

오지그릇用 無鉛生釉에 관한 研究

李喜洙 鄭永奇 崔世泳

延世大學校 窯業工學科
(1976年 3月 27日 接受)

A Study on the Leadless Raw Glaze for Domestic Earthen Ware.

Hee-Soo Lee, Young-Ki Jeong and Se-Yeang Choi

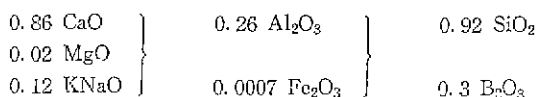
Dept. of Ceramic Engineering, Yonsei University
(Received March 27, 1976)

ABSTRACT

The study is an attempt to prepare the raw glaze can replace the lead glaze that has been used for a long time as Korean Kimchi-jars.

1) The batch of the glaze that show the similar properties and appearance of lead-glaze were 40% of Yongin or Anseong Yakto, 40% of Ash and 20% of Anhydrous-Colemanite.

It's Seger Formula was



2) The firing temperature of selected glaze was 950—1050°C.

3) As the content of anhydrous-Colemanite was increased, the thermal expansion coefficient was decreased.

4) The color of leadless raw glaze was translucent light yellow. It was possible to obtain the same color as lead glaze by Fe_2O_3 and MnO_2 .

1 緒論

우리나라에는 아직 陶磁器質 食器에 對한 有害成分의 法的 規制가 없다.

近來, 우리나라에서도 陶磁器의 年間 生産實績¹⁾이 157,407% (1975年度)으로 急增되어 人體에 미치는 害를 生할지 않을 수 없는 段階에 이르렀으므로 有害成分 規制 問題가 緊要하게 되었다.

그러나 古代로부터 우리나라에서만 生産使用되고 있는 韓國 固有食器인 오지그릇에 對한 規制를 外國에서도 生産되고 있는 一般 陶磁器와 同種視하여 一律의으

로 取扱한다는 것은 그의 特異한 材質이나, 用途面으로 보아 妥當하지 않기 때문에 現在 關係機關에서 慎重히 檢訂中에 있다.

따라서 此際에 慣用 鉛釉와 製造工程上으로 變動이 없고 物性上으로 遜色이 없는 釉藥 特히 有毒成分인 鉛分을 全히 加하지 않는 釉藥을 低廉하게 開發 普及시키고자 함이 本研究의 目的이다.

從來, 鉛毒防止를 爲한 研究는 많이 있었으나, 大部分은 無鉛 frit 釉에 對한 것이었으며 本研究課題인 無鉛生釉에 對한 것은 아직 生疎하다.

本 實驗에서 鉛原料 代替物로서 特異하게 取扱된것

은 colemanite⁶⁾와 wollastonite⁷⁾이며, 餘他 原料에 對해서는 經濟性과 求得 難易性을 勘案하여 鉛釉 製造用으로 從부터 價用되고 있든 素朴한 天然原料 種類를 그대로 使用하였다. 한편 현재 400餘個所의 오지그릇

生産業體로 하여금 本品를 使用하는데 있어 支障을 招來하지 않도록 하기 위하여 可及的 價習의 工程에 離脫 되지 않게끔 實驗을 推進하였다는 것이 本 研究의 特徵이다.

Table 1. Chemical compositions and some physical properties of raw materials.

Chem. comp. and phy. prop.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	lg. loss	T ₁ ue sp. gr.	Refractoriness (SK)
Raw materials										
Kimchun quartz	99.06%	0.04%	0.19%	0.36%	0.55%	%	%	0.05%	2.63	33
Hadong kaolin	42.72	38.69	1.05	1.02					2.47	34
Yeongdok wollastonite	50.08	2.18	0.94	45.20	0.87			1.02	2.86	14
Yongin yakto	65.00	17.30	5.05	0.56	1.61	0.68	2.29	8.35		
Anseong yakto	64.2	16.5	5.75	0.88	1.41	0.75	2.30	8.64		
Ash	21.78			56.92		21.3%				

2. 實驗方法 및 結果

2-1) 原料 및 素地

河東 kaolin, 金泉珪石, 龍仁藥土, 安城藥土, 慶北 영덕產 wollastonite (β) 등 天然原料 및 木草灰를 使用하였으며, 이들 天然原料의 化學組成을 Table 1에 表示하였다. 本 實驗에서의 特殊原料인 藥土, 木草灰, wollastonite 및 合成한 無水 colemanite의 X-ray 廻折圖는 Fig. 1과 같다.

本 實驗에서 各種 原料는 Tyler sieve 200 mesh 道過 粉末을 使用하였다. 一次實驗에서는 素地基盤에 따른 影響을 可及的 減 弱케 하기 위하여 SK 34의 瓷磚 耐火벽돌을 基盤으로 使用하였으며, 二次實驗에서는 實用되고 있는 오지그릇用 實素地를 基盤으로 使用하였으며 여기에 施釉하였다. 오지그릇用 素地土는 東大門區 新內 院所在 工場에서 約 一週日間 沓제운것(含水率 23.5%)를 求得하여 使用하였다.

이 素地土로서 25×25×5mm 의 試片을 軟泥打法으로 成形한 다음 2日間 陰地에서 自然 乾燥하고, 다

Table 2. Physical properties of the fired nonglazed bodies

Item	Linear shrinkage	Water absorption
Temp. (°C)	%	%
950	0.79	17.74
1000	0.99	18.07
1050	2.58	15.38
1100	5.13	11.86
1150	6.04	9.02
1200	8.08	4.06

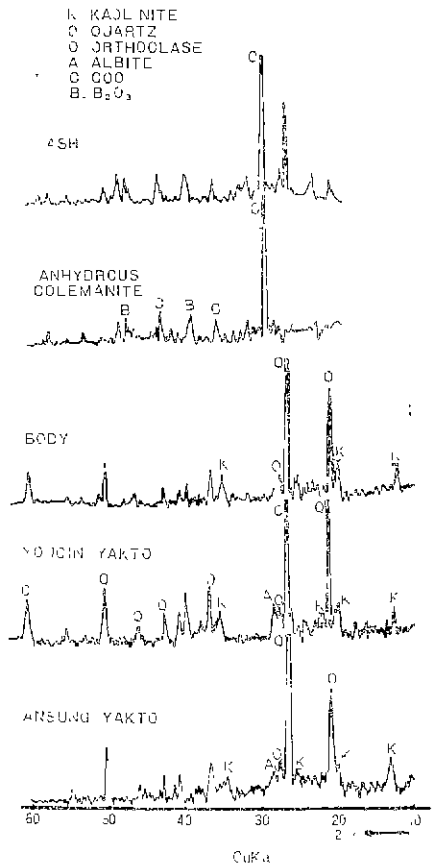


Fig 1. X-ray diffraction patterns of starting materials.

시 約 100°C의 乾燥器에서 恒量이 될 때까지 乾燥시킨 다음 desiccator에 保管해있다가 供試하였다. 本 오지그릇用 藥地의 燒成溫度에 따른 物性은 Table 2와 같다.

또 鉛釉에와 類似한 色을 爲하여 着色劑로서 化工 藥品인 MnO₂, Fe₂O₃ 등을 釉藥에 混合使用하였다.

2-2 實驗

各種 釉藥 調合物的 泥漿(含水分 45%)에 基盤藥地를 澆金法으로 施釉하고 一晝夜 以上 陰地에서 乾燥시킨 다음 所定條件下에 燒成하여 熟成시켰다. 그러나 一次實驗에서는 各種 釉藥 調合物로 tablet 形 (1.33cmφ, 2.4gr均一)의 加壓(700 psi 均一) 成形體를 耐火벽들 基盤 面上에 놓고 所定條件으로 熟處理하여 物性 變化를 調査하였다. 實驗 項目은 다음과 같다.

① Flux 選定

Flux 選定은 豫備實驗 및 文獻^{6,7)} 參照結果 wollastonite와 無水 caemanite를 任意로 擇하여 Fig 2와 같이 三成分 系圖에 依據하여 系統的인 釉藥調合을 하였다.

Flux 以外의 原料로는 前記한 바와 같이 鉛釉에서의 慣用原料인 礬土(龍仁産, 安城産)와 木草灰를 使用하였으며, 燒成條件 亦是 鉛釉에의 慣用 條件範圍를 離脫하지않게 하기爲하여 任意로 1,050°C로 定하고 維持時間은 10分 均一으로 하였다.

本項 實驗結果로서는 熔着性과 色調 判別을 目的으로 하였다.

따라서 이를 爲하여 耐火벽들 基盤上에 所定 釉藥調

合物的 前記와 같은 tablet 形體를 놓고 所定條件으로 燒成 熟成시켰다.

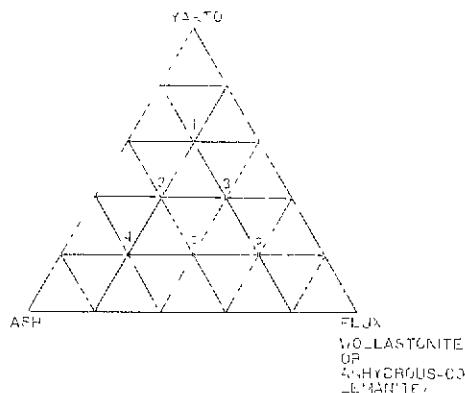


Fig 2. Diagram for batch compositions

Table 3. Batch compositions

Raw material Point	Yongin yakto	Ash	Flux
1	60%	20%	20%
2	40	40	20
3	40	20	40
4	20	60	20
5	20	40	40
6	20	20	60

Table 4. Physical properties of the fired samples

Item Samples	Colour	Translucence	Gloss	Dia.	Contract	Appearance	Bubble	order of adhesion
1050W ₁	black	none	bad	1.25cm	-0.08cm		round	
1050W ₂	dark brown	"	none	"	"		sharp	
1050W ₃	brown	"	"	"	"		"	
1050W ₄	light brown	"	"	1.33	0		"	
1050W ₅	dark grey	"	"	"	"		"	
1050W ₆	grey	"	"	"	"		"	

Item Samples	Colour	Translucence	Gloss	Dia	Contract	Appearance	Bubble	order of adhesion
1050C ₁	brown with whitish brown spot	bad	bad	2.31	-0.98cm	spread	none	6
1050C ₂	bluish brown	good	good	3.21	+1.88	"	small, many	5
1050C ₃	whitish brown	"	"	3.69	+2.36	"	"	4
1050C ₄	dark brown	"	"	4.18	+2.85	"	large, many	3
1050C ₅	whitish brown	"	"	4.33	+3.00	"	none	2
1050C ₆	"	"	"	4.50	+3.17	"	"	1

Flux 種으로는 wollastonite (W로 表示)와 無水 colemanite (C로 表示)의 두 系列로 하였으며 Fig. 2 內의 點 表示數字를 flux의 記號 右下에 添記하고 記號 左下는 燒成溫度를 表示하였다. 實驗結果는 Table 4 와 같다.

위 結果에서 알 수 있는바와 같이 W 系列은 全試片이 거의 熔融되지 않았는데 反하여 C 系列은 全試片이 거의 完全 熔融되어 基盤에 流動 熔着되었으므로 次後 實驗에서는 flux種으로 系列C만을 擇하기로 하였다.

② 釉組成 選定

① 項 實驗에서 燒成溫度를 1050°C로 取한 結果,

너무나 熔融性이 甚하였기에 適切한 流動性과 經濟性을 勘案하여 보다 낮은 950°C를 燒成溫度로 取하여 本項의 實驗을 遂行하였다. 그 結果를 Table 5에 表示하였다.

이 表에서 알 수 있는 바와 같이 氣泡含率, 熔着性等一般性에 對하여 各試片을 比較檢討한 結果 950C₄가 良好視되어 本項 實驗에서는 950C₄를 選定하였다.

한편 藥土 種類에 따른 影響을 探知하기 爲하여 C₄와 同一 組成이긴 하나 藥土만을 龍仁產 대신에 安城產 (C'로 表示)로 代替하여 同一 條件下에서 燒成시켰다. 그 結果 亦是 Table 5에 表示하였다.

Table 5. Physical properties of the fired samples.

Item Samples	Colour	Translucence	Gloss	Dia.	Contract	Bubble	Appearance	Order of adhesion
950C ₁	brown	none	bad	1.82cm	+0.49cm	none	spread	6
950C ₂	light brown	"	"	2.00	+0.67	none	"	5
950C ₃	whitish brown	"	"	2.43	+1.10	small, many	"	3
950C ₄	dark brown	"	"	2.80	+1.47	small, little	"	2
950C ₅	bluish light brown	"	"	3.45	+2.12	large, many	"	1
950C ₆	whitsh brown	"	none	2.16	+0.83	large, litte	"	4
950C' ₁	brown	none	bad	2.09cm	+0.66cm	small, little	round	6
950C' ₂	light brown	"	"	2.21	+0.88	none	"	5
950C' ₃	whitish brown	"	"	2.50	+1.17	small, many	"	4
950C' ₄	dark brown	"	"	3.17	+1.84	none	"	2
950C' ₅	bluish light brown	"	"	4.00	+2.67	large, many	"	1
950C' ₆	whitish brown	"	none	2.85	+1.52	large, many	"	3

이들 두 系列을 比較하여 보면 熔着性 및 其他 外觀이 C 系列과 類似하며 亦是 950C'₄의 釉面이 보다 良好視되었다. 따라서 取換한 藥土種에 無關하여 點4에서 的 組成의 釉가 바람직하다는 것을 確認하였다.

③ 燒成溫度

選定된 組成物인 C₄를 對象으로 하여 鉛釉에서의 一般的 熟成溫度 範圍인 900°C에서 1.150°C사이를 50°C 間隔으로 區分하여 그 影響을 調査하였다. 그 結果를 Table 6에 表示하였다.

經濟性과 物性 結果를 봐서 良好視되는 것은 亦是

Table 6. Physical properties of the fired samples.

Item Samples	Colour	Gloss	Diameter	Contract	Order of adhesion	Appearance
900C ₄	whitish brown	none	1.33 cm	0 cm	6	sharp
950C ₄	"	"	1.50	+0.17	5	round
1000C ₄	light black	bad	3.20	+1.87	4	"
1050C ₄	light brown	good	4.00	+2.67	3	"
1100C ₄	"	very good	4.20	+2.87	2	"
1150C ₄	"	"	4.30	+2.97	1	"

950°C 즉 950°C 때 었음으로 이것을 本項實驗에서 選定하였다.

④ 鉛釉와의 比較

藥土土를 求得한 新內院 工場에서 使用하고 있는 鉛釉와 本 實驗에서의 選定品과의 比較實驗을 鉛釉에서의 慣用燒成溫度인 1050°C를 上限으로 하여 50°C 간격으로

로 1050°C, 1000°C 및 950°C의 燒成溫度에서 燒成하였다. 定釉에 對해서는 50%로 하였다. 이때 使用原料의 粒
 이때 slip 形成을 爲한 含水率은 鉛釉에 서는 工場에서 子는 모두 -200mesh의 것으로 施行하였다. 燒成溫度
 일반적으로 適用하는 40%로 하였고 C₄, C'₄ 組成 選 以外の 모든 條件은 上記項과 同一하게 하였으며 그 結

Table 7. Physical properties of the fired samples

Item Maturing Temp.	Kinds of glaze	Colour	Gloss	Bubble	Remark
1,050°C	Lead G.	dark black	good	small, little	volatile
	C ₄	blackish brown	"	large, many	
	C' ₄	"	"	"	
1,000°C	Lead G.	dark red	bad	many	cracking
	C ₄	blackish brown	"		
	C' ₄	"	"		
950°C	Lead G.	dark red	bad	small	cracking
	C ₄	blackish brown	"		
	C' ₄	"	"		

Table 8. Physical properties of the fired samples

Firing Temp.	Sample Item	C ₁	C' ₁	C ₂	C' ₂	C ₄	C' ₄
1,100°C	Colour	brown with whitish brown spot	brown with whitish brown spot	translucence with blue spot	translucence with blue spot	dark brown	dark brown
	Gloss	good	good	good	good	very good	very good
	Bubble	none	none	none	none	none	volatile
	Crazing	none	none	little	little	many	many
1,050°C	Colour	yellowish brown	yellowish brown	translucent yellow	translucent yellow	dark brown	dark brown
	Gloss	good	good	good	good	good	good
	Bubble	small, little	small, little	none	none	large, many	volatile
	Crazing	none	none	little	little	many	many
1,000°C	Colour	brown	brown	deep yellow	deep yellow	dark brown	dark brown
	Gloss	bad	bad	bad	bad	bad	bad
	Bubble	small, many	large, little	small, very little	small, very little	many	many
	Crazing	none	none	none	none	little	little
950°C	Colour	deep red	deep red	deep yellow	deep yellow	dark brown	dark brown
	Gloss	bad	bad	bad	bad	bad	bad
	Bubble	small, little	small, little	small, little	small, little	body absorption, small	body absorption, small
	Crazing	none	none	none	none	none	none
900°C	Colour	red	red	light red	light red	dark brown	dark brown
	Gloss	none	none	none	none	little	little
	Bubble	cracking	none	none	none	body absorption, small	body absorption, small
	Crazing	none	none	none	none	none	none

果를 Table 7에 表示하였다.

⑤ 燒成

위 各項은 耐火벽돌을 基盤으로 한 熱處理 實驗이었으며 이들 實驗에서는 藥土 種類如何를 莫論하고 從來 品인 鉛釉와 比等한 物性과 外觀을 갖는 것으로서 950C₄, 980C₄가 選定되었기에 第二段階로 實際實驗을 試圖하였다. 즉 前記 工場에서 常用하는 오지그릇用素地에 直接 施釉하여 燒成하였다. 但, 結果로서 燒結 品인 耐火벽돌보다는 生素地인 오지그릇用素地가 熱膨脹率이 매우 클것이며 따라서 이로 因한 crazing發生을 避하기 위하여 熱膨脹率이 比較的 적은 耐火벽돌을 基盤으로 했을때 選定한 點4의 組成釉와 이보다는 熱膨脹率이 크고 一般性이 多少 떨러지는 結果를 보였던 點1과 點2의 組成釉도같이 取扱하였다. 이때 燒成溫度는 鉛釉때의 常用溫度範圍를 勘案하여 1100°C를 上限으로하여 50°C 間隔으로 900°C까지의 範圍로 하였다. 이 結果를 Table 8에 表示하였다.

表에서 알수있는 바와 같이 各 系列에 걸쳐 4種 性質項目에 對하여, 共通의 좋은 結果를 나타낼수 있는 燒成溫度는 1100°C이다. 1050°C에서 4種項目에 對하여 좋은 結果를 나타낸 것은 C₂, C₂'뿐 이었으며 問題는 crazing과 bubble의 有無이다. 前述 選定品인 C₁, C₁'도 이 두項目에 對하여 不良하였다. 1000°C 以下의 各 處型溫度에 對해서도 亦是 이 두項目에 對한 것은 不良하였다.

따라서 本項 實驗에서는 經濟性까지도 勘案하여 1100°C보다 낮은 것으로서 1050C₂ 및 1050C₂'를 最終의 釉藥組成物로 選擇하였다.

⑥ 显色

最終으로 選定한 釉와 從來 慣用鉛釉와를 各各 加熱 熟成시켜 比較해 보면 거의 判別을 할 수 없을 程度로 一般 外觀이 比等하였으나, 다만 本品의 것은 色相이 淡黃色이라는 것만이 다를 뿐이다.

구태어 從來 色相을 固執할 必要는 없을 것이나 慣習的으로 鉛釉때의 色相이 要領될 것 같기도 하여 Table 9와 같은 着色劑 調合物을 本 選定品中 1050C₂'에 添加하였으며, 그 添加量은 Table 9와 같이 各 調合物

Table 9. Recipe of colourants

Species		A		B		C	
Ratio	MnO ₂	3		5		7	
	Fe ₂ O ₃	7		5		3	
Additional content		5%	10%	5%	10%	5%	10%

燒成結果 色相等 外觀은 Table 10과 같다.

Table 10. Effect of colourants for 1050C₂ glaze

Sample	Item	Colour	Gloss
A	5%	brown	good
	10%	dark brown	"
B	5%	brown	"
	10%	dark brown	"
C	5%	brown	"
	10%	dark brown	"

에 對하여 5, 10%의 두 種으로 하였다.

表에서 보는 바와 같이 어떤 것이나 光澤은 좋고 鉛釉때와 類似한 色들을 나타낼수 있었다. MnO₂와 Fe₂O₃와의 各 成分 含量多寡에 따른 影響은 별로 뚜렷하지 않았으며, 다만 着色劑 添加率이 增加할 수록 暗色 化함을 알 수 있었다.

實際 品質 比較를 爲하여 Fig. 3과 같이 比較해 보았으나 모든點이 常用鉛釉品과 類似함을 알 수 있었다.



Fig 3. Appearance of unfired glazing bodies applied the developed glaze and lead glaze individual

3. 考察

鉛釉의 一般用組成은 光明丹 30~50%, 藥土 40~50%, 本草灰 10~20% 程度이며, 이의 燒成溫度 範圍는 1,030~1080°C 程度이다.

鉛毒防止를 目的으로 하는 本 研究는 經濟性, 習慣性을 考慮하여, 光明丹 代替에 主眼을 두어서 實驗을 하였다.

鉛毒防止策으로서는 無鉛生釉, 無鉛 frit釉, 含鉛 frit釉等を 生産할수 밖에 없다. 그러나 含鉛 frit釉單은 恒時 絕對 安全 하다고는 볼 수 없으며 또한 frit 製造 工程이 附加되므로 作條件 및 經濟性으로 보아 有利하다고는 볼수 없다.

그러나, 無鉛 frit 釉는 絶對的으로 安全하며, 工程上으로나 物性上으로 容易하게 鉛釉와 類似한 品種의 것을 얻을 수 있음은 從來 國內에서 鉛毒防止策으로서 일찍부터 다루어졌던 研究^{2,3,4}가 이 系統뿐 이었다는 點으로봐서도 推測할 수 있을 것이며 그들 內容으로 生括하여도 首肯이 갈 것이다.

다만 크게 問題視되는 것은 frit化로 因한 熱處理 工程附加로서 招來되는 複雜性 增大로서 作業性 및 經濟性 惡化를 免치 못한다. 따라서 工程上으로나 價格上으로나 常用되는 鉛釉와 比할 것들을 얻기 爲해서는 本 研究課題에 對한 研究를 試圖할 밖에는 없다.

本來 鉛釉는 fool proof 이고 1000°C 前後의 溫度에서 熔着되며, 伸張度가 커서 密着성이 증기 때문에 耐剝離성이며 光澤度와 平滑度가 좋다는 것이 長點이다.

따라서 本 實驗에서는 이와 같은 長點에 接近시키고자 企圖하여, 우선 光明丹 代替物로서 反應性과 熔融性이 크다고 알려진^{6,7} wollastonite와 無水 colemanite 를 擇하였었다.

그러나 熔着度, 熱成溫度 範圍, 一般物性 등으로 보아 光明丹 代替品으로 거의 遜色이 없다고 本 實驗에서 確認된 것은 無水 colemanite였다, 그러나 色調과 熱膨脹 係數만은 如意치 않았다. 色調는 大體로 透明한 淡黃色이었다. 따라서 鉛釉때와 같은 色調를 얻으려면 酸化鐵과 二酸化탄산 配合의 着色劑를 添加함으로써 可能하다.

그러나 오지그릇의 色으로서 鉛釉때와 같은 黑褐色을 原則으로 하지 않는한 各種色을 任意로 하기 爲해서는 도리히 透明하고 淡色인 本色調가 바람직 하지 않을까 생각드 된다.

한편 熱膨脹係數에 對하여는 여러 角度로 推測된다. 卽, 耐火력등인 瓷精品을 基準으로 하였을때, 選定된 釉(點 4의 組成釉)를 現用 오지그릇용 素地에 施釉熱成시켰을 結果 意外로 釉面에 龜裂 및 氣泡가 많았다. 이 點은 當實驗에서 選定된 釉보다 次順位の 釉(點 1, 2 組成釉)가 도리어 매우 良好하였다. 이러한 結果는 點 4의 것이 點 1, 2의 것보다 熱膨脹係數가 적기 때 문임을 推測할 수 있다.

本來 龜裂이 생기는 것은 基盤인 素地와 釉와의 熱膨脹 收縮이 呼應되지 못했기 때문이며, 氣泡가 생기는 것은 生素地 및 釉原料를 熱處理 할 때, 생기는 有機物, 結晶水 및 分解가스物, 揮發成分이 釉層에 殘存하기 때문이라고 볼수 있다. 따라서 이를 調整하기 爲해서는 釉藥 組成의 調節로서 熔融釉의 粘度를 低下시키고, 또한 熱膨脹 係數가 多少커서 生素地 收縮率에 呼應되도록하는 것이 바람직하다. 이 點들을 充足시키는

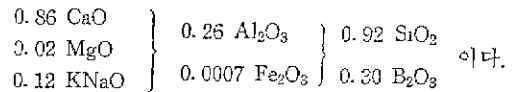
때는 alkali 分 特히 Na₂O分이 多少 많은 것이 要求된다.

本 實驗에서도 點 4의 組成釉보다 高 alkali 分 含量의 藥土 配合率이 많은 點 1, 2의 組成釉가 良好하였음을 보아도 首肯이 간다. 다만 alkali 分 特히 Na₂O 含量이 많을 수록 釉의 風化作用 등으로 因한 耐久性 低下는 免치 못하기 때문에 이 點을 勘察하여야 할 것이다.

4. 結論

오지그릇용 無鉛生釉에 對한 效能은 다음과 같다.

(1) 鉛釉와 類似한 物性과 外觀을 갖는 釉의 組成範圍는 龍仁 또는 安城藥土 40% 木草灰 40% 無水 colemanite 20%이며 釉式은



(2) 選定된 生釉의 熱成溫度는 950~1050°C로서 鉛釉의 一般 慣用熱成溫度에 比하여 30~130°C 程度 낮아서 經濟的이다.

(3) 無水 colemanite 配合率이 많을 수록 熔融體의 粘性이 크며 또한 熱膨脹係數가 작다.

(4) 透明한 淡黃色調을 나타내지만 鉛釉때와 類似한 色을 爲하여는 酸化鐵과 二酸化탄산으로 配合된 着色劑 添加로서 可能하며 添加量이 많아질에 따라 暗色 調化 된다.

本 研究 遂行에 있어 研究助成費를 提供하여준 文政部 當局에 甚甚한 謝意를 表하는 바이다.

References

1. 大韓 陶磁器協同組合 報告: 陶磁器類 生産 供給 實績 (1975).
2. Tae-Wook Kim and Haeng-Sook Kim, "A Study on the Prevention of Lead-Poison Released from the Glazed Surfaces of Earthen Wares". *The Report of National Pottery Industrial Research Institute, Vol. 1, 3-10* (1971).
3. 조봉환, 이성희, 수졸 도자기 품질 향상에 관한 연구 —무연 푸릿트에 대하여—, 국립 공업 연구소 연구보고, 제 19집, 123-127 (1969).
4. 임용국, "무연 Frit 유백유 의 제조", *오일회지* 8(1), 78 (1971).
5. R. R. Danielson and D. V. Van Gordon, "Leadless Opaque Glazes at Cone 04", *J. of Am. Ceram. Soc.* 33, No. 11 (1950).
6. C. W. Merritt, "Raw Leadless Glazes for Pottery and Tile at Cone 02", *J. of Am. Ceram. Soc.* 19, No. 1 (1936).
7. 田賀秀夫, "無機合成材料とその應用", 化學工業社, 別冊化學工業, Vol. 14 (No. 6) 254 (1970).