

ナマコの皮—刺激に反応して硬さをすばやく変える材料

○本川 達雄
(東工大 生命)

Sea-cucumber Body Wall: A Smart Material with Adjustable Mechanical Properties

Tatsuo Motokawa

(Tokyo Institute of Technology)

棘皮動物には、刺激に反応して力学的性質をすばやく変える結合組織（キャッチ結合組織）が存在する。この組織の特色は、組織の主要部が細胞外成分からできており、この細胞外成分の硬さが変わるといふ点と、硬さ変化が神経の支配を受けている、という点にある。キャッチ結合組織は外界から加わる力を感じて即座に力学的性質を大きく変える材料であり、優れた適応材料とみることができるため、ここに紹介する。

Key Words: キャッチ結合組織、ナマコの皮、適応材料

1. はじめに

ナマコ、ウニ、ヒトデなど棘皮動物の仲間には、神経の支配の下に秒～分の単位で硬さを変える結合組織（catch connective tissue, キャッチ結合組織）が存在する。その代表例としてナマコの皮（体壁）があげられる。ナマコは厚い体壁をもっているが、その厚みの大部分が結合組織（真皮）であり、これがキャッチ結合組織である。ナマコに手を触れると、皮は硬くなり身を守る。ところがナマコを手にとって強く揉み続けると、皮は軟らかくなり、どろどろの粘稠な液にまで「融けて」しまう（この反応にも生態学的な意味がある）。融けてドロドロになったナマコは数週間で回復する。硬くなったり融けたりと、外界から加わった刺激の強さを皮自身が判断し、刺激に適応するように力学的性質を変える。ナマコの皮は非常に進んだ適応材料・知能材料とみなせるものである。ナマコの皮は機械刺激以外にもさまざまな刺激に反応する。たとえば光が遮断されると硬くなるが、捕食者は上から襲ってくるわけだから、影に対して硬くなるのは防御として意味をもつ反応である。

ふつう動物においては、皮が短時間に硬さを変えることはない。われわれが体をかたくして身構えるときには、筋肉を収縮させているのである。筋肉は細胞であり、細胞が力を

出して硬さを変えているわけだが、ナマコの結合組織中には、細胞はあまり存在せず、大部分のスペースは細胞外成分で占められている。そしてこの細胞外成分の硬さが変わる。ナマコ結合組織の細胞外成分の主なものは、水、無機イオン、コラーゲン、グリコサミノグリカンである。水は重量比にして90-95%を占めている。コラーゲンは湿重の0.05%を占める。コラーゲンは束になって繊維をつくり、この繊維が体壁の中で3次元の網をなしている。網目は共有結合で結び合わされているものではないようで、クリーブ試験をすると、変形とともに繊維は力の方向にそろい、さらにひずみが大きくなると繊維同士は滑って離れていき、糸を引くように切れる。弾性を示すフィブリリン様の糖タンパク質もあり、これは滑ったコラーゲン繊維を元の位置に引き戻す役割をはたすと考えられている。グリコサミノグリカンはマイナスの電荷をもつ高分子の多糖類であり、ナマコ体壁からはコンドロイチン硫酸様のものや、ナマコ特有のグリコサミノグリカンが単離されている。

2. 硬さ変化の神経支配

結合組織内には神経が走っており、硬さ変化はアセチルコリン作動性の神経の支配を受けている。ニコチン様のアセチルコリン受容体は硬くなる反応に関与し、ムスカリン様の受容体は軟らかくなる反応に関与する。硬さ