

アサマ NEWS パートナ

2008-11 No. 127

バイキン博士の衛生雑談

食と微生物

20. 食中毒細菌の発症量

食中毒細菌の規制

リステリア菌 (*Listeria monocytogenes*) は、妊婦を含め、免疫機能の衰えている人にとっては恐ろしい病原菌で、食物から入り発症すると、致命率の高い（過去の集団中毒事例では20～40%）感染症を引き起こす。この菌は低温でも増殖するので、ハム・ソーセージ、ナチュラルチーズ、くん製、サラダなど、保存し、火を通さないで食べる食品は、この菌による汚染があれば発症の危険性が生ずる。リステリアに汚染された食品についての規制は国により、また対象とする食品により、さまざまである。リステリア菌が検出されれば販売禁止・回収という措置をとっているアメリカのような国もあり、一方、EUでは食品の種類によって、たとえば非加熱でたべる乳幼児食についてはゼロ規制、一般の調理済み食品については100/gという規制が設けられている。わが国でも乳・乳製品にこの菌が検出されれば回収、施設設備の改善などの措置をとるように決められている。

問題は、この菌が自然界に広く分布し、乳・乳製品、肉・肉製品、野菜などから魚介類まで、検査をすれば、率に差はあるものの、殆ど食物から検出されることである。したがって、陽性であれば即、販売禁止・回収という規制が厳密に適用されると、食品の種類によっては製造・販売の道が閉ざされることになる。

EU諸国での100/gという規制は、リステリア食中毒をおこすのは、食品中に100/g以上の菌が入っていた場合に限られる、という根拠に基づいている。

食べても食中毒をおこさないような細菌数の限度は、リステリア以外の食中毒細菌についても、問題になる。例えばサルモネラを例にとれば、生畜肉のサルモネラ負荷をゼロにすることは殆ど不可能であるけれども、しかし、その数が少なければ、人の口に入っても病気を起こすことは殆どないと思われる。それでは、どれくらいの数までは安全なのだろうか。

消化管に入る病原菌の運命

食物と一緒に消化管に入ってくる微生物は、口やのどの溶菌酵素（リゾチーム）、胃の塩酸、腸の胆汁、消化酵素などによって殺される。また、小腸には厚いリンパ組

織があり、強力な免疫系によって外来の微生物を殺す。このような防壁に耐えて生き残った菌も、増殖するためには、消化管内に定住しているおびただしい種類と数の細菌と競合しなければならない。外から来た異種の細菌は、遅かれ早かれこの競争の中ではじき出され、消滅する運命にある。

したがって、通常の食中毒病原菌が腸管内で増殖して病気を起こすためには、できるだけ多数の細菌が一度に取り込まれることが有利な条件になる。菌を摂取した人たちの中で高率に病気を起こすような細菌数は、細菌の種類によって大きく異なるばかりでなく、全く同じ菌種でも、菌株によって、また、野性株か、培養株かによっても差がある。

また、発症するための細菌数は、菌を取り込む側の、年齢、健康状態、とくに免疫系のはたらきの強弱によって大きな差を生ずる。さらに、病原菌をどのような食べ物と一緒に取り込むかということが発症菌量の多少に大きな影響を与える。例えば、チーズ・チョコレートのような保護作用のある食べ物、あるいはミルク、大量のビールのように、胃液を薄め、酸性を中和するようなものと一緒に食べると、胃液の殺菌作用を弱めることになる。

胃液による殺菌に関連して、食中毒菌の酸にたいする適応も問題になる。赤痢菌やサルモネラのような細菌で、あらかじめ弱い（pH 6程度の）酸にさらすと、菌の酸にたいする抵抗性が強くなることが知られている。

また、菌に対する挙動が動物の種類によって大きな違いがあることも知られている。例えばブドウ球菌中毒、赤痢などのように人とサル以外にはおこらない病気もあり、また、チフス菌のように、人には重い感染症をおこすけれどもネズミでは腸炎しかおこさない、あるいは、逆に、ネズミにはチフスをおこしながら、人では食中毒にとどまるもの（*Salmonella Typhimurium*）など、動物と病原微生物の相互の関係はさまざまである。したがって、ボランティアに菌を飲ませて発症の有無を見ることは、人に対するその菌の病原性を確かめる最も直接的な方法と言える。

人体実験による発症量

このような考えをすすめて、多くの食中毒病原菌について、発症の有無と、もし発症すれば、その菌数の多少について、研究者自身、あるいはいわゆるボランティアによる人体実験が行われている。それらの実験の結果、求められた摂取菌数－発症の関係を表1に示した（Bryan, 1979、文献1、の表を短縮・簡略化した）。

表1 食品由来病原菌の菌数－発症率（ボランティア実験）

微生物・種	菌株	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁹
赤痢菌 <i>Sh. dysenteriae</i>	(1) (M131)	+	++	+++						
<i>Sh. flexneri</i>	(2a)			+	+++	++++	++++	++++		
コレラ菌 <i>V. cholerae</i>	inaba 569B *1					—	—	++	++	
	inaba 569B *2			+++	+++++	*3				
サルモネラ <i>S. newport</i>					+	++				
<i>S. anatum</i>				—	—	++	+	+		
<i>S. derby</i>						—	++			
病原大腸菌 <i>E. coli</i>	O11:B4					+++		+++	+++	
	O144:K?:H-			—	+			+++		
ウエルシュ菌 <i>Cl. perfringens</i>	type A (易熱性)									++++
エルシニア <i>E. enterocolitica</i>										++++

+= 1-25, ++= 26-50, +++= 51-75, ++++= 76-100 % が発症
1*: 緩衝液なしで、2*: NaHCO₃ とともに摂取; 3*: コレラ様の下痢

食中毒事例からの発症率推定

生命に危険をおよぼすような細菌については当然ながら人体実験は行えない。このような菌では食中毒の現場での摂取量のデータなどから、発症率を推定する。

また、一般の食中毒細菌についても、食中毒事件にあたっての調査から、問題となる食物を食べた人数、食べた量、その中で発症した人数などが分かり、さらに食品が良い状態で残されて、その中に食中毒菌が検出でき、数を知ることができる場合もある。このようなときには、これらのデータから発症量を推定することができる。

このように、実際の食中毒事件から推定された発症量は、ボランティアによる実験に比べると、何桁も小さいことが多い。たとえばサルモネラについても、表1では10⁵~10⁷が最低の発症量になっているのに対して、食中毒事件例から推定された最低発症数は10¹~10⁶が大部分で、10¹~10²程度の数値も多く見られる。

このような大きな差が生ずる理由については、まず、人体実験でボランティアを勤める人たちの多くが抵抗力の高い成人男性であり、また、多くの実験では細菌の培養液を飲んでいるということがあげられる。

実際の食中毒事件では、患者には年寄り、子供、免疫力の低下している慢性病患者、妊婦などが含まれる。さらに、チョコレート、ハンバーグ、チーズなど、菌を胃腸内の殺菌作用から保護する食べ物と一緒に摂取している例が多い。

発症率の解析

現在まで、多くのサルモネラ食中毒事件について、推定された原因食を食べた人数、その中で発症した人数、さらに推定原因食品の中のサルモネラ菌数などについてのデータが蓄積されている。わが国では法令によって集団給食のサンプルを保存することになっているので、食中毒が起こったときにはその追跡が容易にできるようになっている。下記の図1では、わが国のデータが多く含まれている。

図1では、過去のいくつかのサルモネラ食中毒事件から得られた摂取量－発症率のデータ（■印）と、それらデータが当てはまるようにつくられた摂取量－発症率の分布曲線である（文献2）。

このような摂取量－発症率のデータから、両者の関係を表すための理論モデル、それに基づく関係式については、さまざまなものが提案されている。図1の曲線は、データがベータ・ポアソン分布に従うと仮定して描かれている。

食中毒事件から得られる発症数のデータは、多くの場

合、年齢、健康状態の異なる多くの人々についての観察から得られる。また、多くの事例では原因食が失われたり、あるいは不適切な保存のために菌数が変わってしまったり、実際に人々が取り込んだ菌数は推定しにくい。また、その食品を実際に食べた人数、発症した人数についても、多くの場合不確実である。そのため、得られた多くのデータを同じ基準で比較することが難しい。

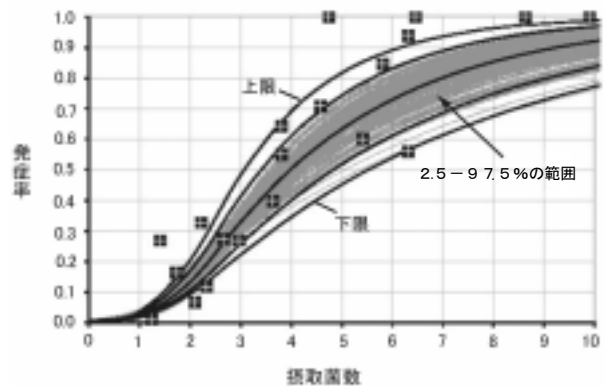


図1 食中毒事件でのサルモネラ摂取数－発症率データとそれにもとづく摂取量－発症率の推定曲線

図1に示した分布曲線では、このような不確実性を考慮に入れて作り直した5000のデータについて、それぞれ関係式への当てはめを行った結果をまとめて示してある。曲線のセットの上限・下限、また、全データの2.5－97.5%が収まる範囲、さらに全データからの期待値（中央）を太い曲線で示してある。

この図と、実際の発症菌数データを比較すると、発症菌数の低い場合、中程度の場合に、実際のデータと分布曲線が比較的良好に一致している。

食中毒データのこのような解析によって、10⁵、10⁶といった多数の菌を摂取することによって、発症するかどうかを知ることだけでなく、分布曲線を外挿することによって、10⁰、10²というような、ごく僅かの細菌による、わずかの（たとえば1%程度の）発症率も推定する可能性が得られる。様々な摂取量に伴う、このような発症の確率は、その食中毒細菌の現場でのリスクを解析するための貴重なデータになる。

食中毒細菌の摂取量と発症率については、現在まで、サルモネラについてのデータが最も多く集められている。図1の結果からは、摂取菌数から発症の可能性を正確に推定することは、まだ出来ないけれども、そのような方向に向けての大きな一歩と見ることができるだろう。このような定量的なデータの積み重ねと、よりよい解析手法の開発によって、食中毒細菌のリスク管理も、さらに精度の高いものになっていくことが期待される。

（清水 潮 元東京大学・広島大学教授）

文献

- 1) Bryan, F. L. 1979. Epidemiology of food-borne disease, p. 28-29. In: H. Riemann, and F. L. Bryan (eds), Food-borne infections and intoxications 2nd ed. Academic Press, New York
- 2) Risk Assessments for Salmonella in Eggs and Broiler Chickens, World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, pp 306, 2002

食 品 加 工 と 微 生 物

その41. 卵で起こりやすいサルモネラ 食中毒（1）

依然重要なサルモネラ食中毒

サルモネラ食中毒はわが国の代表的な食中毒の一つで、長い間、発生件数でも、患者数でも、腸炎ビブリオと首位の座を競い合ってきた。サルモネラ食中毒は腸管出血性大腸菌O157が大発生した平成8年においても、細菌性食中毒959件中350件、患者数3万8408人中1万6334人（死者3人）で、腸管出血性大腸菌の179件、1万2113人（うちO157約9000人）に比べても圧倒的に多い。その後もサルモネラ食中毒は平成8年から1年にかけて事件数が急増しているが、この傾向は腸炎ビブリオも同様で、その原因はO157事件以来食中毒に対する関心が高まったことや、それまで届出のなかった患者1人規模の散发事例が増えたことなどによるとと思われる。平成12年以降は衛生対策が徹底したこともあって大きく減少している。

平成19年の食中毒発生件数は1289件、患者数33,477人（死者7人）であったが、そのうちサルモネラ食中毒は126件、患者数3,603人であり、一時より減少したとはいえ、事件数ではカンピロバクター（416件）、ノロウイルス（344件）について第3位、患者数ではノロウイルス（18520人）について第2位と、依然重要であることには変わりがない（表1）。

最初に発見された食中毒細菌

もともとサルモネラ（*Salmonella*）は1885年に豚コレラの原因菌としてSalmonとSmithによって発見された菌である。このサルモネラ属菌と食中毒の関係が明らかになったのは1888年のことで、Gärtnerが現在のS. Enteritidis（SE、ゲルトネル菌）を子牛の肉による急性胃腸炎患者から分離し、その食中毒の原因菌とみなしたことによる。それまで多くの食中毒はプトメインと呼ばれる架空の腐敗物質によると考えられていたが、これにより食中毒が細菌によって起こることが明らかにされたのである。その後同様な菌がヒトや動物から次々と発見され、1900年にこ

表1 平成19年原因物質別食中毒発生状況（厚労省）

原因物質	総数		
	事件数	患者数	死者数
総数	1,289	33,477	7
細菌	732	12,964	—
サルモネラ属菌	126	3,603	—
ぶとう球菌	70	1,181	—
ボツリヌス菌	1	1	—
腸炎ビブリオ	42	1,278	—
腸管出血性大腸菌（VT産生）	25	928	—
その他の病原大腸菌	11	648	—
ウェルシュ菌	27	2,772	—
セレウス菌	8	124	—
カンピロバクター・ジェジュニ／コリ	416	2,396	—
ナグビブリオ	1	1	—
その他の細菌	5	32	—
ウイルス	348	18,750	—
ノロウイルス	344	18,520	—
その他のウイルス	4	230	—
化学物質	10	93	—
自然毒	113	355	7
植物性自然毒	74	266	4
動物性自然毒	39	89	3
その他	8	20	—
不明	78	1,295	—

れらの菌群は、*Salmon*の名にちなんで*Salmonella*と命名された。

わが国で初めてサルモネラが注目されたのは1936年に浜松市で起きたSEによる大福餅食中毒事件（患者2,201名、死者44名）によってである。その後わが国で発生したサルモネラ食中毒原因菌のほとんどはSEであったが、1950年代以降、アメリカからの食料援助にともなってS. Typhimurium（ネズミチフス菌）が主流となり、その後は食料輸入の増大にともなって多種類の血清型がみられるようになった。しかし1985年頃からはイギリスから輸入された種鶏によってもたらされたSEが急増し（図1）、現在はこれが食中毒原因の90%以上を占めるようになって

いる。また、サルモネラ食中毒は学校給食や仕出し弁当によるものが多いこともあって大規模に発生する例が多い。1996～2005年における患者数500人以上の大規模食中毒事例41件のうち11件がサルモネラであった。最近のサルモネラ食中毒に共通した特徴はSEによる、卵が原因の事例が多いことである。

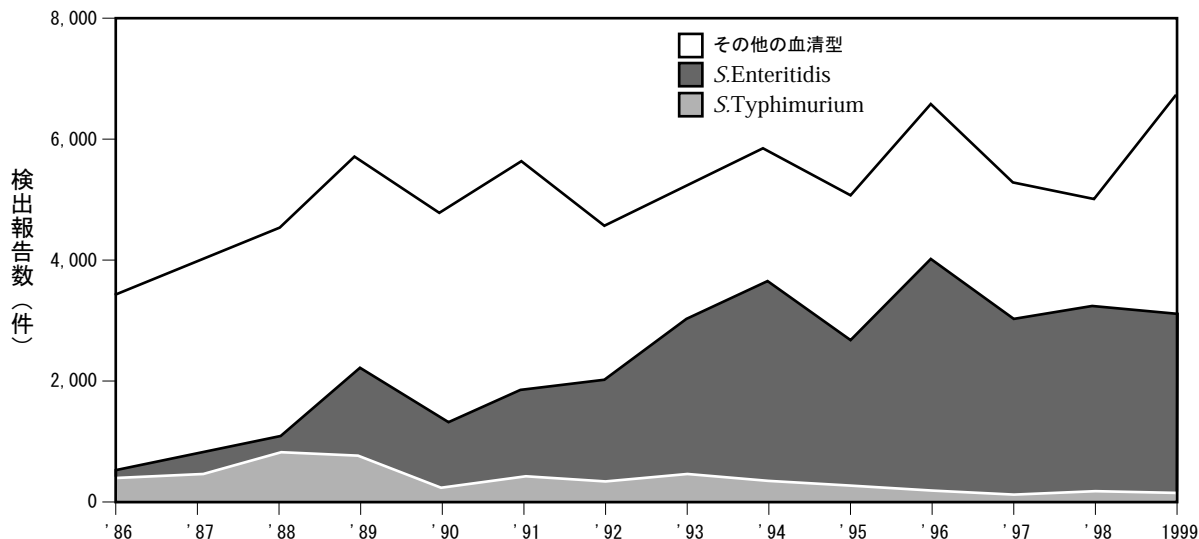


図1 全国の衛生研究所および保健所で分離されたヒト由来サルモネラ属菌の検出状況（1986～1999年）（石田ら）

サルモネラの特徴

サルモネラは大きさ $0.7\sim1.5\times2\sim5\mu\text{m}$ のグラム陰性、無孢子の桿菌で、周毛性の鞭毛を有し、 $5\sim46^{\circ}\text{C}$ （至適温度 37°C ）、 $\text{pH}4.5\sim8.0$ の範囲で増殖できる（表2）。ただし下限 pH は用いる酸によって異なり、塩酸では4.0、乳酸では4.4、酢酸では5.4である。増殖可能な水分活性の下限は0.94、耐熱性は比較的強く、 $D_{60^{\circ}\text{C}}=3\sim19$ 分である。通性嫌気性で、大部分はグルコースを分解して酸とガスを産生する。一般に硫化水素を産生し、この性状は他の腸内細菌から本菌を区別する重要な鑑別性状とされている。

項 目	厚労省資料	FDA資料
温度	$5\sim45.6^{\circ}\text{C}$	$5.2\sim46.2^{\circ}\text{C}$
pH	$4.5\sim8.0$	$3.7\sim9.5$
最低水分活性	0.94	0.94
最高食塩濃度	—	8%

表2 サルモネラの増殖範囲

サルモネラは分類学的には腸内細菌科に属し、*Salmonella enterica*と*S. bongori*の2菌種に分けられ、前者はさらに5亜種に分けられる。ヒトや動物から分離されるサルモネラはほとんどが*S. enterica*である。サルモネラはまた疫学的手段として約2,500の血清型に分けられている。このうち食中毒菌としてもっとも重要な血清型はEnteritidis（ゲルトネル菌）とTyphimurium（ネズミチフス菌）である。このほか、Typhi, Paratyphi-AおよびSendaiはヒトの腸チフス、パラチフスの原因菌として重要である。

サルモネラはウマ、ウシ、ニワトリなどの家畜の腸管内に広く分布している菌群であり、食肉、乳、卵やそれらの加工品を介してヒトに食中毒を起こす。

サルモネラ食中毒の潜伏期は12～24時間で、主要症状は急激な発熱、頭痛などの全身症状と、嘔吐、下痢、腹痛などである。一般に1週間以内に回復する。

サルモネラの発病因子として腸粘膜表面への接着と粘膜上皮細胞への侵入の2つの因子が重要であるといわれている。

原因食品は卵料理や卵の製品が多い

サルモネラ食中毒の原因食品（図2）は食肉、鶏肉、鶏卵、牛乳およびそれらの加工品などが多い。そのうち現在急増しているSE食中毒は、SE汚染鶏卵やそれを使用した自家製マヨネーズ、アイスクリーム、ババロア、タマゴサンドイッチ、オムレツ、とろろ汁、卵納豆などがおもな原因食品である。サルモネラは 60°C 、15～20分程度の加熱で死滅するが、これらの食品はほとんど無加熱か、加熱程度の低い食品であり、原料として用いた鶏卵中の

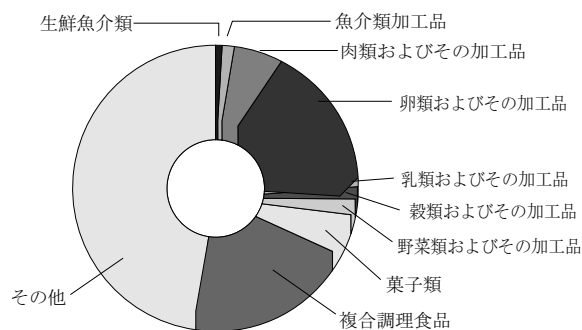


図2 サルモネラ食中毒の原因食品（1998～2000年）

SEが食品の製造・貯蔵中に増殖したものと思われる。とくに液卵のサルモネラ汚染率が高いことが指摘されている。

ふつう市販されている殻付き卵のSE汚染率は0.01～0.03%と低いが、食中毒の原因となった鶏卵では1～3%程度と高い。このような鶏卵のSE汚染の原因は、養鶏場内が糞便中のSEで汚染されており、また採卵鶏の卵巣内や腸管内がSE汚染されているため、産卵時にSEが卵内に排菌されたり、腸管内のSEが卵を汚染する。

以下ではサルモネラ食中毒事例をいくつかみてみよう。

自家製ドレッシングで起こったサルモネラ食中毒

まず、平成6年奈良県生駒市での事例をみてみよう。この食中毒は学校給食が原因であったため20校に及び、摂食者11,686名、患者1,529名と大規模なものとなった。患者は6月3日から現れ、その主な症状は腹痛81.3%、下痢52.9%、頭痛51.3%、発熱39.2%、吐き気28.4%、嘔吐10.1%であった。原因は患者糞便54検体中36検体より同じファージ型のSEが検出されたため、本菌によるものと断定された。

原因食は6月3日の酢の物に使われた調味料であった。この調味料は、当日不足したため、何回かに分けて、酢、醤油、砂糖を大型ミキサーで混合して自家調製したものであった。このミキサーは6月1日にカニスープ用の溶き卵を作る際に、割卵を攪拌するために用いられており、使用後は $55\sim60^{\circ}\text{C}$ の湯で洗浄されただけで、2日間室温放置されていたことが分かった。食中毒の発症率（平均13%）に学校差がみられたが、発症率が約40%と高い3校は同時に調製された調味液が用いられており、しかも一番先に調理されたものであることも分かった。

以上のことから、本中毒はSEに汚染された殻付き卵の攪拌に用いたミキサーの洗浄に用いた湯の温度が低く、十分洗浄・殺菌されないまま、2日間室内に放置されていたため菌が増殖し、調味液の調製には加熱操作を伴わないため、そのまま二次汚染したものと推定される。

（藤井建夫：東京海洋大学名誉教授、
山脇学園短期大学食物科教授）

アサマ化成株式会社

E-mail : asm@asama-chemical.co.jp
http://www.asama-chemical.co.jp

・本社／〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町20-3 TEL (03) 3661-6282 FAX (03) 3661-6285
・大阪営業所／〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-6-13 御幸ビル TEL (06) 6305-2854 FAX (06) 6305-2889
・東京アサマ化成／〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町16-5 TEL (03) 3666-5841 FAX (03) 3667-6854
・中部アサマ化成／〒453-0063 名古屋市中村区東宿町2-28-1 TEL (052) 413-4020 FAX (052) 419-2830
・九州アサマ化成／〒811-1311 福岡市南区横手2-32-11 TEL (092) 582-5295 FAX (092) 582-5304
・桜陽化成／〒006-1815 札幌市手稲区前田五条9-8-18 TEL (011) 683-5052 FAX (011) 694-3061