

個人用防護装備(防護衣)の軽量化による生理的負担の軽減と CBRN 防護性能の向上

東洋紡株式会社

木山 幸大

吉田 知弘

渡邊 志貴

1 はじめに

個人用防護衣技術については、化学兵器や生物兵器等の脅威から確実に身体を防護するため、高い防護性能が求められる一方で、高い防護性能を維持するための機能と装備の重量化は、過酷な状況化での防護衣装着による隊員の生理的負担を著しく増加させており、通気性の改善と軽量化による生理的負担の軽減が求められてきた。

当社は、約 30 年以上にわたり独自の繊維状活性炭技術を基に化学兵器から自衛官を防護するための防護衣を提供し、この度、最新の技術を適用した防護衣の研究開発により、高い防護性能と約 40%の軽量化の成果で隊員の生理的負担の軽減を達成した。この成果は防衛省による評価試験により高い評価を頂き、部隊使用承認を得て平成 30 年度予算で量産装備品としての契約を頂くことができた。

2 個人用防護装備(防護衣)の概要

(1) 背景

防護衣の歴史は第一次世界大戦から始まり、皮膚から浸透するマスタード等のびらん剤が出現し、さらに第二次世界大戦中にはGガスと呼ばれる神経剤が出現した。これらの化学兵器は、防護マスクだけでは身体を守ることができないため、1930 年代に身体全体を守る防護衣が開発された。この防護衣を構成する被服材料としてはゴム引き布が用いられており、身体を防護する性能は有しているものの、通気性が全くない上に重く、生理的負担が過酷で長時間の着用は困難を極め、戦闘行動には不向きであった。

その後、生理的負担の軽減を図り戦闘行動に適応させるため、化学剤の衣服内への侵入を防止しつつ、通気性を維持した防護衣の研究開発が各国で進められてきた。防護衣の素材は、ガス状の化学剤の侵入を防止するため、粉状や粒状の活性炭を含有する吸着材からなる内側の層と、液状の化学剤の浸透を防止するため、撥水撥油性能を有する織物からなる外側の層で構成されていた。

そこで 1970 年頃から繊維状活性炭技術や特殊繊維の加工技術を適用し、1980 年初頭より第 1 世代の防護衣を手掛けて以降、その後も自社技術を基に現行品の性能向上を目指した技術の蓄積を図ることで第 2 世代、第 3 世代の防護衣 (18 式個人用防護装備 (防護衣)) の性能向上を支えてきた。

また、その世代に応じた官側の要求性能を満足させることは勿論のこと、既に保有する技術を適用することで開発期間の短縮や開発経費の抑制にも寄与することができた。

表1 自社民生技術の防護衣への適用変遷

	第1世代	第2世代	第3世代
防衛技術 (開発協力)	気状化学剤吸着 耐液浸透性	気状化学剤吸着強化 耐液浸透性(加圧下)	軽量化 エアロゾル浸透防止 耐液浸透性強化
民生技術 (独自開発)	<p style="text-align: center;">適用</p> 有機溶媒回収技術 特願昭48-92234 (1973.8.16) 繊維加工技術 特願昭56-41048 (1981.3.20)	技術進展	<p style="text-align: center;">適用</p> 空気浄化技術 特許第3496074 (2004.2.9) 複合繊維加工技術 特許第2970864 (1999.8.27)
		適用	<p style="text-align: center;">適用</p> 機能性不織布技術 特許第6322910 (2018.5.16) 撥剤加工技術 特許第5784812 (2015.9.24)

(2) 18式個人用防護装備 (防護衣)

当社では、2011年頃より独自の研究開発により現有装備の軽量化による生理的負担の軽減や生物剤の脅威の顕在化によるエアロゾル防護性能向上化技術を蓄積してきた。これを基に2015年に試作を請負い、最先端の繊維技術と活性炭布技術及び撥水撥油技術を取り入れて、写真3に示す第3世代の新防護衣を作製し、評価試験において高い評価を得、平成30年度予算で量産装備品として契約を頂いた。本品は、活性炭布の高性能化と全体設計の見直しにより38%の軽量化(3.2kg→2.0kg)を達成し生理的負担を大幅に軽減すると共に、先端繊維技術である極細繊維積層不織布技術を採用し、生物剤等のエアロゾル防護性も付与し、陸上自衛隊のCBRN防護能力の著しい向上に寄与できたものと自負している。



写真3 18式個人用防護装

3 18式個人用防護装備 (防護衣) の主要構成技術

(1) 技術開発履歴と装備品への適用の時期

第2世代の00式個人用防護装備が装備化されて以降、さらなる防護衣の性能向上のために自社独自の研究を進め、エアロゾル防護性に適する極細繊維積層不織布の開発と繊維状活性炭の高性能化を検討し、これらの技術を防衛省に提案し試作契約を受注した。試作ではこれらの技術を導入すると共に、さらに撥水撥油加工技術を適用した新防護衣を提供し、試験評価により高い評価を得て部隊使用承認を取得し、2018年の量産契約に至った。

表2 技術の開発履歴と装備品への適用時期の概要

項目 \ 西暦	~ 12	13	14	15	16	17	18	19
独自開発		極細繊維積層不織布技術 繊維状活性炭特殊織物技術	撥水撥油技術					
防衛省提案～ 評価試験			予算要求	契約 試作		評価試験 部隊使用承認		
装備化							契約	オンハンド

(2) 18式個人用防護装備（防護衣）素材の主要要素技術

今回開発した第3世代の新防護衣へ適用した主要要素技術は、極細繊維積層不織布技術による生物剤等のエアロゾル防護性向上、繊維状活性炭特殊織物技術による吸着性能向上と軽量化、撥水撥油加工技術による液状化学剤の耐液浸透性の向上である。

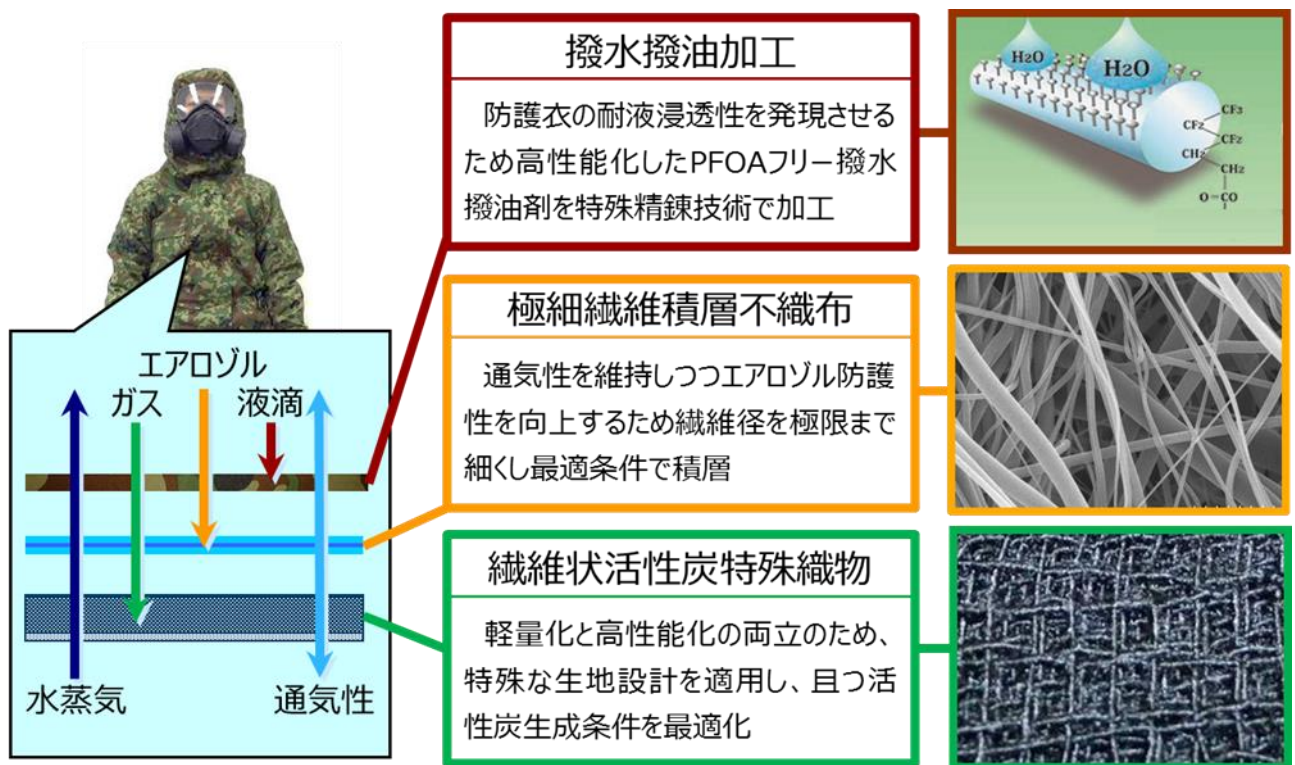


図1 主要要素技術の概要

(3) 適用成果

ア 極細繊維積層不織布技術の適用成果

エアロゾル防護性能の技術的課題を極細繊維積層不織布技術で解決した。これは生物剤等の微粒子の侵入を防止しつつ通気性を維持するというエアロゾル防護性能の技術的課題を、繊維層の繊維径に着目することで、微粒子状物質に対する高い捕集効率を達成した。

イ 繊維状活性炭特殊織物技術の適用効果

吸着性能を落とすことなく活性炭布を軽量化させるためには、従来の構造体では大幅な軽量化は困難であるため、焼成前の繊維構造体の織物設計から最適化を図った新防護衣は、繊維構造体に特殊な織物を適用すると共に焼成条件の最適化により、吸着性と耐久性の向上を可能とし、製造コストを維持しつつ軽量化を達成した。

ウ 撥水撥油技術の適用効果

これまで有毒化学剤に対して優れた撥水撥油性能を発揮する炭素数 8 以上のパーフルオロオクタン酸 (PFOA) を含有する撥水撥油剤を使用していた。ところがこの PFOA 物質の人体及び環境への懸念が明らかとなり、企業の自主規制で全廃することとなった。

しかしながら、代用品として開発された炭素数 6 以下の PFOA フリー撥水撥油剤では、有毒化学剤に対してこれまでの撥水撥油性能を維持することが困難であり、防護衣に求められる耐液浸透性能を満足することが出来なかった。このため、撥水撥油加工剤の新規開発と加工生地最適化による総合的な検討を実施し、有毒化学剤の独特の浸透性に対し高い耐液浸透性と耐久性を実現できた。

4 おわりに

当社は 1980 年代初頭より有毒化学剤から隊員を防護する被服素材の事業に取り組み、1988 年の戦闘用防護衣装備化以降、独自技術を活用し 30 年以上に亘り装備品の提供とその性能向上のための研究開発を独自に継続してきた。その成果は、厳しい環境の中で生命を賭して活動する隊員の生理的負担の軽減と CBRN 防護性能を向上させた世界に誇る新たな防護衣として装備化を達成し、正式装備品としての採用に至った。

この成果は、当社が、我が国の平和と安全を守って頂いている自衛隊員の安全確保という視点に立った防護衣の研究開発及び関連技術の向上に努め、主要国類似装備品よりも高い性能を保有する世界に誇れる国産装備品を提供し続けるための弛みなき努力を続けてきた賜物と自負している。

5 謝辞

この度、弊社のこれまでの研究開発活動に対して防衛基盤整備協会賞という名誉ある賞を受賞させていただき大変光栄に存じます。今回の受賞を励みにし、今後ますます防衛省関係様のご要望にお応えすべく自社技術の向上に努めて行く所存であります。

最後に本開発に関してご指導頂きました防衛省関係者の皆様に深く感謝申し上げますと共に、今後も

一層のご指導、ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。