

低温で衛生レベルを満たす 過酢酸製剤の殺菌力

近年、伸縮性や弾力性など機能性を有する快適な寝具や衣料など素材の多様化により、熱湯や塩素系で殺菌処理ができないものが増加している。ゲンブ株式会社では、2006年よりリネンサプライ業界向けに、寝具や衣料の洗濯工程で殺菌に有効な過酢酸製剤を添加する方法を提案している。過酢酸製剤を用いて60℃で10分間処理する方法は、80℃で10分間処理を行う熱湯殺菌効果と同等である¹⁾。寝具や衣料などはますます機能的になる傾向で、素材の多様化が進んでいる。また省エネルギー化の取り組みが促進されている中、より低温での殺菌効果が求められている。本稿では、さらに低温での処理で現在要求されている衛生レベルを十分に満たす過酢酸製剤の殺菌力について述べる。

1. リネン製品を取り巻く法規制

病院や介護福祉施設などの公共施設やホテルなどで使用する寝具や衣料（以下リネン製品）は、高齢化社会が進行していることや海外からの観光客の増加より年々需要が高まっている。これらのリネン製品は一般にリネンサプライ業者にて回収し洗濯する。リネンサプライ業者は、リネン製品を購入し、公共施設などに提供、回収、洗濯、修理、補充をする。これらのリネン製品は公共性の高い施設で使用するため、高いレベルの衛生水準が要求されている。リネン製品の洗濯には目視できる汚れだけでなく、大腸菌や黄色ブドウ状球菌、生活環境中の常在菌であるセレウス菌などの殺菌が必要となる。厚生労働省は、クリーニング業法第三条第三項第五号に、「伝染性の疾病の病原体による汚染のおそれのあるものとして厚生労働省令で指定する洗濯物（指定洗濯物）」を規定している。病院や介護福祉施設、ホテルなどで使用するリネン製品はこの指定洗濯物に該当するため、洗濯する前に消毒、もしくは殺菌・消毒効果を有する洗濯方法が義務付けられている。

リネンサプライ業界では、リネン製品の洗濯は一般的に80℃で10分間の熱湯殺菌や、次亜塩素酸ナトリウムによる殺菌を実施している。また日本病院寝具協会や日本リネンサプライ協会をはじめとする業界団体では、洗濯後の衛生品質に対して、次のような自主基準を定め管理している²⁾。

- ① 変色および異臭がないこと
- ② 大腸菌が検出されないこと
- ③ 黄色ブドウ状球菌が検出されないこと
- ④ 一般細菌数について
 - ・製品1枚あたり10万個を超えないこと（貸おしぼり）
 - ・製品1枚あたり5万個以下であること（貸しおむつ）
 - ・100cm²あたり12,000個以下の菌数であること（日本リネンサプライ協会）
 - ・100cm²あたり1,000個以下の菌数であること（日本病院寝具協会）

2. 過酢酸製剤を用いた殺菌

2.1 過酢酸製剤

過酢酸製剤は、過酢酸、酢酸、過酸化水素、を主成分とし、平衡状態で安定している（図1）。1%水溶液のpHは約3を示す酸性物質である。殺菌のメカニズムは、強力な酸化作用をもつ酸素ラジカルを放出し、微生物細胞内の-SH基やS-S結合を破壊することで細胞を死滅させる。表1に示すように過酢酸製剤は、芽胞形成細菌やカビにも有効に作用する非常に強力な殺菌薬剤である³⁾。また、有機物との接触による失活が少ないこと、ステンレス素材への腐食が少ないこと、構成するすべての成分が揮散するため残留性がないこと、バイオフィームや石けんカスを剥離することなどの特長がある。このことから国内の過酢酸製剤は、すでに人工透析装置や内視鏡の洗浄、ペットボトルの洗浄用途などで広く使用されている。



図1 過酢酸製剤

表1 過酢酸の殺菌力⁴⁾

菌名		過酢酸濃度 [ppm]	温度 [°C]	D値* [分]
細菌	<i>Bacillus cereus</i> ATCC9139 (芽胞) (バチルス・セレウス)	2,000	40 60	0.35 0.16
	<i>Bacillus subtilis var. globigii</i> (芽胞)	500 1,000 1,500	65 55 50	0.074 0.051 0.046
カビ	<i>Arthrimum sacchari</i> M001	100	45	2.88
		200	45	1.39
		300	45	0.67
	<i>Chaetomium funicola</i> M002	1,000 1,500 2,000	45 45 45	0.58 0.28 0.24
<i>Cladosporium cladosporioides</i> IFO 6348	1,000	45	0.75	
	1,500	45	0.55	
	2,000	45	0.30	

D値：一定温度において、微生物数が1/10に減少するのに要する時間（分）

2.2 低温殺菌の必要性

リネンサプライ業界においては、伸縮性や弾力性など、機能性を有する快適な寝具や衣料といった素材の多様化により熱湯や塩素系での殺菌処理が困難なものが増加傾向にある。また、衛生的なリネン製品の提供への意識が高まっている一方、衛生品質の向上のために必要なコストを転嫁させることが難しい現実もある。過酢酸製剤は強力な殺菌薬剤であるが、添加する殺菌方法はコストアップとなるため、高度な衛生品質が要求される場合にのみ使用が限定されているのが実情である。

過酢酸製剤による殺菌を低温にすることで高温処理に伴うリネン製品の繊維の脆化をさらに抑えることができる。また、加温に必要なコストやエネルギーの低減、環境課題である温室効果ガス排出量の低減にも貢献できることから、当社では過酢酸製剤での殺菌をさらに低温にする検討を進めた。

3. 当社の過酢酸製剤

過酢酸製剤を用いて60℃で10分間の処理をするこ

とは、80℃で10分間処理を行う熱湯での殺菌効果と同等であることは2008年に報告した¹⁾。当社では過酢酸製剤でさらに低温で、熱湯や塩素系と同等な殺菌効果が得られる処方を検討した。試験方法の一部は、洗剤・石けん公正取引協議会『洗濯用合成洗剤及び石けんの除菌活性試験方法』を参考に設定した。

3.1 試験片の準備

あらかじめオートクレーブで滅菌した10cm四方で綿100%のシーツ片とタオル片を試験に用いた。シーツ片とタオル片に、大腸菌・黄色ブドウ状球菌・一般細菌を含む菌液を塗布し、35℃にて24時間培養を行った。シーツ片とタオル片それぞれの乾燥重量の任意の滅菌水量にてフラスコ振とう法により30分間抽出操作を行った。その後抽出液を、大腸菌群測定用培地、黄色ブドウ状球菌測定用培地、生菌数測定用培地の3つのフィルム培地にそれぞれ塗布した。大腸菌と黄色ブドウ状球菌は、35℃で24時間、一般細菌は35℃で48時間培養し、培地上に出現したコロニー数をカウントし菌数として測定した。その結果、シーツ片1枚の菌数は、大腸菌7.0×10⁶cfu/100cm²、黄色ブドウ状球菌3.3×10⁵cfu/100cm²、一般細菌4.1×10⁵cfu/100cm²であった。タオル片1枚の菌数は、大腸菌1.0×10⁸cfu/100cm²、黄色ブドウ状球菌6.0×10⁷cfu/100cm²、一般細菌5.2×10⁷cfu/100cm²であった。これを洗浄処理前の菌数とした。

3.2 実験器具での殺菌試験

攪拌式洗浄力試験機であるターゴトメーターにて試験片の殺菌試験を行った。殺菌用の薬剤はブランク（熱湯）、次亜塩素酸ナトリウム（試薬グレード）、過酢酸製剤とし、殺菌条件は熱湯では80℃で10分、次亜塩素酸ナトリウムは30℃で5分、過酢酸製剤は40℃で10分とした。薬剤および試験に用いた水は、大腸菌、黄色ブドウ状球菌、一般細菌ともに検出しないことを確認している。また通常の殺菌条件に近づけるため、疑似汚れとして表2の試験布を一緒に投入した。なお、洗浄用の薬剤として中性液体洗剤を0.12%用いた。

殺菌試験は、準備した試験片を各3枚用いた。本洗い、排水、すすぎ、脱水を行い、排水とすすぎは繰り返し2回行った（図2）。殺菌試験は処方毎に3回ずつ実施した。菌数測定はそれぞれ試験片毎に行い、平均値を試験結果とした。

試験結果は表3に示すとおり、全てのシーツ片、タ

オル片は、それぞれ大腸菌と黄色ブドウ球菌の検出なく、一般細菌は著しく減少していた。過酢酸製剤を用いた殺菌試験の結果の比較を図3、4に示す。それぞれ殺菌前と比較して菌の検出が見られない、もしくは著しく減少したことがわかる。また今回の試験では試験前の試験片から腐敗臭が感じられたが、試験後はいずれの試験片からも臭気は感じられなかった。過酢酸製剤を用いた40℃で10分間の処理は、熱湯や次亜塩素酸ナトリウムを用いた時と同等の殺菌効果を示すことを確認した。

表2 疑似汚れに用いた試験布

試験布	素材	汚れ
EMPA101	綿	標準汚れ、カーボンブラック、オリーブ油
WFK10D	綿	皮脂汚れ、牛脂汚れ、カーボンブラック
WFK20D	ポリエステル／綿混紡	皮脂汚れ、牛脂汚れ、カーボンブラック
WFK10L	綿	赤ワイン
EMPA112	綿	ココア

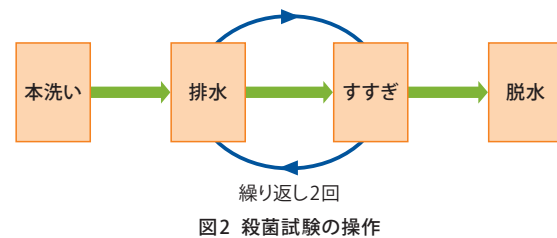


図2 殺菌試験の操作

表3 実験器具での殺菌試験の条件と結果

殺菌方法		ブランク (熱湯)	0.025% 次亜塩素酸 ナトリウム	0.025% 過酢酸製剤
本 洗 い	温度 [°C]	80	30	40
	時間 [min]	10	5	10
	中性液体洗剤 [%]	0.12	0.12	0.12
菌 数 測 定 結 果	大腸菌	0	0	0
	黄色ブドウ球菌	0	0	0
	一般細菌(シーツ片)	8.7×10	1.9×10 ²	8.6×10
	一般細菌(タオル片)	2.3×10 ²	2.7×10 ²	1.4×10 ²

(殺菌条件) 装置：ターゴメーター100rpm 浴比：1:33

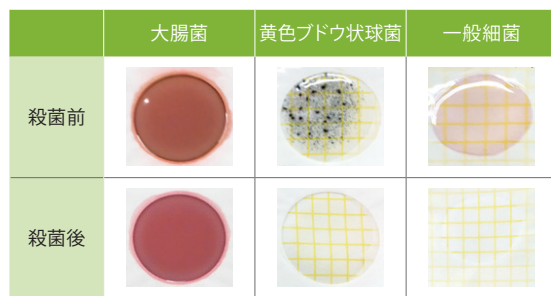


図3 過酢酸製剤を用いた殺菌試験結果の比較(シーツ片)

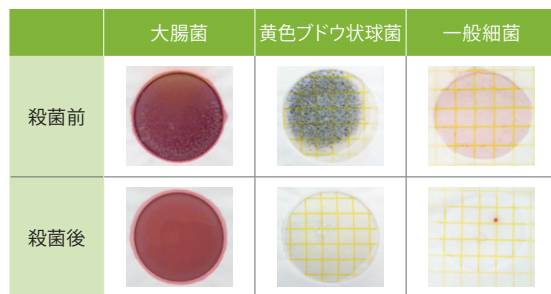


図4 過酢酸製剤を用いた殺菌試験結果の比較(タオル片)

3.3 水洗機での殺菌試験

クリーニング業界で一般に使用される15kg水洗機で試験片の殺菌試験を行った。殺菌用の薬剤はブランク(熱湯)、過酢酸製剤とし、殺菌条件は熱湯では80℃で10分、過酢酸製剤は40℃で10分とした。薬剤および試験に用いた水は、大腸菌、黄色ブドウ球菌、一般細菌ともに検出しないことを確認している。また負荷量の調整として滅菌処理を行ったシーツ10kgを一緒に投入した。なお、洗浄用の薬剤として中性液体洗剤を0.12%用いた。

殺菌試験は準備した試験片を各3枚用い、綿台布にて8回折し組み込んだ。本洗い、排水、すすぎ、中間脱水、すすぎ、本脱水を行った(図5)。試験は各処方3回ずつ実施した。菌数測定はそれぞれ試験片毎に行い、平均値を試験結果とした。

試験結果は表4に示すとおり、熱湯ではシーツ片やタオル片ともに、大腸菌、黄色ブドウ球菌の検出はなく、一般細菌は著しく減少した。また過酢酸製剤では、シーツ片やタオル片ともに、大腸菌、黄色ブドウ球菌、一般細菌は検出されなかった。このことより過酢酸製剤を用いた40℃で10分間の処理は、80℃10分間の熱湯殺菌工程より高い殺菌効果を示すことが分かった。

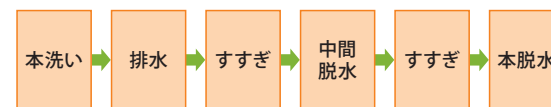


図5 殺菌試験の操作

表4 水洗機での殺菌試験の条件と結果

殺菌方法		ブランク (熱湯)	0.025% 過酢酸製剤
本 洗 い	温度 [°C]	80	40
	時間 [min]	10	10
	中性液体洗剤 [%]	0.12	0.12
菌 数 測 定 結 果	大腸菌	0	0
	黄色ブドウ球菌	0	0
	一般細菌(シーツ片)	9.7×10	0
	一般細菌(タオル片)	4.9×10 ²	0

(殺菌条件) 装置：東京染機械製作所 MOX15kg機 浴比1:5

3.4 殺菌にともなう綿への影響

リネン製品は主に綿や、綿とポリエステルの混紡繊維が用いられている。特に綿は、吸湿・吸水性・肌触りの良さなどの特長がある。しかし綿はセルロースで構成されているため、洗濯の過程で使用される薬剤によりセルロース繊維が損傷し、リネン製品の硬化や、シワの発生などの問題がocこりやすい。

過酢酸製剤と次亜塩素酸ナトリウムの綿への影響をターゴメーターで綿試験片の繰り返し殺菌にて試験した。試験条件は、過酢酸製剤、次亜塩素酸ナトリウム(試薬グレード)ともに薬剤濃度0.1%、温度60℃、時間10分間での綿試験片の殺菌処理を1回とした。乾燥後、綿試験片の重量を測定結果から減量率を算出し評価に用いた。試験は50回行い、綿試験片への影響を評価した。

試験結果は図6に示すとおり、次亜塩素酸ナトリウムでは、綿の減量率は繰り返し殺菌回数に伴い増加傾向を示し、50回後では綿試験片は約45%減少した。一方過酢酸製剤では、綿の減量率は低く推移し、50回後では綿試験片は約4%未満の減少であった。このことにより、過酢酸製剤は次亜塩素酸ナトリウムより、綿への影響は低いことが分かった。

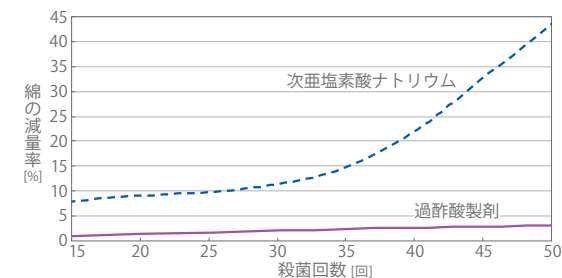


図6 殺菌による綿の減量

4. おわりに

過酢酸製剤を用いた40℃で10分間の処理は、80℃10分間の熱湯殺菌あるいは次亜塩素酸ナトリウム0.025%添加による塩素殺菌と同等か同等以上の殺菌効果を示すことを確認した。高価である過酢酸製剤を用いてもリネン製品を低温で殺菌することで、エネルギーコストの低減ができる。また本処方は、日本病院寝具協会や日本リネンサプライ協会の定める自主基準を十分に満たしている。さらに、過酢酸製剤は次亜塩素酸ナトリウムに比べ、リネン製品で多く使われる綿への損傷が低いことが分かった。衣料の多様化、生活スタイルの変化が予想される中、過酢酸製剤を用いたリネン製品の低温殺菌はますます必要と考える。

今後さらに洗浄力や機械力を含めた最適な使用条件の検討を進めることで、過酢酸製剤の利用価値は高まると考える。洗濯物の衛生レベルをさらに向上させて、衛生品質の高い洗濯物の普及に貢献できるように継続した科学的、実証的な研究を積み重ねていき、公衆衛生の維持、向上に貢献していく。

《参考文献》

- 1) 春名隆史；過酢酸の殺菌力JETI Vol.56 N014 (2008) p.125~p.128
- 2) クリーニングの基礎知識，全国クリーニング生活衛生同業組合連合会，p.389~p.390 (2017)
- 3) 白石正也；消毒剤および殺菌洗浄剤の除菌効果，医学と薬学34(4)，681~686 (1995)
- 4) 山本茂貴；微生物殺菌実用データ集，サイエンスフォーラム，p.113~p.168 (2005)



春名 隆史 はるなたかし
ゲンブ株式会社 研究部
洗濯研究グループ グループ長