

(2) 輸送前の鶏の体表に付着する糞便汚染量の推定

鶏の体表（皮膚、羽根）に付着するカンピロバクター汚染量の確率分布については、これを推定するためのデータは十分でないものの、糞便中のカンピロバクター濃度に比べればリスクアセスメントへの影響力が小さいという割り切りで、次式の一様分布を仮定している。

$$\text{輸送前の鶏の体表に付着する糞便汚染量} : \text{fb_F} \sim \text{Uniform}(0.50, 5.00) \text{ g/羽}$$

(3) 農場における鶏のカンピロバクター濃度の推定

(1)、(2) より、農場における鶏のカンピロバクター濃度の確率分布は次式で表される。

$$\text{農場における鶏のカンピロバクター濃度} : C_F1 = C_f_F + \log(\text{fb_F}) \log(\text{CFU/羽})$$

2.3 輸送中のカンピロバクター濃度の推定

鶏を食鳥処理場に輸送する過程においては、鶏の体表に付着したカンピロバクターの交差汚染とカンピロバクター自身の増殖の双方が起こる。

Stern (1995) では、10 農場の 20 サンプルの鶏を用いた輸送実験において、輸送前後での鶏のカンピロバクター濃度から、輸送による汚染量の増大を計測している（表 2-1）。

表 2-1 輸送実験の結果

鶏の平均カンピロバクター汚染量 (log (CFU/carcass))			備考
農場数	輸送前	輸送後	
6 農場	6.11	7.8	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1.7log の汚染量増大 ・ 農場ベースでは汚染量増大に 1.3~2.3log の大きなばらつき (変動性) あり
3 農場	非検出	7.13	輸送前の鶏が非汚染鶏であったわけではない (輸送前の鶏の腸管サンプルからカンピロバクターを検出)。
1 農場	非検出	非検出	輸送前に非汚染だった鶏を非汚染のまま食鳥処理場に輸送できる可能性を示唆。

汚染鶏の輸送によるカンピロバクターの汚染量の増大 Mag_T (log CFU) は、この輸送実験データのうち、輸送前後にカンピロバクターを検出した 6 農場のデータ (図 2-3) を用いるとともに、データ以上に大きな変動性が存在することを考慮して、次式の三角分布として推定されている。

$$\text{汚染鶏の輸送によるカンピロバクターの汚染量の増大} : \text{Mag_T} \sim \text{Triang}(0, 1.5, 3.0) \log \text{CFU}$$

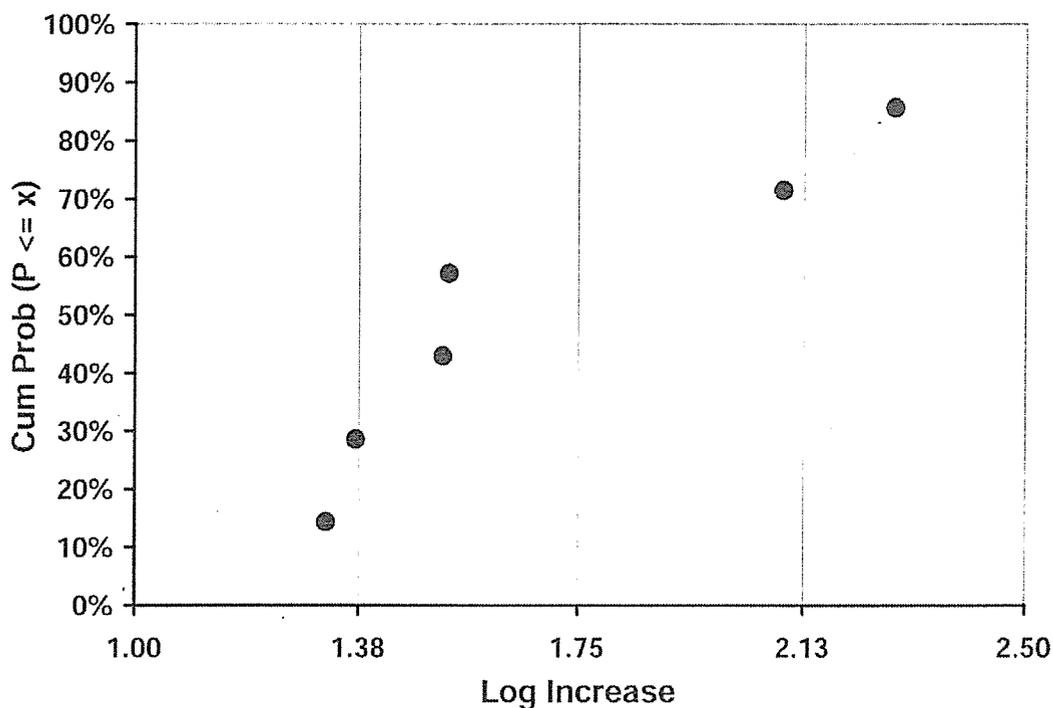


図 2-3 6農場の汚染鶏の輸送前後でのカンピロバクターの汚染量の増大データ

2.4 食鳥処理プロセスにおけるカンピロバクター濃度に与える影響の推定

(1) 湯漬(Scalding)

湯漬は脱羽を容易にすることを主目的とする食鳥処理過程である。湯漬の過程は、体表のカンピロバクター濃度に大きな影響を与える。

湯漬には、用いられる湯水の温度が 55°C以下の弱湯漬 (Soft Scalding) と 55°C以上の強湯漬 (Hard Scalding) の2種類がある。米国は弱湯漬、カナダは強湯漬が一般的である³。

湯漬によって体表から洗い流されたカンピロバクターの挙動には次の3種類がある。

- ・湯の高温によって死滅
- ・あふれた湯とともに移動
- ・生残し、同一または別の鶏に再付着

また、湯漬方式には、常にきれいな湯に鶏を曝すカウンターカレント方式と、湯の入れ替えをせずに同じ湯に鶏を曝す伝統的方式がある。しかし、カウンターカレント方式の効果をモデル化する上で十分な情報がないためモデル化されていない⁴。

³ 日本では 58~60°Cでの湯漬が一般的であり、強湯漬に該当する。

⁴ 日本では伝統的方式がとられている。

1) 弱湯漬

弱湯漬によるカンピロバクター濃度の対数変化 Effect_Scald(SS)の確率分布は、表 2-2 に示すデータに基づき、最小値-3.5、最大値 0.25 の三角分布に適合させることで、次式のように推定されている (図 2-4) ⁵。

弱湯漬によるカンピロバクター濃度の対数変化：
 $Effect_Scald(SS) \sim Triang(-3.50, -3.0, +0.25) \log CFU/羽$

表 2-2 弱湯漬によるカンピロバクター濃度の対数変化データ

Samples	Author	Sample Point	Mean Log CFU/unit	Sample Point	Mean Log CFU/unit	Mean Log Change
8	(Izat et al, 1988).	Pre Scald	3.74	Post Scald	< 1.26	-3.11
8	(Izat et al, 1988).	Pre Scald	3.56	Post Scald	1.26	-2.30
8	(Izat et al, 1988).	Pre Scald	3.03	Post Scald	1.19	-1.84
8	(Ooesterom et al, 1983).	Post Bleed	3.99	Post Scald	1.37	-2.62
8	(Ooesterom et al, 1983).	Post Bleed	3.30	Post Scald	1.68	-1.62
8	(Ooesterom et al, 1983).	Post Bleed	2.18	Post Scald	2.4	0.22
5	Berrang, M. (unpublished)	Pre Scald	2.90	Post Scald	1.0	-1.90
5	Berrang, M. (unpublished)	Pre Scald	5.00	Post Scald	2.0	-3.00
5	Berrang, M. (unpublished)	Pre Scald	5.00	Post Scald	1.7	-3.30
5	Berrang, M. (unpublished)	Pre Scald	3.10	Post Scald	2.4	-0.70
5	Berrang, M. (unpublished)	Pre Scald	5.80	Post Scald	2.4	-3.40
5	Berrang, M. (unpublished)	Pre Scald	4.60	Post Scald	1.5	-3.10

※Ooesterom et al. (1983)の正の変化は交差汚染を意味する。

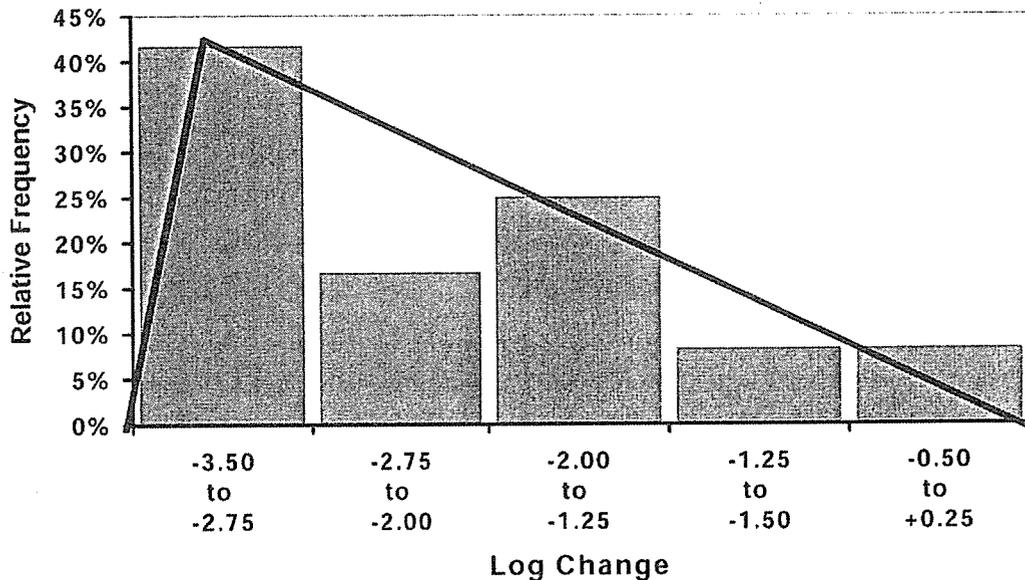


図 2-4 弱湯漬によるカンピロバクター濃度の対数変化の三角分布への適合

⁵ 分布へのデータの適合手法は不明であるが、@Risk による適合分布は Triangular(-3.50,-3.4,+0.25)。

2) 強湯漬

強湯漬の効果に影響を与える重要な要素は、洗浄効果と高温による不活化効果である。このうち、洗浄効果は弱湯漬と同程度である。また、理論的には高温下でカンピロはほとんど生残しない。

強湯漬によるカンピロバクター濃度の対数変化 Effect_Scald(HS)の推定に活用可能なデータはほとんどない。表 2-3 に示す Ooesterom et al. (1983)のデータに基づき、以下のように仮定している。

- ・分布形状は弱湯漬に類似
- ・濃度の増加はなく、少なくとも-0.75log は減少する
- ・最大値は-4 log、最確値は-3.5log。

ように推定されている。

強湯漬によるカンピロバクター濃度の対数変化：

$$\text{Effect_Scald(HS)} \sim \text{Triang}(-4.00, -3.5, -0.75) \log\text{CFU/羽}$$

表 2-3 強湯漬によるカンピロバクター濃度の対数変化データ

Samples	Author	Sample Point	Mean Log CFU/unit	Sample Point	Mean Log CFU/unit	Mean Log Change
8	(Ooesterom et al, 1983).	Post Bleed	2.39	Post Scald	0.61	-1.78
8	(Ooesterom et al, 1983).	Post Bleed	3.42	Post Scald	1.25	-2.17
8	(Ooesterom et al, 1983).	Post Bleed	3.44	Post Scald	1.26	-2.18

(2) 脱羽(Defeathering)

脱羽過程は、交差汚染が多く発生する過程として認識されている。これは、汚染鶏を脱羽すると、脱羽機等にカンピロバクターが付着し、その後に脱羽される多数の鶏を汚染するためである。また、毛穴から羽根を除去する脱羽機の動きは、カンピロバクターを毛穴の深くに落とし込み、閉じ込め、除去することを困難にもする。従って、湯漬の過程でカンピロ濃度を減少させても、脱羽の過程で鶏の体表に新たな汚染をもたらす可能性がある。

脱羽過程の汚染プロセスは、湯漬とは異なり、菌種に固有のものではないことから、他の菌種に関するデータも利用することができる。脱羽による菌濃度の対数変化が従う分布については、カンピロバクターに係るデータのみを用いた場合と、カンピロバクター以外の菌種も含めたデータを用いた場合の双方について検討され、最終的には後者が採用されている。

カンピロバクター濃度の対数変化に係るデータ (表 2-4)では、脱羽による顕著な汚染レベルの増大が認められる。ただし、-0.25~+3 log にわたる大きなばらつきが指摘されている。その要因としては、処理プラント固有の変動性や実験に由来する不確実性が挙げられている。また、カンピロバクター以外の菌種も含めた菌濃度の対数変化に係るデータ(表 2-5)では、腸内細菌で脱羽による汚染レベルの減少が見られる。理由は不明とされている。脱羽による鶏の体表におけるカンピロ汚染レベルの顕著な減少は考えにくい。例えば、脱羽機内の水

圧やひどく汚染された羽根の除去などによる若干の減少はあり得るとしながらも、-1.75 log という平均値データは稀少事象であり、データ分析から除外されている。

表 2-4 および表 2-5 のデータから、脱羽によるカンピロバクター濃度の対数変化は、最大 3.0log、最確値 0.25~0.75log、最小-1.0log の三角分布に従うものと推定されている。最確値は幅の真ん中を取って 0.5log と設定されている。

脱羽によるカンピロバクター濃度の対数変化：

Effect_Def~Triang(-1.0,0.5,3.0) logCFU/羽

表 2-4 脱羽によるカンピロバクター濃度の対数変化データ

Samples	Author	Sample Point	Mean log CFU/unit	Sample Point	Mean Log CFU/unit	Mean Log Change
8	Ooesterom et al 1983	After Scald (>55)	0.61	After Defeather	1.07	0.46
8	Ooesterom et al 1983	After Scald (>55)	1.25	After Defeather	1.99	0.74
8	Ooesterom et al 1983	After Scald (>55)	1.26	After Defeather	2.85	1.59
8	Ooesterom et al 1983	After Scald (<55)	1.37	After Defeather	2.46	1.09
8	Ooesterom et al 1983	After Scald (<55)	1.68	After Defeather	2.09	0.41
8	Ooesterom et al 1983	After Scald (<55)	2.40	After Defeather	2.18	-0.22
8	(Izat et al 1988).	Post Scald (< 55)	<1.26	Post Pick	2.37	1.74
8	(Izat et al 1988).	Post Scald (< 55)	1.26	Post Pick	3.68	2.42
8	(Izat et al 1988).	Post Scald (< 55)	1.19	Post Pick	2.82	1.63
5	Berrang, M. (review)	Post Scald (< 55)	1.00	Post Pick	<3	0.50
5	Berrang, M. (review)	Post Scald (< 55)	2.00	Post Pick	3.20	1.20
5	Berrang, M. (review)	Post Scald (< 55)	1.70	Post Pick	4.50	2.80
5	Berrang, M. (review)	Post Scald (< 55)	2.40	Post Pick	3.10	0.70
5	Berrang, M. (review)	Post Scald (< 55)	2.40	Post Pick	4.10	1.70
5	Berrang, M. (review)	Post Scald (< 55)	1.50	Post Pick	3.70	2.20

表 2-5 脱羽によるカンピロバクター以外の菌濃度の対数変化データ

Samples	Author	Organism	Sample Point	log CFU/unit	Sample Point	Log CFU/unit	Log Change
54	Lillard 1990	aerobic	After Scald (<55)	8.05	After Defeather	7.37	-0.68
30	Berrang, M. (review)	aerobic	Post Scald (< 55)	5.00	Post Pick	5.00	0.00
30	Berrang, M. (review)	Coliform	Post Scald (< 55)	2.90	Post Pick	3.40	0.50
30	Berrang, M. (review)	<i>E.coli</i>	Post Scald (< 55)	2.10	Post Pick	2.80	0.70
8	Ooesterom et al 1983	enterobacteriaceae	After Scald (>55)	4.10	After Defeather	3.97	-0.13
8	Ooesterom et al 1983	enterobacteriaceae	After Scald (>55)	3.20	After Defeather	2.90	-0.30
8	Ooesterom et al 1983	enterobacteriaceae	After Scald (>55)	3.67	After Defeather	3.69	0.02
8	Ooesterom et al 1983	enterobacteriaceae	After Scald (<55)	4.69	After Defeather	2.94	-1.75
8	Ooesterom et al 1983	enterobacteriaceae	After Scald (<55)	4.42	After Defeather	3.69	-0.73
8	Ooesterom et al 1983	enterobacteriaceae	After Scald (<55)	5.03	After Defeather	4.16	-0.87
54	Lillard 1990	enterobacteriaceae	After Scald (<55)	5.92	After Defeather	5.92	0.00

(3) 中抜き(Evisceration)

中抜き過程においては、次の2つの要因で交差汚染が発生する。

- ・内臓を取り出す過程における腸管の切断や粗暴な取り扱いによる糞便汚染の拡大
- ・汚染鶏の体表から手や器材、器具にカンピロバクターが付着し、その後、他の鶏に付着

中抜き過程のモデルには、脱羽から最終的な洗浄までに生起する全ての事象を織り込んでいる。この過程では、汚染レベルの増加・減少の報告はあるが、冷却前の最終洗浄プロセスに先立つ器材・鶏肉のすすぎ洗いを除いて、実質的な汚染除去ステップはない。

中抜き過程の汚染プロセスは、脱羽と同様に、菌種に固有のものではないため、他の菌種に関するデータも利用することができる。中抜きによる菌濃度の対数変化が従う分布については、カンピロバクターに係るデータのみを用いた場合と、カンピロバクター以外の菌種も含めたデータを用いた場合の双方について検討され、最終的には後者が採用されている。

カンピロバクター濃度の対数変化に係るデータ(表 2-6)では、大きなばらつきがあり、明確に認識可能なパターンはないとされている。カンピロバクターの減少は通常 0.25 log 未満であり、Berrang(unpublished)のデータのみ 0.5log 未満のデータが報告されている。カンピロバクター以外の菌種も含めた菌濃度の対数変化に係るデータ(表 2-7)では、菌濃度が増加しているデータと減少しているデータがほぼ同数ある。これは、大きな不確実性と変動性に起因するものとされている。減少データは 0.0~0.25 log、増加データはやや幅が広いが 0.0~+2.0 log に集中している。脱羽~洗浄のプロセスで 0.5 log より大きい減少を正当化することは困難であるとして、この値より大きい減少データは分析から除外されている。

また、カンピロバクターに係るデータとカンピロバクター以外の菌種も含めたデータでは、最大値のみ後者が右にシフトし、最頻値のレンジは-0.25~0.25 とほぼ同じになっている。

表 2-6 および表 2-7 のデータから、中抜きによるカンピロバクター濃度の対数変化は、最大 2.0log、最確値-0.25~0.25log、最小-0.5log の三角分布に従うものと推定されている。最確値は幅の真ん中を取って 0 log と設定されている。

中抜きによるカンピロバクター濃度の対数変化：

Effect_Evisc~Triang(-0.5,0,2.0) logCFU/羽

表 2-6 中抜きによるカンピロバクター濃度の対数変化データ

Samples	Author	Sample Point	Log CFU/unit	Sample Point	Log CFU/unit	Log Change
8	Ooesterom et al 1983	After Defeather	1.07	After Evisceration	2.58	1.51
8	Ooesterom et al 1983	After Defeather	1.99	After Evisceration	2.44	0.45
8	Ooesterom et al 1983	After Defeather	2.85	After Evisceration	2.60	-0.25
8	Ooesterom et al 1983	After Defeather	2.46	After Evisceration	2.24	-0.22
8	Ooesterom et al 1983	After Defeather	2.09	After Evisceration	2.62	0.53
8	Ooesterom et al 1983	After Defeather	2.18	After Evisceration	2.50	0.32
8	Izat et al 1988	Post Pick	2.37	Post Viscera Removal	3.12	0.75
8	Izat et al 1988	Post Pick	3.68	Post Viscera Removal	3.49	-0.19
8	Izat et al 1988	Post Pick	2.82	Post Viscera Removal	3.49	0.67
5	Berrang (unpublished)	Post Pick	< 3.00	Post Evisceration	1.60	0.50
5	Berrang (unpublished)	Post Pick	3.20	Post Evisceration	3.20	0.00
5	Berrang (unpublished)	Post Pick	4.50	Post Evisceration	3.70	-0.80
5	Berrang (unpublished)	Post Pick	3.10	Post Evisceration	2.53	-0.57
5	Berrang (unpublished)	Post Pick	4.10	Post Evisceration	4.00	-0.10
5	Berrang (unpublished)	Post Pick	3.70	Post Evisceration	3.70	0.00
11	Abu-Ruwaida 1994	After Defeather	5.75	After Lung Sucking	5.70	-0.05

表 2-7 中抜きによるカンピロバクター以外の菌濃度の対数変化データ

Samples	Author	Organism	Sample Point	log CFU/unit	Sample Point	Log CFU/unit	Log Change
11	Abu-Ruwaida 1994	Aerobic	After Defeather	7.10	After Lung Sucking	7.20	0.10
54	Lillard 1990	Aerobic	Post Pick	7.37	Post Evisceration	6.76	-0.61
30	Berrang (unpublished)	Aerobic	Post Pick	5.00	Post Evisceration	4.50	-0.50
30	Berrang (unpublished)	Coliforms	Post Pick	3.40	Post Evisceration	3.10	-0.30
11	Abu-Ruwaida 1994	Coliforms	After Defeather	5.50	After Lung Sucking	5.45	-0.05
30	Berrang (unpublished)	E.coli	Post Pick	2.80	Post Evisceration	2.20	-0.60
11	Abu-Ruwaida 1994	E.coli	After Defeather	4.85	After Lung Sucking	4.95	0.10
8	Ooesterom et al 1983	Enterobacteriaceae	After Defeather	3.97	After Evisceration	5.73	1.76
8	Ooesterom et al 1983	Enterobacteriaceae	After Defeather	2.90	After Evisceration	3.60	0.70
8	Ooesterom et al 1983	Enterobacteriaceae	After Defeather	3.69	After Evisceration	4.86	1.17
8	Ooesterom et al 1983	Enterobacteriaceae	After Defeather	2.94	After Evisceration	3.86	0.92
8	Ooesterom et al 1983	Enterobacteriaceae	After Defeather	3.69	After Evisceration	3.60	-0.09
8	Ooesterom et al 1983	Enterobacteriaceae	After Defeather	4.16	After Evisceration	3.87	-0.29
54	Lillard 1990	Enterobacteriaceae	Post Pick	5.92	Post Evisceration	5.74	-0.18
11	Abu-Ruwaida 1994	Enterobacteriaceae	After Defeather	5.55	After Lung Sucking	5.35	-0.20

(4) 洗浄(Washing)

噴霧洗浄では、きれいな水によって、鶏の体表の汚染体液を除去するため、付着物や有機物と一部の微生物が除去される。洗浄による細菌の減少率は90%(1 log)に留まる。

洗浄の効果は、脱羽や中抜きと同様に、菌種に固有のものではないが、他の微生物はカンピロバクターよりも体表に緩く付着する。ただし、洗浄の有効性の相違を示す根拠は見当たらないため、データをレビューした上で、洗浄についても他の菌種も含めたデータに基づいて、カンピロバクター濃度の対数変化の分布を推定している。

洗浄によるカンピロバクター濃度の対数変化は、カンピロバクターに係るデータ(表 2-8)のみを用いた場合も、他の菌種のデータ(表 2-9)を用いた場合も、最大0log、最小-1.5log(95%値)、最確値-0.5logの三角分布に従うものと推定されている。ただし、Berrang (unpublished)の-2.4 logのデータは除外されている。

洗浄によるカンピロバクター濃度の対数変化：

Effect_Wash~Triang(-1.5,-0.5,0) logCFU/羽

表 2-8 洗浄によるカンピロバクター濃度の対数変化データ

Samples	Author	Sample Point	Mean Log CFU/unit	Sample Point	Mean Log CFU/unit	Mean Log Change
5	Berrang (unpublished)	Post Evisceration	1.60	Pre Chill	<1.00	-1.10
5	Berrang (unpublished)	Post Evisceration	3.20	Pre Chill	2.10	-1.10
5	Berrang (unpublished)	Post Evisceration	3.70	Pre Chill	3.30	-0.40
5	Berrang (unpublished)	Post Evisceration	2.53	Pre Chill	2.00	-0.53
5	Berrang (unpublished)	Post Evisceration	4.00	Pre Chill	1.60	-2.40
5	Berrang (unpublished)	Post Evisceration	3.70	Pre Chill	2.70	-1.00
8	Izat et al 1988	Pre Wash	2.83	Post Wash	1.71	-1.12
8	Izat et al 1988	Pre Wash	2.94	Post Wash	2.39	-0.55
8	Izat et al 1988	Pre Wash	3.50	Post Wash	3.04	-0.46
11	Abu-Ruwaida 1994	Post Evisceration	5.70	Post Wash	5.10	-0.60

表 2-9 洗浄によるカンピロバクター以外の菌濃度の対数変化データ

Samples	Author	Organism	Sample Point	Mean log CFU/unit	Sample Point	Mean log CFU/unit	Mean Log Change
54	Lillard 1990	Aerobic Bacteria	Post Evisceration	6.76	Pre Chill	6.46	-0.30
11	Abu-Ruwaida 1994	Aerobic Bacteria	Post Evisceration	7.20	Post Wash	6.15	-1.05
30	Berrang (unpublished)	Aerobic Bacteria	Post Evisceration	4.50	Pre Chill	3.60	-0.90
11	Abu-Ruwaida 1994	Coliform	Post Evisceration	5.45	Post Wash	5.15	-0.30
30	Berrang (unpublished)	Coliform	Post Evisceration	3.10	Pre Chill	2.20	-0.90
11	Abu-Ruwaida 1994	E.coli	Post Evisceration	4.95	Post Wash	4.50	-0.45
30	Berrang (unpublished)	E.coli	Post Evisceration	2.20	Pre Chill	1.50	-0.70
54	Lillard 1990	enterobacteriaceae	Post Evisceration	5.74	Pre Chill	5.50	-0.24
11	Abu-Ruwaida 1994	enterobacteriaceae	Post Evisceration	5.35	Post Wash	5.20	-0.15

(5) 冷却

冷却方法としては、次の3つがある。このうち、浸漬冷却が効果的かつ低コストなため、最もよく用いられている。

- ・冷水のタンクへの浸漬（浸漬冷却）
- ・冷水の噴霧（噴霧冷却）
- ・冷却空気中の通過（空気冷却）

浸漬冷却の効果としては、洗浄効果と希釈効果に加え、冷却タンク内の環境における微生物の死滅効果（微生物の生残能力に依存）が挙げられる。冷却タンクへの塩素の添加は微生物の生残に重要な役割を果たす。ただし、その影響は菌種によって異なる。そこで、洗浄によるカンピロバクター濃度の対数変化を推定する際には、カンピロバクターに係るデータのみを利用している。

アメリカなど海外諸国では、近年、塩素添加（遊離塩素濃度 1～5ppm）が普通に行われるようになってきているが、カナダでは一般的ではない⁶。そこで、塩素添加がない場合のデータと、塩素添加がある場合（遊離塩素濃度 1～5ppm）のデータの双方を収集し、冷却によるカンピロバクター濃度の対数変化を推定している。

1) 冷却（塩素非添加）

表 2-10 に示すデータでは、データのばらつきが大きいことが指摘されているものの、これに基づいて、冷却によるカンピロバクター濃度の対数変化を、最大 0log、最小 -2.0log、最確値 -0.75log の三角分布に従うものと推定されている。

冷却（塩素非添加）によるカンピロバクター濃度の対数変化：
 $\text{Effect_Chill}(nCI) \sim \text{Triang}(-2.0, -0.75, 0) \log \text{CFU/羽}$

表 2-10 冷却（塩素非添加）によるカンピロバクター濃度の対数変化データ

Samples	Author	Sample Point	Mean Log CFU/unit	Sample Point	Mean Log CFU/unit	Mean Log Change
8	Izat et al 1988	post wash	1.71	post chill	1.43	-0.28
8	Izat et al 1988	post wash	2.39	post chill	1.85	-0.54
8	Izat et al 1988	post wash	3.04	post chill	1.18	-1.86
15	Wempe et al 1983	pre chill	2.92	post chill	1.74	-1.18
15	Wempe et al 1983	pre chill	2.62	post chill	1.38	-1.24
15	Wempe et al 1983	pre chill	3.32	post chill	2.33	-0.99
15	Wempe et al 1983	pre chill	2.50	post chill	1.76	-0.74
8	Ooesterom et al 1983	post evisceration**	2.58	post spinchill	0.98	-1.60 (-1.10)**
8	Ooesterom et al 1983	post evisceration**	2.44	post spinchill	1.24	-1.20 (-0.70)**
8	Ooesterom et al 1983	post evisceration**	2.60	post spinchill	1.83	-0.77 (-0.27)**

** Ooesterom et al. 1983 のデータには、洗浄の効果も含まれているため、0.5log の洗浄効果を補正している。

⁶ 日本では塩素添加を行っているが、遊離塩素濃度を 5ppm に保つことは困難であるといわれている。

2) 冷却（塩素添加）

塩素添加の浸漬冷却による微生物の減少効果に関するデータは多くない。有効な遊離塩素濃度を保持する高濃度の塩素添加には、処理済鶏肉における微生物の減少効果が期待される。

表 2-11 に示すデータに基づき、冷却によるカンピロバクター濃度の対数変化は、最大 -2.5 log、最小 -0.25 log、最確値 -1.25 log に従う三角分布として推定されている。なお、Berrang (unpublished) の 1.6log のデータは分析から除外されている。

冷却（塩素添加）によるカンピロバクター濃度の対数変化：
 $\text{Effect_Chill(Cl)} \sim \text{Triang}(-2.5, -1.25, -0.25) \text{ logCFU/羽}$

表 2-11 冷却（塩素添加）によるカンピロバクター濃度の対数変化データ

Samples	Author	Sample Point	Mean Log CFU/unit	Sample Point	Mean Log CFU/unit	Mean Log Change
5	Berrang (unpublished)	pre chill	2.10	post chill	1.20	-0.90
5	Berrang (unpublished)	pre chill	3.30	post chill	1.10	-2.20
5	Berrang (unpublished)	pre chill	2.00	post chill	0.90	-1.10
5	Berrang (unpublished)	pre chill	1.60	post chill	3.20	1.60
5	Berrang (unpublished)	pre chill	2.70	post chill	1.10	-1.60
90	Cason 1997	pre chill	5.35	post chill	3.86	-1.50
20	Line (Unpublished)	pre-wash**	2.76	post chill	0.86	-1.89 (-1.39)**
20	Line (Unpublished)	pre-wash**	3.50	post chill	1.22	-2.28 (-1.78)**
20	Line (Unpublished)	pre-wash**	2.27	post chill	0.73	-1.54 (-1.04)**
20	Line (Unpublished)	pre-wash**	2.27	post chill	0.77	-1.49 (-0.99)**
20	Line (Unpublished)	pre-wash**	2.54	post chill	0.90	-1.64 (-1.14)**
20	Line (Unpublished)	pre-wash**	3.01	post chill	0.92	-2.09 (-1.59)**
20	Line (Unpublished)	pre-wash**	3.32	post chill	1.01	-2.31 (-1.81)**
20	Line (Unpublished)	pre-wash**	2.61	post chill	0.81	-1.80 (-1.30)**
20	Line (Unpublished)	pre-wash**	2.95	post chill	1.17	-1.78 (-1.28)**
20	Line (Unpublished)	pre-wash**	1.96	post chill	0.79	-1.17 (-0.67)**

** Line(unpublished)のデータには、洗浄の効果も含まれているため、0.5log の洗浄効果を補正している。

2.5 鶏の汚染率

モデルは食鳥処理前と処理後の鶏の体表における汚染率を推定できるように構築されている。処理プロセスが進むにつれて汚染率が増加するのは、鶏の体表に付着しているカンピロによる自己汚染か、既に体表に付着していたカンピロが他の非汚染鶏に広がる体表汚染のいずれかの結果であることを仮定している。なお、体内汚染については、食鳥処理の個別段階のモデルに組み込まれている。

(1) 食鳥処理前の鶏の汚染率

鶏の生育過程におけるカンピロバクターの感染源については不明だが、一般に加齢とともに汚染率は増加すると考えられている。カンピロバクターがコロニーを形成する鶏の部位は消化器官（主に盲腸や大腸、排出腔）である。消化器官における具体的な部位は不明である。消化器官の上皮組織にコロニーを形成するサルモネラと異なり、カンピロバクターはムチン層において自由遊泳性を有すると考えられている。汚染率としては0～100%までの大きなばらつきが報告されている。

Stern(1995)では、輸送後のスタンニングおよび放血が行われた直後の鶏 200 サンプル (10 鶏群) を屠体洗浄したところ、汚染率は鶏で 56% であり、鶏群では約 80% と推定されている。Berrang (unpublished) では、湯漬前の 30 サンプル (6 鶏群) を屠体洗浄したところ、汚染率は 83% であった。Wempe et al.(1983) では生きた鶏の胸部の羽のサンプルを調査したところ、汚染率は鶏で 20%、鶏群で 44% であった。ただし、このデータはサンプルが少なく、代表性に欠けるとして分析から除外されている。

食鳥処理前の鶏の汚染率の分布について、文献データは母集団から抽出された二項確率変数と仮定し、次式のとおり、分布形状をベータ分布としてパラメータ推定が行われている。

食鳥処理前の鶏の汚染率 : $P_{\text{post}_T} \sim \text{Beta}(22, 15) \%$

(2) 食鳥処理プロセスが汚染率に与える影響の推定

カンピロバクターの汚染率や交差汚染に食鳥処理プロセスが与える影響は定量化が困難であることが分かっている。そこで、処理プロセスによる汚染率の変化をモデル化するために、定性的データと定量的データを組み合わせて、各処理プロセスについて交差汚染の発生する度合いをランク付けし、ランクに応じて交差汚染係数を割り当てる準定量的アプローチが採られている。

交差汚染の可能性は、表 2-1 2 に示すとおり、脱羽、中抜き、湯漬および浸漬冷却の順で高く、噴霧洗浄は交差汚染をもたらさないとされている。表 2-1 2 の 3 列目は当該処理プロセスによるカンピロバクター汚染の増加について報告されている最大対数変化（増加）である。4 列目は他の微生物について定量的に交差汚染の発生度合いを示している文献の有無を、5 列目は他の微生物について定性的あるいは準定量的に交差汚染の可能性を指摘している文献の有無を示している。こうしたランクを交差汚染係数の割り当てに用いている(表 2-1 3)。

表 2-1 2 食鳥処理プロセスにおける交差汚染の可能性

Process Step	Rank	Max Increase log ₁₀	Other Quantitative (ref)	Other Qualitative (ref)
Scalding	4	0.22	No	Yes (1)
Defeathering	1	2.80	Yes (2)	Yes (3, 4, 5, 6)
Evisceration	2	1.76	Yes (8)	Yes (4)
Washing	5	No increases	No	No
Chilling	3	No increases	Yes (7)	No

(1) Bautista et al 1994.

(2) Mulder et al 1978.

(3) Genigeorgis et al, 1986.

(4) Bryan & Doyle 1995.

(5) Wempe et al 1983.

(6) Ooesterom et al 1983

(7) Lillard 1990

(8) Cason et al 1997.

表 2-1 3 食鳥処理プロセスにおける交差汚染の発生確率とその大きさ (交差汚染係数)

<i>Processing Step</i>	<i>Frequency of Cross-contamination Occurrence</i>	<i>Magnitude of Cross-contamination (X-Factor)</i>		
		<i>Distribution</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Soft Scalding	50 %	UNIFORM	1.05	1.86
Hard Scalding	25%	UNIFORM	1.05	1.50
Defeathering	80 %	UNIFORM	1.05	3.00
Evisceration	60 %	UNIFORM	1.05	3.00
Washing	0 %	UNIFORM	1.00	1.00
Chilling, No Chlorine	50 %	UNIFORM	1.05	2.33
Chilling, Chlorine Added	25%	UNIFORM	1.05	1.86

表 2・13の交差汚染係数の最大値は、ある処理プロセスに50%の汚染率で鶏が入ってきたときに、当該処理プロセス後に適切な汚染率を与えるよう設定されている⁷（下の点線囲み参照）。最小値は交差汚染の可能性のあるプロセスでは1.05、ない場合には1.0と設定されている。交差汚染係数の分布は一様分布が仮定されている。

食鳥処理プロセス		交差汚染係数の分布	交差汚染係数が最大の場合の当該処理プロセス前後の汚染率
湯漬	弱湯漬	XS(SS)~Uniform(1.05,1.86)	XS(SS)=1.86 : 50%→65%
	強湯漬	XS(HS)~Uniform(1.05,1.50)	XS(HS)=1.50 : 50%→60%
脱羽		XD~Uniform(1.05,3.00)	XD=3.00 : 50%→75%
中抜き		XE~Uniform(1.05,3.00)	XE=3.00 : 50%→75%
洗浄		XW~Uniform(1.00,1.00)	XW=1.00 : 50%→50%
冷却	塩素非添加	XC(nCl) ~Uniform(1.05,2.33)	XC(nCl)=2.33 : 50%→70%
	塩素添加	XC(Cl) ~Uniform(1.05,1.86)	XC(Cl)=1.86 : 50%→65%

・各処理プロセス後の汚染率は以下のとおり導出された式で推定⁸（Cassin et al. 1998）

P_B : 処理前の陽性の割合（事前汚染率）

$1-P_B$: 処理前の陰性の割合

P_A : 処理後の陽性の割合（事後汚染率）

$1-P_A$: 処理後の陰性の割合

Z : 交差汚染係数

$$\left(\frac{P_B}{1-P_B}\right) \times Z = \left(\frac{P_A}{1-P_A}\right) \Rightarrow P_A = \frac{P_B \times Z}{1-P_B + P_B \times Z}$$

例) 脱羽

- ・脱羽プロセスでは、80%の確率で交差汚染が発生（表 2・13）。交差汚染発生時には、交差汚染係数は1.05~3.00である。
- ・鶏の汚染率が40%で脱羽プロセスに入ったとすると、脱羽プロセスの後には、80%の確率で汚染率が41%~67%に増大する（残りの20%の確率で40%のまま）。

⁷ 根拠はかなり希薄である。

⁸ 当該記述はレポートのAppendix2に記載

2.6 食鳥処理後のカンピロバクター濃度の推定および暴露リスクの推定

(1) 保管・輸送

カンピロバクターはそれほど耐性の高い微生物ではなく、周辺の温度下に置かれた食品中では増殖しない。高温や低 pH、高酸素濃度、低湿度のような異なる環境に敏感である。発育至適温度は 37～42℃である。サルモネラや *E.coli* とは異なり、食鳥処理後にカンピロバクターが増殖することは考えにくい。逆に、死滅によって減少することが考えられる。これは食品が置かれる温度に依存する。

カンピロバクターは冷凍の影響に敏感であり、室温よりも冷蔵庫中の食品でより生残する。なお、ここでのリスク評価では生鶏枝肉が対象であるとされている。

表 2-14 に示すデータに基づき、鶏肉の冷蔵庫保管中 (4℃) の 1 日あたりカンピロバクターの対数減少率は、次式の三角分布に従うものとして推定されている。なお、Stern(1995b) のデータは他の研究者のデータと異なる値をとっている。理由は不明であるが、分析に含めている。

鶏肉の冷蔵庫保管中 (4℃) の 1 日あたりカンピロバクターの対数減少率：
 $LR_Rate \sim \text{Triang}(0.04, 0.12, 0.30) \text{ logCFU/日}$

表 2-14 鶏肉の冷蔵庫保管中の 1 日あたりカンピロバクター対数減少データ

Author	Substrate	(LR)	Days	LR/Day
Blankenship & Craven (1982)	Ground Chicken	1.50	17	0.09
Blankenship & Craven (1982)	Ground Chicken	0.80	17	0.05
Blankenship & Craven (1982)	Ground Chicken	2.00	17	0.12
Blankenship & Craven (1982)	Drumsticks	2.00	16	0.13
Ooesterom et al (1983b)	Chicken Carcass	1.00	7	0.14
Ooesterom et al (1983b)	Chicken Carcass	1.00	8	0.13
Yogasundaram & Shane (1986)	Drumsticks	0.74	7	0.11
Svedhem et al (1981)	Chicken Parts	0.40	7	0.06
Stern (1995b)	Chicken Carcass	1.80	7	0.26
Stern (1995b)	Chicken Carcass	2.00	7	0.29
Stern (1995b)	Chicken Carcass	1.40	7	0.20
Stern (1995b)	Chicken Carcass	0.40	7	0.06

また、生鶏肉が食鳥処理から小売を通じて喫食者に渡るまでには 1～7 日 (最確値 3 日) かかり、その間は冷蔵温度の下に置かれると仮定し、冷蔵庫での保管期間を次式の三角分布に従うものと推定している。

冷蔵庫での保管期間： $\text{Refrig_Day} \sim \text{Triang}(1, 3, 7) \text{ 日}$

(2) 喫食者の鶏肉の取り扱い

鶏肉の消費は年々増加傾向にある。アメリカでは76%の喫食者が鶏肉を週に少なくとも1回は喫食し、45%が週に2回は喫食する。カナダでは1998年の一人当たり鶏肉消費量は約26kgであり、アメリカでは36kgである。

喫食者がカンピロバクターに曝露される経路は鶏肉の喫食および生鶏肉の取り扱いと高い相関がある。生鶏肉の取扱いは、交差汚染の問題も含め、カンピロバクターに曝露される重要な経路として認識されている。

交差汚染はキッチンにおいて多様な媒体を通じて発生する。全体の平均的なリスクを推定するためのモデル化は困難である。交差汚染のモデル化をさらに困難にするものとして、摂取される用量の推定に係る問題がある。

鶏肉からカンピロバクター属感染症に感染するリスクを推定するために、家庭での調理不十分な鶏肉の喫食と、生鶏肉から滴り落ちた液体の交差汚染を通じた喫食といった2つの曝露経路を独立にモデル化している。

1) 家庭での喫食を通じた曝露

カンピロバクターは加熱処理に弱く、加熱調理によってかなりの対数減少が期待される。Doyle and Roman(1981)では、60°Cで10分の加熱処理は多数のカンピロバクターを死滅させるのに十分としている。

モデルでは、全体のほんの一定割合だけが加熱調理が不十分な鶏肉であり、そうした鶏肉にのみカンピロバクターが生残できると仮定されている。加熱不活化効果はこれらの鶏肉にのみ適用される。残りは完全に加熱調理され、カンピロバクター汚染の影響を受けないと仮定されている。

Worsfold and Griffith(1997), Daniel (1998), Bryan and Doyle(1995)から、一般の調理において加熱が不十分な調理の割合は15、24%、27%と報告されているが、鶏肉については不十分な加熱の危険性が理解されていることから、5~15%程度であるとし、次式の三角分布に従うものとして推定されている。

鶏肉の不十分な加熱調理の割合： $\text{Prop_UC} \sim \text{Triang}(0.05, 0.10, 0.15)$

鶏の内臓の内腔部、隙間や、繋ぎ目周辺部、切断され傷つけられた組織では、直接的な加熱からある程度保護されており、微生物が生残することができる。鶏肉の体表面の微生物は若干の加熱で不活化される。甚だしく不適切に調理されていない限り、微生物は、これらの保護された組織においてのみ生残する。

Bryan and Doyle(1995)(Bryan and McKinley(1974), Robers(1972))に基づき、ロースト、フライ、グリルといった調理法では、体表面の温度は74°Cであるが、保護された組織は調理の過程で0.5~1.5分の間、60~65°Cの温度に曝されると仮定し、鶏肉の保護された組織における加熱時間と温度は次式の三角分布に従うものとして推定されている。

・鶏肉の保護された組織の加熱時間： $\text{Time_CK} \sim \text{Triang}(0.50, 1.00, 1.50)$ 分
・鶏肉の保護された組織の温度： $\text{Temp_CK} \sim \text{Triang}(60.0, 64.0, 65.0)$ °C

また、調理によるカンピロバクターの対数減少を推定するために、Blackenship and Craven (1982)において、温度がカンピロバクターに与える効果を実験的に推定した D 値と z 値⁹を用いてモデル化が行われている (表 2-15)。5-strain および strain H840 カンピロバクターの z 値はそれぞれ 6.35°C、5.91°Cである。5-strain カンピロバクターのデータに基づき、調理によるカンピロバクターの対数減少は線形回帰によって次式のとおり推定されている。

不十分な加熱調理によるカンピロバクターの汚染量の対数減少：

$$\text{Effect_CK} = \text{Time_CK} / 10^{(-0.158 \times \text{Temp_CK} + 9.01)}$$

表 2-15 一定温度下でのカンピロバクターの死滅時間

	H-840	5 strain composite
	z-value = 5.91 C	z-value = 6.35 C
Temperature (deg C)	D-value (min)	D-value (min)
49	20.5	ND
51	8.77	9.27
53	4.85	4.89
55	2.12	2.25
57	0.79	0.98

さらに、保護された組織にカンピロバクターが 10~20%存在するものと仮定し、鶏肉の保護された組織に存在するカンピロバクターの割合は次式の三角分布に従うものと推定されている。

鶏肉の保護された組織に存在するカンピロバクターの割合：

$$\text{Prop_Prtet} \sim \text{Triang}(0.10, 0.15, 0.20)$$

この 10~20%のカンピロバクターが生残する確率は、保護された組織が加熱される時間と温度による死滅率 (不十分な加熱調理による汚染量の対数減少) を乗じることで推定される。

2) 間接的な曝露

家庭では、調理の準備をしている間、多数の経路で生鶏肉に含まれるカンピロバクターの曝露を受ける可能性がある。例えば、鶏肉からカンピロが付着する食材の汚染、まな板の汚染、手の汚染等が挙げられる。キッチンで発生する事象には大きな不確実性と変動性が伴う。従って、交差汚染を通じたカンピロ属感染症への感染リスクの推定は困難であり、データも限られている。既存研究では、準備後の汚染の可能性は把握できても、定量的な汚染量の推定は不可能である。そこで、鶏肉の喫食以外の経路からの曝露に伴うリスクの推定は次のアプローチで推定している。浸漬冷却など食鳥処理過程で鶏肉に水が用いられるとき、鶏肉に緩く付着しているカンピロの一部は水の中で希釈され、一部は鶏肉の中に浸入するか、鶏肉の周りに薄い層を形成する。その後、調理の準備中に水の一定割合は生鶏肉から滴り落ち (カンピロバクターの濃度は鶏肉に残る水と同じ)、交差汚染が発生する。

⁹ z 値は D 値 (時間) を 90%減少させるために要する温度上昇

例) 鶏肉のカンピロバクターの濃度が $3 \log$ CFU/羽であり、鶏肉に付着しているカンピロバクターの5%が緩く付着しているものとする。これが浸漬冷却で200mlの水に希釈され、約75mlが鶏肉に残り、残りは処理施設中に滴り落ちるとする。このとき、鶏肉に残った水に含まれるカンピロバクターの濃度は次のように推定される。

- ・鶏肉のカンピロバクター濃度= $3 \log$ CFU/羽= 1000 CFU/羽
- ・緩く付着しているカンピロバクター= 50 CFU/羽
- ・希釈水のカンピロバクター濃度= $50/200=0.25$ CFU/ml
- ・鶏肉に残るカンピロバクター= $0.25 \times 75 \approx 19$ CFU
- ・調理準備中に滴り落ちた水の中のカンピロバクター= $0.25 \times 125 \approx 31$ CFU

具体的に、食鳥処理後のカンピロバクター濃度から、家庭で滴り落ちる水のカンピロ濃度を推定する手順は図 2-5 に示すとおりである。

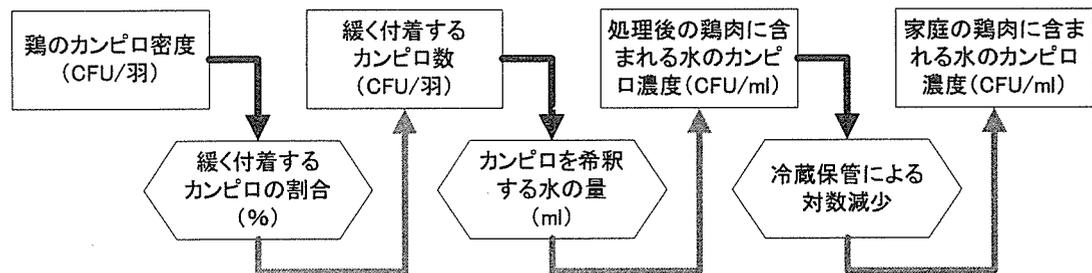


図 2-5 家庭で滴り落ちる水のカンピロ濃度の推定手順

カナダ食品監視局 (CFIA) では、2.3kg 未満の鶏肉に対し、食鳥処理で追加される水の重さを最大 8%に規制している。アメリカでも 2kg 未満の鶏肉に対し、重量増を最大 8%に規制するガイドラインがある。従って、約 1400g の鶏肉には約 100ml の水が含まれる。なお、ここでの交差汚染によるリスク推定においては、生鶏肉から滴り落ちる 0.5~1.5ml の水からの曝露を対象とする (曝露される経路は特定しない)。

- ・緩く付着しているカンピロバクターの割合 : $\text{Prct_Loose} \sim \text{Uniform}(1,10) \%$
- ・緩く付着しているカンピロが希釈される水の量 : $\text{Dilution_Vol} \sim \text{Uniform}(150,250) \text{ ml}$
- ・喫食者が家庭で曝露される生鶏肉からの水の量 : $\text{Vol_Drip} \sim \text{Uniform}(0.5,1.5) \text{ ml}$

2.7 用量-反応分析

カンピロバクター属感染症への罹患リスクは次の3つの条件付き生起確率に依存する。

- ・カンピロバクターを摂取する確率
- ・摂取されたカンピロバクターが生残り、宿主に感染する確率
- ・感染した宿主が罹患する確率

用量-反応分析では、食中毒の集団発生に係る疫学データと摂取実験データを用いることができる。ただし、前者では用量が計測されることはほとんどなく、後者は代表性に欠けるといった問題点がある。

ここでは、Black et al.(1988)のカンピロバクター摂取実験のデータ(表 2-16)を最尤法によって用量-反応モデルに適合させている(Medema et al. 1996, Teunis et al. 1996)。現在、さまざまな病原菌について広範に用いられ、受容されている用量-反応モデルは次式で表されるベータ-ポアソンモデル(Haas 1983, Furomoto and Mickey 1967)である¹⁰。

$$P_{\text{inf}} = 1 - \left(1 + \frac{D}{\beta}\right)^{-\alpha} \quad P_{\text{inf}}: \text{感染確率、} D: \text{摂取用量、} \alpha、\beta: \text{パラメータ}$$

$$\alpha = 0.145, \beta = 7.589$$

最近の分析(Cassin et al. 1998)では、ベータ-ポアソンの改良版であるベータ-二項モデルが用いられている。これは、1個のカンピロバクターから感染する確率を推定するためにベータ分布から標本抽出し、また、摂取したカンピロバクターの数はポアソン分布から標本抽出する。そこでは、鶏肉に存在するカンピロが一定の濃度でランダムに分布していることが仮定されている。そして、摂取したカンピロバクターからの感染確率は二項過程(試行回数=摂取したカンピロ数、各試行の成功確率=ベータ分布から抽出された値)を仮定して推定する。ベータ-二項モデルでは、ベータ-ポアソンモデルと仮定は同じだが、一定用量からの感染確率の変動性が考慮される。ベータ-二項モデルは次式で表される。

$$P_{\text{inf}} = 1 - (1 - P_{\text{inf}}(1))^D \quad P_{\text{inf}}: \text{感染確率、} P_{\text{inf}}(1): \text{1個の病原体からの感染確率(ベータ分布)}$$

$$D: \text{摂取した病原体の数}$$

表 2-16 カンピロバクター摂取実験データ

Strain	Dose	# of Subjects	Infected	Proportion
<i>C. jejuni</i> A3249	8.00E+02	10	5	0.500
	8.00E+03	10	6	0.600
	9.00E+04	13	11	0.846
	8.00E+05	11	8	0.727
	1.00E+06	19	15	0.789
	1.00E+08	5	5	1.000

¹⁰ 閾値なしの仮定(1個の病原体でも宿主に感染可能)の下で構築

ここで、 $\alpha=0.145$ 、 $\beta=7.589$ のベータ分布について、2万回の試行を行う6回（異なるシード値を適用）のシミュレーションを実施したところ、最大値の平均値は約63%、99.9%値の平均値は約40%であった。さらに、各シミュレーションの間では99.9%値よりも大きな値で、かなり大きな変動性がみられた。1個の病原体から個人が40%を超える確率で感染することは、その個人はかなり高い感受性を有することを意味する。こうした非現実的な感受性を有する個人を想定する稀少確率を含めれば、最終的なリスクの分布に不要な変動性を増加させてしまう。そこで、ここでは、ベータ分布の0.5%値から99.5%値の範囲のみから標本を抽出することとしている（99%の範囲から標本を抽出）¹¹。これにより、最大値の平均値は約29%となる（99.5%値）。この値でも、依然として高い感受性を有する個人を想定していると解釈される。

用量-反応関係は、リスク評価モデルにおいてかなり不確実なパラメータである。しかし、その検証は定量的な疫学データがないため困難である。堅めの推定をするために、重要な仮定として、感染すれば罹患するものと仮定する。

- ・ 1個のカンピロバクターからの感染確率の分布： $P(1) \sim \text{Beta}(0.145, 7.59)$ [0.5~99.5%]
- ・ 曝露される用量からの感染確率の分布： $P(D) \sim \text{Binomial}(\text{Dose}, \text{Beta}(0.145, 7.59))$

¹¹ 分布の特定範囲のみから標本を抽出する方法は、@Risk の場合には RiskTruncate 関数を使用することで実現できる。具体的に、ベータ分布の0.5%値から99.5%値の範囲のみから標本を抽出する関数は次式のように記述される。

$\text{RiskBeta}(\alpha, \beta, \text{RiskTruncate}(\text{BETAINV}(0.005, \alpha, \beta), \text{BETAINV}(0.995, \alpha, \beta)))$

2.8 分析結果

分析は、@Risk を用いて1万回の試行を行うシミュレーションを実行することで実施している。サンプリング法としてラテンハイパーキューブ法を適用している。

(1) カンピロバクター濃度と汚染率

1) 冷却タンク中の汚染鶏肉における平均カンピロバクター濃度

食鳥処理場の冷却タンク中の汚染鶏肉における平均カンピロバクター濃度を、表 2-17 に示す4つの食鳥処理方法についてそれぞれ推定している。その推定結果は表 2-18、図 2-6 および図 2-7 に示すとおりである。

アメリカでは 1992 年に食鳥処理方法を弱湯漬塩素非添加から弱湯漬塩素添加に変更している (SSnCl→SSCl)。分析結果から、この変更によって汚染鶏肉におけるカンピロバクター濃度は 0.4log CFU/羽だけ改善される。また、これにより、約 8% の汚染鶏肉が変更前 (SSnCl) の平均カンピロバクター濃度を下回るようになる。

弱湯漬塩素非添加から強湯漬塩素非添加に変更した場合には (SSnCl→HSnCl)、カンピロバクター濃度は 0.6log CFU/羽だけ改善される。また、約 12% の汚染鶏肉が変更前 (SSnCl) の平均カンピロバクター濃度を下回るようになる。

さらに、弱湯漬塩素非添加から強湯漬塩素添加に変更した場合には (SSnCl→HSCl)、カンピロバクター濃度は 1 log CFU/羽だけ改善される。また、約 20% の汚染鶏肉が変更前 (SSnCl) の平均カンピロバクター濃度を下回るようになる。

表 2-17 シミュレーションの対象としている食鳥処理方法

食鳥処理方法	湯漬方法	冷却方法
HSCl	強湯漬(Hard Scald)	塩素添加冷却(with Chlorine)
HSnCl	強湯漬(Hard Scald)	塩素非添加冷却(with no Chlorine)
SSCl	弱湯漬(Soft Scald)	塩素添加冷却(with Chlorine)
SSnCl	弱湯漬(Soft Scald)	塩素非添加冷却(with no Chlorine)

表 2-18 冷却タンク中の汚染鶏肉におけるカンピロバクター濃度

食鳥処理方法	カンピロバクター濃度(log CFU/羽)			備考
	5%値	平均	95%値	
HSCl	0.117	3.377	6.729	
HSnCl	0.490	3.777	6.988	カナダ
SSCl	0.628	3.980	7.235	アメリカ
SSnCl	1.099	4.360	7.490	