

## Fly Ash가 土壤의 物化學性에 미치는 影響

朴 滿 · 許南皓 · 崔 炅

### Effect of fly ash on the physico-chemical properties

Park Man, Hur Nam Ho and Choi Jung

#### Abstract

The inorganic constituents in fly ash such as Ca, Mg, Al and Si were extracted by water and 0.5N-Acetic acid, and changes of the physical properties of the fly ash-treated soils were examined to find out the effect of fly ash on the chemical and physical properties of the soils.

The dominant clay minerals of fly ash were quartz and mullite.

More inorganic constituents were extracted from the fly ash by acetic acid than by water.

Si and Al in fly ash were hardly extracted by water.

Addition of fly ash to soil below 10% (W/W) caused improvement in the water permeability and the field moisture capacity of the soil, but did not influence the shrinkage and hardness of the soil.

Therefore, it was apparent that the effect of the fly ash on the chemical and physical properties of the soils greatly depended on soil reaction, the organic acid contents, and the amount of fly ash used in treatment.

#### 緒 論

Fly ash (微粉炭灰)는 火力發電所에서 石炭煙燒時 石炭中の 灰分이 1500℃程度의 高溫에서 熔融되어 煙道에서 急冷된 微細粒子 (直徑 2~50 $\mu$ )이다.<sup>1)</sup>

우리나라의 Fly ash 排出量은 年間 200MT에 達하고 있으나, 工業用으로 一部 利用되는 것을 除外하고는 大部分이 土壤으로 還元되고 있다.<sup>2)</sup> 극히 一部の Fly ash는 土壤改良劑나 肥料原料物質로서 土壤에 施用되고 있으나, 대부분은 發電所 隣近에 埋沒하고 있어서 많은 問題點을 惹起시키고 있다.

Fly ash의 化學的 組成은 石炭의 種類, 品質, 粒

度, 煙燒特性에 따라 多少間의 差異는 있으나 Si와 Al이 主成分으로 硅酸鹽礦物質과 類似的인 特性을 보여주고 있으며, 各種礦物質 成分을 高率 含有하고 있는 것으로 알려져 있다.<sup>3)</sup>

Chang<sup>4)</sup>은 土壤에 處理된 Fly ash는 植物의 營養 供給 및 土壤物理性 增進에 有用하다고 報告하였 으며, Taylor 등<sup>5)</sup>은 酸性 土壤에 處理된 Fly ash는 pH 上昇效果를 보였다고 報告하였다. 또한 Mulford<sup>6)</sup> 등은 Fly ash가 處理된 土壤에서 자란 植物體는 磷酸 및 亞鉛의 吸收가 減少되었다고 報告하였다.

이와 같이 Fly ash를 土壤에 直接 處理할 경우 많은 元素들이 土壤溶液으로 溶出되어 土壤의 化學性에 影響을 주게 되며,<sup>1, 5)</sup> 또한 Pozzolan 반응과 微細 粒子에 의해 土壤 物理性에도 影響을 미치는 것으로

慶北大學校 農科大學 農化學科

Department of Agricultural Chemistry, College of Agriculture, Kyung-pook National University

알려져 있다.<sup>4)</sup>

따라서 土壤中에서 Fly ash의 行動 및 土壤에 미치는 影響을 糾明하는 것은 매우 중요하다.

本 研究에서는 韓國產 Fly ash가 土壤의 物理性 및 化學性에 미치는 影響을 糾明하고자 Fly ash 處理 土壤中的 無機成分 含量 및 Fly ash가 處理된 土壤의 物理性 變化를 調査하였다.

### 材料 및 方法

本 研究는 韓國電力公社에서 分讓받은 영월 火力發電所의 無煙炭灰와 慶北大學附屬農場의 土壤을 供試材料로 使用하였다.

Fly ash의 化學的 組成<sup>7)</sup>은  $Li_{12}B_4O_7$ 과 Fly ash의 比를 12:1로 混合하여 microprocessing system(Phillips perl X-2)로 熔融시켜 plate를 만든 후 X-線 螢光分析機器(Phillips PW 1404)를 使用하였으며, Fly ash와 土壤의 粒徑分布는 土壤學 實驗<sup>8)</sup>에 準하였다.

X-線 回折分析<sup>7)</sup>은 Powder法으로 하였으며, CuKa線에 의하여 30KV, 10mA, Scanning speed 8°/min로 測定하였다.

Fly ash 20g을 100ml의 蒸溜水 및 0.5N-Acetic acid에 各各 懸濁한 후 一定時間 浸漬하여 Toyo No. 5B 濾紙로 濾過하여 濾液中の pH, Si와 Al 및 Ca와 Mg를 土壤學實驗<sup>8)</sup>에 準하여 測定하였다.

한편 土壤에 Fly ash를 0, 5, 10 및 15% (w/w)로 各各 混合한 후 Fig-1과 같이 裝置하여 透水 實驗<sup>7)</sup>을

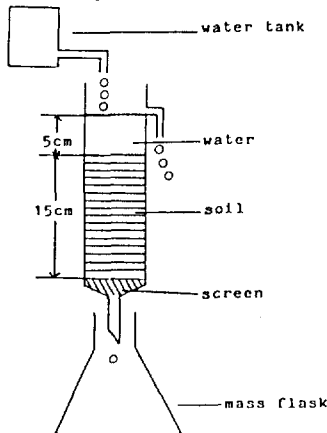


Fig. 1. Diagram of apparatus for the measurement of water permeability.

行하였으며, 圓場容水量은 土壤學實驗<sup>8)</sup>에 準하여 測定하였다. 또한 이들의 水分含量을 27%로 調節하여 直徑 8mm의 圓柱形으로 射出하여 108°C에서 8hrs 乾燥後 山中式 土壤硬度計로 硬度를 測定<sup>7)</sup>하였으며, 乾燥 前後의 길이 差로 收縮性을 調査<sup>7)</sup>하였다.

### 結果 및 考察

#### 1. Fly ash의 可溶性 無機成分

本 研究에 使用된 Fly ash의 化學的 組成은 Table 1과 같았다.

Table 1. Chemical composition of fly ash.

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	remains
23.12	54.93	5.05	0.56	0.47	1.04	1.68	13.15
%							

Si와 Al成分이 78%을 차지하고 있어서 珪酸鹽礦物과 비슷한 組成을 나타내고 있다.

X-線 回折分析 結果 (Fig-2 參照), 3.36Å의 回折線이 強하였으며 3.43 및 3.39Å의 回折線이 가리워져 나타났으나 5.40, 3.43, 3.39, 2.55 및 2.21Å의 回折線과 4.28, 3.36, 2.29 및 1.82Å의 回折線으로 보아 本 研究에 使用된 Fly ash의 主結晶礦物은 mullite와 石英으로 確認되었다.

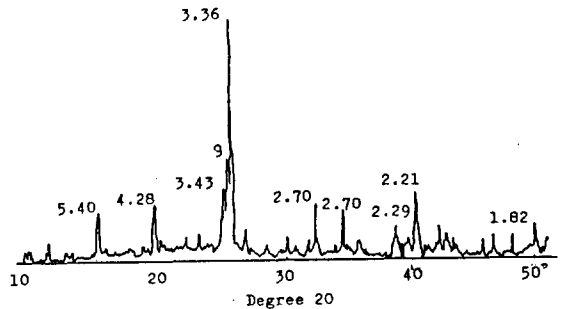


Fig. 2. X-ray diffractogram of fly ash.

Fly ash를 蒸溜水 및 0.5N-Acetic acid로 추출하여 測定한 無機成分의 추출량은 Table 2 및 3과 같았다.

溶出時 蒸溜水 懸濁液의 pH는 震盪時間이 길어 짐에 따라 8.6에서 8.4로 낮아 졌으며 Acetic acid

Table 2. pH and water-soluble cations in fly ash-water suspension.

shaking time (days)	pH	water-soluble cations (ppm)			
		Ca	Mg	Al	Si
0.2	8.6	25	11	ND	ND
1	8.5	27	11	ND	ND
5	8.5	31	12	ND	1.9
10	8.4	33	13	ND	1.9
15	8.4	32	12	ND	2.0

ND : undetectable

Table 3. pH and acetic acid-soluble cations in fly ash-acetic acid suspension.

shaking time (days)	pH	acetic acid-soluble cations (ppm)			
		Ca	Mg	Al	Si
0.2	5.1	570	244	120	339
1	5.2	600	260	132	395
5	5.2	640	276	150	453
10	5.3	670	300	166	467
15	5.3	670	302	162	471

懸濁液의 pH는 5.1에서 5.3으로 높아졌다.

이와 같은 現象은 溶出된 無機成分量때문으로 思料된다.

各 無機成分은 共히 蒸溜水보다 Acetic acid로 抽出時 훨씬 많은 量이 Fly ash에서 溶出되었다. 특히 Al과 Si는 蒸溜水에 의해서는 거의 溶出되지 않았으나 Acetic acid에 의해서 많은 量이 溶出되어 졌다.

Hollis 등<sup>3)</sup>은 Fly ash의 無機成分 溶出性은 抽出液의 pH가 낮아짐에 따라 顯著하게 增加된다고 하였으며, Elseewi 등<sup>1)</sup>은 抽出溶媒에 크게 影響을 받는다고 하였다.

本 研究에서 蒸溜水와 Acetic acid에 의한 Fly ash에서의 無機成分 溶出量이 差異를 보이는 것은 抽出溶媒에 대한 無機成分 溶解度와 抽出液의 pH에 基因된 것으로 思料된다.

따라서 Fly ash를 土壤에 處理할 경우 Fly ash의 無機成分 溶出性은 土壤의 有機酸과 pH의 影響을

크게 받을 것으로 思料된다.

## II. Fly ash와 土壤物理性

本 研究에 使用된 Fly ash와 土壤의 粒徑分布는 Table 4와 같았다.

Table 4. Particle size distribution of fly ash and the soil sample.

	clay	sand	silt
	--%--		
fly ash	7.6	60.1	32.3
soil	34.1	30.5	35.4

Fly ash는 silt fraction이 大部分이었으며 土壤은 clay 含量이 34.1%인 微砂質壤土였다. 土壤의 透水性에 미치는 Fly ash添加의 影響을 調査한 結果는 Fig 3과 같았다.

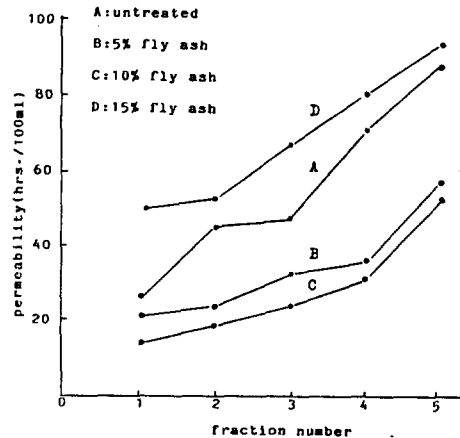


Fig. 3. The effect of fly ash on the water permeability of the soil.

Chang 등<sup>4)</sup>은 Fly ash를 Alkali性 土壤에서는 20% (v/v), 酸性土壤에서는 10% 이하로 處理할 경우 處理量에 比例하여 土壤의 透水性이 增加되었다고 報告하였다. 本 研究에서 土壤의 透水性은 Fly ash를 5% 및 10%로 處理하였을 때는 向上되었으나 15%로 處理하였을 때는 오히려 低下되었으며, 透水時間이 經過함에 따라 점차 低下되었다.

이러한 結果는 Fly ash는 點着性이 없는 物質이므로<sup>4,9)</sup> 土壤에 少量 處理될 경우 土壤粒子들의 點着性을 低下시켜 透水性을 向上시키지만 多量 處

理될 경우에는 Fly ash의 pozzolan 反應<sup>4, 9)</sup>으로 因하여 土壤粒子들의 cement化를 誘發시켜 透水性을 저해하기 때문에 思料된다.

또한 透水時間이 經過함에 따라 透水性이 低下되는 것은 微細粒子들이 移動하여 土壤의 孔隙를 遮斷하기 때문에 思料된다.

Fly ash가 土壤의 圃場含水量에 미치는 影響을 調査한 結果는 Fig 4와 같았다.

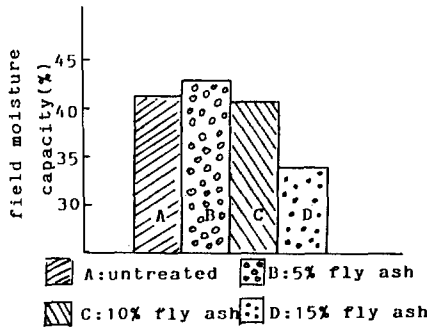


Fig. 4. The effect of fly ash on the field moisture capacity of the soil.

Fly ash의 添加量이 5% 및 10%에서는 圃場含水量이 약간 增加되었으나 큰 差異는 없었으며, 15%에서는 減少되는 것으로 나타났다.

Fly ash는 保水力이 낮은 微細粒子<sup>9)</sup>이기 때문에, 土壤의 圃場含水量은 Fly ash를 10%以下로 處理하면 粒子가 微細함으로 약간 增加되지만 10%以上 處理時에는 Fly ash의 낮은 保水力때문에 오히려 減少되는 것으로 思料된다.

Fly ash가 土壤의 伸縮性 및 硬度에 미치는 影響을 調査한 結果는 Fig. 5 및 6과 같았다.

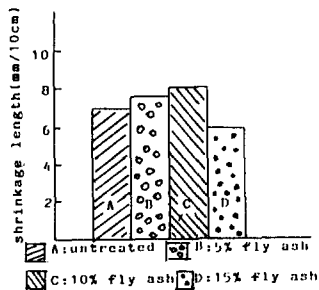


Fig. 5. The effect of fly ash on the soil shrinkage.

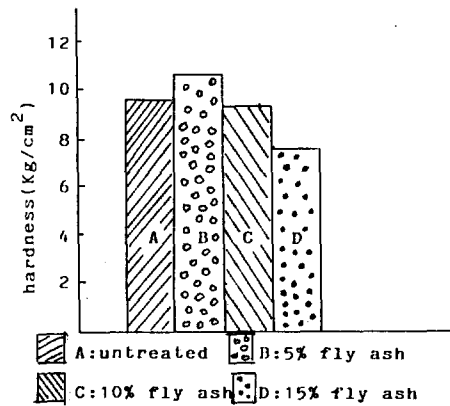


Fig. 6. The effect of fly ash on the soil hardness.

土壤의 伸縮性 및 硬度는 Fly ash의 處理量이 5% 및 10%에서는 거의 影響을 받지 않았으나 15%에서는 약간 減少하는 것으로 나타났다.

이는 Fly ash의 點着性<sup>4, 9)</sup> 및 保水力<sup>4, 9)</sup>에 기인된 때문에 思料된다.

摘 要

Fly ash가 土壤의 化學性 및 物理性에 미치는 影響을 糾明하기 위하여 Fly ash를 蒸溜水 및 0.5N-acetic acid로 추출하여 各種 無機成分의 溶出量을 測定하고 Fly ash를 土壤에 處理한 경우 土壤物理性의 變化를 調査하였다.

Fly ash의 主要結晶鑛物은 mullite와 石英이었다. 蒸溜水보다 Acetic acid로 Fly ash를 抽出할 경우 훨씬 많은 量의 無機成分이 溶出되었다. 이때 Si 및 Al는 蒸溜水에 依해서 거의 溶出되지 않았다.

土壤의 透水性 및 圃場含水量은 Fly ash를 土壤에 10% 以下 添加하면 向上되었으나 그 以上 處理時에는 低下되었다.

土壤의 伸縮性 및 硬度는 Fly ash를 10% 以下로 處理할 경우 큰 影響을 받지 않았다.

引用文獻

- Elsewi A.A., Page A.L. and Grimm. S.R. 1980. Chemical Characterization of Fly Ash Aqueous

- Systems. *J. Environ. Qual.*, 9(3) : 424~428.
2. 愼齊晟, 成者錫, 金萬壽, 1987, Fly ash 肥料化 研究. *韓土肥誌*. 20(4) : 309~314.
  3. Hollis, J.F., Keren, R., and Gal, M., 1988, Boron Release and Sorption by Fly Ash as Affected by pH and Particle size. *J. Environ. Qual.*, 17(2) : 181~184.
  4. Chang, A.C., Lund, L.J. Page, A.L. and Warneke, J.E. 1977. Physical properties of fly ash-amended Soils. *J. Environ. Qual.* 6 : 267~270.
  5. Taylor, E.M. and Schuman, G.E. 1988, Fly ash and Lime Amendment of Acidic Coal Spoil to Aid Revegetation. *J. Environ. Qual.* 17(1) : 120~124.
  6. Mulford, F.R., and Martens, D.C. 1971. Response of alfalfa to boron in fly ash. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 35 : 296~300.
  7. Black, C.A. 1969. Methods of soil analysis (Part 1), American Society of Agronomy. pp.448~698.
  8. 崔烜, 金鼎濟, 申榮五. 1985. 土壤學實驗, 螢雪出版社 pp.19~76.
  9. Hodgson, D.R., and Townsend, W.N. 1973. The agronomic properties of pulverized fuel ash. *chem. Ind.* pp.785~790.