



Title	水産物の凍結真空乾燥：第1報 試作せる凍結真空乾燥装置について
Author(s)	小林, 喜一郎; KOBAYASHI, Kiichiro; 五十嵐, 脩蔵 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 14(2), 73-80
Issue Date	1963-08
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23177
Type	departmental bulletin paper
File Information	14(2)_P73-80.pdf



水産物の凍結真空乾燥

第1報 試作せる凍結真空乾燥装置について

小林喜一郎・五十嵐脩蔵

(北海道大学水産学部水産機械学教室)

Freeze Vacuum Drying of Marine Products

I. On the Freeze Drying Equipment

Kichiro KOBAYASHI and Shûzô IGARASHI

Abstract

The authors have designed a test unit for freeze vacuum drying in order to make research on the effects of application of this technique to marine products. Its construction, diagram of piping system and parts are shown respectively in Photo. 1, 2, Fig. 1 and Table 1. Some special features of this plant are presented as follows;

1. The vacuum dehydration cabinet was designed to handle ca. 6 kg of marine products in 8-hour operation.
2. The preliminary freezing cabinet having approximately the same capacity as a vacuum dehydration one is provided with a 2.2kw refrigerating machine.
3. Four heating plates made of aluminium ware are heated by hot water, up to 90°C, through 5/8" copper piping, on which four stainless steel trays are placed.
4. Mechanically refrigerated vapour trap having 800 Cal/hr refrigeration capacity is operated at -50°C.
5. Various measuring instruments are attached.

緒 言

食品の凍結乾燥技術や装置は、デンマーク、イギリス、ドイツ、アメリカ等に於いて研究開発されたが、その主な対象は陸上動植物食品の調理品（例えばポークチャップ、チキンシチュー等）で、水産物としては鮭や鱈のスライス品や、小えびの味付などがあるが、その種類や数量は少ない。我国に於いては、農林省食糧研究所に於いて早くから研究され、その指導のもとに、日本インスタント食品KKが数種類の凍結真空乾燥食品を市販したが、それらはいずれも調理品（例えばえびカレー、肉カレー、茶わんむし等）である。又食品会社や水産会社に於いても、それぞれ試作研究を進めているが市販までに到っていない。食品の凍結真空乾燥装置については、日本インスタント食品KKは、デンマークのAtlas社製品を、日魯KKはLeybold社製を、丸紅KKはイギリスのVickers Armstrong社製のpilot plantを各1基輸入している。我国に於いては、共和真空KK外数社が需要に応じている。

水産物については、その漁獲の不安定、短い盛漁期の多獲貯蔵、鮮度保持等の問題を解決する方法

として、この技術が真先に応用せらるべき分野であるにもかかわらず、今日尚試作研究の段階に低迷しているのは、水産物については未だ色々問題が多く、決定的な対象食品を見出し得ないからであろう。凍乾の技術は、生物学標本の組織固定や、ペニシリン、血漿等の医薬品については、己に優れた成果をおさめているが、食品となると、味覚、視覚、嗅覚というむずかしい人間の食生活の感覚に適合した食品としての特性を苛酷に要求されるものであって、殊に水産物は、野菜や副原料と共に調理加工する場合よりもむしろ生で食べるとか、簡単な煮焼きをするだけで、単体で食べることが多いので、味や舌ざわりが非常にやかましくなる。例えばマグロのさしみの凍乾品を水に戻した場合、色、味、香、舌ざわりなどが、もとのさしみと全く同じでなければ、さしみとしての意義を失うことになる。この復元は非常に難しく、まぐろの生肉は乾燥中組織の物理化学的变化をおこし、もとのまぐろのさしみに復元することは望めない。凍乾品を水に戻した場合にもとと全く同じ状態に復元するという条件を余り強調すると、復元しないものは凍乾品としての価値を失うことになって、凍乾品本来の保存貯蔵の目的を見失う結果になるおそれがある。たとい、もともと全く同じ状態にまで完全復元しなくとも、調理の方法によっては、生の場合よりもより旨い食品が出来るとか、今までの乾燥方法では得られないような独特の製品が得られれば、凍乾食品としての目的を達せられたと考えてはどうか。凍乾によって含有水分を 2% まで乾燥が出来、原形を保ち、porous で軽く、吸水が速く、衛生的で、蛋白質や炭水化物の変性、ビタミン、芳香等の損失も僅少であるという特徴を持つ反面、

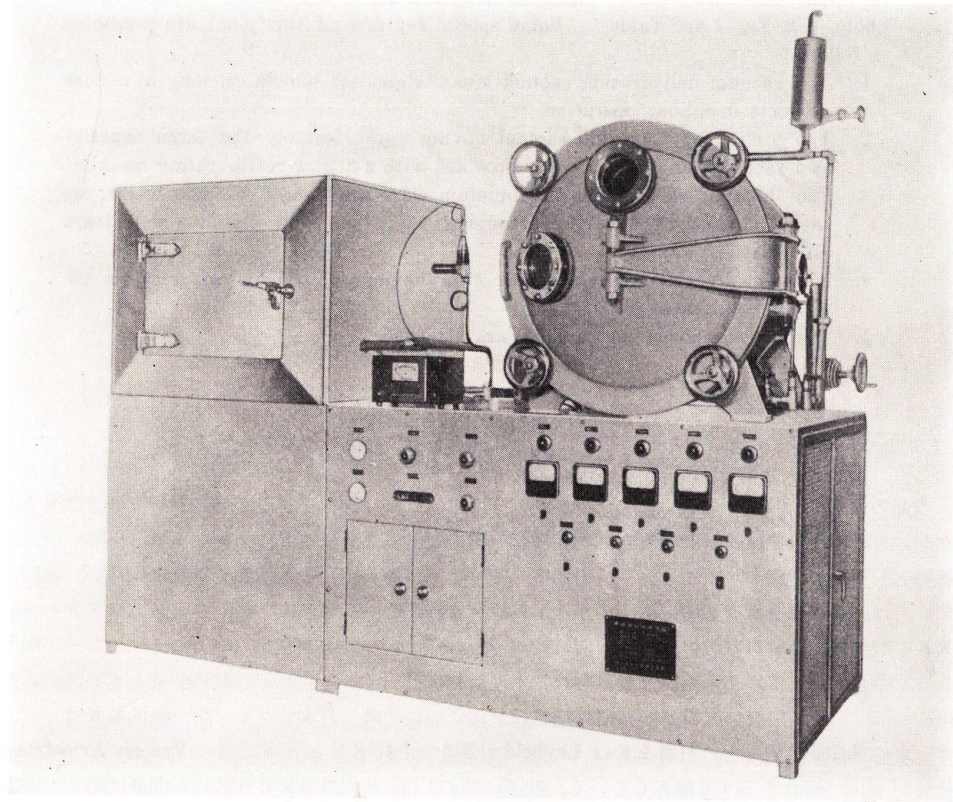


Photo. 1. General aspect of freeze vacuum drying unit (front view)

凍結工程中の細胞組織の破壊変形，乾燥工程中の組織の物理化学的变化，貯蔵中の吸湿や脂肪の酸化，所要経費の増大等の欠点があって功罪相半ばし，現状では本来の目的である保存貯蔵の面に於いても未だ完成されたとは云い難い。

筆者等は各種水産物にこの凍結真空乾燥の技術を応用した場合に，如何なる製品が出来るものか，如何なる凍乾条件が適しているか，出来上った製品はどのような食べ方をすればよいか，凍乾や貯蔵中の変性の有無及対策，包装の適性等について実験を進めているが，この実験のための凍結乾燥装置を設計試作したので，その報告を以って第1報とする。

構造の概要

本装置の全体を Photo. 1, 2, 系統図を Fig. 1, 部品の説明を Table 1 に示してある。

凍乾装置の要点は，真空槽内に於ける被乾燥物の水蒸気の昇華潜熱を如何に有効に且つ適切に補償するかにあつて，例えば Atlas の装置では，スパイク式加圧加熱板を，Vickers の装置では電熱によるサンドウィッチ式加圧加熱板をそれぞれの特徴としている。筆者等は温水加熱式を採用したが，これは乾燥時間は多少延びても，工作が容易で，製作費並びに運転費が低廉であるためで，欠点として

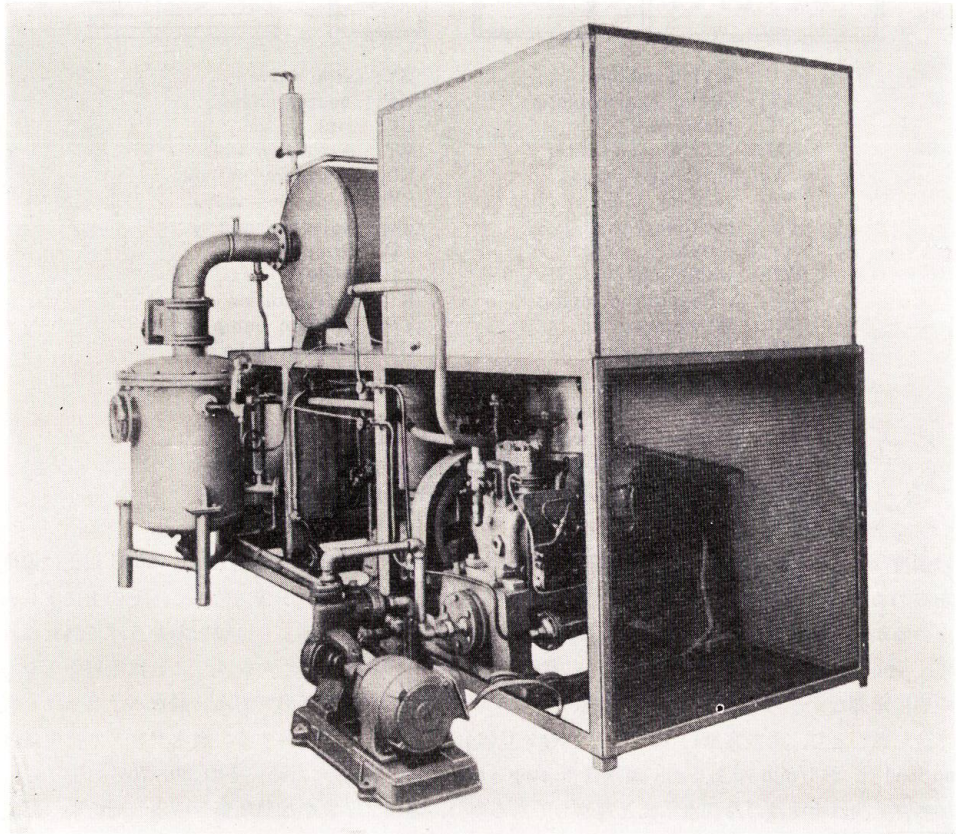
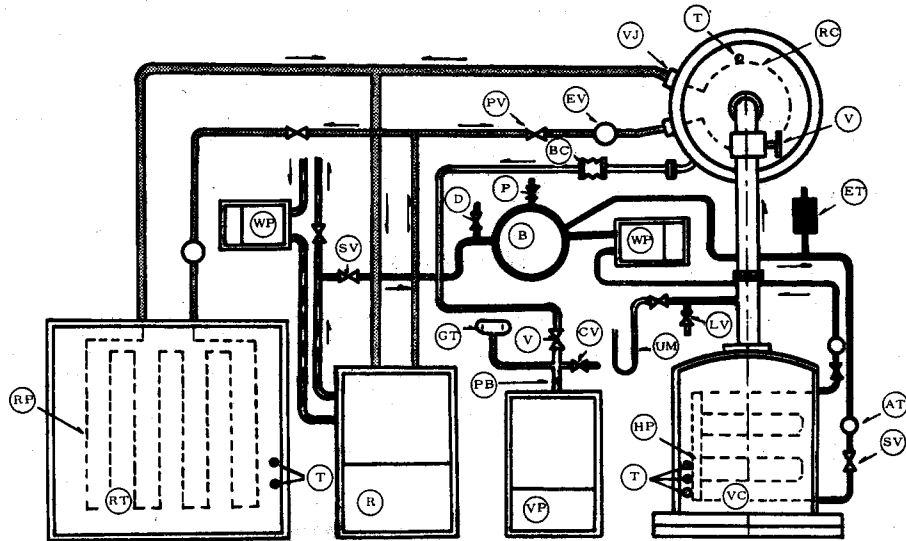


Photo. 2. General aspect of freeze vacuum drying unit (rear view)

Fig. 1. Schematic arrangement of freeze vacuum drying



- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| VC; drying cabinet | SV; stop valve |
| AT; alcohol thermometer | HP; heater piping |
| T; thermister | LV; leak valve |
| UM; U-tube manometer | ET; expansion tank |
| V; pneumatic valve | RC; refrigeration cabinet |
| VJ; vacuum joint | EV; expansion valve |
| PV; packless valve | BC; bellows coupling |
| P; p-cock | D; drain cock |
| WP; water pump | B; boiler |
| RP; refrigeration piping | RC; refrigeration cabinet |
| R; refrigerant | VP; vacuum pump |
| PB; Pilani gauge | GT; Geissler tube |
| CV; control valve | |
- evacuation piping
 ———— hot water circulation with heater working
 - - - - - cold water circulation with cooler working
 freon circulation with refrigerator working

は温度 control (湯量調節, ガス量調節及冷水注加法による) に time lag があり, 90°C 以上に温度を高めることは出来ない。加熱管の上半部をアルミニウムの加熱板が覆っていて, その上にトレーがのるから, 被乾燥物は, 下面からは直接接触による伝導熱を, 上部よりは放射熱をうけて熱せられる。one batch 当り原料の重量はトレー容積の約 70% の 6 kg 程度とするが, これは原料をトレーの中に隙間なくびっしり並べると, 接触した部位の乾燥がおくれるためである。温水ボイラーは石炭ガスを燃料とし, その容量約 12l で, 平均 2°C/min の割合で温度上昇する。温水ポンプの排出量は no load で 24l/min であるが, 温水管や stop valve の流通抵抗のため, その 60~70% に止まる。加熱管系統は冷凍機の冷却水系統と連絡してあるので, 温水タンクや加熱配管への水の補給や, 湯温が過昇した場合の冷水注加が容易である。真空槽の加熱配管出入口には流量調節用のバルブと, 湯温

Table 1. Technical data of freeze vacuum drying unit

Over-all dimensions		
height	2200 mm	
width	2500 mm	
depth	1650 mm	
Preliminary freezing cabinet construction		
	outside	inside
height	760 mm	400 mm
width	945 mm	550 mm
depth	885 mm	500 mm
stainless steel rectangular cabinet, sharp freezing, foam polystyrene thermal insulator, freezing capacity 800 Cal/hr		
Trays		
size 350×450×13 mm, No. of trays 4 plates in one batch, max. food load ca. 6 kg of marine products		
Refrigerator		
2.2 kw electric motor drive, capacity 800 Cal/hr, refrigerant freon R-22		
Vacuum drying cabinet construction		
mild steel cylindrical vessel, internal surface is protected by stainless steel plates		
	diameter	650 mm
	length	650 mm
heating system; hot water heating (hot water boiler of 12l capacity, 1 ps hot water pump and 5/8" copper piping)		
control; adjusting of temperature and volume of hot water, max. temp. 90°C		
effective heating area 0.63 m ²		
Evacuating system		
1 ps rotary pump		
Condenser		
mechanically refrigerated condenser, size 400 mm dia., 500 mm length, capacity 800 Cal/hr, temperature as low as -50°C		
Instruments		
temperature; 6 thermistors and 2 alcohol thermometers		
vacuum; 3 Pilani gauges, 1 Geissler tube and 1 U-tube manometer		
pressure; 2 Bourdon gauges		

測定用のアルコール寒暖計が挿入してあって、温度を調節し、真空槽内に於ける加熱配管の放熱量を測定する事が出来る。昇華した水蒸気を凝縮するためのコールドトラップは、予備凍結槽と共有の2.2 kw 冷凍機によって -50°C まで冷却され、その凝縮能力は約 800 Cal/hr (水分で 11/hr) である。真空槽とコールドトラップとの間は内径 100 mm 長さ 600 mm の鋼管、トラップと真空ポンプとの間は、その中間に真空ポンプの振動吸収のためのベローズ接手を挿入した 25 mm×1000 mm 鋼管を用いてあり、コンダクタンスは、0.2 mmHg の真空度で前者は 600 l/sec、後者は 1.7 l/sec で、真空ポンプの排出速度 10 l/sec であるから、ポンプの排出速度とコンダクタンスとの比は 10/1.7 = 5.7 となって、後者の鋼管内径は、もう少し太くした方がよかったかと思われた。真空度測定用のピ

ラニージェージ受感部は、真空槽出口管、コールドトラップ出口管及び真空ポンプ入口管の3点に取付け、他にガイスラー管及びU字管マンオメーターを備えた。予備凍結槽は、真空槽と同じくトレー4枚を取容出来、800 Cal/hrの冷凍能力を持ち、 -50°C 以下に凍結可能である。原料の冷却温度を測定するためのサーミスターは凍結槽に2点、又乾燥温度を測定するために、真空槽に3点備えてある。尚真空槽、コールドトラップ、温水配管、冷凍機配管の断熱に注意し、防熱材にて覆ってある。特にコールドトラップと冷凍機液管との接続部分は熱の導入が激しいので、これを防ぐため真空接手を採用して効果があった。前方分電盤上には、右上より左下に並べて **pilot lamp, meter, switch** 等を装置の作動順に並べ操作に便ならしめた。真空洩れテストはクロールメチルのアルコール焰色反応法を用いたが、装置からの洩れは微量に止まった。

操 作

冷却水ポンプを廻して冷凍機のコンデンサーを冷却しておき、この系統より温水管系統に連結する配管のバルブをあけて、温水ボイラー及び加熱配管に水を充滿しておく。次に冷凍機を作動して予備凍結槽のみを冷却するが -50°C に達するのに10~12 minを要する。原料は厚みを10 mm以下、なるべく一樣な形に揃える事が望ましいが、水産物の場合は、大小種々な形態のものがあるから、必ずしもそうは出来ない。適当な前処理を施した原料をトレーに並べるが、乾燥後トレーに密着してはがしにくいものに対しては、**silicon** や **olive oil** の如き離型剤をトレーに塗布しておく効果がある。トレーを予備凍結槽に入れ、中心温度と、表面温度とを測定出来る如くサーミスターを挿込み、凍結を開始するが、これまでの実験では、中心温度は1時間以内に -40°C になっている。凍結が終る頃を見はからって、真空槽とトラップの中間にある **main valve** を閉め、冷媒液管のバックレスバルブを開いてコールドトラップを充分冷却(-50°C 以下)してから真空ポンプを作動し、トラップから真空ポンプまでの間を高真空にしておく。同時に温水ボイラーにガス点火し、湯温を 80°C (この温度は原料により異なる)まで昇げるが、真空槽内の配管には温水を通さないでおく。何故ならば、凍結槽から取出して真空槽に入れるまでに、温度が昇った原料は、真空槽内の温度が高いと融解する恐れがあるからである。原料の温度が -40°C 以下になれば、凍結槽から取出し、直ちに真空槽内に入れ、サーミスターを接続して扉を閉め、**main valve** を静かに開けば真空乾燥が開始される。原料の温度は凍結槽から真空槽に移される間に上昇し -20°C 以上になるが、真空乾燥が始まると、昇華が行われてその潜熱をうばわれて次第に温度が下降し、 -30°C 以下になる。真空槽に2個の覗視窓があり、内部の蛍光灯の照明で、原料の乾燥状態が観察出来る。又コールドトラップにも1個の窓があり、水蒸気の凝縮状態を観察し得る。原料の表面についた氷の膜が昇華して肌が見える頃に、温水ポンプを作動し、流用調節用バルブを開いて加熱を開始すれば、昇華乾燥が促進されるが、加熱までに要する時間は30~60 minである。例えば湯温 80°C で加熱継続約60 minのあと、ガスを細め、昇華潜熱によって湯温が自然降下の状態まで調節するが、湯温はボイラーや配管から放熱して、降下するから、その放熱分を補償する程度にガス量を調節する。加熱を開始しても昇華も亦盛んになって熱収支がバランスするので原料温度の急上昇はない。もし温度が急に上昇するようならば、真空度が悪いか、加熱温度が高すぎる場合である。乾燥が次第に原料の内部に進むにつれて、温度は緩やかに昇り、 0°C を越せばやや速やかに上昇し、やがて湯温に近づく。原料の中心温度が湯温に近い値になった時を以って乾燥終了としたが、筆者等は 30°C 前後を目標とした。この値は乾燥機の構造、乾燥方法、原料の種類等によって異なり、Vickersの装置では肉や野菜には 60°C を目標としている。ここで注意すべき事は、注射針式のサーミスターを原料の真中心に挿入することがむずかしく、又サーミスター針自

体の熱伝導により、その接触部が他の部位より早く乾燥して、原料の真の温度を示さない事が往々あり、或は、原料の上下面よりの乾燥速度が異なって、最後に残る氷晶の薄層が中心よりはずれた部位にある事があって、原料の乾燥温度を正確に測定することが困難であるため、中心温度が 30°C を示しても尚しばらく乾燥を継続する必要がある。乾燥が終れば直ちに真空パック又は不活性ガスパックをし、又退色を防ぐため、不透明容器に納める。

水産物の種類によっては加熱温度を次第に上昇して行く方法もとられたが、この方法が乾燥は早い。しかし、いずれの場合でも乾燥終了の時期を正確につかむことは難しく、筆者等は前述の如く、原料の中心と思われる個所に挿入したサーミスター温度が加熱管内の湯温に接近した時を以って一応乾燥終了の時期としたが、扉を開いてみると、より大型の原料は触れると冷たいものが見られる場合が往々あった。

要 約

凍結真空乾燥の技術を水産物に応用する目的で実験用の凍結真空乾燥装置を設計試作した。その容量は、one batch 約 6 kg の原料を乾燥し得るもので、温水加熱管方式をとり、Freon-22 冷凍機にて、予備凍結槽及びコールドトラップを冷却する。真空ポンプはキニー型廻転ポンプ 1 基を使用した。

本装置の設計試作に当っては、本学部谷川教授、秋場助教授、函館定温 K K 秋場技師、日本水産岩佐技師より懇切なる御助言を頂いた。亦製作は日本真空包装 K K 及び三崎冷機製作所をわずらわしたが、多大の御協力を得て完成した。ここに深甚なる謝意を表す。

文 献

- 上田良二 (1961). 真空技術. 211 p. 東京; 岩波書店.
- Flosdorf, E. W. (1945). Advances in drying by sublimation. *J. Chem. Educ.* **22** 470-489.
- , Hull, L. W. & Mudd, S. (1945). Drying by sublimation. *J. Immuno.* **50** 21-36.
- Forrest, J. C. (1955). Freeze drying equipment for food stuffs large scale. *Brit. Chem. Eng.* **4** 390-349.
- 橋本 光一 (1961). 真空技術. 66 p. 東京; 日刊工業新聞社.
- 木 村 進 (1962). 凍結乾燥食品の問題点. *食品工業* **5**(3), 13-20.
- (1963). 乾燥食品. 食糧技術普及シリーズ第 1 号. 32 p. 東京; 農林省食糧研究所.
- 熊谷寛夫外 (1961). 真空概論. 135 p. 東京; 山海堂.
- 小林喜一郎 (1962). 食品の凍結真空乾燥とその動向. *親潮*. **149**, 2-5.
- 益子 正教 (1961). 食品の真空乾燥及真空冷凍乾燥機. *New Food Ind.* **35**(7), 39-46.
- (1962). 凍結乾燥機の装置について. *食品工業* **5**(3), 26-33.
- 中出 政司 (1962). 食品工業の冷凍. 230 p. 東京; 光琳書院.
- 中村 一男 (1957). 真空技術と凍結乾燥. 227 p. 東京; 納谷書店.
- 太田 勇夫 (1959). 食品加工に於ける真空冷凍乾燥の理論とその応用. *New Food Ind.* **1**(6), 56-59.
- (1959). 同上 (続). 同誌 **1**(8), 61-65.

- Peterson, E. (1961). *Industrial freeze drying of food (catalog)*. 22 p. Copenhagen; Atlas.
- 桜井外喜男 (1951). 凍結乾燥法の発展と現況. 低温科学 7, 149-167.
- Ward, K. (1961). Accelerated freeze drying. (II) Fundamental design problem. *Food Manu.* 36(2), 60-66.