

油田の地位を狙う？ 乳酸の新展開

渡辺 昌規

ポリ乳酸 (PLA) は、日常生活においても、その名を広く耳にする程、身近の生活に浸透しており、市民権を得た代表的な生分解性プラスチックである。PLAの特徴として、燃焼時における単位重量あたりの炭酸ガス発生量が、PE、PP、PET等のプラスチックに比べて少ない (化学式より算出)。また、植物バイオマスを原料とするPLAを燃焼させることなく、地中に埋めることにより、大気中の二酸化炭素を間接的に固定化することも可能と考えられる。これは、火力発電所から排出される炭酸ガスを油田や深海にて貯留 (carbon capture and storage, CCS) することと理屈的には同じであり¹⁾、今後ますます、環境素材として認知されるであろう。

当初、PLAは硬化性プラスチックとしての利用に限定されていたが、最近では、PLAに対応した可塑剤の開発などにより、加工性等も改善され、製品としての完成度も、従来のプラスチック製品と見劣りしないレベルにまで達している。また、PLAには抗菌性を有しているなどの報告もあり、従来の環境性能に加え、機能性樹脂としての用途も広がりつつある²⁾。

このように、環境性能、素材としての側面において、順風満帆のように思えるPLAではあるが、現状での製品単価は、化石燃料由来のものよりも高く、これはPLAの製造とPLAのモノマーである乳酸の供給、双方のコスト高が起因していると考えられる。

PLAは、主として乳酸の環状ジエステルモノマーであるラクチドを開環重合するラクチド法により合成される。この方法ではラクチドの単離により原料が精製されて高分子量のPLAが得られるが、工業的に見て、ラクチドの製造・精製工程は運転面、設備面でのコストが大きく、安価な製品製造の妨げとなっている。近年、PLAはバイオプロセスによる合成も検討がなされており、乳酸CoA・PHA (ポリヒドロキシアルカノエート) 合成系を組み合わせる事により、上記のような中間生成物の精製を要することなく、高乳酸分率のポリ (乳酸-co-3-ヒドロキシブタン酸) 合成を可能にしている³⁾。一方、PLAの原料である乳酸のバイオプロセスにおける製造は、原料として用いる糖質や非可食部バイオマスを粉砕、糖化するための前処理費用や発酵残渣の処分費用のほか、乳酸生成に伴い低下するpHを中和するための薬剤費用などのコストが問題視されている。特に、栄養要求性の高い乳酸菌に費やす酵母エキス、ビタミン類のコス

トがネックとなっており、その対応策として、炭素源、栄養源双方をそれぞれ異なったバイオマスから供給するなどの試みも行われている。

以上のように、PLA、乳酸、それぞれの製造に諸問題を抱えながら、さまざまな取り組みが現在も進行中であるが、最近では乳酸をPLAの原料としてだけでなく、微生物発酵によって新たなエネルギー源に変換して活用することを目指した研究も報告されつつある。

たとえば、若松らは⁴⁾、エタノール発酵用実用酵母を用いることにより、生ゴミのエタノール・メタン二段発酵の際に副生される非分離型乳酸を直接、エタノールへ変換できる可能性を示唆している。また、Oshiroらは⁵⁾、グルコースと乳酸の双方を炭素源とする *Clostridium saccharoperbutylacetonicum* N1-4株を用いたpHスタット制御による流加培養により、高濃度のブタノールを生成することに成功している。さらに、乳酸を単一炭素源とした場合でも、同菌株によるブタノールの生成を確認している。一般には発酵の最終生産物として知られる乳酸であるが、出発物質として、積極的な利活用が進展しつつあり、今後の成果が期待される。

前述の地下 (油田) に貯留された火力発電所の炭酸ガスは、その後「一部」は、再び燃焼器に送って発電機に接続されたガスタービンの駆動に用いられ、残りの二酸化炭素は地中に送り、1千年後でも99%がそのままとどまると考えられている。また、油田の地中に送れば地下の圧力が上がり、石油を効率よく採掘できる効果も副産物として期待できるという¹⁾。

もし、炭酸ガスではなく、PLA廃プラ等、乳酸関連物質を地下に貯留することが可能になれば、大気中の二酸化炭素の間接的な固定化が達成されるだけでなく、その「一部」(もちろん、「全量」も)を上記バイオエタノール、ブタノール生産のために貯蔵し、必要に応じて利活用することも可能になると考えられる。近い将来、乳酸に対する従来の考え方を再考する日が来るのかもしれない。

- 1) http://www.toshiba.co.jp/tech/review/2001/06/56_06pdf/a07.pdf
- 2) 檜山ら：防菌防黴誌, **29**, 153 (2001).
- 3) Gao, C. *et al.*: *Biotechnol. Adv.*, **29**, 930 (2011).
- 4) 若松ら：日本生物工学会大会講演要旨集, p.117 (2011).
- 5) Oshiro, M. *et al.*: *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **87**, 1177 (2010).