

環境ストレスに対する微生物応答と適応機構

特集によせて

藤原 伸介^{1*}・跡見 晴幸²

我々ヒトから植物、微生物まで、あらゆる生物は常に環境の変化に晒されている。ときにはその変化は生物に悪影響をもたらす、ストレスとして死に至らしめる場合も少なくない。しかしながら生物は多様な環境ストレスに対処するための方策を数多く身につけている。今回の特集では環境ストレスに対する微生物の応答と適応機構に焦点を当てた。

環境やその変化に対する生物の対処法はさまざまであるが、ここで少し整理したい。環境変化が比較的短時間の場合には、その変化（ストレス）がもたらすダメージを最小限に食い止め、環境がもとに戻ったあとの「通常」の環境でより増殖する微生物が優位となる。一方、環境の変化が長期間持続する場合には、むしろその変化した新しい環境中で増殖できるものが優位となる。ここでは前者の環境変化に対処するための一過性の生物現象を「応答」と呼び、長時間特殊環境に晒されることにより選択された生物特性を「適応」と呼ぶことにする。「耐性」は応答型のものもあれば適応型のものもある。なお、特殊環境における多様化と選択の繰り返しによりその環境の特殊性に対する依存度が生じたり、有効に利用できる仕組みが生まれると、徐々にその特殊環境を好むようになり、もはやそれが微生物の新しい「通常」環境となる。いままでに知られている代表的なものとしては、好熱菌、好冷菌、好圧菌、好酸性菌、好アルカリ性菌、好塩菌などの極限環境微生物があげられる。

考え方はさまざまであるが、環境の変化は大きく3つに大別することができる。物理的な環境変化として温度や圧力、光、電場や磁場などの変化があげられる。化学的な環境変化には基質（炭素源・窒素源・電子受容体など）や溶質（pH、塩濃度など）の種類や濃度の変化が含まれる。最後に広義には化学的な変化ではあるが、生物学的な環境変化（外敵、ウイルス、プラスミドの襲来など）も考えられる。本特集では物理的なストレスとして主に温度（高温・低温）、化学的なストレスとしてエタノール

ルストレス、活性酸素種・活性窒素種がもたらす酸化ストレスを取り上げた。

簡単に紹介すると榊尾・土肥・高谷は活性酸素種（ROS）や活性窒素種（RNS）に由来する酸化ストレスに対するカビおよび細菌の応答・耐性化機構について紹介している。また渡辺・高木は酵母のエタノールに対する耐性機構を細胞の内と外という2つの異なる場に注目して紹介している。いずれもストレス除去に関与する因子のみならず、それらの因子の発現がどのように制御されているかにも触れている。秀瀬・藤原は超好熱菌の低温ストレス耐性について解説している。もともと高温領域に適応した微生物が温度の低下に対してどのように対処するのか、タンパク質の低温変性防止戦略と低温依存的な転写機構を中心に解説している。佐藤・跡見は超好熱菌の高温環境への適応機構について紹介している。タンパク質・染色体DNA・膜脂質などが高温領域で安定に機能を維持するためのユニークな仕組みを中心に概説している。また不安定な中間体の熱分解を防ぐ代謝上の特徴にも触れている。福田・今中は南極地域に生息する微生物について紹介する。南極地域は低温のみならず、強い紫外線が当たり、また高塩濃度環境も多々存在する。本特集ではこのような環境から分離された微生物について、それらの系統学的位置や興味深い形態学的特徴について紹介している。川本・栗原は細菌の低温環境適応機構について解説する。低温環境での生育を支えるタンパク質や低温菌に特徴的な細胞膜構造について最近の知見を紹介している。

上述の通り、環境中には変化し得るパラメーターは数多く存在するが、生物はそれらに対処できるように多様化と選択（進化）を繰り返してきた。その結果現存する生物がもつ環境応答・適応機構はその作用機構、応答の速さ、特異性（時には汎用性）、どれをとっても見事というほかない。本特集を通じて過酷な環境と変化に挑む微生物の姿を是非堪能していただきたい。

著者紹介 ¹関西学院大学大学院理工学研究科生命科学専攻（教授）
²京都大学大学院工学研究科合成・生物化学専攻（教授）

E-mail: fujiwara-s@kwansei.ac.jp

E-mail: atomi@sbchem.kyoto-u.ac.jp