



## 炭素・窒素安定同位体比が明らかにする海洋食物網

～海域、水深、プランクトンのサイズが、食物網構造に与える影響が明らかに～

### ポイント

- ・西部北太平洋における動物プランクトン、魚類やイカ類の炭素・窒素安定同位体比を測定解析。
- ・春季の亜寒帯域と移行領域における食物網構造は、海域により大きく異なることが判明。
- ・海域によって、深海への物質輸送過程や生産に用いる物質の起源が異なると推察。

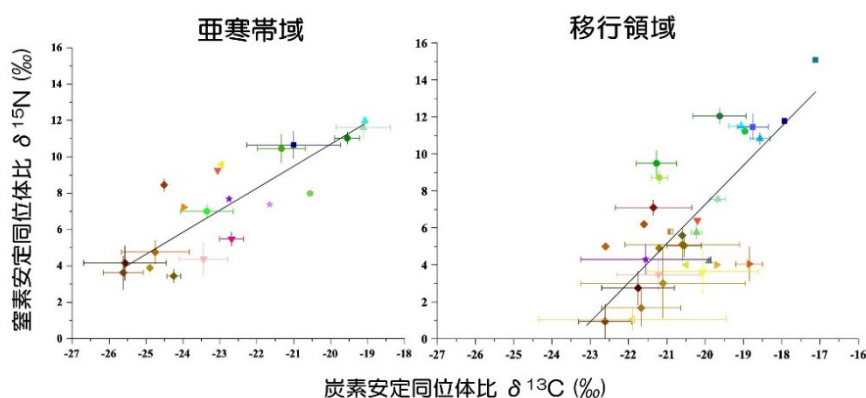
### 概要

北海道大学大学院水産科学研究院の山口 篤准教授、海洋研究開発機構の野口真希主任研究員、岡山大学の兵藤不二夫教授らの研究グループは、西部北太平洋の亜寒帯域、移行領域及び亜熱帯域に及ぶ海域において、動物プランクトン、魚類やイカ類の炭素・窒素安定同位体比を測定解析して、海域や水深、プランクトンのサイズの違いが、海洋食物網構造に与える影響を明らかにしました。

本研究では、動物プランクトン、魚類やイカ類の炭素安定同位体比と窒素安定同位体比の分析により、食物網が隣接する海域で異なることが示されました。動物プランクトンの窒素安定同位体比は、亜熱帯域において、水深が増すにつれて増加する傾向が見られました。これは深海では上層から沈降してくる有機物を餌としていることの反映と考えられました。一方で、亜寒帯域や移行領域では、優占する動物プランクトン（大型カイアシ類の *Neocalanus* 属）が、表層で成長した後に深海に潜るため、水深により窒素安定同位体比は異ならないと考えられます。また、表層の動物プランクトンの窒素安定同位体比は、高緯度ほど高い値を持ち、その傾向は動物プランクトンのサイズを通して一定であることが明らかになりました。低緯度にて窒素安定同位体比が低い値を持つ傾向は、空気中に存在する窒素を固定し利用できる植物プランクトン（シアノバクテリア）による影響を受けたものと推察されました。

本研究は、海洋食物網構造が緯度や水深によって異なることを、炭素・窒素安定同位体比から明らかにしたもので、西部北太平洋の海洋生態系の理解を深める重要な知見です。

なお、本研究成果は、2023年5月6日（土）に *Deep-Sea Research I* 誌でオンライン掲載されました。



2016年5月14-20日にかけて亜寒帯域(左)と移行領域(右)で採集された、動物プランクトン、魚類やイカ類の窒素安定同位体比(縦軸)と炭素安定同位体比(横軸)の関係。安定同位体比の値の違いは、海域による食物網構造の違いを反映。

## 【背景】

海洋生態系において動物プランクトンは、植物プランクトンによる生産物やエネルギーを高次生物へと仲介するという水産学的に重要な役割を担うと共に、深海への物質循環に影響を及ぼすなど、生物海洋学的にも重要な役割を持っています。これら海洋低次食段階内における被食-捕食関係を明らかにする方法として、消化管内容物の解析や摂餌実験などがありますが、いずれも多大な手間や労力、技術が必要で、かつ得られた知見を、対象生物種以外へ当てはめるのが困難でした。このような各種生物の栄養段階の指標となるのが、安定同位体比です。プランクトンを対象とする安定同位体比として広く用いられているのが窒素安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) と炭素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) の二つで、 $\delta^{15}\text{N}$  は栄養段階の指標となり、 $\delta^{13}\text{C}$  は生産物の起源の指標となるとされています。

本研究は、西部北太平洋における動物プランクトンを主とする生物群集の炭素・窒素安定同位体比の空間変動パターンを明らかにするため、①海域による変化(亜寒帯と移行領域の比較)、②海表面から水深 3,000 m までの鉛直的な変化、③動物プランクトンサイズクラス及び緯度による変化、の 3 つの観察を行いました。

## 【研究手法】

2016 年 5 月に、西部北太平洋の  $155^\circ\text{E}$  線に沿った亜寒帯域と移行領域の表層を対象として、動物プランクトン、魚類及び頭足類を採集しました(図 1)。次に、2017 年 10-11 月に、亜寒帯、移行領域及び亜熱帯域において、水深 0-3,000m 間を 12 層に分けた動物プランクトンの水深区分ネット採集を行いました。表層動物プランクトン試料は大きさの異なる 3 連のふるいでサイズ区分を行い、いずれも  $-20^\circ\text{C}$  で凍結保存しました。下船後、ガスクロマトグラフ質量分析計によって、炭素と窒素の安定同位体を測定しました。ここでは統計的な解析手法の一つである共分散分析を用いて、プランクトンの  $\delta^{15}\text{N}$  及び  $\delta^{13}\text{C}$  と、生物が生息する海域や水深、動物プランクトンのサイズによって、どのような違いがあるのか比較検証しました。

## 【研究成果】

2016 年 5 月の動物プランクトン、魚類及び頭足類の  $\delta^{15}\text{N}$  と  $\delta^{13}\text{C}$  の値は、亜寒帯域と移行領域で大きく異なり、これは両海域における餌起源や食物網構造が互いに異なることを示しています。亜寒帯域、移行領域及び亜熱帯域における水深 3,000 m までの動物プランクトンの  $\delta^{15}\text{N}$  は、海表面近くにおいて低い値ですが、深度が増すにつれて高い値を示す傾向が亜熱帯域で見られました(図 2)。しかし亜寒帯域と移行領域では、水深と  $\delta^{15}\text{N}$  の間に有意な関係は見られませんでした。これは表層で成長した後に、深海に潜る大型カイアシ類 (*Neocalanus* 属など) が優占するためと考えられました。サイズ区分をした表層動物プランクトンの  $\delta^{15}\text{N}$  には、3 つのサイズクラス全てを通して、緯度が増すにつれて  $\delta^{15}\text{N}$  が高くなる、有意な関係が見られました(図 3)。これは亜熱帯域での生物生産が、大気中の窒素固定能を持つ (=  $\delta^{15}\text{N}$  は低くなる) シアノバクテリアによる部分が大きいことの反映と推察されました。

## 【今後への期待】

本研究で得られた、緯度、海域、水深及びプランクトンのサイズによる窒素安定同位体比の変化は、西部北太平洋における海洋の食物網構造や物質循環を理解するために欠かすことのできない基礎的な知見として重要なものです。

## 【謝辞】

本研究は、文部科学省補助事業の北極域研究推進プロジェクト ArCS (JPMXD1300000000)、北極域研究加速プロジェクト ArCS II (JPMXD1420318865)、独立行政法人環境再生保全機構の環境研究総合推進費 (JPMEERF20214002)、及び科学研究費補助金・基盤研究 (課題番号 JP22H00374; JP20K20573; JP20H03054; JP19H03037; JP17H01483; JP15KK0268) の助成を受けて実施されました。

## 論文情報

論文名 Vertical, spatial, size, and taxonomic variations in stable isotopes ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ) of zooplankton and other pelagic organisms in the western North Pacific (西部北太平洋における動物プランクトンや他の海産生物の安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$  と  $\delta^{15}\text{N}$ ) の鉛直、水平、サイズ及び分類群による変化)

著者名 金 東佑<sup>1</sup>、飴井佳南子<sup>1(当時)、2</sup>、米田壮汰<sup>1(当時)、3</sup>、徳弘航季<sup>1(当時)、3</sup>、野口真希<sup>4</sup>、兵藤不二夫<sup>5</sup>、山口 篤<sup>6、7</sup> (<sup>1</sup>北海道大学大学院水産科学院、<sup>2</sup>東京大学大気海洋研究所、<sup>3</sup>海洋生物環境研究所、<sup>4</sup>海洋研究開発機構、<sup>5</sup>岡山大学大学院環境生命科学研究所、<sup>6</sup>北海道大学大学院水産科学研究院、<sup>7</sup>北海道大学北極域研究センター)

雑誌名 Deep-Sea Research Part I : Oceanographic Research Papers (深海海洋学の専門誌)

DOI 10.1016/j.dsr.2023.104045

公表日 2023年5月6日(土)(オンライン公開)

## お問い合わせ先

北海道大学大学院水産科学研究院 准教授 山口 篤 (やまぐちあつし)

T E L 0138-40-5631 F A X 0138-40-5631

U R L <http://hu-plankton.jp/teacher/yamaguchi.html>

## 配信元

北海道大学社会共創部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092

海洋研究開発機構 海洋科学技術戦略部報道室 (〒236-0001 横浜市金沢区昭和町3173番25)

T E L 045-778-5690

岡山大学総務・企画部広報課 (〒700-8530 岡山市北区津島中1丁目1番1号)

T E L 086-251-8415

【参考図】

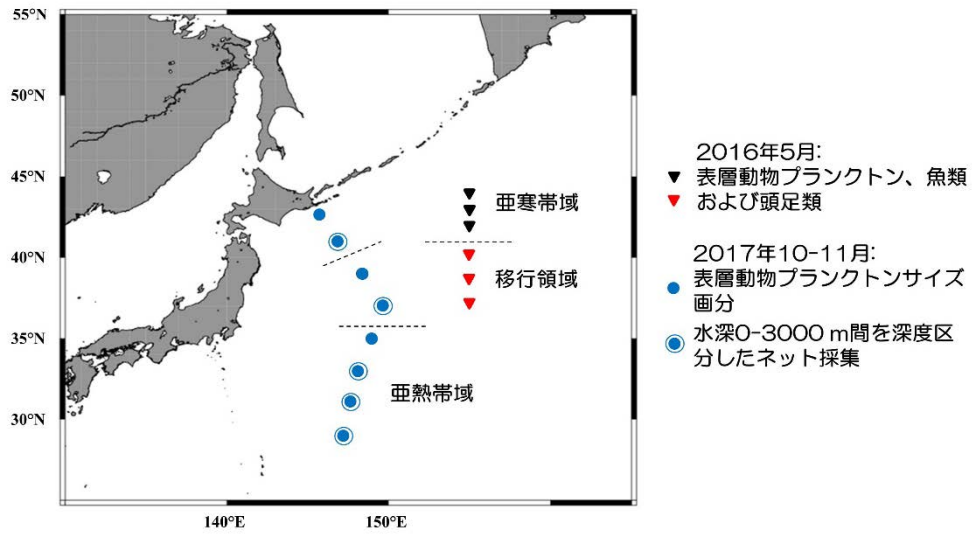


図 1. 本研究で用いた試料の採集点

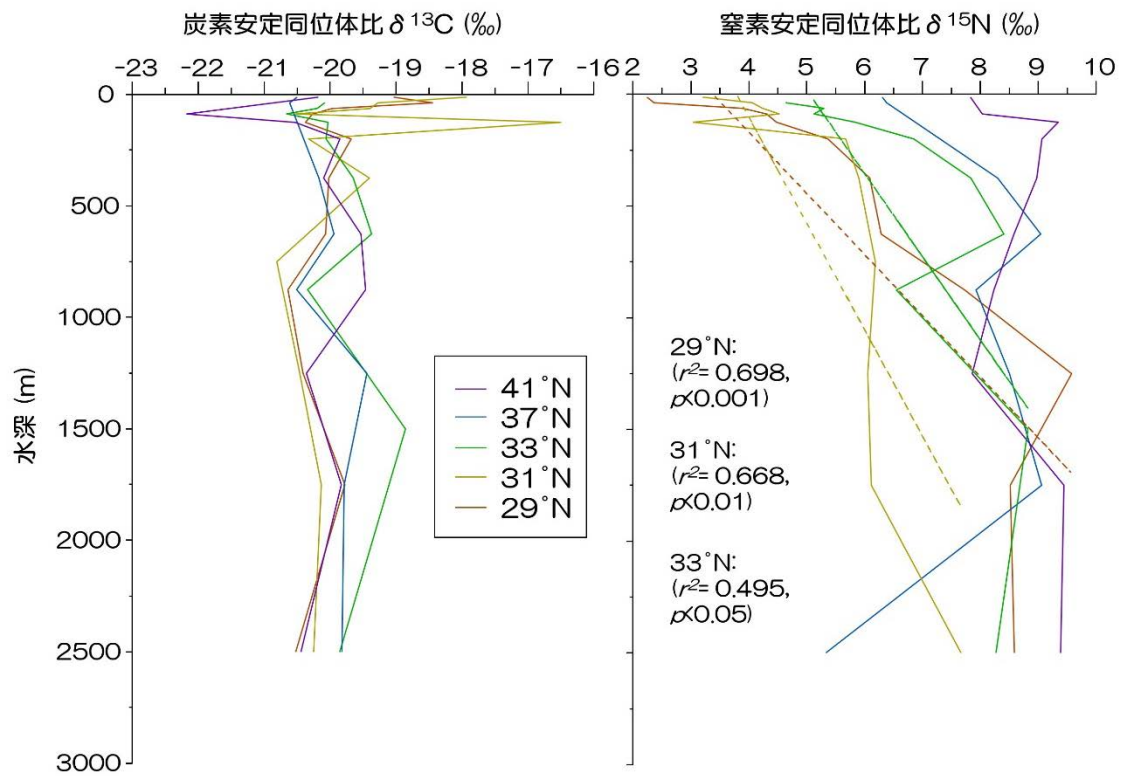


図 2. 2017 年 10-11 月に、亜寒帯、移行領域及び亜熱帯域において、水深 0-3,000 m間を 12 層に分けた動物プランクトンの炭素安定同位体比 (左) と窒素安定同位体比 (右) の深度分布。亜熱帯域の窒素安定同位体比においてのみ、深度が増すにつれて増加する有意な関係が見られた。

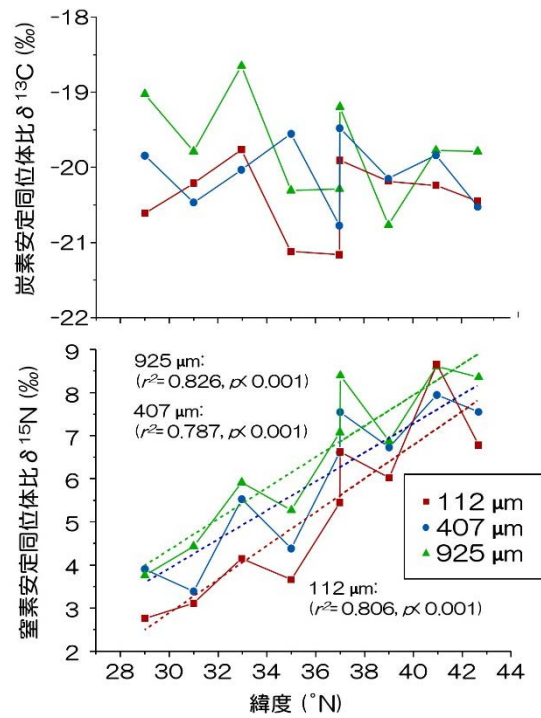


図 3. 表層動物プランクトンを 3 連のふるいでサイズ区分を行った際の、炭素安定同位体比（左上）と窒素安定同位体比（左下）の緯度変化。窒素安定同位体比にのみ、どのサイズでも高緯度で高くなる有意な関係が観察された。