

# 「消毒神話」のウソ・ホント

# 人類と微生物の「知恵比べ」 殺菌・消毒の歴史

大阪府立大学研究推進機構放射線研究センター  
大学院工学研究科量子放射線系専攻教授／微生物制御研究センター長

構成◎渡辺由子 *composition by Yuko Watanabe*

古田雅一

腐敗と発酵は紙一重。古代から行われてきた食品保存法に始まり、微生物、病原菌の発見、殺菌、消毒による治療の歴史は、人類と医学の歩みにそのまま重なっている。最先端の研究である、低エネルギーの放射線による滅菌「サーモラジエーション」まで、微生物制御への取り組みは現在進行形で続いている。

殺菌や消毒の歴史とは、私たちと微生物との関わり  
の歴史でもあります。ときには食品などの変敗（炭水  
化物や脂肪）や腐敗（タンパク質）を招き、健康を損な  
う疾病の原因となる一方で、酒や味噌、チーズなどの  
食品の製造に役立っているように、私たちの豊かな生  
活や健康は、微生物との深い関わり合いのなかで成り  
立っています。

古代の人びとは食品の変敗や腐敗を防ぐために、乾  
物や塩漬け、砂糖漬けなどにして日持ちさせる方法を  
伝統的に行ってきました。酒造りは微生物集団の関わり  
のなかで、最終的に必要な微生物がメインとなるエ  
コシステムが偶発的に見出され、長い年月にわたって  
継承、発展し、今日に至っています。これらの技術は、  
微生物側からみると互いの増殖や制御に関わる相互作  
用の結果、生じたものを人類が活用しているというこ  
とにほかなりません。



古田雅一（ふるた・まさかず）  
1983年京都大学農学部農芸  
化学科卒業。93年京都大学  
で学位（農学博士、題目「放射  
線照射食品の安全性と検知  
法」）を取得。85年より大阪  
府立放射線中央研究所勤務。  
90年より大阪府立大学附属  
研究所（のちの先端科学研究  
所）に勤務し、2004年助教授。  
07年同大理学系研究科生物  
科学専攻准教授。11年研究  
推進機構放射線研究センター  
教授。13年同大学院工学  
研究科量子放射線系専攻にも  
所属。

「微生物の制御」という科学的な知識に基づいてい  
なかった時代に、変敗や腐敗、疾病の原因となる「微生物」  
という概念が登場したのは、1700年代のオランダの  
織物商、レーウェンフックが趣味で独特の単式顕微鏡  
を作製し、微生物を観察したことが始まりとされてい  
ます。目には見えないけれど、変わった微小な生物が  
存在していることを発見（図1）。しかし、その当時の  
ヨーロッパで多くの人びとには、目に見えない生物が  
存在し、病気をはじめ、人類の生活と密接に関わって  
いるという認識はありませんでした。病気になること  
は「怨霊」が取りついたからであり、病気を治すには祈  
禱することが治療の中心となっていました。中世ヨー  
ロッパで大流行したペストは、現在は、病原菌である  
ペスト菌がネズミなどの齧齒類げっしとそれに感染するノミ  
の媒介によってヒトに感染することは知られていま  
すが、当時は祈るしか術はなく、14世紀の大流行にお  
いては、ヨーロッパの人口の3分の1くらいの人がペ  
ストによって死亡したといわれています。

## 1800年代には瓶詰や缶詰が登場

自然発生説を否定する人びとによって、さまざまな  
実験が行われ、議論されてきましたが、それに終止符  
を打ったのが「微生物学の父」、フランスのルイ・パス  
ツールの実験です。空気中の微生物が原因で変質や腐  
敗が始まるという観点でとらえた「腐敗現象」や「発酵  
現象」を突き止め、自然発生説の否定、微生物による  
発酵の発見、ビールやワインの本質を変えない低温加

熱による腐敗菌殺菌法の発見など、生物学的に合理的な概念を打ち出し、偉大な業績を残しています。

また、微生物が他の生物に感染して病気を発症させているという関係性を確立したのが、ドイツの細菌学者、ロベルト・コッホの一派で、ペスト菌を発見した日本の細菌学者の北里柴三郎、のちに2015年にノーベル生理学・医学賞を受賞した大村智北里大学特別荣誉教授へとつながります。コッホは、病気の原因は微生物の感染であると証明し、細菌培養法の基礎も確立。これにより微生物を分離・同定することで、病原性との関係の研究ができるようになりました。

微生物から食品を守り保存する近代的な方法として、フランス帝国の皇帝、ナポレオン・ボナパルトが活躍した1800年代に瓶詰や缶詰が登場しました。火で食料を炙る、いわゆる加熱殺菌は古くから行われてきましたが、食品の保存として瓶詰という近代的な方法を発明したのは、フランスの食品加工業者のニコラ・アペールです。他国との戦争で勝敗を分ける要因の一つに食料の調達があった時代、当時のフランス政府は、軍隊用の食料の長期保存の方法について懸賞募集しました。アペールはこれに応募して、見事賞金を手にしたのです。その後ブリキやほかの金属を使用した缶詰の製造も始まり、1950年頃のアメ리카でレトルトパウチが登場し、食品を保存するための加熱殺菌は進化していくのです。

一方、食品の加熱殺菌とは異なる流れで誕生したのが殺菌剤です。1774年にスウェーデンのCarl Wilhelm Scheeleによる塩素の発見が「殺菌・消毒」の幕開けとなり、クロール石灰（次亜塩素酸カルシウム）やコールタールが、公衆衛生の観点から悪臭の防止、飲料水の殺菌などで使われるようになりました。

医療では、殺菌剤で病気を治すという視点が19世紀に誕生します。そのきっかけとなったのが、出産時の産褥熱です。当時の出産時の衛生環境は非常に悪く、分娩に関わる医療者が手指を清潔に保つ意識がなかったために、分娩後に感染症である産褥熱で亡くなる確率が高かったのです。ウィーンの医師、セメルヴェ

図1 微生物は目に見えない



微生物は肉眼で見ることはできず、身近に漂っている意識がない。細菌は光学顕微鏡で、ウィルスは電子顕微鏡を使用して確認できる。

イス・イグナーツは手洗いを提唱しましたが、無視され続けました。しかし、イギリスの医師、ジョゼフ・リスターが彼の論文を読み、消臭剤に用いられていた石炭酸で傷口や手指、手術器具を消毒。これにより、外科手術後の感染による化膿や死亡が激減し、安全性において消毒の重要性が認識されるようになりました。1928年にはイギリスの細菌学者、アレクサンダー・フレミングによって「ペニシリン」が発見され、世界初の抗生物質は多くの人を感染症から救いました。

現在、殺菌剤は目覚ましい発展を遂げていますが、残留毒性とヒトへの影響などさまざまな問題があり、安全性をどのように担保するかが課題となっています。同様に抗生物質も、多用による耐性菌の出現が問題となるなど、殺菌や消毒で微生物を制御できる反面、その効果を超えて私たちの生活に害を及ぼす一面がクローズアップされています。

食品の分野では、1960年代から90年代にかけて、収穫された一次的な食材を家庭で調理するのではなく、調理されたものを買ってきて食べるという食生活の大きな変化により、加工食品が一層増え、食品工場のマ

## 図2 コバルト-60ガンマ線照射施設



大阪府立大学放射線研究センター

コバルト-60ガンマ線照射プール



研究開発を目的とするさまざまな照射条件に適合するよう設計。利用者は大学・研究機関、医療器具、プラント、宝飾、和楽器メーカーなど多岐にわたる。

スプロ化が進みました。そこでの微生物管理は非常に難しく、現在、日本をはじめとする殺菌・消毒の先進国でも食中毒はいまだに頻発し問題となっています。

また、食に対する味や新鮮さなどの要求度はますます高まっており、それらを追求した新たな殺菌方法として、包装材の内外から微生物すべてを殺す、あるいは除去する滅菌を行い、食材は適切な方法で調理して無菌環境で充填する「無菌充填包装」が採用されるようになりました。しかし、無菌環境を整備、維持、管理することには困難が伴います。一方で厚生労働省は食品の味や香りを損ねず高い殺菌力を持つ微酸性電解水や次亜塩素酸水の使用を許可しています。ところが、残留毒性や人体・環境への影響への懸念があることも無視できません。

### 低エネルギー放射線殺菌のメリット

医療の分野では、感染予防のためプラスチック製の使い捨て注射器などディスポーザブル医療器具の使用が増えましたが、オートクレーブ(高圧蒸気滅菌)に適さない加熱に弱いプラスチック製医療器具を滅菌する技術が必要です。

そこで、食品や医療の分野の殺菌問題を解決できる方法として実用化が進んできているのが、ガンマ線・電子線です(図2)。ガンマ線は紫外線よりもエネルギーが高い光の仲間、透過力に優れていることが特徴です。現在ガンマ線の線源としては放射性同位元素コバルト-60が用いられておりますが、実際に製品に当てられるのはコバルト-60から放出されるガンマ線であり、コバルト-60そのものが製品に添加されるわ

けではありません。また電子線は、加速器という機械によって加速された高エネルギーの電子を製品に当てます。加熱殺菌や殺菌剤では、加熱による食味の変質、プラスチック容器などの変形、薬剤の残留毒性が懸念されますが、放射線は紫外線と同様、温度上昇が小さく、しかも紫外線よりも透過力が大きいので包装された製品の内部まで容易に殺菌することができるのです。

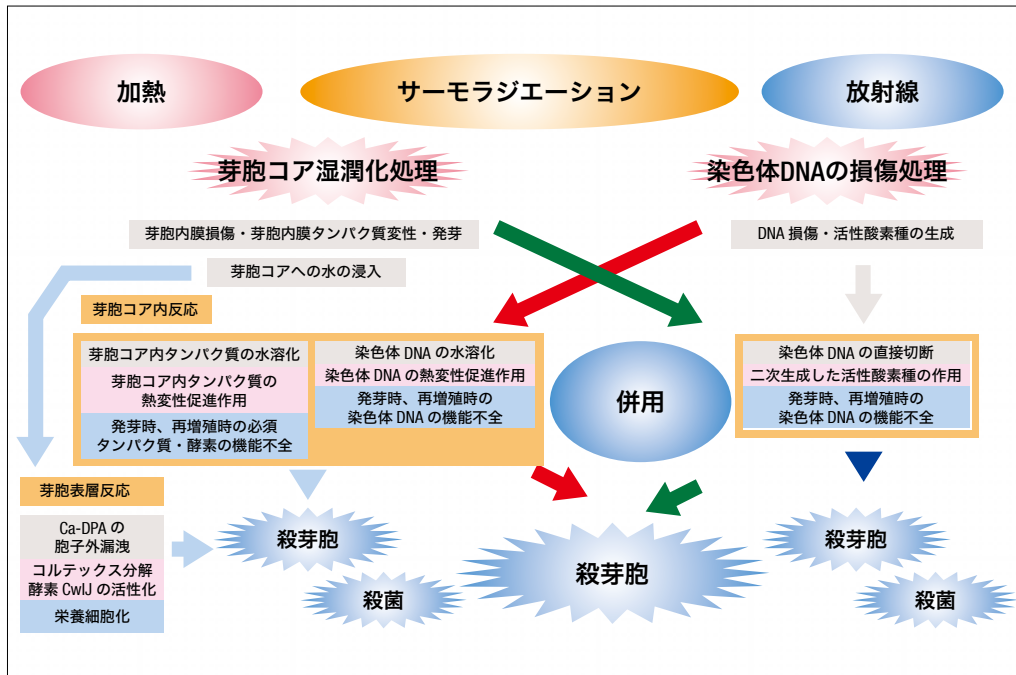
医療分野では放射線の利用が進んでおり、1960年代頃より注射針などの滅菌に実用化されて以降、順調に普及し、現在では注射器などのディスポーザブル品の半分以上で放射線による滅菌が行われています。放射線を用いると箱詰めした出荷前の状態で滅菌できるので、微生物による二次汚染がないというメリットも放射線の利用が進む理由の一つです。

食材・食品への放射線利用は、1950年代からわが国も含む世界各国で研究が続けられ、毒性や病原菌の変異、栄養価の損失など安全性の検証は、FAO(国際連合食糧農業機関)、IAEA(国際原子力機関)、WHO(世界保健機関)の食品照射合同専門家委員会などが継続して実施しており、すでに安全な処理法として国際基準となっています。現在50カ国を超える国々で食品への適用が実施されており、加熱殺菌をすると著しく香味が損なわれる香辛料や、直接口にするために薬剤などの使用を避けたい果実や乾燥野菜、今では肉類まで放射線殺菌や殺虫が行われています。そのなかであって、日本では食品衛生法により食材・食品への放射線照射は、ジャガイモの発芽抑止以外は認められていません。輸入品についても、放射線照射食品の流入を防止するために検疫も強化しています。

ところが、包装材については規制外のため放射線滅菌の利用が進んでいます。例えばペットボトルは、キャップはガンマ線で殺菌、容器本体は電子線で滅菌し、別な方法で殺菌したミネラルウォーターやジュースなどを無菌充填しています。焼き鳥の串、割り箸、トレイ、コーヒーフレッシュのパッケージなどにも放射線滅菌されているものがあるのです。日本での食

## 「消毒神話」のウソ・ホント

図3 食品殺菌へのサーモラジエーション利用の可能性



単独処理でも栄養細胞や細菌芽胞の殺菌は可能であるが、併用による相乗効果で少ない加熱で食品の風味を残し、法的に非放射線扱いの1MeV（メガエレクトロンボルト）未満の低エネルギー電子線照射での殺菌・滅菌への可能性が模索されている。

材・食品への放射線殺菌・滅菌の実用化はまだ先のことになりそうですが、2000年から許可申請が出ている香辛料の放射線殺菌や、さらに最近では根強い人気があるにもかかわらず食中毒の危険性のため禁止されている生レバーに対する放射線殺菌への適用に期待したいところです。

### それでも食中毒はなくなる

先日、ある食品会社の担当者との懇談で、「微生物制御においては、一部の細菌が形成する耐久性の高い芽胞の制御が一番の問題だ」と話題になりました。ポツリヌス菌などグラム陽性桿菌の一部は、飢餓条件に曝されると代謝を停止した休眠状態である細胞(芽胞)を形成して、熱、超高压処理、薬剤、放射線などのさまざまな殺菌処理に対して、非常に高い抵抗性を示します。その細菌がふたたび増殖に適した環境になると、発芽して増殖するため、微生物制御において芽胞の制御が重要な課題となっています。

私たちの研究室（大阪府立大学大学院工学研究科量子放射線系専攻量子線化学生物学研究室）では、芽胞の制御についての研究を進めています。加熱や放射線をそれぞれ単独で殺菌処理に採用しても効果はありま

すが、併用による相乗効果で、少ない加熱で食品の風味を残し、紫外線や法的に放射線として扱われないレベルの低エネルギー電子などで殺菌する「サーモラジエーション」の近い将来の応用への道を開くことを目的としています(図3)。

このように殺菌・滅菌技術を複合的に組み合わせることは、今後の流れの一つとして考えられ、またサーモラジエーション

のほかにも、香辛料、ハーブ類などから抗菌物質が発見されており、これらと既存の殺菌法を組み合わせることも考えられます。

また、芽胞の制御とともに解決したいのは、「損傷菌」の問題です。損傷菌とは微生物が殺菌ストレスにより細胞内に何らかの損傷を受け、通常の培養条件では増殖できない状態の細菌のことです。増殖ができないということは、微生物検査で培養しても検出されず、見かけ上は死滅したと判断されますが、増殖条件に適した環境に変わったり、食品として摂取された体内の環境に応じ増殖が復活する恐れがあるということです。損傷菌の存在は、既存の食品検査の信頼性が脅かされることにつながるため、どのように測定すれば損傷菌の存在を検出できるのかを、本学に設置されたバーチャル研究センター、「微生物制御研究センター」を産官学横断的な共同研究の場として設け、関西大学名誉教授の土戸哲明客員教授をはじめ、当該分野で顕著な業績をあげている先生方を迎え、研究活動を行っています。このように、さまざまな殺菌ストレスに対する微生物の応答、殺菌・滅菌のメカニズムについて解明できれば、より完璧な殺菌・滅菌の方法が見出せると夢みて、研究を続けていきます。

