



地球を守る環境研究の最前線 ⑦ —

ドローンを活用して上空の大気汚染解明に挑戦

埼玉県環境科学国際センター・研究推進室 副室長 米持 真一

埼玉県環境科学国際センターは、「試験研究」「情報発信」「国際貢献」「環境学習」を4つの柱とする環境科学の総合的中核機関です。また、令和4年度からは研究成果の社会実装化を目指した取り組みも進めています。本連載では、社会実装化に繋がる研究を紹介します。

1. 埼玉県は光化学スモッグ注意報の発令回数が全国有数

春から夏にかけて光化学スモッグ注意報が発令されますが、光化学スモッグの原因となる物質を光化学オキシダント（光化学 Ox）と呼びます。光化学 Ox 濃度が 120 ppb（1ppb は空気 1 m³中に光化学 Ox が体積で 10 億分の 1 含まれます）を超えた状態が 2 時間以上続く場合に注意報が発令され、目がチカチカする、喉が痛いなどの健康被害を引き起こすことがあります¹⁾。

埼玉県は注意報の発令が最も多い自治体の一つで、令和6年度は 14 日発令されました。また、全ての測定局で環境基準を達成できていません。1 日の光化学 Ox 濃度は、朝から日中にかけて高くなり、日没とともに低下する傾向がみられます¹⁾。

2. 上空の大気を調べる意義

大気汚染物質のモニタリングは県内 83 地点の測定局で行われています。自動車や工場などから排出された大気汚染物質は、地上の空気が暖められて上昇したり、上空の冷たい空気が下降して起こる対流によって上空 1,000 ~ 2,000m くらいまで運ばれます。

光化学 Ox の主な成分はオゾン (O₃) です。地球を取り巻く成層圏のオゾンは宇宙から降り注ぐ紫外線から人体を守ってくれますが、地上付近のオゾンは有害です。また、オゾンは発生源から直接排出さ

れるのではなく、窒素酸化物 (NO_x) と揮発性有機化合物 (VOC) などの気体が日射を受けて起こる光化学反応で生成するため、地上でのモニタリングだけでは十分とは言えず、上空も含めて考える必要があります。

上空の大気汚染を調べる方法としては、近年様々な分野で活用が進んでいる無人航空機（いわゆるドローン）が有効です。ドローンはヘリコプターや航空機と違い排ガスを出さないため、大気汚染の調査には適しており、上空で正確に停止して大気を調べることができます。

3. 上空のオゾンと原因物質 (VOC)

これまでに上空 500m までのオゾンと PM2.5 や原因物質の VOC を調べました。上空の VOC はドローンの上昇速度と測定高度での静止時間を考慮し、タイマーを設定したポンプを用いて採取管に集め（写真1）、実験室に持ち帰って成分を詳しく調べます。

光化学スモッグの発生しやすい夏期に、環境科学国際センターで

1 日に 4 回ドローン飛行を行い、上空 500m までのオゾンと PM2.5 の濃度を調べました（写真2）。その



写真1

結果、オゾンは 上空の VOC を採取する管と軽量のポンプ



写真2
ドローン飛行による大気調査の様子

どの時間でも地上より上空の方が高いことが分かりました。これに対しPM2.5の地上と上空の濃度差は小さく、オゾンとは傾向が異なっていました(図1)。更にVOCは成分によって濃度差が大きく異なり、例えば樹木等から放出されるイソプレンは光化学反応ですぐに消失して上空では濃度が低いのに対して、脱脂剤などに使用されるトリクロロエチレンは光化学反応の影響を受けにくく、上空でも地上とあまり濃度差が見られませんでした。

また、標高840mの東秩父測定局では、夜間もオゾン濃度が下がらないことが時々あり、地上よりも上空のオゾン濃度が高い傾向が見られます。このように、上空は地上よりもオゾン濃度が高いことが分かってきました。

4. 日本初、上空1,000mのVOCを調べる

上空も含めた光化学Ox(主成分はオゾン)の全体像を知るため、2024年の夏と2025年の冬に民間企業との共同研究によって、上空1,000mまでのオゾンとVOCの測定にチャレンジしました。上空1,000mのVOCを調べたのは日本では初めてです²⁾。

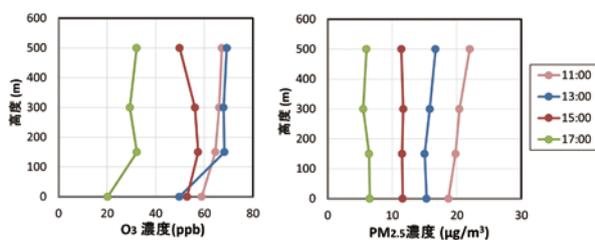


図1

環境科学国際センター上空のオゾン(O₃)とPM2.5の濃度分布

米持 真一 プロフィール

民間企業を経て埼玉県に入庁し、2000年から環境科学国際センターで大気環境研究に従事しています。20年以上のPM2.5の長期通年観測は国内でも稀少。2013年からは中国、韓国と同時観測も手がけ、この最中にPM2.5が社会問題化しました。



ドローンを使った上空の大気汚染観測のほか、埼玉県の風上側にある富士山頂で、上空を大陸から運ばれた汚染物質を調べ、これまで37回登頂しました。また、研究成果の社会実装化にも取り組んでいます。

結果はとりまとめ中ですが、この高度になると上空の強風や冬期の低温など機器を制御する上での課題も増えてきますし、近年では夏期の猛暑もバッテリーに悪影響を及ぼします。また、ドローン飛行を行うには機体認証、技能証明、飛行許可の申請など様々な事前の手続きが必要です。特に、都市近郊では飛行高度が高くなるほど飛行許可の取れる空域は限られます。

5. おわりに

ドローンを活用するとこれまで分からなかった上空の大気汚染物質を調べることが可能になります。測定データを蓄積することで、上空での光化学反応の解明が進み、ひいては光化学スモッグの予測精度を高めることにも繋がります。

また、バッテリーや測定機器の性能の向上や軽量化など、様々な技術的課題の解決により、今まで分からなかった現象が見えてきます。私たちは上空の大気汚染の解明のため今後もチャレンジを続けていきます。

参考文献

1) 埼玉県の光化学スモッグ発令状況
<http://www.taiki-kansi.pref.saitama.lg.jp/smog.html>



2) 国内初！ドローンで上空1000mの光化学スモッグ原因調査(埼玉県県政ニュース)
<https://www.pref.saitama.lg.jp/b0508/news/page/news20240807.html>

