

소리의 그늘, 반사, 간섭, 회절의 검출을 위한 레이리의 선구적 실험에 대한 연구

An Inquiry Over Rayleigh's Pioneering Experiments for the Detection of Shadow, Reflection, Interference, and Diffraction of Sound

구자현*

(Ja Hyon Ku*)

*영산대학교 자유전공학부

(접수일자: 2006년 12월 27일, 수정일자: 2007년 2월 1일, 채택일자: 2007년 2월 14일)

그늘, 반사, 간섭, 회절은 파동의 일종인 소리가 나타내는 고유한 현상이다. 19세기 말 경에 유사한 광학적 현상들은 이미 검출되어 있었으나 소리에 관련된 이러한 현상들은 제대로 검출되지 못했다. 독창적인 실험 기구와 명민한 실험 설계로 이러한 현상들을 이전을 제시할 여지 없이 검출하는 데 성공한 인물은 레이리였다. 그는 건물의 모퉁이를 사용하여 소리 그늘을 검출할 수 있었고 반사판을 이용하여 그늘이 사라지는 것을 보일 수 있었다. 또한 그는 광학에서 유명한 영의 간섭 실험 장치와 유사한 장치를 만들어서 소리의 간섭을 검출했다. 더 나아가 그는 널리 알려진 광학적 현상이었던 '푸아송의 디스크'를 음향학적으로 재현하는 데 최초로 성공했고 구형 장애물에 의한 소리의 회절 효과를 조사하여 그것이 자신의 이론과 일치하는 것을 확인했다.

핵심용어: 레이리, 소리 그늘, 반사, 간섭, 회절, 푸아송의 디스크

투고분야: 일반 분야 (0.1)

The shadow, reflection, interference, and diffraction are proper phenomena concerning sound that is a kind of wave. By the late nineteenth century, similar optical phenomena had been detected already but these phenomena concerning sound had not been convincingly detected. It was Rayleigh who succeeded in detecting those phenomena without any reasonable doubt by the virtue of his original instruments and smart experimental settings. Rayleigh could detect the sound shadow by using the corner of a building and erase the shadow by some reflectors. And he constructed some apparatus similar to Young's interference apparatus famous in optics to detect the sonic interference. Furthermore, he first succeeded in illustrating the acoustical effectiveness of Poisson's disk by which optical diffraction had already been well known, and tested the effect of diffraction by spherical obstacles to ascertain that the result coincided with his theory.

Key words: Rayleigh, Sound shadow, Reflection, Interference, Diffraction, Poisson's disk

ASK subject classification: General Area (0.1)

I. 서론

레이리 (Rayleigh, John William Strutt, 1842-1919)는 19세기 말과 20세기 초에 활동한 유명한 영국의 음향 학자였다. 그는 흑체 복사를 다룬 고전적인 이론과 하늘이 왜 파란지를 밝혀낸 광학적 업적으로 유명하며 대기

중에서 세 번째로 많은 양을 차지하는 희귀가스 아르곤을 발견한 공로로 1904년 영국인으로서 최초로 노벨 물리학상을 수상한 것으로 더욱 유명하다. [1] [2] 그렇지만 그의 첫 번째 연구 관심사는 음향학에 있었으며 이는 그가 남긴 유일한 저술인 『음향이론』 (*The Theory of Sound*, 1877-78)이 음향학에 관한 저술이었다는 점에서 잘 드러난다. [3] 이 책은 우선적으로 음향학적 계의 수학적 이론을 취급하는 데 초점이 맞추어져 있었지만 실험에 대한 관심도 소홀히 하지 않았다. [4] 레이리

책임저자: 구 자 현 (jhku@ysu.ac.kr)
612-743 부산시 해운대구 반송동 249 영산대학교 자유전공학부
(전화: 051-900-2185; 팩스: 051-540-9371)

는 음향학 실험에 있어서도 수학적 이론 못지 않게 탁월성을 드러냈다. 그는 새로운 실험 기술과 기구를 창조해냈으며 그러한 독창성으로부터 시대를 앞서가는 실험을 많이 수행하였다. 이러한 앞선 실험 능력의 도움으로 레일리는 어떤 연구자보다 일찍 소리와 관련된 미묘한 현상들을 검출하는 데 성공했다. [5] [6] 이러한 실험들은 소리와 빛 사이의 유비로부터 자극을 받아 이루어졌는데 이는 레일리가 광학과 음향학에 동시에 종사하고 있었던 것에서 잘 설명된다. 레일리는 1860년대에 과학자로서 연구를 시작할 때부터 빛과 소리 사이의 유비에 특별한 관심이 있었다.

이 논문은 주로 레일리의 출판된 논문을 토대로 하고 그의 실험 노트를 참고하여 그가 소리와 관련된 독특한 현상들을 어떻게 의심의 여지 없이 검출해내었는지 밝히고자 한다. 이로써 이러한 레일리의 성공은 광학을 비롯한 자연 세계 전반에 대한 폭넓은 관심, 실험을 성공적으로 수행할 수 있는 실험 기구에 대한 숙달, 영민하고 독창적인 실험 장치 설계에서 비롯되었음을 보이게 될 것이다.

II. 소리의 그늘과 반사

소리와 빛이 모두 파동이라는 사실 때문에 19세기 내내 소리와 빛 사이의 유사점을 발견하려는 계속된 시도가 있었다. 광학 분야에서 선구적인 업적으로 인정받는 영 (Thomas Young)의 빛의 파동 이론은 음파와 빛의 유비로부터 얻어졌다. [7] 독일의 음향학자 제벡 (August Seebeck)은 사람이 망막에서 소리의 공명 현상과 유사하게 공명하는 입자에 의해 빛의 밝기를 감지한다고 주장하여 소리의 공명의 개념으로부터 빛의 감각의 문제를 선구적으로 취급했다. 독일 음향학의 대가인 헬름홀츠 (Hermann Helmholtz)가 영의 색 감각의 3 수용기 이론을 수용했을 때도 그 역시 소리와 빛의 유사점에 주목하였다. [8] 이렇게 소리와 빛의 유사한 파동으로서의 속성은 친숙한 파동으로 알려진 소리에 관련된 현상들로부터 빛에 관련된 현상을 찾아내는 방향으로 과학의 진행에 기여했다.

그렇지만 현상적 측면에서 볼 때, 19세기를 지나면서 광학 분야에서 빛의 그늘, 반사, 간섭, 회절 같은 현상은 통제적 조건을 구비한 실험실에서 비교적 확실하게 관찰된 반면에 소리와 관련해서는 그러한 현상이 유사한 확

실성을 가지고 검출되지 못했다. 소수의 음향학 연구자들이 이러한 현상들을 선명하게 관찰하기 위해 시도하기도 하였지만 검출은 쉽게 이루어지지 않았다. 빛은 가시광선이 상대적으로 짧은 파장을 가지고 있어서 실험실 규모의 실험에서도 직진성이 확실하게 드러나고 방해하는 빛을 철저히 차단할 수 있는 암실이라는 환경을 구축하는 것이 비교적 쉽고, 실험실에서 빛의 반사나 회절을 일으킬 수 있는 물체들을 쉽게 제거할 수 있었기에 이러한 현상들의 검출이 용이하게 이루어질 수 있었다. 그러나 소리의 경우에는 실험실 자체를 소리의 반사나 회절에서 자유로운 공간으로 만드는 것이 매우 어려웠다. 가청주파수 대의 음파의 파장이 비교적 길기 때문에 회절이 많이 일어나 실험실 규모의 실험에서 직진성이 확실하게 나타나지 않을 뿐 아니라 외부에서 진입하는 방해음을 철저히 차단하는 음향학적 암실을 만드는 일도 쉽지 않았다. 소리는 빛보다 훨씬 많은 물체에서 쉽게 반사되고 무엇보다도 실험자 자신이 주된 소리의 교란물이 되는 상황에서 소리를 실험자의 뜻대로 통제하기가 쉽지 않았다. 그러므로 19세기를 거치면서 검출하기 어려운 이러한 현상들을 검출하려는 노력보다는 소리에 관련된 다른 속성들에 대한 실험 연구가 주로 이루어졌다. [9]

레일리는 1860년대에 소리에 대한 본격적인 연구를 돌입하기 이전부터 이미 광학적 현상에 대해서 지대한 관심을 가지고 있었다. 그러므로 소리에 대한 연구를 수행하면서도 레일리는 다른 연구자들보다 소리와 빛의 유사한 성질에 관련된 이러한 문제에 대해서 일찍부터 관심을 기울였다. 1877년경에 레일리는 빛에서 알상적으로 관찰되는 그늘이 왜 소리에서는 관찰되지 않는지 의문을 품었다. [10] 그는 그 첫 번째 이유를 인간이 매우 넓은

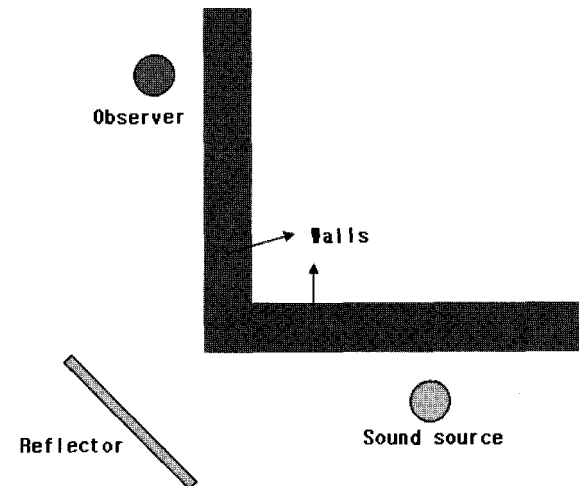


그림 1. 소리의 그늘과 반사
Fig. 1. Sound Shadow and Reflection.

범위의 소리 세기를 들을 수 있기 때문이라고 생각했다. 또한 그는 보통 물체들이 빛을 일정한 방향으로 반사하기는 쉽지 않지만 소리는 작은 것도 잘 반사한다는 데에서 찾았다. 특히 실험실에는 좋은 소리 반사체들이 많은 점을 지적했다. 그리하여 레일리는 소리 그늘을 검출하기 위한 특별한 실험 설계가 필요했다. 그리하여 레일리가 택한 곳은 야외였다. 실험실이 6개의 평면으로 둘러싸여 그 자체가 반사체의 역할을 하는 것에 반하여 야외는 지면이라는 하나의 반사체만을 갖는 환경이었다. 레일리는 한 큰 건물의 모퉁이를 장애물로 사용하고 음원으로는 음성, 소리굽쇠, 호각, 전동종을 사용했는데 그 중에서 전동종이 가장 편리했다. 레일리는 그 건물의 남서쪽 모퉁이에서 8 내지 10야드 떨어진 남향한 벽 근처에 음원을 놓았다. (그림 1) 그리고 관찰자를 서쪽 벽에 기대서서 대기하게 하였다. 이러한 배열 상태에서 관찰자는 음원에서 나오는 소리를 거의 들을 수 없었다. 이로써 소리 그늘이 확실히 형성되었다고 말할 수 있었다. 어느 정도의 회절이 모퉁이에서 일어난다 하더라도 벽에 기대선 관찰자에게는 미치지 못하는 것이 확실했다. 이 상태에서 레일리는 적당한 크기의 반사판을 그 모퉁이 근처에 설치하여 각도를 조절해 관찰자가 음원에서 나오는 소리를 훨씬 크게 선명하게 듣게 할 수 있었다. 이로써 소리 그늘이 반사판에 작용에 의해 사라진 것이 확실했다. 이 실험이 있기 전에도 소리가 장애물을 돌아서 그 뒤쪽에서는 잘 들리지 않는다는 것은 경험적으로 널리 알려져 있었지만 소리 그늘의 존재를 보이기 위해 반사판의 유무에 따라 소리의 그늘이 제거되거나 복원되는 것을 비교하는 체계적인 실험 설계를 했다는 점에서 이 실험은 독창적이었다. 이후에 레일리는 파장이 더 짧은 소리를 사용함으로써 더욱 선명하게 소리의 그늘의 존재를 입증하게 된다.

III. 소리의 간섭

소리는 파동이므로 빛과 같이 간섭을 일으킨다는 것은 당연하게 여겨졌지만 그에 대한 실험적 검증은 그렇게 쉽게 이루어지지 않았다. 동일한 진폭과 진동수, 위상을 갖는 음파를 발생시키는 것이 가능하지 않으면 이 실험은 성공할 수 없었다. 그런 점에서 레일리가 여러 실험에서 능숙하게 사용하던 전동 소리굽쇠를 사용함으로써 이 실험을 누구보다 먼저 성공적으로 수행한 것은 주목

할 만하다. 그는 128Hz로 진동하는 소리굽쇠를 사용하여 단속적인 전류를 만들어내고 이 전류로 두 개의 256Hz 소리굽쇠를 진동하게 만들었다. [11] 두 개의 그로브 셀 (Grove cell)을 전원으로 사용하면 적당한 세기의 소리를 만들어낼 수 있었다. 레일리는 두 소리굽쇠를 10야드만큼 떨어뜨려 놓고 소리굽쇠에 공명기를 부착하여 소리를 강화시켰다. 소리굽쇠를 전기로 진동시킨 후 한쪽 귀를 막은 관찰자는 상쇄간섭이 일어나는 지점들인 침묵점들의 위치를 찾아낼 수 있었다. 이로써 레일리는 소리는 이론적 계산에 일치하여 간섭을 일으킨다는 것을 확인했다.

더 나아가서 레일리는 프레넬 (Augustin Fresnel)이 광학 실험에서 입증했던 간섭띠가 음향학적으로도 생길 수 있다는 것을 보였다. 이 목적을 위해 레일리는 음원으로 민감 불꽃 (sensitive flame)을 채용했다. 레일리는 많은 실험 경험을 통해서 자신의 민감 불꽃의 민감성을 더욱 증진시켰기 때문에 그의 불꽃은 작은 소리에 대해서도 민감하게 반응했다. 레일리는 같은 위상의 두 소리를 만들어내기 위해 T자관을 사용했다. 그는 이 관의 공급구를 고압가스 노즐에 연결하고 다른 두 배출구에는 단면이 타원인 두 개의 트럼펫을 연결하였다. 타원형 나팔의 장축이 수직으로 배열되도록 한 상태에서 두 트럼펫의 축을 서로 평행한 상태로 40cm의 간격만큼 떨어져 있게 하였다. 두 트럼펫은 같은 세기와 같은 위상으로 소리를 발생시켰으므로 민감 불꽃이 두 트럼펫에서 똑같이 떨어진 거리에 놓였을 때 크게 교란되었다. 이런 상황에서 하나의 트럼펫에서 나오는 소리를 차단했을 때 교란은 줄어들었고 이것은 직전에 두 소리가 서로 보강 간섭을 일으키고 있었음을 드러냈다. 그 다음에 레일리는 두 트럼펫에서 나오는 소리를 회복시키고 T자 관이 장치된 판을 작은 각도만큼 돌려주었다. 그러자 바로 불

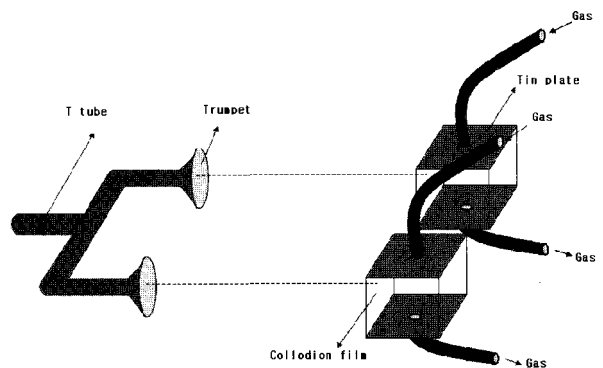


그림 2. 레일리의 소리 간섭 장치
Fig. 2. Rayleigh's Apparatus of Sound Interference.

꽃이 잠잠해지는 위치를 찾을 수 있어서 그 점에서 상쇄 간섭이 일어난다고 말할 수 있었다.

그리고 나서 레일리는 소리의 경로에 다른 종류의 기체층을 배치함으로써 위상 변화에 의한 간섭도 만들어낼 수 있었다. (그림 2) 그는 공기 중에서보다 음속이 0.8배 느려지는 것으로 알려져 있었던 이산화탄소를 사용하였다. 두께 L 의 이산화탄소에서는 $0.25L$ 만큼 음파의 지체가 일어나고 그것을 $1/2$ 파장과 같아지도록 소리의 파장을 조정해주면 이전에 보강간섭이 일어나던 위치에서 상쇄간섭이 일어나 민감 불꽃이 전혀 흔들리지 않는 것을 확인할 수 있었다. 일정한 두께의 가스층을 유지하기 위해서 레일리는 중앙에 구멍이 있는 정사각형의 주석판 2개를 평행하게 수평으로 배치했다. 두 주석판 사이의 옆면은 콜로디온 필름으로 둘러쌌다. 그는 이 상자의 위쪽과 아래쪽의 구멍에 가스관을 연결하여 이산화탄소를 공급하였다. 그는 이렇게 만든 주석 상자 한 쌍을 각각의 소리의 경로에 놓고 소리의 경로와 평행한 방향에 놓인 주석판의 변의 길이를 적절하게 조절하여 $1/2$ 파장의 지체가 일어나도록 하였다. 그러자 두 개의 기체 상자 중 하나가 이산화탄소로 채워지면 민감 불꽃에서는 상쇄 간섭이 감지되었고 두 상자가 모두 이산화탄소로 채워지면 보강 간섭이 감지되었다. 이 결과는 소리의 경로에 놓인 다른 매질이 다른 위상을 만들어내어 소리가 간섭하도록 할 수 있으리라는 레일리의 가정을 입증해주었다. 이렇게 독창적인 실험 장치들을 사용하여 레일리는 소리의 간섭을 일으키는 데 전례 없는 성공을 거두었다.

IV. 소리의 회절

레일리는 소리의 회절을 검출하는 데 있어서도 큰 기여를 했다. 1904년에 그는 '푸아송의 디스크' (Poisson's disk)로 알려진 실험을 통해서 소리가 회절하는 것을 빛만큼 확실하게 보일 수 있었다. [12] '푸아송의 디스크'는 1819년에 빛의 파동성을 주장한 프레넬의 주장이

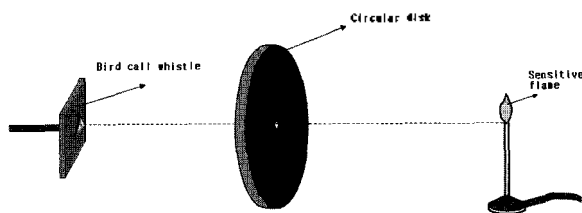


그림 3. 레일리의 소리 회절 장치(푸아송의 디스크)
Fig. 3. Rayleigh's Apparatus of Sound Diffraction (Poisson's Disk).

옳다면 나타나야 한다고 푸아송이 예상한 현상이었다. 즉, 원형 장애물에 비춘 빛은 그림자의 중앙에 오히려 밝은 점을 형성해야 한다는 것인데 실제로 그러한 현상이 나타난다는 것이 확인됨으로써 빛의 파동성을 입증하는 계기가 되었다. [13] 이 실험은 암실의 뒷문에 뚫린 구멍에서 들어온 햇빛이 암실의 공중에 대단 동전을 비추고 계산에 의해 얻어진 거리만큼 떨어진 곳에 형성된 이 동전의 그림자에 사진판을 놓아 그림자의 중앙에 빛이 도달하는 것을 포착하는 방식으로 이루어졌다.

레일리는 유사한 현상이 소리에서도 관찰될 수 있다는 것을 보였다. 이 실험을 성공으로 이끄는 데 결정적인 역할을 한 것은 직진성을 갖는 짧은 파장의 음을 내는 음원인 새소리 발생장치와 민감한 소리 검출기인 민감 불꽃이었다. (그림 3). 그는 장애물로 직경이 18인치인 검정색 원형 종이를 유리판에 붙인 것을 사용했다. 그는 민감 불꽃과 새소리 발생장치 사이에 그 유리판을 매달았다. 그는 원형 종이의 중앙에 작은 구멍을 뚫어 놓아 그 구멍으로 들여다보면서 음원, 장애물, 검출기가 일직선 상에 배열되어 있는지를 알아볼 수 있도록 했다. 레일리는 민감 불꽃이 종이판 뒤에서 흔들리지 않는 것을 보임으로써 소리 그늘이 존재한다는 것을 보일 수 있었다. 그리고 나서 그는 그늘 중앙에 불꽃이 흔들리는 지점을 찾아내었다. 그리하여 레일리는 푸아송의 디스크가 광학처럼 음향학에서도 효력을 발휘함을 성공적으로 입증할 수 있었다.

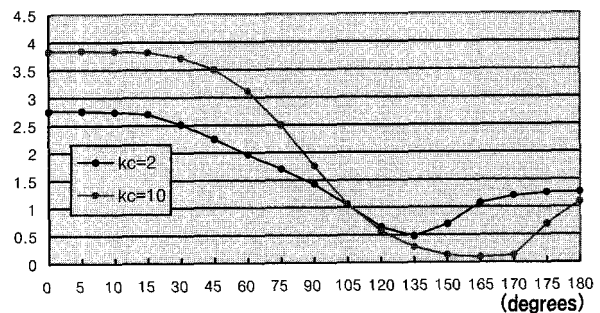


그림 4. 레일리의 구형 장애물에 의한 소리 회절 그래프
Fig. 4. Rayleigh's Graph of Sound Diffraction by a Spherical Obstacle.

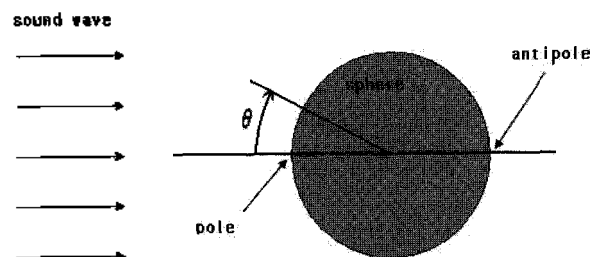


그림 5. 구형 장애물에 의한 소리의 회절 실험
Fig. 5. Sound Diffraction Experiment by a Spherical Obstacle.

비슷한 시기에 레일리는 원판이 아니라 구형의 장애물이 만들어내는 소리의 회절의 효과에도 관심이 있었다. 그는 이 문제에 대한 이론적 취급을 바탕으로 구형 장애물의 소리 회절의 효과에 대한 체계적인 실험을 수행하였다. [12] 구형 장애물의 직경이 소리의 파장보다 작으면 소리의 회절에 의해 구 표면의 각 점에 도달하는 소리의 세기에 대한 계산은 단순했지만 구형 장애물이 더 커지면 계산은 복잡해졌다. 레일리는 구 표면에 음원이 존재할 때 구에서 떨어져 있는 지점에서의 소리의 세기를 얻는 식을 구하였다. 이 식은 레일리 자신이 이미 1870년대에 증명한 상반 정리 (reciprocal theorem)를 사용하면 구에서 떨어진 곳에서 구를 향해 음파가 들어올 때 구의 표면상의 다양한 지점에서 소리의 세기를 얻는 데에도 그대로 쓰일 수 있었다. [14] 레일리는 복잡한 수식 전개 과정을 거쳐서 구 위에서의 소리의 세기를 구 위에서 음원에 가장 가까운 점인 극 (pole)으로부터 중심각이 변함에 따라 달라 어떻게 달라지는가를 계산하여 그래프로 나타내었다. (그림 4) 이 복잡한 계산을 하기 위해서 레일리는 띠조화함수 (zonal harmonics) P_n 표를 만들어야 했다. 이 그래프를 보면, 구의 반지름 (c)과 음파의 파장 (λ)의 비를 나타내는 $kc (=2\pi c/\lambda)$ 에 따라 다소 차이가 있지만 소리의 세기는 극에서 최대값을 갖고 극에서부터 각거리가 멀어질수록 작아졌다. 그러나 최소값은 135도에서 165도 사이에 나타났고 이 각보다 큰 각에서는 각도가 커지면서 소리의 세기는 다시 증가했다. [15] 레일리는 이러한 이론적 유도가 사실인가를 확인하기 위해 실험을 설계했다. (그림 5) 그는 구형 장애물로 12인치 직경의 구와 3.5인치 직경의 크로켓 공을 선택했다. 그는 음원으로 3cm의 파장을 내는 새소리 발생장치를 사용하고 소리의 검출장치로 민감 불꽃을 사용했다. 크로켓 공의 경우가 원주가 30cm 정도이므로 $Kc=10$ 인 경우에 해당했고 이 경우에 이론과 실험 결과가 근접하게 나타났다. 전자의 경우에 민감 불꽃은 구의 대극 (antipole, 극과 같은 지름에 있는 구의 표면상의 다른 점)으로부터 5인치 떨어진 곳에 배치했을 때 불꽃이 흔들리는 것을 볼 수 있었고 후자의 경우는 공의 대극에서 1.5인치 떨어진 곳에 민감 불꽃을 놓는 것으로 불꽃의 흔들림을 관찰할 수 있었다. 이러한 결과들은 불꽃에 도착한 음파들이 장애물에서 회절되어 불꽃에 도달한 것을 나타냈다. 그러나 공을 조금만 음파의 진행 방향에 대하여 수직으로 이동시키면 불꽃은 이내 잠잠해져 불꽃이 소리 그늘에 들어갔음을 나타냈다. 이러한 결과

들은 레일리가 수학적 이론으로 예측했던 것과 상당히 잘 들어맞았다. 이 연구는 머리를 구형 장애물로 간주하였을 때 양쪽 귀에서 들리는 소리의 세기에 대한 이론적 설명을 제공했으므로 양쪽 귀에 들리는 소리의 세기에 의한 소리의 방향 지각 이론을 레일리가 구축하는 데 토대가 되었다. [16]

V. 결론

소리의 파동성은 이미 17세기에 확고한 과학적 토대를 확보했다. [17] 19세기 초에 빛의 파동설은 당시에 전형적인 파동으로 알려진 소리와 유사 속에서 인도받아 제시되고 실험을 통해 확립되었다. 빛이 간섭과 회절 현상을 일으키는 것을 검출함으로써 의심의 여지 없이 파동성을 갖는 것으로 확정되었다. 그렇지만 19세기를 한참 지나서도 정작 소리의 경우에는 빛에서 쉽게 검출되는 현상인 그늘, 반사, 간섭, 회절이 분명하게 검출되지 못했다. 19세기 말에 레일리는 이 문제점을 직시하고 그동안 쌓아 왔던 실험 연구자로서의 경험을 토대로 자신이 고안한 장치와 기술을 이용해 이러한 현상을 실험을 통해 성공적으로 검출해 냈다. 이러한 성공은 소리를 취급하는 기술이 상당한 수준에 도달했음을 의미하며 전자장비가 등장하기 전에 기계적 방식에 의해 소리를 다루는 장치들을 사용해서 상당히 정밀한 실험 결과들을 얻을 수 있었음을 보여준다.

레일리가 소리의 그늘과 반사를 검출하기 위해서 음파의 교란이 심한 실험실을 떠나 야외에서 건물의 모서리를 장애물로 이용한 것은 훌륭한 선택이었다. 1870년대에 이루어진 이 실험은 사실상 정교한 실험 장치를 요구하지 않고 소리를 검출하기 위해서 사용된 것도 사람의 귀였다. 그렇지만 소리의 간섭이나 회절을 검출하기 위해서는 더욱 정교한 실험 도구와 장치가 필요했다. 이런 점에서 가스 불꽃을 사용하는 민감 불꽃은 매우 정밀한 위치에서 민감하게 소리를 검출하는 것을 가능하게 해주었고, 새소리 발생장치는 파장이 수 센티미터에 불과하여 상당히 소규모의 실험 장치를 꾸밀 수 있게 해주었고 회절이 심하게 일어나지 않아 직진성을 확보하는 것을 가능하게 해주었다.

이러한 음원과 소리 검출 장치를 능숙하게 사용할 수 있었던 것을 토대로 레일리는 소리의 간섭과 회절을 검출하기 위해 독창적인 실험 세팅을 고안함으로써 소리의

간섭과 회절이 이론과 일치하게 일어난다는 것을 보일 수 있었다. 그는 소리의 간섭을 검출하기 위해 같은 위상의 소리를 만들어내는 데 T자 관에 끼운 트럼펫을 사용하였고 가스를 주입한 상자를 소리의 경로에 삽입하는 장치를 고안하여 경로차를 유발하였다. 또한 소리의 회절을 검출하기 위해 원형 디스크를 장애물로 사용하고 디스크 중앙에 구멍을 뚫어 그 구멍을 들여다 보면서 음원과 소리 검출기를 일직선에 배열하는 방식을 도입하였다. 또한 구형 장애물의 회절 효과 실험은 이미 이론적으로 확립된 것을 정교한 실험으로 확인하기 위해 설계된 것으로 구형 장애물의 표면상의 다양한 위치에서 음파의 도달 여부를 검출할 수 있었던 것은 수 밀리미터의 영역에만 존재하는 소리도 검출할 수 있는 민감 불꽃이 있었기 때문에 가능했다.

그 당시에 실험 음향학자로서 레일리가 도달한 숙달성은 누구도 도달하기 어려운 수준이었으며 당면한 문제를 해결하기 위한 그의 명민한 실험 설계는 매우 독창적이었다. 이러한 장점들을 활용하여 레일리는 전기 음향 장치가 실용화되지 않은 당시 기술 수준에서는 수행하기 어려운 여러 실험들을 성공적으로 수행할 수 있었던 것이다.

참고 문헌

1. Robert J. Strutt, 4th Baron Rayleigh, *Life of John William Strutt, Third Baron Rayleigh, O.M., F.R.S.* (Madison, Wisconsin, 1968).
2. R. B. Lindsay, "Strutt, John William, Third Baron Rayleigh," in Charles Coulston Gillispie, ed. *Dictionary of Scientific Biography*, Scribner, New York, 1972, vol. 13, pp. 100-107.
3. Rayleigh, John William Strutt, *The Theory of Sound* (Dover Publications, New York, 1945).
4. Ja Hyon Ku, "J.W. Strutt, Third Baron Rayleigh, *The Theory of Sound, First Edition*" in I. Grattan-Guinness, ed., *Landmark Writings of Western Mathematics, 1640-1940*, Elsevier, Amsterdam, 2005, Chap. 45.
5. 구자현, "레일리의 실험 음향학 연구의 성과: 도구의 개선과 정밀성의 증진" *한국음향학회지* 22, 113-120, 2003.
6. Rayleigh, *Experimental Notebook and Letters*, Imperial College Archive에 소장된 마이크로필름, 1879. 12. 20.
7. Kenneth Arthur Latchford, "Thomas Young and the Evolution of the Interference Principle," Ph.D. dissertation, Imperial College of Science and Technology, Univ. of London, 1974.
8. Timothy Lenoir, "Helmholtz and the Materialities of Communication," *Osiris* 9, 195-205, 1994.
9. R. B. Lindsay, "The Story of Acoustics," *The*

Journal of Acoustical Society of America 39, 629-643, 1966.

10. Rayleigh, "Acoustical Observations I," *Philosophical Magazine* 3, 456-464, 1877.
11. Rayleigh, "Interference of Sound," *Royal Institution Proceedings* 17, 1-7, 1902.
12. Rayleigh, "Shadow," *Royal Institution Proceedings*, Jan. 15, 1904.
13. John Worrall, "Fresnel, Poisson and the White Spot: The Role of Successful Predictions in the Acceptance of Scientific Theories," in David Gooding, Trevor Pinch, Simon Schaffer eds, *The Uses of Experiment: Studies in the Natural Sciences*, Cambridge University Press, Cambridge, 1989, pp. 135-157.
14. Rayleigh, "Some General Theorems Relating to Vibration," *Proceedings of London Mathematical Society* 4, 357-368, 1873.
15. Rayleigh, "On the Acoustic Shadow of A Sphere," *Philosophical Transaction of Royal Society* 203A, 87-110, 1904.
16. 구자현, "레일리의 소리의 방향 지각 연구에 대한 과학사적 고찰" *한국음향학회지* 21, 695-702, 2002.
17. Robert T. Beyer, *Sounds of Our Times: Two Hundred Years of Acoustics* (Springer-Verlag, New York, 1999), Chap. 1.

저자 약력

• 구자현 (Ja Hyon Ku)



1989년 2월: 서울대학교 자연과학대학 물리학과 졸업
 1992년 2월: 서울대학교 대학원 과학사 및 과학철학 협동과정 석사
 2002년 8월: 서울대학교 대학원 과학사 및 과학철학 협동과정 박사(음향학사)
 2003년 9월~현재: 영산대학교 자유전공학부 조교수
 * 주관심분야: 음향학사, 레일리의 음향학, 음악과 음향학