

【論文】

レトルトパウチにおけるヒートシール条件の最適化

井上 保*, 山見 遥, 塩野 剛

レトルトパウチは、プラスチックフィルムもしくは金属箔またはこれらを多層に合わせたものを袋状その他の形に成形した容器であり、ヒートシールにより密封される。しかしながら、ヒートシール条件設定において、加熱殺菌工程が十分に考慮されているとは言い難い。

本研究では、シール強度の温度依存性について実験的に調べた。加えて、破裂強度に与える環境温度および容器形状の影響を考慮した最適なヒートシール条件について検討した。

その結果、シール強度および破裂強度は、環境温度が高くなるほど、低くなることがわかった。さらに、レトルトパウチにおけるヒートシール条件として、トップのシール強度をサイドにおけるシール強度と同等もしくは大きい場合が適当であることを示した。

キーワード：ヒートシール、レトルトパウチ、温度依存性、容器形状

1. 緒言

ヒートシールは、プラスチックの熱可塑性という性質を利用し、分子間に発生する分子間力により接着力を発現させている。ヒートシールの操作は溶着層を溶着状態となる温度帯に加熱して直ちに冷却することで完了する。汎用的に利用されている加熱方法として、ヒートジョー加熱方式、インパルス加熱方式、超音波加熱方式などが挙げられる。ヒートシールの条件設定において、菱沼は「溶着面温度測定」に基づいた合理的な手法⁽¹⁾を提案している。筆者らも、溶着面温度を考慮した運転条件の検討を行うために、各種ヒートシール方式における溶着面温度の予測手法について提案⁽²⁻⁴⁾を行ってきた。

レトルト食品は、気密性および遮光性を有する容器で密封し、加圧加熱殺菌した食品である。レトルトパウチは、プラスチックフィルムもしくは金属箔またはこれらを多層に合わせたものを袋状その他の形に成形した容器であり、ヒートシール（熱溶融）により密封される。

現在、容器の密封性を評価する方法としてシール強度が用いられている。このシール強度は、高温環境において低下する⁽⁵⁾ことが指摘されている。しかしながら、レトルトパウチのヒートシール条件設定において、加熱殺菌工程が十分に考慮されておらず、加えて、系統的な手法が明示されているとは言い難い。

本研究では、レトルトパウチにおけるヒートシール特性について評価するとともに、シール強度の環境温度依存性について実験的に調べた。加えて、破裂強度に与える環境温

度および容器形状の影響を考慮した最適なヒートシール条件について検討した。

2. 試料および実験方法

試料には、レトルトパウチ（材料構成：透明蒸着PET12 μ m/ONY15 μ m/ CPP60 μ m, サイズ（外寸）：横130mm×縦180mm, 製品名：EACF-1318）を用いた。なお、CPP（製品名：“トレファン” NO ZK207, 東レフィルム加工(株)）は、エチレン・プロピレンコポリマー、エチレン・*a*オレフィンコポリマー、ポリエチレンのブレンドである。

まず、**図1**に示す“MTMS”キット⁽⁶⁾を用いてヒートシールを行い、シール強度（引張速度：100mm/min）を測定した。溶着面温度の測定には、極細熱電対（線径：50 μ m）を用いた。シール強度の測定には、テンシロン万能試験機（RTG-1310）を用いた。なお、高温環境におけるシール強度の測定には、精密万能試験機（オートグラフAG-1000D）を用いた。

つづいて、**図2**に示すインパルスシーラー⁽³⁾を用いてヒートシールを行い、破裂強度（流量：1,000ml/min）を測定した。破裂強度の測定には、バーストテスター（BT-200型）を用いた。高温環境における破裂強度の測定には、送風定温乾燥器（STAC-P50M）を併せて用いた。なお、高温環境における測定においては、試料の保持時間を1分以上とし、定常条件を満たすようにした。

*連絡先, E-mail : tamotsu_inoue@shokuken.or.jp

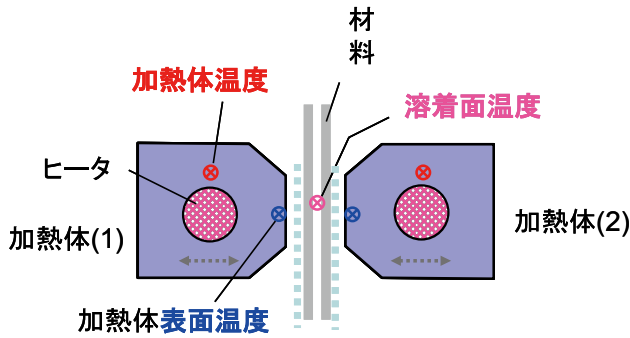


図1 実験装置の概略図
("MTMS"キット, ヒートジョー加熱方式)

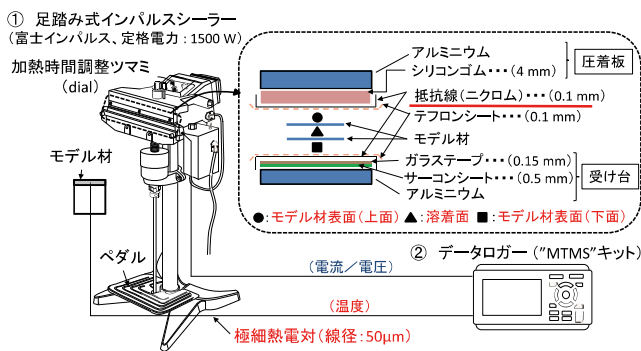


図2 実験装置の概略図(インパルスシーラー)

3. 実験結果および考察

3.1 レトルトパウチのヒートシール特性

図3にレトルトパウチを用いた溶着面温度応答の測定結果の一例(加熱体表面温度:150℃, 圧着圧:0.3MPa)を示す。溶着面温度は常温付近から急激に上昇し, 1s以降ほぼ一定の値を示した。この結果より, 加熱時間は2sとした。

図4にレトルトパウチのヒートシール発現特性の測定結果(ヒートジョー加熱方式, 加熱時間:2s, 圧着圧:0.3MPa)を示す。シール強度は溶着面温度が145℃付近で

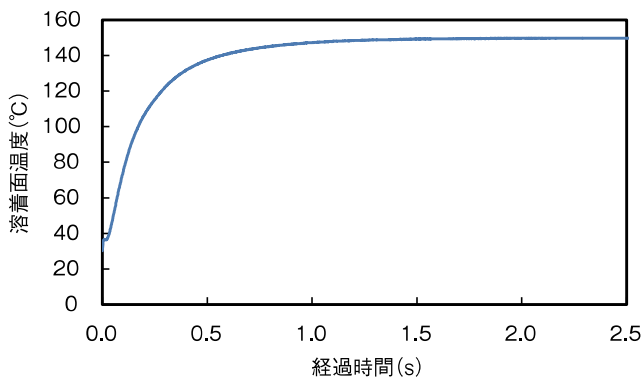


図3 溶着面温度応答の測定結果
(加熱体表面温度:150℃, 圧着圧:0.3MPa, テフロンカバー:0.1mm)

急激に高くなった。なお, 図4より, 溶着面温度が147℃以上の条件では, 食品衛生法における基準(レトルト食品容器のシール強度を23N/15mm以上⁽⁷⁾)を満たすことがわかる。

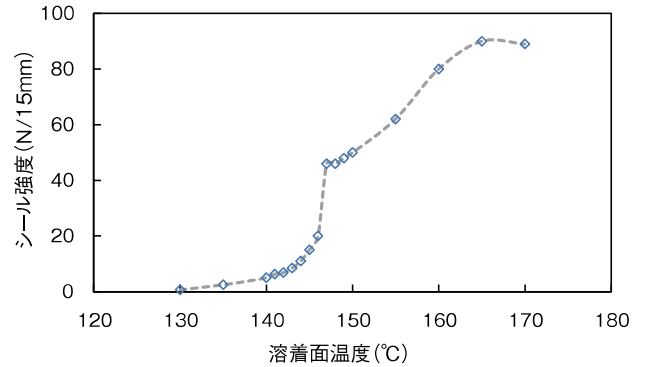


図4 レトルトパウチのヒートシール発現特性
(ヒートジョー加熱方式, 圧着圧:0.3MPa, 加熱時間:2s)

3.2 シール強度の環境温度依存性

図5にシール強度の環境温度依存性について調べた結果について示す。常温(約25℃)におけるシール強度が, 20N/15mm, 55N/15mm, 70N/15mm(溶着面温度:145, 150, 155℃)のサンプルを用いて比較した。すべてのサンプルにおいて, シール強度は, 環境温度が高くなるほど, 低くなることがわかった。一例として, 常温におけるシール強度が70N/15mmのサンプルでは, 環境温度が120℃の条件で20N/15mmとなった。

図6に引張試験後の試料断面を比較した結果の一例を示す。常温(25℃)におけるシール強度が20N/15mmと環境温度が120℃におけるシール強度が20N/15mm(常温では70N/15mm)のサンプルを比較した。120℃におけるシール強度が20N/15mmのサンプルでは, 剥離面に"糸引き"現象が観察された。なお, 常温におけるシール強度が70N/15mmのサンプルでは"糸引き"現象は観察されなかった。

図7にCPPフィルム(厚さ:60μm)の弾性率の温度依存性を測定した結果を示す。なお, 弾性率の測定には粘弾性測定装置(DMS-6100)を用いた。弾性率は, 環境温度

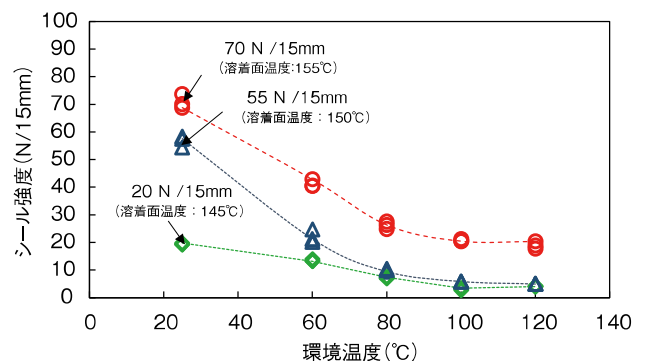


図5 シール強度の環境温度依存性
(引張速度:100mm/min)

が高くなるほど、低下することがわかった。したがって、環境温度が高くなるほどシール強度が低くなった要因として、CPPフィルムの軟化⁽⁸⁻⁹⁾が挙げられる。

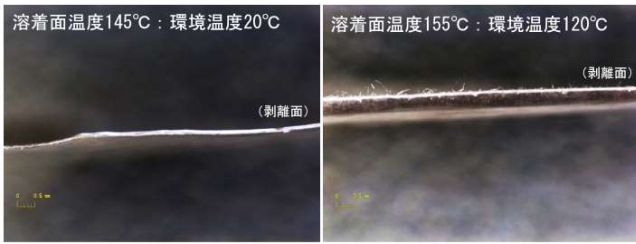


図6 引張試験後の試料断面の比較

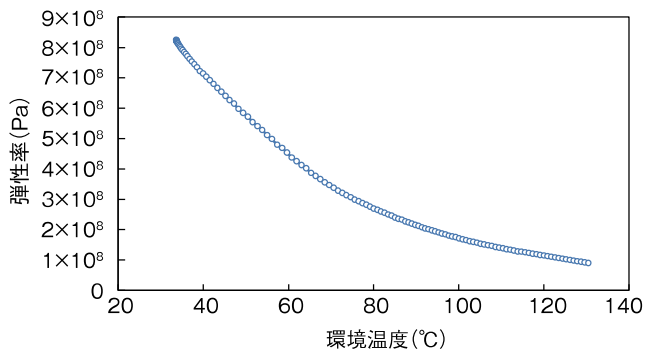


図7 弾性率の温度依存性
(CPPフィルム, 加熱速度: 5 °C/min)

3.3 破裂強度に与える環境温度および容器形状の影響

図8に破裂強度に与える環境温度の影響について調べた結果について示す。なお、サイドおよびボトムにおけるシール強度はそれぞれ55N/15mm, 77N/15mmであった。また、レトルトパウチの容器形状は矩形で、内寸はトップおよびボトムが110mm, サイドが160mmであった。

図8より、トップにおけるシール強度が高くなるほど破

裂強度が大きくなることがわかった。加えて、環境温度が高くなると、破裂強度が低くなることがわかった。さらに、トップにおけるシール強度が、サイドにおけるシール強度と同等もしくは大きい条件では、サイドシールから破裂した。

また、一例として、内寸の異なるレトルトパウチ (トップ: 110mm, サイド: 70mm, トップにおけるシール強度: 60N/15mm, サイドにおけるシール強度: 55N/15mm) を用いて破裂試験を行った。その結果、トップにおけるシール強度がサイドのシール強度よりも高いにもかかわらず、長辺であるトップから破裂した。つまり、破裂は矩形における長辺で生じやすいことがわかった。

したがって、本研究で使用したレトルトパウチにおいても長辺側から破裂することを考慮すれば、トップのシール強度がサイドにおけるシール強度と同等もしくは大きくなるようなヒートシール条件を設定することが好ましいと判断できる。

例えば、ヒートジョー加熱方式では、図4より、155°Cが下限温度となる。なお、最適なヒートシール条件としては、過加熱で生じる不具合である“発泡⁽¹⁰⁻¹¹⁾”や“はみ出し⁽¹²⁾”を防ぐように上限温度を設定すべきである。

さらに、図8より、レトルト加熱殺菌 (120°C) における容器の耐圧強度は、最適なヒートシール条件では0.026MPaとなることが示唆される。よって、レトルトパウチを対象としたレトルト加熱殺菌における運転条件の指針も示すことができた。

4. 結言

レトルトパウチにおけるシール強度の温度依存性について実験的に調べた。加えて、破裂強度に与える環境温度の影響を考慮した最適なヒートシール条件について検討した。

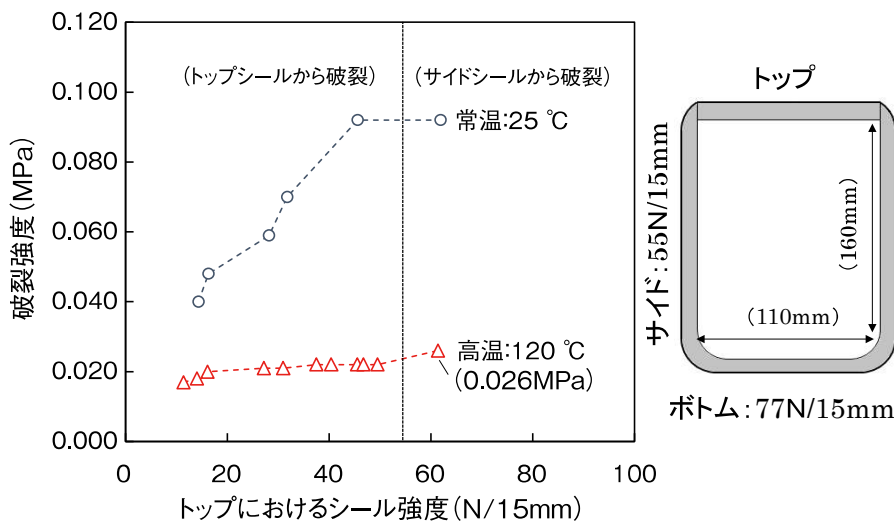


図8 破裂強度に与える環境温度および容器形状の影響

その結果、シール強度および破裂強度は、環境温度が高くなるほど、低くなることがわかった。さらに、レトルトパウチにおけるヒートシール条件として、トップのシール強度をサイドにおけるシール強度と同等もしくは大きい場合が適当であることを示した。

引用文献

- 1) 菱沼一夫：ヒートシールの基礎と実際, p36-52, 幸書房, (2007).
- 2) 井上保, 竹之内健, 菱沼一夫：ヒートシールにおける溶着面温度応答の推算モデルの構築. 第61回技術大会プログラム (日本缶詰協会), 3-4 (2012).
- 3) 井上保, 坂根大貴, 塩野剛：インパルスシールにおける溶着面温度応答の推算モデルの構築. 日本包装学会第24回年次大会研究発表会予稿集. 116-117(2015).
- 4) 井上保, 酒井晴絵, 塩野剛：ヒートシールにおける多段加熱方式の解析. 日本包装学会第25回年次大会研究発表会予稿集. 106-107 (2016).
- 5) 包装技術便覧, p1384-1387, 日本包装技術協会, (1983).
- 6) 菱沼技術士事務所ホームページ：
<http://www.e-hishi.com/pdf/mtms-kit.pdf>
- 7) 容器詰加熱殺菌食品を適正に製造するためのガイドライン (GMP) マニュアル, p178-182, 日本缶詰技術協会, (2006).
- 8) 三刀基郷：図解でなっとく接着の基礎と理論, p94-121, 日刊工業新聞社, (2012).
- 9) 二瀬克規, 島本聡, 高橋賞：液体包装袋に用いるラミネートフィルムの衝撃引張力に関する研究. 日本機械学会論文集 (A編), 60巻580号, 209-214(1994).
- 10) 井上保, 中島佳史, 田中大士, 福島博：ヒートシールにおける圧力と温度の同時測定による発泡の抑制. 東洋食品工業短期大学紀要 (第2号), 15-21 (2013).
- 11) Tamotsu INOUE, Tsuyoshi SHIONO and Hiroyuki IYOTA: Effect of moisture content on bubble formation in heat sealing for plastic container. Proc. of 20th International Drying symposium. , P2-39 (7 pages on USB Memory), (2016).
- 12) 菱沼一夫：ヒートシールの基礎と実際, p53-58, 幸書房, (2007).

Optimization of heat-sealing condition for retort pouch

Tamotsu INOUE*, Haruka YAMAMI,
Tsuyoshi SHIONO

Heat-sealing technology is used for plastic packaging. Multiple kinds of films are laminated together for retort pouch. However, heat sterilization process has not been considered too much for deciding heat sealing conditions.

In this study, the effect of ambient temperature on heat seal strength. In addition, optimization of heat-sealing condition was investigated with consideration of burst strength and shape of pouch.

Experimental result shows that heat seal strength and burst strength are lower when ambient temperature is higher. Moreover, we show that "top seal-strength" should be the same or more than "side seal-strength" for reaching optimum heat-sealing condition.

Key words : heat seal, retort pouch, temperature dependence, shape of container