府食第５９６号
平成２１年6月２５日

厚生労働大臣
　舛添　要一　殿

食品安全委員会
　委員長　見上　彪

食品健康影響評価の結果の通知について

食品安全委員会では、食品安全基本法（平成１５年法律第４８号）第２３条第１項第２号の規定に基づき関係大臣から依頼を受けて食品健康影響評価を行うほか、自らの判断で食品健康影響評価を行うこととしています。

食中毒原因微生物に関する食品健康影響評価については、平成１６年１２月に自らの判断で行うことを決定し、食中毒原因微生物の評価指針の策定及び評価すべき対象の優先順位の決定を行った上で、個別の微生物の評価を進めてきたところです。

今般、鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ／コリの食品健康影響評価結果を別添のとおり取りまとめましたので、当該評価結果を踏まえ適切なリスク管理措置を検討されるようお願いします。

府食第５９６号
平成２１年６月２５日

農林水産大臣
石破　茂　殿

食品安全委員会
委員長　見上　彪

食品健康影響評価の結果の通知について

食品安全委員会では、食品安全基本法（平成１５年法律第４８号）第２３条第１項第２号の規定に基づき関係大臣から依頼を受けて食品健康影響評価を行うほか、自らの判断で食品健康影響評価を行うこととしています。

食中毒原因微生物に関する食品健康影響評価については、平成１６年１２月に自らの判断で行うことを決定し、食中毒原因微生物の評価指針の策定及び評価すべき対象の優先順位の決定を行った上で、個別の微生物の評価を進めてきたところです。

今般、鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ／コリの食品健康影響評価結果を別添のとおり取りまとめましたので、当該評価結果を踏まえ適切なリスク管理措置を検討されるようお願いします。

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

２００９年６月

食品安全委員会

目　　次

＜審議の経緯＞ 2

＜食品安全委員会委員名簿＞ 3

＜食品安全委員会微生物・ウイルス専門調査会専門委員＞ 4

要　　約 7

Ⅰ　はじめに 8

Ⅱ　背景 8

Ⅲ　評価の対象 10

Ⅳ　ハザードの特定と想定される対策の整理 11

1　関連情報の整理 11
2　問題点の抽出 25
3　想定される対策の設定 26

Ⅴ　定量的手法を用いた解析 28

1　解析の枠組み(暴露評価及びハザードによる健康被害解析) 28
2　解析結果（リスク特性解析） 41

Ⅵ　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）. 59

1　カンピロバクター感染症 59
2　ＧＢＳ（ギラン・バレー症候群） 61
3　その他 62

Ⅶ　食品健康影響評価結果 63

1　カンピロバクター感染症について 63
2　想定した対策について 63
3　その他 65

Ⅷ　まとめ及び今後の課題 66

1　カンピロバクター食中毒低減に向けた対策について 66
2　具体的な対策の検討に当たり留意すべき事項について 67
3　今後のリスク評価に向けた課題について 67

別添１　モデルの詳細 68

別添２　モデルに用いたデータ 82

別添３　具体的な対策の検討に当たり議論された事項について..... 94

＜別紙：検査値等略称＞ 95

＜参照＞ 96

＜審議の経緯＞

2004 年 12 月 16 日	第 74 回食品安全委員会において自ら行う食品健康影響評価として、①評価指針を作成すること、②評価の優先順位を決めること、③個別の微生物を評価すること及び④これらの審議を微生物・ウイルス合同専門調査会で行うことを決定

＜評価指針の作成＞

2005 年 6 月 30 日 ～12 月 27 日	微生物(第 5 回)・ウイルス(第 3 回)合同専門調査会～微生物(第 12 回)・ウイルス(第 7 回)合同専門調査会（評価指針の審議）
2006 年 2 月 16 日	第 131 回食品安全委員会（評価指針審議状況報告）
2006 年 2 月 16 日 ～3 月 15 日	評価指針本文に係る国民からの意見・情報の募集
2006 年 5 月 19 日	微生物（第 15 回）・ウイルス（第 9 回）合同専門調査会
2006 年 6 月 1 日	第 145 回食品安全委員会（評価指針本文の報告）
2006 年 9 月 11 日 ～2007 年 7 月 24 日	微生物(第 18 回)・ウイルス(第 11 回)合同専門調査会～微生物(第 23 回)・ウイルス(第 15 回)合同専門調査会（評価指針付属書の審議）
2007 年 8 月 2 日	第 201 回食品安全委員会(評価指針付属書の審議状況報告)
2007 年 8 月 2 日 ～8 月 31 日	評価指針付属書に係る国民からの意見・情報の募集
2007 年 9 月 13 日	第 206 回食品安全委員会（評価指針の報告）

＜評価優先順位の決定＞

2006 年 9 月 11 日	微生物(第 18 回)・ウイルス(第 11 回)合同専門調査会（リスクプロファイルの策定、審議優先案件の審議）
2006 年 10 月 19 日	第 164 回食品安全委員会（リスクプロファイルと優先案件の選定結果の了承、検討グループの設置及び検討の指示）
2006 年 10 月 4 日 ～2007 年 1 月 30 日	4 検討グループ会合（優先案件の実行可能性等の審議）
2007 年 2 月 5 日	微生物(第 19 回)・ウイルス(第 12 回)合同専門調査会（カンピロバクターからリスク評価を進めることで合意）
2007 年 5 月 17 日	第 190 回食品安全委員会（意見交換会開催の決定）
2007 年 6 月 22 日 6 月 25 日	全国２か所（東京・大阪）での意見交換会の開催
2007 年 7 月 19 日	第 199 回食品安全委員会（カンピロバクターの評価実施の決定）

＜検討グループ会合＞

2006 年 10 月 4 日	微生物検討グループ責任者会合
2006 年 11 月 1 日	微生物検討グループ会合（第 1 回カンピロバクター）
2006 年 11 月 1 日	微生物検討グループ会合（第 1 回サルモネラ）
2006 年 11 月 1 日	微生物検討グループ会合（第 1 回ノロウイルス）

2006 年 11 月 8 日　微生物検討グループ会合（第 1 回腸管出血性大腸菌）
2006 年 12 月 12 日　微生物検討グループ会合（第 2 回ノロウイルス）
2006 年 12 月 13 日　微生物検討グループ会合（第 2 回カンピロバクター）
2006 年 12 月 15 日　微生物検討グループ会合（第 2 回腸管出血性大腸菌）
2006 年 12 月 19 日　微生物検討グループ会合（第 2 回サルモネラ）
2007 年 1 月 18 日　微生物検討グループ会合（第 3 回サルモネラ）
2007 年 1 月 19 日　微生物検討グループ会合（第 3 回ノロウイルス）
2007 年 1 月 30 日　微生物検討グループ会合（第 3 回腸管出血性大腸菌）

＜個別微生物の評価＞

2007 年 7 月 24 日　微生物(第 23 回)・ウイルス(第 15 回)合同専門調査会（評価体制の決定）
2007 年 10 月 19 日　微生物・ウイルス専門調査会（第 1 回）・同WG（第 1 回）（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／コリの審議）
2008 年 3 月 3 日　微生物・ウイルス専門調査会WG（第 2 回）
2008 年 7 月 7 日　微生物・ウイルス専門調査会WG（第 3 回）
2008 年 10 月 8 日　微生物・ウイルス専門調査会WG（第 4 回）
2008 年 11 月 14 日　微生物・ウイルス専門調査会WG（第 5 回）
2008 年 12 月 19 日　微生物・ウイルス専門調査会WG（第 6 回）
2009 年 2 月 9 日　微生物・ウイルス専門調査会WG（第 7 回）
2009 年 3 月 6 日　微生物・ウイルス専門調査会WG（第 8 回）
2009 年 4 月 27 日　微生物・ウイルス専門調査会（第 6 回）
2009 年 5 月 14 日　第 285 回食品安全委員会（報告）
2009 年 5 月 14 日 ～ 6 月 12 日　国民からの御意見・情報の募集
2009 年 6 月 23 日　微生物・ウイルス専門調査会座長より食品安全委員会委員長へ報告
2009 年 6 月 25 日　第 291 回食品安全委員会（報告）（同日付け厚生労働大臣及び農林水産大臣へ通知）

＜食品安全委員会委員名簿＞

（2006 年 6 月 30 日まで）
寺田雅昭（委員長）
寺尾允男（委員長代理）
小泉直子
坂本元子
中村靖彦
本間清一
見上　彪

（2006 年 12 月 20 日まで）
寺田雅昭（委員長）
見上　彪（委員長代理）
小泉直子
長尾　拓
野村一正
畑江敬子
本間清一

（2006 年 12 月 21 日から）

見上　彪（委員長）
小泉直子（委員長代理*）
長尾　拓
野村一正
畑江敬子
廣瀬雅雄**
本間清一
*：2007 年 2 月 1 日から　　**：2007 年 4 月 1 日から

＜食品安全委員会微生物専門調査会専門委員＞

（2005 年 9 月 30 日まで）	（2005 年 10 月 1 日から）
渡邉治雄（座長）	渡邉治雄（座長）
丸山　務（座長代理）	丸山　務（座長代理）
荒川宜親	荒川宜親
岡部信彦	岡部信彦
春日文子	春日文子
工藤由起子	工藤由起子
熊谷　進	小崎俊司
小崎俊司	関崎　勉
品川邦汎	田村　豊*
関崎　勉	寺門誠致**
寺門誠致	中村政幸
中村政幸	藤井建夫
藤井建夫	藤川　浩
藤川　浩	牧野壯一
牧野壯一	

*　：2006 年 10 月 1 日から
**　：2006 年 7 月 31 日まで

＜食品安全委員会ウイルス専門調査会専門委員＞

（2005 年 9 月 30 日まで）	（2005 年 10 月 1 日から）
田代眞人（座長）	田代眞人（座長）
間　陽子	間　陽子
明石博臣	明石博臣
牛島廣治	牛島廣治
岡部信彦（微生物専門委員兼任）	岡部信彦（微生物専門委員兼任）
春日文子（微生物専門委員兼任）	春日文子（微生物専門委員兼任）
小原恭子	門平睦代
高島郁夫	小原恭子
西尾　治	高島郁夫
堀本泰介	西尾　治
三浦康男	堀本泰介
宮村達男	三浦康男
	宮村達男

＜食品安全委員会微生物・ウイルス専門調査会専門委員＞
（2007 年 10 月 1 日から）

渡邉治雄（座長）
田代眞人（座長代理）
荒川宜親
牛島廣治
岡部信彦
小坂　健
春日文子
門平睦代
工藤由起子
熊谷　進
小崎俊司
関崎　勉
田村　豊
中村政幸
西尾　治
藤井建夫
藤川　浩
牧野壯一

＜食品安全委員会微生物・ウイルス専門調査会ワーキンググループ専門委員＞
牧野壯一（ワーキンググループ座長）
小坂　健
春日文子
関崎　勉
中村政幸
西尾　治
藤井建夫

＜食品安全委員会微生物専門調査会微生物検討グループ専門委員＞
＜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＞
牧野壯一（責任者）
春日文子
中村政幸
藤井建夫
丸山　務
伊藤　武（参考人、財団法人東京顕微鏡院食と環境の科学センター所長）
山本茂貴（参考人、国立医薬品食品衛生研究所食品衛生管理部長）
＜牛肉を主とする食肉中の腸管出血性大腸菌＞
工藤由起子（責任者）
春日文子
関崎　勉
藤川　浩
渡邉治雄
菊池直哉（参考人、酪農学園大学獣医学部教授）
品川邦汎（参考人、岩手大学農学部獣医学科教授）

＜鶏卵中のサルモネラ・エンテリティディス＞

中村政幸（責任者）
荒川宜親
春日文子
小崎俊司
田村　豊
泉谷秀昌（参考人、国立感染症研究所細菌第一部主任研究官）
佐藤　優（参考人、㈱秋田鶏病中央研究所代表取締役）
髙田雄詳（参考人、㈱ウチナミ代表取締役）

＜食品安全委員会ウイルス専門調査会微生物検討グループ専門委員＞

＜カキを主とする二枚貝中のノロウイルス）＞

西尾　治（責任者）
牛島廣治
岡部信彦
春日文子
門平睦代
田代眞人

要　　約

食品安全委員会が自らの判断で行う食品健康影響評価として、鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ／コリについて食品健康影響評価を実施した。本評価の目的は、当該食品と微生物の組合せについて、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である。評価の対象となる範囲については、家庭・飲食店等で調理・喫食される鶏肉に起因し、日本に在住するすべての人に生ずる胃腸炎症状を主とする食中毒疾患及び合併症とした。

ハザードに関連する情報整理として、対象となる病原体、食品、宿主、食中毒原因食品の分析結果等を整理した上で、農場から消費までのフードチェーンの各段階に沿って問題点をまとめた。本評価では、整理された問題点に対して各段階で講ずる対策によって、最終的なリスクにどの程度影響を及ぼすのかについて分析した。想定した対策は、①農場汚染率の低減、②食鳥処理場での汚染・非汚染鶏群の区分処理、③食鳥処理場での冷却水の塩素濃度管理の徹底、④鶏肉の生食割合の低減、⑤鶏肉の加熱不十分割合の低減及び⑥調理器具・手指を介した鶏肉から非加熱食品への交差汚染の低減の６種類である。

現状のリスク推定及び対策の効果の予測を行うため、定量的手法を用いた解析を行った。暴露評価において、農場、食鳥処理・食肉処理、流通・小売及び調理・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。リスク特性解析では、感染確率をシミュレーションにより推定するとともに、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。

解析の結果、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%、一人当たり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。平均延べ約 1.5 億人が年間に感染することが推定されたが、うち 80%が生食する人で占められていることが示された。

今回の評価では、症状の重篤度ごとの発生確率まで推定することができなかったが、カンピロバクター感染による症状は、下痢、腹痛、発熱の主症状が約 80%の患者に認められ、当該症状は 5 日程度で緩解し、死亡例は極めて少ないことが示された。当該感染については、特別な感受性集団の存在を結論づけることはできなかった。カンピロバクター感染とギラン・バレー症候群（GBS）との関連については、疫学的データから GBS 先行感染症の一つとして考えられているが、その発症機序については未解明の部分があることが示された。

検討対象となった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。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。さらに、食鳥処理場での汚染・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。

Ⅰ　はじめに

食品安全委員会では、リスク管理機関から依頼を受けて食品健康影響評価を行うほか、自らの判断で食品健康影響評価を行う役割を有している。

2004 年 12 月に食品安全委員会では、食中毒原因微生物に関する食品健康影響評価を行うことを決定したが、その際、食中毒原因微生物の評価指針の策定及び評価すべき対象の優先順位の決定を行った上で、個別の微生物の評価を微生物・ウイルス合同専門調査会（2007 年 10 月に微生物・ウイルス専門調査会に改編）において行うこととされた。

2006 年 6 月に微生物・ウイルス合同専門調査会では、コーデックス委員会や FAO/WHO 合同専門家会議で示されたマニュアルやガイドラインに示された微生物学的リスク評価の手順等を参考に評価指針(案)を策定し、評価対象候補の９案件についてリスクプロファイルを作成し、その中から４案件を優先案件として選定した。さらに、意見交換会の結果等を踏まえ、食品安全委員会においては、当該４案件のうち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ものである。

Ⅱ　背景

現在、我が国で確認されている食中毒事件は、2007 年の食中毒統計によると、事件数 1,289 件（うち細菌・ウイルスによるもの 1,080 件)、患者数 33,477 名（うち細菌・ウイルスによるもの 31,714 名)、うち死者 7 名（うちフグやキノコの毒などの自然毒による死者 7 名）という状況にあり、図１に示すようにカンピロバクター食中毒は、この 10 年間で食中毒の上位を占めている原因物質の一つである。2007 年には事件数 416 件、患者数 2,396 名（うち死者 0 名）という発生状況であり、同年の食中毒事件のうち当該原因物質による食中毒が最も多いものとなっている。

カンピロバクターは鶏をはじめ牛、豚などの健常家畜の腸管内に生息し、特に鶏に対しては病原性を示さない常在菌とされており、その生産に及ぼす影響が無視できるほど小さく、一方でカンピロバクターを防除する有効な手法がないことから、家畜・家きん生産現場においては、カンピロバクターのみを対象とした対策を行うことが困難な現状にある。

食鳥処理の段階においては、機械化された処理の工程で腸内容物の可食部位への汚染防止は困難という現状にあり、これは処理手法に内在する構造的問題と考えられている。一方、他の家畜とは異なり、処理羽数が膨大であることから、個体単位での交差汚染防止の徹底などの衛生対策は困難であり、連続して流れる処理工程全般を通じた、群単位での衛生対策を講ずる必要があるが、多くの設備・人を介した作業である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にある。

図 1　原因物質別食中毒発生状況（事件数、1998～2007 年）

カンピロバクターは他の細菌と比較して加熱に対する感受性が高く、加熱による食中毒防止対策が最も有効であるとされているが、家庭や飲食店などでは、必ずしも十分な加熱調理が行われておらず、生食や加熱不十分な状態での喫食が増える傾向にある。魚の生食を中心とした我が国古来の生食文化の影響もあり、加熱喫食に関する普及啓発により十分な効果を得ることが困難な状況にある。

このような背景のもと、食品安全委員会では、食品安全基本法（2003 年法律第４８号）第２１条第１項に規定する基本的事項（2004 年１月１６日閣議決定）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、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／コリを選定したものである。

Ⅲ　評価の対象

本評価の目的、評価対象の範囲及び求める結果を以下のとおり設定した。

１　目的

本評価の目的は、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である。

２　対象の範囲

本評価の対象となる病原体等の範囲は、以下のとおりである。

当初の評価対象の選定に際しては、鶏肉を主とする畜産物を対象食品としていたが、その場合、食品ごとに各種情報を収集し、個別に評価する必要が生ずることから、作業上の都合を考慮して、さらに食中毒対策が重要とされる鶏肉に対象食品を絞り込んだ。

(1) 病原体　*Campylobacter jejuni*及び*Campylobacter coli*
(2) 対象者　日本に在住するすべての人
(3) 疾　患　経口暴露によって起こる胃腸炎症状を主とする食中毒疾患及び合併症
(4) 食　品　国内外の養鶏場で生産され、食鳥処理場で処理後、流通・販売を通じ、家庭・飲食店等で消費される鶏肉

３　求める結果

本評価で求める結果は、以下のとおりである。

(1) 現状のリスクを推定すること

① 人の健康に及ぼすリスクを（定量的に）推定すること
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の比較を行うこと

(2) 想定される対策を講じた場合の効果を推定すること

① 生産から消費までのフードチェーンのうちで、想定される対策(複数の手法の組合せを含む)について、その効果を（定量的に）推定すること
② 生産から消費までのフードチェーンのうちで、想定される対策(複数の手法の組合せを含む)の効果について、現状の対策との比較を行うこと

(3) 評価結果を踏まえ、対策の検討に当たり留意すべき事項を示すこと

Ⅳ　ハザードの特定と想定される対策の整理

１　関連情報の整理

ハザード（鶏肉中のカンピロバクター）に関する情報については、病原体、食品、宿主、食中毒原因食品の分析及び現状のリスク管理の５項目で分類し、リスクに関連する問題点等について各項目の中で整理した。

(1) 対象病原体

①　食品中での増殖性

カンピロバクターの増殖条件は表１のとおりであり、増殖温度と酸素濃度とを考慮すれば、市場流通（冷蔵）する鶏肉中では同菌が増殖しないと考えられる。

表１　カンピロバクターの増殖可能条件

項　目	範　囲	備　　考
温度	30～46℃	*C. jejuni* の至適温度は 42～43℃
pH	5.5～8.0	至適 pH は 6.5～7.5 であり、pH5.0 以下又は pH9.0 以上では増殖しない。
水分活性	0.987～	至適水分活性は 0.997
酸素濃度	5～15%	微好気性菌

（出典：Microorganisms in Foods 5、参照１）

（参考）鶏肉の特性

項　目	範　囲	備　　考
ｐH	5.7～5.9	胸肉
	6.4～6.7	もも肉
水分活性	0.98～0.99	

（出典：Microorganisms in Foods 6、参照２）

②　食品中での生残性

C. jejuni を接種（1.1×10^5／100g）し、大気中で保管した鶏肉について、25℃では７日目に死滅し、4℃で 14 日間以上、－20℃で 45 日間以上生残するという報告（参照３）があり、カンピロバクターの生残性に限ると常温保管より冷蔵・冷凍保管の方が高いと考えられる。

一方で、食品中のカンピロバクターの菌数については、凍結・解凍によって減少することが知られている。凍結・解凍による菌数の低減効果は表２のとおり、部位、冷凍温度及び保管期間によって異なり、0.56～3.39logCFU の菌数低減が認められている。冷蔵による菌数の低減効果については、0.31～0.81 logCFU との報告もあるが、顕著な低減を認めないとした報告が多く、低減効果があっても 1 logCFU 以下の微量であると考えられる。

表２　鶏肉への接種実験による冷凍保管等によるカンピロバクター菌数の変動

（単位：logCFU）

食品	処理	温度(℃)	期間	低減量(log)	文献
鶏皮	冷凍	-18	32 日	2.2	参照４
鶏肉浸出液	冷凍	-18	32 日	1.5	参照４
鶏とたい	浸漬冷却後冷凍	-20	31 日	0.65	参照５
鶏とたい	噴霧冷却後冷凍	-20	31 日	1.57～2.87	参照５
鶏とたい	冷凍	-20	3 週間	2	参照６
鶏挽肉	冷凍	-20	2 週間	0.56～1.57	参照７
鶏皮	冷凍	-20	2 週間	1.38～3.39	参照７
鶏皮	冷凍	-20	48 時間	2～3	参照８
鶏手羽	冷凍	-30	72 時間	1.8	参照９
鶏とたい	冷蔵	3	7 日	顕著な低減なし	参照５
鶏挽肉	冷蔵	4	3 日	0.34	参照７
鶏皮	冷蔵	4	3 日	0.31	参照７
鶏挽肉	冷蔵	4	7 日	0.81	参照７
鶏皮	冷蔵	4	7 日	0.63	参照７
鶏皮	冷蔵	4	48 時間	顕著な低減なし	参照８
鶏手羽	冷蔵	5	24 日	ほぼ一定	参照９

また、鶏肉中のカンピロバクターの凍結・解凍下での生残性については、主に凍結・解凍時に菌数の減少が起こり、解凍せずに冷凍状態で保存する場合には菌数の減少がわずかであることが示されている。（参照１０）そのため、冷凍・解凍のみによって殺菌することはできないものと考えられる。

③　食品中での加熱抵抗性

C. jejuni の D 値（最初存在していた菌数を１／１０に減少させるのに要する加熱時間を分単位で表したもの）は表３のとおりであり、加熱処理に比較的感受性があることから、通常の加熱調理で十分な菌数の低減が可能であると考えられる。

表３　*C. jejuni* の D 値

食　品	温　度(℃)	D 値(分)
角切りラム肉	50	5.9～13.3
加熱調理鶏肉	55	2.12～2.25
加熱調理鶏肉	57	0.79～0.98
角切りラム肉	60	0.21～0.26

（出典：Microorganisms in Foods 5、参照１）

④　感染源（本来の宿主）

カンピロバクターは多くのほ乳類や鳥類の消化管、生殖器、口腔内に常在し、いくつかの菌種では動物又は人に病原性（牛の流産、羊の伝染性流産、人の食中毒など）を示す。（参照１１）鶏については、*C. jejuni* の腸管内定着によって下痢などを呈することはまれであり、養鶏段階での生産性にはほとんど影響を及ぼさないものと考えられる。

鶏におけるカンピロバクターの分離率は表４のとおり、最低値 0%、最高値 100%、中央値は 50%の状況にあり、バラツキが大きいことが分かる。

表４　鶏におけるカンピロバクターの分離率

（単位：羽）

検体	採材場所	分離率(%)	検体数	陽性数	備考	文献
ブロイラー盲腸便	食鳥処理場	0	60	0		参照１２
ブロイラー盲腸内容 20g	20 羽分を混和して 1 検体	4.2	144	6	農場陽性率 11.1%	参照１３
ブロイラー盲腸内容 0. 1g	養鶏場	24.7	85	21	農場陽性率 33.9%	参照１４
ブロイラー腸管内容物	養鶏場、食鳥処理場	28.3	46	13		参照１５
ブロイラー5 羽の総排泄腔スワブを 1 検体とする	ブロイラー農場	36.4	66	24		参照１６
ブロイラー総排泄腔スワブ	ブロイラー農場	41.0	454	186	農場陽性率 57.9%	参照１７
ブロイラー盲腸	食鳥処理場	48.5	427	207		参照１８
ブロイラー盲腸内容 5g	食鳥処理場	50.0	32	16		参照１９
ブロイラー盲腸便	食鳥処理場	70.0	70	49		参照２０
ブロイラー直腸便	養鶏場	72.9	1,068	778		参照２１
ブロイラー盲腸便	食鳥処理場	73.0	63	46		参照２２
ブロイラー盲腸内容	食鳥処理場	100.0	12	12		参照２３
成鶏腸管内容物	養鶏場、食鳥処理場	32.8	341	112		参照１５
成鶏盲腸便	食鳥処理場	80.0	35	28		参照２４

農場に導入された時点の初生ヒナでは、カンピロバクターはほとんど検出されないが、週齢が加わることにより高くなるとされている。農場導入時にはカンピロバクター陰性であった鶏群が、飼育 2～3 週目で菌の排出が始まり、その後急速に感染が広がるとの報告がある。（参照２５）

その要因としては、衛生害虫や飼育者、飼育者の履物、給水器などの鶏以外の養鶏場の飼育環境からもカンピロバクターが検出されており、これらを通じて鶏舎内の鶏へ急速に水平感染するものと考えられている。（参照２６）

農場ごとのカンピロバクター陽性率は表５のとおり、最低値 11.1%、最高値 77.8%、中央値は 57.9%の状況にある。また、汚染農場中の鶏のカンピロバクター陽性率については、表６のとおり、最低値 33.3%、最高値 97.6%、中央値は 84.5%という状況にあり、高率の感染状況が認められる。

農場におけるカンピロバクター対策としては、鶏の感染率を低減させることは必要であるが、汚染農場における鶏の感染率の高さを考慮すれば、農場のカンピロバクター汚染を防止する対策の方がより効果的と考えられる。

表５　農場ごとのカンピロバクター陽性率

（単位：検査数・陽性数；農場）

検　体	検査数	陽性数	陽性率(%)	文献
ブロイラー盲腸内容	18	2	11.1	参照13
ブロイラー盲腸内容	56	19	33.9	参照14
ブロイラー総排泄腔スワブ	38	22	57.9	参照17
ブロイラー盲腸内容	23	17	73.9	参照27
ブロイラー盲腸内容	20	15	75.0	参照21
鶏盲腸内容	9	7	77.8	参照28
育成鶏糞便	331	130	39.3	平成 18 年度動物由来感染症調査成績

表６　汚染農場の食鳥のカンピロバクター陽性率

（単位：羽）

検査数	陽性数	陽性率(%)	文献
18	6	33.3	参照13
113	77	68.1	参照28
220	186	84.5	参照17
99	91	91.9	参照27
797	778	97.6	参照21

鶏の腸管内容物におけるカンピロバクターの菌数は、表７のとおりであり、菌数(中央値)は 10^5～10^6／g となっている。カンピロバクターは市場流通（冷蔵）する鶏肉中で増殖しないと考えられていることから、食鳥処理段階以前で菌数低減を図ることが効果的な対策と考えられるが、現状では、農場段階での効果的な菌数低減策がないことから、食鳥処理段階以降で食肉の菌数低減を図ることが必要と考えられる。

表７　食鳥におけるカンピロバクターの感染菌数

（単位：羽）

検体	検体数	菌数（／g）									文献
		－	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	
ブロイラー	12	0	0	1	3	1	6	1	0	0	参照23
成鶏	35	7	1	4	5	15	1	2	0	0	参照24
鶏	128	51	1	2	1	5	12	34	22	0	参照28
食鳥	162	37	7	10	12	17	16	38	24	1	参照27

(2) 対象食品

① 鶏肉の需給量

鶏肉消費量は表８のとおり、2004 年まで減少傾向となっていたが、2005 年から増加傾向で推移しており、国内生産量は微増傾向で推移している。輸入は減少傾向で推移している。（参照２９）

表８　鶏肉需給の推移(年度)

（骨付きベース、単位：千ｔ）

区分	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年
生産	1,216	1,229	1,239	1,242	1,293	1,364	1,372
輸入	566	508	442	371	443	347	368
消費	1,758	1,744	1,706	1,615	1,684	1,733	1,739

資料：農林水産省「畜産物流通統計」、財務省「日本貿易統計」、(独) 農畜産業振興機構「食肉の保管状況調査」

食肉供給量（国内生産量と輸入量の合計）のうち鶏肉の占める割合は、表９のとおり３割強を占めており、微増の状況にある。（参照３０）

表９　食肉需給の推移(年度)

（単位：千ｔ）

区分	2004 年	2005 年	2006 年
肉類計	5,556	5,748	5,511
鶏肉	1,803	1,972	1,929
鶏肉の割合	32%	34%	35%

資料：農林水産省総合食料局「食糧需給表」

食鳥処理後の製品生産量は表１０のとおり、2003 年から横ばい状態に推移し、2006 年には約 115 万ｔとなっており、そのうちブロイラー鶏（肉用若鶏）由来製品の占める割合は、約 91%となっている。（参照３１、３２、３３、３４）

表１０　食鳥製品生産量（とたい・中抜き及び解体品）

（単位：ｔ）

区　分	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
肉用若鶏	982,335	992,462	1,005,327	1,053,891
成鶏	79,697	77,947	78,052	78,545
その他肉用鶏	18,846	17,352	17,753	15,894
その他食鳥				2,736
合　計	1,080,878	1,087,761	1,101,132	1,151,066

※2003 年～2005 年はその他肉用鶏とその他食鳥の区別なし

家計調査に基づく食肉の年間購入数量は表１１のとおりであり、鶏肉が占める割合は 3 割前後となっている。また、平均世帯人員から一人一日当たりの消費量を求めると、2006 年で 10.4g となっている。（参照３５）

表１１　一世帯当たりの食肉購入数量（農林漁家世帯を除く）

（単位：kg）

区　分	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
牛　肉	8.0	7.1	7.2	6.9
豚　肉	16.4	17.3	17.3	17.1
鶏　肉	11.6	10.9	11.6	11.9
合びき肉	1.6	1.7	1.7	1.7
他の生鮮肉	1.8	1.6	1.7	1.8
鶏肉割合(%)	30	28	35	30
平均世帯人員(人)	3.21	3.19	3.15	3.12
鶏肉 g／人日	9.9	9.4	10.1	10.4

資料：総務省「家計調査」

食肉需給の推移、鶏肉需給の推移及び家計調査等から、食肉のうち鶏肉が３割強を占めていることがわかり、鶏肉の対策が必要であること、特に、国内産鶏肉の対策が必要と考えられる。

②　鶏肉消費に至る農場から消費までの段階

カンピロバクターは食肉処理場以降の段階では菌が増殖しないと考えられることから、この段階における汚染率の増加は、主に交差汚染によるものと考えられている。

農場から消費までの鶏肉の一般的なフードチェーンを処理･加工段階／

工程ごとに整理したものが表１２である。また、各段階／工程の特性に基づきカンピロバクター菌数・汚染率の増減の状況を同表に整理している。

なお、輸入鶏肉については、食肉処理段階以降で当該フードチェーンに入ってくるものである。

表１２ 鶏肉の処理･加工段階／工程

段階	工程・説明	菌数	汚染率	備　考
農場	飼育	増加	増加	
輸送	トラック輸送	－	増加	ケージ詰め（6～8 羽／ケージ）
食鳥処理	生鳥受入	－	－	通常、当日早朝搬入、当日処理
	とさつ・放血	－	－	
	湯漬け	減少	－	高温湯漬け（55℃以上）による減数
	脱羽	－	増加	脱羽機による交差汚染
	頭･足除去	－	－	
	内臓摘出	増加	増加	腸管破損による汚染
	内外洗浄	減少	－	洗浄による減数
	冷却	減少	増加	冷却水による希釈、交差汚染
	水切り	－	－	
食肉処理	上肢・下肢分割	－	増加	交差汚染
	手羽解体	－	増加	交差汚染
	もも解体	－	増加	交差汚染
	ささみ取り	－	増加	交差汚染
	袋詰め	－	－	
	冷蔵	－	－	
流通	冷蔵トラック運搬	－	－	
小売	小分け・分割・包装	－	増加	交差汚染
	冷蔵・冷凍販売	－	－	
消費	冷蔵保管	－	－	他食材への交差汚染
	加熱調理	減少	－	加熱による減数、他食材への交差汚染
	喫食	－	－	

注：各段階での増減は、農場・輸送では鶏個体単位、食鳥処理ではとたい単位、食肉処理では部分肉単位、流通では包装単位、小売・消費では部分肉単位での増減について記載

※　食鳥処理は中抜き方式について記載

国内で飼養された食鳥がとさつ･解体される食鳥処理場について整理すれば、大規模食鳥処理場（年間 30 万羽以上の処理）と認定小規模食鳥処理場（年間 30 万羽未満の処理）に大別される。

また、現在行われている食鳥処理の方式については、中抜き方式と外剥ぎ方式（とたい解体方式）とに大別され、各処理場ごとの処理状況は表１３のとおり、中抜き方式が 86.7%、外剥ぎ方式が 12.9%となっている。

表１３ 食鳥処理方式別の羽数割合

（単位：%）

区　分	ブロイラー	成　鶏	その他	合　計
大規模食鳥処理場	(87.7)	(7.3)	(0.7)	(95.7)
中抜き方式	81.8	3.0	0	84.8
外剥ぎ方式	5.8	4.3	0.7	10.8
両方	0.1	0	0	0.1
認定小規模食鳥処理場	(1.1)	(3.0)	(0.3)	(4.4)
中抜き方式	0.5	1.3	0.1	1.9
外剥ぎ方式	0.6	1.4	0.1	2.1
両方	0	0.1	0	0.2
その他	0	0.2	0.1	0.2

（出典：2007 年度厚生労働省データから作成）

中抜き方式と外剥ぎ方式の工程フロー図は図２のとおりであり、中抜き方式は内臓摘出後にとたいの洗浄･冷却を行うのに対して、外剥ぎ方式ではとたいの洗浄・冷却後に解体を行い、最後に内臓を摘出する方式である。

食鳥処理の 10%強を占める外剥ぎ方式についてはデータが少ないことから、処理羽数の 85%強を占める中抜き方式を中心にまとめていくこととする。

図２　中抜き方式と外剥ぎ方式（とたい解体方式）による食鳥処理工程

食鳥処理工程から食肉処理工程まで、食鳥とたい等の *C. jejuni* 汚染状況の推移を追った調査では、表１４のとおり、汚染農場である R 農場由来の食鳥については、処理後の中抜きとたい及び食肉処理工程で各ラインの汚染が確認されている。従って、汚染農場の鶏の処理では、カンピロバクターによる鶏肉の汚染を完全に防止することは困難であると考えられる。一方、非汚染農場である I 農場由来の食鳥については、処理後の中抜きとたい及び食肉処理工程で各ラインの汚染が認められていない。（参照１３）

表１４　食鳥処理・食肉処理工程における *C. jejuni* 汚染状況

（単位：羽）

農場	盲腸内容物	湯漬け水		とたい洗浄液	チラー水
		第1(50℃)	第2(60℃)		
R 農場	4/5	1/1	0/1	15/15	ND
I 農場	0/5	NT	NT	0/15	ND

農場	器具等のふき取り						部分肉
	もも肉ライン			むね肉ライン			
	まな板	包丁	手袋	まな板	包丁	手袋	
R 農場	2/5	0/5	2/5	1/5	0/5	1/5	5/5
I 農場	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5

全国的な調査としては、1996 年に全国食肉衛生検査所協議会が行った全国の食鳥処理場における食鳥とたいのふきとり調査結果があり、カンピロバクター陽性となった施設は表１５のとおり、ブロイラーを処理する食鳥処理場では 80 施設中 25 施設、成鶏を処理する食鳥処理場では 31 施設中

14 施設であった。

表１５　食鳥とたいのカンピロバクター汚染率

（単位：施設数）

試料	採材場所	汚染率(%)	施設数	陽性数	備考	文献
ブロイラー（5 検体）	食鳥処理場	31.0	80	25	3 羽分で 1 検体	参照３６
成鶏（5 検体）	食鳥処理場	45.0	31	14	3 羽分で 1 検体	参照３６

③　鶏肉の汚染率

小売店で採材された国産及び輸入鶏肉の汚染率は表１６のとおりであり、国産鶏肉については、最低値 32%、最高値 96%、中央値 75%（平均値 65.8%）と高率の汚染状況にある。

一方、輸入鶏肉については、16%、20%と国産鶏肉より低い状況にあるが、原産国における汚染が少なかったためか、凍結状態で流通された結果、菌数が減少したため、検出できなくなったのかについては明確になっていない。

従って、小売店においては、汚染率の高い鶏肉と低い鶏肉の交差汚染を防止するための管理の徹底が必要であることがわかる。

表１６　鶏肉のカンピロバクター汚染率

（単位：羽）

試料	採材場所	汚染率(%)	検体数	陽性数	備考	文献
国産鶏肉 25g	県内小売店で購入	32.0	50	16		参照３７
国産生鶏肉 25g	市内小売店で購入	49.0	100	49		参照１０
国産鶏肉 25g	4 県市販	75.0	128	96		参照３８
国産市販鶏肉 25g	小売店	78.2	55	43	MPN	参照３９
国産鶏肉 25g	小売店	96.0	50	48		参照４０
合計		65.8	383	252		
輸入鶏肉 25g	県内卸売市場	16.0	100	16		参照４０
外国産冷凍鶏肉 25g※	食肉処理・食肉販売施設	20.0	5	1		参照４１

※未開封の合成樹脂製袋詰め原料から無菌的に採取

食肉処理施設又は食肉販売店で採材された国産鶏肉（未開封の合成樹脂製袋詰め原料から無菌的に採取）の汚染率データは表１７のとおりであり、食鳥処理・食肉処理直後の製品について 80%以上の高率の汚染状況にあることがわかる。

表１７　食肉処理施設等で採材された鶏肉のカンピロバクター汚染率

（単位：羽）

試料	採材場所	汚染率(%)	検体数	陽性数	文献
国産チルド鶏肉 25g	食肉処理・食肉販売施設	81.0	16	13	参照４２
国産チルド鶏肉 25g	食肉処理･食肉販売施設､そう菜製造施設、飲食店	83.3	36	30	参照４３
国産チルド鶏肉 25g	食肉処理・食肉販売施設	94.1	17	16	参照４１

鶏内臓の汚染率は表１８のとおりであり、最低値 14.3%、最高値 100%、中央値 49.4%（平均値 44.9%）の状況にある。鶏肉の汚染率と比較して、鶏内臓の汚染率（中央値）は低くなっているが、鶏肉と同様の対応が必要であると考えられる。

表１８ 鶏内臓等のカンピロバクター汚染率

（単位：羽）

試料	採材場所	汚染率(%)	検体数	陽性数	備考	文献
ブロイラー肝臓	食鳥処理場	14.3	28	4		参照４４
ブロイラー肝臓実質	食鳥処理場	33.3	81	27		参照４５
鶏レバー25g	県内小売店	46.2	13	6		参照４６
ブロイラー検査内臓	食鳥処理場	49.4	83	41	肝臓、胆汁を含む	参照４５
鶏筋胃 25g	県内小売店	50.0	12	6		参照４６
鶏レバー25g	小売店	62.5	56	35	定量培養(MPN)	参照４７
生砂ずり 25g	飲食店	100.0	3	3	納入原料の検査	参照４８
合計		44.9	276	124		

小売店で採材された国産鶏肉の汚染菌数データは表１９のとおり、鶏肉100g 当たり 10～10^3 であり、輸入鶏肉については 10～10^2 の範囲にある。汚染率と同様、原産国における汚染が少なかったのか、凍結状態で流通された結果、菌数が減少したため、検出できなくなったのかについては明確になっていない。

表１９ 鶏肉のカンピロバクター汚染菌数

（単位：羽）

検体	検体数	菌数（／100g）					文献
		<15	10^1	10^2	10^3	>5,500	
国産生鮮鶏肉 25g	49	0	11	17	14	7	参照１０
国産生鮮鶏肉 25g	128	32	29	37	26	4	参照３８
国産生鮮鶏肉 25g	30	3	7	10	10	0	参照４９
国産生鮮鶏肉 25g	50	2	8	19	18	3	参照４０
輸入鶏肉 25g	100	84	14	2	0	0	参照４０

④ 調理時の交差汚染

調理時の交差汚染については、調理器具を介した汚染と手指を介した汚染の両方が発生する可能性がある。2007 年度に食品安全委員会が行った一般消費者約 6,000 人及び飲食店従事者約 500 人を対象としたアンケート調査結果に基づき（参照５０）、家庭及び飲食店における調理時の交差汚染の発生確率を推定したものが表２０及び表２１である。調理器具を介した交差汚染については、家庭で約 30%、飲食店で約 20%の発生の可能性が認められる。手指を介した交差汚染については、家庭で約 25%、飲食店で約 20%の発生の可能性が認められる。

表２０ 調理手順及び調理器具の取扱いに係る回答者の割合

（単位：%）

調理手順及び調理器具の取扱いの形態		回答者の割合*2	
調理手順	調理器具の取扱い*1	家庭	飲食店
生鶏肉→他の食材	別の調理器具を使用	2.1	11.5
	同じ調理器具を使用	7.1	3.5
他の食材→生鶏肉	別の調理器具を使用	7.5	28.9
	同じ調理器具を使用	30.5	12.4
決まっていない	別の調理器具を使用	3.8	16.3
	同じ調理器具を使用	23.6	17.5

*1: 生鶏肉の調理と他の食材の調理とで、使用している調理器具は同じか別かを使用しているか

*2: アンケート調査では、調理器具としてまな板・包丁について尋ねているが、家庭ではまな板・包丁を使わな

い、あるいは調理をしないとの回答が 25.4%、飲食店ではまな板・包丁を使わないとの回答が 9.9%あったため、各々の合計は 100%に一致しない。

表２１　手洗い時点と回答者の割合

（単位：%）

手洗い時点	回答者の割合	
	家庭	飲食店
調理中に生鶏肉を扱った後	74.8	77.1
調理中に生鶏肉を扱った後以外	25.2	22.9

⑤　非加熱及び加熱不十分鶏肉の喫食割合

④に記載のアンケート調査結果に基づき、家庭及び飲食店において鶏肉を非加熱の状態で喫食する割合及び加熱不十分な状態で喫食する割合をまとめたものが表２２及び表２３である。鶏肉の生食割合については、家庭で約 20%、飲食店等で約 17%であり、加熱不十分な状態で喫食する割合については、家庭で約 10%、飲食店等で約 5%であった。

表２２　非加熱喫食（生食）割合

区　分		回答割合
家　庭	する	19.5
	しない	80.5
飲食店等	する	16.8
	しない	83.2

表２３　加熱不十分喫食割合

区　分		回答割合
家　庭	ある	9.6
	ない	90.4
飲食店等	ある	5.7
	ない	94.3

(3) 宿主(ヒト)

①　カンピロバクター食中毒の発生状況

2001 年～2006 年の食中毒の発生状況は表２４のとおり、年間の事件数は 500 件程度、患者数は 2,000～3,000 程度で推移しており、一事件当たりの患者数は 5 人程度と少ない状況にある。カンピロバクター食中毒が食中毒統計に計上されることとなった 1983 年以降、死亡事例は認められていない。当該食中毒は、散発事例が多く、集団発生事例が少ないのが特徴となっている。

表２４　カンピロバクター食中毒の年次別発生状況

（単位：人）

年　次	事件数	患者数	死者数	患者数／事件
2001 年	428(1)	1,880(5)	0	4.4
2002 年	447(1)	2,152(5)	0	4.8
2003 年	490(1)	2,627(4)	0	5.4
2004 年	558(1)	2,485(4)	0	4.5
2005 年	645(1)	3,439(3)	0	5.3
2006 年	416(2)	2,297(2)	0	5.5

※( )内は食中毒原因物質別の統計上の順位　　厚生労働省食中毒統計より作成

2001 年～2006 年の食中毒の施設別発生状況は表２５のとおり、原因施設が判明した事件の割合は上昇しているが、判明していない事件は 6～8 割を占めている。

原因施設が判明した事件のうち、飲食店が約 80%を占め最も多い状況に

あり、集団給食施設が約 8%、家庭が約 4%という発生状況にある。
散発事例が多いこと及び判明した原因施設では飲食店が最も多い状況にあることから、飲食店等を中心とした対策が必要と考えられる。

表２５　カンピロバクター食中毒の原因施設別発生状況（事件数）

（単位：%）

年	飲食店	集団給食	家庭	その他	不明
2001 年	14.5(79.5)	1.4(7.7)	2.1(11.5)	0.2	81.8
2002 年	17.7(78.2)	2.2(9.9)	1.8(7.9)	0.9	77.4
2003 年	21.8(86.3)	2.9(11.3)	0	0.6	74.7
2004 年	16.7(83.8)	1.6(8.1)	0.9(4.5)	0.7	80.1
2005 年	24.2(84.8)	2.6(9.2)	0.5(1.6)	1.2	71.5
2006 年	33.2(86.8)	2.4(6.3)	1.0(2.5)	1.7	61.8
合計	21.3(83.9)	2.2(8.7)	1.0(3.8)	0.9	74.6

※( )内は原因施設判明事件中の割合　　厚生労働省食中毒統計より作成

厚生労働省食中毒統計より作成

図３　カンピロバクター食中毒月別発生状況(患者数、2001～2006 年)

2001～2006 年の同食中毒患者数の月別推移は図３のとおりであり、4～9 月に発生のピークがあり、この期間は 1 事件当たりの患者数が多いという一般的な食中毒と同様の傾向があるものの、年間を通じて一定の発生が認められている。

② 食中毒の症状

摂食後 1～7 日（平均 3 日）で、下痢、腹痛、発熱、頭痛、全身倦怠感などの症状が認められ、ときに嘔吐や血便なども認められる。

下痢は 1 日 4～12 回にもおよび、便性は水様性、泥状で膿、粘液、血液を混ずることも少なくない。

感染後約 1 週間にわたり排菌が見られ、回復しても抗生物質による治療を受けない場合には数週間排菌が認められている。

合併症として敗血症、肝炎、胆管炎、髄膜炎、関節炎、ギラン・バレー症候群(Guillan-Barre Syndrome、GBS)、フィッシャー症候群

（Miller-Fischer Syndrome、MFS）などを起こすことがある。

GBS は、急激に筋力低下が発症・進行する、運動神経障害優位の末梢性多発神経炎である。ポリオの減少した現在、最も多く見られる急性弛緩性麻痺疾患である。大部分の患者では麻痺は軽快するが、中には呼吸筋の麻痺により人工呼吸を必要とする症例もあり、約 15～20%には何らかの後遺症が残るといわれている。MFS は、急性に発症する外眼筋麻痺、運動失調及び深部腱反射消失の三症状を特徴とする疾患で、経過中に四肢麻痺を呈して GBS に移行することがあり、GBS の近縁疾患と考えられている。（参照５１）

③　菌量反応（用量反応）に関する知見

菌量反応に関する報告は、若年成人ボランティアに負荷菌量を牛乳に混ぜて投与した Black らの文献（参照５２）のみであり、8×10^2 個で感染が認められたことを報告している。また、Robinson の人体投与実験の一例報告によれば、*C. jejuni* を 5×10^2 個牛乳に加えて飲んだところ下痢と腹痛を発症したとの報告（参照５３）を行っていることから、10^2 オーダー以下の低い菌量でも発症が認められるものと考えられる。

④　感受性集団

都市立感染症指定医療機関（旧都市立伝染病病院、13 都市 16 医療機関）に 2001～2005 年にカンピロバクター腸炎で入院した患者 397 例の年齢・性別分布は表２６、表２７のとおり、０～９歳が 28%、10～19 歳が 25%、20～29 歳が 29%と多く、30 歳以上は少なかった。また、20～29 歳では、その 28%が海外で感染した事例であった。性別では男性の方がやや多いという状況であった。（参照５４）

表２６　*C.jejuni/coli* が検出された入院症例の年齢分布(2001～2005 年)

（単位：人）

年	0～9 歳		10～19 歳		20～29 歳		30～39 歳		40～49 歳		50～59 歳		60～69 歳		70 歳～	合計	
2001 年	19		11		8	(4)	2	(2)	1	(1)	2	(1)	2	(1)	－	45	(9)
2002 年	23	(1)	21	(2)	22	(8)	5	(1)	1		1		2		1	76	(12)
2003 年	24		8		23	(7)	7	(4)	2		2	(1)	－		2	68	(12)
2004 年	14		33	(2)	26	(7)	8	(2)	3		2		2	(1)	4	92	(12)
2005 年	31		27		35	(6)	12	(3)	1		4		2		4	116	(9)
計	111	(1)	100	(4)	114	(32)	34	(12)	8	(1)	11	(2)	8	(2)	11	397	(54)

※　（　）：海外感染例再掲

表２７　*C.jejuni/coli* が検出された男女の入院症例(2001～2005 年)

（単位：人）

年	男性		女性		合計	
2001 年	31	(8)	14	(1)	45	(9)
2002 年	40	(5)	36	(7)	76	(12)
2003 年	39	(8)	29	(4)	68	(12)
2004 年	47	(4)	45	(8)	92	(12)
2005 年	63	(4)	52	(5)	115	(9)
計	220	(29)	176	(25)	396	(54)

※　（　）：海外感染例再掲

(4) 食中毒原因食品の分析

カンピロバクター食中毒のうち原因食品が判明していない食中毒事例は、表２８のとおり年々減少傾向にある。しかしながら、2006 年においても全体の 60%を超える状況にあり、微生物を原因とする食中毒の中では高いことがこの食中毒の一つの特徴である。

原因食品が特定され難い理由としては、カンピロバクター食中毒の潜伏期間が１～７日（平均３日）と長いために、調査時に既に原因食品が消費又は廃棄されていること並びに食品中の菌が死滅している場合が多いため等が考えられている。（参照５５）

表２８　原因食品の判明していない食中毒事件数の割合

（単位：%）

原因物質	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	合　計
カンピロバクター	81.2	76.8	82.8	73.6	65.4	77.6
腸管出血性大腸菌	53.8	8.3	28.6	12.5	8.3	22.3
サルモネラ属菌	75.6	62.1	59.3	45.3	41.7	56.8
ノロウイルス	24.5	19.4	15.1	10.5	13.2	16.5

厚生労働省食中毒統計より作成

食中毒統計に基づく 2001～2006 年の原因食品別カンピロバクター食中毒発生状況（件数）は表２９に示すとおりである。

表２９　カンピロバクター食中毒の原因食品別発生状況（事件数）

（単位：件数）

原因食品の分類	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	合計
肉類及びその加工品	(32)	(41)	(48)	(34)	(70)	(55)	(280)
鶏レバー刺し　他	0	1	3	1	7	2	14
鶏刺し　他	14	10	12	3	17	10	66
鶏たたき	1	1	2	2	2	1	9
鶏ユッケ	0	1	2	0	1	1	5
鶏わさ　他	0	2	2	6	2	1	13
鶏カルパッチョ	0	0	0	1	0	0	1
鶏肉料理　他	5	17	13	12	13	19	79
牛レバー刺し　他	0	1	8	3	15	13	40
焼肉	3	2	0	1	4	6	16
バーベキュー　他	0	0	1	0	2	0	3
その他食肉料理	9	6	5	5	7	2	34
野菜及びその加工品	1	0	0	0	1	1	3
卵類及びその加工品	0	1	1	1	1	0	4
複合調理食品	2	1	3	0	4	0	10
その他-食品特定	0	3	1	1	2	3	10
その他-食事特定	(27)	(38)	(61)	(60)	(92)	(85)	(363)
鶏レバー刺しを含む	1	1	2	0	2	2	8
鶏刺しを含む	2	3	1	4	6	6	22
鶏わさを含む	0	0	0	0	1	1	2
鶏たたきを含む	0	1	2	0	1	0	4
鶏の生食を含む	0	0	0	0	0	1	1
鶏肉料理を含む	4	8	17	7	7	13	56

牛レバー刺しを含む	2	0	2	1	0	3	88
焼肉を含む	0	1	3	5	6	5	20
バーベキューを含む	2	0	1	3	3	2	11
食肉を含む	0	0	1	1	3	2	7
その他、不明	16	24	32	39	63	50	224
不　明	366	363	377	462	475	272	2,315
総　計	428	447	491	558	645	416	2,985

厚生労働省食中毒統計より作成

原因食品別発生状況の表に記載された事件のうち、原因食品が判明したものについてまとめたものが表３０である。鶏肉料理を含む食事が原因食品と判明した事例は､原因食品判明事例の約 40%を占めており､そのうち鶏刺し、鶏レバー刺しなどの鶏肉の生食又は加熱不十分と考えられる料理を含む食事は約 50%を占めている。

表３０　カンピロバクター食中毒の原因食品判明事例に対する鶏肉料理を含む食事の割合

（単位：%）

区分	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	合計
鶏肉料理	43.5	53.6	49.1	37.5	34.7	39.6	41.8
うち生食	66.7	44.4	46.4	47.2	66.1	43.9	51.8

厚生労働省食中毒統計より作成

(5) 現状のリスク管理

① 農場における対策

農場の衛生確保については、2002 年にＨＡＣＣＰシステムの考え方を取り入れた「家畜の生産段階における衛生管理ガイドライン」を農林水産省にて公表し、サルモネラ及びカンピロバクター対策を念頭に置き、各農場の特性に応じた「ブロイラーにおける一般的衛生管理実施マニュアル」の作成及び衛生管理の実施が進められている。カンピロバクター対策手法については、現在研究開発が行われているところであり、当該マニュアルには具体的な対策が示されていない。

② 食鳥処理場における対策

食鳥処理場の衛生確保については、食鳥処理の事業の規制及び食鳥処理に関する法律に基づき、食鳥処理に関して一般的な衛生管理が義務づけられている。さらに、厚生労働省では、サルモネラ、カンピロバクター等微生物による汚染対策を念頭に置いて、HACCP システムの考え方を取り入れた「食鳥処理場における HACCP 方式による衛生管理指針」（1992 年）及び「一般的な食鳥処理場における衛生管理総括表」（2006 年）を公表し、各食鳥処理場において、当該指針に基づく衛生管理が進められている。カンピロバクター対策については、当該指針等に基づき、湯漬けにおける適正な温度管理、腸内容物による食鳥とたいへの汚染防止のための機械の正常化稼働の確認、冷却における適正な塩素濃度等の確保が進められている。

③ 食肉処理場から食肉販売店等流通時における対策

食肉処理場等における流通食品の衛生確保については、各事業者において食品衛生法に基づく管理運営基準等の遵守や自主的な取組が行われるとともに、施設を管轄する自治体による監視指導や流通食品の検査により行

われている。カンピロバクター対策については、一部で自主的な管理基準を設けて取組を進めているところがある。

④　喫食段階における対策

飲食店等における流通食品の衛生確保については、各事業者において食品衛生法に基づく管理運営基準等の遵守や自主的な取組が行われるとともに、施設等を管轄する自治体における監視指導や提供食品の検査が行われており、原材料の加熱調理の徹底等が盛り込まれた「カンピロバクター食中毒予防について(Q&A)」(厚生労働省 HP:http://www.mhlw.go.jp/qa/syokuhin/campylo/index.html）によって食中毒予防策の普及啓発も進められている。

2　問題点の抽出

農場から消費までのフードチェーンの各段階に沿って、現状から抽出される問題点を以下のとおり再整理した。

(1) 農場段階

農場に導入された時点の初生ヒナにはカンピロバクター感染がほとんど認められないが、農場内でカンピロバクター汚染が起これば、急速に鶏群に感染が広がり、汚染農場での感染率は 84.5%（中央値）と高率になる。

カンピロバクターが農場に侵入する主なルートについては、衛生害虫、飼育者の長靴及び給水器経路等が疑われているが特定されておらず、また、効果的な汚染防止手法も開発されていない現状にある。

(2) 食鳥処理・食肉処理段階

①　食鳥の体表や糞便中にカンピロバクターが存在する場合、現状の食鳥処理工程では、腸内容物の漏出や皮膚の汚染を完全に除去することができず、最終工程で一群の食鳥とたいが冷却水槽中に漬けられ冷却される工程を経るため、食鳥とたい間での交差汚染が起こる。従って、汚染・非汚染農場の区分が行われずに食鳥処理場に搬入され、鶏群ごとの処理が行われる現状では、非汚染鶏への交差汚染を完全に防止することは困難な状況にある。

②　通常、食肉処理段階では、食鳥処理工程から連続した処理が行われるが、汚染鶏と非汚染鶏由来の食鳥とたいは区別なく処理されるため、さらに交差汚染を広げる現状にある。

(3) 流通・小売段階

流通・小売段階でも(2)の②と同様、汚染鶏と非汚染鶏由来の食鳥肉は区別なく小分け・販売されるため、さらに交差汚染を広げる現状にある。

(4) 調理・喫食段階

(1)～(3)の現状から、市販鶏肉のカンピロバクター汚染率は 75%（中央値）と高率となっている。さらに、原因食品が判明した食中毒では、鶏肉料理を含む食事が約 40%で原因食品となっており、特に生食（加熱不十分を含む）に関係する料理がその約 50%を占めている現状にある。また、アンケート調査の結果では、約 20%の消費者が家庭又は飲食店において鶏肉を生食していることから、生食によるリスクの認識が不十分な状況にあることが推察される。

(5) その他

カンピロバクター感染症や合併症と考えられている GBS の症状及び発症率等に関する情報が十分でない現状にある。

３　想定される対策の設定

現状の食中毒発生状況の推移を勘案すれば、現在とられている対策については、必ずしもカンピロバクター食中毒防止対策として十分な効果が得られていないと考える。そこで、２の(1)から(4)までに整理した問題点に対して、農場から消費までの各段階で考えられる具体的対策を食品安全委員会で想定し、表３１に整理した。

表３１　各段階で考えられる具体的対策

段　階	対　策	備　考
農場	・感染源の特定・排除	・感染源の特定・管理手法の開発必要
	・カンピロバクター侵入経路の遮断等効果的農場管理	・侵入ルートの特定・管理手法の開発必要
	・カンピロバクター非感染鶏の作出	・感染を抑える対策資材の開発必要
	・ファージ療法などカンピロバクター菌数低減措置の適用	・効果的な手法の開発必要
食鳥処理・食肉処理・流通・小売段階	・汚染・非汚染鶏の区分処理	・農場でのカンピロバクター検査と農場区分必要
	・腸管内容物の漏出の低減	・処理機器の開発必要
	・空冷装置、シャワー式冷却槽の導入等交差汚染の起こらない処理方法の適用	
	・冷凍・照射等の汚染鶏肉の菌量低減処理	・効果的な処理方法の開発必要
	・汚染鶏肉の加熱処理	・流通システム開発必要
	・表示等による汚染・非汚染鶏肉の区分流通	
調理・喫食	・加熱調理の徹底の普及啓発 ・調理時の交差汚染防止の普及啓発	・効果的な普及啓発方法必要

しかし、これらについては、今後の技術開発が必要になるものや流通システム自体を変えなければならないなど社会的に与える影響が大きく、導入に当たってはさらなる検討が必要とされるものが多い。

そこで、今回の評価では、各段階において講ずる対策が最終的なリスクにどの程度影響を及ぼすのかについて分析を行い、農場から食卓までのフードチェーンのどの段階を集中的に管理すれば効率的であるかを明らかにするために分析を行うこととする。

具体的には、以下の効果を有する対策を想定し、各対策を講じた場合及びその対策を組み合わせた場合について最終的なリスクに与える影響を次章以降で定量的手法により分析する。

(1) 農場段階

農場汚染率を低減させるための対策

(2) 食鳥処理・食肉処理段階

① 汚染鶏・非汚染鶏を区分処理する対策（農場段階で検査・区分を行った上での時間的区分）

② 菌数を低減させるための冷却水の塩素濃度管理の徹底

(3) 調理・喫食段階

① 生食割合を低減させるための対策

② 鶏肉の加熱が不十分となる割合を低減させるための対策

③ 調理器具・手指を介する非加熱食品への交差汚染を低減させるための対策

Ⅴ　定量的手法を用いた解析

鶏肉中のカンピロバクターに関して、前章で整理した対策について、現状のリスクとの比較を行うため、定量的手法を用いて解析を行った。モデルの詳細及びモデルに用いたデータは別添１、２として添付した。

また、当該定量的手法を用いた解析については、2008 年度食品健康影響評価技術研究「定量的リスク評価の有効な実践と活用のための数理解析技術の開発に関する研究」（主任研究者：春日文子、分担研究者：長谷川専）の報告書（未公表）を引用した。

１　解析の枠組み（暴露評価及びハザードによる健康被害解析）

(1) 解析の視点

解析の枠組みを整理するに当たって、以下の考え方をとることとした。

① 前章の３で想定した対策について、鶏肉を喫食する消費者のカンピロバクターの感染確率に及ぼす影響を評価するため、農場から消費に至るフードチェーン全体を扱った。

② フードチェーン全体を大きく農場段階、食鳥処理・食肉処理段階、流通･小売段階及び調理･喫食段階の４段階に整理し、さらにリスクを推定する上で重要な菌量反応関係を含む感染段階を加えて大きく５段階に整理した。上記対策の効果を評価する上で必要な場合には、さらに細かく整理した。

③ 鶏肉のカンピロバクター汚染は、鶏の腸管内に生息する同菌の体表への汚染又は食鳥処理工程での腸内容物の漏出に由来し、食鳥処理・食肉処理等の複数の段階で交差汚染によって拡大するものとして整理した。

④ 消費者のカンピロバクターによる暴露経路を、(i)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（喫食暴露）、(ii)汚染鶏肉と同時に調理されることで交差汚染を受けた非加熱食品を喫食すること（交差汚染暴露）の２経路に整理した。

⑤ リスクの推定に当たっては、フードチェーン全体にわたる各段階における鶏等の汚染率の推移を推定するとともに、感染確率の推定のため、食鳥処理・食肉処理段階以降では汚染菌数（汚染濃度）を活用した。なお、データ数が少ないことから、各入力値には食鳥（鶏）のデータが用いられており、ブロイラーと成鶏が区分されていないものを含んでいる。

⑥ 国産鶏肉だけでなく、輸入鶏肉も評価対象とした。

(2) フードチェーンの概要

５段階に整理したフードチェーン等の内容及び各段階でのカンピロバクター汚染の状況は、表３２に示すとおりである。

表３２　解析の枠組みにおける各段階の概要

段　階	内　　容	カンピロバクター汚染の状況
農場段階	初生ヒナを導入し 40～60 日齢で鶏を出荷するブロイラー養鶏農場を対象とする。 鶏舎内で輸送かごに詰められた鶏は、食鳥処理場に出荷される。	汚染農場では、鶏の腸管内に菌が定着すると、鶏舎内で急速に感染の拡大が起こる。

食鳥処理・食肉処理段階	複数の養鶏農場から鶏が搬入され、食鳥処理（とさつ、放血、湯漬け、脱羽、内臓摘出、洗浄及び冷却工程を経て、鶏が食鳥とたいとなる処理）及び食肉処理（食鳥とたいの解体）が同一施設内で連続して行われる食鳥処理場を対象とする。 食鳥処理場に搬入された鶏は、食鳥処理工程を経て食鳥とたい及び内臓肉となり、食鳥とたいは連続する食肉処理工程を経て部分肉（もも肉、むね肉、手羽肉等）に分割され、各部位はそれぞれ 2kg 程度の単位で包装され冷蔵出荷される。	感染鶏と非感染鶏を区別せずに食鳥処理することで交差汚染が発生し、食鳥処理後の食鳥とたいの汚染率は食鳥処理前の食鳥とたいのものよりも増大する。
流通・小売段階	部分肉となった鶏肉（内臓肉を含む）を取り扱う食肉卸売業及び一般消費者へ直接販売する食肉小売業を対象とする。 当該段階では、国産鶏肉及び輸入鶏肉の両者が取り扱われている。	－
調理・喫食段階（家庭・飲食店）	鶏肉等を原料とした料理が喫食される家庭及び飲食店を対象とする。 当該段階では、鶏肉料理又はサラダ等の同時調理非加熱食品（以下 RTE 食品）が調理される。	当該段階では、①汚染鶏肉が不十分に加熱調理された鶏肉料理もしくは汚染鶏肉の生鶏肉料理（生食）の喫食（喫食暴露）又は②汚染鶏肉と同時に調理されることで交差汚染を受けた RTE 食品の喫食（交差汚染暴露）の２つの曝露経路が存在する。
感染段階	カンピロバクターの暴露を受けた消費者が、カンピロバクターに感染する段階を対象とする。	当該段階では、消費者は菌量反応関係に従ってカンピロバクターに感染する。

(3) 全体構造図

解析の対象としたフードチェーンの全体構造を図 4 に示した。

(4) 評価モデルの構造（暴露評価）

ここで「評価モデル」とは、リスク評価のために関連する事象の相互関係を図式化あるいは関数化したものをいう。（食品により媒介される微生物に関する食品健康影響評価指針（暫定版）より）

① 農場段階（暴露評価）

農場汚染率を r とする。また、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する。

② 食鳥処理・食肉処理段階（暴露評価）

食鳥処理・食肉処理段階での交差汚染率を次式のように定義する。

$$\text{交差汚染率} = \frac{\text{工程の前後で増えた汚染鶏肉数}}{\text{工程前の非汚染鶏肉数}} = \frac{\text{工程後の汚染鶏肉数} - \text{工程前の汚染鶏肉数}}{\text{工程前の非汚染鶏肉数}} \quad \cdots (1)$$

図４　解析の対象としたフードチェーンの全体構造

ここで、食鳥処理・食肉処理段階で起こる交差汚染（cross-contamination）は、汚染農場由来の感染鶏の鶏肉が、(i)非汚染農場由来の非感染鶏の鶏肉を汚染する、(ii)汚染農場由来の非感染鶏の鶏肉を汚染するという２つに整理される。（図５参照）。

上記の交差汚染率の定義式（１）中の「工程前の非汚染鶏肉数」N_{nc}は、非汚染農場からの非汚染鶏肉数（すなわち、非汚染農場からの非感染鶏数N_{ncf}）と汚染農場からの非汚染鶏肉数（すなわち、汚染農場からの非感染鶏数N_{cfnc}）の和である。すなわち、

$$N_{nc} = N_{ncf} + N_{cfnc}$$

「工程の前後で増えた汚染鶏肉数」は、工程後の汚染鶏肉数から工程前の汚染鶏肉数を差し引いたものとなる。

ここで「工程後の汚染鶏肉数」は、国内年間出荷鶏数N_{dom}に食鳥処理後（after process）の鶏肉の汚染率p_{ap}を乗じた$p_{ap}N_{dom}$である。また、「工程前の汚染鶏肉数」は、汚染農場からの感染鶏数N_{cfc}である。よって、食鳥処理段階での交差汚染率p_{pcc}は次式で表される。

$$p_{pcc} = \frac{p_{ap}N_{dom} - N_{cfc}}{N_{nc}} \quad \cdots（２）$$

なお、ここでのp_{ap}は未知数であり、③　流通・小売段階において算出する市中に流通する鶏肉の汚染率に基づき、交差汚染率p_{pcc}とともに推定する。

図５　食鳥処理段階における交差汚染経路

③　流通・小売段階（暴露評価）

a　汚染率

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。

輸入鶏肉数（羽分/年）N_{imp} を含めて国内で流通する鶏肉数を $N_{dist} = N_{dom} + N_{imp}$（国内出荷鶏数を N_{dom} とする）とし、輸入鶏肉の汚染率を p_{imp} とすると、流通・小売段階（distribution）での鶏肉の汚染率 p_{dist} は、国内で流通する汚染鶏肉数を国内で流通する鶏肉数で除したものとなる。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。従って、p_{dist} は次式のとおりとなる。

$$p_{dist} = \frac{p_{ap}N_{dom} + p_{imp}N_{imp}}{N_{dist}} \qquad \cdots（3）$$

ここで、流通・小売段階での鶏肉の汚染率 p_{dist} は、後述のデータを用いて求められる。輸入鶏肉の汚染率 p_{imp} も、報告事例と文献データにより求められる。従って、未知数である p_{ap} は、上式を変形した次式から求めることができる。

$$p_{ap} = \frac{p_{dist}N_{dist} - p_{imp}N_{imp}}{N_{dom}} \qquad \cdots（4）$$

この式（4）を、食鳥処理段階における交差汚染率 p_{pcc}（（2）式）に代入すると、p_{pcc} は次式により求めることができる。

$$p_{pcc} = \frac{p_{ap}N_{dom} - N_{cfc}}{N_{nc}} = \frac{p_{dist}N_{dist} - p_{imp}N_{imp} - N_{cfc}}{N_{nc}} \qquad \cdots（5）$$

b　汚染濃度

流通・小売段階における鶏肉（輸入を含む）の汚染濃度 c_{dist}（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。（参照５６）

④　調理・喫食段階(暴露評価)

a　暴露確率

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(i)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（喫食暴露)、(ii）汚染鶏肉と同時に調理されることで交差汚染を受けた RTE 食品を喫食すること（交差汚染暴露)、の２経路からカンピロバクターに暴露される（図６参照)。

図６　調理・喫食段階における暴露経路

（ａ）喫食暴露確率(Exposure through Consumption)

喫食暴露は汚染鶏肉を生食するか、加熱が不十分な調理鶏肉を喫食した際に生じる。鶏肉料理の原料鶏肉は、食事ごとに独立して家庭又は飲食店に持ち込まれるものと仮定する。各食事において原料鶏肉が汚染されている確率は流通･小売段階での鶏肉の汚染率 p_{dist} である。このとき、鶏肉を生食（raw eating）する割合を p_{raw} とすれば、鶏肉を加熱調理する割合は生食をしない割合 $(1-p_{raw})$ となる。さらに、鶏肉を加熱調理する際に、加熱が不十分（insufficient heat）となる割合を p_{insh} とする。このとき、汚染鶏肉に由来する鶏肉料理一食当たりの喫食による暴露確率 p_{cons}（汚染率/食）は調理・喫食形態の別に次式で求めることができる。

$$p_{cons}=\begin{cases} p_{dist}\cdot p_{raw} & \text{（生食）} \\ p_{dist}(1-p_{raw})p_{insh} & \text{（加熱不十分調理）} \\ p_{dist}(1-p_{raw})(1-p_{insh}) & \text{（加熱十分調理）} \end{cases} \quad \cdots（６）$$

（ｂ）交差汚染暴露確率(Exposure through Cross-Contamination)

交差汚染は、調理している鶏肉が汚染鶏肉であって、汚染鶏肉と同時に RTE 食品を調理している場合に発生する可能性がある。交差汚染暴露は、汚染鶏肉と同時に RTE 食品を調理する場合に、汚染鶏肉を取り扱った調理器具や手指を介して RTE 食品が交差汚染され、当該 RTE 食品を喫食することで発生するという接触移動シナリオに基づいてモデル化した。鶏肉料理の原料鶏肉は、食事ごとに独立して家庭又は飲食店に持ち込まれるものと仮定する。各食事において原料鶏肉が汚染されている

確率は流通・小売段階での鶏肉の汚染率 p_{dist} である。また、鶏肉料理とともに RTE 食品が調理される割合を p_{rte} とする。このとき、交差汚染暴露確率 $p_{ecc} = p_{dist} \cdot p_{rte}$ となる。

b　暴露量

（a）喫食暴露量

生食の場合、喫食する鶏肉の汚染濃度は、流通・小売段階の汚染濃度 c_{dist}（菌数/g）に等しい。また、加熱が不十分な調理による菌の生残割合（生残率）を r_{insh_surv} とすると、加熱が不十分な調理の汚染鶏肉の汚染濃度は、$c_{insh} = c_{dist} \cdot r_{insh_surv}$（菌数/g）で求められる。加熱が十分（sufficient heat）な調理では菌は死滅するため、加熱が十分な調理の鶏肉の汚染濃度 $c_{sh} = 0$ となる。

一食当たりの鶏肉喫食量を $Cons$（g/食）とすると、喫食暴露量 n_{ipm}（菌数/食）は調理・喫食形態の別に次式のとおり表される。

$$n_{ipm} = \begin{cases} Cons \cdot c_{dist} & \text{（生食）} \\ Cons \cdot c_{insh} & \text{（加熱不十分調理）} \\ 0 & \text{（加熱十分調理）} \end{cases} \quad \cdots（7）$$

（b）交差汚染暴露量

交差汚染暴露は接触移動シナリオに基づき、図７及び表３３のとおりモデル化した。汚染鶏肉の調理と同時に RTE 食品を調理する場合に、まず、汚染鶏肉の調理過程でこれを取り扱った調理器具や手指が汚染される。次に、汚染鶏肉を調理した後に調理器具を洗浄・消毒し、手洗いをすることによって、汚染された調理器具や手指に生残する菌は減少する（汚染濃度の減少）。ただし、その減少率は調理器具の取り扱い方法や洗浄・消毒方法や手洗いの方法等によって異なる。そして、RTE 食品の調理過程で当該調理器具や手指から RTE 食品が交差汚染される。

図７　交差汚染暴露のプロセス

表３３　交差汚染暴露のプロセス

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 $r_{hf\to rte}$

*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。

汚染鶏肉の汚染濃度は流通・小売段階の汚染濃度 c_{dist}（菌数/g）に等しい。従って、一食当たりの汚染鶏肉中の菌数は $Cons \cdot c_{dist}$（菌数/食）となる。

表３３の表記を用いると、生鶏肉から調理器具および手指への交差汚染が発生する場合（その確率はそれぞれ $r_{ch\to cu}$ 及び $r_{ch\to hf}$）、鶏肉料理一食当たりの調理器具および手指を介した RTE 食品への移行菌数 n_{rte_cu}（菌数/食）および n_{rte_hf}（菌数/食）は次式で表される。

$$n_{rte_cu} = Cons \cdot c_{dist} \cdot r_{ch\to cu} \cdot r_{cu_surv} \cdot r_{cu\to rte}$$

$$n_{rte_hf} = Cons \cdot c_{dist} \cdot r_{ch\to hf} \cdot r_{hf_surv} \cdot r_{hf\to rte}$$

⑤　感染確率の算出（ハザードによる健康被害解析・リスク特性解析）

a　カンピロバクターへの暴露

（a）喫食を通じたカンピロバクターへの暴露

④で求めた喫食暴露確率及び喫食暴露量から、一食当たりの喫食を通じたカンピロバクターへの暴露 D_{cons} は表３４のとおり喫食形態別の喫食暴露量と確率との組合せとして算出することができる。

表３４　一食当たりの喫食を通じたカンピロバクターへの暴露 D_{cons}

喫食形態	喫食暴露量	喫食暴露確率	備考
生食	$Cons \cdot c_{dist}$	$p_{dist} \cdot p_{raw}$	
加熱不十分調理	$Cons \cdot c_{insh}$	$p_{dist}(1-p_{raw})p_{insh}$	
加熱十分調理	0	$p_{dist}(1-p_{raw})(1-p_{insh})$	

（b）交差汚染を通じたカンピロバクターへの暴露

④で求めた交差汚染確率および交差汚染暴露量から、一食当たりの交差汚染を通じたカンピロバクターへの暴露 D_{ecc} は表３５のとおり交差汚染形態別の確率との組合せとして算出することができる。

表３５　一食当たりの交差汚染を通じたカンピロバクターへの暴露 D_{ecc}

交差汚染形態	交差汚染暴露量	交差汚染暴露確率	備考
調理器具、手指の双方を介した交差汚染	$n_{rte_cu} + n_{rte_hf}$	$p_{dist} \cdot p_{rte}(p_{cu} + p_{hf})$	p_{cu} は調理器具を介した交差汚染が生じる確率、p_{hf} は手指を介した交差汚染が生じる確率
調理器具のみを介した交差汚染	n_{rte_cu}	$p_{dist} \cdot p_{rte}(p_{cu} + 1 - p_{hf})$	
手指のみを介した交差汚染	n_{rte_hf}	$p_{dist} \cdot p_{rte}(1 - p_{cu} + p_{hf})$	
交差汚染なし	0	$p_{dist} \cdot p_{rte}(2 - p_{cu} - p_{hf})$	

（c）カンピロバクターへの暴露

（a）及び（b）より、一食当たりのカンピロバクターへの暴露量 $D = D_{cons} + D_{ecc}$ となる。

b　菌量反応曲線と感染確率（ハザードによる健康被害解析－１）

カンピロバクターの菌量反応曲線として CFIA/USDA(1999、未公表)、DVFA(2001)及び RIVM(2005)において用いられているベータ二項モデルを採用した。そのパラメータは、これらの文献と同様に Black ら(参照５２)におけるカンピロバクター摂取実験の結果に基づいて Medema ら(参照５７)及び Teunis ら(参照５８)が推定した結果を用いた。

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 $p_{\inf}$ は次式のとおり求められる（図８、図９）。

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

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

図８　菌量-反応曲線

図９　菌量-反応曲線（低菌量領域）

また、年間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 $P_{\inf_y} = P \cdot M \cdot p_{\inf}$ となる。

(5) 想定される介入措置のシナリオ

Ⅳの３で想定した対策について、表３６のとおりシナリオを設定し、これらの食中毒対策について、リスク低減効果の推定、比較を行った。その際、単独の対策による効果だけでなく、これらを組み合わせた場合についてもリスク低減効果の推定、比較を行った。

表３６　想定される食中毒対策及びシナリオ

対　策	シナリオ
農場での管理	農場における衛生管理を強化することにより、汚染農場の割合の低減を図る。
食鳥の区分処理	食鳥処理場において、汚染農場から出荷された鶏と非汚染農場から出荷された鶏を区分して処理することにより、食鳥処理場における交差汚染の防止を図る。
冷却水の塩素濃度管理の徹底	食鳥処理場の冷却工程において、冷却水の塩素濃度が所要の濃度を確保できるよう管理を徹底することにより、汚染濃度の低減を図る。
調理（加熱の徹底）	消費者・従事者の意識啓発・教育等を通じて、家庭及び飲食店における鶏肉の生食、不十分な加熱を避けるなど、喫食方法の改善を図る。
調理（交差汚染防止）	消費者の意識啓発・教育等を通じて、家庭及び飲食店における調理の際の衛生管理を向上させることにより、交差汚染の低減を図る。

①　農場での管理

農場における衛生管理を見直すことで、汚染農場の割合を低減させた場合を想定する。具体的な対策は必ずしも明確ではなく、当然、農場汚染率の低減効果も不明である。そこで、リスク評価モデルにおいて現在の農場汚染率をシナリオ分析（100%から 20%まで 20%刻みで低減させる）により、その効果を把握する。

②　食鳥の区分処理

基本モデルでは、食鳥処理過程において汚染農場から出荷された鶏と非汚染農場から出荷された鶏とは区別して食鳥処理が行われない。当該シナリオでは、この区分を行うものである。具体的には、食鳥処理場においては、非汚染農場から出荷された鶏（非感染鶏）を先に処理し、次に汚染農場から出荷された鶏を処理する（処理時間の分離）。

当該措置により、非汚染農場からの鶏（非感染鶏）は食鳥処理過程での交差汚染を免れる。ただし、汚染農場から出荷された非感染鶏は食鳥処理過程で基本モデルと同じ交差汚染率で汚染される。（図１０）

＜基本モデル＞

＜食鳥処理の区分シナリオ＞

図１０　介入による食鳥処理段階の汚染経路への影響

この交差汚染による非汚染鶏の汚染数は次式で表わされる。

汚染農場の非汚染鶏のうち、交差汚染によって汚染される数= $p_{cc}N_{cfnc}$

一方、非汚染農場からの鶏の食鳥処理後の汚染率はゼロのままである。

従って、食鳥処理後の鶏肉の汚染率 $p'_{ap} = \dfrac{N_{cfc} + p_{cc}N_{cfnc}}{N_{dom}}$

よって、流通段階での鶏肉の汚染率 $p'_{dist} = \dfrac{p'_{pa}N_{dom} + p_{imp}N_{imp}}{N_{dist}}$ となる。

③　冷却水の塩素濃度管理の徹底

食鳥処理場の冷却工程において冷却水が所要の塩素濃度を確保できるよう管理を徹底することによって汚染濃度の低減を図る。

食鳥処理場における冷却水中の塩素濃度管理の現状を示すデータが存在しなかったことから、当評価では CFIA/USDA（未公表,1999）で検討された塩素添加・非添加のモデルで用いられた汚染濃度の変化（低減） r_{cl} を用いることとした。なお、CFIA/USDA（未公表,1999）で検討された塩素添加モデルでは、冷却槽内の遊離塩素濃度が 1～5ppm に達するように十分な量の塩素を添加する場合を想定している。

基本モデルでは、食鳥処理場は各食鳥処理工程に細分化したモデル化が行われていないが、食鳥処理後の汚染濃度が r_{cl} だけ低減すると考えれば、流通段階での国内産鶏肉の汚染濃度 c_{dom} を、塩素濃度管理措置実施後に $c'_{dom} = c_{dom} \cdot r_{cl}$ とすることで反映させることができる。

なお、c_{dom} は、鈴木ら(2008、未公表)における市場流通鶏肉のカンピロバクター汚染の報告事例と汚染状況に係る文献を整理したデータから得ることができる。

④　調理（加熱の徹底）

カンピロバクターによる食中毒に関する意識啓発・教育等を行うことで、加熱調理の徹底を図り、不十分な加熱調理や生食を削減する。ただし、意

識啓発・教育等によって、不十分な加熱調理や生食がどれだけ削減されるかその効果は不明である。そこで、リスク評価モデルにおいて現在の不十分な加熱調理や生食の割合を 100%から 20%まで 20%刻みで低減させて、その効果を把握する方法をとる。

⑤　調理（交差汚染防止）

カンピロバクターによる食中毒に関する教育を行うことで、誤った調理方法、調理手順等による交差汚染を削減する。ただし、教育によって、誤った調理方法、調理手順等による交差汚染がどれだけ削減されるかその効果は不明である。そこで、リスク評価モデルにおいて現在の誤った調理方法、調理手順等による交差汚染の確率を 100%から 20%まで 20%刻みで低減させて、その効果を把握する方法をとる。

表３６で整理した各シナリオを実行するために、モデルの中に対応する係数を組み込んだ。当該係数と入力値を表３７に整理した。

表３７　シナリオ分析のための係数と入力値

対策	係　数	入力値
農場での管理	農場段階の感染率：p_f	$p'_f = 0.2\,p_f,\ 0.4\,p_f,\ 0.6\,p_f,\ 0.8\,p_f,\ p_f$
食鳥の区分処理	交差汚染率：p_{pcc}	$p'_{pcc} = 0$　（非汚染農場由来の鶏）， $= p_{pcc}$　（汚染農場由来の鶏）
冷却水の塩素濃度管理の徹底	汚染濃度の変化（低減）：r_{cl}	r_{cl} ＝三角分布（最小値 10^{-2}、最大値 1、最確値 $10^{-0.75}$）
調理（加熱の徹底）	生鶏肉の喫食（生食）割合：p_{raw}	$p'_{raw} = 0.2\,p_{raw},\ 0.4\,p_{raw},\ 0.6\,p_{raw},\ 0.8\,p_{raw},\ p_{raw}$
	不十分な加熱調理の割合：p_{insh}	$p'_{insh} = 0.2\,p_{insh},\ 0.4\,p_{insh},\ 0.6\,p_{insh},\ 0.8\,p_{insh},\ p_{insh}$
調理（交差汚染防止）	交差汚染による暴露確率：E_{cc}	$E'_{cc} = 0.2\,E_{cc},\ 0.4\,E_{cc},\ 0.6\,E_{cc},\ 0.8\,E_{cc},\ E_{cc}$

２　解析結果（リスク特性解析）

定量的手法を用いた解析結果及びその要因の分析結果について、(1)現状のリスク推定、(2)感度分析結果、(3)想定される対策ごとのリスクの比較及び(4)考察の項目別にまとめる。なお、解析に当たっては、Palisade 社@Risk4.5 日本語版を用い、ラテンハイパーキューブ法による 100 万回のシミュレーションを行っている。その結果は想定した対策の効果を計測する際の比較対照（ベースケース）となる。(3)の解析に当たっては、同様に、各シナリオ（計 68 シナリオ）について 10 万回のシミュレーションを行い、ベースケースとのリスクの比較を行っている。

また、分析結果のヒストグラムは、ほとんどのケースでゼロを含む階級の値が突出して大きく、Y 軸のスケール設定によっては他の階級の値の大きさが把握できない程小さくなる。そのため、各ヒストグラムについては、適宜、ゼロを含む階級以外の値が把握できる程度に Y 軸のスケールを変更し、ゼロを含む階級の値については、その値を表記してある。

(1) 現状のリスクの推定

現状のリスクの推定に当たっては、菌量反応曲線（Dose-Response）から得られる感染確率についてシミュレーションを行い、その結果を①一食当たりの感染確率及び②年間感染回数及び感染者数の項に整理した。

前記アンケート調査結果（参照５０）より、家庭又は飲食店のどちらかにおいて鶏肉を生食する人（生食あり）の割合は 29.3%（約 3,700 万人）、全く生食をしない人（生食なし）の割合が 70.7%（約 9,000 万人）であることが算出された。そこで、①、②を、生食する人とない人に分けて推定した。

① 一食当たりの感染確率

①－１．鶏肉を生食する人

家庭及び飲食店における一食当たりの感染確率（喫食１回当たりの感染回数）の分布は図１１及び図１２に示すとおりである。一食当たりの感染確率の平均値は家庭で 1.97%、飲食店で 5.36%である。

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１１　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

※図中の矢印と数値は感染確率 0 の確率密度を示す（以下同じ）

※図中枠内の「E」を付した数値は乗数を示す（以下同じ。例：1.970396E-02=0.01970396）

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１２　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

①－２．鶏肉の生食をしない人

家庭及び飲食店における一食当たりの感染確率（喫食１回当たりの感染回数）の分布は図１３及び図１４に示すとおりである。一食当たりの感染確率の平均値は家庭で 0.20%、飲食店で 0.07%である。

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１３　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

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１４　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

①－１、①－２に示したように、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。

② 年間感染回数及び感染者数

一人当たり年間感染回数の分布は、図１５、図１６に示すとおりである。一人当たり年間平均感染回数は、生食する人では、家庭と飲食店を合わせ 3.42 回／年・人、生食しない人では 0.364 回／年・人であり、生食する人は生食しない人に比べて約 10 倍多く感染するものと推定される。

概要統計（回/年）			
統計	値	%値	値
最小	0	5%	0
最大	102.9	10%	0
平均	3.419	25%	0
標準偏差	10.95	30%	0
分散	119.8	50%	0
歪度	4.512	70%	0
尖度	24.85	75%	0
メジアン	0	90%	10.88
モード	0	95%	15.06

図１５　生食する人の年間感染回数の分布

概要統計（回/年）			
統計	値	%値	値
最小	0	5%	0
最大	116.2	10%	0
平均	0.3640	25%	0
標準偏差	3.445	30%	0
分散	11.87	50%	0
歪度	15.84	70%	0
尖度	309.4	75%	0
メジアン	0	90%	0.002
モード	0	95%	0.274

図１６　生食しない人の年間感染回数の分布

生食する人及び生食しない人について、鶏肉の喫食によるカンピロバクターへの感染が全ての喫食について独立に生起すると仮定すれば、生食する人及び生食しない人の年間感染者数については、それぞれの一食当たりの感染確率の平均値と標準偏差を用いて、平均がこの平均値×喫食回数×人口、標準偏差がこの標準偏差×（喫食回数×人口）$^{1/2}$ の正規分布として算出される（中心極限定理）。両分布の和として求められる延べ年間感染者数の分布は、図１７に示すとおり、平均値が約 1.5 億人／年、標準偏差が 3 万 5 千人／年という幅の狭い正規分布になっている。

なお、延べ年間平均感染者数 1.5 億人の内訳は、生食する人で約 1.2 億人、生食しない人で約 0.3 億人となっており、80%が生食する人で占められている。

概要統計（人/年）			
統計	値	%値	値
最小	144,072,800	5%	144,174,736
最大	144,410,848	10%	144,187,552
平均	144,232,416	25%	144,208,816
標準偏差	35,034	30%	144,214,064
分散	1,227,357,953	50%	144,232,416
歪度	-0.001440	70%	144,250,784
尖度	3.001	75%	144,256,016
メジアン	144,232,416	90%	144,277,360
モード	144,231,808	95%	144,290,032

図１７　年間感染者数の分布

(2) 感度分析結果

(1)で示された年間感染者数に影響を及ぼす要因を明確化するため、回帰感度及び相関の両面から感度分析を行った。分析対象とする要因は、モデルへの入力値となる様々な確率変数のうち、感染確率や暴露確率に直接影響を及ぼす鶏の感染率や鶏肉の汚染率、汚染濃度、鶏肉の喫食形態及びその喫食量、調理時の交差汚染の生起確率の一要因である RTE 食品と鶏肉との同時調理の頻度に関する確率変数とした。

①回帰感度

回帰感度[1]について分析した結果は図１８に示すとおりであり、家庭及び飲食店における生食頻度の偏回帰係数が、それぞれ 0.278 及び 0.118 となり、分析した要因のうち上位２項目に挙がっている。次いで家庭における食材鶏肉の汚染有無(汚染率に基づく二項確率変数)が 0.095、流通鶏肉の汚染濃度が 0.093、飲食店における食材鶏肉の汚染有無が 0.051 となっている。

[1] アウトプットを被説明変数、入力項目を説明変数として、多変量重回帰分析を実施したときの各入力項目の偏回帰係数を降順に並べたもの。この値が大きいほど、当該入力項目の値の変化がアウトプットの値の変化に大きな影響を及ぼすといえる（回帰直線の傾き）。

図１８　年間感染者数のトルネード図（回帰感度）

鶏肉の生食は、食材となる鶏肉が汚染されていれば、汚染鶏肉中のカンピロバクター濃度（流通時の汚染濃度）に直接暴露を受けるため、他の喫食形態に比べ感染確率の高い喫食形態といえる。従って、生食頻度、食材鶏肉の汚染の有無、流通時の汚染濃度が年間感染者数に鋭敏な影響を及ぼす要因になっているものと考えられる。また、生食による感染確率が他の喫食形態や交差汚染による感染確率よりも突出して高いため、生食に関連する要因以外の要因に関する偏回帰係数は非常に小さい値になっているか、統計的に有意でない値となっている。

② 相関

相関[2]について分析した結果は図１９に示すとおりであり、食材となる鶏肉の汚染の有無（飲食店の相関係数：0.230、家庭の相関係数：0.119）[3]、RTE 食品と鶏肉との同時調理の有無（飲食店の相関係数：0.072、家庭の相関係数：0.144）といった要因が１位、３位、５位、６位と上位を占めていた。これは、食材となる鶏肉の汚染の有無については「有」であることが喫食暴露と交差汚染暴露の双方を生起させる前提条件となり、RTE 食品と鶏肉との同時調理の有無については「有」であることが交差汚染暴露を生起させる前提条件となっているためである。なお、これらが全て「無」のときには年間感染者数はゼロとなる。

[2] アウトプットと入力項目の順位相関係数を降順に並べたもの。この値が大きいほど、当該入力項目とアウトプットが類似の変化をする強い関係を有しているといえる（回帰直線を中心としたデータの散らばり具合）。
[3] 括弧内の数値は相関係数、以下同様。

これら以外の要因については、流通鶏肉の汚染濃度（0.221）が２位、飲食店における生食頻度（0.138）が４位と上位に位置している。流通鶏肉の汚染濃度については喫食又は交差汚染のどちらか一方又は双方の暴露経路を通じた暴露量に直接的に影響を与えるためであり、飲食店における生食頻度は突出した感染確率を有する喫食形態（生食）による感染機会に直接的に影響を与えるためである。なお、家庭における生食頻度の相関係数は 0.057 と相対的に小さい値になっている。

図１９　年間感染者数のトルネード図（相関）

(3) 想定される対策ごとのリスクの比較

(3)－１．日本に在住する人全体への効果

想定される対策の日本に在住する人全体への効果については、対象とする指標（例えば、農場での管理に係る農場汚染率）を低減させた場合、年間感染者数が現状の年間感染者数（ベースケース）に比べてどの程度低減されるかという観点から捉えた。食鳥の区分処理及び塩素濃度管理の徹底については各対策の有無で検討を行っており、他の対策との組み合わせとして効果を把握している。その結果は表３８及び図２０に示すとおりである。

表３８　リスク管理措置によるリスク低減への影響（日本に在住する全ての人を対象）

（単位：万人）

項目	対象指標 / 低減割合	塩素濃度管理なし							
		食鳥の区分処理なし				食鳥の区分処理あり			
		農場汚染率	生食割合	加熱不十分な調理の割合	調理時の交差汚染率	農場汚染率	生食割合	加熱不十分な調理の割合	調理時の交差汚染率
平均感染者数（万人）	0%	14,727	14,727	14,727	14,727	8,246	8,246	8,246	8,246
	20%	14,491	12,090	14,717	14,400	6,614	6,629	8,238	8,093
	40%	14,250	9,574	14,709	14,066	5,244	5,318	8,233	7,916
	60%	14,054	7,047	14,704	13,679	3,785	3,957	8,232	7,729
	80%	13,834	4,479	14,700	13,346	2,355	2,426	8,230	7,552
平均感染者数の低減	0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	56.0%	56.0%	56.0%	56.0%
	20%	98.4%	82.1%	99.9%	97.8%	44.9%	45.0%	55.9%	55.0%
	40%	96.8%	65.0%	99.9%	95.5%	35.6%	36.1%	55.9%	53.8%
	60%	95.4%	47.9%	99.8%	92.9%	25.7%	26.9%	55.9%	52.5%
	80%	93.9%	30.4%	99.8%	90.6%	16.0%	16.5%	55.9%	51.3%

項目	対象指標 / 低減割合	塩素濃度管理あり							
		食鳥の区分処理なし				食鳥の区分処理あり			
		農場汚染率	生食割合	加熱不十分な調理の割合	調理時の交差汚染率	農場汚染率	生食割合	加熱不十分な調理の割合	調理時の交差汚染率
平均感染者数（万人）	0%	11,569	11,569	11,569	11,569	6,508	6,508	6,508	6,508
	20%	11,387	9,414	11,562	11,397	5,196	5,173	6,502	6,423
	40%	11,195	7,347	11,557	11,227	4,119	4,089	6,498	6,333
	60%	11,041	5,260	11,554	11,027	2,951	2,976	6,498	6,234
	80%	10,865	3,132	11,551	10,855	1,844	1,704	6,497	6,146
平均感染者数の低減	0%	78.6%	78.6%	78.6%	78.6%	44.2%	44.2%	44.2%	44.2%
	20%	77.3%	63.9%	78.5%	77.4%	35.3%	35.1%	44.2%	43.6%
	40%	76.0%	49.9%	78.5%	76.2%	28.0%	27.8%	44.1%	43.0%
	60%	75.0%	35.7%	78.5%	74.9%	20.0%	20.2%	44.1%	42.3%
	80%	73.8%	21.3%	78.4%	73.7%	12.5%	11.6%	44.1%	41.7%

図２０　リスク管理措置によるリスク低減への影響（日本に在住する全ての人を対象）

① 食鳥の区分処理なし・塩素濃度管理の徹底なしの場合

農場汚染率の低減による効果については、農場汚染率の値を 20%ずつ低減させることによって年間感染者数は 1.33%～1.64%ずつ低減することとなる

（平均 1.52%）。農場汚染率の値を 40%及び 80%低減させることによって、年間感染者数はそれぞれ現状の 96.8%及び 93.9%に低減する。感度分析的に効果を把握した４つの食中毒対策の中で加熱不十分割合の低減に次いで効果が小さい対策となった。これは、農場汚染率が低下しても、食鳥処理場において交差汚染が発生してしまうためと考えられる。

生食割合の低減による効果については、生食割合の値を 20%ずつ低減させることによって年間感染者数は 17.09%～17.90%ずつ低減することとなる（平均 17.40%）。生食割合の値を 40%及び 80%低減させることによって、年間感染者数はそれぞれ現状の 65.0%及び 30.4%に低減する。感度分析的に効果を把握した４つの食中毒対策の中で最も効果が大きい対策となった。これは喫食暴露による感染リスクが交差汚染暴露によるリスクよりもかなり高く、しかも生食が喫食形態の中で突出して高い感染リスクを有する喫食形態であるためと考えられる。

加熱不十分調理割合の低減による効果は、加熱不十分調理割合の値を 20%ずつ低減させることによって年間感染者数は 0.03%～0.07%ずつ低減することとなる（平均 0.05%）。加熱不十分調理割合の値を 40%及び 80%低減させることによって、年間感染者数はそれぞれ現状の 99.9%及び 99.8%に低減する。生食割合の低減に比べて顕著な効果は認められないが、感度分析的に効果を把握した４つの食中毒対策の中で最も効果が小さい対策となった。これは評価モデルに入力された現状の加熱不十分割合が 10～5%と低いためと考えられる。

調理時の交差汚染率の低減による効果は、調理時の交差汚染率の値を 20%ずつ低減させることによって年間感染者数は 2.22%～2.63%ずつ低減することとなる（平均 2.34%）。調理時の交差汚染率の値を 40%及び 80%低減させることによって、年間感染者数はそれぞれ現状の 95.5%及び 90.6%に低減する。感度分析的に効果を把握した４つの食中毒対策の中で生食割合の低減に次いで効果が大きい対策となっている。

② 食鳥の区分処理なし・塩素濃度管理の徹底ありの場合

食鳥処理場における冷却工程において塩素濃度管理の徹底を行うことによって、年間感染者数は現状の 78.6%に低減する。

農場汚染率の低減による効果については、農場汚染率の値を 20%ずつ低減させることによって年間感染者数は 1.05%～1.30%ずつ低減することとなる（平均 1.20%）。農場汚染率の値を 40%及び 80%低減させることによって、年間感染者数はそれぞれ現状の 76.0%及び 73.8%に低減する。感度分析的に効果を把握した４つの食中毒対策の中で交差汚染割合の低減とほぼ同じ効果を示し、加熱不十分割合の低減に次いで効果が小さい対策となった。

生食割合の低減による効果については、生食割合の値を 20%ずつ低減させることによって、年間感染者数は 14.04%～14.63%ずつ低減することとなる（平均 14.32%）。生食割合の値を 40%及び 80%低減させることによって、年間感染者数はそれぞれ現状の 49.9%及び 21.3%に低減する。①のケースと同様、感度分析的に効果を把握した４つの食中毒対策の中で効果が最も大きい対策となった。

加熱不十分調理割合の低減による効果については、加熱不十分調理割合の値を 20%ずつ低減させることによって年間感染者数は 0.02%～0.05%ずつ低

減することとなる（平均 0.03%）。加熱不十分調理割合の値を 40%及び 80%低減させることによって、年間感染者数はそれぞれ現状の 78.5%及び 78.4%に低減する。①のケースと同様、感度分析的に効果を把握した４つの食中毒対策の中で最も効果が小さい対策となった。

調理時の交差汚染率の低減による効果については、調理時の交差汚染率の値を 20%ずつ低減させることによって年間感染者数は 1.15%～1.36%ずつ低減することとなる（平均 1.21%）。調理時の交差汚染率の値を 40%及び 80%低減させることによって、年間感染者数はそれぞれ現状の 76.2%及び 73.7%に低減する。感度分析的に効果を把握した４つの食中毒対策の中で農場汚染率の低減とほぼ同様の効果を示した。

③ 食鳥の区分処理あり・塩素濃度管理の徹底なしの場合

食鳥処理場における区分処理を行うことによって、年間感染者数は現状の 56.0%に低減する。

農場汚染率の低減による効果については、農場汚染率の値を 20%ずつ低減させることによって年間感染者数は 9.31%～11.08%ずつ低減することとなる（平均 10.00%）。農場汚染率の値を 40%及び 80%低減させることによって、年間感染者数はそれぞれ現状の 35.6%及び 16.0%に低減する。食鳥処理区分なしの場合と比べて効果は大きく変化しており、感度分析的に効果を把握した４つの食中毒対策の中で最も効果が大きい対策となった。これは、食鳥処理区分を行うことにより、非汚染農場から出荷される鶏が交差汚染を受けることがなくなり、農場汚染率の低減効果が直接的に流通汚染率に反映されるようになるためと考えられる。

生食割合の低減による効果については、生食割合の値を 20%ずつ低減させることによって、年間感染者数は 8.90%～10.98%ずつ低減することとなる（平均 9.88%）。生食割合の値を 40%及び 80%低減させることによって、年間感染者数はそれぞれ現状の 36.1%及び 16.5%に低減する。このケースでは、感度分析的に効果を把握した４つの食中毒対策の中で効果が大きい対策の一つとなっているものの、農場汚染率の低減効果よりも若干効果は小さくなっている。

加熱不十分調理割合の低減による効果は、加熱不十分調理割合の値を 20%ずつ低減させることによって、年間感染者数は 0.01%～0.05%ずつ低減することとなる（平均 0.03%）。加熱不十分調理割合の値を 40%及び 80%低減させることによって、年間感染者数はそれぞれ現状の 55.9%及び 55.9%に低減する。①及び②のケースと同様、感度分析的に効果を把握した４つの食中毒対策の中で最も効果が小さい対策となった。

調理時の交差汚染率の低減による効果については、調理時の交差汚染率の値を 20%ずつ低減させることによって、年間感染者数は 1.04%～1.27%ずつ低減することとなる（平均 1.18%）。調理時の交差汚染率の値を 40%及び 80%低減させることによって、年間感染者数はそれぞれ現状の 53.8%及び 51.3%に低減する。感度分析的に効果を把握した４つの食中毒対策の中で不十分加熱調理割合の低減に次いで効果が小さい対策となった。

④ 食鳥の区分処理あり・塩素濃度管理の徹底ありの場合

食鳥処理場における区分処理及び塩素濃度管理の徹底を行うことによって、

年間感染者数は現状の 44.2%に低減する。

農場汚染率の低減による効果については、農場汚染率の値を 20%ずつ低減させることによって年間感染者数は 7.31%～8.91%ずつ低減することとなる（平均 7.92%）。農場汚染率の値を 40%及び 80%低減させることによって、年間感染者数はそれぞれ現状の 28.0%及び 12.5%に低減する。このケースでは、感度分析的に効果を把握した４つの食中毒対策の中で生食割合の低減とほぼ同様の効果を示し、最も効果が大きい対策となった。

生食割合の低減による効果については、生食割合の値を 20%ずつ低減させることによって、年間感染者数は 7.36%～9.07%ずつ低減することとなる（平均 8.15%）。生食割合の値を 40%及び 80%低減させることによって、年間感染者数はそれぞれ現状の 27.8%及び 11.6%に低減する。農場汚染率の低減による効果と同様、感度分析的に効果を把握した４つの食中毒対策の中で最も効果が大きい対策となった。

加熱不十分調理割合の低減による効果は、加熱不十分調理割合の値を 20%ずつ低減させることによって、年間感染者数は 0.00%～0.04%ずつ低減することとなる（平均 0.02%）。加熱不十分調理割合の値を 40%及び 80%低減させることによって、年間感染者数はそれぞれ現状の 44.1%及び 44.1%に低減する。③のケースと同様、感度分析的に効果を把握した４つの食中毒対策の中で最も効果が小さい対策となった。

調理時の交差汚染率の低減による効果については、調理時の交差汚染率の値を 20%ずつ低減させることによって、年間感染者数は 0.58%～0.67%ずつ低減することとなる（平均 0.61%）。調理時の交差汚染率の値を 40%及び 80%低減させることによって、年間感染者数はそれぞれ現状の 43.0%及び 41.7%に低減する。③のケースと同様、感度分析的に効果を把握した４つの食中毒対策の中で不十分加熱調理割合の低減による効果に次いで効果が小さい対策となった。

(3)－２．生食する人に対する効果

想定される対策の、鶏肉を生食する人に対する効果については、対象とする指標を低減させた場合、年間感染回数が現状の年間感染回数（ベースケース）に比べてどの程度低減されるかという観点から捉えた。その結果は表３９及び図２１に示すとおりである。

表３９　リスク管理措置による、生食する人のリスク低減への影響

（単位：回）

項目	対象指標 / 低減割合	塩素濃度管理なし							
		食鳥の区分処理なし				食鳥の区分処理あり			
		農場汚染率	生食割合	加熱不十分な調理の割合	調理時の交差汚染率	農場汚染率	生食割合	加熱不十分な調理の割合	調理時の交差汚染率
年間感染回数	0%	3.43	3.43	3.43	3.43	1.85	1.85	1.85	1.85
	20%	3.38	2.79	3.43	3.42	1.52	1.51	1.85	1.84
	40%	3.32	2.11	3.43	3.40	1.21	1.14	1.85	1.84
	60%	3.26	1.44	3.43	3.39	0.89	0.77	1.85	1.83
	80%	3.20	0.77	3.43	3.37	0.54	0.42	1.85	1.82
年間感染回数の低減	0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	54.0%	54.0%	54.0%	54.0%
	20%	98.4%	81.3%	100.0%	99.6%	44.2%	44.0%	54.0%	53.7%
	40%	96.8%	61.4%	100.0%	99.1%	35.2%	33.2%	54.0%	53.5%
	60%	95.0%	41.8%	100.0%	98.7%	25.8%	22.5%	54.0%	53.3%
	80%	93.1%	22.5%	100.0%	98.2%	15.8%	12.1%	54.0%	53.0%

項目	対象指標 / 低減割合	塩素濃度管理あり							
		食鳥の区分処理なし				食鳥の区分処理あり			
		農場汚染率	生食割合	加熱不十分な調理の割合	調理時の交差汚染率	農場汚染率	生食割合	加熱不十分な調理の割合	調理時の交差汚染率
年間感染回数	0%	2.80	2.80	2.80	2.80	1.51	1.51	1.51	1.51
	20%	2.75	2.27	2.80	2.79	1.23	1.23	1.51	1.50
	40%	2.71	1.71	2.80	2.78	0.98	0.92	1.51	1.50
	60%	2.66	1.16	2.80	2.77	0.72	0.62	1.51	1.49
	80%	2.60	0.61	2.80	2.77	0.44	0.33	1.51	1.49
年間感染回数の低減	0%	81.5%	81.5%	81.5%	81.5%	43.9%	43.9%	43.9%	43.9%
	20%	80.2%	66.2%	81.5%	81.2%	35.9%	35.7%	43.9%	43.7%
	40%	78.9%	49.8%	81.5%	81.0%	28.7%	26.8%	43.9%	43.6%
	60%	77.4%	33.6%	81.5%	80.8%	21.0%	18.1%	43.9%	43.5%
	80%	75.8%	17.7%	81.5%	80.5%	12.8%	9.5%	43.9%	43.3%

図２１　リスク管理措置によるリスク低減への影響（生食する人を対象）

図２１の説明は、(3)－１と同様である。日本に在住する人全体を対象とした場合と比較し、生食する人に対する効果として特徴的な点を挙げる。

当然、生食割合の低減が常に最も効果が大きい。そして、生食する人では、加熱不十分による暴露に比べ、生食による暴露が圧倒的に大きいため、加熱不十分な調理の割合の低減はわずかな効力しか持たない。

食鳥処理場での区分処理を行った場合に、農場汚染率低減の効果は顕著に大きくなるが、生食割合の低減よりも効果はやや小さい。

(3)－３．生食しない人に対する効果

想定される対策の、鶏肉を生食しない人に対する効果についても、(3)－２同様、年間感染回数が現状の年間感染回数（ベースケース）に比べてどの程度低減されるかという観点から考察した。その結果は表４０及び図２２に示すとおりである。

表４０　リスク管理措置による、生食しない人のリスク低減への影響

（単位：回）

項目	対象指標 ＼ 低減割合	塩素濃度管理なし							
		食鳥の区分処理なし				食鳥の区分処理あり			
		農場汚染率	生食割合	加熱不十分な調理の割合	調理時の交差汚染率	農場汚染率	生食割合	加熱不十分な調理の割合	調理時の交差汚染率
年間感染回数	0%	0.38	0.38	0.38	0.38	0.21	0.21	0.21	0.21
	20%	0.37	0.38	0.33	0.35	0.17	0.21	0.18	0.19
	40%	0.36	0.38	0.28	0.32	0.13	0.21	0.16	0.17
	60%	0.36	0.38	0.23	0.29	0.10	0.21	0.13	0.16
	80%	0.35	0.38	0.19	0.26	0.06	0.21	0.11	0.14
年間感染回数の低減	0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	54.7%	54.7%	54.7%	54.7%
	20%	98.1%	100.0%	88.2%	92.3%	45.4%	54.7%	48.7%	50.1%
	40%	96.6%	100.0%	75.5%	85.0%	35.3%	54.7%	42.1%	46.1%
	60%	95.6%	100.0%	62.3%	78.1%	26.0%	54.7%	35.3%	42.5%
	80%	94.5%	100.0%	51.6%	70.1%	16.2%	54.7%	29.5%	38.0%

項目	対象指標 ＼ 低減割合	塩素濃度管理あり							
		食鳥の区分処理なし				食鳥の区分処理あり			
		農場汚染率	生食割合	加熱不十分な調理の割合	調理時の交差汚染率	農場汚染率	生食割合	加熱不十分な調理の割合	調理時の交差汚染率
年間感染回数	0%	0.23	0.23	0.23	0.23	0.13	0.13	0.13	0.13
	20%	0.23	0.23	0.20	0.22	0.11	0.13	0.11	0.12
	40%	0.23	0.23	0.17	0.20	0.08	0.13	0.10	0.11
	60%	0.22	0.23	0.14	0.19	0.06	0.13	0.08	0.10
	80%	0.22	0.23	0.11	0.17	0.04	0.13	0.06	0.09
年間感染回数の低減	0%	62.2%	62.2%	62.2%	62.2%	33.9%	33.9%	33.9%	33.9%
	20%	61.0%	62.2%	54.3%	58.2%	28.3%	33.9%	30.0%	31.5%
	40%	60.0%	62.2%	45.5%	54.2%	21.9%	33.9%	25.4%	29.3%
	60%	59.5%	62.2%	36.1%	50.6%	16.2%	33.9%	20.6%	27.5%
	80%	59.0%	62.2%	29.0%	46.2%	10.2%	33.9%	16.7%	24.9%

図２２　リスク管理措置によるリスク低減への影響（生食しない人を対象）

図２２の説明も、(3)－１と同様である。日本に在住する人全体を対象とした場合と比較し、生食しない人に対する効果として特徴的な点を挙げる。

ここでは、鶏肉を生食することのない人を対象としているため、そもそも生食割合の低減は効力を持たない。食鳥処理場での区分処理を行わない場合には、加熱不十分割合の低減が最も効果が大きくなる。一方、食鳥処理場での区分処理を行った場合には、農場汚染率低減の効果は顕著に大きくなり、効果が最も大きい管理措置になる。調理時の交差汚染率の低減の効果も数パーセント／20%低減と大きくなっている。

(4) 考察

① 年間感染者数

第Ⅴ章で行った解析については、カンピロバクターによる年間感染者数を指標として現状のリスクを推定している。ここでの「感染」は、カンピロバクターが食物と一緒に摂取され、腸管粘膜に到達し、定着後増殖することを意味しており、必ずしも発症を意味しているわけではない。感染者のうち「発症」に至る者の割合（感染-発症比）については、カンピロバクターの感染メカニズムや発症機序が未解明であるため推定が困難と考え、当該解析では発症者数を用いなかった。

当該解析では、年間「感染者」の平均値が延べ約 1.5 億人と一見大きな値となっている。これは、生食する人では、家庭と飲食店を合わせ、一人当たり年間平均感染回数が 3.42 回／年・人、生食しない人では 0.364 回／年・人の感染機会があることに基づいている。感染に影響する免疫の持続期間は限られ、流通・小売段階での汚染率及び汚染濃度がかなり高く、鶏肉の喫食頻度、特に生食の喫食頻度も高い。これらを勘案すれば、生食する人には「感染」機会が年間 3 回以上あるという推定結果は、極端に不自然なものではないかもしれない。ただし、前述のとおり、発症者数等のデータや推定値からその多寡を論じるだけの発症に係るデータや科学的知見は得られていない。

② 他研究等との比較

a　宮城県における患者数推定研究

宮城県内で行われた臨床検査機関での下痢症検便検体からの原因菌の検出状況及び当該地域住民 2 千人への電話調査に基づき、カンピロバクターによる下痢症の年間患者数を推定した研究が行われており、この結果を日本全国に外挿した場合での患者数は、2005 年度 1,545,506 人、2006 年度 1,644,158 人と推定されている。（参照５９）当該研究では、2 年間の平均患者数が年間約 160 万人であることから、1,333 人／10 万人の発生率と計算できる。

b　カンピロバクター食中毒の発病率（患者数／摂食者数）

カンピロバクター食中毒については、散発事例が多いため、発病率に関わる情報が入手し難い状況にある。食中毒統計から集団発生事例など摂食者数が判明したものについてまとめられた発生状況を表４１に整理した。食中毒患者数については年次によるバラツキが大きく、また、集団発生事例に偏ったデータからの推定という限定はあるものの、カンピロバクター食中毒の発病率が約 35%と推定され、年間発症者数の推定に当たっての参考情報となると考える。

表４１　摂食者数が判明したカンピロバクター食中毒の発生状況

（単位：人）

年	2001 年	2002 年	2003 年	平　均
患者数	1,506	1,737	2,213	1,819
摂食者数	4,119	4,557	7,074	5,250
発病率	36.6%	38.1%	31.3%	34.6%

全国食中毒事件録より抜粋（参照６０）

c　海外での推定結果等との比較

①の年間感染者数について人口 10 万人当たりの感染者数に換算し、海外のリスク評価結果と比較した結果を表４２に整理した。①の年間感染者数（約 12 万人／10 万人）を a の結果（約 1,300 人／10 万人）と比較すれば、約 90 倍の数値となっているが、オランダと同じ感染-発症比（1/3）を採用すれば約 4 万人／10 万人となり、約 30 倍の数値となる。

今回の解析結果については、モデルで使用したデータが限定されていたため、各段階で仮定を持ち込んだため不確実性が大きくなっており、その影響で推定結果が大きく出ていることが考えられる。一方、国内における疫学研究結果等から推定された発生率については、かなり詳細に実施された調査をもとに単一県内の発生率を推定しているが、その結果を単純外挿して全国での発生率を算出しており、不確実性の内在を否定できないものとなっている。

オランダでは、評価モデルから推定した結果を 19,632 人／10 万人、疫学研究による推定結果を 656 人／10 万人とし、カンピロバクター感染者数約 650～20,000 人／10 万人と推定している。カナダでは、評価モデルから推定した結果を約 200～630 人／10 万人、疫学研究による推定結果を 1,320 人／10 万人とし、カンピロバクター感染者数 200～1,320 人／10 万人と推定している。日本での①の解析結果では約 40,000 人／10 万人、疫学研究による推定結果では約 1,300 人／10 万人となっており、カナダとオランダの評価結果より大きい結果となっている。

しかし、諸外国とは調査手法が異なっていることや食文化が異なるため、推定結果を単純に比較することはできないことに留意すべきである。

表４２　海外リスク評価結果との比較

（単位：人／年間人口 10 万人）

項　目	日本 2009	オランダ 2005	カナダ 1999
人口(人)	120,000,000	16,300,000	30,300,000
報告発症者数	1.9	－	44.7
疫学研究等での発症者数	1,333	656	1,320
感染-発症比	評価モデルから推定した発症者数		
100%	122,722	59,491	630
75%	92,041	44,618	473
50%	61,361	29,745	315
25%	30,680	14,873	158
1/3	40,498	19,632	208

※オランダ：参照６１、カナダ：参照６２

※－：記載なし　　網掛け：オランダが採用した感染-発症比

(5) 今後の定量的リスク評価に向けた課題等

① 食肉処理場における汚染率・汚染濃度の把握

解析に用いたモデルでは、食鳥処理場と食肉処理場が同一施設内に併設されており、連続した作業が行われることを前提としている。食肉処理工程が異なる施設において行われる場合や、連続して行われない場合にあっては、モデルの枠組みを変更する必要があり、そのためのデータ収集を別途行う必要があると考える。

② 部位別汚染率の把握

解析に用いたモデルでは、汚染鶏が食鳥処理された鶏肉では全ての部位が汚染されていると仮定しているため、食鳥処理場における交差汚染率が過大評価されている可能性がある。より精緻なリスクを把握するために汚染鶏における部位別の汚染率に関するデータ収集を行う必要があると考える。

③ 加熱不十分調理等の割合の把握

通常喫食される加熱鶏肉料理については、比較的小さい唐揚げなど一口で喫食できるものが多いと考えられるため、鶏肉が十分に加熱されているか否かを消費者が十分に把握していない可能性がある。また、生食割合についても社会通念に比較して高い傾向が見受けられるため、これらの割合を把握するに当たっては、消費者に直接尋ねる方法等の採用、質問の工夫等手法を検討する必要がある。

④ 菌量反応関係及び発症率の把握

現在各国の評価で用いられている菌量反応に関するデータは、Black らの文献（参照５２）のみであり、当該データでは菌量と感染との関係については数式化可能であるが、発症との関係については数式化するにはデータが不足していた。そのため、今回の解析では、当該データを用いて発症率を推定することは困難との結論となった。従って、発症機構の解明とともに、菌量と発症との関係を推定するためのデータ収集及び菌量反応に関する研究がさらに進められる必要があると考える。

⑤ 免疫機構に関する知見の確立

カンピロバクター食中毒の発症に関しては、免疫機構が影響を及ぼしていると考えられているが、当該免疫機構についての知見は確立されていないため、解析に用いたモデルではこの影響が考慮されていない。より精緻なリスクを把握するためには、免疫機構についての知見を確立し、感染率（菌量反応曲線）のモデル化に反映させていく必要があると考える。

⑥ 生食対象となる鶏の生産方式・食鳥処理方式の把握

生食に供される鶏肉は、主に 100 日齢以上の長期飼育された鶏との考え方があり、長期飼育によって感染率が増加するとすれば、現状のリスクは低く見積もられている可能性がある。より精緻なリスクを把握するためには、生食対象となる鶏の生産方式、感染率、食鳥処理方式に関するデータ収集を行う必要があると考える。

Ⅵ　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）

カンピロバクター感染症については発生機序がよく分かっていないこと、さらに合併症の一つである GBS の発症に関しても自己免疫的機序の解明が現在進められつつあることから、現段階では定量的手法を用いた解析が困難である。そのため、ハザードによる健康被害解析については、それぞれについて定性的な記述を中心に整理した。

１　カンピロバクター感染症

(1) 潜伏期間

患者の感受性（免疫力や年齢）、感染菌株の病原性又は感染菌量などの影響により変動するが、過去の感染症例から潜伏期間は 1～7 日で、平均 3.2 日とされている。（参照６３）

(2) 症状の発現頻度

カンピロバクター感染の症状は、突然の腹痛、その後下痢症状が発現する。発熱、頭痛又は全身倦怠感等の症状も呈する。1979 年～1981 年に東京都内で発生した 15 例のカンピロバクターによる集団下痢症（参照６４）と英国、米国及び日本他で発生した集団感染事例（50 人以上の発症者、参照６３）における症状の発現率を比較したものが表４３である。両者ともほぼ同様の発現率を示し、下痢については約 85%、腹痛については 70%台の症例において認められている。次いで発熱が約 50%の症例において認められており、これらの症状に比較して嘔吐は少なく約 10%程度となっている。

表４３　集団感染事例における臨床症状

（単位：%）

症状	東京都内 集団感染	英国等の 集団感染
下　痢	84.1	84
腹　痛	74.1	79
発　熱	48.2	50
頭　痛	30.0	41
筋肉痛	－	42
嘔　気	31.1	－
嘔　吐	9.4	15
血　便	15.6	15

※－：記載なし

1979 年～1981 年に東京都内で発生した 15 例のカンピロバクターによる集団下痢症（患者総数　858 名）の調査結果については、便の性状、１日の下痢回数及び発熱度合が示されており、それぞれ表４４～表４６に引用した。当該表から、患者便の性状は約 65%で水様を呈し、血液や粘液を混ずる便が約 15%で認められ、約 40%で１日 5 回以上の下痢を呈していたことが認められる。患者体温については、45%で 38℃台、約 15%で 39℃以上の発熱を呈していたことが認められる。

表４４　便の性状

便の性状	人数	%
軟　便	121	18.5
水様便	430	65.8
粘血便	102	15.6
合　計	653	－

表４５　１日の下痢回数

下痢回数	人数	%
1～4	382	60.3
5～10	209	33.0
11 以上	43	6.8
合計	634	－

表４６　発熱の度合

体　温	人数	%
37～37.9	144	39.0
38～38.9	166	45.0
39～39.9	54	14.6
40 以上	5	1.4
合計	369	－

(3) 症状の持続期間等

全国１３大都市立感染症指定医療機関で構成される感染性腸炎研究会がとりまとめた感染性腸炎入院例の調査結果は表４７のとおりである。この表から症状の持続期間については、下熱までが 3.5 日、下痢の回復までが 5.4 日であることが示されている。腹痛については、4～5 日以上とされており、一般に予後は良好とされている。（参照６３）しかし、下痢が止まったことから回復したものとして通常の生活に戻ることにより再発することもあり、海外の事例では 15～25%の患者で再発が報告されたとしている。（参照６３）

表４７　*C. jejuni/coli* が検出された入院症例の症状持続期間

（単位：日）

年	患者数（人）	症状持続期間		
		下熱	便回数減少	便性回復
1985～1994年	657	3.6	5.1	5.5
1996～2000年	206	3.0	4.6	5.1
合　計	863	3.5	5.0	5.4

※1985～1994 年（参照６５）、1996～2005 年（参照６６）

一方、カンピロバクター感染による死亡例はきわめて少なく、食中毒統計によれば 1983 年以降 2007 年までに死亡事例は報告されていない（69,136 症例中 0 症例）。

(4) 感受性集団について

感染性腸炎研究会がとりまとめた感染性腸炎入院例の調査結果は表４８のとおりである。この表によれば、カンピロバクター腸炎で入院した患者は、0～9 歳が約 33%、20～29 歳が約 30%、10～19 歳が約 20%であり、30 歳未満が全体の約 80%を占めていること、男女比が 4:3（889：621）であることが示されている。

米国の調査では、*C. jejuni* の陽性率のピークが 10～29 歳であり、*Salmonella* では 10 歳以下の子供に、*Shigella* では 5～9 歳の子供にピークがあることに比較して、青年期に多いことを指摘している。(参照６７)

表４８　*C. jejuni/coli* が検出された入院症例の年齢分布及び男女分布

（単位：人）

年齢	0～9	10～19	20～29	30～39	40～49	50～59	60～69	70～	合計	男性	女性
1985～1994年	305	144	248	73	32	31	11	12	856	524	331
1996～2000年	84	45	88	17	8	6	7	3	258	145	114
2001～2005年	111	100	114	34	8	11	8	11	397	220	176
合計	500	289	450	124	48	48	26	26	1,511	889	621
(%)	33.1%	19.1%	29.8%	8.2%	3.2%	3.2%	1.7%	1.7%	－	58.8%	41.1%

※1985～1994 年（参照６８）、1996～2005 年（参照６６）、2001～2005 年（参照５４）

カンピロバクター腸炎の発生については、0～29 歳での発生が多く、女性より男性の方の発生が多い傾向が見られるものの、免疫不全を起こす疾患等を有する者以外については、特別な感受性集団の存在を結論づけることは困難である。

２　ＧＢＳ（ギラン・バレー症候群）

カンピロバクター感染症と GBS との関連については、各国の疫学的研究成果から関連のあることが裏付けされている。しかし、これらの関連については、病原体と宿主の分子相同性に関する知見など、発症機序の一端は明確になりつつあるものの、病原体と生体側双方には未解明の要因があり、現在解明が進められているところである。従って、ここでは、カンピロバクター腸炎と GBS との関連について、疫学的知見の記述にとどめることとする。

(1) カンピロバクター腸炎と GBS との関連

英国において実施された症例対照研究では、対照群の 2%に *C. jejuni* によって起こるカンピロバクター腸炎（以下、*C. jejuni* 腸炎）が認められたのに比較して、GBS 群では 26%であったこと（参照６９）、オランダでの同様の研究では、対照群の 11%に比較して GBS 群では 32%と有意に *C. jejuni* 感染の頻度が高いことが報告されており（参照７０）、疫学統計の解析結果から *C. jejuni* 感染の GBS との関連が確立している。（参照７１）

日本では、2003 年までの 13 年間にわたり全国 378 か所の病院で採取された 763 人の GBS 患者の便を検査したところ、87 人（11%）から *C. jejuni* が検出されたとの報告がある。（参照７２）米国、オランダにおける GBS 患者便の *C. jejuni* の検出状況は、それぞれ 8%（103 人中、参照６９）、9%（138 人中、参照７３）であり、日本と同程度であると考えられている。

(2) GBS の発生率

1994 年までの 40 年間にわたる 35 の国・地域における GBS 発生率の人口調査によれば、年間の発生率は人口 10 万人当たり 0.4～4 人（中央値 1.3 人）との報告がある。（参照７４）

日本では、GBS の発生状況に関する報告システムが存在しないため、正確な GBS 発生数は把握できていないが、諸外国と同率の発生率と考えられており（参照７５）、年間 480～4,800 人（中央値 1,560 人）の GBS 患者が発生していると考えられる。

(3) GBS の先行感染症

急性に発症する四肢筋力低下又は深部腱反射消失を主徴とする GBS では、神経症状発現の前に、感冒様症状や下痢などの先行感染症状が多くの症例で認められている。オランダにおける 154 例の症例対象研究の結果、先行感染病原体として４つの病原体（*C. jejuni*、Cytomegalovirus、 Epstein-Barr Virus 及び *Mycoplasma pneumoniae*）が示され、そのうち *C. jejuni* が 32%を占めていたことを報告している。（参照７６）

なお、*Haemophilus influenzae* による呼吸器感染症も主要な先行感染症として近年注目されてきているところである。

(4) *C. jejuni* 腸炎から GBS への進展

米国での *C. jejuni* 腸炎と GBS の年間発症数をもとに、*C. jejuni* 腸炎 1,058 人中 1 人が GBS へ進展すると試算した報告（参照７７）がある。スウェーデンで行われた追跡調査では、*C. jejuni* 腸炎約 3,000 人中 1 人が GBS へ進展することを示した報告（参照７１）がある。

(5) GBS 患者より分離された *C. jejuni* の血清型別

GBS 患者から分離された *C. jejuni* の血清型別については、1985～1992 年に大阪、京都及び神戸の 16 病院で 46 人の GBS 患者から集められた便について菌培養が行われた報告があり、菌が検出され血清型別の行われた 12 人中 10 人（83.3%）が O:19 型、2 人が O:2 型（16.7%）としている。（参照７８）諸外国の報告を含め、GBS 患者から分離された *C. jejuni* 菌株の O 血清型についてとりまとめられたものとして示された表が表４９である。（参照７９）日本では O:19 型が多いが、諸外国では異なる型の *C. jejuni* 菌株が分離されており、国によって異なる O 血清型の菌株が GBS の発症に寄与していることが考えられる。

表４９　GBS 患者から分離された *C. jejuni* 菌株の O 血清型

血清型	分離地域
O:1	英国
O:2	日本、米国
O:4,50	オランダ
O:10	プエルトリコ
O:19	日本、米国
O:23	オランダ
O:41	南アフリカ
O:64	カナダ、英国
型別不能	英国、オランダ

(6) 感受性集団について

1994 年までの 40 年間にわたる 35 の国・地域における GBS 発生率の人口調査では、十代後半の若者と高齢者で発生のピークが見られ、子供より成人の方が高い発生率であることを示しており、性別については男女比が 1.25：1.0 で女性より男性の発生率が高いことを報告している。（参照７４）

日本では、2003 年までの 13 年間にわたり全国 378 か所の病院で採取された 763 人の GBS 患者便の検査の結果、*C. jejuni* に関連した GBS 患者の分布については、10～30 と 50 歳代に二峰性のピークを示し、男女比は 1.7：1 で男性が多いことが示さている。（参照７２）

C. jejuni に関連した GBS 患者の調査結果については、カンピロバクター腸炎の発生状況を反映していると考えられるが、特別な感受性集団の存在の有無については、現在の知見では明らかではない。

３　その他

カンピロバクター腸炎患者では、症状の回復後 2～5 週間経過した際にも排菌が認められており、健康者の便からも *C. jejuni* が検出されている。（参照６４）少ない菌量で感染を起こす病原体については、食品以外の感染経路（人から人への感染）にも留意する必要があるが、カンピロバクターについては、当該感染経路による感染事例はほとんど報告されておらず、食品を介した感染が主たる感染経路と考えられる。したがって、カンピロバクターについては人から人への感染の可能性はほとんどないものと考えるが、新生児での感染事例（参照８０）や家族内で人から人への感染が疑われる事例（参照８１）が各 1 例報告されており、種々の条件が整えば感染が成立することは留意すべき点である。

Ⅶ　食品健康影響評価結果

１　カンピロバクター感染症について

(1) 感染確率

カンピロバクターにより汚染された鶏肉を用いて調理された料理を喫食することによって生ずる感染確率について、定量的手法を用いて解析した結果、日本で約 30%を占める、鶏肉を生食する人については、一食当たりの感染確率の平均値が家庭で 1.97%、飲食店で 5.36%、約 70%の生食しない人については、家庭で 0.20%、飲食店で 0.07%と、大きく差があることがわかった。

一人当たり年間平均感染回数は、生食する人では、家庭と飲食店を合わせ 3.42 回／年・人、生食しない人では 0.364 回／年・人であった。この結果から年間の感染者数は延べ約 1 億 5 千万人/年と推定されるが、その内訳は、生食する人で約 1.2 億人、生食しない人で約 0.3 億人となっており、80%が生食する人で占められている。

ただし、こ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て行われており、そのため不確実性が含まれていることに留意すべきである。

(2) 症状

現在得られている用量反応関係から、症状の重篤度まで推定することができなかったため、この項では症例報告等から得られた症状の記載にとどめる。

カンピロバクター摂取による感染後 1～7 日（平均 3 日）の潜伏期間を経て、下痢、腹痛の主症状が約 80%の患者に認められるが、当該症状は 5 日程度で緩解するものであり、死亡例は極めて少ないものとされている。

(3) 感受性集団

カンピロバクター感染症については、30 歳未満での発生が多く、女性より男性の方の発生が多い傾向が見られる。しかし、リスク評価に当たって収集されたデータから、特別な感受性集団の存在を結論づけることはできなかった。

(4) GBS との関連

カンピロバクター感染と GBS との関連については、疫学的データから GBS 先行感染症の一つとして考えられているが、その発症機序については未解明の部分がある。疫学的データによれば、*C. jejuni* 感染症から GBS に進展する確率は 1/1,000～1/3,000 と考えられており、日本での年間の GBS の発生率は人口 10 万人当たり 0.4～4 人（中央値 1.3 人）と考えられる。

また、GBS については、一部の患者で呼吸筋の麻痺により人工呼吸を必要とする症例や後遺症の残るものがあるとされている。

２　想定した対策について

(1) 対策の効果

食鳥の区分処理及び塩素濃度管理の徹底については、対策の有無で比較し、低減効果を表５０に整理した。食鳥の区分処理によるリスクの低減効果は、塩素濃度管理よりも大きく、当該対策のみでリスクが約半減することが示された。

なお、塩素濃度管理の徹底については、塩素添加・非添加のモデルを用いて比

較を行っているため、食鳥処理場における現状の冷却水中の塩素濃度管理状況によっては、当該効果より低い効果しか示さないことに留意する必要がある。

表５０　対策の有無によるリスク低減効果（日本に居住する全ての人を対象）

（単位：%）

対策	低減率
食鳥の区分処理	44.0
塩素濃度管理の徹底	21.4

その他４種類の対策それぞれについては、各対策の指標を 40%及び 80%低減させた場合のリスクの低減効果を表５１に整理した。生食割合の低減によるリスク低減効果が最も大きく、次に調理時交差汚染割合の低減による効果が高いことが示された。加熱不十分割合の低減については、単独ではほとんどリスク低減効果がないことが示された。なお、生食しない人を対象とした場合では、最も大きなリスク低減効果があることが示された。

表５１　各対策を単独で講じた場合のリスク低減効果（日本に居住する全ての人を対象）

（単位：%）

対策	対策による各指標の低減割合	
	40%	80%
農場汚染率の低減	3.2	6.1
加熱不十分割合の低減	0.1	0.2
調理時交差汚染割合の低減	4.5	9.4
生食割合の低減	35.0	69.6

(2) 対策の順位付け

表３６に記載の対策を組み合わせ、各対策の指標を 80%低減させた場合のリスクの低減効果については、表５２に整理したとおりであることが示された。（表３８及び図２０参照）ただし、対策の指標を 80%低減させることの難易度は、対策によって異なることに留意する必要がある。

単独の対策を解析した結果では、加熱不十分割合の低減又は農場汚染率の低減のみでは効果は少ないことが示されたが、食鳥の区分処理及び塩素濃度管理の徹底を組み合わせることによって高い効果を示すことが示された。また、生食割合の低減については、単独の対策でも効果が高いことが認められた。

ただし、生食する人に対しては、生食割合の低減が常に最も効果が大きい一方、生食しない人に対しては、食鳥処理場での区分処理と農場汚染率の低減の組み合わせが、効果の最も大きい管理措置になることに加え、加熱不十分割合の低減や調理時の交差汚染率の低減も、比較的大きな効果を持つことも示された。

表５２　対策の組み合わせによるリスク低減効果の順位

（単位：%）

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

３　その他

少ない菌量で感染を起こす細菌については人から人への感染に留意する必要があるが、カンピロバクターについては、人から人への感染経路による感染事例はほとんど報告されていない。しかし、数例の感染例の存在から、種々の条件が整えば感染が成立することは留意すべき点と考える。

また、今回の評価では鶏肉に対象を絞っているが、牛や豚などの他の家畜、犬などのペット動物又は河川水、井戸水からも本菌が検出されており、一方、牛レバーや焼き肉などの料理が食中毒の原因食品となった事例もあることから、他の食肉の取扱いや動物とのふれあいを通じた感染又は河川、井戸水などを介した感染についても留意する必要がある。

Ⅷ　まとめ及び今後の課題

１　カンピロバクター食中毒低減に向けた対策について

今回の評価結果から､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%であることが示された。一人当たり年間平均感染回数は、生食する人では、家庭と飲食店を合わせ 3.42 回／年・人、生食しない人では 0.364 回／年・人であった。ある程度の不確実性を含んだ数値として平均延べ約 1.5 億人が年間に感染するリスクがあることが示されたが、うち 80%が生食する人で占められていることがわかった。

また、検討対象となった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、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%の感染者数の低減率となり、いずれも比較的高いリスク低減効果が得られている。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。これらについては、実行可能性を検討の上、各対策について実現に向けた具体的な対応を早急に進めることが重要である。

生食の頻度が現状のリスクに対して突出して高い影響を与えていることから、生食割合を低減するための啓発に努めることが重要である。一方で、生食を文化と捉える考えも根強くあることから、非汚染鶏肉を区分して生産、処理及び流通させるシステムを早急に開発することも重要である。

また、各対策の組み合わせについて評価した結果、組み合わせることで単独の対策より高いリスク低減効果となることが示されたため、施策の実施に当たっては、農場から消費までのフードチェーン全般にわたる関係者間で連携を図りながら進めることが必須となる。特に、単独では高い効果を示さない農場汚染率の低減については、食鳥の区分処理と組み合わせることによって高いリスク低減効果が得られることが示されており、連携した取組として優先的に進めることが重要である。

今回の評価結果、日本に在住する人全体への効果でリスク低減効果が低いことが示された加熱不十分割合の低減については、生食しない人を対象とした分析で最も大きな効果（食鳥の区分処理を行わない場合）を示しており、今後も積極的に普及啓発に取り組む必要がある。さらに、今回の評価では直接考慮していないが、従事者等への衛生教育やＨＡＣＣＰを念頭に置いた取組を進めることも重要である。

２　具体的な対策の検討に当たり留意すべき事項について

カンピロバクター食中毒低減に向けた対策の検討に当たっては、以下の項目に留意し、各対策の実行可能性や効果の検証を含めた、実用化に向けた研究・検討を進めることが推奨される。なお、対策の検討に当たり、専門調査会で議論された内容は別添３のとおりである。

・鶏肉の生食割合及び加熱不十分割合の低減並びに交差汚染防止に向けた普及啓発及びリスクコミュニケーション
・鶏肉の生食等の消費者行動を踏まえた管理手法の検討
・農場段階での汚染・非汚染農場の区分及び汚染・非汚染農場を検出するための統一された手法等の開発
・食鳥処理場での塩素濃度管理の徹底等鶏肉への汚染菌数の低減手法の検討
・農場汚染率の低減に向けた具体的なリスク管理手法の研究開発

３　今後のリスク評価に向けた課題について

ハザードによる人の健康への悪影響の発生確率と、悪影響の程度（重篤度）を推定するためには、微生物ハザードの摂取に伴う症状ごとの頻度、症状の軽重及び症状の持続期間等のデータ並びにそれらの発生確率を推定するためのデータの収集が必要となる。これら臨床データの収集がボランティアによるデータ収集に支えられている現状では、今後のリスク評価に支障を来すことが考えられるので、これらのデータ収集を制度的に支える仕組みの導入が必要である。一方で、現在行われている食中毒患者数の把握手法についても、精度の高い手法の開発が必要と考える。

また、フードチェーンに関連した事象の図式化等（モデル化）については、微生物学的リスク評価（定性的又は定量的）を行う上で必須となるので、当該業務を制度的に支える仕組みの導入も必要と考える。

さらに、カンピロバクター食中毒における胃腸炎症状等の発症機序や重篤な症状を呈する GBS（ギラン・バレー症候群）等の合併症については、宿主側の要因や環境要因など様々な要因などが関わっており、その発症機序の解明や治療法の開発についても、一層の推進が必要と考える。

別添１　モデルの詳細

確率論的モデルは、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）で構築した。以下、”Risk”が先頭につく関数は@RISK の関数であることを示している。

構築した確率論的モデルにおける不確実性の分布では、標本調査に基づく母集団に占める対象属性の割合や率の不確実性の分布を推定するために、パラメトリック分布であるベータ分布を多用している。この背景理論には次のベイズ確率論がある。

n 回の試行を実施したときに、成功回数が s 回となった場合、成功確率 p の尤度関数は $l(p) \propto p^s(1-p)^{n-s}$ と表される。事前分布として一様事前分布 $Uniform(0,1) = Beta(1,1)$ を仮定すると、ベイズの定理より、事後分布は $f(p) = \dfrac{p^s(1-p)^{n-s}}{\int_0^1 p^s(1-p)^{n-s}\,dp} = Beta(s+1, n-s+1)$ となる。すなわち、成功確率 p の不確実性の分布は $Beta(s+1, n-s+1)$ と求められる。

また、変動性の分布を推定するために、パラメトリック分布である正規分布を多用している。この理論的背景には中心極限定理がある。すなわち、同一の分布（平均 μ、標準偏差 σ）に従って変動する確率変数について、当該分布から n 個の変数を独立に抽出したとき、その平均値 $\bar{x}$ の分布は n が十分に大きければ、$\bar{x} = Normal(\mu, \sigma/\sqrt{n})$ で表される。

1　リスク評価モデル

(1) 農場段階（表１）

別添２の表１に示した６つの文献に基づく農場の汚染状況のデータは、標本農場数 588 農場中、標本汚染農場は 272 農場であった。ここで、全農場における汚染農場の割合（農場汚染率）が一定であると仮定し、当該データは母集団である全農場からのサンプルデータであると解釈すれば、農場汚染率 r の不確実性分布は次式のベータ分布で表される。

・農場汚染率 $r = RiskBeta(272+1, 588-272+1) = RiskBeta(273, 317)$

６文献における汚染農場における鶏感染率 p_{cf} の平均値 μ_{pcf} =26.9%、標準偏差 σ_{pcf} =37.7%であった。また、農林水産省「2005 年農林業センサス」[4]によれば、国内の年間出荷鶏数 N_{dom} ＝471,645,984（羽/年）であった。ここで、各文献においては農場別の年間出荷鶏数は示されていない。そこで、汚染農場の年間出荷鶏数を算出するために、汚染農場と非汚染農場とで平均的な農場規模（一農場当たりの平均出荷鶏数）は等しいと仮定する。このとき、汚染農場における年間出荷鶏数 N_{cf} は次式で表される。

・汚染農場における年間出荷鶏数 $N_{cf} = r \cdot N_{dom}$

[4] ブロイラー年間出荷羽数 1,000 羽以上の農業経営体に関するデータ

・非汚染農場における年間出荷鶏数 $N_{ncf} = (1-r) \cdot N_{dom}$

汚染農場における鶏の感染率 p_{cf} は農場固有の特性やその他の要因により変動するものと仮定すると、汚染農場からの感染鶏の年間出荷数 N_{cfc} の変動性分布は中心極限定理により次式の正規分布で表される。

・汚染農場からの感染鶏の年間出荷数 $N_{cfc} = RiskNormal\left(\mu_{pcf} N_{cf}, \sigma_{pcf} \sqrt{N_{cf}}\right)$

・汚染農場からの非感染鶏の年間出荷数 $N_{cfnc} = N_{cf} - N_{cfc}$

表１　農場段階の確率論的モデル

項　　目	算出式
農場汚染率 r	$r = RiskBeta(273,317)$
国内の年間出荷鶏数 N_{dom}	N_{dom} ＝471,645,984（羽/年）
汚染農場における年間出荷鶏数 N_{cf}	$N_{cf} = r \cdot N_{dom}$
非汚染農場における年間出荷鶏数 N_{ncf}	$N_{ncf} = (1-r) N_{dom}$
汚染農場からの感染鶏の年間出荷数 N_{cfc}	$N_{cfc} = RiskNormal\left(\mu N_{cf}, \sigma \sqrt{N_{cf}}\right)$
汚染農場からの非感染鶏の年間出荷数 N_{cfnc}	$N_{cfnc} = N_{cf} - N_{cfc}$

(2) 流通・小売段階

① 汚染率（表２）

農場から食卓に至るフードチェーンの流れは、農場段階、食鳥処理・食肉処理段階、流通・小売段階を経て調理・喫食段階へと続く。従って、この流れに基づきモデル化を行う場合には、農場段階の次に食鳥処理段階の検討を行う必要がある。しかし、食鳥処理段階で必要とされる交差汚染率は、流通段階のデータを用いて食鳥処理後の鶏肉汚染率として逆算によって求めるため、先に流通・小売段階のモデル化を行う。

別添２の表４に記載のとおり、輸入鶏肉数 201 検体中、汚染輸入鶏肉数は 31 検体であったことから、輸入鶏肉の汚染率 p_{imp} の不確実性分布は次式のベータ分布で表される。

・ $p_{imp} = RiskBeta(32,171)$

また、農林水産省「2006 年農林水産物輸出入概況」によれば、年間輸入鶏肉重量は 371 千トン/年であり、大ビナの重量は約 3kg/羽（食鳥処理場ヒアリング）であることから、輸入鶏肉数 N_{imp} 及び国内流通鶏肉数 N_{dist} は、以下のように算出される。

・輸入鶏肉数 N_{imp} =123,667,000（羽/年）

・国内流通鶏肉数 $N_{dist} = N_{dom} + N_{imp}$ =595,312,984（羽/年）

さらに、別添２の表３に記載のとおり、流通鶏肉数 1,828 検体中、汚染流通鶏肉数は 1,115 検体であったことから、流通鶏肉の汚染率 p_{dist} の不確実性分布は次式のベータ分布で表される。

・ $p_{dist} = RiskBeta(1116,714)$

表２　流通・小売段階の確率論的モデル

項　目	算出式
輸入鶏肉の汚染率 p_{imp}	$p_{imp} = RiskBeta(32,171)$
輸入鶏肉数 N_{imp}	N_{imp} =123,667,000(羽/年)
国内流通鶏肉数 N_{dist}	N_{dist} =471,769,651(羽/年)
流通鶏肉の汚染率 p_{dist}	$p_{dist} = RiskBeta(1116,714)$

②　汚染濃度

参照５６では、市場流通鶏肉のカンピロバクター汚染の報告事例と汚染濃度に係る 11 文献（合計 551 検体）について、検体鶏肉の汚染濃度がヒストグラム形式で整理されている。そこで、複数のヒストグラムを一つのヒストグラムに集約し、第 i 番目に大きい汚染濃度の値を $c_{dist,i}$、汚染濃度 $c_{dist,i}$ の検体数を $x_{dist,i}$、全検体数を X_{dist} として、流通・小売段階での汚染濃度 c_{dist} を次式の離散分布でモデル化した。

$$c_{dist} = Riskdiscrete\left(\{c_{dist,i}\},\left\{\frac{x_{dist,i}}{X_{dist}}\right\}\right)$$

(3)　食鳥処理段階

食鳥処理段階における食鳥処理後の鶏肉汚染率 p_{ap} 及び交差汚染率 p_{pcc} は、(1)及び(2)で求めた各種の値を用いて、それぞれ次式から求めている。

・ $p_{ap} = \dfrac{p_{dist}N_{dist} - p_{imp}N_{imp}}{N_{dom}}$

・ $p_{pcc} = \dfrac{p_{dist}N_{dist} - p_{imp}N_{imp} - N_{cfc}}{N_{nc}}$

なお、(2)では流通・小売段階の鶏肉の汚染率を参照５６のデータに基づいて推定したが、調理・喫食段階のインプットとして用いる流通鶏肉の汚染率は、食鳥処理・食肉処理場での交差汚染率に基づいて算出されている。この理由は、当該データに基づく流通鶏肉の汚染率をそのまま調理・喫食段階のインプットとして用いれば、最終的なリスク評価には、農場段階及び食鳥処理・食肉処理段階でのリスクは一切反映されないためである。従って、当該データに基づき推定された流通鶏肉の汚染率は、交差汚染率を求めるためにのみ用いており、調理・喫食段階へのインプットとして用いていない。

また、上記算出式から求められる交差汚染率をモデルで用いる際も工夫を行っている。この交差汚染率は、上記データに基づき推定された流通鶏肉汚染率との恒等式に基づいて算出されているため、流通鶏肉汚染率の計算にそのまま用いれば、農場段階及び食鳥処理・食肉処理段階でのリスクが式の中で相殺され、常に元の流通鶏肉汚染率と同じ値をとることとなる。

そこで、食鳥処理場での交差汚染率 p'_{pcc} は、予め別途、上式に基づいてモンテカルロシミュレーションを実行し、そこで得られた平均値 μ_{pcc} と標準偏差 σ_{pcc} を用いた変動性分布として取り扱うものとした。この分布形は別添２の図１１に示すとおり、次式の正規分布に極めて良好に適合する。

$$p'_{pcc} = RiskNormal(\mu_{pcc}, \sigma_{pcc})$$

以上から、調理・喫食段階において用いる流通鶏肉汚染率 p'_{dist} については、食鳥処理場での交差汚染率 p'_{pcc} を用いて次式を用いて算出した。

$$p'_{dist} = \frac{p'_{pcc}\left(N_{ncf} + (1 - p_{cf})N_{cf}\right) + p_{imp}N_{imp} + P_{cf}N_{cf}}{N_{dist}}$$

(4) 調理・喫食段階

① 暴露確率

a 喫食暴露確率

喫食暴露確率は、生食による暴露確率と不十分な加熱調理が行われた（加熱不十分調理）鶏肉の喫食による暴露確率の二つからなる。これらの暴露確率は、生食の頻度又は加熱不十分調理の喫食頻度にそれぞれ原料鶏肉が汚染されている確率 p'_{dist} を乗じて算出している。

a ）生食頻度（表３）

鶏肉を生食する者の割合及びその生食頻度は、2007 年度の食品安全委員会調査事業のアンケート調査結果（以下、アンケート調査結果。参照５０）から「家庭」及び「外食・弁当等」の別で得られる。「家庭」及び「外食・弁当等」のそれぞれについて、生食をする者の割合及びその頻度は表３に示すとおりである。なお、生食頻度はアンケート調査結果に基づき@Risk の Bestfit 機能[5]によって最も適合度の高い確率分布を選択した。

表３　鶏肉を生食する者の割合及びその頻度

区　分	生食する者の割合	生食頻度
家庭	19.5%	$Risklognorm(0.18133, 0.38561)$
外食・弁当等	16.8%	$Riskbetageneral(1.6269, 79.017, 0.063954, 28.205)$

以上から、全消費者の鶏肉の生食頻度 p_{rawh}（家庭 : house）及び p_{rawr}（外

[5] @Risk の Bestfit 機能は、データに基づき各種の分布について最尤法に基づくパラメータ推定によって最もデータに適合する分布形を選定した上で、各分布のデータへの適合度を評価（検定）する機能である。

食・弁当等：restaurant）を、次式の離散分布を用いてモデル化した[6]。例えば、p_{rawh} の分布は、80.5%の確率で 0（生食をしない）を返し、19.5%の確率で式中の対数正規分布から抽出したサンプル値を返すことを意味する。

- $p_{rawh} = RiskDiscrete(\{0, Risklognorm(0.18133, 0.38561)\}, \{80.5\%, 19.5\%\})$
- $p_{rawr} = RiskDiscrete(\{0, Riskbetageneral(1.6269, 79.017, 0.063954, 28.205)\}, \{85.5\%, 14.5\%\})$

b）加熱不十分調理の喫食頻度（表４）

加熱不十分調理の喫食割合とその頻度は、アンケート調査結果では「家庭」及び「外食・弁当等」の別に得られる。なお、加熱不十分調理の喫食頻度の分布はアンケート調査結果のデータに基づき@Risk の Bestfit 機能によって最も適合度の高い確率分布を選択したものである。

表４　加熱不十分調理がある割合及びその頻度

区　分	加熱不十分調理の喫食割合	加熱不十分調理の喫食頻度
家庭	9.6%	$Riskloglogistic(0, 0.045791, 2.0779)$
外食・弁当等	5.7%	$RiskPearson5(5.4852, 0.27773)$

以上から、全消費者の「家庭」及び「外食・弁当等」のそれぞれにおける加熱不十分調理の喫食頻度 p_{inshh} 及び p_{inshr} を、次式の離散分布を用いてモデル化した。

- $p_{inshh} = RiskDiscrete(\{0, Riskloglogistic(0, 0.045791, 2.0779)\}, \{90.4\%, 9.6\%\})$
- $p_{inshr} = RiskDiscrete(\{0, RiskPearson5(5.4852, 0.27773)\}, \{94.3\%, 5.7\%\})$

c）喫食暴露確率

a）及びb）から、「家庭」及び「外食・弁当等」のそれぞれにおける喫食暴露確率 P_{consh} 及び P_{consr} は次式で算出される。

- $P_{consh} = \begin{cases} p'_{dist}\, p_{rawh} & (生食) \\ p'_{dist}(1 - p_{rawh})\, p_{inshh} & (加熱不十分調理) \end{cases}$
- $P_{consr} = \begin{cases} p'_{dist}\, p_{rawr} & (生食) \\ p'_{dist}(1 - p_{rawr})\, p_{inshr} & (加熱不十分調理) \end{cases}$

b　交差汚染暴露確率

a）調理器具を介した交差汚染暴露確率

調理器具を介した交差汚染発生確率 $p_{ch \to cu}$ は、別添２の表６及び別添２の表５に示した調理手順と調理器具の取扱い（process & treatment）に係る６つの形態（i）で規定されるため、アンケート調査結果から家庭又は飲食店の別に得られた回答者の割合 pt_i を用いて（表５）、次式で表され

[6] @RISK では、一つのセルに@RISK 関数を入れ子で用いることはできないため、一つのセルで三角分布 *RiskTriang* を入力しておき、もう一つのセルで当該セルを参照する離散分布を入力する必要がある。

る。

- $p_{ch\to cu_h} = RiskDiscrete(\{p_{i,ch\to cu}\},\{pt_{i_h}\})$
- $p_{ch\to cu_r} = RiskDiscrete(\{p_{i,ch\to cu}\},\{pt_{i_r}\})$

一方、調理器具を介した交差汚染が発生するという条件の下での交差汚染暴露量の確率分布は別添２の図１に示した調理器具の洗浄・消毒（wash & disinfection）に係る 10 の方法（j）によって規定される。最終的に調理器具を介した交差汚染確率に応じた暴露量の分布を得る上では、交差汚染発生確率の分布と、交差汚染が発生したという条件の下での交差汚染暴露量の確率分布を組み合わせた 60 通りの組み合わせを要素とする分布を求める必要がある。アンケート調査結果では、この 60 通りの組み合わせの回答者の割合が「家庭」及び「飲食店」の別に得られる。そこで、上記の $p_{i,ch\to cu}$ 及び pt_i を j について拡張し、$p_{ij,ch\to cu}$ 及び $ptwd_{ij}$ とすることで、表６に基づき、この 60 通りの組み合わせを要素とする交差汚染発生確率の分布を次式のように表すことにする[7]。

- $p_{ch\to cu_h} = RiskDiscrete(\{p_{ij,ch\to cu}\},\{ptwd_{ij_h}\})$
- $p_{ch\to cu_r} = RiskDiscrete(\{p_{ij,ch\to cu}\},\{ptwd_{ij_r}\})$

当然、調理手順と調理器具の取扱いの形態 i が同一であれば、調理器具の洗浄・消毒方法 j が異なっても交差汚染発生確率 $p_{ch\to cu}$ の値は同じになる。すなわち、任意の j（=1,…,10）について、$p_{ij,ch\to cu} = p_{i,ch\to cu}$ となる。また、$pt_i = \sum_j ptwd_{ij}$ である。

表５　調理手順及び調理器具の取扱いに係る回答者の割合

調理手順及び調理器具の取扱いの形態（i）		交差汚染発生確率（$p_{i,ch\to cu}$）	回答者の割合（pt_i）*2	
調理手順	調理器具の取扱い*1		家庭（h）	飲食店（r）
生鶏肉→他の食材	別の調理器具を使用	0.2	2.08%	11.46%
	同じ調理器具を使用	1	7.05%	3.50%
他の食材→生鶏肉	別の調理器具を使用	0.04	7.54%	28.93%
	同じ調理器具を使用	0.2	30.54%	12.43%
決まっていない	別の調理器具を使用	0.1	3.78%	16.31%
	同じ調理器具を使用	0.5	23.57%	17.48%

*1: 生鶏肉の調理と他の食材の調理とで、使用している調理器具は同じか別かを使用しているか
*2: アンケート調査では、調理器具としてまな板・包丁について尋ねているが、家庭ではまな板・包丁を使わない、あるいは調理をしないとの回答が 25.4%、飲食店ではまな板・包丁を使わないとの回答が 9.9%あったため、各々の合計は 100%に一致しない。

[7] @Risk の RiskDiscrete 関数では、各要素に対応する確率の合計が１になっていなくても、これらの確率の比を保ちながら合計が１になるよう自動的に正規化する機能を有する。

表６　調理手順・調理器具の取扱い、調理器具の洗浄・消毒方法と回答者の割合

調理手順及び調理器具の取扱いの形態（i）		調理器具の洗浄・消毒方法（j）		回答者の割合（$ptwd_{ij}$）	
調理手順	調理器具の取扱い	洗浄方法	消毒方法	家庭（h）	飲食店（r）
生鶏肉→他の食材	別の調理器具を使用	洗剤で洗浄した後で消毒してから使用する	熱湯	0.44%	5.24%
			次亜塩素酸ナトリウム	0.04%	1.17%
			除菌・その他	0.07%	0.58%
		水（又はぬるま湯）で洗浄した後で消毒してから使用する	熱湯	0.28%	1.17%
			次亜塩素酸ナトリウム	0.03%	0.39%
			除菌・その他	0.00%	0.19%
		洗剤で洗浄してから使用する		0.66%	1.55%
		水（又はぬるま湯）で洗浄してから使用する		0.32%	0.39%
		その他の工夫をする（まな板の両面を使い分ける、まな板の上にラップ等を敷く等）		0.17%	0.58%
		そのまま使用する		0.08%	0.19%
	同じ調理器具を使用	洗剤で洗浄した後で消毒してから使用する	熱湯	0.48%	0.78%
			次亜塩素酸ナトリウム	0.03%	0.19%
			除菌・その他	0.10%	0.19%
		水（又はぬるま湯）で洗浄した後で消毒してから使用する	熱湯	0.54%	0.39%
			次亜塩素酸ナトリウム	0.02%	0.00%
			除菌・その他	0.02%	0.00%
		洗剤で洗浄してから使用する		3.03%	1.75%
		水（又はぬるま湯）で洗浄してから使用する		1.86%	0.19%
		その他の工夫をする（まな板の両面を使い分ける、まな板の上にラップ等を敷く等）		0.33%	0.00%
		そのまま使用する		0.64%	0.00%
他の食材→生鶏肉	別の調理器具を使用	洗剤で洗浄した後で消毒してから使用する	熱湯	1.05%	6.21%
			次亜塩素酸ナトリウム	0.07%	5.05%
			除菌・その他	0.26%	4.08%
		水（又はぬるま湯）で洗浄した後で消毒してから使用する	熱湯	0.41%	0.97%
			次亜塩素酸ナトリウム	0.09%	0.19%
			除菌・その他	0.10%	0.97%
		洗剤で洗浄してから使用する		3.69%	8.93%
		水（又はぬるま湯）で洗浄してから使用する		0.68%	0.78%
		その他の工夫をする（まな板の両面を使い分ける、まな板の上にラップ等を敷く等）		1.14%	1.75%
		そのまま使用する		0.05%	0.00%
	同じ調理器具を使用	洗剤で洗浄した後で消毒してから使用する	熱湯	1.80%	2.91%
			次亜塩素酸ナトリウム	0.28%	0.78%
			除菌・その他	0.60%	1.36%
		水（又はぬるま湯）で洗浄した後で消毒してから使用する	熱湯	0.79%	0.39%
			次亜塩素酸ナトリウム	0.05%	0.00%
			除菌・その他	0.15%	0.00%
		洗剤で洗浄してから使用する		19.16%	5.44%
		水（又はぬるま湯）で洗浄してから使用する		4.78%	1.17%
		その他の工夫をする（まな板の両面を使い分ける、まな板の上にラップ等を敷く等）		2.41%	0.39%
		そのまま使用する		0.53%	0.00%
決まって	別の調理器具	洗剤で洗浄した後で消毒してから使用する	熱湯	0.17%	2.52%

いない	を使用		次亜塩素酸ナトリウム	0.05%	1.55%
			除菌・その他	0.04%	2.72%
		水（又はぬるま湯）で洗浄した後で消毒してから使用する	熱湯	0.22%	0.78%
			次亜塩素酸ナトリウム	0.03%	0.00%
			除菌・その他	0.03%	0.58%
		洗剤で洗浄してから使用する		1.78%	5.05%
		水（又はぬるま湯）で洗浄してから使用する		0.74%	1.55%
		その他の工夫をする（まな板の両面を使い分ける、まな板の上にラップ等を敷く等）		0.49%	1.36%
		そのまま使用する		0.22%	0.19%
	同じ調理器具を使用	洗剤で洗浄した後で消毒してから使用する	熱湯	0.65%	0.78%
			次亜塩素酸ナトリウム	0.23%	0.78%
			除菌・その他	0.20%	1.17%
		水（又はぬるま湯）で洗浄した後で消毒してから使用する	熱湯	0.72%	0.39%
			次亜塩素酸ナトリウム	0.03%	0.19%
			除菌・その他	0.07%	0.58%
		洗剤で洗浄してから使用する		11.61%	8.16%
		水（又はぬるま湯）で洗浄してから使用する		7.11%	3.69%
		その他の工夫をする（まな板の両面を使い分ける、まな板の上にラップ等を敷く等）		1.35%	0.97%
		そのまま使用する		1.59%	0.78%

b）手指を介した交差汚染暴露確率

手指を介した交差汚染暴露確率 $p_{ch\to hf}$ は別添２の図２に示した手洗い（hand wash）に係る２つの時点（m）で規定されるため、アンケート調査結果から家庭と飲食店の別に得られた回答者の割合 hw_m を用いて（表７）、次式で表される。

- $p_{ch\to hf_h} = RiskDiscrete(\{p_{m,ch\to hf}\},\{hw_{m_h}\})$
- $p_{ch\to hf_r} = RiskDiscrete(\{p_{m,ch\to hf}\},\{hw_{m_r}\})$

一方、手指を介した交差汚染が発生したという条件の下での交差汚染暴露量の確率分布は別添２の表９に示した手洗い方法（washing method）に係る６つの方法（n）によって規定される。ａ）と同様に、最終的に手指を介した交差汚染確率に応じた暴露量の分布を得る上では、交差汚染発生確率の分布と交差汚染が発生したという条件の下での交差汚染暴露量の確率分布との組み合わせを要素とする分布を求める必要がある。アンケート調査結果では、この 60 通りの組み合わせの回答者の割合が「家庭」及び「飲食店」の別に得られる。そこで、上記の $p_{m,ch\to hf}$ 及び hw_m を n について拡張し、$p_{mn,ch\to hf}$ 及び $hwwm_{mn}$ とすることで、表８に基づき、この 7 通りの組み合わせを要素とする交差汚染発生確率の分布を次式のように表すことにする。

- $p_{ch\to hf_h} = RiskDiscrete(\{p_{mn,ch\to hf}\},\{hw_{mn_h}\})$
- $p_{ch\to hf_r} = RiskDiscrete(\{p_{mn,ch\to hf}\},\{hw_{mn_r}\})$

表７　手洗い時点と回答者の割合

手洗い時点（m）	交差汚染発生確率（$p_{m,ch\to hf}$）	回答者の割合（hw_m）	
		家庭(h)	飲食店(r)
調理中に生鶏肉を扱った後	0.2	74.83%	77.09%
調理中に生鶏肉を扱った後以外	1	25.17%	22.91%

表８　手洗いの時点・方法、交差汚染発生確率と回答者の割合

手洗い時点（m）	手洗いの方法（n）	交差汚染発生確率（$p_{mn,ch\to hf}$）	回答者の割合（hw_{mn}）	
			家庭(h)	飲食店(r)
調理中に生鶏肉を扱った後	石鹸又は薬用石鹸で洗浄した後で消毒する	0.2	6.64%	32.23%
	水（又は湯）で洗浄した後で消毒する	0.2	3.58%	6.80%
	薬用石鹸で洗浄する	0.2	18.58%	20.39%
	石鹸で洗浄する	0.2	21.05%	8.74%
	水（又は湯）で洗浄する	0.2	23.02%	7.38%
	その他	0.2	1.96%	1.55%
調理中に生鶏肉を扱った後以外		1	25.17%	22.91%

ｃ）交差汚染暴露確率

調理器具を介した交差汚染暴露と手指を介した交差汚染暴露は同時に生起し得るため、ａ）及びｂ）より、家庭及び飲食店の交差汚染暴露確率 p_{ecc_h} 及び p_{ecc_r} は次式のとおり表わされる。

$$p_{ecc_h} = \begin{cases} p'_{dist} \cdot p_{rte} \cdot p_{ch\to cu_h} \cdot p_{ch\to hf_h} & \text{（調理器具・手指の双方からの交差汚染暴露）} \\ p'_{dist} \cdot p_{rte} \cdot p_{ch\to cu_h} \cdot \left(1 - p_{ch\to hf_h}\right) & \text{（調理器具のみからの交差汚染暴露）} \\ p'_{dist} \cdot p_{rte} \cdot \left(1 - p_{ch\to cu_h}\right) \cdot p_{ch\to hf_h} & \text{（手指のみからの交差汚染暴露）} \end{cases}$$

$$p_{ecc_r} = \begin{cases} p'_{dist} \cdot p_{rte} \cdot p_{ch\to cu_r} \cdot p_{ch\to hf_r} & \text{（調理器具・手指の双方からの交差汚染暴露）} \\ p'_{dist} \cdot p_{rte} \cdot p_{ch\to cu_r} \cdot \left(1 - p_{ch\to hf_r}\right) & \text{（調理器具のみからの交差汚染暴露）} \\ p'_{dist} \cdot p_{rte} \cdot \left(1 - p_{ch\to cu_r}\right) \cdot p_{ch\to hf_r} & \text{（手指のみからの交差汚染暴露）} \end{cases}$$

②　暴露量

ａ　喫食暴露量

生食する汚染鶏肉の汚染濃度は、流通・小売段階の汚染濃度 c_{dist}（菌数/g）に等しい。

また、加熱不十分な調理による菌の生残率 r_{insh_surv} を、CFIA/USDA(1999)で設定されている次式の三角分布で表わす。

$$r_{insh_surv} = RiskTriang\left(10^{-5}, 10^{-4}, 1\right)$$

加熱不十分な調理の汚染鶏肉の汚染濃度は$c_{insh} = c_{dist} \cdot r_{insh_surv}$（菌数/g）で求められる。

家庭及び外食・弁当等における一食当たりの鶏肉喫食量$Cons_h$及び$Cons_r$（g/食）は、アンケート調査結果をもとに確率論的処理を行い、それぞれ 60.4（g/食）及び 82.7（g/食）と求められる。よって、家庭及び外食・弁当等における喫食暴露量n_{cons_h}及びn_{cons_r}（菌数/食）は次式のとおり表される。

$$n_{cons_h} = \begin{cases} Cons_h \cdot c_{dist} & \text{（生食）} \\ Cons_h \cdot r_{insh_surv} \cdot c_{dist} & \text{（加熱不十分調理）} \end{cases}$$

$$n_{cons_r} = \begin{cases} Cons_r \cdot c_{dist} & \text{（生食）} \\ Cons_r \cdot r_{insh_surv} \cdot c_{dist} & \text{（加熱不十分調理）} \end{cases}$$

b　交差汚染暴露量

a）調理器具を介した交差汚染暴露量

汚染鶏肉から調理器具への菌移行率$r_{ch\to cu}$及び調理器具から RTE 食品への菌移行率$r_{cu\to rte}$は、Mylius(参照９８)のデータを用いて、$r_{ch\to cu}$=1.25%及び$r_{cu\to rte}$=3.43%と設定した。

調理器具の洗浄・消毒等による菌の生残率r_{cu_surv}は、伊藤ら（参照８２）におけるポリエチレン製及び木製のまな板で各種の除菌方法を用いたときのカンピロバクター・ジェジュニ/コリの生残率データを用いて、研究班の議論に基づいて設定した。そこで、別添２の図１に示した調理器具の洗浄・消毒方法と伊藤ら（参照８２）の除菌方法とを表９に示すとおり対応させた。この対応関係はポリエチレン製及び木製の双方で共通である。また、伊藤ら（参照８２）においては、ポリエチレン製及び木製のまな板のそれぞれについて、４つの生残率データが示されている。鶏肉調理とともに RTE 食品の調理に用いられるまな板材質の割合や、これらの生残率データの生起確率を適切に設定することはできないため、表１０に示した調理器具の洗浄・消毒の各方法について、いずれのまな板材質のいずれの生残率も等確率で生起するものと仮定した。すなわち、調理器具の洗浄・消毒の各方法iに関する調理器具の洗浄・消毒等による菌生残率r_{j,cu_surv}を、当該方法に関する８つの生残率データx_{jk}（k=1,…,8）の離散一様分布で表わしている。

$$r_{j,cu_surv} = RiskDuniform(\{x_{jk}\}) \qquad (k=1,\ldots,8)$$

さらに、アンケート調査結果から、家庭及び飲食店のそれぞれで、各方法で調理器具を洗浄･消毒を行うと回答した者の割合wd_{j_h}及びwd_{j_r}が得られた（表１１）。

表９　調理器具の洗浄・消毒方法と伊藤らの除菌方法との対応関係

調理器具の洗浄・消毒方法		伊藤ら（1986）の除菌方法との対応関係
調理器具の洗浄方法	消毒方法	
洗剤で洗浄した後で消毒してから使用する	熱湯	中性洗剤×70℃温水
	次亜塩素酸ナトリウム	中性洗剤×次亜塩素酸ナトリウム(30 秒)
	除菌・その他	中性洗剤×中性洗剤
水（又はぬるま湯）で洗浄した後で消毒してから使用する	熱湯	水道水×70℃温水
	次亜塩素酸	水道水×次亜塩素酸ナトリウム（30 秒）
	除菌・その他	水道水×中性洗剤
洗剤で洗浄してから使用する	－	中性洗剤
水（又はぬるま湯）で洗浄してから使用する	－	水道水
その他の工夫をする(まな板の両面を使い分ける、まな板の上にラップ等を敷く等)	－	－
そのまま使用する	－	－

表１０　伊藤らの除菌方法を用いた調理器具の洗浄・消毒方法と生残率

調理器具の洗浄・消毒方法（j）		生残率データ（x_{jk}）							
調理器具の洗浄方法	消毒方法	ポリエチレン製				木製			
洗剤で洗浄した後で消毒してから使用する	熱湯	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0026
	次亜塩素酸ナトリウム	0.0005	0.0027	0.0018	0.0052	0.0076	0.0065	0.0215	0.0119
	除菌・その他	0.0006	0.0008	0.0022	0.0022	0.0223	0.1570	0.0097	0.0066
水（又はぬるま湯）で洗浄した後で消毒してから使用する	熱湯	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007
	次亜塩素酸	0.0003	0.0008	0.0011	0.0052	0.0045	0.0030	0.0047	0.0031
	除菌・その他	0.0003	0.0002	0.0014	0.0022	0.0133	0.0711	0.0021	0.0017
洗剤で洗浄してから使用する	－	0.0180	0.0158	0.0370	0.0474	0.1152	0.2667	0.0463	0.0417
水（又はぬるま湯）で洗浄してから使用する	－	0.0320	0.0516	0.0593	0.0474	0.1939	0.5889	0.2098	0.1583
その他の工夫をする	－	0	0	0	0	0	0	0	0
そのまま使用する	－	1	1	1	1	1	1	1	1

表１１　調理器具の洗浄・消毒方法に係る回答者の割合

(単位：%)

調理器具の洗浄・消毒方法（j）		回答者の割合（wd_j）	
調理器具の洗浄方法	消毒方法	家庭（h）	飲食店（r）
洗剤で洗浄した後で消毒してから使用する	熱湯	4.59	18.45
	次亜塩素酸ナトリウム	0.70	9.51
	除菌・その他	1.27	10.10
水（又はぬるま湯）で洗浄した後で消毒	熱湯	2.96	4.08
	次亜塩素酸	0.25	0.78

してから使用する	除菌・その他	0.36	2.33
洗剤で洗浄してから使用する	－	39.95	30.87
水（又はぬるま湯）で洗浄してから使用する	－	15.47	7.77
その他の工夫をする	－	5.90	5.05
そのまま使用する	－	3.12	1.17

ただし、ここでも、①ｂａ）で記述したとおり、調理器具の各洗浄・消毒方法だけでなく、調理手順及び調理器具の取扱いに係る形態との 60 通りの組み合わせを要素とする生残率 r_{ij,cu_surv} の分布を規定する必要がある。ただし、60 通りの組み合わせに対する回答者の割合 $ptwd_{ij}$ は表６に示したものと同一である。

また、菌の生残率は、交差汚染が発生を前提としている。すなわち、交差汚染が発生して初めて菌の生残率は r_{ij,cu_surv} の式として表される。従って、菌の生残率をモデル化する際には、交差汚染の発生率も考慮する必要がある。

以上より、家庭及び飲食店における調理器具の洗浄・消毒等による菌の生残率 $r_{cu_surv_h}$ 及び $r_{cu_surv_r}$ は、次式の入れ子の離散分布で表わされる。

$$r_{cu_surv_h} = RiskDiscrete\left(\left\{RiskDiscrete\left(\left\{r_{ij,cu_surv},0\right\},\left\{p_{ij,ch\to cu_h},1-p_{ij,ch\to cu_h}\right\}\right)\right\},\left\{ptwd_{ij_h}\right\}\right)$$

$$r_{cu_surv_r} = RiskDiscrete\left(\left\{RiskDiscrete\left(\left\{r_{ij,cu_surv},0\right\},\left\{p_{ij,ch\to cu_r},1-p_{ij,ch\to cu_r}\right\}\right)\right\},\left\{ptwd_{ij_r}\right\}\right)$$

括弧内の離散分布は、交差汚染が発生する場合（確率 $p_{ij,ch\to cu}$）に菌生残率 r_{ij,cu_surv} を返し、交差汚染が発生しない場合（確率 $1-p_{ij,ch\to cu}$）にはゼロを返す。外側の離散分布は、回答者の割合の確率で離散分布がそうした値を返すことを意味する。

よって、家庭及び飲食店における鶏肉料理一食当たりの調理器具を介した RTE 食品への移行菌数 $n_{rte_cu_h}$ 及び $n_{rte_cu_r}$（菌数/食）は次式で表わされる。

$$n_{rte_cu_h} = Cons_h \cdot c_{dist} \cdot r_{ch\to cu} \cdot r_{cu_surv_h} \cdot r_{cu\to rte}$$

$$n_{rte_cu_r} = Cons_r \cdot c_{dist} \cdot r_{ch\to cu} \cdot r_{cu_surv_r} \cdot r_{cu\to rte}$$

ｂ）手指を介した交差汚染暴露量

汚染鶏肉から手指への菌移行率 $r_{ch\to hf}$ 及び手指から RTE 食品への菌移行率 $r_{hf\to rte}$ は、Mylius(参照９８)のデータを用いて、$r_{ch\to hf}$ =4.15％、$r_{hf\to rte}$ =2.07％と設定した。

手指の手洗い等による菌の生残率 r_{hf_surv} については、表１２（別添２の表８、表９より作成）に基づき、ａ）と同様に、手指を介した交差汚染の発生確率を考慮すると、次式のとおりモデル化することができる。

$$r_{hf_surv_h} = RiskDiscrete(\{RiskDiscrete(\{r_{mn,hf_surv},0\},\{p_{mn,ch\to hf_h},1-p_{mn,ch\to hf_h}\}),\{hw_{mn_h}\})$$
$$r_{hf_surv_h} = RiskDiscrete(\{RiskDiscrete(\{r_{mn,hf_surv},0\},\{p_{mn,ch\to hf_h},1-p_{mn,ch\to hf_h}\}),\{hw_{mn_h}\})$$

表１２　手洗いの時点・方法、菌生残率と回答者の割合

手洗い時点（m）	手洗いの方法（n）	菌生残率（r_{mn,hf_surv}）	回答者の割合（hw_{mn}）	
			家庭 (h)	飲食店 (r)
調理中に生鶏肉を扱った後	石鹸又は薬用石鹸で洗浄した後で消毒する	0.00063	6.64%	32.23%
	水（又は湯）で洗浄した後で消毒する	0.00063	3.58%	6.80%
	薬用石鹸で洗浄する	0.0063	18.58%	20.39%
	石鹸で洗浄する	0.0063	21.05%	8.74%
	水（又は湯）で洗浄する	0.063	23.02%	7.38%
	その他	0.063	1.96%	1.55%
調理中に生鶏肉を扱った後以外		1	25.17%	22.91%

よって、家庭及び飲食店における鶏肉料理一食当たりの手指を介したRTE 食品への移行菌数$n_{rte_hf_h}$及び$n_{rte_hf_r}$（菌数/食）は次式で表わされる。

$$n_{rte_hf_h} = Cons_h \cdot c_{dist} \cdot r_{ch\to hf} \cdot r_{hf_surv_h} \cdot r_{hf\to rte}$$
$$n_{rte_hf_r} = Cons_r \cdot c_{dist} \cdot r_{ch\to hf} \cdot r_{hf_surv_r} \cdot r_{hf\to rte}$$

ｃ）交差汚染による暴露量

ａ）及びｂ）より、家庭及び飲食店における交差汚染による暴露量n_{cc_h}及びn_{cc_r}を次式で表した。

$$n_{cc_h} = n_{rte_cu_h} + n_{rte_hf_h}$$
$$n_{cc_r} = n_{rte_cu_r} + n_{rte_hf_r}$$

(5) 感染確率

① 一食当たりの暴露量（用量）

ａ　喫食暴露

(4) で求めた喫食暴露確率及び喫食暴露量から、一食当たりの喫食暴露量D_{cons}は次式で表される。

$$D_{cons} = RiskDiscrete(\{Cons_h \cdot c_{dist}, Cons_h \cdot r_{insh_surv} \cdot c_{dist}\},\{p'_{dist}\, p_{rawh}, p'_{dist}(1-p_{rawh})\, p_{inshh}\})$$
$$+ RiskDiscrete(\{Cons_r \cdot c_{dist}, Cons_r \cdot r_{insh_surv} \cdot c_{dist}\},\{p'_{dist}\, p_{rawr}, p'_{dist}(1-p_{rawr})\, p_{inshr}\})$$

ｂ　交差汚染暴露

(4) で求めた交差汚染暴露確率及び交差汚染暴露量から、一食当たりの交差汚染暴露量D_{ecc}は次式で表される。

$$D_{ecc} = RiskDiscrete\left(\left\{n_{rte_cu_h} + n_{rte_hf_h}, n_{rte_cu_h}, n_{rte_hf_h}\right\}, \left\{p'_{dist} \cdot p_{rte} \cdot p_{ch\to cu_h} \cdot p_{ch\to hf_h}, p'_{dist} \cdot p_{rte} \cdot p_{ch\to cu_h} \cdot \left(1 - p_{ch\to hf_h}\right), p'_{dist} \cdot p_{rte} \cdot \left(1 - p_{ch\to cu_h}\right) \cdot p_{ch\to hf_h}\right\}\right)$$
$$+ RiskDiscrete\left(\left\{n_{rte_cu_r} + n_{rte_hf_r}, n_{rte_cu_r}, n_{rte_hf_r}\right\}, \left\{p'_{dist} \cdot p_{rte} \cdot p_{ch\to cu_r} \cdot p_{ch\to hf_r}, p'_{dist} \cdot p_{rte} \cdot p_{ch\to cu_r} \cdot \left(1 - p_{ch\to hf_r}\right), p'_{dist} \cdot p_{rte} \cdot \left(1 - p_{ch\to cu_r}\right) \cdot p_{ch\to hf_r}\right\}\right)$$

c　一食当たりの暴露量

a 及びｂから、一食当たりの暴露量は次式で表される。

$$D = D_{cons} + D_{ecc}$$

d　鶏肉を生食する人と生食しない人の一食当たりの暴露量

鶏肉を少なくとも家庭あるいは飲食店で生食することのある人（生食する人）と、生食しない人に関して、それぞれの一食当たりの暴露量を求めた。

生食する人については、アンケート調査から得られた生食する頻度と生で喫食する量に基づき、一食当たりの喫食暴露量を求めた。

一方、生食しない人については、喫食暴露は加熱不十分の鶏肉を喫食した場合にのみ起こるものとして扱った。

交差汚染暴露は、どちらの人についても、基本モデルと同じ確率で起こるものとした。

ここで求めた一食当たりの暴露量を元に、②において、生食する人、生食しない人について、一食当たりの感染確率を算出した。

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した。パラメータ推定は、これらの文献と同様に Black ら(参照５２)におけるカンピロバクター摂取実験の結果に基づいて最尤法によってMedemaら(参照５７)及びTeunisら(参照５８)が推定した結果を用いた。

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 $p_{\inf}$ は次式のとおり求められる。

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

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

また、中心極限定理により、生食する人、生食しない人の一食当たりの感染確率について、家庭あるいは飲食店における年間鶏肉料理喫食回数とその人口を乗じて合計すれば、平均年間感染者数が求められる。

別添２　モデルに用いたデータ

１　農場段階

表１に示すとおり、農場ごとの鶏の感染率が把握できる６つの文献に掲載されている農場及び鶏のカンピロバクターの分離状況に関するデータを用いた。

表１　カンピロバクターによる農場の汚染及び鶏の感染の状況

文　献	農　場			鶏		
	検査数	陽性数	%	検査数	陽性数	%
伊藤（1985）	6	4	66.7	46	13	28.3
Ono et al.（1999）	20	15	75.0	1,068	778	72.8
品川（2004a）	24	22	91.7	162	125	77.2
品川（2004b）	23	17	73.9	99	91	91.9
農林水産省（2006）	331	130	39.3	3,683	852	23.1
中馬（2007）	184	84	45.7	2,943	386	13.1
合　計	588	272	46.3	8,001	2,245	28.1

※伊藤（1985）：参照１５、Ono et al.（1999）：参照２１、品川（2004a）：参照２７、品川（2004b）：参照２７、中馬（2007）：参照８３

２　食鳥処理・食肉処理段階

塩素濃度の管理徹底による汚染濃度の変化（低減）については、表２に示すとおり、CFIA/USDA(未公表 1999)において採用されている塩素添加と非添加の変化を調査したデータを用いた。

表２　塩素濃度管理によるカンピロバクター汚染濃度の変化

（単位：logCFU/ml とたい洗浄液）

文献	採材工程	平均値	採材工程	平均値	平均変化	検体数
Berrang2000	冷却前	2.10	冷却後	1.20	-0.90	5
〃	〃	3.30	〃	1.10	-2.20	5
〃	〃	2.00	〃	0.90	-1.10	5
〃	〃	1.60	〃	3.20	1.60	5
〃	〃	2.70	〃	1.10	-1.60	5
Cason1997	冷却前	5.35	〃	3.86	-1.50	90
Line(unpublish)	洗浄前	2.76	〃	0.86	-1.89(-1.39)	20
〃	〃	3.50	〃	1.22	-2.28(-1.78)	20
〃	〃	2.27	〃	0.73	-1.54(-1.04)	20
〃	〃	2.27	〃	0.77	-1.49(-0.99)	20
〃	〃	2.54	〃	0.90	-1.64(-1.14)	20
〃	〃	3.01	〃	0.92	-2.09(-1.59)	20
〃	〃	3.32	〃	1.01	-2.31(-1.81)	20
〃	〃	2.61	〃	0.81	-1.80(-1.30)	20
〃	〃	2.95	〃	1.17	-1.78(-1.28)	20
〃	〃	1.96	〃	0.79	-1.17(-0.67)	20

※出典：CFIA/USDA(未公表 1999)
（ ）：洗浄効果（0.5log）を補正

３　流通・小売段階

国内流通している鶏肉の汚染率については、2007 年度厚生労働科学研究「輸入食品における食中毒菌サーベイランス及びモニタリングシステム構築に関する研究」（主任研究者：山本茂貴、分担研究者：鈴木穂高）で収集されたデータを用いた。（表３）（参照５６）

表３　国内流通している鶏肉のカンピロバクター汚染状況

（単位：羽）

検体名	検体数	陽性数	汚染率	文献
鶏肉(国産)	73	54	74.0%	参照８４
鶏肉(不明)	5	1	20.0%	参照８４
国産鶏肉	50	48	96.0%	参照４０
鶏レバー	33	26	78.8%	参照８５
鶏手羽先	32	27	84.4%	参照８５
鶏もも肉	4	2	50.0%	参照８５
鶏むね肉	1	0	0%	参照８５
冷蔵鶏肉	201	144	71.6%	参照８６
生もも肉	3	3	100%	参照４８
生むね肉	3	3	100%	参照４８
生砂ずり	3	3	100%	参照４８
鶏皮付きモモ肉	10	9	90.0%	参照４２
鶏皮付きモモ肉	16	13	81.3%	参照４２
鶏むね肉	40	21	52.5%	参照１０
鶏もも肉	39	24	61.5%	参照１０
鶏手羽先	21	4	19.0%	参照１０
国産鶏もも肉(チルド)	17	16	94.1%	参照４１
鶏レバー	56	35	62.5%	参照４７
鶏肉	65	18	27.7%	参照８７
国産・チルド鶏もも肉(7、８月)	17	16	94.1%	参照８８
国産・チルド鶏もも肉(9、10 月)	19	11	57.9%	参照８８
鶏ひき肉	60	12	20.0%	参照８９
国産鶏レバー	56	29	51.8%	参照９０
国産砂肝	9	6	66.7%	参照９０
国産鶏肉(手羽先)	3	3	100%	参照９０
国産鶏肉(ムネ)	3	2	66.7%	参照９０
国産鶏肉(モモ)	3	1	33.3%	参照９０
鶏むね肉	10	10	100%	参照４９
鶏もも肉	10	8	80.0%	参照４９
鶏手羽先	10	9	90.0%	参照４９
国産鶏ムネ肉	13	4	30.8%	参照３７
国産鶏モモ肉	32	4	12.5%	参照３７
国産鶏ササミ	4	2	50.0%	参照３７
国産鶏手羽肉	1	1	100%	参照３７
鶏モモ肉	27	6	22.2%	参照９１
鶏手羽	23	0	0%	参照９１
鶏レバー	23	10	43.5%	参照９１
鶏挽肉	12	2	16.7%	参照９１
鶏ムネ肉	11	2	18.2%	参照９１

鶏ササミ	10	1	10.0%	参照９１
鶏砂肝	6	3	50.0%	参照９１
鶏ハツ	5	1	20.0%	参照９１
鶏ササミ	24	6	25.0%	参照９２
鶏ハツとレバー	24	13	54.2%	参照９２
鶏ズリ	24	19	79.2%	参照９２
鶏むね肉(静岡)	10	6	60.0%	参照３８
鶏もも肉(静岡)	10	6	60.0%	参照３８
鶏手羽先(静岡)	10	6	60.0%	参照３８
鶏むね肉(埼玉)	10	10	100%	参照３８
鶏もも肉(埼玉)	10	8	80.0%	参照３８
鶏手羽先(埼玉)	10	9	90.0%	参照３８
鶏むね肉(秋田)	10	10	100%	参照３８
鶏もも肉(秋田)	10	9	90.0%	参照３８
鶏手羽先(秋田)	8	8	100%	参照３８
鶏むね肉(新潟)	20	15	75.0%	参照３８
鶏もも肉(新潟)	10	3	30.0%	参照３８
鶏手羽先(新潟)	10	6	60.0%	参照３８
鶏むね肉(上記４県の合算)	50	41	82.0%	参照３８
鶏もも肉(上記４県の合算)	40	26	65.0%	参照３８
鶏手羽先(上記４県の合算)	38	29	76.3%	参照３８
鶏肉	30	19	63.3%	参照４６
鶏レバー	13	6	46.2%	参照４６
鶏筋胃	12	6	50.0%	参照４６
鶏肉(もも肉)	10	5	50.0%	参照９３
鶏もも肉(国産チルド)	36	30	83.3%	参照４３
市販鶏肉	30	8	26.7%	参照９４
皮付き鶏むね肉	45	29	64.4%	参照９５
皮付き鶏骨なしもも肉	40	28	70.0%	参照９５
皮付き鶏手羽肉	35	27	77.1%	参照９５
鶏肝臓	20	13	65.0%	参照９５
鶏筋胃	20	9	45.0%	参照９５
鶏心臓	10	4	40.0%	参照９５
市販鶏肉	55	43	78.2%	参照３９
鶏ひき肉	16	5	31.3%	参照９６
鶏手羽肉	16	7	43.8%	参照９６
市販鶏肉	73	52	71.2%	参照９７

輸入鶏肉の汚染率については、表４に示すとおり、５文献に掲載されている汚染状況に関するデータを用いた。

表４　輸入鶏肉のカンピロバクター汚染状況

（単位：羽）

検体名	検体数	汚染数	汚染率	文献
鶏肉(輸入)	44	4	9.1%	参照８４
輸入鶏肉(ブラジル産)	72	13	18.1%	参照４０
輸入鶏肉(アメリカ産)	12	0	0%	参照４０
輸入鶏肉(中国産)	9	0	0%	参照４０
輸入鶏肉(タイ産)	7	3	42.9%	参照４０

輸入鶏もも肉(冷凍)	5	1	20.0%	参照４１
輸入・冷凍鶏もも肉(7、８月)	5	1	20.0%	参照８８
輸入・冷凍鶏もも肉(9、10 月)	14	0	0%	参照８８
輸入・冷凍鶏もも肉(9、10 月)	14	4	28.6%	参照８８
鶏もも肉(輸入冷凍)	19	5	26.3%	参照４３

４　調理・喫食段階

(1) 調理器具を介した交差汚染暴露量

汚染鶏肉から調理後の調理器具への菌移行割合 $r_{ch\to cu}$ 及び洗浄・消毒後の調理器具から RTE 食品への菌移行割合 $r_{cu\to rte}$ は、カンピロバクター汚染鶏肉からまな板を介したサラダへの交差汚染に関する Mylius（参照９８）のデータを用いた（$r_{ch\to cu}$=1.25%、$r_{cu\to rte}$=3.43%）。

調理器具の洗浄・消毒等による菌の生残割合 r_{cu_surv} は、図１に示す調理手順、まな板の取扱い方法、まな板の洗浄方法及びまな板の消毒方法に関する 72 の組合せについて算出した。各々の調理手順及びまな板の取扱い方法に関しては、交差汚染の発生確率を研究班の議論に基づいて設定した（表５及び表６）。

また、まな板の洗浄方法、まな板の消毒方法に関しては、菌の生残率を伊藤ら（参照８２）のデータを用いた（表７）。なお、各組合せを行う者の割合は家庭及び飲食店のそれぞれについて食品安全委員会（参照５０）のアンケート調査結果から得ることができる。

図１　調理器具の洗浄・消毒等の方法等の組合せ

表５　調理手順と交差汚染発生確率

調理手順	交差汚染の発生確率	備考
生鶏肉を調理してから他の食材を調理する	1	研究班での議論に基づき設定
他の食材を調理してから生鶏肉を調理する	0.2	
決まっていない	0.5	

表６　まな板の取扱いと交差汚染の発生確率

まな板の取扱い	交差汚染の発生確率	備考
生鶏肉の調理と他の食材の調理の両方で別のものを使用している	0.2	研究班での議論に基づき設定
生鶏肉の調理と他の食材の調理の両方で同じものを使用している	1	

表７　まな板の洗浄・消毒方法別カンピロバクターの生残割合

ポリエチレン製まな板	*C. jejuni*		*C. coli*	
処理方法	CF 1	CF82-403	CF82-368	CF395
水道水	0.032	0.052	0.059	0.047
中性洗剤	0.018	0.016	0.037	0.047
70℃温水	0.001	0.000	0.000	0.008
次亜塩素酸ナトリウム 30 秒	0.015	0.053	0.030	0.111

木製まな板	*C. jejuni*		*C. coli*	
処理方法	CF 1	CF82-403	CF82-368	CF395
水道水	0.194	0.589	0.210	0.158
中性洗剤	0.115	0.267	0.046	0.042
70℃温水	0.000	0.000	0.000	0.017
次亜塩素酸ナトリウム 30 秒	0.039	0.011	0.102	0.075

※伊藤ら（参照８２）から関係部分を引用

(2) 手指を介した交差汚染暴露量

汚染鶏肉から調理後の手指への菌移行割合 $r_{ch\to hf}$ 及び手洗い後の手指から RTE 食品への菌移行割合 $r_{hf\to rte}$ は、カンピロバクター汚染鶏肉から手指を介したサラダへの交差汚染に関する Mylius(参照９８)のデータを用いた（$r_{ch\to hf}$=4.15%、$r_{hf\to rte}$=2.07%）。手指の手洗い等による菌の生残割合 r_{hf_surv} は、図２に示す手洗いの時点、手洗いの方法の７つの組合せについて算出した。各々の手洗いの時点に関しては、交差汚染の発生確率を研究班の議論に基づいて設定した（表８）。また、まな板の洗浄方法、手指の消毒方法に関しては、菌の生残率を Chen et al.（参照９９）を用いて研究班の議論に基づいて設定した（表９）。なお、各組合せを行う者の割合は家庭及び飲食店のそれぞれについて食品安全委員会のアンケート調査結果(参照５０)から得ることができる。

図２　手指の手洗い等の方法等の組合せ

手洗いの時点		手洗いの方法
調理中に生鶏肉を扱った後	×	石鹸又は薬用石鹸で洗浄した後で消毒する
		水（又は湯）で洗浄した後で消毒する
		薬用石鹸で洗浄する
		石鹸で洗浄する
		水（又は湯）で洗浄する
		その他
調理中に生鶏肉を扱った後以外		

各手洗いの時点に関する交差汚染発生確率を研究班の議論に基づき設定	各手洗いの方法に関する菌生残率をChen et al.（参照９９）を用いて研究班の議論に基づいて設定

表８　手洗いの時点と交差汚染発生確率

調理手順	交差汚染の発生確率	備考
調理中に生鶏肉を扱った後	0.2	研究班での議論に基づき設定
調理中に生鶏肉を扱った後以外	1	

表９　手洗いの方法と菌の生残率

手洗いの方法	菌生残率	備考
石鹸又は薬用石鹸で洗浄した後で消毒する	0.00063	研究班での議論に基づき設定
水（又は湯）で洗浄した後で消毒する	0.00063	
薬用石鹸で洗浄する	0.0063	Chen et al.（参照９９）
石鹸で洗浄する	0.0063	研究班での議論に基づき設定
水（又は湯）で洗浄する	0.063	
その他	0.063	

(3) 鶏肉の喫食量及び喫食頻度

2007 年度食品安全確保総合調査の結果をもとに、2005 年国勢調査人口を用いて家庭における鶏肉の喫食量を推定した結果は表１０のとおり、一人当たり約 32kg／年の鶏肉を食べていることとなる。

表１０　鶏肉の喫食量

（単位：ｇ）

区　分			生食（喫食）	加　熱			合　計
				不充分（喫食）	充　分		
					RTE あり（二次汚染）	RTE なし	
家庭	自分で調理	鶏肉	214	88	2,961	8,613	11,876
		鶏内臓肉	67	7	639	1,923	2,636
	家族が調理	鶏肉	294	122		9,265	9,681
		鶏内臓肉	95	12		2,418	2,525
外食・弁当等		鶏肉	524	28		3,578	4,130
		鶏内臓肉	445	4		864	1,313
合　計			1,640	261		30,260	32,161

また、喫食頻度についても同様に推定した結果は表１１のとおりであり、一人約 205 食／年の鶏肉を食べていることとなる。

表１１　鶏肉の喫食頻度

（単位：食／年）

			生食（喫食）	加熱 不充分（喫食）	加熱 充分 RTE あり（二次汚染）	加熱 充分 RTE なし	合計
家庭	自分で調理	鶏肉	1.5	0.4	16.9	48.1	66.8
		鶏内臓肉	0.4	0.0	4.6	13.4	18.4
	家族が調理	鶏肉	2.0	0.7		58.3	61.0
		鶏内臓肉	0.6	0.1		17.2	17.9
外食・弁当等		鶏肉	3.6	0.2		27.1	30.9
		鶏内臓肉	2.7	0.0		7.6	10.3
合計			10.9	1.4		193.1	205.4

５　感染段階

菌量反応については、Black らの臨床実験データを用いた。（表１２）

表　１２　健康成人への *C. jejuni* A3249 株投与後の臨床症状及び細菌培養結果

（単位：数；人数、割合；%、回数；回）

用量	ボランティア人数 総数	ボランティア人数 発熱者数	ボランティア人数 下痢発症数	ボランティアの割合 下痢又は発熱者数	ボランティアの割合 便培養陽性	平均 水様便回数	平均 下痢便量（ml）
8×10^2	10	1	1	10	50	2.0	106
8×10^3	10	0	1	10	60	4.0	158
9×10^4	13	2	6	46	85	5.3	533
8×10^5	11	0	1	9	73	4.0	302
1×10^6	19	2	1	11	79	16.0	1574
1×10^8	5	0	0	0	100	－	－
$1\times10^{8*}$	4	0	2	50	100	2.5	388
小計	72	5	12	18	75	5.3	509

Black ら（参照５２）から引用

＊無脂肪乳 150ml に重炭酸 Na2g を加え、菌株を混合し投与（他は無脂肪乳に菌株を混合）

６　食鳥処理場における交差汚染率

流通・小売段階のデータから逆算して求める食鳥処理場における交差汚染率 p_{pcc} については、農場段階、輸送段階、食鳥処理段階及び流通・小売段階までのモデルをモジュールとして用い、別途モンテカルロシミュレーションを実施した。シミュレーションには Palisade 社@Risk4.5 日本語版を用い、ラテンハイパーキューブ法により 10 万回の試行を行っている。定量的解析に当たっては、当該試行結果をデータとして用いていることから、当該結果をこの項目に整理した。

このシミュレーションから得られた交差汚染率 p_{pcc} の分布と諸統計値（この平均値が p'_{pcc} である）は図３に示すとおりである。

この分布から、食鳥処理場における交差汚染率の平均値が 55.44%、標準偏差

は 1.33%と算出された。また、歪度はほぼゼロであり、尖度はほぼ 3 である。従って、食鳥処理場における交差汚染率 p_{pcc} の分布は極めて正規分布に近い形状であると考えられる。

概要統計			
統計	値	%値	値
最小	49.50%	5%	53.24%
最大	61.16%	10%	53.73%
平均	55.44%	25%	54.54%
標準偏差	1.33%	30%	54.74%
分散	0.0001779	50%	55.44%
歪度	-0.02368	70%	56.14%
尖度	2.992	75%	56.34%
メジアン	55.44%	90%	57.15%
モード	54.33%	95%	57.63%

図３　食鳥処理場における交差汚染率の分布

7　暴露量

摂食してしまうカンピロバクター菌数、すなわち暴露量については、定量的解析を行う際の中間データとして算出されたものであり、当該データを用いて一食当たりの暴露量の推定を行っていることから、当該結果をこの項目に整理した。

(1)家庭における暴露量

a　家庭における一食当たり喫食暴露量及び交差汚染暴露量

家庭における一食当たりの暴露量のシミュレーション結果は、鶏肉料理喫食に伴う暴露量（以下「喫食暴露量」という。）に鶏肉料理を調理する際に生ずる交差汚染を受けた非加熱同時調理食品の喫食に伴う暴露量（以下「交差汚染暴露量」という。）を加えることによって算出される。

日本に在住する人全てに関する、家庭における一食当たり喫食暴露量及び交差汚染暴露量の分布については、それぞれ図 4 及び図 5 に示すとおりである。

喫食暴露量については、平均が 17.5 個/食、最大値は 11 万 5 千個/食であり、95%値までの暴露量は 0 個/食となっている。一方、交差汚染暴露量については、平均が 0.068 個/食、最大値は 234 個/食であり、95%値まで暴露量は 0 個/食となっている。喫食暴露量及び交差汚染暴露量を比較すると、交差汚染暴露量の暴露量への寄与は小さく、ほぼ喫食暴露量が暴露量を規定しているものと考えられる。

概要統計（個/食）			
統計	値	%値	値
最小	0	5%	0
最大	115,706	10%	0
平均	17.51	25%	0
標準偏差	521.6	30%	0
分散	272,109	50%	0
歪度	83.66	70%	0
尖度	11,344	75%	0
メジアン	0	90%	0
モード	0	95%	0

図４　家庭における喫食暴露量の分布

※　図中の矢印と数値は暴露量０の確率密度を示す（以下同じ）

概要統計（個/食）			
統計	値	%値	値
最小	0	5%	0
最大	234.3	10%	0
平均	0.06837	25%	0
標準偏差	1.363	30%	0
分散	1.857	50%	0
歪度	60.32	70%	0
尖度	6,062	75%	0
メジアン	0	90%	0
モード	0	95%	0

図５　家庭における交差汚染暴露量の分布

※図中枠内の「E」を付した数値は乗数を示す（以下同じ。例：6.837283E-02=0.06837283）

b　家庭における一食当たりの暴露量

家庭における鶏肉料理の喫食暴露量と交差汚染暴露量を加えることによって算出した、鶏肉料理喫食１回あたり当たりの平均暴露量を、生食する人、生食しない人別に示したのが、図６及び図７である。生食する人の暴露菌数の平均値（93.3 個/回）は生食しない人（0.263 個/回）に比べて 355 倍も多いことが分かる。両者の確率分布のグラフをみると、X 軸の範囲は両者で 10 倍異なっているものの両者ともゼロへの偏りが大きいが、生食する人では 95%値で正の確率密度が現れているが、生食しない人では少なくとも 95%値まではゼロであり、生食する人の方が、生食によってより多量の菌に暴露されていることがわかる。

概要統計（菌数/食）			
統計	値	%値	値
最小	0	5%	0
最大	246,999	10%	0
平均	93.26	25%	0
標準偏差	1,267	30%	0
分散	1,604,927	50%	0
歪度	47.51	70%	0
尖度	4,750	75%	0
メジアン	0	90%	0
モード	0	95%	6.348

図６　生食する人の家庭における暴露量の分布

概要統計（菌数/食）			
統計	値	%値	値
最小	0	5%	0
最大	22,036	10%	0
平均	0.2628	25%	0
標準偏差	30.96	30%	0
分散	958.8	50%	0
歪度	472.2	70%	0
尖度	293,345	75%	0
メジアン	0	90%	0
モード	0	95%	0

図７　生食しない人の家庭における暴露量の分布

(2) 飲食店における暴露量

a　飲食店における一食当たり喫食暴露量及び交差汚染暴露量

日本に在住する人全てに関する、飲食店における一食当たり喫食暴露量及び交差汚染暴露量の分布については、それぞれ図８及び図９に示すとおりである。

喫食暴露量については、平均が 36.0 個/食、最大値は 13 万個/食であり、95%値までの暴露量は 0 個/食となっている。一方、交差汚染暴露量の平均は 0.056 個/食、最大値は 569 個/食であり、95%値までの暴露量は 0 個/食となっている。家庭における暴露量と同様に、飲食店においても交差汚染暴露量の暴露量への寄与は小さく、ほぼ喫食暴露量が暴露量を規定しているといえる。

概要統計（個/食）			
統計	値	%値	値
最小	0	5%	0
最大	129,797	10%	0
平均	36.02	25%	0
標準偏差	665.4	30%	0
分散	442,759	50%	0
歪度	51.04	70%	0
尖度	4,528	75%	0
メジアン	0	90%	0
モード	0	95%	0

図８　飲食店における喫食暴露量の分布

概要統計（個/食）			
統計	値	%値	値
最小	0	5%	0
最大	569.1	10%	0
平均	0.05612	25%	0
標準偏差	1.047	30%	0
分散	1.096	50%	0
歪度	190.1	70%	0
尖度	89,457	75%	0
メジアン	0	90%	0
モード	0	95%	0

図９　飲食店における交差汚染暴露量の分布

b　飲食店における一食当たりの暴露量

飲食店における鶏肉料理の喫食暴露量と交差汚染暴露量を加えることによって算出した、鶏肉料理喫食１回あたり当たりの平均暴露量を、生食する人、生食しない人別に示したものが、図１０及び図１１である。生食する人の暴露菌数の平均値（215 個/回）は生食しない人（0.0965 個/回）に比べて 2,224 倍も多いことが分かる。両者の確率分布のグラフをみると、両者ともゼロへの偏りが大きいが、X 軸の範囲が両者で 33 倍、Y 軸のスケールが 10 倍異なることで示されており、さらに正の確率密度が現れるパーセント値が、生食する人では 85%値、生食しない人では 95%値からであることからも、生食する人の方が、生食によってより多量の菌に暴露されていることがわかる。

また、鶏肉料理喫食１回あたり当たりの平均暴露量について、（１） b で示した家庭での平均暴露量と比較すると、生食する人では家庭よりも飲食店の方が 2.3 倍大きく、生食しない人では飲食店よりも家庭の方が 2.7 倍大きくなっていることがわかる。生食の頻度が飲食店で高いこと、一方、加熱不十分や交差汚染は家庭での方が起こりやすいことを示唆している。

概要統計（個/回）			
統計	値	%値	値
最小	0	5%	0
最大	204,322	10%	0
平均	214.6	25%	0
標準偏差	1,674	30%	0
分散	2,802,377	50%	0
歪度	25.65	70%	0
尖度	1,340	75%	0
メジアン	0	80%	0
モード	0	85%	0.4219
		90%	67.23
		95%	713.1

図１０　生食する人の飲食店における暴露量の分布

概要統計（個/回）			
統計	値	%値	値
最小	0	5%	0
最大	5,892	10%	0
平均	0.0965	25%	0
標準偏差	8.168	30%	0
分散	66.72	50%	0
歪度	457.2	70%	0
尖度	288,881	75%	0
メジアン	0	80%	0
モード	0	85%	0
		90%	0
		95%	0.002401

図１１　生食しない人の飲食店における暴露量の分布

別添３　具体的な対策の検討に当たり議論された事項について

カンピロバクター食中毒低減に向けた対策の検討に当たって留意すべき事項として議論された内容は以下のとおりである。

１　鶏肉の生食割合及び加熱不十分割合の低減並びに交差汚染防止に向けた普及啓発及びリスクコミュニケーション

農場から消費までのフードチェーンの現状を踏まえれば、カンピロバクター食中毒対策には鶏肉の加熱調理（加熱不十分割合の低減を含む）及び交差汚染防止が不可欠であることを関係者が認識することが重要である。そのため、社会心理学的な行動変容アプローチなど効果的な普及啓発を進めていくことが重要である。

一方、生食は消費者の嗜好や食文化に密接に関わる部分であるため、新たな対策を行う際には、関係者間でのリスクコミュニケーションが重要となる。

２　鶏肉の生食等の消費者行動を踏まえた管理手法の検討

生食の自粛指導などの生食割合低減に向けた対策だけでなく、汚染・非汚染鶏群の区分処理から非汚染鶏肉の区分流通等の対策を踏まえ、汚染・非汚染鶏の区分処理、生食用鶏肉への指導基準の適用等規制的手法を検討することも重要である。

３　農場段階での汚染・非汚染農場の区分及び汚染・非汚染農場を検出するための統一された手法等の開発

食鳥処理段階で汚染・非汚染鶏群の区分処理を行うためには、農場段階で汚染・非汚染農場の区分が行われる必要があるため、農場段階で汚染・非汚染農場を検出するための統一された手法を早急に開発することが重要である。

４　食鳥処理場での塩素濃度管理の徹底等鶏肉への汚染菌数の低減手法の検討

今回の評価では、食鳥処理場における冷却水中の塩素濃度管理の現状を示すデータが得られなかったことから、当該対策の効果については、CFIA/USDA（未公表, 1999）で検討された塩素添加・非添加のモデルを用いた比較として示されている。すなわち、現状を塩素非添加の状態と仮定し、塩素濃度管理が徹底された場合を塩素添加の状態と仮定してリスクを推定しているため、現実には当該対策の効果は過大評価となっている。

従って、食鳥処理場における冷却水中の塩素濃度管理の徹底という対策については、現状把握・分析を行い、効果的な殺菌剤の検討を行った上で具体的な手法を検討することが重要である。

５　農場汚染率の低減に向けた具体的なリスク管理手法の研究開発

農場へのカンピロバクター侵入ルートの特定や効果的な汚染防止方法などの農場での具体的なカンピロバクター対策手法が開発されていない現状にあることから、農場汚染率を効果的に低減させる手法の研究開発を早急に進めることが重要である。

＜別紙：検査値等略称＞

略　称	名　　称
CFU	Colony Forming Unit（集落形成単位）
MPN	Most Probable Number（最確数）
CFIA	Canada Food Inspection Agency（カナダ食品検査庁）
USDA	United States Department of Agriculture（米国農務省）
DVFA	Danish Veterinary and Food Administration（デンマーク獣医食品局）
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu（オランダ国立健康環境研究所）
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Point-（危害分析重要管理点）

＜参照＞

1　ICMSF-International Commission on Microbiological Specifications for Foods. “4 *Campylobacter*”. Micro-organisms in foods 5：Characreristics of microbial pathogens. Kluwer Academic/Plenum Publichers, New York, 1996, p. 45-65.

2　ICMSF-International Commission on Microbiological Specifications for Foods. “2 Poultry and poultry products”. Micro-organisms in foods 6：Microbial ecology of food commodities. An Aspen Publication Aspen Publicshers, Inc. Gaithersburg, Maryland, 1998, p. 75-129.

3　大畑克彦，山崎史恵，佐原啓二，大村正美，増田高志，堀　渉　他．バーベキュー料理に起因するカンピロバクター食中毒の予防に関する研究．　静岡県衛生環境センター報告. 1993, no. 36, p. 1-6.

4　Birk T. ; Rosenquist H. ; Brøndsted L. ; Ingmer H. ; Bysted A. ; Christensen B. B. . A comparative study of two food model systems to test the survival of *Campylobacter jejuni* at −18°C. J. Food Prot. . 2006,　vol. 69, no. 11, p. 2635-2639.

5　Georgsson F. ; Þorkelsson Á. E. ; Geirsdóttir M. ; Reiersen J. ; Stern　N. J. . The influence of freezing and duration of storage on *Campylobacter* and indicator bacteria in broiler carcasses. Food Microbiol. . 2006, vol. 23, no. 7, p. 677-683.

6　Sandberg M. ; Hofshagen M. ; Østensvik Ø. ; Skjerve E. ; Innocent G. . Survival of *Campylobacter* on frozen broiler carcasses as a function of time. J. Food Prot. . 2005, vol. 68, no. 8, p. 1600-1605.

7　Bhaduri. S. ; Cottrell B. . Survival of cold-stressed *Campylobacter jejuni* on ground chicken and chicken skin during frozen storage. Appl. Environ. Microbiol. . 2004, vol. 70, no. 12, p. 7103-7109.

8　Solow B. T. ; Cloak O. M. ; Fratamico P. M. . Effect of temperature on viability of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* on raw chicken or pork skin. J. Food Prot. . 2003, vol.66, no.11, p. 2023-2031.

9　Zhao T. ; Ezeike G.O.I. ; Doyle M.P. ; Hung Y-C. ; Howell R.S. . Reduction of *Campylobacter jejuni* on poultry by low-temperature treatment. J. Food Prot. . 2003, vol. 66, no. 4, p. 652-655.

１０　小野一晃，安藤陽子，川森文彦，尾関由姫恵，柳川敬子．冷凍保存鶏肉における *Campylobacter jejuni* の生存性とパルスフィールド・ゲル電気泳動法による分離菌株の遺伝子解析．日食微誌. 2005, vol. 22, no. 2, p. 59-65.

１１　三澤尚明. “カンピロバクター属と感染症”．見上彪監修．　獣医微生物学　第２版．文永堂出版，2003，p.82-84.

１２　田村純子，吉成香，武藤健一，小笠原徹. “ブロイラーのバンコマイシン耐性腸球菌、サルモネラ、カンピロバクター保菌状況調査”．食鳥肉衛生技術研修会・衛生発表会資料．厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課，2007，p. 59-61.

１３　田中瑞穂，木村真弓，中林昭，野崎章広. “食鳥処理場の処理･加工工程における *Campylobacter* 属菌汚染実態調査”．鶏病研究会平成 17 年度北海道・東北地区技術研修会講演要旨集．鶏病研究会，2005.

１４　Chuma T. ; Makino K. ; Okamoto K. ; Yugi H. . Analysis of distribution of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* in broilers by using

restriction fragment length polymorphism of flagellin gene. J. Vet. Med. Sci. . 1997, vol. 59, no. 11, p. 1011-1015.
１５　伊藤武，高橋正樹，斉藤香彦，高野伊知郎，甲斐明美，大橋誠　他. ニワトリにおけるカンピロバクターの保菌状況ならびに本菌の排菌推移及び養鶏場の環境における本菌汚染状況について. 感染症学雑誌. 1985, vol. 59, no. 2, p. 86-93.
１６　市川憲一，佐藤良彦，今村友子，桑本亮，山崎暉展，西村輝雄. ブロイラー農場における HACCP 方式導入のための調査. 鶏病研報. 1998, vol. 34, no. 4, p. 245-251.
１７　平田和則，井上英幸，竹内康裕，太田正熙. ブロイラー鶏のカンピロバクター保菌状況調査と間接蛍光抗体法による抗体検出. 鶏病研報. 1990, vol. 26, no. 2, p. 100-105.
１８　布留川洋. “管内食鳥処理場に搬入されたブロイラーにおけるカンピロバクター保菌状況とその特徴について”. 食鳥肉衛生技術研修会・衛生発表会資料. 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課，2006, p. 62-64.
１９　森田幸雄，壁谷英則，石岡大成，阪脇廣美，長井章，鈴木宣夫　他. 家畜および市販ひき肉における *Arcobacter, Campylobacter, Salmonella* の分布状況. 日獣会誌. 2004, vol. 57, no. 6, p. 393-397.
２０　伊豆一郎，山崎昇一，鶴田秀哉，江川佳理子，崎村愛. “ブロイラーと体のカンピロバクター及びサルモネラ汚染に対する湯漬及び脱羽処理の影響調査”. 食鳥肉衛生技術研修会・衛生発表会資料. 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課，2007, p. 62-64.
２１　Ono K. ; Yamamoto　K. . Contamination of meat with *Campylobacter jejuni* in Saitama, Japan. Int. J. Food Microbiol. . 1999, vol. 47, no. 3, p. 211-219.
２２　漆畑健，梅原忍，郷田淑明，土屋清次. “鶏及び豚胆汁中における食中毒菌の保菌状況”. 食鳥肉衛生技術研修会・衛生発表会資料. 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課，2002, p. 125-127.
２３　金井香純, 夫津木幸寛. “食鳥処理工程の変更によるカンピロバクター制御への効果について”. 食鳥肉衛生技術研修会・衛生発表会資料. 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課，2006, p. 68-70.
２４　荒木規子，柴折浩幸，稲田一郎，神田郁. “成鶏処理の大規模食鳥処理場におけるカンピロバクター汚染の定量的調査”. 食鳥肉衛生技術研修会・衛生発表会資料. 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課，2003, p. 86-88.
２５　鶏病研究会. 生産現場におけるカンピロバクター汚染実態とその対策. 鶏病研報, 2001, vol. 37, no. 4, p. 195-216.
２６　高木昌美. 鶏におけるカンピロバクター汚染. 鶏病研報, 2002, vol. 38S,　p. 25-34.
２７　品川邦汎. 食鳥処理場カット室内におけるカンピロバクター汚染状況と保菌ロットとの関係についての研究. 厚生科学研究費補助金（生活安全研究事業）平成 15 年度分担研究報告書
２８　平成 18 年度厚生労働科学研究費補助金 食品の安心安全確保推進研究事業『細菌性食中毒の予防に関する研究』（主任研究者　高鳥浩介）分担研究「鶏肉におけるカンピロバクター食中毒の予防に関する研究」分担研究者山本茂貴：研究協力課題「カンピロバクターによる生鶏肉の食中毒の定量的リスクアセスメ

ントモデルの開発」長谷川専, 2006.
２９　農林水産省生産局畜産部食肉鶏卵課．食肉鶏卵に関する最近の情勢について．2009 . http://www.maff.go.jp/j/chikusan/shokuniku/lin/pdf/meguru_syoku.pdf（参照 2009-5-29）.
３０　農林水産省大臣官房統計部．ポケット農林水産統計　平成 19 年版．2007. p. 304.
３１　農林水産省大臣官房統計部．平成 18 年食鳥流通統計調査結果の概要．2007-5-18 . http://www.maff.go.jp/toukei/sokuhou/data/syokutyou-ryutsu2006/syokutyou-ryutsu2006.pdf（参照 2007-12-05）.
３２　農林水産省大臣官房統計部．平成 17 年食鳥流通統計調査結果の概要．2006-5-15 . http://www.maff.go.jp/toukei/sokuhou/data/shokuchou-ryutu2005/shokuchou-ryutu2005.pdf（参照 2007-12-05）.
３３　農林水産省大臣官房統計部．平成 16 年食鳥流通統計調査結果の概要．2005-5-10 . http://www.maff.go.jp/toukei/sokuhou/data/shokuchou-ryutu2004/shokuchou-ryutu2004.pdf（参照 2007-12-05）.
３４　農林水産省大臣官房統計部．平成 15 年食鳥流通統計調査結果の概要．2004-5-19 . http://www.maff.go.jp/toukei/sokuhou/data/shokuchou-ryutu2003/shokuchou-ryutu2003.pdf（参照 2007-12-05）.
３５　総務省統計局. 家計調査（二人以上の世帯）　調査結果. http://www.stat.go.jp/data/kakei/2.htm#hinou（参照 2007-12-06）.
３６　清水泰美，星野利得，石岡大成，森田幸雄，黒田晃，花里康夫. 食鳥処理場における細菌汚染調査．日獣会誌. 1998, vol. 51, no. 10, p. 608-612.
３７　渡邉節，菅原直子，小林妙子，山田わか，齋藤紀行，廣重憲生. 鶏肉からの効率的なカンピロバクターの分離の検討と分離菌の性状．宮城県保健環境センター年報. 2006, vol. 24, p. 117-120.
３８　小野一晃，斎藤志保子，川森文彦，後藤公吉，重茂克彦，品川邦汎. 市販鶏肉におけるカンピロバクターの定量検査と分離菌株の血清型．日獣会誌．2004, 57, 595-598.
３９　小野一晃，安藤陽子，尾関由姫恵，柳川敬子. 試験管培養法による鶏肉からのカンピロバクター分離法の検討－微好気条件の有無による菌分離率の比較－. 日本食品微生物学会雑誌. 2005, 22(3), 116-119.
４０　小野一晃，辻りえ，安藤陽子，大塚佳代子，柴田穣，斎藤章暢　他. 国産および輸入鶏肉におけるカンピロバクターの汚染状況．日獣会誌．2003, vol. 56, no. 2, p. 103-105.
４１　藤井慶樹，坂本裕敬，舟越敦司，佐々木敏之，井上裕美，藤本美香　他. 検査法による鶏肉のカンピロバクター検出率の相違について．食品衛生研究. 2005, vol. 55, no. 6, p. 33-36.
４２　石村勝之，吉野谷進，下村佳，吉田喜美，谷口正昭，萱島隆之　他. 鶏肉からのカンピロバクターの定量および定性検査法の有効性評価．広島市衛研年報. 2006, no. 25, p. 44-46.
４３　坂本裕敬，井原光紀，藤本美香，久保盛恵，佐々木敏之，北原明生　他. 鶏肉

におけるカンピロバクター及びサルモネラの感染状況．広島県獣医学会雑誌. 2006, no. 21, p. 61-63.
４４　池田三恵　他. “ブロイラーに認められる肝炎のカンピロバクター関与”. 食鳥肉衛生技術研修会・衛生発表会資料. 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課，2007, p. 73-75.
４５　徳田裕子，山崎知絵，横山敦史，佐伯法高，池野清太郎，畠中啓吾. “ブロイラーの内臓におけるカンピロバクターの分布状況”. 食鳥肉衛生技術研修会・衛生発表会資料厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課，2006, p. 65-67.
４６　川森文彦，有田世乃，西尾智裕，三輪憲永，増田高志，秋山眞人. カンピロバクターの生態および検出方法に関する研究. 静岡県環境衛生科学研究所報告. 2002, no. 45, p. 5-11.
４７　小野一晃，安藤陽子，重茂克彦，品川邦汎. MPN 法及び直接平板塗抹法による市販鶏レバーのカンピロバクターの定量検査. 日獣会誌. 2002, vol. 55, no. 7, p. 447-449.
４８　柗岡由美子，丸住美都里，森田美加，藤井幸三. 鶏肉のカンピロバクター汚染状況と加熱(湯引きなど)による菌数の変化について. 熊本市環境総合研究所報, 2006, no. 13, p. 37-39.
４９　小野一晃，斎藤章暢，土井りえ，安藤陽子，濱田佳子，大塚佳代子　他. 市販鶏肉のカンピロバクターの定量検査と RAPD 法による遺伝子型別. 埼玉県衛生研究所報, 2001, no. 35, p. 59-62.
５０　平成 19 年度食品安全確保総合調査：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／コリの食品健康影響評価に関する調査. ㈱三菱総合研究所. 2007.
５１　国立感染症研究所，厚生労働省健康局結核感染症課. 病原性微生物検出情報. 予防医学推進センター,東京, 2006, vol. 27, no. 7. http://idsc.nih.go.jp/iasr/27/317/inx317-j.html（参照 2007-12-06）.
５２　Black R. E.；Levine M. M.；Clements M. L.；Hughes T. P.；Blaser M. J. Experimental *Campylobacter jejuni* infection in human. J. Infectious Disease, 1988, vol. 157, no. 3, p. 472-479.
５３　Robinson D. A.. Infective dose of *Campylobacter jejuni* in milk. *British Medical J. (Clin Res Ed),* 1981, vol. 282, p. 1584.
５４　国立感染症研究所：感染症情報センター. 病原性微生物検出情報：カンピロバクター腸炎 1995 ～ 1998. IASR. 1999, vol. 20, no. 5. http://idsc.nih.go.jp/iasr/20/231/inx231.html（参照 2007-12-05）.
５５　東京都食品安全情報評価委員会. カンピロバクター食中毒の発生を低減させるために　～正しい理解でおいしく食べる～. 2004 年 7 月 9 日.
５６　平成 19 年度厚生労働科学研究費補助金 食品の安心安全確保推進研究事業『輸入食品における食中毒菌サーベイランス及びモニタリングシステム構築に関する 研究』（主任研究者　山本茂貴）：分担研究「日本、及び諸外国の市販鶏肉のカンピロバクター汚染状況(文献調査)」分担研究者 鈴木穂高, 2008
５７　Medema G. J.；Teunis P. F. M.; Havelaar A. H.; Haas C. N. . Assessment of the dose-response relationship of *Campylobacter jejuni*. Int. J. Food Microbiol. . 1996, vol. 30, no. 1/2, p. 101-111.
５８　Teunis P.F.M.；van der Heijden O. G.；van der Giessen J. W. B.；Havelaar A. H. . . The dose-response relation in human volunteers for gastro-intestinal pathogens. RIVM Report nr. 284550002, 1996.

５９　平成 19 年度厚生労働科学研究費補助金　食品の安心・安全確保推進研究事業『食品衛生関連情報の効率的な活用に関する研究』（主任研究者　森川馨）：分担研究「微生物に起因する原因不明食中毒の実態調査に関する研究」分担研究者　春日文子，2007.
６０　厚生労働省医薬食品局食品保健部監視安全課：全国食中毒事件録（平成 13 年～平成 15 年）.
６１　RIVM Rapport 250911006. Risk assessment of Campylobacter in the Netherlands via broiler meat and other routes. RIVM - Bilthoven - the Netherlands, 2005, Nauta M. J.；Jacobs-Reitsma W. F.；Evers E. G.；Pelt W. van；Havelaar A. H. . http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/250911006.html（参照 2009-1-23）.
６２　A quantitative risk assessment model for C. jejuni in fresh poultry（CFIA/USDA:1999）
６３　Blaser M. J.；Engberg J. . “Chapter 6 Clinical aspects of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* infections”. *Campylobacter* 3rd ed. Nachamkin I.；Szymanski C. M.；Blaser M. J. ed. AMS Press, Washington, DC, 2008, p. 99-121.
６４　伊藤武，斉藤香彦，柳川義勢，甲斐明美，高橋正樹，稲葉美佐子　他．1979 年～1981 年間に東京都内で発生した *Campylobacter jejuni* による 15 事例の集団下痢症に関する調査．感染症学雑誌. 1983, vol. 57, no. 7, p. 576-586.
６５　松原義雄．“感染性腸炎の臨床症状の変遷”．日本の感染性腸炎Ⅱ．菜根出版，東京，1997，p. 51-62.
６６　小花光夫，相楽裕子，青木知信，金龍起，滝沢慶彦，角田隆文　他．『感染性腸炎の最近の動向』－1996～2000 年における感染性腸炎研究会の調査成績より－．感染症学雑誌. 2002, vol. 76, no. 5, p. 355-368.
６７　Blaser M. J.；Wells J. G.；Feldman R. A.；Pollard R. A.；Allen J. R. . *Campylobacter* enteritis in the United States.：A multicenter study. Ann. Intern. Med. , 1983, vol. 98, no. 3, p. 360-365.
６８　相楽裕子，入交昭一郎．“感染性腸炎起因菌とその薬剤感受性(1985－1994)“．日本の感染性腸炎Ⅱ．菜根出版，東京，1997，p. 7-30.
６９　Rees J. H.；Soudain S. E.；Gregson N. E.；Hughes A. C. . *Campylobacter jejuni* infection and Guillain-Barre’ syndrome. New England J. Medicine, 1995, vol. 333, no.21, p. 1374-1379.
７０　Jacob B. C.；van Doorn P. A.；Schmitz P. I. M.；Tio-Gillen A. P.；Herbrink P.；Visser L. H. *et al.* . *Campylobacter jejuni* infection and anti-GM1 antibodies in Guillain-Barre’ syndrome. Ann. Neurol. , 1996, vol. 40, p. 181-187.
７１　古賀道明，結城伸泰．*Campylobacter jejuni* 腸炎とギラン・バレー症候群．感染症学雑誌. 2003, vol. 77, no. 6, p. 418-422.
７２　Takahashi M.；Koga M.；Yokoyama K.；Yuki N. . Epidemiology of *Campylobacter jejuni* isolated from patients with Guillain-Barre´ and Fisher Syndromes in Japan. J. Clinical Microbiology, 2005, vol. 43, no. 1, p. 335-339.
７３　Van Koningsveld R.；Van Doorn P. A.; Schmitz P. I. M.; Ang C. W.；Van der Meché F. G. A. . Mild forms of Guillain-Barré syndrome in an epidemiologic survey in the Netherlands. Neurology, 2000, vol. 54, p.

620-625.
７４　Hughes R. A. C.；Rees J. H. . Clinical and Epidemiologic Features of Guillain-Barre´ Syndrome. J. Infectious Diseases, 1997, vol. 176(Suppl 2), S92-98.
７５　国立感染症研究所：感染症情報センター．病原性微生物検出情報：感染症の話「カンピロバクター感染症」. IDWR. 2005, no. 19. http://idsc.nih.go.jp/idwr/kansen/k05/k05_19/k05_19.html（参照 2008-11-18）
７６　Jacobs B. C.；Rothbarth P. H.；van der Meche' F. G. A.；Herbrink P.；Schmitz P. I. M.；de Klerk M. A. *et al.* . The spectrum of antecedent infections in Guillain-Barre' syndrome.：A case-control study. Neurology, 1998, vol. 51, p. 1110-1115.
７７　Allos. B. M. Association between *Campylobacter* Infection and Guillain-Barre´ Syndrome. J. Infectious Diseases, 1997, vol. 176(Suppl 2), p. S125–128.
７８　Kuroki S.；Saida T.；Nukina M.；Haruta T.；Yoshioka M.；Kobayashi Y. *et al.* . *Campylobacter jejuni* strains from patients with Guillain-Barre syndrome belong mostly to Penner serogroup 19 and contain β-*N*-acetylglucosamine residues. Ann. Neurol. , 1993, vol. 33, no.3, p. 243-247.
７９　藤本秀士．キャンピロバクター感染症とギラン・バレー症候群．九州大学医療技術短期大学部紀要, 2000, vol. 27, p. 55-62.
８０　諸岡達也，竹尾浩美，小田禎一，村上紀行，伊藤武．未熟児室における *Campylobacter jejuni* の院内感染例．日本新生児学会雑誌, 1989, vol. 25, no. 3, p. 576-580.
８１　Blaser M. J.；Waldman R. J.；Barrett T.；Erlandson A. L. . Outbreaks of *Campylobacter* enteritis in two extended families: Evidence for person-to-person transmission. J. Pediatrics, 1981, vol. 98, no. 2, 254-257.
８２　伊藤武，斉藤香彦，高橋正樹，柳川義勢，甲斐明美，稲葉美佐子．消毒剤や熱処理によるカンピロバクターの消毒効果ならびに調理器具・器材中からの本菌の除菌効果について．東京都立衛生研究所研究年報. 1986, no. 37, p. 119-128.
８３　平成 18 年度厚生労働科学研究費補助金 食品の安心安全確保推進研究事業『細菌性食中毒の予防に関する研究』（主任研究者　高鳥浩介）：分担研究「鶏肉におけるカンピロバクター食中毒の予防に関する研究」分担研究者　山本茂貴：研究協力課題「ブロイラー農場でのカンピロバクター汚染実態」協力研究者　中馬猛久, 2006.
８４　齊藤志保子，八柳潤，佐藤晴美，伊藤功．薬剤耐性菌の浸淫実態解明に関する調査研究(平成 12 年度～平成 14 年度)．秋田県衛生科学研究所報, 2003, no. 47, p. 24-29.
８５　清水美和子，磯部順子，木全恵子，嶋智子，田中大祐，綿引正則．富山県におけるカンピロバクター分離状況(2005 年)．富山県衛生研究所年報，2006, no. 29, p. 174-177.
８６　平成 17 年度厚生労働科学研究費補助金　食品の安心安全確保推進研究事業『食中毒菌の薬剤耐性に関する疫学的・遺伝学的研究』（主任研究者　渡邉治雄）：分担研究「食品由来の食中毒菌による耐性獲得リスクマネージメント手法に関する研究」分担研究者　五十君靜信，2006.
８７　辻澤恵都子，金澤祐子，岩崎恵子，山下晃司，上野美知，太田裕元　他．市販

鶏肉のサルモネラ, カンピロバクター，腸球菌による汚染状況調査．和歌山市衛生研究所報, 1999,2000, no. 12, p. 108-114.
８８　国井悦子，下村佳，古田喜美，河本秀一，石村勝之，吉野谷進　他．鶏肉のカンピロバクター培養検査法の検討−鶏肉の検査方法別検出感度および検出率の比較−. 広島市衛生研究所年報，2005, no. 24, p. 49-54.
８９　森田幸雄，壁谷英則，丸山総一，長井章，奥野英俊，中林良雄　他．市販鶏ひき肉における *Arcobacter*, *Campylobacter* および *Salmonella* の汚染状況．日獣会誌. 2003, vol. 56, no. 6, p. 401-405.
９０　安藤陽子，小野一晃，小林留美子，増谷寿彦，柴田穣，大塚佳代子，濱田佳子他．市販鶏肉の細菌汚染調査．埼玉県衛生研究所報，2003, no. 36, p. 80-82.
９１　古畑勝則，柿本將平，百田隆祥，小島禎，池戸正成，福山正文．LAMP 法および培養法による市販鶏肉からのカンピロバクターの検出比較．日本食品微生物学会雑誌，2006, vol. 23, no. 4, p. 237-241.
９２　多田芽生，砂原千寿子，多田千鶴子，山西重機. 鶏肉における *Campylobacter* および *Salmonella* の汚染状況．香川県環境保健研究センター所報，2004，no. 3，p. 187−190.
９３　川森文彦，柏木美智子，佐野世乃，三輪憲永，増田高志，倉重英明．カンピロバクターの菌数測定法の検討および食品におけるカンピロバクター汚染実態調査−リアルタイム PCR 法による *Campylobacter jejuni* の菌数測定−. 静岡県環境衛生科学研究所報告，2003, no. 46, p. 1-6.
９４　藤田雅弘，阪脇廣美，森田幸雄，Boonmar S.，木村博一．タイおよび日本におけるカンピロバクター食中毒の疫学．平成 16 年度食肉に関する助成研究調査成果報告書．2005, vol. 23, p. 187-192.
９５　Sallam K. I. . Prevalence of Campylobacter in chicken and chicken by-products retailed in Sapporo area, Hokkaido, Japan. Food Control, 2007, vol. 18, no. 9, p. 1113-1120
９６　Fukushima H.；Katsube K.；Hata Y.；Kishi R.；Fujiwara S. . Rapid separation and concentration of food-borne pathogens in food samples prior to quantification by viable-cell counting and real-time PCR. Appl. Environ. Microbiol. . 2007, vol. 73, no. 1, p. 92-100.
９７　Saito S.；Yatsuyanagi J.；Harata S.；Ito Y.；Shinagawa K.；Suzuki N. *et. al.* . *Campylobacter jejuni* isolated from retail poultry meat, bovine feces and bile, and human diarrheal samples in Japan: comparison of serotypes and genotypes. FEMS Immunol. Med. Microbiol. . 2005, vol. 45, no. 2, p. 311-319.
９８　Mylius S. D.；Nauta M. J.；Havelaar A. H. . Cross-contamination during food preparation: a mechanistic model applied to chicken-borne *Campylobacter*. Risk Analysis. 2007, vol. 27, no. 4, p. 803-813.
９９　Chen Y.；Jackson K. M.；Chea F. P.；Schaffner D. W. . Quantification and variability analysis of bacterial cross-contamination rates in common food service tasks. J. Food Protct. . 2001, vol. 64, no. 1, p. 72-80.