて腐植が著しく減少するためいずれも塩基置換容量が著しく小さくなる。その結果塩基飽和度が大きくなり、酸度が著しく減少する。300°C の加熱で菅平、野辺山土壌は置換酸度、加水酸度とも痕跡になり pH も 6~7 を示している。またその他の火山灰土壌は加水酸度を僅かに残す程度で置換酸度はいずれも痕跡である。反応矯正のための火山灰土壌の加熱処理は 300°C で有機物が分解するのでその目的が達せられると考えられる。桂川土壌は青峯により Montmorin 系の粘土礦物からなることが判明している土壌であり、また水沢、香稚の土壌は腐植が少ないにもかかわらず塩基置換容量が大きく、脱水曲線からも Montmorin 系の土壌と考えられる。この 3 点の土壌は 300~500°C の加熱で酸度が減少するが塩基置換容量の値が小さくならないために塩基飽和度が低く、この加熱温度ではいずれも強酸性を示している。しかし 600~700°C の加熱で塩基置換容量が著しく小さくなり、塩基飽和度が大きくなつて酸度が著しく減少している。次に大浦土壌は青峯により Kaolin 系粘土礦物として Hydrated halloysite を含有していることが判明している。高師ヶ原土壌は Kaolin 系の粘土礦物を含むことが判明している。大浦、高師ヶ原土壌は 300°C の加熱で酸度は減少するが塩基置換容量の減少割合が小さいために 500°C の加熱でも置換酸度が相当残る。900°C の加熱でも置換酸度がなお残り、加熱により酸度は徐々に減少することを認めた。

摘 要

1. 腐植質酸性火山灰土壌は 300°C の加熱で腐植が著しく減少し、塩基置換容量も著しく小さくなる。従つて塩基飽和度は大きくなり、土壌酸度は減少し、供試火山灰土壌はいずれも置換酸度が痕跡程度になることを認めた。
2. Montmorin 群を主粘土礦物とする供試した 3 点の非火山灰の礦質酸性土壌は塩基置換容量が大きく、その陰荷電の主因が礦質であるために強酸性を示し、300~500°C の加熱では酸度はなお相当残り、600~700°C に加熱することにより酸度が著しく減少することを認めた。
3. Kaolin 群を主粘土礦物とする供試した非火山灰の礦質酸性土壌は 300°C の加熱により酸度が減少するが 900°C の加熱でもなお置換酸度の残ることを認めた。

終りに本研究を行うに当り供試土壌の分与ならびに御懇切なる御指導を戴いた九州大学青峯重範教授に深謝する。

文 献

- (1) 大工原銀太郎・坂本義房：農事試験場報告，20号（1901）
- (2) SHRENBERG, P: Die Bodlenkolloide, 78~794（1918）
- (3) 三井進午：農事試験場報告，62号（1948）
- (4) FUJIMOTO, Charles K. & Sherman G. DONALD: Soil Sci. Soc. Amer. Proe, 10. 107（1945）
- (5) 矢木博・林広一：日蚕誌，24(3) 177（1955）
- (6) 大工原銀太郎・坂本義房：農事試験場報告，37号（1910）
- (7) 大杉繁：農学会報，131号 23（1913）
- (8) 農林省農業改良局：土壤分析法（1953）
- (9) M. FIELDS, P. J. T. KING, J. P. RICHARDSON & L. D. SUINDALE: Soil Sci. 72. 219（1951）
- (10) 山崎伝・草野秀：東海近畿農業試験場報告，3. 1（1956）
- (11) 吉田稔：岩手大農学部報告，1，29（1953）

Summary

The studies were conducted on the change of acidity by soil heating. Eleven soil samples were tested. The descriptions of sample soils are shown in table 1. Six of them are the volcanic ash soil with too much organic matter. The other soils belong to the mineral ones. After being air dried, the sample were passed through a 2 mm sieve and were characterized by the determination of humus, ignition loss, pH, exchange acidity, hydrolytic acidity, base exchange capacity, total exchange base and degree of base saturation. The results are shown in table 2.

The procedure of soil heating were as follows: 50 g of the soil were placed in a porcelain dish and heat at the definite temperatures in electric oven 5 hours. The heated soil samples were determined pH, exchange acidity, hydrolytic acidity, base exchange capacity and degree of base saturation, etc. The results are shown in table 2. From these results, the decrease of acidity by soil heating was remarkable at 300°C.

To aim decided correct of acidity by soil heating for the volcanic ash soil, it was necessary to heat at the temperature 300°C and for the non volcanic ash soil, it was necessary to heat at temperature of higher than 300°C.

The decrease of acidity by soil heating showed fairly good correlations with humus content, base exchange capacity and total exchange base.