

## 하늘 아래 새로운 것은 없다 -생체모방공학-

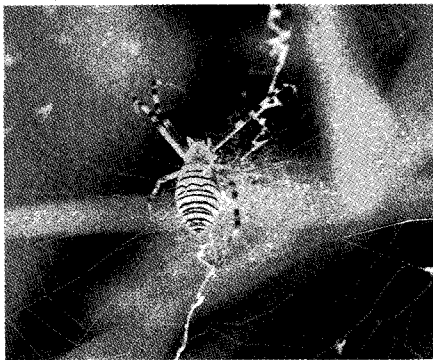
‘하늘 아래 새로운 것은 없다.’ 제아무리 최첨단 과학기술이라 할 지라도 천재적인 독창성보다 어딘가에서 본듯한 내용을 바탕으로 이루어지기 일쑤다. 특히 자연계에 존재하는 동물이나 식물의 ‘지혜’를 본따 발명품을 만들어내는 분야인 ‘생체모방공학’은 앞으로 인간보다 하등해보이는 동식물의 구조와 기능을 모방하는 일을 더욱 많이 추구할 것이다.

한 예로 과학자들이 새로운 재료를 찾는 과정을 살펴보자. ‘철보다 더 강하면서도 혼한 물질이 지상에 분명히 있지 않을까?’ 라는 문제의식에 대해 미국

워싱턴대학의 연구자들은 전복 껍데기에 눈을 돌렸다. 그러자 놀랍게도 이 껍데기를 전자현미경으로 들여다본 결과 세라믹 복합재료와 거의 유사하다는 점을 발견했다.

전복 껍데기는 분필과 동일한 성분인 탄화칼슘으로 이루어져 있지만, 1백kg이 넘는 사람이 밟아도 부서지지 않을 만큼 강도가 높다. 여기에 착안한 연구팀은 전복 껍데기의 분자배열을 분석해내고, 이를 이용해 탱크 철갑을 만들어내기에 이르렀다.

한편 연구자들은 실크나 거미줄, 면화 등 자연에서 발견할 수 있는 다양한 재



료를 실험실로 끌어들었다. 실제 거미줄은 무게에 비해 현저하게 질겨 철보다 무려 5배나 더 강하며, 한 가닥을 8만m까지 늘일 수 있는 것으로 알려져 있다. 또 면화는 최초 길이를 1백30% 더 늘일 수 있는 천연 섬유 스프링이다.

누에가 뽑어낸 실크도 낙하산이나 열기구에 사용할 만큼의 탄력과 강도를 가지고 있다. 이 강도의 비밀은 실크를 구성하는 단백질 분자가 비틀린 방향과 동일하게 꼬여 있기 때문이다.

화학자들은 실크의 분자 배치를 흉내 내 나일론과 다른 합성실을 만들어냈다. 실크는 강도뿐 아니라 복원력도 좋아 생명공학 회사에서는 이를 인공으로 만들어 인대 등의 인공 근육을 만들어 화상차 치료에 이용하고 있다.

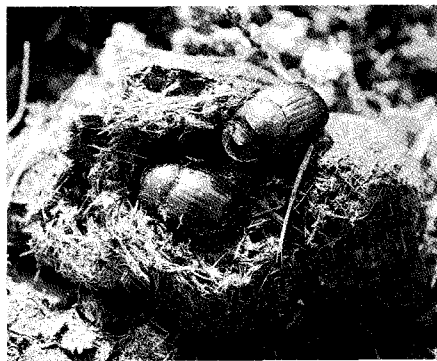
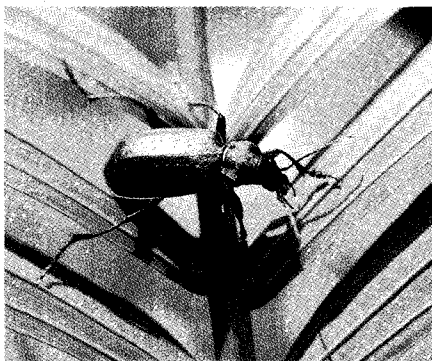
사실 과학자들에게 아이디어를 제공해주는 최고의 장소는 자연이다. 생물의 모양이나 운동, 분자구조, 습성, 생명과정 등을 둘러싼 비밀이 조금씩 견히면서 오늘날 많은 기업들과 학계의 연구

자들은 자연의 특성을 흉내내기 위한 노력을 기울이고 있다. 생체모방공학은 일본에서는 '지능 구조', 영국에서는 '바이오미메틱스', 미국에서는 '스마트 물질' 등 다양한 이름으로 불리고 있는 첨단공학의 한 흐름이다.

생체를 모방해 설계되는 또다른 예로 효소를 모방해 제작하는 촉매를 들 수 있다. 모든 생명 현상은 화학반응의 결과로 일어난다. 화학반응이 생체가 처한 환경에서 신속하고 정확하게 진행되는 것은 '효소'라는 촉매가 생체에 존재하기 때문이다. 말 그대로 화학반응의 속도를 촉진하는 매개물이다.

효소의 작동 원리는 옥수수를 먹는 작업에 비유할 수 있다. 두 손을 뒤로 묶은 채 공중을 날아다니는 옥수수가 어찌다 이에 부딪칠 때 얼른 베어먹는 경우를 상상해보자. 그리고 이를 두손으로 옥수수를 잡아 입속에 넣은 뒤 송곳니로 베어 먹는 것과 비교해보자.

날아다니는 옥수수를 베어 먹는 '지



난한' 과정은 단순한 화학 반응에 비유할 수 있다. 그리고 두손으로 잡고 옥수수를 입속에 가두는 것은 효소의 작용 초기, 즉 효소의 활성자리에 어떤 대상을 결합시키는 것에 비유할 수 있다. 또 송곳니로 옥수수를 자르는 것은 활성자리 속에 위치한 촉매 작용기가 대상을 공격하는 것과 마찬가지로. 즉 효소가 존재한다면 그만큼 반응 속도가 손쉬워진다는 점을 의미한다.

그런데 인간은 신진대사, 호흡, 운동, 사고, 유전, 생식, 노화, 질병 퇴치 등 각종 생명 현상을 꾸려나가는 일을 효소라는 촉매를 사용해 처리하고 있다. 따라서 인공효소를 인간이 자유자재로 만든다면, 건강하게 늙지 않고 살 수 있지 않을까. 물론 현재로서는 꿈같은 얘기다. 원시적인 형태의 인공효소를 사용해 약취를 없애는 등 생활 소재로 상품화된 사례가 있을 뿐이다.

하지만 뭐니뭐니 해도 생체모방의 결정판은 인간을 기계적으로 흉내내는 것이 목표인 로봇공학이다. 지금까지 개발된 로봇들은 대개 생산성을 높이기 위해 일정한 작업을 빠른 속도로 수행하는 산업용 로봇이 대부분이다. 즉 사람처럼 유연하고 민감한 구동장치나 센서의 개발은 여전히 풀지 못한 숙제다.

그렇다면 아예 인간 대신 다른 생물을 흉내내는 것은 어떨까. 실제로 연구자들은 복잡하기 그지 없는 인간을 모방하는데서 다른 생물로 눈을 돌리고

있다. 주요 목표 대상은 지구에 존재하는 동물 중 4분의 3을 차지하고 있는 곤충이다

연구자들이 주목한 것은 외형이 아니라 곤충만이 가지고 있는, 인간이 흉내 내지 못하는 독특한 기술이다. 이들이 곤충을 주목한 커다란 이유는 곤충이 단순한 구조를 가지고 있다는 점이다. 포유류인 인간은 뇌 한 부분에만도 수 백억개의 신경세포를 가지고 있다. 반면 곤충은 일반적으로 1만개에서 많아야 1백만개의 신경 세포를 가지고 있을 뿐이다. 이같이 단순함은 상대적으로 그만큼 조정이 쉽다는 말이기도 하다.

일본 도쿄대학의 한 로봇공학자는 산업용 파이프 등의 안쪽에 들어가 유연하면서도 독립적으로 움직이는 마이크로머신을 만들고 싶었다. 하지만 그는 시간을 쏟아부은 연구 결과가 자연에서는 이미 완벽하게 설계된 완성품으로 나와 있다는 것을 깨달았다. 바로 곤충이었다. 이들은 지금까지 만들어진 어떤 작은 기계보다 더 세련되게 움직이고 있었다.

그는 츠쿠바 대학의 곤충신경학자들과 팀을 구성하고 징그럽기 짝이 없는 바퀴벌레를 모델로 삼았다. 인간에게 백해무익한 존재이긴 하지만, 로봇을 만드는 입장에서는 여러모로 쓸모가 많았다. 즉 어떤 지형에서도 기어다니며, 무엇이든 먹을 뿐 아니라 곤충 중에서도 비교적 긴 수명(1년)을 가지고 있다. 연구진

---

대부분의 인간이 자연을 만만하고 개척의 대상으로만  
여겨온 한편 '첨단공학'이 오히려 자연을 닮으려고  
애쓰다는 점은 묘한 아이러니다.

은 연구의 성패가 바퀴벌레의 신경 시스템을 얼마나 제대로 모방하는가에 달려 있다고 판단했다.

결국 이들은 바퀴벌레가 움직일 때 더듬이에서 발생하는 미세한 전기 신호를 측정해내는 개가를 올렸고, 이 신호를 인공적으로 재생할 수 있는 회로를 만들었다. 그리고 이를 축소해 몸에 탑재한 생체공학 바퀴벌레 '로보로치'를 탄생시켰다. 로봇(robot)과 바퀴벌레(cockroach)를 합성한 이름이다.

이 로봇의 신경시스템에 얹은 전극을 이용해 전기적인 자극을 주면 명령에 따라 좌우로 돌거나 앞으로 돌진한다. 이는 생물 바퀴벌레에게 동일한 자극을 주었을 때의 반응과 같은 것이다.

곤충로봇을 구현하고자 하는 학자들에게 곤충들이 의사소통을 위해 분비하는 화학물질인 페로몬도 중요한 연구 테마다. 비행하면서 춤을 춤으로써 의사를 전달하는 꿀벌처럼 특이한 경우도 있지만, 페로몬은 가장 일반적인 곤충의 의사소통 방법이기 때문이다.

따라서 곤충들이 분비하는 페로몬의 메커니즘을 밝히고, 이를 인공적으로 흉내내거나 조절할 수 있다면, 이를 응용함으로써 얻을 수 있는 이득은 엄청나

다. 무엇보다 화훼산업이나 농업 등 직접적으로 곤충과 관련을 맺고 있는 산업은 일대 전기를 맞을 수 있을 것이다. 또 이 과정에서 얻은 곤충의 감각기관에 대한 지식을 공학에 적용한다면 지금과는 비교할 수 없는 성능의 센서를 제작할 수 있다. 예를 들어 현재의 가스누출 경보기는 페로몬의 단일 분자에 반응할 수 있는 곤충의 감각기관에 비하면 훨씬 뒤진 시스템이다. 만약 곤충의 감각기관이 기능을 수행하는 메커니즘을 흉내낼 수 있다면 향후 마이크로머신의 인공코에 적용함으로써 불상사를 막을 수 있다.

사실 자연을 차용해 사물의 설계도를 그리는 것은 전혀 새로운 일이 아니다. 르네상스 시대의 거장 레오나르도 다 빈치가 물고기의 동작을 연구해 날씬한 배를 설계했고, 라이트 형제도 터키 대머리수리가 자신의 몸을 이용해 난류를 줄이는 것을 분석해 비행기를 안정하게 만들었다는 점은 다 알려진 사실이다. 대부분의 인간이 자연을 만만하고 개척의 대상으로만 여겨온 한편으로 '첨단공학'이 오히려 자연을 닮으려고 애쓰다는 점은 묘한 아이러니다. ♣

김성기 ■ 과학저술가