

## 布団乾燥機を用いたウイルス不活化効果の検討

猪又明子, 貞升健志, 小西浩之, 小杉有希, 森功次  
野口かほる, 矢口久美子

## 布団乾燥機を用いたウイルス不活化効果の検討

猪又明子\*, 貞升健志\*\*, 小西浩之\*, 小杉有希\*, 森功次\*\*  
野口かほる\*\*\*, 矢口久美子\*

嘔吐などによりウイルス汚染された布団の消毒法として、家庭用布団乾燥機を用いた加熱の有効性を検討した。ノロウイルスの代替指標としてポリオウイルス1型ワクチン株を用いた。4機種を用いて布団表面及び裏面の温度変化を測定した結果、布団乾燥機エアマットに接した布団表面温度は機種により異なり、最高約30~50°Cまで上昇したが、布団裏面温度はほとんど上昇しなかった。ポリオウイルスは30分間の加熱により、55°C以上の温度で13 log<sub>10</sub>、50°Cで9 log<sub>10</sub>不活化した。布団乾燥機の機種によっては布団表面温度を55°Cまで加熱できるものの、布団裏面は加熱できないため、布団内部に浸透したウイルスの不活化は期待できないと考えられた。一方、業者による布団乾燥方法を聞き取り調査した結果、高温に弱い化繊布団や毛布などでは70°C、40分以上の加熱が一般的であった。このときの不活化率は、ポリオウイルスで13 log<sub>10</sub>以上、文献値から算出したマウスノロウイルスで約240 log<sub>10</sub>、ネコカリシウイルスで約140 log<sub>10</sub>となり、完全な不活化が期待できる。業者の受け入れ態勢の確認や、ウイルスを拡散せずに布団を業者に搬送する方法などについて、さらに検討する必要がある。

**キーワード:** ノロウイルス, ポリオウイルス, 布団乾燥機, 消毒, 加熱

### はじめに

近年、ノロウイルスによる感染性胃腸炎の集団感染事例が、社会福祉施設やホテル等で急増しており、社会的な問題となっている。ノロウイルス集団感染防止のために、科学的な実証に基づく効果的な対策が求められている。

そこで健康安全研究センターでは、現場情報を活かした実務的な調査研究により、具体的な感染予防対策を提案するため、平成19年3月にノロウイルス対策緊急タスクフォース（以下タスクフォースと略す）を立ち上げた。タスクフォースの消毒方法検討部会では、吐物の不適切な処理による二次感染防止対策の構築を目指し、吐物の実用的な処理方法を検証している。これまで、我々は模擬吐物の落下実験による吐物飛散距離の測定や、カーペットの加熱処理によるノロウイルス不活化効果等について既に報告した<sup>1)</sup>。

本報では、嘔吐などによりウイルス汚染された布団の消毒方法として、家庭用布団乾燥機による加熱の有効性について検討した結果を報告する。

### 実験方法

#### 1. 加熱によるウイルスの不活化

ノロウイルスの感染力を培養細胞により評価することができないことから、ノロウイルスの代替指標として、ポリオウイルス1型のワクチン株（以下ポリオウイルスと略す）を実験に用いた。

ポリオウイルスを含むリン酸緩衝液（以下ウイルス液と略す）の感染価は50%感染量（以下TCID<sub>50</sub>と略す）で評価し、初期感染価は10<sup>13.3</sup>TCID<sub>50</sub>/mLであった。

ウイルス液50μLを0.5mLマイクロチューブに入れ、サーマルサイクラー（ASTECC社製 PC805）を用いて、40°Cから70°Cまで5°C刻みで設定した温度で30分間加熱した後、氷冷した。ウイルス液を1% MEM培養液で10<sup>-12</sup>希釈まで10段階希釈し、各希釈溶液100μLをHeLa細胞に接種後、5%炭酸ガス存在下、37°Cで4日間培養した。培養後に倒立顕微鏡でHeLa細胞を観察し、細胞変性（以下CPEと略す）を指標として生存ウイルスを定量した。

対照として、加熱処理を行わないウイルス液について上記と同様の操作を行った。対照及び実験群は、温度条件毎に各4管の希釈列を作成した。

#### 2. 家庭用布団乾燥機

2社4機種の家庭用布団乾燥機を実験に用いた。各機種の主な仕様は以下の通りである。なお、A-1、B-1は5年以上前に販売された製品であり、A-2、B-2は2007年に販売されていた製品である。A社製よりもB社製の機種で、また古い機種よりも最近の機種で消費電力が高い傾向が見られた。使用した機種の消費電力と連続運転時間を下記に示した。

A社製, 機種A-1	: 消費電力445W, 連続運転時間180分
A社製, 機種A-2	: 消費電力540W, 連続運転時間120分
B社製, 機種B-1	: 消費電力580W, 連続運転時間120分
B社製, 機種B-2	: 消費電力680W, 連続運転時間120分

#### 3. 家庭用布団乾燥機による加熱時の温度測定

敷き布団上に嘔吐された吐物を処理する場合を想定して、布団乾燥機エアマットの風上（吹き出し口に近い側）を汚

\* 東京都健康安全研究センター環境保健部 169-0073 東京都新宿区百人町 3-24-1

\*\* 東京都健康安全研究センター微生物部 169-0073 東京都新宿区百人町 3-24-1

\*\*\* 東京都福祉保健局健康安全部 163-8001 東京都新宿区西新宿 2-8-1

染箇所を設定し、シーツをかけた敷き布団に水道水100mLをこぼした後、布団乾燥機（機種A-1, B-1）を運転しながら、布団の温度を測定した。敷き布団の表（上）面と布団乾燥機エアマットとの間にタオルを入れ、タオルの下に差し込んだ温度計センサーで敷き布団表面温度を測定した。布団の中に浸透した吐物中のウイルス不活化を推定するために、敷き布団裏（下）面と床との間にも温度センサーを入れ、敷き布団裏面温度を測定した。布団、布団乾燥機エアマット、温度計センサー等の位置関係を図1に示す。

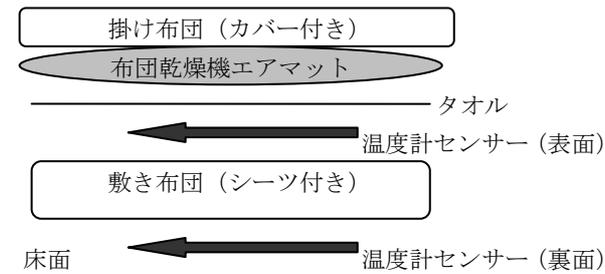


図1. 布団乾燥機による布団加熱時の温度測定方法

次に、布団乾燥機エアマットの風上（吹き出し口に近い側）と風下（吹き出し口から遠い側）とで温度変化に違いがあるかどうかを調べるため、風上と風下の2箇所を汚染箇所を設定し、シーツをかけた敷き布団に水道水を100mLずつこぼした後、布団乾燥機（機種A-2, B-2）を運転した。布団乾燥機運転中の布団表面及び裏面の温度は、図1に示した方法で測定した。

#### 4. 布団クリーニング業者等からの聞き取り調査

布団の加熱乾燥は、家庭用布団乾燥機だけでなく布団クリーニング業者等に委託して行うこともできる。布団クリーニング業者等による布団の加熱温度、時間を知るために、全国ふとんクリーニング協会<sup>2)</sup>から聞き取り調査を行った。

### 結果及び考察

#### 1. 加熱によるウイルスの不活化

家庭用布団乾燥機による加熱は温度が比較的低温で、長時間であることを考慮して、40°Cから70°Cまで5°C刻みに設定した温度において30分間加熱したときのウイルスの不活化を検討した。ノロウイルスは培養細胞による感染試験が行えないため、代替ウイルスとしてポリオウイルスを用いた。結果を表1に示した。

加熱温度が40°C, 45°Cでは、 $10^{12}$ 希釈までCPEが観察され、顕著なウイルスの不活化は認められなかった。50°Cでは $10^3$ 希釈までCPEが観察されたが、 $10^4$ 希釈以降はCPEは観察されなかった。55°C以上の温度ではCPEは観察されなかった。

この結果から、ポリオウイルスは55°C以上の温度で30分間加熱することにより不活化することが示された。

Cannon<sup>3)</sup>は、ノロウイルスの代替として同じカリシウイルス科のネコカリシウイルスと、ノロウイルス属のマウス

表1. 加熱によるポリオウイルスの不活化

加熱温度(°C)	生残ウイルス濃度 (TCID <sub>50</sub> )	ウイルス不活化率 (log <sub>10</sub> )
40	10 <sup>12</sup> 以上	1以下
45	10 <sup>12</sup> 以上	1以下
50	10 <sup>3.5</sup>	9.8
55	10未満	13以上
60	10未満	13以上
65	10未満	13以上
70	10未満	13以上

初期ウイルス濃度：10<sup>13.3</sup>TCID<sub>50</sub>/mL  
加熱時間：30分

ノロウイルスを用いて不活化実験を行い、56°Cにおける1 log<sub>10</sub>不活化に必要な時間をマウスノロウイルスで3.5分、ネコカリシウイルスで6.7分と報告した。この値を使って本実験と同等の13 log<sub>10</sub>不活化に必要な時間を計算すると、マウスノロウイルスで46分、ネコカリシウイルスで87分となった。ウイルスの種類により必要な加熱時間が多少異なるものの、55°Cにおいては30分から1時間30分程度の加熱により、ウイルスを不活化できると考えられる。

また、本実験において、ポリオウイルスは50°C, 30分間の加熱により9 log<sub>10</sub>不活化されたことから、ノロウイルスに対してもある程度の不活化効果が期待できる。ウイルスの種類により不活化効果が若干異なる可能性があるため、よりノロウイルスに近縁の代替ウイルスを用いて検討する必要があると考えられる。

#### 2. 家庭用布団乾燥機による布団の温度上昇

水道水100mLで濡らした布団を機種A-1及びB-1の家庭用布団乾燥機で加熱した時の布団の温度変化を、それぞれ図2及び図3に示した。運転時間は各機種の最大可能時間で行い、機種A-1は180分、機種B-1は120分とした。

運転開始時の布団温度はどちらも約30°Cであった（室温27°C）が、機種A-1は温度上昇が鈍く、運転100分後に布団表面温度が40°Cに達し、130分後に布団表面が乾燥し、180分運転後の停止時によりやく布団表面が50°Cに達した（図2）。機種B-1は運転30分後から速やかに布団表面温度が上昇し、60分後に布団表面温度が50°Cに達するとともに布団表面が乾燥し、120分運転後の停止時には55°Cに達した（図3）。この温度上昇の違いは、機種A-1の消費電力が445Wと機種B-1（消費電力580W）よりも小さいためと考えられた。

一方、布団裏面ではどちらの機種を用いた場合も温度の上昇はほとんど見られず、布団乾燥機運転停止時の温度は30°C程度であった。

機種A-1, B-1は5年以上前の古い製品であったため、最新機種による不活化効果を見るために、新たに機種A-2及び機種B-2を購入し、実験に用いた。また、布団乾燥機エア

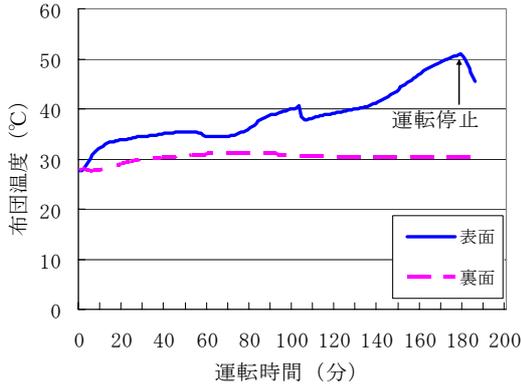


図2. 機種A-1による布団の温度変化

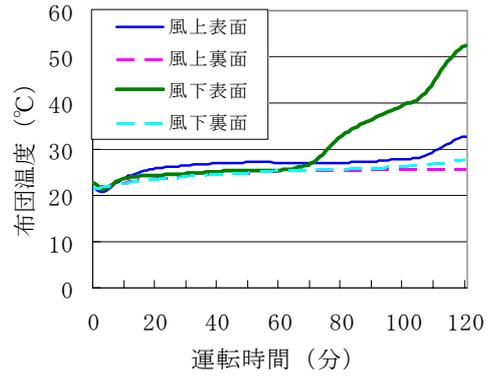


図4. 機種A-2による布団の温度変化

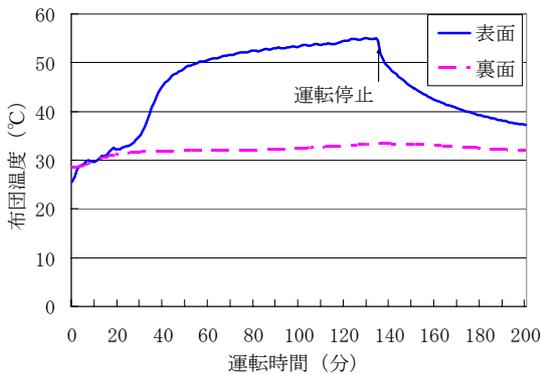


図3. 機種B-1による布団の温度変化

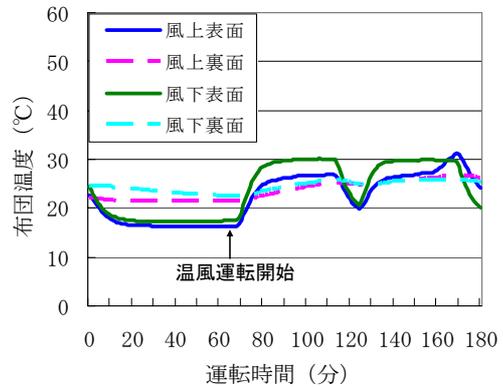


図5. 機種B-2による布団の温度変化

マットの風上と風下とで温度に差があるかどうかを調べるために、温度計センサーを風上と風下の2箇所に設置した。

水道水100mLで濡らした布団を機種A-2及びB-2の家庭用布団乾燥機で加熱した時の布団の温度変化を、それぞれ図4及び図5に示した。機種A-2では120分運転し、機種B-2では送風で60分運転後、温風に切り替え120分運転した。

運転開始時の布団温度はどちらも約20°Cであった。機種A-2では、風下表面の温度が運転70分後から速やかに上昇し、120分後の停止時には50°C以上に達した。しかし、風上表面では運転110分までほとんど温度上昇は見られず、停止時によりやく30°Cを超えた。布団裏面は、機種A-1及びB-1と同様に、風上・風下ともほとんど温度上昇が見られなかった(図4)。

機種B-2では他の機種と異なる温度変化が見られた。布団表面では、風上・風下とも送風運転開始後から温度が低下し、60分後には15°C程度まで低下した。その後、温風運転に切り替えると速やかに30°Cまで上昇(90分)したが、120分で再び温度が20°Cまで低下し、その後再び30°Cまで上昇(140分)した。このような温度変化になったのは、布団表面温度が30°C以上にならないように、サーモスタット機能が働いているためではないかと推察された。温風運転時の布団表面温度は、風下の方が風上よりも2~3°C高い傾向が

見られた。布団裏面温度は、他の機種と同様に、風上・風下ともほとんど上昇しなかった(図5)。

ポリオウイルスを用いた加熱実験結果から、13 log<sub>10</sub>以上の不活化には55°C、9 log<sub>10</sub>の不活化には50°Cでそれぞれ30分間の加熱が必要であると考えられる。本実験に用いた4機種の家庭用布団乾燥機の中では、機種B-1がもっとも加熱効果が高く、60分後に布団表面温度が50°Cに達し、120分後の停止時に最高温度の55°Cに達した。このとき、布団表面温度は50°C以上で60分間加熱されることから、9 log<sub>10</sub>以上の不活化が期待される。機種A-1、A-2では、運転終了時によりやく50°Cに達することから、ウイルスを不活化するにはさらに運転時間を30分以上延長する必要がある。しかし、機種B-2のように、一定以上の温度に上昇しないための機能が付いているものでは、運転時間を延長してもウイルスを不活化できないと考えられる。

しかし、いずれの機種を用いた場合でも、布団裏面温度は上昇しないため、布団内部に浸透してしまったウイルスを布団乾燥機で不活化することは困難と考えられる。反対に、布団乾燥機をかけることにより、布団に浸透したノロウイルスが乾燥して室内を浮遊し、二次感染を拡大する恐れがある。ノロウイルスは10~100個程度で感染・発症が可能であり<sup>4)</sup>、吐物中には1g当たり10<sup>3</sup>~10<sup>7</sup>個のノロウイルス

が存在<sup>5,6)</sup>することから、布団を汚染したノロウイルスの消毒法として、家庭用布団乾燥機は適切でないと考えられた。

### 3. 布団クリーニング業者等からの聞き取り調査

業者による布団乾燥は、布団の材質により加熱温度及び時間が異なっていた。綿布団・マクラ等では80~100°Cで40分、化繊布団・毛布等では70°Cで40分以上の加熱が一般的であるが、業者によっては40~45°Cの低温乾燥を行うところがあった。業者による布団乾燥は、家庭用布団乾燥機による加熱とは異なり、布団全体を加熱することから布団内部まで確実に加熱することができる。

表1 に示したポリオウイルスの加熱実験結果から、40~45°Cの低温乾燥では布団に付着したウイルスの不活化はできないが、化繊布団・毛布等を70°Cで40分加熱した場合には少なくとも13 log<sub>10</sub>以上の不活化が可能であると考えられる。

また、Cannon<sup>3)</sup>の実験結果では、1 logの不活化に必要な加熱時間は63°Cで25秒(マウスノロウイルス、ネコカリシウイルス)、72°Cで10秒(マウスノロウイルス)、7秒(ネコカリシウイルス)であった。この値から化繊布団・毛布等を70°Cで40分加熱した場合の不活化率を計算すると、マウスノロウイルスで約240 log<sub>10</sub>、ネコカリシウイルスで約140 log<sub>10</sub>となり、完全な不活化が期待できる。

このように、業者による布団の消毒は効果的であると考えられるので、業者の受け入れ態勢の確認や、ウイルスを拡散せずに布団を業者に搬送する方法などについて、さらに検討する必要がある。

### ま と め

嘔吐などによりウイルス汚染された布団の消毒法として、家庭用布団乾燥機を用いた加熱の有効性を検討した。ノロウイルスの代替指標としてポリオウイルス1型ワクチン株(以下ポリオウイルスと略す)を用いて加熱による不活化を調査した。また、業者が実施する布団乾燥によるノロウイルス不活化の可能性について、聞き取り調査を行った。

本研究で得られた主な結論は以下の通りである。

- 1) ポリオウイルスを用い、40°Cから70°Cまで5°C刻みの設定温度で各30分間加熱した結果、55°C以上の温度でウイルスが全て不活化した。50°Cでも9 log<sub>10</sub>不活化を達成できた。
- 2) 4機種を用いて布団表面及び裏面の温度変化を測定した結果、布団乾燥機エアマットに接した布団表面温度は機種により異なり、最高温度約30~55°Cまで上昇したが、布団裏面温度はほとんど上昇しなかった。したがって、用いる機種によっては布団表面のウイルスをある程度不活化できる可能性があるものの、布団内部に浸透したウイルスの不活化は期待できないと考えられた。
- 3) 業者による布団乾燥では、綿布団・マクラ等では80~100°Cで40分、化繊布団・毛布等では70°Cで40分以上の加熱が一般的であった。化繊布団・毛布等を70°Cで40分加熱した場合の不活化率を計算すると、マウスノロウイルスで約240 log<sub>10</sub>、ネコカリシウイルスで約140 log<sub>10</sub>となり、完全な不活化が期待できる。業者の受け入れ態勢の確認や、ウイルスを拡散せずに布団を業者に搬送する方法などについて、さらに検討する必要がある。

### 文 献

- 1) 貞升健志, 森功次, 猪又明子, 他: 食品衛生研究, **57**(11), 41-47, 2007.
- 2) 全国ふとんクリーニング協会,  
http://www.keiyocleanlife.co.jp/page027.html (2008年7月6日現在, なお本URLは変更または抹消の可能性がある)
- 3) Cannon, J. L., Papafragkou, E., Park, G. W., et al. : *J. Food Protec.*, **69**(11), 2761-2765, 2006.
- 4) 金子光美編著: 水道の病原微生物対策, 186, 2006, 丸善株式会社, 東京.
- 5) 杉枝正明, 新川奈緒美, 大瀬戸光明, 他: 臨床とウイルス, **32**, 189-194, 2004.
- 6) 新川奈緒美, 川元孝久, 秋山美穂, 他: 臨床とウイルス, **32**, 195-201, 2004.

**An Examination of Virus Inactivation Using Futon Drying Machines**

Akiko INOMATA\*, Kenji SADAMASU\*, Hiroyuki KONISHI\*, Yuki KOSUGI\*, Koji MORI\*,  
Kahoru NOGUCHI\* and Kumiko YAGUCHI\*

The thermal disinfection effect of futon drying machines on futons contaminated by viruses through vomiting was evaluated. Polio virus type 1 was used as a surrogate for norovirus. The temperature of the upper and the lower sides of futons was measured. Although the temperature of the upper side in contact with the air mat of the drying machine increased to 30 - 50°C depending on the machine, the temperature of the lower side did not increase. Polio virus was inactivated by 13 log<sub>10</sub> in 30 minutes at temperatures over 55°C and 9 log<sub>10</sub> in 30 minutes at 50°C. Viruses penetrating into the futon could not be inactivated because the lower side of futon was not heated. Usually, the futon cleaners heat synthetic fiber futons or wool blanket at the high temperature of 70°C over 40 minutes. This thermal treatment could inactivate more than 13 log<sub>10</sub> of polio virus, 240 log<sub>10</sub> of mouse norovirus and 140 log<sub>10</sub> of ferine calisivirus. Thermal treatment by a futon cleaner might be useful for disinfection of futons polluted by viruses.

**Keywords:** norovirus, polio virus, futon drying machine, disinfection, thermal treatment

---

\* Tokyo Metropolitan Institute of Public Health  
3-24-1, Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073 Japan