

室内空気環境の安全性を可視化する技術実装の新時代への期待



北里大学医学部衛生学
講師
武藤 剛 (むとう 剛)

◆室内換気と3密の定量的評価：
CO₂リアルタイムモニタリング
COVID-19 感染症の流行早期
段階より、SARS-CoV-2 ウイルスの
感染経路として、飛沫感染や接触
感染では説明しえない経路の存在
が指摘されてきた。その共通項目
として、「密接・密集・密閉」からなる
空間が抽出され、この3密 (3Cs
(closed spaces, crowded places,

close-contact settings))が、わが国の感染予防環境対策の
主軸の一つとして広く一般に認知されたことは記憶に
新しい。この感染経路の主体は、微細な5μm未満の飛沫
(核)粒子が換気の悪い空間で空気中を漂うことによる「マイ
クロ飛沫感染」である。口からでた飛沫はまもなく水分が
蒸発し半分程度の大きさの飛沫核となりその多くは沈着
せず空気中を漂うことになる。室内空間滞在者の感染
成立阻止のため、このエアロゾルを換気で速やかに除去
することが望まれる。

室内換気の指標として、ヒトの呼気から発生する二酸化
炭素 (CO₂)の室内濃度が以前から使われてきた。事務所
衛生基準規則や興行場法の規程はご存知の通りである。
昨今は、飲食店¹⁾はじめ人が集い活動する室内環境にCO₂
センサーを置いて、リアルタイムにCO₂を測定する場が増え
てきた。私たちは、厚労省の事務所衛生基準規則改正に関
する妥当性研究班を主宰するなかで、新型コロナウイルスの
室内クラスターリスクの評価指標として、マイクロ飛沫の汚
染度合いを、室内CO₂濃度から推定できるのではないかと
着想し、検証を進めてきた²⁾。日本産業衛生学会産業衛生
技術部会として2020年4月に公開した、簡易的にCO₂濃度を
見積もり室内の換気状況を評価できる換気シミュレータは

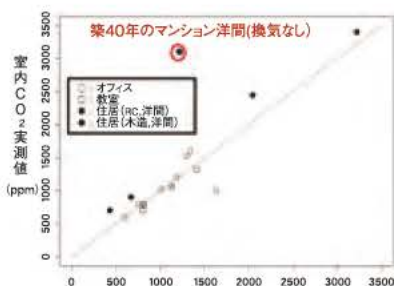


図1
換気シミュレーターによる室内
CO₂濃度推計値と実測値の
比較一築年数が古く気密性
の高い鉄筋コンクリート住宅
(特に寝室)では、実測値が
推計値を大きく上回った²⁾

シミュレーターによる経過時間CO₂推計値 (ppm)

その一部である(図1参照)²⁾。国内で発生したクラスター
室内環境の推定CO₂濃度と単位時間当りのPCR陽性者
発生数、室内身体呼吸活動度等の分析からは、たとえ感染者
が室内に滞在しても空間をクラスターにしない最低閾値室
内CO₂濃度推定値と閾値換気量が算出できる²⁾。閾値呼気
CO₂拡散濃度を適用した排出エアロゾル動態分析からは、
病原体曝露による発症リスクを可視化することができる(図2
参照)。この妥当性検証を本年度厚労科研として進めている。

◆点のCO₂測定値から室内空間全体の空気安全性を
どのように可視化するか

CO₂モニタリングや700、1000ppmといった室内濃度基準
値案は提示されても、室内のどこで測定することが望ましい
かという議論はあまり耳にしない。私たちが千葉県松戸市
の委託をうけ実施した様々な室内環境の換気・気流調査³⁾
からは、①室内をひとつのトンネルと考え給気から排気の気
流を意識することの重要性、②口から排出されたマイクロ
飛沫は天井方向に漂ったのち、排気しきれない空気塊が壁
をつたって室の隅に降下し滞留しやすいことが示唆された。
「当店は1時間にx回換気されています」といった掲示を見か
けるようになったwithコロナ時代には、室内空気の生物学的
安全性を「点ではなく面で、面から空間全体に」定量評価し
可視化する技術実装が期待される。その観点から、①室内
空間の適切な複数点のCO₂濃度および粉塵量をモニタリング
すること、②機械換気風量の実測値モニタリングから、現在
の換気状況を示すこと、さらに、③有機物病原体の浮遊状
況を示すこと、の技術実装が期待される。③は植物花粉に
おいて基礎技術が開発中である。見えない空気の安全性
やリスクを空間全体で可視化する技術実装に向け、業界
全体の産学連携を期待したい。

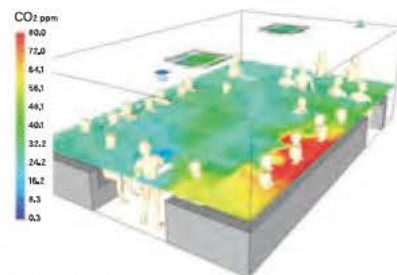


図2
クラスターを理論上阻止する
閾値呼気 CO₂室内拡散濃度
を、排出エアロゾル動態分析
に適用した、エアロゾルリスク
の可視化²⁾

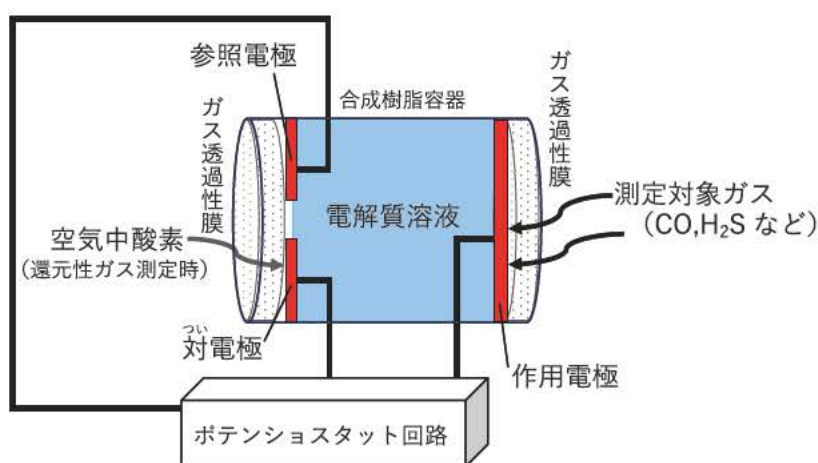
§ 参考文献 §

- 1) 武藤剛. 国民の栄養白書 2021 年度版, 49-64. 日本医療企画.
- 2) 武藤剛ら. 産業医学ジャーナル, 44, 35-41, 2021.
- 3) 武藤剛ら. 千葉県松戸市感染症対策アドバイザー(飲食店・住居での効果的な換気法)2021年.
飲食店: https://www.city.matsudo.chiba.jp/jigyosya/chushoncov/advisor_houkoku.html
住居: https://www.city.matsudo.chiba.jp/kenko_fukushi/kansenshou/jyukyoku_kanki.html

その2 定電位電解式センサー

センサー技術紹介の2回目では、電気化学反応を利用した定電位電解式センサーを取り上げます。

定電位電解式センサーは、大気汚染の原因となる二酸化硫黄(SO₂)や窒素酸化物、燃焼排ガス成分の一つである一酸化炭素(CO)、汚泥等から発生する硫化水素(H₂S)等の各種毒性ガスを検知する電気化学センサーです。これらの他にも、ふっ化水素等の腐食性ガス、酸性ガス、アルシン・ジボラン等の特殊材料ガス、塩素・ふっ素等のハロゲンガスなどの検知にも利用され、また、近年では酸素の検知にも利用されており、酸化性または還元性どちらのガスにも反応し、検知対象ガス種が非常に多いのが特徴です。反面、これらのガスが共存すると、測定対象以外のガスによる影響を受けやすい一面がありますが、設定電位や電極材質、電解質溶液を変えることである程度の選択性を持たせることが可能です。



定電位電解式センサー基本構造

センサーは、主に作用電極、参照電極(照合電極)、対電極の3種の電極、および、ガス透過性膜、電解質溶液からなり、それらが合成樹脂容器内に組み込まれています(図参照)。測定対象ガスが透過性膜を通過すると作用電極にて酸化または還元されて電気分解され、それと同時に対電極にて相反の反応が起き、これらの電極間で電流が発生します。参照電極と作用電極間の電位(差)をポテンシオスタットと呼ばれるもので一定に保った状態で電気分解を行うことで、対象ガス濃度に比例した電流が作用電極と対電極の間に発生し、電流をガス濃度に変換して測定します。例えば、H₂SやCOなどの還元性ガスの場合、作用電極にてこれらのガスが酸化され、同时对電極にて雰囲気空気中の酸素が還元されて電流が発生します。電気分解の際に酸化反応を利用するガス(CO、H₂S、SO₂、半導体製造用ガスなど)はプラス出力、反対に還元反応を利用するガス(二酸化窒素、塩素など)はマイナス出力となります。

定電位電解式センサーは、ガス濃度が同一であっても、電極に使用する材料や周辺温度が異なると出力が変化します。高温で出力が上がり低温で下がりますが、電流を測定する際にサーミスタを用いることで温度影響を低減できます。また、経時的に最大出力が低下してくるので、精度維持のために定期的な校正(感度調整)が必要となります。当社製品では、1ヶ月ごとの校正を推奨しています。

定電位電解式センサーは、当社では主にCOとH₂Sの検知器に採用しており、個人の安全管理を目的とした装着形、移動測定を目的とした携帯形、連続監視を目的とした定置形の各タイプの計測器に搭載されています。その用途としては、CO測定器は製鉄所でのCO中毒の防止、炭鉱坑内の石炭の自然発火の防止、ガス製造業における燃焼状態の管理、ビル管理法に基づく空気質の測定などがあります。H₂S測定器は第二種酸素欠乏危険場所における作業環境測定、特定化学物質障害予防規則に準ずる測定、下水道工事などの作業中の監視、下水道施設での連続監視などがあります。

このように、定電位電解式センサーを用いた濃度測定器は産業界を始めとした様々な分野において必要不可欠なものになっています。定電位電解式センサーの技術的展望について、特に選択性の改善(共存ガスの影響低減)が挙げられます。共存ガスの影響を抑えることで精度の向上や安定性、高感度化に繋がる可能性があります。さらなる高感度測定ならびに長寿命化の実現に向け、今後も技術を磨いてまいります。

新製品紹介

自動ガス採取装置GSP-500FT

作業環境測定や室内環境測定用の電動吸引式検知管（TP および P シリーズ）や捕集管の採取器として、大変、ご好評いただいております自動ガス採取装置 GSP-300FT-2 をこの程リニューアルし、新たに GSP-500FT として販売を開始いたしました。

GSP-500FT では吸引能力が大幅アップし、従来品の吸引流量の最大値 250 mL/min に対して 500mL/min まで設定することが可能になりました。電動吸引式検知管の吸引はもちろん、作業環境測定における有害ガスの固体捕集に使用される活性炭やシリカゲル等の各種固体捕集管の吸引（A・B 測定の通常流量 50～500 mL/min）にも適しております。従来よりも小型・軽量・静音になり、捕集管を身体に装着してサンプリングを行う個人サンプリング法にも活用しやすくなりました。

また、サンプリング中に本体上部のランプが点滅する機能が追加され、ポンプの稼働を離れた場所から確認することができ、固定サンプリングの場合には、オプションのリチウムイオン充電電池を併用することで、更なる長時間サンプリングも可能です。

電動吸引式検知管や、作業環境測定をはじめとする各種の固体捕集管の自動ガス採取器として、これまで以上にお役立ていただけます。



特長

- 吸引流量 50～500 mL/min ・ 安定した吸引力
- 電動吸引式検知管・固体捕集管どちらにも適用可能
- 小型・軽量・静音設計
- ポンプの稼働をランプの点滅でお知らせ
- 吸引条件のメモリー機能を搭載
- 従来品（GSP-300FT-2）よりもお求めやすい価格

主な仕様

品名・型式	自動ガス採取装置 GSP-500FT
吸引流量・精度	50～500 mL/min ・ ±5%
ガス採取モード	タイマモード（切タイマ）（最大30時間まで設定可） 定体積モード※（最大30時間吸引した場合の積算体積まで設定可） ※吸引流量 50mL/min にて間欠吸引することも可能で、最小積算値として 10mL/min にて連続吸引を想定した時の積算体積と同量のサンプリングが可能（各モード、待機時間（入タイマ）の設定が可能）
使用温湿度条件	0～40℃、相対湿度 10～90%（結露なきこと）
電源	単3形アルカリ乾電池 2 本またはニッケル水素電池 2 本、またはオプション品の専用リチウムイオン充電電池
連続使用時間	約20時間（単3形アルカリ乾電池使用時） 約90時間（リチウムイオン充電電池使用時） （200mL/min にて負荷圧が2kPa の捕集管等を25℃にて吸引した場合）
寸法・重量	幅80×奥行40×高さ126mm ・ 約280g（電池含む）

詳細につきましては、当社営業本部までお問合せください。

学会・展示会情報

● 下水道展 '22 東京

会期：2022年8月2日（火）～5日（金）

会場：東京ビッグサイト

URL：<https://www.gesuidouten.jp/>

● JASIS 2022

会期：2022年9月7日（水）～9日（金）

会場：幕張メッセ国際展示場

URL：<https://www.jasis.jp/>

● 2022 NSC Safety Congress & Expo

（National Safety Council Congress & Expo）

会期：2022年9月16日（金）～22日（木）＜展示会19（月）～21（水）＞

会場：サンディエゴ コンベンションセンター（米国サンディエゴ）

URL：<https://congress.nsc.org/nsc2022/public/enter.aspx>

● RESCUE EXPO in 立川

会期：2022年8月25日（木）～26日（金）

会場：アリーナ立川立飛 他（東京都立川市）

URL：<https://expo.rescue-meet2022.tokyo/>

● 第63回 大気環境学会年会

会期：2022年9月14日（水）～16日（金）

会場：大阪公立大学 中百舌鳥キャンパス（大阪府堺市）

URL：<https://sec.tobutoptours.co.jp/2022/jsae63osaka/index.html>

● 第59回 全国建設業労働災害防止大会 in 金沢

会期：2022年10月6日（木）～7日（金）

会場：いしかわ総合スポーツセンター 他

URL：https://www.kensaibou.or.jp/public_relations/national_convention/national_convention.html

※上記の学会・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。

当社では、製品の価格維持のため、従来から製造の合理化やコスト削減などに最大限努めてまいりました。しかしながら、ガラス、各種試薬、樹脂などの諸原材料の値上げが続き、不本意ではございますが、検知管（パイロチューブ、液体検知管を含む）の一部型式、気体採取器セット、延長採取管、ならびに校正用ガス調製装置の価格を2022年4月から改定いたしました。

引き続き一層の製品品質の向上に努めてまいりますので、何卒、ご理解の程よろしくお願い申し上げます。

2022年4月に価格が改定された製品一覧

製品	新価格	備考
旧価格 2,000 円 / 箱の検知管 (約 100 型式)	2,200 円 / 箱	No.1LC、1LL、2LC、2LLを除く
旧価格 2,300 円 / 箱の検知管 (約 115 型式)	2,500 円 / 箱	No.7LA、108、132LL、141Lを除く
旧価格 2,700 円 / 箱の検知管 (パッシブドジチューブ以外) (約 60 型式)	2,900 円 / 箱	No.12LL、91PL、122P、163LLを除く
旧価格 3,000 円 / 箱の検知管 (約 20 型式)	3,200 円 / 箱	No.91TP、163TPを除く
パッシブドジチューブ (全 24 型式)	3,000 円 / 箱	
気体採取器セット GV-100S (ハンディタイプ)	23,000 円	
気体採取器セット GV-100LS (ショルダタイプ)	24,500 円	
気体採取器セット GV-110S (カウンタ付 / ハンディタイプ)	27,000 円	
延長採取管 351A-5 (5m)	11,500 円	
延長採取管 351A-10 (10m)	12,500 円	
延長採取管 351A-30 (30m)	27,000 円	
校正用ガス調製装置パーミエーター PD-1B (1 流路)	590,000 円	
校正用ガス調製装置パーミエーター PD-1B-2 (2 流路)	840,000 円	

Q&A

Q : 酸素、一酸化炭素、硫化水素、可燃性ガスの各センサーの廃棄方法を教えてください。

A : 「廃棄物の処理及び清掃に関する法律(別名: 廃棄物処理法あるいは廃掃法)」にしたがい、事業活動に伴うものであれば産業廃棄物、事業活動を伴わない場合は、家庭系一般廃棄物として廃棄します。ただし、センサーの検知方式によって、酸性またはアルカリ性の電解液が含まれるもの、廃棄物処理法に掲げられている重金属の鉛が含まれているものがあるため、これらの含有の有無を廃棄物処理業者等に伝え、廃棄を依頼します。

1. 酸素センサー(ガルバニ電池式)

アルカリ性または酸性電解液*、および重金属の鉛

が含まれております。これらが含まれている旨、産業廃棄物処理業者または自治体に伝え、適切な処理を依頼します。

*詳しくは当社営業本部までお問合せください。

2. 一酸化炭素センサー、硫化水素センサー(定電位電解式)

酸性電解液が含まれております。これが含まれている旨、産業廃棄物処理業者または自治体に伝え、適切な処理を依頼します。

3. 可燃性ガスセンサー(接触燃焼式)

酸性ならびにアルカリ性電解液はどちらも含まれておりません。その旨を産業廃棄物処理業者に伝え廃棄を依頼するか、自治体の分別方法にしたがい廃棄します。

ガステックニュース Vol.120
2022. 夏
発行日/2022年7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/小口 博史
委員/海福 雄一郎、高木 幸二郎、
岩永 裕介、宮腰 義規
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
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おります。なお、当ニュースは製品・技術情報誌ですので、ぜひ保存してご利用ください。また、定期送付ご希望の方は、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2022年10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/>