

모든 동물군의 생존에 관한 감각기관의 기능¹⁾

송 순 창²⁾
대한조류협회장

I. 서론

모든 동물군이 생존하기 위해서는 감각기능이 얼마나 진화되어 있는가에 따라 유리한 생존과 밀접한 관계가 있다.

감각기관이란 시각과 청각 그리고 촉각, 미각, 후각 그리고 자각을 말하는데, 이들은 동물군의 종에 따라 감각기관이 서로 다르게 진화되어 왔다.

감각기관이란 감각정보를 수집하는 구조물을 말한다.

구조물의 형태는 눈과 귀는 형태와 기능이 분명히 대응하지만 조류의 자각기관처럼 아직까지 확실히 밝혀진 것은 없다. 초기 생물학자들은 감각기관의 상대적 크기가 민감도와 중요도에 비례한다는 것을 인지하게 되었다. 1700년대에 이르러 해부학자들이 감각기관과 뇌가 긴밀하게 연결되어 있음을 발견하고, 이후에 감각 정보가 저마다 다른 뇌 영역에서 처리된다는 것도 알게 되었으며, 뇌 영역의 크기가 감각능력에 비례한다는 사실도 이해하게 되었다. 오늘날에 와서는 스캔 기술과 전통적 해부학을 접목하여 3D 이미지를 만들어내고, 인간과 동물, 새의 뇌 영역 크기를 매우 정확하게 측정할 수 있게 되었다.

1800년대에 들어와 전기가 사용됨에 따라 생리학자들은 감각기관과 뇌의 연결 부위에서 신경 활동의 양도 측정할 수 있게 되었다

이후부터 전기생리학이 발전하면서 동물의 감각능력도 쉽게 알게 되었으며, 최근에는 신경생물학자들은 네 가지 종류의 스캐너로 저마다 다른 뇌 영역의 활동을 직접 측정하여 감각능력의 차이도 알게 되었고, 감각계는 행동을 조절하며 먹고 경쟁하며 이성간에 교미하고 자식을 돌보는 것 또한 감각계가 관장하며, 감각계가 없으면 몸이 제 기능을 하지 못한다는 것도 알게 되었다.

1) The Function of the Sensory Organs in Relation to the Survival of All Animal Populations.

2) SONG, Soon-Chang, Korea Association of the Wild Birds, E-mail : sunchang39@hanmail.net

이와 같이 동물군의 생존에 집적적인 기관이 감각기관인 것이다.

특히 새의 감각에 대한 연구는 수 세기 동안 많은 연구가 이루어졌다.

조류 감각생물학은 17세기에 들어와 각 대학의 학부에서 동물학을 전공하면서 감각생물학이 행동 학자보다 생리학자가 이 분야를 담당해왔기 때문이기도 하고, 감각계와 행동의 연관성을 연구할 때 조류보다는 다른 동물만을 대상으로 삼았기 때문이기도 하다.

동물행동학의 연구의 태동기는 1940년대에 들어와 4가지 방식으로 이루어지기 시작하였다. 1) 적응적 의미, 2) 원인, 3) 동물이 성장함에 따라 어떻게 발달하는가, 4) 진화적 변화에 의한 연구. 이런 연구의 패턴은 1990년대에 이르러 20년간 행동의 적응적 의미에만 관심의 대상에서 행동학자들이 특히 행동의 원인에 주목하게 되었다는 사실이다.

조류의 짝짓기는 암컷이 배우자를 선택할 때 고려되는 것으로 생각되는 또 다른 형질로는 아름다운 무늬와 색상은 암컷에 의해 선택되는 중요한 요소 중 하나이다.

숫컷은 아름다운 모습과 우아한 자세와 먹이 조달의 능숙함이 암컷에 의해 선택되는 기준이 되기도 한다. 우리가 새의 감각에 대해 아는 것은 오래전부터 조금씩 습득되어 왔다. 지식의 습득은 남들이 앞서 찾아낸 것을 바탕으로 이루어진 것이다.

II. 시각에 대하여

새의 많은 종류 중 시각이 뛰어난 종류는 맹금류이다. 맹금류가 시각이 좋은 한 가지 이유는 안구 뒤쪽에 있는 시각적 민감점인 눈오목(fovea)이 인간과 달리 두 개이기 때문이다. 눈오목은 안구 뒤쪽의 망막에 움푹 파인 곳에는 혈관이 없는 작은 구멍으로 빛을 탐지하는 광수용기가 밀집해 있다.

이런 이유로 눈오목은 망막에서 상이 가장 선명하게 맺히는 부위다.

매의 시력이 뛰어난 데는 두 개의 눈오목의 역할 때문이다. 지금까지 조사된 모든 조류 중에서 절반 가량은 인간처럼 눈오목이 한 개다. 문제가 되는 것은 때까지의 눈오목이 한 개냐, 두 개냐이다. 조류의 시각을 전문적으로 연구하는 학자에게도 그간 아무도 아는 사람이 없다는 점이다.

놀랍게도 1917년에 출간된 케이시우드의 안저(Fundus Oculi)에서 우드는 새의 망막을 검안경으로 연구하여 이 책을 썼다. 우드는 때까지의 안구 뒤쪽(안저)에 반점(눈오목)이 두 개인 것을 발견했다.

케이시 엘버트 우드(1856-1942)는 1904부터 1925년까지 일리노이 대학 안과학 교수를 지냈으며, 당대 최고의 눈 전문가이던 우드는 조류나 조류문헌, 조류학사에도 흥미를 느꼈다. 이를 테면 프

리드리히 2세가 매 부리기와 조류학에 대해 쓴 13세기 원고의 엄청난 중요성을 알아차리고, 바티칸 도서관에 가서 원고를 번역하기도 했다. 이로 인해 희기한 원고가 널리 알려질 수 있었다.

우드의 「조류의 안저(The Fundus Oculi of Birds)」(원래 제목)로 쓴 이유는 조류의 예외적 시력에 대한 이해가 커지면 인간 시각의 생리학과 병리학을 이해하는 데에도 도움이 될 것이라고 생각했기 때문이다.

1. 눈의 진화

인간의 눈은 고대 그리스 사람들은 안구를 해부했지만, 눈이 어떻게 작동하는지를 제대로 이해하지 못했으며, 눈이 빛을 받아들이고 내보내는지도 알지 못했다. 로마 검투사의 주치의였던 갈레노스가 눈을 해부학적으로 묘사한 것이 르네상스 시대까지 표준으로 통했으나, 13-14세기에 아랍어 서적들이 번역되면서 자연계에 대해 시각의 경이로움에 대해 사람들이 관심을 가지게 되었다. 독일인 요하네스 케플러(1571-1630)는 시각 이론을 최초로 내놓은 사람 중 한 명이며 이후에 아이작 뉴턴, 르네 데카르트 등이 이를 보완했다. 1684년에 현미경 관찰의 선구자 안톤 판 레이후엔훅은 망막의 광민감성 세포, 이른바 막대세포와 원뿔 세포를 처음으로 관찰했다. 2세기가 지난 뒤에 산티아고 라몬이 카할(1852-1934)은 훨씬 뛰어난 현미경을 가지고 기발한 방법을 써서 세포를 종류별로 다른 색으로 염색하여 조류를 비롯한 온갖 동물에서 망막 세포가 뇌에 연결되었는지를 기막히게 정교한 삽화를 곁들여 묘사했다.

다윈은 「종의 기원」에서 척추동물의 눈을 매우 완전하고 복잡한 기관으로 기술했으며, 눈은 자연선택의 시험 사례라고 기술했다.

스웨덴의 과학자 단에리크 넬손과 수산네 펠게르가 1994년에 눈의 진화를 기발하게 재구성한 것이 가장 설득력이 있었다. 두 사람은 광민감성 세포의 단순한 막에서 출발하여 시각이 세대마다 1 퍼센트씩 향상되며, 50만 년 안에 인간이나 조류 못지않게 정교한 눈이 생겨날 수 있음을 밝혀냈다. 50만 년은 생명의 역사에 비하면 짧은 기간이다.

시각의 진화가 전혀 복잡하거나 불가능하지 않음을 보여주었다.

새의 시력에 대한 문헌을 읽다보면 눈이 인도하는 널개라는 구절이 자주 등장한다. 새는 시력이 뛰어난 비행 기계에 지나지 않는다는 뜻이다. 18세기 말엽 프랑스의 안과학자인 앙드레 로송뒤비뇨가 척추동물의 시각에 대해 로송뒤비뇨는 자신의 경구가 새의 본질을 포착했다고 생각했다. 그는 물론 이렇게 말하기도 했다. 새에 대한 언급에서 새의 뛰어난 시력이 거의 빠지지 않았다. 1790년대 새의 감각을 논한 프랑스의 박물학자 콩트 드 뷔퐁은 새의 시각은 네발짐승보다 전반적으로 더 광범위하

고 예리하고 더 뚜렷하고 허공을 쏘살같이 날아다니는 새는 곡선을 그리며 느릿하게 이동하는 새보다 더 잘 보는 것이 틀림없다. 19세기 초에 조류학자 제임스 레니는 우리는 물수리(Osprey)가 80미터 높이에서 물고기를 덮치는 광경을 자주 볼 수 있다. 사람의 눈으로 분간할 수 없는 거리에서 정확하게 먹이를 쫓는 것으로, 이는 새가 포유류에 비해 눈이 크다. 단순하지만 눈이 클수록 시력이 좋다. 날면서 충동을 피하거나 짹싸고 위장술이 뛰어난 먹잇감을 잡으려면 시력이 좋아야 한다. 하지만 새의 눈은 보기보다 더 크다. 새의 눈은 작아 보이는 것은 동공을 빼고는 모두 피부와 깃털로 덮여 있기 때문에 새의 눈을 기만적이라고 한다. 당연한 말이지만 대형 조류의 눈은 소형 조류의 눈보다 크다. 눈의 크기가 중요한 것은 눈이 클수록 망막에 맺히는 상이 크기 때문이다.

주행성 새 중에서 먼동이 트자마자 활동을 시작하는 새는 어스름이 진 뒤에 활동을 시작하는 새보다 눈이 크다. 밤에 먹이를 찾는 섭금류는 올빼미를 비롯한 야행성 종처럼 눈이 비교적 크다. 늘 깜깜한 동굴 속에서 서식하는 어류와 양서류처럼 시각을 사실상 포기하고 다른 감각을 발달시켰다.

III. 청각에 대하여

앨프리드 뉴턴은 「조류 사전(A Dictionary of Birds)」에서 조류의 청력이 고도로 발달한 것은 의심할 수 없다. 조류는 단순히 소리를 지각하는 것이 아니라, 음높이, 음, 가락, 음악을 구별하고, 이해하는 능력을 갖고 있다고 했다. 뜬부기나 메추라기는 노래 소리는 끊임없이 반복한다. 이들의 소리를 바로 옆에서 들으면 약 100데시벨에 이른다.

우리가 같은 거리에서 대화를 나누는 소리는 약 70데시벨이며, 휴대용 오디오의 최대 용량이 약 105데시벨, 구급차 사이렌이 약 150데시벨이다. 메추라기와 뜬부기 소리를 이렇게 가까이에서 15분간 들으면 청력이 손상된다. 그렇다면 어쩌서 뜬부기와 메추라기의 귀는 멀쩡할까? 우리보다 훨씬 가까운 거리에서 자기 소리를 듣는데 말이다.

비결은 자기 목소리를 줄이는 반사 작용이다. 이 청각 반사가 가장 극단적인 새는 칠면조와 엽조 큰들펍(Oapercaillie)일 것이다. 큰들펍 수컷의 구애 과시는 매우 요란하다. 10세기 조류학자 앨프리드 뉴턴은 발정의 황홀경이 끝나기까지 몇 초 동안 수컷이 몇 초 간 바깥 소리를 전혀 듣지 못한다는 사실은 잘 알려져 있다. 1880년대에 청각 반사 메커니즘을 연구한 독일의 조류학자에 따르면 큰들펍 수컷이 일시적으로 귀가 멍는 것은 소리를 내는 동안과 그 뒤로 몇 초간 피부 덮개가 바깥귀를 막기 때문이다. 그 뒤 여러 종의 새를 연구했더니, 소리를 내려고 부리를 크게 벌리면 고막의 압력이

달라져 청력이 감소했다. 새들의 노래 소리는 다른 숫컷에게는 '저리 가', 암컷에게는 '이리 와'하고 장거리 신호를 보내는 것이다.

조류의 청각을 연구하는 것은 쉬어 보이지만 조류의 청각에 대한 우리의 이해는 한참 뒤쳐졌다. 한 가지 이유는 새에게는 바깥귀가 없으며, 귀의 가장 중요한 부위가 두개골 깊숙이 파묻혀 있기 때문이다. 하지만 무엇보다 중요한 이유는 청각에 대한 관심이 시각에 비해 훨씬 작았기 때문이다.

사람의 귀에 대해 처음으로 진지한 연구가 이루어진 것은 15-16세기유럽 이탈리아 해부학자를 통해서였다. 가부리엘 팔로피우스는 1561년에 속귀에서 반고리관을 발견하였다. 중귀는 1563년 바톨로마 이우스 에우스타키우스에 의해 발견되었고, 1660년에 파이크의 속귀에서 반고리관을 발견했으며, 기러기의 중귀에 일반적으로 셋이 아니라 하나밖에 없음을 알아냈다. 1940년대 이후로 새소리 연구가 비약적으로 발전하면서 새가 무엇을 들을 수 있는가에 관심이 갖게 되었다.

새의 청각은 학습에 대한, 또 한 인간의 언어 습득을 이해하기 위한 일반 모형으로 활용되었다.

조류와 포유류의 귀는 외귀, 중귀, 속귀의 세 부분으로 구성되어 있다. 외귀에는 귀길이 있다. 중귀는 고막과 귓속뼈 한 개 또는 세 개가 있고, 속귀는 액체로 가득한 달팽관이 있다. 외부에서 발생한 소리는 외귀를 통해 귀길을 따라 고막에 전달된 뒤에 작은 귀속뼈를 통해 속귀에 이르러 안에 있는 액체를 진동시킨다. 진동이 일어나면 달팽이의 미세한 털세포가 청각 신경을 거쳐 뇌에 전달되며, 뇌는 이 메시지를 해독하고 소리로 해석한다.

사람의 귀와 새의 귀는 다른 점이 크게 네 가지가 있다. 1) 가장 뚜렷한 차이점은 새에게는 귓바퀴가 없다는 것이다. 새는 귀가 어디 있는지 찾기 힘들 때가 많은데, 그 이유는 몇 종을 제외하고는 귀깃이라는 깃털로 덮여 있기 때문이다. 귓구멍은 눈 뒤 조금 아래에 있는데, 우리 귀의 위치와 대략 비슷하다. 바닷새의 귓길을 덮은 깃털은 물속으로 잠수할 때 귀에 물이 들어가지 않게 한다. 2) 조류와 포유류의 차이점은 포유류의 중귀에는 작은 뼈가 세 개인 반면에 조류는 파충류처럼 한 개뿐이라는 것이다. 3) 귀의 직동 부위인 속귀로, 속귀는 뼈에 들어 있어 보호받으며, 반고리관과 달팽이로 이루어진다. 포유류의 달팽이는 나선형 구조인 반면에, 조류의 달팽이는 곧거나 바나나처럼 약간 구부러졌다. 액체로 가득 찬 달팽이 안에는 막이 있는데, 그 위에 작은 털세포가 많이 나 있다. 털세포는 작은 진동에도 매우 민감하다. 소리에서 발생한 압력파는 귓바퀴 안쪽 귀길을 따라 전달되어 고막을 때리는데, 가운데 뼈들이 진동하며 이 진동이 속귀의 앞부분과 달팽이로 전달된다. 달팽이 안의 액체에서 압력파가 생기면 털세포의 털이 휘어져 뇌에 신호를 보낸다. 진동수가 다른 소리는 달팽이의 다른 부위에 전달되어 다른 털세포를 자극한다. 고주파음이 발생하면 바닥막 밑부분이 진동하고 저주파

음이 발생하면 바닥막 끝부분이 진동한다. 포유류는 달팽이가 돌돌 말려 있어서 기다란 관을 좁은 공간에 옥여넣을 수 있는데, 실제로 포유류는 대부분의 조류보다 달팽이가 길다.

제리 펄프리는 1940년대에 새의 감각에 대해 알려진 지식을 조사하면서 랫시우스의 자세한 설명을 활용하여 새의 청력을 추론했다. 펄프리는 새들을 달팽이 길이에 따라 매우 긴새(수리부엉이) 긴새(지빠귀와 비둘기), 평균인 새(멧도요, 잣까마귀), 짧은 새(닭), 매우짧은 새(기러기, 흰꼬리수리)로 분류했다. 펄프리는 올빼미를 제외하면 달팽이 길이와 음악의 능력 사이에 상관관계를 상정할 수 있을 것이다. 과히 틀리지 않는 생각이었다. 이제 우리는 올빼미의 귀와 청각이 어느 새와 다르다는 사실과 음악성을 소리와 구분하고, 구별하는 능력으로 해석한다면 펄프리의 추론이 놀랐도록 정확하다는 사실을 안다. 달팽이의 크기와 청력에 대한 정보가 쌓이면서 이제는 새의 달팽이 특히 그 안에 있는 바닥막의 길이가 소리에 대한 민감도를 나타내는 타당한 지표임이 밝혀졌다. 뇌, 심장, 비장 같은 장기와 마찬가지로 달팽이도 몸집이 클수록 더 크다. 하지만 이와 더불어 큰 새는 저주파음에 유달리 민감하고, 작은 새는 고주파음에 더욱 민감하다.

올빼미는 예외로 몸 크기에 비해 달팽이가 거대하며 털세포가 아주 많이 나 있다. 체중이 약 370그램인 가면올빼미는 바닥막이 무려 9밀리메타에다 털세포는 약 16,300개다. 몸 크기로 유추한 수치의 세 배를 넘는다. 그래서 청력이 비상하게 뛰어나다. 새의 달팽이 안에 들어 있는 털세포는 주기적으로 교체되지만 포유류는 그렇지 않다. 새는 털세포가 교체된다는 점에서 포유류와 다르며, 큰 소리로 인한 손상을 견디는 능력도 더 뛰어난 듯하다.

조류학에서 가장 눈에 띄는 발견은 온대지방에 서식하는 새의 내장이 계절에 따라 큰 변화를 겪는다는 것이다. 이 현상은 생식샘에서 가장 뚜렷이 나타난다. 이런 현상은 낮과 밤의 길이에 따라 변한다. 낮 길이는 뇌의 호르몬 분비를 자극함으로써 생식샘 자체의 호르몬 분비를 자극한다. 한편, 호르몬은 숫컷이 노래를 시작하도록 유도한다. 이런 변화와 관련하여 가장 큰 영향을 미친 발견은 뇌의 각 부위의 크기가 철에따라 달라진다는 1970년대의 연구 결과인 것이다. 전혀 예상치 못한 발견이었다. 새가 예외라는 발견은 신경생물학과 노래학습 연구에 혁신과 활력을 가져왔다.

IV. 촉각에 대하여

새들 중에서 오리류와 섭금류의 생존을 위한 먹이 구입은 주로 부리의 촉각에 의해서 생명을 유지할 수 있다. 제리 펄프리는 새의 감각 기관에서 새의 딱딱한 부리는 정교한 촉각에 알맞은 기관

이 아닌 듯하나, 부리의 종말기관은 신경종말이 있다는 것은 이 부위가 촉각적으로 가장 민감한 곳임을 밝혔다.

흙탕물이나 갯벌에서 먹이를 포획하는 것은 시각이나 다른 감각기관이 아닌 오직 촉각으로 해결 하듯이 부리는 단단한 각질로 구성되었음에도 윗부리의 안쪽 가장자리에는 촉각 수용기가 분포하고 있다.

딱딱한 각질로 구성된 부리는 언뜻 보기에는 감각이 무뎠 것 같다. 둔감한 부리로 깃 다듬기를 하기도 하는 것은 새의 부리와 혀 곳곳에는 작은 구멍 속에 수많은 촉각 수용기가 들어 있다. 새들이 깃 다듬기를 미세하게 조종할 수 있는 것은 이 때문이다. 부리 끝 기관은 1869년에 프랑스의 해부학자 D. E. 구종이 발견했다. 윗부리와 아랫부리에 작은 구멍이 한 줄로 나 있었는데, 구멍마다 촉각 민감성 세포가 들어 있었다. 구종은 촉각 수용기의 본질을 꿰뚫고 기본 요소를 밝혀냈다.

19세기 독일의 해부학자들은 오리의 부리 끝 기관에서 처음으로 촉각 수용기를 관찰했다. 오리의 수용기는 두 종류가 있다. 크고 정교한 수용기는 에밀 프리드리히 구스타프헤르프스트가 발견하여 자신의 이름을 따라 명명했다. 그는 이 수용기를 1848년에 오리의 뼈에서 먼저 발견한 뒤에 1849년에 입천장에서, 그 이듬해 1850년에는 피부에서, 1851년에는 혀에서도 발견했다. 두 번째 수용기는 그란드리 소체로, 1869년에 이 수용기를 처음 발견한 벨기에의 생물학자 그란드리의 이름을 땀다. 그란드리 소체는 작고 구조가 단순하며 움직임에 민감하다.

두 수용기는 유두의 원뿔형 몸체에 함께 들어 있는데, 작은 그란드리 소체가 헤르프스트 소체 위에 분포하여 매우 아름다운 구조를 이룬다.

오리 부리 안팎의 다른 부위, 특히 부리 끝 부위와 가장자리에도 헤르프스트 소체와 그란드리 소체가 많이 있지만, 부리 끝 기관의 유두에서처럼 다닥다닥 붙어 있지는 않다. 청둥오리 부리에는 1제곱 밀리미터에 수용기가 700개나 들어 있는데, 모든 수용기는 부리와 접촉하는 물체나 입안에 있는 물체에 대한 정보와 수집하는 역할을 한다.

V. 미각에 대하여

새에게 미각이 있는가는 오래전부터 논의되던 주제였다. 제임스 레니의 「새의 능력」이란 책에 의하면 별새는 꽃꿀(화밀)에 농축된 당의 맛을 느낄 수 있다. 부리 끝에서 혀가 삐죽 나와 있는데, 맛봉오리는 혀가 아니라 부리 안에 있다. 이런 사실들을 비롯하여 비슷한 종류의 수많은 사실들을 보건데,

적어도 어떤 새들은 미각 능력을 타고난다고 결론 내려도 무방하다고 생각한다. 관찰력이 예리하기로 소문난 일부 저자들이 이를 노골적으로 또는 부분적으로 부정하지 말아야 한다. 다시 말하면 새에게도 미각이 있으며, 인조사료보다 천연 먹이를 더 좋아한다는 것은 주지의 사실이다. 대다수 종은 혀가 작고 딱딱하고 화살 모양이며, 아래턱 안에 놓여 있으며, 언뜻 보기에는 맛봉오리도 거의 없는 듯하다. 게다가 이빨이 없어서 먹이를 씹지 않고 그냥 삼키기 때문에 맛을 느끼지 못할 것만 같다. 무엇보다 새의 부리는 맛과 연관된 표정인 쾌감이나 혐오감을 드러내지 못하기 때문에 새에게 미각이 거의 또는 전혀 없다는 것이 통념이라 해도 놀랄 일이 아니다. 아리스토텔레스는 미각이 혀에서 혈류를 거쳐 심장과 간으로 전달된다고 믿었다. 이탈리아 해부학자 로렌츠 벨리니가 1665년에 사람의 혀에서 맛유두(papilla)를 발견했는데, 진짜 맛봉오리는 두 세기 후에야 발견되었다. 1860년대에는 사람에게서 발견되었다. 맛봉오리가 혀의 유두와 연결되었다는 사실은 맛과 연관성이 있음을 강하게 시사했다. 그러나 일부 학자들은 이를 노골적으로 부정하기도 했다. 하지만 레니가 날카롭게 지적하듯 나머지 대부분의 동물에서 혀가 주요 미각기관이라고 해서 새도 먹이를 맛으로 구별하지 못한다고 결론 내릴 수는 없다. 입의 나머지 부분이 이 역할을 수행할 수도 있기 때문이다. 이 당시 새에게 미각이 있다고 생각한 사람은 거의 레니 혼자였다.

맛은 먹을 수 있는 것과 먹을 수없는 또는 위험한 것을 구별하는데 꼭 필요하기 때문이다. 그럼에도 60년 뒤에 앨프리드 뉴턴은 대작 「조류사전(Dictionary of Birds)」에서 이렇게 말했다.

혀는 대체로 미각의 주요 기관으로 여겨지지만 새의 경우는 그렇지 않음이 분명하다. 새의 혀에는 감각기관, 감각신경의 종말기관이 매우 풍부한 것은 사실이나, 이 소체들은 불투과성의 딱딱한 껍질 안에 깊숙이 숨어 있는 경우가 많으므로 촉각기관은 몰라도 미각기관 역할을 할 수는 없다. 1970년대 네덜란드의 레이텐 대학의 젊은 박사 과정 대학원생 헤르만 베르크하우트가 새의 부리에 있는 현미경적 촉각 구조을인지 했다. 그는 오리 머리의 얇은 2차원 절편으로 3차원 영상을 구성하는데, 참가한 학생 두 명을 감독하다가 흥미로운 현상을 발견했다. 베르크우드는 학생들이 관찰하던 절편이 잘 보이도록 탁자에 투사하여 확대했는데, 영상 하나가 예사롭지 않았다. 오리의 부리 끝부분에 달걀 모양의 기묘한 세포 군체가 부리 끝 안쪽에 있는 구멍으로 연결되어 있었다. 그 순간 맛봉오리를 찾아냈다는 사실을 알아차렸습니다. 새로운 발견이었다. 마침내 새에게서도 맛봉오리가 발견되고 새에게 미각이 없을 까닭이 없지 않은가? 한 동안 이 분야의 권위 있는 개론서는 찰스무어와 러시 엘리엇이 1946년에 출간된 책이었다. 이 책에는 새에게 있는 소수의 맛봉오리가 혀에 몰려 있다고 주장했는데, 이후의 연구자들은 이 주장을 의문 없이 받아 들였다.

연구에서 새의 맛봉오리 개수가 인간에 비해 비교적 적은 데는 맛 범주인 짠맛, 신맛, 쓴맛, 단맛에 반응한다는 사실을 확인할 수 있었다.

VI. 후각에 대하여

우리 인간은 콧구멍을 통해 냄새를 맡는다. 대부분의 동물들은 콧구멍의 감각신경 종말에 의해 냄새를 맡고 있으나 종에 따라 민감도는 많은 차이가 남을 알 수 있다. 1500년대 중엽에 동아프리카에 파견된 포르투갈선교사 주앙 두스 산토스는 자신의 선교원에서 밀랍 양초에 불을 붙일 때마다 작은 새들이 날아들어 따뜻한 밀랍을 먹어치우는 것이 불만이라고 일기장에 썼다. 현지인들은 두스 산토스에게 그 새가 '밀랍 먹는 새'라고 말했다. 지금에서야 그 새가 벌알잡이새임을 안다. 4세기 뒤에 허버드 프리드먼은 벌이 한 마리도 없는데 새는 어떻게 밀랍이 있다는 걸 알까? 아직까지는 만족스러운 답이 하나도 없었다. 새는 대체로 후각이 둔하기 때문이다.

조류학자들은 새에게 후각이 있을지도 모른다고 좀처럼 생각하지 못했다. 조류학자에게 물어보면 새의 뇌에서 후각 영역은 하는 일이 별로 없다는 말 뿐이다. 그러나 새가 후각에 의해 확정적 증거는 얼마든지 있었다. 오듀본에 의한 쇠곤드라와 반 노퍽에서는 푸른박새를 치즈 도둑에 의한 일화로 낙농장에 들어가 치즈를 훔쳐 먹는 습성 때문인데, 그렇다면 냄새를 맡을 수 있을 것이다. 낙농장의 위치가 규칙적이어서 푸른박새가 학습할 수 있었을 가능성은 희박하다. 게다가 박새들은 치즈를 만들 때만 찾았다고 단정할 수는 없다. 일본에서는 300년 전에 푸른박새의 근연종인 곤줄박이에게 점치는 법을 가르쳤다. 탁자 위에 점괘가 쓰인 쪽지를 올려놓고 점괘가 보이도록 점술사가 큰 소리로 시를 읊으면 시에 맞는 점괘를 골랐다. 이 수법을 새에게 가르치기는 매우 힘들었다. 점술사는 새가 잡지 말았으면 하는 쪽지 뒤에 무엇인가의 훈향을 배게 했다. 효과가 있었던 것을 보면 곤줄박이는 후각을 이용하여 쪽지를 구별한 듯하다. 일부 섭금류가 진흙 냄새를 맡을 수 있음을 암시하는 일화도 있었다. 노퍽의 박물학자 존 헨리는 노퍽에게 목초지의 물길을 청소할 때 그 과정에서 냄새가 심하게 난다. 그런데 진흙을 모아 놓으면 어김없이 뽀뽀도요가 나타났다. 하지만 뽀뽀도요가 냄새를 맡지 못한다면 갯 뒤집은 진흙을 찾아낼 수 있었을까? 더 그럴듯한 일화는 죽음을 감지하는 까마귀들의 행동이다. 까마귀들은 생명이 다해가는 동물들의 수명을 직감하고 모여든다는 사실이다. 이제는 리퍼폴 대학에 동물학 교수가 된 제리 험프리는 새의 감각을 주제로 1947년에 「따오기」 과학지에 기고한 검토 논문에서 시각과 청각을 논의한 뒤에 나머지 감각기관에 대해서는 언급할 만한 것이 별로 남아 있지 않았다.

후각이 뛰어난 포유류와 비교하여 새의 후각이 그다지 발달하지 않은 것은 분명하다. 그는 일부 새에게서 후각의 일화적 증거가 발견된 것은 인정하면서도 이를 반박하는 다른 일화들이 있음을 지적했다. 펴프리는 낙심한 어조로 이렇게 결론 내렸다. 사실 이분야에서는 비관적 실험이 거의 불가능하다.

사람의 코에서 들숨을 데우고 축이며 냄새를 감지하는 기관을 갑개(concha)라 한다. 이 용어를 처음 들어보는 사람이 많겠지만 갑개는 코의 딱딱한 윗부분 안쪽에 있는 조개 모양의 뼈로 싸우다가 쉽게 부러지며 성형 수술로도 복원하기 힘들다. 새는 드러난 두 개의 콧구멍으로 대체로 윗부리 안쪽에 방이 세 개 있다. 두 개는 들숨을 데우고 적시는데, 일부 공기는 입을 통해 폐로 들어가기도 한다. 세 번째 방은 부리 밑동에 있으며, 여기에 두루마리처럼 말린 연골 또는 뼈로 이루어진 갑개가 들어 있다. 공기가 통과하는 얇은 뿔조각을 감싼 판 모양 조직 안에는 냄새를 감지하고 뇌에 정보를 전달하는 작은 세포가 많이 들어 있다. 갑개가 복잡할수록 즉 두루마리가 많이 말릴수록 표면적이 커지고 냄새 감지 세포의 수도 많아진다. 냄새를 해석하는 뇌 부위는 부리 밑동 근처에 있는데 모양 때문에 후각망울이라고 부른다.

벳시는 그의 논문 제목은 「일부 조류 종류 종의 후각 기능에 대한 해부학적 증거(Anatomical evidence for olfactory function in some of birds)」였다. 실험 결과는 1960년에 「네이처」에 발표되었는데, 벳시의 동료 한 명은 이렇게 회상했다. 벳시의 논문이 발표되면서 새에게 후각이 있다는 사실을 부인하는 것이 불가능해졌다. 그 후 코부와 벳시는 의기 투합하여 170종에 이르는 새의 뇌에서 후각망울의 크기를 대규모로 비교 연구하였다.

1962년에 일본에서 열린 후각 학술대회에서 버니스는 비둘기가 냄새에 어떻게 반응하는지 보기로 했다. 생리학자들이 흔히 쓰는 방법을 이용하여 자극에 따라 비둘기의 심박수가 어떻게 달라지는지 알아보았다. 버니스는 비둘기를 순수한 공기에 노출시키되 사이사이에 잠깐씩 냄새를 맡게 하고는 심박수와 호흡수를 측정했다. 첫 번째 실험에서 놀랍게도 냄새를 맡게 했을 때 비둘기의 심박수가 치솟았다. 비둘기가 냄새를 감지했다는 명백한 증거였다. 버니스는 즉시 후속 연구를 시작했으며, 일본 학술대회에서 새의 후각에 대한 첫 논문을 발표했다.

1960년대에 미국에서 여성 생리학 교수는 손에 꼽을 정도였는데, 그 중에서 버니스 웬절의 뛰어난 강점은 해부, 생리, 행동의 도구와 개념을 결합하여 후각을 깊이 이해했다는 것이다. 버니스는 카나리아, 메추라기, 펭귄 등 다양한 새를 연구하면서 후각엽이 아무리 작은 종이라도 어김없이 냄새를 감지할 수 있음을 발견했다. 모든 종이 냄새 자극에 반응했지만, 후각엽이 클수록 심박수가 더 커졌다. 결과는 놀라웠지만 새가 일상에서 후각 정보를 이용하는지는 밝혀지지 않았다.

Ⅶ. 자각에 대하여

이동하는 큰뒷부리도요는 자각의 안내를 받아 앨래스카에서 뉴질랜드까지 만천 킬로미터를 8일간 쉬지 않고 한 번에 날아간다. 이와 같은 사실은 새에게 위치 추적기를 달아서 북유럽에서 아프리카까지의 이동행로를 추적할 수 있다. 하지만 비행거리로 따지면 습새, 신천옹(알바트로스), 극제비갈매기에게서 기록되었다. 이들은 모두 대양 항해의 기록 보유자로 손색이 없는데, 그 중에서도 큰뒷부리도요는 앨래스카에서 뉴질랜드까지 11,000킬로미터를 쉬지 않고 여드레 만에 주파하는 놀라운 기록을 달성한다. 새들은 매년 반복되는 이동지를 어떻게 길을 찾아가는지 오래전부터 수없이 제기된 의문이었다.

길 찾기 메커니즘에 대한 우리의 지식은 역설적으로 포획 조류의 연구에서 비롯했다. 오늘날 위치 추적기라는 현대 기술 덕에 새들이 얼마나 먼 거리를 비행하는지 더 포괄적이고 상세하게 알 수 있지만, 새들이 어떻게 길을 찾고 여행을 하는지에 대해서는 적어도 오늘까지는 좋은 의견이 별로 나오지 않았다.

새들이 어떻게 길을 찾는지에 대한 연구는 오래고 험난한 역사가 있다. 18세기 중엽에는 비둘기 같은 새들의 귀소본능에 대해 두 가지 견해가 대립했다. 하나는 새들이 등지 밖으로 나갈 때 길을 기억한다는 견해인데 증거는 전혀 없다. 또 하나는 지구가 일종의 거대한 자석이며, 새에게 여섯 번째 감각이 있어서 지구의 자기장을 감지한다는 비교적 최근의 발견을 바탕으로 삼는다.

새가 사람과 달리 자각을 이용하여 길을 찾는지 모른다는 생각은 러시아의 동물학자 알렉스 폰 미텐도르프가 1859년에 처음이었지만, 영국의 앨프리드 뉴턴을 비롯한 대부분의 조류학자들은 여기에 별 관심이 없었다. 이로부터 얼마 후에 1950년대 초에 독일의 조류학자 구스타프 크리머는 이 문제를 새로운 관점에서 생각하다가 길 찾기 두 단계로 이루어진다는 사실을 알아차렸다. 새들은 출발하는 순간에 그곳이 어디인지 알아야 하며, 집이 어느 방향인지도 알아야 한다. 1단계는 지도를 들여다보는 것이고, 2단계는 나침반을 이용하는 것이다. 이 방법은 크리머의 지도와 나침반 모형으로 알려졌다. 낮에 이동하는 새는 태양 나침반을 이용하고, 밤에 이동하는 새는 별 나침반을 이용한다.

1980년대가 되자 새에게 자각이 있어서 지구 자기장에서 나침반 방향을 읽어낸다는 사실이 널리 받아들여졌다. 이는 새들에게는 정말로 자기 나침반이 있다. 놀라운 사실은 새들에게 나침반뿐 아니라, 자기지도도 있다는 것이다. 이를 이용하여 GPS 시스템처럼 위치를 파악하되, 지구 자기장을 이용한다. 철새만 그런 것이 아니라 닭이나 텃새, 포유류, 나비 등에서도 자각이 발견되었다.

새를 포함한 동물이 어떻게 자기장을 감지하는지에 대해서는 3가지 이론이 있다. 1) 전자기 유도로, 물고기에게서 이 현상이 일어나는 것으로 추정된다. 하지만 이 메카니즘을 위해서는 아주 민감한 수용체가 필요한데, 새나 그 밖의 동물에게는 이런 수용체가 없는듯하다. 2) 산화철의 한 형태인 자철석(magnetite)이라는 자성 광물을 이용한 것이다. 이 방법은 1970년대에 일부 세균에서 발견되었는데, 꿀벌, 물고기, 새를 비롯한 다른 종에게도 작은 자철석 결정이 있다는 사실이 밝혀졌다. 1980년대에는 비둘기의 눈 주위와 윗부리 비강에서 미세한 자철석 결정이 발견되었다. 3) 세 번째 이론은 화학 반응이 자각을 매개할지도 모른다는 흥미로운 가능성이다. 새의 방향 감각은 실험 결과 놀라운 결과는 오른쪽 눈만이 지구 자기장을 감지할 수 있음을 알아냈다.

오른쪽 눈과 왼쪽 뇌는 어떻게 자각을 처리할까? 단지 오른쪽 눈이 빛에 더 민감해서일까? 빌트슈코는 진상을 알기 위해 유럽올새에게 일종의 콘택트렌즈를 씌우는 후속 실험을 실시했다. 양쪽에 씌운 렌즈는 같은 양의 빛을 받아들이지만, 하나는 뿌옇게 처리되어 영상이 흐릿하게 보였고, 또 하나는 투명했다. 이번에는 결과가 놀라웠다. 오른쪽 눈에 뿌연 렌즈를 씌워 보게 했더니 유럽올새는 방향을 찾지 못했다. 이에 반해 오른쪽 눈에 투명한 렌즈를 씌웠더니 여느 때처럼 정밀하게 방향을 찾았다. 이 결과가 의미하는 것은 빛 자체가 아니라 영상의 선명도가 중요하다는 사실이다.

VIII. 정서에 대하여

새를 연구하는 사람들이 자주 목격되는 장면은 열가니새나 바다오리, 신천옹(알바트로스)류의 새들이 둥지로 돌아오거나 짝짓기 철에 암수의 행동은 애정을 나누는 장면을 쉽게 접할 수 있다. 서로 간에 부리를 맞대고 정겨운 몸짓은 물론, 물총새과의 새들이 수컷이 암컷에게 먹이를 구해주는가, 또한 발정기의 새들의 사랑 노름은 새들에게 따뜻한 정서가 있음을 확신할 수 있다. 포유류 역시 모든 동물은 제각기 유대를 이루며 생존하고 있다는 것은 믿어 의심할 필요가 없다. 언제인가 로드킬 당한 한 마리 비둘기 곁에 주위를 떠나지 않고 주변을 맴도는 비둘기의 모습이나 아프리카 초원에서 살아가는 동물들이 서로 돕고 자신의 무리를 위해 헌신하는 모습은 쉽게 관찰할 수 있다.

찰스 다윈은 모든 동물이 정서를 함께 나누며 살아간다고 믿었다. 다윈은 동물의 감정 표현은 두려움과 노여움, 혐오, 놀라움, 슬픔, 즐거움 등 여섯 가지로 분류하기도 했으며, 훗날 질투와 공감, 자부심, 그리고 죄책감까지도 추가했다. 동물을 가까이 하는 사람이라면 누구나 알 수 있는 동물의 정서에 공감할 수 있다.

다윈도 새소리까지 정서 표현이라고 생각했다. 우리는 새들이 여러 상황에서 내는 소리의 특징을 구별할 수 있다. 공격적일 때는 거친 소리를, 짝을 바라볼 때는 부드러운 소리를, 포식자에게 잡혔을 때는 구슬픈 소리를 낸다. 이러한 모습에서 새들이나 동물의 모습에서 그들의 정서는 일상적인 삶의 모습이자 교감인 것이다.

참고문헌

Won, Pyong Oh. 1993. The Birds of Korea.

Uh, Yong Tae. 2002. Birds of Busan.

Song, Soon chang. 2005. The Complete Guide to Birds of The Korean Peninsula.

송순창. 2015. 세밀화로 보는 아름답고 화려한 애완조의 세계.

Song, Soon Chang. 2017. The Complete Guide to The Birds of South and North Korea.

Perrins, C., Dr. Horerschelmann, H., Parey, V. P. 1987. Pareys Naturfuhrer Plus VOGEL. Hamburg und Berlin. 11. 16. 18. 24-25. 26-27. 35. 37pp.

The Thing with Feathers. Noahstrycker. 2014.

Bird Sense by Tim Birkhead. 2012. 14, 29-31, 36, 39, 43-44, 53, 63, 73, 78-79, 81-82, 94, 107-108, 111, 114, 126, 131, 148, 150-151, 153, 165, 170, 173, 175-177, 186, 188-190, 199-200, 206, 211, 214, 215-217, 222pp.

박래번, 김혜영. 2007. 북한 과학통보. 조류의 분류군별 구성특성에 대한 연구.

김철웅, 오명석. 2007. 북한 과학통보. 몇 가지 조류에서 외형도의 형태와 방향에 대한 비교학적 고찰.