



Title	イカの人工乾燥に関する研究
Author(s)	福田, 雅明; FUKUDA, Masaaki; 石田, 正巳 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 4(4), 337-343
Issue Date	1954-02
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/22833
Type	departmental bulletin paper
File Information	4(4)_P337-343.pdf



イカの人工乾燥に関する研究

福 田 雅 明 ・ 石 田 正 巳

(漁法物理教室)

(航海計器教室)

STUDY FOR ARTIFICIAL DRYING OF SQUIDS

Masaaki FUKUDA and Masami ISHIDA

(Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

Tests were made of an artificial rapid-drying method by infra-red light for preparing squids (*Ommastrephes sloani pacificus*, "Surume-ika" in Japanese) for storage as food. The fresh squids, after removal of their internal organs and cutting off the arms, are suspended in a wind-tunnel equipped with six infra-red light lamps inside (fig. 2), and are exposed to heated air.

The temperature and humidity are automatically regulated by special equipment to keep constant conditions.

The experiments with different materials, some fresh, others frozen, were repeated under various conditions in temperatures, humidities and voltages of infra-red light lamps.

The results of experiments showed that when the water content ratio of squid fresh (water content at measured time to initial water content) remained above 40%, the drying coefficient was much higher in the infra-red light drying than in natural drying outdoors.

However, when the above ratio was less than 40%, the drying coefficient in the infra-red light drying decreased abruptly compared with natural drying.

The same tendency was also observed when the samples, which had dried outdoors for several hours before experiments, were used. An optimum voltage (ca. 240 watts) of infra-red light for maximum efficiency of drying was gained at above 40% water content ratio of samples. On frozen samples the higher drying coefficient was obtained by the infra-red light method.

緒 言

するめいかは現在ほとんど戸外の自然乾燥によつて作られてゐる。これは、いかの含む水分の蒸気圧と、大気中の蒸気圧との圧力勾配により、体内の水分が空中に拡散して行く事を利用したものである。その際に奪われる潜熱は、太陽の輻射熱とか、伝導により大気から供給される熱などによつて補われる。それで、自然乾燥は十分な土地と、高温低湿の気候で太陽輻射が大きくそして適当な風がある場合は無限のエネルギーを利用して最も能率的で生産コストの安いすめを生産する事が出来る。然し、多湿の夏期、低温の冬期に於て、過剰の漁獲があつた場合、前者では腐敗の恐れがあり、後者では能率及び品質の低下が起る。又雨による被害も考えられる。そこで人工的に此等の防止を行い、

又品質の改良を目的とした人工乾燥が必要となつて来る。

いかに及び魚体の乾燥については、既に数多くの研究がなされてゐる。然し、其れ等の人工乾燥を目的とした研究は二、三⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾あるだけで極めて少ない。それで筆者等は、井上直一教授の指導の下に魚類一般の人工乾燥を目的とした風洞式赤外線乾燥装置を作り、二、三の基礎的研究を行つた。

実験装置

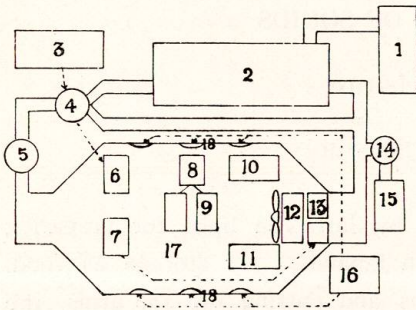


Fig. 1. Schematic diagram of apparatus

1. Refrigerator 2. Chilling room
3. Humidity regulating relay
4. Humidity regulating valve
5. Fan 6. Regulating hygrometer
7. Thermo-regulator 8. Weight recorder
9. Samples 10. Thermo-recorder
11. Humidity recorder 12. Mixing-fan
13. Heater 14. Steam-valve 15. Boiler
16. Transformer 17. Drying room
18. Infra-red light lamp

Fig. 1 に実験装置を示す。乾燥室17. は赤外線反射用磨きアルミニウム板張りで直径5m, 長さ1.5m, の円筒状のものである。室内温度の外気による変動を防ぐために、周りを石綿で絶縁し、さらにおがくづでそれを囲つてある。室内には250W マツダ赤外線ランプ18. 6個が両側に3個づつ並びその出力は外にある変圧器16. によつて自由に加減出来る。室内の温度及び湿度は中に入れられた一週間捲きの自記温度計10. 及び自記湿度計11. によつて記録する。室内は上方にある小さなガラス窓を通して観察する事が出来る。パイメタル式温度調節器7. を500W ヒーターに結ぶ事によつて、室内の温度を自動的に調整させる。又小型扇風器12. を風洞の入口の所に着けて室内の空気が均一の温度湿度になる様に暖められた空気を攪拌させる。大型送風器5. によつて乾燥室—湿度調整室の回路に空気を循環させる。資料9. の所を通る風速は約 $1.5^m/sec$ である。乾燥室内に毛髪湿度計式継電器6. を入れ、それによつて湿度調整用

リレーを働かせ、湿度調整用空気分弁4. を動かし冷却脱湿室を通過する空気量を加減し自動的に湿度の調整を行うようにしてある。

冷却された空気はヒーター13. により加熱されて再び乾燥室に入る。又湿度が低過ぎる場合は、ボイラー15. によつて水蒸気を混入させる。資料は乾燥室の上部にある自記重量計8. から下げた針金に吊し資料の重量変化を自記させた。

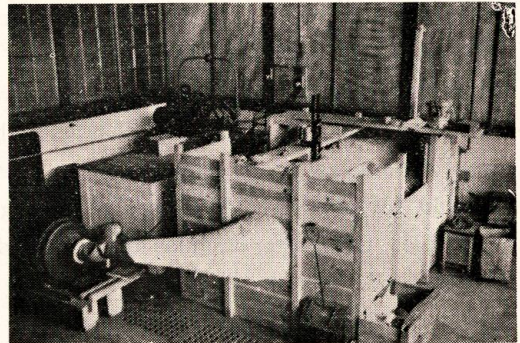


Fig. 2. Photograph of apparatus

実験結果

実験は昭和27年11月より12月にかけて行つた。

実験に用いたいかは、恵山沖で採れたものを其の日の午前中に入手して、胴を開き内臓と足とを除いて針金で肉を拵げた状態にし、3個同時に吊した。

実験は第1表に示す条件に従つて行つた。

資料の始めの重量を W_0 , 含水量を w_0
 t 時間後の重量を W , 同じく含水量
 を w , とする。

乾燥の時間を非常に長くすると,
 此の実験の条件の範囲では W/w_0 の
 値が皆大体0.22になつた。即ち, 始
 めの重量の約22%迄水分が蒸発した
 時いかの中に含まれる水の蒸気圧と
 大気の蒸気圧とが平衡になるもの
 と思われる。それで今これからの問題
 を取扱うのに, 自由に蒸発出来る水
 分は最初のいかの全重量の78%で
 あると仮定する。これにより含水率 ρ
 を次式の様に定義して此の実験を考
 察する。

$$\rho = \frac{w}{w_0} \times 100 \quad w_0 = 0.78W_0$$

$$w = W - 0.22W_0$$

$$\therefore \rho = \frac{W - 0.22W_0}{0.78W} \times 100$$

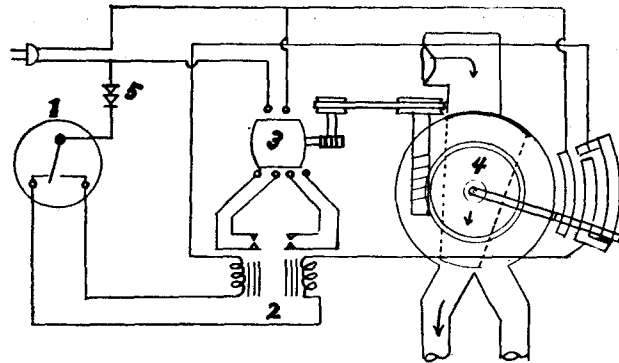


Fig. 3. Schematic diagram of humidity regulating mechanism

1. Hygrometer 2. Relay 3. Motor 4. Valve 5. Selenium-rectifier

Table 1. Conditions of The Drying

Sample	Temperature	Humidity	Notice
No. 1	14±2°C	70±5%	Natural drying
2	30±0.5°	30±1	Drying by heated air
3	35±0.5°	15±1	"
4	40±0.5°	10±1	"
5	25±1.5°	30±3	Drying by infra-red radiation
6	30±1.5°	18±3	"
7	37±1.5°	15±2	"
8	45±1.5°	10±1	"
9	24±1.5°	20±3	" (frozen sample)

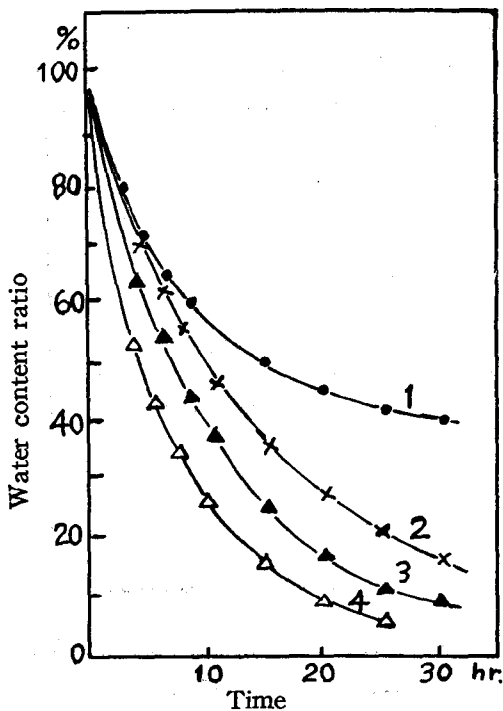


Fig. 4. ρ - t curve

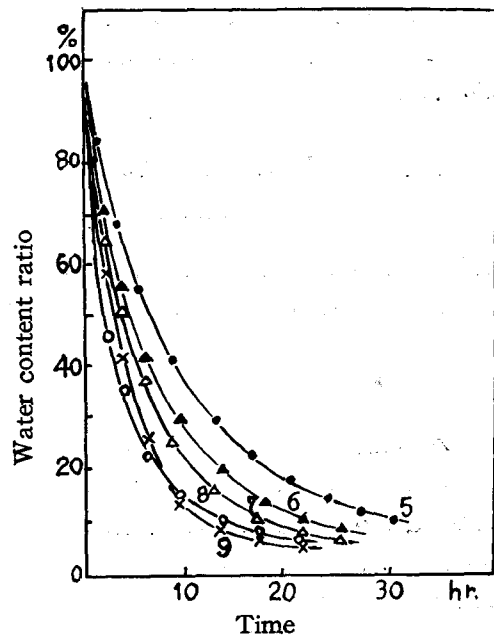


Fig. 5. ρ - t curve

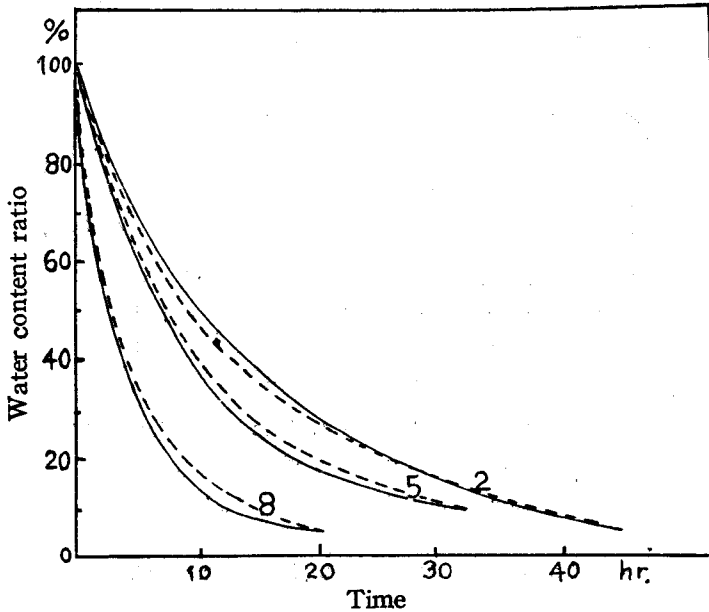


Fig. 6. ρ - t curve

$$\rho = \rho_0 e^{-\lambda t} \dots\dots\dots (1)$$

ρ_0 ; 最初の含水率

λ ; 乾燥率

此の式に代表的3つの実験例, No.2 No.5 No.8 を当嵌めて見ると, Fig.6 の様になる。但し λ の値は乾燥の前半の値をとつた。実線の実験値, 点線は理論曲線である。

これを見ると乾燥が進むにつれて理論値より乾燥が遅れた状態になる。

b) 乾燥率は(1)式より次の如く表はされる。

$$\lambda = -\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dt} \dots\dots\dots (2)$$

時間が短かければ, 乾燥率はその間ほとんど変化しないので, 上式は近似的には次の様に書き直す事が出来る。

$$\lambda = -\frac{1}{\rho} \frac{\Delta\rho}{\Delta t}$$

Δt ; 時間の微小変化量

$\Delta\rho$; Δt 時間変化した時の ρ の変化量

此の式を用いて, 実験結果より各含水率に対する乾燥率の曲線を作ると, Fig.7 Fig.8 の様になる。

乾燥率は, (1)式では時間及び含水率に対して常数であると考えたが, 此の結果より見れば乾燥の進むにつれて皆それぞれ相当に変化してゐる。特に, 赤外線乾燥を行つたものは含水率30%~40%以下になると, 急激に減少して行く。冷凍いかの場合には其の性質が特に甚しい。乾燥率の急激な減少の

実験結果から ρ と時間の関係を示すと Fig.4, Fig.5 の様になる。Fig.4 は自然乾燥のもの及び, 乾燥装置を用いて赤外線を働かさず一定温度一定湿度の下で乾燥を行つたものである。Fig.5 は赤外線乾燥を行つたもの及び, 冷凍いかを赤外線乾燥させたものである。

a) 一般に単位時間内に魚肉内水分の移動は水分密度の勾配に比例し, 表面よりの蒸発は蒸気圧降差に比例するものと考え, 乾燥曲線は第一次近似を取つて次式で表はされる⁽⁴⁾。

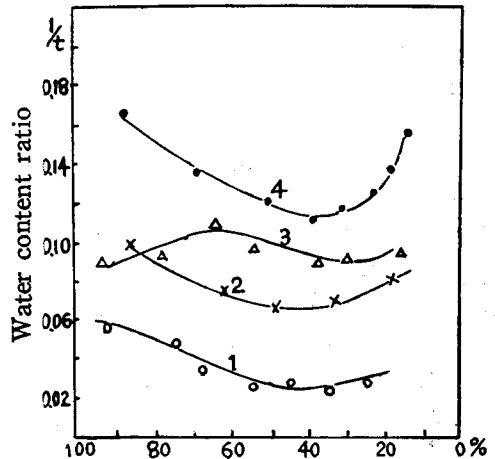


Fig. 7. Drying coefficient

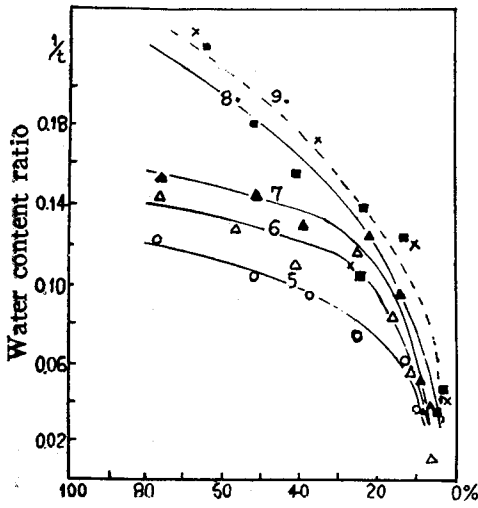


Fig. 8. Drying coefficient

原因については、肉質の微細構造を調べなければつきりした結論は下せない。然し、色々異つた乾燥条件のものを比較して見て、赤外線を用いない時の乾燥率は乾燥が進んでもさほどの激しい変化はなく、高温低湿の乾燥では乾燥の始めから終りまで高い乾燥率を示すが、赤外乾燥では含水率30%~40%から急激に減少し最後には一様に0に近づく。又冷凍により内部組織に特異の変化が起きたと思われる冷凍いかは、この様な性質が特に著しい。要するに赤外線を照射することによつて肉組織の変化が起ることが有力な原因をなすのでないかと考へられる。赤外線を用いない方は緩慢な乾燥であるからその様な変化を生じなかつたものと思われる。

c) No. 5 から No. 9 迄の資料についてかの含水率が 60%, 40%, 20% になる迄の時間を第 2 表に示す。

Table 2. Drying time

Sample	Water content ratio				Initial weight	Voltage to the lamp
	60%	50%	40%	20%		
No. 5	48hr	64	90	180	330 gr	25 volt
9	35	48	54	130	329	30
7	28	38	51	108	322	35
8	23	30	40	70	2345	40
9	20	27	37	74	271	30

今赤外線ランプを用いた時の乾燥の効率を考へて見る。

乾燥に用いた赤外線ランプはマツダ 250W 赤外線ランプである此のランプの電圧を変化した時の電力(入力)Wと放射束(出力)φとの関係を100分率で表は

したのが Fig. 9 である。

乾燥の効率は次式で表わされる。

$$\eta = \frac{Q}{\alpha \phi t}$$

Q; 水の水分が蒸発するのに必要な潜熱。

$$Q = l(W_0 - W)$$

l; 水の蒸発熱。

α; ランプの数, 熱の仕事量, ランプ自身の効率, 資料の受光角等により決まる常数。

φ; 放射エネルギー

此の式を利用して求めた比効率を各含水率毎にランプにかけた電圧に対して図示すると, Fig. 10 の如くなる。こゝに比効率と云うのは, 25ボルトの電圧を使用し, 含水率が60%迄になる効率のものを効率 100 とし, 他は皆これとの比較値として表はしたものである。

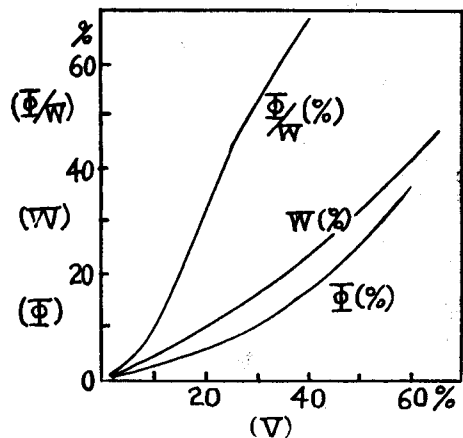


Fig. 9. Characteristic curve of infra-red light lamp

W : Wattage of lamp
φ : Radiated energy
V : Voltage of lamp

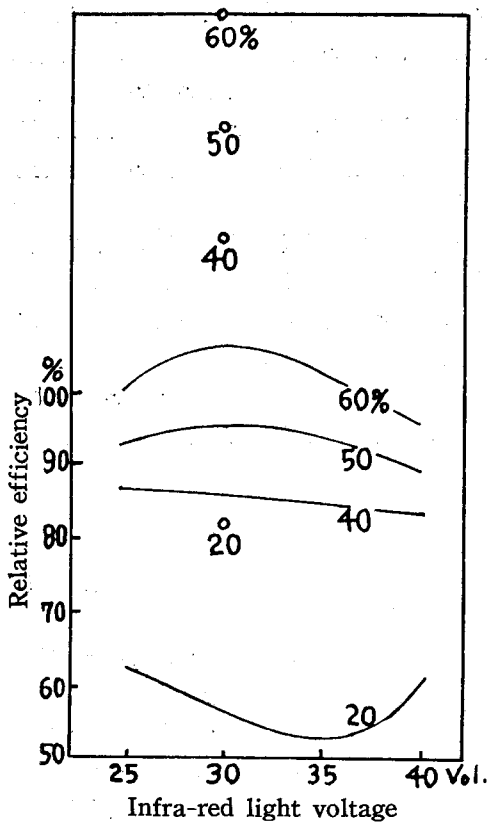


Fig. 10. Efficiency of infra-red light drying

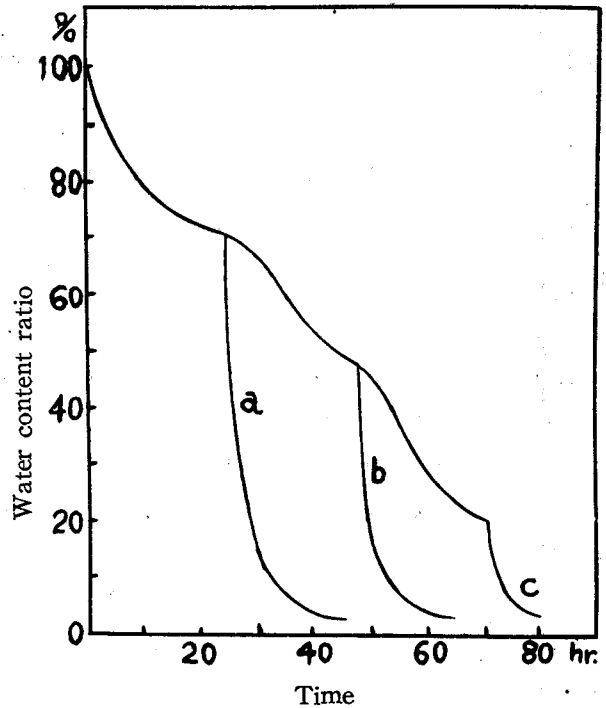


Fig. 11. ρ - t curve

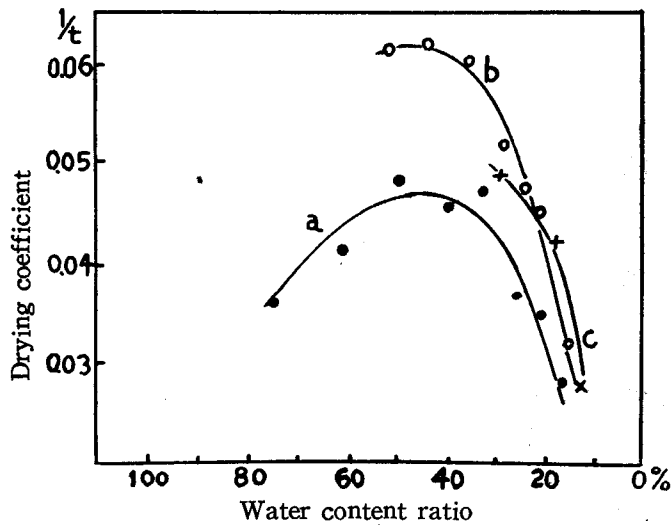


Fig. 12. Drying coefficient

冷凍いかを30ボルトの電圧で乾燥した時の比効率は○印で示してある。冷凍いかの効率は生いかに比べて非常に大である。

又此等の曲線を見ると、含水率が40%に達する迄は乾燥能率の最も良い消費電力があり、それ以上乾燥させる場合は乾燥の実用範囲（いかの肉が変質を起さない程度の温度範囲）ではその様な点が無い事がわかつた。含水率30~40%を境にして乾燥の性質が変る事情は、前にも述べた如く肉組織の変化の様子を仔細に観察出来ればその原因がわかるものと思われる。

実際の赤外線乾燥に於いて最も効率の良い消費電力を見付ける事は重要で

ある。今迄は相対的な効率を論じて来たので、資料の数や装置の構造で効率の最大点は変化するものと思う。此の実験に於いてはランプの消費電力 240W の時が最大効率であった。

a) 次にいかなる資料を戸外で自然乾燥させ、半ば乾燥したものを赤外線乾燥して見た。その時の乾燥時間と含水率の関係を Fig.11に示す。

此れより乾燥率を求め、含水率に対するグラフを作ると Fig.12の様になる。これを見ると乾燥の初期は Fig. 8 と形が似てゐる。自然乾燥により緩やかな乾燥が行われ、内部組織の変化がほとんど無いまま含水率が少なくなつてゐるものを、赤外線乾燥で急激な乾燥させると一時 (30~40%迄) 乾燥率の値が上り始める。然し (30~40%) に到達すると内部組織に変化を生じて始めから赤外線乾燥をしたものと同様に急激に減少する。

総 括

人工乾燥 (主に赤外線乾燥) に必要な色々の基礎資料を得る目的で実験を行つた。

いかなる乾燥は極めて複雑な性質を示してゐるもので均一な物質に於ける単純な拡散蒸発の理論をそのまま適用する事は困難である。特に肉質の微細な変化がその主な原因の様である。此の実験ではそこまで立ち入らずにたゞ実用的な立場で調べて見た。

その結果は大體次の如くである。

1) 赤外線乾燥を行うと、普通の通風による場合より高い乾燥率を示す。然し含水率が30~40%になると急激に乾燥率が減少し、乾燥の末期では殆んど乾燥率が0になる。

戸外に於ける自然乾燥又は風洞内の乾燥では乾燥の末期に至つてもその乾燥率は始めと大して変らない。

2) 赤外線乾燥では含水率が40%になる迄は効率 (水分の蒸発エネルギーと資料に与える輻射熱量の比) を最大にする適当な電力が決められる。即ちそれ以上電力を大きくしても乾燥の効率はかえつて低下する。

3) 始め戸外で自然乾燥を行い、半ば乾燥したいかを赤外線を使用して乾燥させると、乾燥は最初自然乾燥と同じ程度の乾燥率を示し、その後次第に増加するが含水率30~40%からは赤外線乾燥特有の傾向である乾燥率の急激な減少が現われ最後は殆んど0になる。

4) 冷凍いかを赤外線乾燥すると乾燥率は生いかより大である。

以上の事より、赤外線乾燥を行う場合は、乾燥速度の上からは含水率40%迄は効果があるがそれ以上は不利である事がわかつた。

此の研究を行うにあたり、終始御懇篤な御指導と御鞭撻を賜つた、本学部教授井上直一先生に、また実験を手伝つて頂いた久保田、斎藤の両君に深甚なる感謝の意を表する次第である。なを本研究は函館市の研究委託によつて行つたものである。

文 献

- 1) 新田直雄・杉本仁弥・中井俊介：日本水産学会誌 16, 10 (1951), 8.
- 2) 新田直雄・杉本仁弥：日本水産学会誌 17, 4 (1951), 31.
- 3) 石田正己・山田 実：北海道大学水産学部研究彙報 1, 2 (1951).
- 4) 岡田光世・井上直一：乾燥の物理 (厚生閣) p. 18.
- 5) 赤外線技術 (電気書院) p. 28.

(水産科学研究所 第205号)