

図17 菌株280をTSBで懸濁してステンレス板に添加した場合の綿棒による回収率

縦軸: 拭き取り圧力 横軸: 回収率(%)

上段グラフ: 1日保管後

中段グラフ: 3日保管後

下段グラフ: 7日保管後

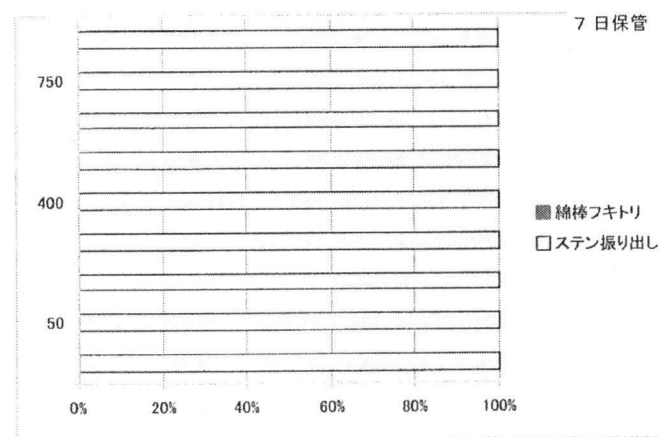
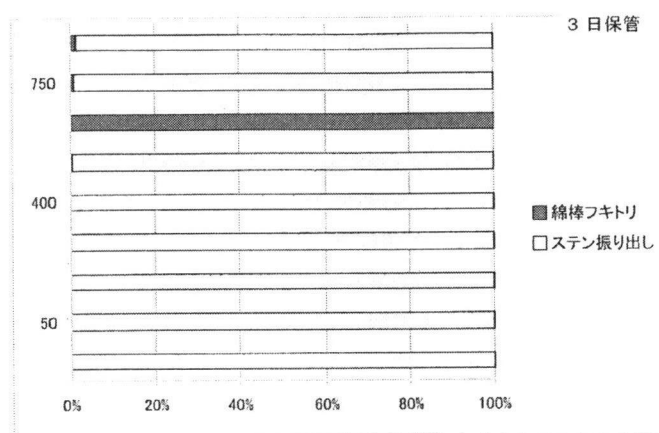
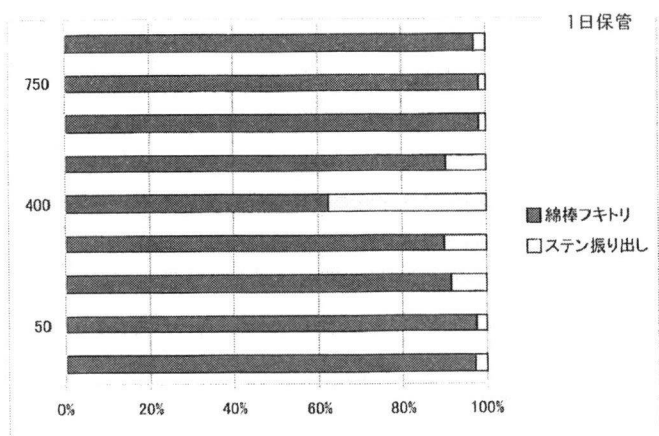


図 18 菌株 280 を卵黄液で懸濁してステンレス板に添加した場合の綿棒による回収率

縦軸: 拭き取り圧力 横軸: 回収率 (%)

上段グラフ: 1 日保管後

中段グラフ: 3 日保管後

下段グラフ: 7 日保管後

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）

サルモネラの調理器具材への付着および洗剤による洗浄効果の評価法に関する研究

分担研究者・熊谷 進

研究協力者・天野富美夫（大阪薬科大学薬学部）

研究要旨

わが国の主要な食中毒の原因菌である *Salmonella Enteritidis* (SE)による食中毒を防ぐため、SEの食器、調理器具等への付着に関する評価法、ならびに、洗剤による洗浄効果の評価に関する試験法を確立することを目的に研究を行った。実験には、バイオフィーム形成能の高いSE菌株(SEC54)および低い菌株(SEC280)を用い、それぞれの菌が4℃あるいは37℃でステンレススチール(SS)あるいはプラスチック(PL)に付着する条件を設定した。また、それらの器材に付着した菌を洗剤によって剥がす条件を探るため、実験室で使用する Triton X-100(TX-100)および市販の食器用洗剤のファミリーフレッシュ(FF)を用いて洗剤の効果を検討し、後者については濃度条件を決めた。

その結果、通常はSEの生残性に影響を及ぼさない0.1% TX-100と比較し、FFは0.001%~0.2%までの濃度範囲において、用いたSE2種類の生残性に影響を及ぼさなかった。これらの条件検討の結果、本研究では特に断らない限り、SE株の洗浄と付着した器材からの回収には0.1% FFを使用することにした。

次に、4℃あるいは37℃で4時間の培養時に、SSあるいはPLに付着した菌を0.001%~0.1%のFFで洗浄したときの菌の回収を調べた。その結果、まず、4℃では、SS、PLのいずれに対してもSEC280の方がSEC54よりも多く付着したのに対し、37℃では、反対にSS、PLのいずれに対してもSEC54の方がSEC280よりも多く付着した。さらに、4℃でPLに付着したSEC280は、用いた洗剤(FF)の濃度依存的に洗浄による回収率が向上し、0.01%以上でほぼ一定になったのに対し、SEC54の4℃での付着ではFFの濃度依存的な回収率の上昇が見られず、0.001~0.1%の範囲でほぼ一定の値を示した。また、37℃でSSおよびPLに付着したSEC54は、FFの濃度依存的に洗浄による回収率が向上し、0.1%で最大になったのに対し、SEC280の付着ではこのようなFFの濃度変化による回収率の上昇が見られず、0.001~0.1%の範囲でほぼ一定の値を示した。さらに、走査型電子顕微鏡を用いた観察の結果、いずれの菌も0.1% FFによる洗浄後、SSおよびPLのそれぞれの器材からほとんどが除去されて消失していることが示された。以上の結果から、SS

あるいは PL に 4°C または 37°C で付着した SE は、バイオフィーム形成能の有無によって器材からの洗浄効果に差が現われることが示唆された。これより、市販の洗剤 (FF) を最終濃度 0.1% で用いることにより、いずれの菌も温度条件や器材の種類に関係なく、高い洗浄効果を得ることができると期待される。

A. 研究目的

サルモネラ (*Salmonella* Enteritidis、以下 SE) の食器、調理器具等への付着に関する評価法、及び、市販の洗剤による洗浄効果を評価する試験法を確立することを目的に研究を行った。

B. 研究方法

使用菌株: SE の菌株として、バイオフィーム形成能の高い SE 菌株 (SEC54) および低い菌株 (SEC280)¹⁾ を、東京大学の熊谷進先生から分与して戴き、使用した。

菌の培養: -80°C で保存した菌株を LB 培地中で一晩、振とうしながら 37°C で前々培養し、その一部を新鮮な LB 培地中に OD₅₅₀=0.05 となるように播き、37°C で 105 分間振とうしながら前培養した。氷冷して増殖を停止させ、新鮮な LB 培地を添加して菌の濃度が OD₅₅₀=0.1 となるように調整し、2 種類のそれぞれの菌液を 1.00 mL/tube となるように 50 mL の遠心チューブ (Falcon) に分注した。各チューブに、滅菌した、直径 13 mm、厚さ 0.5 mm のステンレススチール製の円盤 (新日鐵住金ステンレス株式会社、JIS G4305 SUS304; レーザーカットしたもの; 以下 SS と略)、もしくは直径 14 mm、厚さ 0.2 mm のポリエステル製プラスチックシート (和光純薬、組織培養用、Catalog No. 162-09311;

円形; 以下 PL と略) を 1 枚ずつ入れた。これを 4°C で 4 時間氷上に静置、もしくは 37°C で 0~4 時間、150 strokes/min で恒温水浴上で振とう培養して菌を付着させた。

洗剤の洗浄力の評価: SE の 2 種類の菌株を 4°C または 37°C で一定時間、器材に付着させた後、氷冷して菌の増殖を停止させた。次に、氷冷したリン酸緩衝生理食塩水 (PBS) 約 2 mL ずつで 3 回、繰り返し洗浄した。最後に、0.1% Triton X-100 (TX-100)、もしくは 0.001~0.2% のファミリーフレッシュ (花王、主成分として高級アルコール系陰イオン界面活性剤 33%、他に、アルキルヒドロキシシルホベタイン、アルキルアミンオキシド、アルキルグルコキシド及び安定化剤を含む; 以下 FF と略) を含む氷冷した PBS を 1.00 mL/tube ずつ添加して、Voltex mixer を用い、最大回転速度で 20 sec ずつ 3 回、激しく攪拌した。その後、氷上に 15 分間以上静置して再び Voltex mixer で 5 sec 攪拌し、菌を器材から剥がした。その溶液を分取し、氷冷した PBS で 1/10 ずつ系列希釈した後、LB 寒天培地上に塗布して、37°C で一晩加温し、コロニーを形成させた。最終的な結果は、生菌数をコロニー数から計算して cfu/mL で示した。

菌の生残性に対する洗剤の影響 菌の洗浄及び器材からの回収の過程で、洗剤が菌の生

残性に影響を及ぼすか否かを調べるため、 $OD_{550}=0.1$ となるように調整した2種類の対数増殖期の菌液を1.00 mL/tube となるように50 mLの遠心チューブ(Falcon)に分注し、最終濃度が0.1%のTX-100、及び0.001%~0.2%のFFを添加して攪拌し、氷上で(4°C)2時間、静置した。反応度、直ちに攪拌して一定量の菌液を分取し、氷冷したPBSで系列希釈した後、LB寒天培地上に塗布して37°Cで培養してコロニーを形成させた。CFUの値から、洗剤が菌の生残性に及ぼす影響を調べた。

走査型電子顕微鏡による、器材表面に付着した菌の観察 SSおよびPLの表面に付着した菌の状態を観察し、さらに洗剤による洗浄効果を調べるため、走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて検討を行った。上述の方法で37°C、4時間、SSまたはPLに付着させた2種類の菌をPBSで3回洗浄した後、2 mL/wellの1% formaldehyde/PBS液に浸漬して菌を固定した。4°C、一晩の固定の後、固定液を交換し、さらに一晩固定した。最終的に、2% glutaraldehyde /0.2M sucrose で4°C、一晩の固定し、脱水、臨界点乾燥、および白金コーティングを行ってSEM用のサンプルを調製した²⁾。

(倫理面への配慮)

該当なし

C. 研究結果及び考察

(1)SE菌株による増殖性の違い: Fig. 1に示すように、バイオフィーム形成活性が高いSEC54株も、低いSEC280株も、いずれもLB培地中での増殖性に差は見られず、ほぼ同様

の生菌数(CFU ; Fig. 1a)および濁度(OD_{550} ; Fig. 1b)を示した。これらの結果から、SEの両菌株を用いてSSまたはPLの器材への付着を評価する上で、菌の増殖による菌数の変化をほぼ同一とみなすことができることが示された。

(2) 菌の生残性に対する洗剤の影響: 本研究の実験操作において、菌の洗浄過程、ならびに器材からの菌の回収過程で、洗剤そのものが菌の生残性を低下させて死滅させるなどの影響を及ぼす場合には、洗剤による洗浄効果を正確に評価することが難しくなる。そこで、洗剤を氷冷した菌液に添加して氷上で(4°C)2時間、静置し、生残性に与える影響を調べた。その結果、Fig. 2に示すように、洗剤無添加(None)と比較して、0.1% TX-100あるいは0.001~0.2% FFの添加によってSEC54およびSEC280のいずれも生残性に変化はなかった。この結果から、以上の洗剤をこれらの濃度範囲で使用することによって、菌の生残性(CFU)は影響を受けず、本研究の目的である洗剤の洗浄効果の評価が実験可能であることが示された。

(3)SEの器材への付着における時間経過: SEC54およびSEC280の両菌株が、37°CにおけるLB培地中での培養によって増殖しながらSSとPLのそれぞれの器材に付着する条件を設定するため、時間経過の実験を行った。その結果、Fig. 3に示すように、SS(Fig. 3a)およびPL(Fig. 3b)への付着は、両菌株とも時間依存的にほぼ対数的な増加を示した。これらの結果から、実験は37°C、4時間の培養によって付着を調べることにした。また、Fig. 1aの菌の増殖曲線(CFU)がほぼ対数的な増加を示していることを考え合わせると、用いた

SE の菌株は 2 種類とも、ほぼ一定の割合で SS および PL の器材に付着していることが示唆された。

(4) 器材に付着した SE の洗剤による洗浄力の評価: 食品加工の過程を、低温下と恒温下に分けて考え、それぞれ 4℃、および 37℃ における SS と PL への付着を 4 時間の培養によって行った。次に、付着した菌を洗剤によって回収するため、0.001%~0.1%の FF で洗浄した。その結果、まず 4℃で SS に付着した菌は、SEC54 も SEC280 もいずれもが FF の濃度によらずほぼ同じ菌数を SS の器材から洗浄して剥がし、洗浄液中に回収させた (Fig. 4a)。これに対し、4℃で PL に付着した菌は、SEC54 は FF の濃度によらずほぼ同じ菌数を PL の器材から洗浄して剥がし、洗浄液中に回収させたのに対し、SEC280 は 0.001%の FF では洗浄による回収が低く、0.01%以上で約 8 倍以上、回収が増加した (Fig. 4b)。これらの結果は、SEC280 株の 4℃における SS に対する付着と PL に対する付着とは異なる機構が働いていることを示唆する。

次に、37℃で付着した SEC54 は、SS に対しても PL に対しても、ともに、洗浄による器材からの菌の回収が FF の濃度依存的に上昇した (Figs. 4c, 4d)。一方、SEC280 株においては、37℃において付着した菌の回収が、FF の濃度によって影響を受けなかった (Figs. 4c, 4d)。これらの結果は、37℃における付着は、SS に対しても PL に対しても、SEC54 と SEC280 とでは異なる制御機構が作用しており、SEC54 は 37℃においてより強固な付着をするために、菌の回収に必要な洗剤の濃度が高くなったと考えられる。これに対して、SEC280 は、37℃での付着がそれほど強固で

はなく、一定濃度 (0.001%) 以上の FF によって洗い落とすことが可能な強度で付着していることが示唆された。

(5) 走査型電子顕微鏡によって観察される、器材表面に付着した菌の状態: 上記の実験の結果、Fig. 4 に示したように、0.1% FF を用いた洗浄によって、2 種類の SE 菌株とも、SS または PL の器材表面から剥がされることが示された。そこで、この洗浄効果がどの程度大きいかを評価するため、SEM を用いて形態観察を行った。ここでは、37℃で付着した菌の洗浄に関する実験だけを行った。まず、Fig. 5.1. に示すように、SEC54 と SEC280 では SS に付着した菌の形態が大きく異なり、SEC54 では散在的に Fig. 5.1. a)、SEC280 では凝集して (Fig. 5.1. c) 付着していた。しかし、これらはいずれも 0.1% FF による洗浄でほとんどが SS の器材表面から消失していた (Figs. 5.1. b, d)。

一方、PL に対する菌の付着は、SEC54 では SS への付着に比べて多い数の菌が、やや凝集しながら付着していた (Fig. 5.2. a) のに対し、SEC280 では、SS とほぼ同じ数の菌が凝集しながら PL に付着していた。また、0.1% FF を用いた洗浄により、PL に付着した菌は、SEC54 も SEC280 も、ともに少しの菌を残して器材表面から剥がれていた (Figs. 5.2. b, d) これらの結果は、PL に付着した菌は、2 種類とも SS に付着した菌よりも 0.1% FF で洗浄しにくいことを示唆する。さらに、バイオフィーム形成能が高い SEC54 は、37℃における付着が SS に対しても PL に対しても強く、洗浄のためにはより高濃度の洗剤を必要とするが、市販の FF を 0.1% で使用することによってほぼ大部分の菌を洗浄によって取り

除くことが可能であることが示唆された。これに対し、バイオフィーム形成能が低い SEC280 では、37°Cでの強固な付着はできず、0.001%の FF でも十分に洗浄できることが示唆された。

D. 結論及び今後の展望

本研究はおもに3つの結論からなる。

(1)バイオフィーム形成能の異なるサルモネラ菌株を用い、ステンレススチール及びプラスチック（ポリエステル）の2種類の器材への付着を評価する実験系を確立することができた。

(2)市販の洗剤（花王、ファミリーフレッシュ）は、0.001~0.2%の濃度範囲において、これらの器材に付着したサルモネラ菌株をほぼすべて洗浄して剥がすことが示唆された。

(3)バイオフィーム形成能が高いサルモネラ（SEC54）は、37°Cで器材に強い付着をするため、洗浄のためには0.1%のFFを必要とするが、バイオフィーム形成能が低いサルモネラ（SEC280）を付着した器材から剥がすためにはより低濃度（0.001%）のFFで十分であることが示唆された。

以上の結果を基に、今後、さらに多くの種類の器材に対するサルモネラの付着を実験し、そこに付着した菌を洗浄する洗剤の濃度条件を調べるのが可能になった。また、付着との関連では、低温（4°C）におけるステンレススチール及びプラスチックへの付着は、バイオフィーム形成能が低い SEC280の方が、その形成能が高い SEC54よりも強かったことから、サルモネラの器材への付着にはバイオフィームによって促進されるものと阻害

されるものが存在し、温度条件による制御を受ける可能性が示唆される。

今後は、調理器具の使用条件や器具の材質を考慮しながら、様々な付着性を示すサルモネラの洗浄条件を調べる必要がある。その結果を食品衛生に反映させていきたいと考えている。

E. 健康危険情報

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

なし

H. 参考文献

1) Iibuchi, R., Hara-Kudo, Y., Hasegawa, A., and Kumagai, S. Survival of *Salmonella* on polypropylene surface. *J. Food Protect.* (2010) in press.

2) Tamura, A., Yamasaki, M., Okutani, A., Igimi, S., Saitoh, N., Ekawa, T., Ohta, H., Katayama, Y., and Amano, F. Dry-resistance of *Salmonella enterica* subsp. *enterica* Serovar Enteritidis is regulated by both SEp22, a novel pathogenicity-related factor of *Salmonella*, and nutrients. *Microbe. Environ.* 24 (2009) 121-127.

Fig. 1a. Time-course of *Salmonella* growth (CFU)

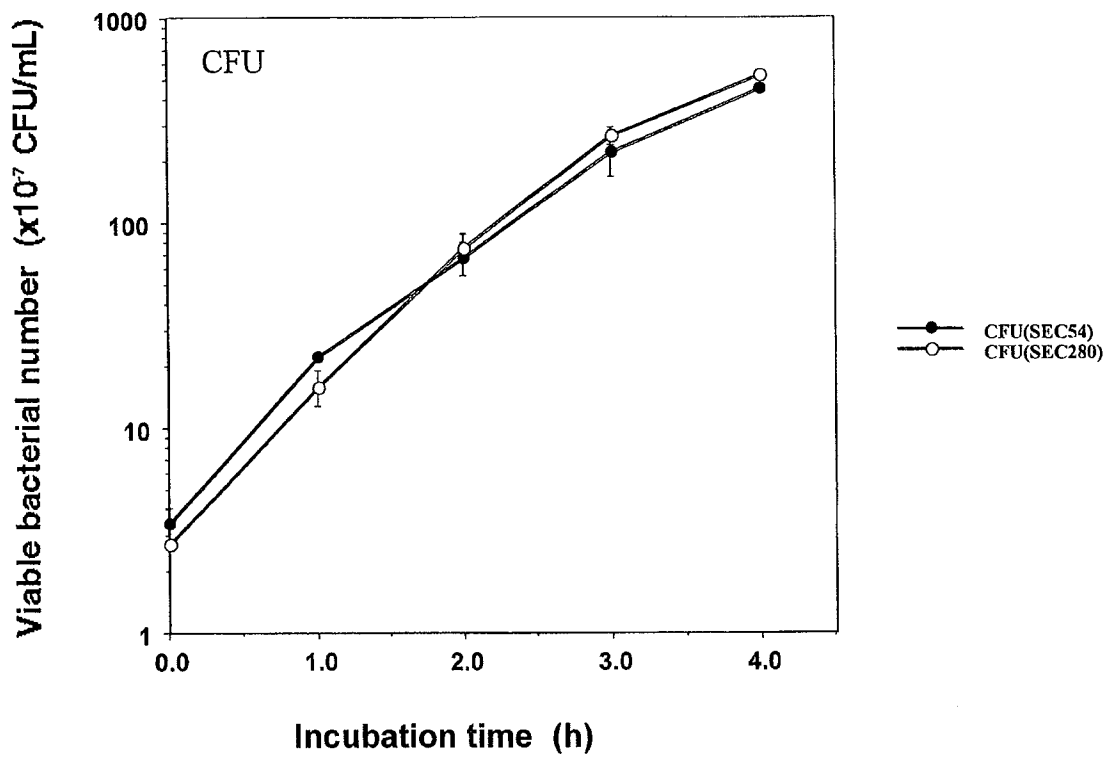


Fig. 1b. Time-course of *Salmonella* growth

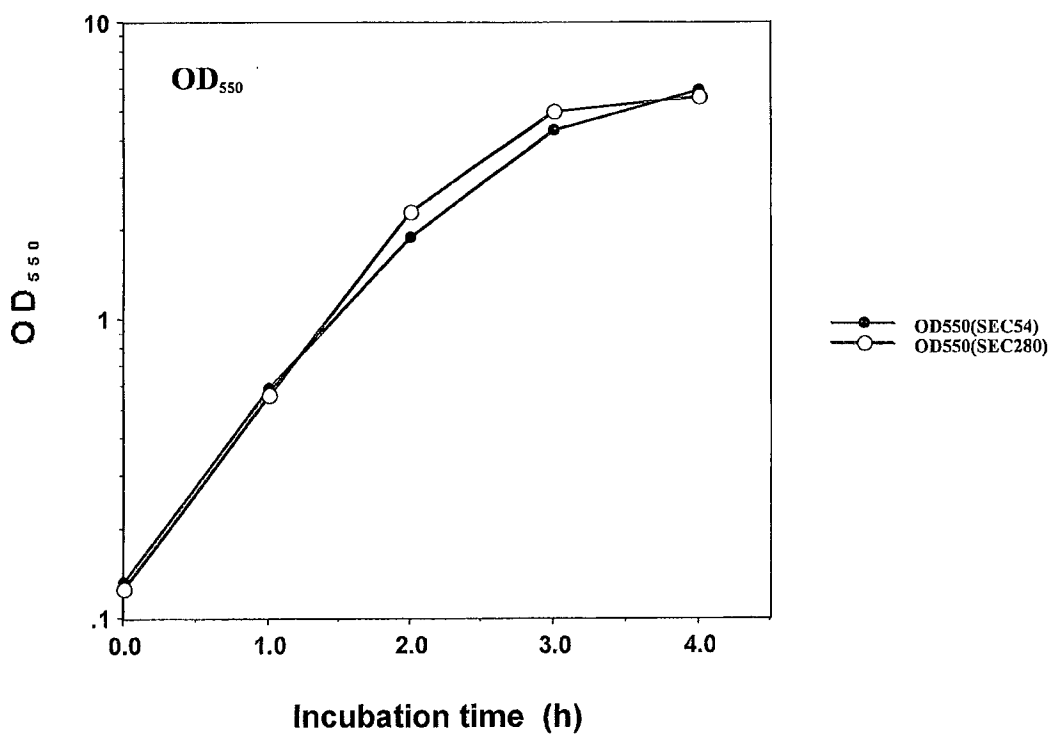


Fig. 2 Effects of detergents on the viability of *Salmonella*

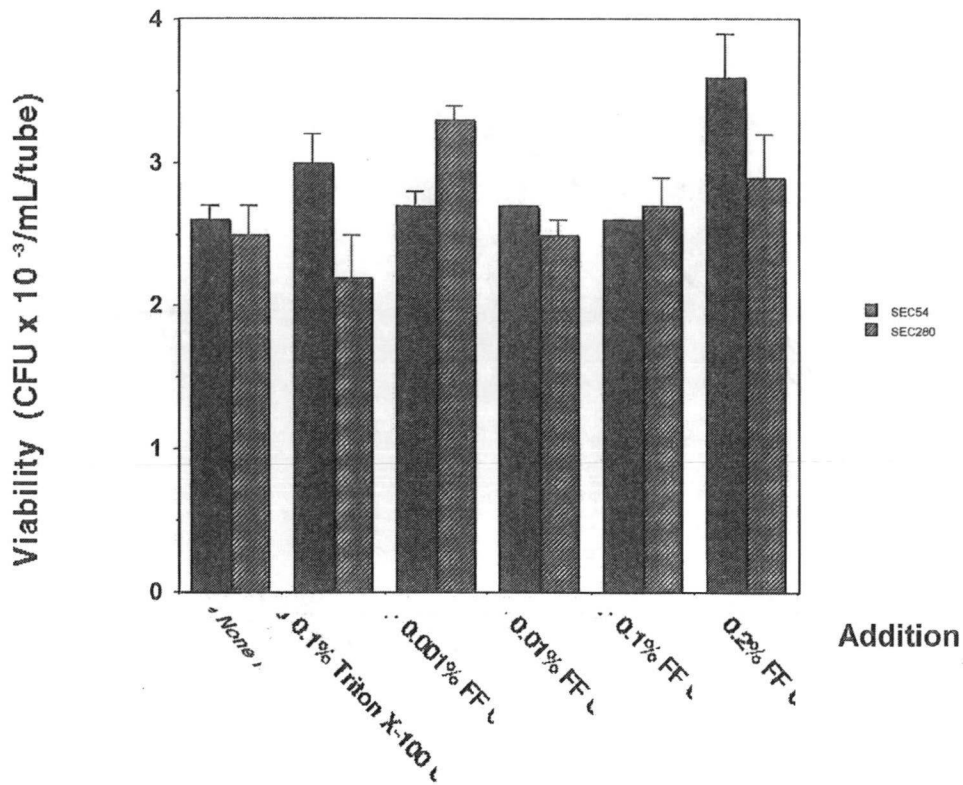


Fig. 3a. Time-course of *Salmonella* adhesion to stainless steel disks at 37°C

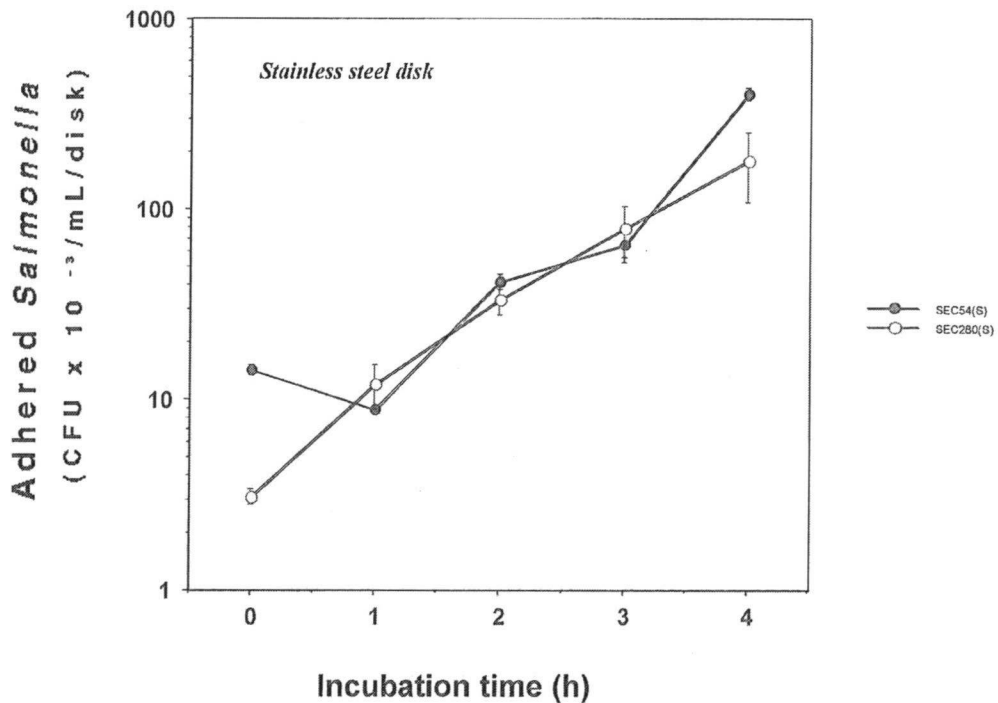


Fig. 3b. Time-course of *Salmonella* adhesion to plastic disks at 37°C

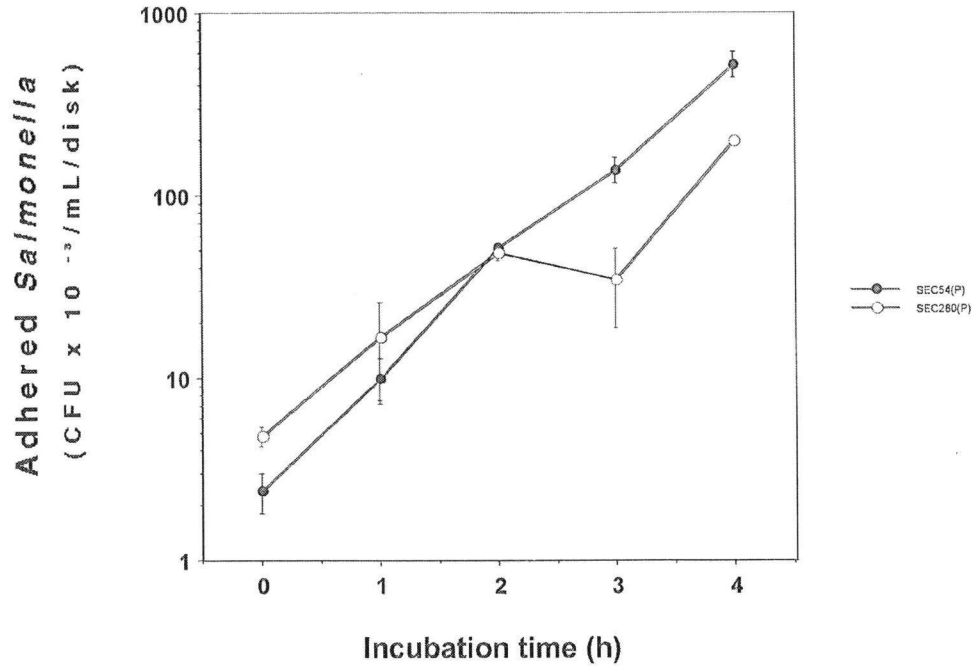


Fig. 4a Effects of detergent concentrations on the removal of *Salmonella* from stainless steel disks adhered at 4°C

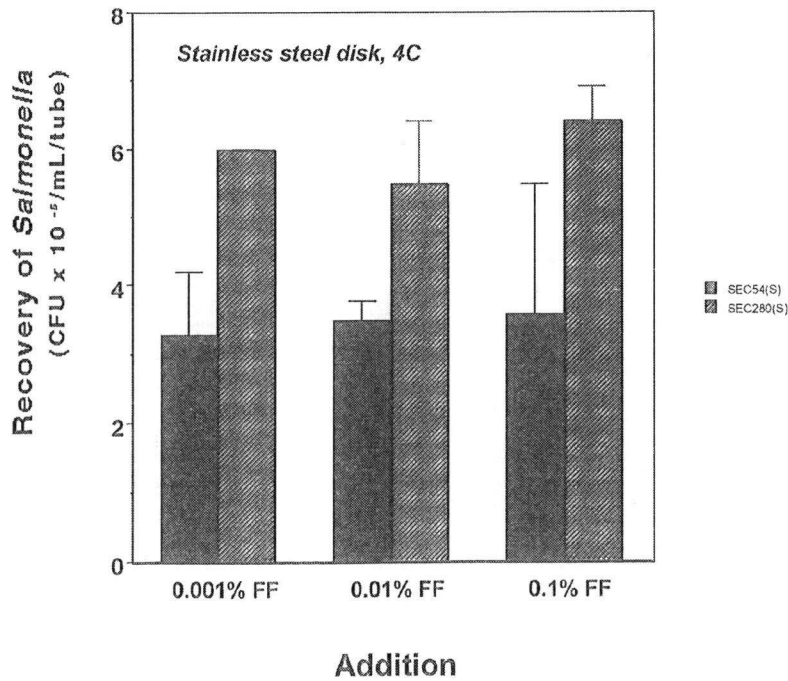


Fig. 4b Effects of detergent concentrations on the removal of *Salmonella* from plastic disks adhered at 4°C

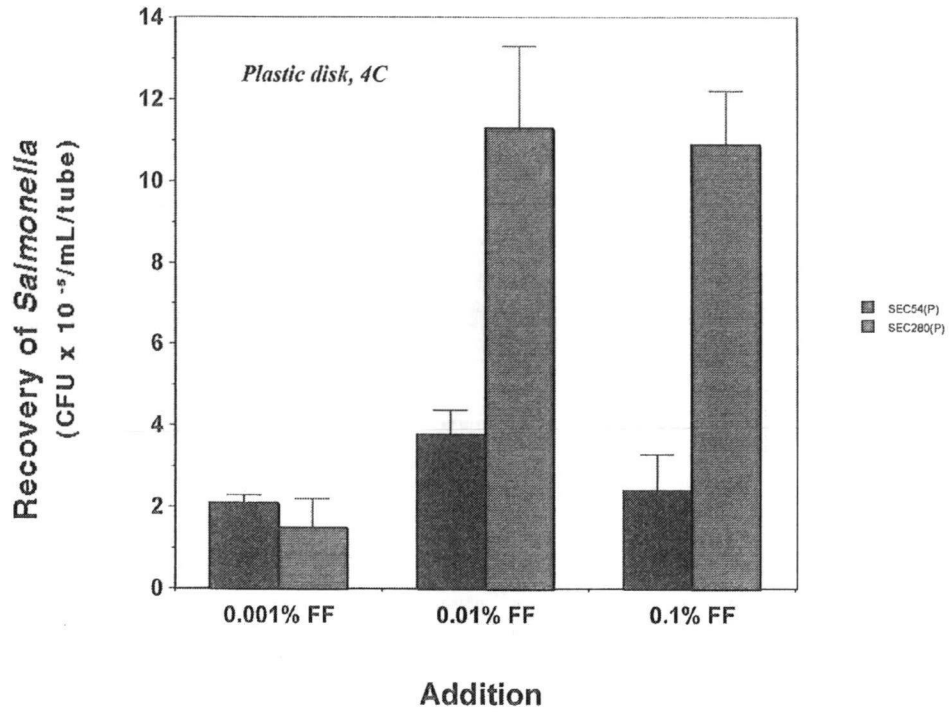


Fig. 4c Effects of detergent concentrations on the removal of *Salmonella* from plastic disks adhered at 37°C

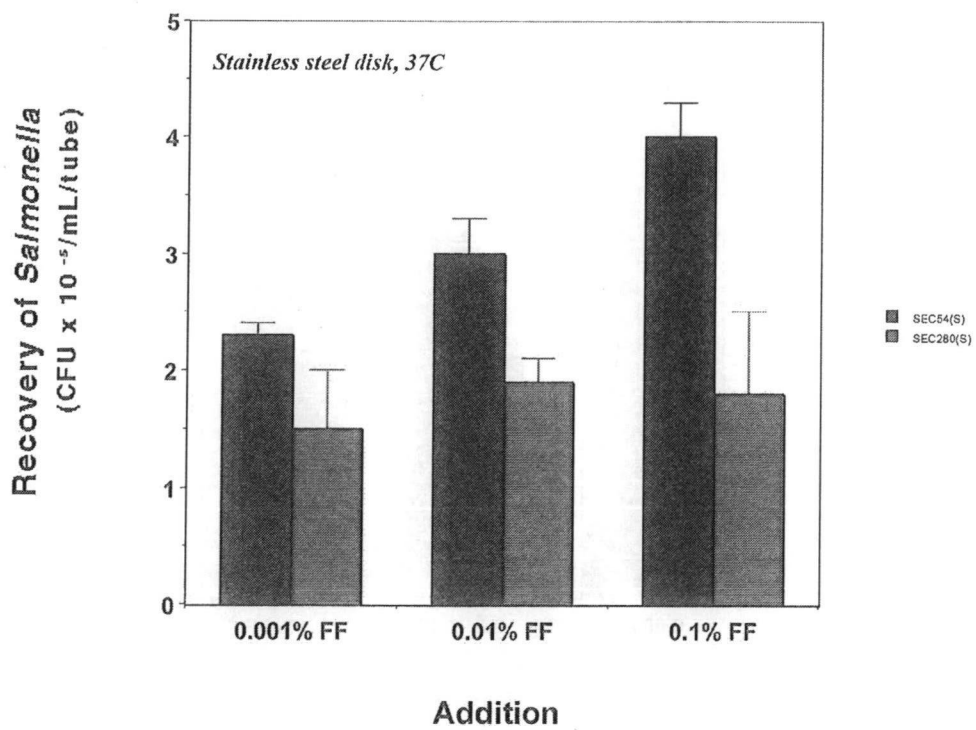


Fig. 4d Effects of detergent concentrations on the removal of *Salmonella* from plastic disks adhered at 37°C

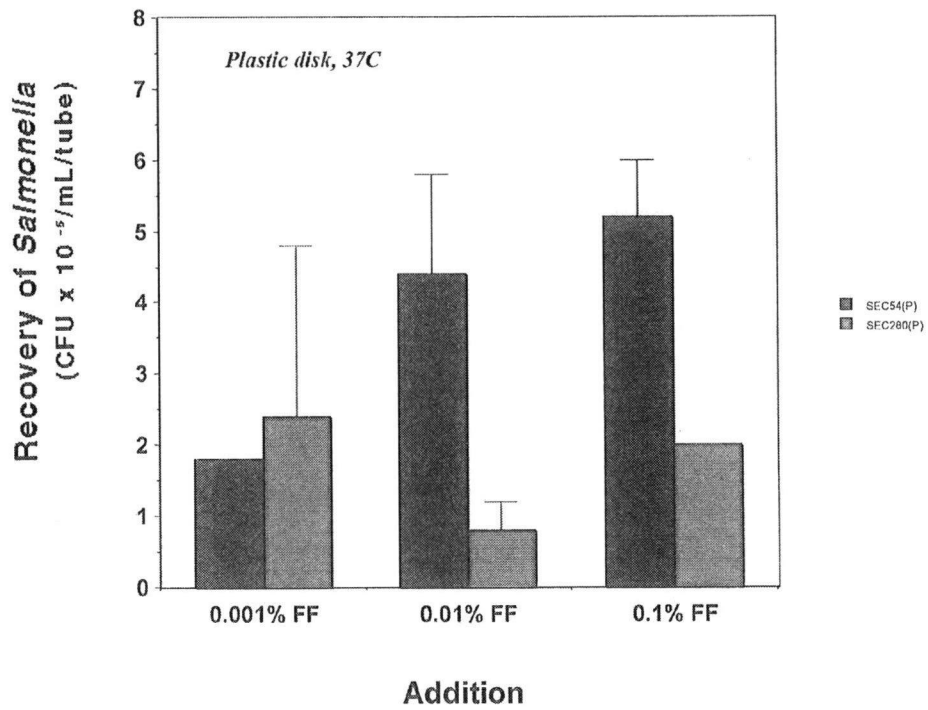


Fig. 5.1. SEM photographs (Stainless steel plates)

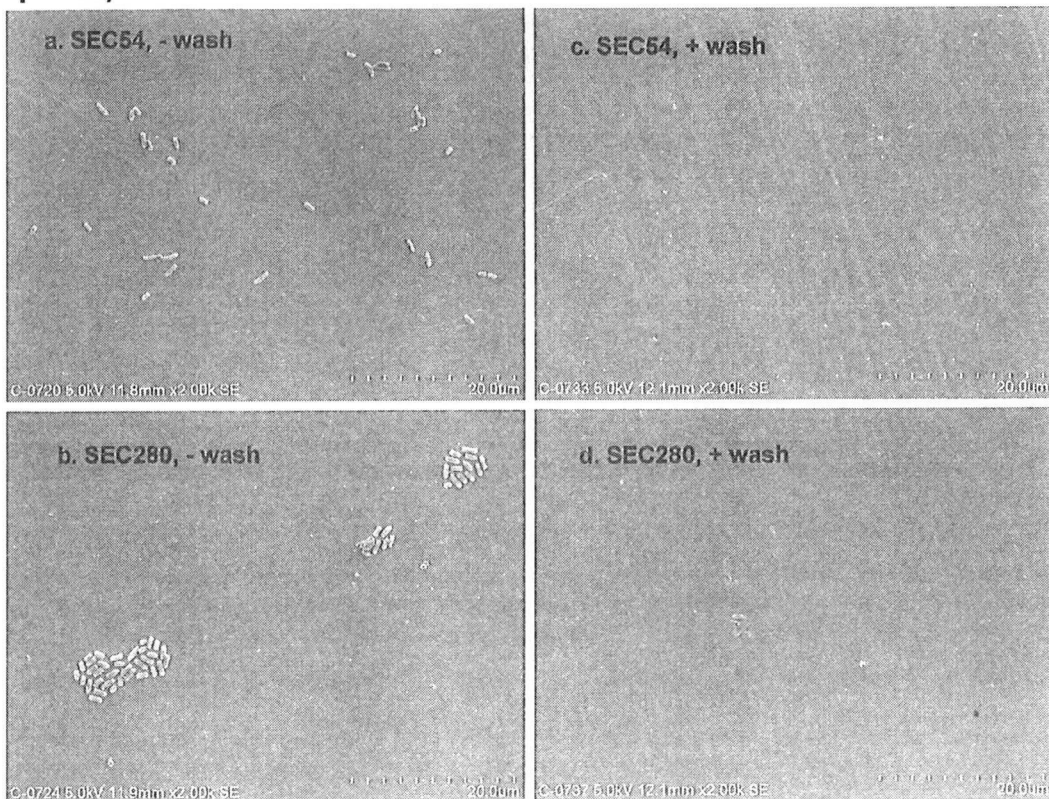


Fig. 5.2. SEM photographs (Plastic plates)



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

殻付き卵のサルモネラ汚染防止対策の経済効果推定

分担研究者 山本 茂貴 国立医薬品食品衛生研究所食品衛生管理部長
研究協力者 長谷川 専 株式会社三菱総合研究所
研究協力者 土谷 和之 株式会社三菱総合研究所
研究協力者 大橋 毅夫 株式会社三菱総合研究所
研究協力者 柿沼美智留 株式会社三菱総合研究所

研究要旨

本研究では、鶏卵由来のサルモネラ食中毒の防止対策に係る経済効果の推定を目的としている。本年度は、関係企業、有識者へのヒアリングおよび各種データに基づいて、過年度に実施した鶏卵由来のサルモネラ食中毒の防止対策である日付表示義務およびコールドチェーン導入の社会的費用の推定の見直しを図るとともに、新たにワクチン接種の社会的費用を推定した。また、3つのサルモネラ食中毒防止対策の個別便益を推定する手法の見直しを行った。そして、3つのサルモネラ食中毒防止対策の経済効果をそれぞれ費用便益分析によって推定した。シミュレーション結果に基づいて、サルモネラ食中毒防止対策の経済効果を推定したところ、それぞれの費用便益比（B/C）は、コールドチェーンの導入率が30%のケースで、ワクチン接種が3.00、コールドチェーン導入が2.29、鶏卵の日付表示義務が4.61、3つの対策全体では2.93との結果を得た。この結果から、3つの対策の社会経済的な実施妥当性は認められ得るといえる。本研究では、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が、コールドチェーン導入、日付表示義務については、その効果や社会的費用は地域や季節によって異なるものと考えられる。今後、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。

A. 研究目的

食中毒リスク対策を講じる際には、想定されるリスク対策措置のうち最も効率的かつ効果的なものを選択する必要がある。また、リスク管理措置を講じた後には、当該リスク管理措置の有効性を検証する必要がある。その方法論としては、公共経済学の分野において確立され、既にさまざまな分野に適用されている経済分析手法である費用便益分析がある。

本研究は、殻付き卵のサルモネラ汚染防止対策について、生産段階でのワクチンの接種、流通段階でのコールドチェーンの導入、小売段階での鶏卵の日付表示義務を対象に費用便益分析に基づく

経済効果の推定を行い、それぞれの対策の有効性を検証するとともに、今後の食中毒リスク対策措置の選択や有効性検証における費用便益分析の枠組みの確立に寄与することを目的としている。

過年度研究においては、鶏卵の日付表示義務（平成19年度）およびコールドチェーンの導入（平成20年度）に係る社会的費用の推定を実施した。また、サルモネラ汚染防止対策全体の便益に基づいて個別の便益を推定する手法の検討を行った（平成20年度）。

平成21年度研究では、過年度に実施した日付表示義務およびコールドチェーンの導入に係る社会的費用の推定方法の見直し、ワクチン接種を

む3つのサルモネラ汚染防止対策それぞれの社会的費用の推定、個別便益を推定する手法の見直しを行い、これらに基づいて、サルモネラ汚染防止対策の経済効果を費用便益分析によって推定することを目的とした。

B. 研究方法

殻付き卵のサルモネラ汚染防止対策である、ワクチン接種、コールドチェーン導入、鶏卵の日付表示義務の3つの対策について費用便益分析に基づく経済効果の推定を行った。費用便益分析では、個々の対策を講じた場合（With ケース）と講じなかった場合（Without ケース）を比較し、社会的費用と社会的便益を推定した。

なお、対策によって施設・設備等の初期投資が行われる場合、当該施設・設備等は耐用年数にわたって便益を発現することから、会計上の費用収益対応の原則に基づき、税法上の耐用年数を計算期間として、当該年数にわたって年間の社会的費用および社会的便益の現在価値をそれぞれ合計したものを社会的費用および社会的便益として算出した。

1. 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

3つの対策のそれぞれについて初期投資とランニングコスト等の推定に必要な基礎データを各種統計データおよび業界団体や関係企業、有識者へのヒアリングを通じて収集・整理した。また、必要に応じて基礎データを業界団体や有識者へのヒアリングによって裏付けをとった。

過年度に社会的費用の推定を行った日付表示義務およびコールドチェーンの導入については、上記に基づいて推定方法を見直し、初期投資とランニングコスト等の再推定を行った。ワクチン接種については、上記に基づいて新たに推定方法を検討し、初期投資とランニングコスト等の推定を行った。

2. 社会的便益の推定

2. 1 3つの対策全体の社会的便益の推定

平成 19 年度研究では、厚生労働省「食中毒監視統計」のサルモネラ属菌による食中毒事件数の推移に基づいて、対策の有無のそれぞれについて食中毒事件数の時系列トレンドを算出し、これら

に食中毒事件 1 件あたりの推定患者数を乗じて、各年次について両者の差分をとることで、対策の実施による推定患者数の減少効果を年次別に推定した。社会的便益はこれにサルモネラ食中毒患者 1 人あたりの平均的医療費（Cost of Illness）を乗じた上で、計算期間（5 年間）にわたって現在価値化し合計することで推定した。

しかし、対策の有無による食中毒事件数の推移を線形の時系列トレンドで推定することに明確な根拠はなく、また、特に対策を実施しない場合の食中毒事件数を過大評価するおそれがある。

そこで、平成 21 年度研究では、上記の方法を全面的に見直した。厚生労働省「食中毒監視統計」のサルモネラ属菌による食中毒患者数の推移に基づいて、Without ケース（3つの対策を講じなかった場合）の年間推定患者数を、殻付き卵のサルモネラ汚染防止対策が講じられる以前の平成 8～10 年の平均値とし、With ケース（3つの対策を講じた場合）の年間推定患者数を、殻付き卵のサルモネラ汚染防止対策を講じた後に、安定的に推移してきている平成 16～20 年の平均値として設定した。この両者の差分を3つの対策による年間推定患者数の減少効果として捉え、これに Cost of Illness を乗じた上で、計算期間にわたって現在価値化し合計することで社会的便益を推定した。

2. 2 3つの対策の個別便益の推定

3つの対策の個別便益の推定は、平成 20 年度研究で検討した、3つの対策全体の社会的便益から推定するアプローチを踏襲した。すなわち、3つの対策全体の社会的便益に対して各対策が寄与する割合（寄与率）を推定し、これを3つの対策全体の社会的便益にそれぞれ乗じることで各対策の社会的便益を推定した。

寄与率の推定は、まず、USDA/FSIS(2005)のサルモネラ食中毒に係る確率論的リスクアセスメントモデルをベースに、可能な範囲でわが国における殻付き卵の生産・流通・喫食の実態を反映したデータを用いてリスクアセスメントモデルを構築した（ベースケース）。次に、3つの対策シナリオをモデルに適用し、対策なしのケースであるベースケースとともにモンテカルロシミュレーションを実行することで各ケースの食中毒リスクを推定した。この結果に基づいて、各対策の食中毒リスク低減効果を推定し、寄与率を推定した。

平成 21 年度研究では、USDA/FSIS(2005)のモデルに反映した、わが国における殻付き卵の生産・流通・喫食の実態や対策シナリオに係る設定値について、有識者との議論を通じて見直しを図った。これに伴い、モンテカルロシミュレーションの再実行を行い、各ケースの食中毒リスク、各対策の食中毒リスク低減効果および寄与率の再推定を行った。

3. サルモネラ汚染防止対策の経済効果推定

3つのサルモネラ汚染防止対策のそれぞれの経済効果は、計算期間におけるエラー！参照元が見つかりません。および2. で推定した社会的費用 (C) および社会的便益 (B) の現在価値に基づき、社会的便益 (B) を社会的費用 (C) で除した費用便益比 (B/C) および社会的便益と社会的費用の差をとった純便益 (B-C) を算出することで推定した。

◆倫理面への配慮

本研究において、特定の研究対象者は存在せず、倫理面への配慮は不要である。

C. 研究成果

1. 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

1. 1 ワクチン接種の社会的費用の推定

ワクチン接種の社会的費用項目を図表 1 のとおり整理した。このうち、定量的把握が可能な項目として薬剤費および人件費を抽出した。

1. 1. 1 薬剤費の推定

(1) 接種1回当たり薬剤費の推定

現在、日本で認可されている鶏サルモネラ症 (*Salmonella* Enteritidis ; SE) ワクチンは6製品あり、各製品で用法・用量、販売価格が異なる(図表 2)。

ワクチン6製品の参考価格(大規模養鶏場向け価格および中小規模養鶏場向け価格:非公開)1お

よび各製品のシェア²に基づきワクチン価格(千羽分)の加重平均値を算出した結果、大規模および中小規模養鶏場向け価格はそれぞれ 12,800 円および 17,070 円と推定された。

農林水産省「平成 20 年度畜産統計」によれば、総養鶏数に占める大規模養鶏場での養鶏数が 78.4%であることから、大規模および中小規模養鶏場向け価格の加重平均をとることで1羽あたりワクチン価格(薬剤費)は、

$$12,800 \times 0.784 + 17,070 \times 0.216 \\ \approx 13,700 \text{ 円/1000 羽} = 13.7 \text{ 円/羽}$$

と推定される。

(2) 年間接種回数の推定

農林水産省「平成 20 年度畜産統計」によれば、採卵鶏の成鶏めす飼育総数は1億4252万3千羽である。ヒアリング結果に基づき、強制換羽実施鶏および強制換羽非実施鶏の寿命をそれぞれ 1.9 年および 1.5 年、また強制換羽実施率を 95%と仮定すると、年間接種対象羽数は、

$$1.42523 \text{ 億} \times (1/1.5 \times 0.05 + 1/1.9 \times 0.95) \text{ (年)} \\ \approx 0.755 \text{ 億羽/年}$$

と推定される。

また、ワクチン接種率はヒアリングから 40%~50%との回答が得られた。ここではワクチン接種率を 40%と仮定した。

さらに、ワクチン接種回数は、2 回接種および 1 回接種ワクチンのシェア(各 44%、56%)の加重平均をとり、

$$1 \text{ 回/羽} \times 0.44 + 2 \text{ 回/羽} \times 0.56 = 1.44 \text{ 回/羽}$$

と推定される。

これらから、ワクチンの年間接種回数は、

$$(\text{年間接種対象羽数}) \times (\text{接種率}) \times (\text{接種回数}) \\ = 0.755 \text{ 億羽/年} \times 40\% \times 1.44 \text{ 回/羽} = 0.435 \text{ 回/年}$$

と推定される。

(3) 年間薬剤費の推定

(1) および(2)の推定結果から、ワクチン接種に伴う年間薬剤費は、

$$(\text{接種1回あたり薬剤費}) \times (\text{年間接種回数}) \\ = 13.7 \text{ 円/回} \times 0.435 \text{ 回/年} = 5.96 \text{ 億円/年}$$

と推定される。

¹ ディーラー 3 社に問い合わせたほか、NPO 法人日本食品安全検証機構および(株)シーエーエフ・ラボラトリーズに対してヒアリングを行い、主要製品群の平均的な価格を推定した。

² 動物医薬品検査所「平成 20 年度 国家検定合格件数及び数量」を参考に各ワクチンの用量ベースに換算した値を算出した(図表 2)。

1. 1. 2 人件費の推定

(1) 接種1回当たり人件費の推定

NPO 法人日本食品安全検証機構および(株)シーエーエフ・ラボラトリーズへのヒアリングを踏まえ、ワクチン接種作業は2名で行うものと仮定した。また1人あたりの日当を13,000円、1日あたりワクチン接種羽数を3,000羽(接種回数)と仮定することで³、ワクチン接種1回当たりの人件費は、

$2人 \times 13,000円/人 \cdot 日 \div 3,000回/日 = 8.7円/回$
と推定される。

(2) 年間人件費の推定

(1) および1. 1. 1 (2) で推定したワクチンの年間接種回数を用いると、ワクチン接種に伴う年間人件費は、

(接種1回当たり人件費) \times (年間接種回数)
 $= 8.7円/回 \times 0.435回/年$
 $\approx 3.78億円/年$
と推定される。

1. 1. 3 ワクチン接種の社会的費用の推定

ワクチン接種というサルモネラ汚染防止対策においては、既に開発・製造されていたワクチンを活用することで実施されたため、ワクチンの開発や製造に伴う初期投資は発生していない。すなわち、ワクチン接種には初期投資は伴わず、社会的費用としてはランニングコストとしての年間の薬剤費および人件費のみが発生する。

従って、ワクチン接種の社会的費用は、年間薬剤費と年間人件費を合計した年間費用として、1. 1. 1 および1. 1. 2 の結果から、9.74億円/年と推定される。

1. 2 コールドチェーン導入の社会的費用の推定に係る見直し

平成20年度研究においては、コールドチェーン導入の社会的費用項目のうち、定量的把握が可能な項目として定量的把握が可能な項目として、コールドチェーンに対応するためのGPセンターの施設整備費増加および物流コストの増加を抽出し、社会的費用の推定を実施した。

平成21年度研究においては、上記項目に係る社会的費用の推定の見直しを行った。

1. 2. 1 GPセンターの施設整備費の増加

(1) コールドチェーン対応のGPセンター整備の面積当たり費用増分の推定

平成20年度研究において設定した40万円/坪を踏襲した。

(2) コールドチェーン対応のGPセンター1箇所あたり面積および箇所数の推定

平成20年度研究においては、正確なデータが得られなかったため、コールドチェーン対応のGPセンター1箇所あたり面積を1,000坪/箇所と仮定した。また、全国の農場・GPセンター数については、平成19年度調査における日本卵業協会へのヒアリング結果に基づいて500箇所とした。

平成21年度研究においては、コールドチェーン対応の標準的なGPセンターを設定し、その処理能力や建床面積に基づいて1箇所あたり面積を推定することとした。ここでは、インターネット上でこれらのデータが取得できる標準的なGPセンターと考えられる有限会社村上ポートリー⁴のデータを採用した。当該GPセンターの処理能力は月400トン(年間4,800トン)、建床面積1,276m²(約380坪)である。

農林水産省「鶏卵流通統計」における平成20年度の鶏卵出荷量2,469,397トン/年を標準的GPセンターの処理能力4,800トン/年で除すると、GPセンターの数は約514箇所となる。なお、日本卵業協会へのヒアリングによれば全国のGPセンターの箇所数は約500箇所程度とのことであり、このヒアリング結果とも合致する。そこで、GPセンターの箇所数を約500箇所と設定した。また、この結果から、約400坪を標準的なGPセンターの面積と仮定した。

また、コールドチェーン導入率については正確なデータはないため、ベースケースを30%とし、感度分析的に20%、10%のケースも設定した。

以上より、コールドチェーン対応のGPセンターの面積(ベースケース)は、

(GPセンター1箇所あたり面積) \times (GPセンター箇所数) \times (コールドチェーン導入率)

³ 日当および作業能力の不確実性を考慮し、ヒアリング結果から得られた上限値を採用した。

⁴ 有限会社村上ポートリーHP
(<http://www.fujihashiya-murakami.com/>)

=400 坪/箇所×500 箇所×0.3

=6 万坪

と推定される。コールドチェーン導入率が20%の場合は4万坪、10%の場合は2万坪と推定される。

(3) GPセンター整備の面積当たり費用増分

エラー! 参照元が見つかりません。および

(2) の推定結果から、コールドチェーン導入によるGPセンターの施設整備費の増加は、

(面積当たり施設整備費増分) × (コールドチェーン対応のGPセンターの面積)

=約40万円/坪×6万坪=約240億円

と推定される。コールドチェーン導入率が20%の場合は約160億円、10%の場合は約80億円と推定される。

1. 2. 2 物流コストの増加

平成20年度研究において推定したとおり、コールドチェーン導入による物流コストの増加額(ベースケース)を約22.5億円/年とした⁵。コールドチェーン導入率が20%の場合は約15.0億円/年、10%の場合は約7.50億円/年と推定される。

1. 2. 3 コールドチェーン導入の社会的費用の推定

コールドチェーンの導入による社会的費用は、初期投資としてのGPセンターの施設整備費の増加と、ランニングコストとしての物流コストの増加から構成される⁶。

コールドチェーンに対応するための施設・設備への投資(GPセンターの施設整備費の増加)は、当該施設・設備の耐用年数にわたってコールドチェーン導入による便益を発現し続けることから、社会的費用はGPセンターの施設整備費の増加と耐用年数分の物流コストの増加額(現在価値)を合計したものとなる。

平成20年度研究においては、コールドチェーンに対応するための施設・設備の耐用年数を5年と仮定していたが、平成21年度研究においては、

⁵ 平成20年度研究では同じ計算方法に基づいて、約23億円/年と小数点以下四捨五入して推定していた。

⁶ 車両購入費は初期投資であるが、物流コスト増加の一部としてランニングコストに変換されたものと捉えた。

「減価償却資産の耐用年数等に関する省令」(平成20年4月30日財務省令第32号)の「別表第二機械及び装置の耐用年数表」における「食料品製造業用設備」の10年と設定した。また、現在価値換算に用いる社会的割引率は平成20年度研究と同様に4%と設定した⁷。

よって、コールドチェーン導入に係る社会的費用(ベースケース)は、

$$240 + \sum_{t=0}^9 \frac{22.5}{1.04^t} = \text{約} 430 \text{ 億円 (現在価値)}$$

と推定される。コールドチェーン導入率が20%の場合は約287億円(現在価値)、10%の場合は約143億円(現在価値)と推定される。

1. 3 鶏卵の日付表示義務の社会的費用の推定

平成19年度研究においては、鶏卵の日付表示義務による社会的費用項目の定量的把握が可能な項目としてGPセンターの日付ラベル機器の新規導入コストおよびランニングコストを抽出し、社会的費用の推定を実施した。

平成21年度研究においては、上記項目に係る社会的費用の推定の見直しを行った。

1. 3. 1 日付ラベル機器の新規導入コストの推定

平成19年度研究においては、あるGPセンターへのヒアリングにより、日付表示のための豆シール機の導入価格は約250~300万円/機、卵殻印字機は700~800万円程度であり、また豆シール機は各GPセンターについて2機ずつ導入しているとの情報が得られていた。しかし、GPセンターにおける各機器の導入シェアが不明であったため、日付ラベル機器の新規導入コストを推定する上で、すべてのGPセンターに250万円の豆シール機が導入されたものと仮定していた。

平成21年度研究においては、GPセンターにおける各機器の導入シェアについて日本卵業協会へのヒアリングを実施した。ヒアリングによれば、賞味期限、産卵日、包装日等の表示状況に関

⁷ 公共事業の費用便益分析においては、国債等の実質利回りを参考値として社会的割引率が4%と設定されていることに準拠した。

するデータ⁸（図表3）も参考にすれば、各機器の導入率としては表示書における日付表示が50%程度、豆シール機が45%、インクジェットは5%、レーザーはほとんどないと想定されるところであった。

鶏卵の日付表示義務は全てのGPセンターが対象となるため、1. 2. 1 (2) で推定した全てのGPセンター約500箇所の日付表示義務への対応がなされているものと考えられる。

これらから、日付表示機器の新規導入に係るコストは、

$$\begin{aligned} & (\text{機器の新規導入コストの加重平均}) \times (\text{GPセンター箇所数}) \times (1 \text{箇所あたり機器導入台数}) \\ & = (0 \text{円} \times 50\% + 250 \text{万円/台} \times 45\% + 700 \text{万円/第} \\ & \quad \times 5\%) \times 500 \text{箇所} \times 2 \text{台/箇所} \\ & = 14.75 \text{億円} \end{aligned}$$

と推定される。

なお、表示書における賞味期限表示については、賞味期限を表示することによる追加的な機器導入コストはほぼかからないと想定されるため、導入コストは0円と設定した。

1. 3. 2 日付ラベル機器のランニングコストの推定

平成19年度研究においては、すべてのGPセンターに豆シール機が導入されたものと仮定して推定した。

平成21年度研究においては、日本卵業協会にヒアリングを実施し、「GPセンター1日あたり3トン以上の扱いに対して豆シールはおよそ1.8~1.9円/kg、卵殻印字（インクジェット仕様）は1.30~1.35円/kg」との概数を得た。表示書における賞味期限表示は上記に比べてコストは低いと考えられるため無視し、各機器の導入シェアも考慮して鶏卵1kgあたりの日付ラベル機器の平均ランニングコストを試算すると、

$$0 \text{円} \times 50\% + 1.8 \text{円/kg} \times 45\% + 1.3 \text{円/kg} \times 5\% = 0.875 \text{円/kg}$$

と推定される。

これに毎年鶏卵出荷量約250万トンを乗じ、さらに液卵として流通する割合として20%⁹を控

除すると¹⁰、日付ラベル機器の年間平均ランニングコストは

$$0.875 \text{円/kg} \times 250 \text{万トン/年} \times (1 - 0.2) = 17.5 \text{億円/年}$$

と推定される。

1. 3. 3 鶏卵の日付表示義務の社会的費用の推定

鶏卵の日付表示義務による社会的費用は、初期投資としての日付ラベル機器の新規導入コストと、ランニングコストとしての日付ラベル機器のランニングコストから構成される。

1. 2. 3と同様に、日付ラベル機器の耐用年数を10年と設定し、これを計算期間として鶏卵の日付表示義務の社会的費用を計算すると、

$$14.75 + \sum_{t=0}^9 \frac{17.5}{1.04^t} = \text{約} 162 \text{億円 (現在価値)}$$

と推定される。

1. 4 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（まとめ）

エラー! 参照元が見つかりません。~1. 3の推定結果を初期投資、ランニングコスト、両者の計算期間（10年）における現在価値合計を図表4に整理する。

殻付き卵のサルモネラ汚染防止対策の社会的費用は、コールドチェーン導入率30%の場合、計算期間10年間の現在価値で約678億円と推定される。コールドチェーン導入率が20%の場合は約531億円（現在価値）、10%の場合は約387億円（現在価値）と推定される。

なお、ワクチン接種についてはランニングコストしか発生しないため計算期間は1年とすることで十分であるが、コールドチェーン導入、日付表示義務とも計算期間が10年であるため、計算期間10年の値も算出した。

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.

¹⁰ 平成19年度研究では液卵として流通する割合は考慮していなかった。

⁸ 中央鶏卵規格取引協議会「2008年度バック詰小売鶏卵の規格及び品質検査の概要」

⁹ 食品安全委員会 微生物・ウイルス合同専門調査

2. 殻付き卵のサルモネラ汚染防止対策の社会的便益の推定

2. 1 3つの対策全体の社会的便益の推定

平成 19 年度研究においては、3つの対策全体の社会的効果項目のうち、定量的把握可能性が可能な項目として、サルモネラ食中毒患者数の減少効果を抽出し、この効果を金銭換算したサルモネラ食中毒患者減少便益を推定した。また、サルモネラ食中毒死亡者数の減少効果を金銭換算した死亡者数減少便益についても推定した。

平成 21 年度研究においては、同様に、サルモネラ食中毒患者減少便益とサルモネラ食中毒死亡者減少便益を3つの対策全体の社会的便益として捉えることとした。

なお、本研究では、対策を講じることで生じるサルモネラ患者数等の数量的変化を「効果」と呼び、これを貨幣換算した金銭的变化を「便益」と呼ぶこととする。

2. 1. 1 サルモネラ食中毒患者減少便益

(1) サルモネラ食中毒患者減少効果

厚生労働省「食中毒監視統計」におけるサルモネラ食中毒患者の報告数と岩崎・春日・窪田(2007)¹¹で推定されたサルモネラ食中毒患者の報告率(報告数/実発症者数=1/240)を用いて、報告のなかった患者を含めたサルモネラ食中毒患者数を平成 8 年~20 年にわたり年次別に推定した(推定患者数)。この推定結果を図表 5 に示す。

Without ケースにおける患者数は、殻付き卵のサルモネラ汚染防止対策が講じられる以前の平成 8~10 年の推定患者数の平均 3,118 千人/年とした。With ケースにおける患者数は、殻付き卵のサルモネラ汚染防止対策を講じた後に、安定的に推移してきている平成 16~20 年の推定患者数の平均 753 千人/年とした。3つの対策全体のサルモネラ食中毒患者減少効果は、Without ケースと With ケースでの推定患者数の減少数 2,364 千人/年と

して推定される(図表 6)。

(2) サルモネラ食中毒患者減少便益

サルモネラ食中毒患者減少便益は、患者が回復するまでに負担する医療費(Cost of Illness)が、サルモネラ食中毒患者数が減少することにより減少する金額として推定した。すなわち、平成 19 年度研究と同様に、山本・石渡(1998)¹²の推定結果に基づくサルモネラ食中毒患者一人当たり平均医療費 9,739 円を用いて、

$$\begin{aligned} & (\text{Cost of Illness}) \times (\text{サルモネラ食中毒患者減少数}) \\ & = 9,739 \text{ 円/人} \times 2,364 \text{ 千人/年} \\ & = \text{約 } 230.3 \text{ 億円/年} \\ & \text{と推定される。} \end{aligned}$$

2. 1. 2 サルモネラ食中毒死亡者減少便益

(1) サルモネラ食中毒死亡者減少効果

厚生労働省「食中毒監視統計」において、サルモネラ食中毒による死亡者は全て報告されているものと仮定し、平成 8 年~20 年の 13 年間におけるサルモネラ食中毒の死亡者数と推定患者数をプールしたデータに基づけば、サルモネラ食中毒患者の死亡率は、 $16 \text{ (人)} \div 21,782 \text{ (千人)} = 0.0000735\%$ と推定される。

これを With ケースと Without ケースのそれぞれの推定患者数に乗じることで両ケースの平均死亡者数を推定した(推定死亡者数)。これらから、3つの対策全体のサルモネラ食中毒死亡者減少効果を推定死亡者数の減少数 1.74 人/年として推定した(図表 6)。

(2) サルモネラ食中毒死亡者減少便益

サルモネラ食中毒死亡者の社会的損失については、サルモネラ食中毒死亡者減少便益は、患者が死亡することによる社会的損失が、サルモネラ食中毒死亡者数が減少することにより減少する金額として推定した。平成 19 年度研究と同様に、サルモネラ食中毒死亡者の一人当たり社会的損失額を約 2.42 億円/人を用いて、

¹¹ 岩崎恵美子・春日文子・窪田邦宏「宮城県における積極的食品由来感染症病原体サーベイランスならびに急性下痢症疾患の実被害数推定」、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「食品衛生関連情報の効率的な活用に関する研究」(主任研究者 森川馨) 分担研究報告書, 2007.

¹² 山本茂貴・石渡正樹「横浜市におけるサルモネラ食中毒による社会的損失」獣医学雑誌 No.2, 51-62, 1998.