

藻類ブルーム動態とホロビオーム

植木 尚子

藻類ブルーム (algal bloom), という「聞いたことあるような……なんだっけ?」と思われる向きは多いことと思う。藻類ブルームとは、微細藻類 (植物プランクトン) が高密度に繁殖し、水面が着色する現象のことであり、わかりやすい例としては『赤潮』があげられる。赤潮の正体は、異常増殖した~数十 μm の赤潮原因藻の高密度群集である。通常は海水中に多種類の藻類がそれぞれせいぜい10細胞/ml程度の密度で共存するが、何らかのきっかけで、赤潮原因藻が急速に増殖し、種によっては1,000,000細胞/ml程度まで増殖する。藻類の多くは、葉緑体にカロテノイドを蓄積しており、そのために、これらの藻類の葉緑体は緑というよりは赤褐色を呈するため、海水が赤褐色に着色し、『赤潮』として観察される。赤潮形成とは、水域の生態系バランスが一時的に大きく崩れ、ある赤潮原因藻に限局した異常増殖が起こった状態といえる。

海に囲まれた日本という国にいと、赤潮が発生した水域で養殖魚が死滅した、あるいは潮干狩りが禁止になった、などというニュースを聞く機会が多い。赤潮は、大概『有害なもの』として認識されているが、実は『赤潮のもと』である赤潮原因藻にも多くの種類があり、種によって有害性・有毒性が異なる。また、面白いことに、水域には数種類の赤潮原因藻がそれ以外の植物プランクトン類と共存しているが、実際に形成された赤潮を調べると、数種の赤潮原因藻が拮抗しあって増殖しているというよりは、一種が優占する傾向が見られる。その時に優占した赤潮原因藻の種類によって、その赤潮が周辺生態系に及ぼす影響が規定されるといえる¹⁾。

赤潮の動態は、水温、塩度、栄養塩濃度、日照時間などに影響を受けることはよく知られている。このような物理化学的環境要因に加えて、生物学的要因が赤潮の動態を規定することが明らかになってきた。たとえば、赤潮の消滅は、殺藻性細菌やウイルス感染による赤潮原因藻の死滅であることが明らかにされてきた。特に、ウイルス感染は、宿主とウイルス間の分子レベルでの特異的相互作用に規定される現象であることから、種特異的に殺藻することで、赤潮を形成した種を殺滅し、生態系バランスを赤潮発生以前に近いものにまで押し戻すこととなる。また、殺藻性細菌も、赤潮原因藻密度が最高に達するのと前後して急激に増殖し、赤潮原因藻を殺藻す

ることで、赤潮終結を引き起こすことが明らかになっている。

また、赤潮原因藻が2種以上共存する系で、一種が優占する理由としては、増殖速度の違いに加えて、アレロパシー効果があげられている。アレロパシー効果は、ある生物が他生物の増殖や生育に対して抑制作用のある物質を生成することで得られる。数種の赤潮原因藻において、このようなアレロパシー効果が報告されており、またアレロパシー対象にある程度の特異性があるケースも知られている。

赤潮消滅についても、優占についても、赤潮原因藻 vs ウイルス, vs 殺藻性細菌, vs 多種の赤潮原因藻という、共存している微生物種との相互作用が、赤潮原因藻の動態に影響を与えることが明らかになってきている。一方で、赤潮の発生段階、つまり、赤潮原因藻の急激な増殖の原因におけるメカニズムについては未だ不明な点が多い。最近、いくつかの研究により、植物プランクトンと海洋微生物の種特異的な相互作用により、藻類増殖が促進されるという報告がされ始めており^{2,3)}、このような増殖促進作用のある随伴細菌と藻類の相互作用が、増殖誘発要因の一つである可能性を示している。

以上より、赤潮をはじめとする藻類ブルームの動態は、単独の種としての赤潮原因藻に対する水温、塩度、栄養塩濃度、日照時間など、物理化学的環境要因による影響に加えて、水域に共存する他の微生物種との相互作用により規定されている可能性が高い。このような藻類を含む生態系全体をホロビオーム (holo = 全体, biome = 生態系) として把握し、その構成種間の相互作用を読み解くことが、環境における藻類ブルーム動態の理解に必要であると考えられる。ホロビオーム構成微生物類の単離・同定や相互作用解析に加え、近年進歩のめざましいメタゲノム・メタトランスクリプトーム解析などにより、藻類ブルーム動態をホロビオーム構成変化の観点より読み解く研究が望まれる。

- 1) 今井一郎ら：有害有毒プランクトンの科学, 恒星社厚生閣 (2016).
- 2) Amin, A. S. et al.: *Nature*, **522**, 7554 (2015).
- 3) Higashi, A. et al.: *Harmful Algae*, **60**, 150 (2016).