



혁신 도시 바그다드와 중세 이슬람 세계의 오토마타



김정명 | 명지대

1. 서론

본고는 중세 기간 동안 오토마타 관련 지식과 기술이 어떤 경로를 통해 바그다드에 서 집대성되어 이슬람 전역으로 전파되었는지 살펴보고, 이슬람 세계에서 개발된 새로운 오토마타 유형의 특징이 무엇인지 고찰하고자 한다.

오토마타(automata)는 최초의 힘이 가해진 후 미리 설정된 프로그램에 따라 일련의 동작을 수행하는 자동기계장치를 의미한다. 오토마타는 ‘스스로 동작하다’라는 뜻의 고대 라틴어에 어원을 두고 있는 용어로 자동기계장치를 의미하는 오토마톤(Automaton)의 복수형이다. 문화예술 영역에서 오토마타는 보통 ‘여러 가지 기계장치로 움직이는 인형이나 조형물’을 지칭한다. 오토마타가 과학의 원리와 예술적 상상력이 결합된 예술의 새로운 장르로 자리 잡기 시작한 것은 현대에 들어서지만, 기계장치로 움직이는 인형의 역사는 아주 오래 전부터 시작되었다.¹⁾

고대시기부터 현대에 이르기까지 인류는 오토마타 제작에 많은 관심을 기울여 왔다.

1) 전승일(2011.04.16). “오토마타의 역사와 현대 오토마타 예술”, <http://www.iloveautomata.com/91>.

오토마타를 제작하는 주요 목적은 크게 세 가지로 나뉘질 수 있다. 첫째는 실용적 목적으로서 그 예로 자동 물분배기, 화재진압펌프, 자동램프 등을 들 수 있다. 둘째는 관중들에게 유희와 오락거리를 제공하기 위한 것이다. 이를 위해 일부 오토마타 제작자는 관중들의 흥미를 고조시키기 위해 전혀 예측하지 못한 동작의 결과를 보여주기도 했는데, 그 예로 제식용 화로에 불이 붙여진 후에 사원의 문이 열리거나 또는 조각상이 갑자기 나팔을 부는 기계장치를 만들기도 했다. 세 번째는 군주에 대한 존경을 이끌어내고 더 나아가 국가의 위용을 과시하기 위함이다. 그리고 이것은 크게 보면 첫 번째와 두 번째 목적과도 긴밀하게 연관되어 있다. 왜냐하면 군주가 실용적 오토마타를 제작함으로써 자연스럽게 백성들로부터 경이와 찬사를 이끌어 낼 수 있었고, 외국 사신들을 초청한 연회에서 정교한 오토마타 공연을 보여주는 것은 단순한 유희의 차원을 넘어 국가의 위용도 함께 보여줄 수 있기 때문이다.

이처럼 오토마타는 다양한 목적을 위해 제작되었고, 중세 기간 동안 지중해 지역에서는 기독교 또는 이슬람 세계를 막론하고 왕실에서 외국 사신을 맞이할 때 빠지지 않는 의전 절차 중 하나가 바로 오토마타 보여주기가였다. 예를 들어, 10세기 무렵 콘스탄티누스 7세(Constantine VII, 913~959 재위)가 저술한 『비잔티움의 궁정 의식에 관하여(De ceremoniis aulae Byzantinae)』에는 황궁을 방문한 손님들이 황제의 권좌 주변에서 포효하는 사자와 나무에 앉아 지저귀는 새의 오토마타를 구경했다고 기록되어 있다.²⁾

중세 시기 이슬람 세계의 칼리파 궁전에도 비잔틴 제국 황실처럼 다양한 오토마타가 설치되어 있었다. 12세기 바그다드 출신의 역사가 이븐 알 자우지(Ibn al-Jawzī, 1126~1200)는 자신의 저서 『군주와 왕조의 역사(al-Muntazam fī tārikh al-mulūk wa-al-umam)』에서 압바스조의 칼리파였던 알무크타디르(al-Muqtadir, 908~932 재위)의 궁전에 설치되었던 오토마타에 대해 소개했다. 그의 기록에 따르면 10세기 무렵 바그다드 또는 사마라에 있는 칼리파의 궁전에는 인공 연못 한 가운데 범랑을 입힌 나뭇잎이 달린 금 또는 은으로 만든 나무 한 그루가 있었고 거기에는 노래하는 새가 앉아 있었다고 전해진다.³⁾

당시 비잔틴 제국와 압바스조 궁전에 정교한 오토마타가 설치된 이유는 상기한 바와 같이 신하들에게 유희거리를 제공함과 동시에 대외적으로는 국가의 권위를 세우기 위한 것이었다. 이 같은 측면에서 볼 때 오토마타는 일종의 통치도구(Instrumentum regni)였던 셈이다. 살아있는 생명체나 자연의 동작을 모방한 기계장치는 군주가 보통 사람과 다른 신적인 존재라는 것을 은연중에 사람들에게 각인시키기에 충분했을 것이라고 짐작

2) Nadia Ambrosetti(2016). "Wavering between the truth and the false: a short excursion through Greek and Arab automata", *Allah's Automata: Artifacts of the Arab-Islamic Renaissance(800-1200)*, Siegfried Zielinski and Peter Weibel(eds.), Ostfildern: Hatje Cantz, p.41.

3) 상계서, p.44.

할 수 있다.

2. 바그다드의 번역 운동과 이슬람 세계로의 오토마타 기술 전파

지중해 지역에서 오토마타의 기원은 헬레니즘 시대 그리스 학문의 중심 도시 중 하나였던 이집트의 알렉산드리아에서 시작되었다. 오토마타의 탄생은 물시계의 역사와 밀접한 관계를 갖고 있는데, 기계장치로 움직이는 인형이 부착된 최초의 물시계는 BC 250년경 크테시비우스(Ctesibius of Alexandria, 기원전 285~222)가 발명한 자동물시계 클렙시드라(clepsydra)로 알려져 있다. 클렙시드라는 크테시비우스 자신이 고안한 톱니바퀴와 펌프장치 등을 활용하여 기존 물시계의 단점을 보완한 발명품으로, 기계장치에 부착된 인형이 움직이면서 시간을 가리키는 오토마타 자동 물시계였다.⁴⁾

헬레니즘 시대에 크테시비우스의 연구를 계승한 후 더욱 발전시켰던 인물은 비잔티움의 필로(Philo of Byzantium, 기원전 280~220)였다. 그는 비잔티움에서 태어나 이집트의 알렉산드리아에서 생애 대부분을 보낸 그리스 기술자였다. 필로는 기체학(pneumatics)에 대한 작품을 저술했는데, 후대의 헤로 작품만큼 유명하지 않았지만 중세기간 동안 널리 필사되어 연구되었고 아랍어로도 번역되었다. 또한 그는 약 65개에 달하는 기계장치를 발명했던 것으로 알려져 있다.⁵⁾

기원(紀元)을 전후로 활약했던 알렉산드리아의 헤로(Hero of Alexandria, 기원전 10~기원후 70)는 크테시비우스와 필로의 뒤를 이어 오토마타 발전에 크게 기여했다. 헤로는 세계 최초로 증기의 힘으로 움직이는 장치를 발명한 것으로 알려져 있는데, 흔히 ‘헤로의 공’이라고 일컫는 기력구(Aeolipile)가 그것으로 이 장치는 훗날 증기기관의 효시가 되었다. 이밖에도 헤로는 풍력 및 수력 오르간, 자동 성수기, 자동 개폐기, 자동 연극장치 등을 발명하기도 했다.⁶⁾ 헤로가 저술한 『기체학(Pneumatica)』과 『오토마타(Automata)』는 오토마타에 대한 고대의 기술과 지식을 집대성한 것이었다. 헤로의 저술서는 알렉산드리아에서 로마 문화권으로 전파되었고, 후대에 이르러서는 비잔틴 제국과 이슬람 세계에도 전해졌다. 중세 기간 동안 헤로의 저술서는 지중해 전역에서 읽혀지고 연구되고 필사되었다.⁷⁾

로마제국의 멸망 후 유럽은 ‘암흑시대’에 접어들었고, 헬레니즘 시대 알렉산드리아의 기술 발전의 전통은 거의 사라졌다. 이에 반해 이슬람 세계를 통치했던 압바스조

4) 전승일, 전게서.

5) Gunalam Nadarajan(2007). “Islamic Automation: A Reading of al-Jazari’s the Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices(1206)”, Foundation for Science and Technology and Civilization, pp.3-4.

6) 전승일, 전게서.

7) Nadia Ambrosetti, 전게서, pp.40-41.

(Abbasids, 750~1258)는 과학과 기술의 체계적인 발전을 후원했다. 특히 9세기 초 압바스조의 7대 칼리파를 역임했던 알마으문(Al-Ma'mūn, 813~833 재위)은 문화와 과학 발전을 위해 막대한 재원 투자를 아끼지 않았다. 알마으문은 그리스어, 산스크리트어, 페르시아어 등으로 저술된 고대 지식 서적을 번역한 후 이슬람 과학과 기술에 융합시키는 것은 매우 가치 있는 작업이라고 믿었다. 특히 고대 그리스 서적의 경우 상당수는 압바스조의 전성기인 8~11세기 무렵 집중적으로 번역되었다. 압바스조 기간 동안 번역 운동을 이끄는 데 중추적인 역할을 담당했던 것은 9세기 무렵 설립된 도서관인 '지혜의 보고(Khizānat al-Ḥikma)'와 연구기관인 '지혜의 전당(Bayt al-Ḥikma)'였다. 이 같은 압바스조의 야심찬 계획은 결실을 보았다. 10세기 무렵 압바스조가 수집한 장서의 양은 약 40만권에 달했고, 헬레니즘 시대에 저술된 서적은 1050년 경 거의 모두 아랍어로 번역되어 있었다.⁸⁾

이처럼 이슬람 세계에서는 고대 그리스 과학·기술 관련 서적이 칼리파의 체계적인 지원 하에 대량으로 번역되었고, 그 과정에서 오토마타 관련 지식도 이슬람 세계로 전승될 수 있었다. 이슬람 세계에서의 오토마타 발전에 직접적인 영향을 준 대표적인 그리스 학자는 비잔티움의 필로와 알렉산드리아의 헤로였다. 필로의 저서인 『기체학(Pneumatica)』은 바그다드에서 아랍어로 번역되었는데, 그의 저서가 오늘날 우리에게 전해지게 된 것도 바로 아랍어 번역판 덕분이다. 한편 헤로의 작품 가운데 『역학(Mechanics)』은 9세기 무렵 의학자였던 쿠스타 빈 루카(Qusṭa bin Lūqā, 820~912)에 의해 아랍어로 번역되었다.⁹⁾

필로와 헤로의 저서 외에 이슬람 세계의 오토마타 발전에 큰 영향을 미친 또 하나의 저서로 위(僞)아르키메데스(Pseudo-Archimedes)의 『물시계 제작에 관하여(On the Construction of Water-clocks)』란 저서를 들 수 있다. 이 저서는 필명이 아르키메데스라고 적혀 있으나, 실제로는 아르키메데스가 아닌 일련의 무명작가들이 그의 이름을 빌려 출판한 것으로 여겨진다. 상기 저서는 오늘날 아랍어 번역본만 전해지고 있는데, 그리스어 원본에 후대 아랍인 작가들이 내용을 덧붙였을 것으로 추정된다.¹⁰⁾

3. 이슬람 세계에서의 오토마타 기술 발전

이슬람 세계에서 계승되어 꽃을 피운 그리스 과학 전통 가운데 하나가 바로 오토마타 제작이다. 이슬람 세계의 오토마타 관련 지식과 기술은 9세기 무렵 바그다드를 중심으로 활동했던 바누 무사 형제에 의해 초석이 세워졌다. 이후 오토마타 관련 지식과 기술은 바그다드를 중심으로 이슬람 세계 전역으로 전파되어, 안달루스 지역의 알무라디

8) Gunalam Nadarajan, 전게서, pp.3-4.

9) Nadia Ambrosetti, 전게서, p.42.

10) Donald R. Hill(1993). *Islamic Science and Engineering*, Edinburgh: Edinburgh University Press. pp.122-123.

와 시리아 지역의 리드완에 의해 더욱 정교하게 가다듬어 졌고, 13세기 무렵 아나톨리아 지역 출신의 알자자리에 의해 절정에 달했다.

3.1. 바누 무사 형제

바누 무사 형제(Banū Mūsā)는 9세기 무렵 바그다드에서 압바스조가 추진했던 과학·기술 분야 번역과 연구 사업을 선도했으며 동시에 오토마타를 비롯한 다양한 기계장치 발명의 초석을 놓았다. 바누 무사 형제는 무함마드 빈 무사(Muḥammad bin Mūsā), 아흐마드 빈 무사(Aḥmad bin Mūsā), 알하산 빈 무사(Al-Ḥasan bin Mūsā) 삼형제를 가리킨다. 이들은 원래 페르시아 출신으로서, 부친이었던 무사 빈 샤키르(Mūsā bin Shakir)는 압바스조의 칼리파였던 알마으문과 친분이 두터웠던 것으로 전해진다. 부친이 사망하자 알마으문은 고아가된 삼형제의 후견자가 되어 체계적인 교육을 받도록 했다.¹¹⁾

바누 무사 형제가 학문에 뛰어난 재능을 발휘하자 알마으문은 이들을 발탁하여 학술 기관인 지혜의 전당에서 근무하게 했다. 바누 무사 형제는 뛰어난 과학자이자 기술자로서 연구 분야에서 탁월한 업적을 남겼을 뿐만 아니라, 지혜의 전당 행정업무에서도 뛰어난 능력을 발휘했다. 바누 무사 형제는 고대 그리스 문헌을 비잔틴 제국에서 구입한 후 이를 아랍어로 번역하는 업무를 관장했는데, 이를 위해 수시로 비잔틴 제국으로 사절단을 파견했을 뿐만 아니라 이슬람 각지에서 학자와 번역가를 초빙하여 재정적으로 후원했다.

바누 무사 형제가 발탁한 대표적인 번역가이자 과학자 가운데 한명은 사비트 빈 쿠라(Thabit bin Qurra, 826~901)였다. 하란 출신의 이교도 환전상이었던 사비트 빈 쿠라는 바누 무사 형제의 도움으로 체계적인 교육을 받아 당대 최고의 수학자로 명성을 떨쳤다. 또한 사비트 빈 쿠라는 아르키메데스의 『원기둥과 구에 관하여(Cylinder and Sphere)』, 게라사의 니코마쿠스(Nichomachus of Gerasa)가 저술한 『산술학 입문(Introduction to Arithmetic)』 등을 아랍어로 번역했으며, 유클리드의 『원론(Elements)』과 프톨레마이오스의 『알마게스트(Almagest)』의 내용을 보완하기도 했다.¹²⁾

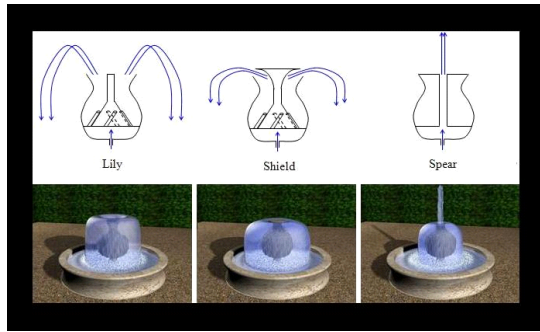
바누 무사 형제가 850년 경 압바스조의 칼리파 알마으문의 의뢰로 집필한 『기묘한 기계장치의 서(Kitāb al-Ḥiyal)』는 이슬람 세계에서 오토마타의 개발과 탐구를 촉발시키는 데 결정적인 역할을 한 저술서로 여겨진다. 이 저서에는 오토마타를 비롯한 100가지의 기계장치가 삽화와 함께 설명되어 있는데, 이 가운데 약 25가지는 헤로나 필로가

11) Amira K. Bennison(2009). *The Great Caliphs: The Golden Age of the 'Abbasid Empire*, New Haven & London: Yale University Press. p.187.

12) 상계서, p.187.

발명했던 것과 유사하거나 거의 똑 같았다.
13)

하지만 여기에서 유념해야 할 바는 바누 무사 형제는 스스로 독창적인 발명가였고 그들이 저술한 저서에서도 처음 발명한 독창적인 기계장치가 다수 소개되고 있다는 점이다. 예를 들어 『기묘한 기계장치의 서』에는 7가지의 정교한 분수 장치가 소개되어 있는데, 이것은 고대 그리스에서 주목하지 않은 바누 무사 형제의 독창적인 발명품 가운데 하나였다. 이들이 제작한 분수 장치는 한 개 또는 여러 개의 분수 물줄기가 일정한 시간 간격으로 ‘백합’, ‘방패’, ‘창’ 등 다양한 모양으로 바뀌어가며 뿜어져 나오도록 설계되었다.¹⁴⁾



〈바누 무사 형제가 제작한 분수 장치〉

이 밖에 『기묘한 기계장치의 서』에는 물을 뽑는 수도관, 자동으로 물이 채워지는 그릇, 자동으로 심지가 나오는 램프, 자동으로 연주되는 오르간, 자동 피리 연주자 등 다양한 오토마타와 자동기계장치가 소개되어 있다. 이들이 발명한 기계장치는 대부분 수력으로 작동되었다. 바누 무사 형제는 고대 그리스의 업적을 출발점으로 삼았으나 헤로나 필로의 기술적 수준을 뛰어 넘었다고 평가된다. 실제로 바누 무사 형제는 자동 밸브, 크랭크 축, 물의 수위를 조절하는 플로트 밸브, 유량을 조절하는 스로틀 밸브, 월뿔형 밸브, 온-오프식 조종 장치 등 고대 그리스 발명가들이 생각하지 못한 다양한 기계장치를 개발했다.

바누 무사 형제의 『기묘한 기계장치의 서』는 이슬람 세계 전역에 회자되어 널리 읽혔으며, 일부 발명품은 안달루스를 거쳐 유럽 세계에 전파되었을 것으로 추정된다. 14세기 마그립 지역 출신의 위대한 역사학자 이븐 칼둔(Ibn Khaldūn, 1332~1406)은 바누 무사 형제의 저서에 대해 다음과 같이 언급했다. “기계학에 관한 논저가 한 권 전해지는데, 이 저서는 놀랍고도 훌륭한 모든 기계 장치에 대해 언급하고 있다. 저서에는 종종 이해하기 어려운 부분이 나타나는데, 그 이유는 이와 관련된 기하학적 증명 내용이 어렵기 때문이다. 사람들은 이 저서의 필사본을 다수 갖고 있다.”¹⁵⁾

3.2. 알무라디와 리드완

9세기 바그다드에서 바누 무사 형제에 의해 촉발된 오토마타와 기계장치 연구 및

13) Gunalam Nadarajan, 전계서, p.8.

14) Wikipedia, “Book of Ingenious Devices”, https://en.wikipedia.org/wiki/Book_of_Ingenious_Devices

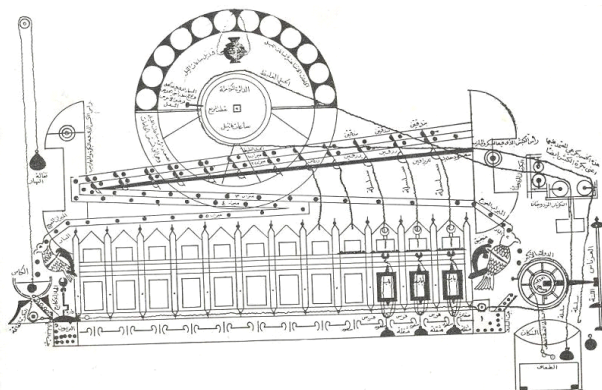
15) Donald R. Hill, 전계서, p.123.

개발은 이슬람 세계 전역에 영향을 미쳤다. 11세기 무렵 안달루스 지역에서도 다양한 기계 장치들이 무슬림 기술자들에 의해 개발되고 있었다. 알무라디(al-Murādi)는 11세기 무렵 안달루스를 대표했던 엔지니어 가운데 한명 이었다.

알무라디의 생애에 대해서는 거의 알려진 것이 없으나, 『사고의 결과에 대한 비밀의 서(Kitāb al-asrār fī natā'ij al-afkār)』라는 제목의 중요한 저서를 남겼다. 이 저서는 오랫동안 소실되었다가 1970년대에서야 다시 발견 되었다. 알무라디의 『사고의 결과에 대한 비밀의 서』에는 물시계, 극장식 기계장치, 군사용 기계장치, 우물 취수 기계장치, 해시계 등 5개 항목에 걸쳐 31개의 발명품을 소개하고 있다. 하지만 현재 남아있는 필사본은 심각하게 손상되어 있어서 기계장치를 실제로 어떻게 제작했는지 알아내는 매우 힘들다.

알무라디는 상기 저서의 서문에서 기계장치들이 원래 고대 유산인데 그것을 만든 자들이 세상을 떠나면서 그것에 관한 기억이 사라지자 작금에 이르러 기술 분야 수준이 낙후되어 실망을 금할 수 없다고 언급하고, 이 같은 상황을 타개하기 위해 기계장치의 모형을 삽화로 그리고 설명을 덧붙이기로 결심했다고 밝혔다. 16)

중세시기에 시리아 지역에서도 오토마타를 비롯한 각종 기계장치가 활발히 제작 또는 설치되었는데, 이는 1203년 리드완 빈 알사아티(Ridwān bin al-Sa'āti)가 저술한 『시계 제작과 사용법에 대한 서(Kitāb 'ilm al-sā'āt wa'l-'amal bihā)』를 통해 알 수 있다. 이 저서는 다마스쿠스의 자이룬 문(Jayrūn Gate)에 설치되어 있었던 일명 '자이룬 물시계((Jayrūn Water Clock)'의 수리 과정을 묘사하고 있는데, 이 시계는 원래 리드완의 부친이었던 무함마드 알사아티(Muḥammad al-Sa'āti)가 1160년경에 제작했던 것으로 알려져 있다.17)



〈12세기 시리아의 다마스쿠스에 설치되었던 자이룬 물시계와 부속 오토마타〉

16) Nadia Ambrosetti, 전계서, p.45.

17) Donald R. Hill, 전계서, p.124.

리드완이 저술한 『시계 제작과 사용법에 대한 서』는 5개 장(章)으로 구성되어 있으며, 다양한 그림과 함께 시계의 작동 방식, 다양한 부품의 모습과 크기, 시계의 사용법, 시계의 고장 원인과 수리 방법 등을 상세하게 묘사했다. 이 저서에 소개된 자이룬 물시계의 묘사에 따르면, 시계의 앞부분은 폭 4.23미터, 높이 2.78미터의 목재로 만든 벽으로 이뤄져 있다. 작은 초승달이 일정한 속도로 일련의 문 앞을 지나가고, 매 시간마다 문이 회전하고 매의 모습을 한 새가 앞으로 기울어지며 공을 심벌즈에 떨어트리도록 설계되었다. 그리고 문 위에 설치된 황도십이궁을 그린 원판은 일정한 속도로 회전한다. 자이룬 물시계는 아르키메데스의 수력 기계장치를 이용하여 만들었고 도르래와 밧줄로 힘을 전달하도록 설계되었다.¹⁸⁾

3.3. 알자자리

바그다드에서 시작된 이슬람 세계에서의 오토마타 연구와 제작은 12세기 말 아나톨리아 지역에서 알자자리(al-Jazarī, 1136~1206)에 의해 절정에 달했다. 오늘날 그는 기계공학의 초석을 닦은 뛰어난 학자로 평가받고 있다.

알자자리는 아르투크 왕조(Artuqid dynasty, 1101~1409)의 궁중에서 활약한 엔지니어였다. 아르투크 왕조는 아나톨리아 반도 동부, 시리아 북부, 이라크 북부 접경지대에 위치했던 튀르크 계통의 작은 토후국이었는데, 알자자리가 활약했던 12세기 당시에는 모술을 중심으로 건설된 젠기 왕조(Zengid dynasty, 1127~1250)의 가신 국가였다. 당시 아르투크 왕조의 군주였던 나스르 알딘(Nar al-Din)은 알자자리가 연구 활동을 지속할 수 있도록 재정적인 후원을 아끼지 않았을 뿐만 아니라, 그에게 다음과 같은 말로 기계장치 제작에 대한 지식을 책으로 편찬할 것을 부탁했다고 전해진다.

“당신은 견줄 데 없는 기발한 장치를 만들어 그것을 움직이도록 했습니다. 그러하니 당신이 힘들게 만든 것을 잃지 않도록 하십시오. 당신이 만들어 놓은 것들을 모아 나를 위해 책을 저술해 주기 바랍니다. 그리고 각각의 장치와 그림을 선별하여 모아주시기 바랍니다.”¹⁹⁾

나스르 알딘의 요청에 응하여 알자자리는 1206년 『기묘한 기계장치 제작에 관한 유용한 지식과 기술 집대성(Al-Jāmi‘ bayn al-‘ilm wa al-‘amal al-nāfi‘ fī ṣinā‘at al-ḥiyal)』이라는 저서를 저술했다. 이 저서는 6개 항목에 걸쳐 물시계, 음료수 따르는 기계장치, 물 분배 기계 장치, 분수, 음악연주 오토마타, 취수용 기계장치 등 50가지의 기계장치를 소개하고 있다. 여기에서 그는 자신이 직접 제작해 본 것만을 설명하고 있

18) Wikipedia, “Jayrun Water Clock”, https://en.wikipedia.org/wiki/Jayrun_Water_Clock

19) Salim T.S. Al-Hasani(2012). *1001 Inventions: The Enduring Legacy of Muslim Civilization*, Washington D.C.: National Geographic, p.43.

다고 언급했다.

알자자리가 『기묘한 기계장치 제작에 관한 유용한 지식과 기술 집대성』을 저술한 가장 큰 목적 가운데 하나는 후대의 기술자들이 기계장치를 다시 제작할 수 있도록 정보를 전달하기 위한 것이었다. 이 같은 이유에서 책에 수록된 각 기계장치는 제작, 설치, 조립 등의 방법이 상세히 설명되어 있다. 이 저서 덕분에 오늘날 우리는 중세 이슬람 세계에서 기술자들이 사용했던 기계 제작 방식이 어떠한지에 대해 풍부한 정보를 얻을 수 있다. 20)

알자자리가 자신의 저서에서 소개한 일부 기계장치는 과거에 제작된 것을 개량한 것이었는데, 예를 들어 그가 발명한 물시계는 위(僞)아르키메데스의 것에 바탕을 둔 것이다. 또한 알자자리는 자신의 저서에서 분수 장치는 바누 무사 형제로부터, 양초시계는 알사가니(al-Saghani)로부터, 자동음악연주기계는 히바툴라 빈 알후세인(Hibatullah bin al-Husayn, 1139 사망)으로부터 영감을 얻었다고 스스로 직접 밝혔다. 또한 상기 저서에서 그는 선배 기술자들의 작품 가운데 개량한 것이 무엇이고 스스로 창의력을 발휘하여 새롭게 발명한 기계 장치, 기술, 부품 등이 무엇인지 설명했다.

알자자리가 기술적 측면에서 이론 가장 탁월한 업적 가운데 하나는 캠축(camshaft), 크랭크축(crankshaft), 막대, 피스톤 등을 결합함으로써 회전운동을 직선운동으로 변환시키고 여러 기구를 동시에 움직일 수 있는 장치를 개발한 것이다. 이 덕분에 그는 오토마타, 물시계, 양초시계, 취수장치 등 복잡한 기계장치를 구동시킬 수 있었다. 21)

4. 이슬람 세계 오토마타의 주요 특징

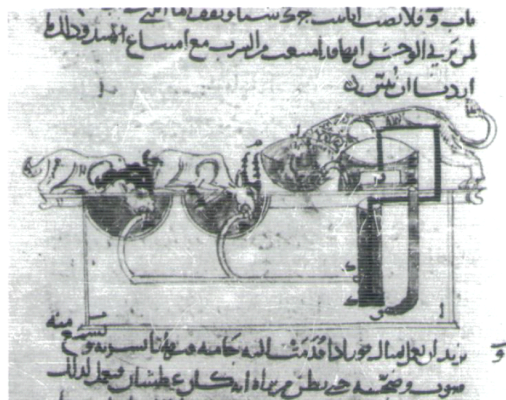
4.1. 헬레니즘 시대의 오토마타 주제 계승

이슬람 세계에서 제작된 오토마타의 상당수는 헬레니즘 시대에 활약했던 필로와 헤로의 작품을 그대로 모방하거나 약간 변형시킨 경우가 많았다. 상기한 바와 같이 바누 무사 형제는 『기묘한 기계장치의 서』에서 소개한 각종 기계장치 100가지 가운데 25가지는 헤로나 필로가 발명했던 것과 유사하거나 거의 똑 같았다. 또한 알자자리는 자신의 저서 『기묘한 기계장치 제작에 관한 유용한 지식과 기술 집대성』에서 아르키메데스(=위아르키메데스), 헤로, 필로 등 고대 그리스 학자로부터 영향을 받았다고 언급하기도 했다.

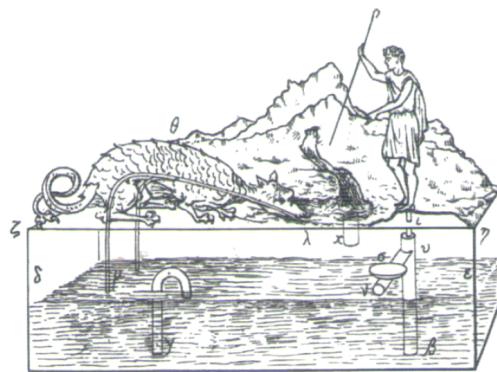
20) Donald R. Hill(1993). 전계서, p.124.

21) Georges Ifrah(2001). *The Universal History of Computing: From the Abacus to the Quatum Computer*, John Wiley & Sons, Inc. p.171.

고대 그리스 오토마타 기술과 주제로부터 직접적으로 받은 영향의 흔적은 알자자리 보다는 바누 무사 형제의 작품에서 확연히 드러나는데, 그 예로 바누 무사 형제의 『기묘한 기계장치들의 서』에 소개된 물 마시는 동물 오토마타를 들 수 있다. 배수 장치와 밸브를 이용하여 만든 바누 무사 형제의 오토마타에는 3개의 물그릇이 놓여 있고 맨 우측에는 사자가 그리고 좌측에는 다른 야생동물 두 마리가 배치되어 있다. 처음에 작은 그릇에 물이 채워지지만 두 마리의 동물은 물을 마시지 못한다. 마지막으로 큰 그릇에 물이 채워지고 사자가 물을 마시면 그 때서야 두 마리의 동물이 물을 마실 수 있다. 그리고 사자가 물마시기를 중단하면 두 마리의 동물 역시 중단한다. 22)



〈바누 무사 형제의 물 마시는 동물 오토마타〉



〈필로의 물 마시는 용 오토마타〉

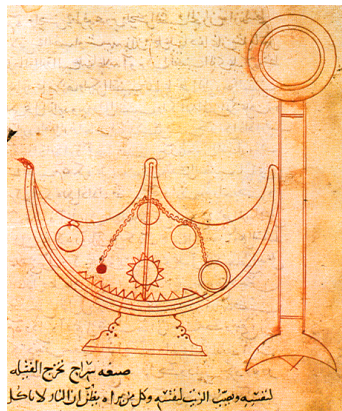
상기한 바누 무사 형제의 오토마타는 필로가 고안한 것과 매우 유사하다. 필로가 고안한 오토마타에는 동물 대신 양치기와 용이 배치되었다. 바누 무사 형제와 필로가 고안한 오토마타는 기술적으로 작동원리가 거의 유사한 반면, 그 것이 표현이 내용에서는 차이가 난다. 바누 무사 형제의 오토마타는 동물 세계에서 발견되는 힘의 질서를 보여주는 반면, 필로의 것은 양치기가 양을 걱정하여 용을 웅덩이에서 내쫓는 내용을 표현하고 있다. 23)

바누 무사 형제가 개발한 자동 램프 역시 헬레니즘 시대 그리스로부터 받은 영향을 역력히 보여준다. 바누 무사 형제가 개발한 자동 램프는 내부 기어 장치를 이용하여 자동으로 심지를 위로 끌어올림으로써 램프에 기름이 채워져 있는 동안 불이 꺼지지 않게 설계되었다. 하지만 자동으로 계속 불타는 기름 램프를 처음으로 고안했던 인물은 알렉산드리아의 헤로였다. 24)

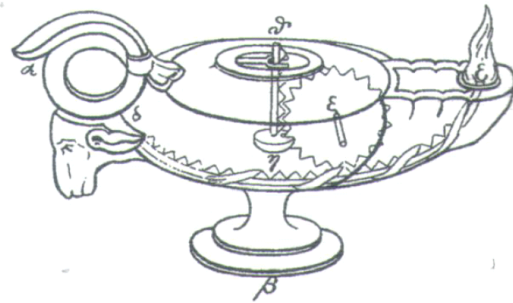
22) Nadia Ambrosetti, 전계서, p.43.

23) 상계서, p.43.

24) 상계서, p.44.



바누 무사 형제의 자동 램프



헤로의 자동 램프

4.2. 공연 목적의 휴머노이드 오토마타 개발

이슬람 세계에서 다양한 형태의 밸브, 크랭크축, 캠축, 피스톤 등이 개발되면서 수력과 풍력을 자유자재로 회전운동과 직선운동으로 전환시키고 동시에 여러 대의 장치를 구동시킬 수 있는 기술을 확보하게 되었다. 그리고 이러한 기술적 진보는 휴머노이드 오토마타 개발을 통해 인간과 유사한 동작을 더욱 정교하게 표현할 뿐만 아니라 간단한 음악 연주 또는 연극 공연을 가능하게 만들었다. 알자자리와 알무라디에 의해 오토마타는 기능성과 실용성뿐만 아니라 음악과 스토리를 표현하는 예술성까지 갖추게 되었다.



〈알자자리의 음료수를 따르는 오토마타〉

알자자리는 인간의 모습과 행동을 닮은 휴머노이드 오토마타 개발에 지속적인 관심과 열정을 쏟았다. 그가 개발한 가장 간단한 휴머노이드 오토마타 중 하나는 음료수를 따르는 여성 오토마타다. 탱크에 저장되어 있는 음료가 한 방울씩 떨어져 물통에 담겼다가 7분마다 다시 컵에 담기는데, 이 때 자동으로 문이 열리고 여성 모습을 한 인형이 물을 대접하도록 설계되었다. 25)

한편 알자자리는 다양한 형태의 자동 음악연주 기계장치를 만들었고, 그 가운데 일부는 인간 모습을 한 악사가 악기 연주 동작을 스스로 하도록 설계했다. 배 위에서 설치된 음악 연주 오토마타는 주로 군주가 개최한 연회에서 손님에게 흥미거리를 제공하기 위해 만들어졌다. 자동음악연주 오토마타는 수력으로 구동되었는데, 물이 커다란 탱크를 한 시간 또는 30분마다 오가면서 생기는 동력으로 캠축 또는 크랭크 축을 작동시

25) Wikipedia, "Ismail al-Jazari", https://en.wikipedia.org/wiki/Ismail_al-Jazari.

키면 다양한 오토마타가 미리 설정된 프로그램에 따라 작동하도록 설계되었다.

알자자리의 저서에 수록된 상기 삽화를 보면, 가장 오른쪽에는 연회를 베푸는 군주가 정자 안에 앉아 있다. 군주 바로 옆에는 시종이 군주에게 잔을 건네고 있다. 가운데에는 연회에 초대된 손님들이 잔을 들고 앉아있다. 그리고 좌측에는 4명의 여성 악사가 약간 높은 단상에 앉아있는데, 약 30분 간격으로 피리, 하프, 램버린 등을 연주하도록 설계되었다.²⁶⁾



〈알자자리의 연회잔치선(船) 음악연주 오토마타〉

한편 알무라디는 다양한 인간과 동물 캐릭터가 미리 설정된 프로그램에 따라 움직이면서 마치 연극무대처럼 일정한 스토리를 표현하는 오토마타를 개발했다.



〈알무라디의 소극장 오토마타〉

상기 그림은 알무라디의 『사고의 결과에 대한 비밀의 서』에 기술된 오토마타를 컴퓨터 그래픽으로 재현한 것이다. 이 오토마타에는 네 마리의 가젤이 웅덩이에서 물을 마시고 있고 중앙에 놓인 우물에서 한 남성이 튀어나와 여성에게 건물 밖으로 나오라

26) Siegfried Zielinski and Peter Weibel(eds.)(2016). *Allah's Automata: Artifacts of the Arab-Islamic Renaissance(800-1200)*, Ostfildern: Hatje Cantz, p.111.

고 부른다. 그리고 여성이 발코니로 다 나오면 세 마리의 뱀이 튀어나와 두 남녀를 위협한다. 뱀에 놀란 두 남녀는 원래의 자리로 돌아가고, 가젤은 뱀이 사라질 때까지 물 마시기를 중단한다. 27)

우리는 여기에서 알무라디가 과거 비잔틴 제국이나 압바스조에서 자주 제작되었던 오토마타의 기술을 차용한 후 예술적 요소를 첨가하여 새롭게 변용한 것을 발견할 수 있다. 즉 그는 과거에 필로가 설정한 양치기와 용 또는 바누 무사가 설정한 사자와 동물들이 물 마시는 동작을 표현한 오토마타에 좌절된 남녀의 사랑 이야기를 첨가하여 소규모의 연극공연을 만들어 낸 것이다.

4.3. 글로벌 문화 요소 융합

중세 이슬람 세계에서 개발된 오토마타는 흥미와 실용적 목적을 만족시키면서도 동시에 다양한 타문화적 요소를 융합시켰는데, 이는 오토마타 개발의 전성기였던 9~12세기 이슬람 세계의 개방적이면서도 포용적인 세계관을 반영한 것이었다. 알자자리의 대표적인 발명품 가운데 하나인 <코끼리 물시계>는 시간을 알려주는 실용성, 오토마타 공연을 통한 예술성, 다양한 문화적 요소를 수용한 개방성 등을 한꺼번에 응축적으로 보여준다는 점에서 중세 이슬람 세계의 오토마타 중 최고의 걸작이라고 말해도 과언이 아니다.

알자자리가 발명한 코끼리 물시계의 작동 순서는 다음과 같다. 28)



<알자자리의 코끼리 물시계>

- ① 코끼리 내부에는 커다란 물탱크가 놓여 있고 그 안에 다시 밑바닥에 구멍이 뚫린 용기가 놓여있다.
- ② 용기가 물속으로 천천히 잠기면서 끈을 아래로 잡아당기는데, 이때 코끼리 등 위에 탄 서기가 빙글 돌면서 그가 쥔 막대가 매 시간마다 몇 분이 지났는지 가리킨다.
- ③ 매 30분마다 물이 가득 찬 용기가 원형 돔 안에 있는 공을 잡아당겨 떨어트리며, 이때 불사조가 소리를 내며 움직인다.
- ④ 정면 꼭대기에 있는 술탄이 옆으로 움직이면 매가 등장하며, 이 때 매의 부리에

27) Nadia Ambrosetti, 전계서, p.45.

28) Salim T.S. Al-Hasani, 전계서, p.45.

서 공이 굴러 나온다.

- ⑤ 공이 부채꼴 모양의 원판을 때리면 흰색과 검은색의 다이얼이 돌아가며 일출 이후 몇 시간이 지났는지 가르쳐 준다.
- ⑥ 용이 공을 받은 후 회전축을 중심으로 돌면서 아래로 내려가고 이 때 코끼리 내부에 있는 용기를 다시 들어 올린다.
- ⑦ 용의 입을 통해 내려온 공이 항아리 안에 들어가고, 이 때 코끼리 물이꾼이 손에 쥔 망치로 심벌즈를 때리면서 새로운 동작의 사이클이 다시 시작한다.

알자자리가 활동했던 12세기 전후에 이슬람 세계 각지에서는 다양한 형태의 물시계가 제작되었다. 무슬림들은 하루에 다섯 차례 예배를 드려야 했기 때문에 정확한 시간을 아는 것은 매우 중요했다. 또한 중요한 연례 종교 행사인 라마단 단식과 메카로의 순례 날짜를 정확하게 예측하는 것도 중요했다. 이 같은 실용적 목적 이외에 크고 웅장한 시계를 제작하는 것은 국가의 위용과 부를 과시하는 데도 효과적이었다.²⁹⁾

알자자리의 코끼리 물시계는 독특한 창의성과 정밀한 기계 작동으로 유명해지고 찬사를 받았다. 하지만 그에 못지않게 눈여겨 봐야 할 것은 오토마타 구성 요소가 당시 이슬람 세계의 개방적인 문화 수용 태도를 보여주고 있다는 점이다. 우선 알자자리는 물시계의 주인공에 해당하는 캐릭터로 인도 문명을 상징하는 코끼리를 등장 시켰고, 코끼리 등 위에는 페르시아 문명을 상징하는 카펫을 얹었다. 한편 공을 위에서 아래로 전달하는 역할을 맡은 용(龍)은 중국 문명을 그리고 꼭대기에서 매 30분마다 회전하며 노래하는 불사조는 고대 파라오 문명을 각각 상징한다. 그리고 탑 위와 아래에 탑승한 술탄과 서기는 이슬람 문명을 상징한다. 이와 더불어 코끼리 내부에서 작동하는 수력을 이용한 기계 구동 장치 기술은 그리스 문명의 유산을 빌려온 것이다.³⁰⁾

5. 결론

중세 시기 이슬람 세계의 오토마타 기술 발전은 헬레니즘 시대 그리스의 발명가였던 필로와 헤로의 작품이 9세기 무렵 바그다드에서 아랍어로 번역되면서 촉발되었다. 이슬람 세계에서 오토마타 기술 발전에 크게 공헌했던 대표적인 인물로는 바누 무사 형제, 무라디, 리드완, 알자자리 등이 있는데, 이들이 제작한 상당수의 작품은 필로와 헤로로부터 영향을 받았지만 동시에 기술적 수준과 주제적 측면에서 질적 도약을 이룬 것으로 평가되고 있다.

초창기 이슬람 세계에서 제작된 오토마타는 헬레니즘 시대의 필로와 헤로의 작품을

29) Salim T.S. Al-Hasani, 전게서, p.43.

30) Nadia Ambrosetti, 전게서, p.46.

모방한 것이 많았다. 특히 바누 무사 형제가 자신들의 저서인 『기묘한 기계장치의 서』에 소개한 각종 기계장치 100가지 가운데 25가지는 헤로나 필로가 발명했던 것과 거의 유사한 것이었다. 하지만 후대에 이르러 다양하고 정교한 기술이 개발되면서 이슬람 세계만의 독창적인 오토마타가 개발되기 시작했는데, 그 대표적인 사례가 알자자리와 알 무라디의 작품에서 등장하는 음악 연주나 연극 공연이 가능한 휴머노이드 오토마타이다. 인간의 다양한 동작을 흉내내는 휴머노이드 오토마타의 출현으로 오토마타는 단순한 기계장치가 아닌 예술 표현의 수단으로 격상되었다.

다른 학문 또는 기술 분야에서와 마찬가지로 오토마타 분야에서도 중세 이슬람 세계는 암흑시기에 놓인 유럽에게 고대 그리스의 지식을 전파하는데 커다란 공헌을 했다. 그 예로서 아르키메데스, 필로, 헤로의 다양한 기술 관련 서적이 아랍어로 번역되었으며, 특히 오늘날 우리에게 전해지는 필로의 저서 『기체학(Pneumatica)』은 아랍어 번역본이 유일하다는 점을 들 수 있다. 이와 더불어 바누 무사와 알자자리의 저서와 발명품은 안달루스를 거쳐 유럽에 전파됨으로써 르네상스 이후 유럽의 기계제작 기술 발전에 큰 영향을 미쳤다.

〈참고문헌〉

- 전승일(2011.04.16.). “오토마타의 역사와 현대 오토마타 예술”, <http://www.iloveautomata.com/91>
- Ambrosett, Nadia(2016). “Wavering between the truth and the false: a short excursion through Greek and Arab automata”, *Allah’s Automata: Artifacts of the Arab-Islamic Renaissance(800–1200)*, Siegfried Zielinski and Peter Weibel(eds.), Ostfildern: Hatje Cantz, 40–47.
- Al-Hasani, Salim T.S.(2012). *1001 Inventions: The Enduring Legacy of Muslim Civilization*, Washington D.C.: National Geographic.
- Bennison, Amira K.(2009). *The Great Caliphs: The Golden Age of the ‘Abbasid Empire*, New Haven & London: Yale University Press.
- Hill, Donald R.(1993). *Islamic Science and Engineering*, Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Ifrah, Georges(2001). *The Universal History of Computing: From the Abacus to the Quantum Computer*, John Wiley & Sons, Inc.
- Nadarajan, Gunalam(2007). “Islamic Automation: A Reading of al-Jazari’s the Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices(1206)”, Foundation for Science and Technology and Civilization.
- Wikipedia, “Book of Ingenious Devices”, https://en.wikipedia.org/wiki/Book_of_Ingenious_Devices
- Wikipedia, “Ismail al-Jazari”, https://en.wikipedia.org/wiki/Ismail_al-Jazari
- Wikipedia, “Jayrun Water Clock”, https://en.wikipedia.org/wiki/Jayrun_Water_Clock
- Zielinski, Siegfried and Weibel, Peter(eds.) (2016). *Allah’s Automata: Artifacts of the Arab-Islamic Renaissance(800–1200)*, Ostfildern: Hatje Cantz.