

201327035A

厚生労働科学研究費補助金

食品の安全確保推進研究事業

畜産食品の安全性確保に関する研究

平成25年度 総括・分担研究報告書

(課題番号：H25-食品-一般-011)

研究代表者 岡田 由美子

国立医薬品食品衛生研究所 食品衛生管理部

平成26(2014)年5月

目次

I. 平成 25 年度総括研究報告書

畜産食品の安全性確保に関する研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・1

研究代表者 岡田 由美子

II. 分担・協力報告書

1. 諸外国における食肉の生食実態に関する研究・・・・・・・・・・11

岡田 由美子、五十君 静信

2. 畜産食品が原因の寄生虫性食中毒に関する調査研究・・・・・・・・15

鎌田 洋一、白藤 由紀子

3. 放射線照射による微生物除去・・・・・・・・・・・・・・・・・・35

等々力 節子、川崎 晋、都築 和香子

4. 牛肝臓内の大腸菌の分布とその殺菌法の検討・・・・・・・・・・53

山崎 伸二、日根野谷 淳

5. 高圧処理による牛肝臓中の *Escherichia coli* の不活化に関する検討・・・・59

荻原 博和、岡田 由美子、五十君 静信

6. 高圧処理による牛肝臓の形態学的変化に関する検討・・・・・・・・69

鈴木 穂高、荻原 博和、岡田 由美子

III. 委託報告書

海外の食肉や内臓肉の生食実態に関する基礎的情報の収集支援業務報告書・・75

三菱総合研究所

平成 25 年度 厚生労働科学研究費 食品の安全確保推進研究事業
畜産食品の安全性確保に関する研究 (H25-食品-一般-011)

総括研究報告書

研究代表者 岡田由美子 国立医薬品食品衛生研究所 食品衛生管理部

研究要旨

現在わが国の畜産食品は、これまで生食されなかったものが生食されるなど、食文化が多様化してきている。しかしながら、畜産物の生食は腸管内の微生物や寄生虫等による食中毒の危険性が高く、近年、食中毒事例が頻発していることから、畜産物の生食による食中毒を未然に防止するための畜産物中の食中毒菌の検査手法や除去方法を提供する必要がある。本研究では、腸管出血性大腸菌などの細菌と生食でしばしば問題となる寄生虫を主な危害の対象として、動物の食肉や内臓肉を生で食することのリスクについて、牛、馬、豚等について検討した。

まず、動物の食肉や内臓肉を生で食する実態について、情報収集を行い、これらを生食することのリスクについて危害分析を行った。現在生食が禁止されている牛の肝臓については、腸管出血性大腸菌や大腸菌群がどのように汚染するかについて明らかにした。また、我が国における畜産食品を原因とする寄生虫性食中毒の発生実態について調査を行い、馬肉による寄生虫性食中毒の実態を明らかにした。

次に本研究班では、畜産食品中の病原微生物を生食の可能なレベルまで削減する方法について 3つの手法を用いて検討した。第一に、海外で食肉に用いられている放射線殺菌法が牛肝臓に対しても有効であるかの検証を開始し、有効性が認められる条件を明らかにすると共に、照射による牛肝臓への影響等、食品としての安全性に関する検討、処理によって発生する臭気の原因物質について解析した。第二に、人工的に注入した O157 の塩素系消毒薬と凍結融解による殺菌法の検討を行った。また、高圧処理による殺菌方法についても検討し、微生物削減に有効な処理条件を明らかにすると共に、処理による牛肝臓実質の変化についても解析を行った。

分担研究者： 鎌田 洋一 岩手大学
等々力 節子 独) 農研機構 食品総合研究所
山崎 伸二 大阪府立大学大学院 研究協力者：

川崎 晋 独) 農研機構 食品総合研究所

都築和香子 独) 農研機構 食品総合研究所

日根野谷淳 大阪府立大学大学院

白藤由紀子 岩手大学

荻原 博和 日本大学

鈴木 穂高 国立医薬品食品衛生研究所

A. 研究目的

平成 23 年に我が国で起きた食肉の生食による腸管出血性大腸菌による集団食中毒事件をきっかけに、畜産食品を生食することの危険性が広く再認識され、食の安全を確保するため、平成 23 年 10 月には生食用牛肉の微生物規格の設定、平成 24 年 7 月には牛肝臓の生食禁止という行政措置が実施された。一方で、豚肝臓の生食の増加、ジビエと呼ばれる野生鳥獣肉の生食の提供が増加しつつあり、これまでとは異なる健康被害の可能性が高まっている。また、牛肝臓の生食の安全性を確保することにより、規制の解除を求める要望もある。本研究では、食肉及び内臓肉を生で食することによるリスクを明らかにすることを目的として、諸外国における食肉の生食実態の調査や、国内での牛の消化管部位における毒素産生性大腸菌による汚染実態調査、畜産食品を原因とする寄生虫性食中毒の発生実態に関する調査等を行った。更に、畜産食品を汚染する食中毒菌を低減することを目的として、放射線照射、消毒薬による殺菌及び高圧殺菌の 3 つの手法を用い、その効果及び問題点について科学的に検討した。

B. 研究方法

(1) 諸外国における食肉の生食実態調査

海外においてどのような種類の食肉が生食されているか、また、それらによる健康被害の発生状況について、株式会社三菱総合研究所への委託調査を実施した。調査は、インターネットを通じて生食が行われている実態、及びそれらによる健康被害実態について行うと共に、PubMed 等による文献調査、更に各国大使館への電話及び書面送付を通じて実施した。

(2) 牛の各種消化管部位における志賀毒素産生性大腸菌 (STEC) 汚染実態調査及び牛胆汁、肝臓内の細菌汚染実態調査

屠畜解体直後に採取した舌、第一胃内容物、十二指腸、十二指腸内容物、盲腸、盲腸内容物、肛門、肛門内容物、胆嚢、肝臓、唾液及び胆汁を 37°C、18 時間、浸透培養し、100°C、10 分間の加熱処理後、10、000 g、5 分間の遠心分離で得られた上清を鋳型 DNA として、*stx* 遺伝子の検出を PCR 法により行った。胆汁と肝臓内の大腸菌群数については、ストマッカー処理した肝臓検体及び胆汁をそれぞれ滅菌 PBS で 10⁸ 倍まで 10 倍段階希釈し、マッコンキー寒天培地で 37°C、18 時間培養して細菌数を算出した。牛肝臓内の細菌汚染部位の同定は、ホルマリン固定した牛肝臓をパラフィンで包埋後、切片を作製し、ヘマトキシリン・エオジン (HE) 染色後、顕微鏡による観察で実施した。

(3) 畜産食品を原因とする寄生虫性食中毒の発生実態調査

厚生労働省監視安全課食中毒被害情報管理室より、「その他」が原因物質となっている食中毒事例について情報の提供を受け、それらの原因物質について、2003年からの10年間を解析した。

(4) 放射線照射による牛肝臓からの微生物除去及び副生成物の検討

牛肝臓及び牛挽肉試料に、人工的に *Escherichia coli* O157 DT66 株 (*stx*-1、2陰性) 及び *Salmonella* Enteritidis (IFO3313) を接種し、 γ 線照射による殺菌効果について、照射温度(冷蔵・冷凍)及び包装条件を変えて検証を行った。また、照射による牛肝臓における脂肪酸組成の変化をGCで、2-アルキルシクロブタノンの生成をGC-MSで、臭気成分の探索を臭い嗅ぎGC及びGC-MSを用いて実施した。

(5) 人工的に注入したO157の塩素系消毒薬と凍結融解による殺菌法の検討

調整した腸管出血性大腸菌O157:H7菌液50 mLを50 mLのプラスチックシリンジを用いて左肝管から肝臓内に注入した。注入後37°Cで約30分間静置した後、2000 ppmの塩素系消毒薬、約500 mLを注入し胆管内を洗浄した。処理後の肝臓を無菌的に切り出し、液体窒素で急速冷凍後、-30°Cで約24時間放置した。凍結した肝臓を氷水に浸し融解後、ストマック処理を行い、セフィキシムとテルライトを含むソルビトールマ

ッコンキー(CT-SMAC)寒天培地に植菌しO157の菌数を調べた。

(6) 高圧処理による牛肝臓中の *E. coli* の不活化に関する検討及び高圧処理による牛肝臓の変質に関する検討

牛肝臓に *E. coli* ATCC25922 株を人工的に接種し、HPV-80C20-S(スギノマシン社製)を用いて、処理圧力200、300、400、500 MPaで10分間の高圧処理を行った。処理後、PCA培地による生残菌数の計測と *E. coli* の選択培地であるXMG培地を用いて発育した青色の集落を計測した。処理を行った肝臓については色調計で色調の変化を測定すると共に、硬度の確認を行った。更に、ホルマリン固定及びパラフィン包埋後、病理切片を作成し、HE染色により光学顕微鏡による肝臓の構造変化について解析した。

C. 研究結果

(1) 諸外国における食肉の生食実態及び健康被害調査

インターネットを通じた調査の結果、牛肉の生食料理はタイ、韓国、トルコ、フランス、イタリア、チェコ、エチオピアに存在していることが明らかとなった。豚肉の生食料理はドイツ、羊の生食料理はレバノン、馬はフランスで生食されていた。それらによる健康被害は、フランス(牛及び馬)、ドイツ(豚)、オランダ(牛)、トルコ(牛)、韓国(牛)で報告されていた。これらのほとんどは、レストラン及び家庭での調理・喫食によるものであったが、ドイツにおける豚の

生食料理メットは、容器包装されスーパーマーケット等で市販されていた。食肉の生食による健康被害はフランス及びドイツで報告されており、原因物質は病原性大腸菌、サルモネラ、旋毛虫等であった。

(2) 牛の各種消化管部位における STEC 汚染実態調査及び牛胆汁、肝臓内の細菌汚染実態

胆汁と肝臓内の細菌数についてそれぞれ 29 検体について調べたところ、24 検体の胆汁から大腸菌群は検出されなかったが、2 検体で $10^1 \sim 10^2$ CFU/g、 10^5 、 10^6 、 10^7 CFU/g がそれぞれ 1 検体で検出された。一方、肝臓内の菌数については、胆汁から検出されなかった 9 検体については肝臓からも検出されなかったが、胆汁から検出されなかった 15 検体と同じ個体の牛の肝臓から $10^1 \sim 10^6$ CFU/g の細菌が検出された。胆汁で細菌が検出された 5 検体と同じ個体の肝臓からも $10^3 \sim 10^6$ CFU/g の細菌が検出された。以上の結果より胆汁内と肝臓内の細菌数について相関性が見られる場合と見られない場合があることが明らかとなった。牛肝臓内から大腸菌群が検出されたことから、肝臓内における細菌の汚染部位を調べた。27 検体の肝臓を調べた結果、4 検体から胆管内に、8 検体で類洞内に細菌が検出された。しかしながら、類洞内に細菌が検出された場合、通常廃棄される部位がほとんどであるが、まれに 1、2 の可食部位からも検出された。細菌が検出された周辺部位にマクロファージの集積や炎症が認められなかったことから屠畜解体後

に何らかの理由で肝臓内が汚染された可能性が考えられた。牛消化管内における STEC の分布を調べることを目的に、各種消化管部位を 8 個体からそれぞれ 1 検体採取し、*stx1* と *stx2* 遺伝子を PCR 法で検出した。*stx1* 遺伝子はほとんど検出されず、検出されたそのほとんどは *stx2* 遺伝子であった。唾液で 3 検体検出されたが、検出されたそのほとんどは盲腸と肛門であり、肛門では 100%であった。一方、胆汁で 1 検体陽性となったが、同様に肝臓、十二指腸でも陽性となった。

尚、胆嚢については 4 検体について調べたが *stx1*、*stx2* 遺伝子とも全てで陰性であった。

(3) 畜産食品を原因とする寄生虫性食中毒の発生実態

①我が国における食中毒の中の、「その他」に分類される食中毒の位置づけ

2003 年から 2012 年までの食中毒事件数の推移をみると、全体の食中毒は年間 1000 件強から 1600 件強の事例数が報告されている。寄生虫性食中毒が包有される「その他」に分類される食中毒は、2007 年までは年間で一桁の発生件数を示し、2008 および 2009 年は 17 件と、いずれも少ない発生数になっている。2010 年に 28 件と増加傾向を示し、2011 年は 68、2011 年に至っては 100 件を超える事件数を示した。2010 から 2011 年を境に、急激な「その他」の食中毒が増加している。

患者数については、過去 10 年間で年間 20000 人から 40000 人の患者の報告がある。寄生虫性食中毒が包有される「その他」に分類される食中毒は、2010 年まで

は1名から50名に満たない患者数の変動を示した。2011年には患者数は500名の報告となり、急激な増加を示した。2012年は、患者数は2011年とほぼ同様の人数となっている。

②「その他」に分類される食中毒の、原因物質の分析

厚生労働省への届け出原簿中から、「その他」に分類される食中毒の原因物質を分析した。文言の重複がある、原因の混合、寄生虫・細菌・ウイルス・毒素以外が原因であることなど、直接的な集計が出来ないため、項目を整理し、「その他」の食中毒の原因を集計した。10年間で266件の発生がみられているが、そのうち、寄生虫が原因となっているのは258件であった。

③寄生虫性食中毒に関する解析

「その他」の食中毒に包有される寄生虫性食中毒について焦点を当て、解析した。過去10年間に、「行政的に食中毒」として認知された寄生虫性疾患の原因寄生虫は、5種類（属）しかない。それらのうち、畜産食品あるいは家畜肉が関与する寄生虫性食中毒はサルコシスティスの1種にとどまる。最も発生事件数の多いアニサキス属、クドア、旋尾線虫は魚が宿主となり、生の魚肉が原因食となる。ウエステルマン肺吸虫も過去に2事例、発生しているが、淡水性の甲殻類が原因食となっている。食中毒統計という観点から、「畜肉由来の危害性寄生虫」とはサルコシスティスで、馬肉が原因食と結論される。

過去10年間の寄生虫性食中毒発生事件数の推移では、2010年を境に、アニサキ

ス属とクドアによる食中毒発生が急激に増加している。アニサキス属とクドアによる食中毒事例発生は、すでに記述したように、「その他」を原因とする食中毒と同じ発生状況をしめす。この事実は、「その他」が原因の食中毒の増加が、アニサキス属およびクドアが原因の食中毒が増加したことに起因することを示している。

過去10年間の、寄生虫性食中毒の原因は、その70%がアニサキス属で、残りの大半がクドアと考えてよい。これを、2010年を区切りとして集計をすると、2003年からの8年間は、事件数の97%が、アニサキス属が原因となっている。すなわち、2008年までは、我が国の寄生虫性食中毒はアニサキス属を考えればよいものであった。2011年と2012年は、アニサキス属による食中毒は、事件数は横ばい、あるいは倍増しているものの、発生割合としては56%に減少している。発生が増加してきたのはクドアである。2010年を境に、寄生虫性食中毒事例の発生状況は急変し、クドアが原因の食中毒が急増している。我が国の寄生虫性食中毒は、クドアを食中毒原因物質として同定したことが、その変貌の大きな契機になっていると考えることができる。

過去10年間の寄生虫性食中毒患者数の推移は、事件数の推移と同様の傾向を示した。2010年までは年間30名に満たない患者数であったのが、2010年を境に、クドアによる食中毒患者が多数報告されている。

サルコシスティスが原因の食中毒は2011年と2012年の合計で3事例、14名の患者が発生している。

(4) 放射線照射による牛肝臓からの微生物除去及び副生成物の検討

①牛肝臓中の腸管出血性大腸菌の殺菌効果

前年度研究結果から、最も γ 線照射に対する抵抗性が高い傾向が得られていたDT66株を被検菌として、より詳細なデータ取得を試みた。牛肝臓および牛挽肉中においてDT66株を接種し、 γ 線照射を行った際の殺菌効果、冷蔵・冷凍もしくは含気・真空包装いずれの試験区においても、牛肝臓における γ 線殺菌では牛挽肉と比較して高い線量を必要とする結果となった。特に冷凍下では挽肉と比較して D_{10} 値が高く算出された。また、冷蔵区と冷凍区を比較した場合、冷凍区の D_{10} 値の方が高く観測された。さらに含気包装区と真空包装区においても比較したところ、殺菌のためには真空包装区の方が含気包装区と比較して高い線量が必要であった。

②サルモネラの γ 線感受性

サルモネラ供試菌8株に対し、 γ 線の感受性について比較したところ、1kGy照射後の生残率は*S. Enteritidis* IFO3313株が供試菌株の中で最も高かった。そこで、この株を被検菌として選択し、以降の実験に用いた。

③牛肝臓中のサルモネラの殺菌効果

S. Enteritidis IFO3313株を被検菌として、牛肝臓および牛挽肉中に接種し、 γ 線照射を行った際の D_{10} 値を示した。サルモネラの場合では大腸菌O157の結果と比較して、より高い線量が殺菌に必要となった。また、大腸菌O157と同様、牛肝臓における γ 線殺菌では牛挽肉と比較してより高い線量を必要とする結果となった。しかし、

サルモネラにおいては、含気包装区と真空包装区を比較しても、 D_{10} 値はほぼ変わらない、もしくは含気包装がやや高めに観測された。今回、 D_{10} 値は便宜的に指数関数的に死滅したと仮定して求めたが、いずれにせよ、牛肝臓内のサルモネラを5桁死滅させるには、凍結(-80°C)照射の場合でおよそ7kGy前後の照射線量が必要となると考えられ、上記試験の追試ならびに、決定した目標線量に曝露した際に、期待される程度の殺菌効果が認められるかの繰り返し確認試験を、今後行う必要がある。

④ γ 線照射による牛肝臓脂質の変化

[1] 脂肪酸組成とトランス異性化

非照射および3kGy(0°C)、5kGy(-80°C)で照射した牛肝臓の脂質含量はそれぞれ、 4.83 ± 0.06 , 4.67 ± 0.11 , 4.77 ± 0.06 (%FW)であった。主な構成脂肪酸の含量、及び不飽和脂肪酸の総量やトランス脂肪酸の含量をまとめた。

3kGy(0°C)および5kGy(-80°C)の γ 線照射によって、トランス異性体がわずかに増加し、18:2のトランス酸の総量や炭素数18のトランス酸の総量、炭素数16のトランス酸も加えた総トランス脂肪酸量については、非照射試料と比較して統計的な有意差が認められた。国際機関の推奨するトランス脂肪酸摂取量(総摂取エネルギーの1%未満、1800kcal摂取する人のトランス脂肪酸摂取推奨量は2g未満)を考慮すると、照射による牛肝臓のトランス脂肪酸量の増加は、一日のトランス脂肪酸摂取量に大きな影響を与えないと考えられる。

[2] 2-アルキルシクロブタノン類(2-ACBs)の生成

非照射の肝臓試料に、2-dDCB および 2-tDCB を 2 ng/g FW、スパイクして行った添加回収試験の回収率は、 88.7 ± 2.1 、および $82.3 \pm 3.1\%$ であった。

3 kGy(0°C)及び、5kGy(-80°C)の照射試料では、標準試料の 2-ABCs の ± 0.02 min 以内の保持時間に 2-ACBs の同定条件を満たす、m/z 98 および m/z 112 の面積比のピークが観測され、目的とする 2-ACBs を検出することができた。2 種の 2-ACBs の定量結果では、同一線量あたりに換算した 2-dDCB 及び 2-tDCB 生成量は、0°C照射の方が、-80°Cにおける照射に比べて高かった。

⑤臭気成分の探索

牛肝臓試料から減圧蒸留により抽出した臭気成分をにおい嗅ぎ GC で分析した結果、照射試料(0°C 3 kGy、および-80°C 6 kGy)では、保持時間 8.5min 付近に硫黄系の甘い臭気を感じられたが、コントロールである非照射試料からはこの臭気は感じられなかった。この臭気の特徴から、臭気物質としてベンジルメルカプタンが、1 つの候補と考えられた。

減圧蒸留による肝臓臭気成分の GC-MS の分析結果は、ベンジルメルカプタンの特徴的なフラグメントイオンである、m/z : 91 のマスプロマトグラムにおいて、ベンジルメルカプタン標準品の保持時間と、照射品に特有の臭気を持つピークの保持時間とが一致した。このピークの相対強度比は、非照射 : 3kGy(0°C) : 6kGy(-80°C) = 1.0 : 3.0 : 2.0 となり、照射品の中では 3kGy(0°C)の試料の方が 6kGy(-80°C)に比べて大きかった。また、m/z : 91 のマスプロマトグラムにおいては、臭気化合物であるフェニルエチルアルコールと同定されるピーク

についても、非照射と照射試料の間にピーク強度の差が認められ、その相対強度は、非照射 : 3kGy(0°C) : 6kGy(-80°C) = 1.0 : 4.7 : 5.8 であった。さらに、スカートの特徴的フラグメントイオンである m/z 130 のマスプロマトグラムにおいても、対応するピーク強度が、3kGy(0°C)で非照射試料の 1.8 倍、6 kGy(-80°C)で 1.4 倍に増加しており、これら 2 つの化合物も照射による臭気の変化に影響している可能性が考えられた。

ただし、ここで候補とした化合物の照射による臭気変化への寄与を明確にするためには、より定量性のある分析法を確立した上で、非照射試料におけるこれらの化合物の変動範囲と線量や照射温度に対する生成量の依存性とをさらに詳細に検討する必要がある。

(5) 人工的に注入した O157 の塩素系消毒薬と凍結融解による殺菌法の検討

O157 を人工的に注入した牛肝臓を塩素系消毒薬、急速冷凍、チルド融解処理を行った。未処理の場合、菌数は $10^4 \sim 10^5$ CFU /g であったが、処理を行った場合、数 CFU /g ~ 数 10 CFU /g まで減少した。しかしながら、数 10 CFU /g ~ 数 100 CFU /g までしか減少しない場合もあり、個体間のばらつきがあった。

(6) 高圧処理による牛肝臓中の *E. coli* の不活化に関する検討及び高圧処理による牛肝臓の変質に関する検討

①リン酸緩衝液に懸濁した *E. coli* の高圧処理による不活化効果

リン酸緩衝液に懸濁した *E. coli* の高圧処理前の未処理での菌数は対数値で 9 log CFU/ml であった。これらの菌液の高圧処理を行うと、200MPa・10 分処理では未処理とほぼ同様の菌数を示し、高圧処理による菌数の減少は認められなかった。さらに高圧処理の時間を延長した 20 分処理では、死滅する現象が観察され、30 分処理で 1 オーダーの減少が認められた。300MPa では、200MPa に比べて急激な菌数の減少が観察され、10 分処理で 4.4 log CFU/ml、20 分処理で 3.3 log CFU/ml、30 分処理で 2.9 log CFU/ml に減少した。400MPa では 10 分処理で 3.0 log CFU/ml、20 分処理で 2.6 log CFU/ml、30 分処理で 2.9 log CFU/ml に減少した。最も圧力の高い 500MPa では、10 分処理で 1.9 log CFU/ml、20 分処理と 30 分処理では検出限界以下であった。

以上の結果、高圧処理により 5 log CFU/ml の有効な殺菌効果が認められた圧力は 400MPa と 500MPa であった。さらに高圧処理時間を延長するにつれて、緩やかではあるものの殺菌効果が高まる傾向が認められた。

②高圧処理による肝臓中の *E. coli* の不活化効果とその外観に及ぼす影響

牛肝臓に接種した *E. coli* の高圧処理による不活化効果を非選択培地の PCA 培地を用いて生残菌数を測定した。予備実験により高圧処理が *E. coli* に対して有効な死滅効果が認められたことから、牛の肝臓に *E. coli* を接種して高圧処理条件を 200MPa、300MPa、400MPa、500MPa そして処理時間 10 分で行った。その結果、肝臓中の未処理菌数は 7.1 log CFU/g を

示した。200MPa 処理ではほとんど菌数の減少が観察されなかった。300MPa から菌数の減少が観察され 1.5 log CFU/g の減少が認められた。さらに 400MPa では 3.0 log CFU/g の減少、最も高い圧力の 500MPa では 5 log CFU/g の菌数減少が認められ、5D 程度の殺菌効果が得られた。実際に有効な 5D 程度の殺菌効果が認められた圧力は 500MPa のみであった。

次に、同様に処理した試料を大腸菌の選択培地である XMG 培地を用いて検出測定した結果、検出培地である非選択培地の PCA 培地を用いた場合と顕著な差は観察されなかった。

以上のことから、選択培地に使用される選択剤による損傷菌による影響は少ないものと推察された。

また、高圧処理による肝臓色の変化を測定した。肝臓の外観は圧力が高まるにつれて肝臓の色彩は、赤みが減少し肌色に変化する傾向が認められた。色彩色差計では、未処理の肝臓数値は L 値が 36.7 ± 1.3 、a 値が 6.5 ± 0.6 、b 値が 2.2 ± 0.3 を示した。圧力が高くなるにつれて、L 値は 200MPa より数値が増加し、300MPa で 44.3 ± 1.1 、500MPa で 50.4 ± 0.4 に増加した。a 値では 300MPa に 10.1 ± 1.0 に数値の増加が認められたものの 400MPa と 500MPa では顕著な変化は認められなかった。さらに b 値では 300MPa まで大きな数値の変動は見られなかったものの、500MPa では 8.0 ± 0.6 にまで増加した。高圧処理における肝臓の色と硬さの変化を観察したところ、肉色は処理前では鮮明な赤褐色を示したものの、200MPa では赤みが少なくなるも

の肝臓色を維持していたが、300MPa以降、400MPaと500MPaと圧力が高くなるにつれて、赤みが退色し、白っぽくなり加熱したような色合いとなった。

硬さについては、300MPa以上で、当初の肝臓の柔らかさではなく、明らかに硬さが認められ、400MPaと500MPaでは弾力も感じられるようになった。特に未処理の肝臓とは肉質がかなり異なっていた。

以上の結果から、*E.coli*に対する効果は500MPa・10min処理で、5Dの殺菌効果が得られ、有効な不活化効果が認められた。しかし、肝臓の状態は生の状態の色彩とテクスチャーは失われ、別物の感触となった。

④ 高圧処理による牛肝臓の形態学的変化

高圧処理により、牛肝臓検体の体積は外見的にはほとんど変化がなかった。肝臓の色は高い圧で処理した検体ほど、暗赤褐色から淡褐色へと退色が顕著であった。牛肝臓の断面を作る際にナイフで切った際の感触では、より高圧で処理した検体ほど弾力が強く、硬くなっている傾向が認められた。また、0MPaでは暗赤褐色で一様な断面を示しているが、200MPaではやや色合いが薄くなり、300、400、500MPaでは断面が淡赤褐色～淡褐色の斑状を呈していた。

形態学的には、高圧処理をした肝臓においても、肝細胞の索状配列や小葉構造などに形態的な変化はほとんど認められなかった。しかし、強拡大像では、肝細胞の細胞質内に好酸性の小顆粒が認められるようになる一方、肝細胞細胞質の染色性は全体的に低下しており、また、血

管内に好酸性の顆粒状構造物が認められるなどの変化が観察された。

平成 25 年度 厚生労働科学研究費補助金(食品の安全確保推進研究事業)

畜産食品の安全性確保に関する研究

分担報告書

諸外国における食肉の生食実態に関する研究

研究分担者 岡田由美子 国立医薬品食品衛生研究所

研究協力者 五十君静信 国立医薬品食品衛生研究所

研究要旨：諸外国における食肉及び内臓肉の生食実態と、生食による健康被害の実態を把握する目的で、株式会社三菱総合研究所への委託調査を通じて文献調査、インターネット及び大使館への聞き取り調査を実施した。その結果、アジア地域で4件、ヨーロッパで5件、アフリカにおいて3件の生食料理が存在することが明らかになった。その多くは牛肉が原料であったが、豚、馬及び羊肉を原料とするものも1件ずつ見られた。容器包装後、スーパー等で製品として販売されている生食用食肉製品としてはドイツのメットがあり、今後その衛生管理等について調査が必要であると考えられた。生食料理或いは加熱不十分な肉料理の喫食による健康被害情報の報告は、フランス及びドイツで見られた。その原因物質は、毒素産生性大腸菌、サルモネラ、エルシニア、カンピロバクター、ボツリヌス菌、寄生虫（旋毛虫及びサルコシスティス）、ノロウイルスであった。

A. 研究目的

近年、日本国内では牛、馬、鶏などの生食が徐々に広がりを見せるようになり、それに伴ってこれらの生食による健康被害発生も知られるようになってきた。また、豚の生食が広まりつつあることが明らかになるなど、新たな健康被害も懸念される。本研究では、国内における畜産食品の衛生管理、加工基準、微生物規格等について検討するための参考として、諸外国における食肉及び内臓肉の生食実態と、生食による健康被害の実態を把握するための調査を行った。

B. 研究方法

(1) 調査

株式会社三菱総合研究所への委託事業として、文献調査、インターネットを通じた調査及び在日大使館への聞き取り調査を通じて、諸外国における牛、豚、馬等の畜産物の生食実態及び健康被害について情報を収集し、その結果について検討した。調査期間は、平成 25 年 7 月 1 日から 10 月 31 日までとした。

また、平成 25 年 7 月 20 日から 25 日にかけて、ドイツのミュンヘン及びライプチヒにおいて、スーパーマーケットにおける豚生食製品（メット）の販売実態を調査した。

C. 結果

(1) 諸外国における畜産物生食実態

委託報告書を巻末に示した。アジア地域で4件、ヨーロッパで5件、アフリカにおいて3件の生食料理が存在することが明らかになった。アジアでは、タイ、韓国及びトルコで牛の生食料理が、レバノンで羊の生食料理が存在していた。アフリカでは、エチオピアにおいて3種類の牛を原料とする生食料理が見られた。ヨーロッパにおいては、フランスで牛又は馬を用いる生食料理が存在し、チェコにおいても同様の牛の生食料理が見られた。イタリアでは2種類の牛の生食料理が存在していた。ドイツでは豚の生食製品(メット)が容器包装され、販売されていることが明らかとなった。メットについては、ミュンヘンの1スーパーマーケット及びライプチヒの3スーパーマーケットにおける販売実態を調べたところ、ミュンヘンの1か所及びライプチヒの2か所において、それぞれ3種類以上のメットが冷蔵状態で販売されており、品質保持期限は販売時より1~2週間程度に設定されていた。

(2) 生食料理或いは加熱不十分な肉料理の喫食による健康被害の実態

委託調査の結果、フランス及びドイツにおいて、畜産食品の生食による健康被害の報告が見られた。その原因物質は、毒素産生性大腸菌、サルモネラ、エルシニア、カンピロバクター、ボツリヌス菌、寄生虫(旋毛虫及びサルコシスティス)、ノロウイルスであった(巻末 委託報告書)。韓国においても、焼肉店における

食中毒事例が見られたが、原因食品は特定されていなかった。

D. 考察

今回に調査により、海外において牛肉を中心として生食料理が存在することが示されたが、その大半はレストラン又は家庭において調理、喫食されるものであった。容器包装され、一般に流通される形で販売される生食製品としては、ドイツのメットのみが挙げられた。また、その品質保持期限は2週間以上と長いものであった。次年度以降、ドイツ国内におけるメットの製造基準、衛生管理手法及び微生物規格等の有無、それらの内容について情報収集を行うことで、国内の畜産食品の衛生管理及び規格基準設定の参考となり得ると思われる。一方で、近年においてもフランスで生牛挽肉及び生の馬肉等、ドイツで生豚挽き肉及び生ソーセージの喫食によるサルモネラ症及び旋毛虫症等の発生が見られていることから、それらの国で現在行われている衛生管理手法の元であっても、健康被害発生を完全に防ぐのは困難であると考えられた。

E. 結論

委託研究により、諸外国における畜産物生食実態の調査を行った結果、3地域9か国において、12種類の生食料理があることが示された。そのうちドイツのメットについては、容器包装されスーパー等で市販されていることが明らかとなった。今後、メットの衛生管理及び規格基準についての情報を収集すること

により、日本国内での畜産食品の衛生管理等に参考となり得ると思われた。一方で、サルモネラ、大腸菌及び寄生虫等を主な原因物質とする健康被害の報告がフランス及びドイツで見られ、現行の衛生管理対策でも完全に健康被害の発生を防ぐのが困難であることが示唆された。

F. 健康危機情報

特になし

G. 研究発表

なし

H. 知的財産権の出願，登録状況

なし

平成 25 年度 厚生労働科学研究費補助金（食品の安全確保推進研究事業）

畜産食品の安全性確保に関する研究

分担研究報告書

畜産食品が原因の寄生虫性食中毒に関する調査研究

分担研究者 鎌田 洋一（岩手大学農学部 共同獣医学科）

協力研究者 白藤由紀子（岩手大学農学部 共同獣医学科）

畜産食品の危害性について、厚生労働省の食中毒統計を精査した。馬肉を喫食しての食中毒の原因が、*Sarcocystis fayeri* 住肉胞子虫であることが明らかになっている。シカにも住肉胞子虫は寄生する。厚生労働省食中毒統計のなかで、寄生虫性食中毒が含まれている「その他」に分類されている食中毒の原因物質について、2003 年からの 10 年間を解析した。過去 10 年間の、寄生虫性食中毒の原因は、その 70% がアニサキス属で、残りの大半がクドアとなっていた。これを、2010 年を区切りとして集計をすると、2003 年からの 8 年間は、事件数の 97% が、アニサキス属が原因となっている。すなわち、2008 年までは、我が国の寄生虫性食中毒はアニサキス属を考えればよいものであった。2010 年までは寄生虫性食中毒は年間 30 名に満たない患者数であったのが、2010 年を境に、クドアによる食中毒患者が多数報告されていた。2003 年からの 8 年間では、寄生虫性食中毒患者の 90% 以上が、アニサキス属が原因であったのに、2011 年と 2012 年ではアニサキス属が原因であるのは 10% にまで減少している。代わって患者数が増加したのはクドア食中毒で、同食中毒はアニサキス属食中毒と同程度の発生件数であり、患者規模が大きいことが明らかになった。畜産食品が原因の寄生虫性食中毒は、馬肉のサルコシスティス食中毒のみで、過去 2 年間で 3 件の発生だった。畜肉由来の寄生虫疾患としては、裂頭条虫、無鉤条虫、有鉤条虫、トキソプラズマ、旋毛虫などがあるが、我が国の食中毒統計上では、住肉胞子虫のみであることが明らかになった。馬肉の住肉胞子虫による危害性は、冷凍処理によって制御されているので、今後、馬肉による食中毒の危害が拡大する危険性は少ないものと考えられた。結論として、畜産食品中の寄生虫性危害は存在するものの、大きくはないと考えられた。しかしながら、各種動物肉での住肉胞子虫の汚染度や危害性が評価されておらず、今後の検討が必要である。

A. 研究目的

最近、馬肉を喫食して起こる食中毒の原因物質が、筋肉中に寄生する *Sarcocystis fayeri*（フェイヤー住肉胞子虫）であるこ

とが明らかになった¹⁾。同食中毒は、原因不明として過去 10 年以上に渡って発生の認識があったにもかかわらず、原因が同定されなかったものである。住肉胞子虫は、そ

の名のとおり筋肉組織を寄生部位とするものであるが、草食動物を中間宿主とし、ウマだけでなく、ウシ、ブタ、ヒツジ、ヤギに寄生する。これら家畜だけでなく、イノシシ、シカなどの食用になる野生動物にも寄生する^{2,3)}。この事実は、畜産食品においては、住肉胞子虫の危害性を評価する必要があることを示している。

馬肉食中毒と同様に、ヒラメ食中毒も、10 数年にわたって、原因不明食中毒として認知されてきており、2010 年には 100 件以上の発生を見ている。ヒラメ食中毒についても原因が同定され、筋肉中に寄生する粘液胞子虫 (*Kudoa septempunctata*) が病因となっている。

昭和 30 年代初頭から始まった、厚生労働省が所轄する、食中毒統計は、我が国の食中毒の発生動態、その変遷を示すものであるが、地方自治体より食中毒発生の届け出があった際、その原因物質を分類項目として整理されている。粘液胞子虫や住肉胞子虫は寄生虫性食中毒に属する。厚生労働省の食中毒統計には、寄生虫に関する分類項目がなく、寄生虫性食中毒はすべて、「その他」の項目に整理されてきた。2014 年 12 月に、厚生労働省は省令改正を行い、寄生虫性食中毒を独立項目とし、その中に「アニサキス」、「クドア」、「サルコシステイス」、および「その他の寄生虫」という細分を指定した。2014 年までは、我が国における寄生虫性食中毒の実態は不明だった。

上述したように、寄生虫性食中毒の発生状況は不明であるため、畜産食品の寄生虫による危害性の状況や、その遷移も把握することができない。「その他」の項目に区分されて報告された食中毒の精査が必要となる。厚生労働省監視安全課食中毒被害情報管理室より、登録時の原簿を入手した。

本分担研究の目的は、過去 10 年間の寄生虫性食中毒の発生状況を把握することにある。畜産食品が、どの程度の寄生虫による汚染を受け、食中毒発生に至っているのか、把握することを目的とする。

B. 研究方法

B-1. 食中毒統計の入手

厚生労働省監視安全課食中毒被害情報管理室より、2003 年から 2012 年までの、「その他」が原因物質の食中毒情報を、各事例について提供を受けた。2013 年は提供を受けた時点で集計がされておらず、解析の対象とならなかった。

B-2. 食中毒情報の解析

2003 年から 2012 年の間に発生した食中毒について、事例数および患者数について解析した。食中毒統計において、総数、細菌、ウイルス、化学物質、その他、不明の項目について、年次推移を解析した。「その他」の占める割合について検討した。

「その他」について、原因物質項目

2009 年から 2010 年にかけて、ヒラメおよび馬肉食中毒の原因が明らかになり、情報が周知され始めた。表 1 に、厚生労働省に届け出る際に、検査員が記述した原因物質の一覧を、整理して示す。記述には形式が指定されておらず、同一性がない。解析のため、適切な「整理項目名」を定め、記述のものとは解析用の項目名を対比して示した。

C. 研究結果

C-1 我が国における食中毒の中の、「その他」に分類される食中毒の位置づけ

表 2 に 2003 年から 2012 年までの食中毒事件数の推移をあげる。全体の食中毒は、年間 1000 件強から、1600 件強の事例数が報告されている。寄生虫性食中毒が包有される「その他」に分類される食中毒は、2007 年までは年間で一桁の発生件数を示したにすぎない。2008 および 2009 年は 17 件と、いずれも少ない発生数になっている。2010 年に 28 件となり、増加傾向を示し、2011 年は 68、2011 年

に至っては100件を超える事件数を示した。2010年から2011年を境に、急激な「その他」の食中毒が増加していることが読み取れる。

2003年からの10年間、2003年から2010年、および2011年から2012年に区切って同様の解析を行った。表3にその結果を示す。10年間の累計では13000件強の事件数となっている。その中で、「その他」に分類される事件は266件で、全体の2.9%にあたる。2003年から2010年までの8年間では、総数が11000件強の事件数だが、「その他」に分類される食中毒は、わずかに91件、全体の0.8%にすぎなかった。一方、2011と2012年の2年間では、総数およそ2100件の事件数のうち、その8.1%、175件が「その他」に分類され、前年まで8年間の発生率と比較して、10倍と、急激な上昇を示している。

患者数について、過去10年間の推移を表4に示した。年間20000人から40000人の患者の報告がある。寄生虫性食中毒が包有される「その他」に分類される食中毒は、2010年までは1名から50名に満たない患者数の変動を示した。2011年には患者数は500名の報告となり、急激な増加を示した。2012年は、患者数は2011年とほぼ同様の人数となっている。

2003年からの10年間、2003年から2010年、および2011年から2012年の、3つの区分で同様の解析を行った(表5)。過去10年間の患者数における「その他」に分類される食中毒の割合は、食中毒総数の0.4%にすぎなかった。2003年間からの8年では、その合計が155名で、総数の0.1%であった。一方2011

年と2012年の合計は1000名を越し、全体の2.1%を占めた。患者数についても、「その他」に分類される食中毒は2010年を境に急激に上昇する傾向が確認された。

C-2. 「その他」に分類される食中毒の、原因物質の分析

表1に示したように、厚生労働省への届出原簿中から、「その他」に分類される食中毒の原因物質を分析した。文言の重複がある、原因の混合、寄生虫・細菌・ウイルス・毒素以外が原因であることなど、直接的な集計が出来ないため、項目を整理し、「その他」の食中毒の原因を集計した。表6に過去10年間の事件数の累計について分析した結果を示す。10年間で266件の発生がみられているが、そのうち、寄生虫が原因となっているのは258件あり、97%を占めた。細菌性、毒素性、混合した原因によって「その他」に分類された食中毒はわずかに3%にすぎなかった。

「その他」に分類される食中毒の患者数について、その割合を分析した(表7)。過去10年間で、「その他」が原因の食中毒患者は1168名、報告されている。このうちの1099名が、寄生虫が原因となっていて、その割合は94.1%に及ぶ。残りは6%弱で、混合された病原体が原因になっていた。

C-3. 寄生虫性食中毒に関する解析

「その他」の食中毒に包有される寄生虫性食中毒について焦点を当て、解析した。過去10年間に、「行政的に食中毒」として認知さ

れた寄生虫性疾患の原因寄生虫は、5種類（属）しかない。それらのうち、畜産食品あるいは家畜肉が関与する寄生虫性食中毒はサルコシスティスの1種にとどまる。最も発生事件数の多いアニサキス属、クドア、旋尾線虫は魚が宿主となり、生の魚肉が原因食となる。ウエステルマン肺吸虫も過去に2事例、発生しているが、淡水性の甲殻類が原因食となっている。食中毒統計という観点から、「畜肉由来の危害性寄生虫」とはサルコシスティスで、馬肉が原因食と結論される。

表8に過去10年間の寄生虫性食中毒発生事件数の推移を示す。2003年から2010年までは、3事例を除き、すべてが、アニサキス属が原因となっていた。2011年になると、アニサキス属を越えるクドアの報告、また、サルコシスティスが原因になっている事例の発生がみられている。2012年は、アニサキスは倍増し、また、クドアも発生件数が増加した。アニサキス属、クドア、およびサルコシスティス以外では、ウエステルマン肺吸虫と旋尾線虫が原因になっていたが、上述のとおり、わずか3事例の発生にとどまっている。

2010年を境に、アニサキス属とクドアによる食中毒発生が急激に増加している（図1）。アニサキス属とクドアによる食中毒事例発生は、すでに記述したように、「その他」を原因とする食中毒と同じ発生状況をしめす。この事実、**「その他」が原因の食中毒の増加が、アニサキス属およびクドアが原因の食中毒が増加したことに起因すること**を示している。

過去10年間の、寄生虫性食中毒の原因は、

その70%がアニサキス属で、残りの大半がクドアと考えてよい。これを、2010年を区切りとして集計をすると、2003年からの8年間は、事件数の97%が、アニサキス属が原因となっている。すなわち、2008年までは、我が国の寄生虫性食中毒はアニサキス属を考えればよいものであった。2011年と2012年は、アニサキス属による食中毒は、事件数は横ばい、あるいは倍増しているものの、発生割合としては56%に減少している。発生が増加してきたのはクドアである。2010年を境に、寄生虫性食中毒事例の発生状況は急変し、クドアが原因の食中毒が急増している。我が国の寄生虫性食中毒は、クドアを食中毒原因物質として同定したことが、その変貌の大きな契機になっていると考えることができる。

過去10年間の、寄生虫性食中毒患者数について表9にまとめた。患者数の推移は、事件数の推移と同様の傾向を示した。2010年までは年間30名に満たない患者数であったのが、2010年を境に、クドアによる食中毒患者が多数報告されている。2003年からの8年間では、寄生虫性食中毒患者の90%以上が、アニサキス属が原因であったのに、2011年と2012年には10%にまで減少している。クドア食中毒はアニサキス属食中毒と同数程度の発生件数であることを考えると、クドア食中毒の患者規模が大きいことがわかる。図3に2010年から2012年のそれぞれの年の、患者数と食中毒1件当たりの患者数を示した。クドア食中毒が寄生虫性食中毒患者のほとんどを担い、かつ、一事件あたりの患者数が10および14名

と、大規模化していることがわかる。アニサキス属による食中毒は、事件数と患者数がほぼ同数で、一事件あたり1名の患者数となっている。

サルコシステイスが原因の食中毒は2011年と2012年の合計で3事例、14名の患者が発生している。

D. 考察

厚生労働省食中毒統計のなかで、寄生虫性食中毒が含まれている「その他」に分類されている食中毒の原因物質について、2003年からの10年間を解析した。「その他」に分類される食中毒は、2011年に急増した。2012年も同様に増加している。「その他」に分類された食中毒の事件原簿から、原因物質についての記載を分析したところ、寄生虫を原因とした食中毒が2008年以降、微増中であった(年間10数例)ところに、2010年には30事例と増加し、2011年には発生が倍増した。この増加は、クドアによるもので、2010年までの主要な原因であったアニサキス属は、2011年は前年と同様の発生件数だった。また、2011年には馬肉食中毒の原因であるサルコシステイスによる食中毒が発生している。2010年に、ヒラメ食中毒の原因物質がクドアであり、馬肉食中毒のそれがサルコシステイスであることが明らかにされ、認知が進み、2011年に両原因物質の疾患を食中毒として、報告を義務付けた厚生労働省の通知¹⁾が広く認知されたためと考えられる。食中毒検査担当者の積極的な検査への姿勢も、クドア食中毒あるいは寄

生虫性食中毒の実態把握へ貢献したものと推察される。

患者数においては、寄生虫性食中毒は2011年に大幅に増加した。前年の17倍以上の患者数を見ている。この患者数の増加はクドアによるもので、アニサキス属が原因の食中毒では1事例あたり1名の患者数であるのに対し、クドアが原因の食中毒では1事例あたり10および14名の患者発生となっている。クドアはヒラメに寄生しており、ヒラメが宴会等で喫食されることが多いこと、また、発症に容易に到達するくらいの濃厚なクドアの寄生がヒラメに見られることが、急激なクドア食中毒患者数の増加、その維持に関連しているものと考えられる。

畜産食品と寄生虫性食中毒の観点から、我が国の食中毒を見た場合、2011年以降のサルコシステイス食中毒が結果として見えている。しかしその数は非常に少ない。国内においては、厚生労働省が発出した馬肉への凍結処理の通知により、サルコシステイスが含まれた馬肉が原因の食中毒も制御されている。今後は、馬肉の凍結不十分が原因となり、あるいは意図的な不適切保存が原因となって発生する程度のもので推察され、畜産食品が原因の寄生虫性食中毒の危害性は低いものと判断される。

馬肉による食中毒は、有症苦情事例として、各自治体が把握している状況だった。昨年、シカニクが原因の有症苦情事例が発生している。検査の結果、患者喫食シカ肉中に、住肉胞子虫が検出された。馬肉中の住肉胞子虫は

S. fayeri であるが、原因シカ肉には *S. wapiti*、*S. sybillencis*、および種の同定がなされていない *S. sp* が含まれていた⁴⁾。喫食されたシカ肉は、冷凍処理を受けることなく、提供されていた。この事例は、野生動物肉が、住肉胞子虫の危害性食品になることを示している。野生動物肉は、ゲームミートとして、狩猟後に喫食される。また、ホンドリカやエゾジカのように、増加しすぎた個体数を減少させる駆除ののちの有効利用されている物もある。ジビエ料理と称した野生動物肉の利用については、食品危害性についての検証が必要と考える。

ウシ、ブタ、ウマ、ヒツジ、ヤギといった家畜はすべて草食動物で、住肉胞子虫の中間宿主となる^{2,3)}。ウシにおいては、最近、食肉検査所で調査され、*S. cruzi* の汚染があることが確認されている⁵⁾。*S. cruzi* にも、*S. fayeri* がもつ毒性タンパク質と抗原性が共通のタンパク質が含まれていることが明らかになっている。しかし、現在まで、ウシ肉中の住肉胞子虫が食中毒の原因となった報告はない。ウシ肉を、馬刺しのように生で喫食する機会は少ないことが原因か、また、喫食量が少ないことが原因か、あるいは、*S. cruzi* のウシ肉中の汚染量が少ないことが原因かなど、馬肉以外でも、住肉胞子虫の危害性の有無を明らかにする必要があるだろう。

教科書レベルでは、畜産食品由来の寄生虫性食中毒の原因に、マンソン裂頭条虫、有鉤条虫、無鉤条虫、旋毛虫、トキソプラズマなどの記載がある⁶⁾。我が国の食中毒統計から

観た畜肉由来の危害としては、住肉胞子虫が認識される。その危害性は低く、通常は制御されている。しかしながら、家畜肉あるいは野生動物肉に住肉胞子虫の汚染が認められる限り、食用として供する場合の対応を鑑み、危害性の評価をすべきものとする。

E. 参考文献

- 1) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長：食用生鮮食品による病因物質不明有症事例への対応について。平成 23 年 6 月 17 日、食安発 0617 第 3 号、2011
- 2) 遠藤卓郎、黒木俊郎：ザルコシスチス（住肉胞子虫）。食中毒予防必携 第 2 版。p290-293、社団法人 日本食品衛生協会、東京、2007
- 3) 板垣 博、大石 勇監修、今井壮一、板垣 匡、藤崎孝蔵編集：最新 家畜寄生虫病学、朝倉書店、東京、2009
- 4) 青木佳代、石川和彦、林 賢一、斉藤守弘、小西良子、渡辺麻衣子、鎌田洋一：シカ肉中の *Sarcocystis* が原因として疑われた有症苦情、食品微生物学雑誌、90、28-32、2013
- 5) 松尾加代子、佐藤 宏：岐阜県内でと畜された牛の住肉胞子虫調査、日獣会誌 65、791-794、2012
- 6) 一色賢司（編）食品衛生学 第 3 版、東京化学同人、東京、2010

F. 研究発表