

沖縄県知事 殿

平成 30 年度沖縄県海岸漂着物等地域対策推進業務
(有害物質の影響及び対策並びに発生抑制対策検討業務)

報 告 書

平成 31 年 3 月

日本エヌ・ユー・エス株式会社・株式会社沖縄環境保全研究所
共同企業体

1.	業務概要	1-1
1.1	業務の目的	1-1
1.2	業務の実施方針・配慮事項	1-1
1.2.1	業務の実施における配慮事項	1-1
1.2.2	沖縄県・地方公共団体等との連携	1-2
1.2.3	安全管理	1-2
1.2.4	サンプルの管理	1-2
1.2.5	環境への配慮	1-2
1.2.6	品質管理	1-2
1.2.7	情報セキュリティの確保	1-2
1.3	業務内容	1-3
1.4	業務実施場所	1-3
1.5	業務実施期間	1-3
1.6	業務実施工程及び実施体制	1-3
1.7	業務成果品	1-4
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	2-3
2.3	実施項目	2-3
2.4	専門家会議の設置・運営	2-4
2.4.1	専門家会議の設置	2-4
2.4.2	専門家会議の開催・運営時期	2-4
2.4.3	専門家会議の開催内容	2-5
2.5	平成 29 年度の専門家会議で示された課題等に関する検討	2-25
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	2-26
2.6.1	本事業（平成 30 年度）における情報収集整理方法について	2-26
2.6.2	情報収集整理の結果	2-28
2.7	有害物質の影響調査	2-34
2.7.1	調査の目的	2-34
2.7.2	調査地域	2-34
2.7.3	調査方法	2-37
2.7.4	分析対象物及び生物種	2-38
2.7.5	調査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	平成 31 年度以降の取組方針・取組内容等の検討案	2-60
2.9	参考情報	2-61

3	発生抑制対策に係る事業	3-1
3.1	事業実施の背景	3-1
3.1.1	海岸漂着物処理推進法及び国の基本方針	3-1
3.1.2	沖縄県海岸漂着物対策地域計画	3-1
3.2	目的	3-4
3.3	本事業の概要	3-5
3.3.1	実施項目	3-5
3.3.2	実施工程	3-5
3.4	ワーキンググループの設置と発生抑制対策の検討	3-6
3.4.1	目的	3-6
3.4.2	ワーキンググループの構成	3-6
3.4.3	開催スケジュール	3-7
3.4.4	平成30年度第1回海岸漂着物の発生抑制対策ワーキンググループ議事概要	3-8
3.4.5	平成30年度第2回海岸漂着物の発生抑制対策ワーキンググループ議事概要	3-13
3.5	海外交流事業の実施	3-18
3.5.1	目的	3-18
3.5.2	実施方針	3-18
3.5.3	実施項目	3-18
3.5.4	実施体制・工程	3-18
3.5.5	実施内容	3-21
3.5.6	今後の海外交流についての検討	3-50
3.6	海岸漂着物の発生抑制対策の課題と対応策について	3-52
3.7	海岸漂着物の発生抑制対策と環境教育・普及啓発に係る方針（案）について	3-55
4.	海岸漂着物回収事業担当者会議支援	4-1
4.1	目的	4-1
4.2	担当者会議の開催状況	4-1
4.3	八重山地区回収事業担当者会議	4-2
4.3.1	議事次第	4-2
4.3.2	八重山地区議事概要	4-4
4.4	宮古地区回収事業担当者会議	4-11
4.4.1	議事次第	4-11
4.4.2	宮古地区議事概要	4-13

■ はじめに ■

本報告書は、国の平成 29 年度補正予算及び平成 30 年度予算に基づく国の補助金事業である海岸漂着物等地域対策推進事業による平成 30 年度沖縄県海岸漂着物等地域対策推進事業(有害物質の影響及び対策並びに発生抑制対策検討業務)の実施結果等を取りまとめたものである。

1. 業務概要

1.1 業務の目的

沖縄県では、「美しく豊かな自然を保護するための海岸における良好な景観及び環境の保全に係る海岸漂着物等の処理等の推進に関する法律」(平成 21 年 7 月 15 日法律第 82 号)(以下「海岸漂着物処理推進法」という。)第 14 条に定める「沖縄県海岸漂着物対策地域計画」(以下「地域計画」という。)を策定するとともに、行政機関や地域関係者等を委員とする「沖縄県海岸漂着物対策推進協議会」(以下「県協議会」という。)を設置して、関係者間の情報共有、連携等を図りながら、海岸漂着物の回収処理、実態調査、発生抑制対策等を実施している。

一方、県内海岸には、毎年海岸漂着物が漂着する現況にあり、海岸における良好な景観及び環境の保全を図るため、今後も継続して海岸漂着物対策を実施していく必要がある。

本事業では、国の「海岸漂着物等地域対策推進事業」を活用し、地域計画に基づく海岸漂着物対策として、①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発生抑制対策に係るワーキンググループの設置・運営、③発生抑制対策に係る海外交流事業の実施、④海岸漂着物回収事業担当者会議支援の以上 4 点の調査検討等を委託により実施する。

1.2 業務の実施方針・配慮事項

本業務の検討・実施に当たっては、海岸漂着物処理推進法、及び日本エヌ・ユー・エス(株)・(株)沖縄環境保全研究所共同企業体(以下、「当企業体」という。)が平成 21~29 年度に受託した海岸漂着物等の対策事業成果を踏まえた上で、本業務の委託業務仕様書、地域計画に基づき、沖縄県環境部環境整備課(以下「沖縄県担当課」という。)の指示に従い実施する。

なお、仕様書に疑義が生じたときやより難しい事由が生じたとき、あるいは仕様書に記載のない細部事項については、沖縄県担当課と速やかに協議し、その指示に従う。

また、実施に当たっては、業務の円滑な実施を図るため、特に下記の項目に配慮することとする。

1.2.1 業務の実施における配慮事項

本業務では、各地域の実情に応じた調査及び検討を行うため、各地域における行政機関の担当者等との緊密な連携のもと、各地域の自然環境のほか、近隣廃棄物処理施設や海岸清掃活動に係る状況等の社会的環境及び懸念事項を把握した上で実施する。

調査の実施に当たっては、沖縄県環境部環境整備課(以下、「沖縄県担当課」という。)と打合せのもと細目等を決定する。また各地域の海岸管理者、地方公共団体、関係行政機関等及び地域住民・民間団体等に調査の背景・計画等を説明し、十分に調整を行い業務を実施する。

1.2.2 沖縄県・地方公共団体等との連携

沖縄県・地方公共団体等との連携については、本調査の契約期間中、適切な頻度で調査計画及び進捗状況について情報共有を図るものとする。また、沖縄県・地方公共団体等への周知及び連絡については沖縄県担当課の指示に従うものとする。

1.2.3 安全管理

海岸等の調査を実施する場合は、安全管理を徹底するため、「海岸清掃回収マニュアル(回収事業編)」(沖縄県、平成24年3月改訂)の記載内容に沿った安全管理を実施する。特に、危険物については「海岸漂着危険物対応ガイドライン」(農林水産省、国土交通省)、医療系廃棄物については「廃棄物処理法に基づく感染性廃棄物処理マニュアル」(環境省)に基づいた対応・取扱いを作業員に周知徹底する。

安全管理体制は、「JANUS 労働安全衛生管理規定」の規定に従い、また、現場作業における安全衛生管理、車両の運転管理、事故時の緊急対策等については、上記規定に従って定められた「現場作業の安全衛生管理規則」、「安全運転管理規則」、「現場作業の事故及び災害発生時の緊急対策ならびに処理要領」に従うものとする。

1.2.4 サンプルの管理

調査により回収したサンプルについては、適切に管理する。また、一時保管する場合は、沖縄県や保管場所の所在する市町村の指示に従うものとする。

1.2.5 環境への配慮

調査対象区域内に生息する植物類をむやみに引き抜いたり、植生内にむやみに立ち入らないよう配慮する。特に環境保全上の価値が高い動植物等が確認された場合は、その取り扱いに留意する。また、調査実施範囲に、国立公園や国定公園等の規制区域を含む場合は、調査実施に際しては「自然公園法」等の関係法令を遵守する。

1.2.6 品質管理

本業務の遂行及び報告書の作成に当たっては、日本エヌ・ユー・エス(株)「品質管理要領」に従い、文書管理、作業管理及び記録管理を行う。

1.2.7 情報セキュリティの確保

本業務の実施に関して、沖縄県等から要機密情報を提供された場合には、適切に取り扱うための措置を講ずることとする。また、業務上作成する情報については、沖縄県担当課の指示に応じて適切に取り扱うこととする。

また、日本エヌ・ユー・エス(株)が登録している日本工業規格(JIS) Q27000 シリーズの情報セキュリティマネジメントシステム、更には「ISMS マニュアル(情報セキュリティ管理規程)」に則って情報セキュリティ対策を確実に実施する。

1.3 業務内容

本業務の構成は、以下の3項目である。

- ①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発生抑制対策に係るワーキンググループの設置・運営
- ③発生抑制対策に係る海外交流事業の実施
- ④海岸漂着物回収事業担当者会議支援

1.4 業務実施場所

ワーキンググループ及び海外交流事業の開催、その他業務の関係者や沖縄県担当課との調整、現地調査以外の業務は、主に以下に示す事業所で実施する。

- ・日本エヌ・ユー・エス株式会社
新宿本社（〒160-0023 東京都新宿区西新宿 7-5-25 西新宿プライムスクエア 5F）
沖縄事業所（〒902-0068 沖縄県那覇市真嘉比 1-10-8 330NIN ビル 302 号）
- ・株式会社沖縄環境保全研究所
（〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 7-11）

1.5 業務実施期間

契約締結の日から平成31年3月29日まで。

1.6 業務実施工程及び実施体制

本業務の実施工程を表 1.6-1 に、実施体制を図 1.6-1 に示す。

表 1.6-1 本業務の実施工程(案)

実施項目	平成30年度							備考
	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
(1) 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	■	■	■	■	■	■	■	専門家会議2回開催 現地調査4回実施 9月、10月、11月、2月実施
(2) 発生抑制対策事業（ワーキンググループの設置と発生抑制対策の検討）	■	■	■	■	■	■	■	WG2回開催
(3) 発生抑制対策事業（海外交流事業の実施）	■	■	■	■	■	■	■	海外交流事業1月下旬の3日間開催
(4) 海岸漂着物回収事業担当者会議支援							■	3/11-12、八重山、宮古で開催
報告書作成							■	

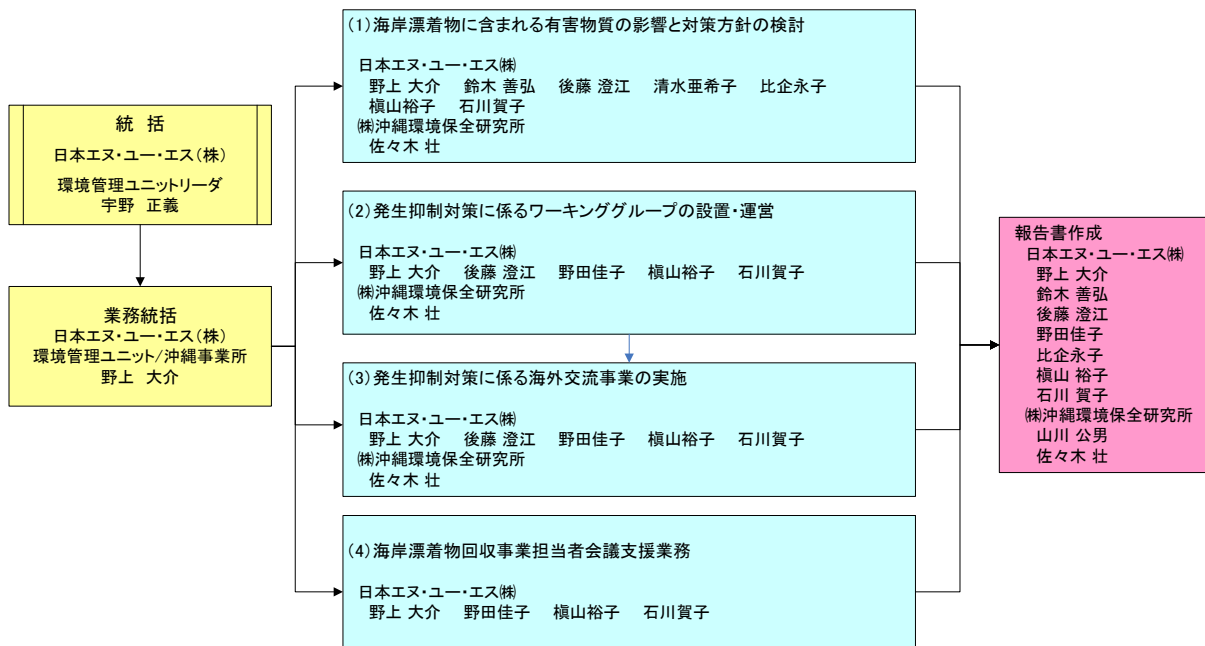


図 1.6-1 本業務の実施体制

1.7 業務成果品

報告書 31部

報告書の電子データを収納した電子媒体(CD-ROM) 1式

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	2-3
2.3	実施項目	2-3
2.4	専門家会議の設置・運営	2-4
2.4.1	専門家会議の設置	2-4
2.4.2	専門家会議の開催・運営時期	2-4
2.4.3	専門家会議の開催内容	2-5
2.5	平成 29 年度の専門家会議で示された課題等に関する検討	2-25
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	2-26
2.6.1	本事業（平成 30 年度）における情報収集整理方法について	2-26
2.6.2	情報収集整理の結果	2-28
2.7	有害物質の影響調査	2-34
2.7.1	調査の目的	2-34
2.7.2	調査地域	2-34
2.7.3	調査方法	2-37
2.7.4	分析対象物及び生物種	2-38
2.7.5	調査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	有害物質の分析方法	2-55
2.7.9	分析・評価の結果	2-58
2.8	平成 31 年度以降の取組方針・取組内容等の検討案	2-63
2.9	参考情報	2-64

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 25～27 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。

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の本項に関連する部分を表 2.1-2 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 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>

表 2.1-2 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"> ・生態系への影響を把握する上では、専門家、対象となる海岸の生態系に精通した

地域関係者や関係する行政機関等の協力、助言を得るものとする。

- ・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。

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、29 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。）を平成 30 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、29 年度事業からの継続的な実施）

② 平成 29 年度事業の専門家会議で示された課題等に関する検討

（上記専門家会議の議論を踏まえて検討する）

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 26～29 年度事業からの継続的な実施）。

④ 有害物質の影響調査

（平成 29 年度の予備調査において、調査対象地域の選定および分析対象の選定と予備的な分析が行われた結果を踏まえ、平成 30 年度は座間味村内の海岸において、調査対象種の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29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

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、平成30年9月～11月の間に予備調査、第1回現地調査、第1回現地調査の補完調査を実施し、これらの調査で得られた資料の分析を進めた後、第1回専門家会議を平成31年2月22日に開催した。第1回専門家会議の開催後に第2回現地調査を平成31年2月下旬に実施し、第2回現地調査で得られた資料の分析を進めた後、平成31年3月25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

平成31年2月22日 13:30～15:30 沖縄県庁4階第2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

平成31年3月25日 14:00～16:00 AP西新宿プライムスクエア7階大会議室



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22日（金）
13:30～15:30

場所：沖縄県庁4階第2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）

②平成29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）

5. その他

閉会（15:30）

配布資料

資料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2 平成29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 沖縄県座間味島の無脊椎動物、植物の微量元素レベルを用いた海岸ゴミの整体影響評価 東京農工大学 渡邊泉 教授・戸津雅

資料3-3 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 海岸漂着物に含まれる有害物質に関する文献一覧

平成 30 年度沖縄県海岸漂着物地域対策推進事業

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 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) みずかわ かおるこ 水川 薫子	東京農工大学 農学部 環境資源学科 助教
わたなべ いずみ 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	
松田 了	沖縄県 環境部 環境整備課 課長
仲地 健次	沖縄県 環境部 環境整備課 一般廃棄物班 班長
宮平 将生	沖縄県 環境部 環境整備課 一般廃棄物班 主任
平成 30 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
比企 永子	日本エヌ・ユー・エス(株)環境調和ユニット
石川 賀子	日本エヌ・ユー・エス(株)沖縄事業所
佐々木 壮	(株)沖縄環境保全研究所 環境事業部 環境技術課

●議事概要

議事 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）

- ・特に無し

議事 2 平成 29 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）

- ・H28 年度の専門家会議において、被害の大きい 1 海岸をモデルとし、その海岸環境や生態系等を集中的に調査することにより、海岸漂着物に含まれる有害物質と海岸生態系の関係を明確にすべきという結論が出されたことにより、H29 年度に座間味島の 8 海岸を対象とし予備的な調査を実施した。その結果と H29 年度の専門家会議の結果を受け、H30 年度に実施する本格的な調査の計画を策定した。調査対象海岸は、海岸漂着物の多い海岸として座間味島の北側に位置するニタ海岸を選出し、また、比較対照としてごみの少ない 5 海岸を選定した。更には有害物質の分析対象種等を検討した。

議事 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）

〔1〕 専門家会議の設置・運営等（資料 3-1）

- ・専門家会議は、現地踏査を含め 3 回実施する予定であり、1 回目は 10 月に実施した現地踏査、2 回目は今回の専門家会議、最後は 3/25 開催予定とする。
- ・本年度の実施計画は、H29 年度に専門家会議を通じて整理された課題に沿って策定している。

〔2〕 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 3-1、参考資料）

【実施状況説明】

- ・有害物質に関する情報の収集は毎年継続して行っているが、直近 1 年間の文献を対象としている。
- ・マイクロプラスチック（以下、MP と記す）等の用語で検索した論文を内容毎に分類した。今年度は情報が多かったこともあり、主に 3 つの内容（B-1、B-2、C-2）に絞って収集した。なお、B-1、B-2 に共通して、昨年度より大幅に文献数が増えており、研究トレンドが移った印象を受けた。
- ・B-1 については 5 件の論文があり、MP の摂取や MP が上皮に付着することで化学物質が生物へ移行したという報告もある中、MP から取り込まれた化学物質の割合は小さいという論文もあった。
- ・B-2 については 12 件あり、さらに実験の手法として 3 種類（(a)MP に化学物質を添加した実験、(b)化学物質と MP を同時に曝露させ MP が存在することによる影響調査、(c)は (a)と (b)の両方を実施）に分類した。(a)は 3 件あり、化学物質を添加した MP 条件下の方が生態への影響が大きかったとする報告がある一方で、影響がないとする論文もあった。(b)は 7 件あり、多くの文献で化学物質の毒性や化学物質の蓄積が MP の存在により

変化したという報告であったが、程度には違いがみられた。(c)の内容は(a)や(b)と類似の報告であった。

- ・C-2 は最も文献数が多く、61 件あった。そのうち、本調査の対象種に近い生物種及びモデル生物（イガイ類、カキ類）に絞って 11 件の論文を調査した。MP の存在により何らかの生態影響（組織の構造の変化やストレス耐性の低下等）がみられたというものが多かった。一方で、MP による生態影響は無かったという論文もあった。

【質疑応答】

- ・B-2 の論文は室内実験が多いのか。
 - B-2 の論文は全て室内実験であり、自然界で検証したものは無かったが、環境中の MP 中の重金属を測定し、海鳥の化学物質の暴露を調べたものはあった。
 - 海岸調査中には、よく海鳥に死骸に遭遇する。外見は油にまみれたものや釣り糸が絡まったものも何体かみられるが、ほとんどは外見からは死因が分からないものが多い。室内実験ではなく、これらを対象物とし体内からプラスチックが含まれているか確認して、プラスチックから溶け出す有害化学物質と、臓器から溶け出した化学物質が一致するのか調査した研究は無いのか。
 - 直近の 1 年間では自然界での報告はなかった。
 - ある程度生きて個体でないと分析は難しい。死んだ個体の場合、物質の濃度から逆算して想定せざるを得ないため、生きたものをすぐ処理する必要がある。
- ・暴露実験が多かったが、暴露量が文献により異なると考えられる。実際の自然環境に近い濃度なのか、それとも莫大な量なのか、添加した化学物質や MP の量が自然界に即しているかどうかで整理してもよいかもしれない。
- ・今回の調査で初めて現場で採取した動物や植物の分析結果を出したが、環境レベルで結果が顕著に出たことに驚いた。これから知見が積みあがっていく草分け的な存在になる研究成果だと思われる。
- ・体内からプラスチックが確認されたのが数年前で、実際に食物連鎖上で化学物質が移るのがここ数年の研究のトレンドである。短期間での影響調査であり、今後どの程度影響があるのかはまだ分かっていない。
- ・資料 2（表 5-3）と資料 3-1（表 5-3）の文献数の一覧結果を比較しても分かるように、B-1、B-2 に関して、昨年度は 4 件だったのに対し今年度は 17 件に増加している。これまでは有害物質というよりごみにどれだけ暴露されたか報告した文献が多かったが、これからは有害物質の暴露に関する報告が増えていくものと予想される。

[3] 有害物質の影響調査

①現地調査（資料 3-1）

【実施状況説明】

- ・有害物質の影響調査の主な対象海岸は、座間味島にある北向きのニタ海岸であり、海岸長は 500m である。この海岸を選んだ理由としては、人の影響がない、漂着ごみが多い、自然の状態を保っている等があげられるが、更には 51_06 のチシ西海岸で H21 年度以降沖縄県のモニタリング調査を実施してきた経緯があり、51_06 とニタの海岸は条件がほぼ

一緒に漂着状況が類似していることから、チシ西の年間漂着量等の詳細なデータがニタにも応用できることも理由である。比較対照海岸については従来の計画からは変更されたが、ウハマ、古座間味ビーチ、ニシハマビーチ北側で行った。分析対象生物については計画通り（資料 3-1 p17）。

- ・現地調査については、まず 9 月に予備調査を実施した。本来は座間味で実施する予定であったが欠航のため、恩納村の恩納村地先海岸の潮間帯に生息する甲殻類や貝類の確認及び本部町の新里海岸でスナガニ類とイソハマグリの採取方法のすり合わせを実施した。10 月の調査では、ニタの浜の漂着ごみや MP の堆積状況、イソハマグリ採取、植物の採取、夜間調査も実施した。採取した海岸小動物と海岸植物は表 6-11 に記載した。なお、アリ類やヨコエビ類に関しては分析には個体数が少なかったため、採取を断念した。また、イソハマグリに関しては、海岸漂着物の少ない海岸で採取できなかったため、11 月に補完調査を実施し、ごみの少ないウハマ海岸において採取した。

【質疑応答】

- ・調査対象とした海岸生物は沖縄のどの海岸でも生息しているのか。
 - 生息量の多い少ないは別として県内の海岸に広く生息している種である。
 - イソハマグリは生息する海岸が限られており、波打ち際の砂に潜っており、懸濁物を食べることで有害物質にさらされやすく、ツノメガニやナンヨウスナガニ、ミナミスナガニについては、ほぼ生まれた海岸から移動しないのでその海岸だけの影響を受けると思われる。オカヤドカリ類は代表的な普遍種のため選定している。アダン、クサトベラ、モンパノキ等の植物については、ほぼ普遍的に分布している種である。
 - これらの生物の分布は、奄美ぐらいまでは生息している。琉球列島だと十分指標となる種である。
 - 広く分布していた方が、代表的な主としてふさわしい。
- ・イソハマグリは県内で広く食べられている。小売はされておらず、浜うりや居酒屋で取り扱っている。漁協では取り扱っておらず、水産物という扱いではない。

②有機汚染物質の分析状況（資料 3-1 及び PPT 資料）

【実施状況説明（水川委員）】

- ・海岸に漂着したごみの摂取による物理的ダメージに加え、周辺海水に含まれている有機汚染物質のプラスチック吸着、プラスチック自身に含まれる添加剤、これらが生物にどのような影響を及ぼすのか調査した。過去には、ハシボソミズナギドリの脂肪と胃の中から検出された例や、非都市域のプラスチックごみから散発的に高濃度の添加剤成分が検出された例がある。
- ・暴露経路は様々考えられるが、環境中の濃度が低ければ生物濃縮やプラスチック吸着による影響は少なく、一方でプラスチック添加剤による寄与が明確になると予想される。そこで、プラスチック摂食が報告されているムラサキオカヤドカリをターゲットとした。サンプリングは漂着の多いニタ海岸と対照海岸として古座間味ビーチで行った。
- ・分析対象成分は、吸着・添加剤由来の成分として、臭素系難燃剤(PBDEs 等)と PCBs を選定し、ヤドカリの筋肉と肝臓の分析を行った。PBDEs は生物濃縮性の高い低臭素 PBDEs

と高臭素 PBDEs に分けられる。なお、古座間味の筋肉 A は分析中のコンタミと考えられたため除外した。

- 肝臓のニタ B で低臭素と特に高臭素の PBDEs が検出された。組成としては PBDE179 と PBDE202 が多く検出されている。また、環境中にあまり検出されないために番号が付いていない 6 臭素①～③も検出された。プラスチックの多いニタ B から検出されたことから、代謝などで生成された添加剤由来なのではないかと考えられる。今回、検出されたピークは標準物質（主要な成分）とは一致しないため、外注などの業務委託では見過ごされた可能性もある。
- 6 臭素および 4 臭素の結果をみると、標準品に含まれているものは小さなピークだが、標準品以外のところに高いピークが検出された。文献で調べた結果、環境中にほとんど含まれていない PBDE の同族異性体で、6 臭素同族異性体の BDE136 は、BDE179 から臭素が一つとれた構造をしている。4 臭素同族異性体の BDE45 は、BDE136 から 2 つ臭素が取れたものである可能性が高い（臭素が 5 つ付いた化合物は見つかっていない）。
- ニタ B では、標準品に含まれている BDE209 が代謝されたと思われる BDE202 と BDE179 が検出されており、BDE179 からさらに臭素が取れた BDE136 が検出されたと考えられるが、BDE209 はニタ B から検出されなかったため、BDE209 を含んだプラスチックをヤドカリが摂食・蓄積し代謝されたのか、別の生き物が摂食・代謝して蓄積していたものをヤドカリが食べたのかについては不明であり、更に分析を進めて解明したい。
- PCBs 全体の分析結果では、ニタ B で高い値を示した。PCBs が吸着したプラスチックを食べたためか、プラスチックを摂食した生物を餌とした生物増幅によるものかは不明である。
- PCBs の組成割合でみると、全体的に PCB138 や PCB153 が多い（ニタのペレットやプラスチック片からも検出）が、肝臓のサンプルでは比較的塩素の PCB が多く検出される中でニタ B のみ組成が異なっていることがわかる。これは、他の場所と比べ食べているものが異なることを示しており、単純に餌の違いによるものか、食物連鎖の中でプラスチックが関わってきているのか、今回の分析からは判断できなかった。
- 【結論として】PBDEs の分析結果からは、漂着量の多いニタのサンプル B から添加剤由来と思われる PBDEs が検出された。プラスチックを直接食べたのか、二次摂食によるものかはわからないが、プラスチックの添加剤由来の汚染の可能性はある。PCBs の分析結果からは、二次摂食による生物増幅によるものか、PCBs が吸着したプラスチックを食べているのかは判断できなかった。

【質疑応答】

- BDE209 は難燃剤なのでカーテンやカーペット、建築建材、パソコンや TV 等の熱がこもりやすい製品に使われやすい。アンチモンと一緒に混ぜられていることがある。日本で使われている BDE は 10 臭素が多い。ペットボトルなどの容器には使われていない。
- 代謝の過程で臭素が取れるメカニズムは、甲状腺ホルモンを活性化するための酵素が作用していると考えられている。甲状腺ホルモンはベンゼン環にヨウ素がくっついている化合物で PBDEs と構造が似ており、酵素を阻害するという報告がある。カエルの変態に関与したり、回遊魚など鮭が海に下るときに銀化する際に影響を受けたりするホルモン

である。ヤドカリにどのような影響があるか分からないが、脊索動物レベルから存在する古いホルモンなので、ほとんどの生物が持っているホルモンである。

- ・有機塗料、顔料、染料などの副生で PCBs が生成されるため、漂着中に吸着した PCB 由来ではなく、着色剤としてあらかじめ含まれている PCBs 由来である可能性はないのか？
→着色剤の副産物由来の場合、比較的塩素数が少ない PCBs が単独で検出されることが多く、今回示した低塩素～高塩素まで幅広くなおかつ似たような組成（ニタ B 以外）で検出されているため、特異的な由来では無く環境中のものであると考えている。

③重金属類の分析状況（資料 3-2）

【実施状況説明（渡邊委員）】

- ・漂着ゴミはプラスチックごみに限らないが、学術的にもプラスチックごみが着目されてきている。金属はプラスチックに含まれている難燃剤のアンチモンが有名。漂着ゴミに入っているのは顔料由来で、有名なものは、レジ袋の緑色の顔料から高濃度の鉛が検出されている。色を付けるときに用いられる。
- ・プラスチックに含まれる金属は、毒性が強いアンチモンが有名である。また、触媒として猛毒な有機スズが使われている。鉛もよく使われている。ただし、白金は無い。
- ・山口先生のこれまでの研究により漂着ゴミから検出された重金属の一覧が示されている。今回の新規性は、生物の体内にどれだけ金属が取り込まれているかについて影響評価を行ったことである。直接摂取も考えられるが、二次的摂取の場合、代謝がどうなるのかも考える必要があり複雑化する。
- ・まずはイソハマグリの筋肉（貝柱）で評価した。確実に取り込まれたものでなければ筋肉からは検出されない。肝臓などは血液とのやり取りが比較的あり、取り込んだ消化管からすぐ反応するが、肝臓から体内に再分配されるという意味で、筋肉はより体内に取り込まれたものを捕まえられるというメリットがある。
- ・イソハマグリの筋肉については、ビックデータ解析の一つで多変量解析の一つである SIMPROF 分析では、ニタの試料でクラスタを形成している。ニタのヒートマップ（赤が濃い方が高濃度を示す）結果は SIMPROF 分析と同じ結果で、ニタの試料にプラスチックに含まれる元素（Cs, In, Pt はプラスチック由来ではない）が高濃度で存在することを示す。どのぐらいの元素がどのサンプルに対して寄与したかを表した主成分分析では、前述した 2 つの解析結果と同様に、8 割の元素がプラスチックに関係するものであった。実際にイソハマグリの筋肉から検出された濃度としては、鉛、白金、カドミウムでニタの試料がウハマより優位に高い。生物の体の中で最も金属を集める肝臓では、筋肉より外部の影響を受けやすい。
- ・イソハマグリの肝臓に関しては、SIMPROF 分析ではあまり明確には示されなかったが、ヒートマップでは、筋肉と異なる蓄積元素ではあるが、2 つの階層クラスタを形成していることが分かった。主成分分析では、白金やビスマスはあまり検出されない金属であるが、ニタの全個体で白金が検出された。肝臓中の濃度では、ニタとウハマの比較においてカドミウムではあまり差が見られないが、鉛で若干ニタの方が高い結果となった。
- ・餌を必要としない（プラスチックを直接取り込まない）植物に関して、同様の分析を行っ

た結果、SIMPROF 分析では植物種で明確に分かれた。ヒートマップでは、プラスチック由来の重金属類（白金はプラスチック由来ではない）がアダンに集中している。クサトベラは地殻由来の元素を集めていることがわかる。主成分分析では、アダンを特徴づける元素として、プラスチックの着色顔料に含まれる重金属が検出され、さらにニタのイソハマグリで高濃度を示した白金もアダンから検出された。比較対照とした古座間味ビーチで地点間比較を行った結果、ニタと古座間味ビーチで明確に分かれる。人為由来の問題元素がニタのアダンで高濃度を示し、濃度比較結果では古座間味ビーチでは検出されないのに対し、鉛、白金はイソハマグリと同様の結果を示した。

- ・【結論として】ニタと対照海岸を比較した結果、動物も植物も共通して、ニタの方が毒性の強い鉛、カドミウム、そしてなぜか白金の濃度が高い。白金は家電由来の可能性も考えられる。植物では今後アダンに注目していく。また、プラスチックの漂着量の多い海岸で、プラスチック由来の元素がイソハマグリやアダンから検出されるという仮説が状況証拠的に確かめられた。

【質疑応答】

- ・砂の分析はまだ行っていない。
- ・植物から検出されたということは、砂や地中の水に有害化学物質が溶け出ている証拠である。粒子からではありえないので、プラスチックごみが細分化され、有害物質が水や地下水に溶け出る可能性がある。イソハマグリも周囲の砂、MP、水という繋がりで検出されている可能性も考えられる。
 - どの個体にも共通して検出されるような指標となる元素や生物があれば、数個体の分析で海岸のごみの有害物質の供給量が判断できるとよい。
 - 鉛は吸着性が高いため、通常であれば生物や植物にそれほど取り込まれないが、海岸の様なアルカリ条件下では鉛が溶け出しやすいため、鉛のリスクが海岸では高くなると考えれば、指標の一つとしてもよいのではないか。
- ・イソハマグリによる健康への影響についてはどうか。
 - ニタのイソハマグリの筋肉から鉛 0.5µg/g（乾燥重量）が検出されている。日本では食品中の鉛の基準は、農産物とミネラルウォーターしか設定されていないが、EU 基準では二枚貝で 1.5mg/kg（湿重量）であり、ニタの濃度は EU 基準の 1/3 程度である。
 - ただし、肝臓では濃度は高くなり、さらに採取場所によっても濃度に幅があることに注意してもらいたい。今の時点では、許容範囲内であり、直ちに影響がでるレベルではないが、今後食べ続けることに対しては、何かしらの対策が必要であると考えられる。
 - 体重 50 kg の人が一日当たり摂取してよい許容量は 178µg であり、ニタのイソハマグリを乾燥状態で一日 300~400g 摂取すると健康に影響を及ぼす可能性がある。
 - 人がいない自然豊かな海岸ほど清掃が行き届かず、生物が汚染される可能性が高まることから、基準レベル以下である今のうちに対策を施す必要がある。

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（資料 3-3）

【実施状況説明（山口委員）】

- ・ごみを有害化学物質（重金属）に置き換えることで溶出量として評価するため、プラス

チック類、発泡スチロール類（吸着性が高い、簡単に割れやすい、拡散性が高い）、大型のブイ、瓶のキャップ、さらに沖縄の特徴として電球や蛍光灯が多くみられるため電球類の金属部分（水銀は対象外）を対象として検討した。

- 方法としては、ごみの個数を重さに換算して溶出量の推定を行う。さらに国籍毎に代表的なサンプルの溶出試験を行い、溶出量の平均値を算出した。なお、プラスチックに関しては吸着量によって溶出係数の平均値が変わるため、どの海岸でも適用できる様に、プラスチックに元々含まれている添加剤によるものだけで評価できるよう表面をよく洗浄した後に溶出試験を実施した。質量に溶出係数を乗ずることで溶出量が算出されるため、海岸毎にごみの種類・量からどの程度溶出させる能力があるのかを推定した。
- ごみの多い八重山・宮古諸島でモデルを適用した結果を図2に示す。海岸長1kmあたりの代表的な元素の潜在的な溶出量を図3、ごみ1kgあたりの潜在的溶出量を図4に示す。成分比率では、アルミニウムの溶出量が最も高く、次いで、ヒ素、亜鉛、マンガンが多くなる（図5）。漂着ごみを種類別にみると、発泡スチロール類の溶出量が最も高い（図6）。発泡スチロールに元々含まれているものと、漂流している間に吸着しているものから出てくるものがある。発泡スチロールの9割ぐらいがMPになっており、それらを生物が食べることから、発泡スチロールの使用規制・代替品を検討すべきである。
- プラスチックごみの国籍別割合を図8に示す。国籍不明のうち7～8割が中国製であるが、ラベルがはがれたものを全て国籍不明として分類している。国籍が判別されたものにおいても中国製が多いことから、中国製のごみからの鉛やクロム等の重金属の溶出が多く、生物に取り込まれている可能性が高いと考えられる。
- 日本製であれば口に入れる容器や包装紙は食品衛生法で明確に基準が決められており人間に対する安全は担保されているが、中国製の場合はその限りではない。
- これまでモニタリング調査を行ってきたチン海岸の漂着ごみデータを基に、類似した条件であるニタ海岸の漂着ごみを推定し、本評価モデルによる解析を実施する予定である。なお、将来的には、ごみの漂着データを化学物質に置き換え、さらに生物から得られた汚染の問題を考慮し、汚染リスクの度合いの検証に役立てる。

【質疑応答】

- 新しいプラスチックと漂着して劣化したプラスチックで溶出量が変わるデータを示すことで、回収作業の促進につながるのではないかと。
 - プラスチックの材質にもよるが、薄いプラスチック素材の方が溶出量は高い。本評価モデルでは劣化具合の区別なく溶出実験を行い平均値で算出している。
 - H26年度の専門家会議において、漂着した発泡スチロールと新品の発泡スチロールを比べたデータを載せており、明確な違いが出ている。
 - 放置すると細分化され、顔料や塗料が剥げ、砂も地下水も汚れ、生物も食べやすくなるので、早く回収すると共に常にごみが無い状態を保つことが大事。一度細かくなって環境中に拡散されると回収不能となる。拾えるうちに回収する、プラスチックを減らすことも一つの手法だが、生活に密着しているため難しい。ごみがないシステムを構築することが大事。
 - 沖縄はビーチクリーンが盛んだが、浜辺をきれいにする目的に加え、今後は生態系も考

慮して取り組むことが望ましい。

⑤海岸小動物におけるプラスチック片の取込み

【実施状況説明（藤田委員）】

- ・ニタで採取されたイソハマグリ 17 個体全てから、各個体に 3～38 個（平均して 1 個体あたり 15 個）の MP が確認された。消化管や鰓、給水管、出水管等にも付着していた。今回の分析ではニタの試料しかなかったため、今後は南側のごみの少ない海岸でも試料を採取する予定である。
- ・ムラサキオカヤドカリは 9 個体分析し、そのうち 5 個体から MP が確認された。消化管と胃の中、鰓にも破片が付着していた。
- ・ナンヨウスナガニは 1 個体分析し、これにも MP が含まれていた。
- ・イソハマグリと同じような場所に住むスナホリガニは 11 個体中、2 個体に MP が含まれていた。
- ・特出すべきはイソハマグリで、イソハマグリは波打ち際に生息する懸濁物食者であり、陸からも海からも取り込むため、両方の影響を受ける。MP のサイズも大まかに区分しており、0.1mm 以下のものが大量に含まれている。一方、スナガニやオカヤドカリの仲間は陸域に生息し、海岸に打ち上げているものから摂取するため、オカヤドカリからも検出されるというのは、海岸に打ちあがっているものの影響が及んでいる証拠である。
- ・2～3 年前に調査したムラサキオカヤドカリは昆虫や動物食が多かったが、今回のオカヤドカリの胃の内容物は 90%以上が植物であり、植物から有害物質が検出されることは十分あり得る。ガス交換をする鰓の方にも砂粒や MP が付着していた。
- ・ニタの試料からは、生息域に関わらず、ブラックライトを当てると光る蛍光剤が含まれているプラスチックも検出されている。

【質疑応答】

- ・合成洗剤に含まれている蛍光増白剤は農工大でも着目している。
→釣りの浮子由来である可能性も考えられる。
- ・餌と一緒に砂粒も取り込むので、砂粒が汚染されていることも考えられる。直接ガス交換する鰓の方にも砂粒や MP が付着していたので、予想していた取り込み経路は十分あり得ることが立証された。

その他

- ・次回は、3/25（月）に開催予定。

(2) 第2回専門家会議

●議事次第

日時：平成31年3月25日（月）

14:00～16:20

場所：西新宿プライムスクエア7階

日本エヌ・ユー・エス(株)702大会議室

議 事

開会（14:00）

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)

- ・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2-1)
- ・重金属元素の分析結果(資料2-1,参考資料)
- ・重金属元素の溶出に係る検討(資料2-2)
- ・海岸小動物に取込まれたプラスチック片の分析状況(資料2-1)
- ・調査結果の評価、平成31年度以降の取組方針・取組内容等の検討(案)(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 座間味村ニタ海岸における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 防衛大学校 山口晴幸 名誉教授

参考資料 沖縄県座間味島の無脊椎動物、植物の微量元素レベルを用いた海岸ゴミの全体影響評価 東京農工大学 渡邊泉 教授・戸津雅

平成 30 年度沖縄県海岸漂着物地域対策推進事業

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 出席者名簿

(順不同、敬称略)

委員	
やまぐち はれゆき 山口 晴幸	防衛大学校 名誉教授
たかだ ひでしげ 高田 秀重	東京農工大学 農学部 環境資源学科 教授
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	
松田 了	沖縄県 環境部 環境整備課 課長
仲地 健次	沖縄県 環境部 環境整備課 一般廃棄物班 班長
宮平 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	
糸洲 昌子	沖縄県 保健医療部 衛生環境研究所 環境科学班 水環境グループ 研究員
座間味 佳孝	沖縄県 保健医療部 衛生環境研究所 環境科学班 水環境グループ 研究員
平成 30 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
比企 永子	日本エヌ・ユー・エス(株)環境調和ユニット

● 議事概要

議事 1 第一回専門家会議 議事概要（案）（資料 1）

- ・特になし

議事 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] 有害物質の影響調査方法及び現地調査の状況（資料 2-1）

【実施状況説明】

- ・調査地点、分析対象生物種、調査実施日等、本調査の概要説明
- ・質疑特になし

[2] 有機汚染物質の分析結果（資料 2-1）

【実施状況説明（高田委員）】

- ・ニタ海岸及び対照区となる海岸において採取した二枚貝（イソハマグリ）と甲殻類（オカヤドカリ）の消化管内のマイクロプラスチック（以下「MP」という。）の測定及び、筋肉・肝臓の PCBs、PBDEs の分析を実施した。
- ・世界的に生物中の MP は繊維状の割合が高い傾向にあるが、沖縄県の生物の胃内容物中の MP は破片が多かった。
- ・オカヤドカリに取込まれた MP の個数／重量は、ニタ海岸では古座間味よりも 1 桁多かった（ニタ海岸：293～540 個、古座間味：0～13 個）。
- ・胃内容物中の MP の大きさは、ムラサキオカヤドカリの方がイソハマグリよりも大きかった（ムラサキオカヤドカリ：数十～200 μm が多い、イソハマグリ：数十 μm が多い）。
- ・ムラサキオカヤドカリの胃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ある。イソハマグリはポリエチレン、ポリアルケンクロライドが多い。ポリアルケンクロライドはあまり見られないポリマーである。
- ・昨年度に東京湾のムラサキガイとニタ海岸のイソハマグリについて、個数／重量の比較を行ったところ、東京湾よりもニタ海岸の方が多く結果となった。今回調査したニタ海岸では、生物全般がプラスチックに曝露されていると考えられる。
- ・イソハマグリの組織中 PCBs はウハマよりもニタ海岸で 2 桁ほど高かった。検体数が少なく統計的に有意とは言えないが、ムラサキオカヤドカリでも同様の傾向であった。
- ・ツノメガニの組織中 PCBs 濃度は、ニシハマとニタ海岸で大きな差はなかった。原因については不明であるが、ニシハマが対照区として適さない可能性、ニシハマに漂着物が存在する可能性、ツノメガニの吸着物質の取り込み方が異なる可能性が考えられる。
- ・ニタ海岸のイソハマグリで CB-187 の割合が大きい。これはプラスチックや生物組織では見たことのない組成であり、ニタ海岸に特有なばく露源があるのではないかと考えられる。
- ・個体によるばらつきがあり、今後検体数を増やす必要がある。
- ・ムラサキオカヤドカリの組織中は、代謝されにくい PCBs（CB-138、CB-153）の割合が大きい。これは高次の生物（代謝能が高い生物）でみられる組成である（代謝されにく

いものが残っているということ)。ムラサキオカヤドカリの生命力の高さは、代謝能の高さによるものかもしれない。

- ・ニタ海岸のムラサキオカヤドカリの肝臓から、通常環境試料中ではあまり検出されない BDE-179、BDE-202 が検出された。摂取したプラスチックに含まれる添加剤が肝臓に一部移行し、BDE-179、BDE-202 に変化したのではないか。また、今回検出された、世界的にも報告例のない 6 臭素の PBDEs は、BDE179 の代謝産物である可能性がある。これについては、代謝の実験でも確認する必要がある。検出事例を増やし、オカヤドカリ全般かつニタ海岸全般でこの現象が起きているのか調査したい。
- ・PBDEs は添加される製品が限定されている。韓国では、建材として使われていた発泡スチロールを漁具に再利用しており、漁業用の浮子及び浮子に付着するカキから難燃剤が検出された報告がある。ニタ海岸のオカヤドカリもポリスチレンが多く、発泡スチロールから添加剤を取り込んでいる可能性がある。
- ・【結論】プラスチックの多い海岸の方が、化学物質も MP も高濃度であった。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。
- ・【来年度の提案】分析数を増やしたい。他の委員はもっと検体数が多い。同じ地点でも濃度のばらつきが大きい。特に、今年度とは異なる季節の試料がほしい（今年度はごみの少ない 10 月に調査した。ごみの多い時期に調査しなくてはならない）。またその際、ごみの少ない海岸でイソハマグリも採取したい。卒論、修論のために実験が集中する時期であるため、年度後半に分析が集中すると厳しい。年度前半から分析できるように予算を組んでほしい。また、現状の予算では学生が分析することとなり、リスクが高い。安定したデータが欲しい場合は、研究員を雇える予算をつけてほしい。

【質疑応答】

- ・化学物質の濃度や組成には個体差がある。個体によって異なるものなのか。
→通常は、場所による違いが大きい。仮説ではあるが、摂取したプラスチックに含まれる添加剤は不均質であるため、プラスチック経由で化学物質を取り込んでいると、個体差が出る可能性がある。
- ・ムラサキオカヤドカリの A、B はオスカメスで区別していたと思う。濃度には雌雄で違いがある可能性がある。
- ・腸管から MP を取り出す方法は確立されているのか。
→前処理方法は今年度 12 月頃に確定した。顕微 FTIR により同定する粒子を選択する作業には個人差がある。個人差をなくすため、オートで分析する技術を開発中であるが、実用化には至っていない。世界的にも、顕微 FTIR で粒子を選択する行程に個人差があることは課題であると考えている。
- ・一連の作業にかかる時間はどの程度か。
→1 試料 1 週間程度かかる。
- ・PCBs は有機塗料に副産物として含まれるが、今回検出された PCBs は吸着由来といえるのか。
→塗料に含まれる PCBs は限定された低塩素であるため、今回検出された PCBs は塗料由来ではないと考える。

→PBDEsについては高臭素を中心に添加剤と考えている。

[3] 重金属元素の分析状況（資料 2-1）

【実施状況説明（渡邊委員）】

- ・海岸漂着物の多い海岸、少ない海岸における砂、スナガニ類、オカヤドカリ類を分析する予定であったが、測定機器に不具合が生じ、分析できていない。測定機器が復旧次第、試料分析を進め、報告書には掲載できるようにしたい。

[4] 重金属元素の溶出に係る検討（資料 2-2） 重金属元素の分析状況（資料 2-1）

【実施状況説明（山口委員）】

- ・オカヤドカリは発泡スチロールを食べている。またアダンの根本にも発泡スチロールが集積している。発泡スチロールは化学物質の吸着性が高く、問題である。被覆しない状態での発泡スチロールの使用は早急に止めなくてはならない。
- ・中国に由来する漂着物が多い。
- ・重金属は酸性度が高いと溶出しやすい。発泡スチロールから溶出する量は多い。
- ・潜在的溶出量は、Al、Mnが多い。
- ・海岸漂着物に含まれる元素のうち、最も多く含まれる元素を汚染の指標にしたらいと思う。
- ・指標を設定するなど、評価方法を分かりやすくすると、清掃活動の参加者に対する効果も期待できる。
- ・漂着物の下の砂（ゴミ下砂）と、浜砂について、重金属の溶出試験を行った結果、測定したいずれの重金属においても高い溶出量が検出される割合が高くなった。座間味島においても同様の現象が起きていると証明するため、ニタ海岸の砂中重金属を測ってほしい。早く漂着物を回収しなくては、重金属が砂に溶出し、アダン等の植物を汚染する可能性がある。
- ・【今後の方針】琉球列島の島々の漂着物や、MPは調査する必要がある。ニタ海岸よりも漂着物の多い海岸が存在する。漂着物とMP及び生物との関係を結びつけて考察すべきである。MPを広く調査したい。多様な生物が生息する地域ほど、調査すべきである。

【質疑応答】

- ・ニタ海岸のMnは少ないが、他の地点ではMnが多い。一般的にMnは、地殻由来とされるが、プラスチックの影響もあるのか。
- ・中国由来の漂着物はBaが多いが、原因は何か。
→Baは安定剤としてプラスチックに添加される。
- ・ヒ素、アンチモンの溶出量も多い。毒性という観点から考えると、ヒ素、アンチモンはインパクトがある。
→アンチモンはペットボトルに触媒として含まれる。飲料へのアンチモンの溶出実験も行われており、興味深い。
- ・発泡スチロールの元素成分の潜在的溶出量の構成比は、地域によって異なるのか（図 7）。八重山諸島は本島付近の島よりも発泡スチロールが多い。調査地点を変えると、異なる結

果が得られる可能性がある。

→八重山や宮古島の発泡スチロールは潜在的溶出量が多く、構成比も異なる。

・発泡スチロールは軽いため山の上まで運ばれ、細分化する。細分化すると表面積が大きくなり、化学物質も吸着しやすくなる。

・鹿児島県において鹿児島大学の藤枝先生が、発泡スチロール製の浮子をポリエチレンのシートで覆い、発泡スチロールの劣化を防ぐ取組みをしている。発泡スチロールには生成段階で発生する有害物質も含まれている。沖縄県も、被覆しない状態での発泡スチロールの使用をやめる取組みをしたほうがよい。

→被覆したプラスチックが割れた状態で漂着する発泡スチロールもある。ビニールで包んだものはもたない。特に八重山や日本海沿岸において、発泡スチロールは非常に大きな問題であり、対策を検討しなくてはならない。

→市町村に補助金を出し、発泡スチロールを回収している。発泡スチロールをプラスチックで被覆する等、技術的な対策についても検討したい

→例えば、発泡スチロールを重点的に対策する品目とすると、作業する側が対応しやすく、よいと思う。

[5] 海岸小動物に取り込まれたプラスチック片の分析状況

【実施状況説明（藤田委員）】

・イソハマグリ、ムラサキオカヤドカリ、スナホリガニ、スナガニ（ツノメ、ミナミスナガニ）の体内に取り込まれたMPを分析調査した。調査したすべての種において、いずれかの個体でMPが検出された。

・MPの分析において、発泡スチロールは認識が難しく、今回報告する調査結果においては発泡スチロールと断定できないものは除いているため、発泡スチロールの量は過小評価になっている。

・鰓の隙間にもMPを確認した。

・ニタ海岸のイソハマグリのMP検出率は100%であった。一方、ウハマのイソハマグリはMPの検出率が5%であった（それぞれn=20）。

・ニタ海岸のイソハマグリ中には、0.1mm以下のMPがかなり存在しており、一部は蛍光である。

・イソハマグリでは、肝臓、外套膜、足、鰓、消化管等、あらゆる場所にMPが確認された。

・与那国のイソハマグリにおけるMPの検出率は、北側の海岸（漂着物が多い）で100%、南側の海岸で0%（それぞれn=5）であった。

・多良間島のイソハマグリでは、漂着物の多い海岸を見つけられず、南北の海岸で明確な差は見られなかった。（MP検出率：北側60%、南側40%）。

・漂着物の少ない海岸に生息するイソハマグリからはMPが検出されにくい。この結果から、イソハマグリのMPは陸に打ち上がったプラスチックから生成したMPに由来するのではないか。

・砂中MPと生物中MPや化学物質を関連づけることが重要かもしれない。

- ・スナガニと同様に、イソハマグリは化学物質のモニタリングと MP の調査を行う上での指標生物に適していると考える。
- ・漂着物回収の必要性を主張する根拠として、漂着物の多い海岸及び少ない海岸において生物の調査を続け、データを蓄積するべきである。
- ・自然度が高い海岸は清掃が困難な地点においては、漂着物の回収が必要であるという認識をもつべきである。
- ・砂中 MP 量と生物中 MP や化学物質の関連性の調査、他離島での調査、他の生物種や海岸環境を対象とした調査が今後必要である。

(他の生物種)

- ・ニシキアマオブネ：主に砂中に生息するが、プラスチックを摂取しやすい食性ではない。イソハマグリよりも深い砂中に生息する。沖縄では広く食用とされる。プラスチックから溶出する化学物質により、砂が汚染されることから、組織中の化学物質を調べたほうがよいと考える。
- ・ホシムシ：砂を取り込んでおり、間違いなく MP が入っていると考えられ、調査した方がよいと考える。

(他の海岸環境)

- ・飛沫転石帯（陸側の石が集積している範囲、海と陸の境目）：カニや貝など様々な生物が生息する範囲であるが、隙間に入り込んだ発泡スチロールが乾燥すると、生物がいなくなる。飛沫転石帯は生物にとって重要な場所であり、調査地点を広げて考える必要がある。

【質疑応答】

- ・イソハマグリ中の MP について、陸からの寄与が大きいというのは、打ち上げられたプラスチックが細かくなってできた MP ということか。
→そのとおりである。イソハマグリは地下水が流出するところに生息する貝であり、水とともに MP が流れてくる可能性もあると考える。
- ・化学分析をする際は、軟体部も含めて分析している。イソハマグリのある組織に MP があつたことから、生物組織だけでなく、生物体内の MP 中の化学物質も含めて分析しているのかもしれないと思った。
→イソハマグリは、粘液に MP が絡みつく。
→ニシキアマオブネはイソハマグリよりも粘液が多く、MP が付着する可能性も高くなるかもしれない。
- ・ツノメガニで MP が確認されなかったのはなぜか。
→2月の気温が低い時期の試料であり、活動が鈍るため胃内容物が少なかったためである。
- ・どのくらいまで小さいサイズの MP をカウントしているのか。
→目で確認できる限りの大きさであり、0.05mm 程度である。大きさは大まかに記録している。
- ・高田先生とのデータと傾向は一致しているので、簡易的に地点比較するにはよい手法であると考えている。発泡スチロールは表面の劣化で認識が難しく、課題である。特にオカヤドカリの胃内容物には植物片が多く、発泡スチロールとの区別がつきにくい。

- ・オカヤドカリとイソハマグリでは、体内に取込まれている主要なポリマーが異なり、両種を調査する意味がある。

[6] 平成31年度以降の取組方針・取組内容等の検討案（資料2-1）

- ・文献調査については、本事業による調査結果を評価する上で参考となる研究事例に絞り、次年度も継続した方がよいと考えられる。
- ・化学物質の分析結果に関しては、食品及び土壌汚染安全基準の確認、安全性評価、公表の判断等を行う方針とする。
- ・県内の海岸におけるMPに含まれる有害物質と溶出量について把握すると共に、県内の代表的な海岸（過年度沖縄県で選定しているモニタリング調査対象海岸）を幾つか選定し、漂着状況と有害物質の影響の検証事例を増やし、漂着状況から有害物質による被害の予測評価を可能としていく方法が考えられる。
- ・将来に渡り海岸漂着物に含まれる有害物質の影響を最小限にする方策の検討を行う（海岸漂着物の回収方針の策定、例えば人の利用度が低くても自然の豊かな自然公園法に含まれる区域を優先的に回収するとか）。
- ・県内各海岸における0.1mm以下のMPの分布状況を把握する必要がある。

【質疑応答／総合討論】

- ・海岸漂着物のモニタリング調査を毎年実施し、その際に重量容量に加え個数を計測してほしい。その際、MPの調査も実施する。複数地点を何年かに分けて調査すると状況が把握できる。
 - 平成28年度まで県内23か所でモニタリング調査してきた。ここ2年間は現存量の調査のみ実施した。
 - 将来的にはモニタリング調査にMPの調査を追加する方向で検討したい。
- ・MPを回収する方法はどうか。関東では熊手で細かいごみを回収している地域もある。
 - 沖縄だと粒子が小さく、サンゴの破片の回収も禁止されており、熊手での回収は難しいかもしれない。
 - 大きいごみを重機で回収する、ドローンで取る、などしたほうがよいのではないか。ドローンは東京農工大学にて開発中である。
- ・次年度は同じ座間味島の地点で、件数を増やすのがよいと思うがどうか。
 - 賛成である。本年度の半年間のデータでは説得力のある結論が得られないため、来年度も同様の調査を行いたい。また、来年度は委員の連携を強化したい。
 - 来年度は、開始時期を早くしてほしい
- ・生物への生態影響も調査してはどうか。遺伝子レベルも含め、生物に異常が起こっていないのか調べたらよいと思う。必要に応じ、生態影響の専門家を委員に入れたらよいと考える。
- ・来年度は座間味島で重点的に調査する方向でよいと考える。鳥類など、野生動物の調査範囲を広げるのもよいと考える。
- ・座間味島の調査を主とし、石垣島、西表島でも同様の調査を実施可能か検討する。環境省予算は今年度と同じ1億2000万円であり、そのうち7割は回収事業に使う。持ち帰っ

て検討するが、想定よりも喫緊した課題であり、来年度も継続したい考えである。来年度6月頃には第1回の会議を開催し、詳細を検討する機会を設けたい。

- ・有害物質がMPから生物に移行するのか、生態影響があるのか、についてはフィールドでの研究がほとんどなく、今年度の座間味島の結果は、世界的にも非常に貴重である。現場での調査を継続していけたらよい。研究結果が上手く世に出れば波及効果もある。
- ・本調査で結果が出せれば、普及啓発になり、漂着物を回収することの説得力が増す。また、予算が確保できるようになると考える。そのために確実にデータを蓄積したい。
- ・本事業に係る研究結果を発表する際には、県に報告してほしい。

2.5 平成 29 年度の専門家会議で示された課題等に関する検討

平成 29 年度事業において整理された課題や方針等について、前述の第 1 回専門家会議の議論を踏まえて検討した。平成 29 年度事業で示された評価項目別の課題と評価方針と、これに対し本事業で検討した対応方針を表 2.5-1 に整理した。

表 2.5-1 平成 29 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

評価項目	課題・評価方針	本事業における対応
本格的な調査における対象海岸について	<p>①対照となる調査海岸は、同じ生物種が生息しており、商業的な活動（清掃、観光など）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。座間味島の海岸は港が近く有害物質の影響が考えられるため、阿嘉島の海岸を選定してほうがよいのではないかと。</p> <p>②調査結果の公表により、観光に影響が出る可能性があるため、同時にマイクロプラスチックの簡易検査を行う。</p>	<p>平成 29 年度の検討結果を踏まえ、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を候補とする。対照海岸については、座間味島の古座間味ビーチ中央付近、阿真ビーチ西側、阿嘉島の西浜ビーチ北側、アグ、ヤカラの海岸等が候補として挙げられるが、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。</p>
本格的な調査における分析対象物および生物種について	<p>①分析対象種は現地の状況にあわせ柔軟に対応する。対象種が小型の個体は解剖が難しい。</p> <p>②グンバイヒルガオは検疫対象種であり、早めに管轄機関と調整を行う必要がある。</p> <p>③海岸中央および海岸植生帯間際の砂に比べ汚染が少ないと予測される波打ち際の砂も分析対象とする。</p> <p>④生物種から有害物質が検出された場合には、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、調査対象海岸の砂、それぞれの分析結果の比較し評価する。</p>	<p>本格的な調査の分析対象物及び生物種（案）は以下の通り。 生物種以外 ・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、中国製ペットボトル） 生物種 ・海岸生物（アマオブネガイ科、イソハマグリ、ヨコエビ類、スナガニ科、オカヤドカリ属） ・陸生生物（アリ類） ・海岸植生（グンバイヒルガオ、クサトベラ、モンパノキ）</p>
マイクロプラスチックの採取方法	<p>①1mm 以下のマイクロプラスチックの方が有害物質を多く吸着し、生物影響が大きいという考え方もあることから、目合 0.3mm のネットで捕集しデータを蓄積する。</p>	<p>マイクロプラスチック調査を実施する際に考慮する。</p>
マイクロプラスチックの分別方法	<p>①オイルボールを分析検討項目とするかどうか。</p>	<p>現地の漂着状況で判断する。</p>
マイクロプラスチックに関する情報収集整理	<p>①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の文献は重要である。</p> <p>②マイクロプラスチックが生物に影響があるかどうかの観点で文献情報を整理する。</p> <p>③汚染物質の生物影響についての情報をまとめておくことは、検出された汚染物質についてどのような影響があるのか参考となる。</p> <p>④環境省の SPEED' 98 で集約された情報も参考になる。</p>	<p>平成 30 年度は、実施予定の本格的な調査の実施内容に応じた情報収集整理を実施する。</p>

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（平成30年度）における情報収集整理方法について

平成30年度は、平成28・29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"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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。
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"> 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 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"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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

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 に示す海洋ゴミや曝露、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 (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed) 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]) 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	("2017/10/31"[PDAT] : "2018/10/31"[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、2017 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 29 年度事業での検索以降、全 78 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。このうち、C-2 については、調査種に近いヨコエビ、砂中に生息する貝類、及びモデル生物であり研究例が多いイガイ類、カキ類を対象生物とした 11 件の概要をまとめた。なお、表 2.6-3 で整理した文献の概要は、本報告書資料編に記載した。

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	5	5	<ul style="list-style-type: none"> ●マイクロプラスチックの摂取、上皮への付着により、マイクロプラスチックから生物へ化学物質が移行した。 ●化学物質の取込み量全体に対する、マイクロプラスチックを介した化学物質の取込みの寄与は小さいという報告もあった。
	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	12	12	<ul style="list-style-type: none"> ●化学物質を吸着したマイクロプラスチックの生物影響は、化学物質単独、マイクロプラスチック単独の生物影響より大きいとする報告があった。 ●一方、化学物質を吸着したマイクロプラスチックの生物影響はないとする報告もあった。 ●マイクロプラスチックは化学物質の毒性、生物蓄積量を変化させたとする報告があった。 ●マイクロプラスチックは化学物質の毒性に影響を及ぼさなかったとの報告もあった。
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	61	11	<ul style="list-style-type: none"> ●マイクロプラスチックの曝露により、組織の構造の変化や壊死、ストレス耐性の低下、同化効率の減少、成長阻害、受精成功率の低下等の生態影響が生じた。 ●マイクロプラスチックの曝露による生態影響はなかったとの報告もあった。

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、5 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 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	対象化学物質				生物ごとの文献数
	PCBs*1	PBDEs*2	重金属*3	その他汚染物質*4	
魚	1	0	0	2	3
ハマトビムシ	0	1	0	0	1
海鳥	0	0	1	0	1
化学物質ごとの文献数	1	1	1	2	総文献数：5

- *1：ポリ塩化ビフェニル。毒性が強く、長距離移動性、生物蓄積性を有することから、ストックホルム条約により国際的に製造、使用、輸出入が禁止されている。化学的に安定で、耐熱性、絶縁性など優れた性質を持つことから、変圧器やコンデンサ等に幅広く利用された。
- *2：ポリ臭素化ジフェニルエーテル。難燃性を付与するため、プラスチック等に添加される難燃剤である。毒性が強く、長距離移動性、生物蓄積性を有することから、ストックホルム条約によって国際的に使用が規制されている。
- *3：文献では、ヒ素、バリウム、臭素、カドミウム、クロム、水銀、鉛、アンチモン、セレンが対象物質であった。
- *4：文献では、ヘキサクロロシクロヘキサン（HCHs）、ペンタクロロベンゼン（PeCB）、ヘキサクロロベンゼン（HeCB）、多環芳香族炭化水素（PAHs）のベンゾ[a]ピレンが対象物質であった。ヘキサクロロシクロヘキサン（HCHs）は農薬、ペンタクロロベンゼン（PeCB）は農業用殺菌剤の製造中間体、ヘキサクロロベンゼン（HeCB）は種子（特に小麦）の殺菌剤であり、毒性、長距離移動性、生物蓄積性を有することから、ストックホルム条約により国際的に使用が規制されている。多環芳香族炭化水素は有機物の燃焼により生じる物質である。

5 件の内 4 件は、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、マイクロプラスチックから生物への化学物質の移行、蓄積を調べた文献であった。

このうち 3 件は、魚類、ハマトビムシにおいて、マイクロプラスチックを介した化学物質の取込み量は少なく、マイクロプラスチックが化学物質の生物蓄積全体に及ぼす影響は小さいことを報告した（資料編文献一覧 B-01、B-02、B-03）。1 件は、ゼブラフィッシュの成魚及び胚に PAHs を添加したマイクロプラスチックを曝露し、PAHs の蓄積を調査した文献であり、マイクロプラスチックの摂取だけでなく上皮への付着によっても、マイクロプラスチックから生物へ化学物質が移行することを報告した（資料編文献一覧 B-04）。

残りの 1 件は、環境中プラスチックに含まれる有害元素を測定し、海鳥への化学物質負荷へのプラスチックの寄与率をモデルにより計算した調査であり、海鳥への蓄積のうち、プラスチックの摂食の寄与率は、鉛で 6%、臭素化合物で 30%であると報告した（資料編文献一覧 B-05）。

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、12 件収集した。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	対象化学物質					生物ごとの文献数
	PCBs	PBDEs	重金属* ¹	その他プラスチックの原料や添加剤等* ²	その他汚染物質* ³	
魚	3	2	2	2	3	6
オオミジンコ	0	0	0	1	1	2
ムラサキイガイ	0	0	0	0	1	1
台湾シジミ	1	0	1	0	1	3
動物プランクトン* ⁴	0	0	0	1	0	1
化学物質ごとの文献数	3	2	3	4	6	総文献数：12

*¹：文献では、カドミウム、水銀、メチル水銀が対象物質であった。

*²：文献では、ビスフェノール A、ヘキサブロモシクロドデカン (α -HBCD)、2,4,6-トリブロモフェノール、BP-3 が対象物質であった。ビスフェノール A はポリカーボネートやエポキシ樹脂の原料であり、内分泌かく乱作用を有する物質である。 α -HBCD は、プラスチック等に添加される難燃剤である。毒性、長距離移動性、生物蓄積性を有するため、ストックホルム条約によって原則として製造使用が禁止されているが、一部用途 (建築用発泡ポリスチレン及び押出法発砲ポリスチレン) での使用は認められている。2,4,6-トリブロモフェノールは合成樹脂に添加する難燃剤のほか、防腐剤、殺菌剤、防炎剤の原料として用いられる物質である。BP-3 は、日焼け止め等の化粧品やプラスチックに添加される紫外線吸収剤である。

*³：文献では、多環芳香族炭化水素 (PAHs) のピレン、フルオランテン、有機農薬 (ジメトエート、デルタメトリン)、抗生物質 (ロキシシロマイシン、フロルフエニコール)、フッ素化合物 (パーフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS)、パーフルオロオクタン酸 (PFOA)、パーフルオロノナン酸 (PFNA)) が対象物質であった。PAHs は、有機物の燃焼により発生する物質である。ジメトエートは殺虫剤として広く用いられるリン酸エステルであり、デルタメトリンは農薬用途のほか、動物用医薬品、害虫駆除にも用いられる物質である。抗生物質のロキシシロマイシンは人用医薬品であり、フロルフエニコールは動物用医薬品として、牛、豚、ニワトリ等に投与される。フッ素化合物は化学的安定性、熱安定性、界面活性等を有し、様々な用途 (消火剤、コーティング剤等) に用いられる化学物質である。PFOS はストックホルム条約により製造使用が国際的に規制されており、PFOA もストックホルム条約による規制が現在審議されている。

*⁴：初期発達段階のワムシ類、二枚貝、棘皮動物、魚

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

(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を生物に曝露し生態影響を調べた文献は 3 件あった。ゼブラフィッシュに、餌のみ、餌とマイクロプラスチック、餌と化学物質 (PCBs、BFRs、PFCs、メチル水銀)、餌と化学物質を添加したマイクロプラスチックを曝露し、臓器への影響を調べた文献では、餌と化学物質を添加したマイクロプラスチックを曝露したゼブラフィッシュに最も顕著な影響が見られたことが報告された (資料編文献一覧 B-14)。また、動物プランクトン (初期発達段階のワムシ類、二枚貝、棘皮動物、魚) に BP-3 添加/無添加マイクロプラスチックを曝露し、生態影響を調査した文献では、魚に BP-3 添加マイクロプラスチックを曝露した場合に、未成熟卵の孵化や孵化数の減少の影響があったが、それ以外の生物に影響はないことを報告した (資料編文献一覧 B-15)。PCBs 添加/無添加のマイクロプラスチックを曝露したタイワンシジミをシロチョウザメに与え、PCBs の蓄積と生態影響を調査した調査では、2 種の生物に PCBs は蓄積せず食物連鎖を通じた汚染物質の移行がないこと、タイワンシジミにおいて、PCBs の単独曝露よりも PCBs 添加マイクロプラスチックを曝露した方が、生態影響は大きいことを報告した (資料編文献一覧 B-16)。

(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は 7 件あった。多くの文献が、魚類や貝類へのマイクロプラスチック単独の生態影響や、マイクロプラスチックによる化学物質の毒性の変化を報告した。ゼブラフィッシュへカドミウム、マイクロプラスチックを単独曝露及び複合曝露した調査 (資料編文献一覧 B-08) や、タイワンシジミへ抗生物質、マイクロプラスチックを単独及び複合曝露した調査 (資料編文献一覧 B-12) では、マイクロプラスチックの存在により化学物質の毒性が高まることが報告された。一方、魚 (レッドティラピア) に抗生物質 (ロキシシロマイシン)、マイクロプラスチックを単独曝露及び複合曝露した調査 (資料編文献一覧 B-11) ではマイクロプラスチックの存在により化学物質の毒性が低下することが報告された。一方、オオミジンコへ、農薬、マイクロプラスチックを単独及び複合曝露した調査では、マイクロプラスチックの存在は農薬の毒性に影響を及ぼさないことを報告した (資料編文献一覧 B-07)

また、マイクロプラスチックの存在により化学物質の生物蓄積量が増加したことが報告された。資料編文献一覧 B-11 及び B-08 ではマイクロプラスチックの曝露により魚への化学物質の生物蓄積量が増加した。一方、タイワンシジミに水銀、マイクロプラスチックを単独曝露及び複合曝露した調査 (資料編文献一覧 B-13) や、オオミジンコへ、ビスフェノール A、マイクロプラスチックを単独及び複合曝露した調査 (資料編文献一覧 B-10) では、マイクロプラスチックにより化学物質の生物蓄積量が減少したことが報告された。

(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は 2 件あった。ムラサキイガイへ、フルオランテン (Flu) 単独、マイクロプラスチック単独、Flu とマイクロプラスチック (複合曝露)、Flu を吸着させたマイクロプラスチック (吸着曝露) を曝露した調査では、すべての実験区で、抗酸化にかかわる酵素の活性が、コントロールと比べて有意に変化したことを報告した。また、マイクロプラスチックと Flu の複合曝露及び吸着曝露では、Flu 及びマイクロプラスチック単独曝露の相加的、相乗的な効果は見られなかった(資料編文献一覧 B-09)。魚にハロゲン化合物 (PCBs、臭素系難燃剤) を添加したマイクロプラスチック、無添加マイクロプラスチックとハロゲン化合物、ハロゲン化合物単独を餌に混ぜて魚に曝露し、魚へのハロゲン化合物の蓄積を調べた調査では、ハロゲン化合物を添加したマイクロプラスチックを与えた魚は、他の実験区と比べて、PCBs、臭素系難燃剤の濃度が有意に高かった (資料編文献一覧 B-17)。また、同文献では肝臓におけるシトクロム P450 等遺伝子の発現により、マイクロプラスチックは化学物質の毒性を高める可能性が示唆された。

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、61 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、カニ、ヨコエビ、砂中に生息する貝類を対象とした文献、及びモデル生物として研究例が多いことからイガイ類、カキ類を対象とした文献の合計 11 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
原生生物	微生物	5 (うち藻類 3)	0
無脊椎動物	甲殻類	13	3 (カニ、ヨコエビ)
	貝類	10	9 (イガイ、カキ、砂中に生息する貝類)
	ウニ	1	0
	ホヤ	1	0
	環形動物 (ゴカイ、ミミズ)	4	1
	輪形動物 (ワムシ類)	1	0
	刺胞動物 (ヒドラ、サンゴ)	4	0
	昆虫	3	0
脊椎動物	魚類	20	0
	マウス	3	0
総文献数		61	11

貝類や甲殻類等にマイクロプラスチックを曝露した結果、生態影響が見られたとする報告は 9 件であった。貝類を対象とした調査では、マイクロプラスチック曝露による影響として、エネルギー貯蔵量の減少を報告した論文（資料編文献一覧 C-1）、鰓及び消化管の構造の変化、外套膜等の組織の壊死を報告した論文（資料編文献一覧 C-2）、貝殻の形成や免疫調整に関連する遺伝子の発現上昇及びソソーム酵素をコードする遺伝子の発現低下によるストレス耐性の低下を報告した文献（資料編文献一覧 C-3）、免疫受容体及びストレス関連たんぱく質の増加を報告した文献（資料編文献一覧 C-4）、同化効率の減少を報告した文献（資料編文献一覧 C-5）があった。ナノプラスチックをマガキに曝露した調査では、ナノプラスチックの曝露による受精成功率の低下、胚から幼生への発達の減少、奇形や発達の停止等の発達障害を報告した（資料編文献一覧 C-9）。また、甲殻類を対象とした調査では、マイクロプラスチックの曝露による影響として、ヨコエビの一種の成長阻害を報告した文献（資料編文献一覧 C-7）、チュウゴクモクズガニの体重増加率、比増殖速度、肝臓重量比の減少及びアセチルコリンエステラーゼ、アラニンアミノ基転移酵素の活性低下等を報告し、マイクロプラスチックによる成長阻害や肝臓損傷を示唆した文献（資料編文献一覧 C-11）があった。

一方で、ペルナイガイにマイクロプラスチックを曝露し、生理学的反応（摂食速度、同化効率、成長速度、リソソーム恒常性、脂質過酸化、DNA 損傷、肥満度）を調べた文献（資料編文献一覧 C-8）、ヨコエビにマイクロプラスチックを曝露し、生存、発達、代謝、摂食行動を調べた文献（資料編文献一覧 C-10）では、マイクロプラスチックによる生態影響は見られなかった。

2.7 有害物質の影響調査

2.7.1 調査の目的

平成 29 年度の予備調査において、調査対象地域の選定および分析対象の選定と予備的な分析が行われた結果を踏まえ、平成 30 年度は座間味村内の海岸において、調査対象種の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。また、調査地域(海岸)の被害・汚染経路の明確化と、この結果を基にした県内の被害状況の検討、更にはマイクロプラスチックの問題も併せた効果的な対応方針の検討を実施する。

2.7.2 調査地域

調査対象海岸は、①例年海岸漂着物量が非常に多いこと、②海岸漂着物以外の人為的な影響を受けていない海岸であること、③豊かな海岸生態系を有し、県内の海岸で普遍的にみられる動植物種が豊富であること、④過去の調査などから海岸漂着物の状況が把握できていること、主にこれら①～④を満たす海岸であることが条件となる。そこで、平成 30 年度の調査対象海岸は、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)が最も適していると判断された。

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、専門家会議を通じ、県内の海岸の中では、調査対象海岸として最も適していると判断された。

また、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ン西海岸(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 2.7-1 に示す。

一方、有害物質の影響を検討する上で、ニタ海岸の比較対照とする海岸は、周年を通じて海岸漂着量が少なく、人為的な影響の少ない海岸が適切であり、図 2.7-2 に示した座間味島の古座間味ビーチ、ウハマ、阿嘉島のニシハマビーチの北側 3 海岸とした。

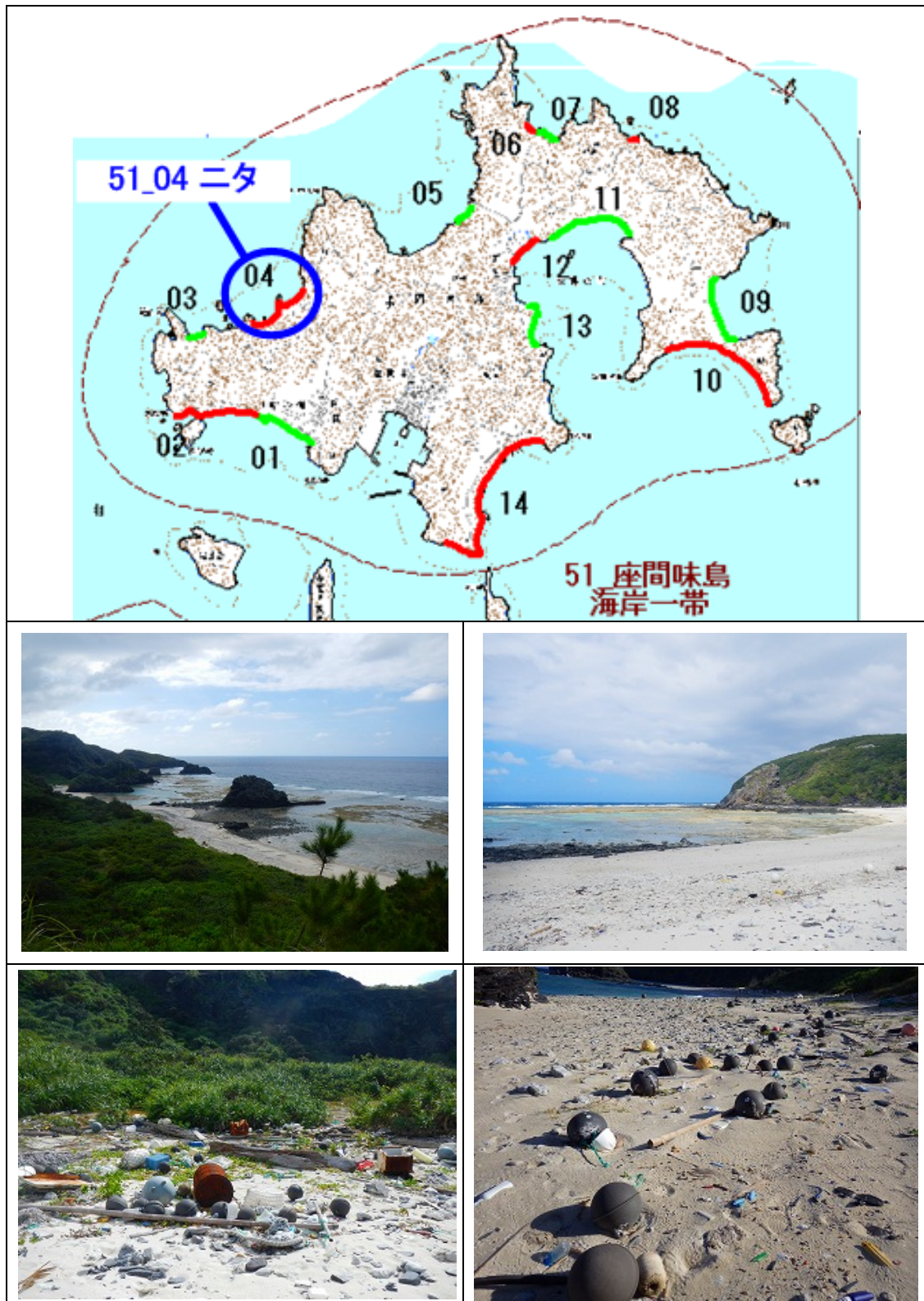


図 2.7-1 本格調査の対象地域として選定した座間味島ニタ海岸の位置と状況

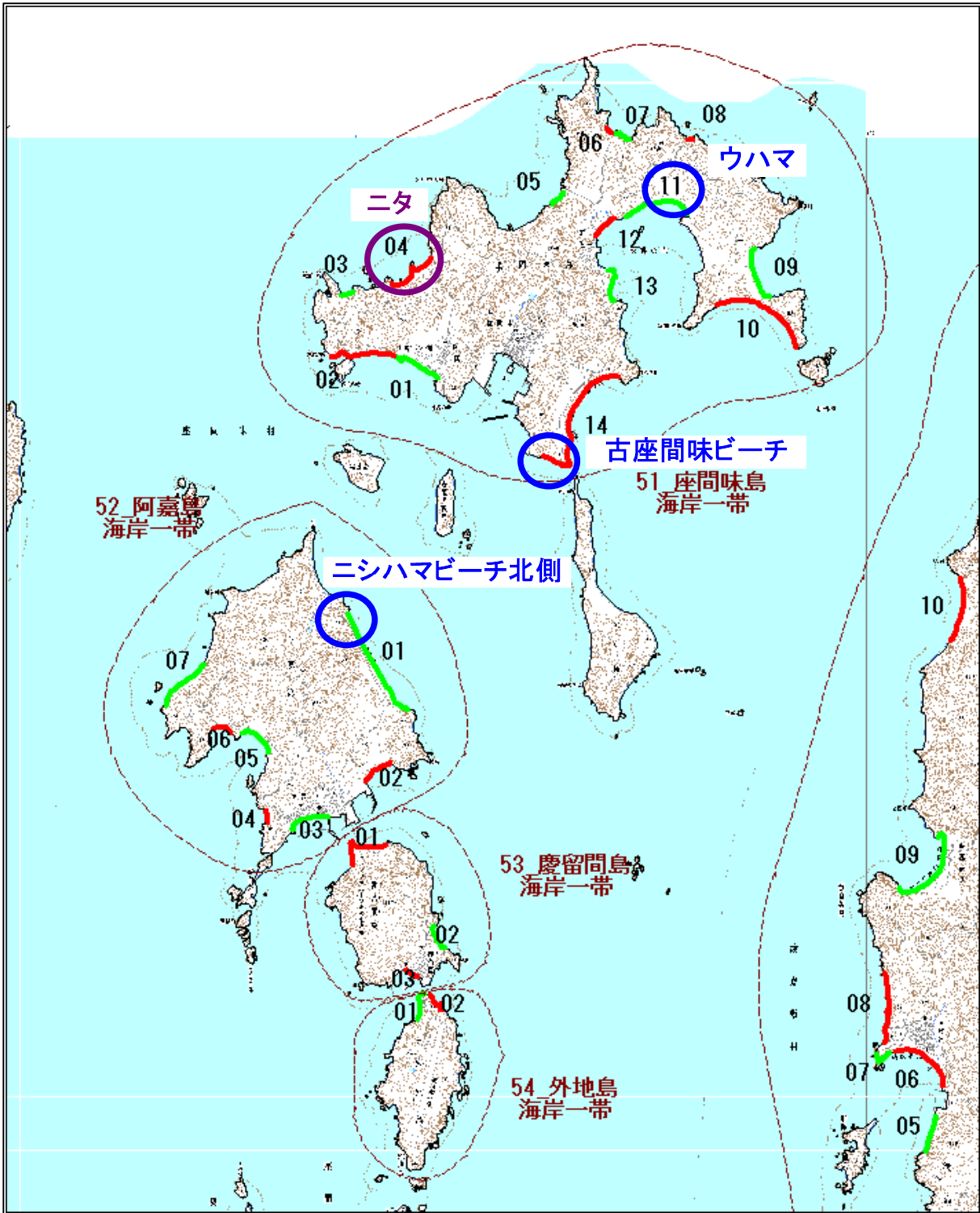


図 2.7-2 比較対照海岸

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月下旬以降を予定する。具体的な調査方法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 本格的な調査の実施方法

調査項目(実施順)	実施方法
海岸特性の把握(現地)	<ul style="list-style-type: none"> ・海岸基質、地形、規模等の確認 ・人為的影響の有無の確認 ※人為的影響が確認された場合には、対象地域の変更を検討する。
海岸生態系の確認(現地)	<ul style="list-style-type: none"> ・生息する小動物種、小動物の餌生物種、海岸植生種の確認と生息、生育状況の確認
分析対象の選定と採取(現地)	<ul style="list-style-type: none"> ・砂等の海岸基質砂、小動物、小動物の餌生物、海岸植生から代表的な種を選定し、採取する。 ・採取対象は5種類程度とする。選定の例としては、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。
分析の実施	<ul style="list-style-type: none"> ・海岸小動物における体内への取込み状況の確認(解剖調査) ・有機汚染物質(PCB, PBDE等)、重金属元素(30種類程度)の分析
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"> ・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。
課題抽出と対応策の議論	<ul style="list-style-type: none"> ・本格調査の結果を受けて、平成31年度以降の調査検討へ向けての課題抽出とその対応策を議論する。
継続的な調査手法の検討	<ul style="list-style-type: none"> ・平成31年以降に実施する継続的な調査手法について、専門家会議で議論する。 ・上記議論を踏まえ、調査手法をとりまとめる。

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
現地調査支援	しかたに自然案内 鹿谷 法一	座間味村の調査支援

2.7.4 分析対象物及び生物種

平成30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^{※1}、海岸中央部の砂^{※1}、海岸植生帯間際の砂^{※1}

(図 2.7-3 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 2.7-4 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、バイオフィーム食種/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^{※2}

●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)^{※1}

^{※1} 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

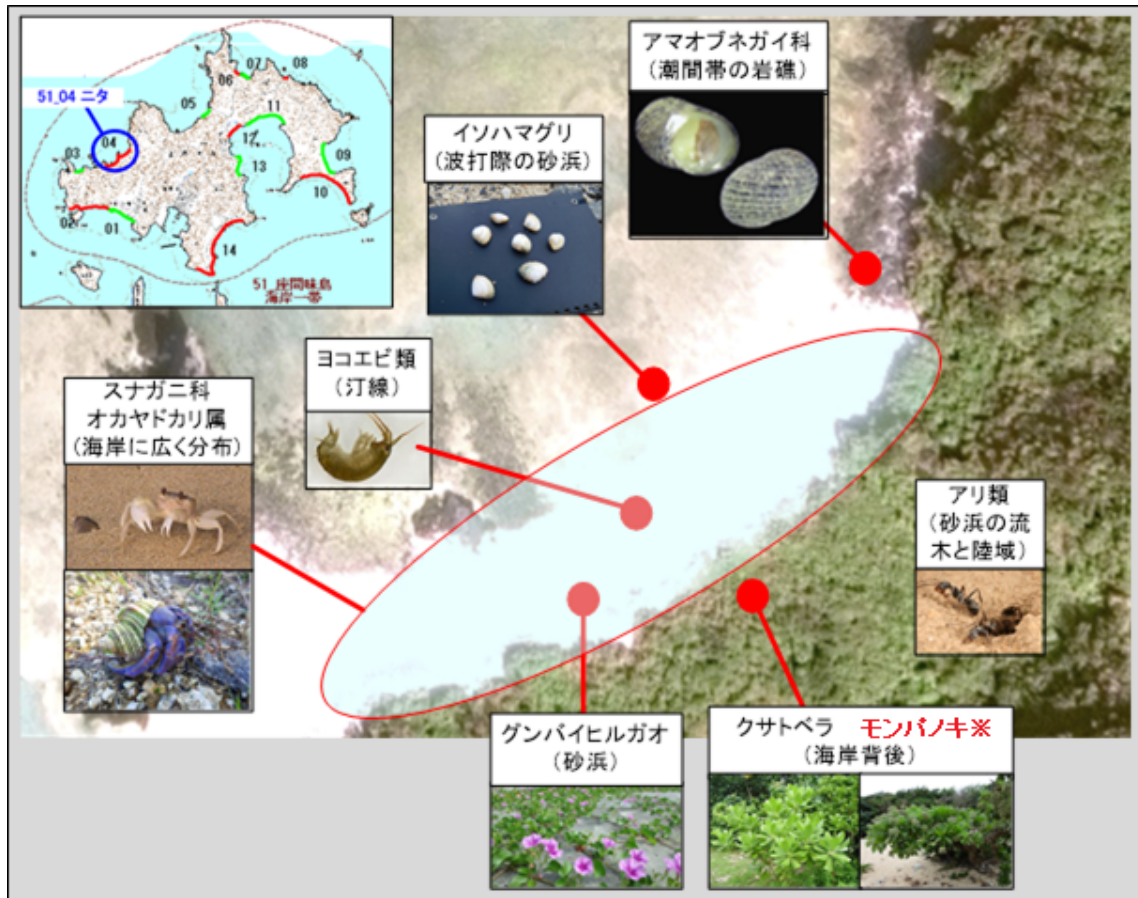
^{※2} 国指定天然記念物



図 2.7-3 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 2.7-4 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 http://island.geocities.jp/syuri3424/makigai/amaobune/ryuukyuuamagai.jpg</p>	<p>・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</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莢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。 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</p>
海岸生物	<p>イソハマグリ</p>  <p>https://www.zukan-bouz.com/public_image/Fish/2397/Thumb630/iso-hamaguri0.jpg</p>	<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。殻は歪三角形（ハマグリ形）でやや厚質。靱帯は殻頂部に内在する。殻表にはやや光沢があり、成長肋がかなり規則的に並ぶ。殻色は一様に白色で、褐色の薄い殻皮を被る。“ハマグリ”と名がつくが、真のハマグリ類との類縁は遠い。砂浜の碎波帯（波打ち際）の砂に潜っている。 http://www.kanpira.com/iriomote_museum/shell/sandy_area.htm</p>
海岸生物	<p>ヨコエビ類</p>  <p>ヨコエビ亜目 https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%A8%E3%82%B3%E3%82%A8%E3%83%93</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。 https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%A8%E3%82%B3%E3%82%A8%E3%83%93</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 https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B9%E3%83%8A%E3%82%AC%E3%83%8B%E7%A7%91#/media/File:BBayCrab2.jpg</p>	雑食の海岸生息小動物	<p>【分布など】 温帯にも分布するが、分布の中心は熱帯地方で、砂浜、干潟、マングローブの地面に巣穴を掘って生息する。生息する場所は種類ごとに好みの粒度があり、小石が多くて粗い砂浜を好む種類もいれば細かい泥質干潟を好む種類もいる。海岸では生息に適した区画に集団で巣穴を掘っていることが多い。</p> <p>【特徴】 多くの種類は海岸の潮間帯に生息し、満潮時は巣穴の入口に蓋をして巣穴にひそみ、干潮時に地上に現れて活動するという潮汐に基づいた生活リズムで活動する。 食性は雑食で、砂粒に付着するプランクトンやデトリタスを食べる。食事の際は泥や砂粒の塊を鋏脚ですくい取るようにはさんで口に運び、口の中で餌を濾しとり、泥塊や砂粒塊を吐き出してつまみ捨てるという行動を繰り返す。海岸に流れ着く生物遺骸を食べたり、生きている小動物を捕食することもする。 https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B9%E3%83%8A%E3%82%AC%E3%83%8B%E7%A7%91</p>
海岸生物	<p>オカヤドカリ属</p>  <p>ムラサキオカヤドカリ</p>	雑食の海岸生息小動物	<p>【分布など】 世界では、台湾以南のインドや太平洋諸島等の広範囲に分布する。日本では、主に小笠原諸島と南西諸島に分布する。</p> <p>【特徴】 オカヤドカリは熱帯の気候に適した生き物で、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 http://ant.miyakyo-u.ac.jp/J/P/PCD0571/13.html</p>  <p>アシナガキアリ http://ant.miyakyo-u.ac.jp/J/P/PCD1050/43.html</p>	オカヤドカリの餌生物	<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。 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>ゲンバイヒルガオ</p>  <p>http://ogasawara-mulberry.up.seesaa.net/image/P82403042028640x36029.jpg</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。 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</p>
海岸植生	<p>クサトベラ</p>  <p>http://www.plant.kjmt.jp/tree/kiigi.jpg/kusatbr2.jpg</p>	海岸背後の植生 帯構成種	<p>太平洋からインド洋にかけての熱帯・亜熱帯の海岸またはその近くに自生し、日本では薩南諸島以南の南西諸島と小笠原諸島に産する。クサトベラ科の中では分布域が広く、日本に自生する唯一種でもある(テリハクサトベラを変種または別種とすることもある)。高さは1-2メートル。茎は下部が木化するが、柔らかいのでクサトベラの名がある。花は亜熱帯では初夏に咲く。果実は楕円形の核果で白く熟し、種子を2つ含む。 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。 https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%AF%E3%82%B5%E3%83%88%E3%83%99%E3%83%A9</p>
海岸植生	<p>モンパノキ</p>  <p>http://img04.ti-da.net/usr/c/or/coralfish/image_82.jpg</p>	海岸背後の植生 帯構成種	<p>東アフリカからアジア、オセアニアの熱帯から亜熱帯の海岸に生育。熱帯から亜熱帯の海岸、砂礫地や砂浜に生える常緑低木～小高木。樹高は10m程度に達する。幹は灰褐色で縦に裂け目が多く、材は柔らかい。径は太いもので30cm程度に達する。葉は倒卵形で大きく、枝先に集まり互生する。大きさは10～20cm。多肉で、表裏ともに細かい毛が密生し、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。 https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%A2%E3%83%B3%E3%83%91%E3%83%8E%E3%82%AD</p>

2.7.5 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^{※1}
- 海岸生物
 - ・ イソハマグリ (波打ち際の砂浜中に生息する／波打ち際の懸濁物食種)
 - ・ スナガニ科 (雑食の海岸生息小動物)
- 海岸植生
 - ・ ゲンバイヒルガオ (砂浜の生育種／短期間で消長)

(ゲ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^{※1}とする。)

※1 国立公園の特別地域(特別保護地区、海城公園地区)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

2.7.6 分析対象種の予定採取量

平成30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、有害物質の分析を依頼予定の東京農工大学・高田秀重教授及び渡邊泉教授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、いずれも座間味村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 ^{※1}	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)
	海岸中央部の砂 ^{※1}	
	海岸植生帯間際の砂 ^{※1}	
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	15個体
海岸生物	ヨコエビ類	300cc
海岸生物	スナガニ科	15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)	15個体
陸生生物	アリ類	300cc
海岸植生	ゲンバイヒルガオ	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サンプルのみ採取し、計6株から採取を行う。
海岸植生	クサトベラ	
海岸植生	モンパノキ ^{※1}	

※1 国立公園の特別地域(特別保護地区、海域公園地区)内において許可が必要な行為及び採取規制動植物に該当

表 2.7-6 調査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	海岸中央部の砂 ^{※1}	500ccを1サンプルとして、各3サンプル(500cc×3=1500cc)
海岸生物	イソハマグリ	15個体
海岸生物	スナガニ科	15個体
海岸植生	ゲンバイヒルガオ (ゲ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 ^{※1} とする)	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サンプルのみ採取し、計6株から採取を行う。

※1 国立公園の特別地域(特別保護地区、海域公園地区)内において許可が必要な行為及び採取規制動植物に該当

2.7.7 現地調査

(1) 予備調査（平成30年9月）

座間味村での調査に備え、調査計画の確認を行うと共に、県内の海岸漂着物量の多い北向きの海岸において、調査対象動植物やその採集方法を確認するための予備調査を実施した。

① 実施日時・場所・現地調査参加者

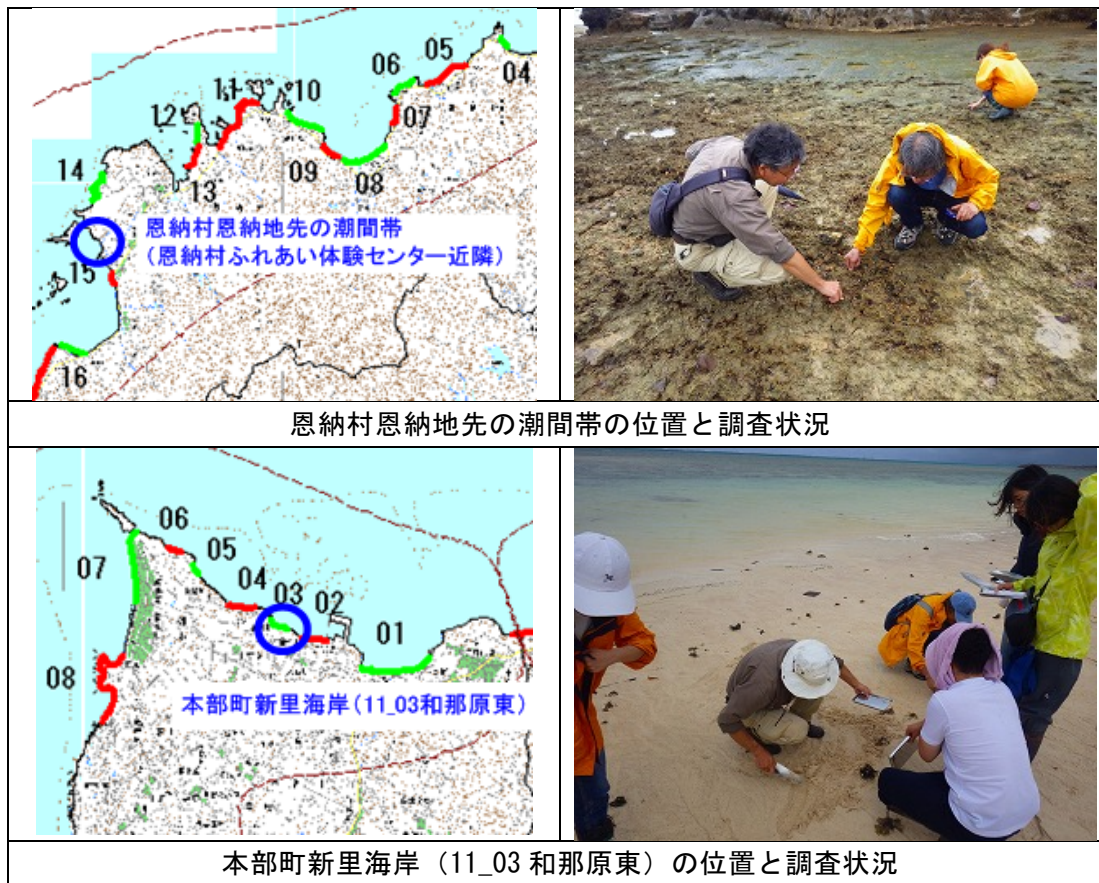
予備調査は、平成30年9月25日、恩納村恩納地先の潮間帯（恩納村ふれあい体験センター近隣）、本部町新里海岸（11_03 和那原東）において実施した。現地踏査の参加者は表2.7-7に示すとおりである。

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	高田 秀重
東京農工大学大学院 物質循環環境科学専攻	高田 尚彦
東京農工大学大学院 物質循環環境科学専攻	戸津 雅
東京農工大学 農学部	田中 菜々
東京農工大学 農学部	柏田 文美佳
しかたに自然案内	鹿谷 法一
日本エヌ・ユー・エス株式会社	野上 大介

② 調査対象海岸及び調査行程

予備調査の対象海岸及び調査状況は図 2.7-5、調査行程は表 2.7-8 に示すとおりである。



恩納村恩納地先の潮間帯の位置と調査状況

本部町新里海岸 (11_03 和那原東) の位置と調査状況

図 2.7-5 予備調査の対象海岸及び調査状況

表 2.7-8 調査行程

日時	場所	内容
2018年 9/24 午前	恩納村恩納地先の潮間帯	潮間帯に生息する甲殻類や貝類の確認
9/24 午後	本部町新里海岸 (11_03 和那原東)	主にスナガニ類とイソハマグリの生息状況と採取方法の確認

(2) 第1回現地調査（平成30年10月）

座間味村の座間味島及び阿嘉島において、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、平成30年10月13～15日、座間味島のニタ海岸(51_04)、古座間味ビーチ(51_14)、阿嘉島のニシハマビーチ(52_01)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 2.7-2、現地踏査の参加者は表 2.7-7 に示すとおりである。

表 2.7-9 座間味島における現地踏査参加者

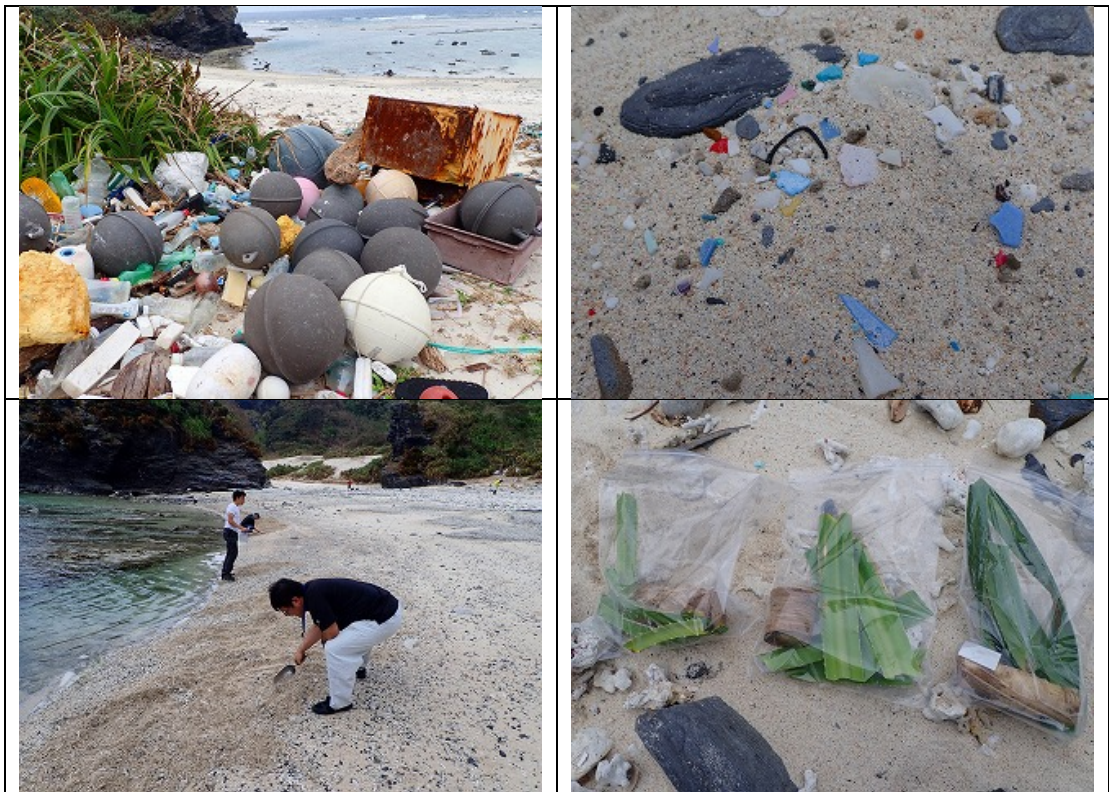
役職	氏名
東京農工大学 農学部 環境資源科学科 教授	渡邊 泉
沖縄県立芸術大学 教育センター 准教授	藤田 喜久
東京農工大学大学院 物質循環環境科学専攻	高田 尚彦
東京農工大学大学院 物質循環環境科学専攻	戸津 雅
東京農工大学 農学部	田中 菜々
東京農工大学 農学部	柏田 文美佳
沖縄県 環境部 環境整備課 一般廃棄物班 主任	宮平 将生
日本エヌ・ユー・エス株式会社	野上 大介

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 2.7-6～図 2.7-7、調査行程は表 2.7-10 に示すとおりである。



図 2.7-6 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 2.7-7 第1回現地調査の実施状況(2)

表 2.7-10 調査行程

日時	場所	内容
2018 年 10/13 午後	51_14 古座間味ビーチ	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の採集
10/13 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の採集
10/14 午前	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の採集
10/14 午後	52_01 ニシハマビーチ	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の採集
	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の採集
	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の採集
10/14 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の採集
	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の採集
10/15 午前		採集した分析対象種の整理・確認と発送
10/15 午後	51_05 ユヒナ	海岸漂着物の多い海岸の視察
	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 2.7-11～表 2.7-12 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 1500cc、古座間味ビーチにおいて波打ち際の砂、海岸中央部の砂を各 1500cc 採取した。

表 2.7-11 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	70
ツノメガニ	<i>Ocypode cerathophthalma</i>	ニタ海岸	20
		ニシハマビーチ	6
ナンヨウスナガニ	<i>Ocypode sinensis</i>	ニタ海岸	1
		ニシハマビーチ	3
		古座間味ビーチ	3
ミナミスナガニ	<i>Ocypode cordimana</i>	ニタ海岸	7
		ニシハマビーチ	1
ナキオカヤドカリ	<i>Coenobita rugosus</i>	ニタ海岸	3
		ニシハマビーチ	3
		古座間味ビーチ	3
ムラサキオカヤドカリ	<i>Coenobita purpureus</i>	ニタ海岸	2
		ニシハマビーチ	2
		古座間味ビーチ	2

表 2.7-12 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	3
		ニシハマビーチ	3
		古座間味ビーチ	3
クサトベラ	<i>Scaevola taccada</i>	ニタ海岸	3
		ニシハマビーチ	3
		古座間味ビーチ	3
モンパノキ	<i>Heliotropium foertherianum</i>	ニタ海岸	3
		ニシハマビーチ	3

(3) 第1回現地調査の補完調査（平成30年11月）

平成30年10月に実施した第1回現地調査では、海岸漂着物の少ない海岸においてイソハマグリが採取できなかったため、平成30年11月6日に座間味島のウハマ（51_11）において日本エヌ・ユー・エス（株）が第1回現地調査の補完調査としてイソハマグリ50個体を採取した。

第1回現地調査の補完調査の調査状況は図2.7-8に示すとおりである。



図 2.7-8 第1回現地調査の補完調査の実施状況（51_11 ウハマ）

(4) 第2回現地調査（平成31年2月）

① 実施日時・場所・現地調査参加者

第2回現地調査を平成31年2月23～24日に座間味島で予定しており、冬期の海岸漂着物の多い時期の海岸の状況確認等を行う。

第2回現地調査は、冬期の海岸漂着物の多い時期の海岸の状況確認、イソハマグリ及びスナガニ類の採取等を目的として、平成31年2月23～24日、座間味島のニタ海岸（51_04）、ユヒナ（51_05）、ウハマ（51_11）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2.7-2、現地踏査の参加者は表2.7-7に示すとおりである。

表 2.7-13 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	渡邊 泉
東京農工大学 農学部 環境資源科学科 助教	水川 薫子
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
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2回現地調査の調査状況は図 2.7-6、調査行程は表 2.7-10 に示すとおりである。



図 2.7-9 第2回現地調査の実施状況

表 2.7-14 調査行程

日時	場所	内容
2019 年 2/23 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の確認及び分析対象種の採集
	51_11 ウハマ	海岸漂着物の少ない海岸における漂着状況の確認及び分析対象種の採集
	51_05 ユヒナ	海岸漂着物の多い海岸における漂着状況の確認及び分析対象種の採集
2/24 午前	51_05 ユヒナ	海岸漂着物の多い海岸における分析対象種の採集

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、イソハマグリ 94 個体（ウハマ）、スナガニ類 24 個体（ニタ 1 個体、ウハマ 11 個体、ユヒナ 12 個体／種同定を現在実施中）となった。

2.7.8 有害物質の分析方法

(1) 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) により実施した (図 2.7-10)。

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}Ni の β 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、キャリアーガスの窒素 (N_2) がセルに流入すると β 線でイオン化され 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)。

本年度に実施した実際の分析では、ムラサキオカヤドカリの肝臓及び筋肉、イソハマグリ軟体部、ツノメガニの筋肉を抽出し実施したが、手法の詳細については本報告書資料編 1-2 (p 資 1-21~) に記載したとおりである。また、分析評価の対象物質は PCBs、PBDEs とした。

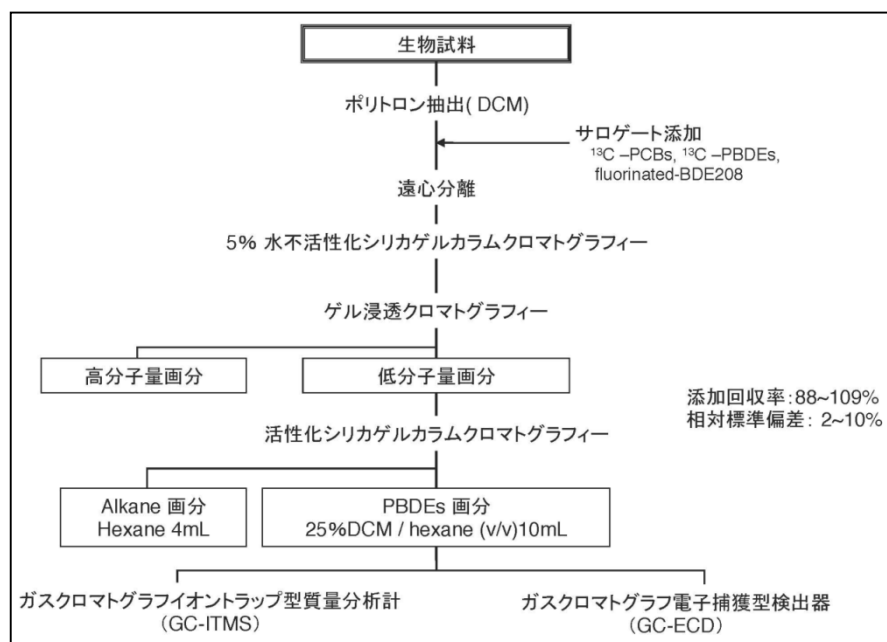


図 2.7-10 残留性有機汚染物質の分析方法

(2) 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。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)。

本年度実施した実際の分析手順は以下のとおりである。

① 海岸動植物

本年度に実施した実際の分析では、イソハマグリの筋肉及び肝臓、アダン・モンパノキ・クサトベラの葉、ムラサキオカヤドカリの肝臓及び筋肉、ミナミスナガニの肝臓及び筋肉を抽出し実施した。分析試料は、フッ素樹脂製シート上で90℃12時間以上乾燥させ、乳鉢を用いて粉化した。各試料は乾燥前に湿重量を測定し、乾燥後の乾重量を用いて含水率を算出した。

粉化した乾燥試料は、フッ素樹脂製バイアルに約0.100gを秤取りし、61%硝酸を2.00ml添加後、電子レンジ用分解容器に入れて密封し、200Wで10分間のマイクロウェーブ湿式灰化を行った。灰化後は室温で放冷し、ADVANTEC製5Cの濾紙を通した分解液をポリプロピレン製試験管に移し、超純水で約250倍に希釈したものを精秤後、試料溶液とした。元素分析は、誘導結合プラズマ質量分析計ICP-MS(Agilent, 7500a)を用い内部標準を ^{103}Rh 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 海岸砂

海岸砂の分析は、マイクロウェーブ湿式灰化法を用いた分解処理による誘導結合プラ

ズマ質量分析法により行った。

風乾した砂試料は均質化した後、約 0.100g を精秤し、テフロン PFA 製バイアルに封入した。つづいてマイクロピペットを用いて高純度硝酸 3.0ml を加えた。超純水を入れた電子レンジ用試料分解容器 (P-25 セット, 三愛科学株式会社製) にテフロン PFA 製バイアルを入れ密封し、マイクロウェーブ (MW) 分解を行った。分解は分解容器 3 個につき 200W で 10 分間、湿式灰化を行った。灰化後、分解液を蓋付ポリプロピレン製試験管に移し、Milli-Q 水を用いて約 25ml に希釈, 秤量し, 試料溶液とした。作成した試料溶液は誘導結合プラズマ質量分析計 (ICP-MS7500, Agilent) を用いて元素濃度を測定した。測定には 103Rh を内部標準として使用した。検出限界はブランク試料を測定した標準偏差の 3 倍に対応する値とし, 絶対検量線法で各元素濃度を算出した。

2.7.9 分析・評価の結果

前項で記載した現地調査において採集した試料等の分析結果を含めた評価結果について、●に評価結果の概要、これに続いて項目別に(1)～(4)に詳細を示す。なお、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。

表 2.7-15 実施項目別の評価結果の概要

項目	評価結果の概要
(1) 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。
(2) 重金属元素の分析	海岸動植物（イソハマグリ、ムラサキオカヤドカリ、ミナミスナガニ、アダン等）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、毒性の強い元素の濃度が高い結果となり、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。
(3) 海岸漂着物から溶出する有害化学物質の潜在的ポテンシャルの評価	座間味島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が推計された。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。
(4) 海岸小動物におけるプラスチック片の取込み	海岸小動物数種（イソハマグリ、オカヤドカリ類、スナガニ類等）の体内（消化管や鰓等）から 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。

(1) 有機汚染物質等

ニタ海岸及び対照区となる海岸において採取した二枚貝（イソハマグリ）と甲殻類（ムラサキオカヤドカリ・ツノメガニ）の消化管内のマイクロプラスチック（以下「MP」という。）の測定及び、筋肉・肝臓の PCBs、PBDEs の分析を実施した。

① 分析対象種の体内に取込まれたマイクロプラスチック

世界的に生物中の MP は繊維状の割合が高い傾向にあるが、沖縄県の生物の胃内容物中の MP は破片が多い。

オカヤドカリに取込まれた MP の個数は、ニタ海岸では古座間味よりも圧倒的に多い（ニタ海岸：293～540 個、古座間味：0～13 個）。胃内容物中の MP の大きさは、ムラサキオカヤドカリの方がイソハマグリよりも大きい傾向にあった。（ムラサキオカヤドカリ：数十～200 μm が主体、イソハマグリ：数十 μm が主体）。

ムラサキオカヤドカリの胃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ある。イソハマグリはポリエチレン、ポリアルケンクロライドが多い。ポリアルケンクロライドはあまり見られないポリマーである。

昨年度に東京湾のムラサキイガイとニタ海岸のイソハマグリについて、個数/重量の比較を行ったところ、東京湾よりもニタ海岸の方が多く結果となった。今回調査したニタ海岸では、生物全般がプラスチックに曝露されていると考えられる。

② PCBs・PBDEsの分析・評価

PCBs・PBDEsの分析には個体によるばらつきがみられ、今後は分析検体数を増やす必要があるが、以下の傾向が認められた。

イソハマグリの組織中 PCBs はウハマよりもニタ海岸で2桁ほど高かった。検体数が少なく統計的に有意とは言えないが、ムラサキオカヤドカリでも同様の傾向であった。

ツノメガニの組織中 PCBs 濃度は、ニシハマビーチとニタ海岸で大きな差はなかった。原因については不明であるが、ニシハマビーチが対照区として適さない可能性、ニシハマビーチに漂着物が存在する可能性、ツノメガニの吸着物質の取り込み方が異なる可能性等が考えられる。

ニタ海岸のイソハマグリではCB-187の割合が大きい。これはプラスチックや生物組織では見たことのない組成であり、ニタ海岸に特有なばく露源が存在する可能性がある。

ムラサキオカヤドカリの組織中は、代謝されにくい PCBs (CB-138、CB-153) の割合が大きい。これは代謝能が高い生物でみられる組成である(代謝されにくい物質が残る)。

ニタ海岸のムラサキオカヤドカリの肝臓から、通常環境試料中ではあまり検出されない BDE-179、BDE-202 が検出された。摂取したプラスチックに含まれる添加剤が肝臓に一部移行し、BDE-179、BDE-202 に変化したのではないかと考えられる。また、これらは今回の分析で検出された世界的にも報告例のない6臭素のPBDEsは、BDE179の代謝産物である可能性がある。これについては、代謝の実験でも確認する必要がある。検出事例を増やし、オカヤドカリ全般かつニタ海岸全般でこの現象が起きているのか調査する必要がある。

結論として、プラスチックの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も高濃度であった。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と判断される。

(2) 重金属元素

① 海岸動植物

ニタ海岸及び対照区となる海岸において採取した二枚貝(イソハマグリ)、甲殻類(ムラサキオカヤドカリ、ミナミスナガニ)、海岸植物(クサトベラ、モンパノキ、アダン)に含まれる微量元素の分析を実施した。分析結果の評価は、ビックデータ解析の一つで多変量解析の一つであるSIMPROF分析手法を活用した。

イソハマグリの筋肉(貝柱)の分析では、ニタ海岸の試料でプラスチックに含まれる元素が高濃度で存在することが示された。検出された様々な種類の元素のうち8割がプラスチックに関係するものであった。特に、鉛、カドミウム、白金(※白金はプラスチック由来ではない)がニタ海岸の試料でウハマより優位に高い結果となった。

イソハマグリの肝臓に関しては、ニタ海岸と対照区となる海岸において明確な差は示されなかったが、SIMPROF分析によるヒートマップでは、筋肉と異なる蓄積元素ではあるが、2つの階層クラスタを形成していることが分かった。

餌を必要としない(プラスチックを直接取り込まない)植物についてイソハマグリと同様の分析を行った結果、植物種の間で明確に差がみられた。SIMPROF分析によるヒート

マップでは、プラスチック由来の重金属類がアダンに集中していた。クサトベラは地殻由来の元素を集めていることが判明した。主成分分析では、アダンを特徴づける元素として、プラスチックの着色顔料に含まれる重金属が検出され、さらにニタ海岸のイソハマグリで高濃度を示した白金もアダンから検出された。比較対照とした古座間味ビーチで地点間比較を行った結果、ニタ海岸と古座間味ビーチで明確な差がみられる。人為由来の問題元素がニタ海岸のアダンにおいては高濃度を示し、古座間味ビーチでは低かった。特に鉛、カドミウム、白金はイソハマグリと同様の結果を示した。

次に、ムラサキオカヤドカリの筋肉と肝臓の分析では、ニタ海岸では対照区となる古座間味に比べ高濃度となる傾向がみられ、筋肉では特にヒ素とカドミウム等がニタ海岸で高濃度であり、肝臓では殆どの元素がニタ海岸で高濃度となった。

また、ニタ海岸におけるイソハマグリ、ムラサキオカヤドカリ、ミナミスナガニの動物類 3 種の分析結果の比較では、イソハマグリで筋肉・肝臓共に多くの元素が高濃度で検出され、これは大きな特徴であると判断された。甲殻類に蓄積するとされる Cd については、ヤドカリとカニでは高濃度となった。

結論として、ニタ海岸と対照海岸を比較した結果、動物も植物も共通して、ニタの方が毒性の強い元素（鉛、カドミウム、白金等）の濃度が高い傾向がみられた（白金は家電由来の可能性も考えられる）。したがって、プラスチックの漂着量の多い海岸で、プラスチック由来の元素がイソハマグリやアダンから検出されるという仮説が状況証拠的に確かめられた。なお、イソハマグリ、ムラサキオカヤドカリ、ミナミスナガニの動物類 3 種の分析結果の比較では、イソハマグリで筋肉・肝臓共に多くの元素が高濃度で検出されており、動物類ではイソハマグリが特に注目種と成りうる可能性がある。海岸植物については今後アダンに注目していくべきと考えられる。

② 海岸砂

海岸砂については、ニタ海岸と対照区の分析結果を評価するにあたっては、Enrichment Factor を使い、基準として鉄を用いた（この手法の解説は本報告書資料編に記載）。ニタ海岸では対照区に比べ、特にニッケル、ヒ素が高濃度であり、コバルト、カドミウムも高い傾向にあった。ただし、海岸砂では、前述の動植物に比べ検出された各元素は、対照区に比べニタ海岸で著しく高濃度とはいえず、これは砂の性質上から各元素の吸着量が少ない可能性がある（※分析した海岸砂はサンゴ砂のためカルシウム濃度は著しく高かった）。今後は、アダン直下の土壌になりかけている細かな「土」を採取・分析することにより、各種抽出操作や生物利用能の評価も可能となりうると思われる。

(3) 海岸漂着物から溶出する有害化学物質の潜在的ポテンシャルの分析・評価

防衛大学校・山口晴幸名誉教授が平成 27 年度に検討した海岸漂着物から誘発される有害物質の定量的広域評価モデル（平成 27 年度事業報告書に記載）を活用し、ニタ海岸において海岸漂着物から溶出する重金属元素について検討した。

① 有害化学物質（重金属元素）の溶出量

本事業で用いた手法は、調査対象海岸の海岸漂着物量を種類・国籍毎等に質量に換算

し、それぞれの潜在的溶出係数を導入して有害化学物質の溶出量を算定する。ここで、海岸漂着物の種類・国籍毎等の潜在的溶出係数は、山口晴幸名誉教授が防衛大学校において実施した海岸漂着物に含まれる重金元素の分析結果を基にしている。この手法によって得られる結果は、調査海岸、調査海岸域、調査範囲に拡大することで、各調査対象区域に対応した有害化学物質の潜在的な溶出ポテンシャルを評価することができる。

調査対象としたニタ海岸は、これまで海岸漂着物のモニタリング調査は行われてこなかったため、本事業では、ニタ海岸と同様に座間味島の北部に位置し、沖縄県が過年度に渡りモニタリング調査を実施してきたチシ海岸の2013年11月～2014年11月の年間漂着量推計値をニタ海岸の漂着量に適用することとした。

対象とする海岸漂着物の種類は、プラスチック類、発泡スチロールブイ(漁業用大型トレイ等含む)、大型プラスチックブイ、球管類ゴミ(電球類と蛍光灯管類)の端部・芯部金属部分、ビン類ゴミ(金属製キャップ)の6種類とした。

対象とする有害化学物質は、人を含め生態系に悪影響を及ぼす可能性がある十数種の重金元素等(Pb, Cr, Cd, As, Sb, Zn, Cu, Ni, Mn, Al, Sn, Ba, Ti)とした。

ニタ海岸における海岸漂着物の年間漂着量(海岸長 0.5km、年間漂着量 6750.84kg)に起因する各元素の潜在的溶出量の比較では、Al と Mn の潜在的溶出性が極めて高く、それぞれ全潜在的溶出量の約 40%と 26%を占めていた。発泡スチロールブイや電球・蛍光灯管類(金属部分)では Zn や Ba の溶出性もかなり高くそれぞれ約 10%を占めていた。また、Pb、Cr、Cd、As、Sb、Cu、Ni、Sn、Ti の溶出性も検証された。

海岸漂着物の種類毎の潜在的溶出量の比較では、プラスチック類と比較して、発泡スチロールブイや大型プラスチックブイからの溶出性が高い有害化学物質が多く検出された。球管類ゴミ(電球・蛍光灯管類)では、漂着量については他の種類に比較して非常に少ないものの、Zn、Ni、Mn、Al、As の溶出量が極めて高い結果となっている。

海岸漂着物の国籍別の比較では、全漂着量の約 6～8 割を占める中国製海岸漂着物の潜在的溶出量がいずれの有害化学物質においても卓越して高い傾向を示していた。

② 県内の海岸漂着物に含まれる重金元素の特徴等

過年度の防衛大学校・山口晴幸名誉教授の調査分析により、発泡スチロールの元素成分の潜在的溶出量の構成比は、県内各地域によって異なることが明らかになっている。特に宮古諸島、八重山諸島の発泡スチロールは潜在的溶出量が多く、構成比も異なる。

発泡スチロールは軽いため山の上まで運ばれ、細分化する。細分化すると表面積が大きくなり、化学物質も吸着しやすくなる。

海岸漂着物に含まれる重金元素は、酸性度が高いと溶出しやすい。

ニタ海岸における有害物質の潜在的溶出量は、Al、Mn が最も多い。また As、Sb の溶出量も多い傾向にある。毒性という観点から考えると、As、Sb の潜在的溶出量に注目していく必要がある。

中国由来の海岸漂着物では Ba の溶出量が多い傾向にあるが、Ba は安定剤としてプラスチック類に添加されている。

(4) 海浜性生物による微小人工物片の取込み状況の分析・評価

イソハマグリ、ムラサキオカヤドカリ、スナホリガニ、スナガニ（ツノメ、ミナミスナガニ）の体内に取込まれた MP を分析調査した。

① 海浜性生物

調査分析したすべての種において、いずれかの個体で MP が検出された。なお、MP の分析において、発泡スチロールは認識が難しく、今回の分析結果からは発泡スチロールと断定できないものは除いているため、発泡スチロールの量は過小評価となっている。

ニタ海岸のイソハマグリの MP 検出率は 100%であった。一方、ウハマのイソハマグリは MP の検出率が 5%であった（それぞれ n=20）。ニタ海岸のイソハマグリ中には、0.1mm 以下の MP がかなり存在しており、一部は蛍光である。また、肝臓、外套膜、足、鰓、消化管等、あらゆる場所に MP が確認された。

他地域のイソハマグリの分析も実施したが、与那国のイソハマグリにおける MP の検出率は、漂着量の多い北側の海岸では 100%、漂着量の少ない南側の海岸では 0%（それぞれ n=5）であった。多良間島のイソハマグリでは、本年度の調査では漂着量の多い海岸を見つけれず、南北の海岸で明確な差は見られなかった（MP 検出率：北側 60%、南側 40%）。

漂着物の少ない海岸に生息するイソハマグリからは MP が検出されにくい。この結果から、イソハマグリの MP は陸に打ち上がったプラスチックから生成した MP に由来するのではないかと判断された。今後は砂中 MP と生物中 MP や化学物質を関連づけることが重要と考えられる。

また、今回の分析結果から、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 の調査を行う上での指標生物に適していると判断された。

漂着物回収の必要性を主張する根拠として、漂着物の多い海岸及び少ない海岸において生物の調査を続け、データを蓄積するべきである。また、砂中 MP 量と生物中 MP や化学物質の関連性の調査、他離島での調査、他の生物種や海岸環境を対象とした調査が今後必要であると判断された。

② 他の調査分析対象候補について

[生物種]

ニシキアマオブネ：主に砂中に生息するが、プラスチックを摂取しやすい食性ではない。イソハマグリよりも深い砂中に生息する。沖縄では広く食用とされる。プラスチックから溶出する化学物質により、砂が汚染されることから、組織中の化学物質を調べたほうがよいと判断される

ホシムシ：砂に混じったり砂に付着した有機物を食用としており、体内に MP を取込んでいる可能性が極めて高いと考えられるため、調査対象として適している。

[海岸環境]

飛沫転石帯（陸側の石が集積している範囲、海と陸の境目）：カニ類や貝類など様々な生物が生息する範囲であるが、隙間に入り込んだ発泡スチロールが乾燥すると、生物がいなくなる。飛沫転石帯は生物にとって重要な場所であり、調査地点を広げて考える必要があると判断される。

2.8 平成 31 年度以降の取組方針・取組内容等の検討案

本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、関連項目別に本事業の成果の概要と、海岸漂着物に含まれる有害物質対策として今後（平成 31 年度以降）必要と判断される取組方針・取組内容について等を表 2.8-1 に整理した。

表 2.8-1 本事業における実施項目別成果の概要と今後の取組方針・内容(案)

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。 ・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。
重金属元素の分析	イソハマグリ、ムラサキオカヤドカリ、ミナミスナガニ、アダン等の分析結果から、漂着量の多い海岸の方が少ない海岸に比べ、毒性の強い元素（鉛、カドミウム、白金等）の濃度が高い結果となり、また海岸砂でも漂着量の多い海岸の方が少ない海岸に比べ、動植物程の差はないものの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。	
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。
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。	

2.9 参考情報

(1) 鉛、カドミニウムの基準値等について

表 2.9-1 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"> 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)
	環境基準 (環境基本法他)	<ul style="list-style-type: none"> 公共用水域の水質汚濁に係る環境基準: 0.01mg/L(環境庁,1971) 地下水の水質汚濁に係る環境基準: 0.01mg/L (環境庁,1997) 土壌の汚染に係る環境基準: 0.01mg/L (環境庁,1991)
海外	CODEX(食品の国際規格)	<ul style="list-style-type: none"> 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
	EU	<ul style="list-style-type: none"> 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
	FAO/WHO合同食品添加物 専門家会議(JECFA)	<ul style="list-style-type: none"> 暫定耐容週間摂取量(PTWI)(JECFA,1986-2010) 25μg/kg/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 みなせないとされた)

表 2.9-2 カドミニ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"> 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)
	環境基準 (環境基本法他)	<ul style="list-style-type: none"> 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) 土壌の汚染に係る環境基準: 0.01mg/L(環境庁,1991)
	食品安全委員会	<ul style="list-style-type: none"> 暫定耐容週間摂取量(PTWI)(食品安全委員会,2009) 7μg/kg/1週間(体重50kgであれば1週間で350μgが上限)
海外	CODEX(食品の国際規格)	<ul style="list-style-type: none"> 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
	EU	<ul style="list-style-type: none"> 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
	FAO/WHO合同食品添加物 専門家会議(JECFA)	<ul style="list-style-type: none"> 暫定耐容週間摂取量(PTMI)(JECFA,2011) 25μg/kg/1カ月(体重50kgであれば1カ月で1250μgが上限)

(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