

過去の関東大震災の時は冷媒は殆んど全部アンモニアであったが取扱者の事故は無かった様に記憶している。戦災の時も同様である。事故のあったのは建物倒壊等による物理的事故であった。現在地震対策として対策が練られていると思うが、フロンは空気より重い所がアンモニアに比較して却って問題になる所だろう。

新春に当って公害の問題を出したのは一番多く冷媒を使用していると思われる冷凍工場の様な所は新設のものを除いて殆んどアンモニアでそのままフロン化することは配管の変更や油等で無理があるのじゃあない

かと考えられるからである。又変更是相当日数を要するので営業損失も馬鹿にならない。もしこれを避ける為に一部屋宛ユニット化するとすれば新設より余分の資金を要することになる。ただアンモニアが何等かの事故で庫内に噴出することにならば少なくともその部屋だけは全部廃棄する迄にはゆかなくとも寄託物だとすれば荷主に大きな損害を与えることは確実である。此れを考えると如何なる場合でも冷媒を漏洩させない方法を取ることの方が簡単でなかろうか。冷媒をフロン化することは一応考慮する必要がある様に思う。

次号予告

“冷凍用止弁・制御弁とその応用” 冷凍2月号 特集

1. はしがき
2. 法改正と冷凍用弁類
3. 止弁及び逆止弁
 - 3.1 銅合金製
 - 3.2 鋳鉄製及び鋳鋼製
 - 3.3 鋼板鋼管製
 - 3.4 特殊合金製
4. 膨張弁
 - 4.1 手動式
 - 4.2 温度式
 - 4.3 定圧式
 - 4.4 キャピラリチューブ
5. 電磁弁
6. 制御弁
 - 6.1 吸入圧力調整弁
 - 6.2 蒸発圧力調整弁
 - 6.3 浮子式液面制御弁
 - 6.4 浮子スイッチ
 - 6.5 温度式液面制御弁
7. 特殊弁
 - 7.1 ワックス式自動膨張弁
 - 7.2 凝縮圧力調整弁
 - 7.3 ウェーファ式逆止弁
 - 7.4 電動弁
 - 7.5 特殊膨張弁
 - 7.6 安全弁及び緊急止め断弁
8. 応用例
 - 8.1 大型超低温冷蔵倉庫
 - 8.2 大型低温冷蔵倉庫
 - 8.3 ショーケース
 - 8.4 チラーユニット
 - 8.5 低温用パッケージ形クーラー
 - 8.6 船舶用冷凍装置
 - 8.7 冷凍用自動車
 - 8.8 コンテナ

宝谷 幸男
豊中 俊之

田中正直
松浦清治
皆川喜久男
田中一雄

松浦清治
牧田裕裕
牧田和明
神山明治
松浦清治

熊谷三也
熊谷三也
熊谷三也
土井和典

鈴木信利
岡田信孝
土井和典
水谷進一
松浦清治

堀隆丸
阿部徹
尾頭忠雄
茂田孝治
佐々木芳男
高田保丞
沢田善林
山下

規格 冷凍装置管フランジ B8602

研究論文 南方海域産冷凍カツオの品質に及ぼす原魚の生物学的条件並びに漁獲後のとり扱い条件の影響*

田中武夫**・角田聖齊**・西脇興二**
中山哲弥**・大塚悦教**

Influence of the biological conditions of skipjack as the raw materials and handling before freezing on board upon the final quality of the frozen fish

T. TANAKA, K. KAKUDA, K. NISHIWAKI, T. NAKAYAMA
and Y. OTSUKA
Tokai Regional Fisheries Research Laboratory

Summary

The freezing skipjack aboard has become popular in Japan for the last few years. However, many defects have been pointed out yet on the quality to be eaten raw.

The authors examined on board of the "Shoyo-maru", a research vessel of the Fisheries Agency, how the quality of frozen-stored skipjack was affected by factors such as freshness and precooling before freezing.

(1) The color of skipjack meat turned to brown with the reduction of freshness after death, and fishy odor and unpleasant taste were developed so that acceptability for eating raw meat, "sashimi" was quickly lost. The freshness before freezing required for eating raw was that within in-rigor stages, if possible, within the early to the middle stage of rigor. Therefore, the tolerance limit of time before freezing was 1 hr post-mortem at 25~36°C, and 3 hrs at 22~24°C.

(2) It was possible to extend this tolerance limit of time to 8 hrs by precooling in chilled sea water of ca. 2°C or in flake ice of -2~-3°C.

(3) The biological conditions such as size, sex, nutrition, health, maturity etc. of fish material and the handling before freezing such as death condition, bleeding and packaging were minor factors for the quality to be eaten raw.

(4) From the results mentioned above, some recommendations were given for each process before freezing, in freezing and in storage in the practice of freezing skipjack aboard.

はじめに

ここ数年わが国のカツオ漁獲量は年を追って増大しているが、表1¹⁾に見るように、それには遠洋漁業の躍進に負う所が極めて大きい。ここでいう遠洋漁業とは200~500トン型漁船が主として太平洋中区、南区で行う一本釣り漁業のことであるが、この漁獲物の半ば以上が漁場の遠隔化もあって船内凍結を余儀なくされている(昭和48年の主要65港における冷凍カツオ水揚げ量は179千トン、これは同年の遠洋カツオ漁獲量

の68.1%に当る)、そして冷凍カツオの主体はニューギニア近海を主な漁場とする、いわゆる日本からみて南方海域産のカツオであるとみて差支えないだろう。

一方、カツオの利用状況の一例を示した表2²⁾によれば、節類、冷凍輸出、缶詰(主に対米輸出)が主な所であって生鮮消費は1割にも満たない。まして冷凍

*本論文は第14回国際冷凍会議(1975年9月、モスクワ)発表論文を軸とし、それにデータと説明を補足したものである。
東海区水産研究所業績B第635号
**水産庁東海区水産研究所
原稿受付 昭和51年10月4日

田中武夫・角田聖齊・西脇興二・中山哲弥・大塚悦教

4

表1 カツオ1本釣り漁業の漁獲量と魚価の推移¹⁾

| | 漁獲量 (トン) | | | 魚価 (円/kg) | |
|------|----------|---------|---------|-----------|-----|
| | 近海 | 遠洋 | 計 | 近海 | 遠洋 |
| 昭和44 | 56,588 | 145,767 | 202,355 | 153 | 134 |
| 45 | 57,561 | 162,195 | 219,756 | 160 | 156 |
| 46 | 51,348 | 164,770 | 216,118 | 175 | 206 |
| 47 | 64,236 | 201,785 | 266,021 | 201 | 191 |
| 48 | 75,165 | 262,746 | 337,911 | 223 | 204 |

表2 カツオの利用配分 (昭和48年)²⁾
(原魚換算ベース)

| 国内供給量 | 288,153トン | 100% |
|-----------|-----------|------|
| 輸出 (冷凍) | 145,725 | 36 |
| 輸出 (生) | 102,685 | 15 |
| 国内消費量 (類) | 142,428 | 38 |
| 国内消費量 (節) | 111,905 | 2 |
| 国内消費量 (生) | 4,566 | 9 |
| 国内消費量 (鮮) | 25,957 | |

〔算出方法〕 缶詰輸出量：製品重量×2
 節類：カツオ節 製品重量×5.56
 ナマリ節 製品重量×1.67
 缶詰国内消費量：缶詰生産量－缶詰輸出量
 (ただし缶詰生産量＝標準箱生産量×21.6 kg/箱×2)

カツオでは専ら加工用に廻され、生鮮用はごく一部に限られている、のが現状である。ところで、最近の遠洋冷凍カツオ漁業者の経営内容は、燃料油代、餌代、人件費等の高騰の割には魚価が伸び悩んでいるために著しく悪化しており、この打開策としてカツオ国内消費の拡大、その結果としての魚価の上昇が強く要望されている。当面加工専用の冷凍カツオを生鮮用にレバアップさせるという具体的目標を掲げているが、この生食化への指向は、近海ものは遠洋ものより高値であり(表1)、生食用近海ものでkg当り300~350円、時に600円という高値(49年3月現在)がつくことを知っている漁業者としては、魅力ある解決策であり、また当然の要望であるといえよう。また頭打ち傾向にあるマグロ資源にかわって資源的に有望な南方海域産カツオが生食用として国内に供給できるならば、水産庁側にとっても極めて喜ばしいことに違いない。では現行の冷凍カツオを冷凍マグロのように生食化するにはどのようなネックがあるのか。消費嗜好上の問題をぬきにして品質上からみても次のような問題点が指摘される。冷凍カツオは
 ①肉色が褐変化しやすい
 ②生臭いにおいがすぐ出る
 ③渋味が出やすい等
 このような問題点は生鮮カツオでも起こる、いわば

カツオ肉の欠陥的特徴といえるが、①の肉色の点は尾藤ら³⁾によれば、カツオの筋肉色素ミオグロビン(Mb)が容易に酸化してメトミオグロビン (met Mb) になる一メト化することに主原因があり、このメト化が冷凍カツオでは冷凍メバチより遙かに速く起こる⁴⁾といわれている。さらにカツオ肉ではマグロ肉と異なり血色素ヘモグロビン(Hb)の残存も認められ⁵⁾、これが肉色の褐変化を促している可能性もある。また内山らの報告⁶⁾ではカツオはヒラメに比べて鮮度低下が極めて速いという。この速い鮮度低下が上記②③の生臭みや渋味の発生をもたらしていると考えられる。つまり生臭いにおいや渋味はカツオ本来のものでなく鮮度低下の現われとみてよいだろう。従ってマグロにおける以上のメト化の起こりにくい低温下の保管や凍結前の脱血処理、また凍結前の鮮度保持などの点に注意する必要がある、そうすることによって始めて①~③の問題点は解決するのではないかと期待される。

このほか現在の冷凍カツオはほとんどブライン浸漬凍結されており、このブライン凍結法に由来する品質上の問題点もまた無視できない。すなわち、
 ④ブラインに用いた食塩の魚体への侵入⁷⁾
 ⑤侵入した食塩によるカツオ表層部のメト化と脂質酸化の促進⁸⁾など
 が指摘されており、結果的にカツオに限らずブライン凍結品の軽視(安値)という商習慣を生むに至っている。

このような問題点の対策としてはブライン凍結法の改良⁹⁾もさることながら、(セミ)エヤーブラスト凍結法の如き、他の適当な凍結法へのきりかえが根本的な解決策につながるであろう。

以上のような船内冷凍カツオの問題点並びにその対策をふまえて、われわれは南方海域産冷凍カツオの生食化を目標に、水産庁調査船照洋丸に乗船し船上における実験及び帰航後それを精査する実験を行った。調査項目は下記の三つであり、漁獲以前の原料魚自身の問題から漁獲後凍結に至る船上全処理工程を網羅している。

- (1) 原料魚の漁獲の時期、魚体の大小、性別、栄養・健康状態等の生物学的条件が冷凍後の品質に及ぼす影響
- (2) 原料魚の致死条件、鮮度、予冷、脱血、包装処理など漁獲後の船内とり扱い条件が冷凍後の品質に及ぼす影響
- (3) 凍結処理が冷凍後の品質に及ぼす影響

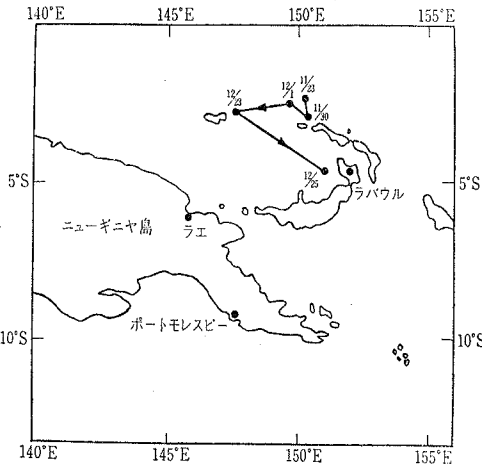


図1 11月23日から12月25日の間カツオ一本釣り操業を行った照洋丸の航跡図

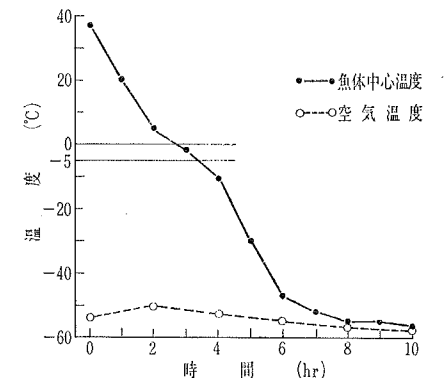


図2 ラウンド形態の試料魚(体重4,100g,最大厚み13.1cm)のセミエヤーブラスト法による凍結曲線図

表3 試料魚について

| 漁獲の時期 | 漁獲の場所 | 実験項目 |
|-------------|--------------------------------|-----------------|
| 昭和48年11月23日 | 2° 00' 05" S 150° 22' 00" E | 致死条件 |
| 11月23日 | 1° 57' 00" S 150° 22' 00" E | 鮮度条件 |
| 11月30日 | 1° 44' 00" S 150° 07' 00" E | 予冷条件 |
| 12月1日 | 1° 51' 00" S 150° 08' 00" E | 脱血処理 |
| 12月1日 | 1° 51' 00" S 150° 08' 00" E | 包装処理 凍結形態条件* |
| 12月23日 | 1° 51' 09" S 147° 40' 03" E | 凍結速度* |
| 12月25日 | 4° 06' 05" S 151° 19' 02" E | |

試料魚の尾数は各実験項目ごとに6~16尾である。
 * 別報で報告の予定

なお(1)の項目も漁業者からの要望に基づいて実施したものであるが、このような大きなテーマは長期間かけてじっくり調査すべきであり、今回はその予報的範囲にとどまった。本文では上記(1)(2)について報告する。(3)については次報で報告するつもりである。

なお本研究をとりまとめるに当たり、試料魚の調製にご理解とご協力を頂いた当時の照洋丸調査団長である遠洋水産研究所、浮魚資源第二研究室長・木川昭二氏をはじめ同研究所の行縄茂理技官並びに照洋丸乗組員の方々に深甚なる感謝の意を表する。

方 法

I. 船上における実験(試料魚の調製と調査)

昭和48年10月2日から翌年1月7日までカツオ調査を主目的に出航した水産庁調査船照洋丸は、11月23日

から12月25日の約1か月間、図1に示すニューギニア北東海域においてカツオの一本釣り操業を実施した。予め乗船していた著者らの2人(角田, 西脇)はその際漁獲されたカツオ *Katsuwonus pelamis* の一部数10尾を用いて、表3にみるように各実験項目(後述)ごとに試料魚を調製し必要とする調査を行った。

なお試料魚はすべて断りない限りラウンド形態でセミエヤーブラスト法により調製後直ちに凍結された。一例として、やや大型の試料魚を用い飯尾電機製E-74型電子管式自動平衡温度記録計で得られた凍結曲線図は図2の通りであって、これによれば最大氷結生成帯の通過時間は45分とかなり急速であることが分かる。試料魚は凍結後-50°Cの魚庫で貯蔵し、帰航後は-40°Cの冷蔵庫に収納して、できるだけ早期のうちに供試した。このような凍結・貯蔵の条件は、現在のカツオ漁船が採用している空冷条件のうちでも、トップクラスに相当するとみてよいだろう。

(1) 生物学的条件の調査試料

試料尾数が少数のため特別に調製せず、下記の(2)の調査試料中から十分吟味して選り用いた。

(2) 漁獲後のとり扱い条件の調査試料

次のi)~v)の条件の試料を調製した。

i) 致死条件

漁獲後直ちに頭部を撲って殺した即殺区3尾と、そのまま甲板上に放置してばたつかせ(この間5分から8分)致死させた苦悶死区3尾の計6尾をつくった。

ii) 鮮度条件

準備室(0~7°C)、生物実験室(22~24°C)、甲板(25~36°C)の3温度区に即殺したカツオを最高24時間放置して鮮度を低下させた。A, Bの2実験を行い、

田中武夫・角田聖齊・西脇興二・中山哲弥・大塚悦教

表4 異なる3温度区に放置したカツオの観察記録 (B実験(本文参照)での観察)

| 温度 | 準備室(0~7°C) | 生物実験室(22~24°C) | 甲板(25~36°C) |
|-------|--------------------------------|--|--|
| 即殺直後 | 肉がふりふりしている感じ | | |
| 1時間後 | 死後硬直初期 | 硬直ややとけかかる | |
| 3時間後 | ますます硬く硬直中、肉色は鮮紅色 | 同左、表皮やや乾燥 | 3時間後より軟化、異臭出始める、ごく一部の肉内部にサシあり |
| 6時間後 | 同上 | 同上 | 完全に解硬、血合肉褐変、肉色白っぽくなる(ヤケ?)、サシあり、表皮乾燥甚しい |
| 12時間後 | 同上 | 硬直ややとけた模様、表皮乾燥する | 肉色の褐変甚しい、腐敗臭あり、サシ多くヤケ(半にえの状態)もみられた、乾燥甚しい |
| 24時間後 | やや軟化、硬直とけかかった模様、肉色は少し褐変、やや異臭あり | 解硬、肉色かなり褐変、やや異臭、部分的にサシ(肉のとろけ)あり、表皮乾燥する | |

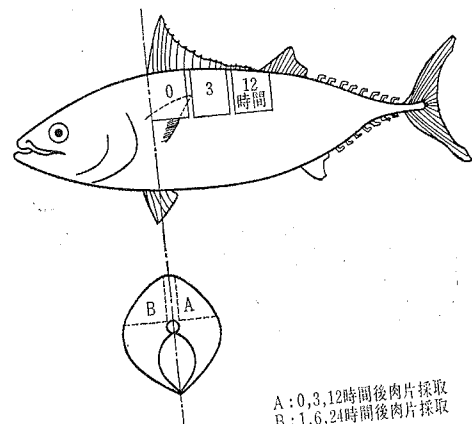


図3 鮮度条件のB実験(本文参照)における試料肉片の採取箇所

A実験ではラウンド形態のまま各温度区に3尾ずつ放置し、放置後1時間(死後硬直前)、3時間(硬直中)24時間(解硬後)に各1尾ずつとりあげ直ちに凍結した。B実験では個体差をさけるために、各区に1尾ずつ放置し、経時的(0, 1, 3, 6, 12, 24時間後)に同一魚体より図3に示す箇所から試料肉片を採取し、さらに凍結を促進させるため肉片を厚さ約1cmに薄切した。

B実験における放置中のカツオの観察記録を表4に示す。A実験ではこれより死後硬直の進行が多少おくれる傾向にあるものの、ほぼ同様の観察結果を示した。A, B両実験を通じ、カツオの鮮度は死後の放置温度によって著しく影響され、高温の甲板に放置させた場合には、その鮮度低下は極めて速やかであることが知らされた。なお甲板放置したカツオで測定した魚体温が放置温度を越えて40°Cまで達したこと(図4)は、カツオの鮮度保持上注目し得る。

iii) 予冷条件
即殺したカツオ12尾を4尾(12~13kg)ずつに分

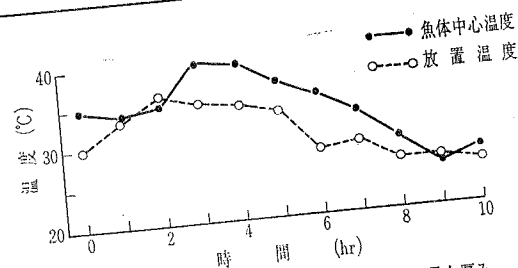


図4 ラウンド形態のカツオ(体重3,880g, 最大厚み11.3cm)を即殺後甲板に放置したときの魚体温の変化

け、次の三つの方法で予冷した。
①ポリ袋入りの水10kgで冷却した海水(2~2.5°C)60lに8時間浸漬
②砕氷(-17.5~-2.5°C)23kgで6時間直接魚体をおおうあげ水法
③冷却空気(1~5°C)中に12時間放置
①~③を通じ大小2型のカツオの中心温度を測定し図5のような予冷曲線を得た。

図から分かる通り、予冷の効果はあげ氷、冷海水浸漬、冷却空気の順になったが、あげ氷で最も効果が得られたのは、氷温度が-17.5°Cとかなり低温でスタートしたためである。予冷後の各試料はいずれもかなり鮮度良好と官能判定された。

iv) 脱血処理
生きているカツオ8尾を2尾ずつに分け次の①~④の処理を行った。

- ①尾を切断し、そのまま20分間甲板に寝かせて放血
 - ②胸と心臓を切開し、尾をもって吊し振って放血、これを20分間に4回くり返す。
 - ③血液凝固阻止作用をもつヘパリン5ml(5000単位)を心臓に注射し、5分後に尾を切断して15分間甲板に寝かせ放血
 - ④比較のために撲殺してそのまま20分間甲板に放置
- 以上の処理でどの程度脱血されたかを知るために、

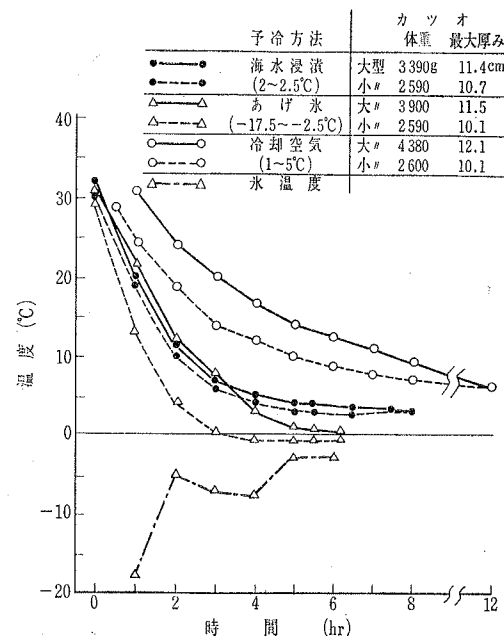


図5 大小2型のラウンド形態のカツオを三つの方法で予冷した場合の予冷曲線図

表5 脱血処理効果の比較

| 処理 | 魚体 No. | Hb, Mbの量 (mg/100g) | | | 脱血された割合 (%) |
|----|--------|--------------------|-----|----|-------------|
| | | Hb+Mb | Mb | Hb | |
| ① | 1 | 232 | 183 | 49 | 6 |
| ② | 4 | 145 | 142 | 3 | 94 |
| ③ | 5 | 142 | 128 | 14 | 73 |
| ④ | 7 | 229 | 177 | 52 | 0 |

筋肉中のHb含量を後記の方法で測定した。その結果は表5の通りであって、前記②, ③の処理にかなりの脱血効果が認められたが、①の処理ではほとんど脱血されていないことが分かった。

v) 包装処理

即殺した8尾を2枚に卸し得られたフィレの半分をポリエチレンフィルムで一重に包装し、他半分は無包装とした。

II. 陸上における実験

もち帰った試料魚について生物学的調査と食品の品質の調査を行った。

(1) 生物学的調査

i) 魚体の大小, 性別

凍結状態のまま魚体の体長, 体重, 体高, 体幅を測定した。また内臓部分のみをとり出しそれを一夜3~

5°Cに放置一解凍後、雌雄をしらべた。

ii) 栄養・健康状態

体長, 体重の値から肥満度を算出した。また心臓の脂肪ののり具合は体脂肪量を反映しているといわれるので、この心臓ののり具合を肉眼的にしらべ0~5(数字が高いほど多脂)に分類した。筋肉の水分量を乾燥法により、筋肉の全スクレオチド量を後述の方法によりそれぞれ測定した。

また肝臓と膈門垂の色, つやをしらべ重量を測定し対体重比を求めた。その他、寄生虫の有無や寄生箇所, 内臓全体の病変と所見, 胃の内容物や消化の程度なども調査した。

iii) 生殖巣の熟度

生殖巣の重量(対体重比)を測定し、熟度を肉眼的に判定して1~5(数字が高いほど熟している)に分類した。

以上の調査のうちの主要項目要因について相互の相関をしらべてみると、たとえば図6, 7に示したように、栄養・健康状態が良好と思われる肥満度の大きい、心臓つまり体脂肪のよのよのっているような魚体では、筋肉中の水分量は小さく、肝臓重量比は大きい傾向がうかがえる。また生殖巣重量比の大きい、つまり生殖巣が熟しつつある(図8参照)魚体では、図9にみる通り肝臓重量比も大きくなる傾向があり、この点産卵に備えての体力の蓄積が示唆されているように思われる。このような調査傾向は著者らの1人、田中がかって北洋産スケトウダラでしらべた結果⁹⁾とよく一致している。

(2) 食品の品質の調査

i) 肉色の褐変の程度(メト化率)の測定

はじめに述べたように、冷凍カツオでは肉色の褐変が生食化するうえでの大きなネックである。この褐変はMbの酸化生成物であるmet Mbに由来して

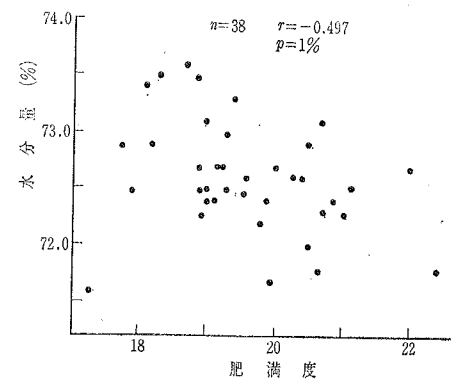


図6 生物要因間の相関(1)

田中武夫・角田聖齊・西脇興二・中山哲弥・大塚悦教

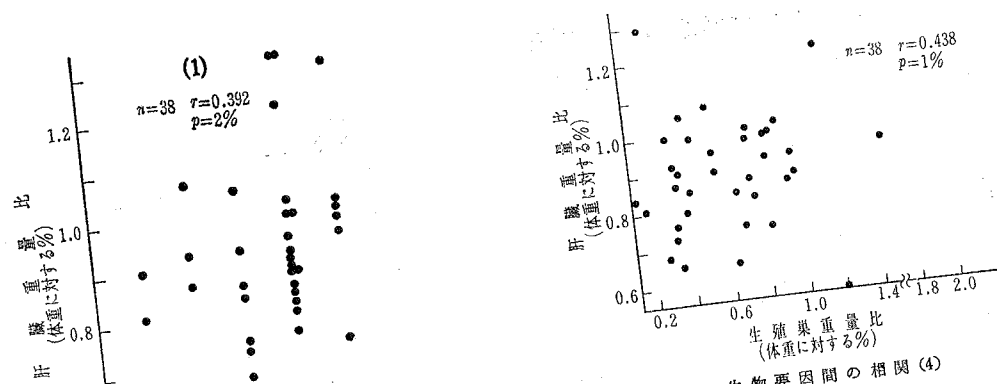


図9 生物要因間の相関(4)

告々に従い実施した。ただし、試料肉片5gに冷蒸留水15mlを加えて混合し15分間抽出という、原報告より簡単な抽出法で行った。

iii) pHの測定

TOSHIBA Beckman社の Zeromatic SS-3型ガラス電極を用いメト化率測定用の筋肉の冷水抽出液で測定した。

iv) 鮮度(K₁)の測定

生食に際して肉色と同時に重要なのは肉の鮮度である。鮮度は内山ら¹⁰⁾の提唱したATP分解物*による方法で表わした。すなわち筋肉中のATPは死後いち早くATP→ADP→AMP→IMP→HxR→Hxのコースを辿って酵素分解されるが、ここで鮮度K₁は

$$\frac{HxR+Hx}{ATP+ADP+AMP+IMP+HxR+Hx} \times 100$$

として表わされ¹¹⁾、K₁の低いほど鮮度は良好とみる。カツオではHxは生成されにくい¹²⁾というが、内山ら⁹⁾によってカツオ水蔵中の鮮度低下が適確にK値により捕えられている。

このK₁をメト化率測定用に採取した凍結試料肉片1.00gから常法¹³⁾に従い測定した。

v) 旨味の程度(K₂)の測定

IMP, AMPは同時にカツオ節の旨味成分でもあるので、藤井ら¹⁴⁾にならい旨味の程度K₂を

$$\frac{AMP+IMP}{ATP+ADP+AMP+IMP+HxR+Hx} \times 100$$

として求めた。K₂の高いほど旨味成分は濃いことを示す。

vi) ヌクレオチド量の測定

*本報告では以下の略号を用いる。

- ATP: アデノシン3リン酸
- ADP: アデノシン2リン酸
- AMP: アデニル酸
- HxR: イノシン
- IMP: イノシン酸
- Hx: ヒポキサンチン

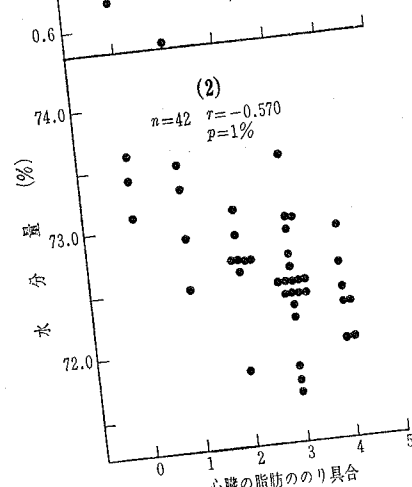


図7 生物要因間の相関(2)

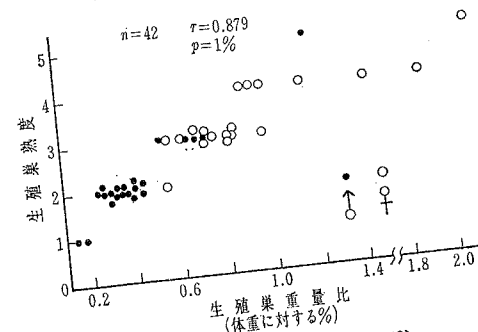


図8 生物要因間の相関(3)

いるので、このmet Mb(%) (メト化率といひ、低値ほど褐変していないことを示す)を尾藤の方法⁹⁾に従い測定した。-20°Cの室で凍結状態の試料魚の背肉中層部(血合肉をさける)から、直径2cmのハンドドリルで凍結試料肉片を採取し、その4gを供試した。

ii) Hbの定量

Mb由来のほか血液由来の肉色の褐変化を考慮し、脱血処理の試料魚でとくにHbの定量を鈴木らの報

肉1g当りのATP+ADP+AMP+IMP+HxR+Hxの量(μモル)で表わした。

一方、冷凍魚肉では氷結晶により多かれ少なかれ悪影響をこうむり、結果的にドリップを生じ保水力が低下して、肉質は生食した時に水っぽくて硬い食感のものになる。そこでこれら悪変化の程度も調査した。

vii) ドリップ量の測定

凍結状態の試料魚のメト化率測定部位の隣接箇所から直径2cm、厚さ0.5cm、約2gの精肉片を採取し、田中の方法¹⁵⁾により常圧で流出する自由ドリップ量、1kg/cm²の軽圧で圧出される圧出ドリップ量、両者を合した全ドリップ量の三者を測定した。

viii) 保水力の測定

加圧法¹⁵⁾で測定した。すなわちドリップ量を測定した後の肉片にさらに10kg/cm²の圧を加え、それでもなお圧出されない残存水分量を求め、それから保水力を算定した。

ix) 組織標本の作製・検鏡

凍結状態のカツオの頭部に近い背肉中層部から組織片を採取し、-20°Cで凍結置換法により氷を除いた後、田中の報告¹⁵⁾に準拠して切片標本を作製・検鏡した。検鏡面は筋細胞の横断面(ヨコ)と縦断面(タテ)の双方で、これらより主として氷の存在状態をしらべた。なお上記組織片の隣接部位からも組織片を採取し、一夜3~5°Cに放置一解凍後、同様にして標本を作製し、これにより解凍後の復元状況をしらべた。このほか鮮度条件の実験では、凍結前の組織片も採取した。すなわち、既述したようにB実験で経時的に採取した肉片の一部を船上で10%ホルマリン固定した後もち帰って標本を作製、鮮度低下の影響と死後硬直の有無などを検査した。これらの検鏡結果は、ニコンEFM型顕微鏡撮影装置で撮影した。

x) 官能テスト

尾部近くの肉ブロックを用いた。これを、解凍中の変色¹⁶⁾その他の悪変化をさけるため、ポリエチレン袋に入れ15~17°Cの流水中で40~50分急速解凍した。解凍後、表皮と精肉の色、つやまた解凍硬直の程度などの外観をしらべ、さらに一定の大きさに細切した生肉について、におい(生臭み)、テクスチャー(硬さ、ねっとりさ)、味(渋味)に重点をおき試食した。また、これらを総合して刺身としての適性を評価した。テストの基準には、毎回、即殺し即凍結した試料を主として用い、これに対する(+)(-)の評点を3~5人のテスト員によって下しその結果を集計した。

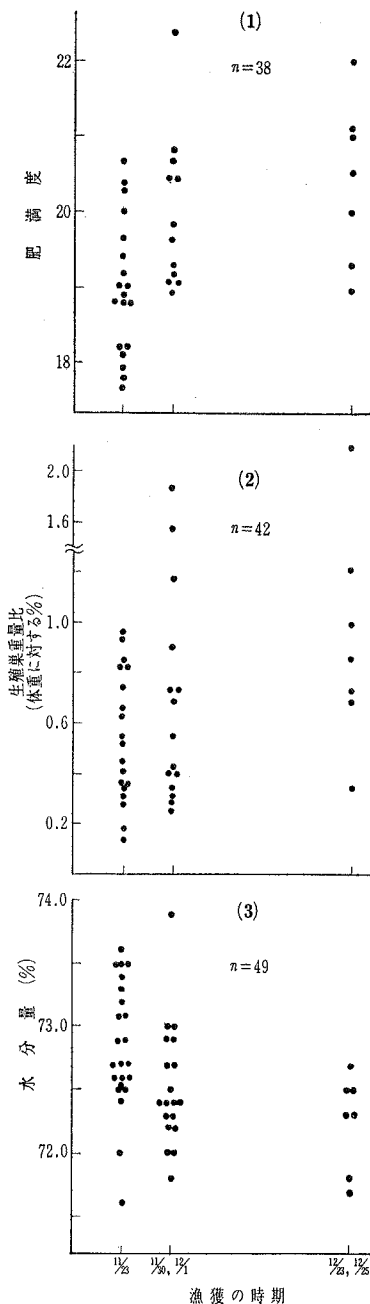


図10 生物要因に対する漁獲の時期の影響

結果と考察

I. 生物学的条件が冷凍後の品質に及ぼす影響

既述したように、生物学的条件用の試料魚をとくに調製しなかつたので、漁獲後のとり扱い条件用の試料魚のうちから、とり扱い条件が品質に影響していないような、たとえば即殺即凍結した対照魚のようなもの

田中武夫・角田聖斉・西脇興二・中山哲弥・大塚悦教

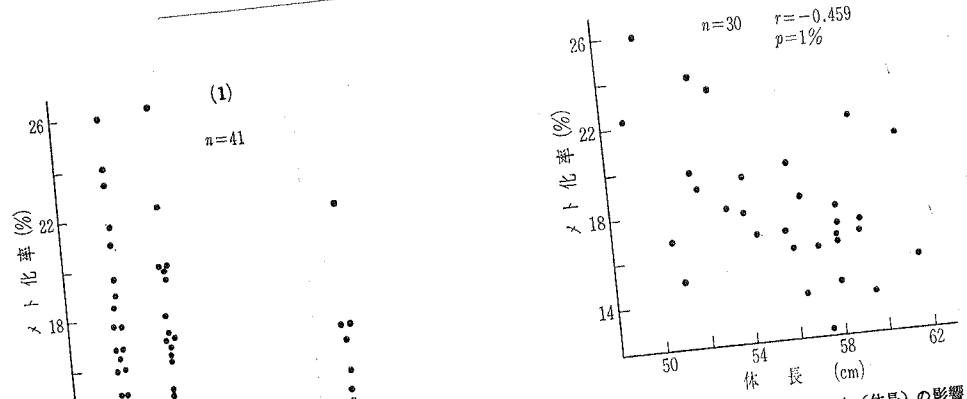


図11 品質要因に対する漁獲の時期の影響

を選んで、それらの生物学的要因と品質要因との間の相関を求めた。その結果は2要因間に相関のない場合がほとんどで、たとえ相関が認められたとしても危険率5%あるいは10%と微弱な関係のものが多かった。主要項目要因ごとにとまどめてみると次の通りである。

(1) 漁獲の時期の影響

1か月という短い時期でのそれも乏しい試料数のサンプリングではあったが、図10にみる通り、時期の終りに肥満度と生殖巣重量は大となり筋肉の水分量は低

図12 メト化率に対する魚体の大小(体長)の影響

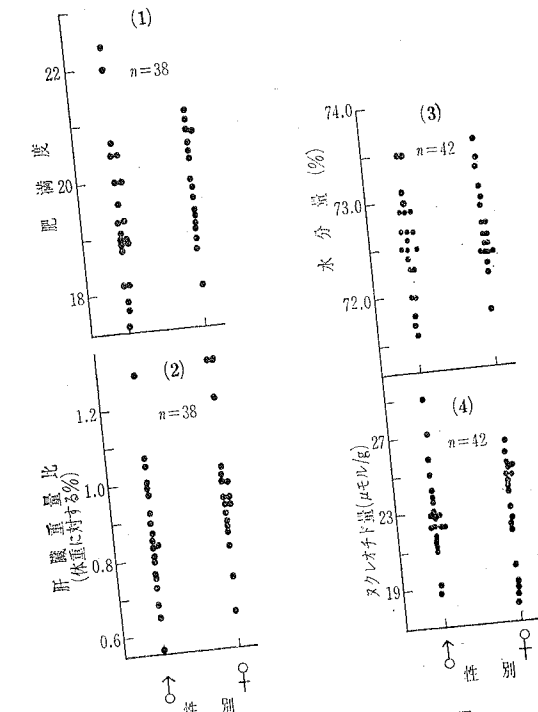


図13 生物要因に対する原魚の性別の影響

くなる傾向が認められた。しかしそのような生物要因の傾向が、品質要因にまで影響しているような様子はほとんど認められなかった(図11)。

(2) 魚体の大小, 性別の影響

体長とメト化率との間にそれほど強くはないが負の相関がみられた(図12)。体長以外の体重や肥満度では相関がなく体長であったことに、その原因はともあれ興味深い。

なお雌は雄に比べて、図13にみるように肥満度、肝臓重量比が明らかに大きく、そして僅かではあるが肉

図14 品質要因に対する原魚の性別の影響

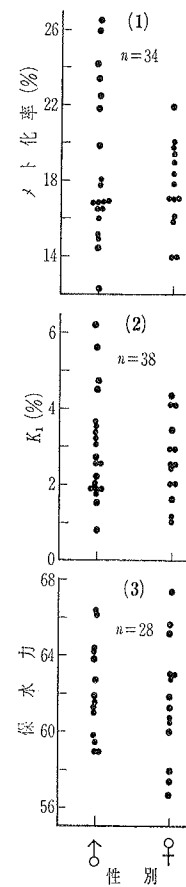
中の水分量が低くヌクレオチド量が高い。ヌクレオチド量が生存時のエネルギー源であるATP関連物質の量を示すとすれば、上記の結果は雌が雄よりも栄養・健康状態がよかったことを示唆している。この雌雄の違いは、生殖巣の熟度が雌の方が進んでいた、いわば雄よりもまかせていたという事実(図8)から、恐らく産卵に対する雌魚の準備の現われと解釈できよう。このようにある程度はっきりした雌魚の体力の優位性も、即品質の優位性となって現われてこない(図14)。この点、上記の漁獲の時期の場合と同様である。

(3) 栄養・健康状態の影響

原魚の栄養・健康状態の良さが、ドリップ量を軽減させ、保水力を高めるのに有効であることは、既に越冬ゴイの研究で田中が指摘している¹⁷⁾ところであるが、本研究においては上記(1)(2)でみた通り、そのようなことは認められなかった、というよりは明らかにすることができなかった。

(4) 生殖巣の熟度

産卵直前を除いたある時期まで熟度をまずにつれ、



ドリップ量は低くなる傾向がスケトウダラでは認められている⁸⁾が、本研究では上記したように、このような傾向を認めるまでに至らなかった。

以上の結果にみられる通り、当初掲げた原魚の生物学的条件がいかに冷凍後の品質に影響してくるかの課題は、結局のところ明らかにすることができなかった。この理由は恐らく、今回調査した程度の生物学的条件の違いでは、品質面に現われてくるほどの影響力がなかったためであろう。メト化率や保水力などのほかに生食適性の面でも影響がほとんどみられなかったということは、この程度の生物学的条件の違いは、カツオの場合無視してもよいということを示唆しているのかもしれない。近海カツオの話ではあるが、秋南下するいわゆる“戻りカツオ”は著しく肥満して脂肪がのり刺身としても最高であるが、同時に、放置中の肉色の褐変化が極めて起きにくいという。これと同様のことが冷凍のメバチ、キハダでも報告されている¹⁸⁾。このようにカツオ、マグロの品質面にまで影響してくるには、かなりはっきりした生物学的条件の優劣差が必要なかもしれないが、いずれにせよ冒頭に記載したように、生物学的条件の影響いかんは時間をかけてじっくりと調査すべきテーマであると思われる。

なお品質要因相互の相関をしらべた結果、メト化率は鮮度K₁とかなり高い相関関係にあること(図15)、以前コイ肉で認められた¹⁷⁾のと同様に、カツオ肉でも自由ドリップ量よりは圧出ドリップ量の方がより密に保水力と相関していること(図16)、が明らかにされた。

II. 漁獲後の取り扱いが冷凍後の品質に及ぼす影響

(1) 致死条件の影響

表6に示したように、即殺と苦悶死でメト化率とK₁の値に有意の差は認められなかった。ただ苦悶死区に

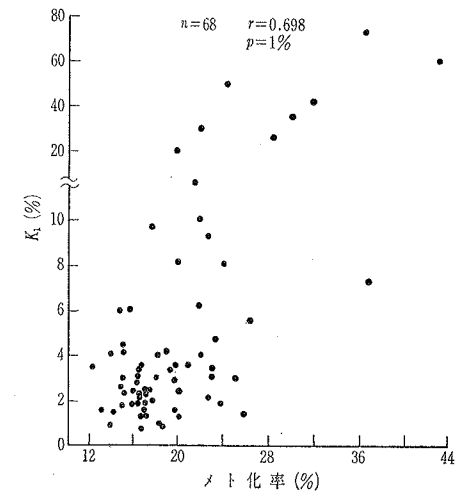


図15 品質要因間の相関(1)

田中武夫・角田聖齊・西脇興二・中山哲弥・大塚悦教

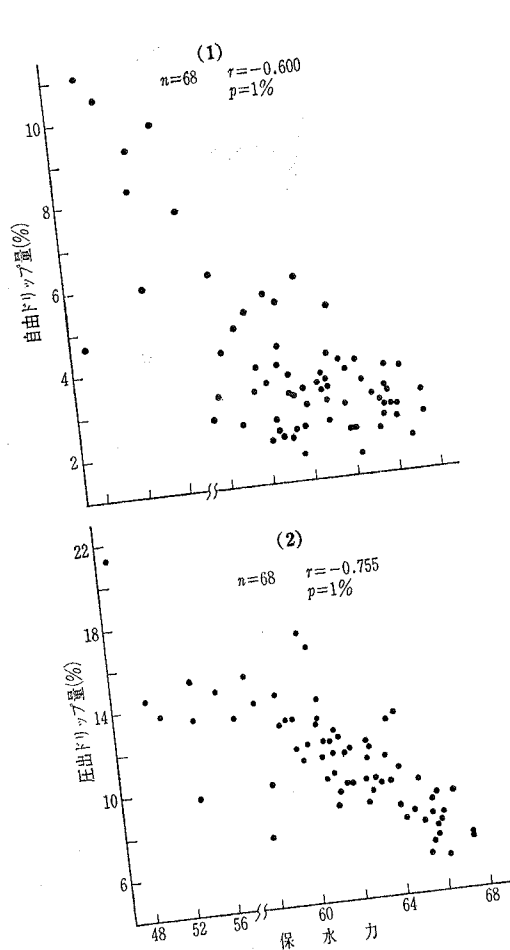


図16 品質要因間の相関(2)

表6 致死条件の影響(1)

| 条件 | 魚体 No. | メト化率(%) | pH | K ₁ (%) | K ₂ (%) | ヌクレオチド量(μモル/g) |
|-----|--------|---------|-----|--------------------|--------------------|----------------|
| 即殺 | 1 | 16.5 | 6.3 | 3.2 | 52.2 | 21.2 |
| | 2 | 21.8 | 6.6 | 2.0 | 16.6 | 24.4 |
| | 3 | 17.8 | 6.9 | 4.1 | 17.1 | 23.0 |
| 苦悶死 | 4* | 16.8 | 6.3 | 0.8 | 17.9 | 18.9 |
| | 5 | 14.0 | 6.2 | 1.0 | 51.5 | 18.5 |
| | 6 | 16.0 | 6.4 | 2.5 | 24.4 | 19.1 |

* No. 4 はあまり苦悶していない半苦悶死

多少 pH が低く K₂ の高いことがわかれ、この結果は、即殺魚に比べ苦悶死した魚で ATP 分解が多少進んでいることを示す図17の結果と符合する。苦悶運動が ATP 分解を幾分促進させているとみてよいだろう。一方、苦悶死区では一様にヌクレオチド量が低い傾向にあるが(表6)、これが何に起因しているのかは明らかでない。

なおドリッピング量、保水力の測定結果は図18に示した。即殺と苦悶死の間に有意な差は認められず、致死条件がドリッピング量と保水力に及ぼす影響は小さいもの

と思われる。

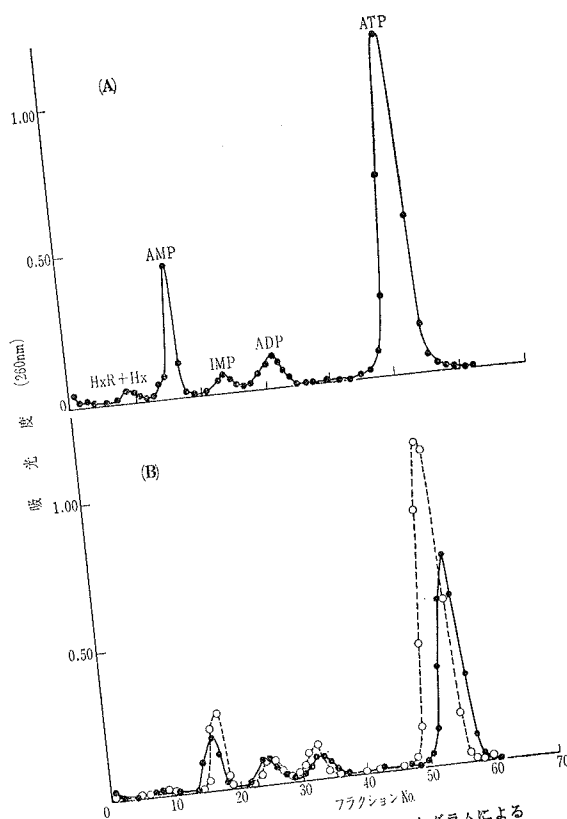


図17 ATP分解物のカラムクロマトグラムによる致死条件の比較
(A) 即殺(魚体 No.3)
(B) 苦悶死(魚体 No.4 半苦悶死, 点線), (No.5 苦悶死, 実線)

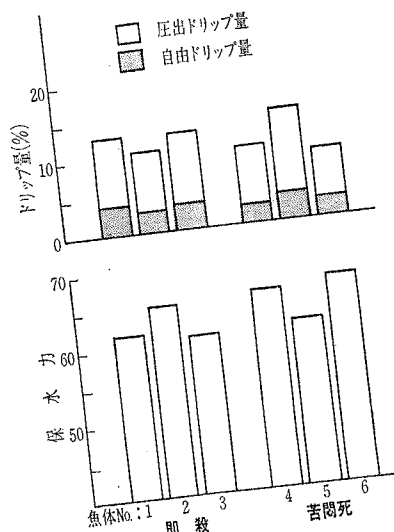


図18 致死条件の影響(2)

顕微鏡観察の結果も同様で、凍結状態並びに解凍後の各標本でしらべたが、即殺と苦悶死の間でいずれも差を見出すことはできなかった。

また、官能テストでも生食化に焦点をおいてみた場合、いずれも立派に生食できると評価されただけでなく、即殺と苦悶死の試料間に差はないものと判定された。

(2) 鮮度条件の影響

この項ではA, Bの2実験を行っているが、両者で程度の差こそあれ、ほぼ同様の結果を得ているので、ここではラウンド形態で放置中に経時的に肉片を採取して行ったB実験の結果を中心に述べる。

i) メト化率, pH, K₁, K₂

図19に示したように、メト化率は経過時間を追って徐々に増加しているが、この傾向は放置温度の高い25~36°C区で最も著しい。鮮度 K₁ についてもこの点は同様でメト化率, K₁ 共に温度依存性が極めて高いといえる。従って生食する際のメト化率の限界を30%¹⁹⁾, K₁ の限界を20%¹⁹⁾と規制した場合、0~7°C区と22~24°C区では共に12時間まで、25~36°C区では6時間まで(後記するようにいずれも一致して死後硬直中まで)、に処理すべしと同図から結論されよう。一方、旨味の程度を示す K₂ は当然 IMP の消長に左右されるが、0~7°C区では12時間以降、22~

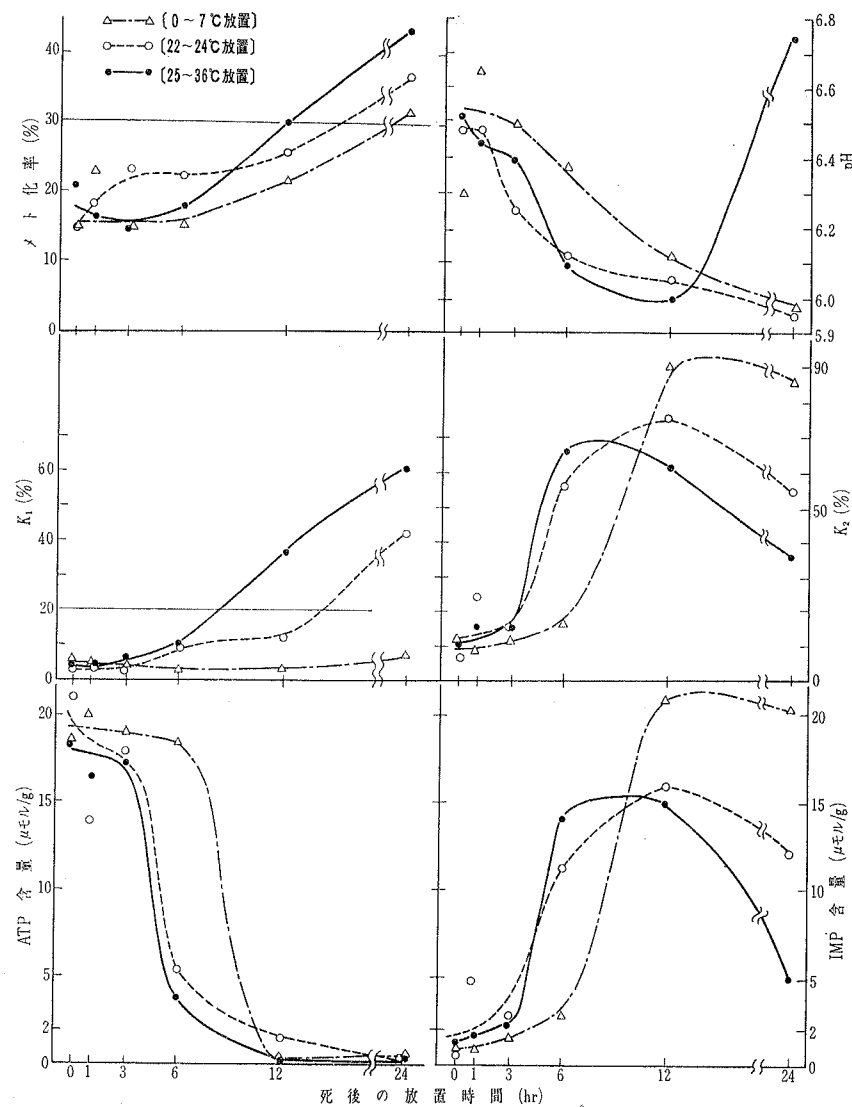


図19 凍結前の鮮度の影響(1)
上記の各温度区に放置した各1尾の魚体から経時的に肉片を採取して凍結・貯蔵後に測定した。

田中武夫・角田聖齊・西脇興二・中山哲弥・大塚悦教

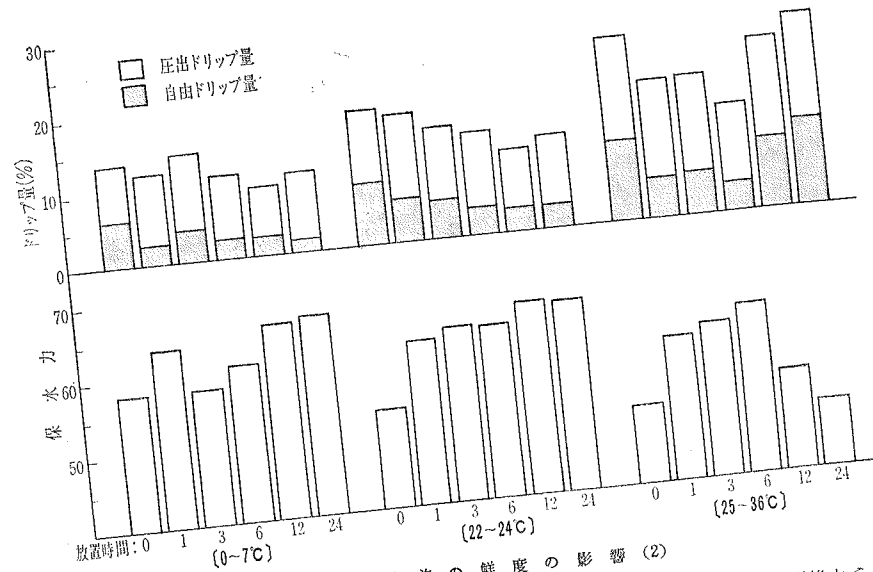


図20 凍結前の鮮度の影響(2)

24°C区では12時間後、25~36°C区では6時間後にそれぞれ旨味のピークのあることが示された。

ii) ドリップ量, 保水力

ドリップ量は保水力の変化に左右されて、図20にみられるような増減を示した。

ここで気が付くことは、保水力あるいはドリップ量が死後硬直を中心とした鮮度の影響を強く受けているということである。すなわち検鏡結果(写真1)を中心に図19のATP含量、表4の現地記録を参照して死後硬直の状態をしらべてみると、0~7°Cと22~24°Cの両区では放置12時間後まで顕著に硬直が継続し、24時間後に至って0~7°C区で僅かに残存、22~24°C区で完全に消失(解硬)した。それが25~36°C区では放置6時間後まで硬直が継続、12時間後には消失した。そして24時間後には、現地記録のサン(肉のとろけ)に相当すると思われる一部筋細胞の崩壊がみられるまでになった(写真2)。

このような筋肉の硬直の継続につれ保水力は高まり(ドリップ量は減少し)、そして硬直の消失に伴い保水力は低下する(ドリップ量は増加する)傾向を示している。従って、保水力に対する影響は硬直の有無の方がpH(図19)よりも甚だ大きいといえよう(pHが高いほど保水力は高まるといわれているが、そのような傾向はみられていない)。

iii) 顕微鏡観察

凍結・貯蔵後の筋肉においては、鮮度によって氷結晶の状態(分布と大きさ)の著しい違いがみられた。すなわち写真3に示した通り、0~7°C区の死後硬

直が顕著に起こっている3時間後から僅かに硬直が残存する24時間後にかけて、氷結晶はいずれも筋細胞の内部に存在したが、そのサイズは細かいものから次第に粗大なものへと成長して行ったことが分かる。そして解硬後(22~24°C区、24時間)には、こんどは筋細胞の外部に氷結晶は柱状をなして存在するまでになった(写真4)。拡大写真は放置1時間では筋細胞の内部に、そして24時間では筋細胞の外部に氷が分布することをはっきり示している。

以上のように死後硬直の経過、解硬に伴い細胞内から細胞外へ、微細から粗大へと氷結晶の状態が変化して行く様子は25~36°C区でも明瞭であり(写真4)、この点スケトウダラ²⁰⁾、マグロ²¹⁾と同様の観察結果がカツオでも得られたといえる。

次に解凍後の観察結果(写真5, 6)によれば、硬直の残存している、たとえば写真の0~7°C区や22~24°C区(1時間)の筋肉では、細胞内に若干氷の跡が縮小されて残り復元不十分とみられたが、反面解硬後の筋肉ではかなりきれいに復元していると判断された(写真6の22~24°C区(24時間))。ただし25~36°C区(24時間)ではきれいに復元している部位と鮮度低下により筋細胞の崩壊している部位の双方が観察された。

このような鮮度良好の筋肉にみられる解凍後の復元性の悪さは、スケトウダラ²⁰⁾でも観察されているが、今回用いた解凍方法が品質上よいとされている低温緩慢解凍を採用しているにもかかわらずカバーしきれなかったことからみて、今後の宿題といつてよいだろう

【0~7°C 放置】

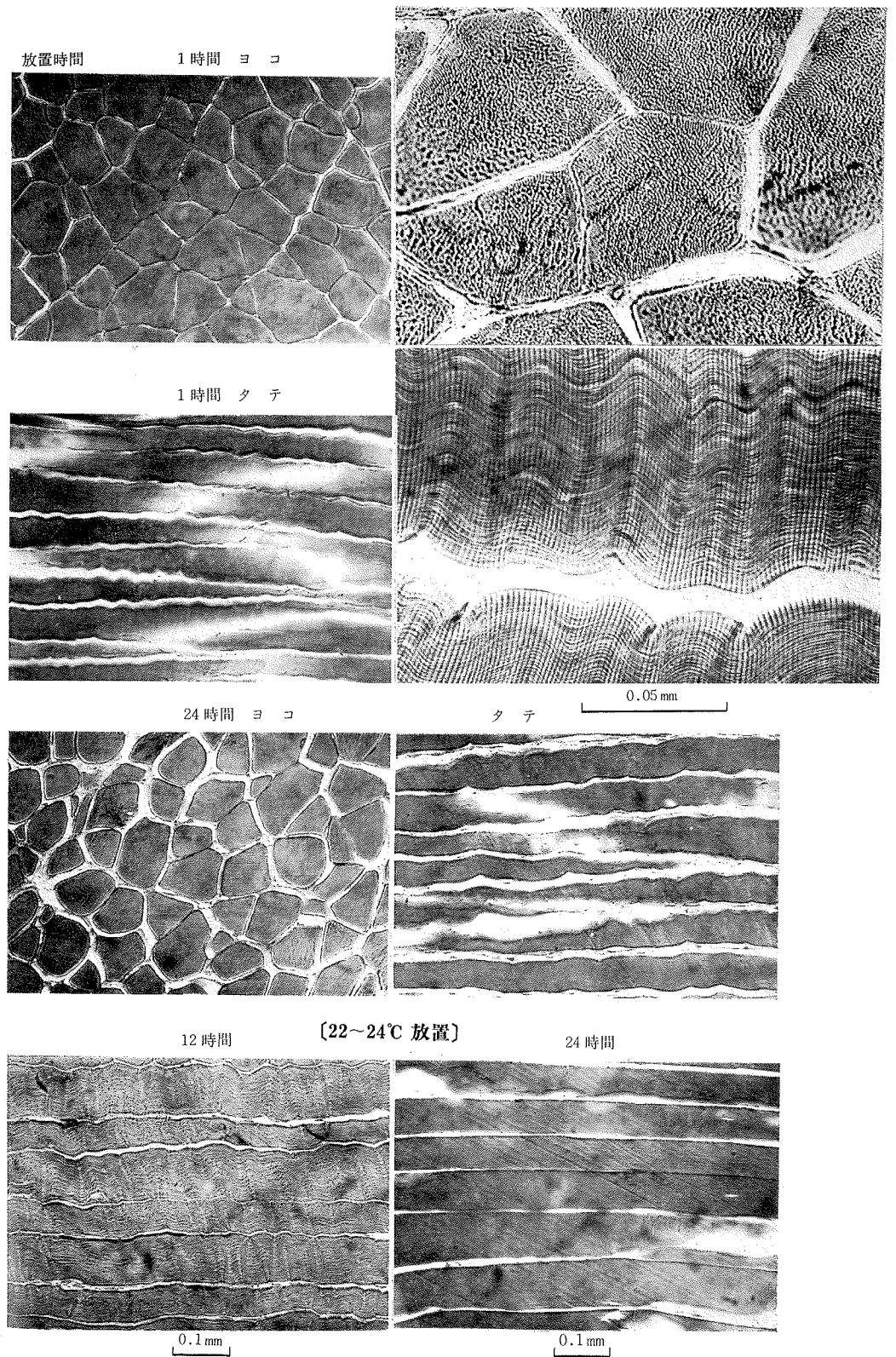


写真1 凍結前の筋細胞にみられる死後硬直の状態

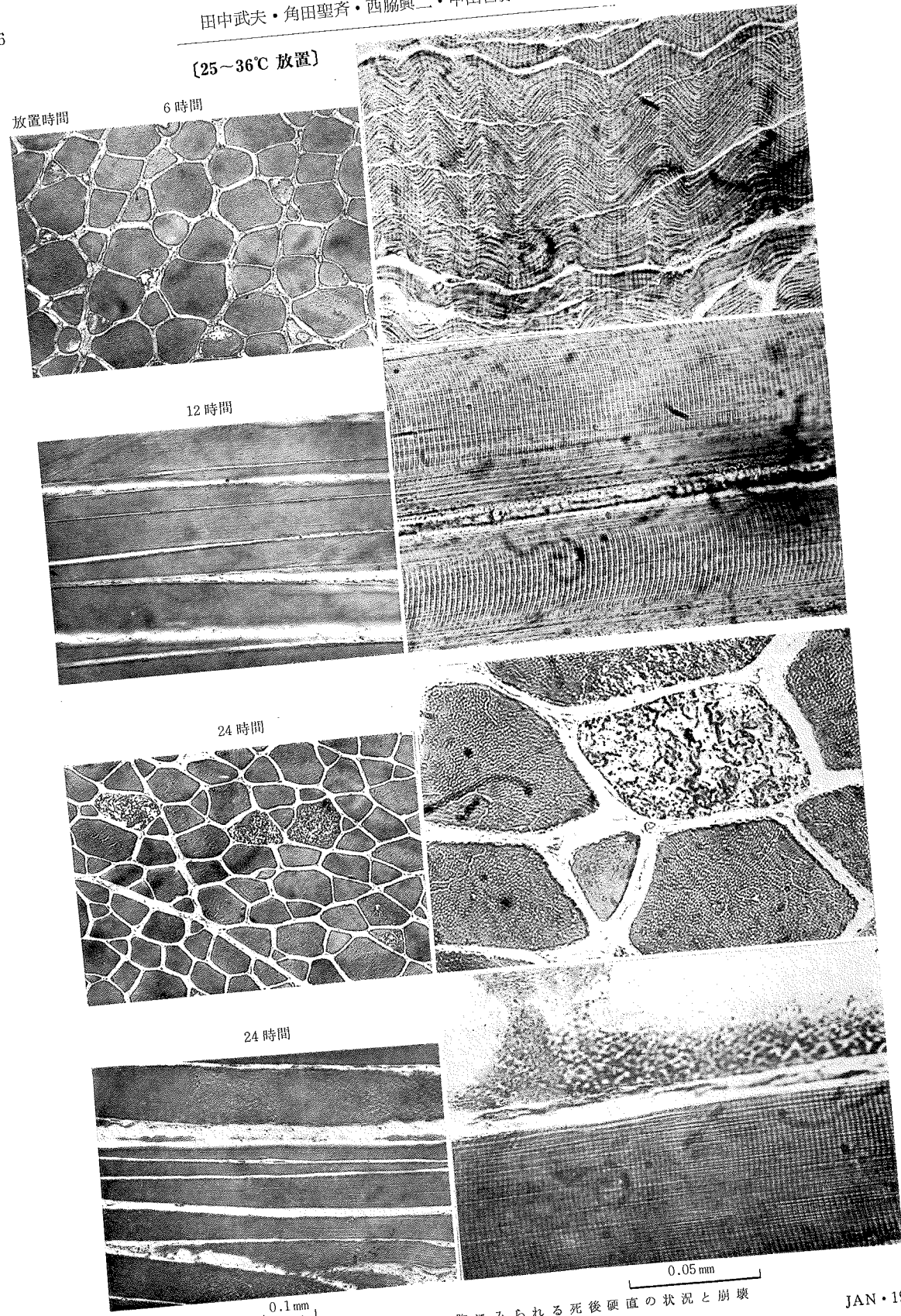


写真2 凍結前の筋細胞にみられる死後硬直の状況と崩壊
NO.59 NO.591

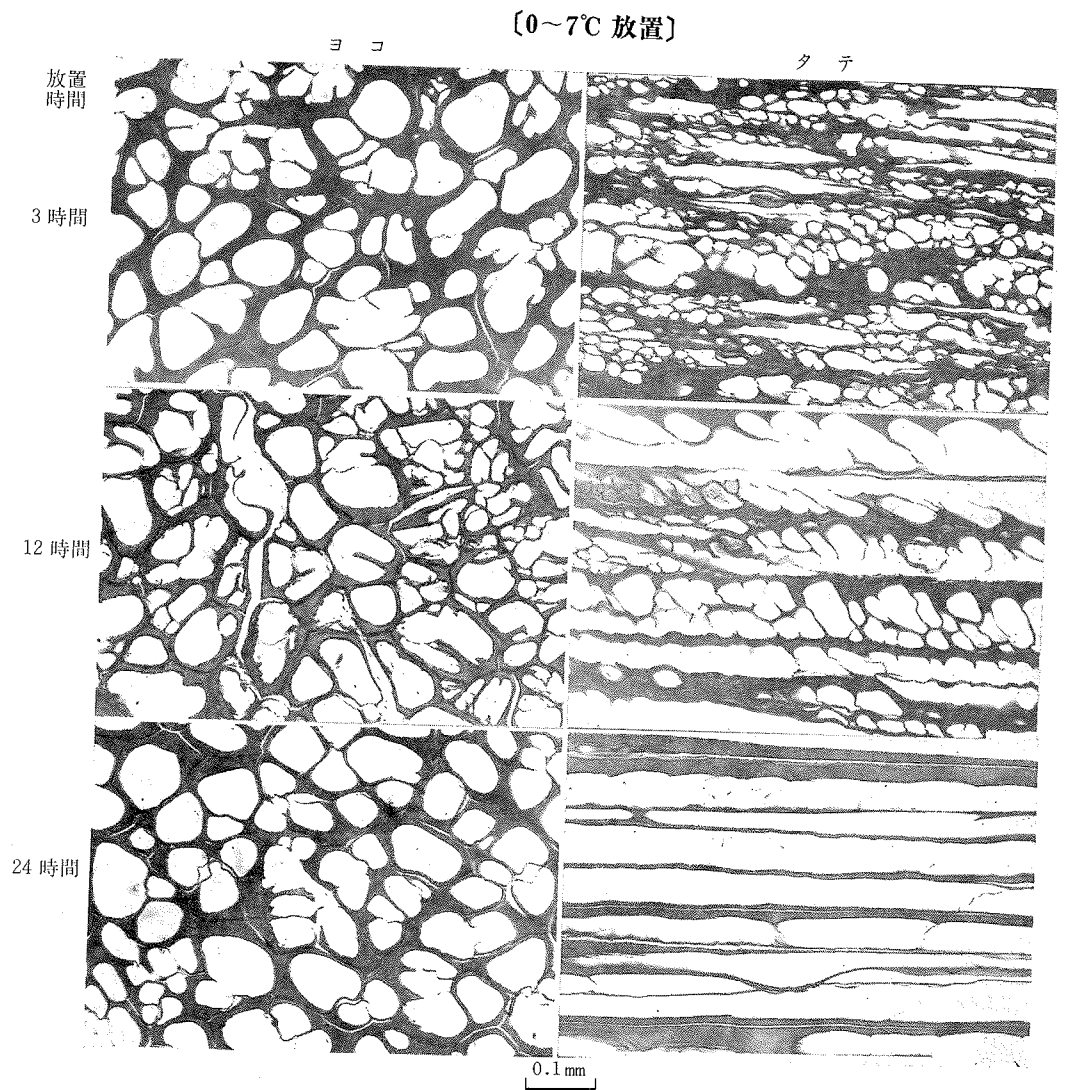


写真3 鮮度を奪って凍結・貯蔵した筋肉における氷結晶の状態(白い部分が氷)(1)

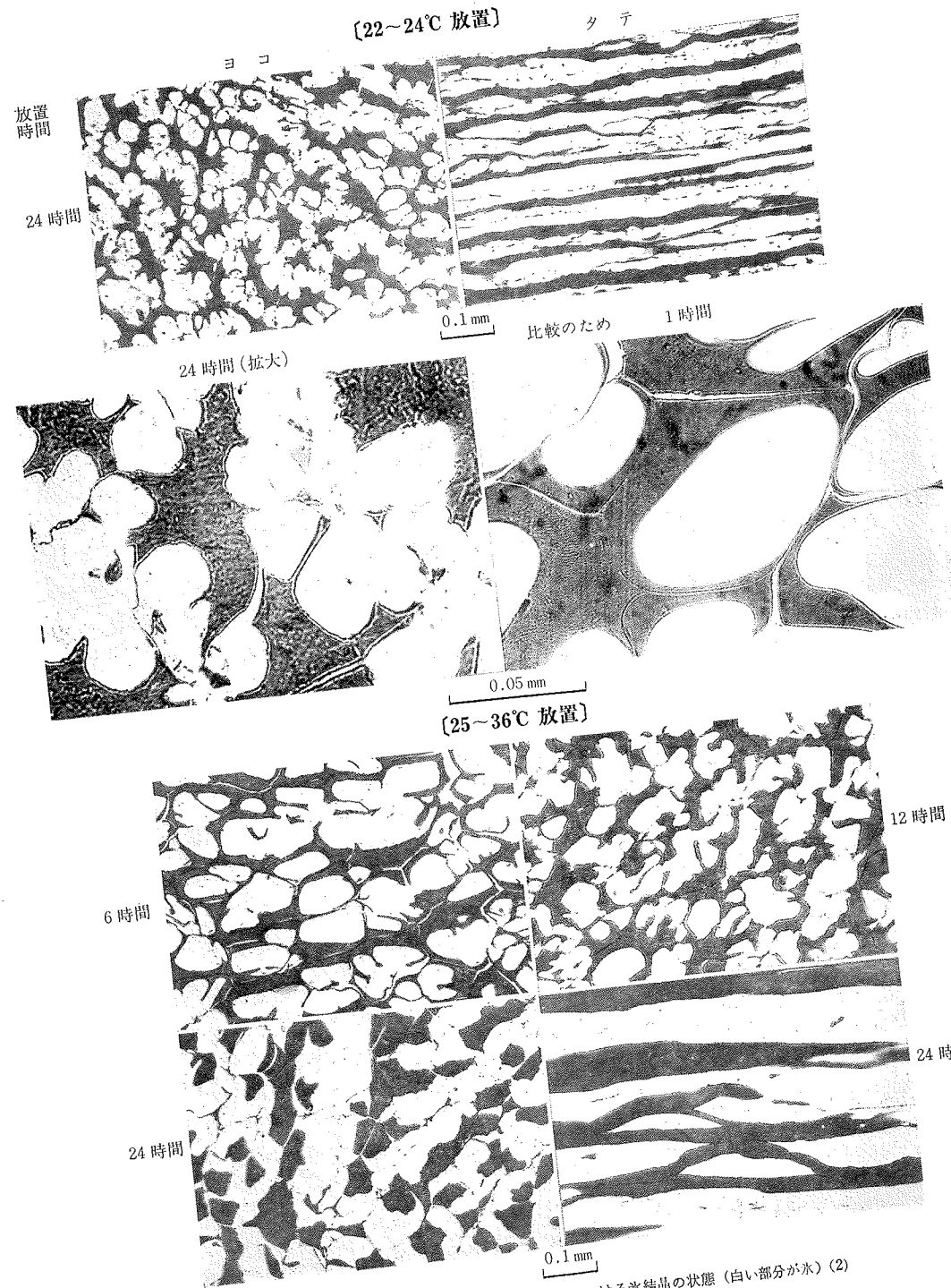


写真4 鮮度を変えて凍結・貯蔵した筋肉における氷結晶の状態(白い部分が氷)(2)

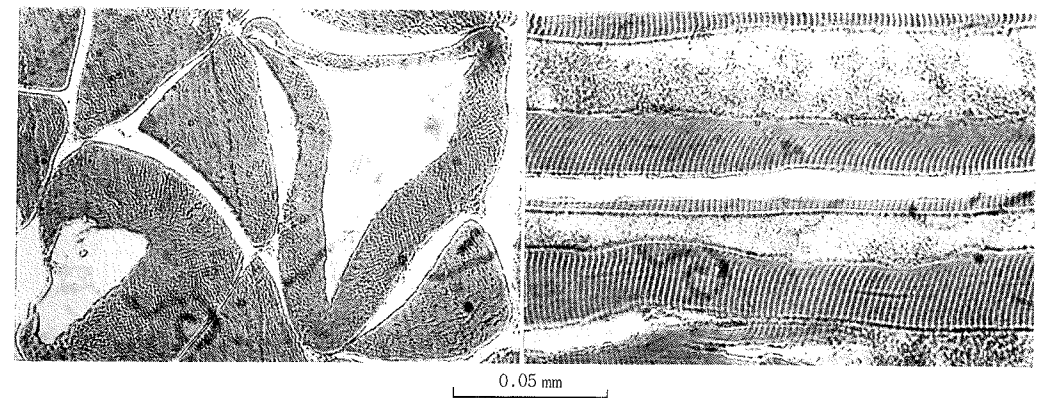
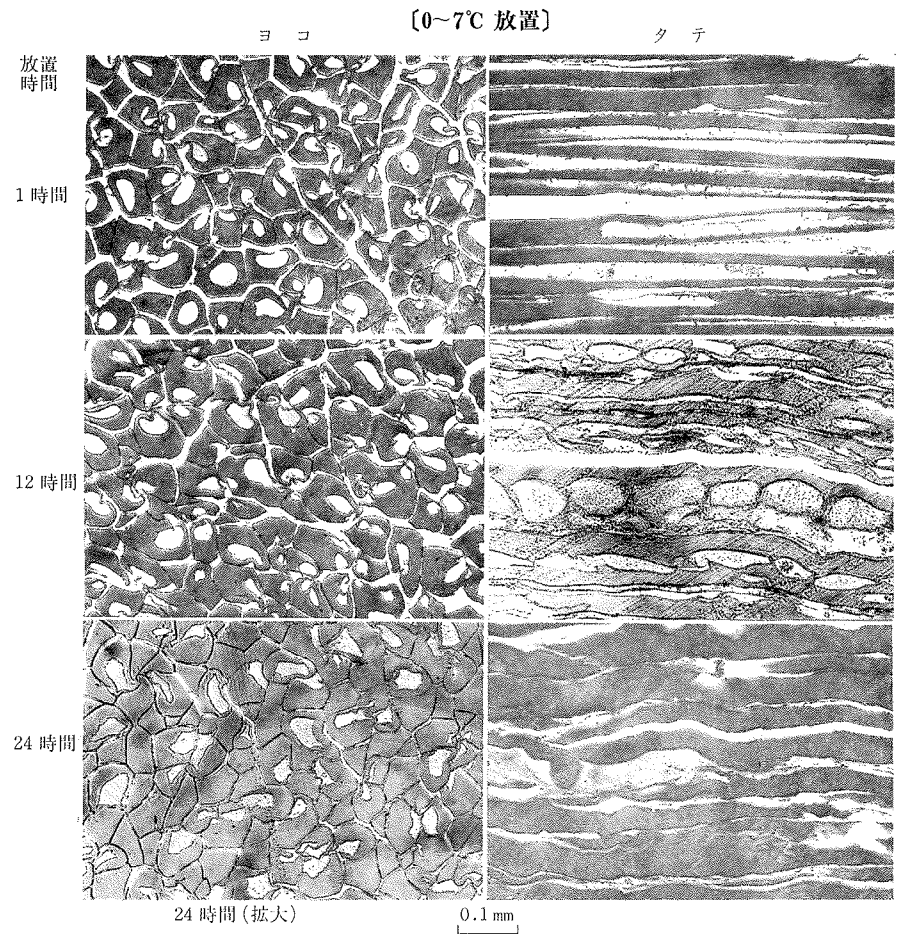


写真5 鮮度を変えて凍結・貯蔵した筋肉の解凍後の復元性(1)

田中武夫・角田聖斉・西脇興二・中山哲弥・大塚悦教

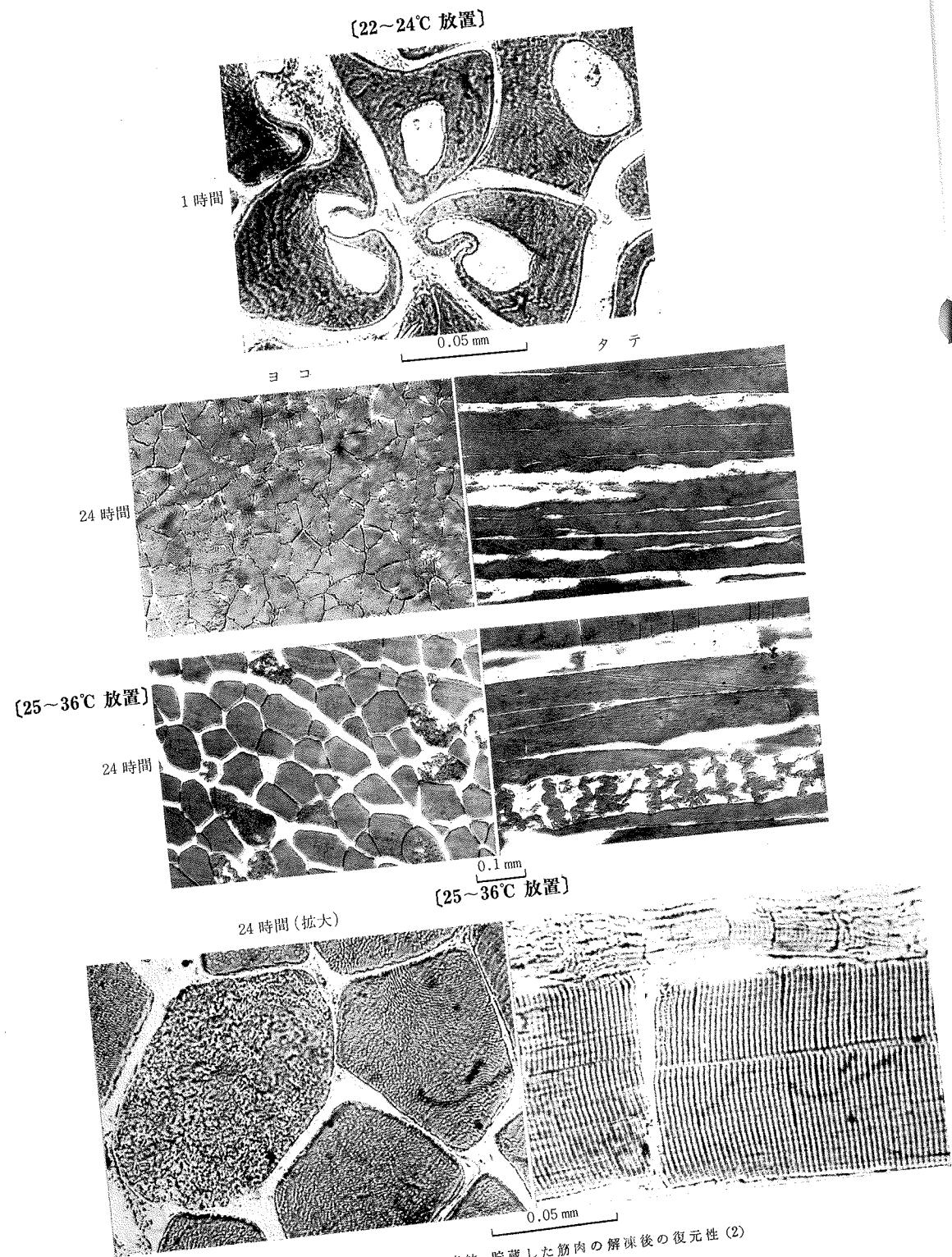


写真6 鮮度を要えて凍結・貯蔵した筋肉の解凍後の復元性(2)

表7 官能テスト*—鮮度条件の影響

| 項目 | 放置温度 | | 0~7°C | | | 22~24°C | | | 25~36°C | | | |
|----------|--------------|--|-------|-----|-----|---------|-----|-----|---------|-----|------|------|
| | 放置時間 | | 0 | 1 | 3 | 24時間 | 1 | 3 | 24時間 | 1 | 3 | 24時間 |
| 外観 | 表皮のつや(低下の程度) | | ± | ± | + | +++ | + | + | ++++ | + | +++ | ++++ |
| | 肉の色(褐変の程度) | | ± | ± | + | ++++ | ± | - | ++++ | --- | ++++ | ++++ |
| | 肉のつや(低下の程度) | | ± | ± | + | +++ | + | ± | ++++ | - | ++++ | ++++ |
| 試験 | におい(生臭み) | | ± | ± | ± | ++ | ± | - | +++ | ± | ++++ | ++++ |
| | テクスチャー(硬さ) | | ± | + | + | + | --- | --- | --- | + | + | --- |
| | 食味(渋味) | | ± | --- | --- | - | ± | ± | ++ | ± | ++ | ± |
| 刺身としての適性 | | | 適 | 適 | 適 | 不適 | 適 | 適 | 不適 | 適 | 不適 | 不適 |

*放置0時間の試料を基準として、+の多いほどその程度の著しいことを示す、つまりその品質が低下していることを示す。-はその逆、解凍硬直の項だけは硬直していない試料を基準とした。

う。

iv) 官能テスト

ラウンド形態で終始放置したA実験の試料魚で実施した。テストの集計結果を表7に示す。

放置時間の長いほど、そして放置温度の高いほど、肉は顕著に色、つやが悪化し、生臭みを増して行くことが明瞭にうかがえる。そして、どちらかといえば、時間よりも温度の方が品質の劣化に対する影響は大きいといえよう。このように品質劣化が甚しいために刺身としての適性が急速に消失する。表7にみる通り、南方海域産冷凍カツオを刺身として食べるためには、0~7°Cと22~24°C両区で死後3時間、26~34°C区では死後1時間というのがカツオの死後、放置しうる最低の許容時間であろう。この範囲内のものであるならば、前記の致死条件の官能テストの際にも認められたことであるが、漁獲直後のよさをそのまま保持して肉は鮮紅色に照り輝き生臭みも渋味も全く感じられない実に立派なものであった。たまたま魚市場から入手した水氷り貯蔵の近海産カツオ(2尾)に比べても数段上等であると判定され、生きのよいカツオの品質のよさ、それをそのまま保持することの重要性を改めて痛感させられた。

以上の結果は、生食化のためには凍結前の鮮度が極めて良好でなければならないことを明示しているが、一方、あまり鮮度が良すぎると解凍硬直を起こして肉質が硬く旨味が乏しいことが懸念される。しかし、今回の試食の結果によれば、表7にみるように解凍硬直に基づく硬さは多少感じられるものの、カツオでは、マグロ²¹⁾ほど著しい硬さは現われないことが判明し

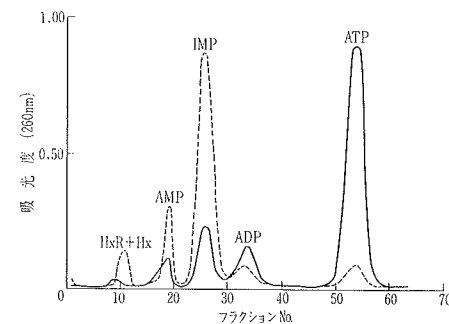


図21 ATP分解物のカラムクロマトグラムによる予冷方法の比較
実線は冷海水浸漬(あげ氷もほぼ同じ)、点線は冷却空気による各予冷

表8 予冷の効果

| 予冷方法 | 魚体No. | メト化率(%) | pH | K ₁ (%) | K ₂ (%) | ヌクレオチド量(μモル/g) |
|------------------------|-------|---------|-----|--------------------|--------------------|----------------|
| 冷海水浸漬(2~-2.5°C, 8時間) | 1 | 15.0 | 6.4 | 2.0 | 59.2 | 25.8 |
| | 2 | 22.4 | 6.2 | 2.2 | 33.5 | 22.2 |
| あげ氷(-17.5~-2.5°C, 6時間) | 3 | 16.8 | 6.0 | 2.5 | 19.9 | 23.0 |
| | 4 | 18.0 | 6.2 | 3.1 | 23.6 | 19.2 |
| 冷却空気(1~-5°C, 12時間) | 5 | 24.0 | 6.3 | 8.1 | 82.0 | 25.3 |
| | 6 | 20.0 | 5.9 | 8.2 | 87.3 | 22.2 |

た。この結果は、カツオ肉の好ましい特徴として注目しに価しよう。

(3) 予冷条件の影響

表8に示したように、用いた三つの予冷方法は、いずれも met Mb の生成や鮮度低下をかなり抑制したが、官能テストや図21の結果も合わせ考慮すると、肉色保持と鮮度保持の効果は、あげ氷、冷海水浸漬、冷

田中武夫・角田聖斉・西協興二・中山哲弥・大塚悦教

表9 官能テスト*—予冷条件の影響

| 項目 | 魚体 No. | 予冷方法 | | 冷 却 空 気 | |
|----------|---------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------|------|
| | | 冷 海 水 浸 漬 (2~2.5°C, 8時間) | あ げ 水 (-17.5 ~-2.5°C, 6時間) | (1~5°C, 12時間) | 6 |
| 外 観 | 表皮のつや (低下の程度) | - | + | + | + |
| | 肉の色 (褐変の程度) | - | + | ++ | +++ |
| | 肉のつや (低下の程度) | ± | + | +++ | +++ |
| 試 食 | 解凍硬直の程度 | +++ | +++ | + | + |
| | におい (生臭み) | - | + | ± | - |
| 刺身としての適性 | テクスチャー (硬さ) | ± | ± | +++ | + |
| | 味 (渋味) | + | ± | + | やや劣る |
| | | 適 | | 適 | |

*表7の脚注参照

表10 脱血処理の影響

処理 ① 尾を切断し寝かせて放血
② 胸を切開し吊して放血
③ ヘパリン注射後①の処理
④ 無処理 (対照)

| 処理 | 魚体 No. | メト化率 (%) | pH | K ₁ (%) | K ₂ (%) | ヌクレオチド量 (μモル/g) |
|----|--------|----------|-----|--------------------|--------------------|-----------------|
| ① | 1 | 16.8 | 6.1 | 7.5 | 80.6 | 27.2 |
| | 2 | 17.0 | 6.2 | 6.3 | 55.4 | 25.9 |
| | 3 | 19.4 | 5.8 | 3.4 | 27.3 | 24.7 |
| | 4 | 19.8 | 6.1 | 2.9 | 55.2 | 25.2 |
| ② | 5 | 26.4 | 6.0 | 5.6 | 89.1 | 22.9 |
| | 6 | 20.0 | 6.4 | 2.5 | 15.2 | 22.4 |
| ③ | 7 | 12.2 | 6.5 | 3.5 | 22.4 | 23.9 |
| | 8 | 16.2 | 6.5 | 2.9 | 22.8 | 25.2 |

表11 包装処理の影響

| 処理 | 魚体 No. | メト化率 (%) | pH | K ₁ (%) | K ₂ (%) | ヌクレオチド量 (μモル/g) |
|-----|--------|----------|-----|--------------------|--------------------|-----------------|
| 包装 | 1 | 16.8 | 6.3 | 1.4 | 29.4 | 25.1 |
| | 3 | 13.0 | 6.4 | 1.6 | 19.4 | 23.0 |
| 無包装 | 5 | 19.8 | 6.2 | 1.6 | 14.6 | 26.2 |
| | 7 | 18.4 | 6.5 | 1.0 | 14.6 | 23.4 |

却空気の順になる。

ドリップ量、保水力の測定結果と検鏡結果からは、これら三方法の間に有意の差を見出すことはできなかつたが、官能テストの結果 (表9) からは、あげ水、冷海水浸漬、共に刺身としての適性を保持しており、とくに冷海水浸漬では表皮の色、つやが良く外観の優れていることが判明した。このように死後急速に刺身適性を失うカツオでも、本報告で用いたような冷海水浸漬あるいは、あげ水による予冷方法を採用するならば、死後、放置できる最低許容時間は8時間と大巾に延長することができよう。

(4) 脱血処理の影響

表10にみる通り脱血処理によってとくにメト化率*

*本報告で測定しているメト化率には met Mb (%) のほかに met Hb (%) の値も加わっている。

の値が低下するということはなく、かえってやや増加するという逆効果が見られた。この逆効果は官能テストの結果でも認められている (ただし全試料とも刺身適性は保持していると判定された)。これは処理区でいずれも K₁、K₂ の値が多少上っていることから、脱血処理がかえって鮮度低下と Mb、Hb のメト化を促進したためと思われた。

ドリップ量と保水力の測定、顕微鏡観察の結果からは、試料相互間に有意の差は認められなかつた。

(5) 包装処理の影響

結果を表11に示したが、包装処理によりメト化率が多少低くなる傾向がみられたほかは、包装処理の効果は両K値、ドリップ量、保水力、顕微鏡観察、官能テストの諸結果からは認められなかつた。

III. 生食化に関する総合考察

(1) 生食適性に影響する凍結前の諸条件

今回とり上げた原魚の生物学的条件並びに漁獲後のとり扱い条件で、ほぼ凍結前に吟味すべき諸条件は網らざれているとみなされるが、本研究では試料魚の数少ないうえ、生物学的条件のようなものは長い年月をかけて地道に計画的に探査して、始めて明らかになるような性質のものであるので、ここで早急に結論を出すことはさしひかえたい。ただ本研究の範囲内で得られた結果を整理すると次のようになる。

- ① 今回調査した程度の生物学的条件の違いでは、冷凍後のカツオの生食適性に対しほとんど影響していなかつた。
 - ② 漁獲後のとり扱い条件のうち、致死条件、脱血処理、包装処理の影響もほとんど無視できる程度のものであるといつてよい。
- そして、生食適性に最も強く影響しているのは凍結前の鮮度であつて、鮮度以外の何ものでもないといつ

ても過言ではないと思う。本研究で得られた鮮度に関する観察結果、実験結果を総括して、死後のカツオの肉は鮮度低下に伴い迅速に褐変化し、同時に生臭みを発生し渋味も生じて生食適性を消失する。従つて死後硬直の初期から中期にかけてのごく新鮮な条件のうちに急速に凍結に付することが肝要である、と結論される。このような鮮度の肉では、解凍後の肉組織の復元性の悪さや、解凍硬直に由来する (幸いカツオではマグロほど著しくはないが) 硬さの問題が未解決の課題として残されているが、これらは、それほど大きな欠点でもないので当面は無視しても差支えないだろう。

上記のような鮮度は、南方洋上の高い気温 (25~36°C) の下でカツオの死後1時間以内、22~24°C の下で死後3時間以内でしか入手できない。しかし、死後直ちに 2°C 前後の冷海水浸漬、あるいは -2~-3°C のあげ水で魚体を予冷するならば、死後8時間までその時間を延長することができる。

(2) 実際に船内凍結するに当つての提言

一本釣りで漁獲された生きていたカツオを直ちに凍結することが望ましい。止むを得ず放置する場合には冷海水中に投入し8時間以内に凍結する。なお投入する以前に甲板上に放置できる時間はせいぜい1時間以内である。凍結は別に行つた船内凍結の実験結果からみれば今回採用した -55°C の急速凍結・-50°C 貯蔵といったベストの条件は必ずしも必要でない。せいぜい -35°C 程度のセミエアーブラストかエアーブラストで十分であろう。それで最大氷結晶生成帯を5時間以内に通過させる。凍結終温度は -25°C とし、尾藤らの報告⁹⁾ に従い -30°C 貯蔵なら3か月まで、-40°C 貯蔵なら6か月まで貯蔵できる。山中らの研究²²⁾ によれば、南方海域産カツオで鮮度良好のうちに船内凍結されたものは、缶詰にした時にオレンジミート (肉色が黄橙色になり、対米輸出でクリームのもととなる) が発生して好ましくないという。そして経験的に、凍結前に冷海水予冷を15時間行い、ある程度鮮度低下させたカツオではオレンジミートが発生しにくいといわれている。もしカツオの漁獲量が船内の処理能力を上廻り、上述のような生食向きの凍結前処理や凍結処理が不可能になってきた場合には、その分の漁獲に対してはブライン凍結して缶詰原料か節原料に切りかえる、すなわち処理限界内の鮮度良好の分は生食用に、処理限界外の鮮度が多少おちた分は加工用にと使い分けることをこの際提言したい。

要 約

現在、専ら加工原料に用いられている南方海域産冷

凍カツオについて、その品質を生食できるレベルまで向上させる目的で、凍結前の原魚の生物学的条件と船内とり扱い条件が、冷凍後の品質にいかにか影響するかを船上および陸上双方の実験を通じて検討し、以下の諸結果を得た。

- (1) 今回調査した程度の魚体の大小、性別、栄養・健康状態 (肥満度、脂肪ののり具合、筋肉の水分量とヌクレオチド量、肝臓重量比などから判定)、生殖巣の熟度などの生物学的条件の違いは、メト化率による肉色、ATP分解物による鮮度 (K₁)、ドリップ量、保水力、官能テストによる生食適性などからみた品質にそれほど大きく影響していなかつた。
- (2) 漁獲後のとり扱い条件のうち苦悶したかどうかの致死条件、脱血処理、包装処理もまたほとんど品質に影響しなかつた。反面、凍結前の鮮度が極めて大きく影響することを認め、従つて予冷による鮮度保持の有効性が強調された。
- (3) 実際上の立場から、生食化できる冷凍カツオを得るためには死後硬直中、できれば硬直初期から中期のうちに凍結する必要がある、それには 25~36°C で1時間、22~24°C で3時間が漁獲後許容できる放置時間である、しかし冷海水浸漬 (約 2°C) かあげ水 (-2~-3°C) でカツオを予冷するならば、これを8時間まで延長することができる、などの提言を行った。

文 献

- 1) 農林省農林経済局統計情報部編: "昭和48年漁業養殖生産統計年報" (1975)。
- 2) 水産庁カツオ漁業合理化対策検討会 (1975年5月~1976年3月) 資料
- 3) 尾藤方通、桐山宏子: 東海水研報, 第75号, 75~86 (1973)。
- 4) 鈴木信興、橋本周久、松浦文雄: 日水誌, 39, 35~41 (1973)。
- 5) 内山均、鈴木たね子、江平重男、野口栄三郎: 同上, 32, 280~285 (1966)。
- 6) 尾藤方通、桐山宏子: 東海水研報, 第75号, 87~94 (1973)。
- 7) 高橋豊雄: 同上, 第30号分冊 (水産化学及び利用), 95~103 (1961)。
- 8) 田中武夫: 日本水産学会秋季大会 (1966年10月, 福山) で発表
- 9) 尾藤方通: 日水誌, 31, 534~539 (1965)。

田中武夫・角田聖齊・西脇興二・中山哲弥・大塚悦教

- 10) 内山均, 江平重男: 同上, 36, 977~992(1970).
- 11) SAITO, T., K. ARAI and M. MATSUYOSHI: *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 24, 749~750 (1959).
- 12) 江平重男, 姉川昌彦: 日水誌, 32, 716~772 (1966).
- 13) 江平重男: 魚肉ソーセージ, No.148, 30~41 (1967).
- 14) 藤井豊, 内山均, 江平重男, 野口榮三郎: 日水誌, 32, 410~416 (1966).
- 15) 田中武夫: "タラ肉の凍結・冷蔵に関する研究", タイプ印刷 (1962).
- 16) 尾藤方通: 日水誌, 36, 402~406 (1970).
- 17) 田中武夫: 東海水研報, 第59号, 29~47(1969).
- 18) 田中武夫, 西脇興二, 角田聖齊: カツオ, マグロの品質保持研究委嘱報告, 第3報, 6~11, 日水誌 (1973).
- 19) 内山均, 江平重男, 小林宏, 清水直: 日水誌, 36, 177~187 (1970).
- 20) 田中武夫: 東海区水研報, 第60号, 143~168 (1969).
- 21) TANAKA, T., S. KONAGAYA, K. YAMABE, K. KUME and K. NISHIWAKI: *Proc. B₂ & D₃ Meeting I.I.R.* (1974, Tokyo), 287~295; 冷凍, 49 (565), 937~944 (1974).
- 22) 山中英明, 尾藤方通, 横関源延: 日水誌, 39, 1299~1308 (1973).

購読のおすすめ!

月刊 冷凍空調技術

冷凍技士会編集

B5判 毎号80ページ(技術資料 色紙使用) 定価 600円

■日本冷凍協会では、現場技術者、初学者の学問技術の指導に意をそまいてありますが、本誌は工業高校卒程度で理解できる、実用的なデータを主体として、設計、施工、運転、管理、食品等、冷凍に関する実務に必要な資料、技術基準を掲載しております。

■編集は各講義を、10回~20回に渉って連載し、また時下重要事項にテーマを絞って、特集号を刊行しております。冷蔵倉庫、冷凍用自動制御機器、食品の冷凍、吸収冷凍機、ターボ冷凍機、チリングユニット、冷凍空調における恒温恒湿、冷凍空調設備の保守管理とサービス等の特集号を刊行、非常に好評を博しております。

申込方法: 月ごめ購読 6,600円(一年分) (会員) 4,800円
 氏名、送り先を明記の上、一年分料金を添えお申込み下さい。

〒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)5231 振替 東京73841番

主な内容

- 密閉形冷凍機
- 大型ヒートポンプと排熱回収
- 吸収冷凍機の取扱い
- やさしい冷凍工学
- 空気調和装置の設計入門
- 液化窒素冷凍装置とその応用
- 漁船の冷凍装置の実例
- 空調の省エネルギーについて
- 昭和51年(下期)第一・二種冷凍機械責任者試験問題解説

特集 "チリングユニット" 前篇・後篇 各 400円
 "冷凍空調における電気設備" 前篇・後篇 各 600円
 送料 各 50円
 在庫あります。

- 川 平 陸 義
- 高 田 秋 一
- 斉 藤 昭 三
- 畑 政 歳
- 宮 坂 明 男
- 入 沢 武 夫
- 桑 野 貢 三
- 笠 原 重 剛

研究論文 蒸発冷却器の性能

第5報 蒸発冷却器の性能試験方法*

Performance of Evaporative Cooler
 No.5 Report The evaluation of evaporative cooler performance

手塚 俊一*
 Shunichi TEZUKA

Summary

It is very important to know whether an evaporative cooler will function as designed or not. Though the design calculations may be correct, faulty fluid distributions of air, spray water and process water inside evaporative coolers often result in low efficiency. Furthermore, the conditions under which the performance of the evaporative cooler is tested are usually not close to the design conditions, namely air flow rate G/A , spray water flow rate L/A , process water flow rate W/A , inlet temperature of process water t_{w1} and wet bulb temperature of inlet air t_1' .

Especially, the fact that the design wet bulb temperature t_1' , which is high, is rather rare under actual weather and plant conditions, requires such tests be conducted at a lower wet bulb temperature. Therefore the evaluation of performance tests of evaporative coolers requires appropriate corrections of the results to translate them to design conditions.

The investigations of the evaporative cooler presented here by the author illustrate how the capacity at conditions of the performance tests can indicate whether the evaporative cooler meets the capacity shown by performance curves in the catalog.

1. ま え が き

設計製作された蒸発冷却器が、設計どおりに性能を発揮するか否かは重要な問題である。

設計計算が正しくても、蒸発冷却器内の散布水、プロセス流体や空気の流量分布が悪くて、予想どおりの性能が出ないことはよくあることである。その性能試験も、空気重量速度 G/A 、散布水重量速度 L/A 、プロセス流体重量速度 W/A 、プロセス流体入口温度 t_{w1} や入口空気湿球温度 t_1' の値が設計条件と異なる状態で行わねばならないことが多い。

特に、設計入口空気湿球温度のように高い値の日は少ないので、どうしても低い湿球温度 t_1' の日に試験しなければならない場合が生じる。従って設計条件より大幅に異なる場合には、その性能試験結果を設計温度条件に補正して評価しなければならない。

しかし、従来蒸発冷却器についての系統だった研究報告はなく、その熱的特性も十分には分っていなかった。従って、蒸発冷却器の性能試験方法について報告

されたものはない。

著者は、プロセス流体として水を用いた場合の蒸発冷却器内の熱交換器の管径や配列を種々に変えて実験し、その結果を第1~4報^{1)~4)}にまとめて報告した。その結果、設計資料として重要なエンタルピ基準の総容積熱伝達係数 Ka ($\text{kcal/m}^3\text{h}di$) が1つの実験式や無次元式で表わされ、プロセス流体として水を用いた場合の蒸発冷却器の性能は大体明らかになった。

以上の実験結果を参考にして設計条件より大幅に変化した場合にも適用できしかも取り扱いの簡単な、プロセス流体として水を用いた場合の蒸発冷却器の次の2つの性能試験方法を提案する。プロセス流体としては水、油等種々の流体が考えられるが、以下に検討するのはすべてプロセス流体として水を用いた場合である。

*モスクワにおける第14回国際冷凍会議(1975)において発表した論文(B1.84)
 **東京商船大学 正会員
 Tokyo University of Mercantile Marine
 原稿受付 昭和51年8月26日