

# 잠(John A. Zahm)의 『소리와 음악』(Sound and Music)에서 시범 실험의 교육적 기능들\*

구 자 현\*\*

## ■ 목 차 ■

I. 머리말	5. 유비를 통한 가설의 지지
II. 동기 분석: 버크의 5항목	6. 정량적 법칙의 근사적 입증
III. 과학 교육에서 시범 실험의 기능들	IV. 음악 교육에서 시범 실험의 기능들
1. 개념적 용어의 교습	1. 실천적 음악 지식의 전달
2. 과학적 명제의 교습과 증명	2. 이론적 음악 지식의 전달
3. 이론의 논박	V. 맺음말
4. 실험 방법의 전수	

## [초록]

노터데임 대학의 물리학 교수인 잠이 1892년에 출판한 『소리와 음악』은 대중과 음악 전공 학생들에게 음향학을 가르치는 교재이다. 그의 강의에서 가장 두드러진 특색은 광범위하고 적극적으로 시범 실험을 활용한 것이다. 이 논문은 버크의 5항목 방법을 사용함으로써 잠이 음악 음향학 강의에서 다양한 시범 실험을 채택한 주된 동기가 과학과 음악의 융합 교육을 추구하는 것임을 드러낸다. 이 논문은 잠의 시범 실험이 융합 교육에서 어떤 수사학적 기능을 담당하는지 예증한다. 과학 교육 측면에서 시범 실험은 개념적 용어의 제시, 과학적 명제의 교습과 증명, 실험 기술의 전수, 유비에 의한 가설의 지지, 정량적 법칙의 증명 등을 목적으로 제시된다. 시범 실험은 동시에 음악 교육 측면에서 음의 식별을 위한 실천적 지식과 더불어 음악적 원리 및 악기의 작동 원리에 대한 이론적 지식을 제공한다. 그러므로 이 책은 과학과 음악의 융합교육의 전범을 제공하여 오늘날 STEAM 융합 교육에서 활용될 요긴한 자료이다.

주제어: 과학, 음악, 융합, 잠, 시범 실험, 교육, 버크

\* 이 논문은 2015년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2015S1A3A2046771).

\*\* 영산대학교 자유전공학부 교수. flamingsword@hanmail.net

## I. 머리말

현대 사회에서 음악과 과학은 각각 감성과 이성이라는 별개의 인간 능력을 사용한다는 점에서 상반되는 성격을 갖는 분야로 여겨진다. 이렇게 이질적인 두 분야를 연결하여 교육하는 것은 인간의 능력을 새로운 차원에서 향상시킬 뿐 아니라 문제의 창조적 해결을 위한 돌파구를 마련한다는 점에서 교육적 가치가 크다. 사람이 음악을 들을 때 정념(passion)이 자극되는 이유를 과학적으로 이해하려고 노력하는 것은 흥미로운 과학적 탐구 활동일 뿐 아니라 음악을 심층적으로 이해한다는 점에서 음악 전문가들에게 도움을 줄 수 있다. 그런 목적에서 음악과 과학의 융합을 지향하는 음악 음향학(musical acoustics)이 탄생했다. 음악 음향학은 19세기 중반에 실험적 탐구와 수학적 탐구가 병행되는 과학 분야로 정립되었다. 이 분야에서 과학자들과 음악가들은 음악을 매개로 하여 음악 소리의 본성과 악기의 원리를 함께 탐구하게 되었다. 이러한 맥락에서 19세기 말에 음악 음향학은 음악가를 양성하는 고등 교육기관에서 정규 교과로 가르쳐지기 시작했다. 독일과 영국을 필두로 행해진 시도가 미국으로도 전파되었고 미국적 맥락에서 음악 음향학이 대학에서 가르쳐졌다. 미국에서의 음악 음향학 교육은 유럽처럼 음악가를 양성하는 목적에서 음향학을 취급한 것이 아니라 일반 학생과 음악 전공 학생에게 동시에 과학 교육과 음악 교육을 병행하는 융합적 교육 시도로 이루어지게 되었다. 이러한 시도 중에서 선구적이면서 모범적인 것이 1892년에 미국에서 출판된 저명한 음악 음향학 교재인 잠(John A. Zahm, 1851-1921)의 『소리와 음악』(*Sound and Music*)에 담겨 있다(Zahm, 1892). 노터데임 대학(Notre Dame University)의 물리학 교수였던 잠은 미국 가톨릭 대학에서 수행한 일련의 강의를 책으로 정리하였다. 이 음악 음향학 강의의 두드러진 특징은 시범 실험을 광범위하게 적극적으로 채용하고 있다는 점이다. 이전에 영국에서 음악 전공 학생을 위하여 출간된 브로드하우스(John Broadhouse)의 『음악 음향학』(*Musical Acoustics or The Phenomena of Sound as Connected with Music*)이나 해리스(T. F. Harris)의 『음향학 핸드북』(*Handbook of Acoustics for the Use of Musical Students*)조차도 강의

1. 분야에 따라서는 ‘과학 교육’이나 ‘음악 교육’이 초중등 과학 교육이나 음악 교육을 지칭하는 용어로 사용되기도 하나 이 논문에서는 대학 교육까지 포괄하는 일반적인 교육의 의미로 사용한다.

록을 토대로 집필된 모범적인 음향학 교재였지만 실험을 잠의 교재처럼 광범위하고 적극적으로 채용하지 않았다(Broadhouse, 1881; Harris, 1887). 잠이 유별나게 시범 실험을 적극적으로 채용한 것은 어떤 의미를 갖는 것인지 수사학적으로 분석해 볼 가치가 있다. 그것은 잠의 음악 음향학 교재에 나타난 시범 실험의 교육적 가치를 이해할 수 있는 길이기 때문이다.

과학을 수사학의 대상으로 삼고, 과학에서 활용되는 수사학을 연구하는 것이 1980년대부터 새로운 관심을 끌게 되었다. 처음에는 과학 정책처럼 과학과 관련을 맺는 과학 외적인 요소들의 수사학을 분석하는 것으로 과학 수사학이 시작되었다. 어떤 정책을 실행되게 하는 과정에서는 설득이 중요한 요소이고 그러한 설득의 다양한 요소를 분석하는 것을 과학 수사학으로 생각한 것이었다(Gross, 1994). 그렇지만 곧 과학적 저술, 즉 과학 논문이나 과학적 논저 등을 동료 과학자를 설득하는 과정으로 이해하면서 이러한 과학의 내용 자체를 수사학의 대상으로 삼기 시작했다. 이러한 관점은 과학 저술 자체가 과학적 과정이라는 신뢰할 만한 독특한 과정을 거쳐서 형성된 과학 지식을 담고 있다고 보는 관점을 배격하고 과학적 과정 자체를 수사학적 과정과 동일시함으로써 과학을 사실의 발견 과정이 아니라 설득 과정으로 이해할 것으로 주장한다. 캠벨(J. A. Campbell)은 다윈의 『종의 기원』(*Origin of Species*)과 미출판 노트북을 연구하여 다윈이 탁월한 수사가(rhetorician)임을 보였다(Campbell, 1990). 캠벨에 따르면 다윈은 자신의 주장이 독자 또는 가상의 독자에게 어떻게 받아들여질 것을 예상하여 그에 맞게 자신의 주장이 설득될 수 있도록 다양한 수단을 동원하였다. 베이저먼(Charles Bazerman)은 뉴턴(Isaac Newton)에서 콤프턴(Arthur Compton)까지 폭넓게 과학자들이 쓴 저술의 문체를 살폈다. 그는 뉴턴이 왜 최초의 광학 논문에서 독자를 설득하는 데 실패했고 나중에 그의 저술 『광학』(*Optik*)에서는 성공을 했는가를 분석했다. 이를 통해 베이저먼은 과학적 저술에서 설득이 그 중심에 있음을 피력했다(Bazerman, 1988). 또한 모스(Jean Dietz Moss)는 갈릴레오(Galileo Galilei)의 사회적, 지적 환경 안에서 갈릴레오의 경력 내내 여러 차례 수사학적 전략이 바뀐 것을 드러내었다(Gross, 2006, pp.8-9; Moss & Wallace, 2003). 이들 뿐 아니라 문학비평가, 인류학자, 철학자, 언어학자, 역사학자, 사회학자 등 다양한 분야에서 일하던 사람들이 과학에 대한 수사학적 접근을 시도하면서 과학 수사학은 그 저변과 범위가 크게 확장되었다. 근래에 국내에서도 19세기 음향학 관련 텍스트를 대

상으로 일반 수사학의 분석 방법을 적용한 연구가 이루어지고 있다(구자현, 2014b; 구자현, 2015). 그렇지만 여전히 다양한 과학적 저술에 20세기에 수사학에서 발전한 방법과 관점을 적용한 연구 실적은 미미하다.

이런 맥락에서 20세기에 수사학 분야에서 새롭게 개발된 다양한 방법과 개념을 과학적 의사소통에 접목시키려는 노력의 일환으로 이 연구는 잠의 『소리와 음악』을 분석 대상으로 삼고 현대 수사학에 독보적 공헌을 한 버크(Kenneth Burke)의 드라마티즘(dramatism), 특히 동기 분석을 위한 5항목 방법을 채용하여 일반 수사학의 방법을 과학적 텍스트에 적용하는 시범 사례를 삼고 이 분야의 연구의 부족을 채우는 데 일익을 담당하고자 한다.

이를 위하여 이 논문은 2장에서 버크의 5항목 방법이 요긴한 분석 도구임을 보일 것이다. 더 나아가서 잠의 『소리와 음악』에서 저자가 강의를 수행하면서 다양한 시범 실험을 적극적으로 채용한 동기가 과학과 음악을 융합시킨 교육을 수행하는 것이었음을 수사학적으로 분석해 낼 것이다. 이어서 3장과 4장에서는 저자가 『소리와 음악』에서 과학 교육과 음악 교육을 동시에 수행하는 목적을 달성하기 위해 시범 실험에 어떤 교육적 기능들을 부여했는지 분석할 것이다. 이를 통해 과학과 음악을 동시에 가르치는 음악 음향학 교재에서 시범 실험이 담당할 수 있는 교육적 기능의 다면성을 드러낼 것이다. 또한 이 탐구를 통해 시범 실험이 어떻게 음악 교육과 과학 교육의 융합을 매개할 수 있는지를 드러낼 것이다.

이 논문이 주목하고 분석 대상으로 삼는 것은 책이 아니라 강의이다. 강사와 청중이 직접 대면하고 문자언어가 아니라 구술언어로 소통하는 강의 현장을 수사학적 분석의 대상으로 삼는다. 이 강의 현장에서는 이러한 구술적 담론이 핵심적 역할을 하는 의사소통 상황에서 시범 실험이 자주 등장한다. 강사가 강의 중간 중간에 직접 수행하면서 청중에게 과정과 결과를 보여주는 시범 실험은 청중의 주의력을 귀에서 눈으로 옮겨 가게 한다. 그런 점에서 실험을 수행하는 동안 말은 가끔씩 중단되고 언어를 통한 의사소통은 파편화된다. 그러므로 말이 부드럽게 흘러가는 데 실험이 방해가 되고 강의 시간 동안 전달할 수 있는 정보는 줄어든다. 그런데도 강사가 매 강의 시간마다 몇 개씩의 실험을 보여주는 강의를 지속하는 것은 시범 실험이 강의의 목적을 달성하기 위한 수사학적 전략임을 보여준다. 시범 실험은 정보 전달의 효율을 높일 뿐

아니라 강사의 신념과 가치를 청중에게 설득하는 역할을 한다. 아리스토텔레스는 수사학의 목적을 설득에 두고 수사학은 “설득에 고유할 수 있는 것들을 사변적으로 발견해나가는 능력”이라고 했다(아리스토텔레스, 2007, p.58). 또한 웨이틀리(Richard Whately)는 수사학을 설득을 위한 말하기 기술로 보았다(Whately, 2009, p.6). 이런 점에서 잠이 설득의 목적에서 시범 실험을 동원해 융합적 교육을 실현할 수 있음을 여러 근거를 들어 뒷받침하는 것은 수사학적이다. 그러므로 그의 강의는 정보(지식) 전달과 더불어 가치의 설득을 둘 다 겨냥한다. 이 논문에서는 잠이 융합교육의 목적을 달성하기 위하여 시범 실험에 어떠한 교육적 기능을 부여할 수 있다고 보는지 분석하게 될 것이다.

## Ⅱ. 동기 분석: 버크의 5항목

버크의 드라마티즘은 텍스트의 담론 속에서 수행되는 상징 행동, 곧 인간의 의사소통을 수사학적으로 분석할 근거를 제공한다. 특히 그 중에서도 인간 행동의 심층적 동기를 분석하는 데 유용한 5항목 방법을 제시한다. 5항목 분석은 잠이 강의에서 시범 실험을 다양한 목적에서 동원하는 숨겨진 이유를 찾는 데 가장 적합한 방법이다. 사람은 어떤 행위의 동기를 명시적으로 언급하기도 하지만 그렇지 않은 경우도 있다. 어느 경우든지 행위자의 진정한 동기는 숨겨져 있을 수 있지만 5항목 분석은 숨겨진 동기를 다각적 분석을 통해 드러내 주는 방법이므로 동기 분석 방법으로 요긴하다.

버크의 드라마티즘은 인간의 세계가 연극 무대와 방불하다는 인식에서 비롯되었다(Foss, 2009, pp.355-357). 인간이 언어를 사용하는 것은 의미 작용이 개입하기 때문에 ‘행동’(action)에 해당한다. 인간은 동물의 움직임처럼 무의미한 ‘운동’(motion)을 수행하지 않고 목적과 의도를 가지고 움직임으로써 ‘행동’을 이어간다(Borchers, 2006, p.149). 이는 연극에서 배우의 동작과 말이 무의미하게 이루어지는 것이 하나도 없고 메시지를 전달하는 역할을 한다는 점과 유사하다. 상징을 사용하는 동물로서 인간은 세계를 무대로 경험한다. 버크에게 인간의 행동은 모두 상징적 의미를 갖는다. 그러한 행동의 의미는 동기(motive)에서 유래하고 동기는 5가지 요소로부터 이루어지므로 인간 행동

의 심층적 동기를 이해하려면 5항목(pentad)의 분석이 이루어져야 한다.

버크의 5항목이란 행위자(agent), 행위(act), 배경(scene), 수단(agency), 목적(purpose)을 지칭한다(Borchers, 2006, pp.152-155). ‘행위자’는 인간 또는 인간 집단으로 행위의 주체이다. 그런데 행위자는 존재의 양상에 따라 자체에서 발생하는 동기를 갖기도 한다. 그러므로 인간의 존재 양상에서 유발되는 행동들은 행위자에서 동기를 찾을 수 있다. 예를 들면, 빵을 훔친 장발장은 배고픔이라는 행위자가 처한 상태 때문에 그런 행위를 한 것이다. ‘행위’는 그 자체가 행동이며 동기에 의해 유발된다. 그러므로 행위는 인간 또는 사물이 다른 인간 또는 인간 집단에 끼친 영향의 결과이다. 행위는 자체가 상징을 갖는 기호일 수 있기에 행위를 통한 상징적 의미 전달이 행위의 동기가 될 수 있다. 예를 들면, 착하던 아이가 갑자기 말썽을 부리는 동기는 부모의 관심을 끌려는 것일 수 있다. ‘배경’은 행위가 이루어지는 데 영향을 미치는 상황적 요인들의 합이다. 배경은 특정한 시간, 특정한 장소로 국한되지 않으며 사물들의 배열과, 특정한 상황에 놓인 주변 사람들과 행위자가 맺고 있는 사회적 관계가 배경의 중요 요소를 이룬다. 예를 들어, A씨가 말도 없이 가출한 동기가 A씨가 현재 처해 있는 심각한 채무 관계일 수 있다. ‘수단’은 행위를 위해 요구되는 사물이나 인간 등의 보조 도구를 지칭한다. 다양한 선택지가 존재할 때 어떤 수단을 채택하느냐가 행위자의 행위를 결정짓는 경우가 있다. 수단이 확보될 수 있었기에 행위가 가능해지는 경우에도 수단은 행위의 동기가 된다. 예를 들면, 아이누 족이 얼음집을 지은 동기는 단열효과가 큰 얼음이 주변에 널려 있었기 때문이다. ‘목적’은 행위에 대한 명시된 동기이다. 사람이 어떤 의도를 가지고 행위를 할 경우에 그 의도는 목적이라는 이름을 얻는다. 예를 들어, 취업을 위해 공부하는 사람은 취업을 목적으로 공부라는 행위를 하는 것이다.

이제 『소리와 음악』에 소개되는 여러 시범 실험 채용의 동기를 파악하기 위해서 버크의 5항목 방법을 적용해 보자. 시범 실험이라는 상징 행동이 어떤 동기에서 의도되었는지가 5항목 분석을 통해 드러날 것이다.

『소리와 음악』에서 ‘행위자’는 인디애나 주의 노터데임 대학 물리학 교수인 잠이다. 잠은 1867년에 노터데임 대학에 입학하여 문학을 전공하고 같은 대학 신학교를 졸업하여 1875년에 신부가 되었고 얼마 되지 않아 같은 대학의 물리학 및 화학 교수로 임명되었다. 그는 전공하지 않은 과목의 담당 교수로 있으면서 물리학을 독학하여 가르

쳤다. 그는 물리학을 학생들에게 잘 가르치는 교수로 인정을 받기 위해 자신이 할 수 있는 최선의 노력을 경주하기를 원하는 신실한 성직자였다. 잠은 자신의 약점을 극복하기 위해 저명한 음향학 연구자들의 저술을 두루 공부하고 메이어(Alfred Mayer)나 쾨니히(Rudolph Koenig)와 같은 음향학자와 직접적인 교류를 통해 음향학을 배웠다(Zahm, 1892, p.8).<sup>2</sup> 그는 수학적 이론에 접근이 어려웠으므로 자신이 이해할 수 있는 시범 실험을 많이 수행해 교육의 질을 높이고자 했다. 그가 물리학에 접근할 수 있는 가장 효과적인 방향은 실험 기구를 구하기 쉽고 다른 물리 과목에 비해 이해하기 쉬운 소리에 관련된 현상을 시범 실험을 통해 학생들에게 가르치는 것이 최적의 방안이었을 것이다.

‘행위’는 음악 음향학 강의에서 수행된 시범 실험에 해당한다. 이 책은 워싱턴 D. C.에 있는 미국 가톨릭 대학(Catholic University of America)에서 1891년에 잠이 한 음악 음향학 강의를 정리한 것이다. 그는 강의를 책으로 내달라는 많은 요청을 받았는데 그의 강의의 특색은 시범 실험의 다양한 활용이었다. 저자는 강의를 책으로 옮기면서 강의의 형식 그대로 유지한다. 그것이 주로 실험과 장치를 다루는 자신의 강의 성격과 잘 맞을 것이라고 생각하기 때문이다(Zahm, 1892, p.7). 저자는 시범 실험이나 장치를 소개하는 대목에서 줄곧 “우리 앞에 있는 장치에서”(in the apparatus before us)나 “기구가 여러분 앞에 있습니다.”(an instrument is before you.)와 같은 표현을 써서 강의실에서 시범 실험을 수행하는 장면을 생동감 있게 전달한다(Zahm, 1892, pp.26, 406).

셋째 항목인 ‘배경’을 살펴보자. 잠의 시범 실험들이 수행된 19세기 말에 영국과 독일 등 유럽에서는 음악 전공 학생들에게 음악 음향학을 필수 과목으로 요구하고 있었다. 19세기 내내 음향학이 음악과 연관된 주제로 심도 있게 연구되었고, 과학자들과 음악 전문가들이 음악적인 주제를 놓고 같은 학회에서 논문 발표와 토론을 통해 교류하는 일이 많아졌다. 이에 따라 음악 전공 학생들에게 졸업을 위하여 음향학 시험을 필수적으로 치르게 하는 제도가 널리 시행되었고 미국에서도 이러한 교육을 음악 전공자에게 도입하려는 시도가 일어났다. 음악 전공자를 위한 음향학 교육에서 수학은

2. 메이어와 쾨니히가 19세기 후반 음향학에 끼친 공로에 대해서는 구자현(2010), 『앨프레드 메이어와 19세기 미국 음향학의 발전』 한울, 178-265쪽; David Pantalony (2009), *Altered Sensations: Rudolph Koenig's Acoustical Workshop in Nineteenth-Century Paris*. Dordrecht: Springer를 참조할 것.

어렵다는 이유에서 사칙연산의 초보적 내용에 한정되었다. 이러한 노력의 결실로 음악 전공 학생을 위한 음향학 교재로 영국에서 브로드하우스의 『음악 음향학』과 해리스의 『음향학 핸드북』이 출간되었다(구자현, 2014a, 274-278쪽).

한편 19세기 후반에 미국인들은 낙후된 과학의 수준을 끌어올리기 위하여 발전한 유럽의 과학을 집중적으로 수입하려는 노력을 하였다(Gee, 1990, pp.19-20). 특히 물리학은 두드러지게 낙후된 분야 중 하나였는데 물리학을 대학 교육에서 정착시키기 위하여 음향학은 우선적으로 주목 받은 과목이었다. 이 과정에서도 어려운 수리 음향학보다는 경험으로 쉽게 습득할 수 있는 실험 음향학이 우선적으로 관심을 끌었다. 그리하여 19세기 말부터 활발하게 음향학 실험 장치들이 유럽에서 미국으로 수입되어 시범 실험에 활용되었다(구자현, 2010, 199-201쪽).

한편, 시범 실험은 19세기에 물리학 강의에서 일반적으로 널리 행해지는 형식이었다. 영국의 왕립 연구소에서 패러데이(Michael Faraday)나 레일리(3rd Baron Rayleigh)가 행한 과학 강의에서 시범 실험은 강의의 중요한 요소였다(Ku, 2011, p.378). 영국뿐 아니라 독일에서도 대학의 대형 강의실에서 물리학 강의를 할 때 시범 실험이 널리 채용되었다(윤니켈 & 맥코마크, 2013, 95-96쪽). 강연자는 시범 실험을 사용하여 수강생이 신기한 경험을 하게 하여 청중의 파토스(pathos)를 자극할 뿐 아니라 강연자의 능력과 학식에 대한 신뢰를 불러일으켜 에토스(ethos)의 고양도 동시에 달성할 수 있었다. 더불어 실험과 관련된 이론적 부분의 설명에서 논리적 체계를 확실히 함으로써 강연자는 로고스(logos)의 충족을 추구할 수 있었다(Keith & Lundberg, 2008, pp.36-40).

다음 항목으로 시범 실험의 '수단'은 각종 실험 장치이다. 당시 미국에서 수학적 기반이 전반적으로 미흡한 학생과 교수들의 상황을 고려해보더라도 시범 실험을 통하여 실천적 접근을 하는 것이 과학을 이해시키는 가장 빠른 길이였다(구자현, 2010, 47-50쪽). 다행스럽게도 잠은 뛰어난 음향 기구 제작자인 쾨니히와 친분을 가지고 있었고 누구보다 많은 양질의 음향 실험 기구들을 구입할 수 있었다. 이 기구들의 상당 부분은 음을 발생시키는 것들이었고 확정된 정확한 음고를 가짐으로써 음고의 식별 기회를 수강생에게 폭넓게 제공하였다.

잠은 이 책에서 장치나 실험을 소개할 때에는 항상 그림 자료를 제공하여 독자의 이해를 돕는다. 이 책에는 장치, 실험, 실험 결과를 소개하는 그림이 194점이 등장하므



로 각 장(chapter)마다 평균 19.4점의 그림이 제시되는 셈이다.<sup>3</sup> 그것은 2-3쪽에 한 점씩 그림이 등장하는 빈도이다. 이 그림들은 대부분이 저자가 청중 앞에서 수행한 실천의 대상 또는 실천의 결과와 관련이 있다. 텍스트도 장치와 실험을 소개하는 내용을 제외하면 주제에 대한 역사적 배경과 이론적 원리에 대한 설명이 채 절반이 되지 않는다. 잠은 이 책에서 소개되는 장치를 대부분 확보하여 강의 중에 실물을 청중에게 보여주고 많은 경우에 그것을 활용한 시범 실험을 보여준다.

시범 실험의 ‘목적’은 우선적으로 이 책의 서문(preface)에서 명시적으로 제시된 강의의 ‘주요 목적’(main purposes) 두 가지에서 엿볼 수 있다. 하나는 “음악가들과 일반 독자에게 음향학의 원리들을 실험에 기반하여 정확하게 전달하는 것”이고, 또 하나는 “화성(musical harmony)의 물리적 기저에 대한 간단한 설명을 제시하는 것”이다(Zahm, 1892, p.7). 첫 번째 목적 제시에서 과학 교육을 위하여 시범 실험을 활용하고자 하는 저자의 의도를 읽을 수 있다. 그러면서도 강의 대상을 일반 대중뿐 아니라 음악 전공자로 지칭함으로써 저자는 음악에 관련된 음향학적 원리를 전달하는 것이 음악 교육의 일부가 되어야 함을 의도하고 있다. 또한 두 번째 목적 제시에서 저자는 “화성의 물리적 기저”에 주목함으로써 음악 교육과 과학 교육의 융합이 이 강의에서 이루어져야 함을 드러낸다. “화성”은 음악 교육에서 중요하고 핵심적인 주제인데 그것의 “물리적 기저”를 제시하는 일은 과학 교육적인 활동이기도 하다.

한 걸음 더 나아가서 책의 구성으로부터 저자가 시범 실험을 통해 성취하고자 하는 목적이 무엇인지 알 수 있다. 고전 수사학에서 ‘배열’(dispositio)은 ‘착안’(inventio)의 결과물을 가장 잘 전달할 수 있는 순서와 분량을 정하는 기술이다(Borchers, 2006, pp.47-48). 이 책의 목차에는 주요 내용이 정리되어 있어 내용을 파악하기 용이하다. 본문은 10장으로 이루어져 있고 소리의 본성에서 출발하여 음의 구성과 악기의 원리를 파악하고 음색에 대한 이해를 바탕으로 화음으로 나아간다(Zahm, 1892, pp.9-13). 음악의 음향적 원리를 전달하고 화성의 아름다움을 간략하게 설명하는 내용을 균형 있게 담고 있어서 대체로 선언된 주요 목적을 이루기에 적절한 목차로 보인다.

3. 악보도 많이 등장하지만 이것은 그림으로 간주하지 않았다. 그림 중에는 악기를 소개하는 그림 4점이 포함되어 있지만 악기도 잠이 강의 중에 실제로 보여주고 연주해 보는 실험적 실천의 대상이었으므로 장치로 간주할 수 있다. John A. Zahm (1892), *Sound and Music*. Chicago: A. C. McClurg and Co. pp.244-245.

요컨대, 5항목 분석으로부터 이 강의에서 잠이 여러 시범 실험을 수행하는 동기는 강사와 청중이 수학에 대한 이해가 부족한 상황에서 확보할 수 있는 장치를 활용하여 음악과 과학을 동시에 가르치는 목적을 달성하는 최적의 길이라고 판단한 데 있음이 드러난다. 시범 실험은 수학과 물리학에 관한 전문적 지식이 미비한 잠이 시대적으로 요구되는 음악 교육과 국가적으로 요구되는 과학 교육의 목적을 동시에 달성할 수 있는 유용하고 가용한 수단이었던 것이다. 음악 전공 학생뿐 아니라 일반 청중에게도 다양한 음을 식별하는 기회와, 악기와 음계를 과학적으로 이해하는 기회를 제공하는 동시에 과학의 방법에 대한 이해를 얻게 하고 물리학의 일부이자 파동학의 기초로서 음향학에 관한 지식을 가르치는 것이 필요하다고 본 것이다. 이러한 이해를 바탕으로 다음 두 절에 걸쳐서 『소리와 음악』에서 각종 시범 실험이 구체적으로 어떠한 교육적 목적을 달성하기 위하여 수사학적으로 동원되는지를 과학 교육과 음악 교육의 측면으로 나누어 살펴볼 것이다.

### Ⅲ. 과학 교육에서 시범 실험의 기능들

잠이 강의 중에 과학 교육의 목적을 위해 시범 실험을 채용하는 것은 그가 청중을 대상으로 시범 실험이 어떤 수사학적 기능을 수행하기를 의도하기 때문이다. 저자는 시범 실험을 채용하면서 과학 교육과 관련 있는 가치와 신념을 드러내는 것이다. 잠은 과학 교육을 통해 학생들에게 가르쳐야 할 것이 무엇인지에 대한 자신의 신념과 가치를 채택한 시범 실험으로 드러낸다. 그래서 그의 시범 실험의 교육적 기능은 크게 둘로 나눌 수 있는데 그 중 하나는 음향학에 관련된 지식의 전달과 관련되고 다른 하나는 과학을 수행하는 방법의 전수와 관련된다. 그러면 구체적으로 잠의 강의에서 시범 실험들이 과학 교육적 측면에서 어떤 기능을 수행하기 위해 채용되는지 살펴본다.

#### 1. 개념적 용어의 교습

어떤 분야에서 어떤 현상을 이해하기 위해 전문가들은 개념을 만들어 낸다. 그러므

로 그 분야의 지식을 전달하려면 관련 개념을 전수해야 한다. 개념은 용어로 구체화되어 있으므로 용어를 가르치는 것은 곧 해당 분야의 지식을 전달하는 행위이다. 잠은 음향학적 개념을 학생들에게 전달하기 위해 용어를 가르쳐야 하는데 그 목적을 가장 효과적으로 달성하는 길은 실험을 통해 현상을 보여주며 설명하는 것이라고 믿는다. 그것은 청중이 자연과 마주 대하도록 현장으로 이끄는 것으로 과학 교육에서 핵심적인 과정인 것이다. 가령, 1장에서 저자는 진동에 관련한 용어들을 정의하기 위해 바이스에 한쪽 끝을 고정시킨 강철 막대의 다른 쪽 끝을 진동시키는 실험을 보여준다. 그는 이 시범 실험에서 나타나는 현상을 통해 ‘진동’, ‘주기’, ‘진폭’, ‘등시적’(isochronous) 등의 용어를 정의하여 도입한다(Zahm, 1892, pp.22-23). 다른 예로 저자는 7장에서 공명기 위에 고정되어 있는 소리굽쇠 2대를 준비하고 공명기의 열린 구멍을 서로 마주보게 한 상태에서 소리굽쇠 하나를 올리면 다른 하나도 따라서 울리는 것을 보여준다. 이 현상을 통해 저자는 ‘공명’이라는 용어를 정의한다(Zahm, 1892, pp.264-266).

과학 개념을 가르치기 위해 정의를 제시하는 방법이 흔히 사용되지만 과학 교육에서 가르치려는 대상은 자연 즉 물질적 실체와 관련되어 있으므로 이에 대한 교육은 궁극적으로 물질적 실체를 접하는 방식이 되어야 함을 잠은 믿고 있다. 이 관점에 따르면 장치를 써서 현상을 청중에게 보여주지 않으면 무엇을 설명하려는 것인지 청중은 알 수가 없다. 보거나 체험한 적이 없이 말만 들어서는 용어가 무엇을 의미하는지 알 수가 없을 것이다. 과학적 논의는 수학적 논의와 달리 실물과 현상을 보여주어야 용어가 지칭하는 바를 알 수 있기 때문에 잠은 청중에게 개념을 효과적으로 설명하기 위해 실험을 보여준다.

## 2. 과학적 명제의 교습과 증명

이 책에서 시범 실험에 할당하는 가장 흔한 기능이 과학적 명제를 교습하고 증명하는 것이다. 저자는 이런 부류의 시범 실험을 통해 현상을 기술하거나 설명하는 명제를 소개하고 실증하여 청중에게 관련 지식을 개념화하는 것이 중요함을 역설한다. 가령, 잠은 선언적으로 제시된 “소리를 내는 물체는 진동한다.”라는 명제가 참임을 증명하고자 한다. 이를 위해 저자는 다음 실험을 청중에게 보여준다. 줄에 매단 가벼운 공(pith ball)을 소리를 내는 소리굽쇠의 가지에 접촉시키면 공이 반복해서 튀어 오르는

것을 볼 수 있다(Zahm, 1892, p.24). 단 하나의 경우로는 입증되지 않으므로 원판 위에 뿌린 모래가 원판의 변두리를 활로 켤 때 소리가 나면서 모래가 튀어 오르는 것(Zahm, 1892, p.25), 유리잔을 때려서 소리가 날 때 줄에 매단 가벼운 공을 유리잔에 접촉시키면 공이 튀어 오르는 것(Zahm, 1892, p.26), 빠르게 회전하는 톱니바퀴의 톱니에 종이판의 변두리를 갖다 대면 종이판이 진동하면서 소리가 나는 것(Zahm, 1892, p.29), 수소 불꽃 위에 관을 세웠을 때 불꽃이 진동하면서 소리가 나는 것(Zahm, 1892, pp.31-32) 등 다양한 방식으로 소리가 발생할 때 진동이 동반된다는 것을 보여준다.

그렇지만 이 명제의 경우처럼 많은 사례들을 제시하지 않는 것이 일반적이다. 2, 3가지 사례(Zahm, 1892, pp.60-63), 심지어 한 가지 시범 실험만으로 명제를 입증하려는 시도도 종종 발견된다. 가령, 잡은 3개의 정사각형 판, 3개의 원형 판을 준비하고 2가지 명제를 입증할 수 있다고 본다. 하나는 “크기와 모양이 같은 판이 진동할 때 발생하는 진동수는 두께에 비례한다.”이고 다른 하나는 “모양과 두께가 같은 판이 진동할 때 진동수는 지름(변의 길이)의 제곱에 반비례한다.”이다. 이를 입증하기 위해 같은 모양의 3개의 판 A, B, C를 준비하되 A와 B가 두께가 같고 C는 두께가 A의 두께의 2배이고, A와 C는 크기가 같고 B는 대응변의 길이가 A의 절반이 되도록 구성한다. 판을 때려서 발생하는 음의 음고를 듣고 B는 A보다 두 옥타브 높은 음을 내고, C는 A보다 한 옥타브 높은 음을 내는 것을 확인한다(Zahm, 1892, pp.201-202).

이러한 사례 제시를 통해서 저자는 과학적 명제는 현상을 관찰함으로써만 입증되고 지지 받을 수 있다는 경험주의적 가치를 확고하게 청중에게 전달한다. 과학에서 신뢰할 만한 지식은 철저히 실험과 관찰에 의존함을 시범 실험의 채용을 통해 주장하는 것이다.

### 3. 이론의 논박

그렇게 빈번하게 등장하지는 않지만 기존의 이론을 논박하고 옳은 지식을 가르치고자 강의자는 시범 실험을 활용한다. 말로써 잘못된 이론과 옳은 이론을 제시하고 그러한 주장을 지지하는 실험을 말로만 설명하는 것은 효과적이지 못하다. 그릇된 지식의 그릇됨을 바로잡아 줄 수 있는 실증적 사례로 실험의 제시가 효과적이다. 또한 과학 탐구에서 중요한 방법론상의 원칙, 즉 이론의 평가는 실험으로 이루어진다는

주장을 전달해 준다. 가령, 헬름홀츠는 고른음(musical sound)은 주기적인 소리이고 소음(noise)은 주기적이지 않은 소리라고 정의하여 고른음과 소음을 구분했지만 (Helmholtz, 1954, p.8) 잠은 고른음과 소음의 경계는 분명하지 않다며 헬름홀츠의 견해를 논박한다. 저자는 고른음은 악기의 소리 또는 악기로 쓸 수 있는 소리라는 의미로 받아들이고 개별 소리는 소음으로 여겨지더라도 소리에 음고를 부여할 수 있으면 그것은 고른음, 즉 음악에서 쓸 수 있는 음이라고 주장한다. 저자는 쇠막대 떨어뜨리기, 코르크 마개 뽑기 등을 수행하면서 발생하는 하나하나의 소리는 주기적이지 않아 소음으로 여겨지지만 몇 개의 소리를 연이어 내면 음고가 구별 가능하다는 점에서 음악에서 선율을 표현할 수 있다고 주장한다(Zahm, 1892, pp.35-36). 이러한 용도로 시범 실험을 쓰는 것은 논증의 근거라는 점에서 ‘과학적 명제의 증명’의 일종이라고 볼 수 있지만 실험이 논쟁을 판가름한다는 점에서 차별화된다.

#### 4. 실험 방법의 전수

과학을 가르치는 것에는 실험하는 방법을 가르치는 것도 포함된다. 실험은 이론을 검증할 경우에는 이론과 긴밀히 연관되지만 어떤 물리량을 측정하여 상수를 구하는 문제는 실험이 이론적 명제와 독립적으로 존재 의미를 얻는다. 알고 싶은 물리량을 측정하려면 측정 장치와 그 장치의 작동 원리 및 사용 방법에 대한 이해가 모두 필요하다. 저자는 과학을 구성하는 양대 축의 하나인 실험을 수행하는 방법을 전수하는 것은 과학 교육의 한 요소로서 가치 있음을 주장한다. 가령, 저자는 뒤아멜(Jean-Marie Constant Duhamel)의 진동계(vibroscope)를 이용해서 특정한 음의 진동수를 재는 법을 소개한다. 회전하는 원통에 그을음을 씌운 종이를 두르고 그 위에 진동하는 물체 끝에 부착한 철필을 대서 종이에 흔적이 남게 한다. 원통의 지름과 초당 회전수를 알면 종이에 남은 흔적의 파장으로부터 진동하는 물체의 진동수를 알 수 있다(Zahm, 1892, p.65). 잠은 장치의 원리를 소개하고 실제로 소리굽쇠 끝에 철필을 부착하여 회전하는 원통의 옆면에 철필을 댄으로써 소리굽쇠 가지가 단진동을 하는 것과 얼마의 진동수를 갖는지를 짚 수 있음을 보여준다.

기존의 측정값이 옳은지를 확인하는 것도 이론과 무관한 실험 과학의 영역에 드는 활동이다. 가령, 사람의 가청 주파수의 상한과 하한의 측정은 여러 연구자마다 다른

측정값을 내놓고 있는 상황에서 청중을 피험자로 삼아 측정을 실행함으로써 가청 주파수 측정 방법을 전수한다. 잠은 진동수가 확정된 음원으로 소리굽쇠를 사용하여 청중을 대상으로 가청 주파수의 하한과 상한을 측정한다. 하한 측정에는 슬라이더를 소리굽쇠의 가지에 달아 슬라이더를 미끄러뜨리면서 16 Hz에서 24 Hz까지의 소리를 낼 수 있도록 하고, 상한 측정에는 C7(4,096 Hz)에서 F9(21,845 Hz)까지에 해당하는 소리굽쇠들을 모아 놓은 세트를 사용한다(Zahm, 1892, pp.85-86). 이때 청중은 음의 관찰자이면서 동시에 피험자의 역할을 맡는다.

##### 5. 유틸리티를 통한 가설의 지지

실제로 볼 수 없는 미시적 현상을 설명하는 이론은 가설일 수밖에 없는데 그 가설을 뒷받침하는 방법 중 하나는 모형(model) 실험을 동원하는 것이다. 모형은 실제 현상과는 관련이 없이 실재와 어떤 측면의 유사성을 근거로 동원되는 것이니 모형은 실재의 유틸리티 뿐이다. 그렇지만 모형실험은 가시화의 측면에서 탁월성이 있어서 가시적 현상으로부터 미시적인 현상을 유추하여 떠올릴 수 있는 가교 역할을 한다. 이런 시범 실험을 통해 저자는 시범 실험이 이론에 대한 입증에 이르지 못한다 하더라도 가설을 통한 개념적 이해를 제공한다면 그 자체로서 가치가 있다는 입장을 피력한다. 가령, 저자는 마리오트(Abbé Mariotte)의 구슬 충돌 실험으로 소리 전달 과정을 설명한다. 수평 가로대에 등간격으로 묶인 일곱 가닥의 끈에 일곱 개의 구슬이 가까스로 서로 닿도록 일렬로 매달려 있다. 가장 끝의 구슬을 옆으로 들었다가 놓아 두 번째 구슬을 치면 연쇄적으로 충격이 다음 구슬로 전달되어 마지막 구슬이 튕겨 올라간다(Zahm, 1892, p.48). 이 시범 실험은 음원에서 발생한 운동이 이웃한 공기 입자를 때려서 관찰자의 귀 옆에 있는 공기 입자가 고막을 치는 것을 설명하기 위한 모형이다(Zahm, 1892, p.49). 그러나 이 실험으로는 정말로 공기 입자가 그런 방식으로 충돌하면서 소리를 전달하는지는 입증할 수 없다. 그럼에도 불구하고 이 실험은 교육적 차원에서 그 가치를 인정받을 수 있다는 이유에서 잠은 이 실험을 청중에게 제시하여 가설에 대한 설득을 도모한다.

## 6. 정량적 법칙의 근사적 입증

저자는 정량적 법칙을 정확하게 입증해 주지 못하더라도 근사적으로 입증하는 시범 실험도 과학 교육에서 가치가 있다는 태도를 취한다. 정량적 관계를 확실하게 실험으로 보여주기 위해서는 엄밀한 실험 설계와 엄밀한 측정이 병행되어야 한다. 그렇지만 강의 현장에서 간단한 장치로 보여 줄 수 있는 실험으로는 그런 두 가지 요건을 모두 충족시키기 어려운 경우가 일반적이다. 그렇지만 교육적 가치를 따질 때에는 엄밀성이 결여된 실험이라도 어떤 경향성을 보여주는 것만으로도 현상에 내재하는 수학적 관계의 실마리를 감지할 수 있다. 그것만으로도 시범 실험의 교육적 가치는 충분히 정당화될 수 있다.

가령, 잠은 “음량은 음원과 관측자의 거리의 제곱에 반비례한다.”라는 명제를 제시하고 이를 실험으로 확인할 방법을 제시한다. 소리굽쇠를 울리고 10피트 떨어져 듣는 사람이 감지하는 음량은 20피트 떨어져 감지하는 음량의 4배이다. 소리가 크게 들리는지 작게 들리는지는 쉽게 알 수 있지만 정확히 4배인지 아닌지는 알기 어렵다. 그러므로 이를 개선한 실험 설계를 제시한다. 10피트에 놓인 소리굽쇠를 일정한 세기로 울릴 때 감지되는 음량과, 똑같은 4개의 소리굽쇠를 20피트 떨어진 곳에서 같은 세기로 동시에 울릴 때 감지되는 음량은 같다(Zahm, 1892, p.55). 음량이 같다는 것은 음량이 4배인지 2배인지를 구별하는 것보다는 쉽다. 그렇지만 역시 음량을 잴 수 있는 기구를 활용하지 않고는 주관적 감각에 의지하여 음량을 비교해야 하므로 입증은 쉽지 않은 난제가 남아 있다. 실험을 수행하는 관찰자의 감각의 한계가 실험 결과의 신뢰성에 영향을 미치는 효과는 감각기를 대체하는 기구의 채용으로 제거될 수 있지만 그란 기구를 교육 현장에서 간단하게 채용하기에는 여건이 허락하지 않을 수 있다. 음량 측정 장치가 이미 개발되어 있었지만 잠이 그 기구를 몰랐거나 구할 수 없었기 때문에 활용할 수 없었을 것이다. 잠은 감각을 최대한 민감하게 사용함으로써 실험의 정확성을 확보하려는 태도를 취한다.

#### IV. 음악 교육에서 시범 실험의 기능들

서문에서 저자는 “유럽과 이 나라에서 음악원들은 음악에 대한 실천적 지식(practical knowledge)뿐 아니라 이론적 지식을 학생들에게 요구하기 시작하고 있으므로 이 저술이 아주 시기상조라고 생각되지는 않는다.”고 언급하여 이 저술이 두 가지 음악 교육의 목적을 가짐을 드러낸다(Zahm, 1892, pp.7-8). 지식은 언어의 형태로 표현되어 머리로 이해하고 기억했다 언어적 형태로 재생되는 이론적 지식만 있는 것이 아니라 언어로 표현될 수 없고 오직 손, 발, 귀, 눈 등 신체를 작동시킴으로써 습득하고 기억했다 몸을 움직이면서 활용하는 실천적 지식이 있다. 특히 음악과 같은 예술에서는 교육상 실천적 지식이 중요하여 미래의 음악 전문가를 교육하는 과정에는 음악적 실천, 즉 작곡하고, 연주하고, 감상(비평)하는 능력을 배양하는 것이 요구된다. 이를 위해 음을 귀로 듣고 식별하는 능력은 모든 음악적 실천의 기본적 자질이다. 음의 식별이란 소리의 3요소인 음량, 음고, 음색뿐 아니라 둘 이상의 소리가 어우러져 만들어내는 화음의 차이를 감지하는 것을 말한다. 이뿐 아니라 음악의 과학적 원리는 이론적 지식에 속하는데 이런 이론적 지식이 있으면 작곡을 할 때, 악기를 연주하거나 노래를 부르거나 지휘를 할 때, 또는 악기를 제작할 때 이론적 지식의 도움을 받을 수 있으므로 이를 전수하는 것도 음악 교육의 일부로 간주된다. 잠은 음악에 관련한 실천적 지식과 이론적 지식을 전달하는 효과적인 수단으로 시범 실험을 활용할 수 있다는 것을 보여준다. 이때 주목할 점은 하나의 실험이 앞서 설명한 과학 교육적 기능을 수행하는 동시에 음악 교육적 기능도 수행할 수 있다는 것이다.

##### 1. 실천적 음악 지식의 전달

잠에게 음고는 소리의 3요소 중에서 가장 중요하다. 잠은 음고를 식별하는 능력을 갖추는 것을 음악 전공자에게 있어서 가장 핵심적인 요구사항으로 본다. 그리하여 잠은 다양한 장치와 실험을 활용하여 강의 전체에서 다양한 기회에 음고에 대한 식별 기회를 제공함으로써 청중의 음고 식별 능력을 배양하면서 동시에 과학 교육도 함께 추구하는 것이 가능함을 보인다. 가령, 소음을 이용하여 음고를 갖는 음을 발생시키는 피니히의 장치는 길이가 다른 4개의 낫쇠관과 그 안에 들어가 있는 4개의 피스톤



으로 이루어져 있다. 4개의 낫쇠관은 하나의 받침에 한쪽 끝이 고정되어 수직으로 서 있는데 받침을 잡고 피스톤을 하나씩 당기면 C3, E3, G3, C4의 음을 들을 수 있다 (Zahm, 1892, p.35). 이 네 개의 음은 '도-미-솔-도'에 해당하여 으뜸화음을 들을 기회가 동시에 부여된다. 잠은 이러한 실험들을 통해 음고와 관련한 음향학적 개념을 가르치는 과학 교육의 목적을 달성하면서 동시에 음고의 식별과 화음의 청취라는 음악적 실천 교육을 동시에 수행한다.

음고가 약간 다른 두 음을 들려주면 소리가 커졌다 작아졌다를 반복하는 현상이 일어나는데 이것을 맥놀이(beats)라고 한다. 이때 소리가 커졌다 작아졌다를 반복하는 진동수를 맥놀이 진동수라고 하는데 그 값은 두 음의 진동수의 차에 해당한다. 일찍부터 음악가들은 맥놀이를 알고 조율하는 데 활용하였다. 그러므로 맥놀이를 듣는 것은 음악가 또는 조율사의 실행에서 요긴한 능력이다. 그러므로 잠이 맥놀이를 세어서 기준 소리굽쇠의 진동수에서 약간 벗어난 진동수를 갖는 소리굽쇠의 진동수를 알아내는 방법을 소개하는 것은 청중들에게 음악적 실천의 기회를 제공한다. 기준이 되는 하나의 소리굽쇠는 512 Hz의 고유 진동수를 갖는데 이보다 음고가 약간 낮은 소리굽쇠의 진동수를 알아내려면 두 소리굽쇠를 함께 울리면서 발생하는 맥놀이를 세면 된다. 10초 동안 맥놀이를 세었더니 20번이었다면 맥놀이 진동수는 초당 2회이다. 그러므로 미지의 소리굽쇠 진동수는 510 Hz임을 알게 된다(Zahm, 1892, pp.303-304).

부분음(partial tone)은 복합음에 존재하는 다양한 진동수의 사인과 형태의 단음(simple tone)으로 부분음들의 수와 세기가 음색을 결정짓는다. 그러므로 음색을 비교하기 위해서 부분음을 식별하는 능력을 배양하는 것은 음악적 실천의 훈련 과정으로 볼 수 있다. 저자는 일본 징(gong)을 울리면서 부분음들을 듣는 실행을 통해 복합음의 음색의 차이가 부분음의 수와 세기에서 비롯됨을 체험하게 인도한다(Zahm, 1892, pp.346-347). 가장 낮은 진동수를 갖는 부분음인 기음(fundamental tone)과 제2 부분음이 조화적 관계는 아니지만 서로 어울리는 효과를 낸다는 것을 청중에게 주목시킨다. 청중에게 이러한 경험은 음악 교육상의 실습에서 요구되는 것을 충족시키는 과정이다. 부분음의 개별적 특징을 말로 전달하는 것은 한계가 있지만 그것에 대해 설명하고 그것을 체험하게 함으로써 암묵지(tacit knowledge)를 전달할 수 있다. 저자는 다양한 악기와 음성 속의 개별 부분음을 듣게 하고 나중에는 그 부분음을 복합음 속에서 식별해 내는

실험을 통해 복합음을 구성하는 부분음을 파악하는 방식으로 음색을 읽는 방법을 가르친다(Zahm, 1892, pp.349-350).

## 2. 이론적 음악 지식의 전달

악기의 원리와 화음 및 정률을 이해하는 것은 음악 이론에서 중요한 부분이다. 이러한 음악 이론의 기초는 과학적 원리에 닿아 있으므로 과학적 원리를 가르치기 위한 실험을 보여주고 들려줌으로써 음악 이론을 동시에 가르칠 수 있다. 이를 위하여 잠은 말로예(Albert Marloye)의 측음계(sonometer)를 여러 곳에서 요긴하게 활용한다. 이 장치는 2개의 현을 갖는 실험용 현악기이다. 현 중 하나는 일정한 장력으로 양 끝이 울림판 위에 고정되어 있고 나란히 놓인 다른 현은 한쪽 끝이 울림판의 끝에 고정되어 있고 다른 쪽 끝은 울림판의 다른 쪽 끝에서 도르래에 걸친 후 추에 연결되어 추의 무게에 따라 장력이 조절된다(Zahm, 1892, p.133). 현이 고정된 양 끝에는 브리지(bridge)가 각각 설치되어 현과 울림판 사이를 띄워주고 양쪽에 고정된 브리지 사이에는 움직이는 브리지가 있어 진동하는 현의 길이를 조절해 준다. 이 장치를 쓰면 진동하는 현의 길이에 따라 음고가 바뀌는 것을 확인할 수 있고 두 현의 길이를 다르게 하면서 현을 동시에 진동시킬 때 현의 길이의 비에 따라 장3도(4:5), 4도(3:4), 5도(2:3), 옥타브(1:2) 등의 음정을 확인할 수 있다(Zahm, 1892, pp.133-134). 이러한 음정을 확인하는 것은 훈련을 통해 음감이라는 능력을 획득한 사람만이 가능하다. 저자는 이에 대한 엄밀한 과학적 검증이 측음계로 가능하다고 말하지만 훈련된 귀로만 음고 식별이 된다는 이유 때문에 측음계를 사용하는 증명을 시도하지는 않는다.

부분음을 들을 뿐 아니라 그것이 어떻게 생성되는지를 이해하는 것은 악기의 원리를 이해하는 것에 직결된다. 또한 음악 이론에서 가르쳐야 할 음색, 화음, 정률의 원리를 이해하려면 부분음을 이해하는 것은 핵심적이다. 이 또한 음향학의 과학적 사실을 바탕으로 하므로 현상을 보여주는 음으로 융합적 교육이 가능하다. 이를 위해 잠은 다시 측음계를 활용한다. 측음계 현의 중앙을 바이올린 활로 쳐서 기음, 즉 제1 부분음을 듣는다. 다음에는 측음계 현의 중앙에 깃털을 대고 누르면서 현을 절반을 바이올린 활로 진동시키면 나머지 절반의 현도 진동하여 2개의 배와 1개의 마디가 생성된다(Zahm, 1892, p.146). 이때 기음 진동수의 2배의 진동수의 음, 즉 제2 부분음이 발생하

는 것을 들을 수 있다. 깃털을 현의 끝에서 1/3 되는 위치를 누르면서 1/3 길이의 현을 전처럼 진동시키면 현에 3개의 배와 2개의 마디가 생성되는 것을 눈으로 확인할 수 있고, 기음 진동수의 3배의 진동수를 갖는 음, 즉 제3 부분음을 들을 수 있다. 같은 방식으로 제4 부분음, 제5 부분음 등도 들을 수 있다. 마지막으로 현을 연필이나 금속 막대로 그냥 치면 이 모든 부분음들을 동시에 들을 수 있다. 이로써 저자는 시범 실험을 통해 청중이 부분음의 생성 원리를 이해할 수 있도록 이끈다.

잠은 현뿐 아니라 관, 판, 막대, 종 등을 이용하는 악기의 원리를 이해시키기 위하여 여러 가지 악기와 장치를 활용한 다양한 시범 실험을 선보인다. 가령, 원형판의 변두리 한 곳을 잡고 중심각  $45^\circ$  떨어진 곳을 활로 켜면 2개의 마디선이  $90^\circ$ 의 각을 이루면서 형성된다. 켜는 위치를 다르게 하면 마디선의 개수를 2개에서 3, 4, 5개로 늘릴 수 있고 이때 발생하는 음의 진동수는 22, 32, 42, 52배로 변한다. 즉 마디선이 2개일 때 C 음이 나왔으면 3, 4, 5개일 때에는 D2, C3, G3가 나온다(Zahm, 1892, p.196). 이로써 청중은 이 시범 실험을 통해 심벌즈와 같은 원형 타악기의 발생 원리와 음색 변화 원리를 이해할 수 있다. 물론 이 실험이 목적을 달성하려면 C, D2, C3, G#3 등의 음고를 정확히 판별할 수 있는 능력이 필요하다. 그러므로 이 시범 실험은 실천적으로나 이론적으로나 음악가를 양성하는 교육 도구로 가치가 있다고 할 수 있다.

## V. 맺음말

잠의 『소리와 음악』은 음악 음향학의 고전으로 시범 실험을 중심으로 한 음향학 강의의 모범적 사례로 불릴 만하다. 버크의 5항목 방법을 이 교재에 적용해 보면 다양한 시범 실험 채용의 동기가 시범 실험을 통해 과학 교육과 음악 교육의 융합을 지향하는 것임이 드러난다. 물리학의 비전공자로 수학적 토대가 미비한 상태에서 가르쳐야 하는 대학 교수인 잠이라는 ‘행위자’는 음악 음향학을 일반 대중과 음악 전공자에게 가르치기 위해 시범 실험 수행이라는 ‘행위’를 한다. 저자는 뒤떨어져 있었던 미국의 과학과 음악을 발전시키기 위해 유럽의 제도를 받아들일려는 노력이 많이 이루어지는 19세기 말의 미국을 ‘배경’으로 하여 소리의 본성과 특성을 과학적으로 밝히고 음악의 물리적 기초와 화성의 원리를 밝히려는 ‘목적’으로 다양한 실험 장치를 ‘수단’으

로 채택하여 학생들에게 시범 실험을 보여준다. 인간은 말과 행동에서 메시지를 전달한다는 가정하에 5가지 항목을 통해 『소리와 음악』의 텍스트를 분석해 보면 음악 교육과 과학 교육의 융합을 지향하는 통섭적 교육의 중심에 시범 실험이 있음을 알 수 있다.

그런 점에서 이 강의에서 시범 실험은 과학 교육과 음악 교육의 기능을 동시에 수행한다. 과학 교육 측면에서 시범 실험은 물리학의 교육에서 요구되는 여러 가지 지식과 능력을 배양하는 수단으로써 활용된다. 시범 실험은 용어의 정의나 현상에 대한 지식을 습득하도록 돕는 수단이자 과학적 명제를 논리적으로 뒷받침하는 입증의 수단이 된다. 어떤 경우에는 유비로써 입증되지 않은 가설을 뒷받침하거나 정량화된 법칙을 근사적으로 입증해 보이는 시범 실험을 제시하기도 한다. 뿐만 아니라 실험은 실험 기구를 다루고 물리량을 측정하는 기술을 전수하는 교육적 목적을 달성하기 위해 동원되기도 한다.

이러한 시범 실험 수행에는 많은 경우에 다양한 소리를 듣는 일이 병행된다는 점에서 잠은 이런 시범 실험에서 미래의 음악 전문가들에게 요구되는 소리의 변별 능력을 배양하려는 실천적 음악 교육의 목적이 동시에 추구될 수 있음을 보인다. 뿐만 아니라 실험을 수행하여 음악에서 중시되는 음고, 음정, 음색, 화성 등의 물리적 원리를 이해시키고 다양한 악기의 작동 메커니즘을 이해시키는 이론적 음악 교육의 목적도 추구한다. 그런 점에서 시범 실험을 중심으로 강의를 진행하는 잠의 전략은 과학의 지식과 방법을 가르치면서 음악적 실천과 이론을 동시에 가르치는 융합 교육 설계의 모범적 사례로 간주할 수 있다.

그런 점에서 이 교재는 융합 교육을 통한 창의성의 증진이라는 STEAM(Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics)의 이상을 음향학 실험을 통해 모범적으로 구현한 예라고 말할 수 있다(김정효 & Ando, 2013, 124-135쪽). 창의성을 계발하는 영재 교육을 시행할 때 음고를 갖는 고른음을 듣는 음악 음향학 실험은 음악과 과학을 융합시켜 관계성의 인지와 흥미로운 학습 기회를 제공한다(Sousa & Pilecki, 2014, pp.40-52). 앞서 살펴본 것같이 음악 음향학에 관련된 실험은 음악에 관련한 과학적 현상에 대한 실증적 체험과 음향학에 관련된 물리적 지식의 확장뿐 아니라 과학 탐구 방법의 습득 기회를 제공하는 과학 교육상 가치 있는 활동이면서 동시에 음악의 이론적 지식과 음악적 실천

과 관련된 암묵적 지식의 습득 기회를 제공하는 음악 교육상 가치 있는 활동이다. 잠이 채용했던 음향학 시범 실험은 오늘날 교실 현장에서 시행하기에 어렵지 않은 장치와 기구를 활용하기 때문에 『소리와 음악』은 STEAM 융합 교육을 위해 참고할 만한 유용한 자료이다.

### ■ 참고문헌 ■

- 구자현(2010). 『엘프레드 메이어와 19세기 미국 음향학의 발전』. 한울.
- \_\_\_\_\_(2014a). “음악 교육에 도입된 음향학: 1860년대부터 1910년대까지 영국과 미국을 중심으로”. 『순천향 인문과학논총』, 제33권 제3호, 265-291.
- \_\_\_\_\_(2014b). “음향학의 실제 이론에 대한 수사학적 분석”. 『수사학』, 제20집, 25-44.
- \_\_\_\_\_(2015). “음악과 과학의 만남: 브로드하우스의 『음악 음향학』의 수사학적 분석”. 『수사학』, 제23집, 5-24.
- 김정효 & Ando, Kyoichiro (2013). “과학과 예술의 융합에 기초한 STEAM 교육의 가능성과 과제: 한국 STEAM 교육의 원리와 수업 구상의 검토”. 『미술교육논총』, 제27권 제1호, 23-152.
- Sousa, D. A. & Pilecki, T. (2014). 『STEAM 융합 인재 교육의 이론과 실제』(이정규, 이미경, 김왕동, 변문경 역). 다빈치 books.
- 아리스토텔레스(2007). 『수사학 I』(이종호 역). 리젠펠.
- 윌니켈 & 맥코마크(2013). 『자연에 대한 온전한 이해: 이론물리학, 음에서 아인슈타인까지』(구자현 역). 2권. 한국문화사.
- Bazerman, Charles (1988). *Shaping Written Knowledge: The Genre and Activity in the Experimental Article in Science*. Madison: The University of Wisconsin Press.
- Borchers, Timothy (2006). *Rhetorical Theory: An Introduction*. Long Grove, IL: Waveland Press.
- Broadhouse, John (1881). *Musical Acoustics or The Phenomena of Sound as Connected with Music*. London: William Reeves.
- Campbell, J. A. (1990). Darwin, tales and milkmaid: Scientific revolution and argument from common beliefs and common sense. In R. Trapp and J. Schuetz (Eds.) *Perspectives on Argument*. Prospect Heights, IL: Waveland Press. 207-220.
- Foss, Sonja K. (2009). *Rhetorical Criticism: Exploration and Practice*. Long Grove, IL: Waveland Press.
- Gee, Brian (1990). Joseph Henry's trade with instrument makers in London and Paris. *Bulletin of the*

- Scientific Instrument Society*, 25, 19–24.
- Gross, Alan G. (1994). Is a rhetoric of science policy possible? *Social Epistemology*, 33, 273–280.
- \_\_\_\_\_ (2006). *Starring the Text: The Place of Rhetoric in Science Studies*. Carbondale: Southern Illinois University Press.
- Harris, T. F. (1887). *Handbook of Acoustics for the Use of Musical Students*. London: J. Curwen.
- Helmholtz, Hermann (1954). *On the Sensation of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music*. New York: Dover.
- Keith, W. M. & Lundberg, C. O. (2008). *The Essential Guide to Rhetoric*. Boston: Bedford/St. Martin's.
- Ku, Ja Hyon (2011). Rayleigh's public lectures with acoustical experiments. 『한국음향학회지』, 제 30권 제7호, 377–382.
- Moss, J. D. & Wallace, W. A. (2003). *Rhetoric and Dialectic in the Time of Galileo*. Washington D. C.: The Catholic University of America Press.
- Pantalony, David (2009). *Altered Sensations: Rudolph Koenig's Acoustical Workshop in Nineteenth-Century Paris*. Dordrecht: Springer.
- Whately, Richard (2009). *Elements of Rhetoric*. New York: International Debate Education Association.
- Zahm, John A. (1892). *Sound and Music*. Chicago: A. C. McClurg and Co.

■ Abstract ■

The Pedagogic Functions of Demonstrative Experiments in  
J. A. Zahm's *Sound and Music*

JA-HYON KU\*\*\*

A professor of physics at Notre Dame University, John A. Zahm's *Sound and Music*, which was published in 1892, is a textbook aimed at teaching musical acoustics to the public and the future musicians. The most prominent feature of the lecture course is the frequent and earnest utilization of demonstrative experiments. By employing Kenneth Burke's pentadic method, this paper reveals that the main motive of the adoption of a variety of demonstrative experiments in Zahm's lecture course of musical acoustics is to pursue the fusional pedagogy of science and music. The

\*\*\* YOUNGSAN UNIVERSITY.

paper illustrates what pedagogic functions his presentation of demonstrative experiments serves in the fusional pedagogy: On the scientific side, experiments provide the audience with the teaching of conceptual terms, the teaching and proof of scientific statements, the falsification of theories, the delivery of experimenting skills, the confirmation of hypotheses by analogy, and the approximate proof of quantitative laws And on the musical side, they simultaneously provide the audience with the practical knowledge for discriminating musical sounds as well as the theoretical knowledge of musical principles and the working principles of musical instruments. Therefore the textbook, which provides a exemplar for the fusional pedagogy of science and music, is a useful material for STEAM education.

Keywords: science, music, fusion, John A. Zahm, demonstrative experiment, pedagogy, Kenneth Burke

■ 논문투고 : 2016년 5월 9일    논문심사 : 2016년 5월 17일-5월 31일    게재확정 : 2016년 6월 15일

---

본인이 투고한 논문은 타 학술지에 게재된 적이 없고 타인의 논문을 표절하지 않았음을 서약합니다. 향후 중복게재 또는 표절된 것으로 밝혀질 때에는 논문게재 취소와 일정 기간 논문원고 제출의 제한 조치를 받게 됨을 충분히 인지하고 있습니다.