

別紙

令和4年度 食品健康影響評価技術研究 研究成果報告書（終了時）

研究課題名 (研究項目名)	鶏肉のフードチェーンを通じたカンピロバクターの定量的動態解析とリスク低減効果の評価に向けた研究（課題番号：JPCAFSC20222202） （鶏肉中のカンピロバクターのリスク評価手法に関する研究）
主任研究者	研究者名：窪田邦宏 所属機関：国立医薬品食品衛生研究所

I 研究期間及び研究目的等

1 研究期間

令和4年度（1年間）

2 研究目的

本研究課題では食鳥肉に関わるカンピロバクターの定量的なリスク評価に資する基礎知見の集積を図ることを目標としている。それぞれの項目について以下の目標を設定して検討を進めた。

- ① 地鶏におけるカンピロバクターの時系列動態解析（鳥居ら）：感染実験（単回経口投与）を通じ、地鶏盲腸内における本菌汚染濃度分布を時系列に沿って定量的に求め、地鶏における本菌保有リスクの経時変動データを取得する。
- ② 食鳥処理段階でのリスク低減策の有効性評価に関する検討（山崎、佐々木、朝倉ら）：食鳥処理場での有効なリスク低減策と想定される殺菌剤（亜塩素酸水）（山崎ら）、或いは水（佐々木ら）を噴霧することによる本菌汚染低減効果の評価を開始する。また、蛍光イムノクロマト資材の作成を行い、食鳥処理場での検討を開始する（朝倉ら）。
- ③ 流通鶏肉におけるカンピロバクターの定量的汚染実態に関する検討（赤瀬、中村ら）：消費地（東京及び大阪）に流通する鶏モモ肉製品における本菌汚染菌数の定量検出試験を開始する。目標検体数は2地域で計100検体とする。
- ④ 調理段階でのカンピロバクター交叉汚染リスク探知手法に関する検討（中村、朝倉ら）：飲食店での本菌汚染分布の把握に向けて、培養法及び遺伝子検出法を用いた定量評価を開始する（中村ら）。また、自然汚染を示す鶏肉をまな板で調理した際の交叉汚染の広がりを実験室内で評価する（朝倉ら）。
- ⑤ カンピロバクターの環境適応に関する検討（朝倉ら）：国内食中毒由来株及び食品由来株間でバイオフィーム形成性を比較解析し、遺伝特性との関連性を考察する。
- ⑥ 健康被害実態及び食品寄与率の推定（窪田、熊谷ら）：臨床検査成績等に基づき本菌

による被害実態及び年次変動を推定する（窪田ら）。また、菌株の遺伝特性に基づく食品寄与率を推定する（熊谷ら）。

3 研究体制

研究項目名	個別課題名	研究担当者（所属機関）
地鶏におけるカンピロバクターの時系列動態解析	地鶏におけるカンピロバクターの時系列動態解析	鳥居恭司（東京農業大学）
食鳥処理段階でのリスク低減策の有効性評価に関する検討	蛍光イムノクロマト法による食鳥処理場でのカンピロバクター検出に関する検討	朝倉宏（国立医薬品食品衛生研究所）
	食鳥処理場における殺菌剤の適正使用に関する検討	山崎伸二（大阪公立大学）
	HACCPに沿った衛生管理制度化に伴う工程変更の有効性評価に関する検討	佐々木貴正（国立医薬品食品衛生研究所／帯広畜産大学）
流通鶏肉におけるカンピロバクターの定量的汚染実態に関する検討	大阪市内の流通鶏肉におけるカンピロバクターの定量的汚染実態に関する検討	中村寛海（大阪健康安全基盤研究所）
	東京都内の流通鶏肉におけるカンピロバクターの定量的汚染実態に関する検討	赤瀬 悟（東京都健康安全研究センター）
調理段階でのカンピロバクター交叉汚染リスク探知手法に関する検討	調理段階でのカンピロバクターの飛散・生残挙動に関する検討	朝倉宏（国立医薬品食品衛生研究所）
	飲食店でのカンピロバクター汚染分布の定量的評価に向けた検討	中村寛海（大阪健康安全基盤研究所）
カンピロバクターの環境適応に関する検討	カンピロバクターのバイオフィルム形成性に関する検討	朝倉宏（国立医薬品食品衛生研究所）
健康被害実態及び食品寄与率の推定	健康被害実態推定に関する検討	窪田邦宏（国立医薬品食品衛生研究所）
	食品寄与率の推定に関する検討	熊谷優子（和洋女子大学）

4 倫理面への配慮について

本研究では、病原体を取り扱う分担研究課題を含むことから、その実施にあたっては、各実施機関で感染症法に則って定められた、病原体取り扱い規定に基づいて対応を行い、実施者及び周囲環境における生物的危険性を排除する。また、ニワトリ生体を用いた研究については、実験動物に対する動物愛護の考え方を取り入れて策定・運用されている実施機関の規定に基づいて行うものとし、事前に機関内承認を受けた上で実施にあたる。なお、

健康被害実態推定では、発生動向調査として検査に係る数値のみを取り扱い、個人情報 は取り扱わないため、倫理審査の必要はない。

II 研究内容及び成果等

1 研究項目：地鶏におけるカンピロバクターの時系列動態解析

(1) 個別課題：地鶏におけるカンピロバクターの時系列動態解析（鳥居恭司（東京農業大学））

地鶏を生産する事業者の協力を得て、地鶏の幼雛（約2週齢）を所属機関内の施設に導入し、感染群と非感染群に分け、オガクズを敷料とした平飼い形態で別室にて飼育をした。感染群については、*C. jejuni* 81-176 株を単回経口投与し、感染0、2、4、8、12、16、24 週後（当該鶏系統の出荷日齢は約120日齢）迄の各時点で各5羽より盲腸内容、末梢血液を採取し、カンピロバクター菌数を定量的に求めた。また、非感染群を別室にて飼育し、時系列に沿って盲腸内容等の採取を並行的に実施した。

その結果、盲腸内容1g中のカンピロバクター菌数は感染8週目までは安定的であったものの、12週後で検体間のばらつきを認めはじめ、24週後では1羽を除いて排菌された。なお、非感染群は全ての時系列でカンピロバクター陰性を確認した。盲腸内菌叢（菌群階層）の比較を感染群、非感染群の感染0～12週後の盲腸便を用いて行ったところ、カンピロバクター感染に関わらず感染8週で *Bacteroidaceae* の占有率が顕著に増加した。また、感染群と非感染群との比較では菌叢の挙動が異なることが明らかとなり、今後詳細に検討していく必要がある。

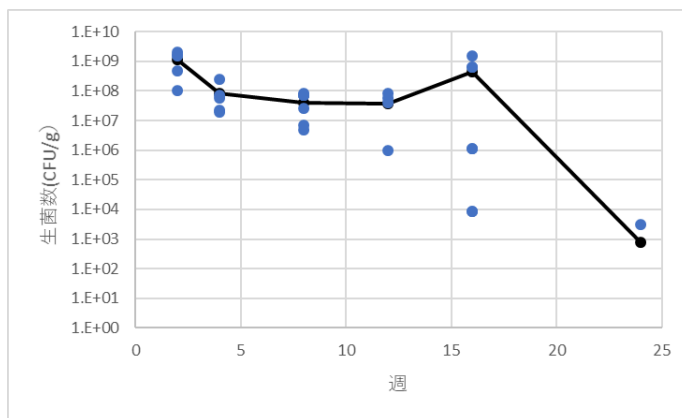


図1 地鶏盲腸内でのカンピロバクター菌数挙動

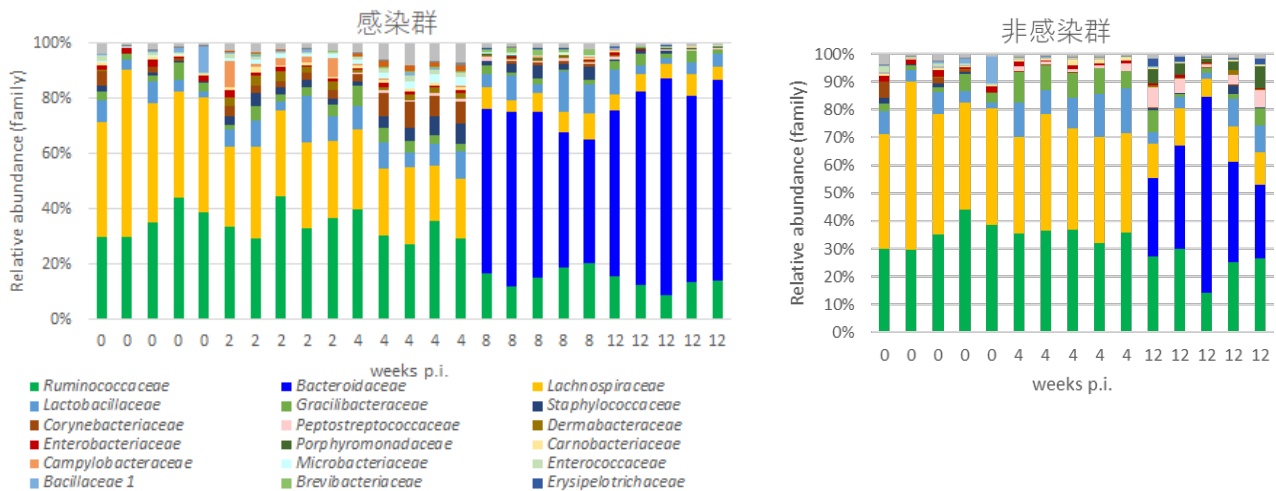


図2 地鶏盲腸内菌叢（菌群階層）の時系列比較

2 研究項目：食鳥処理段階でのリスク低減策の有効性評価に関する検討

(1) 個別課題：蛍光イムノクロマト法による食鳥処理場でのカンピロバクター検出に関する検討（朝倉宏（国立医薬品食品衛生研究所））

先行研究（平成30～令和元年度食品健康影響評価技術研究「国内で多発するカンピロバクター食中毒の定量的リスク分析に関する研究」（課題番号：1806）、以下同じ）で開発した蛍光イムノクロマト資材を作製し、本手法の実用可能性を評価するため、鶏皮試料からのカンピロバクター添加回収試験を定量的に実施した。その結果、約 2.3 log CFU/g の汚染菌数を示す鶏皮の 5 検体中 3 検体からカンピロバクターが検出されたほか、約 3.6 log CFU/g の汚染菌数を示す鶏皮では 5 検体全てから当該菌が検出された。

(2) 個別課題：食鳥処理場における殺菌剤の適正使用に関する検討（山崎伸二（大阪公立大学））

食鳥処理場において遊離塩素濃度 25 ppm の亜塩素酸水を脱羽後および内外洗浄後に噴霧しその殺菌効果について検討を行った。

2022年9,11月、2023年2月の計3回、亜塩素酸水を噴霧したと体および噴霧していないと体それぞれ10と体（計30と体ずつ）を用い、腸内細菌科菌群の定量をNIHSJ-16法で、カンピロバクターの汚染菌数をNIHSJ-35法および特異的Real-time PCR法で評価を行った。また、鶏皮10gを採集しBolton培地で増菌培養を行いカンピロバクターの検出

を試みると同時に同処理群より盲腸便を各回 10 検体回収し、同日処理群における鶏中のカンピロバクターの有無を NIHSJ-35 法および特異的 Real-time PCR 法で確認した。増菌検体および盲腸便検体より分離された *Campylobacter* 様の菌株は、菌種同定用 PCR 法により *C. jejuni* または *C. coli* であることを確認した。

まず、盲腸便の結果であるが、採材を行った計 6 回のうち 5 回で盲腸便中より $10^1 \sim 10^6$ CFU/g のカンピロバクターが検出されたが、2023 年 2 月に採材した 1 回（亜塩素酸非処理群 10 と体）はカンピロバクターが検出されずカンピロバクター陰性群であったと考えられた（表 1）。

調査したと体計 60 と体（亜塩素酸水処理群:30 と体および亜塩素酸水非処理群:30 と体）からは、NIHSJ-35 法で 60 検体中 2 検体（11 月採取と体；亜塩素酸水処理と体 1 検体より 5 CFU/g、亜塩素酸水非処理と体 1 検体より 6.5×10 CFU/g）よりカンピロバクターが検出された。また、10 g の鶏皮を採取し Bolton 培地を用いカンピロバクターの増菌分離培養を行ったところ、亜塩素酸水処理群では 30 検体中 7 検体（9 月採材の 7 検体）より、亜塩素酸水非処理群では 30 検体中 20 検体より（9 月、11 月採材の全検体）カンピロバクターが検出された。2 月採材の亜塩素酸水非処理群では、盲腸便中よりカンピロバクターが検出されていないためと体からも検出されなかったことが示唆される。先行研究より、と体は約 10^3 CFU/g 程度のカンピロバクターに汚染されていると予想されたが本研究で採材したと体はいずれも汚染菌数が少なく NIHSJ-35 法では検出できないほどの汚染であった。また、たとえ盲腸便中にカンピロバクターが存在していても、さらに検体数を増やし検証する必要はあるが、増菌培養後に検出される割合は亜塩素酸水を噴霧することで低くなる傾向が確認された。

一方で腸内細菌科菌群数は 9 月に多く 2 月に向かって減少する傾向はみられたが、亜塩素酸水処理群と非処理群において大きな差は確認されず、さらに検体数を増やして検討するとともに検証方法についても糞便中の菌数等を含め検討する必要があると考えられた。

表 1；各採材時期における各方法または検体からの *Campylobacter* の検出率

採材時期	亜塩素酸水	<i>Campylobacter</i> 検出率 (%)			
		盲腸便	NIHSJ-35 法	Real-time PCR	鶏皮 増菌群
2022 年 9 月	処理群	90	0	0	70
	非処理群	70	0	0	100
2022 年 11 月	処理群	100	10	0	0
	非処理群	100	10	0	100
2023 年 2 月	処理群	80	0	0	0
	非処理群	0	0	0	0

(3) 個別課題：HACCPに沿った衛生管理制度化に伴う工程変更の有効性評価に関する検討（佐々木貴正（国立医薬品食品衛生研究所／帯広畜産大学））

【背景及び目的】

食鳥処理場では、HACCPシステムの導入に対応するために危害要因分析を行い、食鳥工程の様々な地点に重要管理点及び検査項目を設定するなど、鶏肉の微生物汚染を低減させるための工程管理を行っている。しかし、カンピロバクターに対する低減効果に関する定量データは乏しく、カンピロバクターに対する効果については不明である。特に、大規模食鳥処理場では、食鳥処理速度（60羽/分以上）が速いこと、作業の自動化が進み、施設内に設備・機器が多く配置されているために検体を採取するためのスペースがないこと等から調査を実施すること自体が難しく、定量データは皆無である。しかしながら、精度の高いリスク評価を行うためには、現在実施している微生物低減対策のカンピロバクター汚染に対する効果に関する定量データは不可欠であり、食鳥処理場の協力を得つつ、データを取得する必要がある。このため、我々は先行研究から定量データの収集に努めている。そして、先行研究の調査対象であった大規模食鳥処理場が、2022年1月に工程変更（脱羽後のとたい洗浄機～中抜き機までの設備を更新し、さらに脱羽時に「とたい」に噴射する水（噴射水）への次亜塩素酸ナトリウム（遊離残留塩素濃度の管理濃度：100～200ppm）を添加）を実施したとの情報を得たため、今回、先行研究と同様の調査を実施し、先行研究の結果と比較することで工程変更によるカンピロバクター汚染低減効果が評価できると考えた。また、食鳥工程及び工程管理は多様であり、これに対応するために調査対象施設の拡大を目指し、2022年6～11月の間に大規模食鳥処理場6施設（B～G）について、各施設（各施設5鶏群以上を調査対象）から出荷される市販鶏肉（2kg詰めの胸肉真空パック）とその由来となった鶏群の盲腸内容物のカンピロバクター汚染状況を調査した。

【材料及び方法】

調査①（工程変更に伴うカンピロバクター汚染低減効果の確認調査）：2022年6～11月の間にA施設で食鳥処理された6鶏群（A1～A6）を調査対象として、各群5羽の盲腸内容物、脱羽後のとたい洗浄が終了した地点（脱羽後とたい）、冷却前の地点（冷却前とたい）及び冷却後の地点（冷却後とたい）の計3地点で各群5とたい、さらに各群胸肉パック1袋を採取し（図1）、航空便にて国立医薬品食品衛生研究所に送付し、カンピロバクター定量試験（ISO10272：2017に準じたmCCDA法で実施し菌種の同定はPCR法）を実施した。なお、A1～A5群では、とたいの定量試験はとたい丸ごとを検体として定量試験（リンスパック法）を実施したが、脱羽後とたいには内臓があり、約40℃の内臓を内包したまま冷却することは困難であったことから、将来的な調査方法を見据え、A6群では食鳥処理場でとたいから胸皮を採取し、それを検体とした。胸皮に変更した理由は、市販鶏肉の

汚染実態調査でも検体とされていることが多く、鶏肉フードチェーンにおける菌数変化について一貫した解析ができること、胸部は脱羽時及び中抜き時に消化管内容物による汚染を受けやすいこと、採取後に冷却しやすいこと、懸鳥ラインからとたいを外す際に腿部を掴む必要があり、腿肉（皮を含む）のカンピロバクター菌数はこの採材手技の影響を受けやすいこと、国内の大規模食鳥処理場では首皮は冷却前に除去されることなど、今後のリスク評価を見据えた場合に有利な点が最も多いと考えられたためである。

調査②（大規模食鳥処理場におけるカンピロバクター汚染状況調査）：2022年6～11月の間に6施設（B～G）で食鳥処理された鶏群（各施設5～9鶏群）を調査対象として、各群5羽の盲腸内容物と胸肉パック（各群1パック）を採取し、航空便にて国立医薬品食品衛生研究所に送付し、調査①と同様にカンピロバクター定量試験を実施した。

【結果】

調査①：定量試験の結果、A3群以外の5群（カンピロバクター保菌群）の盲腸内容物から平均 $7.2 \log_{10}$ CFU/g のカンピロバクターが分離された（表1）。脱羽後とたいのカンピロバクター菌数は、とたい丸ごとを検体としたカンピロバクター保菌2群（A2及びA4）では平均 $5.2 \log_{10}$ CFU/とたい、胸皮を検体としたA6群では $3.2 \log_{10}$ CFU/g であった。冷却前とたいのカンピロバクター菌数は、とたい丸ごとを検体としたカンピロバクター保菌4群（A1、A2、A4及びA5）では平均 $5.4 \log_{10}$ CFU/とたい、胸皮を検体としたA6群では $3.0 \log_{10}$ CFU/g であった。冷却後とたいのカンピロバクター菌数は、とたい丸ごとを検体としたカンピロバクター保菌4群（A1、A2、A4及びA5）のうちカンピロバクターが分離された3群（A1、A2及びA4）では平均 $3.8 \log_{10}$ CFU/とたい、胸皮を検体としたA6群では $1.0 \log_{10}$ CFU/g であった。胸肉のカンピロバクター菌数は平均 $1.5 \log_{10}$ CFU/g で、 $2.0 \log_{10}$ CFU/g 以上であったものはなかった。冷却工程におけるカンピロバクター低減効果については、冷却後に定量値が得られたカンピロバクター保菌4群（A1、A2、A4およびA6）で平均 $2.1 \log_{10}$ であった。

なお、2群（A1およびA5）では、検体到着時にとたいの冷却不足が原因と考えられる異臭を脱羽後とたいが発していたため、脱羽後とたいのカンピロバクター定量試験は実施しなかった。

調査②：4施設（B、C、D及びG）ではカンピロバクター保菌鶏群が食鳥処理された場合、その胸肉は5割以上の確率で高濃度汚染（ $2.0 \log_{10}$ CFU/g 以上）にカンピロバクターに汚染されており、食鳥工程の各地点で定量値を得られる可能性が高いことが判明した（表2）。E施設では、今回9鶏群を調査対象としたがすべてカンピロバクター保菌鶏群ではなく、胸肉パックからもカンピロバクターが検出されなかった。E施設を含め、カンピロバクター非保菌鶏群に由来する胸肉からはカンピロバクターは検出されなかった。

【考察】

A施設の工程変更前の同地点におけるカンピロバクター菌数は、脱羽後とたいで平均 $5.6 \log_{10}$ CFU/とたい、冷却前とたいで平均 $6.5 \log_{10}$ CFU/とたい、冷却後とたいで平均

3.9 \log_{10} CFU/とたい（先行研究の2019年7～10月の間に実施した4群の結果）、胸肉パックで平均2.2 \log_{10} CFU/g（未発表データ）であったことから、食鳥工程の変更によって、脱羽後の時点で0.4 \log_{10} 、冷却前の時点で1.1 \log_{10} 、冷却後の時点で0.1 \log_{10} 、胸肉パックで0.7 \log_{10} のカンピロバクター汚染低減効果が得られた可能性があることが判明した。噴射水への次亜塩素酸ナトリウム添加は、「とたい」の黄色ブドウ球菌汚染の低減を目的に導入されたが、カンピロバクターの汚染低減効果もあることが示唆された。脱羽時に噴射する水に殺菌剤を添加する施設は少なく、他の設備変更と比べコストも低いと考えられることから、他施設との比較試験により、添加効果を検討することは有意義であると考えられた。調査②において調査した施設では噴射水に殺菌剤は添加しておらず、また、胸肉パックのカンピロバクター菌数は、E施設を除き、2.0 \log_{10} CFU/gの場合もあったことから、噴射水への殺菌剤添加はカンピロバクター低減効果があること期待される。なお、脱羽後のとたい洗浄前の地点での検体採取、さらに、とたい丸ごとから胸皮に変更した定量調査を追加で実施する予定であったが、食鳥処理場従業員の新型コロナウイルス感染及び国内養鶏場における高病原性鳥インフルエンザの続発によって食鳥処理場への立入りが大幅に制限されたため実施できなかった。E施設では9鶏群を調査対象としたものの、すべてカンピロバクター非保菌鶏群であった。E施設については、2018年から継続的にカンピロバクター汚染実態調査を実施しており、2021年の10月以降、本研究の最終検体採材日（2022年10月31日）まで鶏群及び胸肉から分離されなかった。

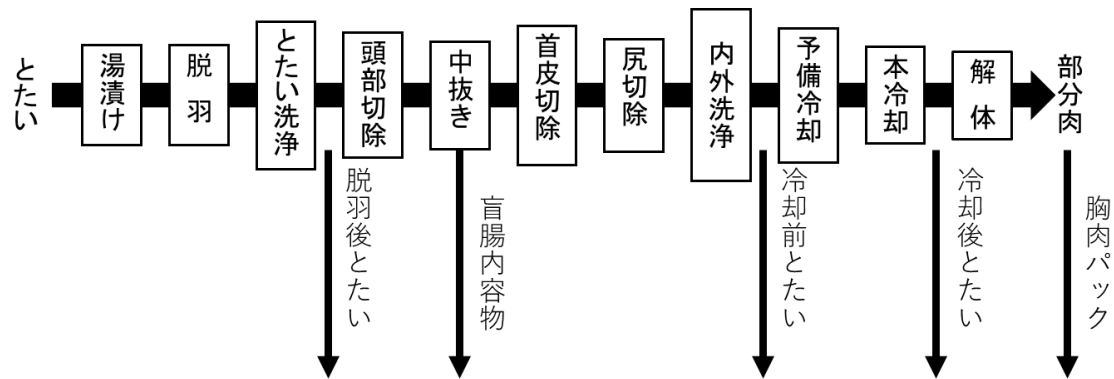


図1 食鳥工程の概要と検体採取地点

表1 A施設における盲腸内容物、とたい及び胸肉のカンピロバクター菌数

鶏群 記号	盲腸内容物		脱羽後とたい		冷却前とたい		冷却後とたい		胸肉 log ₁₀ CFU/g
	陽性数 /5	log ₁₀ ±SD ¹⁾ CFU/g	陽性数 /5	log ₁₀ ±SD CFU/とたい	陽性数 /5	log ₁₀ ±SD CFU/とたい	陽性数 /5	log ₁₀ ±SD CFU/とたい	
A1	5/5	7.3±0.7	未実施	-	5/5	6.1±0.5	5/5	3.2±0.2	1.5
A2	5/5	7.6±0.4	5/5	5.4±0.7	5/5	6.2±0.7	5/5	4.7±0.5	1.7
A3	0/5	-	0/5	-	0/5	-	0/5	-	-
A4	5/5	8.1±0.6	5/5	5.0±0.6	5/5	5.4±0.3	4/5	3.4±0.5	1.9
A5	5/5	5.2±1.1	未実施	-	5/5	3.8±0.5	0/5	-	-
				log ₁₀ ±SD CFU/g		log ₁₀ ±SD CFU/g		log ₁₀ ±SD CFU/g	
A6	5/5	7.7±1.0	5/5	3.2±0.5	5/5	3.0±1.0	3/5	1.0	0.9

SD: 標準偏差

表2. 食鳥処理場6施設における盲腸内容物及び胸肉のカンピロバクター菌数

施設 記号	群記 号	盲腸内容物		胸肉
		陽性数/5	$\log_{10} \pm \text{SD CFU/g}$	$\log_{10} \text{ CFU/g}$
B	A1	5	7.3 \pm 1.3	2.3
	A2	0	—	—
	A3	5	7.2 \pm 0.9	2.1
	A4	0	—	—
	A5	4	4.8 \pm 1.3	0.9
	A6	5	8.1 \pm 0.6	2.5
C	B1	5	7.4 \pm 1.2	1.3
	B2	5	6.4 \pm 0.5	2.1
	B3	5	6.1 \pm 0.8	2.0
	B4	5	8.8 \pm 0.2	1.7
	B5	5	6.5 \pm 0.7	—
D	C1	0	—	—
	C2	5	7.9 \pm 0.4	1.8
	C3	5	8.0 \pm 0.6	1.4
	C4	5	8.0 \pm 0.2	2.1
	C5	5	8.1 \pm 0.5	2.0
E	D1	0	—	—
	D2	0	—	—
	D3	0	—	—
	D4	0	—	—
	D5	0	—	—
	D6	0	—	—
	D7	0	—	—
	D8	0	—	—
	D9	0	—	—
F	E1	5	6.9 \pm 0.6	0.9
	E2	0	—	—
	E3	0	—	—
	E4	5	8.5 \pm 0.6	2.2
	E5	0	—	—
	E6	5	7.6 \pm 0.6	1.1
G	F1	5	8.1 \pm 1.0	2.1
	F2	0	—	—
	F3	2	4.1 \pm 0.8	—
	F4	0	—	—
	F5	5	6.1 \pm 0.8	1.6
	F6	5	7.6 \pm 0.6	2.4

3 研究項目：流通鶏肉におけるカンピロバクターの定量的汚染実態に関する検討

(1) 個別課題：大阪市内の流通鶏肉におけるカンピロバクターの定量的汚染実態に関する検討（中村寛海（大阪健康安全基盤研究所））

【背景および目的】

カンピロバクター食中毒は依然としてわが国の細菌性食中毒の中で最も事件数が多く、本菌による食中毒発生は制御できていない。また、原因食品が判明したもののほとんどは鶏肉が関連している。食品安全委員会が令和3年6月に公表した「食品健康影響評価のためのリスクプロファイル～鶏肉等における *Campylobacter jejuni/coli*～（改訂版）」では、鶏肉の生産から流通・消費に至るフードチェーンを通じたカンピロバクター動態の定量的把握、すなわちフードチェーンの各段階における定量データを活用した定量的リスク評価が鶏肉由来のカンピロバクターによる人の健康被害を低減するために重要であるとしている。実際に、諸外国では食鳥処理段階における食鳥と体の汚染状況を具体的な目標値としてモニタリングを行い、食鳥処理及び生産段階における衛生管理の向上に取り組んでいる。そこで、本研究課題においては、消費段階における鶏肉の汚染菌量の定量データの収集を目的として大阪市内を流通する鶏もも肉の定量的汚染実態調査を行った。

【材料および方法】

令和4年9月～令和5年3月までの間に大阪市中央卸売市場内の鶏肉加工施設3施設から購入した鶏もも肉45検体を試験に供試した。検体は3施設から12月を除く毎月1回、計6回購入した。定量試験はIS010272-2:2017との同等性が確認されているNIHSJ-35法を用いた。具体的には、鶏もも肉検体25gに対して緩衝ペプトン水（BPW）を100mL添加した5倍希釈液を、200 μ Lずつ5枚の選択分離平板培地（クロモアガーカンピロバクター寒天平板培地）に塗布して、コンラージ塗抹し、アネロパック・微好気を入れた嫌気ジャーに培地を入れて42 \pm 1 $^{\circ}$ C、44 \pm 4時間微好気培養した。培養後、各平板上に発育した定型集落の個数を計数して検体1gあたりの菌数（log CFU/g）を算出した。定型集落の発育を認めた各平板から1集落をミューラーヒントン寒天平板培地で増菌し、アルカリ熱抽出法にて鋳型DNAを調製しPCR法によりカンピロバクター属を同定して菌数を確定するとともに、*C. jejuni*と*C. coli*の鑑別を行った。

【結果および考察】

鶏もも肉45検体は、ブロイラーが29検体、銘柄鶏が16検体であった。3施設から購入した検体の内訳は、A社13検体、B社16検体、C社16検体であった。45検体中カンピロバクターが検出されたのは16検体（35.6%）であり、29検体はカンピロバクター不検出であった。定型集落の発育を認めなかった29検体（不検出検体）の定量値を検出限界の1/2である0.35 log CFU/gとし、全45検体の菌数の分布を表1にまとめた。その結果、0.35 log CFU/g（不検出）が29検体、0.36～1.0 log CFU/gが3検体、1.1～2.0 log CFU/g

が6検体、2.1~3.0 log CFU/gが3検体、3.1 log CFU/g以上が4検体であった（表1）。最も高値だった鶏モモ肉は、2,872 CFU/g (3.458 log CFU/g)であった。検出された菌種は全て *C. jejuni* であった。カンピロバクター陽性はブロイラー29検体中12検体（41.4%）、銘柄鶏16検体中4検体（25%）であった。ブロイラーの陽性率が高かったが、銘柄鶏はB社のみからの購入であったことから、検体を増やしてさらなる検討が必要である。カンピロバクター陽性検体の内訳を表2にまとめた。9月は1施設から1種類の鶏肉について1検体ずつの購入であったが、10月以降は1種類について3検体（3個体）を試験に供した。その結果、同一施設由来の同種類の鶏肉から検出されるカンピロバクター菌数が同程度になる傾向が認められた（表2中グレー）。これらがニワトリに由来するものか、加工中の二次汚染によるものかは今後、分離菌株の遺伝子型別によって明らかにしたい。7~9月を夏期（3検体）、10~12月を秋期（18検体）、1~3月を冬期（24検体）として各時期のカンピロバクター陽性率を比較するとカンピロバクター陽性率はそれぞれ33.3%（3検体中1検体陽性）、44.4%（18検体中8検体陽性）、29.2%（24検体中7検体陽性）であった。秋期の陽性率が夏期、冬期に比べて高かったが、春期（4~6月）に検体を入手できていないことに加え、夏期検体も少なく検体数も不均一であるため、検体数を増やしてさらに検討する必要がある。

【今後の課題】

陽性となった鶏もも肉由来カンピロバクター菌株の遺伝子型別により鶏肉の汚染経路を調べるとともに、サンプル数を増やしてさらなる精査が必要である。

表1. カンピロバクター定量値の分布状況（全45検体）

定量値 (log CFU/g)	0.35	0.36~1.0	1.1~2.0	2.1~3.0	3.1以上	計
検体数	29	3	6	3	4	45
(%)	(64.4)	(6.7)	(13.3)	(6.7)	(8.9)	

表2 カンピロバクターが検出された16検体の菌数とその内訳

検体番号	検体採取月	加工施設名	定量値 (CFU/g)	定量値 (log ₁₀ CFU/g)
Sh001	9月	A社	2800	3.447
Sh004	10月	A社	330	2.519
Sh005	10月	A社	230	2.362
Sh006	10月	A社	645	2.810
Sh007	10月	A社	20	1.301
Sh009	10月	A社	5	0.699
Sh013	10月	C社	30	1.477
Sh014	10月	C社	60	1.778
Sh015	10月	C社	35	1.544
Sh025	1月	B社	15	1.176
Sh026	1月	B社	10	1.000
Sh028	1月	C社	1935	3.287
Sh029	1月	C社	2872	3.458
Sh030	1月	C社	2240	3.350
Sh032	2月	B社	20	1.301

(2) 個別課題：東京都内の流通鶏肉におけるカンピロバクターの定量的汚染実態に関する検討（赤瀬 悟（東京都健康安全研究センター））

【背景および目的】

厚生労働省の食中毒統計によると、カンピロバクター食中毒は、2003年以降、細菌性食中毒の中で発生件数第1位を継続している。それらの多くが鶏肉の生食や加熱不十分な調理品の喫食に起因すると考えられている。2021年に内閣府食品安全委員会が公表した「食品健康影響評価のためのリスクプロファイル～鶏肉等におけるCampylobacter jejuni / coli～（改訂版）」において、鶏肉の生産、流通、消費の各段階における汚染菌数の定量データの収集が不十分であることが検討課題として挙げられた。また、先行研究では、汚染の有無を調べる定性的調査がほとんどであり、東京などの消費地における流通鶏肉製品を対象とした定量的な汚染実態調査はなされていない。そこで、本個別研究課題においては、東京都内で流通する鶏もも肉を対象とする定量的汚染実態調査を行い、鶏肉の消費段階における鶏肉の汚染菌量の定量データの収集を目的とした。

【材料および方法】

東京都内で流通する鶏もも肉 66 検体を小売店等から購入して供試した。検体は令和 4 年 8 月～令和 5 年 3 月まで計 5 回にわけて購入した。また、購入時期や銘柄による汚染菌量の経時的变化を把握するため、可能な限り同じ店舗、同じ銘柄の鶏もも肉を購入した。定量試験は、ISO10272-2:2017 との同等性が確認されている NIHSJ-35 法を用いた。具体的には、鶏もも肉検体 25 グラムに対して緩衝ペプトン水 (BPW) を 100mL 添加した 5 倍希釈液を、200 μ L ずつ 5 枚の選択分離培地（クロモアガーカンピロバクター寒天培地）に塗布して、コンラージで均一にのばした。その後、すみやかにガスパック法で 42°C、44 \pm 4 時間、微好気培養した。培養後、各平板上に発育した定型集落の個数を計数して検体 1 グラムあたりの菌量 (log CFU/g) を算出した。定型集落の発育を認めた各平板から 1 集落を非選択分離培地へ再分離し、純培養菌からアルカリ熱抽出法にて鋳型 DNA を回収し PCR によって菌種同定した。

【結果および考察】

鶏もも肉は令和 4 年 8 月～令和 5 年 3 月までに、6 店舗から 19 種類の鶏もも肉（合計 66 検体）を購入した。定量試験法では 20/66 検体（陽性率 30.3%）で定型集落の発育を認め、定量値を算出することができた。定型集落の発育を認めなかった検体（不検出検体）の定量値は、1/2Limit of Detection である 0.35 log CFU/g とした。全 66 検体の定量値の内訳は、0.35 log CFU/g（不検出検体）が 46 検体、0.36～1.0 log CFU/g が 2 検体、

1.1~2.0 log CFU/g が 8 検体、2.1~3.0 log CFU/g が 9 検体、3.1 log CFU/g が 1 検体だった（表 1）。また、定量値を測定できた検体から検出された菌種は *C. jejuni* のみが 17 検体、*C. coli* のみが 2 検体、*C. jejuni* と *C. coli* 両方が 1 検体だった。

定量試験に供した鶏もも肉の、購入時期と種類別による定量値の分布状況は表 2 にまとめた。全 5 回の購入で毎回購入できたのは 6 銘柄（A、B、C、D、E、F）で、その他の 13 銘柄（G、H、I、J、K、L、M、N、O、P、Q、R、S）は 2 または 3 回購入した。全 5 回で購入できた A 鶏では、毎回 2.0 log CFU/g 以上の定量値を検出した。A 鶏以外の銘柄は購入時期に関係なく、各銘柄 1~2 回ずつ定量値を検出しただけで、46/66 検体（69.7%）は定量不検出だった。今回は購入期間が短く、同一銘柄を最大 5 回までしか定量試験に供することができなかったが、鶏肉の銘柄や産地によって汚染率や定量値に差異があることが示唆された。次に、購入時期による定量値の平均値は、夏期（8 月）1.18 log CFU/g（16 検体）、秋期（11 月）0.75 log CFU/g（19 検体）、冬期（1 月）0.87 log CFU/g（6 検体）、冬期（2 月）0.83 log CFU/g（19 検体）、春期（3 月）0.71 log CFU/g（6 検体）だった。また、購入時期による定量値を検出した検体の陽性率は、夏期（8 月）56.3%（9/16 検体）、秋期（11 月）26.3%（5/19 検体）、冬期（1 月）33.3%（2/6 検体）、冬期（2 月）21.1%（4/19 検体）、春期（3 月）16.7%（1/6 検体）だった、

各時期の購入検体数が異なるため購入時期による比較は難しいが、夏期（8 月）の定量値は他の時期に比べて高く、定量値を検出した検体の陽性率も夏期（8 月）が最も高かった。カンピロバクターの汚染率は夏期に高い傾向があることは先行研究でも報告されており、今回の調査においても同様の傾向を確認することができた。

【今後の課題】

今回の研究成果を踏まえ、カンピロバクターによる鶏肉の定量的リスク評価の基礎的データとするため、今後も NIHSJ-35 法を用いて同様の調査を継続していく必要がある。なお、本研究に関する成果は令和 5 年度末を目途に学会発表または学術論文として公表予定である。

表 1. カンピロバクター定量値の分布状況（全 66 検体）

定量値 (log CFU/g)	0.35	0.36~1.0	1.1~2.0	2.1~3.0	3.1 以上	計
検体数	46	2	8	9	1	66

表 2. 銘柄および購入時期別の定量値の推移

(単位) log CFU/g

番号	銘柄	産地	購入時期①	購入時期②	購入時期③	購入時期④	購入時期⑤	平均値
			令和4年8月	令和4年11月	令和5年1月	令和5年2月	令和5年3月	
1	A 鶏	A 県	<u>2.74</u>	<u>2.23</u>	<u>2.80</u>	<u>2.90</u>	<u>2.49</u>	2.63
2	B 鶏	国産	0.35	0.35	0.35	<u>3.23</u>	0.35	0.93
3	C 鶏	国産	0.35	0.35	<u>1.00</u>	<u>1.81</u>	0.35	0.77
4	D 鶏	D 県	<u>1.70</u>	<u>1.40</u>	0.35	0.35	0.35	0.83
5	E 鶏	E 県	<u>2.90</u>	0.35	0.35	0.35	0.35	0.86
6	F 鶏	国産	<u>1.18</u>	0.35	0.35	0.35	0.35	0.52
7	G 鶏	G 県	<u>1.85</u>	0.35	/	0.35	/	0.85
8	H 鶏	D 県	<u>1.30</u>	0.35	/	0.35	/	0.67
9	I 鶏	D 県	0.35	0.35	/	0.35	/	0.35
10	J 鶏	D 県	0.35	<u>1.30</u>	/	0.35	/	0.67
11	K 鶏	D 県	0.35	0.35	/	0.35	/	0.35
12	L 鶏	A 県	<u>1.18</u>	0.35	/	<u>2.56</u>	/	1.36
13	M 鶏	国産	0.35	0.35	/	0.35	/	0.35
14	N 鶏	N 県	<u>1.00</u>	0.35	/	0.35	/	0.57
15	O 鶏	国産	0.35	0.35	/	0.35	/	0.35
16	P 鶏	N 県	<u>2.58</u>	<u>1.48</u>	/	0.35	/	1.47

17	Q 鶏	A 県	0.35	0.35	0.35
18	R 鶏	R 県	0.35	0.35	0.35
19	S 鶏	国産	<u>2.98</u>	0.35	1.67

4 研究項目：調理段階でのカンピロバクター交差汚染リスク探知手法に関する検討

(1) 個別課題：調理段階でのカンピロバクターの飛散・生残挙動に関する検討（朝倉宏（国立医薬品食品衛生研究所））

調理段階における交差汚染は、カンピロバクター食中毒の発生要因の一つとして認知される。但し、その影響に関わる定量的データは極めて乏しい。本個別課題では、こうした背景を踏まえ、カンピロバクターに自然汚染を呈する鶏肉を入手し、まな板上で模擬的にカット処理を行った後のまな板上の生残菌数を、スポンジスワブでふき取り、TEMPO CAMを用いた定量検出試験に供した。約 1.5-2.4 log CFU/g（鶏皮）の汚染を呈する鶏もも肉 1 枚をまな板におき、カットした後に、まな板の鶏肉検体付着部分をスワブ法により採取し、定量評価に供したところ、最大で 1.3 log CFU/100cm² が回収された。今後は、複数の検体・実施者による生残性に係る知見を集積すると共に、時間経過に伴う生存挙動等について検討する必要があると考えられる。

(2) 個別課題：飲食店でのカンピロバクター汚染分布の定量的評価に向けた検討（中村寛海（大阪健康安全基盤研究所））

【背景および目的】

カンピロバクター食中毒の原因は、生あるいは加熱不十分な鶏肉の喫食によるものが最も多いが、原因食品が特定されず原因不明として処理される事例が大半で70%以上を占める（Vetchapitak T, Food Safety, 2020）。実際に学校給食の調理環境中で生鶏肉からのドリップがサラダを二次汚染し、食中毒を引き起こした事例（久米田ら, IASR, 2006）や、調理実習での二次汚染による事例（依田ら, IASR, 2006）も報告されている。このように生鶏肉を取り扱う調理環境での二次汚染はカンピロバクター食中毒の発生要因として重要である。そこで本研究課題では、調理施設環境での二次汚染実態を明らかにすることを目的とし、飲食店の調理環境から採取したふきとり材料からカン

ピロバクター遺伝子の定量的検出及び菌数の推定を試みた。

【材料および方法】

2019～20年にカンピロバクター食中毒の原因施設となった飲食店16店舗について、食中毒発生翌年の監視時に調理施設環境から計156検体のふきとり材料を採取し、培養法とリアルタイムPCR法（qPCR）によりカンピロバクターの検出を試みた。qPCRはLiuらの方法（Liu, K.C., Foodborne Pathog. Dis., 2017）を改変し、*Campylobacter jejuni*（以下、*C. jejuni*）及び*C. coli*遺伝子の検出を行った。生菌数が既知の*C. jejuni*及び*C. coli*培養液からDNAを抽出して適宜希釈し、検量線を作成して菌数を推定した。

【結果および考察】

16店舗由来156検体は、qPCRにより11店舗由来23検体（14.7%）が遺伝子陽性と判定され、これらは全て*C. jejuni*であった。qPCRの成績より、カランのハンドル部分の推定菌数は1か所あたり69 CFU相当（Ct値34.4）と相対的に高値であったが、他検体では全て10 CFU未満（Ct値38.4～44.7）であった。qPCRによるカンピロバクター遺伝子の定量的な検出は、調理環境中での二次汚染推定の手法として有用と考えられた。相対的に高い推定*C. jejuni*菌数を認めたカランレバーのハンドル部分は調理作業者が頻繁に接触する部位であり、作業中にカンピロバクターの二次汚染を拡大させる要因になっていると推定され、当該施設では手指洗浄の更なる徹底が必要と考えられた。

【今後の課題】

qPCRによるカンピロバクター遺伝子検出は、調理環境中での二次汚染推定の手法として有用と考えられたが、死菌由来DNAも含まれること、また培養法に比べて高感度であるため、食中毒の原因究明や飲食店における監視指導への応用を可能にするためには、検出感度を精査し、結果についての判定基準を明確にする必要がある。Ct値の高いサンプルが多いことから、qPCRによるカンピロバクター遺伝子検出を検査として確立するためには、結果の判定基準を明確にする必要がある。

表 1 qPCR 陽性検体の Ct 値および推定カンピロバクター菌数（店舗 A～P）

店舗名	サンプル名	qPCR法 (Ct値)		推定カンピロバクター菌数 (cfu/ filter)		
		1回目	2回目	1回目	2回目	平均値
A	まな板 (鶏肉用)	–	41.35	–	0.58	0.58
A	まな板 (野菜用)	39.39	41.26	1.96	0.62	1.29
A	皿 (3枚)	41.15	–	0.60	–	0.6
B	2槽シンクカラン (ハンドル部)	40.48	–	0.94	–	0.94
D	冷蔵庫内 (左)	–	43.30	–	1.1	1.1
D	冷凍庫内 (左)	42.09	–	0.32	–	0.32
I	包丁の柄 (鶏肉用)	–	40.13	–	2.55	2.55
I	冷蔵庫内	–	40.51	–	2.01	2.01
I	2層シンクカラン (ハンドル部分)	38.35	38.35	3.73	7.67	5.7
I	包丁の柄 (野菜、その他)	–	41.09	–	1.4	1.4
I	まな板 (野菜、その他)	41.44	41.09	0.58	0.68	0.63
J	調理台 (野菜用)	41.80	–	0.45	–	0.45
J	カラン (ハンドル部分)	33.74	35.02	65.05	72.67	68.86
K	冷蔵庫内	39.39	39.93	5.12	14.34	9.73
L	調理台	44.25	41.90	0.25	0.41	0.33
L	冷蔵庫取っ手 (鶏肉用)	39.75	44.74	1.54	0.07	0.805
L	鶏肉以外まな板	39.05	–	2.46	–	2.46
M	まな板 (鶏肉用)	–	41.98	1.06	–	1.06
N	冷蔵庫内	40.83	–	1.77	–	1.77
N	冷蔵庫取っ手	–	41.98	–	1.22	1.22
O	冷蔵庫取っ手	–	41.04	–	2.20	2.20
P	包丁の柄 (鶏肉用)	–	41.96	–	0.84	0.84
P	まな板 (鶏刺身用)	41.97	–	1.01	–	1.01

5 研究項目：カンピロバクターの環境適応に関する検討

(1) 個別課題：カンピロバクターのバイオフィーム形成性に関する検討（朝倉宏（国立医薬品食品衛生研究所））

英国で発生の多いカンピロバクター食中毒の原因菌株の遺伝子型は、*C. jejuni* ST-48CC 及び ST-21CC とされ、これらはニワトリ、ウシ或いは野鳥等の動物宿主適合性の高い遺伝子型株に比べ、*in vitro* 下でのバイオフィーム形成性が高いことが報告されている。本個別課題では、国内のヒト及び食品由来の *C. jejuni* 60 株を MLST 解析に供し、それらのバイオフィーム形成性をクリスタル紫染色により評価した。結果として、鶏肉から時折分離される ST-353CC 株や牛肉からの分離が多い ST-61CC 株はバイオフィーム形成性が低く、ヒト及び広範な食品より分離されることの多い ST-21CC 株の半数以上はバイオフィーム形成性が高い傾向が見られた。今後、より多様な遺伝性状の菌株を対象とした表現形質との関連性に関する俯瞰的評価が必要と考えられる。

6 研究項目：健康被害実態及び食品寄与率の推定

(1) 個別課題：健康被害実態推定に関する検討(窪田邦宏(国立医薬品食品衛生研究所))

A. 研究目的

我が国ではカンピロバクターをはじめとする食品由来感染症の患者数は食品衛生法および感染症法にもとづいて報告されているが、散発事例は食中毒事例として報告されない場合が多く、そのため食中毒統計等だけでは食品由来感染症・下痢症の患者数が正確に把握されていない可能性がある。広域散発事例による被害も報告されていることから、食品衛生評価のためには、それらの事例も含めた被害実態の全容を把握することが重要と考えられる。

米国ではFoodNet(フードネット)というアクティブ(積極的)サーベイランスシステムにより散発事例も含めた推定を行なっている。FoodNetで得られた推定結果は患者数の多年度にわたる変動の把握や各種行政施策の評価等、食品衛生行政に活用されている。

日本においても、患者数の全容把握のためには散発事例も把握可能な同様のシステムが必要と考えられるが、これまでに日本にはこうしたシステムが設置されていない。下痢症の発生動向や実態把握のための基礎データを蓄積することは、食中毒行政における食中毒対策立案、その効果の評価および各種リスク対応等にきわめて重要と考えられる。こうしたことをふまえ、本研究では宮城県および全国においてアクティブサーベイランスを行い、カンピロバクターおよびサルモネラの食中毒実患者数の推定を行うことで、その有効性を実証し、日本における既存のサーベイランスシステムを補完するシステム構築の基礎とすると同時に、システム構築に向けて検討すべき課題の把握を目的とする。

B. 研究方法

1. データ収集

下痢症患者の原因病原体のアクティブサーベイランスを行うために、宮城県内で医療機関の医師が検便検査を依頼している検査機関に協力を依頼し、その機関からのデータ収集を行った。さらに民間検査機関3社より全国の菌検出数データを収集した。

1-1. 宮城県の臨床検査機関からの同県のデータの収集

○ 協力検査機関

- ・宮城県医師会健康センター
- ・宮城県塩釜医師会臨床検査センター

これら2機関での検便検査結果を集計した。

1-2. 民間検査機関からの全国のデータの収集

○ 協力検査機関

- ・株式会社ミロクメディカルラボトリー
- ・株式会社ビー・エム・エル
- ・株式会社LSIメディエンス

これら3社での全国を対象とした検便検査の結果を集計した。

1-3. 全国および宮城県を対象とした急性下痢症に関する電話住民調査

推定を行うにあたり、当分担研究者が過去に他の研究にて実施した、電話住民調査の結果を利用した。電話住民調査の結果は、宮城県を対象とした急性下痢症に関する冬期電話住民調査（2006年11月22日～12月4日、約1万人）および夏期電話住民調査（2007年7月14日～7月27日、約1万2千人）、そして全国を対象とした急性下痢症に関する冬期電話住民調査（2009年12月5日～12月24日、全国約1万2000人）および2回の夏期電話住民調査（2014年7月11日～8月3日、全国約1万3千人を対象、2016年7月22日～8月23日、全国約2万3千人を対象）から得られたものである（表1）。

電話住民調査は全て共通の質問票および手順にて行った。全国および宮城県内の一般家庭をランダムに選択し、バイアスを減少させるため、電話調査を行ったそれぞれの家庭内で電話調査日以降に最も早く誕生日が来る予定の人を対象として調査を行った。電話調査日から遡って1カ月以内に「血便」、「24時間以内に3回以上起きた下痢」、もしくは「嘔吐」があったという有症者条件を満たし、かつ慢性胃腸疾患、飲酒、投薬、妊娠等の除外条件がなかった人を“有症者”とした。

本研究における患者数の推定に必要な「医療機関受診率」および「検便実施率」の推定値は、電話住民調査で得られた有症者の医療機関受診率および検便実施率の結果を推定モデルに導入することで得た。季節変動を考慮して冬期だけでなく夏期にも電話住民調査を行い、冬期の結果と比較検討の上、統合したデータから「医療機関受診率」および「検便実施率」を確率分布に当てはめて推定した。

2. データ集計・解析

検査機関からの病原菌検出データおよび電話住民調査からのデータはMicrosoft Excelを利用してコンピューターファイルに入力した。検査機関データの個人情報提供された時点で既に切り離されており、提供データから個人を特定することはできないようにしたものであった。電話住民調査データは人数だけが記載されたデータであり個人情報は含まれていない。電話住民調査データは全国または地域の年齢人口分布にもとづき補正し、集計後に確率分布として推定モデルに導入した。モデルは@RISKソフトウェア（Palisade社）上にて作成し、1万回の試行を行った。

3. 宮城県における食品由来下痢症患者数の推定

宮城県における菌種ごとの食品由来下痢症疾患被害推定のために、上記検査機関のデー

タから *Campylobacter* および *Salmonella* の2菌種の検出数を抽出した。協力検査機関ではこれら2菌種に関しては、全ての検体に対して検査を行なっていることからこれらの菌が存在すれば検出されると考えられる（菌検出率100%と仮定）。検出数に対し、検査機関の住民カバー率による補正を行い、その結果を医療機関における受診者の「検便実施率」、および下痢症患者の「医療機関受診率」の推定値とともに推定モデルに導入することで宮城県での各菌による推定患者数を算出した。検査機関の住民カバー率は検査機関からの情報により2機関あわせて52.0%と推定した。

検査機関の菌検出データは2021年1月～12月の1年分の新規データと、当該研究者が過去に他の研究にて同じ方法で収集した2005年1月～2020年12月までの16年分の既報告データを用いた。

検査機関における陽性検体からの菌検出率は100%と仮定した。さらに米国における研究（P. Mead *et al.*, 1999）で、食品由来感染の割合を *Campylobacter* は80%、*Salmonella* は95%であるとそれぞれ推定していることから、これらの値を用いて宮城県における各菌による食品由来下痢症患者数を推定した。

4. 宮城県についての推定結果から全国における食品由来下痢症患者数を推定

宮城県における食品由来下痢症患者数の推定値を用いて、「全国での当該菌による食品由来下痢症患者の発生率が宮城県での発生率と同じである」と仮定した時の、全国における *Campylobacter* および *Salmonella* の2菌種による食品由来下痢症患者数をそれぞれ推定した。このために総務省統計局のWebページに掲載されている人口統計データ（2010年）を用いた。

5. 全国についての検出数データから全国での食品由来下痢症患者数を推定

全国での *Campylobacter* および *Salmonella* の食品由来下痢症疾患被害推定のために、全国を対象としている民間検査機関3社の検査データから、*Campylobacter* および *Salmonella* の検出数を抽出し、菌ごとに年間の検出数を集計した。これに対し、検査機関の住民カバー率による補正を行い、その結果を医療機関における受診者の「検便実施率」および下痢症患者の「医療機関受診率」の推定値とともに推定モデルに導入することで各菌による推定患者数を算出した。

2021年については2社（ビー・エム・エル、LSIメディエンス）、2010～2020年については3社（ミロクメディカルラボラトリー、ビー・エム・エル、LSIメディエンス）、2009年については2社（ビー・エム・エル、LSIメディエンス）、2006～2008年については1社（ビー・エム・エル）の検出数データを使用した。

各検査機関の住民カバー率は、各検査機関の腸管出血性大腸菌（EHEC）（2009年および2010年のLSIメディエンス）もしくはEHEC O157（ミロクメディカルラボラトリー、ビー・エム・エル、2011年以降のLSIメディエンス）の検出数を厚生労働省への全国届出数と比較

し、その割合（検出数／全国届出数）を算出することによりそれぞれの年度ごとの住民カバー率を推定した（表4）。

検便実施率および医療機関受診率としては、全国を対象として夏期に2回実施された電話住民調査（2014年7～8月、2016年7～8月）および冬期に実施された電話住民調査（2009年12月）のデータを統合し、その解析により得られた各推定値（図1、2）を用いた。

各検査機関における陽性検体からの菌検出率は100%と仮定した。さらに宮城県の場合と同様、Meadらの推定値（食品由来感染の推定割合：*Campylobacter*、80%；*Salmonella*、95%）を用いて全国における各菌の食品由来下痢症患者数を推定した。

C. 研究結果

1. 宮城県でのアクティブサーベイランスデータからの食品由来下痢症疾患実患者数の推定

*Campylobacter*および*Salmonella*の2菌種に関して、食品由来下痢症疾患の実患者数推定の試みを図3の考え方に沿って実施した。

1-1. 宮城県における年間検出数の推定

宮城県における食品由来下痢症の実患者数の把握に向けて、宮城県医師会健康センターおよび宮城県塩釜医師会臨床検査センターでの菌検出データをもとに推定を行った。2021年に陽性であった検便検体数は両センターを合わせて、*Campylobacter*が255件、*Salmonella*が33件であった（表2）。協力検査機関は両センターを合わせて宮城県の人口の約52.0%をカバーしているとの検査機関からの情報により、宮城県全体での各菌の検出数を、2021年は*Campylobacter*が490件、*Salmonella*が63件であると推定した。

1-2. 宮城県での有症者の医療機関受診率の推定

今回用いた推定値は、2006年と2007年の2回の電話住民調査の結果にもとづいて既に得られているものである。以下に当該電話住民調査の結果について説明する。

宮城県における電話住民調査では2006年冬期2,126件、2007年夏期2,121件の有効回答が得られた（有効回答率はそれぞれ21.2%、17.7%）。下痢症疾患の有病率は冬期が3.3%（70／2,126人）、夏期が3.5%（74／2,121人）であった（表1）。

冬期調査では有症者数は70人、医療機関受診者数は27人であり、夏期調査では有症者数は74人、医療機関受診者数は23人であった（表1）。これらのデータを宮城県の人口年齢分布で補正した後に統合し、ベータ分布を仮定して推定モデルに導入した結果、医療機関受診率の平均値は32.0%と推定された。

1-3. 宮城県での医療機関受診者の検便実施率の推定

上記電話住民調査において、冬期調査では下痢症による医療機関受診者数は27人、検便実

施者数は4人、夏期調査では医療機関受診者数は23人、検便実施者数は2人であった（表1）。これらのデータを人口年齢分布で補正した後に統合し、ベータ分布を仮定して推定モデルに導入したところ、検便実施率の平均値は10.9%と推定された。

1-4. 宮城県における下痢症疾患による実患者数の推定

上記で検討した種々の係数を用いて推定した宮城県における下痢症疾患による実患者数の平均値は、2021年は*Campylobacter*が16,774人、*Salmonella*は2,171人と推定された（表2）。宮城県（人口236万人）の人口10万人あたりの下痢症疾患実患者数として表すと、2021年の*Campylobacter*は10万人あたり711人、*Salmonella*は10万人あたり92人と推定された（表2）。

1-5. 宮城県における食品由来下痢症実患者数の推定とその食中毒患者報告数との比較

上記で推定された下痢症患者数にはヒト-ヒト感染、動物との接触感染等、食品由来でないものを原因とする被害が多く含まれており、食品由来感染の患者数の把握には更なる推定が必要である。米国のMeadらの研究では食品由来感染の割合を*Campylobacter*は80%、*Salmonella*は95%と菌種ごとに推定しており、本研究ではこれらの値を用いて食品由来下痢症患者数の推定を行った。その結果、食品由来下痢症患者数は2021年は、*Campylobacter*が13,420人、*Salmonella*が2,062人と推定された（表2）。

食中毒統計によると、宮城県における食中毒患者報告数は2021年は、*Campylobacter*が8人、*Salmonella*が0人であった（表2）。

1-6. 宮城県についての推定値を用いた全国の商品由来下痢症患者数の推定およびその全国の食中毒患者報告数との比較

上述のように、宮城県における2006、2007年の電話住民調査と、2009、2014、2016年の全国における電話住民調査とで下痢症有病率が全国（2009年冬、3.7%；2014年夏；4.4%；2016年夏、3.2%）の方が宮城県（2006年冬、3.3%；2007年夏、3.5%）より概ね高い結果が得られた（表1）ことから、宮城県の推定値から人口比で全国の推定値を算出しても過大推定にはならないと考えられた。そこで、宮城県における推定食品由来患者数（表2）に、宮城県（2,360,218人）と全国（127,767,994人）の人口比（約54.1）を乗ずることで全国推定を行った（表3）。

宮城県データを用いて算出した全国における2021年の下痢症の推定食品由来患者数は、*Campylobacter*が726,478人、*Salmonella*が111,624人とそれぞれ推定された（表3）。

食中毒統計によると、全国の2021年の食中毒患者報告数は*Campylobacter*が764人、*Salmonella*が318人であった（表3）。

2. 全国についてのアクティブサーベイランスデータからの全国の商品由来下痢症疾患実

患者数の推定

2-1. 各検査機関の住民カバー率の推定

全国の食品由来下痢症の実患者数把握に向けて、民間検査機関3社の菌検出データをもとに推定を行った。

住民カバー率は、可能な限りEHEC O157検出数を使用して推定した。2021年については、入手可能なEHEC O157の都道府県別累積報告数が2021年第1～26週のみ（292件）であったため、同時期に該当するビー・エム・エルおよびLSIメディエンスの1～6月のデータ（84件）を用いて住民カバー率を推定した。LSIメディエンスの2009年および2010年のデータについては、EHEC O157の検出数データが得られなかったためこれらの年の住民カバー率はEHECの検出数に依った。

得られたデータの住民カバー率は入手可能であったデータに準じ、2006～2008年についてはビー・エム・エル1社の各年の住民カバー率、2009年はビー・エム・エルとLSIメディエンスの2社合計、2010～2020年は3社合計の住民カバー率を使用した。2021年はビー・エム・エルとLSIメディエンスの2社合計で28.8%が得られた（表4）。

2-2. 全国における年間菌検出数の推定

民間検査機関における2021年（2社）の菌検出数は、*Campylobacter*が12,467件、*Salmonella*が2,529件であった（表5）。検出数と各社の推定住民カバー率の合計を用いて、全国における年間菌検出数を推定した。その結果、2021年の全国での各菌の検出数は、*Campylobacter*が43,288件、*Salmonella*が8,781件であると推定された。

2-3. 全国における食品由来下痢症疾患の実患者数の推定

全国を対象とした下痢症に関する電話住民調査は2009年冬、2014年夏、および2016年夏の計3回行った（表1）。2009年12月5日～12月24日、2014年7月11日～8月3日、2016年7月22日～8月23日のそれぞれ約3週間に全国約1万2千人、約1万3千人、約2万3千人を対象として調査を行なった。これらのデータを全国の人口年齢分布で補正後、統合し、ベータ分布を仮定してモデルに導入し、全国の医療機関受診率および検便実施率を推定した。その結果、全国の医療機関受診率は25.5%、全国の検便実施率は4.8%とそれぞれ推定された（図1、2）。これらを用いて、全国における下痢症疾患の実患者数を推定した。推定された2021年の全国の下痢症疾患実患者数の平均値は、*Campylobacter*では4,744,186、*Salmonella*では962,384人と推定された。全国の食品由来実患者数を推定するにあたり、この下痢症疾患実患者数の推定値に、宮城県の場合と同様に、Meadらの結果を適用することにより、2021年の全国における下痢症の食品由来実患者数の平均値は*Campylobacter*が3,795,349人、*Salmonella*が914,265人とそれぞれ推定された（表5）。

日本全国（人口1億2777万人）における人口10万人あたりの下痢症の食品由来実患者数の

2021年の平均値は、*Campylobacter*が2,977人、*Salmonella*が717人とそれぞれ推定された（表5）。なお表5には、食中毒統計による2006～2021年の*Campylobacter*および*Salmonella*の全国食中毒患者報告数も示してある。

食品由来下痢症実患者数の推定について、「宮城県データを用いた全国の食品由来下痢症患者数の推定結果の平均値」と「全国データを用いた全国の食品由来下痢症患者数の推定結果の平均値」および「食中毒統計による全国の食中毒患者報告数」を表6にまとめた（表6）。

D. 考察

本研究では、協力検査機関から得られた*Campylobacter*および*Salmonella*の患者報告数をベースとして、宮城県もしくは全国を対象とした「住民カバー率」「医療機関受診率」「検便実施率」、また「各菌種における食品由来感染割合」を推定モデルに導入することにより、全国における食品由来下痢症疾患実患者数を科学的に推定し、実患者数が食中毒統計で公表されている報告数よりも大幅に多い可能性を示した。

宮城県の食品由来下痢症疾患実患者数の推定値は、2005～2021年の17年間を通じて、食中毒統計や病原微生物検出情報（IASR）での報告数より大幅に多いことが確認された。また本研究で得られた宮城県の推定食品由来下痢症患者数と、食中毒統計による食中毒患者報告数の経年変動が互いに連動しているとは言えないことから、現行の食中毒および病原微生物に関する報告システムのみでは食品由来下痢症の実患者数を正確に把握し、経年変動等を評価することは困難であることが示唆された。より正確な患者数を把握するための補完システムとしてアクティブサーベイランスシステムの構築およびその継続的な活用が有効であることが示唆された。

民間検査機関3社から得られた2006年以降の全国の菌検出データをもとに推定した全国の食品由来下痢症疾患実患者数においても、宮城県の場合と同様、2006～2021年の16年間を通じて、全国の推定食品由来下痢症患者数は食中毒統計や病原微生物検出情報での報告数より大幅に多いことが確認された。また16年間の推定結果を検討した結果、宮城県の場合と同様、全国の推定食品由来下痢症患者数と、食中毒統計による食中毒患者報告数の経年変動は互いに連動しているとは言えず、食中毒統計の報告数だけで実患者数の変動を把握することは難しいことが示唆された。

2017年と比べ2018年の*Campylobacter*の食中毒統計による全国食中毒患者報告数は減少していたが、全国データを用いた全国の食品由来下痢症推定患者数（および菌検出数）は増加していた（表6）。2016年と2017年の比較では、宮城県データと全国データを用いた「全国の食品由来下痢症推定患者数」がそれぞれ逆の増減を示していた。*Salmonella*の食中毒統計による全国食中毒患者報告数は2017年に急増し、2018年に急減していたにもかかわらず、全国の食品由来下痢症推定患者数（および菌検出数）は宮城県データを用いた推定、および全国データを用いた推定のどちらも逆の増減であった。これは2017年の*Salmonella*の報告事例

の急増はアウトブレイク等の地域的な偏りがあるものに由来することを示唆し、全体の変動を検討する上で、そのような事例から大きな影響を受けることの少ない本研究のような全国的な長期的アクティブサーベイランスの重要性が示されていると考えられる。

「全国データを用いた全国の食品由来下痢症推定患者数」は、「宮城県データを用いた全国の食品由来下痢症推定患者数」と比較して、*Campylobacter*では5.2～10.6倍、*Salmonella*では6.3～23.0倍の違いがあった(表6)。この差は、データサイズや地域が大きく異なるデータから本研究の手法で得られる推定値の差としては比較的小さいと考えることができる。差が生じた原因としては、それぞれの推定に用いた検出数、検査機関の住民カバー率、医療機関受診率、検便実施率などの差により生じたものであると考えられる。特に住民カバー率の推定の方法は、宮城県の検査機関と全国を対象とする民間検査機関とで異なっており(前者は専門家の意見、後者はEHEC O157やEHECの検出数)、その影響が大きいと考えられる。また受診率、検便実施率の推定は、宮城県の場合、2006年と2007年に行われた電話住民調査の結果にもとづいており、これに対し全国の場合は2009年、2014年、2016年に行われた調査にもとづいている。2006～2007年と2009～2014年さらには2016年との間に有症者の医療機関受診行動や医師の検便実施行動に変化が起きている可能性も考えられる。以上のような種々の推定値の全国と宮城県における違いが、推定患者数の違いをもたらしている可能性がある。複数年にわたるアクティブサーベイランスを行うことで、より正確な住民カバー率の把握が可能になると考えられるため、今後も継続したアクティブサーベイランスが必要である。

本研究では米国におけるMeadらの研究成果を適用し、*Campylobacter*および*Salmonella*の食品由来感染の割合をそれぞれ80%および95%と仮定して推定を行ったが、米国と日本の食習慣の違い等から、今回適用した値が日本のデータにおいて妥当であるかは今後の検討課題である。日本においては米国と比較して生食が多いことから、日本における*Campylobacter*および*Salmonella*の食品由来感染の割合は米国よりも高い可能性がある。

本研究で推定に使用したデータには不確定要素が複数存在する。住民カバー率は調査対象期間に報告されたO157もしくはEHEC患者数を用いて算出するため、特定地域のアウトブレイク等による影響を受けて変動し得る。また医療機関受診率および検便実施率を推定するために使用した元データは特定の短期間(それぞれ2～3週間の電話調査期間)における下痢症発症事例のデータであり、米国のような継続した調査のデータと比較して大規模アウトブレイク等の不確定要素の影響を受けやすい。本研究で利用したデータの対象期間に大規模アウトブレイク等の報告はなかったものの、調査期間ごとの患者や医師の行動変化等の可能性を考えると、長期にわたり継続してデータを収集するか、もしくは時期をあまりあけない定期的な調査を行うことによる精度向上の可能性が考えられる。

本研究での手法による推定結果には、本研究で得られた数値を別のサーベイランス結果と比較するよりも、同一手法による推定結果を長期間にわたり継続して行うことで、同一サーベイランス内における変動を比較検討することが効果的であると考えられる。食中毒に対す

る各種対策等の検討およびその効果の評価を行うためには継続した定量的な実患者数の把握が必要であり、本研究で得られた推定値は不確実性が大きい要素が含まれた推定値ではあるものの、実患者数の幅を科学的に推定することができ、その推定結果から、実患者数が報告数より大幅に多い可能性が定量的、かつ多年度について示すことができる点が重要であると考えられる。

E. 結論

宮城県および全国におけるアクティブサーベイランスを複数年について行うことで、下痢症患者の菌検出データを継続して収集し、下痢症発生実態の概略およびその動向の把握を行なった。協力検査機関から得られた*Campylobacter*および*Salmonella*の患者報告数をベースとして、宮城県もしくは全国を対象とした「住民カバー率」「医療機関受診率」「検便実施率」、また「各菌種における食品由来感染割合」を推定モデルに導入することにより、宮城県もしくは全国における食品由来下痢症疾患実患者数を推定し、実患者数が食中毒統計で公表されている報告数よりも大幅に多い可能性を示した。また宮城県もしくは全国における食品由来下痢症疾患推定患者数の増減の傾向が必ずしも食中毒統計で公表されている食中毒報告数と一致していないことも確認された。

今後も異なる規模や地域のデータからの推定結果を比較することで、年ごとの推定値の検証等に活用することが可能であると考えられる。さらに宮城県以外の地域でもアクティブサーベイランスを行い、宮城県推定や全国推定と比較することによって地域性等の検討がより詳細に可能になると考えられる。また全国データについての住民カバー率のより詳細な推定、全国でのより大規模な電話住民調査による医療機関受診率および検便実施率の推定等により精度を向上させることも考えられる。

本研究では、散発事例等を含めたデータ収集が可能なアクティブサーベイランスシステムを活用し、*Campylobacter*および*Salmonella*の被害実態の概要およびその経年変動を把握することができた。このようなサーベイランスシステムでは、菌の検出のみならず、電話住民調査等による下痢症発生率（有病率）、医療機関受診率および検便実施率等の情報も継続して調査を行うことでアウトブレイク等の特殊事例の影響を最小限にすることができ、より精度の高い実態把握が可能となると考えられ、他のサーベイランスシステムの集計との比較より、継続したデータ収集により各項目の動向把握を行うことによる変動を検討する方が効果的であると考えられる。*Campylobacter*のリスク評価を行う上で、その被害実態を把握することがまず重要であり、食中毒対策の効果等を評価するうえでその前後の変動を確認することは基本である。さらに長期にわたり継続した通常時の基準となるデータが必要となる。全国の食品由来下痢症実患者数のより正確な動向把握のために継続したサーベイランスに加えて、各不確定要素の推定の精度向上を図っていくことが今後の検討課題である。

表 1. 全国における電話住民調査の結果（2009年冬、2014年夏、2016年夏）および
宮城県における電話住民調査の結果（2006年冬および2007年夏）
（全て人口年齢分布補正前のデータ）

	2009年冬（全国）	2014年夏（全国）	2016年夏（全国）
合計コール数	12,265件	13,396件	22,682件
有効コール数（有効回答率）	2,077件（16.9%）	2,039件（15.2%）	3,020件（13.3%）
有症者数（有病率）	77人（3.7%）	90人（4.4%）	96人（3.2%）
医療機関受診者数（受診率）	23人（29.9%）	17人（18.9%）	17人（17.7%）
検便実施者数（検便実施率）	2人（8.7%）	0人（-）	2人（11.8%）

	2006年冬（宮城県）	2007年夏（宮城県）
合計コール数	10,021件	11,965件
有効コール数（有効回答率）	2,126件（21.2%）	2,121件（17.7%）
有症者数（有病率）	70人（3.3%）	74人（3.5%）
医療機関受診者数（受診率）	27人（38.6%）	23人（31.1%）
検便実施者数（検便実施率）	4人（14.8%）	2人（8.0%）

表2. 宮城県における食品由来下痢症疾患の患者数推定結果とその食中毒患者報告数との比較（2005～2021年、シミュレーション試行回数：1万回、宮城県人口:236万人）

検出菌	年	※ ¹ 検出数	推定患者数(宮城県)【平均値】	推定患者数(宮城県)【10万人あたり】	※ ² 推定食品由来患者数(宮城県)	※ ³ 食中毒患者報告数(宮城県)
カンピロバクター	2005	562	37,019	1,569	29,615	143
	2006	550	36,238	1,536	28,990	109
	2007	538	35,437	1,502	28,350	32
	2008	468	30,786	1,305	24,629	33
	2009	339	26,272	1,113	21,018	9
	2010	354	23,291	987	18,633	25
	2011	324	21,331	904	17,065	9
	2012	262	17,256	731	13,805	52
	2013	226	14,878	630	11,902	8
	2014	252	16,600	703	13,280	32
	2015	271	17,835	755	14,268	5
	2016	282	18,548	786	14,838	7
	2017	336	22,130	938	17,704	19
	2018	315	20,738	879	16,591	5
	2019	310	20,412	865	16,329	3
	2020	307	20,206	856	16,165	0
	2021	255	16,774	711	13,420	8
サルモネラ	2005	78	5,134	218	4,877	12
	2006	46	3,028	128	2,877	11
	2007	46	3,028	128	2,877	25
	2008	56	3,690	156	3,506	0
	2009	33	2,169	92	2,061	23
	2010	51	3,358	142	3,190	13
	2011	23	1,515	64	1,439	0
	2012	30	1,973	84	1,874	12
	2013	33	2,174	92	2,065	0
	2014	43	2,831	120	2,689	0
	2015	41	2,698	114	2,563	0
	2016	42	2,765	117	2,627	0
	2017	40	2,634	112	2,503	0
	2018	64	4,213	179	4,003	7
	2019	48	3,161	134	3,003	10
2020	42	2,764	117	2,626	25	
2021	33	2,171	92	2,062	0	

※¹ 宮城県医師会健康センターおよび宮城県塩釜医師会臨床検査センターにおける検出数

※² 米国での胃腸炎疾患における食品由来感染の割合（カンピロバクター、80%；サルモネラ、95%）を用いて算出（Mead *et al.* 1999）

※³ 食中毒患者報告数（宮城県）（厚生労働省食中毒統計、平成17～令和3年食中毒発生状況）

表3. 宮城県データからの全国の食品由来下痢症患者数の推定とその食中毒患者報告数との比較（2005～2021年、日本全国人口1億2777万人）

検出菌	年	推定食品由来患者数(全国)	※食中毒患者報告数(全国)
カンピロバクター	2005	1,603,178	3,439
	2006	1,569,344	2,297
	2007	1,534,698	2,396
	2008	1,333,266	3,071
	2009	1,137,788	2,206
	2010	1,008,678	2,092
	2011	923,796	2,341
	2012	747,320	1,834
	2013	644,303	1,551
	2014	718,899	1,893
	2015	772,384	2,089
	2016	803,240	3,272
	2017	958,388	2,315
	2018	898,137	1,995
	2019	883,954	1,937
	2020	875,076	901
	2021	726,478	764
サルモネラ	2005	264,011	3,700
	2006	155,743	2,053
	2007	155,743	3,603
	2008	189,794	2,551
	2009	111,570	1,518
	2010	172,687	2,476
	2011	77,899	3,068
	2012	101,447	670
	2013	111,787	861
	2014	145,566	440
	2015	138,745	1,918
	2016	142,210	704
	2017	135,497	1,183
	2018	216,698	640
	2019	162,564	476
2020	142,156	861	
2021	111,624	318	

（宮城県データ：宮城県医師会健康センターおよび宮城県塩釜医師会臨床検査センターにおける検出数）

※ 食中毒患者報告数（全国）（厚生労働省食中毒統計、平成17～令和3年食中毒発生状況）

表 4. 全国を対象とした民間検査機関の住民カバー率の推定（2006～2021年）

年	検査機関住民カバー率（合計）
2006	8.5%（1社）
2007	7.1%（1社）
2008	10.0%（1社）
2009	14.4%（2社）
2010	15.8%（3社）
2011	15.7%（3社）
2012	20.4%（3社）
2013	21.0%（3社）
2014	20.9%（3社）
2015	19.7%（3社）
2016	19.1%（3社）
2017	25.9%（3社）
2018	23.8%（3社）
2019	22.3%（3社）
2020	23.3%（3社）
2021	28.8%（2社）

表5. 全国についてのアクティブサーベイランスデータからの全国の実患者数推定とその食中毒患者報告数との比較 (2006～2021年、シミュレーション試行回数：1万回、日本全国人口1億2777万人)

検出菌	年	※ ¹ 検出数	※ ² 推定食品由来患者数(全国)【平均値】	※ ³ 食中毒患者報告数(全国)	推定食品由来患者数(10万人あたり)【平均値】
カンピロバクター	2006	10,144	10,463,071	2,297	8,206
	2007	10,962	13,543,466	2,396	10,622
	2008	12,934	11,339,146	3,071	8,893
	2009	14,057	8,559,932	2,206	6,714
	2010	15,401	8,549,830	2,092	6,706
	2011	14,950	8,342,000	2,341	6,543
	2012	12,794	5,498,827	1,834	4,313
	2013	13,947	5,828,531	1,551	4,571
	2014	16,762	7,039,646	1,893	5,521
	2015	18,164	8,080,859	2,089	6,338
	2016	18,547	8,512,871	3,272	6,677
	2017	19,844	6,721,577	2,315	5,272
	2018	19,565	7,212,407	1,995	5,657
2019	17,404	6,847,043	1,937	5,370	
2020	15,094	5,679,245	901	4,454	
2021	12,467	3,795,349	764	2,977	
サルモネラ	2006	1,888	2,312,520	2,053	1,814
	2007	1,886	2,767,039	3,603	2,170
	2008	1,894	1,971,792	2,551	1,547
	2009	2,059	1,488,907	1,518	1,168
	2010	2,434	1,604,585	2,476	1,259
	2011	2,705	1,792,379	3,068	1,406
	2012	2,258	1,152,448	670	904
	2013	2,324	1,153,315	861	905
	2014	2,726	1,359,516	440	1,066
	2015	2,728	1,441,199	1,918	1,130
	2016	2,689	1,465,638	704	1,150
	2017	3,090	1,242,894	1,183	975
	2018	3,103	1,358,363	640	1,065
2019	3,089	1,443,130	476	1,132	
2020	2,783	1,243,464	861	975	
2021	2,529	914,265	318	717	

※¹ 菌検出数：下記の民間検査機関の検出データを合計した。

2021年：2社（株式会社ビー・エム・エル、株式会社LSIメディエンス）

2010～2020年：3社（株式会社ミロクメディカルラボラトリー、株式会社ビー・エム・エル、株式会社LSIメディエンス）

2009年：2社（株式会社ビー・エム・エル、株式会社LSIメディエンス）

2006～2008年：1社（株式会社ビー・エム・エル）

※² 米国の胃腸炎疾患における食品由来感染の割合（カンピロバクター、80%；サルモネラ、95%）を用いて算出（Mead *et al.* 1999）

※³ 食中毒患者報告数（全国）（厚生労働省食中毒統計、平成18～令和3年食中毒発生状況）

表6. 宮城県および全国についてのアクティブサーベイランスデータからの全国の食品由来下痢症患者数の推定結果と報告数の比較（2006～2021年、シミュレーション試行回数：1万回）

検出菌	年	宮城県データを用いた 全国食品由来下痢症 患者数の推定【平均 値】	全国データを用いた 全国食品由来下痢 症患者数の推定【平 均値】	※食中毒患者 報告数(全国)
カンピロバクター	2006	1,569,344	10,463,071	2,297
	2007	1,534,698	13,543,466	2,396
	2008	1,333,266	11,339,146	3,071
	2009	1,137,788	8,559,932	2,206
	2010	1,008,678	8,549,830	2,092
	2011	923,796	8,342,000	2,341
	2012	787,320	5,498,827	1,834
	2013	644,303	5,828,531	1,551
	2014	718,899	7,039,646	1,893
	2015	772,384	8,080,859	2,089
	2016	803,240	8,512,871	3,272
	2017	958,388	6,721,577	2,315
	2018	898,137	7,212,407	1,995
	2019	883,954	6,847,043	1,937
	2020	875,076	5,679,245	901
2021	726,478	3,795,349	764	
サルモネラ	2006	155,743	2,312,520	2,053
	2007	155,743	2,767,039	3,603
	2008	189,794	1,971,792	2,551
	2009	111,570	1,488,907	1,518
	2010	172,687	1,604,585	2,476
	2011	77,899	1,792,379	3,068
	2012	101,447	1,152,448	670
	2013	111,787	1,153,315	861
	2014	145,566	1,359,516	440
	2015	138,745	1,441,199	1,918
	2016	142,210	1,465,638	704
	2017	135,497	1,242,894	1,183
	2018	216,698	1,358,363	640
	2019	162,564	1,443,130	476
	2020	142,156	1,243,464	861
2021	111,624	914,265	318	

・宮城県データ（2006～2021年）：

宮城県医師会健康センターおよび宮城県塩釜医師会臨床検査センターにおける検出数

・全国データ：

2021年：2社（株式会社ビー・エム・エル、株式会社LSIメディエンス）

2010～2020年：3社（株式会社ミロクメディカルラボラトリー、株式会社
ビー・エム・エル、株式会社LSIメディエンス）

2009年：2社（株式会社ビー・エム・エル、株式会社LSIメディエンス）

2006～2008年：1社（株式会社ビー・エム・エル）

※食中毒患者報告数（全国）（厚生労働省食中毒統計、平成18～令和3年食中毒発生状況）

図1：2009年冬期、2014年夏期、2016年夏期の電話住民調査結果の統合データから推定した医療機関受診率（試行1万回）

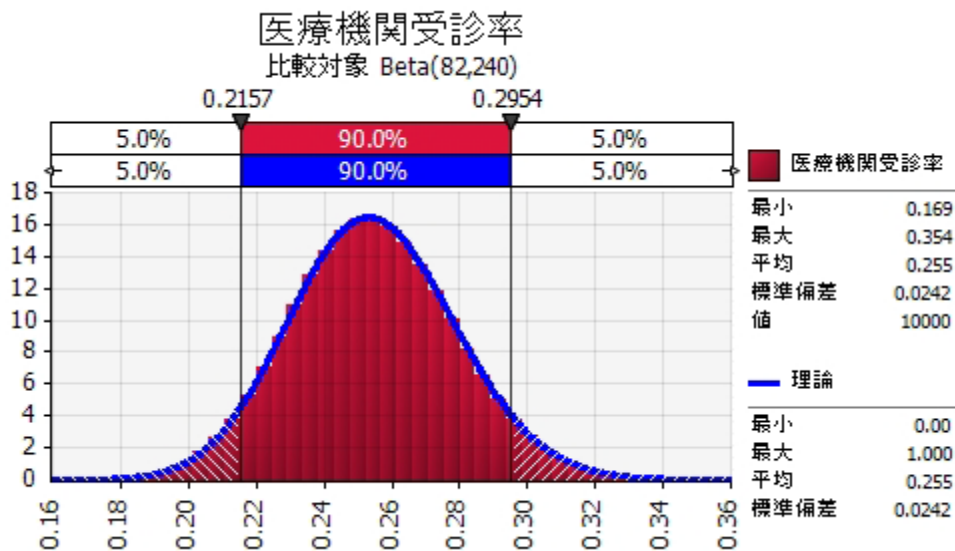


図2：2009年冬期、2014年夏期、2016年夏期の電話住民調査結果の統合データから推定した検便検査実施率（試行1万回）

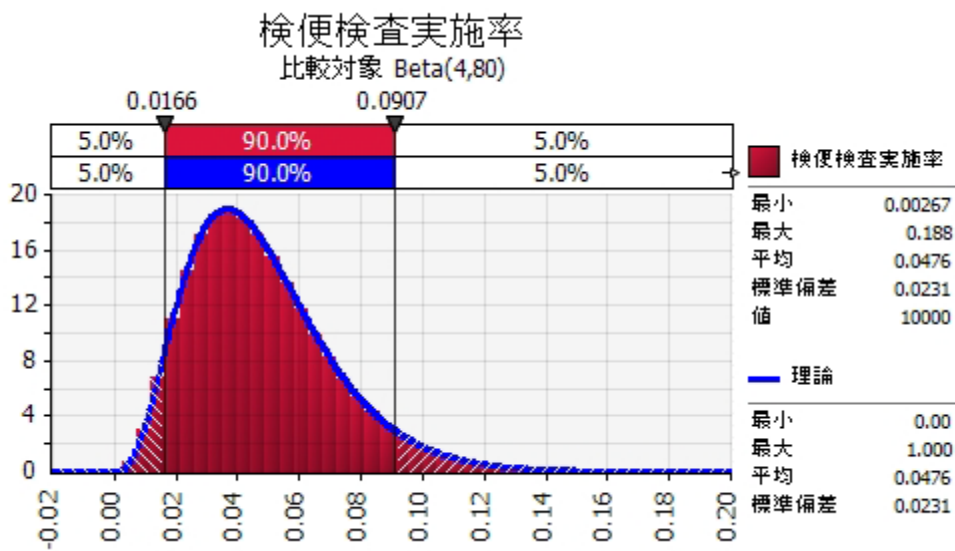
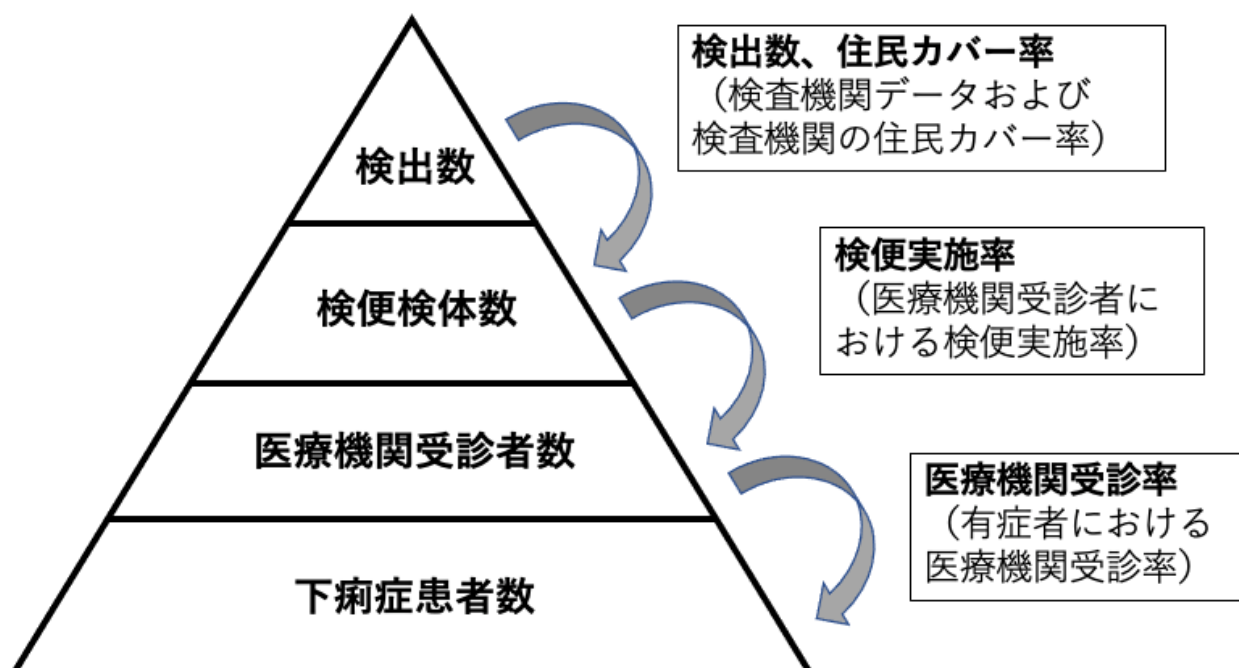


図 3. 下痢症疾患の実患者数の把握

(各段階における不確定要素を検討、積算することで検出数から実被害推定を行う)



引用文献：

Mead, P. S., L. Slutsker, V. Dietz, L. F. McCaig, J. S. Bresee, C. Shapiro, P. M. Griffin, and R. V. Tauxe.

Food-related illness and death in the United States.

Emerging Infectious Diseases, 5:607–625. 1999.

(2) 個別課題：食品寄与率の推定に関する検討（熊谷優子（和洋女子大学））

カンピロバクター食中毒の原因究明にあたり、原因菌株の遺伝特性に基づいた検討方法が複数の欧米諸国では検討され、その結果が報告されている。本分担研究では、この点に着目し、国内の臨床分離株及び鶏肉をはじめとする食品由来株の遺伝特性を基に、同様の解析を進め、国内における主要な食品寄与率を推定する計画としている。まずはじめに、対象菌株について、MLST (Multi locus sequencing typing) データの整理を行った。また、論文等の調査により、微生物の MLST による遺伝分子学的手法による食品寄与率推計の原理は、1つの感染源から分離された病原体の MLST タイプは、この MLST タイプによるヒトへのすべて感染がその感染源のみに由来すると仮定した場合、その特定の感染源によるヒトの健康に対する影響の指標とみなされることから、分離株の遺伝分子学的特徴を MLST により分類し、異なる感染源（例：動物、食品）から分離された MLST タイプと、ヒトから分離された同じ MLST タイプについて、感染源間の MLST タイプ分布が不均等であることを前提

に、一部の支配的な MLST タイプと特定のレゼルボアまたは感染源との間に強い関連性を確認することであることを確認した。また、推計モデルを構築するには、対象の感染源における型の発生と、消費可能な食品感染源の量および感染源に特有の 2 つの可能性(①型に特異的な感染を引き起こす可能性、②感染源に特異的な媒体として機能する可能性)の要素を組み合わせる必要があることを確認した。

3 研究全体の成果、考察及び結論

地鶏におけるカンピロバクターの時系列動態解析では、地鶏を導入・飼育し、単回投与感染実験を開始し、単回投与による時系列動態の傾向を把握した。また感染群と非感染群との比較では菌叢の挙動が異なることが明らかとなった。

蛍光イムノクロマト法による食鳥処理場でのカンピロバクター検出に関する検討では、先行研究で開発した蛍光イムノクロマト資材を作製し、本手法の実用可能性を評価するため、鶏皮試料からのカンピロバクター添加回収試験を定量的に実施し、約 $2.3 \log \text{CFU/g}$ の汚染菌数を示す鶏皮の 5 検体中 3 検体からカンピロバクターが検出されたほか、約 $3.6 \log \text{CFU/g}$ の汚染菌数を示す鶏皮では 5 検体全てから当該菌が検出された。

食鳥処理場における殺菌剤の適正使用に関する検討では食鳥処理場において遊離塩素濃度 25 ppm の亜塩素酸水を脱羽後および内外洗浄後に噴霧しその殺菌効果について検討を行ったところ、たとえば盲腸便中にカンピロバクターが存在していても、増菌培養後に検出される割合は亜塩素酸水を噴霧することで低くなる傾向が確認された。

HACCP に沿った衛生管理制度化に伴う工程変更の有効性評価に関する検討では、食鳥工程の変更によって、脱羽後の時点で $0.4 \log_{10}$ 、冷却前の時点で $1.1 \log_{10}$ 、冷却後の時点で $0.1 \log_{10}$ 、胸肉パックで $0.7 \log_{10}$ のカンピロバクター汚染低減効果が得られた可能性があることが判明した。また噴射水への次亜塩素酸ナトリウム添加は、「とたい」の黄色ブドウ球菌汚染の低減を目的に導入されたが、カンピロバクターの汚染低減効果もあることが示唆された。

流通鶏肉におけるカンピロバクターの定量的汚染実態に関する検討では、大阪府中央卸売市場内の鶏肉加工施設 3 施設から購入した鶏もも肉検体を調査し、45 検体中カンピロバクターが検出されたのは 16 検体 (35.6%) であり、29 検体はカンピロバクター不検出であった。

東京都内の流通鶏肉におけるカンピロバクターの定量的汚染実態に関する検討では、小売店等から購入した東京都内で流通する鶏もも肉 66 検体を調査し、定量試験法では 20/66 検体 (陽性率 30.3%) で定型集落の発育を認め、定量値を算出することができた。

調理段階でのカンピロバクターの飛散・生残挙動に関する検討ではカンピロバクターに自然汚染を呈する鶏肉を入手し、まな板上で模擬的にカット処理を行った後のまな板上の生残菌数を、スポンジスワブでふき取り、TEMPO CAM を用いた定量検出試験を実施し、約 $1.5\text{--}2.4 \log \text{CFU/g}$ (鶏皮) の汚染を呈する鶏もも肉 1 枚をまな板におき、カットした後に、まな板の鶏肉検体付着部分をスワブ法により採取し、定量評価に供したところ、最大で $1.3 \log \text{CFU}/100\text{cm}^2$ が回収された。

飲食店でのカンピロバクター汚染分布の定量的評価に向けた検討では 2019~20 年にカンピロバクター食中毒の原因施設となった飲食店 16 店舗について、食中毒発生翌年の監視時に調理施設環境から計 156 検体のふきとり材料を採取し、培養法とリアルタイム PCR 法 (qPCR) によりカンピロバクターの検出を試みた。16 店舗由来 156 検体は、qPCR により 11 店舗由来 23 検体 (14.7%) が遺伝子陽性と判

定され、これらは全て *C. jejuni* であった。qPCR の成績より、カランのハンドル部分の推定菌数は 1 か所あたり 69 CFU 相当 (Ct 値 34.4) と相対的に高値であったが、他検体では全て 10 CFU 未満 (Ct 値 38.4 ~ 44.7) であった。qPCR によるカンピロバクター遺伝子の定量的な検出は、調理環境中での二次汚染推定の手法として有用と考えられた。

カンピロバクターのバイオフィーム形成性に関する検討では国内のヒト及び食品由来の *C. jejuni* 60 株を MLST 解析に供し、それらのバイオフィーム形成性をクリスタル紫染色により評価した。結果として、鶏肉から時折分離される ST-353CC 株や牛肉からの分離が多い ST-61CC 株はバイオフィーム形成性が低く、ヒト及び広範な食品より分離されることの多い ST-21CC 株の半数以上はバイオフィーム形成性が高い傾向が見られた。

健康被害実態推定に関する検討では検便検査のアクティブサーベイランス結果および過去の電話住民調査の結果等のデータからカンピロバクターおよびサルモネラの食品由来感染被害実態推定を実施した結果、報告される食中毒患者数より多い患者数が推定され、食中毒として報告されない散発事例が多く存在する可能性が示唆された。また過去の推定結果とも比較検討した結果、食品由来下痢症疾患推定患者数の増減の傾向が必ずしも食中毒統計で公表されている食中毒報告数と一致していないことも確認されたことから、現在のサーベイランスを補完するサーベイランスの必要性が確認された。

食品寄与率の推定に関する検討では対象菌株について、MLST (Multi locus sequencing typing) データの整理を行った。また、論文等の調査により、微生物の MLST による遺伝分子学的手法による食品寄与率推計の原理は、1 つの感染源から分離された病原体の MLST タイプは、この MLST タイプによるヒトへのすべて感染がその感染源のみに由来すると仮定した場合、その特定の感染源によるヒトの健康に対する影響の指標とみなされることから、分離株の遺伝分子学的特徴を MLST により分類し、異なる感染源 (例: 動物、食品) から分離された MLST タイプと、ヒトから分離された同じ MLST タイプについて、感染源間の MLST タイプ分布が不均等であることを前提に、一部の支配的な MLST タイプと特定のレゼルボアまたは感染源との間に強い関連性を確認することであることを確認した。また、推計モデルを構築するには、対象の感染源における型の発生と、消費可能な食品感染源の量および感染源に特有の 2 つの可能性 (①型に特異的な感染を引き起こす可能性、②感染源に特異的な媒体として機能する可能性) の要素を組み合わせる必要があることを確認した。

Ⅲ 本研究を基にした論文等

1 本研究を基にした論文と掲載された雑誌名のリスト

該当なし

2 本研究を基にした学会発表の実績

- (1) 中村寛海、山元誠司、朝倉 宏、阿部 仁一郎. 食中毒原因施設の調理環境におけるカンピロバクター二次汚染実態把握の試み. 第 43 回日本食品微生物学会学術総会. 令和 4 年 9 月 29-30 日. 東京都.
- (2) 朝倉宏. カンピロバクターの汚染動態と遺伝性状に基づく制御に向けた研究. 日本食品衛生学会 第 118 回学術講演会. 令和 4 年 11 月 10 日. 長崎県.
- (3) 朝倉宏, 中村寛海, 川瀬遵, 中馬猛久. カンピロバクター食中毒制御に向けて. 第 96 回日本細菌学会総会. 令和 5 年 3 月. 兵庫県.

- (4) 中村寛海, 秋吉充子, 山本香織, 梅田 薫, 小笠原 準, 平井佑治, 野本竜平, 朝倉 宏, 阿部仁一郎. mP-BIT に基づく食中毒患者由来カンピロバクター菌株の特徴とバイオフィルム形成性. 第96回日本細菌学会総会. 令和5年3月17日. 兵庫県.
- (5) 赤瀬悟. カンピロバクターの検査法および鶏肉に関するカンピロバクター研究の最前線. 日本家禽学会2023年度春季大会シンポジウム. 令和5年3月28日. オンライン開催
<https://jpn-psa.jp/news/jpsa-2023-spring-symposium/>

3 特許権等の出願・申請等の状況

該当なし

4 プログラムの著作物及びデータベースの著作物

該当なし

5 その他（各種受賞、プレスリリース等）

- (1) 第43回日本食品微生物学会学術総会優秀発表賞（ポスター発表）

IV 研究開始時に申告した達成目標及び研究全体の自己評価

1 達成目標の自己評価

達成目標	評価結果	自己評価コメント
(1) 地鶏におけるカンピロバクターの時系列動態解析	5	計画に沿って地鶏を導入・飼育し、単回投与感染実験を開始した。これまでに、単回投与による時系列動態の傾向を把握した。
(2) 食鳥処理段階でのリスク低減策の有効性評価に関する検討	5	亜塩素酸水の有効性について腸内細菌科菌群を標的とした比較解析により見出した。蛍光イムノクロマトの作成を完了し、実地での適用可能性評価に向けた活動を行うことができた。
(3) 流通鶏肉におけるカンピロバクターの定量的汚染実態に関する検討	5	東京、大阪の二大消費地に流通する鶏肉におけるカンピロバクター定量試験を実施した。
(4) 調理段階でのカンピロバクター交叉汚染リスク探知手法に関する検討	5	調理施設での汚染箇所探知に資する遺伝子検出法の開発評価を進めることができた。また、まな板等でのカンピロバクター生残に関する定量データを取得することができた。
(5) カンピロバクターの環境適応に関する検討	5	カンピロバクターのバイオフィルム形成性と MLST 型との関連性探知に向けた検討を開始し、両因子間の関連性を示すグループの一部を見出すことができた。
(6) 健康被害実態及び食品寄与率の推定	5	健康被害実態の推定については 2021 年度データを入手し、食中毒被害実態の推定を行うことができた。食品寄与率推定については菌株の遺伝特性に基づく推定手法を見出すことができた。

注) 評価結果欄は「5」を最高点、「1」を最低点として5段階で自己採点。

2 研究全体の自己評価

項目	評価結果	自己評価コメント
(1) 研究目標の達成度	5	鶏肉のフードチェーンを通じたカンピロバクターの汚染動態を定量的に求めるスキームを用い、全ての項目で研究目標の達成に向け、順調に進めることができた。 ①農場段階では動態把握を開始し、②食

	<p>鳥処理段階では制御効果の評価並びに検出方法の作成及び調整を進めた。③流通段階では鶏肉での定量的汚染データの収集を開始することができたほか、④調理段階では調理施設での汚染箇所推定に資する手法の開発や交叉汚染実態の把握に資する知見の収集を開始することができた。⑤外環境における本菌の生残性は遺伝特性との関連性が示唆される知見が得られたほか、⑥健康被害実態及び食品寄与率推定では国際動向を踏まえた取り組みとして新たな評価指標の検討を開始することができた。</p>
<p>(2) 研究成果の有用性</p>	<p>5</p> <p>本研究課題では食鳥肉に関わるカンピロバクターの定量的なリスク評価に資する基礎知見の集積を図ることを目標としている。本研究の遂行により、殺菌剤等の有効性評価に関する成果は食鳥処理場での新たなリスク管理措置を講じる事例として、また蛍光イムノクロマト法の評価は迅速なモニタリングを進める上での1手法としての活用性を示すことに繋がると期待される。更に、流通鶏肉における本菌の定量的汚染データ並びに調理段階での交叉汚染に係る定量的汚染データの集積は、鶏肉におけるカンピロバクターの定量的リスク評価を進める上で有用な知見となることが期待される。調理段階での遺伝子検出法の評価は、食中毒事案への対応時への適用が期待される。バイオフィーム形成性に関する成果は、外環境での汚染制御を講じる上で特に留意すべき遺伝子型株の特定に繋がることが期待される。更に、健康被害実態推定や食品寄与率推定等は、リスク評価の基礎的なデータへの活用が期待される。</p> <p>以上、それぞれの段階において、リスク管理措置、或いはリスク評価への活用が期待できる成果が得られつつある。</p>

総合コメント

令和4年度の研究成果概要を報告する。各項目について、概ね計画に沿って、検討を進めることができたと考える。各項目で得られた成果については、今後も定量的なリスク評価において活用できるデータとして活用されることが期待される。

注) 評価結果欄は「5」を最高点、「1」を最低点として5段階で自己採点。

この報告書は、食品安全委員会の委託研究事業の成果について取りまとめたものです。

本報告書で述べられている見解及び結論は研究者個人のものであり、食品安全委員会としての見解を示すものではありません。全ての権利は、食品安全委員会に帰属します。

(別添1)

研究成果の概要 (和文)

鶏肉のフードチェーンを通じたカンピロバクターの定量的動態解析とリスク低減効果の評価に資するデータを収集することを目的として、本研究を実施した。鶏肉のフードチェーンのうち、生産段階では地鶏での本菌の時系列保菌動態解析、食鳥処理段階では殺菌剤の適正使用、HACCP導入効果並びに迅速検査法実効性の評価解析、流通消費段階では国内流通鶏肉での本菌の定量的汚染実態把握と調理施設での交差汚染探知に向けた手法の評価、カンピロバクターの環境適応に関する検討、更に継続的な健康被害実態の推定及び本菌の遺伝性状に基づく食品寄与率推定から成る統合的な研究を実施した。その結果、地鶏での時系列保菌動態解析においては、カンピロバクター感染群と非感染群では地鶏の盲腸内の菌叢の挙動が異なることが明らかとなった。また食鳥処理場において、と体への噴霧水への次亜塩素酸ナトリウム添加は、カンピロバクターの汚染低減効果の可能性が示唆された。流通消費段階（東京の小売店及び大阪の卸売市場内の鶏肉加工施設）の鶏肉のカンピロバクター陽性率は、小売店で30.3%及び卸売市場内で35.6%であり、このような実際に消費地に流通する鶏肉について、今後さらに検体数を増やした上で、汚染実態把握に向けた継続的な調査が必要であると考えられた。また、消費段階での交差汚染探知に向け、まな板上でカンピロバクター汚染鶏肉を処理した際の飛散・生残挙動の検討、飲食店での二次汚染実態の解明に向けた研究を行った。カンピロバクター属菌の環境適応に関連すると考えられるバイオフィーム形成性については、鶏肉から時折分離されるST-353CC株や牛肉から分離されることの多いST-61CC株はバイオフィーム形成性が低い傾向が見られたが、ヒト及び広範な食品より分離されることの多いST-21CC株の半数以上はバイオフィーム形成性が高い傾向が見られた。さらに、カンピロバクターによる健康被害実態の推定を行ったところ、カンピロバクターの食品由来感染被害実態推定で報告される食中毒患者数は食中毒統計で公表されている報告数より多いことから、食中毒として報告されない散発事例が多く存在する可能性が示唆された。今後、さらに各段階のデータの集積及び解析を進めることにより、鶏肉のフードチェーンを通じたリスク評価に資する科学的知見の集積が見込まれる。