

태토 성분조합을 통한 도자기용 흙의 물성조절 및 특성변화

Control of physical properties
and characteristics of soil
through combination of
ingredients of clay

김두현¹, 이해순², 김지혜¹,
한민수^{1*}

한국전통문화대학교 문화유산전문대학원
문화재수리기술학과¹, 국립광주박물관²

Kim Duhyeon¹, Lee Haesoon²,
Kim Jihye³, Han Minsu¹

Graduate School of Cultural Heritage,
Korea National University of Cultural
Heritage¹, Gwangju National Museum²

* Corresponding Author:
Han Minsu

요약

본 연구는 매곡토의 기본적인 특성과 점토물질 첨가에 따른 물리화학적 특성 변화를 분석하여 도자기 제작에 활용할 수 있는 흙에 대한 과학적 특성 정보를 제시하고자 하였다. 매곡토는 자갈과 굵은모래, 가는모래가 전체의 73%를 차지하여 수비과정을 거쳐야 태토로 사용이 가능하였으며, 수비 후에는 세사와 점토가 전체의 95%로 증가하였으나 가소성과 점력이 부족하여 분청토를 추가하여야 했다. 매곡토와 분청토를 7:3 비율로 혼합하였을 때는 점력이 증가하고, 소성 후에도 적당한 도자기 태토의 조직 특성을 보였으며, 흡수율이 0.40으로 감소하여 태토로써의 기능이 개선되었다. 따라서, 주변 흙으로 도자기를 제작하고자 할 때에는 수비와 같은 물리적 전처리를 거친 후 소성 시 기물로써 형태를 유지할 수 있도록 특정 성분이 포함되어 있는 점토 물질을 추가한다면, 본래 흙의 특성을 개선할 수 있다.

주제어 : 도자기, 매곡토, 분청토, 물성 조절, 물리화학적 특성

Abstract

This study analyzed the basic properties of soil material gathered around Maegok-dong in Gwangju, Gyeonggi-do Province (hereafter, "Maegok soil") and the physicochemical changes in the Maegok soil resulting from the addition of other clay materials in order to present scientific information about the properties of clay available for pottery production. Gravel, coarse sand, and fine sand account for 73% of the total mass of the Maegok soil. Therefore, it required refinement through sifting in order to serve in pottery clay. After sifting, the amount of silt and clay in the soil increased to 95% of the total mass. However, since it lacked plasticity and viscosity, buncheong soil was added. When it was mixed with bungcheong clay at a ratio of 7:3, Maegok soil improved as pottery clay as its viscosity increased, demonstrating compositional properties appropriate for ceramic clay even after firing. Further, its water-absorption rate was decreased to 0.40. This means that soil gathered from anywhere can be used for pottery-making by refining its original properties and through mixture with clay with specific components which help the pottery maintain its shape even after firing.

Keywords : Pottery, Maegok Soil, Buncheong Soil, Control of Physical Properties, Physicochemical Properties

1. 서론

그릇이라는 기물은 선사부터 현대에 이르기까지 인간의 생활에 있어서 저장과 식기용 이외에도 상징적 도구로 사용되는 등 다양한 목적으로 활용되고 있다^[1]. 그 중 도자기는 흙을 빚어 구운 모든 기물을 지칭하는 것으로 토기, 도기, 자기, 옹기 등을 포함하는 넓은 의미를 가진다^[2]. 이러한 도자기는 일반적으로 기물의 제작에 사용된 흙의 종류, 즉 사용재료와 구워진 소성온도에 따라 4가지로 구분하는 것이 일반적이다.

도자기의 분류에 의하면, 토기(土器)는 점토질의 태토를 사용하고, 유약이 없으며, 700~1000℃에서 소성된 것을 말하며, 도기(陶器)는 카올린질과 장석질을 원료로하여 1050~1250℃에서 소성된 것이다. 또한 석기(炆器)는 불순물이 많은 석기점토 또는 양토질 점토 등이 주원료이며, 1200~1300℃에서 흡수율이 1~2% 이하가 될 때까지 소성된 기물을 말한다. 마지막으로 자기(磁器)는 카올린 점토, 석영, 장석, 도석을 배합한 소지로, 1300℃ 이상의 고온에서 소성되었고, 유약을 사용(장석유, 석회유, 활석유 등)하여 제작된 것을 말한다^[3]. 그러나 이러한 분류는 학자에 따라서 다르며, 현대 도자기의 분류와 고대 도자기의 분류는 그 사용재료와 소성온도에서 조금 차이가 있다.

우리가 일반적으로 도자기를 제작하는 데 사용되는 흙은 점토를 의미한다. 점토는 적당량의 물을 함유할 때 가소성을 갖고 있으며, 주로 세립의 광물로 구성된 자연산 물질로 건조 또는 소성 시 단단하게 굳어지는 물질로, 암석이 다양한 물리적, 화학적, 생물학적 요인들에 의해 풍화과정을 거쳐 잘게 쪼개지면서 생성된다^[4]. 이러한 도자기 제작용 원료로서의 점토는 점토질, 장석질, 규산질 원료 등 크게 3가지로 구분할 수 있는데, 점토질 원료는 성형에 필요한 가소성을 주어 건조강도를 내고 규산질 원료는 백색도를 높이고 강도를 증가시켜 소지의 골격을 이루는 역할을 하며, 장석질 원료는 용제로서 유리질화를 도와 소지의 조직구조를 개선한다^[5].

도자기의 제작재료인 흙은 그 종류에 따라 그 특성이 달라지며, 성분조성이 유사하다 하더라도 구성 입자의 크기와 상대적인 비율, 형태에 따라서 도자기의 제작 시 기물에서 나타나는 현상은 다양하다. 특히 원토를 수비과정을 통해 도자기 제작에 사용할 수 있는 정도로 가공하는 것만으로도 태토로써의 성질 개선이 완료된다. 하지만 고화도 자기를 만들거나 기물의 재질적인 안정성을 확보하기 위해서는 서로 다른 성질의 흙을 혼합하여 그 기능을 개선할 수 있다.

따라서 본 연구는 우리 주변의 흙을 사용해서 도자기를 만들 수 있는지 확인하고자 광주 매곡동 인근 흙(이하 매곡토)을 사용하여 매곡토의 기본적인 특성과 이를 원료로 하여 도자기 제작에 용이한 정도의 흙으로 만들기 위해 어떠한 성분들을 첨

가하여 물성을 조절하여야 하며, 이들 성분이 첨가됨에 따라서 물리화학적 특성이 어떻게 변화되는지를 과학적으로 분석하였다.

2. 연구방법

2.1. 기초조사 및 표면관찰, 색도 측정

도자기 제작에 사용된 원료와 실험편에 대해 육안특성 관찰 후 표면의 특성을 실체현미경(SMZ800N, Nikon, Japan)으로 촬영하였다. 모든 시료의 외면 색도는 자연 건조 후 휴대용 색채색차계(CM-700d, Minolta, Japan)로 측정하였다. 측정 시 오차를 줄이기 위하여 3회 측정 후 평균값을 사용하였다. 측정 결과는 L^* (명도), a^* (녹색-적색), b^* (황색-청색)로 표시하는 CIE LAB 색공간을 이용해 도시하였다.

2.2. 입도분석

도자기 제작 재료의 입도는 먼저 체분석을 습식체질로 표준체 #4, #10, #20, #40, #80, #100, #200를 사용하여 개별 입자들의 크기를 측정 후, 표준체 #200 통과분에 대하여서는 레이저입도분석기(SLAD-2300, Shimadzu, Japan)로 분석하였고, 통일분류법(Unified Soil Classification System, USCS)에 의하여 입도를 자갈(>4.75mm), 굵은모래(4.75mm~0.425mm), 가는모래(0.425mm~0.075mm), 실트(0.075~0.02mm), 점토(<0.002mm)로 분류하였다.

2.3. 비중, 흡수율, 겔보기기공률 측정

태토의 공극과 관련하여 도자기의 물리적 성질을 비교하기 위해 겔보기비중 및 부피비중, 흡수율, 겔보기기공률을 측정하였다. 태토만의 물리적 성질을 측정하기 위해 표면의 요철과 오염물을 연마하여 제거한 후 105℃에서 24시간 이상 완전 건조시킨 무게 W_1 을 구하고, 이것을 증류수 속에서 24시간 이상 침적시킨 후 무게 W_2 와 수중 무게 W_3 를 측정한 다음 아래와 같은 식에 의해 겔보기비중 및 부피비중, 흡수율, 겔보기기공률을 구하였다.

$$\begin{aligned} \text{겔보기비중} &= \frac{W_1}{W_1 - W_3} & \text{부피비중} &= \frac{W_1}{W_2 - W_3} \\ \text{흡수율}(\%) &= \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 & \text{겔보기기공률}(\%) &= \frac{W_2 - W_1}{W_2 - W_3} \times 100 \end{aligned}$$

측정은 정밀전자저울(GR-200, AND, Japan)과 비중측정용 키트(AD-1653, AND, Japan)를 이용해 실시하였다.

2.4. 단면조직 관찰

태토의 상태와 도자기에 존재하는 기공과 입자의 분포 및 크기, 색상, 광물상을 확인하고자 미세조직을 관찰하였다. 관찰을 위해 시료를 절단 후 에폭시 수지에 고착시켜 연마기(Rotopol-11, Struers, Denmark)와 연마지 #220, #500, #800, #1200, #2400, #4000을 순서대로 사용하여 단면을 연마하였다. 가공된 단면에 대하여 금속 현미경(EPIPHOT 200, Nikon, Japan)을 이용하여 층위 구성을 확인하였다.

2.5. 이미지분석

단면관찰 결과를 바탕으로 기공률과 기공의 영역을 정량적으로 파악하고자 편광 현미경(Eclipse lv100n pol, Nikon, Japan)과 내부 프로그램을 사용하여 이미지분석을 실시하여 전체 면적대비 기공의 면적 비율을 확인하였다.

2.6. 구성광물의 결정구조 분석

도자기 제작재료와 실험편, 재현편, 출토 시료의 구성광물과 소성온도 및 환경에 따른 광물학적 특징을 확인하고자 시료의 일부를 분말화한 후 X선회절분석기(Miniflex 600, Rigaku, Japan)를 이용하여 결정구조를 분석하였다. 분석조건은 40kV, 15mA, $5^{\circ} \sim 80^{\circ}$, scan step 0.01° , scan speed $1^{\circ}/\text{min}$ 로 하였다.

2.7. 성분 분석

도자기의 성분은 10개의 주요성분 분석을 통해 재료의 특성을 확인하였다. 주요성분은 파장분산형X-선형광분석기기(X-ray Fluorescence Sequential Spectrometer, PW2404, Philips, Netherland)를 이용하였다. 오염되지 않은 내면에서 시료 일부를 채취한 후 분말화하였으며, 시료와 용융제(Lithium Tetraborate)를 1:11의 비율로 혼합하여 백금도가니에 넣고 비드제작기를 이용하여 원판 형태의 비드(Bead)를 제작한 후 측정하였다. 분석은 한국기초과학지원연구원에 의뢰하였다.

3. 연구결과

3.1. 매곡토 물성분석

매곡토 원토의 구성광물 분석결과 석영(Quartz), 운모(Mica), 카올리나이트(Kaolinite), 제올라이트(Zeolite) 등이 확인되었다^(도2). 입도분석결과, 자갈이 4.18%, 굵은 모래 19.54%, 가는모래 49.15%, 세사 24.30%, 점토 2.83%로, 가는모래의 비중이 가장 높으나 자갈과 굵은모래가 다수 존재하고, 세사의 비중이 매우 낮았다.

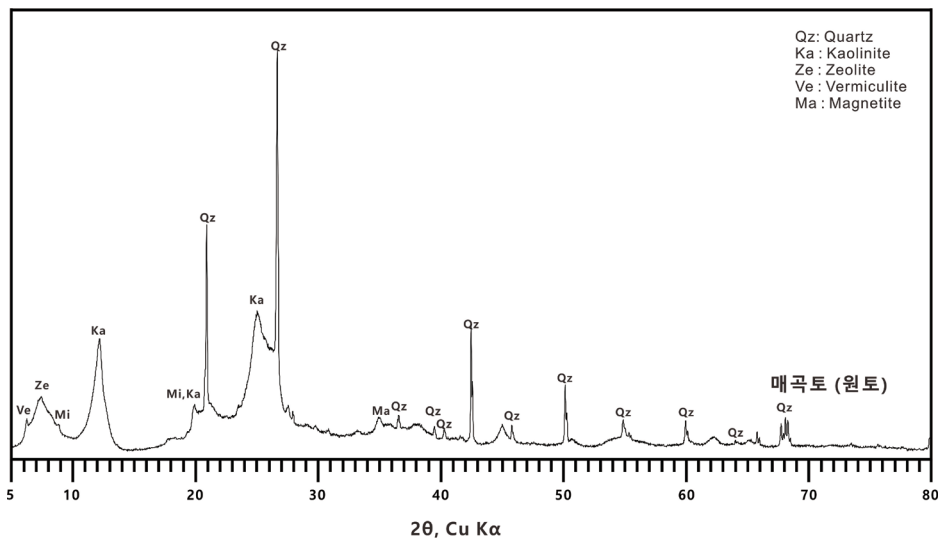
수비한 원토에 대하여 입도분석을 실시한 결과, 가는모래가 4.70%, 실트 78.06%, 점토 17.24%로 자갈과 굵은 모래가 제거되었고, 세사와 점토의 비중이 크게 증가하였다^(도3).

수비 전후 원토의 주요성분 함량 변화에서도 차이를 보였는데, 원토의 주요성분 분석결과, SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 등이 확인되었으며, 수비 후 원토는 SiO_2 가 감소하였고 Fe_2O_3 , Al_2O_3 의 성분함량이 다소 증가하였다.

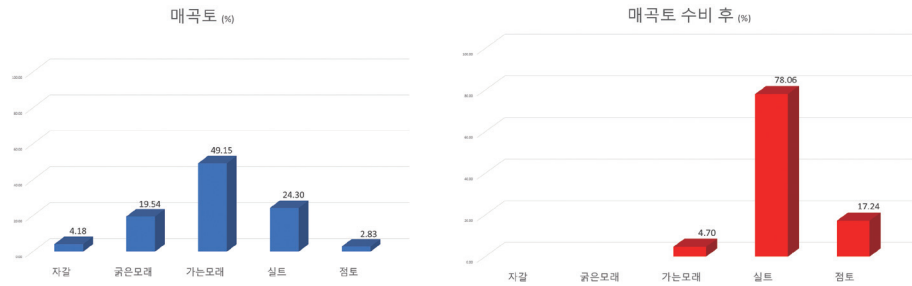


도1. 매곡토 및 분청토

- | | | |
|---|---|---|
| a | b | c |
|---|---|---|
- (a) 매곡토 원토
(b) 매곡토 수비 후
(c) 분청토



도2. 매곡토 원토 구성광물 분석결과



도3. 매곡토 원토 및 수비 된 매곡토의 입도분석 결과

3.2. 매곡토 소성실험편의 표면 및 단면 조직 관찰 결과

매곡토만을 사용하여 소성 실험편을 제작하였으며(이하 MG-100), 초벌편 및 재벌편에 대하여 물성분석을 실시하였다.

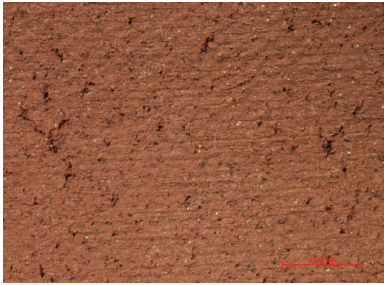
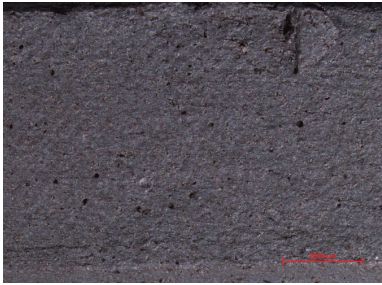
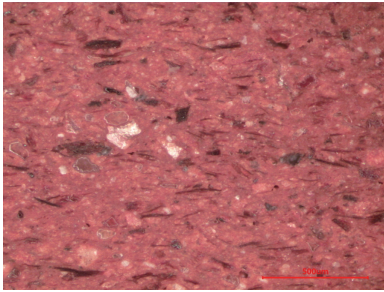
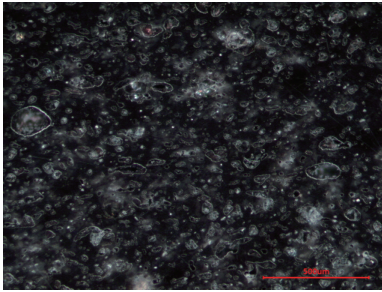
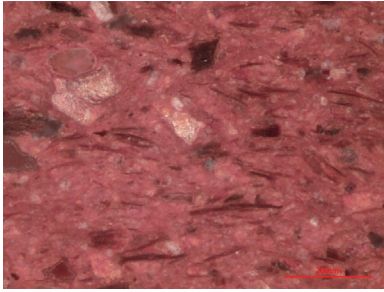
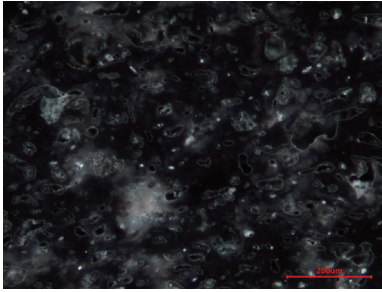
표면관찰 결과, 초벌편에서 MG-100 시편은 적갈색을 띠었고, 표면이 매우 거칠고, 굵은 입자가 관찰되었으며, 다수의 균열이 발생한 것을 확인하였다. 재벌편의 경우 매우 어두운 회색을 띠었으며, 초벌편에 비해 표면의 거친 정도는 감소하였다.

MG-100 시편의 단면조직을 관찰한 결과, 초벌편에서 좌측 부분에 다수의 기공이 관찰되었고, 다양한 크기의 입자들이 분포하고 있어 입자의 균일도가 좋지 않은 것을 확인하였다. 재벌편의 경우에는 매우 어두운 흑색을 띠었으며, 초벌편보다 더욱 많은 기공이 관찰되었고, 기공의 크기도 매우 다양하였다^[표1].

재벌소성 결과, 어두운 발색을 띤 이유는 철산화물(Fe_2O_3)의 높은 함량으로 인한 것으로 추정하는데, 이병훈(2014)의 연구 대상인 백자의 경우에 철산화물(Fe_2O_3)의 함량이 2.61~3.33 wt.% 으로, 백자 기준에서는 다소 높은 함량으로 회청색 또는 회색 등의 발색을 나타내었다^[6]. 또한, 이병훈(2020)의 연구에서 백토 원료의 경우에 철산화물(Fe_2O_3)의 함량이 1.0~1.1 wt.%로 확인된 것에 반하여^[7], 매곡토 원토의 철산화물(Fe_2O_3) 함량은 약 12 wt.%로 매우 높은 함량을 나타내어 어두운 흑색의 발색을 나타낸 것으로 보인다.

이상의 결과를 통해 매곡토는 어두운 발색을 띠는 특성으로 석기의 성격을 띠어 분청사기 제작에 활용하고자 하였으며, 부족한 가소성과 점력을 확보하고자 추가 할 점토질 태토를 분청토로 선정하였다. 본 연구에 들어가기 전에 예비실험을 통해 매곡토의 성질을 해치지 않는 최적의 비율인 매곡토 70% + 분청토 30%(이하 MG-70)의 혼합비를 선정하였다.

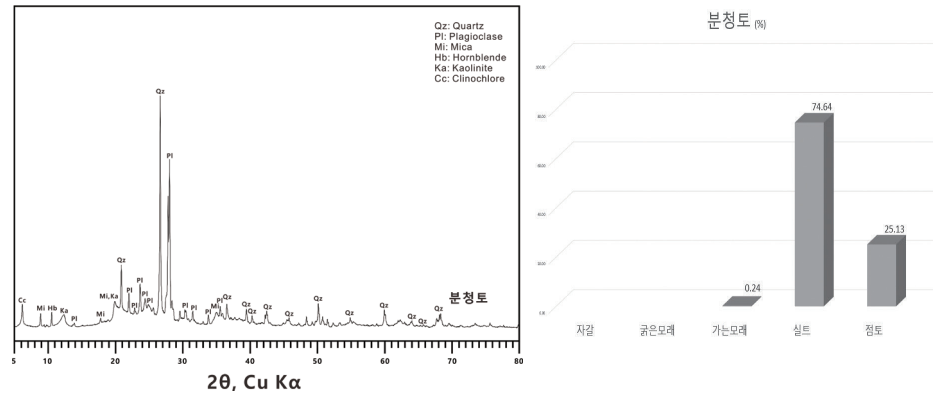
표1. MG-100 시편의 표면 및 단면조직 관찰결과

	초벌	재벌
표면관찰 결과 (x10)		
단면관찰 결과 (상: x50, 하: x100)		
		

3.3. 분청토 물성분석

분청토의 구성광물 분석결과 석영(Quartz), 운모(Mica), 카올리나이트(Kaolinite), 각섬석(Hornblende) 등이 확인되었으며, 주요성분 함량 분석결과, SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO 등이 확인되었다.

입도분석결과 가는모래 0.24%, 세사 74.64%, 점토 25.13%로 세사와 점토의 비중이 매우 높은 것을 확인하였다^(도4).



도4. 분청토 구성광물 및 입도 분석결과


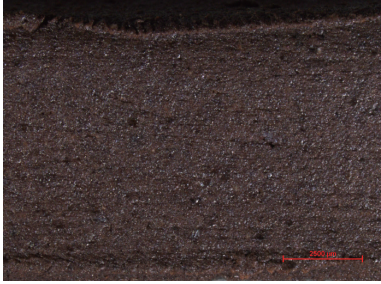
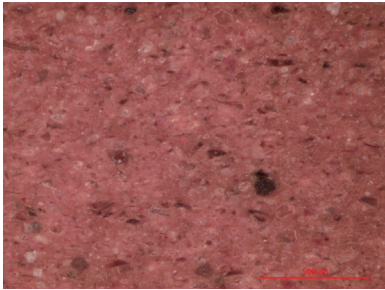
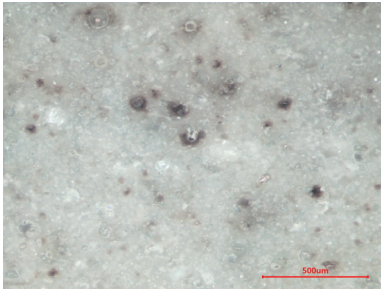
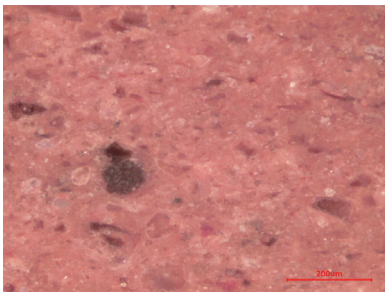
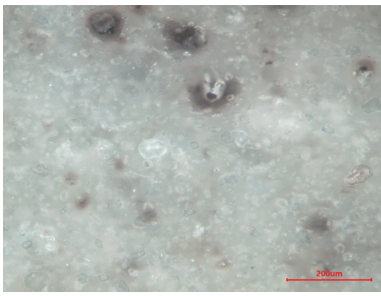
3.4. 분청토 소성실험편의 표면 및 단면조직 관찰 결과

분청토만을 사용하여 소성 실험편을 제작하였으며(이하 BC-100), 초벌편 및 재벌편에 대하여 물성분석을 실시하였다.

표면관찰 결과, 초벌편에서 BC-100 시편은 MG-100 시편에 비해 밝은 갈색을 띠었으며, 균열이 확인되지 않고 표면이 상대적으로 고른 것을 확인하였다. 재벌편의 경우 어두운 적갈색을 띠었으며, 초벌편에 비해 표면의 거칠기가 감소하였다.

단면조직 관찰 결과, 초벌편에서 MG-100 시편에 비해 입자의 균일도가 상대적으로 일정하였고, 밝은 갈색을 띠었다. 재벌편의 경우, 전체적으로 밝은 흰색을 띠며 일부 어두운 갈색의 입자가 관찰되었고, MG-100 시편에 비해 기공의 수도 적고, 크기도 작은 것을 확인하였다^(표2).

표2. BC-100 시편의 표면 및 단면조직 관찰결과

	초벌	재벌
표면관찰 결과 (x10)		
단면관찰 결과 (상: x50, 하: x100)		
		

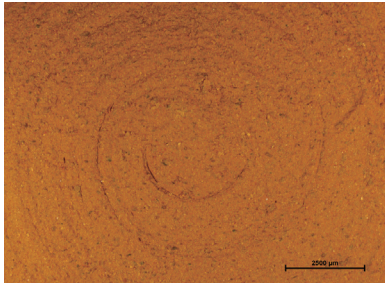
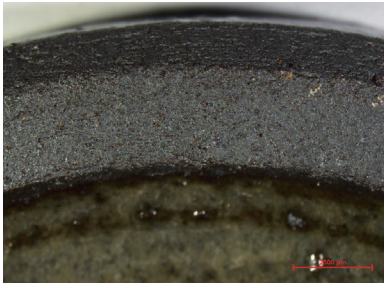
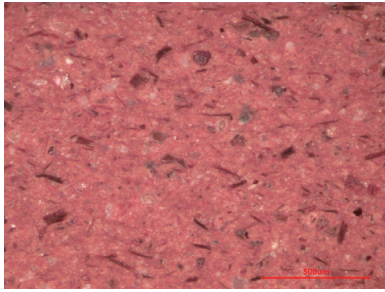
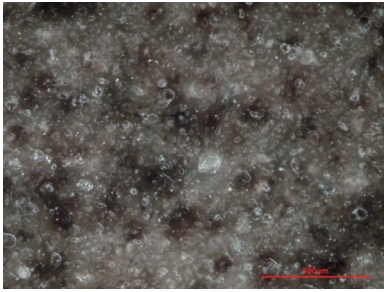
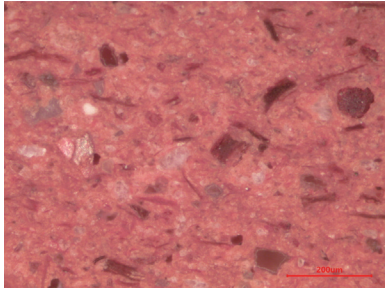
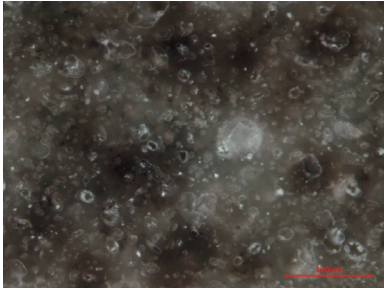
3.5. MG-100, BC-100, MG-70 시편 분석결과

3.5.1. MG-70 시편 표면 및 단면조직 관찰 결과

표면관찰 결과, MG-70 시편은 초벌편에서 밝은 황색, 재벌편에서 밝은 회색을 띠었으며, MG-100 시편에서 관찰되었던 다수의 균열이 관찰되지 않았다.

단면조직 관찰결과, 전반적으로 어두운 갈색을 띠고, 기공의 수가 BC-100 시편보다 많으나 기공의 크기는 MG-100 시편에서 관찰된 것보다 작은 것을 확인하였다. 또한, 표면과 단면조직 모두 MG-100과 BC-100의 중간특성을 보이는 것을 확인하였다(표3).

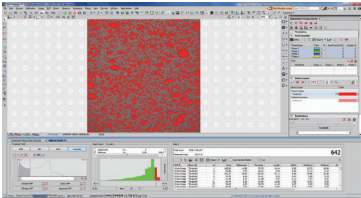
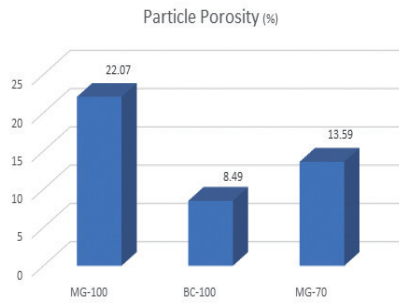
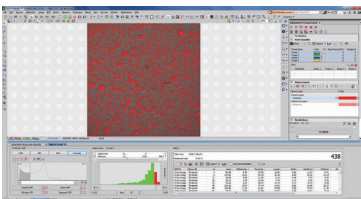
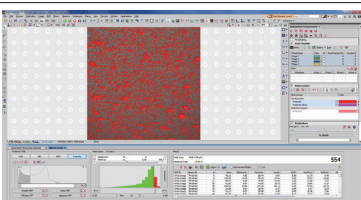
표3. MG-70 시편의 표면 및 단면조직 관찰결과

	초벌	재벌
표면관찰 결과 (x10)		
단면관찰 결과 (상: x50, 하: x100)		
		

3.5.2. 이미지 분석을 통한 기공 면적 비교

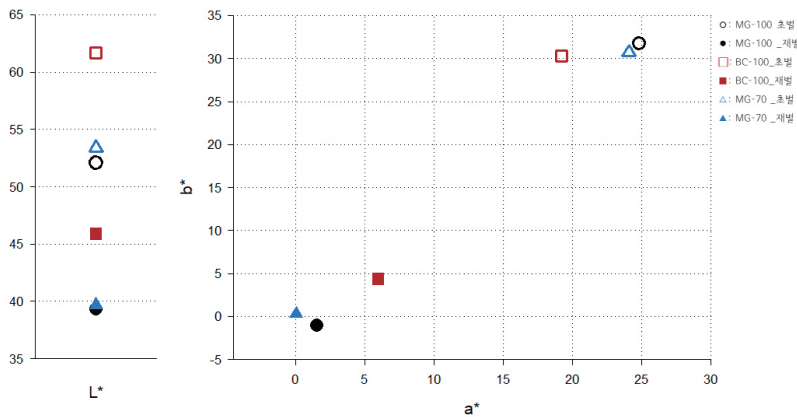
각 시편의 재벌편 단면관찰 결과를 활용하여 전체 면적대비 기공의 면적을 수치화하여 기공의 면적을 비교하였다. 측정 결과, MG-100의 경우에는 기공 면적이 전체의 22.07%를 차지하여 세 시편 중 가장 높았고, BC-100 시편이 8.49%, MG-70 시편이 13.59%를 차지하여 MG-70 시편은 MG-100과 BC-100의 중간특성을 보였고, 분청토를 첨가함으로써 기공의 면적이 다소 감소한 것을 확인하였다^(표4).

표4. MG-70 시편의 표면 및 단면조직 관찰결과

단면관찰 결과 (x50)	분석 이미지	분석 결과								
MG-100		<p>Particle Porosity (%)</p>  <table><thead><tr><th>시편</th><th>Particle Porosity (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>MG-100</td><td>22.07</td></tr><tr><td>BC-100</td><td>8.49</td></tr><tr><td>MG-70</td><td>13.59</td></tr></tbody></table>	시편	Particle Porosity (%)	MG-100	22.07	BC-100	8.49	MG-70	13.59
시편	Particle Porosity (%)									
MG-100	22.07									
BC-100	8.49									
MG-70	13.59									
BC-100										
MG-70										

3.5.3. 색도측정 결과

각각 시편의 색차를 그래프로 비교한 결과, MG-100 시편의 L^* 값이 BC-100 시편보다 낮게 확인되었으나, 적색도와 황색도는 높게 확인되었으며, 이러한 경향성은 초벌편과 재벌편 모두 유사하게 나타났다. MG-70 시편은 명도, 적색도, 황색도 모두 MG-100 시편과 BC-100 시편의 중간특성을 보였다(도5).



도5. MG-100, BC-100, MG-70 시편의 색도측정 결과 비교 그래프

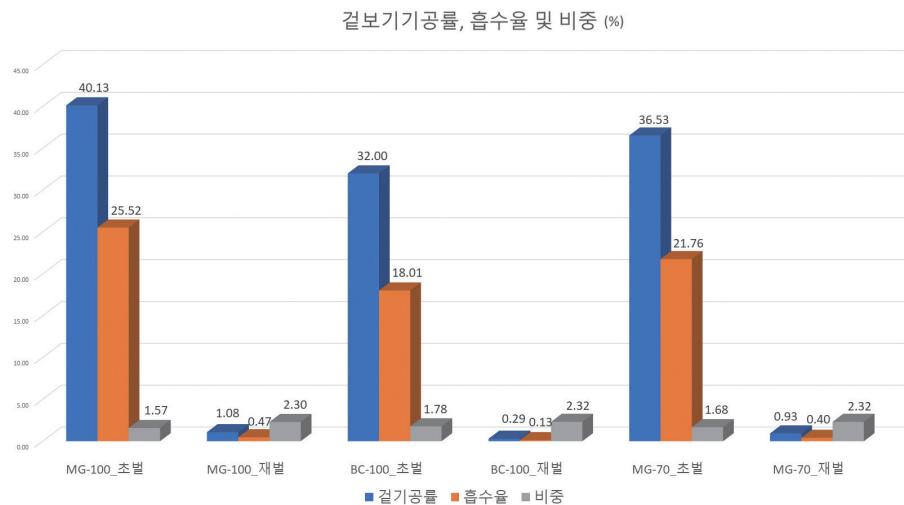
3.5.4. 흡수율 및 비중, 기공률 측정결과

표5와 도6에서 확인할 수 있듯이, 초벌편의 경우에는 MG-100 시편은 BC-100 시편보다 겉보기기공률이 약 8% 차이났으며, 흡수율도 약 7%의 차이를 보였으나 비중의 차이는 근소하였다. 이와 같은 경향성은 재벌편에서도 유사하게 확인되었는데, 비중의 차이는 근소하였으나 MG-100 시편이 BC-100 시편보다 겉보기기공률은 약 4배, 흡수율은 약 3배 더 크게 확인되었다.

MG-70 시편의 경우 초벌편과 재벌편에서 흡수율과 겉보기기공률 모두 MG-100 시편과 BC-100 시편의 중간 특성을 보였으며, 비중도 이와 비슷한 양상이나 큰 차이를 보이지는 않았다.

표5. 매곡토와 분청토, 매곡토+분청토(7:3)로 제작하여 소성한 시편의 기공률, 흡수율, 비중측정 결과

구분	시료명	겉보기기공률(%)	흡수율(%)	비중
초벌	MG-100	40.13	25.52	1.57
	BC-100	32.00	18.01	1.78
	MG-70	36.53	21.76	1.68
재벌	MG-100	1.08	0.47	2.30
	BC-100	0.29	0.13	2.32
	MG-70	0.93	0.40	2.32



도6. MG-100, BC-100, MG-70 시편의 기공률, 흡수율, 비중측정 비교 그래프

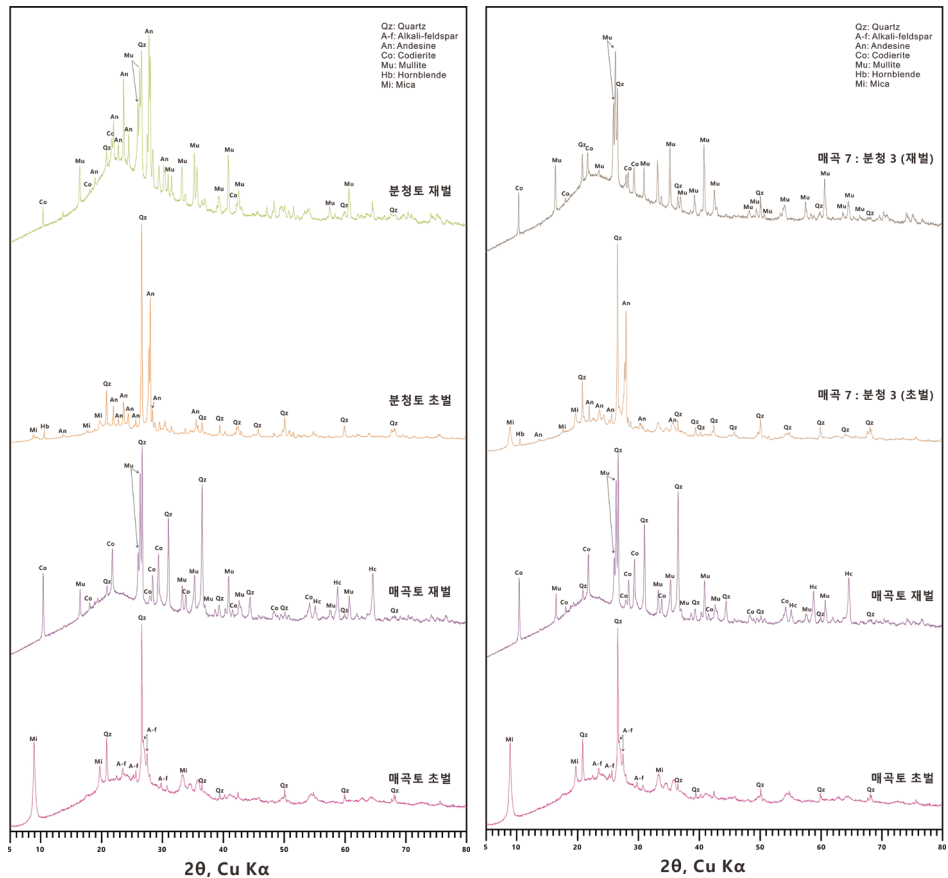
3.5.5. 구성광물 분석결과

도자기용 흙은 다양한 구성 광물들로 이루어져 있으며, 소성 과정에서 석영(Quartz), 장석(Feldspar) 등이 사라지고 고온성 광물인 물라이트(Mullite)가 생성되는 등 다양한 광물에서 상전이가 일어나게 된다.

MG-100 초벌편의 구성광물 분석결과, 앞서 매곡토 원토에서 확인되었던 제올라이트(Zeolite), 버미큘라이트(Vermiculite) 등의 점토광물들이 사라지고, 석영(Quartz), 알칼리장석(Alkali-Feldspar), 운모(Mica) 등이 확인되어 광물의 종류가 감소하였고, MG-100 재벌편에서는 초벌편에서 확인되었던 운모(Mica)와 알칼리장석(Alkali-Feldspar)이 사라지고 코디어라이트(Cordierite)와 고온성 광물인 물라이트(Mullite)가 확인되었다.

BC-100 초벌편도 분청토 원토에서 확인되었던 클리노클로어(Clinochlore)가 사라지고 석영(Quartz), 안데신(Andesine), 운모(Mica), 각섬석(Hornblende) 등이 확인되었으며, BC-100 재벌편에서는 초벌편에서 확인되었던 각섬석(Hornblende)과 운모(Mica)가 사라지고 코디어라이트(Cordierite)와 고온성 광물인 물라이트(Mullite)가 확인되어 MG-100 시편과 유사한 경향을 보였다. 다만, MG-100 시편이 BC-100 시편보다 석영(Quartz)과 운모(Mica)의 피크가 더욱 강하게 확인되었고, BC-100 시편에서 MG-100 시편보다 상대적으로 강한 각섬석(Hornblende) 피크를 확인하였다.

MG-70 시편의 경우에는 앞서 확인된 매곡토 및 BC-100 초벌, 재벌편의 결과와 유사한 경향을 보였으나, 전반적으로 석영(Quartz) 피크의 강도가 약해지고, 재벌편에서 물라이트(Mullite) 피크가 강하게 확인되었다^(표7).



도7. MG-100, BC-100, MG-70 시편 구성광물 분석결과

4. 결론

본 연구는 매곡토의 기본적인 특성과 이를 원료로 하여 도자기 제작에 용이한 정도의 흙으로 만들기 위해 어떠한 재료를 첨가해야 하는지, 추가적인 재료가 첨가됨에 따라서 물리화학적 특성이 어떻게 변화되는지를 과학적으로 분석하여 제시하고자 하였다.

매곡토 원토의 구성광물 분석결과, 석영(Quartz), 장석(Feldspar), 카올리나이트(Kaolinite) 등을 포함하고 있어 도자기 제작에 적합한 성질을 띠고 있으나, 입도분석 결과에서 알 수 있듯이 자갈과 모래가 많고 세사의 함량이 매우 낮아 수비과정을 거치지 않고서는 직접적으로 사용이 불가능하며, 수비 후 세사와 점토가 전체의 95%를 차지하였고, 매곡토만 사용하여 실험편을 제작해 본 결과, 표면이 거칠고 다수의 균열이 발생하여 도자기를 제작하는데 충분한 가소성과 점력이 확보되지 않았다. 또

한, 주성분 분석결과에서 알 수 있듯이, 높은 철산화물(Fe_2O_3)의 함량으로 인해 소성 시 매우 어두운 흑색을 띠고, 단면관찰 결과에서도 다수의 기공이 확인되어 도자기 제작 시 내부 기공의 감소와 도자기에 적합한 발색을 낼 수 있도록 보완할 수 있는 점력 크고, 가소성이 높은 점토와 같은 재료를 추가해야 할 것으로 나타났다.

현재 시중에서 판매되는 도자기용 흙은 백토, 분청토, 청자토, 산청토 등이 있다. 매회토는 높은 철산화물(Fe_2O_3) 함량으로 인하여 발색이 매우 어둡고, 석기의 성격을 띠고있어 백자 제작용으로 쓰기에는 알맞지 않았다. 따라서 분청사기 제작에 적합한 태토로 바꾸기 위해서 점성을 높여줄 수 있는 2차 점토인 분청토를 첨가하여 소성 시 분청사기에 알맞은 발색을 내고, 매회토의 부족한 가소성과 점력을 보완하고자 하였다. 분청토의 구성광물 분석결과, 매회토와 유사하게 석영(Quartz), 장석(Feldspar), 카올리나이트(Kaolinite), 각섬석(Hornblende) 등을 포함하고 있으며, 입도분석에서 세사와 점토의 함량이 매우 높게 나타났다. 또한, MG-100 시편의 분석결과, 초벌소성 시 표면이 거칠고 다수의 균열이 발생한 점과 재벌소성 후 매우 어두운 흑색을 띠고, 단면을 관찰하였을 때 내부 기공의 수가 많고 크기가 컸다. 이에 비해 BC-100 시편의 경우에는 초벌소성 시 표면이 매끄럽고 균열이 거의 확인되지 않았으며, 재벌소성 후 단면 특성이 MG-100 시편에서 보다 내부 기공이 거의 확인되지 않았고, 철산화물(Fe_2O_3) 함량이 매우 적어 밝은 흰색을 띠었다. 따라서 매회토에 분청토를 첨가함으로써 MG-100 시편의 분석 결과에서 확인되었던 초벌소성 시 발생하는 표면 균열, 재벌소성 시 발생하는 다수의 크고 작은 기공을 감소시키고, 소성 후 매우 어두운 발색도 일부 개선할 수 있을 것으로 보았다.

실제 배합 비율을 조정하여 소성한 MG-100과 MG-70 시편을 분석한 결과, MG-100 시편에 비해 MG-70 시편의 흡수율이 더 낮았으나 기공의 수와 크기는 적었고, 비중은 거의 비슷하게 유지되었다. 또한, MG-100 시편의 단면에서 확인되었던 크기가 큰 입자들이 적게 관찰된 것으로 보아 매회토가 가지고 있는 굵은 입자들이 제거되고 그 자리를 분청토의 고운 입자들이 채우면서 매회토만 사용하여 소성하였을 때 보다 더 치밀한 내부조직을 형성한 것으로 확인되었다. 또한, 표면관찰 결과에서도 MG-100 시편의 성형단계에서 확인되었던 거친 표면이나 다수의 균열이 MG-70 시편에서는 거의 관찰되지 않았던 점으로 보아 매회토의 부족한 성질이 분청토의 첨가로 인해 보완된 것을 확인할 수 있었다.

이상의 결과를 통하여 매회토는 도자기를 만드는데 사용할 수 있는 기본적인 성질을 가지고 있으나, 철산화물을 많이 함유하여 소성 시 매우 어두운 발색을 나타내고, 입자의 균일도가 떨어져 상대적으로 조밀한 단면조직과 다수의 기공을 형성하는 등의 단점이 확인되었다. 따라서 수비과정을 통하여 가소성과 점력을 1차적으로

확보하고, 부족한 물적 성질을 보완하기 위하여 분청토와 같은 점토 물질을 추가해야 했다. 결론적으로 사용하고자 하는 흙의 물성에 따라서 분청토, 산청토, 백토 등 추가적인 원료를 첨가하여 부족한 물성을 보완함으로써 도자기용 점토의 필요성분을 구성할 수 있다면 우리 주변의 흙으로도 도자기를 제작하는 것이 가능하다. 다만, 각 원료의 구성성분 분포나 조합비율에 의한 차이가 매우 다양하여 도자기의 특성을 특정하여 밝히는 것에는 한계가 있고, 밝은 색을 띠는 양질의 도자기를 만들 수 있는 흙과는 차이가 있다.

〈사 사〉

본 연구는 국립광주박물관의 『도자기 속 과학: 우리 동네 흙 이야기』 전시를 위한 콘텐츠 제작 사업의 일환으로 수행된 내용 일부를 바탕으로 작성되었으며, 도자기를 제작하신 이정용 교수님께도 감사드립니다.

〈참고문헌〉

1. 임혜빈, *삼국시대 중국제 도자기 연구: 계수호와 반구호를 중심으로*, 영남대학교 대학원 문화인류학과 고고학전공, 석사 학위논문, p1, (2018).
2. 강경숙, *한국도자사*, p12, 예경, 서울, (2012).
3. 배윤희, *도자기 교본-이론과 실제*, p23-25, 정음서원, 서울, (2019).
4. 김계훈, *토양학*, p14, 향문사, 서울, (2009).
5. 문중수, *도자기공학1-기초편*, p49, 두양사, 서울, (2011).
6. 이병훈·소명기, 원주 귀래2리 가마터 출토 백자의 화학조성과 소성온도 연구, *보존과학회지* **30**, p249-261, (2014).
7. 이병훈, 강원 영서지역 춘천 고성리 가마터 출토 백자 및 태토 원료의 상관관계 연구, *보존과학회지* **36**, p152-161, (2020).