わが国の水産物の乾燥および乾燥機の現状

田 中 和 夫*

(昭和35年12月1日受理)

The Present Status of Drying and Dryer for Marine Products in Japan

Kazuo TANAKA

(Tokyo University of Fisheries)

水産物乾製品の生産の現状

水産物は、その大部分が食料として用いられ、極めて変質、醗酵、腐敗し易い特徴を持っている。そこで常にこれを長期間保持する方法の究明が重要な課題となってきた。これが貯蔵法であり、また多くの場合に加工法も貯蔵を目的として行なわれる。現在水産物の貯蔵法には、冷凍法、乾燥法、塩蔵法、缶詰法などがあり、このような形態になった水産食品を水産物加工品と称している。中でも冷凍法と乾燥法は、操作の簡単なこと、貯蔵後の品質の優秀なこと、その他の利点を買われて、水産関係ではこの二つを大きく取り入れ、前者は主として大資本

第1表 1958年度のわが国の水産物加工品の生産量

品 目	生産量 t	比 率 %			
		総漁獲量 t に対し	加工向原料 料に対し	食用向原料 料に対し	
総 漁 獲 量	564,4078	100.0	—	—	—
内 魚 貝 類	516,2808	91.5	—	—	—
内 藻 類	33,9685	6.0	—	—	—
内 肉 類	14,1585	2.5	—	—	—
生 鮮 向 原 料	124,1503	22.0	—	—	—
加 工 向 原 料	440,2575	78.0	100.0	—	—
内 非食用向原料	59,4547	10.5	13.5	—	—
内 食用向原料	380,8028	67.5	86.5	100.0	—
内 乾 製 品	135,3338	24.0	30.7	35.5	—
内 ね り 製 品	117,8799	20.9	26.8	30.9	—
内 冷 凍 品	54,3914	9.6	12.4	14.3	—
内 缶 詰 品	51,7378	9.2	11.7	13.6	—
内 塩 蔵 品	14,3699	2.5	3.3	3.8	—
内 雑 類	7,0900	1.3	1.6	1.9	—

*東京水産大学

の企業が水産物冷凍品を、後者は主として零細な加工家が水産物乾製品を作るのに用いている。農林統計によると、1958年度のわが国の水産物加工品の生産量は第1表、その中の水産物乾製品の内訳は第2表のごとくである。水産物加工品は大量に輸出されるが、1958年度のわが国の水産物加工品の輸出高は第3表のごとくである。

第2表 1958年度のわが国の水産物乾製品の生産量

品 目	生産量 t	比率 %
乾製品総生産量	135,3338	100.0
内 素 干 品	22,1378	16.4
内 塩 干 品	16,0079	11.8
内 煮 干 品	54,291	40.1
内 燻 製 品	1,1151	0.8
内 節類(焙干品)	13,7789	10.2
内 海藻加工品	27,9950	20.7

第3表 1958年度のわが国の水産物加工品の輸出高

品 目	単 位	数 量	金 額 ドル	金額比率 %
水 産 缶 詰	c/s	881,2652	1,2255,5000	55.3
冷 凍 水 産 物	t	13,0679	4293,0000	19.4
水 産 油 脂	メートン	10,8232	2530,1000	11.4
真 珠	g	3445,0966	1793,8000	8.1
塩 干 水 産 物	pcl	24,0176	598,4000	2.7
寒 天	lbs	145,8055	180,1000	0.8
其他の水産物	メートン	2,9229	496,2000	2.3
計	—	—	2,2147,1000	100.0

註 この時のわが国の総輸出金額は28,7632,0000ドルであるから、水産物加工品の輸出金額はその7.7%、塩干水産物の輸出金額はその0.2%を占めている。

第4表 水産物中の水分とそれに対する酵素と微生物の働き

水分%	酵 素	微 生 物		
		細 菌	酵 母	か び
50	作用する	発育、繁殖、作用する	発育、繁殖、作用する	発育、繁殖、作用する
40	〃	発育、繁殖、作用しない	〃	〃
30	〃	〃	〃	〃
20	〃	〃	発育、繁殖、作用しない	〃
10	作用しない	〃	〃	発育、繁殖、作用しない
0	〃	〃	〃	〃

註 関係湿度については、たとえば温度 25℃ において、水分20%以下の水産物乾製品には、酵素は30%以下の関係湿度では作用せず、微生物の中、かびは75%以下、酵母は85%以下、細菌は95%以下の関係湿度では、それぞれ生きてはいるが、発育、繁殖、作用はしないといわれる。

第1表より、水産物乾製品の生産量は135,3338 t、水産物冷凍品の生産量は54,3914 tで、前者は後者の2.5倍もあるが、この時の経営体の概数は、前者が21,0000、後者が1000であって210倍にも達している（なお経営体の概数は、ねり製品が5000、缶詰品が1000、塩蔵品が5000といわれる）。つまり、水産物乾燥工場数は水産物冷凍工場の210倍もあるが、その生産量は僅かに2.5倍に過ぎないわけである。それだけ乾製品の加工家は零細企業であり、冷凍品のそれは資本企業であるといえる。もっとも21万の水産物乾燥の経営体の中、16万は海藻加工品であって（大体のりが5万、こんぶその他が11万）、これには海中からこんぶなどを採取し、それを浜辺で天日に乾すといった原始的な作業も計上されている。しかし、とも角、水産物乾製品というのは、非常に零細な多数の農漁家が製造に当り、生産量の合計は多いが、一家当りの単位生産量は極めて少ないことがわかる。これがわが国の水産物乾燥の実情なのである。

乾燥による水産物の貯蔵の原理

水産物はもちろん一般の食品をそのまま放置すると、しだいに変質し、醗酵し、腐敗して食用に堪えぬものとなる。このさい変質するのは酵素のためであり、醗酵し腐敗するのは微生物（これはさらに細菌、酵母、かびの三つに分かれるが、中でも細菌）のなせるわざである。酵素も微生物も、適当な水分と温度の下でなければ充分に働くことができない。水産物は、その成分の大部分が水分である。ゆえに常温に放置された水産物は、酵素や微生物が働くのにこの上ない培地と見られ、とくに変質、醗酵、腐敗が速かである。しかし、このような水産物も水分を減ずるか、または温度を低くすれば、酵素の作用および微生物の発育、繁殖、作用は極めて少なくなって、相当の期間これを保存し得る。つまり、水産物中か

ら水分というマテリアルを除いて少水分にするか、または熱というエネルギーを奪って低温にすればよいのであって、前者が乾燥法、後者が冷凍法であり、いずれも最も基本的な水産食品の貯蔵の手段といえる。水産物中の水分に対する酵素と微生物の働きは大体第4表のごとくであるといわれる。これで見ると、水産物は大体水分が10～20%になると、微生物中の酵母と細菌は発育しないので、醗酵したり、腐敗したりすることはないが、これでは微生物中のかびは発育し、酵素は作用するので、変色し、悪臭を帯び、味を損ずるといった変質は免がれない。そこで、これらをとも抑止しようと思えば、水分を10%以下にすることが必要なことがわかる。

水産物乾製品の種類

乾製品となる水産物は、魚介類と海藻類でいずれも70～90%の水分を含んでいる。水産物乾製品を一般に第5表のごとく分けている。また、水産物乾製品をそれぞれ含む水分によって分けると、第6表のごとくなる。

水産物乾製品を作る場合の注意

魚介類を主とした水産物を乾燥して乾製品を作る場合には、能率良く大量に乾燥し、生産をあげることが必要であると同時に、これは商品であるから、品質良好なものを製造しなければならない。

ここでは主として後者に関して魚介類の特性による一般的な注意事項を述べる。

1. 魚介類は甚だ変質、醗酵、腐敗し易い。変質も、醗酵も、腐敗も、化学変化であるから、温度が上がると反応は速かになる（大体温度が10℃上昇すると、化学反応の速度は2倍になるといわれる）。乾燥に熱風乾燥を使うと、被乾燥物の温度は上がり、それだけ乾燥が速かに行なわれるが、同時に変質、醗酵、腐敗する速度も

第5表 水産物乾製品の一般的な分類

名 称	特 徴	代 表 的 製 品	その初水 分 %	その終水 分 %	機械乾燥をする 場合の空気の 温度 °C	その乾燥 時間 h
素 干 品	生鮮なまま乾燥する。丸のままのものを丸干し、開いたものを開き干しという	するめいかを乾燥したするめ	80	18~22	30~40	12~15
抄 干 品 (海藻加工 品の一つ)	生鮮なまま抄いて乾燥する。素干品の一つである	あさくさのりを乾燥したほしのり	90	10~13	30~40	3~4
凍 乾 品	凍結したまま真空乾燥する	まがきの凍乾品	80	1~2	-30~-40 30~40	10~30
塩 干 品	塩漬けして乾燥する。塩をふったものがふり塩、塩水につけたものが立て塩である	すけそうだらよりのすきみだら	70	普通乾品 45以下 半乾品50以下 生乾品55以下	15~25	20~24 16~18 12~14
調 味 干 品	みりんのごとき調味液に漬けて乾燥する	さんまのみりん乾し	70	25~30	30~40	12~18
焼 干 品	焼いて乾燥する	たいの焼乾品	70	15~20	80~90	6~8
蒸 干 品	蒸して乾燥する	あじの蒸乾品	70	30~35	70~80	4~6
煮 干 品	煮て乾燥する	せぐろいわしの煮乾品	68	18~23	60~70	6~8
焙 干 品 (節 類)	煮て幾分煙を混ぜて乾燥する	かつおよりのかつお節	68	15~18	90~120	10~12 d
燻 乾 品 (燻製品)	塩漬けして、煙でいぶす	くんせいさけ	冷燻 65 温燻 70 熱燻 70	35以下 50以上 60以上	10~25 55~70 120~140	10~14 d 10~12 4~6
荒粕、魚粕、魚粉	煮熟し、乾燥し、粉碎する	こがねがれいとすけそうだら魚粉	50~55	7~10	100~150	2~3

註 この中、凍乾品というのは凍結乾燥 (Freeze drying) したものと意味で、寒天やめんたい (すけそうだらから作る) のごとき凍結脱水 (Freeze dehydration) したものと異なる。

一般に食品中から水分を水という液体の状態では流出させて除く方法を脱水といい、それに対して水分を一旦水蒸気という気体の状態に変化させ蒸発させて除く方法を乾燥という。

食品中のあるものを凍結すると、その中の水分は水という固体の状態に変化するが、その後これを解凍すると、ふたたび水になり、流出して失なわれる。これが凍結脱水法で、上述の寒天やめんたいはこのようにして作った脱水製品である。ゆえにこれは乾燥品ではない。

食品を凍結し、その中の水分を水という固体の状態に変化させ、その後これをそのまま昇華により一旦水蒸気に変化させて除く方法が凍結乾燥法である。これは前者とは全く趣が異なり、明らかに乾燥の一種である。一般の乾燥法では、食品中の水分が内部拡散によって表面に達し、そこで液体の水から気体の水蒸気になり、表面蒸発によって失なわれるので、これを蒸発乾燥 (Evaporative drying) というが、凍結乾燥法では、食わず、食品中の水分がその位置で固体の水からいきなり気体の水蒸気になり、内部拡散を伴った蒸発 (昇華) のみによって失なわれるので、これを昇華乾燥 (Sublimative drying) という。

水産物の中、魚介類の主成分は、水分と蛋白である。生鮮な魚介肉は、多数の蛋白の粒子が水分中に規則正しく配列して分散し、ブラウン運動をなし、相互の引力によって、その間の水を保有していると考えられる。そこで魚介肉を蒸発乾燥すると、乾燥が進むにつれて水分が減少し、蛋白粒子は相互に接近し、ついにくっつき合って離れなくなり、粒子の数が減少する。ゆえにかかる乾燥品を水に漬けても、多数の蛋白粒子がふたたび分散して、水を保有することができないので、もとの生鮮な魚介肉へは戻らない。

それに反して、魚介肉を凍結乾燥すると、まずその中の水分は凍結してしまうので、分散していた多数の蛋白粒子はその位置で氷に閉じ込められ、各個ばらばらに固定される。そこで以後乾燥が順次表面から内部へ進んでも、蛋白粒子は相互に接近し得ず、くっつき合うこともなく、もとのままの状態では水分が抜け、スポンジ状になる。ゆえにかかる乾燥品を水に漬けると、多数の蛋白粒子はふたたびそれへ分散して、水を保有するようになるので、もとの生鮮な魚介肉に戻るわけである。

つまり蒸発乾燥させた普通乾燥品は、後に水へ漬けてももとへ戻らないが、昇華乾燥させた凍結乾燥品は、凍結による固定作用のために、ふたたびもとへ戻るのであって、このようにもとへの復元性、あるいは以前の状態の再現性の高いことが凍結乾燥品の大きな特徴である。それと同時に、蒸発乾燥では水分を保有する力のある蛋白粒子が分散したまま乾燥を進めるので、魚介肉の場合に、これを10~20%以下の水分まで乾燥することは容易ではないが、昇華乾燥ではある意味で蛋白粒子の水を保有する力をたち切って乾燥を進めるので、魚介肉の場合にこれを1~2%以下の水分まで乾燥することは容易である。凍結乾燥法は、かくのごとき特徴を持っているので、インスタント・フードを作る最も有力な手段の一つと見られている。

第6表 水産物乾製品の水分による分類

名 称	水 分	目 的	代表的な製品	乾燥法の呼び方
生 乾 品	55~60%以上	味付け(体液が濃厚になるため)	燻製品中の熱燻品	加工 乾燥
半 乾 品	50%附近	味付けを主とし、幾分貯蔵(短期貯蔵)	燻製品中の温燻品	加工 乾燥
全 乾 品	20%以下	貯蔵(長期貯蔵)	燻製品中の冷燻品	貯 蔵 乾 燥

大きくなる。ゆえに、魚介類がそれ程速くはこれらの変化を起こさないように低温の下で乾燥を進めるか、または高温の下でも変化する前に相当量の水分を除くようにしなければならない。

すなわち、水産物乾製品を作る場合には、乾燥が先か、変質、醗酵、腐敗が先かという問題が起こり、常に前者が後者よりも速いようにする必要がある。それには高温で乾燥するよりも、低温で乾燥する方が危険が少ないことになる。

2. 魚介類の主成分である蛋白は、加熱されると熱凝固して変性する性質がある(前述の蛋白粒子が相互にくっつき合っただけで離れなくなる)。こうなったものはもはや生鮮魚介類とはいえず、煮熟魚介類になる。蛋白の熱凝固点には二種類あって、一つは45~50°C、もう一つは50~60°Cである。ゆえに生鮮な魚介類の乾製品を作るには、当然いずれの蛋白も熱凝固しない状態で乾燥を行わなければならない、そのためには乾燥されつつある魚介類の温度は常に40°C以下である必要がある。そこでやはり高温で乾燥するよりも、低温で乾燥する方が安全である。ただ、これはあくまでも素乾品を作る場合であって、煮熟された魚介類を乾燥して、たとえば煮乾品を作るような場合にはこの限りではない。

3. 魚介類の成分である脂肪は、不飽和で甚だ変質し易い。つまり直ぐに酸化し、黄色になり、褐色になり、渋味を感じるようになるが、これを油が焼けたと称する。これも化学変化の一つであるから、温度が高くなるほど速かに起こる。しかも、油焼けの現象は素乾品を作る時はもちろん煮乾品を作る時にも同様に起こるのであって、一度煮熟されたものであるからとて、無暗に高温な空気の下で乾燥を進めると、脂肪は著しく酸化し、油焼けのひどい品質劣悪な乾製品となる。ゆえにここでも高温で乾燥するよりは、低温で乾燥する方が良いことになる。

なお魚介類の脂肪は、食塩が存在するとさらに速かに酸化するので、塩乾品を作る場合には、素乾品を作る場合よりも、低い温度の下で乾燥を進めなければならない。

4. 水産物乾製品は人間が食用とするものであるから、色、香、味などの食味が良好なものでなければなら

ない。それには上述のごとき変質が起こらないことおよび水産物中に微量に含まれている色素、揮発性物質、呈味成分(エキス分など)、栄養成分(ビタミン類など)、その他ができるだけ変化しないように乾燥を進める必要がある。そこで、この面からも、高温で乾燥するよりは低温で乾燥する方が優れている。

5. 水産物の乾燥も他の物質の乾燥と同様に、被乾燥物中に水分が、まず内部拡散によって表面まで移動し、ついで表面蒸発によって外界へ失われる。そこで相当に厚い水産物を初めからいきなり高温低湿な空気乾燥すると、表面蒸発ばかりが盛んに起こって内部拡散がこれに伴わず、表面部分だけが過度に乾き、収縮し、一部の蛋白は凝固し、以後内部から滲み出る水分を遮断する層を形成する。それにより甚だしい場合には身割れを生ずる。こうなると、もともと多かった内部の水分は全然失われず、むれて、ついに変質し、醗酵し、腐敗することがある。かかる現象を表面硬化(Skin effect または Case hardening)という。これは厳に避けなければならない。

そのために水産物の乾燥に当っては、急速乾燥が望ましいのであるが、それも表面硬化を来さない範囲のものである必要があつて、急速の程度には限度がある。表面硬化の現象を避けようと思えば、相当に厚い材料を初めから過度に高温低湿な空気乾燥することおよび常に余りに高温な空気乾燥を行なうことは避けなければならない。つまりここでも、高温で乾燥するよりは低温で乾燥する方が宜しいことになる。

表面硬化を恐れて、ある程度まで乾燥させた水産物を乾燥機から引き出し、堆積して放置し、内部の水分が表面へ拡散して来るのを待って、ふたたび乾燥することが行なわれている。これをあん蒸といい、乾燥を一度に進めない手段である。

6. 以上のごとく水産物、とくに魚介類の乾燥を行なう場合には、すべて高温で乾燥するよりも低温で乾燥する方が望ましい。つまり水産物の乾燥に当っては、できれば熱風乾燥のごとき高温乾燥を止めて、吸湿乾燥、真空乾燥のごとき常温乾燥か、冷風乾燥のごとき低温乾燥を行なう方が品質良好な製品を得ることができる。しかし、高温乾燥に比べて、常温または低温のそれは、乾燥

時間が長くて能率が落ち、生産能力が低く、また概して装置が高価になる欠点がある。

実際に乾燥の能率は、空気温度が 10°C の時に比べて 20°C の時は約2倍、 30°C の時は約4倍にあがり、ほぼ二乗でかかってくる。ゆえに乾燥時間を短かくし、乾製品の生産量をあげる最も簡単な方法は、空気温度を上げることである。戦前の水産物の乾燥機はこの点に意を注いで、たとえば素乾品を作る場合にも $40\sim 50^{\circ}\text{C}$ の熱風を用い、風速は自然対流もしくは $1\sim 2\text{m/sec}$ 程度の微弱なものであった。しかし、これでは到底品質の良い乾製品ができるわけではなく、機械乾燥品は天日乾燥品に比べて常に色が悪く、つやがなく、香気に乏しく、味も落ちて、品質の劣るものと見られてきた。そこで戦後の水産物の乾燥機は、まず天日乾燥品に劣らぬ機械乾燥品を作ることに主眼を置き、そのためには乾燥温度を低くし、たとえば、素乾品を作る場合に $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ の熱風を用い、一方空気の流速を $2\sim 4\text{m/sec}$ と速くかつ均一にしている。ただ乾燥の能率に対する風速の影響は、ほぼ平方根でかかってくる。水産物を天日乾燥する時ですら、これまで、熱で乾かさず風で乾かせといわれたのであって、戦後のこのような風速を重んずる傾向は水産物の乾燥機もやっと実用になったことを示すものである。今後の水産物の乾燥機もやはり乾製品の品質に重点を置くべきで、それには常に 20°C 以下の温度で乾燥を進めることが望まれる。そこで今後は熱風乾燥のごとき高温乾燥よりも、常温乾燥もしくは低温乾燥が重視され、それらの乾燥能力を高めるために、空気の流速の増大、除湿の促進といった点に考慮を払わねばならない。

もつとも天日乾燥品は乾燥温度が低いために、常に機械乾燥品よりも品質が良いとはいえないのであって、たとえば、熱風乾燥を行なう場合には被乾燥物は熱風から対流によって熱を受けるのみなので、その温度が熱風温度以上に上がることはないが、天日乾燥では被乾燥物は太陽の輻射熱をも受けるので、その温度は常に周囲の気温よりも高い。実際に気温が $10\sim 15^{\circ}\text{C}$ の外界で天日乾燥をしているさいの魚類の温度が $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ に上昇することは珍しくないのである。こうなると天日乾燥品といえども、当然高温にもとずく品質の悪化が起こる。そこで天日乾燥の場合にも、直接被乾燥物を天日にあてず、陰乾しすることが多い。このようなことを考えると、常温もしくは低温な空気を使った機械乾燥品の品質は、天日乾燥品のそれよりも遙かに優るといえよう。

しかし、現在は未だ多少乾製品の品質を犠牲にしても、乾燥の能率が高いことが好まれ、そのために熱風乾燥が全盛を極めていく段階であつて、各水産物の種類により、その品質を傷めずにどこまで熱風温度を上げ得る

かという研究が重要な意味を持つものになる。

7. 水産物乾製品の色、香、味などの食味が悪くなるのは、水産物を高温の下で乾燥する場合に起こるが、一方その乾製品を裸のまま放置すると、長期間には相当にこれらが悪くなる。近時の研究によれば、むしろ後者の場合の方が多いといわれる。ゆえに水産物を乾燥する間の温度は多少高くとも、その後乾製品を貯蔵する間の取り扱いが良ければ、その品質は良好に保てるものと思われる。それには水産物乾製品の水分を10%以下にするか、または、吸湿剤を入れた防湿気密な包装材料で包装するか、あるいは適当な温度(たとえば常時 10°C 以下)と関係湿度(たとえば常時60%以下)の下に貯蔵するかといった方法が採られなければならない。実際には、この三者を共に施すことが必要であろう。ゆえに現在、水産物を乾燥する方法の研究が盛んに行なわれているが、それと同時に、乾製品をそのままの状態で長期間貯蔵する手段の研究を大に行なう必要がある。

水産物の乾燥機

水産物を乾燥する方法には、天日乾燥法(Solar drying)と機械乾燥法(Mechanical drying)の二つがある。現在大部分の水産物は前者によっている。後者に使われるのが乾燥機であつて、わが国で実際に使用せられている主なる水産物の乾燥機を、熱風乾燥、常温乾燥、低温乾燥、凍結乾燥の四つに分けて簡単に説明する。なお水産関係では後の三者を特殊乾燥と称している。

1. 熱風乾燥(Hot air drying)

乾燥媒体として常温よりも高い温度の熱空気を使い、被乾燥物から水分を吸って増湿した空気の全部または一部を棄て、新たに全部または一部の空気を取り入れて乾燥を行なう。つまり、除湿の方法は棄湿である。水産物の乾燥機は熱風乾燥が本命であり、これにつぎの各種がある。

(1) 乾燥室(Drying chamber)

密閉した室内に熱源を置いて室内の空気を加熱し、それにより室内に配置された被乾燥物を乾燥する。熱源のために天井から煙突を出し、被乾燥物のために下隅に吸気口、下隅もしくは上隅に排気口を備え、熱気の循環は自然対流に任せる。熱風乾燥の最も簡単な形態で移動はできない。

水産物では、間口×奥行が2間×3間=6坪、高さが10尺の納屋の内部に、ダルマ・ストーブ2個を置き、煙道を室内に配置し、そこへの障子に張られたのりを立てかけて乾かすのりのストーブ乾燥室、あるいは、間口×奥行が1間×1間=1坪、高さが14尺の小屋の内部で、下方を石積みとし、そこで堅木の薪材とおが屑を燃

し、上方に魚類を吊下していぶす燻製室などがある。

近時のりのストーブ乾燥室の中に、L型鉄材を用いた円筒形の回転わくを取り付け、その周囲にのり障子を張り、所要動力 $\frac{1}{4}$ ps、回転数 23rpm の下にこれを横に回転させる。一方ストーブに放熱管をつけ、そこから出る温度 40°C の熱風を送風機によって回転わくへ導く。このようにして1回に504~588枚ののりを収容し、1.5~2hで乾燥するものが現われた。また円筒形のわくの軸線の方にのり障子を張り、それを縦に回転するものもあり、これでは1回に800~1000枚ののりを収容し、2~3hで乾燥する。これらは不連続回転式のり乾燥機といわれている。

(2) 乾燥箱 (Drying box)

上述の室の代りに箱を使い、多くは移動ができる。乾燥器、簡易乾燥機などとも称される。 $1 \times 1 = 1\text{m}^2$ 、高さ 2m の金庫のごとき箱内で、煉炭もしくは電熱を熱源とするつくだに乾燥箱、 $1.5 \times 1.5 = 2.25\text{m}^2$ 、高さ 5m の四角い箱内で、炭火もしくは電熱を熱源とするきんし、ぎんし(ふかのひれから作る)乾燥箱などがある。時として熱源を箱の外部に密着させて置き、送風機を用いて熱気を強制対流させることもある。

以上は熱源と被乾燥物が一つの室または箱内に同居している方法であるが、それに対して空気を加熱する部分と被乾燥物を乾燥する部分とが別であり、その間を送風機もしくは排風機で連結したものを一般に乾燥機 (Drying machine または Dryer)、つまり熱風乾燥機 (Hot air dryer) という。熱風乾燥機は、空気加熱部(熱風発生装置ともいい、冷空気吸入口、加熱管、熱空気吐出口)、乾燥部(乾燥室ともいい、吸気口、棚、台車、コンベヤのごとき被乾燥物の保持または移動装置、排気口)、送風部あるいは排風部(送風機あるいは排風機)の三部分からできており、これらの間は風道によって密に結ばれている。熱風を作る方法として、燃料から出た火と煙つまり燃焼ガスをそのまま、乾燥に使う方法を直接加熱式(直火式ともいう)、燃焼ガスを空気加熱部に通し、そこで加熱された空気を乾燥に使う方法を間接加熱式(熱風式ともいう)と称する。熱風乾燥機にはつぎのものがある。

(3) 箱型乾燥機 (Box dryer あるいは Compartment dryer)

水産物の乾燥機の中最も多いのがこの型で、水産界には1台30~50万円の箱型熱風乾燥機が大いに普及している。操作は不連続で、乾燥室の中で被乾燥物をせいろに入れ、棚もしくは台車にのせ、人力で移動させる。1930年(昭和5年)頃熱風吸出し式魚類乾燥機というのが試作

第1図 南星式魚類箱型熱風乾燥機(3型)

されたが、当時は時期尚早のためものにならなかった。

現在水産関係で圧倒的に利用されているのは、株式会社南星工作所の南星式魚類乾燥機である。これは第1図のごとく、加熱炉による空気加熱機、送風機、熱風の吹込装置と排出装置を持った乾燥室、被乾燥物を収容したせいろをのせる台車の四部分からできている。また空気加熱機の外壁に発煙機を取り付け、それから発生した煙を加熱炉に導き、熱風の代りに熱煙を作れば、焙乾品、燻乾品の製造もできる。さらに加熱炉を廃して送風機と同じ動力の冷凍機を取り付け、空気加熱機の代りに空気冷却機を使えば、冷風乾燥を行なうことも可能である。

加熱炉は鋼板製の直火式水平加熱釜で、燃料に薪炭、石炭、重油などを用い、これで空気を加熱して熱風を発生させる。また、加熱炉の一部は切り欠いてあって、ここから燃焼ガスを吹き出し、加熱空気に混ぜることができる。熱源にボイラで発生させた飽和蒸気を使う時は、鑄付き加熱管の空気加熱機とする。

送風機は多翼式(シロツコ型)または軸流式(プロペラ型)で、送風式に使い、その大きさは、原料の収容量が

255kg のもので 1~2ps, 450kg のもので 3~5ps, 750kg のもので 5~7.5ps, 1125kg のもので 7.5~10ps, 1687.5kg のもので 10~15ps, 2250kg のもので 15~20ps である。乾燥室内における被乾燥物表面の熱風の速度は 1.3~3.0m/sec 平均 2m/sec で、その吹込装置、排出装置、台車に積まれたせいの間の三者によって、熱風が各段のせいの間を急速に、平均に通るごとく工夫されている。

台車は鉄骨製で、人力により車輪の向きを変えることおよび転車台によって全体の向きを変えることができ、乾燥室内の吹込装置に近い部分の台車と、排出装置に近い部分の台車とを適時入れ換え、長さの方向における被乾燥物の乾燥むらをなくすごとくなっている。ゆえにこの乾燥機によれば、空気温度、湿度、速度、方向、あるいはその中の煙の濃度などを自由に変えることができ、第5表に記した水産物乾製品一切を能率良く製造し得る。南星工作所はこの種の乾燥機として、他に生のり専用、魚粕専用のものを製作している。

水産関係でやはり相当に利用されているものに、兵庫

第2図 兵水式魚類箱型熱風乾燥機（三二型）

第3図 大野式魚粉回転熱風乾燥機

県水産試験場で製作を指導する兵水式魚類乾燥機がある。これは第2図のごとく、重油バーナによりボイラで発生させた飽和蒸気をエロヒン・ヒータに通して熱風を発生させる空気加熱部、長方形の室を縦に二分し、その一方に格子型の風向調整装置を、両室の中間に風向変更装置を備え、熱風の向きを180度変えて均一に通るようにした乾燥室、送風および排風式として用いる送風機の三部から成っている。魚介類はやはりせいのり収容し、台車にのせて乾燥室内に配置するが、南星式のごとく台車を入れ変えることはない。

この乾燥機の一例として三二型の諸元を述べると、ボイラは横置多管式で3×6尺、制限圧力 7.0kg/cm²、重油バーナは M. B. N. 式 1/4ps, 3000~3600rpm, 送風機はシロッコ式で No 5, 545rpm, 風量 366m³/min, 7.9ps, 電動機は E. F. O. 型式で三相200ボルト、10ps (7.5kw)、乾燥室の長さ×幅×高さは8.4×3.0×1.9m, 台車は鉄製四輪付きで 1.3×1.76×1.24m, 10台、被乾燥物の収容量は 1000kg である。

(4) 回転乾燥機 (Rotary (drum) dryer)

円筒回転式で、連続型であり、魚粕もしくは魚粉のように初水分が50%程度で粒状、粉状のものの乾燥機として用いられる。第3図のごとく、細長い円筒を僅かに傾斜させて横に配置し、乾燥筒とする。筒内の一端から原料を、他端から熱風を送り、両者を向流に接せしめる。円筒が二重になっているものではその間隙、しからざるものでは筒内に加熱管を備え、そこに燃焼ガスもしくは蒸気を通して乾燥筒の内面を加熱している。別に魚粕用には小型な直火式、魚粉用には大型な蒸気式の空気加熱機を有するのが普通である。乾燥筒の内面は格子状の多数の区劃に分かれ、バケット・エレベータで筒内に導かれた原料は、この区劃により乾燥筒の回転につれて上方に

持ち上げられ、ばらりと下方に落ち、傾斜によって少し前進する。かくして原料は、乾燥筒内で空気加熱機により作られた熱風に触れ、また区劃内で熱せられた乾燥筒の内面に直接接触することにより加熱され、乾燥される。送風機は排風式に使い、粒状、粉状のものであるからサイクロン・コレクタを取り付け、ここで吸われた原料を分離する。乾燥温度と乾燥時間は、直火式では乾燥筒の入口の空気温度が120~160°C, 出口の空気(排気)温度が60~80°Cの下に0.5~1.0h, 蒸気式では蒸気圧力

が4.0kg/cm²、入口の空気温度が80~100°C、出口の空気（排気）温度が40~50°C、壁面温度が95~98°Cの下に1~2hである。現在わが国で唯一の連続式魚粉製造装置のメーカーである大野化学機械株式会社は大野式魚粉回転乾燥機を製作している。これは蒸気式で、魚粉を1日に2, 3, 5, 10, 20t製造する各型式に応じてそれぞれ、バケット・エレベータの高さ5500, 5500, 6000, 6000, 6000mm, 所要動力1, 2, 2, 2, 3ps, 乾燥筒の直径×長さ760×9600, 960×9600, 1250×10660, 1450×14600, 2000×14600mm, 所要動力3, 5, 7.5, 10, 20ps, 空気加熱機のヒータの長さ750, 750, 1060, 1500, 1800mm, 排風機の直径1½, 2½, 3, 4, 5½in 所要動力2, 3, 5, 7.5, 10ps, 集じん機（サイクロン・コレクタ）の直径×高さ760×3300, 870×3500, 870×3500, 1500×1500, 1800×1800mmである。つまり大野式の乾燥筒の大きさは、原料1t 1h当り7.4~46.0m², 1.4~13.5m³, 乾燥筒の面積1m² 1h当りの水分蒸発量は4.4~8.4kgになっている。

第4図はデンマークのアトラス・ストード会社が製作する陸上用アトラス・ストード式魚粉製造装置の乾燥機で、やはり蒸気式であり、その大きさには水分の蒸発量が0.5, 0.9~1.2, 1.5~2.0, 3.0~3.5t/hの各形式があり、この順にそれぞれ、乾燥筒の直径×長さ1800×8375, 1800×12575, 2000×13675, 2400×15675, 乾燥筒の所要動力18, 25, 30, 40ps, 排風機の所要動力5, 8, 12, 16ps, 機械の長さ×幅×高さ9675×1800×2850, 13975×1800×2850, 15175×2000×3200, 17375×2400×3700mmである。

（5）攪拌乾燥機（Agitator (drum) dryer）

水産関係で用いられているのは筒形攪拌式で、円筒回転式と同様な円筒を乾燥筒とした連続型である。乾燥筒は傾斜せず、水平に置かれ、また回転もしない。乾燥筒の内部には一本の中空の主軸が通り、これに多数の攪拌翼がつき、それにより原料を一端から他端へ攪拌移動させる。攪拌軸中には燃焼ガスまたは蒸気が通り、乾燥筒内の空気を加熱するようになっている。また別に空気加熱機を備え、排風機を有する。やはり魚粕や魚粉の乾燥機として用いられる。圧搾式魚粉製造装置の元祖といわれるミーキン式の乾燥機（直火式）や近時わが国の全フィッシュ・ミール船団が採用している船内用アトラス・ストード式魚粉製造装置の前乾燥機（Pre-dryer, 蒸気式）はこの型である。後者はその空気加熱機により10~15kg/cm²の蒸気で150~160°Cに熱せられた空気を作り、それを乾燥筒内に通し、排気温度50~60°C、攪拌機の回転数17rpm、原料の通過時間5~7minで、水分50~55%のものを40~45%にする。

第4図 アトラス・ストード式魚粉回転熱風乾燥機

（6）円板乾燥機（Rotor disc dryer）

円筒形の乾燥筒を水平に置き、その中で中空の攪拌翼を持つ円板を回転させ、原料を一端から他端へ移動させる。円板の中には蒸気が通り、それにより乾燥筒内の空気や原料を熱板加熱する。また別に空気加熱機を備え、排風機を有する。やはり魚粕や魚粉の乾燥機として用いられる。前述の船内用アトラス・ストード式魚粉製造装置の本乾燥機（Rotadisc dryer, 蒸気式）、この型である。空気加熱機により6~8kg/cm²の蒸気で90~100°Cに熱せられた空気を作り、それを乾燥筒内に通し、排気温度70~80°C、円板の回転数9.6rpm、原料の通過時間1.5~2hで、水分40~45%のものを7~10%にする。

（7）噴霧乾燥機（Spray dryer）

液体に圧力を加えてノズルから噴出するか、または液体を急速に回転する円板に滴下しその遠心力によるか、いずれにしても噴霧とし、熱風乾燥する。水産関係ではアミノ酸乾燥醤油の製造に一時用いられたことがある。

（8）電気乾燥機（Electric dryer）

熱源に電気を使う熱風乾燥機で、ニクロム線式、赤外線式、ジュール熱式、高周波（超短波）式の四つがある。水産関係では赤外線式が一時、のり、するめなどのごとく厚みの薄いものに使われた。たとえば100ボルト、250ワットの電球30個7.5KWにより、のりの温度45~60°Cで104枚/h、1日10時間で1040枚乾燥できるといふものがあり、またこの中赤外線電球の個数を減らし、その分だけニクロム線の電熱機を入れる場合もある。赤外線は輻射線であるから、熱は対流のみでなく、電球から被乾燥物の表面に直接に輻射伝熱するので、加熱効率が良い、また水分の表面蒸発を増進させる効果がある。しかし、のりもするめも、冬の渇水期に乾燥を行なうので、多量の電力を食う赤外線式やニクロム線式は不适当であり、現在はほとんど使われていない。高周波（超短

波)式が一時かつおぶしなどのごとく厚みの厚いものに
使われようとしたことがある。たとえば 200 ボルト、10
~15MC、1~2KW の高周波発振機により高周波(超短
波)電流を発生させ、それを二枚の極板の間にはさんだ
かつおぶしに印加して、内部に誘電加熱を起こさせる。こ
のような内部発熱はジュール熱式でも導電加熱によって
起こすことができる。これらはいずれも被乾燥物の内部
から発熱するので、加熱効率が良く、また水分の内部拡
散を促進させる効果がある。しかし、それだけでは表面蒸
発が進まないで、ニクロム線の電熱機または赤外線球
球を用いて熱風を作り送ってやる。それにもかかわらず
高周波(超短波)式は、効率が悪く(50%位)、不安定
で危険が多く、取り扱いに熟練を要し、高価で(10万円/
KW 位)、結局実用にならなかった。

2. 常温乾燥 (Ordinary temperature air drying)

乾燥媒体として常温(20°C 前後)の空気を使うか、
または乾燥媒体を使わず、被乾燥物から水分を吸って増
湿した空気または水蒸気の全部を吸湿あるいは凝縮して
除湿し、乾燥を行なう。つまり除湿の方法は吸湿または
凝縮である。これにつぎの二つがある。

(1) 吸湿乾燥機 (Absorption dryer)

吸湿剤には、シリカゲル、アドソール、活性アルミナ

第5図 魚類吸湿乾燥機

のごとき固体のものと塩化リチウム、トリエチレン・グ
リコールのごとき液体のものがあるが、現在実用にな
りそうなのは後者である。第5図のごとく、
水産物を吊下する乾燥室、液体吸湿剤を雨滴
にして滴下する吸湿室の二つを風道でつな
ぎ、その間に送風機を置く。吸湿した液体吸
湿剤は再生装置で加熱されて水分を失ない、
ふたたび除湿に向けられる。空気は温度 20°
C、湿度30%、速度 4m/sec の下に、いわ
し、さんまなどの小魚は、丸で 6h、開きで
3h 後に20%目減りまで乾燥し得る。食べご
ろの10%目減りまでは前者で 2~4h、後者で
1~2h である。製品の品質は非常に良く、

これまで天日乾燥や熱風乾燥では不可能とされていたか
きのごとき貝類の乾燥も可能である。しかし、これも現
在は名古屋工業大学機械工学科山田治夫教授が行なった
実験の段階を出ず、今後液体吸湿剤の価格が相当に安く
ならなければ大量生産に向かず、将来の研究に待つ乾燥
機である。

(2) 真空乾燥機 (Vacuum dryer)

水分蒸発の最も旺盛な形態は沸騰である。周知のごと
く水は 760mmHg の大気圧の下では 100°C で沸騰蒸
発する。しかし、たとえば圧力 17.53mmHg、つまり真空
度 742.47mmHg の下では 20°C の常温でも沸騰蒸発す
る。そこで被乾燥物を気密な密閉容器に入れ、真空ポン
プを使って減圧(真空)にすると、減圧(真空)の程度
に従って被乾燥物の表面に、いかなる温度でも常に最
大の蒸発形態である沸騰を起こすことができ、その水蒸
気を凝縮して除けばよい。また減圧(真空)の下では、
被乾燥物の表面に固着して動かず、水蒸気散逸の大きな
抵抗となる空気境界膜がほとんど形成されないで、表面
蒸発は促進され、乾燥はより能率的に行なわれる。一方
被乾燥物は、温度が大体常温もしくは低温であるから、
品質が極めて宜しい。真空乾燥機はこのように種々の利
点を持っているが、どうしたことか水産関係ではほとん
ど用いられていない。ただ1930年(昭和5年)に農林省
水産試験場の星野三郎技師により、第6図のごとき星野
式簡易魚糧真空乾燥機が作られ、実験されたことがある。
これは乾燥筒の内径×長さ 900×1200mm、凝縮器
の冷却面積 0.2665m²、真空ポンプの回転数 360rpm、
排気量 0.407m³/min で、乾燥筒内の圧力が65~80mm
Hg、平均 76mmHg (1/10気圧)、乾燥筒は二重壁に
なっており、その中に圧力 0.35~0.75kg/cm² の蒸気
を通じ、外壁温度 100~105°C、室内温度 50~70°C
とし、攪拌機の回転数 21rpm、凝縮器冷却水温度が入
口 19.5°C、出口 20~32°C の下に、乾燥筒へ水分
50%の原料(締粕) 72kgを收容し、乾燥時間 1.5~2.0h
で、水分10%の製品(乾粕) 40kgを得た。しかし結局

第6図 星野式簡易魚糧真空乾燥機

実験だけで終わってしまった。これまで水産関係で真空乾燥機が用いられなかった理由は、製品の品質は確かに良好であるが、設備費が高く、燃料費および動力費がかさみ、その割には乾燥時間が長くて能率が悪く、被乾燥物に蒸発熱をあたえる方法が難かしいといった諸点にある。近時さめの軟骨からコシーゲンのごとき神経痛の薬を作るのに真空乾燥を用いる向きがあるが、薬品のように価格の高いものであれば、この方法も引き合うものと思われる。しかし単なる水産物乾製品のごとく価格の安いものではどうしてもコスト高になり、これも今後の研究に待つべき乾燥機である。

3. 冷風乾燥 (Cold air drying)

乾燥媒体として常温よりも低い温度の冷空気を使い、被乾燥物から水分を吸って増湿した空気の全部を凝縮して除湿し、それでふたたび乾燥を行なう。つまり除湿の方法は凝縮である。このような乾燥機を**冷風乾燥機 (Cold air dryer)**という。理研乾燥工業株式会社が製作した理研式魚類冷風乾燥機は、機械全体の長さ×幅×高さが 12000×2000×2500~3500mm、R-12を冷媒とする 10ps の冷凍機を用い、台車に被乾燥物を 450kg 収容し、冷媒の蒸発温度 -5°C 、凝縮温度 $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ の下に、温度 20°C 、湿度32%の低温空気を作り、それを 10ps の送風機により速度 3.5m/sec で被乾燥物の周囲を循環せしめる。その他ポンプなどに 6ps を使う。このような冷風により、水分65%、塩分平均15%の米式塩蔵開きまだらを乾燥中その体温を 13°C に保たしめて、乾燥時間 1.5d、あん蒸時間 7~11d の後に水分25%にすることができた。近時北海道方面ですけそうだらですきみの天日乾燥を行なう場合に、空気温度が 25°C 以上になると品質の良いものができないので、夏期の7~8月にはどうしても冷風乾燥機を使う必要があるといわれる。同様なことは三重県辺りでぶりの燻製を行なう場合にも起こり、そのために燻製室の一隅に冷房機を取り付

けると聞いている。しかし、冷風乾燥機は装置が高価な点、乾燥時間が長くて非常に能率の悪い点などの欠点があり、これも今後の研究に待つべき乾燥機である。

4. 凍結乾燥 (Freeze drying)

被乾燥物を $1/10\sim 1/100\text{mmHg}$ 位の真空を保つ真空容器(水分蒸発器)内に入れると、その表面から水分の蒸発が起こり、蒸発熱を被乾燥物自身から奪うので、被乾燥物は温度が $-20\sim -30^{\circ}\text{C}$ 位に冷却され、凍結する。または初めから凍結させた被乾燥物を使うこともある。一方冷凍機により、蒸発器(水分凝縮器)内で蒸発温度 $-40\sim -50^{\circ}\text{C}$ の下に冷媒を蒸発させ、その表面温度をこの程度に保つ。かかる状態で凍結した被乾燥物に温度が $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ の加熱板をあて、被乾燥物中に生じた氷結晶が昇華して蒸発器(水分凝縮器)に吸い取られるさいの昇華熱を供給する。こうすると被乾燥物は温度が $-20\sim -30^{\circ}\text{C}$ の凍結状態のまま表面蒸発(正確には表面昇華)のみが進んで、水分が1~2%まで乾燥することができる。このような乾燥機を凍結乾燥機(Freeze dryer)または真空凍結乾燥機(Vacuum freeze dryer)という。除湿の方法は凝縮である。前述のごとく凍結乾燥品は、極めて復元性が高く、また乾燥中は凍結状態にあるため、被乾燥物の色、香、味(とくにフレイバといわれる香氣)などの食味がほとんど失なわれない特徴を持っている。わが国で最も有名なのは、株式会社共和応用物理研究所が製作する共和式真空凍結乾燥機で、水産物ではかき、うに、えび、かにのごとくこれまで乾製品を作ることが不可能とされ、しかも高価なものに應用して立派な成績を上げているといわれる。真空凍結乾燥機は現在水産関係でも実用の域にはいっているものであり、その凍結乾燥品はいわゆるインスタント・フードの代表的なものであるから、今後非常に多く用いられるものと思われる。

副標準電離真空計第2回配布

副標準電離真空計の第1回配布は本数が少なかったため、行きわたらず、お困りの方もあったと思いますが、現在、第2回目の申込みを受付けております。これ又、本数に限りがありますので、必要の方で、まだ御申込みのない方は当協会まで、お早く御連絡下さい。

中央区日本橋兜町3の5 (米山ビル)

真空協会 副標準電離真空計係