〔生物工学会誌　第89巻　第5号　238–253．2011〕

特集

疎水性ケミカルのバイオプロダクションを目指した基盤研究

特集によせて

加藤　純一

社会における「持続可能な社会」，「低炭素社会」，「資源循環型社会」への希求はますます強くなってきている．日本の特定事業所排出者全体のCO_2排出量の20%を占める化学業界は社会の強い要望に対応し，業界を挙げて省エネルギー・省資源化の努力を行っている．たとえば，日本化学工業協会は省エネルギー・省資源化の努力目標として，2008～2012年度平均のエネルギー原単位（製造に要するエネルギー量/生産数量）を1990年度の値の80%にまで削減することを掲げている[1]．その方策として，設備・機器効率の改善，エネルギー回収再利用，運転法の改善などのインフラに関する改善に加え，プロセスの合理化，製法の転換などによる製造プロセス改造を挙げている．グリーンサステイナブルケミストリーのアプローチで省エネルギー・省資源型の化学プロセスを開発することは有効な手段である．その一方，我々生物工学者は，バイオプロダクション技術は省エネルギー・省資源型のケミカル生産プロセス構築のための重要なオプションとなりうるのではないかと考える．

本誌の読者からは「釈迦に説法」とお叱りを受けそうだが，おさらいのため生体触媒反応の特徴を列挙しよう．

1）穏和な条件で反応が進行する
2）菌体細胞を生体触媒として使用した場合，複数ステップの反応をワンポットで進行させることができる．
3）特異性（基質特異性，反応特異性）
4）原料としてバイオマスを用いるのが容易である．

1）はそのまま省エネルギーに反映する．2）はプロセス数の短縮化を通じて省エネルギー化に貢献する．生体触媒反応の大きな特徴である反応特異性は，プロセスの短縮化に寄与しうる．たとえば，ベンゼンをフェノールに変換するには合成化学的には3段階のステップを踏む．これは，ベンゼンにひとつだけ水酸基を導入するように酸化反応を制御するのが非常に困難で，ベンゼンにまずアルキル基の側鎖を導入してから酸化反応を行うプロセスを経る必要があるためである．一方，ベンゼンモノオキシゲナーゼは1ステップでベンゼンからフェノールを生成できる．また厳密な反応特異性をもって反応が進めば副反応産物の生成も抑えられ，これも省エネルギーに寄与しよう．特徴の4）からバイオマスからのケミカル生産プロセスの構築が期待され，これは脱石油に貢献することになろう．

こうしてみるとバイオプロダクション技術はケミカル生産についてよいことずくめのようだが，実際のところ，化学産業にはバイオプロダクション技術はほとんど採用されていない．その理由のひとつとして考えられるのは，バイオプロダクションは化学産業の主要な製品である疎水性ケミカルの生産を不得意としていることである．疎水性の原料・生産物およびそれらを溶解する有機溶媒が毒性を示し，それらが多量にある環境では生体触媒が十分な機能を発揮できないのである．本特集では，この問題を克服し，疎水性ケミカルのバイオプロダクションを可能にする基盤研究を紹介する．

細菌の中には有機溶媒に対し強い耐性を示すものがいる．この有機溶媒耐性細菌を宿主として生体触媒菌体を構築すれば疎水環境下でのケミカル生産が可能となろう．1番目の記事では，道久則之に細菌の有機溶媒耐性の機構解明と有機溶媒耐性細菌を活用した物質生産について紹介してもらう．吉田豊和らは有機溶媒に耐性な酵素の研究に携わっている．2番目の記事ではその研究を紹介する．高性能な生体触媒菌体ができたとき，もしその菌体を固定化する良い方法があれば，生体触媒の反復利用やプロセスの連続化が可能になる．3番目の記事では，菌体細胞に強力な固相吸着能を付与する細胞表層ナノファイバータンパク質について堀克敏に紹介してもらう．本田孝祐らによる4番目の記事では，疎水性の細胞表層を有する細菌で有用酵素を発現させて「疎水性生体触媒パーティクル」を構築し，非水系で物質変換を行う研究について紹介する．酵素そのものが有機溶媒に対して耐性で疎水環境下でも触媒活性を発揮するならば，疎水性ケミカルの生産に活用することができよう．

1) http://www.nikkakyo.org/upload_html_pages2/kankyo_02.html

著者紹介　広島大学大学院先端物質科学研究科分子生命機能科学専攻（教授）　E-mail: jun@hiroshima-u.ac.jp