

## 遠赤外乾燥法による鮮魚の乾燥特性

青 木 秀 敏

### Drying Characteristic and Change in Quality for Raw Fishes under Far Infrared Drying Conditions

Hidetoshi Aoki

#### Abstract

This article describes the summary of drying characteristic of raw fishes and the changes in the quality for fish under far infrared drying conditions, vacuum far infrared drying conditions and vacuum drying conditions.

Experimental data shows that vacuum far infrared drying method is rapid of drying and dehydrated fishes has a low level in lipid oxidation. Consequently, vacuum far infrared drying method is appropriate method to store fishes in dry state.

#### 1. はじめに

イワシやサンマのように一度にたくさん漁獲され商品価値の高い食品になりにくい魚を多獲性魚と呼ぶ。しかし含まれているタンパク質は必須アミノ酸がバランス良く含まれており、ビタミンD、鉄分、EPAも多く含まれ、他の魚種以上に栄養価が高い。

多獲性魚は八戸港の漁獲量の約60%を占め、その大部分はマイワシである。近年のマイワシ資源の減少、サンマの豊漁、消費者の健康食品グルメ志向に対し、従来からの魚粉、缶詰、塩分量の多い干物、練り製品及び珍味等の生産以外に発想を変えた新商品の開発が求められている。その一つの方法として、筆者は魚肉の粉末化を取り上げている<sup>1)2)</sup>。魚肉を粉末状にして食品の素材に作り変えてしまえば、魚から広範囲にわたる食品を作り出すことが可能となる。

鮮魚から粉末を製造する工程の中に乾燥操作がある。水産加工の中で乾燥操作は水産乾製品

を製造する際に用いられている。水産乾製品には、その処理あるいは乾燥法によって素干し品、煮干品、凍干品、塩干品、調味乾製品などに分類される<sup>3)</sup>。このような乾製品は大部分が天日乾燥で製造されている。天日乾燥は製品の味は良いが、気象条件に左右され乾燥速度が遅いという欠点を持ち合わせている。しかし水産乾製品の製造工程の中で、乾燥操作が用いられている目的は、水分が多く鮮度が低下しやすい魚介類の水分を減少させ、腐敗を抑制して貯蔵性を高めることにある。そのため天日乾燥法の味の良さを生かした機械乾燥技術の開発が必要とされる。

本稿では、天日乾燥に代わる機械乾燥法として用いられつつある遠赤外乾燥法はどのような特徴を示すのかを目的に、遠赤外乾燥器を試作し、鮮魚の乾燥特性とその際の魚肉の品質変化を検討した。

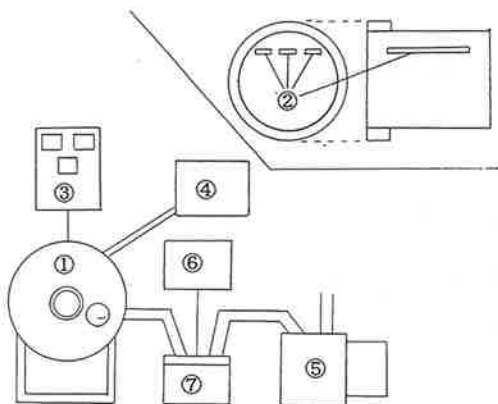
#### 2. 実験装置および実験方法

##### 2.1 実験装置

遠赤外乾燥法の実験装置を図1に示す。試作

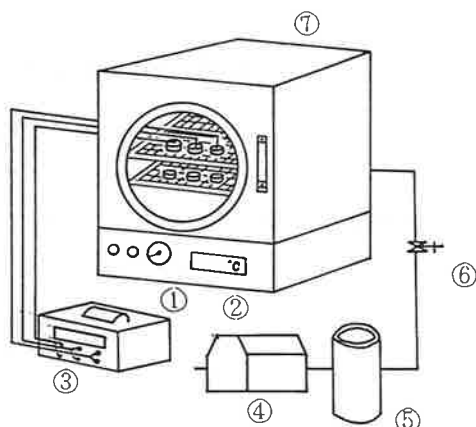
平成6年10月31日受理

\*エネルギー工学科  
食品工学研究所(併任)



①遠赤外乾燥器 ②遠赤外線セラミックヒーター  
③デジタルプログラム調節計 ④記録計 ⑤真空ポンプ ⑥投込式冷却器 ⑦低温槽

図1 遠赤外乾燥法実験装置概略図



①真空計 ②温度計 ③記録計 ④真空ポンプ  
⑤コールドトラップ ⑥バルブ ⑦真空乾燥器

図2 真空乾燥法実験装置概略図

した遠赤外乾燥器①は内径500 mm，奥行き480 mmで，上部に200 Vの遠赤外線セラミックヒーター②が3個並列に付いている。器内温度はデジタルプログラム調節計により一定に保った。遠赤外真空乾燥を行う場合には，真空ポンプ⑤により内部を真空度90 mmHgまで真空にして実験を行なった。

比較のために行なった真空乾燥法実験装置の概略図を図2に示す。乾燥器には市販の真空乾燥器を使用した。乾燥器は円筒型（内径400 mm，奥行き500 mm）で内部を真空度10 mmHgまで真空にして実験を行なった。

## 2.2 実験方法

乾燥物の質量は，一定時間毎に乾燥器よりすばやく取り出し，電子天秤により乗せた直後の値を使用した。出し入れに伴う質量および表面状態の変化は，短時間であるためほとんどなかった。魚肉の温度はφ0.1 mmのCu-Co熱電対を使用しペンレコーダーで記録した。

本実験で用いる自由含水率 $w_f$ は次式で表わされる。ここで $W$ は個体重量， $W_e$ はその乾燥条件で質量の変化がなくなる平衡時の個体重量， $W_o$ は温度を上げて完全に乾燥した完全乾

燥個体重量である。

$$\text{自由含水率 } w_f = \frac{W - W_e}{W_o}$$

乾燥過程における魚肉の品質を表わす指標として，本実験では脂質の酸化をとりあげた。脂質酸化の程度を表わすものとして使われる過酸化値(POV)と酸化(AV)の測定は，Folish法により魚肉から脂質のみを抽出して行なった。POVはヨウ化カリウム溶液を加えた後，チオ硫酸ナトリウム標準液で，AVは水酸化カリウム-エタノール溶液でそれぞれ適定することにより求めた。

実験に使用した鮮魚は，八戸市営魚菜市場から購入した冷凍されていない新鮮なサケ，イカ及びサンマを用いた。購入した鮮魚は冷蔵庫内に保管し，2日以内に使用した。

## 3. 実験結果および考察

乾燥の目的は，上記のように水分を減少させることにより腐敗にくい貯蔵性の高い加工品を作ることにある。乾製品の製造に広く用いられている天日乾燥法は，気象条件に左右され，均

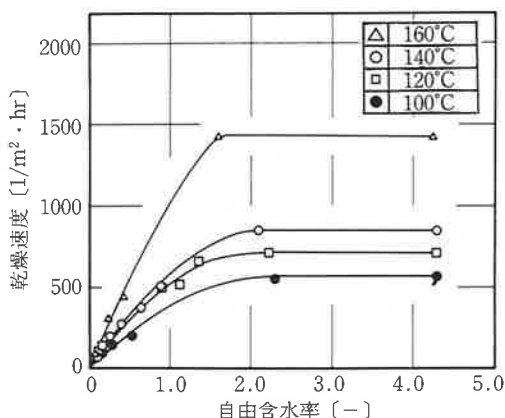


図3 乾燥特性曲線（イカ）（温風乾燥法）

一な品質の乾製品を作りにくいという難点がある。天日乾燥に代わるものとしては、温風乾燥法が実用的に多く用いられている。しかし温風乾燥の場合、乾燥によって肉質の変質と脂質の酸化が生じるため製品の官能判定が劣ることが報告されている<sup>4)</sup>。品質劣化を引き起こす化学的变化は、魚肉の含水率の調整、乾燥温度と乾燥時間の設定の仕方、あるいは乾燥法の選定により防止することが可能となる。

そのためには、その基礎となる魚肉の乾燥特性曲線を求め、各種の鮮魚が乾燥条件の違いによってどのような乾燥特性を示すのかを検討することが必要とされている。著者は温風乾燥法における6種類の鮮魚の乾燥特性曲線を求め、魚の種類による乾燥特性の違いを検討した<sup>5)</sup>。一例としてイカの乾燥特性曲線を図3に示す。鮮魚の乾燥特性は、いずれの温度の場合でも一定の速度で乾燥が進行する恒率乾燥が行なわれ、その後乾燥速度が遅くなる減率乾燥へと移ることがわかる。恒率乾燥期間と減率乾燥期間の境の自由含水率である限界含水率の値は、温風温度によって若干の変化はあるが、1.6~2.2の範囲にある。

温風乾燥法で生じる脂質の酸化や色調の褐変を防止する乾燥法として真空乾燥法が考えられる。真空乾燥法は砂糖、甘味類、野菜類、嗜好

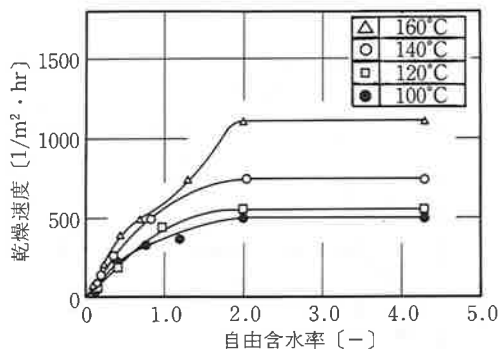


図4 乾燥特性曲線（イカ）（真空乾燥法）

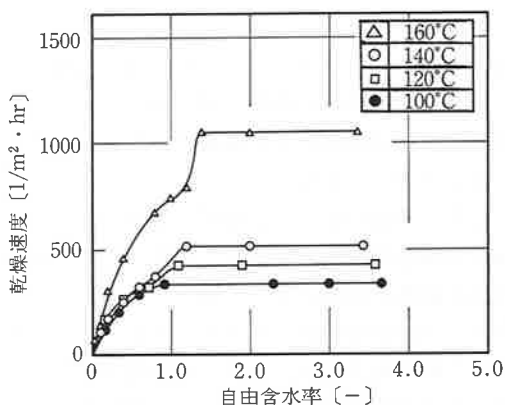


図5 乾燥特性曲線（サケ）（真空乾燥法）

飲料類、調味類および香辛料類の乾燥には利用されているが、魚介類への利用はほとんどされていない。そこで本研究では水産物の乾燥に真空乾燥法を適用するための基礎資料を得るため、図2に示す真空乾燥器を用いて鮮魚の乾燥特性曲線を求めた。結果の一例としてイカとサケの乾燥特性曲線を図4および図5に示す。鮮魚の場合、水蒸気圧との平衡関係により、10 Torr 前後の減圧下で乾燥が行われる。真空乾燥の場合の乾燥特性曲線も温風乾燥法と同様に恒率乾燥が生じ、その後減率乾燥へ移ることがわかる。また限界含水率の値は、イカの場合1.9前後であり、温風乾燥法の場合とほぼ同じ値を示した。サケの乾燥特性も温風乾燥の場合と類似

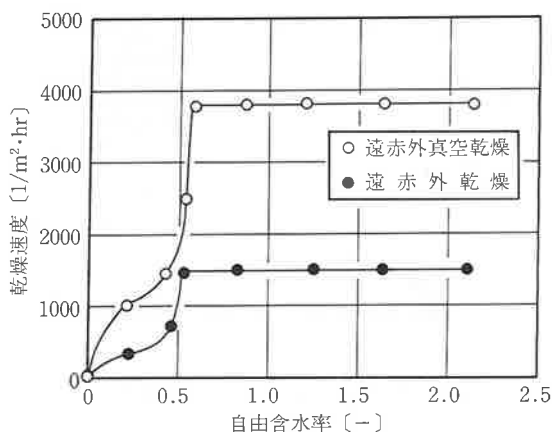


図6 乾燥特性曲線（イワシ）（遠赤外乾燥法）

性がみられた。サケとイカの乾燥特性曲線の違いは、イカの肉質が緻密な積層構造であるのに対し、サケは脂質の多い繊維質の肉質構造によるものと考えられる。

近年、食品のおいしさを保つ加熱方法として遠赤外線加熱が注目を浴びている。そこで遠赤外線を鮮魚の乾燥に用いた場合にどのような特徴を示すのかを検討するため、図1に示す遠赤外真空乾燥器を試作し、鮮魚の乾燥特性とその際の品質変化を検討した。図6は器内温度を50℃と一定に保ち、イワシの遠赤外乾燥と遠赤外真空乾燥の場合の乾燥特性曲線を示し、乾燥方法の違いをみたものである。遠赤外加熱の場合も鮮魚の乾燥特性は、まず恒率乾燥が生じ、その後減率乾燥へ移ることがわかる。遠赤外乾燥と遠赤外真空乾燥を比較すると、乾燥特性は互いに類似しているが、乾燥速度は遠赤外真空乾燥の場合の方が2倍以上大きな値を示している。図3および図4に示した温風乾燥と真空乾燥の場合を比べると、真空乾燥の方が逆に乾燥速度は小さい。これは、魚肉表面までの熱移動と表面からの水分移動の移動量の違いによるものと考えられる。即ち遠赤外乾燥は加熱体から魚肉表面までは放射伝熱であるのに対し、温風乾燥は強制対流伝熱であり、魚肉表面近傍の境界層の移動抵抗が小さい。一方水分移動につい

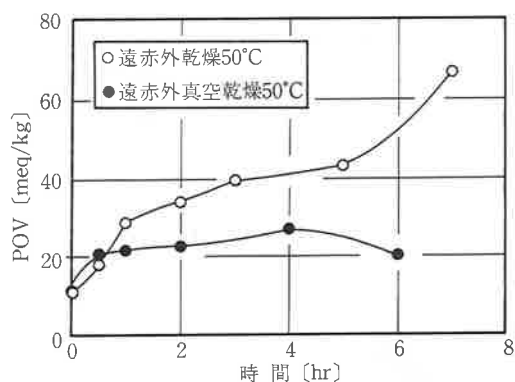


図7 乾燥過程中のPOVの変化（サンマ）

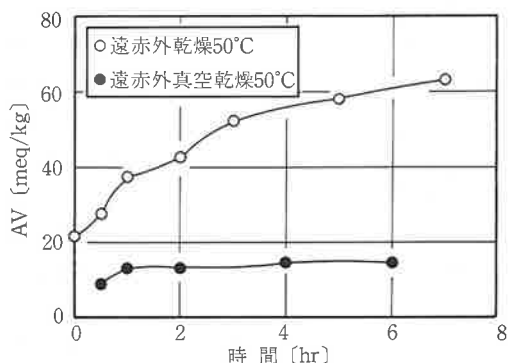


図8 乾燥過程中のAVの変化（サンマ）

て、恒率乾燥は一般に表面蒸発の形をとると言われている。真空乾燥の場合は、水分移動の推進力である魚肉表面と外気との水蒸気圧差が大きくなる。以上のようなことから、遠赤外真空乾燥の乾燥速度が大きく、温風乾燥も風速によって状況が変わるが、本研究で用いている温風乾燥器の風速範囲では乾燥速度が大きくなると考えられる。

遠赤外線乾燥の場合の魚肉の品質変化について、本研究では脂質の酸化程度を実測し検討を行った。図7および図8にサンマを50℃で乾燥した場合の過酸化価（POV）と酸化（AV）の経時変化を遠赤外真空乾燥の場合と比較して示す。POVとは脂質が酸化する際初期に生じる過

酸化物の量を示し、数値が大きい程酸化が進行していることを表す。AV とは酸化して生じる遊離脂肪酸の量を示す。遠赤外真空乾燥の場合、POV の値が小さく、AV の値も乾燥期間中ほとんど増加しないことから、真空にすることにより脂質の酸化がかなり抑制されることがわかる。したがって図 6 の結果と併せ考えると、遠赤外真空乾燥法は乾燥速度が大きく、しかも脂質の酸化が少なく、鮮魚の乾燥には適していると言える。なお乾燥過程における魚肉の品質変化については、タンパク質の変性も考慮しなければならない<sup>6)~8)</sup>。

#### 4. ま と め

食品のおいしさを保つ加熱方法として注目を浴びている遠赤外線加熱を鮮魚の乾燥に適用することを目的に、遠赤外真空乾燥器を試作し、鮮魚の乾燥特性とその際の魚肉の品質変化を検討した。その結果、遠赤外真空乾燥法は遠赤外乾燥法に比べ水蒸気圧差が大きいため乾燥速度が大きく、脂質酸化の指標の POV と AV の値も小さな値を示した。一般に脂質の酸化が進むと、臭いの発生、色調の褐変を生じ、EPA や DHA などの有効栄養成分が減少するとともに、このような酸化物自身が毒性を帯びてくるので、脂質の酸化を抑制する遠赤外真空乾燥法は鮮魚の乾燥法として適している。今後、天日乾燥の味の良さを生かした新しい乾燥法の開発と乾製品の品質を制御できる乾燥条件の設定が望まれ

る。

本研究は、昭和 63 年度から平成 6 年度までの 7 年間、八戸市の「21 はちのへ研究奨励金」および本学の平成 3 年度～平成 5 年度プロジェクト研究（代表奥田慎一教授）の助成を受けました。関係各位の皆様に感謝の意を表します。本研究を遂行するにあたり御指導頂いた現在水産庁中央水産研究所加工技術研究室長の福田裕氏、青森県水産物加工研究所化学試験部長の中谷肇氏、同所主任研究員の石川哲氏に心より感謝いたします。また使用した鮮魚に対し数々の便宜を図っていただいた八戸市営魚菜市場の秋山商店に謝意を表します。本学エネルギー工学科技術職員中谷勝美氏には実験と脂質分析を行っていただき感謝致します。

#### 引用文献

- 1) 青木秀敏：21 はちのへ研究概要（八戸市）p. 18（1992）
- 2) 青木秀敏：21 はちのへ研究概要（八戸市）p. 54（1993）
- 3) 三輪勝利：水産加工品総覧，p. 6（1983）
- 4) 柳谷 智：青水加研報，p. 27（1986）
- 5) 青木秀敏：八戸工大食品工学研究所紀要，2，p. 41（1991）
- 6) 青木秀敏他：新しい乾燥技術の実践，技術情報協会，p. 299（1991）
- 7) 青木秀敏：八戸工大食品工学研究所紀要，5，p. 23（1994）
- 8) 青木秀敏：ケミカルエンジニアリング，39（7），p. 558（1994）