

炭素・窒素安定同位体比を用いた富山湾沿岸生物への陸域からの影響評価

浦沢知紘（富山大学院 理工学教育部 生物圏環境科学専攻）

1. はじめに

富山湾は日本三大深湾の一つで、日本海側のほぼ中心に位置する。その水塊構造は、表層に河川水や降水などの様々な起源の水が混合した沿岸表層水、水深 200m 以浅に日本海東部を流れる暖かい対馬暖流水、水深 200m 以深に比較的低温で安定な日本海固有水の三つの層から構成されている(2005, 八田ら)。富山湾は大陸棚の幅が狭く、沖に向かって急激に深くなる海底地形を有しており、表層から深海までの多様な水塊からなる海洋環境が沿岸近くまで存在することから、日本海の縮図とみることができる。

近年、日本海は地球温暖化による水温の上昇が他の日本周辺の海域に比べて著しいことが報告されており（気象庁）、富山湾は地球温暖化の影響をいち早くとらえるためのモニタリング海域として最適である。将来的な地球温暖化などに伴う環境変化による生態系への影響を明らかにするためには、現時点における食物網や物質循環の解明は不可欠である。

そこで本研究では、富山湾の食物網や物質循環を解明することを目的とした。まず 1 年目に、富山湾の食物網の特徴をとらえる環境指標種として、富山湾の重要な水産資源であり、富山湾内で一生を過ごすと考えられるシラエビ（通称：シロエビ）を対象とし、環境指標としての有効性を検討した。さらに、2 年目となる本年度は、生物生産が最も盛んと考えられる富山湾沿岸域において食物網の調査を行った。富山湾には河川や海底湧水などの陸水が多く流入しているため、特に陸域からの影響に注目した。この報告書では、本年度行った沿岸生物の調査結果を主に報告する。

本研究で用いた炭素・窒素安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$) 解析は、生態系の構造や物質循環を解明するための指標として広く用いられている。生物試料の筋肉組織の炭素・窒素同位体比には、胃の内容物調査だけでは分からない生物が長期間利用した平均的な餌の記録が反映されていることが知られている(高津ら, 2005)。特に食物網解析に多く用いられており、炭素同位体比は餌源の推定、窒素同位体比は栄養段階の推定に用いられる(Minagawa and Wada, 1984、DeNiro and Epstein, 1978 ; 1981)。本研究では、シラエビや貝類等の筋肉組織を試料とした。

2. 研究試料、測定方法

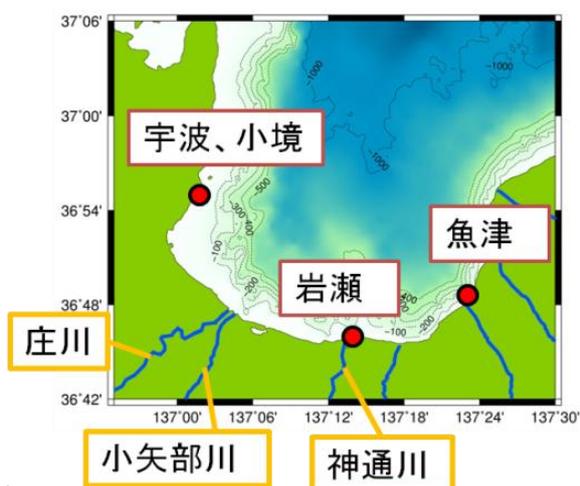
沿岸生物のサンプリング地点は、富山県内中央部の比較的大きな都市を流れ、最も流量の多い神通川の河口に近い岩瀬浜海水浴場と、県東部の急流河川である早月川河口に近い魚津港、さらに大きな河川のない県西部の宇波漁港及び小境海水浴場で行った。その他、流量の多い神通川・庄川・小矢部川と、長崎大学附属練習船の研究航海 NN391・NN402 次航海において日本海及び富山湾内でサンプリングを行った。沿岸と河川では試料水の pH・EC・水温の測定を行い、研究室ではアルカリ度の測定を行った。

沿岸域の食物網の起点は植物プランクトンや陸由来有機物などを含む懸濁物、岩などに付着する付着藻類、海藻・海草類、堆積物上微細藻類など多様である。そのため、対象生物は食性の地域性を比較するために移動性の低い生物を主対象とした。具体的には、懸濁物食者である二枚貝のムラサキイガイとムラサキイコガイ、付着藻類食であるカサガイ類、広範囲での回遊を行わない魚類を対象とし、それぞれの地点で採取した。

各サンプリング地点では、植物プランクトンや陸由来有機物などの混合物として懸濁態有機物 (POM) も採取した。POM は海水を採取した後、250 μ m メッシュのふるいを通し、さらに燃焼処理を施した GF/F フィルターでろ過を行い、ろ紙上の物をサンプルとした。

同位体比測定に用いた生物試料は、脱塩・脱脂・凍結乾燥・粉碎を行い、酸化銅・還元銅・白金と共に石英管に真空封入した後、加熱 (500 $^{\circ}$ C で 30 分、850 $^{\circ}$ C で 10 時間) し、CO₂・N₂・H₂O ガスに分解した。これらのガスを真空ガラスラインと寒剤を用いて CO₂ と N₂ を分離精製し、質量分析計にて炭素・窒素安定同位体比を測定した。POM 試料は、乾燥後に塩酸蒸気に一晩さらして炭酸塩の除去を行った。その後再度凍結乾燥して塩酸を除去し、生物試料と同様に同位体比測定を行った。

沿岸、河川サンプリング地点



3. 結果及び考察

3-1 現場データ

各地点の現場測定結果は、EC とアルカリ度が「岩瀬海水浴場<魚津港<宇波漁港≒小境海水浴場」の順に高くなっていた。EC やアルカリ度は塩分と同様の挙動を示すため、これらの違いは河川からの淡水流入量の差を示しているものといえる。このため、陸水の影響は「岩瀬海水浴場>魚津漁港>宇波漁港≒小境海水浴場」となることが考えられた。

3-2 POM の同位体比

河川水から採取した POM の同位体比は、炭素・窒素ともに最も低い値を示した。植物プランクトンは一般に $\delta^{13}\text{C}$ =約 -21.0% 、 $\delta^{15}\text{N}$ =約 $+6.6\%$ であるのに対し(横山, 2008)、富山県内の淡水域の堆積物は $\delta^{13}\text{C}$ = $-29.0\sim-22.0\%$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ = $-1.2\sim4.7\%$ という値が報告されている(Inamura *et al.*, 2012)。これらのことから、河川水の POM は陸由来有機物の値を反映しており、沿岸の POM は海洋の植物プランクトンと陸由来有機物などの混合物であることが推定された。

3-3 生物の同位体比

懸濁物食である二枚貝(ムラサキイガイ・ムラサキインコガイ)は、河川水流入量の多い岩瀬浜海水浴場や魚津港で採取された個体の $\delta^{15}\text{N}$ 値に比べ、周辺に河川の少ない小境海水浴場で採取された個体は高い値を示していた。このことは河川水の流入量の違いを反映していると考えられた。しかし、 $\delta^{13}\text{C}$ 値に関しては、どの地点でも差がなく、直接的な餌と考えられる POM の値と比較しても明らかに高い値を示していた。この原因として、堆積物上に生息している微細藻類の $\delta^{13}\text{C}$ 値は約 -16.4% と植物プランクトンに比べて高いこと(横山, 2008)から、二枚貝は堆積物上の微細藻類が波により懸濁したものを主な餌としており、陸由来有機物を餌源として利用されていないことが示唆された。

一方、カサガイ類の $\delta^{15}\text{N}$ 値は二枚貝同様、岩瀬浜海水浴場の個体が最も低い値を示す傾向は見られたが、各地点で大きな差はなかった。 $\delta^{13}\text{C}$ 値は岩瀬浜海水浴場と魚津港の個体で高い値を示し、これらに対して、宇波漁港の個体は低い値を示した。河口域では、河川から供給される栄養塩によって一次生産者の増殖が促進され、それによって $\delta^{13}\text{C}$ 値が上昇することが知られている(Cifuentes *et al.*, 1988)。このような影響によって付着藻類の生育が促進され、 $\delta^{13}\text{C}$ 値が高くなったと推測できるが、詳細に関してはさらなる調査が必要である。

貝類がそれぞれの地点でまとまった同位体比を示したのに対して、魚類の δ

^{13}C 値はばらついており、沿岸の POM に近い $\delta^{13}\text{C}$ を示す個体と貝類に近い同位体比を示す個体の存在が確認された。このことから、沿岸に生息する魚類は種や個体によって様々な餌源を利用しており、植物プランクトン以外にも堆積物上微細藻類や付着藻類などを由来とする餌も利用していると考えられた。

3-4 沿岸生物の食物網と陸域からの影響

富山湾の沿岸に生息する生物全体の同位体比を、富山湾内の沖合域に生息するシラエビや動物プランクトンの値と比較すると、貝類の値はシラエビなどに比べて明らかに $\delta^{13}\text{C}$ 値が高く、異なる食物網に位置することが示された。このことから貝類は $\delta^{13}\text{C}$ 値の高い堆積物上の微細藻類や付着藻類に依存していることが考えられた。次に、沿岸の魚類の $\delta^{13}\text{C}$ 値はシラエビの食物網から貝類の食物網に至る広い範囲にあり、様々な餌源の生物を利用していることが明らかになった。さらに $\delta^{15}\text{N}$ 値については、シラエビの食物網に比べ、起点となる餌源の $\delta^{15}\text{N}$ 値が低いことが示された。

過去に本研究室で測定された富山県内の早月川などの河川水に含まれる硝酸態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値は、比較的低い値（約 $-1.6\sim 0.0\text{‰}$ ）を示しており、河川から供給される低い $\delta^{15}\text{N}$ 値をもった硝酸態窒素を沿岸域に生息する一次生産者が利用したことが沿岸生物の食物網に反映されたと考えられた。河川水の影響が少ない県西部の貝類は、 $\delta^{15}\text{N}$ 値が一級河川の多い県東部の貝類に比べて高いことから、この考えが支持された。

これらの結果をまとめると、富山湾の沿岸域の県東部において、一次生産者は河川水由来の低い $\delta^{15}\text{N}$ 値を持つ硝酸態窒素を利用しており、底生藻類（付着藻類や底生の微細藻類）を起点とした食物網と、植物プランクトンを起点とした食物網が混在していることが示唆された。植物プランクトン以外の炭素供給源（堆積物上微細藻類や付着藻類など）の重要性は近年多くの研究で報告されており、広島湾でも海底面の一次生産者の重要性が指摘されている（高井ら，2003、Takai *et al.*, 2004）。以上に基づいて富山湾における陸域からの沿岸生物への影響を考察すると、窒素の供給源として河川水由来の硝酸態窒素が大きな影響を与えており、特に県東部でその影響が顕著と考えられた。一方、陸から供給された炭素は、沿岸生物にほとんど利用されていないと考えられた。

3-5 日本海・富山湾の食物網

山崎ら（2012）は、炭素・窒素安定同位体比解析を用いてホタルイカが日本海沖合域の環境指標種になるとしている。そのホタルイカの $\delta^{13}\text{C}$ 値は、本研究におけるシラエビや沿岸生物に比べて低く、比較的同様の食性をもつシラエビよりも $\delta^{15}\text{N}$ 値が高いことが示された。このことから、日本海沖合域と富山湾沖合域、富山湾沿岸域では、それぞれ異なる食物網が存在すると考えられた。

具体的には、（1）富山湾沿岸域：底生藻類や植物プランクトンなどの様々な

餌源を利用し、河川水由来の低い $\delta^{15}\text{N}$ の窒素の影響を受けている、(2) 日本海沖合域：比較的低い $\delta^{13}\text{C}$ 値を持ち、河川水の影響を受けていない、及び(3) 富山湾沖合域：中間的な値を示す食物網の存在が推測された。

4. まとめ

富山湾沿岸生物の炭素・窒素安定同位体比は、貝類においてはサンプリング地点ごとに異なる値を示した。全体として $\delta^{13}\text{C}$ 値が高いことから、餌源として植物プランクトンだけではなく底生藻類の利用が示唆された。また、沿岸の魚類は様々な炭素源を利用していると推定された。さらに、沿岸域の食物網は、県東部において陸由来の低い $\delta^{15}\text{N}$ をもつ硝酸態窒素の影響を強く受けており、窒素供給源としての河川水の重要性が示唆された。しかし、沿岸生物の炭素源としては、陸域からの直接的な影響はみられなかった。また、富山湾沖合域に生息するシラエビ、日本海沖合域に生息するホタルイカ、そして富山湾沿岸生物の食物網を比較すると、多様な炭素源が混在し、陸由来の窒素の影響を受ける富山湾沿岸域の食物網、比較的 $\delta^{13}\text{C}$ 値が低くて陸域の影響を受けない日本海沖合域の食物網、その中間的な値をもつ富山湾沖合域の食物網の存在が分かった。

今後、富山湾沿岸域の様々な基礎生産者についての測定や、海水及び河川水中の溶存物質の測定、さらに多様な生物種の同位体比の解析を進めることで、日本海沖合から富山湾の沿岸域と沖合域における食物網を詳細に把握できると考えている。