

## 食品の微生物変敗と 防止技術

### (19) 五平餅の微生物変敗と制御

#### 1. 五平餅

神道において神に捧げる「御幣」のかたちをしていることから「五平餅」の名が付いたといわれ、米の貴重な時代に「行事食」として多くの地方で食べられていた。このため地方では「郷土の味覚」の一つとして五平餅があり、その形はおにぎり型、きりたんぽ型、わらじ型、だんご型などさまざまな形があり、このように円形のほか、板五平と呼ばれる楕円形の五平もちもある。その形の成型工程は微生物二次汚染が多いことが考えられる。タレも色々な種類が存在し、みそには、くるみやごま、えごまなどを混合している場合もあるので微生物汚染が多い。エゴマをベースに醤油と砂糖で仕上げるのは木曽地方中北部から飛騨地方にかけての特徴である。五平餅は、伊那や木曽地方に伝わる信州の代表的な「行事食」である。ドライブインや道の駅、名所旧跡、高速道路のサービスエリアなどで販売され、真空パックの商品もあり品質上のトラブルの多い食品の一つである。

#### 2. 五平餅の微生物変敗

##### 2.1 五平餅の微生物

###### 1) 五平餅の製造方法

粳米を炊飯してこれを潰し、平たい竹串、あるいは割っていない割り箸に扁平な楕円形に練りつけ、一定の水分まで乾燥させたら型崩れしないように素焼きする。米は塩を入れ、水はやや硬めに炊き、炊飯直後の熱いうちに潰し、ご飯を粒がなくなるまで潰す。

焼き方はご飯の粗熱を取った後、五平餅を何も塗らずに白焼きし、ひっくり返してもう片面も同じように白焼きする。

醤油または味噌に、胡麻、胡桃、エゴマ、砂糖、油脂、酒、味醂を合わせてタレを作る。このタレを割り箸等塗りつけた五平餅に塗り、焼き上げる。まず片面にタレを塗り、表面が味噌によりぶつぶつして焦げ目がつくまで焼いたら、ひっくり返してもう片面にもタレを塗り、同様に焼く。2度焼きする場合もある。「ぞうり型」または「小判型」といえる扁平な楕円形に、ご飯を平たい竹または木の串に練りつけたものが多い。

###### 2) 五平餅の製造工程の微生物汚染と変敗

包装五平餅が製造後短時間（24～48時間）で液化するという現象が生じた。この原因を検討した結果、製品に付着した微生物により強力な $\alpha$ -アミラーゼが生産され、液化現象が生じたと考えられた。

梗精白米には微生物は少なく、*Bacillus*属細菌が $1.0 \times 10^3$  /g、*Penicillium*属カビ、*Aspergillus*属カビが30以下/gである。

蒸し米では*Bacillus*属細菌が $1.0 \times 10^3$  /gから $1.0 \times 10^2$  /gとなる。

しかし冷却後、米飯を手でまるめた場合で $3.0 \times 10^5$  /g～ $1.0 \times 10^5$  /gになり、さらに木柄をつけて包装した場合は $1.9 \times 10^6$  /g～ $3.5 \times 10^6$  /gに増加した。これに加熱処理（90～95℃、30分間）を行って製品としているが、この段階でも $1.0 \times 10^4$  /g～ $1.0 \times 10^5$  /gの耐熱性芽胞菌が生存した。ほとんどが*Bacillus*属細菌であった。

五平餅の製造工程での微生物の変化を表1に示した。

表1 五平餅製造工程での微生物の変化

製造工程	pH	生菌数(/g)	主要菌種
精白米 (A)		$1.4 \times 10^3$	<i>Bacillus</i> 、 <i>Aspergillus</i>
精白米 (B)		$3.7 \times 10^2$	<i>Bacillus</i> 、 <i>Aspergillus</i>
水		30以下	
蒸し米 (A)		$8.0 \times 10$	<i>Bacillus</i>
蒸し米 (B)		$6.0 \times 10$	<i>Bacillus</i>
無加熱包装品（木柄なし）(A)	6.20	$5.0 \times 10^5$	<i>Bacillus</i>
無加熱包装品（木柄なし）(B)	6.25	$3.0 \times 10^5$	<i>Bacillus</i>
無加熱包装品（木柄付）(A)	6.25	$1.9 \times 10^6$	<i>Bacillus</i>
無加熱包装品（木柄付）(B)	6.30	$3.6 \times 10^6$	<i>Bacillus</i>
加熱包装品（木柄付）(A)	6.40	$6.0 \times 10^4$	<i>Bacillus</i>
加熱包装品（木柄付）(B)	6.25	$1.1 \times 10^5$	<i>Bacillus</i>
液化品	5.95	$3.0 \times 10^6$	<i>Bacillus</i>

五平餅製造工程において冷却工程における*Bacillus*属細菌の汚染が多い。

液化現象の生じたドロドロの包装五平餅ではpHが5.95に低下し、生菌数は $3.0 \times 10^6$  /gであった。同程度の生菌数で液化現象を起こしていない製品もあることから*Bacillus*属細菌の菌種の相違が考えられた。五平餅の液化製品は数%以下の出現率であるところから原料米由来ではなく冷却工程での外部からの二次汚染であることが推測された。製造工場での米飯の冷却は窓を開放し、大型旋風機で行われていた。冷却工程の窓の下には干し草が多数積まれていた。そこで窓を開放したまま扇風機を用いた場合とスポットクーラーを用いた場合の生菌数の変化を測定した。製品によりバラツキはあるがスポットクーラーで冷却した方が扇風機で冷却した場合よりも約1/10程度生菌数が減少した。検出された微生物はいずれも*Bacillus*属細菌であったがどの製品においても液化現象は認められなかった。包装五平餅のpHは製造後2～3日で徐々に6.30～6.40から5.90～5.95に低下した。

液化した包装品より4菌株（*B. megaterium*、*P. polymyxa*、*B. circulans*、*B. mycoides*）と正常品な状態の向加熱包装品より4菌株（*B. mesentericus*、*B. cereus*、*P. macerans*、*P. polymyxa*）及び加熱包装品より1菌株（*P. polymyxa*）を分離した。こ

これらの菌株はいずれもでん粉分解力を示した。分離した9菌株でのん粉液化力と糖化力を測定した結果、いずれの菌株にも液化力があり、特に *P. polymyxa*、*B. circulans*、*B. coagulans* に顕著であり、これらの力価は2~3日で最大になり、培養時間の延長に伴い減少する傾向を示した。

包装五平餅の液化原因菌を検討すると、原料等由来の微生物の中で炊飯直後の *Bacillus* は  $1.0 \times 10^2 \sim 1.0 \times 10^3 / g$  であり、五平餅製造工程中の冷却時に *Bacillus* の二次汚染が認められ、 $1.0 \times 10^5 \sim 1.0 \times 10^6 / g$  となった。

*Bacillus* 属細菌の中で、米飯の腐敗に関与する菌種分類すると以下のようなになる、すえた臭気を付与して徐々に酸性化する菌種は *B. Subtilis*、*B. megaterium*、*B. cereus*、*P. polymyxa*、*P. macerans*、*B. circulans*、*B. alvei*、アルカリ性にする菌種は *B. pumilus*、*B. cereus*、米飯を腐敗させない菌種は *B. laterosporus*、*B. brevis* である。五平餅が細菌性の変敗を起こさないで、水分が10%程度低下すると *Aspergillus* 属カビ、*Cladosporium* 属カビ、*Penicillium* 属カビが増殖して表面が着色する。

### 3) 五平餅の微生物酵素による変敗

*Bacillus* 属細菌は増殖中に多量のアミラーゼを生産することが知られている。特に *B. subtilis* 属細菌のアミラーゼ活性が高い。またでん粉分解には *P. polymyxa*、*P. macerans* が作用して還元力のないデキストリンを生成する。特に *P. polymyxa* と *B. megaterium* は強力なアミラーゼ活性を有することが知られている。

包装五平餅の液化品より分離した *Bacillus* 4菌株 (No1 : *B. megaterium*、No2 : *P. polymyxa*、No3 : *B. circulans*、No4 : *B. mycoides*)、無加熱包装五平餅より分離した *Bacillus* 4菌株 (No5 : *B. mesentericus*、No6 : *P. polymyxa*、No7 : *B. cereus*、No8 : *P. macerans*)、加熱包装五平餅より分離した *Bacillus* 1菌株 (No9 : 未同定) 9菌株について培地で48時間培養後、そのろ液を酵素液として2.0%可溶性でん粉の分解活性を測定した。

反応開始後、経時的にヨード呈色度を測定し、ヨード呈色度消失時における還元力を測定した。併せて40℃、24時間反応後の分解率を測定し、細菌液化型アミラーゼはEDTA等のCa除去剤で失活するのに対し、糖化型アミラーゼは失活しないので、同時にM/20 EDTA共存化で分解率を測定した。

でん粉分解作用はヨード反応消失点における還元糖生成率がNo2 : *P. polymyxa*、No6 : *P. polymyxa*、No9 : *Bacillus* 未同定でそれぞれ15.6%、13.9%、13.7%であった。また、これらの菌株でのん粉の24時間後の加水分解率は約25~30%であった。

液化五平餅より分離した *P. polymyxa*、無加熱五平餅より分離した *P. polymyxa*、に強力なアミラーゼ活性が認められた。

強い液化力と糖化力を示した菌株でのん粉の加水分解生成物を検討した結果、No2 : *P. polymyxa* はG-2 (マルトース)、G-3 (マルトトリオース)、G-5 (マルトペンタオース)、No5 : *B. mesentericus* と No7 : *B. cereus* は、G-3 (マルトトリオース)、G-4 (マルトテトラオース)、G-5 (マルトペンタオース)、G-6 (マルトヘキサオース)、No6 : *P. polymyxa* はG-3 (マルトトリオース)、G-6 (マルトヘキサオース) を多く生産した。

プルランを基質として上記菌株による分解生成物を測定した結果、分解物の還元力は、可溶性でん粉と比較した場合に比較して弱かった。これらの菌株の生成物は80~90%がG-3 (マルトトリオース) であり残りがG-6 (マルトヘキサオース) であった。

### 4) 冷凍五平餅の解凍後の組織軟化

近年、五平餅冷凍品として、米を炊いてご飯を作り、ご飯を潰し、小判型や丸型等の形のご飯生地を作り、生地を串に刺して生地串刺を作り、この生地を火であぶって表面

に焼き色を付け、この生地串刺を包装袋により真空パッケし、熱水で殺菌した後に冷凍して保存可能なたれ付きの五平餅として流通している。

この冷凍五平餅出荷後、2~3ヶ月で解凍後、軟化している例が認められた。この原因を検討すると冷凍する前の五平餅に *Bacillus* 属細菌が多く付着して、冷凍流通時および解凍時に増殖して五平餅でのん粉を分解したことに起因した。*Bacillus* 属細菌は冷凍で死滅せず、冷凍温度、保存温度、解凍条件により増殖して五平餅を軟化させた。原因は米を炊いて、ご飯を潰し、小判型や丸型のご飯生地を作る工程で *Bacillus* 属細菌が二次汚染したことによる。冷凍温度によりさらに冷凍後の保存期間および保存温度により *Bacillus* 属細菌が増殖して五平餅を軟化させた (表2)。

表2 冷凍五平餅の保存期間および保存温度による微生物の変化

冷凍温度 (℃)	微生物菌数 (/g)				
	初発	14	30	60	90
-15	$7.2 \times 10^4$	$8.5 \times 10^4$	$2.8 \times 10^5$	$5.1 \times 10^5$	$1.5 \times 10^6$
-18	$7.2 \times 10^4$	$8.1 \times 10^4$	$1.3 \times 10^5$	$3.5 \times 10^5$	$5.2 \times 10^5$

五平餅などの食品の分散水溶液の凍結過程では氷核発生を経て氷結晶が成長しつつ、脂質の排除による凍結濃縮が進行する。食塩水溶液などの場合には、明確な共晶点が存在するが、糖溶液などの場合は現実的な凍結速度では共晶は認められていない。糖溶液などが共晶を生成しないのは溶液の高粘性による結晶化の困難性に起因する。五平餅のようにでん粉素材が存在する場合、水分、溶質の移動抵抗が大きく、凍結濃縮が部分的に停止することも冷凍下で微生物が増殖した原因の一つである。この場合、でん粉資化性 *Bacillus* 属細菌が増殖したことは大変興味のある現象である。凍結五平餅の *Bacillus* 属細菌は凍結保存温度が低い場合及び解凍後の再冷凍で著しく増殖する。

一般に市販冷凍食品には1gあたり  $10^3 \sim 10^5$  程度の好気性微生物が存在し、0℃および30℃で生育することが認められている。また、市販の冷凍食品21種についての微生物菌数を測定した結果、 $10 \sim 10^6 / g$  の細菌が検出されている。冷凍五平餅の軟化微生物はでん粉を加水分解する *Bacillus* 属細菌であり、でん粉を加水分解しない *Bacillus pumilus* は検出されていない。

### 3. 五平餅の微生物変敗防止

#### 3.1 米浸漬での二次汚染防止

五平餅の原料である糯米の浸漬段階で原料からの一次汚染菌及び工場からの二次汚染菌である *Micrococcus* 属細菌が増殖するので浸漬段階での制御が必要である。*Micrococcus* 属細菌は耐熱性がないので後の工程で死滅するが、浸漬時に他の細菌特に *Bacillus* 属細菌の増殖に影響する。

梗米浸漬中には *Micrococcus* よりも変敗に強く関与する *Bacillus* や *Pseudomonas* が存在する場合は、ほとんど主変敗菌とはならないがこれらの細菌の増殖速度に影響する。一般的にカタラーゼ反応陽性でグラム陽性の球菌はグルコースを嫌気的に発酵する場合は *Staphylococcus*、グルコースを酸化的に分解するか又はそれから酸を産生しない場合は *Micrococcus* とされる。また両者の間では *Micrococcus* はアセチルメチルカルビトールを産生せず、アルギニン加水分解せず、硝酸塩を還元しないが、*Staphylococcus* はこれと反する点で大きく異なる。五平餅製造後に残存する主微生物はでん粉分解性の *Bacillus* 属細菌であるので、製造後に短時間で凍結する必要がある。凍結前の経過時間が長いと *Bacillus* 属細菌は急激に増殖する。梗米浸漬時における *Bacillus* 属細菌の増加を防止するに乳酸又はクエン酸でpH調整を行う。

### 3.2 冷却工程での二次汚染防止

米の水切り段階で工場のカビ、酵母、細菌の二次汚染を受け、五平餅の巻き付け工程で *Aspergillus* 属カビ、冷却工程で *Penicillium* 属カビの二次汚染を受けるのでこれらの工程ではエタノールの使用が有効である。切断、成形工程で *Bacillus*、*Lactobacillus* 属細菌の二次汚染を受けるためオゾン水やオゾンガスの使用は適切である、乾燥工程ではカビ、酵母、細菌の二次汚染を受けるのでエタノール、オゾン水、オゾンガスの併用を行うと良い。

五平餅の製造工程での微生物汚染を検討すると、米飯及び温かいうちに木柄を付けた後の冷却工程で *Bacillus* 属細菌の二次汚染が認められた。製造工場の窓は開放されて大型扇風機で行われていた。窓下には多くの干し草が積まれていた。窓を閉じてスポットクーラーに変えることにより、生菌数は 1/10 に減少した。

また、工場の床をオゾン水 (0.3~0.5ppm) で洗浄することにより空中落下菌は減少した。さらに、夜間に工場の上部よりオゾンガスを散布することにより空中落下菌はさらに減少した。

#### 文献

- (1) 内藤茂三：食品の変敗微生物、幸書房 (2016)
- (2) 内藤茂三：包装食品の微生物変敗防止に関する研究（第5報）、包装五平餅の液化原因菌の分離・同定、愛知食品工試年報、23, 27-35 (1982)
- (3) 内藤茂三：包装食品の微生物変敗防止に関する研究（第20報）、包装五平餅から分離した細菌の  $\alpha$ -アミラーゼの性質、愛知食品工試年報、28, 60-65 (1987)
- (4) Tildren, E. B. and Hudson, C. S.: Preparation and properties of the amylase produced by *Bacillus macerans* and *Bacillus polymyxa*, J. Bac. 43, 527-544 (1942)
- (5) Higashimama, M and Okada, S.: Studies on  $\beta$ -amylase of *Bacillus magaterium* strain No. 12, Agri. Biol. Chem. 38, 1025-1029 (1983)
- (6) 相磯和嘉：食物の腐敗-2-2、日常食品の腐敗、Japan Food Science. 3 (8), 33-39 (1964)
- (7) 駒形和男、小川博望、勝屋登：冷凍食品の微生物に関する研究、第1報 市販冷凍食品の微生物分布、食衛誌、5, 441-446 (1964)
- (8) 横山真佐子、柴崎一雄：冷凍食品の微生物に関する研究（第1報）、市販冷凍食品の微生物分布、日食工誌、14, 49-55 (1967)

(内藤茂三 食品・微生物研究所)

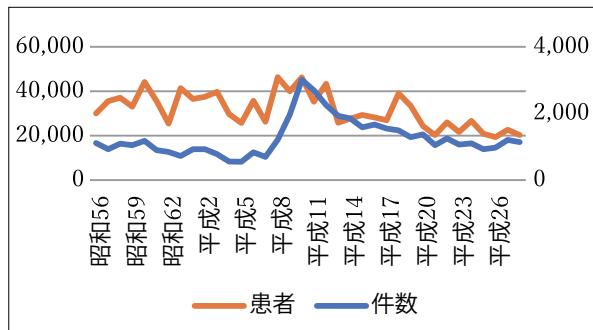
## 食中毒事件の変遷

厚生労働省のHPには、食中毒統計が掲載されており、過去の食中毒の発生状況が掲載されている。この統計から食中毒事件の変遷について述べたい。

### 【食中毒事件数と患者数の推移】

年次別食中毒発生状況をもとに、昭和56年から平成28年までの36年間の発生状況を図1に示した。発生件数は、平成10年の3,010件をピークに近年は1,000件前後を示している。また、患者数は年間2~5万人の間を推移しており、近年は2万人前後となっている。

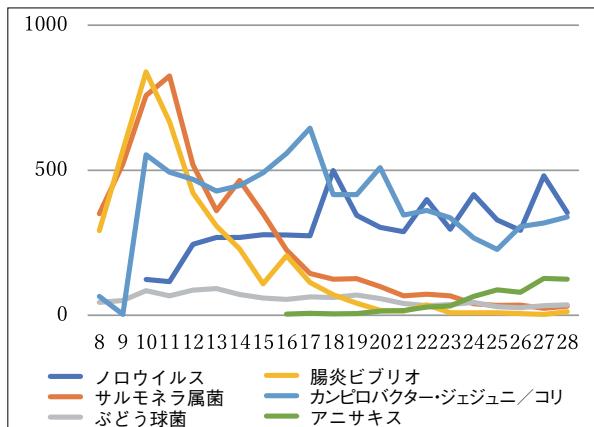
図1 食中毒の発生状況



### 【食中毒の主な原因物質の推移】

詳細な発生状況の記載がある平成8年以降の約20年間の

図2 食中毒発生件数（平成8~28年）



主な原因物質別発生数をグラフにしたのが図2である。発生数がピークの平成10~11年には、サルモネラと腸炎ビブリオによる事件が年間800件を超えるなど流行していたが、平成28年には、サルモネラ31件、腸炎ビブリオ12件と激減している。

サルモネラについては、鶏卵による事件が多発していたが、生産段階で産卵鶏へのワクチン投与などにより鶏卵の汚染率が下がったことや鶏卵の割置き防止を指導することなどで発生数が減少している。

腸炎ビブリオについては、魚市場で使用する海水が清浄化されたことや発砲スチロールと氷によるコールドチェーンの確立が激減の主な原因と考える。

これに反して、ノロウイルスとカンピロバクターによる事件数が増加しており、減少傾向がないことが良くわかる。カンピロバクターは、生食ブームにより鶏刺、レバー刺などの生食が増加したことで、平成10年から急増している。

ノロウイルスについては、当初は小型球形ウイルスとして計上されていたが、平成14年からはノロウイルスとして計上され、現在は原因物質のトップとなっている。原因物質不明の事件については、平成8~9年には1割以上あつたが、検査技術の向上により平成28年には3%以下となっている。カンピロバクターやノロウイルスの検査法は、比較的新しい検査技術である。

東京都健康安全研究センターでは、過去の食中毒事件の患者糞便を冷凍保管しており、原因不明の70事件を再検査したところ、うち48事件 (68.6%) からノロウイルスが検出されたことを報告している。ノロウイルスが検出された事件は、10月から3月の冬場に集中しており、ノロウイルスによる食中毒が従来は原因不明の食中毒として計上されていたものと考えられている。注1)

魚の寄生虫であるアニサキスについては、平成16年から計上されているが、その後年々微増しており、平成27年からは年間100件を超えている。患者は、胃カメラで寄生虫を排除して食中毒であることが判明するため、患者数はほとんど1名である。微増の原因は不明であるが、最終宿主であるクジラを捕獲しなくなったことや地球温暖化に関連して魚への寄生が増加しているのではないかと推測されている。

黄色ぶどう球菌については、手指の切傷や火傷などの化膿巣からの汚染と増菌によるエンテロトキシンの産生が原因であるが、年間100件弱の発生が続いている。

### 【夏型から通年型または冬型への変遷】

食中毒というと気温の上昇する夏場の発生が懸念されるが、過去20年間の5年ごとの月別発生数をグラフにしたのが図3~6である。細菌性の食中毒であるサルモネラや腸炎ビブリオについては夏型であるが、これらの発生数が年々

図3

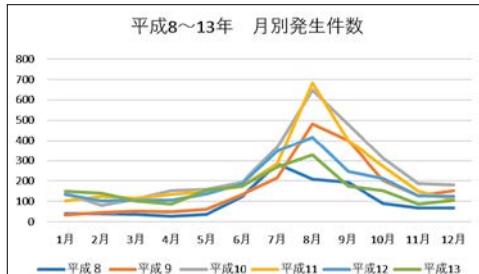


図4

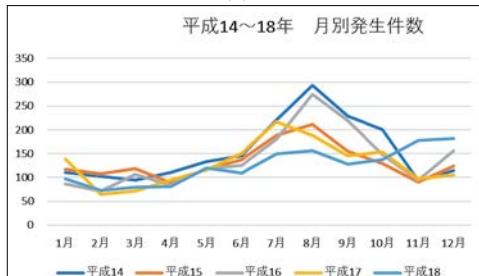


図5

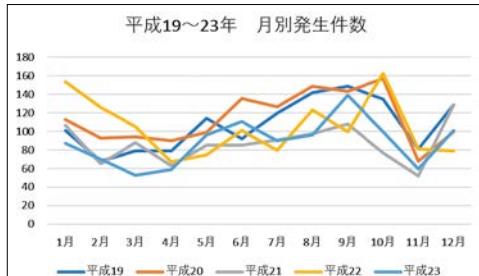


図6

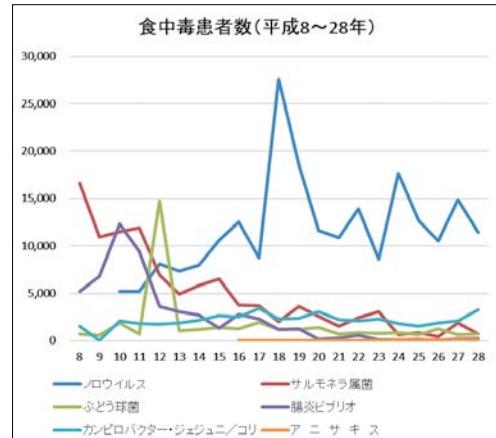


減少するとともに冬型または通年型に推移していることが解る。保健所での食中毒調査でも、近年は夏場より冬場のほうが忙しいのが実感である。

#### 【原因物質別患者数の推移】

過去20年間の、主な原因物質別の患者数を図7に示した。細菌性の食中毒患者が減少しているのに、ノロウイルスの患者数だけが減少していないことが良く解る。特に平成18年には、ノロウイルスG IIによる大流行で28,000名近い患者が報告されている。平成12年の黄色ぶどう球菌のピークは、関西地区で発生した低脂肪乳による患者15,000名近い事件によるものである。

図7



#### 【食中毒による死者】

平成8～28年の食中毒による死者数は、145名報告されている。やはり、腸管出血性大腸菌によるものが一番多く、フグなど動物性自然毒、キノコなど植物性自然毒、サルモネラ属菌の順となっている。平成12年以降の食中毒事件一覧で死亡事件75件を検索すると、腸管出血性大腸菌は10件であるが、平成23年の福井県のユッケ事件（5名）、平成25年の北海道の白菜の切漬け事件（8名）、平成28年の千葉県のきゅうり和え物事件（10名）などの集団発生事件が確認できる。動物性自然毒では、家庭等でのフグ調理による事件（22件）が多く、次にオオブダイ（2件）による事件が報告されている。植物性自然毒でも家庭でのキノコ料理（14件）による事件が多く、イヌサフラン（6件）、トリカブト（4件）、グロリオサの球根（2件）などの誤食による事件が報告されている。サルモネラ属菌による死者（10件）は原因不明の事件も多く過去5年間は報告がない。死亡事件の発生要因は、肉と野菜類の生食による腸管出血性大腸菌とふぐやキノコなどの誤食である。

病因物質	死者数
腸管出血性大腸菌	47
動物性自然毒	43
植物性自然毒	30
サルモネラ属菌	19
その他	6
計	145

#### 【まとめ】

食中毒統計を見ると、食中毒変遷と傾向が確認でき、予報対策に役立てることができる。原因物質としては、何といってもノロウイルス対策が大切である。先般の「キザミ海苔」による集団発生のように、食品事業者としては健康管理の徹底と手洗いの励行が求められている。死亡事件を契機にユッケには衛生的な規格基準が設定され、牛レバーや豚肉の生食は禁止された。しかし、鶏肉の生食については禁止されていないため、カンピロバクターによる食中毒が多発している。食中毒症状は一般的に2～3日で回復し予後は良好であるが、カンピロバクターの場合は、一部の患者がギランバレー症候群という神経炎症状を呈することが知られている。肉類については、十分加熱調理するとともに二次汚染防止に留意し、腸管出血性大腸菌の予防のために、野菜類については良く洗浄することが肝要である。

注1) Jpn. J. Dis., 70, 143-151, 2017

（小暮 実 元保健所食品衛生監視員、食品衛生アドバイザー）

## アサマ化成株式会社

E-mail : [asm@asama-chemical.co.jp](mailto: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20-6 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16-20 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
●九州アサマ化成販売 / 〒815-0031 福岡県福岡市南区清水1-16-11 TEL (092)408-4114 FAX (092)408-4350	●桜陽化成 / 〒006-0815 札幌市手稲区前田五条9-8-18 TEL (011)683-5052 FAX (011)694-3061