

火災現場で発生する有害物質の危険性に関する検証（第2報）

1 概要

消防隊員に対する安全対策の向上に資するため、火災現場で発生する有害物質に対し、検知管法による濃度測定、定性分析、危険性評価等を行い、消防装備及び人体への汚染危険性、除染方法を明らかにするための検証を実施した。

2 検証方法

(1) 実大基礎実験

ア 燃焼関係

火災により発生する揮発性有機化合物（以下「VOC」という。）及び多環芳香族炭化水素（以下「PAH」という。）の防火衣に対する汚染の実態等を明らかにするため、家庭用焼却炉内でポリスチレンを燃焼させ、防火衣生地片の汚染状況等を分析した。

イ 除染関係

前アで汚染させた防火衣生地片に対し、除染器具、洗剤、水温及び乾燥方法を変更し、様々な条件で除染を行った。なお、除染効果の評価については国内に適した基準が無い場合、海外で適用されているベンゾピレン（PAHの一種で、発がん性があると判断されている物質）の規制（REACH規則）の基準値（1.0 mg/kg）と比較した。

㊦ 模擬家屋燃焼実験

多くの日用品等を収容した模擬家屋（8畳程度）を燃焼させ、建屋内部の気体採取及び防火衣生地片や長靴等を煙等に曝露させ、汚染状況について分析した。

㊧ 実火災体験型訓練の機会を捉えた検証データ収集

訓練中の煙等の燃焼生成物に防火衣生地片を曝露させ分析するとともに、訓練後の防火衣を回収し発生する気体を捕集し分析及び訓練後の人体の拭き取り調査を行った。

(4) 海外の消防本部等に対するアンケート調査

海外の28の消防本部等に対し、有害物質対策に関するアンケート調査を実施した。

3 検証等の結果・考察

(1) 実大基礎実験（燃焼関係）

結果は表1のとおり。

VOCは気体状態のまま防火衣内部の空間に留まっており、時間経過とともに揮散していると考えられる。

防火衣生地片2層目の透湿防水層は、3層目へのPAHの侵入を防いでいると考えられる。

(2) 実大基礎実験（除染関係）

洗剤を使用するほか、除染温度及び乾燥方法が防火衣の効果的な除染に必要な要素であることが判明した。

また、除染器具や洗剤の種類の違いによる除染効果に大きな差は見られなかった。（表2）

また、防火衣生地片の定量分析結果から、除染前後でベンゾピレンの残存量が約5分の1程度に減少したが、除染後の防火衣生地片であっても基準を超えるベンゾピレンが残存していた。

表1 ポリスチレン燃焼生成物分析結果

試料	VOC	PAH
気体	○	×
防火衣生地片(1層目)	×	○
防火衣生地片(2層目)	×	○
防火衣生地片(3層目)	×	×
煤	×	○

○：検出あり ×：検出なし又は検出下限界以下

表2 除染試料分析結果

洗剤及び温度の違いによるPAH残存率(%)				
水	水(65°C)	防火衣洗濯機用洗剤	洗剤	洗剤(65°C)
100	40	28	24	13
除染方法の違いによるPAH残存率(%)				
除染なし	手動洗濯機	超音波洗浄機	全自動洗濯機	
100	18	24	41	
乾燥方法の違いによるPAH残存率(%)				
乾燥なし	日影干し	天日干し	衣類乾燥機	
100	47	37	11	
防火衣生地片に残存するベンゾピレン定量分析結果(mg/kg)				
除染前		除染後		
31.8		6.1		

㊨ 模擬家屋燃焼実験

ア 出火開始1分後、5分後、10分後において、ベンゼン等のVOCが検出された。また、発生する煙の量が増加するにつれ、VOCの量も増加していることが確認された。燃焼物の増加、酸素濃度の低下、燃焼温度の上昇等の要因が考えられる。

イ 防火衣生地片及び長靴等の個人用保護具を、延焼中の建屋内に約5分間導入し、分析した結果、防火衣生地片からはベンゾピレンやピレン等のPAHが検出された。一方で、その他の個人用保護具の拭き取りからはVOC及びPAHは検出されなかった。

ウ REACH規則の基準を超えた汚染の防火衣生地片を洗浄したところ、基準値未満に低減することができた。

㊩ 実火災体験型訓練の機会を捉えた検証データ収集

ア 訓練施設入口から排出される気体を分析した結果、杉の燃焼においてもVOCが検出され、開放型訓練よりも酸素供給量が減少すると考えられる閉鎖型訓練の方が、よりVOCの発生量が多いことが分かった。

イ 施設内部に設置した防火衣生地片のPAHの付着状況は、煙の滞留状況や熱源からの距離によって結果が異なった。燃焼生成物の温度が下がる入口付近の方が、PAHは残存しやすい環境であることが考えられる。

ウ 訓練後の防火衣を密封した容器の気体からベンゼンが検出された。活動後防火衣から再揮発する有害物質により、二次汚染の可能性も考えられる。

エ 訓練後の人体及び個人用保護具の拭き取りからは、VOCやPAHは検出されなかった。当該施設では杉を燃焼させており、樹脂等と比較してPAHの発生量は少ないことがあり、また、訓練時の姿勢も低い姿勢で訓練しているため煤等が付着しにくかったと考えられる。

(5) 海外の消防本部等に対するアンケート調査結果

21の消防本部等から回答があり、17の消防本部等は有害物質対策を実施している。

4 まとめ

㊦ 防火衣に付着したPAHは、水だけの洗浄より洗剤も使用した方が、除染効果が高い。

㊧ 除染温度は25°Cよりも65°Cの方が、除染効果が高い。

㊨ 乾燥方法は、日陰干し、天日干しよりも衣類乾燥機を使用した方が、除染効果が高い。

㊩ 高濃度に汚染させた基礎実験では、除染後もベンゾピレン濃度がREACH規則の基準を超えたが、実火災に近い模擬家屋燃焼実験等において、除染前は基準を超えている生地片等も洗浄することで基準値未満に除染することができた。

㊪ 不完全燃焼によりVOCがより多く発生し、また、温度が高い（火勢が強い）環境よりも、ある程度温度が低くなる環境である方が、防火衣に残存するPAHが多い。

㊫ 消火活動後等、VOCに曝露した防火衣は防火衣内部の空気層等にVOCを留まらせ、時間経過とともに再揮散する。

5 今後の方針

㊬ 今後、防火衣専用洗濯機材を活用した除染を検討していくにあたり、洗濯方法及び乾燥方法を考慮し、実物大の防火衣を使用し最適な条件等について検討していく。

㊭ 防火衣内部に残留するVOCによる、活動後の隊員の二次汚染も考えられることから、防火衣を除染するまでの対策についても検討する必要がある。

㊮ 今後発行予定の防火衣メンテナンスに関するISO規格を受け、国内ガイドライン策定検討に対する調整用資料のほか、定期クリーニングの委託費、防火衣専用洗濯機材設置等に必要予算を要求する際の科学的根拠とする。