

0.05 m/s ~ 40 m/s をカバーする気体流速標準

計測標準研究部門 栗原 昇

流速計の校正法と国家標準

気体流速(風速)の測定は、気象観測、送風機など流体機械の性能評価や研究開発、クリーンルームの開発と運転管理、室内環境の評価、空調設備の運転管理などいろいろな分野で重要とされる。流速計にはピトー静圧管、超音波流速計、熱式流速計、翼車式流速計などいろいろな原理のものがあるが、一般にその校正は校正対象の流速計と、基準となる流速計を風洞の中に並べ、互いの測定値を比較するという方法で行われる。その基準の流速計においても、さらにその基準と同様の比較校正が行われ、連鎖が国家標準に到達したところで、絶対的な流速値が与えられる。産総研 計量標準総合センター(NMIJ)では流速の国家標準を中流速と微風速の二種類の流速域に分け、それぞれ別の手段で校正を実施している。

1.3 m/s ~ 40 m/s の中流速域

この領域の校正では、風洞内を流れる空気の流速と機械的に運動する物体の速度を両方とも測定可能なレーザ流速計が適している。一定速度で回転する円盤の外周に取り付けたワイヤにより、風洞内における流速と同じ速度を発生させ、レーザ流速計を校正する(写真1)。円盤の周速度は容易に長さと時間に分解されるので、

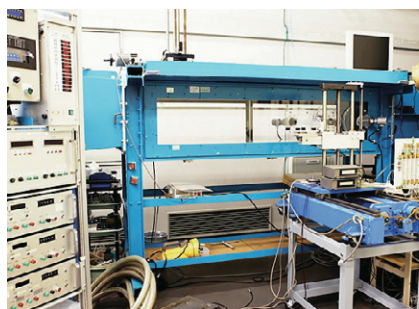


写真2 一般の流速計を校正するための風洞

高い精度でトレーサビリティが確保される。ただし、レーザ流速計は高価であり高精度測定に熟練を要するため、ユーザの経済的負担が大きい。そこで、NMIJにおいては風洞を校正済みのレーザ流速計で校正し、一般の流速計を校正できる体制を整えている(写真2)。本設備の校正範囲は1.3~40 m/s、最高測定能力は0.29%~0.67% ($k=2$)の不確かさである。

0.05 m/s ~ 1.5 m/s の微風速域

この領域においては、一般的な風洞では流れが不安定になり、校正が難しくなる。そこで、微風速域での校正には計測器自体を静止気体中で運動させる走行台車が用いられる(写真3)。この方式では、流速計の周りに安定な低流速流れを実現するために、静止した空気と流速計との相対速度を基準として校正を行う。自然対流の影響を避けるために装置は地下トンネル内(地上からの深さ8 m、年間の温度変化は20°Cを中心に $\pm 2^\circ\text{C}$ 以内)に設置され、十分な測定時間を得るために台車が走行するレール長は45 m確保されている。流速計を載せた台車はレール端からワイヤロープで牽引され、その移動速度は干渉計で正確に測定される。本装置による校正範囲は0.05 m/s ~ 1.5 m/s、最高測定能力は6.9 mm/s ~ 8.7 mm/s ($k=2$)の不確かさである。

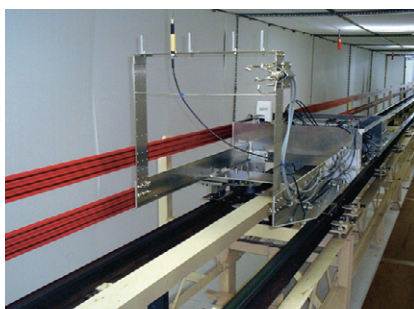


写真3 微風速域の校正に用いる走行台車

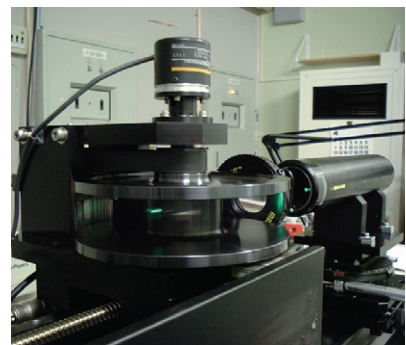


写真1 レーザ流速計の校正

NMIJの技術的水準と今後の展望

中流速域においては、風洞で校正された複数の翼車式流速計を用いて欧州計量会議(EUROMET)が実施した国際比較に参加し、校正方法の妥当性を確認している。また、微風速域においては走行台車で値付けされた風速計を用いて米国標準技術研究所との間で国際比較を行い、校正方法の妥当性を確認している。

気体流速の標準は国際的に見て高い水準にあり、2003年に品質システムを整備し、国際度量衡局のデータベース(Appendix C)に登録したことで、最高測定能力が諸外国と同等であることが認められた。また、現在、NMIJを幹事機関とする国際比較の準備が大詰めを迎えており、2005年春にも開始される見通しとなっている。

NMIJでは、より信頼性のある高精度校正手法の研究を今後も進めるとともに、計量法校正事業者認定制度(JCSS)に基づいた標準供給によって、市販の流速計の精度向上を図っていく。また将来的には、地球温暖化の進行と共に深刻化する台風による災害の規模を高い精度で診断するために、40 m/s以上の領域における校正手段も整備していく必要があると考えている。

メタンハイドレート存在量推定の地化学的指標 メタンハイドレートの水の同位体組成

地圏資源環境研究部門 前川 竜男

注目される資源 メタンハイドレート

近年、次世代の天然ガス資源として、深海底下の堆積物中のメタンハイドレートが注目されている。メタンハイドレートは、メタンと水の固体化合物で、低温・高圧の条件で安定に存在する。天然では、高緯度地方の永久凍土や、大陸縁辺海域の深海底堆積物中に存在する。天然のメタンハイドレートに含まれるメタン量は、既存の化石燃料鉱床よりも多いと推定されている。日本周辺海域では、静岡県沖南海トラフ等でメタンハイドレートが見つかっており、新しい天然ガス資源としての生産開発が検討されている。

メタンハイドレート存在量の評価方法

資源としての利用を考えた場合、天然の深海堆積物中にどのくらいの量のメタンハイドレートが存在しているかを評価することは重要である。その評価方法の一つとして、堆積物間隙水の同位体組成を利用する方法が検討されている。海洋堆積物をボーリング掘削すると掘削試料中に白いメタンハイドレートを含む地

層が観察されることがある。メタンハイドレートを含む堆積物の間隙水は、周囲の間隙水組成と比較して、塩化物イオン濃度(Cl⁻濃度)が低く、酸素同位体組成($\delta^{18}\text{O}$ 組成)が高い。これは、メタンハイドレートの水は低い塩化物イオン濃度と重い酸素同位体組成をもっており、それが周囲の間隙水に付加したのが原因であると考えられている。メタンハイドレートの存在量が多いほど、塩化物イオン濃度の低下量および酸素同位体組成の増加量が多くなることから、堆積物間隙水の組成を調査することによりメタンハイドレート存在量を推定することが可能となる。しかし、これまでメタンハイドレートの程度、酸素同位体や水素同位体を濃集するのは正確にはわかっていなかった。このことから、室内実験でメタンハイドレートを生成し、その生成量と同位体組成の変化を観察して、メタンハイドレートへの同位体の分別濃集を推定した。その結果、メタンハイドレートの酸素同位体濃集の程度は、水の生成時と

ほぼ同じであった(酸素同位体分別係数で1.003)。また、水素同位体濃集に関しても同様の結果であった(水素同位体分別係数で1.02)。この分別係数を利用すると、実際に観察される堆積物間隙水の酸素同位体および水素同位体組成の増加量より、メタンハイドレートの存在量を推定することができる。

今後の展開

今回紹介した地化学的調査によるメタンハイドレート存在量評価方法の他、誘電率等を用いる物理探査による評価方法もあり、両者の比較・検討を行う必要がある。本評価方法も含め、精度の高いメタンハイドレート存在量評価方法が開発され、それが、今後のメタンハイドレート資源開発に資することを期待している。

図 メタンハイドレート堆積層の地化学的特徴

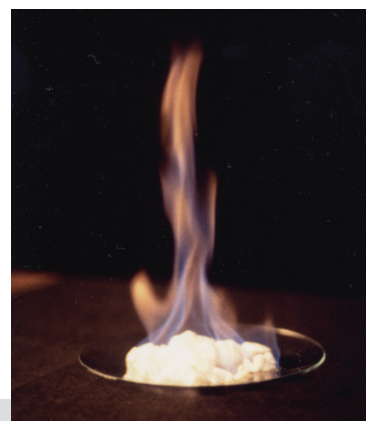
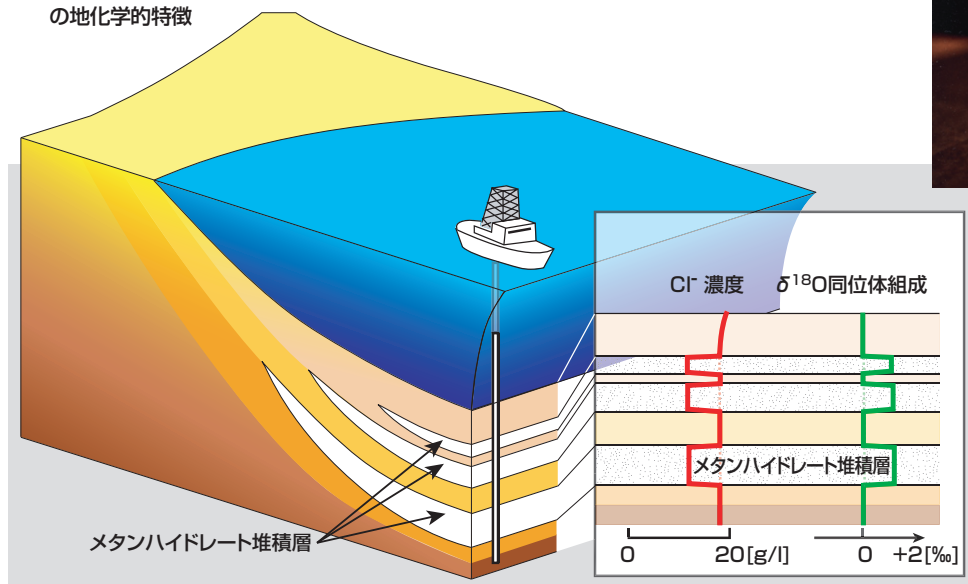


写真 メタンハイドレートの燃焼

分光応答度標準とその供給

計測標準研究部門 齋藤 輝文

光の定量的測定の背景

異なった場所、異なった時刻に行われる測定を定量的に比較するためには、普遍的でかつ不変の標準が必要である。光の測定においても、定量性を求めるニーズが、広範な分野で高まっている。

例えば発光ダイオード等の光源、あるいは太陽電池等の光電変換素子の電力-光パワーの変換効率、蛍光物質等の蛍光効率、光化学反応効率、殺菌等の効果の効率などを求めるためには、光パワーの絶対測定が不可欠である。そのために光源あるいは検出器のいずれかの標準が必要となる。光源の校正には標準光源を、検出器の校正には標準検出器を、それぞれ用いる方式が、一般に直接的なため不確かさの点で有利である。しかし近年の極低温放射計を筆頭とする検出器側標準の高精度化により、検出器だけでなく光源の校正の場合も、標準検出器を用いる方がより高精度化を図れる場合も生まれ、分光応答度標準の応用分野が拡大している。

検出器感度の定義

光検出器のいわゆる感度を表わす定義には、次の2種類がある。一つは光検出器へ入射する単位光パワー当たりの光検出器の出力(通常、電流の単位)として定義される分光応答度(分光感度とも言う) s である。もう一つは、光検出器へ入射する1個の光子当たりの光検出器の出力電荷(対)の数で定義される分光量子効率 η である。

s の単位が $[A/W]$ である時、入射光の波長を λ [nm] とすると両者の関係は以下ようになる。

$$s = \frac{e\lambda\eta}{hc} \approx \frac{\lambda\eta}{1240}$$

ここで、 e は電子の素電荷、 h はプランク定数、 c は光速である。

このとき、分母を、入射する光パワーまたは光子数の代わりに、検出器が吸収する光パワーまたは光子数とする定義では、内部分光応答度または内部分光量子効率という。

熱型の検出器は、内部分光応答度が波長によらず一定となる。これに

して、シリコン・フォトダイオードのような量子型の理想的な光検出器では、ある波長範囲で内部分光量子効率は波長によらず1となる(内部分光応答度は、波長に比例して大きくなる)。

分光応答度標準の供給

産総研では、250 nm～1150 nmの波長範囲(紫外・可視・近赤外)において、従来から極低温放射計を一次標準検出器として分光応答度標準を確立し、依頼試験制度の下で供給を行ってきた。今年度から来年度にかけて、認定事業者を介した計量法校正事業者認定制度(JCSS)の下での供給に切り替わる見込みである(ただし可視域相対分光応答度の校正に関してのみ、従来通り、産総研による依頼試験校正を継続する)。

レーザー波長において極低温放射計を基準にして定められた分光応答度目盛を、ランプを光源とする分光装置を用いて、波長依存性のない別種の熱型検出器により波長範囲を250 nm～1150 nmに拡張し、校正を実施している。各種フォトダイオードの分光応答度の測定例を図に示した。

分光応答度の不確かさ要因には、以下のようなものがあり、これらを十分に検証しておくことが重要である。1) 安定性、2) 直線性、3) 均一性、4) 温度特性、5) 偏光依存性^{i) ii)}、6) 入射ビーム発散角依存性ⁱⁱⁱ⁾。

本標準供給により、冒頭に述べたような各種発光デバイス、蛍光物質、光検出器のより精密な効率比較等が可能となり、これらの開発・性能向上に資することが期待される。

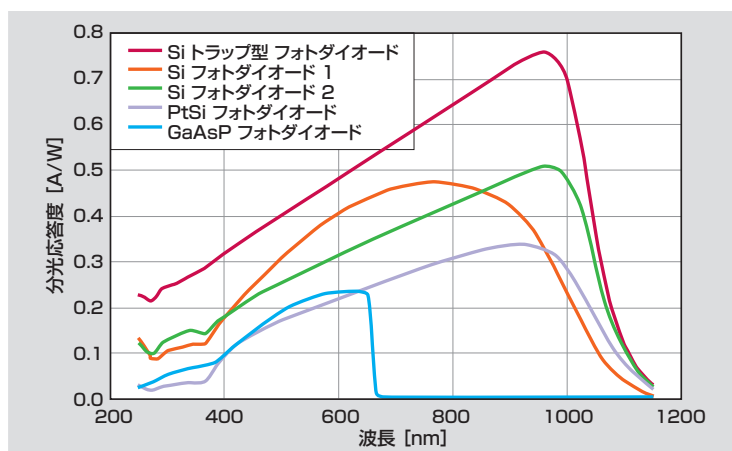


図 各種フォトダイオードの分光応答度測定例

関連情報

- i) T. Saito and H. Onuki: "Polarization characteristics of semiconductor photodiodes," *Metrologia*, 32 (1995/96) 485-489.
- ii) T. Saito, L. R. Hughey, J. E. Proctor, and T. R. O'Brian: "Polarization characteristics of silicon photodiodes and their dependence on oxide thickness," *Rev. Sci. Instrum.* (special issue in CD-ROM), 67 No. 9 (1996)
- iii) T. Saito and H. Onuki: "Difference in silicon photodiode response between collimated and divergent beams," *Metrologia*, 37 (2000) 493-496.