

# 행위자기반모델링을 통해 본 통일신라토기의 생산과 유통

김현우\*\*

생산자와 소비자의 선택 기제에 대한 가설적 접근\*

**초록** 본 연구는 통일신라토기의 유통 구조를 이해하기 위해, 행위자기반모델링(ABM)을 활용한 시뮬레이션을 수행하였다. 서울·경기지역 산성과 일반 취락의 토기 출토 양상을 분석한 선행 연구에서, 산성에서는 동일한 산지의 토기가 광역적으로 분포하는 반면, 일반 취락은 지역별로 산지가 상이한 이중적 유통 구조가 확인되었다. 이에 본 연구는 생산자와 소비자의 상호작용을 중심으로 유통망이 어떻게 형성되었는지를 탐색하고자, NetLogo를 활용하여 토기 생산자와 소비자의 교환 행위를 구현한 ABM을 설계하였다.

모델에는 일반 생산자와 특수 생산자, 일반 취락·중심지·산성 등의 소비자를 설정하고, 거리에 따른 거래비용과 수익 등의 매개변수를 조정하며 시뮬레이션을 수행하였다. 그 결과, 일반 취락에서는 경제성이 극대화되는 방식으로 생산자가 각 소비자 근처에 고정되는 교환 구조가 형성되는 반면, 산성에서의 장거리 교환 양상은 단순한 비용-수익 계산만으로는 재현되지 않았다. 이는 산성의 토기 유통이 정치적 결정이나 제도화에 따른 결과일 가능성을 시사한다.

이처럼 ABM은 통일신라토기의 유통 구조가 어떻게 형성되고 작동되는지에 대한 다양한 가설을 탐색하고 검증할 수 있다는 점에서 상당히 유용한 도구임을 보여준다. 교환 연구뿐만 아니라 다양한 고고학적 현상을 탐구하는 데 활용된다면 과거사회의 이해가 더욱 풍부해질 수 있을 것으로 기대된다.

**주제어** 고고학, 시뮬레이션, 행위자기반모델링, 통일신라, 경제, 유통, 토기

\* 본 연구는 2024년도 서울대학교 인문학연구원 인문학 강연-집필 지원 사업의 지원을 받았음.

\*\* 서울대학교 인문학연구원 선임연구원

## 1. 서론

고고학에서 재화의 교환과 이동은 오랜 시간 핵심적인 연구주제로 다루어져 왔다. 이는 인간 사회를 유지하기 위한 경제활동의 산물일 뿐만 아니라, 사회의 성격과 의사결정 방식이 반영된 결과이기 때문이다.<sup>1</sup> 특히 사회의 수직적·수평적 분화가 심화되면서 새로운 경제주체들이 등장하고, 이에 따라 다양한 교환방식이 나타남에 따라<sup>2</sup> 재화의 교환은 사회가 복잡해질수록 더욱 정교하고 복잡한 양상을 보일 것으로 예상된다. 예컨대, 엘리트의 성장과 관련된 잉여의 축적은 재화의 이동과 교환을 바탕으로 하며, 국가 재정 또한 유통에 대한 통제를 통해 유지된다.<sup>3</sup> 더불어 복합사회의 생산진

- 
- 1 L. C. Shaw (2012), "The Elusive Maya Marketplace: An Archaeological Consideration of the Evidence", *Journal of Archaeological Research* 20.
  - 2 R. E. Blanton and L. F. Fargher (2010), "Evaluating Causal Factors in Market Development in Premodern States: A Comparative Study, with Critical Comments on the History of Ideas about Markets", *Archaeological Approaches to Market Exchange in Ancient Societies* (ed. by C. P. Garraty and B. L. Stark), Colorado: University of Colorado Press; T. L. Earle (2002), "Political Economies of Chiefdoms and Agrarian States", *Bronze Age Economics: The Beginning of Political Economies*, Boulder, Colo.: Westview Press; G. M. Feinman (2008), "Economic Archaeology", *Encyclopedia of archaeology* (ed. by D. M. Pearsall), San Diego: Elsevier/Academic Press; C. P. Garraty (2010), "Investigating Market Exchange in Ancient Societies: A Theoretical Review", *Archaeological Approaches to Market Exchange in Ancient Societies* (ed. by C. P. Garraty and B. L. Stark), Colorado: University Press of Colorado; D. Nakassis et al. (2011), "Redistributive Economies from a Theoretical and Cross-Cultural Perspective", *American Journal of Archaeology* 115(2).
  - 3 E. M. Brumfiel and T. K. Earle (1987), "Specialization, exchange, and complex societies: an introduction", *Specialization, exchange, and complex societies* (ed. by E. M. Brumfiel and T. K. Earle), Cambridge: Cambridge University Press; G. M. Feinman et al. (1984), "Modeling Ceramic Production and Organizational Change in the Pre-Hispanic Valley of Oaxaca, Mexico", *The Many Dimensions of Pottery: Ceramics in Archaeology and Anthropology* (ed. by S. E. van der Leeuw and A. C. Pritchard), Amsterdam: Universiteit van Amsterdam; C. M. Sinopoli (2003), *The Political Economy of Craft Production: Crafting Empire in South India, C. 1350-1650*, Cambridge: Cambridge University Press;

문화는 재화의 이동범위와 그 수준을 더욱 가속화시켰을 것이다.<sup>4</sup>

따라서 고고학에서는 재화의 이동과 교환을 파악하고자 자연과학적 성분분석을 통해 유물의 산지 연구를 활발히 시도하고 있다.<sup>5</sup> 그중 다양한 유적에서 광범위하게 출토되고 있는 토기에 대한 지구화학적 성분분석이 꾸준히 이루어져 왔으며, 이를 바탕으로 과거의 교환양상과 그 이면의 사회와 경제에 대한 이해의 수준이 상당히 높아지게 되었다. 하지만 엄밀히 말하자면 이러한 산지연구는 산지를 달리하는 유물의 분포, 다시 말해 유통의 결과를 관찰하는 데 국한된다는 점에서 일정한 한계를 지닌다. 고고학적 산지연구의 궁극적 목표인 과거의 정치경제 복원을 위해서는 그러한 유통의 구체적인 과정과 그에 영향을 미친 요인에 대한 설명과 해석이 반드시 이루어져야 하겠으나, 이러한 부분은 연구자의 직관적 추론<sup>6</sup>에 상당부분 의존하고 있는 것도 사실이다.

그렇기 때문에 특정 재화가 어떻게, 왜 운반되었는가에 대한 질문에 대해 연구자마다 다양한 설명과 해석이 존재하며, 심지어는 서로 상반된 견해가 공존하기도 한다. 예를 들어, 토기의 경우, 가내 필수품이자 파손율이 높아 지속적으로 수요가 발생하기 때문에<sup>7</sup> 다른 어떤 종류의 물질자료보다도

G. J. Stein and M. J. Blackman (1993), "The Organizational Context of Specialized Craft Production in Early Mesopotamian States", *Research in Economic Anthropology* 14.

- 4 C. A. Smith (1976), "Regional Economic Systems: Linking Geographical Models and Socioeconomic Problems", *Regional Analysis, vol. 1, Economic Systems* (ed. by C. A. Smith), New York: Academic Press.
- 5 R. H. Tykot (2004), "Scientific Methods and applications to provenance studies", *Proceedings of the international school of physics "Enrico Fermi", Course CLIV* (ed. by M. Martini, M. Milazzo, and M. Piacenti), Amsterdam: IOS Press; L. Wilson and A. M. Pollard (2001), "The provenance hypothesis", *Handbook of Archaeological Sciences* (ed. by D. R. Brothwell and A. M. Pollard), Chichester: Wiley.
- 6 R. C. Dunnell (1982), "Science, social science, and common sense: The agonizing dilemma of modern archaeology", *Journal of Anthropological Research* 38(1).
- 7 B. L. Stark and C. P. Garraty (2010), "Detecting Marketplace Exchange in Archaeology: A Methodological Review", *Archaeological Approaches to Market Exchange in Ancient*

생산과 유통을 검토하는 데 유리하다고 여겨지기도 한다. 반면 토기는 부피와 중량이 크고 운반 중 파손 가능성이 높기 때문에, 활발히 교환될 만한 상품이 아니라는 견해도 존재한다.<sup>8</sup> 한반도 고대 토기에 대한 산지분석 결과를 보더라도 토기의 광범위한 이동 양상과 소규모 교환 양상 모두 복합적으로 나타나고 있어,<sup>9</sup> 이러한 상반된 견해 중 어느 한쪽을 강력히 지지하거나 기각하지도 못하고, 연구자의 주관과 여타의 단편적인 근거를 가지고 유통과정과 그 함의를 편의적으로 해석해왔음을 부인하기 어렵다.

이러한 한계를 극복하기 위한 방법 중 하나로, 고고학에서는 토기 유통을 비롯한 과거 인간행위의 복잡성을 이해하기 위한 도구로서 다양한 컴퓨터 시뮬레이션 기법이 도입되고 있으며, 그중에서도 행위자기반모델링(Agent-based modeling, ABM)이 크게 주목받고 있다.<sup>10</sup> 따라서 본 연구는 ABM 시뮬레이션을 바탕으로 통일신라토기 유통의 함의를 시험적으로 추론해보고자 한다. 지구화학적 산지분석 및 형태적 변이의 양상을 통해 통일신라토기는 크게 두 가지의 유통방식이 공존하는 것으로 추정되나,<sup>11</sup> 각각의 운영원리와 함의에 대해서는 접근하기가 어려웠기 때문에, ABM 시뮬레이션과의 비교는 새로운 실마리를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

---

*Societies* (ed. by C. P. Garraty and B. L. Stark), Colorado: University of Colorado Press.

8 Shaw (2012).

9 김현우(2023b), 「지구화학적 분석을 통해 본 서울·경기지역 통일신라토기의 생산과 유통: 국가와 민간부문의 비교를 중심으로」, 『한국고고학보』 128; 박지영(2023), 「pXRF 분석을 통해 본 삼국시대 영산강유역 부장토기의 교환 양상」, 『한국고고학보』 127.

10 M. W. Lake (2014), "Trends in Archaeological Simulation", *Journal of Archaeological Method and Theory* 21(2).; M. W. Lake (2015), "Explaining the past with ABM: on modelling philosophy", *Agent-based modeling and simulation in archaeology* (ed. by G. Wurzer, K. Kowarik, and H. Reschreiter), Cham: Springer.

11 김현우(2023b).

## 2. 시뮬레이션과 고고학: 행위자기반모델링(ABM)을 중심으로

### 2.1. 시뮬레이션과 고고학

고고학이 물질자료를 통해 연구하고자 하는 것은 물질자료에 반영된 인간행위와 그 이면의 과거 사회와 문화라고 할 수 있다. 하지만 고고학의 연구 대상이 되는 물질자료는 자료의 형성 과정, 즉 사용 및 폐기 이후 퇴적과 발굴 과정을 거치며 전체의 극히 일부분만 보존되어 발견되기 때문에, 본질적으로 파편화되어있을 수밖에 없으며, 따라서 발굴된 자료만으로 과거 문화상의 전체 양상을 파악하는 것이 거의 불가능하다는 점에서 연구 가능한 범위에 상당한 제약이 따른다. 그렇다면 이러한 파편화되고 변형된 자료를 토대로 하여 인간행위를 복원하고 그 이면의 사회와 문화를 추론하는 데는 근본적인 한계가 있을 수밖에 없다.

이런 이유로 고고학에서는 직관적 추론과 함께 환경적 규칙성 (environmental regularity)의 적용, 민족지 유추, 실험고고학적 접근 등을 통해 추론을 보완해왔다.<sup>12</sup> 그중에서 민족지고고학은 현존 민족집단에 대한 관찰을 통해 고고학적 패턴 이면의 인간행위를 유추하는 방법이다. 예를 들어 과거 토기 유통과정에 개입된 변수에 대한 실마리를 얻기 위해 과거와 유사한 환경조건을 가졌을 것으로 추정되는 현대의 인간집단에서 토기를 어떻게 수집하였는지, 그 과정은 어떠한지, 어떤 변수가 유통에 개입되는지 등을 관찰 및 기록하고 이를 다시 고고학자료와 연결시키는 것이다. 민족지 유추가 고고학자료의 설명과 해석에 상당한 기여를 해온 것도 사실이나, 과거와 현대의 인간집단 간의 맥락적 차이를 완전히 극복하기는 어려우며, 그러한 차이가 인간행위에 어떻게 영향을 미쳤는지도 파악하기가 쉽지 않

12 T. A. Kohler et al. (2012a), "Modelling prehispanic Pueblo societies in their ecosystems", *Ecological Modelling* 241, p. 40.

다. 그렇기 때문에 가능한 한 많은 민족지 사례를 종합할 필요가 있으나, 세계화로 인해 유의미한 사례군 자체가 점점 줄어들고 있으며, 새로운 민족지 조사 데이터를 확보하는 것도 갈수록 어려워지고 있다. 그뿐만 아니라, 고고학에서 다루는 장기간의 문화변동을 길어야 수십 년에 불과한 민족지 관찰을 통해 설명하는 것이 가능한지에 대해서도 의문이 제기된다.<sup>13</sup>

실험고고학 또한 과거 도구의 기능이나 폐기 및 퇴적과정(taphonomic process)을 이해하는 데 유의미한 통찰을 제공하였지만,<sup>14</sup> 민족지고고학과 유사한 한계를 지니고 있다. 도구의 제작과 사용과 같은 단순한 인간행위를 재현하는 수준을 넘어서는 실험설계가 불가능하다는 점에서 그 활용도가 제한적일 수밖에 없다.

이러한 상황에서 고고학적 유추를 보완하기 위한 방법으로 시뮬레이션이 주목받고 있다. 고고학에서 시뮬레이션은 현실 세계의 목표 과정(target real-world process)을 추상화하여 표현한 대체과정으로 정의된다.<sup>15</sup> 즉, 고고학자가 연구 대상으로 삼은 현실 세계의 복잡한 과정을 단순화된 규칙이나 절차로 구현한 실험적 접근이라 할 수 있다. 따라서 시뮬레이션은 관찰과 실험의 현실적인 제약에서 벗어나, 수많은 조건과 변수를 대상으로 실험을 반복적으로 수행함으로써 다양한 고고학적 질문과 가설을 탐색하고 검증할 수 있다는 점에서 고고학적 활용도가 매우 높은 방법이라고 생각된다.

고고학에서 시뮬레이션이 활용되는 방식은 대체로 가설검증(hypothesis testing), 이론구축(theory building), 방법론 개발(methodology development) 등 세 가지로 구분할 수 있다.<sup>16</sup> 가설검증을 위한 시뮬레이션은 과거의 양상을

13 김장석·김현우(2023), 「시뮬레이션과 고고학: 시뮬레이션을 통한 고고학 연구의 확장」, 『제47회 한국고고학전국대회 발표자료집』, 한국고고학회, p. 687.

14 Kohler et al. (2012a), p. 40.

15 J. E. Doran and F. R. Hodson (1975), *Mathematics and Computers in Archaeology*, Edinburgh: Edinburgh University Press, p. 286.

16 S. J. Mithen (1994), "Simulating prehistoric hunter-gatherers", *Simulating Societies: The Computer Simulation of Social Phenomena* (ed. by N. Gilbert and J. Doran), London:

구명하기 위해 여러 변수를 통해 구축한 시뮬레이션 결과를 고고학 자료와 비교하는 것이다. 이론구축을 위한 시뮬레이션은 특정한 고고학적 패턴의 재현보다는 행위의 작동원리나 사회변화 과정을 이해하기 위한 목적이 크다. 방법론 개발을 위한 시뮬레이션은 가상의 데이터를 통해 가장 적합한 분석 기법을 선별하고자 하는 데 중점을 둔다. 고고학에서 시도되는 시뮬레이션은 대체로 가설검증과 이론구축에 해당한다고 할 수 있는데, 정도의 차이가 있을 뿐, 두 가지 모두 결국에는 과거 사회를 이해하기 위해 시뮬레이션을 활용한다는 점에서 엄밀히 구분되는 것은 아닌 듯하다.<sup>17</sup>

시뮬레이션 결과의 동귀결성(equifinality) 문제나, 지나친 합리성 전제로 인하여 시뮬레이션에 대한 부정적 인식이 있는 것도 사실이다.<sup>18</sup> 그러나 하나의 실험적 도구로서, 보다 구체적으로는 탐색적인 사고실험으로서의 가치는 충분하다. 즉 고고학에서 시뮬레이션은 과거사회에 대한 진실을 증명하는 수단이 아니라 대안적 설명, 가설을 비교하고 탐색하기 위한 수단이라는 측면에서 매우 유용하다고 하겠다.

이러한 시뮬레이션이 고고학에 적용되기 시작한 것은 1970년대부터라고 할 수 있다. 당시 신고고학이 추구하였던 과학적 엄밀함의 분위기 속에서 가설을 검증할 수 있는 방법으로서 수학적 모델에 기반한 몇몇 선구적 시뮬레이션 연구가 이루어졌다. 그러나 본격적으로 시뮬레이션이 고고학 연구에 적용되기 시작한 것은 컴퓨터의 성능이 비약적으로 발달하고, 그와 함께 컴퓨터 프로그램에 대한 접근성이 높아지기 시작한 1990년대 이후부터라고 할 수 있다. 당시의 기술적 발전 외에도 인간의 행위, 환경에 대한 적용, 진화, 교류와 같은 고고학에서 전통적으로 중요하게 다루어졌던 주제들이 시뮬레이션을 통해 검토되면서, 연구의 양적, 질적 팽창이 이루어졌다.<sup>19</sup>

UCL Press, pp. 176-177.

17 Lake (2014).

18 Lake (2014).

19 Lake (2014).

장기간에 걸쳐 자연적, 인위적 변화를 겪는 고고학 자료의 특성과 인간 사회의 장기간에 걸친 변동을 연구한다는 고고학 학문의 성격상, 시뮬레이션은 복잡하고 누적된 데이터로부터 과거 사회의 다양한 측면을 이해하기 위한 도구로 사용되었다. 최근에는 가설검증을 위한 비교적 간단한 모델링에서 나아가 다양한 종류의 변수를 포괄하여 사회 진화에 대한 이론구축을 위한 모델링이 이루어지는 추세이다. 특히, 인구의 시공간적 변동,<sup>20</sup> 정보 교환 및 문화 전수,<sup>21</sup> 수렵채집민의 생계경제 전략 및 농경의 확산,<sup>22</sup> 소규모 사회의 취약 재편,<sup>23</sup> 문명의 쇠락,<sup>24</sup> 권력과 불평등의 등장<sup>25</sup>과 같이 하나

- 
- 20 T. A. Kohler et al. (2007), "Settlement Ecodynamics in the Prehispanic Central Mesa Verde Region", *The Model-Based Archaeology of Socionatural Systems* (ed. by T. A. Kohler and S. van der Leeuw), Santa Fe: School for Advanced Research Press; S. Mithen and M. Reed (2002), "Stepping out: a computer simulation of hominid dispersal from Africa", *Journal of human evolution* 43(4), pp. 433-462.
- 21 J. W. Eerkens and C. P. Lipo (2005), "Cultural transmission, copying errors, and the generation of variation in material culture and the archaeological record", *Journal of Anthropological Archaeology* 24(4), pp. 316-334; M. W. Lake and E. R. Crema (2012), "The cultural evolution of adaptive-trait diversity when resources are uncertain and finite", *Advances in Complex Systems* 15.
- 22 C. M. Barton et al. (2010), "Computational modeling and Neolithic socioecological dynamics: a case study from southwest Asia", *American Antiquity* 75(2); E. M. Gallagher et al. (2015), "Transition to farming more likely for small, conservative groups with property rights, but increased productivity is not essential", *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(46); M. A. Janssen and K. Hill (2016), "An agent-based model of resource distribution on hunter-gatherer foraging strategies: clumped habitats favor lower mobility, but result in higher foraging returns", *Simulating Prehistoric and Ancient Worlds* (ed. by J. A. Barceló and F. D. Castillo), Springer, pp. 159-174.
- 23 A. F. Griffin and C. Stanish (2007), "An agent-based model of prehistoric settlement patterns and political consolidation in the Lake Titicaca Basin of Peru and Bolivia", *Structure and Dynamics* 2(2); M. Grove (2011), "An archaeological signature of multi-level social systems: The case of the Irish Bronze Age", *Journal of Anthropological Archaeology* 30(1), pp. 44-61.
- 24 T. J. Wilkinson et al. (2007), "Urbanization within a dynamic environment: modeling Bronze Age communities in Upper Mesopotamia", *American anthropologist* 109(1); C. Knappett et al. (2011) "The Thera eruption and Minoan palatial collapse: new

의 변수로 설명하기 어려운 복잡한 주제를 체계적으로 다루기 위한 접근법으로 활용되고 있다.

## 2.2. 행위자기반모델링(ABM)

최근에는 다양한 시뮬레이션 기법 중, 행위자기반모델링(ABM)을 바탕으로 과거 인간사회의 여러 현상을 탐색하는 연구가 다수 발표되고 있다. ABM은 개별 행위자(agent)들이 각자의 행동규칙에 따라 상호작용하는 과정을 구현함으로써, 그 결과로 나타나는 창발 현상(emergent phenomenon)을 탐구하는 시뮬레이션 기법이다.<sup>26</sup> 다시 말해서 서로 다른 조건을 가진 다양한 행위자의 독립적 행위들에 기반한 상호작용으로 파생되는 거시적 패턴을 탐색하는 데 특화되어 있다. 변수들 간에 직접적인 인과관계를 설정하는 수학적 모델과는 달리, ABM에서는 개별 행위자의 다양한 의사결정과 그들 간의 상호작용으로 인해 변수 간 인과관계를 명확히 설정할 수 없으며, 대신 확률적이고 무작위적인 성격을 지닌다. 이러한 특징은 구성요소와 작동 원리에 대한 완전한 이해가 어려운 복잡계(complex systems)를 재현하는 데 수학적 모델보다 훨씬 유리하게 한다. 게다가 수학적 모델은 대개 최종 결과만을 계산하는 경우가 많지만, ABM은 시간의 흐름에 따라 개별 행위자의 행위와 상호작용이 누적되며 어떻게 변화하는지를 분석할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

그렇다면 아무리 단순하다고 하더라도 특정 현상에서 작동하는 변수가

---

interpretations gained from modelling the maritime network”, *Antiquity* 85(329).

- 25 R. A. Bentley et al. (2005) “Specialisation and wealth inequality in a model of a clustered economic network”, *Journal of Archaeological Science* 32(9); T. A. Kohler (2012b), “The coevolution of group size and leadership: An agent-based public goods model for prehispanic Pueblo societies”, *Advances in Complex Systems* 15.
- 26 U. Wilensky and W. Rand (2015), *An introduction to agent-based modeling: modeling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo*, MIT press.

무엇인지를 모두 파악하는 게 어려운 인간사회 현상을 시뮬레이션하고자 한다면, 그리고 시간의 흐름에 따른 변동과정을 추적하고자 한다면, 여러 시뮬레이션 기법 중에서도 ABM이 가장 적절한 방법으로 생각된다. 게다가 ABM은 인간 행동의 합리성과 제일성(uniformitarianism)을 전제한 시뮬레이션 결과에 대한 비판적 시각에서도 자유로운 편이다. 그 이유는 앞서 설명한 바와 같이 ABM의 각 행위자들이 스스로 다양한 의사결정을 할 뿐만 아니라, 이질적인 행위자와 상호작용을 하기 때문이다. 그로 인해 경우에 따라서는 예상하기 어려운 패턴을 보이며 움직이기도 하여 실제의 인간사회와 문화변동을 다른 시뮬레이션 기법보다도 훨씬 현실적으로 파악하는 게 가능하다.<sup>27</sup> 나아가 ABM은 독립적 의사결정에 기반한 개별 행위자의 상호작용을 가상으로 실험할 수 있기 때문에, 과거 물질자료의 패턴이 어떠한 행위 및 상호작용 결과와 상관관계를 갖는지를 탐색할 수 있게 한다는 점에서 물질자료와 인간행위의 관계에 대한 중요한 실마리를 제공한다.

그에 따라 고고학에서는 다양한 주제에 대해 ABM이 활용되고 있는데, 그중에서도 개별 행위자의 의사결정과 상호작용이 매우 중요하게 여겨지는 경제와 교환 연구에서 활발히 이루어지고 있다. 다양한 시대와 지역을 대상으로 효유석<sup>28</sup>이나 와인,<sup>29</sup> 토기<sup>30</sup>와 같은 특정 재화의 교환에서부터 시장의 등장<sup>31</sup>까지 경제와 교환연구에서 ABM은 광범위하게 적용되고 있으며 앞으로의 활용가능성도 무궁무진하다. 따라서 본 연구는 통일신라

27 Lake (2014); Lake (2015).

28 D. Ortega et al. (2014), "Towards a multi-agent-based modelling of obsidian exchange in the Neolithic Near East", *Journal of Archaeological Method and Theory* 21.

29 S. A. Crabtree (2016), "Simulating littoral trade: Modeling the trade of wine in the bronze to iron age transition in southern france", *Land* 5(1).

30 S. Carrignon et al. (2020), "Tableware trade in the Roman East: Exploring cultural and economic transmission with agent-based modelling and approximate Bayesian computation", *PLoS ONE* 15(11).

31 J. Kim et al. (2024), "From Barter to Market: An Agent-Based Model of Prehistoric Market Development", *Journal of Archaeological Method and Theory* 31(3).

토기 유통의 복잡성과 그 함의를 파악하기 위해 ABM 시뮬레이션을 시험적으로 적용해보고자 한다. 자연과학적 산지분석 및 형태적 변이 양상을 바탕으로 통일신라토기의 유통은 산성을 중심으로 한 광범위한 분배 양상과 취락을 중심으로 한 소규모 교환 양상이 공존하는 것으로 여겨지는데, 이러한 고고학적 패턴과 ABM 시뮬레이션 결과를 비교한다면 당시 토기 유통의 원리와 그 함의에 대한 유의미한 실마리를 얻을 수 있을 것이다.

### 3. ABM으로 본 통일신라토기의 유통과 그 함의

#### 3.1. 통일신라토기의 이중경제(dual economy)

서울·경기지역(그림 1)의 산성, 취락, 가마유적에서 수집한 토기시료에 대해 자연과학적 산지분석을 실시한 결과, 아차산성과 호암산성, 그리고 서울 사당동 유적은 토기 성분상으로 명확히 변별되지 않는 반면, 대부분의 취락유적은 산지를 공유하지 않는 것으로 판단되었다.<sup>32</sup> 서울 사당동 유적은 출토 명문을 통해 관영토기공방으로 추정되는데<sup>33</sup> 사당동 토기와 다른 산성의 토기가 화학적으로 변별되지 않는다는 사실은, 곧 사당동 생산품이 아차산성과 호암산성으로 유통되었던 것으로 추정해볼 수 있다. 그런데 취락유적 토기와 사당동 토기는 화학적으로 뚜렷하게 구분되기 때문에, 사당동 생산품은 취락유적에 분배되지는 않았던 것으로 보인다. 이러한 자연과학적 산지분석을 고려하면 당시 산성유적은 광범위한 토기 유통 양상이, 취락에서는 매우 좁은 범위의 토기 유통이 동시에 이루어지고 있었던 것으로 생각된다.

32 김현우(2023b).

33 송기호(1997), 「사당동 요지 출토 명문 자료와 통일신라 지방사회」, 『한국사연구』 99·100.

토기의 형태적 변이와 인화문의 공간적 분포 또한 이와 유사한 양상을 보여준다. 인화문토기의 경우, 주로 산성유적에서만 확인되는 반면, 일반 취락에서는 출토되지 않거나, 그 수량이 미미한 편이다.<sup>34</sup> 흥미롭게도 앞서 산성유적에 배타적으로 토기를 공급한 생산지로 추정되는 서울 사당동 유적은 이 지역에서 확인된 현재까지 유일한 인화문토기 생산유적이라는 점도 당시 산성의 토기 유통이 일반취락과는 구분되고 있었음을 방증한다. 일반취락에서 확인되는 토기의 형태가 다양하다는 점 또한 각 취락의 토기 산지가 달랐을 가능성을 더욱 높이는 정황증거를 제공한다. 특히 완의 경우, 각 취락별로 형태적으로 뚜렷하게 구분되는 모습을 확인할 수 있으며, 중대형토기류의 경우에는 생산유적마다 구연부의 형태에 차이가 있는 것으로 나타났다.<sup>35</sup> 결국 이러한 형태적 차이는 생산자가 달랐던 것에 기인하였을 가능성이 높으며, 그렇다면 아마도 당시 이 지역에서는 취락마다 별도의 생산자가 존재하였을 가능성이 있다.

종합하면 통일신라시대 서울·경기지역에는 산성유적을 중심으로 한 광범위한 유통양상과 개별 취락유적의 소규모 유통양상이 공존하고 있었던 것으로 여겨지며, 각각은 국가부문과 민간부문에 대응하여 제도경제 (institutional economy)와 가구경제(domestic economy)의 공존이라는 이중경제<sup>36</sup>로 치환할 수 있다. 제도경제는 국가의 유지와 운영을 위한 제도를 보조하기 위한 목적으로, 반면 가구경제는 개별 가구의 생계유지를 목적으로 하

34 김현우(2023a), 「서울·경기지역 통일신라 인화문토기의 성격에 대한 시론적 고찰」, 『한국상고사학보』 120.

35 김현우(2022), 「서울경기지역 통일신라토기의 지역성에 대한 예비적 고찰: 화성 청계리 유적 및 동탄2신도시 유적 출토 완을 중심으로」, 『고고학』 21(3); 김현우(2024), 「통일신라토기의 통일성과 지역성에 대한 일고찰: 경주지역과 서울·경기지역의 비교를 중심으로」, 『고고학』 23(1).

36 K. G. Hirth (2013), "The merchant's world: commercial diversity and the economics of interregional exchange in highland Mesoamerica", *Merchants, Trade and Exchange in the Pre-Columbian World* (ed. by K. G. Hirth and J. Pillsbury), Washington D.C.: Dumbarton Oaks Research Library and Collection.



[그림 1] 서울·경기지역 산지분석 대상 유적 분포도<sup>37</sup>

는 자원의 생산과 분배로 구성된다. 산성으로 대표되는 제도경제에서 토기는 소수의 거점생산, 광범위한 유통, 배타적 분배를 특징으로 하며, 취락에서 작동하는 가구경제는 취락단위의 토기생산과 소비로 요약할 수 있다.

이를 통해 통일신라토기의 유통양상이 이전보다 훨씬 구체화된 것도 사실이나, 이러한 두 가지 유통방식이 어떻게, 왜 형성되었는지, 나아가 그것의 정치경제적 함의는 무엇인지에 대해 설명해주는 것은 아니다. 산성의 경우, 국가 관련 시설로서 관용토기의 수급에 국가적 관리와 통제가 이루어졌던 것으로 보이며, 취락의 경우에는 그렇지 않았던 것으로 막연히 짐작할 따름이다. 따라서 이러한 고고학적 토기 유통 패턴이 어떻게 형성되었는지,

37 김현우(2023b), p. 614.

어떤 원리로 작동하는지를 탐색하고자 ABM 시뮬레이션을 시도하고 이를 상기의 통일신라토기 유통 패턴과 비교하였다.

### 3.2. 통일신라토기의 이중경제를 바탕으로 한 ABM 설정

고고학 자료의 분포와 지구화학적 패턴을 통해 추정되는 통일신라토기의 유통은 결국 생산자와 소비자의 의사결정에 기인할 것이다. 일반취락은 근거리에 위치한 생산지의 토기를 선택하였고, 생산자는 취락 근처에서 생산을 결정한 것으로 보인다. 반면 산성은 특정 산지의 거리에 관계 없이 의도적으로 특정 산지의 토기를 선택하였고, 해당 토기생산자는 일반 취락이 아니라 산성에 한정하여 배타적으로 공급하였던 것으로 여겨진다.

이러한 생산자와 소비자의 공간적 배치와 교환의 양상이 어떻게 형성되는지를 살펴보고자 우선 ABM에 특화된 소프트웨어인 NetLogo<sup>38</sup>를 통해 가상의 세계에서 활동하는 토기 생산자와 소비자를 설정하였다. 생산자의 종류는 일반토기 생산자와 고급토기 생산자로, 소비자의 종류는 일반취락, 중심지, 산성으로 구분한다. 앞서 살펴본 통일신라토기의 유통양상에서 지역중심지의 역할은 언급되지 않았으나, 통일신라사회에는 주치, 군치, 현치와 같은 지역중심지가 존재하며 토기 유통에 모종의 영향을 미칠 가능성이 있다. 따라서 이를 검토하고자 중심지라는 행위자를 추가로 설정하였다. 또한 이러한 중심지 내에는 시장이 존재할 가능성이 언급됨에 따라<sup>39</sup> 토기 구매처로서 시장이 존재한다.

통일신라토기의 교환은 취락과 산성이라는 거주 및 생활단위를 기준으로 하므로, ABM에서의 소비자(취락, 중심지, 산성)는 특정 좌표에 고정되어 있다. 시장은 중심지에 위치하는 것으로 설정함에 따라 마찬가지로 고정

38 U. Wilensky (1999), HubNet, <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/hubnet.html>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University.

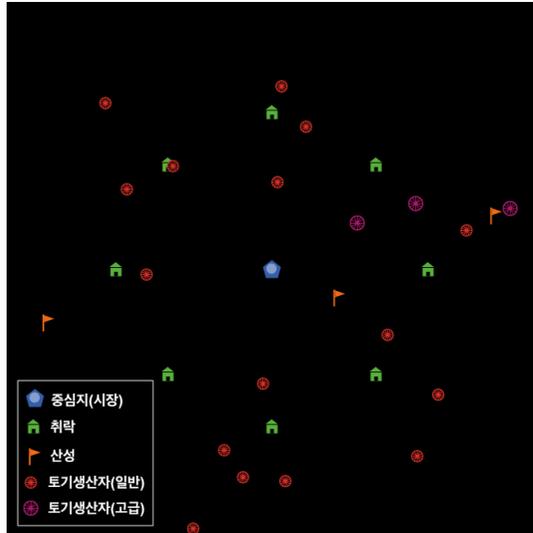
39 김창석(2004), 『삼국과 통일신라의 유통체계 연구』, 일조각.

된다. 반면 생산자는 이동이 가능하도록 설정하였는데, 토기의 주된 원료인 점토는 주변에서 쉽게 구할 수 있어 이동이 쉽기 때문에 토기산지와 소비자 간의 공간적 분포는 그러한 산지의 이동에 따라 형성된 것으로 여겨지기 때문이다.

이러한 행위자들은 가로 50, 세로 50칸의 총 2,500개의 패치(patch)로 구성된 2차원 공간에 분포하는데, 중심지는 가장 중앙(25, 25)에 배치되고 8개 취락은 중심지를 기준으로 등간격으로 원형배치되었다. 산성 3개소는 중심지 근처에 하나가 배치되고 나머지 2개소는 취락 구역 외곽에 배치되었다(그림 2). 취락과 산성은 매 틱(tick)<sup>40</sup>마다 10개의 토기 수요가 생성되며, 중심지는 일반 취락에 비해 인구규모가 크다는 점을 반영하여 80개의 토기 수요가 생성된다. 초기에 무작위 배치되는 생산자는 매 틱마다 10개의 토기를 생산하며, 행동규칙에 따라 무작위 이동하거나, 이동하지 않는 선택을 한다. 모델의 단순화를 위해 생산자의 수는 항상 전체 토기수요량을 충족할 수 있도록 하였다. 예를 들어, 만약 8개의 취락과 1개의 중심지만 존재하는 상황이라면 총수요 160개에 맞춰 16개의 토기생산자가 배치된다.

본 모델 내에서 행위자들의 토기 교환과 관련된 주요 매개변수(parameter)로는 거리에 기반하여 계산되는 생산자의 수익과 소비자의 거래 비용이다. 거래상대자와의 거리가 멀어질수록 운반비용이 증가하며, 파손 위험도 높아지기 때문에 소비자는 거리를 바탕으로 비용을 산출하고, 이를 주변의 거래상대자와 비교하여 가장 비용효율적인 상대자를 선택하여 토기를 구매한다. 생산자 또한 거리에 기반하여 토기 판매수익을 얻는 방식으로 거래상대자를 선택하고, 수익이 일정 기준 이하인 경우에는 이동을 결정한다. 이것이 본 모델의 가장 기본적인 행동규칙이다. 여기에 시장의 존재로 인한 거래비용의 효율화와 판매수익의 보장이 토기 교환에 어떤 영향을 미치는지, 비용이 높은 고급토기의 소비자 선택은 어떠한지, 산성이 일

40 시뮬레이션에서 이루어지는 행위의 주기를 의미한다.



[그림 2] 통일신라토기 유통에 대한 ABM 초기 배치 예시

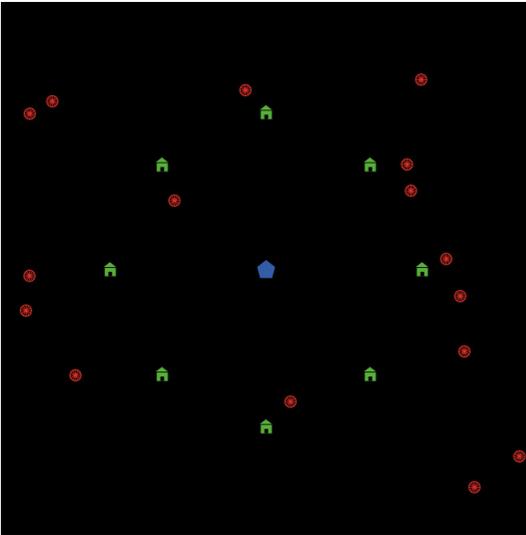
반 취락에 비해 장거리 교환이 되는 조건은 무엇인지 등은 거래비용 및 판매수익과 관련된 매개변수를 조정해가며 탐색하였다. 매개변수 설정 이후에는 모델을 500턴, 100회 반복시행하고 공간적 분포패턴을 확인한 뒤, 시간에 따른 평균교환거리, 평균거래비용, 평균수익을 비교하여 실제 고고학적 패턴의 함의를 추론하고자 하였다.<sup>41</sup>

### 3.3. ABM으로 본 통일신라토기의 유통

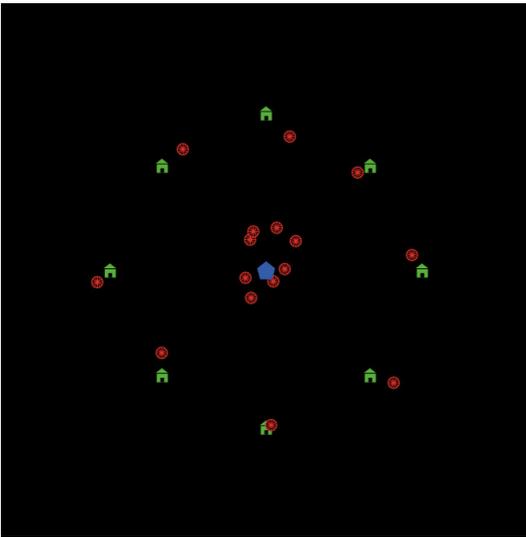
#### 3.3.1. 설정 1: 일반취락과 중심지로 구성된 환경의 토기 유통

일반취락과 중심지만 등간격으로 배치된 상황에서 생산자의 배치 양상을 살펴보기 위해 중심지 1개, 취락 8개, 생산자 16개의 총 16개의 행위자를 설정하고 ABM 시뮬레이션을 실행하였다(그림 3). 그 결과, 개별 취락마다 근거리에서 생산자가 1개소씩 인접하여 배치되고 더 이상 이동하지 않는

41 본 모델의 NetLogo 코드는 다음의 구글드라이브 링크에서 확인할 수 있다. <https://drive.google.com/file/d/1ASFFAduLogjiX26f1txtYRg8fXY4LhiQ/view?usp=sharing>



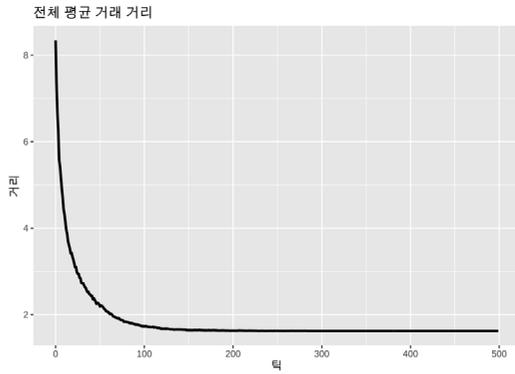
[그림 3] 설정 1의 초기배치 예시



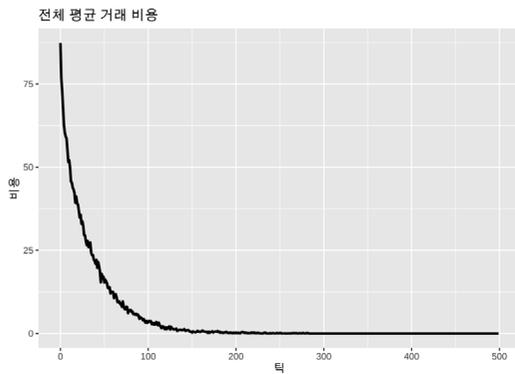
[그림 4] 설정 1의 시뮬레이션 결과 예시

양상이 확인되며, 중심지 주변에도 나머지 8개소의 생산지가 고정되는 모습을 보인다(그림 4). 평균적으로 100틱 이내에 토기산지가 소비지 주변으로 고정되는 현상이 확인되며, 그에 따라 교환거리(그림 5)와 소비자의 거래비용(그림 6)은 감소하고, 대신 장인의 판매수익은 증가하는 양상이다(그림

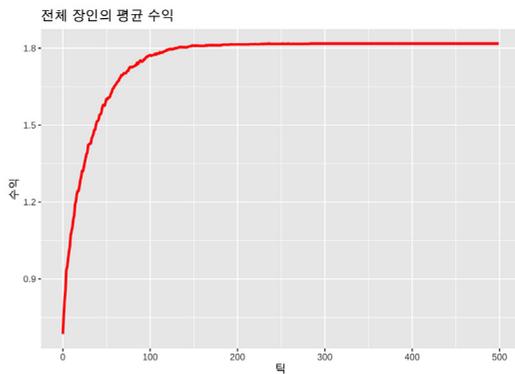
[그림 5] 설정 1의 시간에 따른  
평균 거래 거리의 변화 그래프



[그림 6] 설정 1의 시간에 따른  
평균 거래비용의 변화 그래프



[그림 7] 설정 1의 시간에 따른  
평균수익의 변화 그래프



7). 이는 다른 조건이 동일할 때, 토기 유통의 경제적 효율성을 극대화하기 위한 산지의 최적 배치는 소비지와의 근접성임을 시사하는 결과라고 할 수 있다.

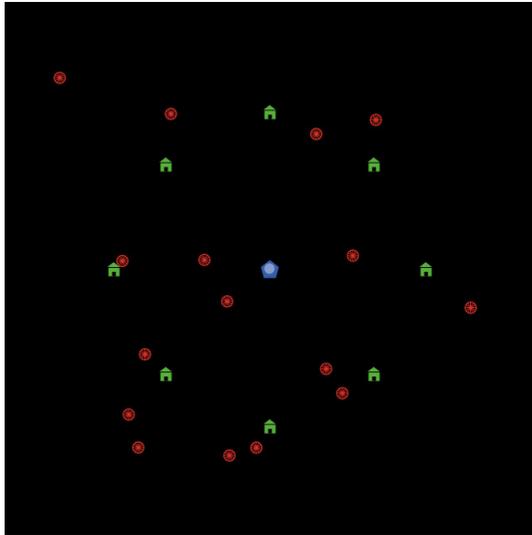
### 3.3.2. 설정 2: 일반취락과 중심지의 시장이 존재하는 환경의 토기 유통

두 번째 설정은 중심지에 시장이 존재하는 경우이다. 생산자와 소비자 모두에게 특별한 경제적 유인 없이 시장이 단순히 대량의 재화를 공급할 수 있는 공급자로서만 기능하는 경우에는 설정 1과 유사한 결과를 도출한다. 그러나 시장은 단순히 거리에 비례하는 거래비용만으로 거래 여부를 선택한다고 할 수는 없다. 시장에서의 교환은 소비자와 생산자 모두에게 상당한 경제적 유인이 존재한다.<sup>42</sup> 소비자의 측면에서는 판매자를 탐색하는 수고로움, 즉 탐색비용이 낮은데다, 시장에서는 판매자가 거래에 항상 응답한다는 점에서 거래 실패의 가능성도 0에 가깝다. 또한 가격경쟁 구조가 성립하여 거리에 기반한 이동과 운반비용을 감안해도 오히려 전반적인 구매비용은 저렴해질 가능성도 존재한다. 그뿐만 아니라 토기라는 한 종류의 재화만 존재하는 게 아니라 다양한 재화를 교환할 수 있다는 점도 추가적인 비용의 절감을 꾀할 수 있다는 장점이 있다. 생산자의 경우에는 높은 수요가 안정적으로 발생하기 때문에 수요 예측과 안정적인 거래가 가능하다는 점에서 어느 정도 수익이 보장되는 환경이며, 마찬가지로 소비자를 탐색할 필요가 없다는 점에서 생산량의 예측, 거래 리스크의 관리 등에서 상당한 이점이 있다. 또한 상품만 거래하는 게 아니라 유용한 정보를 교환하기도 하며, 국가적 관리가 이루어지는 경우에는 다른 방식보다 시장이 거래의 안전성이 더욱 높을 것으로 생각해볼 수 있다.<sup>43</sup> 그렇다면 시장은 교환에 참여하는 여러 행위자에게는 상당한 경제적 유인이 발생한다. 따라서 이 모델에서 시장참여자는 완화된 거래비용과 최소 수익을 보장할 수 있도록 관련 매개변수를 수정하여 시장교환의 경제적 유인을 반영하도록 하였다.

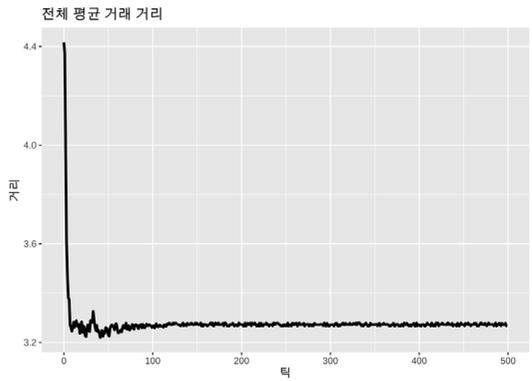
그 결과, 설정 1에서의 양상과는 달리 모든 산지가 소비지 주변으로 균

42 K. Demps and B. Winterhalder (2019), "Every Tradesman Must Also Be a Merchant: Behavioral Ecology and Household-Level Production for Barter and Trade in Premodern Economies", *Journal of Archaeological Research* 27(1).

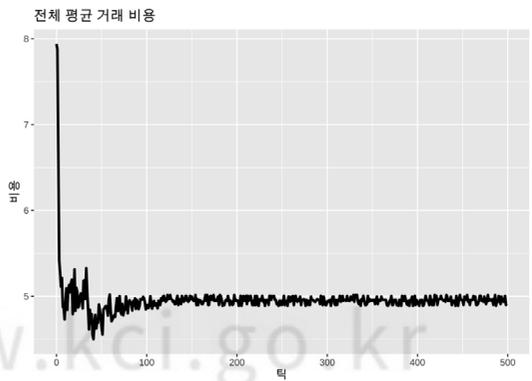
43 Garraty (2010).



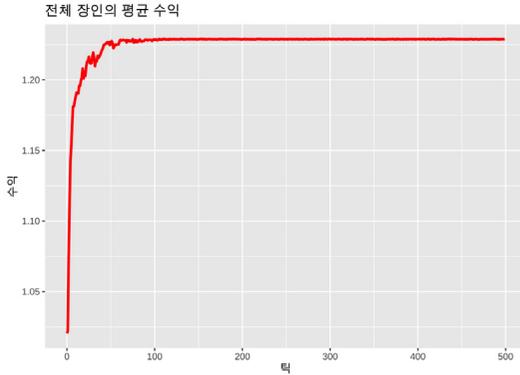
[그림 8] 설정 2의 시뮬레이션 결과 예시



[그림 9] 설정 2의 시간에 따른 평균 거래거리의 변화 그래프



[그림 10] 설정 2의 시간에 따른 평균 거래비용의 변화 그래프



[그림 11] 설정 2의 시간에 따른 평균수익의 변화 그래프

일하게 분포하지 않고 상당히 다양한 공간적 분포가 확인되었다(그림 8). 일부 생산자는 소비지 주변에 위치하기도 하는 반면, 일부는 소비지와 상당한 거리를 두고 위치가 고정되기도 하였다. 이는 시장의 경제적 유인으로 인해 시장교환이 확대되었고, 그에 따라 거래의 지리적 범위가 확장되었음을 보여준다(그림 9). 다만 설정 1에 비해 상대적으로 거래비용의 증가와 평균수익의 감소가 확인되는데(그림 10, 11), 이것은 시장교환의 여러 경제적 유인이나 교환의 효율성을 단순히 거래비용과 수익의 측면으로 단순화시킬 수밖에 없었던 현재 모델의 구조적 한계에 기인할 것이다. 시장교환에는 본 모델이 반영하지 못한 다양한 유무형의 이익이 존재하였음은 분명하며, 그러한 부분이 적절히 반영된다면 아마도 설정 1의 거래비용이나 수익과의 차이를 상쇄하거나 넘어설 가능성이 있다.

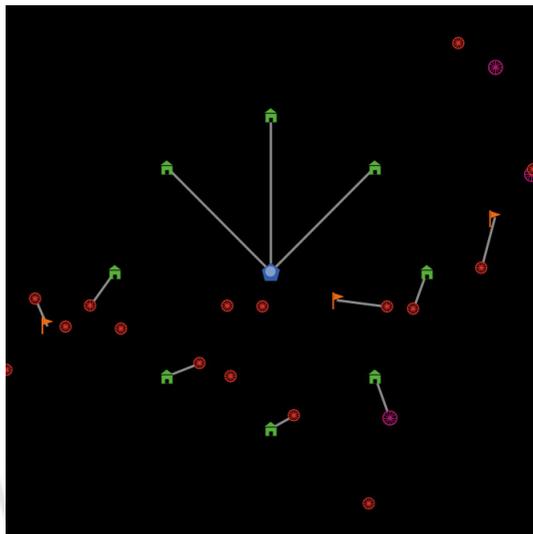
### 3.3.3. 설정 3: 일반취락, 중심지 시장, 산성이 존재하는 환경의 토기 유통

통일신라토기의 형태 분석과 자연과학적 산지 분석 결과에 따르면, 산성은 일반 취락과는 달리 상대적으로 먼 거리의 생산지로부터 토기를 공급 받았던 것으로 보인다. 특히 산성에서 출토된 인화문토기는 일반 취락에서 거의 확인되지 않으며, 이러한 특징은 산성의 토기 유통이 별도의 경로를 통해 이루어졌을 가능성을 시사한다. 따라서 본 설정에서는 통일신라 인화

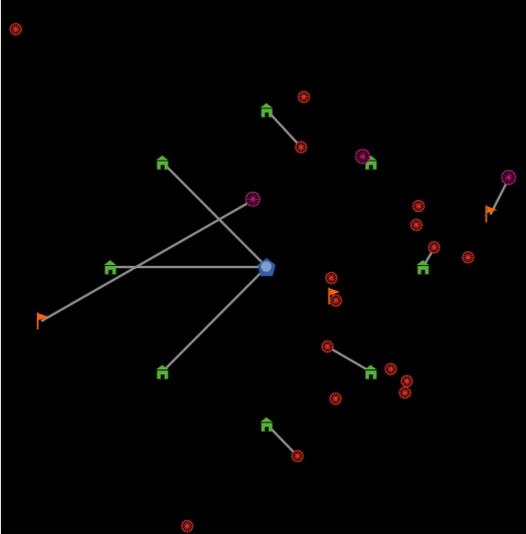
문토기에 해당하는 고급토기 생산자를 도입하고, 고급토기는 가격을 일반 토기에 비해 높게 설정하여 취락이 쉽게 선택할 수 없도록 조정하였다. 산성은 이러한 고급토기를 선택할 수 있도록 비용 보정 변수를 적용하고, 거리 기반 거래비용 공식도 완화된 조건으로 설정하였다.

시뮬레이션 결과, 전반적인 산지의 분포와 거래 양상은 설정 2와 유사하게 나타났다(그림 12). 대부분의 소비자는 근거리 생산자 또는 시장을 선택하였으며, 산성도 예외는 아니었다. 일부 시뮬레이션에서는 산성이 먼 거리에 있는 고급토기 생산자를 선택하는 경우가 확인되었지만(그림 13), 전반적으로는 시장이나 주변의 산지를 이용하는 경우가 많았다. 평균 거래거리는 설정 2보다 다소 증가하였으며(그림 14), 평균 수익은 소폭 하락하였으나 설정 2와 유사한 수준이었다(그림 16). 하지만 예상과 달리, 거래 비용은 설정 2보다 현저히 높은 수준으로 나타났다(그림 15).

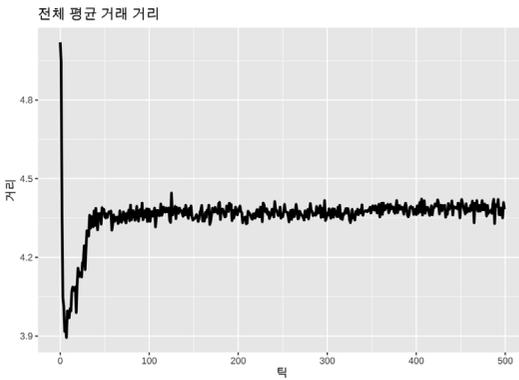
산지 분포와 거래 패턴이 설정 2와 유사함에도 거래비용이 크게 증가한 것은, 산성만이 매우 완화된 조건에서 거래를 수행함으로써 상대적으로 먼 생산자를 선택하기 쉬워졌기 때문으로 보인다. 그 결과, 다른 일반 취락



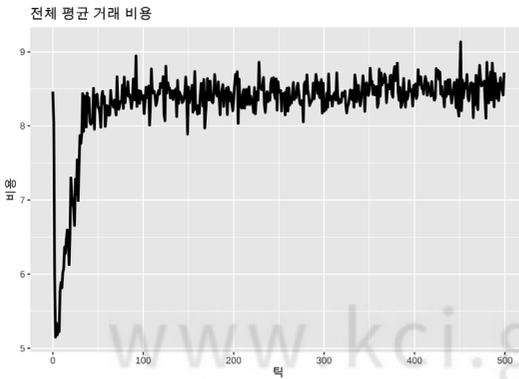
[그림 12] 설정 3의 시뮬레이션  
결과 예시1



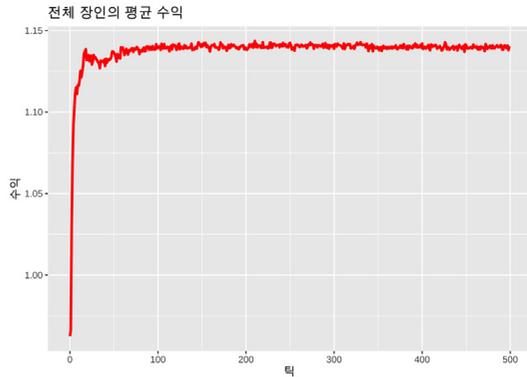
[그림 13] 설정 3의 시뮬레이션 결과 예시 2



[그림 14] 설정 3의 시간에 따른 평균 거래거리의 변화 그래프



[그림 15] 설정 3의 시간에 따른 평균 거래비용의 변화 그래프



[그림 16] 설정 3의 시간에 따른  
평균수익의 변화 그래프

소비자들은 효율적인 선택에 제약을 받게 되었고, 더 높은 비용을 부담하며 먼 거리에서 토기를 조달해야 했다. 이와 함께 가격이 높은 고급토기 생산자의 존재는 전반적인 구매비용 상승에 영향을 미친 것으로 보인다.

그러나 이러한 시뮬레이션 결과는 고고학적으로 확인된 산성의 장거리 교환 패턴과는 차이가 있다. 아무리 산성에 유리한 인센티브를 부여해도, 고급토기의 장거리 교환 양상은 뚜렷하게 나타나지 않거나 일시적으로만 형성된다. 이는 산성의 교환 구조가 단순한 비용-수익 공식만으로 설명되기 어렵다는 점을 시사한다. 그렇다면 고고학적으로 관찰된 산성의 장거리 유통은 정치적 결정과 제도적 구조화에 따른 결과일 가능성이 높으며, 단지 경제적 유인만으로는 그러한 유통 구조를 재현하기 어렵다는 점에서 비경제적 변수의 추가적 고려가 필요하다.

### 3.3.4. ABM으로 본 통일신라토기 유통의 함의

통일신라 취락에서 보이는 토기의 소규모, 단거리 유통양상은 취락 인근에 토기생산자가 위치하고 생산된 토기를 해당 취락에 공급하는 패턴이 확인되는 모델 설정 1의 결과와 가장 유사하다. 교환에 시장이 개입하게 되면 개별 취락의 상황에 따라 단거리 유통이 나타나기도 하고 시장을 중심으로 한 장거리 유통 구조가 형성되기 때문에, 통일신라취락에서 토기의 교

환은 시장교환의 결과는 아닌 것으로 여겨진다. 대신 생산과 소비가 일정하게 유지되는 상황에서 생산자와 소비자 모두 비용과 수익, 즉 경제적 효율성을 가장 극대화할 수 있는 거래방식이 당시 일반취락의 토기 교환에 적용된다고 할 수 있다.

반면 통일신라 산성에서 보이는 특정 산지에서 생산된 토기의 장거리 유통양상은 본 모델을 통해 구현되지 않았다. 산성의 의사결정에 아무리 특정 산지에 대한 유인을 설정하더라도, 특정 상황에서 일시적으로만 형성될 뿐, 산성의 토기 교환 양상은 근거리, 장거리, 시장교환까지 다양하게 나타난다. 그렇다면 고고학자료를 통해 확인된 산성의 장거리 유통양상은 다양한 행위자가 자유롭게 상호작용하는 환경에서는 자연스럽게 등장하기 어려운 구조임은 분명하다고 하겠다. 기존 모델에서 설정된 것보다 훨씬 강력한 경제적, 비경제적 유인이 존재하지 않는다면, 예를 들어 거리가 아무리 멀어도 고급토기의 구매비용을 0으로 설정하는 것과 같은 비현실적인 상황이나, 특정산지만 소비하도록 강제하는 상황이 아니라면 산성 토기의 장거리 유통패턴은 구현이 쉽지 않아 보인다. 이를 감안하면 통일신라산성의 토기 생산과 유통은 정치적 의사결정과 그에 따른 제도적 구조화에 의해 이루어졌을 가능성을 고려할 필요가 있다.

종합하면 통일신라시대에 일반취락의 소규모 유통체계와 산성의 장거리 유통체계가 공존하는 상황은 당시 일반취락과 산성 사이에 토기를 조달하는 데 상호작용하지 않는, 완전히 분리된 유통체계로 작동하고 있었던 결과로 여겨진다. 취락의 소비자와 취락에 토기를 공급한 생산자는 거리에 따른 비용과 수익이라는 경제적 의사결정으로 인해 그러한 유통구조가 형성되고 유지되었던 것 같다. 반면, 산성의 토기 조달은 상당히 통제된 형태로 운영되었으며, 토기의 장거리 유통은 아마도 정치적 의사결정의 결과일 가능성이 높아보인다. 여기에는 산성이 장거리 유통의 비용을 감당할 수 있었던 모종의 경제적 이유가 있었을 가능성도 배제할 수는 없다.

한편 ABM 시뮬레이션 결과로 확인되는 시장교환 패턴은 실제 통일신

라토기 유통 패턴에서 확인되지 않는다는 점을 고려하면, 당시 토기의 유통은 시장을 통하지 않았던 것으로 여겨진다. 그러나 그렇다고 해서 당시에 시장교환이 부재하였다고 볼 수는 없다. 토기는 무게와 파손위험성으로 인해 운반과 이동이 쉽지 않다는 점을 고려하면 토기 외의 다른 재화가 시장을 통해 유통되었을 가능성은 충분하다. 게다가 선행연구에서 분석한 통일신라 취락은 당시 주치로 비정되는 하남 일대에서 벗어난 경기남부의 좁은 범위를 대상으로 하였기 때문에 시장교환의 영향이 미미했던 지역일 수도 있다. 통일신라의 시장교환 존재여부와 교환 수준을 파악하기 위해서는 다양한 지역에서 다양한 재화에 대한 분석이 병행될 필요가 있다고 생각된다.

#### 4. 결론

컴퓨터 시뮬레이션은 파편화되고 변형된 고고학자료의 해석에 새로운 실마리를 제공할 수 있다. 그중에서도 다양한 행위자의 의사결정과 상호작용으로 인해 형성되는 거시적 패턴을 탐색하는 ABM은 현실에 가까운 사회적 현상의 구현이 가능하다는 점에서 상당히 주목받고 있다. 여러 행위자의 상호작용을 바탕으로 하기에, 특히 경제와 교환 연구에서 그 적용이 활발하다. 따라서 본고는 선행연구에서 파악한 통일신라토기의 이중적 유통 구조의 형성과정과 그 함의를 탐색하고자 ABM 시뮬레이션을 시도하고 고고학적 패턴과 비교하였다.

그 결과, 일반 취락의 토기 유통은 거래비용의 효율화에 기반하여 소규모, 단거리 유통이 이루어진 것으로 추정되었다. 반면 산성의 유통 구조는 다양한 생산자와 소비자가 자유롭게 상호작용하는 환경에서는 선행 연구에서 파악한 장거리 유통 패턴이 제대로 재현되지 않았다. 이는 산성에서 사용된 토기의 유통이 단순한 경제적 선택이 아닌, 모종의 정치적 의사결정이나 제도적 통제에 의해 형성되었을 가능성을 시사한다.

이처럼 ABM은 기존에 제대로 설명하지 못했던 통일신라토기의 이중적 유통체계가 어떻게 형성되고 작동되는지에 대한 다양한 가설을 탐색하고 검증할 수 있다는 점에서 상당히 유용한 방법론이라고 생각된다. 다만 본 연구에서 구축한 ABM은 거래비용과 수익이라는 단순한 매개변수를 중심으로 구성되었기 때문에 한계도 뚜렷하다. 향후에는 현재의 모델에 지형적 제약, 자원 분포, 시장 접근성, 교통망, 운송방식 등 교환과 관련된 다양한 변수를 추가하고 개별 변수의 조건을 정교화하여 시뮬레이션 결과의 타당성을 높이고자 한다.

본고는 통일신라토기의 유통에 주목하여 시험적으로 적용하였으나, ABM 시뮬레이션의 고고학적 확장 가능성은 무궁무진하다. ABM을 통해 특정 고고학적 현상과 관련되어 있을 것으로 추정되는 다양한 변수와 다양한 행위자의 선택과 상호작용 양태를 검토함으로써, 기존의 직관적 추론 수준을 넘어서는 보다 현실적인 설명과 해석이 가능해질 수 있을 것이다. 그렇다면 과거 사회에 대한 이해가 한층 풍부해질 수 있을 것으로 기대한다.

## 참고문헌

### 자료

Wilensky, U. (1999), HubNet, <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/hubnet.html>, Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University.

### 논저

김창석(2004), 『삼국과 통일신라의 유통체계 연구』, 일조각.

김현우(2022), 「서울경기지역 통일신라토기의 지역성에 대한 예비적 고찰: 화성 청계리 유적 및 동탄2신도시 유적 출토 완을 중심으로」, 『고고학』 21(3).

김현우(2023a), 「서울·경기지역 통일신라 인화문토기의 성격에 대한 시론적 고찰」, 『한국상고사학보』 120.

김현우(2023b), 「지구화학적 분석을 통해 본 서울·경기지역 통일신라토기의 생산과 유통: 국가와 민간부문의 비교를 중심으로」, 『한국고고학보』 128.

- 김현우(2024), 「통일신라토기의 통일성과 지역성에 대한 일고찰: 경주지역과 서울·경기 지역의 비교를 중심으로」, 『고고학』 23(1).
- 박지영(2023), 「pXRF 분석을 통해 본 삼국시대 영산강유역 부장토기의 교환 양상」, 『한국고고학보』 127.
- 송기호(1997), 「사당동 요지 출토 명문 자료와 통일신라 지방사회」, 『한국사연구』 99·100.
- Barton, C. M. et al. (2010), "Computational modeling and Neolithic socioecological dynamics: a case study from southwest Asia", *American Antiquity* 75(2).
- Blanton, R. E. and L. F. Fargher (2010), "Evaluating Causal Factors in Market Development in Premodern States: A Comparative Study, with Critical Comments on the History of Ideas about Markets", *Archaeological Approaches to Market Exchange in Ancient Societies* (ed. by C. P. Garraty and B. L. Stark), Colorado: University of Colorado Press.
- Bentley, R. A. et al. (2005) "Specialisation and wealth inequality in a model of a clustered economic network", *Journal of Archaeological Science* 32(9).
- Brumfiel, E. M. and Earle, T. K. (1987), "Specialization, exchange, and complex societies: an introduction", *Specialization, exchange, and complex societies* (ed. by E. M. Brumfiel and T. K. Earle), Cambridge: Cambridge University Press.
- Carrignon, S. et al. (2020), "Tableware trade in the Roman East: Exploring cultural and economic transmission with agent-based modelling and approximate Bayesian computation", *PLoS ONE* 15(11).
- Crabtree, S. A. (2016), "Simulating littoral trade: Modeling the trade of wine in the bronze to iron age transition in southern France", *Land* 5(1).
- Demps, K. and B. Winterhalder (2019), "Every Tradesman Must Also Be a Merchant: Behavioral Ecology and Household-Level Production for Barter and Trade in Premodern Economies", *Journal of Archaeological Research* 27(1).
- Doran, J. E. and F. R. Hodson (1975), *Mathmatics and Computers in Archaeology*, Edinburgh: Edunburgh University Press.
- Dunnell, R. C. (1982), "Science, social science, and common sense: The agonizing dilemma of modern archaeology", *Journal of Anthropological Research* 38(1).
- Earle, T. L. (2002), "Political Economies of Chiefdoms and Agrarian States", *Bronze Age Economics: The Beginning of Political Economies*, Boulder, Colo.: Westview Press.
- Eerkens, J. W. and C. P. Lipo (2005), "Cultural transmission, copying errors, and the generation of variation in material culture and the archaeological record", *Journal of Anthropological Archaeology* 24(4).
- Feinman, G. M. (2008), "Economic Archaeology", *Encyclopedia of archaeology* (ed. by D. M. Pearsall), San Diego: Elsevier/Academic Press.

- Feinman, G. M. et al. (1984), "Modeling Ceramic Production and Organizational Change in the Pre-Hispanic Valley of Oaxaca, Mexico", *The Many Dimensions of Pottery: Ceramics in Archaeology and Anthropology* (ed. by S. E. van der Leeuw and A. C. Pritchard), Amsterdam: Universiteit van Amsterdam.
- Gallagher, E. M. et al. (2015), "Transition to farming more likely for small, conservative groups with property rights, but increased productivity is not essential", *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(46).
- Garraty, C. P. (2010), "Investigating Market Exchange in Ancient Societies: A Theoretical Review", *Archaeological Approaches to Market Exchange in Ancient Societies* (ed. by C. P. Garraty and B. L. Stark), Colorado: University Press of Colorado.
- Griffin, A. F. and C. Stanish (2007), "An agent-based model of prehistoric settlement patterns and political consolidation in the Lake Titicaca Basin of Peru and Bolivia", *Structure and Dynamics* 2(2).
- Grove, M. (2011), "An archaeological signature of multi-level social systems: The case of the Irish Bronze Age", *Journal of Anthropological Archaeology* 30(1).
- Hirth, K. G. (2013), "The merchant's world: commercial diversity and the economics of interregional exchange in highland Mesoamerica", *Merchants, Trade and Exchange in the Pre-Columbian World* (ed. by K. G. Hirth and J. Pillsbury), Washington D.C.: Dumbarton Oaks Research Library and Collection.
- Janssen, M. A. and K. Hill (2016), "An agent-based model of resource distribution on hunter-gatherer foraging strategies: clumped habitats favor lower mobility, but result in higher foraging returns", *Simulating Prehistoric and Ancient Worlds* (ed. by J. A. Barceló and F. D. Castillo), Springer.
- Kim, J. et al. (2024), "From Barter to Market: An Agent-Based Model of Prehistoric Market Development", *Journal of Archaeological Method and Theory* 31(3).
- Knappett, C. et al. (2011) "The Theran eruption and Minoan palatial collapse: new interpretations gained from modelling the maritime network", *Antiquity* 85(329).
- Kohler, T. A. et al. (2007), "Settlement Ecodynamics in the Prehispanic Central Mesa Verde Region", *The Model-Based Archaeology of Socionatural Systems* (ed. by T. A. Kohler and S. van der Leeuw), Santa Fe: School for Advanced Research Press.
- Kohler, T. A. et al. (2012a), "Modelling prehispanic Pueblo societies in their ecosystems", *Ecological Modelling* 241.
- Kohler, T. A. et al. (2012b), "The coevolution of group size and leadership: An agent-based public goods model for prehispanic Pueblo societies", *Advances in Complex Systems* 15.
- Lake, M. W. (2014), "Trends in Archaeological Simulation", *Journal of Archaeological Method and Theory* 21(2).
- Lake, M. W. (2015), "Explaining the past with ABM: on modelling philosophy", *Agent-*

- based modeling and simulation in archaeology* (ed. by G. Wurzer, K. Kowarik, and H. Reschreiter), Cham: Springer.
- Lake, M. W. and E. R. Crema (2012), "The cultural evolution of adaptive-trait diversity when resources are uncertain and finite", *Advances in Complex Systems* 15.
- Mithen, S. J. (1994), "Simulating prehistoric hunter-gatherers", *Simulating Societies: The Computer Simulation of Social Phenomena* (ed. by N. Gilbert and J. Doran), London: UCL Press.
- Mithen, S. and M. Reed (2002), "Stepping out: a computer simulation of hominid dispersal from Africa", *Journal of human evolution* 43(4).
- Nakassis, D. et al. (2011), "Redistributive Economies from a Theoretical and Cross-Cultural Perspective", *American Journal of Archaeology* 115(2).
- Ortega, D. et al. (2014), "Towards a multi-agent-based modelling of obsidian exchange in the Neolithic Near East", *Journal of Archaeological Method and Theory* 21.
- Shaw, L. C. (2012), "The Elusive Maya Marketplace: An Archaeological Consideration of the Evidence", *Journal of Archaeological Research* 20.
- Sinopoli, C. M. (2003), *The Political Economy of Craft Production: Crafting Empire in South India, C. 1350-1650*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Smith, C. A. (1976), "Regional Economic Systems: Linking Geographical Models and Socioeconomic Problems", *Regional Analysis, vol. 1, Economic Systems* (ed. by C. A. Smith), New York: Academic Press.
- Stark, B. L. and C. P. Garraty (2010), "Detecting Marketplace Exchange in Archaeology: A Methodological Review", *Archaeological Approaches to Market Exchange in Ancient Societies* (ed. by C. P. Garraty and B. L. Stark), Colorado: University of Colorado Press.
- Stein, G. J. and M. J. Blackman (1993), "The Organizational Context of Specialized Craft Production in Early Mesopotamian States", *Research in Economic Anthropology* 14.
- Tykot, R. H. (2004), "Scientific Methods and applications to provenance studies", *Proceedings of the international school of physics "Enrico Fermi", Course CLIV* (ed. by M. Martini, M. Milazzo, and M. Piacenti), Amsterdam: IOS Press.
- Wilensky, U. and W. Rand (2015), *An introduction to agent-based modeling: modeling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo*, MIT press.
- Wilkinson, T. J. et al. (2007), "Urbanization within a dynamic environment: modeling Bronze Age communities in Upper Mesopotamia", *American anthropologist* 109(1).
- Wilson, L. and A. M. Pollard (2001), "The provenance hypothesis", *Handbook of Archaeological Sciences* (ed. by D. R. Brothwell and A. M. Pollard), Chichester: Wiley.

## ABSTRACT

# Production and Distribution of Unified Silla Pottery through Agent-Based Modeling

Kim, Hyunwoo\*

A Hypothetical Approach to Producer and  
Consumer Choice Mechanisms

This study conducts an agent-based modeling (ABM) simulation to investigate the distribution structure of pottery during the Unified Silla period. Previous archaeological research on the ceramic assemblages from fortresses and ordinary settlements in the Seoul–Gyeonggi region reveals a dual distribution system: while pottery in fortresses tends to originate from a common production site and is distributed widely, ordinary settlements display regionally distinct sources. To explore how such a distribution network may have emerged, this study develops an ABM using NetLogo to simulate the exchange behavior between pottery producers and consumers.

The model incorporates both general and specialized producers, as well as consumers such as ordinary settlements, regional centers, and fortresses. By adjusting parameters such as transaction cost and producer profit based on distance, the simulation explores various exchange

---

\* Senior Researcher, Institute of Humanities, Seoul National University

scenarios. Results indicate that, in ordinary settlements, producers tend to settle near consumer sites, forming economically optimized local exchange networks. In contrast, the long-distance distribution observed in fortresses could not be replicated through a simple cost-benefit mechanism. This suggests that pottery distribution in fortresses may have been shaped by political decisions or institutional regulation.

This study demonstrates that ABM is a highly effective tool for exploring and testing hypotheses regarding the formation and operation of distribution systems in the Unified Silla period. Beyond exchange networks, the approach holds potential for broader applications in archaeological research, contributing to a more nuanced understanding of past societies.

**Keywords** Archaeology, Simulation, Agent-based Modeling, Unified Silla, Economy, Exchange, Pottery