

初等中等教育における理科の授業での検知管やセンサの活用



東京都立科学技術高等学校
田中 義靖

普段から体温を測っていれば健康状態を判断する上で役に立つ。同様に、自分の身の回りの普段の環境について気体成分を測定してれば空気質が異常か否か判断できる。学校では、空気中の物質について定期的に検査を行っている。その際に検知管が用いられている。検知管は、検査以外に、授業の前後での教室の二酸化炭素濃度を測定する呼気の実験などに用いられている。また、植物を入れたビニール袋の中の酸素濃度の測定など、その場で生徒が測定できる点で検知管は優れている。小中高では大学にあるような機器がなく定量的な実験は少ない。それ故、このような測定が体験できる実験は貴重だ。小中学校では、植物の呼吸の実験の他に、燃焼の実験などで検知管が使われている。燃焼の実験で、石灰水が白く濁ることでは生じた気体が二酸化炭素であることしか確認できないが、検知管を使うと容器内の酸素と二酸化炭素の割合を知ることでもできる。探究活動や探究的学習が実践されている今日、このように定量実験が容易にできることは重要である。

2014年から、高校の化学実験での検知管の活用を研究してきた。2017年にはアルコールの酸化による生成物を検知管で確認したり、検知管を使ってアルコールを酸化したりする実験*を全国理科教育大会で提案した。最近、その論文で提示した課題について若い教員が取り組み始めたことを知った。その教員と私は実験教材の研究グループを立ち上げた。このようにして教材としての検知管についての研究が再開された。この若い教員は、ガステック社の「気体環境測定 Hand book」を熟読している。検出の原理などが高校の化学の内容で理解できるものもあるので、化学の社会での活用事例として授業で紹介するらしい。Hand bookが役に立ったのは、第3級アルコールが酸化され難いことをメタノールの検知管を使って確認する実験を検証していたときのことである。第3級アルコールの2-メチル-2-プロパノールをメタノール検知管(No.111L)で吸引したところ、通常、酸化が起こると淡青色に変色するのに対して黄色になったので、元から黄色であるメタノール検知管(No.111LL)を次に試してみようと即決し、検証を続けている。

2015年には塩素などの検出に関する実験*2を提案した。そこでは、試験管の中で有毒な塩素を発生させたときに試験管の口の直上付近の塩素を検知管で確認する(直上にて許容濃度以下であること)といった教員の予備実験のあり方を書いた。若い先生方には教材開発の論文に検知管を使って

得た安全性を示すデータを載せる習慣を身に付けて欲しい。安全性と言えば、最近、別の若い教員が、検知管で温泉地の硫化水素の濃度測定を行うフィールドワーク*3,4を実施した。同行したガステック社の方は登山中の酸素濃度を測定していた。その時のデータは図1の通りである。フィールドワークでデータを得ることができるのは持ち運べるセンサならではである。

2016年には水蒸気量を測定する実験*5も提案した。拙著「575化学実験実践ガイド」(丸善出版)にも書いたが、検知管(No.6)で水蒸気量、湿度計で相対湿度をそれぞれ測定すると、それらの値と気温から気体定数が求められる(図2)。水蒸気量を測定するだけなので容易である。日本中で一斉に水蒸気量を測定し、湿度と温度から気体定数を求める企画を実施したい。各地で求めた気体定数がほぼ一致すれば、科学における普遍性の大切さが実感できるだろう。

- * 気体検知管を使ったアルコールの酸化反応 アルコールの蒸気を用いた酸化と生成物の検出のマイクロスケール化 全国理科教育大会・日本理化学協会総会研究発表論文(資料)集 2017
- *2 塩素やアンモニアに関する実験へのガス検知管の活用 全国理科教育大会・日本理化学協会総会研究発表論文(資料)集 2015
- *3 東京都立川高等学校 HP https://www.metro.ed.jp/tachikawa-h/news/2024/06/newsentry_176.html
- *4 ガステック NEWS Vol.129 TOPICS, 2024.7
- *5 気体検知管を用いて湿度や気体定数を求める実験 全国理科教育大会・日本理化学協会総会研究発表論文(資料)集 2016

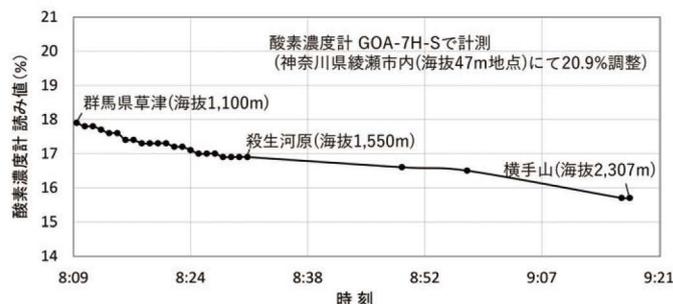


図1 登山時の酸素濃度の変化
(縦軸の読み値は海拔0mに換算した時の酸素濃度(%)に等しい)

式(1)

$$C \text{ (mol/L)} = \frac{\text{検知管測定結果 (1) mg/L}}{\text{湿度計測定結果 (2) \% / 100}} \times \frac{1}{18 \times 10^3 \text{ mg/mol}}$$

式(2)

$$pV = nRT \Leftrightarrow p = \frac{n}{V}RT \Leftrightarrow p = CRT \Leftrightarrow R = \frac{p}{CT}$$

$$R = \frac{\text{(4) Pa}}{\text{(3) mol/L} \times \text{(5) K}} = \text{Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$$

R: 気体定数(Pa・L/(mol・K))
p: 飽和水蒸気圧(Pa)(文献値より)
T: 室温(K)
C: 飽和水蒸気量(mol/L)

図2 水蒸気量と湿度から気体定数を求める計算式

第63回 日本労働衛生工学会・第45回 日本作業環境測定協会学術大会

2024年10月に行われた標記の学会にて、当社より1件の研究演題の発表とメーカープレゼンテーションを行いました。その中より研究演題の概要をご紹介します。

リスクアセスメントに対するパッシブインジケータ適用の可能性に関する検討

○吉野友美、中村亜衣、高木幸二郎(株式会社ガステック)、
瀬戸口健(太平洋マテリアル株式会社)、我妻信行(株式会社内外テクノス)

リスクアセスメントにおいて、リスクの見積もりで濃度基準値を超えるばく露の程度が想定される場合には、作業者の呼吸域において確認測定を実施する。呼吸域を測定する捕集器具は、作業者の負担を考慮し小型で軽量なほど好ましい。パッシブインジケータ(アンモニア用・有機酸用：写真1)は「ガスの自然拡散を利用した目視判定可能な簡易測定器」であり、「小型(横幅24mm、高さ8mm)で電源不要」かつ「濃度測定システム(以下、インジケータアプリ)によるばく露濃度の定量が可能¹⁾」という特徴を備えている。本検討では、パッシブインジケータをアンモニアや酢酸のリスクの見積もりに活用できないかと考え、その可能性を調査した。

まず、校正用ガス調製装置PD-1Cを用いてアンモニアの短時間ばく露限界値(15分間連続ばく露した場合の限界値)(TLV-STEL)35ppm付近、及び8時間ばく露限界値(TLV-TWA)25ppm付近のアンモニアガスを調製した。これをアンモニア用パッシブインジケータにばく露し、インジケータが完全変色するのに要した時間(測定所要時間)を基にインジケータアプリにより時間加重濃度を求め、これを調製ガスの理論濃度から算出した時間加重濃度と比較した結果、相関係数 $r=0.98$ と直線性を示した。TLV-STELのガスをばく露した際の測定所要時間は7~9分となり、15分間測定に対応できることが分かった。一方、TLV-TWAガスばく露時の測定所要時間は12~14分であったことから8時間ばく露の測定は厳しいと判断した。

次に、有機酸用パッシブインジケータに酢酸の短時間濃度基準値(作業時間15分間における限界値)15ppm付近の酢酸ガスをばく露すると80~90分で完全変色したことから、現状の仕様では15分測定ができないと判断した。そこで、感度調整を試み改良したパッシブインジケータを用意し、これに短時間濃度基準値付近、及びその1/2倍の濃度付近の酢酸ガスをばく露し、インジケータアプリで酢酸時間加重濃度を算出し、これを調製ガスの理論濃度から算出した時間加重濃度と比較したところ、相関係数 $r=0.98$ と相関があった。また、その時の測定所要時間は13~16分となり、15分測定が可能なが示された。

本検討の結果、アンモニアについては短時間ばく露限界値を、酢酸については短時間濃度基準値をパッシブインジケータで測定でき、インジケータアプリと組み合わせることばく露濃度を得られることからリスクの見積もりや日常管理に使用できると考える(図1)。今後は労働環境に適応した外乱が与えるパッシブインジケータへの影響の把握や公定法との比較に関して検討していく。

【参考文献】1) 中村亜衣、永井大悟、高木幸二郎、廣瀬歩高、古山彰一、検知管の自動読取り技術の開発と読取り精度に関する報告、2023、第62回日本労働衛生工学会講演集(K-14)、p.48-49。

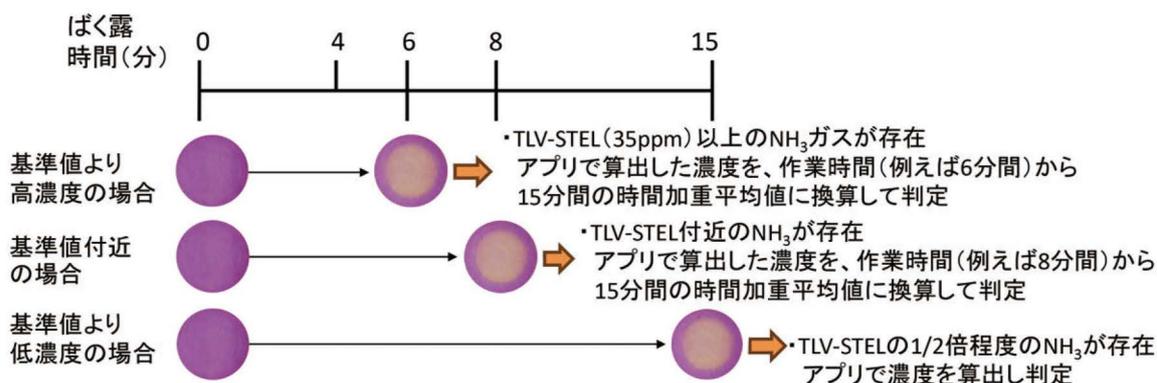
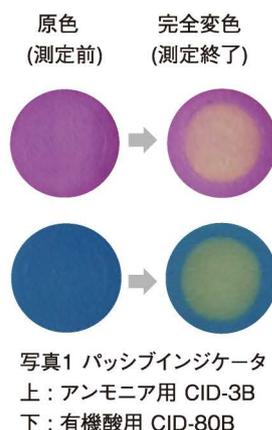


図1 アンモニア用パッシブインジケータを用いたリスク管理の一例

新製品紹介

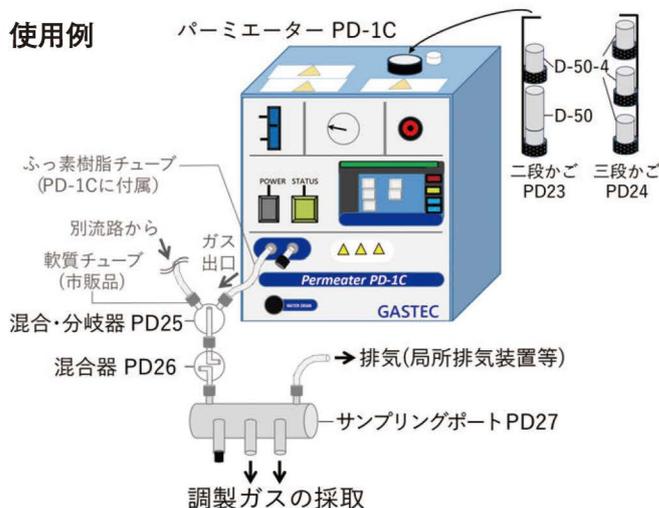
校正用ガス調製装置パーミエーター オプション製品

校正用ガス調製装置パーミエーターPD-1C・PD-1Bシリーズは、パーミエーションチューブやディフュージョンチューブ(拡散管)をターゲットガスの発生源とし、お客様でご用意いただく清浄空気や窒素等の希釈ガスを連続的に装置の経路に導入することで、濃度が算定されたターゲットガスを定流量にて連続的に調製・供給する装置です。調製されたガスは、用途に応じて、適宜、ご自身で用意したチャンバーや採取器具等を併用して各種試験に用いられます。この度、調製ガスの採取、経路の分岐・混合等、調製ガスのお取扱いをより容易にする支援器具、並びに、従来のディフュージョンチューブのラインナップに比べ更に拡散量が増大した拡散管及びそれを装置内のホルダーに格納するための保持かごをご用意いたしました。

これらの支援器具を併用することで、ガス計測機器等の感度調整、ばく露や耐久試験等の各種試験の操作性の向上にご活用いただけるほか、当該のディフュージョンチューブの併用により有機溶剤等について更なる高濃度ガスの調製が可能になります。

※ディフュージョンチューブに注入する試薬(純度95%以上を推奨)はお客様にてご用意となります。

使用例



製品概要

混合・分岐器(三方)PD25



二つの流路で調製したガスを連続的に混合する、または、一つの流路で調製したガスを連続的に二方向に分岐します。

混合器(二方)PD26



混合・分岐器(三方)PD25を混合器として用いた場合に、PD25と併用してガスの混合を促進します。

サンプリングポート PD27



調製ガスを連続的に通気しながら、その一部を採取することができます。

ディフュージョンチューブD-50



ディフュージョンチューブセット3100及び3200より大きな拡散速度が得られ、高濃度ガスの調製が可能です。ディフュージョンチューブ保持用二段かごPD23と併用します。

ディフュージョンチューブD-50-4



ディフュージョンチューブD-50より更に大きな拡散速度が得られ、高濃度ガスの調製が可能です。ディフュージョンチューブ保持用二段かごPD23または三段かごPD24と併用します。

ディフュージョンチューブ保持用二段かごPD23



ディフュージョンチューブD-50またはD-50-4をパーミエーターのホルダーに保持するかと、各チューブ(同種または異種)を合計で2本まで同時に収納することができます。

ディフュージョンチューブ保持用三段かごPD24



ディフュージョンチューブD-50-4をパーミエーターのホルダーに保持するかと、合計3本まで同時に収納することができます。

学会・展示会情報

●第52回 建築物環境衛生管理全国大会

会期：2025年1月23日(木)～1月24日(金)
会場：日本教育会館一ツ橋ホール(東京都千代田区)
URL：https://www.jahmec.or.jp/event/52taikai_bosyu.html

●Pittcon 2025 Conference + Expo

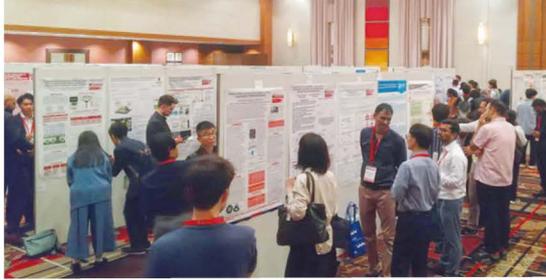
会期：2025年3月1日(土)～5日(水)
会場：Boston Convention & Exhibition Center(米国ボストン)
URL：<https://pittcon.org/>

※上記の研究発表会・展示会には、当社も出展しております。ご来場の際は、当社ブースにもお立ち寄りください。
なお、開催の詳細につきましては、主催者にご確認ください。

2024年10月にIEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers:米国電気電子学会)主催の国際学会 IEEE SENSORS 2024 が神戸で開催されました。日本では初めての開催です。この学会は、ガス、温湿度、圧力、動体検知等、様々な種類のセンサーについて、開発から設計・製造・評価法・応用に至るまで広範な領域をカバーしており、本大会では、センサー技術に関わる各分野・業界の研究者等が集い、最先端の研究題材について海外から多くの方が参加され議論が取り交わされました。

当社は、検知管に加え、新製品の校正用ガス調製装置 PD-1Cを展示いたしました。化学分野に限らず、材料、機械、電気等、多くの分野の方々にご覧いただき、特に、ガスセンサー開発者の方々と交流できたことは大変貴重な経験となりました。当社では知見のない物質の測定やガス調製・用途に関して情報交換させていただき、製品の将来的な広がりの可能性も見えてきました。今回、得られたご意見を参考に、今後もセンサー技術の研究をはじめ、より多くの用途で弊社製品をご利用いただけるよう努めてまいります。ご来場いただいた皆様に心より感謝申し上げます。

海外営業課 植山 豪秀



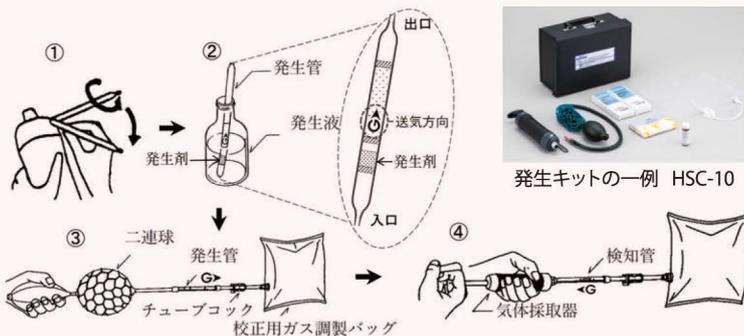
Q&A

Q：センサー式ガス計測器の感度調整を行う場合等に使用する、簡易校正用ガス校正キットのガス調製手順について教えてください。

A：大まかには、キットに同梱された発生管を部分的に発生液に浸して管内に液を取り込み化学反応によりガスを発生させ、その後、二連球を用いて周囲の空気を発生管内に送気して管内で生成したガスを追い出し、これをバッグに採取し調製します。

具体的な手順は、①発生管の両端を折り取り、②発生管に印字された送気方向(G▶)の入口側から、内部の発生剤が発生液で浸る位置まで発生液に入れて発生剤と液を混合し、③その後、発生管を取り出して、G▶の入口側に二連球、出口側に付属のサンプリングバッグを接続し、約1分間待つて反応を促進させ、その後、二連球を用いてバッグの容量分(2L)の空気を発生管に送気してバッグ内に発生ガスを送り出します。④調製後、発生管を取外して同梱の検知管に付け替え、バック内の調製ガスを気体採取器でサンプリングして濃度を測定・確認してから各種の用途に使用します。

キットは6種類のガスについて計9シリーズご用意しており(下表参照)、調製ガスの濃度範囲は数~数十ppm(硫化水素では最大1,000ppm程度)となっております。キットには、それぞれのガスの発生管、発生液、検知管、また、二連球、2L サンプリングバッグ、及び気体採取器セット(一部型式)等が同梱されています。発生管・発生液・検知管は10回の使用分(硫化水素発生キット HSC-10HH 及び HSC-10HH-1のみ8回使用分)となっております、これらは別途、個別でもご用意しております。



発生キットの一例 HSC-10

簡易校正用ガス発生キット一覧

発生ガス	キット型式 (「F-1」は、気体採取器セットなし)
アンモニア	AC-10 または AC-10-1
シアン化水素	HCC-10 または HCC-10-1
二酸化イオウ	SDC-10 または SDC-10-1
二酸化窒素	NDC-10 または NDC-10-1
ホスフィン(リン化水素)	PC-10 または PC-10-1
硫化水素	HSC-10L または HSC-10L-1
	HSC-10 または HSC-10-1
	HSC-10H または HSC-10H-1
	HSC-10HH または HSC-10HH-1

ガステックニュース Vol.130

2025. 冬

発行日/2025年1月15日(季刊)

発行/株式会社ガステック

編集/ガステックニュース編集部

営業二部 営業開発課

〒252-1195

神奈川県綾瀬市深谷中8-8-6

Tel 0467(79)3911

Fax 0467(79)3979

編集スタッフ

責任者/有本 雄美

委員/海福 雄一郎、高木 幸二郎、

宮腰 義規、村山 宙、高橋 亮太

制作/大進ラベル印刷株式会社

●編集スタッフからのお願い

謹んで新年のお慶びを申し上げます。2025年も皆様のご多幸をお祈りするとともに、スタッフ一同、より良い誌面づくりを目指してまいります。今年も各方面からの情報、およびご意見・ご要望・ご質問などをお待ちしています。

また、定期送付をご希望の方は、当社ホームページまたはFaxなどでお申しつけください。次回発行は2025年4月の予定です。



あらゆる気体の測定に



株式会社 **ガステック**

SINCE 1970

営業本部: 〒252-1195 神奈川県綾瀬市深谷中8-8-6

電話0467(79)3911(代) Fax.0467(79)3979

西日本営業所: 〒532-0003 大阪市淀川区宮原2-14-14新大阪グランドビル

電話06(6396)1041 Fax.06(6396)1043

九州営業所: 〒812-0066 福岡市東区二又瀬11-9パークサイドスクエア

電話092(292)1414 Fax.092(292)1424

ホームページアドレス: <https://www.gastec.co.jp/>