

一般論文

## 滅菌紙を用いた滅菌バッグの熱接合部に及ぼす 接合圧力と組紐ヒーターの影響

橋本 由美\*、橋本 静生\*、山田 和志\*\*、宮田 剣\*\*\*

### Effect of Heat Sealing Pressure and Braid Heater for Heat Sealed Sterilized Bag

Yumi HASHIMOTO\*, Yasuo HASHIMOTO\*, Kazushi YAMADA\*\* and KenMIYATA\*\*\*

プラスチックフィルムや袋の包装には、熱接合が多く用いられている。滅菌バッグは、院内感染対策として開発されているが、日本では、蒸気滅菌が主流であるために、滅菌紙を用いた滅菌バッグが多く用いられている。過去の我々の研究において、熱接合温度や、熱接合圧力、ヒーター形状が、熱接合に重要な条件となることがわかっていた。本研究では、滅菌紙を用いた滅菌バッグに対して組紐ヒーターの有用性を検討するために、熱接合温度および熱接合圧力を変化させて接合し、はく離試験を用いてそれら特性について検討した。その結果、熱接合温度および圧力が高いほど、はく離強度が高くなることがわかった。また、リボンヒーターに比べて、組紐ヒーターの方が高いはく離強度を示すことがわかった。これらは、組紐ヒーターが従来のリボンヒーターと比較して滅菌バッグのヒートシールに効果的であることを示している。

Heat-sealing process is often employed in packaging applications of polymeric films, especially for plastic bags. Sterilized bags have been developed to prevent hospital infection. In Japan, the sterilized bags made by sterilized paper are often used, because a low cost boiling-sterilization is applied in Japanese hospitals. In our earlier study, the sterilized bags made by sterilized paper are examined to evaluate the effects of sealing temperature, time and pressure for mechanical properties. However in this study we investigated the effect of braid heater for sterilized plastic bags as compared with conventional ribbon heater.

Processing conditions such as heat sealing temperature and pressure should be controlled since it greatly affects the mechanical properties of the heat sealed part, while heater shape would also affect the mechanical properties. In this study, the mechanical properties and observations of the heat sealed part of a sterilized bag were examined using peeling test. It was found that braid heater worked more effectively to seal the sterilized bags as compared with conventional ribbon heater. The peel strength was increased with increasing the heat sealing temperature and/or pressure.

**キーワード** : 滅菌バッグ、ヒートシール圧力、はく離試験、組紐ヒーター

**Keywords** : Sterilized bag, Heat sealing pressure, Peel test, Braid heater

\* 富士インパルス株式会社(〒561-0834 大阪府豊中市庄内栄町 4-23-18), Fuji-Impulse Co., Ltd. 4-23-18, Syounaisakamachi, Toyonaka City, Osaka 561-0834, Japan,

TEL: 06-6335-1850, FAX: 06-6335-1852, E-mail: yasuo.hashimoto@fujiimpulse.co.jp,

\*\* 京都工芸繊維大学, Kyoto Institute of Technology

\*\*\* 山形大学, Yamagata University

## 1. 緒言

一般的なプラスチックフィルムにおけるパッケージングでは、同種または異種フィルムを熱接合することによりシールされており、その際の熱接合温度<sup>1-3)</sup>や熱接合時間<sup>4)</sup>、熱接合圧力<sup>5-8)</sup>をパラメータとしていろいろな研究が行われてきた<sup>9-13)</sup>。一方、医療用滅菌バッグ等はプラスチックフィルムと滅菌紙との特殊な組み合わせである。すなわち、片側滅菌紙、片側フィルムという構成の滅菌バッグに用いられるフィルムは2層になっており、外側が2軸延伸ポリエチレンテレフタレート (PET) フィルム、滅菌紙とシールされる側が無延伸ポリプロピレン (CPP) フィルム又は低密度ポリエチレン (LDPE) フィルムで、ドライラミネート法により作製されている。これら滅菌バッグの熱接合についてもいくつかの研究が行われてきた。<sup>7,8)</sup>

PET フィルムは、引張強度は高いが、延伸しているため伸びがないことから、衝撃に対してもろく破れやすいという欠点がある。それに対して CPP 又は LDPE は柔軟性に優れ、衝撃を吸収する。また、2軸延伸 PET フィルムはヒートシール性が乏しいため、ヒートシール性のある CPP 又は LDPE と貼り合わせるにより、滅菌紙とのヒートシールが可能になる。過去の我々の研究で、この滅菌紙とフィルムの接合においては、熱接合温度のみならず、熱接合圧力が重要な接合条件になることを示した<sup>8)</sup>。OPP/CPP フィルム<sup>6)</sup> どうしや、ポリ乳酸フィルムどうし<sup>5)</sup>の接合におい

て、また、同じ滅菌バッグであっても、OPET/PE と PE 不織布から成るバッグ<sup>7)</sup>では、圧力の上昇に伴ってはく離強度が増加することはない。また一方で、「ガゼット袋」において、柔軟性のあるヒーター形状を用いることにより低圧力で接合を改善することもわかってきた<sup>14)</sup>ため、本報では、ガゼット袋である、この「滅菌紙を用いた滅菌バッグ」を用いた。柔軟性のあるヒーターとして、日本伝統の工芸品である「組紐」の技術を用いニッケルクロム (NiCr) の細線を「組んで」ヒーターを作製し、有用性の検討を行った。

## 2. 実験

### 2.1 使用フィルム

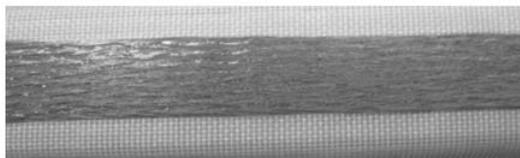
試料には市場に流通しているメッキンバッグ HM-1105 (ホギメディカル社製) を用いた。この滅菌バッグは、透明フィルムは、外側が PET フィルム、滅菌紙とシールされる側が CPP フィルムで、ドライラミネートされている。滅菌紙には PP 繊維が混入されており、ヒートシール性の向上が図られている。PET/CPP の厚さは 45  $\mu\text{m}$ 、滅菌紙の厚さは 90  $\mu\text{m}$  であった。

### 2.2 接合装置と接合条件

熱接合装置には、温度センサーを内蔵し、クローズドループで温度制御の可能な、インパルス式熱接合装置 (富士インパルス社製) を用いた。

Fig.1 に示すように、ヒーターは従来使用されている、接合幅 10 mm の NiCr 製「リボン

(a) Braid heater



(b) Ribbon heater

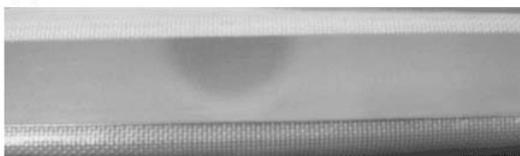


Fig.1 Photographs of seal bar surface type, (a) braid heater and (b) ribbon heater.

ヒーター」と、幅 10 mm の組紐ヒーターを比較検討した。なお、組紐ヒーターは、京都西陣にある組紐製造会社（株式会社丸忠）に依頼し、伝統的な組紐作製技術で、ニッケルクロム（NiCr）の糸を組んで作製した。

接合温度は、160℃、180℃とし、接合温度保持時間をこの装置の最小である 0.1 s 保持し、70℃まで冷却した。接合圧力は 0.12、0.22、0.32、0.42 MPa とした。本研究で用いた熱接合方法は、Fig.2 に示すように片面加熱であり、Fig.3 に示すように、接合時におけるフィルムの接合面（内側）とヒーターに接した面（外側）との温度差は約 10℃であった。

また、Fig.4 に示すように、同じ熱接合温度において、熱接合圧力の違いによる接合面の温度差異は見られなかったことから、本稿における「接合温度」とは、ヒーターに接した面（外側）の温度と定義する。但し、組紐ヒーターの溶着面温度(Inside of film)に比べ、リボンヒーターの溶着面温度(Inside of film)は、

約 5℃低かった。

### 2.3 はく離試験

はく離試験<sup>15)</sup>には、インストロン型万能試験機（3366 型、インストロン社製）を用いた。JIS Z 0238 に基づき、Fig.5 に示すように、幅 15 mm、長さ 60 mm のフィルムを、実験に用いた滅菌バッグのメーカーが、紙粉発生を抑制するため、はく離方向として指定している

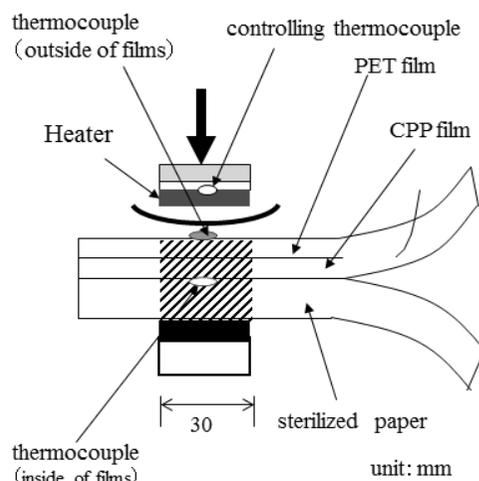


Fig.2 Schematic illustration of heat sealing, lateral image of heat sealing machine.

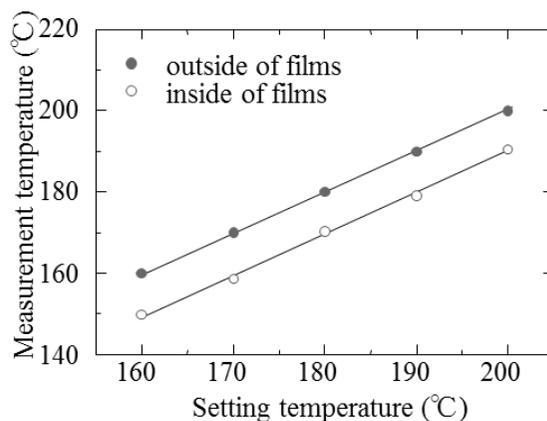


Fig.3 Sealing temperature at heater surface (out of films) and film interface (inside of films).

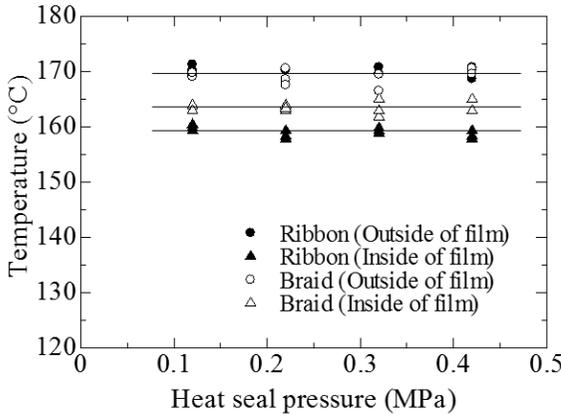


Fig. 4 Relationship between heat seal temperature and heat seal pressure.

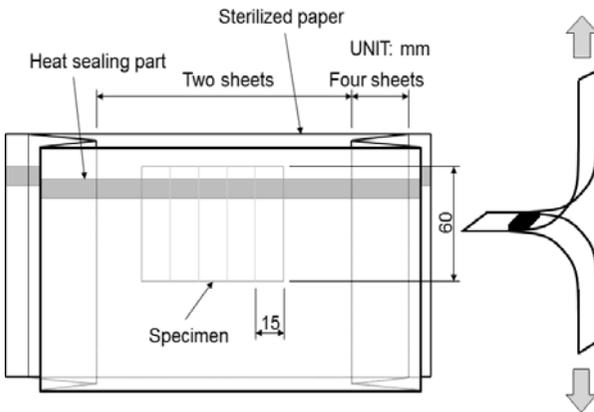


Fig. 5 Schematic illustration of heat sealed sample bag and peel test specimen.

MD 方向に切り出し、2 枚重ねて接合幅 10 mm で接合した。MD 方向とは、フィルム成形時の巻取り方向である。引張試験は、メーカーが指定している、はく離方向に向かって熱接合部を中心に 180°開き、つかみ具間距離 50 mm、はく離速度 300 mm/min にて行った。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 はく離試験

縦軸にはく離強度、横軸に熱接合圧力をとったグラフを Fig.6 に示す。はく離強度は、全ての熱接合温度において、熱接合圧力が高くなるほど強くなっていることがわかった。この理由としては、滅菌紙を用いた滅菌バッグは、紙とフィルムの接合であるため、熔融した CPP が、滅菌紙の繊維内に浸透するのに圧力を必要としたと考えられる<sup>8)</sup>。

なお、はく離強度が 3 N/15mm 以下である場合は JISZ0238:1998 に準じて、接合不可とした。

リボンヒーターにおいては、160°C、0.12 MPa において、はく離強度が 3 N/15mm を下回っていたが、組紐ヒーターを用いた場合、それ以上のはく離強度を示した。また、全ての圧力および同じ接合温度において、組紐ヒーターは、リボンヒーターと比較して高い値を示した。Fig.7 に、接合温度 160 °C(リボンヒーターの溶着面温度が 150 °C、組紐ヒーター

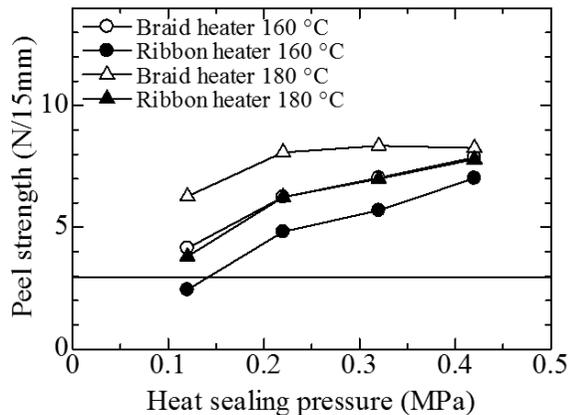


Fig. 6 Peel strength of heat sealed specimens for various heat sealing pressure.

ターの溶着面温度が 155 °C)の、はく離試験後の試験片の写真を示す。はく離された PET/ CPP フィルムのはく離面で、白く見えるのはフィルム側に付着している滅菌紙である。接合圧力が高いほど、滅菌紙の量が増えているのが観察された。また、リボンヒーターに比し、組紐ヒーターの方が付着している滅菌紙の量が多く観察された。さらに、白い矢印で示す、リボンヒーターの、0.12、0.22、0.32 MPa において、接合部と非接合部の紙の付着が少ないことが観察された。

Fig.8 に接合温度 180 °C(リボンヒーターの溶着面温度が 170 °C、組紐ヒーターの溶着面温度が 175 °C)のはく離試験後の試験片の写真を示す。接合温度 160°Cのときの結果と同様、接合圧力が高いほど、滅菌紙の量が増えているのが観察された。また、リボンヒーターに比べ、組紐ヒーターの方が付着している滅菌紙の量が多く観察された。さらに、白い矢印で示す、リボンヒーターの、0.12 MPa において、接合部と非接合部の紙の付着が少ないことが観察された。このことは、組紐ヒーターが細線で組まれているのでヒーター表面上の組目部分が平坦ではなく、微細な凹凸を形成しているため、表面が平坦なリボンヒーターと比較して、凸部に圧力が集中し、低い熱接合圧力時においても凸部に熱が集中した結果、プラスチックフィルムおよび滅菌紙が熔融・接合しやすくなっているためと考えられる。一方、リボンヒーターを用いて 180°C で熱接合したものと組紐ヒーターを用いて 160 °C で

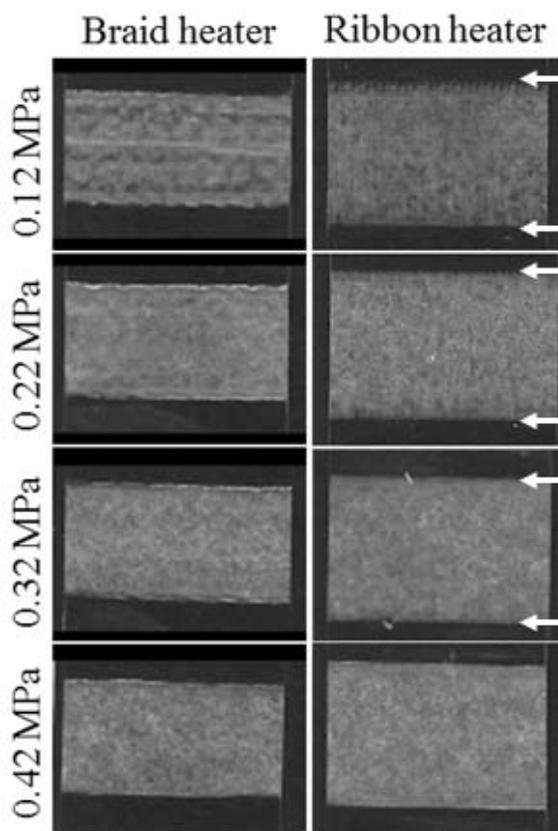


Fig.7 Photographs of heat sealed part after peel test (heat sealing temperature: 160°C).

熱接合したものがほとんど同じはく離強度を示したことから、組紐ヒーターを用いることにより従来法と比較して約 20 °C 低温で接合してもシール強度が同程度であることから、組紐ヒーターを用いることは非常に有用であることが考えられる。

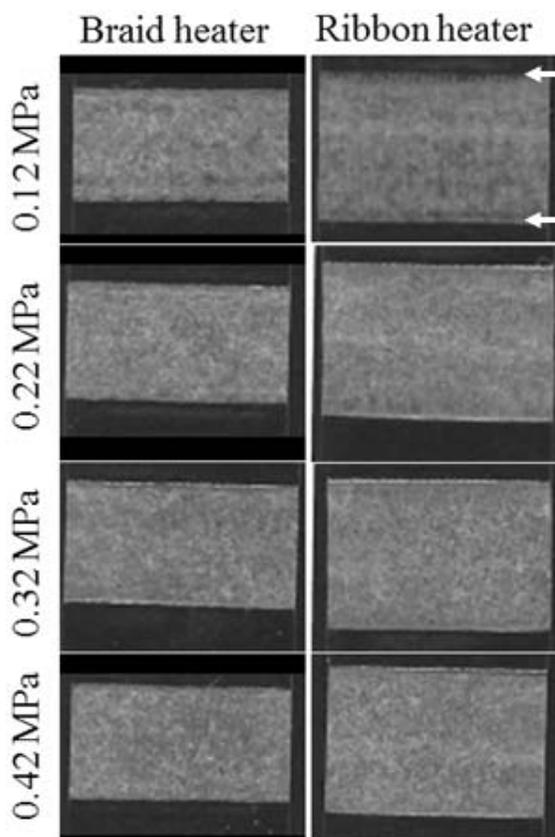


Fig.8 Photographs of heat sealed part after peel test (heat sealing temperature: 180°C).

#### 4. 結論

本報では滅菌バッグの熱接合における、組紐ヒーターの有用性について検討した。本試験に用いた滅菌バッグのフィルムと紙の接合においては、組紐ヒーターおよびリボンヒーターのいずれにおいても熱接合温度が高い方が高いはく離強度を示し、熱接合圧力が大きくなるにつれてはく離強度も向上することが示された。また、いずれの条件においてもリボンヒーターより組紐ヒーターで接合したフ

ィルムの方が高いはく離強度を示すことが明らかとなった。

#### <参考文献>

- 1) 小西礼一, 山田和志, 橋本静生, 辻井哲也, Yew W. LEONG, 宮田剣, 濱田泰以, 日本包装学会誌, **19** (6), 461 (2010).
- 2) 小西礼一, 宮田剣, 山田和志, Yew W. LEONG, 橋本静生, 濱田泰以, 日本包装学会誌, **20** (2), 107 (2011).
- 3) 橋本静生, 橋本由美, 山田和志, 濱田泰以, 日本包装学会誌, **22** (3), 227(2013).
- 4) 橋本静生, 橋本由美, 辻井哲也, Yew W. LEONG, 山田和志, 濱田泰以, 日本包装学会誌, **19** (3), 193 (2010).
- 5) 橋本由美, 橋本静生, 山田和志, 濱田泰以, 日本包装学会誌, **21** (2), 115(2012).
- 6) 橋本由美, 橋本静生, 山田和志, Yew W. LEONG, 濱田泰以, 日本包装学会誌, **20** (4), 273 (2011).
- 7) 橋本由美, 橋本静生, 辻井哲也, 山田和志, Yew W. LEONG, 濱田泰以, 日本包装学会誌, **17** (4), 265 (2008).
- 8) 橋本由美, 橋本静生, 辻井哲也, Yew W. LEONG, 山田和志, 濱田泰以, 日本包装学会誌, **18** (4), 251 (2009).
- 9) Miyata, Ken, et al., Journal of Plastic Film and Sheeting (2013): 8756087913487542.
- 10) Tetsuya, Tsujii, et al., Journal of applied polymer science, **97**(3), 753(2005).
- 11) Cho, Sung-Woo, et al., Journal of Biobased Materials and Bioenergy**1**(1), 56(2007).

- 12) Hughes, Nicola C., et al., The AAPS journal, **9**(3), E353(2007).
- 13) Abdorreza, MohammadiNafchi, L. H. Cheng, and A. A. Karim., Food Hydrocolloids,**25**(1), 56(2011).
- 14) 橋本静生, 橋本由美, 山田和志, 宮田剣, 漆山智之, 成形加工, **26** (2), 88 (2014).
- 15) 橋本静生 : 成形加工, **18**(8), 600(2006).

(原稿受付 2014年12月9日)

(審査受理 2015年10月30日)

滅菌紙を用いた滅菌バッグの熱接合部に及ぼす接合圧力と組紐ヒーターの影響



