

フェレドキシンと類縁物質の分子進化

阪大理・生物 松 原 央

フェレドキシン（以下Fd）は分子量 6,000 ~ 14,000 の低分子蛋白質で、当量（2 ~ 8）の Fe と遊離性 S とを含んでいる。酸化還元電位は -300 ~ -500 mV と低く、生物種に広く分布するが、光合成系、窒素や水素の代謝系、炭酸代謝系に参与するもの（C. pasteurianum 型と葉緑体型）、炭素化合物の水酸化（プチダレドキシン（以下Pd）やアドレノドキシン（以下Ad））に参与するものなどがある。¹⁾

C. pasteurianum Fd の一次構造が決定されたとき、その重複構造が注目され、この蛋白質が進化する初期において、遺伝子の重複が起ったという考えを引き出した。²⁻⁴⁾ したがって Fd の先祖型の構造は 29 残基のアミノ酸からなるペプチド鎖で、4 残基のシステインを含み、おそらく 4 Fe と 4 S をもっていて能率の悪い電子伝達体であったろうと思われる。それがやがて重複することで 1 分子中に 8 Fe, 8 S をもち 2 つの発色団構成が可能となり、しかもシステインの Fe に対する配位の仕方も、生理活性を最大に出しうるような形となったと考えられる。

光合成細菌 Chromatium の Fd はやや分子は大きく、種特異性を反映しつつも構造的には相同性を示し、進化の尺度の上で他の細菌 Fd と比べてかなり遠い関係にあるといえる。硫酸還元菌 D. gigas の Fd も相同ではあるが上記 2 種とはかなり別の進化の経路をたどったと想像される。⁵⁾

葉緑体系 Fd（2 Fe, 2 S）と細菌型 Fd との構造は部分的に非常に類似であり、また葉緑体による NADP の光還元系では共通の反応性を示すことなどから、これらは共通の先祖 Fd をもっていたと示唆されている。⁶⁾ 両分子の全構造の比較から細かい分子進化の仮説が組立てられ、今日の葉緑体型、細菌型 Fd への進化の道が考察された。^{4, 5)}

その他に Ad や Pd（いずれも 2 Fe, 2 S）が葉緑体型 Fd と相同であるとする説もある。^{7, 8)} Ad と Pd は互によく似ているらしいことは間違いないが、機能上の相異を考えると葉緑体型との関係は検討の余地がある。

一方嫌気性細菌の Rd（1 ~ 2 Fe, S 欠如）の生理活性は明らかでなく、かつ分子自

松原 央

体にも Fd のような重複構造は明確ではない。しかし、P. oleovorans Rd は脂肪酸酸化に必須の電子伝達体であると同時に、前者の約 4 倍にも当る分子の N, C 両末端構造が、前者の Rd 分子と類似であり、ここに重複構造のあることがわかっている。⁹⁾

電子伝達と同時に多様の機能をもつに至った分子が余分のペプチド部分をもっていることは当然であるが、原始 Rd の遺伝情報が保持されたまま新しい情報をもつに至ったことは興味のあるところである。

なお Fd と Rd とが相同蛋白質であり、進化途上での関連を示唆している報告もある。

今後広範囲の Fd 類の構造の研究によって微生物、植物、動物における進化の考察が進められることが期待される。

参 考 文 献

- 1) W. H. Orme-Johnson, *Ann. Rev. Biochem.*, **42**, 159 (1973).
- 2) M. Tanaka, T. Nakashima, A. Benson, H. F. Mower and K. T. Yasunobu, *Biochem. Biophys Res Commun.*, **16**, 422 (1964) ; *Biochemistry*, **5**, 1666 (1966).
- 3) W. M. Fitch, *J. Mol. Biol.*, **16**, 17 (1966)
- 4) H. Matsubara, T. H. Jukes and C. R. Cantor, *Brookhaven Symp. in Biology*, **21**, 201 (1968)
- 5) 松原 央, 化学と生物, **10**, 700 (1972).
- 6) H. Matsubara, R. M. Sasaki and R. K. Chain, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.* **57**, 439 (1967) ; *J. Biol. Chem.*, **243**, 1725 (1968).
- 7) D. O. Hall, R. Cammack and K. K. Rao, *Pure and Applied Chemistry*, **34**, 553 (1973).
- 8) W. C. Barker, P. J. McLaughlin and M. O. Dayloff, *Fed. Proc.*, **31**, 837 (1972).
- 9) A. Benson, K. Tomoda, J. Chang, G. Matsueda, E. T. Lode, M. J. Coon and K. T. Yasunobu, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, **42**, 640 (1971).