

# CFD APPLICATIONS TO ADVANCED PRESERVATION TECHNIQUE FOR AGRI-FOOD PRODUCTS

梅野, 裕太

<https://hdl.handle.net/2324/1654946>

---

出版情報：九州大学, 2015, 博士（農学）, 課程博士  
バージョン：  
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）

氏 名 : 梅野 裕太

論文題目 : CFD APPLICATIONS TO ADVANCED PRESERVATION TECHNIQUE FOR  
AGRI-FOOD PRODUCTS  
(CFD 最適設計法による農産食品の品質保持技術の高度化に関する研究)

区 分 : 甲

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、CFD 設計技術の適用により農産食品加工・貯蔵工程を最適化し、収穫または集荷された農産食品の品質劣化の原因となる生理作用や微生物活動を抑制、有害物質を的確に除去することによって、その品質保持期間を延長することを目的とするものである。そのため、液状食品のインフュージョン殺菌最適化に向けた界面捕獲法による流下液滴形状の把握、熱流体解析による青果物貯蔵庫内温度分布の経時予測、ならびに、化学反応を伴う化学種輸送解析による青果物混載輸送コンテナ内エチレン濃度分布の経時予測を行った。殺菌と低温管理、ならびに、有害物質を効率よく除去することにより農産食品の貯蔵寿命を延長する総合的研究である。以下に、それぞれの内容について要約する。

まず、現在わが国で主流となっている液状食品のインフュージョン殺菌技術に着目し、加熱水蒸気と液状食品の気液間での熱伝達を解析する上で不可欠となる気液界面形状の把握を試みた。インフュージョン殺菌では、加熱水蒸気の中に低温の液状食品を流下し、凝縮熱伝達による急速加熱によって食品の温度を瞬間的に上昇させ、短時間で殺菌を行う。この熱移動は気液間を通して行われるため、液滴の形状とその変化を知ることが殺菌装置設計上極めて重要となる。本研究では、二種類のモデルを提示し、加熱水蒸気と液状食品が接触するインフュージョンチャンバー内における液滴の形状変化を界面捕獲法により予測するとともに、高速度カメラを用いて測定した液状食品の液柱の分裂長さおよび液滴の投影面積を比較することによって、モデルの妥当性を検証した。その結果、流下ノズルのみを考慮したモデルより、これにノズル前部の輸送パイプ部分を加えたモデルの予測精度が高いことを示した。本モデルに熱移動ならびに殺菌モデルを連成させることで、液状食品の殺菌に有用な設計指針を提供できるものと考えられる。

次に、CFD による青果物貯蔵庫内の熱流体解析を行うことで、庫内温度分布の経時変化を予測し、温度分布の不均一性を調査した。わが国ではコールドチェーン技術が普及し、青果物の貯蔵・輸送技術は既に確立済みであると認識されているが、実際には貯蔵・輸送庫内における温度分布の不均一性が原因となるポストハーベスト・ロスが問題となっている。この不均一性を解消するためには、庫内の温度分布を把握し、冷却効率の高い荷積法、冷却方法等を検討する必要がある。本研究では、二種類の仕様の異なる貯蔵庫を対象に、庫内の温度分布変化を予測するモデルの構築と実験によるモデルの妥当性の検証を行った。モデルの構築では、冷凍機吹出口の風速分布や仕様を厳密に再現し、より正確な風速・温度予測に努めた。実験により得た風速および温度分布の実測値と CFD モデルによる予測値を比較した結果、風速および温度の予測誤差はそれぞれ  $0.09 \text{ m s}^{-1}$ 、 $0.95 \text{ K}$  となり、モデルの妥当性が検証された。

最後に、化学反応を伴う化学種輸送モデルを構築し、青果物混載輸送コンテナ内で発生し、除去装置により分解されるエチレン濃度を経時的に予測した。青果物の輸送では、エチレン感受性の高い青果物とエチレン発生量の多い青果物の混載が避けられない場合が想定される。このとき、エチ

レン感受性の高い青果物は輸送中に急激な老化が進行し、商品価値が失われることが懸念される。本研究では、これを回避するため、輸送コンテナ内に高電圧プラズマを用いたエチレン除去装置を設置し、庫内で発生したエチレンを効率良く除去する積荷および除去装置の配置について CFD シミュレーションにより検討した。その結果、エチレン感受性の高い青果物とエチレン発生量の多い青果物積荷間に仕切りを設置し、エチレン発生量の多い青果物をコンテナ入口側、除去装置を仕切り近くに設置することで、エチレンを効率良く除去できることを明らかにした。また、実機を用いた青果物の貯蔵試験および貯蔵後の棚もち試験の結果から、エチレン除去装置を設置することによって庫内のエチレン濃度は 7 ppm 程度に低減可能なことが分かった。さらに、品質の観点から、除去装置の設置に加えて感受性の高い青果物に個包装を施すことで、品質をさらに長期間保持できることが明らかとなった。

以上、本研究は CFD 設計技術の農産食料流通工学分野への適用によって、前述のシステムの最適化に資する成果をまとめた総合的研究である。