

アサマNEWS

パートナ

1988-7 No. 5

食 品 衛 生 講 座

5. ボツリヌス菌（続）

ボツリヌス中毒の予防のポイントと乳児ボツリヌス症その2

前号に述べたように、ボツリヌス菌は細菌性食中毒の中で最も致死率の高いこと、およびA型菌芽胞は強大な耐熱性のあるところから、缶びん詰など常温保存、流通食品の殺菌の目標とされていて、「食品工業の大敵」とされている。ボツリヌス中毒は、ボツリヌス菌（*Clostridium botulinum*）の産生する菌体外毒素を摂取することによって発生するが、毒素の抗原性によってA～G型の7型に分類される。ヒトの中毒は主として、A、BおよびE型毒素で発生している。今回は、本菌の自然界での分布、原因食品および予防対策のポイントについて述べるとともに、最近話題になった乳児ボツリヌス症について解説しよう。

ボツリヌス菌の分布

ボツリヌス菌は土壌細胞の仲間に入れられ、自然界では畑の土壌のほか、河川、湖沼や海底の泥土などからしばしば検出される。これまで、北海道、秋田、青森、東京をはじめ九州などで行われた調査によると、本菌の地理的分布はボツリヌス中毒の発生と密接な関係のあることが分かってきた。表1に示したように、E型食中毒の発生例の多い北海道、秋田県、青森県の土壌からは、かなり高率にE型菌が検出されている。

表1

調査地域	検査数	陽性数* (%)	毒基型
北海道	2,300	82 (3.6)	E型— 82
青 森	1,122	152 (13.5)	E型—152
秋 田	6,783	24 (3.5)	A型— 4 E型— 20
			C型— 52
東 京	532	55 (10.3)	D型— 1 E型— 2
長 崎	533	2 (0.4)	A型— 2
南九州	222	10 (4.5)	A型— 10

* ボツリヌス菌とその毒素の陽性を含む （潮田、1987）

今までわが国では、A型菌による中毒の例が少なかったところから、この菌はあまり日本には分布していない

と思われていたが、昭和59年に熊本県産の真空包装「辛子れんこん」によるA型中毒発生を契機に行われた調査では、真空パック製品の60検体中29検体からA型毒素が検出された（表2）。また、同時に環境中のボツリヌス菌の汚染調査のデータでは、熊本県下の山野・土壌および泥つきれんこんからA型菌が検出されている（表3）。

表2：辛子れんこん真空パック製品の汚染度調査

月/日	陽性数/検体数	月/日	陽性数/検体数
5/29	0/ 1	6/15	3/6
5/30	0/ 2	6/16	1/3
6/ 4	1/ 3	6/17	1/3
6/ 5	0/ 1	6/18	0/2
6/ 7	0/ 2	6/19	1/3
6/ 8	1/ 1	6/20	2/3
6/ 9	0/ 1	6/21	1/3
6/11	7/12	6/22	2/3
6/12	3/ 3	6/23	2/2
6/14	1/ 1	6/25	3/5

計60検体中29検体ボツリヌスA型毒素検出（潮田、1987）

表3：環境中のボツリヌス汚染調査（潮田、1987）

検 体 名	検体数	陽性数	型 別
湖水・底泥	15	7	C 7
河川・用水路・底泥	7	3	C 3
山野・土壌	37	3	A 3
泥つきれんこん	29	18	C 17 C + A 1

わが国のボツリヌス中毒の原因食品

ボツリヌス食中毒の原因食品については前号でもふれたが、ここではわが国で発生した都道府県別のボツリヌス中毒の原因食品についてまとめたものを表4に示し

表4 わが国のボツリヌス中毒の原因食品（1951～1984）

都道府県	事例数	いずし	切り込み	すじこ	魚佃煮	キャビア	辛子蓮根	不 明
北海道	52	44	7	1	0	0	0	0
青 森	18	17	0	0	1	0	0	0
秋 田	14	14	0	0	0	0	0	0
岩 手	2	2	0	0	0	0	0	0
山 形	1	0	0	0	1	0	0	0
福 島	3	3	0	0	0	0	0	0
栃 木	1	0	0	0	0	0	0	1
東 京	1	0	0	0	0	0	0	1
滋 賀	1	1	0	0	0	0	0	0
熊 本	1*	0	0	0	0	0	1	0
宮 崎	1	0	0	0	0	1	0	0
合 計	95	81	7	1	2	1	1	2

* 患者は1都1府12県に発生（表3）（阪口、1985）

た。ここに示した95例中、東京の1例（A型）、熊本の1例（A型）および宮崎の1例（B型）を除くと他はす

べてE型中毒であり、ことに北海道、東北で消費される「いずし」やこれの類似品（きり込み）による中毒例が圧倒的に多い。

輸入食品や原材料のボツリヌス菌汚染に注意

「蜂蜜による乳児ボツリヌス症」との関連で調査した大阪府立大学阪口教授らの成績を引用したものを表5に示した。

表5 わが国の蜂蜜のボツリヌス菌による汚染実態調査成績（1986年度）

原産国名	検体数	陽性数	陽性率(%)	毒素型(検体数)
メキシコ	4	1	25.0	C1
スペイン	4	1	25.0	A1
外国(原産国不明)	59	5	8.5	A2, C1, F2
中国	154	11	7.1	A3, B2, C2, E1, F1, B+F1, E又はF1
ハンガリー	18	1	5.6	A+C1
日本	131	6	4.9	A3, C3
原産国不明	28	1	3.6	F1
アルゼンチン	35	1	2.9	A1
その他	79	0	0.0	
計	512	27	5.3	A10, B2, C7, E1, F4, A+C1, B+F1, E又はF1

・その他の内訳と検体数：オーストラリア4、ニュージーランド5、カナダ6、アメリカ合衆国15、コロンビア2、フランス2、ソ連10、中国+日本2、ハンガリー+ソ連1、アルゼンチン+中国22、中国+ハンガリー1、中国+スペイン1、ハンガリー+日本1、日本+ニュージーランド1、メキシコ+スペイン1、ハンガリー+不明国1、外国+日本4（阪口、1988）

これによると蜂蜜の産地別では中国産（7.1%）が最も高く、ハンガリー（5.6%）、日本（4.9%）、アルゼンチン（2.5%）の順となっている。

外国（原産国不明、主に中国と推定される）の輸入品（8.5%）、原産国不明（3.6%）、および検体数は少ないが、メキシコ（25.0%）、スペイン（25.0%）の高い検出率は注目すべきである。

一方、乳児ボツリヌス症例の多い米国、カナダ、オーストラリア産の蜂蜜からは、なぜかボツリヌス菌は検出されなかった。検出菌例は、10検体からA型、7検体からC型、4検体からF型、2検体からB型、1検体からE型であった。

これ以外に、複数の菌型、A+C型、B+F型の混合検出例が各1例ある。国産の蜂蜜の検出率は予想外に高く、陽性例6例中、A型菌が半数検出されたことは、わが国でのA型菌の分布は予想外に広いことを示すもので、食品衛生上注目すべきである。なお、すでに述べたようにボツリヌス菌は土壌菌なので、現在のように輸入食糧・飼料への依存度の高いわが国では、土壌と直接・間接接触のある輸入農産物一穀類、穀粉、砂糖などを含む一のボツリヌス菌汚染について十分な調査を行う必要がある。

ボツリヌス中毒予防のポイント

ボツリヌス食中毒の予防の基本は、ボツリヌス菌の特性を正しく理解し、これに対応した適切な措置をとることであるが、これには次の4点が重要な予防上の着眼点になる。

（1）芽胞の耐熱性が強大であること：前回も記載したように、A型菌芽胞を完全殺菌するには100℃で360分もかかる（pH7.0のリン酸緩衝液中）。内容物が中性に近い（pH5.5以上）食品で（魚介類、食肉、野菜等）常温で保存・流通するものでは、ボツリヌスA型菌芽胞

を完全殺滅するような加熱殺菌を行うこと。厚生省では昭和49年に、それまで常温流通の魚肉ハム・ソーセージ等に使用されていたフリルフラマイド（商品名AF2）の指定を取り消したが、これに伴い魚肉ハム等は原則的に10℃以下の低温流通とし、常温流通する場合にはpH5.5以下、または水分活性（ a_w ）を0.94以下とするか、あるいは、中心部の温度を120℃で4分間、またはこれと同等以上の殺菌効果のある加熱殺菌を限定した。この措置はA型ボツリヌス菌の増殖阻止または完全殺滅を目標にしたものである。同様の主旨に基づいて、昭和52年には、内容物のpHが5.5以上の缶びん詰およびレトルト・パウチ食品（容器包装詰加圧加熱殺菌食品）についての製造基準が設けられた。

（2）ボツリヌス菌の増殖条件：ボツリヌス菌は偏性嫌気性菌といわれ、缶びん詰やハム・ソーセージのように内部に空気のない環境を好んで増殖し、毒素を作る。この点、前回も記載した昭和59年に発生した熊本産の真空包装「辛子れんこん」のような食品は、ボツリヌス菌にとって好適な増殖場所といえる。

ボツリヌス菌は、pH4.5以上の中性に近く、かつ a_w が0.94以上の食品で、保存・流通温度が10℃以上であれば増殖・毒素産生が可能である（ただし、前号で述べたように、E型菌では3.3℃という低温で増殖し、毒素を産生する）。

（3）現在許可されている保存料ではボツリヌス菌の増殖抑制は困難である。

かつて、日本で指定されていたフリルフラマイドはボツリヌス菌の増殖抑制に有効であったが、指定が取り消されたため使用できない。

魚肉ねり製品等に許可されているソルビン酸などの保存料は、使用許可濃度ではボツリヌス菌の増殖抑制効果は期待できない。欧米で古くから食肉製品の保存料として使用されてきた亜硝酸塩・硝酸塩は、ボツリヌス中毒予防に有効であることが確認されている。わが国でも発色剤として亜硝酸塩等の使用が認められているが、その残存基準（食肉製品に対し70ppm以下、魚肉ハム・ソーセージでは50ppm以下）ではボツリヌス菌の増殖は抑制されない。

（4）喫食前の食品の加熱：ボツリヌス菌の毒素は熱に不安定なので、食べる直前に食品を80℃20分以上、または100℃まで加熱すれば無毒化することができる。しかし、北海道、東北の「いずし」のような漬物では加熱しないで食べるので、菌の増殖抑制や殺菌に重点を置いた予防対策が必要である。

ワンポイント・レッスン

乳児ボツリヌス症

ボツリヌス菌は、毒素型食中毒のほか、乳児ボツリヌス症を起こすことが注目されている。本症は生後

3週間から8か月の乳児が、ボツリヌス菌芽胞に汚染された飲食物を摂取した際に、腸管内で発芽・増殖して毒素が産生されて発病する。本症は1976年、米国で発見された新しいタイプの疾病で、米国では1986年までに652名の乳児ボツリヌス症が報告されている。わが国では、昭和61年7月千葉県で最初の乳児ボツリヌス症患者（男児、83日令）が診断され、大便からA型菌毒素と菌、患者に投与した蜂蜜、哺乳びんの乳首、掃除器のほこり、玄関の土ぼこりなどからA型菌が検出されている。また、62年には40日令の女児がボツリヌス症と診断されている。

症状は、米国の研究者の報告では、頑固な便秘を起し便秘が3日以上続いた後に、母乳、人工乳に関係なく吸引力が低下し、泣き声も弱くなり、顔面無表情や筋肉の弛緩をきたし、次第に筋力低下が目立つようになり、重症では、呼吸困難、呼吸停止が起こる。通常、嘔吐、下痢は見られない。

厚生省では、昭和62年10月20日都道府県等に対し「乳児ボツリヌス症の予防対策について」を通知した。その内容としては、保健関係者及び医療関係者に対し、乳児の保育に当たる保護者、乳児を対象とする児童福祉施設等に対し、1歳未満の乳児に蜂蜜を与えないように指導したものである。

1歳未満の乳児では、腸内細菌叢が十分に形成されていないので、ボツリヌス菌が侵入すると大腸内で増殖するといわれ、1歳以上になれば腸内細菌がボツリヌス菌の増殖と拮抗するため、蜂蜜を与えても本症は発生しない。

〔すでに述べたように、蜂蜜はしばしばA型菌等で汚染されている。従って、蜂蜜をpHが中性に近く、かつ真空包装等密封容器に入れる食品に加えるときには、製品は中心部の温度が120℃4分間以上加圧殺菌、または10℃以下の温度で保存・流通させる必要がある。〕

主要文献 阪口玄二：食品衛生研究、35（6）、63～71（1985）

同：モダンメディア、34（3）、9～18（1988）

潮田 弘：河端ら編、実務食品衛生、P.48～51（1987）中央法規出版

食品の微生物 ≡≡≡ 講座

食品の腐敗防止と高温処理

これまでは生鮮食品の保蔵という立場から食品と微生物の関係を捉えてきた。そのためできるだけ鮮肉性を損なわないような保蔵法として、低温処理法を主に述べてきた。しかし、生鮮農畜水産物を原料として製造される加熱加工食品もかなりの量に上っているので、加熱加工食品の貯蔵性の安定化の立場から微生物と加熱殺菌との関係について述べることにする。

食品の高温処理による効果としては生鮮食品中に本来

存在している酵素（自家酵素）が食品を分解する作用を不活性化したり、乾燥に伴って食品の水分活性を低下して微生物の育成を阻害したり、あるいは微生物そのものを滅菌菌することなどが挙げられる。

しかし、これらの高温処理をしても加熱の方法、特に熱源の種類によってかなり効果に相違が認められるので、所期の貯蔵期間に見合った加熱方法を選択することが重要である。いずれにしても高温処理は低温処理と比べて対象食品に対してはもちろん、汚染微生物に対しても苛酷な衝撃を与えることが特徴的である。

ところで殺菌に関連して“12-Dの概念”¹⁾ということに言及しておこう。これは缶詰食品のように長期貯蔵を目的としている食品では、その殺菌目標を当初の菌数の 10^{-12} まで滅菌菌することに置くということである。前出のDはdecimalの略で1/10のことであり、12-Dとは $(1/10)^{12}$ すなわち1兆分の1に滅菌菌することである。この1/10を12回掛け算したものを小数で示すと0.000000000001ということになり、0が12個連なる小数である。12Dは別格として実用的な殺菌目標は5～6Dと見て差し支えないであろう。5Dならば 10^{-5} すなわち10万分の1まで滅菌菌することであるから、当初の菌数が10万個であれば5Dの殺菌効果のある殺菌法で処理すると10万個のうちわずか1個が生残することになる。換言すれば99.999%の殺菌率ということである。殺菌率90%や99%程度では殺菌法としては不十分であると言わざるを得ない。

加熱殺菌には火焰、可燃ガス熱、電熱、熱水、飽和水蒸気、過熱水蒸気、赤外線、マイクロ波などが利用できるが、これらは対象食品の種類、加熱後の性状の変化、所要貯蔵期間などを考慮して選定することが必要である。以下これらのうちの主なものについて記す。

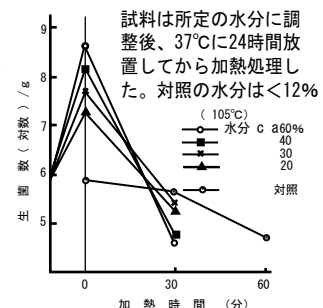
（1）加熱空気

飽和湿度に達していない乾燥空気を、電熱あるいは燃料の燃焼により加熱して得られる熱気（乾熱）を利用する方法である。この方法は簡易ではあるが、殺菌法としては必ずしも賞用されていない。何故ならば所要温度範囲では対象物が焦げたり、燃えたりする可能性が高いからである。従って本法は不燃性のものの殺菌に限定される。主としてガラス、陶器、金属などの製品の殺菌に用いる。また次記のように湿熱殺菌に比して、殺菌効果が低いことも欠点の1つと言える。一

図1 各種水分の魚粉の乾熱処理による滅菌効果²⁾

般に乾熱殺菌では170～180

℃で15～60分間処理している。なお対象物の水分含量が高い場合は、加熱により対象物から蒸発する水分のため湿熱殺菌に近い形をとることもあり得る。このような場合は殺菌効果は若干向上する（図1）。



(2) 飽和水蒸気

殺菌にウェイトを置いた湿熱法として汎用されている。加熱水蒸気は常圧下では100℃が上限温度であるが、実際には98℃前後が上限となる。湿熱は乾熱よりも殺菌効果が高く、乾熱よりも低い温度で、また短時間で目的を達することができる(表1)が、飽和水蒸気処理の欠点

表1 乾熱と湿熱による微生物の耐熱性⁵⁾ * 死滅時間 * 99%死滅時間

菌 種	熱死滅条件(温度、D値)	
	湿 熱	乾 熱
Staphylococci	55℃、30~45分*	110℃、30~65分*
Micrococci		
Streptococci		
Salmonella typhimurium		
Sal. senftenberg 775W		
Escherichia coli	57℃、2分	90℃、75分
Bacillus subtilis 5230	57℃、31分	90℃、36分
R. steurothermophilus	55℃、20分	75℃、40分**
Clostridium sporogenes PA 3679	120℃、0.08~0.48分	120℃、154~295分
Bacillus sp. ATCC 27380	120℃、4~5.14分	120℃、15~19分
Aspergillus niger 分生子	120℃、0.18~1.4分	120℃、115~195分
Hemicola fuscoatra 厚膜胞子	80℃、61分	125℃、1300時間
	55℃、6分	100℃、100分
	80℃、108分	120℃、30分

は対象物が蒸気の凝縮水で濡れることである。従って再乾燥が必要となることがある。

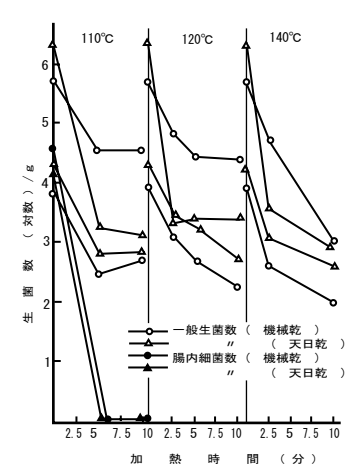
一般に98℃前後の温度で殺菌した場合は耐熱性の芽胞は生残するので、殺菌効果が高いとされる湿熱処理であっても、加熱温度が100℃以下では一度だけの湿熱処理では完全殺菌はできない。この場合は芽胞が発育して易熱性の栄養型になってから再加熱する。そのため室温に約24時間放置後、再度湿熱処理をする。

完全殺菌と長期貯蔵を目的とした湿熱殺菌には、加圧加熱が有効である。対象食品の種類にもよるが、一般に高圧釜(オートクレーブ)を用い、120℃、15~20分間の加熱で目的を達することができる。本法の場合も対象品の湿潤は避けられない。

(3) 過熱水蒸気

この方式は乾熱と湿熱の中間に相当すると言えるものである。常圧で飽和水蒸気を金属パイプ中に通し、これを外部から加熱すると飽和蒸気はさらに加熱されて100℃以上の過熱水蒸気となる。加熱と圧力の程度により250℃くらいまでの高温に上昇させることができる。図2は天日乾燥と機械乾燥で製造された魚粉を、110~140℃の過熱水蒸気で加熱した時の大腸菌群数と一般菌数の減滅菌

図2 過熱水蒸気(110~140℃)による魚粉の殺菌効果⁴⁾



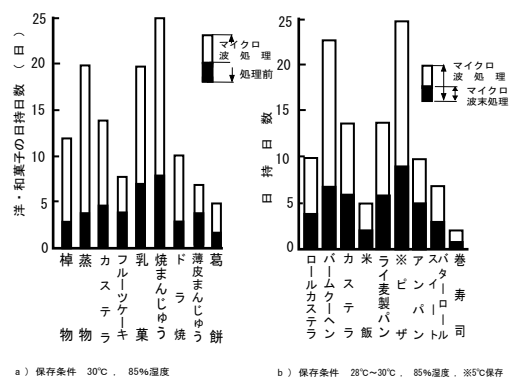
状況を示したものである。大腸菌群数は110℃、5分間の処理で全く認められなくなり、一般細菌数も大部分が 10^{-2} ~ 10^{-3} 程度まで減菌している。最近になって過熱水蒸気による殺菌方法が注目され始め、気流式殺菌装置、高速攪拌式殺菌装置、塔式殺菌装置などが開発され、市販されるまでになり、香辛料、小麦、大豆、カカオ豆、ソバ粉、カツオ節などの殺菌に利用されている。これらの装置では秒単位の短時間処理で好結果が得られている⁵⁾。

(4) 電磁波

電磁波には多くの種類があるが、そのうち加熱的な作用を示すものとしては赤外線とマイクロ波がよく知られている。しかし赤外線は食品の加熱殺菌というよりは、暖房用、調理加工用の熱源として利用されている。

一方マイクロ波は、高周波エネルギーを食品内部で熱エネルギーに変換して加熱することができる性質を持っている。従ってこの性質を殺菌法に利用できるわけであるが、この方式は高温殺菌よりは低温殺菌に効果を發揮している。すなわち高温殺菌では、対象食品中の誘電加熱による温度分布の均一化、加熱処理中の包装の破損防止処置などの取り扱い条件になお難点があるが、低温殺菌の方はこの点において有利なため、パン、和洋菓子業界で特に防カビの目的で利用されている⁶⁾。図3にマイクロ波加熱したときの各種食品の貯蔵性を示した。これによればマイクロ波処理は、非処理品に比して2~3倍もの長期間日持ちすることが明らかである。

図3 マイクロ波加熱による各種食品の保存性⁶⁾



- 引用文献1) 河端俊治：食品微生物学(相磯・監修) P.153、医歯薬出版、東京(1976)
 2) 大島 浩ほか：北水研報、第21号、P.37(1960)
 3) 芝崎 勲：新食品殺菌工学、P.14、光琳、東京(1983)
 4) 大島 浩ほか：北水研報、第21号、P.39(1960)
 5) 塚田 直：新訂加工食品と食品衛生(河端編) P.222~227、新思潮社、東京(1984)
 6) 芝崎 勲：新食品殺菌工学、P.151~152
 (笹島正秋：元水産庁東海区水産研究所保蔵部長)

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