

図-4 ハンバーグ内部温度の時間的变化  
初期温度を10℃とした。各曲線は0.1分ごとの温度を示す。  
横軸は鉄板からの距離を示す。

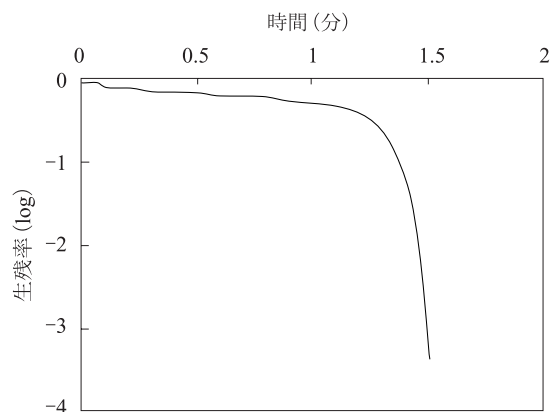


図-5 ハンバーグ全体における病原大腸菌の生残率

移動などは考えない。ただし、ハンバーグの雰囲気温度は調理の間、次第に上昇すると仮定する。鉄板の温度を150℃、ハンバーグの初期温度を10℃とし、上記の式を数値計算によって解くと、ハンバーグ内部温度の時間的变化は図-4のように示される。この条件下では、鉄板の下から7/10～8/10付近に最も温度が低い点(層)が現れた。さらに、ハンバーグ全体における対象菌の生残率は、図-5のように、小さな変動の後、急速な死滅が見られた。ただし、対象とする微生物の熱抵抗性、すなわち一次死滅反応の速度定数はアレニウスモデルに従うとした。このシミュレーションは非常に単純化した場合の熱死滅予測であるが、さらに様々な物理的・微生物的要因および実測データを加えていくことで、実際の値に近づくことができると考えられる。

本書でも第6章第3節に社団法人日本缶詰協会の戸塚氏が缶詰の加熱殺菌に関して、容器内の食品自体の対流による移動を加えた複雑な系での熱伝達およびそれに応じた微生物の熱死滅を解説している。

## 5.2 微生物増殖アラートシステムの開発

食品中の有害微生物の増殖をいかに抑制するかは、食品の加熱殺菌と同様に食品衛生上重要な課題である。食品の安全性が特に厳しく要求される現在、添加物、保存料をできるだけ使わない食品を好む傾向が一般消費者に見られる。そのため、従来からの物理的手法、すなわち低温管理が安全面から見ても微生物の増殖抑制手段として最も適していると考えられる。そこで第6章第1節で述べた増殖モデルを用いて、筆者らは製造・流通過程における食品の温度履歴から微生物増殖を予測するシステムの開発をしている。このシステムには、ある基準濃度以上に微生物が増殖したと判断される場合は、警告を出すアラーム機能を持たせる。その目的は、連続的に測定した食品の温度履歴からリアルタイムで食品中の汚染微生物増殖を予測することによって、消費者に安全な食品を提供することである。一方、微生物増殖の代わりに、品質保持に関するある指標が解析できれば、同様な手法で温度履歴から食品の品質保持状況が予測可能である。

食品の受けた温度履歴を推定する時間-温度積算計(Time-Temperature Integrator, あるいは時間-温度表示計(Time-Temperature Indicator))は以前から開発され、一部実用化されたものもある。これは包装食品の上に装着して流通過程を通した後、その指標の変化量から食品中での微生物増殖あるいは品質劣化を推測するものである。このような時間-温度積算計として、指標物質の色調の変化で見る化学的なもの、指標微生物の増殖による生物学的なものなどが発表されている<sup>9),10)</sup>。最近、筆者らが開発を進めている予測システムもこの一種と考えられ、食品の加熱工程で実際に使われているF値メーターと類似している。