

## 各種乾燥法における魚肉の品質の変化

青 木 秀 敏

### Change in the Quality for Fish Under Various Drying Conditions

Hidetoshi Aoki

#### Abstract

This article describes the summary of methods to store fishes in dry state and the changes in the quality of fish under hot gas drying, wrappage drying, vacuum drying, and freezing temperature drying.

Hot gas drying method is extended to a wide fields, but lipid oxidation and denaturation of protein occur according to circumstances in drying conditions. Vacuum drying method is not widely used, but dehydrated fishes has a low level in lipid oxidation, and show a good tone of color. Wrappage drying is the method to wrap fishes in cellophane film to keep freshness. Freezing temperature drying method is used to store fishes fresh for a long time of period.

#### 1. 水産乾製品と乾燥目的

水産物を乾燥させた水産乾製品には、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>1)</sup>。

素干し品は、原料魚介類を原形のまま水洗・乾燥されたものであり、身欠きニシン、スルメ、干しダラ、その他昆布等の海藻製品がある。煮干品は、魚介類を水あるいは塩水で煮熟した後に乾燥させた製品である。煮干しイワシ、シラス干し、貝柱、煮干しサクラエビ等の煮干品がある。煮干品は煮熟処理によって原料魚の酵素や微生物が殺菌されるので、乾燥中の品質劣化を防止することができる。凍干品は、魚介類を屋外で凍結・解凍・乾燥を数回繰り返して乾燥させた製品であり、北海道の凍干丸スケトウダラが有名である。塩干品は、塩漬けにしてから乾燥した製品である。アジの開き干し、塩干イワシ、塩干サバ、塩干カレイ等その他、クサヤ、カラスミ等の珍味が含まれる。塩干品は、塩漬

処理によって微生物の利用できる自由水が減少されるので、乾燥中の変質防止と貯蔵性を高めることができる。調味乾製品には、イワシ等を原料としたみりん干しがある。みりん干しは、原料魚を水洗後、砂糖を主体にさらに食塩、みりん、醤油、水飴等を添加した調味液に漬けた後に乾燥させた製品である。

乾製品の分類には、上記のような製法の違いによる分け方の他に、乾燥させた製品の水分含量の大小による分類があり、水分の多いものを生干し、少ないものを乾物と呼んで分けている。

これらの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。

それでは、なぜ乾燥すると魚介類が腐敗しなくなるのであろうか。上記の各種水産乾製品は、魚の水分含量をある程度まで減少させているが、同じ水分量の乾製品でも短期間に腐敗してしまうものと、長期間貯蔵しても腐敗しないものがある。

これは食塩や砂糖などのように水に溶けやす

平成5年11月25日受理

\* エネルギー工学科

い物質を多量に含んだ食品は、食品中の水（自由水）の大部分が食塩や砂糖を溶解するのに使われ、微生物の発育に利用できる水が少ないため腐敗しにくいのである。塩乾品は食塩水に漬けた後に、みりん干しは砂糖と食塩等の調味液に漬け込んだ後に乾燥するのは上記のような理由からである。

微生物による食品の腐敗は、食品の水分量に影響されるのではなく、水の存在のしかたに影響され、その指標として水分活性( $A_w$ )の値が貯蔵性に大きな影響を及ぼしていることが知られている<sup>2)</sup>。水分活性の値は次式で定義され

$$A_w = P/P_0 = RH/100$$

ここで  $P_0$  は純粋の平衡蒸気圧、 $P$  は同じ温度における食品の水蒸気圧、 $RH$  は関係蒸気圧である。

各種水産加工品の水分活性( $A_w$ )の値を表 1<sup>1)</sup>に、 $A_w$  と食品の貯蔵安定性との関係<sup>3)</sup>を図 1に示す。 $A_w$  の低下にしたがって、細菌、酵母、カビの発育が遅くなり、やがて発育が停止することがわかる。このように  $A_w$  の低い食品ほど長期間の貯蔵ができることになる。中村ら<sup>4)</sup>は  $A_w$  の異なったアジ開き干し製品 5 種類を試作し、50℃ 貯蔵中の品質の変化に及ぼす  $A_w$  の影響について検討した。その結果、細菌によって

分解生成するトリメチルアミン能窒素(TMA-N)が  $A_w=0.96$  を境として急増し、 $A_w$  0.96 以上の製品と  $A_w$  0.96 以下の製品とでは貯蔵性に大きな差があることがわかった。

図 2 にマアジ開き干しの水分量および塩分量と  $A_w$  との関係を示した。 $A_w$  を 0.96 以下にするには、乾燥により水分を約 50% まで除去しなければならないが、食品を肉質部に約 3% 浸透させることにより、水分が約 70% でも  $A_w=0.96$  となることがわかる。

このように魚を乾燥させることにより  $A_w$  を低下させ、微生物による腐敗を防止することが可能であることが明らかになった。しかし魚の変質は、空気中の酸素と光線の影響による脂質成分の酸化、色調の退色、アミノ-カルボニル

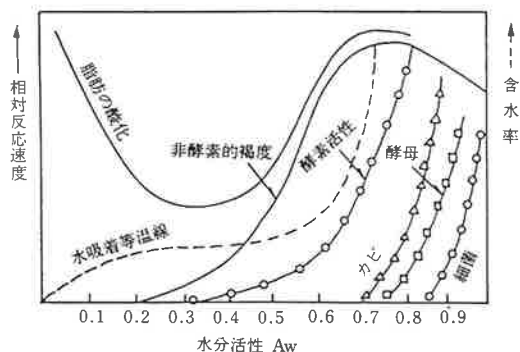


図 1 水分活性と貯蔵安定性の関係<sup>3)</sup>

表 1 水産加工品の水分・食塩濃度と水分活性<sup>1)</sup>

品 名	$A_w$	水分(%)	食 塩(%)
あ じ 開 き	0.960	68	3.5
塩 た ら 子	0.915	62	7.9
う に の 塩 辛	0.892	57	12.7
塩 ギ け	0.886	60	11.3
し ら す 干 し	0.886	59	12.7
い か こ 塩 辛	0.804	64	17.2
いわしの生干し	0.800	55	13.6
塩 た ら	0.785	60	15.4
い か く ん 製	0.785	66	—
かつおの塩辛	0.712	60	21.1
干 し え び	0.642	23	—
煮 干 し い わ し	0.575	16	—

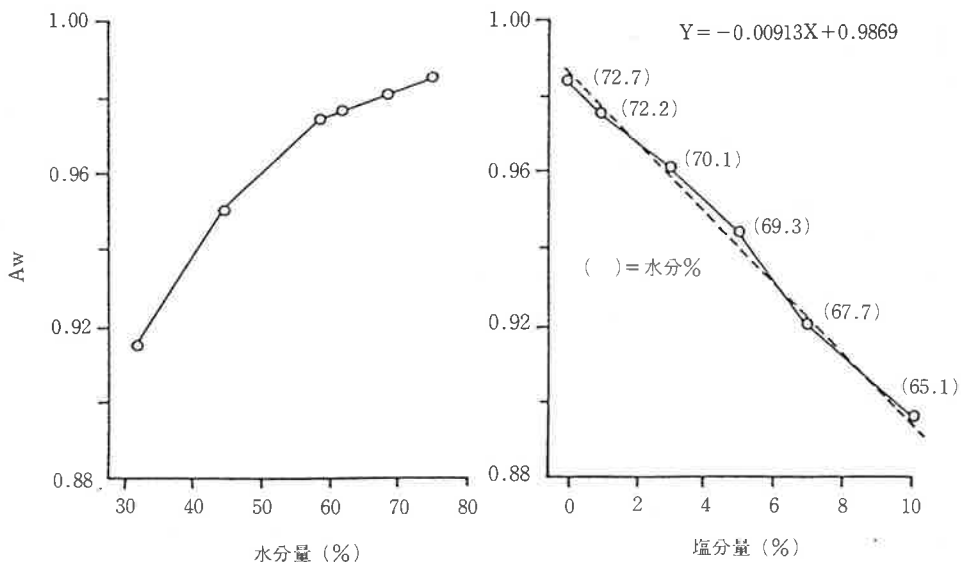


図2 マアジ開き干しの水分および塩分量と  $A_w$  の関係 (肉質部)<sup>3)</sup>

反応による褐変などによっても生じる。

## 2. 温風乾燥法

乾燥の目的はこうに水分を減少させることにより腐敗しにくい貯蔵性の高い加工品を作ることにある。しかし最近の水産加工品の多様化、高品質化の中で例えばイワシ、タラ、サバ等の多獲魚の魚肉を原料に機能性食品、健康食品素材等の新しい水産加工品を製造する工程には、鮮魚を保存する前処理あるいは製造工程の中に魚肉を乾燥する操作が必ず必要になっており、新しい乾燥法が導入されつつある現状である。

気象条件に左右され、乾燥速度の遅い天日乾燥に代わるものとしては、温風乾燥が最も広く用いられている。塩干品についてマイワシ及びマサバの塩干品の貯蔵中の成分変化を測定した研究<sup>5)</sup>等、貯蔵に関する研究は多く見あたるが、製造(乾燥)条件と品質との関係は余り明らかにされていない。柳谷<sup>6)</sup>は多脂イワシの低塩乾製品の乾燥条件と品質との関係を検討した。結果の一例を図3、図4、図5に示す。図3は製品

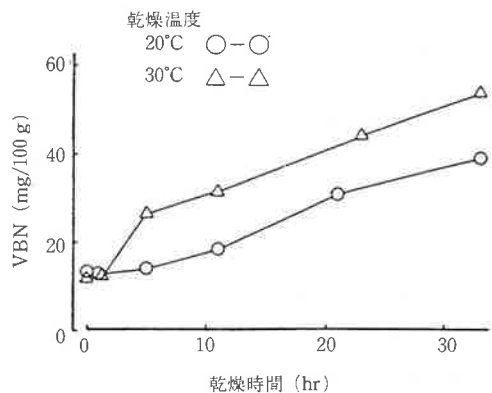


図3 VBN と乾燥条件との関係<sup>6)</sup>

肉質の変質指標となる揮発性塩基態窒素(VBN)と乾燥条件との関係を示したものである。VBNは30°C乾燥の場合、乾燥初期から増加し、20°C乾燥の場合でも長時間(11時間以上)乾燥は好ましくないことがわかる。

脂質についても、脂質の酸化が進むと、臭いの発生、色調の悪変(褐変)を生じ、EPA(エイコサペンタエン酸)やDHA(ドコサヘキサエン酸)などの成人病予防と治療に効果がある有効栄養成分(高度不飽和脂肪酸)が減少する。そ

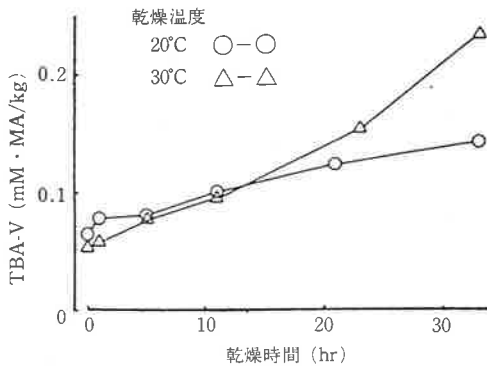


図4 TBA-V と乾燥条件との関係<sup>6)</sup>

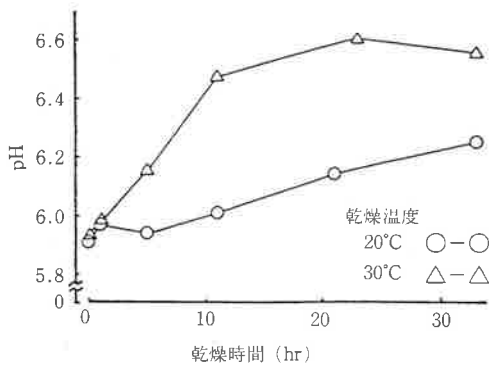


図5 pH と乾燥条件<sup>6)</sup>

のため栄養価が低下するとともに、このような酸化物質自身が毒性を帯びてくるので、できるだけ脂質の酸化を抑制する乾燥法を考えなければならない。脂質酸化の指標として使われるチオバルビツール酸価 (TBA-V) の乾燥条件による変化を図4に示した。TBA-V の値は、乾燥初期には20℃及び30℃とも両者の差はないが、30℃乾燥の場合21時間後から増加していることがわかる。

脂質酸化を防止する一つの方法として、浅原<sup>7)</sup>らは塩乾イワシに天然ビタミンE (天然トコフェロール同族体の混合濃縮物) を0.05%以上に添加すると抗酸化効果が強く認められ、相乗剤としてフィチン酸カルシウム、アスコルビン酸が有効であると報告している。

次に、製品 pH と乾燥条件との関係を図5に

示す。30℃乾燥の場合 pH の上昇は急速であり、11 時間後には6.5 となった。pH の上昇は肉質成分の分解の進行を示すため、低塩分製品には低温乾燥の必要性がわかる。

このように品質保持の目的のため可能な限り低温で乾燥される。しかし、低温乾燥の場合、当然乾燥時間が長くなるため、長時間経過すると肉質の劣化が生じてくる場合がある。そのため乾燥面積を増加し、短時間で処理できるような乾燥装置の設計が必要とされる。また、乾燥条件を設定するにあたっては乾燥速度、乾燥収縮、品質劣化を引き起こす化学的变化などを充分考慮しなければならない。品質の低減や褐変などの化学的变化は、原料となる魚の含水率の調整、乾燥温度と時間の設定の仕方、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、その基礎となる魚の乾燥特性曲線を求め、各種の鮮魚が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る。著者<sup>6)</sup>は熱風乾燥法におけるサケ、イワシ、サンマ、イカ、カレイ、タラの6種類の鮮魚の乾燥特性曲線を実測し、魚の種類による乾燥特性の違いを検討した。一例としてイカとイワシの乾燥特性曲線を図6および図7に示す。実験結果から下記のことが明らかになった。

① 6種類の鮮魚はすべて恒率乾燥期間が存在し、その後減率乾燥へと移る。

② 脂質が多い鮮魚(サンマ、イワシ、サケ)と脂質の少ない鮮魚(カレイ、イカ、タラ)の乾燥速度を比較すると、脂質の多い方が自由含水率が少ないため、恒率乾燥速度および減率乾燥速度は遅く、乾燥に要する時間が長い。これは、脂質が水分の内部拡散に影響を及ぼしていることも考えられる。

③ 鮮魚の乾燥特性曲線は魚の種類によってかなり異なった。例えば、イカの限界含水率の値は1.6~2.2の範囲であり、イワシの場合は0.6~0.9と小さな値を示す。これは魚の脂質量、内部構造等が鮮魚の乾燥特性に影響していること

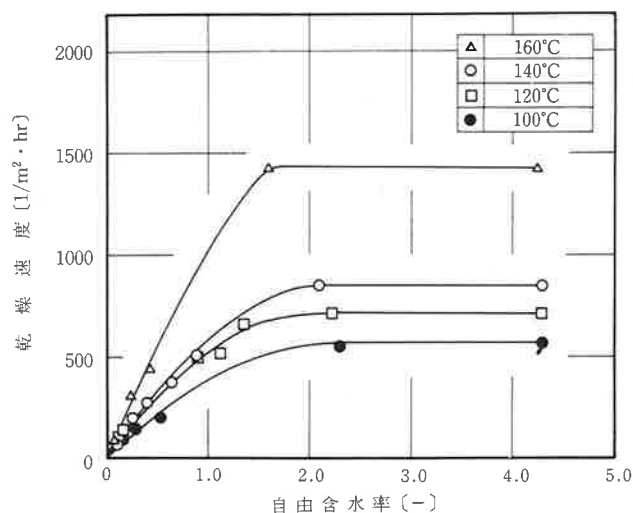


図6 乾燥特性曲線 (イカ)<sup>8)</sup>

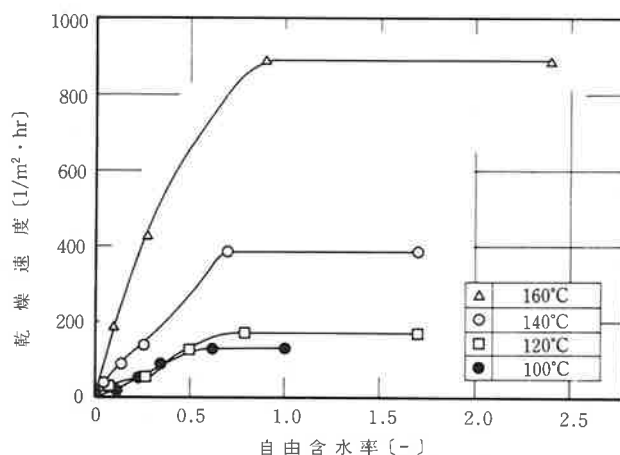


図7 乾燥特性曲線 (イワシ)<sup>8)</sup>

と考えられる。

図8にサケの熱風乾燥 140℃ の場合の魚肉の表面温度と重量の時間的变化を示した。材料予熱期間では急激に表面温度が上昇し、やがて表面温度は一定となり恒率乾燥期間に移る。その後、自由含水率の値が限界含水率より少なくなり減率乾燥期間に移ると、魚肉の表面が乾いてくるため表面温度は再び急激に上昇し、機内雰囲気温度 140℃ に近づくことがわかる。上記の結果は、現状の乾燥温度よりかなり高く、タ

ンパク変成および脂質の酸化等が生じるが、魚肉の乾燥特性を示す一つの指標と考えられる。

### 3. ラップ乾燥

サンマやサバなどを塩漬けた後に乾燥する場合、脂質酸化および変色は酸素、紫外線などの影響により魚体表面から進行する。網中<sup>9)10)</sup>はこのことに着目し、魚体表面が直接空気と接触しないように、水蒸気は透過し易いが酸素等

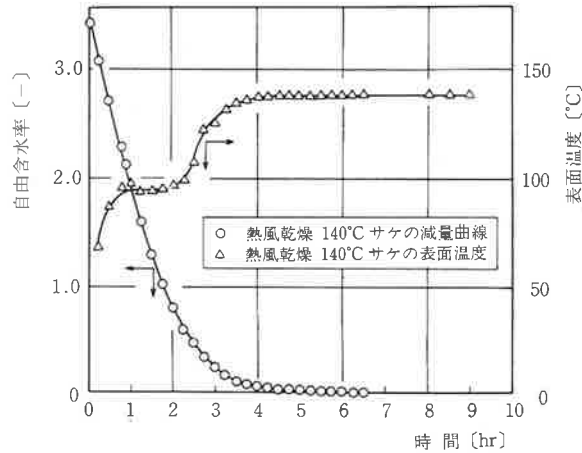


図8 表面温度と重量の経時変化<sup>a)</sup>

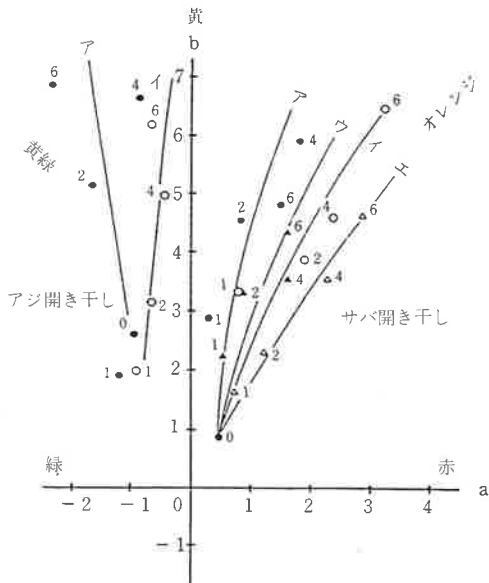


図9 サバおよびアジ開き干し製品の乾燥中の色調変化<sup>a)</sup> (図中の数は乾燥時間 (hr))

●—ア 天日乾燥 対照区      ▲—ウ 温風乾燥 対照区  
○—イ 天日乾燥 ラップ区      △—エ 温風乾燥 ラップ区

乾燥条件

項 目	天日乾燥・	機械乾燥
乾燥時間 (hr)	0~6	0~6
温度 (°C)	19.7~23.5	26.4~28.0
湿度 (%)	39~50	59~65

・ 天候 快晴

のガス透過性の低いセロファンフィルムを魚体表面に覆って乾燥を行った。それによると天日乾燥、温風乾燥（機械乾燥）いずれの場合もセロファンフィルムで覆ったラップ区と覆わない対照区の乾燥速度を測定したところ、セロファンフィルムは乾燥速度にほとんど支障を及ぼさないことがわかった。図9にサバ及びアジの開き干し塩干品の乾燥中の内色の変化を測色色差計で測定した結果を示す。横軸が赤色度を示す $a$ 値、縦軸が黄色度を示す $b$ 値で、原点からの距離が色の濃さ、傾きが色の種類を表している。いずれの製品も乾燥時間の経過に伴い、値が増加し、色が濃くなっているが、ラップ乾燥は肉色に赤味があり、良い色調を呈し、温風乾燥品の方がその度合いが強いことがわかる。

次に脂質酸化指標である過酸化価（POV）の変化を図10に示した。POVとは脂質が酸化するとき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。天日乾燥と温風乾燥を比較すると、乾燥速度が速く、紫外線等の脂質酸化促進作用の影響を受け易い天日乾燥は、温風乾燥品に比べてPOVの値が高く、脂質酸化の進行が速いことを示している。しかしラップ乾燥の場合、天日、温風いずれの場合も6時間乾燥してもほとんど

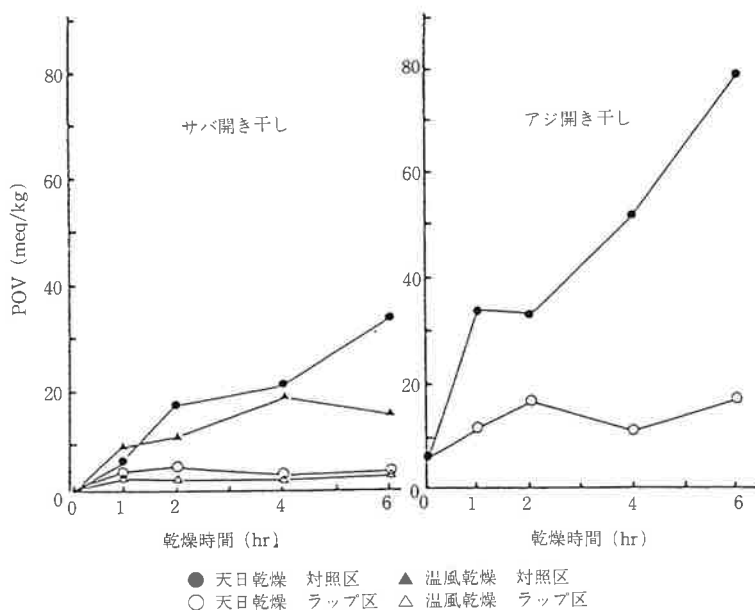


図 10 乾燥中の POV の変化<sup>9)</sup>

POV の上昇がみられず、乾燥中の脂質酸化はセロファンフィルムにより抑制されることがわかる。またラップ乾燥の場合、製品の身割れを防止し光沢を増すことも明らかになっている。

#### 4. 真空乾燥法

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。真空乾燥法は現在砂糖及び甘味類、野菜類、嗜好飲料類、調味料及び香辛料類の乾燥に利用されており、魚介類への利用はほとんどされていないのが現状である<sup>11)</sup>。

真空乾燥法は、水蒸気圧との平衡関係により数 Torr~10 Torr の真空下で乾燥を行うもので、真空中のため脂質の酸化が抑制され、色調が良好で柔らかく、伸縮性のある製品がえられることが報告されている<sup>12)</sup>。真空乾燥法及び遠赤外線真空乾燥法における鮮魚(イカ、サケ、サンマ、マグロ)の乾燥特性曲線も熱風乾燥法と同様、恒率乾燥が生じ、その後減率乾燥へと移ることも報告されている。魚肉の温度分布につ

いて、魚肉の表面温度と内部温度を測定したところ、熱風乾燥の場合は両者の差はわずかであるが、遠赤外線真空乾燥の場合は、恒率乾燥期間、減率乾燥期間いずれの場合も表面温度の方が高くなった。このことは、遠赤外線は表面近傍で吸収されて熱となり、内部へは通常の伝導伝熱で熱伝達が行われていることを示している<sup>13)</sup>。

乾燥によるタンパク質組成の変成について、著者がサンマを用い種々の抽出乾燥条件で作成した魚肉タンパク濃縮物(FPC)の魚肉タンパク質を75% SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動法により分離した結果を写真1に示す。写真中のパターン①~⑤はエタノールによる抽出および真空乾燥条件を変えて作成したFPC製品、⑥は生鮮品の魚肉タンパクの場合である。ここでミオシン重鎖とは、魚肉を構成している主要タンパク質(筋原繊維タンパク質)であるミオシンのサブユニットであり、近年カムボコの弾力の指標の一つであるゲル形成能との関係がかなりあることが解明されている<sup>14)</sup>。生鮮品のミオシン重鎖成分のバンドは濃く、ミ

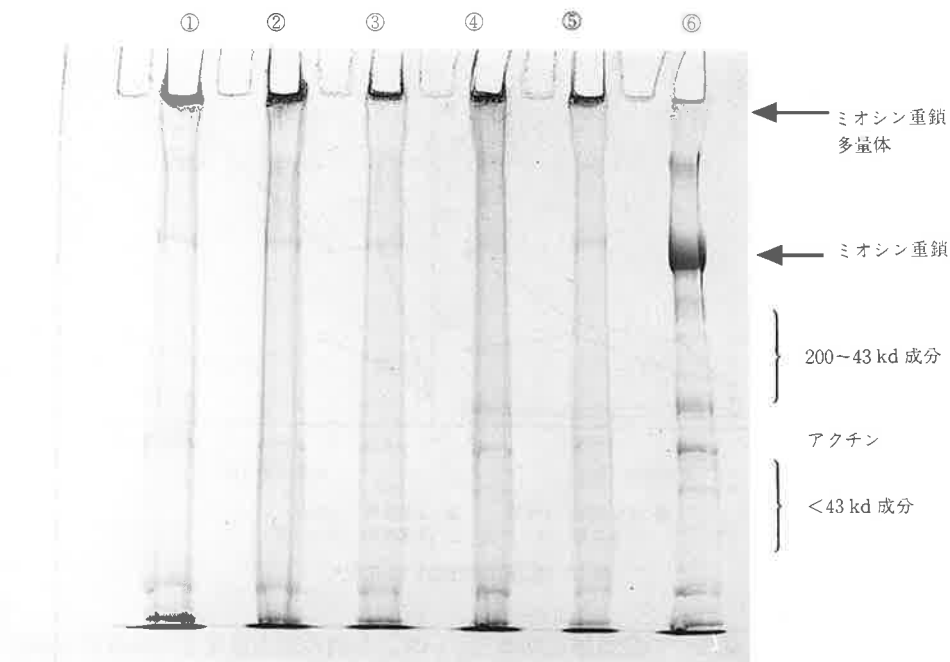


写真1 魚肉たんぱく濃縮物（FPC）の電気泳動パターン  
FPCの抽出乾燥条件

1	抽出	60℃	3回		真空乾燥	60℃	20hr
2	〃	80℃	2回		〃	60℃	5hr
3	〃	80℃	2回		〃	60℃	20hr
4	〃	50℃	1回	80℃ 3回	〃	60℃	18hr
5	〃	30℃	4回		〃	80℃	6hr
6	生鮮品の魚肉タンパク						

オシン重鎖成分が多く含まれていることがわかるが、抽出乾燥の工程を経た FPC 製品はいずれの条件の場合もミオシン重鎖のバンドは薄くなっている。これはミオシン重鎖が多量化反応（高分子）を起こし、ミオシン重鎖重合物に変わるためと思われる。福田<sup>15)</sup> は変化が生じるミオシン重鎖成分のバンドをデンストメーターで相対染色強度を測定し、ミオシン重鎖成分の減少割合を定量した。それによるとミオシン重鎖は乾燥温度が 0℃ と低い場合は大きな変化は示さないが、乾燥速度が高くなるにつれて減少速度が増大し、50℃ の場合 24 時間後には 10～25%

にまで低下すると報告している。このように魚肉を乾燥する場合、タンパク質組成の変化を考慮しなければならない。

## 5. 氷温乾燥法

最近、新鮮で品質の良い魚類乾燥製品が欲しいという消費者のニーズに対応して、氷温乾燥が普及しつつある。氷温乾燥は氷温領域における冷風（温度 0℃ ～ -5℃）で乾燥させるもので、従来の冷風乾燥機（温度 20℃ 以下）に比べて特殊空調用冷却器が必要となってくる。



氷温乾燥法の乾燥速度と乾燥中の品質変化について、マイワシフィーレ（三枚おろし）を使用して、冷風乾燥の場合と比較検討した報告<sup>16)</sup>を紹介する。図 11 に塩漬後、水切りされたマイワシフィーレ（食塩 0.3% 含有）の乾燥中の水分変化を比較した結果を示した。当然のことながら、氷温乾燥は冷風乾燥に比べ 2.5～3 倍の乾燥時間を要することがわかる。図 12 に鮮度の指標である  $K$  値と試料水分との関係と比較して示した。乾燥の進行とともに、試料水分が減少するにしたがって  $K$  値は上昇するが、氷温乾燥の方が上昇の度合いが小さい。図 13 に脂質劣化の指標とされる過酸化価物 (POV) の変化を示した。脂質の酸化も氷温乾燥の方がゆるやかであることがわかる。これらの結果から、氷温乾燥は冷風乾燥に比べて乾燥時間は長くなるが、鮮度が良く、脂質の劣化も少ない乾製品が得られることが推察される。

次に氷温乾燥品の貯蔵性について検討した結果を図 14 に示した。図 14 は図 11～13 と同じ条件で乾燥した 2 種類マイワシランド（加工しない原形のイワシ）をそれぞれ氷温冷蔵（ $-3^{\circ}\text{C}$ ）及び冷蔵（ $+5^{\circ}\text{C}$ ）した際の揮発性塩基窒素 (VBN) の変化を示したものである。初期腐敗の指標とされている VBN は、氷温乾燥品と冷風

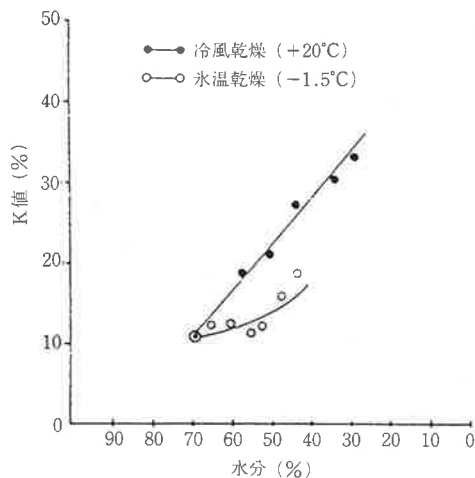


図 12 乾燥中の水分と  $K$  値の変化<sup>16)</sup>

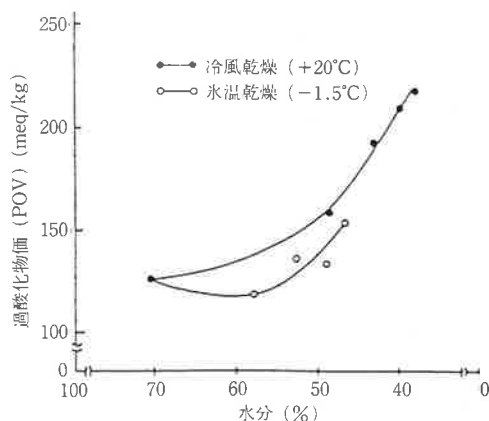


図 13 水分含量と過酸化価物の関係<sup>16)</sup>

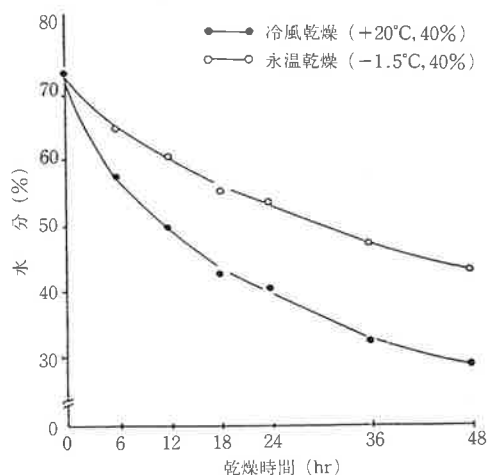


図 11 乾燥中の変化<sup>16)</sup>

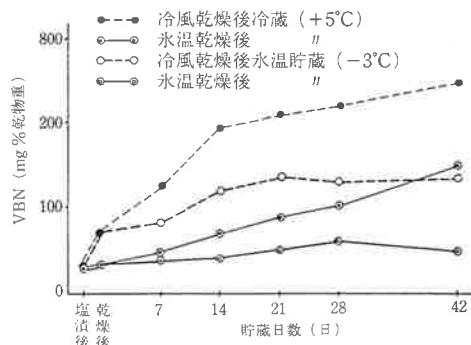


図 14 乾製貯蔵中の VBN の変化<sup>16)</sup>

乾燥品とでは乾燥後すでに差があり、貯蔵温度を変えても、その差は一層大きくなる傾向がみられる。このことから、水温乾燥品は貯蔵性が良く、水温貯蔵した場合は、VBN が著しく抑制されることがわかる。

## ま と め

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ために乾燥操作が用いられる。本稿は天日乾燥に代わる機械乾燥として用いられる温風乾燥法、ラップ乾燥法、真空乾燥法および水温乾燥法について乾燥法の概要とその乾燥条件による魚肉の品質の変化を概説した。機械乾燥は天候に左右されなく大量生産も可能であるが、乾燥条件によっては脂質の変化やタンパク質の変成、色調の褐変などの品質の劣化を生じる。また天日乾燥の場合より製造コストが高く、味が劣るといわれている。そのため、今後品質の劣化が生じにくく、しかも味のよい乾燥法の開発が望まれる。

本研究は、昭和 63 年度から平成 5 年度までの 6 年間八戸市の「21 はちのへ研究奨励金」及び本学の平成 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。本稿をまとめ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

水産物加工研究所主任研究員の石川哲氏、現在青森県水産増殖センター総括主任研究員の伊藤秀明氏に心より感謝いたします。また本研究に際し分析を行っていただいた本学エネルギー工学科技術職員の中谷勝美氏に謝意を表します。

なお、本稿を含む最近の乾燥技術全般については別記<sup>17)</sup>を参照されたい。

## 引用文献

- 1) 三輪勝利; 水産加工品総覧, p 6 (1983)
- 2) 石川宣次; 全水加工連たより, **73**, p 6 (1986)
- 3) 石谷孝佑; 食の化学, No 61 (1981)
- 4) 中村邦典, 石川宣次; 東海水研報, No 110, p 69 (1983)
- 5) 中村邦典, 石川宣次; 東海水研報, No 102, p 67 (1980)
- 6) 柳谷 智; 昭和 60 年度青水加研報, p 27 (1986)
- 7) 浅原充雄; 日本食品工業学会誌 **22**, p 467 (1975)
- 8) 青木秀敏; 八戸工大食品工学研究所紀要, **2**, p 41 (1991)
- 9) 網仲 仁; 千水試研報, **46**, p 65 (1988)
- 10) 網仲 仁; 水産加工, **84**, p 665 (1987)
- 11) 富田 剛; 食品と科学, **11**, p 85 (1985)
- 12) 青木秀敏; 21 はちのへ研究概要(八戸市), p 43 (1990)
- 13) 青木秀敏; 機能材料, **9**, p 35 (1989)
- 14) 新井健一; 水産ねり製品技術研究会誌 **15**, p 145 (1989)
- 15) 福田 裕; 水産ねり製品技術研究会誌 **13**, p 481 (1988)
- 16) 昭和 57 年度鳥取食品研報, (1983)
- 17) 青木秀敏他; 新しい乾燥技術の実際, 技術情報協会, p 299 (1991)