

Synthesis of Pine Tree Ash and Red Pepper Stem Ash

Young-Soon Han,[†] Yong-Seok Lee,* and Byung-ha Lee**

Department of Ceramic Design, Chungkang College, Icheon 467-744, Korea

*Institute of Advanced Materials, Inha University, Incheon 402-751, Korea

**Department of Ceramic Engineering, Myongji University, Yongin 449-728, Korea

(Received December 22, 2005; Accepted July 18, 2006)

소나무재와 고추나무대재 합성에 관한 연구

한영순[†] · 이용석* · 이병하**

청강문화산업대학 도자디자인과

*인하대학교 신소재공학과

**명지대학교 세라믹공학과

(2005년 12월 22일 접수; 2006년 7월 18일 승인)

ABSTRACT

The development of Korean glaze originated from the development of ash glazes. Ash not only has strong solubility but also can show the glaze a variety of different colors according to what the glaze has in it as the main component. In addition, it gives a feeling of lucidness and softness. For these reasons, there are a lot of needs for ash and many potters want to take advantage of ashes as glaze. But natural ashes have not been widely used as glaze primarily because it is relatively hard to find or manufacture. Considering the difficulty of finding or manufacturing natural ashes, this study aims to formulate synthetic ash which not only is available to the potters in general but also has the same characteristics as the natural ashes. To achieve this aim, this study examines the characteristics of the pine tree ash, the main component of the glaze of celadon porcelains, and the red pepper stem ash, the main component of the brown glaze, both of which have been used by the Korean traditional potters. In this study, the alkaline component of the glaze. A important ingredient when the ashes are synthesized, was supplied by mixing of Na_2CO_3 , Chungju limestone and rice straw ash. Furthermore, the synthetic ash, when it shows no change of pH in its composition rate of 6:2:2, was found to be usable as the most stable material. In conclusion, the formula which frits some raw materials- Na_2CO_3 , Chungju limestone and rice straw ash-can duplicate the synthetic ash which is similar to the natural ash.

Key words : Pine tree ash, Synthetic pine tree ash, Red pepper stem ash, Synthetic red pepper stem ash, Rice straw ash

1. 서 론

우리나라 전통 도자기 유약의 역사는 재유에서 비롯되었다. 옛날 토기의 소성과정에서 1200°C 이상에서 장시간 소성 중에 연료인 나무재가 기물의 표면에 붙어 소지의 규산과 화합하여 일종의 유약 현상을 나타내었고 이것이 자연유(재유)의 시초가 되었다. 과거 한국 난방은 '온돌' 시스템에 각종 초목을 연료로 사용하였으므로 재를 쉽게 구할 수 있었다. 이때 얻어진 잡재(土灰)가 도자기 유약에 널리 사용되었고 자연스럽게 재유가 활용 발전되었다. 고려시대에는 소나무재를 청자유에, 조선시대에는 콩깍지재를 백자유에 사용하였다. 땅에 뿌리를 내리고 자란 초목재에는 땅의 주성분인 silica, 알루미늄, 산화칼슘, 마그

네시아, 산화철, 알카리 등이 함유되어 있어 초목재는 훌륭한 매용제 역할을 할 수 있다.¹⁾

재유의 일반적 특성은 alumina와 silica분이 적고, 염기 성분이 많다는 것이다. 재의 성분은 염기의 대부분이 석회로 그리고 일부가 마그네시아와 알카리로 이루어져 있다.¹⁻⁴⁾ 이렇게 2가지 이상의 매용재를 함유하고 있는 초목재는 매용력이 매우 우수하고 온화하고 부드러운 발색을 한다는 점에 있다. 재의 발색은 산화철, 산화망간 등이 직접적인 원인이고, 거기에 유약의 특수성분 및 인산 등의 효과가 작용하여 나타난다. 초목재는 갈대재, 벚짚재, 수수대재, 왕겨재 등과 같이 silica 함량이 많은 종류를 제외하고는 일반적으로 재유의 원료 조합에 장식과재, 또는 도석과 재의 2가지 원료 조합만으로도 훌륭한 유약을 만들 수 있는 장점도 있다.^{5,6)}

이러한 장점을 가진 재유약은 BC 1400년경부터 사용되어 왔으나 재의 제조 및 유약에 대한 연구는 그다지 많지 않다. 재유약에 대한 연구는 1926년 일본 도자기 시험

[†]Corresponding author : Young-Soon Han

E-mail : yshan@ck.ac.kr

Tel : +82-31-639-5881 Fax : +82-31-639-5880

소 Ueda⁵⁾가 발표한 “재유와 재유약의 연구 및 합성 시험”과 土灰의 합성제 연구 보고서를 시작으로 안정된 유약의 생산을 위한 제조방법 및 특성에 관한 연구가 진행되었다. 하지만 재유약을 안정화시키는데에는 큰 어려움이 있어 현상학적인 특성을 나타내는데 그 한계를 보이고 있다. 이에 재의 특성을 그대로 가진 안정된 유약으로서의 제조가 가능할 수 있는 방법으로 Onishi⁶⁾와 Shiraki⁷⁾의 문헌에서는 각종 재의 특성과 단점, 재의 모든 성분을 천연 광물원료로서 제조한 합성土灰나 합성재에 대해 간략하게 정의해 놓았다.

이외에도 Miyakawa⁸⁾ 등 일본의 학자들과 미국의 Tichane¹⁷⁾ 등의 많은 학자들은 각종 나무재의 특성을 파악하고 재유에 대한 실험을 행하여 재유 제조시의 일반적인 방법과 저자의 견해를 서술⁸⁻¹⁹⁾하였다. 또한 Wood²⁰⁾ 등은 나무 종류에 따른 성분 분석과 특성을 분석하고, 제철식에 의한 재유합성방법을 보고하였다. 재유에는 나무재 뿐만 아니라 곡물재와 채소재에 의한 재유의 제조도 가능하다고 알려져 있으며 이에 관한 기록²¹⁾도 있다.

재는 앞서 설명했듯이 강력한 매용성분을 다량 함유하고 있기 때문에 소성온도를 낮출 수 있으며, 또한 일반 화학정제원료를 사용하였을 때보다 온화하고 부드러운 발색이 나타난다는 장점이 있어 많은 도예인들은 재유의 사용을 선호하지만 재유의 원료가 되는 초목의 수급이 원활하지 않고 초목마다 다른 특성을 나타내기 때문에 손쉽게 안정된 유약의 제조가 어려워 보다 효율적인 활용 방안을 모색하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 일본에서는 천연재와 성분과 특성이 같은 토회(土灰)나 합성재를 제조하여 사용하고 있으나 각 초목의 특성을 똑같이 발현시키는 데에는 아직 미비한 실정으로 그에 관한 연구가 계속 진행되고 있다.⁵⁻⁷⁾ 우리나라의 경우에는 아직 이러한 초목재와 같은 합성재의 제조는 이루어지지 않고 있으며 지금까지 그에 관한 연구도 전무한 실정이다.

본 실험에서는 우리나라를 대표하는 도자기인 청자 제조시 매용 역할과 비취색의 청자 고유 색상을 발현시키는 유약 원료로 사용되었다고 알려져 있는 소나무재와 유백 효과를 나타낸다고 알려져 있는 고추나무대재의 특성을 파악해 보고, 부족한 천연재를 대신하여 안정된 원료를 사용하여 천연 소나무재와 고추나무대재를 사용하여 제조한 유약의 특성을 그대로 나타내면서 쉽게 사용가능한 합성재를 제조해 보고자 한다.

2. 실험 방법

2.1. 출발원료

2.1.1. 천연재의 제조

본 연구에 사용한 소나무재와 고추나무대재는 현재 도자기산업벨트를 이루고 있는 이천, 여주, 광주 지역에서

재배된 소나무와 고추나무대를 사용하였다.

본 실험의 재는 준비된 소나무와 고추나무대를 자체 제작한 drum형의 간단한 재제조가마를 이용하여 실험에 충분한 재의 양을 얻을 때까지 충분한 연소가 이루어질 수 있도록 서서히 태웠다. 이렇게 제조된 재는 일반적으로 상당량의 알칼리 성분을 함유하고 있으나, 이 알칼리 성분은 수용성이기 때문에 유약원료로서 사용할 때 유약 내에서 그 양을 일정하게 보존하는 것이 어려워 미리 알칼리 성분을 제거하여 사용하는 것이 좋다. 이에 재 속에 함유되어 있는 과잉의 알칼리 성분을 제거하기 위하여 10 일 동안 40°C 정도의 물에 계속하여 담구며 재를 담근 물의 pH가 8이 될 때까지 알칼리 성분의 제거를 위해 매일 2~3회씩 수비를 한 후 건조를 행하였다. 이렇게 제조된 소나무재와 고추나무대재를 XRF(XRF-1700, Shimadzu, Japan)로 성분분석을 행하였다. 그 결과는 Table 1과 같다. 이를 Seger 식으로 나타내면 아래와 같다.

소나무재

0.049	KNaO	0.043	Al ₂ O ₃	0.195	SiO ₂
0.728	CaO			0.020	P ₂ O ₅
0.203	MgO				
1.000					

고추나무대재

0.124	KNaO	0.172	Al ₂ O ₃	1.074	SiO ₂
0.582	CaO			0.046	P ₂ O ₅
0.250	MgO				
1.000					

2.1.2. 합성재의 제조

Table 1의 천연재의 성분분석 결과를 바탕으로 천연재와 같은 성분조합을 나타내는 합성재를 제조하기 위해 Table 2에 나타난 원료를 이용하였다. 이 합성재를 제조하기 위한 원료는 일반인들도 저렴하고, 쉽게 구입하여 사용할 수 있도록 국내산 원료만을 사용하여 합성재를 제조하였다.

(1) 불용성 알칼리 화합물 제조

소나무재와 고추나무대재의 합성재를 만들 때 천연재와 성분상 가장 문제가 되는 것이 알칼리 성분인 Na₂O와 K₂O이다. Table 2의 원료를 조합하여 천연재의 성분을 맞출 때, 알칼리 성분의 공급원으로서 장석을 사용할 경우 알칼리와 함께 공급되는 Al₂O₃나 SiO₂의 양이 많아져 같은 조성의 재를 만들기 어렵다. 또한 공업용 원료로서 알칼리 성분을 공급할 경우에는, 그 원료자체가 수용성이기 때문에 함량을 맞추는 것이 매우 어렵다. 따라서 이 알칼리 성분을 공급하기 위하여 수용성의 원료를 frit화 시킴으로서 불용성의 원료로 만들고 이를 알칼리 공

Table 1. The Chemical Compositions of Pine Tree Ash and Red-Pepper Stem Ash (wt%)

Ashes	Oxides									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	KNaO	P ₂ O ₅	TiO ₂	MnO	
Pine tree ash	14.14	5.93	2.44	11.43	53.44	5.24	3.98	0.37	2.18	
Red-pepper stem ash	32.79	9.29	3.28	5.57	18.08	5.31	3.47	0.36	0.19	

Table 2. The Chemical Compositions of Raw Materials for Manufacture of Synthetic Ash (wt%)

Materials	Oxides									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	KNaO	P ₂ O ₅	TiO ₂	MnO	
Puyeo feldspar	74.20	15.00	0.06	0.02	0.41	9.82	-	-	-	
Chungju limestone	2.23	0.72	0.15	0.79	53.30	0.13	-	-	-	
Hadong white kaolin	48.88	35.88	0.56	0.25	1.37	2.16	-	0.06	-	
Synthetic bone	0.8	-	0.05	0.2	44.1	-	53.70	-	-	
Alkaline composition	12.40	1.53	0.20	1.06	50.02	16.40	0.35	0.02	0.28	

Materials	Company name
Na ₂ CO ₃ , Al(OH) ₃ , MgCO ₃ , TiO ₂ , MnO	Duksan Pure Chemical Co. LTD, Korea, Industrial Grade
Fe ₂ O ₃	Hanil Colors Co. LTD, Korea, Industrial Grade

Table 3. Compositions of Alkaline Composite (wt%)

Material	Composition				
	N1	N2	N3	N4	N5
Rice straw ash	60	40	40	20	20
Calcite	20	40	20	60	40
Na ₂ CO ₃	20	20	40	20	40

급 원료로서 사용하는 것이 가장 좋은 방법으로 판단되었다. 이와 같은 frit를 제조에 사용한 원료는 Na₂CO₃, 벗짚재, 석회석 등이다. 이들 원료를 사용하여 Table 3과 같은 조합비로 칭량하고 각각 Jar Mill에서 6h 동안 건식 혼합하였다. 다시 이 분말을 alumina crucible에 넣고 1200°C, 1h 동안 소성하여 frit를 제조하였다. 이 frit를 건식분쇄를 행하여 325 mesh 전통시킨 후 알카리 용출여부에 대한 실험을 행하고 알카리 용출이 가장 낮은 것으로 판단되는 pH의 frit로서 합성재 원료로 사용하였다.

2.1.3. 천연재와 합성재의 분석

(1) 입도분석

유약의 특성발현에 있어서 중요한 요건 중의 하나가 입도이다. 이에 천연재의 입도를 기준으로 하여 같은 입도를 가지는 합성재를 제조하고자 한다. 우선 천연 소나무재와 고추나무대재의 수비를 통해 과잉의 알카리를 제거 및 미립의 재를 얻은 후 이를 입도분석기(MPS-Z micro-photosizer, Seishin, Japan)를 사용하여 각 천연재의 입도 분포를 확인하였다.

(2) 결정상 분석

합성재 제조시 원료 단미나 불용성 알카리 화합물 등의 결정상의 확인 및 변화를 관찰하기 위하여 XRD(XRD 7000, Shimadzu, Japan) 분석을 행하였다. 분석은 10~70° 구간에서 4°/min의 scan speed로 행하였다.

2.2. 재유약 실험

2.2.1. 재유약 실험

입도와 성분을 맞춘 천연재나 합성재는 단미로 유약으로 사용하지는 않는다. 재는 유약 내에서 매용작용을 하는 대표적인 원료이기 때문에 반드시 용제성분의 원료인 장식 또는 도석을 함께 사용하지 않으면 안된다. 또한 이 천연재와 합성재의 유약 비교 분석을 위해서는 같은 조건에서 직접 유약을 제조하고 시유한 후 소성한 결과를 보지 않으면 안된다.

본 실험에서는 Table 4에 나타낸 바와 같이 천연재와 합성재에 알카리 함량이 비교적 높아 용제 역할이 가능한 원료 중 충정도석을 선택, 2성분계로서 혼합하여 기본적인 재유약 실험을 행하였다. Table 5에 충청도석의 화학분석치를 나타내었다. 실험은 Table 4와 같이 정확한 칭량한 후 magnetic stirrer를 이용하여 30 min 동안 습식혼합을 행하였다. 이 혼합물을 미리 준비해 둔 초벌구이를 한 백자 시험편과 소형의 백자 cup에 시유하고 건조하였다. 이 재유의 소성은 환원분위기에서 1250°C, 1h 동안 소성을 행하고 자연냉각하였다. 이후 천연재유와 합성재유의 발색 현황과 용융 상태를 비교하였다.

Table 4. Compositions of Glaze Using Natural Ash (Pine Tree Ash and Red-Pepper Stem Ash) or Synthetic Ash (%)

Material		Composition	Composition															
			NAPC	NARC	SAPC	SARC	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Ash	Natural ash	Pine tree ash (NAP)																
		Red-pepper stem ash (NAR)	10	20	30	40	50	60	70	80	90							
	Synthetic ash	Pine tree ash (SAP)																
		Red-pepper stem ash (SAR)	90	80	70	60	50	40	30	20	10							
Chungchung pottery stone (C)			90	80	70	60	50	40	30	20	10							

Table 5. The Chemical Composition of Chungchung Pottery Stone (wt%)

Materials	Oxides								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	KNaO	P ₂ O ₅	TiO ₂	MnO
Chungchung pottery stone	77.70	12.90	0.14	0.10	0.34	8.01	-	-	-

2.2.2. 재유약의 분석

(1) 유약의 색상 및 외관특성 분석

천연재와 합성재를 사용한 유약의 특성 중 색상 특성 및 외관 특성을 서로 비교 확인해 보고자 하였다. 이때 색상, 채도, 명도는 UV(240I-PC, Shimadzu, Japan)로서 분석을 행하였으며 외관특성 및 용융 상태는 육안 관찰을 행하였다.

통시킨 44 μm 이하가 되도록 분쇄한 뒤 실험에 사용하였다.

천연 소나무재와 고추나무대재의 성분분석 결과는 앞서 Table 1에 보였다. 다시 말하자면, 소나무재의 분석 결과, 주성분은 CaO로서 약 53 wt%를 나타내었으며 그 외에 MgO, Fe₂O₃, P₂O₅ 등 다양한 매용 성분이 풍부히 함유되어 있었다. 고추나무대재의 경우, 주성분은 32.8%의 SiO₂ 성분이었으며 CaO, Al₂O₃, MgO 순으로 나타났다. 그 결과, MgO, TiO₂, MnO 등의 미량만으로 유약의 외관의 특성 및 색상에 많은 영향을 주는 성분들은 고추나무대재에 비해 소나무재에 많은 함량을 갖고 있었으며, 유약의 부드러움에 영향을 주며 유약의 실투작용을 일으켜 유약을 온화하며 안정감을 주는 P₂O₅²⁾도 소나무재가 많이 함유되어 있었다. 그러나 색상에 많은 영향을 주는 Fe₂O₃는 고추나무대재가 소나무재보다 많은 함량을 갖고 있었다. 환원분위기에 소성할 경우 맑고 푸른 녹색을 띄는 MnO는 소나무재가 3배 정도 함유하고 있다. 따라서 성

3. 결과 및 고찰

3.1. 천연재의 분석

천연 소나무재와 고추나무대재의 입도 분석 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 입도 분석 결과 소나무재와 고추나무대재 모두 2~40 μm의 입도 분포로서 미립의 입자로 구성되어져 있었다. 또한 평균입도는 소나무재가 약 20 μm이고 고추나무대재는 25 μm로 측정되었다. 이에 합성재 제조시의 사용되는 모든 원료는 325 mesh를 전

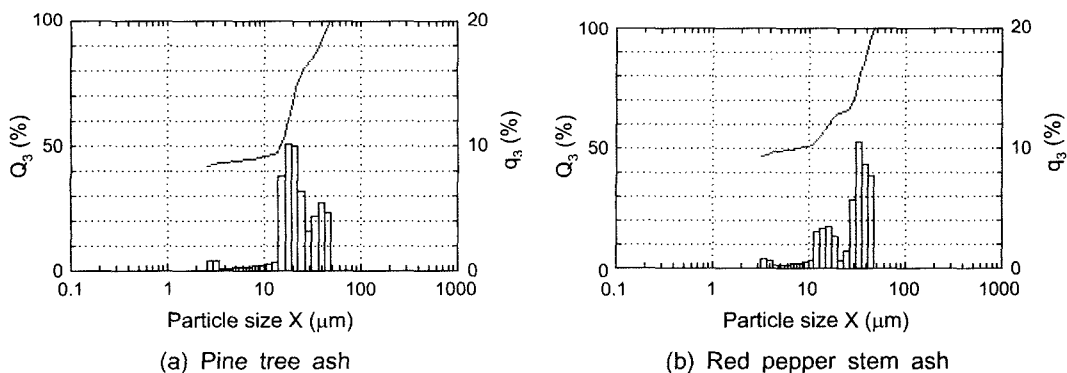


Fig. 1. Results of particle size analysis of natural ash.

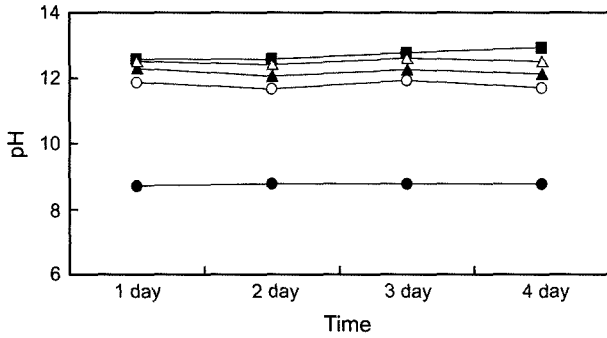


Fig. 2. Change of pH of alkali composite by variation of time.

분분석 결과만 살펴볼 때, 소나무재는 전반적으로 밝은 blue에서 밝은 green을 나타내어 맑고 단아한 청자유 제조에 적합하고, 고추나무대재는 부드러운 ivory에서 짙은 green까지 나타내어 유백유 및 녹유 제조에 적합하다고 판단되어졌다.

천연 소나무재와 천연 고추나무재의 결정상 분석을 위해 XRD 분석을 행하고 그 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 그 결과 XRF의 분석결과에서 예측되어진 바대로 천연 소나무재에서는 calcite 결정상이 주 결정상으로 확인되었으며 미량의 quartz가 확인되었고, 천연 고추나무대재에서는 주결정상은 quartz로 확인되었으며 calcite 결정이 공존하고 있었다.

3.2. 합성재의 제조

3.2.1. 불용성 알카리 화합물의 분석

실험방법 2.1.2에서 보인 바와 같이 합성재의 제조시 천연재와 용제성분의 함량을 맞추기 위해서는 필요성분의 frit화가 필요하다고 할 수 있다. 이에 알카리 공급 원료로서 벚짚재와 청주석회석, Na₂CO₃를 Table 3의 조합으로 혼합한 후, 1200°C, 1h 동안 소성하여 frit화 하였다. 이 frit를 325 mesh 전통하도록 분쇄하고 알카리 용출실험을 행하였다. 불용성 알카리 화합물인 벚짚재, 청주석회석과 Na₂CO₃의 혼합 frit를 증류수에 담근 후 pH의 변화를 1일 3회씩, 4일간 측정하고 그 결과를 Fig. 3에 나타냈다. Fig. 3에서와 같이 Na₂CO₃, 벚짚재, 청주석회석이 6:2:2로 조합된 N1 조성이 pH가 8로서 다른 조성보다 중성에 가까운 값을 나타내는 것으로 보아 분석 초기 물에 있어서의 알카리 성분의 용출이 적기 때문이라고 판단되어 이것을 합성재의 제조 시의 알카리 공급 원료로 사용하였다. 하지만 시간의 경과에 따른 pH의 급격한 변화는 모든 조성에서 관찰되지 않고 일정한 값을 유지하였다. 이 때의 Na₂CO₃-벚짚재-청주석회석으로 제조된 N1 조성의 알카리 공급 원료는 이미 frit화 시켰기 때문에 XRD에 의한 결정상 분석에서도 Fig. 4와 같이 비정질로 확인되어졌다.

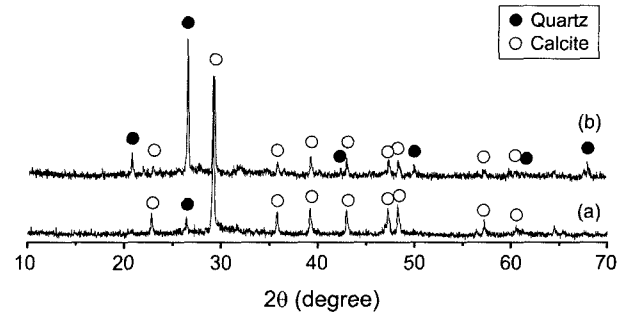


Fig. 3. X-ray diffraction patterns of natural ash: (a) pine tree ash and (b) red-pepper stem ash.

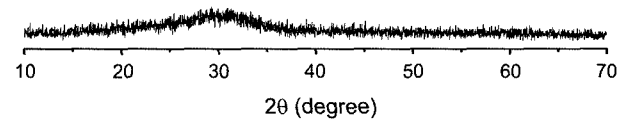


Fig. 4. X-ray diffraction patterns of N1 composition among alkaline composites after sintered at 1200°C, 1 h.

Table 6. Composition of Synthetic Ash (wt%)

Materials	Synthetic ash	Pine tree ash	Red pepper stem ash
Puyo feldspar	-	-	32.9
Rice straw ash+Na ₂ CO ₃ +Calcite	15.1	15.1	12.5
synthetic bone	4.7	4.7	7.0
Hadong white kaolin	-	-	13.2
Chungju limestone	58.7	58.7	18.6
MgCO ₃	13.8	13.8	11.6
Fe ₂ O ₃	1.4	1.4	3.4
SiO ₂	-	-	0.3
TiO ₂	0.02	0.02	0.4
MnO	0.13	0.13	0.2
Total	100.0	100.0	100.0

이 결과에서 N1 frit 조성과 Table 2의 원료로서 천연재의 Seger 식에 맞도록 조합을 행하고 혼합한 것을 합성 소나무재와 합성 고추나무대재라고 한다. 이 때의 각 합성재의 조합량은 Table 6과 같다.

3.3. 유약 실험 결과

도자기 유약에 있어 재만 사용하여 유약을 제조하는 것은 어렵다. 앞서 Table 1의 성분분석 결과에서도 확인되듯이 재에서는 매용 성분이 주된 성분으로 구성되어 있어 용제역할의 원료를 같이 사용하여야 유약으로서의 사용이 가능하다. 따라서 천연 소나무재와 고추나무대재 및 합성재에 각각 층청도석을 용제 원료로 선택하여 Table 4

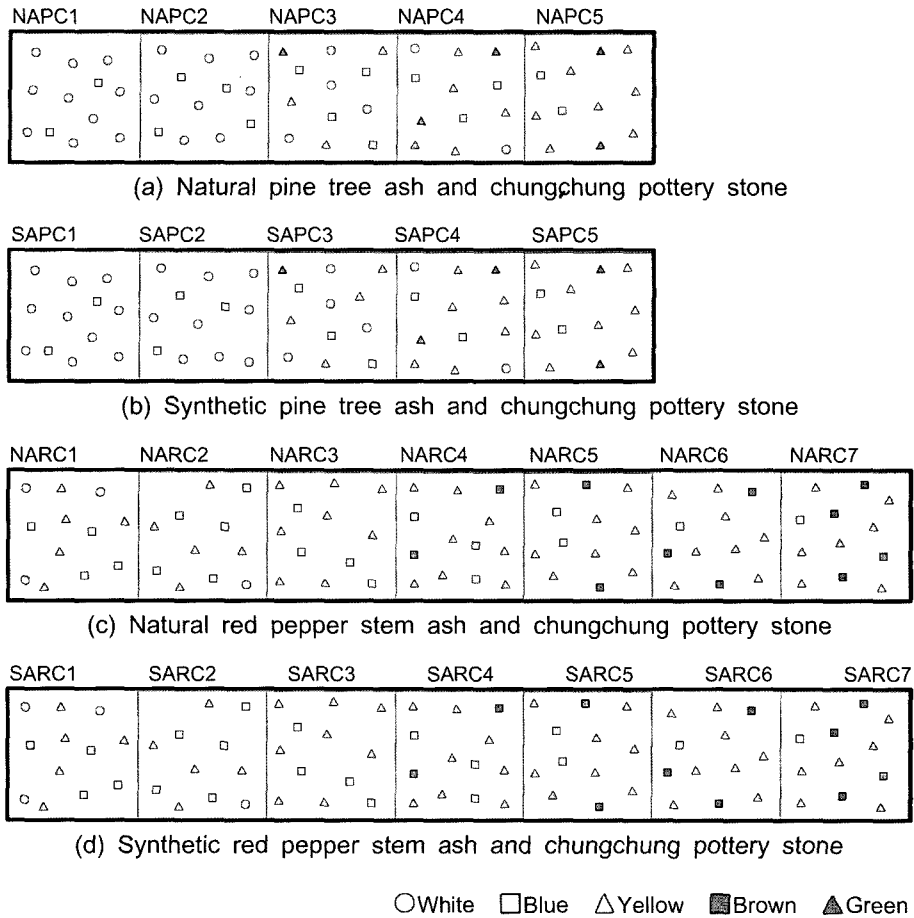


Fig. 5. Analysis of appearance characteristic by each ash glaze after sintered at 1250°C, 1 h (RF).

에 의해 각 조합에 맞게 칭량하고 magnetic stirrer를 이용하여 1 h 교반을 행한 후, 1250°C에서 1 h 환원분위기로 소성을 행하고 유조 및 색상의 분석을 행하였다.

천연재유와 합성재유의 소성 후 유조와 색상, 용융상태 및 흐름성을 확인하기 위해 육안으로 분석을 행하고 그 결과를 Figs. 5와 6에 나타내었다. 천연소나무재와 합성소나무재의 유조와 색상, 용융상태를 나타낸 Fig. 5(a)와 (b)에서는 전 조성에서 유약으로서 용융되어진 모습을 관찰할 수 있었으나 소나무재와 충청도석이 60:40의 비율로 혼합된 NAPC6와 SAPC6 보다 재가 많이 들어간 조성에서는 과잉의 재에 의해 유약이 균일하게 분포되지 못하고 멍치는 현상을 나타내었다. 색상에 있어서도 충청도석의 함량이 가장 높은 NAPC1과 SAPC1에서는 미세하게 blue 색상이 보이는 투명유를 나타내었으며 재와 충청도석의 함량이 30:70으로 혼합된 NAPC3와 SAPC3 조성에서는 Table 1의 성분분석에서 보인 바와 같이 재 속에 남아 있는 Fe₂O₃의 영향으로 칭자의 비취색과 같은 색상을 나타내었다. 이후 재의 함량을 증가시키에 따라 색상은 짙은 green에서 짙은 brown으로 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 이 결과에서 천연 소나무재와 합성 소나무재로

제조한 재유약은 유조 및 용융상태의 비교에서 거의 같은 특성을 나타내는 것을 확인할 수 있었으며, 실제 유약으로서 사용가능한 범위는 재의 함량이 50%까지인 NAPC1 (SAPC1)에서 NAPC5(SAPC5)까지로 판단되어졌다. 이후 실시한 흐름성 분석에서도 Fig. 6(a)에서와 같이 재가 적게 들어간 NAPC5(SAPC5)의 범위까지는 유약의 멍침이나 흐름 등의 문제는 발생하지 않았다. 이 흐름성 분석은 모든 조성의 재유약에 백자컵을 일정 두께로 시유하고자 4초간 담귀 시유한 후 소성하여 행하였다.

이러한 결과는 고추나무대재에서도 같은 경향을 나타내고 있었다. 천연 고추나무대재와 합성 고추나무대재로 제조한 유약의 소성 후의 유조 및 색상, 용융상태 분석을 Fig. 5(c)와 (d)에 나타내었다. 그 결과에서 소나무재를 사용한 유약보다는 넓은 범위에서 유약의 불균일 현상은 적게 일어나는 것을 확인할 수 있었다. 다시 말해, 모든 조성의 유약에서 용융 상태를 보였으나, 천연 및 합성 고추나무대재가 80% 및 90% 들어간 NARC8(SARC8) 및 NARC9(SARC9)의 조성에서는 유약의 불균일 현상이 발생하였다. 유약의 색상 변화 분석에서는 소나무재와 같은 결과로서 고추나무대재 안에 함유되어 있는 Fe₂O₃의

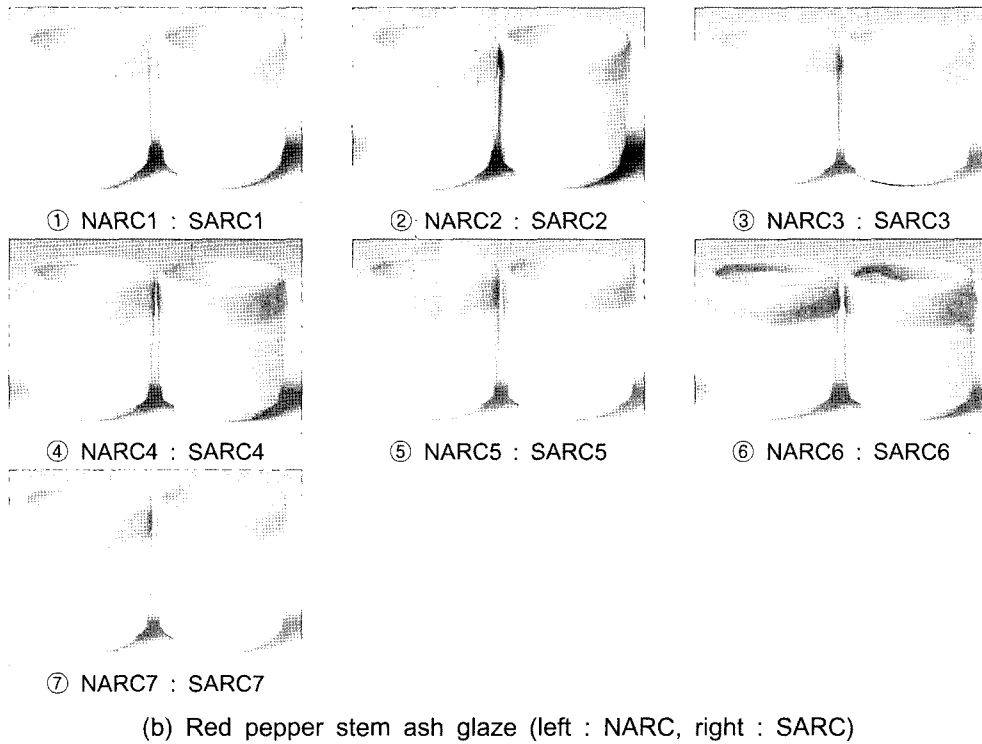
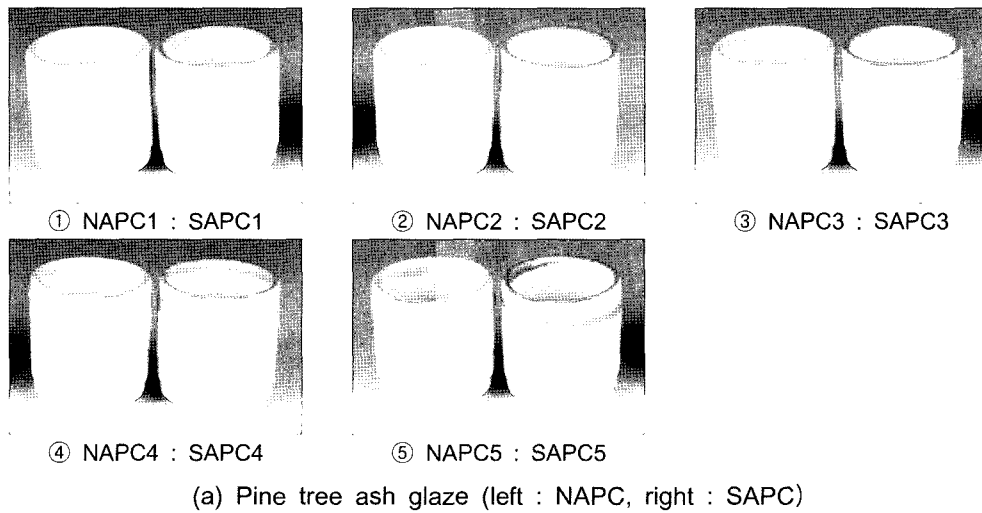


Fig. 6. Analysis of glaze running characteristic by each ash glaze after sintered at 1250°C, 1 h (RF).

영향에 의해 고추나무대재가 30% 들어간 NARC3(SARC3)까지는 옅은 green을 나타내다가 재의 함량이 증가함에 따라 brown이 점점 짙어지는 경향을 나타내었다. Fig. 6(b)에서의 흐름성 분석에서 고추나무대재가 70% 들어간 조성인 NARC7(SARC7)의 조성까지는 유약의 뭉침 현상이나 흐름 현상은 보여지지 않았다. 천연 및 합성 고추나무대재를 사용하여 유약을 제조하여 소성한 결과, 색상 및 유조, 흐름성 등 같은 특성을 나타내고 있음을 확인할 수 있었으며, 유약으로서의 활용을 생각할 경우, NARC1(SARC1)

에서 NARC7(SARC7) 조성까지의 유약이 가능하다고 판단되어 진다.

Fig. 7에 천연 및 합성 소나무재와 고추나무대재를 사용한 재유약의 정확한 색상 분석을 위해 UV 분석을 행하고 그 결과를 나타내었다. Fig. 7(a)와 (b)의 소나무재유약의 경우, 명도의 경우 최저 70에서 최대 90 정도로 고명도의 색상을 나타내어 전반적으로 맑고 투명한 청자 색상이 나타났으며, 색상분포에 있어서도 재가 10% 들어간 NAPC1 및 SAPC1의 경우 투명에 가까우면서도 green과

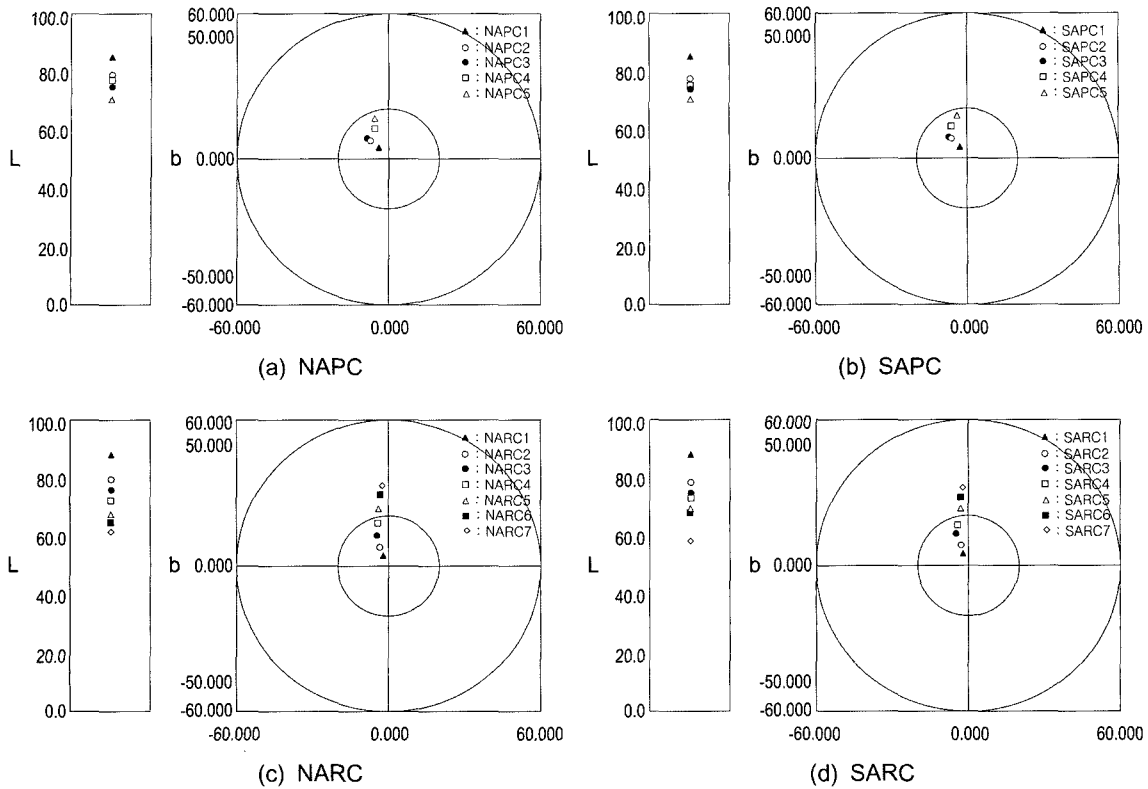


Fig. 7. Result of UV analysis of ash glaze after sintered at 1250°C, 1 h (RF).

yellow를 미세하게 가지고 있음을 확인할 수 있었다. 재의 첨가량을 점점 증가시키에 따라 색상은 yellow의 계열로 짙어짐이 확인되었다. 고추나무대재유의 천연재유와 합성재유의 결과에서도 Fig. 7(c)와 (d)에서와 같이 두 유약 모두 명도는 60~90의 분포에 위치하며, 명도의 상태는 중명도에서 고명도로 동일하게 나타났으며, 색상 분석에서도 채도는 탁한 yellow line에서 +20~35 분포로 그 차이가 크게 나타났으며 전반적인 색상은 유백기가 있는 연두색이도는 노랑에서 재의 함량 증가에 의해 소나무재유의 분석과 같이 탁한 yellow line을 따라 점차 증가 차츰 짙어지는 현상이 나타났다.

4. 결 론

도예인이면 누구나 사용하고 싶어 하는 재유에 사용되는 초목재는 구하기 어려울 뿐 아니라 동일한 조성의 재를 얻을 수도 없다. 이와 같은 문제점을 해결하고자 소나무재와 고추나무재와 같은 특성을 지닌 합성재의 제조에 대해 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 초목재의 특성과 같은 합성재를 만들 때 가장 문제가 되는 알카리 산화물의 공급 원료는 Na₂CO₃와 청주석회석 및 벚짚재를 6:2:2의 비율로 혼합한 후 1200°C로 소성하여 frit화 시킴으로서 알카리가 용출되지 않은 frit

를 합성할 수 있었다.

2. 천연재와 같은 특성의 합성소나무재의 조성은 합성한 frit를 사용한 알카리 산화물 15.1%, 합성분 4.7%, 청주석회석 58.7%, Mg₂CO₃ 13.8%, Fe₂O₃ 1.4%, TiO₂ 0.2%, MnO 1.3%였으며, 이러한 합성재를 사용한 유약제조 실험 결과, 재의 함유량이 50% 이하의 조성이 유약으로 사용하기 적합하였다.

3. 천연재와 같은 특성을 가지는 합성고추나무대재의 조성은 부여장석 32.9%, frit로 제조한 알카리 산화물 12.5%, 합성분 7.0%, 하동카오린 13.2%, 청주석회석 18.6%, Mg₂CO₃ 11.6%, Fe₂O₃ 3.4%, SiO₂ 0.3%, TiO₂ 0.4%, MnO 0.2%이었으며, 이러한 합성고추나무대재의 유약 실험 결과 재의 함유량이 70% 이하의 조성에서 유약으로 사용하기 적합하였다.

4. 합성재 제조시 가장 문제화되는 알카리 산화물에 대해 이러한 frit의 제조에 의해 비단 소나무재와 고추나무대재 뿐만 아니라, 제조하기 매우 어려운 각종 초목재를 대신할 수 있는 합성재를 쉽게 제조할 수 있다고 판단되었다.

REFERENCES

1. B. U. Kim, "Ash Glaze," Teahakwon (1998).

2. E. Kojima and A. Tsutsumi, "Techniques of Coloring for Pottery(*in Jpn.*)," 99-106 (1996).
3. Y. S. Han and B. H. Lee, "Glaze from Wood Ashes and their Color Characteristics(*in Korean*)," *J. Kor. Ceram. Soc.*, **41** [2] 158-64 (2004).
4. Y. S. Han and B. H. Lee, "Pottery Glaze Making and Its Properties by Using Grain Stem Ash and Vegetables Ash(*in Korean*)," *J. Kor. Ceram. Soc.*, **41** [11] 834-41 (2004).
5. S. Ueda, "Studies on the Ash Glazes and Synthetic Ash Glazes," *Technical Report, Jpn. Ceram. Res. Center*, 61-4 (1926).
6. S. Onishi, "Glazes of Pottery(*in Jpn.*)," 5-41 (1976).
7. Y. Shiraki, "Science for Pottery(*in Jpn.*)," 144-73 (1994).
8. E. Miyakawa, "Pottery Glazes(*in Jpn.*)," 17-21 (1965).
9. Y. Shiwa, H. Nakao, T. Watari, and Y. Imaoko, "Preparation and Characteristics of Glaze by Malt Ash," *J. Ceram. Soc. Jpn.*, **106** [9] 920-23 (1998).
10. T. Sugiyama, H. Nagae, T. Yamada, and S. Suzuki, "Coloring of Lime Glazes Containing Iron Oxide: Part 1," *J. Ceram. Soc. Jpn.*, **111** [1] 47-52 (2003).
11. H. Takashima, "Science of Pottery Glazes(*in Jpn.*)," 47-99 (1994).
12. S. Onishi, "Pottery and Glazes(*in Jpn.*)," 189-91 (1996).
13. E. Kojima and A. Tsutsumi, "Techniques of Coloring for Pottery(*in Jpn.*)," 63-160 (1996).
14. K. Tsuaka, "Basis of Glazes Notebook(*in Jpn.*)," 31-8 (1997).
15. K. Tsuaka, "Applications of Glazes Notebook(*in Jpn.*)," 30-46 (1999).
16. Y. Shiraki, "Glazes and Coloring(*in Jpn.*)," 530-35 (1968).
17. R. Tichane, "Ash Glazes," **25** 67-81, Krause Pub. WI (1998).
18. P. Rogers, "Ash Glaze," 25-47, Uni. of Penn PA (2003).
19. P. Rogers, "Ash Glaze-Second Edition," 25-47, Uni. of Penn PA (2003).
20. N. Wood, "Chinese Glaze," Uni. of Penn PA (1999).
21. H. Kitakawa, "A Method of Making Natural Ash Glaze(*in Jpn.*)," 59-71 (2001).