

## 2025 年度日本海学研究グループ支援事業 報告書（事業開始 2 年目）

研究課題名：令和 6 年能登半島地震が富山湾の深海食物網に及ぼす影響評価

～ベニズワイガニの持続可能な漁業の在り方を探る～

代表者：三神 崇重（富山大学大学院 持続可能社会創成学環 グローバル SGDｓ プログラム 修士 2 年）

大塚 進平（富山大学大学院 理工学教育部 地球生命環境科学専攻 博士課程 3 年）

### 1. 研究背景・目的

ベニズワイガニ（以降、ベニズワイ）は日本海の水深 500～2,700 m という非常に広い水深帯の深海に生息し、かつ膨大な資源量を誇る日本海の深海を代表する生物で、深海生態系の維持において重要な位置を占めている。また、本種は水産資源として利用されており、令和 4 年度の漁獲量は約 12,000 t と国内のカニ類で最多で、日本海を代表する重要な水産資源となっている。富山県では漁場が近いという利点を活かし、カニ籠を用いたベニズワイ漁が活発に行われており、市場には新鮮な状態のベニズワイが多く水揚げされる。また、昼セリの見学会の開催なども行われており、富山県の水産および観光資源として重要な役割を担っている。

しかし、2024 年 1 月 1 日に発生した「令和 6 年能登半島地震」に起因する富山湾内の海底地すべりが、2025 年 3 月時点で 50 か所以上発生したと推定されており（富山県水産研究所, 2025）、海底地すべりによる漁場崩壊や、それに伴うカニ籠漁具の損失を引き起こした。また、海底地すべりは資源自体にも甚大な影響を与えたと考えられ、2024 年の新湊漁港におけるベニズワイ漁獲量は対前年比 48% と記録的な不漁となった（富山県水産研究所, 2025）。富山県では地震による深海生態系への影響を調査することが急務で、昨年度、申請者は地震前後の堆積物およびベニズワイをはじめとした生物試料の分析を行い、地震による海底環境と深海生態系の変化の有無を捉えることができた。

震災から約 1 年経過し、漁獲量等が回復している傾向も報告されているが、場所によっては、生息密度が低い地点も報告されている（富山県水産研究所, 2025）。よって、ベニズワイの資源管理というのは今後も注意深く行っていく必要がある。

本年度は、震災から 1 年以上が経過した富山湾の深海生態系および海底環境の状態を明らかにする。前年度の食性解析結果も併せ、ベニズワイの生態学的知見を深化させるとともに、2 年間にわたる調査結果から、資源維持に適した餌環境の条件を考察する。加えて、昨年度の事業で課題として残ったベニズワイが捕食している魚種の同定および一部底生生物における低い硫黄安定同位体比の要因を追及し、ベニズワイをとりまく富山湾深海食物網の詳細な把握を行う。また、本年度では科学的解析にとどまらず、漁業関係者への聞き取り

調査も併せて実施し、現場におけるベニズワイ漁の実態把握にも努めた。

## 2. 研究手法

### 2-1. 研究対象地域及び試料採取

本研究の調査地点を図1に示す。2024年7月、および2025年6月・7月に、富山県農林水産総合技術センター水産研究所（以下、富山県水産研究所）の調査船「立山丸」による桁網調査が富山湾中央部で実施された。本研究では、同調査で採取されたベニズワイ（甲幅：8.4～139.1 mm）および周辺に生息する深海生物の提供を受け、研究試料とした。

また、硫黄安定同位体比（ $\delta^{34}\text{S}$ ）測定用の海水および堆積物試料については、2025年6月に長崎大学水産学部所属の練習船「長崎丸」に乗船し、上記と同じ地点において採取を行った。

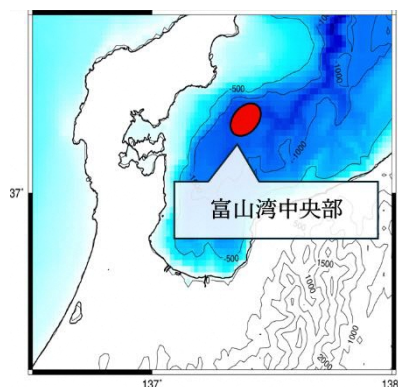


図1. 調査地点

### 2-2. 分析

#### 2-2-1. ベニズワイの食性調査

ベニズワイの食性を明らかにするために、ベニズワイの胃内容物調査、胃内容物 DNA 分析、および餌源と栄養段階の指標となる炭素・窒素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ ）の分析を実施した。

胃内容物は頻度法（Hynes, 1950; 浜野, 2005）により集計し、各餌生物の出現頻度を「100 × その餌生物を胃中に含んでいた個体の数 / 胃の中に何らかの餌が存在した個体の数」で計算される値（%）として示した。

胃内容物の DNA メタバーコーディング解析については、2 個体分の試料を「株式会社生物技研」に委託した。同社にて、DNA 抽出、ライブラリー調製、シーケンシング、およびデータ解析の一連の工程を実施した。

$\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$  は、筋肉組織を脱脂処理した後、EA-IRMS（EA IsoLink CN/OH IRMS System, Thermo Fisher Scientific 社）で測定を行った（測定精度： $\delta^{13}\text{C}=\pm 0.1\text{‰}$ 以下、 $\delta^{15}\text{N}=\pm 0.3\text{‰}$ ）。

**DNA メタバーコーディング：**環境水・胃内容物などの試料から特定分類群の DNA をま

とめて同時並列的に分析する方法を「DNA メタバーコーディング法」と呼ぶ。抽出した DNA に含まれる特定分類群の DNA に PCR を行うことによってプライマーが網羅的に結合する。種を超越して分類群横断的に結合するプライマーをユニバーサルプライマーと呼び、魚類では、MiFish プライマー (Miya et al., 2015)、十脚甲殻類では MiDeca プライマー (Komai et al., 2019) などが環境 DNA 用のユニバーサルプライマーとして設計されている。本研究では魚類用のプライマー (cMiFish) と、底生動物用の DNA バーコーディングプライマーセット (gMenthos) を用いた。

$\delta^{13}\text{C} \cdot \delta^{15}\text{N}$  : 生物試料の  $\delta^{13}\text{C} \cdot \delta^{15}\text{N}$  には、胃内容物調査だけでは分からない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 (Mintenbeck et al., 2007; Kaufman et al., 2008; Weems et al., 2012)。特に、食物網解析に多く用いられており、 $\delta^{13}\text{C}$  は栄養段階の上昇に伴い、約 1 ‰程度の僅かな上昇幅であることから餌源の推定に用いられており、 $\delta^{15}\text{N}$  は栄養段階の上昇に伴い、約  $3.4 \pm 1.1$  ‰も上昇することから栄養段階の推定に用いられている (DeNiro & Epstein, 1978; Minagawa & Wada, 1984)。

## 2-2-2. 硫化物が深海生物に与えた影響の調査

昨年度の調査で、ベニズワイやクロザコエビの硫黄安定同位体比 ( $\delta^{34}\text{S}$ ) が他の深海生物と異なる値を示すことが示された。これは、これら 2 種が堆積物に含まれる硫黄化合物を摂取している可能性を示唆しているが、昨年は、海水や堆積物等の硫黄の供給源のデータが不足しており、確証を得ることが難しい状態であった。

そこで、今年度は海水中および堆積物中の海水 (間隙水) の  $\delta^{34}\text{S}$  の解析を行い、実際に、ベニズワイの硫黄化合物の供給源について推定を行った。

試料採取は、富山県水産研究所が桁網の調査を行っている調査地点で行った (図 1)。水試料中の硫酸イオンを塩化バリウム二水和物により、硫酸バリウム沈殿物を生成し、この沈殿物を EA-IRMS で測定を行った (測定精度:  $\delta^{34}\text{S} = \pm 0.25$  ‰)。

## 2-2-3. 漁業者への聞き取り調査

令和 6 年能登半島地震の発生から約 1 年 11 カ月が経過した 2025 年 11 月末、漁場の現状を漁師の視点から直接把握するため、新湊漁港所属のベニズワイ漁師を対象とした聞き取り調査を実施した。本調査では、現在の漁業状況や研究結果に対する反応を確認するとともに、今後、大学や水産研究所などの専門機関に期待する役割や要望について聞き取りを行った。

# 3. 結果・考察

## 3-1. ベニズワイの胃内容物

空胃および胃内容物が確認不可能であった個体を除き、胃内容物が認められた個体 ( $n = 228$ ) における各餌生物の出現頻度を算出した。その結果、小型二枚貝類 (出現頻度: 64.9%) と最も高く、次いで 魚類 (23.2%)、カニ類 (8.8%)、頭足類 (2.2%)、卵 (0.9%)、端脚類

(0.4%) の順であった。その他甲殻類は出現が確認されなかった (0.0%)。なお、胃内容物が「不明」の出現頻度は 17.5% であった。

これまでのベニズワイにおける胃内容物調査からもほぼ同様の餌生物が日本海北部および隠岐島周辺海域から報告されている (上田, 1963; 養松, 2009)。しかし、本研究における餌生物の出現頻度は、既往の知見と異なる結果となった。先行研究では大型個体を選出した胃内容物調査が行われているものの (養松ら., 2018), 具体的なサイズ帯が不明であるため、本研究との直接的な比較は困難であった。それでもなお、他海域では貝類や魚類の出現頻度は数%と低値を示すのに対し、富山湾では、大型個体 (甲幅 80 mm 以上) において、貝類が約 25%、魚類が約 35% と極めて高い頻度で出現した (図 2)。ベニズワイ (養松ら., 2012; 前田 & 内山, 2013), および近縁種であるズワイガニ (Kolts et al., 2013; Divine et al., 2017), とともに餌生物の消費頻度は、それらの入手可能性 (豊富さ) に応じて変化するジェネラリストであることが示唆されている。このことから、富山湾の深海底は他の海域に比べて、小型二枚貝類および魚類が豊富な餌環境であり、ベニズワイはそれらを主要な餌資源として積極的に利用していることが示唆される。

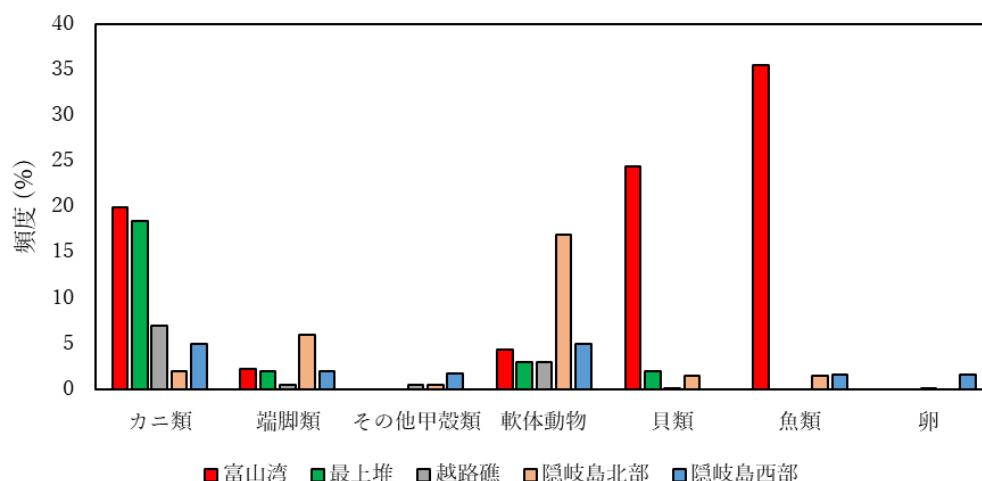


図 2. 胃内容物から出現した各餌の頻度  
富山湾以外のデータは (養松, 2009) より引用

### 3-2. 胃内容物 DNA

胃内容物調査では、具体的な種までは特定することができなかった。そこで、cMiFish および gBenthos プライマーを用いたメタバーコーディング分析を実施し、ベニズワイが捕食していた餌生物の種の特定を試みた。その結果、魚類についてはイワシ類、マサバ、キュウリエソといった表層から中深層に生息する魚種が検出された。一方、底生生物の DNA は本研究では検出されなかった。本研究で検出されたイワシ類やサバ類の DNA に関して、2025 年の富山湾における漁獲統計を確認すると、マイワシは 7,802 t (過去 10 年平均: 5,315 t), サバは 2,572 t (過去 10 年平均: 1,838 t) に達しており、これらは同年の富山湾における漁

獲量の第1位、第2位を占めている（富山県水産研究所, 2026）。これは、2025年における両魚種の資源量が極めて豊富であったことを示唆しており、表層から深海底への表層魚類の死骸の供給量が増加した結果、ベニズワイによる利用機会が増大した可能性を裏付けている。また、同様に胃内容物DNAから検出されたキュウリエソは日本海側の中深層性魚類として膨大な資源量を誇り、生態系のキーストーン種とされている（西村, 1959; 沖山, 1971; Okiyama, 1981）。特に、富山湾のような急峻で複雑な海底地形を持つ海域ではキュウリエソが多く出現することが明らかとなっている（加藤, 2001）。以上のことから、富山湾では表層・中層で死亡した豊富な魚類資源が死骸となって深海底まで沈降し、それがベニズワイへの重要なエネルギー供給源（沈降有機物）となっていると考えられる。富山湾のベニズワイで魚類の出現頻度が特異的に高かった背景には、このような独自の海底地形と高い生物生産性が関係していると結論づけられる。

### 3-3. $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$

胃内容物調査と胃内容物DNA分析が直前の餌情報のみを捉える一方で、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ は、一般的に数週間から数か月にわたる摂餌履歴を反映する（Mintenbeck et al., 2007; Kaufman et al., 2008; Weems et al., 2012）。本研究の $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 解析の結果、ベニズワイの同位体比プロットは、胃内容物DNA分析から検出されたイワシ類、マサバ、キュウリエソを含む表層魚類や小型二枚貝類を餌とした場合に想定される範囲に位置しており（図3）、胃内容物の結果と矛盾しなかった。これにより、ベニズワイによる表層魚類や小型二枚貝類の利用は一時的なものではなく、中長期的に安定して行われていることが裏付けられた。ただし、本解析の小型二枚貝類の $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ データは1個体に基づくものであり、同位体比のばらつきが評価できていない。また、今回解析に供した小型二枚貝類が、ベニズワイが実際に捕食している小型二枚貝類とは異なる種である可能性もある。より詳細な食物網解析のためには、今後、深海に生息する小型二枚貝類の分析個体数を増やし、同位体比情報を蓄積していくことが重要となる。

一方で、多くの深海魚類の $\delta^{15}\text{N}$ はベニズワイよりも高い位置にプロットされ、栄養段階が高いことが示された（図3）。これは、ベニズワイがアゴゲングエヤマトコブシカジカ（小西 et al., 2012; 前田, 2024）、ドブカスベ（Okiyama, 2004）などの深海魚類に捕食される立場にあるという先行研究と整合的である。すなわち、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ の結果から、ベニズワイは同所的に生息する深海魚類を主要な餌とはしておらず、むしろ深海食物網においてはこれら深海魚類の下位に位置し、被食者となっている構造が支持された。

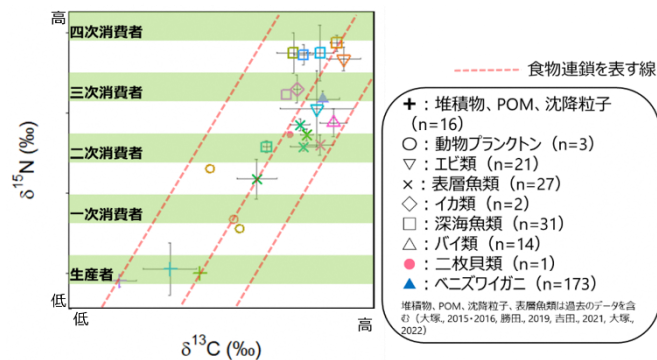


図 3.  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  から推定したベニズワイの餌

### 3-4. サイズに応じた食性

甲幅 40 mm ごとに胃内容物の頻度を調査した結果、甲幅 40 mm 未満の小型個体では、小型二枚貝類の出現頻度が最も高かったが、サイズの増加に伴いその頻度は低下し、代わって魚類の頻度がサイズの増加に伴い上昇する傾向がみられた (図 4)。また、 $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  が甲幅の増加に伴い漸増する傾向 (図 5) も、小型二枚貝類から表層魚類へと食性転換していることを反映していると考えられる。このことから、ベニズワイは成長とともに食性を変化させている可能性が示唆された。こうした成長に伴う食性の変化は、ベニズワイと同様の大型のカニ類においても広く報告されている。ズワイガニの小型個体は、薄い殻や未石灰化の殻を持つ二枚貝など、処理しやすい柔らかい獲物を選択する。一方で大型個体では魚類やカニ類の捕食が増加する (Lovrich & Sainte-Marie, 1997)。またガザミにおいても、小型個体は多毛類や小型甲殻類などの軟体・低可動性生物を、大型個体は腹足類や大型二枚貝、カニ類 (共食いを含む)、魚類を主に捕食することが明らかになっている (Lipcius et al., 2007)。以上のことから、ベニズワイも他の大型カニ類と同様に小型個体のうちは軟体かつ低移動性の小型二枚貝類を捕食し、大型個体になると、より大型を捕食する食性変化を示すことが判明した。これは、成長に伴い主要なエネルギー源が海底由来から表層由来へと大きく移行することを示す。

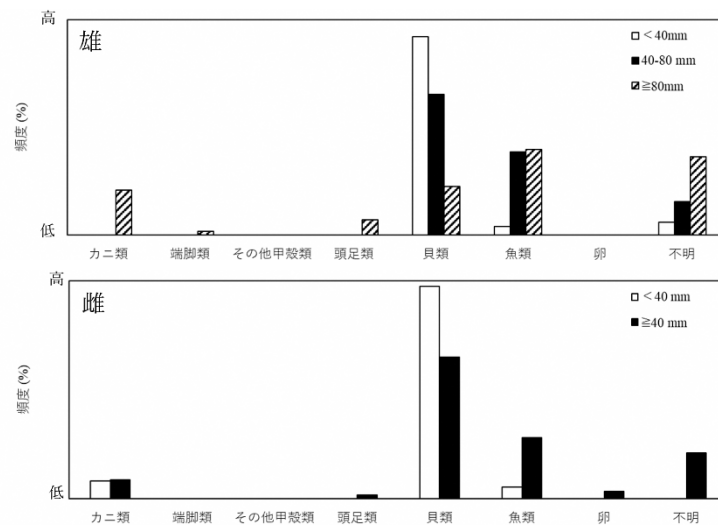


図 4. サイズに応じた胃内容物からの各餌の出現頻度

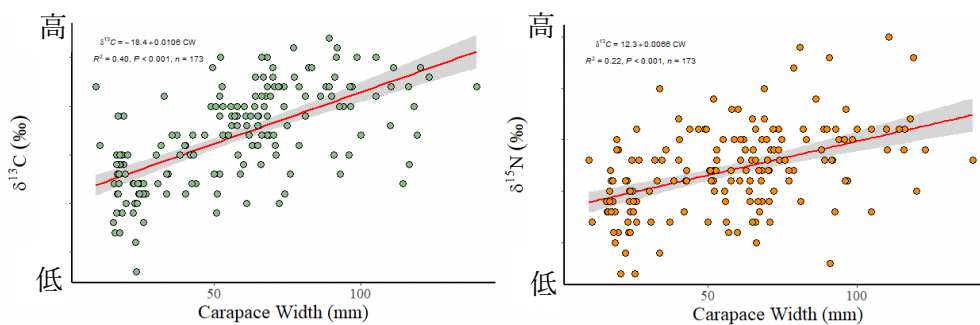


図 5. ベニズワイの甲幅と  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  の関係性

### 3-5. $\delta^{34}\text{S}$ を指標とした堆積物由来有機物の深海生物への寄与

海水中の  $\delta^{34}\text{S}$  は 22.4-22.6‰であったのに対し、堆積物中の間隙水は 21.5-21.7‰とわずかに低値を示した。一方、ベニズワイ (14.0-16.8‰) およびクロザコエビ (11.1-12.6‰) は、海水や間隙水の値を下回る低い値を示した (表 1)。一般に、生物が硫黄化合物を同化する際の同位体分別は極めて小さいことが知られている (酒井 & 松久, 1996)。したがって、本研究で得られた両種の低い  $\delta^{34}\text{S}$  は海水や間隙水のみを硫黄源として利用した結果では説明できない。すなわち、ベニズワイおよびクロザコエビは、これら以外の低い  $\delta^{34}\text{S}$  を示す硫黄源を取り込んでいる可能性が示唆される。

その供給源としては、堆積物中において硫酸還元菌などの微生物反応により生成された、低い  $\delta^{34}\text{S}$  値を有する還元硫黄に由来する硫黄が考えられる。堆積物に含まれる還元硫黄が微生物を通じて食物網に供給され、最終的にベニズワイおよびクロザコエビに転送された可能性が高い。これには、これら底生性甲殻類が餌を捕食する際、餌生物とともに堆積物粒子を直接的に多く取り込んでいることが関与していると推察される。

特に令和 6 年能登半島地震に伴う海底地すべりのような大規模攪乱によって底質の再懸

濁や酸化還元環境の変化が生じた場合、堆積物中の硫黄循環過程が変化し、食物網を介して取り込まれる硫黄の同位体組成にも影響が及ぶ可能性がある。

その結果、ベニズワイの  $\delta^{34}\text{S}$  は底質環境の変動を鋭敏に反映する指標となり得ると考えられる。すなわち、海底地すべり等により還元的な堆積物が新たに露出・供給された場合には、より低い  $\delta^{34}\text{S}$  を示す硫黄源への依存度が高まり、 $\delta^{34}\text{S}$  に変化が現れる可能性がある。

本研究で得られたベニズワイの  $\delta^{34}\text{S}$  が地震の影響を直接反映したものであるかどうかは現時点では明らかではない。しかしながら、今後、ベニズワイの  $\delta^{34}\text{S}$  を継続的にモニタリングすることにより、富山湾における底質環境の変動および硫黄循環の変化を評価できる可能性が示唆された。

表 1. 各種試料の  $\delta^{34}\text{S}$

| 種類                    | 海水    |          |          | 間隙水        |            |            |           | 生物        |           |
|-----------------------|-------|----------|----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 試料                    | 水深0 m | 水深1000 m | 水深1140 m | 堆積物 1-2 cm | 堆積物 2-3 cm | 堆積物 3-4 cm | 堆積物4-5 cm | ベニズワイガニ   | クロザコエビ    |
| $\delta^{34}\text{S}$ | 22.4  | 22.5     | 22.6     | 21.5       | 21.7       | 21.7       | 21.7      | 14.0-16.8 | 11.1-12.6 |

### 3-6. 漁師へのインタビュー

令和 6 年能登半島地震の発生から約 1 年 11 カ月が経過した 2025 年 11 月末に、現場の状況を把握するため、新湊漁港所属のベニズワイ漁師を対象に聞き取り調査を実施した。本報告では、現在のカニ漁の操業状況や課題、および現場から研究機関に対して期待される支援や調査項目等について、その結果を報告する。

Q. 地震から約 2 年経過したが、漁獲量は回復してきているか？

A. 徐々に地震前の水準まで回復してきている。地震前に仕掛けていたカニ籠は、地震に伴う海底地すべりの影響で現在も土砂に埋没したままである。そのため、地震前に利用していた漁場ではカニ籠を設置できず、私を含めた知り合いのカニ漁師は地震前とは異なる漁場で操業せざるを得ない状況となった。地震発生後は、代わりのカニ籠の作成や新たな漁場の探索に多くの時間を要したが、現在の漁場では徐々に漁獲が安定し、地震前と同程度の漁獲量を確保できるようになってきている。

Q. 本研究でベニズワイは表層魚類を捕食しているという研究結果が得られたが、これが人間活動（例えば、カニ籠に付いている餌、人間が捨てた未利用魚類をベニズワイが捕食しているなど）による影響は考えられるか？

A. カニ籠の餌が影響している可能性はある。特に小型個体の場合、餌を食べた後でも籠の網目から逃げ出せるため、カニ籠の餌を利用しつつ生存している個体がいる可能性はある。また、カニ籠に付けている餌は、引き揚げ後に海へ投棄するので、その餌が海底まで沈下し、ベニズワイに捕食される可能性もある。私は、ベニズワイがこれらを捕食することで逆に漁

獲されにくくなることを懸念して、意図的に漁場とは異なる場所で餌を投棄するようにしています。ただ、富山湾全体で見たら、カニ籠漁をしている場所は限られているので、カニが籠にあった餌を食べる確率はだいぶ低いと思う。

また、カニ籠には普段はソウダガツオ、サバ、去年とかはシイラなど中～大型の魚を餌として付けていた。なので、今回 DNA の結果から出てきたイワシ類やキュウリエソなどの小型の魚類はおそらく自然状態で死んだ魚が海底まで落下したものをベニズワイが捕食していると思う。

定置網漁業の方は、水深 100m 以浅で普段は漁業をしているので、仮に定置網漁業の漁師が海に未利用魚類を捨てているとしても、ベニズワイが生息する水深 800m 以深の深いところまで、海流などに流されて到達するのはなかなか難しいと思うので、やはり、ベニズワイは自然状態で落ちてきた魚の死骸を捕食していると思う。

Q. 今後、ベニズワイ関係で行ってほしい調査・研究はあるか？

A. カニ籠の移動履歴を追ってほしい。過去に、水産研究所が実施したカニ籠調査で漁獲したベニズワイにタグ（標識）を装着して放流し、漁師の船で再捕獲された地点との位置差から移動距離を推定する研究が実施されていた。地震後には海底地すべりが発生し、海底地形が大きく変化していることから、地震前と比べてベニズワイの移動方向や移動範囲も変化している可能性が考えられる。

現在のベニズワイがどのように移動しているのかを把握するためにも、過去と同様の標識放流調査を再度実施していただきたいと思っている。

#### 4. まとめおよび漁業への応用

- 富山湾におけるベニズワイの主要な餌は小型二枚貝類および表層魚類であることが明らかになった。特に、表層魚類ではイワシ類やサバなど、富山湾の表層で資源量の多い魚類を捕食していることが示唆された。
- 小型個体では小型二枚貝類、大型個体では表層魚類を主に捕食していることが分かった。これは、成長に伴い主要なエネルギー源が海底由来から表層由来へと大きく移行することを示す。

これまで本種の資源管理は、生態に関する知見が乏しかったことから、漁獲量等の統計データに基づかざるを得ず、生態的特徴を考慮した施策を講じることが困難であった。本事業で得られた知見は、小型個体の成長を支える底質環境の保全が極めて重要であることを示している。将来的には、特に小型二枚貝類の生息密度の高い海域を特定し、保護区として保全を検討することが、小型個体の資源保護において重要になると考えられる。一方、大型個体については、表層魚類の来遊量とベニズワイの資源変動の関係をより詳細に解明し、来遊量に応じた漁獲制限等、柔軟な管理体制を構築することが課題となる。

本知見は、富山湾特有の餌環境や成長段階に応じたエネルギー源の変遷を踏まえ、底質環境と表層生態系の双方を考慮した資源管理の重要性を示すものである。これらは震災後の富山湾におけるベニズワイ資源の持続的利用、および適切な管理策を検討する上での重要な基礎的知見となる。今後は、漁場の状況に精通した漁業者の知見も積極的に取り入れ、持続可能なベニズワイ漁を継続していく必要がある。

### 【本研究における 2025 年度成果物】

国内学会・研究集会等

三神崇重, 張勁, 三箇真弘, 稲村修, 胃内容物と同位体比から推定したベニズワイガニの成長に伴う食性の変化 (Stomach Contents and Stable Isotopes Reveal Dietary Shifts in Red Snow Crabs Across Body Sizes in Toyama Bay), Japan Geoscience Union Meeting 2025 (JpGU2025), (2025 年 5 月 25 日～30 日, 千葉市, ポスター発表)

三神崇重, 張勁, 三箇真弘, 稲村修, 富山湾におけるベニズワイガニの食性解析 –胃内容物および安定同位体比に基づく評価–, 2025 年度水産海洋学会研究発表大会, (2025 年 10 月 31 日～11 月 2 日, 福井市, 口頭発表) 若手優秀講演賞受賞

三神崇重, 張勁, 三箇真弘, 稲村修, 胃内容物と  $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$  から推定した富山湾産ベニズワイガニの食性 ～海洋表層と深海生態系のつながり～, 第 15 回同位体環境学シンポジウム (2025 年 12 月 19 日, 京都市, ポスター発表)

三神崇重, 張勁, 三箇真弘, 稲村修, 第 9 回富山湾研究会 (2026 年 3 月 5 日～6 日予定, 富山市, 口頭発表)

### 【謝辞】

本研究の遂行にあたり、2024 年度および 2025 年度の 2 年間にわたり多大なるご助成を賜りました日本海学推進機構に深く感謝申し上げます。おかげさまで、研究試料の収集から分析、ならびに学会発表に至るまで円滑に遂行することができました。また、本助成による成果を報告いたしました 2025 年度水産海洋学会研究発表大会におきまして、若手優秀講演賞を受賞することができました。多大なるご支援をいただきました関係諸氏に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

### 【参考文献】

- DeNiro, M. J., & Epstein, S. (1978). Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42(5), 495–506. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(78\)90199-0](https://doi.org/10.1016/0016-7037(78)90199-0)
- Divine, L. M., Bluhm, B. A., Mueter, F. J., & Iken, K. (2017). Diet analysis of Alaska Arctic snow crabs (*Chionoecetes opilio*) using stomach contents and  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  stable isotopes. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 135, 124–136.

<https://doi.org/10.1016/j.dsr.2015.11.009>

- Hynes, H. B. N. (1950). The Food of Fresh-Water Sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a Review of Methods Used in Studies of the Food of Fishes. *The Journal of Animal Ecology*, 19(1), 36–58. <https://doi.org/10.2307/1570>
- Kaufman, M. R., Gradinger, R. R., Bluhm, B. A., & O'Brien, D. M. (2008). Using stable isotopes to assess carbon and nitrogen turnover in the Arctic sympagic amphipod *Onisimus litoralis*. *Oecologia*, 158, 11–22. <https://doi.org/10.1007/s00442-008-1122-y>
- Kolts, J., Lovvorn, J., North, C., Grebmeier, J., & Cooper, L. (2013). Effects of body size, gender, and prey availability on diets of snow crabs in the northern Bering Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 483, 209–220. <https://doi.org/10.3354/meps10292>
- Komai, T., Gotoh, R. O., Sado, T., & Miya, M. (2019). Development of a new set of PCR primers for eDNA metabarcoding decapod crustaceans. *Metabarcoding and Metagenomics*, 3, e33835. <https://doi.org/10.3897/mbmg.3.33835>
- Lipcius, R. N., Eggleston, D. B., Heck, K. L., Seitz, R. D., & Montfrans, J. V. (2007). Post-Settlement Abundance, Survival, and Growth of Postlarvae and Young Juvenile Blue Crabs in Nursery Habitats. *THE BLUE CRAB, chapter13*, 535–565.
- Lovrich, G. A., & Sainte-Marie, B. (1997). Cannibalism in the snow crab , *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) (Brachyura: Majidae), and its potential importance to recruitment. *Experimental Marine Biology and Ecology*, 211(2), 225–245. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(96\)02715-3](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(96)02715-3)
- Minagawa, M., & Wada, E. (1984). Stepwise enrichment of  $\delta^{15}\text{N}$  along food chains: Further evidence and the relation between  $\delta^{15}\text{N}$  and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48(5), 1135–1140. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(84\)90204-7](https://doi.org/10.1016/0016-7037(84)90204-7)
- Mintenbeck, K., Jacob, U., Knust, R., Arntz, W. E., & Brey, T. (2007). Depth-dependence in stable isotope ratio  $\delta^{15}\text{N}$  of benthic POM consumers: The role of particle dynamics and organism trophic guild. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 54(6), 1015–1023. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2007.03.005>
- Miya, M., Sato, Y., Fukunaga, T., Sado, T., Poulsen, J. Y., Sato, K., Minamoto, T., Yamamoto, S., Yamanaka, H., Araki, H., Kondoh, M., & Iwasaki, W. (2015). MiFish, a set of universal PCR primers for metabarcoding environmental DNA from fishes: Detection of more than 230 subtropical marine species. *Royal Society Open Science*, 2(7), 150088. <https://doi.org/10.1098/rsos.150088>
- Okiyama, M. (1981). Abundance and distribution of eggs and larvae of a sternoptychid fish, *Maurolicus muelleri*, in the Japan Sea, with comments on the strategy for successful larval life. *Rapp P-v Réun Cons Int Explor Mer*, 178, 246–247.
- Okiyama, M. (2004). Deepest demersal fish community in the Sea of Japan: A review. *Contr. Biol.*

- Lab. Kyoto Univ, 29(4), 409–429.
- Weems, J., Iken, K., Gradinger, R., & Wooller, M. J. (2012). Carbon and nitrogen assimilation in the Bering Sea clams *Nuculana radiata* and *Macoma moesta*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 430–431, 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2012.06.015>
- 上田常一. (1963). 山陰地方（隠岐群島含む）及びその付近海域のカニ類について. *甲殻類の研究*, 1, 20–31. [https://doi.org/上田常一.%2520「山陰地方（隠岐群島含む）及びその付近海域のカニ類について」.%2520 甲殻類の研究%25201%2520\(1963 年\):%252020–31.%2520https://doi.org/10.18353/rcustacea.1.0\\_20](https://doi.org/上田常一.%2520「山陰地方（隠岐群島含む）及びその付近海域のカニ類について」.%2520 甲殻類の研究%25201%2520(1963 年):%252020–31.%2520https://doi.org/10.18353/rcustacea.1.0_20).
- 前田経雄. (2024). 富山湾の深海における底生性魚類による若齢ベニズワイガニの捕食. *富山県農林水産総合技術センター水産研究所研究報告*, (5), 1–14.
- 前田経雄, & 内山勇. (2013). 甲幅組成から推定した富山湾におけるベニズワイ雌の成長と成熟サイズ. *日本水産学会誌*, 79(4), 666–672. <https://doi.org/10.2331/suisan.79.666>
- 加藤久嗣. (2001). 日本海におけるキュウリエソの初期生活史に関する研究. 博士論文. 東京大学海洋研究所.
- 富山県水産研究所. (2025). 能登半島地震による水産資源への影響調査結果（とりまとめ）.
- 富山県水産研究所. (2026). 富山湾漁況・海況 概報 第10号.
- 小西光一, 養松郁子, 廣瀬太郎, & 南卓志. (2012). 日本海の中深層底棲魚に捕食されたズワイガニ属幼生と稚ガニの水深分布について. *日本水産学会誌*, 78(5), 976–978.
- 沖山宗雄. (1971). 日本海におけるキュウリエソの初期生活史. *日本海区水産研究所研究報告*, 23, 21–53.
- 浜野龍夫. (2005). シャコの生物学と資源管理. 日本水産資源保護協会.
- 西村三郎. (1959). 1955年 春季 能登半島近海におけるキュウリエソの産卵ならびに卵・仔魚の生態. *日本水産研究所年報*, 5, 61–75.
- 酒井均, & 松久幸敬. (1996). 硫黄の同位体地球化学. 安定同位体地球化学. 東京大学出版会.
- 養松郁子. (2009). 日本海におけるベニズワイ *Chionoecetes japonicus* RATHBUN の生態特性と資源管理に関する研究. 博士論文.
- 養松郁子, 廣瀬太郎, & 白井滋. (2012). 隠岐諸島西方海域におけるベニズワイ雌の成長. *日本水産学会誌*, 78(2), 230–240. <https://doi.org/10.2331/suisan.78.230>
- 養松郁子, 白井滋, & 廣瀬太郎. (2018). 生物の科学 遺伝 (Vol. 72). 株式会社エヌ・ティー・エス.