

스키리어材의 保溫斷熱性能에 關한 實驗的 研究**

權 麒 麟*

An Experimental Study on the Insulating Properties of Scoria

*Kwon Ki-rin**

Summary

This paper is concerned with the economic utilization of natural resource through the investigation of thermal conductivity in the insulating effects of scoria material in Cheju Island.

The results of this study may be summarized as follows:

1. When the particle size of scoria is the same, the thermal conductivity is represented in the following sequence : scoria SA < scoria SB < scoria SD
2. When the scoria is mixed with clay, the thermal conductivity is greater than in unmixed condition.
3. In terms of the thermal conductivity in accordance with temperature of scoria material, the greater the difference in temperature is, the greater the variation of thermal conductivity is.
4. When compared with the commercial polystyrene foam, the thermal conductivity of scoria is the greater.

* 工科大學 副教授

** 本 研究는 1988年度 學術研究造成費에 의하여 遂行되었음.

活用도를 더욱 높히는데 有益한 參考資料가 되도록 檢討하였다.

序 論

濟州道 火山滓의 一種인 Scoria는 火山이 爆發하였을 때 噴出된 여러物質 가운데서 多孔質의 火山岩, 火山砂, 其他 火山灰 등이 混合하여 이루어진 火山性土로 알려져 있다. 昨今 世界各國에서는 이러한 Scoria가 既存 天然資源의 活用이라는 側面에서 研究 利用되고 있으며 濟州地方에서도 그의 극히 一部가 道路鋪裝用으로 使用되고 있다.

Scoria材에 關한 研究로는 Soroka와 Stern (1976), Knizek(1956), Nasher와 White (1976), 姜(1973) 등의 報告가 있으나, 大部分이 地質學의 研究이거나, 土木工學의 內容으로 限定되고 있으며, 그의 熱的特性이나 熱工學의 活用 側面에서의 研究資料는 찾아보기 어렵다. 이러한 點들을 勘案하여 energy 節約次元에서의 保溫斷熱性 材料의 開發 및 既存天然資源의 效率的 利用이라는 觀點에서, 著者는 基礎的인 研究方法으로 Scoria에 對하여 一次報告(權과 許, 1986)한바 있으며, 今번 그의 特性和 熱傳導率을 具體적으로 調査해 봄으로써 熱에너지 節減側面에서 그의

材料 및 方法

供試材의 採取 및 調製

Scoria는 濟州道 全地域, 特히 寄生火山地域에 널리 散在되어 있으나, 各地域에 分布되어 있는 Scoria의 性狀이나 그 構成內容物에서 많은 差異가 있다. 本 實驗에서 供試된 Scoria는 一般적으로 Color 및 質量的으로 優秀한 道內의 三個地域에서 採取使用하였고, 採取된 Scoria는 室內에서 常溫(15°C)으로 一次 乾燥한 後, 다시 電氣乾燥器內에서 (90~105°C) 完全 乾燥시키었다. 또한 Scoria材는 自體만으로는 成形이 不可能하므로 粘土를 混合시켜 試料를 調製하였다. 一部, 採取된 Scoria 및 粘土의 化學的 成分은 Table 1과 같으며, 그의 分析試驗은 KSL 3120-80에 依據 實施하였다.

試料加工

乾燥된 各種 供試材는 種類別로 4, 9, 16 mesh

Table 1. Percentage Chemical Analyses of Materials Used

Composition(%) Material	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O (K ₂ O)	FeO+ Fe ₂ O ₃	MgO	Ignition loss n	Remark(· Region)
Scoria (SA-3)	55.45	25.27	4.23	7.05	3.92	-	4.08	· Chdju-do Puk-gun Hallim-eup Sang myungri Mangolum
Scoria (SD-3)	53.90	21.70	6.14	4.98	4.05	1.94	7.29	· Cheju-do Puk-gun Aewol-eup Eodori San-27
Clay	47.16	26.86	1.20	2.66	8.3	1.94	11.88	· Kyung Nam Changwonsi, Sodaup-dong 15

크기로 粉碎시킨 後 實驗裝置 및 測定機器의 實驗規格에 맞도록 180×180×50mm와 450×400×50mm로 規格化 시키고 各 材質에 따라 變質變形을

일으키지 않는 溫度로써 恒量이 될 때까지 다시 乾燥하였다.

製作된 試料들의 種類는 Table 2와 같다.

Table 2. Kinds of insulators tested

Insulating material	Particle size (mesh)	Mixing ratio(%)		Dimension of insulator(mm)			
		Scoria	Clay	width	length	thickness	
Scoria	SA-1	4	100	0	180	180	50
					450	400	50
	SA-2	9	100	0	180	180	50
					450	400	50
	SA-3	16	100	0	180	180	50
					450	400	50
	SB-1	4	100	0	180	180	50
					450	400	50
	SB-2	9	100	0	180	180	50
450					400	50	
SB-3	16	100	0	180	180	50	
				450	400	50	
SD-1	4	100	0	180	180	50	
				450	400	50	
SD-2	9	100	0	180	180	50	
				450	400	50	
SD-3	16	100	0	180	180	50	
				450	400	50	
Scoria + clay	SM-1	4	80	20	180	180	50
					450	400	50
	SM-2	4	80	20	180	180	50
					450	400	50
	SM-3	4	80	20	180	180	50
					450	400	50
Poly-styrene foam	SP-2	-	-	-	180	180	50
					450	400	50
foam	SP-4	-	-	-	180	180	50
					450	400	50

實驗方法

供試材의 保溫斷熱效果를 評價하기 위한 基礎 調査로써 二가지 測定裝置를 併用하여 其의 表面 溫度와 熱流值을 測定하였다. 本 實驗에 使用한 熱傳導率 測定裝置는 Showa Denko Co.에서 製作한 Heat Insulation Tester(Model Shotherm HIT 保溫 Tester)로써 熱傳導率의 測定範圍가 0.02~0.2kcal/mh°C이고, 測定溫度의 範圍는 -10°~200°C까지이다. 本 裝置는 ASTM C 518(熱流計法)에 依한 定常熱流法 熱傳導率 測定裝置로 試料의 兩쪽 面을 高溫과 低溫으로 各各 維持시켜 一定한 溫度 기울기를 만들어 주고, 試料를 通過해 흐르는 試料 兩面의 熱流值을 熱流計(Heat flow meter)에 依해 測定하고 其의 平均 值에서 熱傳導率을 算出하게 되어 있다.

그리고 標準試片은 供試材(두께 50mm)와 均熱板(두께 1mm)의 境界面에 熱電對(k-type, C-A)를 挿入한 狀態에서 熱流 및 溫度을 測定하고, 또한 標準試片의 內外表面 溫度 및 表面에서 約 10cm 떨어진 거리의 周圍溫度를 測定하기 위해 各 部位에 熱電對를 設置하여 digital thermometer(Fluke Co, 2190A)로 측정하였다.

Fig.1과 Fig.2는 本 實驗 測定機器와 裝置의 概要를 나타냈다. 以外에 本 實驗의 效果를 높이기 爲하여 使用된 實驗設備과 機器로는 恒溫槽(HWA SUNG IND. Co.)와 data logger(Fluke, 2300A scanner)가 使用되었다. 또한 溫度變化에 따른 斷熱性能을 評價하기 爲하여 標準試片을 恒溫槽 入口에 設置한 後 恒溫槽內의 高溫部와 低溫部(또한 HIT의 高溫室과 低溫室)와의 溫度差가 30°C와 20°C가 되도록 恒溫槽內 溫度를 調節하였다. 各 試料에 對한 溫度의 測定은 3回 反復測定하여 平均值을 취하였다.

記 號

- Q₁: 高溫側 Sensor의 熱流 (Kcal/m²h)
- Q₂: 低溫側 Sensor의 熱流 (Kcal/m²h)

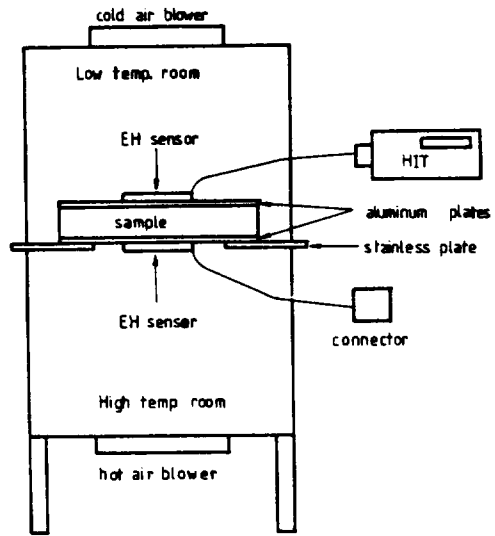


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

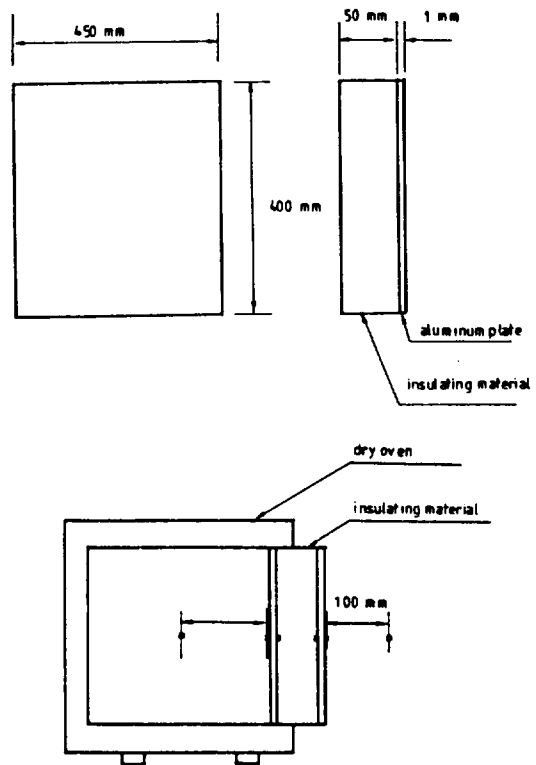


Fig. 2. The insulating material and its placement on a dry oven.

d: thickness of insulating material (mm)

T₁: 高溫側 Sensor의 溫度 (°C)

T₂: 低溫側 Sensor의 溫度 (°C)

K: 補正係數

k: Thermal conductivity (Kcal/mh°C)

SA, SB, SD: Scoria 供試材의 種類

SM: 粘土와 混合된 供試材

SP: polystyrene foam 供試材

實驗 結果

熱流值 Q₁, Q₂의 計算

固體內의 熱傳導率은 Fourier의 式 $Q = \frac{k}{d}(T_1 - T_2)$ 에 依해 나타내어지며 本實驗에서의 Heat Insulation Tester는 標準 熱流發生裝置에 依해 檢定되므로 高溫側 Sensor의 熱流值 Q₁과 低溫側 Sensor의 熱流值 Q₂가 直接 求해진다.

熱傳導率 k의 計算

熱傳導率의 計算은 本 機器의 Instruction manual(Showa Denko, 1979)에 準하였으므로 다음 式에 依해 구하였다.

$$k = k \frac{Q_1 + Q_2}{2} \cdot \frac{d}{T_1 - T_2} \text{ (kcal/m.h.}^\circ\text{C)}$$

따라서 Scoria 材에 對해 豫備試驗한 結果 試驗成績이 2個의 試料에서 0.037Kcal/mh°C와 0.056Kcal/mh°C로 良好하게 나타났다.

이를 具體的으로 評價比較하기 위하여 採取場所와 粒度크기, 粘土를 混合했을 境遇 및 市販斷熱材인 Polystyrene foam의 供試材를 試料別로 製造해서 그의 熱流值와 溫度를 測定하여 熱傳導率을 計算한 結果는 Table 3과 같다.

考 察

Scoria材의 溫度에 따른 熱傳導率

Table 3에 依하여 各種 供試材의 熱傳導率을 平均溫度에 따라 graph로 나타내보면 Fig. 3- Fig. 7과 같다. 其中 Fig. 3에서 나타난 바와같이 Scoria의 粒度크기(#8)가 同一한 境遇, 熱傳導率은 0.038~0.120Kcal/mh°C 사이의 값을 나타내고 있으며 其中에서도 SA-3가 가장 良好한 保溫斷熱效果를 나타내 주고 있고, SM-3가 제일 낮은 效果를 보여주고 있다. 또 採取場所에 關係없이 溫度差가 크게 됨에 따라 그값도 增加幅이 커짐을 알 수가 있다. 이러한 現象은 熱傳導率은 一般的으로 使用溫度에 따라 比例하여 增加하고 있는 點에 (Özisik, 1983) 一致된다고 할 수 있으며, 結果적으로 低溫에서의 斷熱效果가 高溫에 있어서의 效果보다 더 良好하다는 것을 보여준다. 아울러 同一한 實驗條件 下에서 試料別로 比較해 볼 때, 熱傳導率은 SA-3가 가장 적은 값을 갖는데 비해 SD-3 및 SM-3는 比較的 큰값을 나타낸다. 그러므로 Scoria材의 產地와 粒度에 따라 그 값은 큰 影響을 받는다고 할 수 있다. 특히 SA-3를 普遍化되어 市販되는 polystyrene foam과 견주어 보면 거의 對等한 效果를 갖음을 考慮할 때, Scoria材는 그의 熱的 特性까지를 勘案한다면 廣範圍한 使用溫度下에서의 材料로서의 應用도 充分히 期待해 볼 수 있다고 생각된다.

Scoria材의 粒度와 熱傳導率

Scoria材의 粒度크기에 따라 供試材의 種類에 對한 熱傳導率을 Table 3에 依據 graph로 나타낸 것이 Fig. 8이다.

모든 供試材에 있어서의 熱傳導率은 粒度크기가 작아짐에 따라 熱傳導率의 變化率은 적어지고 있는데 그 順位는 SA(SB)SD(SM)의 順序로 나타내어지고 있다. 이러한 結果는 保溫斷熱材에 있어 密度가 커지면 熱傳導率도 增加하는 一般的인

Table 3. Thermal conductivities related to the particle sizes and temperature of insulators
 k (kcal/m/h°C)

Insulator	mesh	Temperature (°C)			
		10	20	30	50
SA-1	4	0.043	0.050	0.058	0.076
SA-2	9	0.040	0.044	0.050	0.075
SA-3	16	0.038	0.040	0.046	0.063
SB-1	4	0.046	0.052	0.060	0.076
SB-2	9	0.044	0.046	0.053	0.072
SB-3	16	0.042	0.044	0.050	0.066
SD-1	4	0.065	0.070	0.081	0.084
SD-2	9	0.063	0.067	0.076	0.082
SD-3	16	0.062	0.066	0.072	0.080
SM-1	4	0.106	0.109	0.115	0.127
SM-2	4	0.104	0.106	0.112	0.122
SM-3	4	0.102	0.104	0.110	0.120
SP-1	-	0.028	0.030	0.033	0.039
SP-2	-	0.026	0.028	0.031	0.036

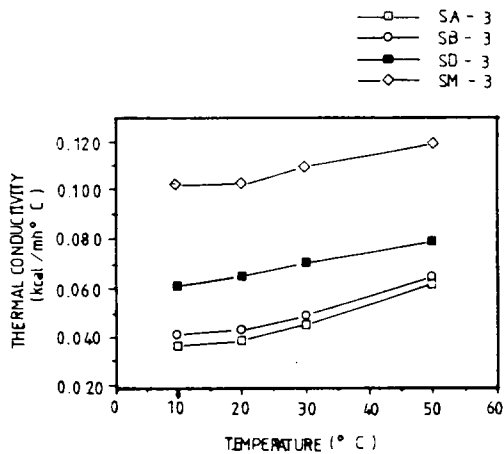


Fig. 3. Relation between temperature and thermal conductivity of scoria.

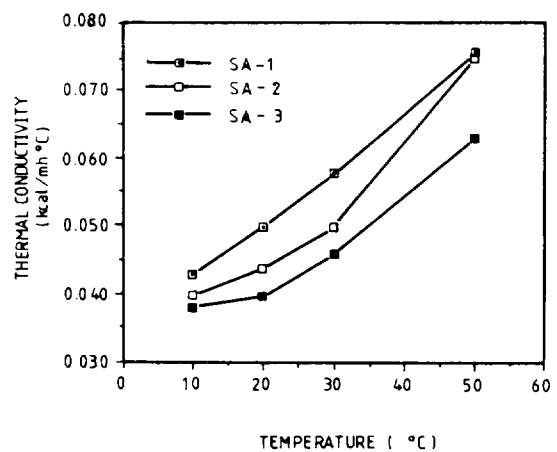


Fig. 4. Relation between temperature and thermal conductivity of scoria SA.

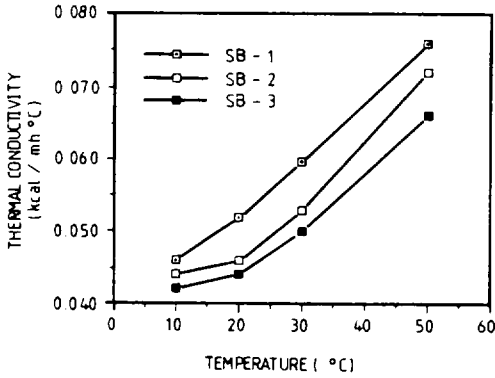


Fig. 5. Relation between temperature and thermal conductivity of scoria SB.

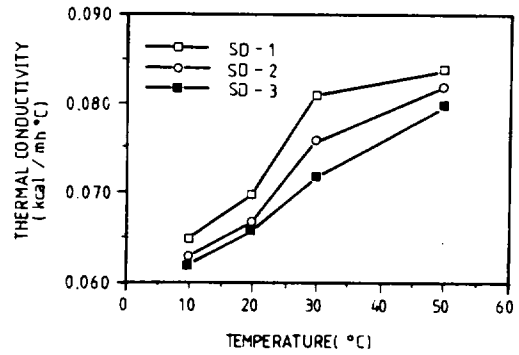


Fig. 6. Relation between temperature and thermal conductivity of scoria SD.

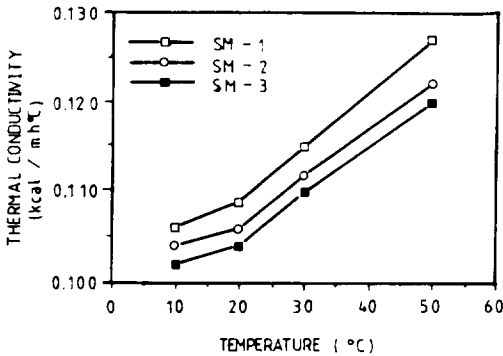


Fig. 7. Relation between temperature and thermal conductivity of scoria SM.

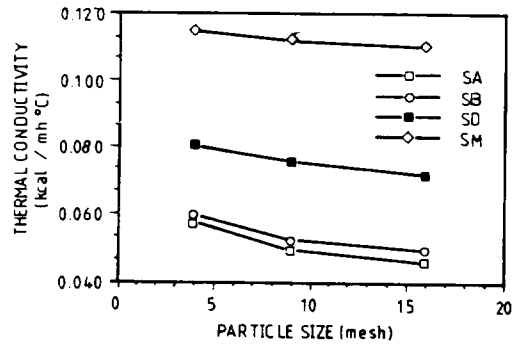


Fig. 8. Relation between thermal conductivity and particle size of scoria (T=30°C).

現象(大偶, 1977)과는 相異한 傾向임을 알 수가 있다. 특히 粒度크기가 減少됨에 따라서 熱傳導率도 亦是 顯著하게 작은값을 나타냄을 알 수도 있는데 이것은 粒子間의 空間이 적어져 Scoria材 内部에 包含된 空氣의 對流現象이 活發치 못해 進 效果에 起因된다고 생각된다. 그러나 SM 試料類에서는 他試料에 比해 그 값이 매우 큰값을 보여주고 있는데, 그 理由는 粘土로써의 性質上 粘着性은 良好하나 그의 熱傳導率은 相當히 큰값을 갖고 있기 때문에 둘을 混合했을 境遇 斷熱効

果는 그만큼 減少되는데 그 要因이 있다고 생각 된다.

Scoria材와 粘土를 混合時的 熱傳導率

Scoria材는 一次 火山이 爆發할때 高熱을 받은 火山性土로써 成形이 되지 않음으로 粘土를 混合하여 成形을 시키어 熱傳導率을 測定하였다. Fig. 7은 Scoria SA-3와 粘土를 8:2의 重量比로 混

합하였을 境遇의 溫度의 變化에 따른 熱傳導率과 의 關係를 나타낸 graph이다. 普遍的으로 그의 같은 溫度增加에 따라 점차적으로 增加하고 있는 데, 粘土를 混合했을 境遇는 前項에서 序言한 바 와같이 그같은 Scoria材만을 使用했을 때 보다 훨씬 熱傳導率이 上昇하고 있으며 특히 粘土의 混合比가 커짐에 따라 그 上昇幅이 相當히 增加 함을 아울러 알 수도 있었다. 이러한 事實은 粘 土의 影響을 크게 받는데 起因된다고 볼 수 있으 므로, Scoria材의 土性を 좀더 究明하고 보다 나 은 粘着物質의 開發問題를 提起함과 더불어 可及 的 粘土 混合比를 적게하는 狀態下에서 높은 斷 熱效果를 期待할 수 있는 方案을 摸索해야 될 것 이다.

市販 Polystyrene foam과의 比較

一般 市中에서 市販되고 있는 代表的인 保溫斷 熱材中の 하나인 Polystyrene foam의 熱傳導率 은 0.027~0.033Kcal/mh°C) (30±5°C)의 값을 나 타낸다. Fig. 9는 濟州地方에서 生産된 K업체(K·S 表示許可업체)의 保溫板 2, 4號에 對해서 熱傳導 率을 check하여 나타낸 것이다. 이들을 Fig. 4~ Fig. 8의 Scoria材의 熱傳導率 값과 比較해 보면, 僅少한 差異를 나타내는 것(SA-3)부터 큰 差異 를 보이는 것(SD-1)까지 그 變化率의 範圍가 매 우 넓다. 따라서 熱傳導率만을 考慮한다면, Sco ria材는 低溫下에서 粒度크기를 적게 함으로써 더 큰 保溫斷熱效果를 얻을 수 있다고 여겨진다. 또 한 保溫斷熱材의 새로운 開發이란 點과 既存 賦 存資源의 活用이란 側面에서 Scoria材는 道 全域 에 걸쳐 分布돼 있는 莫大한 量의 資源인 面에 比해서 使用量이 극히 微微하고, 그의 特質이 具 體的으로 밝혀져 있지 않은 狀態에서, 本 研究資

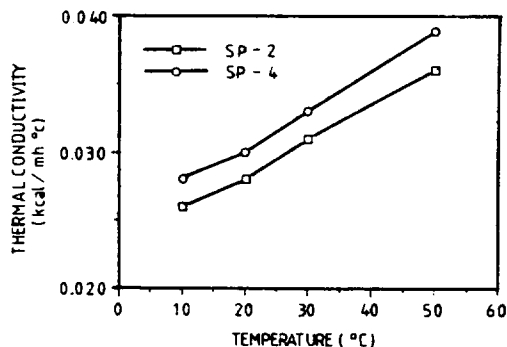


Fig. 9. Relation between temperature and thermal conductivity of polystyrene foam.

料는 無用資源의 效率의 利用이란 點에 有益한 參考가 될 것으로 생각된다.

摘 要

以上の 供試材에 對한 實驗結果 및 檢討에서 다음과 같이 要約할 수 있다.

1. Scoria材의 粒度크기가 同一할 때, 熱傳導 率의 값은 scoria SA<scoria SB<scoria SD의 順 序이었다.
2. Scoria材와 粘土를 混合하였을 때, 熱傳導 率 값은 Scoria材만으로 했을때보다 크게 나타났 다.
3. Scoria材의 溫度에 따른 熱傳導率은 溫度差 가 클수록 그의 變動幅이 크게 나타났다.
4. 市販 되는 Polystyrene foam과 Scoria材 를 比較하였을 때, 熱傳導率은 Scoria材가 비교 적 크게 나타났다.

參 考 文 獻

ASTM. 1983, Thermal Insulation: 1983 Annual Book of ASTM Standards, 4-6.

崔炳赫, 1984, 國產斷熱材의 特性 및 應用研究, 動資(研)報告書(KE-84-14. 146-147.

- 大遇和男, 1977. 斷熱技術讀本, 64-86. オーム社, 東京.
- ten Bosch, D.M. 著. 高橋安人 譯. 1941. ボッシュ工業傳熱論, 70-73, 295-300.
- Holman, J. P. 1980. Experimental methods for engineers 3rd Ed., 294-295, 320-322.
- 姜肅植, 1976. 濟州道 "송이(特殊土)의 特性", 建國大學校 碩士學位論文, 7-9.
- Knizek, I.O. 1956. Use of Volcanic Materials in the manufacture of Building Brick, *Am. Ceram. Soc. Bull.*, 35(9) 363-367.
- 權麒麟·許鐘哲, 1986. Scoria, Trachyte, Styropor의 保溫斷熱性能에 關한 實驗的 研究(II), 濟大論文集, 22, 115-122.
- Nashar, B. and White, N.C. 1976. The origin of scoriaceous rock associated with dacitic ignimbrite in the Mirannie-Mount Rivers district, N. S. W., *Australia. Mineralogical magazine*, 40, 781-786.
- Özisik, M.N. 1983. Basic heat transfer, 3-5, 40-43, Tower Press.
- Showa Denko Co., 1979 Instruction Manual for Heat Insulation Tester (Model Shotherm HIT), 昭和電工(株), 9-10.
- Soroka, I and Stern, N., 1976 Calcareous Fillers an the Compressive strength of Portland coment 6: 367-376.
- Won, C. K., 1975 Study of Geologic Development and the Volcanic Activity of the Jeju Island, *Geon-gug University. J.*, 1: 12-29.