

2. 有害物質の影響と対策方針の検討	2-1
2.1 事業実施の背景	2-1
2.1.1 海岸漂着物処理推進法及び国の基本方針	2-1
2.1.2 沖縄県海岸漂着物対策地域計画	2-1
2.2 目的	2-2
2.3 実施項目	2-2
2.4 専門家会議の設置・運営	2-3
2.4.1 専門家会議の設置	2-3
2.4.2 専門家会議の開催・運営時期	2-3
2.4.3 専門家会議の開催内容	2-4
2.5 令和元年度までの沖縄県による海岸漂着物に含まれる有害物質の影響調査と対策方針検討の結果整理	2-11
2.5.1 調査概要	2-11
2.5.2 調査地域及び海岸	2-11
2.5.3 調査方法	2-14
2.5.4 分析対象物及び生物種	2-15
2.5.5 調査結果概要	2-19
2.5.6 想定された海岸漂着物及びマイクロプラスチックの対策	2-34
2.6 海岸後背地現地調査	2-37
2.6.1 調査の目的	2-37
2.6.2 調査地域及び海岸	2-37
2.6.3 調査方法	2-41
2.6.4 調査結果	2-43
2.7 採取試料分析	2-44
2.7.1 重金属元素の分析方法	2-44
2.7.2 分析結果	2-45
2.8 調査・分析結果の評価及び海岸漂着物に含まれる有害物質対策の検討	2-46
2.8.1 調査・分析結果の評価	2-46
2.8.2 想定される海岸漂着物及びマイクロプラスチックの対策について	2-55
2.9 【参考】有機汚染物質の分析方法	2-60
2.10 【参考】有害物質の基準値等について	2-61

2. 有害物質の影響と対策方針の検討

近年、様々な研究事例により海岸漂着物に含まれる有害物質（主に重金属類や残留性有機汚染物質等）の懸念が顕在化してきている。

本事業では、平成 25～令和元年度事業で実施した海岸漂着物に含まれる有害物質の影響に係る情報の収集結果を踏まえ、情報収集を継続しつつ、更には平成 28～令和元年度に実施した学識経験者等からなる専門家会議を令和 2 年度も実施し、引き続き海岸漂着物に含まれる有害物質に係る課題への対応策や、対策方針等に係る調査・検討を行った。

2.1 事業実施の背景

2.1.1 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 2.1-1 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。

2.1.2 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（以下「地域計画」という。）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（地域計画の本文は、本協議会の参考資料としている）。

これらのことから、沖縄県では地域計画に基づき、平成 25 年度より海岸漂着物に含まれる有害物質に係る課題に対し、その対応策や、対策方針等に係る調査・検討等を進めている。

表 2.1-1 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>

2.2 目的

昨年度までに沖縄県が実施した、海岸漂着物に含まれる有害物質の影響に係る情報の収集結果を踏まえ、平成 28～令和元年度に設置した「海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針検討のための専門家会議」（以下「専門家会議」という。）を令和 2 年度も設置し、引き続き次項に示す検討、調査を行う。

2.3 実施項目

本事業では、以下の 4 項目を実施した。

①専門家会議の設置・運営

（海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針を検討するため、専門的知識を有する学識経験者等からなる専門家会議を開催。平成 28～令和元年度事業からの継続的な実施）

②令和元年度までの沖縄県による海岸漂着物に含まれる有害物質の影響調査と対策方針検討の結果整理

③海岸後背地現地調査

（海岸漂着物に含まれる有害物質の影響が大きいと考えられる海岸および比較対象となる海岸を選定し、海岸後背地の土壌のサンプリングを実施）

④採取試料分析

（現地調査において採取したサンプルについて、有害物質の分析を行う。）

④調査・分析結果の評価及び海岸漂着物に含まれる有害物質対策の検討

2.4 専門家会議の設置・運営

2.4.1 専門家会議の設置

専門家会議は、海岸漂着物と関係のある有害物質及び沖縄県内の海岸生態系に係る専門的知識を有する学識経験者等から構成するものとし、令和元年度と同様とした。専門家会議の構成を表 2.4-1 に示す。事務局は沖縄県担当課とし、当企業体は沖縄県担当課が実施する事務の補助・支援を行った。

表 2.4-1 海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針検討のための専門家会議の構成

	役職・氏名	専門分野・役割
専門家	防衛大学校 名誉教授 山口 晴幸	海浜環境（海岸漂着物・砂汚染） 重金属元素分析評価
	東京農工大学 農学部 環境資源科学科 教授 高田 秀重	水環境汚染 微量有機汚染物質分析評価
	東京農工大学 農学部 環境資源科学科 教授 渡邊 泉	環境毒性 重金属元素分析評価
	沖縄県立芸術大学 全学教育センター 准教授 藤田 喜久	海洋生物（特に甲殻類および棘皮動物 の生物学）
事務局	沖縄県 環境部 環境整備課	開催・運営、資料作成・説明 ※当企業体が補助

2.4.2 専門家会議の開催・運営時期

専門家会議の実施時期については、後述する有害物質の影響調査の実施状況を踏まえて決定するものとした。有害物質の影響調査は、令和3年1月に海岸後背地現地調査（試料採取）、令和3年2～3月上旬に採取試料の分析を実施した。その後採取試料の分析評価を実施したことから、専門家会議の開催日は、令和3年3月31日とした。

2.4.3 専門家会議の開催内容

海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針検討のための専門家会議を開催した。会議の開催日時と場所は以下のとおりである。また、会議の開催状況を図 2.4-1 に、議事次第及び議事概要を次頁以降に示す。

令和 2 年度 海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針検討のための専門家会議

令和 3 年 3 月 31 日 13:30～16:00 沖縄県教職員共済会館 八汐荘 小会議室



図 2.4-1 海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針検討のための専門家会議の開催状況

(1) 議事次第

日時：令和3年3月31日（水）13:30～16:00
場所：沖縄県教職員共済会館 八汐荘 小会議室

議 事

開会（13:30）

1. 沖縄県あいさつ
2. 資料の確認
3. 議事

- ①令和元年度までの海岸漂着物に含まれる有害物質の影響調査と対策方針検討の結果（資料1）
- ②令和元年度第2回専門家会議 議事概要（資料2）
- ③東京農工大学・高田秀重 教授及び水川薫子 助教より研究成果のご報告（資料3）
- ④東京農工大学・渡邊泉 教授より研究成果のご報告（資料4）
- ⑤防衛大学校・山口晴幸 名誉教授より研究成果のご報告（資料5）
- ⑥海岸漂着物に含まれる有害物質の影響に係る今後の対策について

4. その他

閉会（16:00）

配布資料

- 資料 1 令和元年度までの海岸漂着物に含まれる有害物質の影響調査と対策方針検討の結果
- 資料 2 令和元年度第2回海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針検討のための専門家会議 議事概要
- 資料 3 沖縄海浜生物によるプラスチック経由の有害化学物質の吸収と代謝 東京農工大学 水川薫子、田中菜々、高田秀重
- 資料 4 西表島の南風見田、野原崎西、座間味島の古座間味、ウハマおよびニタの砂浜（砂と森林土壌）における33元素濃度の分析結果 東京農工大学 渡邊泉 教授・松田宗一郎・松井大樹
- 資料 5 外来海洋ゴミの有害性のリスク評価と海洋・沿岸水域の自然環境保全システムの確立に向けて 防衛大学校 山口晴幸 名誉教授

参考資料 外来海洋ゴミの有害性のリスク評価と海洋・沿岸水域の自然環境保全システムの確立に向けて 防衛大学校 山口晴幸 名誉教授

令和2年度海岸漂着物含有有害物質影響調査業務
 令和2年度海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針検討のための専門家会議
 出席者名簿

(順不同、敬称略)

委員	
やまぐち はれゆき 山口 晴幸	防衛大学校 名誉教授
たかだ ひでしげ 高田 秀重	東京農工大学 農学部 環境資源学科 教授
みずかわ かおるこ 水川 薫子	東京農工大学 農学部 環境資源学科 助教
わたなべ いづみ 渡邊 泉	東京農工大学 農学部 環境資源学科 教授
ふじた よしひさ 藤田 喜久	沖縄県立芸術大学教育センター 准教授
事務局	
ひがし 尚哉	沖縄県 環境部 環境整備課 課長
きゆうな 康幸	沖縄県 環境部 環境整備課 一般廃棄物班 班長
さいむら 峻	沖縄県 環境部 環境整備課 一般廃棄物班 主任
令和2年度沖縄県海岸漂着物等地域対策推進事業 受託者： 日本エヌ・ユー・エス(株)・(株)沖縄環境保全研究所 共同企業体	
のうえ 大介	日本エヌ・ユー・エス(株) 環境調和ユニット / 沖縄事業所 所長
いしかわ 賀子	日本エヌ・ユー・エス(株) 環境調和ユニット / 沖縄事業所
ひぐち 永子	日本エヌ・ユー・エス(株) 環境調和ユニット
ささき 荘	(株)沖縄環境保全研究所 環境部 環境技術課

(2) 議事概要

議題1 令和元年度までの海岸漂着物に含まれる有害物質の影響調査と対策方針検討の結果（資料1）（発表者：比企）

- 資料1のP21の表5は、サンプリングした地点が沖縄県の海岸漂着物モニタリング地点や座間味村回収事業の対象地点であるので、ごみのデータや、マイクロプラスチック（以下「MP」という。）、有害物質の生態系への影響などがリンクされたデータになっており、生態系に配慮した対応などを議論する際にも有効になると思うが、P22の表6については、ごみ漂着量やMP等、リンクするデータ等はあるか。
 - 近隣の海岸で沖縄県の漂着物モニタリング調査を行っている為、推定の漂着量を出すことはできる。
 - MPのデータはあるか。必要なデータがそろっていれば、「このぐらいのごみが溜まって、どの程度がMPとなり、生物の何割が誤食している。それを防ぐため、具体的にどのぐらいの頻度で清掃すればよいか」という形で利用できる。
 - 大枠で、ごみの多い海岸にはMPも多いといった結果も出てきているが、与那国島のカタブル浜のように、漂着量は少ないがMPは多いといった例外もあり、これからデータを蓄積することが重要と考えられる。
 - イソハマグリの場合、生息環境の条件などで、必ずしもごみのデータがそろった海岸でサンプリングできない（生息していない）事情もあった。イソハマグリは生息環境に限られるが、他のヤドカリ類、スナガニ類は通常どの海岸にも生息している。今後はデータのリンクも考え、各島のモニタリング対象地点などでサンプリングを行うことが望ましい。
 - この調査では、分析対象の生物をどのような理由で選定したのか。どの種類をどの程度採集し調査するべきかの議論は必要だと思う。
 - イソハマグリは、砂浜の波打ち際で水中から餌を取り込む懸濁物食者で、オカヤドカリ類は海岸を自由に動き回って餌を探す、スナガニ類は砂に潜ることで、砂から有害物質を取り込む可能性のある、という異なるタイプの生物を選定した。分析する個体数は、10～20匹もいれば統計処理もできるが、オカヤドカリは個体により分析値に顕著な差があったので考慮する必要はある。

議題2 令和元年度第2回専門家会議 議事概要（資料2）（発表者：野上）

特になし

議題3 東京農工大学・高田秀重 教授及び水川薫子 助教より研究成果のご報告(資料3)（発表者：水川委員）

- プラスチックの曝露実験では、どのようにプラスチックを投与したのか。
 - プラスチックに曝露する際は、粉末状にした市販のヤドカリの餌に、プラスチックの粉末を混ぜたものを葉さじですくってオカヤドカリの口元に持っていき、直接食べさせた。
- 今回はオカヤドカリによる実験だが、貝類のような軟体動物でも同様の代謝が起きる可能性はあるか。
 - 貝類のデータではないが、ニタ海岸のツノメガニ#3でBDE80が検出されており、カニ

類でも同様の反応が起こった可能性はある（資料 3、P16）。ただ、フィールドのデータでそれを確認するのは難しい。

- ・ 生物の体内で代謝されることによって毒性が高まる可能性はあるか。
→生物濃縮しやすい BDE47、BDE99 といった低臭素の化合物が 2009 年にストックホルム条約で規制されているが、他の低臭素の物質についてはよく調べられていない。BDE209 は生物に取り込まれにくく、毒性が低いということで当初規制はされていなかったが、脱臭素化によって低臭素の物質に変化する親化合物になりえることで、2017 年にストックホルム条約で規制された。今回オカヤドカリ体内で、脱臭素化し、低臭素に変化することが分かった為、注視していく必要がある。
- ・ プラスチックの曝露実験で、長期間曝露した場合、生物の異常行動や、奇形、死亡等につながる可能性はあるか。
→長期間の生物への曝露で、そのような状態になるかは今時点でわからず、今回の実験で形態等への影響を見るのは困難であるが、PBDEs の毒性の影響として、生物の再生産に係る部分、生殖腺や卵に影響を与える可能性はあるかもしれない。曝露後の実験サンプルは -180℃で冷凍保存してあるので、今後生物学的なアプローチで検証できる可能性はある。
- ・ 今回の研究では、他要因の汚染の少ない海岸で調査したことで、プラスチック由来の化学物質が生物に蓄積することが確認できた。フィールドで化学物質が生物に取り込まれ、代謝により毒性が上がった可能性が確認されたことも、重要な成果だととらえている。これらのプラスチック由来の化学物質が、オカヤドカリを含む個別の生物に影響を与えた事例は世界的にもいまだ確認されていないが、生態系に取り込まれたのが分かったことで、生物濃縮等を通じて、いずれ人間の健康にも影響があるルートが確認できたことが重要と考えられる。また、化学物質の蓄積が、イソハマグリやスナガニ類で見えてこず、オカヤドカリで初めて確認されたことで、オカヤドカリの生息する他の地域での調査例を増やしていく必要がある。オカヤドカリがプラスチックをかじって取り込むことが、プラスチック類に含まれる添加剤を固定化する効果があると考えている。また、その強い生命力から、代謝の機能も大きいと考えられ、その機構も探りつつ、オカヤドカリ類だけではなく他の生物でも同様の調査研究ができないか探していくことも大事だと思う。
- ・ 植物のワックス成分に有機系の汚染物質が取り込まれることはあるのか。
→植物のワックスに、有機系の汚染物質が蓄積されているのはよく知られており、大気からワックスに沈着する可能性はある。

議題 4 東京農工大学・渡邊泉 教授より研究成果のご報告（資料 4）（発表者：渡邊委員）

- ・ ごみの多い与那国島のナーマ浜で、イソハマグリ中の重金属の分析値に季節の差があったとのことだが、ごみの少ない海岸では分析したのか。
→サンプルがなかったので分析は実施していないが、ごみの少ない海岸でも実施する必要性はあり、課題と考えている。
- ・ 土壌の分析は、2 mm のふるいを通したサンプルを用いて溶出試験を用いると思うが、土壌サンプルに混入した 2 mm 以下の MP に含まれる有害化学物質も分析値に入っていると思われる。純粋な土壌の分析値と分けて考えることも重要ではないか。例えば、森林の土壌の

分析であると、大気中からの由来と考えられる、樹木の葉に含まれる有害物質が落葉して分解の過程で土壌に溶け出している例もあり、その場合落葉した落ち葉の分析・評価も重要になっている。ゆえに簡単な土壌の分析は難しい。

→土壌に含まれる MP の影響も考えて分析することも重要と考えている。

- ・ イソハマグリについては、与那国島のごみの少ないカタブル浜でもサンプルを採取し、保存しているので、余裕があったら分析してもらいたい。気になった部分として、イソハマグリはある程度の大きさになったら性転換してメス化する二枚貝であるが、カタブル浜で3月に採取したサンプルを解剖した結果かなり卵を持っていたが、ごみの多いナーマ浜のサンプルでは卵を確認できず、高濃度の重金属が検出されたことを考慮すると、生殖に影響を与えている可能性がある。この生殖への影響を詳細に検証するならば、2~3か月に1度くらいの頻度でサンプリングを行い、生殖腺の重量を測る必要があるが、ごみが生物に影響を与えた具体的な事例となる可能性もある。

→ごみが生物の生殖へ影響を与えていることが確認できれば、生態系に与える影響も甚大と考えられ、この分野の研究に先鞭をつけることができるかもしれない。

議題5 防衛大学校・山口晴幸 名誉教授より研究成果のご報告（資料5）（発表者：山口委員）

- ・ 海岸におけるごみの浜焼きは、環境に与えるリスクを格段に上げることになり、禁止の周知徹底に努める必要がある。
→浜焼き後に上に砂をかぶせる行為も、嫌気状態になる為自然回帰が遅れ、浜焼きの痕跡の数のカウントが難しくなるので、それも含めて普及啓発に努める必要がある。
- ・ ごみ下の砂の状態も、ごみ回収の必要性の一種の指標になる可能性がある。
- ・ ごみ対策としては人手で回収するしかない。ごみ漂着量が多く、回収する人手が足りず、処理体制も十分でない地域を特定海岸域に指定し、短い間隔で回収を実施するべきである。沖縄本島や関東沿岸域は海岸ごみの回収が速やかに行われるため、海岸にごみはほとんどない。国の支援も必要な為、財源の確保や専属組織の立ち上げを等も促す働きかけも必要だが、国や環境省も沖縄の離島の実態をよく理解していない。国に情報提供し、この問題も良く知って理解してもらわないといけない。

議題6 海岸漂着物に含まれる有害物質の影響に係る今後の対策について

- ・ データを収集する際に、ごみと MP と生物のリンクが重要である。予算には限りがあるだろうが、その方向性は定める必要がある。
- ・ 生物への影響を含めた、今までの成果を固めて公表し、回収に結び付けることが重要。
- ・ 沖縄県の WG で環境教育や普及啓発に取り組んでいるが、将来活躍する人材育成を見据えて、対象が小学校高学年~大学生の取組が中心であり、大人に対しての啓発活動は少ない。即効性のある対策を練る為に、行政に対して科学的根拠に基づいた情報提供や、対策のための協議会の設立も近々の問題解決には重要である。
- ・ 離島などで度々目にするごみ問題は、漂着量や処理問題を含め、民間やボランティアに解決できるレベルでなく行政が動くべき部分であるが、県が予算を用意しても、市町村が主体的に手を挙げ、予算を得て回収処理に取り組まないと問題解決にならない。その際には

学識経験者の意見やデータが重要になるので、行政の関係者を集めて講演会を行い、方向性を定めて協議会を設立するなどが必要になる。直面している問題が多様な為、速やかな取り組みが必要である。

- ・ 生態系の影響を見るために、調査対象をオカヤドカリ類、カニ類以外にも対象生物を広げていくべきだと思う。

→それぞれの専門分野の視点で対事案を提示してもらいたい。

- ・ 沖縄県でも優先順位を付けて各市町村でゴミを回収していくことはできないか。
→体制や財源の点も考え一つ一つできることからやっていきたい。沖縄県ではモニタリングの結果から、回収処理におよそ年間 10 億円かかると考えられるが、国から下りる金額は 1 億円程度で、総額が足りていない。また、竹富町のような離島地域では運搬処理が高額になる為、予算がついても市町村が主体的に手を挙げ取り組むかどうかはわからない。

2.5 令和元年度までの沖縄県による海岸漂着物に含まれる有害物質の影響調査と対策方針検討の結果整理

2.5.1 調査概要

海岸漂着物に含まれる有害物質と海岸環境・生態系の関係解明を目的とした調査を、座間味村（平成30年度調査実施地域）及び西表島（新規調査地域）において実施し、調査地域における被害・汚染状況やプラスチックの生物への影響、この結果を基にした県内の被害状況の検討を行った。さらに結果を総合的に考慮し、マイクロプラスチックの問題も併せた効果的な海岸漂着物対応方針を検討した。

2.5.2 調査地域及び海岸

(1) 調査地域及び海岸

有害化学物質による影響の再現性を確認するため、令和元年度の調査対象海岸は、平成30年度と同様に座間味村座間味島の北部にあるニタ海岸（重点対策区域番号51_04、海岸長500m）とした。ニタ海岸付近の位置と状況写真は図2.5-1に示す。さらに、令和元年度は県内他地域の影響を把握するため、漂着被害の著しい八重山諸島の西表島を調査対象地域に加えることとし、西表島の北東部にある野原崎西海岸（重点対策区域番号86_13：海岸長1780m）を調査対象海岸とした。本調査では、座間味島及び西表島における有害物質による影響調査の結果を比較し、類似性もしくは相違点についても検証する。

野原崎西海岸を調査対象海岸に選定した理由として、同海岸を含む西表島の北東部の海岸一帯は、八重山諸島の中では最も海岸漂着物量が多い地域の一つであることが挙げられる。また、野原崎周辺地域は、周囲に集落や人為的な活動が殆ど無く、また地形的にも生活排水の流れ込み等の人為的な影響を全く受けず、海岸への有害物質の汚染経路があるとすれば海由来と判断できる。更に同地域の海岸は、比較的海岸延長・面積があり、また後背地の植生帯も広く、海岸生態系を形成する動植物の種類や生息・生育量も多い。これらのことから野原崎西海岸は、調査対象海岸として最も適していると判断された。

また、野原崎西海岸の近隣に位置する高那海岸は、沖縄県の平成22～28年度事業のモニタリング調査対象海岸であり、近年の海岸漂着物の状況が把握し易く、これも含めた評価が可能となる。高那及び野原崎西海岸の位置と野原崎西の状況写真を図2.5-2に示す。



図 2.5-1 座間味島における調査対象として選定したニタ海岸の位置と漂着状況、沖縄県が過年度モニタリング調査対象海岸としているチン西海岸の位置

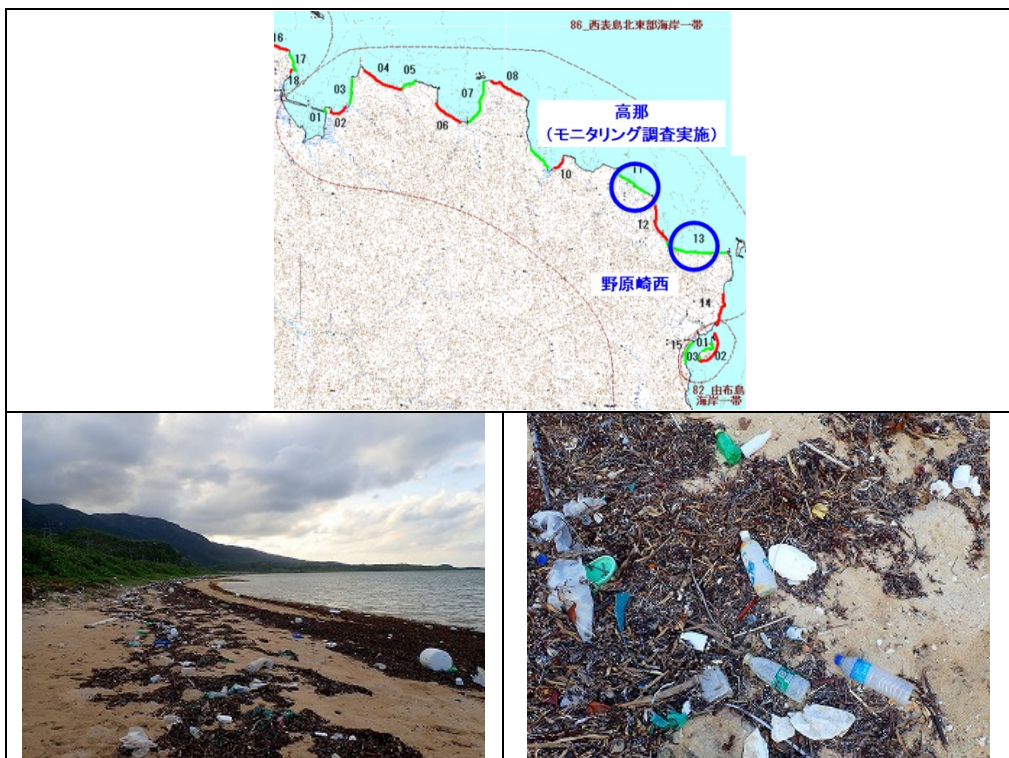


図 2.5-2 西表島における調査対象として選定した野原崎西海岸の位置と漂着状況、沖縄県が過年度モニタリング調査対象海岸としている高那海岸の位置

(2) 比較対照地域及び海岸

比較対照海岸は、ニタ海岸及び野原崎海岸付近と逆の条件を有する海岸を選定すべきであると判断され、周年を通じて海岸漂着物量が少なく、人為的な影響の少ない海岸を候補とすることが考えられる。座間味村地域では、図 2.5-4 に示した南側に位置するウハマ、古座間味ビーチの2海岸、西表島では、図 2.5-4 に示した南側に位置する南風見田の浜南風見田の浜西側の1海岸を比較対象海岸とした。なお、西表島の南風見田の浜は、西表石垣国立公園の普通地域と特別地域に属している。本調査の対象は特別地域に属する海岸部分とした。この理由としては、南風見田の浜の普通地域に属する海岸（中央～東側）は、背後地に農地等が存在するため、海岸が農薬等の影響を受けている可能性があり、本調査に適さないと判断され、一方で特別地域に属する海岸（西側）は、周囲が自然の状態を保っており、農薬や人工排水等の影響を受けておらず、本調査の実施に適していると判断されたためである。

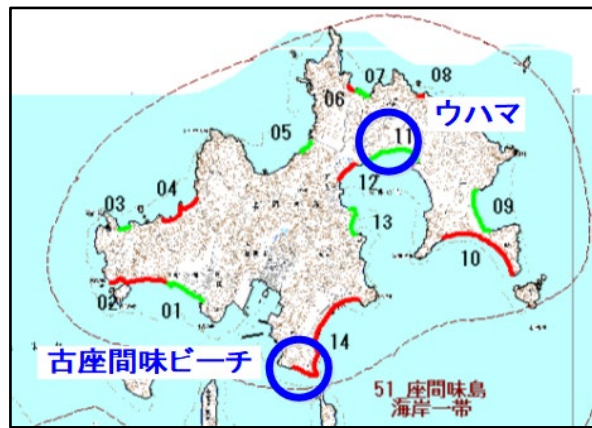


図 2.5-3 座間味島における比較対照海岸としたウハマ及び古座間味ビーチの位置



図 2.5-4 西表島における比較対照海岸とした南風見田の浜の位置

2.5.3 調査方法

現地調査の実施は、海岸小動物の動きが鈍る冬期の実施は避ける方針とし、9月下旬以降に実施した。調査の実施方針や実地体制については、表 2.5-1、表 2.5-2 のとおりとした。

表 2.5-1 調査の実施方針

調査項目(実施順)	実施方法
海岸特性の把握(現地)	<ul style="list-style-type: none"> ・海岸基質、地形、規模等の確認 ・人為的影響の有無の確認 ※人為的な影響が確認された場合には、対象地域の変更を検討する。
海岸生態系の確認(現地)	<ul style="list-style-type: none"> ・生息する小動物種、小動物の餌生物種、海岸植生種の確認と生息、生育状況の確認
分析対象の選定と採取(現地)	<ul style="list-style-type: none"> ・砂等の海岸基質砂、小動物、小動物の餌生物、海岸植生から代表的な種を選定し、採取する。 ・採取対象は5種類程度とする。選定の例としては、オカヤドカリ類、スナガニ類、二枚貝類、海岸植生種(アダン、モンパノキ、クサトベラ等)海浜砂、最も多く漂着している海岸漂着物等。
分析の実施	<ul style="list-style-type: none"> ・海岸小動物における体内への取込み状況の確認(解剖調査) ・有機汚染物質(PCB, PBDE等)、重金属元素(30種類程度)の分析 ・重金属元素由来の有害物質による潜在的溶出量の推計
分析結果の整理 有害物質の影響検討 汚染経路の検討	<ul style="list-style-type: none"> ・上記項目について専門家会議において検討する。
課題抽出と対応策の議論	<ul style="list-style-type: none"> ・本格調査の結果を受けて、今後へ向けての課題抽出、今後必要となる調査検討内容、県内で実施すべき海岸漂着物対策等について、専門家会議において検討する。 ・専門家会議で検討した内容を踏まえ、沖縄県が今後進めるべき対策について、沖縄県が検討する。

表 2.5-2 調査の実施体制

役職・氏名		担当項目
専門家	防衛大学校 名誉教授 山口 晴幸	「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(山口 2015)」による調査対象海岸への重金属元素の溶出に係る検討 重金属元素分析項目の検討 重金属元素分析結果の評価 重金属元素の汚染経路の検討
	東京農工大学 農学部 環境資源科学科 教授 高田 秀重	調査対象種等における微量有機汚染物質分析評価 微量有機汚染物質の汚染経路の検討
	東京農工大学 農学部 環境資源科学科 教授 渡邊 泉	調査対象種等における重金属元素分析評価 重金属元素分析項目の検討
	沖縄県芸術大学 全学教育センター 准教授 藤田 喜久	調査対象種等への有害物質の汚染経路の検討 調査対象種の採集
事務局	沖縄県 環境部 環境整備課	専門家会議の開催
受託業者	日本エヌ・ユー・エス(株)・(株)沖縄環境保全研究所 共同企業体	調査対象種の採集 調査対象海岸における海岸漂着物の状況把握 専門家会議の開催支援

2.5.4 分析対象物及び生物種

(1) 調査対象海岸

【生物種以外】

生物種以外の分析対象候補は以下のとおりである。

- 海岸基質：波打ち際の砂^{*1}、海岸中央部の砂^{*1}、海岸植生帯間際の砂^{*1}

(図 2.5-5 に海岸基質の採取予定概略図を記載)

- 海岸漂着物：発泡スチロール、プラスチック片、漁業用ブイ(大型の黒色、小型の青色)、中国製ペットボトル(表 2.5-3 に写真)



図 2.5-5 海岸基質の採取予定概略図

表 2.5-3 海岸漂着物の分析対象

発泡スチロール類	プラスチック片	
		
漁業用ブイ (黒色・大型)	漁業用ブイ (青色・小型)	中国製ペットボトル
		

【生物種】

生物種の分析対照候補は以下のとおりである（図 2.5-6 に海岸における生息・生育場所概念図、表 2.5-4 に解説を記載）。

●海岸生物

- イソハマグリ（波打ち際の砂浜中に生息する／波打ち際の懸濁物食種）
- スナガニ科（雑食の海岸生息小動物）
- オカヤドカリ属（雑食の海岸生息小動物） ※主にムラサキオカヤドカリ※¹

●海岸植生

- アダン（海岸背後の植生帯構成種）
- グンバイヒルガオ（砂浜の生育種／短期間で消長）
- クサトベラ（海岸背後の植生帯構成種）
- モンパノキ（海岸背後の植生帯構成種）※²

※¹ 国指定天然記念物

※² 国立公園の特別地域（特別保護地区、海域公園地区）内において環境省に届出が必要な行為及び採取規制動植物に該当



図 2.5-6 分析対象生物種等の海岸における生息・生育場所概念図

表 2.5-4 分析対象生物種

区分	種名	選定理由	解説
海岸生物	<p>イソハマグリ</p>  <p>https://www.zukan-bouz.com/public_image/Fish/2397/Thumb630/iso-hamaguri0.jpg</p>	波打ち際の懸濁物食種	<p>【分布など】 日本の房総半島以南、国外においては熱帯インド洋、ミクロネシア、西太平洋に棲息する。</p> <p>【特徴】 殻長 2~3cm。殻は亜三角形（ハマグリ形）でやや厚質。靱帯は殻頂部に内在する。殻表にはやや光沢があり、成長肋がかなり規則的に並ぶ。殻色は一様に白色で、褐色の薄い殻皮を被る。“ハマグリ”と名がつくが、真のハマグリ類との類縁は遠い。砂浜の碎波帯（波打ち際）の砂に潜っている。 http://www.kanpira.com/iriomote_museum/shell/sandy_area.htm</p>
海岸生物	<p>スナガニ科</p>  <p>ミナミスナガニ https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B9%E3%83%8A%E3%82%AC%E3%83%8B%E7%A7%91#/media/File:BBayCrab2.jpg</p>	雑食の海岸生息小動物	<p>【分布など】 温帯にも分布するが、分布の中心は熱帯地方で、砂浜、干潟、マングローブの地面に巣穴を掘って生息する。生息する場所は種類ごとに好みの粒度があり、小石が多くて粗い砂浜を好む種類もいれば細かい泥質干潟を好む種類もいる。海岸では生息に適した区画に集団で巣穴を掘っていることが多い。</p> <p>【特徴】 多くの種類は海岸の潮間帯に生息し、満潮時は巣穴の入口に蓋をして巣穴にひそみ、干潮時に地上に現れて活動するという潮汐に基づいた生活リズムで活動する。 食性は雑食で、砂粒に付着するプランクトンやデトリタスを食べる。食事の際は泥や砂粒の塊を鋏脚ですくい取るようにはさんで口に運び、口の中で餌を濾しとり、泥塊や砂粒塊を吐き出してつまみ捨てるという行動を繰り返す。海岸に流れ着く生物遺骸や生きている小動物を捕食することもする。 https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B9%E3%83%8A%E3%82%AC%E3%83%8B%E7%A7%91</p>
海岸生物	<p>オカヤドカリ属</p>  <p>ムラサキオカヤドカリ</p>	雑食の海岸生息小動物	<p>【分布など】 世界では、台湾以南のインドや太平洋諸島等の広範囲に分布する。日本では、主に小笠原諸島と南西諸島に分布する。</p> <p>【特徴】 オカヤドカリは熱帯の気候に適応した生き物で、冬場に気温が下がる地域では生存できない。気温が 15 度を下回ると活動が鈍り冬眠状態に陥るが、この状態が長く続くとオカヤドカリは死んでしまう。このため、オカヤドカリの主な生息地は、亜熱帯までの海岸沿いに限定される。 アダンやグンバイヒルガオ等の海浜植物の群落付近で見掛けられ、昼間は石の下等で見つかる。南西諸島では非常に数が多い。また、内陸の森林内でもよく見掛け、特に大きい個体は内陸で見られる。 成体は海岸に打ち上げられた魚介類の肉や植物（アダンの実等）など幅広い種類の食物を取る雑食性であるが、比較的菜食を好む。一度に摂食する量は少ない。</p>

区分	種名	選定理由	解説
海岸植生	<p>クサトベラ</p>  <p>http://www.plant.kjmt.jp/tree/kigi.jpg/kusatbr2.jpg</p>	海岸背後の植生帯構成種	<p>太平洋からインド洋にかけての熱帯・亜熱帯の海岸またはその近くに自生し、日本では薩南諸島以南の南西諸島と小笠原諸島に産する。クサトベラ科の中では分布域が広く、日本に自生する唯一種でもある(テリハクサトベラを変種または別種とすることもある)。高さは1-2メートル。茎は下部が木化するが、柔らかいのでクサトベラの名がある。花は亜熱帯では初夏に咲く。果実は楕円形の核果で白く熟し、種子を2つ含む。</p> <p>果実は鳥に食われ、また種子は海流散布されるため広い地域に分布する。</p> <p>https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%AF%E3%82%B5%E3%83%88%E3%83%99%E3%83%A9</p>
海岸植生	<p>モンパノキ</p>  <p>http://img04.ti-da.net/usr/c/or/coralfish/image_82.jpg</p>	海岸背後の植生帯構成種	<p>東アフリカからアジア、オセアニアの熱帯から亜熱帯の海岸に生育。熱帯から亜熱帯の海岸、砂礫地や砂浜に生える常緑低木～小高木。樹高は10m程度に達する。幹は灰褐色で縦に裂け目が多く、材は柔らかい。径は太いもので30cm程度に達する。葉は倒卵形で大きく、枝先に集まり互生する。大きさは10～20cm。多肉で、表裏ともに細かい毛が密生し、ピロード(紋羽)のような手触りがある。花期は基本的に夏ではあるがはっきりせず、円錐形の集散花序を頂上または腋生する。花は密生し、5mm程の釣鐘型で白色。果実は5mmほどの球形で、数珠または団子状に固まる。熟すと緑色から黄橙色を経て黒っぽく変化する。</p> <p>https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%A2%E3%83%B3%E3%83%91%E3%83%8E%E3%82%AD</p>
海岸植生	<p>アダン</p>  <p>http://www.taiyo-hana2.jp/%E6%97%AC%E3%81%AE%E6%A4%8D%E7%89%A9%EF%BD%9E%E3%80%8C%E3%82%A2%E3%83%80%E3%83%B3%E3%81%AE%E5%AE%9F%E3%80%8D%E3%80%80/</p>	海岸背後の植生帯構成種	<p>熱帯の海岸に広く分布する木本性タコノキ科の植物。木質の茎を有し、その基部近くからは、太く、分枝をしない気根を多数生じ、上部は二叉(にさ)状に多数の分枝を出す。茎の上部には長い線形の葉を3列のらせん状に密生する。葉は長さ0.9～1.5m、幅5～10cm、葉縁には鋸歯がある。雌雄異株で、雄株は、葉腋(ようえき)から黄白色の苞葉に包まれ、分枝した数個の棒状の肉穂花序を出す。雄花は多数が密生し、芳香を有する。雌株は、多数の雌花が集合した球形の花序を有し、雌花には花被片もおしべも退化してない。果実体は楕円形で、赤熟し、やがてばらばらに1個ずつの果実に分離する。この果実は海水に浮き、広く海流によって分散する。太平洋およびインド洋地域の熱帯から亜熱帯に広く分布し、日本では南西諸島の海岸に普通にみられる。</p> <p>https://www.excite.co.jp/dictionary/ency/content/%E3%82%A2%E3%83%80%E3%83%B3/</p>

(2) 比較対照海岸

比較対照海岸における分析対象候補は以下のとおりである。

●海岸基質

- ・波打ち際の砂※1、海岸中央部の砂※1、海岸植生帯間際の砂※1

●海岸生物

- イソハマグリ (波打ち際の砂浜中に生息する/波打ち際の懸濁物食種)
- スナガニ科 (雑食の海岸生息小動物)

□オカヤドカリ属（雑食の海岸生息小動物） ※主にムラサキオカヤドカリ※²

●海岸植生

□アダン（海岸背後の植生帯構成種）

□クサトベラ（海岸背後の植生帯構成種）

□グンバイヒルガオ（砂浜の生育種／短期間で消長）

□モンパノキ※¹（海岸背後の植生帯構成種）

（アダン、クサトベラ、グンバイヒルガオの採取が困難な場合は、モンパノキ※¹とする。）

※1 慶良間諸島国立公園及び西表石垣国立公園の特別地域、海域公園地区内において、採取に許可が必要

※2 国指定天然記念物のため、文化財保護法手続きが必要

2.5.5 調査結果概要

(1) 有機汚染物質の分析

座間味島と西表島におけるイソハマグリやオカヤドカリ類の分析結果から、漂着量の多い海岸の方が少ない海岸に比べて分析個体中に取込まれている有機化学物質（PCBs、PBDEs）やMPが概ね高濃度となる傾向がみられ（図 2.5-7、図 2.5-8）、プラスチックから生物へ化学物質が移行している可能性が極めて高いと判断された。ただし、分析対象種と有機汚染物質の関係が不明確な場合もあった。

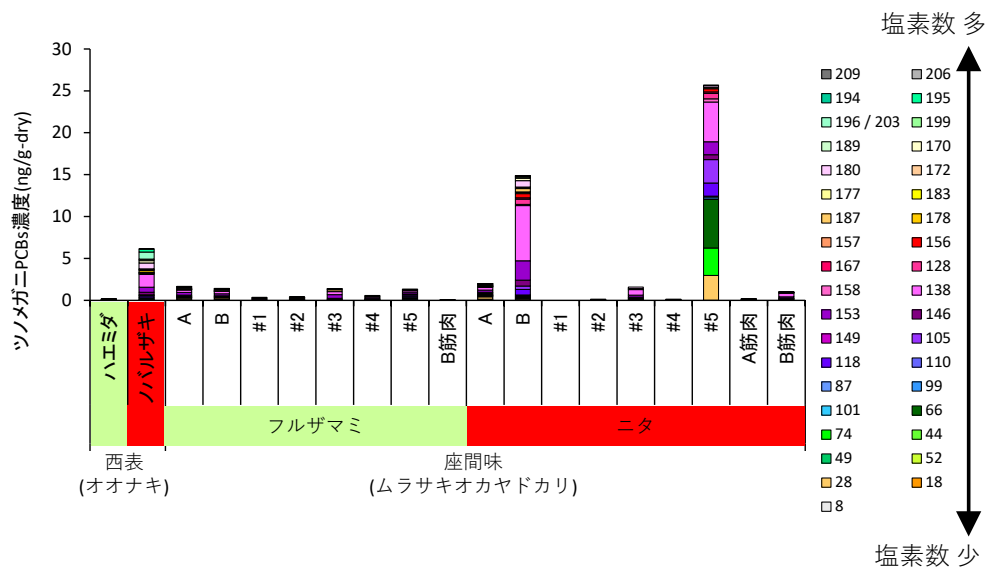


図 2.5-7 西表島及び座間味島におけるオカヤドカリ中の PCBs 濃度

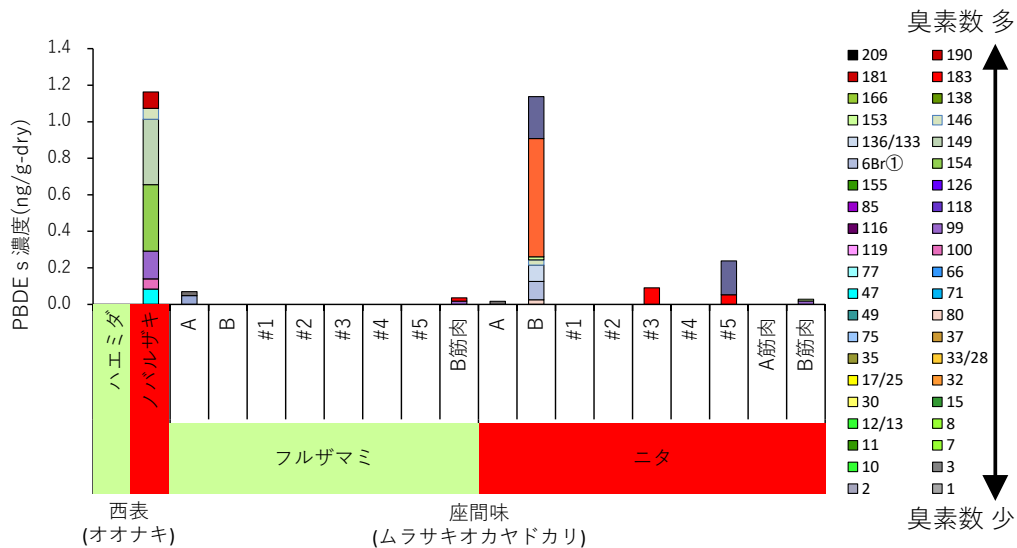


図 2.5-8 西表島及び座間味島におけるオカヤドカリ中の PBDEs 濃度

また、座間味島のムラサキオカヤドカリにプラスチック由来の有機化学物質 (PBDEs) を摂食させる飼育試験により、代謝が確認されたこともプラスチックの影響を裏付けている。

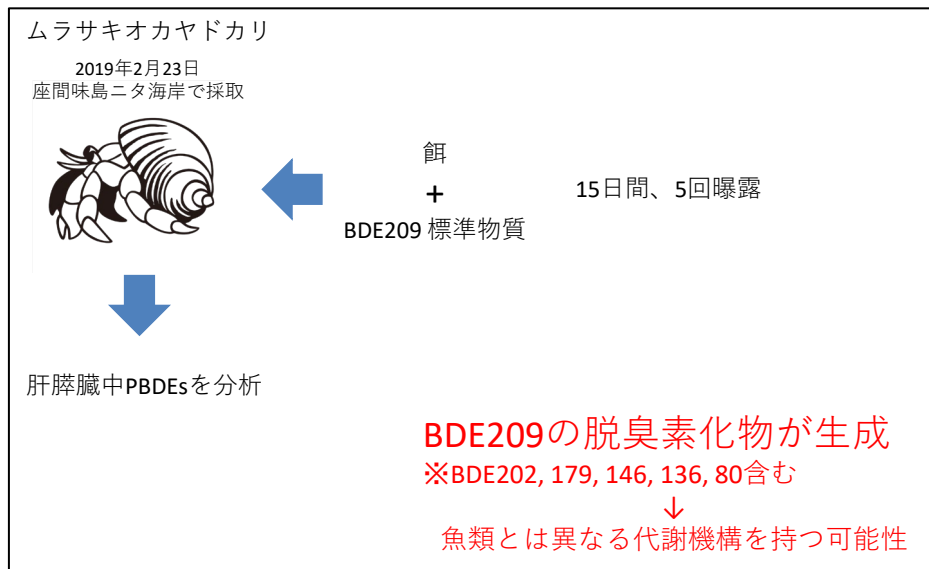


図 2.5-9 ムラサキオカヤドカリを用いた PBDEs 曝露実験のイメージ図

本事業で分析対象とした有機汚染物質の PCBs、PBDEs、対象種のおカヤドカリ類、イソハマグリ、スナガニ類について、指標生物としての有用性を評価したところ、おカヤドカリ類については PCBs、PBDEs とともに有用であり、イソハマグリでは PCBs で有用、PBDEs は課題が残り、ツノメガニでは PCBs、PBDEs とともに課題が残る結果となった。

なお、座間味島と西表島共に、プラスチックの漂着量の多い海岸において、イソハマグリからプラスチックに吸着しやすい高塩素 PCBs が多く検出されており、調査対象海岸

のMP量との関係性についても調査が必要と判断された（図 2.5-10）。

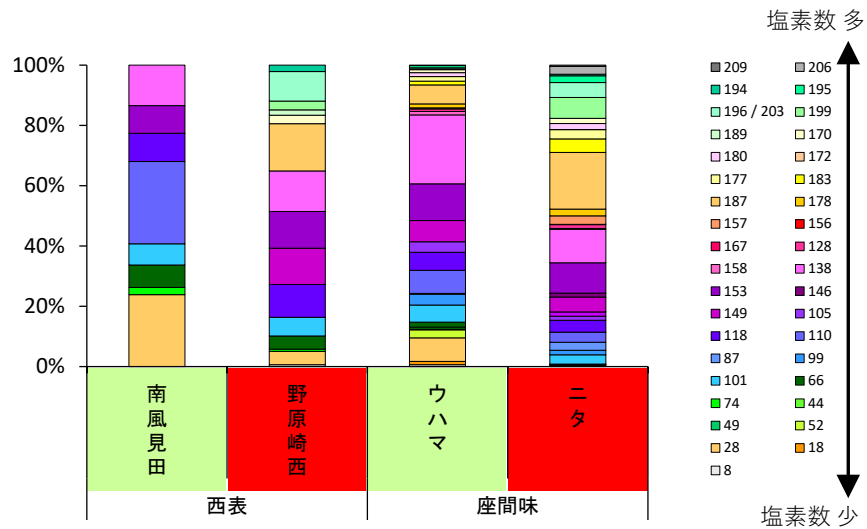


図 2.5-10 イソハマグリ中のPCBs組成

(2) 重金属元素の分析

座間味島の海岸動植物（イソハマグリ、オカヤドカリ類、スナガニ類、海岸植物等）の分析結果から、漂着量の多い海岸の方が少ない海岸に比べ、概ね強毒性の元素の濃度が高い結果となり（図 2.5-11）、植物ではアダンが指標となりうる結果を示した（図 2.5-12）。また海岸砂でも同様の傾向がみられた（図 2.5-13）。これらはプラスチック由来の元素と考えられた。なお、一部の元素については、漂着量の少ない海岸で高濃度を示す場合もみられた。

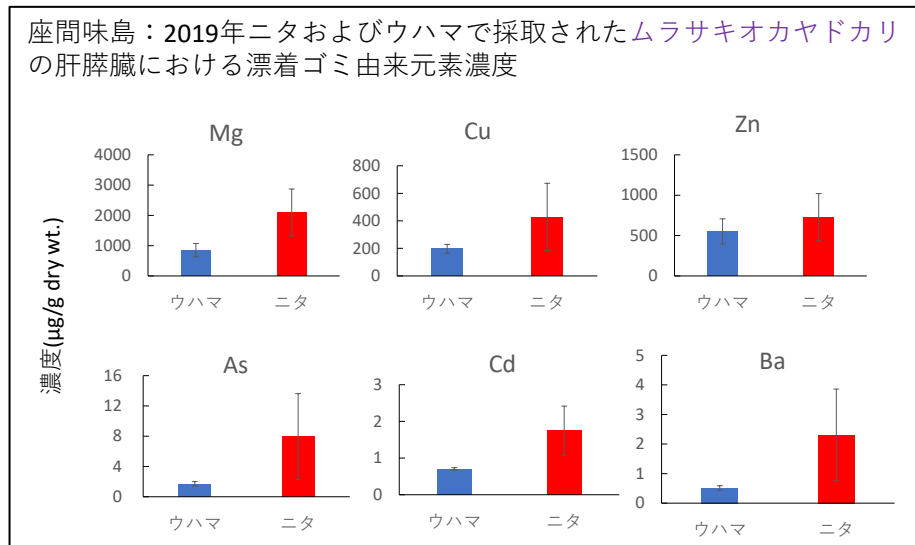


図 2.5-11 座間味島で採取されたムラサキオカヤドカリ（肝臓）中の重金属元素濃度

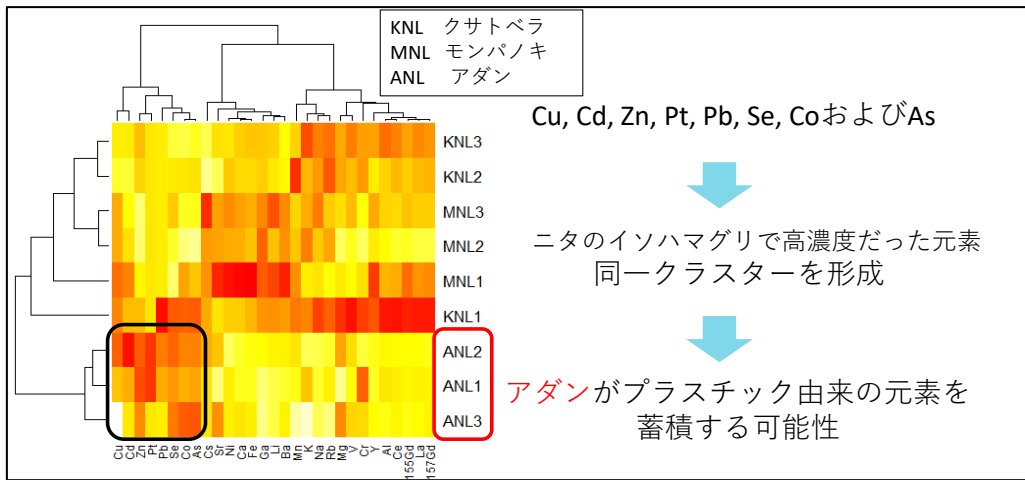


図 2.5-12 座間味島ニタ海岸で採取された植物中の重金属元素の解析結果

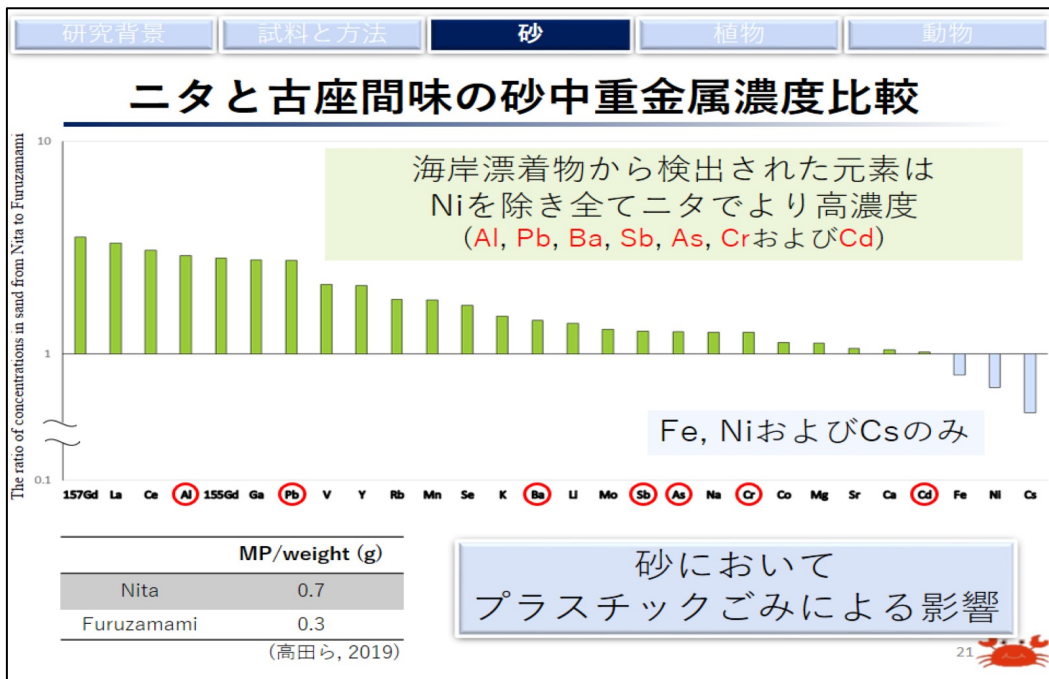


図 2.5-13 座間味島における砂中重金属濃度の比較

西表島における上記と同様の分析結果においては、オカヤドカリ類では漂着量の多い海岸と少ない海岸で明確な差がみられず、生息している陸側の環境への依存が示唆された。スナガニ類では漂着量の多い海岸で多くの元素が高濃度となったが、脱皮により体内濃度に変化する可能性がある。イソハマグリでは漂着量の少ない海岸で多くの元素が高濃度を示す結果となった（図 2.5-15）。植物ではクサトベラとモンパノキで多くの元素が高濃度となっており、座間味島とは異なる結果となった（図 2.5-16）。また、アダンでは漂着量の少ない海岸で高濃度となった（図 2.5-17）。

西表島：2019年10月に南風見田および野原崎西で採取されたオオナキオカヤドカリの肝臓における漂着ゴミ由来元素濃度①

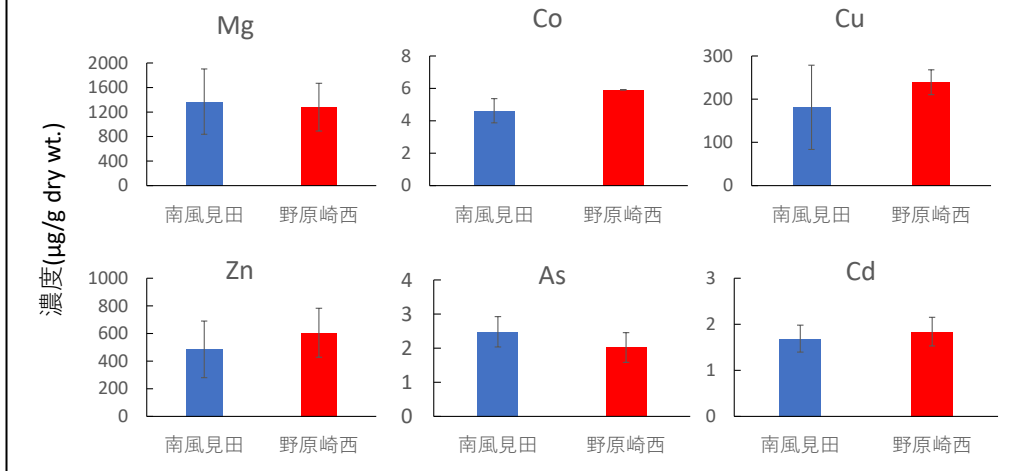


図 2.5-14 西表島で採取されたムラサキオカヤドカリ（肝臓）中の重金属元素濃度

2019年10月（西表での比較）

：南風見田および野原崎西で採取されたイソハマグリにおける内臓中微量元素濃度による主成分分析の結果

海流や季節風の影響で多くの漂着ゴミが確認された野原崎西ではCdやNiが高濃度

非汚染地とした南風見田において、多くの漂着ゴミ由来と考えられる元素が高濃度 (Sb, Mg, Co, Ba, PbおよびCr)

⇒さらなる調査・検討が必要

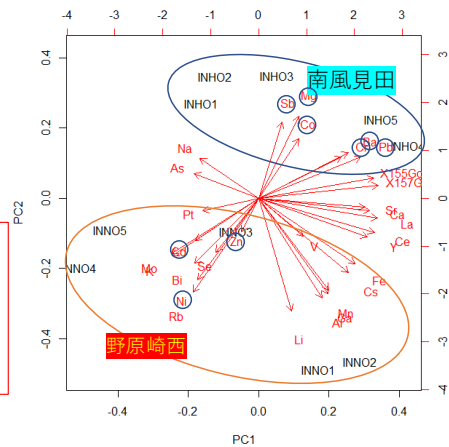
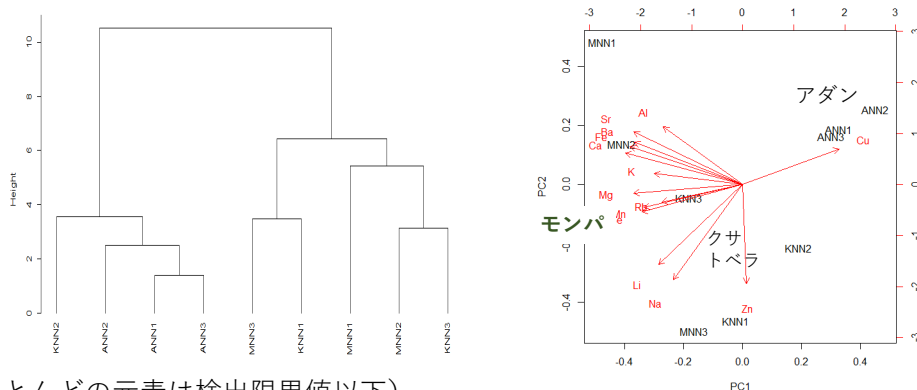


図 2.5-15 西表島で採取されたイソハマグリ中の重金属濃度の主成分分析結果

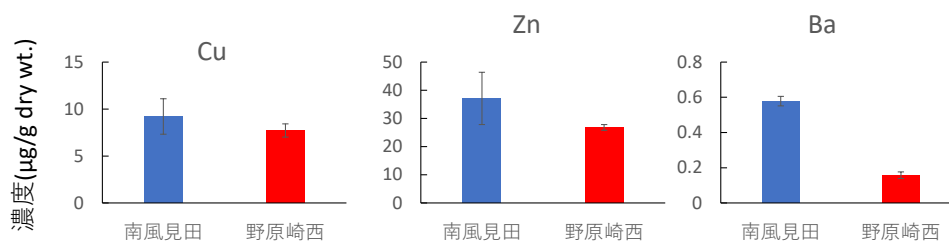
2019年：西表島野原崎西における植物（葉）の微量元素濃度の統計分析結果



(ほとんどの元素は検出限界値以下)
 検出された多くの元素はクサトベラと、とくにモンパノキで特徴づけられた
 ⇒2018年に座間味島ニタで採取された植物の結果とは異なった

図 2.5-16 西表島（野原崎西）における植物の重金属元素濃度の統計分析結果

西表島：2019年10月に南風見田および野原崎西で採取されたアダンの葉における漂着ゴミ由来と考えられる元素濃度



Cu, ZnおよびBaを除きほとんどの元素がアダンの葉中から検出限界以下
 ⇒植物食性によるヤドカリへの影響は低い？

検出された元素での比較ではすべて南風見田で高濃度
 ⇒植物の生育環境として南風見田の土壌が関係している可能性

図 2.5-17 西表島で採取されたアダンの葉における重金属元素濃度

座間味島のスナガニ類の分析結果では、前年度に比べ多くの元素濃度が高くなっており（図 2.5-18）、経年変化についても把握する必要がある。また、西表島では漂着量の少ない海岸で元素濃度が高くなる場合があったことから、今後は調査対象地域の地質等を含めた調査が求められる。

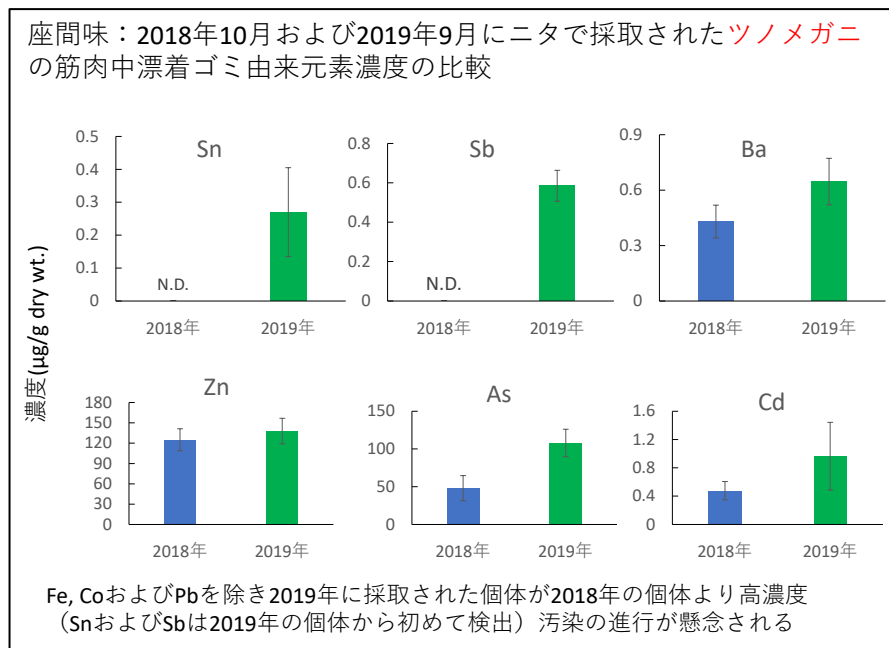


図 2.5-18 座間味島で採取されたツノメガニ中の重金属濃度の経年変化

(3) 海岸漂着物から溶出する有害化学物質の潜在的ポテンシャルの評価

座間味島及び西表島の漂着量多い海岸と少ない海岸における冬期の60日間の海岸漂着物由来の重金属元素の潜在的溶出量を推計したところ、漂着量の多い海岸の方が圧倒的に溶出量も多い結果が得られたが、重金属の組成は類似していた。

また、代表的な海岸漂着物であるプラスチック類、発泡スチロール類、大型プラスチックブイ、球管類の4種それぞれの重金属元素の潜在的溶出量を比べると、元素の種類によって違いはあるものの、概ね発泡スチロール類が最も多く、次いで球管類、大型プラスチックブイの順となる。



図 2.5-19 西表島高那海岸：各漂着素材の漂着量 1kg 当たりからの
各元素成分の潜在的溶出量の比較

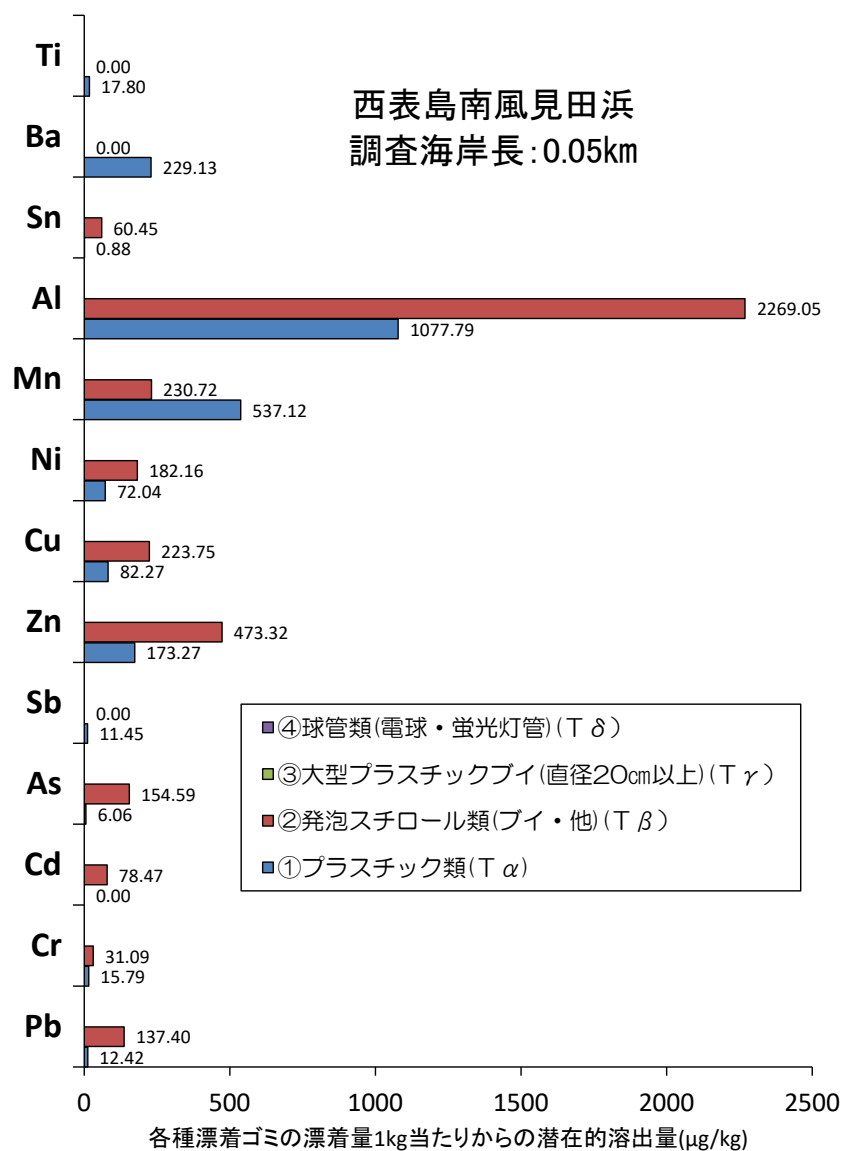


図 2.5-20 西表島南風見田浜：各漂着素材の漂着量 1kg 当たりからの
各元素成分の潜在的溶出量の比較

なお、製品と海岸で採取した発泡スチロールの重金属含有量を比較したところ、海岸で採取した発泡スチロールの方が元素の含有量が多い結果となった(図 2.5-21)。発泡スチロールの重金属含有量は、海上を漂流する過程で増加し、輸送経路によって含有量や組成は変動すると考えられた。発泡スチロールは多孔質であるため化学物質を吸着しやすい。

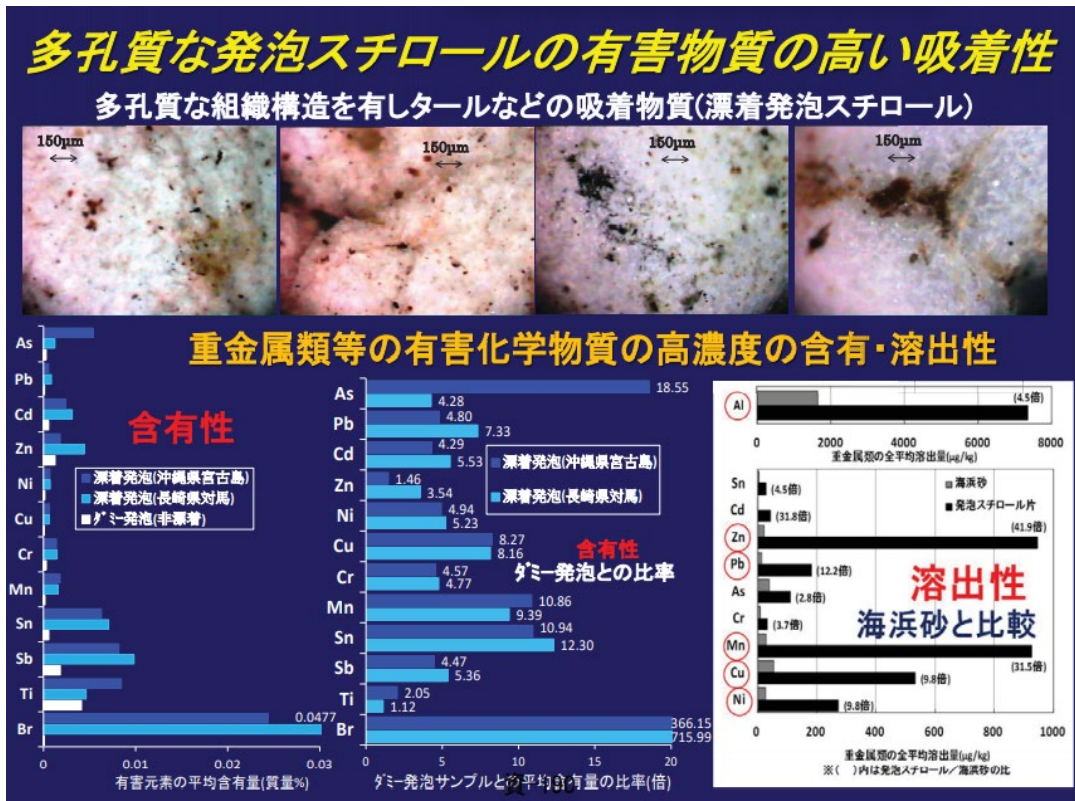


図 2.5-21 発泡スチロール（製品）と漂着した発泡スチロールにおける重金属類等の溶出性の比較

(4) 海岸小動物におけるプラスチック片の取込み

海岸小動物数種（イソハマグリ、オカヤドカリ類、スナガニ類等）の体内（消化管や鰓等）からマイクロプラスチックが確認された。座間味島のニタでは、体内のMP量は、漂着量の多い海岸の方が少ない海岸に比べて圧倒的に多い結果となった。なお、イソハマグリについては、全ての調査地点においてMPが検出された。

表 2.5-5 座間味島及び西表島で採取されたイソハマグリ中のマイクロプラスチック

座間味島	調査個体数	MP含個体数 (%)	MP个数 (平均)
ニタ (北側)	20	20 (100%)	3~41 (17.1)
ウハマ (南側)	20	1 (5%)	1(1.0)
西表島	調査個体数	MP含個体数 (%)	MP个数 (平均)
野原崎西海岸 (北側)	10	9 (90%)	1~2(1.6)
南風見田海岸 (南側)	10	5 (50%)	1~3(1.4)

一方で、令和元年度に実施したイソハマグリの分析結果では、漂着量の多い海岸でイソハマグリ中の MP が少ない、漂着量が少ない海岸でイソハマグリ中の MP が多い場合があり（表 2.5-6）、イソハマグリ中の MP 量が海岸の汚染状況を反映しているかは明確になっていない。海岸に存在している漂着物と MP 量との関係性について調査分析を行う必要がある。

表 2.5-6 沖縄島、宮古島、石垣島で採取されたイソハマグリ中の
マイクロプラスチック

沖縄島	調査個体数	MP含個体数 (%)	MP個数 (平均)
具志堅海岸・本部町 (北側)	10	4 (40%)	1(1.0)
安部・名護市 (東側)	10	6 (60%)	1(1.0)
久手堅海岸・知念・南城市 (南側)	10	5 (50%)	1~2(1.2)
宮古島	調査個体数	MP含個体数 (%)	MP個数 (平均)
高野海岸 (東側)	10	3 (30%)	1~3(2.3)
東平安名岬海岸 (南側)	10	4 (40%)	1~5(2.0)
石垣島	調査個体数	MP含個体数 (%)	MP個数 (平均)
平野海岸 (北側)	10	3 (30%)	1(1.0)
桴海岸 (北側)	10	10 (100%)	1~3(2.2)
川平海岸 (北側)	10	6 (60%)	1~5(2.8)
伊野田海岸 (東側)	10	3 (30%)	1~4(2.0)
名蔵海岸 (西側)	10	6 (60%)	1~3(2.2)
磯部海岸 (南側)	10	7 (70%)	1~4(2.0)

(5) (参考) 重金属の分析結果と食品基準値との比較・評価

重金属元素の分析結果については、本業務において海岸漂着物の多い海岸と少ない海岸の分析値を比較し、海岸漂着物に含まれる重金属元素の影響を評価するものであるが、農水省が優先的なリスク管理の対象としている鉛・ヒ素・カドミウムの3元素については、食品に係る基準値との比較検討も実施することとした。そこで、平成30年度～令和元年度の事業における3元素の分析結果と、「食品中の基準値（食品衛生法）」、「EU」、「FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議（JECFA）」の基準とを比較・評価した。比較表及び比較図を表 2.5-7～表 2.5-9、図 2.5-22、図 2.5-23 に示す。

表 2.5-7 鉛・ヒ素・カドミウムの分析結果と食品関連基準の比較評価

(西表島)

		鉛	ヒ素	カドミウム	
基準値	①食品中の基準値 (食品衛生法)	・農産物(農薬の残留基準値として設定) トマト、きゅうり等:1.0mg/kg ほうれんそう、りんご:5.0mg/kg ・ミネラルウォーター類:0.05mg/L以下 (厚生省,1959)	・もも,なつみかん,いちご,ぶどう等:1.0ppm ・なし,りんご,なつみかんの外果皮:3.5ppm ・ミネラルウォーター類:0.05mg/L以下 (厚生省,1959)	・玄米・精米:0.4mg/kg ・ミネラルウォーター類:0.003mg/L以下 (厚生省,1959)	
	②EU	・食品中の最大基準値(EU,2016) 魚の筋肉・頭足類(内臓を除く):0.30mg/kg 甲殻類(腹部及び脚の筋肉):0.50mg/kg 二枚貝:1.50mg/kg	・食品中の汚染物質最大濃度(EU,2006) 精米:0.20mg/kg、玄米0.25mg/kg 乳幼児食品向けの米:0.10mg/kg	・食品中の汚染物質最大濃度(EU,2006) 魚肉:0.050~0.25mg/kg(魚種により違う) 甲殻類(腹部及び脚,はさみの筋肉):0.50mg/kg 二枚貝、頭足類(内臓を除く):1.0mg/kg 健康食品(乾燥した海藻、海藻由来製品又は乾燥した二枚貝を主な原料とするもの):3.0mg/kg	
	③FAO/WHO合同食品添加物専門家会議 (JECFA)	・暫定耐容週間摂取量(PTWI) (JECFA,1986-2010) 25µg/kg bw/1週間 (体重50kgであれば1週間で1250µg) 【2010年の会議で、鉛に関してPTWIは、健康保護の指標とみなせないとされ撤廃した】	・暫定耐容週間摂取量(PTWI) (JECFA,1988-2010) 15µg/kg bw/1週間 (体重50kgであれば1週間で750µg) 【2010年の会議で、無機ヒ素に関してPTWIは、健康保護の指標とみなせないとされ撤廃した】	・暫定耐容月間摂取量(PTMI) (JECFA,2011) 25µg/kg bw/1ヶ月 (体重50kgであれば1ヶ月で1250µgが上限)	
西表島	南風見田	ツノメガニ肝臓_2019	検討会資料にデータなし	92 µg/g-dry (92 mg/kg、92ppm) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1週間に8gまで	34 µg/g-dry (34 mg/kg) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1ヶ月に37gまで
		ツノメガニ筋肉_2019	検討会資料にデータなし	52 µg/g-dry (52mg/kg、52ppm) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1週間に14gまで	0.2 µg/g-dry (0.2mg/kg) ①ミネラルウォーター類基準値以上 ②魚肉の基準値以上(魚種による) ③1ヶ月に6250gまで
		オオナキオカヤドカリ肝臓_2019	検討会資料にデータなし	2.5 µg/g-dry (2.5 mg/kg、2.5ppm) ①外果皮以外の基準値以上 ②基準値以上 ③1週間に300gまで	1.7µg/g-dry (1.7mg/kg) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1ヶ月に735gまで
		イソハマグリ内臓_2019		23µg/g-dry (23mg/kg、23ppm) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1週間に33gまで	0.3 µg/g-dry (0.3 mg/kg) ①ミネラルウォーター類の基準値以上 ②魚肉の基準値以上 ③1ヶ月に4166gまで
	野原崎西	ツノメガニ肝臓_2019	検討会資料にデータなし	40 µg/g-dry (40 mg/kg、40ppm) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1週間に19gまで	10 µg/g-dry (10 mg/kg) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1ヶ月に125gまで
		ツノメガニ筋肉_2019	検討会資料にデータなし	72 µg/g-dry (72 mg/kg、72ppm) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1週間に10gまで	0.1 µg/g-dry (0.1mg/kg) ①ミネラルウォーター類基準値以上 ②魚肉の基準値以上(魚種による) ③1ヶ月に12500gまで
		オオナキオカヤドカリ肝臓_2019	検討会資料にデータなし	2 µg/g-dry (2mg/kg、2ppm) ①外果皮以外の基準値以上 ②基準値以上 ③1週間に375gまで	1.8µg/g-dry (1.8mg/kg) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1ヶ月に694gまで
		イソハマグリ内臓_2019		23µg/g-dry (23mg/kg、23ppm) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1週間に33gまで	0.3 µg/g-dry (0.3 mg/kg) ①ミネラルウォーター類の基準値以上 ②魚肉の基準値以上 ③1ヶ月に4166gまで

上記濃度は下記のとおり、H30・R01の検討会資料にある平均値または最大濃度を記載した。

ツノメガニ(座間味、西表)肝臓:最大濃度

ツノメガニ(座間味、西表)筋肉:平均値

オカヤドカリ(ムラサキ:座間味、ナキ:西表)筋肉、肝臓:平均値

イソハマグリ(座間味)筋肉:平均値

アダン(古座間味、ニタ):平均値

表 2.5-8 鉛・ヒ素・カドミウムの分析結果と食品関連基準の比較評価

(座間味島・漂着量少ない海岸)

		鉛	ヒ素	カドミウム	
基準値	①食品中の基準値 (食品衛生法)	・農産物(農業の残留基準値として設定) トマト、きゅうり等:1.0mg/kg ほうれんそう、りんご:5.0mg/kg ・ミネラルウォーター類:0.05mg/L以下 (厚生省,1959)	・もも,なつみかん,いちご,ぶどう等:1.0ppm ・なし,りんご,なつみかんの外果皮:3.5ppm ・ミネラルウォーター類:0.05mg/L以下 (厚生省,1959)	・玄米・精米:0.4mg/kg ・ミネラルウォーター類:0.003mg/L以下 (厚生省,1959)	
	②EU	・食品中の最大基準値(EU,2016) 魚の筋肉・頭足類(内臓を除く):0.30mg/kg 甲殻類(腹部及び脚の筋肉):0.50mg/kg 二枚貝:1.50mg/kg	・食品中の汚染物質最大濃度(EU,2006) 精米:0.20mg/kg、玄米0.25mg/kg 乳幼児食品向けの米:0.10mg/kg	・食品中の汚染物質最大濃度(EU,2006) 魚肉:0.050~0.25mg/kg(魚種により違う) 甲殻類(腹部及び脚,はさみの筋肉):0.50mg/kg 二枚貝、頭足類(内臓を除く):1.0mg/kg 健康食品(乾燥した海藻、海藻由来製品又は乾燥した二枚貝を主な原料とするもの):3.0mg/kg	
	③FAO/WHO合同食品添加物専門家会議 (JECFA)	・暫定耐容週間摂取量(PTWI) (JECFA,1986-2010) 25µg/kg bw/1週間 (体重50kgであれば1週間で1250µg) 【2010年の会議で、鉛に関してPTWIは、健康保護の指標とみなせないとされ撤廃した】	・暫定耐容週間摂取量(PTWI) (JECFA,1986-2010) 15µg/kg bw/1週間 (体重50kgであれば1週間で750µg) 【2010年の会議で、無機ヒ素に関してPTWIは、健康保護の指標とみなせないとされ撤廃した】	・暫定耐容月間摂取量(PTMI) (JECFA,2011) 25µg/kg bw/1ヶ月 (体重50kgであれば1ヶ月で1250µgが上限)	
座間味島	ウハ マ	ツノメガニ肝臓_2019	検討会資料に データなし	43µg/g-dry (43 mg/kg、43ppm) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1週間に17gまで	42µg/g-dry (42 mg/kg) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1ヶ月に30gまで
	ツノメガニ筋肉_2019	検討会資料に データなし	78µg/g-dry (78 mg/kg、78ppm) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1週間に10gまで	0.6µg/g-dry (0.6 mg/kg) ①基準値以上 ②二枚貝、頭足類、健康食品(EU)を除く基準値以上 ③1ヶ月に2083gまで	
	ムラサキオカヤドカリ肝臓_2019	検討会資料に データなし	1.7µg/g-dry (1.7 mg/kg、1.7ppm) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1週間に441gまで	0.7µg/g-dry (0.7 mg/kg) ①基準値以上 ②二枚貝、頭足類、健康食品(EU)を除く基準値以上 ③1ヶ月に1785gまで	
	イソハマグリ筋肉_2018	検討会資料に データなし	検討会資料に データなし	0.2 µg/g-dry (0.2 mg/kg) ①ミネラルウォーター類基準値以上 ②魚肉の基準値以上(魚種による) ③1ヶ月に6250gまで	
	イソハマグリ肝臓_2018	検討会資料に データなし	検討会資料に データなし	0.5 µg/g-dry (0.5mg/kg) ①基準値以上 ②魚肉及び甲殻類の基準値以上(魚種による) ③1ヶ月に2500gまで	
	古座 間味	アダン_2018	検討会資料に データなし	検討会資料に データなし	0.05 µg/g-dry (0.05mg/kg) ①ミネラルウォーター類の基準値以上 ②基準値以下 ③1ヶ月に25000gまで

上記濃度は下記のとおり、H30・R01の検討会資料にある平均値または最大濃度を記載した。

ツノメガニ(座間味、西表)肝臓:最大濃度

ツノメガニ(座間味、西表)筋肉:平均値

オカヤドカリ(ムラサキ:座間味、ナギ:西表)筋肉、肝臓:平均値

イソハマグリ(座間味)筋肉:平均値

アダン(古座間味、ニタ):平均値

表 2.5-9 鉛・ヒ素・カドミウムの分析結果と食品関連基準の比較評価

(座間味島・漂着量多い海岸)

		鉛	ヒ素	カドミウム
基準値	①食品中の基準値 (食品衛生法)	・農産物(農薬の残留基準値として設定) トマト、きゅうり等:1.0mg/kg ほうれんそう、りんご:5.0mg/kg ・ミネラルウォーター類:0.05mg/L以下 (厚生省,1959)	・もも,なつみかん,いちご,ぶどう等:1.0ppm ・なし,りんご,なつみかんの外果皮:3.5ppm ・ミネラルウォーター類:0.05mg/L以下 (厚生省,1959)	・玄米・精米:0.4mg/kg ・ミネラルウォーター類:0.003mg/L以下 (厚生省,1959)
	②EU	・食品中の最大基準値(EU,2016) 魚の筋肉・頭足類(内臓を除く):0.30mg/kg 甲殻類(腹部及び脚の筋肉):0.50mg/kg 二枚貝:1.50mg/kg	・食品中の汚染物質最大濃度(EU,2006) 精米:0.20mg/kg、玄米0.25mg/kg 乳幼児食品向けの米:0.10mg/kg	・食品中の汚染物質最大濃度(EU,2006) 魚肉:0.050~0.25mg/kg(魚種により違う) 甲殻類(腹部及び脚,はさみの筋肉):0.50mg/kg 二枚貝、頭足類(内臓を除く):1.0mg/kg 健康食品(乾燥した海藻、海藻由来製品又は乾燥した二枚貝を主な原料とするもの):3.0mg/kg
	③FAO/WHO合同食品添加物専門家会議 (JECFA)	・暫定耐容週間摂取量(PTWI) (JECFA,1986-2010) 25µg/kg bw/1週間 (体重50kgであれば1週間で1250µg) 【2010年の会議で、鉛に関してPTWIは、健康保護の指標とみなせないとされ撤廃した】	・暫定耐容週間摂取量(PTWI) (JECFA,1988-2010) 15µg/kg bw/1週間 (体重50kgであれば1週間で750µg) 【2010年の会議で、無機ヒ素に関してPTWIは、健康保護の指標とみなせないとされ撤廃した】	・暫定耐容月間摂取量(PTMI) (JECFA,2011) 25µg/kg bw/1ヶ月 (体重50kgであれば1ヶ月で1250µgが上限)
座間味島 ニタ	ツノメガニ肝臓_2019	検討会資料に データなし	80 µg/g-dry (80 mg/kg、80ppm) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1週間に9gまで	33µg/g-dry (33 mg/kg) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1ヶ月に38gまで
	ツノメガニ筋肉_2019	検討会資料に データなし	108 µg/g-dry (108 mg/kg、108ppm) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1週間に7gまで	1µg/g-dry (1 mg/kg) ①基準値以上 ②魚肉及び甲殻類の基準値以上 ③1ヶ月に1250gまで
	ムラサキオカヤドカリ筋肉_2019	検討会資料に データなし	12 µg/g-dry (12 mg/kg、12ppm) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1週間に63gまで	0 µg/g-dry ①基準値以下 ②基準値以下 ③-
	ムラサキオカヤドカリ肝臓_2019	検討会資料に データなし	8µg/g-dry (8mg/kg、8ppm) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1週間に94gまで	1.8µg/g-dry (1.8mg/kg、1.8ppm) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1ヶ月に694gまで
	イソハマグリ内臓_2019	検討会資料に データなし	36µg/g-dry (36mg/kg、36ppm) ①基準値以上 ②基準値以上 ③1週間に21gまで	0.4µg/g-dry (0.4mg/kg、0.4ppm) ①ミネラルウォーター類の基準値以上 ②魚肉の基準値以上 ③1ヶ月に3125gまで
	イソハマグリ筋肉_2018	検討会資料に データなし	検討会資料に データなし	0.4µg/g-dry (0.4mg/kg、0.4ppm) ①ミネラルウォーター類の基準値以上 ②魚肉の基準値以上 ③1ヶ月に3125gまで
	イソハマグリ肝臓_2018	検討会資料に データなし	検討会資料に データなし	0.5 µg/g-dry (0.5mg/kg) ①基準値以上 ②魚肉及び甲殻類の基準値以上(魚種による) ③1ヶ月に2500gまで
アダン_2018	検討会資料に データなし	検討会資料に データなし	0.1µg/g-dry (0.1mg/kg、0.1ppm) ①ミネラルウォーター類の基準値以上 ②魚肉の基準値以上(魚種による) ③1ヶ月に12500gまで	

上記濃度は下記のとおり、H30・R01の検討会資料にある平均値または最大濃度を記載した。

ツノメガニ(座間味、西表)肝臓:最大濃度

ツノメガニ(座間味、西表)筋肉:平均値

オカヤドカリ(ムラサキ:座間味、ナキ:西表)筋肉、肝臓:平均値

イソハマグリ(座間味)筋肉:平均値

アダン(古座間味、ニタ):平均値

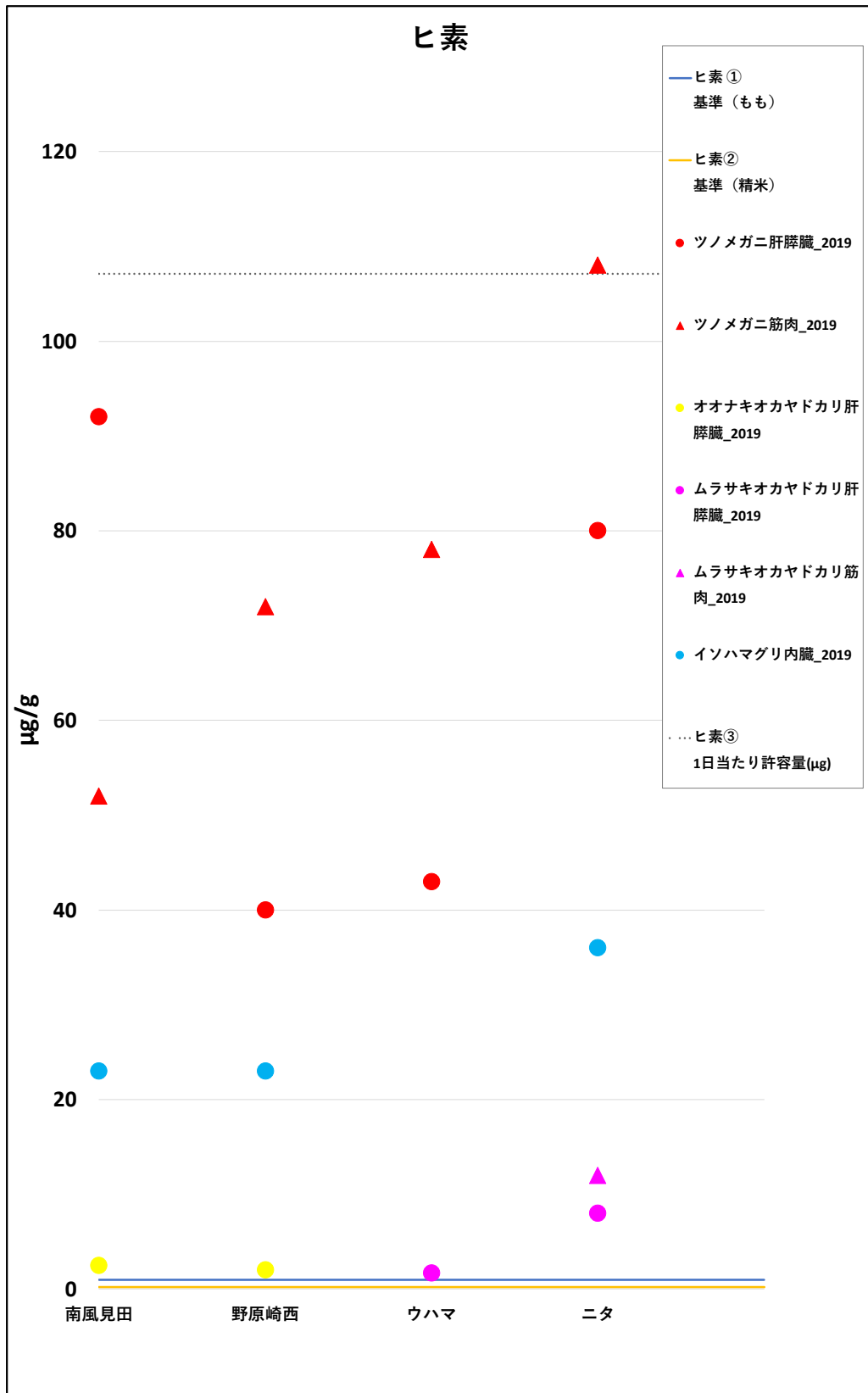


図 2.5-22 ヒ素の分析結果と食品関連基準の比較

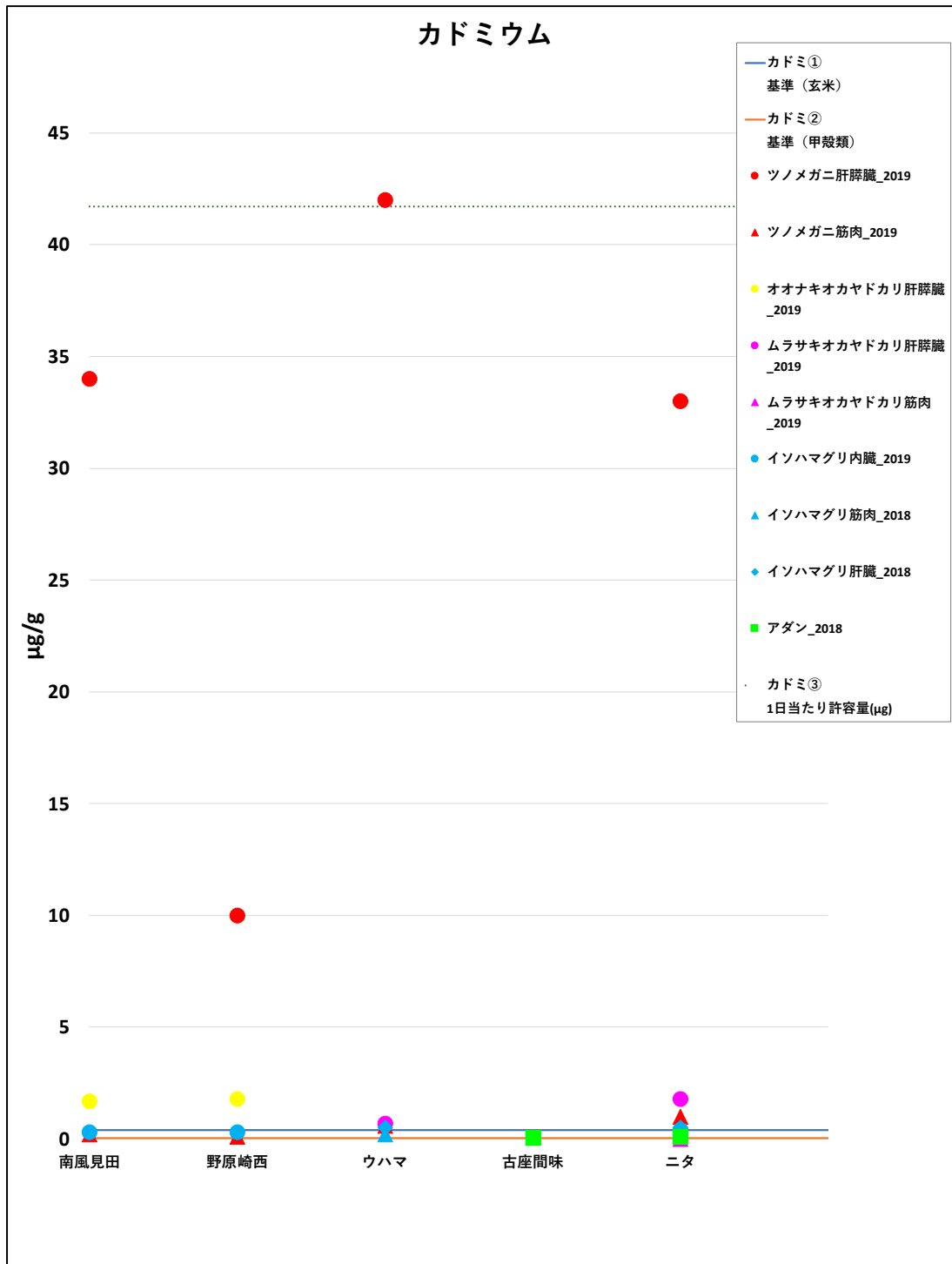


図 2.5-23 カドミウムの分析結果と食品関連基準の比較

2.5.6 想定された海岸漂着物及びマイクロプラスチックの対策

令和元年度事業では、以下の項目について、海岸漂着物・マイクロプラスチックそれぞれの対策等を検討した。

- ・ 状況把握（モニタリング）手法の実施方針
- ・ 回収処理に係る実施計画の策定と具体的手法
- ・ 発生抑制対策に係る実施計画の策定と具体的手法

- ・普及啓発に係る実施計画の策定と具体的手法

(1) 状況把握（モニタリング）手法の実施方針

- ・ 本事業成果の活用

平成30年度及び令和元年度事業では座間味島と西表島を対象地域として海岸漂着物に含まれる有害物質の影響について検討した。これらの成果の一部は、座間味島と西表島以外の地域についても照らし合わせて有害物質の影響を検討・推測できる。したがって、平成22年度より沖縄県が実施してきた海岸漂着物及びマイクロプラスチックのモニタリング調査（県内23海岸）を今後も継続し、漂着状況を把握する必要があると考えられる（※マイクロプラスチックの調査は令和元年度に初めて実施）。

- ・ 調査研究の継続

本事業による重金属元素の分析結果より、概ね漂着量の多い海岸の方が少ない海岸に比べ、強毒性の元素の濃度が高い結果が得られているが、元素の種類によってはその逆の結果となる場合があった。これについては、将来は有害物質の影響調査の対象地域を増やす、対象地域の地質を含めた調査を行う、また分析と評価事例を増やす等の必要があると考えられる。

- ・ 調査対象海岸選定の課題

本事業では、漂着量の多い海岸と少ない海岸において有害物質やマイクロプラスチック調査を行い、その影響の違いを検討する方法により実施したが、漂着量の少ない海岸であっても有害物質が高濃度で検出される場合もあったことから、漂着量が少なく有害物質の影響も少ない海岸の選定について検討する必要がある。

(2) 回収処理に係る実施計画の策定と具体的手法

- ・ 海岸漂着物を回収する海岸の選定基準(1)

海岸漂着物は、長期間放置すると海岸環境へ有害物質を溶出させる恐れがあることから、漂着量の多い時期に回収を推進する、自然度の高い海岸で優先的に回収する等の対策方針の策定が必要である。

- ・ 海岸漂着物を回収する海岸の選定基準(2)

本事業により海岸漂着物由来の重金属元素の潜在的溶出量を推計することが可能となった。海岸漂着物のモニタリング調査結果等を活用し、海岸毎に潜在的溶出量を推計・評価することにより、その結果を回収の優先度を判断するための根拠の一つとすることができる。

- ・ 回収する海岸漂着物の優先順位

発泡スチロールについては劣化してマイクロプラスチックとなり易い、化学物質の吸着性が高い等の問題がある。更には、本年度に実施したマイクロプラスチックのモニタ

リング調査から、宮古諸島・八重山諸島地域においては、マイクロプラスチックの大部分が発泡スチロール片で構成されていたことから、海岸清掃時には、発泡スチロールを優先的に回収する等の対策が必要と判断される。

本専門家会議資料 2-4 より、代表的な海岸漂着物であるプラスチック類、発泡スチロール類、大型プラスチックブイ、球管類の4種それぞれの重金属元素の潜在的溶出量を比べると、元素の種類によって違いはあるものの、概ね発泡スチロール類が最も多く、次いで球管類（電球・蛍光灯）、大型プラスチックブイ、プラスチック類の順となっている。

海岸清掃時に回収する海岸漂着物の種類に優先順位を付ける場合、その判断の根拠を有害物質の影響とすれば、優先順位は発泡スチロール類、球管類の順となる。通常は、球管類の漂着量は比較的少ないが、この考え方に従うと優先順位は高くなる。なお、球管類は時には大量に漂着する場合もあるため、大量漂着した場合に優先順位を上げるという方針も考えられる。

(3) 発生抑制対策に係る実施計画の策定と具体的手法

- ・ 発泡スチロール対策の必要性

本事業を実施したことにより、発泡スチロール及びマイクロプラスチックとなった発泡スチロール片の影響が比較的大きいと判断された。漂着する発泡スチロールの大部分は漁業用発泡スチロールブイであると判断される事から、沖縄県内における漁業用発泡スチロールブイの流出対策（例えば県漁連への協力要請）や、沖縄県が平成26年度より継続実施している東アジア地域漂着ごみ対策交流事業（中国・台湾が参加）を通じた近隣諸国への情報発信や協働対策が必要である。

(4) 普及啓発に係る実施計画の策定と具体的手法

- ・ 海岸漂着物に含まれる有害物質の普及啓発

海岸漂着物に含まれる有害物質の影響、対策について広く関心を集めることは、海岸漂着物の発生抑制対策や海岸清掃活動の拡がりにつながることを期待される。したがってこの問題の普及啓発を進めていく必要があるが、県内海岸における有害物質の影響というテーマは、風評被害を生みやすいという課題もあるため、風評被害を生まずに普及するための手法及び工夫の検討が必要である。例えば、学校や社会人向けの環境教育プログラムの作成と活用を普及啓発の手段とすれば、対象者に対し丁寧に正確な説明が可能となり、理解を得やすいことから、有効であると判断される。

- ・ マイクロプラスチックの簡易調査の普及が必要

平成29年度事業で検討したマイクロプラスチックの簡易的な調査手法については、小中学校の環境学習でも活用できる手法であるため、県内で幅広く普及すれば、マイクロプラスチックの分布状況について県内広範囲の情報を得ることにつながり、それはマイクロプラスチックや有害物質対策を進める上での貴重な情報となる。