

Silent Nano Diffuser「ナノシード」を用いた空間エチレン除去†

善野修平*, **, 松倉優*, 木下美咲*

1 はじめに

新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)の拡大に伴い、空間除菌に関心が集まっている。(株)ナノシードは、機能水をナノサイズ粒子にして、除菌やケミカル除去を行える空間清浄装置ナノシードを開発した¹⁾(図1)。

本研究では、ナノシードより放出される酸化力をもつオゾン[O₃]と二酸化塩素[ClO₂]の生成を確認し、それらによるエチレン[C₂H₄]の分解を検討し、バナナの鮮度保持に関する効果を検証した。



図1 空間清浄装置ナノシード(SND-SNW-01)

2 空間洗浄装置

空間清浄装置としては、機能水を1時間に2 mL放出することができるSND-SNW-01を用いた。この装置にはコロナ放電するシステムが組み込まれており、以下の反応が起きることで空気中の酸素や水が分解され、活性種(O₂⁺, O, O*, OH, O₂⁻, O³)を生成する²⁾と考えられる。

- $e + O_2 \rightarrow O_2^+ + 2e$ (直接電離)
- $e + O_2 \rightarrow O + O^* + e$ (解離)
- $O^* + H_2O \rightarrow 2OH$ (OHラジカル生成)
- $e + O_2 + O_2 \rightarrow O_2^- + O_2$ (三体付着, 負イオン生成)
- $O + O_2 + O_2 \rightarrow O_3 + O_2$ (三体衝突, オゾン生成)

eは電子, *は励起状態を表す。O, OH, O₃には強い酸化力があり、殺菌やケミカル除去などに利用される。

3 空間清浄用機能水

空間清浄用機能水(100ppm 亜塩素酸ナトリウム[NaClO₂](pH 7~8))としては、A2Care社のMA-TあるいはBio-Cide社のXCS-11Dを用いた。NaClO₂水は酸性化すると、亜塩素酸イオン[ClO₂⁻]が亜塩素酸[HClO₂]になり、さらに分解して酸化力をもつ塩素イオン[Cl⁺], 塩素酸イオン[ClO₃⁻], 二酸化塩素[ClO₂]になる。しかし、ClO₂とHClO₂は平衡関係にあるため、HClO₂が分解されると、またClO₂が酸化されHClO₂が生成される。このようにNaClO₂水は酸化力を持続することができる³⁾。

4 ナノシードから放出される酸化力をもつガスの計測

ガスを放出させる空間として、プラスチックケース[幅0.4m × 長さ0.4m × 高さ0.8m](オクタゴン, 容積0.128m³)を用いた。O₃濃度の計測には検知管18L(ガステック)を用い、ClO₂濃度には検知管23L(ガステック)を用い、ナノシード(SND-SNW-01)稼働前(0分)と稼働後(5~180分)のケース内の空気を吸引して、ガス濃度を計測した(図2)。O₃はナノシード稼働60分以降に0.016 ppm, ClO₂は稼働5分以降に0.0025 ppmに達し、一定となった。これらの両ガス濃度値は、O₃許容濃度(0.1 ppm: 米国産業衛生専門家会議[ACGIH]^{4) 5)}, 日本空気清浄協会⁵⁾, 日本産業衛生学会^{5) 6)}, 0.05 ppm: 食品医薬品局[FDA]⁵⁾, ClO₂許容濃度(0.1 ppm: ACGIH⁴⁾)よりも低く、ClO₂室内濃度指針値(0.01 ppm: 日本二酸化塩素工業会自主基準)⁷⁾よりも低い値であった。

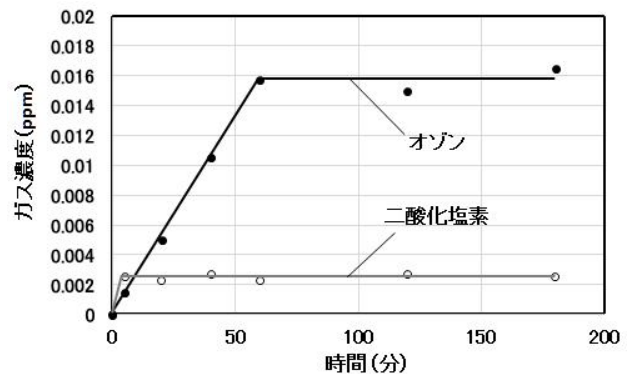


図2 産生されるオゾンと二酸化塩素の濃度変化

5 エチレンと放電による分解

エチレン[C₂H₄]は野菜や果物が発する植物ホルモンで、エイジングを進める役割をもっている⁸⁾。銅イオン[Cu²⁺]を配位したエチレン受容体は、C₂H₄を結合すると不活性化され、成熟・老化を進行する(図3)。

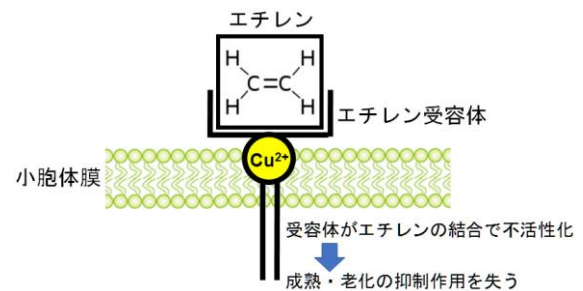
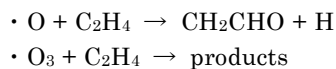


図3 エチレン受容体はエチレンの結合で不活性化する

† 原稿受理 令和3年2月26日 Received February 26, 2021

*生物工学科 (Department of Biotechnology), **地域連携推進センター (Center for Regional Collaboration),

成熟・老化ホルモンであるエチレンの特性を活かすと、収穫後の成熟防止、追熟促進を計画的に行える⁸⁾。エチレンは、以下の反応のようにコロナ放電で生じる酸素ラジカルやオゾンによって分解することができる⁹⁾。



この方法はエチレンの除去と腐敗菌の殺菌を同時に行えるので、高い鮮度保持効果を期待できる。

6 ナノシードによる空間エチレン除去

エチレンを分解させる空間として、プラスチックケース[幅 0.4m × 長さ 0.4m × 高さ 0.4m](オクタゴン, 容積 0.064m³)を用いた。このケース内で 8 個のリンゴ(ふじ)を 23°C で 2 週間放置しエチレンを発生させた後、ナノシード(SND-SNW-01)をケース内で稼働させた(図 4)。



図 4 空間のエチレン除去試験の様子

C₂H₄ 濃度の計測には検知管 172L(ガステック)を用いた。ケース内の空気を吸引して、リンゴからのエチレンとオゾン、二酸化塩素の濃度を経時的に測定した(図 5)。C₂H₄ は減少し 3 日以降には 0 ppm まで達した。O₃ は増加し 9 日以降に 0.00064 ppm (C₂H₄ 非存在下の 4%)で一定となり、ClO₂ は増加し 3 日以降に 0.00005 ppm (C₂H₄ 非存在下の 2%)で一定になった。O₃ と ClO₂ の濃度値が C₂H₄ 非存在下の値より 1 桁以上低いことは、これらのガスが C₂H₄ の分解に作用したことを示唆する。

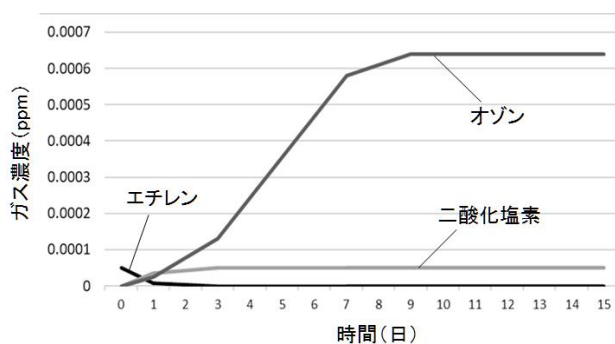


図 5 ナノシードによるエチレンの除去効果

7 ナノシードによるバナナの鮮度保持

プラスチックケース[幅 0.4m × 長さ 0.4m × 高さ 0.6m](オクタゴン, 容積 0.096m³)にバナナを入れて、ナノシードを稼働させた。バナナの鮮度状態を写真撮影したところ、図 6 に示すように 2 週間後、ナノシード無しのコントロールでは老化して表面が茶色になった。一方、

ナノシード有りの NaClO₂ 機能水(A2 ケア, Bio-Cide)と蒸留水ではまだ表面が黄色く老化が抑えられていた。



バナナ(0日目)



バナナ(2週間後)

図 6 ナノシードによるバナナの鮮度保持効果

謝辞

本研究は、(株)ナノシードとの共同研究で、教育研究奨励寄付金の支援を受け、卒業研究として実施された。空間清浄装置(ナノシード)、空間清浄用機能水(A2Care, Bio-Cide)を提供して下さいました(株)ナノシードの細萱武彦社長、田代哲技術部長、並びに多大なご助言、ご指導を頂きました下田祐紀夫客員教授、橋本修一コーディネーターに感謝いたします。

参考文献

- 1) 徳武利洋, 田代哲, 久保田強, 微粒化した液体にマイナスの電荷を帯びさせ放出する装置, 日本特許, 特許公報(B1), 特許 5819560 (2015).
- 2) 石島達夫, 岸本茂, イオンを用いた空気清浄機の原理, 名大の授業(2008). <https://ocw.nagoya-u.jp/files/113/C2.pdf>
- 3) エコラボ合同会社, 食品添加物「亜塩素酸ナトリウム」の使用基準の改正に関する要請資料, 1-43 (2015).
- 4) (安定化)二酸化塩素・亜塩素酸・塩素剤・オゾンの毒性比較, <http://bt-1.jp/pdf/201106-hikaku.pdf>
- 5) 関西オゾン技術研究会, オゾンのヒトに対する健康影響基準, 技術ノート, 16, 1-2. <http://www.k-ozone.org/wp-content/uploads/2012/07/No16.pdf>
- 6) 日本産業衛生学会, 許容濃度等の勧告(2020年度), 産業衛生学雑誌, 62(5), 198-230 (2020).
- 7) 日本二酸化塩素工業会, 二酸化塩素の自主運営基準設定のための評価についてーガス製品一, 1-14 (2014).
- 8) 株式会社セイコーステラ, エチレンガスとは? 成長を促す植物ホルモンがもたらす作物への影響, <https://ecologia.100nen-kankyo.jp/column/single007.html>
- 9) 高橋克幸, 小出章二, 高木浩一, 塚崎守啓, 内野敏剛, 寺本慶之, エチレン分解による鮮度保持, 第 33 回プラズマ・核融合学会年會予稿 S7-6 (2016). http://www.jspf.or.jp/jspf_annual2016/JSPF33/pdf/S7-6.pdf