世界初

火災現場で発生する有害化学物質【PAHs】の代表物質［アントラセン・フルオランテン］のオゾン水・オゾンガスによる分解効果を発表

近畿大学 KINDAI UNIVERSITY

PAHs（多環芳香族炭化水素）の有害性について当社は近畿大学薬学部との共同研究をおこなっています。
その中で、消防士の発がん率と死亡率の上昇を報告している海外論文が多く公開されていることが判明し、
中でも各論文を検証したシステマティックレビュー（※）における検証結果を注目しています。

※システマティックレビュー：多くの論文（引用論文）の結果をまとめて、再度解析した論文のこと。論文によっては、たまたま間違った結果に至ることもあるが、システマティックレビューは、複数の論文をまとめているので信憑性が高い。

近畿大学 KINDAI UNIVERSITY 近畿大学薬学部 共同研究 ※論文査読中

・消防士の発がん率と死亡率の上昇を報告している海外論文を検証したシステマティックレビュー

番号	年	引用論文数	雑誌名
①	2023	38	Frontiers in Oncology
②	2020	26	Int Arch Occup Environ Health
③	2019	48	Int J Cancer
④	2019	49	Asian Pacific J Cancer Prevenrtion
⑤	2021	11	Int J Environ Res Public Health システマティックレビューの解析

※当社と近畿大学薬学部との共同研究において、公開されている論文を調査検証した表です。実際の発症数や死亡率などの因果関係を確定するものではありません。

・システマティックレビュー内で検証された症例と死亡率の関係一覧

	発がん率					死亡率				
	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
メラノーマ	○	○	○		○				○	
膀胱がん		○	○		○		○		○	
直腸がん			○		○		○	○		○
結腸がん		○	○			○			○	
前立腺がん	○		○	○	○					
精巣がん			○	○	○	○				
非ホジキンリンパ腫						○		○	○	○
中皮腫		○	○		○					
甲状腺がん			○							
脳腫瘍						○				
白血病						○				
リンパ肉腫・細網肉腫						○				
多発性骨髄腫						○				
膵臓がん						○				
腎臓がん						○				

論文検証から抜粋した情報

【汚染部位】 **汚染部位は、袖の後ろ側や膝の部分、手袋が多い**（Krzemińskaら,2022）
→除染重点箇所をオゾンフォグで集中除染

【除染方法】 ・**防火衣からの除染方法は、調べた限り水洗のみ**（Foresterら,2023ほか）
→温度や洗剤の工夫によって、除染率の向上を図っているがバラつきと限界がある
・**防火衣の洗濯排水中に有害物質が含まれる**（報告はPAHs以外：Kimほか, 2022）
→洗浄排水の汚染を考慮しなければならない

【手洗い】 **洗剤での手洗いで手のPAHsは減少するが、体内への吸収量は不変**（Silvaほか,2021）
→ PAHsの吸収が早い、手洗いによる擦りこみによる吸収

【その他】 **薬やバイオマスの燃焼によっても、PAHsは発生する**（Gustafsonら,2008）
→火災時以外でも注意する必要

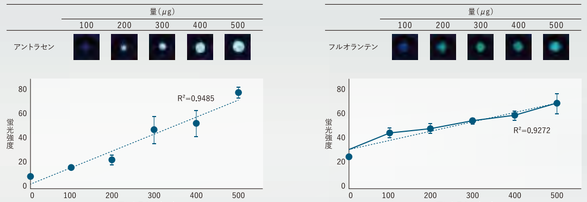
オゾンガスおよびオゾン水によるPAHsの分解効果と、除染手法としての有効性を検討

近畿大学 KINDAI UNIVERSITY 近畿大学薬学部 共同研究 ※論文査読中

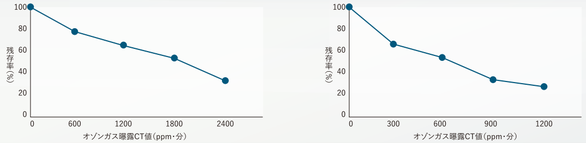
消防士の職業性のがんリスク増加の原因とされる、火災由来の多環芳香族炭化水素（PAHs）は、
従来の水洗等では十分な除染が困難であり、経皮吸収や排水による二次汚染のリスクも懸念される。
本研究では、医療従事者の抗がん剤曝露対策で実績のあるオゾン技術を応用し、
オゾンガスおよびオゾン水によるPAHsの分解効果と、除染手法としての有効性を検討することを目的とした。

【対象】火災現場で検出される代表的なPAHsとして、アントラセンおよびフルオランテンを用いた。
【方法】スライドガラス上に塗布・乾燥させた対象物質に対し、オゾンガス（濃度30ppm、湿度70%）およびオゾン水（濃度1ppm、流水法）による曝露実験を行った。物質量の定量には、UV-A（ブラックライト）照射下での蛍光強度の画像解析を用いた。
オゾンガスは濃度と時間の積であるCT値を指標とし、オゾン水は流水のみの対照群と比較して評価した。
【結果】両物質とも蛍光強度は質量に依存して増加し、簡易的な汚染検出が可能であることが示唆された。
オゾンガス曝露では、CT値依存的に両物質の残存率が低下した（アントラセンはCT値2400で残存率33.7%）。
オゾン水処理においても両物質は経時的に減少した。特に、水流のみでは変化が見られなかったアントラセンもオゾン水により減少したことから、物理的な洗浄効果に加え、オゾンによる化学的な分解効果が確認された。
【結論】オゾンガスおよびオゾン水はPAHsに対して有効な分解作用を有することが明らかになった。
本手法は、排水への有害物質の移行や洗浄時の経皮吸収リスクを低減できる可能性があり、
消防用個人防護具（PPE）等の安全かつ効果的な除染技術として有望である。

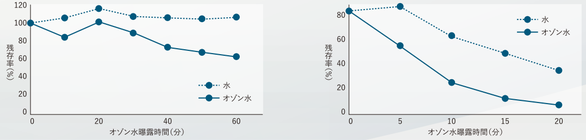
・対象物質量と蛍光強度の関係



・オゾンガス分解実験



・オゾン水分解実験



【製造元】
BT-1除染システム
株式会社タムラテコ
〒577-0012大阪府東大阪市長田東2-1-33
長田平成ビル4F
TEL:06-4309-1350（代） FAX:06-4609-1360

BT-1除染システム

PPE除染 車輌除染

BT-1SYSTEM

消防隊員の健康を守る

SAVE THE FIREFIGHTER HEALTH

火災後の有毒物質 急性物質と長期蓄積粒子

火災現場で消防隊員が曝露する毒性物質は多数ありますが多環式芳香族炭化水素（PAH）に代表される有毒微粒子の付着と再拡散による被曝の拡大が問題とされています。

長期蓄積する有毒微粒子

粒子状・浮遊付着

多環式芳香族炭化水素[PAH]
分解:◎
木材の不完全燃焼によって発生。
浮遊粒子状物質（小さく・軽い）

ポリ塩化ビフェニル[PCB]
洗浄:△
毒性により製造中止。
トランスなど電機類、電化製品に使用。

ポリ塩化ジベンゾパラジオキシン[PCDD]
ポリ塩化ジベンゾフラン[PCDF]
洗浄:△
ダイオキシン類に該当。
塩素を含む物質の不完全燃焼によって発生。

揮発性有機化合物[VOC]
分解:◎
使用も製造も禁止されているが、
2006年以前の建物には残っている可能性あり。

アスベスト
洗浄:△
木材の不完全燃焼によって発生。
浮遊粒子状物質（小さく・軽い）

有機フッ素化合物[PFAS]
洗浄:△
永遠の化学物質と呼ばれ、自然環境や
生物体内での分解が遅い。特に消防の現場では
泡消火剤にも含まれていることが知られている。

1 現地除染・洗浄

オゾン水による除染・洗浄

オゾン水機＋シャワーユニットによるPPE除染・洗浄でPAH除去と臭気除去を行う。
洗浄後（現場での洗浄が不可能な場合も同様に）パッキンによる密閉を行う

オゾン水全身除染

オゾンフォグによる除染

イデアフォグにて主に袖口、首周りグローブを除染
車輌内で手に触れる箇所（シート・ハンドル・ドアノブ）を除染

袖口・襟首・膝

ドアノブ・シート・ハンドル

2 帰署後の除染

高濃度オゾンガス機器の遠隔操作で車両内・精密機器を隅々まで除染。
オゾン水による洗浄には洗濯機でも使用し、排水への有害物質も軽減します

高濃度オゾンガスによる車内全体除染

帰署

除染されたPPE装備品をトリアージ（分別）し、
密閉パッキング。現場除染された資機材は安全ですので、
個人防護も軽装が可能

署内での装備全体除染・オゾン水接続洗濯機

帰署後のオゾンフォグによるハンドル・ドア・シートの除染

消防本部での訓練・説明会動画

◆佐倉市消防におけるデモ映像

◆市川市消防におけるデモ映像

PPE除染機器リスト

オゾン水シリーズ

BT01、07と共に改良され、オゾン水＋ウルトラファインバブルになります

NEW BT-01UFB（仮称・開発中）

NEW BT-07UFB（仮称・開発中）

洗浄力を
飛躍的に向上させる
UFBノズルを搭載

UFBで強化される
洗浄力比較

水道水	水道水＋ナノバブル	オゾン水	オゾン水＋ナノバブル
輝度 65.09	輝度 79.11	輝度 84.39	輝度 112.92
9.23% 減	32.76% 減	41.62% 減	89.49% 減

NEW BT-10S

現場・帰署時
PPEオゾン水除染

オゾン水シャワーによる
BC対応型シャワーゲート

簡単組み立て約10分
独自開発ノズルでパワフル噴霧

■BT-10S仕様

外形寸法(mm)	W980×D940×H2200
質 量	約18kg、底面樹脂パレット約8.8Kg
噴霧ノズル数	5口＋単独シャワーガン

オゾン除染効率は、**水道水の約10倍、従来のオゾン水単体よりも2倍**の除染効率が実現

オゾン水＋ウルトラファインバブルがオゾン水洗浄力を増強

［ウルトラファインバブルとは？］
直径1マイクロメートル未満の微細な泡で、細かい隙間にある汚れを落とす作用があり、その洗浄効果から幅広い分野で活躍されています。従来機比較でオゾン水濃度を変えず、約2倍の洗浄除菌力（殺化力）効果（タムラテコ比較）除菌力だけでなく洗浄力も高くなりより安全性が向上。

▶ウイルスや埃と同等サイズ。色は透明。

01. 直径50～500nm（ナノメートル）の泡が汚れの下に潜り込む
02. ウルトラナノバブルの泡が破裂して汚れを剥離する
03. 細かく粉砕せずに浮き上がらせた汚れを洗い流すから残留しない

※1nm（ナノメートル）=1/1,000,000nm

オゾンフォグシリーズ

NEW BT-007

水で洗浄できない
資機材の除染・消臭

■オゾンガスとオゾン水のハイブリット除菌消臭機

オゾン発生量	60mg/h
モード	マニュアルモード / オートモード
USB入力	DC 5V/1.5A
使用温度	5℃～35℃
外形寸法	W72×D216×H180mm
質量	約735g
付属品	専用充電ケーブル（USB Type-C 1.5m） 取扱説明書、保証書

保管用ハードケース
（オプション）

救急隊による
運用試験も開始。

オゾンガスシリーズ

NEW BT-288

車輌・室内の全体除染
遠隔式・高濃度

■BT-288仕様

オゾン濃度	3500 mg/hr		
風量	250 m³/h		
使用環境温度	10 ～ 35 ℃		
使用環境湿度	最大90 %（R.H.）※結露なきこと		
外形	465×355×185（mm）		
質量	8.5 kg	電源電圧	100V
消費電力	50/60 Hz	周波数	135W
安全機能	・リモート操作：BT-288 Tech App ・オゾンセンサー：0.1～100ppm ・触媒フィルター：オゾン分解		

NEW BT-180T

HEPA＋空気清浄＋活性炭フィルター
＋オゾンガス発生器常時稼働型
事務室や更衣室に

■空気清浄機型オゾンガス発生器

品 番	BT-180T
電圧	AC100V 50/60Hz
除染時オゾン出力	720mg/h
低濃度オゾン出力	30mg/h

電源供給

現場除染などでの電源を確保
輸送可能、容量増加可能
定期メンテナンス標準実施

BT-1500 防塵＆防水仕様の災害対策型バッテリー

上：本体、下：増設バッテリー（オプション）

■防塵防水 可搬型蓄電池BT-1500仕様

蓄電容量	1539Wh（41.6A h /37V）以上
AC定格出力	常時1200W以上
機器外形寸法	W430×D257×H262ｍｍ以内