

セレンも世界を救う

戸部 隆太

みなさんは、セレン (Se) というものをご存じだろうか。おそらく多くの方が、名前は聞いたことがある程度ではないだろうか。もしくは、名前すら知らない方も少なくないかもしれない。Seは、酸素や硫黄、テルルなどと同じ周期表の第16族に属する原子番号34の元素である。1817年にスウェーデンの化学者Berzeliusによって見いだされており、フッ素やアルミニウムよりも歴史のある元素なのである。1930年代に高濃度のSeが蓄積した牧草を多量摂取した家畜の蹄が抜けたことから、もともとは毒物と考えられていた(現在も毒物指定である)。しかし、確かに摂取しすぎると毒性を示すが、ヒトをはじめとする多くの生物にとっては必須元素でもある。適量であれば、その高い反応性により、生体にとっては有益に働く。たとえば、マグロには生体濃縮により、水俣病で知られるメチル水銀が蓄積される。Seがこのメチル水銀の毒性を軽減させる解毒作用を持つことは古くから知られている¹⁾。

Seは肉や野菜、海産物などに含まれ、生体内で多くは21番目のタンパク質構成アミノ酸であるセレノシステイン残基 (Sec) の形でタンパク質のポリペプチド鎖中に存在する。Secを含む特殊なタンパク質はセレンタンパク質と呼ばれ、Secはほとんどのセレンタンパク質において活性中心残基として機能する。また、セレンタンパク質の翻訳段階においてSecは、Sec用の特殊な運搬RNA (tRNA^{Sec}) を用いてタンパク質に挿入される。この合成系は真核生物や細菌、アーキアの三つの生物ドメインで少し異なるが、今回は哺乳類の系のみを紹介する。一般の20種のタンパク質構成アミノ酸の場合は、遊離のアミノ酸がそれぞれのアミノアシルtRNA合成酵素により、一つの反応でtRNAに直接付加されて翻訳に用いられる。ところが、Secの場合は、特別な三つの反応を経てSec-tRNA^{Sec}が生成される。Sec-tRNA^{Sec}は、コドンの解読により1968年にノーベル賞を受賞したNirenbergの高弟であるHatfieldによって1970年にUGAコドンに対応することが明らかとされた²⁾。UGAコドンは終止コドンであり、通常は翻訳の停止を意味する。しかし、3'-非翻訳領域にSECIS (Sec挿入配列) エレメントと呼ばれる特殊なヘアピンループ構造とSec挿入用の特別なタンパク質群が存在する場合のみ、UGAコドン部分にSecが挿入されて翻訳が続き、機能

を持つ完全長のタンパク質となる。セレンタンパク質は、高等動物および細菌やアーキアの一部に確認されているが、酵母や植物は一般にセレンタンパク質を持たない。ゲノム配列に基づいた解析によると、ヒトにはグルタチオンペルオキシダーゼやチオレドキシン還元酵素など25種類のセレンタンパク質遺伝子が存在すると考えられる。その中のいくつかは、抗酸化タンパク質としての機能を持ち、抗がんや抗老化、受精能などに寄与することが知られている一方で、未だ半数のセレンタンパク質は生理機能がはっきり示されていない。

一方で、Seは金属として半導性や光伝導性を持つことから太陽光発電セルや感光体などレアメタルとして産業的にも利用されており、実はSeの生産量は日本が世界一なのである。しかし、Seは高濃度で毒性を持つことから、産業利用が増えることにより、工業排水などで環境汚染の一因となることが危惧されている。その対策の一つとして、特殊な微生物を利用したSe回収システムの開発やその代謝産物として生成されるセレン化ナノ粒子をバイオセンサーや医薬品に利用する新しい試みがなされている³⁾。このような技術は自然的要因でSe汚染された地域の浄化・産業化にも有効であり、今後さらにSeが目されることが期待される。

このようにSeは、基礎研究の対象として面白いだけでなく、医薬分野からハイテク産業まで、幅広く活用されている。そして、その研究成果は今後、がんなどの病気の治療や予防、微生物によって環境中Seを回収した際の産物を利用した新規産業の発展など人類にさらに多くの利をもたらしてくれるだろう。最近では、日本でもサプリメントとしても販売されるようになり、一般的にも知られるようになってきたが、欧米諸国に比べ研究者の数はまだまだ少ない。本稿を通して、少しでも多くの方にSeのことを知ってもらい、少しでも興味を持っていただけたら嬉しく思う。

- 1) Ganther, H. E. *et al.*: *J. Food. Sci.*, **39**, 1 (1974).
- 2) Hatfield, D. L. *et al.*: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **67**, 1200 (1970).
- 3) Wadhvani, S. A. *et al.*: *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **100**, 2555 (2016).