



中赤外レーザーを用いた非侵襲血糖値 センサーの開発

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構
ライトタッチテクノロジー株式会社
山川考一

1. はじめに

2015年の国際糖尿病連合（IDF）の報告によると、日本国内で720万人、世界では4億1,500万人が糖尿病患者であるといわれており、これは世界の成人人口の8.8%を占める。今後患者数はさらに増加すると予測されており、2035年には世界で5億9,190万人、10人に1人は糖尿病という時代がまもなく訪れようとしている。

糖尿病患者にとって、高血糖の状態が続くと様々な合併症のリスクが高まるため、患者は採血型自己血糖計（SMBG: Self-Monitoring of Blood Glucose）などを用いて、1日複数回血糖値を測定しなければならない。現在行われている血糖測定法は、指などを針で穿刺して採取した血液で測定を行わなければならない。患者は煩わしさとともに苦痛や精神的ストレス、さらに感染症の危険を伴うなどの多くの問題をかかえている。また、穿刺針やセンサーチップ等の消耗品のコストが高く、年間約20万円/人の経済的負担を強いられている。そして糖尿病患者のみならず、病院等で日々患者の血糖測定を行う医療現場でも、採血にかかる負担を低減し、ひいては診断および治療のスピードアップのために非侵襲血糖値センサーに対する期待は大きい。

このような背景のもと、各種の光を用いた非侵襲血糖測定技術が研究され、20数年にわたり世界中の多くの研究機関や企業などで開発競争が行われてきたが、いまだに製品実用化されていない。

従来までの非侵襲血糖測定技術の多くは、可視および近赤外光を照射することによる生体透過光あるいは反射光を利用し、グルコースの吸収を計測するものである^{1,2)}。可視および近赤外光は生体上皮の毛細血管まで到達しやすいものの、近赤外光（例えば波長1.5 μm ）でのグルコースによる吸収に起因する光強度の変化率は0.4%程度にすぎない。このため、検出される光強度は、グルコース以外の各種の血液中の物質（タンパク質、脂質等）の影響を大きく受けるため、多変量解析等を用いてグルコース成分だけを取り出す工夫が必要とされるが、十分な測定精度を得ることができていない。また、こうしたグルコース以外に起因する吸収は、環境条件（体温等）の影響を大きく受ける。

一方中赤外領域では、人体やニクロム線ヒーターからの黒体放射を利用するものが複数報告されているが、黒体放射の輝度が極端に低いため（我々が開発した中赤外レーザーの10億分の1の輝度）、血糖測定に必要な十分なS/Nは得られていない^{3,4)}。同じく中赤外領域で量子カスケードレーザー（QCL）を用いた例が報告されている^{5,6)}。この場合、QCLを波長掃引し、生体成分の吸収スペクトルあるいはそれに対応した光音響スペクトルを取得し、得られたデータに多変量解析を行い、グルコースの絶対値を予想する。ただし、多変量解析については、その使い次第で得られる予想結果が異なる可能性があることが議論されている。

我々は、先端固体レーザーと光パラメトリック発振（OPO）技術を融合することにより、手のひらサイズの高輝度中赤外レーザーを開発し、国際標準化機構（ISO）が定める測定精度を満たす非侵襲血糖測定技術を確立した⁷⁾。本研究開発では、医療機関から一般家庭まで広く普及できる小型の非侵襲血糖値センサーの実現を目指している。従来の採血型自己血糖計（SMBG）に代わり、糖尿病患者