

## 와트, 그는 누구인가?\*

최준섭\*\*, 유재영\*\*\*, 임미가\*\*\*\*

---

### <국문초록>

---

이 연구 논문은 인류 문명사에서 금자탑을 이루는 제 1차 산업혁명을 이끌고 성공적으로 이룬 와트에 관하여 그의 교육환경과 배움의 자세를 문헌을 통하여 살펴보고, 산업혁명의 결과물인 '새로운 증기기관'의 연구·개발 과정과 환경 등을 통하여 산업혁명을 이끄는 기본적인 인적 물적 인프라를 알아보는 데에 있다. 이러한 과정에서 얻어지는 정보는, 우리의 현재 학교교육이 지향하고 있는 '창의성 개발'에 관한 지침을 얻을 수 있다고 본다. 또한 아직은 태동기에 있는 '4차 산업혁명'을 대비하는 데에도 온고지신의 차원에서 많은 시사점을 얻을 수 있었다. 이상의 내용을 종합하여 얻은 주요 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 와트의 부모는 아들이 기계장치 등에 흥미를 가지고 있다는 것을 알고 이 분야의 타고난 재능을 살려주기 위하여 적극적으로 협조하였다.

둘째, 와트는 글라스고우 대학의 교수들과 인연을 맺고 자신의 관심분야를 스스로 개척하며, 자기주도 학습으로 지식을 흡수하였다. 이러한 학문에 관한 끊임없는 능동적인 자세는 그를 이 분야의 기술자 및 이론가로서 성장시켰다.

셋째, 18세기에 신분의 벽을 뛰어넘는 새로운 시대를 주도하는 Lunar society의 연구 환경 인프라는 와트에게 과학적 호기심과 자유로운 탐구 정신을 경험하게 한 협회이다. 자신의 과학기술지식을 발표하고, 서로 이에 대한 의견을 자유롭게 교환하며 집단적 사고방식을 바탕으로 문제-해결의 지식을 축적해 가는 시스템이 있다는 것은 현대의 R & D환경을 만들 때에도 유념하여야 할 사항이다.

넷째, 사업가 불턴과 같이 기술을 이해하고 그 가치를 파악하는 능력이 구비된 '경영의 귀재'가 연구자들을 재정적으로 지원하는 시스템이 필요하다. 동시에 재정문제를 그다지 걱정하지 않고 기술 자체를 즐기고 연구하는 '기술의 달인' 와트와 같은 사람이 있어야 산업혁명은 잘 이루어질 수 있다.

---

**주제어 : 와트, 진로지도, 연구개발, 산업혁명**

---

---

\* 이 논문은 2017대한공업교육학회 하계학술대회에서 발표한 내용을 바탕으로 재구성하여 작성한 것임.

\*\* 교신저자: 최준섭 (choijs@knue.ac.kr), 한국교원대학교(010-9420-9575)

\*\*\* 교신저자: 유재영(3pmx018@hanmail.net), 대호중학교(010-2521-3225)

\*\*\*\* 한국교원대학교 대학원

## I. 서론

2017년 5월에 대한민국 제 19대 대통령선거가 있었다. 대통령 후보자들 중에는 환경문제와 일자리 창출에 관한 정책을 제안한 후보들이 있었다(조선일보, 2017. 4. 25). 여기에서 일자리 창출문제의 해법을 4차 산업혁명<sup>1)</sup>을 통하여 달성하겠다는 것이 기본전략이다. 4차 산업혁명은 갑자기 생겨난 것이 아니고, 기존의 정보화 산업사회로 지칭되는 3차 산업혁명의 확장 개념으로서, 사물 인터넷(IoT, Internet of Things)을 산업사회 전반에 확대시켜서 인간의 생산, 유통, 소비의 모든 경제 활동 부문의 정보를 생산, 교환하여 편리성, 효율성과 안전성을 확보한다는 것이다. 이것은 보다 많은 정보를 인간과 사물, 혹은 사물과 사물을 통하여 생산, 유통하다 보면, 결국 만물 인터넷(LoE, Internet of Everything)을 향하여 발전 할 것으로 보여 진다. 지금 세계적으로 4차 산업 혁명은 이미 시작되었다.

우리는 진행 중인 4차 산업혁명의 형식과 내용을 제대로 이해하기 위하여서는, 먼저 1차 산업 혁명의 발자취인 혁명의 배경과 원인들과 결과에 대한 깊은 고찰을 하면서 전체적인 산업혁명의 윤곽을 그릴 줄 알아야 한다. 즉, 인류의 생활을 획기적으로 바꾼 제 1차 산업혁명의 대표적 핵심인물 중의 하나인 18세기의 와트(James Watt)에 관하여 우리는 주목 할 필요가 있다. 그는 인류역사의 동력원의 발달과정에 획기적인 지평을 열었다. 즉, 인력(human power)시대는 0.1 kW정도, 축력(animal power)시대에는 1 kW정도, 풍차·수차 시대에는 10 kW정도였으나, 그의 증기기관 발명에 힘입어, 10<sup>6</sup> kW 정도 이상도 가능하게 되었다(장병주, 1991).

인류의 산업혁명에 관한 역사적 행위도 반복되는 데에서 진행되어 왔다. 새로운 산업혁명을 준비할 때에는 과거의 일들에서 나오는 많은 지혜와 경륜을 바탕으로, 합리적인 방향이나 대책을 마련하는 데에 큰 도움이 될 수 있기 때문이다.

이 글에서는 와트의 교육환경과 배움의 자세, R & D 환경을 살펴본 후, 4차 산업혁명을 이끌어 나갈 방향을 진로지도 등의 가정 및 학교 교육, 사회의 R & D 인프라 구축을, 성공한 그리고 검증된 1차 산업혁명에서 그 시사점을 얻고자 한다.

---

1) “산업혁명”이라는 말은 19세기 후반에 사회개혁가로 활동하였던 토인비(Arnold Toynbee)의 <18세기 영국산업혁명 강의>가 1884년에 출간되면서 널리 사용되기 시작하였다.

## Ⅱ. 와트의 생애

### 1. 와트(1736-1819)의 성장배경 및 10, 20 대의 교육환경

와트는 뉴커먼 엔진이 실용화된 다음인 1736년에 태어나 제철업이 석탄 이용을 실용화한 시기에 성장한, 그야말로 산업혁명을 실현하기 위하여 태어난 것 같은 인물이다. 와트는 이 시기의 다른 발명가들과 구별되는 가장 큰 특징은 그가 단순한 경험적 법칙에 바탕을 둔 발명가가 아니고, 정식 교육은 받지 않았지만 과학적 지식에 근거한 이론적인 발명가였다.

와트는 영국 스코틀랜드의 그린나크(Greenock)에서 비교적 유복한 가정에서 태어났으나, 허약 체질로 평생 동안 편두통으로 고생한 신경질적인 사람이다. 수학교사였던 조부, 건축기사이자 조선 업자인 부친, 측량기사인 삼촌의 영향을 받아서인지 그는 어릴 때부터 자연스럽게 과학과 기술 분야에 관심을 가졌다(Smiles, 1865).

와트는 어린 시절 편두통이 심해, 학교에 다니기가 어려웠다. 대신에 집에서 어머니로부터 읽기와 쓰기를, 아버지에게서 산수를 배웠다. 한번은 아버지가 와트에게 목공구 세트를 주었는데 작은 톱과 끌로 자신이 가지고 놀던 장난감을 새롭게 만들었다.

와트는 11세에 그리녹 문법학교에 입학하였다. 그는 손재주와 수학이 뛰어났으나 라틴어와 그리스어에는 별로 관심이 적었다. 그러나 아버지의 작업장은 소년 와트에게는 매우 흥미로운 장소였다. 특히 그는 기계에 관한 관심이 많아 열 세 살쯤에 이미 아버지의 작업장에서 자신의 공구와 작업대를 갖추고 각종 기구모형을 제작하였다. 이러한 와트의 아들의 타고난 장점을 키워주는 부모의 이해를 바탕으로 진로지도가 제대로 이루어질 수 있었다. 와트의 학습에 관한 성장 과정은 Whitehead(1929)가 교육의 목적을 학생들을 자극하고 스스로 자기 개발을 안내한다는 것과도 일치한다.

그는 17세에 도구제작자가 되기로 마음을 먹고 친척이 살고 있는 글래스고우로 갔다. 거기서 그는 글래스고우 대학의 자연철학<sup>2)</sup> 교수이자 의사인 딕(Robert Dick)을 만났다. 그 후 자신의 꿈을 실현하려고 런던으로 가서 시계길드에서 도제훈련을 모건(John Morgan)을 스승으로 모시고, 제자가 되었다. 그는 훈련기간 중에 과로와 영양실조로 고통을 받았지만 열심히 주어진 과제를 수행하여 1년 만에 장인과 대등한 실력을 갖추었다고 인증을 받았다. 당시 도제 기간이 7년 정도였으니 이것은 매우 놀라운 성과였다(송성수, 2015).

와트는 20세가 되어 다시 글래스고우(Glasgow)에 돌아왔다. 그때 글래스고우 대학 출신인 맥팔레인이 자신의 소장품을 모교에 기증하였는데, 이 기증품을 수리하는 일에 와트가 솜씨를 보였다. 와트가 도구를 다루는데 상당한 실력을 보이자, 딕 교수의 도움으

2) 그 당시 과학은 자연철학이라고 불리었다.

로 학내에 실험기구를 만드는 도구제작 상점을 차렸다.

이러한 조치는 글라스고우 대학이 뛰어난 실험기구 제작자를 찾고 있었을 뿐만 아니라, 학문이나 연구자에게 열린 자세를 가지고 있었기 때문이다. 이 대학에서 와트에게 큰 영향을 미친 유명한 화학자 조셉 블랙(Joseph Black)을 알게 되었고, 두 사람은 친구 관계로 발전하였다. 블랙은 물이 증기로 변화는 연구 즉, 잠열 연구와 강의를 담당하고 있었다. 와트는 여러 가지 과학지식을 이해하기 위하여, 프랑스어, 독일어, 이탈리아어 등의 어학 지식도 흡수하였다. 동시에 역사학, 법학, 문학 등에도 능통하였다. 글라스고우 대학에서 수학이 전공인 대학원생 로빈슨(John Robinson)은 1758년에 22살이 된 와트를 소개 받아, “단순한 직능인 이라고 생각했는데, 알고 보니 철학자였다”라고 말하였다(Smiles, 1865).

와트는 정식 학자가 아니었으므로 연구하면서 기계 수리나 악기 조율, 수리등도 하였다. 그는 자서전에서 기계 수리나 토목측량을 나설 때, 고독이나 병고 때문에 연구에 전념하지 못한 점을 개탄하기도 하였다. 이러한 일화에서 알 수 있듯이, 와트가 증기기관에 관심을 보인 것은 직관이나 우연이 아니고 단순히 과학적인 관심에서 나왔다.

## 2. 와트의 엔진 개발 과정과 불턴과의 만남

영국은 16세기 중엽부터 민수용 뿔감이 부족하여 석탄을 사용하기 시작하였으며, 1730년대부터 철에 대한 수요가 급증한 반면 철을 만들어 내는 용광로의 연료용 나무의 공급이 부족하게 되자, 더욱 더 깊이 탄광을 파들어 갈 수 밖에 없었고, 이러한 현상은 탄광이 물에 잠기기 십상이었다. 예를 들면 1700년경에는 120 m였던 갱도의 깊이가 1750년경에는 갱도의 깊이가 600 m까지 깊어졌다. 땅속에서 석탄이나 광석을 캐는 일 자체도 힘든 일이지만, 지하에서 솟구치는 지하수를 처리하기란 더욱 어려운 일이었다(류창열, 2000).

이러한 측면에서 볼 때, 탄광의 배수 문제를 해결하기 위한 펌프의 개발은 그 시대의 절체절명의 과제가 되었던 것이다. 이때까지 탄광에서 사용되던 배수펌프용 증기기관들은 과학적 이해를 바탕으로 이루어진 것은 아니었다. 와트의 나이 25세인 1761년 무렵부터 대학에서 파평의 압력기관을 사용하여 증기압력에 관한 체계적인 실험을 시작하였다. 와트가 새로운 증기기관을 발명하게 된 것은 교수 앤더슨(John Anderson)이 자연철학 수업에서 뉴커먼 기관(Newcomen engine)의 모형을 가지고 증기기관의 원리를 설명하였다. 그런데 그 모형이 고장 나서 와트에게 수리를 1763년 겨울에 부탁했다. 뉴커먼 엔진은 보일러 위에 증기를 가득 채우는 실린더를 두었으며, 실린더에 부착된 피스톤에 저울과 같이 막대의 한쪽 끝을 연결시켰다. 이 엔진의 구동방법은 실린더 내에 증기를 가득 채웠다가 수축시켜 피스톤을 상하로 움직이게 하여서 그 운동을 펌프에 전달하여 탄광에서 고여 있는 물을 끌어올렸다. 지하 100 피트에서 2.5 톤의 물을 끌어 올리는 데에 약 28 kg의 석탄이 소요되었다.

와트는 뉴커먼 엔진을 여러 측면에서 분석하고 검토한 끝에 증기를 크게 낭비하고 있다는 사실에 충격을 받았다. 와트는 뉴커먼 엔진의 구체적인 결함이 무엇인가를 살펴보기 시작하였다. 뉴커먼 엔진의 열손실은 증기의 물리적 성질과 엔진의 구성 부품의 금속에 의한 열의 전도에 주로 관련된다는 것을 알았다. 시스템적으로 뉴커먼 엔진은 증기의 동력을 사용한 후 냉각시킬 때, 실린더 속에 찬 물을 넣어 증기를 냉각시킴과 동시에 실린더도 냉각되어, 조금 있다가 다시 실린더를 가열하려면 그 만큼 석탄이 사용되었다. 여기에서 와트는 “만일 실린더를 냉각시키지 않아도 된다면 실린더의 열을 그대로 보존하면서 다음 작업을 수행할 수 있게 되면, 석탄 사용량이 그 만큼 줄어든다.”고 판단하였다.

와트는 온종일 해결책을 생각하며, 점심 식사 후 주변의 숲길을 자주 걸었다. 노심초사 후 분리응축기(separate condenser)가 떠올랐다. 즉, 수증기를 실린더 안에서 직접 냉각시키는 것이 아니라 실린더로부터 분리된 응축기를 별도로 만들어 실린더 안의 수증기를 관을 통해 뽑아낸 후 실린더 밖에서 냉각시키면, 즉 Black이 말한 잠열의 소비를 획기적으로 줄일 수 있었다. 이렇게 와트는 분리응축기를 사용하여 열효율이 이전보다 2-4배 정도 높아졌다. 이와 같은 결과에 이르기 위해서는 와트는 기존의 증기기관을 개선시키기 위하여 수많은 문제의 원인과 결과의 상관관계를, 기관의 기능적인 측면을 살펴서 얻어서 직접 체험과 자연과학 지식을 연결시켜서 얻는 “종합적 원리”를 끄집어냈던 것이다. 즉, 체험 속에서 생겨나지 않는 원리는 현실성이 적어서 원리의 자격이 없다. 그것은 공허한 형식에 머물기 쉬우며 실천의 실제적 준거가 되기 어렵다는 것을 보여주고 있는 것이다. Mitcham(1994)은 이러한 점에서 와트를 이론적인 면 보다 실제적인 면을 중시하는 실용적인 엔지니어(practical engineer)로 평가를 하고 있다. 와트의 엔진은 본격적으로 ‘증기 시대’의 개막을 알리는 신호탄이 되었다. 이 신호탄에 의해 인간행위의 모든 분야에서의 기술발전의 갑작스럽고 급격한 확장이 이루어지 시작하였다(박광덕 역, 1967). 이 신호탄은 또한 서양문명이 동양문명을 압도하는 시점이 되었다(도헌신, 2011). 여기에서 와트의 증기기관의 발명에 관하여, 과학과 기술과의 의존성을 살펴볼 때, 기술(기능)이 과학의 혜택을 보았다기 보다는, 과학이 기술의 덕을 보았다는 것이다. 증기기관의 초기 개발은 대부분 과학에 대하여 훈련을 받지 못한 기능공에 의하여 성취되었다는 것이다. 열역학도 본질적으로 19세기에 많은 부분이 이루어졌다(최준섭, 2017). 와트의 분리응축기의 다음 단계는 증기기관의 성능을 더욱 향상시키는 작업을 추진하려하였다. 그는 강력한 보일러에서 나오는 증기력을 이용한다면 광산의 양수펌프뿐만 아니라 수많은 기계도 움직일 수 있다고 보았다. 이러한 연구개발에는 막대한 자금과 기계제작 기술이 필요하였다. 그간 개발과정에는 여러 사정을 거쳐, 1772년 와트의 특허권은 사업가로버(James Roebuck)에서 사업가 볼턴(Matthew Boulton, 1728-1809)에게 넘어갔다. 볼턴은 증기기관의 미래의 상업 가치를 알아보고 1774년에 전격적인 제안을 하였다(De Camp, 1960). “와트 씨, 용기를 내시오. 당신의 발명이 성공을 하면 세계의 기업가들이 기뻐할 것이요. 그들은 서로 다투어 가며 기계를 사려고 할 것이요. 돈은 얼마든지 댈

터이니 우리공장에서 연구하여 주시오.” 우울한 나날을 보내는 와트에게는 아주 반가운 소식이였다.

당시 볼턴은 버밍엄 북부에 소호제작소(Soho foundry)를 운영하고 있었다. 이 제작소는 언덕위의 저수지 물을 이용하여 주로 금속세공품과 도자기를 생산하고 있었다. 볼턴은 오늘 날 벤처 캐피탈리스트와 비슷하였고, 만일 와트가 볼턴을 만나지 못하였다면 자신의 재능을 충분히 발휘할 수가 없었을 것이다. 볼턴은 새로운 기술을 받아들이고 개선하는 것을 즐기는 사람이었다.

와트는 볼턴의 제안을 받자마자 버밍엄으로 이사하여 상업용 증기기관을 개발하는 데에 매진하였다. 때마침 1774년에는 윌킨슨(John Wilkinson)이 내면굴착용 선반을 만들었는데, 이 선반을 이용하여 완전한 원통형 실린더를 제작 할 수 있었다. 1775년에 볼턴 앤 와트(Boulton & Watt)라는 새로운 기업이 설립되어 증기기관 사업에 박차를 가했다. 윌킨슨도 볼턴 사업에 합류하여 그 후 20년 동안 와트의 증기기관에 필요한 실린더를 단독으로 공급하였다.

상업용 증기기관의 영국특허권은 14년간 유지되는데, 1769년 특허는 1783년에 만료된다. 영국의회는 이 특허권을 1800년까지 유례없이 연장해주는 조치를 취했다. 영국은 와트의 증기기관의 개발은 국익에 중대하게 작용한다고 판단하였다는 것이다.

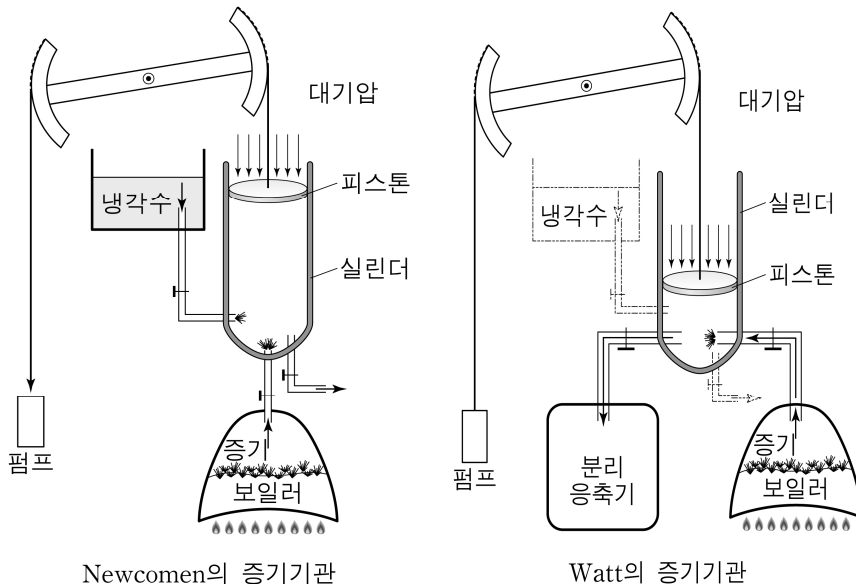
1776년은 세계역사에 중요한 사건이 3가지 발생한 해이다. 먼저 정치적으로는 현재 세계 질서의 중심에 자리 잡고 있는 미국의 독립<sup>3)</sup>이 이루어진 해이다(Garcia, et al, 2002). 경제적으로는 스미스(Adam Smith)가 10여년에 걸쳐서 저술한 국부론이 발간 된 해이다. 비로소 생산의 효율화와 분업화 등에 관한 효율 경제에 관한 기본 개념이 정립한 해이다. 마지막으로 기술(공학)분야에서, 와트가 20여년에 걸쳐서 만든 증기기관이 탄생한 해이다(송성수, 2015).

여기에서 1776년 아시아의 3국에서는 어떠한 일이 일어났는가를 살펴보면, 먼저 우리나라는 영조대왕이 승하하시고, 정조대왕이 등극하는 시점이다. 우리 조선역사에서 조선 증기의 역사를 찬란히 만든 시대였다. 우리나라도 국운이 융성하고 평화로운 시대였다. 다음엔 중국을 살펴보면 청나라 시대의 건륭황제 때이다. 중국역사에서 청나라는 명나라 영토를 2배로 확장시켜서, 현재의 중국 국경을 만든 제국이다. 중국 영토 확장 사업은 청나라의 전성기인 강건성세(康乾盛世)를 이룬 강희제, 옹정제, 그리고 건륭제의 3대가 대부분을 이루었다. 그 다음 일본의 경우를 살펴보면, 에도(江戸)시대로 제 10대 쇼군(將軍) 도쿠가와 이에하루(德川家治)가 다스리고 있었다. 국내 정세는 태평성대를 누리며 쇠국정책을 펴고 있었다(笠原一男 外, 1965). 1776년 3월 8일에 와트가 개발한 새로운 증기기관이 블룸필드의 탄광에서 시운전 되었다. 굴뚝에서 검은 연기가 뿜어 오르고 피스톤

3) 독립과정에 보스턴 차사건(Boston tea party)이 있다. 이 사건은 1773년 12월 16일 영국의 지나친 세금 징수에 반발하여 북 아메리카 식민지 주민들이 배에 실려 있던 영국의 홍차를 바다에 버린 사건을 말한다. 이 사건은 미국독립전쟁의 불씨를 일으켜, 1776년에는 북아메리카의 식민주민이 영국에 대하여 독립을 선언하여, 7년간 영국과 전쟁을 하여 이윽고 승리하여 영국과 파리강화조약을 1783년에 맺음으로서 미국의 독립이 완성되었다.

이 상하로 움직이자 탄쟁의 지하수가 파이프를 통해 계속 지상으로 쏟아져 나왔다. 구경 하던 많은 사람들이 일시에 환성을 올리며 놀라운 발명을 축하했다. 그 이후의 와트의 증기기관은 동력이 필요한 곳은 그 용도를 계속 넓혀 나갔다(김동광 역, 2011). 뉴커먼 엔진보다 4배의 효율을 가진 첫 번째 증기기관은 높이가 10-15m로 쉴 새 없이 물을 퍼 올리는 증기기관은 구경꾼들에게 큰 충격을 주었고, 제작소 사람들은 이 기계를 ‘괴물’이라는 뜻으로 ‘빌지 밥’이라고 불렀다. 증기기관의 등장으로 영국 산업 전체를 변화시켰다. 면화 45kg의 실을 가공하는 데에 50,000시간이 들었다면 증기기관의 이용으로 1/160인 약 300시간으로 줄어들었다. 산업혁명이후 영국 1인당 총생산량은 네덜란드를 앞질렀고, 유럽의 변방에서 중심국가가 되었으며, 평균적으로 시민들의 삶의 질이 높아졌다.

뉴커먼의 증기기관은 1712년 영국의 솜씨 좋은 대장장이인 뉴커먼(Thomas Newcomen)이 군사 기술자 세이버리(Thomas Savery)가 1693년에 만든 양수 펌프<sup>4)</sup>를 개량하여 실용화시켰다(King, 2000). 세이버리의 펌프는 보일러와 증기를 담은 용기로 비교적 간단히 구성되는데 뉴커먼의 경우는 피스톤과 실린더 구조로 새롭게 바꾸었다는 것이다. [그림 1]은 Newcomen과 Watt의 증기기관의 개념도(conceptual drawing)를 각각 제시하고 있다(McClellan III & Dorn, 2006). 두 도면이 얼핏 보기에는 상당히 닮아있어 구분이 곧바로 되지 않는다. 와트는 기존의 뉴커먼 엔진(펌프)에 응축방식과 위치를 바꾸어서 새로운 시스템을 구현하여, 인간의 삶의 방식을 바꿀 수 있는 기적의 엔진을 만들었다.



[그림 1] Newcommen과 Watt의 증기기관

4) 위그노(Huguenot)이민자 Danis Papin이 물이 증기로 변할 때, 체적이 1600배 정도로 팽창한다는 단순한 원리를 바탕으로 개발한 펌프(엔진)이다.

와트가 위와 같은 획기적인 엔진 시스템을 만들기 위하여 20년 이상을 매달리어 연구한 결과물이다. 이 결과물은 광산에서 작업능률을 향상시켰을 뿐만 아니라 그 발명품이 다른 산업 분야에 쓰였다. 즉, 면직물과 철강 산업 그리고 수송산업에 이르기까지 넓혀나갔다. 여기에서 와트가 뉴커먼 엔진을 개량한 주요 내용을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 증기가 냉각되어 물이 된 후 다시 순환 될 수 있는 분리 응축기 실(separate condensing chamber)을 설계하였다.

둘째, 공기펌프를 설치하여 증기를 응축기실로 모았다.

셋째, 엔진 부품을 단열 부품으로 만들어 에너지 손실을 줄였다.

와트의 증기기관을 한 사람이 만들어 냈다고 하는 것은 잘못된 일이다. 와트의 증기기관에서 가장 중요한 부품은 실린더와 피스톤이다. 효율적인 엔진을 개발 할 때 마주치는 문제들 중 하나는 정밀하게 실린더를 제작하여 제작하는 것이 요구된다. 정확히 측정된 실린더 없이는 증기가 실린더 안에 충분히 차지 않아서 증기의 압력이 형성이 되지 못하여 증기가 힘을 잃고 결국 연료가 낭비되는 것이다. 이 문제에 관하여 와트가 발견한 해법은 상이한 기술들이, 당시의 각각의 산업에서 개발되어 쓰이고 있는데, 각 분야에서 서로 교류되는 것 중에서 해답이 있다는 것을 알았다. 그는 대포의 포신을 만드는 기술을 벤치마킹(bench marking)하여 실린더를 만드는 기술에 사용하였다. 대포란 결국 유도탄이 장착되고 폭발된다는 점에서 엔진의 실린더와 비슷한 기능을 하게 된다. 정밀 주조된 포신은 유도탄의 정밀도와 안전성을 확보한다, 이러한 점도 증기기관의 작동에 잘 적용될 수 있다는 것이었다. 고품질의 실린더와 피스톤을 제공한 사람은 프리스틀리(Dr. Priestley)의 사위 존 윌킨슨(John Wilkinson)이다. 공작분야의 역사에서도 그는 선반개발과 그 이용에 따른 정밀도 향상은 대단한 것이었다. 윌킨슨의 혁신 정신이 와트의 증기기관을 실현하고 또한 와트의 증기기관이 그의 기계가공을 보다 정밀한 것으로 만드는 선순환이 이루어져, 산업혁명은 더욱 힘을 받았다. 윌리엄 머독(William Murdock)은 스코틀랜드의 엔지니어로서 Boulton & Watt회사의 아주 유능하고 성실한 직원일 뿐만 아니라 훌륭한 기계기술의 천재이다. 그는 최초로 유성장치(Sun and Planet)를 이용한 회전운동을 하는 기관차의 모형을 만들었다. 또한 Boulton이 고용한 소호제작소의 많은 숙련공들의 기여도를 무시할 수 없다. 증기기관의 실린더 가공은 매우 힘든 일이었다. 실린더는 오차 범위가 매우 작아야하고, 50 인치(d=1270 mm)의 실린더라면, 깊이도 정확히 50인치여야하기 때문이다. 와트의 가장 큰 고민은 실린더와 피스톤의 틈을 일정하게 유지하는 것이었다. 그는 이것을 달성하는 방법으로 피스톤 주위를, 코르크(cork), 기름 묻힌 천(oiled rag), 거친 삼(tow), 낡은 모자(old hat), 종이 등을 사용하여 실험하여 보았지만, 틈새가 커서 공기가 들어오고 증기가 나가는 것을 막을 수가 없었다. 이러한 문제는 존 윌킨슨의 힘을 빌려 거의 개선되었다. 소호제작소의 천공기술 덕분에 실린더와 실린더통의 공차가 18세기 영국 동전 1 실링(d=23 mm, t=1.7 mm)만큼 작았다.

위와 같이 증기기관 제작은 중요한 기계에 기여한 집단적 사고의 좋은 예이다. 산업혁



명이 영국에서 처음 일어난 것은 다른 나라에 비하여 좋은 연구 및 개발 환경이 있었기 때문이다. 영국 식민제국은 인도의 목화 공장과 미국의 목화 농장과 직결되어 있다. 영국 자체에서는 석탄과 철광석을 많이 생산하고 있었다. 또한 풍부한 수로(waterway)와 항구들은 수송과 소통을 용이하게 하였다. 그리고 영국의 건전한 은행제도, 준비된 자본, 직접 도움이 되는 혁신에 친화적인 영주들과 새로운 사업을 장려하는 열정적인 사업가들이 있었다.

정부는 상업과 통상을 장려하였지만 많은 간섭과 제한을 하지 않았다. 미숙련공들은 발달된 산업에서 일할 수 있었는데, 그것은 재능 있는 공동 관리의 기술자들(직업 길드 소속 노동자)에 의하여 즉, 그들은 유럽대륙의 동료들(직업 길드 소속 노동자)과는 달리, 길드제한에 의해서 족쇄를 채우지 않았기 때문이다.

무엇보다도 산업혁명이 영국에서 일어난 유력한 이유 중 하나는 혁신에 필요한 유용한 지식에 접근하는 비용이 낮았다는 것이다. 기초과학 수준은 영국이 프랑스에 비해 높지 않았지만, 대신에 산업현장에서 필요한 기계를 만들고 설치, 개량하는 면에 있어서는 영국이 훨씬 강했다. 즉, 기술자, 과학자, 숙련 노동자들이 기업가들과 협업을 하고 함께 고민하고 문제를 해결하는 과정이 매우 자유로웠다는 것이다. 당시 이름은 달랐지만 Lunar Society와 같은 신분사회를 타파한 과학기술자 모임이 영국 산업혁명의 주도자들이었다. 이들은 자신의 분야에서 자발적으로 기술과 과학의 실험을 하였으며, 이를 바탕으로 사업의 모험정신을 발휘하였다.

### 3. 루나협회(Lunar Society)/엔진 발명가로서의 주변의 기술 및 사회 환경

영국은 뉴턴(1642-1727)의 '원리'로 인해 과학이 세상만물을 이해하는 데에 아주 큰 힘이 된다는 사실이 입증되었지만, 과학이 인간의 물질적 복지를 촉진시키기 위해 사용될 수 있다는 베이컨(1561-1626)의 생각을 확인하는 일은 18세기 말과 19세기 과학자들의 몫이었다. 이러한 일은 런던 왕립 학회나, 과학이나 문학관련 소규모 모임인 지역협회에 의해 수행되었다. 여러 지방조직 중에서 와트와 볼턴이 속한 버밍햄의 루나협회(Lunar Society of Birmingham)는 매우 활발한 집단 중의 하나였다. 이들은 과학적 방법과 지식의 중요성을 올바로 평가하였으며 과학의 산업화와 대중화에 관심을 가졌다. 실제로 이러한 협회가 준비하여 개최한 과학에 관한 대중 강연은 학교나 대학에서 과학이 별로 교육되지 않았던 시기에 과학교육의 역할을 상당히 수행하였다. 사람은 흔히 사귀고 있는 친구나, 즐겨 읽는 책으로 알 수 있다. 이러한 관점에서 와트의 교우관계나 관심 있는 전공분야에 관하여 살펴볼 필요가 있다. 그 당시 과학의 진보를 바라는 신사들의 모임인 루나협회(Lunar Society of Birmingham)의 개요, 운영 방법과 핵심 회원들의 R & D 활동을 살펴보면 다음과 같다.

## 가. Lunar Society 개요

이 협회는 1750년경부터 1790년 언저리까지 지속되었다. 세월의 흐름에 따라 회원은 한 두 사람씩 차츰 차츰 줄어들었다. Dr. Priestley는 미국으로 이민을 갔고, Dr. Whithering, Josiah Wedgwood, 그리고 Dr. Darwin은 18세기가 끝나기 전에 사망하였다. 그들 없이는 Lunar Society의 일상적인 모임은 더 이상 유지 되지 못하였다. 회합과 관련된 모임은, 친구를 잃어버린 몇몇의 생존자들의 질질끄는 모습을 생각나기도 하고, 그래서 협회의 생기를 유지하는 것이 매우 어렵고 고통스러운 것이 되었고, 회원은 점점 더 줄어들어 소멸하였다.

그러나 Lunar Society의 정신은 죽지 않았다. 이 모임의 정신은 탐구심을 자극하고, 영향력에 있는 사람들의 지식에 대한 열정을 가속화시키고, 이 정신은 모든 방면에서 스스로 확산되고 전파되었다. 1809년 Leonard Horner는 Soho제작소를 방문하여 Lunar Society의 계속된 도덕적(?) 영향에 대하여 다음과 같이 언급하였다.

“Lunar Society의 유산은, 그 회원들에 있어서 뛰어난 사람들의 신선한 추억들은 아주 흥미롭다. 그들이 만들어 놓은 이미지는 아직 소멸되지 않았으며 제 2대, 3대에 걸쳐서 과학적 호기심과 자유로운 탐구정신에서 그 자체의 정체성을 드러내고 있다.” 이러한 도전적 정신은 종교적인 측면에서 감리교나, 정치적인 측면에서 토리당(Tory party; 17세기부터 19세기까지 영국의 Whigs party와 대립했던 보수당)이나, 개인감정의 호불호와의 복잡한 결합에서 아직 상충되는 목소리를 내고 있는 경우가 있다.

## 나. Lunar Society 운영 방법

이 협회가 루나협회라고 불리는 까닭은 어두운 밤이 되어서도 한 달에 한번 만나는 모임이 보름달에 가장 가까운 월요일을 골라 모였기 때문이다. 이 때 자유롭게 자신들의 친구들을 데려 올 수 있었다. 그리고 회합장소는 회원의 집에서 돌아가면서 열었다.

이와 함께 루나협회는 오랫동안 개별적으로 활동해 왔던 과학기술자와 기술자의 인적 연결이 이루어 질 수 있는 매개물로 작용하였다. 즉, 과학자와 기술자의 교류가 빈번해지면서 이질적인 두 집단이 서로의 문제를 실질적으로 이해하면서 상당한 동질성을 갖게 되었다는 것이다.

1766년경의 루나 협회의 주요 회원은 다음과 같으며, 마치 18세기 영국의 명사록과 비슷할 정도로 수준을 보여주고 있다.

에라스무스 다윈(Erasmus Darwin)은 진화론을 정리한 Charles Robert Darwin의 할아버지이고, 도자기 산업을 일으킨 웨지우드(Josiah Wedgwood), 당대 최고 천문학자인 윌리엄 허셜(William Herschel), Dr. Small, Mr. Keir, Thomas Day, R. Lovell Edgewood, Samuel Galton, Dr. Withering, Baskerville the printer, 그리고 증기기관의 발명에 1등 공신인 와트와 불턴등이 있었다. 이들은 모두 ‘열’에 관심이 많았다. 이들은 당시엔 유명

한 학자들은 아니었지만 서로 다른 사람들이 모여 친구가 되어 생각을 나누었다. 당시 영국은 신분사회가 엄격했지만 이들은 계급과 계층을 넘어 자유롭게 자신들의 의견을 교환하였다. 하는 일도 다르고 배움의 정도도 다른 이들이 모이게 된 건 과학이라는 공통관심사가 존재하였던 것이다. 이들은 과학과 기술을 이용하여 돈을 버는 방법을 고민하였고 볼턴과 와트의 증기기관도 이러한 사고에서 출발하였다. 당시 협회에서 상호간에 토의된 회의 내용 중 하나를 소개하면 다음과 같다. Lunar Society에서의 논의되는 주제는 화학분야 뿐만 아니라 그때그때 참석자의 전공분야에 따라서 유연하게 결정된다. 1782년 가을, 존경받는 Smeaton은 운하사업으로 버밍햄에 있을 때에 초대를 받았는데, 이 모임은 와트의 자택에서 열렸다. 와트는 이 날의 모임에 관하여, 볼턴(모임 시, 런던에 있었음)에게 편지를 다음과 같은 내용으로 보냈다. “그는 나이가 들었고, 보기 보다는 말 수가 많고, 명랑하며 좋은 느낌을 주는 인상이다. 그는 월요일에 우리 집에서 열리는 철학자의 회합에 참석하였으며, 회전 물체에 관한 연구보고서를 접수하여 논의 하였는데, 그가 만든 몇 가지는 새로운 것이었으며, 불행하게도 Dr. Moys의 결과와 일치하지 않은 것이었다.

### Ⅲ. 맺는 말

이 연구에서 와트의 교육환경과 그의 성장과정 그리고 엔진의 개발과정을 살펴봄과 동시에 연구·개발의 인프라 등에 관한 환경을 조사한 결과 다음과 같은 결과와 시사점을 얻었다.

첫째, 와트의 부모는 아들인 와트가 일찍부터, 기계장치 등의 만들기 영역에 흥미와 태도를 보여 준 것을 인식하고, 이 분야에 더욱 정진하여 심화시킬 수 있도록 격려하여 주었다. 11세 된 와트는 그리녹 문법학교에 입학하였으나, 수학과 손재주는 뛰어났으나 문과에는 그다지 재주를 보이지 않았던 와트에게, 와트의 부모는 학업성적 향상에 관하여 무리하게 진로지도로 하지 않았다는 것이다. 오히려, 아버지의 작업장은 항상 개방적이어서 와트에게는 삶의 보람을 확인할 수 있는 장소로 사용되었다는 점은 눈여겨 볼 대목이다.

둘째, 17세 된 와트는 “도구제작의 달인”이 되기 위하여, 고향을 떠나 친척이 살고 있는 대도시 글라스고우로 간다. 여기에서 와트는 학문을 연구하는 글라스고우대학교 인연을 맺기 시작하여 ‘산학협동’의 사례를 남긴다. 그 후 시계길드에서 도제훈련을 받기 위해 런던으로 가서 1년 만에 마치고 20세에 글라스고 대학교로 돌아온다. 이러한 교육과정은 부모의 막대한 물질 및 정신적 후원이 있었음을 의미한다. 이러한 관점은 우리나라의 부모가 자신의 자녀들의 진로지도에 매우 유념할 부문이라고 본다.

부끄러운 사실이지만, 우리의 경우 자녀의 나이가 30이 돼서야, 자녀의 능력을 파악

하고 진로를 포기 내지는 수정하는 경우가 결코 적지 않다는 것이다. 중용의 첫 문장인 “天命之謂性, 率性之謂道”[하늘이 명하는 것을 性(nature)이라 하고, 性を 따르는 것을 도(truth)라 한다].

진로지도 원리는 간단하다고 본다. 즉, 태어날 때 가지고 있는 것(nature), 즉 자녀가 좋아하고 잘하는 분야를 도와주어서, 자녀의 뜻을 마음껏 날개를 펼쳐 희망하는 곳으로 날아가게 하여, 나름대로의 등지를 만들게 하는 것이다.

셋째, 새로운 시대를 연다는 것은, Lunar Society와 같은 새로운 사고방식의 모임이 필요하다는 것이다. 당시의 영국 사회질서의 근간을 이루는 ‘신분사회’를 뛰어 넘어 과학 기술을 다루었다는 것이다. 회원들은 각자 자신들의 관심분야의 R & D를 가지고 연구 과정이나 결과에 관하여 의견교환을 함으로써 학제적 효과를 얻었다는 것이다. 와트의 증기기관의 탄생 과정에서 주목할 만한 것은 발명이나 개발은 관련된 다양한 학문 지식과 기술이 동시에 제공되었기에 가능했다는 것이다. 즉, 요즈음의 표현으로 긴밀하며 동등한 학제적 수준에서 이루어졌다.

특히, 사업가인 볼턴과 같이 기술을 충분히 이해하고, 그것의 잠재성을 예측하여 증기기관의 R & D 경비를 부담하는 경영의 귀재, 기술자체를 즐기고 연구하는 ‘기술의 달인’으로 분업과 협업이 성공의 관건이 되었다는 것이다.

넷째, 모든 일은 사람에 의해서 계획되고 진행되고 마침내 이루어진다. 1차 산업혁명도 이 과정을 통하여 이루어졌다. 와트의 증기기관은 학제적 관점에서는 학문 상호간의 협조와 보완을 바탕으로 기관에 대한 이해가 이루어졌고, 엔진 제작의 이론과 기능의 협조는 과학자, 기술자, 숙련공이 상호 의사소통을 자유롭게 수행 하는 바탕에서 이루어졌다는 점이다. 민간 주도인 거대한 프로젝트인 증기기관을 만드는 데에 있어서, 보이지 않는 많은 부분과 실제 현장에서 움직이는 보이는 부분이 호흡을 같이 하여 이루어 낸 역사적 기념비적 팀웍(team work)의 결과물이었다.

## 참 고 문 헌

- 김동광 역(2011), **마이클 에이더스 저, 기계, 인간의 척도가 되다**, 서울: 산치럼.
- 도현신(2011), **전쟁이 발명한 과학기술의 역사**, 서울:시대의 창.
- 류창열(2000), **에피소드로 보는 발명의 역사**, 서울:성안당.
- 박광덕 역(1996), **자크루엘 저, 기술의 역사**, 서울:한울.
- 송성수(2015), **한 권으로 보는 인물과학사**, 서울:북스 힐.
- 장병주(1991), **과학과 기술의 역사**, 서울:동명사.
- 조선일보(2017. 4. 25), **기자수첩, 4차 산업혁명의 책임자라는 대통령후보들의空約**
- 최준섭(2017), **Watt의 증기기관 개발에의 통합적 접근, 지속가능발전교육 세미나**, 제주대학교  
(2017. 1. 9-10), pp. 121-125.
- 笠原一男 外 3人(1965), **詳説 日本史研究**, 山川出版社, 288.
- De Camp, L. S. (1960), *The ancient engineers*, Barns & Noble Books.
- Garcia, J. et al. (2002), *Creating America, a history of the United States*, McDougal Littel.
- King, M. L. (2000), *Western civilization, a social and cultural history*, New Jersey: Prentice Hall.
- McClellan III, J. E., and Dorn H. (2006), *Science and technology in world history*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Mitcham C. (1994), *Thinking through technology*, The University of Chicago Press.
- Smiles, S. (1865), *Lives of engineers, Boulton and Watt*. London: Murray.
- Whitehead, A. L. (1929), *The aims of education*, New York: New American Library.

## <ABSTRACT>

# Watt, Who is he?

Jun-Seop Choi\*, Jae-Young Yu\*\*, Mee-Ga Im\*\*\*

This research paper is to examine James Watt who led the 1st industrial revolution successfully. His great work was called monumental achievement in the human history of civilization.

Here, we looked over the Watts' educational environment during his infant, juvenile, and adolescence period and also, his learning attitude about his own field through literature review. The basic infra of soft and hard wares for the industrial revolution through the process of R & D on new developing steam engine resulted from the very industrial revolution and its R & D environment were to be investigated. The useful information and knowledge from this process of the research are able to give an appropriate educational guidance to bring up the development of creativity in schooling systems. And also a lesson from the past could be used to provide the desirable direction for the 4th industrial revolution which is just begun to start now. The main results from this study are as follows;

First, Watts' parents positively guided him onto the technology of manual field because they recognized their son was interested in technology field. The parents' attitude stimulated and guided his sons' self-development, had been equal to the aims of education.

Second, Watt made a chance of making friendships with professors of Glasgow University. He spontaneously had done self-directed learning for getting knowledge and technology, and thus he became an expert of practical engineer and theorist.

Third, the Lunar society, which was jumping over one's social position in their society of the 18th century through new thinking way, leading new ages had been very good R & D social infra for Watt to open and connect new advanced level of science and technology in his age. This society provided a study environment fields for their members to exchange their ideas of scientific curiosity and freely inquiry, technology informations. They had discussed and understood the issues to be occurred in their own fields and accumulated necessary knowledge for problem-solving, respectively. Such as this R & D system environment will be also

---

\* Correspondence: Professor, Korea National University of Education, choijs@knue.ac

\*\* Correspondence: Teacher, Daeho Middle School, 3pmx018@hanmail.net

\*\*\* Graduate Student, Korea National University of Education, ssalzzyp@hanmail.net

considered in the modern research group.

Fourth, the entrepreneur such as Boulton, who understand technology and grasp its value in future, is needed. The system of 'grue of management' will support the researcher with financial support, which is necessary in R & D. And the researcher like Watt who takes pleasure in technology itself and study eagerly in his field without financial problems, that is, 'grue of technical expert' is essential when leading to success in the industrial revolution.

**Key words: Watt, career guidance, R & D, industrial revolution**