

種や培養条件により4から8までの広い値を示すことが知られている。この理由のひとつに細菌チトクロムオキシダーゼの多様性があげられよう。近年の生化学分野の技術進歩により、種々のチトクロムオキシダーゼの機能解析が行われている。たとえば *Escherichia coli* は約4という低い H^+/O 比を示すことや、末端オキシダーゼとしてチトクロム *o* 型と *d* 型を持つことが知られていたが、最近になって両オキシダーゼとも精製され、両酵素共に H^+ 輸送活性をもたないことが示された。²⁾ またミトコンドリアのチトクロム *aa3* 型オキシダーゼは H^+ 輸送活性をもつが、細菌のそれは H^+ 輸送活性をもつものともたないものの2種類あることが分かってきた。曽根ら^{3,4)} は *Bacillus stearothermophilus*, 好熱菌 PS3 のチトクロム *aa3* 型オキシダーゼは H^+ を輸送するのに対し、*Pseudomonas* AM1, *Nitrobacter agilis* などのそれは輸送しないと報告した。また筆者ら⁵⁾ が、アミノ酸の工業生産に広く用いている *Brevibacterium lactofermentum* の H^+/O 比を測定したところ、約4という低い値を示した。本菌はチトクロムA型オキシダーゼを有するが、 H^+ 輸送活性は認められず、このことが本菌の H^+/O 比の低さの理由の一つと考えられた。

細菌の H^+ 輸送効率に関する研究は、まだ緒に付いたばかりであり、分子レベルでの理解、広範囲の種にわたる比較生化学的研究が必要である。それらの研究の進展により、細菌のエネルギー効率を人為的に変化、制御することも可能と考えられ、好気培養による発酵プロセスに更なる飛躍をもたらすことが期待される。

- 1) 明石ら：発酵と工業，40，518(1982)。
- 2) 松下：蛋白質核酸酵素，31，970(1986)。
- 3) Sone, N. et al.: *J. Biol. Chem.*, 259, 1405(1984)。
- 4) Sone, N. et al.: *J. Biochem.*, in press.
- 5) 河原ら：日本生化学会大会要旨集，p. 651(1986)。

(味の素・中研 河原義雄)

“食品糖質”をつくる酵素—生デンブンを 取り込む部位の謎

いま、食品糖質がおもしろい。なかでも枝付シクロアミロース、フラクトース類、マルトオリゴ糖などが注目されている。これらはデンブンを原料とする「酵素機能の生物工学的利用」の典型的な成功例なのである。そのようなわけで、近年^{1,2)} 生デンブンを分解したり、その他の反応(転移・縮合など)を触媒する酵

素が次々と発見され、遺伝子に基づくこれらの一次構造の検討が相次いで行われている。無蒸着糖化の観点もさることながら、酵素の構造形成と機能解析の点においてもこれらは好個の材料を提供してくれそうである。そこで、生デンブンの取り込みに着目して、これら酵素の構造形成を考えることにしよう。

Svensson らは遺伝子の解析から *Aspergillus niger* のグルコアミラーゼ(以下GA)の一次構造を予測し、C末端側(約100アミノ酸残基)に生デンブンを取り込む部位(以下、生デンブン部位)が存在すると考えている。³⁾ そして Hayashida らは *Asp. awamori* GA の生デンブン部位に対応するポリペプチド断片(分子量7,000)を取り出すことに成功している。⁴⁾ また *Bacillus stearothermophilus* のシクロアミロース合成酵素(cyclodextrin glucanotransferase)などでもC端側に生デンブン部位があると言われている。⁵⁾ なお、本酵素はいわゆる多機能酵素で、その基礎および応用研究の今後の展開が注目される。

上に挙げた酵素では、生デンブン部位を切り外しても、生デンブン以外の基質に対する反応活性はほとんど影響を受けない。ということはC端側にある生デンブン部位が本来の触媒活性にとって必須なものではなく、副次的なものであることを意味する。ところで、生合成系におけるタンパク質立体構造はN端より順次形成されていく。そこで、たとえばタカアミラーゼA(TA)の分子模型(文献6の図V-6)をN端からC端へなぞってみると、それはN端が立体構造形成の際にたどった軌跡なのである。つまり、現在のところ科学的根拠は全くないのであるが、まるでN端がリードして全体の構造を作っていたかのように見える。遺伝子操作技術でN端を何か別の残基に置き換えることは、一度試みるだけの価値があるかもしれない。このような考え方に立つと、C端側は触媒活性にそれ程興味を持たないことになり、先に示した例と矛盾しない。また事実、C端が1~2残基少ないものもある。⁷⁾ さらにTAの分子模型でC端側(C端ドメイン)は無くてもよさそうに見える。⁶⁾

ところが、最近 *Rhizopus* GA の生デンブン部位がN端側にあることがわかった(約140残基)。^{8~10)} つまり *Rhizopus* では生合成のとき、まず生デンブン部位をつくり、その後活性部位をつくるのである。この違いは一体何を意味するのだろうか。いまこの質問に答え得る解答は何もない。けれども、分子模型をじっ

くり見つめていると、酵素が最も大事にしようとしているものが見えてくるようにも思える。

今後、タンパク質化学領域における遺伝子操作技術が、生体が遺伝子を“タンパク質”(20文字から成る文章)として、たかだか400字詰原稿用紙1枚程度にどう表現しようとしているのかを探索するだけでなく、短文(生デンプン)を他の文章(たとえば α -アミラーゼなど)と組み合わせたりして、文章を自由に表現一眠っている文(イントロン)を起したり、逆に(エクソン)を眠らせたりする技術へと発展すれば、1文字を書き改めたりすることなどより、ずっと実用的で楽しい“詩集”ができるに違いない。

- 1) 谷口, 丸山: 澱粉科学, 32, 142(1985)., 谷口: 澱粉科学, 33, 59(1986).
- 2) 石神: 澱粉科学, 34, 66(1987).
- 3) Svensson, B. et al.: *Carsberg Res. Commun.*, 51, 61(1986).
- 4) Hayashida, S. et al.: *Agric. Biol. Chem.*, 46, 83(1982).
- 5) 久保田: 私信(1987).
- 6) 中村ら: “アミラーゼ”, 学会出版センター(1986).
- 7) Svensson, B. et al.: *Eur. J. Biochem.*, 154, 497(1986).
- 8) Takahashi, T. et al.: *J. Biochem.*, 98, 663(1985).
- 9) Ashikari, T. et al.: *Agric. Biol. Chem.*, 50, 957(1986).
- 10) Tanaka, Y. et al.: *Agric. Biol. Chem.*, 50, 965(1986).

(京大・農・食工 大西正健)

地形連鎖を利用した水質改善

近年、エネルギー集約型農業の拡大に伴い、世界の食糧生産は大幅に増大してきた。一方、農耕地への化学肥料、農薬の多量施用は、水質汚濁や地下水汚染の一因となっており、各作物の吸肥特性に応じた肥培管理や自然の地形連鎖を利用した浄化技術の確立が望まれている。^{1,2)}

Lowrance ら³⁾ は、米国ジョージア州の農村地域の小集域で浅層地下水の流れに沿って台地上の畑地から林地、湿地へと浅井戸を掘り、畑地から溶脱した栄養塩類の濃度変化を調査した。浅層地下水中の $\text{NO}_3\text{-N}$, Ca, Mg 濃度は、畑地に比べ林地や湿地では著しく低下し、農耕地排水の浄化に林地や湿地が重要な役割を果たしていることを明らかにした。

Jacobs ら⁴⁾ は、ノースカロライナ州で排水の悪い農村地域の調査を行い、排水施設などにより農耕地から年間 10~55 kg/ha の $\text{NO}_3\text{-N}$ が排出されることを示した。この $\text{NO}_3\text{-N}$ は、河川に接する幅 16 m の林地緩衝地帯を通過する際、大部分は脱窒により除去されることを明らかにした。

わが国では、台地上は畑地、傾斜地は樹園地や林地、河川周辺の低地は水田として利用されている地域が多く、畑地で溶脱した $\text{NO}_3\text{-N}$ を含む浅層地下水は、林地などを通過した後、谷津田や湿地帯で湧出し、河川に流入している。田淵ら⁵⁾ は、畑地から溶脱した $\text{NO}_3\text{-N}$ の閉鎖性水域への流達を防止するため、水田や湿地を有効に利用することを提案し、水温の低い秋から冬の谷津田でも 0.02~0.2 gN/m²・day (73~73 kgN/ha・yr) の窒素除去能があることを確認している。

また、福士ら⁶⁾ は、谷津田土壌の深さ別脱窒能と浅層地下水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を調べ、表層ほど脱窒能が高く、浅層地下水が下層の砂礫層から田面に湧出する際、水稻収穫後でも $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は 7.7 mg/l から 1.0 mg/l に低下することを明らかにした。

一方、長谷川ら⁷⁾ は、茶園排水をかんがい水として利用している水田の窒素収支を調査し、水田のかんがい期の窒素除去能 (346 kgN/ha・yr) は、この時期の茶園からの $\text{NO}_3\text{-N}$ 流出量とほぼ等しいことを実証している。

このように、台地上の畑地、樹園地から溶脱した $\text{NO}_3\text{-N}$ を下流部の水田、湿地で除去する地形連鎖を用いた水質改善は、元来、自然界の浄化機能として働いているものであり、これをさらに積極的に利用して行くことは、環境保全上のみならず省資源、省エネルギーの面からも望ましいことである。

- 1) Smika, D. E. et al.: *Agron. J.*, 69, 623(1977).
- 2) 小川ら: 農業及び園芸, 61, 15(1986).
- 3) Lowrance, R. R. et al.: *J. Environ. Qual.*, 13, 22(1984).
- 4) Jacobs, T. C., et al.: *J. Environ. Qual.*, 14, 472(1985).
- 5) 田淵ら: 農土論集, 104, 9(1983).
- 6) 福士ら: 農業技術研究所報告 B, 36, 1(1984).
- 7) 長谷川ら: 滋賀農試報, 26, 34(1985).

(農業環境技術研究所 尾崎保夫)

水産バイオテクと海藻のプロトプラスト

海藻は食用のほか、家畜の飼料、作物の肥料、医薬