

環境調査分野におけるドローン活用の進展

テレビなどでドローンを目にすることが多くなりました。現在は空撮分野を中心に普及が進んでおり、空撮をターゲットとした中国DJI社製のドローンのシェアが世界で7割以上とも言われています。代表的な製品Phantomは最新版がPhantom4という製品であり、当社でも現地調査などでの空撮用に導入しています。ドローンの技術進展は凄まじく、ドローンスクールにおいて、Phantom2という2世代前（2014年発売）のものを使って飛行訓練を受けましたが、当時のものはセンサーがまだ脆弱であり、GNSS（Global Navigation Satellite System）が活用できないような環境下では、ホバリング中に高さが上下動するなど不安定なものでした。2年程度の短期間で各種センサーの性能は急激に向上し、Phantom4ではGNSSが活用できない場合でも安定感が高まり、操作は容易になりました。この安定感、安心感を提供できるようになったことで、ドローンは幅広い事業分野で普及し始めています。

環境調査分野でも活用の検討が進められており、今年度神戸市で行われた「第58回 大気環境学会年会」では「産学官における大気環境研究へのドローン活用の最前線」という特別集会が開かれました。その他、騒音関連、動植物関連の学会でもドローンを活用した調査・研究の検討が発表されています。

当社でも前述の空撮での活用に加え、様々な環境調査への活用を検討しております。その一環として、ドローンに気象センサーを搭載したシステムを開発したタイプエス様（群馬県前橋市）に、横須賀市のドローンフィールドでフライトを実施していただきました。こちらのドローンは自律制御システム研究所のドローンをベースとしたもので、総重量が6kg以上ある大型の産業用ヘキサコプター（プロペラ6枚のマルチコプター）に、風向風速・気温湿度・気圧センサーが搭載されています。このフライトでは、鉛直及び水平方向での風向・風速・気温・湿度・気圧の観測試験を実施していただきましたが、期待していたとおり、十分に利用（実用）可能な結果をもたらしてくれました。我々が行う高層気象調査には、GPSゾンデ、パイロットバルーン、風況タワー、ドップラーライダーなど様々な調査手法がありますが、調査地点の状況によってはドローンも、選択肢の一つとなりうる可能性があることが見えてきました。

一方で、ドローンの墜落、航空機への接近など、安全上の課題はまだ山積しています。安全な運航管理を目指し、法令を遵守し、パイロット訓練の継続的な実施を進めていきたいと思っております。



タイプエス様のドローン (R-SWM)



当社のPhantom4にGPSゾンデを付けてみました

(技術資料)

米国における揮発性有機化合物の法的概観

顧問 平野耕一郎 (元横浜市環境科学研究所)

揮発性有機化合物 (VOCs) に関する法的な概要についてアメリカ合衆国・環境保護庁 (US-EPA) が現在公開している「Indoor Air Quality (IAQ), Technical Overview of Volatile Organic Compounds. 2017」についての翻訳内容を以下に掲載する。

緒言

有機化学化合物¹は、多くの製品や用具において主材料となっていることから、室内と外気の両方に存在する。

外気: VOCs は主な日用品及び材料の製造または使用中に空气中に揮発あるいは放出される。

室内: VOCs は VOCs を含む製品及び材料の使用から大部分が放出される。

VOCs は室内と外気の汚染物質として両方に懸念がある。ただし、外気に関係する注視点は室内とは異なっている。室内の主な懸念事項は VOCs に暴露された人々の健康に悪影響を与える可能性である。外気でも、健康上の懸念事項はあるが、特定の状況下で光化学スモッグを引き起こす能力のほうに注視されている。そのため、EPA では外気の VOCs を主に規制している。

同じ用語「VOC」は室内と外気それぞれの文脈において主な関心事を反映するために異なって定義されている。これは経済と環境の社会で誤解を生んでいる。さらに、VOC の測定量と組成は使用される測定方法によって大きく異なる場合があり、混乱を招いている。

1. 一般的な定義と分類について

揮発性有機化合物 Volatile organic compounds (VOCs) は、大気中の光化学反応に関与する全ての炭素化合物 (二酸化炭素、一酸化炭素、二酸化炭素、炭酸、金属炭化物または炭酸塩と炭酸アンモニウムを除く) をいい、EPA が指定した無視できる光化学反応性を有するものは除く²。

VOCs は、その成分が通常の室内温度と圧力の大気条件下で蒸発することができる有機化学化合物である³。これは科学文献で使用されている VOCs の一般的な定義であり、室内空気質で使用されている定義と矛盾していない。

一般に、化合物の揮発性⁴は沸点温度が低いほど高くなるため、沸点によって有機化合物の揮発性が定義、分類されることがある。たとえば、欧州連合 (EU) は VOCs の定義として揮発性ではなく沸点を使用している。ここでの定義では、VOCs は標準気圧

101.3kPa で測定した 250°C 以下の初期沸点を有する全ての有機化合物である^{5,6,7}。

VOCs が放出される容易さによって分類されることもある。例えば、世界保健機関 (WHO) は室内有機汚染物質として以下のように分類している。

高揮発性有機化合物 (VVOCs)

揮発性有機化合物 (VOCs)

半揮発性有機化合物 (SVOCs)

高揮発性 (低沸点)の化合物は、製品または表面から空气中に放出される。VVOCs は非常に揮発性があるため、材料内や表面上よりも、むしろ空气中でガスとして測定される。揮発性の低い化合物は空气中にわずかに存在するが、大半が固形物中やそれらを含む液体あるいは粉じん、家具を含む建築材料の表面上に存在している。

有機化合物の分類 (WHO⁸ から編集)

種類	略語	沸点範囲 (°C)	化合物例
Very volatile (gaseous) organic compounds	VVOC	<0 to 50-100	Propane, butane, methyl chloride
Volatile organic compounds	VOC	50-100 to 240-260	Formaldehyde, d-Limonene, toluene, acetone, ethanol (ethyl alcohol) 2-propanol (isopropyl alcohol), hexanal
Semi volatile organic compounds	SVOC	240-260 to 380-400	Pesticides (DDT, chlordane, plasticizers (phthalates), fire retardants (PCBs, PBB))

2. 外気において光化学的酸化に影響を及ぼす VOCs の EPA 規制の定義について

2.1 背景

米国においては、外気への VOCs の排出量は、主にオゾンの生成、光化学スモッグの成分を主に防ぐために EPA によって規制されている。多くの VOCs は、窒素酸化物 (NOx) や日光の存在下で大気中の一酸化炭素 (CO) 等の酸素分子の供給源と「反応」することによって地上のオゾンを形成する。ただし、懸念されているのは強い反応性を持った一部の VOC である。一般環境中でオゾンを形成しない (非反応性) あるいは極わずかな反応性しかもたない VOCs は、EPA が規制する VOCs の定義上からは除外される。EPA は 1977 年に除外化合物のリストを制定して以来、度々のレビューを経て幾つかの化合物を追加している。さらに、一部の州は独自の定義と適用除外化合物のリストを持っている。つまり、VOCs の定義は規制目的によりその定義から除外されるものに応じて、変わりうる可能性がある。

2.2 VOCs についての解釈の違いとあいまいさ

EPA は以前、外気での規制対象有機化合物を「反応性有機ガス Reactive Organic Gases (ROG)」として定義した。この用語は反応性物質に限定されているという意味を明らかにした。しかし、EPA はその用語を後に「VOC」に変更した。残念ながら ROG ではなく、用語「VOC」が使用されたことによって、「VOC」が室内空気質に適用されたときに誤解を生みだした。

多くの個人や組織、建築材料と製品、メーカー等及び第三者の認証機関は、VOC を「外気のために EPA によって規制されたもの」としてみなし、室内空気質の目的にも同じ定義を適用している。

EPA が外気において規制するために定義した VOCs で除外した一部の除外化合物は、室内において曝露者の健康に影響を与える可能性があり、室内空気質にそのまま適用することは深刻な誤解を生む可能性を持っている。つまり、このような VOCs は室内空気を考える上では除外すべきではない。例えば、塩化メチレン（塗装剥離剤）とパークロロエチレン（ドライクリーニング液）は、外気の規制上は適用除外されるが、室内においては、曝露者に深刻な健康リスクをもたらす可能性がある。国際癌研究機関（IARC）によって、塩化メチレン（塗装剥離剤）は潜在的な人の発癌物質として、パークロロエチレン（ドライクリーニング液）は人の発癌がありそうな物質としていずれもリストアップされている。

室内 VOCs は公衆衛生基準以下の濃度でも室内オゾン⁹と反応する。その化学反応によってサブミクロンサイズの粒子や有害な副生成物が生成され、それにより一部の感受性の強いグループでは健康に悪影響を及ぼす可能性がある。

3 VOCs の分類

室内環境を議論するときは、温度・圧力の通常室内大気条件下で揮発することができる全ての有機化合物が VOCs である。高揮発性有機化合物 (VOC)、揮発性有機化合物 (VOC)、半揮発性有機化合物 (SVOC) の分類（上記表参照）は多少恣意的であるが、それは有機化合物間の揮発性の広範囲さを示している。3 つの分類は室内空気として全て重要であり、広義では室内の VOCs がすべて入ると考えられている。室内 VOC を定義するためには、揮発性（または沸点）以外の他の基準は使用されていない。

3.1 室内空気中の VOCs 測定

どんな状況においても、室内空気中に通常見られる低濃度で存在する VOC についての識別は、それらがどのように測定されるかに大きく左右される。正確に測定し定量化できるもので、利用可能な測定方法は全て選択的であり、存在する全ての VOC を測定することはできない。例えば、ベンゼンとトルエンは、ホル

ムアルデヒドや他の類似化合物とは違う方法によって測定される。測定方法と分析機器の種類は多数であり、選択性やバイアスはもちろん測定感度をも決めることになる。そのため特定の環境に存在する VOCs は、どのように測定されたかを記述して、結果が専門家によって正しく解釈されるようにする必要がある。このような説明がない場合、実用的な意味が限られる。

3.2 製品の商標化

「グリーン」や「環境にやさしい」等の用語を使用している商標や他の製品資料に関する情報には、製品から放出される VOC の一部が含まれる場合と含まれない場合があることを理解する必要があり、その上で健康への悪影響を考慮しなくてはならない。国内外のプログラムには、様々な人の健康や匂い、刺激、慢性毒性、発癌性などの快適性の影響等、室内の空気質の影響に基づいて製品と材料を認証し商標を付けるものがある。そのようなプログラムは、室内空気において懸念のある VOCs は多少検討されている。しかし、室内製品の商標化及び認証業界で現在使用されている基準と要件は標準化されていない。

政府や第三者機関は、製品と材料を評価して比較するための一貫した保護用標準試験方法を作成するための基本原則をまだ確立していない。このことは、消費者が商標と認定が意味していることを完全に理解する妨げとなっている。たとえば一部の VOC 商標や認定プログラムの中には、製品から室内環境に放出される VOC と関連する健康への影響に基づいているものがある。一方で、外気の光化学スモッグの生成を制御するために規制されている VOC の内容に基づくものもある。したがって、VOC 商標と認定プログラムは、室内の空気質に関係する可能性のある一部の化学物質を含めて、製品から排出される全ての VOC を適切に評価していない可能性がある。これは「低 VOC」又は「ゼロ VOC」と表示される可能性のある塗料や接着剤等、ほとんどの液体(液状)製品に特に当てはまる。

4 結論

室内と外気の VOCs の濃度を下げることは、健康と環境の重要な目標である。しかし、光化学的酸化に影響を及ぼさない、つまり EPA (42 U.S.C. § 7401 et seq. (1970)) によって規制されていない室内及び外気の VOCs が存在することを理解することは重要である。室内の空気質を改善するための戦略を提唱したり使用したりする際には、この区別を行い理解することが重要である。

室内の空気質については、通常の大気状況下で構成物が蒸発する可能性のある全ての有機化合物は VOCs とみなされ、室内空気質の影響を評価する際に考慮することが必要である。

文献

US-EPA, Indoor Air Quality (IAQ), Technical Overview of Volatile Organic Compounds. 2017

参考資料

1. 有機化合物は、その分子が炭素を含む多種類の化合物のいずれかである。歴史的な理由から炭酸塩、炭素及びシアン化物の単純酸化物、並びに炭素の同素体等の一部のタイプの化合物は、無機物と考えられている。「有機」炭素化合物と「無機」炭素化合物との間の分割は有用であるが、幾分恣意的と考えられる。
2. Code of Federal Regulations, 40: Chapter 1, Subchapter C, Part 51, Subpart F, 51100. Exit accessed 8 February 2009, and EPA's Terms of Environment Glossary, Abbreviations, and Acronyms.
3. ここで使用されている通常の室内大気圧状況とは、人々が使用している建物に通常見られる状況の範囲を指している。したがって、建物のタイプとその地理的位置で、温度は 30 度半ば（華氏度）から 90° F の範囲になる可能性があり、海面から建物があるかもしれない山の高さまで圧力がかかる可能性がある。これは科学研究の分析や発表によく使用されるが、異なる当局によって様々に定義された「標準温度と圧力」と混同してはいけない。一般的に最も採用されている分けではないが、国際純正・応用化学連合（IUPAC）及び国立標準技術研究所（NIST）の定義が最もよく使用されている。IUPAC の標準は 0°C (273.15° K, 32° F) の温度と 100kPa (14.504psi) の絶対圧力である。NIST の定義は 20°C (293.15° K, 68° F) の温度であり、絶対圧は 101.325kPa (14.696psi) である。
4. 揮発性は物質の蒸気圧によって示される。気化する物質の傾向または気化する速度である。より高い蒸気圧を有する物質はより低い蒸気圧の物質よりも所与温度より容易に気化する。
5. "Directive 2004/42/CE of the European Parliament and the Council" EUR-Lex. European Union Publications Office. Retrieved on 2007-09-27.
6. 101.3 kPa = 1 atmosphere, the normal pressure at sea level.
7. 250°C = 482°F
8. World Health Organization, 1989. "Indoor air quality: organic pollutants." Report on a WHO Meeting, Berlin, 23-27. August 1987. EURO Reports and Studies 111. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe.
9. 室内のオゾン濃度は複写機やレーザープリンター等の事務機器や室内に放出されたオゾン量によって影響を受ける可能性がある。

○新入社員紹介

平成 29 年 9 月 1 日に、森垣有敬さんが入社しました。よろしくお願いいたします。

- ・ 出身校：京都コンピュータ学院 情報処理科
- ・ 好きな食べ物：モダン焼き、ポタージュスープ
- ・ 好きな有名人：久米宏、渡辺真理
- ・ 趣味：映画館めぐり
- ・ ひとこと：業務で使われるシステムだけでなく、会社や業界のこともキャッチアップしていきたいと思っています。どうぞよろしくお願いいたします。



【編集後記】

10 月に入り、暑くなったり寒くなったり、12 月中旬の気温とか、台風とか、めまぐるしく変わる気候に体がついていきません。体調を崩す人も出てきていますが、何とか乗り切りたいですね。

前号に引き続き新入社員が入りました。皆様どうぞよろしくお願いいたします。

今年も環境計量士の試験申請期間がやってきました(10 月中)。今年は 3 月 5 日が試験日だそうです。申し込まれた方は、あと 4 か月、頑張りましょう。