

# 博士論文

(2022年 7月 19日 提出)

論文題目 救急活動中の感染防止対策に関する研究

申請者所属 保健医療学部救急救命学科

申請者氏名 佐々木 広一



広島国際大学大学院

## 目次

第1章 序章	4
1.1 背景	4
1.2 感染防止対策に着目した理由と目的	8
1.3 研究の方法と論文構成	9
第2章 救急活動における感染防止用手袋に関する現状調査	12
2.1 研究背景と目的	12
2.2 対象と方法	12
2.3 結果	16
2.3 考察	21
2.4 まとめ	22
2.5 研究限界と次章への課題	22
第3章 救急活動における効果的な手袋交換に関する実験的検討	24
3.1 研究背景と目的	24
3.2 実験1 救急活動時の汚染伝播状況の把握について	25
3.3 実験2 汚染拡大防止のための手袋交換の適切なタイミングと交換回数について	28
3.4 考察	31
3.5 まとめ	34
3.6 研究限界と次章への課題	34
第4章 救急活動における感染防止衣の汚染状況に関する実態調査	36
4.1 研究背景と目的	36
4.2 対象と方法	37
4.3 結果	39
4.5 まとめ	44
4.6 研究限界と次章への課題	44

第5章 救急車内の空気流動に関する実験的検討 .....	46
5.1 研究背景と目的 .....	46
5.2 実験1 救急車内における傷病者の呼気流動把握のための検討.....	46
5.3 実験2 空気感染防止のための効率的な換気方法の検討.....	53
5.4 考察 .....	55
5.5 まとめ .....	63
5.6 研究限界 .....	63
第6章 まとめ .....	65
6.1 本研究のまとめ .....	65
6.2 結語 .....	67
謝 辞 .....	69
研究発表の記録 .....	70

## 第1章 序章

### 1.1 背景

#### 1.1.1 近年の感染防止対策

救急隊を含む医療従事者の感染防止対策は、1946年に設立された米国疾病予防管理センター(Centers for Disease Control and Prevention: 以下, CDC)が創設以来、様々な感染予防策のガイドラインを示してきた。1985年、ヒト免疫不全ウイルス(HIV)により多くの医療従事者が罹患したことを契機に「推定される感染病態に関わらず、すべての患者の血液や体液は感染性があるものとして取り扱う」とした「普遍的予防策」(ユニバーサルプリコーション)が示された。しかし、目視できる血液が含まれない糞便、鼻汁、喀痰、汗、涙、尿、嘔吐物については適応外とされた中、MRSAなど抗菌薬耐性菌の出現により、患者の糞便などにも抗菌薬耐性菌が含まれていることを踏まえ、1987年に「生体物質隔離」として血液の存在に関係なく汗以外の湿性体液への接触を避けることが強調され、1996年に現在の医療従事者の感染防止対策の基本となっている「標準予防策」(スタンダードプリコーション)と「感染経路別予防策」を含む感染対策として、「病院における隔離予防策のためのガイドライン」が示された(表1)<sup>1)</sup>。

表1 CDCガイドラインの流れ(普遍的予防策から標準予防策まで)

1985年	普遍的予防策	<ul style="list-style-type: none"><li>・ HIVの流行により医療従事者の罹患増大</li><li>・ すべての患者の血液・体液が対象</li><li>・ 目視できない血液が含まれない糞便、鼻汁は適応外</li></ul>
1987年	生体物質隔離	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 抗菌薬耐性菌の出現が契機</li><li>・ 血液の存在に関係なく汗以外の湿性体液を対象とすることが強調</li></ul>
1996年	病院における隔離予防策のためのガイドライン	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 標準予防策</li><li>・ 感染経路別予防策</li></ul>

その後、新型インフルエンザをはじめとする多くの新興感染症などへの対応が行われ、2019年に世界中でパンデミック化した新型コロナウイルス感染症の出現などを契機に、各種ガイドラインの改訂が行われている。

このような背景の中、救急隊は総務省消防庁が発出した「救急隊の感染防止マニュアル(Ver. 2.1)」(以下、感染防止マニュアル)を基本とした感染防止対策を図り救急活動を行っている<sup>2)</sup>。

## 1.1.2 救急活動の現状

### 1.1.2.1 接触感染について

標準予防策の個人防護具(Personal Protect Equipment:以下、PPE)の中でも、接触感染を防ぐ手袋の適切な使用は最も基本的な対策といえる。CDCは、医療従事者の手袋の使用について、感染防止のために一処置ごとの手袋交換を推奨している。これらを怠ることが起因となる接触感染には、感染者から細菌やウイルスが直接伝播する直接接触感染と細菌やウイルスに汚染された物や設備を介して伝播する間接触感染がある。直接接触感染はPPEの適正な装着により防御されるものが多いが、間接触感染は医療機関においては、それが原因とされるMRSAなどのアウトブレイク報告も多く存在する<sup>3)</sup>。複数人が共有するドアノブや手すり、モニター画面、パソコンのキーボードなどの高頻度接触環境表面はハイタッチサーフェスと呼ばれ、間接触感染はこのハイタッチサーフェスなどからの汚染が伝播する感染形態であり、これらからの原因菌検出例など間接触感染が原因と考えられるアウトブレイク例の報告もある<sup>4) 5)</sup>。

このように手指は医療関連感染症を引き起こす根本的な伝播経路とされ、手指衛生の励行は重要対策であり、CDCは標準予防策でのPPE装着に加え、一処置ごとの手袋交換と手指衛生を推奨しており、米国の救急隊員は1回の救急出動で10回以上の手袋交換を行っているが、手袋交換のタイミングについては教育が徹底されていないとの報告もある<sup>6)</sup>。手袋交換と手指衛生については感染防止マニュアルにおいても同様に記載され、特に血液・体液等で汚染した場合や、血液・体液等に触れる可能性のある処置を行った後は手袋を交換することが求められている<sup>2)</sup>。しかし、救急現場活動中の頻回の手洗いは困難であり、傷病者に直接接触する機会の多い手袋着用と交換が基本的な対策となる。

一方、PPEのうち、医療従事者の身体を保護するガウンについて、米国では、サージカルガウンの基準を米国医療機器振興協会(Association for the Advancement of Medical Instrumentation)の性能試験による部位ごとの汚染リスクに応じたバリア性分類や性能をクリティカルゾーンとして食品医薬品局(Food and Drug Administration)が示し<sup>7)</sup>、我が国の医療機関においてもそれに準拠したものが、手術室や救急処置室などで着用されている。我が国の救急隊員の感染防止衣の着用は、自治省消防庁(現総務省消防庁)が1988年から推奨し<sup>8)</sup>、その後、1999年の「感染症の予防及び感染症の患者に対する医療の法律」の施行を契機に救急隊の感染防止への意識は高まったと考えられるが、安田らの報告においてはガウンの救急車積載率は22%に留まっていた<sup>9)</sup>。感染防止衣の導入年度について消防本部へヒアリングを行ったところ、2003年に流行した重症急性呼吸器症候群(SARS: Severe Acute Respiratory Syndrome)を契機とした導入例が多く、2009年の新型インフルエンザ感染症が流行したことから総務省消防庁の「消防機関における新型インフルエンザ対策検討会報告書」<sup>10)</sup>において感染防止衣の着用が改めて推奨され更に導入が促進した。現在では感染防止マニュアルにおいて、感染防止対策の基本的事項である標準予防策として周知されており、近年の新型コロナウイルス感染症への対応により着用率は高いと推測される

が、感染防止マニュアルには、感染防止衣の交換タイミングや運用方法などの具体的な内容についての記載はない。

また、近年では暑熱環境での救急活動用として、背面に通気性の良い撥水性不織布の生地を採用した感染防止衣を採用している消防本部も確認されている<sup>11)</sup>。

### 1.1.2.2 空気感染について

新型コロナウイルス感染症は、接触感染と飛沫感染が主たる感染経路であり、医療機関においても个人防护具の徹底がなされている<sup>12)</sup>。流行当初は、空気感染の否定はできないとされていたが、現在では空気感染よりも空中での浮遊時間や距離が短いマイクロ飛沫感染が接触・飛沫感染と並び主たる経路とされている<sup>13)</sup>。

確定診断後の陽性者や濃厚接触者が判明した救急事案などでは、「感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律」により、原則、都道府県知事の責任において保健所が対応するものの、緊急時や罹患に気付いていない事案では救急隊が対応しているのが現状である。事前に感染症が把握できた事案については、車内養生等の準備も可能となり、PPEの徹底など十分な感染対策を行うことにより罹患のリスクは軽減できると言えるが、新型コロナウイルス感染症は約3割が無症状感染者であると考え<sup>14)</sup>、常時の感染防止対策が必要とされる。

救急車内は狭隘な密閉空間となるため、空気感染対策は、様々な手段を用いて感染リスクを軽減しているが、それぞれメリット・デメリットがある。運転席・助手席の前部座席と患者室の間をドアで区画し隔離する方法では<sup>2)</sup>、運転席等のフロントキャビンには空気は流れてこないメリットがあるものの、患者室での拡散は防ぐことはできないデメリットがある。また、傷病者を隔離するアイソレーターも導入され<sup>15)</sup>、傷病者から隊員への感染リスクは激減するメリットがあるが、坐位などの体位管理ができず、さらに緊急時の観察・処置が困難となるデメリットがある。車両後方壁面にあるベンチレーター吸込口（以下、換気扇）から伸ばしたダクトを傷病者の顔面付近へ近づける独自換気システムを作成している消防本部もあり<sup>16)</sup>、傷病者の咳嗽などに伴う感染リスク軽減には有効であると考えられるが、この方法は換気扇の本来用途とは異なる使用方法であり、このダクト使用時の車内の換気状態が不明確である。また、田中らの報告では、車内を間仕切るカーテンを用いている消防本部が多くを占めていた<sup>17)</sup>。さらに、感染防止マニュアルにおいても、傷病者の周囲をビニールシートで覆う養生の実例が紹介されているが<sup>2)</sup>、この方法はストレッチャーと防振架台まで覆っているため、観察・処置時に養生区間内に入ることになる。

これらのように、新型コロナウイルス感染症などの感染症陽性者では感染対策上、重要な対策方法や資器材であるが、救急出動は多種多様な出動形態があり、無症状の傷病者や緊急時の処置を行う際の容易性を考慮すると、常時使用については様々な課題が残る。

救急車内は密閉空間であり、マイクロ飛沫を含む空気感染対策が必要であるが、救急車内の換気については、現在のところ法令基準等は存在せず、感染防止マニュアルにおいても換気扇の使用等については記載があるが<sup>2)</sup>、具体的な換気方法については触れられていない。

## 1.2 感染防止対策に着目した理由と目的

救急隊は、救急活動中において傷病者の血液や体液など様々な感染源に触れる機会が多く、感染対策に十分な注意が必要である。また、傷病者の中には、自身の罹患に気が付いていない例や不明確な場合もあり平時からの感染対策が重要となる。特に、新型コロナウイルスは、ドアノブや手すりなどに数日間生存するとされ、感染の約10%は環境表面からの間接触感染が原因と推定されるとの報告があることから<sup>18)</sup>、医療従事者は平時から感染対策の徹底が必要となる。

感染防止マニュアルは病院内の感染対策を基に作成されているが、近年の救急車の構造変化や救急救命処置範囲拡大による救急資器材の増加など、様々な感染対策のマニュアルや方法が定説とされた頃と同様の考えでは感染対策上、不十分であると考え、救急活動に特化した感染防止対策に着目した。

よって、基本的な感染経路や感染リスクを把握した上で、様々な既知の感染症を含め今後の新興感染症に対し、救急活動に特化した感染対策について知見を備えておく必要があると考えた。

本研究では、救急活動に特化した感染防止対策を構築することを目的とした。



### 1.3 研究の方法と論文構成

本研究では、救急活動中に生じる感染リスクについて、適切な感染防止策を構築するために以下の検討を行った。

1) **救急活動における感染防止用手袋に関する現状調査（第2章）**

救急活動中の手袋交換のタイミングや交換頻度を明らかにするために、アンケート調査を行い、現状を把握した上で、手袋交換による接触感染防止策を検討した。

2) **救急活動における効果的な手袋交換に関する実験的検討（第3章）**

救急資器材への汚染伝播を把握するために、救急活動中の汚染伝播シミュレーション実験を行い、間接接触感染防止のための救急現場における手袋交換のタイミングと交換回数を検討した。

3) **救急活動における感染防止衣の汚染状況に関する実態調査（第4章）**

感染防止衣の汚染箇所や感染源の実態を明らかにするために、アンケート調査を行い感染防止衣の汚染しやすい箇所である「感染防止衣のクリティカルゾーン」を検討した。

4) **救急車内の空気流動に関する実験的検討（第5章）**

救急車内の空気流動を把握するために、スモークマシンを用いた実験により、マイクロ飛沫感染を含めた空気感染防止のための効果的な換気方法について検討した。

## 第1章 参考文献

- 1) CDC : GUIDELINE FOR ISOLATION PRECAUTIONS IN HOSPITALS.  
<https://stacks.cdc.gov/view/cdc/23188> (最終アクセス : 2022. 6. 9)
- 2) 総務省消防庁:救急隊の感染防止マニュアル(Ver. 2. 1). 2022.  
[https://www.fdma.go.jp/mission/enrichment/prevention/items/counterplan021\\_kansenboushi\\_01.pdf](https://www.fdma.go.jp/mission/enrichment/prevention/items/counterplan021_kansenboushi_01.pdf) (最終アクセス : 2022. 6. 15)
- 3) MRSA 感染症の治療ガイドライン作成委員会 : MRSA 感染症の治療ガイドライン—改訂版— 2019. 2019  
[http://www.chemotherapy.or.jp/guideline/guideline\\_mrsa\\_2019.pdf](http://www.chemotherapy.or.jp/guideline/guideline_mrsa_2019.pdf)  
(最終アクセス : 2022. 7. 6)
- 4) 伊藤隆光, 福井康雄, 小野憲昭, 他 : 環境汚染が原因と考えられた MRSA アウトブレイクの2事例と ICT の対応. 環境感染誌 2010;25 : 152-7.
- 5) 渡部晋一, 住谷珠子, 澤田真理子, 他 : 当院 NICU で経験したセラチア菌院内感染 (*Serratia marcescens*) のアウトブレイクとその対応. 日本周産期・新生児医学会雑誌 2009;45:1173-5.
- 6) JESM:Understand When to Remove Gloves and Other PPE  
<https://www.jems.com/operations/understand-when-remove-gloves-and-other-2/>  
(最終アクセス : 2022. 7. 6)
- 7) Food and Drug Administration : Medical Gowns.  
<https://www.fda.gov/medical-devices/personal-protective-equipment-infection-control/medical-gowns> (最終アクセス : 2022. 7. 6)
- 8) 自治省消防庁 : 消防吏員服制準則の一部改正について (昭和 63 年 6 月 1 日 消防救第 60 号 消防庁次長通知)
- 9) 安田康晴, 松原康博, 石原諭, 他 : 救急現場における感染防止対策の現状と課題. 日本臨床救急医学会雑誌 2001 ; 4 : 380-7.
- 10) 総務省消防庁 : 消防機関における新型インフルエンザ対策検討会報告書. 2009.  
[https://www.fdma.go.jp/singi\\_kento/kento/items/influenza\\_houkoku.pdf](https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/influenza_houkoku.pdf)  
(最終アクセス : 2022. 7. 5)
- 11) 株式会社アイテックス : 救急隊感染防止衣クールバージョンジャケットタイプ.  
<https://www.aitexinc.com/products/sfs.html> (最終アクセス : 2022. 7. 5)
- 12) 厚生労働省 : 新型コロナウイルス感染症診療の手引き第 5. 2 版.  
<https://www.mhlw.go.jp/content/000815065.pdf> (最終アクセス : 2022. 7. 5)
- 13) 厚生労働省 : 新型コロナウイルス感染症はこうした経路で広がっています.  
<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000657104.pdf>  
(最終アクセス : 2022. 7. 5)
- 14) Oran DP, Topol EJ :The proportion of SARS-CoV-2 Infections That are asymptomatic: A systematic review. An Intern Med 2021; 174: 655-62.

- 15) 福岡市消防局：陰圧式患者搬送用器具（アイソレーター）の導入について。  
<https://www.city.fukuoka.lg.jp/data/open/cnt/3/73558/1/020430-hosoku-shobou.pdf>（最終アクセス：202. 5. 7）
- 16) 石井健，木本仁，太田友：救急患者室に搭載する換気位置自由化システムの考案と有用性. プレホスピタル・ケア 2020 ; 33 ; 62-5.
- 17) 田中健，菊池悠，日浦二一，他：救急車内における感染防止のための換気について. 第 29 回全国救急隊員シンポジウム抄録集. 2020 ; 127.
- 18) 国立感染症研究所:ダイヤモンドプリンセス号環境検査に関する報告.  
<https://www.niid.go.jp/niid/ja/diseases/ka/corona-virus/2019-ncov/2484-idsc/9849-covid19-19-2.html>（最終アクセス：2021. 5. 6）

## 第2章 救急活動における感染防止用手袋に関する現状調査

### 2.1 研究背景と目的

標準予防策における PPE の中でも、接触感染を防ぐ手袋の適切な使用は最も基本的な対策といえる。CDC は医療従事者の手袋の使用について、感染防止のために一処置ごとの手袋交換を推奨している。第1章で述べたとおり、感染防止マニュアルの中でも一処置ごとの手袋交換と手指衛生をできる限り実施することが推奨されており、特に、血液・体液等で汚染した場合や、血液・体液等に触れる可能性のある処置を行った後は手袋を交換することが求められている。しかし、現場活動においてこれらの実施状況については明らかになっていないため検討する必要がある。

本章では、救急隊員の手袋着用や交換の現状を明らかにし、今後の課題について検討することを目的とした。

### 2.2 対象と方法

無作為に選び調査協力が得られた 57 消防本部へ、救急活動における手袋着用や交換状況に関する自記式のアンケート調査(図 2-1)を 2020 年 7 月から 10 月まで実施し、1,712 人の救急隊員から回答を得た。

なお、消防本部単位での回答が望ましい問も設けたが、個人の認識や手袋交換の実施程度等を把握するため、全設問を個人回答とした。

## 救急活動中における手袋脱着、手指衛生等に関するアンケート

- ※ 本アンケートにおいて、個人が特定される事はありません。
- ※ 研究成果を発表する場合などにおいて、消防本部名も特定いたしません。
- ※ なんらかの事由により回答を撤回したい場合において、ご連絡があれば即座に撤回できます。

アンケートへのご回答、よろしくお願い申し上げます。

該当項目に○印をつけてください。

あなたの年代を教えてください。

- ① 10代 ② 20代 ③ 30代 ④ 40代 ⑤ 50代 ⑥ 60代

あなたの階級を教えてください。

- ① 消防士 ② 消防副士長 ③ 消防士長 ④ 消防司令補 ⑤ 消防司令 ⑥ 消防司令長

あなたの役割を教えてください。

- ① 隊長 ② 副隊長 ③ 隊員 ④ 機関員

あなたの資格を教えてください。

- ① I課程 ② II課程 ③ 救急科（救急標準課程含む） ④ 救急救命士

### ①規定・マニュアル等の状況

1. 所属消防本部において、個人防護具（PPE）や手指衛生について規定したマニュアル等はありますか？

- ① MC や消防本部の独自マニュアルなど  
② 消防庁発出の「救急隊の感染防止対策マニュアル」  
③ その他

2. そのマニュアル等で、手袋交換のタイミングや手袋の脱着方法については記載されていますか？

- ① ある（交換のタイミングがある場合、簡単な内容で教えてください）

- ② ない

3. あなたは、感染防止に関する知識・技術を習得する研修等ほどの程度受講していますか？

- ① 1年に複数回 ② 1年に1回 ③ 数年に1回 ④ 救急資格受講時、救急救命士養成課程時のみ

図 2-1 (1 枚目)

②救急活動中の手袋脱着等について

1. 救急活動において、手袋は着用していますか？

- ① 必ず着用
- ② 血液・体液等の汚損、またはその可能性があれば都度着用
- ③ 着用しない

2. 救急活動中において、手袋交換するのはどのような場面ですか？（複数回答可）

- ① 血液・体液等で汚損した場合
- ② 血液・体液等で汚損した可能性がある場合
- ③ 穴あきや破けた場合
- ④ あまり交換しない
- ⑤ その他（具体的に簡単に教えてください）

3. 血液・体液等で汚損がない、またその可能性もない救急活動1事案での手袋の平均交換回数を教えてください。

- ① 0回 ② 1回 ③ 2回 ④ 3回 ⑤ 4回 ⑥ 5回以上

4. 自分自身の手袋の交換のタイミングは適切であると思いますか？

（汚損や破損などで、手袋交換をするべき時点であるのに、交換しなかった頻度）

- ① 適切である ② 適切ではないと思うタイミングが時々あった
- ③ 適切ではないと思うタイミングが多々あった ④意識した事がなかった

5. 手袋の交換を適切なタイミングで実施できなかった理由を教えてください。（複数回答可）

- ① 適切な手袋交換のタイミングを認識していない
- ② 処置等のため、交換する時間がない
- ③ 手袋の汚損に気が付かない、または汚損がないと判断しているため
- ④ その他（簡単に教えてください）

6. 手袋を脱ぐ際、どの程度、脱ぎ方に意識をしていますか？

- ① どの場合でも、手袋の外表面を素手で触らぬよう徹底している
- ② 手袋に明らかな汚損がある場合には、意識している
- ③ 意識した事はない

7. 手袋交換を行う場合、手指衛生後に着用していますか？

- ① 必ず行う
- ② 必要があれば行う
- ③ 手袋交換のみで手指衛生はしていない

図 2-1（2 枚目）

**④救急活動での手指衛生について**

1. 救急活動において、手指衛生を行うタイミングについて教えてください。(複数回答可)

- ④ 傷病者への接触前後
- ⑤ 手袋装着の前後
- ⑥ 血液・体液等で汚損した場合、または可能性がある場合
- ⑦ 医師引継ぎ後
- ⑧ 行う事はない

2. 救急活動において、手指衛生を行う場合に用いるものはどれですか？

- ① エタノール含有の速乾性手指消毒剤
- ② その他 (具体的に教えてください)

**④その他**

あなたの手袋着用や手指衛生について、創意工夫や意見、考え方などがあれば教えてください。

お忙しい中、ご回答ありがとうございました。

コロナ禍の中、日々の救急活動に感謝申し上げます。

図 2-1 (3 枚目)

## 2.3 結果

資格内訳は、救急救命士 845 人(50%)、救急科等 861 人(50%)であった（無回答 6 人）。

### (1) 感染防止に関する規定・マニュアルについて

「MC や本部作成のマニュアル導入」が 857 人(50%)、「消防庁発出マニュアル 3)」が 744 人(44%)、「導入していない」が 103 人(6%)、その他は発出された感染防止対策関連の通知文等の使用などであった(図 2-2)。

また、マニュアル等の中で手袋交換のタイミングや方法の記載の有無については、「記載されている」が 1,433 人(89%)で、「記載がない」が 159 人(10%)であった(図 2-3)。

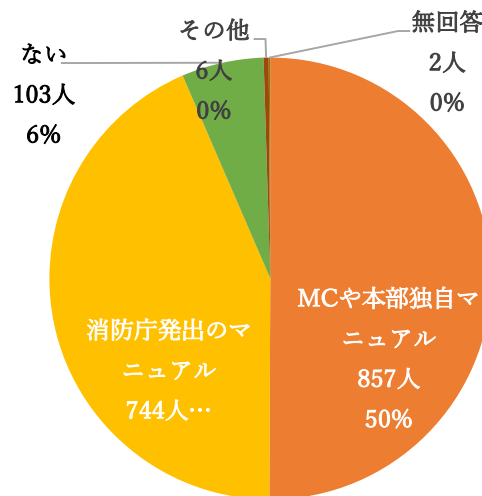


図 2-2 PPE や手指衛生に関するマニュアル等の有無  
(n=1,712)

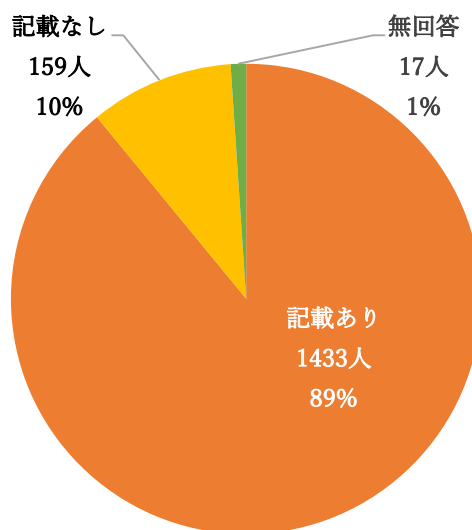


図 2-3 マニュアル等における手袋交換タイミングなどの記載の有無  
(n=1,609)



## (2) 感染防止に関する研修体制について

「1年に複数回」が269人(16%)、「1年に1回」が246人(14%)、「数年に1回」が226人(13%)、「救急資格受講時のみ」が676人(40%)であった。

研修実施主体は、消防本部が481人(65%)、MCが24人(3%)、医療機関が60人(8%)、その他として保健所開催や指導救命士によるOJT等が152人(21%)であった(図2-4)。

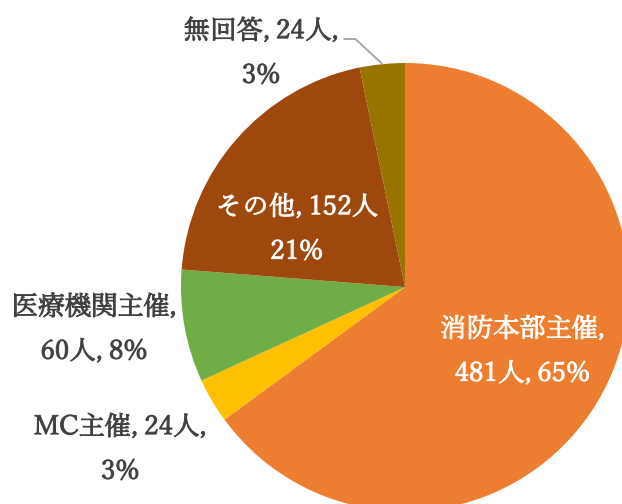


図 2-4 感染防止に関する研修等の実施主体  
(n=1,712)

## (3) 救急活動中における手袋着用状況について

「必ず着用する」が1,690人(98.7%)、「血液汚染(可能性を含む)が認められる場合」が13人(0.8%)、無回答が9人(0.5%)であった(図2-5)。

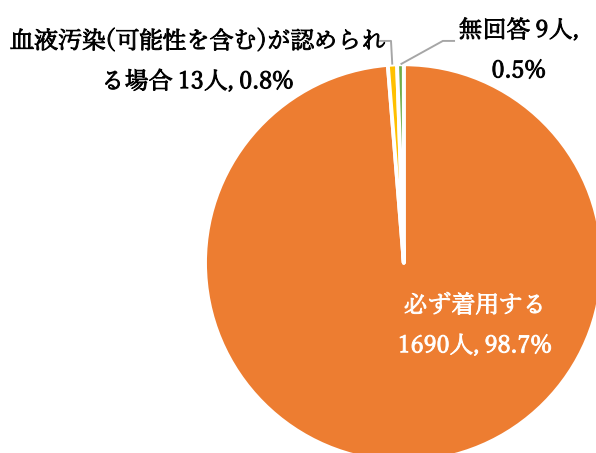


図 2-5 救急活動中における手袋着用状況  
(n=1,712)

(4) 救急活動中における手袋交換の場面について(複数回答)

「血液・体液で汚染した場合」が 1,455 人(32%), 「血液・体液で汚染した可能性がある場合」が 1,458 人(32%), 「穴あきや破損がある場合」が 1,507 人(34%), その他として、複数傷病者、ハンドルに触れる前、手掌発汗時、特定行為前後などがあった(図 2-6)。

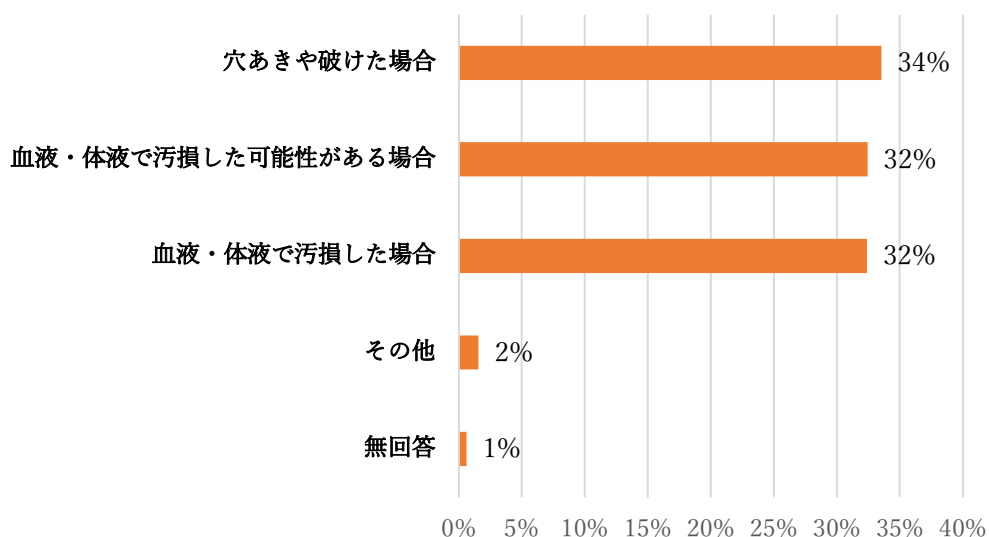


図 2-6 救急活動中における手袋交換の場面

(n=1,712 : 複数回答)

(5) 血液汚染等がない場合の救急活動 1 事案での手袋交換の平均回数について

「交換しない」が 928 人(54%), 「1 回」が 581 人(34%), 「2 回」が 167 人(10%), 「3 回」が 21 人(1%), 4 回以上は 6 人(0.4%)であった(図 2-7)。

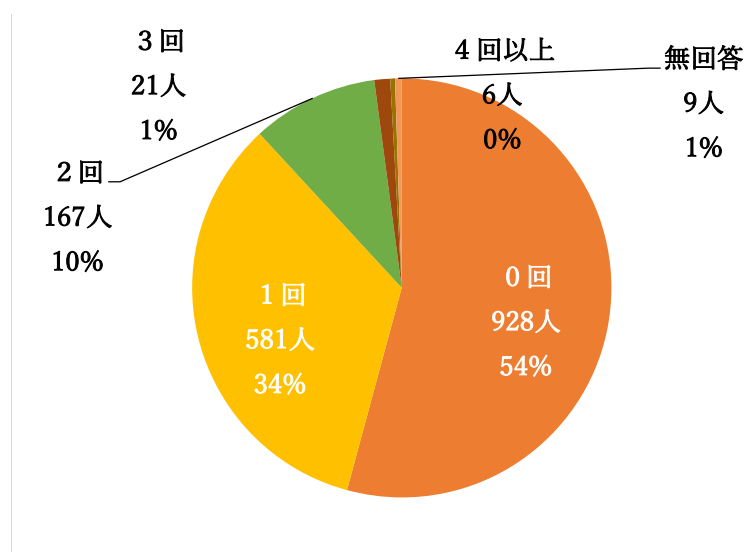


図 2-7 血液汚染等がない場合の救急活動 1 事案での手袋交換の平均回数

(n=1,712)

(6) 自分自身の手袋交換タイミングの適切さについて

「適切である」が1,067人(62%)、「適切ではないタイミングが時々あった」が570人(33%)、「適切ではないタイミングが多々あった」が20人(1%)、「意識していない」が47人(3%)であった(図2-8)。

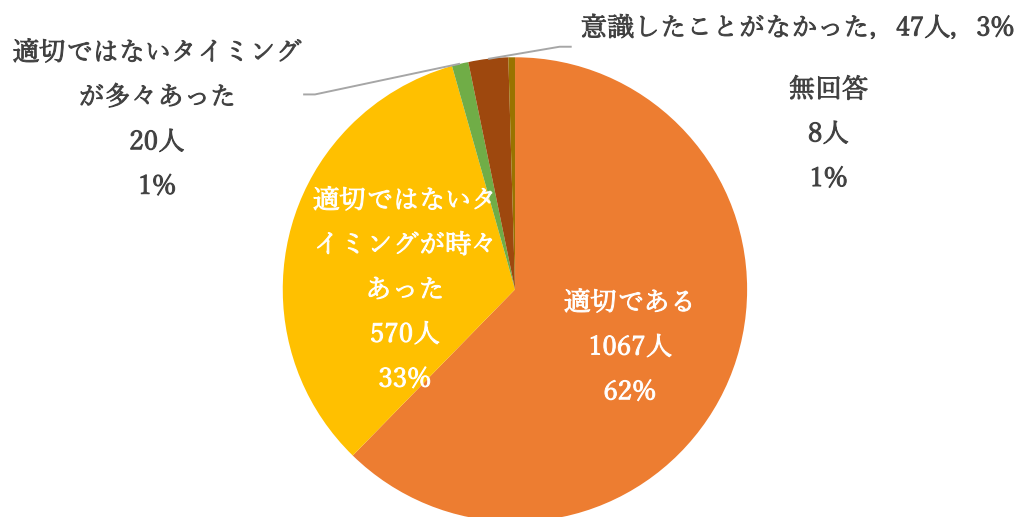


図2-8 自分自身の手袋交換タイミングの適切さ (n=1,712)

(7) 適切なタイミングに手袋交換できなかった理由について(複数回答)

「適切なタイミングを認識していない」が89人(6%)、「処置等のため交換する時間がない」が772人(55%)、「手袋の汚染に気が付かない、または汚染していないと判断している」が458人(33%)、その他が88人(6%)であった。

その他は、予備の持ち合わせがない、継続処置のため汚染に気付いても実施できない、発汗で交換に時間を要するためできない場合がある、などであった。

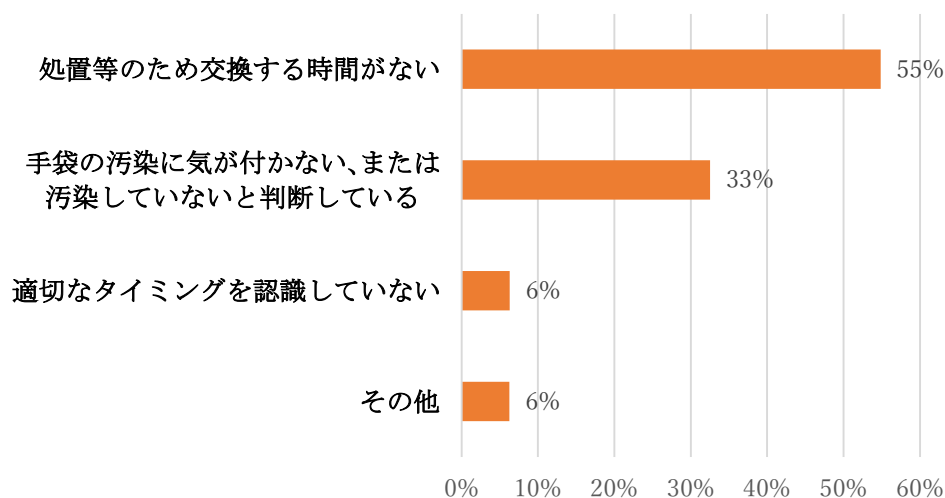


図2-9 適切なタイミングで手袋交換ができなかった理由 (n=1,712)

(8) 手袋交換後の手指衛生(速乾性手指消毒剤等の使用)について

「必ず行う」が 574 人(33.5%), 「必要があれば行う」が 744 人(43.5%), 「行わない」が 388 人(22.7%), 無回答が 6 人(0.4%) であった。(図 2-10)

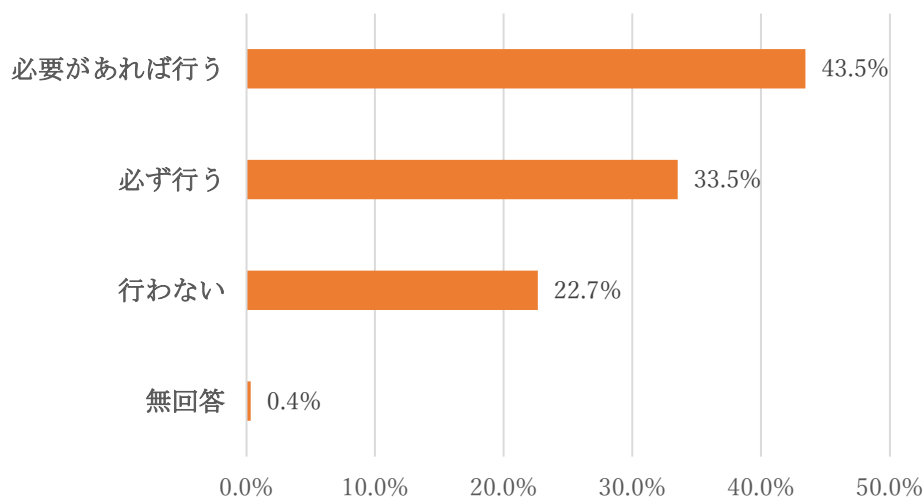


図 2-10 手袋交換後の手指衛生  
(n=1,712)

(9) 研修受講状況と手袋交換状況の関係について

研修を受ける頻度が多いほど、手袋交換の回数は増える傾向にあるが、3 回以上の交換では大きな差は認められなかった(図 2-11)。

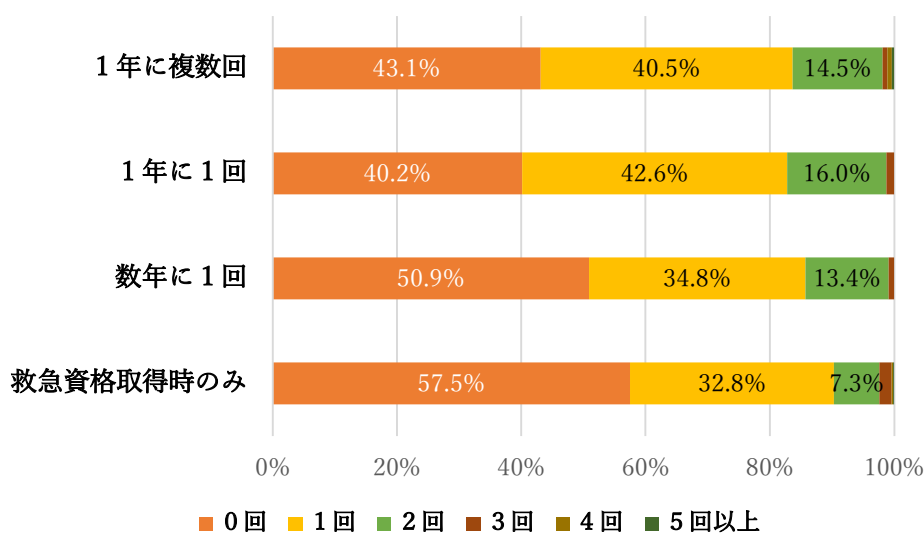


図 2-11 研修受講状況と手袋交換状況の関係

## 2.3 考察

### 2.3.1 感染防止に関する規定・マニュアル等について

アンケートにおいて、「マニュアル等の中で、手袋交換のタイミングや手技の具体的な方法についての記載有無」についての設問では、「消防庁発出マニュアルを使用している」と回答した744名のうち33名が、消防庁発出のマニュアルには手袋交換に関する記載があるにもかかわらず、「手袋交換に関する記載がない」と回答していた。また、他の選択肢においても同一消防本部内で回答の相違が散見された。設問の文章の主旨の曖昧さが回答に影響している可能性もあるが、マニュアル等の存在は認知していても内容まで熟知できていないなど、マニュアル記載内容等の理解度が低い可能性がある。

### 2.3.2 感染防止に関する研修体制について

感染防止に関する研修受講状況と手袋交換状況の関係などから、現在の研修や教育体系において一定の効果は表れていると考える。しかし、本調査は限られた人数での結果であるが、上述した自身が使用するマニュアルの理解度不足や手袋交換状況の結果から、教育体制の充実強化が必要な可能性がある。現在の救急救命士再教育の項目では病態や疾患などが規定されているが、この項目に感染防止対策を明確化するなど、救急救命士をはじめ、救急隊員全体に対し、必須カリキュラム化した教育体制の構築が望ましいと考える。

### 2.3.3 救急活動中の手袋脱着等について

一処置ごとの手袋交換は、傷病者からの直接接触感染防止に加え、救急車内や共用する資器材などの環境表面への汚染防止となり、救急隊員間あるいは救急隊員自身への間接接触感染防止に有効である。医療機関では、新型コロナウイルスの流行を踏まえ、汚染された器具などによる感染伝播防止のための手指衛生や手袋交換などのより一層の徹底が周知され注意喚起が図られている<sup>1)</sup>。

今回の結果から手袋交換について、1回の出動において手袋交換0回が54%を占めたことは、汚染拡大防止への対応が不十分であり、汚染のある手袋のままでドアノブ等を触れることにより汚染が拡大することから、救急隊員の間接接触感染リスクの可能性は高い状況にあると考えられる。

厚生労働省は感染対策の原則として、感染源を「持ち込まない」「持ち出さない」「拡げない」ことを推奨している<sup>2)</sup>。救急活動では、傷病者接触から「持ち出さない」、救急車内や搬送先病院内へ「持ち込まない」、各種資器材等へ「拡げない」などを考えると、傷病者接触(観察・処置)後、救急車収容までの曳行後、救急車内での観察・処置後など少なくとも3回以上の手袋交換が必要になる。救急出動ごとに救急車内や資器材の消毒を実施していると考えるが、適切なタイミングで手袋交換が行われなかった場合には、消毒までの間、救急車のドアノブやハンドル、資器材などの環境表面から間接接触感染する可能性は高くなる。

また、手袋には一定の確率でピンホールが存在する可能性があり<sup>3)</sup>、手袋交換は感染

防止マニュアルのとおり適切に脱がなくては手指を汚染させるリスクがある<sup>4)</sup>。ピンホールが存在と手袋を外す際の感染リスクを考えれば、手袋交換後の手指衛生は不可欠である。救急活動中に手袋を交換する時間がない場合、手袋を着用した状態でのアルコール擦式手指消毒薬の使用も考えられる。しかし、この行為について CDC は推奨しておらず、さらに手袋への手指消毒では完全に微生物が除去できないと報告されている<sup>5)</sup>。よって、手袋交換が頻回に行えない場合には、日本手術学会で推奨されているダブルグローブ(二重手袋)<sup>6)</sup>が有効であると考えられる。ダブルグローブは、アウターグローブ(外側)にピンホールや破損等があった場合でもインナーグローブ(内側)で防御され、双方にピンホールがある場合でも部位の重なる確率は低い。また、アンケート回答の中でも、「手汗のため交換しにくい」との意見も多数あった。現在、多く使用されている手袋は、パウダーフリーのプラスチックグローブであり手指に湿潤があればスムーズな脱着は困難であり時間を要するが、ダブルグローブは汚染されたアウターグローブを容易に脱がせることができるため、事前にダブルグローブにしておくことで適切なタイミングでの手袋交換が行えると考えられる。

さらに、手袋交換ができない理由の中に、頻回な手袋交換がコスト高になるため交換を控えているという意見もあった。限られた財源の中、救急業務においてもコスト管理は重要である。しかし、救急隊員が感染症に罹患した場合の治療費などは、手袋購入コストと比較すれば極めて高額になる可能性もある。さらに救急隊員が長期休務した場合、救急隊は救急救命士や救急隊員の有資格で運用しているため代替人員の確保は困難であり、頻回な手袋交換による感染防止対策のメリットは大きいと考える。

## 2.4 まとめ

適切な手袋交換は直接接触感染のほか間接接触感染防止にも有効であるが、現状調査した結果、救急活動中における手袋着用や交換など、適切な手袋交換が実施されていない場合も多く発生していることがわかった。

## 2.5 研究限界と次章への課題

本章で把握できた適切な手袋交換がなされていない現状から、今後の課題として、間接接触感染防止には一処置一手袋交換が効果的ではあるが、コスト管理も考慮した上で適切な手袋交換のタイミングや回数を検討する必要がある。

よって、次章より以下の内容で検討した。

1. 手袋交換をしない場合の救急車内や資器材への汚染伝播状況の検討
2. 手袋交換の頻度により汚染伝播状況の減少程度の検討
3. 適切な手袋交換のタイミングと回数の検討

## 第2章 参考文献

- 1) 厚生労働省新型コロナウイルス感染症対策推進本部:医療機関における新型コロナウイルス感染症への対応について(その3) (令和2年4月7日, 事務連絡) .
- 2) 厚生労働省:感染対策の基礎知識.  
<https://www.mhlw.go.jp/content/000501120.pdf> (最終アクセス:2022.6.21)
- 3) 日本工業規格:使い捨て検査・検診用ゴム手袋. <https://kikakurui.com/t9/T9115-2000-02.html> (最終アクセス:2022.6.21)
- 4) Olsen RJ, Lynch P, Coyle MB, et al. Examination gloves as barriers to hand contamination in clinical practice. JAMA 1993;270:350-353.
- 5) 山田崇春, 戸川泰子, 幸脇正典, 他:擦式アルコール性手指消毒剤による手袋の上からの手指消毒効果に関する検討. 日本新生児成育医学会雑誌 2018;30(1)99-103.
- 6) 日本手術医学会:手術医療のための実践ガイドライン改訂版 2013年. 2013.

## 第3章 救急活動における効果的な手袋交換に関する実験的検討

### 3.1 研究背景と目的

第2章で述べた手袋交換の現状把握をするためのアンケート調査(57消防本部1,712人)では、救急出動中の手袋着用率は99.6%、血液汚染など目に見える汚染等がある場合等の手袋交換率は99.0%であったが、汚染や破損がない場合は、1回の救急出動で54.5%が一度も手袋交換しておらず、現状の救急活動では十分に励行されているとはいえない可能性があることがわかった<sup>1)</sup>。

感染防止マニュアルにおいても、隊員個人の感染リスクを減らすために一処置ごとの手袋交換を推奨しているほか、誤ったPPEの取扱いは汚染を拡大させるとも明記され、汚染拡大防止のための手袋交換のタイミングの原則は「血液・体液等で汚染した又は血液・体液等に触れる可能性のある処置を行った後」とされており、手袋交換は汚染伝播による間接触感染を防ぐ観点からも非常に重要であり、汚染された環境表面からの間接触感染もあるとされ、医療従事者は標準予防策と感染経路別予防策の徹底が求められている<sup>2)</sup>。

第一類感染症などでは事前情報からPPEの徹底や車内養生も可能となるが、感染症の罹患状況が明確ではない事案にも対応する救急活動を考えると、平時からの十分な感染防止対策が重要となる。

医療機関における手袋交換の先行研究では、コスト面への懸念もあげられ<sup>3)</sup>、救急活動においても、地方自治体の限られた予算から捻出されている感染予防対策に対するコスト意識から頻回な手袋交換が十分に行われていない可能性もある。

既往の研究において、病院内での看護師を対象とした手指衛生<sup>4)</sup>や手術中における手袋交換のタイミングなどの先行研究は見受けられるが<sup>5)</sup>、救急活動時の汚染伝播状況と手袋交換タイミングについて着目した研究は見当たらなかった。

本章では、救急活動時の汚染伝播状況を把握し、適切な手袋交換の回数とタイミング及び交換方法について検討することを目的とした。



### 3.2 実験1 救急活動時の汚染伝播状況の把握について

#### 3.2.1 対象と方法

感染症傷病者と見立てた訓練人形（ALS シミュレーター：Laerdal 社製）の全身に、目視できない感染源と想定した蛍光塗料を塗布し、内因性 CPA 症例、重症外傷症例及び内因性ショック症例のシミュレーション活動（実施者が通常使用しているプロトコルを準用）を行い、活動時の汚染伝播状況を把握した。被験者は、救急隊員 3 人を含む救急救命士計 6 名（男性 5 名、女性 1 名：平均年齢 43.5±11.5 歳：平均手掌面積 140.2±5.2 cm<sup>2</sup>）で、手袋（NZ-4000 ニトリル極うす手袋：ダンロップホームプロダクツ製）を一重で着用した。想定は、①傷病者接触後に観察・処置を実施、②搬送資器材（内因性：ターポリン担架、外因性：バックボード）へ移乗し、メインストレッチャーで救急車内収容、③救急車内収容後に車内活動を実施、④車内活動実施後にメインストレッチャー搬出までとし、傷病者接触から病院搬入までの一連の流れとした。内因性 CPA 症例、重症外傷症例及び内因性ショック症例の順に行い、各想定において、隊長、隊員及び機関員の役割を付与した。なお、各想定の前隊長を無作為抽選した後、隊員と機関員は想定間で同一の役割とならないよう調整し抽選した。被験者の役割付与を表 3-1 に示す。

表 3-1 役割付与表

	内因性CPA症例				重症外傷性症例				内因性ショック症例			
隊長	A	D	E	F	B	E	F	D	C	F	D	E
隊員	B	E	F	D	C	F	D	E	A	E	F	D
機関員	C	F	D	E	A	D	E	F	B	D	E	F
平均手掌面積	138.9±8.0	141.4±0.75	141.4±0.75	141.4±0.75	138.9±8.0	141.4±0.75	141.4±0.75	141.4±0.75	138.9±8.0	141.4±0.75	141.4±0.75	141.4±0.75

- ※ 各想定は、手袋交換なし・交換 3 回・一処置ごと交換の順で実験を行った。
- ※ 想定実施中に、役割変更はしていない。
- ※ 平均手掌面積は、各実施者の左右手掌面積を「平均値±標準偏差」で表示

蛍光塗料は、緑蛍光粉（耐水蓄光パウダー：onion 社製）にグリセリンを加え 10% 溶液とし（粘張度を一定にするため室温 23℃で固定）、それぞれの想定前に、全身に 10 cc 塗布した。ブラックライト（ブラックライトブルー-FL20SBL-B：NEC 社製）を使用し、救急車内は照射角度を一定にするため蛍光灯をブラックライト蛍光灯に交換した。汚染伝播状況は、それぞれの想定実施後に救急資器材や救急車にブラックライト照射し発光部を撮影した（図 3-1）。写真（デジタルデータ）を画像解析ソフト（PaintShopPro version7.0：COREL 社製）を用い RGB 分解処理し、発光部の確認が容易な G（グリーン）を抽出した。抽出データをプログラミング処理ソフト（Visual Basic6.0：Microsoft 社製）の機能を用いて、単純二値化処理し、高輝度画素数を計測し面積を算出した。なお、

ドアノブなどの背面部や湾曲部は写真撮影が不可能なため、同一の動作で触れた手指を別に用意した用紙へ転写し測定した（図 3-2）。

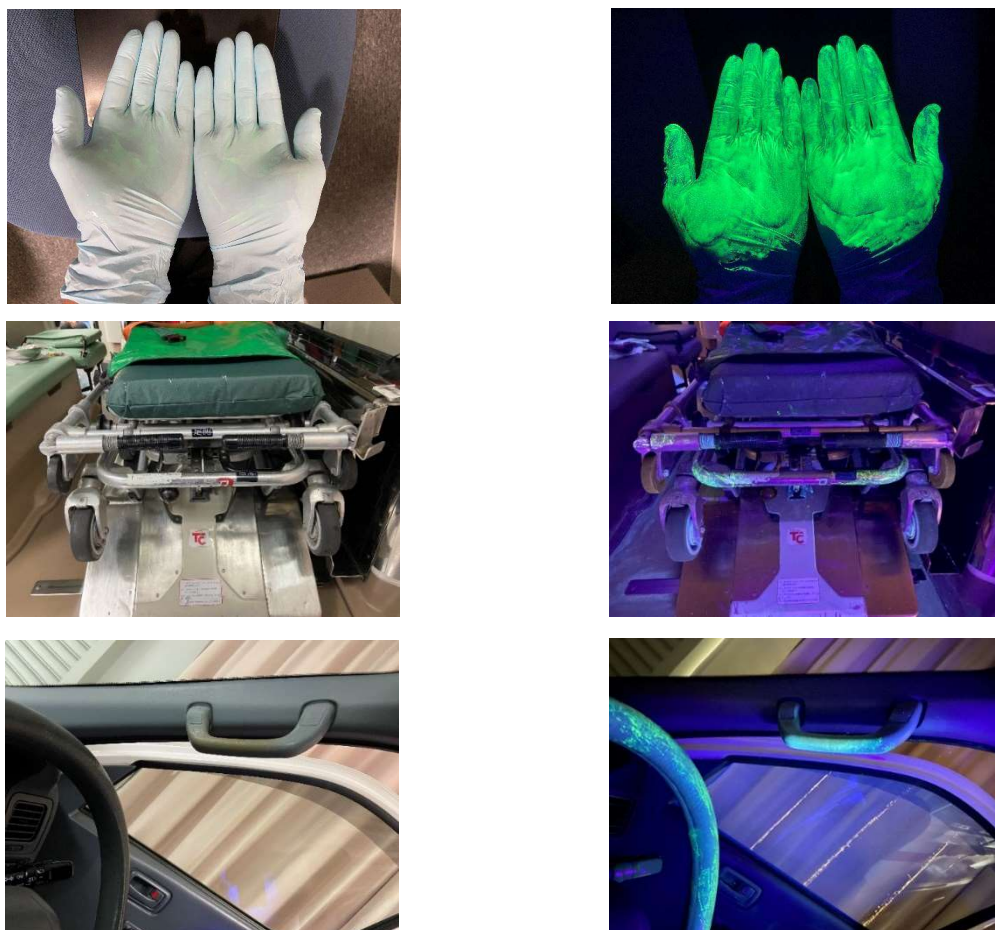


図 3-1 ブラックライト照射時



図 3-2 転写測定の場合（左：ターポリン担架持ち手部分、右：ドアノブ）

### 3.2.2 結果

各想定時の結果を表 3-2 に示す。数値は各想定における 4 回の平均値を採用した。

内因性 CPA では、ハンドルが  $196.5 \pm 0.3 \text{ cm}^2$  と最も広く、次いでメインストレッチャーメインフレーム  $196.0 \pm 1.1 \text{ cm}^2$ 、ターポリン担架持ち手の  $97.8 \pm 0.2 \text{ cm}^2$  で、総面積は  $1168.7 \pm 7.0 \text{ cm}^2$  であった。重症外傷では、バックボードヘッドイモビライザーの  $199.6 \pm 0.3 \text{ cm}^2$  が最も広く、次いでメインストレッチャーメインフレームの  $196.1 \pm 0.1 \text{ cm}^2$ 、ハンドルの  $195.0 \pm 0.7 \text{ cm}^2$  であり、総面積は  $1252.3 \pm 8.0 \text{ cm}^2$  であった。内因性ショックでは、ハンドルの  $197.5 \pm 1.4 \text{ cm}^2$  が最も広く、次いでメインストレッチャーメインフレームの  $195.6 \pm 0.2 \text{ cm}^2$ 、ターポリン担架持ち手部  $97.8 \pm 0.8 \text{ cm}^2$  であり、総面積は  $1168.9 \pm 10.2 \text{ cm}^2$  であった。

表 3-2 各想定時の結果

	(単位: $\text{cm}^2$ )		
	内因性CPA症例	重症外傷症例	内因性ショック症例
BVM	47.0 ± 0.7	-	-
ターポリン担架 (取っ手)	97.8 ± 0.2	-	97.8 ± 0.8
ターポリン担架 (固定ベルト:1本)	29.4 ± 0.9	-	29.0 ± 0.7
バックボード (持ち手)	-	55.3 ± 0.5	-
バックボード (ヘッドイモビライザー)	-	199.6 ± 0.3	-
バックボード (固定ベルト)	-	36.2 ± 0.8	-
救急バッグ (取っ手)	38.1 ± 0.7	38.2 ± 0.6	39.2 ± 0.6
酸素バッグ (取っ手)	38.3 ± 0.2	38.4 ± 0.4	38.9 ± 1.2
吸引器 (取っ手)	42.3 ± 0.1	-	42.3 ± 0.4
半自動除細動器 (取っ手)	43.0 ± 0.7	-	43.4 ± 0.9
半自動除細動器 (コード)	3.5 ± 0.5	-	-
メインストレッチャー (メインフレーム)	196.0 ± 1.1	196.1 ± 0.1	195.6 ± 0.2
メインストレッチャー (サイドフレーム)	37.0 ± 0.7	37.5 ± 0.4	37.7 ± 0.4
メインストレッチャー (固定ベルト)	35.9 ± 0.5	36.8 ± 0.2	36.1 ± 0.7
後部ハッチ (ドアノブ)	20.9 ± 1.1	21.5 ± 0.5	21.4 ± 0.9
後部ハッチ (補助ロープ)	80.7 ± 0.6	81.2 ± 0.7	81.3 ± 0.8
スライドドア (ドアノブ)	21.7 ± 0.5	22.9 ± 0.8	20.8 ± 0.9
運転席 (外側ドアノブ)	20.7 ± 0.8	19.7 ± 0.2	20.5 ± 0.3
運転席 (ハンドル)	196.5 ± 0.3	195.0 ± 0.7	197.5 ± 1.4
運転席 (補助取っ手)	78.9 ± 0.7	78.7 ± 0.7	80.1 ± 0.1
運転席 (シフトレバー)	75.7 ± 0.2	77.5 ± 0.4	76.1 ± 0.7
運転席 (内側ドアノブ)	22.7 ± 0.1	23.3 ± 0.6	22.4 ± 0.8
酸素流量計	8.0 ± 0.0	8.1 ± 0.0	7.5 ± 0.4
心電図モニター (本体)	-	3.7 ± 0.2	3.5 ± 0.2
心電図モニター (コード)	-	3.3 ± 0.4	2.1 ± 0.1
人工呼吸器 (本体)	3.8 ± 0.1	-	-
人工呼吸器 (チューブ)	22.3 ± 0.1	-	-
血圧計 (マンシェット)	-	52.1 ± 0.7	49.1 ± 0.6
血圧計 (チューブ)	-	8.1 ± 0.6	7.6 ± 0.6
聴診器	8.8 ± 0.1	8.4 ± 0.8	8.6 ± 0.3
血中酸素飽和度測定プローブ	-	11.0 ± 0.0	10.8 ± 0.4
合計	1,168.7 ± 7.0	1,252.3 ± 8.0	1,168.9 ± 10.2

※表中の「-」は未使用を示す。

※記載数値は「平均値±標準偏差」で表示

### 3.3 実験2 汚染拡大防止のための手袋交換の適切なタイミングと交換回数について

#### 3.3.1 方法

手袋交換条件について、CDC 等で推奨されている「一処置ごとの手袋交換」と厚生労働省の「感染対策の原則」として示している、「持ち込まない」、「持ち出さない」、「拡げない」を救急活動に当てはめ、傷病者接触時の観察・処置後、救急車収容前、救急車搬出前の「3 回の手袋交換」を手袋交換条件とし、汚染伝播状況を実験 1 と同様の設定及び方法で行った。

#### 3.3.2 結果

各想定の場合における汚染伝播面積と増減について以下に示し、手袋を交換したタイミング（3 回交換及び一処置ごとの手袋交換）を図 3-3 に示す。

救急資器材や救急車の汚染伝播状況の結果を表 3-3（実験 1 の結果を含む）に、手袋交換なしを基準とした、手袋交換 3 回と一処置ごと手袋交換の汚染伝播面積比を図 3-3 に示す。汚染伝播面積について、手袋交換なしを 100%とした場合の汚染伝播面積比は、内因性 CPA 想定では、手袋交換 3 回 13.9%、一処置ごと手袋交換 10.7%、重症外傷想定では、手袋交換 3 回 26.7%、一処置ごと手袋交換 22.5%、内因性ショック想定では、手袋交換 3 回 8.6%、一処置ごと手袋交換 2.5%であった。

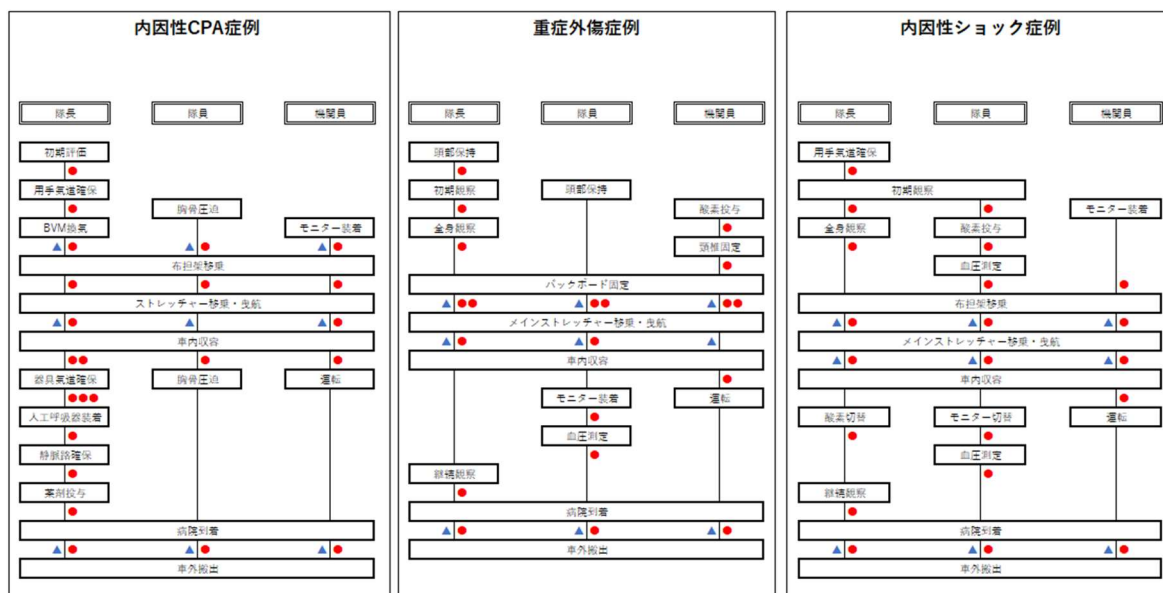


図 3-3 各想定の手袋交換タイミング

凡例：▲～3回交換時，●～一処置ごと交換時

▲●の個数は交換回数を示す。

表 3-3 各想定の手袋交換回数と汚染面積

単位：cm<sup>2</sup>

	内因性CPA症例			重症外傷症例			内因性ショック症例		
	手袋交換なし	手袋交換3回	一処置ごと交換	手袋交換なし	手袋交換3回	一処置ごと交換	手袋交換なし	手袋交換3回	一処置ごと交換
BVM	47.0 ± 0.7	48.6 ± 1.6	48.3 ± 1.3	-	-	-	-	-	-
ターボリン担架 (取っ手)	97.8 ± 0.2	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	-	-	-	97.8 ± 0.8	0.0	0.0
ターボリン担架 (固定ベルト:1本)	29.4 ± 0.9	26.3 ± 0.4	23.1 ± 0.1	-	-	-	29.0 ± 0.7	23.7 ± 2.5	0.0
バックボード (持ち手)	-	-	-	55.3 ± 0.5	0.0	0.0	-	-	-
バックボード (ヘッドイモビライザー)	-	-	-	199.6 ± 0.3	200.9 ± 0.5	202.8 ± 1.0	-	-	-
バックボード (固定ベルト)	-	-	-	36.2 ± 0.8	35.2 ± 0.9	33.9 ± 0.4	-	-	-
救急バッグ (取っ手)	38.1 ± 0.7	0.0	0.0	38.2 ± 0.6	0.0	0.0	39.2 ± 0.6	0.0	0.0
酸素バッグ (取っ手)	38.3 ± 0.2	0.0	0.0	38.4 ± 0.4	0.0	0.0	38.9 ± 1.2	0.0	0.0
吸引器 (取っ手)	42.3 ± 0.1	0.0	0.0	-	-	-	42.3 ± 0.4	0.0	0.0
半自動除細動器 (取っ手)	43.0 ± 0.7	0.0	0.0	-	-	-	43.4 ± 0.9	0.0	0.0
半自動除細動器 (コード)	3.5 ± 0.5	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-
メインストレッチャー (メインフレーム)	196.0 ± 1.1	0.0	0.0	196.1 ± 0.1	0.0	0.0 ± 0.0	195.6 ± 0.2	0.0	0.0
メインストレッチャー (サイドフレーム)	37.0 ± 0.7	30.0 ± 0.0	33.1 ± 0.0	37.5 ± 0.4	0.0	0.0 ± 0.0	37.7 ± 0.4	0.0	0.0
メインストレッチャー (固定ベルト)	35.9 ± 0.5	22.0 ± 0.0	20.1 ± 0.0	36.8 ± 0.2	16.8 ± 0.8	18.5 ± 0.3	36.1 ± 0.7	0.0	0.0
後部ハッチ (ドアノブ)	20.9 ± 1.1	0.0	0.0	21.5 ± 0.5	0.0	0.0	21.4 ± 0.9	0.0	0.0
後部ハッチ (補助ロープ)	80.7 ± 0.6	0.0	0.0	81.2 ± 0.7	0.0	0.0	81.3 ± 0.8	0.0	0.0
スライドドア (ドアノブ)	21.7 ± 0.5	0.0	0.0	22.9 ± 0.8	0.0	0.0	20.8 ± 0.9	0.0	0.0
運転席 (外側ドアノブ)	20.7 ± 0.8	0.0	0.0	19.7 ± 0.2	0.0	0.0	20.5 ± 0.3	0.0	0.0
運転席 (ハンドル)	196.5 ± 0.3	0.0	0.0	195.0 ± 0.7	0.0	0.0	197.5 ± 1.4	0.0	0.0
運転席 (補助取っ手)	78.9 ± 0.7	0.0	0.0	78.7 ± 0.7	0.0	0.0	80.1 ± 0.1	0.0	0.0
運転席 (シフトレバー)	75.7 ± 0.2	0.0	0.0	77.5 ± 0.4	0.0	0.0	76.1 ± 0.7	0.0	0.0
運転席 (内側ドアノブ)	22.7 ± 0.1	0.0	0.0	23.3 ± 0.6	0.0	0.0	22.4 ± 0.8	0.0	0.0
酸素流量計	8.0 ± 0.0	0.0	0.0	8.1 ± 0.0	0.0	0.0	7.5 ± 0.4	0.0	0.0
心電図モニター (本体)	-	-	-	3.7 ± 0.2	2.2 ± 0.1	2.2 ± 0.0	3.5 ± 0.2	0.0	0.0
心電図モニター (コード)	-	-	-	3.3 ± 0.4	3.0 ± 0.1	3.0 ± 0.0	2.1 ± 0.1	0.0	0.0
人工呼吸器 (本体)	3.8 ± 0.1	3.5 ± 0.0	0.0	-	-	-	-	-	-
人工呼吸器 (チューブ)	22.3 ± 0.1	23.0 ± 0.0	0.0	-	-	-	-	-	-
血圧計 (マンシエット)	-	-	-	52.1 ± 0.7	53.4 ± 2.5	8.9 ± 0.3	49.1 ± 0.6	49.7 ± 0.2	9.6 ± 0.6
血圧計 (チューブ)	-	-	-	8.1 ± 0.6	9.3 ± 0.2	0.0	7.6 ± 0.6	8.0 ± 0.1	9.0 ± 0.0
聴診器	8.8 ± 0.1	8.8 ± 0.1	0.0	8.4 ± 0.8	7.1 ± 0.1	0.0	8.6 ± 0.3	8.9 ± 0.1	0.0
血中酸素飽和度測定プローブ	-	-	-	11.0 ± 0.0	6.1 ± 0.1	12.2 ± 0.5	10.8 ± 0.4	10.5 ± 0.9	11.1 ± 0.0
合計	1,168.7 ± 7.0	162.1 ± 1.2	124.5 ± 3.7	1,252.3 ± 8.0	333.8 ± 1.8	281.4 ± 2.7	1,168.9 ± 10.2	100.8 ± 2.7	29.7 ± 0.6
手袋交換なしを基準とした汚染伝播面積比	100%	13.9%	10.7%	100%	26.7%	22.5%	100%	8.6%	2.5%

※表中の「-」は未使用を示す。

※記載数値は「平均値±標準偏差」で表示

## (1) 内因性 CPA

手袋交換 3 回では、手袋交換なしの場合に特に広く汚染伝播していたハンドル、メインストレッチャーメインフレーム、ターポリン担架取っ手のいずれも 0 cm<sup>2</sup>に減少し、他の数箇所においても 0 cm<sup>2</sup>となった箇所がみられた。一方で、ターポリン担架固定ベルトは 26.3 cm<sup>2</sup> (-3.1 cm<sup>2</sup>)、メインストレッチャーサイドフレームは 30 cm<sup>2</sup> (-7.0 cm<sup>2</sup>)、メインストレッチャー固定ベルトは 22 cm<sup>2</sup> (-13.9 cm<sup>2</sup>)、人工呼吸器本体は 3.5 cm<sup>2</sup> (-0.3 cm<sup>2</sup>)、聴診器は 8.8 cm<sup>2</sup> (±0 cm<sup>2</sup>) では汚染箇所は残存し、BVM の 48.6 cm<sup>2</sup> (+1.6 cm<sup>2</sup>)、人工呼吸器チューブの 23 cm<sup>2</sup> (+0.7 cm<sup>2</sup>) では若干ではあるが増えていた。

一処置ごとの手袋交換においても、ハンドル、メインストレッチャーメインフレーム、ターポリン担架取っ手はいずれも 0 cm<sup>2</sup>に減少し、他の箇所も 0 cm<sup>2</sup>に減少していた。一方で、ターポリン担架固定ベルトは 23.1 cm<sup>2</sup> (-6.3 cm<sup>2</sup>)、メインストレッチャーサイドフレームは 33.1 cm<sup>2</sup> (-3.9 cm<sup>2</sup>)、メインストレッチャー固定ベルトは 20.1 cm<sup>2</sup> (-15.8 cm<sup>2</sup>) と汚染箇所は残存し、BVM では 48.3 cm<sup>2</sup> (+1.3 cm<sup>2</sup>) と増加した箇所もみられた。

## (2) 重症外傷想定

手袋交換 3 回では、手袋交換なしの場合に広く汚染伝播していたメインストレッチャーメインフレーム、ハンドルはいずれも 0 cm<sup>2</sup>に減少し、他の数箇所においても 0 cm<sup>2</sup>となった箇所がみられた。一方で、バックボード固定ベルトは 35.2 cm<sup>2</sup> (-1.0 cm<sup>2</sup>)、メインストレッチャー固定ベルトは 16.8 cm<sup>2</sup> (-20.0 cm<sup>2</sup>)、心電図モニター本体は 2.2 cm<sup>2</sup> (-1.5 cm<sup>2</sup>)、心電図モニターコードは 3.0 cm<sup>2</sup> (-0.3 cm<sup>2</sup>)、聴診器は 7.1 cm<sup>2</sup> (-1.3 cm<sup>2</sup>)、血中酸素飽和度測定プローブは 6.1 cm<sup>2</sup> (-4.9 cm<sup>2</sup>) と汚染伝播面積の大きな減少はみられず残存し、手袋交換なしの場合に最も広く汚染伝播していたバックボードヘッドイモビライザーは 200.9 cm<sup>2</sup> (+1.3 cm<sup>2</sup>)、血圧計マンシエットは 53.4 cm<sup>2</sup> (+1.3 cm<sup>2</sup>) と増加した箇所もみられた。

一処置ごとの手袋交換においても、手袋交換なしの場合に広く汚染伝播していたメインストレッチャーメインフレーム、ハンドルはいずれも 0 cm<sup>2</sup>に減少し、他の数箇所においても 0 cm<sup>2</sup>となった箇所がみられた。一方で、バックボード固定ベルトは、33.9 cm<sup>2</sup> (-2.3 cm<sup>2</sup>)、メインストレッチャー固定ベルトは 18.5 cm<sup>2</sup> (-18.3 cm<sup>2</sup>)、心電図モニター本体は 2.2 cm<sup>2</sup> (-1.5 cm<sup>2</sup>)、心電図モニターコードは 3.0 cm<sup>2</sup> (-0.3 cm<sup>2</sup>)、血圧計マンシエットは 8.9 cm<sup>2</sup> (-43.2 cm<sup>2</sup>) と汚染箇所は残存し、手袋交換なしの場合に最も広く汚染伝播していたバックボードヘッドイモビライザーは 202.8 cm<sup>2</sup> (+3.2 cm<sup>2</sup>)、血中酸素飽和度測定プローブは 12.2 cm<sup>2</sup> (+1.2 cm<sup>2</sup>) と増加した箇所もみられた。

### (3) 内因性ショック想定

手袋交換3回では、手袋交換なしの場合に特に広く汚染伝播していたハンドル、メインストレッチャーメインフレーム、ターポリン担架取っ手のいずれも0 cm<sup>2</sup>に減少し、他の箇所においても0 cm<sup>2</sup>となった箇所がみられた。一方で、ターポリン担架固定ベルトは23.7 cm<sup>2</sup> (-5.3 cm<sup>2</sup>)、血中酸素飽和度測定プローブの10.5 cm<sup>2</sup> (-0.3 cm<sup>2</sup>)では汚染伝播箇所は残存し、血圧計マンシエットの49.7 cm<sup>2</sup> (+0.6 cm<sup>2</sup>)、血圧計チューブの8.0 cm<sup>2</sup> (+0.4 cm<sup>2</sup>)、聴診器の8.9 cm<sup>2</sup> (+0.3 cm<sup>2</sup>)では若干ではあるが増えていた。

一処置ごとの手袋交換においても、ハンドル、メインストレッチャーメインフレーム、ターポリン担架取っ手はいずれも0 cm<sup>2</sup>に減少し、他に数箇所も0 cm<sup>2</sup>に減少していた。一方で、血圧計マンシエットは9.6 cm<sup>2</sup> (-39.5 cm<sup>2</sup>)と減少はしているが汚染伝播箇所は残存し、血圧計チューブでは9.0 cm<sup>2</sup> (+1.4 cm<sup>2</sup>)、血中酸素飽和度測定プローブでは11.1 cm<sup>2</sup> (+0.3 cm<sup>2</sup>)と増加した箇所もみられた。

## 3.4 考察

救急活動においては、ハイタッチサーフェスや広い面積で触れる箇所が多数存在し、適切な手袋交換がされなければ、間接触感染リスクが増大するため、本実験で蛍光塗料を感染源として汚染伝播状況を確認した、その結果から手袋交換の適切なタイミングを検証し、さらに救急活動中の間接触感染対策について考察する。

### 3.4.1 救急活動時の汚染伝播状況の把握について

3つの想定 of 救急活動を実施した結果、いずれの想定においても汚染伝播面積の合計は、手掌面積の約8~9倍に相当することが確認できた。特に汚染伝播が大きかったハンドル、メインストレッチャーメインフレーム、ターポリン担架取っ手などは救急出動での代表的なハイタッチサーフェスであり、その他の触れた箇所も面積に広狭はあるが全て汚染は伝播しており、手袋交換を一度も行わない場合には間接触感染リスクは高くなると考えられる。

### 3.4.2 汚染拡大防止のための手袋交換の適切なタイミングと交換回数について

厚生労働省の「持ち込まない」、「持ち出さない」、「拡げない」の感染対策の原則は、救急活動では、救急現場から「持ち出さない」、救急車内や搬送先病院内へ「持ち込まない」、各種資器材等へ「拡げない」となることから、手袋交換のタイミングは「傷病者接触（観察・処置）後」、「ストレッチャー曳行後救急車収容まで」、「救急車内での観察・処置後」に該当すると考えられる。このタイミングで手袋を交換した場合、汚染伝播が大きく減少した部分は、各想定ともにハンドル、メインストレッチャーメインフレーム、ターポリン担架持ち手部分であり汚染を認めなかった。また、各資器材の持ち手部分やコード類などについても汚染伝播の減少が認められた。手袋交換は一処置ごとの交換が最も効果的ではあったが、有効なタイミングと考えられる3回の手袋交換でも汚染面積は大きく減少しており、少なくともこの3回のタイミングで手袋交換することで、汚染伝播リスクを減少させる可能性があると考えられる。

一方で、BVM やバックボードのヘッドイモビライザーなどは手袋を交換しても汚染伝播が認められた。救急活動では、傷病者接触から医療機関まで観察・処置を継続するため観察・処置資器材については頻回に手袋交換しても汚染が残存するが、活動形態によってはターポリン担架や血圧計マンシェットなどの資器材は汚染面積が大きく減少していた。

### 3.4.3 適切なタイミングで手袋交換を行うための対策

3回の手袋交換の有効性は高いと考えるが、手袋交換の動作について、手袋脱着等のアンケート調査の回答では、「発汗で交換に時間を要するためできない場合がある」との意見があり、手袋交換ができない理由では「処置のために時間がない」との回答があった<sup>1)</sup>。近年使用されている手袋の多くは、パウダーフリーであり手指が湿潤している場合はスムーズな脱着が困難な場合もあり時間を要すると考えられる。

今回の想定を含め救急活動は緊急性が高く、「処置のために時間がない」との回答は理解できるが、新型コロナウイルス感染症を含めあらゆる感染症に対して感染防止対策を行うためには、適切な手袋交換は重要である。それに対応する方策として手袋の二重着用が有効であると考えられる。この二重着用は、医療機関においては、ダブルグローブとも呼ばれ、手術中の手袋のピンホールからの血液曝露のリスクを軽減させるために日本手術学会で推奨され<sup>6)</sup>、標準化している医療機関もある<sup>7)</sup>。また、インナーグローブとアウトグローブの色を変えることで、より穿孔等に気付きやすいともされている<sup>8)</sup>。手袋にはピンホールが存在する可能性があり、また手袋交換時は一定の確率で手指等に感染源が付着するとされている<sup>9)</sup>。ピンホールの存在と手袋を外した後の感染源の付着を考



えれば、手袋交換時の手指衛生も重要となるが、手袋脱着等のアンケート調査では手袋交換の際にアルコール速乾性手指消毒剤等を使用する率は34%に留まっていた<sup>1)</sup>。手袋交換する時間がない場合など、手袋を着用した状態でのアルコール速乾性手指消毒剤の使用も考えられるが、この行為については推奨されておらず、さらに手袋への手指消毒では完全に微生物が除去できないと報告されている<sup>10)</sup>。これらから、医療機関においてのダブルグローブは感染リスク軽減を目的にしているが、救急隊についても二重着用とすることで、感染リスク軽減のほか、手袋交換のタイミングで汚染された外側手袋を容易に短時間での脱着ができると考える。

また、手袋脱着等のアンケート調査の中にはコスト面を考慮する意見もあった<sup>1)</sup>。新型コロナウイルス感染症が流行して以来、医療機関のみならず各種事業所や一般家庭での需要も増加し、手袋取扱い業者へのヒアリングでは、手袋の購入単価が期間的ではあるが2倍から5倍程度に高騰した商品も確認できた。しかし、救急隊員が感染症に罹患した場合の治療費などは、手袋購入コストと比較すれば極めて高額になる可能性もある。更に救急隊員が長期休務した場合、救急救命士や救急隊員は有資格で運用しているため代替人員の確保は困難である。更に、職員が罹患した場合、消防業務は他の職員と24時間勤務することが多く、濃厚接触者を大量に発生させるリスクも大きくなり、近年では消防本部が運用不可能となった事例も発生している<sup>11)</sup>。これらのことから、適切な手袋交換による感染防止対策のメリットは大きいと考えるが、限られた財源の中でのコスト管理も必要である。一処置ごとの手袋交換が最も望ましいが、手袋交換のタイミングは傷病者搬送前、車内収容前、病院搬入前に手袋交換を行うことで汚染伝播範囲を減少させることが可能であり、最低でも3回の手袋交換を実施することで汚染伝播拡大を防止でき、一処置ごとに比べ、コスト面からも実施しやすくなると思う。

一方で、標準予防策としての手袋着用は必要となる中でも、傷病者の状態やTPOによっては、汚染伝播の減少とコスト管理の両面から省略できると考えられる一例として、機関員が病院搬送開始前、救急車へ乗車の直前に手袋を脱ぐことで清潔な素手となり、ドアノブやハンドル等の汚染伝播の拡大を防止できる方法もあると考える。これには徹底した手袋の着脱管理が必要となるが、汚染伝播拡大の防止の面からも有効となる。また、傷などの損傷の無い皮膚はバリア機能があるため、病院搬入時において傷病者が自力歩行する場合など軽微な活動であれば、その後の手指衛生で汚染を除去できることから、咄嗟に着用できる準備を整えておくことにより、手袋着用を省略できる場合もあると考える。

なお、これらは考え得る一例であり手袋の未着用を推奨するものではない。

以上のことから、救急活動での汚染伝播拡大防止の対策として、①「傷病者接触(観察・処置)後」,「ストレッチャー曳行後救急車収容まで」,「救急車内での観察・処置後(病院搬入前)」の3回で手袋交換すること,②手袋は二重着用とし観察・処置を行うこと,③機関員は乗車前に外側手袋を脱ぐまたは交換すること,④手袋交換ができなかった場合には、傷病者を医療機関に収容した後に汚染箇所を消毒し帰署することで、間接触感染リスクを軽減できると考える。

### 3.5 まとめ

救急活動時の汚染伝播状況を把握し、適切な手袋交換の回数とタイミング及び交換方法について検討した。手袋交換を行わない場合は、救急資器材のほか、ドアノブやハンドルなどのハイタッチサーフェスに汚染伝播していた。一処置ごとの手袋交換が望ましいが、手袋交換のタイミングを傷病者搬送前、車内収容前、病院搬入前に手袋交換を行うことで汚染伝播範囲を減少させることが可能であり、最低でも3回の手袋交換で汚染伝播を大きく減少できる。

### 3.6 研究限界と次章への課題

処置内容の違いを考慮して内因性CPA想定、重症外傷想定、内因性ショック想定 の3群を検討したが、内因性と外因性の汚染濃度の強弱までは検討できなかった。また、本研究は汚染伝播の可能性のある面積を把握したが、ハイタッチサーフェスなど、幾度も触れる資器材や箇所については、実際にはウイルスや細菌などの付着量も変わると思慮する。一処置ごとに手袋交換を行っても表3-3で示したとおり、汚染の残存は確認できたことから、手袋交換のみで汚染伝播を全て防ぐことは困難であり、傷病者の症状に適した養生や対策、車内消毒の必要性が示唆された。

今後は、着用している感染防止衣やゴーグルなどPPEの汚染程度も計測した全体的な感染防御策を考える必要がある。

これらのうち、手袋交換と同様に感染防止衣の汚染状況などの現状が不明確なことから、次章では以下の内容で検討した。

1. 救急隊員を対象とした、感染防止衣の汚染箇所や感染源の実態調査
2. 感染防止衣のクリティカルゾーンを把握し、その対応策の検討

### 第3章 参考文献

- 1) 佐々木広一：救急活動における感染防止用手袋の使用状況の現状と課題. プレホスピタル・ケア 2021;34 : 65-9.
- 2) 厚生労働省：新型コロナウイルス感染症診療の手引き第4.1版. 2020.
- 3) 山中美沙, 藤村謙次郎, 寺田和正, 他：整形外科におけるピンホール発生状況の実態. 整形外科と災害外科 2019 ; 68 : 294-7.
- 4) 山本容子, 室田昌子, 岩脇陽子, 他：看護師を対象とした手指の汚染状況を可視化する一手指衛生教育の実践に関する検討一. 医学教育 2015 ; 46 : 491-5.
- 5) 木下恵実, 村瀬妙子：手術開始後3時間以内の術中手袋交換定着への取り組み. 日本手術医学会誌 2012 ; 33 : 458-60.
- 6) 日本手術医学会：手術医療のための実践ガイドライン改訂版. 2013.
- 7) 賀川義規, 加藤健志, 向坂英樹, 他：当院における手術時の滅菌手袋2重着用への取り組み. 日本外科感染症学会雑誌 2014 ; 11 : 574.
- 8) 国公立大学附属病院感染対策協議会：病院感染対策ガイドライン 2018年版. じほう, 東京, 2018, P162.
- 9) Olsen RJ, Lynch P, Coyle MB, et al. Examination gloves as barriers to hand contamination in clinical practice. JAMA 1993;270:350-3.
- 10) 山田崇春, 戸川泰子, 幸脇正典, 他：擦式アルコール性手指消毒剤による手袋の上からの手指消毒効果に関する検討. 日本新生児成育医学会雑誌 2018;30 : 99-3.
- 11) 夕張市：消防職員の新型コロナウイルス集団感染について.  
<https://www.city.yubari.lg.jp/kenkofukushiiryoy/kenkoiryoy/kansen/kansen/hokenc2020101913.html> (最終アクセス：2021.4.16)

## 第4章 救急活動における感染防止衣の汚染状況に関する実態調査

### 4.1 研究背景と目的

医療従事者は感染防止対策としてPPEを着用し、血液などの湿性感染源から保護している。身体への汚染曝露を防御するガウンについて、米国では、サージカルガウンの基準を米国医療機器振興協会 (Association for the Advancement of Medical Instrumentation) のバリア性能試験による部位ごとの汚染リスクに応じたバリア性分類や性能をクリティカルゾーンとして食品医薬品局 (Food and Drug Administration) が示し (図 4-1)、我が国の医療機関においてもそれに準拠したものが、手術室や救急処置室などで着用されている。救急隊員の感染源曝露状況について、矢野らは、血液・体液が感染防止衣を浸透することや隙間を通して皮膚曝露した例を指摘している<sup>1)</sup>。訪問看護師における血液・体液曝露の実態調査<sup>2)</sup>や看護師の防護ガウン着用の有用性の報告<sup>3)</sup>、救急隊の感染対策に関する調査<sup>4)</sup>はあるが、近年の感染防止衣の具体的な汚染状況確認などの研究報告は見当たらず、現在の救急活動での感染防止衣の汚染箇所や感染源などについては不明確であるため、それらの実態を把握した上で救急活動時の体液暴露からの接触感染対策について検討する必要があると考えた。

本章では、救急隊員の感染防止衣の汚染状況の現状を明らかにし、接触感染防止策について検討することを目的とした。

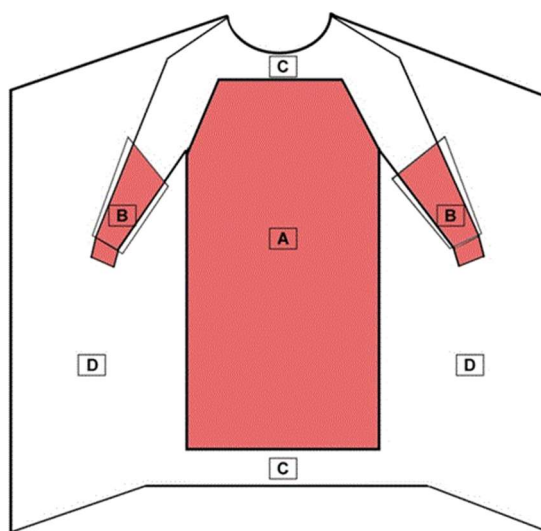


図 4-1 サージカルガウンのクリティカルゾーン

## 4.2 対象と方法

札幌市消防局，千葉市消防局，神戸市消防局の救急隊に従事する消防職員 992 名を対象とし，調査期間は，2021 年 8 月 1 日から 9 月 9 日までで，調査開始日から 30 日間とした。

調査票を図 4-2 に示す。Microsoft Excel で作成した様式に，各救急隊員が感染防止衣交換の理由，汚染による交換の場合には汚染源・汚染部位を入力する方法とした。汚染部位は，調査票 Q2 に示す感染防止衣イメージ図から合致する箇所の縦列（英字）と横列（数字）を選択し入力，それぞれのデータを Microsoft Excel で集計した。

## 感染防止衣の交換と汚染状況に関する調査

※本アンケートにおいて、個人が特定される事はありません。  
 ※研究成果を発表する場合などにおいて、消防本部名も特定いたしません。  
 ※なんらかの事由により回答を撤回したい場合において、ご連絡があれば即座に撤回できます。  
 ※お手数ですが、「1交換ごと」に回答をお願いします。  
 ※回答は別シート<調査票>にてお願いします。

Q1：感染防止衣を交換した理由について教えてください。  
 (その他の場合は、具体欄に記載ください)

- |                        |      |
|------------------------|------|
| ① 汚染のため                | Q2へ  |
| ② 破損のため                | 終了です |
| ③ 汚染・破損はないが感染危険と判断したため | 終了です |
| ④ 定期交換                 | 終了です |
| ⑤ その他(具体欄へ)            |      |

Q2：救急出動等において、感染防止衣が汚染した箇所を教えてください。  
 (下図<別シートあり>を参考に、リストから選んでください)

<p>前面</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th><th>E</th><th>F</th><th>G</th><th>H</th><th>I</th><th>J</th><th>K</th><th>L</th></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: right;">前面</p>	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	1												2												3												4												5												6												7												<p>後面</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th>M</th><th>N</th><th>O</th><th>P</th><th>Q</th><th>R</th><th>S</th><th>T</th><th>U</th><th>V</th><th>W</th><th>X</th></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: right;">後面</p>	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	1												2												3												4												5												6												7											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L																																																																																																																																																																																						
1																																																																																																																																																																																																	
2																																																																																																																																																																																																	
3																																																																																																																																																																																																	
4																																																																																																																																																																																																	
5																																																																																																																																																																																																	
6																																																																																																																																																																																																	
7																																																																																																																																																																																																	
M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X																																																																																																																																																																																						
1																																																																																																																																																																																																	
2																																																																																																																																																																																																	
3																																																																																																																																																																																																	
4																																																																																																																																																																																																	
5																																																																																																																																																																																																	
6																																																																																																																																																																																																	
7																																																																																																																																																																																																	

Q3:汚染と判断した原因を教えてください。

- |             |      |
|-------------|------|
| ① 血液        | 終了です |
| ② 嘔吐        | 終了です |
| ③ 飛沫        | 終了です |
| ④ その他(具体欄へ) |      |

図 4-2 調査票

※ 汚染箇所入力例～右前腕部袖口：「A2」「A3」  
 左肩部：「H1」

### 4.3 結果

調査消防本部の救急隊数、救急隊員数及び調査期間中の出動件数などを表 4-1 に示す。総救急隊は 93 隊で合計 22,171 件の出動があった。感染防止衣の交換は合計 1,574 回で、血液や吐物などによる汚染のための交換が 124 回、汚染・破損はないが新型コロナウイルス感染症対応のみの事案や自身の発汗など感染危険と判断した交換が 1,128 回、定期交換のためが 203 回、活動による破損のための交換が 59 回、毛玉発生などのその他が理由の交換が 59 回であった（図 4-3）。交換感染防止衣の汚染状況では前面の前腕部に多くの汚染が認められ、後面の汚染は両前腕部で 6 箇所、腰背部で 4 箇所のみであった（図 4-4）。

表 4-1 調査期間の概要

	隊数 (隊)	隊員数 (人)	出動件数 (件)	調査期間
札幌市消防局	34	283	9,508	2021. 8. 1～8. 31
千葉市消防局	26	312	5,137	2021. 8. 10～9. 9
神戸市消防局	33	327	7,526	2021. 8. 1～8. 31
合 計	93	922	22,171	

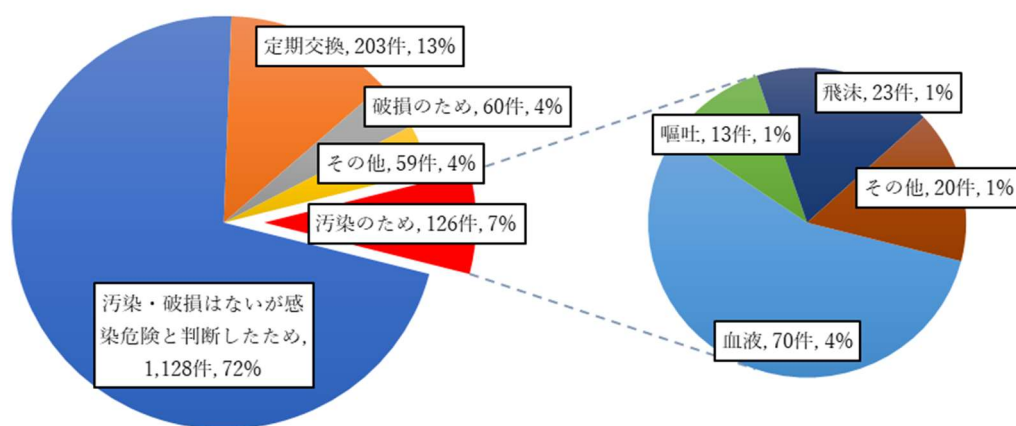


図 4-3 感染防止衣の理由と交換回数の割合（左：交換理由・右：汚染理由）

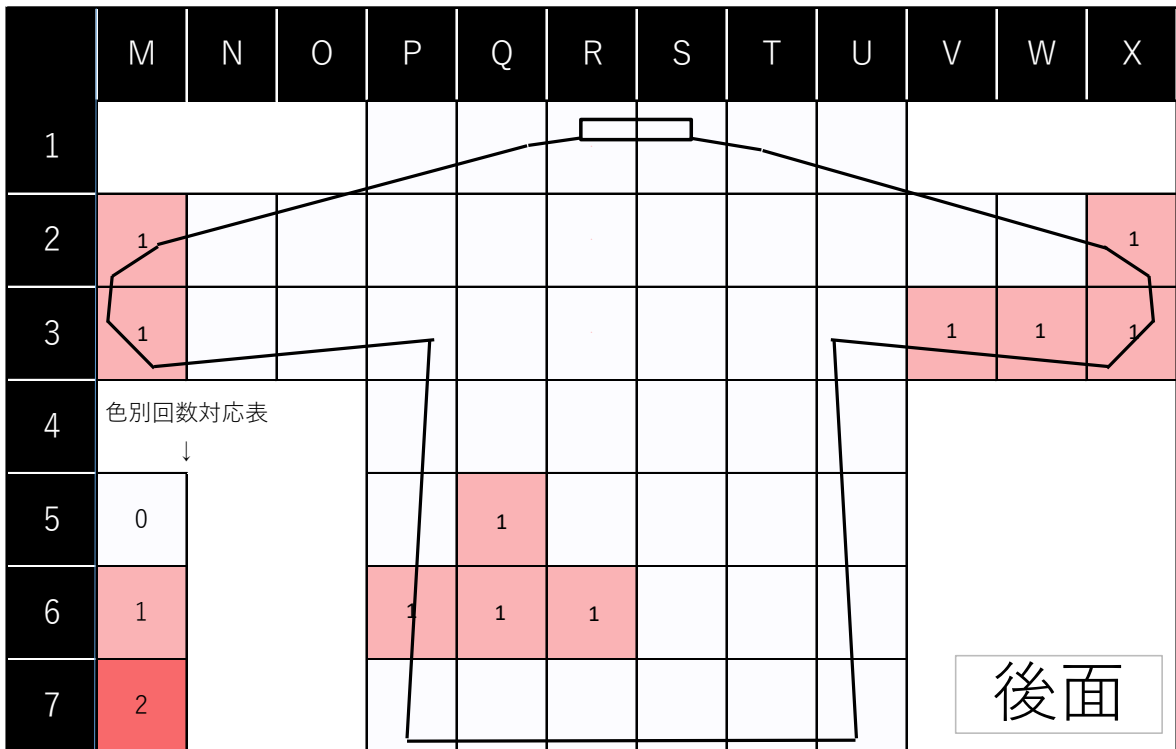
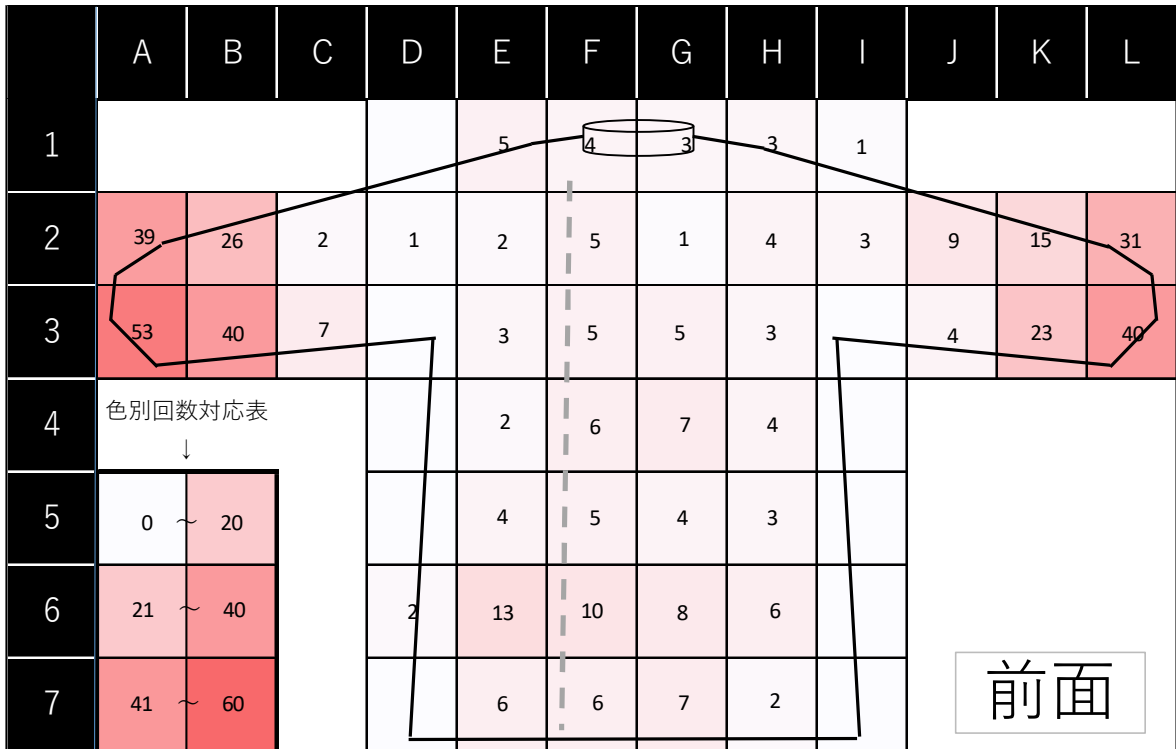


図 4-4 感染防止衣の総汚染状況



汚染源別の感染防止衣交換回数と汚染状況結果を以下に示す。

(1) 血液汚染 (図 4-5)

血液が原因による感染防止衣の交換は 70 回で、汚染は前面の両前腕部が顕著で、  
 他は腹部付近に認められ、後面は認められなかった。

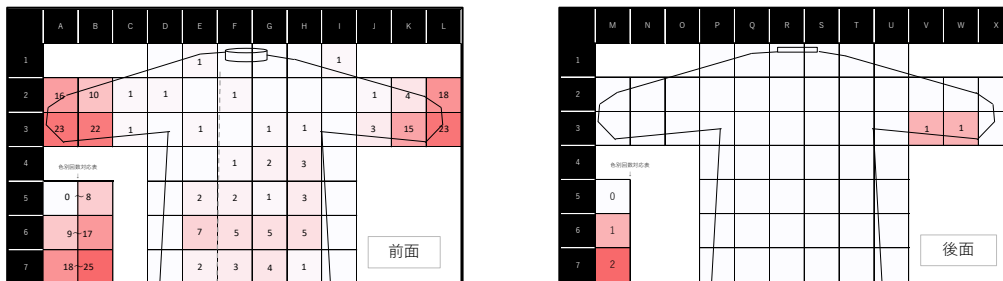


図 4-5 血液による感染防止衣の汚染状況

(2) 吐物汚染 (図 4-6)

吐物が原因による感染防止衣の交換は 13 回で、汚染は前面の両前腕部が多く、後  
 面は側腹部から腰部にかけて少数認められた。

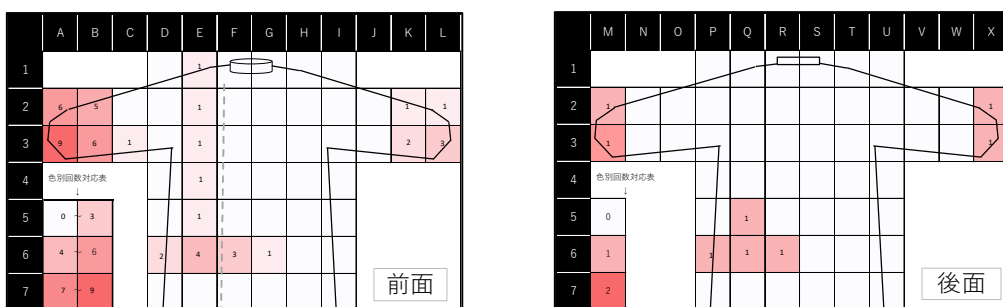


図 4-6 吐物による感染防止衣の汚染状況

(3) 飛沫汚染 (図 4-7)

飛沫が原因による感染防止衣の交換は 23 回で、汚染は前面の両前腕部と胸部が多  
 く、後面は認められなかった。

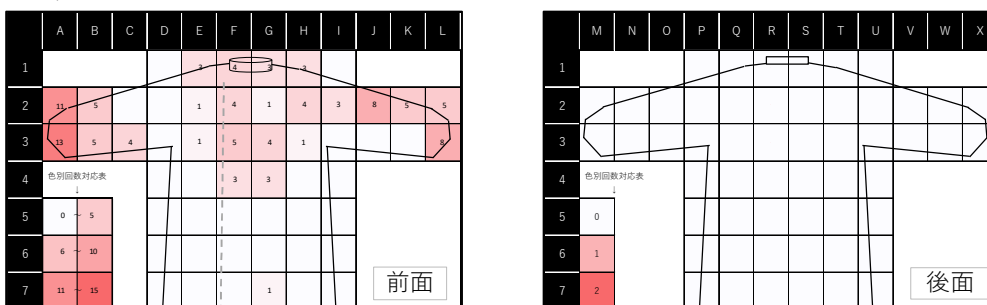


図 4-7 飛沫による感染防止衣の汚染状況

(4) その他の汚染 (図 4-8)

その他の原因による感染防止衣の交換は 20 回で、汚染は前面の両前腕部と腹部付近が多く、後面には認められなかった。汚染理由は、傷病者に付着していた油、泥などであった。

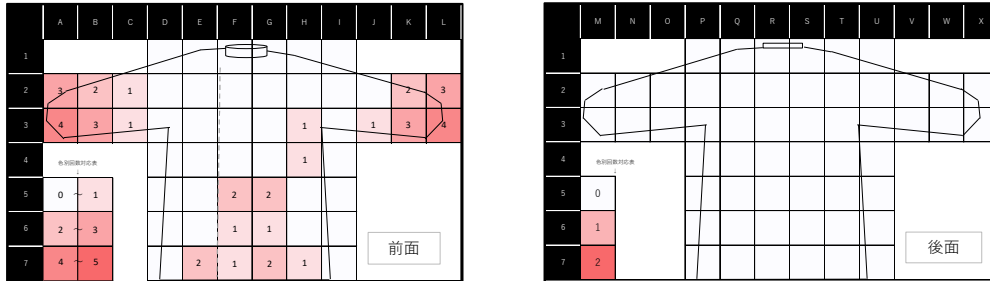


図 4-8 その他の感染防止衣の汚染状況

4.4 考察

4.4.1 汚染原因について

血液汚染の 70 例では、汚染箇所は前面が顕著であり特に前腕部の汚染が多かった。外傷症例ではバックボードへの移乗時に傷病者の体幹に救急隊員の両前腕を密着させるため、また、吐血などの症例ではターポリン担架などへの移乗時に、傷病者を前腕部で抱きかかえるためであったと考えられた。

吐物汚染の 13 例でも、汚染箇所は前面に多く認められ、血液汚染と同様に前腕部の汚染が多かった。この理由として、傷病者が吐物で汚染している場合の観察や床面などに吐物の付着があった場合の搬送資器材への移乗時の汚染と考えられた。後面の左腰部付近に 4 箇所の汚染例が認められたが、この状況についてヒアリングした結果、嘔吐した酩酊状態の傷病者をターポリン担架で移動中に腰背部を触れられたとのことであり、傷病者が酩酊や不穏を呈する場合の体動や動作により後面の汚染が生じることもある。

飛沫汚染の 23 例では、汚染箇所は前面のみであり後面は認められなかった。飛沫は傷病者の咳嗽やくしゃみのほか、会話でも発生するが、観察や問診時に傷病者を背面にして活動することはほとんどなく、前面が主に汚染すると思われる。自宅での救急事案では、傷病者がマスクを着用していないことも多いと考えられ、問診など傷病者の顔面と直近となる場合にはより注意が必要である。また、本調査では明らかに感染防止衣に飛沫を浴びたと救急隊員が認識した事例の回答であるが、飛沫は血液や吐物の汚染と違い目視できない場合が多く、報告例以上の飛沫による汚染があると考えられる。

その他の汚染例でも、汚染箇所は前面で後面の汚染は認められなかったことから、救急活動中の感染防止衣の汚染は主に前面である。

後面が汚染される活動としては、傷病者の上肢を救急隊員の肩部に回す支持搬送や背負い搬送があるが、吐血や外出血などの緊急性の高い傷病者では、傷病者の負担軽減や安全性確保のためにもターポリン担架などの搬送資器材を用いた移動を選択することが多いため、汚染頻度は極めて少なく、支持搬送や背負い搬送を選択する場合の傷病者の緊急性は低く、事前に汚染防止のために不織布シートや救急用アルミシートで養生すれば良いと考えられる。よって、背面に通気性の良い撥水性不織布の生地を採用した感染防止衣の着用は感染防止対策上問題にならないと考える。

これらのことから、救急活動時の感染防止衣の汚染箇所は、前面の前腕部と胸腹部であり、背部の汚染曝露の危険性は極めて低いと考えられた。

#### 4.4.2 汚染状況から考える接触感染対策について

感染防止衣の汚染箇所は、医療機関でのクリティカルゾーンと同様に両前腕部と胸腹部の汚染であった。我が国での感染防止衣の素材は JIS 規格（JIS-T-8060-2015 B 法又は D 法）で定められている<sup>5)</sup>。しかし、JIS 規格の Class6 であってもシーム部（縫合部）に適切な処理を施さなければ血液浸透性は Class1 相当となることが報告されており<sup>6)</sup>、今後の製品開発には感染防止衣ではシーム部やファスナー部分からの湿性体液の浸透防止を考慮する必要がある。

これらのことから、既存の感染防止衣では両前腕部と胸腹部から湿性体液などの感染源から防御しきれない可能性があるため、感染防止衣と前腕部を覆うアームカバーと医療機関で着用されているビニールエプロンを併用することにより、汚染源の浸透を防御し直接接触感染リスクを低減できると考える。また、汚染したままの感染防止衣での活動の継続は、間接触感染リスクが高まる。

これまでに述べたように、厚生労働省は、感染源を①持ち込まない、②持ち出さない、③拡げないことが感染対策の基本で、感染経路の遮断が最も重要な対策としている<sup>7)</sup>。よって、救急活動では、以下の3点が重要となる。

- ① 救急車内や搬送医療機関内へ持ち込まない
- ② 救急現場や救急車内から持ち出さない
- ③ 活動中に救急車内や資器材などに汚染伝播させない

アームカバーとビニールエプロンの着用により、汚染後の交換が容易なため、間接触

触感染の観点からも効果的であると考え。中でも、本調査で最も汚染が顕著であった両上肢について、総汚染数に占めるその割合は67.9%（両前腕部数/総汚染数=297/437）にも及ぶことから、特にアームカバー着用は高い効果が期待できると考える。

また、ディスポーザブルタイプの感染防止衣は単回交換しなければならないが、本調査では救急出動件数22,171件中1,574回の交換であり、感染防止衣の頻回な交換による予算不足により再使用しているケースが多かった。感染防止衣の再使用は、消防本部内の規定などにより消毒を行った上であると考えが、再使用する際の適切な消毒方法について検討する必要がある。いずれにしても、ディスポーザブルの再使用は感染防止対策上問題があるため、国や自治体で予算措置について考慮すべきであると考え。

第2章で行った救急活動中の手袋交換状況についてのアンケート調査においても、コスト意識から手袋交換を控える回答もあり<sup>8)</sup>、限られた財源の中で運用するためにも、感染防止衣に比べ安価なアームカバーとビニールエプロンの使用は、コスト削減の観点からも有用であると考え。

これらのことから、感染防止衣による接触感染のリスク低減には、クリティカルゾーンを重視した製品開発やアームカバーとビニールエプロンの着用が必要である。

#### 4.5 まとめ

救急活動中の感染防止衣の汚染状況を調査した。救急活動中の感染防止衣の汚染は、医療機関のクリティカルゾーンと同様に前腕部と胸腹部が多く、背部は極めて少なかった。感染防止衣による接触感染のリスク低減には、クリティカルゾーンを重視した製品開発や感染防止衣にアームカバーやエプロンを併用する必要がある。

#### 4.6 研究限界と次章への課題

本章では、救急隊内の役割別（隊長・隊員・機関員）や汚染時の行動（処置・観察・移乗）など汚染時の詳細な状況把握ができなかったことがあげられ、今後の研究課題である。

これまで2章から4章までにおいて、接触感染防止策を中心に検討してきた。しかし、新型コロナウイルス感染症の持続的な流行や既知の空気感染症を踏まえ、空気感染防止策についても検討する必要がある。

よって、次章では、以下の内容で検討した。

1. 救急車内における傷病者の呼気流動把握のための検討
2. 空気感染防止のための効率的な換気方法の検討

## 第4章 参考文献

- 1) 矢野邦夫, 加藤泰教: 救急隊隊員における血液・体液曝露のEPINetによる解析(第一報).  
環境感染 2001 ; 16 : 175-8.
- 2) 渋谷智恵 : 全国の訪問看護師の血液・体液曝露の実態と今後の課題. 日本環境感染学会  
誌 2012 ; 27 : 380-8.
- 3) 鈴木薫, 小野裕紀, 鈴木由美, 他 : 看護師のシクロホスファミド取り扱いにおける曝露防  
止対策に関する検討. 癌と化学療法社 2015 ; 42 : 2457-9.
- 4) 森田正則, 佐々木淳一, 佐藤格夫, 他 : 病院前救護活動における感染対策の現状と課題.  
日本臨床救急医学会雑誌 2018 ; 21 : 572-7.
- 5) 日本産業規格 : 血液及び体液の接触に対する防護服-防護服材料の血液及び体液に対す  
る耐浸透性の求め方- 人工血液を用いる試験方法.  
<https://kikakurui.com/t8/T8060-2015-01.html> (最終アクセス : 2021. 2. 14)
- 6) 総務省消防庁 : 令和3年度消防防災科学技術研究推進制度「救急隊活動服の基準の見  
直し」  
[https://www.fdma.go.jp/mission/develop/items/R2\\_seika\\_shinsyudai.pdf](https://www.fdma.go.jp/mission/develop/items/R2_seika_shinsyudai.pdf)  
(最終アクセス : 2021. 2. 14)
- 7) 厚生労働省 感染対策の基礎知識.  
<https://www.mhlw.go.jp/content/000501120.pdf> (最終アクセス : 2022. 2. 14)
- 8) 佐々木広一, 安田康晴 : 救急活動における感染防止用手袋の使用状況の現状と課題. プ  
レホスピタル・ケア 2021 ; 34 : 65-9.

## 第5章 救急車内の空気流動に関する実験的検討

### 5.1 研究背景と目的

救急車内の換気については、感染防止マニュアルなどでは窓を開けて換気することにより感染リスクを軽減させると記載されているが、この方法は単に換気時間を短くすることを主眼にしているため、継続的に呼吸や飛沫を発生する傷病者への対応では十分とは言えず、定説された当時とは車体、車両構造及び救急資器材にも変化がある。また、車内換気は空気の吸入量と排出量が同等であれば効率のよい換気となるが、救急車の構造上、前部窓の吸入側に対して排出側は患者室左側中部のみの車両もあり、その開口面積も小さいため効率の良い換気が行えているとは言い難い。さらに、傷病者のプライバシー保護や暑熱・寒冷時、雨天等などの気象環境により、窓を常時開放できるとは限らないことから、窓を閉めた状態での救急車内の換気状況を把握することは感染対策上重要である。

救急車内の換気については、いくつかの消防本部で研究されているが<sup>1,2)</sup>、換気条件と患者室内の空気の流れ（以下、空気流動）の関係を定量的に検討した先行研究はない。

このような背景の中、今後も発生する新興感染症等に対し、救急車の空調設定が、救急車内の換気状態に及ぼす影響を把握し、効率的な換気条件を検証する必要があると考えた。

本章では、救急車の空調設定などの換気条件が救急車内の換気状態に与える影響を把握し、効率的換気方法の検証することを目的とした。

### 5.2 実験1 救急車内における傷病者の呼気流動把握のための検討

#### 5.2.1 対象

対象は、トヨタ救急車「ハイメディック」（平成25年式、全長5600mm×全幅1895mm×全高2540mm、患者室：長さ2720mm×幅1660mm×高さ1850mm）を使用した。

#### 5.2.2 方法

救急車患者室のメインストレッチャー上で傷病者が仰臥位の状態を想定し、顔面部付近に設置したスモークマシンで煙を発生、空調設備であるリヤクーラーの使用有無や吹出口角度などに条件を設け、各座席でのPM濃度を計測した。

計測条件を表5-1に示す。車内の通常のPM値 $11\mu\text{g}/\text{m}^3$ を基準値とした。煙の排出時間は3秒間とし、計測時間は煙排出後から基準値に戻るまでの時間またはCDCが患者隔離室の換気として推奨している300秒（12回/h）までとした<sup>3)</sup>。

表 5-1 計測条件

項目	計測条件
車内基準値	<ul style="list-style-type: none"> <li>・患者室：11 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></li> <li>・ウォークスルー：7 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></li> </ul>
スモーク排出時間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3 秒間</li> </ul>
計測時間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基準値に戻るまで</li> <li>・最大 300 秒経過まで</li> </ul>
計測箇所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・図 5-1 参照</li> </ul>

計測した 5 ヶ所を図 5-1 に示す。救急隊員が着席する 3 ヶ所（後向き一人掛けシート：以下，A・前向き一人掛けシート：以下，B・横向き三人掛けシート：以下，C）の計測地点は，日本人男性（18～59 歳）の平均身長 171.1cm<sup>4)</sup> が座位した際，床面から鼻腔と口腔の中間点付近とし，床面から 111cm の高さで統一した。また，患者室からフロントキャビンへの空気流動を確認するため，患者室からフロントキャビンに移動する通路（以下，ウォークスルー：W）の PM 値を測定した。計測位置は，運転席及び助手席のシートベルトバックルを結んだ線上の中心点の床部とした。ウォークスルーの基準値は，PM 値 7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。基準値相違は，フロントキャビンのエアコンディショナーは外気を流入させる設定としているため空気流動による循環によるものと判断した。



図 5-1 車内測定場所

車内環境を表 5-2 に示す。フロントキャビンのエアコンディショナーは強とし可動域中央で固定した。患者室のリヤクーラー設定について、風量は無使用及び風量 3 段階(弱・中・強)，吹出口は 2 段階(上・下)の組み合わせとする計 7 条件とし(表 5-3)，患者室換気扇は強に設定し、前後の窓は閉じた状態とした。

計測機器類は、スモークマシン (Tomshine 社製，スモークマシン Fogbar)，薬液は浮遊性の高い専用液 (Antari 社製，FLR5 水性 Fogリキッド ライトタイプ)，PM 測定器 (Dienmern 社製，空気汚染測定器：計測値範囲は 0~999  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )，風速計は多機能熱風速計 (FUYIN 社製，HT-9829) を使用した。

なお、実験時の車内温度は、4~5°Cであった。

表 5-2 車内環境

項目	設定状況
フロントキャビン エアコンディショナー	・風量は強で可動域正中固定
フロントキャビン循環設定	・外気流入循環
患者室リヤクーラー	・風量 3 段階 ・吹出口角度 2 段階
換気扇	・強
患者室温度	・4°C~5°C
窓開放	・なし

表 5-3 リヤクーラー風量・吹出口の組み合わせ

条件名	風量・吹出口
条件 1	無使用
条件 2	弱・上
条件 3	弱・下
条件 4	中・上
条件 5	中・下
条件 6	強・上
条件 7	強・下



### 5.2.3 結果

リヤクーラー設定による各測定場所での風量別の計測結果を以下の条件ごと示す。

#### 条件1 リヤクーラー無使用 (図 5-2)

PM 値の最大値は、C では  $185 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、換気扇では  $999 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。基準値までの所要時間は、座席の最長は B での 200 秒、換気扇は 220 秒であった。

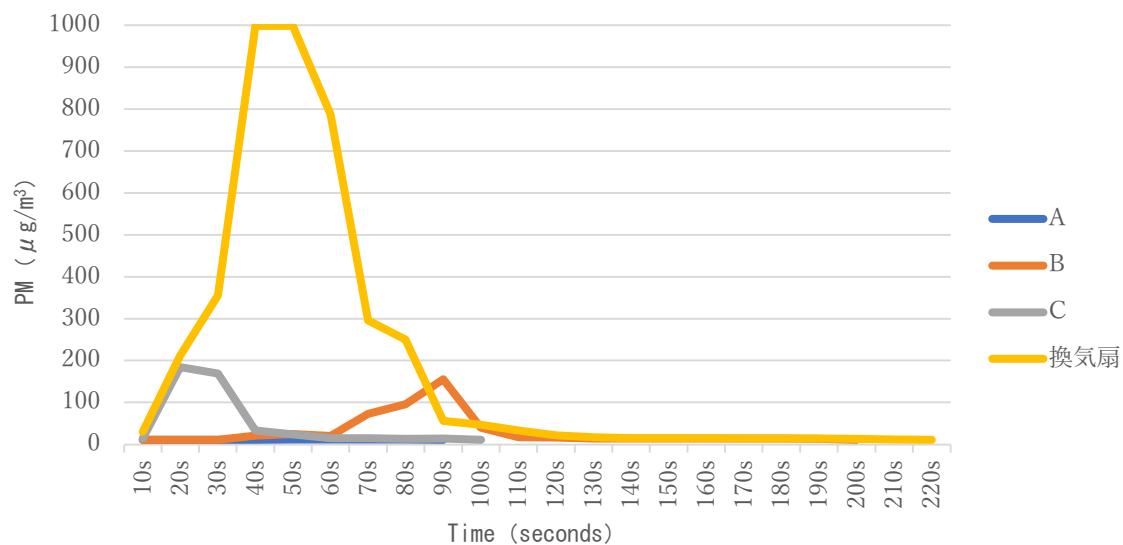


図 5-2 リヤクーラー無使用 (条件 1)

### 条件2 リヤクーラー風量弱で上向き (図5-3:上)

PM 値の最大値は、C では  $867 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、換気扇では  $999 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。基準値までの所要時間は、座席の最長は A での 200 秒、換気扇は 140 秒であった。B では  $839 \mu\text{g}/\text{m}^3$  となった後、 $99 \mu\text{g}/\text{m}^3$  に低下したものの、再度上昇し  $323 \mu\text{g}/\text{m}^3$  となる二峰性を示した。

### 条件3 リヤクーラー風量弱で下向き (図5-3:下)

PM 値の最大値は、B では  $999 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、換気扇でも  $999 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。基準値までの所要時間は、座席の最長は B での 180 秒、換気扇は 300 秒であった。B において、 $999 \mu\text{g}/\text{m}^3$  は 40 秒間継続した。

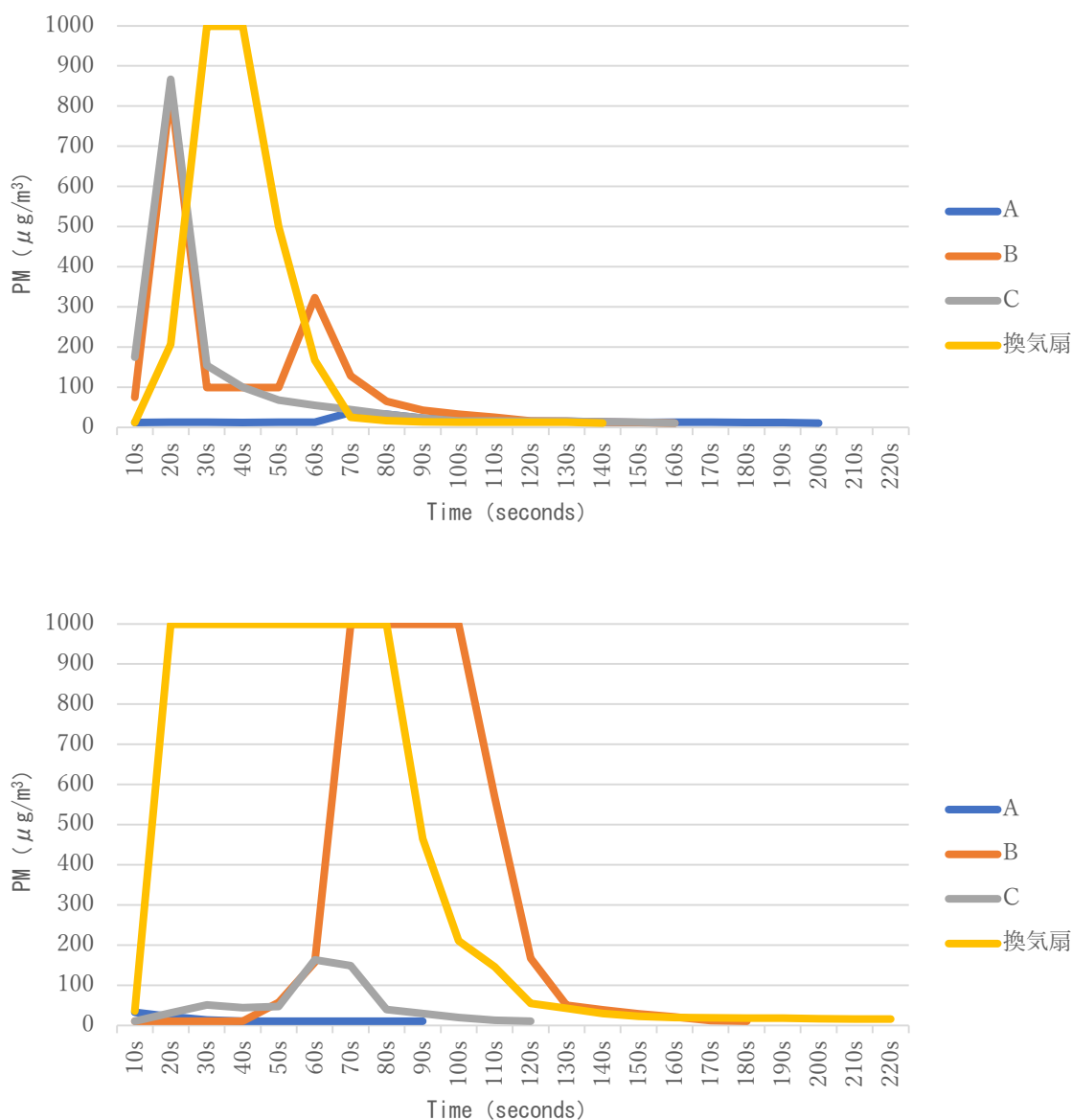


図5-3 風量弱 (上:条件2, 下:条件3)

#### 条件4 リヤクーラー風量中で上向き (図5-4: 上)

PM 値の最大値は、C では  $418 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、換気扇では  $999 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。基準値までの所要時間は、座席の最長は A、C であり 300 秒以内に基準値には戻らなかった。換気扇は 250 秒であった。

#### 条件5 リヤクーラー風量中で下向き (図5-4: 下)

PM 値の最大値は、B では  $999 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、換気扇では  $270 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。基準値までの所要時間は、座席及び換気扇のいずれも 300 秒以内に基準値には戻らなかった。B では  $999 \mu\text{g}/\text{m}^3$  となった後、 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  に低下したものの、再度上昇し  $742 \mu\text{g}/\text{m}^3$  となる二峰性を示した。

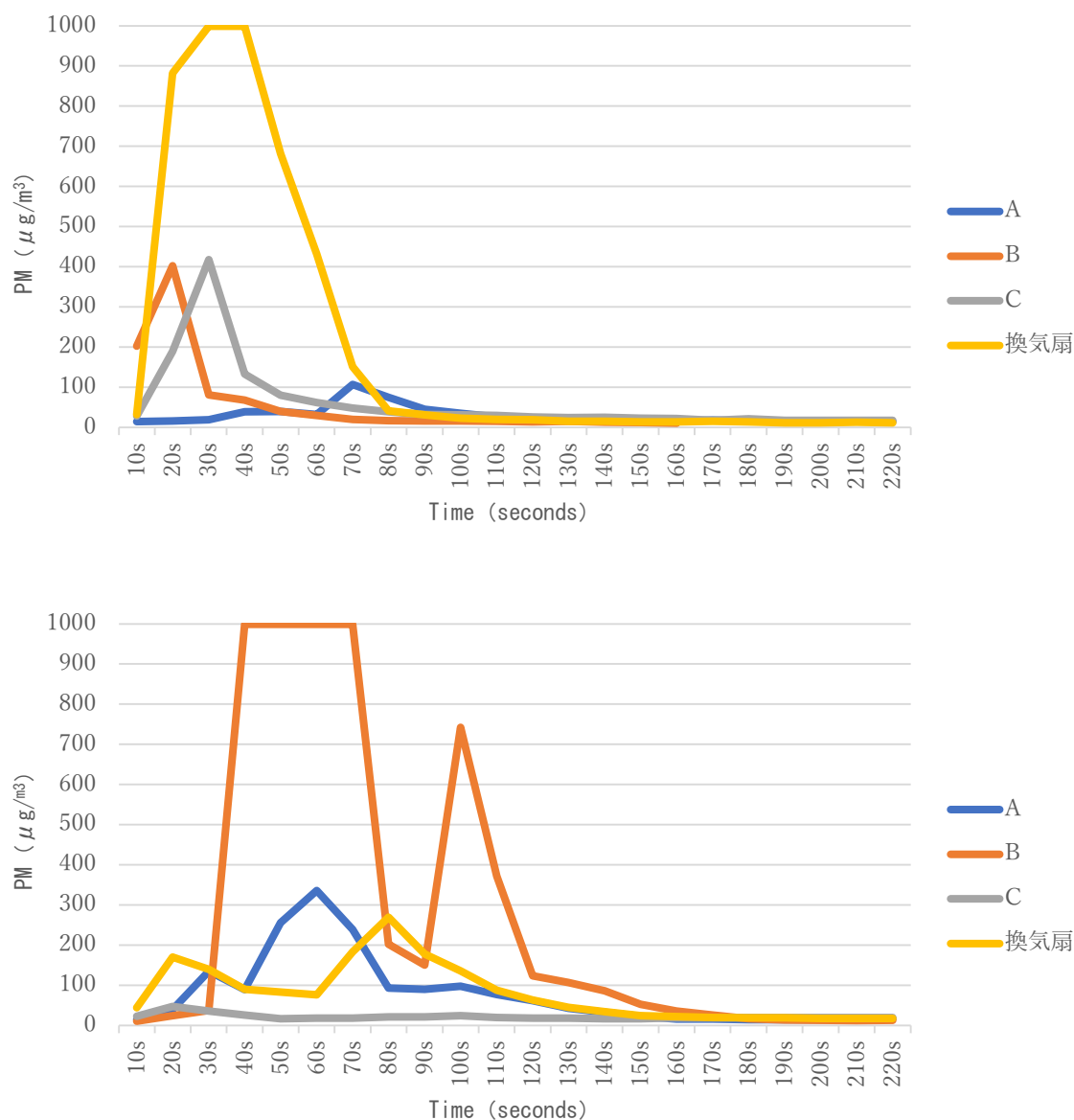


図5-4 風量中 (上: 条件4, 下: 条件5)

### 条件6 リヤクーラー風量強で上向き (図5-5: 上)

PM 値の最大値は、座席及び換気扇のいずれも  $999 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。基準値までの所要時間は、座席及び換気扇のいずれも 90 秒であった。

### 条件7 リヤクーラー風量強で下向き (図5-5: 下)

PM 値の最大値は、全座席で  $999 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、換気扇では  $697 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。基準値までの所要時間は、座席の最長は B での 120 秒、換気扇は 90 秒であった。



図5-5 風量中 (上: 条件6, 下: 条件7)

## ウォークスルー

7条件別の計測値グラフを図5-6に示す。PM値は、条件1では検知はなかった。条件2では最大 $9\mu\text{g}/\text{m}^3$ を検知し80秒で基準値となった。条件3では最大 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ を検知し300秒以内に基準値に戻らなかった。条件4では最大 $9\mu\text{g}/\text{m}^3$ を検知し90秒で基準値となった。条件5では最大 $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ を検知し300秒以内に基準値に戻らなかった。条件6では最大 $13\mu\text{g}/\text{m}^3$ を検知し150秒で基準値となった。条件7では最大 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ を検知し60秒で基準値となった。

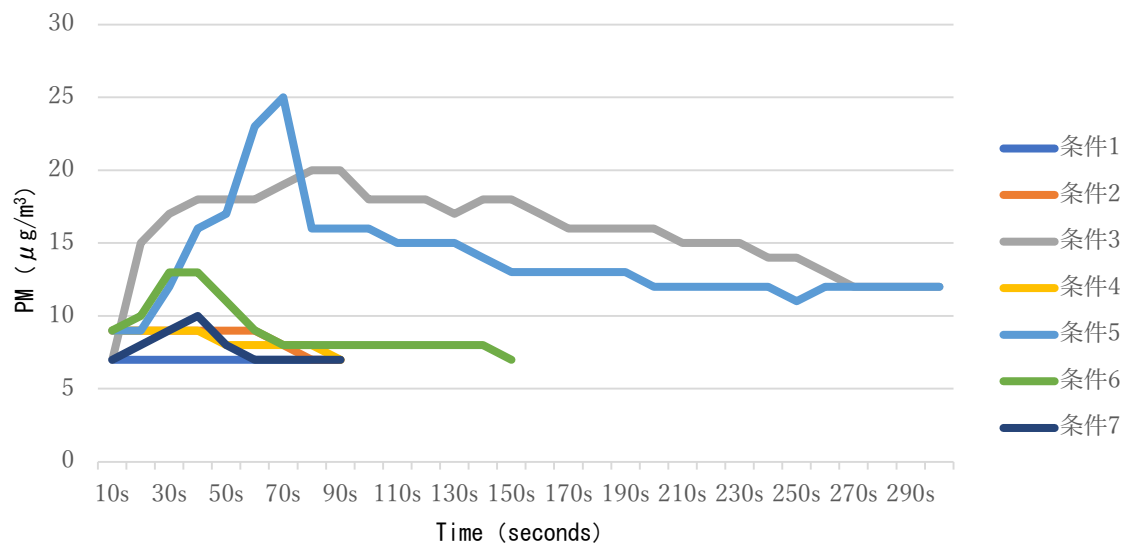


図5-6 ウォークスルー

## 5.3 実験2 空気感染防止のための効率的な換気方法の検討

### 5.3.1 対象と方法

対象は実験1と同一のトヨタ救急車「ハイメディック」とし、ビニールカーテンによる間仕切りを設置した(図5-7)。メインストレッチャーを囲むよう天井部と壁面に密着させ、下部の端はメインストレッチャーから救急隊員が観察・処置可能な約30cm 隔離した。リヤクーラー設定については実験1と同様の7条件とした。



図5-7 間仕切りカーテン設置

### 5.3.2 結果

患者室に間仕切りカーテン設置後、基準値以上の PM 値の検知があった条件の実験結果を以下条件ごとに示す。

#### 条件 1. 2. 3. 4. 5. 6

PM 値は全ての座席で基準値のままであり、換気扇では  $999 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。換気扇の基準値までの所要時間は、60～80 秒であった。

#### 条件 7 リヤクーラー風量強で下向き (図 5-8)

PM 値の最大値は、C で  $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$  で、他の座席での検知はなく、換気扇で  $999 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。基準値までの所要時間は、検知のあった C が 20 秒で、換気扇は 50 秒であった。

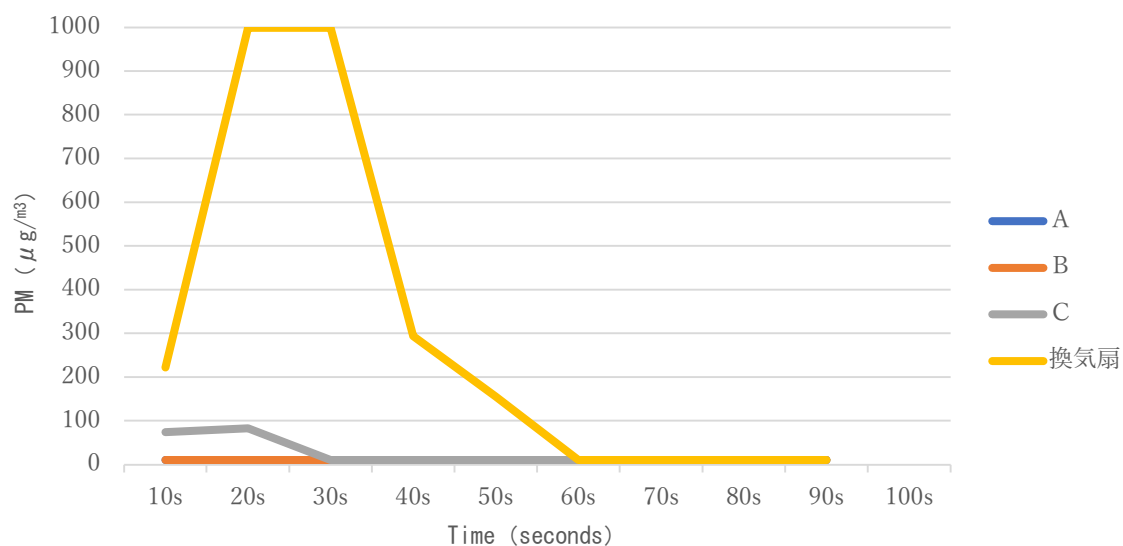


図 5-8 風量強・風向下向き (条件 7)

## 5.4 考察

今回の実験には、リヤクーラー設定により患者室内の換気時間とPM値に大きな違いがあった。田中らが行ったアンケートによれば<sup>1)</sup>、風量等の記載はないが、リヤクーラーによる拡散や排出を期待しているとも考えられ、76%の消防本部が換気目的でリヤクーラーを使用していたが、その効果についての検証はされていない。

また、感染リスクは、被曝時間と被曝量に影響されるため、臨床環境医学の観点から、空調設計により対策できることから<sup>5)</sup>、救急車内の換気効率についても、被曝時間と濃度(被曝量)の観点から対策する必要がある。

### 5.4.1 間仕切りカーテンがない場合の換気

患者室全体の条件ごとに10秒ごとの平均PM値と基準値までの所要時間を示したグラフを図5-9に示す。各座席での平均PM値が少なく、基準値までの所要時間も短い、条件1がより効率的な換気であると考えられる。

各条件の平均PM値の最低値は条件1で、最大値は条件7である。また、基準値までの所要時間の平均では、最短は条件6で、最長は条件4.5となる。平均時間と平均PM値の関係性は比例関係になく、換気効率は風向と風量に大きく影響し、滞留や拡散が発生していることが考えられる。リヤクーラー風量弱では、上向きで二峰性、下向きでPM値最大を計測しており患者室内の滞留と拡散があり、風量中ではいずれも300秒以上となり滞留が著しく、風量強では基準値までの所要時間は短い、座席で高いPM値を計測しておりリヤクーラーによる拡散が強いと考えられる。

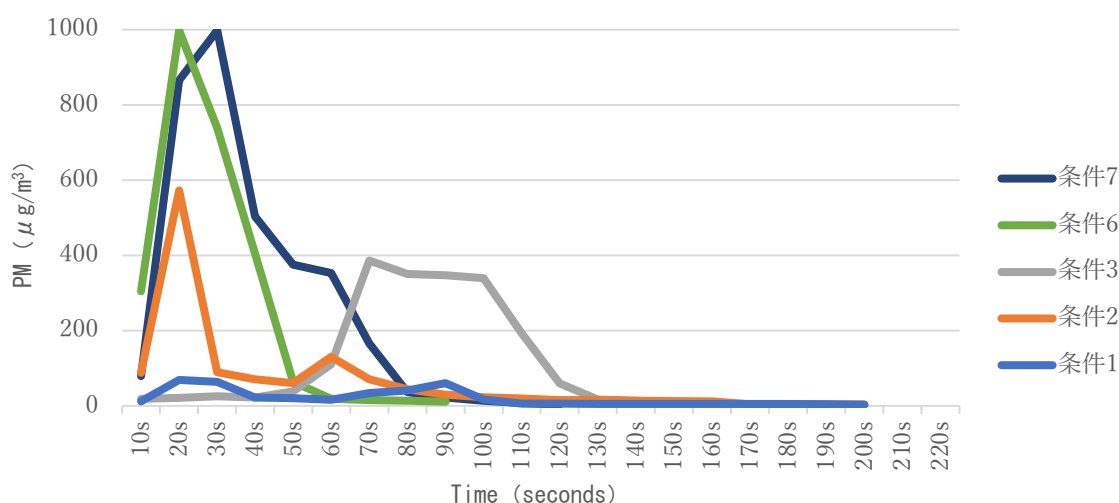


図5-9 10秒ごとの平均濃度と基準値に戻るまでの平均時間

※ 300秒以内に基準値に戻る事のなかった条件.4.5については換気非効率と判断し割愛



#### 5.4.2 間仕切りカーテンがある場合の換気

間仕切りカーテンを設置した場合と間仕切りカーテンを設置しない場合を比較すると、全ての条件で、座席でのPM値は小さく、換気扇ではPM値が最大値の $999\mu\text{g}/\text{m}^3$ であったことから、換気扇が有効に作用しており、基準値に戻るまで要した時間も大幅に短縮されたと考えられる。

検知があった条件7については、風量強で下向きの風向のため、空気が床面にあたり縦方向に流れが生じ、下から上方に上がり間仕切りカーテン内に入り込み拡散が生じた結果、C付近から漏れ出たと推測され、目視も同様の流れが確認できた。また、換気扇のPM値も、他の条件では検知のない10秒後から $222\mu\text{g}/\text{m}^3$ を検知し、最大値になる時間も他の条件に比べ10秒早いことから、縦方向の流れにより押し上げられたことが推測される。他の条件では、基準値まで所要時間が60～80秒だったのに対し、50秒で基準値に至ったのは、漏れ出た煙がある分、煙の量が減少したと推測される。

#### 5.4.3 換気に影響を与えた因子

異物や突起のない立方体に対し一定の流入を与えた場合、 $Q_t = V$ の関係から、その流入量をn倍すれば換気時間は $1/n$ になる（例：容量 $1\text{m}^3$ の立方体に毎分 $1\text{m}^3$ の流入を与えれば1分で完全換気となり、毎分 $3\text{m}^3$ の流入にするとその時間は $1/3$ 分となる）。そこで、リヤクーラー吹出口の風速を実測した（表5-4）。

表 5-4 リヤクーラー風速の対比

風量	平均風速
弱	5.98m/s
中	10.35m/s
強	17.39m/s

弱：中：強＝1：1.73：2.90

時間を比例しn倍し、リヤクーラー風量別の時間経過を均一に揃えることとした（無次元化）。間仕切りカーテンなしでの条件2.3.4.5.6.7の経過時間を無制限化し、風向別で対比化した結果を図5-10に示す。同一環境であれば同様の線形を作るはずであるが、条件により大きな違いがあり、風速と風向がもたらす拡散や滞留が生じているなど、別の要因があることを意味する。

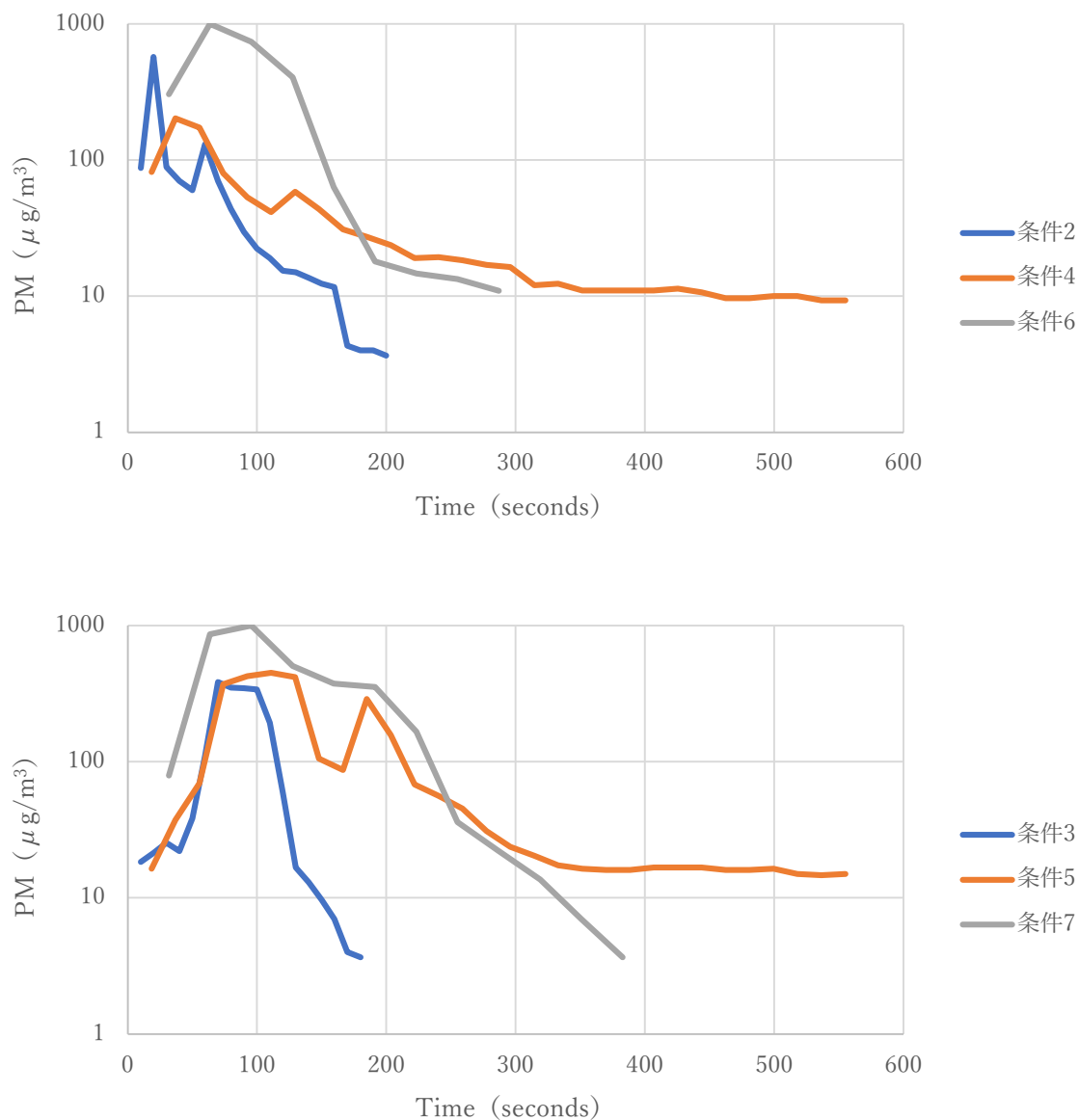


図5-10 風向別無次元化対比グラフ（上：風向上向き，下：風向下向き）

換気効率をより良くするためには、一方向化が有効である。しかし、空気流動は、しばしば旋回、乱流及び拡散などが生じる。この旋回や乱流には、スワール流（縦渦）とタンブル流（横渦）（図 5-11）があり、気体や液体の流体で重要となる。エンジンシリンダー内の燃料物質の流れでは、スワール流は軸の周囲を回転する旋回流で効率の良い流動であり、タンブル流は軸と水平に下降・上昇する渦で乱流を生じやすいとされている<sup>6, 7)</sup>。患者室では、後方の換気扇に向かう空気流動が換気効率的には望ましいが、患者室でのリヤクーラー使用時には、常にスワール流やタンブル流など、空気流動が発生していると考えられる。患者室のリヤクーラーの循環方式は、患者室内の空気を吸気し冷却後排出している（図 5-12）。空冷や循環のみを考えると、リヤクーラー吹出口から排出され吸入口に向かう空気流動が有効である。しかし、この循環方式では、リヤクーラー吹出口付近において、吹出直後から、その構造により乱流を生じやすいタンブル流が発生したと考えられる。そのため、特に風向下向きでは、直下に吹出し直上に吸気される流れとなり、タンブル流の発生を助長していると考えられ、風向下向きでは、PM 値が風量中で二峰性を示し、風量強で換気扇が座席よりも低値になるなど、拡散や滞留が発生し特異な計測結果になった可能性がある。つまり、患者室のリヤクーラーを使用した場合は、その吹出風の流動により、空気の乱流が生じたため煙が拡散し、またリヤクーラーの吸入口に向かう流動によりタンブル流が生じ、煙が滞留したと考えられる。一方、リヤクーラーを使用しない場合は、フロントキャビンの室外空気の吹出口から換気扇に向かって流動効率の良いスワール流が生じ、煙の滞留が生じなく、拡散も小さく、ゆっくりと患者室全体を大きく流れることになり、換気扇へ効率良く流れたため吸入される煙も多くなったと考えられた。

患者室リヤクーラーの循環方式では、フロントキャビンと患者室をドア等で完全遮蔽すると、その遮蔽位置が吸入口より前方にある場合、患者室内の空気はフロントキャビン側へ流入することはないが、フロントキャビン側からの外気流入がないため患者室内の汚染された空気は循環することになる。よって、フロントキャビンと患者室を遮蔽して運用する場合には、下側に間隙を設けフロントキャビン側から外気流入させる必要があると考える。

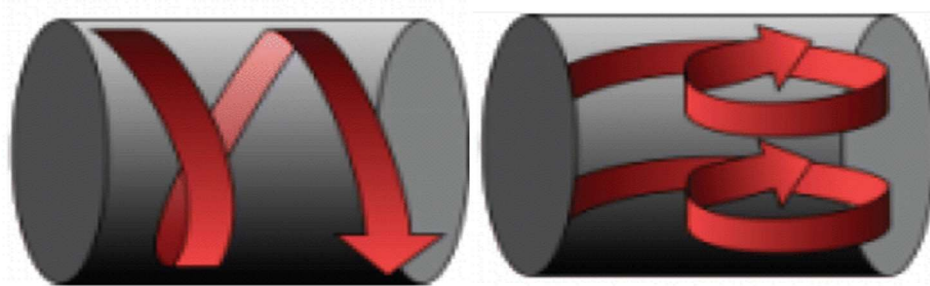


図 5-11 スワール流とタンブル流

左がスワール流であり，軸の周囲を回転する旋回流

右はタンブル流であり，軸と水平に下降・上昇する渦

図引用先 : Valbe Lift Mass Flow Rate Analysis Of a Flow Benchusing Solidworks

( <https://skill-lync.com/projects/valve-lift-and-mass-flow-rate-analysis-of-a-flowbench-using-solidworks> : 最終アクセス 2021. 2. 22)



図 5-12 患者室リヤクーラーの循環図

また、空気流動に加え、風向や資器材の配置、隊員の移動などで拡散や滞留が生じるため、換気扇への効率の良い空気流動を阻害する要因となる。

さらに、換気扇自体の排気性能も換気に大きく影響する。リヤクーラー吹出口・換気扇の面積と換気扇吸入量の実測結果を表 5-5 に示す。

表 5-5 吹出口・換気扇の吸排気量

項目	平均風速	断面積	数	吸排気量/h
弱	5.98m/s	49 cm <sup>2</sup>	3	879.0
中	10.35m/s	49 cm <sup>2</sup>	3	1521.4
強	17.39m/s	49 cm <sup>2</sup>	3	2556.3
換気扇	2.48m/s	220 cm <sup>2</sup>	1	545.6

風量中と強ではあきらかに吸入量よりも風量が上回り、オーバーフロー状態となり排気しきれない空気流動が発生すると考える。患者室は、完全密閉状態ではないが車内の拡散防止と換気効率を考えた場合、換気扇の吸入量を大きく上回るリヤクーラー風量の使用は、吹出量が排気量を上回っており、排気されなかった空気流動の滞留や拡散の原因になると考えられる。今後、換気扇の吸入能力向上などが求められるが、単に吸入能力を向上させるだけでは、リヤクーラーの本来用途である室内冷却への影響も大きいいため、患者室の温度調整と排気効率を考慮した換気性能とする必要がある。

換気時間が間仕切りカーテンの設置により短時間になったのは、吸入する気流は吸入口からの距離の2乗に反比例した風速の気流を発生させることから<sup>8)</sup>、換気扇からの距離が、壁面から間仕切りカーテンまでに短縮され、間仕切りカーテン区画内において、換気扇が有効に作用し、区画内は患者室の空気循環などによる気圧に影響されず、換気扇の陰圧のみが作用しているためと考えられた。

患者室窓の開閉について、濱田らが行った研究では患者室後方窓を開放している条件であり、実験方法に違いはあるが、窓開放・リヤクーラー風量強が効率的換気となっている<sup>2)</sup>。これは、リヤクーラー風量強により開放した窓への一方向化が図られ、排出効果が高いとまとめられている。病院搬送後では窓開放は可能であるが、平時の救急出動の場合、プライバシー保護、気温や雨などの気象環境により窓は閉じていることが通常である。窓閉鎖状態では、リヤクーラー風量が強の場合の換気時間は短い拡散が強い

ことから、風量の大きさのみでは効率的な換気とはならないと考える。また、患者室窓を開放し、救急車側面に大型扇風機を設置し送風、実走状態と仮定した条件で検証したが、換気時間は風量等の条件により差はあるが、患者室内での煙の拡散や乱流が目視された。実走した場合や屋外風が強い場合には、患者室への大量の空気流入やベンチュリー効果による気圧差による乱流や滞留が発生すると考えられ、換気効率が悪くなることも考えられ、条件7と同様に短時間の換気となるが大きな拡散を生じると考えられる。さらに、患者室窓は側面に設置されており、リヤクーラーからの空気の完全な一方向化とは言い難く、また小窓であり大きく開放できない。また、換気効率のよい空気流動を一方向化とするためには、リヤクーラーに正対する患者室後方ハッチの固定窓を開放できるようにすることが望ましい。

#### 5.4.2 ウォークスルーへの空気流動

条件 3.5 において、300 秒以内で基準値に戻る事がなかったことは、風向下向きで助長されると考えられるタンブル流の発生に影響によると推測できる。吸入口に吸気されなかったタンブル流が、その流れによりフロントキャビンへ流れた可能性がある。

患者室と比較し低値の測定結果となったが、目視では、フロントキャビンへ相当量の煙が流れていることが確認できた。低値を示したのは、空気流動の速度が速いため、測定器の検知方法による性能限界と考えられた。

これらのことから、換気時間は空気流動が大きく影響しており、換気扇に向かう空気流動が一方向化する間仕切りカーテン設置が有効であると考えられた。

ストレッチャーを防振架台まで覆う方式は、傷病者の呼気を完全遮断するための方法としては良いが、観察・処置を行う際に時間と手間がかかる。よって、夏季などではリヤクーラーを使用しないことは現実的ではないことや観察・処置も容易に行えることから、換気効率の良い間仕切りカーテンの設置は空気感染対策上有効性の高い方法であると考えられた。

## 5.5 まとめ

空調設定が救急車内患者室の換気状態に与える影響について実験的検討した。空気は気圧差等により流動し、大きなスワール流が効率は良く、タンブル流は拡散や滞留を生じさせる。

空気感染リスクを軽減させるための救急車内の空調設定は、患者室のリヤクーラー使用は、様々な空気流動を生じさせるため、リヤクーラーを使用しない方が換気効率は良い。また、ストレッチャー上方に間仕切りカーテンの設置により、患者室内への空気の拡散や滞留を防止し、換気効率が良好となる。

## 5.6 研究限界

今後は、実走状態や隊員の車内行動、種々の搭載物の有無が換気状態に与える影響を明らかにし、さらに詳細な分析を進めることが必要である。

## 第5章 参考文献

- 1) 田中健, 菊池悠, 日浦二一, 他: 救急車内における感染防止のための換気について. 第29回全国救急隊員シンポジウム抄録集. 2020 ; 127.
- 2) 濱田陽平, 藤本賢司, 山田敬一, 他: 空気感染が疑われる傷病者搬送時の効果的な救急車内換気方法について. 第29回全国救急隊員シンポジウム抄録集. 2020 ; 127.
- 3) CDC: Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities. 2003.  
<https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/environmental/index.html>  
(最終アクセス: 2021. 2. 24)
- 4) 厚生労働省: 令和元年国民健康・栄養調査. 2019.  
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00450171&tstat=000001041744&cycle=7&year=20190&month=0&tclass1=000001148507> (最終アクセス: 2021. 5. 31)
- 5) 柳宇: 院内感染予防における空調・換気的设计方法. 臨床環境医学 2019 ; 27 : 67-10.
- 6) 漆原友則, 村山太一, 李奇衡, 他: スワール・タンブルによる乱流生成と燃焼特性. 日本機械学会論文集 1994 ; 60 : 302-7.
- 7) 金子誠: 内燃機関の筒内「ながれ」解析. ながれ 2016 ; 35 : 353-6.
- 8) 公益財団法人日本建築衛生管理教育センター: 新建築物の環境衛生管理, 公益財団法人日本建築衛生管理教育センター, 東京, 2020, p 134.



## 第6章 まとめ

### 6.1 本研究のまとめ

本研究では、救急隊が救急現場で直面している感染リスクに対し、以下のとおり、現状調査や実験的検討を行った。

#### 第1章 序章

本研究の背景、救急隊の感染防止対策に着目した理由と目的、研究方法と論文構成について述べた。

背景として、現在の医療従事者の基本となっている標準予防策までの経緯に触れ、救急活動で危惧される接触感染と空気感染の感染リスクの現状を述べた。また、近年の救急業務の進展から、様々なマニュアルや方法が定説とされた頃と同様に考えては感染対策上、課題が生じることに着目した上で、基本的な感染経路や感染リスクを把握しておくことが、様々な既知の感染症を含め今後の新興感染症に対し、救急活動に特化した感染対策について知見を備えておく必要があるため、本研究の目的とすることを述べた。

#### 第2章 救急活動における感染防止用手袋に関する現状調査

救急活動での感染防止策は非常に重要であり、PPEの着用により感染防止が行われている。感染防止マニュアルにおいても「可能な限り一処置ごとの手袋交換と手指衛生を行うことが推奨される」とあるが、現状の手袋交換状況などは明らかになっていなかった。

このような中、57本部1,712人の救急隊員を対象に救急現場での手袋交換等についてのアンケート調査を行った結果、救急活動1事案での手袋交換について、交換しないが54%で、1回の交換が34%であった。手袋交換のタイミングについては適切ではない場合が38%で、その理由には、「処置等のため交換する時間がない」「予備の持ち合わせがない」「継続処置のため汚染に気付いても実施できない」などであり、適切な手袋交換がされていない可能性が示唆された。

新型コロナウイルス感染症の対策が必要な昨今、汚染伝播の拡大防止は、隊員への感染リスクや消防署内クラスター発生リスクも軽減でき、適切な手袋交換は救急車内の環境表面への汚染伝播拡大が防止され、間接接触感染のリスクを軽減させることができるため、次章への課題として手袋交換のタイミングと回数について研究を進めていくこととした。

### 第3章 救急活動における効果的な手袋交換に関する実験的検討

第2章での手袋脱着等のアンケート調査では、1回の救急出動で血液汚染など目視できる汚染がある場合等の手袋交換率は99.0%であったが、汚染等がない場合に手袋交換しない者が54.5%など、間接接触感染に対する感染防止意識を徹底する必要があることがわかった。

これらから、救急救命士を含む救急隊員による、内因CPA、重症外傷、内因性ショックのシミュレーションにて、手袋を交換なし、交換3回及び一処置ごとの交換の条件で実施、蛍光塗料とブラックライトを使用し汚染伝播を可視化、その面積をデジタル処理し計測する実験を行った。

その結果、汚染伝播面積は、すべての想定において、手袋交換なし、手袋交換3回、一処置ごと手袋交換の順で面積は少なくなっていたが、手袋交換3回でも大幅に汚染伝播面積は減少していた。よって、傷病者搬送前、車内収容前、病院搬入前に手袋交換を行うことで汚染伝播範囲を減少させることが可能であり、最低でも3回の手袋交換を推奨することを述べた。

手袋交換の現状と同様に、感染防止衣の汚染状況などの現状が不明確なことから、次章への課題として、救急隊員に対し感染防止衣の汚染箇所や感染源の実態調査を行い、感染防止衣のクリティカルゾーンを把握しその対応策の検討することとした。

### 第4章 救急活動における感染防止衣の汚染状況に関する実態調査

医療従者が着用するサージカルガウンについて、米国食品医薬品局はクリティカルゾーンとして箇所ごとの汚染リスクに合わせて必要なバリア性を示し、医療機関では標準予防策として着用している。一方、救急現場活動では感染防止衣が汚染する箇所や感染源等についての実態が不明確であった。

このような中、救急活動時の感染防止衣の汚染状況を調査し現状把握することを目的に、3政令指定都市救急隊の1ヵ月間の感染防止衣交換状況と汚染箇所について実態調査を行った。その結果、救急隊93隊、総計22,171件で、1,574回の感染防止衣交換があり、うち血液・嘔吐などの汚染による交換は157回であった。汚染箇所は両前腕部が最も多く、次いで前面下部で、背面の汚染は認められなかった。

救急活動では、観察・処置・ストレッチャーへの移乗時などに両前腕部が直接傷病者に密着するが、背面は、傷病者と接触する機会も少ないため汚染しにくい。汚染した感染防止衣を着用したままでの活動は、救急車内や資器材を介した間接接触感染リスクが高まるため、容易に交換可能なアームカバーやエプロンを着用することが有効であることを述べた。

次章への課題として、ここまで接触感染リスクを研究してきたが、密室空間である救急車内における空気感染リスクも軽視できないため、第5章では空気感染の検討を行うこととした。

## 第5章 救急車内の空気流動に関する実験的検討

新型コロナウイルス感染症などマイクロ飛沫感染を含む空気感染リスクを研究するため、救急車内の換気効率について実験的検討を行った。トヨタ救急車を対象に患者室の空調設定を変え、スモークマシンの煙をPM測定器で測定し比較検討した。実験1では、空調設定（風量・向き）7条件下で、車内5ヶ所でPM値を測定したところ、平均PM値は、リヤクーラー無使用が最も低く（ $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、風量強・風向下向きが最も高かった（ $331.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。基準値までの平均時間は、風量強・風向上向きが最短（90秒）で、風量中・風向下向きが最長（300秒以上）であった。平均PM値と平均時間からリヤクーラー無使用が効率的な換気であることが示唆された。しかし、暑熱環境下においてリヤクーラー無使用は現実的ではないことから、その対応策検討として間仕切カーテンを設置する実験2を行った。処置等可能な間隙のある間仕切カーテンをメインストレッチャーの天井から設置し実験1と同様に測定した結果、PM値の低下時間は短縮した。

換気効率は空調設定に大きく影響するが判明し、空調の使用は空気を拡散し滞留させるため、間仕切カーテンを設置することで効率的な換気が可能となることを述べた。

## 6.2 結語

近年の救急車の構造変化や救急救命処置範囲拡大による救急資器材の増加など、様々なマニュアルや方法が定説とされた頃と同様に考えては感染対策上、課題が生じると考え、効果的な救急活動中の感染防止対策に関する研究として、接触感染と空気感染を中心に検討した。

手袋交換については、CDCが示すとおり一処置ごとの交換が望ましいが、感染源遮断のタイミングを意識した3回の交換で十分な効果があることが示唆された。また、感染防止衣についても、病院内で使用されるサージカルガウンとほぼ同様のクリティカルゾーンであることが判明した。中でも前腕部の汚染が顕著であり、救急活動の特徴が現れた結果となった。更に、空気感染について、空調設定が救急車の空気流動に大きく影響することが判明し、定説とされていた窓の開放では拡散が大きくなり、非効率となる可能性が示唆された。

これらのように、日進月歩する医療とともに、感染防止策についても、常に検討する続けていかなければ、感染リスクに直面し続ける救急隊の活動に大きく影響すると言える。

本研究において、推奨した各対応策について、ただちに実施できるものと予算などを整

備したした上で実施できるものがあるが、常に感染リスクを意識する活動となる動機付けになることを期待する。

救急隊の感染防止対策については、着用するゴーグルやマスクなど PPE の研究や、スモークマシンよりも傷病者呼気に近い気体での詳細な流動状況、救急車内や PPE の適切な消毒など多岐に渡るため、今後も研究を進めていかなければならない。

## 謝 辞

博士学位論文を作成するにあたって、これまで多くの方々のご指導とご助力を頂きました。

この度、主査を引き受けて頂きました広島国際大学保健医療学部救急救命学科の安田教授には、厚く御礼申し上げます。かねてよりお付き合いはありましたが、救急救命士の中で消防在職中から研究を続けておられ、その姿を目標としていた中、広島国際大学へ着任するきっかけをも頂戴しました。その上、本学位論文のご指導とご鞭撻のおかげで本稿をまとめることができました。本当にありがとうございました。

副査を引き受けて頂きました広島国際大学保健医療学部診療放射線学科の清水教授には平素から大変お世話になっており、いつも温かい励ましのお言葉を頂戴し、執筆の原動力となりました。

広島国際大学保健医療学部医療技術学科の二宮教授にも、副査を引き受けて頂きました。研究や実験を行う際、工学的観点から多くの相談に乗って頂き、ご助言を頂きました。謹んで感謝申し上げます。

また、これまでの研究や論文作成に関し、快く協力して頂き共著者として支えてくださった広島国際大学保健医療学部救急救命学科の教員各位にも謹んで感謝申し上げます。

並びに、アンケート調査や実験などに協力して下さった全ての方々にお礼を申し上げます。

最後に、研究活動や学会活動について理解し、支援してくれた家族に深く感謝いたします。

2022年7月22日

佐々木 広一

## 研究発表の記録

### 研究論文

NO.	論文題目	掲載誌及びページ	発表年	連名者
1	空調設定が救急車内の換気状態に与える影響に関する実験的検討	日本臨床救急医学会雑誌 第24巻第5号 p 672-83.	2021	安田 康晴 山本 弘二 吉川 孝次 友安 陽子 坂口 英児 二宮 伸治
2	救急活動における感染防止用手袋の使用状況の現状と課題	プレホスピタル・ケア 第34巻第4号 p 65-69	2021	安田 康晴
3	救急活動時の汚染拡大と手袋交換による汚染拡大防止に関する研究と対策	日本臨床救急医学会雑誌 第25巻第1号 p 11-20.	2022	安田 康晴 山本 弘二 吉川 孝次 友安 陽子 坂口 英児 二宮 伸治
4	救急活動時の感染防止衣の汚染状況に関する実態調査と接触感染防止策の検討	日本臨床救急医学会雑誌 (掲載決定)	2022	安田 康晴 山本 弘二 吉川 孝次 友安 陽子 坂口 英児

## 学会発表

NO.	発表題目	発表学会	年月	連名者
1	病院前救護における手袋交換の現状と課題について -救急隊員の手袋交換等に課するアンケート調査結果-	第37回日本救急医学会中国四国地方会	2021.5	-
2	救急車内の効果的な換気条件についての検討	第24回日本臨床救急医学会総会・学術集会	2021.6	安田 康晴 山本 弘二 吉川 孝次 友安 陽子 坂口 英児 二宮 伸治
3	救急活動中の手袋交換のタイミングによる汚染伝播の状況と対策	第24回日本臨床救急医学会総会・学術集会	2021.6	安田 康晴 山本 弘二 吉川 孝次 友安 陽子 坂口 英児
4	救急隊の感染防止衣の汚染状況の検討と対策1 -救急活動中のクリティカルゾーンの実験的検討-	第25回日本臨床救急医学会総会・学術集会	2022.5	安田 康晴 山本 弘二 吉川 孝次 友安 陽子 坂口 英児
5	救急隊の感染防止衣の汚染状況の検討と対策2 -救急活動中のクリティカルゾーンの実験的検討-	第25回日本臨床救急医学会総会・学術集会	2022.5	安田 康晴 山本 弘二 吉川 孝次 友安 陽子 坂口 英児