



酸性土壤改良과 炭酸 칼슘

Neutralization for Acid soils and Calcium Carbonate

秦 秀 雄*
Jin, Soo Woong

1. 序言

우리 국토는急變하는産業化, 農業에 있어 金肥 過多 使用, 酸性비 등으로 全國土가 漸次 酸性化 되어 가고 있다.

土壤의 酸性化는 모든 農作物 栽培에 惡影響을 줄뿐 아니라 森林을 毀損시키고 地下水나 河川水를 汚染시켜 食水는 물론 工業 用水로도 使用 不可能하게 한다.

이러한 現象들을 通稱하여 環境 汚染 또는 水質汚染이라 하는데 몇 해 전만 하여도 남의 일로만 생각되던 것이 성큼 우리 周邊에 찾아 왔다.

우리나라 全域에는 그 간 各種 試錐가 行하여져 公式 集計로도 灌井이 100萬孔 以上이라고 하나 이는 地下水 開發 目的으로 鑿井한 숫자이지 土木, 建築, 鑛業 等 他目的으로 試錐한 것까지 합치면 數千萬孔도 넘으리라 推計된다.

한번 汚染된 試錐孔 周邊은 地下로부터 地表에 이르기까지 生活 廢水, 工場 廢水, 酸性비 등이 浸透, 酸性化를 加速시키게 되고 酸性化된 岩盤이나 土壤은 아무리 原狀 復舊시키려 하여도 中和劑 性質上 짧은 時間 內 回復은 거의 不可能한 것으로 알려져 있다.

이와 같이 우리나라 全國土가 各種 汚染源으로 酸性化 되어 가고 있는 現象에 이를 防止하거나 原狀 復舊시킬 수 있는 唯一한 方法은 人工的으로 酸性化된 土壤과 地下水를 中和시키

는 方法外 別 妙手가 없다.

酸性 土壤을 中和시키는 方法으로 酸性化된 土壤에 炭酸 칼슘을 混和시켜 中和시키는 方法이 오래 前부터 널리 普及되고 있는데 實際 어느 程度까지 效果가 있느냐 하는 것에 대하여 많은 研究가 있었으나 具體的인 試驗 結果나 이에 對한 資料는 우리의 境遇 別無하다.

乾燥한 土壤에 炭酸 칼슘을 直接 混和시킨다 하여도 土壤과 接觸한 石灰 粒子는 反應이 일어나지 않으나 다만 水分이 加하여지면 反應이 일어나기 始作하여 CO₂gas가 發生하게 되는데 이때 CO₂gas 發生量을 測定하여 酸性 土壤의 中和 程度를 測定하는 方法을 採擇하고 있다.

아직까지 地球上에서 發見된 가장 값싸게 얻을 수 있는 酸性 土壤 中和劑로서는 炭酸 칼슘뿐으로 炭酸 칼슘의 粒度를 어느 程度까지 粉體하여 活用하여야 하는 것에 대하여는 많은 研究가 이루어져 왔다.

너무 粒度가 크면 比表 面積이 작아 反應이 弱하거나 일어나지 않고 지나치게 微粉化하면 比表 面積이 커서 反應은 빨리 일어날 수 있는 반면 빗물에 流失되거나 바람에 날려갈 確率이 높게 되기 때문에 지금까지 調査 研究 結果로는 30~60Mesh 程度가 가장 適切한 粒度인 것으로 報告되고 있다.

따라서 粉體 粒度, 炭酸 칼슘의 種類, 炭酸 칼슘의 純度(CaCO₃) 등을 充分히 考慮하여 混和量을 決定하는 것이 炭酸 칼슘의 消費量을 줄이

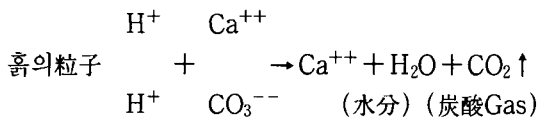
* 地下資源開發 技術士, 大韓鑛業協同組合 理事長, (株)韓資엔지니어링 代表 理事

고 效率的인 土質 改良 目的을 達成할 수 있다 생각된다.

우리가 汚染된 國土를 먼저 中和시켜 주지 못하는 한 맑은 물과 깨끗한 環境을 期待할 수 없고 肥沃한 耕作地나 森林을 造成할 수 없다는 것을 우리 모두 再認識하여야 될 것이다.

2. 酸性 土壤과 石灰 反應

酸性화된 土壤과 炭酸 칼슘을 適當히 混合한 後 水分을 加하여 反應시키면 若干의 反應을 일으키게 된다. 그러나 석회석인 CaCO_3 는 難溶性이기 때문에 極히 一部가 Ca^{++} 와 CO_3^{--} 또는 (HCO_3^-) 로 分解, 酸性 土壤의 <코로이드> 表面에 H^+ ion과 反應하여 CO_2 gas를 發生시킨다.



이때 水分이 너무 많으면 反應이 늦어지게 되고 CO_2 gas가 물에 다시 녹아 大氣中으로 CO_2 gas 發散은 별로 일어나지 않게 된다.

가장 適當한 水分 含量은 多少 마른 밭과 같은 狀態가 좋은 條件이라 調査되고 있는데 이는 土壤 粒子間 空間이 充分하여 CO_2 gas를 잘 通過시켜 줄 수 있기 때문이다.

試驗으로 密閉 用器 內에서 反應시키면 일단 發生된 CO_2 gas는 壓力이 增加되면서 다시 물 속으로 녹아들어 가기 때문에 反應 效果가 別無하게 된다.

土壤과 물과 CO_2 gas의 關係는 상당히 微妙한 相關 關係를 보여 炭酸 칼슘에서 CO_2 gas를 어떻게 하면 適定量을 發生시킬 수 있느냐 하는 問題는 보다 綿密한 研究와 檢討가 必要하다.

따라서 炭酸 칼슘의 量을 餘裕있게 酸性 土壤과 混合시켜 됨으로 中和 作用이 長時間 서서히

持續的으로 일어날 수 있도록 하는 方法이 先進 諸國에서 採擇되고 있다.

3. 土壤의 緩衝 能力 曲線

토양의 緩衝 能力 曲線이란 炭酸 칼슘의 適正 使用量을 알아 보기 위하여 作圖하여 본 曲線圖로서 各 土壤의 緩衝 能力 曲線 試驗 方法의 一例를 든다면 다음과 같다.

試驗 目的 土壤 試料를 10g씩 여러 개를 採取하고 여기에다 炭酸 칼슘 20, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600mg을 각각 混和시킨다.

다음에 물을 適正量 加하고 하룻밤 동안 두었다가 振動 混和를 가하여 CO_2 gas 發生을 促進시킨다. 다음 물을 다시 25mg을 添加한 다음 1時間 程度 振動을 繼續한 다음 $\text{pH}(\text{H}_2)$ 를 測定한다.

또한, 混濁液에 1Mol 濃度の KCl 溶液이 될 수 있도록 KCl을 添加하고 잘 振動 處理한 다음 pH 를 測定함과 同時 溶液을 濾過시킨 다음 交換性 CaO, MgO 등을 測定한다.

以上の pH 測定 方法을 慣行法이라고 하여 一般的으로 널리 活用되고 있다.

代表的으로 試料-1(火山岩 土壤), 試料-2(堆積岩 土壤), 試料-3(含腐植土+火成岩), 試料-4(火山岩), 試料-5(腐植土+火山岩)에 對한 緩衝 能力 曲線(<그림1>, <그림2>, <그림3>, <그림4>, <그림5>)과 炭酸 칼슘 混和量에 對한 反應率(<표1>, <표2>, <표3>, <표4>, <표5>)는 다음과 같다.

4. 酸性 土壤의 이모저모

酸性 土壤이란 大體的으로 $\text{pH} \pm 5 \sim 6.75$ 를 對象으로 하는 것인데 中和劑로 CaCO_3 를 混和시켜 $\pm \text{pH}7$ 程度로 맞추어 주는 것을 土質 改良이라 한다.

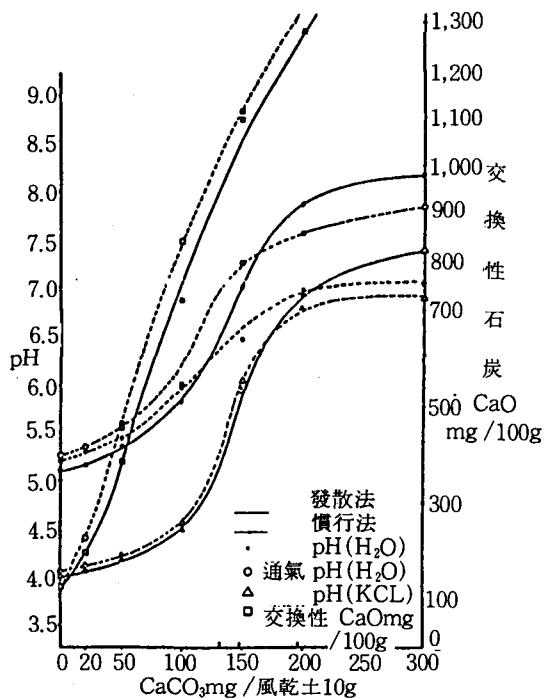


그림1. 試料-1. 火山岩土壤 緩衝能力曲線 一例 (sample 1)

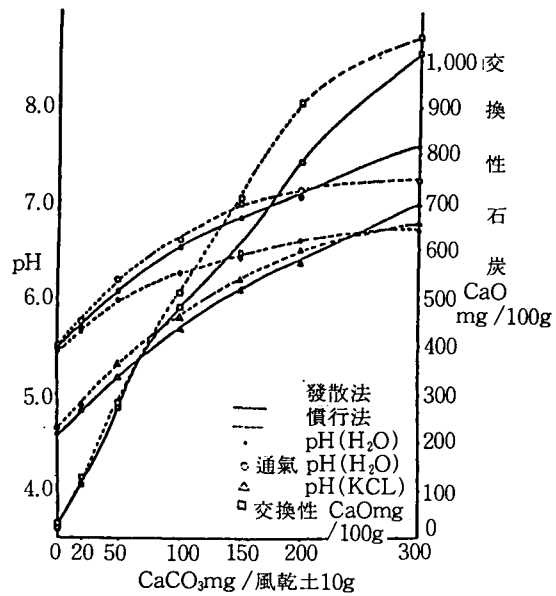


그림3. 試料-3. 火山灰表土 緩衝能力曲線 一例 (sample 3)

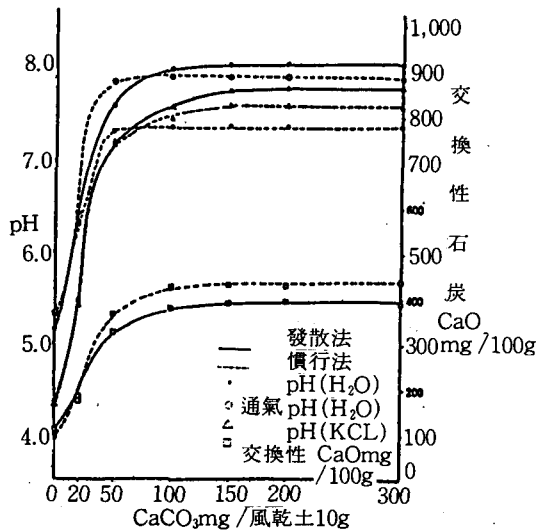


그림2. 試料-2. 堆積岩土壤 緩衝能力曲線 一例 (sample 2)

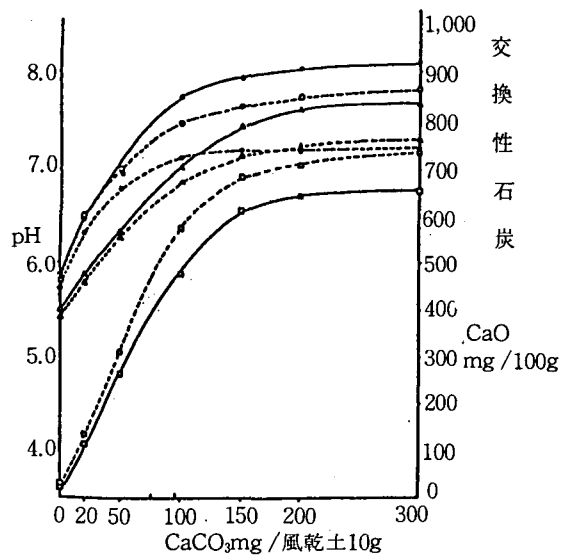


그림4. 試料-4. 火山灰下層土 緩衝能力曲線 一例 (sample 4)

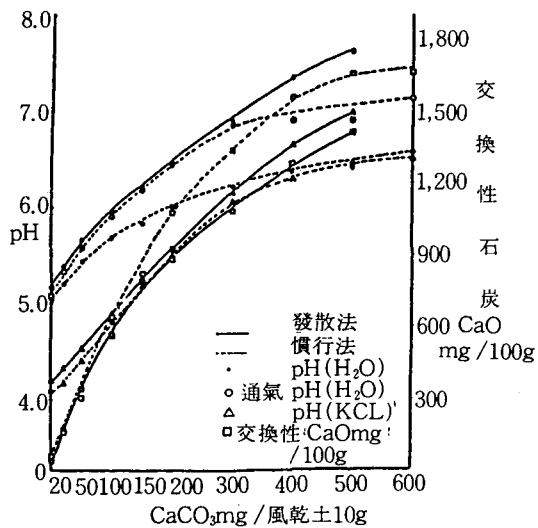


그림5. 試料-5. 火山灰表土 緩衝 能力 曲線 一例 (sample 5)

표1. CaCO₃ 混和量 反應率(試料-1, 土壤 10g)

pH(H ₂ O)	CaCO ₃ mg	發生 CO ₂ mg	全 CaCO ₃ 混和量 mg	CaCO ₃ 反應率 %	反應後 pH		交換性陽基 mg/100g		
					H ₂ O	KCL	CaO	MgO	
6.25	122	50.50	114.9	116.2	95.2 (59.3)	6.53	5.20	514	49.9
		53.71	122.2			6.56	5.20	97	50.5
		49.11	116.7			6.57	5.18	505	49.4
6.50	132	55.11	139.0	131.9	99.9 (67.3)	6.81	5.48	521	46.4
		61.11	139.0			6.80	5.48	514	47.6
		57.67	131.2			6.85	5.51	520	45.9
6.75	140	60.13	136.8	138.6	99.0 (70.7)	7.03	5.78	547	43.0
		62.59	142.4			7.02	5.75	539	43.3
		60.07	136.6			7.04	5.78	532	44.1
7.00	148	61.40	139.6	138.9	93.9 (70.9)	7.20	6.00	558	40.6
		60.70	138.1			7.17	5.96	561	42.1
		61.16	139.1			7.17	6.00	566	41.0
Blank						5.39	4.24	73.8	65.1
						5.36	4.24	72.2	65.8
						5.38	4.24	70.6	65.5

(325)

(7.88)

(7.22)

全反應量 CaCO₃ mg
500
混 和

表2. CaCO₃ 混和量 反應率(試料-2, 土壤 10g)

目標 pH(H ₂ O)	混和 CaCO ₃ mg	發生 CO ₂ mg	左. CaCO ₃ 相當量 mg	CaCO ₃ 殘留 mg	反應率 %	反應後 pH		交換性鹽基 mg/100g	
						H ₂ O	KCL	CaO	MgO
6.25	19	5.81	13.21	13.80	72.6 (34.9)	6.57	5.80	216	12.0
		6.00	13.65			6.64	5.82	217	11.4
		6.39	14.53			6.67	5.86	214	11.4
6.50	24	7.13	16.22	16.23	67.5 (41.0)	6.78	6.00	227	10.5
		7.52	17.10			6.78	5.97	222	11.0
		6.78	15.37			6.80	6.01	226	10.9
6.75	29	8.28	18.83	19.39	66.9 (49.0)	7.03	6.35	254	9.8
		9.02	20.51			7.07	6.35	263	10.1
		8.28	18.83			7.05	6.39	264	9.6
7.00	34	9.02	20.51	20.24	59.4 (51.1)	7.20	6.58	281	9.5
		8.84	20.10			7.20	6.54	283	9.8
		8.84	20.10			7.21	6.59	285	9.3
Blank						5.48	4.49	103	11.9
						5.46	4.50	105	11.9
						5.47	4.52	106	11.4

(39.6)

(7.46) (6.76)

全反應量 CaCO₃ mg
500
混和

表3. CaCO₃ 混和量 反應率(試料-3, 土壤 10g)

目標 pH(H ₂ O)	混和 CaCO ₃ mg	發生 CO ₂ mg	左. CaCO ₃ 相當量 mg	CaCO ₃ 殘留 mg	反應率 %	反應後 pH		交換性鹽基 mg/100g	
						H ₂ O	KCL	CaO	MgO
6.25	67	29.66	67.45	68.2	101.8 (21.3)	6.35	5.47	380	4.9
		31.06	70.64			6.37	5.49	383	4.7
		29.25	66.52			6.37	5.40	374	4.4
6.50	99	45.44	103.3	104.6	105.7 (32.6)	6.60	5.77	534	4.6
		48.47	110.2			6.61	5.77	542	4.0
		44.04	100.2			6.65	5.81	556	4.1
6.75	137	60.82	138.3	137.0	100.0 (42.7)	6.86	6.08	694	4.3
		63.18	143.7			6.85	6.06	687	4.0
		56.67	128.7			6.84	6.06	695	4.6
7.00	180	79.46	180.7	181.2	100.7 (56.5)	7.05	6.32	817	3.6
		80.00	181.9			7.05	6.32	830	3.8
		79.52	180.8			7.05	6.34	808	3.8

Blank		5.55	4.75	28.7	4.2
		5.53	4.77	27.0	4.4
		5.55	4.76	27.4	4.5

(321)

(7.71) (6.97)

全反應量
CaCO₃ mg
500
混 和

丑4. CaCO₃ 混和量 反應率(試料-4, 土壤 10g)

6.25	11	5.09	11.58	11.12	100.9 (11.5)	6.35	5.85	91.8	5.4
		4.48	10.19			6.35	5.85	95.2	5.4
		5.09	11.58			6.34	5.85	93.9	5.8
6.50	22			21.86	99.5 (22.6)	6.86	6.03	128.0	5.8
		9.77	22.22			6.74	6.05	153.9	5.6
		9.46	21.51			6.73	6.05	156.8	5.4
6.75	35	12.87	29.27	30.69	87.7 (31.7)	6.98	6.26	225.2	4.8
		13.50	30.70			7.00	6.26	224.4	4.9
		14.12	32.11			7.00	6.27	224.9	5.0
7.00	49	18.31	41.64	42.05	85.9 (43.4)	7.17	6.45	286.5	4.8
		17.20	39.12			7.18	6.46	295.0	5.2
		19.96	45.39			7.18	6.46	285.3	5.1
Blank						5.97	5.58	25.8	4.8
						5.95	5.60	27.3	4.8
						5.96	5.61	25.7	4.6

(96.8)

(7.83) (7.07)

全反應量
CaCO₃ mg
500
混 和

표5. CaCO₃ 혼수량 반응률(시험-5, 토양 5g)

혼수량 (g)	혼수량 (%)	CaCO ₃ 반응량 (mg)	CaCO ₃ 혼수량 (mg)	CaCO ₃ 반응률 (%)	혼합 후 pH		교환 용량 (meq/100g)		
					H ₂ O	KCl	CaCO ₃	H ₂ O	
6.25	78.5	38.39	87.3	81.49	103.8 (25.1)				
		36.09	82.1			6.30	5.29	806	6.8
		33.10	75.1			6.29	5.28	789	7.0
6.50	104.5	47.01	106.9	105.01	100.5 (32.3)	6.53	5.61	987	7.2
		46.18	105.0			6.58	5.65	998	7.0
		45.33	103.1			6.58	5.63	973	6.6
6.75	132.5	54.46	123.9	127.14	95.9 (39.1)	6.80	5.93	1,134	6.4
		58.08	132.1			6.80	5.94	1,117	6.4
		55.17	125.5			6.80	5.95	1,118	6.2
7.00	160.0	68.76	156.4	153.20	95.8 (47.2)	7.00	6.20	1,241	5.8
		65.69	149.2			7.01	6.23	1,254	6.2
		67.74	154.1			7.01	6.23	1,231	5.8
Blank						5.24	5.34	44.3	7.0
						5.25	5.34	47.8	7.2
						5.25	5.33	45.9	7.2

(325) (7.88) (7.22)

CaCO₃ mg
 全反應量 500
 混 和

표6. CaCO₃ 각 토양의 반응량, 혼합 후 pH

항목	A (시험-1)	B (시험-2)	C (시험-3)	D (시험-4)	E (시험-5)
반응량 CaCO ₃ mg/10g	196.0	39.6	321.0	96.8	650.0
pH(H ₂ O)	7.93	7.46	7.71	7.83	7.88
pH(KCl)	6.88	6.76	6.97	7.07	7.22

(註) 시험 10g에 CaCO₃ 0.5g을 혼합시켰을 때 반응량 CO₂ 발생량을 CaCO₃로 환산한 것임.

- 시험 A: 腐植土가 적고 鹽基 交換 容量이 커 緩衝 能力이 대단히 큰 시험.
- B: 腐植土는 적으나 鹽基 交換 容量이 작고 緩衝 能力이 別無한 土壤.
- C: 腐植土 含有量이 큰 火山岩 地帶 土壤.
- D: 腐植土 含有量이 거의 없는 火山岩 土壤.
- E: 腐植土로서 緩衝 能力이 큰 火山岩.

이때 中和劑로 炭酸 칼슘 使用量을 最適量으로 맞추어 준다는 것은 거의 不可能하다 생각되는데 이는 같은 土質의 境遇라도 有機物 混和率이 多角的으로 다를 수 있기 때문이다.

各樣 各色인 酸性 土壤中 炭酸 칼슘을 過剩 使用하였을 때 地表水나 地下水에 溶存 可能的인 CO_2 成分은 極히 制限을 받고 있기 때문에 過剩 使用한 炭酸 칼슘은 土壤 粒子和 그대로 섞이어 一般 土壤 役割을 하게 될 뿐 別다른 害도 없고, 입도는 石炭 肥料와 비슷한 $-30\sim 60$ mesh 程度가 가장 效果的인 것으로 報告되고 있다.

實際적으로 地殼을 構成하는 八大 元素는 O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg로 이들이 다시 相互 酸化物로 結合되어 H_2O , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO, K_2O , Na_2O , MgO 등 安定된 狀態로 남게 되는데 自然界에서는 이들 成分들이 잘 混合 均衡을 이룬 狀態에서 모든 生物이 自生된 것임을 생각할 때 炭酸 칼슘의 均衡 維持 役割은 참으로 生態界에서 重要하다 할 수 있다.

5. 結論

各種 實驗에서 나타나듯이 炭酸 칼슘의 役割은 中和劑로서 으뜸이라 할 수 있다.

특히 交換性 石灰量을 增大시키면 交換性 苦土量이 相對적으로 減少된다는데 注目 안할 수

없다.

實際 農作物 뿌리에서 Mg 成分의 吸收는 Ca 成分을 一方的으로 增大시켜 줄 때에는 Mg의 吸收가 전혀 일어나지 않는다는 事實이다.

따라서 炭酸 칼슘을 利用하여 酸性 土壤을 中和시켜 주고자 할 때에는 MgO 成分을 併用하여 주어야 酸性 土壤 改良에 效果的인 結果를 얻을 수 있다.

따라서 炭酸 칼슘을 使用할 때에는 必히 堆肥等 有機物을 함께 使用하게 되면 그 效果가 增大된다는 事實이 證明되고 있으므로 土質 改良과 炭酸 칼슘 그리고 有機物의 關係를 잘 定立하여 나아가야 될 줄 믿는다.

다시 말하면 酸性 土壤의 土質 改善 目的으로 Dolomite 粉末을 利用하는 境遇도 炭酸 칼슘 때와 마찬가지로 有機物質을 併用하는 것이 바람직하다.

現在 서울을 爲始한 首都圈 全地域과 全國土가 酸性度의 差異는 있으나 어느곳을 가나 深刻한 酸性化된 土壤 위에서 우리가 살고 있음을 생각할 때 全國土의 土質 改良 運動이 凡國民적으로 擴散되어 나가 주어야 될 것이다.

• 참고 문헌

1. 『石灰石紙』(1983), 日本 石灰協會 發行
2. 『石膏, 石灰石 Hand Book』 日本 技報堂 出版