

光化学オキシダント濃度上昇をスポット的に緩和する技術の開発（第1報）

Development of Technology to Spot-Mitigate Rising Photochemical Oxidant Concentrations

(I)

本田 雄一 大島 千尋*
Yuichi HONDA Chihiro OSHIMA

要 旨

香川県では、光化学オキシダント濃度が上昇しやすい夏期に屋外で開催されるイベントが多いことから、屋外で対策可能な光化学オキシダント濃度低減技術が必要になってきている。そこで、屋外で暑熱対策として一般に使用されるドライミストファンを活用し、還元剤を含む水を噴霧することで、大気中のオキシダントを還元し濃度を低減する方法を考えた。

今回は、室内で実験可能な装置を作成し、無処理、アスコルビン酸5%水溶液、水道水で比較したところ、それぞれのオキシダント濃度低下効果に十分な違いが見られ、本装置は効果の比較に有効であると考えられた。あわせて、アスコルビン酸5%水溶液は極めて短時間にオキシダント濃度を低減することができた。また、水道水だけでも、連続的に使用すれば、光化学オキシダント濃度低減に効果が期待できることが確認できた。

Abstract

We have many outdoor events held in the summer season, so there is a need to take measures against photochemical oxidants. We have devised a method to reduce the photochemical oxidants by spraying a reducing agent solution with a dry mist fan.

In this experiment, we built small-scale experimental equipment and examined the effects of untreated, 5% ascorbic acid solution, and tap water.

A clear difference was observed through these tests, confirming the effectiveness of this equipment. 5% ascorbic acid solution could reduce the oxidant concentration in an extremely short time. The continuous spraying of tap water has a weak effect but is also expected to be effective in reducing photochemical oxidant concentrations.

キーワード：光化学オキシダント、屋外空間、濃度低減技術、ドライミストファン、還元剤、気候変動適応

I はじめに

香川県の各測定局における光化学オキシダント濃度の推移を図1に示す。昭和43年に大気汚染防止法が制定されて以来、全国の傾向と同様に各測定局での濃度は大幅に低下していたが、1980年（昭和54年）頃からは上昇に転じ、現在も微増傾向にある。全国における注意報（120ppb超過）等の発令状況については減少傾向で改善してきたが、猛暑であった令和6年度は77日を観測し、前年度の45日から大幅に増加した¹⁾。香川県でも令和元年度に3回の発令があつて以降、注意報の発令がなかったが、令和6年度に2回の発令があつた。

光化学オキシダントの原因物質である窒素酸化物や非メタン炭化水素類については年々減少しているにもかかわらず

ならず¹⁾、光化学オキシダントの濃度が上昇している要因としては、越境移入の増加が考えられており²⁾、本県においても、図2に示すように、太平洋高気圧の影響が弱く偏西風による大陸からの気流があり、気温が高く日射が強い5月頃に濃度が上昇する傾向が見られる。

光化学オキシダント濃度上昇の主な気象要因は高い日射と気温、無風状態が継続することであるが、今後、気候変動による気温の上昇³⁾や都市部のヒートアイランド現象による汚染物質の滞留⁴⁾、海陸風の低下が進むと、光化学オキシダントのリスクが高くなることが懸念されている⁵⁾。

香川県では瀬戸内国際芸術祭や国営まんのう公園での音楽祭など夏期に屋外で開催されるイベントが多く、光

* 香川県健康福祉部 西讃保健福祉事務所

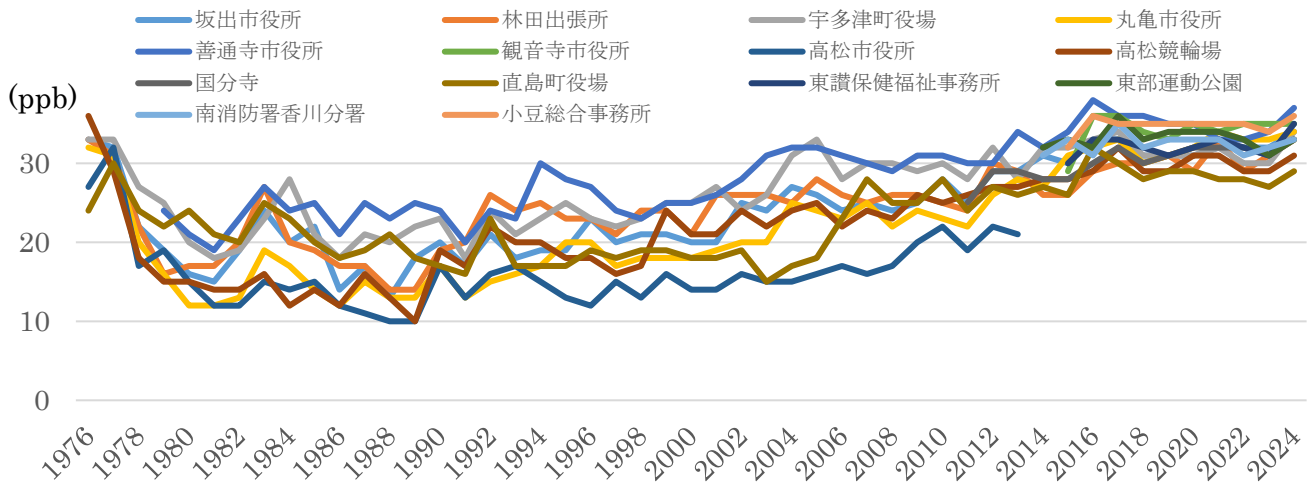


図1 光化学オキシダント濃度年平均値の推移

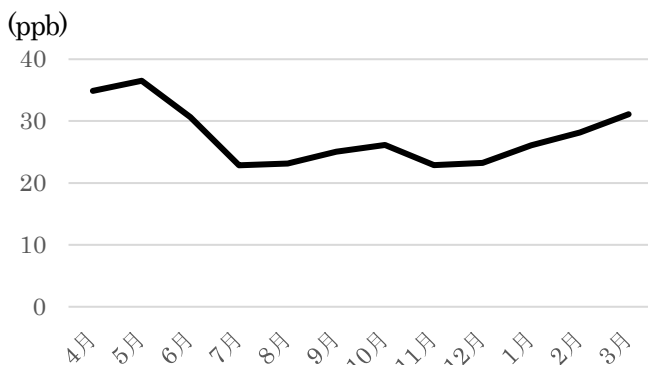


図2 光化学オキシダント濃度の年間推移(1976-2024)

化学オキシダント濃度が上昇した場合でもイベント等を継続可能な光化学オキシダント対処技術の開発が必要となっている。そこで、屋外のイベント会場など、限定された空間において、光化学オキシダント濃度を一時的に低減する技術について検討することとし、今回の調査では、効果的なオキシダント分解液や濃度等の検討が可能な、室内レベルでの実験系を確立することを目的とした。

Ⅱ 材料及び方法

イベント会場等の屋外空間において、光化学オキシダントを低減する方法としては、夏期の屋外で気温の抑制に使用されるドライミストファン[®]を活用し、オキシダントを分解する還元剤をミストの水に添加して噴霧することで、光化学オキシダントの主成分であるオゾンやPANを分解できるのではないかと考えた。

還元剤には、アスコルビン酸を使用することとした。アスコルビン酸は高い還元性を有するとともに、生物に対する毒性が低く⁷⁾、安価で容易に入手可能で、食品添

加物や化粧品などにも使用されていることから、オキシダント除去物質として非常に有望と考えられる。

また、光化学オキシダントは降雨によって低下する傾向があり⁸⁾、ドライミストファンで水を噴霧するだけでも効果が期待できると考えられるため、使用が想定される水(水道水)についても検討した。

1 材料

オゾン発生装置：東亜DKK(株)製 校正用オゾン発生器 MODEL OZ-200 型

オゾン測定装置：ダイレック(株)製 オゾン濃度計 MODEL 1100

テドラーバック：50L 容 2枚の一端を切り開いてヒートシーラーで接続し、110Lにしたもの。袋の一端にスプレーボトルを出し入れする開口部を設け、養生テープで外側から密封する。

樹脂製スプレーボトル 容量 50mL

オキシダント分解液：富士フィルム和光純薬(株) 試薬特級 L(+)アスコルビン酸 5%水溶液

2 装置

作成した実験装置を図3に、概要を図4に示す。

光化学オキシダントの主成分はオゾンであるため、オゾン発生装置で高濃度のオゾンガスをテドラーバックに貯め、その中に樹脂製スプレーで1.5mLのオキシダント分解液を噴霧し、ミストが袋内に拡散するよう袋ごとよく攪拌して、オゾン濃度の変動を調査した。

3 実験手順

(1) オキシダント分解液が入ったスプレーボトルをテドラーバックに入れ、開口部をしっかりと密閉する。

- (2) オゾン発生装置のフラッシュをONにして高濃度のオゾンガスをテドラーバックに注入し、オゾンガスと反応する物質を分解する。
- (3) テドラーバックから高濃度オゾンガスを排気し、オゾンガス濃度が 120ppb になるようにオゾン発生装置の濃度を調節しながら注入する。
- (4) オゾン発生装置を停止し、テドラーバック内のスプレーボトルをテドラーバックの外から2回プッシュして、内部の気体が混合するようテドラーバックの上下左右を軽くたたく。これを10プッシュ分(1.5mL相当)繰り返す。
- (5) オゾン濃度計の数字を1分毎に記録する。

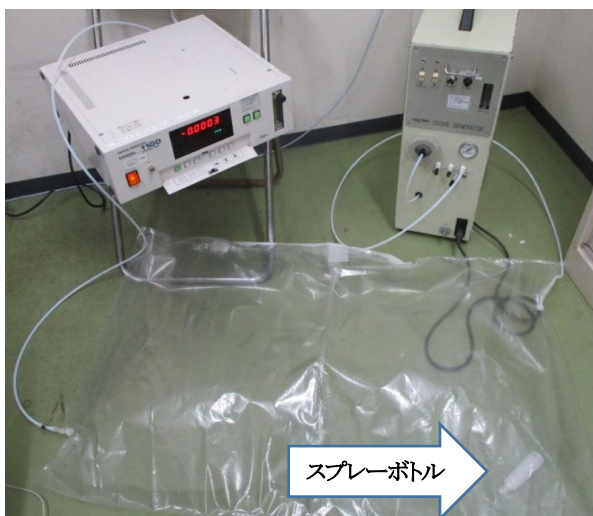


図3 実験装置の全景

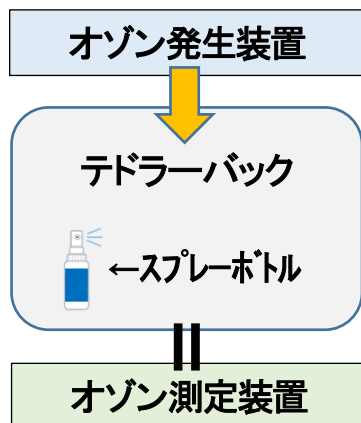


図4 装置の概要

Ⅲ 結果及び考察

1 テドラーバック内のオゾン保存性

オゾンガスは反応性が高いだけでなく自己分解性があり、時間とともに酸素に変化するため、オキシダント分解液の効果を評価するために、テドラーバック内でのオゾンガスの保存性を調査した。

実験手順(2)のフラッシュ操作をせずにオゾンガス濃度が 120ppb になるまでテドラーバックに注入し、スプレーを行わない状態で、オゾン濃度の変化を4回測定した。

テドラーバック内のオゾン濃度の変化を図5に示す。

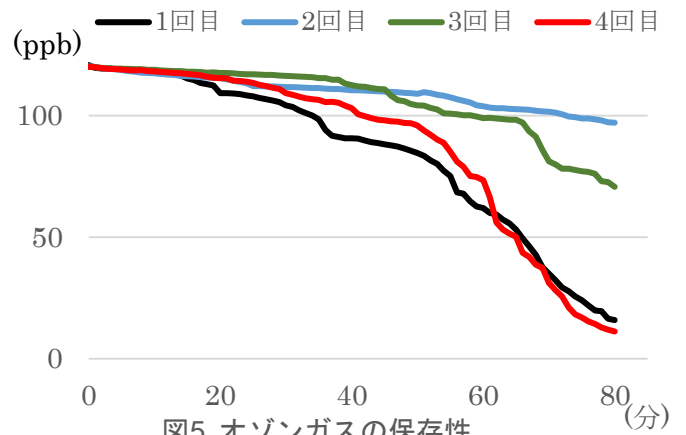


図5 オゾンガスの保存性

1回目の濃度低下は2回目以降と比べて大きく、これはテドラーバック内に残留した汚れにオゾンガスが反応したものである。このことから、実験開始前には、高濃度のオゾンガスによるテドラーバックのフラッシュ操作が必要と考えられた。

2回目以降では、自己分解によると考えられる濃度低下はあるものの、開始から50分程度までは減少傾向が安定しており、40分間までは香川県における予報の基準である 100ppb を保持していた。このことから、スプレーでオキシダント分解液を噴霧後、40分までで大幅な低下がみられた場合は、オキシダントを低減する効果が期待できると考えられる。

2 オキシダント分解液による低減効果

アスコルビン酸を5%含むオキシダント分解液と水道水によるオゾンガス濃度低減効果を図6に示す。

水道水は当センターの給水栓水を使用し、センターが立地する地域の水道水には 0.7mg/L 程度の TOC が含まれている⁹⁾。

無処理はテドラーバック内のオゾン保存性試験のうち、汚染の影響が認められる1回目を除いた2~4回目の3反復の平均値である。

スプレーしない状態では30分以上 100ppb の濃度が維持されるのに対し、還元剤を含むオキシダント分解液を噴霧した場合、約2分で予報基準の 100ppb まで低下し、6分後には4回の反復試験とも環境基準の 60ppb 以下となった。

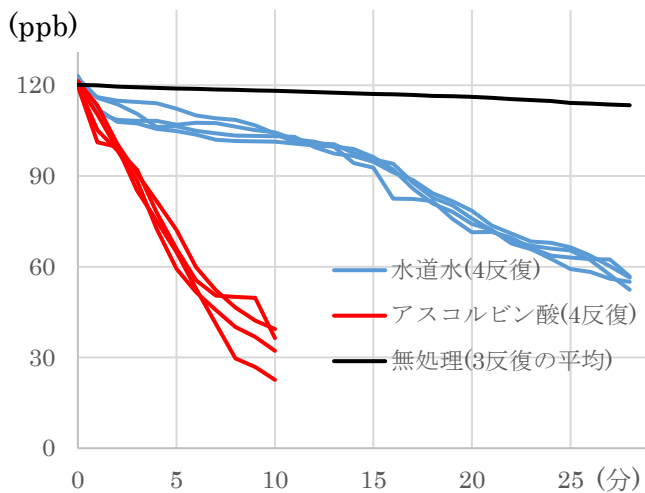


図6 オキシダント分解液によるオゾン濃度低減効果

水道水については、無処理に比べて低減効果は認められるが、100ppbまで低下するのに13分かかり、60ppbまで低下するためには27分かかった。

このことから、還元剤を溶かした水溶液を噴霧することは、光化学オキシダント濃度を低減させるのに有効であり、非常に即効性の高い対応が可能であることがわかった。また、水道水でも一定の低減効果が見られることから、イベント等での暑熱対策として、日中を通じてドライミストファンを使用し続けることで、光化学オキシダント濃度の上昇をある程度低減できる可能性が考えられた。

今回の実験で、無処理、水道水、オキシダント除去液の調査結果に明確な差が認められ、実験方法として十分活用できると考えられた。

IV まとめ

還元剤であるアスコルビン酸を含む水溶液を噴霧することで、光化学オキシダント濃度を効果的に低減できることが示唆された。

水道水にも一定の低減効果が認められたことから、連続的に長時間使用することで、光化学オキシダント濃度を抑制する効果が期待できると思われる。ただし、即効性がなく、その効果も弱い場合、高濃度のオキシダントの移流による急激な濃度上昇には十分な効果が得られないと考えられる。

光化学オキシダント濃度が徐々に上昇している時は、暑熱対策と併用して水道水のためのドライミストファンを使用し、光化学オキシダント濃度が急激に上昇した場合

にはハンディスプレーなどでアスコルビン酸等の還元剤を含む水を噴霧する方法を組み合わせることで、低コストで効果的に光化学オキシダントへの対策が可能になると考えられる。

今回作成した実験装置で、光化学オキシダント濃度低減効果の比較は十分可能と考えられたが、水溶液を噴霧する方法として簡易なスプレーボトルを使用したため、ドライミストファンのような細かい霧を作ることができず、オキシダント除去液の一部はそのまま沈降し、水溶液に含まれる多くのアスコルビン酸も空中で粒子状に固まってオゾンガスと反応せずに沈降したと思われる。超音波加湿器のような、より細かいミストを生成できる装置の利用や、還元剤に揮発性の物質を使用することで、添加する還元剤を大幅に減らすことができるのではないかと考えられる。

今後は、最適な還元剤濃度やアスコルビン酸以外の、より効果的な成分の探索、実際のフィールドにおける散布方法について検討を進めていく。

文献

- 1) 環境省：令和6年光化学大気汚染の概要－注意報等発令状況、被害届出状況－，(2025)
- 2) 国立環境研究所：環境儀 No. 33，(2009)
- 3) 香川県気候変動適応センター：令和5年度国民参加による気候変動情報収集・分析業務成果報告会資料，(2024)
- 4) 日本ヒートアイランド学会：ヒートアイランドの事典，36-37，朝倉書店（東京都），(2015)
- 5) 香川県：第4次香川県地球温暖化対策推進計画，54，(2021)
- 6) 日本ヒートアイランド学会：前掲書，258-263
- 7) 内閣府食品安全衛生委員会：食品添加物評価書 L-アスコルビン酸カルシウム，6-7，(2007)
- 8) 山野内隆英ほか：愛知県における光化学オキシダント日最高濃度の重回帰分析，愛知県環境調査センター所報，38号，7-16，(2011)
- 9) 香川県広域水道企業団：高松ブロック給水栓水質検査結果，<https://union.suido-kagawa.lg.jp/soshiki/53/10817.html> (2025/8/7 閲覧)