

感染防止性・夏季における冷却性等に優れた能力を有する感染防止衣の開発 と適切な洗浄・消毒方法の研究

フェーズ3
社会実装研究

研究開発の体制

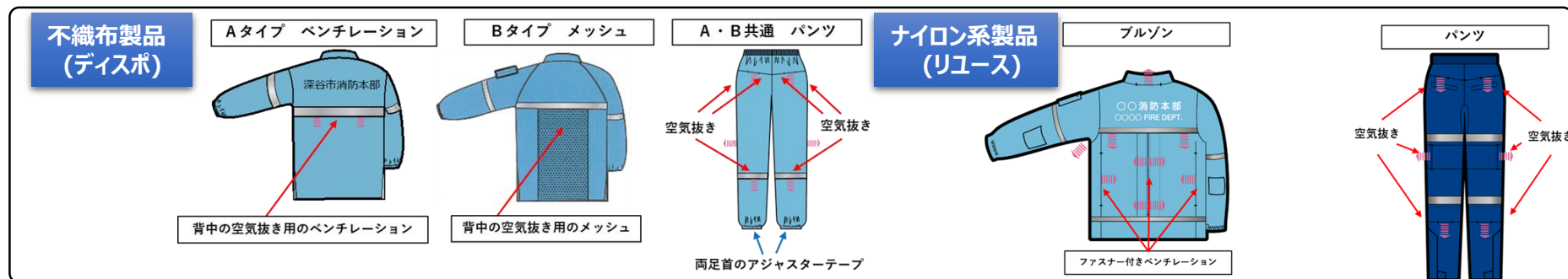
- 研究期間：1年
- 代表研究機関：ユニチカトレーディング株式会社（研究代表者：山田 博夫） ○研究協力機関：広島国際大学
- 研究支援機関：大雪消防組合消防本部，青森地域広域事務組合消防本部，深谷市消防本部，田原市消防本部，大津市消防局，安芸高田市消防本部，松原市消防本部，白山野々市広域消防本部，高山市消防本部，田辺市消防本部，出雲市消防本部，久留米広域消防本部，浦添市消防本部

目標

- 感染防止性能を維持しつつ体感温度低減・活動時の疲労軽減を改善した感染防止衣について、規模を拡大した着用試験を実施し、効果の確認を行うと共に性能を維持する為の洗浄・消毒方法等を確立させることを目的とする。

成果

- 全国13消防本部で社会実装研究を実施。アンケート調査による主観的評価の結果、暑さ対策で従来品よりも高い評価を得られた。**
【不織布】従来品対比で暑さ対策評価良好。背面メッシュタイプがベンチレーションタイプより高評価。着脱作業性や素材強度の改善要望有。
【ナイロン系】従来品対比で暑さ対策含めた全項目で評価良好。実装3ヶ月・6ヶ月後で一部製品に摩耗毛羽立ち発生、耐久性改善要望有。
消毒方法で素材劣化に差有、特に次亜塩素酸ナトリウム消毒でバリア性フィルム劣化や生地退色が顕著に発生した。
- 消毒方法の事前検証を行い改良品で社会実装研究を実施、消毒による感染防止衣の劣化を確認し、洗浄・除染のガイドラインを作成した。**
【ナイロン系】試作品(微多孔タイプ)で洗濯・オゾン殺菌による耐水圧・バリア性低下が認められた為、無孔透湿タイプに変更し改善を確認した。
消毒剤・除菌剤による素材劣化や除菌効果等を確認し、汚染程度等による洗濯・除染のガイドラインを作成した。



今後の展開

- 社会実装研究における課題を改善した感染防止衣の市販化によって、救急隊員の感染リスク抑制や冷却性向上を図ることが出来る。

用語の定義

感染防止衣の種類

名 称	特 徴
不織布製繊維 (不織布)	繊維を一定方向やランダムに集積し接着樹脂で化学的に結合させた布で、一般的に流通している感染防止衣のうち単回または少回数の洗浄で更新が必要な感染防止衣を示す。
ナイロン系合成繊維 (ナイロン系)	ポリエステルやナイロンなど石油を原料した化学繊維で、一般的に流通している感染防止衣のうち洗浄により再使用可能な感染防止衣を示す。

消毒と除菌

消毒

人体に有害な微生物の感染性をなくすか、数を少なくすること、殺菌は細菌やウイルスなどの微生物を全てまたは一部を死滅させることを意味しており、「医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律（以下、薬機法）」において使用する薬剤は医薬品・医薬部外品となる。

除菌

ある物質や限られた空間から微生物を除去することを意味し、救急車内の環境表面や感染防止衣などの対物に使用され、薬機法上の整理として使用する薬剤は雑品扱いとなる。

感染防止衣のウイルスや細菌などの微生物の除去を除菌とし、使用する薬剤を除菌剤とした

【当初の目標】

- 感染防止性能を維持しつつ体感温度低減・活動時の疲労軽減を改善した感染防止衣について、規模を拡大した着用試験を実施し、効果の確認を行うと共に性能を維持するための洗浄・消毒方法を確立させる。

【研究開発の成果】

- 感染防止衣の暑さ対策・製品全体の総合効果の向上を図った。

【不織布】

- ・従来品対比で暑さ対策で背面メッシュタイプがベンチレーションタイプよりも涼しいとの評価を得た。
- ・課題として、着脱作業性や素材強度の不足等の改善要望有。

【ナイロン系】

- ・従来品対比で暑さ対策を含めた全項目で高い評価を得た。
- ・使用後製品の評価と合わせて、素材耐久性の改善要望有。

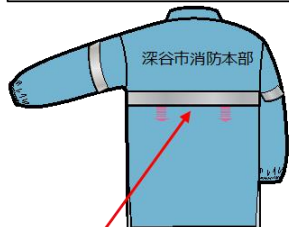
- 感染防止衣の除菌・洗浄方法に関するガイドラインを作成した。

- ・除菌方法別繊維劣化を確認した。
- ・素材別に洗濯による繊維劣化を確認した。

社会実装研究に使用した感染防止衣の概要

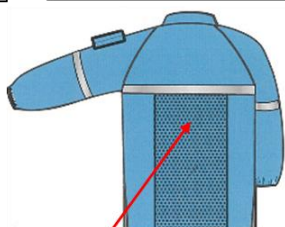
不織布タイプ

Aタイプ ベンチレーション



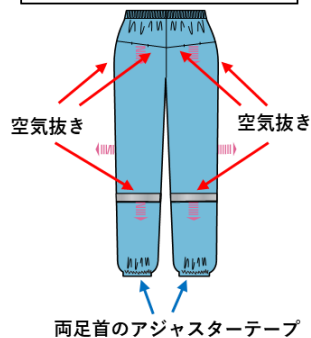
背中中の空気抜き用のベンチレーション

Bタイプ メッシュ



背中中の空気抜き用のメッシュ

A・B共通 パンツ



空気抜き

空気抜き

両足首のアジャスターテープ

【主な改善点】

- 感染リスクの低い**背面等**に**ベンチレーション**や**メッシュ**を**採用**し通気性を向上
- ミシンの穴からの血液や体液等の湿性感染源の侵入を防ぐ目的で、**超音波縫製を採用**

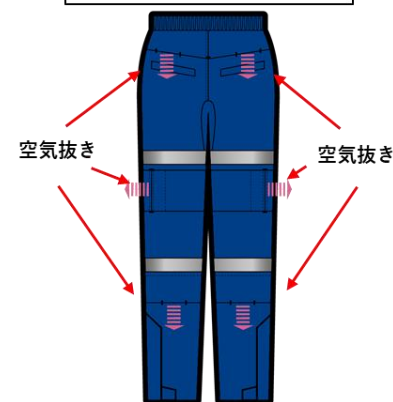
ナイロン系タイプ

ブルゾン



ファスナー付きベンチレーション

パンツ



空気抜き

空気抜き

【主な改善点】

- フィルムを無孔タイプ**にし洗濯・消毒への耐久性を向上
- 感染リスクの低い**背面等**に**ファスナー付ベンチレーション**を**採用**し、通気性の調整が可能
- ミシンの穴からの血液や体液等の湿性感染源の侵入を防ぐ目的で、ブルゾン前面部分に**シームテープを採用**

社会実装研究消防本部と評価方法

全国13か所の消防本部で、アンケート調査による主観的評価と使用後の製品評価

所在地	本部名
北海道	大雪消防組合消防本部
青森県	青森地域広域事務組合消防本部
埼玉県	深谷市消防本部
愛知県	田原市消防本部
岐阜県	高山市消防本部
石川県	白山野々市広域消防本部
滋賀県	大津市消防局
大阪府	松原市消防局
和歌山県	田辺市消防本部
島根県	出雲市消防本部
広島県	安芸高田市消防局
福岡県	久留米市広域消防本部
沖縄県	浦添市消防本部

令和 4 年度 社会実装試験 アンケート調査票

※ 実際にご着用頂く救急隊員様全員へのアンケートです。

消防本部名

使用期間 (令和 4 年 月)
使用枚数 (A タイプ ベンチレーション仕様)

1 ディスボタイプについて

1 製品に関する調査 < 現行着用用品 >

◆ 上衣、ズボン共通の質問

1 着脱のしやすさについて

2 感染防止性能(機能)について

3 動きやすさ(作業性)について

4 涼しさ(暑さ対策)について

5 製品全体としての総合評価

2 製品に関する調査 < 今回試験品 >

◆ 上衣、ズボン共通の質問

1 着脱のしやすさについて

2 感染防止性能(機能)について

3 動きやすさ(作業性)について

4 涼しさ(暑さ対策)について

5 製品全体としての総合評価

◆ 上衣

1 ベンチレーション・メッシュについて

A タイプ(背中空気抜き)

B タイプ(背中メッシュ)

3 その他、お気づきの点やご要望について

2 リュースタイプについて

1 製品の着用に関する調査 < 現行着用用品 > *リュース導入が無い場合は、回答不要です。

1 着脱のしやすさについて

2 感染防止性能(機能)について

3 動きやすさ(作業性)について

4 涼しさ(暑さ対策)について

5 強度、耐久性について

6 軽さ、重量について

2 製品の着用に関する調査 < 今回試験品 >

1 着脱のしやすさについて

2 感染防止性能(機能)について

3 動きやすさ(作業性)について

4 涼しさ(暑さ対策)について

5 強度、耐久性について

6 軽さ、重量について

3 洗濯に関する調査 < 今回試験品 >

1 洗濯方法について

2 洗濯回数について

3 どのような際に洗濯しますか？

4 殺菌・消毒に関する調査 < 今回試験品 >

消毒方法について

5 その他、お気づきの点やご要望についてご記入下さい

ユニチカレーディング株式会社

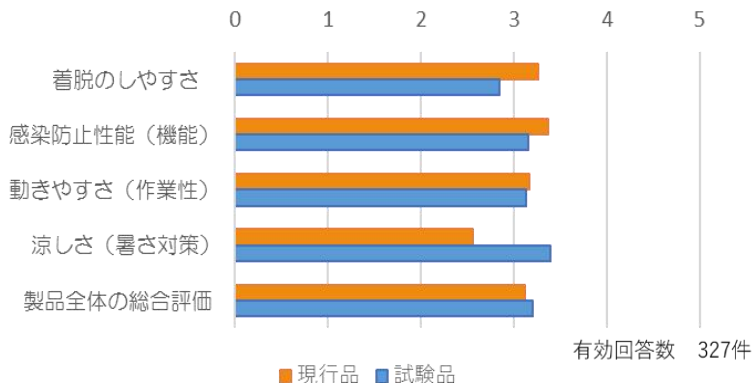
アンケートにご協力頂き、感謝申し上げます。

感染防止衣別の主観的評価結果

①結果： 暑さ対策及び製品全体の総合評価で従来品よりも向上を確認した



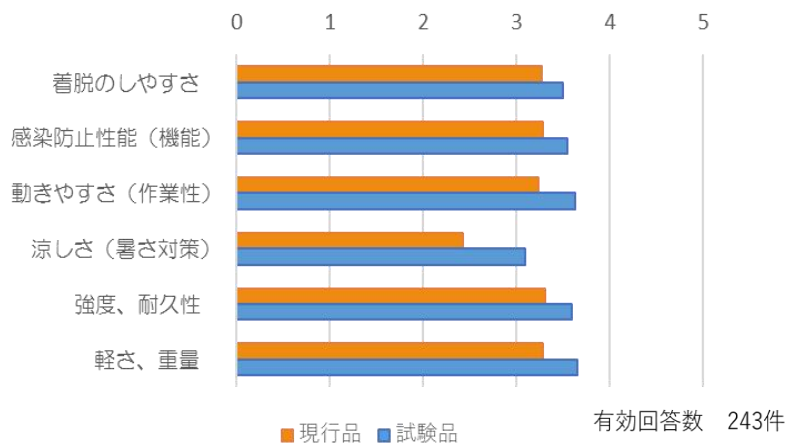
不織布タイプ



- ・暑さ対策の効果は、従来品に比較して向上
- ・背面メッシュタイプが背面ベンチレーションタイプよりも涼しいとの評価
- ・着脱作業性や素材強度の不足、ベンチレーションの課題など、改善が必要



ナイロン系タイプ



- ・全ての項目において、既存使用品を上回る評価を得た。

使用後の製品評価

②ナイロン系タイプの実装後製品評価

➡ 製品確認し、「傷・毛羽立ち」「退色」が課題として挙げた

【傷・毛羽立ち】



(左肩前面)



(左肩背面)



(右肩背面)

- 12消防本部の内、2消防本部で肩部の摩耗擦り切れ、毛羽立ちを確認
- 問題発生 of 2消防本部では感染防止衣の上にベストを着用 → ベストの摩耗が原因と推測
- 今回の感染防止衣は薄い編地を表地に使用したことも一因と推測

➡ 表地用の編地をより摩耗に強いものに変更しての改善を実施中

社会実装研究課題の改善

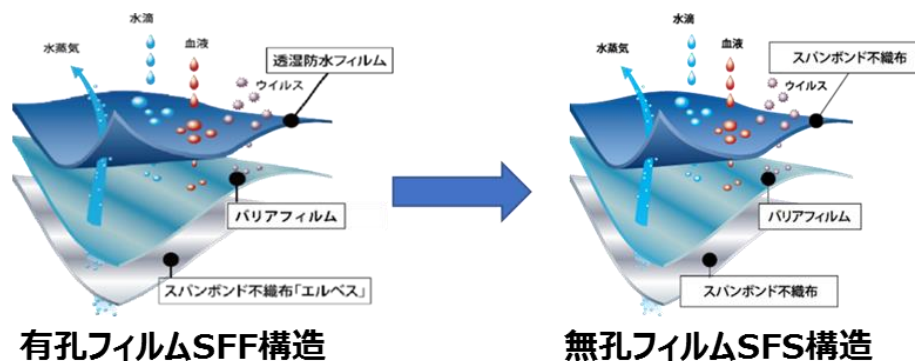
①課題の改善：不織布タイプ・ナイロン系タイプそれぞれで課題改善した市販用製品を確立中

【不織布】

- ・透湿膜を有孔フィルムからよりバリア性能の高い**無孔フィルムへ改良**
- ・三層構造の見直しを行い、**強度・耐久性を向上**
- ・**縫製強度の改善**を図ると共に**着脱作業性の改善**を実施



改善完了

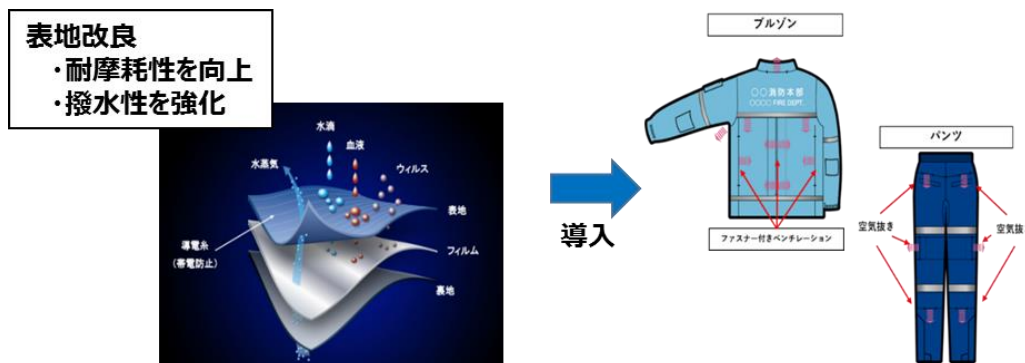


【ナイロン系】

- ・三層構造の表地をより強靱なものに変更して**耐摩耗性を向上**
- ・**撥水加工を付与**してバリア性等を維持、血液等の除去性を向上



改善実施中

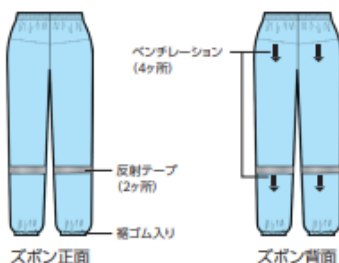
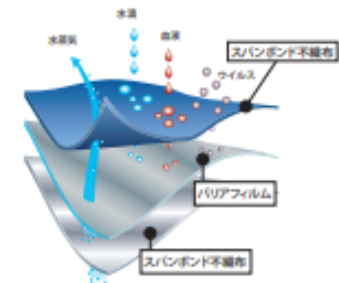


ベンチレーション機能付き感染防止衣の使用条件

感染曝露リスク	感染防止衣 タイプ	ベンチレーション	オプション
低 い ・嘔吐、吐下血、外出血が 認められない場合	不織布	使用可 状況によりオプションを装着	・アームカバー ・アイソレーションガウン 等
	ナイロン系	ベンチレーションを開放 状況によりオプションを装着	・アームカバー ・アイソレーションガウン 等
高 い ・嘔吐、吐下血、外出血が 認められる場合 ・感染症の情報がある場合	不織布	原則、使用可 状況によりオプションを装着	・アームカバー ・アイソレーションガウン ・タイベック 等
	ナイロン系	原則、開放可 状況によりベンチレーションを閉鎖し、 オプションを装着	・アームカバー ・アイソレーションガウン ・タイベック 等
極めて高い ・CBRNE災害 ・多数傷病者発生時	不織布	ベンチレーション付使用不可 状況によりオプションを装着	・アームカバー ・アイソレーションガウン ・タイベック 等
	ナイロン系	ベンチレーションを閉鎖 状況によりオプションを装着	・アームカバー ・アイソレーションガウン ・タイベック 等

【不織布】

- ・無孔フィルムの採用や超音波縫製により、高いバリア性能を確保
- ・SFS三層構造の採用により、より高い強度・耐久性を確保
- ・ベンチレーション機能・メッシュ素材による通気性の確保



改善完了
2023年6月販売開始

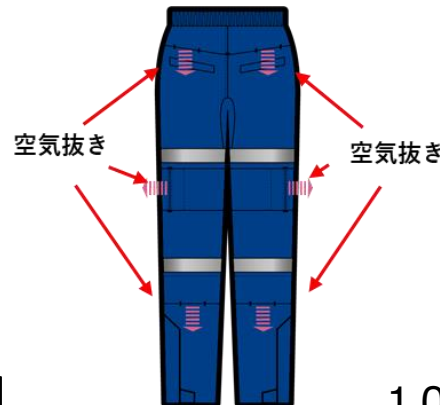
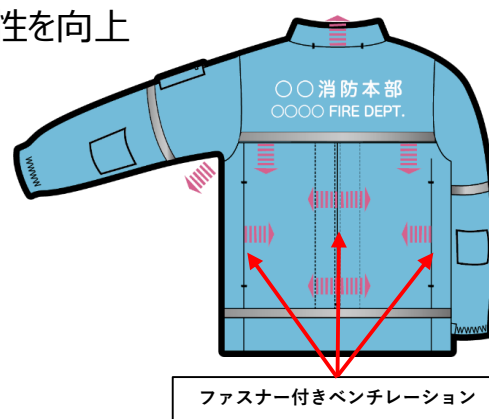
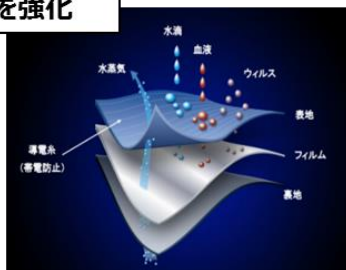


【ナイロン系】

- ・三層構造の表地をより強靱なものに変更して耐摩耗性を向上
- ・撥水加工を付与してバリア性等を維持、血液等の除去性を向上

表地改良

- ・耐摩耗性を向上
- ・撥水性を強化



改善実施中
2024年販売開始計画

【 今回の研究成果について、今後の展開 】

○課題改善した市販用感染防止衣の確立と販売

- ・不織布製品 : 課題改善完了 2023年～販売予定。
- ・ナイロン系製品 : 課題改善実施中 2024年～販売予定

【 製品化、システム運用、制度化など、広く実用するための課題 】

○サプライチェーンの拡充 → ほぼ確立

【不織布】

- (国内)不織布 : 自社工場に製造ライン有
- フィルム・ラミネート : 2020年度に経産省から国内サプライチェーン強化事業の補助金支援受領
- 縫製加工 : 約50社の協力工場有、ベトナム、中国等にも協力工場有
- (海外)海外一貫でのサプライチェーン有。
 (インドネシア、タイ及びベトナムでの組み立てを想定)

【ナイロン系】

- (国内)基本的に全ての生産を日本国内で想定
 →コロナ禍による輸入品ストップ等で供給が滞るリスクを回避可能

○消毒・除菌の習慣化

今回作成した「感染防止衣の洗濯・除染に関するガイドライン」を基に運用条件を設定

感染防止衣の除菌・洗浄方法の検証

- 感染防止衣は救急隊の感染防止マニュアル（以下、マニュアル） Ver.1.0により、感染防止対策の基本的事項のPPEとして周知された。
- 初期の新型コロナウイルス感染症拡大に伴い、PPEの調達が困難となり医療機関において例外的に留意点を遵守することで再使用が認められ^{1,2)}、同様にマニュアルVer.2.0に救急隊員の対応が記載された。

1) 厚生労働省新型コロナウイルス感染症対策推進本部：N95 マスクの例外的取扱いについて。

2) 厚生労働省新型コロナウイルス感染症対策推進本部：サージカルマスク、長袖ガウン等の例外的取扱いについて。

- マニュアルには救急活動後の感染防止衣の脱着方法の記載はあるものの除菌・洗浄方法の記載はない。
- 救急活動時の感染防止衣の汚染状況に関する実態調査では、不織布感染防止衣の交換が救急出動22,171件中、1,574回であり、それ以外は再使用されている³⁾。

3) 佐々木広一，安田康晴他：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．日臨救急医会誌2022；25

感染防止衣の除菌・洗淨方法の検証

除菌方法

・ オゾン除菌

オゾン発生器（BT-088、タムラテコ社製）により、メーカー推奨CT値60（オゾン濃度 ppm×時間min）で、オゾン曝露を1回勤務で1回、4カ月間実施したと想定し（1カ月11回勤務で4カ月間：CT値60×44回）、CT値を約2,600としオゾン曝露させた。

・ 除菌剤

除菌剤別噴霧後の感染防止衣劣化状況

- ①消防本部で3カ月間の救急活動後に次亜塩素酸ナトリウム、次亜塩素酸水、安定化二酸化塩素による除菌剤噴霧、オゾン曝露をそれぞれ実施した。
- ②1日6回除菌剤処理し、1カ月、3カ月、6カ月後の劣化を確認した。

洗浄・乾燥方法

・ 洗浄方法

ナイロン系感染防止衣を対象に、洗濯標準設定で50回行い自然乾燥させた。

・ 乾燥方法

不織布感染防止衣を対象に、洗濯後の自然乾燥と乾燥機による洗濯乾燥の標準設定でそれぞれ5回行った。



- ・洗濯洗浄標準設定（洗浄約8分、すすぎ2回、脱水約7分）
- ・洗濯乾燥標準設定（洗浄約8分、すすぎ2回、脱水約4分、乾燥約120分）

洗濯・乾燥は市販洗濯機、洗剤は市販洗剤を使用

評価方法

・洗濯とオゾン曝露後の繊維劣化

耐水圧試験とバリア性能をASTM（米国試験材料協会）及び JIS（日本産業規格）で、繊維断面を電子顕微鏡を用いて評価した。

・除菌剤別噴霧繊維劣化

①繊維表面の退色状況および顕微鏡で確認した。

②耐水圧により劣化を確認した。

・乾燥別繊維劣化

繊維表面を目視で確認した

感染防止衣の除菌・洗浄方法の検証

結果

ナイロン系感染防止衣の洗濯とオゾン曝露後の耐水性とバリア性能結果

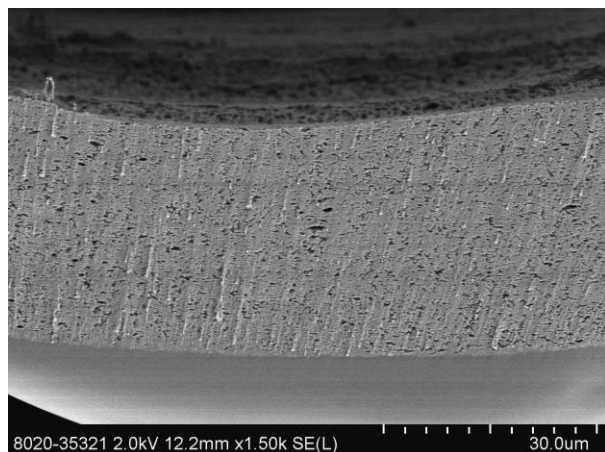
	フィルム素材	耐水圧 (kPa)	劣化率 (%)	人工血液バリア性		ウイルスバリア性	
				ASTM F1670	JIS T8060 クラス6	ASTM F1671	JIS T8061 クラス6
初 期	有孔膜フィルム	392.4	0	○	○	○	○
	無孔膜フィルム	588.6	0	○	○	○	○
洗濯後	有孔膜フィルム	78.5	80	×	×	×	×
	無孔膜フィルム	529.7	10.0	○	○	○	○
オゾン曝露後	有孔膜フィルム	49.1	87.5	×	×	×	×
	無孔膜フィルム	559.2	5.0	○	○	○	○

○合格 ×不合格

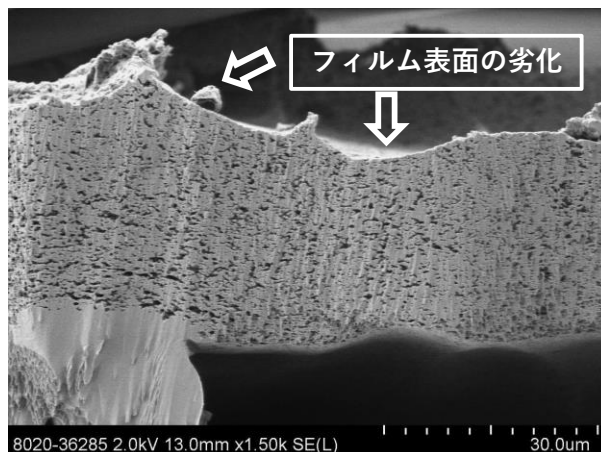
感染防止衣の除菌・洗淨方法の検証

有孔膜フィルム感染防止衣の初期と洗濯とオゾン曝露後のフィルムの比較

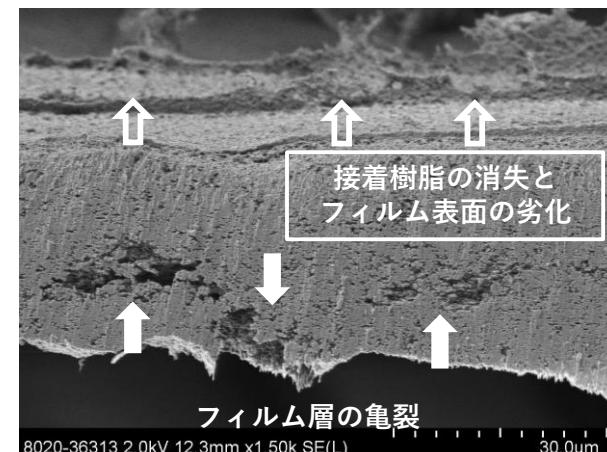
倍率×1500



初期



洗濯後



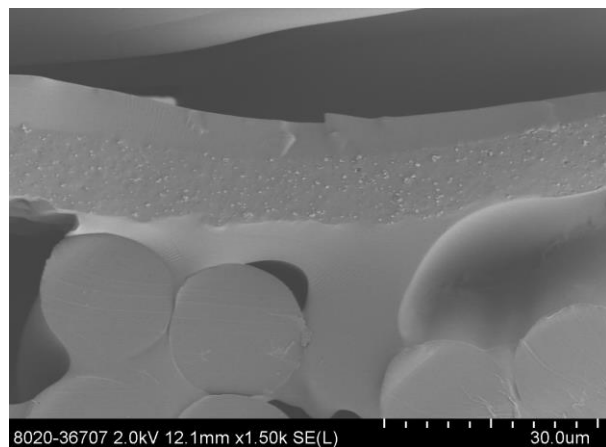
オゾン曝露後

初期に比べて洗濯後はフィルム表面の劣化、オゾン曝露後は接着樹脂層の消失とフィルム表面の凹凸形成、フィルム層の亀裂が確認された。

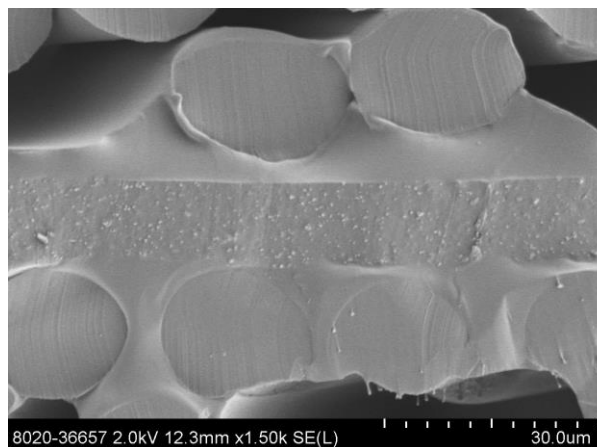
感染防止衣の除菌・洗浄方法の検証

無孔膜フィルムの初期と洗濯とオゾン曝露後のフィルム孔の比較

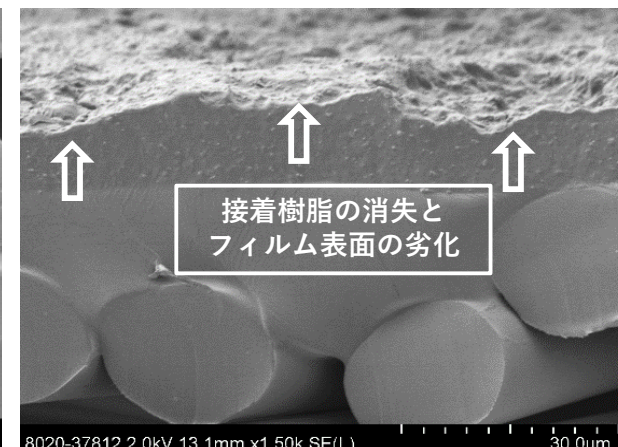
倍率×1500



初期



洗濯後



オゾン曝露後

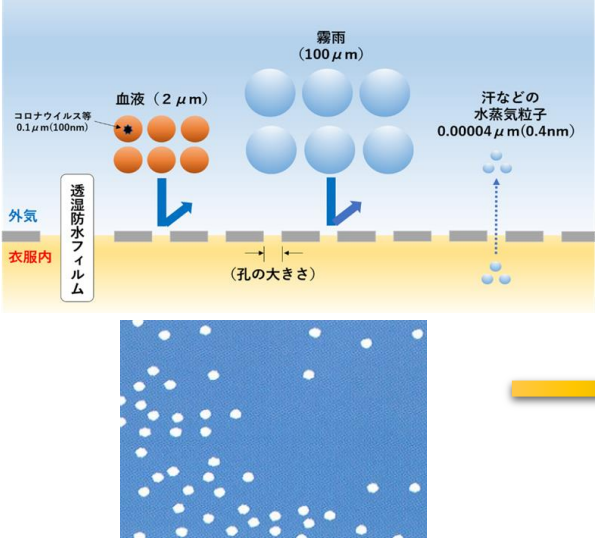
初期に比べて洗濯後はフィルムに変化は認められなかった。

オゾン曝露後ではフィルム層の劣化は認められなかったが、接着樹脂層の消失による凹凸形成が確認された。

感染防止衣の除菌・洗淨方法の検証

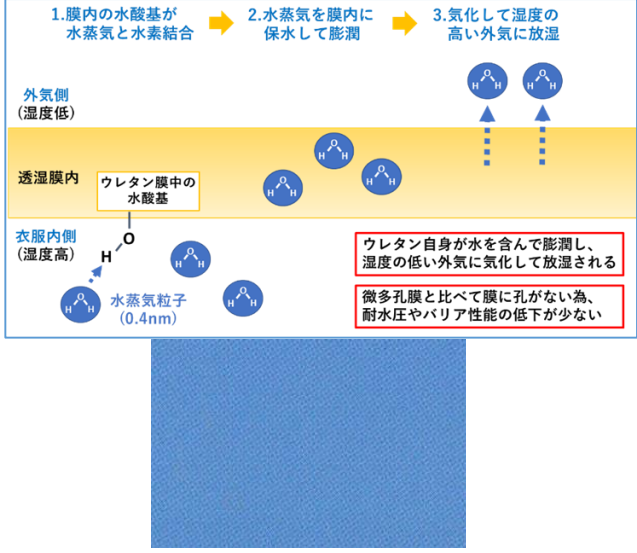
有効膜・無孔膜フィルム素材の特徴と洗濯・オゾン曝露耐性

有孔膜フィルム



孔から汗などの水蒸気を逃がしやすい
孔のバラツキにより耐水・バリア性に差が出る

無孔膜フィルム



水分子を吸い上げ気化により蒸散させる
孔がなく耐水性とバリア性が高い

	有効膜フィルム	無孔膜フィルム
洗濯	×	○
オゾン曝露	×	×

感染防止衣の除菌・洗浄方法の検証

除菌剤別感染防止衣の繊維劣化状況

除菌剤噴霧別の退色比較



(次亜塩素酸ナトリウム)



(次亜塩素酸水)



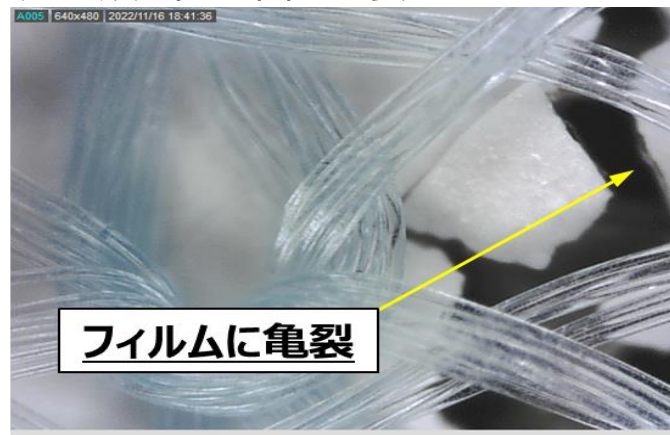
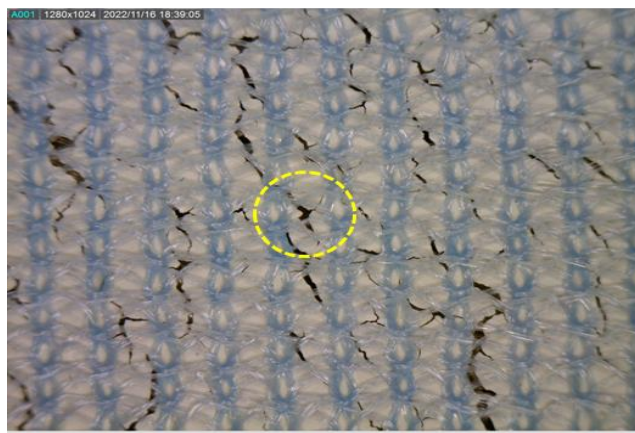
(オゾンガス)



(安定化二酸化塩素水)

次亜塩素酸ナトリウム、次亜塩素酸水、オゾンガス、安定化二酸化塩素の順に退色程度が大きかった

次亜塩素酸ナトリウム除菌による無孔膜フィルム面の亀裂



左図：無孔膜フィルム面の全体に多くの亀裂が認められた 右図：丸印の拡大を示す

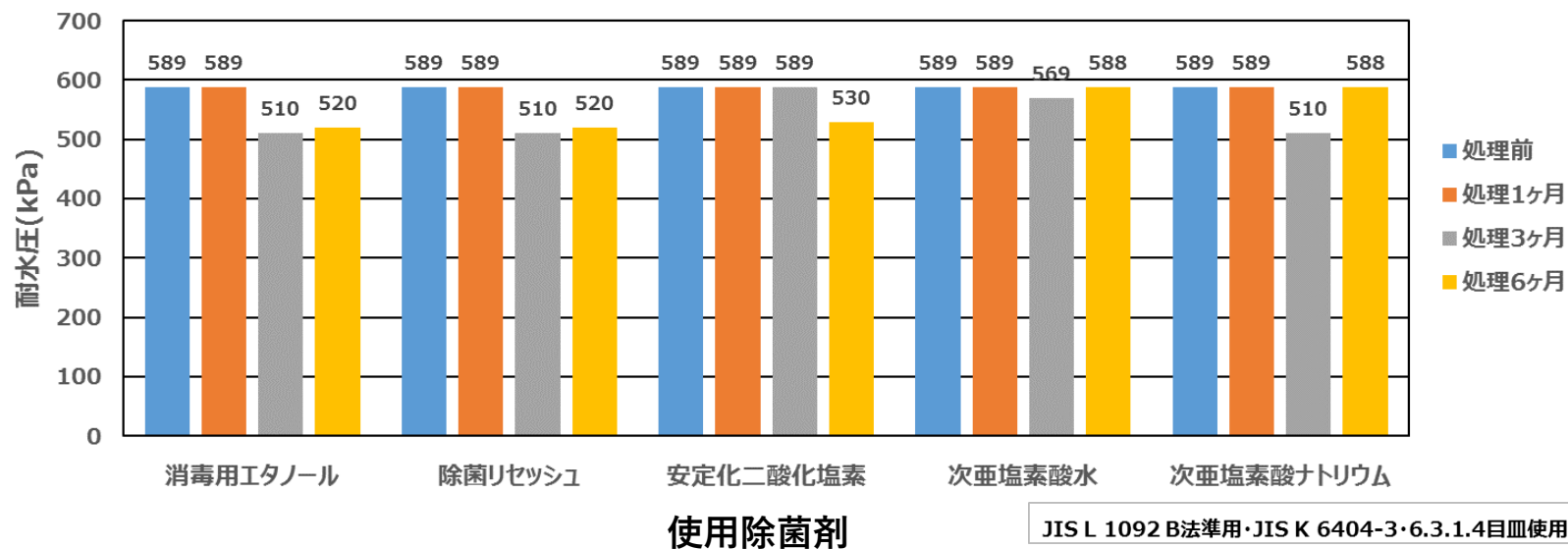
感染防止衣の除菌・洗淨方法の検証

①除菌剤別の感染防止衣劣化状況：ナイロン系タイプの耐水圧試験

【除菌剤と除菌方法】

消毒薬・除菌剤	方法	回数
エタノール（76.9～81.4v/v%）	ガーゼに塗布し清拭	6回/日
リセッシュ除菌EXプロテクトガード	噴霧	6回/日
安定化二酸化塩素	噴霧	6回/日
次亜塩素酸水（500ppm）	ガーゼに塗布し清拭	6回/日
次亜塩素酸ナトリウム（0.05%）	ガーゼに塗布し清拭	6回/日

【耐水圧結果】



➡ いずれも耐水圧は維持されており、生地劣化は見られなかった。

※次亜塩素酸ナトリウムでは素材の色落ちを確認 → 感染防止衣の除菌には適さないと判断

感染防止衣の除菌・洗浄方法の検証

洗濯・洗浄の考え方

- 新型コロナウイルス感染症患者等が使用したリネン類の取扱いについて、宿泊療養施設では熱水消毒(80℃で10分間)、または0.05%～0.1%の次亜塩素酸ナトリウム溶液に30分間浸漬する予備洗浄後に洗濯を行うこととしている⁴⁾。
 - 4) 厚生労働省医薬・生活衛生局生活衛生課、厚生労働省健康局結核感染症課：新型コロナウイルス感染症患者等が使用した物として引き渡されたリネン類の取扱いについて。
- 新型コロナウイルスが付着したリネン類等を家庭用洗濯機と市販洗剤による標準的な時間で洗濯した場合に、洗濯後のリネン類等に新型コロナウイルスが検出されていないことなどから、洗濯前の熱水消毒や消毒剤による化学消毒は必ずしも必要ではないとし⁵⁾、一般家庭でウイルス汚染されたリネン類等の洗浄は、家庭用洗濯機と市販洗剤による標準時間で洗濯し完全乾燥させることで良いとしている⁶⁾。
 - 5) 国立感染症研究所：新型コロナウイルス感染症患者が使用したリネン類等を扱う時の感染リスクと安全かつ効果的なクリーニング方法。
 - 6) 厚生労働省：新型コロナウイルスに関するQ&A（一般の方向け）。

- ・80℃の熱水を10分間保ち熱水消毒を行うには専用機械が必要
- ・次亜塩素酸ナトリウム溶液は感染防止衣の繊維劣化が確認された



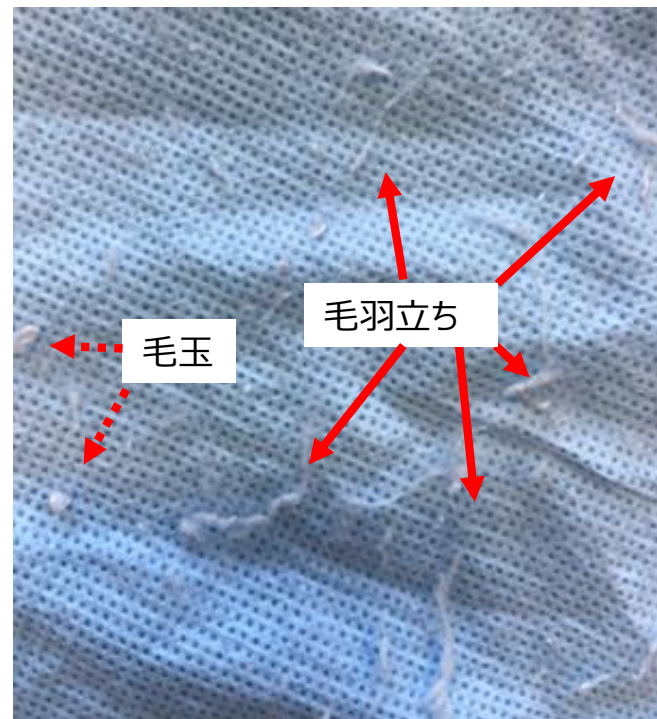
感染防止衣の洗浄は、家庭用洗濯機で塩素系以外の市販洗剤を用いた標準時間の洗濯で良い

感染防止衣の除菌・洗浄方法の検証

洗浄後の自然乾燥と乾燥機による乾燥の比較



自然乾燥

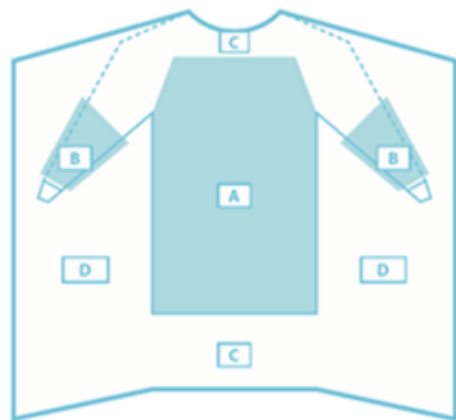


乾燥機による乾燥

自然乾燥では全体のしわが認められたが、乾燥機での乾燥では全体のしわに加えて毛羽立ちや毛玉が認められた。

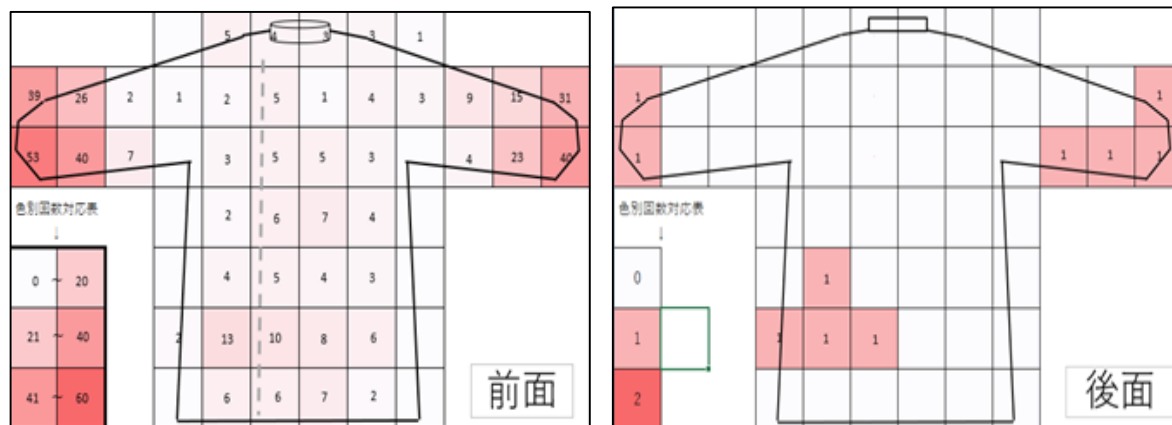
感染防止衣の除菌・洗淨方法の検証

救急活動後の感染防止衣の除菌



医療機関ガウンのクリティカルゾーン
(引用：AMMI PB70)

救急出動22,171件中の汚染箇所



医療機関と同様にクリティカルゾーンを中心に汚染が確認された

佐々木広一, 安田康晴他: 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.
日臨救急医学会誌2022 ; 25

汚染が目視できない時に再使用する場合は、感染防止衣の素材劣化をきたさない除菌剤でクリティカルゾーンを中心に除菌を行う必要がある

感染防止衣の除菌・洗淨方法の検証

感染防止衣の除菌・洗淨方法

不織布感染防止衣

- ・救急活動後に再使用する場合はクリティカルゾーンを中心に除菌する（除菌剤噴霧など）。
- ・汚染範囲に関わらず汚染が認められる場合は感染性廃棄物として廃棄する。
- ・洗淨は洗濯機で市販洗剤を用いた洗濯後に自然乾燥させる。
- ・繊維表面に亀裂や破損、毛玉、毛羽立ち、色落ちなどが認められた場合は交換する。

ナイロン系感染防止衣

- ・救急活動後に再使用する場合はクリティカルゾーンを中心に除菌する（除菌剤噴霧など）。
- ・洗淨で汚染が認められる場合は、汚染物を除去後に洗濯機で市販洗剤を用いた洗濯後に自然乾燥させる。
- ・繊維表面に亀裂や破損、毛玉、毛羽立ち、色落ちなどが認められた場合は交換する。

注1) 除菌剤噴霧や洗濯時はサージカルマスクと眼球保護具を装着する。

注2) 塩素酸系洗剤・除菌剤は繊維劣化を生じるため使用しない。

注3) 乾燥機による乾燥は繊維劣化を生じるため行わない。

注4) オゾン殺菌は繊維劣化を生じるため使用しない。