

鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ に関する定量的リスクモデルの紹介

(株)三菱総合研究所

主任研究員

長谷川 専

目次

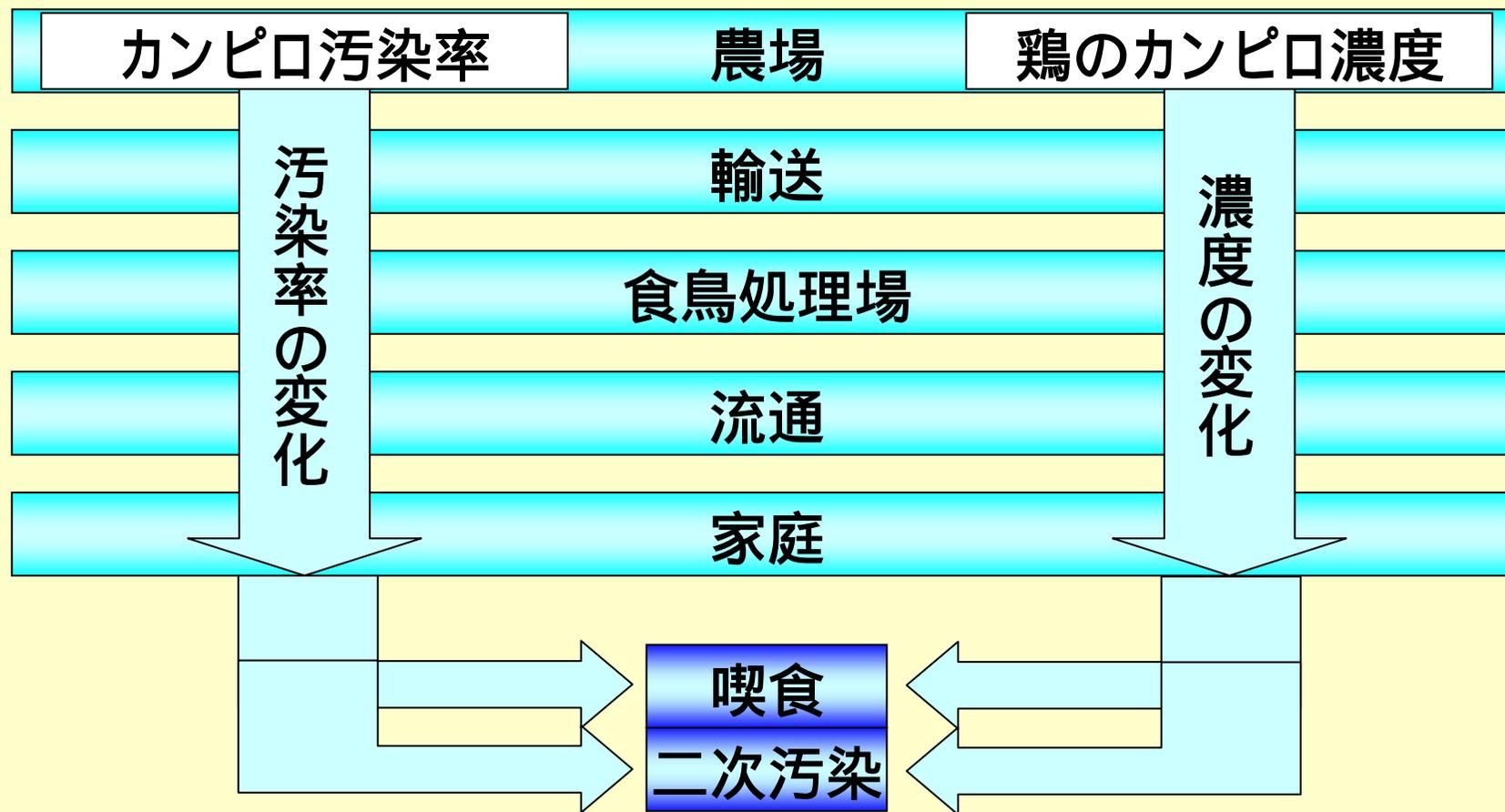
- 1 . はじめに
- 2 . モデルの概要
- 3 . モデルの詳細
- 4 . 分析結果
- 5 . 結論

1. はじめに

(1) 紹介する文献

- A Quantitative Risk Assessment Model for *C. jejuni* in Fresh Poultry, Amir M. Fazir, Ruff Lowman, Norman Stern, Anna M. Lammerding, 1999.12
- 鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ(以下、カンピロ)の食中毒リスクについて、Farm To Folkの定量的リスクモデルを構築
- 食鳥処理方法の変更など、リスク管理措置による食中毒リスク低減効果を定量的に推定

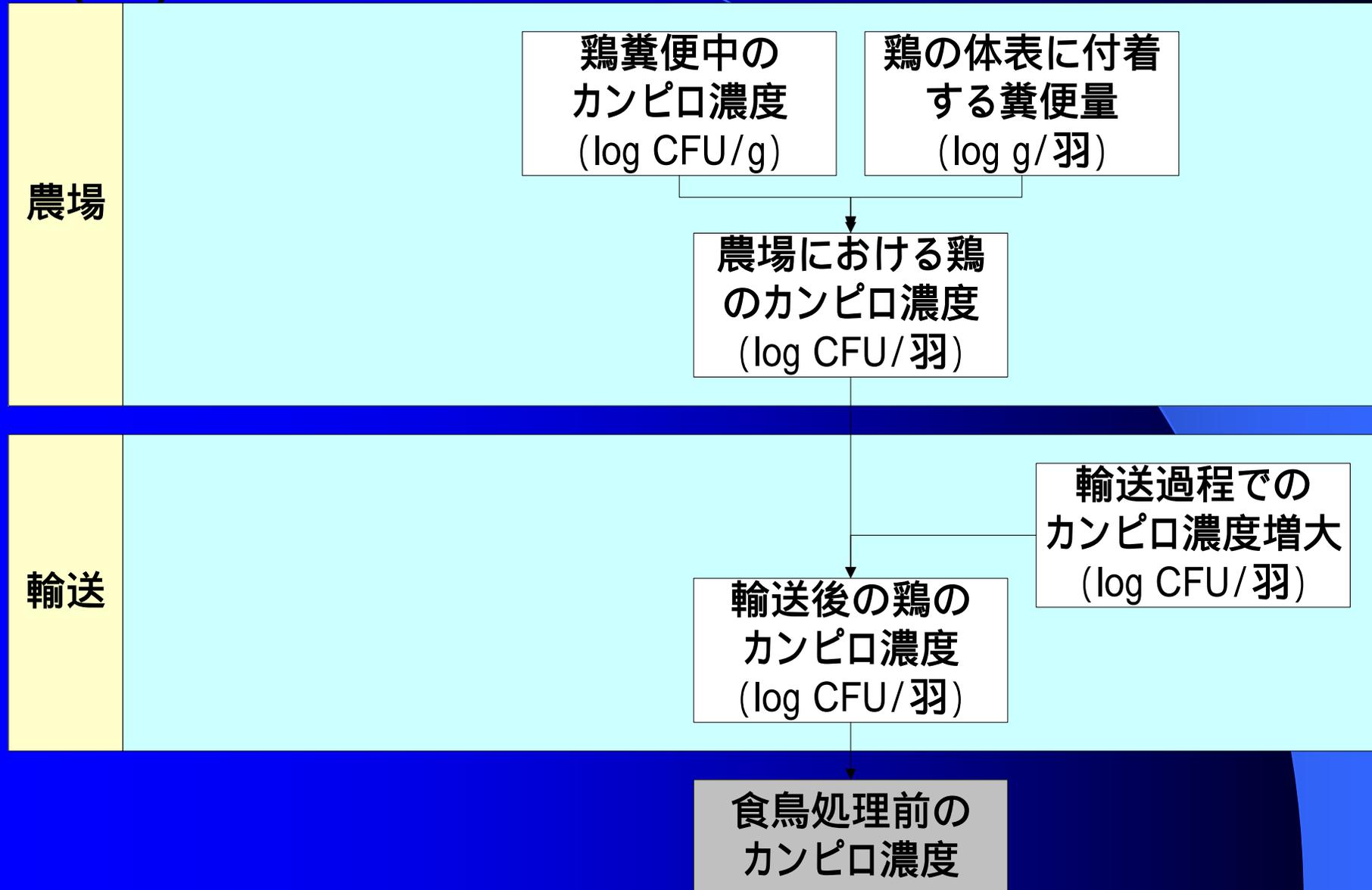
(2) モデルの基本的な考え方



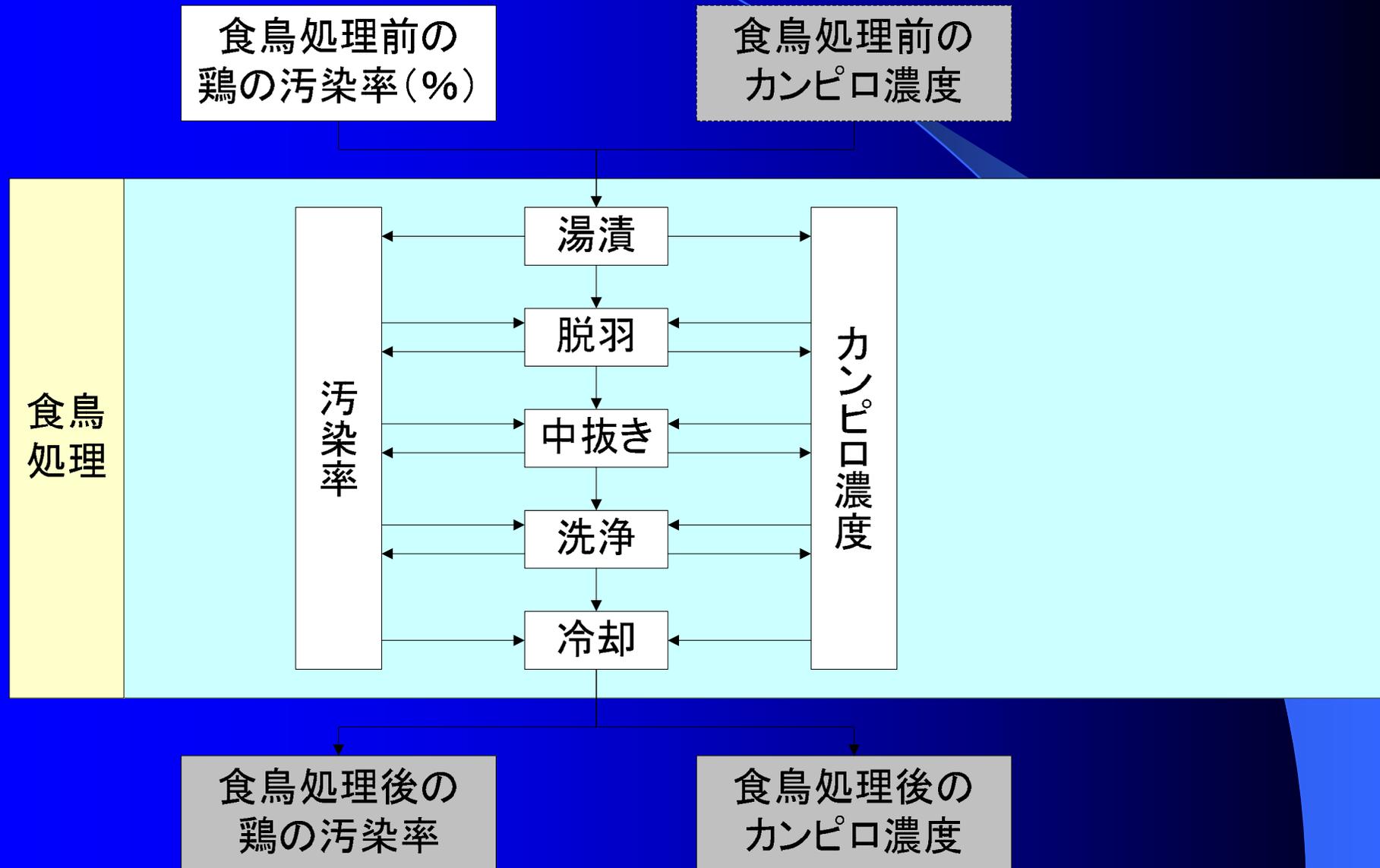
食中毒

2. モデルの概要

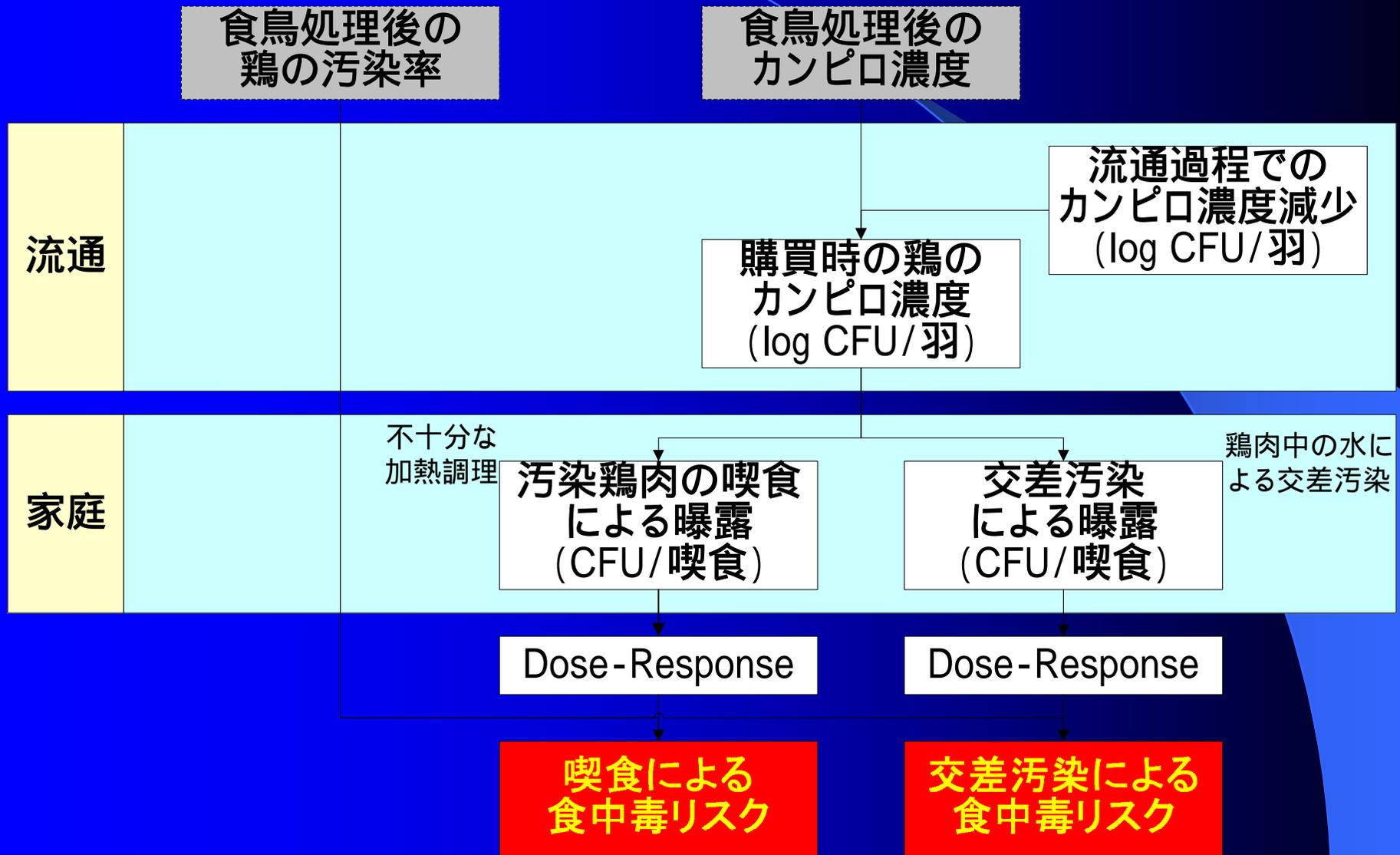
(1) 農場～輸送



(2) 食鳥処理



(3) モデルの概要 (流通 ~)

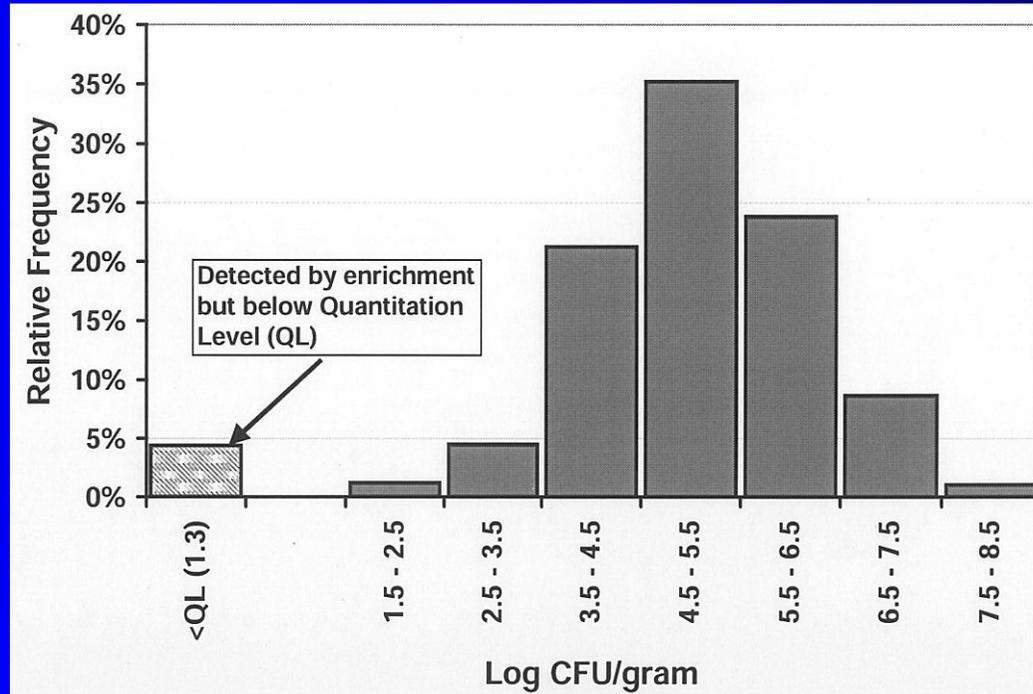


3. モデルの詳細 3.1 カンピロ濃度

(1) 農場における鶏のカンピロ濃度

- 糞便中のカンピロ濃度 Cf_F

- Stern et al.(未公表)の20農場 × 50サンプル=1000サンプルの糞便中のカンピロ濃度データに基づく
- $Cf_F \sim \text{Normal}(4.95, 1.38)$ log CFU/g



検出限界以下のデータについて、母集団が正規分布に従うことを仮定するCohenの方法を適用

(1) 農場における鶏のカンピロ濃度

- 鶏の体表に付着する糞便量 fb_F
 - 十分なデータがない中での仮定 (結果への影響力が小さいという割り切り)
 - $fb_F \sim \text{Uniform}(0.50, 5.00)$ g/羽
- 農場における鶏のカンピロ濃度 C_F1
 - $C_F1 \sim C_{f_F} + \log(fb_F)$ log CFU/羽

(2) 輸送過程でのカンピロ濃度の増大

- 輸送過程でのカンピロ濃度の増大 Mag_T

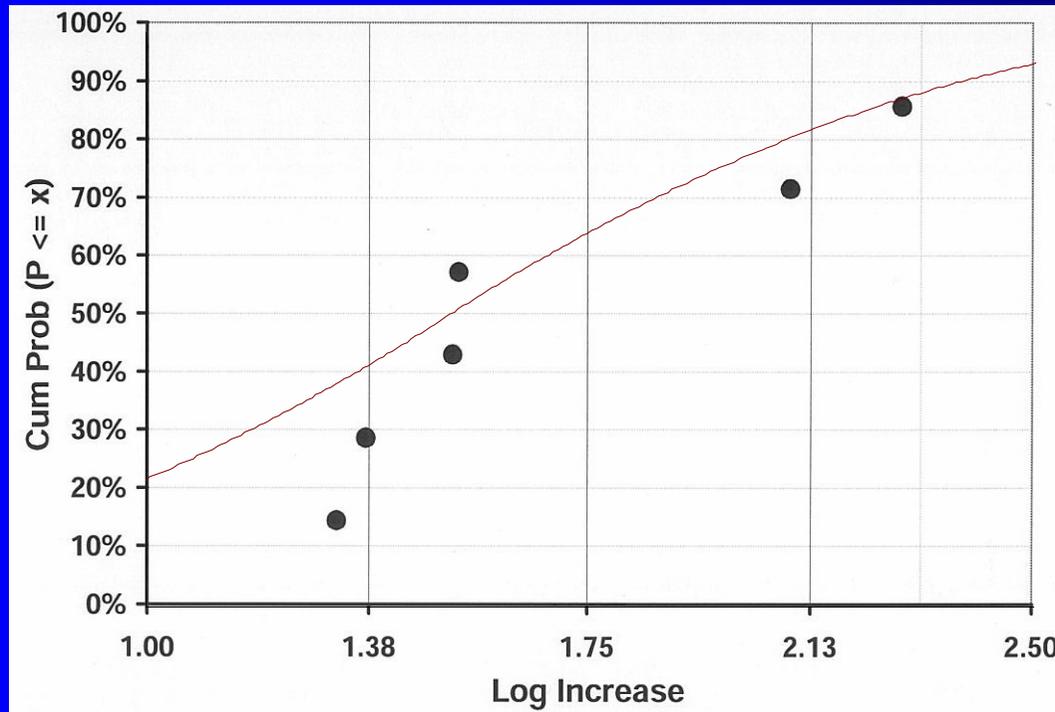
体表のカンピロの増殖、他の鶏の交差汚染

- Stern(1995): 10農場20サンプルの鶏の輸送実験で輸送前後でカンピロ検出された6農場データに着目

鶏の平均カンピロ濃度 (log (CFU/carcass))			備考
農場数	輸送前	輸送後	
6農場	6.11	7.8	・1.7logの濃度増大 ・農場ベースでは濃度増大に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。

(2) 輸送過程でのカンピロ濃度の増大

- 6農場のデータに基づき、データ以上に大きな変動性が存在することを考慮
- $\text{Mag}_T \sim \text{Triang}(0, 1.5, 3.0)$ log CFU/羽



(3) 食鳥処理 1) 湯漬

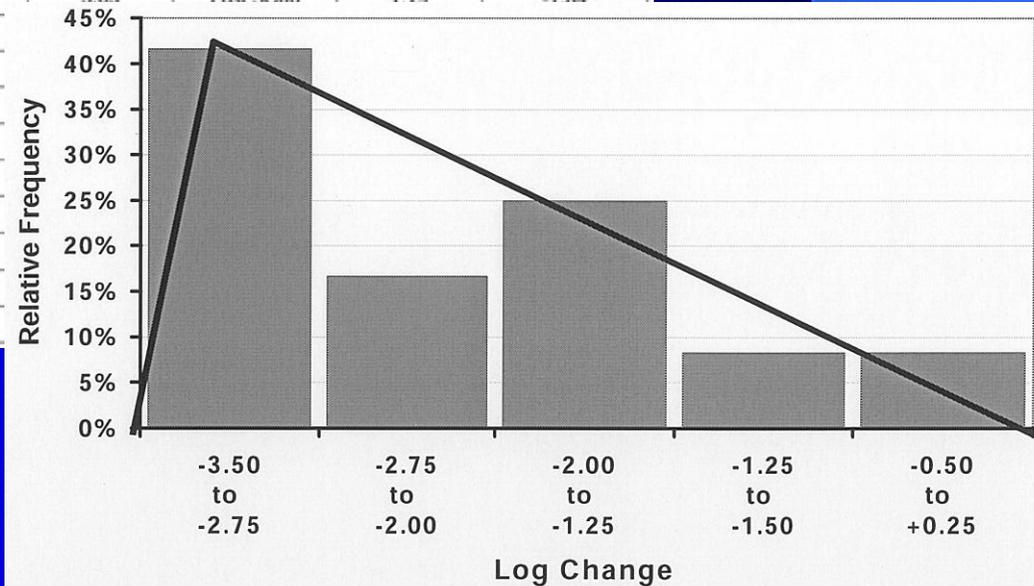
- 湯漬 (Scalding) : 脱羽を容易にするための工程
 - 弱湯漬 (Soft Scalding) : 湯温55 以下 米
 - 強湯漬 (Hard Scalding) : 湯温55 以上 加、日
- 湯漬で体表から洗い流されたカンピロの挙動
 - 湯の高温によって死滅
 - あふれた湯とともに移動
 - 生残し、同一または別の鶏に再付着 (交差汚染)

(3) 食鳥処理 1) 湯漬 弱湯漬

- 弱湯漬によるカンピロ濃度変化 Effect_Scald(SS)
 - 各種文献のデータに基づく
 - Effect_Scald(SS) ~ Triang(-3.5, -3.0, 0.25) log CFU/羽

交差汚染

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				
8	(Ooesterom et al, 1983).	Post Bleed				
8	(Ooesterom et al, 1983).	Post Bleed				
5	Berrang, M. (unpublished)	Pre Scald				
5	Berrang, M. (unpublished)	Pre Scald				
5	Berrang, M. (unpublished)	Pre Scald				
5	Berrang, M. (unpublished)	Pre Scald				
5	Berrang, M. (unpublished)	Pre Scald				
5	Berrang, M. (unpublished)	Pre Scald				



(3) 食鳥処理 1) 湯漬 強湯漬

- 強湯漬によるカンピロ濃度変化Effect_Scald(HS)
 - 強湯漬の効果
 - ◇ 洗浄効果: 弱湯漬と同等の効果
 - ◇ 高温による不活化効果: ほとんど生残しない
 - Ooesterom et al. (1983)のデータに基づいて仮定設定
 - ◇ 分布形状は弱湯漬に類似 三角分布
 - ◇ 濃度は増加せず、少なくとも-0.75logは減少
 - ◇ 最大値は-4 log、最確値は-3.5log
 - Effect_Scald(HS) ~ Triang(-4.0,-3.5,-0.75) logCFU/羽

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

(3) 食鳥処理 2) 脱羽

- 脱羽によるカンピロ濃度変化 Effect_Def
 - 汚染鶏脱羽 脱羽機にカンピロ付着 後続鶏汚染
菌種に固有 カンピロ以外のデータも含めて分析
 - Effect_Def ~ Triang(-1.0,0.5,3.0) logCFU/羽

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			
8	Ooesterom et al 1983	After Scald (>55)	1.25			
8	Ooesterom et al 1983	After Scald (>55)	1.26			
8	Ooesterom et al 1983	After Scald (<55)	1.37			
8	Ooesterom et al 1983	After Scald (<55)	1.68			
8	Ooesterom et al 1983	After Scald (<55)	2.40			
8	(Izat et al 1988).	Post Scald (< 55)	<1.26			
8	(Izat et al 1988).	Post Scald (< 55)	1.26			
8	(Izat et al 1988).	Post Scald (< 55)	1.19			
5	Berrang, M. (review)	Post Scald (< 55)	1.00			
5	Berrang, M. (review)	Post Scald (< 55)	2.00			
5	Berrang, M. (review)	Post Scald (< 55)	1.70			
5	Berrang, M. (review)	Post Scald (< 55)	2.40			
5	Berrang, M. (review)	Post Scald (< 55)	2.40			
5	Berrang, M. (review)	Post Scald (< 55)	1.50			
				Post Pick	4.10	1.70
				Post Pick	3.70	2.20

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) 食鳥処理 3) 中抜き

- 中抜きによるカンピロ濃度変化 Effect_Evisc
 - 腸管の切断や粗暴な取扱いによる糞便汚染の拡大
 - 手や器材、器具にカンピロが付着、他の鶏に付着菌種に固有 カンピロ以外のデータも含めて分析
- Effect_Evisc ~ Triang(-0.5,0,2.0) logCFU/羽

Samples	Author	Sample Point	Samples	Author	Organism	Sample Point	log CFU/unit	Sample Point	Log CFU/unit	Log Change
8	Ooesterom et al 1983	After Defeather	11	Abu-Ruwaida 1994	Aerobic	After Defeather	7.10	After Lung Sucking	7.20	0.10
8	Ooesterom et al 1983	After Defeather	54	Lillard 1990	Aerobic	Post Pick	7.37	Post Evisceration	6.76	-0.61
8	Ooesterom et al 1983	After Defeather	30	Berrang (unpublished)	Aerobic	Post Pick	5.00	Post Evisceration	4.50	-0.50
8	Ooesterom et al 1983	After Defeather	30	Berrang (unpublished)	Coliforms	Post Pick	3.40	Post Evisceration	3.10	-0.30
8	Ooesterom et al 1983	After Defeather	11	Abu-Ruwaida 1994	Coliforms	After Defeather	5.50	After Lung Sucking	5.45	-0.05
8	Ooesterom et al 1983	After Defeather	30	Berrang (unpublished)	E.coli	Post Pick	2.80	Post Evisceration	2.20	-0.60
8	Izat et al 1988	Post Pick	11	Abu-Ruwaida 1994	E.coli	After Defeather	4.85	After Lung Sucking	4.95	0.10
8	Izat et al 1988	Post Pick	8	Ooesterom et al 1983	Enterobacteriaceae	After Defeather	3.97	After Evisceration	5.73	1.76
8	Izat et al 1988	Post Pick	8	Ooesterom et al 1983	Enterobacteriaceae	After Defeather	2.90	After Evisceration	3.60	0.70
5	Berrang (unpublished)	Post Pick	8	Ooesterom et al 1983	Enterobacteriaceae	After Defeather	3.69	After Evisceration	4.86	1.17
5	Berrang (unpublished)	Post Pick	8	Ooesterom et al 1983	Enterobacteriaceae	After Defeather	2.94	After Evisceration	3.86	0.92
5	Berrang (unpublished)	Post Pick	8	Ooesterom et al 1983	Enterobacteriaceae	After Defeather	3.69	After Evisceration	3.60	-0.09
5	Berrang (unpublished)	Post Pick	8	Ooesterom et al 1983	Enterobacteriaceae	After Defeather	4.16	After Evisceration	3.87	-0.29
5	Berrang (unpublished)	Post Pick	54	Lillard 1990	Enterobacteriaceae	Post Pick	5.92	Post Evisceration	5.74	-0.18
5	Berrang (unpublished)	Post Pick	11	Abu-Ruwaida 1994	Enterobacteriaceae	After Defeather	5.55	After Lung Sucking	5.35	-0.20
11	Abu-Ruwaida 1994	After Defeather								

(3) 食鳥処理 4) 洗浄

- 洗浄によるカンピロ濃度変化 Effect_Wash
 - 洗浄の効果: 清浄な水によって、鶏の体表の付着物や有機物、一部の微生物が除去
 - 菌種に固有 カンピロ以外のデータも含めて分析
 - Effect_Wash ~ Triang(-1.5,-0.5,0) logCFU/羽

Samples	Author	Sample Point	Samples	Author	Organism	Sample Point	Mean log CFU/unit	Sample Point	Mean log CFU/unit	Mean Log Change
5	Berrang (unpublished)	Post Evisceration	54	Lillard 1990	Aerobic Bacteria	Post Evisceration	6.76	Pre Chill	6.46	-0.30
5	Berrang (unpublished)	Post Evisceration	11	Abu-Ruwaida 1994	Aerobic Bacteria	Post Evisceration	7.20	Post Wash	6.15	-1.05
5	Berrang (unpublished)	Post Evisceration	30	Berrang (unpublished)	Aerobic Bacteria	Post Evisceration	4.50	Pre Chill	3.60	-0.90
5	Berrang (unpublished)	Post Evisceration	11	Abu-Ruwaida 1994	Coliform	Post Evisceration	5.45	Post Wash	5.15	-0.30
5	Berrang (unpublished)	Post Evisceration	30	Berrang (unpublished)	Coliform	Post Evisceration	3.10	Pre Chill	2.20	-0.90
5	Berrang (unpublished)	Post Evisceration	11	Abu-Ruwaida 1994	E.coli	Post Evisceration	4.95	Post Wash	4.50	-0.45
8	Izat et al 1988	Pre Wash	30	Berrang (unpublished)	E.coli	Post Evisceration	2.20	Pre Chill	1.50	-0.70
8	Izat et al 1988	Pre Wash	54	Lillard 1990	enterobacteriaceae	Post Evisceration	5.74	Pre Chill	5.50	-0.24
8	Izat et al 1988	Pre Wash	11	Abu-Ruwaida 1994	enterobacteriaceae	Post Evisceration	5.35	Post Wash	5.20	-0.15
11	Abu-Ruwaida 1994	Post Evisceration								

(3) 食鳥処理 5) 冷却

- 浸漬冷却の効果

- 洗浄効果

- 希釈効果

- 塩素添加による微生物の死滅効果

- ◆ 塩素添加: 米

- ◆ 塩素非添加: 加

死滅効果は微生物の生残能力に依存

菌種に固有 カンピロのみのデータで分析

(3) 食鳥処理 5) 冷却 塩素非添加

- 冷却 (塩素非添加) によるカンピロ濃度変化
Effect_Chill(nCl)
 - 各種文献のデータに基づく
 - Effect_Chill(nCl) ~ Triang(-2.0,-0.75,0) logCFU/羽

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)**

(3) 食鳥処理 5) 冷却 塩素添加

- 冷却(塩素添加)によるカンピロ濃度変化
Effect_Chill(CI)
 - 各種文献のデータに基づく
 - Effect_Chill(CI) ~ Triang(-2.5,-1.25,-0.25) logCFU/羽

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)**

3.2 鶏の汚染率

(1) 食鳥処理前(輸送後)

- 食鳥処理前の鶏の汚染率 P_{post_T}
 - Stern(1995)、Berrang (unpublished)に基づき、データが母集団から抽出された二項確率変数(汚染/非汚染の二項確率)と仮定し、汚染率の分布形をベータ分布としてパラメータ推定
 - ✧ Stern(1995): 放血直後の鶏200サンプル(10鶏群)を屠体洗浄 汚染率: 鶏56%、鶏群約80%と推定
 - ✧ Berrang (unpublished): 湯漬前の30サンプル(6鶏群)を屠体洗浄 汚染率83%
 - $P_{\text{post}_T} \sim \text{Beta}(22, 15) \%$

(2) 食鳥処理

- 食鳥処理工程による汚染率の変化
 - 定量化困難 各処理工程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を採用

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.

(2) 食鳥処理

- 交差汚染の発生確率

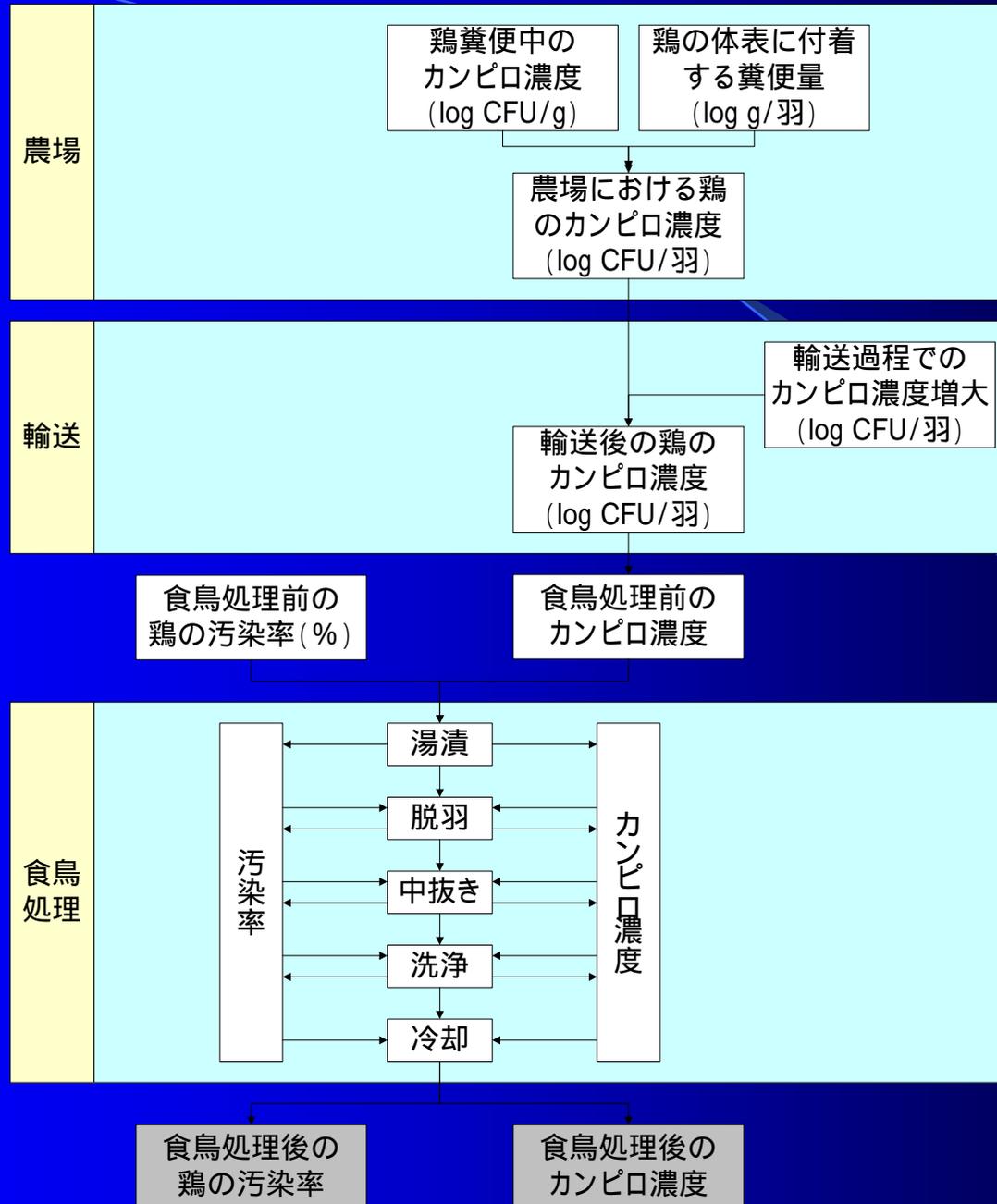
- 交差汚染発生度合いのランクに応じて設定

- 交差汚染係数

- 最大値: 50%の汚染率で当該工程に入った場合に、当該工程の後に適切な汚染率を与えるよう設定

- 最小値: 交差汚染なし(洗淨) 1.00、あり 1.05

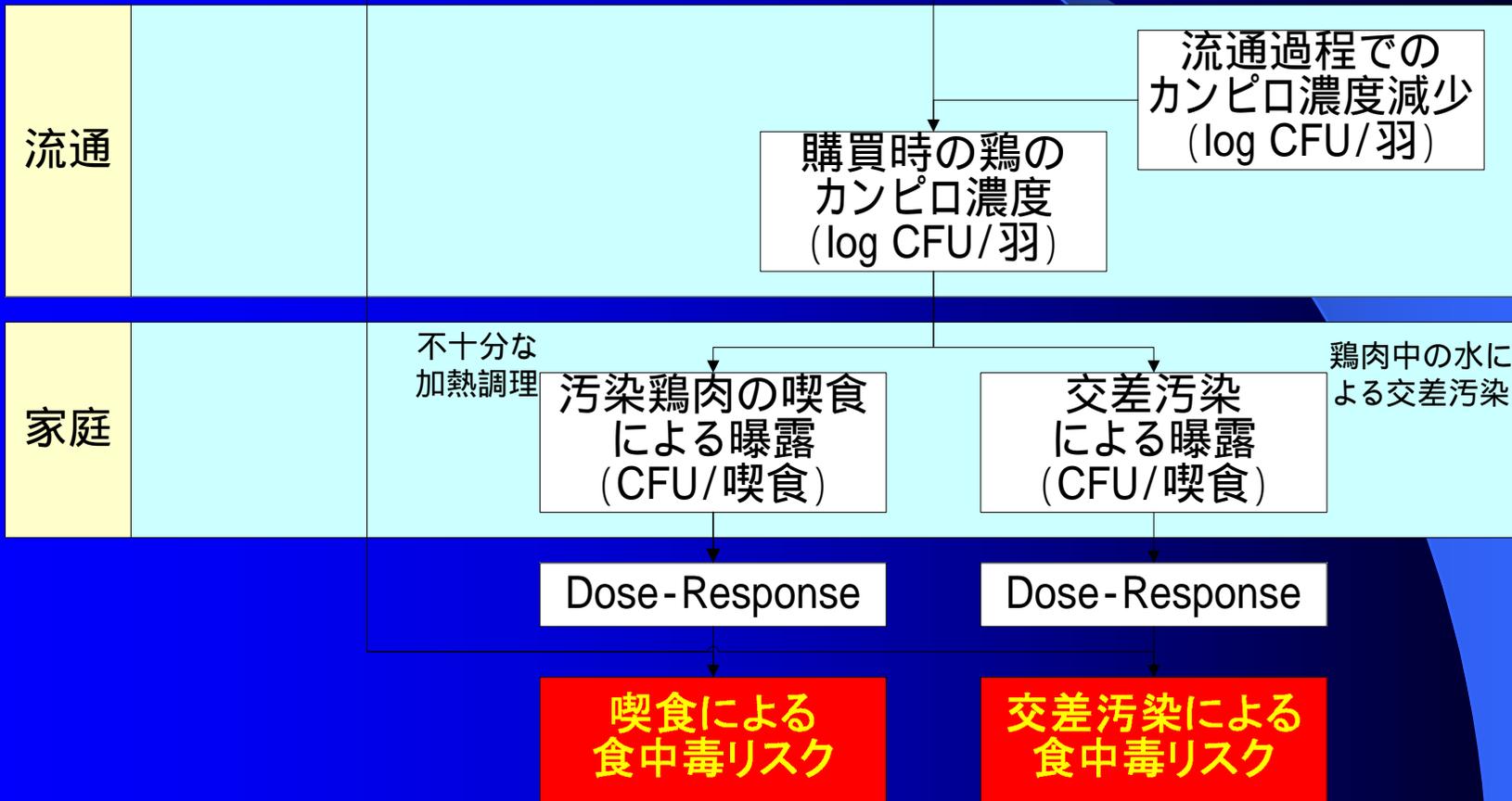
食鳥処理プロセス		交差汚染の発生確率	交差汚染の度合 (交差汚染係数)	交差汚染係数が最大の場合の 当該処理工程前後の汚染率
湯漬	弱湯漬	50%	XS(SS) ~ Uniform(1.05,1.86)	XS(SS) =1.86:50% 65%
	強湯漬	25%	XS(HS) ~ Uniform(1.05,1.50)	XS(HS) =1.50:50% 60%
脱羽		80%	XD ~ Uniform(1.05,3.00)	XD =3.00:50% 75%
中抜き		60%	XE ~ Uniform(1.05,3.00)	XE =3.00:50% 75%
洗淨		0%	XW ~ Uniform(1.00,1.00)	XW =1.00:50% 50%
冷却	塩素非添加	50%	XC(nCl) ~ Uniform(1.05,2.33)	XC(nCl)=2.33:50% 70%
	塩素添加	25%	XC(Cl) ~ Uniform(1.05,1.86)	XC(Cl) =1.86:50% 65%



食鳥処理後の
鶏の汚染率

食鳥処理後の
カンピロ濃度

ここまで到達



3.3 食鳥処理後のカンピロ濃度

(1) 流通

- カンピロの特性

- 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、低湿度等の異なる環境に敏感：発育至適温度は37～42

食鳥処理後、カンピロは増殖せず、死滅によって減少(室温よりも冷蔵庫中の食品でより生残)

- 流通段階のモデルの考え方

- 冷蔵庫内での鶏肉の保管による死滅をモデル化
 - ✦ 冷蔵庫内での保管1日あたりのカンピロ濃度の減少
 - ✦ 冷蔵庫内での保管日数

(1) 流通

- 鶏肉の冷蔵庫保管中(4)の1日あたりカンピロ菌減少率 LR_Rate
 - 各種文献のデータに基づく
 - $LR_Rate \sim \text{Triang}(0.04, 0.12, 0.30) \log\text{CFU}/\text{日}$

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

(1) 流通

- 鶏肉の冷蔵庫保管日数 Refrig_Day
 - 食鳥処理 ~ 流通 ~ 喫食者の所要日数は1 ~ 7日 (最確値3日)、その間は冷蔵温度の下に置かれると仮定
 - Refrig_Day ~ Triang(1,3,7) 日

(2) 家庭 1) 喫食者の鶏肉の取り扱い

● カンピロへの曝露経路

➤ 喫食による曝露

- ❖ カンピロは加熱処理に弱く、加熱調理によってかなり減少
- ❖ モデル: 全体のほんの一定割合が加熱調理が不十分な鶏肉であり、当該鶏肉にのみカンピロが生残すると仮定
- ❖ 当該鶏肉の喫食によってカンピロに曝露

➤ 交差汚染による曝露: シナリオ分析

- ❖ 交差汚染はキッチンにおいて多様な媒体を通じて発生
- ❖ 交差汚染を網羅したモデル化は困難
- ❖ モデルでのシナリオ: キッチンで生鶏肉に含まれるカンピロ汚染水が滴り落ちて他の非加熱食材を汚染し、当該食材を喫食することによってカンピロに曝露

2) 喫食による曝露

- 鶏肉の不十分な加熱調理の割合 Prop_UC
 - Worsfold and Griffith(1997), Daniel (1998), Bryan and Doyle(1995)の報告: 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%
 - 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%程度と仮定
 - Prop_UC ~ Triang(0.05,0.10,0.15)

2) 喫食による曝露

- 不十分な加熱調理における加熱時間、温度、カンピロ濃度 Time_CK, Temp_CK, Effect_CK
 - カンピロの生残は、直接的な加熱から保護された組織でのみ発生(内腔部、隙間、繋ぎ目周辺部など)
 - 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 であるが、保護された組織では調理の過程で0.5 ~ 1.5分の間、60 ~ 65 の温度に曝されると仮定
 - Time_CK ~ Triang(0.50,1.00,1.50) 分
 - Temp_CK ~ Triang(60.0,64.0,65.0)

2) 喫食による曝露

- Blackenship and Craven (1982): 温度がカンピロに与える効果を実験的に推定 (D値とz値でモデル化)
- 調理によるカンピロ濃度: 加熱時間、加熱温度を説明変数とした線形回帰で推定
- $Effect_CK = Time_CK / 10^{(-0.158 \times Temp_CK + 9.01)}$

	5 strain composite
	z-value = 6.35 C
Temperature (deg C)	D-value (min)
49	ND
51	9.27
53	4.89
55	2.25
57	0.98

- 保護された組織に存在するカンピロの割合
Prop_Prtct
 - 当該組織にカンピロが10～20%存在すると仮定
 - $Prop_Prtct \sim Triang(0.10, 0.15, 0.20)$

3) 交差汚染による曝露

- シナリオ

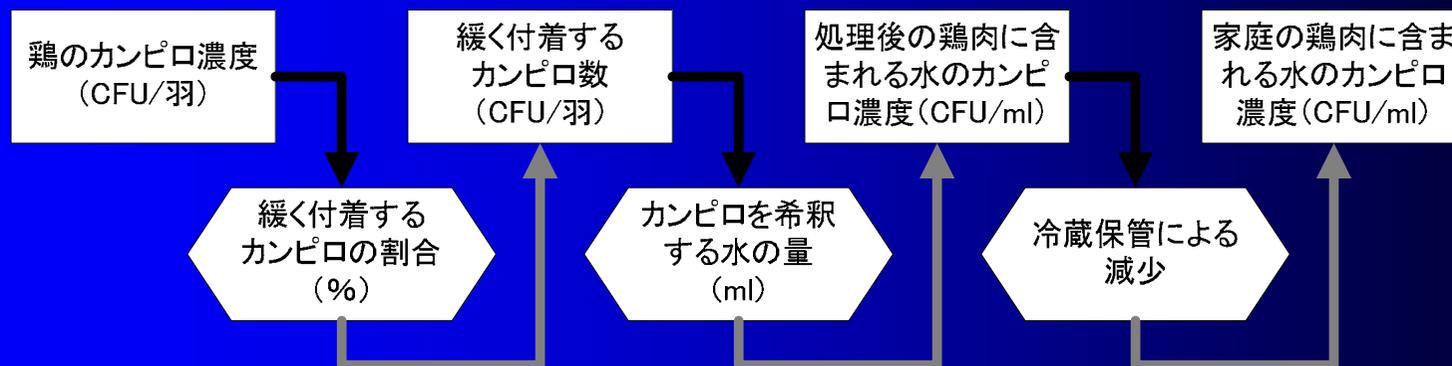
- 鶏肉に緩く付着しているカンピロの一部が、浸漬冷却など食鳥処理過程での水の中で希釈
- 一部は鶏肉の中に浸入するか、鶏肉の周りに薄い層を形成
- その後、調理の準備中に水の一定割合が生鶏肉から滴り落ち(カンピロ濃度は鶏肉に残る水と同じ)、交差汚染が発生

3) 交差汚染による曝露

- 例：鶏肉のカンピロ濃度が $3 \log \text{CFU/羽}$ 、鶏肉に緩く付着するカンピロの割合5%、これが浸漬冷却で200mlの水に希釈され、約75mlが鶏肉に残る場合
 - 鶏肉のカンピロ濃度= $3 \log \text{CFU/羽}=1000\text{CFU/羽}$
 - 緩く付着するカンピロ= 50CFU/羽
 - 希釈水のカンピロ濃度= $50/200=0.25\text{CFU/ml}$
 - 鶏肉に残るカンピロ= $0.25 \times 75=\text{約}19\text{CFU}$

3) 交差汚染による曝露

- 緩く付着するカンピロの割合 Prct_Loose
 - $\text{Prct_Loose} \sim \text{Uniform}(1,10) \%$
- カンピロが希釈される水の量 Dilution_Vol
 - 食鳥処理で鶏肉に付加される水の重量規制 8 %
 - $\text{Dilution_Vol} \sim \text{Uniform}(150,250) \text{ ml}$
- 家庭で滴り落ちる生鶏肉からの水の量 Vol_Drip
 - 0.5 ~ 1.5mlを想定 (曝露経路は特定せず)
 - $\text{Vol_Drip} \sim \sim \text{Uniform}(0.5,1.5) \text{ ml}$



3.4 用量-反応分析 (Dose-Response)

- 最近の分析 (Cassin et al. 1998) で採用されているベータ-二項モデルを採用
 - Black et al.(1988)のカンピロバクター摂取実験のデータを最尤法によって用量-反応モデルに適合
 - 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(Dose)からの感染確率の分布： $P(\text{Dose}) \sim \text{Binomial}(\text{Dose}, P(1))$

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

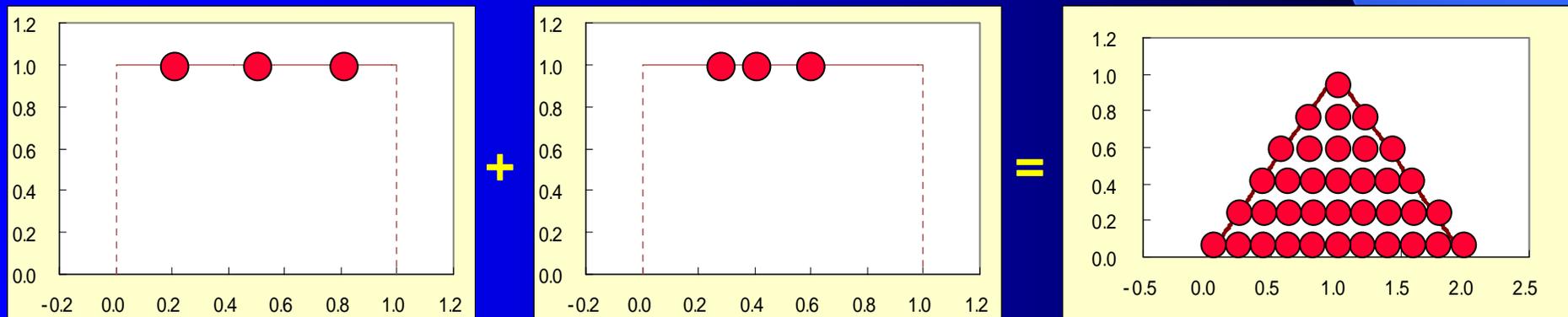
3.5 留意点

- 平均カンピロ濃度：全ての鶏と汚染鶏
 - 汚染鶏の平均カンピロ濃度が必要な場合、鶏の平均カンピロ濃度を汚染率で除して算出することが必要
 - ✦ 例) 輸送後の鶏の平均カンピロ濃度(log CFU/羽)
$$C_{\text{post_T1}} = C_{\text{pre_T}} + \text{Mag_T}$$
輸送後の汚染鶏の平均カンピロ濃度(log CFU/羽)
$$C_{\text{post_T2}} = \log(10^{(C_{\text{post_T1}}) / \text{ProbT}})$$
- モデル分析
 - 確率分布を用いたモデルの計算を解析的に実行することは困難 モンテカルロシミュレーション

モンテカルロシミュレーションの概要

- 各分布から標本を無作為抽出
- 必要な計算を実施
- この試行を繰り返し実施することで、計算結果の分布が得られる

例: $\text{Uniform}(0.1) + \text{Uniform}(0.1)$ の分布



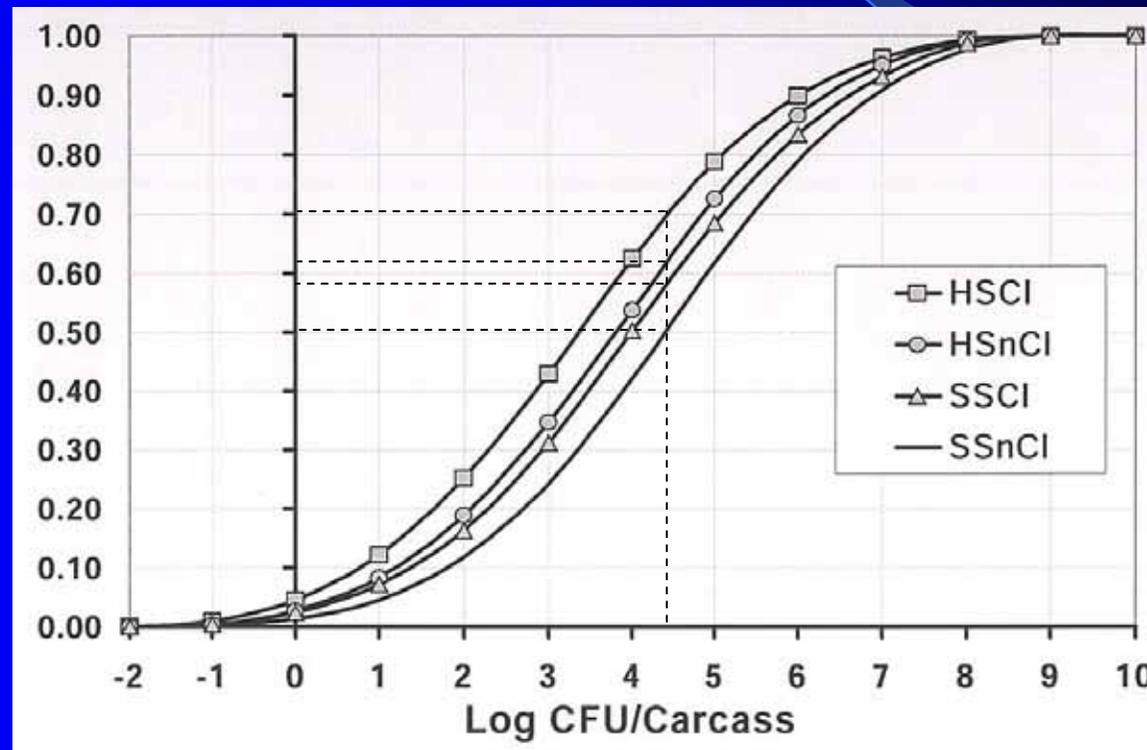
4. 分析結果 (1) 食鳥処理による変化

1) カンピロ濃度

- 湯漬け(強・弱湯漬)、冷却(塩素添加・不添加)の4パターンでの冷却タンク内のカンピロ濃度
- 食鳥処理方法(湯漬け、冷却)の変更による効果
 - SSnCl SSCI :0.4log 改善、約8%が変更前の平均以下に
 - SSnCl HSnCl:0.6log 改善、約12%が変更前の平均以下に
 - SSnCl HSCI :1 log 改善、20%が変更前の平均以下に

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	
HSCI	0.117	3.377	6.729	
HSnCl	0.490	3.777	6.988	カナダ
SSCI	0.628	3.980	7.235	アメリカ
SSnCl	1.099	4.360	7.490	

1) 冷却タンク内のカンピロ濃度

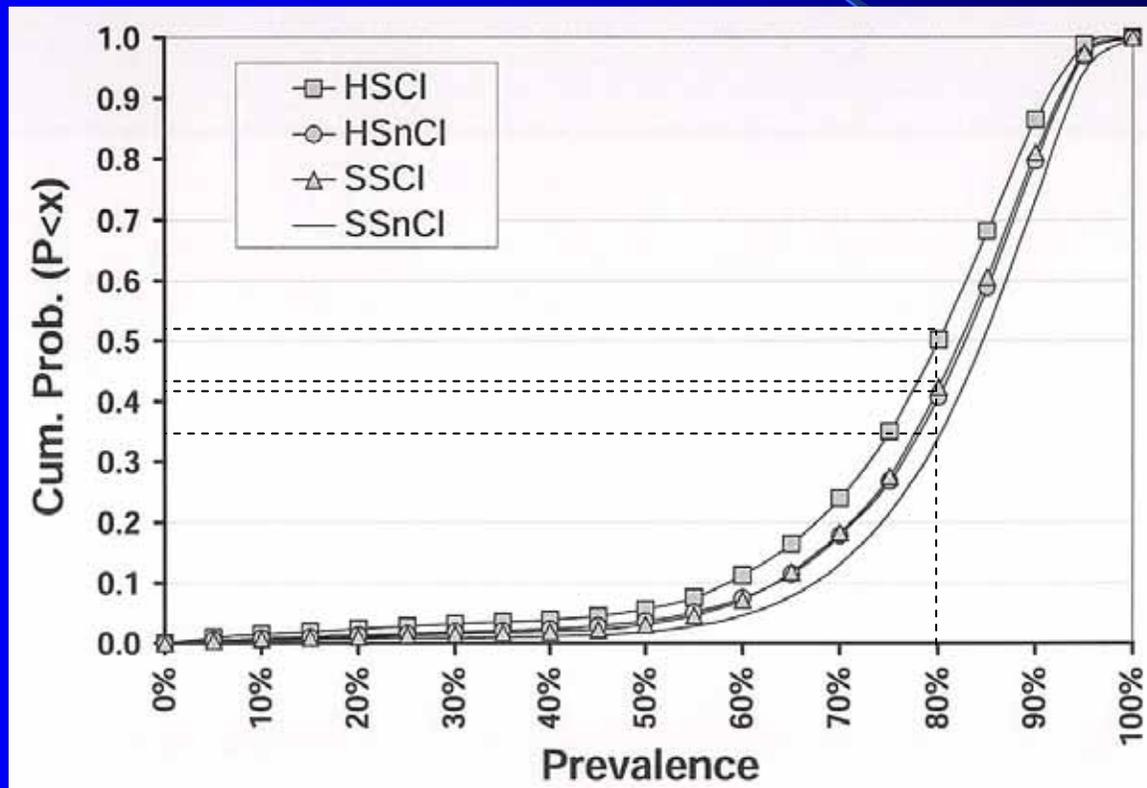


2) 汚染率

- 食鳥処理方法4パターンでの汚染率
- 有効な食鳥処理方法ほど分布が右にシフト
- HSnClとSSClの汚染率の分布はほぼ同じ
- 鶏肉の汚染率が80%以上となる確率は、SSnCl 66%、HSnCl 59%、SSCl 57%、HSCl 49%

食鳥処理方法	平均汚染率	備考
HSCl	76%	
HSnCl	79%	カナダ
SSCl	79%	アメリカ
SSnCl	82%	

2) 食鳥処理後の汚染率



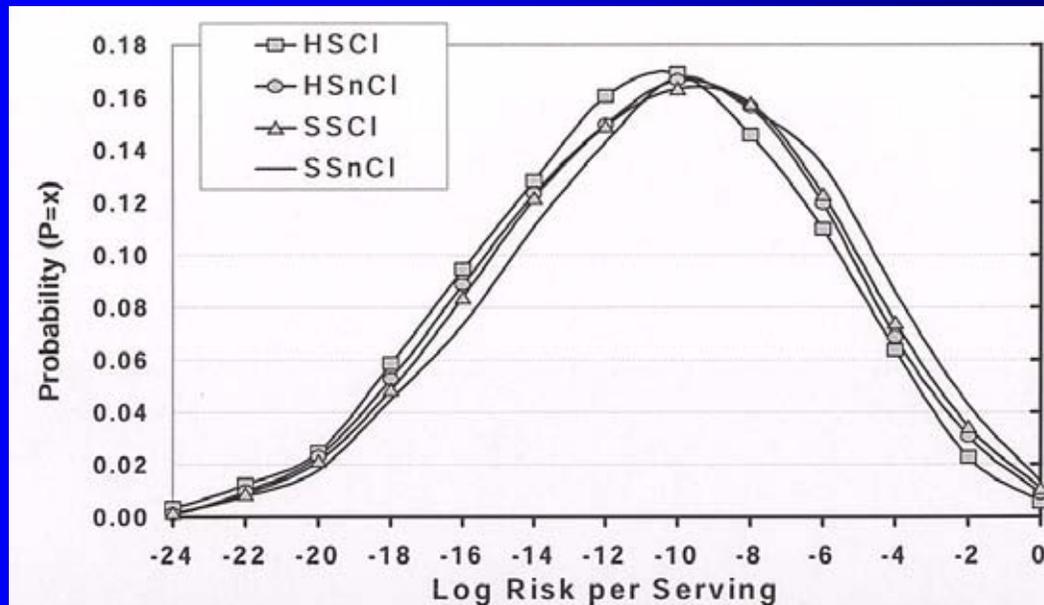
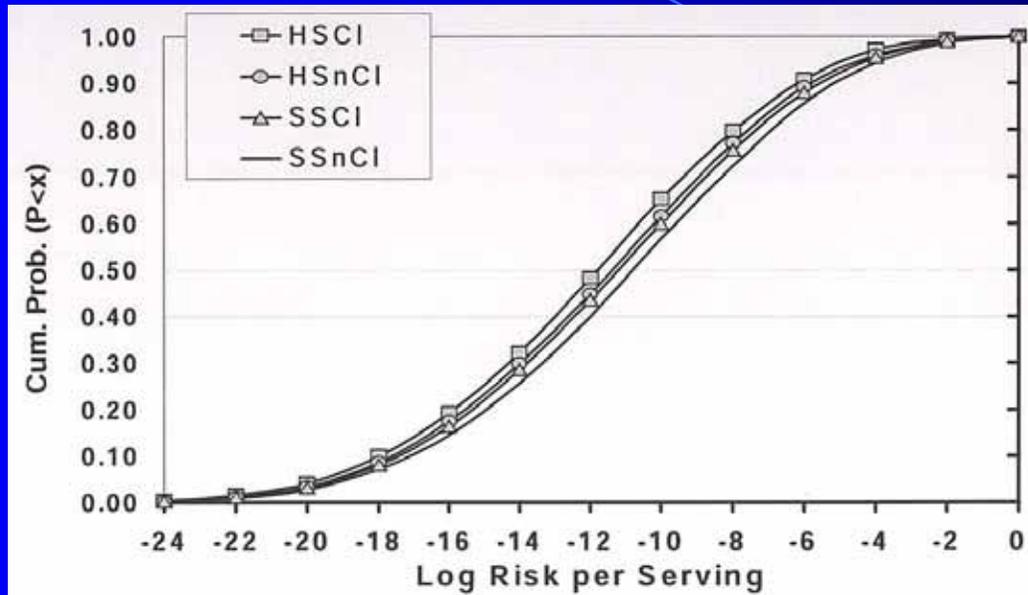
(2) リスク推定 1) 喫食による曝露 喫食1回あたりの平均感染リスク

- 喫食1回あたり、1/4の鶏肉が調理され食事に供される場合
- いずれのケースでも低リスク
 - 平均値は95%値より大

1年間毎食鶏肉を食べると
(1095食)ようやく1回感染
するかもしれないという程度

分析結果	HSCI	HSnCI	SSCI	SSnCI
平均感染リスク/喫食	2.42E-04	3.87E-04	5.62E-04	6.97E-04
1感染に要する平均喫食回数	4127	2584	1778	1434
1万喫食あたり平均感染者数	2.40	3.90	5.60	7.00
平均リスク減少率(対SSnCI)	65.25%	44.50%	19.36%	-
平均リスクの%値	97.91%	97.26%	97.16%	96.68%
平均リスクを超える確率	2.09%	2.74%	2.84%	3.32%

喫食1回あたりの平均感染リスク



年間感染リスク

- 110gの鶏肉を年52回喫食した場合

喫食量: USDA-ARS(1997)、喫食機会: CFA (1998)の半分

	HSCI	HSnCI	SSCI	SSnCI
年平均感染リスク (110gの鶏肉を年52回喫食)	3.95E-03	6.30E-03	9.15E-03	1.13E-02
1感染に要する平均年数	253	159	109	88
1万人あたり平均感染者数	395	630	915	1,133
平均リスク減少率(対SSnCI)	65.13%	44.37%	19.27%	-

感染者 発症率	カナダ (HSnCI; 3,030万人)		アメリカ (SSCI; 2.7億人)	
	年間発症者	発症者/万人	年間発症者	発症者/万人
100%	191,024	630	2,470,135	915
75%	143,374	473	1,854,598	687
50%	95,654	316	1,237,732	458
25%	47,862	158	619,533	229

2) 交差汚染による曝露

- 交差汚染による感染リスクは、喫食によるものよりもかなり高い(約200倍)

家庭での調理方法の重要性を示唆

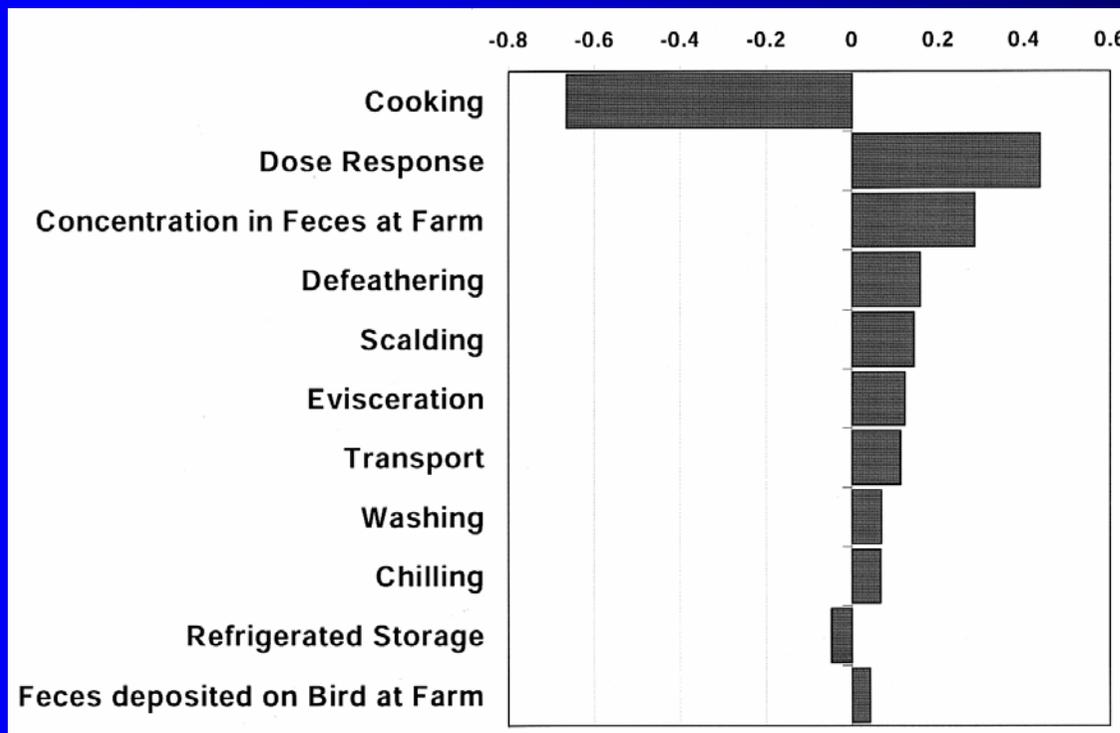
	HSCI	HSnCI	SSCI	SSnCI
水がカンピロを含む確率	約40%	約48%	約52%	約60%
平均感染リスク/曝露	6.02E-02	8.01E-02	9.57E-02	1.29E-01
1感染に要する平均曝露回数	16	12	10	7
平均リスクの%値	87.00%	84.69%	83.17%	79.76%
リスクの倍率対喫食曝露	248	207	170	184

< 参考: 喫食による感染リスク >

平均感染リスク/喫食	2.42E-04	3.87E-04	5.62E-04	6.97E-04
------------	----------	----------	----------	----------

3) 感度分析

- 調理、用量-反応関係、農場における糞便のカンピロ濃度、食鳥処理方法(脱羽、湯漬け、中抜き)、輸送が、カンピロによる食中毒リスクとの相関が高い要因として抽出



3) 感度分析

- **調理温度・調理時間**

- リスクに劇的に影響
- 喫食者の教育と、不十分な加熱調理を減らす有効な手法の開発が重要

- **用量-反応関係**

- 疫学調査により定量データを収集し、不確実性を減少させることが必要
- モデルでは感染=発症と仮定 過大評価。両者の関係の明確化が必要

- **農場における糞便のカンピロバクター濃度**

- 最も重要なリスク要因の一つ。その減少がリスクの減少に大きく影響
- 食鳥処理工程の前に汚染鶏を減少させる手法を研究することが必要

- **食鳥処理方法**

- 脱羽と湯漬の工程でのカンピロ濃度の変化は、リスクに大きく影響
- これら工程に係るリスク管理措置により、リスクの大幅な減少が可能
- 各工程がカンピロの濃度や汚染率に与える影響に関する研究が必要

- **輸送**

- 比較的重要だが、コントロールも監視も行われていない
- 現行の輸送方法に単純な改良を施せば、かなりのリスク減少が可能
- 輸送の影響に関する定量的データは限定的
- 現行の輸送技術を改善する方法についての研究が必要

5. 結論

- 浸漬冷却における塩素添加により、カンピロの平均発症リスクを約20%減少させることが可能
- 鶏肉に含まれる水からの交差汚染によるリスクは、喫食によるリスクよりも200倍大きい
- 感度分析から、食鳥処理前のカンピロ濃度が重要なリスク要因として抽出。輸送段階はすぐにでもリスク管理措置を講じ得る。