

暖房では被服に関係なく、皮膚より10°Cくらい高い室温を望んでいることが分る。この温度は設計資料より求めた快適温度差にも近い。また、胸、腹などを露出させているときは、20°Cも高い室温を望んでいることになる。軽い運動をすると温度差はずっと下って5°Cくらいになり、各体系にも関係なくほぼ一定の値となる。冷房時の平静の着服では7°Cくらいの温度差の室温を望み、手、下たいなどはほとんど皮膚温に近い室温を望んでいる。運動をすると皮膚温と等しい室温でも快適さを与えるので体育館内などの冷房はとくに必要はないと思われる。

以上のことから人体に与える冷・温熱ショックから空気調和の冷・暖房条件を調べてみると皮膚温調整からの個人差がきいているものと思われる。これには皮膚温の時間的変化や繰り返シショックによる皮膚感覚のマヒなども調べてみる必要がある。また年令差、性別、地区別(出身地)など個人差要素に与える影響も結構多い。

今後適用の範囲を広げながら検討を進めて行くつもりである。なお最後に今回の実験に精力的に協力し貴重なデータを提供してくれた被験者6名にここで深く謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) John. H. Milsum : Biological Control Systems Analysis. MacGraw-Hill (1966)
- 2) H. Mittelstaedt : Regelungsvorgange in der Biologie (1956) 須藤他共訳コロナ社
- 3) 倉田正一 : 平均皮膚の算出について, 労働科学 30 (5) (1953)
- 4) 卷幡勝之 : 耐寒性の季節変化に関する研究, 日新医学47 (8) (1960)
- 5) J. J. Bassing : Physiological Comfort Condition at Sixteen Combination of Activity, Clothing, Air Velocity and Ambient Temperature. ASHRAE Meeting June 25-29 (1972)
- 6) R. Gonzalez : Magnitude Estimates of Thermal Discomfort During Transients of Humidity and Operative Temperature and Their Relation to The New ASHRAE effective temperature (ET*). ASHRAE Meeting June 28-Feb. 1 (1973)

研 究 報 告

ブロック凍結魚の水解凍—I

流水水解凍時の解凍に適する水流の形状*

Thawing of Frozen Fish Blocks in Water

I. Shape of water flow for thawing in water

大 森 秀 聡**

Hidetoshi Ohmori

中 村 一 幸**

Kazuyuki Nakamura

堀 知 寛***

Tomohiro Hori

Abstract

Recently, the demands of frozen fish is distinctly increasing. Therefore the development of thawing system treated efficiently in large quantities with keeping high quality is now required. There are some reports on thawing in recirculating water. But there are no report on the effect of shape of recirculating water for thawing. Different shape of recirculating water were made up in test installation for thawing and investigated on the effect of shape of water flow for water thawing.

Results obtained on this research are as follows.

- 1) The use of block settler including wire-net basket for water thawing was unfavorable because their use caused lowering and inequality of flow rate of recirculating water.
- 2) Water flow with unequal rate in rectangular thawing tank caused lowering of flow rate and stopping of frozen fish blocks at one place in thawing tank.
- 3) Continious and endless water flow showed better thawing pattern with slight lowering of flow rate.
- 4) Thawing with turbulent and vortical water flow out of endless water flow was most favorable from viewpoint of thawing time, mass treatment and quality of thawing fish.

近年、冷凍魚の生産量は年々増加しており、これに伴い大量の冷凍魚を能率よく、しかも高品質を保って解凍する装置の開発が強く要望されるようになった。これまでも諸種の解凍機が市販されてきたが価格、能率、解凍魚の品質の点からあまり普及しておらず、現状では室内放置による空気解凍および水槽内での浸漬による水解凍を用いているのが大半である。このように現場的にかなり多用されている水解凍ではあるが、これまでの流水解凍に関する研究においては¹⁾

²⁾ 底面が長方形の箱型水槽を使用し、水流の形状は一定方向不均一流のものであり、解凍に適する水流の形状についての検討はなされていない。そこで著者ら

* 特許出願中
 ** 兵庫県立水産試験場
 Fisheries Experimental Station of Hyogo Prefecture.
 *** 現在、兵庫県水産課
 Present address : Fisheries Section of Hyogo Prefectural office.
 原稿受付 昭和53年7月17日

増補改訂 《冷凍空調技術者》のための
受験の手引

<B5>261ページ
 定価 2,000円(会員特価 1,900円) 送料 200円

■主なる内容 長年、受験参考書として、冷凍技術者受験メモ、が親しまれてきたが、積年問題の数も多くなり、受験生の勉学の負担もなみなならぬものとなった。そこで、この受験メモを絶版とし、かえて、問題の典型例、代表例を集めて、集中的な勉強により、出題傾向、ポイントを探って頂き、あわせて、知識の吸収に効果あらしめようというのが、このたびの本書増補改訂の意向であります。
 冷凍空調技術者における各種試験を網羅しております。資格取得希望の方々の必携の書としておすすめします。

■主なる目次 1. 冷凍空調技術者の資格試験の種類とその制度 2. 試験問題のポイント 3. 答案作成上の注意 4. 冷凍保安責任者、冷凍空調技士、食品冷凍技士、溶接士の試験問題の代表例と解説。

- 第一種(学識): 宝谷幸男, (技術): 青柳利雄
 第二種(学識): 橋爪源一郎, (技術): 豊中俊之
 第三種(理論と技術): 宮田信弥
 法令: 伊藤一郎, 空気調和: 海野修一, 食品冷凍技士: 田中和夫
 溶接士: 豊中俊之

〒160 東京都新宿区三栄町8 社団法人 **日本冷凍協会** 電話 03(359) 5 2 3 1
 振替 東京3-73841番

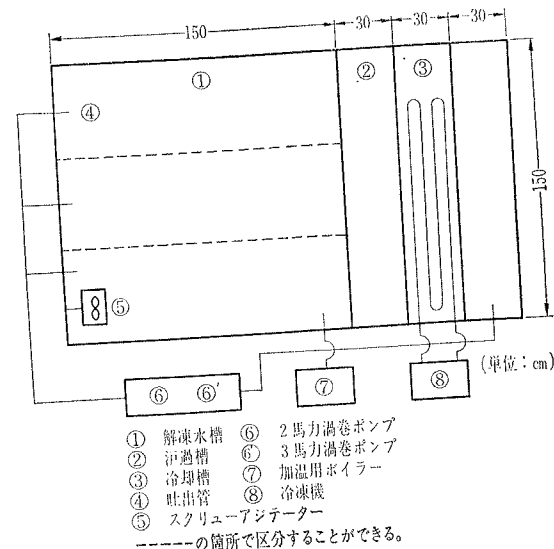


図1 流水解凍試験装置の模式図 (単位: cm)

は試験装置内で各種の水流を作り、その中でブロック凍結魚を解凍して、これに適する水流の形状の検討を行った。以下その結果を報告する。

1. 試験装置および方法

試験装置 図1に示すような解凍水を循環使用する流水解凍装置を製作して試験に使用した。

- 1) 解凍水槽 150×150×45 cm (水深 40 cm) のものである。図1中、点線で示された箇所を区分することができ、このときの底面は長方形で、その水槽の大きさは 150×50×45 cm (水深 40 cm) であり、以後これを区分長方形箱型水槽と称する。
- 2) 吐水管 25 mmφ 硬質塩化ビニール管。
- 3) ノズル 両端を閉じた 65 mmφ 硬質塩化ビニール管に巾 3 mm の切れ目を管長に平行に入れたもの。
- 4) スクリュー・アジテーター 電動機 0.4 kW。
- 5) 送水ポンプ—I 単段渦巻ポンプ, 220 l × 18.5 m, 電動機 1.5 kW。
送水ポンプ—II 3段渦巻ポンプ, 200 l × 30 m, 電動機 2.2 kW。
- 6) 加温用ボイラー プロパンガス風呂用, 19,000 kcal/hr。
- 7) 冷凍機 R12, 4350 kcal/hr ($t_c=35^\circ\text{C}$, $t_e=-15^\circ\text{C}$), 電動機 2.2 kW。

試料 香住港に水揚げされたスルメイカ (体長 23~25 cm, 体重 300~320 g), ハタハタ (体長 16~20 cm, 体重 35~90 g), ソウハチカレイ (体長 18

~22 cm, 体重 50~135 g), マイワシ (体長 16.4~19.6 cm, 体重 59.5~103 g) を 7.5 kg 冷凍パンを用いて普通にブロック凍結 (44.5×29.5×7.5 cm, スルメイカ 9 kg, ハタハタ 8.5 kg, ソウハチカレイ 9 kg, マイワシ 8 kg) し、中心温度を -15°C まで凍結したものをパン抜きして、試験に供した。

解凍水 約 1.5 m³ で初水温は 15°C とし、凍結ブロック投入後の温度調整は行わなかった。

解凍終点 凍結ブロック魚が一尾ずつ、ばらばらになった時を終点とした。

2. 結果と考察

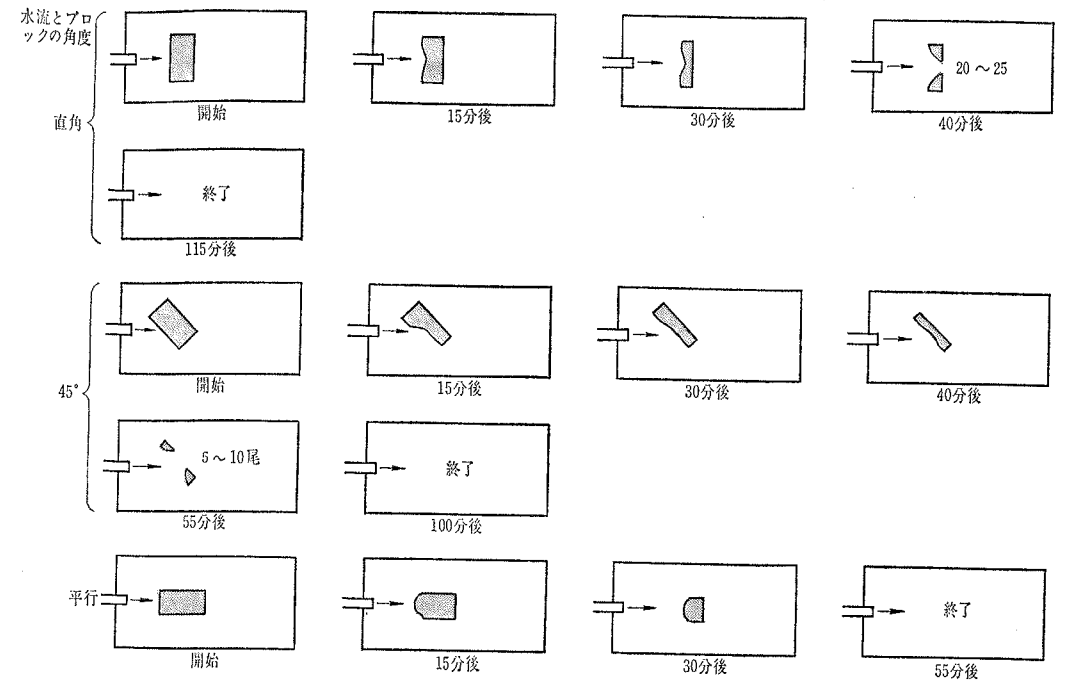
凍魚ブロック固定器使用時の解凍様相

凍魚ブロック (以下、単にブロックと称す) が集合した場合、解凍速度が遅くなったり、また隣り同志のブロックが氷結しあって一体になることはよく経験することである。それ故この集合を防ぎ各ブロックが解凍水によく接触するようにするため、既存の流水解凍装置では何らかの形でブロック固定器を使用していることが多い。そこでブロック固定器を使用して、その解凍様相を観察した。

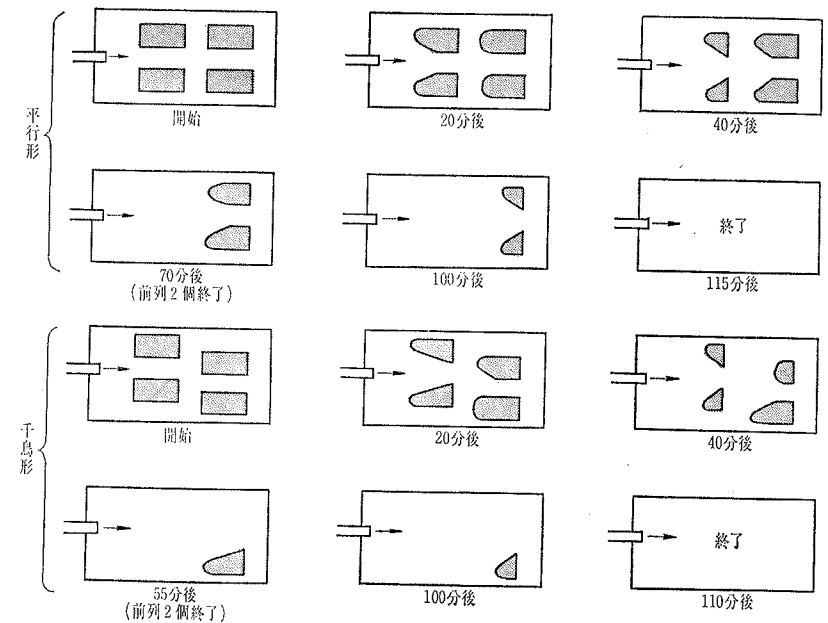
ブロックの置き方の違いによる解凍様相の差

図2に示すようにハタハタブロックを解凍水中に 44.5×7.5 cm の側面を下にして立てて浸漬し、その 44.5×29.5 cm の長方形側面が水流に対して直角、45° あるいは平行になるように固定してブロックの最前面部の流速が 1 m/sec の流水で解凍したところ、水流に対して直角および 45° に固定したものはブロック中央部から解凍し始め、直角のものは 40 分経過後に残部が 20~25 尾、45° のものは 55 分後に 5~10 尾の小ブロック 2 箇になり、水中を浮遊した。そして、吐出管の下の流速が微弱なところに停滞し完全解凍までの時間は、停滞しているブロックが水流中に流れ出ていく回数によって異なるが 100 分以上と長くかかった。そしてブロックを水流に平行に固定したものは、ブロック前面に水流が当り、そこから融けるようになり 55 分で解凍は完了した。

熱の表面伝達度からすれば、ブロックと水流が平行のものより直角のものの方が解凍は早く完了すると予想されたが、平行のものの方が解凍が早く、かつ円滑に進行した。これはブロック解凍の場合、ブロックの魚体個々の間隙に水が浸透していく速度が解凍速度に大きく影響していると考えられるので、ブロックと平行の水流がブロック構成魚体間への水の浸透に適して



試料: ハタハタブロック, 初品温 -15°C , 解凍水温 15°C , 流速 1 m/sec.
図2 凍魚ブロックの置き方の違いによる解凍様相の差



試料: ハタハタブロック, 初品温 -15°C , 解凍水温 15°C , 流速 1 m/sec.
図3 凍魚ブロック固定器使用時の解凍様相

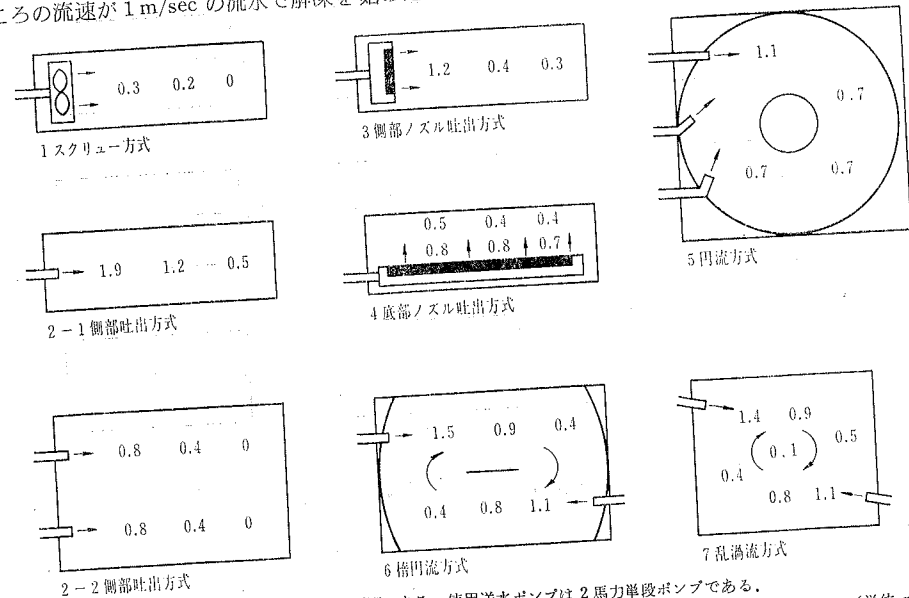
いたためであろう。またブロックと水流が直角および 45° のものはブロックの下流側の流速が極端に低下するので、大量のブロックの解凍には、この置き方は適

当でない。以上のことよりブロックと水流との関係は平行にし、水流をブロック前面部に当てるようにするのが適当と考えられた。

一個ずつを固定する型式の解凍様相 図3に示すように、4個のハタハタブロックを解凍水中に44.5×7.5cmの側面を下にして立てて浸漬し、お互いの関係が平行および千鳥の形になるように一個ずつ固定して、第一列目ブロック前面部の流速が1m/secの流水で解凍し、その様相を観察した。図3にみられるように各ブロックは水流に接触する側面からも解凍されているが、それよりも前項と同様水流が当たるブロック前面部の解凍速度が大きく、そこから解凍が進行した。これは水流を全ブロックの前面部に当たるようにすればよいことを示しており、このことよりブロック数4個までの配置は千鳥形がよいが、5個以上になると千鳥形は下流側の流速の減衰が大きく、また極端な不均一流となりブロック間での解凍時間の差が大きくなるものと思われる。したがってブロック数が5個以上のときの配置は平行形の方がよい。

平行形配置での解凍の経過は、まず第1列目ブロックが解凍され、次に第2列目と順次最前列のブロックが解凍されていくので、ブロック数に比例して解凍時間が長くなる。各列のブロック間隔を大きくすれば、その間で水流はある程度整流されて各列ブロックの前面部に水流が当たるようになると思われるが、このようにすれば解凍水槽は長大なものになり実用的ではないであろう。

金網籠型式のものの解凍様相 115×43×32cmの鉄枠に10mm目亀甲金網を張った金網籠にハタハタブロック4個を入れ、解凍水中に浸漬し吐出管から35cmのところの流速が1m/secの流水で解凍を始めた



4は正面図、他は平面図である。使用送水ポンプは2馬力単段ポンプである。
図4 各種水流方式の模式図および解凍水の流速分布 (単位 m/sec)

ところ、金網籠内の下流側に全ブロックが押しつけられて集合密着し解凍速度が低下した。これまでよく用いられた毎秒当り30.5センチまでの低速流の場合には、このような現象は目立たなかったのであるが、1m/sec以上の流水使用時には、この金網籠型式のものには不適であると判断される。

以上のようにブロック固定器を使用することはブロック数が少ないときはよいが、多くなると不都合な点を生ずるので、以後の研究ではブロック固定器を使用しないことにした。

各種造水流方式とその流速分布

各種の水流をつくり、その流速を測定した。水流の状態比較のため送水ポンプはすべて2馬力単段渦巻ポンプを使用した。流速測定は広井式流速計を用い、測定箇所は各測定位置の横断面中ほぼ中央のもっとも流速の大きいところとした。造水流方式名、使用造水流機、使用水槽の大きさ、流速の最大値および最小値を表1に、各造水流方式の流速分布を図4に示した。

スクリュウ、側部吐出および側部ノズル吐出方式の水流は一定方向不均一流であり、底部ノズル吐出方式は対流のような一槽内循環流であり、円流、楕円流、乱渦流方式は水平に連続した終端のない循環流である。以後、底部ノズル吐出方式以下4方式のものをエンドレス水流と称す。

表1 各種造水流方式の諸要素

番号	方式名	造水流機	水槽の大きさ*	流速	
				最大値	最小値
1	スクリュウ	スクリュウ	1	槽分 0.3	m/s 0
2.1	側部吐出	吐出管1本	1	1.9	0.5
2.2	側部吐出	吐出管2本	2	0.8	0
3	側部ノズル吐出	ノズル吐出管1本	1	1.2	0.3
4	底部ノズル吐出	ノズル吐出管1本	1	0.8	0.4
5	円流	吐出管1本	3	1.1	0.7
6	楕円流	吐出管2本	2	1.5	0.4
7	乱渦流	吐出管3本	100×100×40cm	1.4	0.4

* 使用した区分長方形箱型水槽の数をもちいて表わした。

各種造水流方式による解凍試験

各種水流にスルメイカおよびハタハタブロックを投入して解凍を行い観察した。送水ポンプは前項と同様2馬力単段渦巻ポンプを使用した。このときの解凍様相は下記のとおりであった。

ブロック投入→脱函(ブロックは浮上状態)→表面魚が一尾ずつ離脱開始(ブロックは沈降開始)→小ブロックに分割→解凍終了

なお、良好な解凍様相を示す水流はブロックが一箇所に集合停止せず、あたかも木の葉が、風に舞うが如く、お互いに邪魔をせず不規則な浮遊をするものであった。結果を一括して表2に示す。

一定方向不均一流 図4の1~3の様式のものである。スクリュウ方式(図の1)は電動機馬力が小さかったためもあり流速が小さく、下流部に流速ゼロの箇所ができて、ここにブロックが集合停止して解凍時間がブロック1個のときで85分と長くなった。このことは流速ゼロの箇所ができるような水流は解凍に不適当なものであることを示している。さらに本方式では、環流している魚体をスクリュウが巻き込んで

傷める欠点がある。

側部吐出方式は区分長方形箱型水槽1槽、吐出管使用のときは(図の2-1)流速も大きく、したがって流速ゼロの所もできずにブロックは良好な浮遊をして解凍時間もブロック1個のときで45分と短かったが、水槽容量を大きくするため区分長方形箱型水槽2槽分、2吐出管使用したところ(図の2-2)、流速は当然のことながら半減し静水箇所も生じて適当でなかった。この流速を有効流速まで高めるには、送水ポンプの馬力を大きくする必要があり実用的に問題である。

次に側部ノズル吐出方式(図の3)では、流速を大きくする目的で吐出口を小さくしたノズルを吐出管に装着したところ、かえって流速は低下し、解凍時間もブロック1個のときで55分と、ノズル未装着の側部吐出方式より10分も長くなった。このことは送水パイプ系統には余計な工作をせず可及的抵抗を小さくする方がよいことを示している。

これまで述べた3方式は、いずれも底面が長方形の箱型水槽で、水流は一定方向不均一流である。このような場合、水流は吐出管に対面する水槽壁面に直角に当るようになるので運動エネルギーの損失は大きくて高速水流は得られ難く、ともすれば流速ゼロの箇所を生じ、ここにブロックが集合停止して解凍水との接触が少なくなり、解凍速度は著しく低下した。以上のことより長方形箱型水槽、一定方向不均一流による流水解凍は実用的でないと考えられる。

エンドレス水流 長方形箱型水槽、一定方向不均一流は流速の減衰が大きいので、解凍水流に適さないと述べたが、連続した終端のない水流即ちエンドレス水流の場合、この流速の減衰が少ないので良好な解凍が行なえるものと考え、図4の4~7に示すような水流で解凍試験を行った。

底部ノズル吐出方式(図の4)では解凍初期のブロック浮上時、ブロックは水面の両端に押しやられて停

表2 各造水流方式による解凍結果

造水流方式	解凍時間 ブロック数				ブロックの浮遊状態
	1ヶ	4ヶ	8ヶ	12ヶ	
スクリュウ方式	85分	—	—	—	流速の小さい所に集合停止
側部吐出方式	45	55	—	—	大体よく浮遊
側部ノズル吐出方式	55	65	—	—	小ブロックになるとよく浮遊
底部ノズル吐出方式	55	80	—	—	ブロック浮上時は両端に集合停止、小ブロックになると上下によく浮遊
円流方式	85	85	85	85	縦列をつくってよく浮遊するが水流に乗り過ぎ
楕円流方式	55	60	85	—	よく浮遊するが、時々、狭隘部で停留
乱渦流方式	55	55	65	—	良好に浮遊

試料：乱渦法はハタハタ、他はスルメイカ、初品温 -15°C 解凍水温度 15°C

滞し、解凍によい状態ではなかったが、解凍が進み小ブロックに分割され沈降を始めてからは、水中をよく浮遊し良好な解凍様相を示した。解凍初期の水面両端にブロックが集合停止する不都合さは、ブロック数が増えれば、それだけ増大するので大量処理を目的とする実用型解凍装置には本方式による水流は適当ではないであろう。

典型的なエンドレス水流である円流方式（図の5）は一番流速にムラがなく、この方式による解凍では、水流に投入されたブロックは、その数の多少にかかわらず44.5×7.5 cmの側面を下にして水中に立った状態で、その向きは水流と44.5×29.5 cmの長方側面が平行になり整然とした縦列をつかって浮遊した。このときのブロックは水流にあまりにもよく乗り過ぎているので、ブロックと解凍水の相対速度は低下し、それに伴って解凍速度も低下してブロック1個のときの解凍時間は85分と長かかった。しかしながら多数のブロックを投入しても前述のように整然とした縦列をつかって浮遊するので、お互いに浮遊の邪魔をせず、また個々のブロックの解凍水との相対速度もブロック1個のときと変わらず、そのため解凍時間もブロック1個のときと同じであった。この特徴は大量解凍に適するにも思われるが、その所要時間85分というは他方式に比べて少し長すぎるので、解凍に好適な水流であるとは言い難い。

楕円流方式（図の6）による解凍では、ブロック1個のときには快調な浮遊状態を示し解凍時間も55分と短かかったが、多数のブロックを投入したときには、ときどき狭隘部をブロックが閉鎖して集合停止し解凍速度が落ちるので、あまり良好な解凍水流とはいえない。

楕円流方式で不都合であったのは整流の目的で水槽中央部に取り付けた長さ30 cmの仕切板と、水槽壁面との間が狭いためであったので、この仕切板を取り除いて渦流を起こさせ、ブロックを投入して、その浮遊状態が良好になるように水槽の形状を変えて検討したところ、図の（7）に示すような底面がほぼ正方形のものが適当であることが分かった。なお、このときの渦流の形状は正渦流では中心部に流速がゼロになることができ、そこにブロックが集合停止するが、吐出口方向をやや外側に向けて渦流の形を少しゆがませてやると中心部にも若干の流速を生じ、ここにブロックが集まることなく、そしてお互いに邪魔をせず、不規則な浮遊をして、ここでの試験のうちでもっとも良好な解凍様相を示した。この少しゆがんだ渦流、即ち乱渦流による解凍時間はブロック1個のときは55

表3 乱渦流法と他方法との解凍例

解凍方法	試料魚	解凍時間分	水分%	pH	VBN* mg %
乱渦流水 (最大流速 1.4m/s)	ハタハタ	40	75.2	7.01	9.0
	ソウハチカレイ	60	79.1	6.51	7.7
	マイワシ	30	68.8	5.80	37.6
静水浸漬	ハタハタ	115	75.4	7.19	13.0
	ソウハチカレイ	180	79.5	6.65	9.3
	マイワシ	105	69.3	5.87	44.3
室温放置 (室温25~30°C)	ハタハタ	480	74.9	7.20	17.3
	ソウハチカレイ	570	77.7	6.74	14.4
	マイワシ	450	67.2	5.80	50.0

* VBN: 揮発性塩基窒素
解凍水温度 15°C 初温 -15°C

分であり、そしてブロック数を増やしても他の方式よりは解凍時間は長くならなかった。

乱渦流法と他方法による解凍の比較

ハタハタ、ソウハチカレイおよびマイワシのブロック1個を乱渦流（最大流速 1.4 m/sec）、静水浸漬、室内放置（室温 25~30°C）によって解凍し水分、pH、揮発性塩基窒素を測定した。結果は表3に示す。

解凍時間についてみると、乱渦流法では静水浸漬法の約1/3、室内放置法の1/9.5~1/15であり、乱渦流法は解凍時間を大巾に短縮できた。水分は室内放置法のものが一番少なかったのは当然のことながら乱渦流法のもので静水浸漬法のものより少なかったのは水中での浸漬時間が短かかったためである。鮮度を表わすpH、揮発性塩基窒素の値は乱渦流法のもので一番低く静水浸漬法、室内放置法の順に高くなった。

即ち、乱渦流法による解凍は従来から多用されている静水解凍及び室内放置による方法に比べて1/3以上の短縮になり、解凍魚品質では水分が室内放置法よりやや多くなるものの鮮度は良好であった。

なお、流水解凍の場合、ブロックの表面魚は解凍初期に離脱してその後ブロック中心部が解凍されることになるので、過度の解凍になり鮮度低下や吸水膨潤をおこす。それには解凍魚を順次取り出すような方法を考案する必要がある。そして、乱渦流法に適している魚種は、解凍後に洗浄、血抜き、うちこ取りを行うものであり、不適なものにはイワシ類のような腹切れを起こし易い魚種である。

以上、各種の水流について解凍試験を行った結果、長方形箱水槽、一定方向不均一流は実用的ではなく、これよりはエンドレス水流が適当で、このエンドレス水流のうちでも乱渦流法が最良であったと結論され

る。

本研究に使用した試験装置の製作時よりご指導を頂いた東海区水産研究所・田中武夫博士および本場・豊永禎一郎主任研究員に深謝します。

要約

流水解凍試験装置を製作し、これを使用してブロック固定器使用の可否および各種の水流中でブロック凍結品を解凍して、以下の結果を得た。

- 1) ブロック固定器の使用は、解凍水の流速の減衰や不均一がおこり適当でなかった。
- 2) これまで流水解凍によく用いられている底面が長方形の箱型水槽、一定方向不均一流のものは解凍水流速の減衰がはなはだしく静水箇所を生じそこにブロックが集合停止するので解凍には不向きな水流であった。
- 3) 連続した終端のない水流、即ちエンドレス水流は流速減衰が少ないので、やや良好な解凍様相を示した。
- 4) エンドレス水流のうち、渦流の形状をゆがませた乱渦流は、解凍時間、大量処理、解凍魚品質の点から最良であった。すなわち、良好な解凍様相を示す水流は、ブロックが1箇所集合停止せずまたお互いに邪魔をしないで不規則な浮遊をするものであった。

文献

- 1) 田中武夫：冷凍，45 (508)，131~140 (1970)。
- 2) MAGNUSSON, H. W. and J. C. HARTSHORNE : Comm. Fish. Review, 14(12 a), 8~23 (1952)。
- 3) MAC CALLUM, W. A. and D. G. ELLIS : J. Fish. Res. Bd. Canada, 21 (1), 115~131 (1964)。
- 4) MAC CALLUM, W. A. and D. R. IDLER : "Freezing and Irradiation of fish" (ed. KREUZER, R.), 213~223 (1969), Fishing News (Books) Ltd., London。
- 5) HEWITT, M. R. : ibid., 201~205 (1969)。
- 6) BURGESS, G. H. O., C. L. CUTTING, J. A. LOVERN and J. J. WATERMAN (ed.) : "Fish handling and processing" 182~194 (1965), Edinburgh Her Majesty's Stationery Office。
- 7) JASON, A. C. and H. R. SANDERS : Food Tech., 16 (6), 101~112 (1962)。
- 8) 新家幸雄：冷凍，44 (506)，45~47 (1969)。
- 9) 御木英昌・太田冬雄・西元諄一：昭和50年度日本水産学会春季大会講演要旨集，121，(1975)。

新技術講習会テキスト

冷凍空調における新技術（基礎篇-1）

（超低温（-40°C以下）用材料の問題点、蒸発器の設計、圧縮機）
（動作のシミュレーション、電算機による動的空調負荷計算法）

1,000円 会員 950円 送料 160円

冷凍空調における新技術（基礎篇-2）

（冷却塔充てん物の性能とその評価、太陽熱利用冷凍機と太陽熱冷暖房システム、フロン系冷媒R22の熱物性値、熱物性相関式の実用上の簡略化とそのプログラム例）

1,200円 会員 1,100円 送料 120円

冷凍空調における新技術（応用篇-1）

（冷蔵庫の冷凍装置のユニット化、立体自動冷蔵庫に関する諸問題、高層ビルの空調設備、省エネルギーと空調）

800円 会員 750円 送料 160円

冷凍空調における新技術（応用篇-2）

（ヒートパイプの原理と応用、施設園芸における環境制御、空調設計における小型コンピュータの使い方）

1,000円 会員 950円 送料 160円

冷凍空調における新技術（応用篇-3）53年9月刊

（VAV方式の性能、バイオクリーンの設計と実例）
（LNGの冷熱利用、地盤凍結工法の現状と展望）

1,500円 会員 1,400円 送料 160円

●● おしらせ ●●

第5回 "セントラル式冷暖房プラントに関する会議"
(Central Chilled water and Heating Plant Conference)

の 論 文 募 集

主 催 Syracuse University
後 援 Syracuse University Institute for Energy Research, U.S. Department of Energy,
ASHRAE,
Association of Physical Plant Administrators, Air-Conditioning and Refrigeration
Institute, International District Heating Association

開 催 日 昭和54年8月21日～23日

場 所 米 国 内 (開催地は未詳)

テ ー マ "省エネルギーを目的としたセントラル式暖冷房"
(Central Heating and Cooling as a Means of Energy Conservation)

論文トピックス Rating and Testing Standards, Heat Reclaim, Central Plant Instrumentation,
Part Load Operation and Performance, Energy Auditing, Reducing Distribution
Losses, ASHRAE Series 100 Standards, Economies and Case Histories and
Cogeneration

サマリーの締切日 昭和54年4月1日 (語数は400迄)
論文提出の可否は昭和54年4月15日迄に著者に対し通知される。

論文原稿締切日 昭和54年6月15日
論文の応募及びこの会議の詳細は下記に直接お問合せ下さい。

Prof. E. E. Drucker
Department of Mechanical
and Aerospace Engineering,
Link Hall, Syracuse University,
Syracuse, N. Y. 13210
(Phone : 315/423/4369)

研 究 報 告

ブロック凍結魚の水解凍—II

流水解凍時の解凍速度に影響する諸要因

Thawing of Frozen Fish Blocks in Water

II. Some Factors Relating to the Thawing Rate in Moving Water System

大 森 秀 聰*
Hidetoshi Ohmori
中 村 一 幸*
Kazuyuki Nakamura
山 村 雅 雄*
Masao Yamamura
堀 知 寛**
Tomohiro Hori

Abstract

In the preceding paper, it was reported that the form of water stream affected greatly the rate of thawing and evenness of thawing process from fish block to fish block. The authors further examined some other factors such as speed of the water stream, water temperature, freshness of frozen fish, and repeated freezing-thawing (refreezing) in connection with the thawing rate. Results obtained are as follows :

1. Speed of water stream as a thawing medium affected significantly the thawing rate. When thawing was required to be complete in one hour, speed of water stream necessary, differing with species of fish, was estimated to be 0.5 m/sec for frozen blocks of sardine *Sardinops melanosticta*, 1.0 m/sec for those of sand fish *Arctoscopus japonicus* and 1.5 m/sec for those of flat fish *Cleisthens pinetorum herzensteini*.
2. The time required for thawing depended on thickness of the block, the thicker, the lower in thawing rate.
3. Water temperature suitable for thawing was 10 to 15°C from the viewpoint of the thawing rate, keeping quality of the fish and preventing swelling.
4. The time required for thawing tended to be shorter depending on decrease in freshness of fish before freezing.
5. Repeated freezing-thawing also affected the thawing rate, making it shorter in time for thawing.

第I報¹⁾では、ブロック凍結魚の水解凍において解凍水流の形状が解凍時間およびその均一化に大きく影響を与えることを報告した。しかし、解凍水流の形状以外の要因も解凍速度に影響することが知られている。

解凍水の流速の影響については Magnusson ら²⁾ は cod と haddock の丸凍結で試験した結果これらは毎分1～5フィート (0.5～2.5 cm/sec) と60フィート (30.5 cm/sec) の流速ではそれ程大きく解凍時間に差がなかったとしており、また Mac Callum ら³⁾ も

cod 凍結ブロックでは解凍速度は流速 (毎分 0.8, 4, 8 フィート (4, 20, 40 cm/sec)) とブロック構成魚体の大小には影響されず、水温とブロックの大きさにより影響を受けると報告しているが、これらの結

*兵庫県立水産試験場
Fisheries Experimental Station of Hyogo
Prefecture.
**現在 兵庫県水産課
Present address: Fisheries Section of Hyogo
Prefectural Office*
原稿受付 昭和53年8月18日

論は検討の余地がある。

解冻水温の影響については、Mac Callum ら³⁾の記載によれば1950年に Reay らが、続いて Magnusson ら²⁾は cod, haddock の、Dyer ら⁴⁾は plaice の、Mac Callum ら³⁾は cod の凍結品の解冻水温は60°F (15.5°C) が適当であると提唱しているが、これが日本産の他の魚種にも適用するものか不明である。

原料魚品質⁵⁾および再凍結⁶⁾が解冻魚の品質に及ぼす影響についての研究はあるが、これらの解冻速度に及ぼす影響についての報告はない。

ここでは、解冻水流の形状以外の諸要因、即ちブロックの厚さ、解冻水の流速およびその温度、原料魚の鮮度、凍結・解冻の繰り返しの解冻速度に及ぼす影響について検討した。

実験方法

試験装置および方法

試験装置は第I報と同じものを使用した。

試料 ソウハチカレイ、ハタハタ、マイワシの凍結ブロック (44.5×29.5×7.5 cm) を使用した。ただし、解冻水流速とブロックの厚さとの関係を試験したときは3, 5, 7.5, 10 cm の厚さのブロックを作り、品温 -15°C に凍結したものを試験に供した。

解冻水 解冻水の温度の影響を調べた試験以外では常に 15°C になるように解冻水冷却用冷凍機、あるいは加温用ボイラーを稼動させて温度調整を行った。

解冻方法 一槽一吐出管使用の側部吐出方式 (第I報¹⁾, 図4の2-1) を用い、試料凍結ブロックは吐出管から約 30 cm のところに、その最長辺が水流の方向と同一になるように解冻水中に垂直に立てて固定した。この時の水流が直接あたるブロックの最前面は 29.5×7.5 cm であった。解冻水流速はブロック最前面中央部での流速が、1.0 m/sec のものを使用した。しかし解冻水流速とブロックの厚さとの関係を調べたときには変化させた。そして、ブロックの魚体がすべて分離したときを解冻終点とした。

魚肉成分分析方法 原料魚および解冻した魚体のうちから無作為に 3~6 尾をとり、その普通肉の水分、粗脂肪量、揮発性塩基窒素、pH を測定した。

水分: 105°C, 24時間の加熱乾燥法による。

粗脂肪量: ソックスレー法による。

揮発性塩基窒素: コンウェイの微量拡散法による。

pH: 試料肉 5g に蒸留水 50 ml を加え 30 秒間ホモ

ジナイズしたものをガラス電極 pH メーター (日立掘場 M-5 型 pH メーター) で測定した。

解冻中の試料温度: 供試ブロックの 29.5×7.5 cm の側面中央部に 110×4.2 mmφ の木工用ドリルで孔をあけ、それにサーミスタ温度計 (芝浦電子製作所製 M42-7A1 型) の感温部 100×4 mmφ を挿入した後、孔と感温部との間隙に水を注入した。この水はブロックが低温なのですぐ氷結して、感温部は固定された。このようにサーミスタ感温部を固定したブロックを試験に供し、温度測定は温度変化の激しい時以外は 5 分毎に実施した。

流速: プロペラ回転式流速計 (広井電気) による。

結果と考察

解冻水流速とブロックの厚さとの関係

7.5 kg 冷凍パンを用い、試料魚を 3, 5, 7.5, 10 cm の厚さに詰め、凍結したものを試験に供した。この時の試料魚の重量はソウハチカレイでそれぞれ 4, 6, 9, 11 kg, ハタハタでそれぞれ 4.2, 5.7, 8.5, 10.6 kg, マイワシは 7.5 cm 厚さのもので 8 kg, 10 cm 厚さでは 10.5 kg であった。解冻水流速は 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 m/sec に調整して試験した。対照としてまた -15°C の氷柱 (44.5×29.5×7.5 cm) を使用して同様の実験を行った。

解冻時間と解冻水流速およびブロックの厚さとの関係を図1~3に、ソウハチカレイおよびハタハタの解冻曲線を図4~11に示す。

同一試料を用いても解冻時間に 5 分前後の誤差を生ずるものであるが、図1~3にみられるように解冻水流速は明らかに解冻時間に影響し、流速が大きいほど解冻は速く、ブロックの厚さが大きいほどその影響が強くなる。Magnusson ら²⁾ や Mac Callum ら³⁾ が流速はあまり解冻速度に影響を与えないとしたの

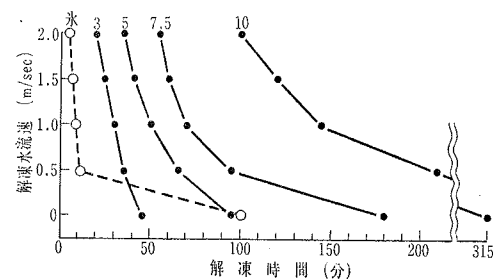


図1 ソウハチカレイの解冻時間と解冻水流速およびブロックの厚さとの関係
ブロック固定器使用、図中の数字はブロックの厚さ (cm)、初品温 -15°C、解冻水温 15°C

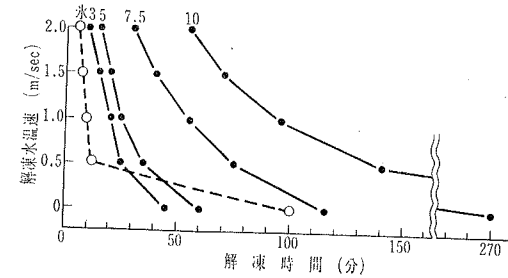


図2 ハタハタの解冻時間と解冻水流速およびブロックの厚さとの関係
ブロック固定器使用、図中の数字はブロックの厚さ (cm)、初品温 -15°C、解冻水温 15°C

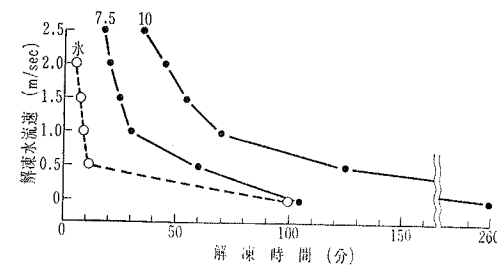


図3 マイワシの解冻時間と解冻水流速およびブロックの厚さとの関係
ブロック固定器使用、図中の数字はブロックの厚さ (cm)、初品温 -15°C、解冻水温 15°C

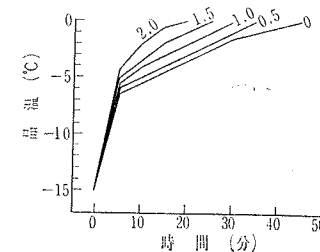


図4 3 cm 厚さのソウハチカレイ凍結ブロックの解冻曲線
図中の数字は解冻水流速 (m/sec)

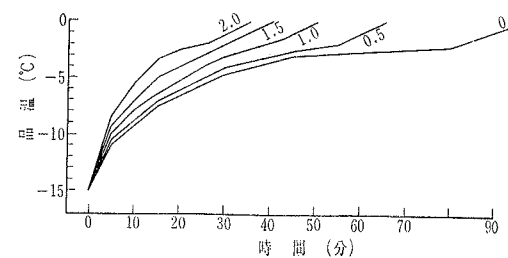


図5 5 cm 厚さのソウハチカレイ凍結ブロックの解冻曲線
図中の数字は解冻水流速 (m/sec)

は、彼らが使用した流速は毎分60フィート (0.3 m/sec) 以下の低速流であるので、解冻水槽内に多数のブロックを投入したときには流速は極端に不均一になり、部分的に静水箇所が多数生じたためと考えられ

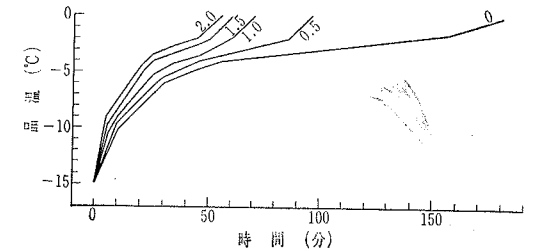


図6 7.5 cm 厚さのソウハチカレイ凍結ブロックの解冻曲線
図中の数字は解冻水流速 (m/sec)

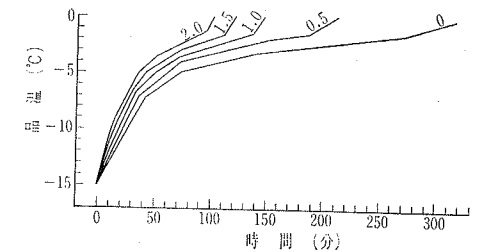


図7 10 cm 厚さのソウハチカレイ凍結ブロックの解冻曲線
図中の数字は解冻水流速 (m/sec)

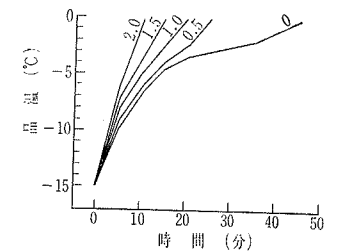


図8 3 cm 厚さのハタハタ凍結ブロックの解冻曲線
図中の数字は解冻水流速 (m/sec)

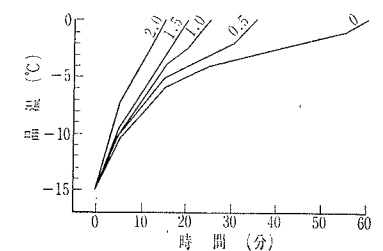


図9 5 cm 厚さのハタハタ凍結ブロックの解冻曲線
図中の数字は解冻水流速 (m/sec)

る。

解冻速度はブロック構成魚間の空隙部に水が侵入し、その水を融解して個々の魚体に分離する速度に影響されるが、この空隙部への水の侵入のしやすさは魚体形に左右される。すなわち、魚体形が丸くなれば、それに比例して空隙部は大きくなり、そして水は侵入しやすくなる。この理由のため図1~3にみられ

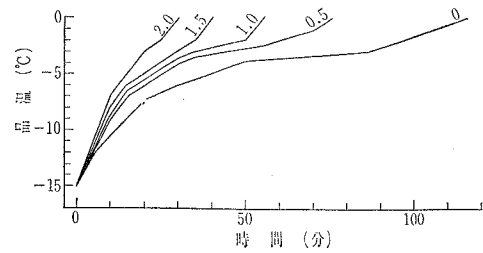


図10 7.5 cm 厚さのハタハタ凍結ブロック解凍曲線
図中の数字は解凍水流速 (m/sec)

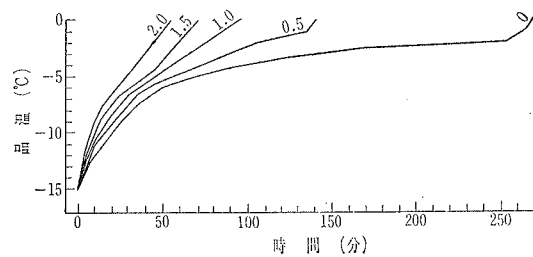


図11 10 cm 厚さのハタハタ凍結ブロックの解凍曲線
図中の数字は解凍水流速 (m/sec)

るように魚種により解凍速度は大きく異なった。また図1~3の結果は、普通よく用いられている7.5 cm厚さのブロックの解凍を1時間で終了しようとするならば、扁平な魚体のソウハチカレイでは1.5 m/sec、魚体が丸いマイワシでは0.5 m/sec、その中間的な魚体形のハタハタでは1.0 m/secの流速が必要であることを示している。しかしこれは厚さが7.5 cmと同じであっても、ブロックの幅や奥行の大きさが変われば至適流速も変化するものと思われるので、この点については今後なお検討する必要がある。

図3においてマイワシブロックの3および5 cm厚さのものが欠落しているのは、試料魚体の厚みが2.1~2.7 cmであり、また体形が円形であるのでパン抜き時、ブロックは壊れてしまい試験できなかったためである。ところで、扁平な体形のソウハチカレイの場合における厚さの異なるブロックの各解凍時間曲線の間隔に比べて、ハタハタの場合の3、5 cm厚さのブロックでのそれぞれの解凍曲線相互間隔は著しく狭くなっている。これはブロックの厚さが薄くなれば、ブロック構成魚体の厚さとも関係して、個々に魚体が分離しやすいということも解凍速度に影響を与える一要因と考えられ、そしてこの“個々の魚体に分離しやすさ”は魚体の厚さとともに魚体横断面の形状、即ち“丸さ”または“扁平さ”に左右され、これらは充填率または空隙率と密接な関係があるように思われる。魚体間の空隙部への水の侵入速度と合わせて今後の検

討を要することからであろう。

対照として凍結魚ブロックの代わりに同じ程度の大きさの水を使用して解凍実験を行った場合、その融解は非常に早かったので、水を使用しての解凍試験の結果は、実際の凍結魚解凍の参考にはあまりならないと思われる。

解凍曲線はブロック構成魚が小型であるためサーミスタ感温部を一つの魚体内に挿入することが難しく、しばしば魚体相互間隙にとどまることもあったが、測定結果は解凍の程度を予測する上で有効であった。マイワシの解凍曲線が欠落しているのはサーミスタ感温部の挿入がうまくいかなかったためである。

解凍水温の影響

水温が試験開始時より終了まで5、10、15、20、25°Cの各温度を保つよう調整しながら、流速1.0 m/secの解凍水でソウハチカレイ、ハタハタ、マイワシの凍結ブロック(44.5×29.5×7.5 cm)を解凍し、魚肉の各成分を測定した。

測定結果を一括して表1に示す。表の数値は試料魚3~6尾の平均値である。

解凍速度よりみた下限解凍水温 解凍水温と解凍時間との関係を図12に示した。解凍時間は解凍水温が10°C以上のときよりも10~5°Cのときの方が長いので、解凍能率の点からは解凍水温は10°C以上が望ましいものと思われる。

解凍魚の鮮度の変化 図13~15に示すように解凍水

表1 解凍水各温度における解凍時間および各成分

原料魚	解凍水温度 °C	解凍時間 分	水分 %	粗脂肪 %	pH	VBN* mg%
ソウハチカレイ	原料魚	—	79.45	0.91	6.54	5.23
	5	135	80.04	0.62	6.59	7.30
	10	90	80.09	0.62	6.58	7.27
	15	70	80.11	1.02	6.61	9.60
	20	60	80.54	1.22	6.71	11.4
ハタハタ	原料魚	—	74.63	—	6.75	6.4
	5	120	74.87	—	7.03	7.1
	10	75	75.01	—	7.07	7.7
	15	55	75.73	—	7.07	8.1
	20	45	75.59	—	7.10	9.6
マイワシ	原料魚	—	72.71	4.41	5.95	6.1
	5	70	73.44	4.61	5.97	6.4
	10	40	74.11	4.49	5.97	6.5
	15	30	75.15	3.30	5.98	6.6
	20	20	75.88	3.42	5.98	6.6
25	17	76.67	5.08	5.01	14.7	

凍魚ブロック厚さ7.5 cm, 初品温 -15°C, 流速1.0 m/sec, 解凍水温度 15°C
各成分の数値は試料魚数, 通常6尾の平均値である。

* VBN: 揮発性塩基窒素

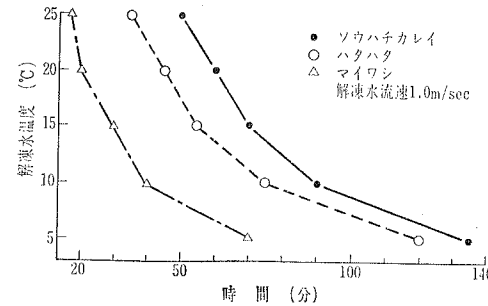


図12 各種解凍水温度における解凍時間

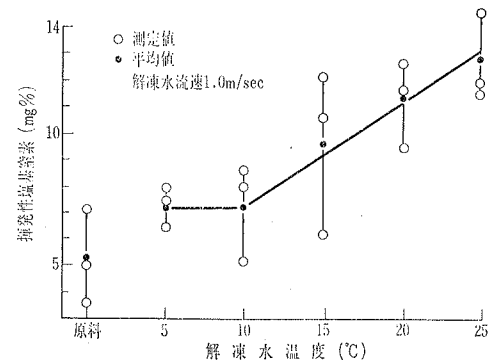


図13 ソウハチカレイ凍結ブロックの解凍水温度と解凍魚鮮度

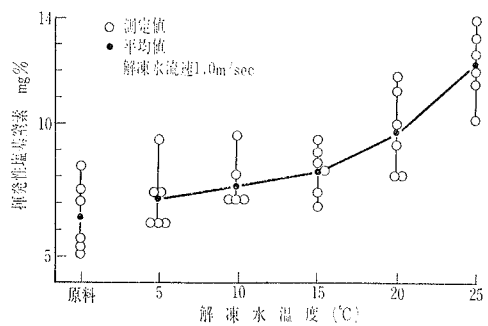


図14 ハタハタ凍結ブロックの解凍水温度と解凍魚鮮度

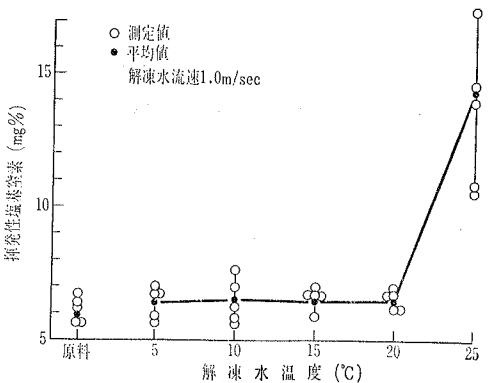


図15 マイワシ凍結ブロックの解凍水温度と解凍魚鮮度

温度は解凍魚の鮮度(揮発性塩基窒素)に影響する。ソウハチカレイでは解凍水温度10~25°Cでは温度が高いほど解凍時における鮮度低下が著しく、ハタハタでも解凍水温度が高いほど鮮度低下がみられ、イワシでは5~20°Cの解凍水温では鮮度への影響はみられず、25°Cで急に鮮度低下が著しくなった。このことは、凍結ブロックの解凍の場合に魚種によって適当な解凍水温があることを示している。マイワシが20°Cの水温まで耐えられるというのは意外であったが、これは著者が経験しているところの塩乾品製造時、上限乾燥温度がカレイ類、ハタハタ、イワシ類の順に高くなっていることと一致し、そしてこれらはまた、それぞれの魚種の生息水温の低いものからの順序とも一致しているようである。また新井ら^{8,9)}もアクトミオシンの熱安定性は、その魚種の体温(生息水温)に密接な関係を有していると指摘しており、水産物処理時における温度の影響はその魚種の生息水温に関係しているように思われる。

解凍魚の水分量 解凍水温と解凍魚水分量との関係を図16~18に示した。図から明らかなように解凍水温の上昇とともに解凍魚の水分量は増加した。これは解凍中に水分の侵入があったものと考えられ、この場合

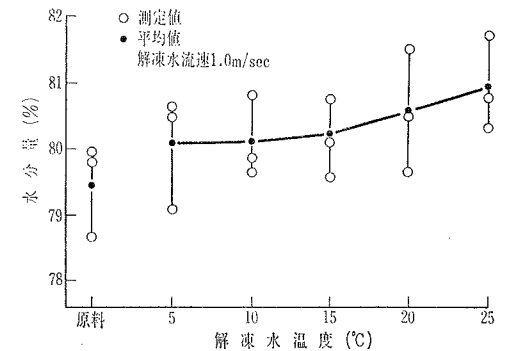


図16 ソウハチカレイ凍結ブロックの解凍水温度と解凍魚水分量

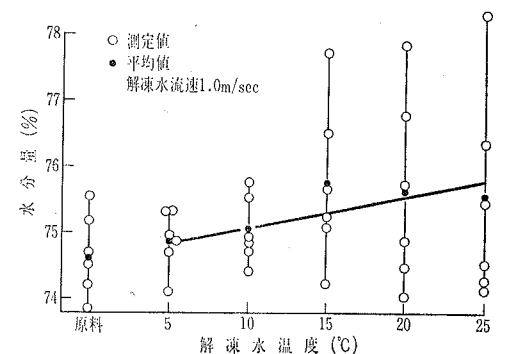


図17 ハタハタ凍結ブロックの解凍水温度と解凍魚水分量

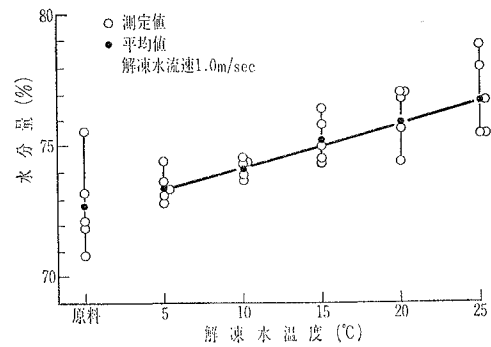


図18 マイワシ凍結ブロックの解凍水温度と解凍魚水分量

の水分量の最大増加量はソウハチカレイでは1.46%、ハタハタでは0.86%、マイワシでは3.97%であった。したがって、魚体内への水の侵入を防止するためには解凍水温度は低くすることが必要である。なお、初期に解凍されたブロック表面魚は、解凍終了まで水中を浮遊しているので魚体内への水の侵入が多く、またこれらは過度の解凍になり、鮮度低下をきたすので流水解凍の装置化に当っては解凍魚を逐次、取り出す何らかの方法を考案する必要がある。

解凍魚の粗脂肪量 表1にみられるように、ソウハチカレイとマイワシについて測定したが、有意差は認められなかった。

以上の解凍速度、解凍魚の鮮度および水の侵入などの諸結果から、解凍水温度は10~15°Cの範囲のものが適当であると結論される。

原料魚の鮮度の影響

各種の鮮度のものを得るため、購入直後のものと、6、24時間室内放置(室温8.0~22.5°C)したものを凍結した。この凍結魚ブロックを水温15°C、流速1.0 m/secの流水で解凍して解凍時間を調べた。

凍結前、解凍後の魚肉鮮度と解凍時間との関係を各種試料魚について調べた結果を図19~21に示した。各魚種とも鮮度が低下すると解凍時間は短くなり、その関係はほぼ直線的であった。これは鮮度が低下すれば熱伝導率が増加していることを示している。この熱伝導率増加は肉質が鮮度低下のため何らかの変化を起こして熱の伝導が良くなるためか、または新鮮時には量の多少はあるが、どの魚種にも付着しており、そして熱容量が大きいと思われる魚皮を覆っている粘質が鮮度の低下とともに脱落していくためか、今後の検討を要しよう。

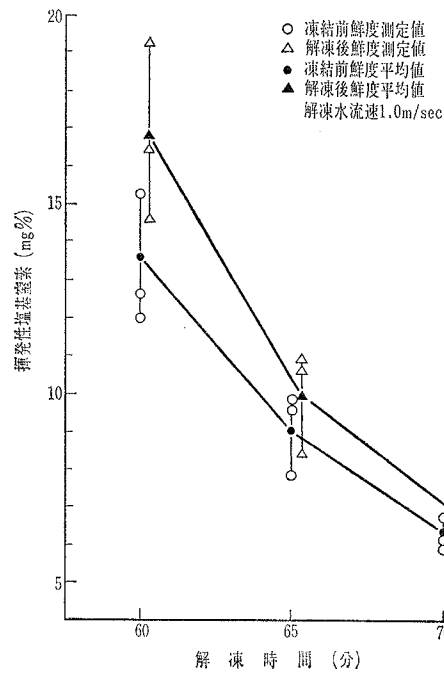


図19 ソウハチカレイ凍結ブロックの原料魚鮮度と解凍時間

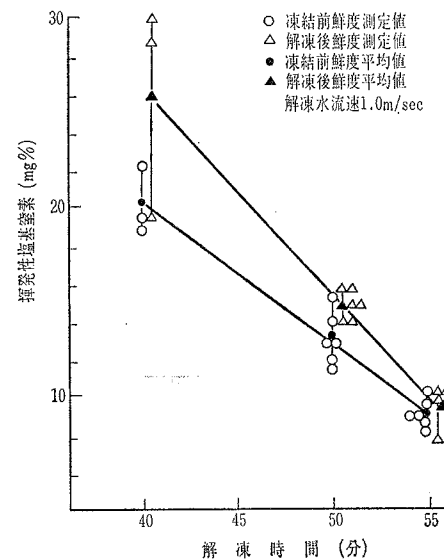


図20 ハタハタ凍結ブロックの原料魚鮮度と解凍時間

再凍結回数の影響

冷凍魚を解凍し、調理加工を施し、再凍結して冷凍食品に仕上げることは、よく行われている。このような凍結・解凍の繰り返し、即ち再凍結回数が解凍速度にどのような影響を与えるかを明らかにするため、この再凍結を3回繰り返し各回毎に解凍後の魚肉成分の分析を行った。

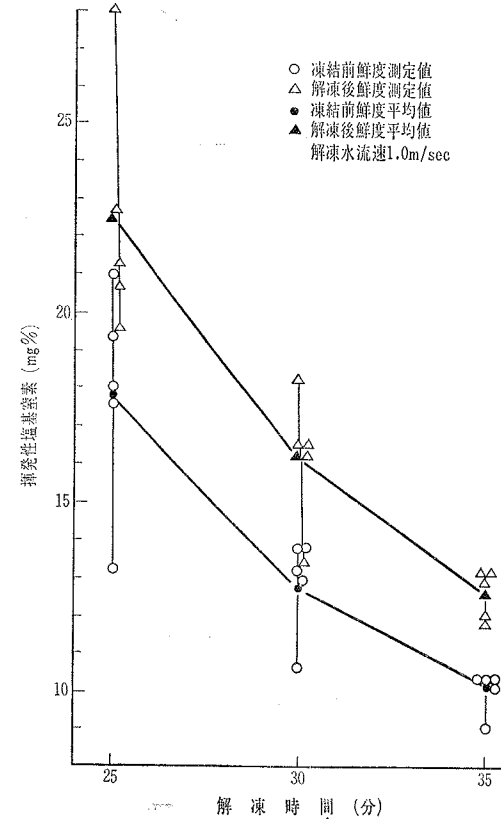


図21 マイワシ凍結ブロックの原料魚鮮度と解凍時間

表2 再凍結回数と解凍時間および各成分

原料魚	再凍結回数	解凍時間(分)	水分%	粗脂肪%	pH	VBN* (mg%)
ソウハチカレイ	1	70	81.19	0.62	6.76	8.2
	2	65	80.81	0.76	6.77	10.2
	3	60	80.60	0.75	6.79	12.6
ハタハタ	1	55	76.30	9.54	7.11	9.6
	2	50	74.54	10.03	7.12	11.6
	3	45	74.92	9.55	7.19	12.3
マイワシ	1	35	70.42	7.85	5.86	13.6
	2	30	65.89	13.00	6.05	15.9
	3	25	69.69	7.64	6.18	20.1

凍魚ブロック厚さ7.5 cm、初品温-15°C、流速1.0 m/sec、解凍水温度15°C
各成分の数値は試料魚6尾の平均値である。
*VBN:揮発性塩基窒素

結果を表2に示す。再凍結を繰り返すと1回毎に解凍時間は5分ずつ短くなった。表からも明らかなように再凍結を繰り返すと鮮度(揮発性塩基窒素)は低下し、この鮮度低下が解凍を速める一要因と考えられる。この他に冷蔵時間の長短にも左右されるが、試料魚の外観は再凍結を繰り返すとミイラ様になり、いかにも“油抜け”したようになるが粗脂肪量は減少していない。このような肉質の変化はたんぱく変性が主な

原因と考えられ、このような点も解凍速度を速めている要因になっていると考えられる。

終わりに臨み、本研究の遂行に当りご指導頂いた東海区水産研究所田中武夫博士、高知大学志水寛教授に深謝します。

要 約

凍結ブロックの解凍速度に影響を及ぼす解凍水流形以外の諸要因について試験し以下の結果をえた。

- 1) 解凍水流速は明らかに解凍速度に影響を与え、7.5 cmの厚さの凍結ブロックの解凍を1時間で終了するには、マイワシでは0.5 m/sec、ハタハタでは1.0 m/sec、ソウハチカレイでは1.5 m/secの流速が必要であった。
- 2) 凍魚ブロックの厚さが大きくなると、それに伴って解凍時間も増大した。
- 3) 解凍水温は、解凍速度、解凍魚の鮮度および魚体内への水の侵入などの点から10~15°Cの範囲が適当であった。
- 4) 原料魚の鮮度低下にともない、解凍時間は短くなった。これは魚肉の鮮度が低下すれば熱伝導率が増加することを示しているものと思われる。
- 5) 凍結・解凍を繰り返すと解凍時間は短縮された。

文 献

- 1) 大森秀聡・中村一幸・堀知寛: 本誌, 53(614), 19~25 (1978),
- 2) MAGNUSSON, H. W. and J. C. HARTSHORNE: Comm. Fish. Review, 14 (12 a), 8~23 (1952).
- 3) MAC CALLUM, W.A. and D.G. ELLIS: J. Fish. Res. Bd. Canada, 21 (1), 115~131 (1964).
- 4) DYER, W.J., W.A. MAC CALLUM and D.I. FRASER: Prog. Repts. Atlantic Coast Stats. Fish. Res. Bd. Canada, No.66, 9~12 (1957).
- 5) 田中武夫: New Food Industry, 11 (6), 2~9 (1969).
- 6) MAC CALLUM, W.A., D.A. CHALKER, W.J. DYER and D.R. IDLER: J. Fish. Res. Bd. Canada, 24 (1), 127~144 (1967).
- 7) MAC CALLUM, W.A. and D.R. IDLER: "Freezing and irradiation of fish" (KREUZER, R. ed.), 213~223 (1969), Fishing News (Books) Ltd., London.
- 8) 新井健一・川村久美子・林千恵子: 日本水産学会誌, 39 (10), 1077~1085 (1973).
- 9) A. HASNAIN, K. ARAI, and T. SAITO: 同誌, 39 (11), 1195~1200 (1973).

おしらせ

第16回 日本伝熱シンポジウム(広島)

[共催 日本学術会議熱エネルギー工学研究連絡委員会, 本会ほか10学協会]

開催日 昭和54年5月30日(水)~6月1日(金)
 講演会場 新八丁堀会館(広島市八丁堀8-28)
 懇親会場 新八丁堀会館(広島市八丁堀8-28)
 参加諸費 シンポジウム参加費: 1名 4,000円, ただし学生, 大学院生は1名 2,500円(いずれも講演論文集代を含まず)。講演論文集代1部 5,000円(ただし, 日本伝熱研究会会員には1部無料進呈)。
 懇親会 5月31日(木) 18:00~20:00, 1名 5,000円(ただし, 同伴夫人は無料)。
 申込要領 はがき大の用紙に「第16回日本伝熱シンポジウム申込み」と題記し, (1)氏名, (2)勤務先, (3)所属学協会, (4)通信先, (5)講演論文集部数(進呈分以外), (6)懇親会出欠(夫人同伴の方はその旨を明記)を明記し, 該当費用を添えて, 必ず現金書留にて下記へお申込みください。

申込締切 昭和54年5月10日(木)

申込先

〒730 広島市千田町3丁目
 広島大学工学部第一類内
 第16回 日本伝熱シンポジウム準備委員会
 電話(0822)41-1161(内線291, 451)1979年プラント保守管理セミナーと展示会
 (1979 PLANT MAINTENANCE SEMINER and EXHIBIT)主催: Hofstra University 後援: ASHRAE 等
 開催日: 昭和54年6月5日~7日 場所: Hofstra University, Hempstead, New York, U.S.A.

毎年開催されるこのセミナーは今年第10回目でニューヨーク市より30分の Hofstra University で行われます。セミナーは各分野の著名で権威ある専門家によりプラントの保守管理から空気式制御と広範囲のテーマを対象としますが, 本年は省エネルギーや省資源等に関する新しい分野の開発を重点的に取りあげます。さらに講演者を中心にフォーラム形式の討論会も毎日併わせて行います。なお詳細について御希望の方は下記宛御連絡下さい。

〒160 東京都新宿区三栄町8番地 三栄ビル
 社団法人 日本冷凍協会
 TEL (03) 359-5231

研究論文

ブロック凍結魚の水解凍—Ⅲ

打撃撒水による解凍*

Thawing of Frozen Fish Blocks in Water

Ⅲ. Thawing by Beating with Shower

大森 秀 聡**

Hidetoshi OHMORI

中村 一 幸**

Kazuyuki NAKAMURA

山村 雅 雄**

Masao YAMAMURA

堀 知 寛***

Tomohiro HORI

Abstract

In addition to the moving-water thawing method, shower-thawing, a type of water-thawing method, has commonly been introduced into fishery factories in Japan. The equipments for this method of thawing have been developed by respective factories.

Although Zaitsev¹⁾, Merritt²⁾ and Uenishi³⁾ reported that time required for thawing (thawing time) in the shower-thawing system was shorter than in moving-water system, they neither explained why the thawing speed was high nor mentioned about the theory concerning relations between thawing speed and thawing condition.

On the other hand, Tanaka^{4,5)} recommended rapid thawing for Keeping quality of frozen-thawed fish. Therefore, shower-thawing is considered to be one of the good ways. This study was made to clarify the relation between thawing speed and thawing condition.

The results are as follows:

- 1) As thawing proceeded, fish fell off one by one from the outer layer of frozen whole-fish blocks. Finally, all fish in the blocks were separated. Fish should be removed soon after being fallen off. Temperature in the center of the fish body measured when the fish separated: -1°C of Sardine (*Sardinops melanosticta*), -0.5°C of Sandfish (*Arctoscopus japonicus*), 0°C of Flatfish (*Cleisthenes pinetorum herzensteini*).
- 2) Using whole-fish blocks, $44.5 \times 29.5 \times 7.5$ cm in size, thawing speed in two cases compared: a block was exposed shower on a side of 44.5×29.5 cm and another block on a side of 29.5×7.5 cm. It was found that thawing in the later case was shorter than in the former.
- 3) Thawing speed for blocks of frozen sandfish or sardine by shower-thawing method had nothing to do with water temperature so much as that by moving water thawing. But, that for frozen flatfish blocks was influenced by water temperature like the case in moving-water thawing.
- 4) Swelling of fish could be avoided by removing fish frozen shower soon after they fell off.
- 5) No significant relation was observed between thawing speed and showering velocity.
- 6) Thawing speed didn't seem to have any relation with quantity of water used as showering.

* 特許出願中

** 兵庫県立水産試験場 Fisheries Experimental Station of Hyogo Prefecture

*** 現在, 兵庫県水産課 Present address: Fisheries Section of Hyogo Prefectural Office
 原稿受付 昭和53年9月18日

- 7) It was found that there was a significant relation between thawing speed and showering force to the surface of a frozen fish block. This fact suggests that showering force is an important factor to separate frozen-stuck fish one by one. Reason why the thawing speed was high in shower-thawing system may be explained by this fact.
- 8) In order to beat on fish block with shower most effectively, many relevant factors (relative position of a block to the showering direction, an equipment for fixing blocks, proper showering force, an equipment for removing thawed-fish, a water tab for controlling the thawing degree) were studied. This way of thawing was termed "thawing by beating with shower".
- 9) Fish thawed by this way was considered best as to quality of fish so far as examined. Although rupture of abdomen of sardine often occurs during thawing process, it didn't happen in shower thawing. Water used for thawing by this way didn't seem to be soiled so much as that used for moving-water thawing.

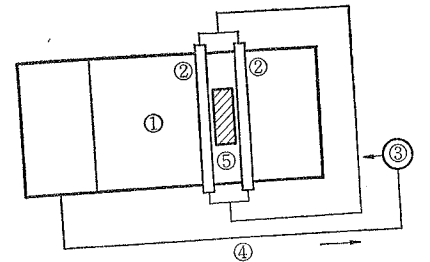
流水解凍以外の解凍に撒水解凍があるが、1965年ソ連で装置化¹⁾されて以来、数は少ないがこの装置が製作されていることを MERRITT²⁾ や 上西³⁾ は紹介している。BEADER 社においても撒水解凍装置を製作していると聞かすが、これは定かではなく、これらの他にも企業が独自に組み立てたものを見ることがある。これまでも撒水によると解凍時間は静水解凍の1/3~1/4⁴⁾、あるいは室内放置によれば一晩を必要としたイワシ類が60分⁵⁾と短いことが報告されている。

解凍速度については従来、緩慢解凍がよいとされてきたが、1969年中⁶⁾は急速解凍のよさを提唱し、そして細胞内たんぱくが融けた水を吸収、水和するに要する時間は10~20分で充分である⁶⁾としている。解凍硬直を起すもの以外は急速解凍の方が品質上よいのであれば、解凍速度の速い撒水解凍は作業効率からみても良好な解凍方法といえよう。しかし前記報告¹⁾でも撒水では何故解凍速度が速いのか、その理由の考察および撒水条件の法則性についての記載はない。これら撒水の諸条件が不明ならば装置化に当って不都合を生じるので、これらの諸点の解明を目的として本研究を行った。

実験方法

試験装置 図1に示すように、第1報⁶⁾で用いた装置を撒水解凍ができるように改造して使用した。

撒水管 170 cm, 25 mmφ の硬質塩化ビニール管に直径 3.5 mm, 面積 9.6208 mm² の孔を必要数あけたものを2本 10 cm 間隔で解凍水槽上に懸架し、パイプの両端を循環水ポンプにつながる配水管に接続した。予備試験の結果、撒水管を上下してもポンプの揚



① 解凍水槽
② 撒水管
③ 循環水ポンプ
④ 循環水配管
⑤ 凍魚ブロック

図1 撒水解凍試験装置の模式図

程損失と撒水の重力による加速度の増減が相殺され解凍時間は変わらなかったため、撒水管の高さは作業に都合のよい 160 cm にした。

ブロック固定器 図2に示すように、ブロック構成魚が解凍されると自重で円滑に落下するような間隙をもつ鉄筋製スケルトン構造の固定器を、鉄筋間隙が鉄筋の両端に付いた固定具によって自由に変化させることのできる自在型と、9.5 cm 間隔のイワシ専用型、11 cm 間隔のカレイ・ハタハタ汎用型の3種類作って使用した。

試料 第1報⁶⁾と同じくソウハチカレイ、ハタハタ、マイワシを 44.5×29.5×7.5 cm の大きさにプロ

求めた。

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

h: 水圧 mAq
v: 流速 m/sec
g: 重力の加速度 9.8 m/sec²

2) 実測 撒水管中央部に 12 mm の孔を穿ち、そこにガラス管を貫通させたゴム栓で蓋をし、そのガラス管を垂直に立てて管内の水柱の高さを計った。なお撒水管内部に可及的突出さないように、ゴム栓を工作した。

結果と考察

1. ブロックの置き方の違いによる解凍時間の差

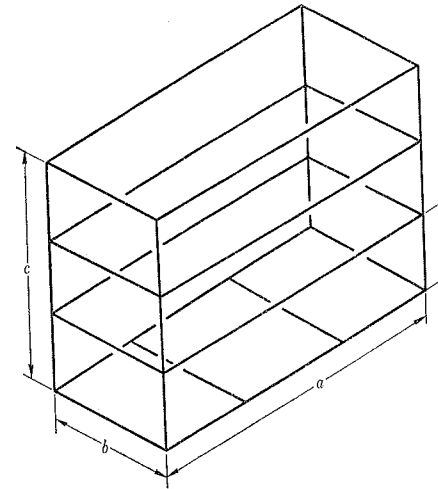
1個のブロックを自在型固定器を用いてA面を下にしてブロックを横に寝かせて置き、もう一つのA面に撒水流が直角に当たるように固定したものと、B面を下にしてブロックを垂直に立てて置き、A面が撒水流に対し平行になるように固定したものとを、水量 4.97 l/sec, 流速 1.52 m/sec, 水圧 11.8 cmAq の撒水流で解凍した。

結果を表1に示す。表1によれば体形が扁平なソウハチカレイはいずれの解凍時間も長く、そして撒水流が腹部または背部に当たる直角の場合と、魚体の間に生ずる空隙部に当たる平行の場合とでは、解凍時間に大きな差を生じ、後者の方がほぼ2倍、速かった。魚体形の丸い、すなわち空隙部の多いマイワシ、ハタハタの平行時の解凍時間は20、25分と短かく、直角時との差も10分、15分と少なかった。これは体形が丸くなればなる程、空隙部の在り方が縦横同じになることに関係がありそうに思われる。この他に直角時、特にソウハチカレイの場合に、顕著にみられた現象であるが、撒水に打たれて充分解凍しているのに、A面が広いので解凍魚は平板に乗っている恰好になって落下することができず、全体の解凍速度を遅くさせた。この現象は撒水解凍の場合、ブロック構成魚は解凍後に自重によって自由に落下することが重要であること、そしてこのためにはブロックの置き方はB面を下にして垂

表1 ブロックの置き方の違いによる解凍時間の差

撒水流とブロックとの関係	ソウハチカレイ	ハタハタ	マイワシ
平行	55分	25分	20分
直角	115	40	30

水量 4.97 l/sec, 流速 1.52 m/sec, 水圧 11.8 cmAq, ブロックの大きさ 44.5×29.5×7.5 cm
初品温 -15°C, 水温 15°C



型名	a	b	c	d
自在型	115	42	40	自由
イワシ専用型	50	10	50	9.5
カレイハタハタ汎用型	50	10	50	11

(単位:cm)

図2 ブロック固定器の模式図

ック凍結したものを試験に供した。以下 44.5×29.5 cm の側面を A 面, 44.5×7.5 cm の側面を B 面と称することにす。初品温は -15°C であった。なお水分, pH および揮発性塩基窒素などの分析には解凍魚を無作為に5尾ずつとり、その普通肉を試料とした。

解凍水 第II報⁷⁾と同じく試験中は一定の水温、通常 15°C を保つように温度調整を行った。

解凍終点 本研究における撒水による解凍様相は、ブロック表面魚から解凍され一尾ずつ分離落下して、常に新しいブロック表面魚が現われ、撒水に打たれつつ分離落下し、ブロックは段々と小さくなっていく。そして最後は残った小ブロックが一気に崩壊する。この小ブロックが一気に崩壊する時をもって解凍終点とした。

測定方法 水分, pH, 揮発性塩基窒素, 試料温度の測定法は第II報⁷⁾と同様に行った。

撒水の流速 撒水を水平に噴出させて、その飛距離と落下距離を測定して、次式により求めた。

$$v = \sqrt{\frac{g x^2}{2y}}$$

v: 流速 m/sec
x: 飛距離 m
y: 落下距離 m
g: 重力の加速度 9.8 m/sec²

撒水の水圧

1) 計算 前項で得られた流速より、次式によって

ブロック構成魚体間隙に水の浸透する速度という要因以外にブロックの置き方によりブロック構成魚体間隙、すなわちブロックの脆弱な箇所への撒水流の当り方が違い、よく当たっているものは解凍時間が当然短くなるはずであろう。そして凍魚ブロックの破壊され易さはブロック構成魚体間隙、すなわち空隙部の比率およびその在り方に大きく左右されると考えられる。さらに詳述すると、魚体形の扁平な空隙率の小さいソウハチカレイでは、ブロックA面と撒水流が平行な時ソウハチカレイでは、ブロックA面と撒水流が平行な時には撒水流は空隙部が多く露出しているB面を叩くのでブロックは早く破壊されるが、直角時には空隙部がほとんど露出していないA面を叩くので、ブロックは破壊され難く、両者の解凍時間に大きな差を生じる。また、ハタハタ、マイワシなど魚体形が丸いほど空隙部の比率は大きく、そして露出し易くなるので、破壊され易くなって解凍時間は短縮される傾向を示す。また扁平な魚体形の空隙部の形状は扁平でブロックのA面には露出し難く、B面には露出し易いが、魚体形が丸くなれば、それに伴ない空隙部は円形に近づき、そのA面への露出度はB面のそれに等しくなり、破壊され易さも等しくなるので、ブロックA面と撒水流が平行するもう一つのB面を撒水流が叩くようにすること。この行、直角時両者の解凍時間の差が縮まっていく。このように“撒水のもつ打撃力によるブロックの破壊”という考え方を導入することにより容易に理解できる。さらに“解凍水各温度における解凍時間”についての試験結果も同様に説明できる。すなわち、ハタハタ、マイワシの場合、撒水解凍では水温の影響が流水解凍の約1/5~1/2と少なかったのは、撒水流のもつ打撃力による破壊という要因が大きく働いたからであろう。またソウハチカレイの場合、空隙部が多く露出しているB面を撒水流が叩いても、解凍時間は流水に比べて、それ程短縮されなかった。これは魚体形が扁平なためブロックは空隙部が少なく、均質に近いものにならためブロックは空隙部が少なく、均質に近いものになって破壊され難くなり、この場合の解凍は熱の移動による氷結晶の融解という要因が主として働き、打撃によるブロックの破壊という要因は従となったためであろう。

以上述べてきたように、撒水解凍の諸現象を考察した結果、撒水解凍の所要時間が短かいのは“撒水流のもつ打撃力によるブロックの破壊”という要因が大きく影響していることが明らかとなった。この観点からこの要因を効果的にするため下記のような条件下で行う撒水解凍を、以後“打撃撒水解凍法”と称することとした。

- 1) ブロックの置き方：露出した空隙部が多いブロック側面、普通B面を下にして垂直に立て、対面

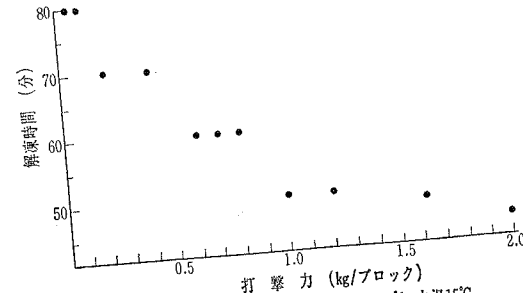


図4 ソウハチカレイ凍結ブロックの解凍時間と撒水打撃力
ブロックの大きさ44.5×29.5×7.5cm, 初品温-15°C, 水温15°C

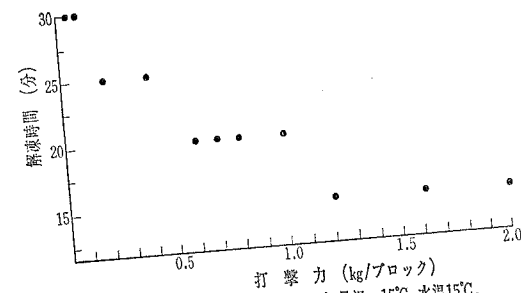


図5 マイワシ凍結ブロックの解凍時間と撒水打撃力
ブロックの大きさ44.5×29.5×7.5cm, 初品温-15°C, 水温15°C

- 2) ブロック固定器：これはブロック構成魚が解凍分離後、自由に落下できる間隙をもった鉄筋製スケルトン構造のもので、ブロックとブロックの間隙は隣り同志のブロックの解凍分離魚が落下するのを、お互いに邪魔しない程度の広さであること。
- 3) 撒水流のもつ打撃力：各魚種毎に作製された撒水打撃力と解凍時間との関係図から、希望解凍時間に対応する打撃力を持っていること。ただし解凍時間は20分より短かくはしない方が望ましい。この打撃撒水法によってソウハチカレイおよびマイワシを解凍したときの解凍時間と撒水の打撃力との関係を表わしたものが図4, 5である。

6. 打撃撒水法および他方法による解凍

ソウハチカレイ、ハタハタ、マイワシのブロック1個を打撃撒水（打撃力1.2kg/ブロック）、乱渦流水（最大流速1.4m/sec）⁶⁾、静水、室内放置の諸方法で解凍し、水分、pH、揮発性塩基窒素を測定した。結果を表5に示す。打撃撒水法による場合、解凍時間については前項試験で、各魚肉成分については“解凍水温度の解凍時間および魚肉成分におよぼす影響”

表5 打撃撒水法および他方法による解凍例

解凍方法	試料魚	解凍時間分	水分%	pH	VBN* mg%
打撃撒水 (打撃力 1.2kg/ブ ロック)	ソウハチカレイ	50	79.5	6.50	7.4
	ハタハタ	25	75.2	7.01	7.9
	マイワシ	15	67.5	5.80	25.5
乱渦流水 (最大流速 1.4m/sec)	ソウハチカレイ	60	79.1	6.51	7.7
	ハタハタ	40	75.2	7.01	9.0
	マイワシ	30	68.8	5.80	37.6
静水浸漬	ソウハチカレイ	180	79.5	6.65	9.3
	ハタハタ	115	75.4	7.19	13.0
	マイワシ	105	69.3	5.87	44.3
室温放置 (室温25~ 30°C)	ソウハチカレイ	570	77.7	6.74	14.4
	ハタハタ	480	74.9	7.20	17.3
	マイワシ	450	67.2	5.80	50.0

ブロックの大きさ 44.5×29.5×7.5 cm
初品温 -15°C, 水温 15°C

*揮発性塩基窒素

についての試験での結果とほぼ同様である。すなわち乱渦流水法に比べて解凍時間はソウハチカレイでは、それ程短くならなかったが、ハタハタ、マイワシでは相当の短縮になった。そして、打撃撒水法では、吸水し易いマイワシの水分量が諸水解凍法中最少値で室温解凍のものともほとんど差がないことから明らかのように、吸水膨潤は起らず、鮮度は揮発性塩基窒素値からみて、諸方法中最良であった。なお、カレイ類では鮮度良好時“ヌル”と業者が称する魚皮を覆う粘質が多く存在するが、鮮度が低下してくると“ヌル”は脱落する。この“ヌル”が打撃撒水法により解凍したものには存在していたが、他の方法によったものには存在していなかった。カレイ類に関しては解凍時間は流水よりあまり短くはならないが、品質の点から打撃撒水法を使用した方がよいように思われる。このほかマイワシは流水解凍による場合、低速流でも腹切れを起こしたが、打撃撒水解凍法による場合は魚体中心温度が-1°Cの肉質がまだ硬い半解凍の状態でも落下してき、すぐ回収されるので腹切れは起っていなかった。また肉眼観察だけではあるが、解凍水の汚染は、打撃撒水法の方が流水法より少なかったことが観察された。

以上、打撃撒水法が良好な解凍法であることを述べてきたが、これを装置化する場合、下記のものも設備することが望ましい。

- 1) 解凍魚逐次回収装置：解凍魚は上から落ちてくるので、ブロック固定器の下にネットコンベアを可動させるか、または傾斜板上を撒水後の水をもって流下させ一箇所に集め回収できる装置。
- 2) 解凍程度調整水槽：落下してくる解凍魚は体形が扁平でないものは半解凍で肉質はまだ硬い状態

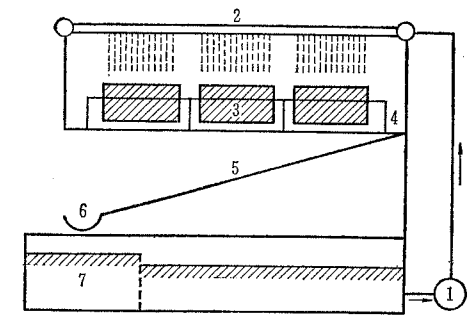


図6 打撃撒水解凍法装置化の一実施例(側面図)
1 送水ポンプ 5 斜面板
2 撒水管 6 種状水路
3 凍魚ブロック 7 解凍魚回収および
4 ブロック固定器 解凍程度調整水槽

である。解凍後調理をするものは、この状態のものが最良であるので、前項の装置で回収すればよいが、解凍後塩漬または調味液浸漬するものは完全解凍していなければ食塩が浸透しないので、循環する水流の一部を利用して解凍程度を調整する水槽。

これらと前述の必須条件のものとを具体化した一実施例は図6のようなものである。

終りに臨み、送水ポンプについてご指導頂いた兵庫県立工業試験場脇坂彰一主任研究員と、数式についてご示唆頂いた東京水産大学 平山信夫教授に深謝します。

要 約

撒水解凍試験装置を作製し、解凍速度の速い時の撒水条件およびその理由の解明を目的として試験を行った。

- 1) 撒水流とブロック(44.5×29.5×7.5cm)の44.5×29.5cmの側面が平行および直角になるように固定して解凍したところ、いずれの魚種でも空隙部が多く露出している44.5×7.5cmの側面を撒水流が叩くようになる平行時の方が解凍時間は短かった。そしてハタハタ、マイワシと魚体形が丸いものほど、早く解凍した。
- 2) 撒水により解凍された直後の魚体中心温度は、マイワシでは-1°C、ハタハタでは-0.5°C、ソウハチカレイでは0°C前後であった。
- 3) ハタハタ、マイワシでは撒水温度の解凍時間におよぼす影響度は、流水の場合より小さかったが、ソウハチカレイでは流水とあまり変わらなかった。
- 4) 撒水による場合、解凍魚は解凍直後に回収することができるので、解凍水温度に関係なく吸水膨潤を起こさなかった。ハタハタ、マイワシでは鮮

度もまた解凍水温度に影響されず良好であった。扁平なソウハチカレイでは水温 20°C 以上で解凍し低下がみられたが、これは魚体周辺部が解凍しすぎた状態になったためであろう。このように魚種にもよるが、解凍水温度をそれ程考慮しなくてもよいことは撒水解凍の一つの利点である。

5) 撒水による場合、解凍時間は解凍水流速に相関しなかった。
6) 撒水による場合、解凍時間は解凍水量に相関しなかった。

7) 撒水による場合、解凍時間は撒水流の持つ打撃力によく相関した。このことから、撒水解凍の所要時間が短いのは“撒水流の打撃による凍魚ブロックの破壊”という要因が大きく働いていることを示しており、そしてこの考え方に立つと(1)項のブロックの固定の仕方による解凍時間の違い、(3)項の解凍水温度の解凍時間への影響が小さいという現象がよく理解できる。

8) “撒水流の打撃による凍魚ブロックの破壊”という要因を効果的に働かせるようにブロックの固定の方法、ブロック固定器、好適な撒水流打撃力、解凍魚逐次回収装置および解凍程度調整水槽を工夫した撒水解凍を“打撃撒水解凍法”と称することとした。
9) 諸解凍方法中、打撃撒水法によったものは解凍

時間、吸水膨潤、鮮度の点で最良であった。これら他にマイワシが腹切れを起こさなかったこと、肉眼的ではあるが解凍水の汚染は流水解凍より少なかったことが観察された。

文 献

- 1) ZAITSEV, V.P. (L. MARRIN 訳): "Preservation of fish products by refrigeration" (2nd ed.) 287~295 (1965), Israel Program for Scientific Translations Ltd., Jerusalem.
- 2) MERRITT, J.H.: "Freezing and irradiation of fish" (KRUEZER, R. ed.), 201~205 (1969), Fishing News (Books) Ltd., London.
- 3) 上西栄三郎・竹内照文・西山保・大岡一: 昭和50年度和歌山県水産増殖試験場事業報告書, 8, 115~121 (1975).
- 4) 田中武夫: "New Food Industry" 11 (6), 2~9 (1969), 食品資材研究会, 東京.
- 5) 田中武夫: 本誌, 53 (604), 91~97 (1978).
- 6) 大森秀聡・中村一幸・堀知寛: 本誌, 53 (614), 19~25 (1978).
- 7) 大森秀聡・堀知寛・中村一幸・山村雅雄: 本誌, 54 (616), 1~7 (1979).
- 8) 森田泰司: 流体の作用とその応用機械, 71~73, (1973), 東京電機大学出版局, 東京.

新技術講習会テキスト

冷凍空調における新技術 (基礎篇-1)
(超低温(-40°C以下)用材料の問題点, 蒸発器の設計, 圧縮機動作のシミュレーション, 電算機による動的空調負荷計算法)
1,000円 会員 950円 送料 160円

冷凍空調における新技術 (基礎篇-2)
(冷却塔充てん物の性能とその評価, 太陽熱利用冷凍機と太陽熱冷暖房システム, フロン系冷媒R22の熱物性値, 熱物性相関式の実用上の簡略化とそのプログラム例)
1,200円 会員 1,100円 送料 120円

冷凍空調における新技術 (応用篇-1)
(冷蔵庫の冷凍装置のユニット化, 立体自動冷蔵庫に関する諸問題, 高層ビルの空調設備, 省エネルギーと空調)
800円 会員 750円 送料 160円

冷凍空調における新技術 (応用篇-2)
(ヒートパイプの原理と応用, 施設園芸における環境制御, 空調設計における小型コンピュータの使い方)
1,000円 会員 950円 送料 160円

冷凍空調における新技術 (応用篇-3) 53年9月刊
(VAV方式の性能, バイオクリーンの設計と実例, LNGの冷熱利用, 地盤凍結工法の現状と展望)
1,500円 会員 1,400円 送料 160円

解 説

海洋温度差発電の技術開発の現状と展望

Development and Future Plans of Ocean Thermal Energy Conversion

上原 春 男*
Uehara HARUO

1. はじめに

今日ほど、エネルギー問題に関心がよせられている時代はないと思う。最近の新聞、雑誌やテレビをみると、毎日エネルギー関係の記事が取り上げられている。このことは、我が国の国民がエネルギー問題に強い関心を持っていることを示している。特に最近のイランの政情不安は、今後のわが国の政治や経済にも大いに影響を及ぼしそうである。

周知のように、わが国のエネルギー源は、ほとんどを外国からの輸入石油に依存している。そのうちの約17%をイランから輸入しているのであるから、国民がイランの政情に関心を持つのは当然である。

一方、政府は、輸入石油の供給減と高価格化に対処するため、代替エネルギーの主力として原子力発電の建設に力を入れている。しかし、その燃料であるウランもほとんど外国に依存しているため、将来の確保と経済性に不安が持たれている。

これらのことを考え合わせると、わが国や世界の安全と平和を守るためには、わが国は、わが国に存在するエネルギーを有効にかつ経済的に利用する方法を早急に開発する必要がある。

これまで、わが国には、エネルギー源は存在しないと諦めていた人が多い。しかし、わが国の周りを囲む海に着目すると、そのエネルギーは無尽蔵といえる。

このエネルギーのうち海水の上下の温度差を利用して、電気を取り出すシステムが、海洋温度差発電である。本報では、海洋温度差発電の開発の状況について報告する。

2. 海のエネルギー¹⁾

われわれが現在利用しているエネルギーの源は太陽である。太陽は地球に膨大なエネルギーをふり注いでいるが、その総量は、 177.9×10^{12} kW である。このう

ちのわずか0.02~0.03%を植物がとらえ、光合成によって得られたものを動物に与えている。現在、人間のエネルギーの主力をなしている石炭や石油は、植物や動物が得たエネルギーを100万年から1億年貯えたものである。

地球に降り注がれているエネルギーのうち大部分は、地球の表面に吸収されているが、そのうち海が太陽から受けているエネルギーは、 50×10^{12} kW にもなるといわれている。これは、2000年に世界中が必要とするエネルギー量の約1000倍である。これは、太陽から現在なお絶えず直接1秒間に受けているエネルギー量であるが、海の中には、地球誕生以降蓄えた種々のエネルギー物質が多量含まれている。これらのうち、ウランと重水は重要である。これらの物質を有効に取り出すためにも、海洋温度差発電は有効な役割を果たす。

3. 海洋温度差発電の原理

日本の周辺や赤道附近の海水の上下方向の温度分布を測定してみると、上層部では20~30°C、表面から約500mの所では冷たく2~7°Cである。その温度差は夏場には20~25°C、冬場でも15~20°Cである。その例を図1(a),(b)に示す。この温度差を利用して発電するのが、海洋温度差発電である。

すなわち、20~30°Cの上層海水を温熱源に、2~7°Cの深層海水を冷熱源にして、発電サイクルを構成し、電気エネルギーを取り出すシステムである。

この発電システムには、原理的に、オープンサイクルシステムとクローズサイクルシステムの二つの方式が考えられる。

オープンサイクル発電システムは、図2に示すよう

*佐賀大学理工学部生産機械工学科
原稿受付 昭和54年1月18日