

4.	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	4-1
4.1	事業実施の背景	4-1
4.1.1	海岸漂着物処理推進法及び国の基本方針	4-1
4.1.2	沖縄県海岸漂着物対策地域計画	4-1
4.2	目的	4-3
4.3	実施項目	4-3
4.4	専門家会議の設置・運営	4-4
4.4.1	専門家会議の設置	4-4
4.4.2	専門家会議の開催・運営	4-4
4.4.3	専門家会議の議事内容	4-4
4.4.4	専門家会議の開催内容	4-4
4.	議事	4-7
4.5	海岸漂着物に含まれる有害物質に関する情報の収集	4-13
4.5.1	本事業（平成 29 年度）における情報収集整理方法について	4-13
4.5.2	情報収集整理の結果	4-15
4.6	平成 28 年度事業の専門家会議で示された課題等に関する検討	4-19
4.7	予備的調査の実施	4-21
4.7.1	予備的調査の実施方針	4-21
4.7.2	現地調査	4-22
4.7.3	調査対象海岸の選定	4-28
4.7.4	調査の比較対照海岸の選定方針	4-29
4.7.5	調査対象地域（座間味島）の海岸環境	4-30
4.7.6	分析対象とする有害物質候補	4-31
4.7.7	分析対象物及び生物種(案)	4-32
4.7.8	分析の予備的な実施と分析結果整理、汚染経路検討	4-37
4.7.9	本格的な調査の実施体制	4-37
4.7.10	本格的な調査の実施時期(案)	4-38
4.7.11	参考情報	4-39



## 4. 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 25～27 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 年度に実施した学識経験者等からなる専門家会議を平成 29 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。

### 4.1 事業実施の背景

#### 4.1.1 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 4.1-1 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。

#### 4.1.2 沖縄県海岸漂着物対策地域計画

平成 23 年度に見直しを行った沖縄県海岸漂着物対策地域計画の本項に関連する部分を表 4.1-2 に示す。

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

表 4.1-1 国の基本方針における本項に関する記載

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

表 4.1-2 沖縄県の地域計画における本項に関する記載

地域計画の記載
<p>第2章 沖縄県における海岸漂着物対策を推進するための計画</p> <p>4. その他配慮すべき事項</p> <p>(4) その他技術的知見等</p> <p>沖縄県における海岸漂着物対策に必要な技術的な知見等としては、適切な回収処理方法の選択、海岸の生態系への影響把握と対策、県内における海岸漂着物等の発生源の把握と対策等があり、対象となる海岸あるいは地域に合った事項を選択し、その具体的な施策を検討した上で実施するものとする。</p> <p>① 適切な回収処理方法の選択</p> <p>海岸漂着物等の回収方法を検討する上では、環境配慮、環境保全の視点から人力を優先する。人力では対応が困難な場合には、重機や運搬及び搬出用の船舶、車輛等の必要性を検討するものとする。</p> <p>また、回収した漂着物の処理方法については、地域の実情を考慮し、コスト優先、効率優先、再資源化優先、リサイクル優先等の視点から、関係者間の協議の上で選択する。ただし、資源の有効利用を念頭に分別回収した上で、可能な限り再資源化あるいはリサイクル優先とする。</p> <p>② 海岸の生態系への影響把握と対策</p> <p>沖縄県内の海岸では、貴重な動植物による生態系がみられる場合が少なくない。しかしながら、海岸におけるごみの漂着量の多い海岸においては、生態系への影響が指摘される場合がある。</p> <p>沖縄県は、海岸の生態系に対する海岸漂着物等の影響について、専門家や地域関係者から情報を収集しつつ必要な対策を講ずるよう努めるものとする。生態系への影響の対策を検討する上で必要となる事項等は、以下に列記する点である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・生態系への影響を把握する上では、専門家、対象となる海岸の生態系に精通した</li> </ul>

地域関係者や関係する行政機関等の協力、助言を得るものとする。

- ・生態系への影響やその規模等を把握するだけでなく、影響を与える海岸漂着物の種類と発生原因等についても把握するよう努める。
- ・例えば、海岸に防潮林（マングローブ林等）が隣接している地帯では、海岸と防潮林それぞれを異なる機関が所管している場合がある。生態系への影響がある海岸漂着物等の回収を計画する場合には、対象となる海岸と生態系を所管する行政機関等が中心となり、適切な回収体制の構築を検討するものとする。特に、回収作業を実施することによって生態系へ影響を与えてしまう場合もあることに特段の留意が必要である。

### ③ 県内における海岸漂着物の発生源の把握と対策

沖縄県内の海岸には、主に海外から大量のごみが漂着し続けているが、国や県の調査や地域関係者からの指摘等により、県内や近隣地域が発生源と判断されるごみも少なくないことが明らかになってきている。

沖縄県は、海岸漂着物のモニタリング調査や地域関係者からの情報収集等を通じて、県内における海岸漂着物の発生源の把握に継続的に努めるものとする。

また、沖縄県は海岸漂着物の県内における発生源が把握された場合には、必要に応じて関係する行政機関や地域関係者と協議を行った上でその対策を検討し、必要な措置を講ずるものとする。

## 4.2 目的

本事業では、平成 25～26 年度事業及び平成 27 年度事業で実施した、海岸漂着物とこれに含まれる有害物質の影響に係る情報の収集結果等を踏まえ、引続き対策の実施可能性等について検討を行った。

## 4.3 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の、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 年度事業からの継続的な実施）
- ② 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 26～28 年度事業からの継続的な実施）。
- ③ 平成 28 年度事業の専門家会議で示された課題等に関する検討
- ④ 予備的調査の実施（平成 30 年度以降に実施を予定している 海岸漂着物に含まれる有害物質の影響を検討するための本格的な調査の手法を検討する）

※下線部分は、以下「本格的な調査」という。

#### 4.4 専門家会議の設置・運営

##### 4.4.1 専門家会議の設置

本専門家会議は、平成 28 年度と同様に、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、事務局は沖縄県環境部環境整備課とした。専門家会議の構成を表 4.4-1 に示す。

表 4.4-1 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（特に甲殻類及び棘皮動物 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

##### 4.4.2 専門家会議の開催・運営

専門家会議の実施時期については、平成 29 年 10 月に海岸調査、平成 29 年 12 月～平成 30 年 3 月上旬の間には海岸調査結果を踏まえた本格的な調査手法に係る意見調整を実施し、そして平成 30 年 3 月 20 日に専門家会議を開催した。

##### 4.4.3 専門家会議の議事内容

専門家会議における議事内容は、前項「4.3 実施項目」に記した本事業の実施内容に加え、後述する「5 マイクロプラスチックの影響と漂着実態調査方法及び対策方針の検討」の実施内容等とした。

##### 4.4.4 専門家会議の開催内容

###### (1) 海岸調査

海岸調査は、平成 29 年 10 月 7～8 日に座間味村座間味島地域において、専門家会議委員に加えて県内の海岸生態系に詳しい専門家等の協力を得た上で実施した。海岸調査の実施内容については、後述の「4.6 予備的調査の実施」に記載した。

###### (2) 本格的な調査手法に係る意見調整

前述のとおり平成 29 年 10 月に座間味島地域において実施した海岸調査の結果を踏まえて、専門家会議委員を対象に本格的な調査の手法に係る意見調整を実施した。この実施状況は表 4.4-2 に示すとおりであり、意見調整の結果は後述の「4.6 予備的調査の実施」に記載する本格的な調査手法の検討に反映した。

表 4.4-2 本格的な調査手法に係る意見調整

実施日 ・場所	専門家会議委員	主な意見調整の内容
H29. 12. 5 沖縄県立 芸術大学	沖縄県立芸術大学 准教授 藤田 喜久	<ul style="list-style-type: none"> <li>・分析対象種にはアマオブネガイ科（周囲の環境影響を受けやすい種）、アリ類（オカヤドカリ属の餌生物）、ヨコエビ類（重金属類を蓄積しやすい）を加える事を検討する。</li> <li>・カニ類の分析については、有害物質をハサミ部分に多く蓄積する傾向があることから、分析は筋肉のみを対象とし、内蔵（消化管）はマイクロプラスチックの取込みの確認だけにする方法も考えられる。まずは色々な部位で分析を行い、分析部位について検討してもよいのではないか。</li> </ul>
H30. 3. 7 東京農工 大学	東京農工大学 教授 渡邊 泉	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調査対象海岸及び対照海岸における重金属類の分析対象物、生物種、必要なサンプル数等の確認。</li> <li>・イソハマグリの予備的な分析結果の確認。</li> </ul>
H30. 3. 7 東京農工 大学	東京農工大学 教授 高田 秀重	<ul style="list-style-type: none"> <li>・有機汚染物質の分析対象物及び対象種については、重金属類の分析対象から可能なものを選択する方針とする。</li> <li>・現地調査については、分析対象の採取調査を初夏～10月の間に2回、海岸漂着物の確認調査を漂着量の多い12～2月頃に1回実施する。</li> </ul>
H30. 3. 10 石垣市内	防衛大学校 名誉教授 山口 晴幸	<ul style="list-style-type: none"> <li>・有害物質の分析対象動植物の分析結果の評価は、海岸砂との比較が基本となる。調査対照海岸の砂も含め、海岸砂の分析結果は重要である。</li> <li>・マイクロプラスチックへの有害物質の吸着という観点から判断すると、より細かなマイクロプラスチックに多くの有害物質が吸着する可能性がある。</li> <li>・発泡スチロールは有害物質の吸着性及び溶出性が高いこと、また、海岸漂着物に含まれる重金属元素やPCB等は、その製造過程において含まれたものと海中を漂流中に吸着したものの両方の可能性がある事に留意すべきである。</li> </ul>
H30. 3. 12 沖縄県立 芸術大学	沖縄県立芸術大学 准教授 藤田 喜久	<ul style="list-style-type: none"> <li>・有害物質の分析対象動植物の採取は、特に海岸小動物の活動が活発な10月頃までには実施すべき。</li> <li>・調査予定地域は国立公園に指定されている事や植物の検疫等の規制も踏まえて、有害物質の分析対象物や動植物が確定し次第、採捕許可等の調整を迅速に進めておくべき。海岸砂の採取においても環境省や沖縄県海岸防災課等との調整や手続きが必要となる。</li> <li>・有害物質の分析対象物や動植物の採取時には、動植物への汚染経路を検討するための情報を得る目的によりマイクロプラスチックの採集調査も併せて実施する必要がある。</li> <li>・調査対象海岸の比較対照とする海岸の選定については、その選定方針や何を比較するか等について、専門家会議で検討しておく必要がある。</li> </ul>

### (3) 会議の実施

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 4.4-1 に、議事次第及び議事概要を次ページ以降に示す。

#### ●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

平成 30 年 3 月 20 日 13:00～15:30 AP 西新宿 6 階会議室 R



図 4.4-1 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：平成 30 年 3 月 20 日（火）

13:00～15:30

場所：AP 西新宿 6 階会議室 R

### 議 事

開会（13:00）

1. 沖縄県あいさつ
2. 委員の紹介
3. 資料の確認
4. 議事

①平成 29 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 28 年度における海岸漂着物及び有害物質の影響と対策に係る調査検討等の実施内容（資料 2）

③平成 29 年度における海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針の検討(案)（資料 3）

④マイクロプラスチックの影響と漂着実態調査方法及び対策方針の実施状況(案)（資料 5）

⑤海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針の検討実施状況(案)（資料 4）

5. その他

閉会（15:30）

### 配布資料

資料 1 平成 29 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 28 年度における海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針検討の実施内容

資料 3 平成 29 年度における海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針の検討(案)

資料 4 海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針の検討実施状況(案)

資料 5 マイクロプラスチックの影響と漂着実態調査方法及び対策方針の実施状況(案)

参考資料 海岸漂着物に含まれる有害物質及びマイクロプラスチックに関する文献一覧

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	
(欠席) <small>やまぐち はれゆき</small> 山口 晴幸	防衛大学校 名誉教授
<small>たかだ ひでしげ</small> 高田 秀重	東京農工大学 農学部 環境資源学科 教授
<small>わたなべ いずみ</small> 渡邊 泉	東京農工大学 農学部 環境資源学科 教授
<small>ふじた よしひさ</small> 藤田 喜久	沖縄県立芸術大学教育センター 准教授
事務局	
山内 努	沖縄県 環境部 環境整備課 一般廃棄物班 班長
當山 未樹	沖縄県 環境部 環境整備課 一般廃棄物班 技師
大城 史晃	沖縄県 環境部 環境整備課 一般廃棄物班 主事
平成 29 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	
野上 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
鈴木 善弘	日本エヌ・ユー・エス(株)環境管理ユニット
清水 亜希子	日本エヌ・ユー・エス(株)環境調和ユニット
太田 栞	日本エヌ・ユー・エス(株)環境調和ユニット
桐 賢太郎	日本エヌ・ユー・エス(株)環境調和ユニット

## ② 議事概要

### 【議事 1】平成 29 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）

特になし

### 【議事 2】平成 28 年度における海岸漂着物及び有害物質の影響と対策に係る調査検討等の実施内容（資料 2）

特になし

### 【議事 3】平成 29 年度における海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針の検討(案)（資料 3）

特になし

### 【議事 4】マイクロプラスチックの影響と漂着実態調査方法及び対策方針の実施状況(案)（資料 5）

#### ●詳細な調査手法におけるマイクロプラスチックの採取方法

【藤田】1mm 以下のマイクロプラスチックも分析対象にするのか。現在の定義では、1mm～5mm をラージマイクロプラスチック（L）1mm 以下はスモールマイクロプラスチック（S）として  
いる。L の採集方法は資料のとおりで良いが、GESAMP ではマイクロプラスチックの定義  
を 1mm 以下に定義を変えるという議論が起こっている。1mm 以下についても、検討をする  
ことを残してはどうか。

【渡邊】1mm 以下のマイクロプラスチックの生物影響が大きいという考えもある。

【高田】沖縄県で調査機材を貸し出すことも考えているのであれば、プラスチックのちりとりは  
やめたほうが良い。破損したものがサンプルに入り込む余地があり、信頼性にかける。  
また、沖縄県の調査という意味では、すぐに廃棄物になるようなものは使用しない方が  
良いと考える。

【高田】調査機材を一般的な品物を活用するという方針であれば、ブリキ等の金属製品で代用す  
ることになると思うが、重金属の分析に影響はないのか。

【渡邊】ブリキであれば問題はなさそうである。

【藤田】環境省の干潟のモニタリング調査では、環境省から機材が送られてくる。また、仕様も  
厳密に決まっている。精度管理のためにも、統一した調査器材で行うようにしてはどうか。

【JV】1mm 以下のマイクロプラスチックの採取方法と保管方法についてご意見をいただきたい。

【高田】当方も検討中であるが、調査現場では 1mm 以下のものは、目合 0.3mm のネットで捕集し  
ている。1mm 以下のマイクロプラスチックの採取については、専門家が調査する際に一緒  
にお願いしてはどうか。

【藤田】プランクトンネットの小型のものがあるので、一般の人でも利用できるようにしてはど  
うか。甲殻類が体内に取込んでいるマイクロプラスチックは 1mm 以下のものが主となる  
ため、1mm 以下のマイクロプラスチックのデータは必要だと思われる。

【 県 】 GESAMP でマイクロプラスチックを 1mm 以下にする定義変更も検討されているという情報

は報告書に載せられるか。

【高田】高田の発言として議事録に残されるのは構わない。

### ●詳細な調査手法におけるマイクロプラスチックの分別方法

【高田】一般の人は、マイクロプラスチックとその他の分別ができるのか。

【J V】サンゴの小さいかけらとの分別が難しい場合もあるが、概ね問題はない。

【藤田】オイルボールは分別対象とするのか。タンカー事故で問題になっている。

【J V】分別検討項目に加えるかどうかは、現地の漂着状況等で判断することとしたい。

### 【議事 5】 海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針の検討実施状況(案) (資料 4)

### ●海岸漂着物に含まれる有害物質及びマイクロプラスチックに関する情報収集整理

【J V】有害物質に関連する文献等は 75 件が該当した。文献数が昨年より増えている。

【高田】資料では、影響のある、無しで様々な結果がまとまっているが、全体をみて影響についてどんなことが言えるのか。

【J V】影響なしという結果の文献は少ない。暴露実験でのデータが揃ってきたように思う。

【高田】野外での影響についての情報はるか。

【J V】野外で直接影響が認められているとの情報は無い。

【高田】野外で影響があったら、この程度の対策では済まされない。警鐘を鳴らすためのものが室内実験であると思う。特に野外観察にてマイクロプラスチックが生物に有害な影響を及ぼす事例を報告した文献は重要となるであろう。

【高田】全体を通して、マイクロプラスチックは生物に影響があると言えるかどうか、そのような観点で文献情報を整理すると良い。

【高田】レジ袋を規制すると、海岸での個数が減るという調査結果の発表があった。イスラエル、カリブ海、文科省のものだが、本会議の趣旨から判断して、このような文献も収集の対象としたらどうか。

【高田】(分析対象とする) 汚染物質の生物影響についての情報をまとめておくと、検出された汚染物質についてどのような影響がありうるのか参考となる。

【藤田】環境ホルモンの問題で一時、巻貝のメスのオス化などの文献が多くみられた時期があった。これらは少し古い情報かもしれないが、新たな有害物質が問題になった場合には参考になると思われる。

【高田】影響やリスクのエンドポイントを少し変えておけば藤田先生が指摘された文献も検索にかかる。

【J V】過去に行われた環境省の SPEED' 98 で集約された情報があるかも知れない。それらも参考になるかと思う。

【渡邊】発表文献の研究者の所属している国で、多いのは。

【高田】研究者の数としては、中国が多い。逆に日本は同じ顔ぶれである。中国では、有害物質の研究は国が先頭に立って研究を行う方針になったため、他分野からの研究者が増えている。

### ●本格的な調査における対象海岸及び調査工程

- 【高田】有害物質の影響をみるためには、調査の対照となる海岸は必要であり、同じ生物種が生息していて、商業的な活動（清掃、観光等）が行われていない（人為的な影響が少ない）海岸が望ましい。
- 【野上】：一見海岸漂着物が少ない海岸であっても、現地を確認しないと解らないところもある。例えば海岸漂着物は少なくともマイクロプラスチックが多いなど。
- 【高田】資料中で示されている対照候補の海岸では海岸漂着物が少ないということであるが、それは海岸清掃が多い結果なのか。
- 【野上】資料では、もともと漂着量が少ない海岸を提案している。これらの海岸の中には、管理が行き届いている海岸も含まれる。
- 【藤田】清掃が多い海岸は、人為的な影響によってごみが少ないのであって、人為的影響を把握できるかどうか、選定の鍵となるのではないか。
- 【藤田】資料中に示されている対照海岸候補のうち座間味島の海岸は港に近いことによる有害物質の影響が考えられるので、阿嘉島の海岸を選定した方がよいのではないか。
- 【高田】調査結果が公表されると、観光に迷惑をかける事になるのも心配している。対照海岸を選定する際には、マイクロプラスチックの簡易調査を行ってはどうか。
- 【J V】ご指摘のとおりマイクロプラスチックの簡易調査を実施したい。
- 【高田】調査工程は資料中で示されているもので進めて良いと思う。

### ●本格的な調査における分析対象物及び生物種

- 【藤田】分析対象生物種は、現地状況に合わせ柔軟に対応すべきである。高田先生が継続的に調査されている東京湾のムール貝に対応する沖縄県内の付着性の貝類については、潮間帯に生息している小型の種がある。
- 【高田】小型の個体は、解剖等で苦労することになる。
- 【藤田】分析対象植物のグンバイヒルガオは検疫対象であるが、対応はどうするのか。
- 【J V】4月以降に管轄機関等との調整を行い、夏期には調査を実施できるようにしたい。

### ●その他

特になし

#### (4) 会議実施後の委員からの指摘

前項に記載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では、委員である防衛大学校・山口晴幸名誉教授が出席できなかったため、会議開催後の平成 30 年 3 月 21 日に石垣市内において、山口名誉教授から会議の内容に対するご意見・ご指摘を以下のとおり頂いた。

##### ●マイクロプラスチックの調査手法について

- ・ 詳細な調査手法において、1mm 以下はスモールマイクロプラスチックを対象とするかどうかの判断については、過去の砂土等の分析事例から判断すると、小さなものほど有害物質が多く吸着する可能性が考えられる。この点を明確にした上で 1mm 以下を対象とするかどうか判断する方法もあると思われる。
- ・ 簡易な調査手法については、なるべく早期に多くの県民が調査に参加できるように進めていくべきと考える。マイクロプラスチック汚染の実態をより多くの人々に知ってもらう必要がある。マイクロプラスチック汚染は深刻であり、多くの人々に現状を知ってもらう段階に来ていると思われる。

##### ●海岸漂着物に含まれる有害物質の影響を検討するための本格的な調査の手法について

- ・ 分析対象の海岸基質には、波打ち際の砂を追加すること。波打ち際の砂は、海岸中央及び海岸植生帯間際の砂に比べて汚染が少ないと予測される。このデータも分析の評価には必要になる。
- ・ 生物種から有害物質が検出された場合には、その評価としては、調査対象海岸の①波打ち際の砂、②海岸中央の砂、③海岸植生帯間際の砂、そして④調査対照海岸の砂、それぞれの分析結果との比較から入ることになると考えている。

#### 4.5 海岸漂着物に含まれる有害物質に関する情報の収集

##### 4.5.1 本事業（平成 29 年度）における情報収集整理方法について

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 4.5-1 に示す海洋ゴミに関するキーワードを入れ検索した。

表 4.5-1 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 （海洋ゴミ・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])
文献の言語	(Japanese[Language] OR English[Language])
対象期間	("2016/10/31"[PDAT] : "2017/10/31"[PDAT])

文献検索で収集した文献から、表 4.5-2 に示す A～C の条件により、2016 年以降の新しい情報を抽出し、その内容を整理した。

表 4.5-2 情報収集整理の条件

	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 ・ 有害物質の種類 : PCBs、PBDEs、重金属類、その他汚染物質 ・ 対象とするゴミ : 海岸漂着ゴミ	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 ・ 有害物質の種類 : PCB、PBDE、重金属、その他物質 ・ 生物種 : 水生生物 (魚類、カニ、クジラ等) 及び水鳥	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。
	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 ・ 有害物質の種類 : PCB、PBDE、重金属、その他物質、プラスチック抽出成分 ・ 生物種 : 水生生物 (魚類、カニ等) 及び水鳥	マイクロプラスチックの抽出物をミジンコに曝露したところ、生存率が低下した。
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 ・ 調査手法 : 死亡した野生個体の解剖結果等 ・ 生物種 : 水生生物 (魚類、カニ、クジラ等) 及び水鳥	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 ・ 調査手法 : マイクロプラスチックの曝露実験等 ・ 生物種 : 水生生物 (魚類、カニ等) 及び水鳥	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
  - 海岸に漂着したゴミの量・種類に関する文献
  - 海洋を漂っているゴミの有害物質に関する文献



#### 4.5.2 情報収集整理の結果

前出表 4.5-2 に示す A～C の条件により、平成 28 年度事業での検索以降、全 75 件の文献の情報を収集した。条件別の情報収集結果を表 4.5-3 に示す。また、海ゴミが生物及び生態系に及ぼす影響についての総説・レビュー等を 10 件収集した。なお、表 4.5-3 で整理した文献と総説・レビュー等の概要は、本報告書資料編に記載した。

表 4.5-3 条件別の情報収集結果

調査目的			文献数
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	7
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	3
	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	1
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	38
	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	26

##### ① 条件 A（海岸に漂着したゴミの有害物質を調査した文献）

条件 A（海岸に漂着したゴミの有害物質を調査した文献）については、7 件収集した。これらの対象媒体・対象化学物質別の内訳は表 4.5-4（項目内の重複あり）に示すとおりである。

海岸で採取したマイクロプラスチックやプラスチックペレット等に含まれる残留性有機汚染物質（POPs）、添加剤、重金属等を分析した文献が 5 例（資料編文献一覧 A-01～05）あった。また、海岸で採取したプラスチックゴミとそれらに対応する新品のプラスチック製品から溶出する紫外線安定剤および抗酸化剤の濃度を調査した文献が 1 例（資料編文献一覧 A-06）、新品の発泡スチロール製水産養殖用ブイからの HBCCD 溶出試験に関する文献が 1 例（資料編文献一覧 A-07）あった。

表 4.5-4 条件 A（海岸に漂着したゴミの有害物質を調査した文献）の対象媒体・対象化学物質別の内訳

対象媒体	対象化学物質				媒体ごとの文献数
	POPs 含む有機汚染物質	※	重金属	臭素	
漂着海ゴミ	3	1	2	1	6
新品プラスチック製品	0	1	0	0	1
発泡スチロール製ブイ	1	0	0	0	1
化学物質ごとの文献数	4	2	2	1	総文献数：7

※ プラスチック可塑剤（フタル酸エステル等）、紫外線安定剤、抗酸化剤等

② 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、3 件収集した。これらの対象生物・対象化学物質別の内訳は表 4.5-5 に示すとおりである。

2 件は、野生生物を対象とした調査であり、ジンベエザメの皮膚生検における POPs 濃度と周辺海域のマイクロプラスチック濃度との関連を調査した文献（資料編文献一覧 B-01）と、ウミガメの脂肪における POPs 濃度測定とプラスチックの摂取量について調査した文献（資料編文献一覧 B-02）であった。

1 件は、屋内実験であり、性質の異なる 2 つの汚染物質（フェナントレンおよび 17 $\alpha$  エチニルエストラジオール）をマイクロプラスチックと共にゼブラフィッシュ幼生に曝露し、その遺伝子発現を確認することで、マイクロプラスチックが汚染物質の生物学的利用性に与える影響を調査した文献（資料編文献一覧 B-04）であった。

表 4.5-5 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	対象化学物質		生物ごとの 文献数
	POPs	フェナントレン及び 17 $\alpha$ エチニルエストラジオール	
ジンベエザメ	1	0	1
ウミガメ	1	0	1
ゼブラフィッシュ	0	1	1
化学物質ごとの文献数	2	1	総文献数：3

③ 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、1 件収集した。対象生物・対象化学物質別の内訳は表 4.5-6 に示すとおりである。

この文献は、PCBs を添加したマイクロプラスチックをヨーロッパアカザエビに曝露し、PCBs の生体蓄積や影響を調査した文献であった（資料編文献一覧 B-03）。

表 4.5-6 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	対象化学物質	生物ごとの 文献数
	PCBs	
ヨーロッパアカザエビ	1	1
化学物質ごとの文献数	1	総文献数：1

④ 条件 C-1（生物によるゴミの取込みを調査した文献）

条件 C-1（生物によるゴミの取込みを調査した文献）については、38 件収集した。これらの生物分類別の内訳は表 4.5-7（項目内の重複あり）に示すとおりである。

これらの多くは、自然環境下の野生生物やその死骸を採集し、胃内容物等を調査した文献であり、例えば、太平洋で混獲されたウミガメの胃腸内からのプラスチック検出状況を報告した文献（資料編文献一覧 C-32）等があった。また、生きている野生生物を対象とした調査は、海鳥の吐き戻し中のプラスチックを調査した文献が 2 例（資料編文献一覧 C-30、C-31）あった。

その他、生物のみならずその生息環境中のマイクロプラスチック汚染を合わせて調査した文献（資料編文献一覧 C-14、C-25）、生物がゴミを取込む原因を調査した文献（資料編文献一覧 C-15、C-24）等があった。

表 4.5-7 条件 C-1（生物によるゴミの取込みを調査した文献）  
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
植物	海藻	1
無脊椎動物	ゴカイ類	1
	海綿	1
	ヒトデ類	2
	毛顎動物（ヤムシ）類	1
	クラゲ類	1
	甲殻類	4
	貝類	9
脊椎動物	魚類	17
	鳥類	10
	カメ	4
総文献数		38

⑤ 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、26 件収集した。これらの生物分類別の内訳は表 4.5-8（項目内の重複あり）に示すとおりである。

多くの文献から、甲殻類や貝類等へのマイクロプラスチック等の曝露による生体影響が報告された。また、魚類を対象とした調査では、ゼブラフィッシュ幼生へのマイクロプラスチック曝露による毒性として、遺伝子発現影響や神経毒性物質の同時曝露による活動低下を報告した文献（資料編文献一覧 C-44）、免疫応答への影響を報告した文献（資料編文献一覧 C-64）があった。

一方で、ゼブラフィッシュ幼生に低密度ポリエチレン片を曝露し、体長、体重、肥満度、抗酸化物質の転写レベル、アポトーシスの抑制・促進、神経伝達遺伝子、えら・肝臓・脳・腎臓・腸の組織病理について調査した文献（資料編文献一覧 C-55）等では、生物影響はなしと評価された。

また、生物の生息環境を再現し、生態系レベルでの影響を調査した実験（メソコスム実験）は 2 件（資料編文献一覧 C-49、C-52）あった。

植物については、藻類へのマイクロプラスチック曝露による単一の植物プランクトンとマイクロプラスチックとの相互凝集作用が観察された文献（資料編文献一覧 C-58）、コウキクサへのポリエチレン製マイクロビーズによる根の成長影響を報告した文献（資料編文献一覧 C-54）があった。

なお、海ゴミの絡まりとその影響を調査した文献（資料編文献一覧 C-36、C-41）もあり、海ゴミの摂取以外による影響も報告されていた。

表 4.5-8 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
植物	藻類	1
	水草	1
無脊椎動物	甲殻類	11（うち影響無：1）
	貝類	3
	ウニ	2
	ゴカイ類	1
脊椎動物	魚類	4（うち影響無：2）
	カメ	2
	哺乳類	2
総文献数		26

#### 4.6 平成 28 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 28 年度事業において整理された課題や方針等について、今後の対応方針等を検討した。平成 28 年度事業で示された評価項目別の課題と評価方針(案)と、これに対する本事業における対応方針を表 4.6-1～表 4.6-2 に整理した。

表 4.6-1 平成 28 年度事業で示された項目別の課題・方針(案)と想定される本事業での対応(案)-1

評価項目	課題・方針(案)	本事業における対応方針
1. 海岸漂着物及び有害物質が及ぼす影響に係る情報収集整理	①近年、海洋ごみの有害物質の調査や、有害物質の生物への暴露試験、生物による海洋ごみの取込み事例やその影響に関する研究成果が増えてきており、今後も引続き、これらの情報収集を継続する必要がある。	①本事業の実施項目に含まれている。
2. 海岸に生息する生物への影響に係る分析調査	<p>①平成 27 年度に実施した県内の海岸に生息する甲殻類等(オカヤドカリ類、スナガニ類)の分析結果からは、プラスチックに含まれる有害物質(重金属類や有機汚染物質)が体内に取込まれた可能性が示唆された。しかしながら、対象種の餌、海岸の砂、海岸ごみの分析を行っていないため、体内に取込んだ経緯は明確になっていない。体内への有害物質の取込みが餌生物由来なのか、プラスチック類の誤食からなのかを明確にしていく必要がある。</p> <p>②人間活動に起因する有害物質汚染、元来天然に存在している物質等との区別を検討するため、分析対象種から検出された有害物質と漂着プラスチックとのつながりを明確にしていく必要がある。</p> <p>③体内の特定部位に特定の有害物質を蓄積させる生物種もいるため、このことも踏まえておく必要がある。</p> <p>④平成 27 年度はオカヤドカリ類、スナガニ類を分析対象としたが、オカヤドカリ類は行動範囲が広いこと人為的な環境の影響も受けやすいのに対し、スナガニ類は、海岸に穴を掘って生活しており、海岸を離れることはないため、海岸の汚染を調査する目的には、スナガニ類が適している。</p>	<p>①平成 30 年度の本格的な調査検討の実施に向けて、本年度は専門家会議と予備調査を通じて手法を検討する。</p> <p>②上記①に同じ。</p> <p>③有害物質を蓄積する海岸生息種について情報収集を実施する。</p> <p>④有害物質の分析対象種として考えた場合には、スナガニ類はオカヤドカリ類に比べ十分なサンプル数を確保できない場合が想定され、これが短所と判断される。また、地形的に閉鎖された海岸であればオカヤドカリ類も分析対象種としてはスナガニ類と同等の適正を持つと思われることから、オカヤドカリ類、スナガニ類共に調査対象としていく。</p>
3. 海岸漂着物に含まれる有害物質による影響の可能性検討	<p>①県内の海岸に生息する甲殻類等の体内への有害物質の取込み経路は様々であり(平成 27 年度には 5 つの経路が想定された)、有害物質の間接的な暴露についても検討が必要である。</p> <p>②仮に海浜砂が汚染されていれば、スナガニ類は常に有害物質の影響を受けていることになる。また、県内では、天然海水を利用する塩田やモズク養殖業、住民によるモズクやアオサの食品摂取等も行われており、その影響も懸念される。</p>	<p>①海域及び海岸環境における海岸漂着物からの有害物質の溶出状況に関する情報を収集・整理した上で、この課題を検討する必要がある。</p> <p>②この課題については、平成 30 年度に本格的な調査検討が実施できれば、併せて検討が可能と判断される。</p>

表 4.6-2 平成 28 年度事業で示された項目別の課題・方針(案)と想定される本事業での対応(案)-2

評価項目	課題・方法(案)	本事業における対応方針
4. 海岸漂着物に含まれる有害物質の県内における拡散の可能性検討	<p>①防衛大学の山口名誉教授が実施してきた海岸漂着物等の溶出試験結果と、沖縄県のモニタリング調査結果の現存量のデータを、山口名誉教授が検討した拡散モデルに当てはめれば、海岸漂着物等からの重金属元素の潜在溶出量の推定が可能である。このモデルから算定される潜在的溶出量から汚染のランク付けと、生息種等の自然の豊かさの指標を活用すれば、海岸の保全の優先度等の検討に活用できる。</p>	<p>①現時点において、潜在溶出量の推計は可能であるため、生息種等の豊かさの指標をどう設定するかについて専門家会議や学識経験者からの意見を踏まえて検討する。</p>
5. 生態系への影響を踏まえた対策方針検討	<p>①マイクロプラスチックについては、沖縄県が主体となった科学的な調査と、民間の子供から大人までの幅広い層が実施できる簡易的な調査を実施していくべきであり、なおかつ双方の結果を有効に活用できるような方法が必要である。なお、調査器具についてはできるだけプラスチック製品を避けること。</p> <p>②増加傾向にあるレジンペレット対策としては、プラスチックの成形工場が主な排出源となっている可能性を考慮して、県内から東南アジアの範囲の調査を実施するべきである。</p> <p>③海岸漂着物に含まれる有害物質の研究が進んできたことから、これらの成果を発生源対策に活用する時期にきていると判断される。例えばプラスチック業界にも、事業者責任として影響や今後の安全対策等の説明を求めるべきである。これに関連して、実際に生物がプラスチックを取り込むことが明らかになったことは大きな成果である。</p> <p>④予防原則で動かないと、手遅れになってからでは多様性に富んだ自然環境の保全が間に合わない可能性がある。</p> <p>⑤現在までの調査で明らかとなった課題や、有害性のリスクを整理して、汚染経路が判りやすい海岸を対象に、甲殻類の他にも、植物、昆虫等の餌となる生物、海浜砂、海岸漂着物等を分析するような小規模でも詳細な調査を行う必要がある。汚染経路が複雑という今回の調査結果から、できるだけ人為的な影響のない海岸が望ましい。科学的なデータを取得する事が最も重要であると考えられる。</p>	<p>①沖縄県が主体となった科学的な調査手法については、本事業の検討項目に含まれており、専門家会議を通じて検討する。簡易的な手法については、平成 28 年度事業で検討した方法があり、その普及を目指す。</p> <p>②この課題については、プラスチックの形成工場の他に、排出源となっている可能性のある施設や業種等を整理した上で対応する必要があると思われる、その方法について専門家会議を通じて検討する。</p> <p>③この指摘については、発生抑制対策として取組むべき課題と判断される。発生抑制対策事業の検討課題に加えることとする。</p> <p>④この指摘について、予防原則で各業界等が連携して対応していくためには、その根拠として平成 30 年度に予定されている本格的な調査検討の結果が必要であると考えられる。</p> <p>⑤平成 30 年度の本格的な調査検討の実施に向けて、本年度は専門家会議と予備調査を通じて手法を検討する。</p>

#### 4.7 予備的調査の実施

平成 28 年度事業で示された課題・方針(案)として前出表 4.6-2 に記載の「汚染経路が判りやすい海岸を対象に、甲殻類の他にも、植物、昆虫等の餌となる生物、海浜砂、海岸漂着物等を分析するような小規模でも詳細な調査を行う必要がある。汚染経路が複雑という今回の調査結果から、できるだけ人為的な影響のない海岸が望ましい。」に対応するため、平成 30 年度以降に本格的な調査の実施を念頭に、その手法を検討するための予備的調査を実施した。

なお、予備的調査の実施と本格的な調査手法の検討については、前述の「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」を通じて実施した。

##### 4.7.1 予備的調査の実施方針

予備的調査の実施行程・実施方針については概ね表 4.7-1 のとおり検討し、専門家会議委員による意見を踏まえて進めるものとした。

表 4.7-1 予備的調査の実施行程・実施方針

調査項目(実施順)	実施方法
調査方法の検討 調査地域、調査時期の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 前述のとおり、専門家会議において確定する。</li> <li>・ 調査地域、調査時期については前述の内容を専門家会議で議論する。</li> </ul>
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、スナガニ類、スナガニの餌生物、モンパノキあるいはクサトベラ、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> </ul>
分析結果の整理 汚染経路検討のための議論	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 専門家会議において、分析結果を用いて汚染経路を検討するための手法を議論する。</li> </ul>
課題抽出と対応策の議論	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 予備的調査の結果を受けて、平成 30 年度以降の本格的な調査検討へ向けての課題抽出とその対応策を議論する。</li> </ul>
本格的な調査手法の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 平成 30 年度以降に実施する本格的な調査手法について、専門家会議で議論する。</li> <li>・ 上記議論を踏まえ、調査手法をとりまとめる。</li> </ul>

#### 4.7.2 現地調査

調査対象海岸及び海岸漂着物に含まれる分析対象を検討・選定するため、平成 29 年 10 月において座間味村の海岸を対象として現地調査を実施した。現地踏査を行うにあたっては、有害物質や海岸生態系の専門家の協力を得ることとした。

##### (1) 実施日時・場所・現地調査参加者

現地調査は、平成 29 年 10 月 7～8 日、座間味村座間味島の海岸において実施した。現地踏査の参加者は表 4.7-2 に示すとおりである。

表 4.7-2 座間味島における現地踏査参加者

役職	氏名
防衛大学校 名誉教授	山口 晴幸
東京農工大学 農学部 環境資源科学科 教授	高田 秀重
東京農工大学 農学部 環境資源科学科 教授	渡邊 泉
東京農工大学大学院 物質循環環境科学専攻	佐藤 博弥
東京農工大学大学院 物質循環環境科学専攻	大垣 多恵
東京農工大学 農学部	山崎 瑠々佳
しかたに自然案内	鹿谷 法一
沖縄県 環境部 環境整備課 一般廃棄物班 技師	當山 未樹
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	清水 亜希子



(2) 調査対象海岸及び調査行程

調査対象海岸及び調査行程は図 4.7-1、表 4.7-3 に示すとおりである。

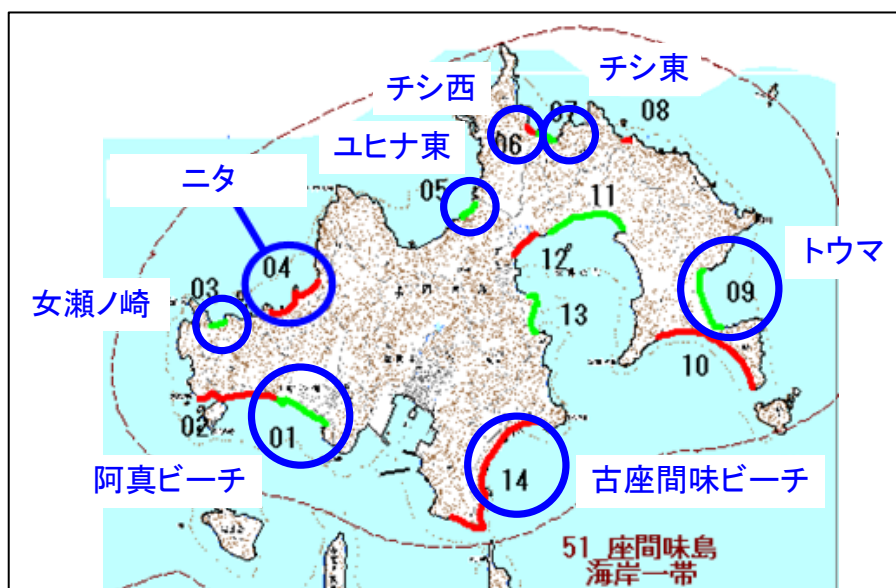


図 4.7-1 調査対象海岸

表 4.7-3 調査行程

日時	場所	内容
2017 年 10/7 午前	51_14 古座間味ビーチ	海岸漂着物の少ない海岸の視察
	座間味クリーンセンター	海岸漂着物の処理状況の視察
	51_01 阿真ビーチ	海岸漂着物の少ない海岸の視察
	神の浜展望台	展望台より「51_03 女瀬ノ崎」視察 (海岸漂着物の多い海岸の視察)
10/7 午後	51_04 ニタ海岸	海岸漂着物の多い海岸の視察 漂着プラスチックサンプルの採集 海岸生態系調査、分析対象生物種等の検討
	51_07 チシ東海岸	海岸漂着物の多い海岸の視察 震災漂流廃棄物等の視察
10/7 夜間	51_04 ニタ海岸	海岸生態系調査、分析対象生物種等の検討
10/8 午前	51_05 ユヒナ	海岸漂着物の多い海岸の視察
	51_06 チシ西海岸	海岸漂着物の多い海岸の視察
10/8 午後	51_09 トウマ海岸	海岸漂着物のやや多い海岸の視察
	51_04 ニタ海岸	分析対象生物種等の確認・検討

### (3) 調査対象

平成 30 年度以降の本格的な調査における分析対象候補として、本調査対象とした海岸漂着物や生物種等は以下のとおりである。

#### 【調査対象海岸漂着物】

漂着人工物（ペットボトル、漁業用ブイ、プラスチック片、発泡スチロール類等）  
漂着レジンペレット等のマイクロプラスチック

#### 【調査対象生物種等】

##### ●海岸小動物

- オカヤドカリ類（雑食の海岸生息小動物） ※主にムラサキオカヤドカリ
- スナガニ類（雑食の海岸生息小動物）
- イソハマグリ（波打ち際の砂浜中に生息する懸濁物食性の二枚貝類）
  - ・アマオブネガイ科（潮間帯の岩礁に生息する懸濁物食性の巻貝類）

##### ●海岸植生

- グンバイヒルガオ（砂浜の生育種／短期間で消長）
  - ・スナズル（砂浜の生育種／単年草）
- 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）

### (4) 調査状況

現地調査の状況を次ページ図 4.7-2～図 4.7-4 に示す。



図 4.7-2 座間味島における現地調査の状況(1)



図 4.7-3 座間味島における現地調査の状況(2)



図 4.7-4 座間味島における現地調査の状況(3)

### 4.7.3 調査対象海岸の選定

平成 30 年度以降の本格的な調査の対象海岸は、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)を候補とした。

選定した理由として、ニタ海岸を含む座間味島の北部の海岸一帯は、座間味村地域の中では最も海岸漂着物量が多いことが特徴であり、また、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。その中のニタ海岸については、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・生育量も多いと判断される。

また、ニタ海岸は、平成 28 年度には座間味村が主体となって実施した海岸漂着物の回収調査が行われており、更には沖縄県の平成 22～28 年度事業のモニタリング調査対象海岸であるチシ西海岸(重点対策区域番号 51\_06)の近隣に位置し海岸特性も同様であるため、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。座間味島ニタ海岸の位置と状況写真を図 4.7-5 に示す。

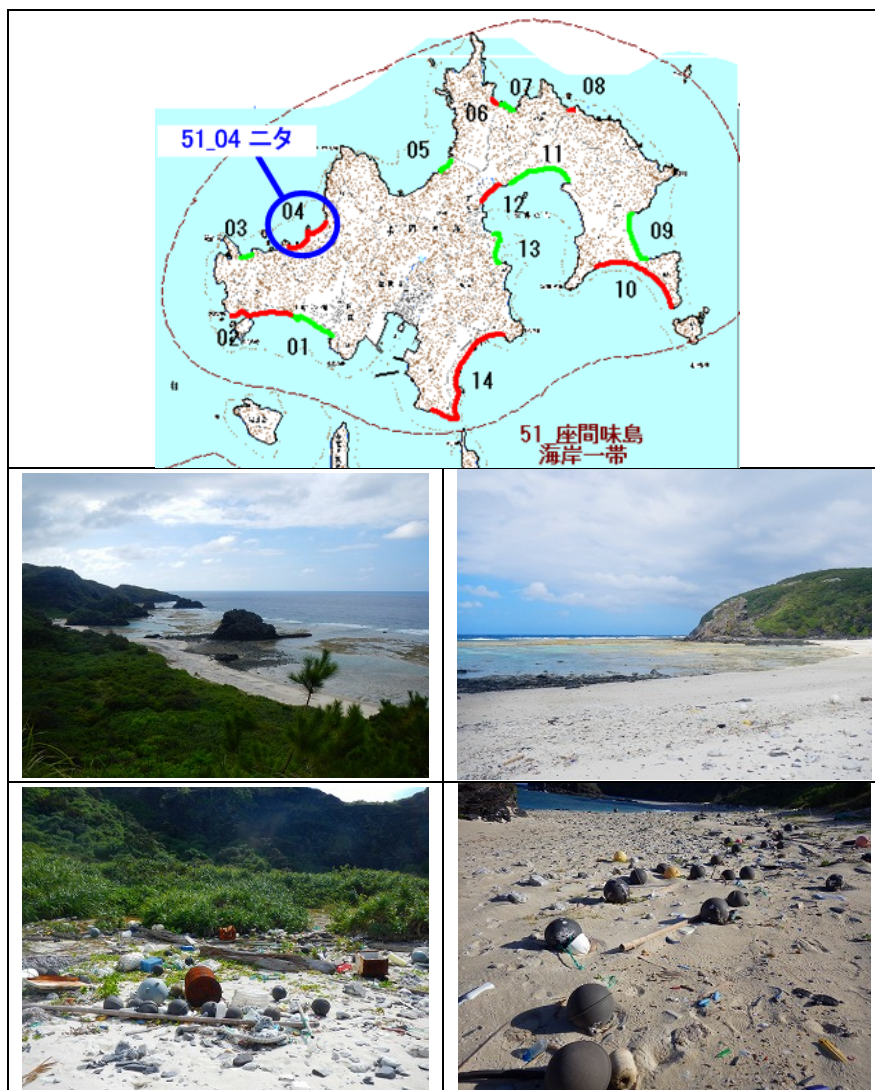


図 4.7-5 座間味島ニタ海岸の位置と状況

#### 4.7.4 調査の比較対照海岸の選定方針

平成30年度以降の本格的な調査では、前述のとおりニタ海岸を調査対象候補とする予定であるが、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と考えられる。

比較対照海岸は、ニタ海岸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。座間味村地域であれば、図4.7-6に示すとおり座間味島の古座間味ビーチの中央付近や阿真ビーチの西側、阿嘉島のニシハマビーチの北側、アグ、ヤカラの海岸等が候補となると考えられるが、候補とする海岸における地域関係者の利用状況やマイクロプラスチックの分布等を調査した上で選定する方針とする。

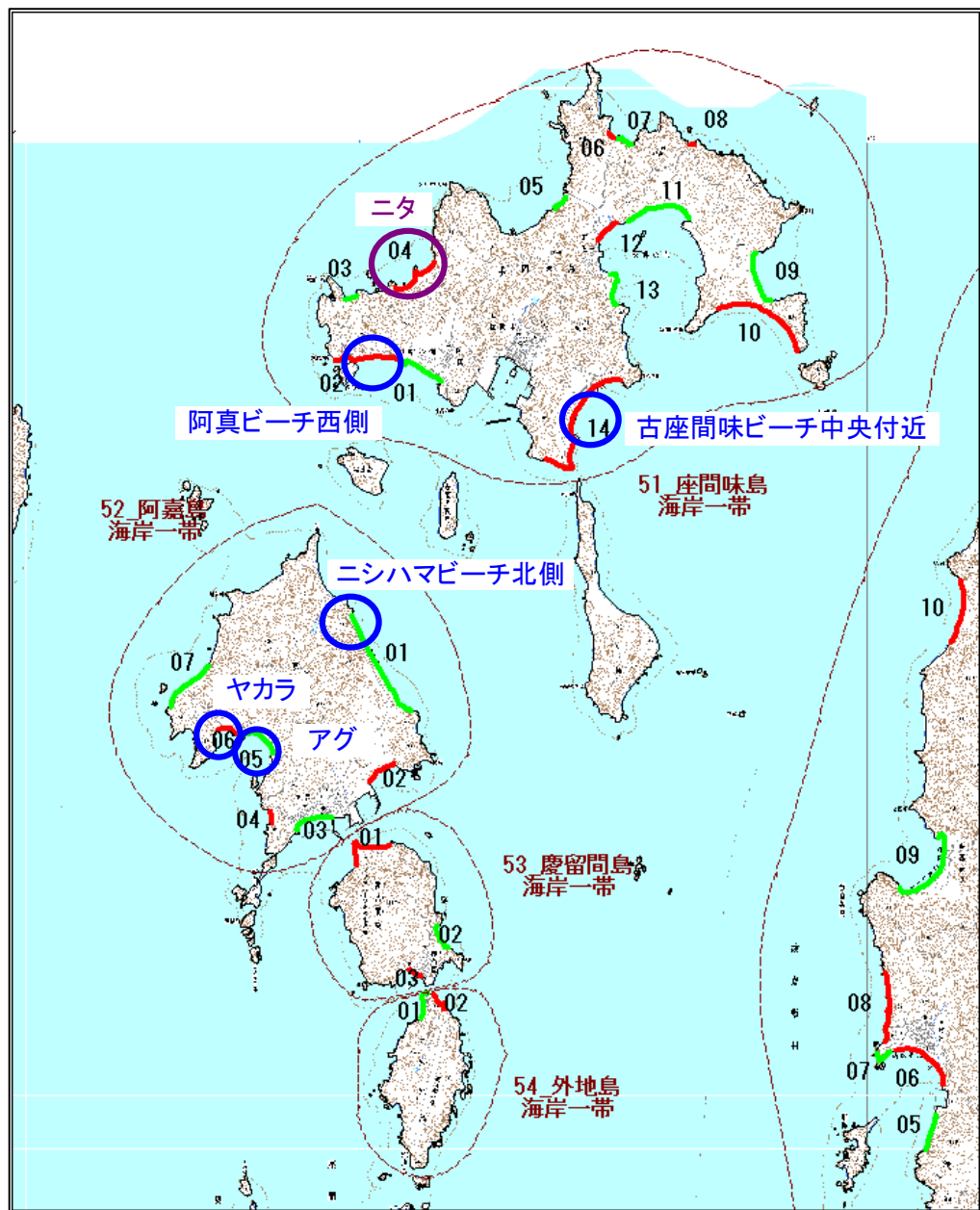


図 4.7-6 比較対照海岸の候補

#### 4.7.5 調査対象地域（座間味島）の海岸環境

##### ① 自然環境

座間味島地域の海岸は、「慶良間諸島国立公園」に含まれており、海岸の殆どが「海域公園地区」、「普通地域」に指定されている。また、沖縄県による「琉球諸島沿岸海岸保全基本計画」では、港湾区域以外の海岸線は「海岸環境を積極的に保全する区域」に指定されている。海岸法上での地域区分は、2ヶ所の港湾区域を除く全てが「一般公共海岸」である。海岸の形状はサンゴ礫の混じる砂浜が主体である。海岸植生は、グンバイヒルガオ、アダン、モンパノキ等がみられる。座間味島の北側の海岸一帯では、総じて陸側が岩礁帯となっており、徒歩でのアクセス路が長くアクセス性は悪い。保全上重要な生物としては、ウミガメ類（環境省レッドデータブック記載種）があげられ、多くの海岸が産卵地となっている。

##### ② 社会環境

座間味島では、主に島の南側に港湾や3つの集落が形成されており、一方で北側は周囲に集落や人の利用する施設等が殆ど無く、自然の状態を有している。

また、島の南側の海岸は、主に海水浴等の海のレジャーに利用され、北側の海岸は景勝地となっている。

座間味島の特に北側の海岸一帯は、海岸漂着物量が多く、冬期の北東からの季節風が漂着の大きな要因と判断される。環境省慶良間自然保護官事務所、慶良間自然環境保全会議、座間味ダイビング協会、座間味村漁業協同組合等によりボランティア清掃が実施されているが、全ての海岸漂着物を回収できていない。座間味村では、平成24年に座間味クリーンセンター内に海岸漂着物の処理目的で小型焼却炉を導入しており、島内での海岸漂着物処理が可能となっているが、冬期の海岸漂着物量は多く、小型焼却炉では処理が追い付かない状況である。

##### ③ ニタ海岸における漂着量

平成25～26年度沖縄県海岸漂着物地域対策推進事業による海岸漂着物のモニタリング調査結果より推計した、ニタ海岸における海岸漂着物の年間漂着量（H25年11月～H26年11月の365日あたり）は、表4.7-4に示すとおりである。ニタ海岸では、海岸漂着物は年間で約16t、108m<sup>3</sup>が漂着している。

表 4.7-4 ニタ海岸における海岸漂着物の年間漂着量（H25年11月～H26年11月の365日あたり）

ペットボトル	漁業用 ブイ	その他のプラスチック類	プラスチック類合計	発泡スチロール類	ゴム類	紙類	布類	ガラス・陶磁器類	金属類	木類	医療系廃棄物	廃油・廃液	合計
515 kg	817 kg	4,818 kg	6,150 kg	226 kg	374 kg	1 kg	2 kg	176 kg	14 kg	9,174 kg	7 kg	45 kg	16,168 kg
3,985 L	6,421 L	44,239 L	54,645 L	8,890 L	3,190 L	10 L	4 L	692 L	3,200 L	37,244 L	14 L	60 L	107,950 L

平成25～26年度沖縄県海岸漂着物地域対策推進事業成果より作成



#### 4.7.6 分析対象とする有害物質候補

平成30年度以降の本格的な調査において分析対象とする有害物質の候補とその概要は表4.7-5に示すとおりである。

表 4.7-5 分析対象とする有害物質の候補とその概要

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

#### 4.7.7 分析対象物及び生物種(案)

平成30年度以降の本格的な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分析対象の候補は、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、海岸中央部の砂、海岸植生帯間際の砂
- 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(次ページ表 4.7-6 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(次ページ図 4.7-7 に海岸における生息・生育場所概念図、表 4.7-7 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)
- 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

###### ●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

- 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)

表 4.7-6 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
	 	

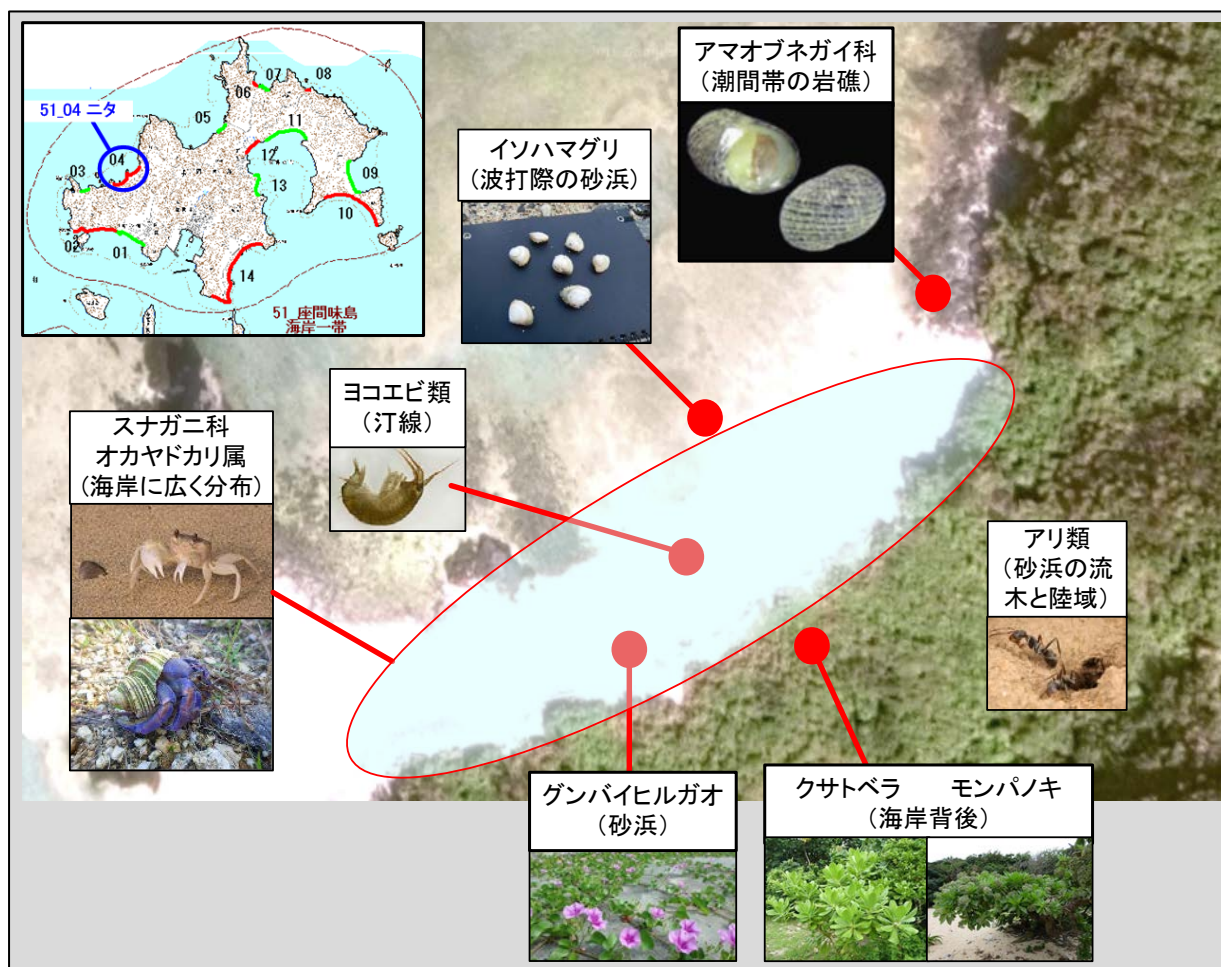


図 4.7-7 分析対象生物種等の海岸における生息・生育場所概念図

表 4.7-7 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>	<p>・懸濁物、藻類、 バイオフィルム 食種</p> <p>・周囲の環境影 響を受けやすい</p>	<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/isohamaguri0.jpg">https://www.zukan-bouz.com/public_image/Fish/2397/Thumb630/isohamaguri0.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。殻は垂三角形（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ある。</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する。</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/kigi.jpg/kusatbr2.jpg">http://www.plant.kjmt.jp/tree/kigi.jpg/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(絨羽)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) 調査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

- ・海岸中央部の砂

### ●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）

### ●海岸植生

- グンバイヒルガオ（砂浜の生育種／短期間で消長）

（グンバイヒルガオが困難な場合は、クサトベラあるいはモンパノキとする。）

#### 4.7.8 分析の予備的な実施と分析結果整理、汚染経路検討

##### (1) イソハマグリの予備的な分析

専門家会議委員である東京農工大学・渡邊泉教授によりイソハマグリの筋肉と内臓における重金属元素の予備的な分析が行われ、プラスチック由来の可能性のある重金属元素の取込みが確認されている。また、同じく専門家会議委員である東京農工大学・高田秀重教授によりイソハマグリの内臓に取込まれたマイクロプラスチックの分析が行われ、単位体重当たりでみると東京湾のムール貝やホンビノス貝に比べ、はるかに多数のマイクロプラスチックが確認されている。

##### (2) 分析対象種への有害物質の汚染経路の検討

本格的な調査における分析対象種への有害物質の汚染経路の検討については、分析対象種から有害物質が検出された場合は、まず調査対象海岸の波打ち際の砂、海岸中央の砂、海岸植生帯間際の砂、そして調査対照海岸の砂、それぞれの分析結果との比較を行い、同じ有害物質が認められるかどうかの確認を行う。次に分析対象種にどのように汚染したのかその経路を確認する行程となることが想定される。

#### 4.7.9 本格的な調査の実施体制

平成30年度以降の本格的な調査の実施体制を次ページ表4.7-8、現時点で想定される調査行程を以下①～④のとおり検討した。

- ① 防衛大学校・山口晴幸名誉教授により2015年に検討された「漂着ゴミから誘発される有害化学物質の定量的広域評価モデル」と沖縄県が過年度実施してきた海岸漂着物の年間漂着量調査結果より、調査対象海岸における海岸漂着物からの潜在的な重金属元素の溶出量を把握する。
- ② 調査対象種等の有害物質の分析は、東京農工大学・高田秀重教授（微量有機汚染物質）、渡邊泉教授（重金属元素）の協力の下に実施する。
- ③ 調査対象種等の有害物質の分析から、各生物種等への汚染経路について沖縄県立芸術大学・藤田喜久准教授の下で検討する。
- ④ 「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3回程度開催し、同会議により海岸漂着物等に含まれる有害物質と海岸及び海岸生態系の関係や汚染経路等について、総合的な検討を行う。

表 4.7-8 本格的な調査の実施体制(案)

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 重金属元素の汚染経路の検討
	沖縄県立芸術大学 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

赤文字：主な役割

#### 4.7.10 本格的な調査の実施時期(案)

平成 30 年度以降の本格的な調査の実施時期（主に現地調査及び会議）を以下のとおり想定した。

- 海岸及び海岸生態系の確認及び分析対象の採集調査  
分析対象生物種の活動が活発で採集に向いている平成 30 年初夏～10 月までの間に 2 回程度実施（採集調査後に有害物質の分析を実施）。
- 海岸漂着物の確認調査  
海岸漂着物の漂着が多くなる平成 30 年 12 月～平成 31 年 2 月の間に 1 回程度実施。
- 「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  
以下のとおり 3 回程度開催する。  
第 1 回：現地調査開始前（調査計画に係る協議）  
第 2 回：有害物質の分析終了後（分析結果の整理と評価に係る協議）  
第 3 回：平成 30 年度末（海岸漂着物に含まれる有害物質の影響に係る協議）



#### 4.7.11 参考情報

##### (1) 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

海岸漂着物に含まれる有害物質の県内における拡散に係る検討・評価については、長期に渡り海岸漂着物に含まれる重金属類の分析に取り組まれている防衛大学校・山口名誉教授が平成 27 年度沖縄県海岸漂着物地域対策推進事業において検討した「漂着ゴミから誘発される有害化学物質の定量的広域評価モデル」があり、これを用いて海岸漂着物に含まれる重金属類の県内における溶出・拡散を推計できる（ここでは推計手法の工程概要のみを記載する）。

- ①調査海岸域のモデル化（対象海岸範囲の設定）
- ②調査対象範囲の種類別・国籍別のごみ個数算出（既存の現況調査結果を活用）
- ③潜在的溶出係数の定義と設定（種類別・国籍別のごみからの有害物質溶出試験結果等を活用）
- ④ごみの平均的質量換算係数の導入（既存の調査結果等を活用し対象ごみ量を個数から質量に換算）
- ⑤調査対象範囲における有害物質の種類毎の潜在的溶出量を推計（次ページ表 4.7-9 にこの評価モデルのパラメータ設定を示す。）

※上記による海岸漂着物に含まれる重金属類の潜在的溶出量の推計方法と、沖縄県が平成 21 年度より実施してきた海岸漂着物の現況調査（現存量、年間漂着量等）を活用し、海岸漂着物の種類毎・重金属元素毎の潜在的溶出量が推計可能となっている。

表 4.7-9 漂着ごみによる有害化学物質の定量的広域評価モデルのパラメータ設定

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

## (2) 十脚甲殻類等の体内への人工物（プラスチック片）及び有害物質の取込み経路

沖縄県立芸術大学・藤田喜久准教授が平成 27 年度沖縄県海岸漂着物地域対策推進事業において検討した、県内の海岸に生息する十脚甲殻類等の体内への人工物（プラスチック片）及び有害物質の取込み経路は、以下のとおり想定されている。

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

## (3) 有害物質の分析方法

平成 27 年度沖縄県海岸漂着物等地域対策推進事業において、「海岸に生息する生物への影響に係る分析調査」として県内海岸に生息するオカヤドカリ類とスナガニ類の筋肉と内臓に含まれる有害物質の試験的な分析を実施しているが、その分析方法の概要は以下のとおりである。

### ① 重金属類

平成 27 年度の重金属元素の分析は、誘導結合プラズマ質量分析法（ICP-MS）により実施した。

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る。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)。

平成 27 年度に実施した実際の分析手順は以下のとおりである（平成 27 年度沖縄県海岸漂着物等地域対策推進事業報告書より）。

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

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

分析対象とした重金属元素等は、Li (リチウム), Na (ナトリウム), Mg (マグネシウム), Al (アルミニウム), K (カリウム), Ca (カルシウム), Sc (スカンジウム), V (バナジウム), Cr (クロム), Mn (マンガン), Fe (鉄), Co (コバルト), Ni (ニッケル), Cu (銅), Zn (亜鉛), Ga (ガリウム), As (ヒ素), Se (セレン), Rb (ルビジウム), Sr (ストロンチウム), Y (イットリウム), Mo (モリブデン), Pd (パラジウム), Cd (カドミウム), In (インジウム), Sn (スズ), Sb (アンチモン), Cs (セシウム), Ba (バリウム), La (ランタン), Ce (セリウム), Pt (白金), Tl (タリウム), Pb (鉛), Bi (ビスマス) の 35 元素とした。

## ② 残留性有機汚染物質

平成 27 年度の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) により実施した (図 4.7-8)。

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取めたセルと、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、キャリアーガスの窒素 ( $\text{N}_2$ ) 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

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)。

平成27年度に実施した実際の分析手順は以下のとおりである(平成27年度沖縄県海岸漂着物等地域対策推進事業報告書より)。

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

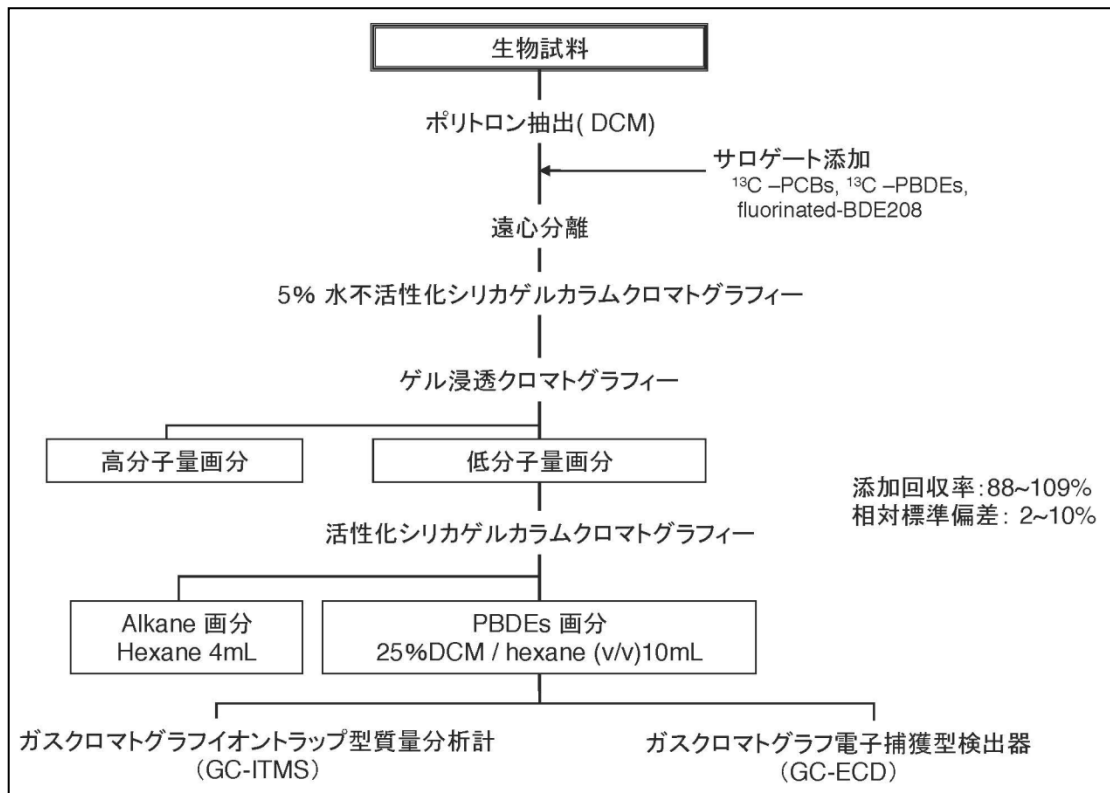


図 4.7-8 残留性有機汚染物質の分析方法