

2.	海岸漂着物に含まれる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	平成30年度の専門家会議で示された課題等に関する検討	2-23
2.6	海岸漂着物に含まれる有害物質に関する情報の収集	2-24
2.6.1	本事業（令和元年度）における情報収集整理方法について	2-24
2.6.2	情報収集整理の結果	2-26
2.7	有害物質の影響調査	2-33
2.7.1	調査の目的	2-33
2.7.2	調査地域及び海岸	2-33
2.7.3	調査方法	2-36
2.7.4	分析対象物及び生物種	2-37
2.7.5	比較対照海岸における分析対象	2-43
2.7.6	分析対象種の予定採取量	2-44
2.7.7	現地調査	2-45
2.7.8	分析・評価の結果	2-55
2.8	調査・分析結果の評価と海岸漂着物及びマイクロプラスチック対策、課題の検討	2-62
2.8.1	調査・分析結果の評価	2-62
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	2-64
2.9	【参考】有害物質の分析方法	2-67
2.10	【参考】有害物質の基準値等について	2-69



## 2. 海岸漂着物に含まれる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 25～30 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 28～30 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元年度も実施し、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 28～30 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。）を令和元年度も設置し、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 28～30 年度事業からの継続的な実施）

### ②平成 30 年度事業の専門家会議で示された課題等に関する検討

（平成 30 年度事業からの継続的な実施）

### ③海岸漂着物に含まれる有害物質に関する情報の収集

（平成 30 年度事業からの継続的な実施）

### ④有害物質の影響調査

（座間味村座間味島内の海岸及び竹富町西表島内の海岸において、現地調査、調査対象種の採取及び有害物質分析を行い、汚染経路と影響の評価、県内における溶出・拡散の推計を行う。）

## 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、平成30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、令和元年9月に第1回現地調査、令和元年10月に第2回現地調査を実施した。これらの調査で得られた資料の分析を進めた後、第1回専門家会議を令和2年2月21日に開催した。その後さらに試料の分析を進め、令和2年3月30日に第2回専門家会議を開催した。

### 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ページ以降に示す。

●第1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

令和2年2月21日 13:30～16:00 沖縄県庁4階第3会議室

●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

令和2年3月30日 13:30～16:00 沖縄タイムスビル5階貸会議室



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) 第 1 回専門家会議

●議事次第

日時：平成 31 年 2 月 21 日（金）

13:30～16:00

場所：沖縄県庁 4 階第 3 会議室

議 事

開会（13:30）

1. 沖縄県あいさつ
2. 委員の紹介
3. 資料の確認
4. 議事

①令和元年度 沖縄県海岸漂着物等地域対策推進事業実施計画（資料 1）

②平成 30 年度における海岸漂着物に含まれる有害物質の影響と対策方針検討の実施内容（資料 2）

③海岸漂着物に含まれる有害物質の影響と対策方針検討の実施状況と今後の検討課題（資料 3-1, 資料 3-2, 資料 3-3, 資料 3-4）

5. その他

閉会（16:00）

配布資料

資料 1 令和元年度 沖縄県海岸漂着物等地域対策推進事業実施計画

資料 2 平成 30 年度 海岸漂着物に含まれる有害物質の影響と対策方針検討の実施内容

資料 3-1 海岸漂着物に含まれる有害物質の影響と対策方針検討の実施状況

資料 3-2 沖縄海洋生物へのプラスチック経由の有害化学物質の曝露と蓄積 東京農工大学 水川薫子 助教、田中奈々、高田秀重 教授

資料 3-3 沖縄県沿岸において海洋ゴミ（おもにプラスチック）に由来すると考えられる重金属類による生態系汚染 東京農工大学 渡邊泉 教授・大矢悠幾

資料 3-4 海岸漂着ゴミ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～ 定量的広域評価モデルの適用方針～ 防衛大学校 山口晴幸 名誉教授

参考資料 1 海岸漂着物に含まれる有害物質に関する文献一覧

参考資料 2 令和元年度沖縄県海岸漂着物モニタリング調査業務 実施計画書

令和元年度沖縄県海岸漂着物地域対策推進事業  
 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
(欠席) 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
(代理) みづかわ 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 いずみ 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
なかし 健次	沖縄県 環境部 環境整備課 一般廃棄物班 班長
みやま 将生	沖縄県 環境部 環境整備課 一般廃棄物班 主任
令和元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)環境管理ユニット/沖縄事業所長
いしかわ 賀子	日本エヌ・ユー・エス(株)沖縄事業所



## ●議事概要

### 議題1 平成30年度 沖縄県海岸漂着物等地域対策推進事業実施計画 (資料1) (発表者：宮平主任)

- ・ 環境部発注事業としては、平成28年度までモニタリング調査を実施、平成29～30年度は全踏調査に変更したが、今年度はモニタリング調査を再開させることとした。予算の関係上、今年度は沖縄本島周辺離島と宮古、八重山諸島地域の17海岸を対象とし、冬場の漂着状況とMPの調査分析を実施している。
- ・ 県の海岸管理者（主に農林水産部及び土木建築部）が実施する回収事業については、県内の北部、南部、宮古、八重山（中部を除く各地域）で実施中である。
- ・ 市町村においては12市町村（石垣や宮古の先島から伊平屋、伊是名まで）で回収作業が実施されている。その他、那覇港管理組合が漂流ゴミの回収を実施している。平成28年度から漂流ゴミも漂着物推進法の対象となり、平成30年度から補助金を交付して航行の支障となるゴミを対象に実施している。調査事業ではないことからデータを収集は行っていないが、実績報告として回収量のみまとめることは可能。
  - 漂着するゴミと漂流しているゴミの関係性を明らかにするうえで漂流ゴミのデータは貴重であり、今後具体的な調査データの公表を検討してもらいたい。
  - 県が実施している回収データについては、あまり周知されていないことから、今後回収量のデータについてHP等で公表を検討している。漂流ゴミの回収量についても那覇港管理組合と相談し、公表を検討する。
- ・ 6市町村（伊江村、座間味村、渡名喜村、伊平屋村、久米島町、多良間村）においては、発生抑制対策事業として環境教育や回収調査等を実施している。

### 議題2 平成30年度における海岸漂着物に含まれる有害物質の影響と対策方針検討の実施内容 (資料2) (発表者：野上)

- ・ 座間味島の本格的な調査において、有機汚染物質の分析及び対象種に含まれているMPの計数を実施した。ゴミの多いニタ海岸に生息するオカヤドカリに取り込まれたMPの方が、ゴミの少ない古座間味ビーチより多い結果が示された。また、胃の中のMPの大きさについては、イソハマグリよりオカヤドカリの方が大きい結果となった。
- ・ ムラサキオカヤドカリの胃の内容物にはポリスチレンが多く、発泡スチロールを摂食している可能性が示唆された。
- ・ イソハマグリの組織中のPCBsとPBDEsの分析結果において、ウハマよりニタの方が相当高い結果となった。ムラサキオカヤドカリも同様であった。
- ・ ツノメガニについては、ゴミの多い海岸と少ない海岸で有意な差がなかった。
- ・ ニタのオカヤドカリの肝臓から、通常環境中ではあまり検出されないBDE-179、-202が検出されたことにより、摂取したプラスチックに含まれる添加剤が体内で代謝移行したと推測された。
- ・ 重金属の分析結果では、ゴミの多いニタ海岸のイソハマグリの筋肉から、鉛、カドミウム、白金の元素が高濃度で検出された。肝臓については、筋肉の分析結果程は差がなかった。

- ・ 植物に関しては、プラスチック由来の重金属がアダンに集中して蓄積していたが、クサトベラではその傾向が見られなかった。
- ・ 重金属分析の結論としては、ゴミの多いニタ海岸とゴミの少ない比較対照海岸を比べた場合、動植物共通して、ゴミの多いニタ海岸に毒性の強い、鉛、カドミウム、白金の濃度が高いという結論が得られた。
- ・ 海岸漂着物から溶出する有害化学物質の溶出計算モデルに、過去に実施した座間味のモニタリング調査の年間漂着量を適応し、有害化学物質の年間溶出量を計算した。特徴としては、ニタの海岸の潜在的溶出量は、アルミとマンガンが非常に多く、毒性の高いヒ素やアンチモンも溶出量としては高い傾向にあることが明らかになった。その他、中国由来の海岸漂着物からはバリウムの溶出量が高い傾向にあり、バリウムが安定剤としてプラスチックに添加されていることが示唆された。
- ・ 海浜生成物による人工物片の取り込み状況としては、ゴミの多いニタ海岸のイソハマグリのMP検出率は100%(n=20)、ゴミの少ないウハマでは5%(n=20)であった。その後の調査で、与那国のイソハマグリも同様に分析した結果、ゴミの多い海岸では100%、少ない海岸では0%という結果を得た。
- ・ スナガニ類と同様にイソハマグリは化学物質のモニタリングとMPの調査を行う上で、指標生物に適していることが分かった。また、昨年度は分析対象ではなかったが、ホシムシも砂の中で生息することから、調査対象種として適している可能性がある。

### 議題3 海岸漂着物に含まれる有害物質の影響と対策方針検討の実施状況と今後の検討課題

1. 令和元年度の有害物質の影響調査、情報収集整理方法（資料3-1、参考資料1）（発表者：野上）
  - ・ 昨年度の専門家会議において、再現性確認の為の座間味島における調査の1年継続及び県内他地域の影響把握の為の対象地域の拡充が提案されたことから、今年度は座間味島に加え、世界遺産候補の西表島を調査地域とした。9月に座間味島、10月に西表島で調査を行い、分析試料の採取は終了している。
  - ・ 昨年度の専門家会議で、分析個体の体内から検出された0.1mm以下のMP分析方法や海岸における分布状況について検討しておいた方が良い（肉眼で判別不可）との意見が挙がった。昨年度は、高田研究室の装置で分析したが、機器分析は簡単にできる手法ではない。
    - 0.1mm以下のMPの評価方法は、東京農工大学の機器で分析した値と手分析（フィルターでろ過した後に顕微鏡で目視計測）した値を比較し整合性が取れれば、手分析でも信頼度に問題ないと言える。
    - 肉眼で目視可能な0.5mm以上のMPと0.5mm以下のMPの相関図を作成しておくことで、その浜に存在する微小なMPの数を推定することは可能。
    - MPの回収に使用している金魚網の目合は、メーカーによると約0.1mm（100μm）である。
  - ・ 次回の専門家会議（3月末開催予定）で、どんな海岸漂着物対策を講じるのが良いか、回収時期や優先的に回収する海岸、発泡スチロールの優先的回収等について、ある程度方

針を策定する予定。

- ・ 文献調査は昨年度と同じ条件で検索を実施しており、次回の専門家会議で説明する予定。今年度も B-1（生物がゴミを介して有害物質に曝露されているかを調査した）、B-2（ゴミに含まれる/吸着した有害物質が生物に及ぼす影響を調査した文献）、C-2（ゴミの取り込み/暴露により生物が影響を受けていることを示す文献）の文献が、一昨年度から増え始めている傾向にある。
- ・ 今年度の現地調査については、座間味島では昨年度の調査を継続し、ニタの海岸を対象海岸とする。同じく北向きのチシ西海岸では過年度モニタリング調査を行っていることからこの海岸のデータも活用する方針である。比較対照海岸はウハマ及び古座間味ビーチとする。なお、昨年度の分析結果において、阿嘉島のニシハマビーチは汚染されている可能性が示唆されたため、今年度の対照候補地からは除外した。西表島の野原崎西は、人為的な影響を受けず有害物質の汚染経路が海由来のみであると判断でき、また、近隣の高那では過年度モニタリング調査を実施しており高那の海岸のデータも活用できることから、調査対象海岸とした。比較対照海岸としては南風見田の西端を設定した。

## 2. 令和元年度沖縄県海岸漂着物モニタリング調査業務（参考資料 2）

- ・ モニタリングは平成 22 年度から断続的に実施しているが、今年度は 12 月及び 2 月の 2 回、冬の漂着量の把握目的の為、沖縄本島周辺離島（座間味島、阿嘉島）、宮古諸島（池間島、宮古島）、八重山諸島（石垣島、西表島、与那国島）の計 17 海岸で実施中である。併せて、MP の多い箇所を軸として、MP の簡易調査も実施している。また、来年度の予算次第で詳細調査も実施できるよう、詳細調査用のサンプルも採取済みである。簡易調査は汀線下から植生帯までの縦のライン 4 試料（資料 14 ページ図 2.3-1 中の 1、2-1、3、4 枠）のみ分析する方法である。詳細調査は 2-1～2-5、4-1～4-5 枠まで（計 12 試料）実施する方法である。今年度は簡易調査のみを実施するため、1 海岸 4 枠となる。
- ・ 12 月の調査の速報としては、与那国島のナーマ浜の MP 数が突出しており、概ね MP は満潮の汀線付近から植生帯間に分布していることが分かった。MP が多い箇所はサンプリング時のタイミングや海岸の特徴にもより、都度異なる。2 月の調査結果は、第 2 回の専門家会議で報告する。
  - 全国的にデータを並べた場合、MP が多い海岸か否かをどのように判断すればよいか、評価方法や比較が分かりづらい。気候条件（例えば台風後等）にもデータが異なる可能性がある。MP の漂着帯の中で、目視で一番多い地点のデータを代表値とすることも考えられる。
  - 汀線下にはイソハマグリ、汀線上はスナガニやオカヤドカリが生息していることから、MP 数は海岸を代表した 1 枠ではなく、簡易調査で行う 4 枠のデータを扱う方が良い。MP の総数とするか、総数をコドラート数で除算した値で比較するのか、算出方法を統一しておけば応用が利く。
  - どこの海岸に MP が多いかについては現時点で定義が無い。
  - 国は海洋中の MP については継続して実施していることから、何らかの定義はあると考えられるが、海岸に漂着した MP については国としては着目していない。従来は海岸

毎に平均して総数を算出する方針であったが、汚染度の評価をする上では最も多い数での議論が望ましい。今後、評価の仕方を継続して検討していきたい。

### 3. 有害物質の影響調査

#### (ア) 有機汚染物質の暴露について（資料 3-2）（発表者：水川委員）

- ・ 先行研究では、鳥がプラスチックを摂食することで添加剤の成分が移行することや、漂流しているゴミから高濃度の添加剤が検出される等が知られており、周辺環境のバックグラウンドが低い離島地域においては、プラスチックが生物の汚染暴露源であると言える。
- ・ 分析の対象成分は臭素系難燃剤 PBDEs(プラスチック製品に含まれ、物質を燃えにくくする成分)と、吸着由来成分 PCBs(1970 年代に規制されたが環境中への残留性が高い)である。PBDEs 及び PCBs はベンゼン環の骨格に塩素または臭素が 1~10 個置換した構造の物質である。
- ・ 座間味島では汚染地域としてニタ、コントロールとしてウハマ（一部は古座間味）、西表島では野原崎西と南風見田で、オカヤドカリ、ツノメガニ、イソハマグリ等を採取した。今回は西表島の結果を示す（座間味島の結果は 3 月の専門家会議で示す予定）。
- ・ ツノメガニの肝臓とイソハマグリの軟体部で PCBs の濃度を分析した。ツノメガニの結果では、南風見田より野原崎西の方が若干高めではあるが、平均すると有意な差はみられなかった。イソハマグリは野原崎西の濃度が多く見えるが、全体的に低濃度であるため議論できない。なお、昨年度の座間味ウハマ・ニタの分析結果と比較すると、西表島の南風見田と野原崎西の濃度は昨年度のウハマと同程度であり、ニタの PCBs 濃度は顕著に高いことから、ニタは確実に汚染源であると言える。  
→イソハマグリ全組織（内臓、中腸線を含む軟体部）30 個体で 1 分析の試料しか取れず、分析に使用した部位は濾過摂食で食べたものも全て含む。  
→ツノメガニとイソハマグリの PCBs 分析は乾燥重量、オカヤドカリは脂質重量で値を算出していることから、単純に結果を比較できないが、次回の専門家会議までに、ツノメガニとオカヤドカリとイソハマグリの濃度結果を比較できるようにしておく。
- ・ PCBs の組成においては、ツノメガニでは南風見田と野原崎西では組成の傾向に差が見られないが、イソハマグリに関しては組成が大きく異なり、南風見田では塩素数が少ないものの割合が高く、野原崎西では高塩素が優位である（PCB187 が優位な組成は、ニタの組成と類似）傾向がある。しかしながら、ニタのレジンペレットとニタのイソハマグリの組成は異なる（ニタのレジンペレットの組成はウハマのイソハマグリの組成に類似）ことから、PCB187 の由来が現場のレジンペレットとは考えにくい。  
→組成の比較ではなく、イソハマグリ 1 個体あたりの濃度に換算した場合とペレット 1g あたりの吸着量との相関を確認したい。  
→単純にプラスチックの濃度と生物の濃度を比較する議論は難しいが、次回の専門家会議までに濃度を比較した資料を準備する。
- ・ ツノメガニとイソハマグリ中の PBDEs 分析結果からは、PBD47 や PBD153 が低濃度で検出された。これらはプラスチック製品にも含まれており、生物濃縮由来で検出されるものであることから、低濃度で検出されたことに矛盾はない。イソハマグリの PBD209

は、粒子吸着性が非常に高く、懸濁物質を濾過摂食するイソハマグリの組織から検出されても妥当である。

→ミナミスナガニは個体サイズが小さい為、ツノメガニの方が試料としては分析しやすい。

- ・ イソハマグリの PBDEs も低濃度の中ではあまり差が見られない。
- ・ PBDEs については、臭素数の少ないものと多いものを別々の機器で測定しているが、低臭素妨害ピークが多く、低臭素（7~9 臭素）の PBDEs が定量できていない。昨年度のイソハマグリも同じ傾向にあり、定量できていない。
- ・ 2018 年度にニタと古座間味で採取したムラサキオカヤドカリを 5 個体追加で分析した。ニタの方が散発的に PCBs が検出される傾向にあり、PBDEs に関しては同じくニタで BDE7-①と BDE202 が低濃度で検出されており、プラスチック摂食による代謝物であると予想される。  
→ニタの B 個体のみ異常に PBDEs の濃度が高いが、個体の行動や摂食パターンによって異なることは自然であり、ランダムに添加剤が含まれているプラスチックを摂食した証拠である。環境中からの暴露のみだと濃度は均一になる。
- ・ その他、昨年度 PBDEs の標準物質ではピークの特定ができず不明であった同族異性体について、各同族異性体の標準物質を購入し、ピークの同定を実施した。新たに、ニタ B で検出された 6 臭素の BDE136 と BDE146、4 臭素の BDE80 が同定できた。
- ・ 添加剤摂食による代謝物かどうか調べるために、ムラサキオカヤドカリの生存状態から肝臓を摘出し代謝物を含む画分を生成、それに BDE209 を加えてできた生成物を確認したが、BDE209 の脱臭素化物は確認されなかった。しかし、オカヤドカリに直接 BDE209 を摂食させた状態で肝臓を分析した結果、大量に脱臭素化物が検出された。このことから、魚とは異なる代謝系で脱臭素が行われていることが判明した。  
→海の世界より土壌微生物が強いことから、陸生のオカヤドカリの腸内細菌で代謝力があがった可能性が考えられる。

(イ) 沖縄県沿岸において海洋ゴミ（おもにプラスチック）に由来すると考えられる重金属類による生態系汚染（資料 3-3）（発表者：渡邊委員）

- ・ 座間味島のニタ、ウハマ、西表島の野原崎西、南風見田の試料から、有機系の汚染物質と同様に重金属 35 元素（最高で希土類含む 47 元素）の分析も実施した。
- ・ 座間味島の漂着ゴミが多いニタ海岸では、去年に引き続き、イソハマグリからヒ素、カドミウム、発泡スチロール由来のニッケル、クロム、亜鉛が出てきた。ウハマでは去年の結果とは異なり、コバルト、バリウム、鉛が若干高く出た。コバルトが出てきたのは想定外である。
- ・ ヒートマップ分析及び主成分分析結果において、西表島と座間味島の対照地で傾向が異なり、プラスチックから出てくると予想される元素（ヒ素、カドミウム、鉛、クロム、アンチモン）が西表島で高かった。さらに西表島の中での比較では、野原崎西でカドミウムやニッケルが高く出たが、非汚染地である南風見田でアンチモン、マグネシウム、コバルト、バリウム、鉛、クロムが出てきたことより、座間味島でと西表島では特徴が

異なることが判明した。

- ・ 南風見田とニタを比べた結果、南風見田はニタより高いクロム、コバルト、バリウム、鉛が検出され、ヒ素とカドミウムはニタの方が高く出た。EPA（アメリカ合衆国環境保護庁）が公表している生物影響がでる毒性値基準によると、鉛、ヒ素、カドミウムに関しては、沖縄のイソハマグリは基準値を超えた。また、毒性の高いアンチモンは、座間味島のニタでは検出されなかったが西表島の南風見田では検出された為、西表島は注意しながら汚染の解析をすべきである。
  - 地質帯に関しては、座間味島のニタと古座間味で同じことが分かっており（ウハマは異なる）、同様に西表の野原崎と南風見田が同じかどうかについては確認が必要。
  - 高那と南風見田は地質帯が異なる可能性がある。
  - 南風見田は3~4 kmの広い浜であり、東側はサトウキビ畑や牧場があるが、西側の後背地は山でほぼ人為的な影響はない。サンプリングは西側から採取している。
  - 牧場は動物由来の重金属汚染がでる可能性がある。また、過去に船が座礁する等歴史的なイベントがあると結果が異なる。
  - 野原やユツン付近には沈没船がさびて放置されている場所がある。
- ・ 植物に関しては、座間味島のニタでアダンからプラスチック由来の元素が検出されたが、西表島の野原崎西の3種の植物（アダン、クサトベラ、モンパノキ）を調べた結果、モンパノキが一番重金属を蓄積している結果となった。今後、植生帯の根本のプラスチックの漂着状態も確認し、慎重に調査を進める必要がある。
  - 葉や根、枝による部位による違いはあるか。
  - 陸上植物においては葉からの吸収は無く、部位による違いとしては圧倒的に根が高く1000倍ぐらいの濃度差がある。葉より枝の方が濃度は高いが、生物濃縮の様に葉が一番濃縮された結果を反映すると予想されることから対象試料としたが、今後は根も着目すべきパーツであると考え。ただし、外部吸着をどこまで取り除けるかが課題である。
  - 中国から大気汚染由来の酸性雨が降れば、プラスチックが溶け出して植物の根に入る経路が考えられる。特に発泡スチロールは細くなり風で陸に吹き寄せられることから、植生帯端において、発泡スチロールからの溶出リスクが高い。
  - アダンだけ食べる昆虫もおり、海岸林にゴミが入ると生態系への影響が高い
  - 今年度の座間味島のアダンは解析が終わっておらず、座間味島の再現性確認できていない。ただし、重金属の分析でイソハマグリが有効であることは間違いない。

(ウ) 海浜性動物への人工物取り込みに係る分析結果（資料無し）（発表者：藤田委員）

- ・ サンプリングは各所（沖縄本島は本部半島と大浦湾、南部で3か所、宮古島2か所、伊良部島2か所、石垣4か所、西表2か所、座間味2か所、与那国2か所）で行ったが、解析ができていない。
- ・ 漂着量の多少で調査候補地が決まっているが、サンゴ礁に面した海浜と内湾では、貝の大きさが異なる印象を受けた。人為的な影響を完全に排除して、さらに環境も同じところでサンプリングは不可能だと感じている。ウハマは湾に該当することからその影響はありそう。

- ・ その他、イソハマグリには繁殖期があり、貝が成長すると性転換してメスになる。分析時期にも影響がでると考えられることから、去年 3 月と今年 9 月に採取した試料で比較分析予定。

(エ) 重金属元素溶出検討(資料 3-4) (発表者: 山口委員)

- ・ 同じプラスチックの容器でも国によって環境基準や仕様が違ってくることから、主要な漂着ゴミを種類毎・国籍別に分類し、ゴミの量から有害化学物質の溶出量を定義する。
- ・ 発泡スチロール以外は超音波洗浄等で表面を洗浄し、表面に吸着しているものは取り除き、製品に含有しているものからどの程度溶出するか調査している。ただし、発泡スチロールは吸着と含有を区別できない。
- ・ ゴミの多い海岸では、6~7 割の有害物質が発泡スチロールから供給されており、発泡スチロールは有害物質を運ぶ役割がある。
- ・ 3 月末までに、座間味島 2 海岸、西表島 2 海岸でそれぞれゴミの多い海岸、少ない海岸のデータをもらい、計算する予定。昨年度は 1 年間の漂着量、今年度は冬場の一番ゴミが多いデータで比較予定。
- ・ 本調査データは、効率的なゴミの除去やゴミの無い状態を保つための情報源とし、特に生物が影響を受ける場所は清掃回数を増やす等、具体的な対策に役立てるようにしてほしい。
- ・ MP から溶け出す重金属を分析し、大きなプラスチックからの溶出や砂からの溶出データと組み合わせることで、より厳密な議論ができると考えられる。今回採取した MP の吸着性や含有性を農工大で調べてもらいたい。これまでは同じ製造国、同じ種類毎に破断した破片で溶出試験を実施してきたが、MP は色んな製造国や種類のプラスチックが混ざったものであり、同一国同一種の結果とは異なる結果が得られると考えられる。  
→有機の汚染物質の場合、小さいほど溶出しやすいという仮説を立てているが、小さくなると添加剤は抜けやすくなる可能性も考えられる。挙動は有機と無機で異なることも予想される。  
→過去、レジンペレットの溶出性を調べた結果は公表されている可能性もあるが、東京湾と沖縄近辺を漂流したものでは水質によって吸着性が異なることから、吸着は評価しにくい。

(オ) 現地調査及び有害物質の分析結果を踏まえた海岸漂着物及びマイクロプラスチック対策の検討(資料 3-1) (発表者: 野上)

- ・ 今後の方針については、自然度の高いところを優先する、発泡スチロールを重点的に回収するなどの対策が昨年度話し合われたが、具体的な廃棄物対策に繋がる議論を行う必要がある。そこで、今後何に着目してどのような調査をすれば良いかについて、次回の専門家会議までに専門家の知見で考えてきて欲しい。なお、昨年度山口先生からは一つの漂着物や生物を指標として調査をすることにより、汚染の度合いを評価していくなどの案が挙げられている。
- ・ 環境整備課の課題としては、県内の MP 調査において発泡スチロールの割合が高いこと

を受け、発泡スチロールを優先的に回収処理する、発生抑制の面では発泡スチロールをなるべく使わない様に働きかけていく等の対策が想定される。さらに、国や業界、ボランティアへの指導に働き掛けていただきたい。

→モニタリングは最低3年に1回は必ず続けていくべきである。さらに、MPの調査データを充実させ、漂着ゴミとMPの関係を把握することも重要である。常にゴミを回収する状況を作ればMPは減っていくため、ゴミの回収の際にはMPも意識して作業する必要がある。具体的には、ゴミ清掃の際に大きいゴミを拾う部隊に追従してMPを回収する部隊を配置する、啓発も兼ねて積極的にMP回収を実施する等の方法も必要。

→沖縄本島の西海岸は近隣のホテルが積極的に清掃することでゴミが劣化していかずMPが少ない。放置される海岸とのMP数の差は歴然である。

→放置される海岸の対処が重要であり、越境ゴミについては国策で特定海岸地域に指定する等でやらないと追いつかない。

→環境整備課としては、西表島をモデル地域としたい。



## (2) 第2回専門家会議

### ●議事次第

日時：令和2年3月30日（月）

13:30～16:00

場所：沖縄タイムスビル・5階貸会議室①

#### 議 事

開会（13:30）

1. 沖縄県あいさつ
2. 資料の確認
3. 議事

①第1回専門家会議 議事概要(案) (資料1)

②海岸漂着物に含まれる有害物質の影響と対策方針検討及び今後の検討課題(資料2-1～2,参考資料)

- ・海岸漂着物に含まれる有害物質に関する情報の収集(資料2-1)
- ・有害物質の影響調査方法及び現地調査の状況(資料2-1)
- ・有機汚染物質の分析結果(資料2-2)
- ・重金属元素の分析結果(資料2-3)
- ・重金属元素の溶出に係る検討(資料2-4)
- ・海岸小動物に取込まれたプラスチック片の分析結果(資料2-5)
- ・調査結果の評価、有害物質の影響を考慮した海岸漂着物の対策方針、今後の課題等(資料2-1)

4. その他

閉会（16:00）

#### 配布資料

資料1 第1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(案)

資料2-1 海岸漂着物に含まれる有害物質の影響と対策方針検討及び今後の検討課題

資料2-2 沖縄海洋生物へのプラスチック経由の有害化学物質の曝露と蓄積 東京農工大学 水川薫子、田中菜々、高田秀重

資料2-3 沖縄県沿岸において海洋ゴミ（おもにプラスチック）に由来すると考えられる重金属類による生態系汚染（令和元年の第二報） 東京農工大学 渡邊泉教授・大矢悠幾

資料2-4 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 ～西表島(2海岸)・座間味島(2海岸)～ 防衛大学校 山口晴幸 名誉教授

資料2-5 サンゴ礁砂浜海岸に生息するイソハマグリにおけるマイクロプラスチックの取り込み状況 藤田喜久（沖縄県立芸術大学）

参考資料1 海岸漂着物に含まれる有害物質に関する文献一覧

参考資料2 令和元年度沖縄県海岸漂着物モニタリング調査結果

令和元年度沖縄県海岸漂着物地域対策推進事業  
 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 みずかわ かおるこ 水川 薫子 ※WEB出席	東京農工大学 農学部 環境資源学科 教授 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
ちのち 健次	沖縄県 環境部 環境整備課 一般廃棄物班 班長
みやひら 将生	沖縄県 環境部 環境整備課 一般廃棄物班 主任
オブザーバー	
にしむら 峻	沖縄県 環境部 環境整備課 一般廃棄物班 主任
令和元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	
のの 大介	日本エヌ・ユー・エス(株) 地球環境ユニット / 沖縄事業所 所長
いしがわ 賀子	日本エヌ・ユー・エス(株) 地球環境ユニット / 沖縄事業所
ひら 永子	日本エヌ・ユー・エス(株) 地球環境ユニット
まぎわ 優一	(株)沖縄環境保全研究所 生活環境部 分析・検査課 課長

## ●議事概要

### 議題1 第1回専門家会議 議事概要(案)(資料1) (発表者:野上)

- ・特になし

### 議題2 海岸漂着物に含まれる有害物質の影響と対策方針検討及び今後の検討課題

#### 1. 海岸漂着物に含まれる有害物質に関する情報の収集(資料2-1) (発表者:比企)

- ・ 昨年度と同じキーワードで文献検索を実施し、98件の文献がヒットした(昨年度から20件増加)。また、生分解性プラスチックの生物への影響を調査した文献は今年度の情報収集で初めて確認された。
- ・ 室内実験がほとんどであり、本事業のように実際の環境中での研究は非常に少なく、本事業の新規性や重要性が確認された。唯一、北太平洋亜熱帯循環(マイクロプラスチック(以下、「MP」という。))が集積する場所。Gyre。)の内外で採取したハダカイワシ中の化学物質濃度と採取地点のMP密度の関係性を調査した文献が、本事業における研究とコンセプトが類似していた。この文献では、低塩素PCBsとMP密度との正の相関が確認された。
- ・ 実際の環境中において海岸漂着物やMPが多い/少ない地点で、生物中の化学物質濃度を比較した研究例は非常に少ない。野外の研究が必要である。
- ・ プラスチックの使用が開始してから時間が経つが、使用開始からこれまで汚染状況は変化しているのか。プラスチックによる環境汚染は、なぜ最近になって急激に注目されているのか。

→生物によるマイクロプラスチックの摂食は1960年代から確認され、その後も継続的に報告されてきた。1970年代には海鳥によるMPの摂食が報告された。しかし、その時点では海鳥など、比較的大型の生物による大きいサイズのプラスチックの摂食の報告が多く、一般市民が関心を持つには至らなかった。2004年にリチャード・トンプソンらが低位生物のMPの摂食及び生物濃縮の可能性を指摘した頃から、特に魚介類を介しての人への影響が懸念されるようになり、一般市民も関心を持つようになった。最近10年間位で食物連鎖全体にMP汚染が広がっていることが分かってきた。また、年々生物によるMP摂食率が増加していることも報告されている。

#### 2. 有害物質の影響調査方法及び現地調査の状況(資料2-1) (発表者:野上)

- ・ 今年度は座間味島(ニタ海岸、ウハマ、古座間味ビーチ)、西表島(野原崎西、南風見田の浜)にてサンプリングを実施した。
- ・ 沖縄県では、平成25年度より23海岸のモニタリング調査を実施してきた。このうち沖縄本島の調査地点を除く17地点について、冬季60日間の漂着物量調査を実施した。

MP量のピークは2回の調査で異なり、海岸におけるMPの分布に一定の傾向はみられなかった。満潮の汀線より陸側にMPは存在するが、MPは風や波で動くため、MP量のピークの場所は一定ではないことが分かった。MPの調査は最も多い場所で採取しなくては実態が分からないということが確認できた。

座間味島はプラスチック片が多いが、宮古島及び与那国島は発泡スチロールが多い結果

であった。

2回の調査では海岸ごとの傾向を決めつけることはできないが、大まかな傾向はつかむことができた。

- ・ 季節によって MP の分布は傾向があることが分かった。通年調査でなければ全体的な傾向を把握することは難しい。  
→通年調査は平成 26 年度以降実施していない。海岸漂着物は一度回収してリセットした後、一定期間をおいて調査を実施すれば、ある期間の漂着量を求められるが、MP の場合はそのような調査は不可能である (MP は短期間のうちに波で流されたり、流れ着いたりする)。調査を重ね、海岸ごとに傾向が見られるとよい。
- ・ 定点調査 (モニタリング調査) の対象地点は全地点 MP も調査すべきである。現時点で漂着物の組成が MP の組成に影響していることが示唆されている。調査を 5~6 年継続すれば、MP の組成の傾向が見えるはずである。海岸漂着物量と MP 量の関係性を調べ、漂着物が MP になるのを防げる対策につなげるべきである。
- ・ 海岸漂着物が多い海岸は MP も多い傾向にある。しかし、与那国島のカタブル浜など、漂着物が少ないが MP が多い地点もある。
- ・ 海岸漂着物量と MP 量の関係は、ニタ・ウハマのイソハマグリ中の PCBs 濃度にも表れている可能性がある。9 月に調査を実施した場合、夏の摂食状況を反映した汚染である可能性があり、季節変化も含めて関係性を検討してほしい。

### 3. 有機汚染物質の分析結果 (資料 2-1) (発表者: 水川委員)

#### 【西表島】

- ・ オオナキオカヤドカリ、ツノメガニ、イソハマグリの PCBs 濃度は野原崎西のほうが南風見田よりも高かった。ただし、ツノメガニにおいては有意差ではなく、イソハマグリにおいては両地点とも低濃度であった。
- ・ オオナキオカヤドカリ (野原崎西、南風見田)、イソハマグリ (野原崎西) において 8 塩素 PCBs が多い組成となった。これは生物では珍しい組成である。
- ・ オオナキオカヤドカリ (野原崎西) において、製品には含まれない異性体 (BDE146、149) が検出された
- ・ 野原崎西のオオナキオカヤドカリ、イソハマグリから製品には含まれない異性体 (BDE179) が検出された。

#### 【座間味島】

- ・ イソハマグリ中 PCBs 濃度はウハマの方がニタ海岸よりも高かった。西表島のイソハマグリよりも高濃度であり、何らかの PCBs 汚染源がウハマに存在する可能性が示唆された。また、ウハマのイソハマグリからも 8 塩素 PCBs が多く検出された。
- ・ ツノメガニ中 PCBs 濃度は 2018 年度、2019 年度ともに海岸漂着物の少ない比較対象地で比較的高く、指標生物としての課題が示唆された。
- ・ 座間味島、西表島の両島において、プラスチック漂着の多い海岸において高塩素 PCBs が多い結果となり、海岸の MP 量との関係性を調査したい。
- ・ 指標生物としての有用性は以下のとおりである。

ムラサキオカヤドカリ：PBDEs、PCBs ともに有用。

イソハマグリ：PCBs は有用。PBDEs は課題あり。

ツノメガニ：PBDEs、PCBs ともに課題あり。

- ・ オカヤドカリが指標生物として適しているとのことだが、吸着物質の観点でもオカヤドカリが適しているのか。  
→吸着物質である PCBs のみを対象とするのであればイソハマグリでもよい。しかし、吸着物質と添加剤の両方の観点で考察できるためオカヤドカリがよいという感触である。
- ・ イソハマグリはろ過摂食か周辺環境との分配により汚染物質を体内に取り込むが、オカヤドカリは環境中との分配はほとんどなく、摂食が主な曝露経路である。よって MP の影響をダイレクトに受けているのはオカヤドカリといえる。
- ・ ムラサキオカヤドカリは汀線より陸側、イソハマグリは汀線、ツノメガニは海岸のみに生息する。
- ・ オオナキオカヤドカリとムラサキオカヤドカリの分析結果に差はあったのか。  
→差はなかった。

#### 4. 重金属元素の分析結果（資料 2-3）（発表者：渡邊委員）

- ・ 重金属の分析結果と分析個体の肝臓の状態から、脱皮後のカニで高濃度に、脱皮回復後のカニで低濃度になる可能性が示唆された。
- ・ 西表島のツノメガニでは多くの元素が野原崎西の方が南風見田よりも高濃度であった。一方ヤドカリ類については両地点で明確な差はなく、陸上に由来する原因（地質等）の影響を受けていることが考えられた。アダンの葉における元素濃度は南風見田で高かった。
- ・ 座間味島のツノメガニではニタの個体で多くの元素が高濃度であった。鉄(Fe)、コバルト(Co)及び鉛(Pb)を除いた元素は 2019 年が 2018 年よりも高濃度であり、継続的な調査が求められた。一方、ヤドカリ類についてもニタで多くの元素が高濃度であったが、プラスチックごみの少ないウハマでもいくつかの元素が高濃度で検出された。ニタのアダンの葉はオカヤドカリと類似の元素組成だった。
- ・ 砂中の重金属元素濃度（海岸漂着物から検出された元素）は Ni を除きニタの方が古座間味よりも高かったことから、砂におけるプラスチックごみによる影響が示唆された。またニタの砂中ヒ素(As)に関しては US EPA の生体毒性値を上回り、砂を介した生物への日常的な重金属曝露が懸念された。
- ・ 陸側から海側にかけての粗粒子化による自然な濃度勾配が見られる元素がある一方で、ヒ素、カドミウム、アンチモン等の元素は陸側での濃度上昇が確認され、雨水によるプラスチックごみからの溶出によると考えられた。
- ・ 砂は粒径により吸着性が異なるが、砂は分析前にふるいでふるったか。MP は砂にも含まれているが、MP も砂と一緒に分析している可能性はあるのか。  
→2mm のふるいでふるってそのまま分析しており、MP が含まれていた可能性はある。  
→鉱物以外のもの（塗料など）が砂に含まれる可能性もある。純粹に砂だけを分析する工夫も必要である。
- ・ 砂中の重金属は含有か溶出か。

→含有である（強酸で加熱）。環境省の溶出試験には基づいていない。

- ・ 北方のカニ（タラバガニ等）やヤシガニは脱皮前に絶食する習性があるが、ツノメガニは脱皮直前・直後も採餌し、長期間絶食することはない。ヤシガニは脱皮後 2～3 週間絶食し、肝臓も肥大する。陸生のヤドカリはかなり特殊な環境であり、生態も特殊である。なお、テトロドトキシンはカニのはさみ部分に蓄積しやすいなど、特定部位に特定の物質が蓄積することもある。
- ・ ツノメガニは砂に巣穴を掘って生活しており、砂が汚染されているとカニも汚染されるのではないかと考えられる。鰓にもかなり砂が入っていることが観察されるため、砂が汚染されていると生物への影響があると考える。ミナミスナガニは比較的定住性で海水が被る場所に生息しており、調査対象としてもよいと考える。（ただし個体数が少なく、サンプリングは難しい可能性がある。）

#### 5. 重金属の溶出に係る検討（資料 2-4）（発表者：山口委員）

- ・ 漂着ごみの構成組成から元素ごとの潜在的溶出量を求めた結果、多くの地点の多くの元素について発泡スチロールからの溶出量が多かった。
- ・ 発泡スチロールは環境中で微細化しやすく、多孔質であるため化学物質を吸着しやすい。漂着後は速やかに回収することが必要である。
- ・ ダミー発泡（製品）と海岸（宮古島、対馬）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ほうが含有量は多かった。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。
- ・ 発泡スチロールからの溶出量が最も多い金属元素は何か。  
→特に多いのは、アルミニウム (Al)、マンガン (Mn)、亜鉛 (Zn) である。輸送経路によっても大きく異なると考えられる。
- ・ MP は発泡スチロールとレジンペレットが 6 割を占める。発泡スチロールは主に漁業用途、レジンペレットはプラスチック業界に限られるため、漁業・プラスチック業界がこれらの使用をやめれば、6 割の MP を減らすことができる。むき出し発泡スチロールの規制・禁止、手製加工・作製物の記載・禁止、強度等の構造的な改善と認可制導入、等の対策が必要である。

#### 6. 海岸小動物に取り込まれたプラスチック片の分析結果（資料 2-5）（発表者：藤田委員）

- ・ すべての調査地点で採取されたイソハマグリから MP が検出された。
- ・ 小さいサイズの MP (<0.1 mm、0.11-0.50 mm) の個数が多かった。
- ・ 海岸に存在している漂着物と MP 量との関係性について分析を進める必要がある。
- ・ オカヤドカリからも MP は検出されるのか。  
→昨年度、一昨年にオカヤドカリを調査した結果、MP が検出された。今年度は広範囲の状況把握を目的とし、採取が比較的容易なイソハマグリを対象生物を限定した。
- ・ 高田先生の分析結果との比較により、この分析方法（双眼実体顕微鏡による分析）では過小評価になっていることが分かっている。発泡スチロールが微小化した MP は目視では判

別しづらい。

- ・ 与那国島のナーマ浜では海岸漂着物も MP も多い。重機で海岸清掃をすることで MP が生成しているのではないかと懸念している。調査時、重機で清掃した後は海に浮かぶ MP が圧倒的に増加していると感じた。具志堅の海岸は手で拾っており、MP は少ない。海岸漂着物の回収方法も検討すべきである。  
→ 沖縄県としては海岸漂着物を手で拾うことが推奨されているが、実際は推奨どおりに清掃している場所とそうでない場所があるようである。
  - ・ 大きなプラスチックが多い地点でイソハマグリ中の MP が多い傾向にあるのか。大きなプラスチックが少ない地点でも MP が検出されるのか。  
→ 今年度の結果では、海岸漂着物が多い地点でもイソハマグリ中 MP は少ない地点、海岸漂着物が少ない地点でもイソハマグリ中 MP が多い地点があり、イソハマグリ中 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。
7. 調査結果の評価、有害物質の影響を考慮した海岸漂着物の対策方針、今後の課題等（資料 2-1）（発表者：野上）
- ・ ヒ素及びカドミウムについて、食品衛生法、EU、FAO の基準値と本事業で分析された生物中濃度を比較したところ、基準値を上回る結果も多かった。基準値は湿重量、生物中濃度は乾燥重量ベースであるため単純比較できる値ではないことに留意する必要があるが、今後の海岸漂着物対策の参考になると考える。
  - ・ 本事業の成果として、有害物質については海岸漂着物の多い海岸は少ない海岸よりも影響が大きいという傾向が概ね確認された。重金属の潜在的溶出量の評価手法を確立し、発泡スチロールの潜在的溶出量が最も多いと推計された。海岸小動物におけるプラスチック片の取込みの調査も実施し、すべての調査地点から MP が検出され、生物中の MP 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が得られた。
  - ・ 今後、状況把握（モニタリング）に関しては、海岸漂着物のモニタリング調査の継続、有害物質の影響調査の対象地域の拡大、漂着量の少ない海岸の選定方法の見直しが必要である。
  - ・ 回収処理に関しては、漂着量の多い時期の回収の推進、自然度の多い海岸を優先的に回収するなどの工夫や、海岸ごとに潜在的溶出量を推計し、回収の優先度の判断に活用する取組み、回収する海岸漂着物に優先順位をつけることが対策として考えられる。
  - ・ 発生源対策に関しては、漁業用の発泡スチロールブイの流出対策（県漁連への協力要請等）の検討、近隣諸国への情報発信、協働対策などが考えられる。
  - ・ 普及啓発に関しては、風評被害が出ないような普及啓発方法について検討する必要がある。
  - ・ マイクロプラスチックの簡易調査手法を県内で普及させることで、県内広域の MP の存在量の情報が得られる。
- 
- ・ 専門家会議は今年度で一区切りとする予定である。予算規模は小さくなるが、MP の汚染状況把握調査は継続する予定である。MP 存在量のデータが蓄積されれば、汚染物質の調査も進めていきたい。

また、次年度の地域計画改定作業や海岸漂着物の回収処理の計画策定にも本会議の結果を反映したい。

専門家会議は来年度以降も継続して実施したいと考えている。

- ・ 3.2.1 は重金属のことにしか触れていないが、有機汚染物質にも同じことが言えるため、「有害物質」とまとめて表記すべきである。→有機汚染物質の分析結果は、藤田先生と組み合わせて横に広がりが出せる。考察しなおして情報提供したい。
- ・ 3.2.2 において発泡スチロールを優先的に対応すべきとの意見に賛成である。大きなごみが漂着した際に、放置せず、流れ着いたそばから回収すべきである、との記載を追加したい。漁具の発泡スチロールは建材をリサイクルして製造されている場合があるため、漁具に残留した臭素系難燃剤が生物に移行したという報告例もある。漁具への発泡スチロールの使用は注意すべきである。  
鹿児島県は発泡スチロール製漁具には PE 製シートを巻き付け、環境中に飛散しないような取組みをしており、効果があったと聞いている。沖縄県でも発泡スチロール製漁具の使用を続けるのであれば、同様の対策も必要である。また、普及啓発の際、発泡スチロールの由来は漁具だけでなく、カップ麺容器等生活雑貨としても使われていることも書き込むとよい。
- ・ 予算規模が縮小した場合、有機汚染物質についてはこれまでのレベルの研究はできないため、分析するかしないかの二択になる。
- ・ 漁業については、流通までを考慮に入れると発泡スチロールを排除することは不可能であるが、各漁協に要請を出すことはできる。沖縄の漁業ではどの程度発泡スチロールが使用されているのか、情報収集が必要ではないか。



## 2.5 平成 30 年度の専門家会議で示された課題等に関する検討

平成 30 年度事業で実施した専門家会議、現地調査、有害物質の分析評価結果等を踏まえ、関連項目別に平成 30 年度までの成果の概要と、今後必要と判断される取組方針・取組内容について等を表 2.5-1 に整理した。

表 2.5-1 平成 30 年度事業で示された項目別の課題・方針と想定される本事業での対応

関連項目	成果の概要	今後の取組方針・内容等
海岸漂着物に含まれる有害物質に関する情報の収集	海洋ごみに含まれる/吸着した有害物質が生物に及ぼす影響の調査研究事例が直近 1 年間で増えている。これらは全て室内実験の結果であり、影響については有無どちらの結果もある。	今後も有害物質の影響に係る研究事例は増えていくと想定される。 本事業による調査分析結果を評価する上で参考となる研究事例に絞り、情報収集を継続する。
有機汚染物質の分析	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に含まれている化学物質も MP も高濃度となった。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。	【有害物質の影響検討】 ・本年度の分析結果については、分析個体数、調査時季が限られる等の理由から、座間味村における調査分析を継続する。 ・県内の他地域においても MP も含めた調査事例を増やし、海岸漂着物や MP に含まれる有害物質と海岸生態系の関係についての解明を進める。特に多様な生物が生息する地域は優先的に調査を行う。 ・海岸漂着物に含まれる元素のうち、最も多く含まれる種類を汚染の指標にする。
重金属元素の分析	イソハマグリやアダンの分析結果から、漂着量の多い海岸の方が少ない海岸に比べ、特に鉛、カドミウム、白金の濃度が高い結果となり、これらはプラスチック由来の元素と考えられた。	・分析個体の体内から確認された 0.1mm 以下の MP の分析方法、海岸における分布状況の把握方法を検討する。 ・本事業で得られた調査結果については、食品及び土壌汚染安全基準の確認、安全性評価、公表手段の検討を行う。
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	座間味島チシ海岸におけるモニタリング調査結果を基にニタ海岸(海岸長 500m)における重金属元素 13 種類の潜在的溶出量を推計した。また海岸漂着物の種類別、製造国別の溶出量の特徴も把握された。	
海岸小動物におけるプラスチック片の取込み	イソハマグリ、スナホリガニ、オカヤドカリ類、スナガニ類の体内(消化管や鰓等)から MP が確認された。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。またイソハマグリに取込まれている MP のサイズは 0.1mm 以下のものが主となっていた。	【海岸漂着物対策の検討】 ・海岸漂着物は長期間放置すると海岸環境へ有害物質が溶出す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。 ・発泡スチロールについては劣化して MP 化し易い、化学物質の吸着性が高い等の問題があり、優先的に回収する等の対策が必要と判断される。

## 2.6 海岸漂着物に含まれる有害物質に関する情報の収集

### 2.6.1 本事業（令和元年度）における情報収集整理方法について

令和元年度は、平成 28～30 年度事業で実施した情報収集整理を継続しつつ、当事業で実施する調査により直結した最新の知見を効果的に収集整理するため、表 2.6-1 の太枠に示す条件（B-1、B-2、C-2）の観点に注力し、情報収集を実施した。

表 2.6-1 情報収集整理の条件

条件	主な内容	文献の内容例
目的 1：海ゴミに含まれる/吸着した有害物質が海岸に及ぼす影響の調査		
A	海岸に漂着したゴミの有害物質を調査した文献	<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> <li>対象とするゴミ：海岸漂着ゴミ</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
目的 2：海ゴミに含まれる/吸着した有害物質が生物に及ぼす影響の調査		
B-1	生物がゴミを介して有害物質に曝露されているかを調査した文献	<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：水生生物（魚類、二枚貝）</li> </ul> PCBs を含むマイクロプラスチックを海鳥に与えたところ、海鳥からPCBsが検出された。
B-2	ゴミに含まれる/吸着した有害物質が生物に及ぼす影響を調査した文献	<ul style="list-style-type: none"> <li>有害物質の種類：PCB、プラスチック抽出成分、その他物質</li> <li>生物種：水生生物（魚類、二枚貝）及び植物</li> </ul> PCBs を含むマイクロプラスチックを魚に与えたところ、孵化数が減少した。
目的 3：海ゴミが生物に及ぼす影響の調査		
C-1	生物によるゴミの取込みを調査した文献	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査手法：野生個体の解剖結果等</li> <li>生物種：水生生物（魚類、カニ、クジラ等）や水鳥等</li> </ul> カニからマイクロプラスチックが検出された。
C-2	ゴミの取り込み/曝露により生物が影響を受けていることを示す文献	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査手法：マイクロプラスチックの曝露実験等</li> <li>生物種：水生生物（魚類、カニ等）及び水鳥</li> </ul> カニをマイクロプラスチックに曝露したところ、生存率が低下した。

- 対象から除外する文献
  - 海岸に漂着したごみの量・種類に関する文献
  - 海洋を漂っているごみの有害物質に関する文献

情報収集は米国国立医学図書館の国立生物工学情報センター (NCBI) が運営する医学・生物学分野の学術文献検索サービス PubMed を用い、次表 2.6-2 に示す海洋ごみや曝露、影響に関するキーワードを入れ検索した。

表 2.6-2 海洋ゴミの生物及び生態系への影響についての検索に用いた検索式

検索データベース	PubMed ( <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed</a> ) 米国国立医学図書館の国立生物工学情報センター (NCBI) が運営する医学・生物学分野の学術文献検索サービス
検索条件 (以下の各条件を AND でつなぎ検索)	
検索キーワード (海洋ごみ・マイクロプラスチック等)	("marine debris"[All Fields] OR "marine litter"[All Fields] OR microplastics[All Fields] OR macroplastics[All Fields]) AND (exposure[All Fields] OR bioaccumulation[All Fields] OR effects[All Fields])
文献の言語	(Japanese[Language] OR English[Language])
対象期間	("2018/11/1"[PDAT] : "2019/9/30"[PDAT])

文献検索で収集した文献から、表 2.6-1 の太枠の条件 (B-1、B-2、C-2) に該当する、2018 年以降の新しい情報を抽出し、その内容を整理した。

## 2.6.2 情報収集整理の結果

前出表 2.6-1 の太枠に示す条件 (B-1、B-2、C-2) により、平成 30 年度事業での検索以降、全 98 件の文献の情報を収集した。条件別の情報収集結果を表 2.6-3 に示す。98 件のうち、本調査との類似点がある研究 (環境試料を対象とする等) や本調査と対象種が類似している研究 15 件について、概要をまとめた。概要作成文献の選定基準については下記のとおりである。なお、文献の概要は、本報告書資料編に記載した。

- ・ B-1 : 環境試料 (魚類) を用いた文献 (1 件)、及び二枚貝を対象とした文献 (1 件)
- ・ B-2 : 植物を対象とした文献 (1 件)、二枚貝を対象とした文献 (2 件)、魚類を対象とした文献 (7 件) のうち環境中の砂中マイクロプラスチックに含まれる化学汚染物質を対象とした文献 (2 件)
- ・ C-2 : 甲殻類 (カニ)、二枚貝を対象とした文献 (8 件)

表 2.6-3 条件別の情報収集結果

調査目的	条件		文献数	概要作成文献数	主な報告内容
海ゴミに含まれる/吸着した有害物質が生物に及ぼす影響の調査	B-1	生物がゴミを介して有害物質に曝露されているかを調査した文献	4	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>●魚類中の低塩素 PCBs 濃度は Gyre 内の方が Gyre 外よりも高く、プラスチック密度と正の相関があった</li> <li>●二枚貝において、微細藻類は消化され、水銀を放出するため体内のより深いレベルに水銀が蓄積する一方、マイクロプラスチックは水銀との親和性が高く、また異物として迅速に排出されるため、水銀が迅速に体内から除去された</li> </ul>
	B-2	ゴミに含まれる/吸着した有害物質が生物に及ぼす影響を調査した文献	23	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>●化学物質（ベンゾ[a]ピレン）を吸着した MP の方が吸着していない MP よりも毒性が高い</li> <li>●MP の曝露はレタスの成長、光合成、抗酸化防御システムを阻害しうることを示唆</li> <li>●環境中 MP の抽出液を用いたバイオアッセイ・曝露実験の結果、致死効果（高死亡率、低孵化率）と亜致死効果（生体計測と遊泳行動の変化、EROD 活性上昇、DNA 損傷）を確認</li> </ul>
海ゴミが生物に及ぼす影響の調査	C-2	ゴミの取込み/曝露による生物への影響を調査した文献	71	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>●二枚貝に MP を曝露した場合                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・糞便及び偽糞が増加し、異物を除去する能力を報告</li> <li>・一方、悪影響（免疫調節・解毒・代謝・発達などに関与するタンパク質の変化、孵化率及び成長率の減少、奇形）の報告もあり</li> </ul> </li> <li>●カニに MP を曝露した場合、MP 曝露が低濃度かつ短時間であっても、血リンパ及び肝臓において、ほとんどの免疫関連酵素及び 2 種類の腸内細菌が減少</li> </ul>

(1) 条件 B-1 (生物がゴミを介して有害物質に曝露されているかを調査した文献)

条件 B-1 (生物がゴミを介して有害物質に曝露されているかを調査した文献) については、環境試料 (魚類) を対象とした文献 1 件、及び二枚貝を対象とした文献 1 件に着目した。これらの対象生物・対象化学物質別の内訳は表 2.6-4 (項目内の重複あり) に示すとおりである。

表 2.6-4 条件 B-1 (生物がゴミを介して有害物質に曝露されているかを調査した文献) の対象生物・対象化学物質別の内訳

対象生物	文献数						概要作成
	PCBs	PBDEs	DDTs	重金属*1	プラスチックの原料や添加剤等*1	合計	
魚類	2	1	1	0	1	2	1 (環境試料)
環形動物	1	0	0	0	1	2	0
二枚貝	0	0	0	1	0	1	1
合計	2	1	1	1	1	4	2

\*1: プラスチックの原料 (BPA)、フェノール樹脂の合成などに用いられるノニルフェノール (4-NP)、オクチルフェノール (4n-OP)、アルキルフェノールエトキシレート (APE)、難燃剤 (ヘキサブロモシクロドデカン (HBCD))

プラスチックが蓄積していることで知られる北太平洋亜熱帯循環 (North Pacific Subtropical Gyre、以下「Gyre」という。) の内外で採取したハダカイワシ中の化学汚染物質を測定し、化学物質濃度と試料採取地点のプラスチック密度の相関を調査した研究では、低塩素 PCBs 濃度は Gyre 内の方が Gyre 外よりも高く、プラスチック密度と正の相関があるという結果が得られた。この結果は先行研究とも一致しており、マイクロプラスチックから生物への化学物質の輸送の可能性を示唆した。(資料編 文献一覧 B1-01)

ムラサキイガイに、MP に吸着させた状態、微細藻類に吸着させた状態、溶存態で、水銀を曝露し、その蓄積を調査した文献では、水銀の蓄積量は粒子の種類に関わらず同程度であった。ただし、微細藻類は消化され、水銀を放出するため体内のより深いレベル (消化管から足糸まで) に蓄積する一方、マイクロプラスチックは水銀との親和性が高く、また異物として迅速に排出されるため、水銀が迅速に体内から除去されたことを報告した。(資料編 文献一覧 B1-02)

(2) 条件 B-2 (ゴミに含まれる/吸着した有害物質が生物に及ぼす影響を調査した文献)

条件 B-2 (ゴミに含まれる/吸着した有害物質が生物に及ぼす影響を調査した文献) については、植物または二枚貝を対象とした文献 (3 件) と、魚類を対象とした文献 (7 件) のうち環境中の砂中マイクロプラスチックに含まれる化学汚染物質を対象とした文献 (2 件) に着目した。対象生物・対象化学物質別の内訳は表 2.6-5 (項目内の重複あり) に示すとおりである。

表 2.6-5 条件 B-2 (ゴミに含まれる/吸着した有害物質が生物に及ぼす影響を調査した文献)の  
対象生物・対象化学物質別の内訳

対象生物	文献数					概要作成
	PCBs	重金属*3	プラスチックの原料や添加剤等*4	その他汚染物質*5	合計	
植物	0	0	1	0	1	1
環形動物	0	1	1	0	2	0
二枚貝	0	0	0	2	2	2
魚類	1	4	2	3	8	2 (環境試料)
プランクトン等*1	0	0	3	7	10	0
不明*2	0	0	0	1	1	0
合計	1	4	7	13	23	5

\*1: 微細藻類やカイアシ類・ウニの幼生を含む

\*2: バイオアッセイ (H4IIE-luc assay) を用いた研究

\*3: カドミウム、銅など

\*4: 可塑剤 (フタル酸ジ-n-ブチル (DBP)、フタル酸ビス-2-エチルヘキシル (DEHP)、ビスフェノール S、4-tert-オクチルフェノール)、フェノール樹脂の合成などに用いられるノニルフェノール (NP)、界面活性剤 (アルコールエトキシレート)、蛍光添加剤

\*5: 多環芳香族炭化水素 (PAHs) (ベンゾ[a]ピレン (BaP)、フルオランテン (Flu) を含む)、マイクロプラスチック抽出物 (PAHs、PCBs、DDTs を含む)、農薬 (クロルピリホス、グリホサート)、トリフェニルスズ、医薬品 (トリクロサン、ロキシシロマイシン)

なお、PAHs は有機物の燃焼により発生する物質である。トリフェニルスズは船底防汚塗料として用いられるが、毒性が高く環境ホルモンとして作用する。

これら 12 件の文献を実験方法や目的によって以下 (a)、(b)、(c) の 3 種類に分類した。

(a) 化学物質を添加したマイクロプラスチックを生物に曝露しその生態影響を調べた文献

(b) 化学物質とマイクロプラスチックを同時に曝露し、マイクロプラスチックが存在することによる化学物質の毒性の変化について調査した文献

(c) (a)、(b) の両方について調べた文献

5 件の文献を実験方法や目的によって以下 (a)、(b)、(c)、(d) の 4 種類に分類した。

(a) 化学物質を吸着したマイクロプラスチックを生物に曝露しその生態影響を調べた文献

(b) 化学物質とマイクロプラスチックを同時に曝露し、マイクロプラスチックが存在することによる化学物質の毒性の変化について調査した文献

(c) (a)、(b) の両方について調べた文献

(d) バイオアッセイ等によってマイクロプラスチックに含まれる化学物質の毒性を評価した文献

(a) 化学物質を吸着したマイクロプラスチックを生物に曝露し生態影響を調べた文献

化学物質を吸着したマイクロプラスチック (MP) を生物に曝露し生態影響を調べた文献は 1 件あった (資料編文献一覧 B2-02)。ムラサキイガイに大きさの異なる (0.5  $\mu\text{m}$ 、4.5  $\mu\text{m}$ ) ポリエチレン製 MP (ベンゾ[a]ピレン (BaP) を吸着させた MP と吸着させていない MP) を曝露した結果、複数のエンドポイント (血球の生存率、カタラーゼ活性、消化管上皮の構造) において、BaP を吸着させた MP の方が MP 単独よりも毒性が高いという結果が得られた。BaP を吸着させた MP を曝露した場合、イガイ中 BaP 濃度は時間経過とともに増加し、特により小さいサイズの MP で顕著だった。ただし BaP を吸着させた MP (0.5  $\mu\text{m}$ ) の曝露区では、成長量が増加し、ムラサキイガイのストレスへの対応能力が示唆された。

(b) 化学物質とマイクロプラスチックを同時に曝露し、マイクロプラスチックが存在することによる化学物質の毒性の変化について調査した文献

化学物質とマイクロプラスチック (MP) を同時に曝露し、MP が存在することによる化学物質の毒性の変化について調査した文献は 1 件あった (資料編文献一覧 B2-01)。MP 単独・フタル酸ジ-n-ブチル (DBP) 単独・MP と DBP の両方をそれぞれレタスに曝露した結果、MP の曝露はレタスの成長、光合成、抗酸化防御システムを阻害しうること、MP は DBP の光合成への影響を悪化させることが示唆された。

(c) 化学物質を添加したマイクロプラスチックの曝露、化学物質とマイクロプラスチックの複合曝露の両方を行い、化学物質の蓄積や生態影響を調べた文献

化学物質を添加したマイクロプラスチック (MP) の曝露、化学物質と MP の複合曝露の両方を行い、化学物質の蓄積や生態影響を調べた文献は 1 件あった (資料編文献一覧 B2-03)。ムラサキイガイに、ポリエチレン (PE) 製及びバイオプラスチックであるポリヒドロキシブチレート (PHB) 製の MP を、それぞれ単独に曝露/MP とフルオランテン (Flu) を同時に曝露/MP に Flu を吸着させて曝露し、解毒酵素への影響を調査した。その結果、複合曝露及び Flu を吸着させた MP の曝露による生化学的反応は、PE 製 MP 単独及び PHB 製 MP 単独と同等であり、MP と化学物質の複合影響がないことが示唆された。なお、バイオプラスチックである PHB と PE の毒性の違いに一般的な傾向は確認されなかった。

(d) バイオアッセイによってマイクロプラスチックに含まれる化学物質の毒性を評価した文献  
バイオアッセイによってマイクロプラスチック (MP) に含まれる化学物質の毒性を評価した文献は 2 件あった。

バージン MP (新品のプラスチック)、BaP で人工的にコーティングされた MP、環境中 (6 地点 ; バルミューダ、チリ、グアム、ハワイ 2 地点) で採取された MP のジメチルスルホキシド (DMSO) 抽出物について、複数のバイオアッセイを実施し、毒性を調べた研究では (資料編文献一覧 B2-04)、環境中の MP 抽出液による EROD 活性の誘発と DNA 損傷が確認された。一方、バージン MP の抽出液の毒性は観察されなかった。

バージン MP (新品のプラスチック)・BaP で人工的にコーティングされた MP・環境中 (イースター島、グアム、ハワイ) で採取した MP の抽出物をニホンメダカの胚に曝露した研究 (資料編文献



一覧 B2-05) では、MP に吸着した有機汚染物質の致死毒性、亜致死毒性が示唆された。BaP でコーティングした MP の抽出液で致死効果（高死亡率、低孵化率）、亜致死効果（生体計測と遊泳行動の変化、EROD 活性上昇、DNA 損傷）が誘発した。環境中 MP の抽出液は地点によって異なる毒性を示し、ハワイの MP の抽出液の毒性が最も高かった。なお、前者の研究例（資料編文献一覧 B2-04）と同様、バージン MP の抽出液はどのエンドポイントについても毒性は観察されなかった。

### (3) 条件 C-2（ゴミの取込み/曝露による生物への影響を調査した文献）

条件 C-2（ゴミの取込み/曝露による生物への影響を調査した文献）については、71 件収集した。そのうち、本調査の対象生物に近い生物種であることから、甲殻類（カニ）、二枚貝を対象とした文献 8 件の概要をまとめた。条件 C-2 の生物分類別の内訳は表 2.6-6（項目内の重複あり）に示すとおりである。

表 2.6-6 条件 C-2（ゴミの取込み/曝露による生物への影響を調査した文献）  
の生物分類別の内訳

生物群	生物分類	生物分類ごとの文献数	概要作成した文献数
植物	植物	5	0
原生生物	微生物	2	0
無脊椎動物	プランクトン等	24	1（二枚貝も対象）
	甲殻類（カニ）	1	1
	甲殻類（エビ）	1	0
	線形動物	1	0
	節足動物	1	0
	二枚貝	8	7* <sup>1</sup>
	腹足類	2	0
脊椎動物	刺胞動物（サンゴ）	3	0
	魚類	13	0
	両性類	1	0
	鳥類	2	0
	げっ歯類	5	0
	ヒト	3	0
総文献数		71	8

\*1：1 件はシャコガイと対象としており、本調査の対象生物と生態が異なるため除外

二枚貝を対象とした文献のうち、2 件の文献ではマイクロプラスチックやナノプラスチックの曝露後、糞便及びや偽糞が増加し、異物を除去する能力が示唆された（資料編 文献一覧 C2-01、資料編 文献一覧 C2-02）。一方、MP の曝露により二枚貝に悪影響を確認した文献では、ムラサキイガイにおける免疫調節・解毒・代謝・発達に關与するタンパク質の変化（資料編 文献一覧 C2-03）や、ハマグリ の胚の孵化率及び幼生の成長率の減少（資料編 文献一覧 C2-06）、カワホトトギスガイにおけるリボソームの構造と機能・エネルギー代謝・細胞輸送・RNA 結合・細胞骨格に關連するタンパク質の変化（資料編 文献一覧 C2-07）、

ムラサキイガイの幼生の奇形（異常発達）（資料編 文献一覧 C2-08）などを報告した。また、生分解性プラスチック（ポリ乳酸）よりも高密度ポリエチレンの方が（資料編 文献一覧 C2-03）、低濃度よりも高濃度の方が（資料編 文献一覧 C2-07）、その影響の程度が大きいと報告された。また、資料編 文献一覧 C2-04 では、ムラサキイガイに MP を曝露した後、足糸から MP が検出されたことを報告した。

カニを対象とした文献では、チュウゴクモクズガニに MP を曝露したところ、MP が低濃度かつ短時間の曝露であっても血リンパ及び肝臓において、ほとんどの免疫関連酵素と 2 種類の腸内細菌が減少したことを報告した（資料編 文献一覧 C2-05）。

## 2.7 有害物質の影響調査

### 2.7.1 調査の目的

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う。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する。

### 2.7.2 調査地域及び海岸

#### (1) 調査対象地域及び海岸

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 2.7-1 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）を調査対象海岸とする。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。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的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 2.7-2 に示す。



図 2.7-1 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シ西海岸の位置

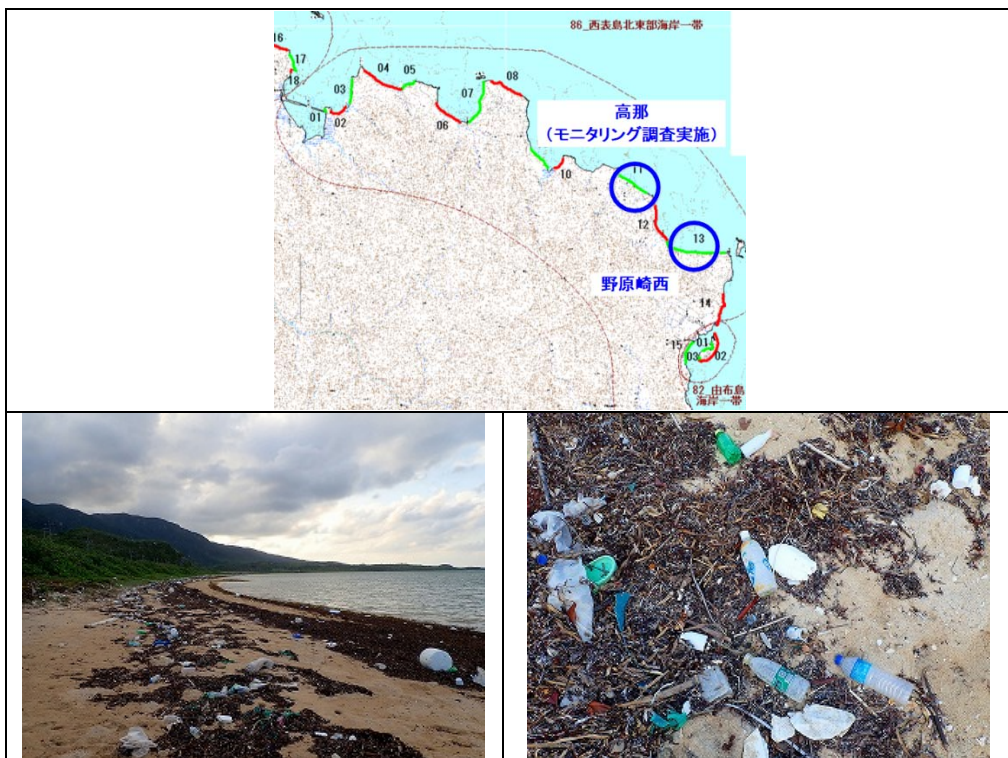


図 2.7-2 西表島における調査対象として選定した野原崎西海岸の位置と漂着状況、  
 沖縄県が過年度モニタリング調査対象海岸としている高那海岸の位置

## (2) 比較対照地域及び海岸

本調査では、前述のとおり座間味島のニタ海岸及び西表島の野原崎海岸を調査対象海岸とするが、有害物質の影響を検討する上では、比較対照とする海岸を併せて選定する必要がある。

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 2.7-3 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 2.7-4 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する。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ることにある。

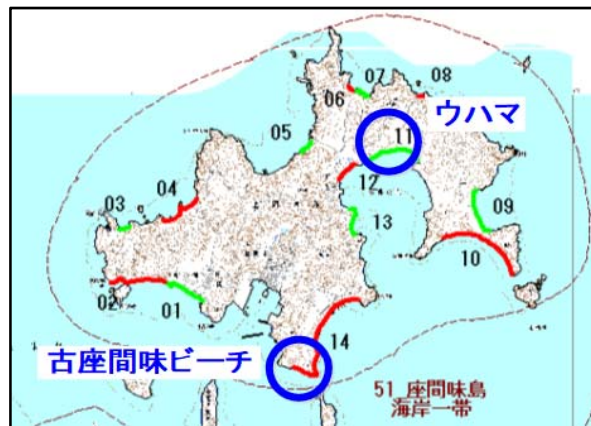


図 2.7-3 座間味島における比較対照海岸としたウハマ及び古座間味ビーチの位置



図 2.7-4 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

### 2.7.3 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 2.7-1、表 2.7-2 のとおりとした。

表 2.7-1 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"> <li>・海岸基質、地形、規模等の確認</li> <li>・人為的影響の有無の確認</li> <li>※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。</li> </ul>
海岸生態系の確認(現地)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> </ul>
分析対象の選定と採取(現地)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>
分析の実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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)</li> <li>・有機汚染物質(PCB, PBDE等)、重金属元素(30種類程度)の分析</li> <li>・重金属元素由来の有害物質による潜在的溶出量の推計</li> </ul>
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"> <li>・上記項目について専門家会議において検討する。</li> </ul>
課題抽出と対応策の議論	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>

表 2.7-2 本格的な調査の実施体制

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

## 2.7.4 分析対象物及び生物種

令和元年度の調査において調査対象候補とするニタ海岸及び高那海岸、比較対照海岸における分析対象の候補は、平成30年度と概ね同様とし、以下のとおりである。

### (1) ニタ海岸における分析対象

#### ① 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<sup>※1</sup>、海岸中央部の砂<sup>※1</sup>、海岸植生帯間際の砂<sup>※1</sup>  
(図 2.7-5 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 2.7-3 に写真)

#### ② 生物種

生物種の分析対照候補は以下のとおりである(図 2.7-6 に海岸における生息・生育場所概念図、表 2.7-4 に解説を記載)。

##### ● 海岸生物

- ・アマオブネガイ科(潮間帯の岩礁に生息/懸濁物、藻類、バイオフィルム食種/周囲の環境影響を受けやすい)
- ・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)
- ・ヨコエビ類(体内に重金属を蓄積しやすい)
- ・ホシムシ類(体内にMPを取り込んでいる可能性が高い)
- ・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<sup>※2</sup>

##### ● 陸生生物

- ・アリ類(海岸地域に生息するツヤオオズアリ、アシナガキアリ等/オカヤドカリの餌生物)

##### ● 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)<sup>※1</sup>

<sup>※1</sup> 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

<sup>※2</sup> 国指定天然記念物

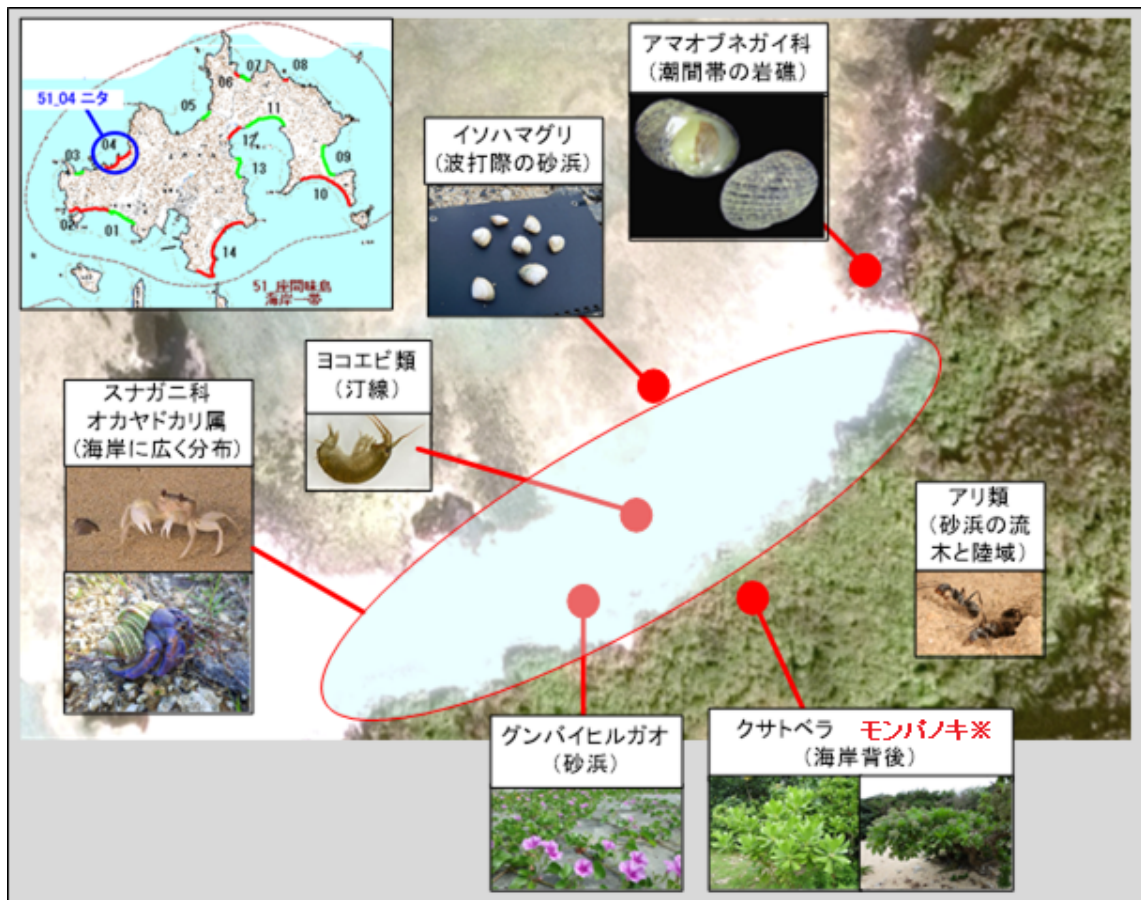


図 2.7-5 海岸基質の採取予定概略図

表 2.7-3 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
		





※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、採取規制動植物に該当

図 2.7-6 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 2.7-4 分析対象生物種

区分	種名	選定理由	解説
海岸生物	<p>アマオブネガイ科 (リュウキュウアマガイ、ニシキアマオブネ等)</p>  <p>リュウキュウアマガイ <a href="http://island.geocities.jp/syuri3424/makigai/amaobune/ryuukyuuamagai.jpg">http://island.geocities.jp/syuri3424/makigai/amaobune/ryuukyuuamagai.jpg</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・懸濁物、藻類、バイオフィルム食種</li> <li>・周囲の環境影響を受けやすい</li> </ul>	<p>【分布など】 世界の熱帯から温帯にかけて分布し、熱帯域ほど種類が多様である。主な生息環境は海岸の潮間帯の岩礁上や転石上だが、汽水域の砂泥上や淡水域の岩や石礫上に生息するものも多い。また水流の有無・塩分濃度・乾燥の頻度・波当たりの強弱・底質等により、種類毎に細かい棲み分けも見られる。クサイロカノコやキンランカノコのようにアマモ類の葉に強く着生して生活するものもある。 日本では南西諸島や小笠原諸島で40種ほどが見られる。本州中部より北は分布しない。</p> <p>【特徴】 岩石等の上を這い、バイオフィルムやデトリタスを歯舌で削り取って摂食する。海岸に生息するものでは日中は砂中や岩陰に隠れており、夜間に這い出して摂餌するものも多い。繁殖様式は原則として精英の授受による体内受精で、メスは交尾後に石等に多くの卵嚢を産みつける。子供は幼生の形態で孵化し、しばらくは海中で浮遊生活をする。但しアマガイのように直達発生を行い、貝の姿になって卵嚢の外へ出る種類もある。 <a href="https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A2%E3%83%9E%E3%82%AA%E3%83%96%E3%83%8D%E3%82%AC%E3%82%A4%E7%A7%91">https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A2%E3%83%9E%E3%82%AA%E3%83%96%E3%83%8D%E3%82%AC%E3%82%A4%E7%A7%91</a></p>
海岸生物	<p>イソハマグリ</p>  <p><a href="https://www.zukan-bouz.com/public_image/Fish/2397/Thumb630/iso-hamaguri0.jpg">https://www.zukan-bouz.com/public_image/Fish/2397/Thumb630/iso-hamaguri0.jpg</a></p>	<p>波打ち際の懸濁物食種</p>	<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。 <a href="http://www.kanpira.com/iriomote_museum/shell/sandy_area.htm">http://www.kanpira.com/iriomote_museum/shell/sandy_area.htm</a></p>
海岸生物	<p>ヨコエビ類</p>  <p>ヨコエビ亜目 <a href="https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%A8%E3%82%B3%E3%82%A8%E3%83%93">https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%A8%E3%82%B3%E3%82%A8%E3%83%93</a></p>	<p>体内に重金属を蓄積しやすい</p>	<p>【分布など】 端脚類の中でも特に種分化が進んだグループで、幅広い環境に多くの種が分布している。日本からは2015年現在で411種が報告されている。ヨコエビ類の多くは水生の底生生物だが、なかには遊泳するもの、さらには陸生のものもいる。</p> <p>【特徴】 野外においてしばしば高い密度で生息するため、自然界では分解者として、また他の動物の餌として重要である。たとえば河口域において、ヨコエビ類が堆積した落ち葉を食べ分解すると同時に、魚類の餌となっている事例が知られている。 <a href="https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%A8%E3%82%B3%E3%82%A8%E3%83%93">https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%A8%E3%82%B3%E3%82%A8%E3%83%93</a></p>

区分	種名	選定理由	解説
海岸生物	<p>スナガニ科</p>  <p>ミナミスナガニ</p> <p><a href="https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B9%E3%83%8A%E3%82%AC%E3%83%8B%E7%A7%91#/media/File:BBayCrab2.jpg">https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B9%E3%83%8A%E3%82%AC%E3%83%8B%E7%A7%91#/media/File:BBayCrab2.jpg</a></p>	<p>雑食の海岸生息小動物</p>	<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を食べたり、生きている小動物を捕食することもある。</p> <p><a href="https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B9%E3%83%8A%E3%82%AC%E3%83%8B%E7%A7%91">https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B9%E3%83%8A%E3%82%AC%E3%83%8B%E7%A7%91</a></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>	<p>雑食の海岸生息小動物</p>	<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>
陸生生物	<p>アリ類</p>  <p>ツヤオオズアリ</p> <p><a href="http://ant.miyakyo-u.ac.jp/J/P/PCD0571/13.html">http://ant.miyakyo-u.ac.jp/J/P/PCD0571/13.html</a></p>  <p>アシナガキアリ</p> <p><a href="http://ant.miyakyo-u.ac.jp/J/P/PCD1050/43.html">http://ant.miyakyo-u.ac.jp/J/P/PCD1050/43.html</a></p>	<p>オカヤドカリの餌生物</p>	<p>ツヤオオズアリは海岸地域では最も多く生息する種。砂浜の上、アダン林、グンバイヒルガオが生えているあたりに生息する。大きさは3mmほど。アシナガキアリは県内で生息域を問わず広く分布する。両種とも外来種である。</p> <p>アリ類の捕獲方法としては、カルピスなどを用いた糖蜜トラップがあり、コップの中にカルピス入りの小コップを針金などで浮いた状態にして設置すると短時間で回収できる。</p> <p>アリ類の捕獲・分析等についての相談先(候補)：          (株)沖縄環境保全研究所 計画課 課長補佐 西山 桂一          琉球大学 農学部 教授 辻 瑞樹(つじかずき)          沖縄県農業研究センター 班長 松山 隆志</p>

区分	種名	選定理由	解説
海岸植生	<p>グンバイヒルガオ</p>  <p><a href="http://ogasawara-mulberry.up.seesaa.net/image/P82403042028640x36029.jpg">http://ogasawara-mulberry.up.seesaa.net/image/P82403042028640x36029.jpg</a></p>	砂浜の生育種／ 短期間で消長	<p>世界中の熱帯から亜熱帯の、主に海岸に広く分布する。日本では鹿児島県から沖縄県の海岸と、大分県佐伯市の元猿海岸に生育する。それ以北の日本には分布しない。  <a href="https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B0%E3%83%B3%E3%83%90%E3%82%A4%E3%83%92%E3%83%AB%E3%82%AC%E3%82%AA">https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B0%E3%83%B3%E3%83%90%E3%82%A4%E3%83%92%E3%83%AB%E3%82%AC%E3%82%AA</a></p>
海岸植生	<p>クサトベラ</p>  <p><a href="http://www.plant.kjmt.jp/tree/kgijpg/kusatbr2.jpg">http://www.plant.kjmt.jp/tree/kgijpg/kusatbr2.jpg</a></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。  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。  <a href="https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%AF%E3%82%B5%E3%83%88%E3%83%99%E3%83%A9">https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%AF%E3%82%B5%E3%83%88%E3%83%99%E3%83%A9</a></p>
海岸植生	<p>モンパノキ</p>  <p><a href="http://img04.ti-da.net/usr/c/or/coralfish/image_82.jpg">http://img04.ti-da.net/usr/c/or/coralfish/image_82.jpg</a></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、ビロード(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。  <a href="https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%A2%E3%83%B3%E3%83%91%E3%83%8E%E3%82%AD">https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%A2%E3%83%B3%E3%83%91%E3%83%8E%E3%82%AD</a></p>

## 2.7.5 比較対照海岸における分析対象

調査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<sup>※1</sup>、海岸中央部の砂<sup>※1</sup>、海岸植生帯間際の砂<sup>※1</sup>

### ●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）
- ・ホシムシ類（体内にMPを取り込んでいる可能性が高い）
- ・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<sup>※2</sup>

### ●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<sup>※1</sup>（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<sup>※1</sup>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

## 2.7.6 分析対象種の予定採取量

令和元年度の調査において調査対象候補とするニタ海岸及び対照海岸における海岸漂着物以外の分析対象種の予定採取量を、表 2.7-5、表 2.7-6 に示す。

採取量は、専門家会議委員等からの助言を踏まえ、有害物質の分析に必要な最小限度の量とした。

なお、採取する植物については、いずれも調査対象地域に普遍的に分布し、生育量も豊富な事から絶滅の恐れは無く、また、採取は葉と根の一部に留めることから、その株が枯れるリスクは限りなく低い。

表 2.7-5 ニタ海岸及び野原崎西海岸における海岸漂着物以外の分析対象種の  
予定採取量

区分	種名	採取量
海岸基質	波打ち際の砂 <sup>※1</sup> 海岸中央部の砂 <sup>※1</sup> 海岸植生帯間際の砂 <sup>※1</sup>	波打ち際、海岸中央部、海岸植生帯間際それぞれ 500cc を 1 サンプルとして、 各 3 サンプル (500cc × 3 × 3=4500cc)
海岸生物	アマオブネガイ科	15 個体
海岸生物	イソハマグリ	150 個体
海岸生物	ヨコエビ類	300cc
海岸生物	スナガニ科	50 個体
海岸生物	オカヤドカリ属 (主にムラサキオカヤドカリ <sup>※2</sup> )	30 個体
陸生生物	アリ類	300cc
海岸植生	グンバイヒルガオ	葉 × 10 枚を 1 サンプルとして 6 サンプル ただし、同一株からは 1 サンプルのみ採取する。 最大で計 24 サンプル (葉 240 枚) の採取を行う。
海岸植生	クサトベラ	
海岸植生	モンパノキ <sup>※1</sup>	

※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中

表 2.7-6 比較対照海岸における海岸漂着物以外の分析対象種の予定採取量

区分	種名	採取量
海岸基質	波打ち際の砂 <sup>※1</sup> 海岸中央部の砂 <sup>※1</sup> 海岸植生帯間際の砂 <sup>※1</sup>	波打ち際、海岸中央部、海岸植生帯間際それぞれ 500cc を 1 サンプルとして、各 3 サンプル (500cc × 3 × 3=4500cc) 採取
海岸生物	イソハマグリ	150 個体
海岸生物	ホシムシ類	30 個体
海岸生物	スナガニ科	40 個体
海岸生物	オカヤドカリ属 (主にムラサキオカヤドカリ <sup>※2</sup> )	30 個体
海岸植生	アダン	葉 × 10 枚を 1 サンプルとしてそれぞれ 6 サンプル 採取 ただし、同一株からは 1 サンプルのみ採取する。 モンパノキは他の植生 3 種が採取困難な場合のみ 採取予定であることから、最大で計 18 サンプル (葉 180 枚) の採取を行う。
海岸植生	クサトベラ	
海岸植生	グンバイヒルガオ	
海岸植生	モンパノキ <sup>※1</sup> (他の植生 3 種が採取困難な場合)	

※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

## 2.7.7 現地調査

### (1) 第1回現地調査（令和元年9月）

座間味村の座間味島において、調査計画に基づき調査対象海岸の状況確認、有害物質の分析対象種の採集等を実施した。

#### ① 実施日時・場所・現地調査参加者

調査は、令和元年平9月27～28日、座間味島のニタ海岸（51\_04）、ウハマ（51\_11）、古座間味ビーチ（51\_14）において実施した。現地調査における対象海岸の位置は前出の図2.7-1、図2.7-3、現地調査の参加者は表2.7-7に示すとおりである。

表 2.7-7 座間味島における現地踏査参加者

役職	氏名
東京農工大学 農学部 環境資源科学科 教授	渡邊 泉
沖縄県立芸術大学 教育センター 准教授	藤田 喜久
東京農工大学 農学部 環境資源科学科 助教	水川 薫子
東京農工大学大学院 物質循環環境科学専攻	田中 菜々
東京農工大学 農学部	高野 泰地
東京農工大学 農学部	平井 奈津季
東京農工大学 農学部	大矢 悠機
日本エヌ・ユー・エス株式会社	野上 大介
日本エヌ・ユー・エス株式会社	石川 賀子

## ② 調査対象海岸及び調査行程

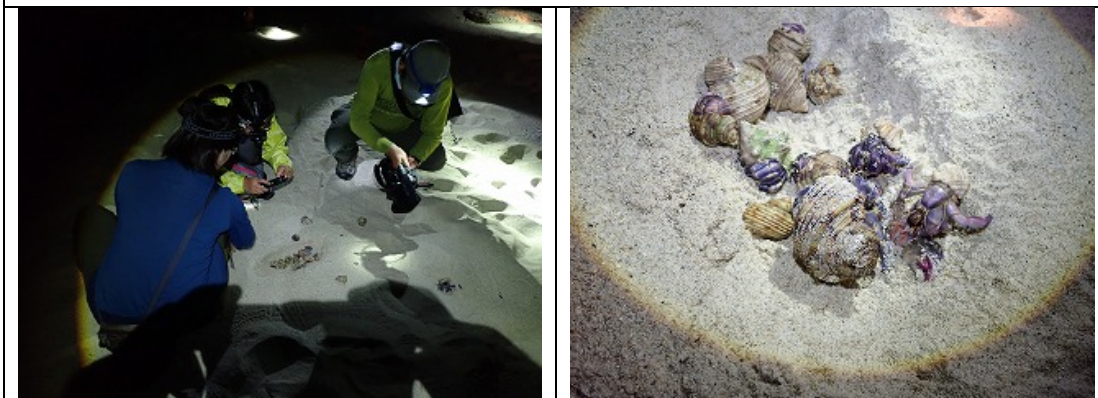
第1回現地調査の調査状況は図 2.7-7～図 2.7-8、調査行程は表 2.7-8 に示すとおりである。



51\_11 ウハマにおける調査実施状況



51\_11 ウハマにおける調査実施状況（夜間）



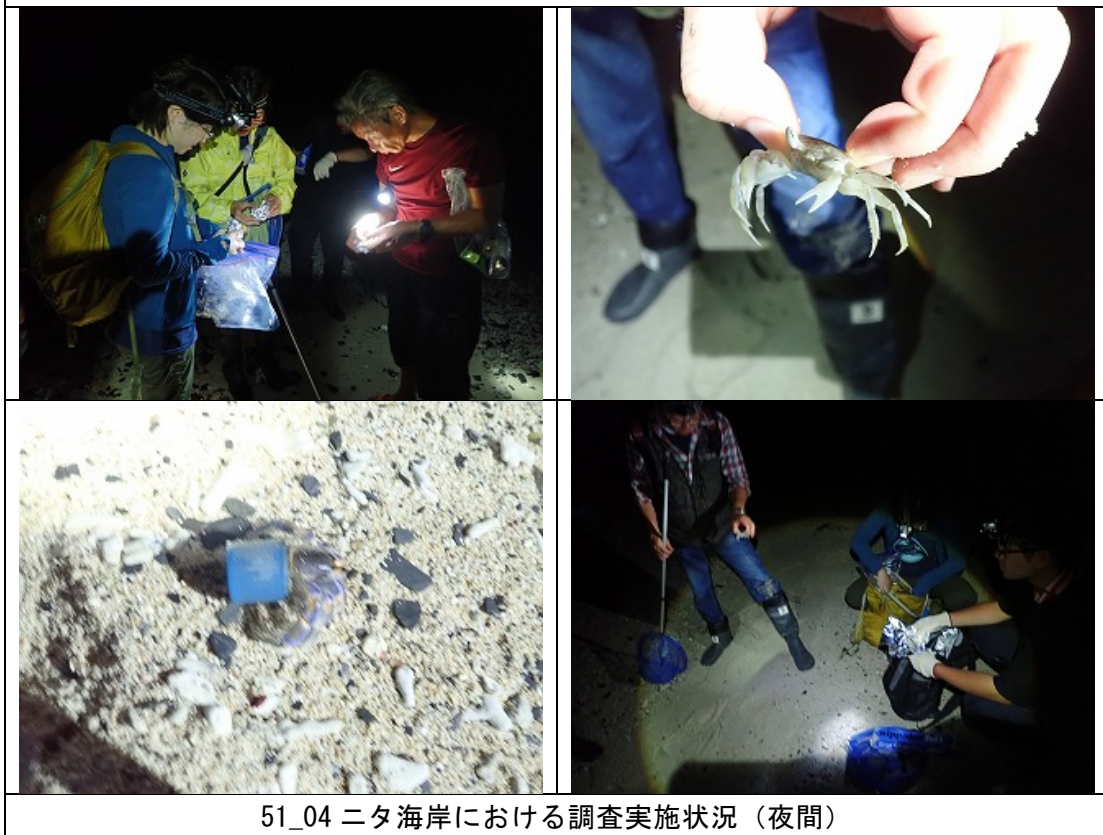
51\_14 古座間味ビーチにおける調査実施状況（夜間）



図 2.7-7 第1回現地調査の実施状況(1)



51\_04 ニタ海岸における調査実施状況



51\_04 ニタ海岸における調査実施状況（夜間）

図 2.7-8 第1回現地調査の実施状況(2)

表 2.7-8 第1回現地調査行程

日時	場所	内容
2019年 9/27 午前	51_11 ウハマ	海岸漂着物の少ない海岸における漂着状況確認と分析対象種（動植物）及び海岸砂の採集
9/27 午後	51_04 ニタ海岸	海岸漂着物の多い海岸における漂着状況確認と分析対象種（動植物）及び海岸砂の採集
9/27 午後	51_11 ウハマ	海岸漂着物の少ない海岸における分析対象種（動物）の採集
9/27 夜間	51_11 ウハマ	海岸漂着物の少ない海岸における分析対象種（動物）の採集
9/27 夜間	51_14 古座間味ビーチ	海岸漂着物の少ない海岸における分析対象種（動物）の採集
9/27 夜間	51_04 ニタ海岸	海岸漂着物の多い海岸における分析対象種（動物）の採集
9/28 午前	51_11 ウハマ	海岸漂着物の少ない海岸における分析対象種（動物）の採集

### ③ 分析対象種の採集結果

第1回現地調査における分析対象種の採集結果は表 2.7-9、表 2.7-10 に示すとおりである。これらに加え、ニタ海岸において波打ち際の砂、海岸中央部の砂、海岸植生帯間際の砂を各 30cc、ウハマにおいて波打ち際の砂、海岸中央部の砂を各 30cc 採取した。

表 2.7-9 分析対象種の採集結果（海岸小動物）

種名	学名	採取地	個体数
イソハマグリ	<i>Atactodea striata</i>	ニタ海岸	107
		ウハマ海岸	85
ツノメガニ	<i>Ocypode cerathophthalma</i>	ニタ海岸	10
ナンヨウスナガニ	<i>Ocypode sinensis</i>	ニタ海岸	1
ミナミスナガニ	<i>Ocypode cordimana</i>	ニタ海岸	2
ムラサキオカヤドカリ	<i>Coenobita purpureus</i>	ニタ海岸	12
		ウハマ海岸	10
		古座間味ビーチ	13

表 2.7-10 分析対象種の採集結果（海岸植物）

種名	学名	採取地	個体数
アダン	<i>Pandanus odoratissimus</i>	ニタ海岸	5
		ウハマ海岸	4
クサトベラ	<i>Scaevola taccada</i>	ニタ海岸	5
		ウハマ海岸	7
モンパノキ	<i>Heliotropium foertherianum</i>	ニタ海岸	5
		ウハマ海岸	7

## (2) 第2回現地調査（令和元年10月）

竹富町の西表島において、調査計画に基づき調査対象海岸の状況確認、有害物質の分析対象種の採集等を実施した。

### ① 実施日時・場所・現地調査参加者

調査は、令和元年10月21～22日、西表島の野原崎西（86\_13）、南風見田の浜（87\_09）、において実施した。現地調査における対象海岸の位置は前出の図2.7-2、図2.7-4、現地調査の参加者は表2.7-11に示すとおりである。

表 2.7-11 西表島における現地踏査参加者

役職	氏名
東京農工大学 農学部 環境資源科学科 教授	渡邊 泉
沖縄県立芸術大学 教育センター 准教授	藤田 喜久
東京農工大学 農学部 環境資源科学科 助教	水川 薫子
東京農工大学大学院 物質循環環境科学専攻	田中 菜々
東京農工大学大学院 物質循環環境科学専攻	柏田 文美佳
東京農工大学 農学部	大矢 悠機
日本エヌ・ユー・エス株式会社	野上 大介
日本エヌ・ユー・エス株式会社	比企 永子

## ② 調査の実施状況及び調査行程

第1回現地調査の調査状況は図 2.7-9～図 2.7-10、調査行程は表 2.7-12 に示すとおりである。



図 2.7-9 第1回現地調査の実施状況(1)



86\_13 野原崎西における調査実施状況



86\_13 野原崎西における調査実施状況（夜間）

図 2.7-10 第1回現地調査の実施状況(2)

表 2.7-12 第2回現地調査調査行程

日時	場所	内容
2019年 10/21 午前・午後	87_09 南風見田の浜	海岸漂着物の少ない海岸における漂着状況確認と分析対象種（動植物）及び海岸砂の採集
10/21 午後	86_13 野原崎西	海岸漂着物の多い海岸における漂着状況確認と分析対象種（動植物）の採集
10/21 夜間	86_13 野原崎西	海岸漂着物の多い海岸における分析対象種（動物）の採集
10/22 午前・午後	86_13 野原崎西	海岸漂着物の少ない海岸における分析対象種（動物）及び海岸砂の採集
10/22 夜間	87_09 南風見田の浜	海岸漂着物の少ない海岸における分析対象種（動物）の採集

### ③ 分析対象種の採集結果

第2回現地調査における分析対象種の採集結果は表 2.7-13、表 2.7-14 に示すとおりである。これらに加え、野原崎西海岸において波打ち際の砂、海岸中央部の砂、海岸植生帯間際の砂を各 30cc、南風見田の浜において波打ち際の砂、海岸中央部の砂を各 30cc 採取した。

表 2.7-13 分析対象種の採集結果（海岸小動物）

種名	学名	採取地	個体数
イソハマグリ	<i>Atactodea striata</i>	野原崎西	98
		南風見田の浜	121
ツノメガニ	<i>Ocypode cerathophthalma</i>	野原崎西	11
		南風見田の浜	15
ナンヨウスナガニ	<i>Ocypode sinensis</i>	南風見田の浜	6
ミナミスナガニ	<i>Ocypode cordimana</i>	野原崎西	4
		南風見田の浜	5
オオナキオカヤドカリ	<i>Coenobita brevimanus</i>	野原崎西	4
		南風見田の浜	4
ナキオカヤドカリ	<i>Coenobita rugosus</i>	野原崎西	15
		南風見田の浜	12
ムラサキオカヤドカリ	<i>Coenobita purpureus</i>	南風見田の浜	2

表 2.7-14 分析対象種の採集結果（海岸植物）

種名	学名	採取地	個体数
アダン	<i>Pandanus odoratissimus</i>	野原崎西	5
		南風見田の浜	5
クサトベラ	<i>Scaevola taccada</i>	野原崎西	5
		南風見田の浜	5
モンパノキ	<i>Heliotropium foertherianum</i>	野原崎西	5
		南風見田の浜	5



## 2.7.8 分析・評価の結果

前項で記載した現地調査において採集された試料等の分析・評価結果の概要を以下に記す。分析結果等の詳細については、本報告書資料編に記載した。

### (1) 有機汚染物質等

前述の現地調査で得られた試料等を用いた有機化学物質の分析結果は、本報告書資料 1-2 「沖縄海洋生物へのプラスチック経由の有害化学物質の暴露と蓄積 東京農工大学 水川薫子、田中菜々、高田秀重」、資料 1-3 「沖縄海洋生物へのプラスチック経由の有害化学物質の暴露と蓄積 東京農工大学 水川薫子、田中菜々、高田秀重」に記載した。

### (2) 重金属元素

#### ① 重金属元素の分析結果

前述の現地調査で得られた試料等を用いた重金属元素の分析結果は、本報告書資料 1-4 「沖縄県沿岸において海洋ゴミ（おもにプラスチック）に由来すると考えられる重金属類による生態系汚染 東京農工大学 渡邊泉・大矢悠幾」、資料 1-5 「沖縄県沿岸において海洋ゴミ（おもにプラスチック）に由来すると考えられる重金属類による生態系汚染（令和元年の第二報） 東京農工大学 渡邊泉 教授・大矢悠幾」に記載した。

#### ② 重金属元素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種については、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～本年度の事業における3種の分析結果と、「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・評価する事にした。比較表及び比較図を表 2.7-15～表 2.7-17、図 2.7-11、図 2.7-12 に示す。

表 2.7-15 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 2.7-16 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,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	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2500g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 2.7-17 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			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

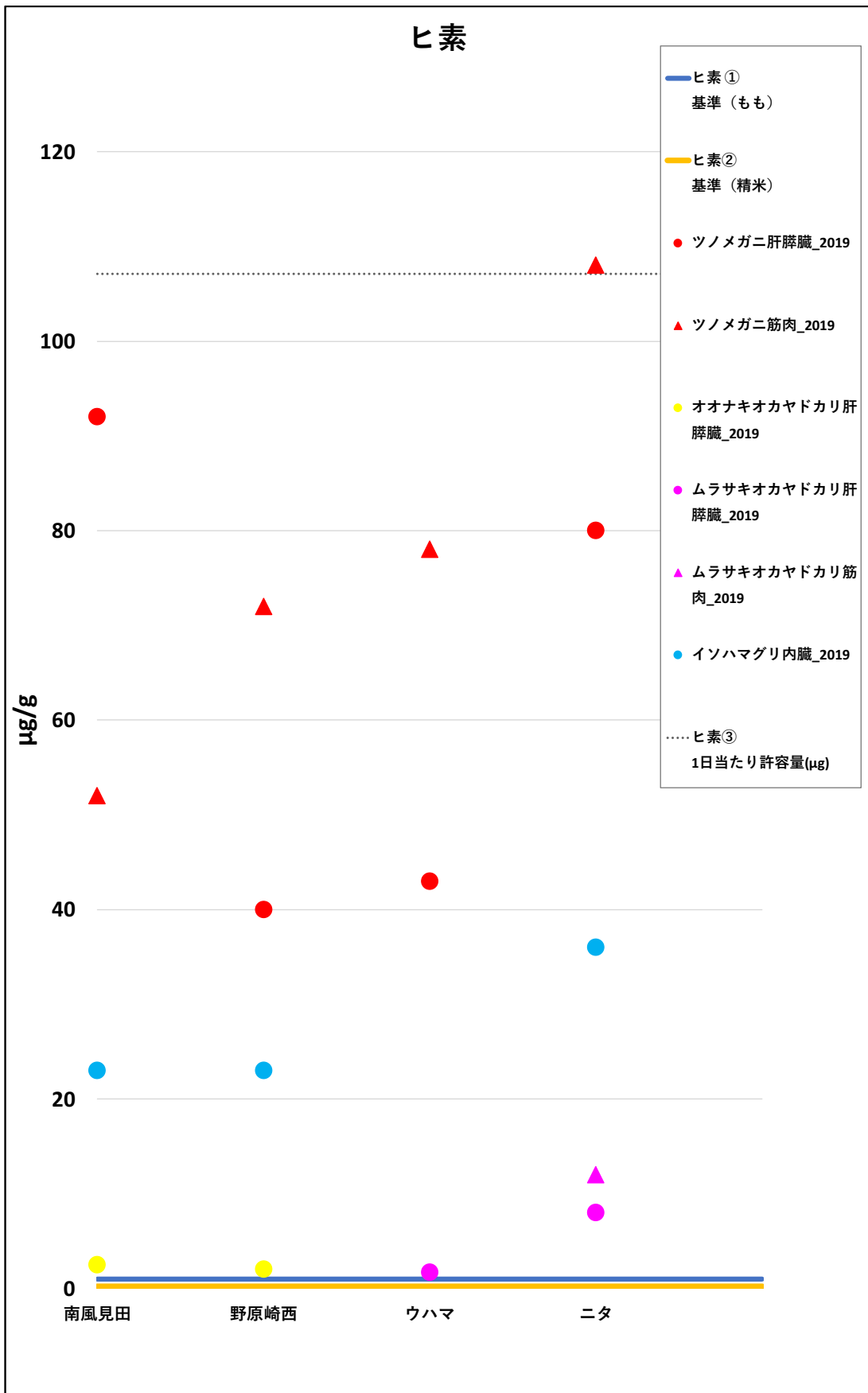


図 2.7-11 ヒ素の分析結果と食品関連基準の比較

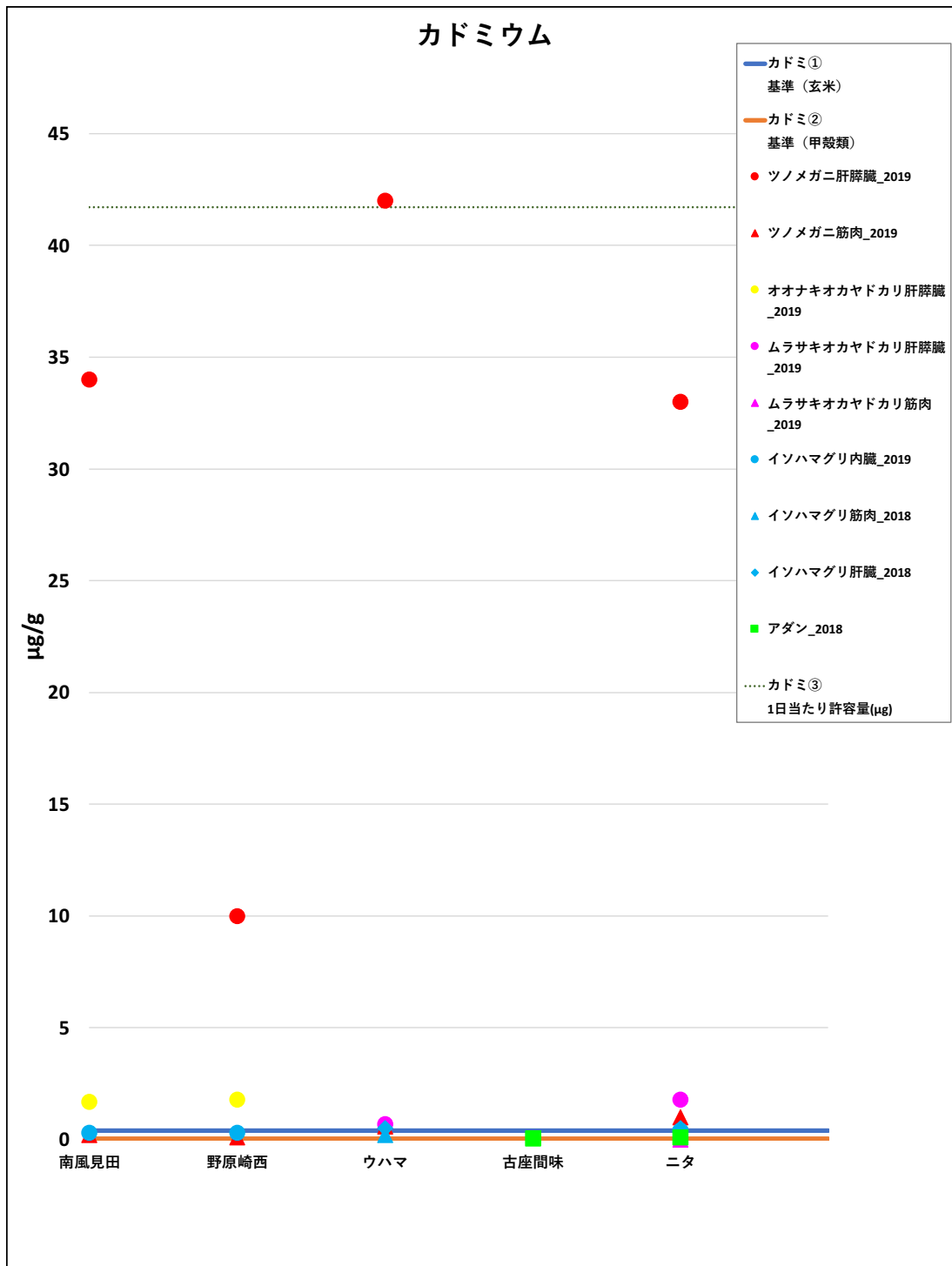


図 2.7-12 カドミウムの分析結果と食品関連基準の比較

### (3) 重金属元素の溶出に係る検討

本項については、防衛大学校・山口名誉教授にご協力頂いており、本報告書資料 1-6 の「海岸漂着ゴミ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 ～定量的広域評価モデルの適用方針～ 防衛大学校名誉教授 山口晴幸」、資料 1-7「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 ～西表島(2 海岸)・座間味島(2 海岸)～ 防衛大学校名誉教授 山口晴幸」、資料 1-8「マイクロプラスチックの甚大な供給源である海洋発泡スチロールの規制強化～沖縄島嶼での調査を踏まえて～ 防衛大学校名誉教授 山口晴幸」に記載した。

### (4) 海岸小動物に取込まれたプラスチック片の分析結果

本項については、沖縄県立芸術大学 藤田喜久准教授にご協力頂いており、本報告書資料 1-9 の「サンゴ礁砂浜海岸に生息するイソハマグリにおけるマイクロプラスチックの取り込み状況 藤田喜久 (沖縄県立芸術大学)」に記載した。

## 2.8 調査・分析結果の評価と海岸漂着物及びマイクロプラスチック対策、課題の検討

### 2.8.1 調査・分析結果の評価

平成 30 年度事業及び本事業で実施した情報収集及び有害物質の分析評価結果等から、実施項目別の評価結果を表 2.8-1 に整理した。

表 2.8-1 実施項目別の評価結果の概要

項目	評価結果の概要
(1) 海岸漂着物に含まれる有害物質に関する情報の収集	海洋ごみに含まれる/吸着した有害物質が生物に及ぼす影響の調査研究事例が直近 2 年間で増えているが、殆ど室内実験の結果であり、その影響については有無どちらの結果もみられる。環境中において海岸漂着物や MP が多い・少ない地点において生物中の化学物質濃度を比較した研究例は非常に少ない。これらのことから、野外（実際の環境中）での研究事例が必要であると考えられ、本事業の新規性や重要性が確認された。
(2) 有機汚染物質の分析	<p>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、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。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。</p> <p>本事業で分析対象とした有機汚染物質の PCBs、PBDEs、対象種のオカヤドカリ類、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、オ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。</p> <p>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、分析個体からプラスチックに付着しやすい高塩素 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。</p>



<p>(3) 重金属元素の分析</p>	<p>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（植物ではアダンが指標となりうる結果を示した）、また海岸砂でも同様の傾向がみられた。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。</p> <p>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が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。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。また、アダンでは漂着量の少ない海岸で高濃度となった。</p> <p>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、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。</p>
<p>(4) 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</p>	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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は多い結果となった。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。</p>
<p>(5) 海岸小動物におけるプラスチック片の取込み</p>	<p>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 MP が確認された。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。</p> <p>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。</p> <p>今年度の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、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。</p>

## 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

本項では、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する。

- ・ 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 年度事業及び本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として】  
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

害物質の影響をいうテーマは、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、対象者に対し丁寧で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。

## 2.9 【参考】有害物質の分析方法

### (1) 重金属類

重金属元素の分析は、誘導結合プラズマ質量分析法（ICP-MS）により実施する。

ICP-MSは特定の質量/電荷比（ $m/z$ ）のイオン強度を測定する手法であり、イオン源としては一般的にアルゴンプラズマが用いられ。アルゴンプラズマは、高周波電流の流れる誘導コイルを巻いた石英3重管にアルゴンを流すことで得られ、非常に高いガス温度、電子温度を持つため、多くの元素に関して90%以上のイオン化が可能である。多くの金属は+1価のイオンとして質量分析計に導入される。天然に存在する元素は、一定の同位体組成を持っているため、各 $m/z$ に現れるイオン強度をスキャンすることで含有元素の定性分析を行うことができる。また、イオン強度が含有元素量と比例関係にあることを利用し、濃度既知の標準溶液と試料のイオン強度を比較することで、定量分析を行うことができる（<http://www.mst.or.jp/method/tabid/129/Default.aspx>より）。

実際の分析手順は以下のとおりである。

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する。

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う。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、試料溶液とする。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)で確認を行う。各元素の回収率は過去の実績で70%~150%程度である。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する。

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元素とする。

### (2) 残留性有機汚染物質

残留性有機汚染物質の分析は、ガスクロマトグラフィー質量分析法（GC-MS/MS）あるいはガスクロマトグラフィー電子捕獲型検出法（GC-ECD）により実施する（図 2.9-1）。

ガスクロマトグラフィー（GC）は、クロマトグラフ法の一つに分類され、固定相に対する気体の吸着性あるいは分配係数の差異等を利用し、成分を分離する手法である。ガ

スクロマトグラフィー質量分析法 (GC/MS) は、GC で分離した成分の検出に質量分析計を用いることで、質量情報から成分の定性及び定量を行うことが可能である

(<http://www.mst.or.jp/method/tabid/132/Default.aspx> より)。

また、ガスクロマトグラフィー電子捕獲型検出法 (GC-ECD) の原理については、 $^{63}\text{Ni}$  の  $\beta$  線を放射する物質を収めたセルと、空間に突出した電極との間に電極をプラスとした低い電位がかけられており、キャリアガスの窒素 ( $\text{N}_2$ ) がセルに流入すると  $\beta$  線でイオン化され  $\text{N}_2^+$  と  $e$  (電子) となり、それぞれ電極で検出される。ここにカラムから PCB やトリクロロエチレンのような有機ハロゲン化合物の蒸気がセルに入ると、これらの親電子性化合物 (電子を捕集しやすい化合物) は  $e$  を吸収し負の分子イオンとなる。この分子イオンは  $e$  に比べて質量が大きい為この低い電位勾配では電極に到達するのに時間がかかりイオン電流は減少する。これは負のピークであるので、極性を逆にして正のピークとして検出する。炭化水素類は ECD にはほとんど応答しないが、ハロゲン、リン、ニトロ基などを含む化合物を高感度に検出することができる

(<http://www.ibieng.co.jp/analysis-solution/x0012/> より)。

分析対象物質は PCBs、PBDEs とする。

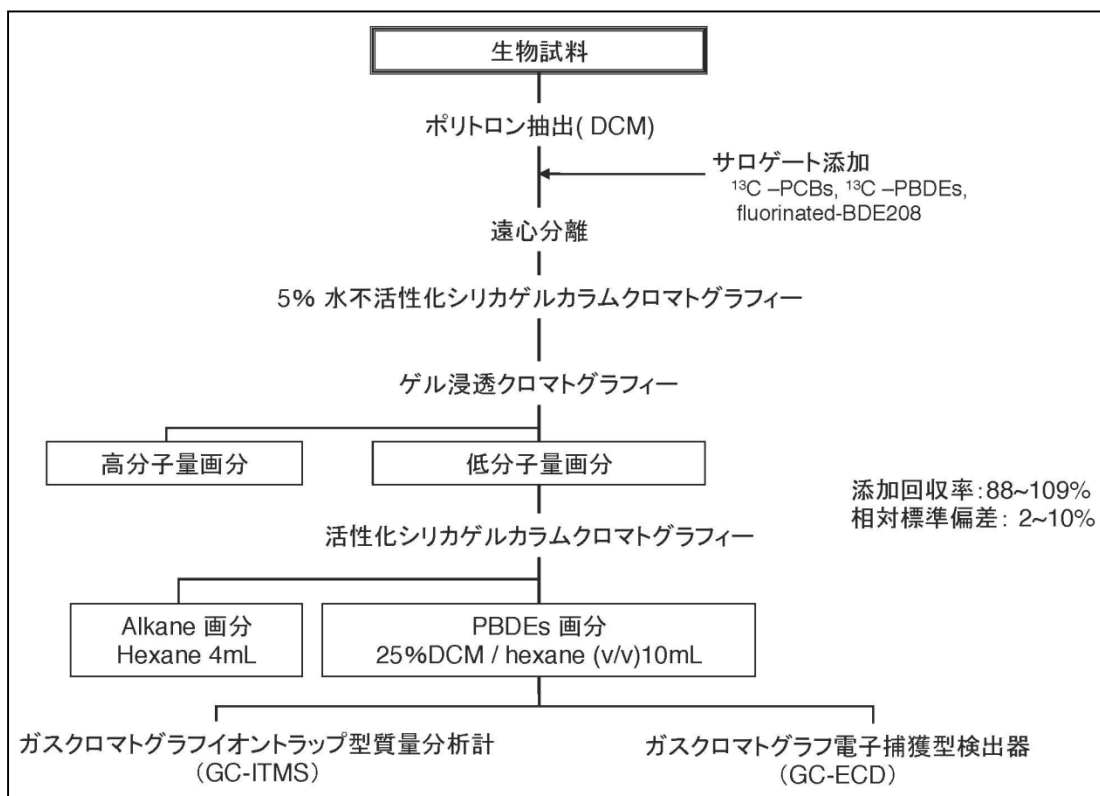


図 2.9-1 残留性有機汚染物質の分析方法

## 2.10 【参考】有害物質の基準値等について

表 2.10-1 Pb 鉛に関する国内外の基準値等

項目		内容
国内	食品中の基準値 (食品衛生法)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・ミネラルウォーター類：0.05mg/L以下 (厚生省,1959)</li> </ul>
	水道水質基準 (水道法)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉛及びその化合物：0.01mg/L以下 (厚生労働省,2003)</li> </ul>
	環境基準 (環境基本法他)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・公共用水域の水質汚濁に係る環境基準：0.01mg/L (環境庁,1971)</li> <li>・地下水の水質汚濁に係る環境基準：0.01mg/L (環境庁,1997)</li> <li>・土壌の汚染に係る環境基準：0.01mg/L (環境庁,1991)</li> </ul>
海外	CODEX（食品の国際規格）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・食品中の最大基準値（Codex,1995） 熱帯性・亜熱帯性果実：0.1mg/kg 果菜類：0.05mg/kg 魚類：0.3mg/kg</li> </ul>
	EU	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> </ul>
	FAO/WHO合同食品添加物 専門家会議（JECFA）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・暫定耐容週間摂取量（PTWI）（JECFA,1986-2010） 25<math>\mu</math>g/kg bw/1週間（体重50kgであれば1週間で1250<math>\mu</math>g） (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)</li> </ul>

表 2.10-2 As ヒ素に関する国内外の基準値等

項目		内容
国内	食品中の基準値 (食品衛生法)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・もも、なつみかん、いちご、ぶどう等：1.0ppm</li> <li>・日本なし、りんご、なつみかんの外果皮：3.5ppm</li> <li>・ミネラルウォーター類：0.05mg/L以下 (厚生省,1959)</li> </ul>
	水道水質基準 (水道法)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ヒ素及びその化合物：0.01mg/L以下 (厚生労働省,2003)</li> </ul>
	環境基準 (環境基本法他)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・公共用水域及び地下水の水質汚濁に係る環境基準：0.01mg/L (環境庁,1971a：環境庁,1997)</li> <li>・土壌の汚染に係る環境基準：0.01mg/L (環境庁,1991)</li> </ul>
海外	CODEX (食品の国際規格)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・食品及び飼料中の汚染物質及び毒素の一般規格 (Codex,1995)</li> <li>精米：0.2mg/kg、玄米：0.35mg/kg (無機ヒ素)</li> <li>ナチュラルミネラルウォーター：2mg/kg (総ヒ素)</li> </ul>
	EU	<ul style="list-style-type: none"> <li>・食品中の汚染物質最大濃度 (EU,2006)</li> <li>精米：0.20mg/kg、玄米0.25mg/kg</li> <li>乳幼児食品向けの米：0.10mg/kg</li> </ul>
	FAO/WHO合同食品添加物 専門家会議 (JECFA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・暫定耐容週間摂取量 (PTWI) (JECFA,1988-2010)</li> <li>15<math>\mu</math>g/kg bw (体重50kgであれば1週間で750<math>\mu</math>g)</li> <li>(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)</li> </ul>



表 2.10-3 Cd カドミウムに関する国内外の基準値等

項目		内容
国内	食品中の基準値 (食品衛生法)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 玄米・精米：0.4mg/kg</li> <li>・ ミネラルウォーター類：0.003mg/L以下 (厚生省,1959)</li> </ul>
	水道水質基準 (水道法)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 0.03mg/L以下 (厚生労働省,2003)</li> </ul>
	環境基準 (環境基本法他)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 公共用水域及び地下水の水質汚濁に係る環境基準：0.003mg/L (環境庁,1997)</li> <li>・ 土壌の汚染に係る環境基準：0.01mg/L (環境庁,1991)</li> </ul>
	食品安全委員会	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 暫定耐容週間摂取量 (PTWI) (食品安全委員会,2009) 7<math>\mu</math>g/kg bw (体重50kgであれば1週間で350<math>\mu</math>gが上限)</li> </ul>
海外	CODEX (食品の国際規格)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 食品及び飼料中の汚染物質及び毒素の一般基準 (Codex,1995) 葉菜類：0.2mg/kg 海産二枚貝 (カキ・ホタテを除く)：2mg/kg 頭足類 (内臓を除く)：2mg/kg</li> </ul>
	EU	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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</li> </ul>
	FAO/WHO合同食品添加物 専門家会議 (JECFA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 暫定耐容月間摂取量 (PTMI) (JECFA,2011) 25<math>\mu</math>g/kg bw (体重50kgであれば1カ月で1250<math>\mu</math>gが上限)</li> </ul>

表 2.10-4 PCDD、PCDF、Co-PCB ダイオキシン類に関する国内外の基準値等

項目		内容
国内	環境基準 (ダイオキシン類対策特別措置法)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・環境基準</li> <li>大気：年平均値0.6pg-TEQ /m<sup>3</sup>以下</li> <li>水質：年平均値1pg-TEQ /L以下</li> <li>底質：150pg-TEQ /g以下</li> <li>土壌：1,000pg-TEQ /g以下 (環境庁,1999a)</li> </ul>
	環境庁	<ul style="list-style-type: none"> <li>・暫定耐容日間摂取量 (TDI) (環境庁,1999b)</li> <li>(PCDD+PCDF+Co-PCB)</li> <li>4pgTEQ/kg bw</li> </ul>
海外	CODEX (食品の国際規格)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・化学物質による食品汚染を低減するための排出源対策に関する実施規範 (Codex,2001)</li> <li>・ダイオキシン及びダイオキシン様PCBによる食品・飼料の汚染の防止及び低減のためのコーデックス実施規範 (Codex,2006)</li> </ul>
	EU	<ul style="list-style-type: none"> <li>・食品中の汚染物質最大濃度 (EU,2006)</li> <li>(PCDD+PCDF+Co-PCBのTEQ 換算値)</li> <li>牛科の動物、羊：4.0pg/g fat</li> <li>豚：1.25pg/g fat</li> <li>魚類の筋肉及び水産製品：6.5pg/g ww</li> <li>野生のウナギの筋肉及びその製品：10.0pg/g ww</li> </ul>
	FAO/WHO合同食品添加物 専門家会議 (JECFA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・暫定耐容月間摂取量 (PTMI) (JECFA,2002)</li> <li>(PCDD+PCDF+Co-PCB)</li> <li>70pgTEQ /kg bw</li> </ul>

表 2.10-5 PBDEs ポリブロモジフェニルエーテル類に関する国内外の基準値等

項目		内容
国内	化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 第一種特定化学物質</li> <li>TeBDE、PeBDE、HxBDE、HpBDE</li> <li>・ 一般化学物質</li> <li>DeBDE、MBDE、DiBDE、TrBDE</li> </ul>
	特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律（化管法）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 第一種特定化学物質</li> <li>DeBDE</li> </ul>
海外	FAO/WHO合同食品添加物専門家会議（JECFA）	・ 暫定耐容月間摂取量（PTMI）等を設定していない。
	オランダ	0.26ng/kg bw/day(RIVM,2006)