

相模湾産シラスの一般成分季節変化と鮮度変化について

臼井 一茂・国安 利彰

Seasonal variation of proximate composition and change of freshness of shirasu in sagami bay.

Kazushige USUI[#], Toshiaki KUNIYASU[#]

ABSTRACT

Seasonal variation of proximate composition and change of freshness after catch of shirasu in sagami bay were investigated. Proximate compositions of shirasu were not varied among the fishing grounds such as Hiratsuka, Katase, and Akiya.

It was recognized that protein and lipid contents decreased after July.

Owing to their very fragile tissue, the freshness of shirasu lowered quickly after catch if the proper treatment was not carried out.

Refrigeration at 5 °C immediately after catch or heating in boiling water within 5 hours after catch was recommended to maintain their quality.

はじめに

本県のしらす船曳網漁業の漁期は、3月11日から12月31日であり、横須賀市長井から小田原市にかけた相模湾沿岸域で漁獲されている。

相模湾沿岸で漁獲されるシラスは、イワシの仔魚期のうち、鱗や消化器官が発達したカエリ期以前を指し、カタクチイワシ(Engraulis japonicus)、ウルメイワシ(Etrumeus micropus)、マイワシ(Sardinia melanosticta)の総称である。

漁獲されたシラスは、生シラスとして利用される他、漁家単位で行う加工によりシラス干しやたたみイワシ等^{1,2)}の1.5次加工品の製造に利用されている。各漁家は消費者の動向に合わせ、独自の経験をもとに加熱(釜揚げ)具合、干し具合等を調整し、漁家により異なる高付加価値化を行っている。

しかし、シラスは脆弱な体組織と未発達な消化器官を持つために、漁獲時の海水温度や気温、pH、船上での冷却法及び体内に存在する酵素等によるダメージを受けやすく、自己消化や鮮度低下が極めて早く進むことが多い^{3,4)}。このことは、漁獲後十分に氷を使用して保存しても、釜揚げ加工を5時間以内に行わなければ、良い加工品が作れないとされていることから容易に想像できる。さらに、年間水揚げ量の大半を占める春先や秋口の漁期において、大量漁獲されたシラスを、各漁家で有効

に加工生産量を増やす必要がある。

大量漁獲時のみならず、加熱加工までの鮮度保持、さらに加工品の冷凍貯蔵中の品質保持をはじめとした管理方法の確立が求められ、『湘南しらす』というブランド化した商品の品質をより一層確立する必要がある。

そのため、船上や加工場での鮮度保持や加工工程、消費者に届くまでの品質劣化が大きな問題であり、漁家収入低下の大きな要因になっている。これらを防ぐため、シラスの基本的な生体変化の把握と、各漁家が消費者ニーズに対応した製品の加工方法、および管理方法の確立が求められている。

具体的な問題としては、日常において船上での生鮮シラスの鮮度維持、煮熟加工時の適度な加熱法、加工後の筋肉タンパク質の軟化による食感の低下、釜揚げしらすやシラス干しなどの冷凍庫保存中の保存温度や乾燥による変質、あるいは、解凍時のドリップの生成や、魚体が黄色くなる黄変等の品質劣化が生産現場での問題として挙げられる。

そこで本年はこれらの問題を解決するための予備知見として、相模湾内で漁獲されたシラスの漁獲海域ごとの魚種組成、体長と重量、生鮮シラスの各漁場における一般成分の季節変動、生鮮シラスの貯蔵温度別自己消化、漁獲後の経時変化にともなう核酸関連化合物、遊離アミノ酸の変化を分析した。

試料および方法

相模湾内の3地点（平塚、江の島片瀬、秋谷）で漁獲されたシラスを、漁期に月1回採取し、魚種組成、全長、体重を測定後、一般成分分析に供した。

魚種組成・体長・体重の測定用試料を、現場で10%ホルマリンで固定し、実験室に持ち帰り、魚種組成および魚種別に全長、重量を測定した。

一般成分測定には、水揚げされたシラスをザルにあげて冷却水を除き、氷が30~40%存在する状態で、保冷容器に5以下に保存し、実験室に持ち帰った。試料は氷を除去しペーパー上に広げ、混在する海水を除き、漁獲後3時間以内に凍結したものを、後日半解凍状態にし、分析試料とした。

測定は定法により、105 加熱乾燥法（水分含量）、ミクロケルダール法（粗タンパク質含量）、クロロホルム・メタノール分離抽出法（脂肪含量）、580 灰化法（灰分含量）を行なった。

自己消化、鮮度測定用の試料としては、前記の試料とは別に、漁獲時間が明らかであり、漁獲直後の試料を、漁獲後1時間目から24時間まで計10回サンプリングを行い、PCA抽出液を鮮度測定に供した。また、各温度帯に保存した試料をTCA抽出して自己消化測定用とした。

経時変化に伴う自己消化の測定は、貯蔵温度帯を0.5、10、20、30 に設定し、定法により処理した試料を島津製分光光度計（UV-160）により280nmでの吸光度を測定した。

経時変化に伴う鮮度変化測定は、5 貯蔵したサンプルを定法にて処理し、分析試料とした。

核酸関連化合物の測定はカラム Asahipak GS-320HQを用いるHPLC（日立製）により、200mMリン酸ナトリウム緩衝液（pH2.70）の流量1.0ml/min、温度30、検出UV-260nmの条件で分析を行った。

遊離アミノ酸の測定はカラム Shim-pack ISC-07/S1504LiのHPLC（島津製）により、OPA蛍光検出による定法にて分析を行った。

結 果

【魚種・体長・重量】

一般成分及び魚種組成分析用試料の採取は、95年4月~12月までの30回を予定したが、平塚から東に向けて漁獲された時期が遅く、江の島片瀬では6月、秋谷では7月以降で、全体としては20回採取した。

魚種組成（表-1）を見ると、12月にマイワシシラスが主要魚種となったが、1年を通してみるとカタクチシラスが主要魚種であり、若干ウルメシラスが混在する程度であった。

表1 一般成分試料の魚種組成とカタクチシラスの平均体重と50匹重量

	月 日	漁獲場所	魚 種 組 成 (%)			カタクチシラス	
			カタクチ	ウルメ	マシラス	平均体長	50匹重量
1	4/27	平塚	85.4		14.6	22.27	2.07
2	5/25	平塚	100.0			26.04	3.06
3	6/14	秋谷	79.5	20.5		34.51	8.61
4		平塚	100.0			36.64	10.77
5	7/12	秋谷	71.2	28.8		29.58	5.81
6		片瀬江ノ島	100.0			25.04	2.92
7		平塚	100.0			28.78	4.75
8	8/22	秋谷	100.0			22.88	1.83
9		片瀬江ノ島	100.0			21.50	1.59
10		平塚	100.0			27.73	4.27
11	9/29	秋谷	94.3	5.7		23.86	2.22
12		片瀬江ノ島	100.0			24.07	2.76
13		平塚	100.0			22.27	2.16
14	10/18	秋谷	89.7	10.3		24.82	2.55
15		片瀬江ノ島	100.0			26.01	3.17
16		平塚	100.0			21.77	1.49
17	11/21	秋谷	94.1	5.9		33.63	8.12
18		平塚	99.5	0.5		23.62	2.33
19	12/22	片瀬江ノ島	8.4		91.6	23.84	2.23
20		平塚	20.5	7.9	71.5	27.71	1.79

平均体長：カタクチシラス50匹平均の体長（mm）

重量：カタクチシラス50匹の総量（g）

主要魚種であるカタクチシラスの体長は6月に34~37mmと平均体長が35mmを越える大きな魚体为中心で、ゴマメといわれる加工品の対象になる大きさであったが、1年を通してみると25mm前後のものが中心で、釜揚げ・シラス干し・タタミイワシ等の加工品に適する大きさであった。

50尾総重量と体長との関係には高い相関が認められ、6月の大きな魚体を含めても、 $W = 2 \times 10^{-4} \times L^3$ （ $R = 0.95$ ）と表され（図-1）、釜揚げ、シラス干し加工の際に行われる加熱処理の際、シラスの体長から重量を推定することにより、最適な煮熟時間の設定ができることがわかった。

【一般成分】

生鮮シラスの各漁場における水分含量変化は、3漁場ともわずかで、最大含量85.88%（片瀬：7月）、最小含量81.69%（平塚：6月）と4%程の差しかなく、約83%付近で推移した（図-2）。

粗タンパク質含量は3漁場ともに類似した変動が観察され、4~7月間は平均15.4%、8月以降は平均13.3%となり、2%ほど低下した（図-3）。

脂肪含量は1%前後であった。ソックスレーによる測定は誤差が大きいため、クロ・メタ抽出液を低温のホットプレート上で揮発させ、直ちに定量した。最大含量1.34%、最小含量0.76%の範囲で変動し、夏期にわずかながら減少するようであった。（図-4）。

灰分は約2%で推移しているが、8月以降若干増加す

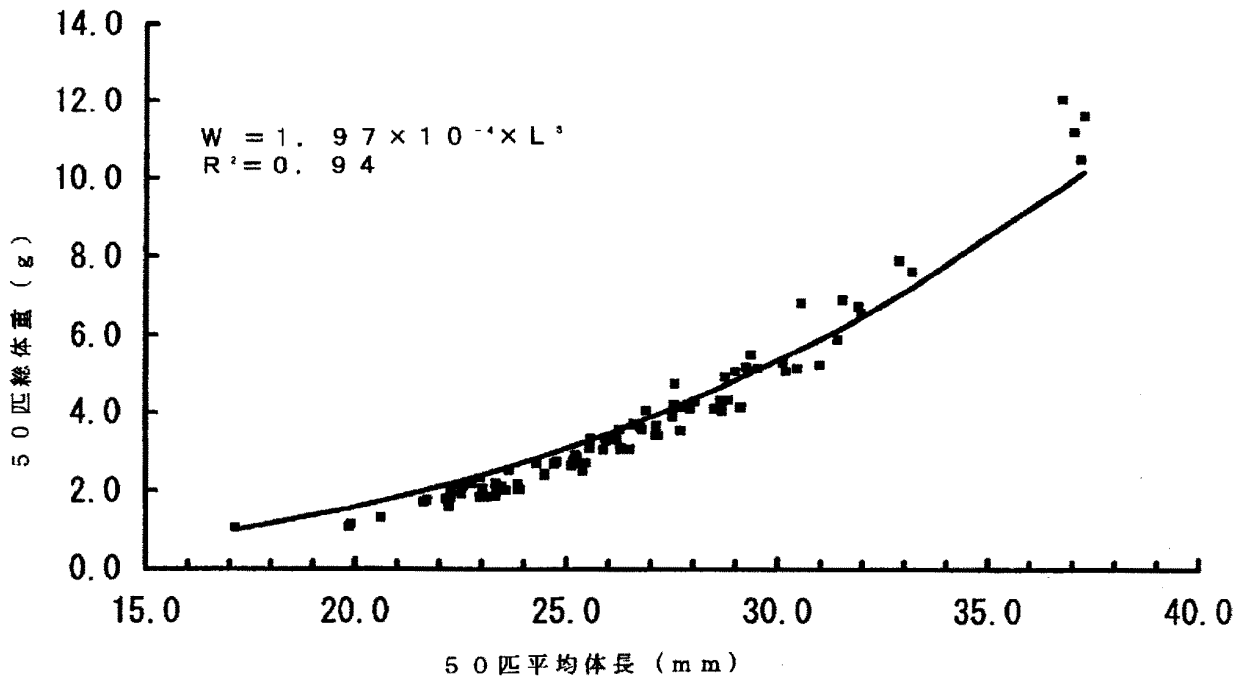


図1 カタクチシラスの体長と体重の関係

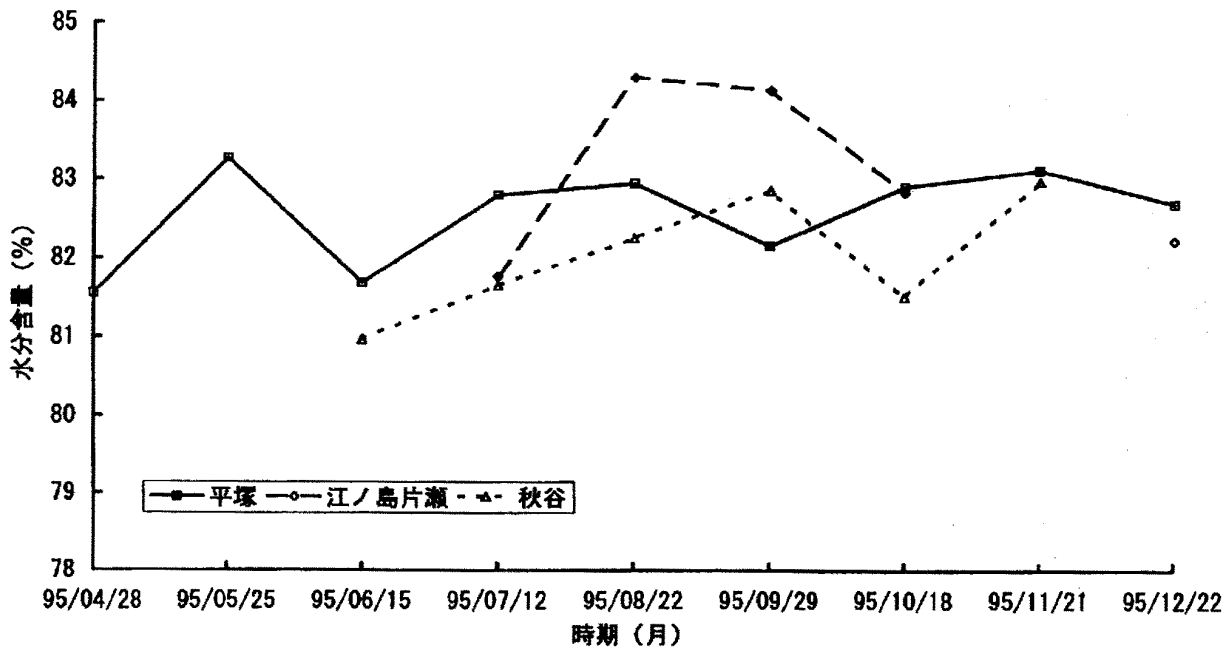


図2 漁獲地ごとの生鮮シラスの水分含量

るようであった(図-5)。

また、3漁場で漁獲されたシラス間に特徴的な差は見られず、シラス漁場周辺に天然礁が散在する秋谷、砂場が広がる江の島片瀬、平塚での地域間による漁獲物の一般成分に差はないと判断される。

各月ごとの一般成分を3漁場の平均を図-6に示す。

6、7月に粗タンパク質含量が増加するわずかな変動が見られたが、周年を通じてほぼ一定であり、水分とタンパク質でシラス成分組成の約97%を占めた。

【保存温度別の自己消化】

保存温度の異なる生シラスTCA抽出液の280nmに

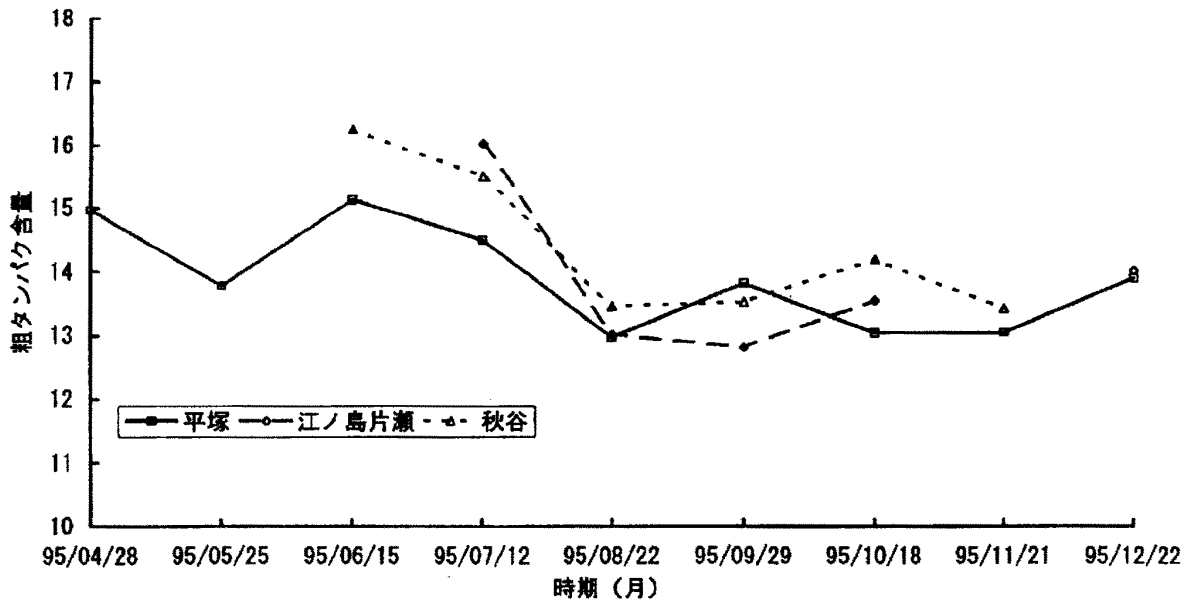


図3 漁獲地ごとの生鮮シラスの粗タンパク含量

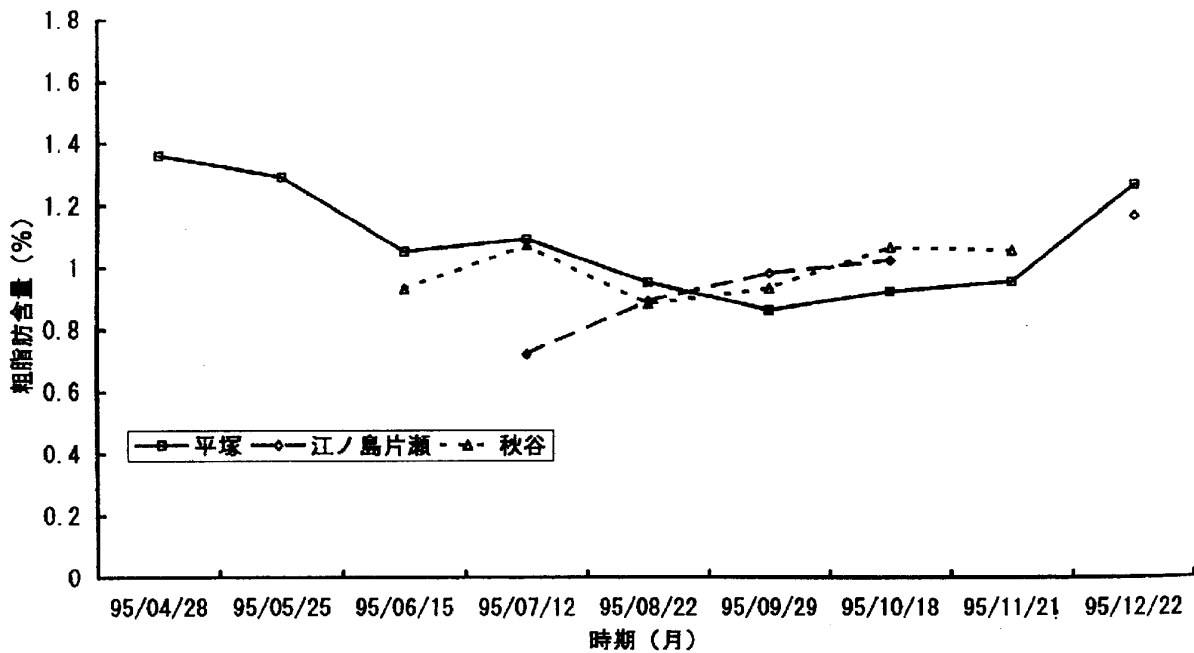


図4 漁獲地ごとの生鮮シラスの粗脂肪含量

おける吸光度を測定して求めた自己消化の経時変化を図-7に示す。

この試料は凍結保存するまでに、漁獲後3時間が経過していたことより、試験開始時間を3時間目からとして表示した。

0 貯蔵で、8時間以降にタンパク質分解物によると思われる吸収が増加した。

5 貯蔵では時間の経過により徐々に増加し、6時間

目にピークを示し、その後は0 貯蔵と同様に推移した。

10、20 貯蔵では急激に増加し、15時間目に最大に達し、その後は緩やかに減少して27時間まで0.5 と同様に推移した。

30 貯蔵では、吸光度は急激に増加し、15時間辺りで最大となった。最大の吸光度を示したときに、既にシラスは原形を留めておらず、腐敗していた。

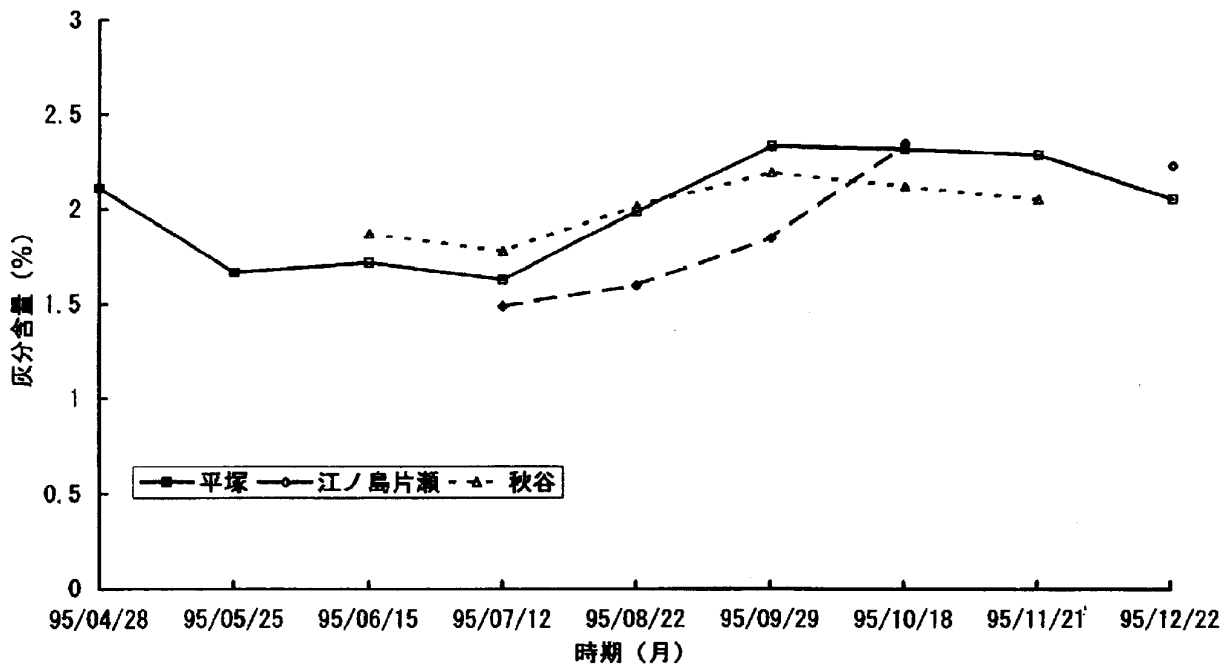


図5 漁獲地ごとの生鮮シラスの灰分含量

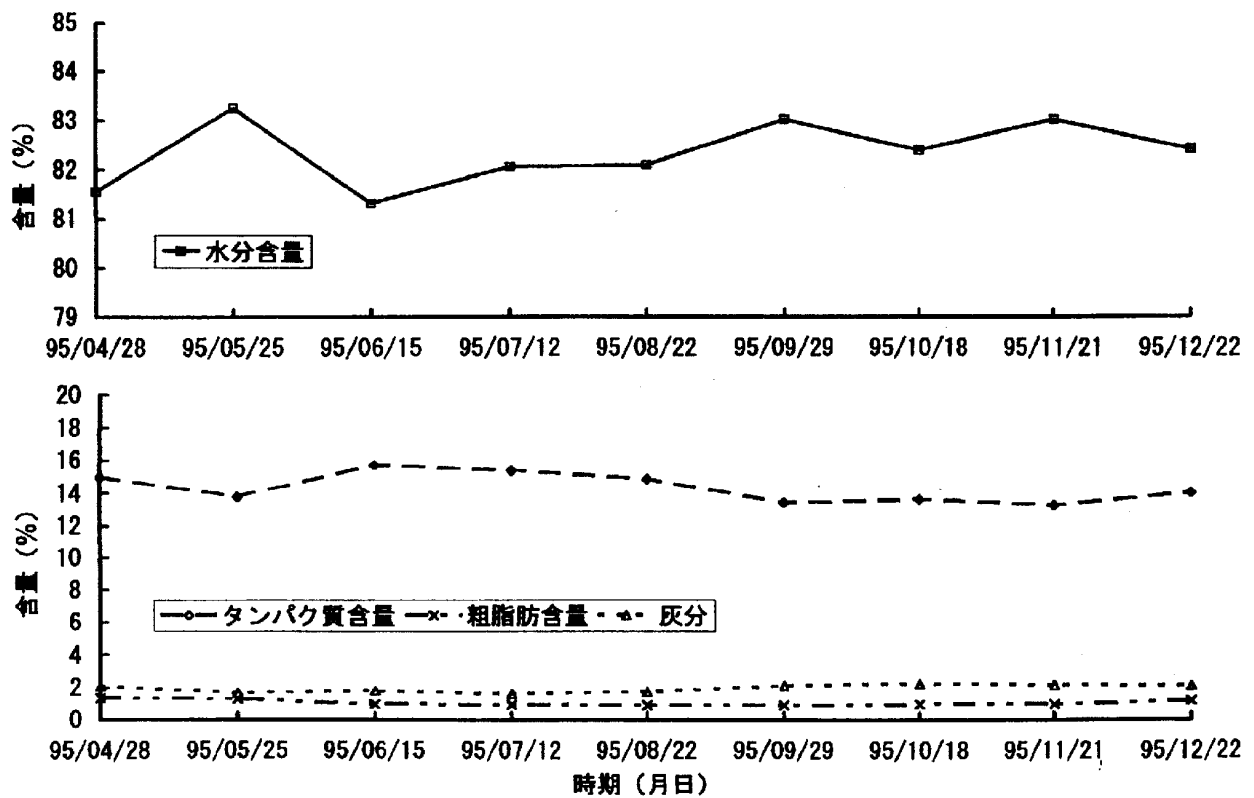


図6 相模湾で漁獲された生鮮シラスの一般成分季節変化

【保存温度別のK値および遊離アミノ酸経時変化】

12 水揚げと 5 水揚げのシラスを 5 貯蔵した時の

K 値の経時変化を図 - 8 に示す。12 水揚げしたシラス

は 1 時間で既に 20% にまで K 値が上がっており、その後

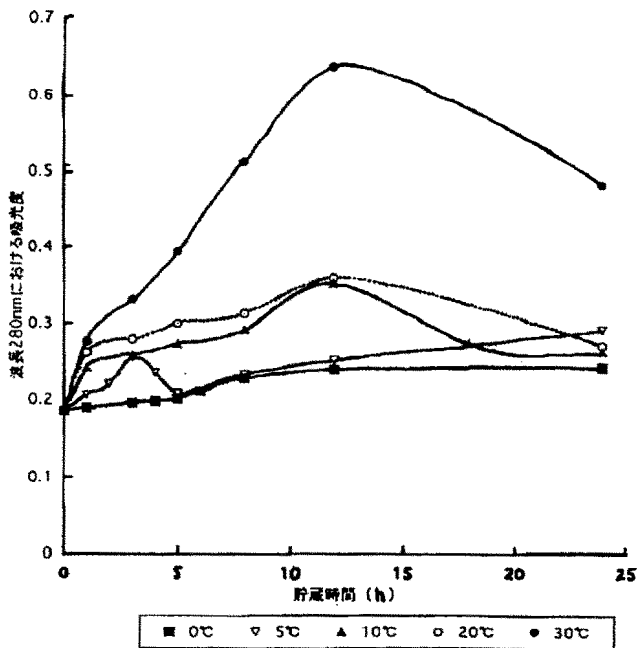


図7 貯蔵温度別による自己消化の経時変化

7時間まで急激にK値が増加し、7時間で43%に達した後、ほぼ横這い状態で移行し25時間で52%であった。5水揚げのシラスは1時間でK値が8.6%もあったが、緩やかに直線的に上昇し、7時間で13.8%であり13時間経過時からK値の上昇が大きくなった。

次に遊離アミノ酸の経時変化を図9（12水揚げ）,

10（5水揚げ）に示す。タウリンを主成分とし、ヒスチジン、トリプトファン、アラニン、シスチジン、セリン、プロリンが比較的多く含まれていた。

図9の12水揚げシラスの経時変化を見ると、特定の遊離アミノ酸の顕著な増減は見られないが、9時間経過あたりから、微量成分であるバリン、アラニン、グリシン、プロリン、スレオニン、アスパラギン、フェニルアラニン、アルギニン、ロイシンが増加した。しかし、主成分であるタウリンの増加は見られなかった。

遊離アミノ酸の総量に着目すると、9時間経過で1時間目からの約1.3倍、18時間目で約1.7倍、24時間目で2.3倍、48時間目で2.4倍に達した。

しかし、図10に示す5水揚げの生鮮シラスでは、12貯蔵の試料と同様の成分含量であるが、9時間目でも12水揚げに見られた微量成分の増加する特徴的な現象は確認できず、9時間までほぼ変化しなかった。

考 察

漁業者の聞き取りによると、シラスの漁期における加入は、春先、主に黒潮によって相模湾に加入されるカタクチシラスの漁獲が4月頃より始まり、6月頃に黒潮からの加入が終わりを迎え、相模湾内の産卵による加入が始まる。この頃はちょうど端境期にあたり、春先加入したカタクチシラスが大きく成長したものが6月に水揚げされている。9月以降は沖合海域からの加入が始まるが、この時期は比較的痩せている魚体が多い。

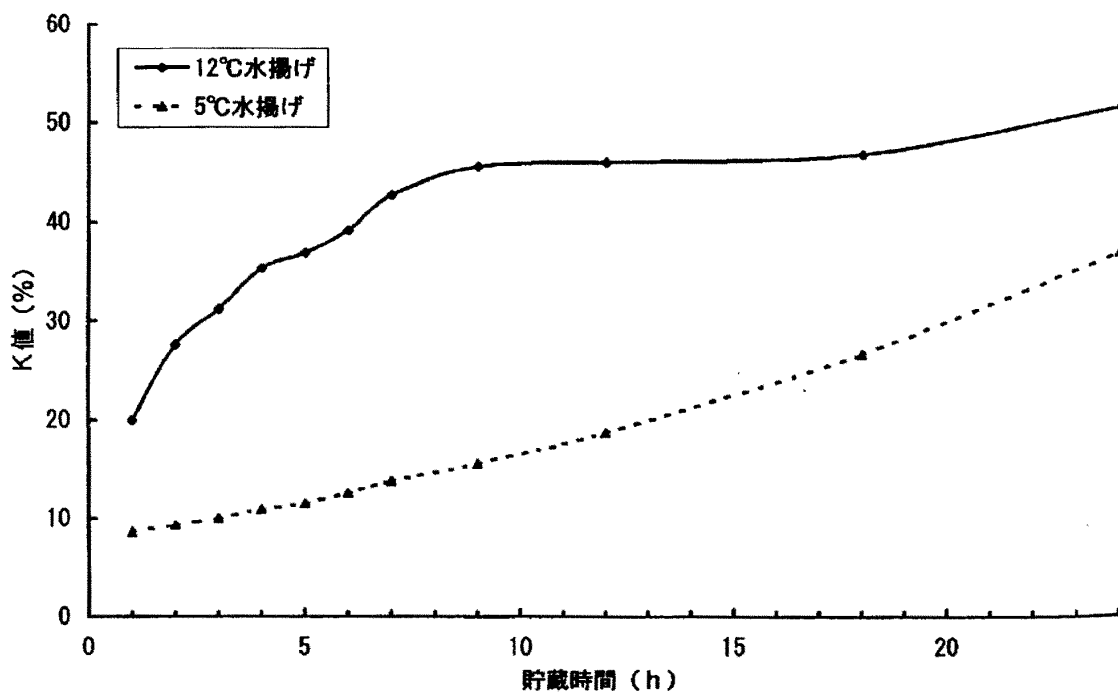


図8 漁獲温度別による5貯蔵のK値変化

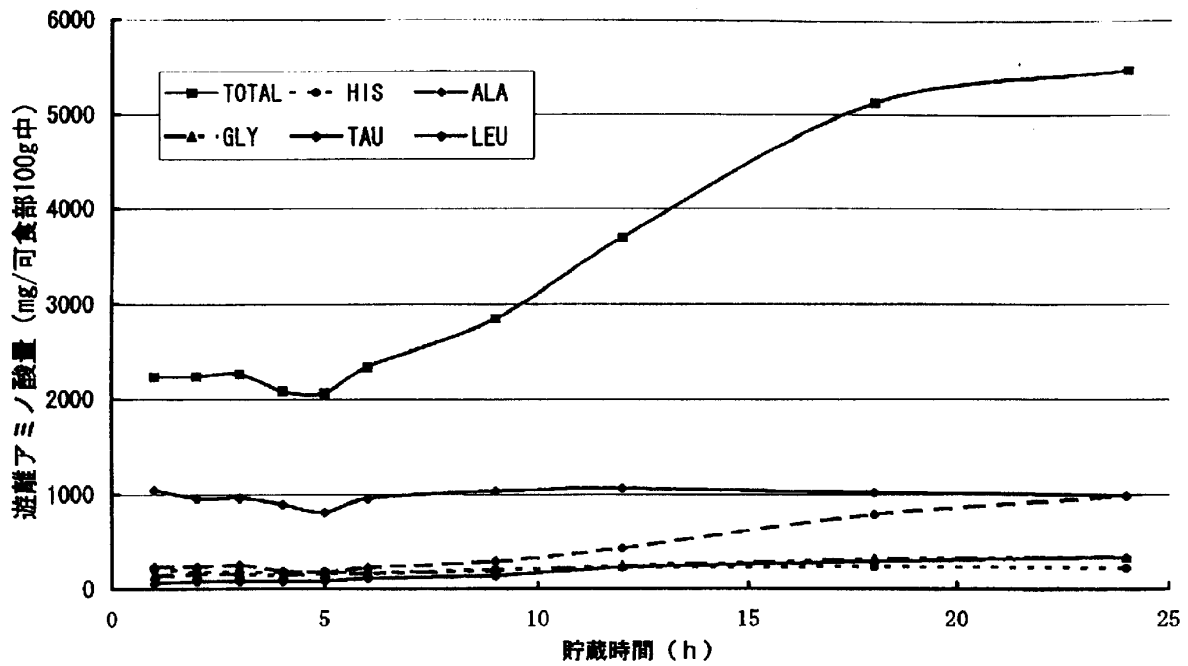


図9 12 水揚げ、5 貯蔵の遊離アミノ酸量の経時変化

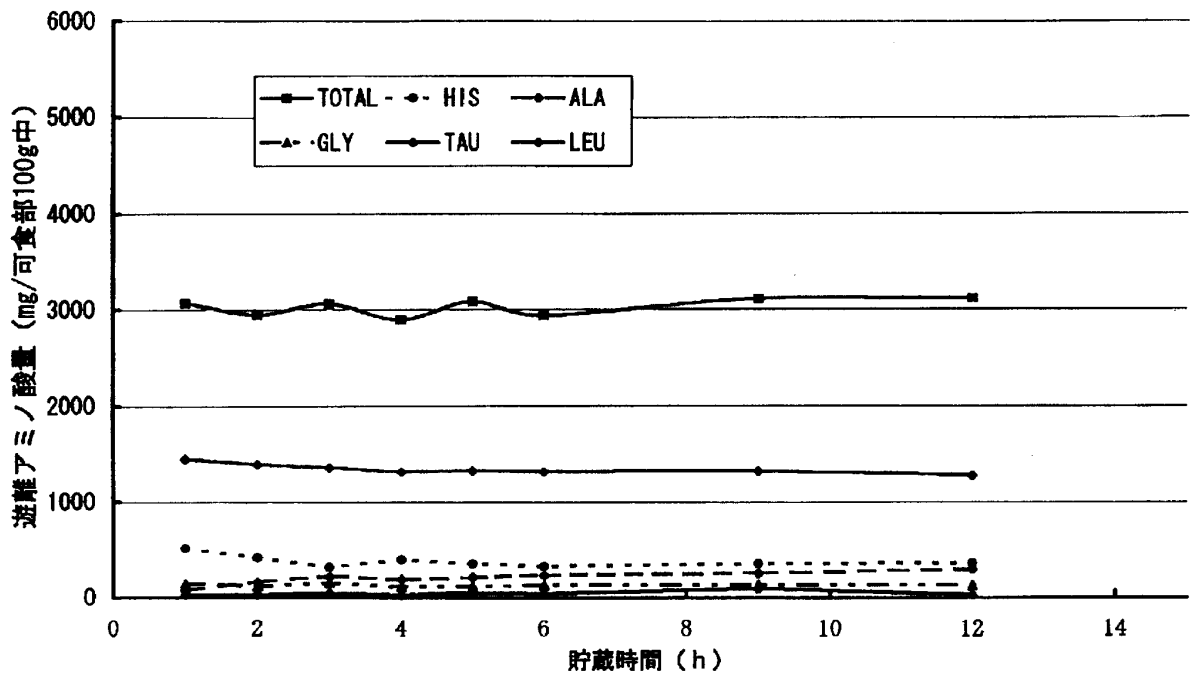


図10 5 水揚げ、5 貯蔵の遊離アミノ酸量の経時変化

釜揚げシラスも春先および11~12月の製品は非常に白く、また台風通過後の数日間も特に白い製品に仕上がっていた。

シラスは非常に脆弱であることから、漁獲の際のクラゲ抜き、アク抜き等の船上処理によって品質に多大な影

響を受けていると考えられるが^{5,6)}、本実験では日常の作業において漁獲されるシラスの品質向上を目的としたので、各漁家の水揚げされるものは処理状況が同様なものと判断した。

また、生鮮シラスで生食できるのは、漁獲当日のみと

言われていることから、鮮度測定、自己消化測定および一般成分測定用試料の運搬時の氷の使用、外気等によるシラス温度の上昇による急激な鮮度低下、溶媒抽出サンプル処理中の乾燥等の問題があり、まず試料の品質維持を検討する必要がある。

実験室までの搬入の問題としては、水揚げ後の水氷の状態およびドリップの形成と黒く濁った溶氷水によって、K値が大きく変化し、安定した結果を得ることが出来なかった。そこで、500 g 程のシラスを、ドリップや溶水が溜らないように細かな穴を開けたビニール袋に入れ、50g 位の氷 5 ~ 6 個と容器に入れた。輸送容器の底にも細かな氷を敷き詰め、その上に新聞紙をのせ、直接シラスに触れないようにして凍結を防ぎながら、設定した温度 5 に調節することにより、輸送中の変性を防ぐことが出来た。

現在、釜揚げの目安には、各漁家がそれぞれ一定のシラスの容量を基準として加熱をおこなっている。各漁家の経験により、魚体が大きければ煮熟時間を長くし、逆に小さければ短めに煮熟するように加熱時間を調節しているが、本研究より体長と体重の関係が 3 次式で表せることから、煮熟時間を魚体長から示すことができると考えられる。

20 mm のシラスでは約 31,750 尾 / kg、25 mm では約 16,250 尾 / kg、30 mm では約 9,400 尾 / kg、35 mm では約 5,920 尾 / kg となり、20 mm と 30 mm では個体尾数で 3.38 倍もの差がでた。

個体が大きくなれば比例して表面積が大きくなるが、同じ重量で比べると、20 mm で 1 kg に相当する 30 mm の魚数は次式が成立つとする (a : 表面積係数)

$$(20 \text{ mm})^2 \times a \times 31,750 = (30 \text{ mm})^2 \times a \times n$$

n = 21,167 となり、30 mm のシラスの表面積は 20 mm のシラスの約 44.4 % しかないことになる。詳しくは各魚体長の表面積を計測し、各体長のシラスの表面積の係数を求めなければならないが、加熱加工の際の目安となる加熱時間の算出に利用できると考えられる。また、加熱によるテクスチャーの変化、あるいは生体内物質の変化を定量的に求められる指標を選定しなければならず、今後の課題となる。

シラスの漁獲域の相違すなわち秋谷が天然礁が散在する地帯、江の島片瀬と平塚が砂底域であること、また平塚には相模川からの大規模な淡水と栄養塩の流入による環境の違いが、餌料生物の種類と棲息数の違いによる食性^{7),8)}の差や生活様式⁹⁾の差となり、成分の変化に反映する可能性も考えられたが、サンプルが月 1 回と少なかったため、今回の実験では地域特性は見い出せなかった。しかし、3 地点を平均値から見ると若干ではあるが 7 月以降水分含量の増加に伴い、粗タンパク質、脂肪含量の

減少が見られた。この時期は各漁家とも多くの氷を用いて冷却し、多いところではシラスと同量の氷を使うと聞く。しかし、この処理が不十分であるため脆弱なシラスの体組織を痛め、吸水・膨張させている可能性も考えられる。氷も砕氷の大きさや冷海水等により鮮度維持法が異なった場合、角がある大きな氷塊では魚体を傷めてしまい、冷海水で処理すると粘膜が多く残存し、加工時に除去処理による魚体劣化の問題^{5,6)}からも、細かく砕いた氷を使った方が良いとされている。

加工製品で問題となっている黄変は、夏期における脂焼けのためと考えられていたが^{9,10,11)}、分析した結果を見ると、生体内脂肪はほんの微量であり、夏期には減少していた。脂焼けは脂肪量だけの問題だけではないが、少なくとも脂肪含量の増加によって起こっているわけではないことが判った。

黄変の発生は夏期に多く見られ、4 種類の発生パターンが観察された。第 1 に漁獲後、非常に鮮度が良い状態でも、釜揚げ後、干すために網に広げる時点で魚体全体が黄色～橙色に変色する個体が出現する。第 2 に干した後冷凍庫 (約 -20) 内で 2.3 日保蔵すると魚体の一部に黄色～橙色の黄変が 1ヶ所から数ヶ所出現し、その後他の個体にも広まる。第 3 に第 2 と同様に保蔵数日後、シラス全魚体が淡い黄色に染まる。第 4 に漁獲された生鮮シラスの腹部が、既に淡い橙色に染まり、釜揚げにしている最中に魚体が白くなったときから鮮明になる。

第 2 の黄変は、網上で天日乾燥する際、その網に以前に付着していた肉片および脂質分が酸化し、その上に置かれたシラスに付着あるいは自動酸化が起こり、生体中の脂質が少ないため、後日冷凍による乾燥等の条件により、黄変が起こったものと考えられる。

三谷勇¹²⁾の報告によれば、夜間に比べ日中は空胃率が非常に低く、午前 8 ~ 12 時に採集した魚体の消化管内容物である餌料生物の種類は 23 種ある。当研究所の調べによれば、ホルマリン固定された未加熱の状態での COPEPODA 類の Calanoida paracalanidae の甲羅は赤かった。それを食べたシラスの腹部が橙色に見えるものが第 4 の黄変であるといわれている。これについては餌料生物を採取し、加熱により赤色を発色するか確認する予定である。

第 3 の場合は脂焼けによる黄変とも考えられるが、第 1 の場合のように、加熱直後に発色するのはある種の色素の発色あるいはメイラード反応¹³⁾によるようにも思われる。

各温度に保存したシラス T C A 抽出液の 280nm における吸光度から求められる自己消化の測定で、顕著な差が確認された。水溶性タンパク質である筋筋質タンパク質と体組織を構成する筋原繊維タンパク質の自己消化

による分解が試験開始時から進行しているが、5 貯蔵後3時間までは比較的分子量の水溶性タンパク質の分解が急速に起こり、貯蔵5時間までにはほぼ終了し、その後高分子の筋原繊維タンパク質の分解が進むものと考えられた。また、このことについては SDS - PAGE により確認する予定である。

核酸関連化合物の測定による K 値からは、初期における温度の違いによって顕著な違いが見い出された。12 で水揚げされ5 貯蔵した試料では、漁獲後1時間で既に K 値が 20.0% もあり、約7時間までに急激な鮮度低下を起こしていた。これに対し5 水揚げ、5 貯蔵試料では漁獲後1時間での K 値は 8%、その後緩やかに上昇し13時間経過時で 18.7% と12 水揚げの試料の1時間経過の K 値よりも低い値であったことより、漁獲直後の冷却速度と冷却温度および保蔵中の温度上昇が非常に大きな魚体のダメージとして急激な鮮度低下と自己消化が進と考えられる。

また12 水揚げ、5 貯蔵生鮮しらすの遊離アミノ酸含量の緩やかな増加は、貯蔵6~9時間の間で起り始めている(図-9)ため、マグロ魚肉のように熟成によるシラスの呈味が貯蔵中に向上することは期待できない。シラス加工品の製造に K 値 15~20%の原料を使用すると品質が良好であるとの報告(蔀伸一1992)と、船上でアク抜き等の処理後15分間冷却を遅らせることにより、初期段階での K 値の上昇が速くなる(川又忠義等1995)ことを考慮すると、シラス加工品の製造にあたって以下のような結論に達する。すなわち漁獲した後、クラゲ・アク抜きのような必要な処理を行い、角の取れた砕氷で魚体を傷つけないように速やかに5 以下に冷却し、気温や陽射し等による温度上昇と溶氷による浸透圧の変化を避けて鮮度低下を防ぎ、漁獲から5時間内に煮熟して、釜揚げシラスやシラス干し等の加工品を製造することが望ましい。

今後、塩濃度や pH、加熱による肉質の変化の定量化、生鮮シラスの凍結保存に伴う品質変化について検討する予定である。

謝 辞

本研究を進めるに当たり、適切な助言とご指導を頂いた東京水産大学 田中宗彦教授に心から感謝いたします。また、多くの情報の提供と、シラスの魚種組成および体長、体重測定をしていただいた当研究所の田島良博氏、杉浦暁裕氏、および試料の提供に多大なるご協力をいただいたシラス協議会員の杉山英男氏(丸八丸)、浜野正一郎氏(湘南丸)、堀江一氏(紋四郎丸)に深謝する。

参考文献

- 1) 外山 健三(1991): いわし読本, 成山堂書店, pp7, pp92~93.
- 2) 三輪 勝利(1983): 水産加工品総覧, 光琳, pp17~18, pp52~54.
- 3) 蔀 伸一・浜田 篤信・石川 和芳・市毛 清記・渡辺直樹(1992): シラス干しの品質と鮮度, 茨城県水試事業報告(平成3年度), pp246~250.
- 4) 蔀 伸一・飛田 清・茅根 正洋・大川 克弘(1996): シラスの鮮度維持について, 茨城水試事業報告(平成6年度), pp253~255.
- 5) 蔀 伸一・浜田 篤信・中村 誠・市毛 清記・渡辺 直樹・大和田 盛広(1993): シラスの鮮度保持試験(予備試験), 茨城水試事業報告(平成4年度), pp323~325.
- 6) 川又 忠義・杉山 豊樹・渡辺 直樹・茅根 正洋・蔀 伸一・石川 弘・土屋 圭巳・柳田 洋一・中村丈夫(1995): シラスの鮮度管理について, 茨城水試事業報告(平成5年度), pp301~310.
- 7) 魚谷 逸郎・出羽 敦・浅井 克敏(1978): カタクチシラスの食性と摂餌選択について, 日水誌, 44, 5, pp427~434.
- 8) 魚谷 逸郎(1985): カタクチシラスの摂餌方法と食性, 日水誌, 51, 7, pp1057~1065.
- 9) 近藤 恵一(1966): カタクチイワシの生活様式, 東海区水産研究報告, 47, pp51~79.
- 10) 和田 卓・拓殖 喜代司・長谷川 薫・原田 雄四郎(1981): シラス干しの品質向上に関する研究, 昭和56年度水産物利用加工試験研究全国連絡会議資料, 水産庁研究部, pp94~96.
- 11) 蔀 伸一(1993): シラス干しの保存性について, 茨城水試事業報告(平成4年), pp326~328.
- 12) 三谷 勇(1990): 相模湾におけるカタクチイワシシラスの漁業生物学的研究, 神奈川県水産試験場論文集, pp91~98.
- 13) 和田 卓・澤田 敏雄・鳥本 淳司・山田 信夫: シラス釜あげ製品の凍結貯蔵に関する研究, 静岡県水産試験場事業報告(昭和61年度), pp84~87.