

経皮エタノールガス連続計測ためのバイオ蛍光式ガスセンサシステム

Biofluorometric gas sensor system for monitoring of transcutaneous ethanol vapor

医科歯科大 [○]張耿, 鈴木 卓磨, 當麻 浩司, 荒川 貴博, 三林 浩二

Tokyo Medical and Dental Univ.

[○]Geng Zhang, Takuma Suzuki, Koji Toma, Takahiro Arakawa, Kohji Mitsubayashi

E-mail: m.bdi@tmd.ac.jp

【はじめに】

呼吸や皮膚ガスなどの生体ガスには、代謝・疾病の産物である揮発性有機化合物(volatile organic components, VOCs)が含まれており、非侵襲な疾病スクリーニングや代謝機能評価への有用なサンプルとして期待されている。特に、皮膚ガスは呼吸と比較し、連続的な採取が容易で、計測時の拘束も低いことから被験者に負担の少ない評価が可能である。しかし呼吸に比べて、血液成分の皮膚ガスへの分配係数は極めて小さいため、高感度かつ選択性に優れた計測技術が求められる。本研究では、アルコール脱水素酵素(alcohol dehydrogenase, ADH) の触媒反応を用いた「バイオ蛍光式ガスセンサ (バイオスニファ)」と「皮膚ガス連続採取系」構築し組み合わせ、飲酒後の経皮エタノールガスの連続計測に適用した。

【実験方法】

ADH はエタノールの酸化触媒反応にて、補酵素として酸化型 NAD^+ を用いてエタノールを酸化し、還元型 NADH を生成する。NADH は自家蛍光(ex. 340 nm, fl. 490 nm) を有することから、NADH の蛍光の増加量を検出することでエタノールガスを測定することが可能である。エタノールガス用バイオスニファは二分岐光ファイバに、励起光源 UV-LED と光電子増倍管を接続し、ADH 固定化膜を気液隔膜としたフローセルを光ファイバプローブ先端に装着することで構築した。実験では、開発したセンサの特性評価を行った後、「皮膚ガス連続採取系」を皮膚に装着し、飲酒後の皮膚ガス連続計測を行った。

【結果及び考察】

作製したバイオスニファの標準エタノールガスに対する応答性と定量特性を調べた結果、安静時のエタノール濃度 (37-207 ppb)および最大皮膚エタノールガス濃度 (73.9-112.1 ppb/cm²)を含む、25 ppb-128 ppm の濃度範囲でエタノールガスを定量可能であった。次に、皮膚セルを手掌部に装着して飲酒時の皮膚ガス連続計測を行ったところ、「飲酒時に高出力のスパイク状かつ大きな変動を含む、不安定な濃度変化」が観察された。このスパイク状の出力は、発汗現象が影響しているものと考察された。なお、比較的汗腺の少ない手の甲と手首にて同様な計測を実施したところ、皮膚ガス中エタノール濃度の経時変化は安定した出力変化を示した。特に、手首は角質層・皮膚層が薄く、動脈血ガスの計測においても良好な結果が報告されており、血中エタノールに由来する皮膚ガス計測に適した部位と考えられる。以上、構築したバイオ蛍光式ガスセンサシステムにて皮膚エタノールガスの連続計測を実現し、エタノール代謝の非侵襲評価の可能性が示された。今後、各種のバイオスニファを高感度化することで、脂質代謝の指標であるアセトンをはじめとする血中の揮発性成分を皮膚にて非侵襲的に評価できるものと考えられる。