

自動車シート中難燃剤の直接接触に伴う 経皮曝露評価法の精緻化

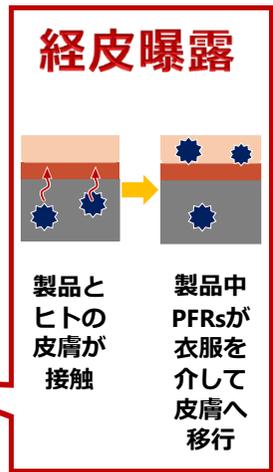
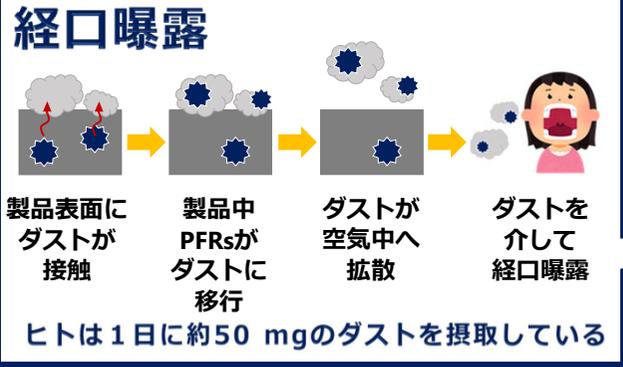
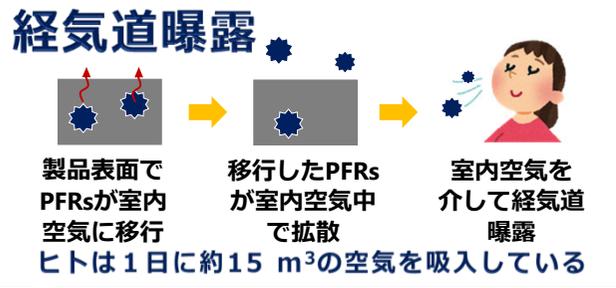
静岡県立大学 大学院
薬食生命科学総合学府 環境科学専攻
修士1年 石田 真穂

2022年春季大会 第3回学生ポスターセッション 公益社団法人自動車技術会

室内製品に含まれるリン系難燃剤（PFRs）の曝露



自動車シートには可燃性を低下させるためにPFRsが含まれている



人工皮膚を用いた皮膚透過試験を行い、曝露シナリオの違いを考慮して経皮曝露評価法の精緻化を行う

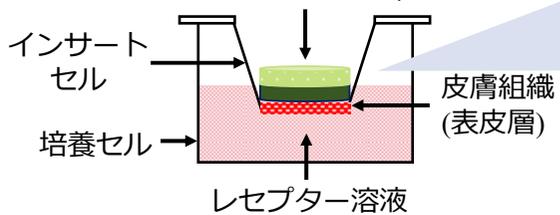
自動車シート中PFRsの皮膚透過試験結果

本研究でを使用した自動車シートの情報

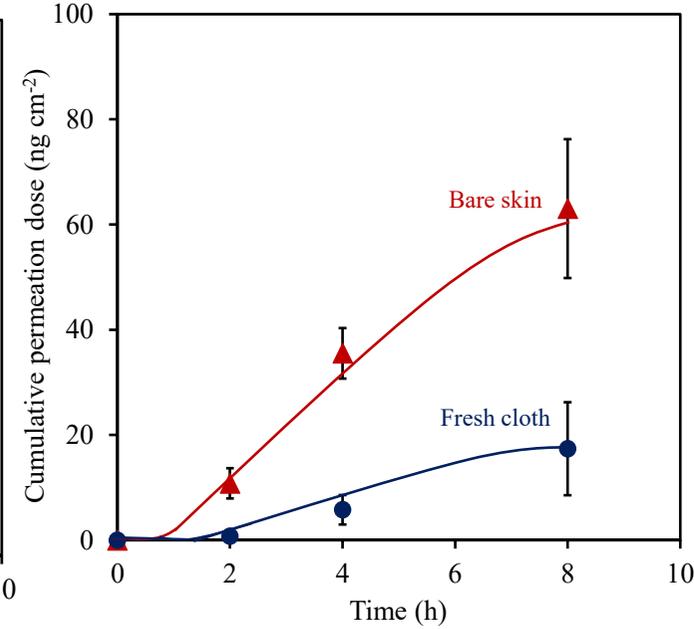
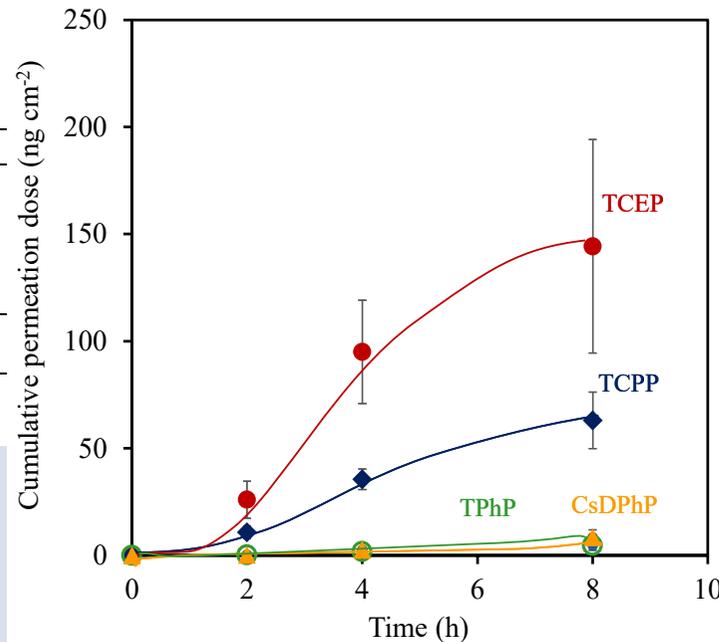
自動車シート中濃度 (wt%)

TCEP	TCPP	TPhP
リン酸トリス 2-クロロ エチル	リン酸トリス 2-クロロイソ プロピル	リン酸 トリフェニル
<chem>ClCCOP(=O)(Cl)OCCCl</chem>	<chem>ClCC(C)OP(=O)(Cl)OCCCl</chem>	<chem>c1ccc(cc1)OP(=O)(c2ccccc2)c3ccccc3</chem>
0.12	0.030	0.15
CsDPhP	TCSP	
リン酸クレジル ジフェニル	リン酸 トリクレジル	
<chem>Cc1ccc(cc1)OP(=O)(c2ccccc2)c3ccccc3</chem>	<chem>Cc1ccc(cc1)OP(=O)(c2ccc(C)cc2)c3ccccc3</chem>	
0.89	0.070	

自動車シート上:ウレタン, 下:生地



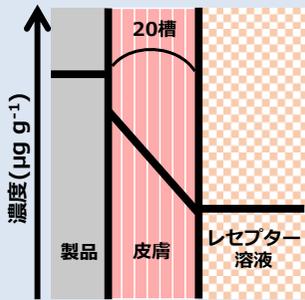
表皮素材:
ファブリック材
(織物・平織物)



製品との直接接触によってTCEP, TCPP, TPhP, CsDPhPは時間の経過とともに皮膚透過量が増加した
新品の衣服を介することでTCPPの皮膚透過量は最大で93%
低減された

製品との直接接触によって、一部のPFRsは皮膚を透過した

皮膚透過モデルを用いた皮膚透過量の推算



皮膚 (1槽目) $\frac{dC_{S,1}}{dt} = k_S(C_S^* - C_{S,1}) - k'_S(C_{S,1} - C_{S,2})$

皮膚 (2~19槽目) $\frac{dC_{S,i}}{dt} = k'_S(C_{S,i-1} - C_{S,i}) - k'_S(C_{S,i} - C_{S,i+1})$

皮膚 (20槽目) $\frac{dC_{S,l}}{dt} = k'_S(C_{S,l-1} - C_{S,l}) - k_R(C_R^* - C_R) \frac{V_R}{V_{S,l}}$

レセプター溶液 $\frac{dC_R}{dt} = k_R(C_R^* - C_R)$

$$C_S^* = K_S C_P$$

$$i = 2 \sim (l - 1)$$

$$i = l$$

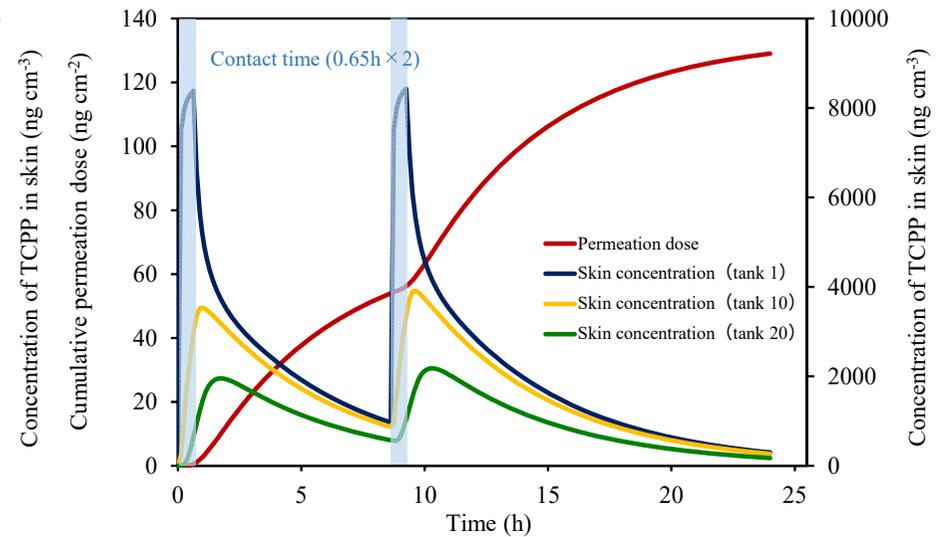
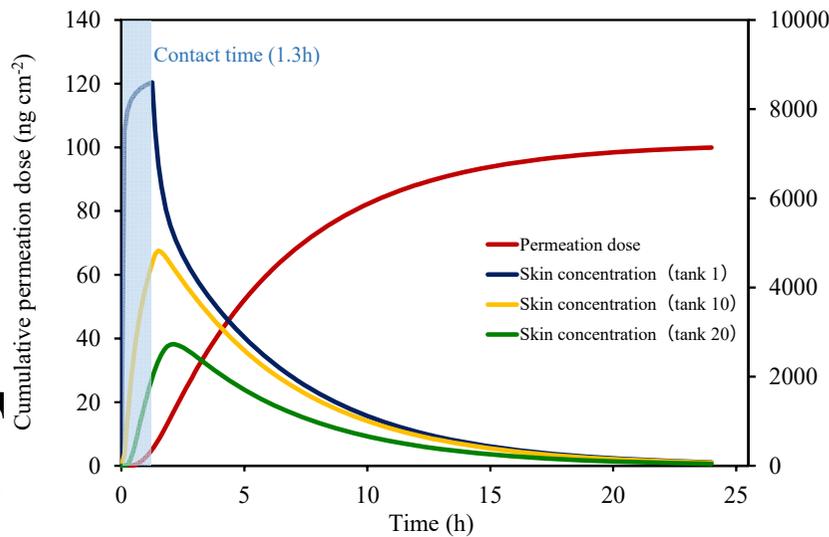
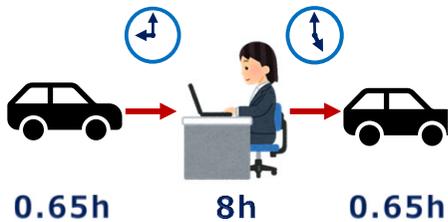
$$C_R^* = K_R C_{S,l}$$

t : 皮膚透過試験時間 (h)
 C_S^* : 皮膚中PFRs飽和濃度 (ng cm⁻³)
 $C_{S,1}, C_{S,2}, \dots, C_{S,i-1}, C_{S,i}, C_{S,i+1}, \dots, C_{S,l-1}, C_{S,l}$: 槽列モデルにおける皮膚中第1槽目, 2槽目, $i-1$ 層目, i 槽目, $i+1$ 層目, 19槽目, 20槽目のPFRs濃度 (ng cm⁻³)
 k_S : 総括物質移動係数 (h⁻¹)
 k'_S : 総括物質移動係数 (h⁻¹)
 C_P : 製品中濃度 (wt%)
 k_R : レセプター溶液への総括物質移動係数 (h⁻¹)
 K_R, K_S : 平衡定数
 C_R^* : レセプター溶液中の飽和濃度 (ng cm⁻³)
 C_R : レセプター溶液中の濃度 (ng cm⁻³)
 V_R : レセプター溶液の体積 (cm³)
 $V_{S,i}$: 皮膚の*i*槽目の体積 (cm³)

連続曝露

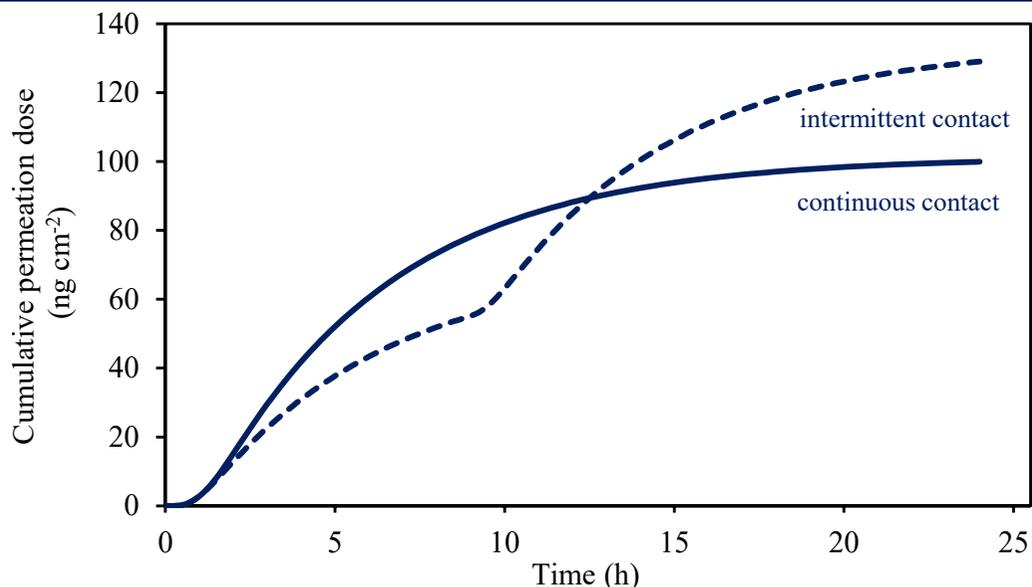


断続曝露

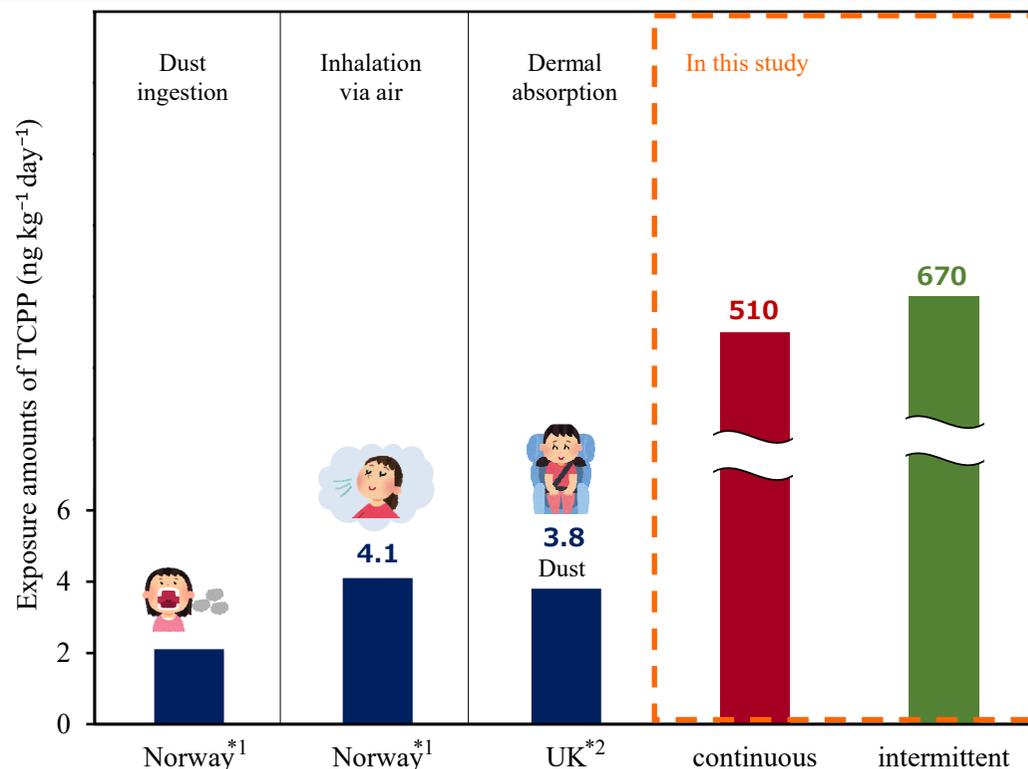


PFRsは皮膚に蓄積し、時間をかけて皮膚を透過することが明らかとなった

経皮曝露と他の曝露経路との比較



連続曝露 (100 ng cm^{-2}) と比較して断続曝露 (130 ng cm^{-2}) では皮膚透過量が増加した製品との非接触時に皮膚中濃度が低下し、再び製品と接触した際、PFRsの移行が促進される



*1 Cequier et al., *Environmental Science and Technology*, **48**, 6827-6835, 2014.

*2 Abdallah et al., *Toxicology and Applied Pharmacology*, **291**, 28-37, 2016.

製品との直接接触による経皮曝露は、衣服の影響を考慮しても、PFRsの主要な曝露経路となりうる