

(5) 生肉の喫食による腸管出血性大腸菌及びサルモネラ属菌食中毒

厚生労働省の平成10年度～平成22年度の食中毒統計によると、牛の生肉を用いた料理による食中毒発生事件数は、5件(腸管出血性大腸菌1件、サルモネラ属菌3件、カンピロバクターで牛刺しとユッケの複合食品1件)であった。

一方、平成11年度～平成22年度の食品の食中毒菌汚染実態調査によると、牛肉とその加工品4,698検体中に大腸菌が43.3%、O157とO26がそれぞれ0.02%、サルモネラ属菌が0.7%、牛レバー(生食用及び加熱加工用)1,012検体中に大腸菌が61.6%、O157が0.5%、サルモネラ属菌が0.9%検出されている。

(6) 用量反応関係

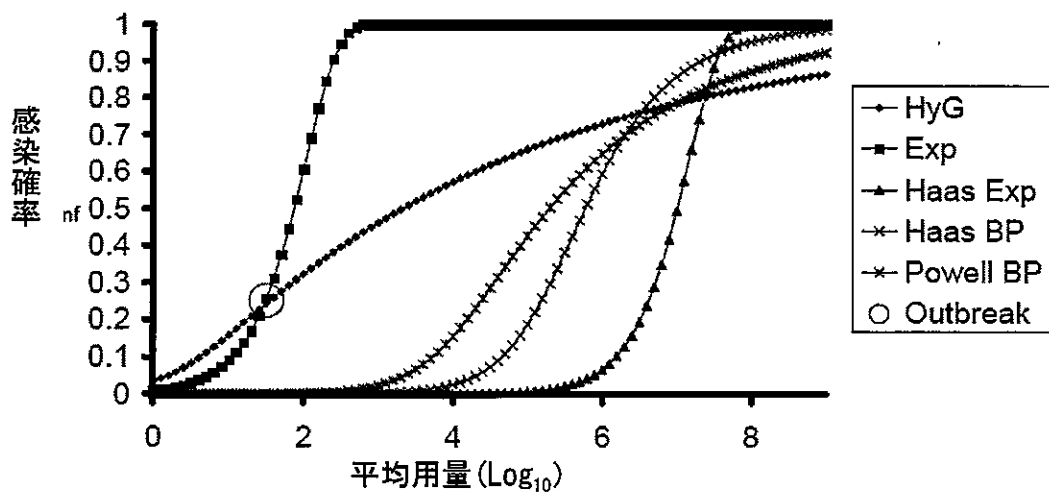
(a) 腸管出血性大腸菌食中毒

我が国において発生した腸管出血性大腸菌による食中毒の中で摂取菌数及び原因食品中の汚染菌数が判明したものを表10に示した。これによると2～9cfu/人の菌の摂取で食中毒が発生した事例があった。

表10 腸管出血性大腸菌による食中毒事例における摂取菌数

原因食品	汚染菌数	食品推定 摂取量	摂取菌数/人	血清型	毒素型	発生前	文献
シーフードソース サラダ	4～18 cfu/100g	208 g 72 g	11～50 cfu (平均)	O157:H7	VT1,2	1996	参照32
メロン	43 cfu/g	50 g	約2,000 cfu	O157:H7	VT1,2	1997	参照33
イクラ醤油漬	0.2～0.9 MPN/100g 0.73～1.5 MPN/10g	20～60 g -	- -	O157:H7	VT1,2	1998	参照34 参照35
冷凍ハンバーグ	1.45 MPN/g	100 g 200 g	<108～216 MPN	O157	VT1,2	2004	参照36
牛レバー刺し	0.04～0.18 cfu/g	50 g以下	2～9 cfu	O157	VT2	2006	参照37

また、オランダの国立公衆衛生環境研究所(RIVM)のリスク評価では、岩手県での小学校における食中毒事例(参照32)をもとに、図1に示す用量反応曲線が作成されている(参照38)。当該評価では、指数モデル(Exp)と超幾何モデル(HyG)を用いた場合のパラメータを表11のとおり推定している。なお、その推定結果はHassらのウサギを用いた実験的なO157感染のモデル(Haas Exp, Hass BP)及びPowellらのヒトでの代替病原体の利用に基づくモデル(Powell BP)は当該食中毒事例のデータ(Outbreak)とは一致せず、O157が高い感染性を有することを示す結果となっている。



※ HyG : 超幾何モデル (児童のデータのみ図中に表示)、Exp : 指数モデル、BP : ベータポアソンモデル

参照 38 より作成

図 1 腸管出血性大腸菌 0157 の用量反応モデルの概要

表 11 RIVM 評価報告書のパラメータ推定値

宿主	病原体	指数	超幾何	
		e^{-rD}	$iF_1(a, a+b, -D)$	
		r	a	b
小児	STEC O157	$9.3 \times 10^{-3} \text{ cfu}^{-1}$	0.1	2.3
成人	STEC O157	$5.1 \times 10^{-3} \text{ cfu}^{-1}$	0.07	3.0

参照 38 より作成

(b) サルモネラ属菌食中毒

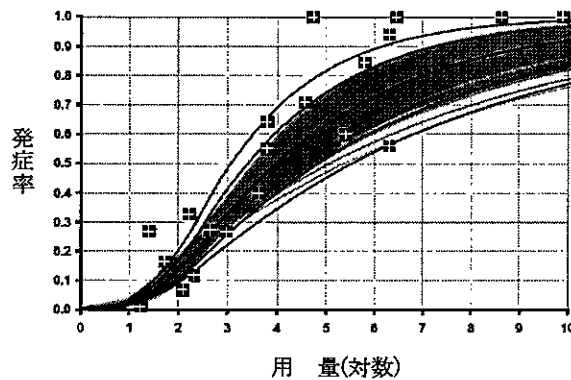
FAO/WHO の「鶏卵及びブロイラーにおけるサルモネラのリスク評価書」では、世界中のサルモネラ属菌による食中毒事例のうち摂取菌数等が推定できた事例を基に、用量反応関係の推定が行われている(参照 39)。当該評価では、入手可能なサルモネラ属菌による食中毒の集団発生事例のうち、摂取菌数、発症率等のデータが利用できる 20 事例をリストアップし、摂取菌数(用量)と発症率の関係をもとに、各データの不確実性を考慮し用量反応曲線が求められている(図 2、統計的に有意な単一の曲線を得ることはできなかつたとしている。)。当該曲線を次式のベータポアソンモデル(方程式)に当てはめ、当該曲線に近接した境界を生成させるベータポアソン用量反応パラメータを推定したものが表 12 である。

$$P_{II} = 1 - \left(1 + \frac{\text{用量}}{\beta} \right)^{-\alpha}$$

FAO/WHO の評価書では、解析に利用されたデータの限界から、5 歳未満の患者と病院で発生した *S. Cubana* による事例の患者を集団 S(感受性集団)と定義し、それ以外の患者を集団 N として暴露集団の項目に分類されている。さらに、使用し

たデータをもとに集団 S と集団 N(S 以外の集団)の発症率の差異について解析したところ、解析に用いられたデータの範囲内では、集団 S の方が高い発症率を示すという証拠は得られなかったと結論づけられている。ただし、同一事例内に両方の集団が含まれていた 2 事例については、集団 S の方が高い発症率を示したとされている。

また、当該評価書では、S.E とそれ以外のサルモネラ血清型の発症率の比較も行われている。当該評価の目的と解析に用いられたデータの範囲内では、S.E とそれ以外の血清型のどちらも、同一用量が摂取された場合には同一の発症率となると解釈できると結論づけられている。以上の検討結果から、当該評価書では暴露される集団又は血清型の区別をせず、同一の用量反応関係が提示されている。



参照 39 から引用

図 2 用量反応近似曲線と食中毒事例に基づくデータとの比較

表 12 図 2 の曲線に近接した境界を生成させるベータポアソン用量反応パラメータ

項目	α	β
期待値	0.1324	51.45
下限	0.0763	38.49
2.5 パーセンタイル	0.0940	43.75
97.5 パーセンタイル	0.1817	56.39
上限	0.2274	57.96

参照 39 から引用

一方、当該評価における用量反応関係の検討対象にはならなかった食中毒事例(上記表 12 の項目すべてが利用できなかったもの)のうち、1984 年にカナダで起きたチェダーチーズを原因食品とする S.T による食中毒事例では、患者 6 人の摂取菌数が MPN⁴で 1~6 個と推定されたことが示されている(参照 40)。また、1985 年にカナダ及び米国で起きたチョコレートを原因食品とした S. Nima による食中毒事

⁴ MPN : 一般的に菌数が少ないと思われる検体中の菌数を確率論的に推計する方法で、最確数 (Most Probable Number の略) という。検体の階段希釈液を 3 本または 5 本ずつの培地に接種して「陽性」の出現率から菌数を推計する。

例でも、初発例で示された摂食量と食品中の菌数より(参照 41)摂取菌数は MPN で 4.3~24.0/100 g であり、およそ 25 g を喫食したと報告されていることから、S.E 以外の血清型の菌でも少量の菌数の摂取で発症したことが推定されている。

その後、FAO/WHO の「鶏卵及びブロイラーにおけるサルモネラのリスク評価書」(参照 39)の解析と Generalized Linear Mixed Models(GLMMs)とを用いて用量反応関係について検討した報告(参照 42)では、病原性の高い血清型の菌に汚染した食品の少量の摂食、又は、低病原性でも多量に摂食した場合には感受性集団(例えば新生児、若齢児、妊婦、高齢者、免疫不全状態の人)の発症する確率が高まると推測した。他方、感受性集団以外の人には免疫反応が成立することも示唆している。

野外でのサルモネラ食中毒集団発生事例のデータを用いて、新たな用量反応関係モデルが策定された(参照 43)。これまでこの種のデータは順化した菌株を健康な成人志願者に投与して収集されていたために 50%感染量が 10^4 cfu 以上であったが、野外発生事例のサルモネラ菌は高度な感染性で、感染用量の増加に伴い発症する危険性が高まることが明らかにされている。それによると、S.T と S.E 以外の血清型に高用量暴露しても一部の人は発症しない可能性があるが、当該モデルでは宿主の感受性や血清型には相違が見いだされず、50%感染量は 7 cfu、50%発症に必要な感染量は 36 cfu であった。

3. 暴露評価

(1) フードチェーンの概要と汚染の状況

我が国における一般的な食肉の流通経路については別添 2「食品健康影響評価のためのリスクプロファイル～牛肉を主とする食肉中の腸管出血性大腸菌(改訂版)」p.18 を参照。

(2) 汚染状況

北中米、欧州、韓国等における農場から肉製品までの牛肉フードチェーンにおける微生物汚染概況を述べた文献(参照 44)によると、海外におけるフードチェーンにおける汚染状況については以下のとおりである。糞便、獣皮、冷蔵と体及び非加熱牛肉製品の O157 の平均検出率はそれぞれ 6.2%(0.0~57%)、44%(7.3~76%)、0.3%(0.0~0.5%)及び 1.2%(0.0~17%)、サルモネラ属菌平均検出率はそれぞれ 2.9%(0.0~5.5%)、60%(15~71%)、1.3%(0.2~6.0%)及び 3.8%(0.0~7.5%)であった。O157 もサルモネラ属菌も暖かい季節に糞便からの検出率が高い傾向がある(参照 45)。

本評価においては、国内における実態把握が重要なことから、以下に、国内における生産から消費までの牛肉の汚染状況及びその要因について記載する。

① 生産段階

a. 腸管出血性大腸菌

牛の保菌率は、農場や季節により異なることが報告されている。また、保菌牛の

飼育群内での接触や糞便によって畜舎、放牧場、飲水等が汚染される。

a-1. 農場における牛の汚染実態

生体牛(乳牛)の直腸便検査による汚染実態調査では、1998年に、関東甲信越地方の78農場の乳牛358頭のうち22.1%の牛からO26、O157等の腸管出血性大腸菌が分離されている(参照46)。2006～2007年には、全国11自治体の123農場の乳牛932頭のうち84農場(68.3%)の283頭(30.4%)の牛から、STEC株が分離されており、うち59農場(48.0%)の111頭(11.9%)からSTEC118株が分離されている(参照47)。O26とO103株はすべてStx1遺伝子陽性であり、O113、O142、O153及びO163株はすべてStx2遺伝子陽性であった(参照47)。

2007～2008年に農林水産省が実施した肉用牛の汚染率に関する全国調査(参照48)では、35県の113農場で飼育されている226頭(9.3%)からO157が、15県の24頭(1.0%)からO26が検出されている。

と畜場に搬入された牛508頭の糞便検出例及び同一個体から繰り返し採取した農場の牛324頭の糞便の検出例によれば、 10^4 cfu/g以上の菌を保有する生体牛の割合は、全体の15.4%を占める(参照49,50)。糞便中に 10^4 cfu/g以上のO157を排泄するhigh shedding cattle(高用量排泄牛)は疫学上重要と考えられている(参照51)。

a-2. と畜場搬入牛から調べた農場汚染状況

2004～2006年に全国24自治体の335農場からと畜場に搬入された1,025頭の牛について行われた農場の汚染状況及び牛種別の保菌状況調査によれば、O157保菌牛を出荷したのは83農場(24.8%)、O26保菌牛を出荷したのは8農場(2.5%)であったが、O157保菌牛を出荷した農場に地域的な偏りは認められていない(参照52)。

b. サルモネラ属菌

サルモネラ属菌は腸管出血性大腸菌と同じく動物の腸管内に棲息する細菌類であることから、生産場における感染源及び汚染経路は腸管出血性大腸菌と類似する。一般に牛などの反芻獣の糞便には最大 10^8 cfu/gのサルモネラ属菌が、また胃液内にも少数であるが含まれている可能性がある(参照53)。

国内農場における生体牛のサルモネラ属菌の汚染状況について調べた調査によると(参照54)、2000～2003年に全都道府県の農場で飼育されていた健康な肉用牛650頭のうち16頭(2.5%)の糞便から25株が分離され、その血清型内訳はTyphimuriumが19株(76%)、Dublinが4株(16%)、Mbandakaが2株(8%)であった。

② と畜場

a. 搬入牛

a-1. 腸管出血性大腸菌

と畜場に搬入された牛の腸管出血性大腸菌汚染実態調査(表13)によると、農場で

の汚染を表す直腸内容物での O157 分離率は、2004 年以降は 10%を超える事例が報告されている。O26 及び O111 の分離率は低い。

表 13 と畜場に搬入された牛の腸管出血性大腸菌による汚染状況

検体	検体数	分離数	分離率 (%)	血清型	検体採取年	検体採取時期	文献
糞便	20,029	401	2.0	O157	1996~1998	4~3月	参照55
糞便又は直腸便	536	35	6.5	O157	1999	8~12月	参照56
直腸便	324	11	3.4	O157	2003	春、夏、冬	参照57
直腸内容物	301	31	10.3	O157	2004	7~10月	参照58
直腸内容物	551	60	10.9	O157	2004~2005	7~2月	参照59
直腸内容物	130	13	10.0	O157	2005~2006	4~4月	参照60
直腸便	506	60	11.9	O157	2005~2006	4~3月	参照61
舌拭き取り	60	4	6.7	O157	2004	7~10月	参照58
口腔内唾液	481	11	2.3	O157	2004~2005	7~2月	参照59
口腔内唾液	329	2	0.6	O157	2005~2006	4~3月	参照61
糞便	508	3	0.6	O26	2000	9~11月	参照62
糞便	178	14	7.9	O26	2003	春、夏、冬	参照57
直腸内容物	551	7	1.3	O26	2004~2005	7~2月	参照59
直腸内容物	130	1	0.8	O26	2005~2006	4~4月	参照60
直腸便	481	3	0.6	O26	2005~2006	4~3月	参照61
口腔内唾液	481	2	0.4	O26	2004~2005	7~2月	参照59
口腔内唾液	329	1	0.3	O26	2005~2006	4~3月	参照61
糞便	508	1	0.2	O111	2000	9~11月	参照62

a-2. サルモネラ属菌

国内のと畜場に搬入された牛の直腸及び盲腸の内容物中のサルモネラ属菌保菌状況を表 14 に示した。検出率は 0%~5.7%と、腸管出血性大腸菌(表 13)に比較して低く、農場におけるサルモネラ属菌調査成績(参照 54)とほぼ同程度であった。

獣皮の汚染が牛肉の細菌汚染の重要なリスク要因と考えられており、サルモネラ属菌を排泄する牛と混載されると畜場に輸送される過程で他の牛に汚染が拡大し、最終的な牛肉の汚染率に影響を与えると考えられている(参照 63)。

表 14 国内のと畜場に搬入された牛からのサルモネラ属菌の検出状況

検査材料	採集地	採集年月	検査頭数	検出頭数	検出率	文献
直腸便	宮崎県	1998年6月~ 1999年3月	278	8	2.90%	参照64
糞便	全国	1999年6月~12月	183	1	0.55%	参照65
盲腸便	愛媛県	2000年6月~12月	174	10	5.70%	参照66
盲腸内容物	群馬県	2002年2月~3月	75	0	0	参照67

表 14 に示したサルモネラが検出された 3 調査(参照 64~66)の血清型検出頻度は高い順に、Infantis (5 例)、Brandenburg (5 例)、Derby (4 例)で、Haifa、Thompson、Typhimirium、Blockley、Enteritidis 及び Dublin が各 1 例であった。

諸外国における、と畜場へ搬入された牛の部位別汚染実態の集計(参照 53)によれば、消化管内容物の他に肝臓(0.7%~2.2% : 平均 1.5%)や脾臓(1.2%~2.9% : 平均 1.9%)にも汚染が認められている。

サルモネラ属菌の牛糞便中への排泄量に関する情報は少ない。オーストラリアにおいて、と畜場に搬入された肉用牛の糞便の6.8%からサルモネラ属菌が3 MPN/g未満～ 2.8×10^3 MPN/g分離されており、そのうち71%は10 MPN/g未満であった(参照68)。

b. 枝肉

解体処理工程では、と体の糞便や腸管内容物により枝肉及び内臓肉への汚染が生じるおそれがある。食道結紮、腸管結紮等の汚染拡大防止対策が実施され、枝肉への交差汚染防止対策が講じられている。

b-1. 腸管出血性大腸菌

牛枝肉等の汚染状況について表15にまとめた。2003～2006年では0.3%～5.2%の分離率であった。

表15 牛枝肉等の汚染状況

検体	検体数	分離数	分離率 (%)	血清型	検体採取年	検体採取時期	文献
枝肉	47,138	90	0.2	O157	1996～1998	4～3月	参照55
枝肉	230	12	5.2	O157	2003～2004	6～8月	参照36
枝肉	288	11	3.8	O157	2004～2005	7～2月	参照59
枝肉	338	4	1.2	O157	2005～2006	4～3月	参照61
一部剥皮後切皮部	243	11	4.5	O157	2005～2006	4～3月	参照61
枝肉	288	1	0.3	O26	2004～2005	7～2月	参照59

汚染菌数に関する我が国のデータはない。

アイルランドにおける調査(参照69)によると、牛のと体132例中4例(3.0%)からO157が検出され、直接平板塗抹法で検出された検体では5.0～25.7 cfu/gの汚染が認められた。脱骨後の部分肉1,351例中の32例(2.4%)から検出され、この32例のうち25例については増菌培養でO157が検出されたが直接平板塗抹法では検出されず(1～<5 cfu/g)、その他7例については直接平板塗抹法で5.0～40.7 cfu/g汚染がそれぞれ認められている。牛頭肉(n=100)のEnterobacteriaceaeについても同時に検査しており、O157は3例(5～10 cfu/g)に、Enterobacteriaceaeはすべて(5～1,000 cfu/g)より検出されていた。

b-2. サルモネラ属菌

2004～2005年の国内の調査(参照70)では、牛枝肉25検体中1検体(4%)がサルモネラ属菌陽性であった。

米国での調査によると、汚染率は子牛の胸肉で5%、成牛で1%であった(参照71)。カナダでの調査では子牛肉で4.1%、成牛頸部肉で1.7%(参照72)、オーストラリアではと体の0.22%(参照73)、ベルギーではと体の2.5%(参照74)が陽性であった。

2007年の米国における小規模(1,000頭/日)牛肉処理施設(7施設)での内臓除去

前のと体の O157 とサルモネラ属菌の培養増菌法による汚染状況とを比較した調査成績(参照 75)によると、サルモネラ属菌の汚染率は O157 の汚染率より高かったが、0.5 cfu/100cm²以上の汚染を示すと体において、直接平板塗抹法によるサルモネラ属菌の菌数は平均 1.2 cfu/100cm²、O157 は平均 1.9 cfu/100cm²であり、剥皮工程に起因すると体の両細菌汚染の菌数は同じ程度であった。

b-3. 枝肉の微生物汚染実態調査(厚生労働省)

厚生労働省が毎年実施していると畜場における枝肉の微生物汚染実態調査では、約 140 施設における牛枝肉表面(胸部及び肛門周囲の 2 か所: 10×10 cm²)の大腸菌群汚染についてのふきとり調査が行われている。厚生労働省から提出されたデータによれば、2010 年の各施設(1 施設当たりの抽出数: 数頭~20 頭)の平均値は、0~17 cfu/cm²に分布し、10 cfu/cm²以上は 0.67%を占める。胸部と肛門周囲の各枝肉について見れば、約 4,400 検体のうち 6.7%から検出され、そのうち 3.7%に 50~240 cfu/cm²の、96.3%に 50 cfu/cm²未満の菌数が認められている。

③ 食肉処理・加工段階

過去 30 年間に於ける我が国を含む世界各国の牛肉の STEC 汚染に関するデータをまとめて考察した論文によると、食肉加工場内の牛肉の O157 汚染率は施設毎の差が大きく 0.01~43.4%であった(参照 76)。

④ 流通・販売・消費

食肉等の流通・販売・消費時には、以下の取扱い等が腸管出血性大腸菌やサルモネラ属菌の増殖や食中毒の発生要因となる。

a. 腸管出血性大腸菌

厚生労働省が毎年実施している市販流通食品を対象にした食中毒菌の汚染実態調査によれば、牛肉では他の食肉より O157 の分離率が高かった(参照 77)。

また、2005~2007 年に、我が国に輸入された牛枝肉の STEC 汚染実態調査によると、オーストラリア産で 2.4%、米国産で 1.0%の枝肉から STEC、O8、O128 等が分離されたが、O157 は分離されていない(参照 78)。1992 年末~1993 年に米国西部で発生した牛ひき肉を用いたハンバーグによる食中毒事例では、検査可能であった 21 製品中 7 製品(33%)から O157 が検出され、その陽性サンプル中の当該菌 1g 当たりの MPN 値(菌数)は 1.5 (0.3 未満~15)であった。1 食当たりの O157 菌数は 67.5 (13.5 未満~675)であった(参照 79)。

b. サルモネラ属菌

国内における市販牛肉の細菌汚染に関しては、地方自治体の衛生研究機関が実施した抜き取り調査の結果が以下のとおり公表されている。

- ・1984 年の島根県での市販牛、豚、及び鶏ひき肉各々 120 サンプル(参照 80)のうち、牛ひき肉 11 サンプル(9.2%)がサルモネラ属菌陽性で、血清型は London、

Derby、Reading、Typhimurium であった。

- ・1999年に千葉県で実施された牛肉類の調査ではミンチ肉(8例中3例:37.5%)から糞便性大腸菌群及び大腸菌が検出されたが、O157及びサルモネラ属菌は陰性であった(参照81)。
- ・1999年に埼玉県内の市販食肉166検体(参照82)と2002年に群馬県内の市販牛ひき肉50検体(参照67)のサルモネラ属菌等の検査ではサルモネラ属菌は検出されなかった。また1998~2005年の北海道の10保健所管内で収去された牛肉134検体の検査における大腸菌は、63検体(47.0%)が陽性を示したが、すべてにおいてサルモネラ属菌については陰性であった。しかし、1検体(0.75%)からStx1及び2産生株であるO157が検出された(参照83)。

(3) 汚染の要因と制御

① と殺・解体

特に以下のような工程が菌の汚染の要因になる。

- ・剥皮時や内臓摘出時における、腸管内容物の枝肉への汚染
- ・床面からのはね水による枝肉への汚染
- ・作業施設、作業台及び器具(刀等)から枝肉への汚染等

枝肉表面の糞便等の汚染除去のためにこれまで各種方法が試されており、牛肉表面からのO157の除染効果は1~5 log cfu/cm²の減少と多様である(参照84~89)。洗浄に用いる水スプレーが細菌を筋肉内に物理的に押し込んでいる可能性について指摘されており(参照90)、こうした汚染細菌を枝肉やカットされた部分肉から水洗除去することは難しいと考えられている(参照89)。

解体や食肉処理に用いるナイフの温熱消毒の効果については、83℃の温湯に3秒以上浸漬することによりナイフに付着したS.Tや*E.coli* O157:H7(10⁵~10⁶ cfu/cm²)が殺菌されたとする報告がある(参照91)。食肉業界では3 log以上の菌数減少が一つの目安となっており、ナイフに付着した大腸菌数を3 log以上減少させるためには、65℃で45秒以上、70℃で30秒以上、75℃で10秒以上、80℃~82℃で5秒以上の温熱処理が必要であることが報告されている(参照92)。

② 枝肉から部分肉への加工

特に以下のような製造・加工工程が菌の汚染・増殖の要因になる。

- ・カット処理時の器具等からの食肉への表面汚染
- ・食肉のテンダライズ(筋切り、細切り等)処理、タンブリング(味付け等)処理及び結着処理による肉製品中心部への菌の汚染
- ・食肉の味付け工程における漬込み液中での菌の増殖
- ・枝肉水洗に用いた水や加工場内部環境による汚染

実験的にO157、S.Tを付着させた肉塊の細菌除染に用いた溶液(水、乳酸、酢酸)中における菌の生残を調べたところ、4℃、10℃いずれの条件でも、S.Tは酸性溶

液中で2日以内に死滅し、中性水溶液中では増殖した。O157は酸性溶液内で2～7日間生残したことから、枝肉等の除染に用いた廃液が交差汚染源となり得ることが示唆されている(参照93)。

③ 精肉の取扱い

特に以下のような工程が菌の汚染・増殖の要因になる。

- ・不適切な温度管理(保管温度、取扱い温度)
- ・飲食店等での食品取扱者からの汚染
- ・調理器具等からの交差汚染

O157又はS.Tに汚染した牛肉片を真空パックに封入し、4℃で保存しておいたところ、35日目にO157は40%、S.Tは3.2%、好気性細菌は100%生残していたという報告がある(参照94)。

2007年に発生した焼肉店が原因施設とされた食中毒事例では、ユッケ等が原因食品と推定され、当該店内で行われた牛ブロック肉の分割・小分け作業に、生食用と加熱用で区別されていない同一のまな板及び包丁が用いられていたこと、当該作業途中で器具類の洗浄・消毒が実施されていなかったこと、生食用食肉の喫食及び加熱不十分な状態での喫食が発生要因となったとされている(参照95)。

2011年に同様の事例が再発し、焼肉店に食材として納入された食肉が腸管出血性大腸菌に汚染されていたことが原因の一つと推定されている(参照28)。

1999～2001年に岡山県において実施された「焼肉用生肉等の汚染実態調査」(参照96)によると、使用済みの箸の28.6%から大腸菌が、4.2%から病原性大腸菌が検出されている。

実験的にもO157で汚染した牛内臓肉や調理器具(トング及び箸)を用いた焼肉調理での加熱による菌数の減少並びに調理器具及び食肉への汚染についての研究報告がある(参照97)。汚染内臓肉をトング及び箸でつかんだ場合、食肉全体に付着している菌数の1/100～1/1,000が当該調理器具を汚染したこと、さらに、汚染調理器具で加熱済みの食肉をつかんだ場合、調理器具に付着している菌数の1/10～1/100が加熱済みの食肉を汚染することが認められている。

Ready-to-eat肉製品表面上のO157交差汚染の数理モデルに関する報告(参照98)によれば、 $10^4 \sim 10^8$ cfuのO157を接種したハムからスライサーの刃を介してハムへ移行する菌数は $10^{0.5} \sim 10$ cfuであり、O157を 10^3 cfu汚染させたハムから刃を介してハムへ移行する菌数は $10^{1.3} = 20$ cfuとされ、その比率は2%となっている。

④ 肉塊の加熱処理の効果

厚生労働省から提出された牛肉塊への菌の浸潤と加熱処理に関する実験(別添7.1参照)では、肉塊表面にO157を接種し4℃下で1又は20時間保存した後は、表面から5～10mm深部では表面菌数の1/10³～1/10⁴に、10～15mm深部では1/10³～1/10⁴になっていた。また、肉塊内部の菌数は、解体後の保存日数の増加とともに増加する傾向が認められている。表面に $2.1 \sim 2.2 \times 10^4$ のST又はO157を

接種した肉塊をフィルムで包装し、85℃の湯に10分間浸漬した後は、表面から約1cm深部から両菌は検出されていない(<1個/25g)。肉塊表面に接種した菌について、肉塊の表面から内部に至る汚染分布及び肉塊の温湯浸漬による加熱の効果については、同様の知見が食品安全委員会の調査事業でも認められた(別添5参照)。

(4) 生食用食肉を取り扱う施設に対する緊急監視について

参照 99 及び別添 4 を参照。

(5) 喫食実態

① 食品安全委員会による調査結果

食品安全委員会が 2006 年度に実施した一般消費者(満 18 歳以上の男女各 1,500 名を対象)に対する牛肉及び牛内臓肉の喫食に関するアンケート調査(参照 100)において、牛肉(内臓肉を除く)については家庭での喫食傾向が 6 割と高かった。

アンケート調査結果(表 16, 17)によると、牛肉の喫食頻度で最も多い項目は、「一ヶ月に 1~3 回」が約 4 割、続いて「一週間に 1~2 回」が約 3 割である。

表 16 牛肉の喫食頻度

項目	回答 (%)
	牛肉
一週間に3回以上	2.8
一週間に1~2回	36.2
一ヶ月に1~3回	43.7
年に数回	14.5
全く食べない	2.8

参照 100 より作成

一度に喫食する量は、牛肉は約 7 割が 150 g 以上である。

表 17 牛肉の一度の喫食量

項目	単位：%		
	全体	牛肉	
		男性	女性
50g 以下	4.6	3.4	5.7
100g 位	24.0	19.4	28.8
150g 位	29.4	27.6	31.2
200g 以上	42.0	49.7	34.3

参照 100 より作成

② 埼玉県による調査結果

埼玉県が一般消費者(16 歳以上の男女 2,538 名)を対象に 2010 年 7 月に実施した食肉の生食に関する意識と行動に関するアンケート調査(参照 101)によると、過去 1 年間に食肉を生で食べたことがあると答えた人は全体の 35.6%であった。喫食頻度の内訳は、「数回」が 84.2%、「月に 1~2 回」が 14.2%であった。また、よく

食べる生食メニューとしては、第1位が牛肉のユッケで56.8%であった。

③ 富山県による調査結果

富山県で2007年及び2009年に実施した一般消費者(16歳以上の男女1,439名)に対する食肉の生食に関するアンケート調査(参照102)によると、ユッケを「よく食べる」と答えた人は男性が474名中62名(13.1%)、女性が862名中58名(6.7%)、合計1,336名中120名(9.0%)で、「過去に食べたことがある」と答えた人は男性が235名(49.6%)、女性が325名(37.7%)、合計560名(41.9%)であった。合わせると調査対象の半数の県民が食肉の生食経験を有していることが判明した。また、902名中194名(20.5%)が「中学生以下の子供にユッケを食べさせる」と答えている。

④ 牛肉喫食状況インターネットアンケート調査結果

平成21年度に、東日本、西日本及び九州地域に在住する成人の男女合計1,440名を対象とした焼肉店(韓国料理店、ホルモン焼店を含む。)における牛肉及び牛内臓肉の喫食状況のインターネットアンケート調査(参照103)によると、焼肉店の年間利用回数は0回から144回までであり、平均して5.7回(中央値3回)であった。生の牛肉を食べる頻度は、「ほぼ毎回食べる」が23.7%、「時々食べる」が34.1%、「食べない」が42.2%であった。さらに20歳未満の子供を連れて行くかについては半数近い41.9%が「連れて行く」と回答した。

(6) まとめ

農場の全国調査によって、2006～2008年に腸管出血性大腸菌は調査対象牛の約10%の糞便から検出されている。別の調査研究によって糞便中の菌数が測定され、一個体のみ 10^8 レベルの菌数が認められたが、検出例のうち大部分は100 cfu/g未満であり、 10^6 cfu/g以上の菌数を示した牛は検出例全体の8%を占めることが見出されている。サルモネラの菌数レベルは、我が国の牛については不明であるが、一般に最大 10^8 cfu/gとされている。

と畜場に搬入された牛についても、約10%の牛から腸管出血性大腸菌が分離されている。サルモネラについては、2000～2003年の全国調査によって2.5%の肉用牛から分離されている。

アイルランドにおける調査により、牛のと体3.0%からO157が検出され、そのうち比較的高い菌数で汚染された検体では5.0～25.7 cfu/gの汚染があり、脱骨後の部分肉からは2.4%に5.0 cfu/g～40.7 cfu/gの汚染が認められた。我が国では、枝肉表面の腸管出血性大腸菌O157汚染は2003年以降、0.3%～5.2%(平均2.45%)に認められている。腸管出血性大腸菌とサルモネラの汚染菌数レベルは不明であるが、枝肉表面の大腸菌群数については全国調査が行われており、その結果、検出可能な検体の大部分は約50 cfu/cm²未満の菌数で汚染されている。枝肉表面に付着している糞便中の腸管出血性大腸菌数が大腸菌群数を超える可能性は考え難いので、我が国の枝肉が腸管出血性大腸菌に汚染されている場合にもその菌数レベルはアイルランドのレベルを超える可能性は低いと考えられた。

食品安全委員会が 2006 年度に実施した調査よれば、牛肉(内臓肉を除く)については家庭での喫食傾向が 6 割と高かった。また、牛肉の喫食頻度は「一ヶ月に 1~3 回」が約 4 割、「一週間に 1~2 回」が約 3 割であった。

平成 21 年度の焼肉店における牛肉および牛内臓肉の喫食状況のインターネットアンケート調査によれば、年間利用回数は 0 回から 144 回までであり、平均して 5.7 回(中央値 3 回)、生の牛肉を食べる頻度は「ほぼ毎回食べる」が 23.7%、「時々食べる」が 34.1%、「食べない」が 42.2%であった。

4. リスク特性解析

リスク特性解析の目的

この解析では、規格基準案の導入により、どの程度リスクが低減されるかを推定する。

加熱処理をしても熱のかからない「生」の部分が評価対象であるため、厚生労働省による規格基準案によるリスク低減の程度を推定するためには、

- (1) 提案された摂食時安全目標値 (Food Safety Objectives:FSO⁵) 0.014 cfu/g の評価
- (2) 提案された FSO から導き出した達成目標値 (Performance Objectives:PO⁶)0.0014 cfu/g の評価
- (3) 規格基準案(成分規格及び加工基準)により 0.0014 cfu/g という PO が達成されるかどうかに関する評価

この 3 点に焦点を絞って評価すればよいと考えられた。なお、加熱処理を行うため、加工基準による微生物低減効果はある程度あるものの、実際に生食肉として喫食する部分の加熱を直接行うわけではないので、検討においてはその点に留意することが必要と考えられた。

(1) FSO 0.014 cfu/g の評価

①患者数と死者数からのアプローチ

a. ハザードに基づくリスクの検討

腸管出血性大腸菌による食中毒事例において摂取菌数が判明している事例中、最も低い菌数は 2 cfu/人であり、そのとき報告されている当該原因食品(牛レバー刺し:50g 以下)中の汚染菌数の最低値は 0.04 cfu/g であった(表 10 参照)。このため、FSO は 0.04 cfu/g よりも小さい値であることが必要となる。

⁵ FSO : 消費時点での食品中のハザードの汚染頻度又は濃度であって、その食品を摂食した結果としての健康被害が ALOP (Appropriate Level of Protection : 適切な衛生健康保護水準) を超えない最大値。

⁶ PO : FSO 及び適用可能な場合には ALOP を満たすように、フードチェーンのそれぞれの段階で許容される最大の汚染頻度又は濃度。

本評価書に記載されているように(IV.3.(2), p29 参照)、日本の市販牛肉における腸管出血性大腸菌汚染菌数の報告はない。唯一報告のあるデータはアイルランドの牛切り落とし肉における腸管出血性大腸菌汚染濃度であり、O157として、直接平板塗抹法により確認できた検体で5.0～40.7 cfu/g である(参照 69)。

このため、アイルランドの汚染食肉と我が国の汚染菌数がほぼ同じと仮定した場合、少なくとも牛肉の汚染濃度を40.7 cfu/g から0.04 cfu/g 未満まで低減(1/1,018 以下)させる必要がある。

サルモネラ食中毒事例において摂取菌数が判明している事例中、最も低い菌数はチョコレートの原因とした事例の4.3 MPN/100 g(0.04 MPN/g)であり、ハザードとしての特性に腸管出血性大腸菌との大きな違いはないと考えられた。また、国際食品微生物規格委員会(ICMSF⁷)によると、サルモネラによるリスクはO157によるリスクよりも低いとされている(参照 104)。

b. 家庭及び飲食店での牛肉の生食に起因する患者数の推定

食品安全委員会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」における分担研究「確率論的解析手法ならびに感度分析技術の開発」では、牛肉を、①喫食場所(飲食店又は家庭)で、②部位(牛肉又は内臓肉)及び③調理方法(生食又は加熱調理して喫食した場合)の組み合わせの合計8パターンについて、家庭及び飲食店に持ち込まれる牛肉の汚染率(厚生労働省「食品中の食中毒菌汚染実態調査(1999～2008)」)、切り落とし牛肉中O157汚染濃度(参照 69)、牛肉料理の喫食割合(参照 100)、食肉の生食頻度(参照 101)等に基づいて、一食当たりの食中毒発症リスクが推定されている(参照 105)。

食中毒統計や公表論文からは、牛肉の生食に由来する患者の割合の情報が得られなかったため、上記の研究の推定を評価に用いることとした。

喫食の8パターンそれぞれの年間喫食回数を一食当たり発症リスクに乗じると、各パターンによる一人当たり年間発症回数が算出される。これに日本の総人口を乗じると、各パターンの牛肉喫食によって発生する腸管出血性大腸菌患者数が推計される。上記の研究成果を活用し、牛肉の生食由来の発症者の割合を検討したところ、11.2%であった。

なお、上記の研究における牛肉喫食による年間発症者数の推計中には、発症しても医療機関等で診断を受けずに顕在化しない発症者数を含むため、食中毒統計等と単純に比較出来ない点は留意が必要であるとされている。

感染症法に基づき実施された感染症発生動向調査によると、2001～2009年の各年の腸管出血性大腸菌感染症報告数2,999～4,617件/年(平均3,837件/年)のうち、約65%が有症者として報告されている(表5参照)。O157による患者のうち、食品由来の割合は約68%と推定されていることから(参照 106)、感染症発生動向調査

⁷ ICMSF : International Commission on Microbiological Specifications for Foods

で把握される食品由来の患者数は、毎年平均で約 1,700 人と推計される。

これら食品由来の患者がすべて牛肉の喫食に由来すると仮定し、家庭及び飲食店での牛肉の生食(ユッケなど)に起因する発症者数の割合 11.2%を当てはめると、約 1,700 人のうち、牛肉の生食により約 190 人の患者数が感染症法に基づいて報告されていると考えられる。

c. 患者発生数に基づくリスクの検討

用量反応関係は、摂取菌数の少ない領域では比例直線に近似できることが知られているため(参照 107)、牛肉の汚染濃度の低減割合が患者発生確率の低減割合と近似すると考えられる。患者発生数を年間 1 人未満とするためには、上記 b. の推定から、牛肉の汚染濃度を少なくとも 1/190 よりも低くする必要がある。

なお、上記は 2001~2010 年までの直近 10 年間の平均値に基づくものであり、年毎の変動やヒトの感受性の個体差等にも留意する必要がある。

d. 死者数に基づくリスクの検討

厚生労働省の食中毒統計では、現在報告された年間死者数は最大で 9 人であり、の家庭及び飲食店での牛肉の生食(ユッケなど)に起因する死者数の割合は、上記 b. の患者数の割合と同じと仮定し 11.2%を当てはめると、牛肉の生食(ユッケなど)に起因する死者は最大で年間 1 人と推定される。

このため、何らかのリスク低減措置により年間一人未満となるものと考えられる。

e. 文献情報に基づく検討

ICMSF では、米国における牛ひき肉パテ中の O157 のリスク評価及びサンプリングプランを紹介し、その中で FSO を設定している。この牛ひき肉パテにおける O157 としての FSO は不確実性の程度、比較的低い菌数での発症及び疾病の重篤性を反映させ、必要な安全域をもった(necessarily conservative)数値であることが重要であるとされている。示された FSO は、米国で商業的に製造・販売されている牛ひき肉パテ(1 個 125 g) 2 個中に 1 個以上の O157 が存在しないとの仮定に基づき、 $1 \text{ cfu}/250 \text{ g} = 0.004 \text{ cfu/g} = -2.4 \log \text{ cfu/g}$ としている(参照 108)。

【結論 1】

以上のことから、FSO は 0.04 cfu/g よりも小さな値であることが必要である。なお、ヒトの感受性の個体差や菌の特性にも留意する必要がある。

② 用量反応関数を適用して算出した発症確率による検証

発症確率の算出に当たり、ベータポアソンモデルには FSIS(2001) (参照 45)で用いられた $\alpha=0.157$, $B=9.17$ を採用し、指数関数モデルでは Nauta ら(2001)(参照 109)で用いられた $r=5.1 \times 10^{-3}$ を採用して計算した。

ベータポアソン formula: $P = 1 - (1 + D/\beta)^{-\alpha}$

指数関数 formula: $P = 1 - e^{-rD}$

ユッケ一食を 50 g とすると、ユッケ一食当たりの摂取菌数は、FSO が提案された 0.014 cfu/g の場合は 0.7 cfu/50 g となり、FSO が 0.04 cfu/g の場合は 2.0 cfu/50g となる。Carney ら(2006) (参照 69)のデータによれば、牛切り落とし肉における腸管出血性大腸菌汚染濃度は、O157 として最大汚染約 40 cfu/g 以下であることから、ユッケ一食当たりの菌数は最大約 2,000 cfu と考えられる。

これらの菌数を摂食した場合の発症確率を比較する(表 18)。

表 18

菌数	ベータポアソンモデル	指数関数モデル
FSO(0.014 cfu/g) : 0.7 cfu/ 50g	0.011483	0.003564
FSO(0.04 cfu/g) : 2 cfu/50g	0.0305	0.010148
現状汚染上限値 : 2,000 cfu/50 g	0.57094	0.999963

現状汚染上限値から FSO(0.04 cfu/g)まで低減させることにより、ベータポアソンモデル及び指数関数モデルを用いて推定されたユッケ一食当たりのリスクはそれぞれ 1/18.7 及び 1/98.5 になり、FSO(0.014 cfu/g)まで低減させることにより、それぞれ 1/49.7 及び 1/280.6 になると算出された。

【結論 2】

以上のことから、0.014 cfu/g という FSO は、0.04 cfu/g という FSO よりも、3 倍弱のリスク低減効果があると考えられた。

(2) 提案された FSO から導き出した P0 (0.0014 cfu/g) の評価

飲食店等におけるスライス等の工程において、交差汚染の発生確率や不適切な温度管理の発生確率及びどの程度の温度上昇が起こり得るかに関するデータはない。

Pathogen Modeling Program(Ver.7.0)のモデルでは、O157の Broth Culture⁸で、10°C、pH 6.5 の条件で、Lag phase⁹は 2.25 日、Generation time¹⁰は 0.22 日であり、1log の増殖に要する日数は 3 日と推定され、仮に室温 20°C と想定した場合でも、Lag phase は 6.6 時間、Generation time は 1.1 時間であり、1 log の増殖に要する日数は 10 時間と推定される。

小関が作成した Microbial Response Viewer によると、USDA-ARS Eastern Regional Research Center のデータとして O157 は 10°C の牛肉中で、1 log 増殖するのにかかる時間を 14~18 時間と推定している。一方、20°C では、7 時間で 3.11

⁸ Broth culture : 細菌を肉汁が入った液体培地で培養すること。

⁹ Lag phase : 細菌が新しい環境に適応し分裂を開始するまでの準備期間 (誘導期ともいう)。

¹⁰ Generation time : 細菌は 2 分裂で増えていくが、分裂から分裂までの時間を世代時間という。

log cfu~3.71 log cfu、同 3.2 log cfu~3.72 log cfu、3.14 log cfu~3.69 log cfu の増殖を示したと報告されている(参照 110)。

Ready-to-eat 肉製品表面上の O157 交差汚染の数理モデルに関する報告(参照 99)で、O157 を 10^3 cfu 汚染させたハムからスライサーのブレードを介してハムに移行する菌数は $10^{1.3}=20$ cfu とされ、その比率は 2%となっている。

したがって、適正な衛生管理の下では、PO を達成できた生肉における菌数が 10 倍以上に増加する可能性は低いと考えられる。

【結論 3】

FSO の 1/10 を PO とすることは、適正な衛生管理の下では、相当の安全性を見込んだものと考えられる。

(3) 規格基準案により 0.0014 cfu/g という PO が達成できるかどうかについての評価

① 生食用牛肉に関する加工基準及び成分規格の意義

評価対象食品は、牛肉において全く加熱殺菌処理を受けていない「生」の部分である。そのため、ローストビーフや加熱ハムなど加熱加工を前提とする食肉製品に対して、微生物学的安全性を担保するための規格基準とは根本的に異なる。今回の加工基準に示された表面加熱の意図するところは、適切な殺処理を行った牛枝肉の微生物汚染は主に表面汚染によるものであることから、その表面汚染を加熱殺菌処理により管理し喫食部の微生物レベルの低減を担保しようとするものと考えられる。加工過程の最上流である枝肉からの分割時に加熱処理を行うことにより、より高い効果を期待しているものと考えられる。加工基準では、表面の微生物汚染を除去・管理する条件を検証し、達成可能と思われる加熱処理を提案している。生食用牛肉について、表面から 10 mm 深い位置が 60°C、2 分間以上加熱される処理は、安全性を向上させるために現実的に実行可能な処理と思われるが、そのみで生食する部分の微生物汚染レベルの低減を直接担保しているわけではなく、適切に、微生物検査による検証を併せ行うべきである。

厚生労働省資料(参照 111)によると、解体後 4 日目の牛肉に 10^4 又は 10^6 の O157 を接種した場合、菌の浸潤は表面及び表面から 0~5 mm までの間に限局し、表面から 10 mm 以下からは検出されていない。しかし、解体後 2 週間目の牛肉に 10^6 の O157 を接種した場合、1 MPN/cm³ 未満の菌が表面から 10~15 mm で検出されていた。ほとんどの菌は 5 mm までに限局するものの、高濃度汚染の場合には表面から約 10 mm 下まで検出された。このため、と殺後の保存期間・保存条件について考慮する必要がある。

しかし、10 mm より深い位置では、表面の菌数より $1/10^3$ ~ $1/10^4$ にまで菌数が減少している。さらに、表面から 10 mm 深い位置が 60°C、2 分間加熱される条件下(Pathogen Modeling Program(Ver.7.0)のモデルでは牛肉中の O157 の 60°C における 1 log reduction に要する時間は 1.6 分と推定している。)では、10 mm の位置での菌数が、表面接種菌数 $2.1\sim 2.2\times 10^4$ に比してかなりの確率で $1/10^4$ 未満まで減少していたと考えられる。したがって、この条件での表面加熱を行うと、アイル

ランドの報告と同じ表面汚染菌数レベル(最大汚染約 40 cfu/g 以下)であれば、かなりの確率で生食する部分において約 0.004 cfu/g 以下になっていると推定することができる。加えて、表面加熱により、表面切り取り時の表面汚染菌による交差汚染を防ぐことが出来ると思われる。

ただし、肉の形状によっては、この実験条件とは異なり、さらに大量の菌が肉の深部まで浸潤することも想定され、また、肉の脂肪等の組成や新鮮度によっても必ずしも同等の菌数減少効果が得られない可能性もあることから、こうした場合にも十分な菌数減少効果を得るためには、他の加工基準や成分規格との適切な組み合わせが必要となる。

厚生労働省資料(参照 112)によると、成分規格の指標を Enterobacteriaceae とした場合、腸管出血性大腸菌と Enterobacteriaceae の存在比(1:100)を考慮すると、Enterobacteriaceae に換算した PO は $-0.85 \log \text{cfu/g}$ となる。

なお、Enterobacteriaceae は、分類用語では腸内細菌科を示す。グラム陰性桿菌、カタラーゼ陽性、オキシダーゼ陰性、ブドウ糖を発酵的に利用可能な細菌の集団である。腸内細菌科には、大腸菌などの腸管常在細菌とサルモネラ属菌、赤痢菌など多くの腸管感染症の起因細菌が含まれる。一方、ISO 21528-1 及び 21528-2 試験法における Enterobacteriaceae は、Violet red bile glucose(VRBG)寒天培地に集落を形成し、ブドウ糖を発酵的に利用可能でオキシダーゼ陰性の菌群と定義されている。主にヨーロッパを中心に、と畜場における牛、豚、羊、山羊及び馬のと体(枝肉)の工程衛生管理指標として用いられている。検出上限値を超えた場合は、と畜場内衛生管理の向上と作業工程の見直しが行われる。コーデックスでも、乳児用調製粉乳の工程管理の衛生指標として採用されている。妥当性の確認された検査法がある等、可能であれば病原微生物をそのまま指標にすることもあり得る。

しかし、今回の事例では、腸管出血性大腸菌については、網羅的に検査でき、かつ国際的にも妥当性が確認された検査法がないこと、及び病原菌を直接検査する場合、PO を満たすことを確認するための検体数が膨大になることが考えられる。このため、糞便汚染に加え、サルモネラ属菌及び腸管出血性大腸菌の汚染の指標としても有用であり、国際的にも使用実績がある Enterobacteriaceae が指標菌とされている。

腸管出血性大腸菌と Enterobacteriaceae の存在比(1:100)は、Carney ら(2006)の牛頭部肉の腸管出血性大腸菌と Enterobacteriaceae の最大濃度が 10 cfu/g 及び 1,000 cfu/g であることを考慮したと厚生労働省は説明している。また、Crowley ら(2005)によるアイルランドのミンチされた牛肉製品 43 検体の腸管出血性大腸菌と Enterobacteriaceae の検討(参照 113)では、稀に、腸管出血性大腸菌数が Enterobacteriaceae の菌数に近い場合もあるが、平均値はそれぞれ、 $0.88 \log \text{cfu/g}$ と $3.44 \log \text{cfu/g}$ であり、この平均値の差は約 $2.55 \log \text{cfu/g}$ (1:355)であった。

② PO が達成されるかどうかに関する評価

規格基準案の成分規格(1)においては「生食用食肉は、検体 25 g につき腸内細菌科菌群(Enterobacteriaceae)が陰性であること。」とされ、採取される検体数が明

記されていない。

ケース 1. 検体数が規定されない場合

検体数を含むサンプリングプランが示されないと、対象製品と PO との定量的な微生物学的相関が定義できない。

【結論 4】

何らかの形で検体数が規定されなければ、リスク低減の程度は評価できず、成分規格によって PO が達成されるかどうかは確認できない。

ケース 2. 例えば、検体数が 1 の場合

厚生労働省資料(参照 114)によると、検体 25 g を 1 検体採取し Enterobacteriaceae が陰性というサンプリングプランにより、ほぼ確実に抽出される(すなわち 95%不合格率)ロットの平均 Enterobacteriaceae 汚染濃度は、0.5 log cfu/g すなわち 3 cfu/g である。

食品中の微生物の分布は過去の微生物検査データに基づき、対数正規分布することが知られており、標準偏差は均一な食品では 0.4 log cfu/g、やや均質性が欠ける食品では 0.8 log cfu/g、さらに不均一な食品の場合にはより大きな標準偏差(例えば 1.2 log cfu/g)を用いることが推奨されている(参照 115, 116)。今回の対象食品の対象菌の汚染及び濃度の均一性並びに種々の加工施設が対象となることを考えた場合、以下の計算において、標準偏差 1.2 log cfu/g を採用した。

PO を O157 として 0.0014 cfu/g と仮定した場合、Enterobacteriaceae に換算すると 0.14 cfu/g(= -0.85 log cfu/g)になるため、図 3 のように、このロット内の 87% の部分は PO を上回ることになる。この場合、ロットの分布は、平均値は 3 cfu/g であるが、確率は低い Enterobacteriaceae として 1,000 cfu/g、腸管出血性大腸菌とサルモネラ属菌に換算すると 10 cfu/g が存在し、発症した事例の存在する 2~9 cfu/人を超える事例も想定し得る。

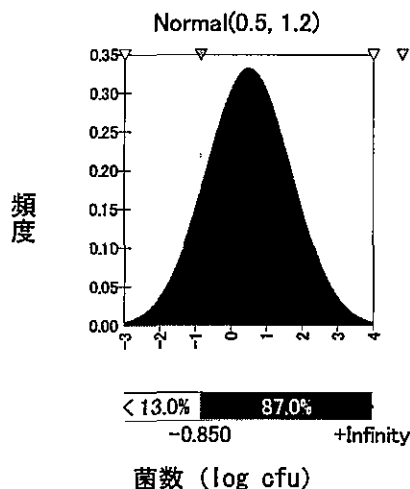


図 3 95%の確率で排除できる食肉製品の汚染濃度の分布
(1 検体 (25g) が陰性の場合)

【結論 5】

例えば、検体数が 1 の場合、PO は全く達成できない。

ケース 3. 97.7%(標準偏差(1.2 log cfu/g と仮定)の 2 倍の範囲)で PO を達成していることを 95%の信頼性で確認する場合

PO を O157 として 0.0014 cfu/g と仮定した場合、検体数 25 のとき、図 4 のようにこの製品の 97.7%(標準偏差(1.2 log cfu/g と仮定)の 2 倍の範囲)は Enterobacteriaceae に換算した PO(0.14 cfu/g= $-0.85 \log \text{cfu/g}$)を下回るが、検体数 24 のときは、標準偏差の 2 倍の範囲(=97.7%)を満たせない(97.6%)。(参照 117)

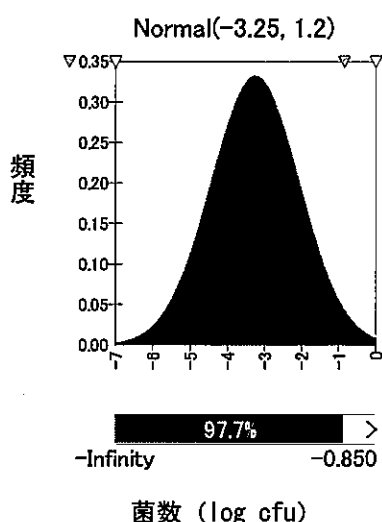


図 4 95%の確率で排除できる食肉製品の汚染濃度の分布
(25 検体 (25g) が陰性の場合)

【結論 6】

25 検体以上が陰性であれば、提案された PO が 97.7%(標準偏差(1.2 log cfu/g と仮定)の 2 倍の範囲)の確率で達成されることが 95%の信頼性で確認できると評価した。

③ 規格基準案の加工基準により PO が達成されるかどうかに関する評価

規格基準案の加工基準の(6)「加工に使用する肉塊は、凍結させていないものであって、衛生的に枝肉から切り出すこと」は、と畜場法に基づき定められる衛生基準を満たしたと畜場から出荷された後、最も早い枝肉の段階で、生食用食肉を他の用途の食肉と区分して切り出す点が特徴であると考えられる。このことは、生食用食肉の取扱いは、フードチェーンのできる限り上流から衛生的に管理されなければならないという理念を反映したものであると考えられた。

一方、規格基準案の加工基準の(7)「(6)の処理を行った肉塊は、速やかに、気密性のある清潔で衛生的な容器包装に入れ、密封した後、肉塊の表面から 1 cm 以上の深さを 60°で 2 分間以上加熱する方法又は同等以上の効力を有する方法による

加熱殺菌を行うこと」は、厚生労働省の行った、解体後4日目の検体を用いた実験の範囲では、生食部分までの菌の浸透は認められていなかった。

しかしながら、生食として喫食される部分は、加熱による殺菌効果が期待できない部分である。この加工基準にはリスク低減効果はあるものの、前述((3)①)のように必ずしも常に効果が得られない可能性があることから、加工基準のみによって生食部のPOが達成されていることを完全には担保することはできず、上記結論6に示した微生物検査との組み合わせが必要となる。また、加熱の方法の決定を含む加工工程システムを設定する際には、当該加工工程システムによる食品衛生管理が適切に行われることについて、あらかじめ妥当性確認(validation)がなされることが不可欠であることに留意する必要がある。

【結論7】

この加工基準のみによるリスク低減効果はあるものの、必ずしも常に効果が得られない可能性があることから、これのみでは生食部のPOが達成されていることを完全には担保することはできず、上記結論6に示した微生物検査との組み合わせが必要となる。また、加熱の方法の決定を含む加工工程システムを設定する際には、当該加工工程システムによる食品衛生管理が適切に行われることについて、あらかじめ妥当性確認(validation)がなされることが不可欠であることに留意する必要がある。

V. 食品健康影響評価(まとめ)

上記IV.4.(1)~(3)から、食品安全委員会では生食用食肉(牛肉)における腸管出血性大腸菌及びサルモネラ属菌について以下のように結論する。

1. 腸管出血性大腸菌又はサルモネラ属菌としての摂食時安全目標値(FSO)は、我が国の既知の食中毒の最少発症菌数から推測すると、0.04 cfu/g よりも小さな値であることが必要であり、かつ、FSO の設定においては、ヒトの感受性の個体差や菌の特性にも留意する必要があると考えられた。現時点で得られている知見からは、提案された FSO(0.014 cfu/g)は、FSO を 0.04 cfu/g とした場合よりも、3 倍程度安全側に立ったものであると評価した。
2. FSO の 1/10 を達成目標値(PO)とすることは、適正な衛生管理の下では、相当の安全性を見込んだものと評価した。
3. 規格基準案の加工基準に関し、生食用食肉の取扱いはフードチェーンのできる限り上流から衛生的に管理されなければならないという理念に基づくものと考えられる。提案された加工基準のみでもリスク低減効果はあるものの、必ずしも常に効果が得られない可能性があることから、加工基準のみによって生食部のPOが達成されていることを完全には担保することはできず、4. に示す微生物検査との組み合わせが必要となる。

4. 何らかの形で検体数が示されなければ、成分規格を設定してもリスク低減の程度の確認はできない。Enterobacteriaceae を微生物検査の対象とする場合、25 検体(1 検体当たり 25 g の場合)以上が陰性であれば、提案された PO が 97.7% (標準偏差(1.2 log cfu/g と仮定)の 2 倍の範囲)の確率で達成されることが 95%の信頼性で確認できると評価した。なお、加熱の方法の決定を含む加工工程システムを設定する際には、当該加工工程システムによる食品衛生管理が適切に行われることについて、あらかじめ妥当性確認(validation)がなされることが不可欠であることに留意する必要がある。

VI. 今後の課題

今回の食品健康影響評価は緊急性等にかんがみ、限られたデータの範囲で、フードチェーンの一部を対象としたリスク評価を極めて短時間で行わざるを得なかった。今後、さらに詳細な食品健康影響評価を行う場合には、以下のようなデータの収集及び研究開発等が必要である。

- ①日本の市販肉における腸管出血性大腸菌及びサルモネラ属菌の汚染濃度のデータ
- ②加熱条件等の加工条件による定量的なリスク低減効果に関するデータ
- ③O157 以外の腸管出血性大腸菌及びサルモネラ属菌の病原性及び疫学のデータ
- ④腸管出血性大腸菌及びサルモネラ属菌の分離・検出法の開発
- ⑤関連するリスク評価手法の研究・開発

今後、小児、高齢者など感受性の高い集団や菌の特性に関する新たな知見が得られたときには、その知見に応じた適切な対応が早急にとられることが求められる。

また、生産段階を含むフードチェーン全体の中で、汚染率及び菌数を効果的に低減することができる方策を検討すべきである。

<略語一覧>

略語	名称
BP	ベータポアソンモデル
cfu	コロニーフォーミングユニット(菌数の単位)
<i>E.coli</i>	大腸菌
EHEC	腸管出血性大腸菌
Exp	指数モデル
FSIS	米国農務省食品安全検査局
FSO	摂食時安全目標値
GLMMs	一般化線形混合モデル
HUS	溶血性尿毒症症候群
HyG	超幾何モデル
ISO	国際標準化機構
MPN	最確数
PO	達成目標値
S.E	サルモネラ・エンテリティディス
S.T	サルモネラ・ティフィムリウム
STEC	志賀毒素産生性大腸菌
Stx	志賀毒素
VT	ベロ毒素

<参照>

1. Commission Regulation (EC) No. 1441/2007 of 5 December 2007 amending Regulation (EC) No. 2073/2005 on microbiological criteria for foodstuffs
2. Arthur T. M., Bosilevac J. M., Nou X., Shackelford S. D., Wheeler T. L., Kent M. P. et al. *Escherichia coli* O157 prevalence and enumeration of aerobic bacteria, *Enterobacteriaceae*, and *Escherichia coli* O157 at various steps in commercial beef processing plants. *Journal of Food Protection* 2004, vol. 67, no. 4, p. 658-665.
3. ICMSF-International Commission on Microbiological Specifications for Foods. "7 Intestinally pathogenic *Escherichia coli*". *Micro-organisms in foods 5 : Characteristics of microbial pathogens*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 1996, p. 126-140.
4. 勢戸和子. A細菌感染症 4 *Escherichia coli*. 仲西寿男、丸山務 監修, 食品由来感染症と食品微生物. 2009, p. 281-296, 中央法規.
5. Doyle M. P. , Schoeni J. L. . Survival and growth characteristics of *Escherichia coli* associated with hemorrhagic colitis. *Applied and Environmental Microbiology* 1984, vol. 48, no. 4, p. 855-856.
6. Osaili T., Griffis C. L., Martin E. M., Beard B. L., Keener A., Marcy J. A. Thermal inactivation studies of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella*, and *Listeria monocytogenes* in ready-to eat chicken –fried beef patties. *Journal of Food Protection* 2006, vol. 69, no. 5, p. 1080-1086.
7. Cabrera-Diaz E., Moseley T. M., Lucia L. M., Dickson J. S., Castillo A., Acuff G. R. Fluorescent protein-marked *Escherichia coli* biotype I strains as surrogates for enteric pathogens in validation of beef carcass interventions. *Journal of Food Protection* 2009, vol. 72, no. 2, p. 295-303.
8. Eblen D. R., Annous B. A., Sapers G. M. Studies to select appropriate nonpathogenic surrogate *Escherichia coli* strains for potential use in place of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* in pilot plant studies. *Journal of Food Protection* 2005, vol. 68, no. 2, p. 282-291.
9. ICMSF-International Commission on Microbiological Specifications for Foods. "14 *Salmonella*". *Micro-organisms in foods 5 : Characteristics of microbial pathogens*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 1996, p. 225-264.
10. 宮原美知子他. 調理用オーブンによるハンバーグ調理加熱での腸管出血性大腸菌 O157 の消長と関連要因. 防菌防黴学会第 27 回年次大会 2000 要旨集 P79.
11. Meng J. , Doyle M. P. , Zhao T. , Zhao S. . 12 Enterohemorrhagic *Escherichia coli*. Doyle M. P. , Beuchat L. R. . *Food Microbiology : Fundamentals and Frontiers* 3rd. edition. 2007, ASM Press.
12. 喜多英二. 病態への志賀毒素の役割. *化学療法の領域* 2004, vol. 20, no. 9, p. 67-73.

13. 藤井潤. ペロ毒素に関する新たな知見. 化学療法の領域 2009, vol. 25, no. 5, p. 39-48.
14. Hussein H. S., Bollinger L. M. . Prevalence of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in beef cattle. *Journal of Food Protection* 2005, vol. 68, no. 10, p. 2224-2241.
15. Reinstein S., Fox J. T., Shi X., Nagaraja T. G.. Prevalence of *Escherichia coli* O157:H7 in gallbladders of beef cattle. *Applied and Environmental Microbiology* 2007, vol. 73, no. 3, p. 1002-1004.
16. Grimont P. A. D. , Weill F. X. Antigenic formulae of the *Salmonella* serobars 9th ed. 2007, WHO Collaborating Centre for Reference and Research on *Salmonella*.
17. CCFH Working Group on Guidelines for control of Campylobacter and Salmonella spp. in broiler (young bird) chicken meat. Food safety risk profile for *Salmonella* species in broiler (young) chickens. 2007.
18. 田口真澄, 泉谷秀昌. “A 細菌感染症 1 *Salmonella*. ” 仲西寿男, 丸山務 監修, 食品由来感染症と食品微生物 2009, p.154-191, 中央法規出版.
19. Brackett R. E. , Schuman J. D. , Ball H.R. , Scouten A. J. Thermal inactivation kinetics of *Salmonella* spp. within intact eggs heated using humidity-controlled air. *Journal of Food Protection* 2001, vol. 64, no. 7, p. 934-938.
20. Aljarallah K. M., Adams M. R. Mechanisms of heat inactivation in *Salmonella* serotype Typhimurium as affected by low water activity at different temperatures. *Journal of Applied Microbiology* 2007, vol. 102, no. 1, p. 153-168.
21. WHO. Guidelines on prevention and control of Salmonellosis. 1983.
http://whqlibdoc.who.int/hq/pre-wholis/VPH_83.42_%28p1-p66%29.pdf
22. 品川邦汎, 関崎勉. ”腸内細菌科と感染症 3) サルモネラ属“. 見上彪監修. 獣医微生物学 第2版. 文永堂出版, 2003, p60-63.
23. 財団法人 食品分析開発センター SUNATEC. サルモネラ属菌について.
(<http://www.mac.or.jp/mail/080901/04.shtml>)
24. 感染症発生動向調査週報 2009, 第35週、p. 15-23.
25. 病原微生物検出情報 2009, vol. 30, no. 5, p.1-5.
26. 病原微生物検出情報 2010, vol. 31, no. 6, p.1-21
27. 病原微生物検出情報 2011, vol. 32, no. 5, p.1-19
28. 富山県 News Release. 腸管出血性大腸菌による食中毒について(中間取りまとめ). 2011.
29. 国立医薬品食品衛生研究所安全情報部. ドイツの大腸菌 O104 アウトブレイク関連情報. (<http://www.nihs.go.jp/hse/food-info/microbial/O104.html>)
30. 小花光夫, 相楽裕子, 青木知信, 金龍起, 滝沢慶彦, 角田隆文 他. 『感染性腸炎の細菌の動向』－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.
31. 病原体検出情報. 最新の細菌検出状況・集計表.
<http://idsc.nih.gov/iasr/virus/bacteria-j.html>
 32. 品川邦汎他. 岩手県盛岡市における対応と課題. 公衆衛生研究 1997, vol. 46 no. 2, p. 104-112.
 33. 内村眞佐子他. 保育園におけるメロンが原因の腸管出血性大腸菌 O157:H7 による集団食中毒事例. 千葉衛研報告 1998, vol. 22, p. 31-34.
 34. 病原微生物検出情報 1998, No. 10. イクラ醤油漬の腸管出血性大腸菌 O157 汚染に関する調査—北海道
 35. 病原微生物検出情報 1998, No. 9. 「イクラ」からの腸管出血性大腸菌 O157:H7 の検出—神奈川県
 36. 平成 16 年度厚生労働科学研究費補助金 食品の安全性高度化推進事業『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「生食用の食肉および野菜・香辛料における腸管出血性大腸菌およびサルモネラ食中毒の予防に関する研究」分担研究者 高鳥浩介, 2004.
 37. 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「生食用の食肉および野菜・香辛料における腸管出血性大腸菌およびサルモネラ食中毒の予防に関する研究」分担研究者 高鳥浩介, 2006.
 38. RIVM report 257851003. Risk assessment of Shiga-toxin producing *Escherichia coli* O157 in steak tartare in the Netherlands, 2001.
 39. FAO/WHO. "3.5.2 Epidemiological data summary and analysis". Risk assessments of *Salmonella* in eggs and broiler chickens : Microbiological risk assessment series, no. 2, technical report, 2002, p. 76-89.
 40. D'Aoust J.-Y. Infective dose of *Salmonella* Typhimurium in cheddar cheese. American Journal of Epidemiology 1985, vol. 122, no. 4, p. 717-720.
 41. Hockin J. C. , D'Aoust J.-Y. , Bowering D. , Jessop J. H. , Khanna B. , Lior H. , et al. An international outbreak of *Salmonella* Nima from imported chocolate. Journal of Food Protection 1989, vol. 52, no. 1, p. 51-54.
 42. Bollaerts K., Aerts M., Faes C., Grijspeerdt K., Dewulf J., Mintiens K. Human Salmonellosis: Estimation of dose-illness from outbreak data. Risk Analysis 2008, vo. 28, no. 2, p. 427-440.
 43. Teunis P. F. M., Kasuga F., Fazil A., Ogden I. D., Rotariu O. Strachan N. J. C. Dose-response modeling of Salmonella using outbreak data. International Journal of Food Microbiology 2010, vol. 144, p. 243-249.
 44. Rhoades J. R., Duffy G., Koutsoumanis K. Prevalence and concentration of verocytotoxigenic *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes* in the beef production chain: A review. Food Microbiology 2009, vol. 26, p. 357-376.
 45. Risk assessment of the public health impact of *Escherichia coli* O157:H7 in

- ground beef (USDA/FSIS 2001).
46. Kobayashi H., Shimada J., Nakazawa M., Morozumi T., Pohjanvirta T., Pelkonen S., Yamamoto K. . Prevalence and characteristics of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* from healthy cattle in Japan. *Applied and Environmental Microbiology* 2001, vol. 67, no. 1, p. 484-489.
 47. Kobayashi H., Kanazaki M., Ogawa T., Iyoda S., Hara-Kudo Y. . Changing prevalence of O-serogroups and antimicrobial susceptibility among STEC strains isolated from healthy dairy cows over a decade in Japan between 1998 and 2007. *Journal of Veterinary Medical Science* 2008, vol. 71, p. 363-366.
 48. Sasaki Y., Tsujiyama Y., Kusukawa M., Murakami M., Katayama S., Yamada Y. Prevalence and characterization of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O157 and O26 in beef farms. *Veterinary Microbiology* 2011, vol. 150, p. 140-145.
 49. Fukushima H., Seki R. High numbers of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* found in bovine faeces collected at slaughter in Japan. *FEMS Microbiology Letters*, 2004, vol. 238, p. 189-197.
 50. Widiastih D. A., Ido N., Omoe K., Sugii S., Shinagawa K. Duration and magnitude of faecal shedding of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* from natural infected cattle. *Epidemiology and Infections* 2003, vol. 132, p. 67-75.
 51. Ogden I. D., MacRae M., Strachan N. J.C. Is prevalence and shedding of *E. coli* O157 in beef cattle in Scotland season? *EFMS Microbiological Letters* 2004, vol.233, p. 297-300.
 52. 重茂克彦、品川邦汎. 日本国内における牛の腸管出血性大腸菌保菌状況と分離菌株の薬剤感受性. *JVM 獣医畜産新報* 2009, vol. 62, p. 807-811.
 53. Meat and meat products. *Microorganisms in foods 6*, 2nd ed., ICMSF, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, NY. 2005; p. 1-106.
 54. Asai T., Esaki H., Kojima A., Ishihara, K., Tamura, Y., Takahashi T. Antimicrobial resistance in *Salmonella* isolates from apparently healthy food-producing animal from 2000 to 2003: the first stage of Japanese veterinary antimicrobial resistance monitoring (JVARM). *Journal of Veterinary Medical Science* 2006, vol. 68, p. 881-884.
 55. 平成 10 年度厚生科学研究費補助金 生活安全総合研究事業『食肉・食鳥処理における微生物コントロールに関する研究』（主任研究者 品川邦汎）：分担研究「家畜（牛・豚）、家禽および解体処理と体の食中毒菌の汚染実態調査」分担研究者 清水泰美, 1998.
 56. 平成 11 年度厚生科学研究費補助金 生活安全総合研究事業『食肉・食鳥処理における微生物コントロールに関する研究』（主任研究者 品川邦汎）：分担研究「2. ii. 腸管出血性大腸菌 O157 の検査法（増菌培養法の違い）別による牛の保菌状況」分担研究者 品川邦汎, 1999.

- 57.平成 15 年度厚生労働科学研究費補助金 食品安全確保研究事業『食品を介する家畜・家禽疾病のヒトへのリスク評価及びリスク管理に関する研究』（主任研究者 山田章雄）：分担研究「志賀毒素産生大腸菌(*Shiga toxin-producing Escherichia coli*)の自然感染牛における排菌数とその持続」分担研究者 品川邦汎, 2003.
- 58.平成 16 年度厚生労働科学研究費補助金 食品の安全性高度化推進研究事業『ウシ由来腸管出血性大腸菌 O157 の食品汚染制御に関する研究』（主任研究者 朝倉宏）：「(1)ウシ由来 O157 の汚染実態に関する分子疫学的検討」, 2004.
- 59.平成 16 年度厚生労働科学研究費補助金 食品の安全性高度化推進研究事業『食品製造の高度衛生管理に関する研究』（主任研究者 品川邦汎）：「I-2. 食品製造の高度衛生管理に関する実験的研究」, 2004.
- 60.菊池葉子、高橋雅輝、瀬川俊夫、藤井伸一郎. と畜場に搬入された牛における腸管出血性大腸菌 O157 および O26 保有状況等調査. 獣医公衆衛生研究 2006, vol. 9-1, p.16-17.
- 61.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『食品製造の高度衛生管理に関する研究』（主任研究者 品川邦汎）：「I. 2. 食品製造の高度衛生管理に関する実験的研究」, 2005.
- 62.平成 12 年度厚生科学研究費補助金 生活安全総合研究事業『食肉・食鳥処理における微生物コントロールに関する研究』（主任研究者 品川邦汎）, 2000.
- 63.Puyalto C., Colmin C., Laval A. *Salmonella typhimurium* contamination from farm to meat in adult cattle. Descriptive study. Veterinary Research 1997, vol. 28, p. 449-460.
- 64.山田 享、河野喜美子、八木利喬. 宮崎県における家畜、食肉・食鳥処理場の汚水、鶏肉および河川水の *Salmonella corvallis* 汚染実態調査. 日本食品微生物学会雑誌 2003、vol. 20, no. 3, p. 105-110.
- 65.Ishihara K., Takahashi T., Moroka A., Kojima A., Kijima M., Asai T. et al. National surveillance of *Salmonella enterica* in food-producing animals in Japan. Acta Veterinaria Scandinavica 2009, vol. 51, p. 35-39.
- 66.大饗英章、岡田和子、芝 美和、田中 博. A と畜場に搬入された牛、豚のサルモネラ保菌状況と血清型. 平成 14 年度日本獣医公衆衛生学会講演要旨集.
- 67.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. 日本獣医師会雑誌 2004 年、vol. 57、no. 6、p. 393-397.
- 68.Fegan N., Vanderlinde P., Higgs G., Desmarchelier P. Quantification and prevalence of *Salmonella* in beef cattle presenting at slaughter. Journal of Applied Microbiology 2004, vol. 97, p. 892-898.
- 69.Carney E., O'Brien S. B., Sheridan J. J., McDowell D. A., Blair I.S., Duffy G. Prevalence and level of *Escherichia coli* O157 on beef trimmings, carcasses and boned head meat at a beef slaughter plant. Food Microbiology 2006, vol. 23, no. 1, p. 52-59.
- 70.品川邦汎、とちく場における高度衛生管理の確立のための病原体汚染実態調査(と

- 畜場搬入牛の O26、O157、サルモネラ保菌調査)、平成 16 年度研究、厚生労働省食品の安心・安全確保推進研究事業、文献番号 200401131A.
71. Hogue A. T., Dreesen D. W., Green S. S., Ragland R. D., James W. O., Bergeron E. A. et al. Bacteria on beef briskets and ground beef: correlation with slaughter volume and antemortem condemnation. *Journal of Food Protection* 1993, vol. 56, p. 110-119.
 72. Lammerding A. M., Garcia M. M., Mann E. D., Robinson Y., Dorward W. J., Truscott R. B. et al. Prevalence of *Salmonella* and thermophilic *Campylobacter* in fresh pork, beef, veal and poultry in Canada. *Journal of Food Protection* 1988, vol. 51, p. 47-52.
 73. Vanderlinde P. B., Shay B., Murray J. Microbiological quality of Australian beef meat and frozen bulk packed beef. *Journal of Food Protection* 1998, vol. 61, p. 437-443.
 74. Ghafir Y., China B., Korsak N., Dierick K., Collard J.-M., Godard C. et al. Belgian surveillance plans to assess changes in *Salmonella* prevalence in meat at different production stages. *Journal of Food Protection* 2005, vol. 11, no. 11, p. 2269-2277.
 75. Bosilevac J. M., Arthur T. M., Bono J. L., Brichta-Harhay D. M., Kalchayanand N., King D. A. et al. Prevalence and enumeration of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* on U. S. Abattoirs that process fewer than 1,000 head of cattle per day. *Journal of Food Protection* 2009, vol. 72, n. 6, p. 1272-1278.
 76. Hussein H. S., Bollinger L. M. Prevalence of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in beef. *Meat Science* 2005, vol. 71, p. 676-689.
 77. 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課 平成 11 年度～20 年度食品の食中毒菌汚染実態調査の結果.
 78. Hara-Kudo Y., Niizuma J., Goto I., Iizuka S., Kaji Y., Kamakura K. et al. Surveillance of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in beef with effective procedures, Independent of Serotype. *Foodborne Pathogens and Disease* 2008, vol. 5, no. 1, p. 97-103.
 79. Tuttle J., Gomez T., Doyle M. P., Wells J. G., Zhao T., Tauxe R. V., et al. Lessons from a large outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 infections: insights into the infectious dose and method of widespread contamination of hamburger patties. *Epidemiology and Infections* 1999, vol. 122, p. 185-192.
 80. Fukushima H., Hoshina K., Nakamura R., Ito Y. Raw beef, pork and chicken in Japan contaminated with *Salmonella* sp., *Campylobacter* sp., *Tersinia enterocolitica*, and *Clostridium perfringens* – A comparative study. *Zentralbl Bakteriologie Mikrobiologie Hygiene B* 1987, vol. 184, no. 1, p. 60-70.
 81. 久門勝利、内村真佐子、依田清江、横山栄二、小岩井健司. 市販食品（生食用野菜、食肉、イカ乾燥品および加工食品）の細菌汚染実態調査—1999 年度. 千葉県

- 衛生研究所報告 2000 年、vol. 24、p. 31-34.
82. 土井りえ、小野一晃、斉藤章暢、大塚佳代子、柴田 穰、正木宏幸. 市販食肉におけるサルモネラとリステリアの汚染状況. 日本獣医師会雑誌 2003 年、vol. 56、no.3、p. 167-170.
83. 池田徹也、森本 洋、玉手直人、清水俊一、熊田洋行、駒込理佳 他. 食品の食中毒汚染実態調査. 北海道立衛生研究所報告 2007 年、vol. 57、p. 73-75.
84. Gill C. O. Effects on the microbiological condition of product of decontaminating treatments routinely applied to carcasses at beef packing plants. *Journal of Food Protection* 2009, vol.72, no. 8, p. 1790-1801.
85. Castillo A., Lucia L. M., Goodson K. J., Savell J. W., Acuff G. R. Decontamination of beef carcass surface tissue by steam vacuuming alone and combines with hot water and lactic acid sprays. *Journal of Food Protection* 1999, vol. 62, no. 2, p. 146-151.
86. Bosilevac J. M., Nou X., Barkocy-Gallagher G. A., Arthur T. M., Koohmaraie M. Treatments using hot water instead of lactic acid reduce levels of aerobic bacteria and *Enterobacteriaceae* and reduce the prevalence of *Escherichia coli* O157:H7 on preevisceration beef carcasses. *Journal of Food Protection* 2006, vol. 69, no.8, p. 1808-1813.
87. Mendonca A. F., Amoroso T. L., Knabel S. J. Destruction of gram-negative food-borne pathogens by high pH involves disruption of the cytoplasmic membrane. *Applied Environmental Microbiology* 1994, vol. 60, p. 4009-4014.
88. Castillo A., Lucia L. M., Goodson K. J., Savell J. W., Acuff G. R. Comparison of water wash, trimming, and combines hot water and lactic acid treatments for reducing bacteria of fecal origin on beef carcasses. *Journal of Food Protection* 1998, vol. 61, no. 7, p. 823-828.
89. Woody J.-M., Walsh R. A., Doores S., Henning W. R., Wilson R. A. Knabel S. J. Role of bacterial association and penetration on destruction of *Escherichia coli* O157:H7 in beef tissue by high pH. 2000, *Journal of Food Protection*, vol. 63, no. 1, p. 3-11.
90. De Zuniga A. G., Anderson M. E., Marshall R. T., Iannotti E. L. A model system for studying the penetration of microorganisms into meat. 1991, *Journal of Food Protection*, vol. 54, p. 256-258.
91. 森田幸雄、新井芳典、嶋村真理、鮫島昭子、庄司和人、清水静一 他. と畜処理におけるナイフの消毒時間の検討と HACCP システム導入食肉処理場の枝肉の衛生状況. 日本獣医師会雑誌、2001、vol.54、p.387-390.
92. Goulter R. M., Dykes G. A., Small A. Decontamination of knives used in the meat industry: effect of different water temperature and treatment time combinations on the reduction of bacterial numbers on knife surfaces. *Journal of Food Protection*, 2008, vol.71, no.7, p.1338-1342.
93. Samelis J., Sofos J. N., Kendall P. A., Smith G. C. Fate of *Escherichia coli*

- O157:H7, *Salmonella Typhimurium* DT 104, and *Listeria monocytogenes* in fresh meat decontamination fluids at 4 and 10°C. *Journal of Food Protection*, 2001, vol. 64, no. 7, 950-957.
94. Cutter C. N., Dorsa W. J., Handie A., Rodriguez-Morales S., Zhou X., Breen P. J. et al. Antimicrobial activity of cetylpyridinium chloride washes against pathogenic bacteria on beef surfaces. *Journal of Food Protection* 2000, vol. 63, no. 5, p. 593-600.
95. 水上健一、川合修三、黒澤 肇、森田幸雄、小畑 敏、加藤政彦 他. 焼肉店を原因施設とした腸管出血性大腸菌 O157 食中毒事例. *群馬医学* 2008, vol.87, p.49-52.
96. 和田洋之、田邊英子、平山裕子、中嶋 洋、畑ますみ、前野祥子他. 焼肉用生肉等の汚染実態調査結果について. *食品衛生研究* 2002, vol. 52, no. 7, p. 73-80.
97. 内閣府食品安全委員会事務局 平成 20 年度食品健康影響評価技術研究「腸管出血性大腸菌を介したリスクに及ぼす要因についての解析」主任研究者 工藤由起子, 2008.
- 98: Sheen S., Hwang C.-A. Mathematical modeling the cross-contamination of *Escherichia coli* O157:H7 on the surface of ready-to-eat meat product while slicing. *Food Microbiology* 2010, vol. 27, p. 37-43.
99. 生食用食肉を取り扱う施設に対する緊急監視の結果について (プレスリリース) . 平成 23 年 6 月 14 日. 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課.
100. 内閣府食品安全委員会事務局 平成 18 年度食品安全総合調査「食品により媒介される微生物に関する食品影響評価に係る情報収集調査」(財)国際医学情報センター, 2007.
101. 第 23 回アンケート「食の安全・安心確保」・埼玉県ホームページ、
<http://www.pref.saitama.lg.jp/page/enquete23.html>
102. 磯部順子、清水美和子、嶋 智子、木全恵子、金谷潤一、倉田 毅 他. 腸管出血性大腸菌感染症の原因と考えられる食肉の生食に関する実態調査. *日本食品微生物学会雑誌* 2010, vol.27, no.3, p.146-151
103. 内閣府食品安全委員会事務局 平成 22 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」(課題番号: 0805), 分担研究: 半定量的および定性的リスク評価技術の分析, 分担研究者: 山本昭夫, 2010.
104. Evaluating Risks and Establishing Food Safety Objectives. *Microorganisms in foods 7*, 2nd ed., ICMSF, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, NY. 2010, p. 23-43.
105. 内閣府食品安全委員会事務局 平成 22 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」(課題番号: 0805), 分担研究: 確率論的解析手法ならびに感度分析技術の開発, 分担研究者: 長谷川 専, 2010.
106. Scallan E., Hoekstra R. M., Angulo F. J., Tauxe R. V., Widdowson M.-A.,

- Roy S. L. et al. Foodborne illness acquired in the United States —Major pathogens. *Emerging Infectious Diseases* 2011, vol. 17, no. 1, p.7-15.
107. WHO Hazard Characterization for Pathogens in Food and Water, Guidelines. 2003.
108. *E. coli* O157:H7 in Frozen Raw Ground Beef Patties. *Microorganisms in foods 7*, 2nd ed., ICMSF, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, NY. 2010, p. 313-332.
109. Nauta M. J., Evers E. G., Takumi K., Havelaar A. H. Risk Assessment of Shiga-toxin Producing *Escherichia coli* O157 in Steak Tartare in the Netherlands. RIVM report 257851003/2001.
110. Microbial Response Viewer
(<http://mrv.nfri.affrc.go.jp/Default.aspx#/About>)
111. 厚生労働省薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会食中毒・乳肉水産食品合同部会（平成23年7月6日開催）資料4 腸管出血性大腸菌 O157 の牛肉内浸潤と加熱処理による低減効果に関する検討
112. 厚生労働省薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会食中毒・乳肉水産食品合同部会（平成23年7月6日開催）資料1 生食用食肉に係る安全性確保対策について(案)
113. Crowley H., Cagney C., Sheridan J. J., Anderson W., McDowell D. A., Blair I. S., et al. Enterobacteriaceae in beef products from retail outlets in the Republic of Ireland and comparison of the presence and counts of *E. coli* O157:H7 in these products. *Food Microbiology* 2005, vol. 22, p. 409-414.
114. 厚生労働省薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会食中毒・乳肉水産食品合同部会（平成23年7月6日開催）資料2 生食用食肉に係る微生物規格基準案の考え方
115. Van Schothorst M., Zwietering M. H., Ross T., Buchanan R. L., Cole M. B. ICMSF (2009) Relating microbiological criteria to food safety objectives and performance objectives. *Food Control* 2009, vol. 20, p. 967-979.
116. Appendix A, Sampling Considerations and Statistical Aspects of Sampling Plans. *Microorganisms in food*, No.8, ICMSF Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, NY. 2011, p. 355-400
117. NEWsampleplans2_05.xls in Microbiological sampling plans of ICMSF (<http://www.icmsg.org/>).