

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 冷却温度と組紐ヒーターの影響

橋本 静生\*、橋本 由美\*、山田 和志\*\*、宮田 剣\*\*\*

### Effect of Cooling Temperature and Braid Heater for Heat Sealed Sterilized Bag

Yasuo HASHIMOTO\*, Yumi HASHIMOTO\*, Kazushi YAMADA\*\*, and Ken MIYATA\*\*\*

プラスチックフィルムや袋を用いた包装には、熱接合が多く用いられている。院内感染対策として開発された滅菌バッグについては、日本では、蒸気滅菌が主流であるために、滅菌紙を用いたものが多く用いられている。過去の我々の研究によって、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を明らかにした。本研究では、滅菌紙を用いた滅菌バッグに対する組紐ヒーターの有用性を検討するために、冷却温度を変化させて接合し、はく離試験を用いて強度特性について調べた。その結果、冷却温度が高いほど、はく離強度が低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。これらの事から、組紐ヒーターの方が従来のリボンヒーターよりも滅菌バッグのヒートシールに効果的であることが示唆された。

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. 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 and microscopic observation. It was found that braid heater worked more effectively to seal the sterilized bags as compared with conventional ribbon heater. The peel strength was decreased with increasing the cooling temperature.

キーワード : 滅菌バッグ、冷却温度、はく離試験、組紐ヒーター

Keywords : Sterilized bag, Cooling temperature, Peel test, Braid heater

\* 連絡者(Corresponding author), 富士インパルス株式会社(〒561-0934 大阪府豊中市庄内栄町 4-23-18), Fuji-Impulse Co., Ltd. 4-23-18, Syounaisakaemachi, Toyonaka City, Osaka 561-0834, Japan,

TEL: 06-6335-1850, FAX: 06-6335-1852, E-mail: yasuo.hashimoto@fujimpulse.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を用いた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るいろいろな研究が行われてきた<sup>9-14)</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、一方が滅菌紙、他方が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少ないことから、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、ヒートシール性を有する 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>同士や、ポリ乳酸フィルム同士<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との報告例

はない。またこの滅菌バッグは「ガゼット袋」であることから、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いた<sup>15)</sup>。

本報では、この「滅菌紙を用いた滅菌バッグ」を用い、冷却温度を変化させて、接合部の強度を検討したので報告する。

## 2. 実験

### 2.1 使用フィルム

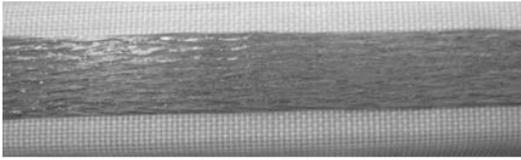
試料には市場に流通しているメッキンバッグ HM-1105 (ホギメディカル社製) を用いた。この滅菌バッグは、透明フィルムは、外側が PET フィルム、滅菌紙とシールされる側が CPP フィルムで、ドライラミネートされている。滅菌紙には PP 繊維が配合されており、ヒートシール性の向上が図られている。PET/CPP の厚さは 45  $\mu\text{m}$ 、滅菌紙の厚さは 90  $\mu\text{m}$  であった。

### 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。インパルス式は、熱板方式と比較し、「接合時、加圧したまま冷却」をするため、シール面が美しいという特徴がある。

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 のニッケルクロム (NiCr) 製「リボンヒーター」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、NiCr 製の糸を組んで作製した。

(a) Braid heater



(b) Ribbon heater

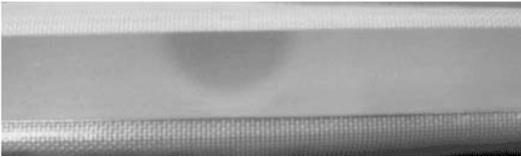


Fig.1 Photographs of seal bar surface type, (a) braid heater and (b) ribbon heater.

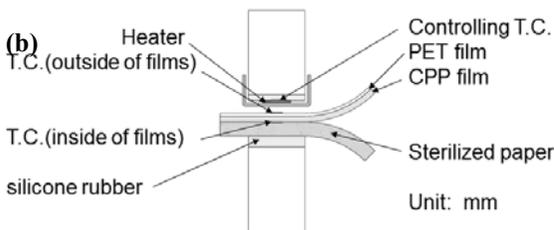
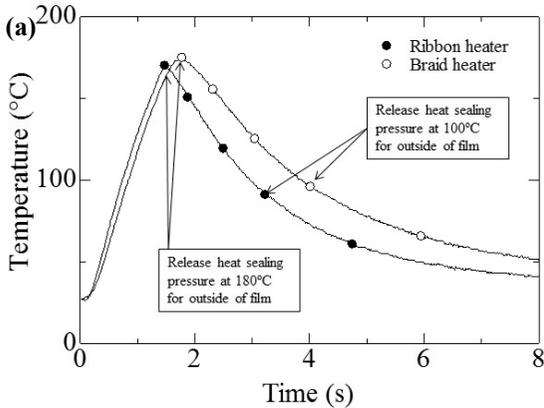


Fig.2 (a) The process of interfacial temperature for each heater, (b) Schematic illustration of heat sealing, lateral image of heat sealing machine.

接合温度は 180°C、接合圧力は 0.22 MPa とした。接合温度保持時間をこの装置の最小制御単位の 0.1 秒間保持し、その後 Fig2(a)

に示すように、70、100、130、160、180 °C の各温度まで冷却した。冷却温度に到達したときに、加圧解放した。なお、本研究で用いた熱接合方法は、Fig.2(b) に示すように片面加熱であり、ヒーターに接した面（外側）の温度を、本稿における「接合温度」と定義する。また、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、組紐ヒーターで約 5°C、リボンヒーターで約 10°Cであった。<sup>16)</sup>

### 2.3 はく離試験

はく離試験<sup>17)</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、常温にて試験を行った。JIS Z 0238 に基づき、Fig.3 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 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。

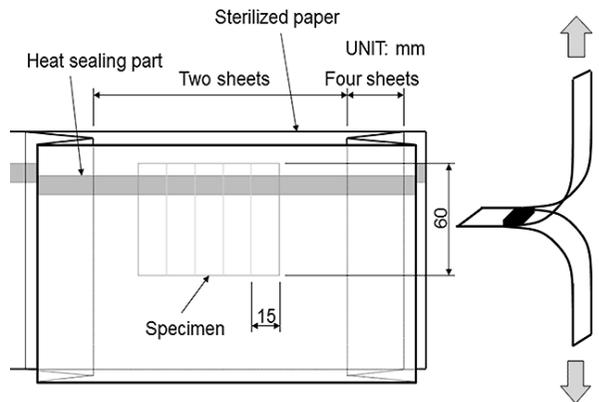


Fig.3 Schematic illustration of heat sealed sample bag and peel test specimen.

引張試験は、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、横軸に冷却温度をとったグラフを Fig.4(a) に示す。はく離強度は、冷却温度が高くなるほど低くなっていることがわかった。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、接合不可と判定した。リボンヒーターにおいては、冷却温度 180 °C (熱板シーラーと類似した状態) において、はく離強度が 3 N/15mm を下回る試験片が見られたが、組紐ヒーターにおいては、すべての試験片が 3 N/15mm 以上のはく離強度を示していた。また、全ての冷却温度において、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。また、シール前の滅菌バッグ(フィルムと滅菌紙)の DSC 測定結果を Fig.4(b) に示す。PP の再結晶化温度のピークが 113.17 °C であるため、冷却温度 180 °C、160 °C では固化しておらず、そのために Fig.4(a) での、はく離強度が低かったと考えられる。

Fig.5 に、はく離試験後の試験片の写真を示す。はく離された PET/PP 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。冷却温度が低いほど、滅菌紙の量が増えているのが観察された。また、

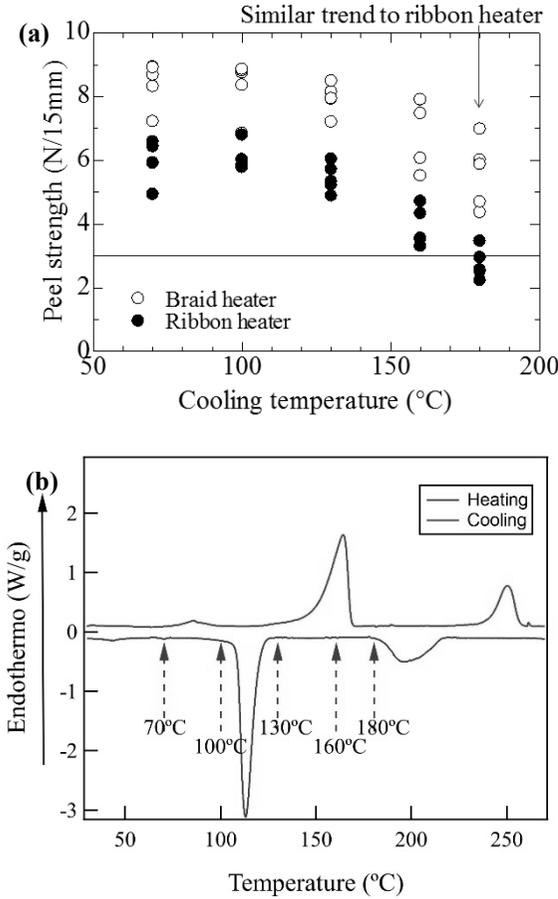


Fig.4 (a) Peel strength of heat sealed specimens for various cooling temperatures, (b) DSC curves of PP film/sterilized non-woven fabric.

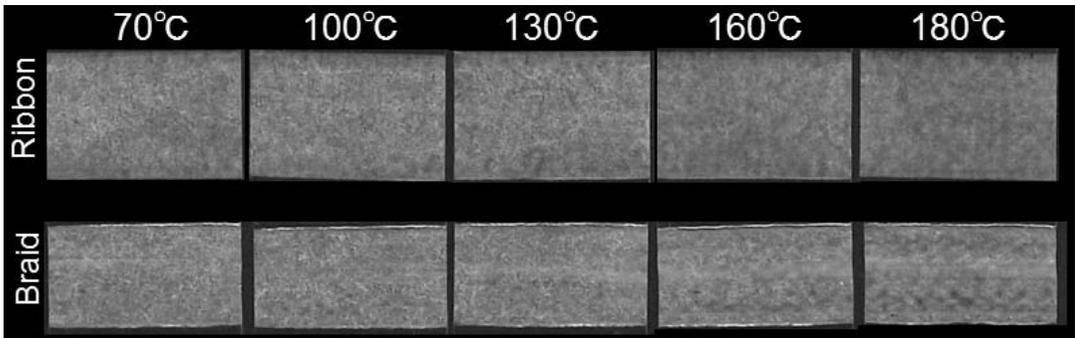


Fig.5 Photographs of heat sealed part after peel testing (180°C, 0.22 MPa).

視覚的に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い傾向であった。

Fig.6に、はく離試験時の荷重変位線図を示す。冷却温度が低いほど、強く接合できているのが観察された。また、同じ冷却温度であれば、組紐ヒーターのほうが、リボンヒーターよりも、強く接合できていることがわかつ

た。特に、エッジ部分（はく離開始部と終了部分）において、組紐ヒーターは強く接合できていた。また、リボンヒーターに比べ、組紐ヒーターは、はく離強度の振幅が大きく、強度が低い部分であっても、リボンヒーターと同等、高い部分ではリボンヒーターの約2倍の強度が得られていた。組紐ヒーターは細線で組まれているのでヒーター表面上の組目

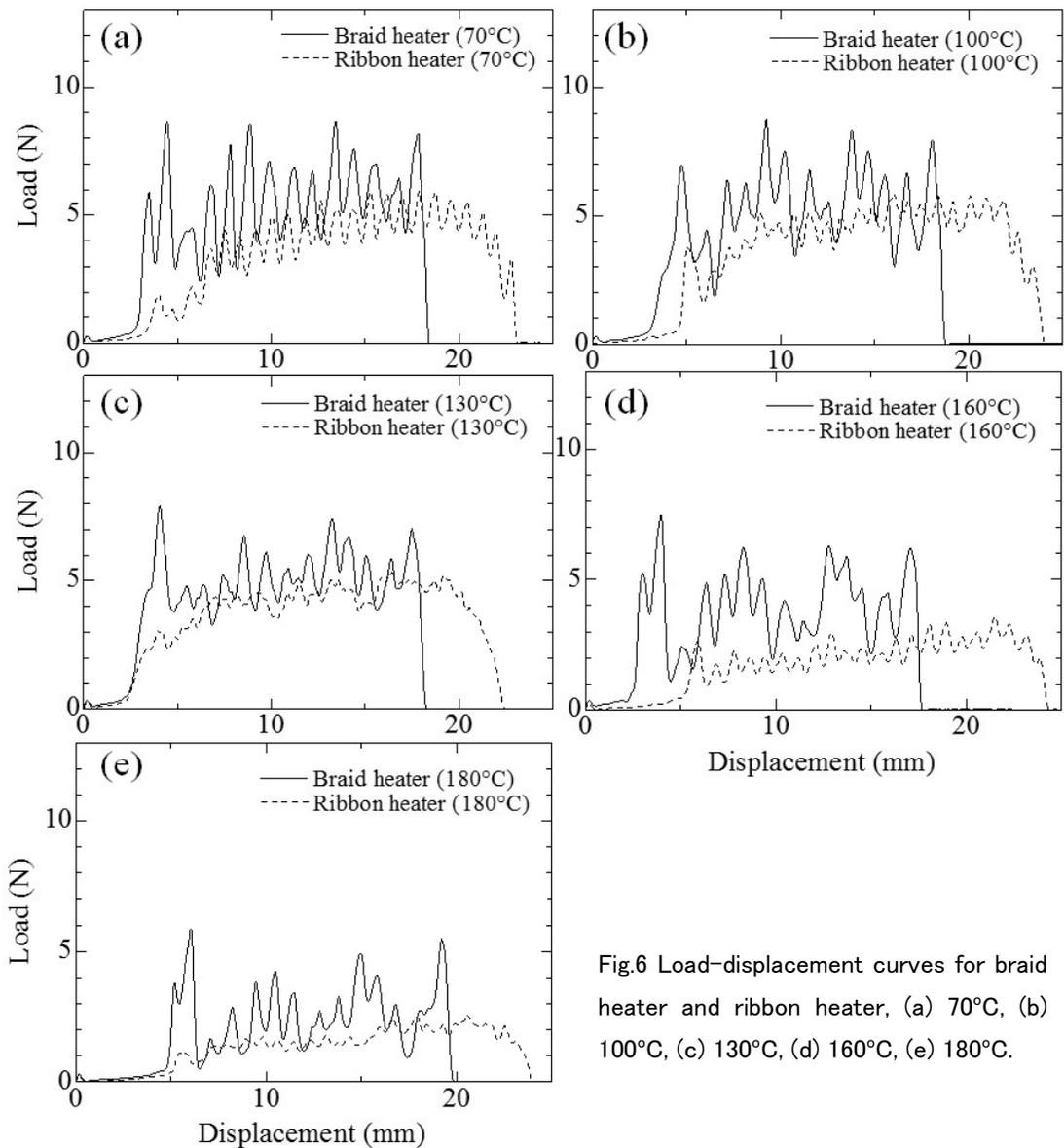


Fig.6 Load-displacement curves for braid heater and ribbon heater, (a) 70°C, (b) 100°C, (c) 130°C, (d) 160°C, (e) 180°C.

部分が平坦ではなく、微細な凹凸を形成している。そのため、表面が平坦なりボンヒーターと比較して、接合面積が大きくなるとともに、凸部に圧力が集中した結果、プラスチックフィルムおよび滅菌紙が溶融・接合しやすくなっているものと考えられる<sup>15)</sup>。

滅菌時の滅菌バッグは、使用時に加圧と減圧が繰り返されるため、エッジ部が強く接合できる組紐ヒーターを用いることは、有用であると考えられる。

#### 4. 結論

本報では滅菌バックのインパルス式熱接合装置における、高いはく離強度を得るための冷却温度と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クのフィルムと紙の接合においては、組紐ヒーターおよびボンヒーターのいずれにおいても、冷却温度が高い方が、低いはく離強度を示し、冷却温度が低くなるにつれて、はく離強度が向上することが示された。このことは、熱板方式と比較したときの、インパルス方式のメリットと言える。

#### <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, 日本包装学会誌, **24** (2), 57 (2015).
- 15) 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).
- 16) 橋本由美, 日本包装学会誌, **24** (6), 349 (2015).
- 17) 橋本静生,成形加工, **18** (8),600 (2006).

(原稿受付 2016年 10月 14日)

(審査受理 2017年 6月 8日)