

# 北海道南部太平洋海域におけるスケトウダラの資源量変動 に係わる海洋環境の経年変化

磯田 豊\*・清水 学\*・上岡 敦\*\*・松尾康弘\*  
大谷清隆\*・中谷敏邦\*

## Interannual Variations of Oceanic Conditions Related to the Walleye Pollock Population around the Pacific Sea Area, South of Hokkaido

Yutaka ISODA\*, Manabu SHIMIZU\*, Atsushi UEOKA\*\*,  
Yasuhiro MATSUO\*, Kiyotaka OHTANI\*  
and Toshikuni NAKATANI\*

### Abstract

Eggs of the walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, spawned on the shelf off Funka Bay, south of Hokkaido in winter, are known to be transported to the south along the shelf during several tens days, and then large numbers of first-feeding larvae are often found in Funka Bay. Therefore, it has been considered that the physical transport mechanisms have a significant impact on the survival of larvae and the recruitment of the population.

In order to assess possible physical cause of interannual variability in recruitment, twenty one years (1974-1994) were chosen to examine the relationship between interannual variations of meteorological and oceanographical conditions (wind, heat flux through the sea surface and the coastal Oyashio) and the recruitment success. Interannual comparisons suggest that the year with higher survival rate of larvae (year of 1980) is notable for the warm water and the strong northwesterly wind during late winter, mainly in March. This wind appears to affect both transporting patchiness of eggs into the bay and suppressing the southward flow of cold water of the coastal Oyashio. The period from February to March corresponds with the timing of the spring phytoplankton bloom and the increase of copepod nauplii, the main prey item of larval pollock at the first-feeding stage.

### 1. はじめに

北海道南部の太平洋に面する噴火湾の湾口からその東部陸棚域は北海道東部から東北太平洋に至る広い範囲を生活領域とするスケトウダラ (*Theragra chalcogramma*) の主産卵場になっている (中谷, 1994).

1997年6月23日受付 1997年10月31日受理

\* 北海道大学水産学部

Faculty of Fisheries, Hokkaido University, 3-1-1  
Minatocho, Hakodate 041-0821, Japan

\*\* (株)ホームマック

Homac Co. Ltd., 2-9-20 Kajicho, Hakodate 041-0852,  
Japan

噴火湾周辺海域では毎年10月から翌3月までの期間、この産卵親魚群を対象に4~11万トン漁獲がされている。Fig. 1はスケトウダラ漁獲量(A)と漁獲物の年齢組成より求めた各年級群の累積漁獲尾数(L)の経年変化を示す。ここで、一定の漁獲圧を仮定すれば、Aは各年の産卵親魚量、Lは各年級群量の相対的な大きさとみることができる。Lは1980年級群で特に多く、この年級群が5~8歳の産卵親魚に成長した年にあたる1985~1988年の豊漁をもたらしたことがわかる。中谷(1995)は1980年級群が発生した年の漁獲量が4万トン程度とあまり多くなく、親と子の数量的関係がみ

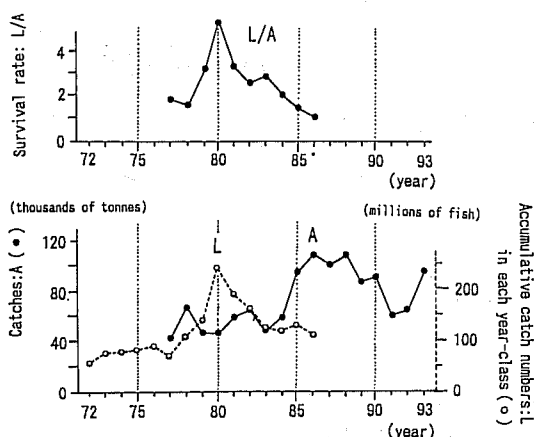


Fig. 1. Upper panel shows the interannual change in L/A. Lower panel shows the interannual change in catch of walleye pollock (A) in number at the fishing ground south of Hokkaido and accumulative catch numbers (L) in each year-class (arranged from MIHARA et al., 1995).

られないことから、資源変動における生活史初期の生き残りの重要性を指摘している。そこで、生残率の相対的な大きさの指標であるL/Aの経年変化(1977-1986年)をみると、生残率は1980年に特に高く、1977-1978年と1984~1986年に低かったことがわかる。このような生残率の経年変化の主たる原因が解明できれば、スケトウダラ資源の将来予測も可能になると考えられる。

噴火湾周辺におけるスケトウダラ初期生活史の大きな特徴として、産卵場と生育場の地理的な違いがあげられる。Fig. 2に1988年2月に噴火湾周辺海域で行われたスケトウダラ卵・仔魚の広域分布調査結果(NAKATANI and MAEDA, 1989)の一例を示す。卵は陸棚域一帯に分布し、産卵後15~20日程度で孵化した仔魚は主として噴火湾内に分布している。この分布の違いは、産卵場の陸棚域から成育場である噴火湾への卵輸送を示し、この卵輸送過程における初期減耗が初期生残率を左右する要因の一つとして考えられる。このような卵輸送メカニズムとして、例年2~3月に湾外から湾内へ流入する沿岸親潮に伴う密度流が考えられてきた(例えば、前田ら, 1979)。沿岸親潮はオホーツク海の融氷水を起源とした低温低塩分で特徴付けられる水塊である。噴火湾に至る沿岸親潮の典型的な流路をFig. 3の白抜き矢印で模式的に示した。しかし、近年の調査では、沿岸親潮が流入する前にも、すでに湾内には卵・仔魚が広く分布し(例えば、NAKATANI

and MAEDA, 1989), 沿岸親潮の流入以外の卵輸送メカニズムが示唆されている。清水・磯田(1997a)はその候補の一つとして、冬季卓越する北西風によって形成される吹送流の存在を指摘している。Fig. 4は清水・磯田(1997a)の数値モデルを利用して計算した $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ の様な北西風により形成される定常状態の流れ場を示す。計算された吹送流の特徴は、噴火湾内に形成された時計回りと反時計回りの渦対である。清水・磯田(1997a)では、卵を模したモデル粒子が湾内の渦対に接続した湾中央部の湾外から湾内への流れに乗って輸送される様子が計算されている。

上述した卵輸送の経年変化、すなわち、沿岸親潮の流入量や流入時期、北西風に伴う吹送流の大きさの経年変化によって、噴火湾内への卵の輸送量は大きく影響を受けることが推測される。そこで、本研究では過去21年間(1974~1994年)における海洋環境の経年変化を調べ、スケトウダラの生残率の指標であるL/Aの経年変化を最もよく説明できる卵輸送メカニズムについて検討する。特に、1980年の高い生残率の年に注目し、スケトウダラ資源量の増加に寄与した主たる環境要因について考察を行った。

## 2. 噴火湾周辺における水温場の経年変化

### 2.1 噴火湾湾口における沿岸水温の経年変化

噴火湾周辺の海洋環境を代表する長期モニタリング資料として、湾口を南北に挟んだ2カ所(Fig. 3)の沿岸水温資料がある。北側の沿岸水温は北海道理学部の室蘭海藻研究施設によって、南側の沿岸水温は同大学水産学部の日尻水産実験所によって1日1回測定された値である。本解析では室蘭・日尻ともに1974~1994年までの21年間について、スケトウダラ産卵期である1~4月の水温資料を使用した。

室蘭と日尻の各月平均水温を計算し、各月毎の経年変化としてFig. 5に示す。両地点の各月毎の経年変化パターンがよく似ていることから、いずれの地点の沿岸水温を用いても噴火湾周辺の相対的な水温場の経年変化パターンを代表することができるだろう。最低水温となる月はほとんどの年で2~3月にあり、沿岸水温が比較的高い年には3月に最低水温となる傾向がみられる。仔魚の生き残りが多かった1980年は沿岸水温の比較的高い年にあたり、室蘭で最低水温となる月は大きく遅れて4月になっている。

我々が強く興味を引かれる点は、スケトウダラの生残率の指標のL/Aと1~3月の水温の各時系列変化

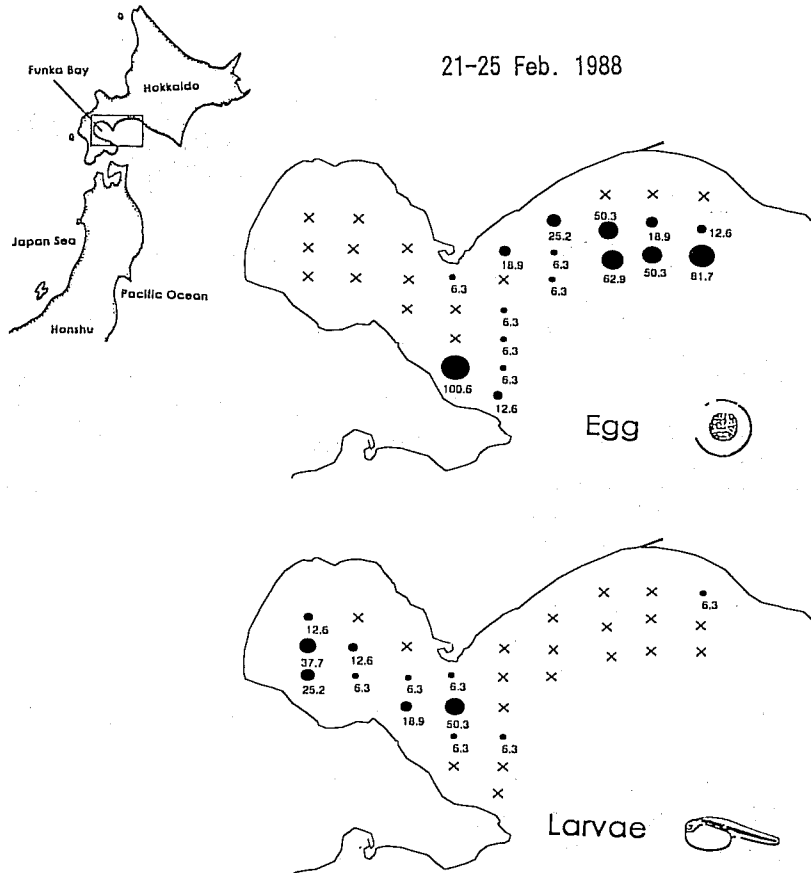


Fig. 2. Horizontal distributions of walleye pollock eggs from fertilization to early blastula stage (upper panel) and larvae (lower panel) in Funka Bay and surrounding vicinity during 21-25 February 1988 (from NAKATANI and MAEDA, 1989).

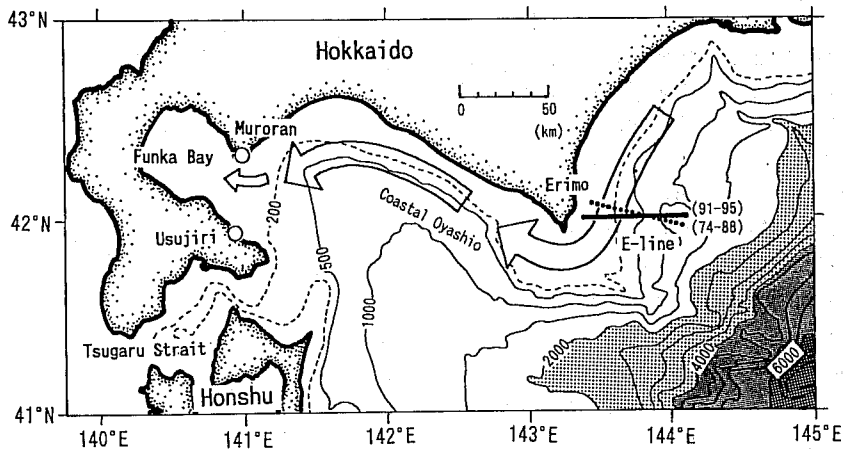


Fig. 3. Bottom topography and schematic diagram of the coastal Oyashio, south of Hokkaido. The observation points of coastal water temperature (Murooran and Usujiri) are indicated by the open circles. The hydrographic observation lines off Erimo are indicated by the solid (1991-1995) and dotted (1974-1988) lines. Numbers show the depth in meter.

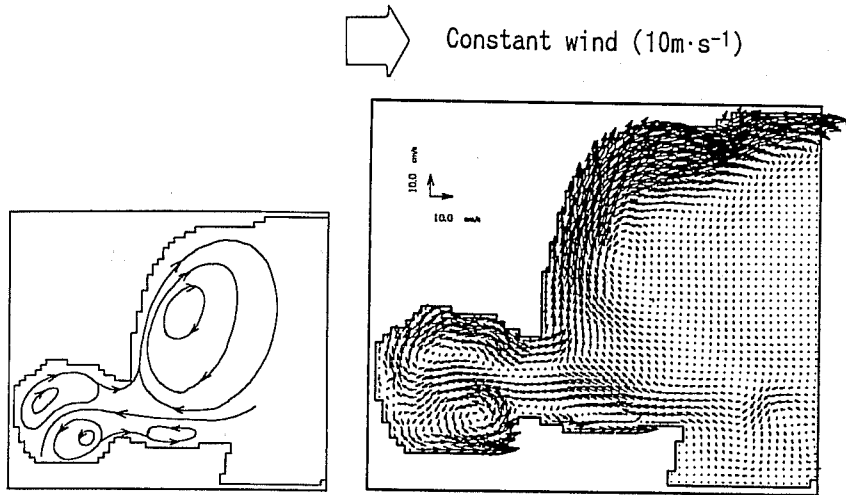


Fig. 4. Steady state field of the calculated wind-induced current vectors (right panel) and its schematic flow pattern (left panel).

パターンがよく似ていることである (Fig. 5). すなわち、水温が高い年ほど仔魚の生き残りが良いという関係が示唆される。しかし、スケトウダラの卵を $-1 \sim 13^{\circ}\text{C}$ までの広い水温範囲で飼育実験した結果、 $0 \sim 7^{\circ}\text{C}$ で高い孵化率が得られ、水温に対する耐性は比較的高いことが報告されている (中谷・前田, 1984). それ故、水温値の経年変化の変動幅  $2 \sim 3^{\circ}\text{C}$  程度の違いが直接スケトウダラ卵の生残に大きな影響を与えているとは考えられない。

## 2.2 噴火湾周辺における水温水平分布

我々はスケトウダラ卵・仔魚を取り巻く環境水温に加え、Fig. 5 に示した水温変動が間接的に示唆する海況の違い、すなわち卵輸送に影響を与える流れ場の違いが重要と考えた。そこで、室蘭の沿岸水温値の時系列 (Fig. 5) を用いて暖かい水温の年と冷たい水温の年を分類し、各年毎の湾口周辺における水温水平分布の違いを調べた。用いた海洋観測資料は北海道水産学部が過去20年に亘り、毎年ではないものの主として1月 (1978, 1979, 1980, 1981, 1983, 1990, 1991, 1994年) と3月 (1975, 1977, 1980, 1989, 1991, 1993年) に行った水温観測資料を使用した。

冬季には海面冷却による鉛直混合が発達するため、表面の水温水平分布でこの海域の特徴的な海洋構造を表現することができる。平均水温値  $5^{\circ}\text{C}$  を境界として、室蘭の1月の水温時系列から暖冷年を分類し、2つのグループに分けた表面の水温水平分布をFig. 6 に示す。暖かい年は1980, 1983, 1990, 1991年、冷たい年は

1978, 1979, 1981, 1994年となる。両グループの間で湾内と湾外の相対的な水温値に明らかな違いがみられる。1月の沿岸水温が暖かい年 ( $T > 5^{\circ}\text{C}$ ) は湾内が湾外に比べて相対的に水温が低く、冷たい年 ( $T < 5^{\circ}\text{C}$ ) では逆に湾内が湾外もしくは湾口付近に比べて水温が高い傾向がみられる。

暖かい沿岸水温の年が示す水温分布の特徴は、冬季の海面冷却に伴う湾内外の貯熱量の違いで発生する密度流で説明できる (清水・磯田, 1997b). 彼らは海面冷却を強制力とした3次元の数値モデル計算を行い、同じ海面冷却量であっても水深の浅い湾内の水温は湾外に比べて低温となり、この湾内外の水温差 (密度差) に駆動された回転系の密度流が発生することを示している。一方、沿岸水温の冷たい年にみられる湾内が湾外に比べて高水温となる特徴は、海面冷却の影響だけでは説明できない。これらの年の水温値が全体的に低下していることと、ここでは示さないが塩分値から判断して沿岸親潮 (33psu 以下の低塩分水塊) が湾口へ水平移流してきた影響と考えられる。

次に平均水温値  $3^{\circ}\text{C}$  を境界として、室蘭の3月の水温経年変化から暖冷年の2つのグループに分けた。暖かい年は1980, 1989, 1991, 1993年、冷たい年は1975, 1977年となる。それぞれの表面の水温水平分布がFig. 7である。1980年だけを除いて、他の年はグループの区別なく共通した水温分布を示す。その特徴は湾内が湾外に比べて相対的に水温が高く、最も冷たい水塊が湾の北東側にみられる点である。ここでは示さないが

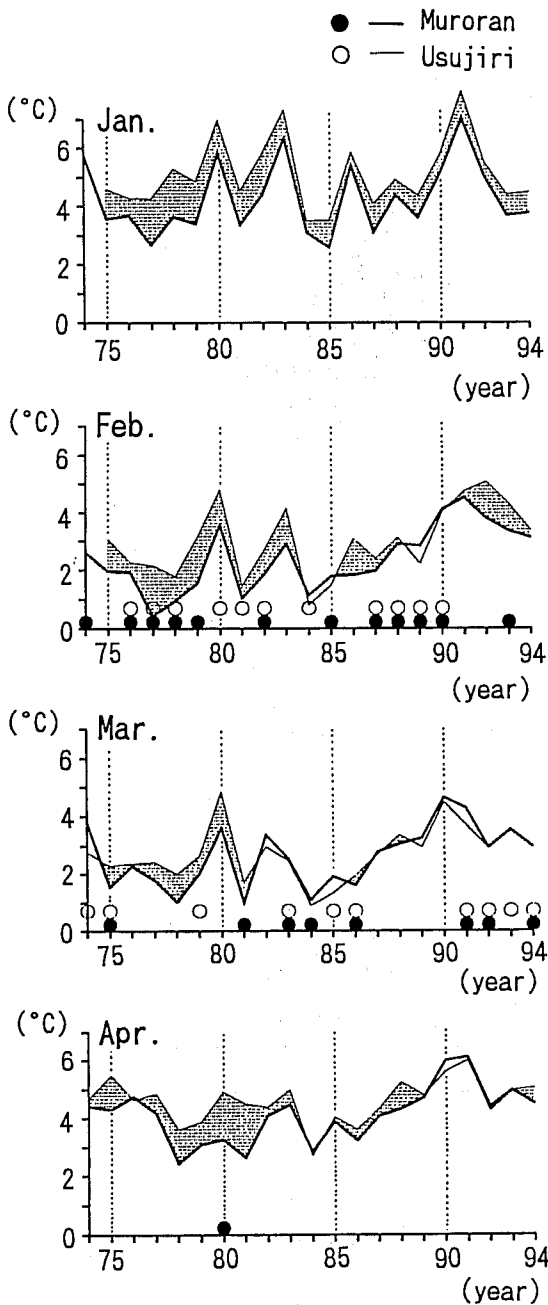


Fig. 5. Four panels show time series of monthly mean water temperature at Muroran (thick lines) and Usujiri (thin lines) from January to April. Symbols of ● and ○ indicate the month with an minimum temperature of Muroran and Usujiri during these four months, respectively. Shadow areas indicate the positive value for Usujiri minus Muroran.

塩分値から判断して、3月の湾口には沿岸親潮が到達していると考えられる。さらに、この低温低塩の沿岸親潮は回転系の密度流の構造を示し、室蘭側から湾内へ流入している様子を示している。仔魚の生き残りが多かった1980年は4月に最低水温となった (Fig. 5) ことから、4月以降の沿岸親潮の到達が推測される。

海面冷却の影響については4節で議論するが、噴火湾湾口への沿岸親潮到達の有無がこの海域の水温場に大きく影響していることがわかった。

### 3. 沿岸親潮の強さの経年変化

低温低塩分で特徴付けられる沿岸親潮の湾口に到達する時期が噴火湾周辺の水温場に大きく影響している。しかし、海面冷却に伴う水温低下と沿岸親潮の冷水移流に伴う水温低下を沿岸水温の時系列上で明瞭に区別できないことから、沿岸親潮の到達時期を沿岸水温データだけから推測することは難しい。唯一、沿岸親潮の強さを推測できる資料として北海道大学水産学部がほぼ毎年4月に行っている襟裳沖の海洋観測資料がある (ただし、1981, 1989, 1990年は欠測である)。襟裳は噴火湾の北東約200kmにあり、沿岸親潮の流れ方向からみて噴火湾の上流側に位置している (Fig. 3参照)。

襟裳沖の沿岸親潮は低塩分水が陸棚上に捕捉された沿岸密度流の構造を示すものの、その沖合い幅や深さには顕著な経年変化がみられた。そこで、沿岸親潮の密度構造に支配的な塩分の鉛直断面分布を用いて、以下に述べる二つの指標で沿岸親潮の強さの経年変化を調べた。陸棚上の低塩分水の拡がりをも水深100mにおける33psu等値線の離岸距離 ( $L_{33}$ ) で、低塩化の強さを同水深の最低塩分値 ( $S_{min}$ ) で代表させた。なお、求めた離岸距離とは各断面における水深100mの海底地点からの沖向き距離である。ここで低塩分水の境界として選んだ33psuの水塊は、噴火湾において沿岸親潮系水と判断される指標水である (大谷, 1971)。Fig. 8は  $L_{33}$  と  $S_{min}$  の経年変化を示す。離岸距離がゼロの年は、33psu以下の低塩分水塊が100m以深まで拡がっていない年である。

欠測年があるために継続した経年変化として判断はできないものの、1978~1980 (または1981) 年, 1984~1987年, 1992~1994年の各期間は33psu等値線が離岸し、同時に低塩化が強まっている。一例として、離岸距離の違いを顕著に示す代表的な年の塩分の鉛直断面図をFig. 9に示す。離岸距離の極大年は水深100~

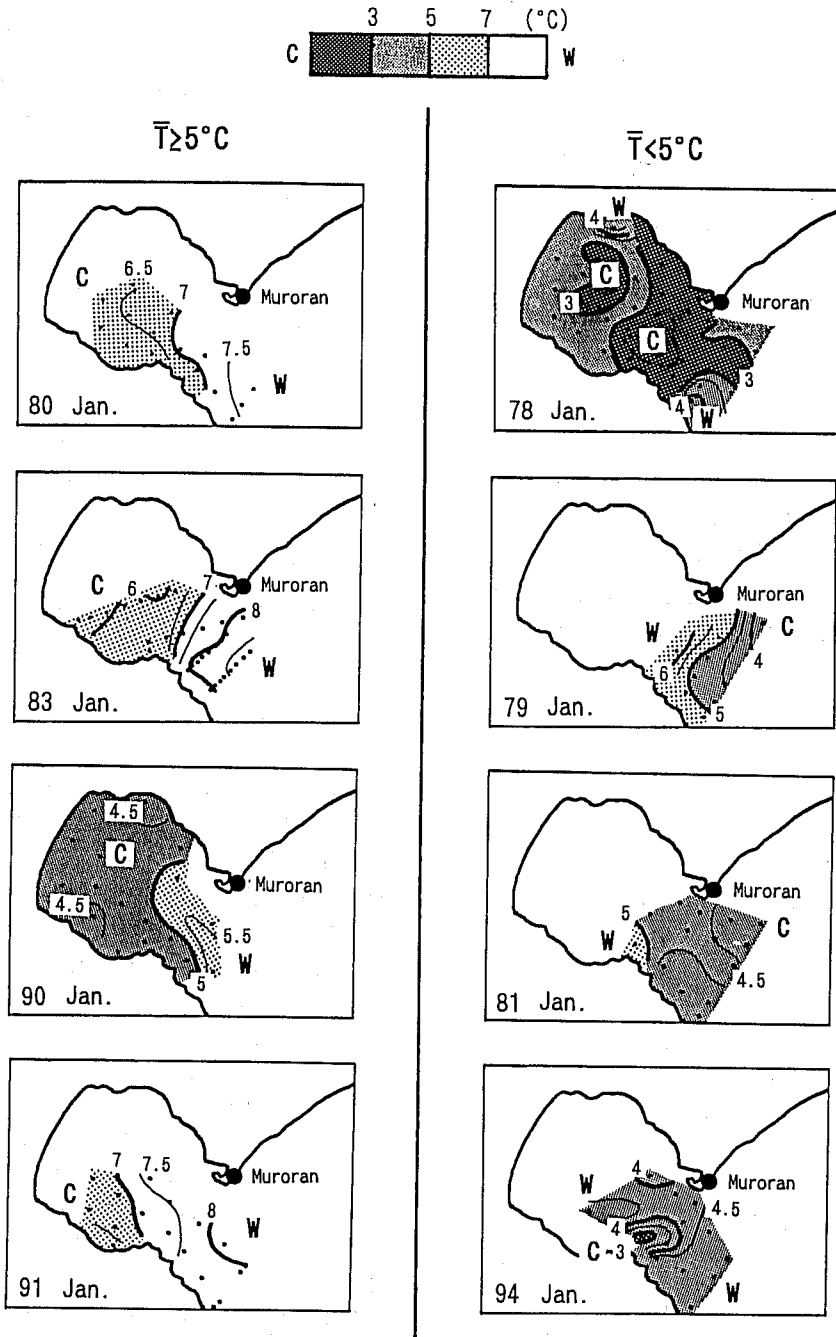


Fig. 6. Horizontal distributions of the surface sea temperature around Funka Bay in January. Left (right) hand side panels are those in the years when monthly mean water temperature at Murooran is higher (lower) than  $5^\circ\text{C}$ .

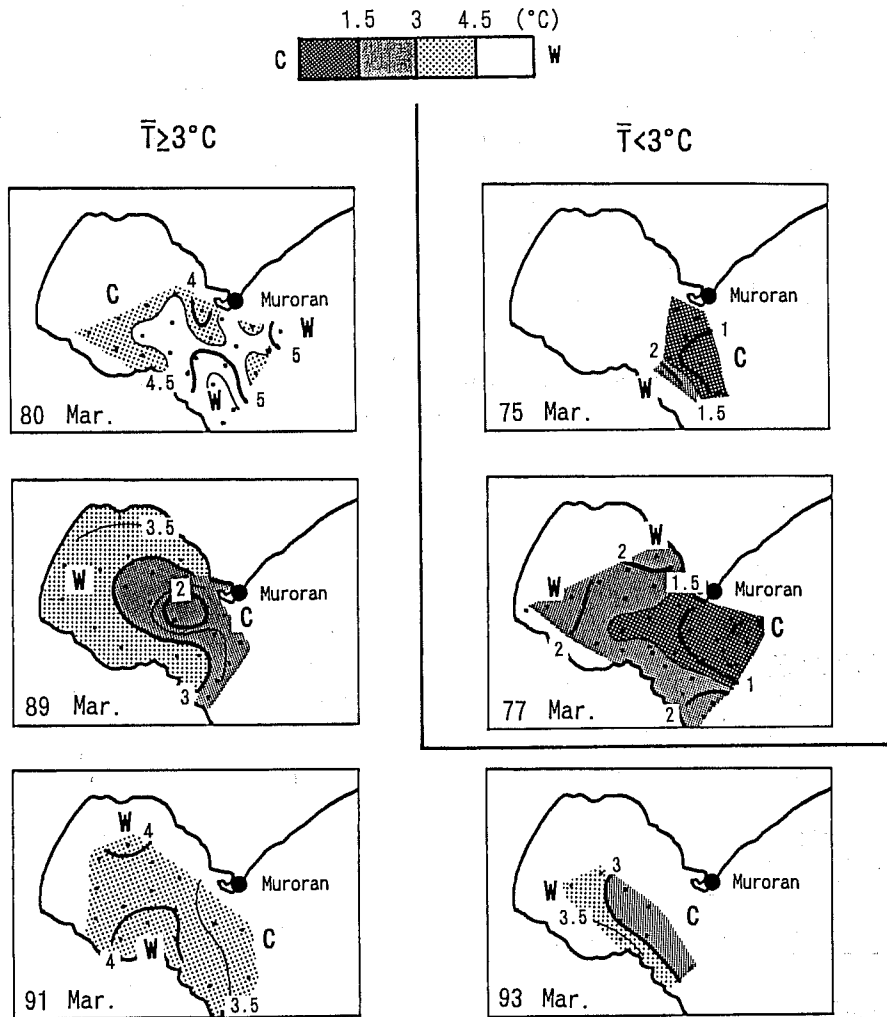


Fig. 7. Horizontal distributions of the surface sea temperature around Funka Bay in March. Left (right) hand side panels are those of the years when monthly mean water temperature at Muroran is higher (lower) than 3°C.

200mの陸棚斜面上にまで低塩分水が拡がり、顕著な沿岸密度流の構造を示す。一方、離岸距離がゼロの年は低塩分水が50m以浅の表層に薄く拡がり、陸棚に捕捉された密度流の構造は不明瞭である。このように7～8年程度の時間スケールで沿岸親潮の強さの経年変化が示唆される。よって、L/Aを求めた1977～1986年の期間においては、2回の沿岸親潮の強まりがあったと考えられる。1つは1978～1980年でL/Aの上昇期から極大期にあり、もう一つは1984～1987年でL/Aの極小期にあることから、沿岸親潮の強さとスケトウダラの生残には明瞭な関係はみられない。また、沿岸親潮

の移流の有無による水温水平分布の違いを顕著に示した1月の沿岸水温 (Fig. 5) と沿岸親潮の強さの時系列にも明瞭な関係はみられない。すなわち、沿岸親潮が相対的に強い年に、噴火湾湾口に移流してくる時期が早くなるという関係はみられない。このことは、噴火湾湾口への沿岸親潮の移流時期を左右する他の物理的要因のあることを示唆している。

#### 4. 噴火湾における海面冷却の経年変化

沿岸水温変動に影響を与えるのもう一つの原因である海面冷却の経年変化を調べる。磯田・長谷川

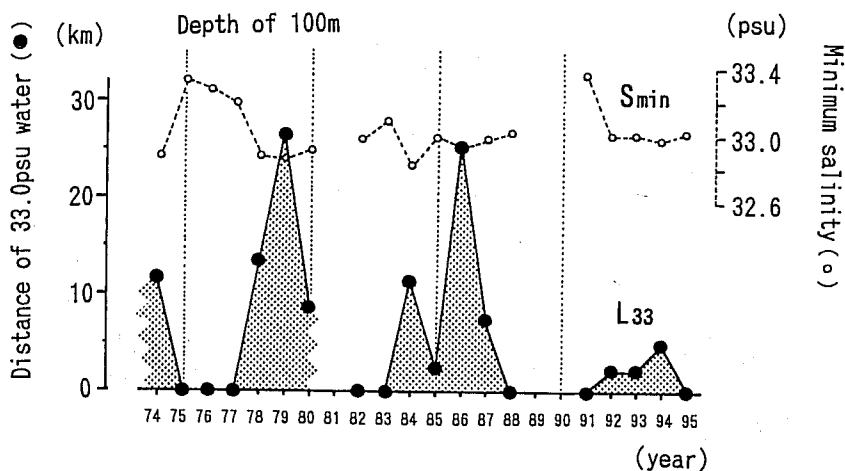


Fig. 8. Time series of the offshore distance of 33psu contour line:  $L_{33}$  (solid line) and minimum salinity:  $S_{min}$  (dotted line) at the depth of 100m.

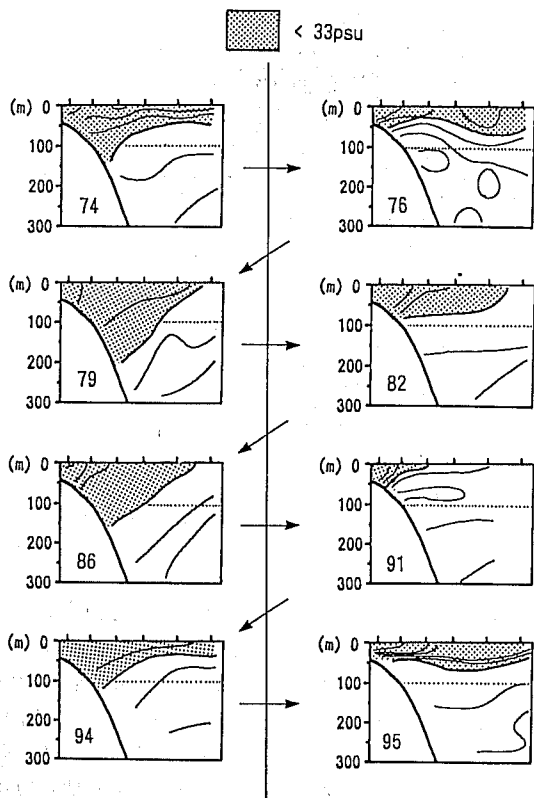


Fig. 9. Vertical distributions of salinity observed off Erimo in the year with larger  $L_{33}$  (left panels: 1974, 1979, 1986, 1994) and in the year with  $L_{33}=0$  (right panels: 1976, 1982, 1991, 1995). Shadow areas indicate low salinity water less than 33psu.

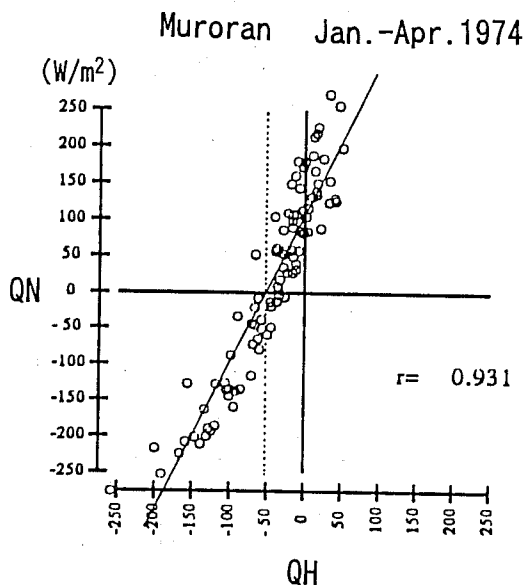


Fig. 10. Correlation of net heat transfer  $QN$  and sensible heat transfer  $QH$  through the sea surface, using the heat budget data of ISODA and HASEGAWA (1997).

(1997) は1974年の噴火湾周辺の気象・海洋観測資料を用いて1年を通しての熱収支計算を行っている。この解析資料の1月～4月における日単位のデータを用いて、顕熱輸送量 $QH$ と正味の熱収支量 $QN$ の相関解析を行った結果をFig. 10に示す。両者の相関は高く(相関係数  $r=0.931$ )、顕熱輸送量 $QH$ を用いて正味の熱収支量 $QN$ を精度良く推測できることがわかる。た



北海道南部太平洋海域におけるスケトウダラの資源量変動に係わる海洋環境の経年変化

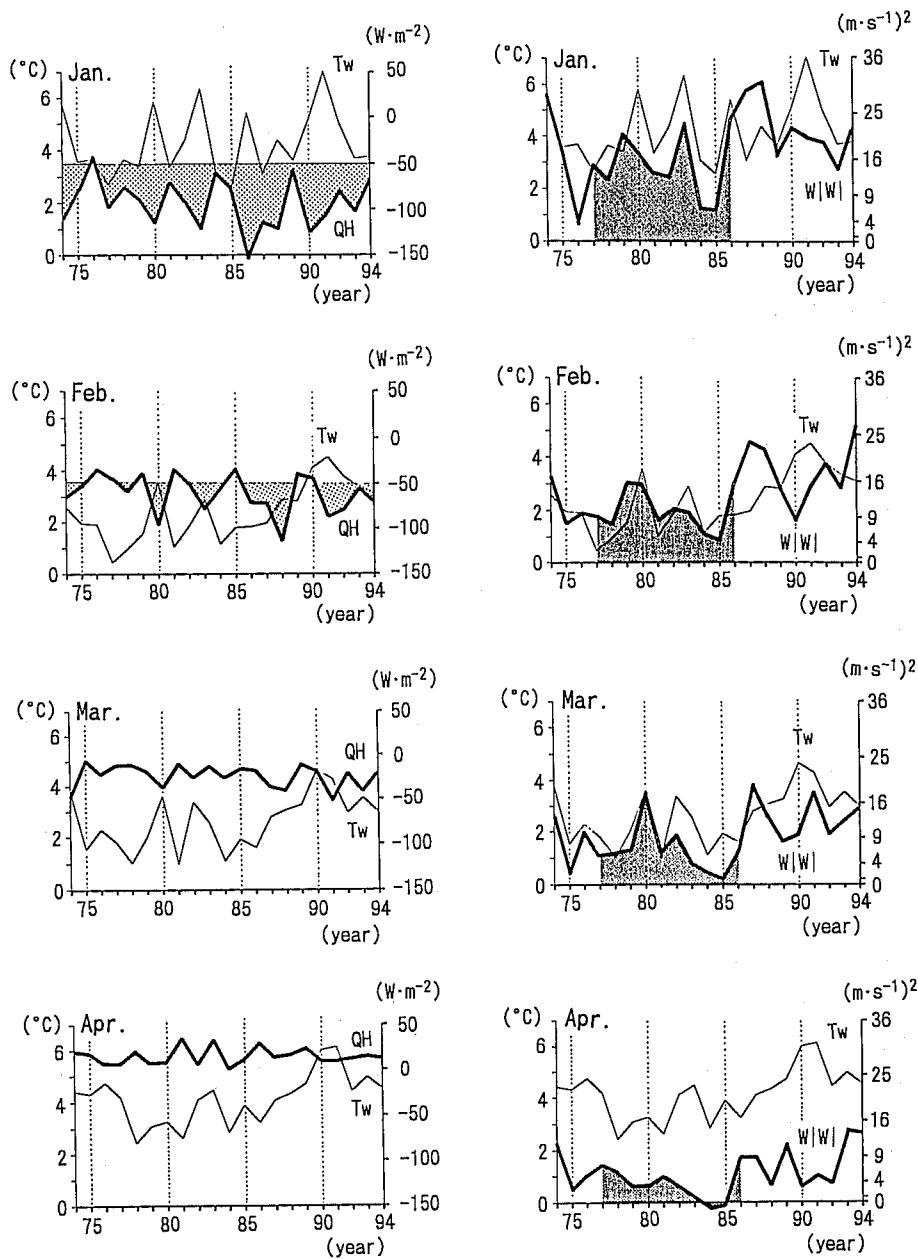


Fig. 11. Left panels show year to year variations of monthly mean sensible heat transfer: QH (thick line) and water temperature:  $T_w$  (thin line) at Muroran for January through April. Shadow area approximately indicates the period of sea surface cooling. Right panels show year to year variations of northwest component of monthly mean wind stress:  $W|W|$  (thick line) and monthly mean water temperature:  $T_w$  (thin line) at Muroran for January through April.

だし、顕熱QHが約  $-50W \cdot m^{-2}$  で正味の熱収支QNは負（海面冷却）から正（海面加熱）に転じている。本研究では月平均単位の時間スケールで海面冷却の経年

変化を調べることを目的としているため、 $-50W \cdot m^{-2}$  の顕熱QHを境界値とした粗い計算でも、各年毎の正味の熱収支量QNをある程度推測できると考えた。

顕熱輸送量は磯田・長谷川(1997)の解析と同様にして、室蘭における日平均の水温、気温、風速値を用いて計算した、Fig. 11(左側)に室蘭の月平均水温 $T_w$ と月平均した顕熱QHの経年変化を示す。まず、3~4月の顕熱QHの変動幅が極端に小さいことがわかる。これは、この時期の水温-気温差が相対的に小さくなるためである。海面冷却期である1~2月における顕熱QHは沿岸水温 $T_w$ とほぼ逆位相の関係にある。この関係は1~2月の水温が高い年ほど大きな海面冷却であったことを示している。そこで、海面冷却の比較的大きかった年(1974-1975, 1980, 1983-1984, 1986-1988, 1991-1992年)に注目し、海面冷却が終了した3月の水温値をみると、海面冷却が大きい年に必ずしも低水温になっていない。

このように年毎の海面冷却量の違いでは湾口周辺の水温の経年変化を説明できない。前述の通り、冷たい沿岸親潮の移流の影響がこの海域の水温場には支配的であると考えられる。

#### 5. 冬季噴火湾で卓越する北西風の経年変化

冬季の噴火湾で卓越する季節風は北西風であり、その大きさは前節で議論した海面加熱・冷却に影響する一方、噴火湾へ卵を輸送する吹送流を励起する。ここでは卓越する風の北西成分Wに注目し、風向きを考慮して $W|W|$ の風応力の形でその経年変化を調べた。日単位の風応力 $W|W|$ の月平均と室蘭の沿岸水温 $T_w$ をFig. 11(右側)に示す。

月毎に多少の違いはあるものの、風応力 $W|W|$ は1975~1978年と1984~1985年に小さく、1980年前後と1986年以降は比較的大きいことがわかる。風応力 $W|W|$ と沿岸水温 $T_w$ の経年変化を比較すると、海面冷却が終了した3月において特に良い対応がみられる。すなわち、風応力 $W|W|$ の大きな年に沿岸水温 $T_w$ が高いという関係である。そこで、月毎に両者の相関解析を行うと、相関係数は1月に0.45、2月に0.43、3月に0.69、4月に0.21となる。次に、1977~1986年の風応力 $W|W|$ と生残率L/A(Fig. 1)を比較すると、2~3月における両者の経年変化パターンがよく似ていることがわかる。特に、3月の風応力 $W|W|$ の経年変化パターンは1980年の強い北西風を示し、1980年の高い生残率L/Aの年と一致している。

#### 6. 考察

図4に示した北西の季節風に伴う吹送流パターンを

みると、湾内の渦対に加え湾外の陸棚上にも大きな渦対が形成されていることがわかる。この湾外の渦対の形成理由も清水・磯田(1997a)が述べているように、浅い陸棚域の水柱は風に引きずられて風下側に流れ、深い水深の海域はその補償流として説明できると考えられる。噴火湾の北側の浅い陸棚域には沿岸親潮の移流方向とは逆向きの強い流れが形成されている。このような吹送流は沿岸親潮の南下を抑えるセンスに働くと考えられる。吹送流と沿岸親潮の物理的相互作用が明らかにされていないため推測の域はでないが、北西風に伴う吹送流の強弱によって冷たい沿岸親潮水の移流時期が左右され、噴火湾周辺の水温場に大きな影響を与えている可能性が考えられる。L/Aの経年変化との対応で考えると、噴火湾湾口の水温が高い年、すなわち北西の季節風(主として3月)が卓越し、冷たい沿岸親潮の移流の影響が小さい年に発生した年級群の生き残りが良い。

以上は卵輸送に影響を与える流れ場についての考察であるが、スケトウダラ仔魚の生残には餌生物環境の重要性も指摘されている。中谷・前田(1993)は摂餌開始期の仔魚の餌生物環境を評価することを目的に、その主要餌生物であるカイアシ類ノープリウスを採集し、その分布密度の季節変化を報告している。それによると、目合い100 $\mu$ mのハンドネットで採集された大型のカイアシ類ノープリウスの分布密度は1~2月には低く、3月になると急増する。また、NAKATANI(1991)は夏季に噴火湾で採集される稚魚の多くが2月中旬以降の個体であることから、餌生物密度の低い1~2月中旬に孵化した個体の飢餓による減耗率が高いことを指摘している。しかしながら、1~2月に卓越する*Oithona*属の多くは目合い100 $\mu$ mのハンドネットを通過するため(NAKATANI, 1995)、上述の方法で採取されたカイアシ類ノープリウスが増加する前の餌生物環境を過小評価している可能性がある。これに対し、1995年夏季に採集された稚魚の多くは餌密度の低い1~2月に孵化した個体の生き残りであった(杉本, 1997)。1995年はカイアシ類ノープリウスが増加した3月に沿岸親潮の強い流入があり、湾内が低水温環境にあったことから、3月にカイアシ類ノープリウスが急増しても低水温環境では仔魚の摂餌成功率が低下する可能性のあることを示唆している。これらの結果は1~2月に卓越する*Oithona*属ノープリウスのスケトウダラ仔魚の餌生物として重要を示すものである。

3月の風応力が1~2月よりもL/Aの経年変化に

よく似ていることから、3月における生き残りがスケトウダラの年級群豊度に強く影響しているものと思われる。そして1985年以降の豊漁をもたらした1980年は、3月の北西風（吹送流）による湾内への卵輸送が特に多く、加えて4月まで沿岸親潮の影響のない高水温環境であり、仔魚の餌生物環境は好適であったものと推測される。

## 7. おわりに

1977～1986年に限っての議論であるが、生残率 $L/A$ の経年変化を最もよく説明できる物理的な環境要因は、冬季卓越する主として3月の北西風の経年変化であった。この結果から、過去の研究で指摘されている沿岸親潮による噴火湾への卵輸送よりも、北西風によって励起される吹送流による卵輸送の重要性を指摘したい。今後は数値モデルを用いて、陸棚上で卓越する吹送流と沿岸親潮の物理的な相互作用を調べ、さらにラグランジュ的な卵輸送パターン及び定量的な卵輸送量を見積もっていききたい。また、噴火湾内に輸送された仔魚の生残には、噴火湾の春季ブルーミングに関係したカイアシ類ノープリウスの増加や肉食プランクトンによる捕食も影響していると考えられる。それ故、生活史初期のスケトウダラの生残を支配する低次生物生産過程を生態系モデルを用いて調べ、過去に遡って噴火湾における生物生産量の経年変化を明らかにする必要があると考える。

最後に本研究をまとめるにあたり、北海道大学水産学部研究調査船「うしお丸」、練習船「おしよ丸」「北星丸」が行った貴重な海洋観測資料を使用させて頂いた。船長をはじめ乗組員の皆様、そして直接観測を行った水産学部教官・学生の皆様に心より感謝します。また、原稿に対し有益なコメントを頂いた査読者の方々、そして室蘭と臼尻の沿岸水温を快く提供して頂いた北海道大学理学部の室蘭海藻研究施設と同大学水産学部の臼尻実験所の皆様と水温資料整理に協力して頂いた北海道大学水産学部の村上敬氏に感謝します。

## 引用文献

- 北海道大学水産学部 (1974～1995) 海洋調査漁業試験要報. 北海道大学水産学部, 函館.
- 磯田 豊・長谷川伸彦 (1997) 噴火湾の熱収支. 海と空, **72**, 93-101.
- 前田辰昭・中谷敏邦・高橋豊美・上野元一 (1979) スケトウダラ稚仔の沿岸水域での生活. 水産海洋研究会報, **34**, 81-85.
- 三原行雄・上田吉幸・夏目雅史 (1995) 道南太平洋海域のスケトウダラ漁況について. 北海道立函館水産試験場室蘭支場, 1-16.
- 中谷敏邦 (1994) 噴火湾におけるスケトウダラ. 魚類の初期減耗研究 (田中克・渡辺良朗編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 122-133.
- NAKATANI, T. (1995) Monthly changes in density and size structure of copepod nauplii as the primary food for fish larvae in winter in Funka Bay and surrounding vicinity in Hokkaido. Fish. Sci., **61**, 382-396.
- 中谷敏邦 (1996) 北海道南部太平洋海域におけるスケトウダラの資源量変動. 月刊海洋, **28**, 86-91.
- 中谷敏邦・前田辰昭 (1984) スケトウダラ卵の発生に対する水温の影響およびその浮上速度について. 日本水産学会誌, **50**, 937-942.
- NAKATANI, T. and T. MAEDA (1989) Distribution of copepod nauplii during the early life stage of walleye pollock in Funka Bay and vicinity, Hokkaido. in "Proc. Int. Symp. Biol. Mgmt. walleye pollock" Alaska Sea Grant Report No. 89 1, Univ. Alaska, Fairbanks, 217-240.
- 中谷敏邦・前田辰昭 (1993) スケトウダラの初期生活史. 北水試研報, **42**, 15-22.
- 大谷清隆 (1971) 噴火湾の海況変動の研究Ⅱ. 噴火湾に流入, 滞留する水の特性. 北大水産彙報, **22**, 58-66.
- 清水 学・磯田 豊 (1997a) 冬季噴火湾におけるスケトウダラ卵の輸送過程. 水産海洋研究, **61**, 134-143.
- 清水 学・磯田 豊 (1997b) 冬季の噴火湾口部に形成される水温フロント構造. 海と空, (印刷中)
- 杉本晃一 (1997) 北海道噴火湾におけるスケトウダラ *Theragra chalcogramma* の初期生残過程とその餌生物環境. 北海道大学水産学部修士論文.