きらきら光る「蜘蛛の糸」

Why spider webs glisten with dew

JANET FANG 2010年2月3日 オンライン掲載
www.nature.com/news/2010/100203/full/news.2010.47.html

ぬれたクモの糸は2種類の力の作用で水を捕らえる。

このほど、クモの糸が朝露を捕らえる仕組みが中国科学院化学研究所北京分子科学国家実験所の Lei Jiang らにより解明された。彼らの知見は、空気中の水分を捕らえることができる新素材の開発につながるかもしれない。

Nature 2010年2月4日号¹に発表されたこの研究では、中国在来種のクモ、タイリクウズグモ *Uloborus walckenaerius* の巣について調べられた。

このクモは体が毛で覆われていて、円形の網状の巣を作る。

乾燥したクモの糸は、2本の主要な繊維に沿って丸くふくらんだ「パフ」が連なる、ネックレスのような構造をとっている。個々のパフは、極細のナノ繊維がランダムに絡まり合ったものからできている。こうしたパフの上で水蒸気が凝結すると、パフの繊維が固く絡まり合い、2個の円錐の底を合わせたような紡錘形

「蜘蛛の糸」の秘密を解き明かすまで

Making the paper: Lei Jiang

2010年2月4日号 Vol. 463 (586)

クモの糸の構造には、虫だけでなく水も捕らえる秘訣が隠されている。

皆さんは、早朝、露が降りた後、細い糸に真珠のように水滴が並んでいるクモの巣を見たことがあるだろう。Lei Jiang が最初にこれを観察したとき、強い興味を抱き、「どうしてこういうふうになるのだろう？」と不思議に思った。「これは、当たり前のことではありません。もしこれが人間の髪の毛だったら、水がこんなふうに付着することはないですから」と彼はいう。こうして、彼の5年近くにわたる「蜘蛛の糸」の研究が始まった。

クモの糸は、信じられないほどの強度と柔軟性をもつため、広く研究されてき

た。しかし、Jiang が注目したのは、クモの糸の“ぬれ性”（液体と接触を保つ性質）だった。「大きな水滴が、細いクモの糸に安定的にぶら下がっていることができるのです。我々は、クモの糸が水を集める仕組みは、マイクロ構造が関係しているのだろうと考えました」。

この仕組みを解明するため、Jiang は3人のポスドクと1人の大学院生の力を借りて、タイリクウズグモ *Uloborus walckenaerius* が作った直径10～20cmの巣を数百個も集めた。研究チームは、このクモの巣から糸を注意深くはがし

クモの巣に捕らえられた露が水滴になり、真珠をちりばめたように見える。

の「こぶ」ができる。そして、こぶとこぶの間にある「結合部」の細いナノ繊維がはっきり見えるようになる。

研究チームが電子顕微鏡と光学顕微鏡の両方を使ってクモの巣を調べると、クモの巣の上で水が凝結する際、水滴は最も近いところにあるこぶに向かって動いていき、そこで合体して大きな水滴を作ることがわかった。

こぶを構成する繊維はランダムにからまり合っているため、表面はざらざらしている。これに対して、結合部を構成する繊維は相互に平行に走っており、その表面は滑らかである。この滑らかさの差により、クモの巣の上でできた水滴はこぶに向かって滑っていき、そこで付着する。

こぶが2個の円錐の底を合わせたような形をしていることも、水滴をその中央部に向かわせる原因となっている。結合部を滑ってきた水滴が円錐の頂点に触

れると、表面張力によって生じる圧力の差により、水滴は最もカーブの小さい円錐の底に向かって押されていくのだ。

蜘蛛の糸を作製する

研究チームはこの発見に基づき、人工的にクモの糸を作った。ナイロン繊維をポリマー溶液に浸して乾燥させ、天然のクモの糸にある紡錘形のこぶとよく似たものを作製した。研究チームは、こうした繊維の研究が、空気中の水分を集める新素材や、化学反応の高速化と効率化を図れるような「スマート触媒」用の材料の開発につながるかもしれないと考えている。

ヴァージニア工科大学（米国ブラックスバーグ）でクモの糸を研究しているBrent Opellは、「彼らが、ぬれたクモの糸で観察した性質をもつ人工糸を作製できたことはすばらしいと思います」と

いう。しかしこのクモの糸は、自然選択の過程で、水を集めるために進化してきたわけではないように思われる、と彼は付け加える。このクモの糸は、乾燥しているときに最もよく機能するように進化してきたようにみえるからだ。Jiangらが示したように、クモの糸が水にぬれると、繊維はもつれて寝てしまう。「クモにとって、これは好ましいことではありません。獲物を捕まえる能力が低下してしまいますから」とOpellはいう。

また、オックスフォード大学（英国）の動物学者であり、クモの糸の専門家であるFritz Vollrathは、こう語っている。「Jiangらが作った物は人工物であって、生物学的機能は担っていません。でも、興味深いものではありません」。

（翻訳：三枝小夜子）

1. Zheng, Y. et al. *Nature* **463**, 640–643 (2010).

て、環境制御型走査電子顕微鏡を使って調べた。この顕微鏡を用いれば、低圧ガス環境中で、高い相対湿度でサンプルを観察できるからである。

クモの糸は親水性のナノ繊維からできており、乾燥状態では、繊維がゆるくからまり合っていたふくらみ（パフ）が結合部を隔てて連なっている構造になる。研究チームが試料室を加湿すると、微小な水滴が結合部とパフに集まり始めた。やがて、パフを作っていたナノ繊維は、繊維が固くからまり合った大きな紡錘形の「こぶ」へと変化した。そして、結合部にあった水滴がこぶに向かって移動しはじめ、こぶで合体して大きな水滴となって付着した。

さらに実験を進めると、水滴がこぶに向かって動いていくのは、2つの力の作用によることが明らかになった。1つは繊維の表面エネルギーの勾配により生じる力で、もう1つはこぶが紡錘形をしていることにより生じる力である（上段

参照）。「これまでに報告されているさまざまな物質の表面では、水滴は個々の力のみによって動いています。しかし、このクモの糸の表面は大きく異なっています」とJiangはいう。

クモの巣が水を集める仕組みを解明した研究チームは、似た性質をもつ材料の設計し、実際に作製することができた。Jiangは、この繊維の応用研究に非常に興味を示しており、今後10年間は、この研究に取り組むつもりでいる。応用の1つは、霧から飲料水を集める大型の人工の網を設計することだ。「水不足の地域に飲料水を供給するために、水捕獲用材料を開発することは非常に重要です」と彼はいう。もう1つは、化学反応の高速化と効率化が可能な触媒用の材料である。

そのような応用が人類にとって有益であるのは明らかだが、巣に水を集めることがクモにとってどのような利益があるのかは不明である。「私は最近、多

論文著者の Lei Jiang。

くの研究者から、クモはなぜ水を集めるのかと尋ねられます」と語る Jiang は、巣がぬれたときに起こる構造変化が網の構造を「回復」させ、その強度と粘度を高めて獲物を捕らえるのに役立つと信じている。

（翻訳：三枝小夜子）