

アサマニュース

パートナ

1994- 3 No. 39

食 品 衛 生 三 講 座

39. 最近の食中毒発生の傾向とその特徴

(その2) 鶏卵によるサルモネラ食中毒とその予防対策

前号で述べたように、最近わが国の細菌性食中毒の発生状況に大きな様変わりが見られ、昭和63年に北海道で1事件で10,000人を超すかつてない大規模のサルモネラ食中毒が発生し、また平成元年からは、世界的に関心の持たれているゲルトネル菌 (*S. Enteritidis*) 食中毒が流行し始め、3年には患者数で腸炎ビブリオを抜き首位の座を占めるようになった。サルモネラは家畜や家禽に広く分布しているところから、食肉、食鳥肉や酪農製品がサルモネラ食中毒の原因食品になることが多い。しかし、ゲルトネル菌による食中毒の原因食品として今各国で話題となっているのは鶏卵である。鶏卵とサルモネラについては、すでに本シリーズで「サルモネラ食中毒についての最近の話題」として取り上げたことがある(アサマニュースNo. 22、1991年5月号)。今回は鶏卵によるサルモネラ食中毒の予防対策を中心に解説する。

1. サルモネラの増殖条件

(1) **温度**：サルモネラの最低増殖温度は5.2～6.8℃である。ただし、低温下では増殖速度では極めて遅く、6℃では5日から増殖が認められるようになり、8℃では3日、10℃では2日から増殖が見られるようになる。食品中では通常10℃以上でなければ増殖しない。

(2) **pH**：サルモネラの最低増殖pHは4.05～4.25。pH6～8の中性域では最低増殖温度は5～6℃であるが、pH5では9℃以上でないと増殖しない。また、有機酸の種類によって増殖可能pHが異なっている。塩酸やクエン酸ではpH4.05でも増殖できるが、酢酸やプロピオン酸ではpH5.4～5.5であって、pHとして約1.5の差が見られる。マヨネーズには通常酢酸が使用されているが、pH4のマヨネーズにサルモネラを接種した実験では24時間後に2オーダー以上の菌数が減少している。

(3) **食塩濃度(水分活性)**：食塩濃度が7～9%になるとサルモネラは増殖できない。食塩が4%、pH5.6では15℃以上で増殖するが、6%となると18℃以上でないと増殖できない。

2. 卵内でサルモネラは増殖するのだろうか？

都衛研の伊藤博士によると、卵内に10個のゲルトネル菌を接種して4℃で保存したときには増殖は認められなかったが、10℃保存では20日後に100倍に増加したとい

う。保菌卵(ゲルトネル菌)の場合、10℃以上の保存では増殖する。8℃以下の保存温度では一般にサルモネラの増殖は抑制されるが、汚染菌量が多く、かつ保存期間が長くなれば、増殖する危険性が出てくる。

3. 卵製品中でのサルモネラの増殖・死滅

(1) **卵焼き**：卵焼きの表面にサルモネラ(ネズミチフス菌)を実験的に接種し、10°、15°、20°および35℃に保存したところ、10℃保存区では4日後にサルモネラの増殖は見られなかった。15℃保存区では12時間後よりサルモネラは徐々に増加したが、30℃保存区では12時間で中毒を引き起こすほどの菌量まで増加した。

(2) **マヨネーズ**：pHが4前後の市販マヨネーズにネズミチフス菌、インファンテイス菌(*S. Infantis*)およびトンプソン菌(*S. Thompson*)を接種して、25°、30℃に保存テストをしたが、サルモネラ菌は増殖しなかった。これはマヨネーズに含まれる食酢の作用とされている。欧米で発生するサルモネラ食中毒は調理施設の自家製マヨネーズが原因となった事例が多い。マヨネーズ中に菌が混入しても時間の経過とともに食酢の作用で殺菌される。しかし、自家製マヨネーズの場合、作ってすぐサラダ等に加えるため、酢酸濃度が薄まり、殺菌作用が低下する。わが国でもかつて学校給食で自家製マヨネーズを用いたサラダでしばしばサルモネラ食中毒が発生したことがあるが、市販のマヨネーズに切り換えることによりこの種の食中毒は激減した。

(3) **サラダ**：平成元年9月東京都内の某病院でポテトサラダにより105名のゲルトネル菌食中毒が発生した。作りたての自家製のマヨネーズをまだ温かいポテトに混ぜたもので、このマヨネーズに加えた酢酸は通常の10分の1量と少なかった。手作りのおいしさを訴えるつもりか、経費節約のつもりか知らないが、100名以上の入院患者がサルモネラ中毒にかかり、結果的に病院にとっては大変高価なサラダになった。ポテトサラダもpH5以下ではサルモネラは増殖しにくい。pH5以下の市販サラダに菌を接種し、25°と30℃での保存試験ではサルモネラの増殖は見られず、保存温度が高いとむしろ菌が死滅したという。

4. 卵製品の加熱処理と

サルモネラの死滅効果

サルモネラの耐熱性(熱抵抗性)は、菌の血清型(種類)、食塩濃度、pHや食品成分によって違ってくる。

(1) **液卵**：卵黄中でのサルモネラの耐熱性は卵白や全卵中よりも高い。ゲルトネル菌の60℃におけるD値(菌数を10分の1にするのに必要な時間)は、卵黄液では66秒であるのに対

し、卵白では12秒、全卵では24秒である。全卵中のサルモネラは、60℃加熱では、1.5分ないし10分間の加熱処理で死滅する。米国で奨励されている卵黄や全卵の殺菌条件は、60℃、3.5分、卵白が56℃、3.5分であるが、この加熱処理ではほとんどのサルモネラが死滅する。しかし、英国で発生頻度の高いゲルトネル菌（ファージ型4）は他のサルモネラより耐熱性が高いことが指摘されているので注意しなければならない。

(2)卵調理食品：いり卵（スクランブル）中におけるサルモネラの耐熱性を測定したハンフリー（Humphrey, T. J. ら、1989）のデータを表1に示した。これから分かるように、高い温度（約83℃）で短時間処理した場合にはサルモネラは死滅するが、低い温度（約74℃）で調理した場合にはほとんどのサルモネラは生き残っている（表1参照）。次に、生卵の中心部に100個から1億個のゲルトネル菌を接種し、ゆで卵とした場合のサルモネラの生存度を測定したハンフリー等の成績を表2に示した。これから分かるように、菌数が10万個以下のときは、ゆで時間9分間でサルモネラは完全に死滅した。この際、卵の中心温度は65.5℃であった。しかし、それ以上菌数が多くなると10分以上の加熱が必要になる。

表1 いり卵（スクランブル）中のサルモネラの生存

供試菌株	接種菌量 (Log)	生残数/ 試験数	中心部の温度 (℃)	調理時間 (分)
高温・迅速調理 鶏卵関連菌株 ^{*1}	6.09±0.13	0/15	82.8±1.1	1.2
センフトンベル グ菌 ^{*2}	6.6 ±0.5	2/3	82.3±0.3	1.2
中温・低速調理 鶏卵関連菌株 ^{*1}	5.9 ±0.1	27/30	73.9±0.8	3.1
センフトンベル グ菌 ^{*2}	6.22±0.2	6/6	74.7±0.8	2.7

(Humphrey, T. J. et al., 1989)

^{*1}:ネズミチフス菌(S. Typhimurium PT110)、ネズミチフス菌(S. Typhimurium PT141)、
ゲルトネル菌(S. Enteritidis PT4)、ゲルトネル菌(S. Enteritidis PT8)、
ゲルトネル菌(S. Enteritidis PT13a)を混合した菌液を接種
^{*2}:S. Senftenberg 775W

表2 ゆで卵中におけるゲルトネル菌の生存

接種菌量 (Log/卵黄)	ゆで時間 (分)							
	4	5	6	7	8	9	10	
8	+	+	+	+	+	+	+	±
7	+	+	+	+	+	+	+	—
6	+	+	+	+	+	+	+	—
5	+	+	+	+	+	—	—	—
4	+	+	+	+	+	—	—	—
3	+	+	+	+	±	—	—	—
2	+	+	+	+	±	—	—	—
卵黄中の 到達温度(℃)	56.2	57.6	57.9	59.1	64.5	65.5	68.6	

(Humphrey, T. J. et al., 1987)

ワンポイント・レッスン

鶏卵や卵製品によるサルモネラ食中毒予防対策

- 鶏卵は信頼できる業者から仕入れて使用すること。
- できるだけ新鮮な卵を選び、殻にひび割れの入ったものや糞便の付着している卵は使用しないこと。
- 市販の鶏卵表面はしばしば汚染されているので、割卵する際には卵の表面を洗浄すること。

- サルモネラの増殖を防ぐため、鶏卵は8℃以下、できれば5℃以下で保存すること。
- 液卵を使用するときには、低温殺菌したものを使用し、使用するまで8℃以下で貯蔵すること。
- 鶏卵の保存期間は1週間を限度とし、それ以上長期間保存しないこと。
- 調理施設では、鶏卵の必要個数だけ冷蔵庫から取り出すこと。冷蔵庫から室温に置き、再び冷蔵庫に入れると卵殻の表面に結露し、この水を介して細菌が内部に侵入し、卵の内容物を汚染することになる。
- 卵製品の調理に当たっては、中心部の温度が63℃以上になるように加熱し、十分に火を通すよう注意すること。
- 調理済みの食品は室温に3時間以上放置しないこと。
- 卵焼きなどの調理食品は10℃以下、できれば5℃以下で保管、流通すること。
- マヨネーズは市販の製品を使用するようにし、決して自家製造をしないこと（現在のマヨネーズ工場では殺菌卵を使用しているし、pHの調節など微生物制御技術などが徹底しているので、サルモネラに対しては安心して使用できる）。
- ポテトサラダなどはしばしば食中毒の原因となるが、調理・加工に当たっては、十分な量のマヨネーズを加え、pHや酸度を調べ、できるだけ速やかに使用すること。
ゲルトネル菌食中毒の多発している現状から、最近WHO（1993）では各国政府に対し次のような勧告を行った。まず、食品製造、サービス業界および小売店に対しては、可能な限り、加熱殺菌した卵を使用し、生または未調理の卵を含む食品を提供しないこと。殻付き卵の輸送および保管は10℃以下とすること。次に食品の取り扱い者に対しては、上述以外に、調理食品の二次汚染の防止、特に老人、乳幼児、妊婦および免疫力の低下したヒトに卵を含む食品を提供するときには、食品のすべての部分が最低70℃に達するまで調理加熱するよう指摘している。

(河端俊治：日本食品・環境保全研究会会長・農学博士)

微生物に関する12章

はじめに

人類はその発生以来、先住者の微生物とかかわりが連続と続いてきたが、今後も永遠に交わっていかねばならない関係にある。従ってわれわれ人類が生存し繁栄するためにはこの微生物の実体を善きにつけあしきにつけ、よく把握しておかねばならない。このシリーズでは12回に分けて解説するが、微生物の実体を良く理解するための手助けになれば幸いである。

第1章 微生物はいたる所に生息している

約40億年前に太陽系の一員として誕生した地球上においては、化学的な変化が進み、次いで無生物より原始的生物が約30億年前に光合成細菌として発生したといわれている。そして16億年前に原核細胞が進化して真核微生物が生まれた。原核細胞と真核細胞については第2章で述

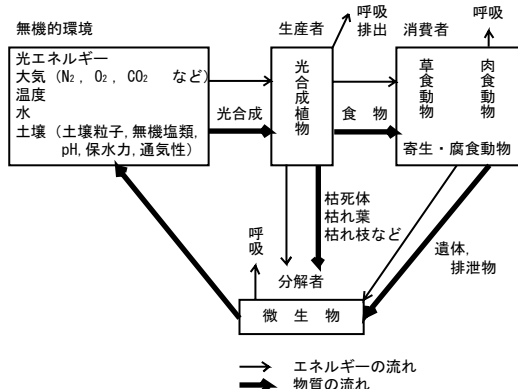
べるが、真核細胞では遺伝を司る核が核膜に囲まれていて、他の諸機能も分化独立しているのが原核細胞との大きい相違点である。

その後長い年月を経て生物の進化が行われ、地球上の環境の変化に対応できる生物群が現在の地球上の生物相を形成している。

1. 生態系での微生物

微生物は地球上の生態系において、分解者として植物（生産者）と動物（消費者）と相互に関係しながら、光エネルギー、水、二酸化炭素、塩類と物質のやり取りやエネルギーの受け渡しを行うことによって結びついていて、調和のとれた系、すなわち生態系を形造っている。このような生態系を図示したのが図1である。しかし生態系がアンバランスになると、3者すべてに影響が及んで生産者の植物の枯死、動物の生存がおびやかされることとなる。

図1 生態系と環境



微生物は自然界のあらゆるところに存在するが、高等生物の生息が不可能なところでも生存、生育することができる。その理由は、微生物は多種多様であって適応性に富み、抵抗性が大きくかつ増殖力が極めて大きいことに起因すると考えられる。例えば8,000m以上の高山の山頂、南極洋のような寒冷海域、深さ10,000mに及ぶ海溝、地下深い油田、火山地帯、海中火山地帯、温泉などからそれらの異常環境に耐える微生物が分離されている。最適温度が105℃という微生物や250℃で増殖できる細菌が3,000mの海中火山地帯から分離されたという報告がある。さらに酸素のないところ、0℃以下の低温環境、pH0付近の強酸性の条件下でも生育できる菌が見い出されている。以上のように微生物は高等生物の生息できないところでも生存、増殖できる能力をもっているため、高等生物の存在する地帯には多種多様の微生物が活動しているのも当然と言わざるを得ない。

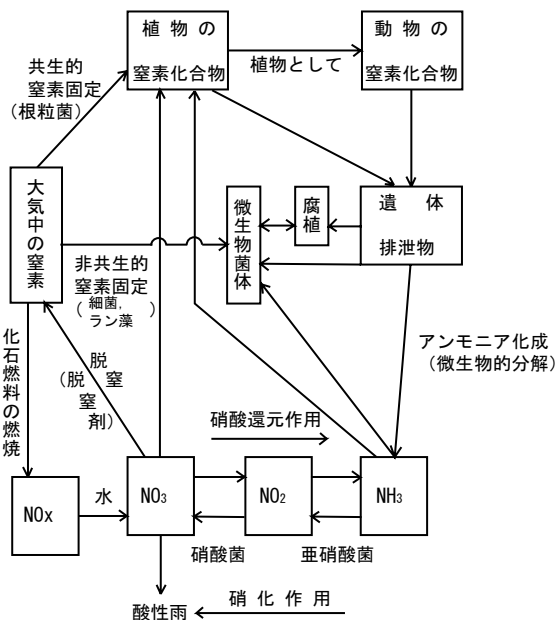
2. 土壌中の微生物

土壌には微生物の宝庫として細菌、放線菌、糸状菌、酵母、藻類、原生動物などほとんどすべてのものが存在しており、その種類といい、数量的にも自然界で最も多い。しかしその数量、種類はともに土壌の環境条件や生育する動植物などによって変動することは言うまでもない。

土壌中の微生物のうちでは細菌が最も多く、畑地の乾土1g当たり 10^7 程度存在するのが普通であって、これらの細胞は硝化細菌、脱窒菌などのような土壌固有型のものと有

機物が存在すると急速に増殖する醗酵型のものに区分することができる。細菌に次いで多いのが放線菌であって表土では $10^5 \sim 10^6$ /g存在し土臭の原因といわれ、いろいろの物質の分解に寄与している。糸状菌は乾土1g当たり $10^4 \sim 10^5$ 程度分離されるのが普通であって、炭水化物やたん白質などの有機物の分解にあずかっている。酵母は土壌中には少ないが、果樹園土壌では比較的多く見い出されている。これらの微生物は自然界での物質循環に大きい役割を果たしていて、有機物の分解、硝化、窒素固定などを行うことによって植物の栄養成分を生産しその生育に大きく役立っている。図2は自然界における窒素の循環を示したものである。

図2 窒素の循環



すなわち動植物の遺体、排泄物を利用して微生物の細胞が形成されるとともに、窒素化合物から生成されたアンモニアは植物や微生物の窒素源として直接利用される一方、亜硝酸次いで硝酸に酸化されて同様に植物、微生物に利用される。硝酸は脱窒菌によって窒素となり空中に放出されるし、逆に大気中の窒素が細菌による窒素固定によって微生物細胞の構成に役立つし、根粒細菌との共生により植物の窒素化合物としても利用される。このように固定された窒素やアンモニア、硝酸の無機窒素は植物や微生物に取り込まれて有機窒素に変換され、これがさらに動物の発育のための重要成分に変わっていくことになる。このような循環が調和のとれた状態で進行して正常な生態系が形成されることになるが、いずれかの原因でアンバランスとなると生態系が崩れ、生物にとって好ましくない状態となる（循環破壊）。現に地域的にはアンバランスとなっていて生物種が減少しつつあることも事実である。さらにまた空気中に放出される窒素酸化物（NOx）は、化石燃料に含まれる窒素化合物の酸化とともに高温燃焼による大気中の窒素ガスの酸化により生成される。このNOxは大気中の水と反応して硝酸となり、硫酸化合物より生成する硫酸とともに酸性雨の原因の1つとして森林の枯渇、湖沼中の生物の死滅を来すし、さらに大理石

彫刻や建造物のコンクリート壁面の溶解（腐蝕）の原因ともなる。

動植物体を構成する有機化合物は主として緑色植物の光合成によって二酸化炭素と水から形成されるが、その中の有機炭素の一部は呼吸によってCO₂となるが、その遺体が種々の微生物によって分解されてCO₂となることが多い。一方嫌氣的にメタン菌によってメタンに還元されそのまま大気中に放出されたり、メタン酸化細菌によって酸化を受けてCO₂になることもある。

植物遺体のうち構成成分であるセルロースやヘミセルロースなどは土壌微生物により分解されるが、リグニンなど分解されにくいものは微生物菌体と混じって腐植となりこれが長年月の間に多量蓄積して泥炭、石炭、石油などの化石燃料となる。

地球上の二酸化炭素は大気(1)、陸上(3)、海洋(50)の順に含有量が多くなっているが、近年の化石燃料の燃焼量が増加してこれによる地球温暖化が懸念されている。

土壌中では硫黄の循環も微生物に依存することが多く、硫酸塩の形で植物に利用され含硫アミノ酸（システイン、シスチン、メチオニン）、その他の硫黄化合物に変換される。動植物が死滅するとこれらの有機硫黄化合物は微生物により分解されてH₂Sとなるし、硫酸塩が硫酸還元菌によっても直接H₂Sが生成されることもある。H₂S硫黄酸化細菌の作用によって硫黄を経て硫酸塩が形成される。化石燃料に含まれている硫黄は燃焼によって二酸化硫黄となり大気中に放出されるが、これが大気中で酸化され三酸化硫黄となり水分と反応して硫酸となる。これが酸性雨や酸性霧の正体となって既述の硝酸と同様に森林、湖沼などの生態系の破壊の原因となり、この酸性雨は発生源の近辺のみではなく地球規模での有害性が顕著となりつつある。

磷は岩石や堆積物中に含まれていてこれが浸食されてリン酸塩となり生態系の中に取り込まれ、植物、動物、微生物に利用されてから無機化されて循環するが、炭素や窒素に比べると不完全であって多量の磷がサイクルから脱落する。リン酸塩が河川、湖沼、海洋に堆積すると窒素化合物と共に富栄養化の原因の1つとなり生態系の破壊を来すことになる。

3. 大気中の微生物

大気中には微生物がそれ自体あるいは塵埃粒子や水滴と共に浮遊していて、数千mの上空でも見い出されている。しかし大気中では増殖することはできないので大気特有の微生物相は一定しないが、乾燥に抵抗性のある細菌やかび胞子などが浮遊していることが多い。これら大気中の微生物は主として土壌に由来するものであって、土壌の性状、動植物の存在、気候、風雨などによって影響を受けることは言うまでもない。

4. 水系の微生物

自然界の淡水は、大気中の水、地表水、地下水に分けら

れるが、それぞれの環境条件により微生物相が決まる。地下水は土壌層による濾過により菌数は極めて少ないが、河川、湖沼のような地表水には水系固有微生物とともに土壌由来菌も含まれることになるが一般にその菌数は少ない傾向がある。しかし排水、汚水が流れ込むときは菌数が急激に増加し、汚濁とのバランスがとれているときは有機物は酸化分解を受けて河川の自浄作用が行われることになる。しかし有機物流入があまりに多くなると自浄作用はなくなり嫌気条件となりH₂SやCH₄の発生となり、好気性生物の死滅を来すこととなる。海洋では約3%の食塩を含むので好塩性の海洋細菌が優勢であり、そのほとんどは好冷細菌であって0℃付近の低温でも増殖可能である。一般に水系微生物の共通点としてはグラム陰性の運動性の桿菌が優勢であることは、土壌でのグラム陽性細菌の優勢であるのとは対照的といえる。海底の堆積泥にも多くの細菌が存在し、深海では好圧菌が見い出され、嫌気性菌はもちろん好気性菌も存在している。

5. 動植物体の微生物

動植物の体内外にはそれぞれの環境条件に応じて優勢菌が決まり特有の菌相をなしていることが多い。植物の地上部には多種多様の微生物が付着しているが、生育の旺盛な植物では無関係に根圏微生物、根粒菌として相互に影響を及ぼし合っている。動物においても体長、体内特に消化器官中に独特の菌群が生息し相互に影響を及ぼし合っている（例えば反芻動物のルーメン微生物、人体の腸内細菌）。

6. 微生物相互関係

微生物の分布と動植物、環境条件としての土壌、大気、水系との関係について述べてきたのであるが、これらの環境内では微生物はいろいろの種類のものが混在した混合系をなしているのが普通である。混合系における微生物群は相互に影響し合って、栄養物質、酸素、生活空間などの競合的な奪い合いが行われ、環境諸条件に最も適合するものが優勢となって他のものを圧倒することになる。一般的には増殖速度の大きい細菌群が優勢となることが多いが、細菌にとって不適当な条件のもとでは真菌類が優勢となる。このような微生物相互の関係を表現するために次の用語が用いられている。

混合系において相互に全く無関係に生育する場合を不偏共生といい、一方に対し他方が有利に働く場合を偏利共生と称している。共存する微生物が互いに有利になっている場合は相利共生といい、共存することによって新たな機能の発現する場合を相乗（共力、共同作用）という。これらに対して共存することで栄養成分、酸素、生活空間などを奪い合ったり、あるいは代謝産物によって抑制されることがある。この関係が拮抗（競合、抗生）と呼ばれている。

（芝崎 勲：大阪大学名誉教授・工学博士）

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