

北海道西岸における20世紀の沿岸水温およびニシン漁獲量の変遷

田中 伊織*

Temporal variation in the 20th century of coastal sea temperature and annual herring landings off the west coast of Hokkaido

Iori TANAKA*

The present study addresses oceanographic environment relations to changed distribution and reproduction processes shown by Pacific herring, *Clupea pallasii*, of the Hokkaido-Sakhalin stock. The west coast of Hokkaido in the 20th century is studied using coastal sea temperature as an index of oceanographic environment.

Coastal sea temperatures at nine selected stations at the west coast of Hokkaido are normalized using the period when observations were overlapped for 30 years from 1931 to 1960. Normalized coastal sea temperatures are averaged to construct a time series, in excess of a century, of indexes for monthly, seasonal and annual mean normalized coastal sea temperatures from 1897 to 2000.

The relation between annual catch of herring in the Hiya division and the coastal sea temperature index during winter season is shown to have strong negative correlation. This result leads to the conclusion that a well known phenomenon, the disappearance of spawning runs beginning in the south and regularly extending northward along the west coast of Hokkaido, is mainly caused by increase in sea water temperature during winter time.

Correlation between monthly mean normalized coastal sea temperature and relative year-class strength of herring calculated from 1907 to 1955 was investigated. From all the periods with significant correlation, the tendency is confirmed: the colder the normalized coastal sea temperature, the more the relative year-class strength of herring. These relations lead to a hypothesis that occurrence frequency of herring strong year-class is represented as a probability function of normalized coastal sea temperature and the frequency increases (decreases) in the negative (positive) direction of this temperature from May to July and from September to November. Characteristic variations for relative year-class strength of herring appear to be well-explained qualitatively by this hypothesis even before and after the period when the hypothesis is derived. Ecosystem structure, for which temperature is one determinant, is understood to influence the herring as a whole system; the frequency of herring strong year-class occurrence increases in years of low coastal sea temperature and that of weak year-class of herring increases in years of high coastal sea temperature.

Results of this study verify that long-term coastal sea temperature changes caused by atmosphere-ocean interaction strongly affect variation of Hokkaido-Sakhalin herring stock.

キーワード：日本海，北海道，長期変動，沿岸水温，ニシン，分布，卓越発生，レジームシフト

1. はじめに

北海道西岸日本海沿岸域では19世紀末の1897年4月14日から水産調査所により沿岸水温観測が開始されて以来，1910年前後から各地で沿岸水温が観測されるようになり¹⁾，観測の歴史はすでに100年を超えた。開始当時は，春ニシンと呼ばれたニシン漁業が最盛期であったため，

沿岸水温観測はニシンの漁況との関連で重要であった。

春ニシンの研究は1901年に設立された北海道水産試験場によりニシン漁業が崩壊するまでの半世紀を超えて精力的に進められた。春ニシンの来遊がみられなくなった現在もなお地域性ニシンを対象としてニシン研究は継続されている。北海道水産試験場が行ったニシンの研究史については高柳²⁾により簡潔にまとめられている。

報文番号 A 342 (2002年3月25日受理)

* 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Hamanaka-cho, Yoichi, Hokkaido, 046-8555, Japan)

漁獲統計が整備され、ニシン漁獲量の変動が定量的に押えられるようになった1870年以降、北海道におけるニシン漁獲量は大きく変動した (Fig.1)。当時大量に漁獲されたニシンは北海道－サハリン系群であった。1897年に97万トンの最大漁獲があった後、ニシンの漁獲は減少し、1950年代の末には日本の沿岸から姿を消した。この間、ニシンは南方漁場から北に向かって規則的に消滅していったことが一般的にも広く知られ (例えば Moto-da and Hirano³⁾)、これまで、ニシンの分布域の変化と海洋環境の変化は深く関係していることが予想されていた⁴⁾。しかし、一方ではこの関係について往事の資料を欠くために真偽は明らかではない⁵⁾という批判もあり、その原因について科学的根拠に基づく定説はまだないのが現状である。

1980年代になり、1983年生まれのニシンが卓越発生し、1986年に宗谷管内を中心に約7万トンの漁獲があった⁶⁾。この1983年生まれのニシンは北海道－サハリン系群と考えられ⁷⁾、北海道－サハリン系ニシンは何かのきっかけがあれば現在でも卓越発生することが明らかとなった。Tanaka⁸⁾は、この1983年級群がどのような水温環境で発生したのか、かつて日本海沿岸で卓越発生していた時代の状況と比較し、1983年の春季沿岸水温が1909年、1915年、1921年、1939年の4大年級群を生み出した年と同じく平均的値から極端に低い値の範囲内にあったことを報告している。

様々な魚種と環境変動との関係が研究されるようになった現在では、気象・海況の長期変動が海洋生態系に広く、特に多獲性浮魚類には強く影響を与えていると考えられるようになってきている (例えば 杉本⁹⁾)。北海道－サハリン系ニシンについても、分布域の変化や資源量変動を引き起こす原因の一つに古くから海況条件、すなわち海洋環境の変動が関わっていると考えられていた^{10,11)}が、未だにその関わりかたが明らかにされていない。

ニシンに影響を及ぼす海洋環境の指標は複数存在すると考えられるが、1897年から現在まで継続して測定されてきた沿岸水温だけが、北海道－サハリン系ニシンが示したこれらの変動と関連づけることができる定量的な唯一の指標である。例えばニシン卓越年級発生と沿岸水温との関係はこれまで荒木¹²⁾、倉上・梶田¹³⁾、畑中¹⁴⁾、Motoda and Hirano³⁾、Tanaka⁸⁾、田中¹⁵⁾、田中¹⁶⁾、長澤¹⁷⁾、Nagasawa¹⁸⁾により研究されているが、個々の観測所の水温を個別に扱って得られた関係、あるいは、ある限られた期間における解析によって議論しているところに共通点および限界がある。

本論では、1) 1897年から2000年までの104年間の沿岸水温観測記録を基に、これまで作成されなかった北海

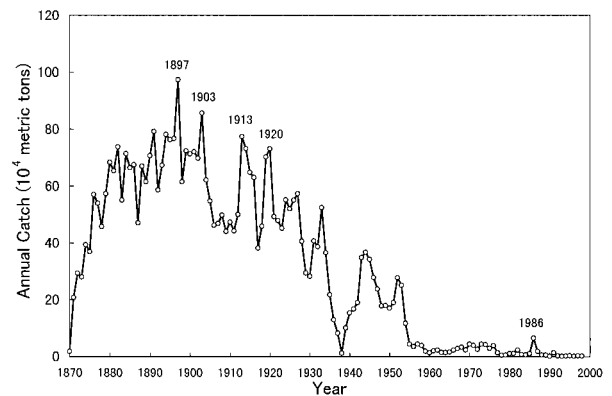


Fig. 1 Changes in annual herring catches in coastal waters of Hokkaido from 1870 to 1996. From Ishida(1952), Konda(1986), and Hokkaido Suisan Gensei (for the period after 1950).

道西岸の海域平均した沿岸水温指数の時系列を作成し、2) 海域平均した水温指数の変動とニシン分布域の変化との間の相関関係を確認し、さらに、3) 北海道－サハリン系ニシンの資源量変動を引き起こす再生産量の変動について沿岸水温指数との相関関係を調べることで、沿岸水温の変動がこの系群の再生産量の変動とどのように関わってきたかを議論する。

2. 材料および方法

2.1 沿岸水温資料

各地沿岸水温資料は、北海道水産試験場、北海道区水産研究所、北海道立中央水産試験場によりかつて収集され、現在北海道立中央水産試験場に保管されている未印刷分を含む資料のほか、1971年から1978年までは北海道水産資源技術開発協会発行の、1979年からは北海道栽培漁業振興公社発行の「養殖漁場海況観測取りまとめ」を使用した。北海道立中央水産試験場に保管されているこれらの未印刷分を含む資料に関わる情報は田中¹⁹⁾および田中¹⁾に一部整理されている。なお、北海道西岸域における最古の水温時系列の開始年は最近まで高島の1899年と考えられてきた¹⁵⁾。ところが、2001年9月に、高島における1897年4月14日までさかのぼる沿岸水温観測記録が発見されたため、観測開始年は田中¹⁾から1897年として記述されるようになった。

かつて北海道－サハリン系ニシンが産卵にきた海域は主に北海道西岸日本海沿岸一帯であったので、水温資料についても北は宗谷海峡周辺から南は津軽海峡周辺まで必要である。そのため、沿岸水温観測地点として、宗谷岬(1910-1976)、沓形(1928-), 焼尻(1920-1993)、

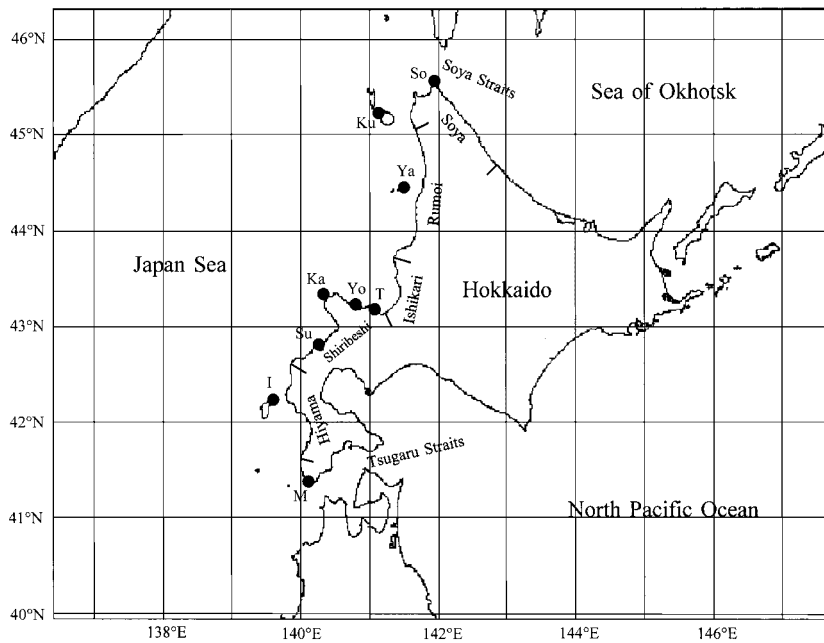


Fig. 2 Locations of nine selected stations measuring coastal sea temperature (●).
 So: Soya (1910-1976)
 Ku: Kutsugata (1928-)
 Ya: Yagishiri (1920-1993)
 T: Takashima (1897-1965)
 Yo: Yoichi (1942-)
 Ka: Kamui (1910-1967)
 Su: Suttsu (1908-)
 I: Inaho (1911-)
 M: Matsumae (1911-1970).
 First and final measurement years are shown in parentheses.

高島(1897-1965), 余市(1942-), 神威(1910-1967), 寿都(1908-), 稲穂(1911-), 松前(1911-1970)の9カ所(カッコ内は観測開始年と終了年)の長期記録のある沿岸水温観測点を選定した(Fig.2)。

2.2 沿岸水温記録の処理方法

旬平均水温を基準として上旬から下旬までの3旬の平均で月平均水温を計算した。旬平均水温が欠測している場合は、3次元スプライン関数を適用して得た補間値を内挿した。欠測期間が一つの季節の期間に当たる3カ月(9旬)を超える長期間の場合は内挿計算が不適と考え、欠測とした。したがって、月平均水温は内挿値も含めた旬平均水温で計算されている。

北海道西岸域全体の沿岸水温の変動を見るためには沿岸水温観測記録を海域平均する必要がある。どの沿岸水温観測点も20世紀を通して観測が継続された場所はないため、何らかの方法で20世紀を通して異なる場所間の観測記録をつなぐことが必要である。しかし、観測場所により水温の絶対値が異なり、また、水温変動幅も異なっている。そこで、全体の変動を見るために、最初に各沿岸観測点が重複して観測している期間を使ってデータを標準化することを考えた。

国際連合の下部組織である世界気象機関(WMO)では30年間の気象統計で平年値を定義している²⁰⁾。具体的には、平年値は西暦年次の1位が1の年から数えて連続する30年間の平均値で計算する²¹⁾。平年値は、その地点、その地域の短期の変動では平均値がほとんど変化しない気候の一般的な様子を示している。そこで、本研究では標準化を行う重複観測期間として平年値を計算す

る30年間が適当と考えた。

余市を除く各沿岸水温観測地点における観測期間では1931～1960年までの30年間で唯一平年値を計算できる重複期間である。そこで、この期間でデータを標準化した。余市では観測開始が1942年9月からなので、平年値の計算の定義から少し外れるが、1943年から1972年までの30年間の平均値をここでは平年値として扱った。

旬平均水温値をもとに作成された月平均値について、1931年から1960年までの30年間の平均値(平年値)を求め、この期間の各年の月平均水温偏差を各月における標準偏差で除することにより水温データを標準化した。この操作で得られた数値は以後、本研究では標準化水温と呼ぶ。この標準化水温を基に海域平均値や年平均値などを計算した。標準化水温は無次元化されているために単位を持たない。また、演算された標準化水温の数値は水温の値に戻すことができない指数である。

水温データを標準化水温に変換することで、観測地点の緯度の違いによる水温の絶対値の相違や、局所的な条件により水温変動幅が異なる場所間における水温の相対変動幅を同じ尺度(標準偏差の単位)で表すことができる。したがって、標準化水温の海域平均値は海域全体の平均的な変動を良く表現できると考えられる。

標準化水温を計算した観測地点数を、各月の平均値を計算するのに要した観測地点数の年平均値としてFig. 3に示した。1897年から1907年までは高島1カ所の水温記録だけだったが、1910年代から観測地点数が飛躍的に増大した。平年値を計算した期間では8～9観測点であるが、1960年代から観測終了地点が増大し、1993年以降では最大4観測地点である。

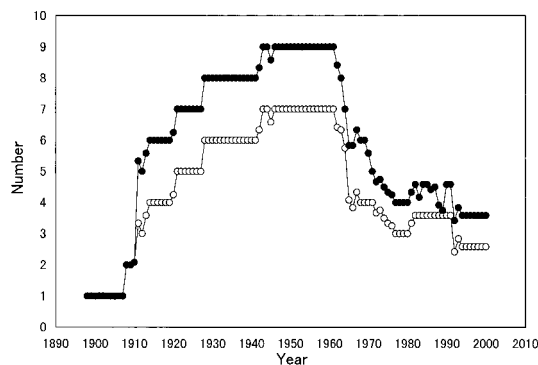


Fig. 3 Changes in average coastal station numbers to calculate annual mean normalized coastal sea temperature off the west coast of Hokkaido (●). As previous, excluding Inaho and Matsumae (○). Data were calculated as an annual mean of station numbers to derive each monthly mean.

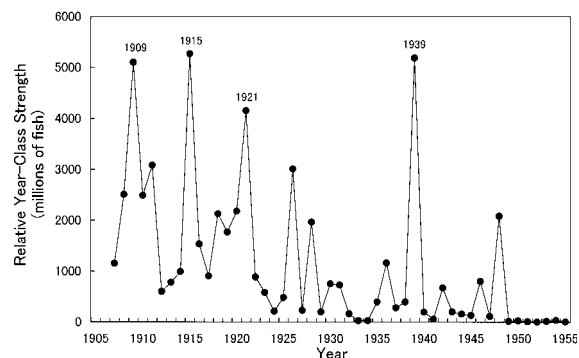


Fig. 4 Changes in relative year-class strength of Pacific herring of the Hokkaido-Sakhalin stock from 1907 to 1955 calculated by Hanamura (1963).

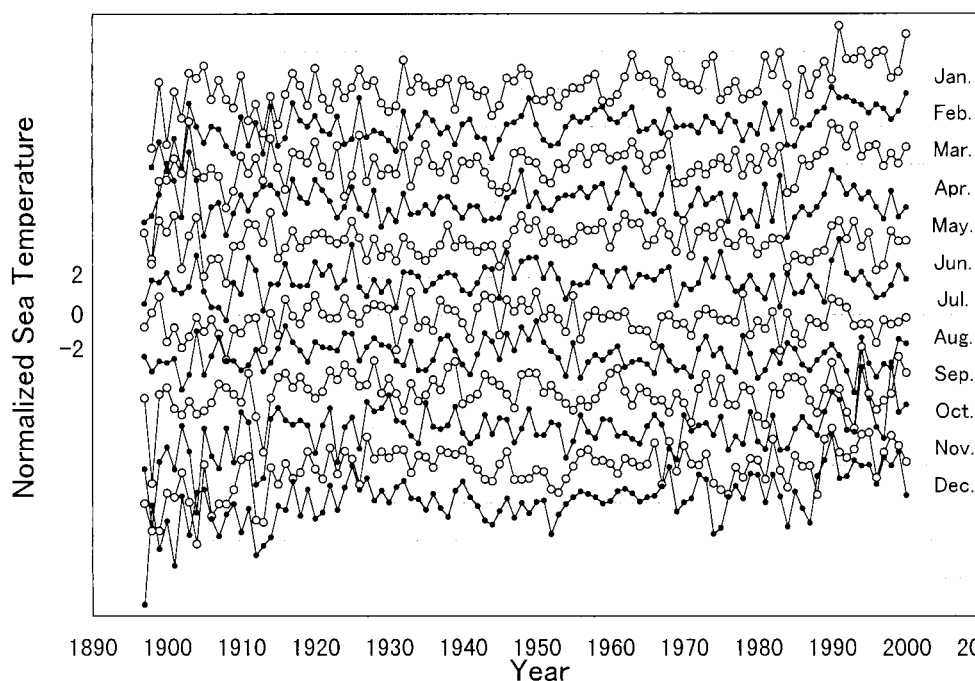


Fig. 5 Temporal variations of monthly mean normalized coastal sea temperature off the west coast of Hokkaido from 1897 to 2000.

2.3 漁獲統計資料

ニシンの漁獲統計資料は1949年以前の数値については石田²²⁾, 今田²³⁾, 1950年以降については北海道水産現勢を用いた。

ある年に生まれたニシンが生涯にわたって漁獲された総数である年級別累積漁獲尾数が花村²⁴⁾により1907年級から1955年級まで49年間について計算されている (Fig.4)。北海道-サハリン系ニシンでは再生産量と産卵親魚量に相関関係がないことが確かめられている^{22,24)}ことから, ここではニシンの再生産量としてこの年級別累積漁獲尾数の資料の数値をそのまま用いた。こ

の年級別累積漁獲尾数は再生産量として良い指標であると考えられる。

3. 結果および考察

3.1 沿岸水温の長期変動

各沿岸水温観測点の標準化水温から計算された北海道西岸全域の平均標準化水温の時系列を作成し, 1897年から2000年までの104年間(年平均は1898年からの103年間)にわたる沿岸水温の変動の特徴を以下に述べる。

月別の変動をFig. 5に示す。最初に, これまで知られ

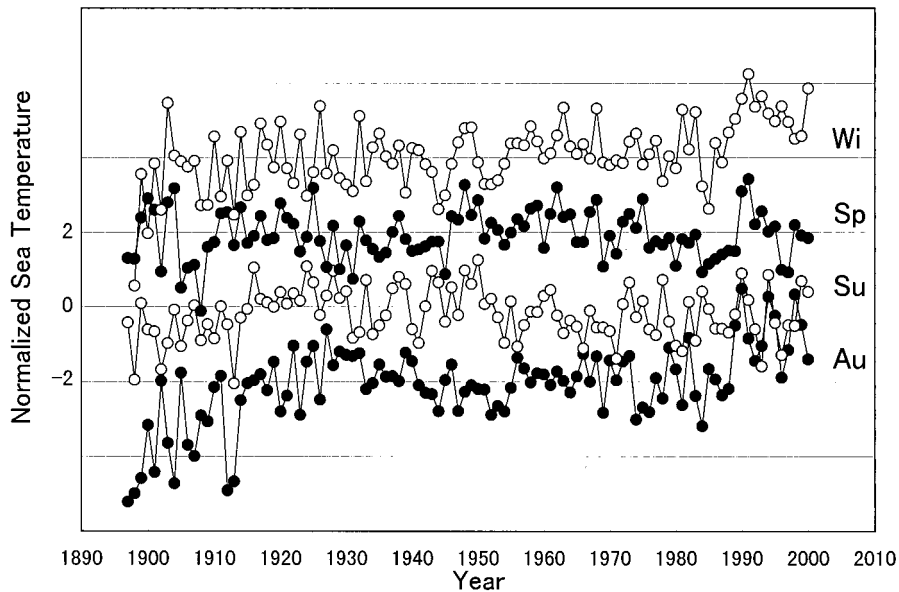


Fig. 6 Temporal variations of seasonal mean normalized coastal sea temperature off the west coast of Hokkaido from 1897 to 2000.
 Wi: winter (Jan.-Mar.)
 Sp: spring (Apr.-Jun.)
 Su: summer (Jul.-Sep.)
 Au: autumn (Oct.-Dec.)

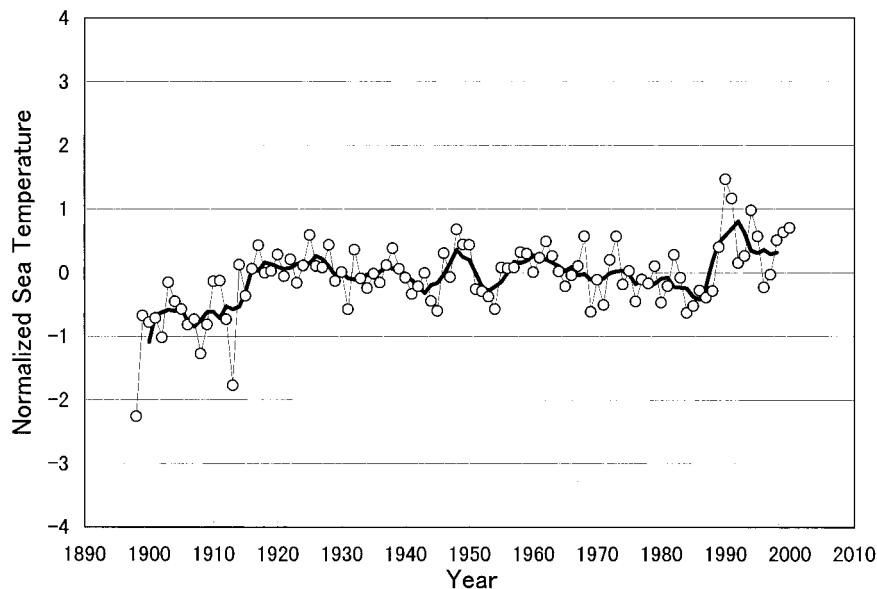


Fig. 7 Temporal variation of annual mean (○ with thin solid line) and five-year running mean (thick solid line) normalized coastal sea temperatures off the west coast of Hokkaido from 1898 to 2000.

ていなかった1897年4月から1898年12月までの水温について見ると、1897年12月、1898年3月、9月、10月の4つの月で水温が標準偏差の5倍前後低い方へ離れた値となっている。これらの値は他の年に比べてやや低い。当時の判断として、おそらく観測の不十分さが疑われたために、観測記録は保存しながらも記録が公表されなかったのであろう。しかし、他の月では観測の不十分さを疑う理由は特に見あたらないことから、これら4つの月の記録を特別視する積極的な理由も今のところ見いだせない。そこで、本研究では全ての記録を使用する。

改めて月別の変動をみると、2～3カ月程度の期間で見えた場合には高温年、低温年等の傾向が良くそろってい

ることが観察できる。群衆がみられなくなった1950年代を境に前半と後半を比較すると、12～2月の後半での高い傾向が認められた。特に1990年以降はその傾向が顕著である。

季節別の変動をFig. 6に示す。ここで冬季は1～3月、春季は4～6月、夏季は7～9月、秋季は10～12月である。春季を除く季節では1890年代の末から1920年頃にかけて継続的に水温が上昇した。春季の水温は1890年代の末は他の季節と同様に低かったが、1900年を挟む1899年から1904年までの6年間のうちの5年間は一時的に高い状態にあり、また、突然低い状態に戻った。その後は他の季節よりも水温上昇が早く進み1910年頃には水温上昇

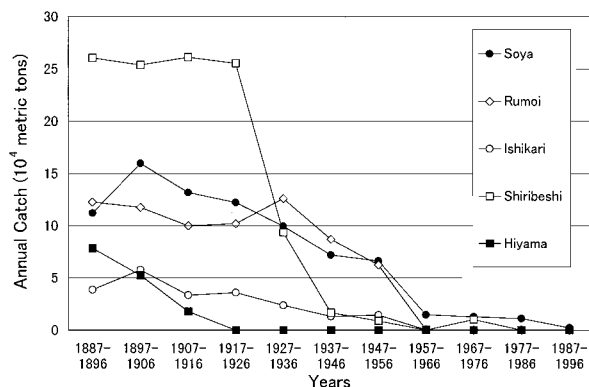


Fig. 8 Changes in 10-year block mean herring catches at five divisions, i.e. Soya, Rumoi, Ishikari, Shiribeshi, and Hiyama. Locations of these divisions are shown in Fig. 2.

が止まった。

1980年代の末に全ての季節の水温が一斉に上昇し、その後、秋季と冬季の水温だけは高い状態が現在まで継続している。

年平均標準化水温の変動をFig. 7 に示す。1910年代半ばに水温の急上昇があった。その後は、大きく見ると、1910年代後半から1980年代末まではほぼ同じ水準で推移したが、この間、特徴ある変動が重なっている。すなわち、1910年代半ばから1930年頃まで比較的高水温年代が持続し、1970年代半ばから1980年代末まで比較的低水温年代が持続した。そして、1990年頃に再び水温上昇があってさらに高い水準で現在推移している。1910年代から1970年代にかけて見られる約10年周期の長周期変動は、Watanabeほか²⁵⁾、田中²⁶⁾により北海道西岸各地の沿岸水温では共通して最も卓越する変動であることが見だされている。

これらの図から、高温年代と低温年代が交互に入れ替わったり、段階的に変化している様子を見ることができる。このような変化の中でも10年以上のスケールの変動に見られる急激な遷移部分はレジームシフトと呼ばれている^{27,28)}。

3.2 ニシン産卵場分布と沿岸水温

3.2.1 桧山の漁獲量変動の特徴

ニシン漁場は南から消滅していったことは良く知られている。Motoda and Hirano³⁾にならい、1887年以降の10年ごとの地方別（支庁別）平均漁獲量を現在の最新の統計資料まで含めてFig. 8 に示す。宗谷、留萌、石狩、後志地方では1920年代まで漁獲量は比較的高い水準にあ

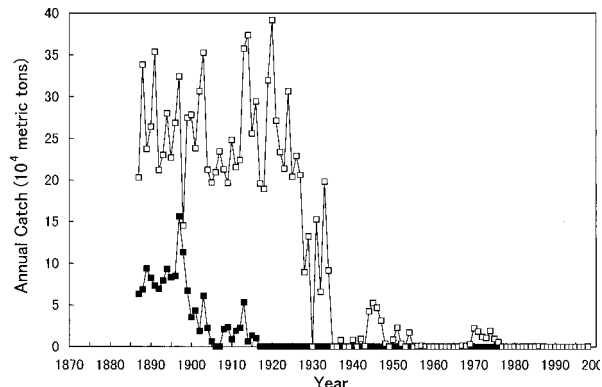


Fig. 9 Changes in annual herring catches in the Shiribeshi (□) and Hiyama (■) divisions.

った。これに対し、最も南に漁場（産卵場）が位置する桧山地方だけはこの間急激に漁獲量が減少し、1920年頃に漁獲量が皆無になった。

次に後志と桧山の漁獲量変動について年変化で詳細に見る（Fig. 9）。桧山地方の漁獲量は1897年に最大になった後、変動しながら1910年代の後半以降に皆無になった。後志地方の漁獲量は1920年代後半まで高い水準で安定していたが、その後減少し、1950年代後半以降に皆無になった。先に述べたように、年平均水温が急上昇した1910年代に桧山地方では漁獲量が同時に急減少した。この時、すぐ北隣の後志地方では漁獲量が高位安定したまま変化していないことから、桧山地方の漁獲量の減少はニシンの全体的な資源量が減少した結果よりも、ニシンが南限分布を北方へ変えていった結果がより強く反映されていると考えられる。

ある地域に見られる漁獲量変動は資源量の増減による変化と魚群分布域の変化の両方の効果が含まれるため、魚群分布域の変化を水温環境の変化と結びつけて解析する場合には資源量の増減が無視できる時期、すなわち漁獲量変動が直接分布域の変化を表す時期を選択する必要がある。この状況は1920年以前の桧山地方がほぼ満たしていると考えられる。

ニシンが産卵場へ来遊する時に事前に水温情報を利用しているならば、沖合の水温情報が必要である。ところが、北海道周辺においては沿岸と沖合の水温では水温の絶対値は異なるものの変動パターンが非常に類似していることが示されている²⁹⁾ことから、水温偏差（ここでは標準化水温）を使用するなら沿岸水温で沖合水温の代用ができると考えられる。

そこで、魚群分布域の変化と沖合水温環境の変化との対応を、桧山地方については漁獲量変化と沿岸水温（指

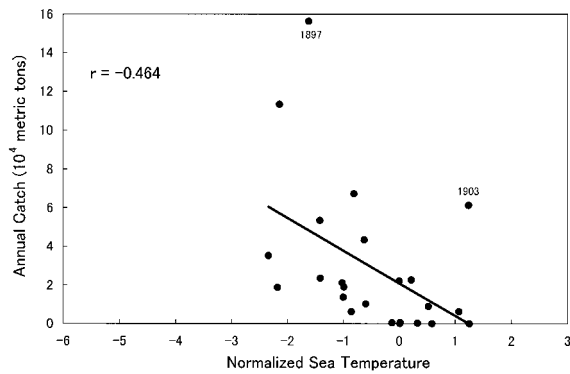


Fig.10 Correlation between annual catch of herring at Hiyama division and mean normalized coastal sea temperature in February off the west coast of Hokkaido, from 1897 to 1920. Temperature for 1897 is estimated as a 5-year average value from 1898 to 1902.

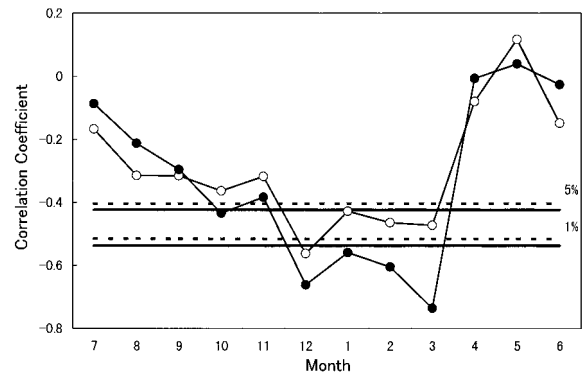


Fig.11 Correlation coefficients from correlation between annual herring catch at Hiyama division and monthly mean normalized coastal sea temperature from January to December off the west coast of Hokkaido, from 1897 to 1920 (○), and those excluding 1897 and 1903 (●). Limits where the hypothesis that correlation coefficient is not significantly different from zero is rejected with errors of 5% and 1%; they are represented by solid (for ●, d.f.=20) and dashed (for ○, d.f.=22) lines.

数)の変化との対応関係で置き換えて解析した。

3.2.2 松山の漁獲量変動と沿岸水温指数の相関

そこで、沿岸水温データが利用できる1897年から松山地方で漁獲皆無となった1920年までの期間について、松山の年漁獲量と月平均標準化水温との月別相関を計算した。一例として2月の相関を示す(Fig.10)。ここで、三つの値が傾向線よりも大きく離れている。これを調べたところ、二つは北海道で過去最大の漁獲量があった1897年と過去二番目の漁獲量があった1903年であった(Fig.2)。この2年については、来遊資源量過剰により主産卵場からあふれたものが、産卵環境条件が最適ではない松山地方へやむなく産卵にきたのではないかと考えた。次に、この二つのデータを除いて相関を再計算すると、相関係数は-0.46から-0.60に改善された。そこで、1897年と1903年のデータを除いた相関関係が通常の状態の関係を表していると考えた。

以上述べたことを基に、年漁獲量と月別平均標準化水温との相関を計算した結果をFig.11に示す。全データを使った場合と、1897年と1903年のデータを除いた場合の両方について示した。

年漁獲量は前年の秋から標準化水温と負の相関が強くなり、初漁期に当たる3月で相関が最大になっている。そして、産卵期の4～6月では全くの無相関となっている。相関が最も大きくなった12月から3月では相関係数が-0.6から-0.7くらいの値である。相関係数の有意性についての基準(危険率5%および1%)と比較して、これらの相関は有意である。ニシンが産卵場へ来遊する時

に水温情報が関係しているなら、産卵直前の時期に水温との相関が最も高くなることが期待される。また、産卵後の水温は来遊量と相関を持たないはずである。ここに示された相関係数の動きはニシンの産卵生態から合理的に理解される関係を示していると考えられる。

相関が高い12月から3月までの期間で平均した平均標準化水温を使用して相関係数を計算すると-0.75という大きな相関係数が得られた。また、1月から3月までの冬季の平均標準化水温だけで相関係数を計算しても-0.73という値が得られた(Fig.12)。したがって、松山地方の年漁獲量は産卵直前の冬季水温との間に強い負の相関を持つことが示された。

3.2.3 まとめ

松山地方の年漁獲量は産卵直前の冬季水温との間に強い負の相関を持つことが示されたことから、ニシン漁場の北偏現象は松山地方では冬季水温の上昇が主な原因であることが結論される。そして、古くから予想されていたニシン漁場の北偏現象と海況との関係について、水温環境が変化することで分布域が変化することが本研究で明らかとなった。

このように、松山地方にニシンが来遊していた1920年以前について、松山地方へのニシン来遊には北海道西岸

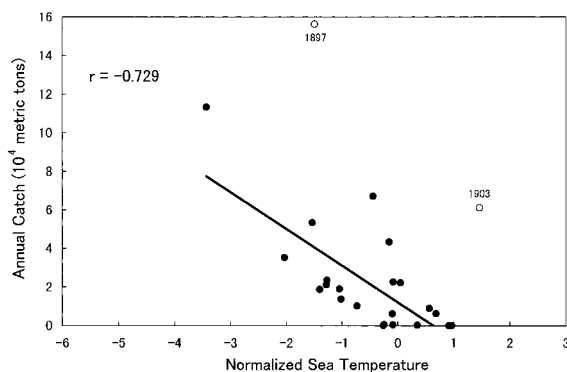


Fig.12 Correlation between annual catch of herring at Hiyama division and mean normalized coastal sea temperature averaged for three months from January to March off the west coast of Hokkaido, from 1898 to 1902 and 1904 to 1920.

沖の冬季水温が制限条件として関係していた。そして、1920年代以降では、漁期前の石狩湾内の忍路沿岸水温が平年より低温であれば初漁地が後志地方になることが多く、平年より高温であれば初漁地は雄冬岬・天売島・礼文島など道北海域へ北偏することが多い傾向があることが知られるようになった³⁰⁾。今回の結果と併せると、北海道一サハリン系ニシンは再生産に最適な環境をもつ産卵場を水温情報を通して積極的に選択していたことが伺われる。

3.3 再生産と水温環境

3.3.1 再生産に対応する沿岸水温指数の選定

再生産に関わる水温情報については実際に再生産が成功した産卵場や養育場における水温情報を対応させる必要があると考えられる。産卵場に関しては、たとえば平野³¹⁾が有効産卵場という概念を述べているように、卓越年級が発生した年でさえ産卵場となった場所すべてで再生産が成功しているとは限らず、ある条件を満たした局地的な産卵場だけが再生産に成功していた可能性がある。しかしながら、そのような場所は現時点でも実質的に特定することができていない。ただ、その中でも、桧山地方は1907年くらいからの水温環境ではすでにニシンの再生産環境として適当ではない海域になっていたことが示されたことから、松前と稲穂を除く沿岸水温観測地点の平均標準化水温を使うほうが全沿岸域の平均を使う場合よりも実際に再生産に成功した産卵場との対応関係に近い関係を示すと考えられる。そこで、再生産量としての累積漁獲尾数と標準化水温との相関を求める際には

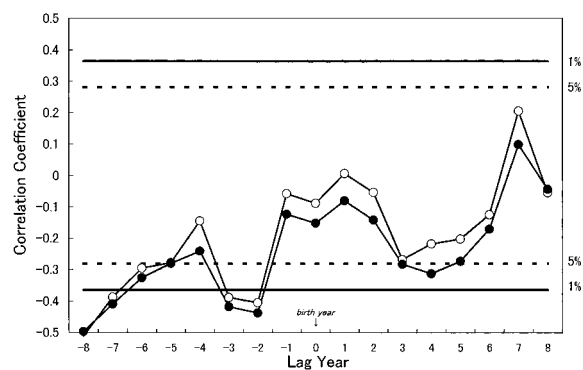


Fig.13 Annual correlation coefficients from correlation between relative year-class strength of herring and annual mean normalized coastal sea temperature off the west coast of Hokkaido (○) for the period from birth year -8 years to birth year +8 years. Same as those excluding Matsumae and Inaho (●) from temperature calculation.

全沿岸域の平均標準化水温および松前と稲穂を除いた沿岸域の平均標準化水温の両方を使用して計算結果を比較する。

3.3.2 相関を計算する期間

累積漁獲尾数は大卓越年級の年でも総産卵数の1万分の1以下である³²⁾ことから、これまで年級発生量は特に初期減耗でほぼ決定されると考えられており、また、初期減耗は短期間に起こると考えられている。そのため相関は月単位で求めるのが妥当である。

発生量には初期減耗期だけでなく、初期減耗に関わる卵質形成が行われる期間、すなわち当該年級発生年+0年とすると、-1年以前の期間における産卵親魚に対する環境の影響もある。そのため、発生年に対して未来だけでなく過去に及ぶ相関も調べる必要がある。一方で、相関関係のずらし期間をどこまでとるかという問題もある。

相関を計算する最大ずらし期間について、時間的に遠い場所間の相関関係には因果関係とは無関係な疑似相関が現れる可能性が高くなることが考えられる。初期減耗は短期間に起こることが予想されることから、標準化水温について1年で平均すると、得られる相関関係は弱くなるはずである。このことを利用し、相関関係が強く出ることにより疑似相関の存在が疑われることになる。そこで、最初に年平均標準化水温を使わずに幅1年で年級別累積漁獲尾数との年別相関を計算し、生物学的に相関があり得ないと考えられる当該年級発生8年前から8年後まで計算期間を延長する事で疑似相関発生の様子を見るテスト計算を行った (Fig.13)。

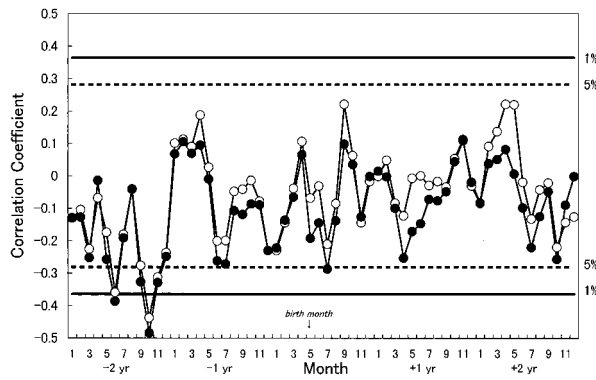


Fig.14 Correlation coefficients by linear correlation between relative year-class strength of herring and monthly mean normalized coastal sea temperature off the west coast of Hokkaido (○) for the period from birth year -2 years to birth year +2 years. Same as those excluding Matusumae and Inaho (●) from temperature calculation.

その計算結果を見ると、当該年級発生年以後の期間では産卵親魚となって初回産卵に参加する+3～+4年に自由度45（年級数47）で母相関係数がゼロであるとの仮説が棄却される有意な相関が現れている。産卵親魚として初回産卵に参加する親魚年齢では年級の大きさがほぼ決まっていると考えられるので、ここに現れた有意な相関は明らかに疑似相関と考えられる。当該年級発生年以前の期間を見ると、-5年以前に有意な相関が発生し、過去に向かって相関係数が負の側に単調増加していくことが見られる。この期間も明らかに疑似相関を示していると考えられる。-2年～-3年に現れる有意な相関には確かな判断基準に乏しいが、+2年までの期間では明らかな疑似相関が出ていないと判断されるので当該年級発生年以前についても2年間は疑似相関が出ていない期間と判断し計算対象期間とした。

したがって、以下に月別に相関を計算する最大ずらし期間は北海道-サハリン系ニシンの年級発生年を+0年として前後2年（-2年～+2年）とし、月別相関係数を合計5年（60カ月）分計算した。

3.3.3 年級別累積漁獲尾数と月平均標準化水温との相関

3.3.3.1 直線回帰による相関

年級別累積漁獲尾数（Fig.4）と月平均標準化水温に直線回帰の関係を仮定して月別の相関係数を計算した（Fig.14）。その結果、+0年の7月、-2年の9～11月、

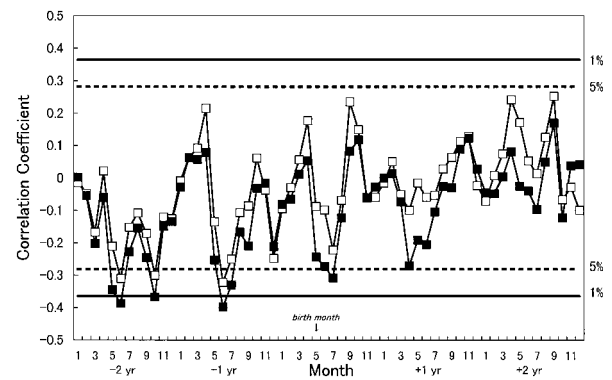


Fig.15 Correlation coefficients by Spearman rank-order correlation between relative year-class strength of herring and monthly mean normalized coastal sea temperature off the west coast of Hokkaido (□) for the period from birth year -2 years to birth year +2 years. Same as those excluding Matusumae and Inaho (■) from the temperature calculation.

-2年の6月に自由度45（年級数47）で母相関係数がゼロであるとの仮説が棄却される有意な負の相関があった（Table 1）。

相関係数を計算した5年間について、全沿岸域の平均標準化水温および松前と稲穂を除いた沿岸域の平均標準化水温の相関係数はそれぞれよく似た動きをしているが、全沿岸域の平均標準化水温からの相関係数の方は、当初予想された通り、松前と稲穂を除く平均標準化水温からのものよりも有意な相関を持たない月数が多かった。

3.3.3.2 Spearmanの順位相関

直線回帰を仮定しないで、両者の関係が単調増加あるいは単調減少の関係にあると考えた場合の相関をSpearmanの順位相関で計算した（Fig.15）。その結果、+0年の7月、-1年の6～7月、-2年の5～6月、-2年の10月に有意な負の相関があった（Table 1）。

全沿岸域の平均標準化水温による相関係数は、直線回帰による相関の場合と同様に、松前と稲穂を除く平均標準化水温からのものよりも有意な相関を持たないことが多かった。これらのことから、以後は松前と稲穂を除く平均標準化水温を基に全ての計算を行う。

3.3.3.3 無作為分割法による相関

水温のような物理的環境（外力）に対する生態系の応答は、必ずしも外力に対する直線回帰で表現されるような線形応答の形で出現するとは限らないことが花輪²⁸⁾により指摘されている。このことは、水温と直線回帰の

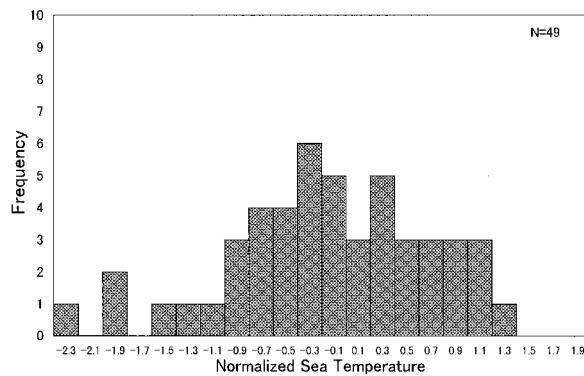


Fig.16 Frequency distribution of mean normalized coastal sea temperature at July off the west coast of Hokkaido excluding Matsumae and Inaho, from 1907 to 1955.

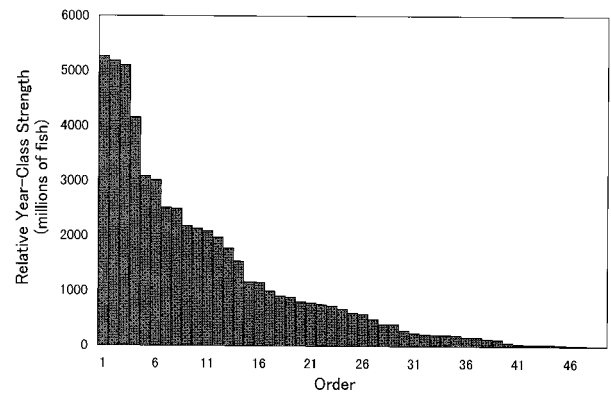


Fig.17 Relative year-class strength of herring in order of their strength from Fig.4.

関係で有意な相関を示さなくとも、実際には水温と相関関係がある場合もあることを考慮して解析を進める必要があることを意味する。

この指摘に対し、順位相関とは別に、直線回帰を仮定しないで標準化水温と累積漁獲尾数との間の相関関係を調べる一つの単純な統計解析方法を考えてみた。以下にその方法を、ある年級が発生した年の7月の平均標準化水温とその年級の累積漁獲尾数の関係を例にして説明する。

最初に1907年から1955年までの7月の平均標準化水温の出現度数分布を示す (Fig.16)。ほぼ正規分布を示しているこのような構成データを分割することを考える。

もし無作為に分割すれば、分割の結果できるグループはそれぞれほぼ同じであり、同じ平均値を持つことが期待される。次に分割方法について考える。この平均標準化水温に対応する1907年から1955年までの49の年級別累積漁獲尾数について大きさ順に並べ替えてFig.17に示す。ここで、年級別累積漁獲尾数に大小関係が生じる原因に水温情報が全く関係しないと仮定する。こう仮定すると、年級別累積漁獲尾数データを自身の年級別累積漁獲尾数の情報だけを理由に分割すると、分割されたそれぞれのグループと対応する標準化水温で構成されるグループは水温情報とは無関係に、すなわち無作為に分けられたことになる。次に、このような操作で分割された標準化水温のグループ間の平均値の差を検定する。この場合、それぞれのグループが属する母集団が正規分布することが

Table 1 Correlations detected between monthly mean normalized coastal sea temperature and relative year-class strength of herring

Durations	correlation coefficient		distance between means*1
	linear relation	Spearman rank-order	Random separation method with Wilcoxon rank sum test
-2 years			
May		-0.345	-0.427*2 (p < 0.05)
June	-0.387	-0.387	-0.459 (p < 0.05)
September	-0.327		-0.574 (p < 0.025)
October	-0.484	-0.367	-0.868 (p < 0.01)
November	-0.329		
-1 year			
May			-0.393 (p < 0.025)
June		-0.398	-0.716 (p < 0.005)
July		-0.330	-0.558 (p < 0.025)
September			-0.583 (p < 0.025)
December			-0.517 (p < 0.05)
+0 (birth) year			
May			-0.292 (p = 0.05)
June			-0.422 (p < 0.05)
July	-0.287	-0.308	-0.569 (p < 0.025)

*1: Mean for weak year-class is subtracted from that for strong one.

*2: Negative value indicates that mean for strong year-class is located in the negative direction than that for weak one, so that the relation has negative correlation.

保証されていないため、Wilcoxonの順位検定法で平均値の差を検定する。検定の結果、平均値に差があれば仮定は誤りであり、年級別累積漁獲尾数に大小関係が生じる原因に水温情報が関係していることになる。きわめて単純な考え方に基づくこの方法はノンパラメトリック法の一つであり、相関関係の存在を調べる方法の一つである。

ここでは具体的な分割方法として、累積漁獲尾数の多い方から24年級、少ない方から25年級で単純に2分割する方法を適用した。直線相関およびSpearmanの順位相関を計算したのと同様に、 $-2 \sim +2$ 年までの合計5年間についてこの組合わせで平均値の差の検定を行った。その結果、年級別累積漁獲尾数の大小関係が生じる原因には水温情報が全く関係していないという仮説が棄却され、水温との関係があると判断された期間として -2 年の5～6月と9～10月、 -1 年の5～7月、9月、12月、そして $+0$ 年の5～7月が得られた（Table 1）。累積漁獲尾数の多い方のグループの平均値が常に負の側にあることから、得られた関係はすべて負の相関である。

3.3.4 相関関係の内容

3.3.4.1 方法別の相関の現れ方

年級別累積漁獲尾数と月別の松前と稲穂を除く沿岸水温観測地点の平均標準化水温との有意な相関が現れる期間は、直線回帰を仮定した相関、Spearmanの順位相関、無作為分割法の順に長くなった（Table 1）。このことは、ニシン再生産関係は、花輪²⁸⁾が指摘したように、水温という外力に対して直線回帰が最適ではない形の応答をしていることを示していると考えられる。

3.3.4.2 期間別相関内容についての考察

3.3.4.2.1 当該年級発生以降

これら相関が認められた各時期について、ニシンの生態との関連で相関関係の内容を合理的に解釈可能か考察する。計算上得られた有意な相関関係を示す期間について解釈が困難な場合は疑似相関である可能性もある。

最初に、当該年級発生年以後の期間について考察する。北海道－サハリン系ニシンの産卵期は4月から5月にかけて最盛期があった。また、平野³³⁾によると、ニシンの稚魚は日本海沿岸では7月中（オホーツク海沿岸では8月中）7 cm内外の大きさになるまでは岸辺に見られるが、以後は沖合に出て大きい移動に移るようである。有意な相関が現れた当該年級発生年である $+0$ 年5～7月は孵化直後から沖合生活へ移行するまでの沿岸生活期

に相当する。この時期は体サイズが小さいために捕食されやすい。また、餌料生物となる種の組成や量の年による違いにより成長に差が出ると考えられ、このことも捕食のされ易さに関連してくる。平均的に見ると、日本海沿岸水深100m以浅では一般に6月を中心とした動物プランクトン大増加が起こる³⁴⁾。また、石狩湾周辺海域でも4～6月に動物プランクトン大増加が起こる³⁵⁾。これは、ニシンの再生産は仔・稚魚の餌料面で動物プランクトン大増加期に依存しているが、水温は主に餌料生物となる種類や量、そして捕食者の種類や量、および捕食活動能力に関係していると考えられる。

$+1$ 年以降には水温と関係する時期は存在しなかった。ニシンが沖合生活期に移行した後は積極的に水温環境を選択するようになるために、減耗要因が水温変化とは強く関係しない内容へ移行するためであると考えられる。

一般に、ある年級の資源量の大きさは発生初期にほぼ決定されると考えられているが、当該年級発生年以降では唯一有意な相関が現れた孵化直後の5～7月の期間が初期減耗の起こる期間と一致すると考えられる。このことから、初期減耗に水温が関わっていると考えられる。

3.3.4.2.2 当該年級発生以前

次に、当該年級発生年以前の相関について考察する。この時期に現れる相関は年級発生量に産卵親魚自身が関わっている場合、あるいはまた、環境の変化を通して時間的な遅れを持って当該年級発生年に関わってくる場合があることを意味する。

-2 年5～6月に現れた有意な相関については、当該年級発生2年前のニシン産卵後の時期であり、動物プランクトンの大増加期にも該当する。ニシンが活発に索餌する時期であることから、この時期に現れた相関は産卵親魚の栄養状態に関係していると考えられる。当該年級発生年の前回産卵のさらに前年であることは、ニシンの栄養状態は複数年にわたって産卵親魚に対する影響が持続することを示していると解釈される。

-2 年の9～11月に現れた相関は、直線回帰を仮定した相関では最も大きな相関係数を示した期間である。日本海の水深100m以深の沖合域では平均的に10月を中心とする時期に、量的には春よりも少ないが動物プランクトンが増加する³⁴⁾。ニシンが直接この動物プランクトン増加期における摂餌結果を再生産量に結びつけているなら、当該年級発生年の直前の同時期にはさらに明瞭な相関が現れるはずである。ところが、 -1 年では9月と12月にそれぞれ少し離れた時期に相関が現れているだけで、動物プランクトン増加期そのものと対応する期間には相関が現れていない。したがって、当該年級発生年前年の

産卵期を飛び越えて強く影響している-2年の9~11月に現れた相関は、産卵親魚を通じての影響ではない。この時期の水温の変化は餌料生物の環境に影響し、一度餌料生物を含めた動物プランクトン群集の再生産過程の変化を経てニシンの再生産に影響していると考えられる。これは、当該年級発生年前年の春季に産卵親魚の餌料生物となる種の組成や量的変化をもたらすことで産卵親魚の栄養状態に影響したり、あるいはまた餌料生物の変化に要する時間的なずれがさらに1年経過した後、当該年級発生年の春季にニシン仔・稚魚の餌料生物となる種の組成や量的変化に反映して初期減耗の過程に影響しているのではないかと推測される。

-1年の5~7月については、当該年級発生年前年の産卵直後の索餌期、動物プランクトン大増加期に当たる。この時期に十分な索餌ができれば、産卵親魚の栄養状態の回復状況も良く、その後、最適な卵質形成がされることで、卵の孵化率向上や、仔・稚魚期の生残率を高めるなどの結果に結びつくことになると考えられる。

-1年の9月と12月の相関については、動物プランクトン増加期である9~11月の期間とは連続した相関がないことから、産卵親魚の栄養状態とは関わりがないと考えられる。卵が成熟する過程で、卵質形成にはこの時期に低温環境中で過ごすことが良い条件となり、高温環境中で過ごすことが悪い条件になっていることが推測される。

3.3.5 まとめ

有意な相関が現れた全ての期間で平均標準化水温が低いほど年級別累積漁獲尾数が多くなる傾向が確認された。すなわち、北海道-サハリン系ニシンの外囲環境は、低水温年代ではニシンの再生産に有利な方向に働き、高水温年代では不利な方向に働く傾向があると結論される。再生産に対する外力としての水温の影響は、相関が複数年現れる5~7月と直線回帰による相関係数が最も大きく現れた9~11月の両期間で重要であると考えられる。

また、以上の考察内容から、本研究で得られた有意な相関を示した期間について、相関関係の内容は合理的に解釈可能と考えられる。しかし、これらのような観点からの研究は当時行われていないために、これまで観測例が得られていない。北海道-サハリン系ニシンの資源が再び増大し、これらが研究対象となり得た時に研究の進展を期待したい。

3.3.6 再生産関係に及ぼす水温変動の影響

3.3.6.1 卓越発生が生起頻度に対する仮説

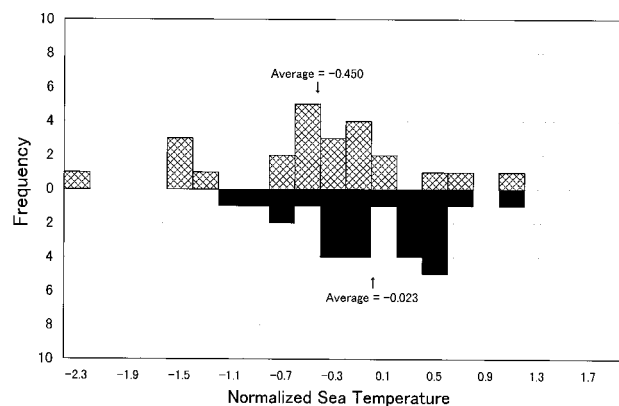


Fig.18 Frequency distributions of stronger half (upper meshed bar) and weaker half (lower solid bar) of relative year-class strength of herring against the three-month mean (from May to July at birth year) normalized coastal sea temperature (excluding Matsumae and Inaho).

本研究からニシンの再生産関係は水温という外力に対して直線回帰が最適ではない形の応答をしていることが示された。それがどのような関数型になっているか考察する。

無作為分割法では累積漁獲尾数の多い方のグループと少ない方のグループに分け、統計的に平均値の差を検定した。例えば、有意な差が得られた当該年級発生年の5~7月について3カ月平均した場合をFig.18に例示する。この例では直線回帰を仮定した相関では有意な相関は現れないが、Speramanの順位相関と無作為分割法では有意な相関が現れる。ここで、無作為分割法として相関関係を調べてきたこの図の見方を変えてみる。そうすると、この図は、ある同じ平均標準化水温の階級で見ると再生産の結果が累積漁獲尾数の多い方のグループに入る確率と累積漁獲尾数の少ない方のグループに入る確率を表していると解釈することができる。ここで表現を単純化するために、累積漁獲尾数の多い方のグループを再生産に成功した場合、累積漁獲尾数の少ない方のグループを再生産に失敗した場合と考える。再生産に成功した場合と再生産に失敗した場合では平均標準化水温の平均値に差があることから、低水温側で再生産に成功する確率が高く、高水温側では逆に再生産に失敗する確率が高くなる分布を示す。また、この確率は標準化水温の関数になっていると考えることができる。ここでは当該年級発生年の5~7月を例にしたが、Table 1にある他の期間でも同じ解釈ができる。

再生産に成功した場合の平均累積漁獲尾数は再生産に失敗した場合の平均累積漁獲尾数の11.6倍あることから、

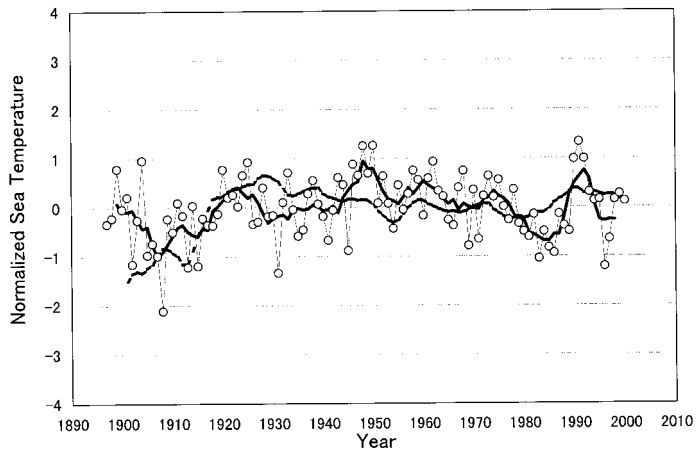


Fig.19 Temporal variations of five-year running mean of three month mean normalized coastal sea temperature (excluding Matsumae and Inaho) for September-November (solid line) and May-July (dashed line). Three-month mean temperatures for May-July are given (○ with thin solid line). The time series for September-November is drawn to proceed for two years against that for May-July. All the data shown in this figure are adjusted so as to represent zero line as a border that occurrence frequency of herring strong year-class is expected to become approximately 50%. See text for full description of the way to adjust these data.

再生産に成功した場合を卓越年級が発生した場合と考えても良いであろう。また、相関解析の結果5～7月および9～11月が重要な期間と考えられた。そうすると、卓越年級の発生頻度は5～7月および9～11月の標準化水温に対して低温側で高く、高温側で低くなる確率分布関数として表現されるという仮説が導き出せる。生態系の実態は単なる確率現象として表現されるようなものではないが、水温が制御因子の一つとなっている生態系の構造が、水温という外力の変化によって北海道-サハリン系ニシンの再生産に対しては低水温年代では卓越発生の頻度が高く、高水温年代では卓越発生の頻度が低くなるように系全体として作用していると理解される。

3.3.6.2 仮説の検証

この仮説は年級別累積漁獲尾数が得られている1907年から1955年までの期間から導かれたものである。この期間以前と以後においてニシン漁獲量の変化がこの仮説と標準化水温の変動から矛盾なく説明可能か検証する。定量的な比較はできないが、特徴的な出来事に注目することで定性的な比較は可能である。

検証に先立ち、5～7月および9～11月の平均標準化水温の時系列図を作成した (Fig.19)。5～7月については年平均値および5年移動平均、9～11月については5年移動平均のみを示した。また、再生産が成功するか失敗するかの確率が50%になる平均標準化水温の値は現在得られている資料から精度良く求められないが、再生産が成功した場合の標準化水温の平均値と再生産が失敗した場合の標準化水温の平均値との中間値、5～7月では-0.21、9～11月では-0.13を一つの基準として、これがゼロとなるように作図した。また、9～11月については相関が-2年ずれているので、5～7月に対して2年

先行させて作図した。このことから、縦軸の標準化水温ゼロを基準に上下方向で仮説による卓越年級発生頻度の多少の傾向が概略把握できるようになっている。

最初に、1956年以降について仮説の検証を試みる。1983年級は1956年以降唯一の卓越発生年級と考えられ³⁶⁾、1986年に約7万トンという1960年以降最高の漁獲量ピークとして見る事ができる (Fig.2)。5～7月の5年移動平均時系列を見ると、1950年代以降1970年代半ばまで正の値の側で推移していたが、1970年代半ば以降1980年代終了時まで10数年間負の値の側で推移した。9～11月の移動平均時系列では、1950年代以降約10年の周期で正負の間を振動し、1970年代の半ばからは約10年間負の側を推移していた。1910年代後半以降、両時系列の値が同時に負の側になった期間中の1983年に卓越年級が発生した。したがって、1983年級の発生は仮説が示す確率から導かれる結果と整合性を持つ。

次は1906年以前について仮説の検証を試みる。ニシン漁獲量変動を見ると、1904年から1927年までの平均漁獲量は1880年から1903年までの平均漁獲量よりも約15万トン減少している (Fig.2)。1904年から1906年までの間の短い期間に漁獲量が急減したこと、すなわち3年連続で再生産が失敗したことが平均漁獲量水準を下げることになった原因であると考えられる。漁獲対象となるニシンでは4～5歳魚の漁獲割合が多い²⁴⁾ことから、1899年から1902年までの4年間で年級発生量が少なかったと考えられる。9～11月の移動平均時系列はこの間負の側にあったが、5～7月の年平均値では1899～1901年の3年間はゼロから正であった (Fig.19)。したがって、1900年前後の発生不良という出来事も仮説が示す確率から導かれる結果と整合性を持つ。

次は仮説が導かれた期間内で起きた特徴的な出来事の

一例を検証する。5～7月および9～11月の移動平均時系列が共に負の側になった1900年代半ばから1910年代半ばにかけて、Fig.4に見られるように卓越年級が頻発し、1913年から1920年の間には1903年以前の高水準に近い漁獲量に一時回復している（Fig.2）。これも仮説が示す確率から導かれる結果と整合性を持つ。

しかし、仮説が示す確率と明らかに逆の結果となった事例がある。日本沿岸域から北海道－サハリン系ニシンが姿を消す前、最後の卓越年級となった1948年級である。1948年は5～7月の平均標準化水温が過去3番目に高かった年（Fig.19）である。この事例は、仮説だけからでは説明が困難と思われ、この仮説の不十分さを示すものである。

3.3.6.3 まとめ

ニシンの再生産に影響する外因条件は数多く存在する。しかし、沿岸水温の変動の情報だけでも、卓越年級の発生頻度は標準化水温に対して低温側で高く、高温側で低くなる確率分布関数として表現されるという仮説が導かれた。

今回導き出された仮説は、これまでニシンが示した再生産量の特徴的な変動に対して、仮説の不完全さ故に説明が困難な事例も存在するが、仮説が導き出された期間以外の期間に起きた特徴的な変動も含めて定性的にはかなりの部分を説明できることが示された。

ニシンの再生産量は、産卵親魚量と相関を持たないにもかかわらず水温と相関を持つことから、ニシン資源が関与する生態系の中で水温はニシン資源の制御因子として大きな役割を果たしていると結論できる。また、水温の変動は大気と海洋の間の相互作用で決まるものである。したがって、今回の解析から、北海道－サハリン系ニシンが示した資源量変動の歴史に大気－海洋相互作用による水温の長期変動が強い影響を与えていることが結論される。

4. 要 約

北海道西岸域で北海道－サハリン系ニシンが示した分布域の変化および再生産量の変動に海洋環境がどのように関わってきたか沿岸水温を環境指標にして調べた。

1. 北海道西岸域から沿岸水温を長期間観測している9ヵ所の観測点を選択した。重複観測が行われた1931年から1960年までの30年間で各観測点の水温記録を標準化した。この標準化水温から、1897年から2000年までの一世紀を超える北海道西岸域における海域

平均した沿岸水温指標の時系列を作成した。

2. 松山地方の年漁獲量は産卵直前の冬季水温との間に強い負の相関を持つことが示されたことから、ニシン漁場の北偏現象は松山地方では冬季水温の上昇が主な原因であることが結論された。そして、古くから予想されていたニシン漁場の北偏現象と海況との関係について、水温環境が変化することで分布域が変化することが本研究で明らかとなった。

3. 月別平均標準化水温と年級別累積漁獲量の間の相関を調べた結果、当該年級発生年の孵化後の期間では5～7月にだけ有意な相関が現れた。孵化以前の期間では-1年と-2年の5～7月にも相関が現れた。-2年の9～11月に現れた相関の中で、10月から直線回帰としては最大の相関係数が得られた。これらのほか、-1年の9月と12月にも相関が現れた。これら有意な相関が現れた全ての期間で平均標準化水温が低いほど年級別累積漁獲尾数が多くなる傾向が確認された。再生産に対する外力としての水温の影響は、相関が複数年現れる5～7月と直線回帰による相関係数が最も大きく現れた9～11月の両期間で重要であると考えられた。

4. 月別平均標準化水温と年級別累積漁獲尾数の関係から、卓越年級の発生頻度は5～7月および9～11月の標準化水温に対して低温側で高く、高温側で低くなる確率分布関数として表現されるという仮説が導き出された。この仮説は、ニシンが示した再生産量の特徴的な変動に対して、定性的にはかなりの部分を説明できることが示された。このことは、水温が制御因子の一つとなっている生態系の構造が、水温という外力の変化によって北海道－サハリン系ニシンの再生産に対しては低水温年代では卓越発生の頻度が高く、高水温年代では卓越発生の頻度が低くなるように系全体として作用していると理解された。

5. 今回の解析から、北海道－サハリン系ニシンが示した資源量変動の歴史に大気－海洋相互作用による水温の長期変動が強い影響を与えていることが結論された。

文 献

- 1) 田中伊織：“(6)定地水温（沿岸水温：気象観測も含む）”，北水試百周年記念誌・北海道立水産試験場，

- 2001, 173-177.
- 2) 高柳志朗: “ 7 ニシン ”, 北水試百周年記念誌・北海道立水産試験場, 2001, 102-108.
 - 3) Motoda, S. and Y.Hirano: Review of Japanese Herring Investigation. *Rapp. P-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer*, 154, 249-261 (1963)
 - 4) 佐藤 栄・田中 江: 北海道春鯵資源に就いての一考察. 日水誌. 14, 149-154 (1948)
 - 5) 今田光夫: ニシン資源の質的变化とその影響. 北水試月報. 11, 3-9 (1954)
 - 6) 丸山秀佳: 北海道周辺の日本海からオホーツク海における1988年のニシン漁況について. 水産海洋研究. 53, 106-108 (1989)
 - 7) 小林時正・佐々木正義: 北海道周辺海域における最近のニシン漁況の特徴. 水産海洋研究会報. 51, 371-373 (1987)
 - 8) Tanaka, I.: Long-term changes of coastal sea temperature on the west coast of Hokkaido, Japan, with respect to herring resources. In: *Long term variability of pelagic fish populations and their environment*. T.Kawasaki, S.Tanaka, Y.Toba and A.Taniguchi (eds.), Oxford, Pergamon Press, 1991, 395-396.
 - 9) 杉本隆成: 海洋生態系の長期変動に対する気象・海洋変動の影響. 月刊海洋. 30, 379-388 (1998)
 - 10) 平野義見: ニシンについて (2). 北水試月報. 18, 58-69 (1961)
 - 11) 平野義見: ニシンについて (3). 北水試月報. 18, 90-105 (1961)
 - 12) 荒木丑平: 鯵漁業の沿革並ニ鯵減少ノ原因調査. 北水試水産調査報告. 15, 1-142 (1926)
 - 13) 倉上政幹・梶田与之亮: 北海道春鯵漁況予知に関する調査. 北水試水産調査報告. 16, 1-275 (1926)
 - 14) 畑中正吉: 北海道西岸海況の変動と春ニシン発生量について (予報). 東北大学農学研究所彙報. 1, 105-108 (1949)
 - 15) 田中伊織: 北海道日本海沿岸海洋環境の変遷から見たニシンの漁獲量変動. 水産海洋研究. 61, 70-71 (1997)
 - 16) 田中伊織: 余市前浜沿岸水温の長期変化. 日本海水産海洋研究推進レポート1999. 日本海区水産研究所, 2000, 46-55.
 - 17) 長澤和也: 北海道春ニシンの資源変動と海洋環境. 月刊海洋. 33, 242-245 (2001)
 - 18) Nagasawa, K.: Long-term variations in abundance of Pacific herring (*Clupea pallasii*) in Hokkaido and Sakhalin related to changes in environmental conditions. *Prog. Oceanogr.*, 49, 551-564 (2001)
 - 19) 田中伊織: “産卵場の環境評価”. 平成8~10年度日本海ニシン資源増大プロジェクト報告書. 北海道立稚内水産試験場, 2000, 38-41.
 - 20) 浅井富雄: 気候変動 初版 東京 東京堂出版, 1988, 202p.
 - 21) 中村 繁・北村幸房: 気象データマニュアル. 東京, 丸善, 1987, 204p.
 - 22) 石田昭夫: ニシン漁業とその生物学的考察. 漁業科学叢書4. 水産庁調査研究部, 1952, 57p.
 - 23) 今田光夫: ニシン文化史 札幌 共同文化社, 1986, 295p.
 - 24) 花村宣彦: 北海道の春ニシン(*CLUPEA PALLASHII* CUVIER et VALENNE)の漁況予測に関する研究. 北水研報告. 26, 1-66 (1963)
 - 25) Watanabe, T., K.Hanawa and Y.Toba: Analysis of year-to-year variation of water temperature along the coast of the Japan Sea. *Prog. Oceanogr.*, 17, 337-357 (1987)
 - 26) 田中伊織: 北海道の沿岸水温の話. 育てる漁業. 229, 2-9 (1992)
 - 27) 杉本隆成: “総論: GLOBECにおける歴史的資料解析”. 月刊海洋. 27, 385-391 (1995)
 - 28) 花輪公雄: 気候のレジームシフトと海洋生態系の応答. 月刊海洋. 30, 389-394 (1998)
 - 29) 河野時廣・井上尚文: 北海道各地の沿岸定地水温の変動特性. 北水研報告. 51, 61-73 (1987)
 - 30) 今田光夫: 春ニシンの初漁地と水温. 北水試月報. 10, 3-7 (1953)
 - 31) 平野義見: ニシンについて (6). 北水試月報. 18, 234-239 (1961)
 - 32) 川名 武: 北海道鯵資源の研究 (第三報) 一尾の親魚より育つ稚魚数. 日水誌. 16, 175-176 (1950)
 - 33) 平野義見: 北海道のニシンについて, 鯵, 水産実用叢書第8輯. 札幌, 北方出版社, 1948, 1-31 (1949)
 - 34) Hirota, Y. and S.Hasegawa: The zooplankton biomass in the Sea of Japan. *Fish. Oceanogr.*, 8, 274-283 (1999)
 - 35) 小島守之: 北海道近海における動物プランクトン群集の長期変動. 月刊海洋 (号外). 27, 19-24 (2001)
 - 36) Kobayashi, T., K.Yabuki, M.Sasaki and J.-I.Kodama: Long term fluctuation of the catch of Pacific herring in Northern Japan. *PICES Scientific Report*, 15, 103-106 (2000)

近年,北海道中部一北部日本海の沿岸漁業で漁獲されているニシンの資源構造

田中 伸幸^{*1}, 高柳 志朗^{*2}

Recent stock structure of herring (*Clupea pallasii*) caught by the coastal fisheries in the mid-northern Japan Sea, Hokkaido, Japan

Nobuyuki TANAKA^{*1} and Shiro TAKAYANAGI^{*2}

Herring (*Clupea pallasii*) in the mid-northern Japan Sea of Hokkaido was examined to elucidate stock structure and biological characteristics of herring caught by commercial fisheries. Presently, in the Japan Sea off mid-northern Hokkaido, herring are caught by coastal fisheries and trawl fisheries. Total catch by the coastal fisheries exceeded that by trawl fisheries from 1996 through 1999. In the coastal fisheries, annual catch by gill net comprised over 92% from 1995 through 2000. The catch in the Rirei Area (Rishiri and Rebun Is.) was highest among survey areas from 1991 through 2000. In the Rirei Area, herring were mainly caught from November to February of the following year. The herring population caught in the Rirei Area differed from the Ishikari Bay population. In Hokkaido Areas (from Shiribeshi Area to Souya Area), the herring fishery mainly operated from February to April. The herring population caught in Hokkaido Areas from 1996 through 2000 was mostly Ishikari Bay population. Catch of Ishikari Bay population has increased since 1997. This population spawned in the coastal waters from the Ishikari Bay to the Souya Bay during February to April.

キーワード：ニシン，北海道中部一北部日本海，資源構造，石狩湾系群，テルペニア系群

まえがき

北海道におけるニシン *Clupea pallasii* の漁獲量は，1880年代から1920年代頃までは年間50万トン以上あり，ニシン漁業は北海道を支える基幹産業の一つであった。この漁業は春ニシンと呼ばれる北海道サハリン系群の産卵群を漁獲対象としており，北海道西岸は春ニシン産卵群の最も主要な漁場であった。しかし，北海道西岸の春ニシン産卵場は1930年代後半から南方より規則的に消滅していった¹⁾。その結果，北海道西岸の春ニシン漁業も衰退し，1950年代後半になると春ニシン漁場は北海道西岸から消滅した。北海道西岸では，その後，ニシン資源が回復する事はなく，特に1990年代に入ってから北海道西岸における年間ニシン漁獲量はほぼ千トン以下の低水準で推移している²⁾。このような状況の中，北海

道西岸における沿岸漁業者のニシン資源復活に期待する声は大きい。北海道庁ではこのような漁業者の要望に対し，1996年度から「日本海ニシン資源増大対策事業」により北海道西岸のニシン資源増大を図ることとなった。今回は，本事業で明らかとなった最近年の北海道中部一北部日本海海域（宗谷から積丹に至る海域，Fig.1）におけるニシン沿岸漁業の実態や漁獲動向，漁獲物の生物的特徴等から，当海域における近年のニシン資源構造について検討した。

材料及び方法

北海道中部一北部日本海海域で行われているニシン漁業の中で，沿岸漁業がどの程度重要であるかを明らかにするため，沿岸漁業と沖合い底びき網（以下，沖底と称

報文番号 A343 (2002年3月29日受理)

*1 北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station, Suehiro, Wakkanai, Hokkaido 097-0001, Japan)

*2 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

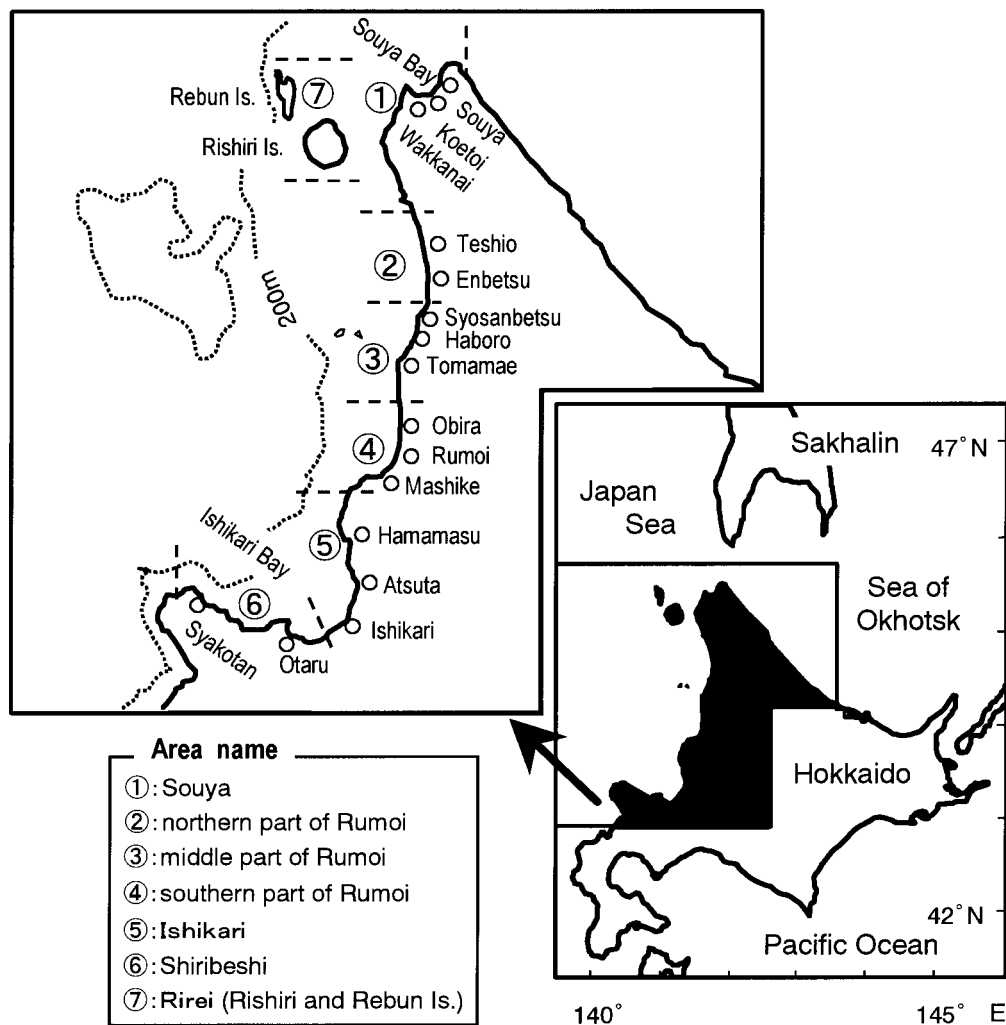


Fig. 1 Map showing study areas off the mid-northern Japan Sea coast, Hokkaido.

す) 漁業それぞれの漁獲量を比較した。ここでは沖底漁業以外の漁業を沿岸漁業とした。沿岸漁業の漁獲量集計には「漁業生産高統計」(北海道水産林務部発行)を、沖底漁業については「北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計年報」(水産庁北海道区水産研究所発行)を使用し、1995～2000年における沿岸漁業と沖底漁業の年別漁獲量を集計した。沿岸漁業の漁獲量は「漁業生産高統計」中のニシン漁獲量から「沖合い底びき網」による漁獲量を差し引いて求めた。沖底漁業の漁獲量は「北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計年報」中の大海区名「日本海」の漁獲量から得た。また、現在、ニシンがどのような沿岸漁業で漁獲されているかを調べるため、「漁業生産高統計」から沿岸漁業の漁業別漁獲量を集計した。さらに、地域間におけるニシン漁獲動向の違いを検討するため、年別や月別の漁獲動向の違いをもとに調査海域を宗谷(宗谷から稚内)、留萌北部(天塩から遠別)、留萌中部

(初山別から苫前)、留萌南部(小平から増毛)、石狩(浜益から石狩)、後志(小樽から積丹)、利礼(利尻島と礼文島)の7海域に分け(Fig. 1)、「漁業生産高統計」を用いて1991～2000年の沿岸漁業による海域別月別漁獲量を集計した。

1996年から2000年までに漁業で漁獲されたニシンについて生物測定を行った。全長、尾叉長、体重、性別、成熟度、生殖巣重量および内蔵除去重量を測定した後、一部の標本から耳石と鱗を採集し、さらに脊椎骨数を数えた。脊椎骨数は尾部棒状骨(Urostyle)を含めて計数した。成熟度の判定は高柳・田中³⁾の基準に従って肉眼観察により行い、成熟度10(未成魚)、21～22(成魚で、卵粒は見えないか、または卵粒は見えるが吸水していない状態)、31～40(成魚で、卵の一部または全部が吸水している状態)、50(放卵後)として集計した。また、生殖腺重量指数(GSI)を求め、その時期別変化を調

べた。平均GSIの算出は成熟度で判別した未成魚個体を除いて行った。

生物測定を行った各標本について系群判別を行った。当海域に來遊するニシンとして、石狩湾系群、北海道サハリン系群、テルペニア系群などが知られている。北海道サハリン系群が北海道で産卵して頃には、石狩湾周辺では少なくともこの3系群が産卵していた⁴⁾とされる。石狩湾においてこの3系群は産卵期が異なり、生殖的隔離が認められている⁵⁾。以下に、これら系群の生物学的特徴を述べる。

1. 石狩湾系群

これまで知られている平均脊椎骨数は、54.58個⁴⁾、54.49個⁵⁾、54.55個⁶⁾、54.41個⁷⁾で、3系群中最も高い値を示す。鱗の輪紋は不明瞭である⁸⁾。石狩湾における産卵期は、早い年には1月下旬⁸⁾から始まるが、普通は2～3月^{4,5)}である。3系群中最も早い時期に産卵する。

2. 北海道サハリン系群

平均脊椎骨数は54.17～54.21個⁴⁾とされる。また、藤田・小久保⁹⁾の資料中に示された平均脊椎骨数は54.00～54.52個の範囲にあったが、そのうち54.00個、54.52個の標本がそれぞれ1標本あり、その他の標本群(8標本)における平均脊椎骨数は54.12～54.26個の範囲にあった。輪紋は明瞭であり、不明瞭な物は少ない¹⁰⁾。産卵期は3月下旬～5月上旬¹¹⁾である。

3. テルペニア系群

平均脊椎骨数は54.02個⁴⁾、53.76個⁵⁾、53.86～53.96個¹²⁾で、3系群中最も低い値を示す。輪紋は明瞭な個体が多い¹³⁾。産卵期は5月～6月^{5,12)}で、3系群中最も遅い時期に産卵する。

産卵群標本については平均脊椎骨数や鱗の輪紋、産卵期の情報等から系群判別を行った。産卵期以外に得られた漁獲物標本については平均脊椎骨数と鱗の輪紋から系群を検討した。

最近年における石狩湾系ニシン産卵群の資源動向を明らかにするため、厚田、留萌、羽幌、稚内漁業協同組合の市場仕切り伝票を使い、1996～2000年の2～4月におけるこれら4組合における沿岸漁業(刺し網と定置網類)のニシン日別漁獲量と漁獲努力量(出漁隻数)を集計した。石狩湾における同系群ニシンの産卵期は2～3月であるが、考察で述べるように、北海道沿岸(宗谷～後志海域)全体としてみると同系群の主産卵期は2～4月であった。また、1996～2000年の2～4月に北海道沿岸で得られた標本は、一部系群判別ができなかった標本群を除き、全て石狩湾系群と推定された。そこで、1996～2000年の2～4月の期間中、上記4組合で水揚げされたニシ

ンは、全て石狩湾系群の産卵群であったものとして、これら4組合から集計した漁獲量と漁獲努力量を用い、石狩湾系群産卵群の資源動向を検討した。

結 果

1. ニシン年間漁獲量と漁業別漁獲量の推移 1995年から2000年にかけて北海道中部－北部日本海におけるニシン漁獲量は、沿岸漁業と沖合い底びき網漁業を合わせて401トンから1,406トンの間で推移した(Fig. 2)。沿岸漁業と沖合い底びき網漁業の対比では、年により双方の漁獲比率は異なるものの1995年、2000年を除いて沿岸漁業の占める比率が高かった。

沿岸漁業ではニシン刺し網、ニシン刺し網以外の刺し網および定置網類(底建て網・小定置網)によりニシンが漁獲されていた(Fig. 3)。沿岸漁業では、刺し網による漁獲が全体の92%以上を占めた。

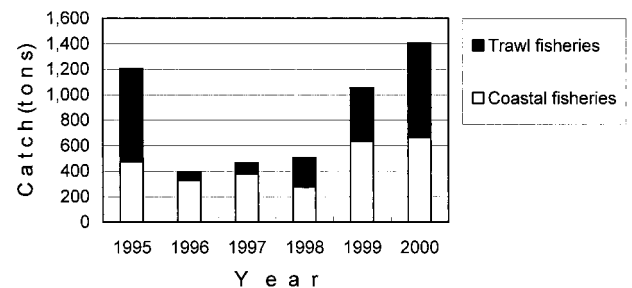


Fig. 2 Annual change in herring catch in the mid-northern Japan Sea coast, Hokkaido, from 1995 to 2000.

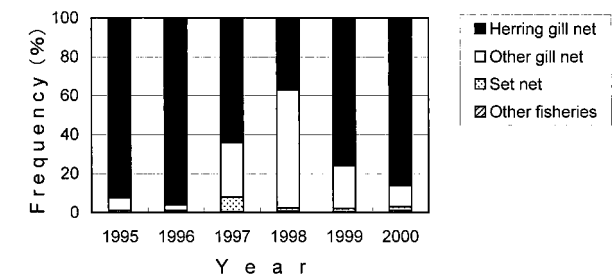


Fig. 3 Annual change in herring catch frequency(%) by a year off the mid-northern Japan Sea, Hokkaido, from 1995 to 2000.

2. 海域別の漁獲動向 利礼周辺海域と北海道沿岸(宗谷～後志海域)で近年の年間漁獲量変動に違いが見られたため、1991年から2000年までの沿岸漁業によるニシン漁獲量を利礼海域と北海道沿岸に分けて示した(Fig. 4)。北海道中部－北部日本海海域のニシン漁獲量の中で利礼海域の漁獲量が占める比率は、1991年から1996年までは

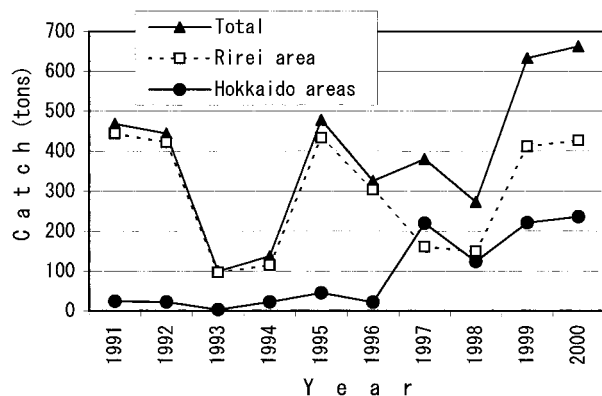


Fig. 4 Annual herring catch for the Rirei Area and Hokkaido areas in the coastal fisheries from 1991 to 2000. Hokkaido areas catches comprise that of the Souya, northern part of Rumoi, middle part of Rumoi, Southern part of Rumoi, Ishikari, and Shiribeshi Areas. That of each Area is shown in Fig. 1.

全体の84～97%と非常に高かった。利礼海域の漁獲量は1997, 1998年に200トン以下まで減少し、また、1997年から北海道沿岸における漁獲量が増加した。そのため1997年以降になると、利礼海域の漁獲量が海域全体の漁獲量に占める比率は42～65%に低下したが、1997年以降も依然として利礼海域の漁獲量が当海域全体の漁獲動向を左右していた。

北海道沿岸のニシン漁獲量は1996年までは50トン以下であったが、1997年に219トンまで増加した。北海道沿岸の漁獲量は1998年には124トンに減少したが、1999年と2000年には再び200トン以上に増加した (Fig. 4, 5)。北海道沿岸の漁獲量を各海域毎にみると (Fig. 5), 1997年以降に漁獲量が増加した海域は石狩、留萌南部、留萌中部および宗谷海域であった。後志では1999年から漁獲量が増加した。また、他の海域と異なり、留萌北部海域では1997年以降も漁獲量は増加しなかった (Fig. 5)。

1995～2000年における各海域毎の月別漁獲量変化を Fig. 6 に示した。宗谷海域における月別漁獲量は、例年4月に多い傾向がみられた。また、1995年12月や1997年11月のように秋季の漁獲が4月より多い年がみられた。留萌北部海域では、先に述べたように、この間のニシンの漁獲はほとんど皆無であった。留萌中部海域では3～4月に漁獲が多かった。また、年によっては11月頃にニシンが漁獲される場合があった。留萌南部海域では2月～4月の漁獲が多かった。また、2000年のように11月頃わずかにニシンが漁獲される年もみられた。石狩海域では2, 3月に漁獲が多く、4月になるとほとんど漁獲されなくなった。また、1998年11月のように秋季の漁獲量が春期より多い年もあったが、それ以外の年における秋

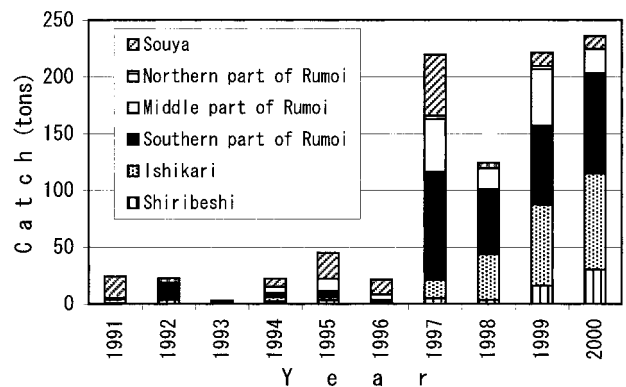


Fig. 5 Annual herring catch for each Area of Hokkaido in the coastal fisheries from 1991 to 2000.

季の漁獲量は春期に比べて非常に少なかった。後志海域では2～3月に漁獲が多かった。以上の結果から、北海道沿岸における春季の漁獲盛期は、南の海域ほど早い傾向がみられ、海域間で漁獲盛期に微妙な差がみられた。また、北海道沿岸では秋季にニシンが漁獲される年もあるが、どの海域でも春季に比べて秋季の漁獲量は非常に少ない場合がほとんどであった。

利礼海域における月別漁獲量は、年により変動するものの11～2月頃に多かった (Fig. 6)。特に12月と1月の漁獲が多いが、2000年は2月が最も多かった。1997年、1999年、2000年のように3月あるいは4月まで漁獲された年もあるが、その漁獲量は11～2月に比べて少なかった。また、利礼海域では、5月から9月までの期間にニシンはほとんど漁獲されなかった。

3. 漁獲物の生物学的特徴 宗谷海域で得られた漁獲物標本の中で (Table 1), 2月から4月に得られた各標本の平均脊椎骨数は54.08～54.58個の範囲にあった。この時期の各標本群における雌の成熟度は大部分が31～40個であり、漁獲物は産卵群であった。1997年5月7日に漁獲されたニシンは平均脊椎骨数が54.46個、大部分の雌の成熟度が31～40であり、産卵群であった。1997年8月、2000年6月に得られた標本の平均脊椎骨数はそれぞれ54.18, 54.20個、雌の成熟度は全て10であり、これらのニシンは未成魚であった。11月および12月に得られた標本の平均脊椎骨数は54.18～54.63個の範囲にあった。この時期における雌の成熟度は全て21～22であり、この時期のニシンは産卵期前の成魚であった。1997年8月、2000年6月に得られたニシンの鱗は魚体からのはく離が激しく、これらのニシンから鱗の採集はできなかった。それ以外の標本から得られた鱗の輪紋は不鮮明であった。

留萌中部海域では (Table 2), 3月および4月に得ら

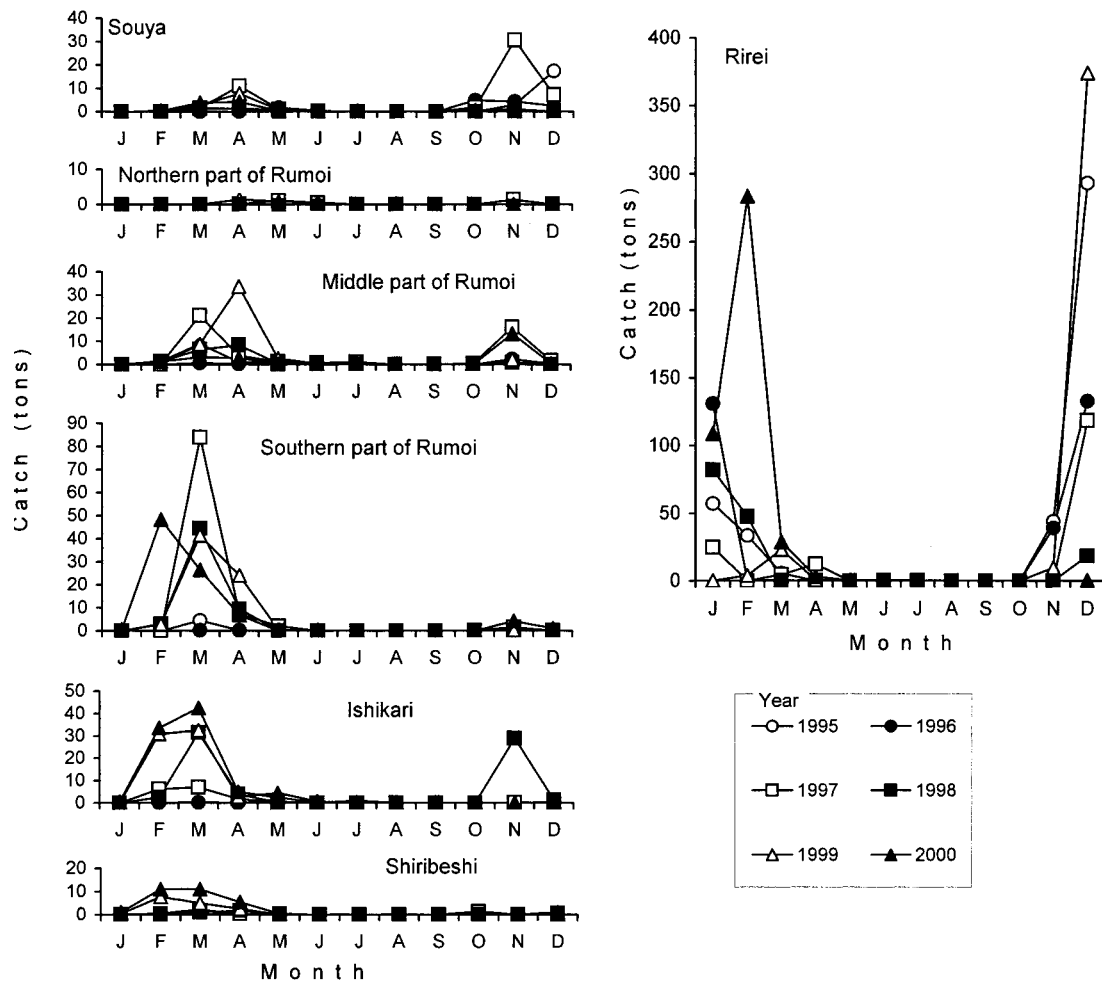


Fig. 6 Monthly herring catch for each Area from 1995 to 2000.

れた各標本の平均脊椎骨数は54.17～54.62個の範囲にあった。雌の成熟度は大部分が31～40であり，これらのニシンは産卵群であった。1996年5月26日標本の平均脊椎骨数は54.66個，成熟度は全て50，1997年5月27日の平均脊椎骨数は54.30個，成熟度は全て21～22であった。1997年および2000年の11月に得られた標本の平均脊椎骨数は54.27，54.62個であった。雌の成熟度はほぼ全て21～22であり，この時期のニシンは産卵期前の成魚であった。また，留萌北部海域で得られた標本の鱗の輪紋は全て不鮮明であった。

留萌南部海域では（Table 3），3月から5月上旬に得られた各標本の平均脊椎骨数は54.04～54.70個の範囲にあった。この時期の各標本における雌の成熟度は大部分が31～40であり，漁獲物は産卵群であった。3月上旬からは一部に成熟度50の個体もみられた。1997年5月14日に得られた標本の平均脊椎骨数は54.32個で，成熟度は全て50であった。10月から12月，および1月から2月に得られた標本の平均脊椎骨数は54.29～54.73個の範囲に

あった。10月から1月までに得られた標本の雌の成熟度は，大部分が21～22であった。2000年1月28日の標本の成熟度には，一部31～40の個体がみられた。2月上旬から中旬の成熟度は，年によって21～22の場合と31～40の場合があったが，2月下旬になると雌の成熟度はどの年もほぼ31～40となった。10月から2月に漁獲されたニシンは成魚で，産卵期前の魚群もしくは産卵群であった。留萌南部海域で得られた標本における鱗の輪紋は全て不鮮明であった。

石狩海域では（Table 4），3月から4月上旬に得られた各標本の平均脊椎骨数は54.35～54.51個の範囲にあった。この時期の各標本における雌の成熟度は大部分が31～40であり，これらのニシンは産卵群であった。1997年5月27日に得られた標本の平均脊椎骨数は53.94個であった。この標本における雌の成熟度は31～40であり，これらのニシンも産卵群であった。また，4月下旬から6月にかけて得られた標本の中には成熟度10の未成魚が多く含まれていた。これらの標本群における平均脊椎骨数は53.97

Table 1 Biological characters of herring caught from 1996 to 2000 in Souya Area. Location 'SB' shows a sample caught in Souya Bay and 'JS' shows that caught in the Japan Sea.

Date	Location	Gear	No. of fish	Range of fork-length (cm)	No. of Vertebrae								Maturation stage of female				Population
					51	52	53	54	55	56	57	Mean	10	21~22	31~40	50	
1996 Dec. 4	Wakkanai(SB)	Gill net	73	21-26			8	23	16	1	1	54.27		73			Ishikari
1997 Mar. 20	Wakkanai(SB)	Gill net	100	22-25			4	28	17	1		54.30		16	45		Ishikari
Apr. 2	Wakkanai(SB)	Gill net	100	22-25			2	33	13			54.23		14	11		Ishikari
Apr. 4	Wakkanai(JS)	Gill net	100	20-25			4	29	15	2		54.30		4	30		Ishikari
May 7	Wakkanai(SB)	Gill net	71	20-27			2	25	21	2		54.46	2	5	30		Ishikari
Aug. 26	Koetoi	Small set net	50	11-15		1	7	24	16	1		54.18	50				unidentified
Nov. 14	Wakkanai(SB)	Gill net	47	25-28			2	30	15			54.28		26			Ishikari
1998 Feb. 24	Wakkanai(JS)	Gill net	3	27-28										1	1		Ishikari
Mar. 3	Wakkanai(JS)	Gill net	1	25													unidentified
Mar. 3	Wakkanai(SB)	Gill net	31	21-28			3	7	10			54.35		2	26	3	Ishikari
Mar. 3	Koetoi	Gill net	40	25-28			3	19	14	3		54.44	1	3	36		Ishikari
Mar. 5	Wakkanai(SB)	Gill net	100	24-28										5	44		Ishikari
Mar. 6	Wakkanai(JS)	Gill net	2	24-27											1		Ishikari
Mar. 6	Koetoi	Gill net	100	24-29			4	32	13	1		54.22		3	41	2	Ishikari
Mar. 19	Wakkanai(SB)	Gill net	100	25-29			4	38	8			54.08		2	49		Ishikari
Mar. 19	Koetoi	Gill net	100	24-29										1	45	1	Ishikari
Apr. 2	Wakkanai(JS)	Gill net	100	21-27			3	25	19	3		54.44		4	41		Ishikari
Apr. 9	Wakkanai(JS)	Gill net	100	21-29										19	30	2	Ishikari
Nov. 16	Wakkanai(SB)	Gill net	19	25-29			1	6	11	1		54.63		4			Ishikari
Nov. 16	Wakkanai(JS)	Gill net	38	25-31		1	2	8	5	1		54.18		9			unidentified
1999 Feb. 17	Koetoi	Gill net	3	27-29										1	1		Ishikari
Feb. 26	Wakkanai(JS)	Gill net	4	26-29													Ishikari
Mar. 5	Wakkanai(JS)	Gill net	4	28-30											3		unidentified
Mar. 8	Wakkanai(JS)	Gill net	3	26-29											3		Ishikari
Apr. 7	Wakkanai(SB)	Gill net	114	22-26			3	24	20	3		54.46		5	43		Ishikari
2000 Feb. 18	Koetoi	Gill net	81	26-31			3	28	20	4		54.45		7	33		Ishikari
Feb. 21	Wakkanai(JS)	Gill net	78	25-30		1	3	26	27	1		54.40		2	48		Ishikari
Mar. 1	Koetoi	Gill net	69	25-28			6	25	28	1		54.40		3			Ishikari
Apr. 18	Wakkanai(SB)	Gill net	100	21-27			1	28	26	5		54.58			49	1	Ishikari
Jun. 9	Wakkanai(SB)	Small set net	100	14-20			8	24	11	3		54.20	58	1			unidentified

Table 2 Biological characters of herring caught from 1996 to 2000 in the middle part of Rumoi Area.

Date	Location	Gear	No. of fish	Range of fork-length (cm)	No. of Vertebrae								Maturation stage of female				Population	
					51	52	53	54	55	56	57	Mean	10	21~22	31~40	50		
1996 Mar. 8	Tomamae	Gill net	22	26-29														Ishikari
Mar. 11	Tomamae	Gill net	89	24-29			2	39	43	4		54.56			30			Ishikari
Apr. 30	Tomamae	Gill net	58	22-29			2	30	25	1		54.43		27	8			Ishikari
May 26	Syosanbetsu	Set net	38	25-31			1	16	16	5		54.66					14	Ishikari
1997 Mar. 6	Tomamae	Gill net	88	22-26			3	35	21	1		54.33		4	48			Ishikari
Mar. 11	Tomamae	Gill net	87	21-25			3	30	24	2		54.42		8	37			Ishikari
Mar. 11	Haboro	Gill net	75	21-25			5	34	21			54.27			31			Ishikari
Mar. 17	Tomamae	Gill net	88	21-25		1	2	33	22	1		54.34			50			Ishikari
Mar. 24	Haboro	Gill net	88	22-27			5	33	19	3		54.33		2	48			Ishikari
Apr. 17	Haboro	Gill net	60	21-24		1	5	35	17			54.17			29	1		Ishikari
May 27	Syosanbetsu	Set net	58	23-29			5	25	15	2		54.30		56				unidentified
Nov. 14	Tomamae	Gill net	84	21-29			9	28	19	3		54.27		44				Ishikari
1998 Mar. 4	Haboro	Gill net	86	24-29			2	34	22	2		54.40			40			Ishikari
1999 Apr. 6	Haboro	Gill net	75	21-24			2	27	28	2		54.51			34			Ishikari
Apr. 22	Haboro	Gill net	69	21-25			3	21	32	4		54.62			33	2		Ishikari
2000 Nov. 21	Haboro	Gill net	78	21-25			2	21	21	6		54.62	1	29				Ishikari

Table 3 Biological characters of herring caught from 1996 to 2000 in the southern part of Rumoi Area.

Date	Location	Gear	No. of fish	Range of fork-length (cm)	No. of Vertebrae								Maturation stage of female				Population
					51	52	53	54	55	56	57	Mean	10	21~22	31~40	50	
1996 Mar. 5	Rumoi	Gill net	86	21-29			3	37	42	4		54.55		9	33		Ishikari
Mar. 5	Rumoi	Gill net	15	23-29			1	8	6			54.33		1	3		Ishikari
Mar. 11	Rumoi	Gill net	13	22-30			1	5	7			54.46			11		Ishikari
Mar. 11	Rumoi	Gill net	100	22-32		1	2	42	52	2		54.53		2	42		Ishikari
Apr. 12	Rumoi	Gill net	70	21-29			3	35	24	6		54.49		1	35		Ishikari
May 7	Rumoi	Gill net	80	21-29			20	37	23			54.04		27	25		Ishikari
Nov. 26	Obira	Gill net	58	22-27			4	21	21	4		54.50		27			Ishikari
1997 Feb. 28	Rumoi	Gill net	100	22-29			4	29	24	3		54.43		3	54		Ishikari
Mar. 6	Rumoi	Gill net	100	22-28			3	35	22			54.32					Ishikari
Mar. 11	Rumoi	Gill net	100	22-26			5	37	16	1		54.22		1	48		Ishikari
Mar. 17	Rumoi	Gill net	87	22-26			5	26	28	1		54.42			39		Ishikari
Mar. 23	Rumoi	Gill net	100	22-26			6	37	17			54.18			39	14	Ishikari
Apr. 3	Rumoi	Gill net	100	21-26			3	35	19	3		54.37		1	48	6	Ishikari
Apr. 13	Obira	Gill net	100	20-26		1	5	35	15	2		54.21		1	46	1	Ishikari
May 2	Rumoi	Gill net	99	21-27				17	13			54.43		1	41		Ishikari
May 14	Obira	Gill net	100	22-28		1	3	26	19	1		54.32				53	Ishikari
Nov. 21	Obira	Gill net	24	25-34			1	8	5			54.29		9			Ishikari
1998 Feb. 3	Off Rumoi	Danish seine	76	23-30			2	27	20	1		54.40		43			Ishikari
Mar. 21	Rumoi	Gill net	10	23-27											3		Ishikari
Feb. 22	Rumoi	Gill net	56	23-34										2	20		Ishikari
Feb. 24	Rumoi	Gill net	89	24-31										2	44		Ishikari
Feb. 25	Rumoi	Gill net	100	23-33			1	34	21	3		54.44			50		Ishikari
Feb. 26	Off Rumoi	Danish seine	82	21-29			5	23	28	2		54.47		10	27		Ishikari
Mar. 4	Rumoi	Gill net	102	25-29			3	32	23	2		54.40			53		Ishikari
Mar. 12	Rumoi	Gill net	100	24-32											56		Ishikari
Mar. 17	Rumoi	Gill net	100	21-29			3	53	41	2		54.42			50		Ishikari
Mar. 23	Off Rumoi	Danish seine	84	21-29			3	29	24	2		54.59		3		41	Ishikari
Mar. 25	Rumoi	Gill net	25	21-30										1	12	1	Ishikari
Apr. 2	Rumoi	Gill net	100	21-28			5	29	21	4		54.41			72	1	Ishikari
Apr. 7	Rumoi	Gill net	105	21-29											54	1	Ishikari
Apr. 9	Off Rumoi	Danish seine	82	22-30				24	23	2		54.55			0	43	Ishikari
Apr. 15	Rumoi	Gill net	45	21-27								54.32		1	16	8	Ishikari
May 1	Rumoi	Gill net	42	21-27			4	23	14	1		54.29		1	17	1	Ishikari
Oct. 22	Off Rumoi	Danish seine	29	25-29			2	10	16	1		54.55		15			Ishikari
Oct. 24	Off Rumoi	Danish seine	57	20-26			5	23	18	2		54.35		28			Ishikari
Nov. 24	Obira	Gill net	65	21-29			4	26	17	1		54.31		22			Ishikari
Dec. 8	Obira	Gill net	67	21-31		1	4	32	17	3	1	54.34		27			Ishikari
Dec. 14	Off Rumoi	Danish seine	94	20-31			3	27	25	3		54.48	5	49			Ishikari
1999 Jan. 24	Off Rumoi	Danish seine	55	21-28			5	23	19	1		54.33	1	26			Ishikari
Feb. 9	Off Rumoi	Danish seine	86	19-30		1		29	23		1	54.44	5		45		Ishikari
Feb. 17	Off Rumoi	Danish seine	91	21-30			3	26	29	1		54.47	1		37		Ishikari
Feb. 20	Rumoi	Gill net	26	28-32			1	8	15	2		54.69			16		Ishikari
Feb. 25	Rumoi-Obira	Gill net	100	25-31		1	3	32	21	3		54.37			50		Ishikari
Mar. 2	Rumoi	Gill net	56	26-31			4	25	26	1		54.43		1	27		Ishikari
Mar. 10	Rumoi	Gill net	80	21-28			1	21	34	3	1	54.70			37		Ishikari
Mar. 10	Obira	Gill net	69	21-30			5	28	26			54.36			31		Ishikari
Mar. 18	Rumoi	Gill net	108	22-32			7	22	29	1		54.41			24	12	Ishikari
Mar. 25	Rumoi	Gill net	96	20-26		1	1	22	35			54.54			40		Ishikari
Apr. 6	Rumoi	Gill net	91	22-28			1	28	28	3		54.55		3	39		Ishikari
Apr. 7	Rumoi	Danish seine	98	19-31			4	27	26	2		54.44	17		12	33	Ishikari
Apr. 21	Obira	Gill net	60	20-24			1	20	24	2	1	54.63			20	3	Ishikari
Oct. 21	Off Rumoi	Danish seine	222	20-32			1	35	47	7		54.67	2	147			Ishikari
Nov. 25	Rumoi	Danish seine	111	21-32			5	26	40	2		54.53	3	54			Ishikari
2000 Jan. 24	Rumoi	Danish seine	114	21-32			4	41	34	1	1	54.43	3	62			Ishikari
Jan. 28	Rumoi	Gill net	54	25-29			2	25	20	6		54.57		22	8		Ishikari
Feb. 20	Rumoi	Gill net	98	24-28											49		Ishikari
Feb. 21	Rumoi	Danish seine	89	21-28			3	22	13	1		54.31	3	31	7		Ishikari
Feb. 23	Mashike	Gill net	47	24-30											23		Ishikari
Feb. 28	Rumoi-Obira	Gill net	100	25-30			3	26	30	1		54.48			49		Ishikari
Mar. 16	Rumoi	Gill net	74	24-30			7	32	16	4		54.29			42		Ishikari
Apr. 10	Rumoi	Gill net	40	24-28			3	15	19	2	1	54.58			20		Ishikari
Apr. 10	Obira	Gill net	50	23-28			1	27	19	2		54.45			24		Ishikari
Apr. 14	Rumoi	Danish seine	91	20-28		1	2	5	23	26	2	54.31	18		2	31	Ishikari
Nov. 2	Obira	Gill net	81	21-23			1	18	24	5	1	54.73	1	45			Ishikari

Table 4 Biological characters of herring caught from 1996 to 2000 in the Ishikari Area.

Date	Location	Gear	No. of fish	Range of fork-length (cm)	No. of Vertebrae								Maturation stage of female				Population
					51	52	53	54	55	56	57	Mean	10	21~22	31~40	50	
1996 Feb. 5	Atsuta	Gill net	68	24-34				21	13	3		54.51		25			Ishikari
Feb. 14	Atsuta	Gill net	33	25-33													Ishikari
Mar. 6	Atsuta	Gill net	100	26-34			3	46	49	2		54.50		1	9		Ishikari
Mar. 14	Atsuta	Gill net	49	22-32			4	25	19	1		54.35					Ishikari
Mar. 29	Atsuta	Gill net	18	22-31										2	8	2	Ishikari
May 29	Atsuta	Small set net	4	19-24										1	1		unidentified
Jun. 20	Atsuta	Small set net	50	16-22	1	9	23	15				54.08	29				unidentified
Dec. 4	Atsuta	Gill net	11	22-25										3			unidentified
1997 Feb. 3	Atsuta	Gill net	93	21-28			6	50	22	2	2	54.32		29			Ishikari
Feb. 7	Atsuta	Gill net	63	18-31			2	35	23	1		54.38		29	1		Ishikari
Feb. 13	Atsuta	Gill net	14	11-19				9	4	1		54.43	6				unidentified
Feb. 24	Atsuta	Gill net	60	23-26			1	26	27	5		54.61		5	29		Ishikari
Feb. 26	Atsuta	Gill net	87	21-26			3	44	29	5		54.44		5	60		Ishikari
Feb. 28	Atsuta	Gill net	115	22-27			13	55	44	1		54.29		4	56		Ishikari
Mar. 6	Atsuta	Gill net	60	23-26											39		Ishikari
Mar. 19	Atsuta	Gill net	60	22-26											30		Ishikari
Apr. 25	Atsuta	Small set net	26	15-22									10			1	unidentified
May 12	Atsuta	Small set net	15	16-30									3	1		4	unidentified
May 13	Atsuta	Small set net	45	14-24									11	1		2	unidentified
May 16	Atsuta	Small set net	28	15-20	1	4	13	10				54.14	9				unidentified
May 19	Atsuta	Gill net	24	27-34			1	10	11	1		54.52		11	1		unidentified
Jun. 15	Atsuta	Small set net	18	16-24									8				unidentified
Nov. 12	Atsuta	Gill net	98	22-28			3	41	47	4		54.55		27			Ishikari
Dec. 19	Atsuta	Gill net	100	22-29			1	45	40	9	1	54.56		40			Ishikari
1998 Jan. 17	Atsuta	Gill net	18	23-26				9	8	1		54.56		10			Ishikari
Feb. 12	Atsuta	Gill net	6	23-31													Ishikari
Feb. 18	Atsuta	Gill net	99	23-28			1	24	20	3		54.52		27	22		Ishikari
Feb. 23	Atsuta	Gill net	100	21-29			2	42	49	5		54.56		15	45		Ishikari
Feb. 27	Atsuta	Gill net	60	23-29											30		Ishikari
Feb. 28	Atsuta	Gill net	100	23-30			4	37	37	4	1	54.53			50		Ishikari
Mar. 18	Atsuta	Gill net	99	22-27			4	41	49	5		54.56		3	47		Ishikari
Apr. 3	Atsuta	Gill net	117	22-27			4	58	44	7		54.48			89		Ishikari
Apr. 9	Atsuta	Gill net	46	22-28			2	19	23	1		54.51		2	28		Ishikari
Jun. 1	Atsuta	Small set net	24	15-27				11	5			54.25	16	1			unidentified
Nov. 30	Atsuta	Gill net	265	21-33	2	4	55	54	2			54.43					Ishikari
Dec. 9	Atsuta	Gill net	28	22-27			2	11	11	3		54.56		11			Ishikari
1999 Jan. 25	Atsuta	Gill net	89	21-30	1	11	45	26	4			54.24	2	40			unidentified
Feb. 17	Atsuta	Gill net	60	27-32			5	30	25			54.33			30		Ishikari
Feb. 1	Hamamasu	Gill net	100	22-30	1	9	42	37	8	1		54.46		4	46		Ishikari
Mar. 2	Atsuta	Gill net	171	24-32			7	45	42	4		54.44			78	1	Ishikari
Mar. 17	Atsuta	Gill net	152	21-30			6	52	38	4		54.40		4	46		Ishikari
Apr. 1	Atsuta	Gill net	132	20-24			4	55	41	3		54.42			56		Ishikari
May 6	Atsuta	Small set net	124	16-23	1	15	49	49	8			54.39	16			1	unidentified
May 11	Atsuta	Small set net	35	25-32			1	15	17	2		54.57		20			unidentified
May 11	Atsuta	Small set net	32	22-25	1	4	12	13	2			54.34		20			unidentified
May 27	Atsuta	Small set net	17	21-25			2	14	1			53.94			6		Terpenia
Nov. 1	Atsuta	Gill net	16	22-26										6			unidentified
Dec. 10	Atsuta	Gill net	15	21-26										8			unidentified
Dec. 21	Atsuta	Gill net	136	22-31			3	42	30	6	2	54.54		45			Ishikari
2000 Jan. 17	Atsuta	Gill net	147	22-30			9	64	63	5		54.45		45	11		Ishikari
Feb. 14	Atsuta	Gill net	88	25-31										2	40		Ishikari
Feb. 20	Hamamasu	Gill net	87	24-31			5	36	32	3		54.43			35		Ishikari
Feb. 23	Atsuta	Gill net	61	22-30											31		Ishikari
Feb. 25	Atsuta	Gill net	100	24-31			8	52	33	7		54.39			50		Ishikari
Mar. 13	Atsuta	Gill net	118	22-28	1	1	8	51	54	3		54.40			56		Ishikari
Mar. 29	Atsuta	Gill net	120	22-28		1	7	53	40	9	1	54.47			55	2	Ishikari
Apr. 10	Atsuta	Gill net	129	22-27		1	3	57	61	3		54.50			68		Ishikari
Dec. 19	Atsuta	Gill net	76	22-30			5	19	38	9		54.72		31			Ishikari

Table 5 Biological characters of herring caught from 1996 to 2000 in the Shiribeshi Area.

Date	Location	Gear	No. of fish	Range of fork-length (cm)	No. of Vertebrae								Maturation stage of female				Population
					51	52	53	54	55	56	57	Mean	10	21~22	31~40	50	
1996 Nov. 27	Otaru	Gill net	1	—													unidentified
Dec. 25	Yoichi	Gill net	3	30-33										2			unidentified
1998 Nov.	Off Otaru	Trawl	12	19-30													unidentified
1999 Feb. 25	Otaru	Gill net	76	23-32			4	30	35	6		54.57			31		Ishikari
Feb. 26	Off Otaru	Danish seine	47	24-32		1	21	19	5			54.61		4	18		Ishikari
Feb. 26	Off Otaru	Danish seine	59	21-27		1	22	20	2			54.51	1	24	2		Ishikari
Mar. 18	Otaru	Gill net	17	21-25			1	6	8	1		54.56		5	4		Ishikari
Apr. 13	Yoichi	Small set net	3	19-25										2			unidentified
Apr. 19	Yoichi	Small set net	6	16-19													unidentified
Sep. 19	Off Otaru	Danish seine	40	25-31				17	19	4		54.68		25			Ishikari
Dec. 4	Off Otaru	Danish seine	49	24-31	1	3	26	17	1			54.29		40			Ishikari
Dec. 4	Off Otaru	Danish seine	59	21-26		7	22	29				54.38	2	31			Ishikari
Dec. 15	Otaru	Gill net	3	24-27													unidentified
2000 Mar. 1	Yoichi	Gill net	1	28											1		unidentified
Mar. 1	Otaru	Gill net	67	24-30			5	28	28	2	1	54.47			41	2	Ishikari
Mar. 13	Yoichi	Gill net	3	23-28											2		unidentified
Mar. 15	Yoichi	Gill net	18	23-26				12	6			54.33			9		Ishikari

Table 6 Biological characters of herring caught from 1996 to 2000 in the Rirei Area.

Date	Location	Gear	No. of fish	Range of fork-length (cm)	No. of Vertebrae								Maturation stage of female				Population
					51	52	53	54	55	56	57	Mean	10	21~22	31~40	50	
1996 Dec. 16	Off Rebun Is.	Gill net	123	24-31		4	25	52	8			53.72		66			Terpenia
1998 Jan. 29	Off Rebun Is.	Gill net	72	23-28		2	19	45	6			53.76		44			Terpenia
1999 Jan. 16	Off Rebun Is.	Gill net	348	22-31			26	68	21	4		54.03		68			Terpenia
Feb. 22	Off Rebun Is.	Gill net	245	21-28		1	30	61	26	1		53.97	1	137			Terpenia
Nov. 21	Off Rebun Is.	Gill net	121	22-29			34	73	11	1		53.82	1	105			Terpenia
Dec. 16	Off Rebun Is.	Gill net	120	22-29			24	54	9			53.83		71			Terpenia
2000 Jan. 13	Off Rebun Is.	Gill net	147	23-29	1	23	54	8	2			53.85		85			Terpenia
Feb. 28	Off Rebun Is.	Gill net	161	23-28		10	42	7				53.95	1	105			Terpenia

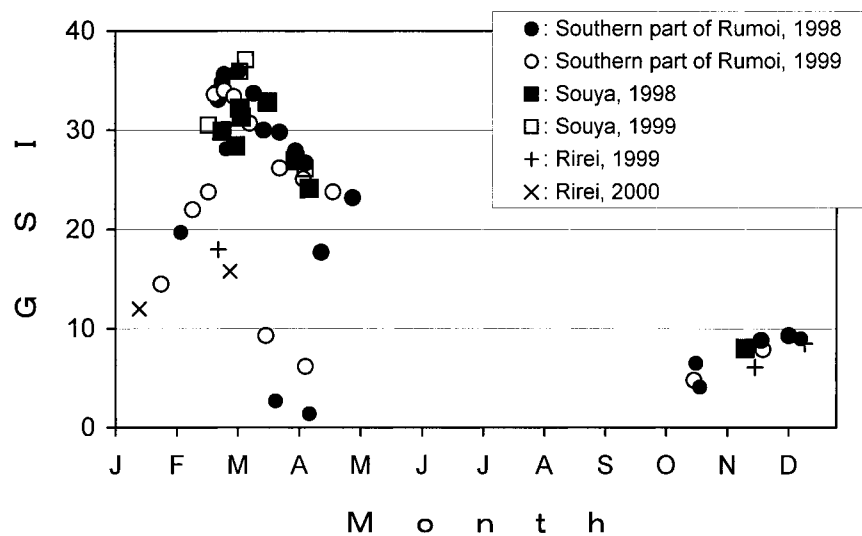


Fig. 7 Seasonal changes in the gonad-somatic index (GSI) of adult female herring in the southern part of Rumoi and Souya Areas from 1998 to 1999, and for the Rirei Area from 1999 to 2000.

～54.39個の範囲にあった。11月から12月、および1月から2月に得られた標本の平均脊椎骨数は54.24～54.61個の範囲にあった。11月から2月上旬までの雌の成熟度は大部分が21～22であり、2月下旬にはほぼ31～40となった。11月から2月に漁獲されたニシンは成魚で、産卵期前の魚群もしくは産卵群であった。石狩海域で得られた各標本については鱗の輪紋を確認しなかった。

後志海域では (Table 5), 2月および3月に得られた各標本の平均脊椎骨数は54.33～54.61個の範囲にあり、雌の成熟度は2月が21～40、3月は31～40であった。9月から12月に得られた標本の平均脊椎骨数は54.29～54.68個、成熟度は21～22であった。後志海域で得られた各標本については鱗の輪紋を確認しなかった。

利礼海域では (Table 6), 11月から2月に得られた各標本の平均脊椎骨数は53.72～54.03個の範囲にあった。これらの標本群における雌の成熟度は大部分が21～22であり、この時期漁獲されるニシンは産卵期前の成魚であった。また、利礼海域で得られた標本の輪紋は大部分が鮮明であった。

1998～1999年の留萌南部、宗谷海域と1999～2000年における利礼海域における雌ニシンの平均G S I値の時期別変化をFig. 7に示した。留萌南部海域のG S I値は、10月(5前後)に低い12月までには増加した(約10)。G S I値は1月以降急増し、2月下旬頃に35前後の最高値を示した後、5月上旬までに漸減した。3月中旬～4月上旬にはG S I値が10以下である標本もみられた。宗谷海域における傾向も留萌南部とほぼ同じであり、また、両海域とも1998年および1999年ともにG S Iの時期別変化傾向、雌の成熟度組成に大きな差はみられなかった。利礼海域における10月から12月頃のG S I値は石狩湾系群とほとんど違いがみられなかった (Fig. 7)。しかし、1月から2月下旬にかけて、利礼海域のG S I値は留萌南部、宗谷海域のG S I値に比べて低く推移し、両者に差がみられた。

4. 最近年における石狩湾系群ニシン産卵群の資源動向

厚田、留萌、羽幌および稚内における産卵群の漁獲量合計は、1996年は2トンと非常に低かったが、1997年には85トンまで急増し、その後2000年まで高水準を保っていた。CPUE(1日1隻当たりの漁獲量)の年変化も漁獲量の年変化とほぼ同様に推移した。

考 察

現在、北海道沿岸(宗谷～後志海域)では、晩冬から春季にかけてニシン産卵群が漁獲されている。北海道沿

岸から得られた漁獲物標本におけるニシン雌の成熟度は、2月下旬から4月にかけてほぼ31～40、もしくは50であった (Tables 1～5)。留萌南部海域では、年によって1月下旬や5月上旬にも成熟度が31～40である産卵群が漁獲された場合もあった (Table 3)。また、雌のG S I値は1月以降急増し、2月下旬から5月上旬まで高い値を示した (Fig. 7)。北海道沿岸で漁獲されているニシン産卵群集団が同一の系群であったと仮定すると、これらのニシンの産卵期は1月下旬から5月上旬頃と考えられる。ただ、北海道沿岸における産卵群ニシン漁獲量は、2月から4月に比べて5月になると非常に少なくなるので (Fig. 5), 5月に産卵するニシンは非常に少ないといえる。また、1月から2月中旬頃までに漁獲されるニシンは雌の成熟度が21～22である個体も多く、この期間に漁獲される魚群が全て産卵群であるとはいえない。これらのことから、この産卵群集団の主産卵期は、2月下旬から4月とするのが妥当であろう。

今回得られた産卵群ニシン標本の鱗の輪紋は、そのほとんどが不鮮明であった。各漁獲物標本の平均脊椎骨数は54.04～54.70個の範囲にあったが、このうち大部分の標本の平均脊椎骨数は54.3個以上であった (Tables 1～5)。北海道沿岸で産卵するニシン系群としては、北海道サハリン系群、石狩湾系群、テルペニア系群などが知られている。これらの系群のなかで、産卵期が2月下旬から(年によっては1月下旬から)と早い、鱗の輪紋が不明瞭である、各標本の平均脊椎骨数が54.3個以上である、といった特徴は、石狩湾系群の特徴とほぼ一致する。厚田、留萌、稚内の各産卵群標本についてアロザイム分析を行った結果では、これら3地区の標本間で対立遺伝

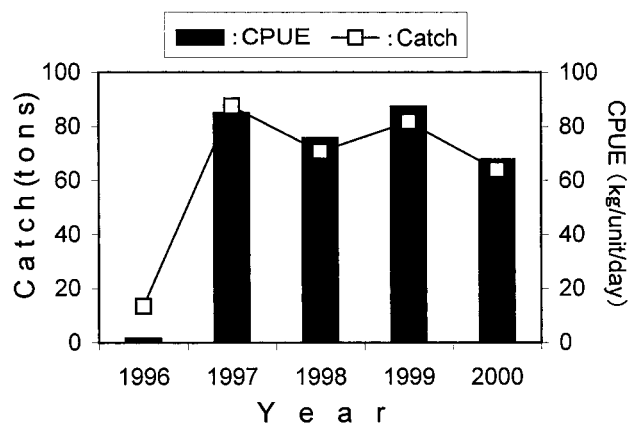


Fig. 8 Annual changes in catches and CPUE of herring during the spawning season (February to April) in the Wakkanai, Haboro, Rumoi, and Atsuta areas.

子頻度組成に有意差はみられず，また，この3地区標本と小林⁴⁾が示した石狩湾系群標本の対立遺伝子頻度組成との比較においても全て有意差がみられなかった（未発表）。これらの結果から，現在，北海道沿岸で産卵しているニシンのほとんどは石狩湾系群であると結論付けられた。ただ，今回得られた石狩湾系群の生物学的特徴を過去の知見で示された石狩湾系群の特徴と比べると，①産卵期間が1月下旬から5月上旬までと長い，②産卵海域が石狩湾内だけでなく，石狩湾から宗谷湾にかけての沿岸域に広くみられた，③各漁獲物標本から得られた平均脊椎骨数の範囲（54.04～54.70個）は過去の知見（54.41～54.58個）と比べて幅が広い，といった点で従来の知見と若干の相違もみられた。

留萌南部海域と稚内海域で雌のGSI値や成熟度の時期別変化を比較した結果，同時期の卵巣の成熟状態は両海域とも差が認められなかった。しかし，北海道沿岸における海域別の月別漁獲量変化をみると，石狩湾系産卵群の漁獲盛期は南方の海域ほど早い傾向がみられた（Fig. 6）。南方の海域ほど漁獲盛期が早い原因として，おそらくニシンの産卵に適した環境は南方の海域ほど早期に形成され，時期が進むにつれ好適な産卵環境が北方に移ってゆくためではないかと思われるが，このことを説明する具体的根拠は現在のところ得られていない。今後，石狩湾系ニシンに関する各海域の産卵環境特性の解明が望まれる。

石狩湾系群の産卵群漁獲量は1997年から急増した（Fig. 8）。漁獲増と並行してCPIUEもまた1997年から増加しており（Fig. 8），この漁獲増の原因は資源の増加によるものであった。この漁獲増は後志海域から宗谷海域まで広くみられた。従来，石狩湾系群は石狩湾周辺を生活圏とする非常に小さい地域集団と考えられてきたが^{4, 5, 8)}，今回の結果から，石狩湾から宗谷湾までの沿岸域を産卵場として利用していることが判明した。産卵場が従来の知見に比べて広い範囲にみられたことは，石狩湾系ニシンが資源の増加に伴って産卵海域を拡大させたためとも考えられる。しかし，資源が増加する前の1996年に，留萌中部，留萌南部の両海域で石狩湾系群の産卵群が漁獲されていたことから，同系群は，従来から石狩湾内だけでなく，少なくとも留萌中部までの海域を産卵場として利用していたのであろう。また，北海道沿岸の中で，留萌北部海域だけは1997年以降もニシン産卵群の漁獲量が増加しておらず，石狩湾系群の産卵来遊はみられなかったが，その理由は不明である。

現在，北海道沿岸域では秋～初冬頃にも若干ながらニシンが漁獲されていた。これらのニシンは，鱗の輪紋が不明瞭であること，平均脊椎骨数が54.3個以上であると

いった生物学的特徴がみられた。このことから，これらのニシンの大部分は，産卵群同様，石狩湾系群と判断された（Tables 1～5）。この時期漁獲されたニシンの成熟度はほぼ21～22で，卵巣には卵粒が確認された。このことから，この時期漁獲されるニシンは，成魚の越冬群もしくは産卵前期群と考えられた。また，北海道沿岸では5～8月頃に石狩や宗谷海域の小定置網でまれに未成魚も漁獲されたが（Tables 1，4），これら未成魚がどの系群に属するかは現段階では明らかにできなかった。

利礼海域におけるニシン年間総漁獲量は，北海道中部－北部日本海における海域別漁獲量の中で最も多かった。この海域における主漁期は11～2月の冬季間で，漁場水深は100～130m程度であった³⁾。得られたニシン標本群の1月および2月におけるGSI値は，同時期の石狩湾系群のGSI値と比べて低かった。これらのニシンは，雌の成熟度が21～22の成魚であったが，産卵群と考えられる成熟度31～40の個体はこれらの標本中には全くみられなかった。このように，利礼周辺で漁獲されているニシンは，同時期の石狩湾系群に比べて卵巣の成熟が遅いことから，産卵期が石狩湾系群より遅いことが予想された。今回得られた標本群の平均脊椎骨数は53.72～54.03個の範囲にあり，北海道沿岸で漁獲されている石狩湾系群に比べて少ない傾向を示した。また，鱗の輪紋は明瞭なものが多かった。これらの生物学的特徴は，小林³⁾が示したテルペニア系群やデカストリ系群の特徴に近い。両者のうちデカストリ系群は北緯48度以南に回遊しない¹⁴⁾とされるため，利礼周辺で漁獲されるニシンはテルペニア系群と繋がりが深いと思われる。利礼海域では3月以降になるとニシンはほとんど漁獲されなくなるため，利礼海域周辺においてテルペニア系群の産卵群は漁獲されていなかったと考えてよい。1999年5月27日，厚田の小定置網で得られた産卵群標本は，平均脊椎骨数が53.94個であった（Table 4）。過去にも厚田ではテルペニア系群の産卵群が漁獲されており⁵⁾，この集団は産卵期や平均脊椎骨数からみてテルペニア系群の産卵群と考えられた。しかし，今回の調査結果では，北海道沿岸においてこのような特徴を持つニシン産卵群標本は，この1例以外みられなかった。テルペニア系群の産卵期は5～6月であるが，北海道沿岸では，5月に漁獲されるニシン産卵群は非常に少なかった。よって，近年，北海道沿岸へのテルペニア系産卵群の来遊は非常に少なかったと考えられる。これらのことから，利礼海域で冬季間に漁獲されているニシン集団は，大部分が北海道中部－北部日本海の海域内では産卵せず，魚群は産卵期に入る前にこの海域から移動してしまうものと思われる。

テルペニア系群は，Flolov¹⁵⁾がテルペニア地方群と呼

び、産卵場の中心がサハリン東岸と考えられる集団である。小林は、テルペニア系群について遺伝的な特徴を明らかにしている^{4,5)}。ただ、小林がテルペニア集団とした標本は、北海道の天塩、厚田で漁獲された産卵ニシンであり^{4,5)}、サハリン東岸の産卵ニシンを使った遺伝的な検討は行っていない。つまり、小林がテルペニア系群とした集団とFlolovがいうテルペニア地方群では、形態的な特徴は類似するものの遺伝的に同一の産卵集団であるかは疑問が残る。今後、利礼周辺のニシンと小林の示したテルペニア系群産卵群との遺伝的な比較が必要であるとともに、両者とサハリン東岸域の産卵群ニシンとの遺伝的な比較が重要であろう。また、テルペニア系群は過去からオコック海ニシン¹⁶⁾、東樺太系ニシン¹⁷⁾、北海種族の混合群⁹⁾、オホーツク群¹⁸⁾など様々に呼ばれ、オホーツク海に起源を持つ集団と考えられる²⁾。その一方、根室海峡や釧路、根室沖にも形態的¹⁹⁾、遺伝的に²⁾類似する集団が分布するとされており、また、今回示したように、利礼海域にも同系群が分布する。今後、テルペニア系群の分布・移動特性や生物学的・遺伝学的特徴をさらに検討し、同系群全体の資源動向を把握していく必要がある。

今回の報告では主に沿岸漁業の状況を明らかにしたが、沖合い底びき網漁業には言及できなかった。この海域では稚内、留萌、小樽にそれぞれ沖合い底びき網があり、重要な漁業となってきた。Fig. 2で示したように、当海域で沖底漁業によって漁獲されるニシンは年によって全体の60%以上を占める年もあり、ニシンを漁獲する漁業として沖底漁業は無視できない。2000年6月には留萌の沖底漁船3隻全船が廃業し、稚内でも沖底船の減船が相次ぐなど、近年、沖底漁業も大きく変化している。今後は沖底漁業によるニシンの漁業実態も明らかにしていく必要がある。また、ニシン全体の資源動向を把握するために、今後もきめ細かい漁業情報の収集や漁獲物の生物学的特徴の把握、およびこれらの解析を継続していくことが重要である。

要 約

沿岸漁業の実態や漁獲動向、漁獲物の生物的特徴等から、最近年の北海道中部～北部日本海海域におけるニシン資源構造について検討した。

1. 沿岸漁業と沖合い底びき網漁業の対比では、1995～2000年の6ヵ年のうち1995年、2000年以外は沿岸漁業の占める比率が沖合い底びき網漁業より高かった。
2. 現在、ニシンを漁獲する沿岸漁業はニシン刺し網がほとんどで、その他刺し網の漁獲量を加えると、刺

し網による漁獲比率は沿岸漁業全体の92%以上であった。

3. 1991～2000年における地域別の年間総漁獲量で見ると、近年は利礼海域の漁獲量が当海域全体の漁獲動向を左右していた。
4. 北海道西岸沿岸で近年漁獲されているニシンの大部分は石狩湾系群と考えられた。
5. 北海道沿岸において1997年以降石狩湾系群の漁獲量が増加した。
6. GSI値と漁獲量の時期別変化傾向からみて石狩湾系群の主産卵期は2～4月頃で、地域や年による成熟の進行度合いに差はほとんどないと考えられた。この系群は石狩湾から宗谷湾までの沿岸域を産卵場として利用していると考えられた。
7. 北海道沿岸では5月に石狩湾系群以外の産卵群もみられたが、石狩湾系群以外の産卵群は非常に少ないと考えられた。
8. 利礼周辺では11～2月頃が主漁期であり、産卵前の越冬群を漁獲していると考えられた。これらのニシンは石狩湾系群とは異なる系群でテルペニア系群との繋がりが深いと考えられた。

謝 辞

本報告で使用した漁獲物標本の収集、生物測定や漁獲統計の収集に多大な尽力を頂いた水産技術普及所の皆様、特に石崎裕之、阿部 規、河井 渉、代田伸一、越智雅博、今野幸広、宮本正夫の各氏に心からお礼申し上げます。

文 献

- 1) Motoda, S. and Hirano, Y.: Review of Japanese herring investigations. Rapp.p.-v.Reun.cons.int. Explor.Mer., 154, 240-261(1963)
- 2) 田中伸幸、三宅博哉: ニシン・北海道立稚内水産試験場平成11年度事業報告書・85-90(2000)
- 3) 高柳志朗・田中伸幸: 資源管理基礎調査・平成8～10年度 日本海ニシン資源増大プロジェクト報告書・北海道立稚内水産試験場, 2000, 106-158.
- 4) 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・遠洋水研報・30, 1-77(1993)
- 5) 小林時正: 石狩湾に出現する遺伝的に異なる産卵ニシンの2群とその考察・北水研報・48, 11-19(1983)
- 6) 入江隆彦: 北海道・樺太周辺水域のニシン系統群について・北水研報・45, 1-14(1980)
- 7) 菅野泰次: オホーツク海北海道近海におけるニシン *Clupea pallasii* の系群構造・日水誌・48(6), 755-762

- (1982)
- 8) 三上正一・田村真樹・高 昭宏：石狩湾のニシンについて．北水試月報．25(7), 2 -12(1968)
 - 9) 藤田経信・小久保清治：鯨の研究．水産研究彙報．1, 1 -14(1927)
 - 10) 北浜 仁・中山信之：昭和31年の若令春ニシンの鱗相について．北水試月報．14(3), 2 - 5(1957)
 - 11) 倉上政幹：北海道春鯨漁況予知に就いて．北海の水産．創刊号． 3 25-29(1924)
 - 12) Flolov, A.I.：樺太ニシンの地方的形態について．太平洋漁業海洋学研究所報告．32 (1950)(竹村浩吉訳，ソ連北洋漁業関係文献集．17, 1 -10)
 - 13) 三宅博哉・金田友紀：ニシン．北海道立稚内水産試験場平成 7 年度事業報告書．135-143(1997)
 - 14) Kozlov, B.M.：間宮海峡北部におけるニシンの生態と漁業．太平洋漁業海洋学研究所報告．65(1968) (平野義見訳，日ソ漁業科学技術協力翻訳印刷文献，ニシン編，水産庁，56-68)
 - 15) Flolov, A.I.：サハリン水域の湖沼ニシンの分布と生息条件．太平洋漁業海洋学研究所報告．65(1968) (平野義見訳，日ソ漁業科学技術協力翻訳印刷文献，ニシン編，水産庁，81-103)
 - 16) 山口元幸：鯨習性に関する調査（第 1 冊）．北水試水産調査報告．17, 1 -28(1926a)
 - 17) 半田芳男：北海道鯨の種類について．北海之水産，創刊号．25-29(1924)
 - 18) 近藤平八：近年の北海道・カラフト周辺のニシン (*Clupea pallasii* C. et V.)の状態について．北水試報告． 3, 1 -18(1965)
 - 19) 山口元幸：鯨習性に関する調査（第2冊）．北水試水産調査報告．18, 1 -29(1926b)

石狩湾系ニシンの漁獲量変動と体長組成の経年変化

高柳 志朗^{*1}, 石田 良太郎^{*2}

Annual catch fluctuations and size composition of Ishikari Bay herring
(Pacific herring, *Clupea pallasii* Valenciennes) for the last 40 years

Shiro TAKAYANAGI^{*1} and Ryotaro ISHIDA^{*2}

To examine stock size fluctuation and factors influencing it, we estimated annual catches since 1962 using fishery statistic data and published reports. Also, yearly size compositions of Ishikari Bay herring spawners caught between 1967-1977 and 1996-2000 were calculated. Annual catches have ranged from 1 (in 1993) to 239 (in 2001) metric tons. Catches have fluctuated on a relatively large scale over a short term in the 1970s, thereafter decreasing to a low level from the 1980s until 1996. In 1997, catches sharply increased; they have remained high at levels over 100 metric tons. Fork length frequency distributions of herring showed mono-modal or bimodal shape, mainly consisted 2-year-old fish (mean fork length 23-25 cm, spawning for first time). This result suggests close association with short time fluctuation of Ishikari Bay herring stock.

キーワード：ニシン，石狩湾，地域性，漁獲量，変動周期，体長組成

はじめに

石狩湾を中心とする道西日本海沿岸には，1900年代には数十万トンの漁獲があり，1950年代後半以来遊が途絶えてしまった春ニシン（北海道・サハリン系ニシン）とは遺伝的に異なる地域性ニシンが存在する^{1, 2}。このニシンは“石狩湾系ニシン”と呼ばれ，1996年から人工種苗を生産・放流し，資源増大を図る栽培漁業の試みが，北海道庁の事業として始められた。この中で，資源管理を進めるための基礎として，生態や資源に関する研究も実施されている。資源管理対策を実行するためには，資源解析を行うこと，資源を評価・診断することが不可欠であり，その第1の基礎資料となるのは漁獲量である。石狩湾系ニシンの漁獲量については，菅野³により，1964～1979年までのデータが図示されている。このもとになったのは，三上^{4, 5}および北海道立中央水産試験場⁶の資料である。近年の研究により，石狩湾系ニシンの産卵場の分布範囲は従来想定された留萌南部海域よりさらに広く，宗谷湾まで及ぶと推定されている⁷。そこで，本研究では各種の漁獲統計資料や上述の報告書

などを用い，一定の基準を設けて，分布域をカバーした漁獲量の再集計を行った。また，同時に1980年以降の資料についても整理した。これらの結果から，比較的長期の石狩湾系ニシン産卵群漁獲量を推定し，その変動の特徴把握および周期性の検討を行った。さらに，中央水試に保存されていた体長組成などの生物統計資料を再整理し，年級群構成の推定を行った。そして，これらの関連と漁獲量変動に内在する要因について考察を加えた。

材料と方法

1. 石狩湾系ニシン産卵群漁獲量の推定

石狩湾系ニシンの産卵群は，主として刺し網漁業により，一部は定置網類で漁獲される。その漁場は石狩湾や留萌海域を中心し，稚内海域（宗谷湾）に至る（離島を除く）沿岸域と推定される（Fig. 1）。近年の漁業実態の調査により，沿岸域において秋季から初冬にも漁獲されることや，1～3月には沖合域で底曳網や一部エビ桁網で漁獲されることが知られている⁸。しかし，ここでは，産卵群の経年的な変化から資源動向を把握するこ

報文番号 A344（2002年3月26日受理）

*1 北海道道立中央水産試験場（Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Hamanaka-cho, Yoichi, Hokkaido 049-8555, Japan）

*2 北海道道立釧路水産試験場（Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station, Hamamachi Kushiro, Hokkaido 085-0027, Japan）

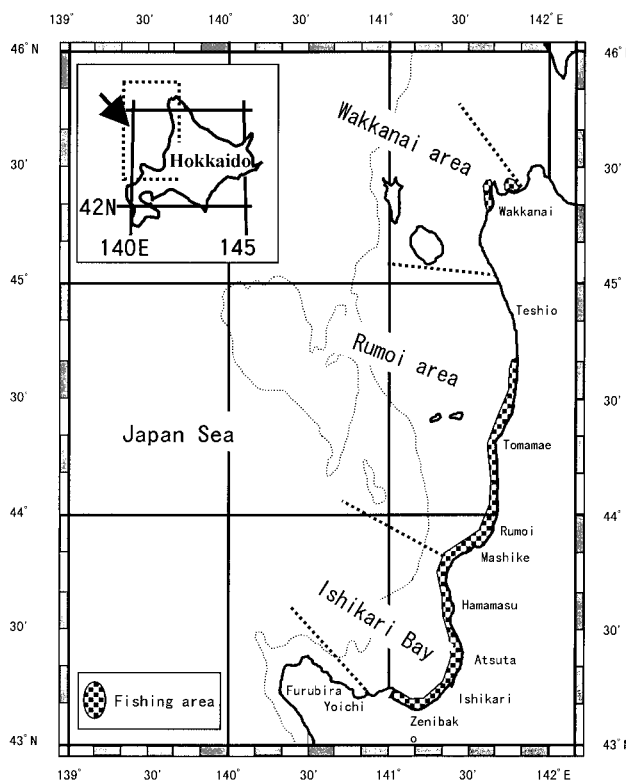


Fig. 1 Main fishing areas in west coast of Hokkaido for Ishikari Bay herring.

とを主目的とし、資料が比較的整っている1975年以降について、沿岸域に限り産卵群の漁獲量を推定した。また、それ以前についても資料の再整理を行った。

1. 1 用いた資料および漁獲統計

漁獲量推定に用いた報告書や統計資料は、A：三上ら⁵⁾、B：北海道立中央水産試験場⁶⁾、C：電子化された「北海道水産現勢」1973～1984年(1974年はデータなし)、D：電子化された「北海道水産現勢dBase版」1985～2000年、E：2001年稚内・留萌北部・留萌南部、石狩および後志北部地区水産技術普及指導所調べの速報値である。さらに、1962年については北海道水産部漁政課編「昭和27年度北海道漁業現勢」で石狩支庁の魚種別月別漁獲量を調べた。Aは小樽市、石狩市、厚田村および浜益村について漁業協同組合別に、BはAに加えて留萌南部(増毛町～小平町)の石狩湾系ニシンの産卵群漁獲量が記載されている。Cでは魚種別月別市町村別に、Dでは魚種別月別地区(漁業協同組合)別にニシン漁獲量(kg)を得ることが可能である。用いた資料を海域別(市町村別あるいは地区別)に示すと以下の通りになる。

【石狩湾(小樽市、石狩市、厚田村および浜益村)】1963～1969年は資料A、1970～1979年は資料B、1980～1984年資料はC、1985～2000年は資料Dを用いた。ただし、小樽市および石狩市では、1970～1972年は資料B、1973

～1984年は資料Cを用いた。

【留萌海域(留萌支庁管内)】1970～1976年は資料B、1977～1984年資料はC、1985～2000年は資料Dを使用した。ただし、1970～1972年については、留萌南部(増毛町、留萌市および小平町)に限られる。

【稚内海域(稚内市および豊富町)】1973～1984年は資料C、1985～2000年は資料Dを用いた。

1. 2 推定方法とその根拠

石狩湾系ニシンの産卵場の分布範囲や産卵時期に着目し、産卵群漁獲量を以下の方法で推定した。

【集計期間】集計対象期間を漁獲時期、1～4月に限った。石狩湾系ニシンの産卵期は、石狩湾では2月上旬～4月上旬、留萌以北の海域では2月から5月上旬であるが、その盛期は2月下旬～4月下旬と考えられる⁷⁾ことがその根拠である。また、産卵期前の1月にも早期来遊群として一部沿岸域で漁獲されることを考慮した。さらに、5月以降には石狩湾系ニシンではない他系群の産卵魚が来遊し^{2,9)}、漁獲されている可能性があるため、5月を除いた。ただし、1985～1988年は、北海道・サハリン系ニシン1983年級群の豊度が高く、道西日本海沿岸にもこれが来遊し、5月を中心に4～6月に比較的多く漁獲されたことから¹⁰⁻¹³⁾、1985～1988年では、1～3月についてのみ集計した。

【集計海域および漁法】集計対象海域を石狩湾から宗谷湾までの道西日本海沿岸域に限定した。小樽市漁業協同組合を西端とし、声問漁業協同組合を東端とする範囲に含まれた漁業協同組合を集計対象とした。これは、これらの海域が近年に行われた漁獲物の調査結果⁸⁾に基づいて推定された石狩湾系ニシンの産卵海域であることがその理由である。古平町以西の石狩湾では石狩湾系ニシン産卵群の分布は確認されていない。また、余市町でも本系群の来遊は認められているが、石狩湾系の資源が急増した1997年以降でも、まとまった漁獲はなかったため、余市町以西は本報告の漁獲量に含めなかった。また、稚内海域で本系群が確認されているのは西稚内坂の下沿岸と宗谷湾声問沿岸のみである。

一方で、沖合域では石狩湾系ニシンの産卵群が1～3月を中心に底曳網で漁獲されていることが脊椎骨や成熟に関する近年の調査から分かっている。しかし、それ以前の生物学的情報が非常に乏しいため、過去にさかのぼって漁獲動向を推定することは困難であると判断し、ここでは、沖合域で操業する沖合底曳網、エビ桁網や知事許可の刺し網(ニシン刺し網、ホッケ刺し網)による漁獲量は含めなかった。

また、沿岸域でも、4～6月に石狩湾では主として定置網類(小定置網および底建網)で、石狩湾系ニシンの

未成魚が漁獲される⁵⁾ことが、近年の漁業実態調査でも確認されている。産卵後のニシンの漁獲もいくらか認められてはいるが、ここでは、石狩湾において4月に定置網類で漁獲されたニシンは未成魚とみなし、産卵群の漁獲量から除いた。

2. 漁獲量の周期性の検討

以上のような方法により推定された石狩湾系ニシン産卵群漁獲量を用いて、コレログラム分析¹⁴⁾により、周期性の検討を行った。ただし、1997年にそれまで低迷していた漁獲量が大きく急増し、それ以前と以降では変動傾向に大きな違いがみられたので、ここでは1962～1996年と1962～2001年の2つのシリーズに分けて、石狩湾系ニシン産卵群漁獲量変動の周期性検出を試みた。なお、1977年と1983年の稚内沿岸域で漁獲された産卵ニシンを用いた系群に関する研究において、これらの標本は石狩湾系ニシンと異なる系群であることが示されている^{2,9)}すなわち、1976年～1983年頃では、最近の道西日本海沿岸とはニシンの系群構成が異なっていた可能性があり、稚内海域については本解析から除いた。

3. 体長組成の推定

1967～1977年の体長組成推定に用いたデータは、厚田村沖の沿岸域で1～3月に刺し網により漁獲されたニシンで、成熟度、生殖腺重量および生殖腺重量指数から産卵群と判断されるものに限定した。1996年以降については、主に厚田沖と留萌市および小平町沖において2～4月に刺し網により漁獲されたニシン標本を用いた。年次別の測定標本数と測定尾数をTable 1とTable 2に示した。漁獲物全体の体長組成は以下の方法で推定した。各月の1旬を時期の基準として、旬毎に採取された標本の体長

組成、平均体重と旬毎の漁獲量を用い、体長階級別漁獲尾数を求めた。そして、それらを合計し全体の体長階級別漁獲尾数を算出し、体長組成を推定した。なお、旬毎に標本が得られていない場合は、複数の旬の漁獲量をまとめて使用し、複数の旬の体長組成を推定した。1967～1977年については、厚田沖で得られた標本で体長組成を代表させ、厚田漁業協同組合での漁獲量を用いて引き延ばした。1996～2000年では、海域を石狩湾と留萌海域に分け、厚田沖と留萌・小平沖の標本と海域毎の漁獲量を用い、それぞれの体長階級別漁獲尾数を求め、それらを合計して海域全体の体長階級別漁獲尾数を推定した。石狩湾の2000年および2001年では、銘柄別に標本を抽出し、銘柄別漁獲量によって引き延ばし、漁獲物全体の体長階級別漁獲尾数を推定した。なお、ここでは体長および成長に雌雄間で差がない¹⁵⁾として扱った。

結 果

1. 推定された漁獲量とその変動

1962年以降の北海道日本海沿岸域における産卵群の漁獲量は0.043トン(1987年)から239トン(2001年)の間で変動している(Fig. 2)。1970年代までは小刻みではあるが比較的大きく変化し、1980年代以降1996年までは非常に低い水準で推移していた。その後、1997年に急激に増加し、2001年までこの系群としては最高レベルを維持している。また、変動幅は7,242倍(239/0.043)となり、比較的大きかった。

これを海域別にみると、石狩湾では0.033トンから

Table 1 List of sampling times and specimens obtained from Atsuta area, Ishikari Bay area, in the present study.

Year	Time of sampling	No. specimens
1967	6	314
1968	3	137
1969	4	239
1970	5	355
1971	2	195
1972	2	67
1973	6	542
1974	4	172
1975	5	324
1976	6	450
1977	3	254
1996	5	268
1997	7	538
1998	7	621
1999	8	616
2000	9	565

Table 2 List of sampling times and specimens obtained from southern Rumoi area.

Year	Time of sampling	No. specimens
1996	5	284
1997	7	687
1998	11	832
1999	10	784
2000	8	589

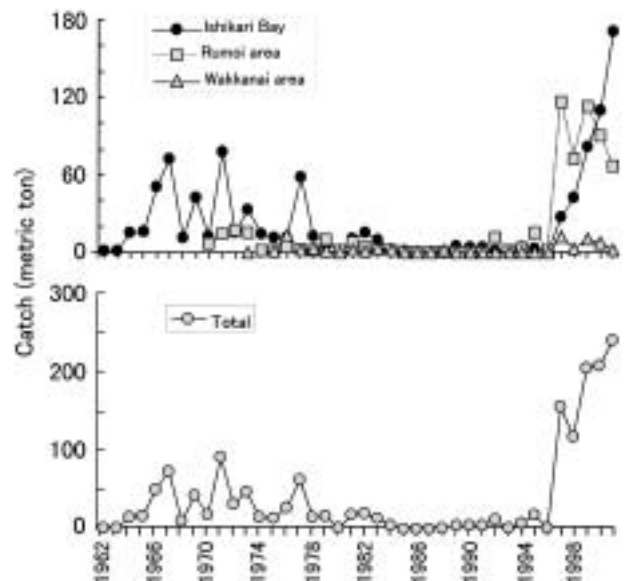


Fig. 2 Estimated annual catch of Ishikari Bay herring spawners by coastal fisheries in Hokkaido of the Japan Sea.

170.0トン, 留萌海域では0.01トンから117.6トン, 稚内海域では0.001トンから12.8トンの幅で変動している。また, 石狩湾についてみると, 1999年~2001年の漁獲量は81.5~170.2トンであり, それまで最も多かった1971年の78.2トンを上回っている。

石狩湾, 留萌海域および稚内海域のそれぞれ3つ海域の漁獲量が全体に占める割合は, 石狩湾では11.2~96.6%, 留萌海域は1.0~88.6%, 稚内海域は0~77.3%であり, 年による漁獲の海域間差は, 非常に大きかった。一方で, 平均の割合は石狩湾59.8%, 留萌海域31.9%, 稚内海域では8.3%で, 石狩湾での漁獲割合が多い傾向がある。

漁獲量の海域間相関関係を検討すると, 石狩湾VS留萌海域(1970~2001年)では相関係数 $r=0.643$, 石狩湾VS稚内海域(1975~2001年)では相関係数 $r=0.352$, 留萌海域VS稚内海域(1975~2001年)では相関係数 $r=0.693$ であった。石狩湾VS稚内海域では有意水準5%, それ以外では有意水準1%で正の相関が認められた。なお, 本報告で12.8トンと稚内海域でもっとも漁獲が多かったと推定された1976年に, 稚内水試¹⁶⁾によれば, 2~4月に稚内沿岸(主として西稚内)において78トンを超える漁獲量があったとされる。この差の原因については明らかではない。ただし, 1976年を除いて海域間漁獲量の相関関係を求めたところ, 石狩湾VS稚内海域および留萌海域VS稚内海域の相関係数は, それぞれ $r=0.458$ ($p<0.01$), $r=0.893$ ($p<0.01$) となった。

2. コレログラム解析による変動周期

1962~1996年の漁獲量を用いたところ, 時間間隔2年($r=0.483$), 4年($r=0.504$), 5年($r=0.373$), 6年($r=0.459$)に有意な周期性($p<0.01$)が検出された(Fig. 3)。しかし, 1962~2001年のデータを用いた場合には, いずれの時間間隔にも有意な周期性は検出されなかった。

3. 尾叉長組成の経年変化

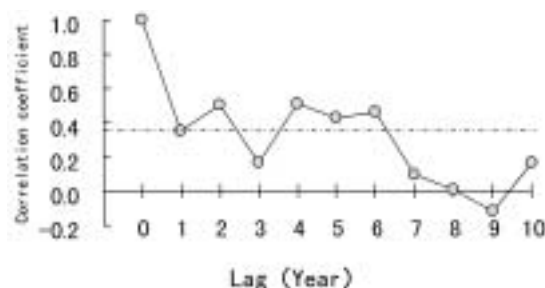


Fig. 3 Auto-correlation for the catch data of Ishikari Bay herring spawner from 1962 to 1996.

1967~1977年に, 厚田村沖で漁獲された石狩湾系ニシンは, 尾叉長21~36cmの範囲であった(Fig. 4)。尾叉長(体長)組成は, 年により異なり, 単峰型を示す場合や複数のモードを持つ場合があった。1969年, 1973年, 1975年および1977年は単峰型であり, そのモードは1969年と1973年では25cm, 1975年では24cm, 1977年では26cmであった。1968年, 1970年および1971年には2峰型を示したが, そのモードは1968年では24cmと27cm, 1970年では24cmと28cm, 1971年では23cmと31cmにみられた。また, 1967年および1972年の尾叉長は範囲が広く, ほぼ3峰型を示し, そのモードは1967年では22cm, 28cmおよび32cm, 1972年では24cm, 26cmおよび32cmにみられ, 1967年では35cm以上の大型魚の出現もみられている。1974年では24cm, 28cmおよび31cm台にモードを持った。なお, 1976年では, モードが一つであったが, 範囲の幅は広がった。

1996~2000年における推定した石狩湾系ニシン漁獲物の尾叉長組成をFig. 5に示す。1996年は, 24cmと27cmにモードを持つ2峰型を示していたが, 漁獲量が急増した1997年では24cmモードの単峰型であった。1998年以降は, 頻度やモードの位置は年により異なっているものの, ほぼ2峰型を示した。

1967~1977年と1996年以降の尾叉長組成を比較すると, 1967年に32cmを超える大型の個体の出現頻度が高いほか, 両年代とも尾叉長が20~30cmの範囲での頻度が高い。

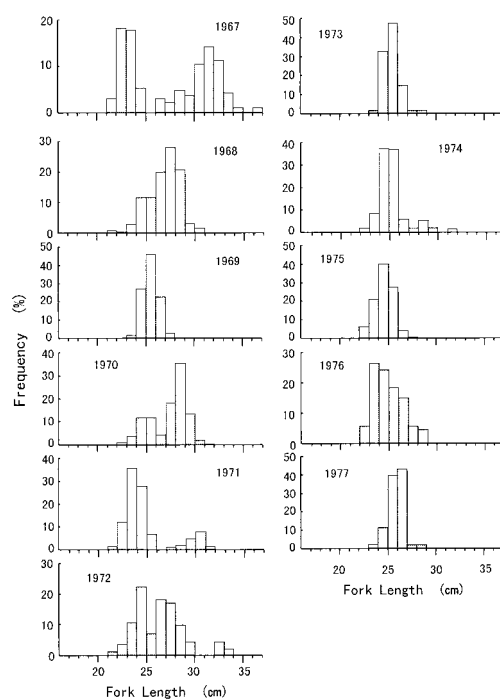


Fig. 4 Fork-length frequency distributions of Ishikari Bay herring caught off Atsuta coast between 1967-1977.

ただし、1967～1977年では単モードの場合が多く、1996年以降では1997年を除いてすべて複数のモードを持っていた。

漁獲量の多い年に注目し、尾叉長組成と漁獲量との関連をみると、単峰型を示した年あるいは尾叉長の小さい方の山の高さ（頻度）が高いときには、漁獲量が前年に

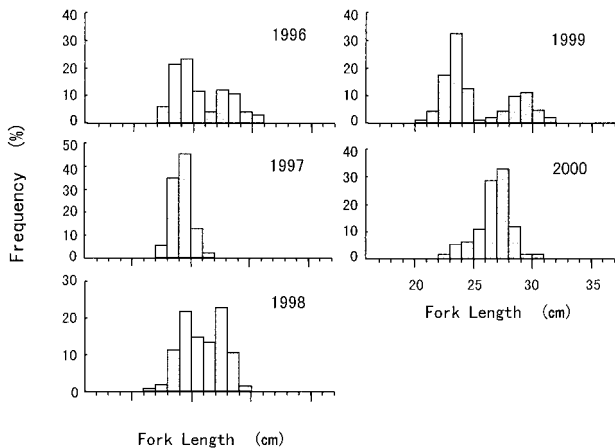


Fig. 5 Estimated fork-length frequency distributions of Ishikari Bay herring caught off the Japan Sea coast of northern Hokkaido from 1996 to 2000.

比べ増加した（1969年、1971年、1977年、1997年および1999年）。

4. 尾叉長組成の海域間比較

ここでは、石狩湾と留萌海域で漁獲されたニシンの尾叉長組成を比較し、来遊する産卵群の体サイズに海域間差があるのかどうかを、近年得られたデータを用いて検討してみる。聞き取り調査によれば、両海域間とも操業形態などには大きな差はなく、来遊するニシンの大きさに応じて刺し網の目合いを変えながら操業し、特定のサイズに偏るような漁獲は行っていないと考えられる。

1996～2000年について、石狩湾および留萌海域で漁獲されたニシンの尾叉長組成推定結果をFig. 6に示した。1997年で両海域とも24cmにモードを持つ単峰型で同様な組成を示した以外は、両海域では異なる組成を示し、特に1998年と2000年では大きく異なっていた。1998年の石狩湾では24cmモードの小型魚のみであったのに対し、留萌海域では27cmモードを持ち、大型の魚群が大部分を占めた。2000年では、石狩湾においては23・24cmモードの小型魚が比較的多くみられていたが、一方、留萌海域では27cmモードの魚群のみ出現した。また、同じ年の両海域の尾叉長組成には、どちらか一方の海域において魚体が大きいといった、一定の関係は認められなかった。

考 察

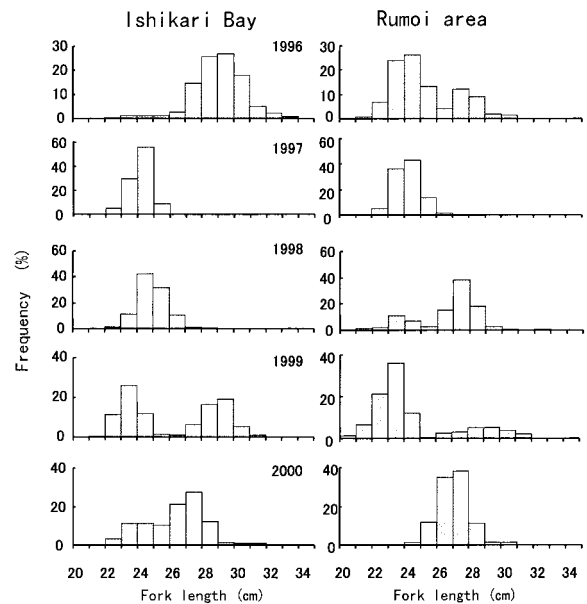


Fig. 6 Estimated fork-length frequency distributions of Ishikari Bay herring caught in the Ishikari Bay and Rumoi area, in the northern part of the Japan Sea, from 1996 to 2000.

1. 漁獲量の推定とその妥当性の検討

石狩湾系ニシン産卵群の漁獲量を求めるに際し、その産卵期に基づいて1～4月における漁獲量とした。1996～2001年の石狩湾の場合、4月上旬でニシン刺し網漁業は終了し、5月には小定置網による石狩湾系ニシンの産卵群の漁獲は認められなかった⁸⁾。留萌南部（苫前～増毛）でもほとんどの地区で4月にはニシン漁業が終わる。しかし、留萌北部（羽幌町）以北では漁模様の良い年には、5月に入ってもニシン漁業が行われる。この場合、本報告の方法による漁獲量の推定値は過小評価となる。

また、留萌以北の海域、特に稚内沿岸域には、石狩湾系ニシンと産卵期が重なる別系群が存在する^{2,9)}。これらとの識別の必要性もあり、今後さらに、脊椎骨数、鱗相、成長、年齢・成長と成熟との関係など生物学的・生態学的知見知見を収集・蓄積し、各系群の時空間的分布についての検討を進める必要がある。なお、以下に5月以降まとまった漁獲がある留萌～稚内海域における近年の漁獲量について記す。漁獲量が急増した1997年以降、ここで産卵群漁獲量として推定した1～4月の漁獲量を1として、5月漁獲量の割合を示すと、留萌南部海域では0.03～0.08、留萌北部0.03～0.07、稚内海域では0.05～0.26であり、両海域を合わせると、0.02～0.04であった。

推定におけるもう一つの問題として、1985～1989年には時期を1～3月に限ったことが挙げられる。これらの年には、北海道・サハリン系ニシンが一時的に増大し、

日本海沿岸域では5月を中心として4～6月に、数百トン～2千数百トン以上の規模で漁獲があったとされる¹⁰⁻¹³⁾。これを除外するために、1月～3月のみの集計としたが、そのため推定値は過小評価になっている可能性がある。ただし、これらの年では、石狩湾系ニシンに限定した漁獲量を取り出すのは困難で、この方法の採用はやむを得ないと考えられる。なお、この期間('85～'89)の4月において、石狩湾から稚内海域の日本海沿岸域で刺し網や定置網類により漁獲された数量は、1985年14.7トン、1986年86.2トン、1987年371.1トン、1988年143.3トン、1989年10.4トンである。

さらに、本報告では対象海域を沿岸域のみとし、漁法は刺し網を主体とする沿岸漁業に限った。近年の調査結果では、沖合底曳網による本系群産卵群の漁獲も認められ、沿岸で漁獲されている産卵群の接岸前である1～3月には、1997～2001年では28.1トン～115.6と推定されている(Appendix)。同じ年の沿岸漁業の漁獲量を1とすると、沖合域では0.04～0.83となり、沖合域の漁獲割合は非常に高い場合もある。しかし、1995年以前では沖合域に分布するニシンの脊椎骨数、鱗相、成長、年齢・成長と成熟との関係など生物学的・生態学的知見がほとんどないため、ここでの石狩湾系ニシン漁獲量を推定することは困難である。

今後、道西日本海沿岸に分布するニシン各系群の資源動向把握や資源評価を行うためには、沿岸域のみならず沖合域の漁獲状況調査や漁獲物のモニタリング調査を継続実施すること、そして年齢、脊椎骨数計数、鱗相および成熟の状態などの生物統計調査を行い、系群に関する情報を継続的に得ることが必要である。

2. 海域間漁獲量の相関

本研究で推定した産卵群漁獲量を海域に分けてその相関関係を調べたところ、それぞれ正の相関を持つことが明らかとなり、各海域間で関連した漁獲量変動をしていることが示された。このことは、石狩湾系群という一つの資源変動の単位として推定されたことを示唆する。

ただし、以下の理由から、1976年および1977年において稚内海域で漁獲されたニシンは、石狩湾系ニシンとは異なる系群が漁獲された可能性が強い。入江⁹⁾の研究に用いた1977年の標本は、鱗相や成長および年齢組成の違いから石狩湾ニシンとは異なる系群であるとされる。この標本の中心となっていた年級は1972年および1973年級であった。稚内水試¹⁶⁾によれば、1976年に漁獲されたニシンの体長は23～33cmの範囲で、そのモードと年齢・体長関係⁹⁾から3～5歳が中心であったと推察される。これは、1971～1973年級に相当し、1976年の稚内海域で漁獲されたニシンは1977年に入江が標本とした系

群と同じである可能性が強く、その場合石狩湾系群とは異なることになる。以上のことに加え、1983年の小林がアイソザイム解析に用いた標本が従来の系群のいずれにも属さない可能性が示唆されている。以上のように、1976年、1977年および1983年の稚内海域における石狩湾系ニシンの漁獲量推定値には、現在となっては解消不可能な問題点や不確実的要素が存在する。

3. 漁獲量変動の特徴および変動の規模

石狩湾系ニシン産卵群の漁獲量は、0.04トンから239トンと推定された。石狩湾系ニシンでは変動幅は、大きく見積もって7,242倍(3.9桁)と推定された。ただし、最低漁獲量である1987年を含めた1985～1987年の推定値は、前述したように過小評価をしている可能性がある。それを除くと実質の最低漁獲量は1993年の1.002トンとなり、変動規模は239倍(2.4桁)程度と考えられる。最近年(1996～2000年)では、沖合底曳網で漁獲された分を含めるとさらに多くなるが、それでもおよそ3桁であると考えられる。

推定された漁獲量の変動から、石狩湾系ニシン資源の特徴を推察すると、資源の規模は大きくなくむしろ小さいこと、1960年台後半から1970年代にみられたように小刻み変動すること、さらに変動は比較的大きいことである。

漁獲量変動の規模は、大回遊をする春ニシン¹⁷⁾では5～6桁、湖沼性ニシン³⁾では2～3桁、万石浦ニシン¹⁸⁾では3桁程度である。石狩湾系ニシンの規模は、大きい方を採用した場合は万石浦、小さい方を採用した場合は湖沼性ニシンと同じ程度と考えられる。

4. 漁獲量変動の要因と体長組成の経年比較

1996年以前の漁獲量変動には2年を基本単位とする短周期的な周期性が認められた。ただし、資源が急激に増大した1997年以降を含めるとその関係は崩れた。とはいえ、2年の比較的短い周期性が認められたことは、その要因の一つとして、初回産卵が2歳であり、2歳魚を中心とする親子関係を通じた再生産関係の存在を示唆するものと考えられる。能取湖ニシンでも、漁獲量変動の解析から2歳親魚とその子世代との間に量的関係が示唆されている¹⁹⁾。ただし、現時点では石狩湾系ニシンの再生産関係を詳しく論じる資料はなく、今後長期的なデータ収集と解析に委ねざるを得ない。

ここでは、変動に関連する資源構造(年齢群構造)、すなわち体長組成の経年変化から年齢組成を推察し、漁獲量変動との関連を検討する。石田ら¹⁵⁾および石田(未発表)によれば、石狩湾系ニシンの産卵期での平均尾叉体長は2歳23.7cm、3歳27.0cm、4歳30.0cm、5歳以上では32.5cmと推定されている。これを、1967～1977年およ

び1996～2000年の体長組成に当てはめると、以下のよう
に年齢組成が推察される。1969年，1973年，1975年およ
び1977年では初回産卵魚と推定される2歳魚の1年齢群，
1968年，1970年および1971年では2年齢群，1972年では
3年齢群，1976年でははっきりしないが，少なくとも複
数年齢で構成されているよう思われる。そして1967年では
4年齢群で構成されていた。最近年では1997年が単年
級（2歳）で構成されていた以外は，ほぼ2～3年級で
構成されていた。このように，石狩湾系ニシンの場合，
ほとんどが1～3つ程度の少ない年齢群で資源が構成され
ていると考えられる。そして，2歳魚と考えられる年
級群のみが占めるとき，あるいはその頻度が非常に高い
時には，漁獲量が前年に比べ増加した（1969年，1971年，
1977年，1997年および1999年）。このことは，卓越発生
年齢の出現により，資源変動が起きていることを示すも
のであり，春ニシン²⁰⁾など他のニシン²¹⁾と同様である。
ただし，1977年の漁獲物（26cmモード）が2歳なのか，
3歳なのか疑問が残っている。

いずれにしろ，石狩湾系ニシンでは単年級あるいは2
つという数少ない年齢群で構成されていることが多かつ
た。これは，石狩湾系ニシンの死亡率が非常に高いこと
を示唆するが，今後の詳しい解析を待たねばならない。

また，卓越発生群の出現が春ニシンのような低水温環
境と関連する²³⁾のかどうか，現時点では環境のデータ
が十分ではないため，データ収集を図り，解析・検討す
る必要がある。一方では，ニシン各系群の資源規模はそ
れらの生態，特に回遊範囲や初期成長，寿命が関連する
という見解³⁾があり，親の量や分布する水域内の個体群
間の密度調節機能がはたらく場合，おおむね小変動や傾
向的な変動になる傾向があるとの指摘がある¹⁹⁾。今後
このような観点からの検討も必要である。

5. 海域間での体長組成の比較

石狩湾と留萌海域では，産卵群の体長組成に大きな差
違がみられ，年齢組成にも海域により差があることが示
された。また，どちらか一方の海域において魚体が大き
いといった，一定のパターンは認められなかった。

春ニシンにおいて漁況予報の観点から解析された結果
によると，1935年頃（昭和10年代）では後志海域や石狩
湾などの南の漁場での漁獲物は，宗谷などの北の海域よ
り6歳以上の高齢魚の割合が高く，北の漁場では4～5
歳の割合が高いといわれている²³⁾。石狩湾系ニシン産
卵群では，このような一定の傾向はみられなかった。こ
のため，春ニシンで行われた方法で，このニシン資源の
産卵魚の年齢組成を予測することは困難であると考えら
れる。また，産卵群の年齢組成や年齢別漁獲尾数を推定
する際に考慮すべき問題となる。

ニシンの場合，一度産卵した魚も翌年産卵する。個体
毎の産卵場への回帰性が強い場合には，たとえば，石狩
湾と留萌海域に1997年に現れた2歳魚と推定される24cm
モードの魚群は，翌年3歳魚として石狩湾にも出現する
はずである。しかし，1998年の体長組成をみると，むし
ろ留萌海域に偏って来遊したと考えられることから，こ
のことは経産卵魚に限って言えば産卵回帰性はほとんど
ないか，あったとしてもそれほど強いものではないこと
を示唆する。これに関して，石狩湾系ニシン系群内にお
ける特定産卵場由来のニシンの回帰性については，現在
進めている人工種苗放流試験を通して，解明・検証でき
る可能性がある。

本報告では，漁獲量変動と環境要因との関連²⁴⁾につ
いて，さらには卓越発生と海水温変動との関連²²⁾は，
環境のデータが不十分なく（厚田海域における冬期から春季
の水温データは1980年以降に限られ，しかも断片的であ
る）ため検討できなかった。また，近年大西洋ニシンで
は親魚の栄養状態が加入量変動に関連する可能性も指摘
されている²⁵⁾。今後は，これらについて検討を進める
ため，環境データを収集し，親魚の栄養状態に関するデー
タを含め生物統計資料，並びに漁獲統計資料を充実させ
ることが重要である。そして，より詳しい解析を進め，
再生産関係を明らかにするとともに，資源変動に関連す
る要因の解明に取り組むべきであると考ええる。

謝 辞

留萌および稚内海域のニシン資源調査に携わった稚内
水試資源管理部田中伸幸研究職員からは，貴重な示唆な
らびに助言を頂いた。また，稚内，留萌北部，留萌南部，
石狩および後志北部の各地区水産技術普及指導所職員
の方々には，漁獲統計資料の収集やニシン標本の採取に際
し多大な協力を頂いた。これらの方々に対し，心から感
謝申し上げる。

文 献

- 1) 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）
- 2) 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．遠洋水研報．30，1-77（1993）
- 3) 菅野泰次：日本周辺海域に分布するニシンの系統群
とその生態．栽培技研．12(2)，59-69（1983）
- 4) 三上正一，田村真樹，高昭弘：石狩湾のニシンにつ
いて 昭和41～43年の調査結果 北水試月報 25(7)，

- 340-351 (1968)
- 5) 三上正一, 田村真樹, 高昭弘, 山下豊, 日南田八重: 石狩湾北部水域に來遊する産卵群の生態調査. にしん増養殖技術開発企業化試験昭和47年度経過報告書. 30-32 (1973)
- 6) 北海道立中央水産試験場: 昭和54年度 石狩湾新港海域生態調査報告書. 58-59 (1980)
- 7) 高柳志朗, 石田良太郎: 石狩湾系ニシンの繁殖特性. 北水試研報. 62, 79-89 (2002)
- 8) 田中伸幸, 高柳志朗: 近年, 北海道中部-北部日本の沿岸漁業で漁獲されているニシンの資源構造. 北水試研報. 62, 57-69 (2002)
- 9) 入江隆彦: 北海道・樺太周辺水域のニシンの系統群について. 北水研報告. 45, 1-14 (1980)
- 10) 林 清: 道西日本海ニシン資源の現況. 水産海洋研究. 50, 93-94 (1986)
- 11) 小林時正: 近年の北海道周辺海域のニシンの漁況と資源について. 漁業資源研究会議北日本底魚部会報. 20, 31-40 (1987)
- 12) 小林時正, 佐々木正義: 北海道周辺海域に最近のニシン漁況の特徴. 水産海洋研究. 50, 371-373 (1987)
- 13) 丸山秀佳: 北海道周辺の日本海からオホーツク海における1988年のニシン漁況について. 水産海洋研究. 53(1), 106-108 (1989)
- 14) 伊藤嘉昭, 村井 実: “第X章 周期分析”. 動物生態学研究法(下). 東京, 古今書店, 1977, 369-384.
- 15) 石田良太郎, 佐々木正義, 吉田英雄: 石狩湾系ニシンの年齢と成長. 平成9年日本水産学会秋季大会講演要旨集. 13 (1997)
- 16) 北海道立稚内水産試験場: 昭和52年度事業成績書. 35-42 (1978)
- 17) 花村宣彦: 北海道の春ニシン (*Clupea pallasii* Cuvier et Valenciennes) の漁況予報に関する研究. 北水研報告. 26, 1-66 (1963)
- 18) 児玉純一: ニシン. 平成6年度特定海域新魚種量産技術開発事業報告書. 2-13 (1996)
- 19) 菅野泰次: 能取湖に棲息する *Clupea pallasii* Cuvier et Valenciennes の生活史. IV. 年齢組成および漁獲量変動の要因. 北大水産彙報. 38(4), 358-365 (1987)
- 20) Motoda, S. and Hirano, Y.: Review of Japanese herring investigations. *Rapports et Proces-Verbaux des Reunions, Conseil Permanent International pour l'Exploitation de la Mer.* 154, 249-261 (1963)
- 21) 川崎 健(1982): 浮魚資源. 新水産学全集. 恒星社厚生閣, 東京, 327p.
- 22) Nagasawa, K.: Long-term variations in abundance of Pacific herring (*Clupea pallasii*) in Hokkaido and Sakhalin related to changes in environment conditions. *Prog. Oceanogr.* 551-564 (2001)
- 23) 今田光夫: 春ニシンの年齢と漁場. 北水試月報. 10(1), 22-29 (1953)
- 24) 児玉純一: 万石浦ニシンの個体群変動機構に関する研究. 宮城水産研報. 15, 1-42 (1997)
- 25) 栗田 豊: ノルウェー春産卵ニシンの繁殖生態と資源変動. 月刊海洋. 33(4), 237-241 (2001)

Appendix Estimates of annual catches for Ishikari Bay herring (Pacific herring) in the spawning season since 1962.

Year	Area			
	Ishikari Bay	Rumoi	Wakkanai	Offshore
1962	1.0			
1963	0.8			
1964	15.4			
1965	16.1			
1966	50.6			
1967	72.5			
1968	10.8			
1969	42.2			
1970	11.8	6.7		
1971	78.2	13.6		
1972	15.0	16.6		
1973	32.5	14.8		
1974	14.1	1.0		
1975	11.3	1.4		1.0
1976	11.4	3.6		12.8
1977	58.4	2.2		1.7
1978	12.1	1.3		2.5
1979	5.7	9.1		1.4
1980	1.2	0.9		
1981	9.9	7.1		1.6
1982	14.9	4.2		0.6
1983	9.3	2.0		2.6
1984	1.8	0.6		2.0
1985	0.5	0.1		
1986	0.5	0.1		
1987	0.0	0.0		
1988	0.4	0.0		1.5
1989	4.9	0.2		0.0
1990	3.9	0.3		0.1
1991	3.8	0.2		0.0
1992	1.4	11.1		0.0
1993	0.3	0.7		
1994	4.2	2.6		0.1
1995	2.7	14.8		0.2
1996	0.8	1.2		0.2
1997	26.7	117.6	12.5	6.3
1998	41.8	72.0	2.9	97.1
1999	81.6	112.8	10.3	115.6
2000	110.0	76.1	7.3	53.2
2001	170.2	66.6	1.9	45.4

Provisional in 2001.