

低温微生物と好冷性酵素： 新しい生体触媒としての可能性

老 川 典 夫

微生物の最適増殖温度、最低増殖温度および最高増殖温度は、微生物によって大きく異なる。たとえば海底火山の火口付近の海水中には 100°C 以上の高温条件下でも生育可能な超好熱始原菌が棲息しており、一方極地の土壌や水中には 0°C 以下の低温条件下でも生育可能な低温微生物が棲息している。ここでは、最近注目されている低温微生物ならびに低温微生物の生産する酵素（好冷性酵素）について概説するとともに新しい生体触媒としての可能性を探る。

19世紀後半、ヒラメ類似の海水魚から分離された発光細菌が 0°C で増殖することが見いだされて以来、0°C で増殖可能な種々の微生物が発見されこれらの微生物は、好冷菌 (Psychrophile) と呼ばれた。しかしながらこれらの微生物は 0°C で増殖は可能ではあるが、増殖の最適温度は 20°C 以上にあり“低温で増殖できる”という意味の Psychrotroph の名称が使用されるようになった。現在では増殖温度 20°C を指標に 20°C 以上の温度では増殖することができない低温微生物を Psychrophile、20°C 以上の温度で増殖することができる低温微生物を Psychrotroph と呼んでいる。低温菌は地球上に幅広く分布しており、*Vibrio*, *Alcaligenes*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium* などのバクテリアや *Rhodotorula*,¹⁾ *Saccharomyces*, *Candida* などの酵母、*Penicillium*, *Mucor* などのカビなどその種類は多種多様である。

これまでに Psychrophile から単離精製されたごく少数の酵素について低温条件下での酵素科学的性質が検討されているに過ぎないとはいえ、Psychrophile 由来の酵素は中温菌（高温域（55°C 以上）にも低温域（5°C 以下）にも増殖できない微生物）由来の同種の酵素に比較して特徴的な温度に対する活性発現特性を示す。一般に Psychrophile の酵素は最適温度や活性発現温度域が中温菌や動物および植物の酵素に比べて低い。たとえば南極で単離されたバクテリア *Alteromonas haloplanctis* は、菌体外に著量の α -アミラーゼを生産する Psychrophile である。本菌の生産する α -アミラーゼは、4°C においてブタの膵臓由来の α -アミラーゼの 77 倍の活性を示す。ま

関西大学工学部生物工学科（助教授）

〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35

Tel: 06-6368-0812 Fax: 06-6388-8609

E-mail: oikawa@ipcku.kansai-u.ac.jp

1991年 京都大学大学院農学研究科博士後期課程修了、
農学博士

現在の興味：極限性微生物由来の酵素の構造と機能

たブタの膵臓由来の α -アミラーゼが 50°C での熱処理に対して 1 時間後でも 70% 以上活性が残存しているのに対して Psychrophile 由来の α -アミラーゼはほぼ完全にその活性を失う。このような温度特性を有する酵素を総称して好冷性酵素 (Psychrophilic enzyme) と呼ぶ。

しかしながら、注意しなければならないのは必ずしも Psychrophile から単離された酵素がすべて好冷性であるわけではないということである。また、ある Psychrophile から単離されたある種の酵素が好冷性であっても他の Psychrophile から単離された同種の酵素が好冷性とは限らないということである。さらに、Psychrophile が耐熱性酵素を生産することは古くから知られているがこの一見矛盾した現象の生理的意義や必然性は明らかではない。

低温下ではすべてのタンパク質がわずかながら立体構造の変化を受けそのため三次構造を支配するうえで重要な役割を果たす疎水結合が弱められる。しかしタンパク質に見られるそれ以外の結合は逆に温度が低下するにつれよりいっそう強固になる。最近いくつかの好冷性酵素の一次構造が中温菌よりもむしろ好熱菌の耐熱性酵素と高い相同性を示すことが明らかにされている。²⁾ 今後さらに研究が進展すれば好冷性酵素の構造と機能がより詳細に解明され、低温でも高い活性を有する耐熱性酵素の開発につながるものと期待される。

低温微生物や好冷性酵素は、一般に低温で高い触媒活性を持ち、容易に失活し得るので、種々の産業分野で不安定な化合物を対象に低温下で反応を行う場合にきわめて有用である。また有機溶媒に安定な好冷性酵素を用いれば有機溶媒中で水分子の活量の低い氷点下での酵素反応も利用可能となるであろう。³⁾

- 1) Oikawa, T. et al.: *Biosci. Biotech. Biochem.*, **62**, 1751 (1998).
- 2) Schlatter, D. et al.: *Biol. Chem. Hoppe-Seyler*, **368**, 1435 (1987).
- 3) Margesin, R. and Schinner, F. (Eds.): *Biotechnological Applications of Cold-Adapted Organisms*, Springer (1999).