

第 16 話 いろいろな生物の免疫の仕組み

植物の生体防御

今回はいろいろな生物の免疫の仕組みをみていこう。植物には動物の免疫細胞にあたるものはなく、主な仕組みは種々の抗菌物質を産生することである。感染してしまった場合は、感染細胞やその周囲の細胞が死ぬ事により感染の拡散を防ぐという仕組みを使っている。

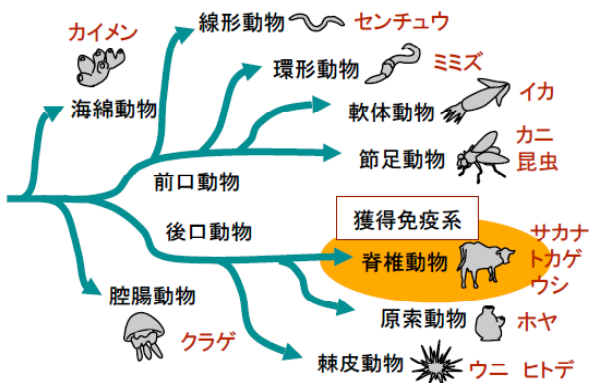


図1 獲得免疫系を有するのは脊椎動物だけ

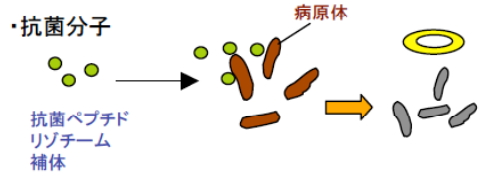
無脊椎動物は自然免疫系だけ

まず動物のおおまかな分類を解説する。構造的に、口がないもの（海綿動物）、口が肛門を兼ねるもの（腔腸動物）、口と肛門があるものに分けられ、口と肛門のあるものの中では発生過程で口が先にできるのが前口動物で、後にできるのが後口動物である（図1）。

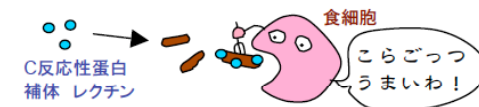
全ての動物は自然免疫系を有するが、獲得免疫系を有するのは脊椎動物だけで、種の数としては動物界全体の数%にすぎない。ほとんどの無脊椎動物は自然免疫系だけで生きているのである。

哺乳類の持つ自然免疫系の仕組みは第7回で学んだが、無脊椎動物の自然免疫系の仕組みも基本的には同じである（図2）。抗菌ペプチド、リゾチムなどによる殺菌

基本的な撃退法



食細胞の食作用を促す分子(味付け分子)



攻撃力を増強する方法

食細胞の持つセンサー

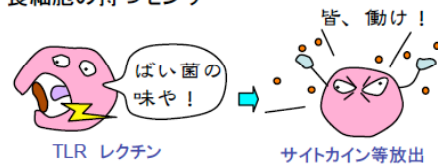


図2 無脊椎動物の自然免疫系の働き

作用は、昆虫からヒトまで動物界に広くみられる。これらの抗菌分子は体表や腸管で分泌される粘液に多く含まれている。C反応性タンパクという細菌に結合して食細胞の食作用を促す分子も広く用いられている。病原体の糖鎖に結合するレクチンという分子も広くみられ、病原体を直接凝集させたり、食細胞による貪食を促進したりする。棘皮動物、脊索動物では補体系が発達している。一方、TLR(トル様受容体)やC型レクチンを用いた病原体のセンサーの仕組みも広く見られる。

どうして無脊椎動物は自然免疫系だけで生きられるのか

脊椎動物は獲得免疫系が働かないと感染症で死んでしまう。では脊椎動物では獲得免疫系が発達した分、自然免疫系は退化したのだろうか？脊椎動物の自然免疫系は、実は関与する分子の種類でいえばむしろ

る無脊椎動物より発達している。退化したというよりは、分業をしていると見るべきで、そのためにある種の病原体には自然免疫系だけでは対応できなくなっている。

逆に、獲得免疫系が無くても無脊椎動物が元気にしているのは不思議ともいえる。これは、以下のように説明できる。病原体の側から見ると、強力すぎて宿主を殺してしまうと、自分にも不利になる。自然免疫系しか持たない相手には、おそらく病原体側もそう凶悪には進化しないのであろう。

ヤツメウナギの有する獲得免疫系

ヤツメウナギは独自の獲得免疫系を持っていることが2004年に明らかになり、研究者を驚かせた。VLRという分子が抗原レセプターとして働いている(図3)。VLRの遺伝子は、T細胞レセプターや抗体の遺伝子とは違った様式で多様性をつくり出している。さらに最近、T細胞とB細胞に似た細胞を有していることも示された。

は点突然変異を誘導するという様式である。哺乳類でもウサギ、ウシのように主に遺伝子変換と体細胞超変異で多様性を得る種もいる。つくられる場所も、マウスやヒトでは骨髄だが、ニワトリではファブリキウス嚢という肛門の近くの器官、ウサギでは虫垂、ヒツジでは腸管のパイエル板と、大きく異なっている(図4)。

マウスとヒトではT細胞系もB細胞系よく似ているが、これは偶然の産物である。免疫発生学の研究者にとっては幸いであったといえよう。

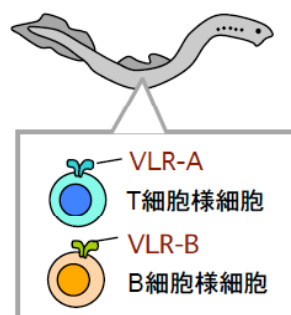


図3 ヤツメウナギは独自の獲得免疫系を有している

T細胞は保守的だがB細胞は自由奔放

軟骨魚類以上の脊椎動物は、すべて同じタイプの獲得免疫系を有している。種による違いをみていこう。全ての種においてT細胞は胸腺でつくられており、T細胞系は大枠ではほぼ同じである。ただし、 $\alpha\beta$ T細胞と $\gamma\delta$ T細胞の割合は動物により異なり、 $\gamma\delta$ T細胞はヒトやマウスでは少ないが、偶蹄類(ウシ、ブタなど)ではT細胞の半数を占める。

一方B細胞のつくられ方は、種による違いが大きい。第3回で学んだようにマウスやヒトでは遺伝子断片がランダムに組み換えられる様式で多様性がつくられる。しかしニワトリでは多様性は組み換えでは生じず、遺伝子変換と体細胞超変異でつくられる。前者は一度できた抗体遺伝子の一部分を後で入れ替えるという様式で、後者

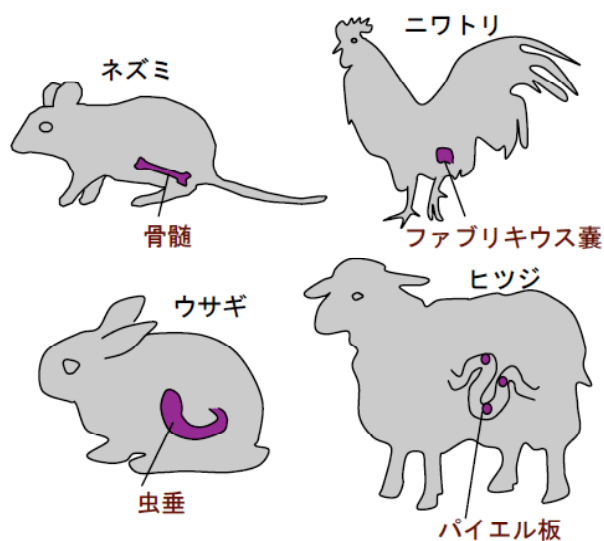


図4 抗体の多様性がつくられる部位は動物によって大きく異なる