

食鳥処理場におけるカンピロバクター制御法の現状と課題

三澤 尚明[†]

宮崎大学農学部 (〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1)

Strategies for Post-Harvest Control of *Campylobacter*Naoaki MISAWA[†]*Laboratory of Veterinary Public Health Department of Veterinary Science Faculty of Agriculture
University of Miyazaki, 1-1 Gakuenkibanadai-nishi, Miyazaki, 889-2192, Japan*

はじめに

厚生労働省の食中毒統計によると、食肉及びその加工品を原因とする食中毒の発生が増加傾向にある。その一因として、食肉を生食あるいは不完全加熱調理品として食べる日本人の食習慣があげられる。内閣府食品安全委員会が実施した調査によると、約20%の世帯が自宅で、約17%の人が飲食店で鳥刺しなどの鶏肉の生食をしている結果となっており、食生活様式の変化に伴って食肉の生食が一般的に広く普及していることが明らかにされている。健康な家畜・家禽には人に病気を起こす病原体を保菌していることがあり、これらの健康な保菌動物を農場や食肉処理場で排除したり、清浄化することは難しい。その結果、菌が付着した肉や内臓を生あるいは十分加熱せずに食べると食中毒を引き起こすリスクが高くなる。その代表的な病原菌として、腸管出血性大腸菌やカンピロバクターが知られている。平成23年4月に、富山県等の焼肉店で提供された牛肉料理を原因とする死者5名を含む患者数181名の腸管出血性大腸菌食中毒が発生し、食用生肉の衛生管理について食品衛生法の改正を含む大きな社会問題となったことは記憶に新しい [1]。

カンピロバクターは人の主要な食水系感染症の起原菌として世界各国で重要視されている。多くの先進諸国においてカンピロバクター食中毒は増加傾向にあり、地球規模では、毎年4～5億人の感染者があると推定されている [2]。人には本菌に汚染された食品や飲料水を介して間接的に感染する他、保菌動物との接触により直接的にも感染する [3]。疫学調査から感染源として特に注意

が必要な食品は、鶏肉とその関連調理食品である [4]。さらに、カンピロバクター感染症の合併症として麻痺を伴うギランバレー症候群 (Guillain-Barré syndrome : GBS) との関連 [5, 6] やキノロン系薬剤に対する耐性獲得の増加 [7] が問題となっており、本感染症の重要性を改めて認識するとともに、その防除対策を講じることが急務となっている。このような背景を受けて、厚生労働省は2003年3月30日付け衛乳第71号により、食鳥処理場における HACCP 方式による衛生管理指針を策定し、各食鳥処理場の実情に応じた重要管理点及び目標基準、モニタリングする方法及びモニタリング結果に基づく措置等を定めた衛生管理マニュアルを作成するよう都道府県等を通じて指導した。さらに同省は、一般的な食鳥処理場における衛生管理総括表を作成し、都道府県等を通じて食鳥処理業者や食肉販売業者等の食鳥関係従事者への周知を行った (2006年3月24日付け食安監発第0324001号食品安全部監視安全課長通知)。さらに内閣府食品安全委員会では問題の大きい感染症の中から優先度の高い案件としてカンピロバクター感染を選択してリスク評価を行い、2009年に「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～」を発表している (<http://www.fsc.go.jp/fscii/evaluationDocument/show/kya20041216001>)。本稿では、本食中毒の主要な感染源となる鶏肉に焦点を当て、研究室レベルや食鳥処理場において実施されている微生物制御法の現状と問題点等について概説する。

[†] 連絡責任者：三澤尚明 (宮崎大学農学部獣医学科獣医公衆衛生学研究室)

〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1 ☎・FAX 0985-58-7284 E-mail : a0d901u@cc.miyazaki-u.ac.jp

[†] Correspondence to : Naoaki MISAWA (Laboratory of Veterinary Public Health Department of Veterinary Science Faculty of Agriculture University of Miyazaki)

1-1 Gakuenkibanadai-nishi, Miyazaki, 889-2192, Japan

TEL・FAX 0985-58-7284 E-mail : a0d901u@cc.miyazaki-u.ac.jp

カンピロバクターの疫学

カンピロバクター属菌は、家畜、家禽、伴侶動物及び野生動物の消化管や生殖器などに広く分布している [3, 8]。また、これらに由来すると考えられる菌が河川や下水などの環境中からも分離されている [9]。下痢患者から分離される菌種は *C. jejuni* が 90% 近くを占め、その他の菌種の分離率は低いが、菌の分離法が *C. jejuni* と *C. coli* 以外の菌種に適していないこともその原因であることが指摘されている [10]。

C. jejuni による食中毒事例において、その感染源を特定するのは困難なことが多い。そのおもな理由として、食品中の汚染菌量が比較的少ないこと、潜伏期間が比較的長い (2~7 日間) ため原因食品が残っていないか、食品中の菌が死滅あるいは減少し、食品からの菌分離が困難であることなどが考えられる。特に食品の凍結・融解によって本菌の生残性は著しく減少する。食中毒発生時に検査材料に供試される検食は、凍結して保管されていることが多く、カンピロバクター食中毒の原因食品が特定できない原因の一つとなっていると考えられる。感染源として特に注意が必要なのは鶏肉で、市販鶏肉の本菌の汚染率が他の畜肉に比べ高いことが報告されている [11]。養鶏場内に菌が持ち込まれると水平感染によって短期間に感染が広がり、鶏の消化管内から内容物 1 グラム当たり $10^5 \sim 10^9$ 個の菌が検出される [12, 13]。このような保菌鶏が食鳥処理場に搬入されると、さまざまな処理工程で交差汚染が起こり [4, 14, 15]、結果として市販鶏肉の汚染率は高くなる [16, 17]。日本では鶏肉の刺身やタタキなどの生食や不完全加熱食品を喫食する食習慣があり、これらは感染するリスクの高い食品と考えられる。この他、井戸水や簡易水道などの消毒の不備による水系感染 [18] も発生している。

カンピロバクターの生活様式には生物学的に興味深い点がいくつか見られる。すなわち、カンピロバクターは微好気性細菌であるため、大気中の酸素分圧 (20%) や酸素を含まない嫌気条件下では増殖できず、培地に生えた菌を大気中に放置しておくとも菌は死滅してゆく。さらに 30℃ 以下の温度でも増殖できない。しかしながら、保菌動物として重要視されている鶏の腸管内のおもな定着部位は、微好気的環境である小腸よりも酸素がほとんどない盲腸である [19]。さらに、カンピロバクターは保菌動物の腸管内容物や排泄物を介して飲料水や食品等に混入し、人に感染する機会を待つわけであるが、大気中では食品等の中で増殖することができないのはもちろんのことであるが、生残することすら困難であると思われる。このような菌にとって生存するには厳しいと考えられる環境下においてもカンピロバクターは感染環を維持できるわけであるから、宿主動物の腸管内における

免疫機構からのエスケープに加え、多様に変化する環境に適応するための生存戦略を兼ね備えていると考えられる。実際、カンピロバクターには環境の変化に適応し、球状菌となって生きているが培養できない状態となることが知られている [20]。このようにカンピロバクター食中毒のリスクを考える際には、病原性や発症機序にとどまらず、保菌動物や環境中での生存様式 (環境適応機構) などについても理解することが必要である。

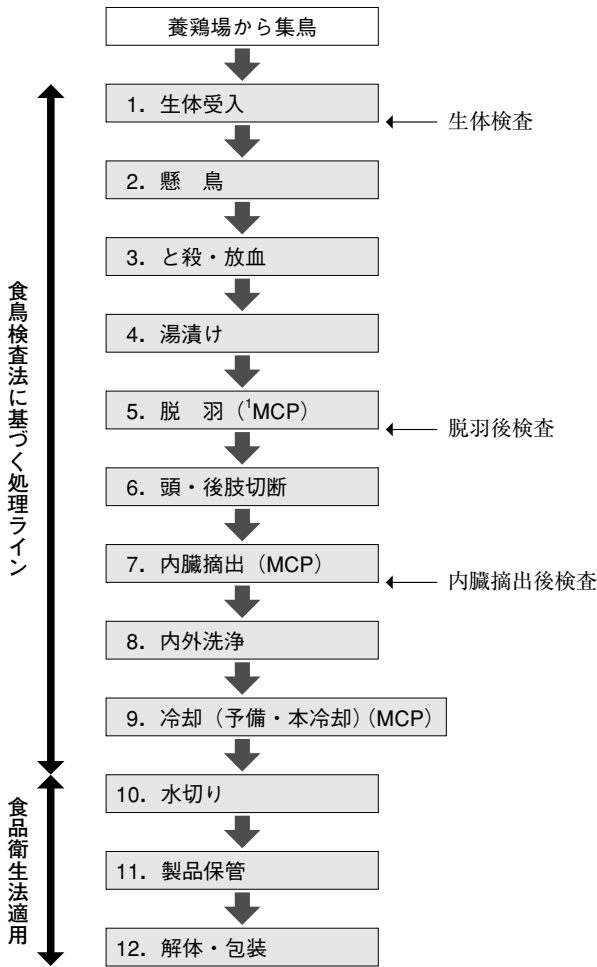
食鳥処理と体のカンピロバクターの汚染状況

農場でカンピロバクターを保菌した食鳥が処理場に搬入されると、処理場内では容易に交差汚染が起こり、と体から本菌が検出される [21]。国内の市販鶏肉のカンピロバクターの汚染実態調査では高い検出率が報告 [16, 17] されていることから、食鳥処理場で本菌に汚染された鶏肉が販売の段階までキャリアオーバーされていると考えられるが、食鳥処理段階における食鳥と体のカンピロバクター汚染に関する国内の査読論文はきわめて少なく、その実態を正確に把握することは難しい。われわれが行った調査では、チラー後のプロイラーと体のムネと背の皮からカンピロバクターの検出を行ったところ、65 検体中 56 検体 (86.2%) から本菌が検出されており、その分離率や分離菌数には季節的な差異は認められなかった (未発表データ)。一方、国外の文献によるとその汚染率は数%から 100% と大きく異なっている [11]。その要因としては、報告者によって採材した工程や時間、と体の採材部位、検査に供試したサンプル量、培養方法等の違いが考えられる。

食鳥処理場で採材した肝臓などの内臓の汚染に関する報告も少ないが、外観に異常を認めない肝臓からカンピロバクターが分離・検出されている [22]。さらに外部からの肝臓表面の汚染に加え、胆管系からの内部汚染もあり、通常の殺菌処理で本菌を制御することは困難である。

食鳥処理場における重要管理点と微生物制御ポイント

食鳥処理場内におけるカンピロバクター汚染拡大のおもな原因としては、農場での制御法が確立していないこと、生鳥の輸送コンテナ内で保菌鶏の糞便による体表汚染が起こること、と体が接触して処理されること、腸管などの内臓破損が起こりやすいこと、皮付きであること、処理工程全般にわたって大量の水を使用すること、と体に対する次亜塩素酸ナトリウムの殺菌効果が低いこと、カット工場内での器具や人を介した交差汚染が容易に起こること、などがあげられる [23]。このように、牛・豚の食肉処理工程で行われている HACCP に基づいた微生物学的危害防止策をそのまま実践できないことが大きな障壁となっている。



¹MCP：微生物汚染管理ポイント

図1 食鳥処理工程（中抜き処理法）

国内の食鳥処理場は、「食鳥処理の事業の規制及び食鳥検査に関する法律」（以下、食鳥検査法）により、年間処理羽数が30万羽を超える「大規模食鳥処理場」と30万羽以下の「認定小規模食鳥処理場」に区別されている。また、食鳥肉の修理方法としては、内臓を摘出後に解体処理を行う「中抜き処理法」と解体後に内臓摘出を行う「外はぎ処理法」があるが、大規模処理場では通常処理効率の高い中抜き処理法を採用している。最も一般的な中抜き処理工程を図1に示す。食鳥処理工程における微生物汚染の管理ポイントとして、と殺・放血、湯漬け、脱羽、内臓摘出・内外洗浄、冷却（予備冷却、本冷却）及び解体の各工程があげられる。

と殺・放血：生体検査を受けた後、生鳥は処理ラインに乗せるために、食鳥の両足を懸垂器につるし、放血が行われる。搬入から懸鳥までの間食鳥は生鳥ホームで留め置かれ、上段の輸送コンテナの糞尿により下段のコンテナ内の食鳥体表が汚染されるので、その取り扱いには注意が必要である。カンピロバクターに汚染された輸送用コンテナの洗浄・消毒が十分行われないと、新たな感染源となる。

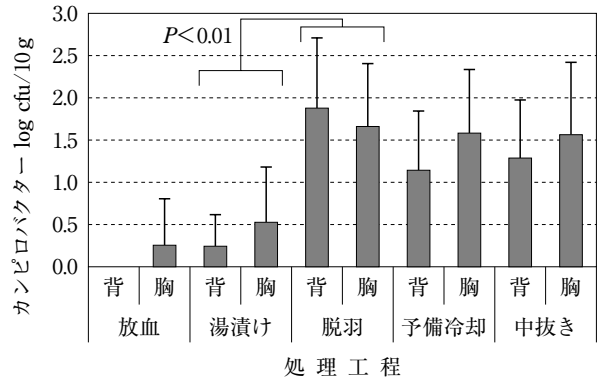


図2 小規模認定食鳥処理場における処理工程別と体皮膚のカンピロバクター汚染菌数の比較（ストマッカー、MPN法）

湯漬け（スコルディング）：湯漬け工程は脱羽のために高温でと体を処理することから、と体表面に汚染している病原微生物を制御できる重要な工程である。この工程では十分な換水を行うことが重要で、と体の進行方向とは逆方向に水が流れることが望ましい。カンピロバクターやサルモネラは、中性域のpH（6.5～7.5）で最も耐熱性を示すことが知られているため、湯漬け水のpHも重要な管理点である。pHをアルカリ（9.0±0.2）に保つことで湯漬け水中のカンピロバクターとサルモネラを減少させることが報告されている [24]。しかしながら、総排泄腔から漏出した糞便中に含まれる尿酸が混入すると、湯漬け水のpHは速やかに中性に戻るため、pHのモニタリングを行う必要がある。

湯漬け水の温度設定にはhard scolding（59～64℃、30～75秒）とsoft scolding（51～54℃、90～120秒）の2種類がある。温度設定が高すぎると、と体表面が油膜状となり、病原微生物が付着しやすくなる。また、低すぎる（47℃以下）とサルモネラの増殖を許すことになるので、温度管理も重要な管理点となる (http://www.fsis.usda.gov/PDF/Compliance_Guide_Controlling_Salmonella_Campylobacter_Poultry_0510.pdf)。

脱羽：われわれが行った中抜き処理を行っている認定小規模処理場での調査によると、放血後、及び湯漬け後のと体の背及び胸の皮膚からカンピロバクターを定量的に測定したところ、いずれも低い菌数であった。これに対し、脱羽処理後ではいずれの部位からも高い菌数のカンピロバクターが分離され、以後の工程のと体皮膚から高い菌数が分離された（図2）。これは、脱羽処理によりと体が脱羽に使用される脱羽フィンガー（脱羽ゴム）の物理的な圧迫により総排泄腔から腸内容物が漏出し、と体表面にカンピロバクターが付着したためと考えられる。同様の結果は国外の研究でも示されている [25, 26]。さらに菌が付着した脱羽フィンガーは次のと体への汚染源となる [27]。したがって、脱羽工程あるいは

脱羽工程後のと体に対し、殺菌処理を行うことが望ましい。

内臓摘出・内外洗浄：中抜き機の不具合や食鳥の規格の違い等による腸管の破損による腸内容物の漏れも重要な汚染源である。さらに、嚔嚢内からカンピロバクターやサルモネラが検出されることがあるため、冷却水槽にと体を投入する前に、内臓摘出後の中抜きと体からの嚔嚢の除去についても適切に行う必要がある [28]。内臓摘出後の中抜きと体は、腸内容物等の汚染を冷却水槽に持ち込まないように内外洗浄機で洗浄するが、使用する水量と水圧の条件設定、ノズルの形状、ラインスピード等も微生物制御の結果に影響する。

冷却：冷却槽内では、と体の進行方向と逆向きに冷却水を流したり、新鮮な冷却水を補充し、消化管内容物や血液等の汚染の有無や透視度のモニタリングが重要管理点となる。厚生科研食品安全確保研究事業「食品製造の高度衛生管理に関する研究」に基づいた一般的な食鳥処理場における衛生管理総括表では、適正な塩素濃度のモニタリング、換水量（1羽当たり1～1.5リットル）の確保、及び水温管理（予備冷却16℃以下、本冷却4℃以下）を推奨している。と体表面に付着した病原細菌を効果的に殺菌するための次亜塩素酸ナトリウムの至適濃度をどの程度に設定すればよいか明確な数値は明記されていないが、換水量や処理羽数の規模等によって設定する必要がある。

EUでは多くの処理場でエアチリングによるドライシステムを採用している。カンピロバクターは乾燥に弱いため、エアチラーによると体表面の制御には効果を発揮すると考えられるが、と体内腔に付着した菌に対する制御効果は低い。また殺菌剤を使わないため、交差汚染が起りやすい [29]。

国内の食鳥処理場における微生物制御の現状と問題点

平成22年の農林水産統計によると、全国には519の食鳥処理場が設置されている。これらの処理施設には、前述した大規模食鳥処理場と小規模認定処理場が含まれ、処理能力や設備に違いがあるのは無論のこと、殺菌処理も多種多様な条件や方法が採用されている。したがって、すべての処理場でHACCP方式に基づく食鳥肉処理方法を構築することはきわめて困難な状況にある。

わが国の食鳥処理場での微生物制御として使用が認められている殺菌剤（食品添加物）は次亜塩素酸ナトリウムのみである。本剤の器具、機材に対する殺菌効果は認められるものの、と体表面に付着したカンピロバクターに対する殺菌効果は低い。そのおもな原因として、有機物の存在があげられる。次亜塩素酸ナトリウムの殺菌効果は遊離塩素に限られ、HOCl (hypochlorous acid) 及びOCl (hypochlorite ions) の濃度に依存するが、

これらは有機物と反応することにより失活する [30]。また、薬剤のpHがアルカリ側に傾いたり、温度の上昇によっても殺菌力は低下する。食鳥と体は有機物であるから、と体表面に付着した細菌に対する薬剤の殺菌効果には限界があり、一度と体皮膚表面に付着したカンピロバクターを殺菌することが困難となる。USDA-FSISでは、塩素剤が殺菌効果を十分に発揮する条件として、チラー水のpHを6.0～6.5、水温を4.4℃に設定することを推奨している。薬剤をチラー水に添加してと体を浸漬する殺菌方式と、と体に噴霧して殺菌する方式があるが、浸漬したと体を振動させたり薬剤を高圧でと体に噴霧すること等で殺菌効果を高めることが可能である。

食品衛生法では、残存上限を定める必要がないとして次亜塩素酸ナトリウム使用量の基準は設定されていないが、多くの食鳥処理場での初期投入量は50～100ppm程度であると思われる。しかしながら、殺菌効果を期待して高濃度の塩素剤を使用すると、副産物としてトリハロメタンなどの有害物質の生成や最終製品の塩素臭などの問題も生じることがある。

食品安全委員会が発表した鶏肉のカンピロバクター低減のためのリスク評価の中で、食鳥処理場において実施すべきリスク低減対策として、食鳥の区分処理 (Scheduled slaughtering) と塩素濃度管理の徹底をあげている。食鳥の区分処理とは、カンピロバクターを保菌していない食鳥から先に処理をする方法で [31]、アイスランド、デンマーク、ノルウェイで実際に実施されている。この処理法の欠点は、検査結果にミスがあると汚染は防げないことであり、高感度で精度の高い簡易・迅速診断法が必要となる。

欧米の食鳥処理場における微生物制御

米国農務省食品安全検査局 (USDA-FSIS) は食肉及び食鳥肉の衛生状態を改善し、さらには公衆衛生上の衛生レベルを向上させる目的で、食肉処理場におけるSSOPの策定・実施に加え、定期的な微生物学的検査を行い、HACCPプログラムを確立するための検査体制 (inspection regulation) を1998年から導入した (Anonymous, FSIS report shows compliance with inspection system, J Am Vet Med Assoc, 213, 1107, 1111 (1998))。以後、食肉及び食鳥肉製品から病原体を減少させるための微生物制御法の開発・研究が進んでいる。

と体の微生物制御技術には、主として化学物質による方法と物理的方法があり、両者を組み合わせた方法も開発されている。表に食肉または食鳥肉の微生物制御に用いられている化学物質と物理的方法を示した。米国のUSDA-FSISは化学物質を用いた微生物制御を積極的に推奨はしていないが、食品医薬品局 (FDA) はいくつか

表 食(鳥)肉に応用されている微生物制御法

1) 化学薬品による処理
塩素剤 (Chlorine)
二酸化塩素 (Chlorine dioxide)
次亜塩素酸ナトリウム (Sodium hypochlorite)
酸性亜塩素酸ナトリウム (Acidified sodium chlorite)
リン酸三ナトリウム (Trisodium phosphate: TPS)
有機酸 (乳酸, 酢酸など)
塩化セチルピリジニウム (Cetylpyridinium chloride)
ペルオキシ酸製剤 (Peroxyacid preparations)
ソルビン酸カリウム (Potassium sorbate)
重炭酸ナトリウム (Sodium bicarbonate)
電解酸化水 (Electrolyzed oxidizing water)
オゾン水 (Ozonated water)
2) 物理的処理
水噴霧 (Water spray)
蒸気 (Steam)
放射線照射
UV照射
超音波照射
マイクロ波 (Microwave)
パルス光 (Pulsed light)
電磁場 (Electro-magnetic fields)
高静水圧 (High hydrostatic pressure)
赤外線 (Infrared technology)
3) その他
バクテリオファージ (Bacteriophage)
バクテリオシン (Nisin)
バクテリオシン産生菌 (Bacteriocin-producing bacteria)

の化学物質の使用を認めている。実際に処理場で使用されている化学物質としては、次亜塩素酸ナトリウム、二酸化塩素、酸性亜塩素酸ナトリウム、ペルオキシ酸製剤、有機酸 (乳酸, 酢酸など)、リン酸三ナトリウム (TSP)、塩化セチルピリジニウム等があるが、食鳥肉と赤身肉で許可されている薬剤とその用量並びに使用方法が異なっている。食鳥肉に対しては、塩素剤は、食鳥と体の洗浄のためのスプレー処理には20ppmまで、冷却槽には50ppmまでの使用が認められている。二酸化塩素に関しては、3ppmを超えて残留しなければ処理水に添加してもよいことになっている。有機酸については、酢酸は2.5%まで (予備冷却)、乳酸では5%まで (予備冷却及び本冷却) 添加してよい。しかしながら、有機酸の使用により、と体皮膚の変色や酸耐性菌の出現などの問題点も指摘されている。酸性亜塩素酸ナトリウムとペルオキシ酸製剤は、食鳥と体あるいは部分肉のスプレー処理または浸漬としての使用が認められている [32]。

これに対し、EUでは欧州議会が定めた一般食品法 (General Food Law) により、使用する抗菌性物質に十分な微生物制御効果があるか科学的に評価されるまでは使用すべきではないという理由で、赤身肉、食鳥肉あるいは内臓の殺菌処理に化学薬品の使用を禁止している (article 3 (2) of Regulation (EC) No. 853/2004)。そ

のため、使用が許されているのは水道水 (potable water) のみで、と体表面の汚染物の除去に使用される。

米国とEUでは食肉、食鳥肉への放射線照射が認められているが、全米での普及率は0.5%程度と低い。その理由としては、コストがかかること、実施できる施設が少ないこと、放射線照射食品に対する消費者の忌避意識があげられる [33]。

おわりに

EUでは、基本的に赤身肉、食鳥肉あるいは内臓の微生物制御を目的とした化学薬品の使用を禁止している。そのため、EUでは農場におけるバイオセキュリティと食鳥処理場におけるGMP及びHACCPの実施、さらには食鳥肉の冷凍や十分加熱した肉の喫食等によりリスクの低減を図ろうとしている。しかしながら、欧州食品安全機関 (EFSA) の報告 (EFSA Journal : <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2597.htm>) によると、2010年にEU諸国 (EU27) では212,064人がカンピロバクターによる食中毒に罹患したとしており、カンピロバクターの防除対策はうまく機能していないのが現状である。

農場レベルにおける制御法としては、菌の定着を阻止するファージ、バクテリオシン、プロバイオティクス (生菌製剤) 及びワクチンなどの開発が行われている [12] が、十分効果が期待できるまでの成果は得られておらず、今後の研究成果を待たなければならない。

われわれも、新しい概念に基づく食鳥処理における微生物制御法を考案し、その実効性を試験してきた。しかしながら、技術的にカンピロバクターを制御できたとしても、国内で使用できる殺菌剤の制約もあり、その技術を実用化するにはクリアしなければならない問題が山積している。したがって、カンピロバクターを含む食鳥由来の病原微生物の汚染を防止するためには、これまで以上に農場から食卓に至るすべてのフードチェーンの過程においてHACCP方式に基づいた衛生管理によるリスク低減に努める必要がある。

食鳥処理場においては、食鳥と体のカンピロバクター汚染状況を継続的に調査することに加え、厚生労働省が作成した「一般的な食鳥処理場における衛生管理総括表」の中に策定された重要管理点 (CCP) に対する防止措置並びに改善措置の実行によって、どの程度カンピロバクターを含む病原微生物が低減できたかを繰り返し検証することが重要である。さらに、食品安全委員会のレポートにある重要度の高い衛生対策についても同様の検証試験を行い、科学的根拠に基づいた衛生管理システムを構築していくことが望まれる。

引用文献

- [1] Matano S, Inamura K, Konishi M, Okumura T, Kawai H, Okamura T, Takata Y, Yamada K, Obata M, Nagata H, Muramoto Y, Sugimoto T : Encephalopathy, disseminated intravascular coagulation, and hemolytic-uremic syndrome after infection with enterohemorrhagic *Escherichia coli* O111, *J Infect Chemother*, (in press, DOI 10.1007/s10156-011-0336-9) (2011)
- [2] Ruiz-Palacios GM : The health burden of *Campylobacter* infection and the impact of antimicrobial resistance : playing chicken, *Clin Infect Dis*, 44, 701-703 (2007)
- [3] Friedman CR, Neimann J, Wegener HC, Tauxe RV : Epidemiology of *Campylobacter jejuni* infections in the United States and other industrialized nations, *Campylobacter*, Nachamkin I, Blaser MJ eds, 2nd ed, 121-138, ASM press, Washington DC (2000)
- [4] Corry JE, Atabay HI : Poultry as a source of *Campylobacter* and related organisms. *Symp Ser Soc Appl Microbiol*, 96S-114S (2001)
- [5] Allos BM : *Campylobacter jejuni* infection as a cause of the Guillain-Barré syndrome, *Infect Dis Clin North Am*, 12, 173-184 (1998)
- [6] Yuki N, Taki T, Inagaki F, Kasama T, Takahashi M, Saito K, Handa S, Miyatake T : A bacterium lipopolysaccharide that elicits Guillain-Barré syndrome has a GM1 ganglioside-like structure, *J Exp Med*, 178, 1771-1775 (1993)
- [7] Smith KE, Bender JB, Osterholm MT : Antimicrobial resistance in animals and relevance to human infections, *Campylobacter*, Nachamkin I, Blaser MJ eds, 2nd ed, 483-495, ASM press, Washington DC (2000)
- [8] Roberts L : Bovine venereal campylobacteriosis (vibriosis) in north east Scotland, *Vet Rec*, 105, 295-296 (1979)
- [9] Jones K : Campylobacters in water, sewage and the environment, *Symp Ser Soc Appl Microbiol*, 68S-79S (2000)
- [10] Lastovica AJ, Skirrow MB : Clinical significance of *Campylobacter* and related species other than *Campylobacter jejuni* and *C. coli*, *Campylobacter*, Nachamkin I, Blaser MJ eds, 2nd ed, 89-120, ASM press, Washington DC (2000)
- [11] Jacobs-Reitsma W, Lyhs U, Wagenaar J, Campylobacter in the food supply, *Campylobacter*, Nachamkin I, Blaser MJ eds, 2nd ed, 627-644, ASM press, Washington, DC (2000)
- [12] Newell DG, Wagenaar JA : Poultry infections and their control at the farm level, *Campylobacter*, Nachamkin I, Blaser MJ eds, 2nd ed, 497-509, ASM press, Washington DC (2000)
- [13] Berndtson E, Tivemo M, Engvall A : Distribution and numbers of *Campylobacter* in newly slaughtered broiler chickens and hens. *Int J Food Microbiol*, 15, 45-50 (1992)
- [14] Genigeorgis CA, Hassuneh M, Collins P : *Campylobacter jejuni* infection on poultry farms and its effect on poultry meat contamination during slaughtering, *J Food Prot*, 49, 895-903 (1986)
- [15] Son I, Englen MD, Berrang ME, Fedorka-Cray PJ, Harrison MA : Prevalence of *Arcobacter* and *Campylobacter* on broiler carcasses during processing, *Int J Food Microbiol*, 113, 16-22 (2007)
- [16] Ono K, Yamamoto K : Contamination of meat with *Campylobacter jejuni* in Saitama, Japan, *Int J Food Microbiol*, 47, 211-219 (1999)
- [17] 三澤尚明, 近藤房生, 後藤公吉, 斎藤志保子, 川森文彦, 小野一晃, 重茂克彦, 品川邦汎 : 人および鶏肉由来 *Campylobacter jejuni* HS : 2 および HS : 19 血清型株の PCR-RFLP 法による遺伝子解析, *日獣会誌*, 56, 471-475 (2003)
- [18] Gugnani HC : Some emerging food and water borne pathogens, *J Commun Dis*, 31, 65-72 (1999)
- [19] Stern NJ, Reiersen J, Lowman R, Bisailon JR, Fridriksdottir V, Gunnarsson E, Hielt KL : Occurrence of *Campylobacter* spp. in cecal contents among commercial broilers in Iceland, *Foodborne Pathog Dis*, 82-89 (2005)
- [20] Tholozan JL, Cappelier JM, Tissier JP, Delattre G, Federighi M : Physiological characterization of viable-but-nonculturable *Campylobacter jejuni* cells, *Appl. Environ. Microbiol*, 65, 1110-1116 (1999)
- [21] Oosterom J, Notermans S, Karman H, Engels GB : Origin and prevalence of *Campylobacter jejuni* in poultry processing. *J Food Prot*, 46, 339-344 (1983)
- [22] 小野一晃, 安藤陽子, 重茂克彦, 品川邦汎 : MPN 法およ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*, 55, 447-449 (2002)
- [23] Mead GC, Hudson WR, Hinton MH : Effect of changes in processing to improve hygiene control on contamination of poultry carcasses with campylobacter, *Epidemiol Infect*, 115, 495-500 (1995)
- [24] Humphrey TJ, Lanning DG : *Salmonella* and *Campylobacter* contamination of broiler chicken carcasses and scald tank water : the influence of water pH, *J Appl Bacteriol*, 63, 21-25 (1987)
- [25] Berrang ME, Buhr RJ, Cason JA, Dickens JA : Broiler carcass contamination with *Campylobacter* from feces during defeathering, *J Food Prot*, 64, 2063-2066 (2001)
- [26] Izat AL, Gardner FA, Denton JH, Golan FA : Incidence and level of *Campylobacter jejuni* in broiler processing, *Poult Sci*, 67, 1568-1572 (1988)
- [27] Allen VM, Tinker DB, Hinton MH, Wathes CM : Dispersal of microorganisms in commercial defeathering systems, *Br Poult Sci*, 44, 53-59 (2003)
- [28] Buhr RJ, Cason JA, Dickens JA, Marshall DE : Extraction load and intact crop removal in modified manual evisceration of male broilers, *J Appl Poult Res*, 9, 371-374 (2000)
- [29] Mead GC, Allen VM, Burton CH, Corry JE : Microbial cross-contamination during air chilling of poultry, *Br Poult Sci*, 41, 158-162 (2000)
- [30] Kotula KL, Kotula AW, Rose BE, Pierson CJ, Camp M : Reduction of aqueous chlorine by organic material, *J*

- Food Protect, 60, 276-282 (1997)
- [31] Hue O, Le Bouquin S, Laisney MJ, Allain V, Lalande F, Petetin I, Rouxel S, Quesne S, Gloaguen PY, Picherot M, Santolini J, Salvat G, Bougeard S, Chemaly M : Prevalence of and risk factors for *Campylobacter* spp. contamination of broiler chicken carcasses at the slaughterhouse, Food Microbiol. 27, 992-999 (2010)
- [32] Byelashov OA, Sofos JN, Strategies for on-line decontamination of carcasses, Safety of meat and processed meat, Toldrá F ed., 149-182, Springer Science, New York, USA (2009)
- [33] Lee EJ, Ahn DU : Advanced decontamination technologies : irradiation, Safety of meat and processed meat, Toldrá F ed., 209-228, Springer Science, New York, USA (2009)