

거미줄섬유 합성경쟁

인류사상 최고의 섬유 나온다

‘네필라’의 거미줄은 부피로 따져 단위 당 장력강도가 거의 강철과 맞먹고 같은 무게로 따질 때는 강철보다 1백배나 강력하다. 케블라(합성섬유의 상표명)는 네필라 섬유보다 3배나 강력하지만 거미줄은 케블라보다 5배나 더 유연성이 높다. 정원용 살수호스 굵기의 거미줄 케이블은 보잉 737 여객기 두대의 무게를 들어 올릴 수 있다. 거미집의 편모모양의 실크는 길이가 2배까지 뻗을 수 있다.

거미줄은 이런 훌륭한 기계적인 특성만 아니라 생물학적으로 분해할 수 있는 단백질로 구성되어 있어 고약한 유기화학물질이 아니라 물을 용매(溶媒)로 사용할 수 있다. 경제면이나 환경의 측면에서 볼 때 이렇게 매력적인 인센티브를 가진 거미줄을 인공적으로 양산하는 방법은 없을까? 그러나 거미를 누에처럼 키울 수는 없다. 거미들은 서로 잡아먹기 때문이다.

탄력성 뛰어나고 끈적거리

오래 전부터 거미줄을 양산하는 방법을 추구해온 과학자들은 마침내 거미줄 단백질의 유전자 조각을 복제하여 염소에게 집어넣음으로써 염소의 젖을 통해 이 단백질을 분비시키는 데 성공했다. 2001

년에는 담배와 감자와 같은 작물에 삽입하여 잎을 통해 거미줄 단백질을 분비시키는 데 성공했다. 미국 뉴욕주 북부지방의 한 농장에서 이런 염소를 키우고 있는 넥시아 바이오테크놀로지사는 최근 ‘바이오스틸(Biosteel)’이라는 제품을 만들었다고 발표했다. 그러나 현재로서는 인공의 거미 실타래가 아니라 인공단백질을 생산하는 단계에 그친 것으로 보인다.

한편 1974년부터 거미연구에 손을 댄 덴마크 아루스대학 생물과 학연구소의 거미전문가 프리츠 블라드는 10년 전부터는 거미줄 연구에 전념하기 시작했다. 얼마 뒤 그는 거미줄이 그 동안 사람들이 알고 있는 것보다 훨씬 복잡하다는 사실을 알게 되었다. 지금까지 알려진 거미의 종류는 3만4천종을 넘어섰고 거미는 저마다 독특한 실을 만드는데 그 중에는 사용하는 목적에 따라 만드는 실의 성질이 다른 것도 있다.

특히 거미줄 중에서 가장 강력한 ‘드래그라인 실크’는 거미집의 구조를 형성하고 거미가 새와 같은 포식동물의 습격으로부터 도망하기 위해 나무나 집에서 뛰어내릴 때 초당 1m나 되는 엄청나게 빠른 속도로 거미줄을 짚는다. 블라

드는 다른 어떤 종보다도 네필라 거미의 드래그라인 실크를 많이 연구했다. 거미줄 한줄기의 지름이 3~4마이크로미터(1마이크로미터는 1백만분의 1m)인 드래그라인 실크는 자세히 들여다보면 탄력성이 풍부한 기질(基質)에 떠있는 끈적이는 결정 단백질 시트로 구성된 이를테면 섬유유리같은 비교적 단순한 복합물질로 되어 있다. 또 실 내부에는 단순한 필라멘트의 구조가 있는데 보통 현미경으로는 볼 수 없을 정도로 작은 각각 지름이 2~3나노미터(1나노미터는 10억분의 1m)의 필라멘트로 구성되어 있다. 블라드는 바로 이런 구조가 믿기 어려울 정도의 강력한 힘을 제공하고 있다고 말하고 “다리에서 뛰어 내리는 경우 한 개의 고무밴드를 택할 것인가 또는 모두 합친 지름의 크기는 같되 1천갈래로 된 고무밴드를 택할 것인가 고 물을 때 사람들은 직관적으로 1천갈래로 된 밴드를 택하는 것은 한 두 갈래의 밴드가 절단되어도 나머지로 넉넉히 몸을 지탱할 수 있다고 생각하고 있기 때문이다”고 주장하고 있다. 그런데 거미의 드래그라인은 뻑뻑하게 다져 넣은 필라멘트 속에 산재하는 길고 액체로 채워진 채널 덕에 절단

거미줄 중에서 강도와 무게에서 가장 강력한 '드래그라인 실크'는 탄력성이 풍부한 기질에 떠있는 끈적이는 결정 단백질 시트로 구성된 이를테면 섬유유리같은 비교적 단순한 복합물질로 되어 있다. 이처럼 경계면이나 환경측면에서 매력적인 거미줄을 인공적으로 양산하는 연구는 오늘도 계속되고 있다.

에 대해 더욱 강력한 저항력을 갖게 된다는 것이다. 이런 채널은 강력한 힘을 분배하여 실이 찢어지는 것을 막을 수 있다.

실크와 뱃목

물론 실크의 힘의 일부는 이것을 구성하는 단백질 분자에서 나와야 한다. 2001년 초 캘리포니아대학(리버데일)의 존 게이트시와 체릴 하야시 그리고 동료 과학자들은 이들이 연구한 모든 집짓는 거미에게서 거미줄 단백질을 형성하는 긴 아미노산 고리는 예컨대 아미노산 알라닌(아미노산의 일종이며 합성기능을 갖는다)으로만 된 긴 반복 배열순서로 구성되어 있다는 사실을 발견했다. 집짓는 거미들이 서로 다른 종으로 갈라진 이래 1억2천만년이나 되는 긴 세월이 걸쳐 이 반복 배열순서를 그대로 보존했다는 사실은 이 배열순서가 얼마나 중요하다는 것을 말해 주는 것이라고 하야시는 주장하고 있다. 예컨대 알라닌 고리는 다른 알라닌 고리와 결합하여 단백질 분자들이 마치 뱃목의 통나무처럼 가지런히 연결되고 실크 필라멘트의 핵심인 강력한 시트결정을 형성하는 데 매우 편리하게 되어 있다. 그러나 강력한 단백질만 가지

고 강력한 실크를 만들 수 없다. 그것은 좋은 통나무만 가지고 있다고 해서 좋은 뱃목을 만들 수는 없으며 이들을 잘 엮어서 조립해야 한다는 이치와 같다. 실크는 스스로 조립하는 물질이 아니지만 매우 정교한 장치로부터 실을 뽑기 때문에 비범한 특성을 갖게 된다. 드래그라인 실크가 될 단백질은 길고 자루모양을 한 샘(腺)의 벽 세포에서 분비되어 수용액으로서 깔때기 모양의 좁은 통로를 지나 고리 모양의 관으로 들어간다. 이 단백질 분자들은 강물에서 뱃목의 나무처럼 물이 흐르는 방향으로 정렬하여 액정(液晶)이 된다. 이 끈끈한 액체는 갈수록 가늘어지는 거미의 도관(導管)에서 길고 가늘게 뻗으면서 산(酸)으로 목욕을 하며 수분이 빠지고 재 순환하는 동안 단백질은 고체가 된다. 실크 단백질이 산과 접촉하면 서로 간에 다리를 만들어 실크를 단단하게 만든다. 블라드와 동료 과학자인 데이비드 나이트는 이런 과정의 일부를 재생하는 장치를 고안하여 특허를 신청했다. 이들의 발견은 화학자들이 산업규모로 거미 실크를 생산할 수 있는 길을 열어 줄 것이라고 보고 있다. 그런데 일부 연구자들은 '스피드로인'이

라고 불리는 실크 단백질 용액을 작은 구멍으로 통과시켜 실크를 만들려고 시도했으나 이렇게 만든 섬유는 거미가 만든 것보다 강도가 반에도 미치지 못했다.

한편 블라드는 거미실의 복잡한 구조가 어떻게 거미의 배에서 나오는가 완전히 이해하기 위해 때때로 네필라 거미를 가지고 프랑스 소재 그레노블 싱크로트론(동근 고리 모양의 입자가속기의 일종)을 찾는다. 이 곳에서 거미를 작은 플랫폼에 묶은 뒤 작업하는 동안 행복하게 만들기 위해 거미 짚을 먹인다. 그리고 때로는 연속해서 8시간이나 작은 릴을 이용하여 거미의 배로부터 실크를 뽑아낸다. 블라드는 릴의 속도를 바꿔가면서 거미가 짚는 속도를 바꿀 수 있고 플랫폼을 데우거나 냉각시켜 온도를 바꿀 수도 있다. 싱크로트론이 만드는 고에너지 X선을 이용하여 블라드는 이런 저런 변수가 실크의 내부구조에 어떻게 영향을 미치는가 알 수 있어 다른 연구자에 앞서 인공 거미 실크의 생산방법을 완성할 계획이다. 이렇듯 최첨단 장비까지 동원하면서 인류 사상 최고의 섬유가 될 인공 거미섬유 개발경쟁은 더욱 더 뜨거워지고 있다. ㉞ (春堂人)