

富山の陸域から沖合・深海まで～食物網から探る物質循環の姿～
大塚朋貴（富山大学大学院 理工学教育部 生物圏環境科学専攻）

1. はじめに

富山湾を含む日本海は温暖化による水温上昇の著しい海域とされている（気象庁, 2015）。海水温上昇は海流の変化を引き起こし、海洋の基礎生産者の一つである植物プランクトンや、食物連鎖の上位にある魚類にまで影響を及ぼす可能性がある（高柳, 2009）。今後海洋環境の変動が海洋生物へ与える影響を予測するには、基礎生産者から高次消費者に至るまでの捕食・被食を通じた物質循環の把握と、基礎生産者のモニタリングが必要となる。本研究では、前年度に引き続き、日本海と同様の特徴である水深約 200m を境に水温・塩分等が異なる水塊構造を有し（Imamura et al, 1985）、海底地形が急峻なことから沿岸近くで深層生物も捕獲できる富山湾に着目し、以下の 2 つの観点から調査を行った。1. 食物網解析：日本海の水塊構造に着目した食物網解析は少なく、本研究では炭素・窒素安定同位体比解析を用いて、水塊構造が大きく異なる表層と深層に分けてそれぞれの食物網の把握を行った。2. 基礎生産者のモニタリング：基礎生産者である植物プランクトンに対し、炭素・窒素安定同位体比解析を行うことで栄養塩の利用状況や増殖速度といった情報を得ることができる可能性がある（杉崎ら, 2013）。しかし、植物プランクトンの安定同位体比は時空間的に大きく変動するため（Gearing et al, 1984）、季節変動を捉えるのは困難である。そこで本研究では植物プランクトンの同位体比の変動を平均化している植食性の小型カイアシ類の同位体比を測定し季節変動を調査した。

2. 試料採集・測定

富山湾沖合では、水深 200m 以浅の表層及び水深 200m 以深の深層に生息する魚類・動物プランクトン等の生物試料と、沈降粒子・海底堆積物・POM（懸濁態有機物）を採取した。また、動物プランクトンは入善町海洋深層水活用施設で水深 384m から取水している深層水をメッシュサイズ 200 μ m のプランクトンネットで毎月濾過し、カイアシ類やヤムシ類等に分けて試料とした。試料採取は 2010 年度と 2014 年 4 月から 2016 年 10 月にかけて行った。これら生物・非生物試料は富山大学の IRMS (Optima, Prism)、総合地球環境学研究所の EA-IRMS (DeltaV) を用いて炭素・窒素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$) の測定を行った。(測定精度 IRMS: $\delta^{13}\text{C}=0.02\%$ 、 $\delta^{15}\text{N}=0.15\%$ 、EA-IRMS: $\delta^{13}\text{C}=0.1\%$ 、 $\delta^{15}\text{N}=0.2\%$) また、クロロフィル a 濃度や硝酸塩濃度は NPEC による富山湾海域モニタリング調査の観測結果を使用した。

3. 結果・考察

①富山湾沖合の食物網解析： $\delta^{15}\text{N}$ と $\delta^{13}\text{C}$ は 1 栄養段階上昇するごとにそれぞれ 3.4‰ と 1‰ 上昇することが知られており (Minagawa and Wada, 1985)、この特徴を利用し食物網の解析を行った。すると一部の表層魚を除き、富山湾沖合においては表層も深層も植物プランクトンが基礎生産者である食物網であった (図 1)。一方、最上位の栄養段階で見ると深層魚は表層魚に比べ $\delta^{15}\text{N}$ が高く、栄養段階が一段高いと考えられた。その理由として、深層には表層ではみられない肉食性動物プランクトンが存在しており、これが深層魚の栄養段階を高めていると推測された。②小型カイアシ類の $\delta^{15}\text{N}$ ：4 年とも 1~4 月頃に硝酸塩濃度の上昇と $\delta^{15}\text{N}$ の低下がみられた (図 2)。また、水温の鉛直データより、海面から最大水深約 150m までの冬季鉛直混合層が 1~4 月にかけて確認された。日本海において、表層から水深 150m まで水深が深くなるにつれ硝酸塩濃度が高くなることが報告されており (Nozaki, 1998)、硝酸塩濃度の上昇は冬季鉛直混合に伴い水深 150m 付近の硝酸塩が供給されたためと考えられた。また日本海の水深 100m 以深の硝酸塩は $\delta^{15}\text{N}$ が表層に比べ低いことが報告されており (Ohashi, 1999)、植食性カイアシ類の $\delta^{15}\text{N}$ の低下は水深 100m 以深の硝酸塩の同位体比を反映したためと考えられた。③小型カイアシ類の $\delta^{13}\text{C}$ ：2~8 月頃にかけて $\delta^{13}\text{C}$ の上昇が確認され、これとほぼ同時期にクロロフィル a 濃度の上昇がみられた。植物プランクトンは増殖速度が増すと $\delta^{13}\text{C}$ が上昇することが報告されており (Laws et al, 1995)、春から夏にかけて植物プランクトンの増殖速度が上昇し、植物プランクトンの量も増えたと考えられた。またクロロフィル a 濃度の高い 2010・2015 年は他年度に比べ高い $\delta^{13}\text{C}$ の上昇を示し、クロロフィル a 濃

度の高い富山湾の動物プランクトンは日本海沖に比べて高い $\delta^{13}\text{C}$ を示していた。さらに $\delta^{13}\text{C}$ の上昇は $\delta^{15}\text{N}$ 低下の期間中にみられたことから (図 2) 冬季鉛直混合で供給された硝酸塩利用時に植物プランクトンの増殖速度増加が起きていると考えられた。

4. まとめ

動物プランクトンの $\delta^{13}\text{C}$ は植物プランクトンの値を反映し、植物プランクトンの繁殖状況や生産量を予測するのに有効である可能性が考えられた。また富山湾沖の表層・深層に生息する魚類の多くは植物プランクトンからなる食物網上に位置し、富山湾の植物プランクトンは 1~4 月にかけて冬季鉛直混合により供給される深層の硝酸塩を利用し増殖していることが確認された。冬季鉛直混合の生成には表層海水の冷却が必要であり、今後温暖化により表層海水の冷却が弱まれば冬季鉛直混合は弱まり、その影響は植物プランクトンの生育状況や食物網に沿って多くの魚類へも及ぶ可能性が考えられる。

5. 学会発表

- 大塚朋貴, 張勁, 稲村修, 富山湾の表層から深層までの食物網解析~炭素・窒素安定同位体比からのアプローチ, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会 (口頭発表)
- 大塚朋貴, 張勁, 稲村修, 富山湾の食物網解析と動物プランクトンの経年変化, -炭素・窒素安定同位体比を用いて-, 2016 年度 日本地球化学会年会 (口頭発表)
- 大塚朋貴, 張勁, 稲村修, 富山湾の食物網解析と動物プランクトンの経年変化 -炭素・窒素安定同位体比を用いて-, 第 6 回同位体環境学シンポジウム (ポスター発表)

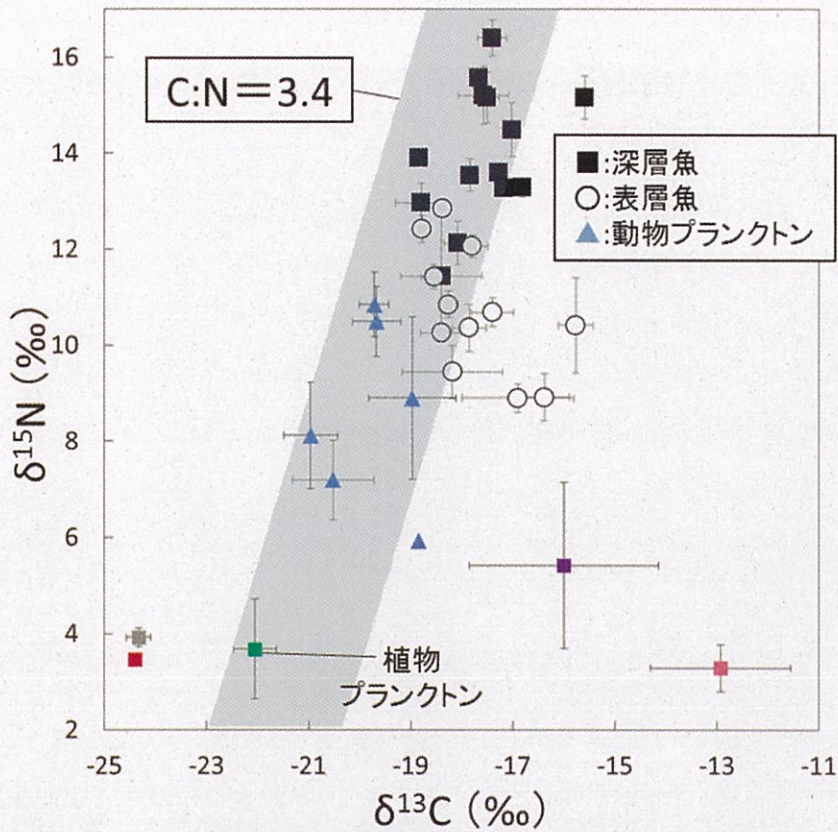


図 1. 富山湾沖の生物と基礎生産者の C-N マップ

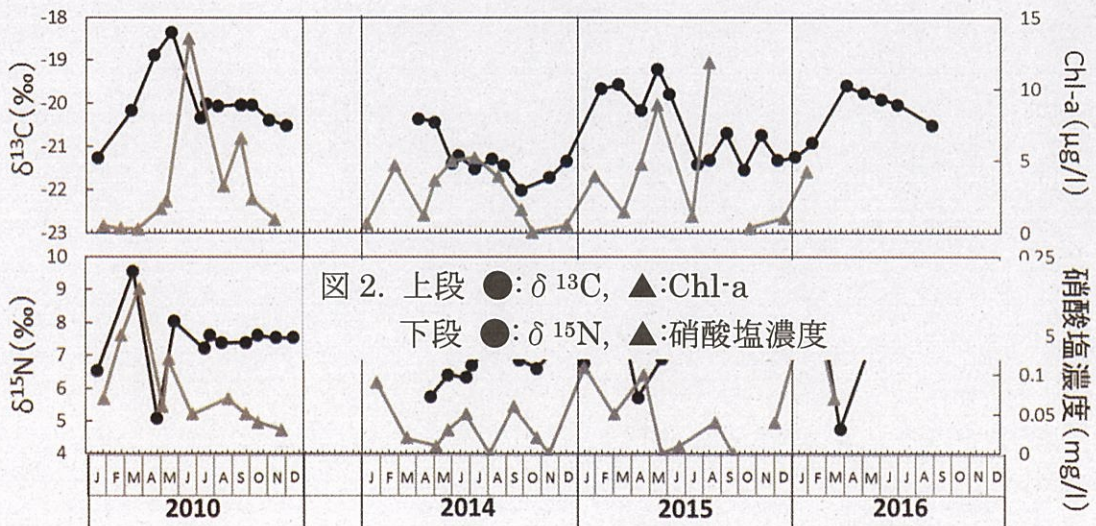


図 2. 上段 ●: $\delta^{13}\text{C}$, ▲: Chl-a
下段 ●: $\delta^{15}\text{N}$, ▲: 硝酸塩濃度