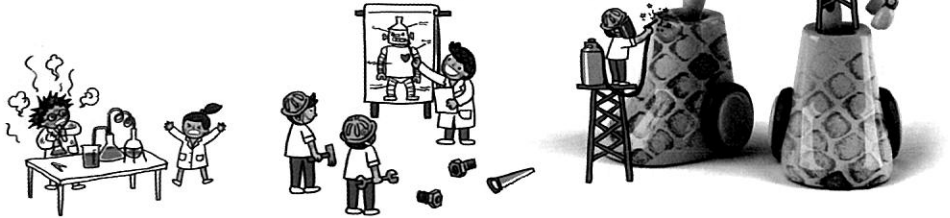


마찰력 줄이는 뱀의 나노무늬 원리로 로봇 만든다

김형자 과학칼럼니스트

올해는 뱀의 해이다. ‘뱀’하면 대부분 사람들은 징그럽고 혐오스러운 모습을 떠올린다. 꿈틀거리는 커다란 몸뚱이, 소리 없이 발밀을 ‘씩’하고 스쳐 가는 듯한 촉감, 미끈하고 축축할 것만 같은 피부, 무서운 독을 품은 채 허공을 날름거리는 기다란 혀, 사람을 노려보는 듯한 차가운 눈초리... 게다가 아담과 이브를 에덴동산에서 쫓겨나게 한 장본인으로 교활함의 대명사가 돼버린 뱀은 분명 두렵고 꺼리게 되는 동물이다. 그러나 긴 몸을 꿈틀거리며 옆으로 미끄러지듯이 움직이는 뱀의 특이한 걸음걸이는 과학자들에게 오히려 아이디어의 대상이다.



비늘의 마찰력은 뱀을 움직이는 힘

뱀의 체형은 신비하다. 닳은 동물이라고는 찾아볼 수 없는 길쭉한 몸뚱이가 특히 그렇다. 몸의 형태만 보면 갈치나 뱀장어, 곱치 같은 길쭉한 물고기와 닮았지만 지느러미는 없다. 머리를 보면 도마뱀과 닮았지만 다리가 없다. 그렇다고 날개의 흔적이 있는 것도 아니다. 땅속에서 살기에는 땅을 파기조차 힘들어 보인다. 그러나 뱀은 바다에 사는 바다뱀 종류까지 포함하면 극지방과 섬을 제외한 모든 곳에서 살고 있다.

뱀이 이렇게 다양한 환경에서 살아남을 수 있는 이유는 머리에서 꼬리 끝까지 담긴 신체의 비밀 때문이다. 특히 뱀 비늘의 마찰력은 뱀을 움직이는 힘이다. 뱀은 이동하기 위해 근육을 수축하고 이완하기를 반복한다. 이때 마찰력이 큰 몸통의 옆쪽이 체동장치 역할을 하여 머리와 꼬리가 먼저 움직이고 나중에 몸통이 움직인다. 그 결과 ‘S’자 곡선 형태로 이동한다.

뱀이 S자로 나아갈 수 있는 이유는 비늘 때문이다. 비늘이라고 말하지만 뱀 비늘은 피부에 더 가깝다. 물

고기처럼 비늘이 하나씩 따로 떨어져 있는 것이 아니라, 입부터 꼬리 끝까지 하나로 연결된 걸 피부가 비늘 모양으로 주름 잡혀 있다. 뱀이 허물을 벗을 때 조각조각 벗겨지지 않고 통째로 벗을 수 있는 것도 바로 이 때문이다.

미국 조지아공대 데이비드 후 교수팀의 연구 결과에 따르면, 놓여 있는 방향에 따라 비늘의 마찰력이 다른 점이 뱀이 앞으로 이동할 수 있는 이유다. 땅과 닿는 뱀의 몸통 아래쪽을 보면 카드를 갈아놓은 것처럼 비늘이 한쪽 방향으로 가지런히 겹쳐져 있다. 이를 더 자세히 살펴보면 뱀 비늘은 머리 쪽으로 완만한 경사를 이루며 일정한 형태의 나노미터와 마이크로미터 크기의 무늬가 발달해 있다. 이들 무늬는 뱀 비늘이 지표면과의 마찰을 최대한 줄이고, 피부가 덜 닳도록 만들어 준다.

후 교수팀은 비교적 작고 온순한 뱀인 '푸에블란 밀크 스네이크(Pueblan milk snake)'를 마취시킨 뒤 뱀의 몸통을 앞과 뒤, 옆으로 기울여 각 방향의 마찰력을 측정했다. 그 결과 앞으로 나아갈 때의 마찰력이 가장 작고, 옆 방향이 가장 컸다. 다시 말해 비늘이 난 방향에 따라 바다과의 마찰력이 달라져 뱀은 마찰력이 작은 방향으로 움직인다. 몸통을 지표면에 붙이고 머리를 원하는 방향으로 향한 후 마찰력을 적절히 활용해 몸을 움직였다 펴는 동작으로 S자 곡선을 그리면서 앞으로 나아가는 것이다. S자 곡선 형태의 이동 방식은 뱀이 수영을 하는 데도 도움을 준다. 파도를 따라 S자 곡선으로 이동하면 이동하는 데 쓰는 에너지를 아낄 수 있다.

뱀의 S자 곡선 걸음걸이는 로봇 아이디어 원천

뱀은 꼭 S자 곡선으로만 이동하는 게 아니다. 특정 지역에 사는 뱀은 다른 형태로도 이동하는데, 이때 그 서식환경에 따라 표면 무늬가 달라진다. 주로 모래땅에서 사는 뱀은 일반적인 뱀과 반대로 이동한다. 먼저 머

리와 꼬리를 지지대로 쓰면서 몸통을 옆으로 미끄러뜨린다. 다음에 머리와 꼬리를 몸통 쪽으로 당겨 이동한다. 이 때문에 쉽게 모래를 판다.

한편 사막에 사는 한 방울뱀은 나선형으로 이동한다. 뜨거운 모래와 닿는 걸 가능한 줄이기 위해 용수철처럼 몸을 감은 뒤 이동한다. 그런데 이 뱀의 표면 무늬는 수십 마이크로미터 간격의 미세한 칸막이 모양이다. 이 칸막이 구조에 아주 작은 모래 알갱이들을 가둬 마찰력을 줄이고, 이것이 윤활제 역할을 하여 뱀의 움직임을 부드럽게 한다.

뱀의 비늘은 습도 변화에도 유연하게 대응한다. 마이크로미터의 무늬와 함께 나노미터 크기의 작은 돌기들이 발달해 있기 때문이다. 볼록볼록 튀어나온 표면은 물기가 있는 환경에서 마찰력을 줄인다. 또 단백질의 일종인 젤라틴으로 된 비늘은 '밀봉 코팅'한 상태이므로 외부에서 과하게 들어오는 습기를 막을 뿐 아니라, 몸속의 습기가 빠져나가지 않게 붙잡는다. 보통 동물이라면 수분 부족으로 말라버릴 사막에서도 거뜬히 살아가는 이유다.

과학자들은 몸통으로 자유롭게 누비는 뱀의 이런 이동 원리를 과학 기술에 적용하려 하고 있다. 그 중의 하나가 로봇이다. 이미 뱀의 긴 몸과 S자 곡선으로 이동하는 원리를 이용해 나무나 기둥을 기어오르는 로봇이 개발되었다. 이 로봇은 바퀴로봇이 갈 수 없는 좁은 공간이나 기둥 위를 올라갈 수 있어 수색이나 구조작전, 폭발물 탐지 등에 쓰인다.

또 뱀의 비늘 표면도 연구 대상이다. 마찰이 적고, 마모가 거의 없기 때문이다. 뱀의 이런 피부 구조를 연구해 휴대전화나 컴퓨터 등에서 미세하게 작동하는 마이크로 발전기를 만들려 한다. 우주와 같은 진공 상태에서도 마찰이나 마모를 견디는 특수 표면을 만드는 작업 또한 지금 가동 중에 있다. 