

具入り内容物に対する摺動レトルトの適用

田辺 利裕, 沖浦 文

Application of the Reciprocating Retort to Contents with Solids

Toshihiro Tanabe and Aya Okiura

On the static retort sterilization of a large-size container, there is a problem that a very long sterilization time is needed. As one of these solution, in the former report, the reciprocating retort sterilization (retort process with a back-and-forth motion) was verified, but this was contents without the solids. So, in this report, application of the reciprocating retort to contents with solids was tested.

The boiling crumble of the solid was no problem, if the viscosity of the liquid was almost the same as the stew or the curry. The temperature rise of the solid follows that of the liquid, but it was achieved as the effect of the reciprocating retort shorter time of sterilization of the contents with the solids. For the case of the contents with the solid, size of container, sterilization temperature, and thickness of solid were assumed to be a variable, the optimization simulation was done by the "Formula Method" by Ball et al. As a result, it is one of the optimum conditions, the size of container is 2kg standing-pouch (40mm thickness), the sterilization temperature is 125°C, and the thickness of the solid is 15mm. On this condition, the white stew was producible.

Key words : retort, reciprocating, sterilization time, reduction, quality, solids, formula method, optimum condition, stew

1. 目的

大型容器入り食品の静置式レトルト殺菌では、殺菌・冷却に長時間を要する問題がある。この解決手段として、前報¹⁾で摺動レトルト殺菌法を評価し、大型パウチ詰製品にて顕著な殺菌時間短縮効果が得られることを報告した。しかし、これは固形物（具）が入っていない粘液（ルウ）のみの系での試験結果であった。しかし、実際の製品では、具が入っているものが普通である。そこで、本報では固形物入り内容物について、摺動レトルトが適用できるかを評価することとした。

まず、摺動殺菌時に固形物が振盪動作により崩れる可能性が考えられたことから、実際の煮崩れがどの程度のものか評価した。次に、摺動殺菌時の粘液中の固形物の熱伝達を測定し、摺動レトルト殺菌の効果が得られるか評価した。さらに、摺動レトルト殺菌時の熱伝達特性の各種測定結果を利用し、固形物入りの場合の最適条件を検討した。最後に、得られた最適条件の一つにて、実際に製品を試作し、高品質なものが実際に得られるかを確認した。

2. 実験方法

(1) 摺動殺菌時の固形物の煮崩れ

(a) 摺動中の固形物の動きの外観観察

(a)-1 容器と内容物

容器は、240×350×65mmパウチ（2kgスタンディング：透明）を使用した。

固形物は、ジェランガムのゲルに白着色し、約15mm角のブロック状としたものを使用した。固形物を数個パウチに投入後、合計2kgとなるよう水道水を充填して、ヘッドスペースがなくなるように密封した。

(a)-2 摺動時の外観観察

摺動設備は、東洋製罐社製H90-C100のシミュレータマルチレトルトに、摺動のための駆動部を後付したものを使用した。

摺動条件は、振幅75mmにて60往復/分とし、室温環境下による振盪中の様子を写真撮影した。

(b) 摺動による煮崩れの評価

(b)-1 容器と内容物

容器は、280×360mmパウチ（2kg平）を使用した。

液部は水、およびワキシーコーンスターチ4.7%と普通のコーンスターチ0.5%の混合粘液を適宜水で希釈し、任意の粘度としたものを使用した。

固形物は、ジャガイモ（メークイン）、西洋ニンジンの2種類を使用した。それぞれ剥皮後、15mm角程度のブロック状に刻み、60℃-30分+95℃-5分のブランチング処理をしたものを試験に供した。

ジャガイモとニンジンそれぞれ25~30個ずつパウチに投入後、合計2kgとなるよう液を充填して、ヘッドスペースがなくなるように密封した。

(b)-2 殺菌条件

レトルト殺菌機は、東洋製罐社製H90-C100のシミュレータマルチレトルトに、摺動のための駆動部を後付したものを使用した。

CUTは9分、殺菌は121℃-25分、冷却は30分とし、摺動条件は、振幅75mmにて60往復/分とし、工程中全てにわたり一定条件で振盪した（この条件で固形物のF₀値は10分程度となった）。

(b)-3 評価

殺菌終了後、開封して中身をザルにあげ、流水で粘液を洗い流し、残った固形物をサンプリングし、写真撮影して外観評価を行った。

(2) 摺動殺菌時の粘液中の固形物の熱伝達

(a) 摺動殺菌時の粘液中の固形物の熱伝達

(a)-1 試料

固形物の大きさは、2kg詰平パウチの厚みが30mmであるためその半分の15mmの厚みとした。なお、15mmの厚みというのは、200g詰パウチと同等の厚みである。固形物として、15mm厚に輪切りにしたサツマイモ（約6cm径）を使用し、センサーを取り付けた。粘液部は4.4%ワキシーコーンスターチとし、計2kgとなるよう充填した。ヘッドスペースがなくなるように密封した。

パウチは280×360mmのサイズのものを使用した。

(a)-2 殺菌条件

レトルト殺菌機は、東洋製罐社製H90-C100のシミュレータマルチレトルトに、摺動のための駆動部を後付したものを使用した。

シャワー式にて、CUT 8分、殺菌温度120.8℃、1.8kgf/cm²（≒0.18MPa）一定圧条件で殺菌した。摺動条件は、振幅75mmにて60往復/分の振動数とし、工程中全てにわたり一定条件で振盪した。

対照として静置殺菌も実施した。

(a)-3 品温測定

Ellab社製のCMC821サーモプロセッサーを使用した。

摺動殺菌の場合は、サツマイモの幾何学的中心にセンサーを挿し、さらにサツマイモをパウチの中心に配置した。また同時に、中心ではないが、サツマイモ側壁の粘液部の温度測定も行った。摺動殺菌は中心以外にも粘液部の温度ムラが小さく、必ずしも中心品温を測定する必要がないため、この場所を採用した。

静置殺菌の場合は、熱伝達が対流ではなく伝導で起こる内容物であれば、固形部、粘液部の熱伝達の差は誤差範囲であるため、中心の粘液部で測定した。

3回繰り返し測定を実施した。

(b) プロコンチャートによる温度制御時における15mm厚製品の温度測定

前項の試験結果を踏まえて、摺動殺菌の粘液部の温度変化と同様になるようにレトルトの雰囲気温度を再現し、その雰囲気中に15mm厚の製品がある場合の品温挙動がどのようになるかを測定した。

(b)-1 試料

130×170mmのパウチに、4.4%ワキシーコーンスターチ液をヘッドスペースがなくなるように200g詰めたものを試料とした。

(b)-2 殺菌条件

レトルト殺菌機は、東洋製罐社製H90-C100のシミュレータマルチレトルトに、摺動のための駆動部を後付したものを使用した。

シャワー式にて、前項の液部の温度測定結果をプロコンチャートに書き込み温度制御を行い、1.8kgf/cm²（≒0.18MPa）一定圧条件で静置殺菌した。

(b)-3 品温測定

Ellab社製のCMC821サーモプロセッサーを使用した。

測定部位は中心部とした。

(3) 最適条件のシミュレーション

Ballらによる数式法^{2),3)}を用いた。

まず、粘液中の固形物が所定の殺菌値となるのに必要な殺菌時間を求め、次にその殺菌時間による粘液の殺菌値がどのようになるかを検討した。

所定の殺菌値F_p=10分として計算した。

固形物の大きさを10, 15, 20, 25mmとし、容器サイズは2kg平（30mm厚）、2kgスタンディング（40mm厚）、3kgスタンディング（45mm厚）、殺菌温度は120, 125, 130℃でシミュレーションした。

(4) ホワイトシチューの製造

(a) 材料と下処理, 調合

ジャガイモ（メークイン）、西洋ニンジン、タマネギは剥皮し、厚み15mmを上限として角切りした後、60℃-30分+95℃-5分のブランチング処理を施した。なお、タマネギの60℃のブランチングの際、乳酸カルシウムをカルシウムとして0.05%となるようブランチング処理水に加えた。

鶏肉（ササミ）は、15分間蒸煮した。

牛乳（明治乳業）、シチューのルウの素（ハウス食品）は、市販品を使用した。

熱湯6にルウの素1を加え、よく攪拌し溶解させ、これに牛乳1を混合し、ルウを得た。

(b) 充填・密封

ジャガイモ、ニンジン、タマネギをそれぞれ200g、鶏肉300g、ルウ1100gを2kgスタンディングパウチにヘッドスペースがなくなるように充填・密封した。

(c) 殺菌条件

レトルト殺菌機は、東洋製罐社製H90-C100のシミュレータマルチレトルトに、摺動のための駆動部を後付したものを使用した。シャワー式にて、CUT 9分、殺菌温度126℃、2.3kgf/cm² (≒0.23MPa) 一定圧条件で殺菌した。摺動条件は、振幅75mmにて60往復/分の振動数とし、工程中全てにわたり一定条件で振盪した。なお、対照として静置条件も実施した。殺菌時間は、固形物中心のFoが約10分となるような成り行きとした。

(d) 温度測定

Ellab社製のCMC821サーモプロセッサを使用した。15mm厚のニンジン幾何学的中心にセンサーを挿し、

さらにこのニンジンのパウチの中心に配置した。また同時に、中心ではないが、ニンジン側壁の粘液部の温度測定も行った。

3. 結果**(1) 摺動殺菌時の固形物の煮崩れ****(a) 摺動中の固形物の動きの外観観察結果**

図1に摺動中の様子を0.5秒毎の連続写真で示した。

液部は水であり、固形物が最も動きやすい条件と考えられるが、実際には固形物の動きは小さく、固形物同士が激しく衝突するような様子は見られなかった。

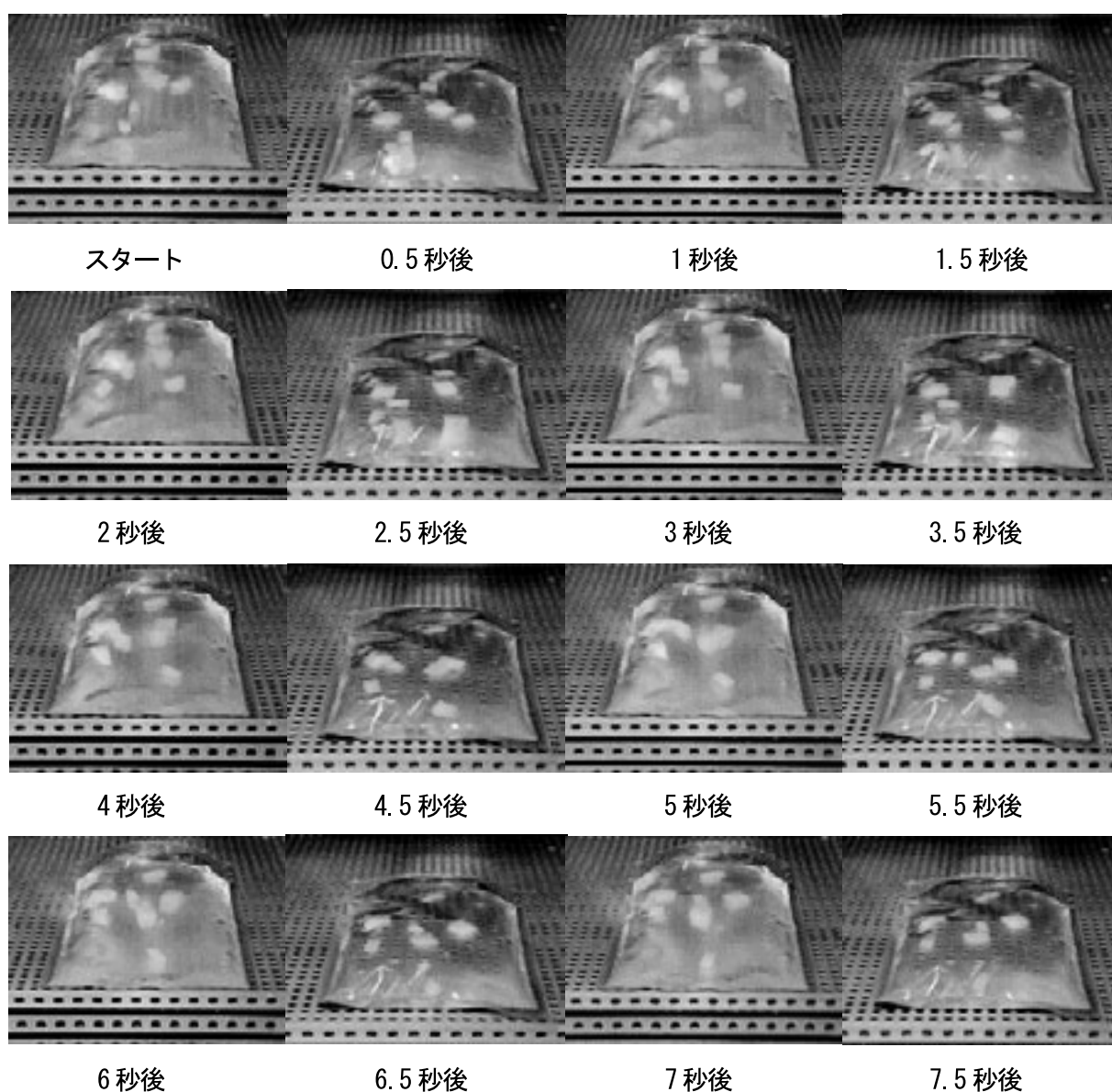


図1 0.5秒毎の摺動中の様子

(b) 撻動による煮崩れの評価

殺菌前と殺菌後の固形物の外観につき、代表的な例を図2～6に示した。

液部が水の場合、ニンジンの角が丸くなり、ジャガイモは原型をとどめなかった(図3)。液部の粘度が30mPa・s(80℃)の場合、ニンジンは煮崩れなかったが

ジャガイモが顕著に煮崩れた(図4)。450mPa・s(80℃)の場合、許容範囲内と思われるレベルであるがジャガイモの角が若干煮崩れた(図5)。カレー並みの粘度である2000mPa・s(80℃)の場合、煮崩れがなかった(図6)。なお、450mPa・s以下の粘度ではハンドリングで固形物が崩れてしまう場合があった。



図2 ブランチング処理直後(殺菌前)

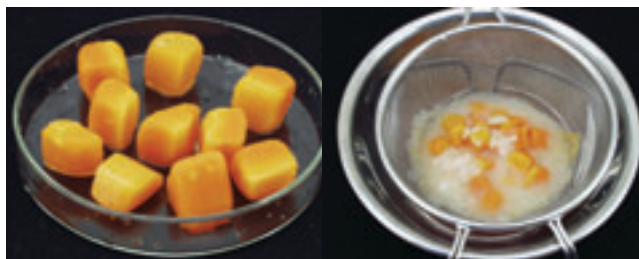


図3 液部が水の場合の撻動殺菌後の固形物



図4 液部が30mPa・s(80℃)の場合の撻動殺菌後の固形物



図5 液部が450mPa・s(80℃)の場合の撻動殺菌後の固形物



図6 液部が2000mPa・s(80℃)の場合の撻動殺菌後の固形物

(2) 撻動殺菌時の粘液中の固形物の熱伝達**(a) 撻動殺菌時の粘液中の固形物の熱伝達**

撻動殺菌時の温度測定結果の前半部の代表例と、静置殺菌時の温度測定結果を合わせて表示したものを図7に示した。

固形部は液部よりも明らかに遅い温度上昇を示したが、

静置と比較すると顕著に速い温度上昇を示した。

なお、最終的に F_0 値が10分となるのに要する殺菌時間は、撻動液部が15～19分、撻動固形部が18～23分、静置は約40分であった。また、この温度測定値により加熱曲線を描き fh を求めると、撻動液部が5.8～7.3分、撻動固形部が5.1～6.8分、静置は約26分であった。

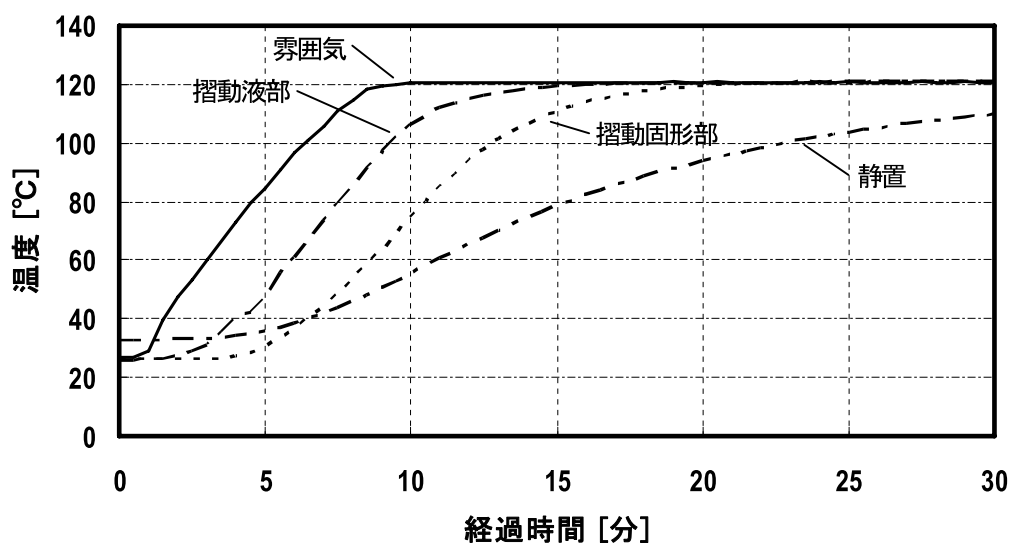


図7 2 kgパウチ詰モデルに固形物を加えた場合の摺動殺菌による温度測定結果および静置殺菌時の温度測定結果

(b) プロコンチャートによる温度制御時における15mm厚製品の温度測定

本項の温度測定結果と、前項の摺動液部・固形部の温度測定結果を合わせて表示したものを図8に示した。

霧囲気温度を摺動液部の温度で再現すると、15mm厚のパウチの品温変化が、15mm厚の摺動固形部の温度変化と非常に良く一致することが確認された。

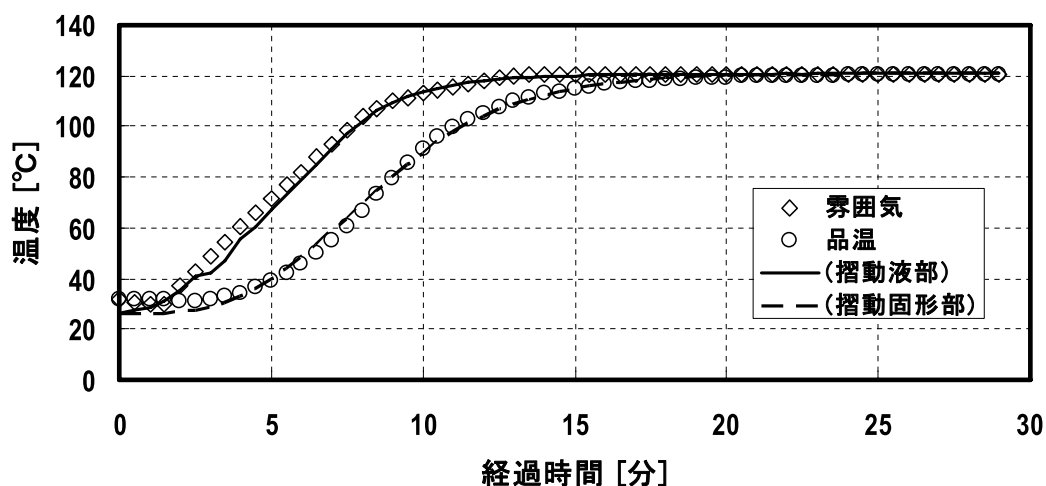


図8 プロコンチャートによる温度制御時における15mm厚製品の温度測定結果と摺動殺菌時の液部、固形部の温度測定結果の比較

(3) 最適条件のシミュレーション

(a) 粘液中の固形物が所定の殺菌値となるのに必要な殺菌時間

(a)-1 固形物のfhの算出

前項のように、摺動殺菌時の粘液中の固形物のfhとその大きさと同じ厚みの製品の静置殺菌時のfhは同等となる。

そのため、前報¹⁾で得られている殺菌データの中から10, 15, 20, 25mm厚の試料の静置殺菌のデータを引用した。

各種厚みのパウチ詰試料の加熱曲線を図9に示した。これより、10, 15, 20, 25mm厚の試料のfhは、それぞれ3.4, 7.5, 10.9, 17.3分と算出された(図9)。

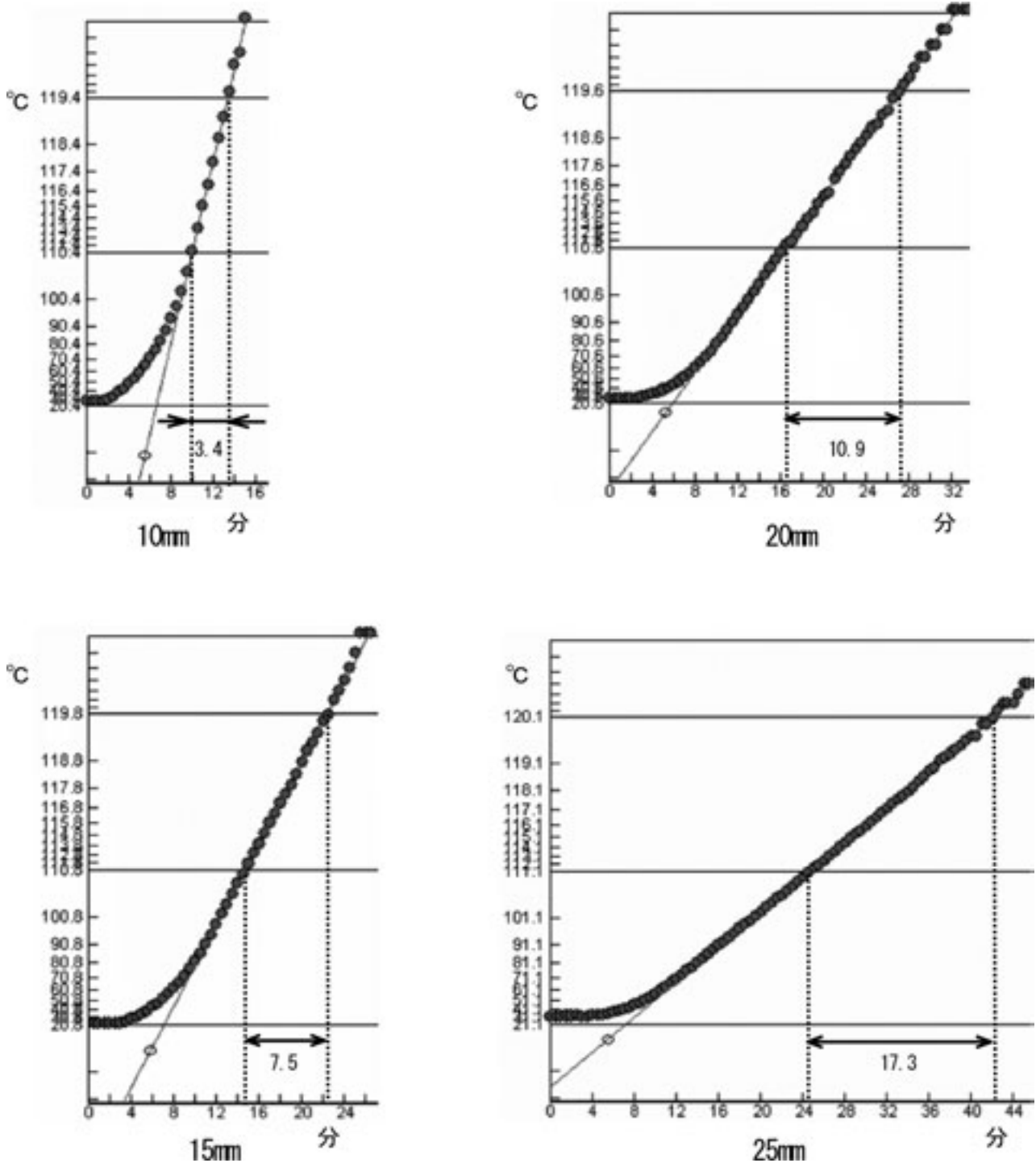


図9 各種厚みのパウチ詰試料の静置殺菌時の加熱曲線

(a)-2 固形物の j の算出

遅れ係数 j を算出するには、摺動殺菌時の粘液中の固形物の温度を実測したデータが必要であり、前項のデータを用いた。

摺動殺菌時の粘液中の固形物の加熱曲線を図 10 に示した。

テスト 1 では、殺菌温度 RT = 120.8, 初期温度 IT = 30.7,

架空の初期温度 IT' はグラフより 72.8°C であるため、 $j = (RT - IT') / (RT - IT)$ より、 $j = 0.53$ と算出された。

テスト 2 では、殺菌温度 RT = 120.8, 初期温度 IT = 32.0, 架空の初期温度 IT' はグラフより 65.6°C であるため、 $j = 0.62$ と算出された。

今回は、便宜上 $j = 0.6$ の固定値として以後の計算に使用することとした。

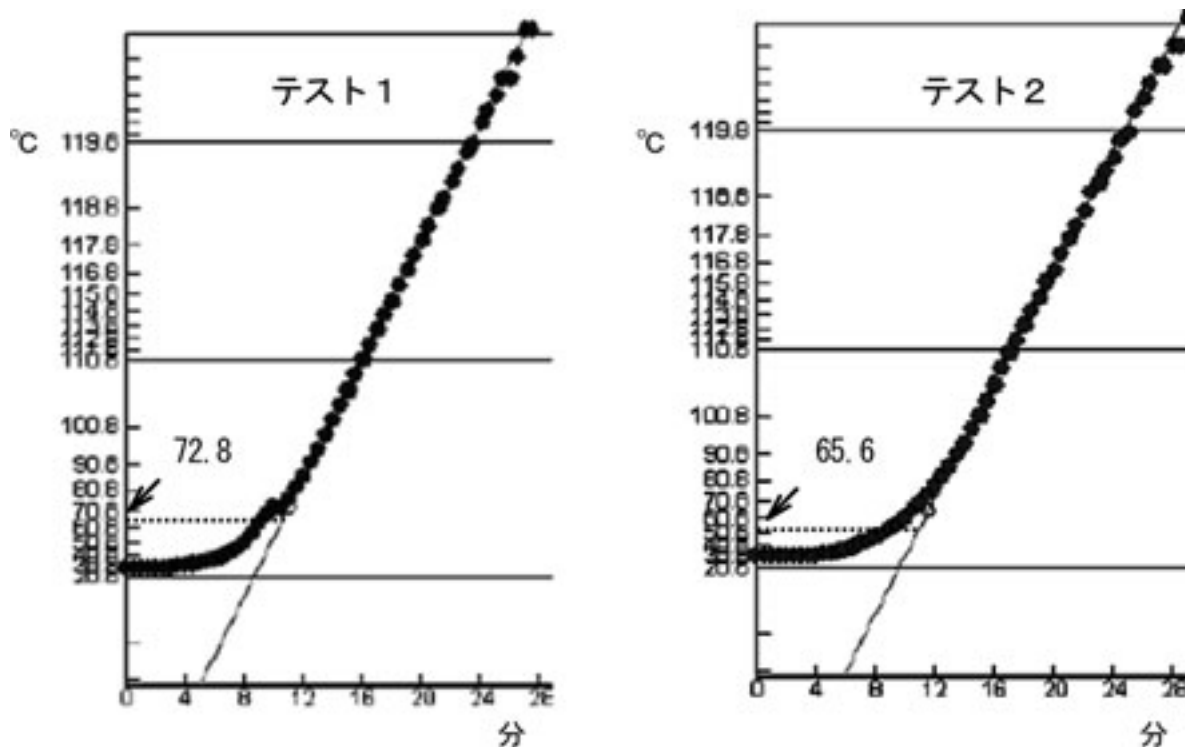


図 10 摺動殺菌時の粘液中の固形物の加熱曲線

(a)-3 Fi の算出

この項目以降は、数式法の定法に従った。

まず、シミュレーションされる殺菌温度 RT ごとの Fi を、 $Fi = 10^{((121.1 - RT) / 10)}$ より求めた (表 1)。

(a)-4 f/U の算出

$f/U = fh / (Fp \cdot Fi)$ より、各殺菌温度における固形物各種サイズの f/U を求めた (表 2)。

表 1 各殺菌温度における Fi

殺菌温度	Fi
120°C	1.288
125°C	0.4074
130°C	0.1288

表 2 各殺菌温度、固形物サイズにおける f/U

殺菌温度	サイズ				
	Fi \ fh	10mm	15mm	20mm	25mm
120°C	1.288	0.2640	0.5823	0.8463	1.343
125°C	0.4074	0.8346	1.841	2.676	4.246
130°C	0.1288	2.640	5.823	8.463	13.43

(a)-5 $\log g$ の読み取り

$\log g$: f/U 図 (図 11) より, $z=10^\circ\text{C}$ における f/U に対応する $\log g$ を読み取った (表 3).

なお, $f/U < 0.69$ の場合は, 計算方法が異なる (表中*).

(a)-6 $f/U < 0.69$ の場合の $t_{0.1}$ の算出

$t_{0.1} = fh \cdot (\log(j \cdot (RT - IT)) + 1)$ より算出した (表 4).

(a)-7 $f/U < 0.69$ の場合の tu の算出, $f/U_{0.1}$

$tu = Fp \cdot Fi - fh / (f/U_{0.1})$ より算出した (表 5). $f/U_{0.1}$ は固定値で, 0.69である.

(a)-8 Bの算出

$f/U < 0.69$ の場合は $B = t_{0.1} + tu$ より算出した.

$f/U \geq 0.69$ の場合は $B = fh \cdot (\log(j \cdot (RT - IT)) - \log g)$ より算出した (表 6).

(a)-9 容器種ごとのCUT

摺動殺菌時の粘液中の固形物の温度変化は, その雰囲気粘液と見なせ, 粘液の温度変化に従うことは前項で確認されている. そのため, 摺動殺菌時に粘液の温度が殺菌温度に達するまでの時間が, 粘液中の固形物にとってのCUTに相当すると考えられる.

そこで摺動殺菌時の各種容器サイズの粘液が達温するまでの時間を, 前報¹⁾のデータより読み取り, 2 kg平パウチで20分, 2 kgスタンディングパウチ (2kgSDP) で25分, 3 kgスタンディングパウチ (3kgSDP) で35分で計算することとした. なお, 試料全体としてのCUTは, 現在の設備性能より9分とした.

表 3 各殺菌温度, 固形物サイズにおける $\log g$

殺菌温度	固形物サイズ			
	10mm	15mm	20mm	25mm
120°C	*	*	-0.73	-0.25
125°C	-0.74	-0.01	0.21	0.42
130°C	0.21	0.54	0.65	0.77

表 4 固形物サイズごとの $t_{0.1}$

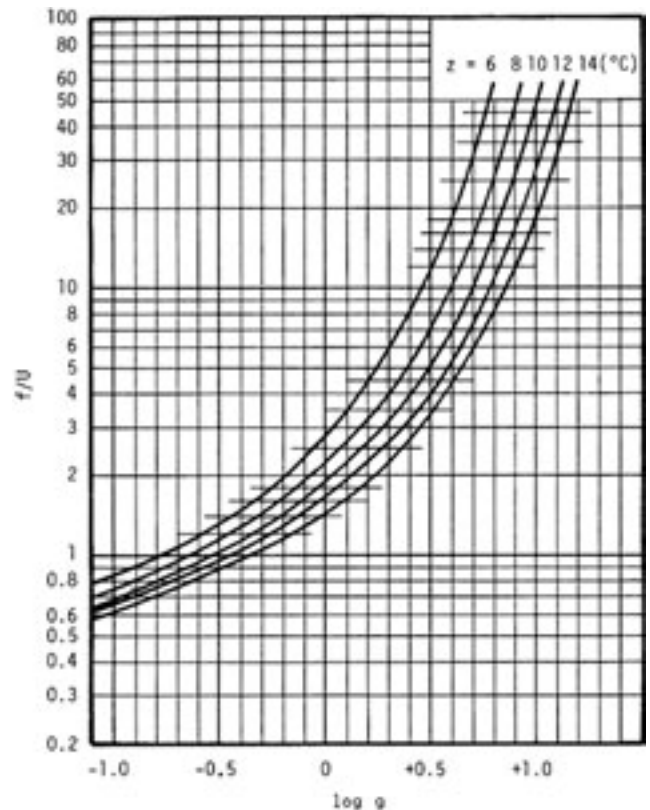
殺菌温度	固形物サイズ			
	10mm	15mm	20mm	25mm
120°C	9.29	20.49	—	—

表 5 固形物サイズごとの tu

殺菌温度	固形物サイズ			
	10mm	15mm	20mm	25mm
120°C	7.95	2.01	—	—

表 6 各殺菌温度, 固形物サイズにおけるB

殺菌温度	固形物サイズ			
	10mm	15mm	20mm	25mm
120°C	17.24	22.50	26.84	34.30
125°C	8.49	13.24	16.85	23.11
130°C	5.33	9.29	12.30	17.44

図 11 $\log g$: f/U 図³⁾

(a) - 10 固形物の殺菌時間 t_{ps} と全体の殺菌時間 t_{pa}

$t_{ps} = B - 0.4 \cdot CUT$ より固形物の殺菌時間を算出し、引き続き $t_{pa} = t_{ps} + CUT - 9$ より全体の殺菌時間を算出した結果を表7に示した。

この表に対応して実測値があるのが2kg平パウチで121℃殺菌、固形物サイズ15mmであるが、その際の殺菌時間は約20分であった。したがって、ここまでのシミュレーション結果は完全ではないがほぼ妥当であると考えられる(数式法は安全のために実際より若干大きな殺菌時間が算出される性質がある)。

(b) 表7の殺菌時間による粘液の殺菌値

(b) - 1 Bの算出

CUTは、設備性能から9分とし、 $B = t_{pa} + 0.4 \cdot CUT$ より算出した(表8)。

(b) - 2 粘液の f_h, j

各種パウチ詰試料の摺動殺菌時の加熱曲線の代表例を図12に示した。

以下の図より、2kg平、2kgスタンディング、3kgスタンディングパウチ試料の摺動殺菌時の f_h は、それぞれ6、8、10.5分、 j はそれぞれ1.5、2、3とした。

(b) - 3 $\log g$ の算出

$\log g = -B/f_h + \log(j \cdot (RT - IT))$ より算出した。なお、初期品温 $IT = 30^\circ\text{C}$ とした(表9)。

(b) - 4 f/U の読み取り

$\log g : f/U$ 図(図11)より、 $z = 10^\circ\text{C}$ における $\log g$ に対応する f/U を読み取った(表10)。

なお、 $\log g < -1$ の場合は、定法通り $f/U = 0.69$ とした。

表7 各容器種、殺菌温度、固形物サイズにおける試料全体の殺菌時間

		(分)			
		固形物サイズ			
容器種	殺菌温度	10mm	15mm	20mm	25mm
2kg 平	120℃	20.2	25.5	29.8	37.3
	125℃	11.5	16.2	19.9	26.1
	130℃	8.3	12.3	15.3	20.4
2kgSDP	120℃	23.2	28.5	32.8	40.3
	125℃	14.5	19.2	22.9	29.1
	130℃	11.3	15.3	18.3	23.4
3kgSDP	120℃	29.2	34.5	38.8	46.3
	125℃	20.5	25.2	28.9	35.1
	130℃	17.3	21.3	24.3	29.4

表8 各容器種、殺菌温度、固形物サイズにおけるB

		(分)			
		固形物サイズ			
容器種	殺菌温度	10mm	15mm	20mm	25mm
2kg 平	120℃	23.8	29.1	33.4	40.9
	125℃	15.1	19.8	23.5	29.7
	130℃	11.9	15.9	18.9	24.0
2kgSDP	120℃	26.8	32.1	36.4	43.9
	125℃	18.1	22.8	26.5	32.7
	130℃	14.9	18.9	21.9	27.0
3kgSDP	120℃	32.8	38.1	42.4	49.9
	125℃	24.1	28.8	32.5	38.7

表9 各容器種、殺菌温度、固形物サイズにおける $\log g$

		固形物サイズ			
容器種	殺菌温度	10mm	15mm	20mm	25mm
2kg 平	120℃	-1.84	-2.72	-3.44	-4.69
	125℃	-0.36	-1.15	-1.75	-2.80
	130℃	0.19	-0.47	-0.97	-1.83
2kgSDP	120℃	-1.10	-1.76	-2.30	-3.23
	125℃	0.02	-0.58	-1.03	-1.81
	130℃	0.43	-0.06	-0.44	-1.08
3kgSDP	120℃	-0.70	-1.20	-1.61	-2.32
	125℃	0.16	-0.29	-0.64	-1.23

表10 各容器種、殺菌温度、固形物サイズにおける f/U

		固形物サイズ			
容器種	殺菌温度	10mm	15mm	20mm	25mm
2kg 平	120℃	0.69	0.69	0.69	0.69
	125℃	1.19	0.69	0.69	0.69
	130℃	2.56	1.06	0.70	0.69
2kgSDP	120℃	0.68	0.69	0.69	0.69
	125℃	1.95	0.94	0.70	0.69
	130℃	4.31	1.74	1.09	0.69
3kgSDP	120℃	0.87	0.69	0.69	0.69
	125℃	2.42	1.28	0.91	0.69

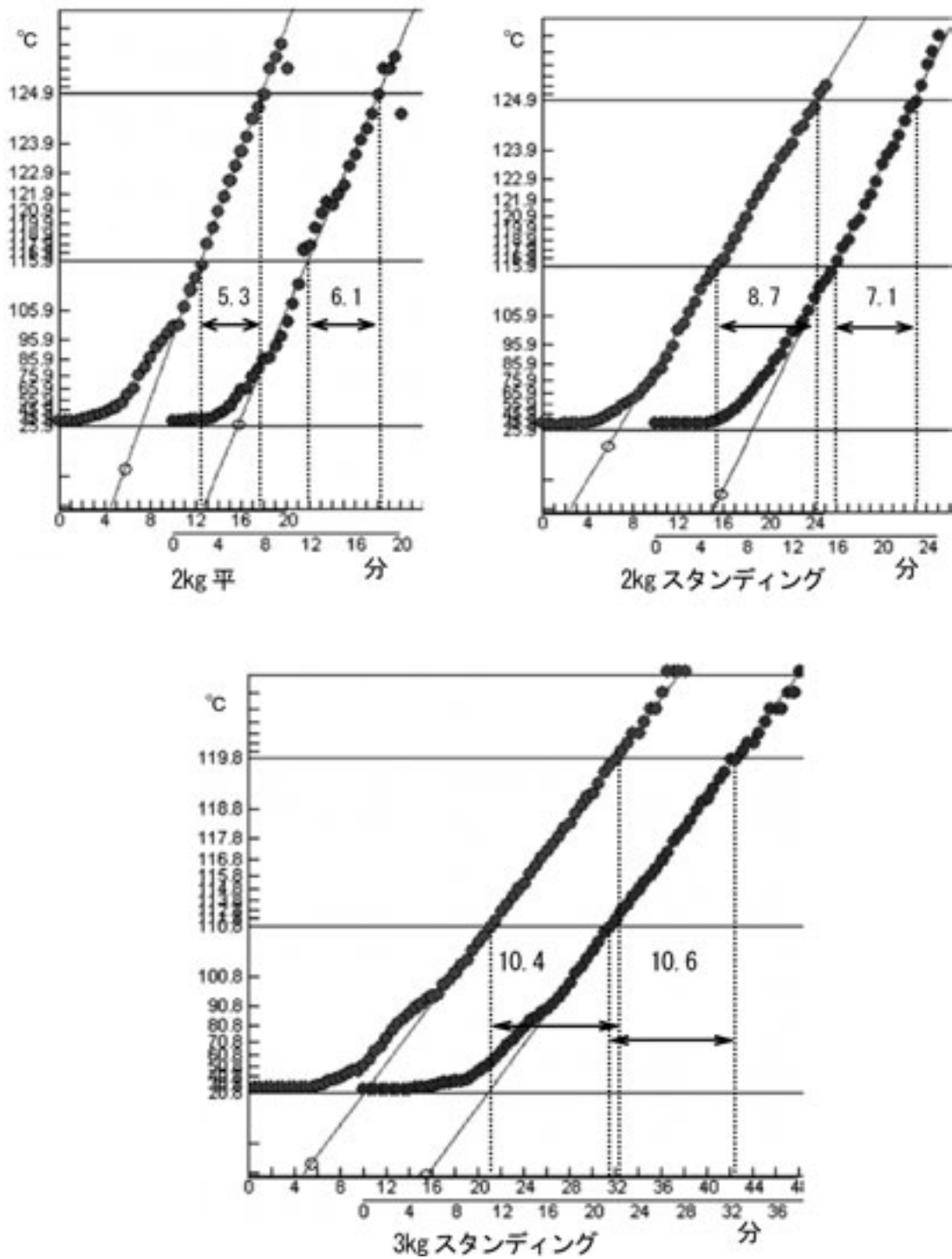


図 12 各種パウチ試料の摺動殺菌時の加熱曲線

(b)-5 $\log g < -1$ の場合のFp1の算出

$Fp1 = fh / (Fi \cdot 0.69)$ より算出した (表11).

(b)-6 $\log g < -1$ の場合の $t_{0.1}$, tu の算出

$t_{0.1} = fh \cdot (\log(j \cdot (RT - IT)) + 1)$ より $t_{0.1}$ を算出し, 続いて $tu = B - t_{0.1}$ より tu を算出した (表12).

(b)-7 $\log g < -1$ の場合のFp2の算出

$Fp2 = tu / Fi$ より算出した (表13).

(b)-8 Fo値の算出

$\log g < -1$ の場合は $Fo = Fp1 + Fp2$ より, $\log g \geq -1$ の場合は $Fo = fh / ((fh/U) \cdot Fi)$ より算出した結果を表14に示した.

この表に対応して, 2kg平パウチで121°C-21分殺菌,

固形物サイズ15mmでの粘液の実測Fo値は約16分であった. したがって, このシミュレーション結果は妥当であると考えられる. 数式法は安全のために実際より若干大きな殺菌時間が算出される性質があるが, 同様に実際より若干小さな殺菌値が算出される性質がある. 今回のシミュレーションは, 殺菌時間と殺菌値の両方を算出したため, これらの誤差が相殺されたようである.

ただし, 3kgスタンディング, 120°C, 10mm固形物の条件で, 固形物Fo=10分に対し粘液が9分と算出される矛盾があり, このシミュレーション結果は実際とは完全に一致するものではないが, 最適条件の目安としては十分に使えるものと考えられる.

表11 各容器種、殺菌温度、固形物サイズにおけるFp1

		(分)			
		固形物サイズ			
容器種	殺菌温度	10mm	15mm	20mm	25mm
2kg 平	120°C	6.8	6.8	6.8	6.8
	125°C		21.3	21.3	21.3
	130°C				67.5
2kgSDP	120°C	9.0	9.0	9.0	9.0
	125°C			28.5	28.5
	130°C				90.0
3kgSDP	120°C		11.8	11.8	11.8
	125°C				37.4

表12 各容器種、殺菌温度、固形物サイズにおけるtu

		(分)			
		固形物サイズ			
容器種	殺菌温度	10mm	15mm	20mm	25mm
2kg 平	120°C	5.1	10.3	14.7	22.1
	125°C		0.9	4.5	10.8
	130°C				5.0
2kgSDP	120°C	0.8	6.1	10.4	17.9
	125°C			0.2	6.5
	130°C				0.6
3kgSDP	120°C		2.1	6.4	13.9
	125°C				2.4

表13 各容器種、殺菌温度、固形物サイズにおけるFp2

		(分)			
		固形物サイズ			
容器種	殺菌温度	10mm	15mm	20mm	25mm
2kg 平	120°C	3.9	8.0	11.4	17.2
	125°C		2.3	11.1	26.5
	130°C				38.7
2kgSDP	120°C	0.6	4.7	8.1	13.9
	125°C			0.5	15.9
	130°C				4.9
3kgSDP	120°C		1.6	5.0	10.8
	125°C				6.0

表14 各容器種、殺菌温度、固形物サイズにおけるFo

		(分)			
		固形物サイズ			
容器種	殺菌温度	10mm	15mm	20mm	25mm
2kg 平	120°C	11	15	18	24
	125°C	12	24	32	48
	130°C	18	44	67	106
2kgSDP	120°C	10	14	17	23
	125°C	10	21	29	44
	130°C	14	36	57	95
3kgSDP	120°C	9	13	17	23
	125°C	11	20	28	43
	130°C	17	37	56	92

(4) ホワイトシチューの製造

摺動殺菌条件において、2kgスタンディングパウチ詰、126℃-14.5分殺菌にて、Fo値は固形部が11.8分、ルウが21.8分となり、前項のシミュレーションに近い値で製造された。

品質的には、**図13**に写真を示したが、ルウに白さが残



図13 摺動レトルトによる2kgSDP詰
ホワイトシチュー試作品の外観

り、固形物の煮崩れもなく、十分な品質に仕上がった。

対照の静置殺菌条件では、126℃-43.5分殺菌となり、Fo値は11分であった。

品質的には、**図14**に写真を示したが、ルウが褐変し、風味も悪くなっていた。



図14 静置レトルトによる2kgSDP詰
ホワイトシチュー試作品の外観

4. 考察

大型パウチ詰として製造される内容物として、代表的なものはカレー・シチュー類であるが、これらは一般的には具材として固形物を多く含む。これら固形物入りの内容物であっても、摺動レトルトにより、静置殺菌と比較して、製造時間の短縮・品質の向上が期待できることが明らかとなった。また、最適化シミュレーションの結果、具の厚みが15mmで最適条件の一つが見出されたが、この厚み15mmというのは三次元のうち一次元が15mmであればよく、他の二次元はもっと大きくて良い。したがって、摺動レトルトにより**図13**の写真のように、かなり具材の大きい製品を製造することが可能で、これはアセプティック製法が具材の大きいものを不得手としていることとは対照的な、特徴的なメリットである。

固形物がない内容物の場合、液（ルウ）の部分の温度を測定することになるが、摺動レトルトや回転レトルトでは、内容物が動き最冷点が固定されないため、温度測定点は必ずしも最冷点とはならない。そのため、安全を考慮し、静置殺菌の場合より殺菌値が高めに設定されるが、これをどの程度高めにすればよいかということについては詳細な検討が必要であるが、経験的に静置殺菌時の1.5～2倍が採用される場合がある。

しかし、固形物入りの場合、本報の結果より、固形物はその厚みと等しい製品の静置殺菌時と同様の熱伝達特性になること、すなわち摺動殺菌を適用していても固形物だけに着目すれば静置殺菌と同じということがわかった。これは、摺動殺菌時でも、固形物だけに着目すれば静置殺菌と

同じ殺菌値を設定できることを示している。そして、固形物の周りの液は、必ず固形物より高い殺菌値が得られる。これらを利用すれば、ある程度大きな固形物が入っている製品であれば、固形物の殺菌値を設定通り得られるようにしておけば実用上問題ないことを示唆している。

摺動殺菌の特長の一つに、静置殺菌とは対照的に局所的な過加熱を受けにくいことがある。このことから、高温殺菌を適用しやすく、大型容器詰での静置殺菌では製造が難しかったホワイトシチューが、本報の試験の126℃の摺動殺菌にて十分高品質に製造できた。

以上のことから、摺動レトルトは、これまで製造が難しかった大型容器詰『白もの』製品でも、その製造が可能となる優れた特徴を持っている殺菌方法であると考えられる。

5. 参考文献

- 1) 田辺利裕, 沖浦文: 「パウチ詰製品の殺菌時間と品質に対する摺動レトルトの効果」, 東洋食品工業短期大学・東洋食品研究所研究報告書, 27, (2008).
- 2) Ball, C. O., Olson, F. C. W.: Sterilization in Food Technology, (1957) McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- 3) 松田典彦, 藤原忠: 「容器詰食品の加熱殺菌(理論および応用)」(第3版第4刷), (2000), (社)日本缶詰協会, 東京.