



마이클 패러데이와 전자기 유도 현상

윤 명 중

(KAIST 전자 및 전산학과 교수)

3월 말 어느 날 전력전자학회로부터 학회지의 사이언스 에세이(Science Essay)에 들어갈 글에 대한 원고 청탁을 받았다. 원고 청탁 시 학회로부터 받은 청탁 요지는 다음과 같았다. 첫째 사이언스 에세이를 적어달라는 내용이었다. '이거야 문제 될 것 없지' 하고 생각했다. 그런데 두 번째 요구사항이 문제였다. 두 번째 요구사항은 과학기술과 관련된 재미있는 주제를 설정해 달라는 요구였다. 거기다가 다음의 요구사항은 비전공자를 포함한 일반회원들이 쉽게 이해할 수 있도록 글을 적어달라는 요구였다. 난 원고 청탁 메일을 받고 여러 날 고민을 했다. 아니 재미없는 과학기술의 내용을 재미있게 적어달라는 요구도 기가 막힐뿐더러 거기다가 비전공자가 쉽게 이해할 수 있게 해 달라니, 며칠을 고민하다 이런 요구에 맞춘 글쓰기를 포기하기로 마음먹었다. 내게 세상살이와 관련된 잡학(雜學)이나 또는 당구와 골프 같은 운동 기술(運動技術)에 관한 재미있는 이야기를 들려달라는 요구는 부담 없이 재미있는 이야기들을 들려주며 응답해 줄 수 있지만, 과학기술과 관련된 재미있는 주제를 설정하여 쉽게 이해할 수 있도록 에세이를 적어달라는 요구는 다소 무리한 요구라는 생각이 들었다. 그것도 비전공자를 포함한 일반회원들이 쉽게 이해할 수 있도록 해설해 달라니...

그렇게 글에 대한 부담으로 몇 날을 보내는 중, 나는 교류 송전 시스템 구축 배경과 관련된 이야기에 대해서 글을 쓰기로 마음을 먹었다. 현재와 같이 교류 전압 발전(發電) 및 송전(送電) 시스템이 구축되게 된 배경에 대해서 글을 쓰면 다소 재미있으리라고 생각을 하게 되었기 때문이었다. 에디슨(Thomas Alva Edison)을 중심으로 한 직류 전압 송전을 고집하던 추과 테슬라(Nikola Tesla)와 웨스팅하우스(George Westinghouse)를 중심으로 한 교류 전압 송전 방식을 고집하던 추 간의 발전과 송전 시스템을 둘러싼 갈

등의 이야기에 대해서 적으려고 마음을 먹었으나, 2003년 6월호에 실린 홍순찬 교수의 글을 기억해내고는 이내 때가 조금 늦었음을 깨닫고 그 주제에 관한 글쓰기를 포기했다. 그리고 글의 주제를 놓고 또 고민하길 며칠, 결국은 재미 없는 글이라도 써야 되겠다는 생각을 굳히니 마음이 다소 평안해졌다. 그리고 재미는 없지만 의미 있는 과학 이야기의 주제를 찾다가 현재의 전기(電氣) 문명이 있게끔 한, 위대한 과학자들과 관련된 발견 이야기에 대해 쓰기로 하고는, 바로 마이클 패러데이(Michael Faraday)에 대해서 글을 쓰기로 마음을 먹었다.

이 글에서는 마이클 패러데이의 전자기 유도 현상(電磁氣誘導現象)이 발견되기까지의 전기학과 자기학의 발달 과정을 간략히 소개하고 패러데이의 전자기 유도 현상 발견 과정과 발견의 의미에 대해서 간략히 적기로 한다. 패러데이는 19세기 최고의 실험 물리학자로 "전자기학의 아버지"라고 불리우기도 하는 위대한 실험 물리학자이었고, 또 그의 발견이 현대 전기문명(電氣文明) 태동(胎動)의 초석(礎石)이 되었으므로, 패러데이에 대한 글을 쓰게 되면 재미없는 이야기지만 일반회원들의 관심을 조금이나마 끌 수 있으리라 기대하기 때문이었다.

1. 전자기 유도 현상의 발견이 있기까지...

현대의 전자기학(電磁氣學)은 16세기 윌리엄 길버트(William Gilbert)의 "자석에 관하여(De Magnete)"라는 책에서부터 비롯 되었다고 할 수 있다⁽¹⁾. 그 전까지는 전기와 자기를 이용한 마술이나 흥미 위주의 초보적인 실험들은 종종 행해졌으나, 학문으로서 깊이 있는 연구는 이루어지지 않았다. 고대 그리스인들은 호박만이 전기를 띠고 있다고 생각했지만, 길버트는 전기의 성질은 호박 이외에도 유리,

수정, 유황 등 자연에 존재하는 여러 가지 물질도 마찰하면 전기를 띠는 것을 알아냈다. 또한 전기력과 자기력은 전혀 다른 성질의 것이라는 것도 알아내었다. 자기력은 자석이나 금속에 작용하고 방향성을 가지고 있지만, 전기력은 다양한 물질에 작용하며 방향성을 가지고 있지 않다고 생각하였다²⁾. 17세기 들어서 전기와 관련 여러 연구들이 시작되었는데, 이때 전기를 발생시키기 위해 사용된 기기가 마찰 기전기(起電機)라는 것이다. 이는 유리 원통에 핸들(handle)을 장착하고 명주 천으로 이 유리 원통을 살짝 누르는 구조로 되어있어서, 기전기의 핸들을 돌리면 유리 원통이 회전하고 명주 천과의 마찰에 의해서 전기가 발생될 수 있도록 하였다³⁾. 당시에 발명된 또 하나의 중요한 전기 장치는 라이덴 대학의 뤼센브루크(Pieter van Musschenbroek) 교수에 의해 만들어진 라이덴 병이라는 것으로, 전기를 저장할 수 있도록 고안된 것이었다. 이 병은 대전된 물체를 가만히 방치해두면 방전을 하기 때문에 대전된 물체를 절연체로 완전히 둘러싸면 대전된 전하의 손실을 막을 수 있다는 생각에 의해 만들어 졌고, 이 라이덴 병을 이용하여 전기를 충전하고 방전하는 여러 가지 많은 실험들이 이루어졌다. 이 실험들 가운데 가장 유명한 실험은 미국의 저명한 과학자이자 정치가인 벤자민 프랭클린(Benjamin Franklin)에 의해 행해졌으며, 이 실험을 통해서 번개도 전기의 한 형태라는 것이 증명되었다. 그렇지만 이 때까지는 기전기나 라이덴 병을 이용하여 순간적인 전기의 흐름 밖에 얻지 못하였다.

그러던 것이 1799년 볼타(Alessandro Guiseppe Antonio Anastasio Volta)에 의해 서로 다른 두 금속을 이용한 금속 전지가 발명되면서, 그 전까지와는 달리 전기를 연속적으로 흐를 수 있도록 할 수 있었다. 1820년 코펜하겐 대학의 물리학 교수 외르스테드(Hans Christian Oersted)는 이 볼타 전지를 이용하여 전선에 전류를 흘리는 실험을 행하여, 전류가 흐를 때 나침반의 자침이 움직이는 현상을 발견하였다. 이 발견은 그 때까지 전기와 자기는 별개의 현상이라고 알고 있었던 사실을 뒤엎는 획기적인 발견이었다. 외르스테드가 이 현상을 발견하기 전에도 몇몇 사람들이 전기와 자기가 서로 관련이 있지 않을까 하는 생각을 가지고 있었으나, 그 증거를 찾기는 쉽지 않았다. 그 당시까지 알려져 있던 힘인 중력, 전기력, 자기력 등은 항상 일직선 상에서 인력 또는 척력으로 작용한다고 생각하였으므로, 외르스테드를 제외한 나머지의 보통 사람들은 아마도 전류가 흐르는 전선의 높기와 자침의 높이를 같이 하여 실험을 했었을 것이다. 만약 외르스테드도 전선과 자침의 높이를 같이 했다면 자침은 회전하지 않았을 것이다. 그러나 외르스테드는 자침과 전류가 흐르는 전선의 높이를 달리하여 실험을 하였고 그 실험의 결과 자석의 움직임을 관측할 수

있었을 것이다.

같은해 장 밥티스트 비오(Jean-Baptiste Biot) 와 펠릭스 사바르(Felix Savart) 가 전류가 흐르는 도선 주위에 발생하는 자기장의 세기를 계산한 비오-사바르의 법칙을 발견하고, 앙페르(Andre Marie Ampere)는 전류가 흐르는 방향으로 나사가 진행하도록 나사를 조이면 나사를 돌리는 방향으로 자기장이 생기는 현상인 오른 나사의 법칙을 밝혀냈다.

2. 전자기 유도 현상의 발견

패러데이는 1831년 그 유명한 전자기 유도 현상을 발견하였다. 보통 위대한 발견은 우연히 이루어진다는 말을 많이 하는데 일반적으로 그것은 사실이다. 그러나 필자는 패러데이에의한 전자기 유도 현상 발견은 결코 우연히 이루어진 것이 아니라고 생각한다. 자석이 자기를 발생시켜 그 곁에 있는 쇠조각에 영향을 미치는 것은 그 전부터 알고 있었다. 또한 전하가 그 부근에 반대극성을 가지는 전하를 유기하는 정전 유도 작용을 한다는 것도 알려진 사실이었다. 패러데이는 전류 역시 이러한 유도 작용을 할 것이라고 생각하고 1822년경부터 이에 대한 효과를 찾기 시작하였으니, 전자기 유도 현상을 발견하기까지는 9년의 시간이 필요했던 것이다¹²⁾.

전자기 유도 실험은 크게 두 가지의 실험이었는데, 그 첫 번째가 전류의 접속과 차단에 의한 전자기 유도 현상이었고 두 번째가 자석의 운동에 의한 전자기 유도 현상이었다¹⁴⁾. 이 전자기 유도 현상을 실험하기 위해 패러데이는 그림 1과 같이 실험 장치를 꾸몄고, 1차측 전류에 의한 자기로부터 2차측 전류를 만드는 시험을 반복하였다. 1차측 코일에는 전지를 접속하고, 2차측 코일은 그림과 같이 폐회로(閉回路)를 만든 후, 2차측 코일 근방(近防)에 자침을 설치하여 자침의 움직임으로부터 2차측 전류를 관측할 수 있도록 하였다. 그러나 아마도 2차측에서 전류를 관측하기는 쉽지 않았을 것이다. 왜냐하면 지금이야 1차측 전류의 변화가 있어야

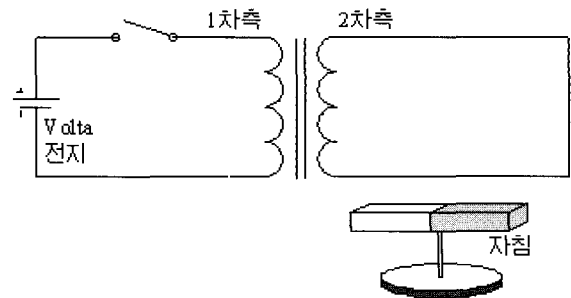


그림 1 접속과 차단에 의한 전자기 유도 실험

2차측에 전류를 유도할 수 있다는 사실을 전기 관련 지식의 조금이라도 있는 사람은 누구나 알고 있지만, 이 당시에는 2차측 전류를 유도하기 위해 1차측 전류의 변화가 필요하리라 생각하기는 쉽지 않았을 것이기 때문이다. 아마도 패러데이는 계속된 반복 실험 속에서, 전지를 1차측 권선에 연결할 때와 떼어낼 때 발생하는 자침의 미세한 움직임을 포착하였을 것이다. 바로 그의 예리한 관찰력이 미세한 자침의 움직임도 놓치도록 내버려 두지 않았을 것이다. 위대한 발견은 우연히 이루어지는 경우가 많이 있으나, 위대한 발견을 낳는 발견자는 결코 우연으로 선택되지 않음을 우리는 과학의 역사를 통해서 많은 예들을 보아왔으며, 패러데이의 전자기 유도 현상의 발견에서도 예외는 아니다.

이 전자기 유도 현상이 발견됨으로써 말미암아 지금 현재 우리가 사용하고 있는 전기를 이용한 문명이 꽃을 피울 수 있었다고 해도 과언(過言)이 아니다. 외르크스테드가 발견한 현상이 전동기의 원리라면 패러데이가 발견한 현상은 발전기의 기본 원리이다. 패러데이가 이 원리를 발견함으로써 현재 우리가 누리고 있는 전기(電氣) 문명이 태동할 수 있었고, 이때까지의 증기 동력(蒸氣動力)을 전기 동력(電氣動力)으로 변화 발전시키는 계기가 되었으며 오늘날과 같은 자본주의 문명을 꽃피울 수 있게 되었다.

3. 마이클 패러데이

맥스웰(James Clerk Maxwell)은 패러데이에 대해 “패러데이가 수학자가 아니었다는 것은 아마도 과학에 있어서 큰 행운이었을 것이다.”라고 했다^[6]. 그 말은 수학을 잘 알았다면 중요한 발견이 이루어지지 못했을 것이라는 의미보다는 위대한 과학적 발견을 위해서는 수학적 지식도 중요하지만 풍부한 상상력이 더욱 중요하다고 해석하면 어떨까? 그럼 수학을 잘 모르고 있었던 패러데이는 전자기 현상을 어떻게 설명하였을까? 그는 우리가 현재 전자기학 책에서 자주 접하는 역선(力線)의 개념을 사용하여 전자기 현상을 설명하였다. 그의 머리 속에는 보이는 현상 속에 숨어 있는 보이지 않는 현상들을 상상하여 설명할 수 있는 많은 과학적 이미지들이 있었던 것 같다. 이런 패러데이는 과연 어떤 사람이었고 어떤 환경 속에서 자란 사람이기에 이런 위대한 발견을 하게 되었을까?

패러데이는 그 당시의 여러 다른 학자들과는 달리 과학자로서 성장할 수 있는 배경을 가지지 못했었다고 한다. 그는 영국 썬레이(Surrey) 지방의 작은 시골 마을에서 대장장이의 아들로 태어났으며, 이로 인해 배움의 기회가 많지 않았다. 패러데이가 돈을 벌기 위해 12세에 취직을 하여 생계를 꾸려나가게 되는데, 그가 이때 취직한 곳은 인쇄된 책을 제본하여 판매하는 서점이었다. 그가 서점에 취직함으로써

많은 책들을 접하고 읽을 수 있었다. 또한 서점 주인은 그가 좋아하는 책들을 볼 수 있도록 배려 했다고 한다. 그 서점에 취직한 것은 그의 인생에 있어서, 아니 우리 후대사람들에게 있어서 큰 행운이었을 것이다. 그 당시 서점 주인의 배려가 없었다면 패러데이라는 위대한 인물을 역사 속에서 만나기 쉽지 않았을 것이다. 하여튼 그는 많은 책을 읽고, 백과사전과 계몽서를 특히 좋아했다고 하는데, 그 중 가장 좋아했던 책은 마셋부인의 “화학에 관한 회화(Conversations on Chemistry)”라는 책으로 그 당시 화학 교과서로 사용되던 책이었다고 한다. 서점에서 업무로 바쁘면서도 패러데이는 이 책에 나와있는 내용들을 실험을 통해서 확인해 보기를 즐겨 했던 모양이다.

그러다 그가 20세가 되던 해에 또 다른 행운이 찾아왔다. 바로 그 당시 화학자로 그리고 왕립학회 회원으로서 유명한 화학자 험프리 데이비(Humphry Davy)의 강연을 들을 수 있는 기회가 주어진 것이었다. 험프리 데이비의 4연속 강의를 열심히 들은 패러데이는 강연 내용을 꼼꼼히 기록하여 두었다가, 그것을 정리하여 데이비에게 보내게 되고, 이 기록된 내용을 보고 데이비는 패러데이의 치밀함과 이해력에 감동 받아 그를 자신의 조수로 채용하게 된다. 드디어 시골 출신 평민이 화려한 런던의 한 가운데 입성하여 자신의 감추어진 과학적 재능을 발휘할 수 있는 기회가 주어진 것이다. 이 때부터 그는 지칠 줄 모르는 과학에 대한 열정으로 많은 연구 결과를 내놓고 발표하게 되는데, 이 중 대표적인 것이 전자기 회절의 실험, 자기력에 의해 회전하는 전동기, 그리고 마침내 전자기 유도 현상을 발견하게 된다. 그 외에도 전기분해에 관한 현상을 발견하였고 전자장론의 기초를 놓았으며, 많은 실험적인 연구 결과를 발표하였다. 그의 이러한 화려한 과학적 연구 성과에도 불구하고 그는 마지막까지 경제적인 성공을 추구하지는 않았다.

그의 발견은 패러데이가 사망하기 3년전 맥스웰이라는 위대한 수학자에 의해 맥스웰 방정식으로 정리가 되었고, 1855년 “패러데이의 역선에 관하여”라는 논문으로 발표되었다. 패러데이와 맥스웰의 발견을 기초로 전기 응용에 대한 폭 넓은 연구가 활발히 이루어졌고, 와일드(Henry Wilde), 휘트스톤(Charles Wheatstone), 그리고 지멘스(E. W. von Siemens)로 이어지면서 현실적으로 사용 가능한 발전기의 발명을 가져왔다. 이 발전기는 모두 직류기 형태를 가지고 있었으나, 마침내 테슬라에 의해 교류 발전기가 발명되면서 현재와 같은 교류 발전 및 송전(送電)시스템이 가능하게 되었고, 전기 에너지를 원거리까지 보낼 수 있게 됨으로써 오늘날과 같은 전기 문명을 가져오게 되는 초석(礎石)이 되었다.

패러데이의 발견과 같이 위대한 발견은 언제나 남다른 사고의 유연성이 자리하고 있다. 패러데이는 보통 다른 학자


들처럼 기지(既知)의 사실들을 무조건 믿거나 따르기보다는, 남다른 창의적인 생각으로 알려진 물리적 현상이나 예상외의 실험 결과들을 새로운 시각으로 바라보는 탁월한 관찰력과 통찰력이 있었다. 그는 일생 동안 많은 연구 업적을 남겼으나 대부분 실험적 연구에 의한 것이었으며, 그의 연구에 대한 사상적 특징을 살펴보면 다음과 같다¹⁾.

첫째, 자연의 단순성에 대한 깊은 신념과 실험결과에 대한 강한 신뢰

둘째, 실험의 기초를 이루는 직관적이고 철학적인 상상과 정밀하고 탁월한 실험 기술

셋째, 예상과 다른 실험 결과에 대한 자유롭고 끈질긴 비판과 재해석 및 새롭고 다양한 실험 방식의 추구

넷째, 장기간의 연구를 통한 체계적 및 연역적 확장의 노력 등을 들 수 있다.

우리도 많은 시간들을 자신의 실험실에서 보낼 때가 종종 있다 그리고 실험결과가 우리가 예상한대로 되지 않을 때 힘들어하고 지쳐버려 중요한 결과를 가져올지도 모르는 연구를 포기하려고 한 경험은 한번쯤은 해보았을 것이다. 우리가 그런 생각이 들 때 마다 패러데이의 끈질긴 탐구와 지칠 줄 모르는 실험적 연구를 통하여 이룩한 위대한 발견을 기억하고, 항상 실패를 두려워하지 않는 긍정적인 사고를 지니면서, 더욱 연구개발에 정진하길 바라마지 않는다. 

참 고 문 헌

- [1] 박익수 “과학기술의 사회사, 동력사적 입장에서”, 도서출판 진한도서, pp. 355-371, 1995.
- [2] S. F. 메이슨 저, 박성래역, “과학의 역사”, 부림출판사, pp. 553-566, 1981.
- [3] A. 셋클리프, A. P. D. 셋클리프 저, 정연태 역, “과학사의 뒷얘기 II, 물리학”, 현대과학신서 pp. 110-121, 1973.
- [4] 김정흠의 “세계 자연과학사 대계 XI, 19세기 과학 II”, 한국과학기술진흥재단, pp. 168-232, 1988.
- [5] 후쿠시마 하지메 저, 손영수 역, “전자기학의 ABC”, 전파과학사, pp. 120-135, 1988.

〈 저 자 소 개 〉



윤명중(尹明重)

1946년 11월 26일생. 1970년 서울대 공업교육과 졸업. 1974년 미국 University of Missouri-Columbia 전기공학과 졸업(석사). 1978년 동대학원 졸업(박사). 1978년~83년 General Electric사 책임연구원. 1983년~현재 한국과학기술원 전자전산학과 교수. 1999년 당 학회 회장 역임.