

深海特異的巨大ウイルスの発見と深海適応遺伝子の探索

Discovery of deep-sea-specific giant viruses and search for deep-sea adaptive genes

京都大学 理学研究科 生物科学専攻 生物物理学教室 微生物生態進化学 長坂孔明

研究成果概要

巨大ウイルスはウイルスとして規格外に大きな粒子径とゲノムサイズを有するウイルスであり、原生生物を含む様々な真核生物に感染し、多様な環境中に存在する。系統群の間には地理的な分布や遺伝子組成に相違があり、宿主生物や環境に応じたゲノム適応戦略を有することが示唆されている。海洋深層は光エネルギーや有機物が制限要因となり、宿主である真核微生物の群集組成も異なるため、巨大ウイルスがゲノム適応を示す可能性がある。しかし、2003年に初めて発見された巨大ウイルスは他のウイルスに比べて研究の歴史が浅いことや、深海のサンプリングの困難さに起因する深海由来の巨大ウイルスのゲノムデータの不足のため、巨大ウイルスの深海適応は未だ明らかになっていない。

本研究では、様々な地点、深度の海洋サンプリングに基づく大規模データセットを作成し、深海環境に適応した巨大ウイルスの存在を検証した。全球海洋由来の 4,000 以上の環境ウイルスゲノムおよび先行研究で報告されている巨大ウイルス単離株のゲノムについて、表層と深層での巨大ウイルスの相対存在量を比較した。

結果として、102 の巨大ウイルスが深海に有意に多く存在量を示す、もしくは深海のサンプルのみに生息することが明らかになった。これらのウイルスは深海において高い相対存在量を示すものが多く、この結果から深海に生息する巨大ウイルスの大部分は表層からの沈降由来であるという先行研究における仮説が海洋巨大ウイルスの生息域を説明する上で十分でないことが明らかになった。

遺伝子機能解析により深海特異的的巨大ウイルスにおいて保有率が有意に高い遺伝子が 101 個同定された。特に、グルタミナーゼ、アンモニウムトランスポーター、ユビキチン関連遺伝子はその機能と深海環境の特徴を踏まえると、宿主の代謝を深海に合わせて調節することやウイルス複製に必要なエネルギー源を確保することを通して巨大ウイルスの深海適応に寄与している可能性がある。

また、紫外線刺激による DNA 損傷の修復に関わる酵素やロドプシンなど光刺激が関係する機能を持つ遺伝子は深海特異的的巨大ウイルスにおける保有率が有意に低く、深海環境で不要な遺伝子は保持しないという巨大ウイルスの適応戦略が示唆された。

深海に生息する巨大ウイルスのアミノ酸頻度構成の解析により、特定のアミノ酸頻度の増減がタンパク質構造の柔軟性を向上させ、巨大ウイルスの深海環境への適応に寄与している可能性が示唆された。この結果は低水温環境への適応についての先行研究の結果と部分的に一致するものであった。