



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	音響手法を用いた北海道噴火湾周辺における動物プランクトン群集の生態に関する研究 [全文の要約]
Author(s)	金, 銀好
Description	この博士論文全文の閲覧方法については、以下のサイトをご参照ください。 https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(水産科学)
Dissertation Number	甲第12409号
Issue Date	2016-09-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/63219
Type	doctoral thesis
File Information	Eunho_KIM_summary.pdf



主論文の要約

海洋生物資源科学専攻：博士（水産科学）

氏名：金 銀好

学 位 論 文 題 目

音響手法を用いた北海道噴火湾周辺における動物プランクトン群集の生態に関する研究

目的：

スケトウダラ太平洋系群は、択捉島沖から北海道東部太平洋及び房総半島に至る広範な分布域を持ち、噴火湾および噴火湾湾口部を含む日高湾が主要な産卵場と考えられている。本海域で生まれたスケトウダラは、仔稚魚期から成魚期に至るまで餌生物である動物プランクトンを捕食して成長するので、当海域の動物プランクトンの豊度や種類がスケトウダラの生残に影響するとともに、捕食が動物プランクトンの生産力にも影響を与え、同海域の複雑な生態系を形成している。

本研究は、スケトウダラ等漁業資源の豊富な噴火湾および周辺海域の低次生産者を代表するオキアミ類とカイアシ類に焦点をあて、計量魚群探知機を用いて同海域に出現する生物種や生物量、分布や移動と海洋物理環境との関係を明らかにするとともに、これらの研究に音響手法が有効であることを論じたものである。

方法：

本研究は 2011 年 3 月－2013 年 6 月、北海道南部に位置する噴火湾周辺海域において、北海道大学附属練習船うしお丸（179 トン）を用いて行った。調査海域は噴火湾内外の海域で、合計 19 の調査定点を設定した。調査定点間は船速 10 ノットで航走し、うしお丸に搭載された周波数 38, 120, 200 kHz の計量魚群探知機 EK60 (SIMRAD, Kongsberg, Norway) を用いて音響データを取得した。

調査定点では CTD (SBE 43, Sea-Bird Electronics) を投下して水温と塩分の海洋環境を観測するとともに、直径 80 cm の Ring-net (mesh size 500 μ m) を垂直曳網して生物を採集した。採集した生物は、カイアシ類、オキアミ類、端脚類、ヤムシ類、稚魚、その他の 6 種類に分類した後、種類毎に個体数を計数した。また、採集量の多かったカイアシ類、オキアミ類、端脚類、ヤムシ類の 4 種類については電子ノギス (Mitutoyo, Absolute 500) を用いて体長を、電子秤 (METTLER, AE200)

を用いて湿重量を測定した。また、調査海域を含む広域の海洋環境を知るため、MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) と NASA Terra の衛星観測に基づいて NASA Earth Observations が提供している海面水温とクロロフィル密度のデータを用いた。

音響データの解析には Echoview 6 (Myriax, Australia) を用い、積分間隔を深さ 2 m, 水平 10 ping を 1 セルとして、その範囲の体積後方散乱強度 (SV) を平均した。また、対象の分類群を識別するため、周波数 38, 120, 200 kHz の 3 周波数のうちから 2 周波数を選び、高周波数から低周波数の SV の値を引き算する周波数差法を用いてスケトウダラ稚魚とオキアミ類およびカイアシ類の識別を行った。これら生物の後方散乱断面積 (TS) の周波数特性は、Distorted-Wave Born Approximation (DWBA) 変形円筒モデルにより推定した。

結果および考察：

噴火湾周辺の海洋環境と動物プランクトン 噴火湾は 1, 2 月には前年の津軽暖流系水が変質した低温、高塩分の冬季噴火湾水に覆われているが、2, 3 月には湾外部から低温、低塩分の沿岸親潮水が表層から流入を始め、4 月には親潮系水が海域全体を覆った。5, 6 月には湾外の中層から高温、高塩分の津軽暖流系水が陥入して表層の親潮系水は徐々に暖められ、8, 9 月には津軽暖流系水が勢力を強め、表層も高温化した。

同海域に出現した生物は、全ての時期においてカイアシ類が優占し、次いでオキアミ類が多かった。3 月には植物プランクトンのブルーミングが起これ、4 月になると動物プランクトンが増加して、5 月には動物プランクトンの生物量は最大となった。カイアシ類は海域全体に分布したが、オキアミ類、端脚類、ヤムシ類は主に湾外に分布し、湾内にはほとんど出現しなかった。また 6 月以降、津軽暖流水が優勢になると同海域の動物プランクトンの生物量は急激に減少した。

噴火湾周辺における音響散乱層の特性 噴火湾周辺の全海域において、すべての周波数で音響散乱層が観測された。音響散乱層の形態は生物種によって異なり、表層から深度約 100 m の間に弱く均一に分布する散乱層、昼間は深度 100–200 m に分布し、夜間は表層に浮上する日周鉛直移動 (DVM) を示す散乱層、そして、表層や海底付近に強力に出現する散乱層などが認められた。

また、音響散乱層は、構成生物により異なる周波数特性を示した。周波数 38 kHz で強く反応する散乱層は鰾を持つ魚類であり、120 kHz や 200 kHz の高周波数で強く反応する散乱層は、ガスを持たない小型の動物プランクトンと考えられた。さらに、オキアミ類は 200 kHz より 120 kHz の方が強く、逆にカイアシ類は 120 kHz より 200 kHz の方が強かった。

4月に湾内と湾口の表層で見られた、周波数 38 kHz で強い反応を示す散乱層はスケトウダラ稚魚と判断された、6月には沖合の中層に移動した。また、4月に湾口と湾外の深度約 100 m で見られた、120 kHz と 200 kHz で強く反応する散乱層は動物プランクトンと判断された、6月には沖合の 150 m 以深へ移動した。一方、湾外において深度 100–200 m に分布し、顕著な DVM を示す散乱層は、ネットサンプリングの結果、オキアミ類であることが分かった。

周波数差法を用いた動物プランクトンの識別 音響手法によるオキアミ類とカイアシ類の識別を自動化するため、DWBA モデルを用いて両者の TS を推定したところ、その周波数特性には僅かな差異が認められた。そこで高周波数の 120 kHz と 200 kHz の TS の周波数差分 ($\Delta TS_{200-120\text{kHz}}$) を用いて両者を識別したうえ、音響的に推定した生物量とプランクトンネットで推定した生物量を比較したところ、両者間に相関は認められず、TS の周波数差分によるオキアミ類とカイアシ類の識別は困難であることが分かった。一方、現場において構成種が確認できた音響散乱層の SV の周波数差分 ($\Delta SV_{200-120\text{kHz}}$) を調べたところ、オキアミ類の $\Delta SV_{200-120\text{kHz}}$ は -1.5–1.3 dB、カイアシ類は 2.2–3.7 dB となり、音響的に識別できる可能性が示された。そこで $\Delta SV_{200-120\text{kHz}} = 2 \text{ dB}$ を境界値として両者を識別したうえ、音響的に推定した生物量とプランクトンネットで推定した生物量を比較したところ、両者間には有意な正の相関が認められ、SV の周波数差分によりオキアミ類とカイアシ類の分離識別が可能であることが分かった。

噴火湾周辺における動物プランクトン群集の動態 日高湾で 12–3 月に産卵されたスケトウダラの卵は、親潮系水に乗って噴火湾内に輸送され、孵化後、沿岸親潮とともに湾内に流入した小型のカイアシ類を食べて成長する。3月に植物プランクトンのブルームが発生すると、湾外の 100 m 以深には、親潮系のカイアシ類が分布し、再生産によるカイアシ類の幼生が表層に移動して植物プランクトンを摂餌して成長する。4月–5月には、親潮系水が海域一帯を覆うが、これに大型のカイアシ類が加わり親潮系水の深度 100 m 以浅に大量に分布する。オキアミ類は水温が高く、捕食者がいる表層を避け、沖合の躍層下に多く分布するが、このときのスケトウダラの稚魚はまだ小さく（全長 10 mm 前後）、主に小型のカイアシ類を摂取するため、深度 50 m 以浅の表層に分布する。5月–6月になると、湾外、湾口には高温、高塩分の津軽暖流水が中層から流入を始め、寒流系のカイアシ類と大型のオキアミ類は水温躍層以深の深層に移動する。また、再生産で発生したオキアミ類の幼体は高温の津軽暖流水に追いやられて湾口の表層に移動して成長し、そのときの生物量は最大となる。一方、成長著しいスケトウダラの稚魚はカイアシ類からオキアミ類に餌を転換し、沖合の海底付近にいるオキアミ類を摂餌して成長するものと考えられた。