

3. 海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針の検討	3-1
3.1 海岸漂着物及び有害物質の影響検討	3-1
3.1.1 海岸漂着物処理推進法及び国の基本方針	3-1
3.1.2 沖縄県海岸漂着物対策地域計画	3-1
3.2 目的	3-4
3.3 実施内容	3-4
3.3.1 海岸漂着物及び有害物質が及ぼす影響に係る情報収集整理	3-7
3.3.2 海岸に生息する生物への影響に係る分析調査	3-11
3.3.3 海岸漂着物に含まれる有害物質による影響の可能性検討	3-45
3.3.4 海岸漂着物に含まれる有害物質の県内における拡散の可能性検討	3-47
3.3.5 生態系への影響を踏まえた対策方針検討	3-49



### 3. 海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針の検討

海岸漂着物に含まれる有害物質の問題については、平成 25 年度沖縄県事業で開催した協議会において調査研究事例等の情報収集を、平成 26 年度沖縄県事業では関連情報の収集整理及び海岸生態系に配慮した適切な海岸漂着物の回収方法案を検討している。

本事業では引き続き、海岸漂着物とこれに含まれる有害物質の影響に係る情報収集と影響の可能性を評価した上で、その対策方針について検討した。

#### 3.1 海岸漂着物及び有害物質の影響検討

##### 3.1.1 海岸漂着物処理推進法及び国の基本方針

海岸漂着物処理推進法では、第 1 章総則において、総合的な海岸の環境の保全及び再生として第 3 条に「海岸漂着物対策は、白砂青松の浜辺に代表される良好な景観の保全や岩礁、干潟等における生物の多様性の確保に配慮しつつ、総合的な海岸の環境の保全及び再生に寄与することを旨として、行われなければならない。」とし、海洋環境の保全として第 6 条では「海岸漂着物対策は、海に囲まれた我が国にとって良好な海洋環境の保全が豊かで潤いのある国民生活に不可欠であることに留意して行われなければならない。」としている。

なお、国の基本方針においては、表 3.1-1 に示すとおり、「第 1 海岸漂着物対策の推進に関する基本的事項 1. 我が国における海岸漂着物対策の経緯」に、近年は大量の漂着物により生態系を含む海岸の環境の悪化、白砂青松に代表される美しい浜辺の喪失、海岸機能の低下、漁業への影響等の被害を生じているとしており、また「2. 海岸漂着物対策の基本的方向性」では、海岸漂着物対策の実施に際しては、良好な景観、岩礁や干潟等における生物の多様性、公衆の衛生等の海岸の総合的な環境について良好な状態を保全するとともに、海岸漂着物等によって損なわれる環境を再生することを求めている。

##### 3.1.2 沖縄県海岸漂着物対策地域計画

平成 23 年度に見直しを行った沖縄県海岸漂着物対策地域計画の本項に関連する部分を表 3.1-2 に示す。

地域計画では、「第 2 章 沖縄県における海岸漂着物対策を推進するための計画」の「4. その他配慮すべき事項(4) その他技術的知見等」として、① 適切な回収処理方法の選択、② 海岸の生態系への影響把握と対策、③ 県内における海岸漂着物の発生源の把握と対策の 3 つを挙げ、対象となる海岸あるいは地域に合った事項を選択し、その具体的な施策を検討した上で実施するものとしている。

表 3.1-1 国の基本方針における本項に関する記載

国の基本方針の記載
<p>第1 海岸漂着物対策の推進に関する基本的事項</p> <p>1. 我が国における海岸漂着物対策の経緯</p> <p>近年、我が国の海岸に、我が国の国内や周辺の国又は地域から大量の漂着物が押し寄せ、生態系を含む海岸の環境の悪化、白砂青松に代表される美しい浜辺の喪失、海岸機能の低下、漁業への影響等の被害が生じている。</p> <p>2. 海岸漂着物対策の基本的方向性</p> <p>海岸漂着物対策の実施に際しては、海岸が国民共有の財産として国民の健康で文化的な生活の確保に重要な役割を果たしていることにかんがみ、現在及び将来の国民が海岸のもたらす恵沢を享受することができるよう、良好な景観、岩礁や干潟等における生物の多様性、公衆の衛生等の海岸の総合的な環境について、その良好な状態を保全するとともに、海岸漂着物等によって損なわれる環境を再生することを旨として行われることが肝要である。</p>

表 3.1-2 沖縄県の地域計画における本項に関する記載

地域計画の記載
<p>第2章 沖縄県における海岸漂着物対策を推進するための計画</p> <p>4. その他配慮すべき事項</p> <p>(4) その他技術的知見等</p> <p>沖縄県における海岸漂着物対策に必要となる技術的な知見等としては、適切な回収処理方法の選択、海岸の生態系への影響把握と対策、県内における海岸漂着物等の発生源の把握と対策等があり、対象となる海岸あるいは地域に合った事項を選択し、その具体的な施策を検討した上で実施するものとする。</p> <p>① 適切な回収処理方法の選択</p> <p>海岸漂着物等の回収方法を検討する上では、環境配慮、環境保全の視点から人力を優先する。人力では対応が困難な場合には、重機や運搬及び搬出用の船舶、車輛等の必要性を検討するものとする。</p> <p>また、回収した漂着物の処理方法については、地域の実情を考慮し、コスト優先、効率優先、再資源化優先、リサイクル優先等の視点から、関係者間の協議の上で選択する。ただし、資源の有効利用を念頭に分別回収した上で、可能な限り再資源化あるいはリサイクル優先とする。</p> <p>② 海岸の生態系への影響把握と対策</p> <p>沖縄県内の海岸では、貴重な動植物による生態系がみられる場合が少なくない。しかしながら、海岸におけるごみの漂着量の多い海岸においては、生態系への影響が指摘される場合がある。</p> <p>沖縄県は、海岸の生態系に対する海岸漂着物等の影響について、専門家や地域関係者から情報を収集しつつ必要な対策を講ずるよう努めるものとする。生態系への影響の対策を検討する上で必要となる事項等は、以下に列記する点である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・生態系への影響を把握する上では、専門家、対象となる海岸の生態系に精通した地域関係者や関係する行政機関等の協力、助言を得るものとする。</li> <li>・生態系への影響やその規模等を把握するだけでなく、影響を与える海岸漂着物の種類と発生原因等についても把握するよう努める。</li> <li>・例えば、海岸に防潮林（マングローブ林等）が隣接している地帯では、海岸と防潮林それぞれを異なる機関が所管している場合がある。生態系への影響がある海岸漂着物等の回収を計画する場合には、対象となる海岸と生態系を所管する行政機関等が中心となり、適切な回収体制の構築を検討するものとする。特に、回収作業を実施することによって生態系へ影響を与えてしまう場合もあることに特段の留意が必要である。</li> </ul> <p>③ 県内における海岸漂着物の発生源の把握と対策</p> <p>沖縄県内の海岸には、主に海外から大量のごみが漂着し続けているが、国や県の調査や地域関係者からの指摘等により、県内や近隣地域が発生源と判断されるごみも少なくないことが明らかになってきている。</p> <p>沖縄県は、海岸漂着物のモニタリング調査や地域関係者からの情報収集等を通じて、県内における海岸漂着物の発生源の把握に継続的に努めるものとする。</p> <p>また、沖縄県は海岸漂着物の県内における発生源が把握された場合には、必要に応じて関係する行政機関や地域関係者と協議を行った上でその対策を検討し、必要な措置を講ずるものとする。</p>

### 3.2 目的

本事業では、県内の海岸生態系へ海岸漂着物とこれに含まれる有害物質が及ぼす影響について、既存資料や専門家等からの情報を基に整理する。また、特に海岸に生息する生物への影響については、県内海岸に生息する小型甲殻類等の個体分析等を実施した上で、可能な限り具体的な影響項目や影響要因等について整理・検討する。更には県内の海岸生態系への海岸漂着物とこれに含まれる有害物質が及ぼす影響の可能性を踏まえ、地域計画に沿った有効な対策方針を検討する。

### 3.3 実施内容

本事業の実施項目・行程は以下①～⑥のとおりとする。

#### 【海岸漂着物及び有害物質の影響検討】

- ①海岸漂着物及び有害物質が及ぼす影響に係る情報収集整理
- ②海岸に生息する生物への影響に係る分析調査
- ③海岸漂着物に含まれる有害物質による影響の可能性検討
- ④海岸漂着物に含まれる有害物質の県内における拡散の可能性検討

#### 【地域計画に沿った対策方針の検討】

- ⑤生態系への影響を踏まえた対策方針検討

なお、昨年度の平成 26 年度沖縄県海岸漂着物地域対策推進事業（以下「平成 26 年度事業」という。）においては、残留性有機汚染物質（PCBs※1 及び PBDEs※2）及び重金属類を対象に有害性や海岸漂着及び海洋漂流プラスチック中の混入に係る基礎的な情報整理、様々な種類の海岸漂着物に含まれる重金属類の分析結果に係る情報収集、県内の海岸環境への海岸漂着物の影響についての情報収集を行い、更には県内の海岸に生息するオカヤドカリ属 2 種の体内に取込まれた残留性有機汚染物質（PCBs 及び PBDEs）及び重金属類の予備的な分析調査を実施している。そして、そのオカヤドカリ属 2 種からは PBDEs・PCBs・重金属類が検出されており、海岸漂着物に含まれる有害物質の海岸生態系への影響の可能性が示唆されている。

本事業においては、平成 26 年度事業の実施結果を踏まえ、海岸漂着物に含まれる有害物質の影響を継続・発展的に調査検討する方針とすることから、詳細については後述するが、海岸漂着物に含まれる有害物質の対象を PBDEs・PCBs・重金属類とし、その影響を調査・分析するための主な海岸生息種としてオカヤドカリ属、スナガニ属を選定した。

本事業で主な対象とした有害物質の概要をに、有害物質の影響検討対象種をに示す。

表 3.3-1 本事業で主な対象とした有害物質の概要

対象物質	概要
<p>残留性 有機汚染物質</p>	<p><b>【生物への有害性】</b>            残留性有機汚染物質（POPs: Persistent Organic Pollutants）は、難分解性、生物蓄積性、長距離移動性、有害性を持つ有機汚染物質であり、残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約（POPs 条約）において、製造及び使用の廃絶・制限、排出の削減、これらの物質を含む廃棄物等の適正処理等が規定されている。残留性有機汚染物質は環境中で分解しにくく、また水に溶けにくく油に溶けやすい性質を持つ。このため、生物に取り込まれると、体内でも分解しにくいため、脂肪に蓄積していく。また、食物連鎖を通じた生物濃縮によって、特に捕食者の頂点にいるような生物から高濃度で検出される。</p> <p>代表的な物質としては、トランス、コンデンサ等の絶縁油、熱媒体等で広く使われてきたポリ塩化ビフェニル（以下、「PCBs」という。）、農薬やマラリア予防の殺虫剤に使用される DDT、燃焼の副生成物等として非意図的に発生するダイオキシン類等がある。</p> <p>PCBs や DDT は、内分泌かく乱作用による生殖器官や繁殖能力の異常、免疫不全等の影響を及ぼすことが疑われている。米国のハゲワシの減少、雄アリゲーターのペニス異常、カモメの生殖異常、バルト海およびワッデン海のアザラシの生殖や免疫機能の低下等の事例との関連が指摘されている。</p> <p><b>【本事業における主な対象物質】</b>  <u>PCBs</u>：ポリ塩化ビフェニルを示す。PCBs は絶縁性、不燃性等の特性を有し、トランスやコンデンサ等の用途で使用され、難分解性、生物への蓄積性、毒性等を有する。  <u>PBDEs</u>：ポリ臭素化ジフェニルエーテルを示す。PBDEs は難燃剤としてプラスチックに添加され、難分解性、生物への蓄積性、毒性等を有する。</p>
<p>重金属類</p>	<p><b>【生物への有害性】</b>            重金属類は、比重が 4~5 以上の金属元素の総称であり、カドミウム、鉛、亜鉛、銅、マンガン、鉄、コバルト等が含まれる。</p> <p>一部の重金属は、生体にとって必要な必須元素であり、生体内にも極微量ながら存在している。しかしながら、過剰な摂取により毒性を示すことが知られている。重金属の毒性は元素種によって異なり、その曝露の状態や化学形態にも大きく作用される。</p> <p>例えば、イタイイタイ病の原因物質としても知られているカドミウムは、腎臓に高濃度で蓄積し、骨への影響のほか、腎臓障害、生殖障害、内分泌かく乱作用、循環器障害、発がん性を有する。また、鉛は、腹部の痙攣や、運動神経の麻痺、貧血、腎臓障害、そして中枢神経障害が知られており、狩猟で使用される鉛弾の野生生物への影響（特に野鳥の誤飲による鉛中毒死）が問題となっている。</p> <p><b>【本事業における主な対象物質（生物毒性が懸念される 14 元素）】</b>  <u>プラスチックの着色顔料（6 元素）</u>：鉛（Pb）、亜鉛（Zn）、カドミウム（Cd）、クロム（Cr）セレン（Se）、アンチモン（Sb）  <u>プラスチックの難燃剤（3 元素）</u>：アンチモン（Sb）、アルミニウム（Al）、マグネシウム（Mg）  <u>その他生物毒性（6 元素）</u>：銅（Cu）、ニッケル（Ni）、スズ（Sn）、マンガン（Mn）、バリウム（Ba）、ヒ素（As）</p>

表 3.3-2 本事業における主な有害物質の影響検討対象種

対象種	概要
オカヤドカリ属	<p>オカヤドカリ属は、国の天然記念物に指定されている甲殻類である。世界の熱帯・亜熱帯域に十数種類が生息しており、日本国内では、和歌山県以南に7種、沖縄県には6種（オカヤドカリ、ナキオカヤドカリ、ムラサキオカヤドカリ、オオナキオカヤドカリ、コムラサキオカヤドカリ、サキシマオカヤドカリ）が分布している。</p> <p>オカヤドカリ属は、主に海岸や海岸林の近くに生息している。産卵（放幼）のため一時的に海に下りるが、幼生期を海で過ごし陸に上がった後、陸上で生活する。オカヤドカリ属は雑食性であり、基本的に有機物は何でも食べる。このため海岸の「掃除屋」としての役割を果たしている。</p>  <p>ムラサキオカヤドカリ（H27年12月伊江島で撮影）</p>
スナガニ属	<p>十脚目（エビ目）スナガニ科に属し、日本では東北地方以南、日本以外では東アジアの熱帯・温帯域に広く分布する。日本には3種類が分布するが、そのうち沖縄県内にはミナミスナガニ、ツノメガニの2種が分布する。</p> <p>砂浜に生息し、満潮線付近に数十cm～1mほどの深い巣穴を掘る。巣穴の周囲は掘った砂を薄く積み上げ、大きくていびつな砂団子が見られる。また、放棄された巣穴の周囲は砂が乾いているが、主がいる巣穴の周囲は砂が湿っているので区別できる。</p> <p>夜に砂浜を徘徊し、動物の死体や藻類などを食べる。また、砂浜に生息する小動物も捕食し、孵化したばかりのウミガメの子どもを捕食することもある。</p>  <p>ツノメガニ（H27年11月西表島で撮影）</p>

### 3.3.1 海岸漂着物及び有害物質が及ぼす影響に係る情報収集整理

#### (1) 情報収集整理方法

平成 26 年度沖縄県事業では、海岸漂着物に含まれる重金属類、海岸漂着及び海洋漂流プラスチック中の残留性有機汚染物質の基礎的な情報収集、更にはサンゴ礁海岸環境・マングローブ環境・その他の自然環境への海岸漂着物の影響等の情報収集を行っていることから、本事業では引続き関連情報の収集整理を行う事とし、主に表 3.3-3 に示すとおり情報収集整理を実施する方針とした。

表 3.3-3 情報収集整理の方針

項目	平成 26 年度	本事業（平成 27 年度）
重金属類	<ul style="list-style-type: none"> <li>重金属類の有害性に係る基礎的な情報整理</li> <li>様々な種類の海岸漂着物に含まれる重金属類の分析結果に係る情報収集整理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海岸漂着物に含まれる重金属類の海岸環境への影響及び拡散に係る情報収集整理</li> </ul>
残留性有機汚染物質	<ul style="list-style-type: none"> <li>残留性有機汚染物質の有害性や海岸漂着及び海洋漂流プラスチック中の PCBs 及び PBDEs に係る基礎的な情報収集整理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PCBs 及び PBDEs の海洋及び海岸環境への影響及び拡散に係る情報収集整理</li> </ul>
生物及び生態系への影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>県内の海岸環境への海岸漂着物の影響についての情報収集整理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海岸漂着物に含まれる有害物質（重金属類・残留性有機汚染物質）の生物への直接的な影響についての情報収集整理</li> </ul>

実際の情報収集整理方法は、前述表 3.3-3 の方針に従い、次表 3.3-4 に示す A～C の条件により、2015 年以降の新しい情報を主体に実施した。

表 3.3-4 情報収集整理の条件及び項目

条件	分類	内容	文献の内容例
海ゴミの有害物質が海岸に及ぼす影響に関する文献			
A	海岸に漂着したゴミの有害物質に関する文献	<ul style="list-style-type: none"> <li>有害物質の種類：PCBs、PBDEs、重金属類、その他汚染物質</li> </ul>	海岸に漂着したレジンペレットから PCB が検出された
海ゴミが生物に及ぼす影響に関する文献			
B	生物がゴミを取り込み、有害物質に曝露されている文献	<ul style="list-style-type: none"> <li>有害物質の種類：PCB、PBDE、重金属、その他物質</li> <li>生物種（カニ、イルカ等）</li> </ul>	
C	生物がゴミを取り込んでいることに関する文献	<ul style="list-style-type: none"> <li>生物種（カニ、イルカ等）</li> </ul>	カニからマイクロプラスチックが検出された。

- 不要な文献
  - 海岸に漂着したゴミの量・種類に関する文献
  - 海洋を漂っているゴミの有害物質に関する文献

## (2) 情報収集整理の結果

前出表 3.3-4 に示す A～C の条件により、2015 年以降で全 55 件の文献等の情報を収集した。条件別の情報収集結果を表 3.3-5 に示す。なお、表 3.3-5 で整理した文献の概要は、本報告書資料編に記載した。

表 3.3-5 条件別の情報収集結果

環境要素	条件			文献数
海岸	A 5 件	化学物質	PCBs	3
			PBDEs	0
			重金属類	0
			その他汚染物質	5
生物	B 6 件	化学物質	PCBs	1
			PBDEs	3
			重金属類	0
			その他汚染物質	5
	C	取り込み	39	

### ① 条件 A（海岸に漂着したゴミの有害物質に関する文献）

条件 A（海岸に漂着したゴミの有害物質に関する文献）については 5 件を収集した。これらの対象媒体・対象化学物質群別の内訳は表 3.3-6 に示すとおりである。

収集した情報のうち、漂着プラスチックレジンペレットの PCBs 等残留性有機汚染物質の分析事例が 3 件であった（資料編文献一覧 A-1～A-3）。なお、平成 26 年度事業においては、海岸漂着泳ぎ海洋漂流プラスチック中の PCBs 及び PBDEs 濃度の分析・整理事例として、「高田ら(2014)プラスチックが媒介する有害化学物質の海洋生物への曝露と移行, 海洋と生物, 第 36 巻, 第 6 号」を事業報告書において引用している。

また、重金属類については有効な情報を得られていないが、平成 26 年度事業においては、防衛大学校・山口晴幸名誉教授の協力による「漂着ゴミからの有害化学物質による海岸汚染リスクの検証・評価に関する調査研究(2015年2月)」の中で、海岸漂着物の主にプラスチック類の種類別の重金属類の混入及び溶出量や、浜焼き砂、被覆海浜砂(ゴミ下砂)、海浜砂(非ゴミ下砂)への海岸漂着物からの重金属類の溶出についてとりまとめている。

表 3.3-6 条件 A (海岸に漂着したゴミの有害物質に関する文献)  
の対象媒体・対象化学物質群別の内訳

対象媒体	対象化学物質群							対象媒体ごとの文献数
	PCBs	PAHs	DDTs	HCHs	その他 POPs	プラスチック関連物質等	スチレンオリゴマー	
プラスチックレジンペレット	3	2	2	2	1			3
プラスチックごみ						2		2
新品プラスチック						1		
砂							1	1
海水							1	1
物質群ごとの文献数	3	2	2	2	1	2	1	総文献数：5

※PAHs:多環芳香族炭化水素, DDTs:ジクロロジフェニルトリクロロエタン, HCHs:ヘキサクロロシクロヘキサン

② 条件 B (生物がゴミを取り込み、有害物質に曝露されている文献)

条件 B (生物がゴミを取り込み、有害物質に曝露されている文献)については、7件を収集した。これらの化学物質別・生物種別の内訳は表 3.3-7 に示すとおりである。

重金属類の取り込みに関する文献は無かったが、残留性有機汚染物質の取込みと体内移行については4件あり、その内訳は軟体動物1例(資料編文献一覧B-2)、甲殻類1例(B-3)、甲殻類から魚類への食物連鎖による移行が1例(B-4)、鳥類1例(B-7)であった。また、海鳥の尾脂腺に含まれる可塑剤を検出することによるプラスチックへのばく露状況を把握する手法の開発が1例(B-5)あった。

表 3.3-7 条件 B (生物がゴミを取り込み、有害物質に曝露されている文献)  
の生物種・対象化学物質群別の内訳

生物群	対象化学物質群						生物群ごとの文献数
	PCBs	PBDEs	PAHs	DDTs	フタル酸類(可塑剤)	プラスチックペレット溶出物質	
刺胞動物						1	1
貝類			1				1
甲殻類		1	1				2
魚類			1				1
鳥類	1	2		1	1		3
物質群ごとの文献数	1	3	2	1	1	1	総文献数：7

### ③ 条件 C (生物がゴミを取り込んでいることに関する文献)

条件 C (生物がゴミを取り込んでいることに関する文献) については、44 件を収集した。これらの研究手法別・生物種別の内訳は表 3.3-8 に示すとおりである。

これらのうち、野外実験の 22 例については、マイクロプラスチックの体内取込みの確認事例が多く、その影響について論じられていないものが殆どである。一方で、実験室レベルの 14 事例の中には、マイクロプラスチックによる暴露から体内取込みの影響が確認された事例も含まれ、例えばマガキの生殖能力の低下 (資料編文献一覧 C-6)、外洋性カイアシ類の孵化率の低下 (C-10)、ハゼの捕食能力および効率の低下 (C-16)、ヨーロッパアンシーバスの腸管末端部分の病理学的な変形 (C-18) 等があげられる。ただし、体内への取込みは確認されたものの特に影響が認められないまま排出されたという事例もある。本事業の対象種に近いシオマネキ (*Uca rapax*) をポリスチレンマイクロプラスチックに 2 か月間ばく露した実験では、実験用マイクロプラスチックとして新品ペレットを 2 週間、汚染された地点あるいはきれいな地点の環境水にさらした後 180-250 $\mu$ m に粉碎し使用しているが、鰓、胃、肝臓からマイクロプラスチックが検出されたが、ばく露量や事前にさらした環境による有意な検出量の違いは見られていない (C-9)。

表 3.3-8 条件 C (生物がゴミを取り込んでいることに関する文献)  
の生物種・研究手法別の内訳

生物群	研究手法				生物群ごとの文献数
	実験室	実験室・ 野外観察 の併用	野外観察	モデル	
細菌類			1		1
藻類	3		1		4
刺胞動物	1				1
貝類	3	1	1		5
ゴカイ類		1			1
甲殻類	5		1		6
無脊椎動物群	1		1		2
魚類	4		7		11
鳥類			4	1	5
爬虫類			4	1	5
哺乳類			3		3
研究手法ごとの文献数	14	1	22	2	総文献数： 39

### 3.3.2 海岸に生息する生物への影響に係る分析調査

#### (1) 調査の概要

オカヤドカリ類は、沖縄県の海岸に普遍的に生息している甲殻類であるが、近年では海岸に漂着したプラスチック片を誤食している場面が海岸清掃ボランティアや専門家によりたびたび目撃されており、その影響が懸念されることから、平成 26 年度事業では多良間島と伊良部島の海岸に生息するオカヤドカリの筋肉と内臓に含まれる有害物質（重金属類・PCBs・PBDEs）について、予備的な分析調査を実施している。その結果、両地点のオカヤドカリ属 2 種から PCBs、PBDEs、重金属類が検出されており、これらは海岸に漂着したプラスチックが曝露源となっている可能性が示唆された。

しかしながら平成 26 年度事業では、あくまでも予備的な分析を行ったにすぎず、オカヤドカリから検出された汚染物質濃度を評価できるものではなかったことから、本事業では、県内の代表的な海岸に生息するオカヤドカリを主とした甲殻類に含まれる有害物質の分析を行い、有害物質が検出された場合には、その汚染物質の特定と濃度評価を実施した。分析調査の概要を表 3.3-9 に整理した。

表 3.3-9 分析調査の概要

分析対象物質	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 残留性有機汚染物質（2 種類）：PCBs、PBDEs</li> <li>● 重金属類（14 元素） <ul style="list-style-type: none"> <li>・ プラスチックの着色顔料（6 元素）：鉛（Pb）、亜鉛（Zn）、カドミウム（Cd）、クロム（Cr）、セレン（Se）、アンチモン（Sb）</li> <li>・ プラスチックの難燃剤（3 元素）：アンチモン（Sb）、アルミニウム（Al）、マグネシウム（Mg）</li> <li>・ 生物への毒性（6 元素）：銅（Cu）、ニッケル（Ni）、スズ（Sn）、マンガン（Mn）、バリウム（Ba）、ヒ素（As）</li> </ul> </li> </ul>	
分析対象地域及び海岸	沖縄本島地域・宮古諸島地域（宮古島・多良間島等）・八重山諸島地域（石垣島・与那国島等）の 3 地域の海岸漂着物の多い海岸と少ない海岸（計 6 海岸）	
分析対象	分析対象種※1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ムラサキオカヤドカリ・ナキオカヤドカリ（県内普遍種）</li> <li>・ ツノメガニあるいはミナミスナガニ（県内砂浜の普遍種）※重金属類分析のみ</li> <li>・ ヤシガニ（県内食用種）</li> </ul>
	分析部位	・ 内臓※2
	分析個体数	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ムラサキオカヤドカリは 1 海岸につき 5 個体（計 30 個体）</li> <li>・ ヤシガニ、ツノメガニあるいはミナミスナガニは採集できる個体の大きさに合わせて決定する。</li> </ul>
分析方法※3	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 胃内容物調査 下記分析のために甲殻類の内臓を取り出す際に、調査個体がプラスチック片等を摂食しているかどうか胃内容物調査を行う。</li> <li>● 残留性有機汚染物質 GC-MS/MS（ガスクロマトグラフィータンデム質量分析法）あるいは GC-ECD（ガスクロマトグラフ/電子捕獲型検出器法）</li> <li>● 重金属類（微量元素） ICP-MS（誘導結合プラズマ質量分析法）</li> </ul>	

※1 分析対象種の採集については沖縄県立芸術大学・藤田喜久准教授にご協力頂く。

※2 平成 26 年度事業の分析結果から、筋肉より内臓に汚染物質が溜まりやすい傾向が認められたため、本事業では内臓のみを対象とする。ただし、内臓は臓器別に細かく分類する事が困難なため、一括分析とする。

※3 分析方法については、沖縄県立芸術大学・藤田喜久准教授（胃内容物調査）、東京農工大学・高田秀重教授（残留性有機汚染物質）、渡邊泉准教授（重金属類）にご指導・ご協力頂く。

## (2) 分析対象種の採集

前項表 3.3-9 に示した分析対象種の採集については、沖縄県立芸術大学・藤田喜久准教授の協力のもと、文化財保護法（昭和 25 年法律第 214 号）第 125 条第 1 項の規定による現状変更許可を得た上で実施した。

採集は平成 27 年 11 月 26 日～平成 28 年 2 月 9 日の期間に実施した。対象地域は、沖縄本島及び周辺離島（沖縄本島・伊江島）、宮古諸島・多良間島、八重山諸島・西表島の 3 地域とし、過去に実施された沖縄県の調査結果から海岸漂着物の多い海岸と少ない海岸を抽出した。

採集の主たる対象種は、ムラサキオカヤドカリ (*Coenobita purpureus*)、ナキオカヤドカリ (*Coenobita rugosus*)、ツノメガニ (*Ocypode ceratophthalmus*) の 3 種とし、各調査地点につき 5～10 個体を採集した。加えて、これら 3 種以外の甲殻類について可能な範囲で採集を行った。

採集した個体は、ムラサキオカヤドカリ 34 個体、ナキオカヤドカリ 8 個体、ツノメガニ 34 個体、ヤシガニ 1 個体となった。

採集対象地域及び海岸を図 3.3-1 に、採集個体リストを表 3.3-10～表 3.3-12 に示す。

## (3) 採集個体の保存と分析前処理

採集した甲殻類の試料は、後述の残留性有機汚染物質及び重金属元素等の化学分析の実施までは $-30^{\circ}\text{C}$ で保存した。分析直前に室温（約  $25^{\circ}\text{C}$ ）にて解凍後、ステンレス製のメスおよびピンセットで内臓、筋肉、中腸腺等の各組織に分けた。



表 3.3-10 採集個体リスト(1) 沖縄本島及び周辺離島地域 [沖縄本島・伊江島]

サンプルNo.	和名	採集地域	採集場所	採集場所 (海岸名)	重点対策区域 区域_海岸番号_海岸名	H23年調査時 の現存量 (ℓ/m)	H25年11月～ H26年11月の 年間漂着量 推計値(ℓ/m)	採集日	ゴミの 漂着量	性別	体サイズ (mm)	ゴミの有無	胃・腸 内容物	備考
Ok-Oc-1	ツノメガニ	本島・周辺離島	沖縄島	屋部海岸	07.04 21世紀の森ビーチ	4.9	19.3	160209	少	♂	甲幅37.30	無	極少	
Ok-Oc-2	ツノメガニ	本島・周辺離島	沖縄島	屋部海岸	07.04 21世紀の森ビーチ	4.9	19.3	160209	少	♂	甲幅32.60	無	極少	
Ok-Oc-3	ツノメガニ	本島・周辺離島	沖縄島	屋部海岸	07.04 21世紀の森ビーチ	4.9	19.3	160209	少	♂	甲幅34.23	無	極少	
Ok-Oc-4	ツノメガニ	本島・周辺離島	沖縄島	屋部海岸	07.04 21世紀の森ビーチ	4.9	19.3	160209	少	♂	甲幅31.91	無	極少	
Ok-Oc-5	ツノメガニ	本島・周辺離島	沖縄島	屋部海岸	07.04 21世紀の森ビーチ	4.9	19.3	160209	少	♂	甲幅19.87	無	極少	
Ok-Oc-6	ツノメガニ	本島・周辺離島	沖縄島	松田海岸	18.06 前原南	17.6	73.3	160209	多	♀	甲幅35.36	無	多	
Ok-Oc-7	ツノメガニ	本島・周辺離島	沖縄島	松田海岸	18.06 前原南	17.6	73.3	160209	多	♀	甲幅36.64	無	中	
Ok-Oc-8	ツノメガニ	本島・周辺離島	沖縄島	松田海岸	18.06 前原南	17.6	73.3	160209	多	♂	甲幅36.88	無	少	
Ok-Oc-9	ツノメガニ	本島・周辺離島	沖縄島	松田海岸	18.06 前原南	17.6	73.3	160209	多	♀	甲幅33.80	無	極少	
Ok-Oc-10	ツノメガニ	本島・周辺離島	沖縄島	松田海岸	18.06 前原南	17.6	73.3	160209	多	♀	甲幅34.94	無	極少	
Ie-Cp-1	ムラサキオカヤドカリ	本島・周辺離島	伊江島	イシヤラ原	42.08 イシヤラ原①	3.8	18.3	151212	多	♀	楯長15.31	無	中	
Ie-Cp-2	ムラサキオカヤドカリ	本島・周辺離島	伊江島	イシヤラ原	42.08 イシヤラ原①	3.8	18.3	151213	多	♂	楯長16.76	無	少	
Ie-Cp-3	ムラサキオカヤドカリ	本島・周辺離島	伊江島	イシヤラ原	42.08 イシヤラ原①	3.8	18.3	151213	多	♂	楯長17.59	有り(写真)*	多	*発泡スチロール
Ie-Cp-4	ムラサキオカヤドカリ	本島・周辺離島	伊江島	イシヤラ原	42.08 イシヤラ原①	3.8	18.3	151213	多	♂	楯長15.83	無	少	
Ie-Cp-5	ムラサキオカヤドカリ	本島・周辺離島	伊江島	イシヤラ原	42.08 イシヤラ原①	3.8	18.3	151214	多	♂	楯長18.53	有り(写真)*	多	*植物片?
Ie-Cp-6	ムラサキオカヤドカリ	本島・周辺離島	伊江島	イシヤラ原	42.08 イシヤラ原①	3.8	18.3	151214	多	♀	楯長15.71	有り(写真)*	多	*植物片?
Ie-Cp-7	ムラサキオカヤドカリ	本島・周辺離島	伊江島	西崎漁港西	43.10 西崎漁港西①	3.8	4.2	151212	少	♂	楯長18.20	無	中	
Ie-Cp-8	ムラサキオカヤドカリ	本島・周辺離島	伊江島	西崎漁港西	43.10 西崎漁港西①	3.8	4.2	151213	少	♂	楯長21.40	無	多	
Ie-Cp-9	ムラサキオカヤドカリ	本島・周辺離島	伊江島	西崎漁港西	43.10 西崎漁港西①	3.8	4.2	151213	少	♂	楯長17.85	無	中	
Ie-Cp-10	ムラサキオカヤドカリ	本島・周辺離島	伊江島	西崎漁港西	43.10 西崎漁港西①	3.8	4.2	151213	少	♀	楯長15.95	無	中	
Ie-Cp-11	ムラサキオカヤドカリ	本島・周辺離島	伊江島	西崎漁港西	43.10 西崎漁港西①	3.8	4.2	151213	少	♂	楯長16.98	無	中	
Ie-Cp-12	ムラサキオカヤドカリ	本島・周辺離島	伊江島	西崎漁港西	43.10 西崎漁港西①	3.8	4.2	151213	少	♂	楯長16.44	無	中	
無し	ナキオカヤドカリ	本島・周辺離島	伊江島	イシヤラ原	42.08 イシヤラ原①	3.8	18.3	151211-14	多	6個体	未計測	未解剖	未解剖	
無し	ナキオカヤドカリ	本島・周辺離島	伊江島	伊江港東	43.02 伊江港東	1.5	0.3	151211-13	少	9個体	未計測	未解剖	未解剖	
無し	ナキオカヤドカリ	本島・周辺離島	伊江島	西崎漁港西	43.10 西崎漁港西①	3.8	4.2	151213	少	5個体	未計測	未解剖	未解剖	

表 3.3-11 採集個体リスト(2) 宮古諸島地域 [多良間島]

サンプルNo.	和名	採集地域	採集場所	採集場所 (海岸名)	重点対策区域 区域_海岸番号_海岸名	H23年調査時 の現存量 (ℓ/m)	H25年11月～ H26年11月の 年間漂着量 推計値(ℓ/m)	採集日	ゴミの 漂着量	性別	体サイズ (mm)	ゴミの有無	胃・腸 内容物	備考
T-Cp-1	ムラサキオカヤドカリ	宮古諸島	多良間島	南部海岸	70_11 ナカシャラトウブリ	8.2	15.0	151203	少	♀	楕長20.16	無	極少*	*多一胃腸ともに内容物が充滿、中一胃は内容物が充滿するが、腸は少ない、少一胃は内容物少なく、腸はほぼ空、極少一胃・腸ともに内容物がほとんどない(胃には若干内容物が認められる。)
T-Cp-2	ムラサキオカヤドカリ	宮古諸島	多良間島	南部海岸	70_11 ナカシャラトウブリ	8.2	15.0	151203	少	♂	楕長22.61	無	多	
T-Cp-3	ムラサキオカヤドカリ	宮古諸島	多良間島	南部海岸	70_11 ナカシャラトウブリ	8.2	15.0	151203	少	♂	楕長19.50	無	多	
T-Cp-4	ムラサキオカヤドカリ	宮古諸島	多良間島	南部海岸	70_11 ナカシャラトウブリ	8.2	15.0	151203	少	♂	楕長20.54	無	少	
T-Cp-5	ムラサキオカヤドカリ	宮古諸島	多良間島	南部海岸	70_11 ナカシャラトウブリ	8.2	15.0	151203	少	♀	楕長19.19	無	多	
T-Cp-6	ムラサキオカヤドカリ	宮古諸島	多良間島	南部海岸	70_11 ナカシャラトウブリ	8.2	15.0	151203	少	♀	楕長16.90	無	多	
T-Cp-7	ムラサキオカヤドカリ	宮古諸島	多良間島	前泊港西海岸	68_04 前泊港西	25.6	444.3	151203-04	多	♀	楕長16.37	無	多	
T-Cp-8	ムラサキオカヤドカリ	宮古諸島	多良間島	前泊港西海岸	68_04 前泊港西	25.6	444.3	151203-04	多	♀	楕長15.91	無	多	
T-Cp-9	ムラサキオカヤドカリ	宮古諸島	多良間島	前泊港西海岸	68_04 前泊港西	25.6	444.3	151203-04	多	♂	楕長16.11	無	多	
T-Cp-10	ムラサキオカヤドカリ	宮古諸島	多良間島	前泊港西海岸	68_04 前泊港西	25.6	444.3	151203-04	多	♂	楕長12.74	無	少	
T-Cp-11	ムラサキオカヤドカリ	宮古諸島	多良間島	前泊港西海岸	68_04 前泊港西	25.6	444.3	151203-04	多	♂	楕長18.29	無	極少	
T-Oc-1	ツノメガニ	宮古諸島	多良間島	南部海岸	70_11 ナカシャラトウブリ	8.2	15.0	151203	少	♀	甲幅36.98	無	極少	
T-Oc-2	ツノメガニ	宮古諸島	多良間島	南部海岸	70_11 ナカシャラトウブリ	8.2	15.0	151203	少	♂	甲幅30.35	無	中	
T-Oc-3	ツノメガニ	宮古諸島	多良間島	南部海岸	70_11 ナカシャラトウブリ	8.2	15.0	151203	少	♀	甲幅30.79	無	極少	
T-Oc-4	ツノメガニ	宮古諸島	多良間島	南部海岸	70_11 ナカシャラトウブリ	8.2	15.0	151203	少	♀	甲幅33.17	無	極少	
T-Oc-5	ツノメガニ	宮古諸島	多良間島	南部海岸	70_11 ナカシャラトウブリ	8.2	15.0	151203	少	♂	甲幅36.20	無	極少	
T-Oc-6	ツノメガニ	宮古諸島	多良間島	前泊港東海岸	68_06 前泊港東	32.1	444.3	151203-04	多	♂	甲幅36.45	無	極少	
T-Oc-7	ツノメガニ	宮古諸島	多良間島	前泊港東海岸	68_06 前泊港東	32.1	444.3	151203-04	多	♀	甲幅35.56	無	中	
T-Oc-8	ツノメガニ	宮古諸島	多良間島	前泊港東海岸	68_06 前泊港東	32.1	444.3	151203-04	多	♀	甲幅35.85	無	中	
T-Oc-9	ツノメガニ	宮古諸島	多良間島	前泊港東海岸	68_06 前泊港東	32.1	444.3	151203-04	多	♀	甲幅37.65	有り*	中	*ゴミはロスト(明らかに発泡スチロール)
T-Oc-10	ツノメガニ	宮古諸島	多良間島	前泊港東海岸	68_06 前泊港東	32.1	444.3	151203-04	多	♂	甲幅37.22	無	中	
T-Oc-11	ツノメガニ	宮古諸島	多良間島	前泊港東海岸	68_06 前泊港東	32.1	444.3	151203-04	多	♀	甲幅38.17	無	極少	
無し	ナキオカヤドカリ	宮古諸島	多良間島	前泊港西海岸	68_04 前泊港西	25.6	444.3	151203	多	10個体	未計測	未解剖	未解剖	
無し	ナキオカヤドカリ	宮古諸島	多良間島	三ツ瀬海岸	69_05 三ツ瀬公園	55.6	115.9	151203-04	多	12個体	未計測	未解剖	未解剖	
無し	ナキオカヤドカリ	宮古諸島	多良間島	南部海岸	70_11 ナカシャラトウブリ	8.2	15.0	151203-04	少	12個体	未計測	未解剖	未解剖	

表 3.3-12 採集個体リスト(1) 八重山諸島地域 [西表島]

サンプルNo.	和名	採集地域	採集場所	採集場所 (海岸名)	重点対策区域 区域_海岸番号_海岸名	H23年調査時 の現存量 (ℓ/m)	H25年11月～ H26年11月の 年間漂着量 推計値(ℓ/m)	採集日	ゴミの 漂着量	性別	体サイズ (mm)	ゴミの有無	胃・腸 内容物	備考
lr-Cp-1	ムラサキオカヤドカリ	八重山諸島	西表島	ミミキリ西(住吉)	85.09 ウナリ崎北	5.7	16.0	151128	少	♂	楕長24.64	無	少	
lr-Cp-2	ムラサキオカヤドカリ	八重山諸島	西表島	中野海岸	85.12 中野海岸	80.5	94.1	151128	多	♂	楕長20.37	有り(写真)*	多	*発泡スチロール? 植物片?
lr-Cp-3	ムラサキオカヤドカリ	八重山諸島	西表島	中野海岸	85.12 中野海岸	80.5	94.1	151128	多	♂	楕長17.88	無	極少	
lr-Cp-4	ムラサキオカヤドカリ	八重山諸島	西表島	中野海岸	85.12 中野海岸	80.5	94.1	151128	多	♀	楕長16.61	無	中	
lr-Cp-5	ムラサキオカヤドカリ	八重山諸島	西表島	中野海岸	85.12 中野海岸	80.5	94.1	151128	多	♂	楕長17.20	無	多	
lr-Cp-6	ムラサキオカヤドカリ	八重山諸島	西表島	中野海岸	85.12 中野海岸	80.5	94.1	151128	多	♂	楕長18.19	無	中	
lr-Cp-7	ムラサキオカヤドカリ	八重山諸島	西表島	ミミキリ西(住吉)	85.09 ウナリ崎北	5.7	16.0	151128	少	♂	楕長20.60	無	多	
lr-Cp-8	ムラサキオカヤドカリ	八重山諸島	西表島	ミミキリ西(住吉)	85.09 ウナリ崎北	5.7	16.0	151128	少	♀	楕長17.48	無	中	
lr-Cp-9	ムラサキオカヤドカリ	八重山諸島	西表島	ミミキリ西(住吉)	85.09 ウナリ崎北	5.7	16.0	151128	少	♀	楕長12.69	無	中	
lr-Cp-10	ムラサキオカヤドカリ	八重山諸島	西表島	ミミキリ西(住吉)	85.09 ウナリ崎北	5.7	16.0	151128	少	♀	楕長15.17	無	中	
lr-Cp-11	ムラサキオカヤドカリ	八重山諸島	西表島	ミミキリ西(住吉)	85.09 ウナリ崎北	5.7	16.0	151128	少	♀	楕長15.07	無	中	
lr-Oc-1	ツノメガニ	八重山諸島	西表島	中野海岸	85.12 中野海岸	80.5	94.1	151128	多	♀	甲幅36.65	有り(写真)*	多	*発泡スチロール?
lr-Oc-2	ツノメガニ	八重山諸島	西表島	中野海岸	85.12 中野海岸	80.5	94.1	151128	多	♂	甲幅42.24	無	多	
lr-Oc-3	ツノメガニ	八重山諸島	西表島	中野海岸	85.12 中野海岸	80.5	94.1	151128	多	♂	甲幅31.60	無	中	
lr-Oc-4	ツノメガニ	八重山諸島	西表島	中野海岸	85.12 中野海岸	80.5	94.1	151128	多	♂	甲幅30.83	無	中	
lr-Oc-5	ツノメガニ	八重山諸島	西表島	中野海岸	85.12 中野海岸	80.5	94.1	151128	多	♀	甲幅32.25	無	中	
lr-Oc-6	ツノメガニ	八重山諸島	西表島	中野海岸	85.12 中野海岸	80.5	94.1	151128	多	♀	甲幅26.78	有り(写真)*	多	*プラスチック片
lr-Oc-7	ツノメガニ	八重山諸島	西表島	月が浜	85.07 トウドウマリ浜	0.2	16.0	151128	少	♂	甲幅41.68	無	中	
lr-Oc-8	ツノメガニ	八重山諸島	西表島	月が浜	85.07 トウドウマリ浜	0.2	16.0	151128	少	♂	甲幅41.21	無	中	
lr-Oc-9	ツノメガニ	八重山諸島	西表島	中野海岸	85.12 中野海岸	80.5	94.1	151128	多	♀	甲幅36.19	有り(写真)*	多	*プラスチック片
lr-Oc-10	ツノメガニ	八重山諸島	西表島	月が浜	85.07 トウドウマリ浜	0.2	16.0	151126	少	♀	甲幅31.44	無	少	
lr-Oc-11	ツノメガニ	八重山諸島	西表島	月が浜	85.07 トウドウマリ浜	0.2	16.0	151126	少	♂	甲幅33.33	無	少	
lr-Oc-12	ツノメガニ	八重山諸島	西表島	月が浜	85.07 トウドウマリ浜	0.2	16.0	151126	少	♂	甲幅35.96	無	少	
lr-Oc-13	ツノメガニ	八重山諸島	西表島	月が浜	85.07 トウドウマリ浜	0.2	16.0	151126	少	♂	甲幅43.06	無	少	
無し	ナキオカヤドカリ	八重山諸島	西表島	月が浜	85.07 トウドウマリ浜	0.2	16.0	151128	少	6個体	未計測	未解剖	未解剖	
無し	ナキオカヤドカリ	八重山諸島	西表島	前泊ビーチ(祖納)	85.02 祖納南	2.5	16.0	151128	少	11個体	未計測	未解剖	未解剖	
lr-BI-1	ヤシガニ	八重山諸島	西表島	月が浜	85.07 トウドウマリ浜	0.2	16.0	151128	少	♂	胸長36.92	有り(写真)*	中	*糸状プラスチック?

#### (4) オカヤドカリ属の残留性有機汚染物質の分析結果

分析及び分析結果の評価については、東京農工大学・高田秀重教授、田中厚資氏にご指導・ご協力頂いた。

##### ① 分析結果の概要

ごみの多い全ての海岸において、オカヤドカリの筋肉・内臓からは高い濃度の塩化ビフェニル(PCBs)が検出され、プラスチック由来の影響と判断するのが妥当であると考えられる。

プラスチックの添加剤として使用されているポリ臭化ジフェニール(PBDEs)では、1-6 臭素のPBDEs濃度は上述のPCBs濃度と類似した傾向が窺われたが、7-10 臭素のPBDEs濃度にはごみ量や海岸地点の傾向が認められず、また、ほとんど検出限界値に近い値であった。

##### ② 分析対象と方法

【以下、海岸漂着物量が少ない海岸は海岸名の後に「(小)」を、多い海岸には「(多)」を付記した。】

分析対象としたのはムラサキオカヤドカリの筋肉及び内臓、ナキオカヤドカリの内臓した。両種について、多良間島の南部海岸(小)と前泊港西海岸(多)、伊江島の西崎漁港西(少)とイシヤラ原(多)、加えて、ムラサキオカヤドカリは西表島のミミキリ西(少)と中野海岸(多)、ナキオカヤドカリは西表島の前泊ビーチ(少)の個体を分析した。

分析個体は、筋肉は地点ごとに3個体からおおよそ等量ずつ採取し合わせ、内臓も同じ3個体から内臓全体を1個体ずつホモジナイズし、等量ずつ取ってひとつに合わせて残留性有機汚染物質の分析に使用した。分析方法は図 3.3-2 のとおりであり、分析対象は PCBs、PBDEs、DBDPE とした (DBDPE は参考として分析)。

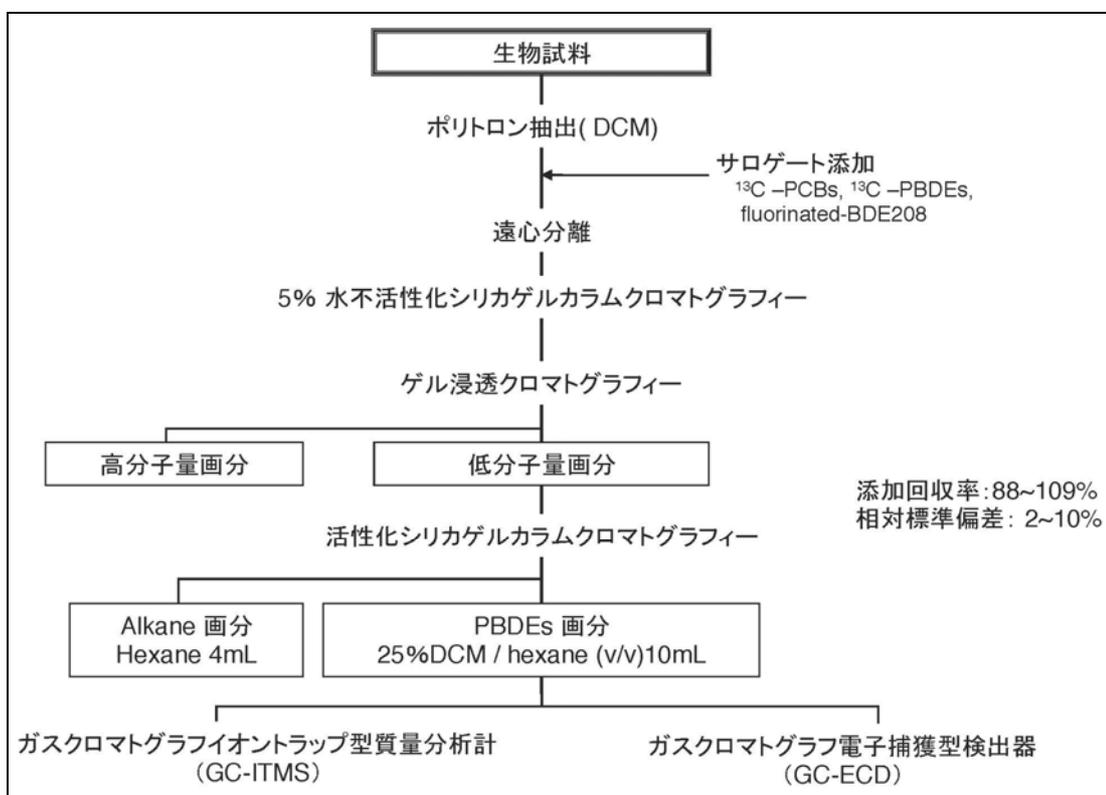


図 3.3-2 残留性有機汚染物質の分析方法

### ③ PCBs、PBDEs の分析結果

#### (a) PCBs

PCBs の分析結果を表 3.3-13、PBDEs の分析結果を表 3.3-14、PCBs 及び PBDEs の分析結果を図 3.3-3、PCBs 組成の分析結果を図 3.3-4～図 3.3-5 に示す。

ムラサキオカヤドカリの筋肉及び内臓、ナキオカオカヤドカリの内臓において、同じ島と同じ組織を比較した場合には、伊江島のナキオカヤドカリを除き、全ての地点で漂着量の多い海岸で濃度が高くなった。特に伊江島のイシヤラ原（多）のナキオカヤドカリにおいて顕著に高い濃度が検出された。

多良間島では南部海岸（少）に比較して前泊港（多）で濃度が高くなったが、CB153, CB138などを始めとした安定かつ生物増幅しやすい高塩素のコンジェナーの寄与が大きいことから、餌生物由来の蓄積が考えられる。動物の死骸等の栄養段階の高い動物を食べたことなどが想像される。

一方、伊江島では西崎漁港西（少）に比較してイシヤラ原（多）で濃度が高くなり、かつ、イシヤラ原（多）で低塩素側が相対的に割合が高く、上記前泊港の結果とは対称的であった。このことはイシヤラ原（多）のヤドカリが栄養段階の高い餌生物由来で PCBs 濃度が高いとは考えられない。

むしろ、海洋漂流プラスチックでは低塩素の割合が高い組成が検出されることが多いことから、プラスチック由来の影響がひとつの可能性として考えられた。ただし、同じ場所で採取した漂着プラスチックを測ったわけではなく、また各種餌生物や水や堆積物を測っているわけではないので、プラスチック由来であるのは有力であるものの、決定的な証拠が得られていた訳ではない。今後はより広範囲の海岸を対象とし、繰り返しの調査、餌の分析等が必要となる。

#### (b) PBDEs

1-6 臭素の PBDEs 濃度は、おおよそ PCBs 濃度と同じ傾向がみられた。濃度が低い地点では、LOQ（定量下限）を超えるコンジェナーは少なく、特にムラサキオカヤドカリ筋肉では、LOQ を超える濃度が検出されたのは2地点のみだった。

7-10 臭素のコンジェナーは、傾向が見られず。LOQ に近い値であることもあり、地点間の比較は難しい。

表 3.3-13 PCBs の分析結果

		PCBs concentration (ng/g-lipid weight)																	
		ムラサキオカヤドカリ 筋肉						ムラサキオカヤドカリ 内臓						ナギオカヤドカリ 内臓					
		多良間島		伊江島		西表島		多良間島		伊江島		西表島		多良間島		伊江島		西表島	
		南部海岸	前泊港西 海岸	西崎漁港 西	インヤラ 原	ミミキリ西 (住吉)	中野海岸	南部海岸	前泊港西 海岸	西崎漁港 西	インヤラ 原	ミミキリ西 (住吉)	中野海岸	南部海岸	前泊港西 海岸	西崎漁港 西	インヤラ 原	前泊ビー チ(祖納)	
2Cl	8	0.05	0.01	0.02	0.21	0.05	0.05	0.004	0.01	0.003	0.01	0.02	0.01	0.002	0.01	0.01	0.01	0.004	0.01
3Cl	18			0.12	0.27			0.002	0.01	0.01	0.01	0.04	0.001	0.01	0.02	0.05	0.01	0.02	0.02
	28	1.00	1.81	0.62	28.78	1.40	1.22	0.05	0.09	0.09	7.94	0.38	0.09	0.03	0.06	0.23	0.20	0.08	0.08
4Cl	52				0.53				0.01	0.001	0.02	0.13	0.03	0.001	0.01	0.07	0.03	0.02	0.02
	49				3.46				0.002		0.93	0.11	0.03	0.004	0.01	0.08	0.07	0.01	0.01
	44				0.59				0.001		0.01	0.04	0.001	0.001	0.003	0.03	0.01	0.003	0.003
	74	1.09	1.17	0.31	22.62	0.48	1.01	0.04	0.04	0.07	10.68	0.18	0.17	0.02	0.03	0.11	0.16	0.03	0.03
	66	1.54	2.06	0.55	35.72	0.91	0.52	0.05	0.05	0.09	18.73	0.25	0.15	0.03	0.03	0.10	0.19	0.03	0.03
5Cl	101		0.35	0.24	1.25			0.02	0.01	0.02	0.37	0.20	0.09	0.02	0.01	0.13	0.09	0.04	0.04
	99	1.53	1.40	0.95	7.77	0.84	0.16	0.04	0.04	0.21	5.03	0.22	0.09	0.02	0.01	0.08	0.07	0.04	0.04
	87		0.97		4.69	0.99	0.28	0.02	0.02	0.05	3.27	0.15	0.04	0.04	0.09	0.10	0.10	0.04	0.04
	110	0.13			3.64	0.08	0.38	0.02	0.02	0.01	1.94	0.15	0.05	0.03	0.04	0.10	0.12	0.04	0.04
	118	3.53	4.25	3.20	19.53	1.53	4.29	0.11	0.14	0.35	9.76	0.28	1.18	0.11	0.15	0.35	0.50	0.14	0.14
	105	1.95	4.19	2.65	14.08	2.40	2.20	0.09	0.08	0.34	5.06	0.16	0.32	0.05	0.06	0.13	0.25	0.04	0.04
6Cl	151		0.16		0.06						0.17	0.05	0.01			0.01	0.00		
	149	0.14	1.32		2.66	0.04	0.10	0.01	0.02	0.09	1.62	0.19	0.08	0.01	0.02	0.10	0.08	0.02	0.02
	146	0.42	6.94	0.69	3.20	0.25	0.46	0.05	0.14	0.30	2.21	0.11	0.97	0.04	0.04	0.12	0.09	0.06	0.06
	153	3.71	34.38	3.55	22.04	3.24	3.70	0.25	0.88	1.54	12.61	0.58	5.50	0.30	0.47	0.84	0.64	0.51	0.51
	138	4.23	56.71	5.60	21.68	3.47	6.84	0.28	0.84	1.77	12.76	0.70	3.65	0.27	0.36	0.70	0.63	0.29	0.29
	158	0.15	2.73	0.09	1.26	0.06	0.12	0.01	0.04	0.07	0.54	0.03	0.12	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01
	128	0.51	3.89	0.65	3.18	0.23	1.04	0.02	0.04	0.16	1.05	0.06	0.31	0.01	0.04	0.08	0.10	0.03	0.03
	167	0.06	1.35	0.25	0.86	0.10	0.19	0.01	0.03	0.08	0.44	0.03	0.25	0.01	0.02	0.04	0.04	0.01	0.01
	156	0.79	3.85	0.74	2.41	0.82	0.74	0.10	0.06	0.15	0.89	0.07	0.39	0.06	0.03	0.13	0.06	0.02	0.02
	157	0.04	0.44	0.11	0.64		0.16	0.01	0.01	0.05	0.32	0.02	0.14	0.005	0.01	0.03	0.03	0.01	0.01
7Cl	178		0.68	0.07	0.20	0.06	0.05	0.00	0.03	0.04	0.48	0.01	0.06	0.002	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
	187	0.22	20.14	0.60	12.69	0.43	1.07	0.06	0.32	0.59	3.91	0.11	1.56	0.07	0.25	0.17	0.23	0.11	0.11
	183	0.14	3.17	0.11	0.88	0.07	0.24	0.01	0.04	0.10	0.75	0.02	0.24	0.004	0.02	0.04	0.02	0.05	0.05
	177	0.06	5.22	0.07	0.77	0.07	0.18	0.01	0.06	0.10	0.69	0.02	0.20	0.01	0.05	0.03	0.03	0.01	0.01
	172		2.16	0.11	0.33			0.01	0.03	0.04	0.33	0.01	0.21	0.01		0.03	0.02	0.01	0.01
	180	0.74	32.83	2.44	8.12	1.77	3.28	0.09	0.47	0.76	4.48	0.34	3.65	0.18	0.28	0.54	0.33	0.37	0.37
	170	0.21	14.09	0.95	3.39	0.60	1.48	0.03	0.20	0.28	2.18	0.11	1.32	0.06	0.15	0.25	0.15	0.13	0.13
	189		0.30	0.09	0.14	0.10		0.00	0.01	0.02	0.11	0.02	0.09	0.003	0.01	0.02	0.01	0.002	0.002
8Cl	199		2.97	0.04	0.95		0.03	0.01	0.05	0.11	1.17	0.01	0.22	0.01	0.03	0.08	0.12	0.03	0.03
	196/203		0.44		0.21			0.001	0.01	0.04	0.39	0.001	0.16	0.003	0.01	0.02	0.04	0.03	0.03
	195		0.38		0.26		0.04		0.01	0.00	0.26	0.002	0.09			0.01	0.01	0.002	0.002
	194		0.45		0.39		0.05		0.01	0.04	0.71	0.01	0.29		0.01	0.07	0.05	0.03	0.03
9Cl	206		0.13		0.21					0.01	0.22	0.004	0.04			0.01	0.02	0.002	0.002
10Cl	209				0.03			0.002	0.002	0.01	0.13	0.002	0.02		0.002	0.01	0.01	0.001	0.001
Total		22.24	210.95	24.82	229.69	20.00	29.87	1.43	3.84	7.58	112.16	4.82	21.79	1.41	2.24	4.91	4.57	2.27	2.27

LOQ (定量下限)

表 3.3-14 PBDEs の分析結果

		ムラサキオカヤドカリ 筋肉						ムラサキオカヤドカリ 内臓						PBDEs concentration (ng/g-lipid weight) ナキオカヤドカリ 内臓					
		多良間島		伊江島		西表島		多良間島		伊江島		西表島		多良間島		伊江島		西表島	
		南部海岸	前泊港西 海岸	西崎漁港 西	イシヤラ 原	ミキリ西 (住吉)	中野海岸	南部海岸	前泊港西 海岸	西崎漁港 西	イシヤラ 原	ミキリ西 (住吉)	中野海岸	南部海岸	前泊港西 海岸	西崎漁港 西	イシヤラ 原	前泊ビー チ(祖納)	
1Br	1																		
	2																		
	3																		
2Br	10							0.02											
	7																		
	11																		
	8								0.003										
	12/13							0.002											
	15											0.003							
3Br	30																		
	32																		
	17/25												0.0004						
	33/28				0.16						0.02	0.002	0.003			0.004		0.005	
	35																		
	37																		
4Br	75																		
	49				0.76			0.005		0.003	0.21	0.02	0.02	0.01		0.01	0.01		
	71																		
	47				1.35		0.22	0.01	0.02	0.01	0.61	0.04	0.23	0.03	0.07	0.07	0.08	0.04	
	66				0.42				0.01		0.08	0.01	0.01						
	77				0.45								0.001						
5Br	100										0.08		0.01						
	119									0.004	0.12		0.02						
	99				0.32					0.02	0.16	0.01	0.03		0.01	0.01	0.005		
	116																		
	118				0.73						0.03		0.01						
	85			0.19	0.57								0.01	0.01					
	126										0.01								
6Br	155									0.01	0.06	0.002	0.005						
	154		0.05		0.16				0.003	0.04	0.33	0.003	0.02				0.005		
	153				0.41			0.004		0.01	0.34		0.02		0.01	0.01		0.005	
	138												0.001						
	166																		
7Br	183									0.004	0.004	0.002	0.003						
	181																		
	190																		
8Br	196				0.26											0.002	0.01	0.01	
9Br	208																0.01	0.003	
	207	0.06	0.12	0.03	0.03	0.09	0.04	0.004	0.003	0.001		0.002	0.003	0.01	0.01	0.003	0.02	0.03	
	206								0.002	0.01			0.02	0.001			0.01	0.02	
10Br	209	0.15	0.16	0.09	0.16	0.48	0.08		0.004	0.002	0.001	0.002	0.01	0.04	0.02	0.01	0.02	0.03	
total		0.21	0.32	0.30	5.78	0.57	0.33	0.04	0.04	0.10	2.06	0.09	0.41	0.10	0.11	0.13	0.16	0.14	

LOQ(定量下限)

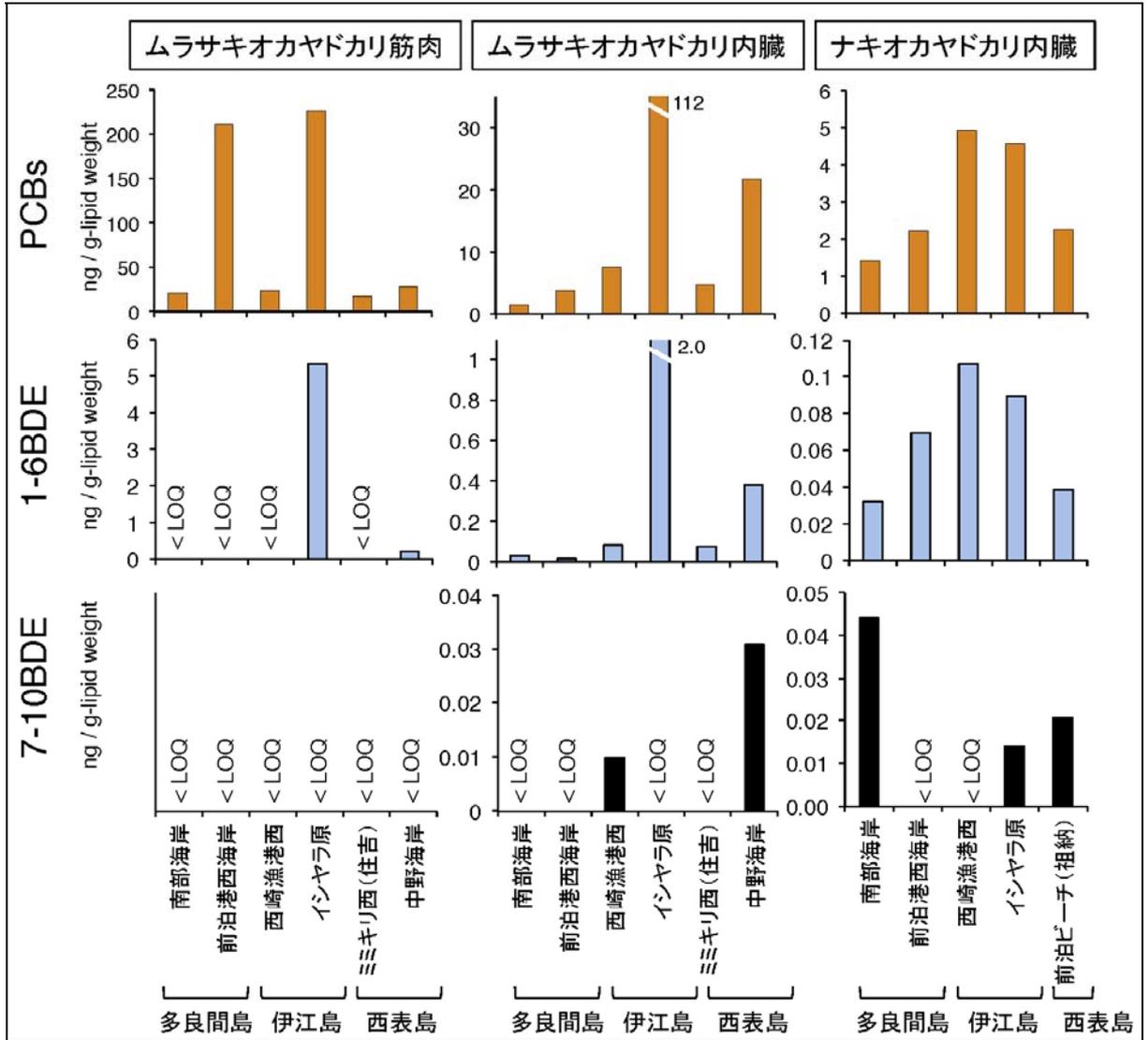
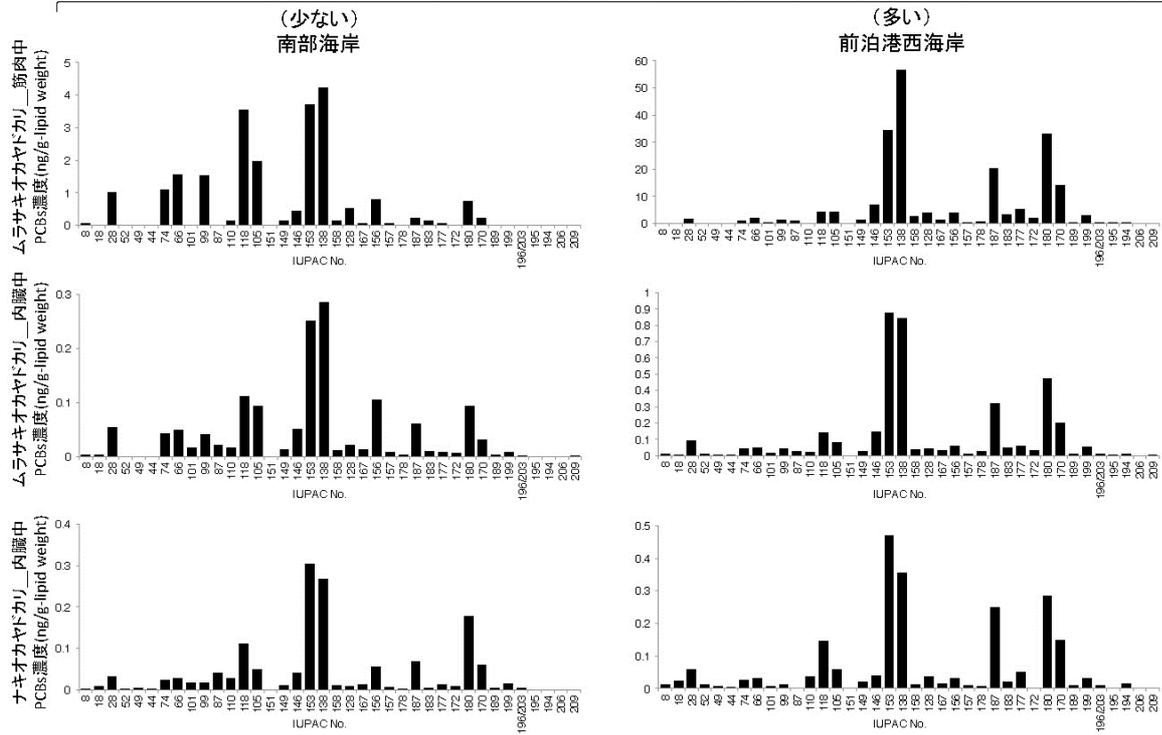


図 3.3-3 PCBs の分析結果

多良間島



伊江島

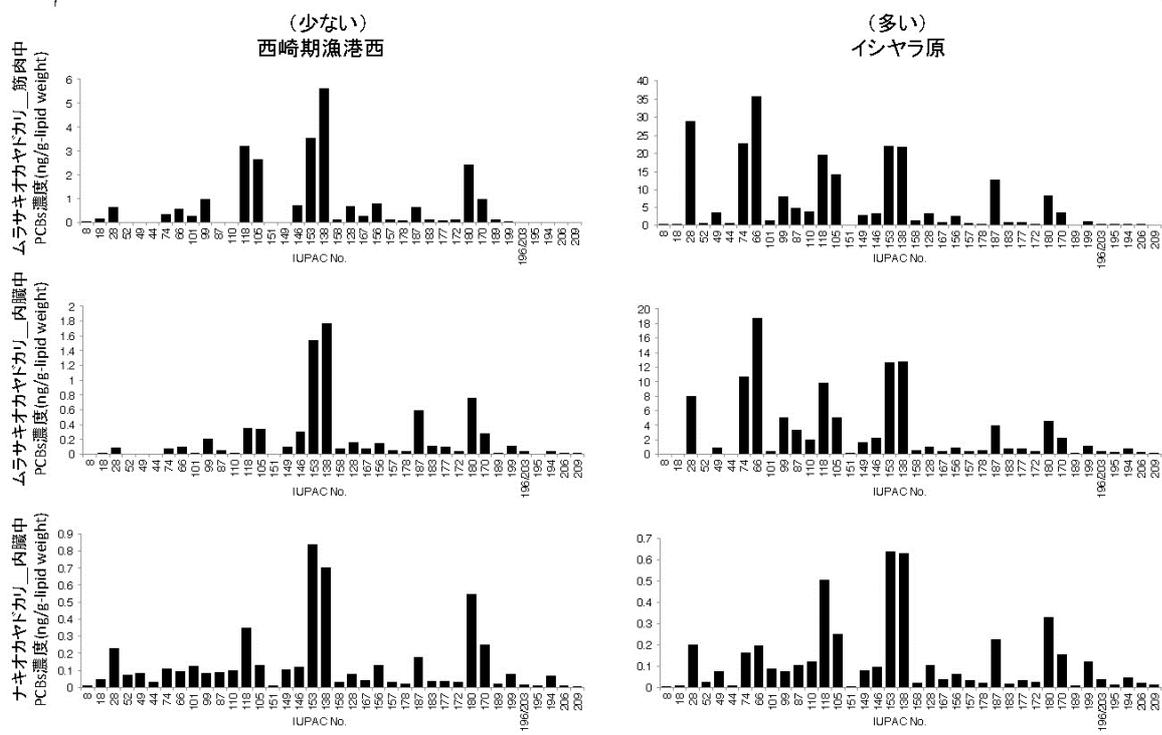


図 3.3-4 PCBs 組成の分析結果(1) [多良間島及び伊江島]

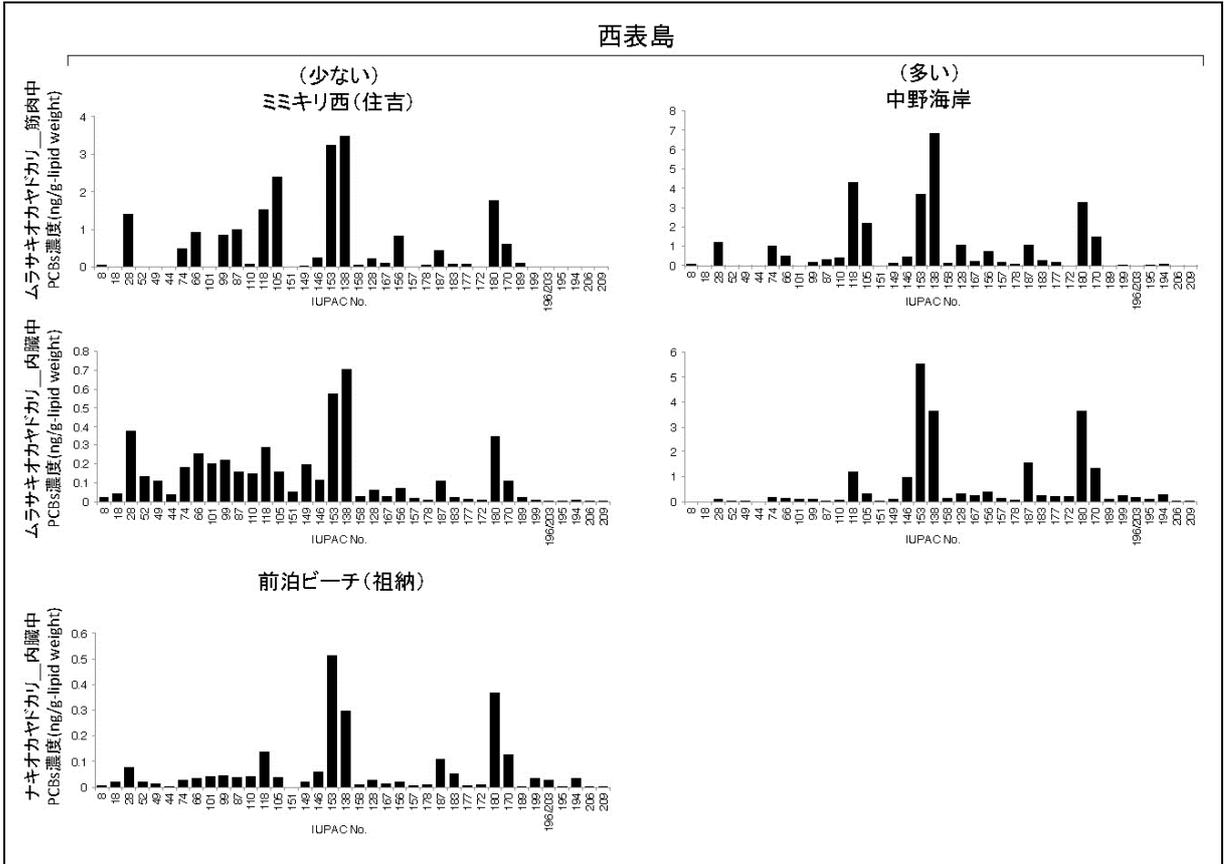


図 3.3-5 PCBs 組成の分析結果(2) [西表島]

④ 【参考】DBDPE の分析結果

DBDPE (デカブロモジフェニルエーテル) の分析結果を表 3.3-15 に示す。

DBDPE は、イシヤラ原、中野海岸のムラサキオカヤドカリの内臓から非常に低濃度であるが検出された。その他の試料では検出限界以下だった。

DBDPE は、プラスチックの難燃剤であるが、プラスチックでの使用量はPBDEsなどに比べれば圧倒的に少ないことから、実際に DBDPE を含むプラスチックがこの海岸を汚染しているかどうかは不明である。

表 3.3-15 DBDPE の分析結果

	DBDPE concentration (ng/g-lipid weight)																
	ムラサキオカヤドカリ 筋肉						ムラサキオカヤドカリ 内臓						ナキオカヤドカリ 内臓				
	多良間島		伊江島		西表島		多良間島		伊江島		西表島		多良間島	伊江島	西表島		
	南部海岸	前泊港西 海岸	西崎漁港 西	イシヤラ 原	ミミキリ西 (住吉)	中野海岸	南部海岸	前泊港西 海岸	西崎漁港 西	イシヤラ 原	ミミキリ西 (住吉)	中野海岸	南部海岸	前泊港西 海岸	西崎漁港 西	イシヤラ 原	前泊ビー チ(祖納)
DBDPE										0.036		0.005					

## (5) オカヤドカリ属の重金属元素等の分析結果

分析及び分析結果の評価については、東京農工大学・渡邊泉准教授、齋藤 侃氏にご指導・ご協力頂いた。

### ① 分析結果の概要

ムラサキオカヤドカリの筋肉から検出された Sc, Fe, Co, Cu, Cd, Cs, Ba 濃度は、漂着量の多い海岸で高い値となり、これは全島での共通の傾向となった。

多良間島と伊江島では、Na, Mg, V, Mn, Ba 濃度が、漂着量の多い海岸で高い値となっていた。

多良間島でのオカヤドカリ類の場合では、漂着量の多い海岸での Cu と Cd 濃度が、筋肉と内臓共に高い傾向であった。

伊江島でのオカヤドカリ類の場合では、漂着量の多い海岸で Al, V, Mn, Fe, Co, Ga, Y, Ba, La, Ce 濃度が、筋肉と内臓共に高い傾向であった。

西表島でのオカヤドカリ類の場合では、Fe, As, Cs 濃度が漂着量の多い海岸で高い傾向がみられ、特に西表島では、Sc, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Y, Mo, Cs, Ba, La, Ce 濃度が他の島の場合に比較して高く、中でも As は全体的に高濃度の傾向にあった。

オカヤドカリ類の分析結果を総括して、プラスチック類に起因する微量元素成分は、強毒性の重金属類等(Cu, Cd, Zn, Se, Pb, As, 特に Cu と Cd), アルカリ金属・アルカリ土類金属(Rb, Cs, Ba, 特に Ba), 希土類(Sc, Y, La, Ce)の3タイプの元素グループからなっていると考えられた。

### ② 分析対象と方法

分析対象としたのはムラサキオカヤドカリの筋肉及び内臓、ナキオカヤドカリの内臓とした。両種について、多良間島の南部海岸(少)と前泊港西海岸(多)、伊江島の西崎漁港西(少)とイシヤラ原(多)、加えて、ムラサキオカヤドカリは西表島のミミキリ西(少)と中野海岸(多)、ナキオカヤドカリは西表島の前泊ビーチ(少)の個体を分析した。

分析試料は、フッ素樹脂製シート上で90℃12時間以上乾燥させ、乳鉢を用いて粉化した。各試料は乾燥前に湿重量を測定し、乾燥後の乾重量を用いて含水率を算出した。

粉化した乾燥試料は、フッ素樹脂製バイアルに約0.100gを秤取りし、61%硝酸を2.00ml添加後、電子レンジ用分解容器に入れて密封し、200Wで10分間のマイクロウェーブ湿式灰化を行った。灰化後は室温で放冷し、ADVANTEC製5Cの濾紙を通した分解液をポリプロピレン製試験管に移し、超純水で約250倍に希釈したものを精秤後、試料溶液とした。元素分析は、誘導結合プラズマ質量分析計ICP-MS(Agilent, 7500a)を用い内部標準を103Rhとして後述する35元素の濃度測定を行った。実験の精度は繰り返し分析で確認し、確度はSRM-1577b(National Institute of Standards and Technology, USA)で確認を行っている。各元素の回収率は68.8%~148%であった。検出限界値はブランクの標準偏差(SD)の3倍の値を用いて算出した。

分析対象とした重金属元素等は、Li(リチウム), Na(ナトリウム), Mg(マグネシウム), Al(アルミニウム), K(カリウム), Ca(カルシウム), Sc(スカンジウム), V(バナジウム), Cr(クロム), Mn(マンガン), Fe(鉄), Co(コバルト), Ni(ニッケル), Cu(銅),

Zn (亜鉛), Ga (ガリウム), As (ヒ素), Se (セレン), Rb (ルビジウム), Sr (ストロンチウム), Y (イットリウム), Mo (モリブデン), Pd (パラジウム), Cd (カドミウム), In (インジウム), Sn (スズ), Sb (アンチモン), Cs (セシウム), Ba (バリウム), La (ランタン), Ce (セリウム), Pt (白金), Tl (タリウム), Pb (鉛), Bi (ビスマス) の 35 元素とした。

### ③ 重金属元素等の分析結果

重金属元素等の分析結果一覧を表 3.3-16 に、ムラサキオカヤドカリの筋肉の分析結果を図 3.3-6～図 3.3-8 に、内蔵の分析結果を図 3.3-9～図 3.3-11 に、ナキオカヤドカリの内蔵の分析結果を図 3.3-12～図 3.3-14 に示す。

#### (a) 全地域で共通の傾向

ムラサキオカヤドカリの筋肉では、3 地域間 (多良間島・伊江島・西表島) の分析結果を比較したところ、全ての地域において、Sc, Fe, Co, Cu, Cd, Cs, Ba 濃度が、漂着量の少ない海岸に比べ多い海岸で高い結果となった。

#### (b) 地域の視点による傾向

##### 【地域内で共通の傾向】

同じ地域内で比較すると、多良間島のヤドカリ類で Cu, Cd 濃度が、筋肉・内蔵共に漂着量の少ない海岸に比べ多い海岸で高い結果となった。

##### 【地域間で共通の傾向】

多良間島と伊江島では Na, Mg, V, Mn および Ba 濃度が、漂着量の少ない海岸に比べ多い海岸で高い結果となった。

##### 【伊江島の特徴】

伊江島ではムラサキオカヤドカリとナキオカオカヤドカリ両種の分析部位で、Al, V, Mn, Fe, Co, Ga, Y, Ba, La, Ce 濃度が、漂着量の少ない海岸に比べ多い海岸で高い結果となった。

##### ・イシヤラ浜の特徴

伊江島のイシヤラ浜のムラサキ丘ヤドカリの筋肉と内臓では、他の地域に比べ、最も高濃度で検出された元素が多い (Al, Sc, V, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Ga, Y, Cd, Cs, Ba, La, Ce, Pb)。なかでも Al は、全ての分析部位においてイシヤラ原でのみ検出された (高濃度と考えられた)。一方で、ナキオカヤドカリの内臓に注目すると、イシヤラ原で最も低濃度で検出された元素が多く、特徴的な結果と考えられた。

##### ・ムラサキオカヤドカリの筋肉と内臓

ムラサキオカヤドカリの筋肉と内臓では、Mg, Sc, Cr 濃度が、漂着量の少ない海岸に比べ多い海岸で高い結果となった。

・ムラサキオカヤドカリとナキオカオカヤドカリの内臓

ムラサキオカヤドカリとナキオカオカヤドカリ両種の内臓で共に Cd, Pb 濃度が、漂着量の少ない海岸に比べ多い海岸で高い結果となった。

#### 【西表島の特徴】

西表島のオカヤドカリ類は Fe, As, Cs 濃度が、漂着量の少ない海岸に比べ多い海岸で高い結果となった。また、西表島では、海岸により異なるが、Sc, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Y, Mo, Cs, Ba, La, Ce が他地域よりも明らかな高濃度を示した。特に As は全体的に高濃度である傾向がみられた。

### (c) 種類の視点による傾向

#### 【ムラサキオカヤドカリ】

ムラサキオカヤドカリの筋肉・内臓において、Ca, Mn, Zn, Pb 濃度が、漂着量の少ない海岸に比べ多い海岸で高い結果となった。

#### 【ムラサキオカヤドカリとナキオカオカヤドカリ】

ムラサキオカヤドカリとナキオカオカヤドカリでは共に Y, La, Ce 濃度が、漂着量の少ない海岸に比べ多い海岸で高い結果となった。

#### 【ムラサキオカヤドカリとナキオカオカヤドカリの内臓】

多良間島と伊江島共に、ムラサキオカヤドカリの内臓では Ca, Mn, Co, Ga, Y, Cd, Ba, La, Ce, Pb 濃度が、ナキオカヤドカリの内臓では Fe, Y, Cd, La, Ce 濃度が、漂着量の少ない海岸に比べ多い海岸で高い結果となった。

なお、西表島では上記とは逆の傾向を示した。西表島で採取されたヤドカリ類は内臓において Na, Mg, K, Ca, V, Cr, Mn, Co, Cu, Z, Ga, Se, Sr, Y, Mo, Pd, Cd, Ba, La, Ce, Pb といった多くの元素の濃度が、漂着量の多い海岸に比べ少ない海岸で高い結果となり、上記の 2 島と多良間島と伊江島とは異なった傾向を示した。

### (d) 元素グループの視点による傾向

今回の分析結果から、プラスチックごみと関係しそうな 3 つの元素グループが挙げられた。

- 1) 強毒性の重金属類 Cu, Cd, Zn, Se, Pb, As (特に Cu, Cd)
- 2) アルカリ金属・アルカリ土類金属 : Rb, Cs, Ba (特に Ba)
- 3) 希土類 : Sc, Y, La, Ce (起源などは不明)

以上のことから、地域差、種間差、元素間でいくつか共通の傾向が認められたが、これらの傾向は、今回実施できたのが一時期・一回の調査分析にすぎず、生息環境（生息している砂浜・後背地等）との比較検討がなされていない点や、複数回実施する等の再現性を検討できる手法でなかったことから、今後の更なる調査検討が必要と考えられる。

表 3.3-16 オカヤドカリ類における重金属元素等の分析結果

			微量元素濃度 (μg/g dry weight)																		
種名	部位	採取地点	漂着量	Li	Na	Mg	Al	K	Ca	Sc	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se
ムラサキオカヤドカリ	筋肉	多良間 南部海岸	少	N.D.	7830	1740	N.D.	4660	2670	0.021	0.020	0.75	0.9	36	0.01	N.D.	89	306	N.D.	6.3	1.6
		前泊西海岸	多	N.D.	8620	2960	N.D.	4350	10400	0.036	0.025	0.53	1.8	164	0.06	0.50	97	320	N.D.	2.9	1.3
		伊江 西崎漁港西	少	N.D.	8650	2350	N.D.	4620	8150	0.035	0.030	0.47	1.9	139	0.09	N.D.	108	258	N.D.	4.5	1.6
		イシヤラ原	多	N.D.	8950	2600	4.2	4520	6560	0.041	0.045	0.59	4.4	118	0.17	N.D.	122	274	0.005	3.7	1.7
		西表 ミミキリ西	少	N.D.	8640	2290	N.D.	4090	5120	0.026	0.020	0.47	2.2	75	0.06	N.D.	96	261	N.D.	2.3	1.5
	中野海岸	多	N.D.	N.A.	2090	N.D.	4140	3650	0.036	0.020	0.60	0.8	63	0.07	N.D.	131	263	0.003	14.8	1.7	
	内臓	多良間 南部海岸	少	N.D.	6270	1930	N.D.	2000	6420	0.027	0.017	0.56	13	124	0.1	N.D.	379	658	0.014	1.7	1.2
		前泊西海岸	多	N.D.	3030	1790	N.D.	1420	7200	N.D.	0.017	0.14	23	129	0.2	N.D.	480	979	0.017	0.6	0.7
		伊江 西崎漁港西	少	N.D.	5250	1340	N.D.	1890	3590	0.033	0.037	0.63	71	144	1.6	N.D.	461	780	0.007	1.6	1.1
		イシヤラ原	多	N.D.	4270	1760	4.9	2000	6210	0.036	0.077	0.66	419	219	3.1	N.D.	334	678	0.027	1.4	0.9
西表 ミミキリ西		少	N.D.	5750	2250	N.D.	2250	7210	0.027	0.042	0.72	283	195	1.5	N.D.	693	1760	0.021	2.9	1.7	
中野海岸	多	N.D.	3810	1190	N.D.	1700	3760	0.030	0.020	0.64	48	150	0.3	0.27	160	916	0.014	7.3	1.6		
ナキオカヤドカリ	内臓	多良間 南部海岸	少	N.D.	4920	2500	N.D.	2300	9910	0.086	0.029	0.61	81	176	0.3	0.74	287	1320	0.026	0.9	1.3
		前泊西海岸	多	N.D.	4140	1880	N.D.	2470	7640	0.023	0.026	0.73	42	188	0.3	N.D.	512	1330	0.018	5.1	1.7
		伊江 西崎漁港西	少	N.D.	3870	1300	N.D.	1780	4200	0.033	0.017	0.50	44	120	0.6	0.91	341	779	0.010	2.0	1.2
		イシヤラ原	多	N.D.	2080	797	4.9	1160	2230	0.022	0.033	0.36	224	104	1.8	N.D.	217	490	0.012	1.1	0.7
		西表 前泊ビーチ	少	N.D.	4690	1690	N.D.	2170	5500	0.040	0.051	0.81	365	191	1.8	N.D.	297	834	0.023	5.3	2.1
種名	部位	採取地点	漂着量	Rb	Sr	Y	Mo	Pd	Cd	In	Sn	Sb	Cs	Ba	La	Ce	Pt	Tl	Pb	Bi	
ムラサキオカヤドカリ	筋肉	多良間 南部海岸	少	2.2	64	N.D.	N.D.	2.2	0.02	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
		前泊西海岸	多	2.9	218	N.D.	N.D.	7.6	0.04	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.01	1.0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
		伊江 西崎漁港西	少	3.2	159	N.D.	N.D.	5.6	0.06	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.01	2.1	N.D.	0.004	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
		イシヤラ原	多	2.6	77	0.006	N.D.	2.7	0.06	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.02	3.2	0.008	0.020	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
		西表 ミミキリ西	少	2.3	94	N.D.	N.D.	3.0	0.03	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	中野海岸	多	3.6	82	0.004	N.D.	2.9	0.03	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.02	0.9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	内臓	多良間 南部海岸	少	1.6	144	0.011	0.17	5.1	0.9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.4	0.006	0.01	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
		前泊西海岸	多	1.2	143	0.045	N.D.	5.0	2.0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.5	0.035	0.04	N.D.	N.D.	0.24	N.D.	
		伊江 西崎漁港西	少	1.9	75	0.068	0.31	3.1	0.8	N.D.	0.19	N.D.	N.D.	1.0	0.059	0.15	N.D.	N.D.	0.18	N.D.	
		イシヤラ原	多	1.5	70	0.135	0.26	2.8	1.2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	2.3	0.131	0.32	N.D.	N.D.	0.87	N.D.	
西表 ミミキリ西		少	1.9	138	0.054	0.32	5.2	2.0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1.0	0.037	0.07	N.D.	N.D.	0.47	N.D.		
中野海岸	多	2.0	67	0.030	0.27	2.4	0.6	N.D.	0.02	N.D.	0.01	0.7	0.029	0.04	N.D.	N.D.	0.08	N.D.			
ナキオカヤドカリ	内臓	多良間 南部海岸	少	2.4	191	0.006	0.34	6.5	1.5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.6	0.005	0.01	N.D.	N.D.	0.40	N.D.	
		前泊西海岸	多	1.9	144	0.023	0.40	5.3	3.2	N.D.	0.03	N.D.	N.D.	0.3	0.026	0.03	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
		伊江 西崎漁港西	少	1.4	85	0.012	0.29	3.2	0.5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.4	0.010	0.02	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
		イシヤラ原	多	1.0	33	0.050	0.24	1.4	1.1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.9	0.075	0.14	N.D.	N.D.	0.08	N.D.	
		西表 前泊ビーチ	少	2.7	108	0.110	0.43	4.2	1.1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	13.2	0.132	0.26	N.D.	N.D.	0.06	N.D.	

ND: not detected(検出限界値以下)

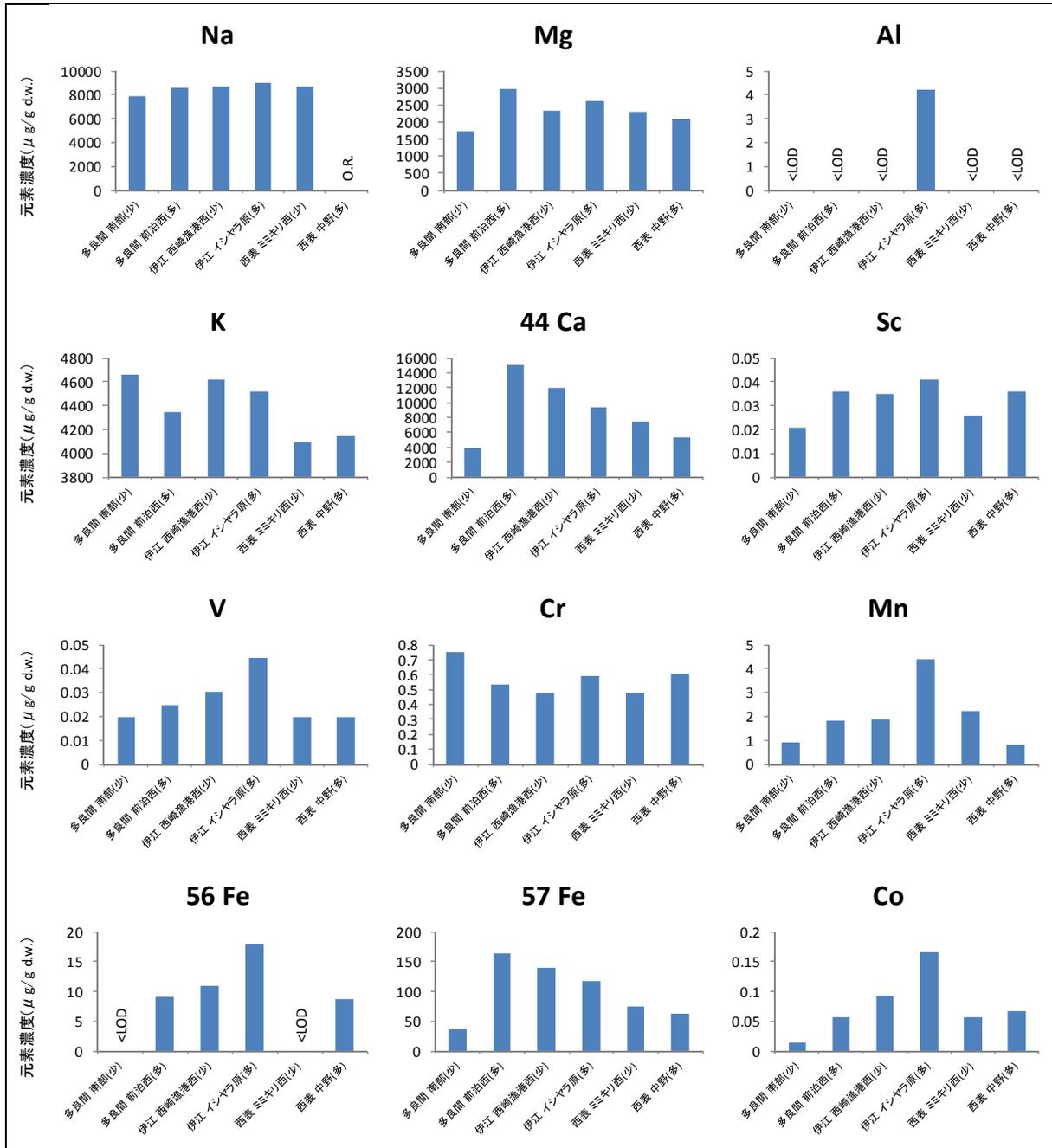


図 3.3-6 重金属元素等の分析結果 ムラサキオカヤドカリ・筋肉(1)

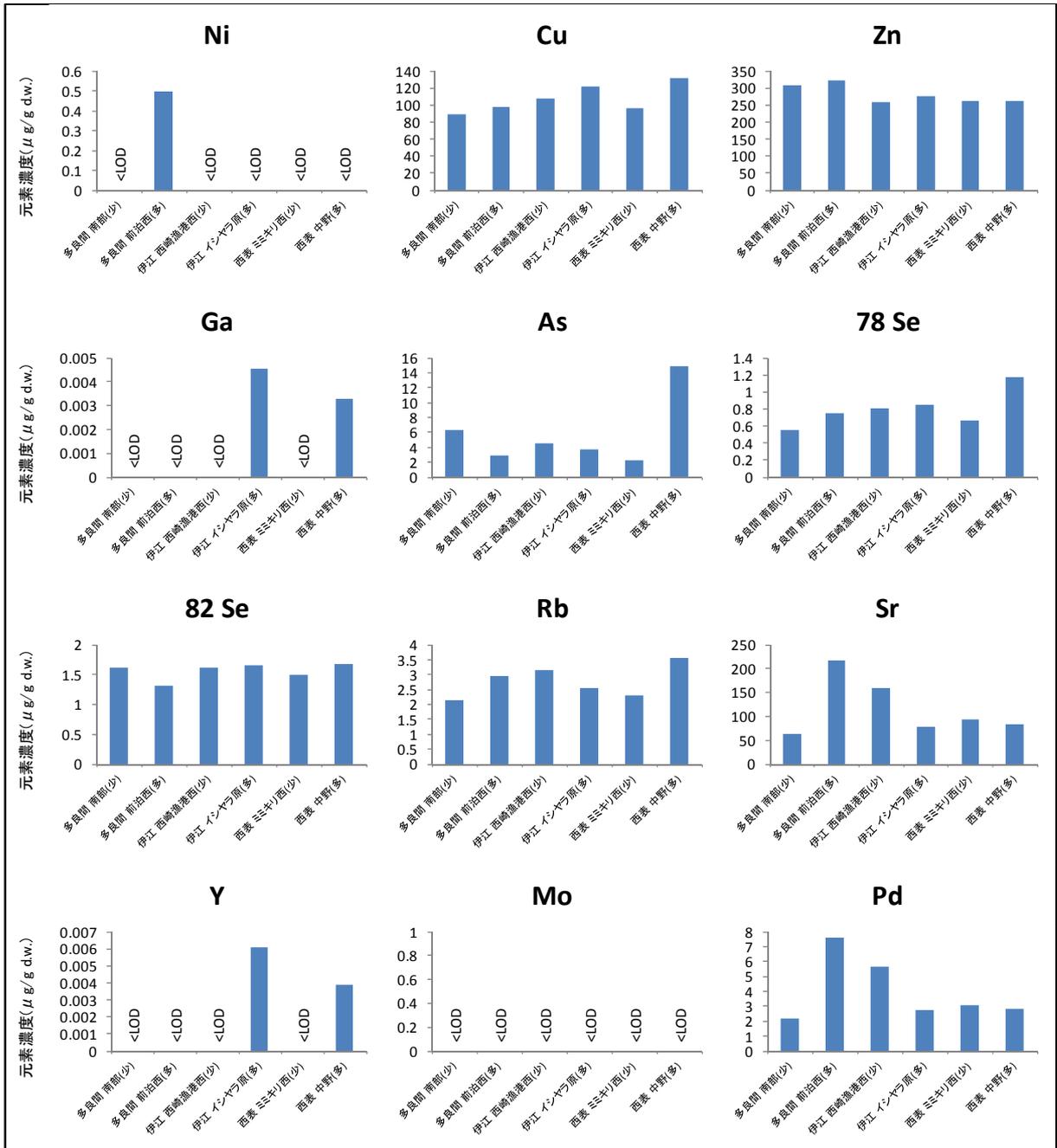


図 3.3-7 重金属元素等の分析結果 ムラサキオカヤドカリ・筋肉(2)

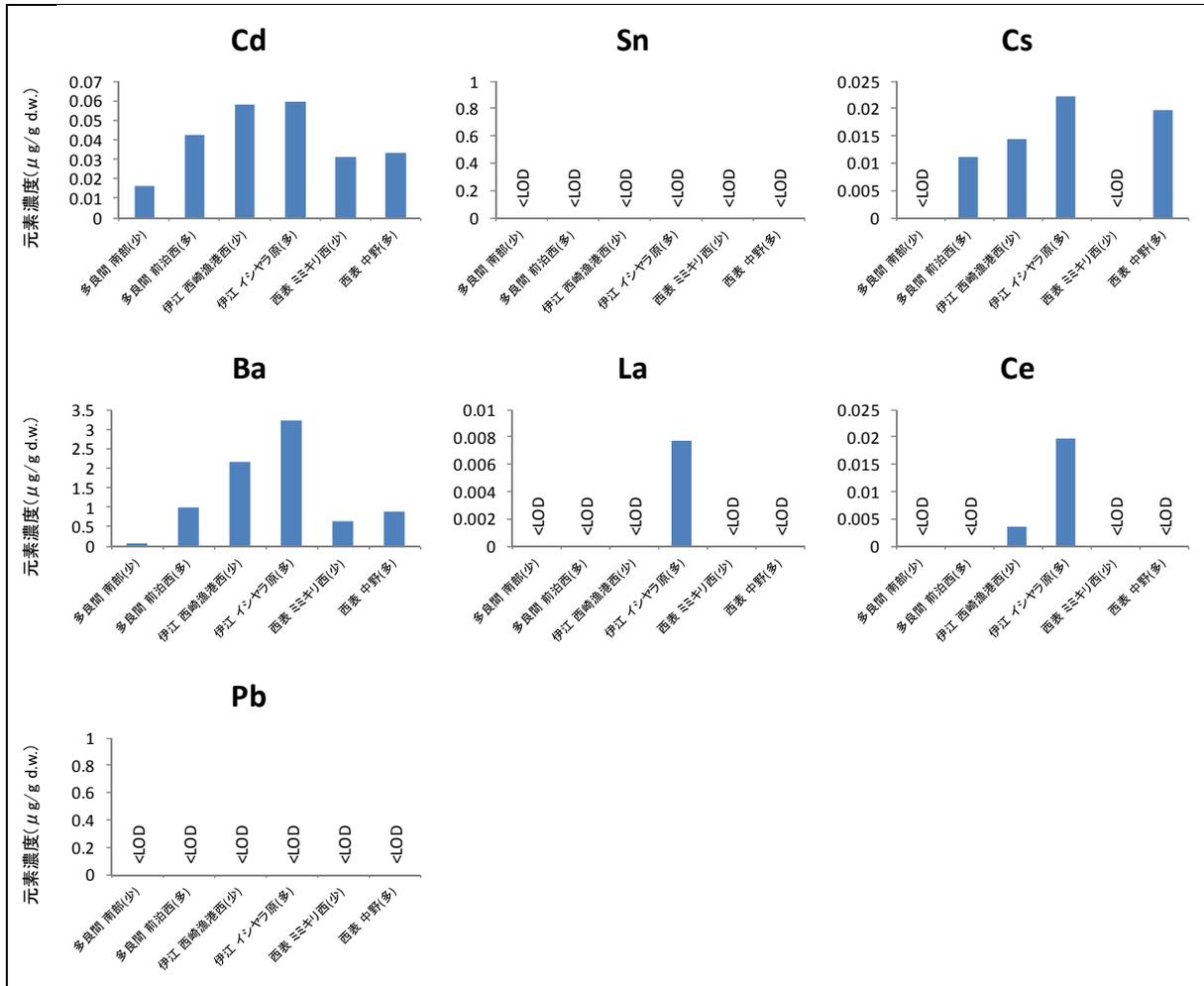


図 3.3-8 重金属元素等の分析結果 ムラサキオカヤドカリ・筋肉(3)

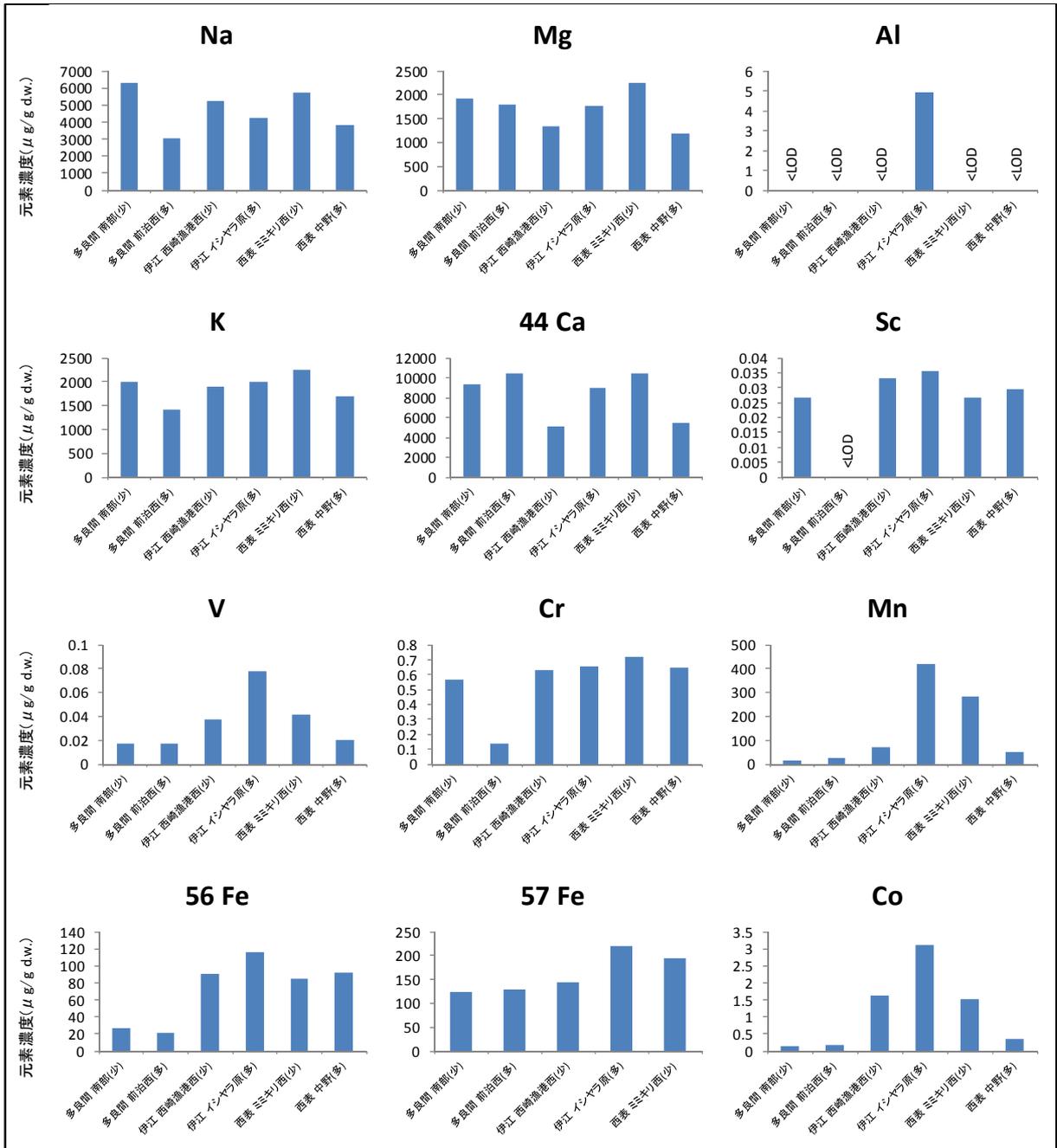


図 3.3-9 重金属元素等の分析結果 ムラサキオカヤドカリ・内蔵(1)

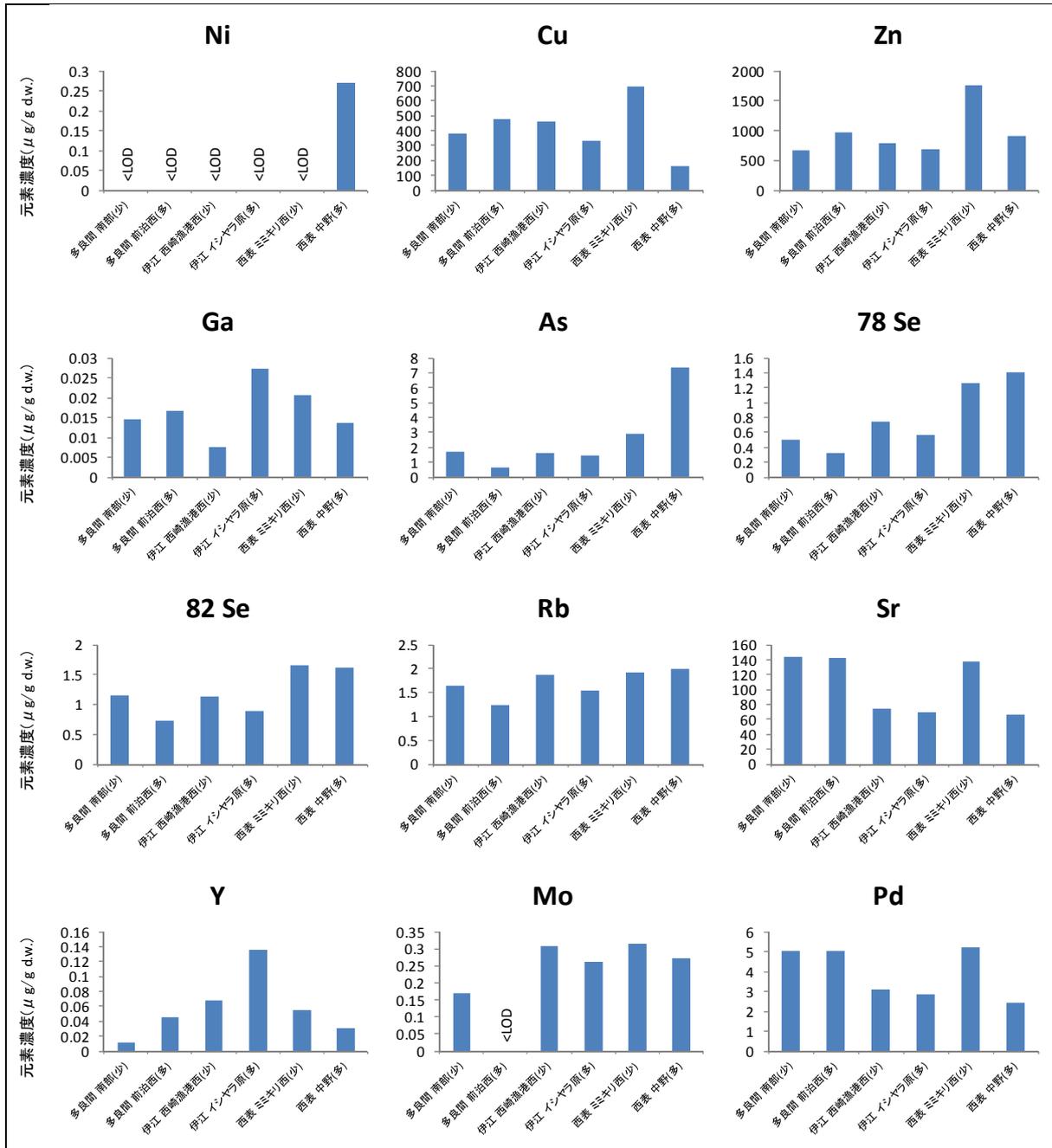


図 3.3-10 重金属元素等の分析結果 ムラサキオカヤドカリ・内蔵(2)

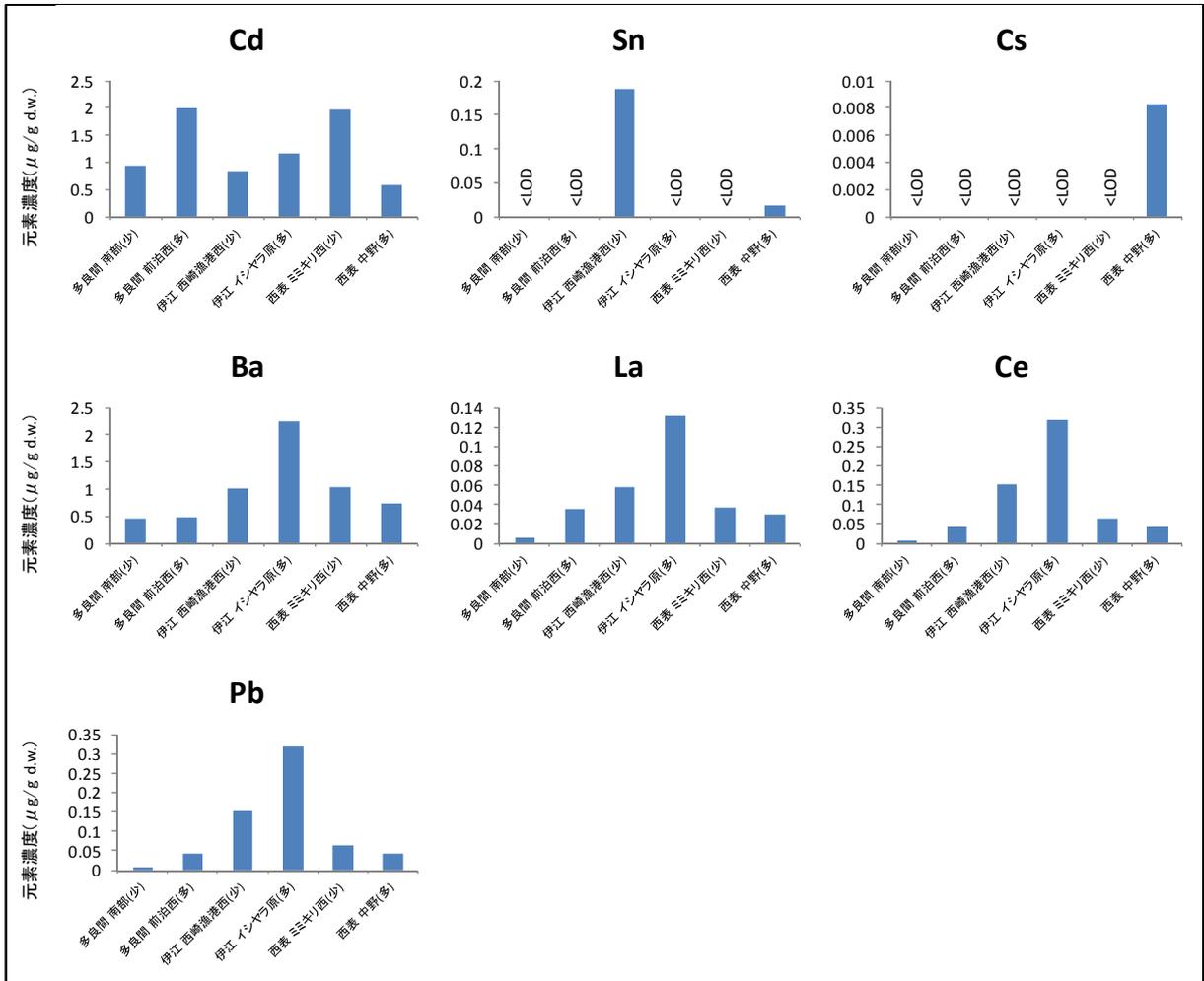


図 3.3-11 重金属元素等の分析結果 ムラサキオカヤドカリ・内蔵(3)

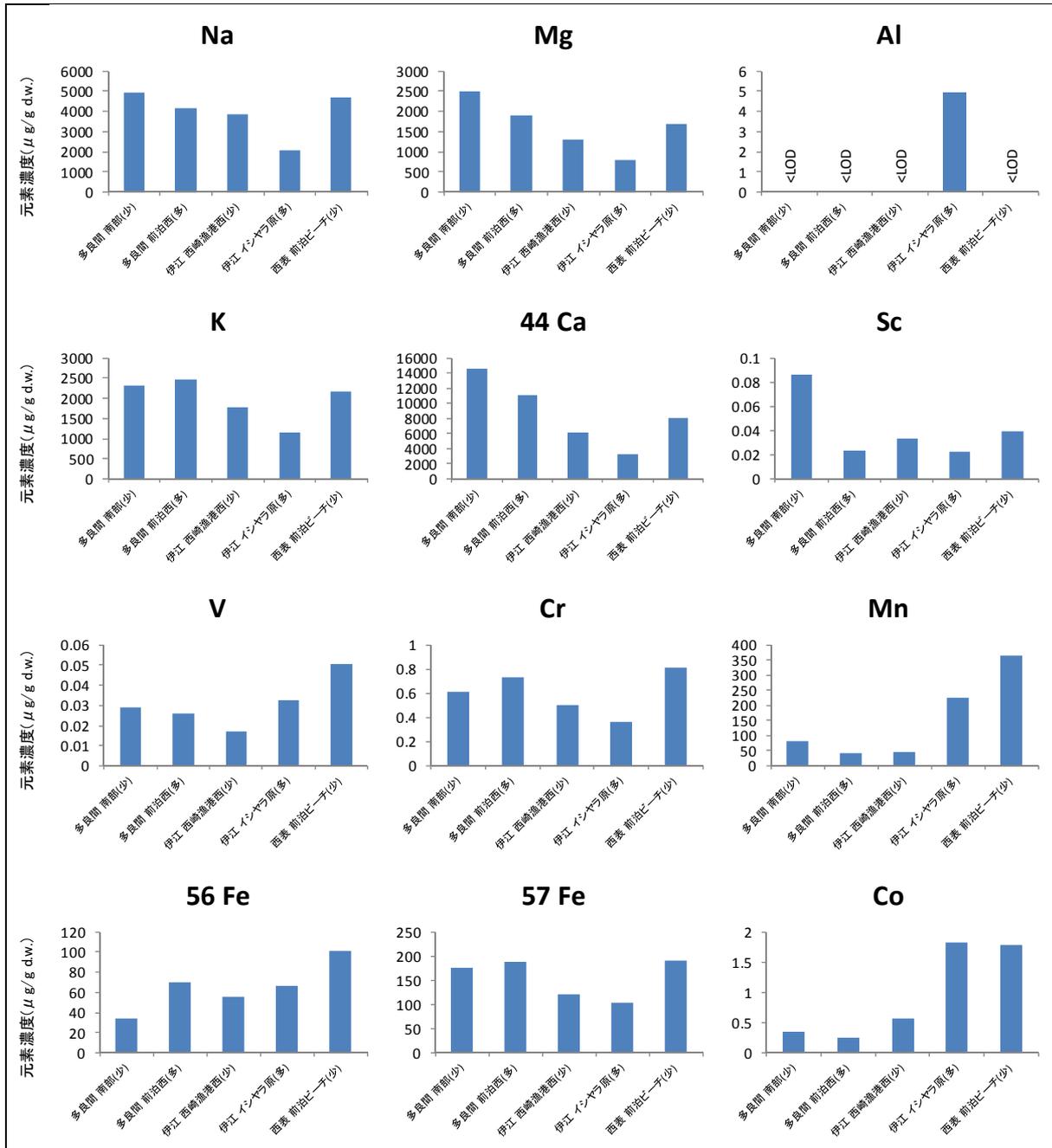


図 3.3-12 重金属元素等の分析結果 ナキオカヤドカリ・内蔵(1)

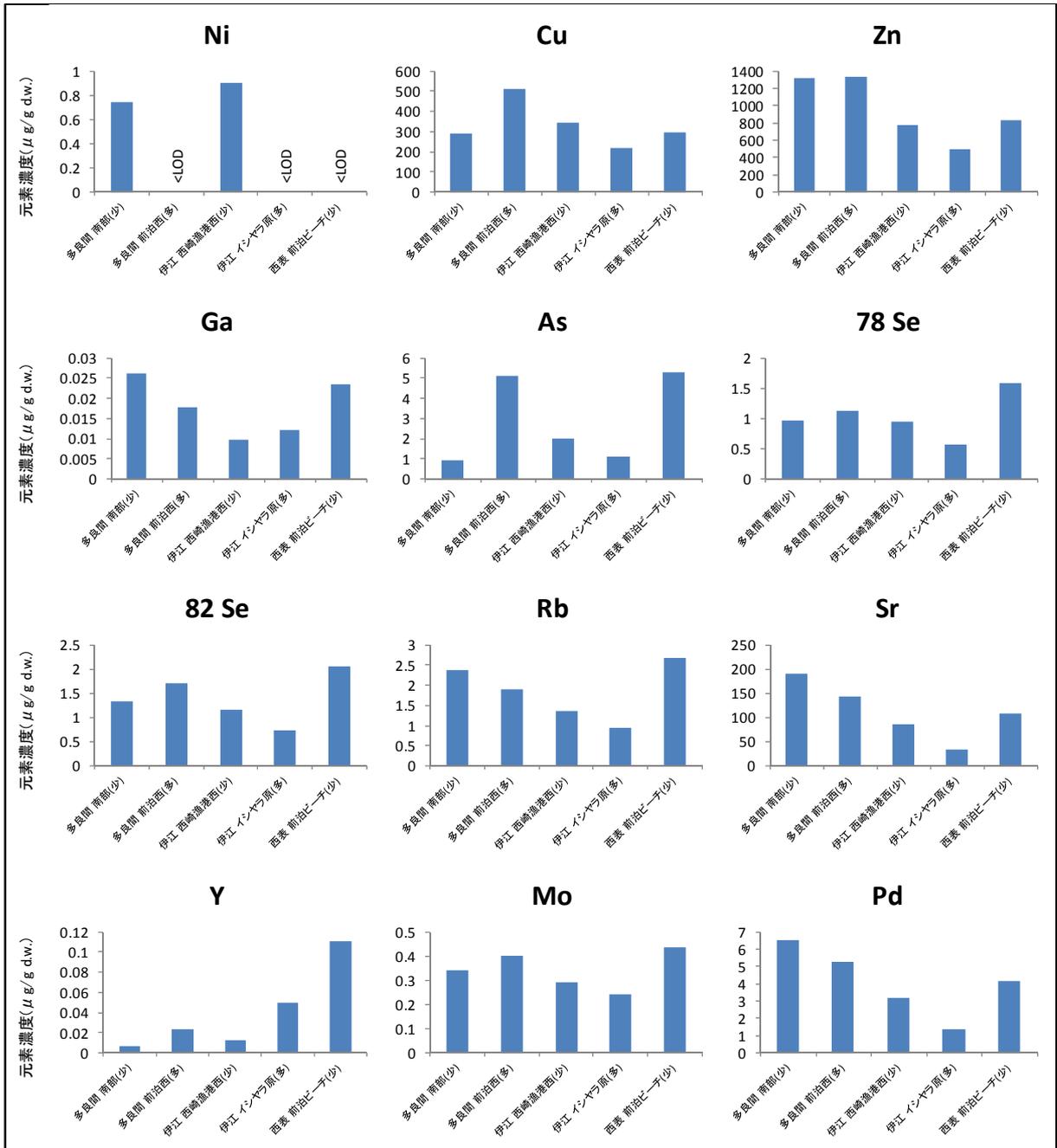


図 3.3-13 重金属元素等の分析結果 ナキオカヤドカリ・内蔵(2)

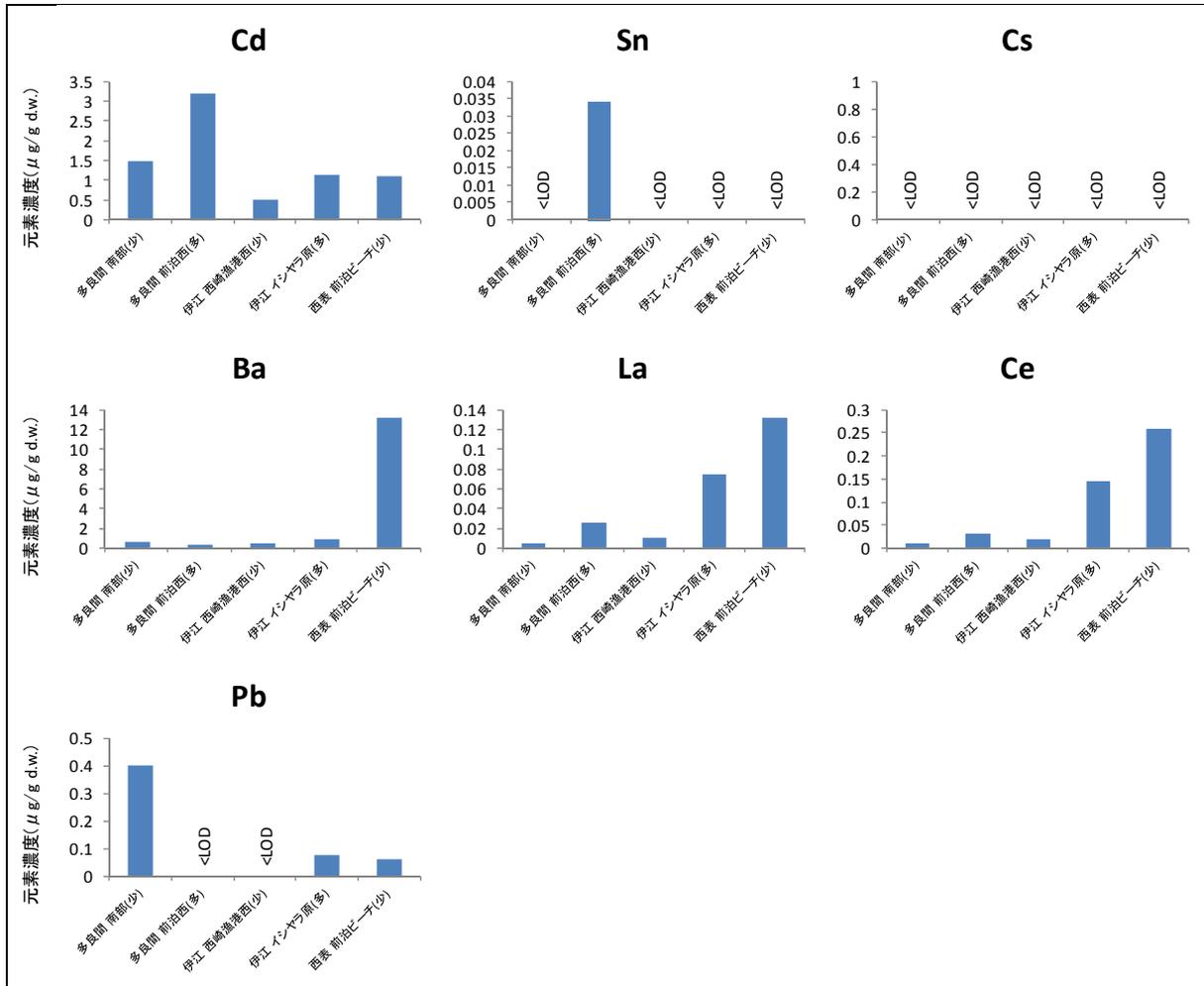


図 3.3-14 重金属元素等の分析結果 ナキオカヤドカリ・内蔵(3)

## (6) ツノメガニの重金属元素等の分析結果

分析及び分析結果の評価については、東京農工大学・渡邊泉准教授、齋藤 侃氏にご指導・ご協力頂いた。

### ① 分析結果の概要

多良間島、沖縄本島において、Mg, Ca, Fe, Ni, Zn, As, Sr, Y, Mo, Pd, Cd, La, Ce, Pb 濃度が、漂着量の少ない海岸に比べ多い海岸で高い結果となった。なお、Zn と As は西表島も加え、全ての島で類似した濃度傾向を示し、これらはプラスチック由来が懸念される。

西表島の場合では、漂着量の少ない月ヶ浜の結果では Mg, Ca, Al, Sc, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Ga, Sr, Y, Mo, Pd, Cd, Ba, La, Ce 濃度が、一方、漂着量の多い中野海岸では Li, Na, K, V, Ni, Zn, As, Se, Rb, In, Cs 濃度が高い傾向にあった。これらのうち特に、重金属類の Zn, As, Se や、アルカリ金属の Cs と Rb はプラスチック由来と考えられる。

ツノメガニではオカヤドカリ類と比較して、As と Cd, 取り分け Cd 濃度が極めて高く特異蓄積していた。

### ② 分析対象と方法

分析対象としたのはツノメガニの中腸線及び解凍液とした。ツノメガニは、多良間島の南部海岸（漂着量少）と前泊港東海岸（漂着量多）、西表島の月ヶ浜（少）と中野海岸（多）、沖縄本島の屋部海岸（少）と松田海岸（多）の個体を分析した。

分析方法は、前述の(5) オカヤドカリ属の重金属元素等の分析と同様とした。

### ③ 重金属元素等の分析結果

重金属元素等の分析結果一覧を表 3.3-17 に、ツノメガニの中腸線の分析結果を図 3.3-15～図 3.3-17 に、多良間島南部海岸で採集されたツノメガニの中腸線と解凍液の分析結果を図 3.3-18～図 3.3-19 に示す。

#### (a) 地域の視点による傾向

##### 【地域間で共通の傾向】

多良間島、沖縄島の2島では、Mg, Ca, Fe, Ni, Zn, As, Sr, Y, Mo, Pd, Cd, La, Ce, Pb と多くの元素の濃度が、漂着量の少ない海岸に比べ多い海岸で高い結果となった。

このうち、Zn と As は西表島を含めた全ての島で同じ傾向を示し、プラスチックゴミ由来が疑われた。

##### 【西表島の特徴】

ツノメガニでは、西表島でのみ漂着量の少ない海岸（月ヶ浜）において漂着量の多い海岸（中野海岸）よりも高濃度が検出された元素が多くみられ、オカヤドカリ類の結果と同様であり、これは特徴的な傾向であった。つまり、Mg, Ca, Al, Sc, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Ga, Sr, Y, Mo, Pd, Cd, Ba, La, Ce 濃度が漂着量の多い海岸に比べ少ない海岸で高い結果となった。

一方で、中野海岸のツノメガニで高濃度が検出された元素は Li, Na, K, V, Ni, Zn, As,

Se, Rb, In, Cs であり、これらにプラスチック由来と考えられる重金属類 Zn, As, Se や、アルカリ金属類の Cs と Rb が含まれるのは、特定のプラスチックごみに起源をもつことも考えられる結果となった。

**(b) 種類の視点による傾向**

**【ツノメガニの特徴】**

ツノメガニでは As と Cd、特に Cd 濃度が極めて高く、種特異蓄積としても非常に特徴的な結果と考えられた。

**【オカヤドカリ類との比較】**

オカヤドカリ類の分析結果と比較すると、オカヤドカリ類でプラスチックゴミ由来と考えられた重金属類 Zn, As, 希土類 Y, La, Ce が共通していた。

**(c) 参考**

参考として、解凍時に得られる内臓由来と考えられた黒色の液体の濃度と、同個体から採取・分析された中腸腺の濃度比較を図 3.3-18～図 3.3-19 に整理した。黒色の液体の分析結果では幾つかの元素で特徴的に高い結果となっており、この結果に対する評価については今後の追加調査及び分析が必要である。

表 3.3-17 ツノメガニにおける重金属元素等の分析結果

																				微量元素濃度(μg/g dry weight)				
サンプル名	部位	採取地点		漂着ごみ	Li	Na	Mg	Al	K	Ca	Sc	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se		
T-Oc-1	中腸腺	多良間	南部海岸	少	0.46	O.R.	5430	2.6	7580	10200	0.023	0.21	0.27	5.6	288	0.28	N.D.	763	299	0.48	36	4.1		
T-Oc-9			前泊東海岸	多	1.04	18100	14500	20.1	6510	29900	0.042	0.58	0.47	13.7	718	0.40	2.67	457	430	0.13	162	5.9		
Ir-Oc-13	中腸腺	西表	月が浜	少	0.29	O.R.	5000	3.6	2680	15100	0.045	0.16	0.19	8.3	672	1.83	0.82	570	188	0.25	19	3.2		
Ir-Oc-1			中野海岸	多	0.57	11800	3370	0.3	9860	7120	0.032	0.22	0.14	2.5	124	0.15	0.97	121	317	0.03	102	3.7		
Ok-Oc-1	中腸腺	沖縄	屋部海岸	少	0.38	O.R.	2770	6.4	8170	4690	0.048	0.19	0.36	2.4	185	1.61	N.D.	302	151	0.01	42	3.9		
Ok-Oc-8			松田海岸	多	0.35	O.R.	5510	1.4	O.R.	16500	0.046	0.13	0.16	6.3	487	0.59	0.94	407	222	0.20	85	3.3		
T-Oc-1 Liq	解凍液	多良間	中野海岸	多	0.84	O.R.	4000	2.5	O.R.	4410	0.021	0.45	0.33	1.9	110	0.33	0.97	972	220	0.02	80	5.0		
サンプル名	部位	採取地点		漂着ごみ	Rb	Sr	Y	Mo	Pd	Cd	In	Sn	Sb	Cs	Ba	La	Ce	Pt	Tl	Pb	Bi			
T-Oc-1	中腸腺	多良間	南部海岸	少	5.6	328	0.019	1.6	14	40	0.0023	0.20	N.D.	0.039	9.9	0.005	0.008	0.16	0.013	0.085	0.018			
T-Oc-9			前泊東海岸	多	6.0	848	0.064	2.2	34	40	0.0022	N.D.	N.D.	0.055	2.6	0.040	0.093	0.07	0.028	0.208	N.D.			
Ir-Oc-13	中腸腺	西表	月が浜	少	2.6	403	0.109	0.7	16	30	0.0016	0.0003	0.012	0.018	5.5	0.257	0.275	N.D.	0.013	0.020	N.D.			
Ir-Oc-1			中野海岸	多	7.8	181	0.003	0.2	7	3	0.0031	N.D.	N.D.	0.040	0.6	0.001	0.005	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.			
Ok-Oc-1	中腸腺	沖縄	屋部海岸	少	4.9	133	0.019	0.3	6	2	N.D.	N.D.	N.D.	0.022	0.2	0.020	0.052	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.			
Ok-Oc-8			松田海岸	多	3.8	485	0.040	0.7	19	10	0.0010	N.D.	N.D.	0.019	4.2	0.036	0.070	N.D.	N.D.	0.036	N.D.			
T-Oc-1 Liq	解凍液	多良間	中野海岸	多	5.8	118	0.005	2.2	5	28	0.0004	0.01	0.012	0.029	0.3	0.001	0.002	N.D.	N.D.	0.024	N.D.			

OR: over range(濃度が高すぎ)

ND: not detected(検出限界値以下)

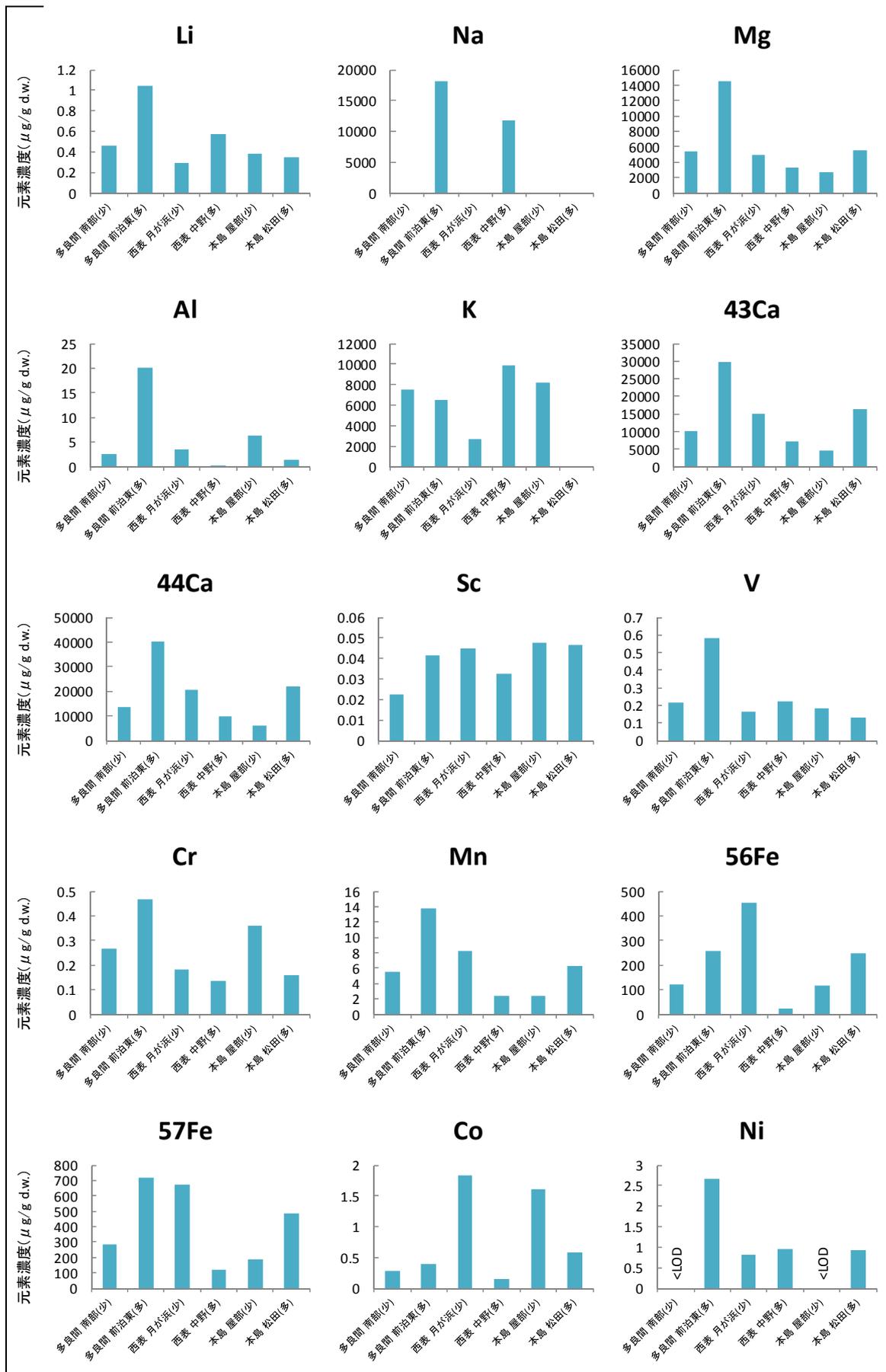


図 3.3-15 重金属元素等の分析結果 ツノメガニ・中腸線(1)

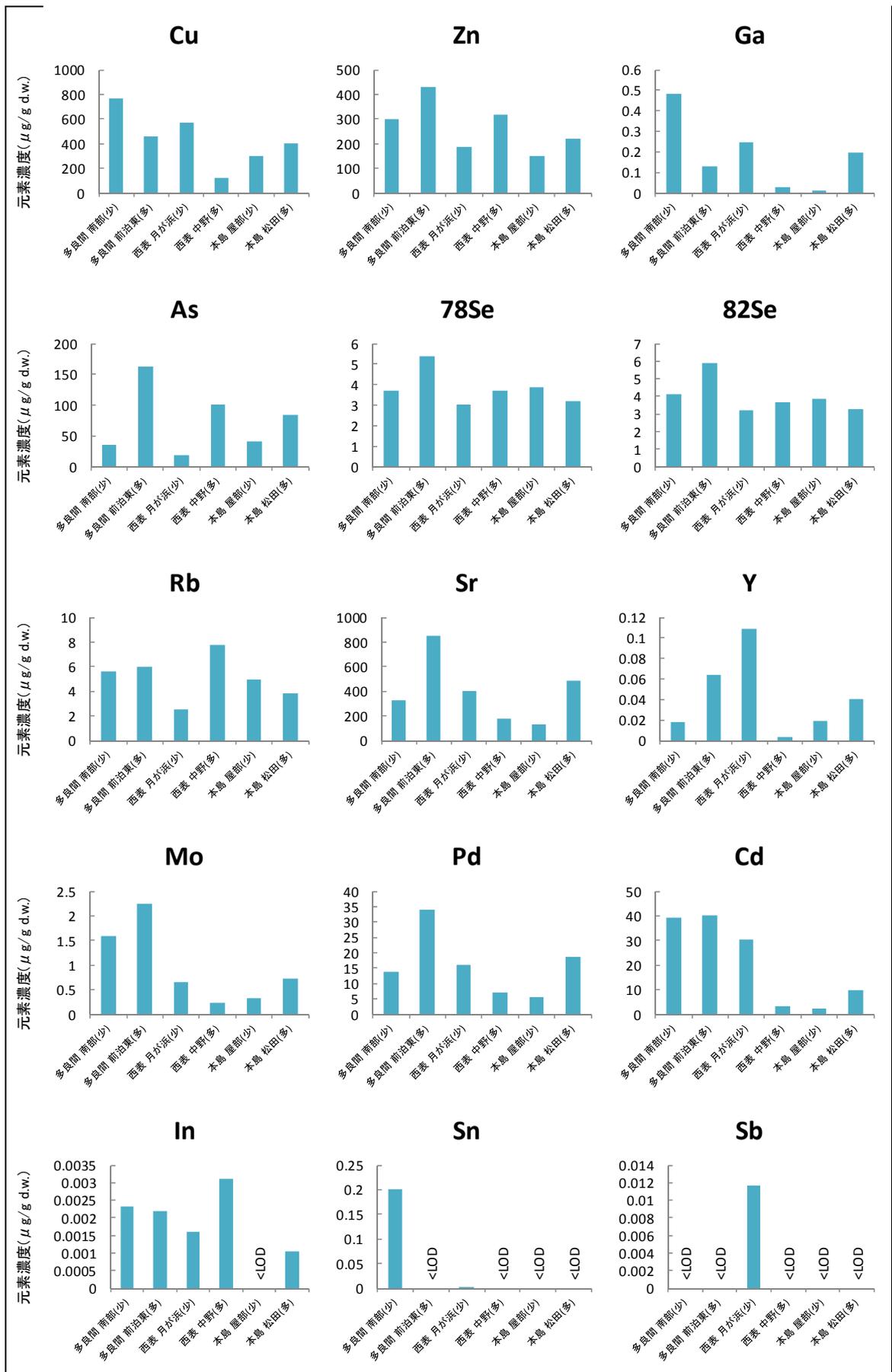


図 3.3-16 重金属元素等の分析結果 ツノメガニ・中腸線(2)

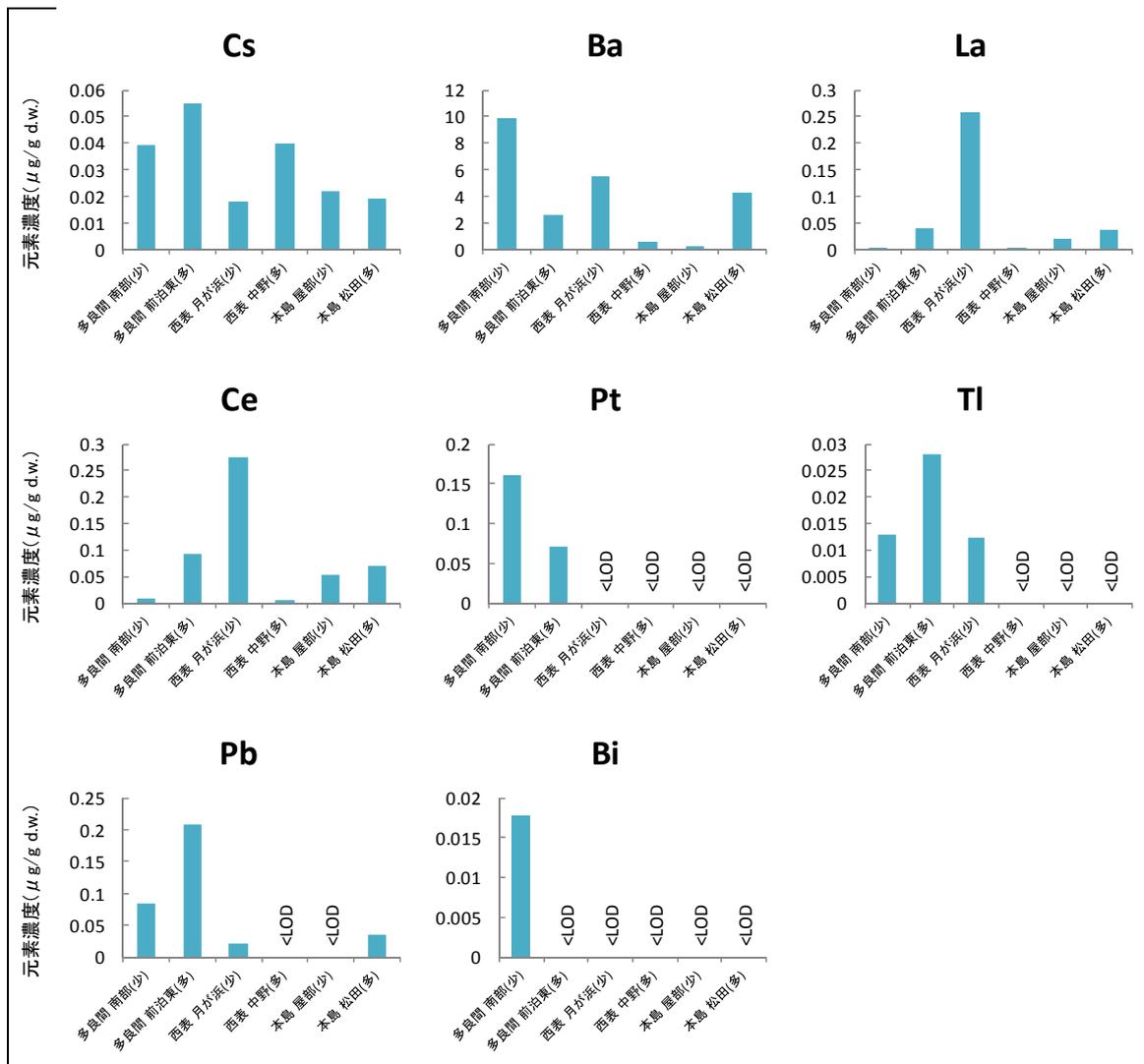


図 3.3-17 重金属元素等の分析結果 ツノメガニ・中腸線(3)

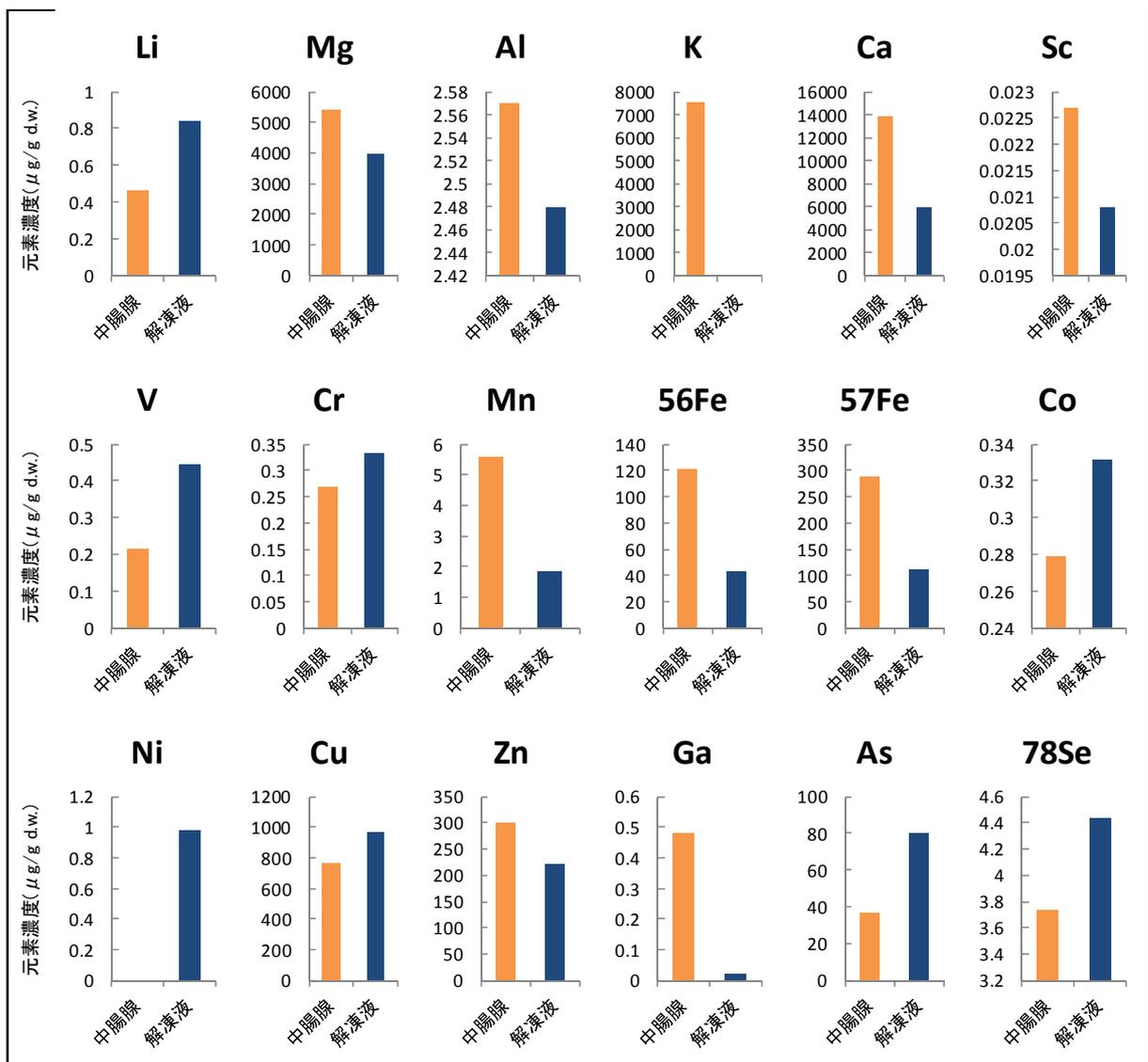


図 3.3-18 重金属元素等の分析結果  
多良間島南部海岸(漂着物少)で採集されたツノメガニ・中腸線と解凍液(1)

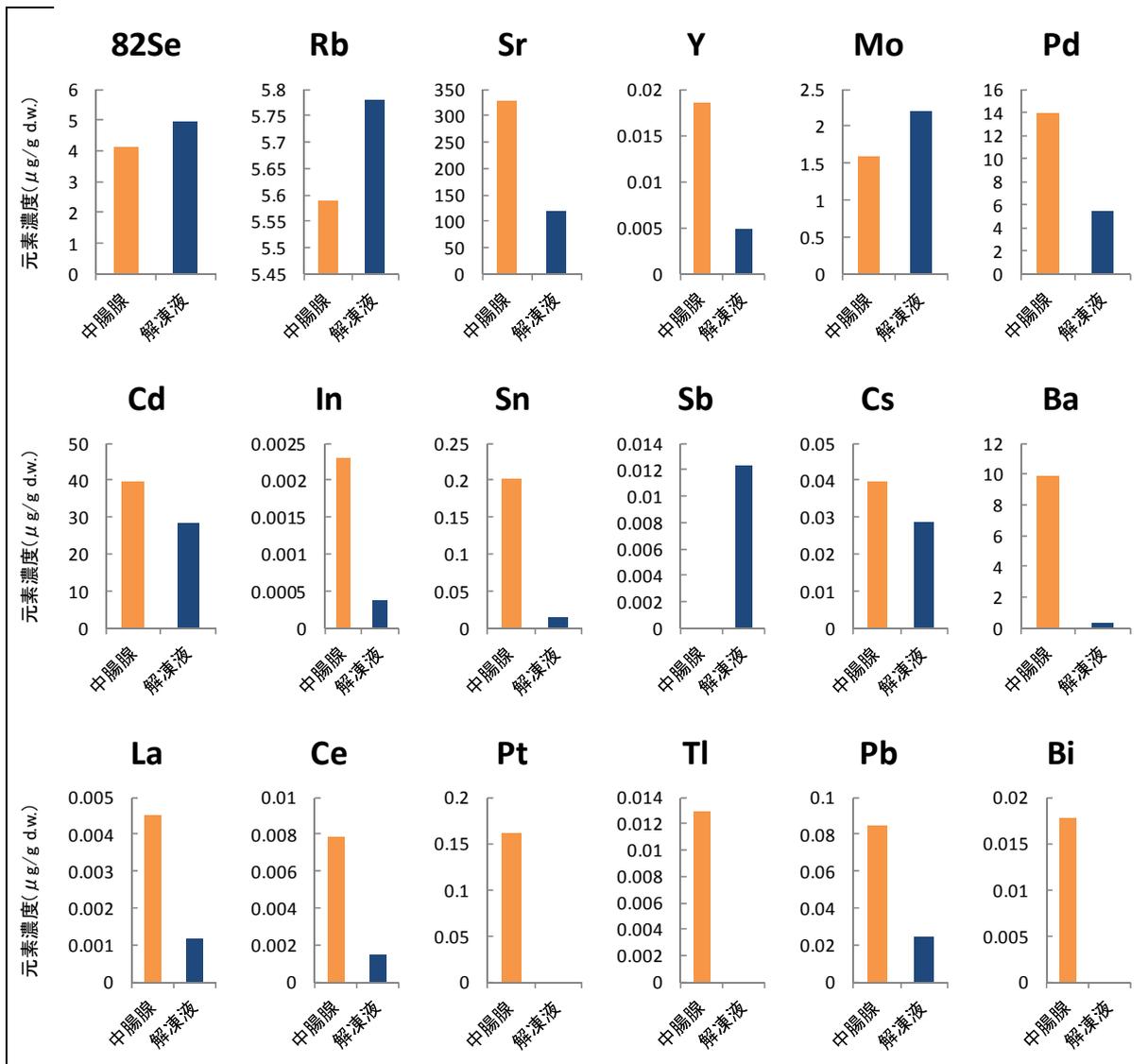


図 3.3-19 重金属元素等の分析結果  
多良間島南部海岸(漂着物少)で採集されたツノメガニ・中腸線と解凍液(2)

### 3.3.3 海岸漂着物に含まれる有害物質による影響の可能性検討

平成 26 年度事業で実施した県内海岸に生息するオカヤドカリ属の筋肉と内臓を対象とした有害物質の予備的な分析では、海岸漂着物の多い海岸の個体の方が少ない海岸よりも体内から高い有害物質濃度値が検出される傾向がみられた。本事業においては、前項までに述べたとおり、平成 26 年度事業で実施した分析を発展・継続し、県内 3 地域（沖縄本島及び周辺離島、宮古諸島、八重山諸島）において漂着量の多い海岸と少ない海岸で採集したオカヤドカリ属とツノメガニを対象として残留性有機汚染物質及び重金属類元素の分析を行ったところ、プラスチック由来と考えられる PCBs や重金属元素等が、漂着量の多い海岸で採集した個体において、少ない海岸に比べ高濃度で検出された。

なお、これらの分析個体については、沖縄県立芸術大学・藤田喜久准教授のご協力により、有害物質の分析の前処理として、解剖と消化管内容物調査を行っており、ムラサキオカヤドカリとツノメガニの消化管中から、砂粒、植物片、海藻類片、昆虫類の他に発泡スチロール片あるいはプラスチック片の人工物が確認されている（前出の採集個体リスト表 3.3-10～表 3.3-12）。

また、平成 26 年度事業では、防衛大学校・山口名誉教授の協力により、海岸漂着物に含まれる重金属類に係る分析結果が整理されており、その中でプラスチック類・金属類等の海岸漂着物には様々な重金属元素等が含まれ、これらはまた、海水や雨水等で環境中に溶出する事が定量的に証明されている。

これらの事から、海岸漂着物に含まれる様々な有害物質が海岸生態系へ影響を及ぼしている可能性は高いと判断できる。

以上の内容を踏まえ、沖縄県立芸術大学・藤田喜久准教授がとりまとめた「海岸漂着物および含有有害物質が海浜性十脚甲殻類に及ぼす影響評価調査報告書」（本報告書の最後に資料編として掲載）によれば、県内の海岸に生息する甲殻類等の体内への人工物（プラスチック片）及び有害物質の取込み経路は、摂餌行動による直接的な過程のみならず、以下の過程が考えられるとしている。

- ①海岸漂着物（プラスチックなど）の劣化等による小断片化 → 海浜性十脚甲殻類の摂餌行動による直接的な取り込み → 含有有害物質の体内への蓄積
- ②海岸漂着物（プラスチックなど）の劣化等による小断片化 → 海浜性十脚甲殻類の鰓部への付着による取り込み → 含有有害物質の体内への蓄積
- ③海岸漂着物（プラスチックなど）の含有有害物質の砂浜への溶出 → 海浜性十脚甲殻類の摂餌行動による砂粒の取り込み
- ④海岸漂着物（プラスチックなど）の含有有害物質の砂浜への溶出 → 鰓部への砂粒の付着からの体内への取り込み
- ⑤海岸漂着物（プラスチックなど）の含有有害物質の砂浜への溶出 → 海浜性十脚甲殻類の餌生物（植物、昆虫類、打ち上げ物）の有害物質汚染 → 海浜性十脚甲殻類の摂餌行動による直接的な取り込み → 含有有害物質の体内への蓄積

更に、藤田准教授による同報告書では、本事業による一連の調査研究により、「1) 海浜性十脚甲殻類が自身の摂餌行動によって直接的にプラスチック片などの人工物を取り込んでいること、2) 海浜性十脚甲殻類の体内にプラスチック由来の可能性のある残留性有機汚染物質や重金属が蓄積していること、が明らかとなった。今後は、有害物質の体内への取り込み過程をより明らかにすると共に、これらの有害物質がいかに海浜生物に影響を与えているかについての具体的な調査研究(例えば飼育下における暴露試験)が求められる。例えば、ごく最近、沿岸性カニ類の一種が、繊維状プラスチックを体内に取込むと、摂餌量と成長を低減させることが明らかとなった(Watts et al., 2015)。また、海岸には、今回対象としたオカヤドカリ類やスナガニ類だけでなく、ヨコエビ類や昆虫類などの微小な動物や、様々な海浜植物が生息しており、これら生物の有害物質汚染の程度を明らかにする必要があるだろう。有害化学物質については、通常、食物連鎖の上位に位置する大型魚類やほ乳類(ヒトも含む)への影響(生物濃縮)について注目されることが多いが、化学物質の種類によって影響を及ぼす範囲は異なるため、多様な視点で調査研究や対策に取り組む必要があると思われる。また、海岸漂着物の海浜生態系あるいは生物への具体的な影響を明らかにすることは、沖縄県下において、自然度が高い海岸(=漂着物処理に際し、人手が不足する場所)においても継続的に海岸漂着物の処理対策を行う必要があることの一つの根拠になりうるものと思われる。」と結んでいる。

### 3.3.4 海岸漂着物に含まれる有害物質の県内における拡散の可能性検討

海岸漂着物に含まれる有害物質の県内における拡散の可能性検討については、長期に渡り海岸漂着物に含まれる重金属類の分析に取り組まれている防衛大学校・山口名誉教授の協力を得た。山口名誉教授がとりまとめた「漂着ゴミから誘発される有害化学物質の定量的広域評価モデルの開発 報告書」（本報告書の最後に資料編として掲載）によれば、以下に示す漂着ゴミから誘発される有害化学物質の定量的広域評価モデルにより海岸漂着物に含まれる有害物質（重金属類）の県内における溶出・拡散を推計できる（ここでは推計手法の工程概要のみを記載する。詳細な推計手法については資料編を参照）。

- ①調査海岸域のモデル化（対象海岸範囲の設定）
- ②調査対象範囲の種類別・国籍別のごみ個数算出（既存の現況調査結果を活用）
- ③潜在的溶出係数の定義と設定（種類別・国籍別のごみからの有害物質溶出試験結果等を活用）
- ④ごみの平均的質量換算係数の導入（既存の調査結果等を活用し対象ごみ量を個数から質量に換算）
- ⑤調査対象範囲における有害物質の種類毎の潜在的溶出量を推計（次ページ表 3.3-19 にこの評価モデルのパラメータ設定を示す。）

※上記の山口名誉教授による潜在的溶出量の推計方法と、沖縄県が平成 21 年度より実施してきた海岸漂着物の現況調査（現存量、年間漂着量等）を活用し、海岸漂着物の種類毎・重金属元素毎の潜在的溶出量が推計可能となった。

なお、山口名誉教授による同報告書では、潜在的溶出量の推計に使用する重金属元素等については、人を含め生物等に好ましくない化学物質とされ、土壤汚染基準や水質基準などの基準値等が設けられている有害化学物質を含めることが有効と判断され、表 3.3-18 に示す 13 元素を選定する事が妥当であるとしている。更には、残留性有機汚染物質の 2 成分（PCB s, PBDE s）についても、上記評価モデルに組み込むための含有・溶出性の分析検証を進めるべきだとしている。

表 3.3-18 漂着ごみによる有害化学物質の定量的広域評価モデルの対象物質（重金属元素等）

Cd : 人体毒性	Ti : 発がん性・細胞死・機能低下
Mn : 神経障害	Ba : 毒物・劇物指定, 神経系への影響
Cu : 生物(特に植物)への毒性	Sb : 毒物・劇物指定, 発がん性・肝機能系障害
As : 猛毒	Br : 猛毒
Pb : 人体毒性	Al : 神経系障害
Ni : 発がん性	Zn : 水生生物への毒性
Sn : 人体毒性	

表 3.3-19 漂着ごみによる有害化学物質の定量的広域評価モデルのパラメータ設定

漂着ごみの種類		潜在的溶出係数		漂着個数		平均的質量 換算係数		j 調査海岸域 での 潜在的溶出量
プラスチック類ゴミ $T_\alpha$		$\alpha^{A(X)}(j)_i$	$\alpha^{A(O)}$ $\alpha^{A(C)}$ $\alpha^{A(K)}$ $\alpha^{A(T)}$ $\alpha^{A(R)}$ $\alpha^{A(O)}$ $\alpha^{A(U)}(j)$	$p(j)_i^X$	$p(j)_i^J$ $p(j)_i^C$ $p(j)_i^K$ $p(j)_i^T$ $p(j)_i^R$ $p(j)_i^O$ $p(j)_i^U$	$m_\alpha(j)_i^X$	$m_\alpha^J$ $m_\alpha^C$ $m_\alpha^K$ $m_\alpha^T$ $m_\alpha^R$ $m_\alpha^O$ $m_\alpha(j)^U$	$d^A(j)_\alpha$
発泡スチロールブイ $T_\beta$		$\beta^{A(X)}(j)_i$	$\beta^A(j)_i$	$q(j)_i^X$	$q(j)_i$	$m_\beta(j)_i^X$	$m_\beta$	$d^A(j)_\beta$
プラスチックブイ $T_\gamma$		$\gamma^{A(X)}(j)_i$	$\gamma^{A(O)}$ $\gamma^{A(C)}$ $\gamma^{A(K)}$ $\gamma^{A(T)}$ $\gamma^{A(R)}$ $\gamma^{A(O)}$ $\gamma^{A(U)}(j)$	$r(j)_i^X$	$r(j)_i^J$ $r(j)_i^C$ $r(j)_i^K$ $r(j)_i^T$ $r(j)_i^R$ $p(j)_i^O$ $r(j)_i^U$	$m_\gamma(j)_i^X$	$m_\gamma$	$d^A(j)_\gamma$
球管類ゴミ (金属部分) $T_\delta$	電球類 $T_{\delta 1}$	$\delta_1^{A(X)}(j)_i$	$\delta_1^A$	$s_1(j)_i^X$	$s_1(j)_i$	$m_{\delta 1}(j)_i^X$	$m_{\delta 1}$	$d^A(j)_{\delta 1}$
	蛍光灯 管類 $T_{\delta 2}$	$\delta_2^{A(X)}(j)_i$	$\delta_2^A$	$s_2(j)_i^X$	$s_2(j)_i$	$m_{\delta 2}(j)_i^X$	$m_{\delta 2}$	$d^A(j)_{\delta 2}$
ピン類ゴミ (金属製キャップ) $T_\epsilon$		$\epsilon^{A(X)}(j)_i$	$\epsilon^{A(O)}$ $\epsilon^{A(C \cdot T)}$ $\epsilon^{A(K)}$ $\epsilon^{A(R)}$ $\epsilon^{A(O)}$ $\epsilon^{A(U)}(j)$	$t(j)_i^X$	$t(j)_i^J$ $t(j)_i^C$ $t(j)_i^K$ $t(j)_i^T$ $t(j)_i^R$ $t(j)_i^O$ $t(j)_i^U$	$m_\epsilon(j)_i^X$	$m_\epsilon^J$ $m_\epsilon^{C \cdot T}$ $m_\epsilon^K$ $m_\epsilon^R$ $m_\epsilon^O$ $m_\epsilon(j)^U$	$d^A(j)_\epsilon$

### 3.3.5 生態系への影響を踏まえた対策方針検討

沖縄県海岸漂着物対策地域計画では、「第2章 沖縄県における海岸漂着物対策を推進するための計画」の「4. その他配慮すべき事項(4) その他技術的知見等② 海岸の生態系への影響把握と対策」において、海岸漂着物による生態系への影響が指摘される場合には、適切な情報収集等により影響を把握する事、専門家や地域関係者等の協力・助言を得ること、影響を与える海岸漂着物の種類と発生原因等についても把握するよう努めること、生態系への影響がある海岸漂着物等の回収は、関係機関が協力し生態系への影響を踏まえて適切な回収体制の構築を検討する、等を求めている。

前項までに述べてきたとおり、本事業においては、海岸漂着物に含まれる有害物質による海岸生物への影響の可能性が示された。

したがって本項では、平成26年度事業で検討された「海岸生態系に配慮した適切な海岸漂着物の回収方法(案)」について、専門家や関連する行政機関等から意見を踏まえ、地域計画に基づく対策方針とするための見直し等を行った。

#### (1) 海岸生態系に配慮した適切な海岸漂着物の回収方法(案)

##### ① 海岸漂着物の回収対象海岸の選定基準の見直し

県内の殆どの地域においては、海岸清掃や回収事業の対象海岸としては観光地や地域住民が多く利用する海岸が優先されてきた経緯がある。しかしながら、本事業の実施により、海岸漂着物に含まれる有害物質が海岸生態系へ与える影響が示唆された。したがって、人の利用度に加えて豊かな海岸生態系を有するかどうかを清掃対象の選定基準に加える必要がある。

##### ② 海岸漂着物の堆積と動植物の分布を考慮した回収方法の推進

沖縄県内の海岸形状や基質は様々であり、それぞれが持つ地形的特徴から海岸漂着物の堆積具合も異なる。例えば、砂浜と背後の植生帯が連なった海岸では、砂浜部は海岸漂着物の移動が顕著であるのに対し、背後の植生帯では堆積した海岸漂着物は余り移動しない。また、海に面したマングローブ植生帯では、平成26年度事業で実施した調査により海岸漂着物の堆積状況に独特の特徴がある事がわかっている。

これら海岸毎の海岸漂着物の堆積具合とその箇所の動植物の分布を踏まえ、海岸漂着物の生態系への影響低減を考慮しつつ回収箇所の選択を行う必要がある。

##### ③ 清掃頻度の見直しと浜焼き禁止の徹底

本事業の実施により、海岸漂着物から有害物質が浜へ溶出する、また浜焼きは溶出を促進するため、海岸漂着物量の多い海岸については可能な限り清掃頻度を高めること、また県内離島地域において特に多く見受けられる浜焼きの禁止の徹底に取り組む必要があると考えられる。

## (2) その他の対策(案)

### ① 県内海岸の海岸漂着物対策状況の把握

沖縄県では、国の補助金を活用し、平成 21～24 年度には「沖縄県海岸漂着物対策事業」、平成 25～26 年度には「沖縄県海岸漂着物地域対策推進事業」、平成 27 年度には本事業である「沖縄県海岸漂着物等地域対策推進事業」を実施し、その中で、海岸漂着物の回収調査や大規模な回収事業等を実施している。これら海岸漂着物の回収実績と県内海岸の生態系分布を整理する事により、今後の効果的な海岸漂着物の改修計画につなげる事ができる。

### ② 海岸漂着物に含まれる有害物質と海岸生物の関連性検討（継続）

本事業では、海岸漂着物に含まれる有害物質による海岸生物への影響の可能性が示されたが、有害物質の分析対象を海岸に生息する甲殻類に絞って実施しているため、その生息環境に存在する有害物質の分析は行われていない。したがって、今後は、甲殻類だけに限らず、その生息環境（海岸砂、後背地の土壌、生息場に漂着しているごみ等）の分析も行う事により、海岸漂着物に含まれる有害物質と海岸生物との関係についてより明確化できると考えられる。また、本事業で示された有害物質の海岸生物への影響可能性の整理結果の取扱いについては、専門家を集めた協議の場をもって検討を進める必用があると考えられる。

### ③ 有害物質を含む海岸漂着物の将来的な取扱いに係る検討

平成 26 年度事業及び本事業、その他文献調査等において、海岸漂着物に含まれる有害物質の状況が明らかになってきている。現状では、県内において沖縄本島地域周辺以外では、回収された海岸漂着物の大部分が細断後に埋立処理されている現状がある。海岸漂着物に重金属類等の有害物質が含まれているという観点から判断すると、県内の海岸漂着物の処理体制については、将来を見据えた見直しが必要であると思われる。