

## 迅速燒成 壁타일 素地의 開發에 관한 研究

(第 1 報 透角閃石質 滑石—珪灰石—粘土系)

安永弼·崔 權\*·黃正吉·金建國

漢陽大學校 窯業工學科

(1976年 4月 8日 接受)

### A Study on the Development of Fast Firing Wall Tile Body (I)

(Tremolitic Talc-Wollastonite-Clay System)

Young-Pil Ahn, Long Choi\*, Jung-Gil Hwang, and Kura-Kook Kim

Dept. of Ceram. Eng., Han-Yang Univ.

(Received April 8, 1976)

#### ABSTRACT

Korean tremolitic talc, wollastonite and clay have been used to develop a wall tile body to be appropriate to the fast firing process. Some of ceramic properties of the raw materials were investigated by X-ray diffraction, thermal analysis and chemical analysis. The body compositions were formulated from the range of 35~75% tremolitic talc, 0~30% wollastonite and 25~35% plastic clay. Thermal gravity analysis and thermal expansion were tested for each of unfired bodies to study the correlation between thermal dehydration and linear shrinkage during the firing process. Linear shrinkage and water absorption of the fired bodies at the various temperatures were taken as a measure for determining the proper firing range of the bodies.

Increasing the content of wollastonite and firing temperature, the thermal expansion of the fired body showed the gradual decrease, and the thermal expansion curves showed a tendency to straighten.

These observations may be resulted from the fact that the amounts of diopside and anorthite formed were gradually increased and those of quartz relatively decreased. The optimum compositions of the wall tile bodies for fast firing are 30% clay, 10~20% wollastonite and 50~60% tremolitic talc.

#### 1. 緒 論

最近 美國, 西德, 이테리 등 歐美 諸國에서는 "1回 迅速燒成"이라는 획기적인 燒成法이 開發되어 燒成時 間을 大幅 短縮시키고 全 生産工程을 自動化 함으로써 燃料 및 勞動力 節減에 크게 이바지하고 있다.<sup>2-4)</sup> 이와 같은 燒成方式은 數品의 形狀이 비교적 單純한 타일類에서부터 複雜한 衛生陶器類에 이르기까지 점차 그 適用範圍를 擴張해 나아가고 있다.<sup>3,3,5)</sup>

이러한 迅速燒成方式에서 널리 사용되고 있는 원료는 주로 滑石과 珪灰石인데, 그 素地의 中心原料 또는 數物相이 따라 滑石素地<sup>6)</sup>, 珪灰石素地<sup>6,7,8,12)</sup>, 灰長石素地<sup>2-9)</sup> 및 透輝石素地<sup>10)</sup> 등으로 알려져 있고 그 素地의 特性에 適合한 프로세스가 研究·開發되고 있다. 이들 素地는 모두 enstatite ( $MgO \cdot SiO_2$ ), wollastonite ( $CaO \cdot SiO_2$ ), anorthite ( $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ) 및 diopside ( $CaO \cdot MgO \cdot 2SiO_2$ ) 등의 直線的인 熱膨脹收縮比 및 낮은 水和膨脹性과 比較的 적은 強熱減量을 利用한 것들이다.

이 研究에서는 忠北 丹陽産 透角閃石質 滑石의 珪灰

\* 韓國科學技術情報센터

石을 사용하여 滑石-珪灰石-粘土系의 迅速燒成用 壁타일 素地를 開發하고자 하였다. 따라서 이들 天然原料의 基礎的 性質 調査와 이 系 素地의 諸般 窯業의 性質을 調査하여 比較·檢討하였다.

2. 實驗方法

2.1 原料의 豫備處理

이 實驗에서는 各 原料의 粒度를 모두 200 mesh 以下로 固定시켰다. 따라서 滑石과 珪灰石은 各 實驗 室用 조크라셔에서 粗碎하여 9 mesh 체를 全通시키고 磁石으로 鐵分을 除去한 다음 磁製 포트밀에서 乾式으로 약 20~24시간 微碎하여 200 mesh 체 殘留이 3% 미만이 되도록 하였다.

粘土는  $Na_2CO_3$ 와  $Na_2SiO_3$ 를 1:1로 混合한 해교제를 0.2% 加하여 충분히 海교시킨 다음 200 mesh 체로 쳐서 그 通過分을 試料로 하였다.

2.2 原料의 特性 調査

KSL-3120의 方法에 準하여 各 原料의 化學分析을 실시하였고 鐵物相을 調査하기 위하여 Cu K $\alpha$ (Ni filter) 30kv, 15 mA 의 條件으로 粉末法에 의한 X線回折分析을 行하였다. 또한 5°C/min. 의 加熱速度로 DTA 및 TGA 熱分析을 行하였다.

2.3 原料 調合

粘土는 素地의 成形성과 乾燥強度를 고려하여 25%, 30%, 35%의 3가지로 하였고, 珪灰石은 零, 10%, 20%, 30%의 4가지로 하여 모두 12種의 素地를 調合하였다. 따라서 珪灰石이 零인 素地는 滑石-粘土系의 高滑石素地(T-1, T-2, T-3)가 되었고 나머지 素地는 滑石-珪灰石-粘土系의 것이 되었다. 粘土를 基準으로

로 보던 25% 粘土素地(T-1, W-1, W-4, W-7), 30% 粘土素地(T-2, W-2, W-5, W-8) 및 35% 粘土素地(T-3, W-3, W-6, W-9)로 區分된다. 이들 素地의 組成은 滑石-珪灰石-粘土의 3成分系로 Fig. 1에 圖示하였다.

2.4 生素地의 加熱重量變化 및 熱膨脹 測定

前述한 各素地에 대하여 室溫에서 1000°C 까지 5°C/min. 의 加熱速度로 加熱重量變化를 調査하였고 熱膨脹은 直讀式 熱膨脹計에서 위와 같은 條件으로 測定하였다.

2.5 成形 및 燒成

調合된 素地는 各 磁製 포트밀에서 濕式으로 混合하고 乾燥하였다. 이곳에 水分 8%를 가하여 自動 몰탈에서 충분히 濕軟한 다음 14 mesh 체를 通過시켜 50 kg/cm<sup>2</sup>의 壓力으로 10×1×1cm의 試片을 加壓成形하였다. 이 試片은 恒溫槽에 넣어 110°C에서 恒量이 될 때까지 乾燥하여 乾燥重量 및 長이를 測定하고 다음 燒成을 위하여 200°C로 豫熱시켰다.

試片의 燒成은 칸발 發熱體 電氣爐를 사용하여 1000°C부터 20°C 간격으로 1200°C까지 各 燒成하였는데 試片을 燒成하기 前에 爐體를 충분히 豫熱시킨 다음 爐內의 雰圍氣分을 급속히 冷却시켜 이 때 試片을 넣고 加熱함으로써 燒成作業의 迅速化를 기하였다. 最高溫度에서의 維持時間은 15分으로 하였고, 加熱에서 冷却까지 약 2時間이 所要되었다.

2.6 燒成試片의 特性 調査

燒成한 各 試片에 대하여 吸收率은 KSL-3114의 方法으로 測定하였고 X-線回折分析和 熱膨脹 測定은 前과 같은 方法으로 하였다.

3. 結果 및 考察

3.1 原料의 特性

3.1.1 透角閃石質 滑石(tremolitic talc)

이 滑石은 dolomite 起源 滑石鑛床에서 흔히 볼 수 있는 滑石으로서 그 成因을 살펴보면 角閃石質 脈岩의 貫入으로 形成된 殘留 珪質熱水溶液에 의한 滑石化 變質作用中 母岩이 滑石과 透角閃石으로 同時에 變質되거나 또는 먼저 透角閃石으로 變質되고 이것이 部分的으로 다시 滑石化하여 生成된 것이라고 한다<sup>10)</sup>. 따라서 이 類의 滑石은 대부분 滑石과 透角閃石의 複合 鑛物이고 일반적으로 滑石에 比하여 硬度가 크고 強熱減量이 적으며 CaO 成分이 높은 特徵을 가지고 있다.

본 研究에서 사용한 試料는 忠北 丹陽郡 및 堤川郡 일대에서 產出되는 透角閃石質 滑石으로서 淡褐色 또

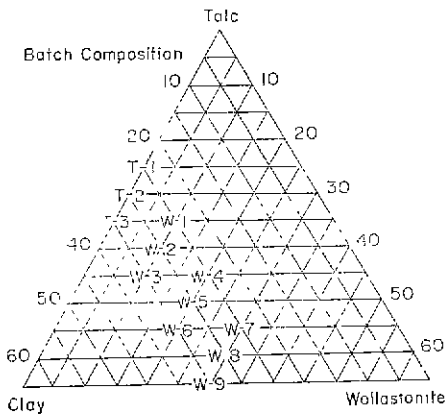


Fig. 1 Triaxial diagram of batch composition of the wall tile bodies examined.

는 淡灰色을 더고 微細한 褶山構造가 發達되어 있고 심한 葉片狀을 띠어 1~2 mm 정도의 薄片으로까지 劈開되기도 한다<sup>16)</sup>.

X-線回折分析(Fig. 2) 結果에 의하면 主 構成礦物은 透角閃石(tremolite,  $2CaO \cdot 5MgO \cdot 8SiO_2 \cdot H_2O$ )과 滑石(talc;  $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ )이고 附隨礦物로서 絹雲母가 나타나 있다.

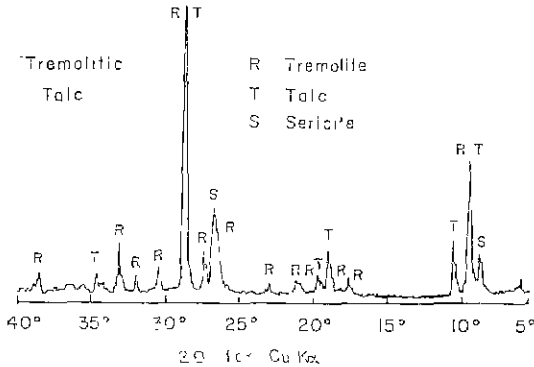


Fig. 2. X-ray powder diffraction pattern of the Danyang tremolitic talc.

DTA 및 TGA 結果(Fig. 3)를 보면 670°C 근처의 吸熱피크와 880°C 근처의 發熱 피크가 나타나 있는데 이것은 絹雲母의 結晶水 放出과 層狀構造의 崩壞로 인한 것으로 생각된다. 930°C의 吸熱피크는 滑石의 結晶水 放出에 따른 결과이다. Pask와 Warner<sup>17)</sup>에 의하면 透角閃石은 1100°C와 1350°C에서 結晶水의 放出로 인한 吸熱피크를 갖고 있다. 따라서 Fig 3의

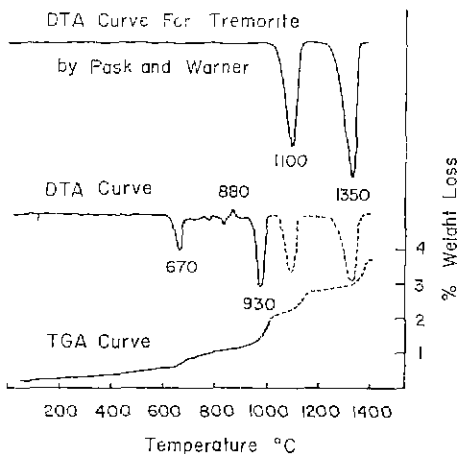


Fig. 3. DTA and TGA curves of the Danyang tremolitic talc.

1000~1400°C DTA 및 TGA 曲線은 위 研究者의 結果 큰 本 實驗의 結果에 延長하여 플로트한 것으로서 點線으로 表示하였다.

化學分析 結果(Table 1)를 보면 典型的인 滑石에 比하여 CaO 및  $Al_2O_3$ 의 含量이 높고 強熱減量이 적은 特徵을 나타내고 있다.

Table 1. Chemical composition of the raw materials.

	Clay	Wollastonite	Talc
SiO <sub>2</sub>	59.48	48.26	59.12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24.40	2.07	5.46
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.32	1.09	1.10
CaO	0.72	45.08	7.51
MgO	1.28	0.73	25.27
Na <sub>2</sub> O	0.75	0.12	0.33
K <sub>2</sub> O	0.64	0.06	0.47
Ig. loss	11.03	2.04	2.16

### 3. 1. 2. 珪灰石

이 礦物은 주로 石灰岩과 花崗岩의 接觸地帶에서 産出되며 CaO·SiO<sub>2</sub>의 化學式으로 표시되는데 內부분 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO 등의 不純物을 많이 含有하고 있다. 純粹한 것의 比重은 2.8~2.9이고 硬도는 4.8~5.0 정도로 比較的 단단한 硬質岩石이다.

本 研究의 試料는 忠北 丹陽産으로서 白色 또는 灰白色을 띠고 있고 纖維狀 또는 單柱狀 結晶의 集合體를 肉眼으로도 確認할 수 있었다.

X線回折分析 結果(Fig. 4)를 보면 主 構成礦物은 wollastonite 이고 附隨礦物로 石灰石과 石英이 나타나 있다. 加熱重量變化(Fig. 5)를 보면 890°C 근처에서부터 현저한 重量減少를 나타내고 있는데 이것은 石灰石의 熱分解로 인한 것으로 생각된다. 化學分析 結果는 Table 1과 같다.

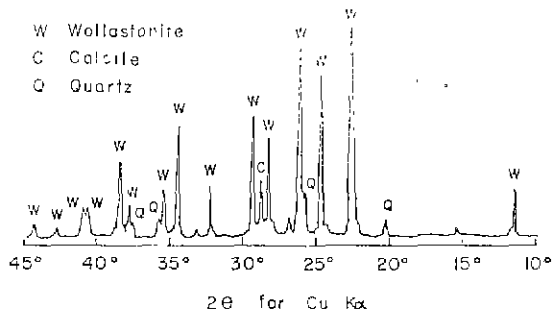


Fig. 4. X-ray powder diffraction pattern of the Danyang wollastonite.

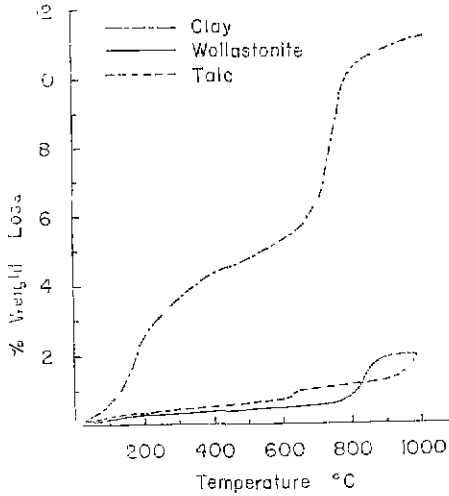


Fig. 5 Weight loss curves of the raw materials.

2.1.3. 粘土

全南 咸平産 可塑性 粘土를 사용하였다. X線回折分析 結果(Fig. 6) 및 加熱重變化 (Fig. 5)와 化學分析值 (Table 1)에서 計算한 礦物組成을 比較·檢討하면 主構成 礦物은 kaolinite이고 相當量의 石英이 微砂粒으로 含有되어 있으며 약간의 長石이 隨伴되어 있는 것으로 생각된다.

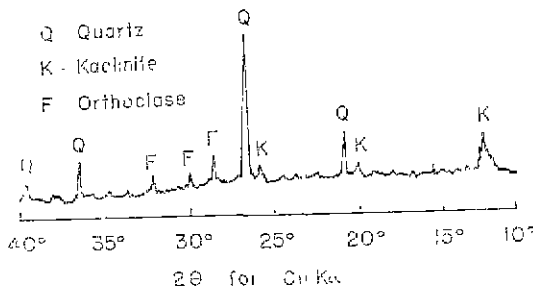


Fig. 6. X-ray powder diffraction of the Hampyeong clay.

3.2. 生素地의 加熱重變化 및 熱膨脹率

加熱에 따라 生素地는 그 特有의 熱膨脹이 일어나고 동시에 한편에서는 熱分解 및 脫水反應에 따른 氣放 出과 燒結反應의 進行 등으로 收縮이 일어나게 되는데 이들의 變化는 加熱過程을 支配하는 主要 因子라고 생각된다. 이러한 變化를 測定하기 위하여 이 試驗을 령

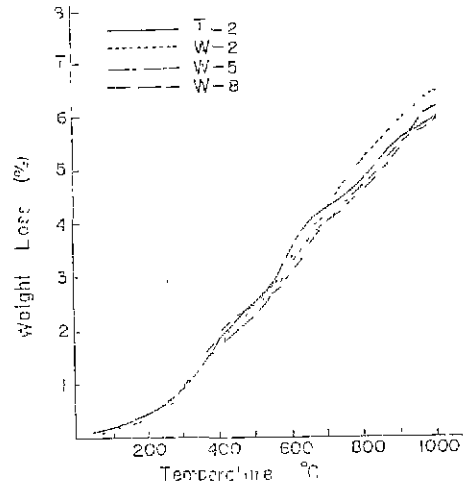


Fig. 7. TGA curves of the green bodies.

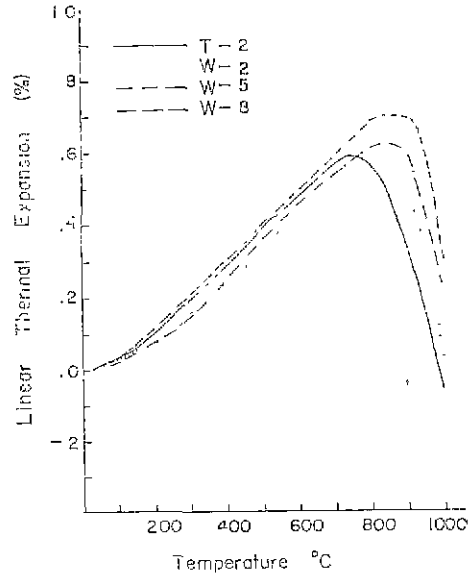


Fig. 8. Thermal expansion curves of the green bodies.

하였는데 代表的인 樣狀을 나타내고 있는 30% 粘土素地의 加熱重量 變化는 Fig. 7에, 그리고 熱膨脹測定 結果는 Fig. 8에 表示하였다.

이들 生素地의 加熱重量 變化는 粘土의 脫水分解 溫度範圍인 600°C 근처에서 보여주고 있는 重量減少를 除外하면 대체로 直線에 가까운 變化를 나타내고 있다. 이와 같은 重量減少率의 直線化는 滑石과 珪灰石의 強熱減量이 매우 적고 또한 이들의 脫水分解 溫度가 粘土의 脫水分解 溫度와 相違하기 때문에 생긴 결과라고

생각된다.

熱膨脹率의 變化에 있어서는 모든 素地가 700°C까지는 온도의 上昇에 따라 一定한 熱膨脹을 나타내고 있으나 700~900°C에서 各 素地마다 各기의 變曲點을 形成하면서 이 溫度 以上에서는 急激히 減少하고 있다 이 變曲點은 素地의 固有 熱膨脹과 脫水分解 및 燒結에 따른 收縮이 서로 平衡狀態를 이루어 생긴 것으로

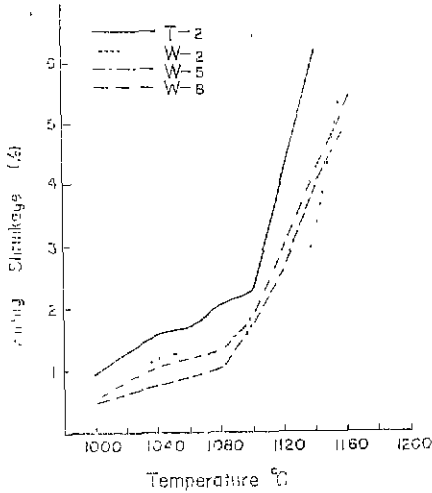


Fig. 9. Linear shrinkage curves of the fired bodies with the elevated temperatures.

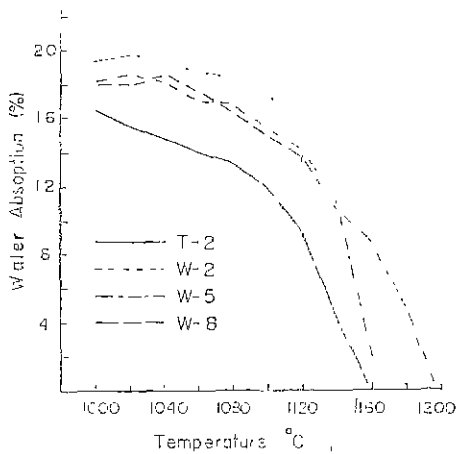


Fig. 10. Water absorption curves of the fired bodies with the elevated temperatures.

생각된다. 이 變曲點이 形成되는 溫度는 珪灰石의 增加에 따라 점점 高溫側으로 移動되는 傾向을 나타내고 있다. 이것은 이 溫度範圍에서 比較的 安定한 珪灰石이 素地의 骨材로서 作用하여 燒結溫度를 높여주기 때문이라고 생각된다.

3.3. 線收縮率 및 吸收率

1000~1200°C에서 燒成한 試片中 代表的인 樣狀을 나타내고 있는 30% 粘土素地(T-2, W-2, W-5, W-8)의 線收縮率 및 吸收率測定 結果는 Fig. 9 및 Fig. 10과 같다.

일반적으로 收縮率은 T-2를 제외하고 1030°C까지는 1.0% 내외의 비교적 적은 값을 나타내고 있으나 1100°C를 基點으로 하여 급격히 증가하였다. T-2는 1140°C 이상에서, 나머지는 1160°C 이상에서 變形이 일어났다. 珪灰石을 사용한 素地들은 滑石-粘土系의 T-2에 비하여 收縮이 減少되었고 1040~1080°C에서 상당히 安定된 적은 收縮率差를 보이고 있다. 25%와 35% 粘土素地들에 있어서도 粘土量의 增減에 따른 약간의 增減만 있을 뿐 대체로 위와 같은 傾向을 나타내고 있다.

吸收率은 燒成收縮率에 있어서와 같이 T-2를 제외하고 1040~1080°C에서 상당히 安定된 적은 吸收率差(17~18%)를 보이고 있으나 1100°C를 基點으로 하여 급격히 감소하고 있다. 25%, 35% 粘土素地들도 이와 大同小異한 結果를 나타내고 있다. 따라서 燒成收縮率과 吸收率은 서로 密接한 相關關係를 나타내고 있다.

3.4. X線回折分析

X線回折分析 結果中 滑石-粘土系의 T-2와 滑石-珪灰石-粘土系인 W-8의 常溫, 1020, 1060, 1100, 및 1140°C로 燒成한 試片의 結果는 Fig. 11 및 Fig. 12와 같다. 그리고 線收縮率과 吸收率 試驗에서 比較的 安定한 燒成範圍로 간주되는 1040~1080°C의 中間인 1080°C에서 燒成한 30% 粘土素地(T-2, W-2, W-5, W-8)의 結果는 Fig. 13 과 같다

滑石-粘土系의 代表的인 素地인 T-2는 1020°C에서 quartz를 主 鑛物相으로 하여 enstatite, anorthite가 상당량 生成되어 있고 비교적 소량의 diopside가 생성되어 있다. 燒成溫度가 上昇함에 따라 anorthite diopside는 점차 增加하는 傾向을 나타내고 있고 enstatite는 1100°C까지 增加하는 경향을 보였으나 이 溫度 이상에서는 급격히 감소하였다. quartz는 다른 鑛物相들의 增加하는 傾向과 比較하여 相 對적으로 減少하였다고 推定된다.

典型的인 滑石-珪灰石-粘土系 素地인 W-8은 1020°C에서 quartz, wollastonite, anorthite, diopside, enstatite의 여러 鑛物相이 나타나 있다. 燒成溫度가 높아질

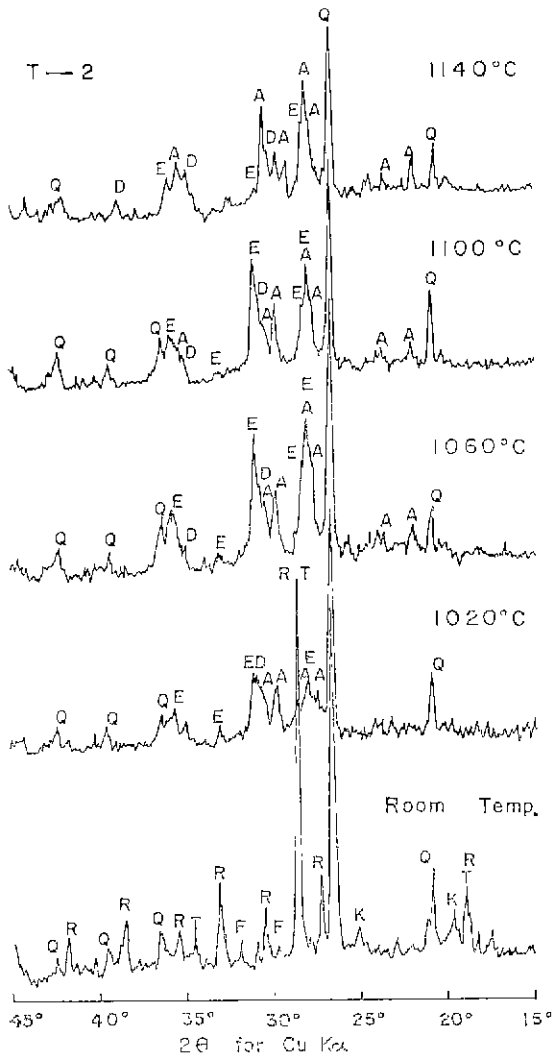


Fig. 11. X-ray diffraction patterns for the fired T-2 body at different temperatures.

에 따라 調合原料부터 主 鑛物相을 이루고 있던 quartz와 wollastonite는 점차로 현저하게 減少하는 傾向을 나타내고 있고 滑石의 分解生成物인 enstatite도 역시 減少하고 있다. 반면에 分解生成物들의 固相反應에 의하여 2次的으로 生成된 diopside와 anorthite는 增加하는 傾向을 나타내고 있는데 특히 diopside는 그 傾向이 현저하다.

Fig. 13은 特定溫度에서 珪灰石의 增加에 따른 鑛物相의 變化를 나타내고 있는데 2次 生成物인 diopside와 anorthite는 增加하는 傾向을 나타내고 있고 quartz와 enstatite는 상대적으로 減少하는 傾向을 보여주고 있

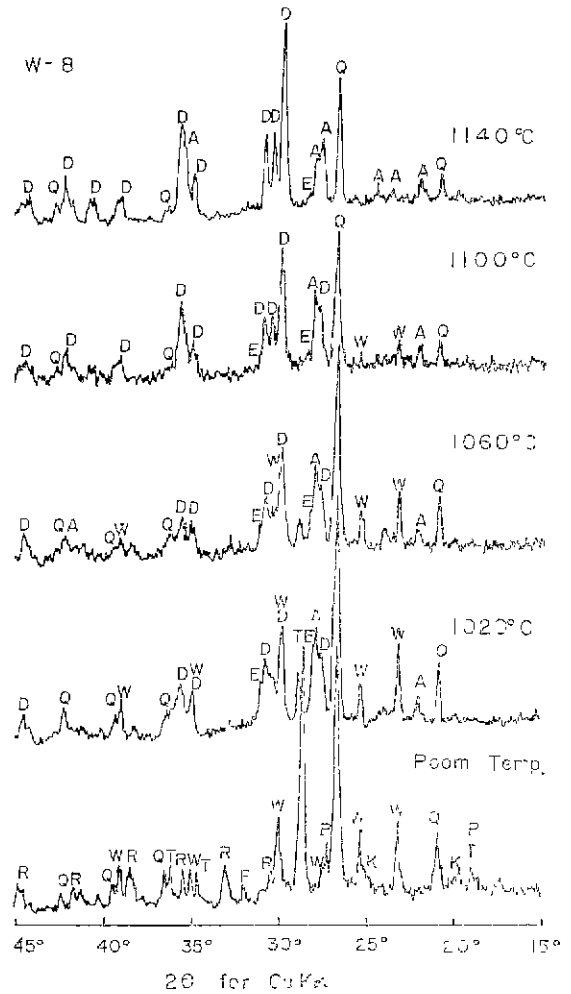


Fig. 12. X-ray diffraction patterns for the fired W-8 body at different temperatures.

다. wollastonite는 珪灰石 原料의 使用量에 따른 結果를 그대로 반영하고 있다. 나머지 다른 素地들에 있어서는 原料調合量에 따른 回折強度의 增減만 약간 다른 대체로 위와 같은 結果를 나타내고 있다.

結論적으로 素地の 珪灰石 增加와 燒成溫度의 上昇에 따라 2次 生成物인 diopside와 anorthite는 順次的으로 增加하였고 상대적으로 quartz는 減少하였다고 할 수 있다. 이것은 調合原料中の 遊離 실리카와 粘土와 滑石의 熱分解로<sup>28)</sup> 生成된 실리카가 溫度上昇에 따라 diopside와 anorthite의 生成에 참여하여 소비되고 一部는 유리상으로 용해되어 생긴 결과라고 생각된다.

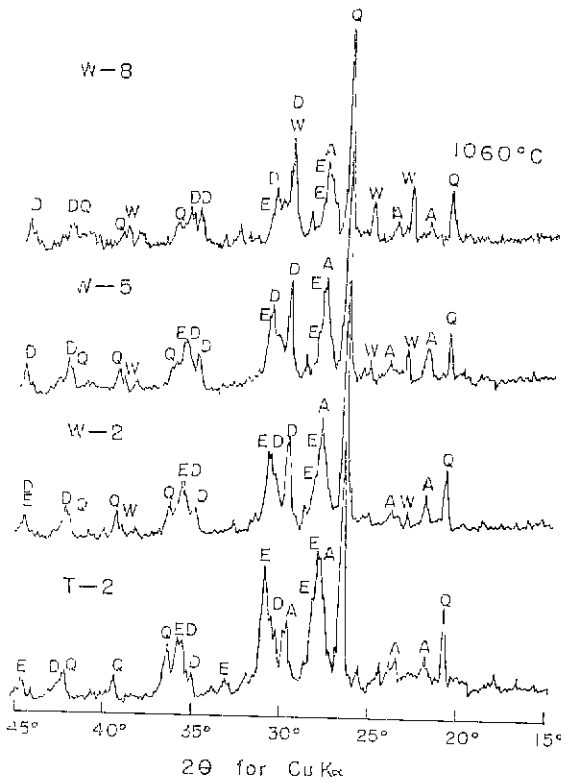


Fig. 13. X-ray diffraction patterns for the fired T-2, W-2, W-5 and W-8 body at 1060°C.

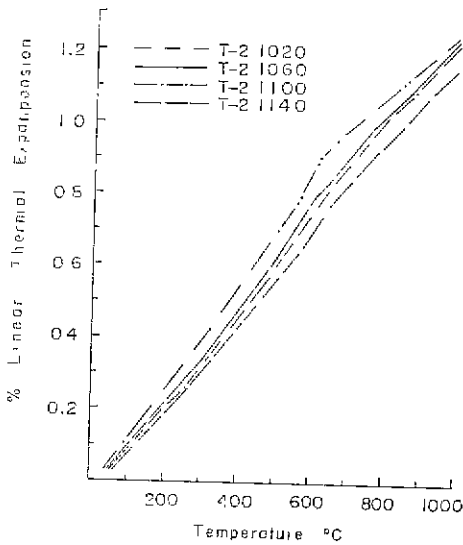


Fig. 14. Thermal expansion curves of the fired T-2 body at different temperatures.

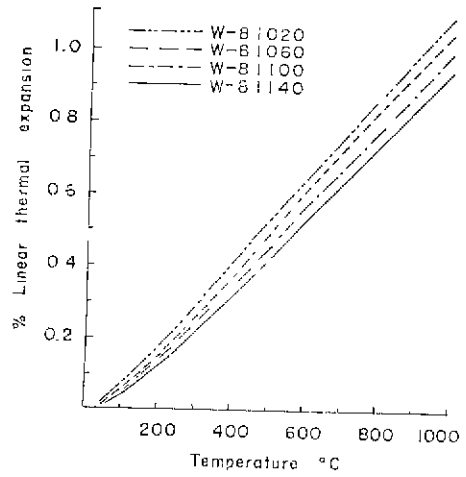


Fig. 15. Thermal expansion curves of the fired W-8 body at different temperatures.

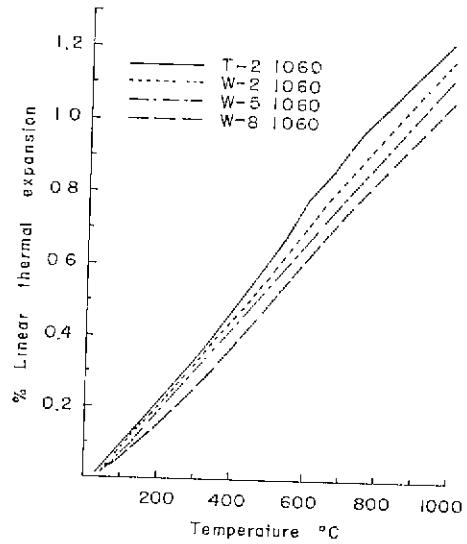


Fig. 16. Thermal expansion curves of the fired T-2, W-2, W-5 and W-8 body at 1060°C.

3, 5, 熱膨脹率

熱膨脹測定結果中 代表的인 T-2와 W-8 素地의 1020, 1060, 1100, 1140°C에서 燒成한 試片의 結果를 Fig. 14와 Fig. 15에 각각 표시하였다. 그리고 1060°C에서 燒成한 30% 粘土素地의 結果는 Fig. 16에 圖示하였다.

T-2의 1020°C 燒成試片은 比較的 큰 熱膨脹(1.03%, 800°C)과 quartz의  $\alpha$ - $\beta$  轉移에 의한 것으로 생각되는 600°C 근처의 異常膨脹을 나타내고 있으나 燒成溫度의 上昇에 따라 熱膨脹性은 減少하고 異常膨脹性도 점차 弱화되어 전체적으로 直線化하는 傾向을 보여주고 있다.

W-8은 各 燒成溫度에서 거의 直線에 가까운 熱膨脹性을 나타내고 있고 燒成溫度가 높아짐에 따라 熱膨脹은 順次的으로 減少하고 있다. Fig. 16은 特定 燒成溫度에서 珪灰石의 增加에 따른 熱膨脹性의 變化를 나타내고 있는데 熱膨脹은 점차로 減少하고 直線化하는 傾向을 보여주고 있다.

결론적으로 珪灰石의 增加와 燒成溫度의 上昇에 따라 素地의 熱膨脹은 減少하고 直線化되었다고 할 수 있다. 이것은 前述한 X線回折分析 結果에서 比較的 低膨脹性 纖維인 anorthite와 diopside가 增加하고 異常膨脹性을 가진 quartz가 減少한 結果로서 마로 說明된다. 이 두 結果는 좋은 相關性을 보여주고 있다.

#### 4. 結 論

滑石-珪灰石-粘土系에 있어서 迅速燒成에 가장 適合한 壁타일 素地는 W-2와 W-5이고 이들 素地의 最適 燒成溫度 範圍는 1040~1080°C이나 實際적으로 사용할 釉藥과 燒成프로세스를 고려하여 決定하여야 할 것이다. 釉藥과 燒成프로세스가 定해져 있다면 前述한 諸般 特性의 變化에서 最適條件을 求할 수 있을 것이라 고 생각된다.

本 研究는 1975年度 産學協同財團의 研究費 補助를 받아 遂行된 것이며 이에 謝意를 表한다.

#### References

- H-V Kaether and H. Spitzbart, "New Ways of Firing Biscuit Wall Tiles", *Interceram.* 24(3) 204~208 (1975).
- A. Bauáran and R. Ducarre, "Once Firing: Problems and Solutions". *Interceram* 23(1) 64~66, 68 (1974).
- W. Harms, "Recent Experience in Fast Firing Ceramic Products", *Ceramics* 24(8) 14~25(1973).
- A. C. Allen, "How Three Men Run an Automated Tile Plant", *Ceram. Ind. Mag.* 94(2) 30~31 (1970).
- D. Harkort, "Germany Streamlines Firing Operations", *Ceram. Ind. Mag.* 99(10) 26~29(1972).
- W. H. Orth, "Effect of Firing Rate on Physical Properties of Wall Tile", *Am. Ceram. Soc. Bull.* 46(9) 841~844 (1967).
- A. Polar and R. B. Jones, "Properties of Fast-Fired Wollastonite Tile", *Am. Ceram. Soc. Bull.* 38(9) 456~458 (1959).
- L. M. Sallevskaya, Z. A. Livson, et al. "Synthesis of Wollastonite and Its Use in Ceramic Bodies", *Glass and Ceram.* 31(2) 114~117 (1974).
- K. Gamlem and S. Lyng, "Anorthosite as a Ceramic Raw Material II. Anorthosite for Tile Manufacture", *Trans. J. Brit. Ceram. Soc.* 73(5) 139~142 (1974).
- H. G. Kurezyk, "Synthetischer Diopside-neuer Rohstoff für die Keramik", *Keram. Z.* 27(5) 233~235, (1975).
- R. W. Cox, W. H. Holmes and E. Davies". "The Design, Construction and Operation of an Experimental Tunnel Kiln for Rapid-Firing Studies", *Trans. J. Brit. Ceram. Soc.* 69(4) 133~187 (1970).
- Y. Shiraki, "Development of Once-Fire Fast Firing Ceramic Tile from Synthetic Wollastonite", *Ceram. Japan.* 6(10) 777~781 (1971).
- I. Eguchi, Fast Tile Firing Roller Hearth Kiln", *Ceram. Jap.* 6(3) 186~187 (1971).
- W. Harms, "Some Decomposition Reactions in Single Firing with Reference to Rapid Firing", *Interceram.* 23(1), 200~300 (1975).
- Y. P. Ahn, J. C. Hwang and L. Choi, "The Effect of  $Al_2O_3$  on the Formation and Properties of Cordierite Bodies with Clinocllore". *J. Kor. Ceram. Soc.* 12(4) 108~115 (1975).
- K. B. Kim, "Talc Deposits of South Korea", *Bull. Geol. Survey Korea* No. 14. 5~121 (1972).
- J. A. Pask and M. F. Warner, "Fundamental Studies of Talc: I. Constitution of Talc", *J. Am. Ceram. Soc.* 37(3) 118~128 (1954).
- E. Planz, "Solid State Reactions in High-Talc Bodies", *Am. Ceram. Soc. Bull.* 43(6) 443~447 (1964).