

北海道におけるニシン漁業と資源研究(総説)

小林 時正*

History of herring fishery in Hokkaido and the review of population study(Review)

Tokimasa KOBAYASHI*

Herring fishery in Hokkaido of northern Japan began in the middle of fifteenth century. At that time gill-net was operated. Since then accompanied with the developing of fishing gears annual catch of herring increased. It reached about 0.15 million tons in 1850s. A historical peak of catch of 0.97 million tons was recorded in 1897. This high level of production was mainly from the Hokkaido-Sakhalin population. However it has steadily declined thereafter and has disappeared since 1955 from the Hokkaido coast. Some changes of oceanic environmental conditions have been observed. It has been thought that these factors influenced to the disappearance of the population. Since that time some local populations have been targeted by coastal fishery. Over one million artificial herring fly have been released to enhance the stock size of local populations in recent years. Population study carried out in Japan was reviewed briefly. Author classified nine genetically distinguished populations distributed around northern Japan into following four groups; group I is lagoon small migration type, II is oceanic wide migration type, group III is oceanic small migration type, and group IV is intermediate type of I and II.

キーワード：ニシン，系統群

I．北海道におけるニシン漁業の変遷

1．有史から江戸末期まで

ニシンは長く厳しい冬が終わる頃に産卵のため来遊する春の到来を告げる魚である。道南及び道央の縄文時代(約12,000～2,300年前)の遺跡からはニシンの骨が発見され、既にこの時代の北海道に生活していた人々にとって重要な食料となっていたことが分かる。最近の考古学では縄文時代にはすでに優れた航海術もあったといわれ、縄文時代の石狩市紅葉山遺跡からは木の枝で作ったたも網が見つかるなど、掬い網などの漁具が使われていたものと思われる。また、アイヌの人たちもニシンを大事な日常の食料として利用し、たも網等を使ってとっていたといわれている。

ニシンを生業として漁獲するようになったのは15世紀中葉になってからで、日本海側の南部地方が始まりと言われている。このころには刺し網が用いられ、磯舟を使って網を設置してニシンを漁獲していた。用途は主に自

家食料、一部は加工し本州に送り生計を立てていた記録が残されている。16世紀末には豊臣秀吉から松前藩として蝦夷地を拝領し、朱印状を受けて交易を開始する。松前藩は17世紀になって徳川幕府より黒印状を受け松前、蝦夷地での交易専有権が保証された。松前藩の石高は1万石であったものの米がとれなかった。しかし、交易品(さけ、昆布、ニシン、毛皮)の利益は7万石に相当したとされる。18世紀初頭(1703年)まで松前藩以外の蝦夷地は出漁が禁止されたが、それ以前に松前以北にもアイヌ人との交易が行われた。18世紀前半になると禁がゆるみ、1735年にはニシン漁場は歌棄まで拡大し、場所請負人が現れた。ニシン漁場は1793年には石狩まで広がり、ざる網(大網)が開発され、漁獲効率が上がった。さらに1849年には行成網(定置網)が歌棄の佐藤伊三右衛門によって開発された。この頃には日高、十勝を除く全道と千島列島南部にも漁場が分布し、ニシン漁獲高は1830年代には約7.5万トン、1850年頃には約15万トンに達した。江戸末期には本州東北地方の秋田、山形、新潟の各県でも漁獲があったが、漁獲量を記した記録は見つかっていない

報文番号 A339(2002年3月29日受理)

* 農林水産省水産庁(Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Kasumigaseki 1-2-1, Tokyo 100-8907, Japan)

ない。

前述したように江戸時代中期以降、場所請負人が大網（定置網）の経営に乗り出すなど、大型の網が使用され漁具効率が上昇し、また、本州での綿花栽培の奨励や米作りの増産など、搾粕肥料の需要に支えられ、漁獲量の増大をもたらした。北前船が昆布、サケ、ニシン粕等を運んだ。時化が多くリスクも高かったが儲けは大きかったといわれている。これには場所請負制度の発達が大きく関係している。その背景として松前藩の上級家臣は知行として蝦夷地内にアイヌと直接交易する商場を与えられ、自らその経営にあたっていたが、元禄期ころから、運上金（租税、権利金）を取って商場の経営を商人に委ねる場所請負制が始まり、享保期（1716～1736）にはそれが一般化したことがある。一方で場所請負商人は高い運上金にみあった利益を上げるため、場所に新しい漁法を持ち込み、場所のアイヌの人々に漁業に従事することを強制したり、米とサケとの交換率を下げたりしたため、アイヌの不満が高まった。寛政蝦夷の乱（目梨・泊の乱）が起こったのもこのころ（1789年）である。本州ではマイワシを肥料にしていたがイワシが獲れず金肥難でニシン粕が重宝された。

2．明治から第2次世界大戦まで

明治になり北海道開拓使により1869年、場所請負人制度を廃止するとともに漁業の新規経営者が増え、同時に漁場の私有制度が発達した。これにより奥地での漁場開発や北海道産業の開発奨励政策とニシン粕の本州での稲作や四国徳島の葉藍栽培等の肥料としての需要が高まり、全盛時代を迎える。明治初期にはニシン肥料が全体の85%をしめた。1885年には積丹の斎藤彦三郎がニシン角網を発明し、漁獲効率が一段と高まり、漁獲量も1897年史上最高の97万トン余を記録した。20世紀にはいるとニシンの漁獲量変動が全般的に大きくなるとともに減少傾向がみられ始める。一方、1900年頃から中国東北部産の安い大豆粕が輸入されるようになり、日露戦争後には硫安の輸入、人工藍の発明により、葉藍栽培の急速な縮減で粕の需要が激減した。大正末期（1920年頃）には身欠きニシン、数の子等の生産が次第に増加し、第2次世界大戦中、及び直後の食糧難の時には肥料を上回った¹⁾。

3．第2次世界大戦以降

1940年以降、ニシン資源の変動も大きくなり、減少傾向は顕著となりニシン漁業は大きな打撃を受けた。1954年以降、北海道の日本海側では北海道サハリン系ニシン

が獲れなくなり、地域性のニシンやアニワ湾やサハリン南東岸に主たる分布域を持つテルペニア系ニシンを対象に細々と続いた。この春ニシン漁業の終焉によりオホーツク海南西部及び利尻礼文の北部海域でのニシン漁場の開発が行われた。さらに、オホーツク海北部の北洋での漁場開発に力が注がれるようになった。

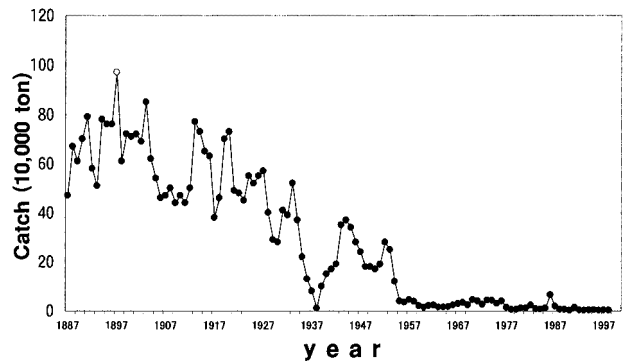


Fig. Fluctuation of annual catch of herring in Hokkaido.

北洋への展開の契機は1906年（明治39年）の日ロ漁業条約でのロシア沿岸でのニシンの漁業権を獲得したことであった。有効期間は12年で、当初はさけます漁業を中心に拡大した。1932年には千島北端にさけます、カムチャツカ南端にかにの漁場が開発されたが、1941年太平洋戦争で壊滅した。

第2次世界大戦後の漁業に関する国際的な動きについてみると

- 1945年：トルーマン宣言；公海域に保存水域の設定
- 1952年（5-9）：日米加三国漁業条約；自発的抑止；サケマス、ハリバット、ニシン
- 1952年：マッカーサーラインの廃止
- 1956年1月：ブルガーニンラインの設定
- 1956年5月：日ソ漁業条約の調印，10月：日ソ共同宣言で発効
- 1968年：北太平洋海域におけるニシン刺網漁業は大 臣承認漁業となる。北洋のオホーツク系、ギジガ・カムチャツカ系，コルフォ・カラギン系及びデカストリ系のニシンを対象に資源調査を実施。日ソ漁業委員会で資源状態の評価を実施
- 1977年：ソ連は200海里水域を設定。我が国のソ連水域でのニシンは全面禁漁

オホーツク海では、1957年、北海道水産試験場と北海道大学が共同でオホーツク海北部のあぶらニシン（索餌ニシン）漁場開発が行われた。その後1965年6月に漁船が試験操業を開始し好成績を収め、翌年からオホーツク海北部のシェレホフ湾にも展開した。1971年には

オホーツク海での産卵ニシン漁の全面禁止が提案され、抱卵ニシンの漁獲は不可能となり、科学調査船による試験操業に限定された。ベーリング海では1958年に、母船式底びき網船団がベーリング海西部のオリュートル水域での索餌ニシン漁場開発に着手し、1965年からは産卵ニシンの漁獲を開始した。しかし、1967年にソ連は産卵ニシンの漁獲禁止を提案した。1971年には北転船も含め72,000トン漁獲、1977年には200海里制度が施行され1976年を最後に北洋ニシン漁業は終了した。再び我が国周辺の地域性ニシンへの熱い視線が注がれるようになった。

II. ニシンの資源生物学的特性

1. 太平洋ニシンの起源と産卵場

ニシン科は5亜科、6属、181種からなり、淡水に生息する亜科も含まれている。我が国周辺にはニシン、マイワシ(*Sardinops melanostictus*)、ウルメイワシ(*Etrumeus teres*)、コノシロ(*Konosirus punctatus*)、サツバ(*Sardinella zunasi*)、キピナゴ(*Spratelloides gracilis*)が分布している。これらニシン科魚類の起源は低緯度域にあるが、Clupeinaeだけは冷水域に適応するようになったといわれているがその要因はまだよく分かっていない。また、ニシンの染色体腕数や複相染色体数、核内DNA含量等、細胞遺伝学的特徴および遺伝子(mtDNA)分析が進み、これらの情報からニシンの系統類縁関係的の見直しが必要なことを示している。一方、ニシンの種内についての研究も進み、最近では太平洋ニシン*Clupea pallasii*と大西洋ニシン*C. harengus harengus*の2種に、前者には*C. pallasii marsalbi*(白海ニシン)、後者には*C. harengus menbras*(バルト海ニシン)の亜種が存在する。

太平洋ニシンは大西洋ニシンに比べて脊椎骨数が少なく、低水温の比較的低塩分域の潮間帯または亜潮間帯に繁茂する水生植物や海藻類に卵を産むのに対して、大西洋ニシンはより高塩分で水温の比較的高い水深10~200mの陸棚上の砂礫等に産む。一方、バルト海ニシンは汽水性の強いバルト海の浅瀬の水生植物等に粘着性のある卵を付着する等、隣接する北海やスカンジナビア半島周辺に分布する系群と比較して生態や形態に違いがある。Svetovidov²⁾によれば、北半球に生息するニシン科魚類は第3紀後半に現在よりも温暖であった北極海盆で進化し、中新世の冷涼な時期に大西洋北部に進出した。しかし、ベーリング海峡が形成されていないことからこの時期には太平洋に進出してこなかった。ベーリング海

峡は鮮新世(約1200~100万年前)の約700~500万年前の間開いていたが、その後、約300万年前までは陸橋が形成されていたと推定されている。その後、鮮新世の後半から第4紀(約100万年前以降)の洪積世に入ると氷河の発達と衰退の繰り返しにより海面の昇降が起こり、ベーリング陸橋とベーリング海峡の出現が繰り返され、この地質的な時間の経過の中で冷水域に適応できるニシンがシベリア大陸に沿ってベーリング海峡を通過し太平洋に進出してきたと推定されている。

太平洋ニシンの起源と分化にはこの氷河期の気候変動に伴う海洋環境条件の変化が深く関わっており、太平洋ニシンと大西洋ニシンとの分岐は約500万年前と推定される³⁾。ちなみに太平洋ニシンと大西洋ニシンの分布の境は北氷洋西部の白海からバレンツ海であるといわれていたが、最近、ノルウェー北部のフィヨルドに形態的、生態的さらに遺伝的にも太平洋ニシンに極めて類似したニシンが再生産をしていることが明らかになり⁴⁾、ニシンの種内分化を考えるうえで大きなヒントを投げかけている。

太平洋ニシンのアジア側での産卵場は、黄海・渤海に面した山東半島から遼東半島が南限であり、それより北側では朝鮮半島北岸、ピョートル大帝湾、沿海州、日本北部、サハリン、オホーツク海、カムチャツカ半島北部の東西岸及びアナディール湾にかけて分布している。アメリカ大陸側ではサンディエゴ付近が南限であり、それより北側のトマレス湾、サンフランシスコ湾、ピュージェット湾、バンクーバー島周辺、アラスカ湾、ベーリング海に断続的に分布しているのが知られている。北氷洋ではシベリア側のコリマ川、インディギルガ川等大河川の河口域に、アラスカ側ではピュート海に産卵場が形成されている。日本周辺では日本海側では富山県での産卵親魚の漁獲記録があり、佐渡島の加茂湖及び両津湾周辺で成熟した親魚が今でも漁獲されている。太平洋側では浜名湖で漁獲された記録がある。しかし、産卵が確認された南限は利根川河口域である。また、ここ数年、茨城県酒沼では産卵親魚が漁獲されず、産卵場所が確認できる南限は万石浦とその周辺となっている。北海道では地域性のニシンの産卵群が各地で漁獲されており、日本海側では石狩湾から稚内にかけての沿岸、オホーツク海側ではサロマ湖、根室海峡の茶志骨、野付、風蓮湖、太平洋側では湧洞沼や厚岸湖の他に、近年では噴火湾の南茅部、森、長万部、苫小牧周辺でも漁獲されているのが特徴的である。太平洋側での産卵期の水温はアジア側では2℃(ラプチョブ海)~5℃(沿海州)、韓国では5~8℃と若干高い。アメリカ側では6~10℃(アラスカ湾以南)、ベーリング海では4℃前後、ピュフォート海

では0℃に近い。

2. 系群識別研究

ニシンの資源変動に関する研究は魚類のなかでも古くから取り組まれ、系群構造の解析の歴史も古く、Heincke⁵⁾により大西洋ニシンについて行われた研究が学術的の始まりといつて良い。系群識別には鱗による年齢査定や年級群構成の解析並びに鱗条数や脊椎骨数等の計数形質、体各部の比率の比較による形態特性等が用いられた。その後、現在に至るまで系群識別には成長、成熟年齢、孕卵数、鱗紋等の特徴や標識放流試験による分布、移動等の生態的特性等、多くの形質について比較研究が行われている。しかしながら形態や計数形質には環境的要素と遺伝的要素とが錯綜した結果として現れているため、それらの形質の異同が環境要因によって生じたのか、それとも遺伝的要因によるものであるのかを的確に把握することが困難な場合が多い。このため再生産を一にする個体の集まりである集団(系群)を遺伝学的に解明しようとする手法が用いられるようになった。

遺伝学的手法では系群間の遺伝学的距離から、系群間の隔離された時間が推定できるメリットがあり、種内分化を考察する上で重要な情報が得られている。この遺伝学的手法は免疫学的研究から始まり、Sindermann and Maris⁶⁾がメイン湾の東西に分布するニシンの赤血球のC抗体を持つ個体の出現頻度に有意差を検出したのが最初である。その後、トランスフェリン、ヘモグロビン等について研究が行われた。アイソザイム(酵素分子多型)に関する報告はOdense et al.⁷⁾が1966年、カナダ側のニシンについて乳酸脱水素酵素とアミノトランスフェラーゼの表現型頻度の差違について行った研究が最初であり、太平洋、大西洋のニシンで系群構造の体系的把握に用いられた⁸⁻¹¹⁾。さらにミトコンドリアDNAの分析による核酸レベルでの遺伝的変異に基づく系群研究はKornfield and Bogdanowicz¹²⁾が大西洋ニシンについて分析した報告が最初で、アラスカ周辺の太平洋ニシンではマイクロサテライトDNAの切断型多型分析による系群構造の研究が行われている。しかしながらDNA分析による系群構造解析は今までのところ特定の海域に限られており、ニシンの系統を把握するための体系的解析はまだ行われていない。

3. ニシンの系群構造

太平洋ニシンについてはロシア水域を除く主要な20の産卵場で採集した産卵群のアイソザイム分析結果から、

それぞれの産卵群は遺伝子頻度組成に統計的有意差が認められる固有の群であることが示され遺伝的距離から、これら系群はアジアからベーリング海に分布するアジア・ベーリンググループとアラスカ湾からカリフォルニアに分布する北東太平洋グループの2つにアリューシャン列島を境に大別された¹¹⁾。各グループ毎にみると、アジア・ベーリンググループでは黄海の系群がまず分かれ、次いで万石浦系群と石狩湾系群が、さらにベーリング海東部の系群と分かれる。さらに朝鮮半島、ベーリング海西部、サハリン・日本周辺と地域的にまた生態的に類似した系群の集まりから構成されていることが示される。しかし、遺伝的類縁関係と地理的位置関係とは必ずしも一致していない。一方の北東太平洋グループではサンフランシスコ湾からアラスカ湾まで遺伝子頻度組成に南北の地理的傾斜がみられ、地理的に近い群が遺伝的にも近いという関係が示された。なお、ビュート海の系群はベーリング海北東部の系群に近い結果が得られている⁸⁾。

アジア・ベーリンググループが北東太平洋グループに比べて系群構造が複雑なのは汽水域で産卵する系群や高塩分域で産卵する系群等、生態的に分化した群や、氷河の発達・衰退の繰り返しにより分布域が移動しその間に隔離機構が働いて孤立した系群が形成される等、それらの要因により特異的な遺伝子頻度組成を持つ系群がそれぞれの適した環境に分布するようになったからと推定される。太平洋ニシンの西端に分布する白海の系群については遺伝的変異が解析され他の系群との関係の解明が待たれる¹³⁾。なお、北氷洋に注ぐ河口域に分布するニシンについてはまだ解析が行われていない。

大西洋ニシンは春産卵群と秋産卵群が同一海域に分布しており系群構造は複雑である。Grant and Utter⁸⁾によれば、スカンジナビア系群(春産卵群)だけはかなり固有な遺伝子頻度組成を持つが、バルト海とカッテガト海で採集した標本群間よりもむしろバルト海とメイン湾や、カテガット海とセントローレンス湾の標本群間の方が遺伝的に近い関係にあるなど、大西洋の東西岸に分布する系群間で遺伝的頻度組成が類似している。しかし、北海、バルト海、ケルト海に分布する各系群及びスカンジナビア系群、アイスランド系群ではそれぞれ再生産は独立しており、大西洋ニシンでは遺伝的分化が十分に達成されていないことを示しており、系群識別に遺伝的特性の解析だけでは必ずしも十分とはいえない。特にバルト海では遺伝的特性、形態的特性、標識放流調査による産卵場への回帰性について調査・分析されているが、バルト海の海洋環境が比較的均一であること等から混合が起きている可能性があり、明瞭な系群識別には至っていない。

ない⁸⁾。

4. 系群の形成要因

種は均一な個体からなる集団を構成しているとは限らず、形態や計数形質の特性、産卵場の環境条件、成長、成熟過程、回遊範囲の規模及び遺伝的特性等に固有の特徴を持ったいくつかの系群から構成されている場合が多い。太平洋ニシンでは系群の形成に地理的隔離と生殖的隔離の機構が作用したと考えられる。地理的隔離の例としてアラスカ半島とアリューシャン列島により隔離された考えられるアジア側からベーリング海のグループとアラスカ湾からカリフォルニア州のグループである。これら両海域に分かれる系群間ではそれらの遺伝的距離から、隔離されてからの期間（分岐時期）を根井¹⁴⁾から推定すると約25～30万年前と推定される。この時期はミンデル氷期、リス氷期等、氷河の発達と後退が繰り返され、海面の上昇・下降の激しい時期でベーリング海の陸棚域は陸地となった。浅海域に産卵するニシンにとって影響は大きく、氷河の先端であるカリフォルニア南部にまで好適な産卵場を求め南下したと考えられる。その後の温暖化により北に移動したがアラスカ半島を回ってベーリング海にまで戻らなかったと想定される。アジア側に南下したニシンはその後の温暖化で北へ移動するのにカムチャツカ半島東岸に沿ってベーリング海へ進入するにしても地形的障害はなかった。近年でもカムチャツカ半島西岸の資源水準が高い時代には南東岸まで回遊するという¹⁵⁾。

対馬海峡・朝鮮海峡によっても隔離が起こっていると推定される。それは次のように推定される。約1万6千～1万年前のヴェルム氷期末期には親潮が津軽海峡から日本海に入り対馬海峡・朝鮮海峡から東シナ海に流入した。しかし、その後、8000年前頃から現在のように暖流が日本海に流入したと推定されている¹⁶⁾。ニシンはこの親潮の南下勢力が強い時期に対馬海峡・朝鮮海峡を通過したが、その後の親潮勢力の衰退と暖流の北上により、マダラ、ソウハチ、ウサギアイナメ等冷水性魚種とともに黄海に取り残された。現在でも黄海に分布するニシンは産卵接岸する時期以外は黄海中央部の固有冷水域に生息し、朝鮮半島北東岸の系群とは交流がなく、隔離された状態にある。

生殖的隔離の例としては能取湖、石狩湾、風蓮湖等で観察されている。能取湖では産卵場の塩分や水温への環境条件への適応性によって産卵場所が異なり、遺伝子頻度組成も異なる2系群が分布していた。しかし、永久湖口ができたことにより湖内の環境が湖外の環境と同様に

なり、汽水域に適応した系群が消滅した。過去には石狩湾では2月から6月にかけて石狩湾系群、北海道サハリン系群、テルペニア系群が順次産卵していた¹⁷⁾。これらの系群は産卵場の水温や河川水の流入による塩分濃度の差異への適応性が異なることにより、産卵時期がずれると推定される。このように同一海域を複数の系群が産卵場として利用しているのは太平洋ニシンでは北海道とサハリンで観察される。

さらに日本周辺に分布するニシンは産卵場の環境条件に対する生理的な適応様式と索餌回遊の行動様式から4つの生活型に区分される。それらは、Ⅰ：湖沼性地域型（尾駸沼系、湧洞沼系、風蓮湖系、佐呂間湖系、能取湖系）、Ⅱ：海洋性広域型（北海道サハリン系）、Ⅲ：海洋性地域型（万石浦系、石狩湾系）、Ⅳ：ⅠとⅡの中間型（テルペニア系、デカストリ系）である。これらの生活型に属するニシンは遺伝的には近い関係にあるが、成長度や脊椎骨数には系群により違いがみられる。このようにニシンはそれぞれの海域の環境に適応しながら固有の生態的特性を持つ多くの系群を形成して種を維持・繁栄させる戦略をもっていると考えられる。系群の持つ変異性は種内分化にとって最も重要な要素であると考えられる。

Ⅲ ニシンの資源変動に関する研究

1. ニシン資源の変動

ニシンは周期的に資源変動を繰り返している。太平洋側では最大の漁獲量を記録したのが日本海北部に主な産卵場のあった北海道サハリン系群である。この系群と知られる資源の長期変動を日本の古文書から再現すると、室町時代からこれまで日本海側では何回かの盛衰があったことが窺える。青森県鰺ヶ沢にニシンの漁獲に関する記録が残されている。それを年表的に記すと

1558年（安政5年）までわずかに小ニシンだけ漁獲
1559年（安政6年）初めて大漁
1560年（万延元年）漁期中、度々大ニシン群来あり
1561年（文久元年）網揚げ不可能になるほど大漁
1562年（文久2年）未曾有の大漁
1563年（文久3年）大漁、昼でも漁獲するものあり
1564年（元治元年）大大漁
1565年（慶応元年）大大漁
1566年（慶応2年）大漁
1568～1873年 変動無し、その後減少
1899年（明治32年）より著しく不漁、小型化
1912年より皆無、飛び魚、大羽イワシ、サバ、ホッケが次第に増加

と記録されており、1870年頃までは開発により漁獲量は拡大したが、19世紀末になると資源変動が大きくなっていったことが窺える。一方、秋田県北浦でも青森県と同様の変動が観察されている。

漁獲統計資料が整備された19世紀末になると、北海道だけでも約40万トンが漁獲され、1897年にはこれまでの最大の漁獲量である97万トンが記録された。その後のニシン漁獲量の減少は日本海の南部から始まる¹⁸⁾。その後増減を繰り返しながら減少傾向をたどり1954年を最後に北海道から消滅していくが、サハリンでも時期的に遅れるが同様に減少し、回復傾向はみられていない。

2. 資源変動解明の研究

ニシンの本格的な調査研究は1901年に開始されたが、この頃は好漁、不漁の差が大きくなり、資源は減少傾向を示し始めた時期で、不漁原因と併せて来遊量の予測が重要な課題となった。このため、西欧での研究をいち早く取り入れて調査に着手し、特に資源動向予測のため漁獲物年齢組成調査等を組織的に解析し、卓越年級群の出現が資源動向に大きく影響すること、豊度の高い年級群は海水温が低く推移した時期に発生すること、産卵親魚量と加入量の親子関係は明瞭でないこと、仔魚の生残には好適な餌との遭遇が関与していること等、先進的な成果を上げた。

北海道サハリン系ニシンの資源の消滅については人為的要因と自然的要因とによるものとが考えられる。前者には定置網統数だけでなく刺網の使用反数の増加による漁獲努力量の増大によるものとする説があり、後者では植物プランクトン組成の変化にみられるような海洋規模での環境変動が北海道サハリン系ニシンの再生産に影響を与え、資源状態の悪化により産卵場が北へ移動し、衰退していったとする説である。現在では、他の種の変動や他海域のニシン資源の変動要因に関する研究から、海洋環境の変動が資源の変動に大きく影響していると考えられるようになってきた。事実、イワシ類では資源量の長期変化が人為的影響の及ぶ前から起きていることがカリフォルニアの湾に堆積したイワシの鱗の堆積量から推定されている。一方、日本海中緯度域及び極前線域の海水温の平年偏差は1950年頃からプラスになり1980年頃からマイナスに変化している。レジームシフトが起きたことが考えられる。その要因は大気と海洋の相互作用から起きると考えられる。その例であるエルニーニョ等の海洋規模の水温異常も一因と考えられ、北米太平洋岸ではHerring dislike Elnino（ニシンはエルニーニョが嫌い）と言われるほど、エルニーニョになると魚食性のヘイク

の分布域が北偏しニシン幼魚が大量に捕食され、ニシン資源に悪影響を与えていることが分かっている。

太平洋のその他の海域のニシンの資源状態についてみると、オホーツク海及びベーリング海の系群の資源状態は1970年代に減少し、1980年台に入ると増加傾向を示し1990年代後半はこれまでの最高に近い水準に回復している。北米側ではカナダからアラスカ湾の系群の資源水準は1960年代後半に低下したが1970年台には回復し、その後一時低下したものの系群によっては高い水準に回復している。サンフランシスコ湾では5～7年の周期で増減がみられる。数十年規模でみると太平洋では1970～1980年代前半は概して資源状態が低位にあるが、1980年代後半になって回復傾向を示し1990年代は概して高い水準にある。また、ニシンの資源変動はマイワシ類の資源変動やスケトウダラの資源変動と逆相関にあるのが知られている。このようにニシン資源は種レベルで見れば地球規模の海洋環境に連動して変動しているものの、系群別に見れば特に発育段階初期の卵仔稚魚期の生き残りに影響される年級群豊度の大きさとその積み重ねにより変動している。北海道サハリン系ニシンについても、19世紀末から20世紀前半には1909, 1915, 1921, 1939, 1948年に卓越年級群が発生し、この卓越年級群が資源を支え、かつ卓越年級群の出現頻度によって資源状態が左右されてきたことが分かっている。

3. 資源変動の予測

P. Medley and L. Klyashtorin (in press)によれば、これまでの気候と海象の関係から、魚種により資源変動に長期的な周期性が認められ、太平洋ニシンの場合には、大気の南北循環指数と漁獲量の関係から1990年代は低位にあるが2020年頃をピークに21世紀初めから上昇傾向に転ずることが予測されている。海洋性ニシンの北海道サハリン系ニシンも今後、資源状態は好転することが期待される。

IV. 孵化放流・栽培漁業の効果

1. 受精卵の孵化放流の歴史

受精卵の移植放流の例として、札幌農学校で水産を学んだ農商務省の役人であった内村鑑三が1884年、北海道小樽から佐渡島に受精卵を持ち込み自然ふ化させ放流した記録がある。内村はその後、大日本水産界水産伝習所（現；東水大）の発足と同時に教鞭を執り「日本水産局がニシンの卵を4年前に佐渡へ移植したが、未だ実効を

見るに至らず」と講義している。その後、両津生まれの親松太郎は、当時稲作肥料として大量に移入されるニシン粕をみて、ニシン稚魚を放流し、サケのように故郷に帰る習性があれば佐渡の漁業に役立つと考え、郡長に提案した。その提案が認められ、1888年2月に松前町福山に行き、ニシン受精卵を海路で佐渡に運び、これを簗に入れて孵化し、仔魚を両津湾内8カ所で放流した。その3、4年後、ニシンではなくホッケが捕れ、ホッケに化けたと伝えられている。しかし、今でも佐渡島両津湾や加茂湖周辺で成熟したニシンが漁獲される。脊椎骨数は北海道サハリン系ニシンに類似し、アイソザイムでも差は見られない¹⁹⁾。現在、佐渡島周辺で漁獲されるニシンがこの時放流されたニシンの子孫であるのかどうかは不明である。

北海道サハリン系ニシンの資源が衰退状態に入った1924年からはニシンの増殖事業の基礎となる人工孵化の基礎的実験が北海道水産試験場で開始された。その後、1934～1935年には厚岸漁業協同組合が厚岸ニシンを対象に2千万から6千万粒のニシン卵の孵化放流を行い、さらに1941年から1952年まで石狩以北の日本海側では北海道水産試験場と水産ふ化場が共同して北海道サハリン系ニシンを対象に、年間200億から400億粒の大規模な人工孵化放流を行ったが、放流効果は得られなかった。

2. 人工種苗大量放流技術の開発と放流効果

1970年代に「ニシン増養殖技術開発企業化試験」が実施され、稚魚期まで飼育に成功したが大量生産には至らなかった。1982年から(社)日本栽培漁業協会厚岸事業場と宮古事業場が種苗生産を開始し、厚岸事業場では能取湖ニシンを、宮古事業場では万石浦ニシンを使用して、それぞれ全長66mmの種苗を8.4万尾、同30mmの種苗を5万尾生産することに成功した。これには仔稚魚期の餌料の大量生産技術の開発が大きく関わり、現在では厚岸事業場では風蓮湖ニシンと厚岸ニシンを対象に生残率約40%、100万尾以上の稚魚を安定的に生産できる技術レベルにある²⁰⁾。風蓮湖ニシンについての放流効果をみると、回収率は年級群によって差異はみられるが1993～1996年級群では5.7%～12.5%とサケの回収率の1.9%～5.5%と比べて高い。放流効果はまだ低い、資源の管理意識の向上と嵩上げに貢献していることは確かと思われる。さらに1999年に根室管内ニシン種苗生産運営委員会が発足し、風蓮湖ニシンを対象に全長40mmサイズの種苗を、100万尾生産する施設が完成した。日本海側では1996年からニシン種苗生産と放流が取り組まれ、石狩湾周辺では放流魚が再捕されている。漁獲量は少量である

が放流事業が漁獲量の安定化に寄与していると考えられる。

文 献

- 1) 石田昭夫：ニシン漁業とその漁業生物学的考察．漁業科学叢書，4，1-57(1952)
- 2) Svetovidov：Clupeidea, fauna of USSR. *Acad. Nauk. SSSR Zool. Inst. N. S.* 48，1-331(1952)
- 3) Grant, W.S.：Biochemical genetic variation, population structure, and evolution of Atlantic and Pacific herring. Ph.D. Thesis, Univ. of Washington, 1-135 (1981)
- 4) Jorstad, K.E., G. Dahle and O.I. Paulsen：Genetic comparison between Pacific herring (*Clupea pallasii*) and a Norwegian fjord stock of Atlantic herring (*Clupea harengus*) *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*，51(Suppl. 1), 233-239(1994)
- 5) Heincke, F.：Naturgeschichte des Herings. *Abh. Deutsch. Seefischerei-ver.* 2(1), 1-128(1898)
- 6) Sinderman, C.J. and D.F. Mairs：A major blood group system in Atlantic clupeoid fishes. *Copeia*，534-537(1959)
- 7) Odense, P.H., T.M. Allen and T.C. Leung：Multiple forms of lactate dehydrogenase and aspartate aminotransferase in herring (*Clupea harengus harengus* L.). *Can. J. Biochem.*，44，1319-1326(1966)
- 8) Grant, W.S. and F.M. Utter：Biochemical population genetics of Pacific herring (*Clupea pallasii*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*，41, 856-864(1984)
- 9) Ryman, N., U. Lagercrantz, L. Anderson, R. Chakraborty and R. Rosenberg：Lack of correspondence between genetic and morphologic variability patterns in Atlantic herring (*Clupea harengus*). *Heredity*，53(3), 687-704(1984)
- 10) 小林時正・岩田宗彦・沼知健一：日本の北部海域で産卵するニシン地域性集団の遺伝的分化．*日水誌*，56(7), 1045-1052(1990)
- 11) 小林時正：太平洋ニシンの集団遺伝学的特性と種内分化に関する研究．*遠水研報*，30，1-77(1993)
- 12) Kornfield, I. and S.M. Bogdanowicz：Differentiation of mitochondrial DNA in Atlantic herring, *Clupea harengus*. *Fish. Bull.*，85, 561-568(1987)
- 13) Novikov, G., A. Karpov, A. Andreeva and

- A.Semerova : Herring of the White sea. Herring : Expectations for a new millenium. 591-597(2001)
- 14) 根井正利 : 分子進化遺伝学. 五条堀孝・斎藤成也共訳, 培風館, 東京, 1990, 433p.
- 15) Naumenko, N.I. : Production characteristics of herring in the far eastern seas. Herring 2000 symposium abstract(2000)
- 16) 大場忠道 : 最終氷期以降の日本海 of 古環境. 月刊地球, 5, 1, 37-46(1983)
- 17) 小林時正 : 石狩湾に出現する遺伝学的に異なる産卵ニシンの 2 群とその考察. 北水研報告, 48, 11-19 (1983)
- 18) Motoda S. and Y. Hirano : Review of Japanese herring investigations. Rapp.p.-v.Reun.cons.int. Explor Mer., 154, 240-261(1963)
- 19) 小林時正・野田栄吉 : 佐渡島周辺で漁獲されたニシンの特性. 日本水産学会中部支部例会, 講演要旨集, 24(1989)
- 20) 山本義久 : ニシンの種苗生産技術. 栽培漁業技術シリーズNo.7.(社)日本栽培漁業協会, 2001, 100p.

Resource condition of herring populations caught by fisheries in Sakhalin Island waters (Review)*¹

Elsa R. IVSHINA*²

The coasts of Sakhalin are notable for their herring population variety. However, only the Sakhalin-Hokkaido, De-Kastri and northeastern (NE) coast of Sakhalin populations are considered commercially important. Abundance of the De-Kastri and the NE coast of Sakhalin populations are not high compared with the Sakhalin-Hokkaido herring population. Catches of all Sakhalin populations is much lower than Okhotsk, Gizhiginsk-Kamchatsk, or Korfo-Karaginsk in recent years.

Presently, herring of the NE coast of Sakhalin and the De-Kastri are characterized by low abundance. One of the biggest populations in the North Pacific in the past, Sakhalin-Hokkaido herring have been in low abundance for some decades. Drastically decreased abundance is caused both by loss of spawning and feeding areas and changing population age-structure.

Keywords: Sakhalin, Sakhalin-Hokkaido herring, De-Kastri herring, Northeastern coast herring, Low abundance, Fishing.

Introduction

Herring are widespread in the North Pacific. They are a major resource of coastal fisheries including those of Sakhalin. There are up to 34 populations known in the Northern Pacific Ocean; however, only a few populations are utilized by commercial fisheries^{1,2)}.

The Okhotsk, Gizhiginsk-Kamchatka, and Korfo-Karaginsk populations have been characterized as highly abundant in recent years. They are known to be the most commercially significant of all populations in the Far Eastern seas of Russia. The majority of herring populations were at low abundance from the mid-1970s to the mid-1990s; however, recent increase in herring biomass in the Okhotsk and Bering Seas has been observed¹⁾.

With regard to the Japan Sea, the opposite is true. In recent years, abundance of almost all populations approached the historical minimum; not only Sakhalin, but also Plastun-Nelminsk herring and herring of the Peter-the-Great Bay show similar depletion^{3,4)}. Despite the decrease in herring population

size in the Japan Sea and adjacent areas, herring populations off the western coast of Hokkaido have increased⁵⁾.

Herring inhabit all areas off the Sakhalin coast and are known for their population variety. Herring have three ecological forms based on their life history pattern: oceanic (e.g., Sakhalin-Hokkaido herring), neritic (e.g., De-Kastri herring, herring of the northeastern (NE) coast, Terpeniya Bay herring, Sakhalinsky Bay herring), and lake (e.g., Tunaicha Lake herring, Ainskoye Lake herring, Nevskoye Lake herring)⁶⁻¹¹⁾.

Populations differed in biological characteristics and resource level up to the end of the 1980s. Despite low abundance in all populations, Sakhalin-Hokkaido herring still play an important role in the fishing industry.

This study presents resource conditions of herring populations caught by fisheries in Sakhalin Island waters.

Data presented here are based on long-term monitoring of Sakhalin-Hokkaido herring, De-Kastri herring, and herring of NE coast of Sakhalin. Annual

Accepted : March 25, 2002. Contribution A 340 from the Hokkaido Fisheries Experimental Station.

(報文番号 A 340 (2002年3月25日受理))

*1 サハリン島周辺海域で漁獲されるニシン系群の資源状態 (総説)

*2 Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography, 196, Komsomolskaya St., Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia. (エリザ・エル・イフシナ, サハリン漁業海洋学研究所, ユジノサハリンスク, サハリン州, ロシア)

data of herring catches off Sakhalin were obtained from Kondo¹²⁾, Rumyantsev⁷⁾, and SakhNIRO archives. Analysis was made on results of spawning ground surveys and biostatistical data from the De-Kastri and Sakhalin-Hokkaido herring feeding period and for the spawning period of herring of NE coast. Respective biomasses of Sakhalin-Hokkaido and NE coast herring are estimated in cohort analysis^{13,14)}. De-Kastri herring biomass is estimated as a part of the stock assessment process.

Results and Discussion

Sakhalin-Hokkaido herring population

Sakhalin-Hokkaido herring were the most abundant among North Pacific populations and represent the classic example of catastrophic decrease (Fig.1). Landings reached 500000 tons along Sakhalin coasts in the middle of the last century. Fishing was based on spawning herring. Since 1958, spawning herring fishing was closed; fishing was conducted only during the feeding period (July-October).

Nevertheless, spawner abundance decreased from hundreds of millions to the tens of millions. From the 1960s to 2000, population size decreased^{10,15)}. After 1960, total landings were in a depressed period. Data show that landings of feeding Sakhalin-Hokkaido herring decreased from 10100 to 100 tons from 1976 to 1993 (Fig. 2). Depletion might be caused by climatic and oceanographic changes, especially a warmed climate^{8,16-20)}. Overfishing of spawning adults and juveniles is also an important contributing factor leading to decreased herring populations. Fishing intensity increased during the

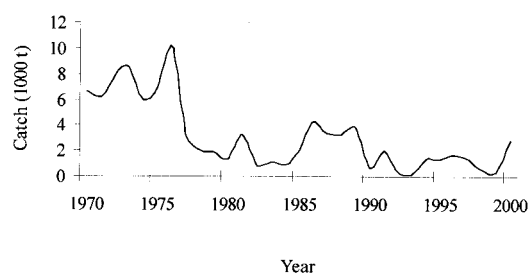


Fig. 2 Catch of the feeding Sakhalin-Hokkaido herring near western coast of Sakhalin

period of natural population decline^{10,12,15,21,22)}.

During this period, only in 1973, 1983, and 1988 were there formed dominant year-classes (for the depression period). In 1976, 1986, and 1991, observed annual landings increased concomitant with the decreasing trend. Over the 1990s, herring abundance did not decrease in general, but the level of abundance for the present period 1995 year-class is lower than the abundance of 1983 and 1988 year-classes²³⁾.

As a result of decreased abundance over the 1950s-1990s period, there was habitat degradation. There is manifest reduction in the distribution area of immature Sakhalin-Hokkaido herring in the Aniva Bay, the Terpeniya Bay, and off the northeastern coasts of Japan. Mature feeding herring aggregate mostly near southwestern Sakhalin (Fig. 3), but in high abundance periods, herring were observed only in the Tatar Strait (Japan Sea) in the wide area from the Moneron Island to the northern part of the strait²⁴⁾. Spawning areas of Sakhalin-Hokkaido herring extended along the widest area in the Japan Sea and the Sea of Okhotsk near the coasts of Sakhalin, Hokkaido, and partially, Honshu^{16,17)}. Along with

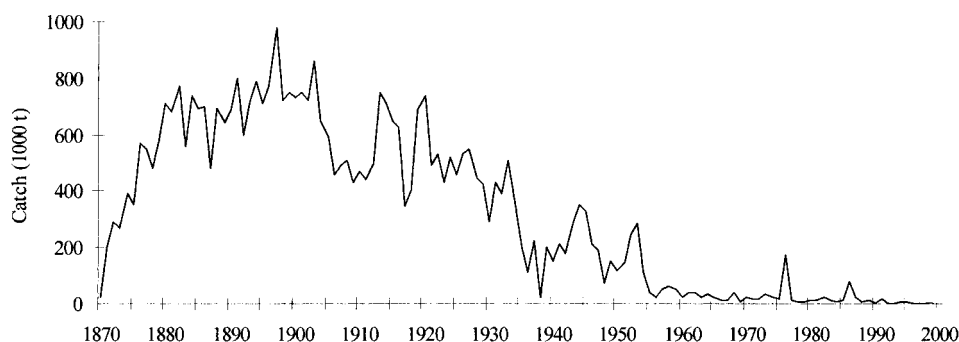


Fig. 1 Catch of the Sakhalin-Hokkaido herring

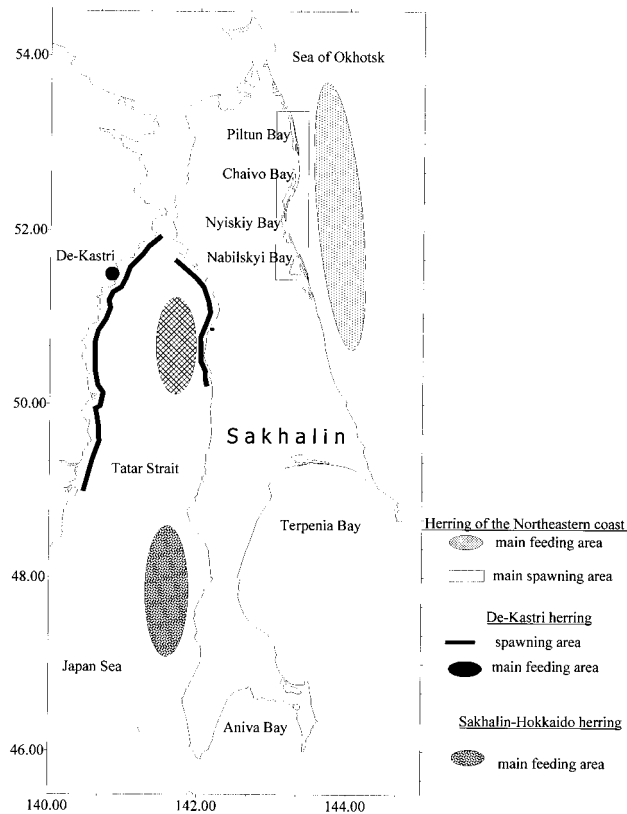


Fig. 3 Scheme of distribution of herring populations caught by fisheries

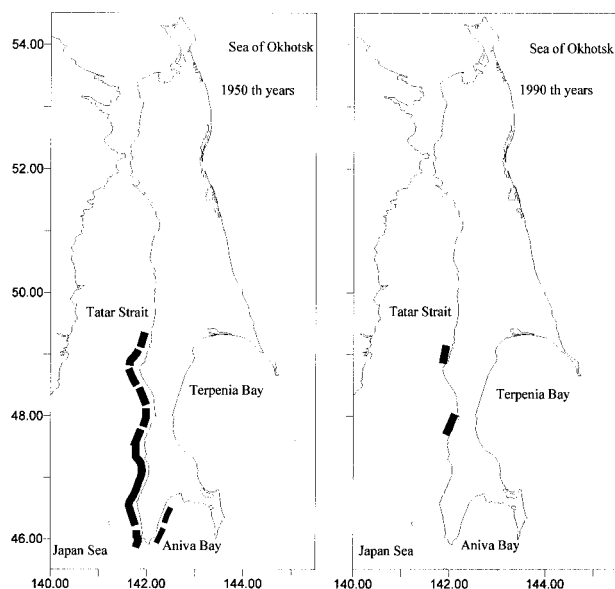


Fig. 4 Spawning grounds of Sakhalin-Hokkaido herring in the 1950th and 1990th (solid line : sites of greatest spawning grounds)

depletion, consequent decrease in spawning grounds occurred first near the coasts of Hokkaido, then near the Sakhalin coasts. Catastrophic decrease in spawning grounds has been most marked in recent decades. In the 1990s, the spawning area was much smaller than in the 1950s (Fig. 4).

Overfishing also affected herring populations of the De-Kastri, Korf-Karaginsk, Gizhinginsk - Kamchatka, and the Peter-the-Great Bay. However, even though almost all populations have recovered from depression, Sakhalin-Hokkaido herring remain at a low abundance level^{1, 2, 4}).

Drastic decrease in abundance of Sakhalin-Hokkaido herring took several decades to influence population age-structure of, for instance, Peter-the-Great Bay herring, despite its deeply depressed condition^{3, 25}). However, another situation was observed in the Sakhalin-Hokkaido population. Dominant age groups changed in spawning stock; spawners rejuvenated while their average and maximum age decreased²⁶). There have also been distinct changes in feeding aggregations. Maximum age in aggregations reached seventeen years in the period of normal condition of the population and a relatively moderate stock exploitation (up to the 1960s). Maximum age in feeding aggregations decreased from 14 to 6-8 years (Fig. 5). Accordingly, the number of year-classes decreased from 10-12 over 1955-79 to 6-8 in 1980-2000. These results may be caused by herring depletion and increased fishing pressure.

During the most recent decade (1990-2000), feeding herring were observed near the coasts of southwestern Sakhalin with body length from 17.5cm to 34.5cm at 2- to 9-yr's age from. Mean body length ranging from 23.4cm (1991) to 28.2cm (1990). Average age ranged from 3.6 yrs (1997) to 6.4

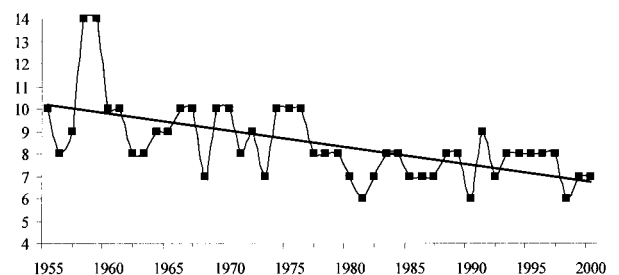


Fig. 5 Maximum age of the feeding Sakhalin-Hokkaido herring

(1990). Minimum average body length and age were recorded in 1991, when individuals of a relatively abundant (after 1975 and 1983 year-classes) 1988 year-class entered the fishery. In the 1997-1998 years, the share of younger age groups greatly increased, leading to decreased average length and age statistical values of age and length. In 1999-2000 mean length and average age increased again (Fig. 6)

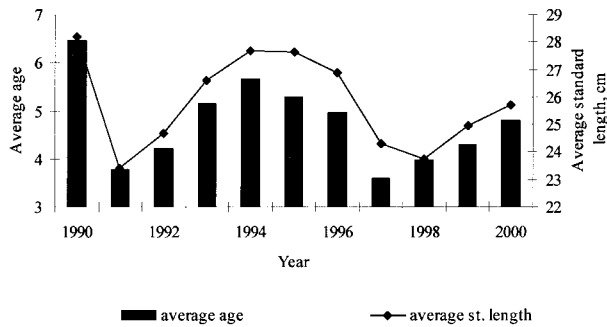


Fig. 6 Dynamics of the size-age comparison of the feeding Sakhalin-Hokkaido herring

The De-Kastri herring population

De-Kastri herring are also an exploited fishery resource in Sakhalin waters. Their area is limited to the northern part of the Japan Sea. The main area of wintering for mature fish is on the shelf of the western part of the Tatar Strait. Main prespawning areas are the central parts of the Tatar Strait. De-Kastri herring spawning is observed near coasts in the northern part of the Tatar Strait. De-Kastri herring are named after the De-Kastri Bay (now called the Chikhachov Bay) and adjacent areas where their major spawning grounds are located (Fig. 3).

Individual ages of 2 to 10 yrs are observed in spawning aggregations of De-Kastri herring. Individual ages of 4-7 years form the basis of spawning aggregations. After 1993, individuals aged 7-10 yrs were found to dominate the stock. During the 1990s, there appeared to be low recruitment in the population. From 1992 to 1998, there have been no individuals aged 2-3 yrs in the landing. Average fish age in spawning aggregations increased up to 1995-1997 (mean age 9.6 - 8.5 yrs) and drastically fell in 1999-2000 (mean age 3.9- 5.4 yrs) (Fig. 7)

Landings of feeding De-Kastri herring showed

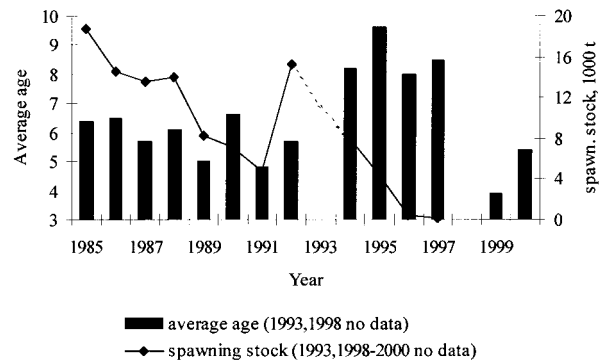


Fig. 7 Dynamics of the age comparison and spawning biomass of the De-Kastri herring

individuals aged from 1 to 10 yrs. Older individuals (i.e., 5 yrs or more) have dominated both spawning and feeding aggregations through 1994-1997. Such an age distribution structure in feeding aggregations is a symptom of population depression. We have no grounds to infer an increase in De-Kastri herring population because there is no strong year-class showing evidence of increase.

Since the 1930s, the De-Kastri herring catch has offered the most reliable data. The annual average De-Kastri herring catches from 1931 to 1964 were 4200 tons. During this period, the catch data was only for domestic fisheries. From the period 1964 to 1977, during which the Exclusive Economic Zone (EEZ) was established, both Russian and Japanese fleets shared herring fishing areas. Average annual catch increased to 5300 tons. In general, the most prominent catches occurred in 1948-1955, 1961-1966, and 1974-1975. By the late 1970s De-Kastri herring decreased drastically due to overfishing and domestic fishery depletion. The fishery continued its steep decline to 1982 due to the extremely low populations. Increased population in the first half of the 1980s resulted from enforcement of closed seasons for De-Kastri herring fisheries. At the beginning of the 1980s the fishery started to recover and the total catch reached 3750 tons in 1991. After 1991, catches decreased again due to absence of abundant year-classes coupled with low fishing intensity (Fig. 8).

We conclude that, according to 1985-1997 observation results, one reason for decrease in total area of spawning grounds off the continental and Sakhalin coasts in the 1990s was the decrease in De-Kastri herring abundance²³ (Fig. 7).

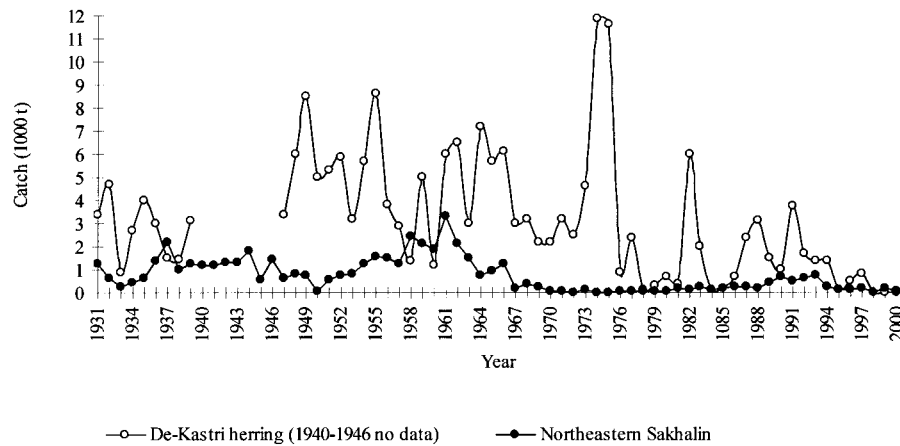


Fig. 8 Catch of the De-Kastri herring and the herring of northeastern coast of Sakhalin

Results obtained by B.M. Kozlov and later studies show that the De-Kastri herring population can recover from depletion under favorable oceanic conditions when the population is not open for fishing (23,27).

Herring of the northeastern coast of Sakhalin

Local herring of northeastern (NE) Sakhalin do not undertake long-distance migrations; they inhabit both bays and shelves of NE coast of Sakhalin (Fig. 3). The developed net of the shallow bays characterizes NE coast. In the third trimester of May and in June, spawning of the local slowly-growing herring with faster-growing herring (migrants) in bays characterize spawning aggregations⁶⁾.

Herring with body length of 13.5-36.5cm formed spawning aggregations in the 1990-2000 period. Average body length of mature fish ranged from 23.5cm in 1992 to 27.1cm in 1997. Accordingly, average age of mature fish ranged from 4.8 to 7.4 yrs. (Fig. 9). Spawning stock of this herring comprises individuals aged 2-11 yrs. In the most recent decade, individuals with 26-29cm body length at 6-9 yrs dominated landings except for 1996 and 2000 years at the expense of very high shares of younger groups.

Population size and landings of NE coast of Sakhalin were lower than the Sakhalin-Hokkaido and De-Kastri herring. In 1937-1939, 1958, and 1960, herring catches of NE coast of Sakhalin were equivalent to those of De-Kastri herring. During the observation period, maximum landings were recorded

in 1936-1944 and in 1955-1963. The peak landing constituted 3300 tons in 1961. From 1967, herring landings abruptly decreased. Main reasons for the decrease were occurrence of low abundant year-classes and overfishing during high abundant year-classes. The average annual landing constituted 1150 tons during the high herring abundance period of 1931-1967 and 130 tons during the period of low abundance in 1968-1986 (Fig. 8).

Herring fishery, to different extents, was conducted in almost all bays. Main fishing areas were the biggest of them (Nyiskiy, Nabilsky, Chaivo and Piltun). Up to 1988, herring landings were at a very low level; they increased when the abundant 1983 year-class occurred and fishery intensified. From 1987, restricted herring fishery has been conducted here as well as monitoring observations in the spawning period. Herring fishery is conducted mainly in the Nyiskiy Bay as soon as bays become free from ice; it continues, as a rule, over the whole

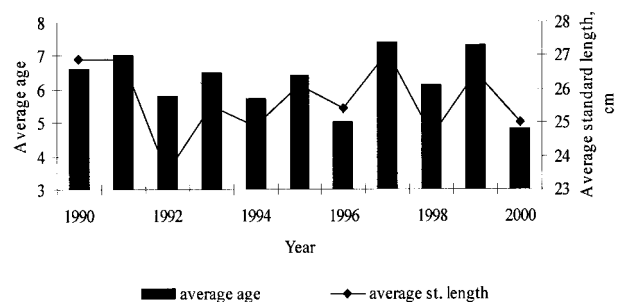


Fig. 9 Dynamics of the size-age comparison of the spawning herring of northeastern coast of Sakhalin

period from the end of May to the first trimester of July²⁸⁾. Herring landings have varied since 1990 from 740 tons (1993) to 40 tons (2000).

The 1983, 1988, and 1995 year-classes that have dominated the last several years formed the basis of landings. The present state of NE Sakhalin herring is characterized as stable. Minimum landings have been observed for the most recent five years. Decreased landings depend not on the resource condition, but are connected with fishery restriction due to economic reasons.

Conclusion

All-climatic factors probably comprise the reason for depression of Sakhalin-Hokkaido herring. However, the main reason under modern conditions is fishery. In the present critical situation, only protective efforts can bring population stabilization of Sakhalin-Hokkaido herring. For De-Kastri and NE coast herring populations, another situation exists of a modern condition of herring depletion. Decreased resources correlate with middle and poor year-classes. Thus, generally, herring resource conditions in Sakhalin waters in the 1990s are characterized as unsatisfactory.

Acknowledgement

I extend my appreciation to all SakhNIRO employees who have taken or are taking part in herring data collection and processing included in this review.

References

- 1) Naumenko N.I. Biology and fishery of the sea herring of the Far East, PhD (Master) Thesis, All Russian Institute of Fishery and Oceanography, Moscow, 2000, 45p. (In Russian)
- 2) Hay D.E, Toreson R., Stephenson R., Stephenson R., Thompson M., Claytor R., Funk F., Ivshina E., Jakobsson J., Kobayashi T., McQuinn I., Melvin G., Molloy J., Naumenko N., Oda K. T., Parmanne R., Power M., Radchenko V., Ryan, Schweigert J., Sjostrand b., Stevenson D. K., Tanasichuk R., Qisheng Tang, Wattwers D. L., Wheller J.: Taking stock: an inventory and review of world herring stocks in 2000. Submitted to: Proceedings, Herring 2000, Alaska Sea Grant Symposium, Anchorage, Alaska, February, (2000)(in English) in press
- 3) Posadova V. P.: Abundance of the Peter-the-Great herring (the Japan Sea) and the reasons of its decrease. The first Congress of Russian ichthyologists. Reports' theses (Astrakhan, September 1997). M.: All-Russian Institute of Fisheries and Oceanography, 1997, 88p (In Russian)
- 4) Gavrilov G. M.: Composition, abundance dynamics and fishery of the fish in the Russian economic zone and the adjacent waters of the Japan Sea. *Izvestiya TINRO*, 124, 271-320 (1998)(In Russian)
- 5) Takayanagi T.: Ecological peculiarities of the local herring distributing in the Japan Sea off the shores of Hokkaido. Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Resources and Aquaculture Series, 48, 11-18, 2000 (in Japanese)
- 6) Frolov A.I.: Local forms of the Sakhalin herring. *Izvestiya TINRO*, 32, 65-71 (1950)(In Russian)
- 7) Rumyantsev A.I.: Methods used for resource estimates and prognosis of possible commercial fish landings in the Sakhalin waters. *Works of VNIRO*, 62, 107 - 121 (1967)(In Russian)
- 8) Iizuka A. and Morita S.: Review of herring fishery and its biological research in Japan. *Mar. Behav. Physiol.* 18, 227-302 (1991). (in English)
- 9) Kobayashi T.: Biochemical analysis of genetic variability and divergence of populations Pacific herring. *Bull. Nat. Res. Inst. Far seas Fish.* 30, 1-77 (1993)(in Japanese with English abstract)
- 10) Pushnikova G.M. Fishery and stock condition of the Sakhalin waters herring. Scientific proceedings of Far Eastern State Technical Fishery University, 8, 34-43 (1996a)(In Russian)
- 11) Ribnikova I.G: Population structure of the Pacific herring *Clupea pallasii* (Valenciennes) of the Japan Sea and the Sea of Okhotsk. PhD (Master)

- Thesis, Institute of Marine Biology of Science Academy of Russia, Vladivostok, 1999, 41p (In Russian)
- 12) Kondo H.: On the condition of herring (*Clupea pallasii* C. et V.) in waters around Hokkaido and Sakhalin during recent years. Hokkaido Fisheries Experimental Station. 3, 1-18 (1965) (In Japanese)
 - 13) Pope J. G.: An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Int. Comn. Northwest Atl. Fish. Res. Bull. 9, 65 - 74. (1972) (In English)
 - 14) Darby C.D. and Flatman. Virtual Population Analysis: version 3.1 (Windows/DOS) user guide, 1, Info. Tech. Ser., MAFF Direct. Fish. Res., Lowestoft, 1994, 85p. (In English)
 - 15) Pushnikova G.: Will the population of the Sakhalin-Hokkaido herring disappear from the industrial supply. *Russian Conversation News*, 13, 19-21 (1997) (In English)
 - 16) Probatov A.N.: Distribution of the Japan Sea herring. *Izvestiya TINRO*. 39, 21-57 (1954) (In Russian)
 - 17) Probatov A.N.: Fluctuations of Sakhalin-Hokkaido herring abundance due to oceanological conditions. Proceedings of Oceanographic Commission. 3, 124-124 (1958) (In Russian)
 - 18) Motoda S. and Hirano Y.: Review of Japanese Herring Investigations, Ext. Du rapp.et proc. Verbaux, 154, 249-261 (1963)
 - 19) Birman I.B.: Heliohydrobiological connections as a basis for the long-term prognosis of commercial fish resources (salmonids and herring). *Ichthyology problems*, 13 (1), 23 - 27, (1973) (In Russian)
 - 20) Sokolovskiy A.S. and Glebova S.Y.: Long-term fluctuations of the Sakhalin-Hokkaido herring abundance. Herring of the northern part of the Pacific Ocean, 1, 3 - 12 (1985) (In Russian)
 - 21) Probatov A.N.: Runs of herring spawners to the western coast of southern Sakhalin. *Rybnoe khozaystvo*, 2, 2-29 (1959) (In Russian)
 - 22) Pushnikova G. M. Features of the Southwest Sea of Okhotsk Herring. North Pacific Marine Science Organization (PICES). Proceedings of the Workshop on the Sea of Okhotsk and Adjacent Areas. *PICES Sci. Rep.* 6, 378 - 383 (1996b) (In English)
 - 23) Pushnikova G.M. and Ivshina E. R.: Resources' condition and fishery perspectives of the Sakhalin herring populations. *Coastal hydrobiological researches*, 1, 223-230 (1999) (In Russian)
 - 24) Druzhinin A.D.: Materials on biology of feeding herring (*Clupea harengus pallasii* Val.) in Sakhalin waters. *Izvestiya TINRO*. 55, 1964, 3-37 (In Russian)
 - 25) Naumenko N.I.: Age structure of the herring *Clupea pallasii* Valenciennes (Clupeidae) landings in the Far Eastern seas, *Biology researches and abundance dynamics of the commercial fish of the Kamchatka shelf*, 4, 21-27 (1998) (In Russian)
 - 26) Pushnikova G.M.: Resources condition and age of the optimal exploitation of the Sakhalin-Hokkaido herring. *Izvestiya TINRO*, 105, 79 - 84 (1981). (In Russian)
 - 27) Kozlov B. M.: Biology and fishery of herring in the northern part of the Tatar Strait. *Izvestiya TINRO*, 1968, 65, 3-11 (In Russian)
 - 28) Pushnikova G.M. and Ivshina E. R.: About spawning herring of northeast coast Sakhalin, *Rybnoe khozaystvo*, 2, 38-41 (1998) (In Russian)

北海道におけるニシンの加工と利用について（総説）

佐々木 政則*

Processing and Use of Herring in Hokkaido (Review)

Masanori SASAKI*

From 1945 to around 1955, herring were processed into fertilizer, herring oil, salted herring, and dried herring roe. However, since the 1970s, when imported herring began to be used as raw materials, they have been used primarily to produce dried herring fillets, salted herring roe, seasoned herring roe and frozen herring.

Herring product characteristics by production center were analyzed and categorized into the following: weight ratio by region, pH, general ingredients, fatty acid composition, free amino acid composition of fish meat and ovaries, ovary maturation and herring roe quality, ovary consolidation mechanisms, and damage to herring roe sustained during freezing. Moreover, the by-origin suitability of herring processing was also summarized, based on data from the Hokkaido Federation of Marine Products Processing Cooperative Associations, combined with test results from Fisheries Experimental Stations.

In addition, test results and technical problems experienced during processing and use of herring from 1983 to 1996 are described.

キーワード：ニシン，魚肉，卵巣，加工，利用，原料特性，加工適性

はじめに

ニシンは春告魚ともいわれ，私どもに春の訪れを告げるとともに，大きな恵みをもたらした。とりわけ，北海道開発に果たした役割は大きく，北海道はニシンを追う人々によって開かれたといわれるほどである。

日本海沿岸に春ニシンが接岸しなくなって40年以上になるが，これまで培った加工技術を生かしたニシンの加工は，地域の重要な産業となっている。時代の変遷によって，加工原料は地場から輸入ニシンへ，主な加工製品は肥料・魚油から身欠にしん・かずのこへ，加工技術は乾燥・塩蔵から冷凍・冷蔵へ変化している。しかし，抱卵ニシンの加工は，かずのこの加工を主目的とするため，解凍，採卵後の“ガラ”は，再凍結している。そもそも採卵した魚体を“ガラ”と呼んでいるのは，この部分にほとんど価値を認めていないことを示している。そのうえ，ガラは洗浄後，再凍結するため，魚肉は鮮度低下と冷凍変性によってスポンジ化し，最近のニシン加工品は

“まずい”といわれる一因となっている。また，問題点として，主要な加工原料となっている輸入ニシンの原料特性が十分に解明されていないことや，産地でのニシンの処理，凍結，貯蔵条件と製品品質の関係が明らかでないことなどが指摘されており，これらの解決に向けた努力が期待されている。このため，北海道立水産試験場は輸入ニシンの原料特性調査，既存製品の品質向上試験，新製品の試作・開発試験を行ってきた。

今回，今後のニシン利用加工技術の発展を念頭において，1945年以降のニシンの利用加工状況を概観するとともに1983年から1996年に水産試験場が実施した試験研究結果を取りまとめた。

1. ニシンの利用のあゆみ

北海道のニシン漁は，今から554年前の文安4年（1447年）に陸奥国の馬之助が松前郡白符で始めたとされている。その後，松前藩が成立し，場所請負制度が始まり，

報文番号 A 341 (2002年3月11日受理)

* 北海道立釧路水産試験場

(Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station, Nakahama-cho, Kushiro, Hokkaido 085-0024, Japan)

ニシン漁場は拡大した。蝦夷地で造られたにしん粕は、京阪地方などで盛んになった、綿や藍など商業的農産物の肥料として用いられた。元文4年(1739年)の「北海随筆」によると、肥料用の干しにしんは南部、津軽、出羽、北陸より近江にわたって使用され、乾しかずのこは食用、特に祝儀用として全国一般に用いられている。塩かずのこは、方言でシホコとも言い、古くから製造されたもので、大変な珍味とされ、京都祇園町の一力亭では、珍客に一皿金二朱の高価格で提供していた¹⁾。

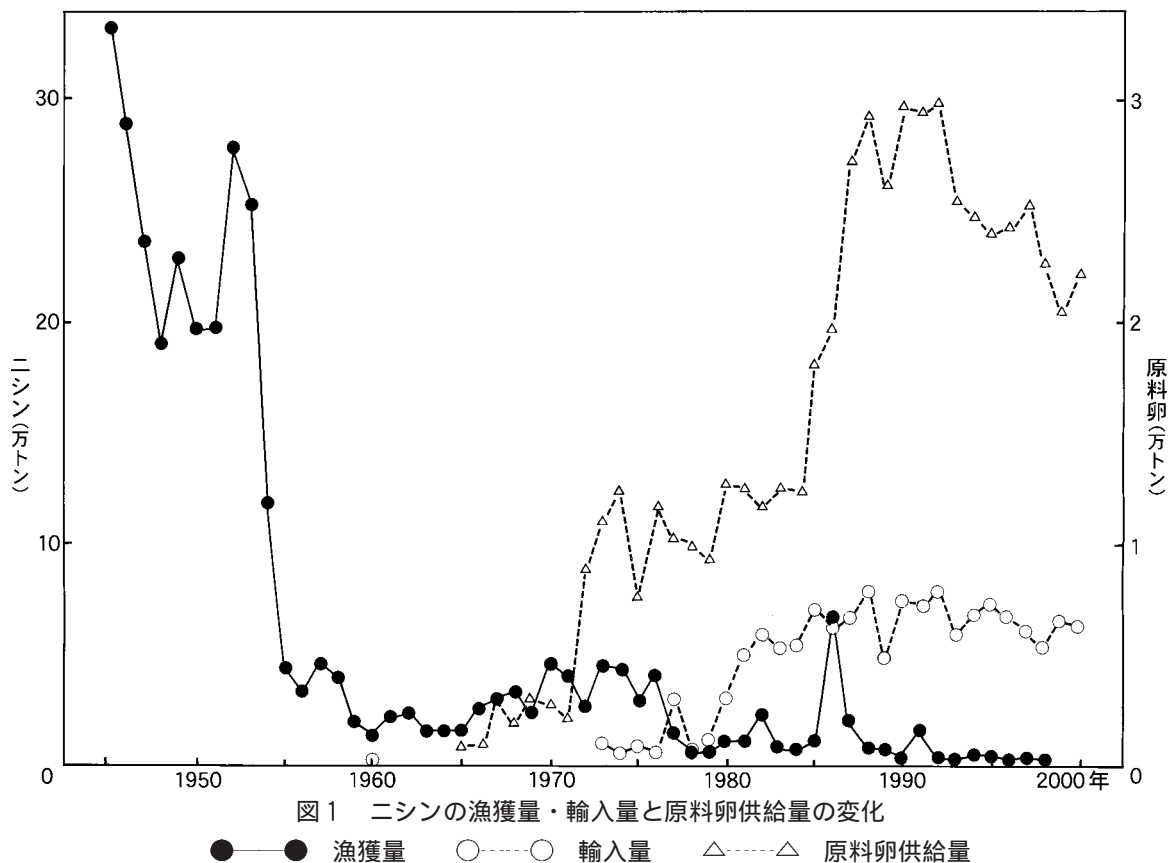
ニシンは短時間の内に、大量に漁獲されるという特性を持っており、冷凍施設が充分でなかった時代のニシンの利用方法は、まず最初に、大量に処理できる肥料用の締粕を製造し、手がすいたら、食用にする身欠にしんや乾しかずのこを加工した。このような状況は、江戸時代から明治、大正、昭和まで続いており、昭和9年の鯨礼讃²⁾には、「その漁獲高の八割までを処理加工が行き届きませんため、肥料に致すの止む無い状況にあります。のみならず、肥料に致す事も手が廻りかねて腐敗させたり、海に流したりして無益に廃ります分量が又年々甚大な数量に及んで居ります」と記載されている。このため、設立以来、北海道水産試験場製造部門の最大の課題は、ニシンの食用化の促進であった。なお、初めて食用品の生産が肥料を上回ったのは昭和16年(1941年)のことである³⁾。

1. 1 1945年以降のニシン漁獲量・輸入量と原料卵の供給量について

1945年のニシンの漁獲量は34.3万トンであったが、1956年には3.5万トンに減少し、1960年には日本海沿岸の産卵ニシンはその姿を消した(図1)。また、厚岸ニシンは、1956年以降増加し、1958年には1.4万トン、1967年には1.9万トンの大漁に恵まれたが、これも1971年にはほとんど漁をみなくなった。その後、北海道のニシンの中心は、沖合底引き網で漁獲されるものになった。

北海道沿岸の春ニシンの漁獲量の低下は、地域経済に大きな影響を与えることとなった。このため、春ニシンの消滅した1960年には、ソ連から生ニシンの輸入が始まり、オホーツク海産抱卵ニシン600トンが稚内港へ陸揚げされた。しかし、1971年には、オホーツク海の抱卵ニシンが禁漁になり、輸入先をアメリカ、カナダ、オランダなどに求めた。ニシンの輸入量は、1973年から1982年にかけて5.7千トンから6万トンに増加し、その後は5.3万トンから7.9万トンで推移している。

1999年のニシンの総供給量は6.8万トンであるが、その97%が輸入物である。その内訳は、抱卵ニシンが3.2万トン、索餌ニシンが3.3万トンであり、輸入先は前者の75%がアメリカ、後者の82%がロシアである。現在、輸入ニシンの主な生産地は、図2に示した19箇所とロシ



アである。

かずのこでは、北海道周辺の抱卵ニシンが消滅したため、原料はほとんど塩蔵卵や冷凍ニシンの形で輸入されており、最近では前者が多くなっている。原料卵の供給量は、1965年から1971年は0.9～3千トンであったが、輸入の自由化によって1972年は8.9千トンに増加し、1973年から1980年は7.6千トンから1.3万トンとなった。その後、味付けかずのこの原料となる大西洋産原料卵の輸入が増加したため、1981年から1992年には1.4万トンから2.9万トンに増加したが、その後は2～2.5万トンで推移している。

1.2 1945年以降のニシン加工製品の生産量について

1945年には2.7万トンであった身欠にしんの生産量は、1950年には1.1万トンとなり、1953年には2.0万トンと持ち直したが、1956年には4.9千トンへ減少し、1960年には、戦後最低の2千トンとなった（図3）。その後、1961年から1965年の生産は2.9千トンから3.5千トンであったが、1966年から増加傾向を示し、1972年には1.4万トンとなった。さらに1982年、1983年および1994年には1.6万トン生産したが、最近では減少傾向にあり、2000年の身欠にしんの生産量は1万トンとなっている。なお、1945年から1965年頃までの身欠にしん生産量の変化は、同時期のニ

シン漁獲量の変化（図1）を反映していた。

乾かずのこの生産量は、1945年から1953年までは2.1千トンから3.7千トンで、かずのこ加工の中心であったが、1954年（1.1千トン）以降、主役を塩かずのこに譲った。その後、1955年から1978年には306トンから10トンへ、さらに、1979年から1987年には8トンから2トンへ減少し、乾かずのこの価格は3.4万円/kg（1985年）まで上昇した。また、最近では、北海道産の成熟した卵巣を原料とした乾かずのこは、大変な貴重品となっており、「海のダイヤ」といわれ、キロあたり4万円前後で取引されている。

1945年には35トンであった塩かずのこの生産量は、1954年には2.1千トンとなり、乾かずのこの生産量を越えたが、その後、ニシンの漁獲量が減少したため、1961年には213トンまで低下した。しかし、1962年から1965年には273トンから552トンへ、また、1966年から1994年には、1.1千トンから1.4万トンへ増加傾向を示した。その後、1995年から2000年の塩かずのこの生産量は1.3万トンから9.1千トンへ減少している。

一方、1988年には3.5千トンであった味付けかずのこの生産量は、1990年から1992年には5.2千トンまで増加したが、その後減少し、1996年は4千トン、1998年には2.6千トンになった。

古くから、ニシン利用加工のベースとなっていたにし

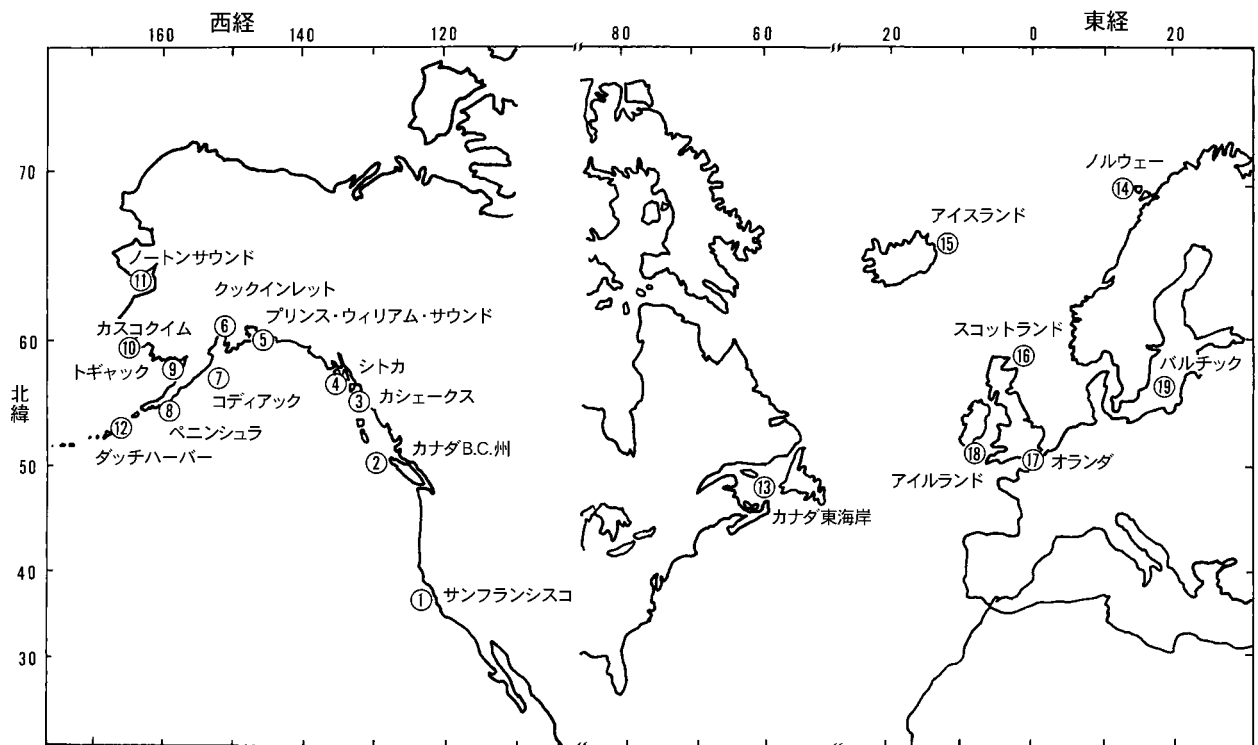


図2 輸入ニシンの主な生産地

ん肥料の生産量は、1945年から1952年では6.7千トンから2.8万トンへ増加したが、その後、ニシン漁獲量の変動にともなって減少し、1963年の生産量は10トンとなっ

た(図4)。また、冷蔵施設が整備されていなかった時代、食用向けニシンの素材であった塩蔵にしんは、1949年には1.3万トン生産されたが、その後減少し、1958年には50

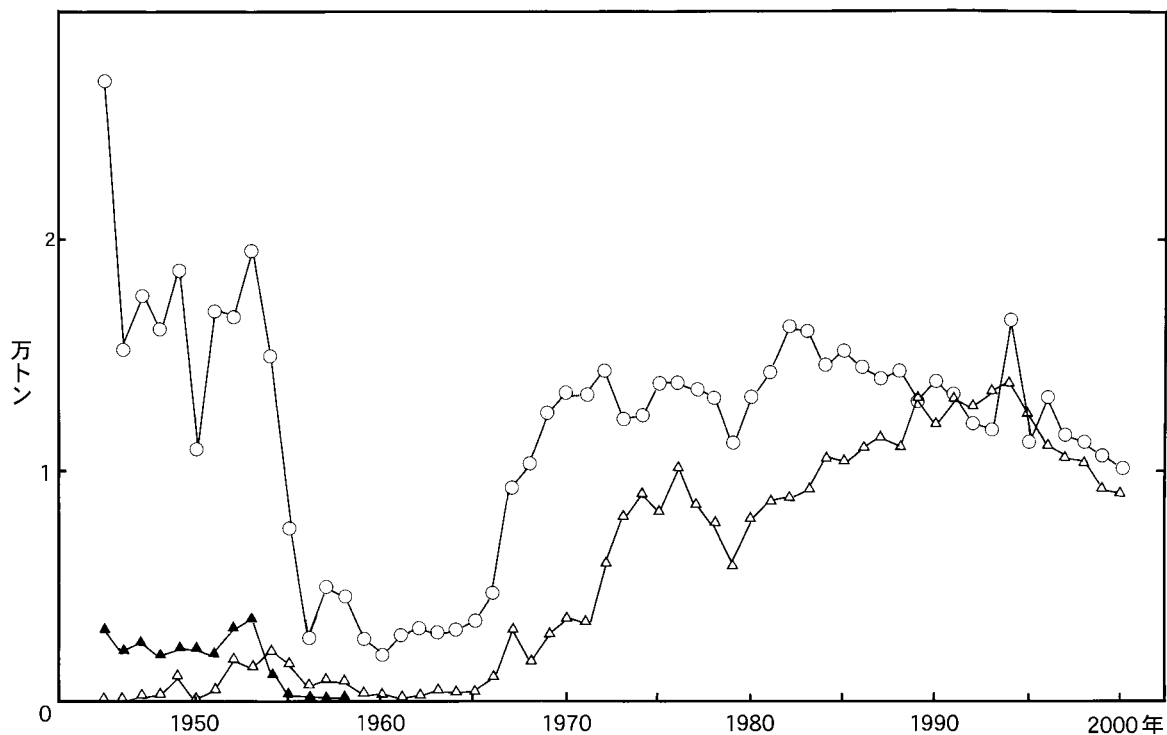


図3 身欠にしんとかずのこ生産量の変化

○—○ 身欠にしん △—△ 塩かずのこ ▲—▲ 乾かずのこ

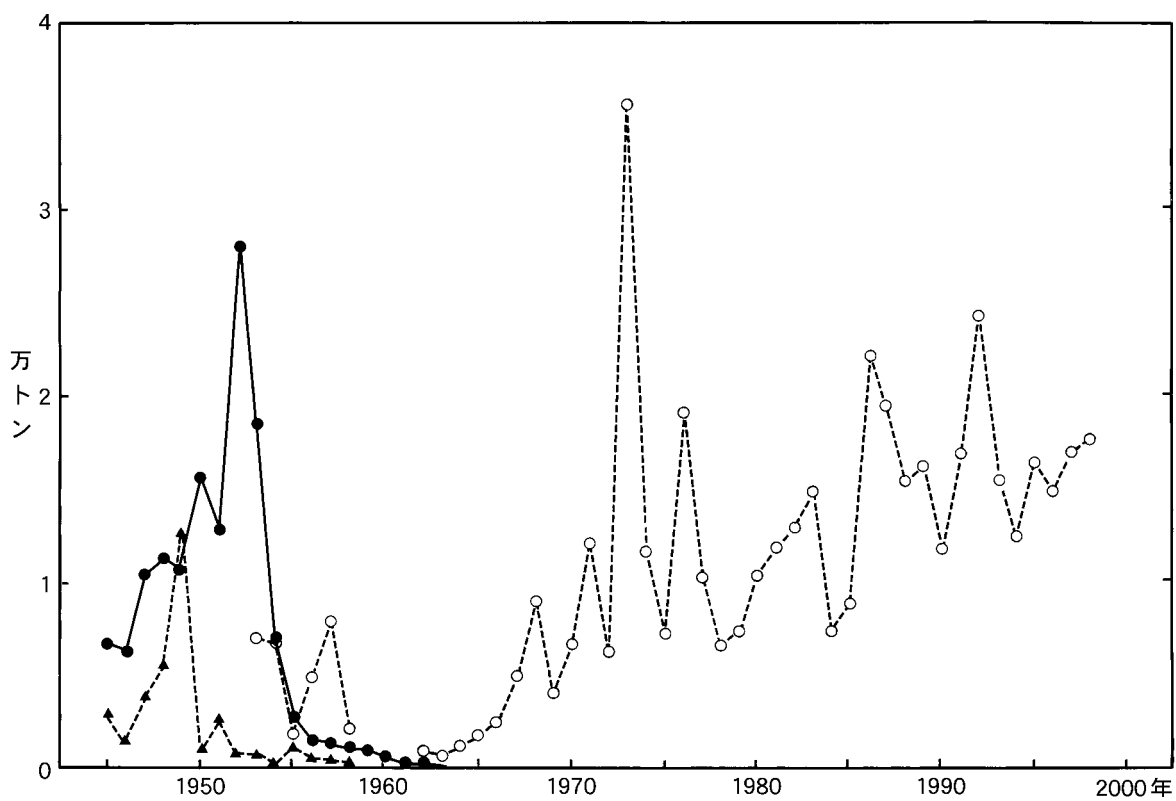


図4 にしん肥料、塩蔵にしん、冷凍にしん生産量の変化

●—● にしん肥料 ▲—▲ 塩蔵にしん ○—○ 冷凍にしん

トンとなった。これは、戦後、冷蔵庫と冷凍流通体系（コールドチェーン）が整備され、食用向けニシンの貯蔵法が、塩蔵から冷凍に代わったためである。冷凍にしんは、1953年から1958年にかけて1.8千トンから7.8千トン生産された後、1965年頃から増加し、1972年には3.6万トンを記録した。その後、冷凍にしんの生産量は6.6千トンから2.4万トンで推移している。なお、我が国の冷蔵庫の容積は、戦争直後、最も減少した1946年には33万トンであったが、1970年には330万トンと10倍に増加した。しかもこの間、毎年減少することなく増勢を示し、特に1966年以後にあっては、その増加傾向は著しかった⁴⁾。

2. ニシンの生産地別原料特性について

ニシンは、さほど大きくならず、一見弱々しげな魚であるが、条件次第で爆発的な繁殖力を発揮し、イワシ類とともに数量が抜群に多くなり、肉質も悪くないので、世界的な重要魚種となっている⁵⁾。これまで、我が国において、100万トン規模の水揚げを記録したのは、ニシン、マイワシ、スケトウダラの3種だけであることを考えると、貴重な漁業資源といわなければならない。

ニシンは北半球の北部に分布し、脊椎骨数の少ない太平洋ニシンと脊椎骨数の多い大西洋ニシンに大きく分け

られ、それぞれ次の様な特徴を持っており、それを生かした利用加工を行っている。太平洋ニシンの産卵期は春であるが、大西洋ニシンの産卵期は、主として春と秋である。太平洋ニシンは卵を沿岸の海藻に産みつけるが、大西洋ニシンは沖合の海底にある岩、小石、砂、貝殻などに産みつける。太平洋ニシンの完熟卵巣は塩水処理や室温放置によって堅く身締りするため、主として塩かずのこの原料にする。しかし、大西洋ニシンの場合、あまり強く固まらないため、主として味付けかずのこに加工されている。

今回、現在、北海道で加工されているニシンの生産地別原料特性調査結果⁶⁻¹⁹⁾を取りまとめた。なお、試料採取場所は、輸入ニシンについては図2、その他のニシンについては図5に示した。

2.1 ニシンの部位別重量について

魚肉の研究に当たっては、魚体の各部分比を知悉することが最も必要な事項となっている²⁰⁾。このことは、ニシンの利用加工研究を行う場合においても同様である。

太平洋産ニシンの生産地別部位別重量比を見ると、雄は体重61～426g、頭部6.8～12.9%、生殖巣1.0～20.8%、フィレー49.7～66.9%であり、雌は体重79～433g、頭部

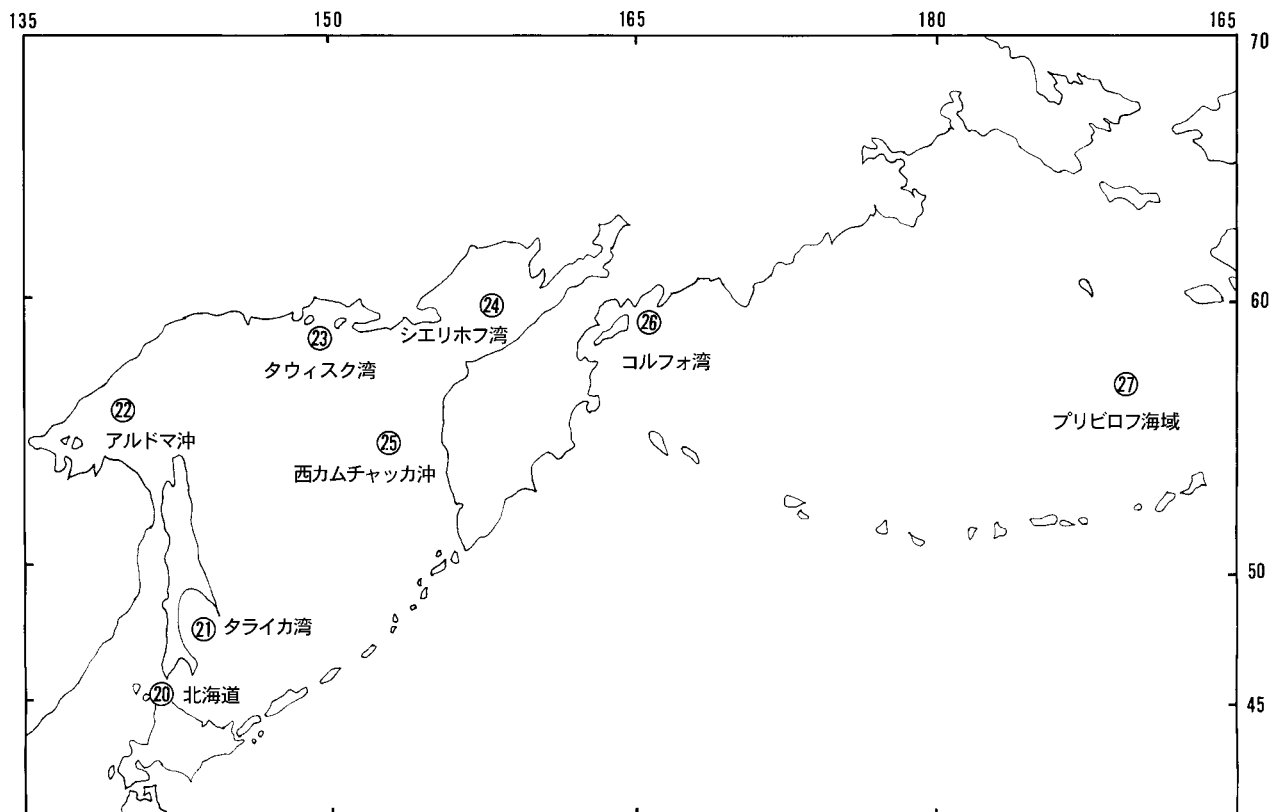


図5 ニシン生産地別原料特性調査試料採取海域

表1 太平洋産ニシンの生産地別部位別重量比

漁場	性別	尾叉長	体重	頭部	内蔵	生殖巣	中骨	フィレー	処理損耗	試料数
		cm	g	%	%	%	%	%	%	
稚内	♂	23.0	144	9.6	6.3	9.0	10.5	62.6	2.0	45
	♀	24.3	172	8.7	6.6	9.3	9.5	63.6	2.3	45
アルドマ沖	♂	31.9	253	10.6	15.9	5.4	12.2	54.6	1.4	25
	♀	31.0	265	9.6	5.7	16.0	11.0	57.3	0.4	25
タウイスク湾	♂	30.0	225	8.5	3.9	16.5	11.4	56.8	2.9	35
	♀	30.3	244	8.2	3.3	20.2	10.5	55.6	2.2	35
シェリホフ湾	♂	26.2	210	8.7	5.6	12.3	10.1	62.4	0.9	5
	♀	25.8	214	8.7	4.4	17.1	10.7	59.1	0	4
西カムチャッカ沖	♂	30.8	221	12.9	7.8	1.0	10.9	66.9	0.5	50
	♀	30.9	215	12.7	8.0	1.2	11.1	66.6	0.4	50
コルフオ湾	♂	29.2	195	9.7	3.8	13.5	12.5	63.8	-3.3	15
	♀	28.3	197	9.7	3.4	16.9	12.4	60.3	-2.6	15
プリピロフ海域	♂	32.0	285	8.7	3.2	17.7	7.7	63.5	-0.8	10
	♀	32.3	314	8.6	3.5	18.8	6.7	61.5	-0.9	10
サンフランシスコ	♂	17.7	61	10.7	3.0	14.2	8.8	60.5	2.8	10
	♀	18.1	79	8.9	2.6	24.2	6.5	55.3	2.5	10
シトカ	♂	21.7	110	11.1	4.2	20.1	12.8	49.7	2.1	20
	♀	22.0	119	10.2	3.6	25.5	12.0	46.7	2.0	20
プリンスウイリアムサウンド	♂	23.1	127	11.7	4.0	18.3	11.5	52.2	2.3	20
	♀	24.0	147	11.1	3.8	24.5	10.5	48.7	1.4	20
クックインレット	♂	25.1	194	8.7	3.9	20.1	10.8	54.6	1.9	30
	♀	25.0	196	8.5	3.8	23.9	10.4	51.6	1.8	30
コディアック	♂	25.4	218	8.6	4.3	20.8	10.7	55.3	0.3	20
	♀	25.7	232	7.8	3.6	26.5	9.8	51.9	0.4	20
コディアック(索餌)	♂	24.6	208	7.4	5.2	10.9	10.2	64.5	1.8	10
	♀	24.0	168	8.4	8.5	3.7	11.0	66.1	2.3	10
トギャック	♂	32.0	426	6.9	3.7	19.6	10.7	57.9	1.2	50
	♀	32.0	433	6.6	3.3	22.0	9.5	57.7	0.9	50
カスコクイム	♂	29.5	304	7.7	4.1	15.4	10.5	61.2	1.1	10
	♀	30.2	344	6.8	4.2	20.1	9.5	59.1	0.3	10
ノートン	♂	30.8	358	6.8	3.9	18.8	10.4	58.7	1.4	10
	♀	31.2	376	7.0	3.3	24.3	8.6	56.1	0.7	10

注) アルドマ沖からプリピロフ海域までの6試料は全長を測定した。

表 2 大西洋産ニシンの生産地別部位別重量比

漁 場	性 別	尾叉長 cm	体 重 g	頭 部 %	内 臓 %	生殖巣 %	中 骨 %	フィレー %	処理損耗 %	試料数
カナダ東海岸	♂	27.6	273	10.8	5.6	11.8	6.3	63.3	2.2	10
	♀	29.3	303	11.7	7.2	11.9	8.2	60.9	0.1	16
ノルウエー	♂	32.5	428	7.5	3.8	14.5	11.4	61.7	1.1	10
	♀	33.2	433	7.5	5.7	12.7	11.6	64.1	-1.6	10
アイスランド	♂	32.2	391	8.6	10.2	1.4	8.8	68.7	2.3	15
	♀	32.0	335	8.8	9.8	1.6	10.7	67.7	1.4	16
スコットランド	♂	33.3	449	—	—	17.8	—	59.2	—	8
	♀	33.5	450	—	—	9.1	—	63.8	—	8
オランダ	♂	25.2	212	7.8	2.5	25.2	9.2	54.7	0.6	10
	♀	25.5	230	7.1	2.5	25.3	7.8	56.4	0.8	10

6.6～12.7% ,生殖巣1.2～26.5% ,フィレー46.7～66.6%であった（表 1）。すなわち、産地によって魚体の大きさが異なり、生殖巣の割合も大きく異なっていた。特に、生殖巣の割合が小さいニシンは、フィレー歩留りが大きい傾向を示すなど、成熟度合いによって部位別歩留りは異なった。

大西洋産ニシンの生産地別部位別重量比も同様の傾向を示し、雄は体重212～449g、頭部7.5～10.8%、生殖巣1.4～25.2%、フィレー54.7～68.7%であり、雌は体重230～450g、頭部7.1～11.7%、生殖巣1.6～25.3%、フィレー56.4～67.7%であった（表 2）。

2.2 ニシン肉について

2.2.1 ニシン肉のpHおよび一般成分について

魚類はミオグロビンなどの筋肉色素の含量により、赤身魚と白身魚に分けられる。ニシンは赤身魚に含まれ、回遊性であり、筋肉脂質の含量が高く、漁期、漁場などによって、脂質含量は著しく変動する²¹⁾。

生産地別ニシン肉のpHおよび一般成分測定結果を見ると、pHは6.40～7.19であり、V.B.-N（揮発性塩基窒素）は10.7～20.9mg%であった（表 3）。また、水分は66～80%、粗たん白質は14～20%、脂質は3～16%、粗灰分は約1%であった。特に、脂質含量の変化は大きく、水分量と逆相関の傾向を示した。なお、1949年から1950年、日本海沿岸で漁獲された春ニシンは、水分72～76%、粗たん白質18.3～19.6%、粗脂肪6.1～10.8%と報告されている²²⁾。

2.2.2 ニシン筋肉脂質の主な脂肪酸組成について

生産地別ニシン筋肉脂質の主な脂肪酸組成について図 6 に示した。ニシン筋肉脂質の主な脂肪酸は、14:0（ミリスチン酸）、16:0（パルミチン酸）、16:1（パルミトレイン酸）、18:1（オレイン酸）、20:1（ガドレイン酸）、22:1（エルカ酸）、20:5（イコサペンタエン酸）、22:6（ドコサヘキサエン酸）である。なお、20:1と22:1にプラスされて測定されている18:4（オクタデカテトラエン酸）と20:4（アラキドン酸）の含量は少ない²³⁾。

生産地別にみると、16:0と18:1の割合が多いタイプ（稚内・雄武、トギャック、カスコクイム、ノートンサウンド）、22:1と20:1の割合が多いタイプ（シトカ、プリンス・ウイリアム・サウンド、クックインレット、ノルウエー、アイスランド、スコットランド、オランダ）および16:1、18:1、22:1、20:1の割合が比較的多いタイプ（稚内・利礼、コディアック、コディアック索餌、カナダ東海岸）のおおまかに3つのタイプに分けられた。また、生産地にかかわらず20:5と22:6の組成比は3～10%であった。

2.2.3 ニシン肉の主な遊離アミノ酸組成比について

魚肉のエキス成分の大半は含窒素化合物によって占められるが、赤身魚のエキス窒素量は、白身魚と比べて、明らかに多い。特に、マサバ、メバチ、カツオ、マカジキ、ブリ、カタクチイワシなどの赤身魚には、遊離のヒスチジンが多い（481～1220mg%）ことは、古くから報告されている²⁴⁾。しかし、今回のニシンについての試

表3 生産地別ニシン肉のpHおよび一般成分

漁 場	pH	V . B . - N mg%	水 分 %	粗たん白質 %	脂 質 %	粗 灰 分 %	試 料 数
太平洋ニシン							
稚 内	6.82 ± 0.2	13.8 ± 3.0	73.3 ± 2.2	16.9 ± 1.5	7.8 ± 2.7	1.4 ± 0.1	5 ~ 8
タライカ湾	—	—	74.7	17.1	7.6	—	1
アルドマ沖	—	—	74.8 ± 1.6	18.3 ± 0.7	5.0 ± 1.4	—	5
タウイスク湾	—	—	74.1 ± 1.8	18.3 ± 1.2	6.4 ± 1.4	—	7
シェリホフ湾	—	—	74.7	15.2	7.4	—	1
西カムチャッカ沖	—	—	71.3 ± 4.7	18.2 ± 1.5	8.2 ± 3.3	—	6
コルフォ湾	—	—	76.5 ± 0.6	19.9 ± 0.2	2.5 ± 0.8	—	2
プリビロフ海域	—	—	70.5 ± 0.5	14.9 ± 0.5	9.7 ± 0.5	—	2
サンフランシスコ	6.96 ± 0.1	20.9 ± 10.1	76.2 ± 1.3	17.4 ± 0.3	5.4 ± 1.6	1.2	1 ~ 4
シトカ	6.89 ± 0.1	15.2 ± 0.2	76.7 ± 3.1	16.8 ± 0.7	6.0 ± 3.2	1.4 ± 0.1	2 ~ 3
プリンスウイリアムサウンド	6.92 ± 0.1	13.3 ± 5.8	77.5 ± 0.9	16.8 ± 0.7	4.9 ± 1.1	1.5 ± 0.1	3 ~ 4
クックインレット	6.90 ± 0.1	15.3 ± 2.7	77.3 ± 1.4	17.2 ± 0.8	4.5 ± 1.3	1.4 ± 0.2	4 ~ 6
コディアック	6.83 ± 0	14.3 ± 2.3	77.8 ± 1.6	17.2 ± 0.7	3.8 ± 2.0	1.5 ± 0.1	3 ~ 4
コディアック(索餌)	6.60	16.0	65.9	17.2	14.0	1.4	1
ポートモラー	7.02	12.6	73.8	17.9	7.1	1.3	1
トギャック	6.81 ± 0.2	13.8 ± 3.0	72.1 ± 3.3	16.5 ± 1.2	10.7 ± 3.9	1.3 ± 0.2	7 ~ 12
カスコクイム	6.87 ± 0.1	14.7 ± 0.1	73.5 ± 3.6	16.9	8.6 ± 2.8	1.3	1 ~ 3
ノートン	6.92 ± 0.1	13.4 ± 4.3	71.6 ± 1.8	17.3 ± 0.1	9.7 ± 2.4	1.4 ± 0.1	2
大西洋ニシン							
カナダ東海岸	6.40	13.7	75.9 ± 4.1	17.7	4.3 ± 1.7	1.3	1 ~ 3
ノルウエー	6.45 ± 0.1	17.1 ± 0.7	66.5 ± 1.3	13.8	15.9 ± 3.0	1.2	1 ~ 2
アイスランド	6.60 ± 0.1	15.1 ± 0.6	69.1 ± 1.8	17.9	11.6 ± 1.3	1.5	1 ~ 2
スコットランド	6.50	18.2	65.5	—	15.5	—	1
アイルランド	6.50	10.7	73.0	17.8	8.0	1.2	1
オランダ	6.37 ± 0.2	18.5 ± 2.0	71.7 ± 1.7	17.9 ± 1.9	8.9 ± 2.8	1.5	1 ~ 4
バルチック	7.19 ± 0.1	13.6 ± 2.2	80.2 ± 0.5	16.2 ± 1.6	2.8 ± 0.4	—	2

注) 数値は平均値±標準偏差である。

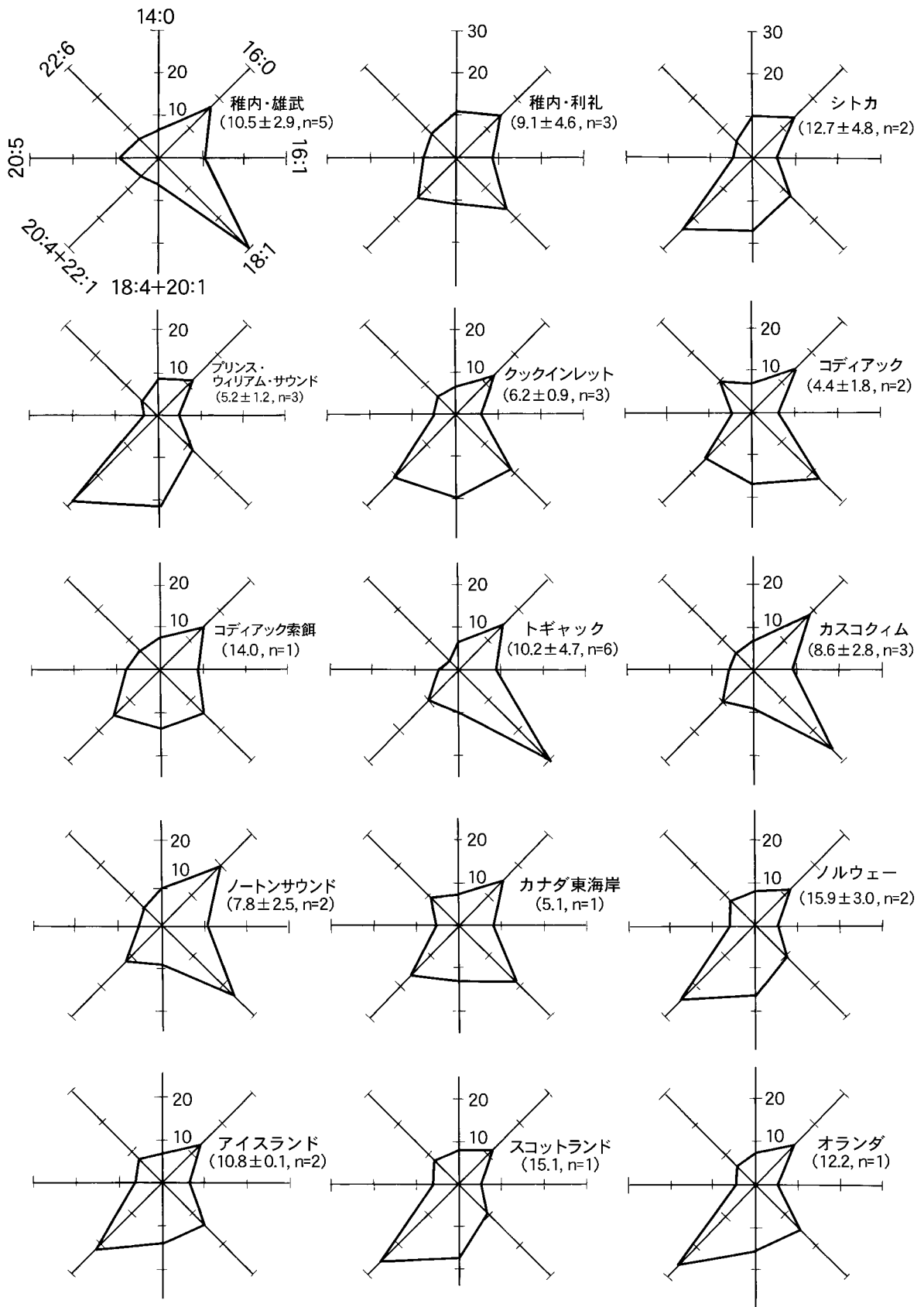


図6 生産地別ニシン筋肉脂質の主な脂肪酸組成 (%)

() 内は脂質含量の平均値±標準偏差, 試料数

験結果では、タウリンの含量が圧倒的に多いことが分かった。

ニシン肉から、30種類ほどの遊離アミノ酸が測定されているが、その中の主なアミノ酸の組成比を生産地別に示した(図7)。全遊離アミノ酸量は生産地によって異なる(327~562mg%)が、タウリンの多いタイプ(稚内・枝幸、シトカ、クックインレット、オランダ)、タウリンとヒスチジンの多いタイプ(利礼・雄武、コディアック索餌、カナダ東海岸、ノルウエー、アイスランド、スコットランド)、タウリンとグリシンの多いタイプ(プリンスウイリアムサウンド、コディアック、トギャック、カスコウイム、ノートン)のおおまかに3つのタイプに分けられた。遊離アミノ酸の季節変化については、イギリス沿岸産ニシンで、ヒスチジン含量が5月下旬に最高になり、10~11月に最低を示すほかに一定の季節変化を示すものではなく、個々のアミノ酸量および合計量ともに性成熟度、雌雄、年齢との間になんらの関連も見出せなかったと報告²⁵⁾されている。したがって、前記の構成アミノ酸による生産地別ニシンのタイプ分けは、漁獲時期によるヒスチジンの消長を反映しているものと考ええる。

2.3 ニシンの卵巣について

ニシンの加工は、産卵期のニシンから卵巣を採取し、塩かずのこを造ることが主目的となっている。塩かずのこの原料は、完熟卵でなければならないこともあり、漁期は産卵直前の2~3日間とされている。したがって、大量のニシンが短時間のうちに水揚げされ、処理能力を超えた場合に問題がでている。例えば、鮮度低下した原

料を冷凍すると“もろ子”(脆くて卵粒がバラバラになりやすいかずのこの通称)になりやすい²⁶⁾。また、冷凍施設が不足で、中心部まで凍結しないうちに冷蔵室へ移し、超緩慢凍結状態にすると“しばれ子”(白色不透明でスポンジ状のテクスチュアを示すかずのこの通称)を生じやすいといわれている。

2.3.1 卵巣の成熟度とかずのこの品質について

ニシンの卵巣歩留りは、年齢、漁場などによって変動するが、前記の表1および表2の結果では、1.6~26.5%であった。また、沖合の流し網による資料では、3年魚23.4%、4年魚23.8%、5年魚25.5%、6年魚25.8%、7年魚27.4%、8年魚29.5%、9年魚26.4%であり、沿岸漁獲物による資料では3年魚17.4%、4年魚17.6%、5年魚17.7%、6年魚21.0%、7年魚22.1%、8年魚22.6%、9年魚21.7%、10年魚23.3%の例がある²⁷⁾。ニシンの抱卵数は、大体4年魚で4万粒、5年魚5万粒というように、年齢に万をつけた数とされている⁵⁾。1~4月、石狩湾に來遊するニシンの卵巣の状態を見ると、肉眼的には不透明で未熟であったものが、漸次成熟し、卵巣中に透明卵の占める割合が多くなり、やがて透明な卵に満たされている状態になると報告されている²⁸⁾。すなわち、生物学的には未熟卵、半熟卵、完熟卵に分けられており、成熟度によって卵膜の粘着性などの性質が異なる(表4)²⁹⁾。なお、“未熟”と“半熟”の相違はそれらの腹部を強く圧するとき卵を排出するか否かにあり、前者では1個の卵も排出しないのに反し後者では少数ながら半透明な卵を排出する。また、ニシン卵

表4 未熟卵と半熟卵の性質(完熟卵との比較, 柳町, 1958)

	卵巣内における状態	核の状態	卵径(mm)	卵の色及び透明度	卵膜の粘着性	受精率
未熟卵	濾胞上皮に包まれている	第Ⅰ成熟分裂中期 ~第Ⅱ成熟分裂中期	1.3 ± 0.5	淡い橙黄色 不透明	殆どない	0%
半熟卵	濾胞上皮から離れ 卵巣腔に出ている。 少数のものは濾胞 上皮から脱落中	第Ⅱ成熟分裂中期	1.4 ± 0.5	淡い橙黄色 半透明	微弱	25%
完熟卵	濾胞上皮から離れ 卵巣腔に出ている	第Ⅱ成熟分裂中期	1.5 ± 0.5	淡い黄色 透明	強い	100%

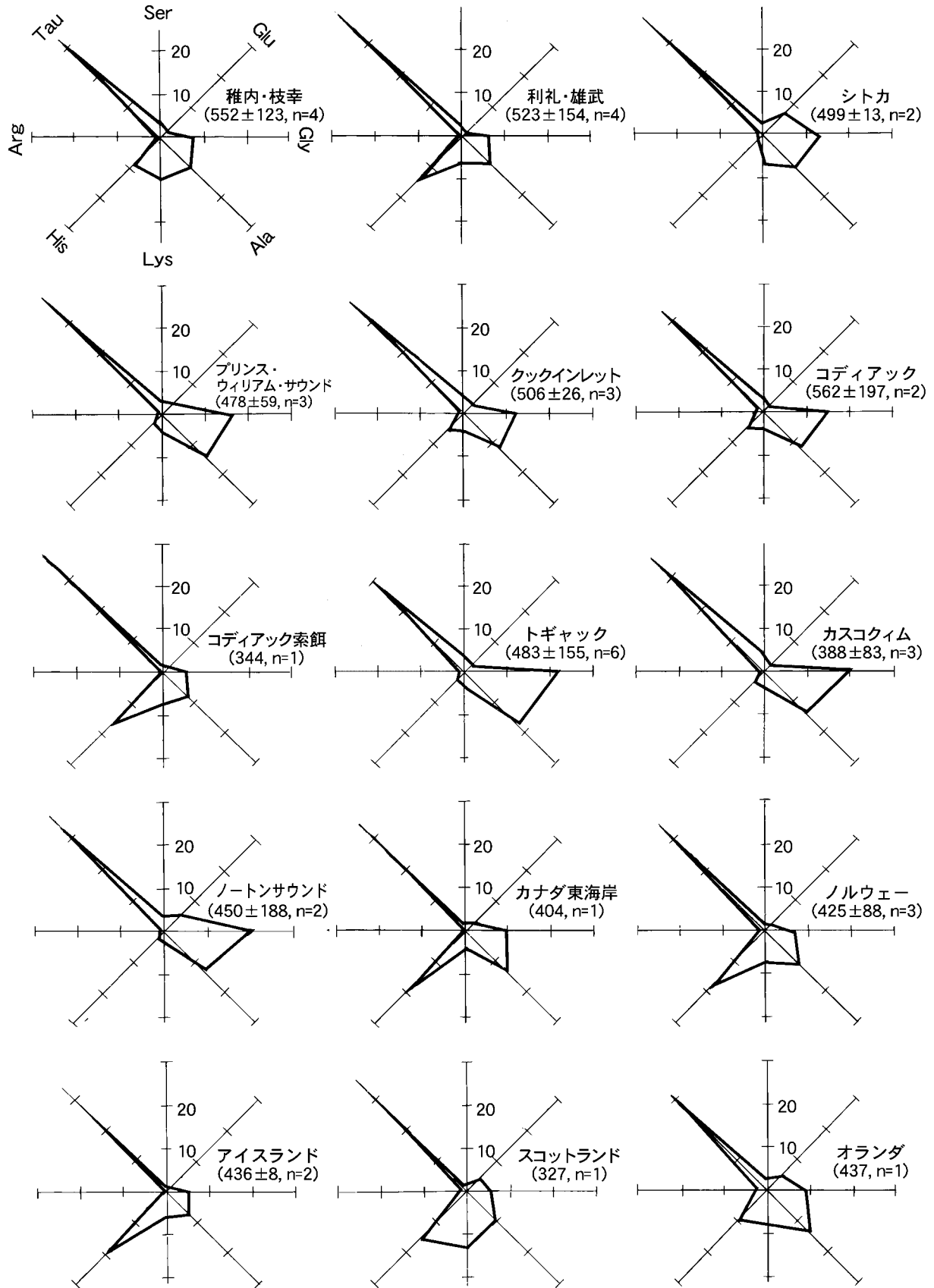


図7 生産地別ニシン肉の主な遊離アミノ酸組成比(%)

()内は、全遊離アミノ酸量の平均値±標準偏差(mg/100g), 試料数

巢の成熟度は塩かずのこの品質と密接に関係しており、未熟卵巣内の卵は厚い濾胞細胞層が粘着層をしっかりと被覆しており、個々の卵細胞は互いに粘着できないため、上質の塩かずのこ原料としては、不適当と報告されている³⁰⁾。これを加工業者は“わか子”と称している。

2.3.2 卵巣の固化と“しばれ子”について

ニシン卵巣の固化と密接に関係している利用加工法としては、次の様な例がある。塩かずのこを製造する場合、卵巣を固めるためにニシンを“魚坪”(なつぼ、大量に漁獲されたニシンの一時的な貯蔵場所)に入れて数日間放置する。また、鮮度の良い、固化していないニシンの卵巣を分離卵として容器に入れ、卵の3～5%の食塩と少量の水で充分攪拌混合し、室温で半日間位放置してゴム状に固めてから、水晒し、血抜きをし、花形などに切って“花かずのこ”として販売していた³¹⁾。この場合、一度固化した卵巣を分離して塩水処理しても卵は固まらない。すなわち、ニシン卵巣の固化は、密着した粘着層が不可逆的変性を受けて生じたものと考えた。

筆者らは、余市および厚田産ニシンの卵巣を用いて、固化について試験した。その結果、卵巣の固化には、放置温度が影響し、0℃では4日後、15℃では1日後に固化した。また、10%塩水漬(5℃・7日間)と5℃放置(7日間)の影響を見ると、完熟卵巣では、卵粒が互いに粘着層で密着し、卵細胞周辺部の卵黄顆粒は融合していた。しかし、未熟卵巣では、卵黄顆粒の融合は認められたが、濾胞細胞層があり、卵粒は密着しなかった³²⁾。また、正常なかずのこと“しばれ子”を比べてみると、しばれ子は卵粒の変形度合いが著しく、卵粒相互間の密着度合いが弱く、卵粒内容物が流出し、卵膜のみが残り、遠心ドリッ量が多いなどの特徴を示した。ニシンの卵巣は、ウニやスケトウダラの卵巣と比較して冷凍耐性が強く、モデル試験で“もろ子”や“しばれ子”を作った例は少ない。一度固化した卵巣を吸水させて凍結したり、鮮度が著しく低下した卵巣を凍結したり、凍結と解凍を繰り返したり、超緩慢凍結するなどの過酷な条件下でなければ“もろ子”や“しばれ子”は発生しないと考える³²⁾。

2.3.3 ニシン卵巣のpHおよび一般成分について

生産地別ニシン卵巣のpHと一般成分測定結果をみると、pHは6.15～6.90、V.B.-Nは10.4～25.9mg%であった(表5)。また、水分は65.5～78.2%、粗たん白質は16.3～25.4%、脂質は0.7～5.0%、粗灰分は1.0～1.5%であ

り、生産地による違いより、成熟度による違いの方が大きいことが分かった。平均値をみると、完熟卵巣は水分(76.5%)が多く、卵巣歩留り(23.1%)が大きく、粗たん白質(18.4%)、脂質(1.5%)および粗灰分(1.1%)が少ないが、未熟卵巣は水分(69.8%)が少なく、卵巣歩留り(9.1%)が小さく、粗たん白質(22.7%)、脂質(2.7%)および粗灰分(1.5%)が多いことが分かった。完熟卵巣の水分が多いのは、スケトウダラ卵やサケ卵と同様に、産卵直前には、排卵を誘発する一因として、吸水現象が起こり、卵径が急激に増大する³³⁾ためである。

2.3.4 ニシン卵巣脂質の主な脂肪酸組成について

生産地別ニシン卵巣脂質の主な脂肪酸組成を図8に示した。ニシン卵巣脂質の主な脂肪酸は、筋肉中の脂質と同様に14:0, 16:0, 16:1, 18:1, 18:4+20:1, 20:4+22:1, 20:5, 22:6であった。生産地別に見ると、アイスランド産ニシンだけが20:4+22:1と18:4+20:1の割合が大きいことが分かった。このほかの、稚内など11個所のニシンは、16:0, 18:1, 20:5, 22:6の割合が大きかった。

卵巣の脂質含量は、筋肉と比べて少ないが、特に、最近、血栓症を防ぐということで注目されているEPA(イコサペンタエン酸)や学習能力を向上させるといわれるDHA(ドコサヘキサエン酸)の割合が大きかった。また、ニシンの筋肉に比べて14:0, 18:4+20:1, 20:4+22:1の割合が小さかった。

2.3.5 ニシン卵巣の主な遊離アミノ酸組成比について

生産地別ニシン卵巣の主な遊離アミノ酸組成比を示した(図9)。ニシン卵巣の主な遊離アミノ酸としては、タウリンのほかにセリン、グルタミン酸、グリシン、アラニン、リジン、ヒスチジン、アルギニンがあげられる。筋肉と比較すると、卵巣を構成する遊離アミノ酸の種類は同様であるが、全遊離アミノ酸量は多かった(639～1212mg%)。また、漁場、成熟度合いに関わらず、今回調査した12個所のニシンはタウリンが多く、ヒスチジンが少ない、類似したパターンを示した。

3. ニシンの生産地別加工適性について

現在、我が国で流通しているニシンは、北海道周辺で漁獲される国内産ニシン、サンフランシスコからノートンサウンドで漁獲される北米抱卵ニシン、カナダ産大西

表5 生産地別ニシン卵巣のpHおよび一般成分

漁 場	pH	V . B . - N	水 分	粗たん白質	脂 質	粗 灰 分	卵 歩 留 巣 じ	成熟度 , 試料数
		mg%	%	%	%	%	%	
太平洋ニシン								
稚 内	6.15 ± 0.1	25.9	72.9 ± 2.2	21.0 ± 3.5	1.4 ± 0.6	1.5 ± 0.1	08.7 ± 7.3	未熟 , 2 ~ 4
枝幸・豊富	—	—	68.6 ± 0.4	—	1.8 ± 0.6	1.3 ± 0.1	17.6 ± 3.2	未熟 , 4
枝幸・豊富	—	—	75.3 ± 0.4	—	1.6 ± 1.0	1.1 ± 0	16.0 ± 4.5	完熟 , 2
サンフランシスコ	6.30	—	75.0	21.2	1.0	1.1	24.2	完熟 , 1
シトカ	6.45 ± 0.21	10.4	76.9 ± 0.4	19.6 ± 1.7	2.0 ± 1.4	1.0 ± 0	24.5 ± 1.9	完熟 , 2
プリンスウイリアムサウンド	6.60 ± 0.14	12.6	77.7 ± 0.6	17.6 ± 0.1	0.7 ± 0.2	1.1 ± 0	24.5 ± 0.1	完熟 , 2
クックインレット	6.53 ± 0.15	15.4 ± 5.4	75.5 ± 0.3	18.4 ± 1.3	2.1 ± 1.3	1.1 ± 0.1	23.9 ± 1.0	完熟 , 3
コディアック	6.45 ± 0.07	16.5 ± 4.4	76.4 ± 0.2	18.2 ± 0.4	1.1 ± 0.4	1.1 ± 0	25.9 ± 3.0	完熟 , 2
コディアック(索餌)	6.30	19.0	75.7	18.5	2.1	1.5	3.7	未熟 , 1
トギャック	6.43 ± 0.17	18.7 ± 3.4	76.3 ± 1.2	18.0 ± 1.0	2.0 ± 0.9	1.1 ± 0.1	22.0 ± 4.1	完熟 , 3 ~ 5
カスコクイム	6.40	—	78.2	16.3	0.7	1.0	20.1	完熟 , 1
ノートン	6.40	—	77.9	18.0	3.1	1.0	24.3	完熟 , 1
大西洋ニシン								
ノルウエー	6.90	12.2	65.9 ± 0.2	25.4 ± 0.4	3.6 ± 0.2	1.5 ± 0.1	14.3 ± 5.5	未熟 , 3
アイスランド	6.70	19.2	70.4	24.5	2.4	1.5	1.3	未熟 , 1
スコットランド	—	—	65.5 ± 0.7	23.9 ± 2.4	5.0 ± 1.3	1.5 ± 0.1	9.1 ± 0	未熟 , 2
オランダ	6.30	11.8	75.7	18.3	0.7	1.2	25.3	完熟 , 1

注) 数値は平均値±標準偏差である。

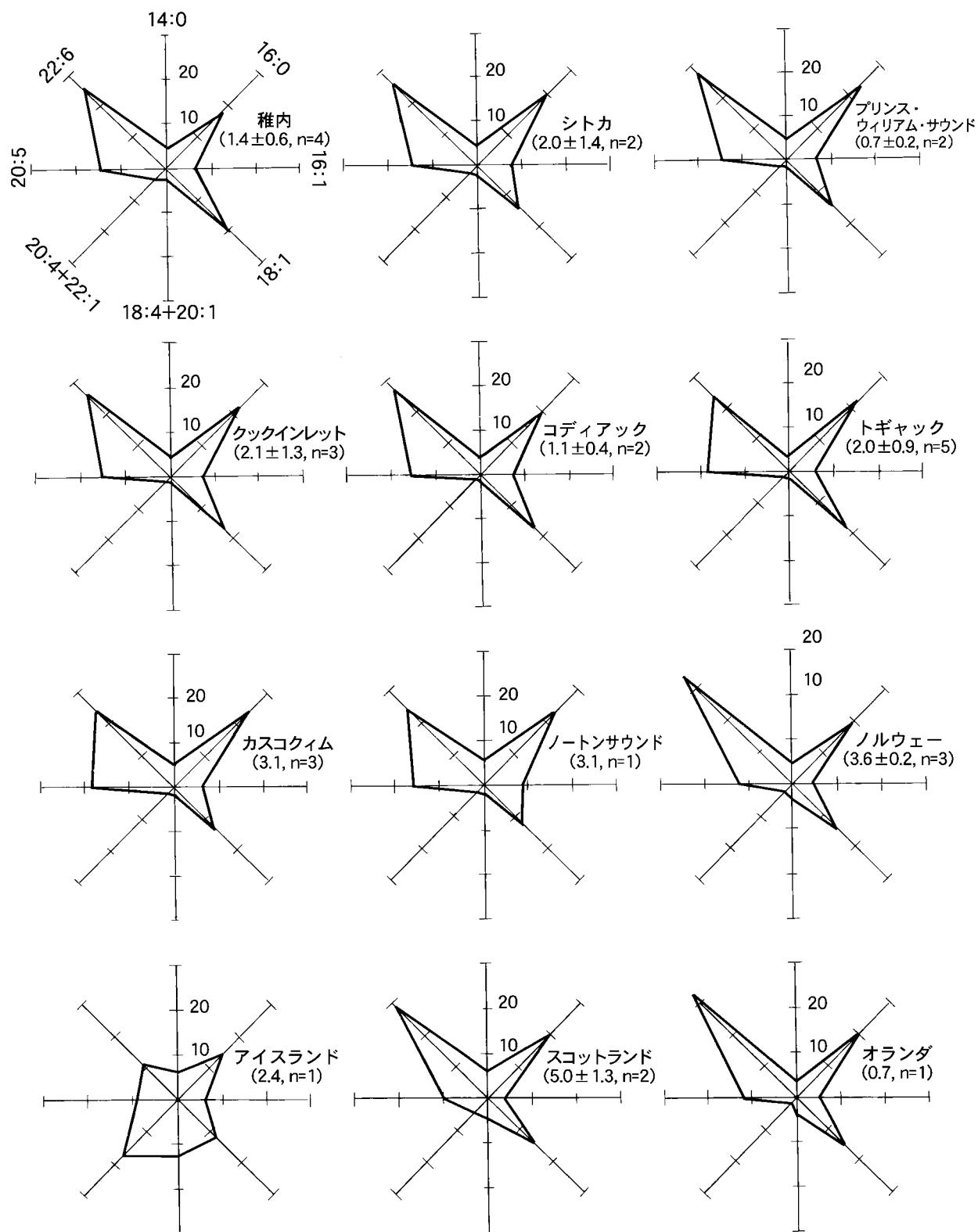


図8 生産地別ニシン卵巣脂質の主な脂肪酸組成 (%)
()内は脂質含量の平均値±標準偏差, 試料数

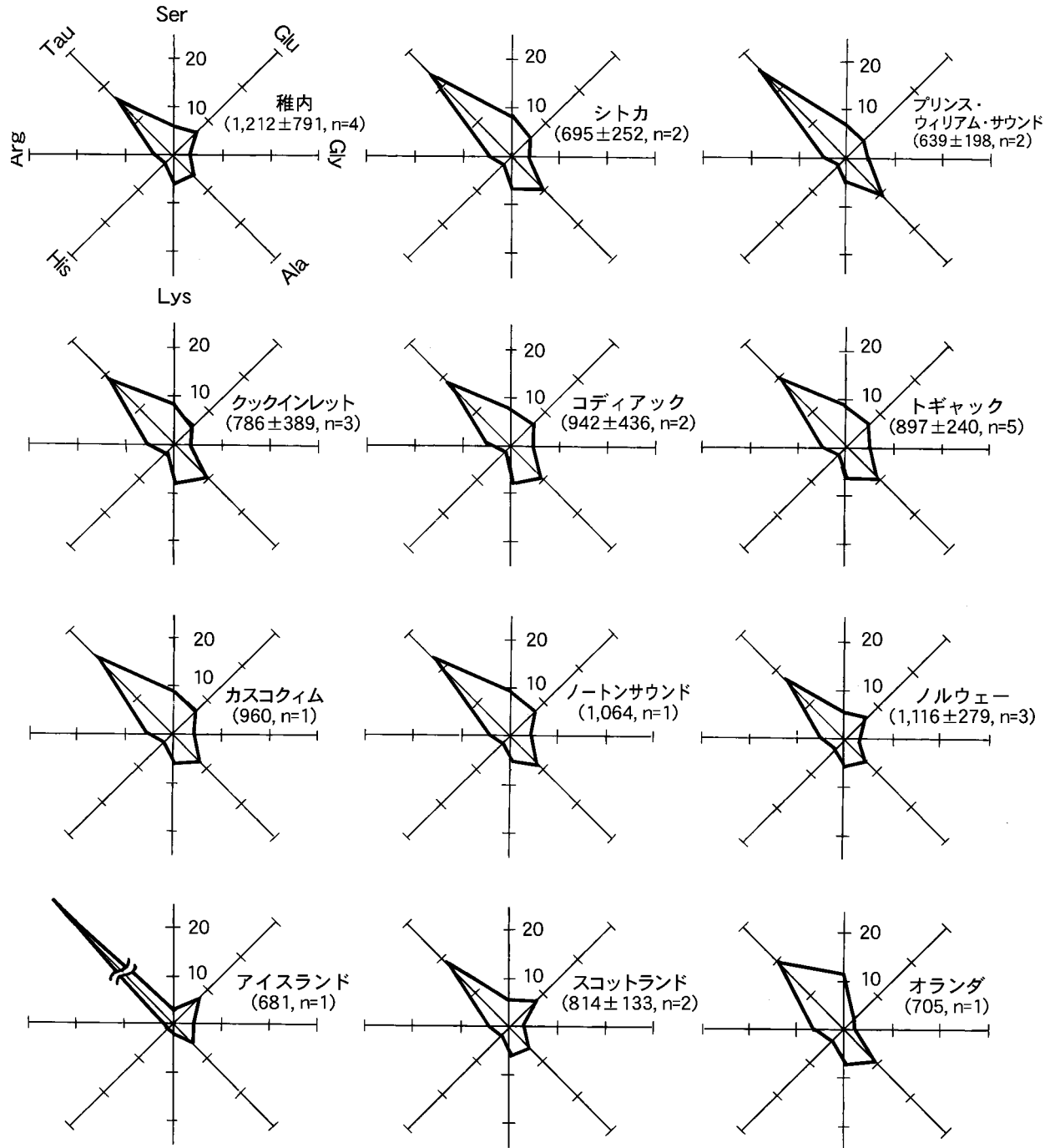


図9 生産地別ニシン卵巣の主な遊離アミノ酸組成比(%)
()内は、全遊離アミノ酸量の平均値±標準偏差(mg/100g), 試料数

洋ニシン、ヨーロッパ産大西洋ニシンが中心であるが、最近、ノルウエー産索餌ニシンが減少し、東カムチャッカ産ニシンが急増している。

ニシンの価格の算定に当たっては、魚体の大きさ、脂質含量、卵巣の品質と歩留り、鮮度などで評価する。今回、北海道水産物加工協同組合連合会の漁場別のニシンの特徴についての資料³⁴⁾と水産試験場の試験結果に基づいて、太平洋産ニシンと大西洋産ニシンの生産地別加工適性をとりまとめた(表6, 表7)。

北海道産ニシンは、一部を除き卵巣の利用価値はないが、魚体の大きな物は生鮮魚や切り込み、いずしなどの原料とする。また、身欠にしん、開きにしん、調味くん製品、甘露煮、酢漬け巻きにしん(ロール・モップス)、いずしなどについての小野塚ら¹⁰⁾、菅原ら^{15, 19)}、中島ら¹⁶⁾の試験結果では、体長25~28cm、脂質含量9~16%の原料が好評であった。

ロシア産ニシンは、身欠にしん、低塩の糠にしんに加工されているが、一部はハマチ餌料にも向けられている。

サンフランシスコ産ニシンは、卵巣歩留りが高く、卵質が良い。魚体は小型であるが、130g前後のニシンもあり、身欠にしん原料に適している。しかし、最近、小型製品が好まれないことから、ミールにも加工されている。小野塚^{7, 8)}、中島ら¹⁶⁾の開きにしん、身欠にしん、なまりぶしについての試験では、魚体の小さいことが利用加工上の問題点であった。

カナダのブリティッシュ・コロンビア州産ニシンは、抱卵ニシンの輸出が原則として禁止されていたため、試験例はない。しかし、卵巣の大きさと卵質は良好であり、現地で塩蔵後、塩かずのこ原料として4~5千トン輸入されている。

アラスカ湾沿岸(カシェークスからコディアック)産ニシンは、卵巣歩留りが比較的高く、卵質も良好である。採卵後の魚体は低脂肪のため、漬物用身欠にしんの原料とされるが、小型のものはミールに加工されることもある。小野塚ら^{7, 10, 11)}、中島ら¹⁶⁻¹⁸⁾、菅原ら¹⁹⁾の試験結果によると、大型原料を用いた熱くん製品は比較的好評であったが、身欠にしんや甘露煮に加工すると肉質の硬化が目立った。しかし、にしん醤油漬け用の身欠にしんにはコディアックとクックインレット産ニシンが適していた。コディアック産索餌ニシンは、脂質含量が多く、多水分性の開きにしんに適していたが、鮮度保持が課題であった。

ポート・モラー(ペニンシュラ)産ニシンは、卵粒がばらばらになりやすい“もろ子”系の卵質であるが、魚体は比較的大型のため、本乾身欠にしんの原料に適している。また、小野塚ら¹¹⁾は、良質な調味くん製製品

を造るためには、脂質含量がやや不足と報告している。

ブリストル湾沿岸(トギヤック)からノートンサウンドにかけてのニシンは卵粒がばらばらになりやすい“もろ子”系の卵質である。しかし、魚体は大きく、脂質含量が多いため、開きにしんや身欠にしん原料として広く利用されている。小野塚ら^{7, 8, 10, 11)}、菅原ら^{15, 19)}、中島ら¹⁶⁻¹⁸⁾の試験結果では、最近、魚体は大型化の傾向を示した(昭和58~59年230~260g, 62年320g, 63年360~420g, 平成2~4年370~420g)。また、脂質含量の製品品質に与える影響が大きく、身欠にしんでは6.2~12.2%, 調味くん製品では9~14.3%, 開きにしんといずれでは6.4~14.5%のニシンが適していた。

カナダ東海岸産ニシンの卵は粘着力に欠けるため、味付けかすのこの原料にされている。また、採卵後の魚体は惣菜向けにばら売りされている。成田ら¹⁴⁾の開きにしんなどについての試験結果によると肉質の軟さや脂質含量の不足が指摘された。

ノルウエーとアイスランド産ニシンは、卵巣の利用価値はない。しかし、魚体は大きく、鮮度が良く、脂質含量も多いため、惣菜向けにばら売りされたり、開きにしんなどに加工されている。また、成田ら¹⁴⁾、中島ら¹⁷⁾の試験結果では、開きにしんやくん製品に適していた。

スコットランド、オランダ、アイルランド産ニシンの卵巣は粘着力に欠けるが、歯ざわりが良いため、塩かずのこや味付けかすのこに加工されている。また、採卵後の魚体は、身欠にしんの原料にされている。小野塚ら^{9, 11)}、成田ら¹⁴⁾、中島ら¹⁷⁾の開きにしんやくん製についての試験では、大型で脂質含量の多いニシンが適していた。

バルチック産ニシンの卵質は、大西洋産ニシンの中では、最も良好であり、塩かずのこに加工されている。しかし、採卵後の魚体の利用価値は低く、小野塚⁹⁾の身欠にしんについての試験結果では、乾燥は速いが、歩留りや品質は劣った。また、熱くん製品の試験では、脂質が少なく、肉質の硬さと旨みの不足が指摘された。

4. ニシンの利用加工とその技術について

ニシンは生鮮消費のほか、主として身欠にしんに加工される。また、鮮度の良いニシンは切り込み、いずし原料にされるほか、親子漬け、糠にしんなどの醗酵食品、くん製、甘露煮などに加工されるが、その生産量は少ない。最近、身欠にしんの需要が停滞傾向にあるため、ニシン加工の安定化をはかるためには、身欠にしんの品質の向上と新しい加工技術の開発が求められている。ニシンの利用加工方法について図10に示したが、ここでは利

表 6 太平洋産ニシンの生産地別加工適性について

漁 場	漁 期 月	体 重 g	脂 質 %	卵巣歩留り %	肉 質 の 特 徴 と 用 途	卵 巣 の 特 徴 と 用 途
北海道	2～11	100～240	3～20	1～10	生鮮向けが中心で、切り込みなどに加工される。身欠にしん、くん製品、いずしなどの試験結果では、体長25～28cm、脂肪含量9～16%の原料が好評である。	一部を除き、卵巣の利用価値はない。
サンフランシスコ	12～3	61～130	4～7	11～17	魚体は小さいが、脂肪含量は比較的多く、身欠にしんの原料に適している。近年、小型製品が好まれなため、ミールにも加工されている。	卵巣は魚体の割に大きく、中サイズが中心で、卵質は確りしている。業務筋を中心に、3～5kgのペール詰で販売している。
カナダ B. C. 州	抱卵 3～4 索餌 11～12	91～160 140～150		12～14	索餌ニシンは脂肪分があり、上乾身欠にしん原料として最適であるが、コストが合わないため、一部鮮魚向けに輸入されるだけである。	大サイズが中心で、卵質は確りしており、歳暮用ギフトに最適である。1988年までは、全量、現地で腹出しされ、塩蔵原卵で搬入された。
カシェークス	3 下旬	140～150		17	脂肪含量が低く、乾燥度合が上がりすぎるため、漬物用本乾身欠にしんに用いられている。	大サイズが中心で、卵質は確りしており、塩かずのこはもとより、乾かずのこにも適している。
シトカ	4 上旬	79～143	3～9	12～13	大型ニシンは漬物用身欠にしんに、小型ニシンはミールに加工する。甘露煮などに加工すると、肉質の硬化が問題となった。また、腹部が弱く、破れやすい。	カシェークス産ニシン卵と同様である。また、味付けかずのこ原料として、3kgペール詰の形態で、回転寿司などの業務用に販売している。
プリンス・ウイリアム・サウンド	4 中旬	100～198	4～6	12～14	シトカ産ニシンと同様で、親魚の利用価値は、極めて低い。また、腹部が弱く破れやすい。	中サイズが中心で、卵質は良いが、湖沼ニシン卵の様に白っぽい。腹部が弱く、変形子の比率が高い。
クックインレット	4 中旬	169～269	3～6	11～15	魚体はすらっとしており、皮が厚く感じる。脂肪が少ないため、漬物用の身欠にしん原料とする。	特大・大サイズが中心で、卵質は良いが、卵形が細長く、黄色味が強く、褐変し易い。
コディアック	抱卵 4～6 索餌 10	162～289 168～208	1～6 14	12～14 2	抱卵ニシンはクックインレット産ニシンと同様である。索餌ニシンは脂肪が多く、調味くん製など多水分製品に適しているが、鮮度保持が課題である。	クックインレット産ニシン卵と同様である。索餌ニシンのため、卵巣の利用価値はない。
ポートモラー (ペニンシュラ)	4～6	289～321	7	10	上乾身欠にしん原料に使用している。ペニンシュラ産ニシンは、クックインレット産ニシンと同様である。	クックインレット産やコディアック産ニシン卵と同様である。
トギャック (プリストル)	5	250～474	4～15	8～14	年々、魚体は大型化している。脂肪分が多く、開きにしん、本乾身欠にしんなど広く利用できる。	3特以上の大サイズが中心である。脆子系の卵質であり、黄色味が強く、褐変し易い。
カスコクイム	5	286～362	6～12	8～11	肉質は、トギャック産やノートン産ニシンと同様である。開きにしんの試験結果は好評であった。	卵質は、トギャック産やノートン産ニシンと同様である。
ノートンサウンド	5	263～376	4～12	3～12	年々、魚体は大型化している。脂肪分が多く、広く利用できる。開きにしんの試験結果は好評であった。	卵質は、トギャック産ニシンと同様である。
ダッチハーバー	7 下旬～8	350～400			脂肪分が多く、優れた加工適性をもつが、鮮度保持が課題である。開きにしんを主体に、生乾身欠にしん、三五八漬など広く利用できる。	索餌ニシンのため、卵巣の利用価値はない。

表 7 大西洋産ニシンの生産地別加工適性について

漁 場	漁 期	体 重	脂 質	卵巣歩留り	肉 質 の 特 徴 と 用 途	卵 巣 の 特 徴 と 用 途
カナダ東海岸	月 5～6 9～10	g 245～353	% 3～6	% 3～8	肉質が柔く、脂肪含量が低く、加工原料には向いていないため、端売りされている。	粘着力に欠け、脆いため、塩かずのこには向いていない。味付けかずのこ用に冷凍品で輸入している。
ノルウエー	抱卵 1～3 索餌 9～10	417～448	14～18	4～9	端売りが主体である。一部、開きにしんや生乾身欠にしんに加工される。水試の開きにしんについての試験でも、好評であった。	索餌ニシンのため、卵巣の利用価値はない。
アイスランド	10～11	331～423	11～13	1	脂肪含量が多く、膨らみがあるため、開きにしん、生乾身欠にしん原料としては、最適である。水試の開きにしんについての試験でも好評であった。	索餌ニシンのため、卵巣の利用価値はない。
シェットランド ・スコットランド	8	450	15	9	肉質は柔いが、身欠にしんに加工すると、乾し上がりと肉色が良い。脂肪含量は適度であり、カナダ B. C. 州索餌ニシンに代わる身欠にしん原料となっている。水試の開きにしんについての試験では、最も評価が高かった。	太平洋産かずのこと比べて、粘着力に欠けるが、歯ざわりが良く、塩かずのこや味付けかずのこに加工されている。また、粒子が大きく感じる。
オランダ ・ドーバー海峡	11～12	140～230	6～12	8～13	シェットランド産ニシンと同様である。カナダ B. C. 州索餌ニシンの代用として搬入されたが、年々小型化し、加工原料としての妙味が無くなって来ている。開きにしん、熱くん製についての試験では、好評であった。	シェットランド産やスコットランド産ニシンと同様である。
アイルランド	11～2	161～178	8	14	オランダ産ニシンと同様である。現地で冷凍卵を生産しているため、ラウウンドでの搬入量は少ない。	シェットランド産やスコットランド産ニシンと同様である。
バルチック	4～5	151	3	8	身欠にしんにや熱くん製品の試験では、脂肪や旨みの不足が指摘され、利用価値は低い。	卵質は太平洋産と大西洋産かずのこの中間であり、塩かずのこに向けられる。湖沼ニシン特有の色素の無い白色をしている。

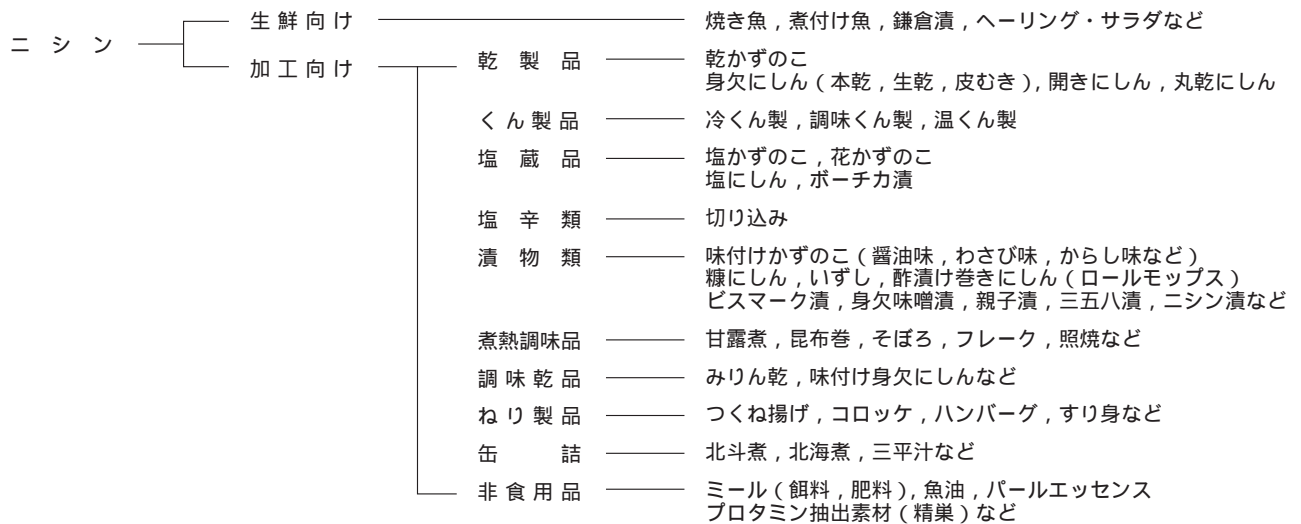


図10 ニシンの利用加工方法

用加工についての主な試験結果と技術的な問題点をさぐってみたい。

4.1 乾製品

4.1.1 身欠にしん

小野塚ら¹⁰⁾は、原料の鮮度低下と冷凍処理の身欠にしん品質に与える影響について検討し、漁獲後6時間の原料で製造した製品は、同一原料を -25°C で凍結した区分や 10°C で3日間放置した区分と比べ、色艶、形態、硬さ、においが良く、身欠にしん特有の旨みがあり、歩留りも良いことを報告している。また、鮮度低下したニシンを冷凍貯蔵した原料を用いると、身欠にしんの品質はさらに低下した⁸⁾。しかし、原料の冷凍貯蔵期間の長短（ -25°C ，5ヶ月と11ヶ月）は、身欠にしんの品質に大きな影響を与えなかった⁷⁾。裁割前の風乾時間を長くすると、身欠にしんの品質は低下した⁸⁾。酵素処理による肉質の軟化、歩留りや風味の向上などの効果は認められなかった⁷⁾。機械乾燥と天日乾燥の違いは、身欠にしんの品質に大きな影響を与えなかった⁸⁾。これらの試験結果から、良質な身欠にしんを製造して、さらに需要を拡大するためには、鮮度の良い、魚体の大きい、適度の脂質含量（6～10%）のニシンの選択が必要ながことが分かった。

相澤ら³⁵⁾は、温暖期の身欠にしんの製造技術について検討し、多脂肪でも鮮度の良好な原料（脂質18%，V.B.-N13mg%）は、 30°C ，湿度40%，風速2 m/sの乾燥条件で、また、鮮度がやや不良（V.B.-N17mg%）でも、脂質含量が7%程度の原料であれば、同一の乾燥

条件で製造できることを報告している。さらに、早春期の大量処理法である裁割前の丸干工程を省略し、直ちに裁割すると、表面積が大きくなり、乾燥速度が速まるため、身欠にしんの品質は向上した。

近年、ソフト志向のためか、水分65%以下の生乾身欠にしんが好まれるが、貯蔵性の問題がある。成田ら¹⁴⁾は、生乾身欠にしんの保蔵試験を行い、 -3°C で脱酸素材を併用すると、賞味期間30日（ 5°C 貯蔵の4倍）まで延長できることを報告している。

今後、皮むき身欠にしんのような食べやすい製品や身欠にしんを原料とした漬物など2次加工品の開発の他に、関係業界と連携して、持ち運びしやすく、手を汚さない容器、包装など販売技術を重視した分野についての検討も必要である。

4.1.2 その他の乾製品

金庭ら¹³⁾、成田ら¹⁴⁾、菅原ら^{15,19)}、中島ら¹⁶⁻¹⁸⁾は、生産地別ニシンの加工適性を把握するために開きにしんの試験を行ってきたが、この製品には大型で脂質含量6～15%のニシンが適していた。

乾かずのこについての試験例は見当たらないが、次のような3種類の製造法がある。腹腔から取り出した卵巣を無洗浄でそのまま乾し上げる“黒乾法”，海水を満たした水槽中で卵巣の血抜きを充分行って乾し上げる“半改良法”，血液が完全に凝固していない状態の卵巣を海水あるいはボーメ 4° の食塩水中で血抜きし、簾の上に一葉ずつならべて乾し上げる“改良法”である。なお、乾かずのこの歩留りは、生ニシンに対して2～2.5%，生卵巣に対して20%である^{36,37)}。

4.2 くん製品

小野塚ら^{9,10)}は、熱くん製品には、大型で脂質含量6～8%以上のニシンが適しており、脂質含量3～5%の原料で製造した製品は、硬くて、旨みに欠けたと報告している。また、中央水産試験場の多脂性ニシンの利用試験では、脂質含量20%の原料を、ボーメ8°塩水に30分間浸漬し、16～35℃で3時間風乾後、30～80℃で4時間くん乾した製品が好評であった³⁸⁾。

中央水産試験場のソフト温くん製品についての試験では、大型で脂質含量20%以上の原料を用い、5%塩水で3～10時間漬込み後、26℃・2.5時間の風乾と27℃・3～5時間のくん乾を行った製品が好評であった³⁹⁾。

小野塚ら^{10,11)}は、調味くん製品には、大型(体長28.8cm、体重322g)で脂質含量8.8～14.3%のニシンが適していたが、体長29.5cm、体重305g、脂質含量7.0%のニシンで製造した製品は、硬くて旨みに欠けたと報告している。

4.3 塩蔵品

4.3.1 塩かずのこ

過酸化水素を用いる塩かずのこの製造方法は、製造マニュアルを遵守することが義務付けられており、製品は飽和塩水で塩固めされている。製品の残存過酸化水素は自主検査で厳しくチェックされているが、処理中や貯蔵中に過酸化水素疑似物質の生成が認められた。このことについて、秀里ら⁴⁰⁾は、脂質の酸化が関わっていることを明らかにした。

飯田らは^{41,42)}、塩かずのこの品質に与える過酸化水素処理の影響について、主に脂質酸化の面から検討し、次のような結果を報告している。塩かずのこの脂質酸化は、過酸化水素処理によって促進され、高濃度で処理した区分ほど酸化が進んでいた。貯蔵中においても、過酸化水素処理濃度の高い区分ほど脂質酸化が速い傾向があった。褐変や苦味の生成は、過酸化水素処理濃度の高い区分ほど早く現われ、脂質の酸化と並行して進行した。したがって、塩かずのこを製造する場合は、卵巣の汚染度合いによって、過酸化水素の使用量を加減し、必要最小限にとどめることが大切である。また、塩かずのこ製品貯蔵中の脂質酸化・褐変・苦味生成の抑制には、脱酸素材を用い、真空包装や塩水漬などを行って、物理的に空気(酸素)との接触を断ち、-15℃で貯蔵する必要があった。

筆者ら³²⁾は、3%塩水から飽和塩水まで、濃度別塩水で処理したかずのこを凍結すると、塩水濃度の高い区

分ほど凍結による氷結晶の生成が少なく、解凍後の凍結損傷が小さかったことを報告した。しかし、飽和塩水で処理しても、凍結前と比較すると、身締りは低下し、粘着層を中心とした凍結損傷が認められた。したがって、塩かずのこの身締りの低下を防止するためには、凍結しない範囲の低温度、-15℃付近で貯蔵する必要があった。

塩かずのこを美味しく食べるには、水道水に6時間位浸し、その間3回ほど水を取り替え、若干塩分が残った程度が良い³⁷⁾。この塩抜き工程を省くため、筆者ら³²⁾は、低塩かずのこを液体窒素と-27℃冷蔵庫中で凍結し、自然解凍(5℃、5時間)と急速解凍(10℃、30～60分間)による影響について検討した。その結果、-27℃凍結の急速解凍かずのこだけが、しばれ子状態を呈した。したがって、低塩かずのこを30分から60分以内に解凍し、直ちに食用に供するためには、液体窒素凍結が有効であった。なお、しばれ子状態は、それを塩水などに2時間浸漬すると正常なかずのこに近い状態に復元した。

4.4 塩辛類

切り込みは、水晒しの関係から、比較的脂質含量の少ない原料を用いる必要があり、脂質含量6～9%の北海道産ニシンに限定している例が多い。宇野ら⁴³⁾の多脂性ニシンについての試験では、水晒処理による脱脂効果は認められなかったが、30%の食塩による塩蔵処理は、肉質の崩壊を抑制した⁴³⁾。また、製造条件では、醗酵温度は低温(11℃)がよく、用塩量では多い区分(15%)の品質が良かった⁴⁴⁾。

4.5 漬物類

4.5.1 糠にしん

糠にしんは、すしにしんとも言われ、伝統的な保存食品であったが、手を汚さない真空パックや甘口製品の導入により、最近、最も成長したにしん製品である。また、原料に脂質の多いロシア産索餌ニシン用い、漬け込み期間を短縮し、ソフトに仕上げたことが、健康志向に伴う低塩ニーズに合致した。原料としては、処理しやすいこともあり、大型のプリストル産ニシンを用いることが多かったが、オリュートル産ニシンが最も適している。市販の糠にしんは、塩分2～5%の「転がし」や「まぶし」と言われる甘口・ソフト製品と年配層に人気のある塩分12～19%の辛口、本漬製品に分かれる。

金子ら⁴⁵⁾の糠にしんについての試験では、用塩量15%と20%の違いは、製品品質に大きな影響を与えなかった。

また、原料の凍結回数についての試験では、1回凍結より2回凍結を好む人が多かったが、これは、糠漬けという醗酵食品についての判定結果と考える。

4.5.2 いずし

菅原^{15,19)}、中島¹⁶⁾のいずしについての試験では、処理しやすいこともあり、大型（体長25～30cm）で、脂質含量6～15%のニシンが適していた。また、冷凍ガラニシンをいずしに加工すると、醗酵処理による身割れの緩和や肉質のソフト化が観察された。いずし製造過程の遊離アミノ酸量の変化を見ると、水晒し脱水肉の全遊離アミノ酸量は58～108mg%となり、原料肉（484～638mg%）の10～17%に減少した。しかし、両者の主な構成アミノ酸は類似しており、原料肉ではタウリン（40%）、グリシン（20%）、アラニン（14%）であり、水晒し脱水肉ではタウリン（36%）、グリシン（11%）、アラニン（11%）、アンセリン（9%）、リジン（7%）であった。また、いずし製品魚肉部の全遊離アミノ酸量は407～861mg%であり、水晒し脱水肉の7～15倍に増加していた。いずし製品魚肉部の主な構成アミノ酸は水晒し脱水肉と全く異なり、ロイシン（10%）、リジン（9%）、グルタミン酸（8%）、アルギニン（8%）であった。このことは、いずし製品の遊離アミノ酸には、漬け込み中の副原料と醗酵・熟成作用が大きく影響していることを示している。

4.5.3 味付けかずのこ

味付けかずのこの原料には、ほとんど大西洋産ニシンの卵巣が用いられている。製品は、低塩で多水分のため、保蔵性の向上が問題となっている。このため、加藤⁴⁶⁾は、加熱処理や各種殺菌剤による初発菌数の抑制を目的として試験した。その結果、調味液に対しエタノールを1%、3%、4%、6%添加した区分は、添加しなかった対照区（保蔵期間、10℃、21日間）と比べて、保蔵期間をそれぞれ1.2倍、1.5倍、1.7倍、2.2倍に延長した。また、シクロデキストリンを1%併用すると、エタノール4%までは、アルコール臭は全く感じられなかった。この時の風味は、エタノールを加えたほうがまるやかさを増して、良好であったと報告している。今後、原料、製造工程、流通、製造設備、などを含めた総合的な衛生管理技術の確立が必要である。

4.5.4 その他の漬物

小野塚^{10,11)}は、ビスマーク漬について検討し、脂質含量7.4%のニシンで製造した製品は、肉質が硬く、風味に欠けたと報告している。また、酢漬け巻きにしん（ロールモップス）については、前処理としての塩蔵期間の長短は、製品品質に影響しなかったが、調味配合割合については、今後の検討課題とした。

ニシン漬には、サンフランシスコ沖やアラスカ湾沿岸産の脂質含量の少ない（脂質含量1.3～5.7%）原料の身欠にしんが使用されている。

中島¹⁸⁾は、にしん醤油漬（松前漬風）を、身欠にしん、かずのこ、各種昆布乾製品（りしり昆布、道東産昆布、みつし昆布、松前漬用昆布）を用いて試作開発した。その結果、脂質含量の余り多くない（17%程度）身欠にしんとみつし昆布を用いた製品が旨みがあって好評であった。

4.6 煮熟調味品

小野塚¹¹⁾は、甘露煮について検討し、脂質含量6%以下のニシンで製造した製品は、肉質が硬く、風味に欠けるため、脂質含量7～8%以上の原料が適していると報告している。

中島¹⁶⁾は、ニシンをフィレーとし、調味乾燥後、蒸煮して「なまり節風にしん」を試作開発した。技術開発にあたって、水晒しや調味後のフィレーを蒸煮した時、剥皮や身割れが問題となったが、試験の結果、調味後に、20℃・6時間の乾燥処理をすることで解決した。原料としては、大型で脂質含量12～15%のニシンが適していた。なお、なまり節風にしんは、油ちょう品など2次加工品の素材としても利用できた。また、ニシンを蒸煮後、ほぐし身とし、脱水、調味して、にしんフレークを試作開発した。

中島¹⁷⁾は、ニシンを調味、煮熟後、ほぐし身として乾燥し、乾燥卵などの副原料を配合して、にしんふりかけを試作開発した。乾燥卵、ごま、青海苔、焼き海苔などの副原料を変えることにより、いろいろが改良された。しかし、風味、特に塩味やニシン臭が指摘されており、原料の吟味、調味煮熟と乾燥度合いの検討が課題となった。

4.7 缶詰

菅原¹⁹⁾は、各種にしん缶詰の試作開発試験を行った。その結果、蒲焼き缶詰では、白醤油を用い、砂糖の少ない区分が好評であった。味噌焼き（田楽）缶詰では、味噌と白醤油を用いた区分が、ニシンの風味に適合して好

評であった。くん製油漬け缶詰は、脂質含量の多い索餌ニシンでも、それほど油がくどくなく、サラダオイルと調和して好評であった。

4. 8 その他

ヨーロッパ市場で見られるにしん製品の中で、最も日本人の嗜好に合っているとの報告など^{2,47)}にもとづき、中島ら^{17,18)}は、にしんサラダ様食品の試作開発を行った。角切りしたにしん肉、じゃがいも、にんじんにスイートコーン、グリーンピース、輪切たまねぎ、耐熱性マヨネーズを用いて試作した。これを缶詰とし、115℃で殺菌したらマヨネーズが分離した。しかし、風味は良好であり、今後、マヨネーズの改良、殺菌温度と時間の検討が課題となった。さらに、この製品を冷蔵食品にするため、角切りしたにしん肉、にんじん、いんげんをドレッシングとマヨネーズで調味し、蒸煮じゃがいもで絡めてポテトサラダ風に仕上げた。試作の当初は、風味は良好であったが、5℃で1～2週間冷蔵すると、じゃがいもがドレッシングを吸収して、脆くなった。この製品の凍結点は-3℃であり、今後、凍結点付近での許容品質保持期間の検討が課題となった。

おわりに

ニシンの利用加工試験に携わって、30年ほどになるが、加工原料としてのニシンに対する印象は「ニシンは腐敗しやすい魚である」ということである。例えば、ニシンの加工は、かずのこの処理を優先するため、採卵後の魚体は洗浄・再凍結し、その後解凍して加工原料としている。すなわち、鮮度低下と冷凍変性した原料でも、身欠にしんなどに加工できるのである。かつて、小幡ら⁴⁸⁾は、「北海道の特産魚族であるニシンは極めて粗放的な取り扱いに拘わらず腐敗し難い。一例をあげると身欠である。鮮度低下により殆ど生食不能に近いものが腐敗もせず10数日間風乾されて製品となる」と同様の報告をしている。この原因究明のため、鰯油の細菌発育抑制効果について研究し、100分の1添加での抑制効果を確認した。生鰯の含油量は少なくとも1%を超えるから、生鰯の腐り難い一因としてその体油の存在を指摘した⁴⁸⁾。

このようにニシンは腐敗し難いという一面もあるが、鮮度低下と身欠にしんの品質についての試験で述べたように「鮮度良好な原料ほど製品品質は良い」ことは事実である。特に、最近、消費者は食品の安全性と品質に注目しており、消費者ニーズへの確に対応するためにも、鮮度良好なニシンを用いて、安全で美味しいにしん製品

を供給する必要がある。

ニシンの利用加工については、これまで述べたように、現在も、原料特性や加工技術上の問題点が残されており、これらの解決に向けての努力が期待されている。

文 献

- 1) 農商務省水産局編：日本水産製品誌全．東京，水産社，1935，319-320
- 2) 吉田敬雄：鰯礼讃（北海道水産試験場）．余市，余市商工社，1934，44．
- 3) 田元 馨：北海道のニシン加工について（明治3年～昭和20年）．北水試月報．42(4-6)，155-184（1985）
- 4) 日本冷凍史編集委員会編：日本冷凍史．東京，日本冷凍協会，1975，33-35
- 5) 平野義見：ニシン．札幌，北海道テレビ社長室，1972，61．
- 6) 北海道水産試験場加工部：昭和45年 ニシン特性調査資料．（1971）
- 7) 小野塚 馨：輸入冷凍にしんの利用試験．昭和58年度道立中央水産試験場事業報告書．69-77（1984）
- 8) 小野塚 馨：身欠にしんの品質改良試験．昭和59年度道立中央水産試験場事業報告書．79-89（1985）
- 9) 小野塚 馨：冷凍ニシン利用試験．昭和60年度道立中央水産試験場事業報告書．111-117（1985）
- 10) 小野塚 馨，佐々木政則，飯田訓之，臼杵睦夫，川島孝省：冷凍にしんの加工技術開発試験．昭和61年度道立中央水産試験場事業報告書．123-130（1986）
- 11) 小野塚 馨，川島孝省，佐々木政則：冷凍ニシンの加工技術開発試験．昭和62年度道立中央水産試験場事業報告書．119-122（1988）
- 12) 西 紘平，秀里尊寿：冷凍ニシンの加工技術開発試験．昭和63年度道立中央水産試験場事業報告書．135-145（1989）
- 13) 金庭正樹，佐々木政則，成田正直：ニシンの利用加工試験．昭和63年度道立稚内水産試験場事業報告書．193-198（1989）
- 14) 成田正直，金庭正樹，佐々木政則：冷凍ニシンの加工技術開発に関する試験研究．平成元年度道立稚内水産試験場事業報告書．172-187（1990）
- 15) 菅原 玲，麻生真吾，佐々木政則：冷凍ニシンの加工技術開発に関する試験．平成2年度道立稚内水産試験場事業報告書．199-225（1991）
- 16) 中島一也，菅原 玲，佐々木政則：冷凍ニシンの加工技術開発に関する試験研究．平成3年度道立稚内水産試験場事業報告書．235-258（1992）

- 17) 中島一也，菅原 玲，佐々木政則：冷凍ニシンの加工技術開発に関する試験研究．平成4年度道立稚内水産試験場事業報告書．231-246（1993）
- 18) 中島一也，菅原 玲，佐々木政則：冷凍ニシンの加工技術開発に関する試験研究．平成5年度道立稚内水産試験場事業報告書．229-243（1994）
- 19) 菅原 玲，佐々木政則，森山安啓，福家誠一郎，新谷裕子：冷凍ニシンの加工技術に関する試験研究．平成6年度道立稚内水産試験場事業報告書．207-232（1995）
- 20) 村田喜一，大石圭一：魚肉研究法の基礎的検討 1．魚体の各部分比について．北大水産彙報．3（1），40-57（1952）
- 21) 座間宏一：“5．脂質”．白身の魚と赤身の魚一肉の特性．東京，恒星社厚生閣，1976，53-67
- 22) 福原忠信，黒田久仁男，飯田 稔：身欠加工に依る鯔肉質の変性．北水研報．（1），1-20（1951）
- 23) 日本水産油脂協会編：魚介類の脂肪酸組成表．東京，株式会社 光琳，1989，178-271
- 24) 須山三千三：“6．エキス成分”．白身の魚と赤身の魚一肉の特性．東京，恒星社厚生閣，1976，68-77
- 25) 鴻巣章二：水産動物筋肉中の含窒素エキス成分の分布．日水誌．37（8），763-770（1971）
- 26) 中央水産試験場加工部：輸入塩蔵カズノコの品質判定．昭和49年度中央水試事業成績書．94-134（1975）
- 27) 平野義見，北浜 仁：北海道近海を主とした日本のニシンに関する調査研究概要．東京，北洋資源研究協議会，1956，61
- 28) 三上正一，田村真樹，高 明宏：石狩湾のニシンについて．北水試月報．25（7），4（1968）
- 29) 柳町隆造：ニシン卵の受精の研究Ⅷ．未熟卵の受精反応について．魚類学雑誌．7（2/3/4），62（1958）
- 30) 石田カ一，佐々木武男，有田節子：ニシンの卵巣卵に関する組織学的研究（予報）所謂“死に子”について．北水研報．24，171-176（1962）
- 31) 北海道水産試験場：沿岸漁業者から寄せられた質疑とその応答集（第3集）．北海道水産研究会，1957，109
- 32) 佐々木政則，飯田訓之：かずのこの冷凍について．北水試月報．44，261-274（1987）
- 33) 山崎文雄：“5．卵の成熟と排卵の内分泌”．魚類の成熟と産卵—その基礎と応用．東京，恒星社厚生閣，1974，41-54．
- 34) 北海道水産物加工協同組合連合会（大森）：漁場別ニシンの特徴について．私信．（1989）
- 35) 相澤 悟，佐々木政則，本川 実，後藤敏夫，酒井千鶴子，小山内忠昭：ニシンの利用加工試験 身欠ニシン乾燥技術開発試験．釧路市水産加工開発協会事業報告書．46-53（1974）
- 36) 岩本 薫：カズノコ．水産名産品総覧．東京，株式会社 光琳，1968，33-35．
- 37) 山田 稔，井原慶児，梶下貞昭，高間浩蔵：カズノコの製造と実際．札幌，株式会社 山田水産研究所，1992，150．
- 38) 中央水産試験場加工部：多脂性にしんの利用試験．昭和47年度道立中央水産試験場事業成績書．48-51（1973）
- 39) 中央水産試験場加工部：多脂性にしんの利用試験．昭和48年度道立中央水産試験場事業成績書．46-48（1974）
- 40) 秀里尊寿，西 紘平，鳥谷部憲男，臼杵睦夫，中村全良：塩かずのこの貯蔵試験．昭和63年度道立中央水産試験場事業報告書．145-157（1989）
- 41) 飯田訓之，臼杵睦夫：塩かずのこの品質管理に関する研究 第2報 塩かずのこの貯蔵中の品質におよぼす過酸化水素処理の影響．北水試月報．44（7-9），127-139（1987）
- 42) 飯田訓之，臼杵睦夫：水産物の安全供給に関する試験研究 塩かずのこの脂質酸化抑制試験．昭和62年度道立中央水産試験場事業報告書．155-161（1988）
- 43) 宇野 勉，佐藤照彦，竹谷 弘，船岡輝幸，坂本正勝：多脂性ニシンを原料とする切り込み漬の処理法の検討．昭和47年度道立函館水産試験場事業報告書．40-41（1973）
- 44) 中央水産試験場加工部：水産漬物に関する試験．昭和57年度道立中央水産試験場事業報告書．67-75（1983）
- 45) 金子博実，蛸谷孝司，加藤健仁：水産漬物の製造技術の解析と合理化に関する試験研究．平成8年度道立中央水産試験場事業報告書．153-156（1997）
- 46) 加藤健仁，今村琢磨：調味かずのこの保蔵試験．昭和63年度道立釧路水産試験場事業報告書．281-283（1989）
- 47) 服部 公：大西洋産ニシンのヨーロッパにおける漁獲，加工様態及びニシン製品消費状況について．北海道水産物加工協同組合連合会，1990，38-41．
- 48) 小幡弥太郎，手塚 恵：鯔油の抗細菌作用．日水誌．13（4），172-173（1948）

