

（３）リスク管理の新しい数的指標を用いた定量的リスク評価の事例

食品安全委員会：微生物・ウイルス評価書 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。2011年8月

生食用食肉中の腸管出血性大腸菌 O157 について、リスク管理機関（＝厚生労働省）からの諮問と、それらに対する食品安全委員会からの回答を紹介する。

i. 経緯

2011年4月下旬、富山県、福井県、神奈川県などで、ユッケ（生食で提供される牛肉）を原因食品とする腸管出血性大腸菌 O111 による広域集団食中毒事件が発生し、5名が死亡した。1998（平成10）年より、厚生労働省は生食用として供される食肉に対して、「生食用食肉 10等の安全性確保について」（以下、衛生基準通知）の中で生食用食肉の衛生基準を示し、事業者における適切な衛生管理を指導してきたが、衛生基準には強制力がなく、事業者において十分に遵守されていなかったことが明らかになった。この衛生基準通知には、生食用食肉の成分規格目標として、「生食用食肉は糞便系大腸菌群及びサルモネラ属菌が陰性でなければならない」と規定されていた。

この飲食チェーン店での腸管出血性大腸菌（以下、STEC）による食中毒の発生を受け、厚生労働省は、生食用食肉に関して罰則を伴う強制力のある規制が必要と判断し、規格基準案の設定について審議を行った。その結果、生食用食肉の規格基準案については、

- ① 対象食品を牛肉とすること
- ② 対象微生物を STEC 及びサルモネラ属菌とし、腸内細菌科菌群（Enterobacteriaceae）をこれらの指標とすること
- ③ 対象微生物汚染低減のため、原料肉の加熱殺菌等の加工基準等を設定すること

が了承され、厚生労働大臣は、食品安全委員会に食品健康影響評価（以下、リスク評価¹¹）を要請した。

10 生食用食肉とは、牛又は馬の肝臓又は肉であって生食用食肉として販売するものをいう。
平成10年9月11日生衛発第1358号

11 この食品安全委員会によるリスク評価は、次の点でめずらしいケースといえる。①厚生労働省において、簡略なリスク推定に基づき、規格基準案を提案されたこと。②極め

ii. リスク評価の概要

①公衆衛生上の目標値の設定

牛肉の生食で STEC による食中毒を発症した患者数を、規制前に推定された枝肉由来の STEC 患者数を 190 人から 0 人に(食品安全委員会推定)、また死者 10 名を 100 年に 1 名未満にしたいというのが厚生労働省の考えであり、これを公衆衛生上の目標値 (以下、ALOP: Appropriate Level of Protection) とした。

生食用の牛肉で問題となるハザードは、STEC 及びサルモネラ属菌¹²とした。低用量における微生物菌数と発症確率は、直線関係が認められると仮定し、190 人÷200 人を 1 人未満にするのであれば、喫食時の菌数を 1/200 にすれば達成できるはずであると考えた。さらに不確実性を考え、喫食時の菌数を現行の 1/1000 とすることにした。死者についても 10 人/年から 1/100 年=0.01/年と 1/1000 であるので、菌数を 1/1000 にすれば ALOP を達成できると考えた。

②摂食時安全目標の設定

日本には喫食時の牛肉中の STEC の菌数データがなかったことから、文献に公表されていたアイルランドのデータ (14 cfu/g) とほぼ同じであろうと仮定し、この 1/1000 すなわち 0.014 cfu/g (STEC として) を STEC の摂食時安全目標値 (Food Safety Objective 以下、FSO) と設定した。

次に、STEC 及びサルモネラ属菌としての FSO を以下のように検証した。

- 日本での STEC による食中毒で、最も発症菌数の少ない事例は、2011 年の牛レバー刺しを原因食品とする事例で、摂取菌数は 2 cfu/人だった。

↓

- 生肉を 50g 摂取すると仮定すると、FSO は $2 \text{ cfu}/50\text{g}=0.04 \text{ cfu/g}$ よりも小さい値であることが必要。

これらのことより、厚生労働省からは FSO:0.014 cfu/g として提案されていた。FSO の設定においては、人の感受性の個体差や菌の特性にも留意する必要があるが、提案された FSO (0.014cfu/g) は、FSO を 0.04cfu/g とした場合よりも 3 倍程度、安全側に立ったものであった。

③達成目標の設定

て短時間に回答が求められたこと。

- 12 サルモネラ属菌については、食中毒の危害要因としての特性に腸管出血性大腸菌との大きな違いはなく、そのリスクは O157 よりも低いとされた。

1 牛肉中の O157 の菌数は、10℃では 14～18 時間後に 10 倍の菌数に増殖する。
2 二次汚染については、1000 cfu/g の O157 が付着したハムから、スライサーの
3 刃を介して他のハムに移る菌数は 20cfu/g (移行比率 2 %) というデータがあっ
4 た。こうしたことから、FSO の 1/10 である $0.0014 \text{ cfu/g} = 1.4 \times 10^{-3} \text{ cfu/g} =$
5 $2.85 \log_{10} \text{ cfu/g}$ (STEC として 13) を食肉処理段階における達成目標値 (以下、
6 PO) とすることは、相当の安全性を見込んだものと考えられた。ただし、流通・
7 調理時から喫食まで適切な衛生管理と温度管理を行うことが前提である。

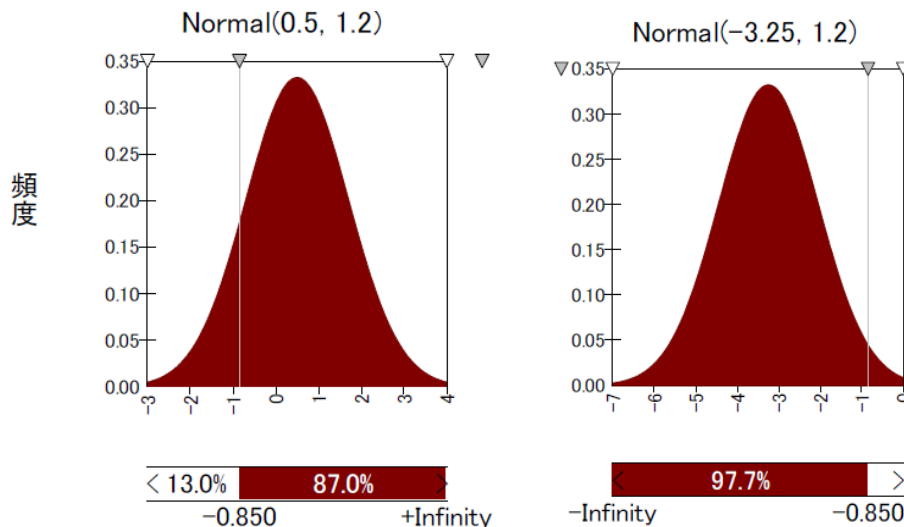
8
9 次に、PO が遵守されていることを確認するために、微生物規格の設定を行っ
10 た。検査は STEC とサルモネラ属菌の両方に対して行う必要がある。そこで、
11 この 2 菌が同時に検出でき、国際的にも食肉の衛生管理の指標菌である
12 Enterobacteriaceae を用いることにした。Enterobacteriaceae と STEC の換算
13 係数は、文献データに安全率を加味し 100:1 とした。つまり、Enterobacteriaceae
14 に換算した PO は $-0.85 \log \text{ cfu/g}$ となる。

15 加工基準の設定においては、と殺直後の枝肉であったとしても、STEC は枝肉
16 表面から 1cm までは 10 cfu 未満の低い菌数ながら侵入して存在することを考慮
17 した。つまり、食肉の表面から 1cm 下に存在する STEC を 1 log 低減できる条
18 件である 60℃ 2 分加熱を加工基準とした。

19 この加工基準のみでは加工時の PO を担保できないため、PO を満たしている
20 ことを確認するのに必要なサンプル数による微生物検査も行う必要がある。そ
21 こで、PO を満たしていることを確認するのに必要なサンプル数を検討した。図
22 ○は検体数が 1 である場合と検体数が 25 である場合の平均汚染濃度を示してい
23 る。なお、標準偏差は $1.2 \log \text{ cfu/g}$ とする。

13 サルモネラ属菌も低い菌数での食中毒事件の報告があることから、STEC と同じ直接関
係を仮定した。

0.0014 cfu/g を log で表すと、 $-2.85 \log \text{ cfu/g}$ となる。



図〇. 検体数が1である場合と検体数が25である場合の汚染濃度分布

※菌数：log cfu/g

(参照. 食品安全委員会: 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係る食品健康影響評価)より引用。

検体数が1である場合、検体25g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、ほぼ確実に摘出される(すなわち95%不合格率)ロットの平均汚染濃度は、0.5 log cfu/gすなわち3 cfu/gである(左図)。Enterobacteriaceaeに換算したPOは-0.85 log cfu/gであるため、図〇-●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。

検体数が25である場合、95%の確率で不合格となるロットの平均汚染濃度は-3.25 log cfu/gである。図〇-●のように、このロット内の97.7%(=2SD標準偏差のこと YEs)部分はEnterobacteriaceaeに換算したPO-0.85 log cfu/gを下回り、ロット内平均値とPOとの間に、標準偏差1.2 log cfu/gの2倍の差が確保される。

これらのことより、25サンプルの検体を採取し、検査を行う必要があるが、現行の規格基準では検体数は規定されなかった。

※この微生物規格は、コーデックスのガイドラインの内容を満たしていないといえる。国際的な整合性を考えると、この微生物規格はコーデックスのガイドラインに沿ったものに早急に見直しすることが望まれる。

③達成基準の設定

これら結果を踏まえ、食品、添加物等の規格基準の一部を改正する件(平成23年厚生労働省告示第321号)が9月12日公布され、食品、添加物等の規格基準

（昭和34年厚生省告示第370号。以下「告示」という。）の一部が改正され、生食用食肉の規格基準が新たに設定され、10月1日から施行された。

成分規格（一部のみ紹介）

①対象食品は牛肉であって、生食用のもの

②検体25gにつき、腸内細菌科菌群が陰性であること

加工基準

①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

②①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、密封後、肉塊の表面から1cm以上の深さを60℃で2分間以上加熱（又は同等以上の方法）後、速やかに10℃以下に冷却すること

生食用牛肉として提供される牛肉はこの規格基準を適合した牛肉でなければならない。

なお、その後のリスク評価により、平成24年7月からは、販売者は、直接一般消費者に販売することを目的に、牛の肝臓を使用して、食品を製造、加工又は調理する場合は、その工程中において、牛の肝臓の中心部の温度を63℃で30分間以上加熱するか、又はこれと同等以上の殺菌効果を有する方法で加熱殺菌しなければならない。

（牛の肝臓の中心部の温度を63℃で30分間以上の加熱と同等以上の殺菌効果を有する方法とは、例えば、中心部の温度75℃で1分間以上等の加熱をいう。）

(4) 食品安全委員会が自ら評価を行う定量的リスク評価事例

鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ/コリ (2009 年 6 月)

i. 評価の経緯

・2006 年 6 月にコーデックス委員会や FAO/WHO 合同専門家会議で示されたマニュアルやガイドラインに示された微生物学的リスク評価の手順等を参考に評価指針(案)を策定し、評価対象候補案件についてリスクプロファイルを作成し、優先案件として選定した中で鶏肉を主とする畜産物中のカンピロバクター・ジェジュニ/コリから調査審議を進めることとした。

・カンピロバクター食中毒は、食中毒の上位を占め、家きん生産現場及び食鳥処理工程でカンピロバクターを防除する有効な手法がないという現状、生食や加熱不十分な状態での(鶏肉の)喫食が増える傾向にあること等の背景のもと食品安全基本法第21条第1項に規定する基本的事項に基づき、自らの判断により食品健康影響評価を行う案件として当該評価が選定された。

ii. 評価の目的

鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ/コリについて、現状のリスク及び想定される対策を講じた場合のリスクに及ぼす効果を推定することとした。

iii. 評価の方法

・ハザードの特定と想定される対策の整理、定量的手法を用いた解析(解析の枠組み:ばく露評価及びハザードによる健康被害解析、解析結果:リスク特性解析)、カンピロバクター感染症及び合併症(ハザードによる健康被害解析-2)の順に記述している。

・定量的リスク評価を実施した。

(i) ハザードの特定

1. 関連情報の整理:(1) 病原体(増殖性、生残性、加熱抵抗性、感染源)、(2) 食品(鶏肉の需給量、鶏肉消費に至る農場から消費までの段階、鶏肉の汚染率、調理時の交差汚染、非加熱及び加熱不十分鶏肉の喫食割合)、(3) 宿主(カンピロバクター食中毒の発生状況、食中毒の症状、菌量反応(用量反応)に関する知見、感受性集団)、(4) 食中毒原因食品の分析及び(5) 現状のリスク管理(農場における対策、食鳥処理場における対策、食肉処理場から食肉販売店等流通時における対策、喫食段階における対策)の5項目で分類し、リスクに関連する問題点等について整理した。さらに、2. 問題点の抽出、3. 想定される対策の設定(農場段階、食鳥処理・食肉処理段階、調理・喫食段階)を記述した。

1 (ii) ハザードの特性評価

2 a. 用量反応

3 ・Black らの文献情報：若年成人ボランティアによる摂取試験で、 8×10^2 個で
4 感染が認められたとする報告を例示。

5 ・菌量反応曲線として CFIA/USDA (1999)、DVFA (2001) 及び RIVM(2005)
6 の評価書で用いられているベータ二項モデルを採用。

7
8 (iii) ばく露評価

9 ・「定量的手法を用いた解析」1. 解析の枠組み（ばく露評価及びハザードによる
10 健康被害解析）、2. 解析結果（リスク特性解析）を示した。

11 農場、食鳥処理・食肉処理、流通・小売及び調理・喫食の4段階に分けたフード
12 チェーンに沿って、鶏肉の汚染率と汚染濃度が各段階によって受ける変化をモ
13 デル化（数式化）し、ハザードによる健康被害解析においては、摂食菌量と感染
14 確率との関係曲線として引用できるモデルについて評価した。また、「カンピロ
15 バクター感染症及び合併症（ハザードによる健康被害解析-2）」について記述し
16 た。

17
18 (iv) リスクの判定

19 感染確率をシミュレーションにより推定、各リスク管理対策についてシナリオ
20 を設定し、それぞれの効果を分析する手法を用いた。

21 ・確率論的モデル：表計算ソフト Microsoft Excel とそのリスク解析用アドオン
22 ソフト@RISK4.5（日本語版）で構築。不確実性の分布の推定には、パラメト
23 リック分布であるベータ分布を多用。

24 ・リスク評価モデル：（1）農場段階：農場汚染率を一定と仮定し、汚染農場の
25 年間出荷鶏数、汚染農場における鶏の感染率を算出、（2）流通・小売段階：輸
26 入・国内流通鶏肉数、流通鶏肉の汚染率を推定した（不確実性分布（ベータ分布）
27 を用いた）。汚染濃度は離散分布でモデル化した。（3）食鳥処理段階では、食
28 鳥処理後の鶏肉汚染率及び交差汚染率を算出した。（4）調理・喫食段階では、
29 ①ばく露確率（喫食ばく露確率：生食頻度、加熱不十分調理の喫食頻度、喫食ば
30 く露確率を算出）及び（交差汚染ばく露確率：調理器具を介した交差汚染ばく露
31 確率、手指を介した交差汚染ばく露確率、交差汚染ばく露確率を算出）、②ばく
32 露量（喫食ばく露量、交差汚染ばく露量）を算出した。（5）感染確率には、①
33 1食当たりのばく露量（用量）、②感染確率（反応）（感染確率を推定するため、
34 カンピロバクターの菌量反応曲線として CFIA/USDA (1999)、DVFA (2001)
35 及び RIVM(2005)の評価書で用いられているベータ二項モデルを採用。パラメ
36 ータ推定は、これらの文献と Black らにおける摂取実験の結果に基づき、最丈
37 法によって Medema ら及び Teunis らが推定した結果を用いた。

iv. 評価結果

・本評価で求める結果は、(1)現状のリスクの推定(①人の健康に及ぼすリスクを(定量的に)推定、②生産から消費までのフードチェーンの各段階について、リスクに対する影響を比較)、(2)想定される対策を講じた場合の効果を推定した。

・鶏肉料理の喫食に伴うカンピロバクター食中毒については、一食当たりの感染確率の平均値は、鶏肉を生食する人については、家庭で1.97%、飲食店で5.36%、生食しない人については家庭で0.20%、飲食店で0.07%、1人当たりの年間平均感染回数は、生食する人では3.42回/年・人、生食しない人では0.364回/年・人であった。年間平均延べ約1.5億人が感染することが推定されたが、そのうち80%が生食する人で占められていることが示された。

・カンピロバクター食中毒低減に向けた6種類の単独対策のうち、対策の有無で比較した2種類の対策については、食鳥処理場での汚染・非汚染鶏群の区分処理では44.0%、塩素濃度管理の徹底では21.4%の感染者数低減率となり、いずれも比較的高いリスク低減効果が得られた。指標を減少させた場合の効果を比較した4種類の対策については、生食割合の低減が高い効果を示しており、当該指標を80%低減させれば69.6%のリスク低減効果が得られることが示された。また、食著処理場での汚染・非汚染鶏群の区分処理を行った上で農場汚染率を低減させた場合が、感染者数低減に対して最も大きな効果を持つことも示された。

・年間感染者数に影響を及ぼす要因を明確化するため、①回帰感度、②相関の両面から感度分析を実施。モデルへの入力値となる確率変数は、鶏の感染率、鶏肉の汚染率、汚染濃度、鶏肉の喫食形態と喫食量、交差汚染の要因としてRTE食品と鶏肉との同時調理の頻度とした。

・モデルで使用したデータが限定されていたことにより各段階で仮定を持ち込んだため不確実性が大きくなった。

・カンピロバクター感染症の感染確率の推定結果は、限られたデータ及び様々な前提条件・仮定のもとに作成した評価モデルを用いたため、不確実性が含まれている。

・症状の重篤度ごとの発生確率まで推定することができなかった。人の健康への悪影響の発生確率と重篤度を推定するために必要な臨床データ等のデータ収集を制度的に支える仕組みの導入が必要と考えられた。

2. 評価事例のリスト

※Digital Object Identifier (DOI)が付与されているものには添付しています。

1. FAO/WHO ガイダンス（2021）第8章に挙げられたリスク評価事例

（1）定性的 - 半定量的リスク評価の例

- ・ Risk assessment for main determinants of antibiotic resistance in South East Asia BMJ 2017; 358
DOI: 10.1136/bmj.j3393
- ・ WHO: Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1, Coastal and fresh waters.2003. Chapter 4. Faecal pollution and water quality.
<https://a.msip.securewg.jp/docview/viewer/docN1BF746F48200e6575e009a42a0198f486c81e41365c8de6fb17fc2c2d16be0454d47f06a5788>
- ・ Australian government, National health and medical research Council, Natural resource management ministerial council: Australian drinking water guidelines 6, 2011. Version 3.4 Updated October 2017
<https://a.msip.securewg.jp/docview/viewer/docND451BEE961108bc5954758038f8bc260f249b3cdf97ebb2749fc275477f393f9b2adfbf2f22c>
- ・ EFSA: Statement on BSE/TSE and the health risks of the consumption of milk and milk derived products from goats by the Scientific Panel on biological hazards (BIOHAZ). 2004
DOI: 10.2903/j.efsa.2004.136
- ・ EFSA: EFSA publishes Geographical BSE-Risk (GBR) assessments for Australia, Canada, Mexico, Norway, South Africa, Sweden and the United States of America. 2004
<https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/040820>
- ・ New Zealand Food Safety Authority, Lake R et al. ESR: Risk Profile: *Mycobacterium bovis* in milk. 2009
<https://a.msip.securewg.jp/docview/viewer/docND451BEE96110cd05>

[db965ba3f8918a41db7626a35e733a9fdabb9e14338d3d22a68343d29879](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(02)00062-4)

- Sumner J, Ross T: A semi-quantitative seafood safety risk assessment. International Journal of Food Microbiology 2002; 77(1-2): 55-59

DOI: 10.1016/s0168-1605(02)00062-4

FAO: Risk Ranger: A Simple Food Safety Risk Calculation Tool.

<https://www.fao.org/food-safety/resources/tools/details/en/c/1191489/>

【1（1）半定量的水産食品安全リスク評価】

- Australian government: Biosecurity import risk analysis guidelines 2016. Managing biosecurity risks for imports into Australia.

<https://a.msip.securewg.jp/docview/viewer/docNC83AC6ACCDF5b5f202c6380e4bea186ac18aa60084243f7faae63c126248efa6211e7b273ddc>

- FAO/WHO: Multicriteria-based ranking for risk management of food-borne parasites. Microbiological risk assessment series (MRA) 23. 2014

<https://www.fao.org/publications/card/en/c/ee07c6ae-b86c-4d5f-915c-94c93ded7d9e/>

（2）定量的微生物リスク評価の例

- USDA/FSIS: Comparative risk assessment for intact (non-tenderized) and non-intact (tenderized) beef: Technical report. 2002

<https://a.msip.securewg.jp/docview/viewer/docN7739071658D0bd34bcf54d740709fd49b1e0f36e072607f60964fa37865ffa5ca5127d1ba999>

- FAO/WHO: Risk assessment of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods. Microbiological risk assessment series No.5. 2004

<https://a.msip.securewg.jp/docview/viewer/docN18579484568F2fd436f1b67301f8c20139cdce8759686f24e7aad776f38cbf183b1b384da09b>

- RIVM: Risk assessment of Shiga-toxin-producing *Escherichia. coli*

O157 in steak tartare in the Netherlands. 2001

<https://a.msip.securewg.jp/docview/viewer/docN18579484568Feb5bc79fc3993a02f849578733274c4db582521900b0b40a3df79bd6f8f672be>

- FAO/WHO: Risk assessment of *Vibrio vulnificus* in raw oysters: interpretative summary and technical report. Microbiological risk assessment series No. 8. 2005
<https://www.who.int/publications/i/item/9241563109>
- .CCFFP: Thailand information paper: On estimating the risk of developing histamine poisoning from the consumption Thai fish sauces. No. FFP/31 CRD 18. 2011
- Ssemanda JN, Reij MW, van Middendorp G, Bouw E, van der Plaats R, Franz E et al. Foodborne pathogens and their risk exposure factors associated with farm vegetables in Rwanda. Food Control 2018; 89: 86-96
DOI: 10.1016/j.foodcont.2017.12.034
- Pouillot R, Garin B, Ravaonindrina N, Diop K, Ratsitorahina M, Ramanantsoa D et al.: A risk assessment of campylobacteriosis and Salmonellosis linked to chicken meals prepared in households in Dakar, Senegal. Risk Anal 2012; 32(10): 1798-1819
DOI: 10.1111/j.1539-6924.2012.01796.x
【1（2）定量的リスク評価の事例②】
- Risk Assessment of *Vibrio parahaemolyticus* in Seafood. Interpretative summary and Technical report. Microbiological risk assessment (MRA) 16 2011
<https://www.fao.org/documents/card/en/c/8999eaae-3d7c-5768-a1b8-042f54b0491d/>
- Akio Yamamoto, Junichiro Iwahori, Varaporn Vuddhakul, Wilawan Charernjiratragul, David Vose, Ken Osaka, Mika Shigematsu, Hajime Toyofuku, Shigeki Yamamoto, Mitsuaki Nishibuchi, Fumiko

1 Kasuga: Quantitative modeling for risk assessment of *Vibrio*
2 *parahaemolyticus* in bloody clams in southern Thailand.
3 International Journal of Food Microbiology 124 (2008) 70–78
4 DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2008.02.021

5 【1（2）定量的リスク評価の事例③】

6
7 EFSA: Scientific opinion on the public health risks of table eggs due
8 to deterioration and development of pathogens. 2014
9 DOI: 10.2903/j.efsa.2014.3782

10
11 ・ Ryan M, Gurian PL, Haas CN, Rose JB, Duzinski PJ: Acceptable
12 microbial risk: Cost-benefit analysis of a boil water order for
13 *Cryptosporidium*. American Water Works Association 2013
14 DOI: 10.5942/jawwa.2013.105.0020
15
16

2. その他の評価事例

(1) 細菌

i. O157 (*E. coli*)

• Söderqvist K, Rosberg AK, Boqvist S, Alsanius B, Mogren L, Vågsholm I: Season and species: Two possible hurdles for reducing the food safety risk of *Escherichia coli* O157 contamination of leafy vegetables. Journal of Food Protection 2019; 82(2): 247-255

DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-18-292

• Smith BA, Fazil A, Lammerding AM: A risk assessment model for *Escherichia coli* O157: H7 in ground beef and beef cuts in Canada: Evaluating the effects of interventions. Food Control 2013; 29(2): 364-381

DOI:10.1016/j.foodcont.2012.03.003

• Brusa V, Costa M, Padola NL, Etcheverría A, Sampedro F, Fernandez PS, Laotta GA, Signorini ML. Quantitative risk assessment of haemolytic uremic syndrome associated with beef consumption in Argentina. PLOS ONE 2020; 15(11): e0242317

DOI:10.1371/journal.pone.0242317

• Söderqvist K, Rosberg AK, Boqvist S, Alsanius B, Mogren L, Vågsholm I: Season and species: Two possible hurdles for reducing the food safety risk of *Escherichia coli* O157 contamination of leafy vegetables. Journal of Food Protection 2019; 82(2): 247-255

DOI:10.4315/0362-028X.JFP-18-292

• Kosmider RD, Nally P, Simons RRL, Brouwer A, Cheung S, Snary EL, Wooldridge M: Attribution of human VTEC O157 infection from meat products: A quantitative risk assessment approach. Risk Analysis 2010; 30(5): 753-765

DOI:10.1111/j.1539-6924.2009.01317.x

• Lien K-W, Yang M-X, Ling M-P: Microbial risk assessment of *Escherichia coli* O157: H7 in beef imported from the United States of America to Taiwan. Microorganisms 2020; 8(5): 676

DOI: 10.3390/microorganisms8050676

• Pesciaroli M, Chardon JE, Delfgou EHM, Kuijpers AFA, Wijnands LM, Evers EG: Home style frying of steak and meat products: Survival of *Escherichia coli* related to dynamic temperature profiles. International Journal of Food Microbiology 2019; 300: 53-63

DOI:10.1016/j.ijfoodmicro.2019.03.020

• Evers EG, Pielaat A, Smid JH, van Duijkeren E, Vennemann FBC, Wijnands LM, Chardon JE: Comparative exposure assessment of ESBL-producing *Escherichia coli* through meat consumption. PLOS ONE 2017; 12(1): e0169589

DOI:10.1371/journal.pone.0169589

・食品安全委員会：微生物・ウイルス評価書 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。2011年8月

<http://www.fsc.go.jp/fsciis/evaluationDocument/show/kya20110711108>

【1（3）リスク管理の新しい数値的指標を用いた定量リスク評価の事例】

ii. *Campylobacter*

• Ha J, Lee H, Kim S, Lee J, Lee S, Choi Y, Oh H, Yoon Y: Quantitative microbial risk assessment of *Campylobacter jejuni* in jerky in Korea. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 2019; 32(2): 274-281

DOI: 10.5713/ajas.18.0322

• Dogan OB, Clarke J, Mattos F, Wang B: A quantitative microbial risk assessment model of *Campylobacter* in broiler chickens: Evaluating processing interventions. Food Control 2019; 100: 97-110

DOI:10.1016/j.foodcont.2019.01.003

【1（2）定量的リスク評価事例⑥】

• Al-Sakkaf A: Comparison of three modelling approaches to predict the risk of campylobacteriosis in New Zealand. Microbial Risk Analysis 2020; 14: 100077

DOI: 10.1016/j.mran.2019.06.001

• Evers EG, Bouwknegt M: Combining QMRA and epidemiology to estimate campylobacteriosis incidence. Risk Analysis 2016; 36(10): 1959-1968
DOI:10.1111/risa.12538

• da Hora J, Cohim EB, Sipert S, Leão A: Quantitative microbial risk assessment (QMRA) of *Campylobacter* for roof-harvested rainwater domestic use. Proceedings 2018; 2(5): 185
DOI: 10.3390/ecws-2-04954

• EFSA: Update and review of control for *Campylobacter* in broiler at primary production. EFSA Journal. 2020. 18(4): 6090
DOI: 10.2903/j.efsa.2020.6090

【1（2）定量的リスク評価の事例④】

• Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) : ANSES opinion and report on the state of knowledge relating to the contamination of broilers with *Campylobacter* and assessment of the impact of interventions at different stages of the food chain in France; Collective Expert Appraisal Report; Anses:Fougères, France, 2018: 1-81
<https://www.anses.fr/en/content/anses-opinion-and-report-state-knowledge-relating-contamination-broilers-campylobacter-and>

【1（2）定量的リスク評価の事例（確率論的リスク評価事例）⑤】

• Habib I, Coles J, Fallows M, Goodchild S: Human campylobacteriosis related to cross-contamination during handling of raw chicken meat: Application of quantitative risk assessment to guide intervention scenarios analysis in the Australian context. International Journal of Food Microbiology 2020; 332(2):108775
DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108775

【1（2）定量的リスク評価事例⑦】

• 鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ/コリ（2009年6月）

【1（4）食品安全委員会が自ら評価を行う定量リスク評価事例】

<http://www.fsc.go.jp/fsciis/evaluationDocument/show/kya20041216001>

iii. Salmonella

・ FAO/WHO: Risk assessments of *Salmonella* in eggs and broiler chickens-2. Microbiological risk assessment series 2. 2002
<https://www.fao.org/3/y4392e/y4392e00.htm>

【後述1 (2) 定量的リスク評価の事例①】

・ Collineau L, Phillips C, Chapman B, Agunos A, Carson C, Fazil A, Reid-Smith RJ, Smith BA: A within-flock model of *Salmonella* Heidelberg transmission in broiler chickens. Preventive Veterinary Medicine 2020; 174: 104823
 DOI: 10.1016/j.prevetmed.2019.104823

・ Maffei DF, Sant'Ana AS, Franco BDGM, Schaffner DW: Quantitative assessment of the impact of cross-contamination during the washing step of ready-to-eat leafy greens on the risk of illness caused by *Salmonella*. Food Research International 2017; 92: 106-112
 DOI:10.1016/j.foodres.2016.12.014

iv. *Listeria*

・ Hadjicharalambous C, Grispoli L, Goga BC: Quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* in a traditional RTE product. EFSA Journal 2019; 17(S2): e170906
 DOI:10.2903/j.efsa.2019.e170906

・ Njage PMK, Leekitcharoenphon P, Hansen LT, Hendriksen RS, Faes C, Aerts M, Hald T: Quantitative microbial risk assessment based on whole genome sequencing data: Case of *Listeria monocytogenes*. Microorganisms 2020; 8: 1772: 1-24
 DOI:10.3390/microorganisms8111772

v. *Staphylococcus*

・ Lee H, Kim K, Choi K-H, Yoon Y: Quantitative microbial risk assessment for *Staphylococcus aureus* in natural and processed cheese in Korea. Journal of Dairy Science 2015; 98: 5931-5945
 DOI:10.3168/jds.2015-9611

・ Zeaki N, Johler S, Skandamis PN, Schelin J: The role of regulatory

mechanisms and environmental parameters in *Staphylococcal* food poisoning and resulting challenges to risk assessment. *Frontiers in Microbiology* 2019; 10: 1307

DOI: 10.3389/fmicb.2019.01307

vi. *Bacillus*

• Park HW, Yoon WB: A quantitative microbiological exposure assessment model for *Bacillus cereus* in pasteurized rice cakes using computational fluid dynamics and Monte Carlo simulation. *Food Research International* 2019; 125: 108562

DOI:10.1016/j.foodres.2019.108562

(2) ウイルス

• Bouwknegt M, Verhaelen K, Husman AMR, Rutjes SA: Quantitative risk profile for viruses in foods. RIVM report 330371008/2013

<https://a.msip.securewg.jp/docview/viewer/docN570634915446dcab368f4e7284237a809bd8baa987adacb7c1aa3e52eda5096ced1a3ddb2002>

• Kurgat EK, Sexton JD, Garavito F, Reynolds A, Contreras RD, Gerba CP, Leslie RA, Edmonds-Wilson SL, Reynolds KA: Impact of a hygiene intervention on virus spread in an office building. *International Journal of Hygiene and Environmental health* 2019; 222: 479-485

DOI:10.1016/j.ijheh.2019.01.001

(3) 寄生虫

i. *Anisakis*

• Bao M, Pierce GJ, Pascual S, González-Muñoz M, Mattiucci S, Mladineo I, Cipriani P, Bušelić I, Strachan NJC: Assessing the risk of an emerging zoonosis of worldwide concern: anisakiasis. *Scientific Reports* 2017; 7: 43699

DOI: 10.1038/srep43699

ii. *Toxoplasma*

• Deng H, Swart A, Marinović AAB, Giessen JWB, Opsteegh M: The effect of salting on *Toxoplasma gondii* viability evaluated and implemented in a quantitative risk assessment of meat-borne human infection. *International Journal of Food Microbiology* 2020; 314: 108380

DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108380

• Guo M, Buchanan RL, Dubey JP, Hill DE, Lambertini E, Ying Y, Gamble HR, Jones JL, Pradhan AK: Qualitative assessment for *Toxoplasma gondii* exposure risk associated with meat products in the United States. Journal of Food Protection 2015; 78(12): 2207-2219

DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-15-270

iii. Trichinella

• FAO/WHO: Risk-based examples and approach for control of *Trichinella* spp. and *Taenia saginata* in meat. Microbiological risk assessment series 25.2020
<https://www.who.int/publications/i/item/9789240012431>

(4) 水・食品関連

• Bivins AW, Sumner T, Kumpel E, Howard G, Cumming O, Ross I, Nelson K, Brown J: Estimating infection risks and the global burden of diarrheal disease attributable to intermittent water supply using QMRA. Environmental Science and Technology 2017; 51(13): 7542-7551

DOI: 10.1021/acs.est.7b01014

• Health Canada, Santé Canada: Guidance on the use of quantitative microbial risk assessment in drinking water. Document for public consultation May 11, 2018

<https://www.canada.ca/en/health-canada/programs/consultations-guidance-quantitative-microbial-risk-assessment-drinking-water/document.html>

• Georgalis L, Garre A, Escamez PSF: Training in tools to develop quantitative risk assessment using Spanish ready-to-eat food examples. EFSA Journal 2020; 18(S1): e181103

DOI:10.2903/j.efsa.2020.e181103

• Hölzel CS, Tetens JL, Schwaiger K: Unravelling the role of vegetables in spreading antimicrobial-resistant bacteria: A need for quantitative risk assessment. Foodborne pathogens and disease 2018; 15(11): 671-688

DOI:10.1089/fpd.2018.2501

• von Westerholt F, Butler F: A Bayesian estimation of the concentration of microbial organisms in powdered foods arising from repeat testing for microbial contamination. Microbial Risk Analysis 2020; 14: 100083
DOI:10.1016/j.mran.2019.07.004

(5) 食肉・食肉処理

• Hdaifeh A, Khalid T, Boué G, Cummins E, Guillou S, Federighi M, Tesson V: Critical analysis of pork QMRA focusing on slaughterhouses: Lessons from the past and future trends. Foods 2020; 9(11): 1704
DOI:10.3390/foods9111704

• McCarthy Z, Smith B, Fazil A, Wu J, Ryan SD, Munther D: Individual based modeling and analysis of pathogen levels in poultry chilling process. Mathematical Biosciences 2017; 294: 172-180
DOI:10.1016/j.mbs.2017.10.010

• Saha J, Jadeja R, Jaroni D: Quantitative microbiological risk assessment for the selection of pathogen control strategies during ground beef processing: A cost effective approach. Meat and Muscle Biology 2018; 2(2): 143
DOI: 10.221751/rmc2018.127

• Tesson V, Federighi M, Cummins E, Mota JDO, Guillou S, Boué G: A systematic review of beef meat quantitative microbial risk assessment models. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020; 17(3): 688
DOI: 10.3390/ijerph17030688

(6) 汚染経路

i. 食品由来人獣共通感染症

• Romero-Bariios P, Hempen M, Messens W, Stella P, Hugas M: Quantitative microbiological risk assessment (QMRA) of food-borne zoonoses at the European level. Food Control 2013; 29(2): 343-349
DOI:10.1016/j.foodcont.2012.05.043

ii. 交差汚染

• Iulietto MF, Evers EG: Modelling and magnitude estimation of cross-

contamination in the kitchen for quantitative microbiological risk assessment (QMRA). EFSA Journal 2020; 18(S1): e181106
DOI:10.2903/j.efsa.2020.e181106

iii. 糞便汚染

• Wang Y, Moe CL, Teunis PFM: Children are exposed to fecal contamination via multiple interconnected pathways: A network model for exposure assessment. Risk Analysis 2018; 38(11): 2478-2496
DOI: 10.1111/risa.13146

(7) モデル・ツール関連

• Weir MH, Mitchell J, Flynn W, Pope JM: Development of a microbial dose response visualization and modelling application for QMRA modelers and educators. Environmental Modelling and Software 2017; 88: 74-83
DOI: 10.1016/j.envsoft.2016.11.011

• Bassett J, Nauta M, Lindqvist R, Zwietering M: Tools for Microbiological risk assessment. ILSI Europe 2012
<https://a.msip.securewg.jp/docview/viewer/docN18579484568F4870c28ef8742bfe9ed0ea5af2ee91fdb294da98d03285d7333eacf7707bed3e>

＜参考＞微生物学的リスク評価の概念 CAC/GL-30 (1999)

CODEx:PRINCIPLES AND GUIDELINES FOR THE CONDUCT OF MICROBIOLOGICAL RISK ASSESSMENT. CAC/GL-30 (1999)

1. 微生物学的リスク評価は、健全な科学的基盤に基づく。
2. リスク評価とリスク管理は機能的に分離する。
3. 微生物学的リスク評価は、ハザード関連情報整理、ハザードによる健康被害解析、ばく露評価及びリスク特性解析を含む体系的アプローチに従って行う。
4. 微生物学的リスク評価は、アウトプットであるリスク推定の形式を含め、実行の目的を明確に述べる。
5. 微生物学的リスク評価は透明性を保つ。
6. コスト、リソース又は時間等、リスク評価に影響を及ぼす制約を明確化し、考え得る結果を明記する。
7. リスク評価には、不確かさ、及びリスク評価プロセスのどの部分で不確かさが生じたかに関する記述を含める。
8. データは、リスク推定における不確かさを判断できるものであるべきである。データ及びデータ収集システムには、可能な限り、リスク推定における不確かさが最小化されるように、十分な品質及び精度をもたせる。
9. 微生物学的リスク評価は、食品中の微生物の増殖、生存及び死滅の動態、摂取後の人体と物質の相互関係（（後遺症を含む）の複雑性、と同様にさらなる伝播の可能性を明確に考慮すべきである。
10. 可能な限り、リスク推定は、時間の経過に伴い、独立の人疾病データとの比較により再評価する。
11. 微生物学的リスク評価は、関係する新情報が入手できるようになった場合、再評価が必要になることがある。