

遺伝子組換えカイコ飼育施設の開発

第4報 カイコ大量飼育装置の除染条件に関する研究

麻田 鷹司*¹
湯 懐 鵬*¹

田中 幸悦*¹

1. はじめに

近年、カイコの繭から得たタンパク質を化粧品や医薬品に利用するなど、様々な用途で繭が利用されている。当社では、カイコを工業的に、大量かつ安定的に飼育するシステムを開発しカイコ飼育施設に実装した。

生産物である繭を無菌医薬品用途に適用するためには、飼育環境に高い清浄度が求められ、前報では過酸化水素を用いたカイコ大量飼育装置（以降、大量飼育装置）の局所的な除染を試みた。BI（バイオロジカルインジケーター）を用いた判定により除染は成功したと判定されたが、気中の過酸化水素濃度は一般的な除染時の濃度と比較して低かった。この原因は除染開始時の相対湿度が高く、気化した過酸化水素が大量飼育装置の表面に凝縮し、気中濃度が上がらなかったことが考えられる。

小野田らは、過酸化水素を用いた除染において、循環風量、過酸化水素の投入量、温湿度、除染時間が重要なパラメータであると示している¹⁾。このうち循環風量は使用するサーキュレーターを決め、温湿度は除染開始前に空調することで条件を一定にできる。一方、俊藤らは建築部材や什器類へ過酸化水素が吸着されることを示唆しており²⁾、実際の設備では床材や壁材、大量飼育装置の棚数などの条件が設備ごとに異なるため、これらの部材への吸着量も異なると考えられる。よって、投入量ではなく気中濃度をパラメータとした方が好ましいと考えた。そこで、本報では大量飼育装置の除染に適した過酸化水素の気中濃度とそれを実現する供給条件および除染時間の確立を試みた。

2. 過酸化水素除染条件の探索

水と過酸化水素は分子構造が似ており、どちらも空気中の湿度と飽和点に影響を与える。相対湿度は特定の温度における空気中の水蒸気含有量のみを表したものであ

り、空気に過酸化水素蒸気が多く含まれていると、相対湿度が100%になる前に結露が生じる。そこで、本試験では相対湿度ではなく相対水分飽和度（RS）を指標とし、結露による腐食が発生しないよう安全率を考慮して相対水分飽和度が80%RS以下で除染できる条件を探索した。

2.1 材料および方法

過酸化水素除染試験は、当社の大量飼育装置を設置した遺伝子組換え飼育施設で実施した。

大量飼育装置を局所的に除染するために、脱着式パネルを大量飼育装置周辺に立て、除染試験用の簡易ブースを設置した（図1）。大量飼育装置のみを局所的に除染し、飼育室内の空調用の制気口が簡易ブース内に入らないよう、一部は突っ張り棒とプラスチック段ボールおよびロールマスキングテープを用いて対策した。また、気密性を上げるために脱着式パネルはロールマスキングテープで目張りした（図2）。

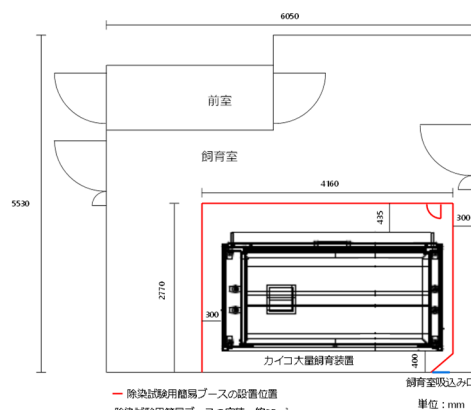


図1 除染試験用簡易ブースの設置位置



図2 目張りした脱着式パネル

*¹ 新菱冷熱工業株式会社

過酸化水素の発生方法は前報と同様、160℃に設定したホットプレートにシリンジポンプで35%過酸化水素水を供給して加熱し、蒸発した過酸化水素をサーキュレーターで大量飼育装置内に拡散させた。簡易ブース内における過酸化水素の気中濃度および相対水分飽和度は過酸化水素濃度センサー（ヴァイサラ株、HPP272-AB2NON型）でモニタリングした。

試験開始前に、除染試験用簡易ブース内の相対水分飽和度を40±5%RS、温度を25±1℃になるよう大量飼育装置用の精密空調機で空調した。また、除染中は精密空調機を停止し、給気と還気のダンパーを閉じた。除染試験初期の過酸化水素水の供給速度は前報と同じ2.0 mL/minとし、除染中の相対水分飽和度を80%RS以下にできる気中濃度・供給条件および保持時間を探索した。

2.2 結果

除染条件探索時の過酸化水素濃度および相対水分飽和度の推移を図3に示す。過酸化水素水を投入してから80分後に過酸化水素の気中濃度が150 ppmに到達し、相対水分飽和度が73.5%RSに達した。濃度保持のために過酸化水素の供給が継続され、以後も相対水分飽和度が上昇することを考慮して、150 ppmを維持できる供給速度を探索した。図3に示すとおり、供給速度を1.0 mL/minに変更したところ濃度の減少が見られたものの、1.5 mL/minでは濃度を維持できた。そして、1時間供給を継続しても相対水分飽和度が80%RSに達しなかった。これらのことから、目標の気中濃度は150 ppm、過酸化水素水の供給速度は目標濃度の到達前は2.0 mL/min、到達後は1.5 mL/minで保持時間を1時間に設定した。

3. 除染性能の検証

除染条件の検討結果を踏まえ、設定した条件による除染の成否および腐食性を確認した。

3.1 材料および方法

除染条件の探索時と同様、除染性能検証試験は除染試験用簡易ブース内で実施した。

除染による腐食度合いを確認するため、鉄、SUS304、アルミニウム、銅、真鍮の各金属試験片(3.0 mm×25 mm×50 mm)を1枚ずつ、大量飼育装置内に設置した。また、除染の成否を確認するため、BI(レーベン・ジャパン株、HMV-091)を大量飼育装置内の上段・中段・下段の棚にそれぞれ2枚ずつ設置した。

過酸化水素水の供給条件は、目標濃度に到達する前は2.0 mL/min、到達後は1.5 mL/minで1時間継続した。過酸化水素水の供給が終了したらホットプレートの電源を切り、過酸化水素吸着器を用いて除染試験用簡易ブース

内の過酸化水素濃度を許容濃度(1 ppm)まで低減した。

過酸化水素濃度の低減後に金属試験片とBIを回収し、BIは専用培地に入れて55℃~60℃で7日間培養した。培養7日後に培地の色を確認し、すべての培地の色に変化がなければ除染は成功したと判定した。

3.2 結果および考察

過酸化水素濃度の推移を図4に示す。過酸化水素濃度は、供給開始から約1時間で目標濃度の150 ppmに到達し、供給速度を変更した後も150 ppm付近で推移した。また、濃度の保持が終了した後に分解を開始したところ、約3.5時間後に濃度が1 ppmまで低下した。許容濃度まで下げることができ、分解時間も実用上問題ないと考えられる。

除染時に設置した金属試験片を確認したところ、いずれの金属試験片にも目立った腐食はみられなかった(図5)。また、大量飼育装置内の制御基板にも目に見える腐食は確認されず、動作も良好であったため、除染による腐食は問題ないと考えられる。

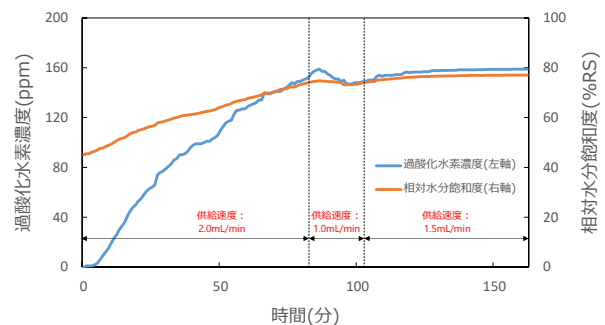


図3 除染条件探索時の過酸化水素濃度および相対水分飽和度の推移

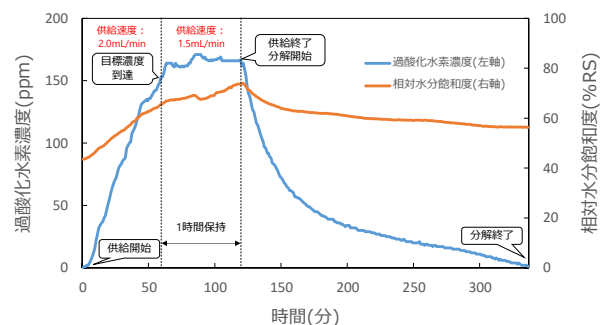


図4 除染性能検証時の過酸化水素濃度の推移

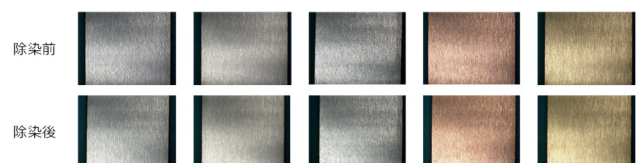


図5 除染前後の各金属試験片 (左から鉄、SUS304、アルミニウム、銅、真鍮)

除染終了時に回収した BI を培養した結果、すべての培地の色に変化が生じなかったため、除染成功と判定された。これらの結果、本試験で設定した条件で問題なく除染できることがわかった。

4. まとめ

本研究において、過酸化水素除染の重要なパラメータである気中濃度とそれを実現する過酸化水素水の供給条件および除染時間を確立することができた。今後も除染を継続的に実施し、裏付けとなるデータを蓄積していく。

参考文献

- 1) 小野田安芳・伊藤義明 (2022) : 過酸化水素除染・滅菌におけるドライプロセスのための環境制御, 空気清浄, Vol.60, No.2, pp.10-14
- 2) 俊藤浩史・千原莉里・筒井正造 (2019) : 実製造規模のクリーンルーム内での過酸化水素による空間除染の検証, 空気調和・衛生工学会大会学術講演梗概集 (2019), pp.113-116