

§ 利用調査科関係

指定調査研究総合助成事業 (昭和49～50年度総括)

過冷却貯蔵法による漁獲物の 鮮度保持について

岩本宗昭，今岡要二郎
日野佳明，田中伸和
(中田美智子，江村一恵)

緒 言

水産物の生鮮度保持法と品質の適確な判定法の確立は、流通の改善、品質の向上、価格の安定などの面で重要な研究課題である。

沿岸漁業や操業日数が10日前後の沖合漁業では、漁船規模などの点から冷却装置をもつ船は少なく、ほとんどが氷蔵法によって鮮度保持を行なっている。しかし、この氷蔵による生鮮度の維持は、4～5日が限度と考えられ、操業日数が1週間を越える場合には確実な鮮度維持を期待することは難しい。

当県浜田港を基地とする2そうびき沖合底びき網漁船は、日本海西南海域と対馬沖を漁場として7～10日程度の操業を行なっているが、今まで漁獲物の都市市場における品質評価ランクが低い傾向にあった。近年、漁獲量の頭打ちなどから量より質への転換を迫られ、業界においてもよりよく鮮度に対する関心や認識が高まり、鮮度保持方法の改善、都市市場までの流通ロスの軽減などの諸対策が検討されるようになった。著者らは、昭和46～48年度において、沖合底びき網漁船の漁獲物の鮮度実態を調査して、現行の氷蔵法では漁船の操業日数である10日前後の生鮮度維持は困難であることを認めるとともに、漁獲物の船上処理方法改善の必要性を強く感じた。

内山ら⁽¹⁾は、漁獲物の生鮮度保持期間の延長を図る方法として魚を0℃以下の温度(−3℃)で貯蔵する過冷却貯蔵法(Partial freezing)の効果を検討し、その有効性を認めている。

そこで、漁獲物処理技術改善の一方法として、この過冷却貯蔵法の現場応用を課題として取上げその有効性と実用化の可能性について検討した。

試験 I 過冷却貯蔵による主要魚種の鮮度保持効果について

主要魚種 13 種（回遊魚 6 種，底棲魚 7 種）について過冷却貯蔵を行ない，貯蔵中の鮮度保持状態と蛋白変性の程度を氷蔵試料と比較検討した。

実験方法

1. 試料と貯蔵方法

漁獲後数時間の新鮮なマサバ，マイワシ，ウルメイワシ，シイラ，クロマグロ，ホソトビ（以上旋網漁船水揚げ）およびマダイ，アマダイ，ヒラメ，ムシガレイ，ホウボウ，マトウダイ，アカムツ（以上，小型底びき漁船水揚げ）をラウンドまたはフイラーでポリエチレン袋に封入して，不凍液の入った低温恒温水槽に浸漬し， -3°C に保って 18 日間貯蔵した。なお，同じ試料を氷蔵して対照試験区とした。

2. 鮮度判定

魚類の鮮度判定指標としては，従来アンモニア，トリメチルアミンなどの腐敗生産物の測定が採用されているが，生鮮時の「生きのよさ」を比較する指標としては不適當であるため，斎藤ら⁽²⁾が提案している ATP の分解生産物を測定して算出する K 値を鮮度判定指標とした。

K 値は，ATP の分解経路（ $*\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} \rightarrow \text{AMP} \rightarrow \text{IMP} \rightarrow \text{HxR} \rightarrow \text{Hx}$ ）で生成する関連化合物の総量に対する HxR と Hx の量を百分率で示したもので，値が小さいほど「生き」がよいと判定される。

ATP 関連化合物は，10% 過塩素酸による魚肉抽出液を Dowex 1×4 の Cl^{-} 型樹脂を用いたイオン交換カラムクロマト法で HxR+Hx と ATP+ADP+AMP+IMP に分画定量する小林ら⁽³⁾の簡易測定法に準拠して測定した。

3. アクトミオシンの Ca^{2+} -ATPase 全活性の測定

魚肉蛋白質の変性状態を判定する指標としては，塩溶性蛋白質の量的消長をみるものが広く行なわれている。

(脚注) * . ATP : アデノシン三リン酸，ADP : アデノシン二リン酸，AMP : アデニール酸

IMP : イノシン酸，HxR : イノシン，Hx : ヒポキサンチン

一方、川島ら⁽⁴⁾は魚肉の品質をより適確に判定する方法として、蛋白質の量的消長に加えて質的な面をも考慮し、抽出したアクトミオシン量とその酵素活性（ATPase比活性）から求める全ATPaseの活性値を判定指標とすることを提唱している。

この試験では、過冷却状態における魚肉蛋白の変性度をより適確に判定する観点から川島らの方法を採用しているが、アクトミオシンの抽出、調整その他の測定手順は加藤ら⁽⁵⁾の簡易測定法に準拠した。

Ca²⁺-ATPase活性は、低イオン強度反応液（0.06M KCl, 0.005M CaCl₂, 0.025M Tris-maleate pH7.0, 抽出アクトミオシン0.2~0.5mg/ml）に0.001M ATP（最終濃度）を添加して25℃における無機磷酸の生成量を測定し、一次反応式による反応速度から比活性を求め、魚肉10gから抽出されたアクトミオシン量をCa²⁺-ATPase全活性として表わした。なお、蛋白質はマイクロビュレット法⁽⁶⁾により定量した。

結果および考察

図-1(1)~(3)に貯蔵中のK値変化とCa²⁺-ATPase全活性の変化を魚種別に示す。

鮮度の指標としたK値の変化は、各魚種とも-3℃貯蔵試料の方が氷蔵試料より緩やかな上昇を示しており、マイワシ、クロマグロ、ホソトビは12~16日目まで、マダイ、アマダイ、マトウダイ、ヒラメ、ムシガレイは18日目においても、生鮮度保持（さし身可能）の指標値とされている20%台以下の値を維持している。しかし、ホウボウ、シイラ、マサバは上記の魚種に比較してK値の上昇が早く、10日目以前に20%を越えた。

一方、氷蔵試料は7日目の測定でマダイ、マトウダイを除いて、いずれも30~50%の値を示しており、20%台の維持は4~5日が限度で、官能的にも生鮮度の保持は4~6日が限界と観察された。なお、マダイ、マトウダイは他の魚種に比べてK値の上昇が緩慢で、氷蔵7日目でも20%前後の値を維持し、-3℃貯蔵では18日目においてもアマダイとともに10%台の値を示している。

次に、蛋白変性の指標としたATPase全活性の変化についてみると、底棲魚種はアカムツ、ムシガレイを除いて、18日目でも0日の活性の80%以上を維持しており、顕著な活性低下を示していない。また、氷蔵試料と-3℃貯蔵試料の間にもほとんど差がみられない。

回遊魚種は、トビウオを除いて日数の経過に伴い漸減傾向を示し、-3℃貯蔵試料の方が活性の低下が緩慢である。

図-2は、氷蔵中におけるATPase全活性の変化を魚種別に比較したものである。図に示すように、全活性のレベルは魚種によって異なり、マイワシ、ムシガレイは他魚種に比べて特に低い値

を示している。また、底棲魚種より回游魚種の方が貯蔵中の活性低下が顕著である。-3°C貯蔵における活性保持についてみると、マイワシ、マサバ、アカムツ、ムシガレイが活性低下の割合が高く、ホソトビ、ホウボウ、マダイはほとんど変化がみられず、0日とほぼ同じ活性を維持している。

以上の結果から、いずれの魚種も-3°C貯蔵により、ATP関連化合物の分解が抑制され、官能的にも氷蔵試料より長く新鮮感を維持することが認められる。また、魚肉中のアクトミオシンも比較的安定しており、-3°C貯蔵においても、ATPase全活性の顕著な低下はみられなかった。

試験Ⅱ 過冷却貯蔵試料の商品価値に関する検討

試験Ⅰにおいて、主要魚種18種について-3°C貯蔵を行なった結果、ATP関連化合物の分解が抑制され、魚肉中のアクトミオシンも比較的安定であることを認めた。

しかし、魚肉を-3°Cに貯蔵すると水分の一部は凍結状態となるので、解凍時に多少のドリップが認められる。

魚肉の凍結に伴う肉組織の損傷や歩留の低下は、利用加工面での適性を損うことも予想されるし現在の流通慣習のなかでの商品としての位置づけの面でも問題となる。

そこで、この試験では解凍時のドリップ量や、解凍後の食味、食感について検討した。

実験方法

1. 試料と貯蔵方法

漁獲後数時間経過の新鮮なマダイ、ヒラメ、アカムツ、ホウボウ、マトウダイの5魚種を(1)氷蔵(2)氷+食塩(氷量の8%相当量)、(3)-3°C(恒温水槽)の処理区分に分けて10日間貯蔵した。

なお、試験区(2)は過冷却貯蔵の簡便法としての効果をみるために試料を保冷コンテナに収納して1°Cの冷蔵庫に保管した。

2. 流出ドリップの測定

精肉部分20gを細角片として、ろ紙を敷いたシャーレに入れて冷蔵庫に1夜放置したのち肉重量を測定し、差引き減量を流出ドリップ量とした。

3. 官能検査

貯蔵10日目の試料を刺身とし、当场職員5名に各魚種について(1)~(3)の処理区試料を比較して順位をつけさせるとともに、各魚種最上位の試料の刺身としての品位を評価させた。

結果および考察

各魚種の処理区分別のK値、流出ドリップ量、官能検査結果を表-1にまとめて示す。

貯蔵10日目のK値は、魚種間に多少の差異はあるが、-3℃貯蔵試料が10~25%と最も低い値を示し、氷と食塩を混合した処理区(2)は20~30%台、氷蔵試料は20~40%台を示した。

-3℃貯蔵試料は、軽度の凍結状態にあり、解凍時9~12%の流出ドリップが測定された。処理区(2)の貯蔵中の氷温は、食塩の分散状態、魚と氷の量、外気との断熱状態など複雑な要素により定まるので、その温度変化も条件により異なるものと考えられるが、氷中の魚体に記録温度計の検出部を接触させて測定した温度変化は図-8に示す如くである。

この図から、貯蔵初期の周囲温度(氷温)は-12℃に下り、以後、約1.7℃/日の割合で上昇して6日目には-2℃となり、その後はほとんど変化せず10日目に-1℃である。

従って、魚体は6日目頃までは冷凍される状態にあり(実際の観察でも凍結状態にあった)、6日目以降は周囲温度が上がり解凍状態となり、10日目の時点ではほぼ解凍が完了していた。

次に、刺身とした場合の食味、食感は、表-1に示すように各魚種とも全員が処理区分(2)>(3)>(1)の順位をつけた。刺身としての品位は、マトウダイ、ホウボウが「よし」、マダイが「まあまあ」アカムツは「やや落ちる」という回答が多数を占めた。この試食テストから、全員が冷凍品ではないかと感じながらも、刺身として食することに抵抗はないという感触を得た。

また、地元の市場関係者に、10日目の試料を見せて意見を聴取した結果、対照の氷蔵試料より両試験区試料の方が新鮮感を保持していることは認められたが、部分的にでも凍結状態にあるという点は、商品としての位置づけの面での検討が必要であるとの指摘を受けた。

氷に食塩を混合させて氷点降下させる簡便法は、この実験では魚体周囲の温度変化が比較的好ましい状態であったため、最終的に凍結感もなく、試食テストでも良い評価を得た。しかし、当業船で試験的に実施したところ、表-1に示すように、水揚げ時完全な凍結状態にあり、流出ドリップも5~11%と魚体間にバラツキがみられ期待した結果を得ることが出来なかった。現場における温度管理は失敗が許されないので、採用する方法も、出来るだけ簡単で、変動の少ないものが望ましく、食塩を添加する方法では、添加量や分散度合など不均一になり易い要素がある。

試験Ⅲ 過冷却貯蔵における温度管理に関する検討

過冷却貯蔵が生鮮度保持期間の延長を図る方法として有効であることは、試験Ⅰ～Ⅱの実験結果から明らかであるが、現時点では多少でも凍結状態にある場合は鮮魚として取扱いことに問題があるので、出来るだけ凍結を進行させないような温度管理が必要となる。

温度管理の方法としては、冷却装置を使用する工学的方法が完全であろうが、当県業界の現状では直ちに導入できる見通しがないので、簡便法として、氷に食塩を添加する方法に比べて塩分の分散の点で問題の少いと思われる塩水氷の利用について検討した。

方法および結果

1. 貯蔵温度の検討

魚肉の凍結点は $-1 \sim -2^{\circ}\text{C}$ ⁽⁷⁾とされているので、凍結を進行させない程度に過冷却するとすれば、貯蔵温度を -1°C 前後に管理しなければならない。

今までの実験では、貯蔵温度を -3°C に設定しているが、温度を -3°C から -2°C に上げた場合の鮮度や凍結状態をみるために、サバを試料として -2°C および -3°C で10日間貯蔵した。

その結果は表-1(2)に示すとおりで、凍結状態は -2°C の方が軽度であったが、 -2°C でも凍結を起こし、ドロップも -3°C と同程度測定された。しかし、K値は両区にほとんど差がみられず、生鮮度維持の面ではほとんど変りがなかった。

従って、凍結感なく貯蔵するためには、 -2°C 以下の温度に長時間おくことなく、出来るだけ -1°C 前後の範囲内で温度管理をする必要がある。

2. 塩水氷の氷温変化と融解率

塩水氷によって上述の温度を管理できるかどうかを検討するために次の実験を行なった。

1%、2%および3%の濃度に調整した食塩水をポリエチレン袋(500ml程度)に入れて密封し、凍結ストッカー(-20°C)中で凍結させ塩水氷とした。その一定量(400g)を砕氷してビーカーにとり、 2°C の恒温槽に放置し、一定時間経過毎に融解水の量と氷温を測定し、併せて融解水の塩分を定量した。

氷温(サーミスタ温度計の感温部をビーカー中の細水中に埋込んで測定した温度)は図-4に示すように、実験開始当初は $-6^{\circ}\text{C} \sim -10^{\circ}\text{C}$ と低温であるが、5時間後にはどの試験区も -2°C 前後に上昇し、その後は温度上昇が非常に緩慢となり、23時間経過時には -1°C 前後の値となった。

融解速度についてみると、図-5に示すように3%および2%塩水氷は、清水氷に比較して融解率が高いが、1%塩水氷の融解率は清水氷とほぼ同程度である。

また、融解水の塩分濃度は図-6に示すように、初めに塩分濃度の高い部分が融解するためか、初期のものほど高濃度であり、5時間経過時で3%区は約7割の塩分が融解水とともに流出し、2%区で約3割、1%区で約4割の塩分が流出している。従って、融解の進行とともに氷の含塩量は漸減し、試験区間の塩分濃度も差がなくなり、最終的には清水氷に近い状態となるが、このような塩分濃度の変化は当然図-4に示す温度変化と相互関係にある。

以上の実験結果から、塩水氷の融解に伴う水温変化は、塩分の分散状態や熱収支のバランスのとり方によって多少の変動は起るとしても、試験-Ⅱで試みた氷と食塩を混合する方法よりバラツキなく温度管理が可能ではないかと考えられる。

また、塩分濃度については、濃度を高くすれば初期の水温は低くなり、融解率も高いので冷却力は強くなるが、使用条件によっては温度が下り過ぎ魚体を凍結させる危険性もあるし、実際問題として製氷能率など経済的な面で応用が難かしくなる。

そこで、1%塩水氷の鮮度保持効果をみるために、サバを試料として貯蔵試験を実施したところ図-7に示すような結果を得た。

図からわかるように、1%塩水氷貯蔵区のK値変化は、氷蔵区より低いレベルを維持しているが-2℃および-3℃貯蔵区と比較すれば高い値であり、生鮮度保持効果はやや低下している。また記録温度計の感温部を魚体とともに氷中に埋込んで貯蔵中の温度を測定した結果、図-8に示すような変化をみせており、凍結させない温度管理という点では満足すべき結果を得た。

試験Ⅳ 海水氷による鮮度保持試験

過冷却貯蔵法の現場応用において温度管理をどうするかは重要な課題である。

試験Ⅲにおいて、塩水氷による温度管理とその貯蔵効果について検討した結果、確実な温度管理は困難であるが、現場で採用する場合、比較的管理の容易な過冷却媒体ではないかと考えられる。

現在、すでに船内で海水による製氷を行う方式は採用されつつあり、当県の漁船規模でも導入可能な製氷装置も市販されている。

海水氷は、凍結点が-2℃前後であり、清水氷のように氷の角が鋭くないので、魚体を傷つけないし、氷の架橋(ice bridge)を形成しないので取扱が容易であるなど、冷却媒体としては清水氷に比べて多くの利点をもっている。

そこで、海水氷による鮮度保持効果を数魚種について試験した。

実 験 方 法

漁獲後数時間の新鮮なマトウダイ、ホウボウ、アマダイ、アカムツ、ムツガレイを(1). 清水氷、(2). 海水氷、(3). -3°C (恒温水槽)の処理区分に分けて12日間貯蔵しれ。

船上における現場試験として、陸上で製氷した海水氷を保冷コンテナに密封収納し、沖合底びき漁船に積み込み、アナゴ、アマダイ、マダイ、アカムツについて海水氷による保蔵処理を行なうとともに、当场試験船(106吨)のサンマ試験操業に便乗して、サンマについても同様の試験を実施した。

なお、船上処理試料は航海日数が短かったため、底びき漁船の試料は5日~14日目まで、試験船の試料は3日~12日目までの期間は、陸上の冷蔵庫に保管して貯蔵を継続した。

結果および考察

図-8(1)~(8)に、魚種別に各処理区のK値変化を図示した。

K値変化の度合は、魚種によって相当の差異があるが、処理区別にみた場合、各魚種とも -3°C 貯蔵試料の方がK値上昇が緩慢で、12日目においても30%以下の値を示している。海水氷貯蔵区は、清水氷貯蔵区より良い結果を示しているが、タイ、アカムツ、ムシガレイ、サンマなどでは、あまり顕著な差がみられない。

官能的観察では、前回までの試験結果と同様、 -3°C 区は12日目においても新鮮感を十分保持していたが、海水氷区試料はやや鮮度低下が認められた。しかし、試験を実施した当業船の関係者は、現在行なっている処理法によるものより良い状態にあることを認めていた。

図-9は、サンマ貯蔵中における魚体温変化を示したものである。

海水氷の氷温は、陸上で製氷したものを積込んでいるので、使用開始時点では製氷初期のような低温は保持しておらず、 -2°C ~ -1°C の範囲で変化し、魚体温も -1°C 前後から 0°C 近くまでの範囲で変化している。一方、清水氷貯蔵試料は、 $+2^{\circ}\text{C}$ ~ 0°C 近くまでに冷却されているので、海水氷区との温度差は最大で 2°C であるが、貯蔵終期にはほとんど差がなくなっている。

図-10は、サンマ貯蔵中の海水氷の融解量と、その塩分濃度の変化を示したものである。貯蔵初期の融解水の塩分濃度は、4%前後と海水の塩分濃度より高い値であるが、24時間経過時で8%、8日目頃には2%以下となっている

次に、魚体の凍結状態を処理区別にみると、 -3°C 貯蔵試料はゆるい凍結状態にあり、魚体は

少し硬くなっていたが、船上処理した海水氷貯蔵試料は、表面が凍結した期間はあったが、貯蔵終期にはほとんどが解凍の状態であった。一方、陸上処理した試料は、水温が低い貯蔵初期には比較的強い凍結状態にあったが、貯蔵終期にはほぼ解凍した状態であった。

図-11は、 -3°C に貯蔵した試料の解凍時の流出ドリップを、対照の鮮肉と比較して示したものである。

全体として6~11%程度のドリップを流出しているが、対照鮮肉にも3~5%の減量が認められるので、凍結による実質的な流出ドリップは1~7%程度と考えられる。

以上の実験結果から、海水氷の鮮度保持効果は、清水氷より高いことは明らかであるが、 -3°C の恒温に貯蔵したものと比較した場合は、その効果はやや劣るようである。

従って、これの現場応用を図るに当っては、陸上で製氷した氷を積込む方法でなく、船に製氷機を搭載して、水温が低く、冷却能力の高い製氷初期の水を使用することが望ましい。

また、過冷却状態をより長く持続させるために、魚艙の断熱性能や、漁獲物の収納方法、施水量などについて、現場の実態に対応した検討が必要である。

総 括

- (1) 主要魚種13種について、過冷却貯蔵(-3°C)を行なった結果、いずれの魚種もATP関連化合物の分解が抑制され、官能的にも氷蔵試料より長く新鮮感を維持することを認めた。
(試験I)
- (2) マダイ、ヒラメ、アカムツ、ホウボウ、マトウダイを -3°C で10日間貯蔵して、解凍後刺身として当場職員が試食した結果、冷凍品であるという感触はもっていたが、刺身として食することに抵抗は感じていなかった。(試験II)
- (3) 過冷却貯蔵処理として、氷に食塩を混合して氷点降下させる簡便法を実施した結果、貯蔵中の温度管理が難しく、凍結を進行させないという立場でみれば、失敗する危険性が大きであると考えられた。(試験II)
- (4) 凍結を進行させない程度に過冷却貯蔵を施すという観点から、塩水氷による温度管理について検討した結果、1%食塩水氷を用いるのが適当であると判定した。(試験III)
- (5) サバを1%食塩水氷で10日間貯蔵して、氷蔵試料および -3°C 貯蔵試料と比較した結果、氷蔵試料よりは生鮮度を保持していたが、 -3°C 貯蔵試料と比較すると、その鮮度保持効果は劣るよう観察された。(試験III)
- (6) 過冷却貯蔵法の現場応用に当って、海水氷が最も利用し易い過冷却媒体ではないかと考え、数

魚種についてその鮮度保持効果を試験した結果、清水氷より効果があることは認められたが、 -3°C 恒温貯蔵と比較した場合は、その効果はやや劣っていた。(試験Ⅳ)

文 献

- (1) 内山，加藤：昭和48年度日本水産学会秋季大会講演要旨集
- (2) 齋藤，新井，松吉：日本水産学会誌 Vol. 24 No.9 (1959)
- (3) 小林，内山：東海区水産研究所研究報告 No.61 (1970)
- (4) 川島，新井，齋藤：日本水産学会誌 Vol. 39, No.2 (1972)
- (5) 加藤，内山：東海区水産研究所研究報告 No.78 (1974)
- (6) 梅本：「魚肉ソーセージ」No.170 (1969)
- (7) 長岡，田中：「冷凍冷蔵学」恒星社厚生閣版

残された問題点とその解決方針

漁獲物の過冷却状態での貯蔵は、生鮮度維持期間の延長を図る方法として、その効果を認めることが出来た。しかし、貯蔵温度を $-2\sim-3^{\circ}\text{C}$ に下げると、魚体は軽度の凍結状態となり食味、食感も鮮肉と全く同等とみなすことは無理であり、現在の流通慣習のなかで、商品としてのどのような位置づけをするかが問題となろう。

これら、商品価値、品質評価、加工適性などについては、今後、氷点附近の温度で起る魚肉の物理・化学的変化についての学問的な解明など広範な基礎試験にもとづいて明確にしていかなければならないが、当面は、試験船に製氷装置導入の見通しもあるので、海水氷による過冷却貯蔵法確立のための基礎試験を継続し、業界の関心が得られるような資料の採集に努めたい。

成果の事業化の見通し

過冷却貯蔵は、2週間程度の短期の鮮度保持法として、本格的な凍結処理を施すよりも経済的であり、合理的である。

現時点では、温度管理の方法が難点となっているが、過冷却システムの確立は工学的に不可能なものではなく、過冷却貯蔵法に対し鮮度保持効果の面で認識が高まり、商品としての位置づけが明確になれば、氷蔵法に代る新しい船上処理法として採用されるものと考えている。

表一 1 各魚種の処理区分別K値，ドリップ量および官能観察結果

(1)

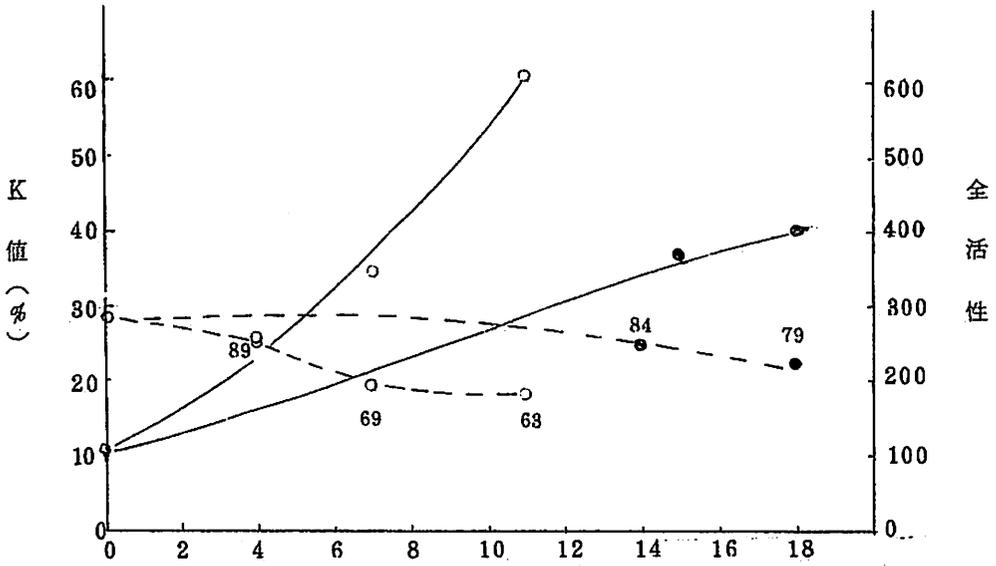
魚種名	処理区分	K 値 (%)		流出ドリップ量 (%)	官 能 観 察
		0 日	1 0 日		
マダイ	(1)		3 2.8	1 2.0	新鮮感(2)>(3)>(1) 食味食感(2)>(3)>(1) (刺身)品位としては中程度 (3)(2)赤味増(体色)
	(2)	3.1	1 7.7		
	(3)		9.8		
ヒラメ	(1)		3 2.6	—	新鮮感…同上 食味・食感…異常肉質のため食することできず
	(2)	9.4	1 8.9		
	(3)		1 5.5		
アカムツ	(1)		4 8.7	1 2.0	新鮮感…同上 食味，食感…(2)>(3) (1)は刺身として食用不可 体色が落ち易い魚種であり(3)も褪色気味であった。
	(2)	9.3	2 9.8		
	(3)		2 4.9		
ホウボウ	(1)		4 0.2	9.5	新鮮感…同上 食味，食感…(2)>(3)>(1) 刺身として比較的高く評価された
	(2)	8.1	3 8.8		
	(3)		2 6.9		
マトウダイ	(1)		2 0.9	1 0.5	新鮮感…同上 食味，食感…(2)>(3)>(1) ホウボウとともに評価が良い。
	(2)	4.3	2 0.4		
	(3)		1 7.0		
アカムツ (船内保蔵)	(1)		6 6.4	(5.5) 1 1.5	(2)は水揚げ時完全な凍結状態で眼球も白く体色も落ちていた。
	(2)	—	2 6.7		

(2)

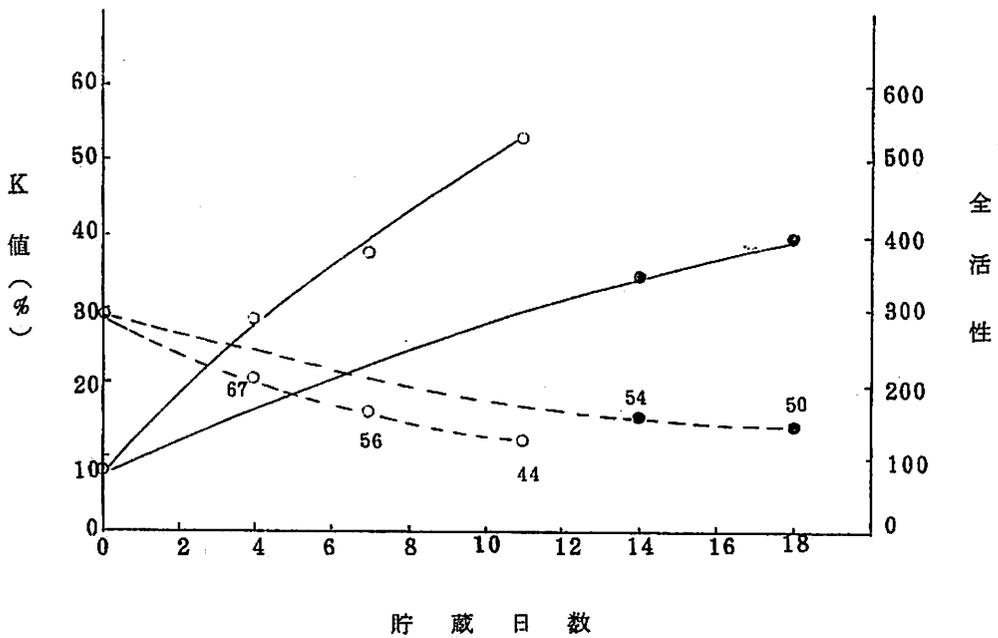
サバ (試験Ⅲ)	- 2°C	9.2	3 1.3	1 9.5	新鮮感…良好，- 2°Cと- 3°Cに顕著な差なし 凍結度- 3°C>- 2°C
	(3) - 3°C		3 1.9	1 9.5	
サバ (試験Ⅲ)	(1)	3.4	5 7.9		
	(4)		4 6.8		

(注) 処理区分(1)・・・氷蔵 (2)・・・氷+食塩 (氷の3%相当量)
(3)・・・- 3°C (恒温槽) (4)・・・1%食塩水氷

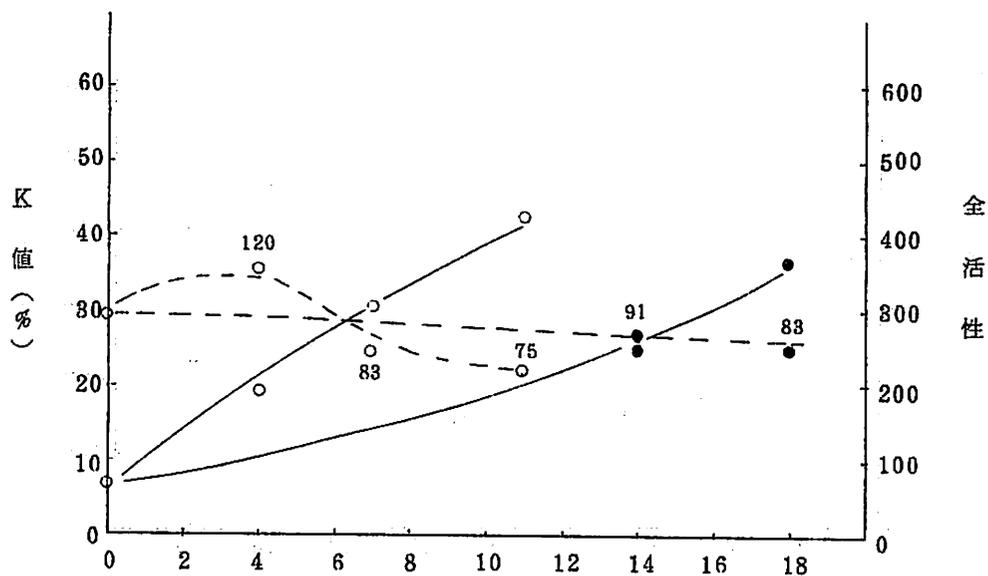
(3) ウルメイワシ



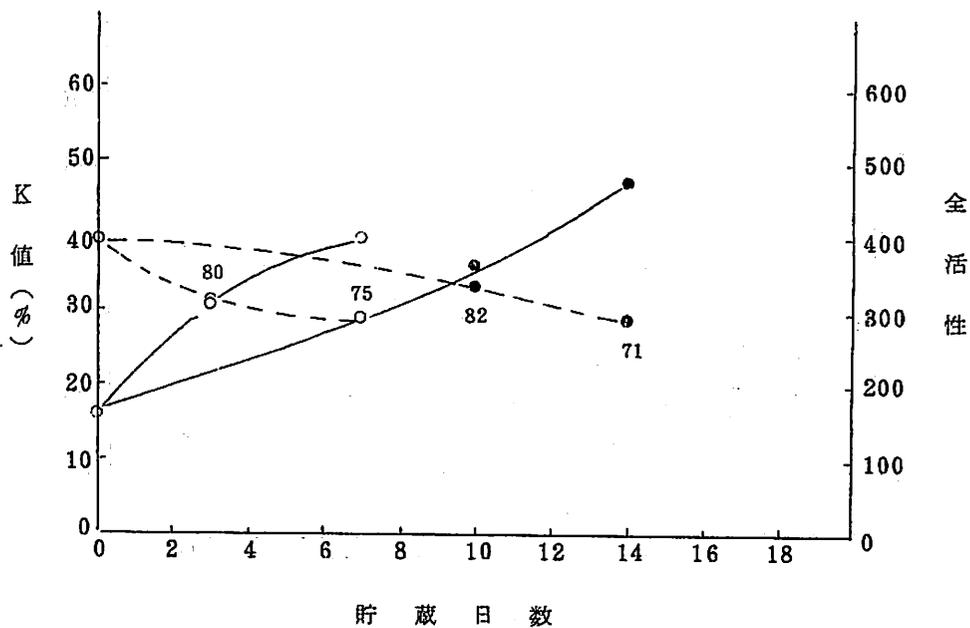
(4) マ サ バ



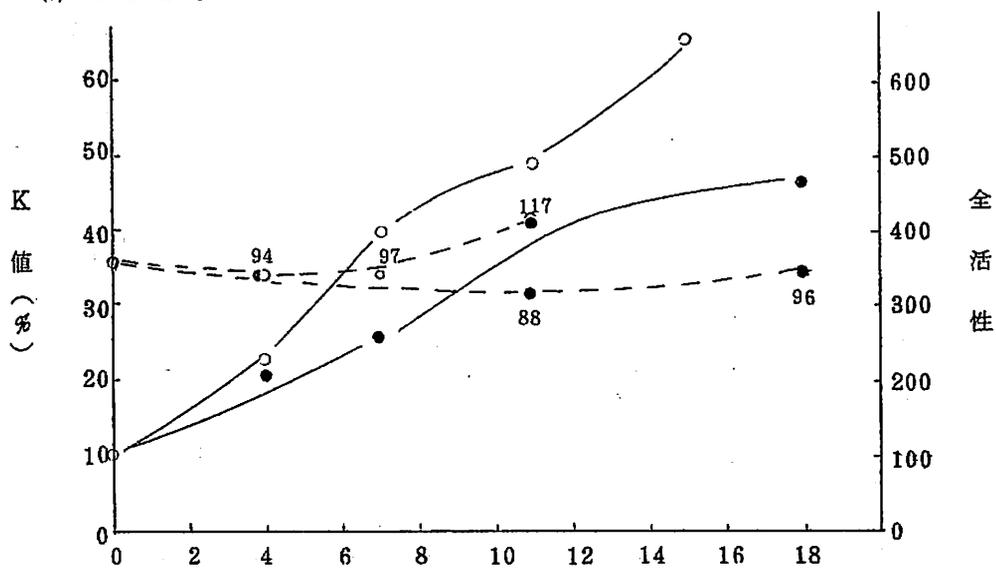
(5) クロマグロ



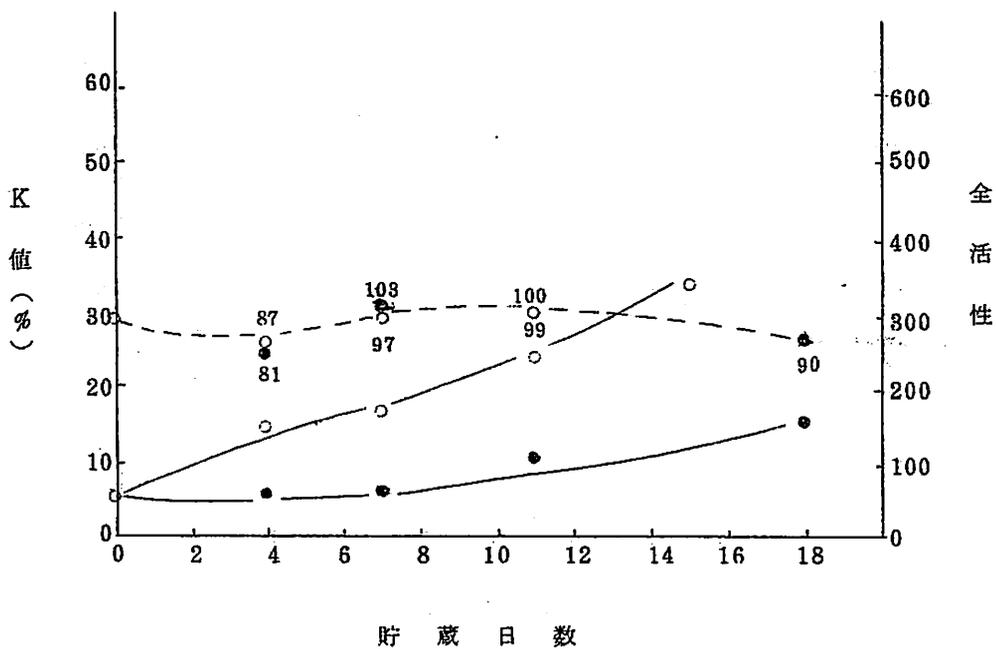
(6) シイラ



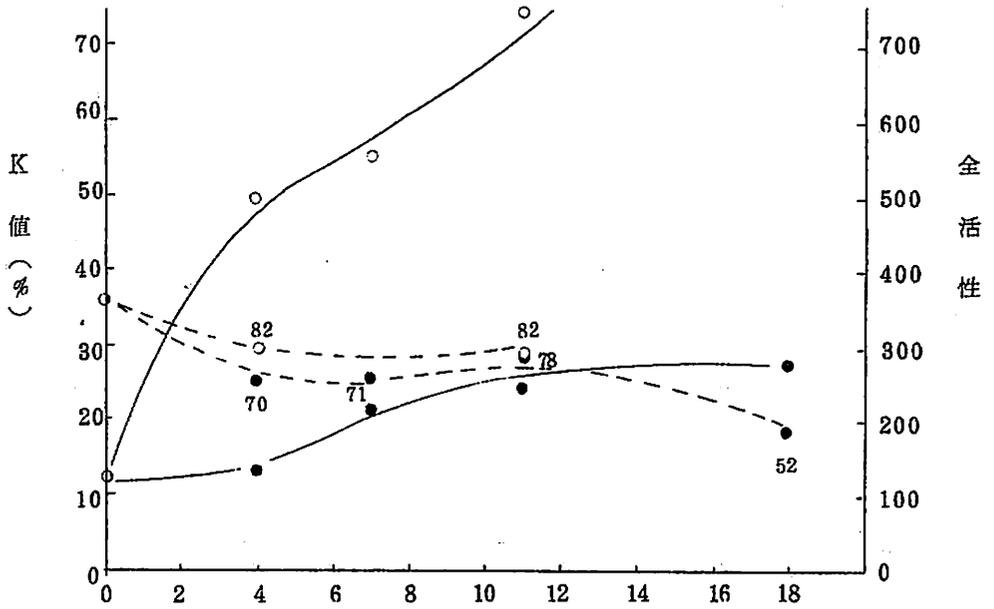
(7) ホウボウ



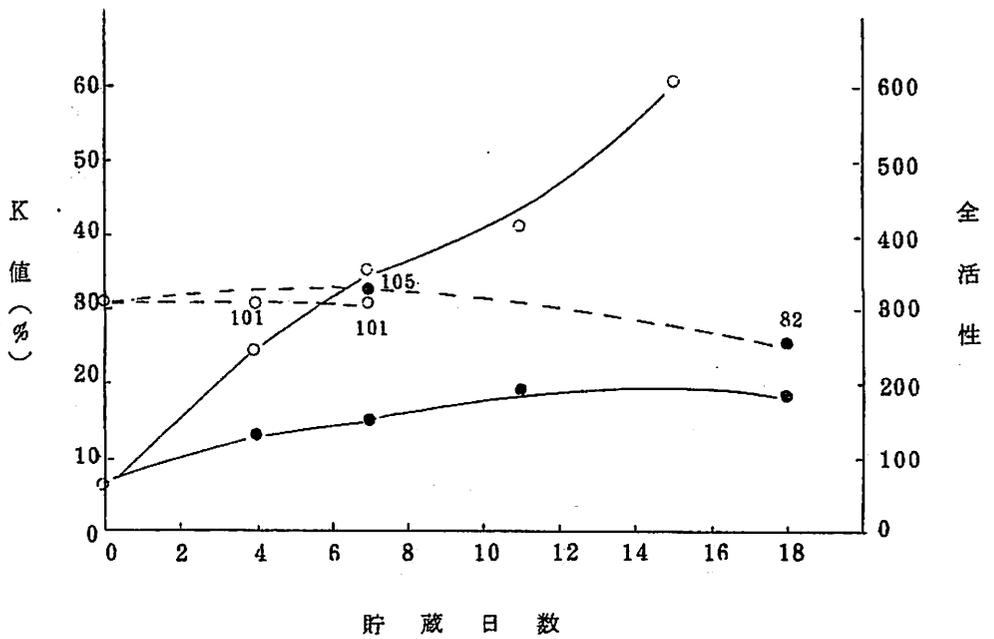
(8) マダイ



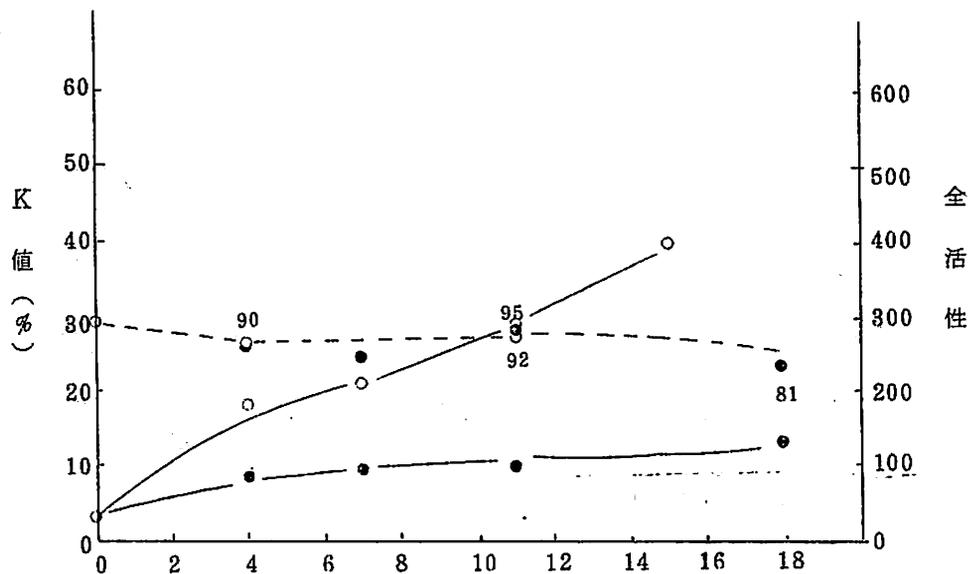
(9) アカムツ



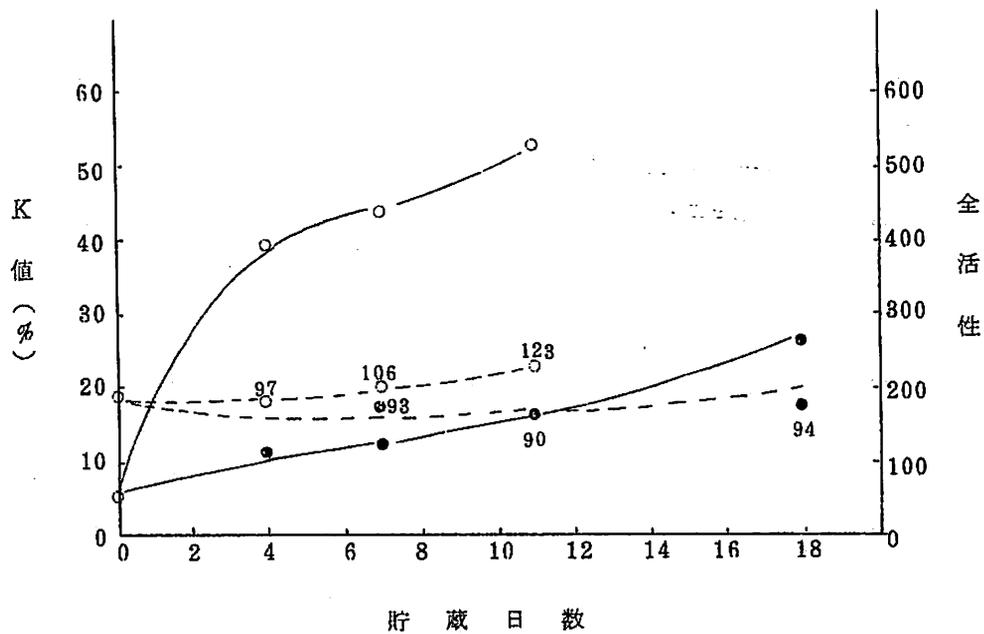
(10) アマダイ



(1) マトウダイ



(2) ヒラメ



(13) ムシガレイ

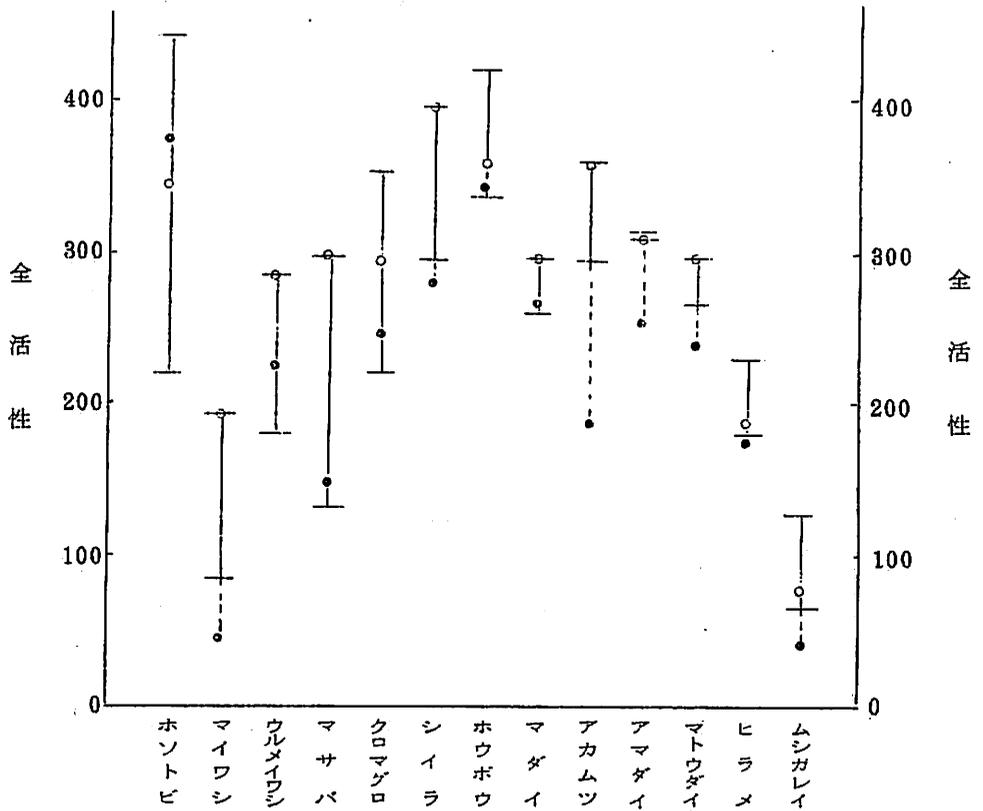
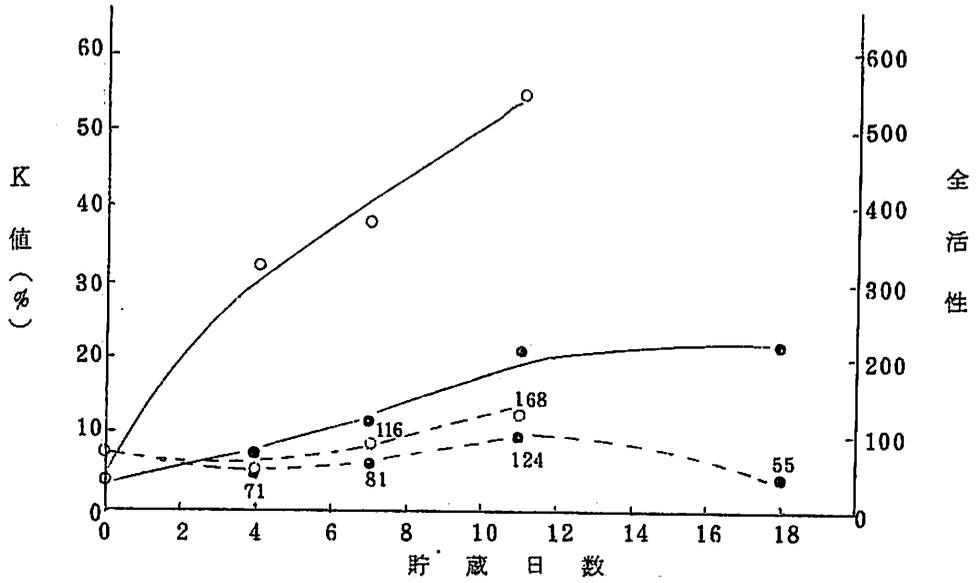


図-2 魚種別のCa²⁺-ATPase全活性

(○--- 0日測定値 ●--- -3°C 18日目 |--- 氷蔵中における変動範囲)

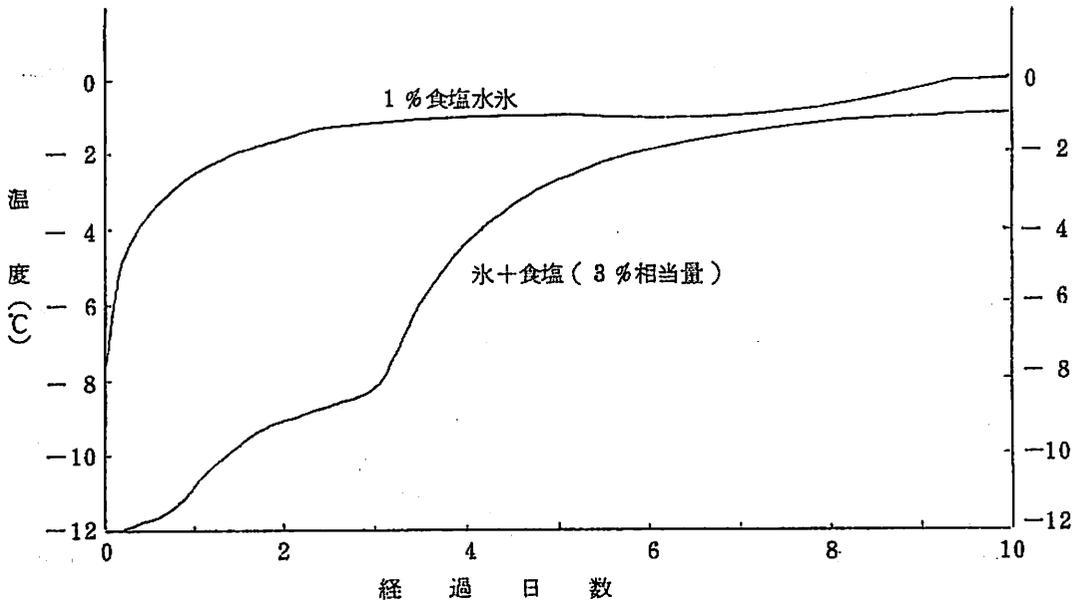


図-3 貯蔵中の氷温変化 (魚体周囲温度)

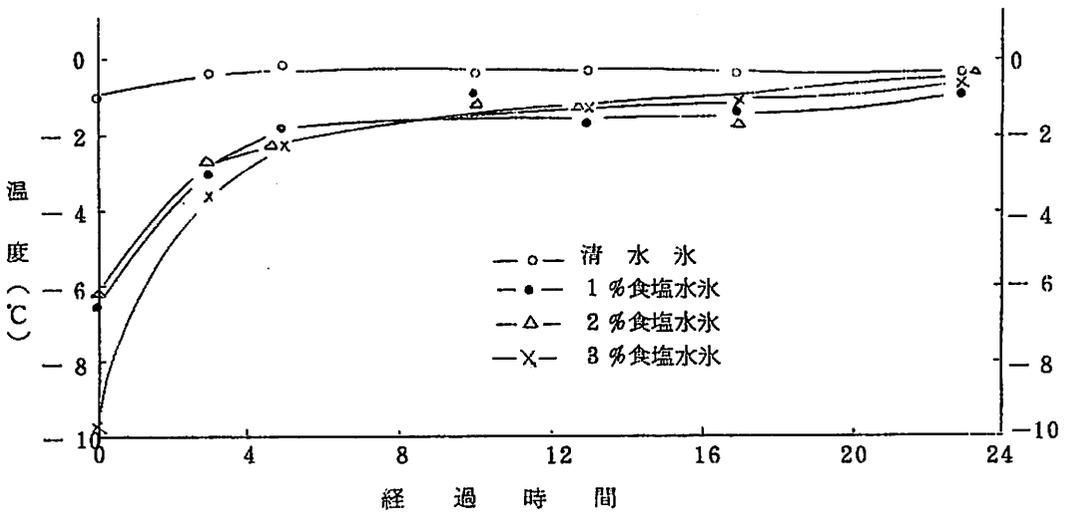


図-4 塩水氷の温度変化

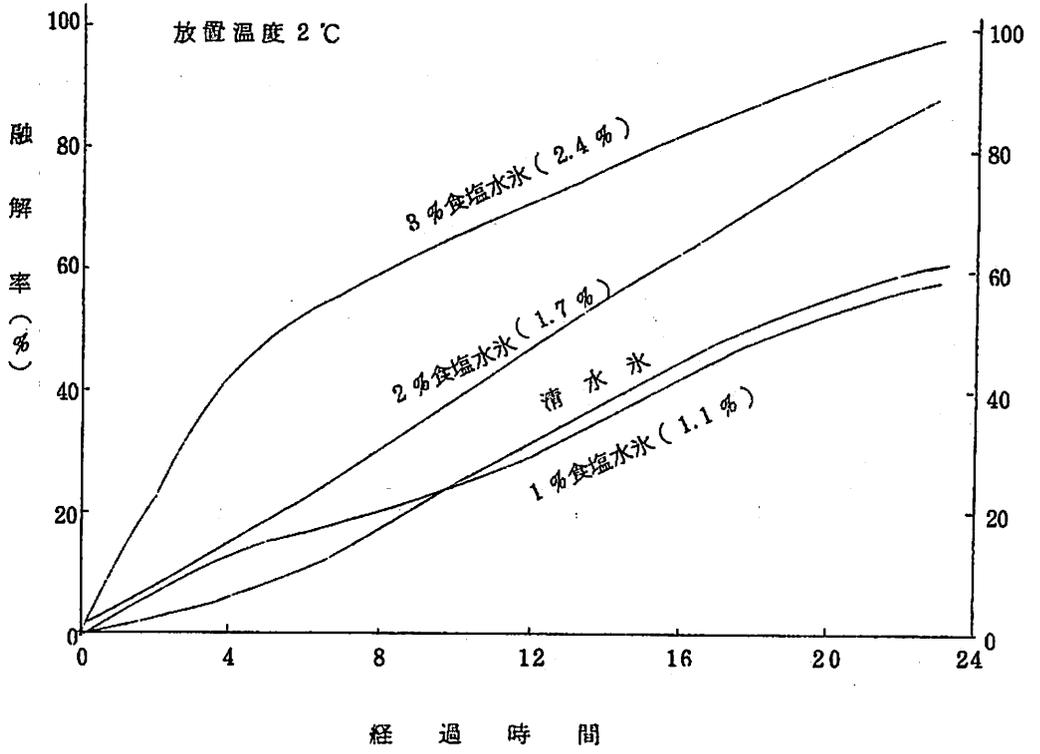
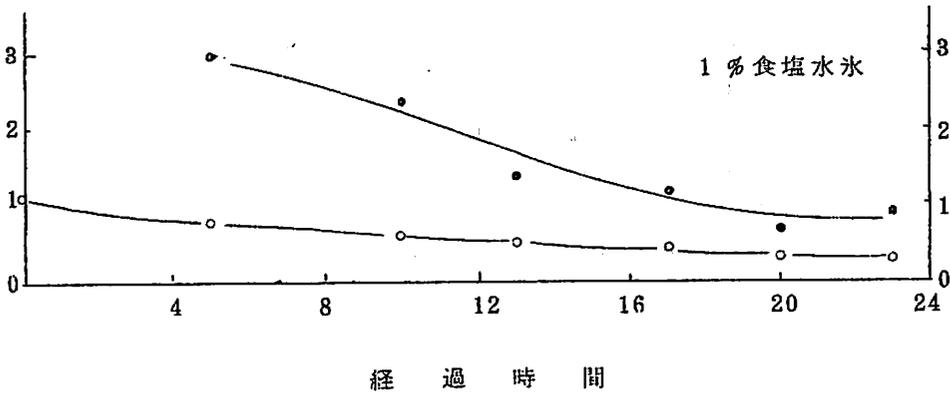
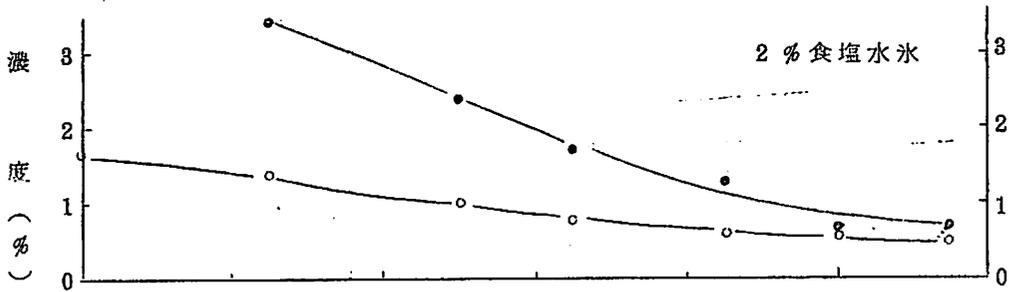
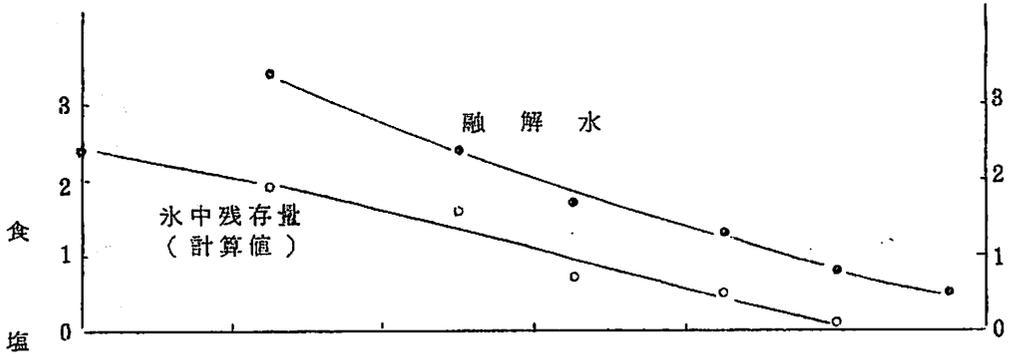
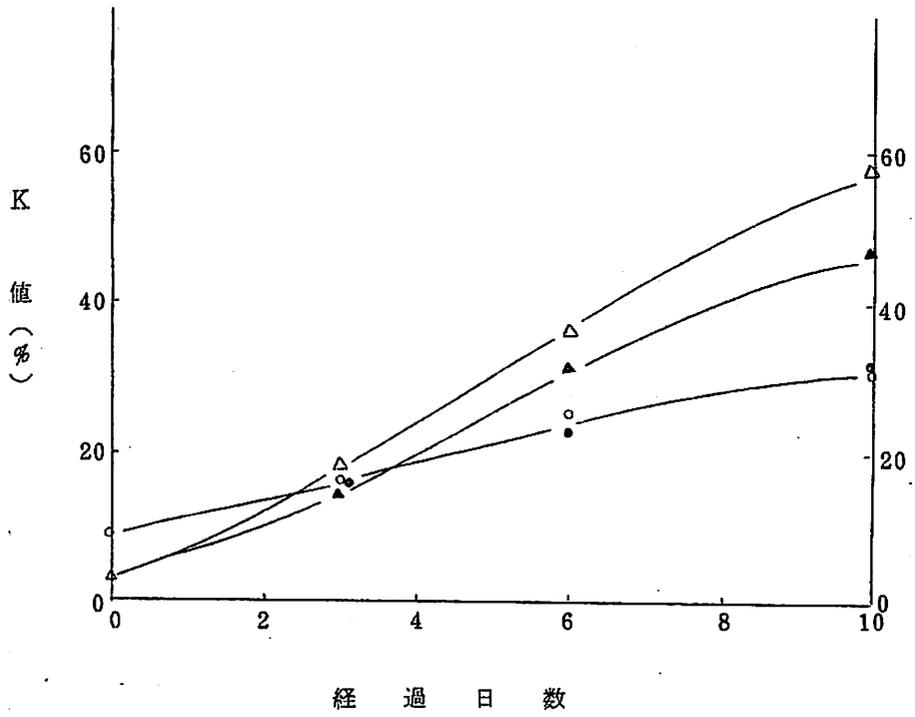


図-5 塩水氷の融解速度

3%食塩水氷



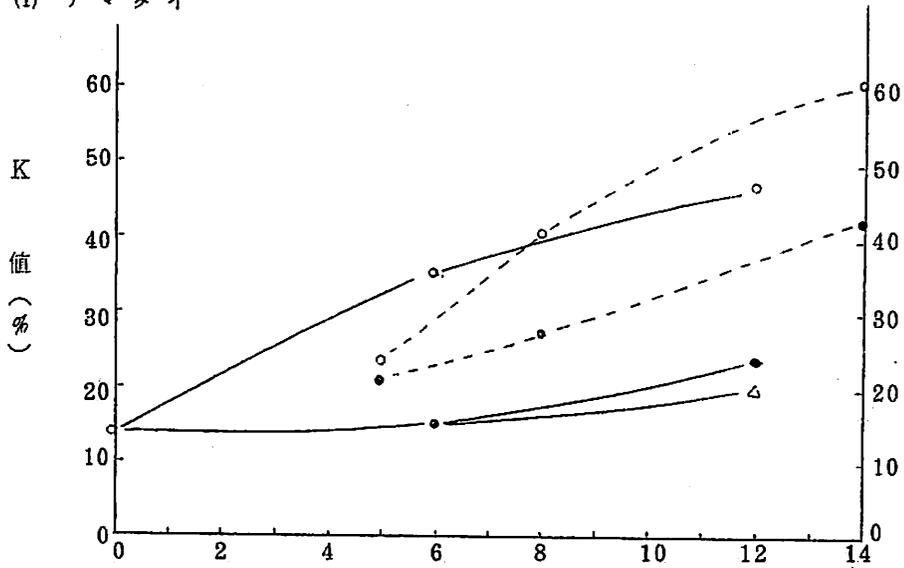
第6図 塩水氷の融解水の塩分濃度変化



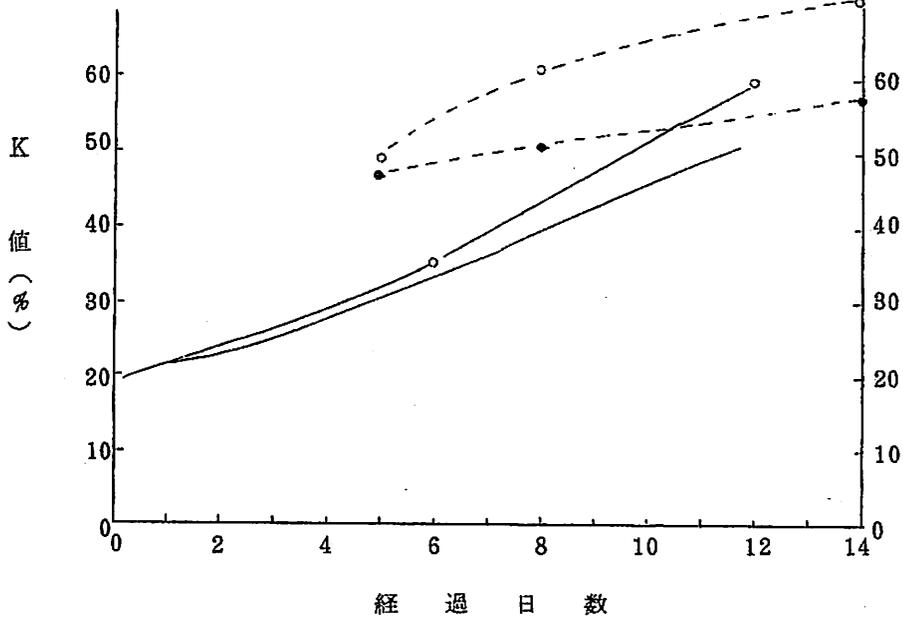
- △— 清水氷
- ▲— 1%食塩水氷
- -2℃恒温槽 (PF)
- -3℃恒温槽 (PF)

図-7 1%食塩水氷により貯蔵したマサバのK値変化

(1) アマダイ



(2) アカムツ

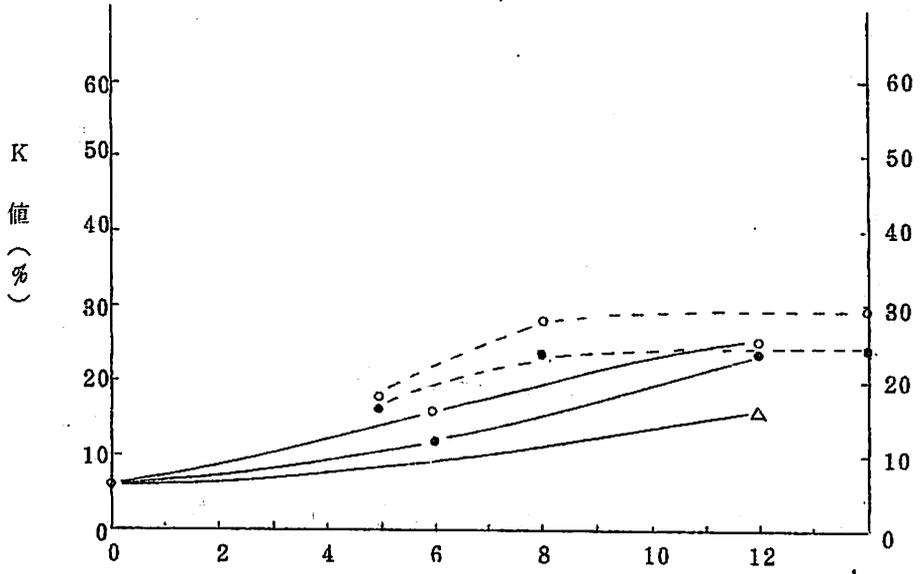


(注) 陸上処理区 { --○-- 淡水氷貯蔵
 --●-- 海水氷貯蔵
 --△-- -3℃恒温貯蔵

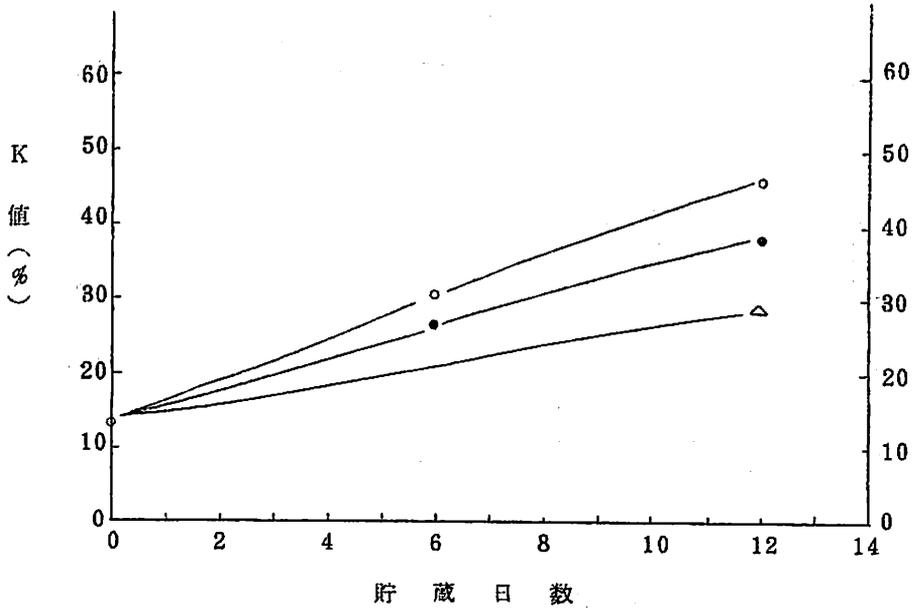
船上処理区 { --○-- 淡水氷貯蔵
 --●-- 海水氷貯蔵

図-8 海水氷貯蔵による魚種別のK値変化

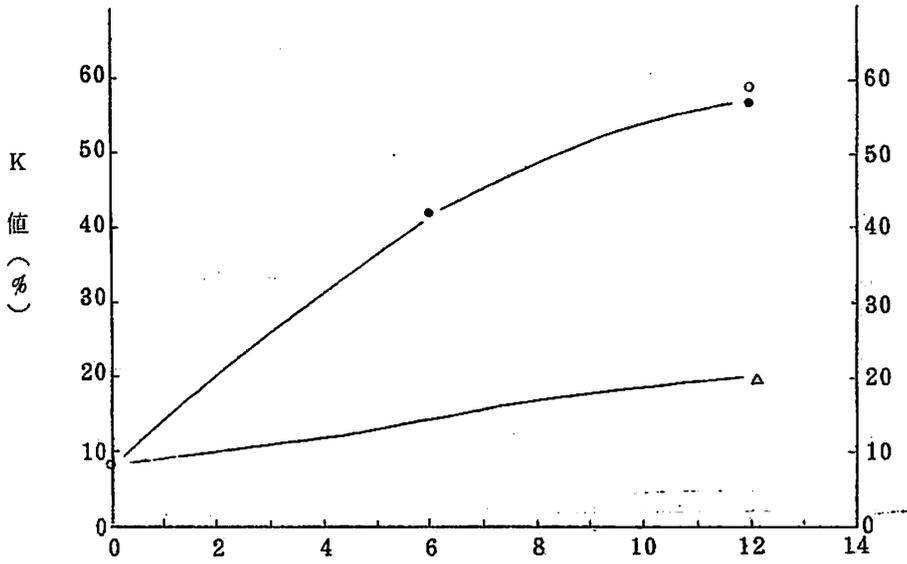
(3) タ イ



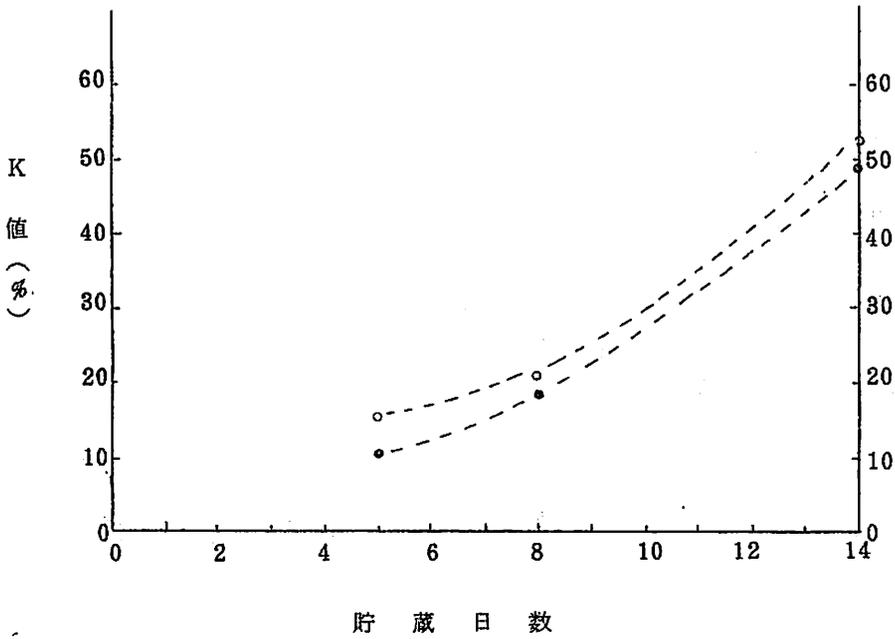
(4) ホウボウ



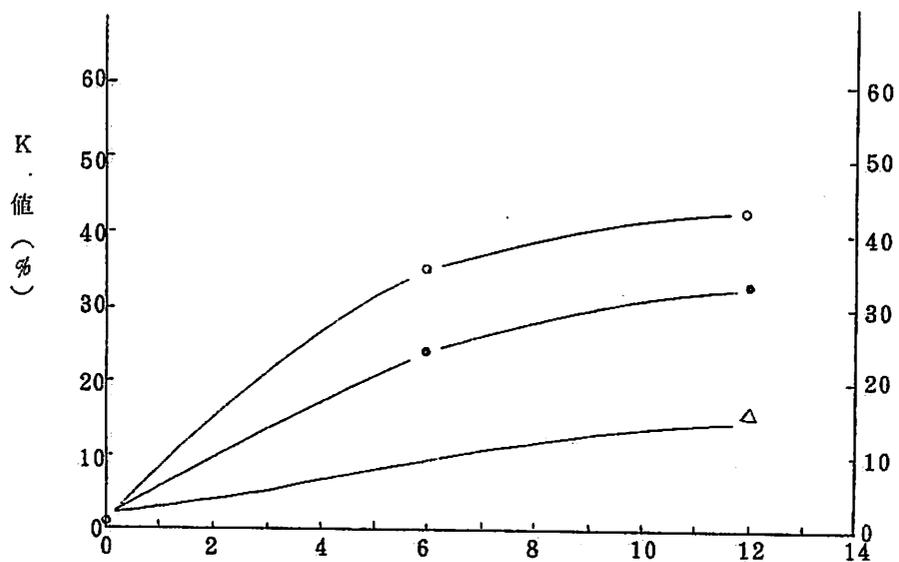
(5) ムシガレイ



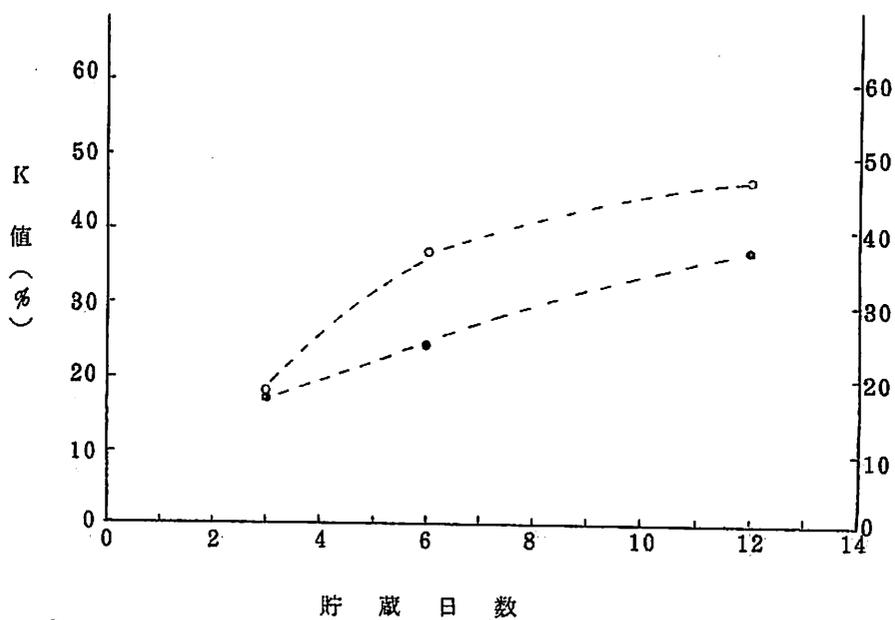
(6) アナゴ



(7) マトウダイ



(8) サンマ



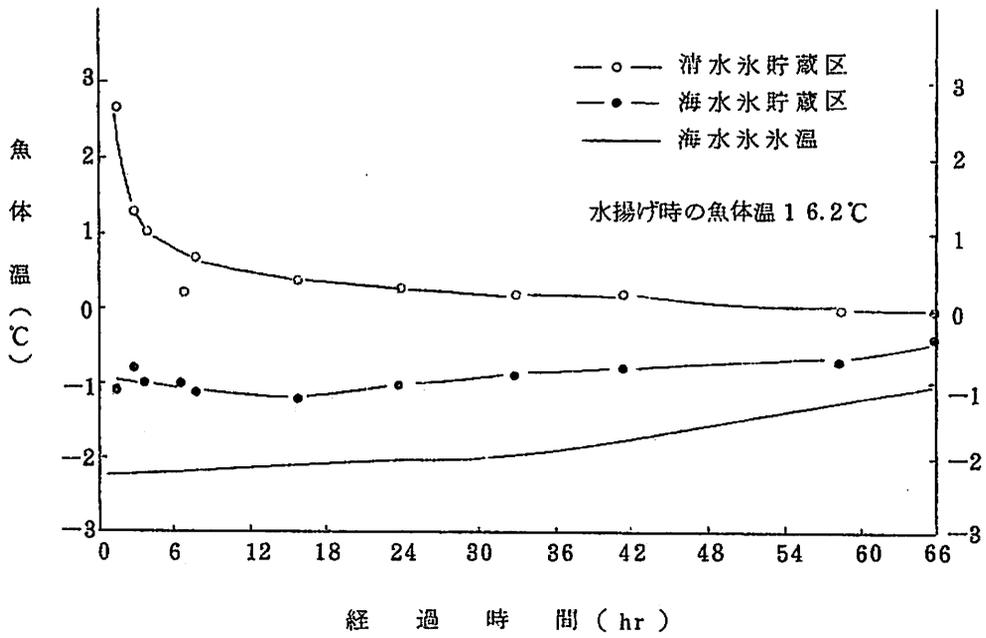


図-9 サンマ貯蔵中の魚体温変化

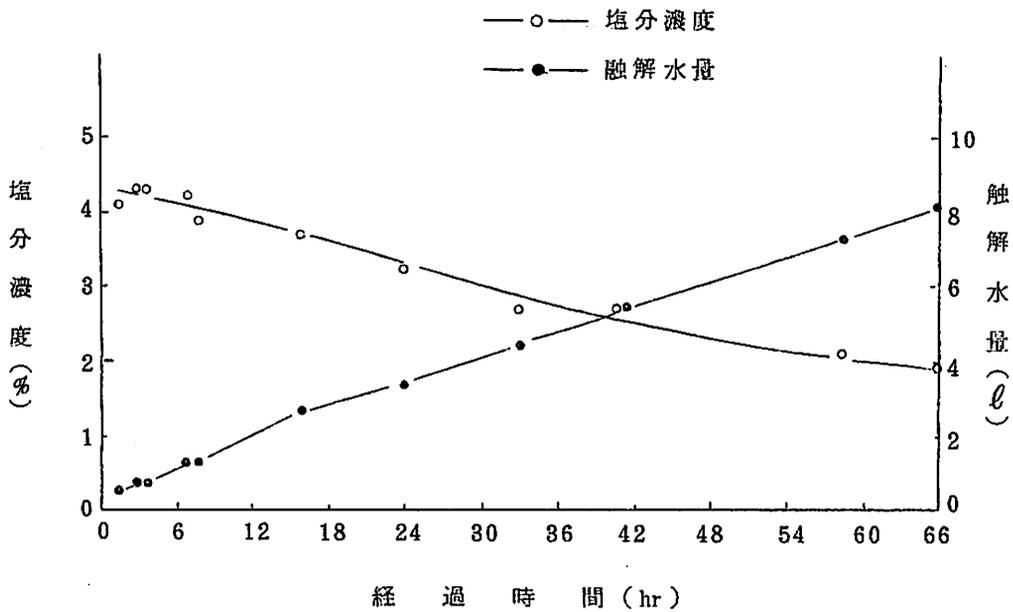


図-10 サンマ貯蔵中の海水氷の融解量とその塩分濃度

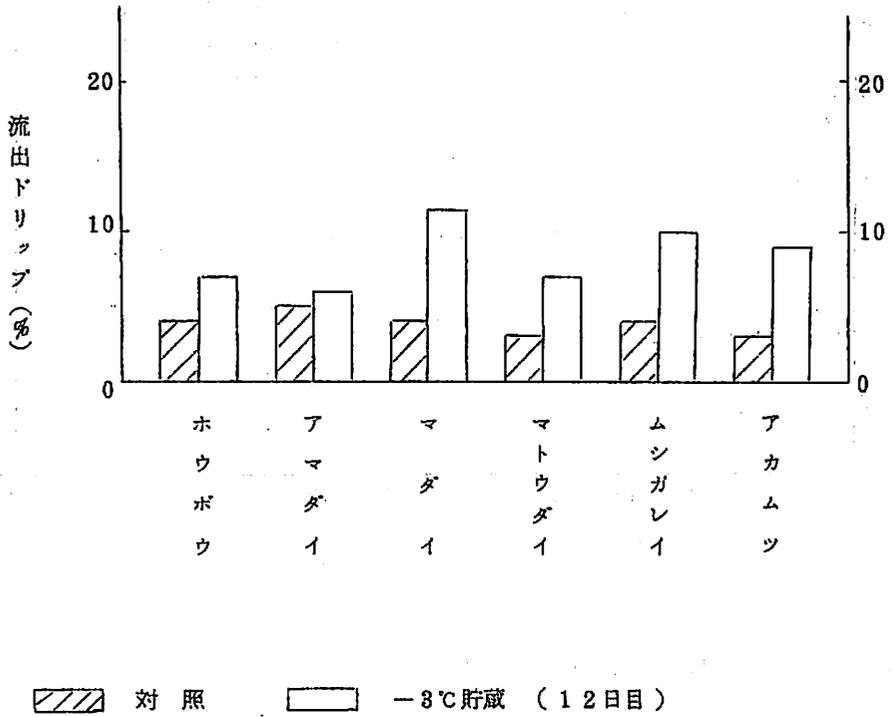


図-11 Partialfreezing 貯蔵魚の解凍時の流出ドリッブ