

## 研 究 成 果 報 告 書

- ・機関及び学部、学科等名：富山大学 理工学教育部
- ・所属ゼミ：環境化学計測第二講座
- ・指導教員：張 勁
- ・代表学生：浦沢 知紘
- ・参加学生：大塚 朋貴

### 【研究課題名】食卓から海洋環境を考える～神秘の海 富山湾の食物網～

#### 1. 課題解決策の要約

本研究では「富山県のさかな」であるホタルイカとシロエビ(標準和名シラエビ)、ブリを始めとする、身近に食卓で食べられている魚介類等を用いて、富山湾の食物網の調査を行った。研究手法として、食物網の解析に最適な炭素・窒素安定同位体比( $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ )を指標として使用した。

富山湾沿岸域の生物の $\delta^{13}\text{C}$ は植物プランクトンや陸上植物の遺骸等を含む陸由来の懸濁態有機物に比べ高い値を示していたことから、陸域から輸送される懸濁態有機物は餌として利用されておらず、沿岸生物は餌源として植物プランクトンと底生藻類の両方を利用していることが分かった。富山湾沿岸域の基礎生産者の $\delta^{15}\text{N}$ の平均値は他の海域で報告されている値に比べ低く、これは、陸域から河川等によって輸送されている $\delta^{15}\text{N}$ の低い溶存態栄養分を沿岸の基礎生産者が利用しているためと考えられ、標高の高い山岳地帯を有し、年間降水量の多い富山県の自然環境を反映していた。対馬暖流水の影響を受ける富山湾沖表層に生息する魚介類の $\delta^{13}\text{C}$ から、表層魚は植物プランクトンを餌源としており、沿岸生物と同様に陸域から輸送される有機物は利用していないことが分かった。一部の表層魚で $\delta^{13}\text{C}$ が高い傾向がみられ、これらの魚類は沿岸域で餌を捕食し、底生藻類の影響を受けていることが考えられた。また、日本海固有水の影響をうける深層に生息する魚介類も表層魚と同様に、植物プランクトンを餌源としていると示唆された。これは深層魚の餌となる動物プランクトンが夜間に表層で餌を食べ、日中深層に移動する日周運動を行う習性によるものと考えられた。一方で $\delta^{15}\text{N}$ 値は表層魚より高く、深層に生息する栄養段階の高い肉食性の動物プランクトンが深層魚の餌として重要であることが推測された。これらの富山湾の水産生物と、日本海沖で成長すると考えられるホタルイカや、日本海沖で採取した動物プランクトンの同位体比を比較すると、富山湾の水産生物は $\delta^{13}\text{C}$ が高いことが分かった。今回の結果から、食卓にあがる身近な魚介類を用いて富山湾の食物網の特徴を知ることができた。富山湾内の食物網は陸域から供給される溶存態栄養分の影響を強く受けていることが示唆された。このため、今後の水産資源の持続的利用を考える上で、陸域から供給される溶存態栄養分の供給状況をより詳しく調査する必要があると考えられた。さらに、沿岸域の食物網では底生藻類が餌源として利用されていたため、岩や砂上に生息している底生藻類が食物網の中で重要な役割を果たしていることが明らかとなった。

## 2. 調査研究の目的

富山湾は日本海に生息する800種の魚類のうち約500種が生息するとされ、古くから水産資源の豊かな漁場である。一方で近年、地球温暖化等に伴う環境変化が水産資源に及ぼす影響が問題視されており、水産資源の持続的な利用の観点から、食物網や物質循環の現状を把握することが必要である。

本研究では、富山湾の食物網を把握することを目的とし、重要な水産資源でもあるホタルイカ、シラエビ、ブリ等の魚介類を用いて調査研究を行った。

## 3. 調査研究の内容

本研究の研究手法として、食物網を解析するための指標として幅広い分野で利用されている炭素・窒素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ ) 解析を用いた。生物の  $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$  は「食う—食われる」の関係の中で、「食う」側の値が高くなることが知られている。 $\delta^{13}\text{C}$  は餌と捕食者の間で約1‰程度しか変化がないため、生物の  $\delta^{13}\text{C}$  は食べた餌の  $\delta^{13}\text{C}$  によって決められる(南川, 1997)。海洋(特に沿岸)生物の餌源としては植物プランクトンや底生藻類、陸から輸送される有機物等が考えられるが、これらの値はそれぞれ異なる  $\delta^{13}\text{C}$  を示すことが報告されており、一般的に植物プランクトンは約-21‰、底生の藻類は約-16‰、陸上由来有機物は約-28‰(横山, 2009)程度とされている。このため、生物の  $\delta^{13}\text{C}$  を調べることで、対象生物が何を餌源としていたのかを推定することができる。一方で  $\delta^{15}\text{N}$  は餌と捕食者の間で大きく変化することが報告されており、栄養段階が一段階上がるごとに約3.4‰程度値が上昇することが知られている(Minagawa and Wada, 1984)。このため、餌源と思われる生物と対象生物の  $\delta^{15}\text{N}$  を比較することで対象生物の栄養段階を推測することができる。本研究では富山湾で漁獲された魚介類の  $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$  を測定し、食物網の解析を行った。また、富山湾内でも陸域からの影響を受ける沿岸域(沿岸生物)と、富山湾沖の対馬暖流水の影響を受ける200m以浅の表層(表層魚)、日本海固有水の影響を受ける水深300m以深の深層(深層魚)に分け、それぞれの環境での食物網の比較を行った。さらに、これらの富山湾の食物網と日本海沖合の食物網との比較も行った。

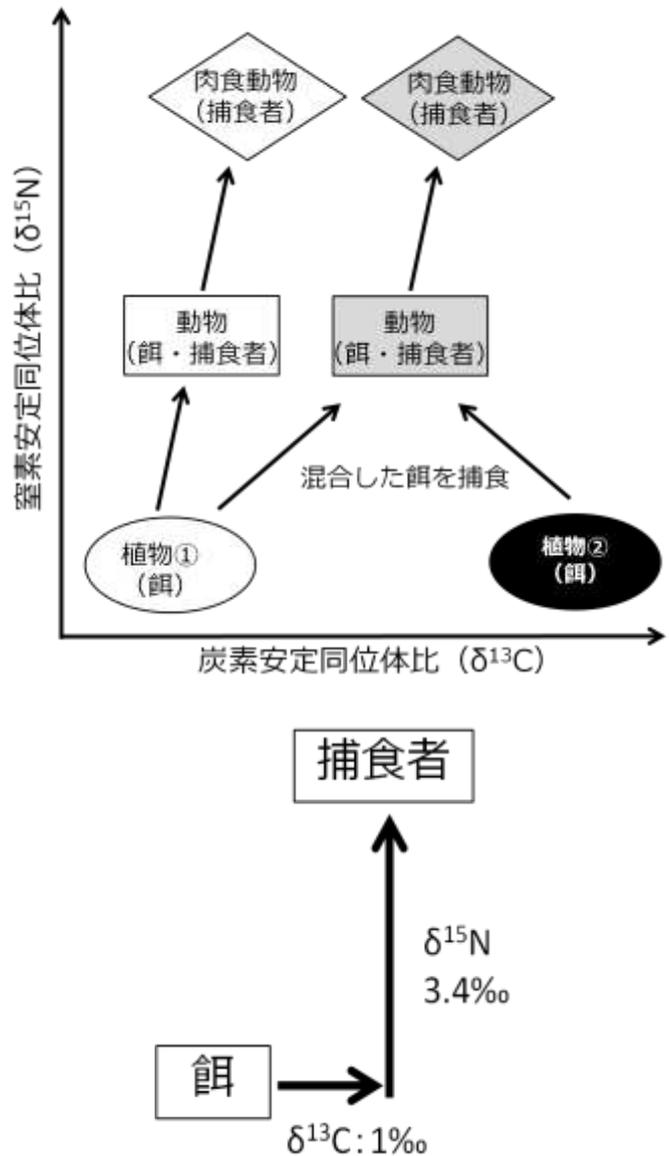


図1：食物網内での炭素・窒素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ ) の変化 概略図

#### 4. 調査研究の成果

##### 沿岸生物の食物網

沿岸生物の餌源と考えられる植物プランクトン、底生藻類、陸由来有機物の  $\delta^{13}\text{C}$  値と沿岸の魚類や貝類の  $\delta^{13}\text{C}$  を比較すると、沿岸生物の  $\delta^{13}\text{C}$  は植物プランクトンや陸由来有機物に比べて高いことが分かった。このことから、沿岸生物は植物プランクトンだけでなく  $\delta^{13}\text{C}$  の高い底生藻類も重要な餌源として利用していることが示された。さらに、陸域に近い沿岸域であっても  $\delta^{13}\text{C}$  の低い陸由来有機物は餌として利用されていないことが分かった。沿岸生物の値から基礎生産者の  $\delta^{15}\text{N}$  を予想すると、 $0.7 \pm 1.0\text{‰}$  程度となり、日本沿岸で報告されている値(4~9‰) (Wada *et al.*, 1987; Takai *et al.*, 2002 等)と比べて低いことが分かった。特に県内でも県東部の河口付近で採取した沿岸生物の  $\delta^{15}\text{N}$  が低い値を示していた。県東部の河川水に含まれる栄養分(硝酸)の  $\delta^{15}\text{N}$  は低い値を示すことが先行研究から報告されているため、陸域から河川水等によって運ばれる  $\delta^{15}\text{N}$  の低い栄養塩を基礎生産者が利用することで、富山湾沿岸の食物網の  $\delta^{15}\text{N}$  が低くなっていると考えられた。(図2参照)

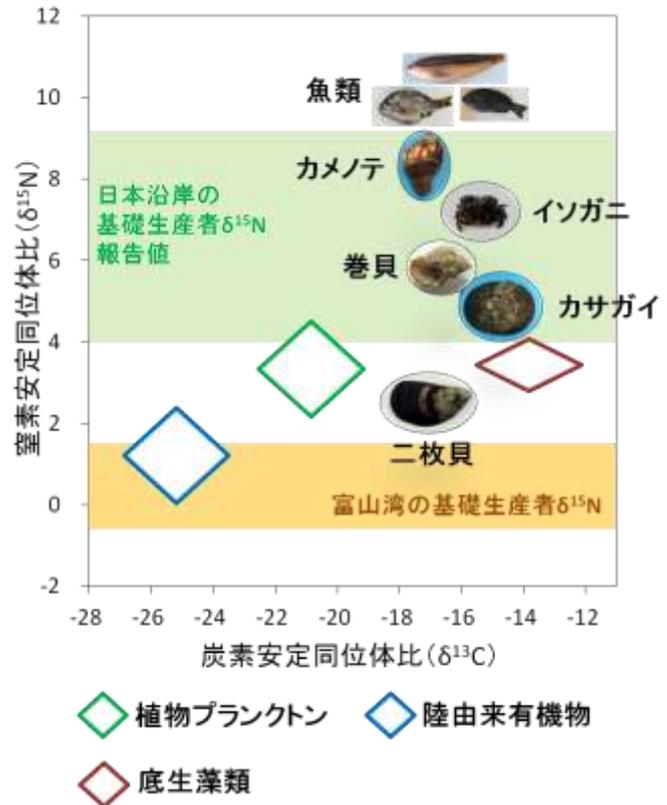


図2：富山湾沿岸生物の  $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$

##### 富山湾沖合の食物網

表層魚： $\delta^{13}\text{C}$ の結果から、表層魚の多くは植物プランクトンを餌源としていることが示唆され、陸由来の有機物は利用されていないことが明らかとなった。さらに、 $\delta^{13}\text{C}$ が $-17\text{‰}$ 以上の高い値を示す魚類もみられたことから、これらの魚類は沿岸の魚類と同様、底生藻類と植物プランクトンの両方を餌源として利用していると示唆された。ブリやスルメイカ、フクラギ等はマアジ等の小魚を捕食する肉食性であることから、マアジ等の魚類に比べ栄養段階の指標である  $\delta^{15}\text{N}$  が一栄養段階分ほど高くなると予想された。しかし、フクラギに関しては餌と考えられたマアジやウルメイワシ、動物プランクトンを主な餌とするシラエビ等と同様の値であり、異なる海域からの回遊の可能性が示された。また、これらの魚類に比べて、ブリやスルメイカ、アカヤガラ等は  $\delta^{15}\text{N}$  が高い値を示し、表層魚内ではブリの栄養段階が最も高かった。これらの  $\delta^{15}\text{N}$  の高い魚類は肉食性が強いと考えられた。(図3参照)

深層魚：ノログゲをはじめとする深層魚の  $\delta^{13}\text{C}$  は表層の植物プランクトンに近い値を示し、深層の泥や沈降粒子とは離れた値を示していた。このことから、深層魚も表層の植物プランクトンを主な餌源として利用していると考えられた。これは深層魚の餌となると考えられる動物プランクトンが日周運動を行い、夜間に表層で餌を食べ、日中は深層に移動するため、深層魚の食物網も起点は表層の植物プランクトンとなっていると考えられた。さらに、深層魚の  $\delta^{15}\text{N}$  は表層魚に比べ高い値を示していた。深層で採取した動物プランクトンの中には  $\delta^{15}\text{N}$  の高い肉食性の動物プランクトン(ヤムシ・アミ類)も多くみられたことからこれらの栄養段階の高い動物プランクトンが魚類の重要な餌となり、深層魚の  $\delta^{15}\text{N}$  も高くなっていると示唆された。(図3参照)

##### 日本海の食物網と富山湾の食物網の比較

先行研究により、富山湾のホタルイカは若狭湾で採取した個体と同様の同位体比を示すことが分かって

いる。ホタルイカは日本海沖合を広く回遊しているため、日本海沖合の食物網の代表種として使用できると考えられている。ホタルイカの同位体比と富山湾で採取した魚類等の値を比較すると、 $\delta^{13}\text{C}$  がホタルイカに比べて高い傾向があった。さらに富山湾で採取した動物プランクトンの  $\delta^{13}\text{C}$  も日本海の動物プランクトンに比べて高い値を示していた。このことから、富山湾では基礎生産者である植物プランクトンの  $\delta^{13}\text{C}$  が日本海沖合に比べて高いことが示唆された。(図3参照)

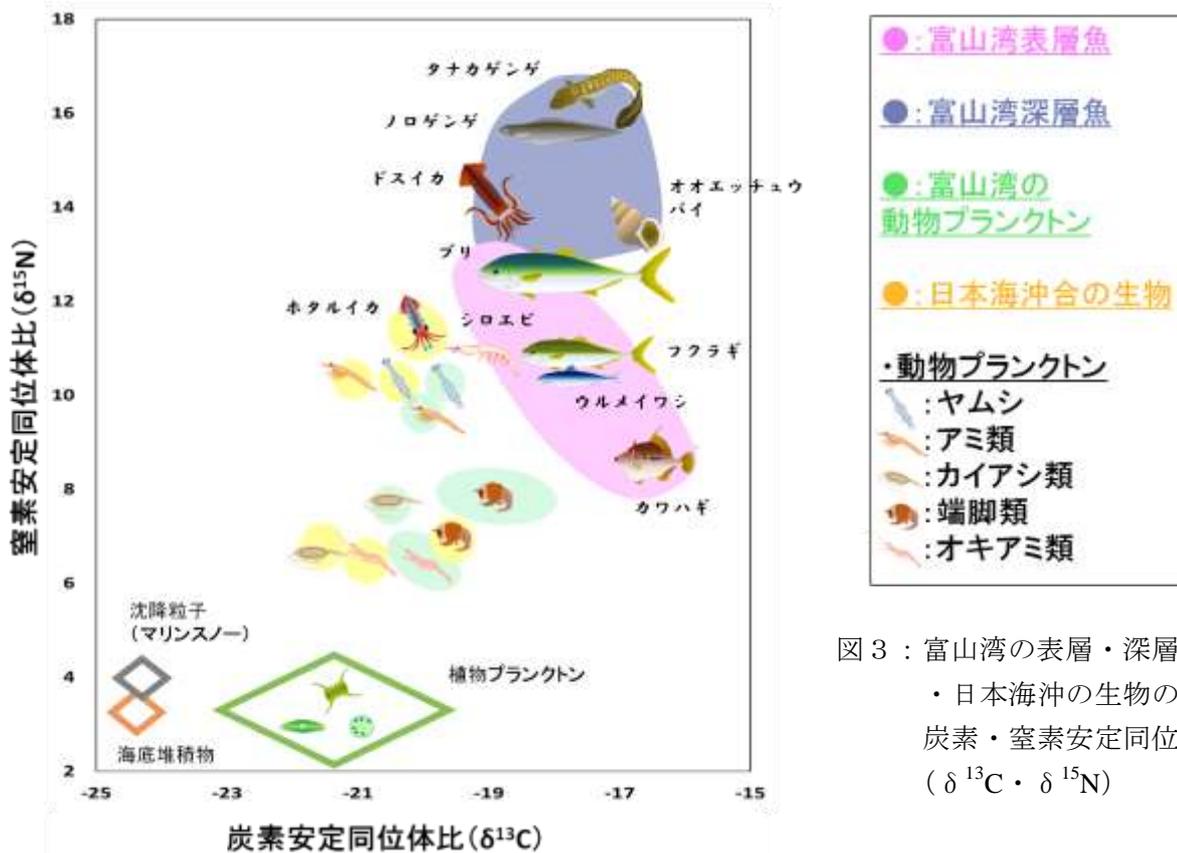


図3：富山湾の表層・深層・日本海沖の生物の炭素・窒素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ )

## 5. 調査研究に基づく提言

今回の調査の結果から、富山湾の食物網の特徴として、日本海沖合に比べて  $\delta^{13}\text{C}$  が高く、 $\delta^{15}\text{N}$  は「沿岸生物<表層魚<深層魚」という傾向がみられた。また、食物網の餌源としては植物プランクトン以外に底生藻類の利用が示唆された。さらに、沿岸域の食物網は陸域からの栄養塩供給の影響を強く受けていると思われた。このため、地球温暖化による陸域から物質供給の変化（例えば降雪・降雨量の変化による河川水流入量の変化等）は富山湾の生物に直接的な影響を与える可能性がある。さらに自然下での変化だけでなく陸域での人為的な変化（例えば肥料等の流入による富栄養化等）の影響も強く受けることが考えられる。したがって、富山湾内の水産資源の持続的な利用を考える上で陸域からの物質供給を調査する必要がある。さらに、沿岸生物の食物網では餌源として底生藻類が重要な役割を果たしていたことから、沿岸域での水産資源の保護のためには海底環境の保全が重要であると考えられた。

## 6. 課題解決策の自己評価

本研究では、富山湾で漁獲された身近な魚類を利用し、 $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$  解析を行うことで、富山湾の食物網の特徴を把握することができた。これにより、富山湾の水産資源を支えるメカニズムに関して基礎的な知見を得ることができた。さらに、栄養塩供給の研究も加えることで富山湾の保全対策への提言に結びつけることもできた。本研究の特徴ともいえる「富山県のさかな」等の身近な食材を対象としていることにより、一般の人々が食卓で海洋環境をより身近に考える啓発活動にも繋がっていくことを願っている。今後、本研究で得られたデータをもとに、より詳細な研究を行うことで、これからの環境変化に伴う水産資源への影響がさらに明確にできるものと考えられる。