

バイオミディア

「安全・安心」を守り隊～バイオセンサーが活躍するために～

村岡 未彩

バイオセンサーとは、酵素、抗体、核酸などの生体分子や、微生物などの細胞自身が持つ優れた識別能力を利用した分子識別素子とその反応を信号に変換する信号変換素子からなるセンサーである。バイオセンサーの始まりは1962年にアメリカのClarkとLyonsが提案したglucose oxidaseと隔膜酸素電極を用いた糖尿病患者の血液中のグルコースを連続的に計測するためのものであると言われている¹⁾。それから約50年、世界のバイオセンサー市場は85億米ドル（2012年）まで成長し、さらに2018年には168億米ドルに達すると予測されている²⁾。バイオセンサーが誕生して以来そのほとんどの期間、その市場は先にあげた血糖値を測定するグルコースセンサーを代表とする医療・臨床検査用が約9割を占め続けていた¹⁾。しかし、近年「安全・安心」が重要視されるようになったことを背景に、環境、食品、バイオテロに対するセキュリティ分野においてもバイオセンサーの市場が拡大してきている。

とりわけ環境分野におけるバイオセンサーのニーズが拡大している。環境中の有害物質による汚染は飲料水や農作物、魚介類を介して人の健康被害に直結する。そこで安心して安全な生活を送るため、さまざまな試料に対する網羅的なモニタリングによる汚染状況の把握のニーズが高まっている。しかし、公定法で定められている検出方法は高性能分析機器を使うために煩雑な操作を要し、さらにはコストも高いため、上記のような広範なモニタリングには適さない。比べて、高性能分析機器を使わず、迅速・簡便・低コストで分析を実現し得るバイオセンサーは非常に有用である。その代表的な例として、国際的な水質汚濁指標である生物化学的酸素消費量（BOD）を測定する微生物センサー（主に、酵母の一種である *Trichosporon cutaneum* が使われる）が世界中で用いられている¹⁾。さらに近年では農薬、PCB、内分泌攪乱物質、重金属などを測定するバイオセンサーの研究が盛んに行われている³⁾。

環境中の広範なモニタリングを実現するためには、試料の前処理を行わずとも環境試料中の夾雑物の影響を受けないこと、さらには簡便な測定方法でごく微量の物質を検出できることが望まれる。前者の課題を克服するためには、分子識別素子の特異性向上が鍵となる。このために近年では標的の物質に特異的に結合する一本鎖DNAやRNAを用いたアプタマーや、遺伝子改変技術

を活用して変異を挿入した酵素や抗体など、特異性を向上させた分子識別素子が数多く開発されている。また、これら分子識別素子に金ナノ粒子やカーボンナノチューブなどのナノ素材を組み合わせたバイオセンサーの研究も最近注目を集めている。こういったナノテクノロジーの利用により、さらなる測定の簡便化、高感度化が期待できる。たとえば金属ナノ粒子は可視光領域に強い吸収帯を持ち、通常状態の金ナノ粒子では赤ワイン色を呈するが、表面状態の科学的変化で凝集が生じると、目視で確認できるほどに青色へ色調が変化する。この原理を利用すると、表面に抗体など分子識別素子を修飾した金ナノ粒子は抗原などの標的物質と混合すると凝集し、色調変化によって標的物質を簡便に検出できる。また、生体関連分子の検出によく用いられる金薄膜上での全反射型表面プラズモン共鳴は、小分子に対する感度が低いのが難点だが、この金薄膜上に金ナノ粒子をプローブとして結合させると感度を大幅に向上できる。この他にもナノテクノロジーを用いたバイオセンサーの応用例は多く研究されている⁴⁾。

このように優れた特異性を有し、ごく微量の標的物質を簡便に検出可能なバイオセンサーは企業や大学の研究室で数多く開発されている。しかしながら、環境分野におけるバイオセンサーへのニーズに比べ、その市場規模は、拡大しつつあるものの依然として小さい。これは特異性や感度についての研究が盛んな一方、広範なモニタリングにおいて重要な条件である保存安定性についての検討が十分でないことが一因であると考えられる。特に、経済が急速に発展し、環境汚染が深刻化している発展途上国でバイオセンサーを活用するためには、特異性、感度の向上に加え、長期間、簡易な方法で安定に保存できる材料を開発することがきわめて重要となる。今後、研究室を出て、実際の現場での測定に向けた検討が進むことで、環境分野におけるバイオセンサーの利用が拡大し「安全・安心」な生活に寄与できることが期待される。

- 1) 軽部征夫：バイオセンサーのはなし 生体分子や細胞を用いた新しいバイオ計測法，日刊工業新聞社 (2012)。
- 2) Biosensors-A Global Market Overview, Industry Experts (2012)。
- 3) Adam, K. W. et al.: *J. Environ. Monit.*, **10**, 703 (2008)。
- 4) 長岡 勉ら：分析化学, **56**, 201 (2007)。