

呼気アルコール検知装置の計測精度^{*1}

Accuracy of Breath Alcohol Detector

佐々木 左宇介^{*2}
Sousuke SASAKI

小野村 恵子^{*2}
Keiko ONOMURA

浅野 幸子^{*2}
Yukiko ASANO

張替 勝美^{*2}
Katsumi HARIGAE

中山 明美^{*2}
Akemi NAKAYAMA

渥美 文治^{*3}
Bunji ATSUMI

Abstract

The accuracy of breath alcohol detectors for alcohol interlock systems was investigated. The breath of 22 subjects after drinking alcohol was measured periodically with the breath alcohol detector and a non-dispersive infrared detector for reference. A confidence limit of $95\% \pm 0.029\text{mg/l}$ was calculated below a level of 0.3mg/l of breath alcohol. Detector accuracy should be considered for setting the value for interlocking.

1. はじめに

我が国における飲酒運転に関する法律では、“何人も、酒気を帯びて車両等を運転してはならない”と定められており、自転車も含めた飲酒運転が禁止されている。飲酒運転の罰則の対象となるアルコール濃度は道路交通法施行令で定められており、2002年に呼気中アルコール濃度が 0.15mg/L （血中濃度で 0.30mg/mL ）に改訂された（それまでは呼気中で 0.25mg/L ，血中濃度で 0.5mg/mL ）。また、飲酒運転や酒気帯び運転をした場合の罰則も強化され、2007年6月、飲酒運転者の周辺者に対する罰則が新たに加わり、運転者本人の罰則の引き上げとともに、2007年9月に施行されている。これらを契機に我が国の飲酒運転に関する事故率は減少傾向にあるが、飲酒運転に関わる死亡事故は後を絶たない。

呼気のアルコール濃度を検出する装置は、一般人の健康管理に使用されるもの、運送業者の安全管理に使用されるもの、飲酒運転取り締まりに使用されるもの等さまざまなものがつくられており、価格が数千から数十万円に及ぶものである。飲酒運転罰則者に適用されるオフエンダープログラムを古くから採用している米国には、アルコー

ルを検知する装置のガイドラインが設けられており、Evidential Breath Testers (EBTs) のための呼気アルコール検知装置の性能要件¹⁾や、オフエンダープログラムに使用される呼気アルコール・インターロック装置 (BAIIDs: 呼気中にアルコールを検知するとエンジンがかからないようする装置) の性能要件に関するガイドライン²⁾等がある。わが国でも、2007年末に国土交通省が呼気吹き込み式のアルコール・インターロック装置に関する技術指針(案)³⁾を取りまとめている。

本報では、インターロック装置も含め、現在入手可能な呼気アルコール検知器の測定精度の把握を目的とした。

2. 呼気中のアルコール

呼気は温度 34°C 、相対湿度 95% と一般的に定義されている。呼気中のアルコール濃度は口腔内、気道等の死容積があるため、呼気の吹き始めは濃度が低い。多くの呼気アルコール検知装置は血中濃度を反映している肺深部の呼気を測定するため、呼気を数秒間吹き込んだ後にサンプリングする方法がとられている。

呼気中のアルコール濃度にはさまざまな単位が使用されており、米国では呼気アルコール濃度 (BrAC: $\text{g}/210\text{L}$) = 血中アルコール濃度 (BAC: $\text{g}/100\text{mL}$) とガイドラインに定義されており¹⁾、単位

*1 原稿受理 2008年6月3日

*2 (財)日本自動車研究所 エネルギー・環境研究部

*3 (社)日本自動車工業会 ADD・WG主査

表示が無くても数値は同じとなるように設定されている。わが国では、国内での罰則規定値が呼気濃度0.15mg/L（もしくは血中濃度で0.30mg/mL）とあることから、米国表記にすると、BAC：g/100ml=BrAC：g/200Lとなり血中濃度と呼気濃度の換算係数は若干異なる。呼気アルコールには、肺の末端である肺胞の壁面で空気とガス交換を通して血液中から放出されるアルコールと飲食等により口内あるいは気道等に残留していたアルコールが排出され検出される場合がある⁴⁾ため注意が必要である。

3. アルコール検知装置の精度

呼気アルコール・インターロック装置に使用されているハンドセットには、半導体式や電気化学式のアルコール検知装置が使用されているが、近年では、アルコールに対する選択性が高いことから後者の電気化学式センサが主流となっている。一方、運輸関連事業所等の安全管理用としては、半導体式のセンサが多く用いられている。ここではインターロックに使用されるハンドセットが証拠用呼気アルコール検知装置と原理が同じでありほぼ同等であることから被検装置として、電気化学式検知装置2種（どちらの装置メーカーもアルコール・インターロック装置を製造）、半導体式検知装置（事業者用）について、その精度を、参照機器として測定精度が高いとされる非分散型赤外線（NDIR）式（バッグ捕集）を用い調査した。各装置の主な諸元をTable 1に示す。

Table 1 Specification of breath alcohol tester

Detector	Sensor type	Detectable range [mg/L]	Breath sampling [s] or [L]
1 (NDIR)	Non Dispersive Infrared Gas Analyzer	0.00~2.00	Blowing into a bag with a mouthpiece
2	Electrochemical sensor	0.00~2.50	Mouthpiece 1.2L (Variable)
3	Electrochemical sensor	0.00~2.00	Mouthpiece 5s
4	Semiconductor sensor	0.05~2.00	Mouthpiece 4s

3.1 標準ガスによる直線性の確認

呼気アルコール検知装置の精度を調査するには、できるだけ呼気に近いガスを用いておこなう必要がある。呼気温度34℃、相対湿度95%を再現するために、呼気シミュレータと言われる湿りガ

ス発生装置が一般的に用いられている^{5),6)}。これは、既知濃度のアルコール水溶液を恒温（34℃）にして、その溶液に一定流量の空気を吹き込み、出てきた湿りガスを標準ガスとして用いるものである。NHTSAでは、検知器の校正用ガス発生装置として型式認可をおこなっている⁷⁾。また呼気シミュレータ製造メーカーではさまざまな濃度の値付けしたシミュレータ用溶液を市販しており、これらを用いることができる。本試験ではGooth社製シミュレータおよび標準溶液を使用した。

個々の被検装置は出荷時に校正されており、ユーザ側では、校正ができないため、検量線を作成し、必要に応じて補正した。

証拠用呼気アルコール検知装置のガイドラインを示したOIMLR126では、一部これらの湿り標準ガスのほか、乾燥ガス（ボンベ充填ガス）の使用が認められている⁸⁾。ただし、素子表面の酸素消費による抵抗値の変化を利用してアルコール濃度を測定する半導体式の場合、環境の酸素濃度が大きくずれると、正しい値を表示しないため、窒素のみで希釈したアルコール標準ガスは使用できないので注意が必要である。

呼気シミュレータの発生ガス濃度は、原理上、経時的に減少する⁹⁾。減少速度は通気速度が一定であれば、一定になるため、一定間隔でGC/FIDにより発生ガス中のアルコール濃度を測定し、試験時の発生ガス濃度を算出した。

Fig. 1に各検知装置の発生濃度に対する応答を示す。いずれの検知装置でも、広範囲で直線性があることがわかる。傾きが異なるのは、各装置ごとに校正標準が異なるためと考えられた。

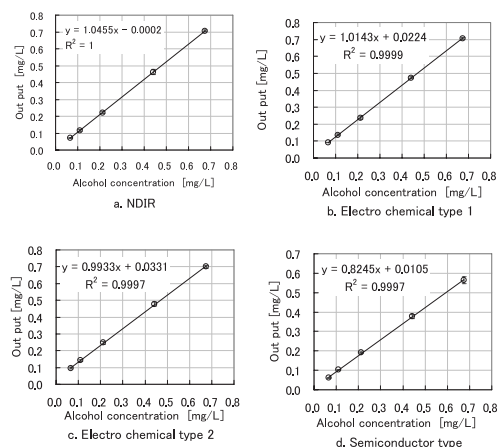


Fig. 1 Out put of breath alcohol testers against certain concentrations

3.2 飲酒後の呼気による精度の確認

飲酒後の呼気アルコール濃度は、Fig. 2に示すように、徐々に増加し、やがて減少していく。この変化は個人差があり一様ではないが、ほとんどの場合、このような形状をとることから、飲酒後の呼気を経時的に測定することにより、被験者から様々なアルコール濃度の呼気を得ることができる。また呼気には様々な成分が含まれるため、標準ガスだけではなく、できるだけ多くの被験者からの呼気を用いて、調査することが必要である。



Fig. 2 Breath alcohol concentration after drinking of beer

飲酒直後は、計測前に口内をゆすぎ、水を一口飲む等を実施しても、高濃度にアルコールを検出する。これは、食道内や気管支内に残存していたアルコールの影響と考えられるが、実際の目的である、血中のアルコール濃度を正しく反映している呼気濃度は、飲酒後10分以上たたないと得られないことがわかる。そこで、飲酒後の呼気測定実験手順として以下を設定した。

飲酒前の呼気を測定した後、食物を摂取（弁当）しながら、ビール（1,000mL/体重60kg）を飲酒した後、10分経過してから、15分ごとに呼気を計測する。最初の計測時のみ、口内をすすぎ、水を一口飲んでから計測をする。被験者として、飲酒できる男性22名を対象とした。被験者の構成は、喫煙の影響も明らかにするために、喫煙群11名（29歳～58歳、平均38.1歳）、非喫煙群11名（22歳～59歳、平均42.7歳）とした。平均体重は、両群とも69.0kgである。なお、喫煙者には禁煙によるスト

レス等の影響を排除するため、専用の喫煙室を設け、定期的な測定の待ち時間における喫煙を許可した。

Fig. 3に示すように、飲酒後の呼気アルコール濃度は最大となった後は、ほとんどの場合、ほぼ直線的に減少することから、データ処理では、任意の経過時刻の測定値を、前後の測定結果から近似して求め、精度解析を実施した。

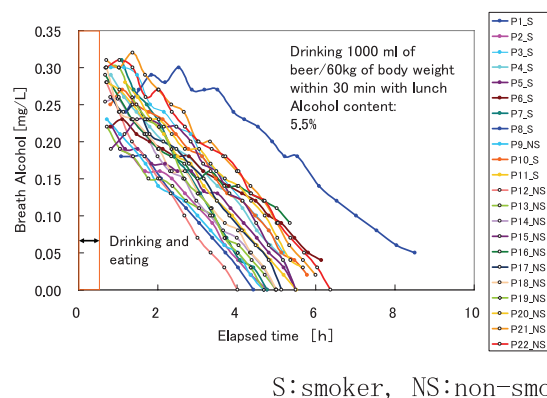


Fig. 3 Breath alcohol concentration after drinking of beer and eating

飲酒前の呼気の測定では、すべての検知装置でゼロを示し、被験者の呼気成分には干渉成分がないことを確認した。

Fig. 4に電気化学式（EC1）とNDIR式の検知装置の測定値の相関を、Fig. 5に半導体式（SC）とNDIR式の検知装置の相関を、喫煙者および非喫煙者に分けて示した。EC式では喫煙者と非喫煙者の差は見られなかった。SC式では、わずかながら喫煙者のほうが高い値を示したがその差は0.01mg/L程度であった。

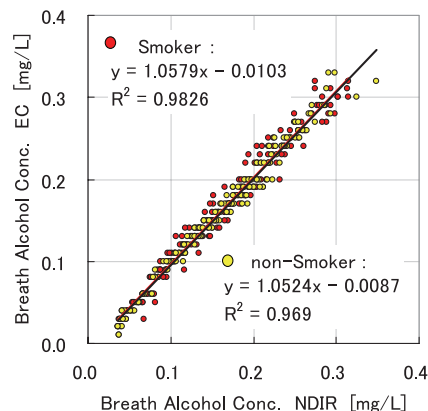


Fig. 4 Comparison of the out put of electrochemical tester and NDIR tester between smoker and non-smoker

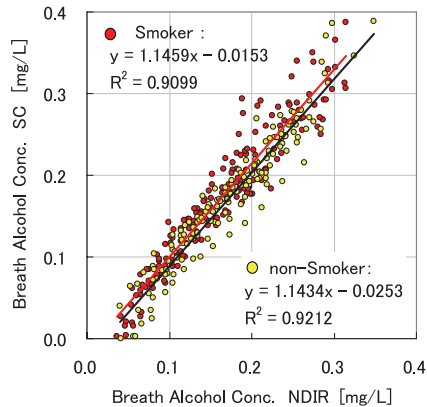


Fig. 5 Comparison of the out put of semiconductor tester and NDIR tester between smoker and non-smoker

Fig. 6にNDIR測定値を基準とした各被検装置の95%信頼限界および99%信頼限界を測定値および期待値に対して示した。これらの結果より、呼気アルコール濃度が0.05から0.3mg/Lの範囲で、95%の信頼限界は電気化学式で0.03mg/L前後、半導体式で0.05mg/L程度であることがわかった。

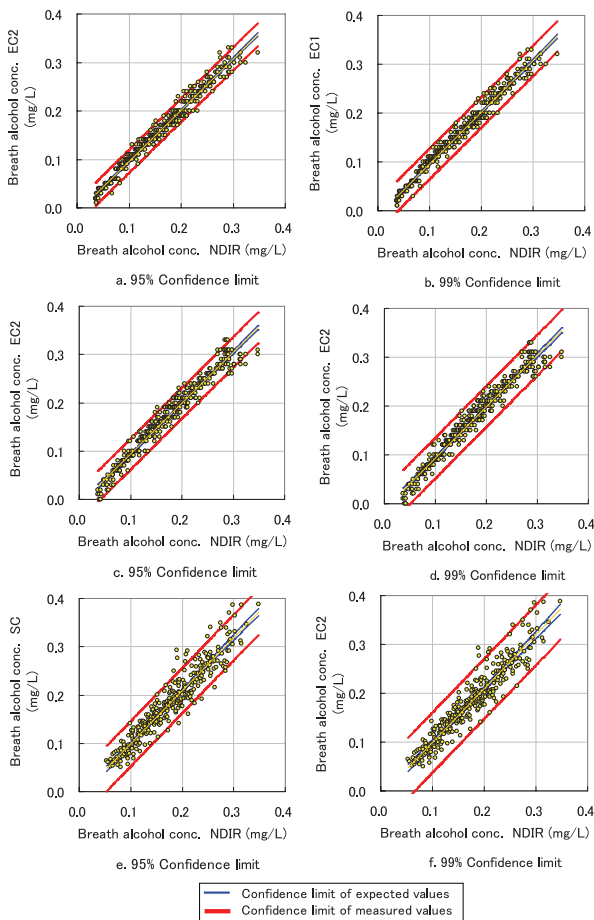


Fig. 6 Confidence limit of EC1, EC2 and SC tester

4. まとめ

呼気アルコール検知装置は標準ガス（湿りガス）濃度変化（0.05から0.7mg/L）に対して直線性が確認された。また22人の被験者による飲酒後の呼気測定結果解析から、アルコール・インターロック装置に主に用いられている電気化学式検知装置は半導体式検知装置より測定精度が高く、95%信頼限界値は0.05から0.3mg/Lの呼気アルコール濃度範囲で±0.03mg/Lであることがわかった。また、本試験の被験者の範囲では、検知結果に影響を与えるようなアルコール以外の呼気成分は確認されず、飲酒前にアルコールを検知することはなかった。

参考文献

- 1) NHTSA : Model Specifications for Devices to Measure Breath Alcohol, FR/Vol. 58, No. 179/pp 48705-48710/September 17, 1993/Notices (58 FR 48705)
- 2) NHTSA : Model Specifications for Breath Alcohol Ignition Interlock Devices, FR 11774-11787 (April 7, 1992)
- 3) <http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/09/091226/04.pdf>
- 4) 麻生 勤ほか：自動車技術会2008年春季大会，20085253，アルコール・インターロック装置のユーザー受容性調査
- 5) Breath alcohol sampling simulator (BASS) for qualification testing of breath alcohol measurement devices NBS Special Publication 480-41 (1981)
- 6) CENELEC GUIDELINE “Alcohol interlocks-Test methods and performance requirements”, EN50436-1 (2005)
- 7) Highway Safety Programs : Model Specifications for Calibrating Units for Breath Alcohol Testers, Conforming Products List of Calibrating Units for Breath Alcohol Testers, Docket No. NHTSA-2007-28067
- 8) INTERNATIONAL RECOMMENDATION OIML R 126 Edition 1998 (E) Evidential breath analyzers
- 9) Slemeyer, A. : A depletion compensated wet bath simulator for calibrating evidential breath alcohol analyzer ICADS 2000