

づいて SE 汚染卵の産出確率をモデル化した。

具体的には、まず、品川(1999)¹⁴に示されたわが国における殻付き卵のサルモネラ汚染状況データをプールして殻付き卵の SE 汚染状況を整理した。その結果、32,213 検体のうち、10 検体が SE 陽性であった。この結果は、産出された全ての殻付き卵(母集団)からのサンプリング検査の結果として捉えることができる。従って、母集団における SE 汚染卵の産出確率の不確実性分布 P_{egg_inf} は次式のベータ分布でモデル化される^{15,16}。

$$\begin{aligned} P_{egg_inf} &= RiskBeta(10+1,32213-10+1) \\ &= RiskBeta(11,32204) \end{aligned}$$

なお、この確率分布の平均値は 0.038% である。これは鶏卵の日付等表示マニュアル¹⁷に示されている鶏卵におけるサルモネラ菌の汚染率 0.03% 程度との記述にほぼ一致する。

(2) 流通・保管段階

鶏卵の部位別初期汚染割合や汚染量、保管・流通時間、温度、冷却速度をパラメータとする初期汚染部位別の増殖モデルは、鶏卵における SE の生物学的挙動等であるため、日米で差異はないものと仮定し、USDA/FSIS(2005)を踏襲した。

しかしながら、卵の保管・流通時間や温度等

は米国とわが国とでは大きく異なり、またワールドチェーンの導入による食中毒リスク低減効果にも大きく関係する事項であるため、これらについては熊谷ら(2001)¹⁸、品川(1999)および本研究で独自に設定した仮定に基づき、わが国の生産・流通の実態を反映させた(図表 14、図表 15)。

また、USDA/FSIS(2005)では GP センターでの低温殺菌に関するモデルが組み込まれているが、わが国では低温殺菌は行われていないため、モデルからは除外した。さらに、本研究では殻付き卵を対象としているため、液卵等の加工プロセスはモデルから除外した。

(3) 調理段階

鶏卵の生食をはじめ、わが国の鶏卵の喫食実態は米国と大きく異なる。しかしながら、平成 10~11 年以前のわが国における鶏卵の喫食実態に関する充実したデータは得られない。そこで、わが国の鶏卵の喫食実態が平成 10~11 年以前と現在とでほぼ変わらないものと仮定し、内閣府食品安全委員会(2007)¹⁹のアンケート調査で得られている鶏卵の喫食実態データを用いることとした。ここでは、鶏卵料理の喫食頻度、生卵・半熟卵の喫食頻度、喫食 1 回当たりの鶏卵喫食個数に関するデータが得られる。これらから図表 16~図表 18 に示す定量データを

14 品川邦汎「卵及び卵加工品におけるサルモネラエンテリティディスの汚染とその対策」食品衛生雑誌 Vol.40 No.1, 1999.2

15 David Vose “Risk Analysis – A Quantitative Guide”, Wiley, 2000(邦訳:長谷川専・堤盛人「入門リスク分析」勁草書房, 2003)

16 先頭に”Risk”がついた確率分布を表す関数は Palisade 社のモンテカルロシミュレーションソフト@Risk の組み込み関数である。ここでは確率分布を表す関数は@Risk での表記に従って表記する(以下、同様)。

17 鶏卵日付表示等検討委員会「鶏卵の日付等表示マニュアル」平成 10 年 6 月

18 熊谷進、春日文子、山本茂貴、岩堀淳一郎、豊福肇、小坂健、温泉川肇彦、大森牧子、和田正道、藤川浩、広田雅光「家庭での生卵喫食に伴うサルモネラ・エンテリティディス食中毒に関する試行的リスクアセスメント」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)「食中毒原因究明方策に関する研究」(主任研究者:三瀬勝利), 分担研究報告書, 2001

19 内閣府食品安全委員会「食品により媒介される微生物に関する食品健康影響評価に係る情報収集調査」平成 18 年度食品安全確保総合調査, 平成 19 年 3 月

作成した。

また、各鶏卵料理におけるSEの死滅率はUSDA/FSIS(2005)のデータを用いて、生卵・半熟卵については両者の死滅率の一樣分布とし、その他の鶏卵料理については調理方法別の死滅率と喫食割合を用いた離散分布とした。ここから、生卵・半熟卵とその他鶏卵料理の1食あたりのSE暴露量が求められる。

(4) 発症段階

用量-反応モデルとしてベータポアソンモデルを用い、パラメータ値として熊谷ら(2001)に示された値を用いた ($\alpha=0.1382$, $\beta=57.05$)。

この用量-反応モデルと(3)で求めた喫食1食あたりのSE暴露量から、1食あたりの発症確率が求められる。

各喫食者の各喫食が独立であると仮定すれば、中心極限定理により、生卵・半熟卵 ($i=1$) とその他鶏卵料理 ($i=2$) のそれぞれについて、1食あたりの発症確率の分布の平均値 μ_i と標準偏差 σ_i を用いて、年間発症者数を次式の正規分布で求められる。

$$N_{i_III} = Normal(P \cdot M_i \cdot \mu_i, \sqrt{P \cdot M_i \cdot \sigma_i})$$

ここで、 P は鶏卵喫食者数、 M_i は生卵・半熟卵およびその他鶏卵料理の年間喫食頻度である。

従って、殻付き卵由来のサルモネラ食中毒の年間発症者数は $N_{III} = N_{1_III} + N_{2_III}$ で求められる。

2. 2. 3 殻付き卵のサルモネラ汚染防止対策シナリオの設定

鶏卵の日付表示義務、コールドチェーンの導入、ワクチン接種の3つの対策のそれぞれを導入した場合のシナリオを設定し、2. 2. 2 で構築したモデルに反映させた (図表 19)。以下

に、各対策のシナリオ設定について述べる。

1) ワクチン接種シナリオ

食品安全委員会(2006)²⁰に基づき、現在のワクチン接種率を40%、ワクチンの汚染卵産出防止効果を50%と設定した。すなわち、汚染卵の産出は20%減少する。これは2. 2. 2 (1)においてSE汚染卵の産出確率の不確実性分布を求める際に用いた品川(1999)の結果が、32,213検体のうち8検体がSE陽性になることを意味する。そこで、ワクチン接種シナリオとして、SE汚染卵の産出確率の不確実性分布 P'_{egg_inf} を次式のベータ分布に変更した。

$$\begin{aligned} P'_{egg_inf} &= RiskBeta(8+1, 32213-8+1) \\ &= RiskBeta(9, 32206) \end{aligned}$$

2) コールドチェーンの導入シナリオ

コープネット事業連合およびイセ食品㈱へのヒアリング調査に基づき、コールドチェーン導入シナリオとして、フードチェーン全体(家庭を除く)にわたって温度管理が10°Cで行われると設定した(家庭を除く)。また、コールドチェーンの導入は主に生協および大手流通・小売事業者において導入されている。そこで、コールドチェーンが導入された流通経路は生協から家庭への直送とGPセンター-小売店-家庭等の2経路とした。なお、流通経路のシェアはベースケースと同一とした。

また、コールドチェーンの導入は、生協および大手流通・小売事業者にとって、より新鮮な鶏卵を消費者に提供しようとするようになる。このため、鶏卵のフードチェーン全体にわたってリードタイムが圧縮される。そこで、コールド

²⁰ 内閣府食品安全委員会微生物・ウイルス合同専門調査会「食品健康影響評価のためのリスクプロファイル～鶏卵中のサルモネラ・エンテリティディス～」, 2006

ドチェーンの導入シナリオとして、農場における産卵から集卵までの期間の最大値を2/3日(16時間)に設定した。また、生協から家庭への直送経路では流通期間を最小値と最確値を1日、最大値を2日とする三角分布に設定した。さらに、GPセンター-小売店-家庭等の経路では、GPセンターから小売店への流通期間を最小値1/3日(8時間)、最大値7/12日(14時間)の二様分布と設定した。なお、鶏卵には日付がないため、消費者にとってそれが新鮮な鶏卵か否かを認識できないため、小売店および家庭での保管期間はベースケースと同一とした。

なお、コールドチェーンの導入率は30%を基本とし、感度分析的に20%、10%のケースも設定した。20%、10%の場合、0で推定したコールドチェーン導入の社会的費用にも影響することに留意が必要である。

3) 鶏卵の日付表示義務の導入に係るシナリオ

鶏卵の日付表示義務により、消費者が直近の日付の鶏卵を選択するようになる。この消費者の選択行動に応じて、小売店も直近の日付の鶏卵を仕入れようとする。このため、鶏卵のフードチェーン全体にわたってリードタイムが圧縮される。

こうした鶏卵の日付表示義務の導入シナリオは、リードタイム圧縮に係るコールドチェーンの導入シナリオと同じ考え方で設定した。ただし、鶏卵の日付表示義務は全ての流通経路において導入されている。そこで、問屋等を経由する流通経路でもGPセンターから問屋等への流通期間を、最小値1/3日、最大値7/12日の二様分布とし(GPセンター-小売店-家庭等の経路におけるGPセンターから小売店への流通期間と同一)、問屋等から小売店や製造業者への

流通期間を最小値1日、最大値3日と半減させた。さらに、製造業者から消費までの期間については最大値を3.5日と半減させた。小売店、家庭での保管期間はベースケースと同一とした。

4) 複合シナリオ

複合シナリオは3つの対策のうち2つ以上を同時に実施する場合のシナリオのことである。

ワクチン接種シナリオは他のシナリオの設定には影響を及ぼさないが、コールドチェーンと日付表示義務のシナリオについては、双方ともリードタイム圧縮に係るシナリオが設定されている。そこで、この両者を複合させた場合のシナリオとしては、各流通・保管期間について両者のシナリオのうち小さい方が採用されるものとした。

2. 2. 4 シナリオ別の食中毒リスクの推定

2. 2. 2 で構築した確率論的リスクアセスメントモデルに基づき、ベースケースおよび2. 2. 3 で検討した3つの対策シナリオを組み合わせた8つのシナリオについて、それぞれモンテカルロシミュレーションソフトであるPalisade社@Risk4.5日本語版を用いてラテンハイパーキューブ法による10万回のシミュレーションを実行した。その結果として得られた食中毒リスク(年間サルモネラ食中毒発症確率)の平均値を図表20に示す。

2. 2. 5 個別対策の便益への寄与度の推定

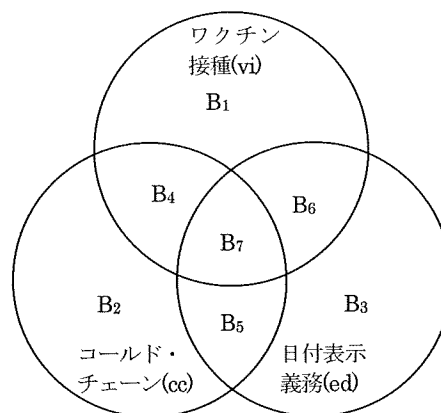
(1) 個別対策の食中毒リスク低減効果の推定
個別対策の食中毒リスク低減効果を推定する方法としては2つの方法がある。第一の方法は、全ての対策が講じられていない場合

(Without ケース) と、ある対策のみが講じられた場合 (With ケース) とを比較したときの食中毒リスクの低減度合から推定する方法である。第二の方法は、全ての対策が講じられている場合 (With ケース) と、ある対策のみが講じられていない場合 (Without ケース) とを比較したときの食中毒リスクの増加度合から推定する方法である。

ここでは、相互に部分代替性を有する対策を含む3つの対策がほぼ同時期に講じられたとの経緯を踏まえるとともに、ある対策がなくても、「他の対策でサルモネラ食中毒リスクをある程度低減させることができるならば、当該対策の社会経済的意義は小さい」との考え方に基き、第二の方法によって食中毒リスク低減効果を推定する。第一の方法では対策間の代替性は考慮されない。なお、3つの対策が完全に独立であれば、両者は一致するが、2. 2. 3 4) の複合シナリオでみたとおりに、少なくとも日付表示義務とコールドチェーンは部分代替的である。

下図に各対策を複合的に講じた場合の対策別の食中毒リスク低減効果の概念図を示す。3つの円の和集合が3つの対策を全て講じた場合の食中毒リスク低減効果となる。この図を用いると、各対策の食中毒リスク低減効果は次のとおりとなる。

$$\begin{aligned} \text{ワクチン接種} & : B_{vi} = B_1 \\ \text{コールドチェーン} & : B_{cc} = B_2 \\ \text{日付表示義務} & : B_{ed} = B_3 \end{aligned}$$



(2) 個別対策の便益への寄与度の推定

ある対策の食中毒リスク低減効果への寄与度を、当該対策の食中毒リスク低減効果を3つの対策の食中毒リスク低減効果の和で除した値として定義する。すなわち、(1) の標記を用いると、各対策の寄与度は次式で表わされる。

$$\begin{aligned} \text{ワクチン接種} & : b_{vi} = \frac{B_{vi}}{B_{vi} + B_{cc} + B_{ed}} \\ \text{コールドチェーン} & : b_{cc} = \frac{B_{cc}}{B_{vi} + B_{cc} + B_{ed}} \\ \text{日付表示義務} & : b_{ed} = \frac{B_{ed}}{B_{vi} + B_{cc} + B_{ed}} \end{aligned}$$

各対策の食中毒リスク低減効果への寄与度を図表 21 に示す。コールドチェーン導入率が30%の場合、各対策の寄与度は、ワクチン接種が12.4%、コールドチェーンが49.8%、日付表示義務が37.7%である。

2. 3 3つの対策の個別便益の推定

2. 1 において推定した3つの対策が全て講じられた場合の計算期間10年間の現在価値での社会的便益は1,978億円であった。

これに2. 2. 5 で推定した個別対策の便益への寄与度を乗じることで個別対策の便益は図表 22 のとおり推定される。

コールドチェーン導入率が30%の場合、ワクチン接種が246億円、コールドチェーンが986億円、日付表示義務が746億円と推定される。

なお、相互に部分代替性を有する複数の対策を同時に講じた場合に、ここで採用した寄与度を用いて個別便益を推定する方法は、相互に代替可能な部分の便益(2.2.5(1)の図における $B_1 \sim B_7$)を、個別対策の代替不可能な部分の便益(B_1, B_2, B_3)の比率で按分して個別対策の便益に計上することを意味する。

3. 殻付き卵のサルモネラ汚染防止対策の経済効果の推定

各対策について計算期間10年の現在価値として1.で推定した社会的費用(C)(推定結果の一部を図表23として再掲)と、2.で推定した社会的便益(B)を用いて、殻付き卵のサルモネラ汚染防止対策の経済効果を純便益(NPV: Net Present Value)および費用便益比(CBR: Cost Benefit Ratio)として推定した結果を図表24および図表25に示す。

コールドチェーン導入率が30%の場合、ワクチン接種の純便益は164億円、費用便益比は3.00、コールドチェーンの純便益は556億円、費用便益比は2.29、日付表示義務の純便益は584億円、費用便益比は4.61、3つの対策全体の純便益は1,304億円、費用便益比は2.93と推定される。

また、コールドチェーン導入率が20%および10%の場合においても、いずれの個別対策および3つの対策全体の純便益は正であり、費用便益比は1を超えている。

4. 研究成果のまとめ

4.1 3つの対策全体の経済効果

3つの対策全体の経済効果は、感度分析として設定したコールドチェーン導入率によって異なるものの、NPVは1300~1600億円、CBRは2.9~5.1となっていることから、3つの対策は全体として社会経済的な実施妥当性が認められる。

なお、Withケースでのコールドチェーン導入率が不確実であるため、その値を30%、20%、10%と変化させて設定して経済効果を分析したが、これが高いほど3つの対策全体のNPV、CBRが低下している。これは、3つの対策全体の社会的便益1,978億円が固定されている下で、これを生み出すために、コールドチェーン導入率が高いほど、コールドチェーン導入に係る社会的費用がより多くかかっているためである。従って、施策としてコールドチェーン導入率を高めるほどNPV、CBRが低下するわけではないことに留意が必要である。

4.2 個別対策の経済効果

3つの個別対策すべてについて $NPV > 0$ 、 $CBR > 1$ となっていることから、いずれの個別対策も社会経済的な実施妥当性が認められる。

3つの対策のうち日付表示義務の効率性が最も高い($CBR=4.9 \sim 7.1$)。

また、コールドチェーン導入とワクチン接種の効率性については、コールドチェーン導入率が10%、30%の場合にはワクチン接種の方がコールドチェーンよりも効率性が高く、コールドチェーン導入率が20%の場合にはコールドチェーン導入の方がワクチン接種よりも効率性が高い。これも3つの対策全体の社会的便益1,978億円が固定されている下で、コールドチ

チェーン導入率を変化させたときに、その社会的費用と寄与率が変化する中でこのような結果が得られたものである。

D. 考察

1. 便益が過大評価されている可能性

本研究では、サルモネラ食中毒患者数、死亡者数の減少が全て3つの対策のみによる効果であると仮定しており、他の要因は考慮されていない。例えば、3つの対策の他にも、飲食店、旅館・ホテル等において、朝食に生卵を出さない等の個別的取組みが行われている。また、鶏卵の消費量の減少や、鶏卵の生食量の減少といった食生活の多様化や食習慣の変化もみられる。このため、3つの対策の便益は過大評価されている可能性がある。

一方で、上記の例などはサルモネラ汚染防止対策の実施による波及的影響である可能性も有識者から指摘されている（すなわち、こうした対策の実施により、飲食店や旅館・ホテル等の意識が変容し一般的衛生管理の強化が図られた、一般消費者の意識が変容し生食が減少したなど）。

いずれにしても、個別対策のCBRは最低でも2.29であるため、これが過大評価されているとしても、3つの対策の社会経済的に実施妥当性は認められ得るといえる。

2. 対策の効果等に関する地域的季節的差異

本研究ではサルモネラ汚染防止対策に係る社会的費用、社会的便益を日本全国で一括して推定し、経済効果を分析した。しかし、リードタイム短縮（コールドチェーン導入、日付表示義務）や温度管理（コールドチェーン導入）の効果やランニングコストは、気温が異なる地

域・季節によって異なる可能性が高い。従って、個別対策の効率性は地域・季節によって異なる可能性が高い。例えば、気温が低い地域・季節（北海道地方・東北地方や冬期）においては、コールドチェーン導入や日付表示義務の効率性が低く、ワクチン接種の効率性が高くなることが想定される。逆に、気温が高い地域・季節（九州・沖縄地方や夏期）においては、コールドチェーン導入や日付表示義務の効率性が高く、ワクチン接種の効率性が低くなることが想定される。

E. 結論

ワクチン接種、コールドチェーン導入、日付表示義務という3つの殻付き卵のサルモネラ汚染防止対策それぞれの社会的費用をデータやヒアリングに基づき推定した。コールドチェーンについては導入率が不確実なため、30%をベースケースとして、20%、10%の値を設定した感度分析を実施した。

3つの対策全体の社会的便益を、サルモネラ食中毒患者減少便益およびサルモネラ食中毒死亡者減少便益として推定した。

3つの対策それぞれの社会的便益は、3つの対策全体の便益に対する個別対策の寄与率をUSDA/FSIS（2005）のSEに係る確率論的リスクアセスメントモデルを用いて推定し、これを用いて推定した。

3つの対策全体、個別対策のNPV、CBRを推定した。その結果、3つの対策全体、3つの個別対策の社会経済的な実施妥当性が検証された。また、3つの対策のうち日付表示が最も効率的であることが検証された。

今後の課題としては、社会的費用、社会的便益の推定に用いた設定値のさらなる見直しと

精緻化を図る必要がある（特に感度分析を実施したコールドチェーン導入率）。

また、対策の効果に関する地域的・季節的差異の分析を実施し、その結果をよりきめ細かな対策実施に反映させていく必要がある。

さらに、本研究で実施した経済効果分析をサルモネラ以外の食中毒原因物質に適用することで、より効率的かつ効果的な食中毒防止対策の選択（事前）および食中毒防止対策実施後の効果の検証（事後）を行い、さらに効率的かつ効果的な食中毒防止対策の実施に反映させていくなど、PDCA サイクルの実現のためのツールとして活用していくことが望まれる。

F. 研究発表

1. 論文発表

2. 学会発表

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

図表1 ワクチン接種に伴う社会的費用項目

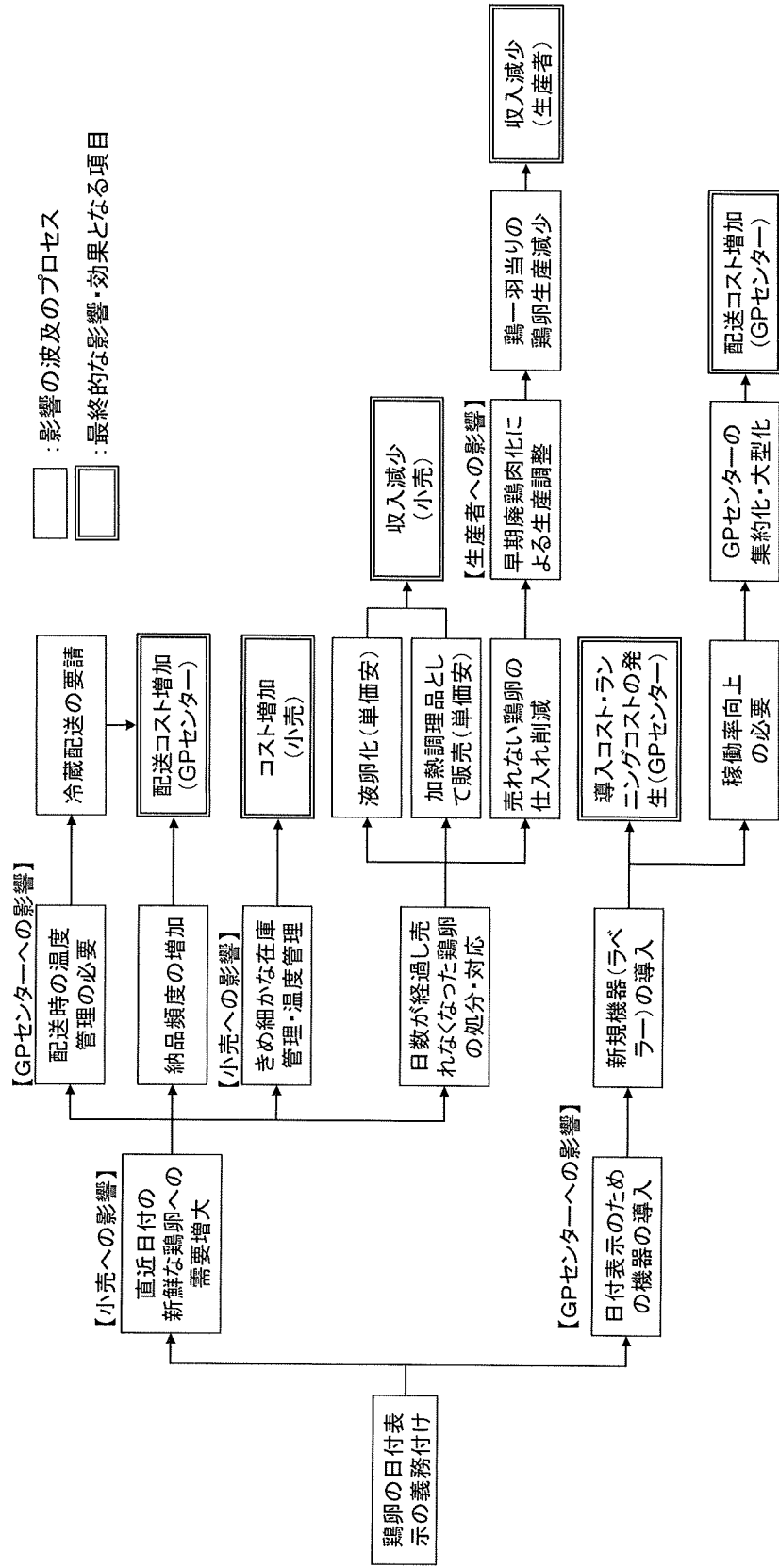
項目	影響主体	定量的把握の可能性	備考
薬剤費	養鶏業者	◎	本研究における社会的費用として計上
人件費	養鶏業者	◎	
ワクチン接種に係るコストの鶏卵価格への転嫁による鶏卵売上減	鶏卵業者	△	
ワクチン接種に伴う安心感向上による鶏卵売上増	鶏卵業者	△	

図表2 日本で認可されているSEワクチン一覧

商品名称	イナクティ/バック-SE	オイルバックス SET	京都微研ポールセーパ-SE/ST	サレンバック	ビニューボックス SE	レイヤーミューン SE
製造販売業者名	(株)ゲン・コーポレーション	(財)化学及血清療法研究所	(株)微生物化学研究所	(株)インターベット	メリアル・ジャパン(株)	(株)シーエーエフラボラトリーズ
投与経路	皮下注射	皮下注射	筋肉内注射	筋肉内注射	筋肉内注射	皮下注射
用法用量	1羽あたり 0.5mL×2回	1羽あたり 0.5mL	1羽あたり 0.25mL×2回	1羽あたり 0.5mL×2回	1羽あたり 0.3mL	1羽あたり 0.5mL
シェア(H20)	11%	42%	6%	27%	9%	5%

図表3 コールドチェーン導入に伴う社会的費用項目

項目	影響主体	定量的把握の可能性	備考
コールドチェーン対応のためのGPセンターの施設整備費増加	GPセンター	◎	本研究における社会的費用として計上
コールドチェーン対応のための物流コストの増加(チルド物流に対応した車両購入コスト、冷凍機の搭載による積載効率の低下、冷凍機の運転に要するガソリン代等)	鶏卵業者	◎	
コールドチェーン導入に係るコストの鶏卵価格への転嫁による鶏卵売上減	鶏卵業者	×	
コールドチェーン導入に伴う安心感向上による鶏卵売上増	鶏卵業者	×	



図表 4 鶏卵日付表示義務による影響フロー図

出典：日本養鶏協会および日本卵業協会へのヒアリングに基づき三菱総合研究所作成

図表 5 鶏卵日付表示義務に伴う社会的費用項目

項目	影響主体	定量的把握の可能性	備考
日付ラベル機器の新規導入コスト	GP センター	◎	本研究における社会的費用として計上
日付ラベル機器のランニングコスト	GP センター	◎	
配送コスト増加（稼働率向上）	GP センター	×	GP センターの集約状況や納品先の立地によるため把握困難
配送コスト増加（納入頻度増・冷蔵配送）	GP センター	×	小売店の納入方針によるため把握困難
在庫管理・温度管理に伴うコスト増加	小売業者	×	小売店ごとの在庫管理・温度管理方針によるため把握困難
収入減少（日数経過鶏卵処分）	小売業者	×	小売店ごとの仕入調整方針によるため把握困難
収入減少（生産調整）	生産者	×	生産者の生産調整の方針によるため把握困難

図表 6 賞味期限、産卵日、包装日等の表示状況

表示媒体	パック数	%	賞味期限以外の表示内容（パック数）
表示書	72 57	.1	産卵日 2、包装日 6
表示書及び豆シール	34 27	.0	包装日 16、「生食」文字 18
豆シール	16 12	.7	産卵日 7、包装日 7
卵殻印字	4	3.1	

注：%は全調査 126 パックに対する割合

出典：中央鶏卵規格取引協議会「2008 年度パック詰小売鶏卵の規格及び品質検査の概要」

図表 7 殻付き卵のサルモネラ汚染防止対策の社会的費用の推定

対策		初期投資 (億円)	ランニングコスト (億円/年)	総社会的費用* (億円)
ワクチン接種		0	9.74	82
コールド チェーン導入	導入率	30%	240	430
		20%	160	287
		10%	80	143
日付表示義務		14.75	17.5	162
合計	コールド チェーン 導入率	30%	254.75	674
		20%	174.75	531
		10%	94.75	387

*計算期間 10 年間、社会的割引率 4% の下での現在価値合計

図表 8 殻付き卵のサルモネラ汚染防止対策による社会的効果項目

社会的効果項目	影響主体	定量的把握の可能性	備考
サルモネラ食中毒患者数の減少	鶏卵消費者	◎	本研究における社会的便益として計上
サルモネラ食中毒死亡者数の減少	鶏卵消費者	◎	
食中毒リスク減少による安心感の向上	鶏卵消費者	△ CVM	による把握可能性あり
新鮮卵の喫食による満足度向上	鶏卵消費者	△	・CVM による把握可能性あり ・コールドチェーンおよび日付表示に係る効果項目

図表 9 サルモネラ食中毒患者数、死亡者数の推移

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	計
患者数 (人)	16,576	10,926	11,471	11,888	6,940	4,912	5,833	6,517	3,788	3,700	2,053	3,603	2,551	90,758
推定患者 数(千人)	3,978	2,622	2,753	2,853	1,666	1,179	1,400	1,564	909	888	493	865	612	21,782
死亡者数 (人)	3	2	1	3	1	0	20	2	1	1	0	0		16

*出典：厚生労働省「食中毒監視統計」(患者数、死亡者数)

図表 10 With/Without ケースと対策効果

	Without ケース	With ケース	Without-With (対策効果)
推定患者数(千人)	3,118 (H8-10 平均)	753 (H16-H20 平均)	2,364
推定死亡者数*(人)	2.29	0.55	1.74

*推定患者数と患者平均死亡率から推定

図表 11 推定受療パターンと医療費

受療パターン	確率(例：横浜市における推定)	医療費(円)
入院	6.0%	89,710
通院	57.5%	7,220
売薬を飲む	23.0%	1,000
何もしない	13.5%	0
サルモネラ食中毒患者一人当たり平均医療費(円/人)		9,739

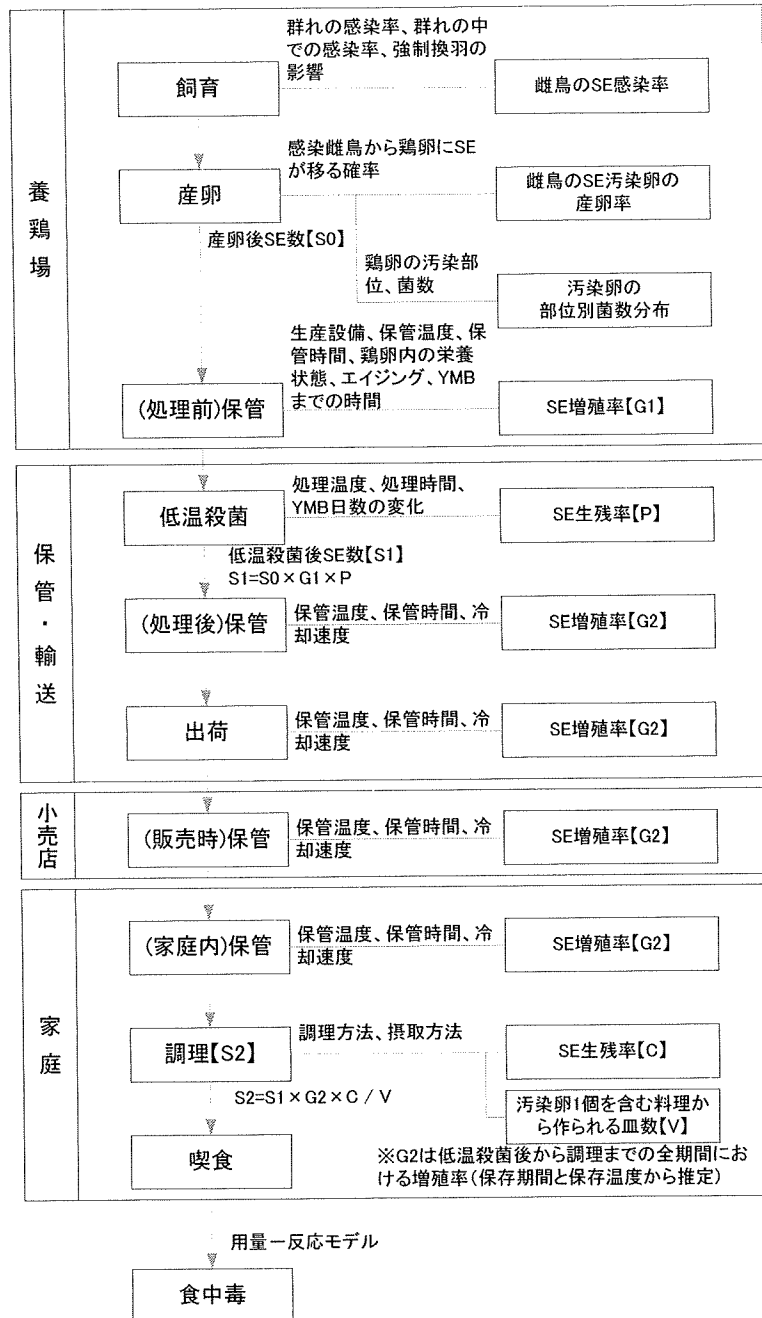
出典：山本・石渡(1998)

図表 12 死亡者の社会的損失額の設定

(単位：千円)

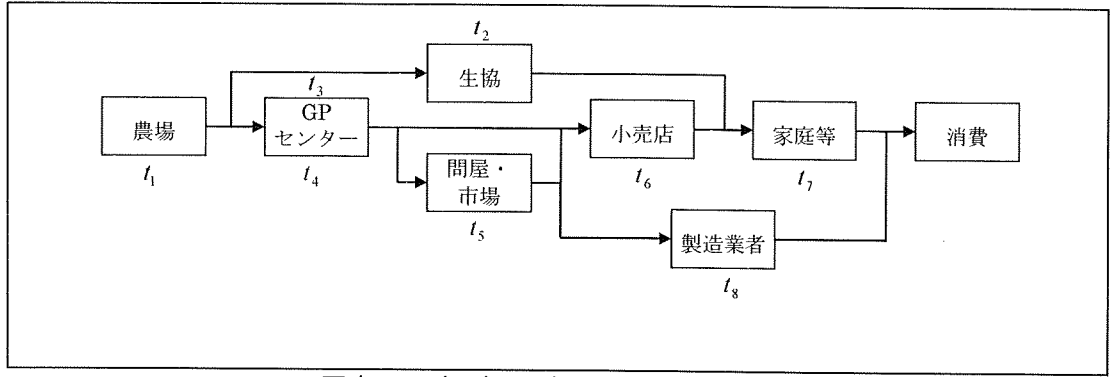
損失項目		交通事故	食中毒
人的損失	逸失利益	15,496	15,496
	慰謝料	12,919	0
	治療関係費	599	90
	葬祭費	751	751
	小計	29,764	16,337
物的損失		368	0
事業主体の損失		1,075	0
各種公的機関等の損失		1,957	0
金銭的損失合計		33,165	16,337
死亡損失		226,000	226,000
総計		259,165	242,337

出典：内閣府(2007)(交通事故)



図表 13 USDA/FSIS(2005) におけるリスクアセスメントモデルの全体構造

出典：内閣府食品安全委員会（2008）



図表 14 わが国における殻付き卵の流通経路

図表 15 わが国における殻付き卵の保管・流通時間や温度等に関する設定値(ベースケース)

段階	項目	設定値	備考		
生産(農場)	産卵時の卵内部温度 T_0 (°C)	$T_0 = 37$	熊谷ら(2001)		
	保管時間 t_1 (日)	$t_1 = RiskUniform(0,3)$	熊谷ら(2001)		
	保管温度 T_1 (°C) (常温)	$T_1 = T$	常温：品川(1999)		
流通・保管	流通経路別流通時間(日)	生協から家庭直送	$t_2 = RiskUniform(1,3)$	熊谷ら(2001)	
		GPC*1-小売店-家庭等	GPC	$t_3 = RiskUniform(1,2)$	熊谷ら(2001)
			小売店	$t_6 = RiskUniform(1,3)$	熊谷ら(2001)
			家庭等	$t_7 = RiskTriang(0.5,2,14)$	仮定
		GPC-問屋-小売店-家庭等	GPC	$t_4 = RiskUniform(1,5)$	熊谷ら(2001)
			問屋・市場	$t_5 = RiskUniform(2,6)$	熊谷ら(2001)
			小売店	$t_6 = RiskUniform(1,3)$	熊谷ら(2001)：前掲
	GPC-問屋-製造業者	GPC	$t_4 = RiskUniform(1,5)$	熊谷ら(2001)：前掲	
		問屋・市場	$t_5 = RiskUniform(2,6)$	熊谷ら(2001)：前掲	
		製造業者	$t_8 = RiskUniform(1,7)$	熊谷ら(2001)	
	温度(°C)	流通時 T_2 (常温)	$T_2 = T$	常温：品川(1999)	
		生協・小売店・製造業者 T_3	$T_3 = IF(T > 25, 25, IF(T < 15, 15, T))$	仮定：冷房考慮	
		家庭等 T_4	$T_4 = RiskTriang(5,8,10)$	仮定：冷蔵温度	
	経路割合	生協から家庭直送	$r_1 = 11\%$	熊谷ら(2001)	
GPC-小売店-家庭等		$r_2 = 48\%$			
GPC-問屋-小売店-家庭等		$r_3 = 2\%$			
GPC-問屋-製造業者		$r_4 = 38\%$			
共通	常温 T	$T = RiskDuniform(\{T_m\})$ $T_m = RiskDuniform(\{T_{m,i}\})$ $T_{mi} = RiskTriang(T_{mi_min}, T_{mi_ave}, T_{mi_max})$ $m=1\sim 12$ (月)、 $i=1\sim 47$ (県 所在都市) $t_{mi_}$ ：都市 i の月平均気温の最小値、平均値、最大値 ('70-'00 の 31 年間)	都道府県 所在都市 月平均気温：気象データ		

*1: GPC=GPセンター, *2: 流通・保管温度 $T_1 \sim T_3$ ではシミュレーションの同一試行中で同一の常温 T を用いる。

図表 16 わが国における鶏卵料理の喫食頻度

喫食頻度 (選択)		定量化した喫食頻度 (回/年)		当該喫食形態の回答割合
鶏卵料理	生卵・半熟卵	生卵・半熟卵	その他鶏卵料理	

週 3 回以上	週 3 回以上	86.9	0.0	3.	0%
	週 1, 2 回	26.1	60.8	16	.1%
	月 1 - 3 回	8.1	78.8	1	5.0%
	年数回	3.0	83.9	7.	2%
	食べない	0.0	86.9	3.	6%
週 1, 2 回	週 1, 2 回	26.1	0.0	14	.5%
	月 1 - 3 回	8.1	18.0	1	3.5%
	年数回	3.0	23.1	6.	4%
	食べない	0.0	26.1	3.	2%
月 1 - 3 回	月 1 - 3 回	8.1	0.0	7.	2%
	年数回	3.0	5.1	3.	5%
	食べない	0.0	8.1	1.	7%
年数回	年数回	3.0	0.0	2.	3%
	食べない	0.0	3.0	1.	2%
食べない	食べない	0.0	0.0	1.	7%
合計 10					0.0%

*喫食頻度に関する選択 を定量化した方法については参照。

**鶏肉料理と生卵・半熟卵の喫食頻度は別々に集計されていたため、ここでは論理的に想定し得る鶏肉料理と生卵・半熟卵の喫食頻度の組合せを作成し、各々の回答割合を乗じることで各組合せの回答割合を算出した。

***生卵・半熟卵以外の「その他鶏肉料理」の喫食頻度は、鶏肉料理と生卵・半熟卵の喫食頻度の差として算出した。

出典：内閣府食品安全委員会（2007）

図表 17 喫食頻度の定量化

選択	各選択 に割当て た喫食頻度	年間喫食頻度 (回/年)
週 3 回以上	週 5 回	$5/(3*7)*365=86.9$
週 1, 2 回	週 1.5 回	$1.5/(3*7)*365=26.1$
月 1 - 3 回	3 月に 2 回	$2/90*365=8.1$
年数回	年に 3 回	3
食べない	口	0

出典：内閣府食品安全委員会（2007）

図表 18 喫食 1 回当たりの鶏卵喫食個数

喫食個数 (選択)	各選択 に割当て た喫食個数	当該喫食形態 の回答割合
1 個	1 69	.70%
2 個	2 2	7%
3 個	3 2	%
3 個以上	5 1.	30%
合計		100.00%

出典：内閣府食品安全委員会（2007）

図表 19 サルモネラ汚染防止対策シナリオの設定（コールドチェーン、日付表示義務）

段階	項目	ベースケース	ベースケースからの変更点	
			コールドチェーン	日付表示義務
生産 (農場)	産卵時の卵内部温度 T_0 (°C)	$T_0 = 37$		
	保管時間 t_1 (日)	$t_1 = Uniform(0,3)$	$Uniform(0,2/3)$	$Uniform(0,2/3)$
	保管温度 T_1 (°C)	$T_1 = T$	10	
通 ・ 時	生協から家庭直送	$t_2 = Uniform(1,3)$	$Triang(1,1,2)$	$Triang(1,1,2)$

	GPC*1- 小売店- 家庭等	GPC	$t_3 = Uniform(1,2)$	$Uniform(1/3,7/12)$	$Uniform(1/3,7/12)$	
		小売店	$t_6 = Uniform(1,3)$			
		家庭等	$t_7 = Triang(0.5,2,14)$			
	GPC- 問屋- 小売店- 家庭等	GPC	$t_4 = Uniform(1,5)$	流通経路として 考慮せず		$Uniform(1/3,7/12)$
		問屋・市場	$t_5 = Uniform(2,6)$			$Uniform(1,3)$
		小売店	$t_6 = Uniform(1,3)$			
		家庭等	$t_7 = RiskTriang(0.5,2,14)$			
	GPC- 問屋- 製造業者	GPC	$t_4 = Uniform(1,5)$			$Uniform(1/3,7/12)$
		問屋・市場	$t_5 = Uniform(2,6)$			$Uniform(1,3)$
		製造業者	$t_8 = Uniform(1,7)$			$Uniform(1,3,5)$
	温度(°C)	流通時 T_2 (常温)		$T_2 = T$	10	
		生協・小売店・製造業者 T_3		$T_3 = IF(T > 25, 25, IF(T < 15, 15, T))$	10	
家庭等 T_4		$T_4 = 5$				
経路割合	生協から家庭直送		$r_1 = 11\%$	$r_1 = 20\%$		
	GPC・小売店・家庭等		$r_2 = 48\%$	$r_2 = 80\%$		
	GPC・問屋・小売店・家庭等		$r_3 = 2\%$	$r_3 = 0\%$		
	GPC・問屋・製造業者		$r_4 = 38\%$	$r_4 = 0\%$		

網 け箇所はモデルを修正した箇所であることを示す。

図表 20 モデルによる食中毒発症リスクのシミュレーション結果の平均値

サルモネラ汚染防止対策 シナリオの組合せ	コールドチェーン導入率		
	30% 20	% 10	%
リスク管理措置なし	0.797%	0.797%	0.797%
ワクチンのみ	0.764%	0.764%	0.764%
コールドチェーンのみ	0.540%	0.569%	0.699%
日付表示のみ	0.589%	0.589%	0.589%
ワクチン+コールドチェーン	0.507%	0.537%	0.666%
ワクチン+日付表示	0.547%	0.547%	0.547%
コールドチェーン+日付表示	0.424%	0.430%	0.538%
ワクチン+コールドチェーン+日付表示	0.383%	0.389%	0.497%

網 けはコールドチェーン導入率に影響を受ける組合せ

図表 21 各サルモネラ汚染防止対策の食中毒リスク低減効果への寄与度

サルモネラ汚染 防止対策	コールドチェーン導入率		
	30% 20	%	10%
ワクチン	12.4%	11.8%	15.7%
コールドチェーン	49.8%	45.7%	19.4%
日付表示	37.7%	42.5%	64.9%
3つの対策全体	100.0%	100.0%	100.0%

図表 22 各サルモネラ汚染防止対策の個別便益

サルモネラ汚染 防止対策	コールドチェーン導入率		
	30% 20	%	10%
ワクチン	12.4%	11.8%	15.7%
コールドチェーン	49.8%	45.7%	19.4%
日付表示	37.7%	42.5%	64.9%

ワクチン 24	6 億円	234 億円	311 億円
コールドチェーン	986 億円	903 億円	383 億円
日付表示 74	6 億円	841 億円	1,283 億円
3つの対策全体 1,	978 億円	1,978 億円	1,978 億円

*計算期間 10 年間、社会的割引率 4 % の下での現在価値

図表 23 各サルモネラ汚染防止対策の社会的費用（抜粋再掲）

サルモネラ汚染 防止対策	コールドチェーン導入率		
	30% 20	%	10%
ワクチン 82	億円	82 億円	82 億円
コールドチェーン	430 億円	287 億円	143 億円
日付表示 16	2 億円	162 億円	162 億円
3つの対策全体 67	4 億円	531 億円	387 億円

*計算期間 10 年間、社会的割引率 4 % の下での現在価値

図表 24 各サルモネラ汚染防止対策の経済効果：純便益（NPV）

サルモネラ汚染 防止対策	コールドチェーン導入率		
	30% 20	%	10%
ワクチン 16	4 億円	152 億円	229 億円
コールドチェーン	556 億円	616 億円	240 億円
日付表示 58	4 億円	679 億円	1,121 億円
3つの対策全体 1,	304 億円	1,447 億円	1,591 億円

*計算期間 10 年間、社会的割引率 4 % の下での現在価値

図表 25 各サルモネラ汚染防止対策の経済効果：費用便益比（CBR）

サルモネラ汚染 防止対策	コールドチェーン導入率		
	30% 20	%	10%
ワクチン	3.00	2.86	3.79
コールドチェーン	2.29	3.15	2.68
日付表示	4.61	5.19	7.92
3つの対策全体	2.93	3.73	5.11

*計算期間 10 年間、社会的割引率 4 % の下での現在価値

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）
（分担）研究報告書

腸炎ビブリオ食中毒の防止対策に関する研究
研究分担者

平成 19 年度 工藤由起子（国立医薬品食品衛生研究所 衛生微生物部）
平成 20・21 年度 小西良子（国立医薬品食品衛生研究所 衛生微生物部）

研究要旨

腸炎ビブリオ食中毒は、平成 10 年（1998 年）から食中毒防止対策がとられ、以降その発生は減少をたどり平成 21 年（2009 年）には患者数が約 1/40、事件数が 1/60 にまで減少し、食中毒統計上最小数を示した。対策の効果を推定するため、魚介類の汚染実態を調査し平成 13 年（2001 年）時と比較した。その結果、平成 19-21 年の調査によって、843 検体中のうち 718 検体（86.4%）から腸炎ビブリオが分離され、*tdh* 陽性検体は 64 検体（7.6%）を数えた。これらの結果は、平成 13 年（2001 年）の調査での国内産魚介類の腸炎ビブリオ陽性率 95.4%（165/173 検体）、*tdh* 陽性率 10%（33/329 検体）と比較して極端に減少はしていない。また、①腸炎ビブリオ食中毒の激減は O3:K6 によるものだけでなく他の血清型によるものにも認められ、②平成 19-21 年には、O3:K6 以外の血清型の *tdh* 陽性腸炎ビブリオも魚介類から分離されており、*tdh* 陽性検体率も平成 13 年時と変わらないにもかかわらず、これら血清型菌による食中毒発生が認められないこと、③PFGE 解析で pandemic 株の腸炎ビブリオが流行した平成 10 年（1998 年）前後に分離された株がいまだに国内に生息し輸入食品にも存在し、それが現在でも少数ながら食中毒を起こしていることが認められた。さらに食品営業者へのアンケート調査や海水温等の公表データより、海水温等の気象状況の変化のみではこの食中毒減少は説明できず、食中毒防止対策に基づいて平成 13 年以降（厳密には指導を開始した平成 12 年）に流通末端から消費において改善が図られた魚介類取り扱いの衛生管理が腸炎ビブリオ食中毒の減少をもたらしたものと推定した。

研究協力者

秋田県健康環境センター	齋藤志保子
埼玉県衛生研究所	大塚佳代子
静岡県環境衛生科学研究所	杉山寛治
三重県保健環境研究所	山中葉子、岩出義人
長崎県衛生公害研究所	山崎省吾
熊本県保健環境科学研究所	八尋 俊輔、宮坂次郎
弘前大学大学院	大友良光
東海大学海洋学部	堂原寿人、高橋貴一、小沼博隆
（財）日本食品分析センター	宇田川藤江、川村美佐子、田中廣行
（株）BML フード・サイエンス	矢部美穂、中川 弘
（株）デンカ生研	権平文夫
（株）栄研化学	池戸正成

A. 研究目的

腸炎ビブリオ食中毒は、平成10年(1998年)までに急増し、事件数839件、患者数12,318人に至った。このため、平成13年(2001年)6月に「食品衛生法施行規則」および「食品、添加物等の規格基準」の一部改正として通知され、規格基準の新設(「生食用鮮魚介類」、「でがに」)、規格基準の改正(「食品一般の製造、加工及び調理基準」、「生食用鮮魚介類」、「冷凍食品(生食用冷凍鮮魚介類)」、「でだこ」)、成分規格(「でだこ」、「飲食の際に加熱しないでがに」は腸炎ビブリオ陰性;生食用鮮魚介類、むき身の生食用かき、生食用冷凍鮮魚介類は1gあたり腸炎ビブリオが100 MPN以下)、10℃以下で管理することなどが示された。その後、現在まで腸炎ビブリオ食中毒は減少し平成20年(2008年)までに患者数は168名(約1/70)に、事件数は17件(約1/50)に減少している。

その減少と汚染実態との関係を究明するために、国産および輸入の二枚貝での汚染状況を調べ、得られた分離菌株の血清型、*tdh/trh*保有、pandemic株解析、パルスフィールドゲル電気泳動(PFGE)解析などを調べ、平成10年(1998年)前後の腸炎ビブリオ流行時の食品等からの分離株や近年の食中毒患者株由来株ともそれら特徴を比較し検討した。

B. 研究方法

1. 検体

平成19-21年(2007-2009年)の7-11月に、市場とスーパーマーケット等で国内産または輸入の二枚貝と魚を購入し検

体とした。試験の当日に入手し直ちに試験に供試した。検体の国内産地は、北海道、東北、関東、中部・近畿、中国・四国、九州に分した。検体は、いずれも断し25gを1検体とした。

2. 検出方法

平成13年(2001年)の調査時と同様の方法で試験を行った。

(1) 増菌方法

ストマッカー に入れた検体25gにアルカリペプトン水(日水製薬)225mlを加え、35-37℃で18時間培養した。この培養液1mlを食塩加ポリミキシンプイオン(日水製薬)10mlに加え35-37℃で18時間培養した。さらに、この培養液1mlを事前に35℃に加温した食塩加ポリミキシンプイオン10mlに加え35-37℃で6時間培養した。

(2) 分離培養方法

疫気ビーズ濃縮法には、疫気ビーズ腸炎ビブリオK6(デンカ生研)を用いた。濃縮菌液をクロモアガー・ビブリオ培地(クロモアガー社)に画線し、35-37℃で18時間培養した。*tdh*検出のPCRの結果が陽性の場合には多数のコロニーが菌できるよう希釈を塗抹した。また、同増菌培養液10 μ lをクロモアガー・ビブリオ培地に直接塗抹し、35-37℃で18時間培養した。

(3) 腸炎ビブリオの確定試験

クロモアガー・ビブリオ培地上で藤色のコロニーを菌し分解性試験、化水素生産性試験、塩分濃度耐性試験および*toxR*遺伝子を標的にしたPCR法を行い確定した。分解性試験に2%NaCl添加

Triple Sugar Iron Agar (TSI) 半斜面培地、また、塩分濃度耐性試験に NaCl 添加 Nutrient Broth (NB) を使用した。分離した藤色のコロニーを 菌し、0%、3%、7% および 8% NaCl 添加 NB 培地に浸した後、TSI 培地に画線および突し、それぞれ 35°C で 18 時間培養を行った。

(4) DNA 抽出方法

増菌液 1 ml および 0.1 ml を 10,000 × g で 10 分間 心後、上清を除き に滅菌蒸留水を加え再浮 させた。滅菌蒸留水量は、増菌液 1 ml には 0.1 ml (これを 10 倍濃縮とする)、増菌液 0.1 ml には 1 ml (これを 10 倍希釈とする) とした。その後、100°C で 5 分加熱し、10,000 × g で 5 分 心して得られた上清を Template DNA とした。また、寒天培地上に生育したコロニーは、滅菌蒸留水 0.1 ml にコロニーを適量浮 させ、100°C で 10 分間加熱し、DNA を抽出し、10,000 × g で 5 分 心して得られた上清を Template DNA とした。

(5) *tdh* 遺伝子検出 PCR 法

Template DNA の調整のために、培養液 1 ml および 0.1 ml を高速 心 (6,000 rpm 以上 10 分) し、上清を て に滅菌蒸留水を加え再浮 させた。使用時まで -30°C で保存した。PCR は Tada らの方法 (Molecular Cellular Prob. 1992, 6: 477-487) によって行い、PCR 条件は、熱変性 94°C 1 分、アニーリング 55°C 1 分、長 72°C 1 分を 1 サイクルとし、35 サイクルとした。

(6) *toxR* 遺伝子検出 PCR 法

腸炎ビブリオと思われるコロニーの

Template DNA を用いて、Takahashi らの方法 (J. Microbiol. Methods. 2005, 61:77-85) によって行い反応試薬液 20 μl に Template DNA 5 μl を加え計 25 μl の反応とした。PCR 条件は、熱変性 94°C 1 分、アニーリング 63°C 1.5 分、長 72°C 1.5 分を 1 サイクルとし、20 サイクルとした。得られた PCR 産物を泳動し *toxR* 遺伝子の産物 (386 bp) の確認を行った。

(7) 最確数 (MPN) 法

3 管法の 5 段階までの MPN 法にて腸炎ビブリオ菌数および *tdh* 陽性菌数を測定した。アルカリペプトン水で 10 段階希釈液を調整し、35-37°C で 18 時間培養してから、各培養液 1 ml を食塩加ポリミキシンブイオン 10 ml に加え 35-37°C で 18 時間培養した。さらに、その 1 ml を事前に 35°C に加温した食塩加ポリミキシンブイオン 10 ml に加え 35-37°C で 6 時間培養した。

(2) に示した分離培養法に従い腸炎ビブリオと思われるコロニーを 菌し性状試験を行い腸炎ビブリオであるか確認した。定性試験で *tdh* 陽性検体については、*tdh* 陽性菌をできるだけ多く分離するためにコロニーを (5) の方法に従い PCR にて試験した。また、各 MPN 試験管培養液についても PCR を行った。

(8) Box screening 法

クロモアガー・ビブリオ培地上に生育した藤色のコロニーに No. 1-100 までの番号をつけた。その後、滅菌蒸留水 0.1 ml に若い順に No. 1-10、No. 11-20 というように 10 番ずつ藤色のコロニーを同一のチューブに浮 させた。また、同じように 下一 が同一の藤色のコロニーを同一の

チューブに浮かせた。合計 20 本のチューブについて 100°C で 5 分間加熱し、10,000 × *g* で 5 分間心して得られた上清を Template DNA とした。これを用いて PCR 法にて *tdh* 遺伝子の有無を確認し、結果からいずれのコロニーが *tdh* 遺伝子陽性か判定した。

(9) 菌の分離および血清試験

tdh 検出の PCR で陽性の検体については、クロモアガー・ビブリオ培地上の 100 コロニーを選択し Box screening 法を利用し PCR にて *tdh* の有無を試験した。*Tdh* 陽性コロニーが分離できた場合は血清型を確認した。*Tdh* 検出の PCR で陰性の検体においても、一部コロニーについて血清 (デンカ生研) による凝集試験を行ない血清型を判定した。スライド凝集法による K 型別試験を行った。混合血清で陽性と判定された場合、単味血清を用いて同様の試験を行い、K 型を確定した。また、混合血清が全て陰性と判定された場合、K70 及び K71 の血清を用いて同様の試験を行った。さらに、スライド凝集法による O 群別試験を行った。5% グリセリン加 3% 塩化ナトリウム液 300 μl に、2% NaCl 添加 TSA 培地で前培養したコロニーを菌し浮かせた。その後、121°C で 1 時間加熱処理を行い、900 × *g* で 20 分間心分離し、上清を除き 3% 塩化ナトリウム液 0.5 ml を加え、浮かせてスライド凝集法 O 群別試料とした。

(10) RPLA 法

逆受け身ラテックス凝集反応キット (KAP-RPLA, デンカ生研) を用いた。まず、分離菌株の一金量を菌し、5% 食塩

加マンニットペプトン水に接種し、35°C で 18 時間培養を行った。その培養液 1 ml を 3,000 × rpm で 20 分間心し、上清 0.1 ml を取りサンプルとした。その後、V 型マイクロプレートに希釈液 25 μl を分注し、最前の穴にサンプル 25 μl を滴下した。同一サンプルについて 4 段階まで 2 倍段階希釈を行った。同様に陽性コントロールとして対象耐熱性溶血毒を用いて、上記と同様の操作を行った。さらに、感作ラテックスをそれぞれの系に 25 μl ずつ滴下して液を均一になじませ、18 時間室温で静置後に結果の判定を行った。結果の判定は、V 型マイクロプレートを 1 台の上に置き、上から各穴のラテックス降を肉眼で観察し、凝集を確認できたサンプルを陽性とした。

(11) Group specific-PCR

腸炎ビブリオ分離株の Template DNA を用いて、Matsumoto らの方法 (J. Clin. Microbiol. 2000; 38: 578-585) によって行い、反応試薬液 45 μl に Template DNA 5 μl を加え計 50 μl の反応とした。PCR 条件は、96°C 5 分の後に、96°C 1 分、45°C 2 分、72°C 3 分を 1 サイクルとして 25 サイクルを繰り返し、その後に 72°C 7 分とした。得られた PCR 産物 (651bp) を泳動し pandemic 株に特異的な遺伝子の確認を行った。

(12) *trh* 遺伝子検出 PCR 法

腸炎ビブリオ分離株の Template DNA を用いて、西らの方法 (日本床, 1992, Vol. 50, p348-352.) によって行い、反応試薬液 45 μl に Template DNA 5 μl を加え計 50 μl の反応とした。PCR 条件