

# 세라믹스와 韓國

李 鍾 根

〈漢陽大學校 工科大学 教授〉

세라믹스(Ceramics)라는 용어는 그리스말 Ceramos에서 비롯된 것으로, 이것은 粘土를 구어 만든 製品을 뜻한다. 人類가 불을 利用하게 되면서부터 土器가 만들어져서 쓰여온 것으로 여겨지므로 人類歷史와 더불어 세라믹스는 발달되어 왔으며, 그 種類도 점차 다양화하였다. 18세기까지는 벽돌, 옹기를 비롯한 도자기류와, 철보, 법랑을 비롯한 유리류가 主流를 이루어 발달되어 왔으나 19세기에 들어오면서 내화재료가 돋보이게 발달하여 금속공업, 특히 철강공업의 발달에 박차를 가하였다. 또 시멘트공업도 크게 발달하여 중요한 建設材料로서 등장하게 되었다.

炭化珪素가 合成되어 研磨材로 活用되고, 珪酸알루미늄 系列의 세라믹스가 耐火性을 높이기 위한 努力으로 순수한 알루미늄으로 스파크프러그를 만들기에 이르러 급속한 속도로 純酸化物이나 非酸化物系의 特性的인 세라믹스가 出現하게 되었다. 특히 第2次 世界大戰後에는 세라믹스에 관한 理論體系가 定立되고, 從前에는 보지 못한 새로운 機能을 가진 세라믹스를 뉴세라믹스(新窯業體) 또는 모던 세라믹스(Modern Ceramics)라 부르게 되고, 따라서 從前에 既히 개발이 용된 세라믹스를 Classic ceramics (典型的 窯業體) 또는 Traditional ceramics라고 부르게 되었다. 대체적으로 이 時代的 限界를 보면 1950년경으로 된다. 그러나 歲月이 흐름에 따라서 New라던가 Modern이라는 말이 適合한 이름이 될 수 없어서 Technical ceramics, Hi-Tec ceramics, High performance ceramics, Advanced ceramics, Fine ceramics 등 여러가지 이

름을 붙이게 되었다. 또한 Active ceramics 나 High value added ceramics라는 이름도 붙여졌고, 또 機能을 나타내서 Bio-ceramics, Electro-ceramics, Engineering ceramics, Structural ceramics 등의 여러가지 이름이 붙여졌다. 그 중에서 지금 Fine ceramics (精密窯業體)라는 이름이 가장 많이 쓰이고 있는데, 이 말은 日本에서 만들어진 말이며, 歐美에서도 이 말이 쓰이기도 하지만, 歐美에서는 Technical ceramics라는 말이 보다 普偏化되고 있다.

## 1. 韓國의 세라믹스 資源

主要한 우리나라의 세라믹스資源은 <表-1>과 같다. 이 表에서 보면 우리나라의 세라믹스資源은 主要한 原料資源이 골고루 充分한 量을 保有하고 있다. 이것은 新羅, 高麗時代의 坩堝나 磁器의 찬란한 歷史를 지니게된 要因의 하나로 볼 수 있고, 세라믹스産業이 近代化과정에서 들어간 1957년부터 30년밖에 경과하지 않은 現在 年産 5천톤程度에서 3천만톤을 生産하게된 시멘트産業을 비롯 板유리는 12萬箱子에서 1천만箱子를 超過 生産하게 되었고, 도자기工業도 輸入에서 1억弗 以上을 輸出하게 되는 등, 세라믹스産業이 刮目할만한 發展을 하게된 主要原因의 하나이기도 하다.

그러나 近來에 와서 이와같이 막대한 資源을 保有하고 있음에도 不拘하고 세라믹스産業 거의 全體에 걸쳐서 原料難을 호소하고, 品質向上을 期待하기가 매우 어렵고, 原料輸入에 依存하고 자 하는 경향이 深化되어가고 있으니 불가사의

韓國의 세라믹스資源

<表-1>

(單位:千톤)

原料名	埋藏量 (A)	生産量 (B)	內需量 (C)	稼行年數	
				A/B	A/C
珪石·珪砂	1,413,462	1,726	1,801	819	785
石灰石·白雲石	40,255,388	33,456	33,287	1,203	1,209
長石	26,508	127	101	209	262
高嶺土·粘土	163,364	721	697	227	234
蠟石	114,455	656	364	174	314

도자기의 수출실적

<表-2>

(單位:千弗)

1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
103,385	127,006	99,492	91,203	95,886	81,310	103,474	136,669

한 일이 아니라 할 수 없다.

## 2. 도자기工業

도자기工業은 세라믹스産業에 있어서 基本이 되는 工業이며 日常生活과 밀접한 관련이 있는 生活必須品이어서, 解放後 가장 먼저 建設된 工業이며, 資源이 풍부하고 천부적인 才能도 겸하고 있어서 急成長하였는데 1963년에는 수출산업으로 전환하였고, 1980년에는 輸出額이 1억弗을 초과달성하였다. 80年代에 들어서의 도자기류의 수출실적을 보면 <表-2>와 같다.

이 表에서 나타난 바와 같이 80年代에 들어와서는 衰退 내지는 保合狀態를 벗어나지 못하고 있다. 輸出額의 起伏은 여러가지 要因이 있겠으나 臺灣이 이 期間에 4~5억弗로 急成長한 것을 볼 때 우리나라의 도자기工業에는 심각한 문제점이 있음을 알 수 있다. 특히 臺灣은 資源面에서 우리에게 크게 못미치고 있음을 감안할 때 심각성은 더하다.

1987年의 수출실적을 보면 <表-3>과 같다. 이 表에서 보면 식기류가 66.1%를 차지하고 있어서 수출을 주도하고 있음을 알 수 있다. 1980年度의 수출구성비를 보면 <表-4>와 같다.

<表-3>과 <表-4>에서 볼 때 附加價値가 적

은 타일류는 감소하고 附加價値가 큰 식기류가 수출을 주도하는 傾向에 있어 바람직하다. 그러나 製品이 점차 高級化됨에 따라서 原料品位에 對한 要求가 가혹화하는데 天然原料에 依存하여 온 습성은 그대로여서 國內原料의 使用을 포기하고 輸入原料에 依存코자 하는 性行이 짊어져 가고 있다.

도자기工業이 여전히 一貫作業型을 벗어나지 못하고 있으며, 品種別 專門分業化는 어느 程度 이루어지고 있지만 先進國型의 原料의 粉體供給과 素地의 專門生産供給體制는 舊態依然하게 이루어지지 못하고 있다.

도자기류의 수출실적

<表-3>

品種		수출량 (×1000)	수출액 (\$)	구성비 (%)
타일류	쿼리타일	389 S/F	257,708	0.2
	내장타일	88,038 PCS	5,808,107	4.2
	모자이크타일	20,943 S/F	12,812,843	9.4
식기류		14,646 DOZ	90,352,864	66.1
위생도기		118 PCS	1,400,710	1.0
노벨타		3,231 DOZ	24,797,043	18.1
기타		2,122	1,240,136	0.9
計			136,669,412	

1980年度 도자기輸出 構成比(%)

〈表-4〉

타 일 류	식 기 류	위생도기	노 벨 터	기 타
29.1	42.1	0.5	26.7	1.6

### 3. 유리工業

우리나라의 유리는 新羅時代에 제조된 것으로 여겨지나 그후 衰退하였으며, 韓末에 서울에서 建設되었지만, 유리工業은 日帝末期에 다시 建設되기 始作하였다. 그러나 解放後에야 活潑한 建設이 이루어졌다. 유리工業이 近代化되기 시작한 것은 1957년에 仁川板유리와 自動瓶유리工場인 永登浦의 大韓유리가 建設되기 시작한 때 부터이다.

解放後 40年 近代化가 시작한지 30年의 짧은 期間에 유리工業은 發展을 거듭하여 量的으로나 質的으로나 많은 製品分野에 있어서 國際水準에 近接하는 境地에 達하였다. 1987年度의 유리製品의 輸出實績을 보면 〈表-5〉와 같다.

이 表에는 나타나 있지 않지만 유리를 주로하여 이를 加工한 製品으로 TV브라운관과 거울이 역시 相當類 輸出되고 있지만 그 正確한 額은 算出되고 있지 못하며 또한 母유리는 生産되지 않고 있지만 母유리를 輸出하고 이를 加工하여 輸出하고 있는 것이 많은데 그 예로서 眼鏡유리를 비롯한 光學유리製品과 光通信用 실리카

유리의 輸出實績

〈表-5〉

品 名	金 額(\$)	占有率(%)
유 리 瓶 類	7,706,795	21.9
유 리 食 器 類	18,015,669	51.3
크리스탈유리類	4,048,150	11.5
기 타 雜 유 리	5,370,595	15.3
小 計*	35,141,209	
板유리·安全유리	20,329,000	
纖 維 유 리	6,879,000	
計	62,349,209	

註：\*는 유리工業協同組合分.

유리纖維, 그리고 낚시대와 같은 複合材料가 있다.

유리의 生産趨勢를 보면 年度에 따라서 起伏은 있지만 年間 15% 内外의 急成長을 하고 있다. 그러나 유리工業도 많은 問題點을 안고 있다.

첫째로 가장 重要한 原料인 珪砂에 對한 問題이다. 珪石과 珪砂를 합해서 14억톤 以上の 資源을 保有하고는 있지만 가장 廉價인 실리카原料인 珪砂는 長石類와 鐵鑛物의 過多 夾雜으로  $Al_2O_3$ 와  $Fe_2O_3$ 의 含量이 많다. 우리나라의 珪砂中에서는 仁川板유리의 稼動과 함께 有名해진 安眠島 珪砂가 質的으로나 量的으로 代表的이지만 〈表-6〉에 나타낸 바와 같이 國際水準에는 質的으로 미치지 못하며 窓유리나 瓶유리와 같은 一般유리用으로도 未洽한 狀態이다.

그러므로 韓國유리工業株式會社에서는 安眠島 珪砂를 磨鑢, 磁力脫鐵로 精製하여 板유리用 原料珪砂로 使用하고 있으며, 이것으로도 鐵分이 過多하여 康津珪石을 粉碎精製하여 鐵分을 調節하고 있다. 또한 中小工場에 있어서도 플린트유리와 같은 無色유리를 만들기 위해서는 比較的 純粹한 珪石을 粉碎하여 銀砂를 만들어 쓰고 있으며 一部에서는 호주産 珪砂를 輸入하여 使用하고 있다. 한편 精密窯業用的 珪石粉은 良質의 珪石을 微粉碎하고 化學處理함으로써 〈表-6〉에 나타낸 바와 같은  $\mu m$  size의 純粹한 珪石微粉을 生産하고 있다.

한편 石灰石과 함께 白雲石, 長石도 重要한 유리用原料인데 國際水準級の 純度를 지닌 粉體로 된 原料는 國內資源이 豊富함에도 불구하고 生産供給하는 業體가 없어서 부득이 알루미늄이나 마그네시아 등 化工藥品을 輸入 使用하는 工場이 적지 않다.

둘째로 유리工業은 急速한 速度로 發展되고는 있지만 아직도 光學用유리와 光通信섬유유리와 같은 유리의 母유리의 生産이 없고, 廚房用유리를 비롯한 耐熱유리나 여러가지 理化學用유리는 아직도 品位가 國際水準에 못미치는 것이 많아서 輸入品에 依存하는 경우가 많다.

끝으로 유리工業은 에너지多消費業種인데 大

SiO<sub>2</sub>의 組成(%)

〈表-6〉

原料名	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	R <sub>2</sub> O
安眠島珪砂	96.30	0.06	2.00	0.14	0.06	0.07	1.38
康津人造珪砂	98.84	0.05	0.62	0.095	0.01	0.02	0.18
珪石	99.50	-	0.27	0.03	-	-	-
注文津珪砂	94.40	-	3.90	0.05	0.01	0.01	1.60
泗川精製珪石粉	99.987	Ti 0.00094	Al 0.0080	Fe 0.00014	Ca 0.00014	K 0.00028	Na 0.00089

部分의 中小企業體의 施設이 老朽되어 있고, 窯爐에 對한 設計技術이 先進水準에 못미쳐서 에너지가 過多하게 消費되고 있다.

이렇게 볼 때 유리製造技術의 開發, 施設의 築造製作技術 開發이 必要하지만 그 중에서도 焦屑의 改善策은 原料工業의 建設에 依한 均一하고도 純度높은 原料의 供給體制를 創出하는데

있다.

4. 精密窯業體

精密窯業體는 〈表-7〉에 나타난 바와 같이 여러가지 特出한 機能을 保有하는 素材들이 開發

機能別 精密窯業體 例

〈表-7〉

機能	精密窯業體(例)	應用
電氣的機能 絶緣性 誘電性 壓電性 半導性 이온傳導性	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , BeO BaTiO <sub>3</sub> BaTiO <sub>3</sub> , PZT SiC, BaTiO <sub>3</sub> , ZrO <sub>2</sub> β-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ZrO <sub>2</sub>	IC기판, 패키지지 콘덴서 변성기, 진동자 발열체, 더미스터 센서
磁氣的機能	Zn-Mn 페라이트 Sr페라이트	자심, 자기테이프 자석
光學的機能	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -ThO <sub>2</sub> , PLZT	발광관 레이저재료
化學的機能	SnO <sub>2</sub> , ZnO Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 코디라이트	가스센서 촉매단체
生體機能	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 아파타이트	인공뼈, 치아
放射性機能	UO <sub>2</sub> , C, B <sub>4</sub> C SiC, Li <sub>2</sub> O	원자로 원료와 재료 핵융합로
吸音機能	다공질, 섬유질 세라믹스	흡음판
熱的機能	ZrO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub>	적외선 방사
機械的機能	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiC Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , SiC	연마재, 절삭재 터빈블레이드

## 精密窯業體의 需要와 生産

〈表-8〉

品 種	1984		1987	
	需 要	生 産	需 要	生 産
Structural, 내마모재 등	5.5	1.2	15.8	4.4
Insulators, IC 基板 등	62.5	1.2	103.3	4.0
Capacitors, 콘덴서 등	32.3	25.5	83.2	41.6
Piezoelectrics, 발진자 등	23.7	—	46.0	8.0
Ferrite, 마그네틱 헤드 등	78.5	38.0	227.7	94.2
Semiconductor, 센서 등	10.8	—	34.0	2.8
Carbon 기타	32.6	—	—	—
計	245.9	65.9	510.0	155.0
國 産 化 率(%)	26.8		30.4	

註: 其他 光纖維는 4 個社 20 萬 km/Y 生産.

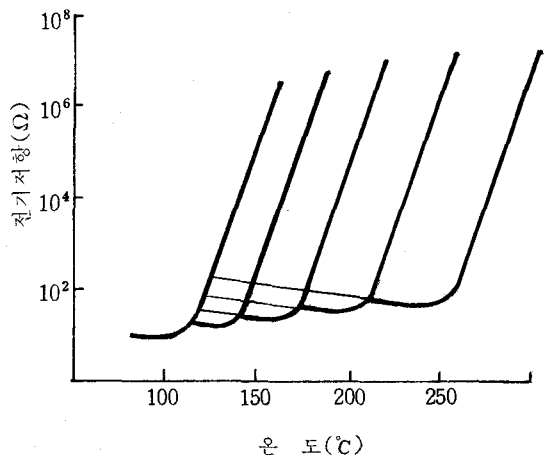
되어 電子工業分野, 通信分野 등을 비롯하여 모든 産業技術分野에서 活用되어 社會文明에 革新을 일으키고 있으며, 지금도 계속적으로 새로운 機能을 保有하는 新素材가 開發되고 있어서 第3 石器時代의 隆盛을 保障하고 人間의 꿈을 實現해가고 있다.

우리나라에 있어서도 産業의 發展에 따라서 精密窯業體의 需要가 急増하고 있고, 이에 따라 이에 대한 研究開發努力도 크게 이루어져서 精密窯業體의 生産도 活發하게 急増하고 있다.

〈表-8〉에 최근의 精密窯業體의 需要와 生産을 나타냈는데 수요의 急増勢를 알 수 있고 國産化率도 漸増함을 나타내고 있다. 그러나 國産화된 精密窯業體에 있어서도 대부분의 出發物質은 輸入에 依存하고 있는데, 그것은 우리나라의 原料精製工業 및 技術과 基礎化學工業의 建設이 늦은데 있다.

精密窯業體의 生産에 있어서는 高度의 純度を 要求하고 있고, 또 粒子의 크기나 形狀이 精密窯業體의 特性에 크게 영향을 준다.  $BaTiO_3$  를 예로서 들어본다.  $BaTiO_3$  는 強誘電體로서 電氣抵抗이 매우 큰 絶緣體인데, 그것이 純도가 높을수록 絶緣性도 커진다. 그러나 순수한 바륨티타네이트에 0.1~1.0%의  $La_2O_3$  를 넣어서

窯業體를 만들면 電氣抵抗이 급격히 떨어져서 半導體로 된다. 따라서 이 窯業體는 電氣를 通하면 發熱體가 된다. 그러나 發熱해서 溫度가 一定溫度에 達하면 抵抗이 급격히 커져서 絶緣體가 되므로 發熱은 中斷된다. 冷却하여 一定溫



〈그림-1〉 반도체  $BaTiO_3$  의  $La_2O_3$  0.1~1.0% 첨가에 따른 전기저항치의 변화

度 以下가 되면 다시 半導體가 되므로 發熱해서 一定溫度를 維持하게 된다. 그러므로 이런 窯業體는 溫度自動調節機 없이도 自動적으로 一定溫度를 維持할 수 있게 되는데, 이런 特性을 利用한 것이 더미스터(Thermister)이다.

이 例와 같이 약간의 다른 物質의 첨가로 그 特性은 크게 달라진다. 即 少量의 不純物의 含有으로서 製造된 窯業體의 特性, 機能에 매우 큰 變化를 준다. 이것은 精密窯業體에 있어서 그 出發物質의 純粹성이 얼마나 重要的 것인가를 나타내는 例이다.

精密窯業體에 使用되는 原料粉體의 一般的인 條件을 보면 아래와 같다.

- 1) 微粉일 것 ( $\mu\text{m}$  單位 또는 그 以下).
- 2) 2次粒子를 含有하지 않을 것.
- 3) 粒度的 分布範圍가 좁을 것.
- 4) 高純도일 것 (一般的으로 99.99% 以上).
- 5) 粒子가 球形일 것.

이와 같이 嚴格히 制御되어야 하므로 出發物質의 國內生産은 매우 重要的 課題이다. 出發物質을 現在와 같이 輸入에 依存할 경우, 그 出發物質의 特性이 世界共通의 이 아니며, 製造條件에 따라서 特性이 크게 다를 수 있기 때문에 特定生産體에만 依存하지 않을 수 없기 때문이다.

## 5. 세라믹스産業의 問題點과 改善策

### 5.1 資源

韓國은 資源이 적은 나라로 自他가 公認하고 있지만 세라믹스資源에 한해서는 主要原料의 資源이 比較的 골고루 豊富하다. 그러나 賦存量은 많으나 單位鑛床이 적어서 鑛山이 各處에 分散되고 있고, 各鑛山은 零細를 免치 못하고 있다. 따라서 各鑛山은 富鑛體 中心으로 採鑛하고 있으며 手選以外에는 基本的인 前處理過程도 거치지 않고 거의 原鑛 그대로 供給하고 있는 것이 많다. 따라서 同種의 原料鑛物도 鑛山에 따라 品位가 다르며, 같은 鑛山의 原料鑛物도 品位가 一定하지 못하고 恒시 變動하는 것이 常例이다. 이의 解決을 위하여는 原料精製工場을 建設하여

各鑛山에서 同種原鑛을 蒐集·混合하여 粉碎하고 浮選, 強力磁選, 水簸 등의 本格的인 精鑛過程을 거쳐 均一한 品位의 粉體原料를 供給하는 體制確立이 必要하다. 이와같은 供給體制의 改革은 富鑛體 中心의 採鑛도 脫皮할 수 있게 되고 資源의 낭비를 방지하는 役割도 兼하게 된다.

### 5.2 産業構造

大部分의 典型的 窯業製品을 生産하는 工場들은 一貫作業型이다. 特히 陶磁器類의 工場은 이 傾向이 뚜렷하고 改善이 지지부진하다. 그러므로 各工場은 鑛山에서 直接 原鑛을 供給받아 原料로 使用하고 있으므로 原料의 品位가 時時로 變動하여 科學的 生産管理가 거의 不可能한 狀態에 있고, 工場마다 原料配合이 다르고 製品의 品位가 다르므로 몇 개 工場의 연계에 의한 多量需要에 應할 수 있는 길도 열리지 않고, 生産性의 向上도 期하기 어려운 形便이다. 이의 解決을 위하여는 前記한 原料供給體制의 改善은 勿論 製品別 分業化와 아울러 工程別 分業化가 要望된다. 例를 들면 陶磁器工業에 있어서 日本과 臺灣 등에서 成功을 거두고 있는 調土工程의 分業化, 即 素地工場의 建設을 들 수 있다.

製造工程의 自動化도 不進한 狀態인데 이는 주로 供給原料의 品位不均一에 起因된 것으로 이런 狀態에서는 標準作業의 設定조차 어렵게 된다.

### 5.3 精密窯業

精密窯業製品의 需要는 놀라울 정도로 급격히 增加하고 있다. 따라서 學界와 産業界에서는 精密窯業體에 對한 研究, 技術開發 努力도 대단하여, 이에 對한 公開된 研究論文도 年間 100여 편에 이르고, 非公開된 研究도 相當數에 이르러 매우 活發하지만 그 중에서 出發物質에 關한 研究論文은 매우 적다. 現在 精密窯業體의 數도 急激히 늘고, 生産量도 증가추세가 매우 크지만 出發物質은 거의 輸入에 依存하고 있어서 外國 依存도가 매우 높다. 이의 解決을 위하여는 基礎産業을 育成함으로써 出發物質의 國內生産을 促進하는 것이 무엇보다도 앞서 要望된다. ♣