

# その一 タラバカニ罐詰についての測定結果

罐詰時報、11(1), 70-76, 1932年。 科学と工業 7(3), 168-182, 1932年に発表。

## RESULTS OF THE MEASUREMENT OF THE RATE OF HEAT PENETRATION IN PROCESSING CANNED CRAB.

Heat penetration rate into crab meat packed in 1,  $\frac{1}{2}$ , and  $\frac{1}{4}$  pound cans were measured by means of a thermometer and a thermocouple in South Saghalien many years ago.

The heat penetration data obtained were given in the table 5, 7 and 8. The heat penetration curves obtained could be represented by a simple straight line on the semi-log paper.

### 第 1 節 緒 言

この測定を行った当時、すでに木村(1915年)⑮、伊谷および伊藤(1915年)⑨、伊谷および田和(1916)⑩、川口(1925年)⑪、および、深山、川口、および猿谷(1930)⑭、等によって各種の水産物罐詰について熱伝達速度の測定され発表されたものがあったが、いまだカニ罐詰について測定されたものがなかったので、著者が1931年11月初旬樺太真岡郡蘭泊村字楽磨、樺太庁中央試験所水産部にてタラバカニ(Paralithodes Camtschatica)罐詰について測定し、1932年に上記のごとく発表した。なお未発表のものとしては1932年3月、樺太野田郡野田町大字久良志字枝遠、樺太産業株式会社、枝遠カニ罐詰製造工場にて測定したものであるので本文には、その結果をも併記した。

### 第 2 節 実 験 方 法

「罐」のふたに温度計を固定して測定を行うと、加熱中に罐内に発生する圧力のためにふたが膨出して、温度計の感温部の位置が狂うため、ふたに温度計を取り付けることを避け、図1に示しているように、罐胴側壁中央部に小孔をあけ、Stuffing box 式の温度計取付金具を罐胴に半田付けした。そのさい罐胴にあけた孔と取付金具の孔とが一致するようにした。そしてその取付金具を通じて水銀温度計を罐詰内にそう入し、温度計の水銀溜が「罐」の中心点に位置するように、パッキングを介して、金具のねじを締付けて固定した。また実験用小型レトルトのふたに2個の孔をあけ、「罐」に半田付したとほぼどのような金具をねじ込み、二本の温度計を立て、スチームタイトに固定(図2)し、一方はレトルト内の「かん」の外周の温度の測定にあて、他方は前記のように罐詰中心点の温度測定に使用した。

罐詰内にそう入の温度計の水銀槽は、できるだけ小さなものを選んで使用するようにした。この

測定に使用したものは長さやく 6m.m. であった。ストップウォッチを使用して時間を読み取りながら、3分ごとに温度測定を行った。

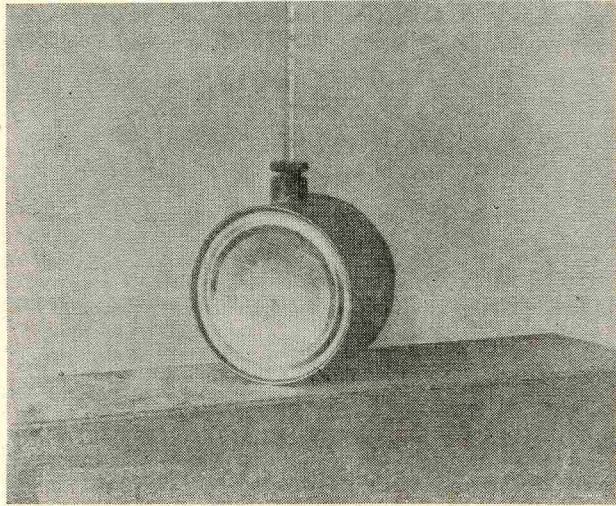


図1：試験かんに温度計を取りつけた状態

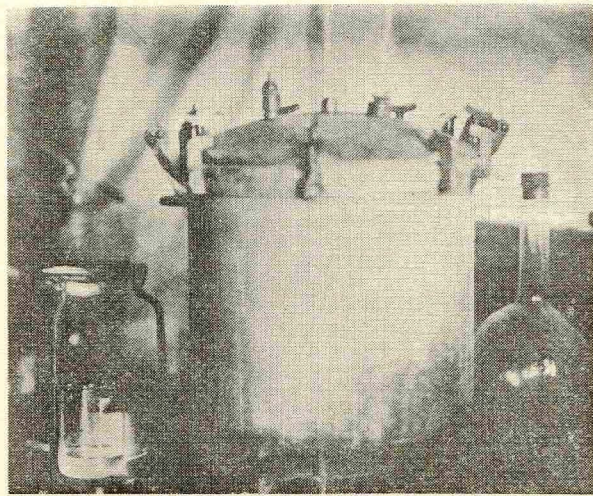


図2：実験用小型トレルトに試験かんに装置した状態

カ=をからのまま煮熟し、冷却して肉を取り出し選別処理を行い、のち各罐型に応ずる規定量の肉詰量をもって、一等品肉詰法による肉詰をなし、巻締密封後以上の測定装置によって実験を行った。もちろん内容物は普通の罐詰法におけるとうよう硫酸紙で包んだ。

殺菌加熱をなす前に、普通罐詰法における脱気加熱に相当する加熱を各罐型に応じて行った。

1932年春、樺太野田郡野田町大字久良志宇枝遠の罐詰工場にて行った測定には、農林省水産講習所の熱電対を借用した。借用の熱電対はガラス管内に封入されていて、その感温性の不良なことが考えられたので、American Can Co., Maywood 研究所（1931年著者がやく一ヵ月滞在して見学）にて使用の型に改造し、左右両側面に細いみぞをうがった棒状、パークライトを使用し、その尖端において銅と、コンスタンタンとの接合点を露出させ、その他の部分はみぞ内に埋めるようにした。実験に使用のレトルトは株式会社林鉄工場製アストリア型のもので長さ7呎6吋、直径は4呎7吋で、クーラー2車を収容できる大きさのものであった。

熱電対 No. 3, No. 5 および No. 6 を罐胴の中央から罐詰内へそう入し、感温点を「罐」の中心点に位置するよう例の金具をもって、スチームタイトに固定した。No. 5 の熱電対を装置した罐詰は、その周囲に他の罐詰を並べて置いたが、ふた底の上下には空所を残し、ただ底部がクーラーに接するだけとした。No. 3 の熱電対を装置した罐詰を No. 6 熱電対装置罐詰の上に置き、No. 3 罐詰の上にさらになお一個の罐詰を重ねて置いた。No. 3 および No. 6 の周囲には他の罐詰を並べて置いた。これらの罐詰を入れたクーラーの下方には二段重ねに罐詰を積み重ねたクーラーが5枚あって1車をなしていた。

No. 3 の測温と No. 5 の測温時間間隔は2分、No. 5 から No. 6、No. 6 から No. 3 への測温時間間隔は1分であった。したがって各罐詰の中心温度の変化を4分間隔で読み取ったことになる。なおこの実験に使用の罐詰は再熱を必要とした $\frac{1}{2}$ ポンド罐詰であって、すでに一度 $228^{\circ}\text{F}$ で80分間の加熱を受けたものであった。

### 第3節 実験結果

樺太庁中央試験所水産部にて著者が測定して得た結果は表1、表2および表3に記載した。そのうち表1は1ポンド罐について、表2は $\frac{1}{2}$ ポンド罐について、表3は $\frac{1}{4}$ ポンド罐について測定した結果である。





表2：カニかん詰の熱伝達速度測定結果

試験番号	かん種別	測定項目	レトルトの温度上昇			殺菌			
1	½ポンドドリラツカーかん	殺菌釜の温度 (RT)	50-100	100-100	100-107	107	107	107	107
		かんの中心温度 (CT)	8(初温)		72-84	84	90.0	92.2	95.0
		両温の差 (RT-CT)				23	17.0	14.8	12.0
		時間 (分)	8分	10分	4分	0	3	6	9
2	½ポンドCエナメルかん	殺菌釜の温度 (RT)	75-100	100-100	100-107	107	107	107	107
		かんの中心温度 (CT)	14(初温)		63-76	76	83	87	90
		両温の差 (RT-CT)				31	24	20	17
		時間 (分)	3分40秒	11分	3分20秒	0	3	6	9
3	½ポンドCエナメルかん	殺菌釜の温度 (RT)	75-100		100-110	110	110	110	110
		かんの中心温度 (CT)	39(初温)		73.5-91.0	91.0	97.0	99.8	102.0
		両温の差 (RT-CT)				19.0	13.0	10.2	8.0
		時間 (分)	6分		5分	0	3	6	9
4	½ポンドCエナメルかん	殺菌釜の温度 (RT)	80-100	100-100	100-110	110	110	110	110
		かんの中心温度 (CT)	22(初温)		53-67.5	67.5	78.0	86.0	92.3
		両温の差 (RT-CT)				42.5	32.0	24.0	17.7
		時間 (分)	3分	5分	4分	0	3	6	9
5	½ポンドドリラツカーかん	殺菌釜の温度 (RT)	80-100	100-100	100-110	110	110	110	110
		かんの中心温度 (CT)	15(初温)		66-75	75	83	88.8	93.0
		両温の差 (RT-CT)				35	27	21.2	17.0
		時間 (分)	3分	10分	3分20秒	0	3	6	9

温 度 (RT) に お け る 加 熱 (温度 = 攝氏)

107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107		
97.0	99.0	100.0	101.0	102.0	102.6	103.2	104.0	104.3	104.9	105.0	105.5	105.8	106.0		
10.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.4	3.8	3.0	2.7	2.1	2.0	1.5	1.2	1.0		
12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	
107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
92.5	94.8	96.9	98.7	100.0	101.0	102.0	103.0	103.7	104.0	104.5	105.0	105.0	105.3	105.7	106
14.5	12.2	10.1	8.3	7.0	6.0	5.0	4.0	3.3	3.0	2.5	2.0	2.0	1.7	1.3	1.0
12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	
103.7	104.9	106.0	107.0	107.4	108.0	108.8	109.0	109.3							
6.3	5.1	4.0	3.0	2.6	2.0	1.2	1.0	0.7							
12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	
110	110	110	110	110	110	110	110	110							
97.0	101.0	103.8	105.8	107.0	108.0	108.7	109.0								
13.0	9.0	6.2	4.2	3.0	2.0	1.3	1.0								
12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	
110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
96.3	99.0	101.2	103.0	104.5	105.7	106.5	107.0	107.5	107.8	108.0	108.0	108.5	108.8	108.9	109
13.7	11.0	8.8	7.0	5.5	4.3	3.5	3.0	2.5	2.2	2.0	2.0	1.5	1.2	1.1	1.0
12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57

表2 (続き)

試験番号	かん種別	測定項目	レトルトの温度上昇			殺菌			
6	1/2ポンドCエナメルかん	殺菌釜の温度 (RT)	80—100	100—100	100—105	105	105	105	105
		かんの中心温度 (CT)	14.5(初温)		59.5—66.0	66.0	74.0	80.3	85.5
		両温の差 (RT—CT)				39.0	31.0	24.7	19.5
		時間 (分)	4分	10分	2分10秒	0	3	6	9
7	1/2ポンドリッツアーかん	殺菌釜の温度 (RT)	80—100	100—100	100—105	105	105	105	105
		かんの中心温度 (CT)	15(初温)		60.5—71.0	71.0	80.0	86.0	91.0
		両温の差 (RT—CT)				34.0	25.0	19.0	14.0
		時間 (分)	3分30秒	10分	3分	0	3	6	9
8	1/2ポンドCエナメルかん	殺菌釜の温度 (RT)	80—100	100—100	100—115	115	115	115	115
		かんの中心温度 (CT)	10(初温)		56—87	87	94	99.5	104.0
		両温の差 (RT—CT)				28	21	15.5	11.0
		時間 (分)	5分	10分	9分50秒	0	3	6	9
9	1/2ポンドリッツアーかん	殺菌釜の温度 (RT)	80—100	100—100	100—115	115	115	115	115
		かんの中心温度 (CT)	9.5(初温)		66—87.5	87.5	95.0	99.0	103.5
		両温の差 (RT—CT)				27.5	20.0	16.0	11.5
		時間 (分)	4分	10分	7分20秒	0	3	6	9
10	1/2ポンドCエナメルかん	殺菌釜の温度 (RT)	80—100	100—100	100—107	107	107	107	107
		かんの中心温度 (CT)	11(初温)		87.5—95.5	95.5	98.5	100.0	102.0
		両温の差 (RT—CT)				11.5	8.5	7.0	5.0
		時間 (分)	5分	10分	5分	0	3	6	9



温 度 (RT) に お け る 加 熱 (温度 = 攝 氏)

105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	
89.0	91.6	94.5		98.9	100.0	101.0	102.0	102.5	103.0	103.0	103.5	103.7	104.0	104.0	
16.0	13.4	10.5		6.1	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0	2.0	1.5	1.3	1.0	1.0	
12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
105	105	105	105	105	105	105	105								
94.5	97.0	99.1	101.0	102.0	103.0	103.4	104.0								
10.5	8.0	5.9	4.0	3.0	2.0	1.6	1.0								
12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	
115	115	115	115	115	115	115	115								
107.0	109.0	110.7	111.8	112.8	113.2	113.7	114.0								
8.0	6.0	4.3	3.2	2.2	1.8	1.3	1.0								
12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	
115	115	115	115	115	115	115	115								
106.5	109.0	111.0	112.0	113.0	113.5	113.9	104.0								
8.5	6.0	4.0	3.0	2.0	1.5	1.1	1.0								
12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	
107	107	107	107	107	107										
103.0	104.0	105.0	105.6	106.0	106.2										
4.0	3.0	2.0	1.4	1.0	0.8										
12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	

表3：カンかんの熱伝達速度測定結果

試験番号	かん種別	測定項目	レトルトの温度上昇			殺菌			
1	1/4ポンドリラッカーかん	殺菌釜の温度 (RT)	80—100	100—100	100—105	105	105	105	105
		かんの中心温度 (CT)	12(初温)		60—71	71	80	86.2	91
		両温の差 (RT—CT)				34	25	18.8	14
		時間 (分)	30分30秒	8分	3分	0	3	6	9
2	1/4ポンドCエナメルかん	殺菌釜の温度 (RT)	80—100	100—100	100—105	105	105	105	105
		かんの中心温度 (CT)	11(初温)		70.5—81	81	87	93	96.2
		両温の差 (RT—CT)				24.0	18.0	12.0	8.8
		時間 (分)	5分	8分	3分25秒	0	3	6	9
3	1/4ポンドCエナメルかん	殺菌釜の温度 (RT)	80—100	100—100	100—107	107	107	107	107
		かんの中心温度 (CT)	9(初温)		64—76.5	76.5	85	92	97
		両温の差 (RT—CT)				30.5	22	15	10
		時間 (分)	5分10秒	8分	3分30秒	0	3	6	9
4	1/4ポンドリラッカーかん	殺菌釜の温度 (RT)	88—100	100—100	100—107	107	107	107	107
		かんの中心温度 (CT)	9(初温)		57.5—68	68	77	84.2	90
		両温の差 (RT—CT)				39	30	22.8	17
		時間 (分)	2分30秒	8分	2分55秒	0	3	6	9
5	1/4ポンドCエナメルかん	殺菌釜の温度 (RT)	80—100	100—100	100—110	110	110	110	110
		かんの中心温度 (CT)	8.5(初温)		47—60	60	71.5	81.2	89
		両温の差 (RT—CT)				50	38.5	28.8	21
		時間 (分)	2分20秒	8分	3分5秒	0	3	6	9

温 度 (RT) に お け る 加 熱 (温度 = 攝 氏)

105	105	105	105	105	105	105	105	105							
94.7	97.2	99.2	100.7	101.7	102.3	103	103.6	104							
10.3	7.8	5.8	4.3	3.3	2.7	2.0	1.4	1.0							
12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
105	105	105	105	105	105	105									
98.8	100.0	101.5	102.5	103.0	103.9	104.0									
6.2	5.0	3.5	2.5	2.0	1.1	1.0									
12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
107	107	107	107	107	107										
100	102.3	104	105	105.8	106										
7	4.7	3	2	1.2	1										
12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107					
94	97.5	100	101.5	103	104	105.4	105	105.2	105.8	106					
13	9.5	7	5.5	4	3	2.6	2	1.8	1.2	1.0					
12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
110	110	110	110	110	110	110	110	110	110						
94.5	99	102	104	105.7	107	107.7	108.1	108.9	109						
15.5	11	8	6	4.3	3	2.3	1.9	1.1	1.0						
12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57

表3 (続き)

試験番号	かん種別	測定項目	レトルトの温度上昇			殺		
6	1/4ポンドドリラツカーかん	殺菌釜の温度 (RT)	80-100	100-100	100-110	110	110	110
		かんの中心温度 (CT)	11(初温)		66-83	83	91.5	97.8
		両温の差 (RT-CT)				27	18.5	12.2
		時間 (分)	4分	8分	4分30秒	0	3	6
7	1/4ポンドCエナメルかん	殺菌釜の温度 (RT)	80-100	100-100	100-115	115	115	115
		かんの中心温度 (CT)	12(初温)		58-83	83	92.2	99.1
		両温の差 (RT-CT)				32	22.8	15.9
		時間 (分)	2分30秒	8分	6分	0	3	6
8	1/4ポンドドリラツカーかん	殺菌釜の温度 (RT)	80-100	100-100	100-115	115	115	115
		かんの中心温度 (CT)	13(初温)		56-72.5	72.5	83.5	92.5
		両温の差 (RT-CT)				42.5	31.5	22.5
		時間 (分)	2分10秒	8分	4分5秒	0	3	6
9	1/4ポンドCエナメルかん	殺菌釜の温度 (RT)			60-100	100	100	100
		かんの中心温度 (CT)		15(初温)	15-21	21	40	57
		両温の差 (RT-CT)				79	60	43
		時間 (分)			3分	0	3	6
		殺菌釜の温度 (RT)						
		かんの中心温度 (CT)						
		両温の差 (RT-CT)						
		時間 (分)				0	3	6

菌 温 度 (RT) に お け る 加 熱 (温 度 = 攝 氏)

110	110	110	110	110	110										
102	105	106.8	108	108.7	109										
8	5	3.2	2	1.3	1										
9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54
115	115	115	115	115	115	115	115								
104.1	107.7	109.8	111.0	112.0	113.0	113.4	114.0								
10.9	7.3	5.2	4.0	3.0	2.0	1.6	1.0								
9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54
115	115	115	115	115	115	115	115	115	115						
99.5	104.0	107.0	109.3	111.0	112.0	112.9	113.2	113.7	114.0						
15.5	11.0	8.0	5.7	4.0	3.0	2.1	1.8	1.3	1.0						
9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100					
70	79.5	86.0	90.0	93.5	95.0	96.8	97.7	98.3	98.9	99.0					
30	20.5	14.0	10.0	6.5	5.0	3.2	2.3	1.7	1.1	1.0					
9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54
9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54

以上の測定結果のそれぞれについて  $\log(RT-CT)$  と熱時間(分)との関係曲線を描くとほぼ直線になる。次にその代表的なものを図3、4、5に掲げておいた。

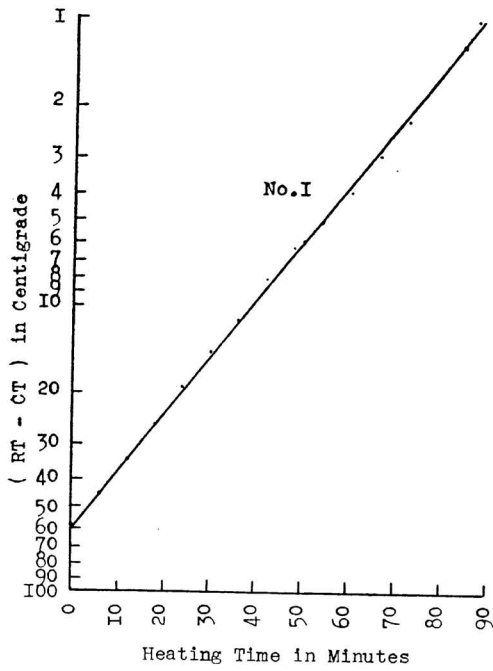


図3：カ=1ポンドかんの加熱曲線

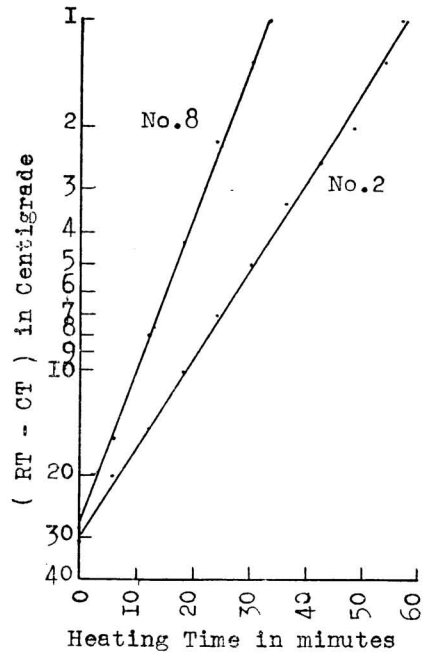


図4：カ=1/2ポンドかんの加熱曲線

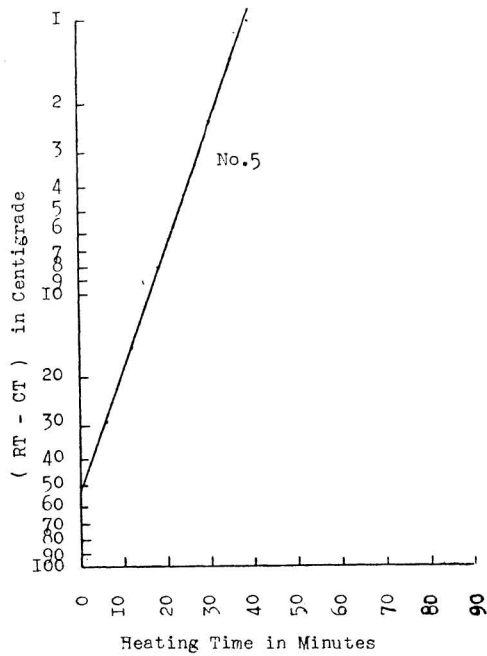


図5：カ=1/4ポンドかんの加熱曲線

そ の 2

樺太野田郡野田町大字久良志字枝遠、樺太産業株式会社、枝遠カ=罐詰造工場にて測定の結果得た数値は表4に記載のとおりである。

レトルトの温度 110°C より1度低い 109°C に罐詰中心温度が達するまで測定を続けるつもりであったが終末点に達しない前に古くなったコードが熱のために損傷を受け故障を生じて目的を果さなかったことは残念であった。

実験その1の場合におけるとどのように、(RT-CT)の対数と加熱時間(分)との関係曲線を描くと、加熱の最初の部分を除けば、ほぼ直線をなすことが見られる。また (RT-CT)/(RT-IT)の対数と加熱時間(分)との関係曲線(図7)もどうよう加熱の初部分を除けば、ほぼ直線をなすことが認められる(ただし IT = 罐詰の初温)

その代表として No. 3 の結果を図6および図7に掲げておいた。

表 4 : 1/2ポンドUエナマルカニかん詰肉中心温度の変化 (レトリットの温度RT=110°C)

No.	加熱時間(分)	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
	かん中心温(CT)	7.0	13.0	17.0	26.0	41.0	52.5	65.0	74.0	80.3	89.2	98.5	97.0	99.4	101.0
3	R T — C T	103.0	97.0	93.0	84.0	69.0	57.5	45.0	36.0	29.7	20.8	16.5	13.0	10.6	9.0
No.	加熱時間(分)	0	2	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	
	かん中心温(CT)	6.5	10.5	26.5	34.0	54.0	67.0	77.0	84.0	89.5	97.5	101.0	103.0	104.8	
5	R T — C T	103.5	99.5	83.5	76.0	56.0	43.0	38.0	26.0	20.5	12.5	9.0	7.0	5.2	
No.	加熱時間(分)	0	3	7	11	15	19	23	27	31	35	39	43	47	51
	かん中心温(CT)	7.0	9.0	16.0	20.0	36.0	52.5	65.5	76.0	83.5	92.0	97.0	100.0	102.6	103.8
6	R T — C T	103.0	101.0	94.0	90.0	74.0	57.5	44.5	34.0	26.5	18.0	13.0	10.0	7.4	6.2



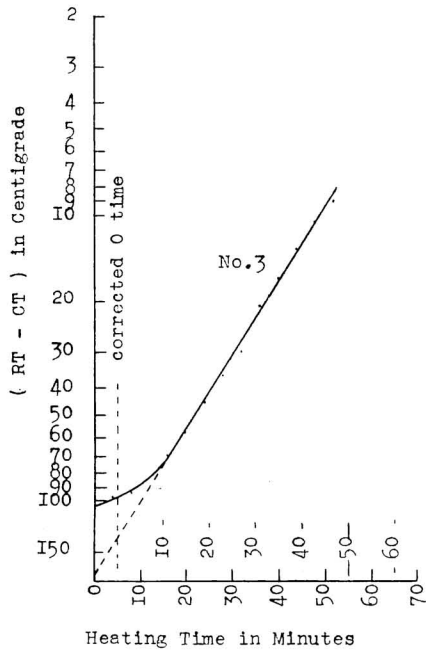


図6 : No. 3 試験かん詰の加熱曲線

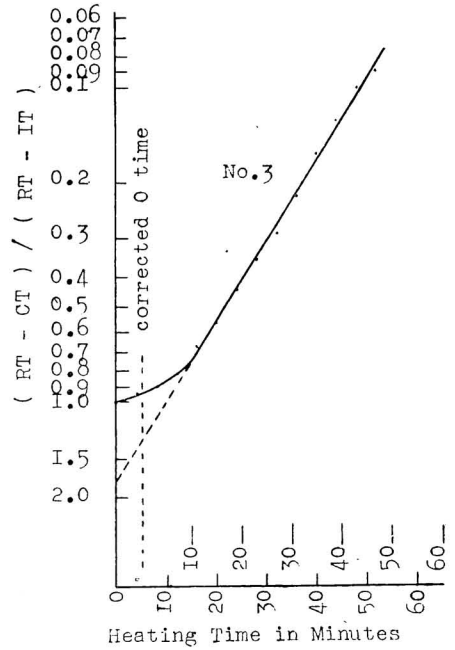


図7 : No. 3 試験かん詰の加熱曲線

#### 第 4 節 試験結果についての考察

図 3～図 7 に見られるように  $\log(RT-CT)$  と加熱時間 (分) との関係曲線は近似的に直線をなす。図 3～5 と図 6～7 とを比較してみると、図 6～7 では加熱初期に曲線は彎曲しているが図 3～5 では彎曲部が見られない。その理由は図 3～5 の場合には、脱気加熱に相当する加熱を行って、すぐに殺菌加熱に移行しているために、罐詰中心点と「罐」の外壁との間には、以上のような直線関係を呈するのに十分な温度傾斜がすでに殺菌加熱の初めに成立していたためと認めてよい。

以上のような直線を記述するには直線の勾配と、そのほかに直線上のある一つの点の座標が必要である。この場合、加熱開始時点にひかれた縦の温度軸と加熱曲線の直線部の延長線との交点の縦座標が、かような直線を規定する点として使用されるのが普通である。

熱伝導の数学的な理論を取り扱うさいに用いられる図 7 のような温度目盛を使用すると、加熱温度や初温度にかかわらず、上記の直線の交点の縦座標は罐型さえ一定ならば「罐」の大きさには関係なく理論上常に一定で 2 である (しかし図 7 は実験結果によるグラフであるから勿論理論上の座標上にその交点がない)。しかし図 6 のような温度目盛を使用してグラフを描いた場合には、加熱温度や初温度の変化によって交点の縦座標も変動するので、この場合も上とどうよう加熱温度や初温度に影響されないう一定である値で直線を規定するため次のようにする。加熱開始時点を通る縦の温度軸と加熱曲線の直線部の延長とが変わる点の意味する罐詰の温度を  $AT$  とすると、その交点の縦座標は  $(RT-AT)$  で

$$(RT-AT) = j(RT-IT)$$

と置くと、

$$j = (RT-AT)/(RT-IT) \quad (1)$$

この  $j$  を勾配とともに加熱曲線を規定する factor として利用するとまさに上記の要求に合致することになる。 $j$  はまた罐詰の均等な温度上昇速度の成立に要する遅れを示すものであるので lag factor とも呼ばれる。 $j$  の数値は測温点の位置、加熱される検体の形状、および初温度の分布状態等によって変化する。この測定の結果得られた加熱曲線の勾配ならびに  $j$  について以下に吟味することとする。

#### 勾配について

図 3～5 または図 6 において  $(RT-CT) = 1$  に相当する横線と加熱曲線との交点に垂直線を引き、交点を原点として、それから左方に向って  $x$  の数値が増すものとし、 $y$  の数値は加熱曲線上の任意の  $(RT-CT)$  を示すものとし、また温度が  $(RT-10.L)$  から  $(RT-L)$  に上昇するのに要する時間 (分) 数を  $f$  とすると (ただし  $L$  は低い正の値をもった定数) すなわち直線が一對数周期をよぎる時間間隔を  $f$  とすると加熱曲線はその下部 (図 6) を除けば次の方程式で表わされる。

$$x = f \cdot \log_{10} y \quad (2)$$

そこで加熱曲線の勾配を求めるには上式を微分して  $dy/dx$  を計算すれば良い。

上式を変形して

$$x = f \log_{10} y = f \log_{10} e \log y$$

$$dx/dy = f/y \cdot \log_{10} e = 0.4343 \cdot f/y$$

$$dy/dx \text{ (曲線の勾配)} = y/f \cdot 1/0.4343 = 2.3026 \cdot y/f \quad [3]$$

すなわち加熱曲線の勾配は  $2.3026 \cdot y/f$  によって与えられる。しかし罐詰の殺菌加熱の問題の取り扱いにおいて、以上記載の真正勾配が使用されないで、Ball ②の提唱にしたがって便宜的に  $f$  がもっぱら加熱曲線の勾配として利用される。そして heating curve の  $f$  であることを意味するために、 $fh$  が慣用されている。この  $fh$  の値を第1回目の測定結果から求めたものは表〔5〕に記載のとおりである。

罐詰の殺菌加熱時間の算定上意義のあるのは以上の測定値中の最大値である。すなわち1ポンド罐には58分、 $\frac{1}{2}$ ポンド罐には39分、 $\frac{1}{4}$ ポンド罐には24分を利用すべきであって、下表の平均値を利用すべきではない。

第2回目の $\frac{1}{2}$ 罐について測定の結果は  $fh = 39.0$ 分 (No. 6) である。

表 5 : カ=かん詰加熱曲線の  $fh$  (分) (その一)

試験番号	かん型	fh	かん型	fh	かん型	fh
1	1ポンドかん	49	$\frac{1}{2}$ ポンドかん	39	$\frac{1}{4}$ ポンドかん	24
2	〃	58	〃	39	〃	21
3	〃	34	〃	30	〃	18
4	〃	56	〃	22	〃	24
5	〃	31	〃	30	〃	22
6	〃	31	〃	31	〃	16
7	〃	—	〃	24	〃	20
8	〃	—	〃	23	〃	21
9	〃	—	〃	21	〃	20
10	〃	—	〃	23	〃	—
平均	1ポンドかん	43	$\frac{1}{2}$ ポンドかん	28	$\frac{1}{4}$ ポンドかん	21

#### fh と罐型との関係

熱伝導論によれば④⑰、加熱時間の充分経過したのちにおいて、有限円筒体である罐詰の加熱曲

線の方程式として次の式が適用される。

$$u = A_{110} J_0 \left( R_1 r/a \right) \sin \frac{\pi}{2b} (z+b) e^{-\left( \frac{R_1^2}{a^2} + \frac{\pi^2}{4b^2} \right) kt} \quad [4]$$

ただし  $2a$  = 罐の直径、 $2b$  = 罐の高さ、 $u$  は理論温度で実用温度  $T$  (たとえば F.C. さるいは  $R$ ) とは  $u = (RT-CT) / (RT-IT)$  の関係がある。したがって  $u$  を使用すると殺菌加熱温度は  $0$  で、初温は  $1$  になる。 $A_{110}$  は初温度分布に関する定数。 $J_0$  は第一種  $0$  次の Bessel 函数記号。 $R_1$  は  $J_0(x) = 0$  の第一番目の正根。 $r, z$  は直円筒座標。 $t$  = 時間 (分)  $k$  = 温度伝導度。

一方図 7 に描いた加熱曲線の直線部分は次式によって表わされる。

$$t = fh \cdot \log_{10} (j/u) \quad [5]$$

ただし  $u = (RT-CT) / (RT-IT)$

式 5 は次のごとく変形することができる。

$$u = j e^{-2.303t/fh} \quad [6]$$

式 4 と式 6 とを比較してみると両式は同形である。

そこで以上の両式の関係から

$$j = A_{110} J_0 \left( R_1 r/a \right) \sin \frac{\pi}{2b} (z+b) \quad [7]$$

$$2.303t/fh = \left( \frac{R_1^2}{a^2} + \frac{\pi^2}{4b^2} \right) kt \quad [8]$$

の二つの関係式が得られる。

式 7 はあとで利用することにし、本項においては式 8 を利用して、本実測において得られた  $fh$  の数値を検討してみたいと思う。

式 8 を少しく変形すると

$$fh \cdot k = \frac{2.303}{\frac{R_1^2}{a^2} + \frac{\pi^2}{4b^2}} \quad [9]$$

$2a = d =$  は罐の直径、 $2b = h =$  罐の高、であるので、 $h/d = N$  として式 9 における  $a$  および  $b$  の代りに入れると。

$$fh \cdot k = \frac{2.303N^2}{4R_1^2 N^2 + \pi^2} d^2 \quad [10]$$

$$R_1 = 2.404826. \quad R_1^2 = 5.784. \quad 4R_1^2 = 4 \times 5.784 = 23.136$$

$\pi = 3.1416. \quad \pi^2 = 9.87$  であるから、これらの数値を入れると式 10 は次のようになる。

$$fh \cdot k = \frac{2.303 N^2}{23.136N^2 + 9.87} d^2 \quad [11]$$

ここに

$$fn = \frac{2.303 N^2}{23.136N^2 + 9.87} \quad [12]$$

とくと、 $f_n$  は  $h/d = (\text{罐高})/(\text{罐径})$  によって決まる。

$$f_h \cdot k = f_n \cdot d^2 \quad [13]$$

内容物の同じ、異種の罐型間には次の関係が成立する。

$$f_h = d_1^2 f_n / k$$

$$f''_h = d_2^2 f''_n / k$$

$$f''_h / f_h = (d_2^2 f''_n) / (d_1^2 f_n)$$

$$f''_h = f_h (d_2^2 f''_n) / (d_1^2 f_n) \quad [14]$$

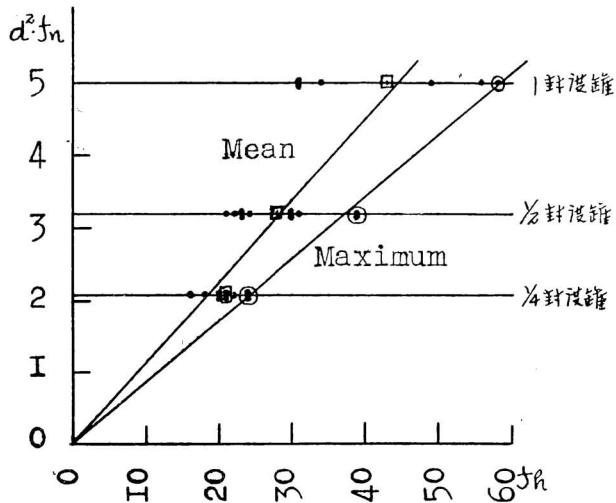
式 14 の関係から、各罐型ごとに  $d \cdot f_n$  を計算しておけば、ある罐型についての  $f_h$  が既知の場合、それと同一の内容物の他の罐型の  $f_h$  を容易に求めることができる。カ=罐詰用罐の 3 種の罐型（測定当時のものは現行のものとは  $1/4$  ポンド罐においてかなり相違、その他の 2 種類の罐型での相違は微差である）について計算のものを表 6 に記載する。

表 6 : カ=罐の三罐型に対する  $d^2 \cdot f_n$   
 $d$ =罐の内径 (cm) ;  $h$ =罐内高 (cm)

罐型	$d$	$d^2$	$h$	$N=h/d$	$N^2$	$2.303 \times N^2$	$23.136 \times N^2$	$23.136 \times N^2 + 9.87$	$f_n$	$d^2 f_n$
1ポンド	9.98	99.6004	6.58	0.6593	0.4347	1.0011	10.0503	19.9203	0.05026	5.0059
$1/2$ ポンド	8.41	70.7281	5.00	0.5945	0.3534	0.8139	8.1706	18.0406	0.04511	3.19054
$1/4$ ポンド	7.02	49.2804	3.96	0.5641	0.3182	0.7328	7.3568	17.2268	0.04254	2.09639

図 8 は縦軸に  $d^2 \cdot f_n$ 、横軸に  $f_h$  をとり、1ポンド、 $1/2$ ポンド、および  $1/4$ ポンドの各罐型に対応

図 8 :  $f_h$  と罐型との関係



する  $d^2 \cdot fh$  の水平線を引き、各罐型についての  $fh$  の実測値をその線上に打点したものであって、 $fh$  の平均値および最大値が原点を通る一直線上にはば乗ることが見られる。

$j$  の値について

本節の初めのところに記したように  $j$  は罐詰の加熱初期における均等な加熱速度の成立するまでの遅れを示す factor である。いま加熱曲線を延長して直線が加熱の 0 時点を通る垂直線と交わる交点の表わす温度を  $AT$  とすると。

$$j = (RT - AT) / (RT - IT)$$

によって  $j$  が与えられることも、すでに述べたところであるが、ここに注意すべきことは、加熱開始と同時に瞬間的にレトルトの温度が加熱温度、 $RT$  に上昇する訳ではなく、多少時間を要するものであるから、この上昇に要した時間を  $RT$  加熱に等価の時間に換算して 0 時の補正をすることが必要である。

Ball②の多数の実験結果にしたがって (上昇所要時間)  $\times 0.58$  をもって修正 0 時と定めるのが普通である。

以上のように 0 時の補正を行って  $j$  の値を求めると、第 2 回目の実験結果からほぼ次のような数値が得られる。

表 7 :  $j$  の 値

$N.$	1	平 均
3	1.3	} 1 . 3
5	1.1	
6	1.6	

〔 $fh$  と罐型との関係〕のところに記載の式 7 によって  $j$  の値を次に検討してみる。

式 7 は次のごときものであった。

$$j = A_{110} J_0 (R_1 r / a) \sin \frac{\pi}{2b} (z + b)$$

ただし  $R_1 = 2.404826$

罐詰内容物の温度が加熱の直前、均等に分布していたとすると

$$A_{110} = 2.0397$$

したがって

$$j = 2.04 J_0 (R_1 r / a) \sin \frac{\pi}{2b} (z + b) \quad (15)$$

しかるに罐詰の幾何学的中心点においては  $J_0 (R_1 r / a) \sin \pi / 2b (z + b)$  もともに 1 に等しくなるから、けっきよく

で円柱状罐詰の中心温度に対する j の値は理論上一定であるということになる。

ところが、この測定結果においても、そうであるが、その他数多くの測定結果に徴してみても j の実測値は上の理論値とは一致しない。これについては罐詰初温度の分布の不均等による影響、ならびに岡田 (1940) ⑱も指摘しているように、測温点の位置のずれの影響も考えられるが、しかしその影響にのみ帰するにはあまりにも不一致である。この問題については Olson & Jackson (1942 年) ⑲の研究がある。かれらは多数の実験結果から、j の実測値は (罐高)/(罐径) の割合によって変化することを認めた。

理論上の j の値は無窮遠において加熱曲線に接する漸近線に関係している。それゆえ漸近線に関して、j の値を実験的な方法で決定するには、加熱曲線を無限時に延長することが必要である。しかし実測上の加熱曲線は必然的に有限時のものとならざるを得ないので、j の実測値は加熱曲線の接線によって決定づけられることとなる。

かような理由から理論上一定で 2.04 である j の値が、実測値においては (罐高)/(罐径) の割合によって影響され理論値から離れることとなる。

本文の測定に供した 1/2 ポンドカ=罐の (罐高)/(罐径) の割合はほぼ 0.6 であるので、Olson and Jackson の描いた h/d と j との関係曲線から 0.6 の h/d に対応する j の値を求めるとほぼ 1.34 である。これは本測定の平均値がほぼその値に近いことを示している。

#### 温度伝導度 k

(fh と罐型との関係) のところに記載の式 13 は次のとおりであった。

$$fh \cdot k = fn \cdot d^2$$

$$k = \frac{1}{fh} \cdot fn \cdot d^2$$

表 6 に記載の  $fn \cdot d^2$  の数値と、表 5 に記載の fh とから罐詰カ=肉の k を上式によって容易に算出することができる。fh の平均値および最大値をもって計算の k 値を示すと表 8 のとおりである。

表 8 : かん詰カ=肉の k の値 (cm<sup>2</sup>/min.)

かん型	fn d <sup>2</sup>	fh の平均値から計算		fh の最大値から計算	
		fh	k	fh	k
1 ポンド	5.0059	43	0.1164	58	0.0863
1/2 ポンド	3.19054	28	0.1139	39	0.0818
1/4 ポンド	2.09639	21	0.0953	24	0.0873

罐詰の殺菌加熱時間に関する算定資料という点からすると、fh の最大値から計算して出した k の値が重要である。そうして、この k の値は水のそれ (0.0864 cm<sup>2</sup>/min) にほぼ等しい。

以上の測定が行われた当時現地で採用の殺菌加熱度の殺菌値(F。value)

罐詰の熱伝達速度に関する測定結果と、罐詰内容物の変敗を起したり、あるいはその喫食者に対し中毒を起させたりする原因体のうちで、最大の熱抵抗をもった細菌芽胞の加熱致死時間についての測定結果との両資料をもって、現場で採用されている殺菌加熱の殺菌値を算出することができ、またそれでもってその殺菌加熱の当否を批判または検討することができる②、③。

pH4.5 以下の酸性食品には心配がないが④、非酸性食品の罐詰では常に Botulism の脅威にさらされていて、しかも Botulism を起す原因体 *Cl. botulinum* の芽胞の耐熱力がきわめて大であることと、罐詰では、開罐してほとんど変敗していると感じられない程度の変敗度においても、すでに毒素の生産されている場合⑤もあることとで非酸性食品の罐詰の殺菌程度の決定は厳重に行われなければならないものである。しかしわが国では罐詰食品による Botulism の発生事故について、いまだ確たる記録がないので比較的気楽に考えられているが、世界的な規模で頻繁に交通や物資の取引が行われている今日の時代では、なごとき *Cl. botulinum* による被害を受けるやも図られないので、他国と同様このものについて警戒を要することと考えられる。

以上のような事情から罐詰の殺菌加熱程度の算定資料として *Cl. botulinum* の芽胞の加熱致死時間が利用される。ときには *Cl. botulinum* よりさらに耐熱力の六である *Cl. sporogenes* の芽胞の耐熱力が資料として利用されることもある。

*Cl. botulinum* の耐熱度については Esty & Meyer (1922年) ⑥が中性磷酸塩溶液を加熱媒質として使用し、1cc 当り  $6 \times 10^{10}$  の芽胞濃度で試験して得られた数値で、のちに Ball によって修正されたものがいわゆる理想的加熱致死時間 Ideal thermal death time として利用される。加熱致死時間(分)の対数と加熱温度との関係曲線はほぼ直線をなし、その勾配(z)は  $18^{\circ}\text{F}$  で、 $250^{\circ}\text{F}$  における致死時間は 2.78 分である。

本項の主題である現地で採用の殺菌加熱度の殺菌値(F。値)の検討は以上の見地からして、Ball ②③の方法に従い、*Cl. botulinum* の芽胞の典型的加熱温度致死時間曲線を利用して行ってみた。

まづ最初に、計算式に使用の文字記号の説明を付記することとする。

U: Ball の定義に従うと、任意の温度(ただし、ここでは RT)において、すべての細菌を破壊するのに必要な時間(分)数ということになるが、細菌の加熱死は、対数的な性質のものであることから以下のように定義づけることが正しいと考える⑦ (8-a) ⑱ ⑳: 任意のレトルト温度において、存在する細菌の濃度を、ある一定の水準にまで低下させるのに必要な時間(分)数、低下さすべきそのある一定の水準について、誰もがあえてそれを標準づけようとするものが現在のところないであろうが、しかし *Cl. botulinum* のようなきわめて毒性の高い細菌が対象となる場合には、加熱後の菌の生残確率がきわめて低いところにおかれなければならないことは当然で、アメリカで多くの罐詰について採用の加熱殺菌の水準は芽胞の生残確率から言って、 $10^{-12}$  の order すなわち one chance in a trillion である (8-b)

Fo:  $250^{\circ}\text{F}$  ( $121.1^{\circ}\text{C}$ ) において上に記載したのと同一の結果をもたらすに要する時間数(分)と



す。ただし F。なる記号の使用されるのは加熱温度致死時間曲線の勾配 (z) が 18°F の場合に限られ、一般的には F なる記号が使用される。Cl. botulinum および P. A. 3679 菌の芽胞の z の値として、18°F を採用して間違いならしい⑩。

Fi := U/Fo = [RT での致死時間数 (分)] / [250°F での致死時間数 (分)], 一般的には  
Fi = U/F = [任意の温度での致死時間数 (分), z に対して規定なし]

z : 加熱温度致死時間曲線の勾配

(fh/U) : (RT-WT) および z が単一の値をとるとき、fh/U のある任意の値と、それに対応する g の値とは、対数方眼紙上において、ある一定の曲線を描くので、与えられた g の値に対応する fh/U の値は、その曲線から容易に求められる。

上の記載における WT は冷却水の温度を意味する。

g : 罐詰中心点の到達した最高温度を CTm とすると、g = RT - CTm

B<sub>B</sub> : 殺菌加熱時間 (分)

I : RT - IT

j : すでに前文に詳記

fh : すでに前文に詳記

1932年当時現地で実地に採用されていた殺菌加熱程度はほぼ次のようなものであった。

(ただし 1/2 ポンド 罐)

脱気加熱 : 210°F 10分

殺菌加熱 : 227°F 80分

冷却 : 水 冷

次に計算の条件を次のように定める。

fh = 39分 前記実測値中の最大値

j = 1.6

RT = 227°

RT - WT (冷却水温) = 180°F

B<sub>B</sub> = 80分

IT = 140°F

殺菌値 (Fo) の計算は以下の Ball の式を利用する⑫⑬

$$Fo = \frac{fh}{(fh/U) \cdot Fi} \quad [17]$$

式 17 のうち fh は既知

$$Fi = U/Fo \quad [18]$$

$$U = \log^{-1} \left( \frac{250 - RT}{z} + \log Fo \right) \quad [19]$$

Cl. botulinum に対しては z = 18°F, Fo = 2.78 分であるから

$$U = \log^{-1} \left( \frac{250-227}{18} + \log 2.78 \right) = 52.70$$

$$F_i = 52.70/2.78 = 18.96$$

(fh/U) を求めるにはまず g が必要で g は次のようにして求める。

$$\log g = \log jI - B_B / fh \quad (2.20)$$

$$I = RT - IT = 227 - 140 = 87$$

$$\log jI = \log (1.6 \times 87) = \log 139.2 = 2.144$$

$$\log g = \log jI - B_B / fh = 2.144 - 80/39 = 0.09$$

fh/U : g table あるいは log (fh/U) : logg curve③① から logg=0.09 に対応する fh/U を求めるとほぼ 1.5 が得られる。

$$F_o = \frac{fh}{(fh/U) \cdot F_i} = 39 / (1.5 \times 19) = 1.37$$

Cl. botulinum の Fo 値は2.78 であるからその 1/2 に相当する。

著者が以前カ=工船和歌浦丸製品 (Φ57) 1/2ポンドカ=罐詰の変敗 (カ=肉がかゆ状に液化) 原因について試験し日本合同カ=工船株式会社に報告した昭和7年 (1932年) 10月4日および昭和8年1月17日付の報告書があるが、この報告書によると正常の罐詰に以上の変敗原因体を含む含菌液を接種して殺菌加熱試験を行った結果は次のごとくであった。

表 9 : カ=肉液化菌の接種かん詰の殺菌加熱試験結果  
(昭和7年10月4日付報告)  
(脱気 210°Fにて10分)

かん詰の区別	殺菌温度 (°F)	加熱時間 (分)	膨脹の有無 (37°C 温室内)
非接種かん詰	224.6	60	膨脹しない
接種かん詰	"	60	2日目の朝両底固膨れ
"	"	60	"
"	"	80	2日目の午後両底固膨れ
"	"	80	"
"	"	100	3日目の朝両底固膨れ
"	"	100	"

昭和8年1月17日付の報告書では 100°C 10分の脱気加熱をなし密封後殺菌加熱を施した結果によると、109°C 80分の加熱に堪えて罐を膨脹せしめたが、111°C 80分の加熱によって殺滅せられ

罐の膨脹を起さなかったことが記載されている。

以上の試験報告にもとづいて前記の F° 値の計算を、殺菌加熱 107°C (224.6°F) 100分、109°C (228°F) 80分。および111°C (232°F) 80分の各々について、行ってみた。

殺菌温度、殺菌時間以外の条件はすべて前の計算に使用のものと同じのものとして計算した。

カ=肉液化細菌の z 値は測定していないので、不明であるが、多くの変敗菌の加熱温度致死時間曲線のz値はほぼ 18°F に近い値を示すことが知られ⑬、⑭、⑮、⑯、また一方この種の計算に z の値として 18°F が慣用されている。

けれども Cl. botulinum の芽胞が加熱される食品の種類によって多少の変動が見られ⑰、⑱、⑲、⑳、㉑、一定のものではない。したがってこの種の計算において正確度というものには到底望むべくもないのであるから、一応カ=肉液化菌の z をも仮りに 18°F として計算してみた。

表 10 : 加熱の殺菌効果計算

殺菌加熱程度	U	Fi	log g	(fh/u)	Fo	膨脹の有無
100分/224.6°F	71.62	25.76	-0.68	0.72	2.10	膨脹
80分/228°F	46.35	16.67	0.09	1.5	1.56	〃
80分/232°F	27.80	10.00	0.09	1.5	2.60	変敗せず

上記の報告書に見られるようなカ=肉液化細菌の芽胞によって濃厚に汚染せられたときには Cl. botulinum の芽胞の耐熱性を目標にした殺菌加熱程度に近い殺菌程度を必要とするであろうことが以上の計算結果によって考えられる。

加熱による細菌の死が logarithmic order であるという概念の導入によって罐詰の加熱による殺菌値 (F value) の計算は罐詰の幾何学的中心点について考えられて来た古典的な方法から罐詰の全体について考える方向に進んで来ている⑳⑦⑧、しかし罐詰内の熱の移動が熱伝導によって行われるような内容物の罐詰であって、しかも加熱殺菌の対象を Cl. botulinum におくときは、両者間における差は微差で実地には重要ではない。罐詰全体について算出した F value を仮りに Fw-value と名づけ、それに対応して罐詰の中心点について算出した F value を Fc value と名づけると、Fw value が Fc value に比してわずかに高い数値を与えるにすぎない⑦、したがって Fc value によって算定の殺菌加熱時間は、Fw value によって算定の加熱時間数よりも幾分か大きくなるので、Fc value による方がより安全ということが出来るが、また逆に Fc value によるときには多少にせよ加熱が過度になるということもできる。

## 第 5 節 摘 要

1. 1931年および 1932年の両回にわたって著者は樺太に出張し、同地で、1ポンド、1/2ポンド、

および $\frac{1}{4}$ ポンドの三種類の罐型を使用してカニ肉罐詰の熱伝達速度の測定を行って得た結果について熱伝導の理論から検討し、また実地のカニ肉罐詰の殺菌加熱程度の技術的な取扱いのうえにおいて、上記の測定結果の適用性について検討し実験した。

2. (RT-CT) または (RT-CT)/(RT-IT) のいずれの対数をとってみても、それらと加熱時間との関係曲線(加熱曲線)は、加熱の初期を除外すれば、ほぼ直線をなすことが認められた。加熱曲線の勾配(fh)の数值が大きく、温度伝導度kがかなり低く、その最小値は、水のkの値にほぼ等しいこと等から、カニ肉罐詰内における熱流に対して熱伝導が支配的に作用していると考えられることができる。しかしjの実験値は熱伝導の式から求められる理論値と一致しない。jの計算式7には直円筒座標を含んでいるから、測温点の位置の幾何学的中心点からのずれによってjの数值の変動が考えられるが、この実験結果における両値の不一致は実験的に求められるjの値は加熱曲線の接線に関するものであって、理論上の漸近線に関して求められたものではないからである。かようなjの値は罐高/罐径と一定の関係にあるというOlson & Jacksonの説に従うと、この実験結果において求められたjの実験値の平均は妥当なものと考えられた。
3. 各罐型について得られた加熱曲線の勾配fhと、各罐型について算出された $d^2 \cdot fn$ (ただしd=罐径、fnは本文参照)との関係曲線は原点を通る一本の直線をなすものとみることができると。
4. 殺菌加熱時間の算定に必要な加熱曲線のfhの最大値は以下のとおりである。  
1ポンド罐 : 58分、 $\frac{1}{2}$ ポンド罐 : 39分  
 $\frac{1}{4}$ ポンド罐 : 24分
5. カニ肉液化菌で濃厚に汚染されたカニ肉罐詰( $\frac{1}{2}$ ポンド罐)の殺菌加熱は $F_0=2.1$ では不足で、 $F_0=2.60$ 以上の殺菌加熱を必要とすることが認められた。この測定が行われた当時現地で採用されていた殺菌加熱は $F_0=1.4$ 程度という低いものであったからカニ肉液化菌やCl. botulinumに対してはまったく危険なものであったといえる。

#### 文 献

- 1) American Can Co., Sterilization of Canned Food, p-27. 1950.
- 2) Ball, C. O., Bull. Nat. Res. Council, 7, pt. I, No. 37, 1923.
- 3) Idem., Univ. Calif. Pub. in Publ. Health. 1, 2, 1928.
- 4) Carslaw, H. W., Mathematical Theory of the Conduction of Heat in Solids, Macmillan, London. 1931.
- 5) Dewberry, E. B., Food Poisoning, 264, Leonard Hill Ltd., 1950.
- 6) Esty, J. R., & Meyer, K. F., J. Infect. Dis., 31, 650, 1922.
- 7) Gillespy, T. G., J. Sci. Food Agric., 2, 107, 1951.

- 8) -a Hicks, E. W., *Food Technol.*, 5, 131, 1951.  
-b *ibid.*, 6, 175, 1952.
- 9) 伊谷以知二郎、伊藤真三、水、講、試、報 10 (4) 113, 1915.
- 10) 伊谷以知二郎、田和駒吉、水、講、試、報 11 (6) 1, 1916.
- 11) 川口武男、水、研、20 (6) 184. 1925.
- 12) Kaplan, A. M., et al., *Food Res.*, 19, 173. 1954.
- 13) Lang, O. W., *Univ. Calif, Press.* p-82. 1935.
- 14) 深山義道、川口武男、猿谷九万、水、研、25 (7), 198, 1930.
- 15) 西村寅三、木村金太郎、水、講、試、報、10 (4), 1, 1915.
- 16) Olson, F. C. W., & Stevens, H. P., *Food Res.*, 4, 1, 1939.
- 17) Olson, F. C. W., & Jackson. J. M., *Ind. Eng. Chem.*, 34, 874, 1942.
- 18) 岡田光世、罐詰の物理、厚生閣、1940.
- 19) Rahn, O., *Biodynamica Monograph No. 3, Biodynamica, Normandy, Mo., U. S. A.*, 1945.
- 20) Renolds, H., et al., *Food Res.*, 17, 153, 1952.
- 21) Sognefest, P., et al., *Food Res.*, 13, 400, 1948.
- 22) Stumbo, C. R., *Food Technol.*, 2, 115, 1948.
- 23) *Idem.*, *ibid.*, 4, 321, 1950.
- 24) Townsend, Ch. T., et al., *Food Res.*, 3, 323, 1938.
- 25) Townsend, Ch. T., *ibid.*, 19, 536, 1954.