

紅火蟻如何在水面結筏？

清華大學推翻表面張力說



國立清華大學
NATIONAL TSING HUA UNIVERSITY

2024 首頁故事

紅火蟻如何在水面結筏？清華大學推翻表面張力說

當洪水淹沒紅火蟻的蟻巢時，牠們會抱團漂浮在水面上結筏。這種獨特的生物結筏現象在過去被認為是表面張力所致，也因為很像早餐穀片在牛奶上結團，而被稱為「穀片效應」。但本校物理系洪在明教授的研究卻一舉推翻了表面張力說。研究結果顯示，紅火蟻群能在水上結筏，是一種生物的活性自我修復機制，且很有可能是透過費洛蒙的聯繫來抓住彼此、結成網筏。

一般的材料經過拉伸，會像拉麵團一樣變窄、變細。但洪在明領導的軟物質研究團隊進一步研究發現，即使把紅火蟻結成的蟻筏拉長，蟻群可透過動員上層來填補下層，使得蟻筏不會變窄、變薄，展現出人造材料難以達成的特性。未來如應用在新型仿生彈性材料上，可能開發出如科幻電影中，可自由組合、外在型態能在液態和固態任意之間轉換的微型機器人大軍。

由於這項研究主題實太有趣了，1月一登上《物理評論 E》(Physical Review E)期刊，就立即引起了科學界關注，大家都對像固體又像液體的紅火蟻筏機制感到好奇，登上了CNN、法國世界報等美、法、德、英多家國際媒體。

洪在明曾聽過一場生物學家的演講，提到紅火蟻會在水面結筏是因為表面張力。這令他感到懷疑，為深入研究紅火蟻獨特的結筏行為，研究團隊透過新竹市政府產業發展處的協助，前往農民提報紅火蟻危害的地區捕捉牠們來進行實驗。參與研究的碩士生鄭又銓得知他外婆家田地也有紅火蟻，還麻煩母親萬美雲幫忙「外送」，也令團隊十分感激。

研究團隊設計了一連串實驗，發現其他種類的螞蟻不會在水上結筏、死掉的紅火蟻在水面上也無法結筏，且紅火蟻在乾式的震盪台上也能自動結筏，一舉推翻了紅火蟻是因水的表面張力才結成筏的說法。

團隊發現，當紅火蟻巢被水淹沒時，蟻群會用大顎和腳抓住彼此，形成多層織網般的結構，即可如同船筏浮在水面。深入觀察蟻筏結構還可以發現，筏面上的工蟻們會一步步從筏的中心往邊緣移動，輪流下水到筏的底部，就像跑步機的跑帶一樣上下循環輪替；至於蟻后和卵、幼蟲等「乘客」則始終安坐筏上，漂流尋找登陸的機會。

且筏面一旦出現缺損，就會有工蟻自動填補上來。這也令洪在明聯想到，如果能解開紅火蟻結筏求生的機制，就有可能研發出像固態、又像液態，可自動修復、又能集體遷徙的活性仿生材料。比如人工韌帶，就需要拉伸時不致斷裂的彈性材料。

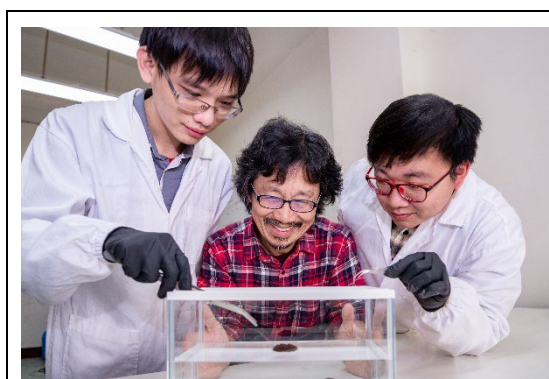
洪在明是物理學家，三十年來的研究生涯首次跨足生物領域，也讓他及研究生吃了不少苦頭。首先要面對的難題就是取得活力十足的新鮮紅火蟻，一聽到新竹哪裡有紅火蟻肆虐，他們就出動抓蟻小隊，但初期常抓錯螞蟻，「後來我們到現場都不急著挖蟻巢，先抓幾隻丟到水裡看看，會結筏的才是我們要找的紅火蟻。」洪在明笑說。

本校物理系博士生陳中皓是紅火蟻實驗的主要設計者，為了做這些實驗，他得身先士卒，「紅火蟻咬人時會蜷曲起身體，同時用大顎和尾端毒針攻擊，被咬到的感覺就像火燒一樣，皮膚上的膿包往往得腫一個禮拜。」但長達兩年的實驗下來，他也像武俠小說裡練「五毒掌」一樣，逐漸對紅火蟻的叮咬免疫了。

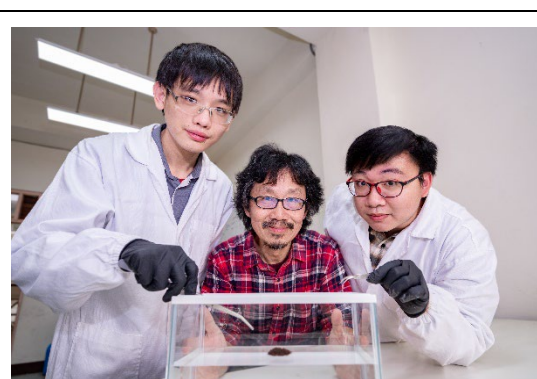
團隊中的本校物理系碩士生謝廷珩則成了飼養紅火蟻的專家。他起初的飼養策略是「我們吃什麼，紅火蟻就跟著吃什麼。」但吃了速食薯條及剩菜剩飯的紅火蟻很快就死了。他後來學會用蟋蟀乾、麵包蟲及糖水來餵養紅火蟻，還為他們用石膏製作可維持溼度的房子，才讓紅火蟻活力滿滿地完成實驗。

紅火蟻到底如何聯繫結筏，還有許多未解的謎團。洪在明推測，紅火蟻在進化過程中，演化出在遇到危險時分泌特殊費洛蒙的功能，來示警並組織聯繫。要徹底解開這個生物訊息機制之謎，還有待生物學家進一步研究。

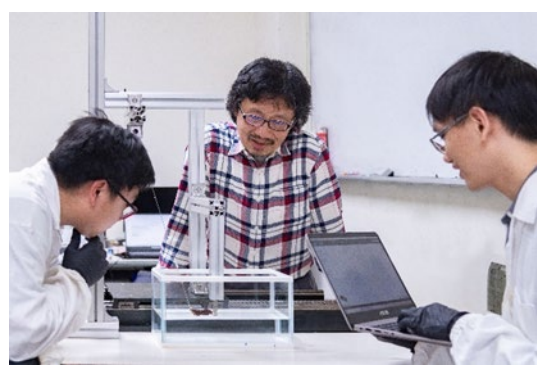
〈具活性與自我修復之紅火蟻筏的形成與力學特性〉(Formation and mechanics of fire ant rafts as an active self-healing membrane)論文連結：<https://journals.aps.org/pre/abstract/10.1103/PhysRevE.109.014607>



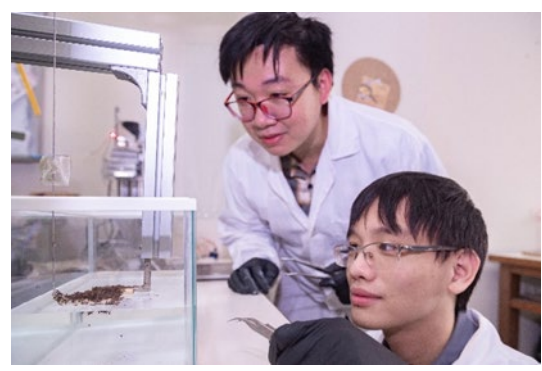
本校物理系洪在明教授(中)指導研究生陳中皓(右)、謝廷珩(左)研究紅火蟻結筏成因。



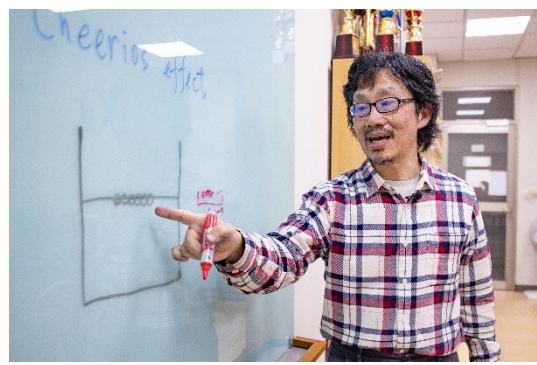
本校物理系洪在明教授(中)指導研究生陳中皓(右)、謝廷珩(左)研究紅火蟻結筏成因。



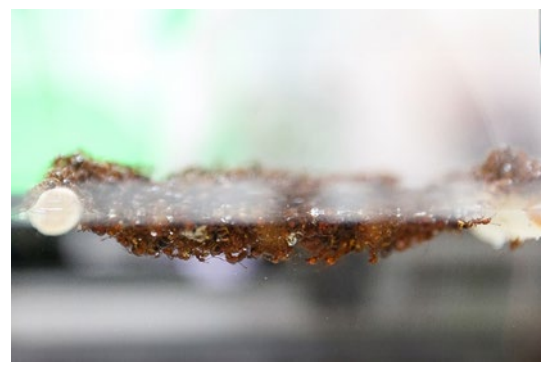
本校物理系洪在明教授(中)指導研究生陳中皓(左)、謝廷珩(右)研究紅火蟻結筏成因。



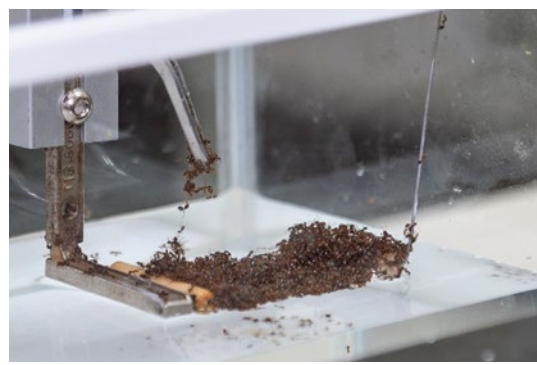
本校物理系博士生陳中皓(左)、碩士生謝廷珩(右)觀察紅火蟻在水面結筏。



本校物理系洪在明教授解釋紅火蟻結筏並非表面張力造成。



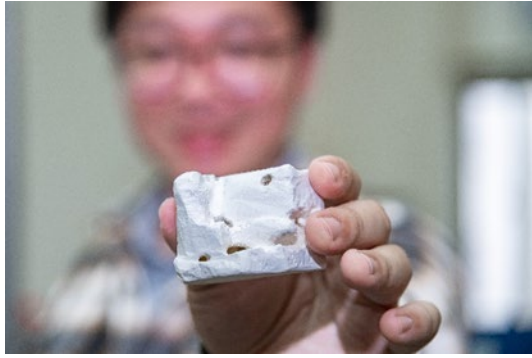
紅火蟻群會用大顎和腳抓住彼此，在水面結筏。



本校研究團隊發現，紅火蟻筏在被拉長時，也不會變窄、變薄。



紅火蟻感知到危險時，會緊緊抓住彼此，結成球狀或筏狀。



紅火蟻在水上、水下交替組成蟻筏



本校物理系博士生陳中皓用石膏製作可維持溼度的紅火蟻屋。