（ｖ）定量的リスク評価（確率論的リスク評価事例）⑤

【タイトル】: 鶏肉のカンピロバクター汚染に関する知識の更新及びフランスのフードチェーンの異なるステージにおける介入措置の影響の評価
(State of Knowledge Relating to the Contamination of Broilers with *Campylobacter* and Assessment of the Impact of Interventions at Different Stages of the Food Chain in France）

【実施機関】: フランス食品環境労働衛生安全庁（ANSES: Agence nationale de s écurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail）。

【出典】: Collective Expert Appraisal Report; Anses: Fougères, France, 2018:1-81

【概要】

EFSA(2011年)の評価によると、欧州のカンピロバクター感染症の50～80%は、感染源としての鶏肉が寄与しているとされ、ANSESはフランス農業・農産加工業・林業省食品総局（Direction generale de l'alimentation: DGAL）から、人のカンピロバクター感染症のリスク評価及び家きん肉部門における可能な管理措置の影響に関する評価を依頼された。DGALの諮問は、肉用鶏及び鶏肉製品におけるカンピロバクターについての知見の更新及びカンピロバクター汚染に対するリスク管理のための戦略の提示であった。ANSESにより専門家によるワーキンググループが設置され、2017年3月～2018年6月までに13回会合の機会が設けられた。

2011年のEFSAの意見書以降に公表された科学的知見を収集し、家きん産業関連の代表のヒアリングを実施し、フランスにおける公的な国の食事摂取量に関する調査（喫食調査）としては、フランス国民食生活実態調査（Étude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaries　: INCA)による喫食データを利用した。また、フランス国内のカンピロバクター感染症の患者数のベースラインを推計した。フードチェーンの各段階における効果的な介入措置を評価した。評価モデルの設計では、オランダで開発された食鳥処理場26か所の定量モデル（CARMA[1] モデル）に、保存と冷蔵工程を含むフランスの消費段階

1 CARMA（*Campylobacter* Risk Management and Assessment）とは、オランダ国立公衆衛生環境研究所（RIVM）がオランダにおける肉用鶏の鶏肉等由来のカンピロバクター撲滅計画を実施するためのプロジェクトの呼称。

の定量モデルを組み込んで、定量的リスク評価を実施した。

【リスク評価モデル】

食鳥処理と食肉処理（カット）及び用量反応の部分はCARMAモデルを用い、新たに調理前の保管と、消費者による下処理のモジュールが追加された。

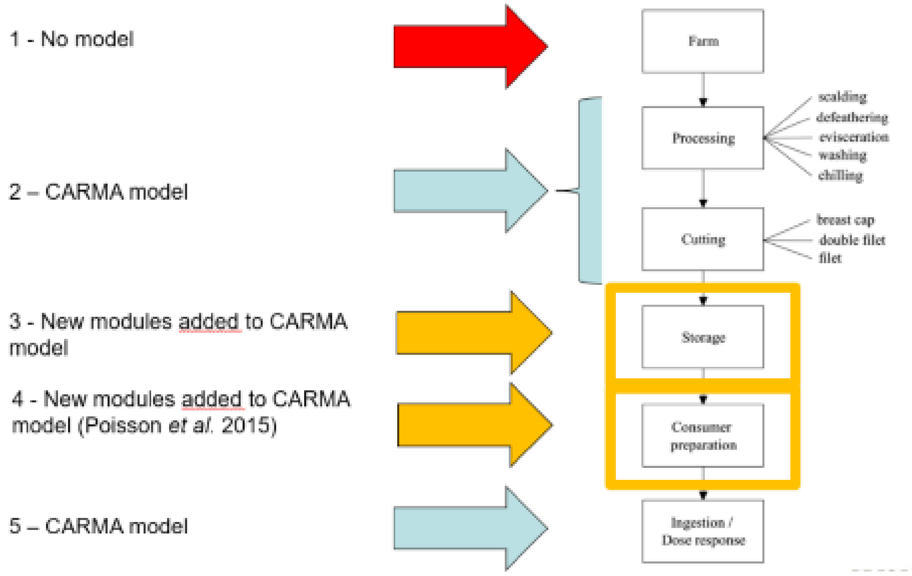


図３４．フランスの評価モデル

※消費される鶏肉の 70%がフランス産で 97%がフランス市場で販売されていることから、フランスのモデルが考えられた。

水色矢印：CARMA モデル

黄色矢印：新たに調理前の保管と、消費者による下処理のモジュールが追加

（ANSES（2018）から引用。）

【結果】

１．予想される効果を達成するための介入例（農場及び食鳥処理場）

表１９．　農場及び食鳥処理場でのシナリオ、その効果、介入方法

Table 6: Examples of potential interventions to achieve expected effect

Step of the model	Scenario	Parameter	Effect of intervention	Potential intervention
Primary production	A1a	Prevalence	-10% (70-10 = 60% prevalence interflocks)	Indoor flock only : • Fly screen **or** • Stop thinning **or** • Slaughter age
	A1b	Prevalence	-30% (70-30 = 40% prevalence interflocks)	Indoor flock only : • Fly screen
	A2	Concentration	- 0,5 log	• Vaccination or • Phage application **or** • chemical and biological substances added to feed or drinking water
	A3	Concentration	- 1 log	
	A4	Concentration	- 1,5 log	
	A5	Concentration	- 2,5 log	
Slaughter	B4	Chilling	- 1 log	Optimizing the main parameters (temperature, duration, air velocity) but very dependent of the initial *Campylobacter* contamination

（ANSES（2018）から引用。）

２．農場での介入によるリスク低減効果

農場段階で、鶏群間の汚染率を 70%から 60%、45%に下げることで、リスクはそれぞれ 14%、43%低減することが推定された。盲腸便中の菌数を 0.5, 1, 1.5 及び 2.5 log 低下することができれば、リスクはそれぞれ、46、71、85、93 ％低減することが推定された。鶏群間の汚染率を 70%から 60%に下げ、また盲腸便中の濃度を 0.5 log 下げられれば、リスクは 53%下がると推定された。

表２０．　農場での介入によるリスク低減効果

Table 7: Effect of interventions at the farm

Phase	Scenario	Variable	Reduction	Nr cases	Risk reduction (%)
	Baseline			272 930	
Primary production	A1a	Prevalence interflocks	From 70 to 60%	233 940	14
	A1b	Prevalence interflocks	From 70 to 40%	155 960	43
	A2	Concentration	0.5 decimal reduction	148 560	46
	A3	Concentration	1 decimal reduction	77 800	71
	A4	Concentration	1.5 decimal reductions	41 760	85
	A5	Concentration	2.5 decimal reductions	18 780	93
	A6	Prevalence interflocks concentration	From 70 to 60% 0.5 DR	128 570	53

※農場での介入によるリスク低減効果を描くシナリオに応じて、リスクの低減を示している。

（ANSES（2018）から引用。）

３．食鳥処理場及び消費段階での介入によるリスク低減効果

食鳥処理段階

湯漬け、脱羽工程での腸内容物の漏れを 10%低減、内臓摘出時の腸内容物

の漏れを 10%低減、これらのシナリオ単独では、リスクは３から４％しか下がらないことが推定された。その一方、冷却工程で 1log 菌数を下げることができれば、リスクは 76%下がることが推定された。脱羽工程での腸内容物の漏れを 10%低減、内臓摘出時の腸内容物の漏れを 10%低減かつ冷却工程で菌数を１log 下げられれば、リスクは 78%低減されると推定された。

消費者段階

すべての消費者が調理器具を適切に洗浄することで、85%のリスク低減、手の洗浄と調理器具の洗浄を組み合わせることで、87%のリスク低減が推定された。

表 21（Table 8）食鳥処理段階での介入によるリスク低減効果

表 22（Table 9）消費段階での介入によるリスク低減効果

Table 8: Effect of the interventions at the slaughter stage

Phase	Scenario	Operation	Reduction	Nr cases	Risk reduction (%)
	Baseline			272 930	
Slaughter	B1	Scalding	1 decimal reduction	264 560	3
	B2	Plucking/defeathering	Probability of leakage reduced by 10%	261 470	4
	B3	Evisceration	Probability of leakage reduced by 10%	264 520	3
	B4	Chilling	1 decimal reduction	66 570	76
	B5	Plucking / defeathering	Probability of leakage reduced by 10%	60 030	78
		Evisceration	Probability of leakage reduced by 10%		
		Chilling	1 decimal reduction		

At this, stage, only the intervention at chilling results in a risk reduction of 76%. The other interventions tested show a risk reduction lower than 5%.

7.5.3 Interventions at the consumer stage

Table 9: Effect of interventions at the consumer stage

Phase	Scenario	Operation	Compliance	Nr cases	Risk reduction (%)
	Baseline			272 930	
Consumer	C1a	Hand washing	100%	270 260	1
	C1b	Cleaning of utensils	100%	40 080	85
	C2	C1a + C1b		35 670	87

The prevention of cross contamination through the cleaning of the utensils (knife, board, fork, plate) appears

（ANSES（2018）から引用。）

【結論】

フランスの肉用鶏製品に含まれるカンピロバクターの状況については、2008 年のヨーロッパのベースライン調査以来ほとんど新しいデータが生成されていなかった。しかし、フードチェーンの各段階での様々な介入が 2010 年以来、世界で試行されていた。これまで、肉用鶏生産現場で採用されるのに十分な適用性があり効果的であることが証明された単一の介入方法はない。農場または食肉処理場での商業的条件におけるこれらの管理のための実証試験が不足しており、有効性と適用性を定量的に評価することはできなかった。

この作業で完成した CARMA 改良モデルは、冷却モジュールと消費者フェーズを備えており、いくつかのシナリオの効果を推定できた。

・農場では、特定の仮説によると、モデルは盲腸便中の菌数を下げる介入が最も効果的であることを示唆した。したがって、たとえば、ワクチン接種が利用可能になれば､公衆衛生を保護するのに非常に効果的である可能性がある。例えば、ワクチン接種による盲腸便中のカンピロバクター菌数を 1.5 ｌog の削減を達成すれば、リスクを 85%減少すると推定された。

・食鳥処理場では、湯漬け、脱羽中の消化管内容物の漏れを 10%削減、内臓摘出時の消化管内容物の漏れを 10%削減では、相対リスクは 3% 又は 4%の減少しか得られない。これに対し、冷却工程が非常に効果的で、1log の菌数低下で、相対リスクを 76%減少することが推定された。

・消費者フェーズでは、手洗いのみでは相対リスクは 1%しか下がらないが、すべての消費者が調理器具を適切に洗浄することにより、リスクを 85%低減できると推定された。

（ⅵ）定量的リスク評価事例⑥

【タイトル】：食鳥処理での介入を評価するための肉用鶏のカンピロバクターの定量的微生物リスク評価モデル
（A quantitative microbial risk assessment model of *Campylobacter* in broiler chickens: Evaluating processing interventions.）

【著者】：Dogan OB, Clarke J, Mattos F, Wang B （University of Nebraska-Lincoln, U.S.A.）

【出典】：Food Control 2019; 100: 97-110

【概要】

カンピロバクターに関連する公衆衛生リスクを調査するために、確率論的、証拠に基づく、定量的な微生物リスク評価モデルが開発された。モデルは肉用鶏の農場から喫食までの米国の供給システムをカバーしたものであり、この研究の目的は鶏肉の消費とそれに関連する消費者の安全を保護するため、食鳥処理場における介入措置の有効性を評価することであった。ベースラインモデルは、一般的な産業慣行に基づき、モデルの開発と検証のための最小限の介入によって構築された。

モデルの最も重要な入力パラメータを決定し、フードチェーンに沿った重要な管理ポイントを特定するために、感度分析が実施された。肉用鶏のカンピロバクター汚染および消費者のカンピロバクター感染症のリスクを低減するため、食鳥処理中に適用可能な介入措置の有効性について、シナリオ分析を用いて比較した。最終的なリスク推定値は、年間 10 万人あたりのカンピロバクター感染症の症例として表示され、介入措置の有効性は、ベースラインと比較し、介入措置が実施された場合のカンピロバクター感染症リスクの相対的変化として表された。モデルでは、ベースラインとして、年間 100,000 人当たり 274（95%CI : 0 – 561）の症例の発生が推定された。消費者の食品安全に関する慣行と食鳥処理場での作業は、肉用鶏の消費を原因とするカンピロバクターへのばく露を減らすための対象となる最も重要な要因の 1 つであった。シナリオ分析の結果では、化学処理助剤（個別または組合せ）がリスク推定値を大幅に削減できることが示唆された。このモデルは、現在の食鳥処理の慣行または代替介入措置の実施にともなうリスクの変化について、リスクベースの意思決定を行うリスク管理者のためのフレームワークを提供することが期待された。

【モデルアプローチ】

肉用鶏の農場から喫食までのサプライチェーンにおけるカンピロバクターの

移行がモデル化された。モデルは i)農場及び食鳥処理場への輸送, ii)食鳥処理、(iii)冷蔵保管、(iv)調理と喫食の 4 つのモジュールに分けて作成された。鶏肉の喫食に伴い摂取されたカンピロバクターは用量反応モデルと組み合わさ、人口 10 万人あたりの年間患者発生数が推定された。概念的なモデルは下図のとおりである。四角の枠で、上から、(i)農場及び食鳥処理場への輸送、(ii)食鳥処理、(iii)冷蔵保管、(iv)調理と喫食）で示した 4 つのモジュールと、一番下のモジュール（用量反応モデル）に分けて作成したモデルに基づき、10 万人当たりの発症者数を予測した。

なお、本研究では、実際には、鶏肉は処理後に「冷蔵」もしくは「冷凍」保存されることになるため、その実際の流れについても、小売り又は消費者（家庭）での保存の両者に対応した状況として、それぞれに対応した各種パラメータを設定した。

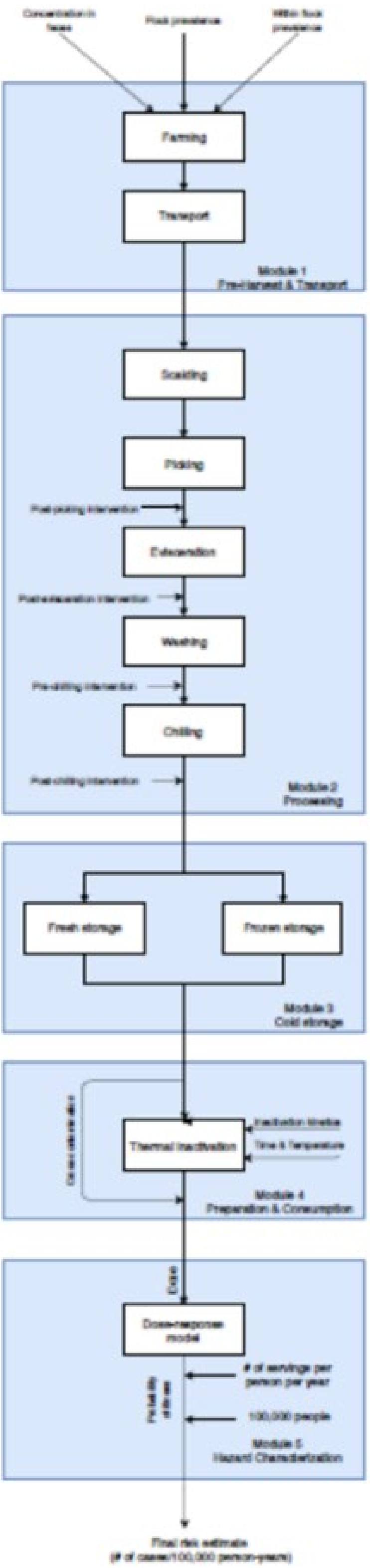


図３５．肉用鶏におけるカンピロバクターの定量的リスク評価のための
概念モデル

（Dogan et al . 2019 から引用。）

【結果】

①ベースラインモデル

食鳥処理における加工モジュールでは基本的な処理過程は、湯漬け、介入なしの脱羽、介入なしの内臓摘出、内外洗浄、及び添加物なしの水冷から構成した。この条件で、人口10万人辺りの年間カンピロバクター感染症患者数は274 (95% CI: 0 – 561)と推定された。

食鳥処理で処理直残の外部の汚染から冷却までに菌数の 4-log 減少（およそ6 to 2 $\log_{10}$ CFU/carcass ）と、冷蔵保管中に追加で1-log の汚染低減が推定された。同様の傾向が汚染率の変化でも観察され、食鳥処理モジュールでおよそ45% から 25% に下がると推定された。

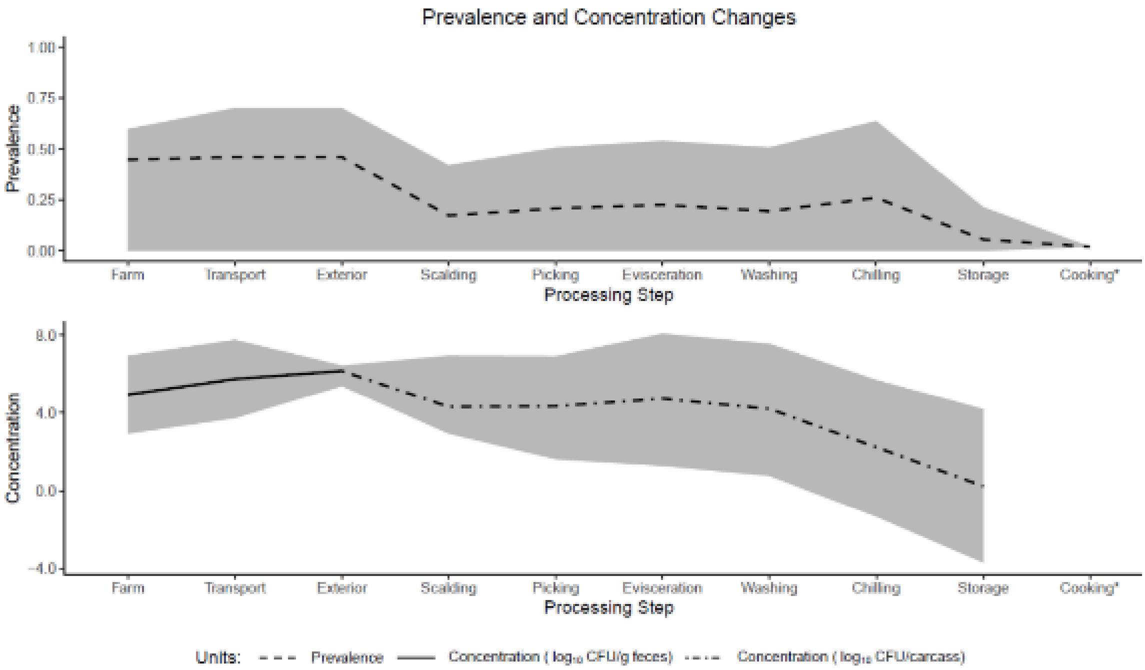


図３６（Figure 3）． 肉用鶏の供給チェーンを通じてのカンピロバクターの汚染率と濃度($\log_{10}$ CFU/unit)の変化

※線が平均値、グレーエリアが 5 パーセンタイル と 95 パーセンタイルのインターバルを表す。

上図：汚染率、下図：菌数（$\log_{10}$ CFU/unit）

上図の縦軸：比率（パーセント）、横軸：農場（左端）から料理（右端）に至る経過。

下図の縦軸：菌数（$\log_{10}$ CFU/unit)、横軸：農場（左端）から料理（右端）に至る経過。

下図の右端(Cooking)がないのは、値が小さく、図に表せないため。

（Dogan et al．（2019）から引用。）

②感度分析

図３７参照

加熱調理の温度が最もリスクを下げる因子で、すべての消費される肉用鶏が適切に加熱されていれば(Tcook>89.7°C)、1 年間の人口 10 万人当たりの患者数は 0.12 人にまで減少し、逆にすべての肉用鶏が加熱不十分(*Tcook*<45.2°C)の場合，1 年間の人口 10 万人当たりの患者数は 8437 人にまで増加すると推定された。

食鳥処理前及び輸送モジュールの感度分析で重要なパラメータは輸送中の汚染率の変化(ORtrans)、次いで糞便中の濃度(Cf1)、移行率（rwfp)，鶏群間の汚染率(Pflock）及び輸送中の濃度の変化(LCtrans)であった。他のモジュールと比較して、農場及び輸送モジュールは最終的なリスクに影響は少ない。食鳥処理場への輸送は汚染濃度と汚染率の両方を上昇させるため、輸送中の肉用鶏の愛護（broiler welfare）の改善に努力すべきであると考えられた。

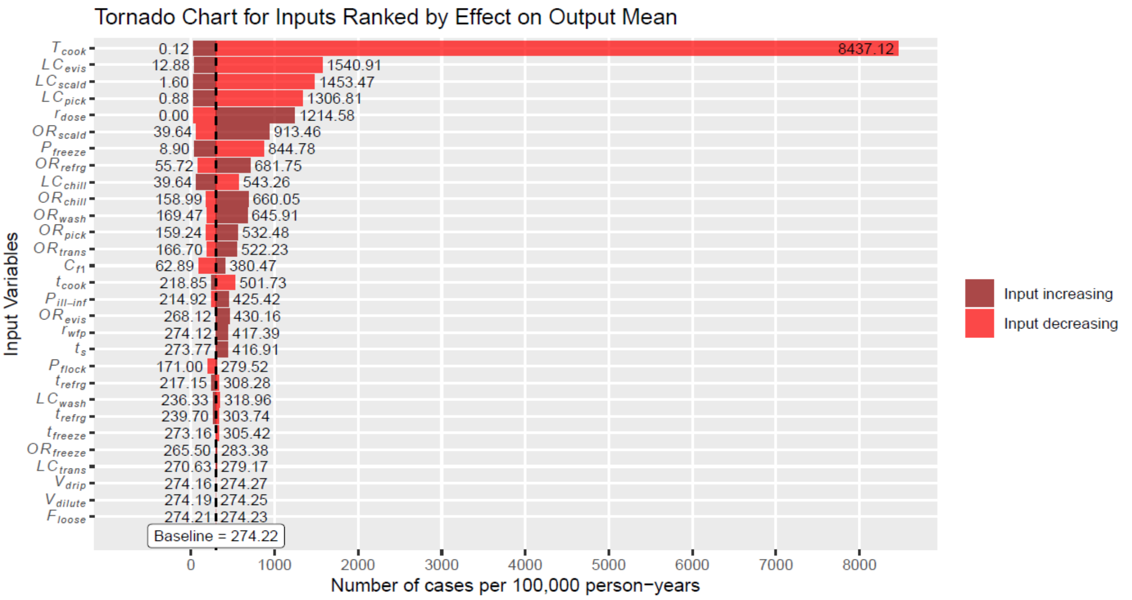


図３７：計算結果において、影響が大きい変数を明らかにする
トルネードチャートを用いた感度分析の結果

縦軸；リスクを低下させる因子、横軸：10 万人当たりの年間発症人数

縦軸の因子（主なもの）

・T_{cook}：Cooking temperature、(Ecosure, 2008)
・LC_{evis}：Concentration change during evisceration
・LC_{scald}：Concentration change during scalding
・LC_{pick}：Concentration change during picking
・OR_{refrg}：Prevalence change during refrigerated storage
・ORtrans Change in prevalence due to transport

・Cf1 Concentration in feces
・t_{cook}：Cooking time
・OR_{evis}：Prevalence change during evisceration
・rwfp Transmission rate
・Pflock Between-flock prevalence
・t_{freeze}：Frozen storage time (retail + consumer)
・OR_{freeze} ：Prevalence change during frozen storage
・LCtrans Change in concentration due to transport
・V_{dilute}：Volume of fluid assumed to dilute loosely

（Dogan et al .（2019）から引用。）

③シナリオ解析

・単一の介入措置に関するシナリオ

脱羽中のクロアカ（総排泄腔）からの糞便の漏洩防止措置や、脱羽後やチラー冷却中の殺菌剤（cetylpyridinium chloride (CPC), acidified sodium chlorite(ASC), trisodium phosphate (TSP）及び peroxy acetic acid (PAA)）の使用（噴霧又は浸漬）は、高い リスク低減効果があると推計された。

体系レビュー及びメタアナリシス(SR-MA)において、20 の別々のシナリオ分析を実施した。

以下の表２３に 20 のシナリオを示す。

表２３．　介入シナリオ

Table 7
Analysis of single intervention scenarios.

Scenario	Mean Risk Estimate	95% CI		Intervention Efficacy (%)
Baseline	274.2170	0[c]	561.6843	
1. Soft scalding	502.9806	118.5666	887.3946	Not effective[a]
2. Scalding with additives	34.1030	0[c]	76.8889	87.56
3. Picking with cloacal plugging	1.0413	0[c]	3.0667	99.62
4. Air chilling	635.9007	135.8658	1135.9360	Not effective[a]
5. Immersion chilling with chlorine	144.4037	0[c]	326.7298	47.34
6. Spray wash	288.3403	0[c]	588.2175	Not effective[a]
7. MAP subgroup – Air	171.7150	0[c]	471.2256	37.38
8. MAP subgroup – CO_2:O_2:N_2	724.1413	167.3816	1280.9010	Not effective[a]
9. MAP subgroup – 100 O_2	167.6932	0[c]	458.6016	38.85
10. MAP subgroup – 100 CO_2	1.7194	0[c]	4.8781	99.37
11. MAP subgroup – Vacuum	1856.5260	1002.0800	2710.9710	Not effective[a]
12. Processing aids – Spray – CPC				
Post-evisceration	0.0010	0[c]	0.0021	100.00[b]
Post-chilling	0.0005	0[c]	0.0012	100.00[b]
13. Processing aids – Spray – ASC				
Post-evisceration	0.1382	0[c]	0.3068	99.95
Post-chilling	10.0244	0[c]	23.8147	96.34
14. Processing aids – Spray – TSP				
Post-evisceration	31.0066	0[c]	90.1887	88.69
Post-chilling	91.7926	0[c]	269.5013	66.53
15. Processing aids – Spray – PAA				
Post-evisceration	0.7757	0[c]	2.1455	99.72
Post-chilling	0.7361	0[c]	2.1049	99.73
16. Processing aids – Immersion – ASC				
Post-picking	0.0009	0[c]	0.0020	100.00[b]
Post-evisceration	0.0017	0.0000	0.0034	100.00[b]
Post-chilling	0.0869	0[c]	0.2548	99.97
17. Processing aids – Immersion – TSP				
Post-picking	1.3844	0[c]	3.4133	99.50
Post-evisceration	19.9036	1.0968	38.7103	92.74
Post-chilling	241.3876	0[c]	521.0552	11.97
18. Processing aids – Immersion – PAA				
Post-picking	0.1707	0[c]	0.4882	99.94
Post-evisceration	34.4327	0[c]	101.8219	87.44
Post-chilling	0.7361	0[c]	2.1049	99.73
19. Rapid Cooling – N_2 immersion	155.1844	0[c]	433.5357	43.41
20. Rapid Cooling – Spray				
Pre-chilling	216.2317	0[c]	531.6919	21.15
Post-chilling	174.6423	0[c]	476.6162	36.31

※「Not effective[a]」の表示はリスク増加で効果が認められないものを示す。数値に「[b]」を付けている箇所は、数値を丸めた結果を示している。
@Risk ソフトウェアの計算による信頼区間の下限がマイナスになった場合は「０[c]」として

表記した。

（Dogan et al．（2019）から引用。）

・組合せの介入措置に関するシナリオ

多くの効果的な組み合わせは CPC スプレー, PAA スプレー, ASC 浸漬または PAA 浸漬によって達成された。

Soft scalding + air chilling だけでは効果的ではなく、リスクは増加する。

表２４．22の組合せの介入措置に関する**シナリオ分析**

Table 8
Analysis of multiple intervention scenarios.

Scenario	Mean Risk Estimate	95% CI		Intervention Efficacy (%)
1. Soft scalding + CPC spray	0.0005	0[c]	0.0012	100.00[a]
2. Soft scalding + ASC spray	0.6710	0[c]	1.4887	99.76
3. Soft scalding + TSP spray	96.7994	0[c]	280.6011	64.70
4. Soft scalding + PAA spray	2.8465	0[c]	8.2805	98.96
5. Soft scalding + ASC immersion	0.0018	0[c]	0.0036	100.00[a]
6. Soft scalding + TSP immersion	90.8003	0[c]	188.6969	66.89
7. Soft scalding + PAA immersion	0.0495	0[c]	0.1216	99.98
8. Air chilling + CPC spray	0.0002	0[c]	0.0006	100.00[a]
9. Air chilling + ASC spray	4.2657	0[c]	11.8624	98.44
10. Air chilling + TSP spray	156.8175	0[c]	458.2892	42.81
11. Air chilling + PAA spray	39.5495	0[c]	116.8436	85.58
12. Air chilling + ASC immersion	0.0017	0[c]	0.0038	100.00[a]
13. Air chilling + TSP immersion	364.9200	126.9427	602.8973	Not effective[b]
14. Air chilling + PAA immersion	0.5508	0[c]	1.2963	99.80
15. Soft scalding + Air chilling	777.4146	236.9543	1317.8750	Not effective[b]
16. Soft scalding + Air chilling + CPC spray	0.0003	0[c]	0.0006	100.00[a]
17. Soft scalding + Air chilling + ASC spray	16.1822	0[c]	44.9670	94.10
18. Soft scalding + Air chilling + TSP spray	169.8526	0[c]	471.7677	38.06
19. Soft scalding + Air chilling + PAA spray	107.2004	0[c]	315.4751	60.91
20. Soft scalding + Air chilling + ASC immersion	0.1714	0[c]	0.5062	99.94
21. Soft scalding + Air chilling + TSP immersion	181.4810	0[c]	382.7243	33.82
22. Soft scalding + Air chilling + PAA immersion	18.4010	0[c]	41.8100	93.29

※数値に「a」を付けている箇所は、数値を丸めた結果を示している。「Not effective[b]」の表示はリスク増加で効果が認められないものを示す。@Risk ソフトウェアの計算による信頼区間の下限がマイナスになった場合は「０[c]」として表記した。

（Dogan et al．（2019）から引用。）

22 の組み合わせのシナリオ分析を実施し、それらの結果を示した。信頼区間の下限がマイナスになった場合は「０」として表記した。

（ⅶ）定量的リスク評価事例⑦

【タイトル】: 生の鶏肉の取扱い中における交差汚染に関連した人のカンピロバクター感染症：オーストラリアにおける介入のシナリオ解析をガイドするための定量的リスク評価の適用
(Human campylobacteriosis related to cross-contamination during handling of raw chicken meat: Application of quantitative risk assessment to guide intervention scenarios analysis in the Australian context)

【著者】: Habib I, Coles J, Fallows M, Goodchild S

【出典】: International Journal of Food Microbiology 2020; 332(2):108775

【概要】

この研究は、生の鶏肉の取り扱いにおけるカンピロバクターに関するリスク評価と管理戦略を支援するための定量的なベースラインデータを生成する目的で行われた。

生の鶏肉製品（n＝315）は、西オーストラリア（WA）の大都市パースにある小売スーパーマーケットから１年間（2016年から2017年）に購入された。カンピロバクター濃度は、すべてのサンプルで直接塗抹法によって決定されたが、サンプルの58.7%（185/315）では、標準的な方法に従って、直接塗抹法と組み合わせて増菌培養を使用して検査が行われた。

直接塗抹法を使用すると、サンプルの23.8%（75/315）からカンピロバクターが回収されたが、増菌培養（～1 g）を使用した場合、サンプルの53.7%（100/186）がカンピロバクター陽性だった。カンピロバクターの菌数は、鶏肉部分と体の76.2%が<1 $\log_{10}$コロニー形成単位（CFU）/ gで汚染され、サンプルの18.7%が≥2 $\log_{10}$CFU/ gで汚染されていることを明らかになった。試験した315の鶏肉サンプルの平均カンピロバクター菌数は1.82 $\log_{10}$ CFU / g（±標準偏差（SD）2.26 $\log_{10}$ CFU / g）であった。皮をつけた鶏肉製品からの直接塗抹法によるカンピロバクターの回復の可能性は、皮を剥いた製品形態よりも有意に高かった（オッズ比[OR] 4.4; p <0.0001）。カンピロバクターの最高数は手羽先に関連していた（1.94 $\log_{10}$ CFU / g [±SD2.26$\log_{10}$ CFU / g]）。製品形態と家きん加工施設との間の相互作用に基づいて、カンピロバクター数にいくつかの有意な変動があった。（当該調査自体は、Habibらの2019年の論文で報告。Habib I, Coles J, Fallows M, Goodchild S: A baseline quantitative survey of *Campylobacter* spp. on retail chichken portions and carcasses in metropolitan Perth, western Australia. Foodborne Pathogens and Disease 2019; 16(3): 180-186)

【モデルアプローチ】

このモデルでは交差汚染によるカンピロバクター感染症の発症を想定している。図３８のように WA での汚染された鶏肉が色々な場面でサラダに交差汚染されていく行程を想定した。具体的には、鶏肉由来のカンピロバクターが典型的なサラダに使われるキュウリへ交差汚染されるルートでの汚染を計算に用いた。最終的には「汚染鶏肉→汚染サラダ→喫食」からカンピロバクター感染症を発症するリスクを計算した。

Fig. 1. The conceptual framework of the QMRA model of *Campylobacter* spp. related to cross-contamination during handling of fresh chicken meat

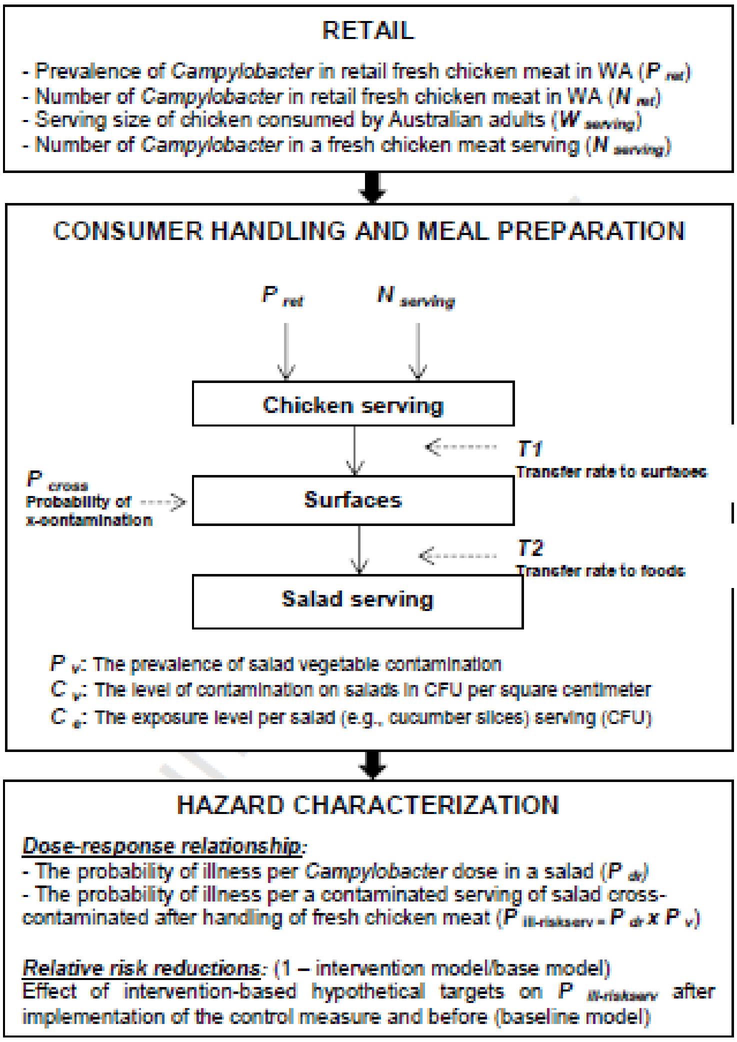


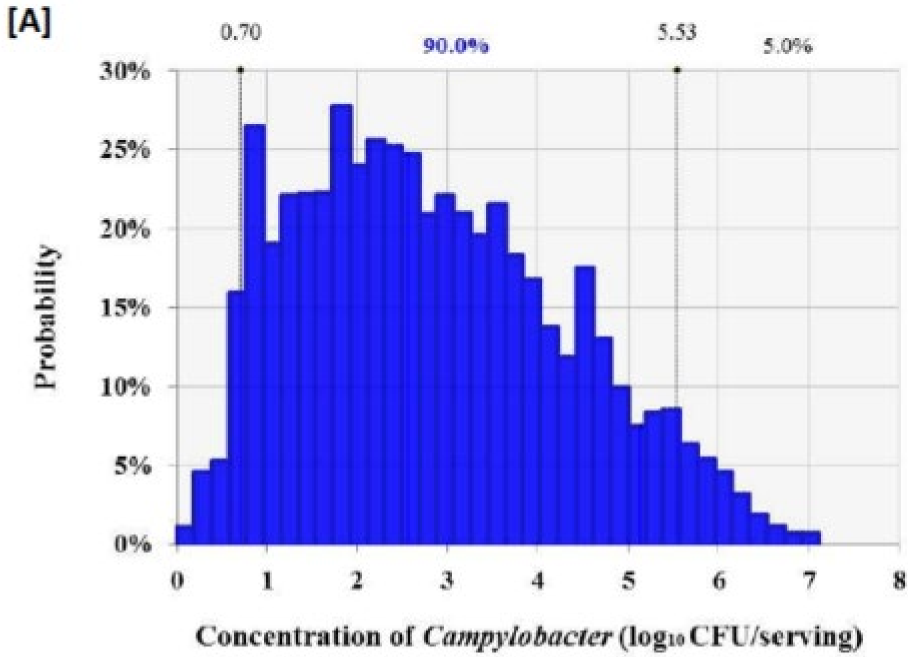
図３８．生鮮鶏肉の取扱いの間の交差汚染に係る QMRA モデル

（Habib et al. （2020）から引用。）

家庭調理において、生の鶏肉から交差汚染された野菜サラダを喫食することによるカンピロバクターの平均発症確率を予測するため、定量的リスク評価（QMRA）を実施した。

評価モデルには、オーストラリア西部で販売消費される生鮮丸と体及び部分肉由来のカンピロバクター定量データ（2016-17 年に、パース市内の小売店から購入した 315 検体（汚染率は 53.7%））を使用した。家庭調理のパラメータとして、生の鶏肉からサラダへの交差汚染率、サラダのカンピロバクターの汚染レベルを評価モデルに組み込んだ。

【結果】



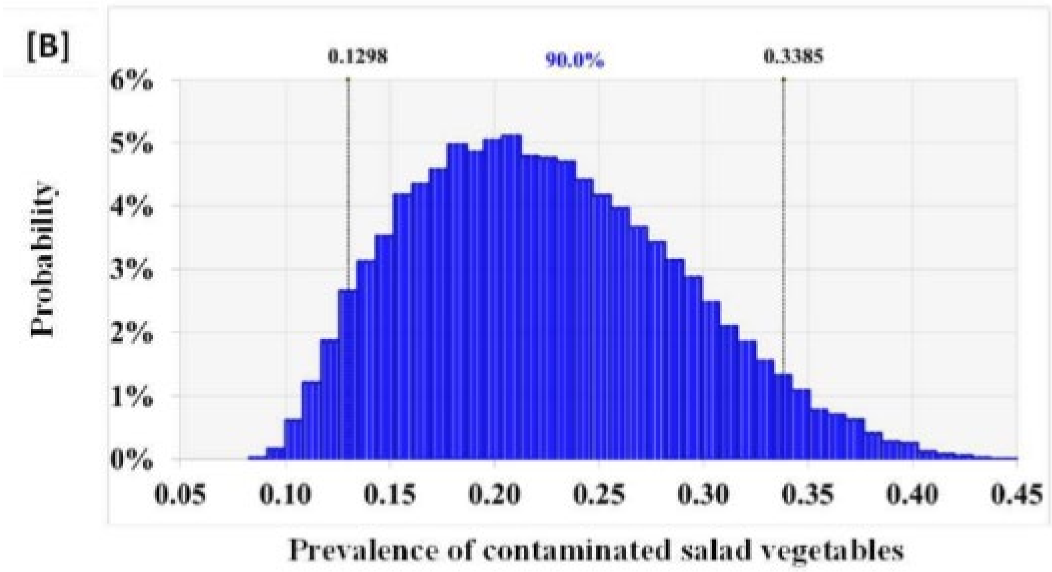


図３９．上図（A）：交差汚染したサラダの菌数の濃度（ｌog$_{10}$ CFU/1食）分布
縦軸：可能性（%）、横軸：菌濃度（右へ行くほど高濃度）
図４０．下図（B）：交差汚染したサラダの菌による汚染比率分布　縦軸：可能性（%）、横軸：菌による汚染比率（右へ行くほど高比率）

（Habib et al.（2020）から引用。）

予測されたサラダ 1 食当たりのカンピロバクター汚染平均濃度は 2.76 $\log_{10}$ CFU/サービング（SD=1.50 $\log_{10}$）、サラダの平均汚染割合は 22.4%であると推定された。

Fig. 3. Cumulative ascending distribution for the log probability of illness predicted for *Campylobacter* consumed in a serving of cross-contaminated salad after handling of fresh chicken meat

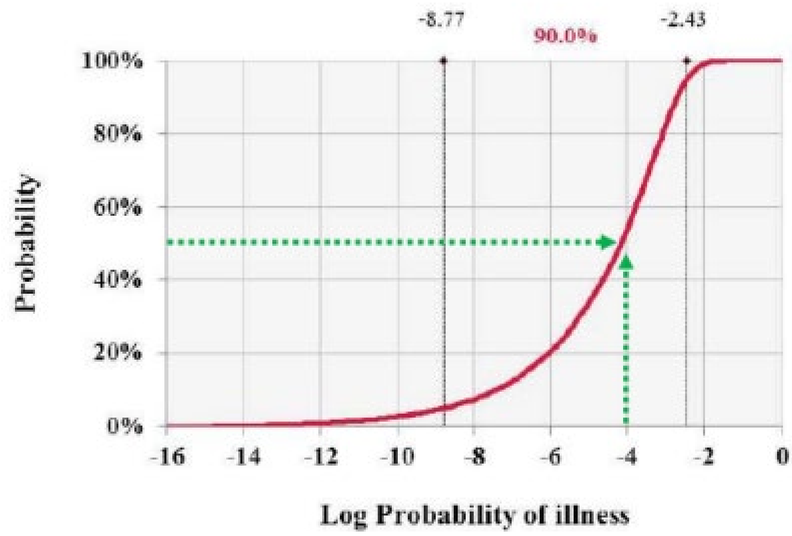


図４０．交差汚染によるカンピロバクター感染症の累積発症確率

※縦軸：発症確率（%）、横軸：対数尺の発症確率（右へ行くほど確率が高くなり０で発症）

（Habib et al.　(2020）から引用。）

生鮮鶏肉の取扱いによるサラダの交差汚染によって、予想されるサラダ 1 食当たり発症確率は 10^{-14} ～10^{-3} の間に分布し、平均は 7.0×10^{-4}（90%信頼区間 $\pm4.7\times10^{-5}$）と推定された。発症確率 50%は 10^{-4} と推定された。

Fig. 5. Relative risk reduction in the probability of illness (campylobacteriosis) per a serving of cross-contaminated salad after handling of fresh chicken meat. The different scenarios reflect the effect of intervention-based hypothetical targets on $P_{ill\text{-}risk/serv}$ after implementation of the control measure and before (baseline model).

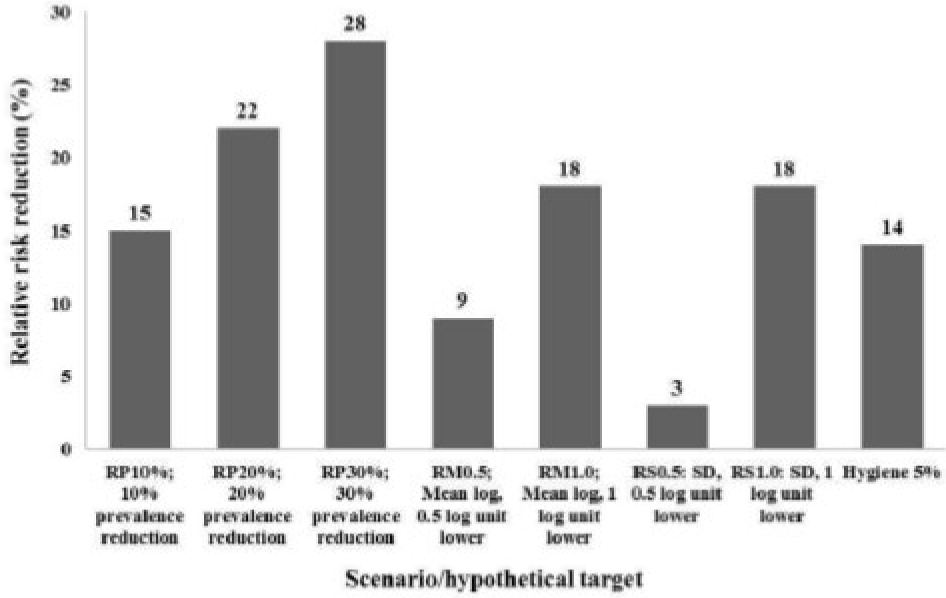


図４１．介入措置シナリオ

※上図　各種介入措置のシナリオによるカンピロバクター感染症の相対的発症率の減少予測　縦軸：相対的発症率の減少率（%）の大きさ、横軸：各種介入８つのシナリオ（下記参照）

（Habib et al.（2020）から引用。）

・RP10%：RP（Reduction of the prevalence of *Campylobacter* in retail fresh chicken meat）市販鶏肉のカンピロバクター汚染率を 10%低下させるシナリオ

・RP20%：同上を 20%低下させるシナリオ

・RP30%：同上を 30%低下させるシナリオ

・RM0.5：RM（Reduction of the mean log concentration of *Campylobacter* in retail fresh chicken meat）市販鶏肉のカンピロバクターの平均汚染濃度を 0.5 log 減少させるシナリオ

・RM1.0：同上を 1.0 log 減少させるシナリオ

・RS0.5：RS（Reduction by a change in the standard deviation）市販鶏肉のカンピロバクターの汚染濃度の標準偏差を 0.5 log 減少させるシナリオ

・RS1.0：同上を 1.0 log 減少させるシナリオ

・交差汚染を減らす社会運動で消費者段階の交差汚染を 5%減少させるシナリオ

シナリオに伴う相対的なリスクの変化

・市販鶏肉のカンピロバクター汚染率を 30%まで低下させることにより、カンピロバクター感染症を発症する相対リスクが約 28%減少すると予想された。
・カンピロバクターの平均汚染濃度を 1 log 減少させることにより、カンピロバクター感染症を発症する相対リスクが約 18%減少するとが予想された。
・消費者段階の交差汚染を 5%減少させることにより、カンピロバクター感染症を発症する相対リスクが 14%減少すると予想された。

iii　リスク管理の新しい数的指標を用いた定量的リスク評価の事例

【タイトル】: 食品安全委員会 : 微生物・ウイルス評価書　生食用食肉（牛肉）における腸管出血性大腸菌及びサルモネラ属菌
【実施機関】: 内閣府食品安全委員会
【公表時期】: 2011年８月

生食用食肉中の腸管出血性大腸菌O157について、リスク管理機関（厚生労働省）からの諮問と、それらに対する食品安全委員会からの回答を紹介する。

（ｉ）　経緯

2011年４月下旬、富山県、福井県、神奈川県などで、ユッケ（生食で提供される牛肉）を原因食品とする腸管出血性大腸菌O111による広域集団食中毒事件が発生し、５名が死亡した。1998（平成10）年より、厚生労働省は生食用として供される食肉に対して、「生食用食肉[2]等の安全性確保について」(以下「衛生基準通知」という。) の中で生食用食肉の衛生基準を示し、事業者における適切な衛生管理を指導してきたが、事業者において十分に遵守されていなかったことが明らかになった。この衛生基準通知には、生食用食肉の成分規格目標として、「生食用食肉は糞便系大腸菌群及びサルモネラ属菌が陰性でなければならない」と規定されていた。

この飲食チェーン店での腸管出血性大腸菌による食中毒の発生を受け、厚生労働省は、生食用食肉に関して罰則を伴う強制力のある規制が必要と判断し、規格基準案の設定について審議を行った。その結果、生食用食肉の規格基準案については、

① 対象食品を牛肉とすること
② 対象微生物を腸管出血性大腸菌及びサルモネラ属菌とし、腸内細菌科菌群（*Enterobacteriaceae*）をこれらの指標とすること
③ 対象微生物汚染低減のため、原料肉の加熱殺菌等の加工基準等を設定すること

が了承され、厚生労働大臣は、食品安全委員会に食品健康影響評価を要請した。

---

2 生食用食肉とは、牛又は馬の肝臓又は肉であって生食用食肉として販売するものをいう。平成10年９月11日生衛発第1358号

（ⅱ）評価の概要

ア　公衆衛生上の目標値の設定

規制前に牛肉の生食に起因する腸管出血性大腸菌による食中毒を発症した患者数として、推定された約190人から、患者の発生数を年間１人未満とすることを目標とした。また、1999年～2008年において、腸管出血性大腸菌による死者数は、年間10人未満であり、この死者数を年間１人未満とすることを公衆衛生上の目標値（以下「ALOP: Appropriate Level of Protection」という。）とした。

生食用の牛肉で問題となるハザードは、腸管出血性大腸菌及びサルモネラ属菌[3]とした。低用量における菌数と発症確率は、直線関係が認められると仮定し、190人≒200人を１人未満にするのであれば、喫食時の菌数を1/200にすれば達成できるはずであると考えた。腸管出血性大腸菌の汚染菌数を1/10にし、さらに不確実性を考え、安全係数100により菌数を除することにより、人が摂取しても安全な喫食時の菌数を現行の1/1000とすることにした。

イ.　摂食時安全目標の設定

日本には喫食時の牛肉中の腸管出血性大腸菌の菌数データがなかったことから、文献に公表されていたアイルランドのデータ（14 CFU /g）とほぼ同じであろうと仮定し、この1/1000すなわち0.014 CFU/g（STECとして）を腸管出血性大腸菌の摂食時安全目標値（Food Safety Objective以下、FSO）と設定した。

次に、STEC及びサルモネラ属菌としてのFSOを以下のように検証した。

●日本での腸管出血性大腸菌による食中毒で、最も発症菌数の少ない事例は、2011年の牛レバー刺しを原因食品とする事例で、摂取菌数は2 CFU/人だった。

↓

●生肉を50g摂取すると仮定すると、FSOは2 CFU/50g＝0.04 CFU/gよりも小さい値であることが必要。

3 サルモネラ属菌については、食中毒の危害要因としての特性に腸管出血性大腸菌との大きな違いはなく、そのリスクはO157よりも低いとされた。

これらのことより、厚生労働省からはFSO : 0.014 CFU /gとして提案されていた。FSOの設定においては、人の感受性の個体差や菌の特性にも留意する必要があるが、提案されたFSO（0.014 CFU/g）は、FSOを0.04 CFU/gとした場合よりも３倍程度、安全側に立ったものであった。

ウ　達成目標の設定

牛肉中のO157の菌数は、10℃では14～18時間後に10倍の菌数に増殖する。二次汚染については、1,000 CFU/gのO157が付着したハムから、スライサーの刃を介して他のハムに移る菌数は20 CFU /g(移行比率２%）というデータがあった。こうしたことから、FSOの1/10である0.0014 CFU/g＝1.4×10^{-3} CFU/g＝－2.85 $\log_{10}$　CFU/g（STECとして[4]）を食肉処理段階における達成目標値（以下、PO）とすることは、相当の安全性を見込んだものと考えられた。ただし、流通・調理時から喫食まで適切な衛生管理と温度管理を行うことが前提である。

次に、POが遵守されていることを確認するために、微生物規格の設定を行った。検査は腸管出血性大腸菌とサルモネラ属菌の両方に対して行う必要がある。そこで、この２菌が同時に検出でき、国際的にも食肉の衛生管理の指標菌である *Enterobacteriaceae* を用いることにした。*Enterobacteriaceae* とSTECの換算係数は、文献データに安全率を加味し100 : 1とした。つまり、*Enterobacteriaceae* に換算したPOは－0.85 log CFU/gとなる。

加工基準の設定においては、と殺直後の枝肉であったとしても、STECは枝肉表面から1cmまでは10 CFU未満の低い菌数ながら侵入して存在することを考慮した。つまり、食肉の表面から1cm下に存在するSTECを１log低減できる条件である60℃２分加熱を加工基準とした。

この加工基準のみでは加工時のPOを担保できないため、POを満たしていることを確認するのに必要なサンプル数による微生物検査も行う必要がある。そこで、POを満たしていることを確認するのに必要なサンプル数を検討した。図４２は検体数が１である場合と検体数が25である場合の平均汚染濃度を示している。なお、標準偏差は1.2 log CFU/gとする。

4 サルモネラ属菌も低い菌数での食中毒事件の報告があることから、STEC と同じ直接関係を仮定した。0.0014 CFU /gをlogで表すと、－2.85 log CFU /gとなる。

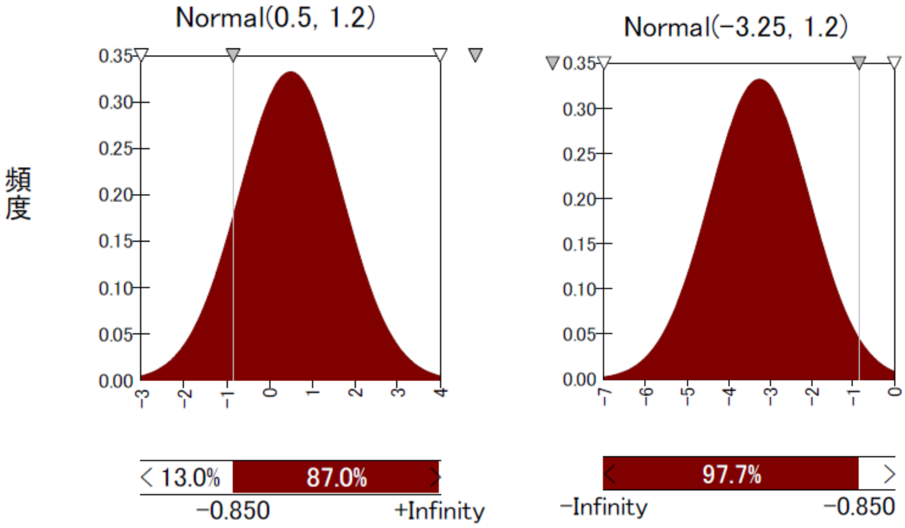


図４２．検体数が１である場合と検体数が25である場合の汚染濃度分布

※菌数：log CFU/g

(食品安全委員会: 生食用食肉（牛肉）における腸管出血性大腸菌及びサルモネラ属菌に係る食品健康影響評価から引用。)

検体数が１である場合､検体25g を１検体採取し *Enterobacteriaceae* が陰性というサンプリングプランにより、ほぼ確実に摘出される（すなわち95%不合格率）ロットの平均汚染濃度は、0.5 log CFU /g すなわち３CFU /g である（左図)。*Enterobacteriaceae* に換算した PO は－0.85 log CFU /g であるため、図４２－左のように、このロット内の 87%の部分は PO を上回ることになる。

検体数が 25 である場合、95%の確率で不合格となるロットの平均汚染濃度は－3.25log CFU /g である。図４２－右のように、このロット内の97.7%（＝２SD 標準偏差のこと　YE s）部分は *Enterobacteriaceae* に換算した PO－0.85 log CFU /g を下回り、ロット内平均値と PO との間に、標準偏差 1.2 log CFU /g の２倍の差が確保される。

これらのことより、25 サンプルの検体を採取し、検査を行う必要があるが、現行の規格基準では検体数は規定されなかった。

エ　達成基準の設定

これら結果を踏まえ、食品、添加物等の規格基準の一部を改正する件（平成 23 年厚生労働省告示第 321 号）が９月 12 日公布され、食品、添加物等の規格基準（昭和 34 年厚生省告示第 370 号。以下「告示」という。）の一部が改正され、生食用食肉の規格基準が新たに設定され、10 月１日から施行された。

成分規格（一部のみ紹介）
①対象食品は牛肉であって、生食用のもの
②検体 25g につき、腸内細菌科菌群が陰性であること

加工基準
①加工に使用する肉塊は、凍結させていないものであって、衛生的に枝肉から切り出すこと
②①の処理を行った肉塊は、速やかに、気密性のある清潔で衛生的な容器包装に入れ、密封後、肉塊の表面から 1cm 以上の深さを 60℃で２分間以上加熱（又は同等以上の方法）後、速やかに 10℃以下に冷却すること

生食用牛肉として提供される牛肉はこの規格基準を適合した牛肉でなければならない。

なお、その後のリスク評価により、平成 24 年 7 月からは、販売者は、直接一般消費者に販売することを目的に、牛の肝臓を使用して、食品を製造、加工又は調理する場合は、その工程中において、牛の肝臓の中心部の温度を 63℃で 30 分間以上加熱するか、又はこれと同等以上の殺菌効果を有する方法で加熱殺菌しなければならなくなった。
（牛の肝臓の中心部の温度を 63℃で 30 分間以上の加熱と同等以上の殺菌効果を有する方法とは、例えば、中心部の温度 75℃で 1 分間以上等の加熱をいう。）

ⅳ　食品安全委員会が自ら評価を行う定量的リスク評価事例

【タイトル】: 食品安全委員会：鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ/コリ
【実施機関】: 内閣府食品安全委員会
【公表時期】: 2009年6月

（ｉ）評価の経緯

・評価対象候補についてリスクプロファイルを作成し、優先案件として選定した中で、鶏肉を主とする畜産物中のカンピロバクター・ジェジュニ/コリから調査審議を進めることとした。
・カンピロバクター食中毒は、食中毒の上位を占め、家きん生産現場及び食鳥処理工程でカンピロバクターを防除する有効な手法がないという現状、生食や加熱不十分な状態での（鶏肉の）喫食が増える傾向にあること等の背景のもと食品安全基本法第 21 条第 1 項に規定する基本的事項に基づき、自らの判断により食品健康影響評価を行う案件として当該評価が選定された。

（ⅱ）　評価の目的

・鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ/コリについて、現状のリスク及び想定される対策を講じた場合のリスクに及ぼす効果を推定することとした。

（ⅲ）　評価の方法

・本評価では、審議を踏まえ、ハザードの特定と想定される対策の整理、定量的手法を用いた解析（解析の枠組み：ばく露評価及びハザードによる健康被害解析、解析結果：リスク特性解析）、カンピロバクター感染症及び合併症（ハザードによる健康被害解析-2）の順に記述することとした。
・定量的リスク評価を実施した。

ア　ハザードの特定

① 関連情報の整理：（１）病原体（増殖性、生残性、加熱抵抗性、感染源）、（２）食品（鶏肉の需給量、鶏肉消費に至る農場から消費までの段階、鶏肉の汚染率、調理時の交差汚染、非加熱及び加熱不十分鶏肉の喫食割合）、（３）宿主（カンピロバクター食中毒の発生状況、食中毒の症状、菌量反応（用量反応）に関する知見、感受性集団）、（４）食中毒原因食品の分析及び（５）現状のリスク管理（農場における対策、食鳥処理場における対

策、食肉処理場から食肉販売店等流通時における対策、喫食段階における対策）の５項目で分類し、リスクに関連する問題点等について整理した。

②想定される対策の設定（農場段階、食鳥処理・食肉処理段階、調理・　喫食段階）について記述した。

イ　ハザードの特性評価

用量反応

・Black らの文献情報：若年成人ボランティアによる摂取試験で、8×10² 個で感染が認められたとする報告を例示。菌量(菌数)に基づいた用量反応曲線（菌量反応曲線）として CFIA/USDA（1999）、DVFA（2001）及び RIVM(2005)の評価書で用いられているベータ二項モデルを採用した。用量反応曲線については、以下の図４３に示す。また、低菌量領域における用量反応曲線についても、別途作成した（図４４）。

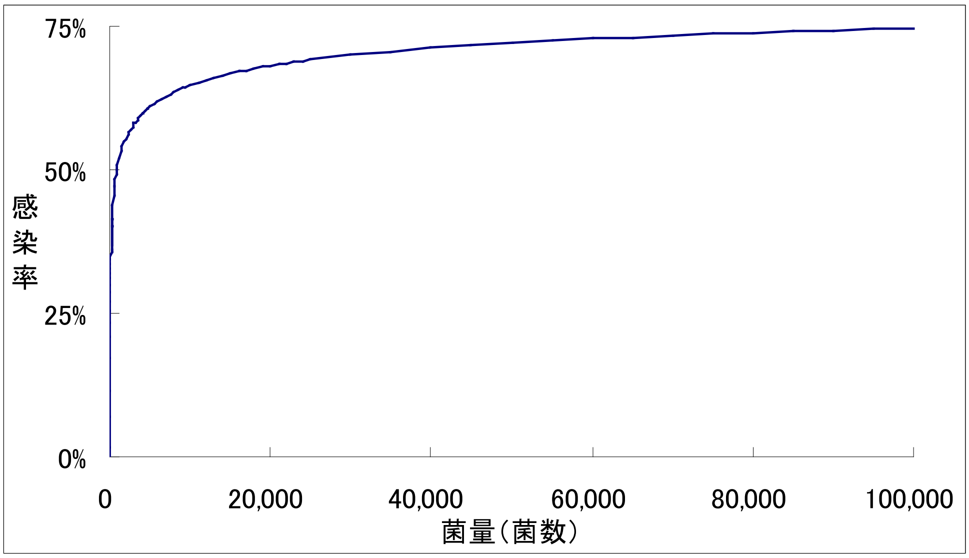


図４３．カンピロバクターの用量反応曲線

(食品安全委員会:微生物・ウイルス評価書 鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ／コリから引用。)

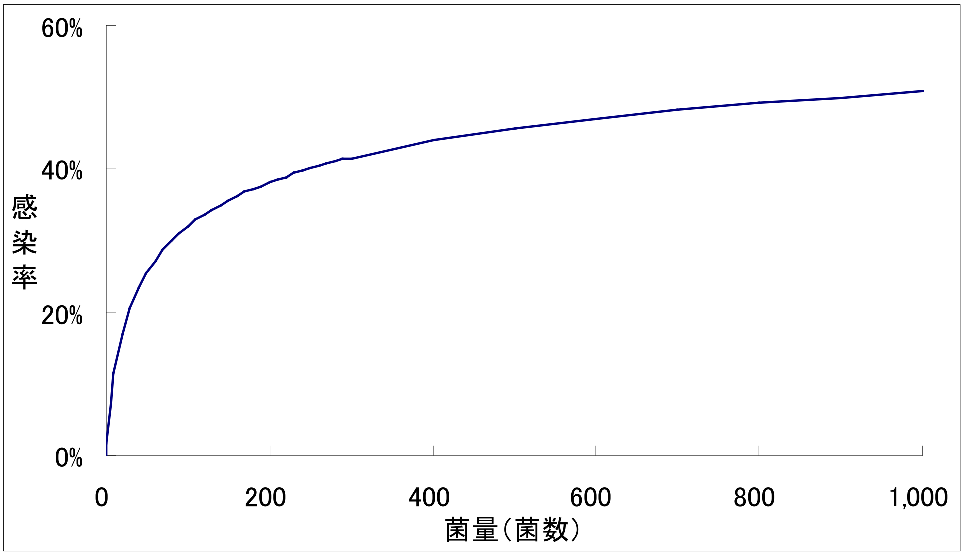


図４４．低菌量領域におけるカンピロバクターの用量反応曲線
（食品安全委員会:微生物・ウイルス評価書 鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ／コリから引用。）

これにより、一食当たりのカンピロバクターへの感染確率 P_{inf} は、以下の式により求めることとした。

$$p_{\mathrm{inf}} = 1 - \left(1 + \frac{D}{\beta}\right)^{-\alpha}$$

D：摂取したカンピロバクターの菌数（菌量）
α　：パラメータ＝0.145
β　：パラメータ＝7.59

なお、年間の鶏肉料理喫食回数を M（食/年）とし、わが国の人口を P（人）とすると、平均年間感染者数 $P_{\mathrm{inf\_y}} = P \cdot M \cdot P_{\mathrm{inf}}$ となる。

ウ．　ばく露評価

①農場、②食鳥処理・食肉処理、③流通・小売及び④調理・喫食の４段階に分けたフードチェーンに沿って、鶏肉の汚染率と汚染濃度が各段階によって受ける変化をモデル化（数式化）し、ハザードによる健康被害解析においては、摂食菌量と感染確率との関係曲線として引用できるモデルについて評価した。また、「カンピロバクター感染症及び合併症（ハザードによる健康被害解析-2）」について記述した。

① 農場段階のばく露評価

農場から食鳥処理場への輸送の際、カンピロバクターの増殖や交差汚染による汚染率の増加は起こらないものと仮定した。

② 食鳥処理・食肉処理段階のばく露評価

食鳥処理・食肉処理段階での交差汚染率を以下の式のように定義した。

$$\text{交差汚染率}=\frac{\text{工程の前後で増えた汚染鶏肉数}}{\text{工程前の非汚染鶏肉数}}$$

$$=\frac{\text{工程後の汚染鶏肉数}-\text{工程前の汚染鶏肉数}}{\text{工程前の非汚染鶏肉数}}$$

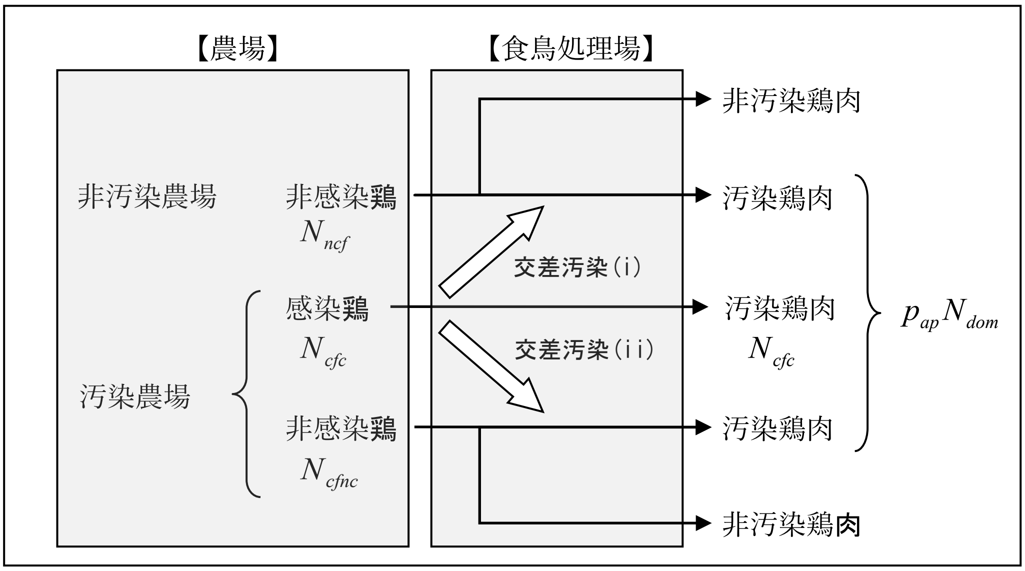


図４５．食鳥処理段階における交差汚染経路

(食品安全委員会:微生物・ウイルス評価書 鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ／コリから引用。)

③ 流通・小売段階のばく露評価

汚染鶏の部位別の汚染率に関するデータがないため、ある部位の鶏肉等が汚染されていれば、もとの鶏は汚染鶏として取り扱い、汚染されていなければ、もとの鶏は非汚染鶏として取り扱うこととする。国内で流通する汚染鶏肉数は、国内産汚染鶏肉数と輸入汚染鶏肉数の和である。流通・小売段階における鶏肉（輸入を含む）の汚染濃度 dist c （菌数/g）は、流通鶏肉のカンピロバクター汚染の報告事例と文献を整理したデータから求められるとした。

④ 調理・喫食段階のばく露評価

流通段階小売段階を経て家庭及び飲食店に持ち込まれた汚染鶏肉によって、消費者は、不十分に加熱調理された鶏肉料理又は生鶏肉（生食）を喫食すること（喫食ばく露）並びに汚染鶏肉と同時に調理されることで交差汚染を受けた喫食前に加熱を要しない食品（RTE 食品）を喫食すること（交差汚染ばく露）の２経路から、カンピロバクターにばく露されると考えた。

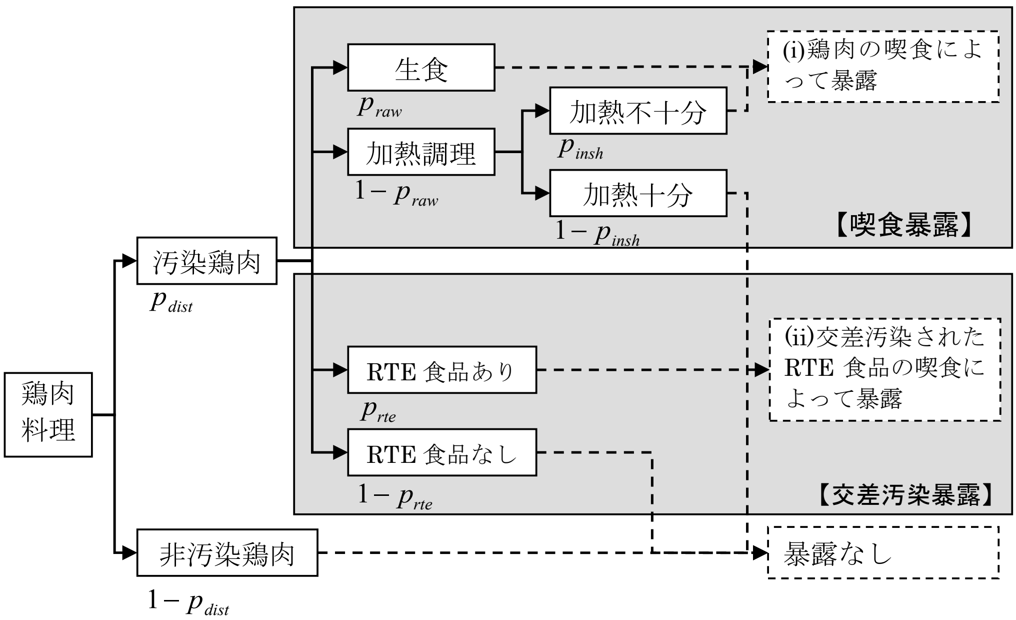


図４６．調理・喫食段階におけるばく露経路

(食品安全委員会:微生物・ウイルス評価書 鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ／コリから引用。)

表２５．交差汚染ばく露のプロセス

経路	プロセス	パラメータ
調理器具を介した交差汚染（A）	（A1）汚染鶏肉から調理器具に交差汚染が発生した場合に、汚染鶏肉を取り扱った調理器具に菌が移行	菌移行率 $r_{ch \to cu}$
	（A2）調理器具の洗浄・消毒等によって、汚染された調理器具に生残する菌が減少	菌生残率 r_{cu_surv} *1
	（A3）洗浄・消毒後の汚染された調理器具で RTE 食品を調理することで、調理器具から RTE 食品に交差汚染が発生し菌が移行	菌移行率 $r_{cu \to rte}$
手指を介した交差汚染（B）	（B1）汚染鶏肉から手指に交差汚染が発生した場合に、汚染鶏肉を取り扱った手指に菌が移行	菌移行率 $r_{ch \to hf}$
	（B2）手指の手洗い等によって、汚染された手指に生残する菌が減少	菌生残率 r_{hf_surv} *2

	(B3) 手洗い後の汚染された手指で RTE 食品を調理することで、手指から RTE 食品に交差汚染が発生し菌が移行	菌移行率 $r_{hf \rightarrow rte}$

*1: 調理器具の洗浄・消毒等の方法によって菌生残率は異なる。
*2: 手洗い等の方法によって菌生残率は異なる。

(食品安全委員会:微生物・ウイルス評価書 鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ／コリから引用。)

エ. リスクの判定

感染確率をシミュレーションにより推定、各リスク管理対策についてシナリオを設定し、それぞれの効果を分析する手法を用いた。

・確率論的モデル：表計算ソフト Microsoft Excel とそのリスク解析用アドオンソフト＠RISK4.5（日本語版）で構築。不確実性の分布の推定には、パラメトリック分布であるベータ分布を多用。

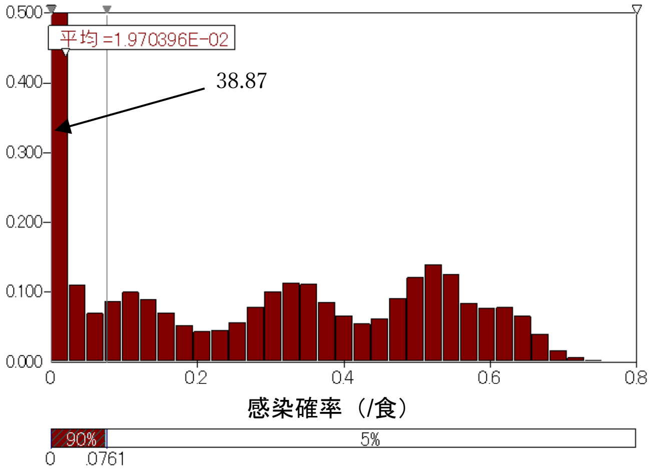
・リスク評価モデル：（１）農場段階：農場汚染率を一定と仮定し、汚染農場の年間出荷鶏数、汚染農場における鶏の感染率を算出、（２）流通・小売段階：輸入・国内流通鶏肉数、流通鶏肉の汚染率を推定した（不確実性分布（ベータ分布）を用いた）。汚染濃度は離散分布でモデル化した。（３）食鳥処理段階では、食鳥処理後の鶏肉汚染率及び交差汚染率を算出した。（４）調理・喫食段階では、①ばく露確率（喫食ばく露確率：生食頻度、加熱不十分調理の喫食頻度、喫食ばく露確率を算出）及び（交差汚染ばく露確率：調理器具を介した交差汚染ばく露確率、手指を介した交差汚染ばく露確率、交差汚染ばく露確率を算出）、②ばく露量（喫食ばく露量、交差汚染ばく露量）を算出した。（５）感染確率には、①1 食当たりのばく露量（用量）、②感染確率（反応）（感染確率を推定するため、カンピロバクターの菌量反応曲線として CFIA/USDA（1999）、DVFA（2001）及び RIVM(2005)の評価書で用いられているベータ二項モデルを採用。パラメータ推定は、これらの文献と Black らにおける摂取実験の結果に基づき、最尤法によって Medema ら及び Teunis らが推定した結果を用いた。

（ⅳ） 評価結果

・本評価で求める結果は、（１）現状のリスクの推定（①人の健康に及ぼすリスクを（定量的に）推定、②生産から消費までのフードチェーンの各段階について、リスクに対する影響を比較）、（２）想定される対策を講じた場合の効果を推定した。

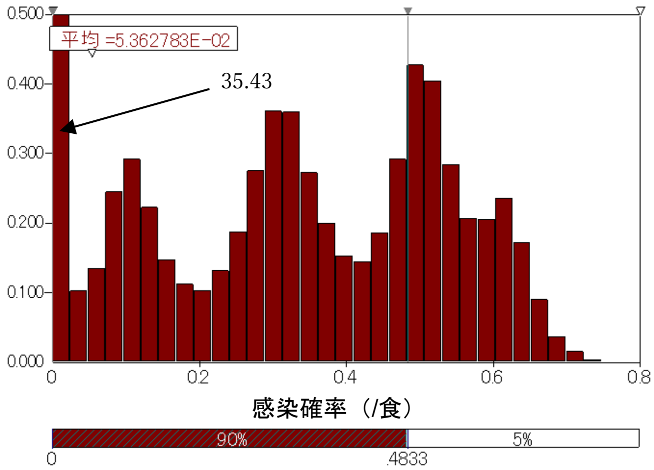
・鶏肉料理の喫食に伴うカンピロバクター食中毒については、一食当たりの感染確率の平均値は、鶏肉を生食する人については、家庭で 1.97%、

飲食店で 5.36%、生食しない人については家庭で 0.20%、飲食店で 0.07%、1 人当たりの年間平均感染回数は、生食する人では 3.42 回/年・人、生食しない人では 0.364 回/年・人であった。生食する人は生食しない人と比較し、一食当たりの感染確率は、家庭での喫食において約 10 倍、飲食店では 75 倍以上も高いことがわかった。以下の図４７～図５０に、生食の有無に係る家庭又は飲食店における一食当たりの感染確率の分布を示した。また、年間平均延べ約 1.5 億人が感染することが推定されたが、そのうち 80%が生食する人で占められていることが示された。



概要統計（/食）			
統計	値	%値	値
最小	0%	5%	0%
最大	77.83%	10%	0%
平均	1.97%	25%	0%
標準偏差	9.29%	30%	0%
分散	0.008629	50%	0%
歪度	5.091	70%	0%
尖度	28.77	75%	0%
メジアン	0%	90%	0%
モード	0%	95%	7.61%

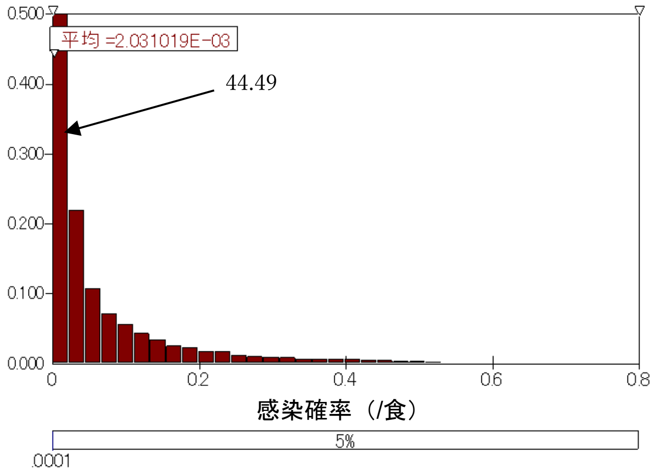
図４７．生食する人の家庭における一食当たりの感染確率の分布
(食品安全委員会:微生物・ウイルス評価書 鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ／コリから引用。)



概要統計（/食）			
統計	値	%値	値
最小	0%	5%	0%
最大	77.22%	10%	0%
平均	5.36%	25%	0%
標準偏差	14.64%	30%	0%
分散	2.143%	50%	0%
歪度	2.733	70%	0%
尖度	9.237	75%	0%
メジアン	0%	90%	28.24%
モード	0%	95%	48.33%

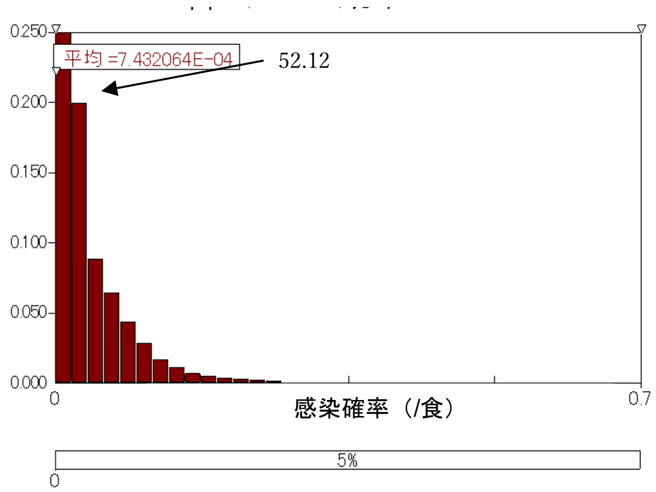
図４８．生食する人の飲食店における一食当たりの感染確率の分布
(食品安全委員会:微生物・ウイルス評価書 鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ／コリ

から引用。）



概要統計（/食）			
統計	値	%値	値
最小	0%	5%	0%
最大	70.79%	10%	0%
平均	0.203%	25%	0%
標準偏差	2.082%	30%	0%
分散	0.043%	50%	0%
歪度	16.06	70%	0%
尖度	315.9	75%	0%
メジアン	0%	90%	0%
モード	0%	95%	0.01%

図４９．生食しない人の家庭における一食当たりの感染確率の分布
(食品安全委員会:微生物・ウイルス評価書 鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ／コリから引用。）



概要統計（/食）			
統計	値	%値	値
最小	0%	5%	0%
最大	61.90%	10%	0%
平均	0.0743%	25%	0%
標準偏差	0.8329%	30%	0%
分散	0.00006.938	50%	0%
歪度	23.048	70%	0%
尖度	818.1	75%	0%
メジアン	0%	90%	0%
モード	0%	95%	0%

図５０．生食しない人の飲食店における一食当たりの感染確率の分布
(食品安全委員会:微生物・ウイルス評価書 鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ／コリから引用。）

・カンピロバクター食中毒低減に向けた 6 種類の単独対策のうち、対策の有無で比較した 2 種類の対策については、食鳥処理場での汚染・非汚染鶏群の区分処理では 44.0%、塩素濃度管理の徹底では 21.4%の感染者数低減率となり、いずれも比較的高いリスク低減効果が得られた。

評価では、各対策の組合せによるリスク低減効果の順位付けを行った。以下の表２６に、**各対策の組合せによるリスク低減効果の順位を示した。**第１位の「食鳥の区分処理＋生食割合の低減＋塩素濃度管理の徹底」を行うことにより、88.4%のリスク低減効果が得られることを示した。

指標を減少させた場合の効果を比較した 4 種類の対策については、生食割合の低減が高い効果を示しており、当該指標を 80%低減させれば 69.6%のリスク低減効果が得られることが示された。また、食著処理場での汚染・非汚染鶏群の区分処理を行った上で農場汚染率を低減させた場合が、感染者数低減に対して最も大きな効果を持つことも示された。

表２６．各対策の組合せによるリスク低減効果の順位

順位	対　　策	低減率
1	食鳥の区分処理＋生食割合の低減＋塩素濃度管理の徹底	88.4
2	食鳥の区分処理＋農場汚染率低減＋塩素濃度管理の徹底	87.5
3	食鳥の区分処理＋農場汚染率低減	84.0
4	食鳥の区分処理＋生食割合の低減	83.5
5	生食割合の低減＋塩素濃度管理の徹底	78.7
6	生食割合の低減	69.6
7	食鳥の区分処理＋調理時交差汚染割合の低減＋塩素濃度管理の徹底	58.3
8	食鳥の区分処理＋加熱不十分割合の低減＋塩素濃度管理の徹底	55.9
9	食鳥の区分処理＋調理時交差汚染割合の低減	48.7
１０	食鳥の区分処理＋加熱不十分割合の低減	44.1
１１	調理時交差汚染割合の低減＋塩素濃度管理の徹底	26.3
１２	農場汚染率低減＋塩素濃度管理の徹底	26.2
１３	加熱不十分割合の低減＋塩素濃度管理の徹底	21.6
１４	調理時交差汚染割合の低減	9.4
１５	農場汚染率低減	6.1
１６	加熱不十分割合の低減	0.2

※低減率は各指標を 80%低減させた場合のリスク低減効果を示している

（食品安全委員会:微生物・ウイルス評価書 鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ／コリ　から引用。）

・年間感染者数に影響を及ぼす要因を明確化するため、①回帰感度、②相関の両

面から感度分析を実施した。モデルへの入力値となる確率変数は、鶏の感染率、鶏肉の汚染率、汚染濃度、鶏肉の喫食形態と喫食量、交差汚染の要因としてRTE食品と鶏肉との同時調理の頻度とした。

・モデルで使用したデータが限定されていたことにより各段階で仮定を持ち込んだため不確実性が大きくなった。

・カンピロバクター感染症の感染確率の推定結果は、限られたデータ及び様々な前提条件・仮定のもとに作成した評価モデルを用いたため、不確実性が含まれている。

・症状の重症度ごとの発生確率まで推定することができなかった。人の健康への悪影響の発生確率と重症度を推定するために必要な臨床データ等のデータ収集を制度的に支える仕組みの導入が必要と考えられた。

（２）評価事例の一覧

※Digital Object Identifier (DOI)が付与されているものには添付しています。

＜FAO/WHO ガイダンス（2021）第8章に挙げられたリスク評価事例＞

ⅰ　定性的 － 半定量的リスク評価の例

・ Risk assessment for main determinants of antibiotic resistance in South East Asia　British Medical Journal 2017; 358
DOI: 10.1136/bmj.j3393

・ WHO: Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1, Coastal and fresh waters.2003. Chapter 4. Faecal pollution and water quality.
https://a.msip.securewg.jp/docview/viewer/docN1BF746F48200e6575e009a42a0198f486c81e41365c8de6fb17fc2c2d16be0454d47f06a5788

・ Australian government, National health and medical research Council, Natural resource management ministerial council: Australian drinking water guidelines 6, 2011. Version 3.4 Updated October 2017
https://a.msip.securewg.jp/docview/viewer/docND451BEE961108bc5954758038f8bc260f249b3cdf97ebb2749fc275477f393f9b2adfbf2f22c

・ EFSA: Statement on BSE/TSE and the health risks of the consumption of milk and milk derived products from goats by the Scientific Panel on biological hazards (BIOHAZ). 2004
・ DOI: 10.2903/j.efsa.2004.136

・ EFSA: EFSA publishes Geographical BSE-Risk (GBR) assessments for Australia, Canada, Mexico, Norway, South Africa, Sweden and the United States of America. 2004
https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/040820

・ New Zealand Food Safety Authority, Lake R et al. ESR: Risk Profile: *Mycobacterium bovis* in milk. 2009
https://a.msip.securewg.jp/docview/viewer/docND451BEE96110cd05

db965ba3f8918a41db7626a35e733a9fdabb9e14338d3d22a68343d29879

- Sumner J, Ross T: A semi-quantitative seafood safety risk assessment. International Journal of Food Microbiology 2002; 77(1-2): 55-59
  DOI: 10.1016/s0168-1605(02)00062-4
  FAO: Risk Ranger: A Simple Food Safety Risk Calculation Tool.
  https://www.fao.org/food-safety/resources/tools/details/en/c/1191489/
  【（１） i　半定量的水産食品安全リスク評価】

- Australian government: Biosecurity import risk analysis guidelines 2016. Managing biosecurity risks for imports into Australia.
  https://a.msip.securewg.jp/docview/viewer/docNC83AC6ACCDF5b5f202c6380e4bea186ac18aa60084243f7faae63c126248efa6211e7b273ddc

- FAO/WHO: Multicriteria-based ranking for risk management of food-borne parasites. Microbiological risk assessment series (MRA) 23. 2014
  https://www.fao.org/publications/card/en/c/ee07c6ae-b86c-4d5f-915c-94c93ded7d9e/

ii　定量的微生物リスク評価の例

- USDA/FSIS: Comparative risk assessment for intact (non-tenderized) and non-intact (tenderized) beef: Technical report. 2002
  https://a.msip.securewg.jp/docview/viewer/docN7739071658D0bd34bcf54d740709fd49b1e0f36e072607f60964fa37865ffa5ca5127d1ba999

- FAO/WHO: Risk assessment of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods. Microbiological risk assessment series No.5. 2004
  https://a.msip.securewg.jp/docview/viewer/docN18579484568F2fd436f1b67301f8c20139cdce8759686f24e7aad776f38cbf183b1b384da09b

- RIVM: Risk assessment of Shiga-toxin-producing *Escherichia. coli* O157 in steak tartare in the Netherlands. 2001
  https://a.msip.securewg.jp/docview/viewer/docN18579484568Feb5bc79fc3993a02f849578733274c4db582521900b0b40a3df79bd6f8f672be

- FAO/WHO: Risk assessment of *Vibrio vulnificus* in raw oysters: interpretative summary and technical report. Microbiological risk assessment series No. 8. 2005
  https://www.who.int/publications/i/item/9241563109

- .CCFFP: Thailand information paper: On estimating the risk of developing histamine poisoning from the consumption Thai fish sauces. No. FFP/31 CRD 18. 2011

- Ssemanda JN, Reij MW, van Middendorp G, Bouw E, van der Plaats R, Franz E et al.: Foodborne pathogens and their risk exposure factors associated with farm vegetables in Rwanda. Food Control 2018; 89: 86-96
  DOI: 10.1016/j.foodcont.2017.12.034

- Pouillot R, Garin B, Ravaonindrina N, Diop K, Ratsitorahina M, Ramanantsoa D et al.: A risk assessment of campylobacteriosis and salmonellosis linked to chicken meals prepared in households in Dakar, Senegal. Risk Analysis 2012; 32(10): 1798-1819
  DOI: 10.1111/j.1539-6924.2012.01796.x
  【（１） ⅱ　（ⅱ）　定量的リスク評価の事例②】

- Risk Assessment of *Vibrio parahaemolyticus* in Seafood. Interpretative summary and Technical report. Microbiological risk assessment (MRA) 16 2011
  https://www.fao.org/documents/card/en/c/8999eaae-3d7c-5768-a1b8-042f54b0491d/

- Akio Yamamoto, Junichiro Iwahori, Varaporn Vuddhakul, Wilawan Charernjiratragul, David Vose, Ken Osaka, Mika Shigematsu, Hajime

Toyofuku, Shigeki Yamamoto, Mitsuaki Nishibuchi, Fumiko Kasuga: Quantitative modeling for risk assessment of *Vibrio parahaemolyticus* in bloody clams in southern Thailand. International Journal of Food Microbiology 124 (2008) 70–78
DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2008.02.021
【（１） ⅱ （ⅲ） 定量的リスク評価の事例③】

EFSA: Scientific opinion on the public health risks of table eggs due to deterioration and development of pathogens. 2014
DOI: 10.2903/j.efsa.2014.3782

- Ryan M, Gurian PL, Haas CN, Rose JB, Duzinski PJ: Acceptable microbial risk: Cost-benefit analysis of a boil water order for *Cryptosporidium*. American Water Works Association 2013
DOI: 10.5942/jawwa.2013.105.0020

iii　その他の評価事例

（ｉ）細菌

ア　0157（*E.　coli*）

・Söderqvist K, Rosberg AK, Boqvist S, Alsanius B, Mogren L, Vågsholm I: Season and species: Two possible hurdles for reducing the food safety risk of *Escherichia coli* O157 contamination of leafy vegetables. Journal of Food Protection 2019; 82(2): 247-255
DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-18-292

・Smith BA, Fazil A, Lammerding AM: A risk assessment model for *Escherichia coli* O157: H7 in ground beef and beef cuts in Canada: Evaluating the effects of interventions. Food Control 2013; 29(2): 364-381
DOI:10.1016/j.foodcont.2012.03.003

・Brusa V, Costa M, Padola NL, Etcheverría A, Sampedro F, Fernandez PS, Laotta GA, Signorini ML. Quantitative risk assessment of haemolytic uremic syndrome associated with beef consumption in Argentina. PLOS ONE 2020; 15(11): e0242317
DOI:10.1371/journal.pone.0242317

・Söderqvist K, Rosberg AK, Boqvist S, Alsanius B, Mogren L, Vågsholm I: Season and species: Two possible hurdles for reducing the food safety risk of *Escherichia coli* O157 contamination of leafy vegitables. Journal of Food Protection 2019; 82(2): 247-255
DOI:10.4315/0362-028X.JFP-18-292

・Kosmider RD, Nally P, Simons RRL, Brouwer A, Cheung S, Snary EL, Wooldridge M: Attribution of human VTEC O157 infection from meat products: A quantitative risk assessment approach. Risk Analysis 2010; 30(5): 753-765
DOI:10.1111/j.1539-6924.2009.01317.x

・Lien K-W, Yang M-X, Ling M-P: Microbial risk assessment of *Escherichia coli* O157: H7 in beef imported from the United States of America to Taiwan. Microorganisms 2020; 8(5): 676
DOI: 10.3390/microorganisms8050676

・Pesciaroli M,　Chardon JE, Delfgou EHM, Kuijpers AFA, Wijnands LM, Evers EG: Home style frying of steak and meat products: Survival of *Escherichia coli* related to dynamic temperature profiles. International Journal of Food Microbiology 2019; 300: 53-63
DOI:10.1016/j.ijfoodmicro.2019.03.020

・Evers EG, Pielaat A, Smid JH, van Duijkeren E, Vennemann FBC, Wijnands LM, Chardon JE: Comparative exposure assessment of ESBL-producing *Escherichia coli* through meat consumption. PLOS ONE 2017; 12(1): e0169589
DOI:10.1371/journal.pone.0169589

・食品安全委員会：微生物・ウイルス評価書　生食用食肉（牛肉）における腸管出血性大腸菌及びサルモネラ属菌。2011年８月
http://www.fsc.go.jp/fsciis/evaluationDocument/show/kya20110711108
【（１）ⅲ　リスク管理の新しい数的指標を用いた定量リスク評価の事例】

イ　*Campylobacter*

・Ha J, Lee H, Kim S, Lee J, Lee S, Choi Y, Oh H, Yoon Y: Quantitative microbial risk assessment of *Campylobacter jejuni* in jerky in Korea. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 2019; 32(2): 274-281
DOI: 10.5713/ajas.18.0322

・Dogan OB, Clarke J, Mattos F, Wang B: A quantitative microbial risk assessment model of *Campylobacter* in broiler chickens: Evaluating processing interventions. Food Control 2019; 100: 97-110
DOI:10.1016/j.foodcont.2019.01.003

【（１） ⅱ （ⅵ） 定量的リスク評価事例⑥】

・Al-Sakkaf A: Comparison of three modelling approaches to predict the risk of campylobacteriosis in New Zealand. Microbial Risk Analysis 2020; 14: 100077
DOI: 10.1016/j.mran.2019.06.001

・Evers EG, Bouwknegt M: Combining QMRA and epidemiology to estimate campylobacteriosis incidence。Risk Analysis 2016; 36(10): 1959-1968
DOI:10.1111/risa.12538

・da Hora J, Cohim EB, Sipert S, Leão A: Quantitative microbial risk assessment (QMRA) of *Campylobacter* for roof-harvested rainwater domestic use. Proceedings 2018; 2(5): 185
DOI: 10.3390/ecws-2-04954

・EFSA: Update and review of control for *Campylobacter* in broiler at primary production. EFSA Journal. 2020. 18(4): 6090
DOI: 10.2903/j.efsa.2020.6090

【（１） ⅱ （ⅳ） 定量的リスク評価の事例④】

・Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail（ANSES）：ANSES opinion and report on the state of knowledge relating to the contamination of broilers with *Campylobacter* and assessment of the impact of interventions at different stages of the food chain in France; Collective Expert Appraisal Report; Anses:Fougères, France, 2018: 1-81
https://www.anses.fr/en/content/anses-opinion-and-report-state-knowledge-relating-contamination-broilers-campylobacter-and

【（１） ⅱ （ⅴ）定量的リスク評価の事例（確率論的リスク評価事例）⑤】

・Habib I, Coles J, Fallows M, Goodchild S: Human campylobacteriosis

related to cross-contamination during handling of raw chicken meat: Application of quantitative risk assessment to guide intervention scenarios analysis in the Australian context. International Journal of Food Microbiology 2020; 332(2):108775
DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108775
【(１) ⅱ (ⅶ) 定量的リスク評価事例⑦】

・鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ/コリ（2009年６月）
【(１) ⅳ 食品安全委員会が自ら評価を行う定量リスク評価事例】
http://www.fsc.go.jp/fsciis/evaluationDocument/show/kya20041216001

ウ. *Salmonella*

・FAO/WHO: Risk assessments of *Salmonella* in eggs and broiler chickens-2. Microbiological risk assessment series 2. 2002
https://www.fao.org/3/y4392e/y4392e00.htm
【(１) ⅱ (ｉ) 定量的リスク評価の事例①】

・Collineau L, Phillips C, Chapman B, Agunos A, Carson C, Fazil A, Reid-Smith RJ, Smith BA: A within-flock mocel of *Salmonella* Heidelberg transmission in broiler chickens. Preventive Veterinary Medicine 2020; 174: 104823
DOI: 10.1016/j.prevetmed.2019.104823

・Maffei DF, Sant'Ana AS, Franco BDGM, Schaffner DW: Quantitative assessment of the impact of cross-contamination during the washing step of ready-to-eat leafy greens on the risk of illness caused by *Salmonella*. Food Research International 2017; 92: 106-112
DOI:10.1016/j.foodres.2016.12.014

エ *Listeria*

・Hadjicharalambous C, Grispoldi L, Goga BC: Quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* in a traditional RTE product. EFSA Journal 2019; 17(S2): e170906
DOI:10.2903/j.efsa.2019.e170906

・Njage PMK, Leekitcharoenphon P, Hansen LT, Hendriksen RS, Faes C, Aerts M, Hald T: Quantitative microbial risk assessment based on whole genome sequencing data: Case of *Listeria monocytogenes*. Microorganisms 2020; 8: 1772: 1-24 DOI:10.3390/microorganisms8111772

オ　*Staphylococcus*

・Lee H, Kim K, Choi K-H, Yoon Y: Quantitative microbial risk assessment for *Staphylococcus aureus* in natural and processed cheese in Korea. Journal of Dairy Science 2015; 98: 5931-5945 DOI:10.3168/jds.2015-9611

・Zeaki N, Johler S, Skandamis PN, Schelin J: The role of regulatory mechanisms and environmental parameters in *Staphylococcal* food poisoning and resulting challenges to risk assessment. Frontiers in Microbiology 2019; 10: 1307 DOI: 10.3389/fmicb.2019.01307

カ　*Bacillus*

・Park HW,　Yoon WB: A quantitative microbiological exposure assessment model for *Bacillus cereus* in pasteurized rice cakes using computational fluid dynamics and Monte Carlo simulation. Food Research International 2019; 125: 108562 DOI:10.1016/j.foodres.2019.108562

（ⅱ）ウイルス

・Bouwknegt M, Verhaelen K, Husman AMR,　Rutjes SA: Quantitative risk profile for viruses in foods. RIVM report 330371008/2013 https://a.msip.securewg.jp/docview/viewer/docN570634915446dcab368f4e7284237a809bd8baa987adacb7c1aa3e52eda5096ced1a3ddb2002

・Kurgat EK, Sexton JD, Garavito F, Reynolds A, Contreras RD, Gerba CP, Leslie RA, Edmonds-Wilson SL, Reynolds KA: Impact of a hygiene intervention on virus spread in an office building.

International Journal of Hygiene and Environmental Health 2019; 222: 479-485
DOI:10.1016/j.ijheh.2019.01.001

（iii）寄生虫

ア　*Anisakis*

・Bao M, Pierce GJ, Pascual S, González-Muñoz M, Mattiucci S, Mladineo I, Cipriani P, Bušelić I, Strachan NJC: Assessing the risk of an emerging zoonosis of worldwide concern: anisakiasis. Scientific Reports 2017; 7: 43699
DOI: 10.1038/srep43699

イ　*Toxoplasma*

・Deng H, Swart A, Marinović AAB, Giessen JWB, Opsteegh M: The effect of salting on *Toxoplasma gondii* viability evaluated and implemented in a quantitative risk assessment of meat-borne human infection. International Journal of Food Microbiology 2020; 314: 108380
DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108380

・Guo M, Buchanan RL, Dubey JP, Hill DE, Lambertini E, Ying Y, Gamble HR, Jones JL, Pradhan AK: Qualitative assessment for *Toxoplasma gondii* exposure risk associated with meat products in the United States. Journal of Food Protection 2015; 78(12): 2207-2219
DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-15-270

ウ　*Trichinella*

・FAO/WHO: Risk-based examples and approach for control of *Trichinella* spp. and *Taenia saginata* in meat. Microbiological risk assessment series 25.2020
https://www.who.int/publications/i/item/9789240012431

（iv）水・食品関連

・Bivins AW, Sumner T, Kumpel E, Howard G, Cumming O, Ross I, Nelson K, Brown J: Estimating infection risks and the global burden of diarrheal disease attributable to intermittent water supply using

QMRA. Environmental Science and Technology 2017; 51(13): 7542-7551
DOI: 10.1021/acs.est.7b01014

・Health Canada, Santé Canada: Guidance on the use of quantitative microbial risk assessment in drinking water. Document for public consultation May 11, 2018
https://www.canada.ca/en/health-canada/programs/consultations-guidance-quantitative-microbial-risk-assessment-drinking-water/document.html

・Georgalis L, Garre A, Escamez PSF: Training in tools to develop quantitative risk assessment using Spanish ready-to-eat food examples. EFSA Journal 2020; 18(S1): e181103
DOI:10.2903/j.efsa.2020.e181103

・Hölzel CS, Tetens JL, Schwaiger K: Unravelling the role of vegetables in spreading antimicrobial-resistant bacteria: A need for quantitative risk assessment. Foodborne Pathogens and Disease 2018; 15(11): 671-688
DOI:10.1089/fpd.2018.2501

・von Westerholt F, Butler F: A Bayesian estimation of the concentration of microbial organisms in powdered foods arising from repeat testing for microbial contamination. Microbial Risk Analysis 2020; 14: 100083
DOI:10.1016/j.mran.2019.07.004

（Ⅴ）食肉・食肉処理

・Hdaifeh A, Khalid T, Boué G, Cummins E, Guillou S, Federighi M, Tesson V: Critical analysis of pork QMRA focusing on slaughterhouses: Lessons from the past and future trends. Foods 2020; 9(11): 1704
DOI:10.3390/foods9111704

・McCarthy Z, Smith B, Fazil A, Wu J, Ryan SD, Munther D: Individual

based modeling and analysis of pathogen levels in poultry chilling process. Mathmatical Biosciences 2017; 294: 172-180
DOI:10.1016/j.mbs.2017.10.010

・Saha J, Jadeja R, Jaroni D: Quantitative microbiological risk assessment for the selection of pathogen control strategies during ground beef processing: A cost effective approach. Meat and Muscle Biology 2018; 2(2): 143
DOI: 10.221751/rmc2018.127

・Tesson V, Federighi M, Cummins E, Mota JDO, Guillou S, Boué G: A systematic review of beef meat quantitative microbial risk assessment models. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020; 17(3): 688
DOI: 10.3390/ijerph17030688

（ⅵ）汚染経路

ア　食品媒介人獣共通感染症

・Romero-Bariios P, Hempen M, Messens W, Stella P, Hugas M: Quantitative microbiological risk assessment (QMRA) of food-borne zoonoses at the European level. Food Control 2013; 29(2): 343-349
DOI:10.1016/j.foodcont.2012.05.043

イ　交差汚染

・Iulietto MF, Evers EG: Modelling and magnitude estimation of cross-contamination in the kitchen for quantitative microbiological risk assessment (QMRA). EFSA Journal 2020; 18(S1): e181106
DOI:10.2903/j.efsa.2020.e181106

ウ　糞便汚染

・Wang Y, Moe CL, Teunis PFM: Children are exposed to fecal contamination via multiple interconnected pathways: A network model for exposure assessment. Risk Analysis 2018; 38(11): 2478-2496
DOI: 10.1111/risa.13146

（vii）モデル・ツール関連

・Weir MH, Mitchell J, Flynn W, Pope JM: Development of a microbial dose response visualization and modelling application for QMRA modelers and educators. Environmental Modelling and Software 2017; 88: 74-83
DOI: 10.1016/j.envsoft.2016.11.011

・ Bassett J, Nauta M, Lindqvist R, Zwietering M: Tools for Microbiological risk assessment. ILSI Europe　2012
https://a.msip.securewg.jp/docview/viewer/docN18579484568F4870c28ef8742bfe9ed0ea5af2ee91fdb294da98d03285d7333eacf7707bed3e