

4. 海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針の検討	4-3
4.1 海岸漂着物及び有害物質の影響検討	4-3
4.1.1 海岸漂着物処理推進法及び国の基本方針	4-3
4.1.2 沖縄県海岸漂着物対策地域計画	4-3
4.2 目的	4-7
4.3 実施内容	4-7
4.3.1 海岸漂着物及び有害物質が及ぼす影響に係る情報収集整理	4-10
4.3.2 専門家会議の開催	4-17
4.3.3 海岸漂着物に含まれる有害物質による影響の可能性検討	4-24
4.3.4 本事業実施後の見通しについて	4-25

4. 海岸漂着物及び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。

沖縄県では、平成 25～26 年度沖縄県海岸漂着物地域対策推進事業（以下「平成 25～26 年度事業」という。）において、海岸漂着物に含まれる有害物質に係る情報収集や海岸に生息する小型甲殻類を対象とした予備的な有害物質の影響分析を実施し、海岸生態系に配慮した適切な海岸漂着物の回収方法案を検討している。

更に、平成 27 年度沖縄県海岸漂着物等地域対策推進事業（以下「平成 27 年度事業」という。）においては、平成 25～26 年度事業に引続き、有害物質に係る情報収集整理を実施し、県内海岸に生息する小型甲殻類等の個体分析等を実施した上で、可能な限り具体的な影響項目や影響要因等に係る整理検討を実施した上で、海岸生態系に配慮した適切な海岸漂着物の回収方法案の見直しや、今後必要な対策案を検討している。

本事業では引続き、海岸漂着物とこれに含まれる有害物質の影響に係る情報収集と影響の可能性、対策方針の必要性等について検討した。

4.1 海岸漂着物及び有害物質の影響検討

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 data-bbox="327 344 959 376">第1 海岸漂着物対策の推進に関する基本的事項</p> <p data-bbox="360 383 900 414">1. 我が国における海岸漂着物対策の経緯</p> <p data-bbox="354 421 1428 524">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 data-bbox="360 568 815 600">2. 海岸漂着物対策の基本的方向性</p> <p data-bbox="354 607 1428 822">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"> ・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。 <p>③ 県内における海岸漂着物の発生源の把握と対策</p> <p>沖縄県内の海岸には、主に海外から大量のごみが漂着し続けているが、国や県の調査や地域関係者からの指摘等により、県内や近隣地域が発生源と判断されるごみも少なくないことが明らかになってきている。</p> <p>沖縄県は、海岸漂着物のモニタリング調査や地域関係者からの情報収集等を通じて、県内における海岸漂着物の発生源の把握に継続的に努めるものとする。</p> <p>また、沖縄県は海岸漂着物の県内における発生源が把握された場合には、必要に応じて関係する行政機関や地域関係者と協議を行った上でその対策を検討し、必要な措置を講ずるものとする。</p>

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う。

4.3 実施内容

本事業では、以下の 2 項目を実施した。

- ①海岸漂着物に含まれる有害物質とその影響に関する情報収集（平成 26 年度・平成 27 年度事業からの継続的な実施）
- ②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の開催。

なお、本事業で検討対象とする情報等は、主に平成 27 年度事業で実施した「海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針の検討」の成果とした。その実施項目と検討内容を表 4.3-1 に示す。また、参考として、平成 27 年度事業において「海岸に生息する生物への影響に係る分析調査」（表 4.3-1 の②）で対象とした有害物質の概要を表 4.3-2 に、対象種の概要を表 4.3-3 に示す（表 4.3-2、表 4.3-3 のいずれも平成 27 年度事業報告書より転用）。

表 4.3-1 検討対象とする情報等

実施項目	検討内容
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	・海ごみの有害物質が海岸に及ぼす影響に関する情報収集 ・海ごみが生物に及ぼす影響に関する情報収集（有害物質の暴露、取込み等）
②海岸に生息する生物への影響に係る分析調査	・県内 3 地域（沖縄本島及び周辺離島、宮古諸島、八重山諸島）の海岸に生息するオカヤドカリ類、カニ類等の体内に取込まれた有害物質の分析（胃内容物・残留性有機汚染物質・重金属類）を行うことにより、漂着量の多い海岸と少ない海岸それぞれにおける有害物質の影響を確認
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	・県内の海岸に生息する甲殻類等の体内への人工物（プラスチック片）及び有害物質の摂餌行動以外の取込み経路の検討
④海岸漂着物に含まれる有害物質の県内における拡散の可能性検討	・「海岸漂着物に含まれる有害化学物質の定量的広域評価モデル」の検討（海ごみの種類別・重金属元素毎の潜在的溶出量の推計方法を確立）
⑤生態系への影響を踏まえた対策方針検討	・海岸生態系に配慮した適切な海岸漂着物の回収方法 ・海岸漂着物に含まれる有害物質と海岸生物の関連性の継続的検討 ・有害物質を含む海岸漂着物の将来的な取扱い



【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作成】

表 4.3-2 平成 27 年度事業において主な影響対象とした有害物質の概要

対象物質	概要
<p>残留性 有機汚染物質</p>	<p>【生物への有害性】</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>【本事業における主な対象物質】</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>
<p>重金属類</p>	<p>【生物への有害性】</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>【本事業における主な対象物質（生物毒性が懸念される 14 元素）】</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>

【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転用】

表 4.3-3 平成 27 年度事業における主な有害物質の影響対象種

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

【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転用】

4.3.1 海岸漂着物及び有害物質が及ぼす影響に係る情報収集整理

(1) 情報収集整理方法

① 平成 26～27 年度事業における情報収集整理方法について

平成 26～27 年度事業では、海岸漂着物に含まれる重金属類、海岸漂着及び海洋漂流プラスチック中の残留性有機汚染物質の基礎的な情報収集、更にはサンゴ礁海岸環境・マングローブ環境・その他の自然環境への海岸漂着物の影響等の情報収集について、主に表 4.3-4 に示す方針により実施している。

表 4.3-4 平成 26～27 年度事業における情報収集整理の方針

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

また、平成 27 年度事業における実際の情報収集整理方法は、前述表 4.3-4 の方針に従い、次表 4.3-5 に示す A～C の条件により、2015 年以降の新しい情報を主体に実施している。

表 4.3-5 平成 27 年度事業における情報収集整理の条件及び項目

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

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

② 本事業（平成 28 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、次表表 4.3-6 に示す海洋ごみに関するキーワードを入れ検索した。

表 4.3-6 海洋ごみ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 （海洋ごみ・マイクロプラスチック等）	("marine debris"[All Fields] OR "marine litter"[All Fields] OR microplastics[All Fields] OR macroplastics[All Fields])
文献の言語	(Japanese[Language] OR English[Language])
対象期間	("2016/01/01"[PDAT] : "2016/10/31"[PDAT])

文献検索で収集した文献から、次表 4.3-5 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 4.3-7 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	・ 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。
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	・ 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

(2) 情報収集整理の結果

前出表 4.3-5 に示す A~C の条件により、2016 年以降で全 42 件の文献等の情報を収集した。条件別の情報収集結果を表 4.3-8 に示す。なお、表 4.3-8 で整理した文献の概要は、本報告書資料編に記載した。

表 4.3-8 条件別の情報収集結果

調査目的	条件		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	3
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	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	20
	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	13

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に関する文献) については 3 件を収集した。これらの対象媒体・対象化学物質群別の内訳は表 4.3-9 に示すとおりである。

PVC 製 (塩ビ製) 漁具フロートからの鉛 (Pb) の溶出試験や、PPCPs や PCBs といった有機汚染物質の吸着に係る試験結果が得られている。

表 4.3-9 条件 A (海岸に漂着したゴミの有害物質に関する文献) の対象媒体・対象化学物質群別の内訳

対象媒体	対象化学物質群			対象媒体ごとの文献数
	PCBs	PPCPs※	鉛	
プラスチック	1	1		2
PVC 製漁具用フロート			1	1
物質群ごとの文献数	1	1	1	総文献数 : 3

※PPCPs: 医薬品及び日用品に含まれる化学物質であり、香料 (メチルベンジリデンカンファ)、殺菌剤 (トリクロサン)、医薬品 (エチニルエストラジオール) を調査していた

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 件を収集した。これらの化学物質別・生物種別の内訳は表 4.3-10 に示すとおりである。

重金属類の取り込みに関する文献は無かったが、残留性有機汚染物質の取込みと体内移行については 3 件あり、その内の 2 件は臭素系難燃剤 (PBDEs, HBCDs) を対象としていた。対象とした生物種の内訳はゴカイ類、貝類、魚類でそれぞれ 1 例ずつ (資料編文献一覧 B-01 ~03) であった。

表 4.3-10 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) の生物種・対象化学物質群別の内訳

生物群	対象化学物質群			生物群ごとの文献数
	PCBs	PBDEs※	HBCDs※	
ゴカイ類	1			1
貝類			1	1
魚類		1		1
物質群ごとの文献数	1	1	1	総文献数 : 3

※PBDEs 及び HBCDs : 臭素系難燃剤の一分類

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、3 件を収集した。これらの化学物質別・生物種別の内訳は表 4.3-11 に示すとおりである。

マイクロプラスチックからの抽出液の影響を貝類に曝露しその影響を調査した文献が 1 例 (資料編文献一覧 B-2) あった。また、残留性有機汚染物質である多環芳香族炭化水素 (PAHs) の一種をマイクロプラスチックと合わせて曝露し、その相互影響を調査した文献が 2 例 (B-05, B-06) あった。

表 4.3-11 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) の生物種・対象化学物質群別の内訳

生物群	対象化学物質群		生物群ごとの文献数
	プラスチック抽出液	多環芳香族炭化水素 (PAHs) ※	
貝類	1	1	2
魚類		1	1
物質群ごとの文献数	1	2	総文献数 : 3

※PAHs の一種であるフルオランテン、フェナントレンとプラスチックの複合曝露影響を調査していた。

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、20 件を収集した。これらの生物種別の内訳は表 4.3-12 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ものであり、例えば東京湾で捕獲されたカタクチイワシの腸管からのマイクロ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-10）等があった。また、曝露実験によりマイクロプラスチックの取込みと排泄を調査した文献としては、ネッタイツメガエルのオタマジャクシを実験生物に用いた研究例（C-13）があった。

表 4.3-12 条件 C-1（生物によるゴミの取込みを調査した文献）の生物群別の内訳

生物群	生物分類	生物群ごとの文献数
無脊椎動物	ゴカイ類	1
	深海生物	1
	貝類	3
脊椎動物	魚類	5
	爬虫類	2
	両生類	1
	鳥類	6
	哺乳類	2
総文献数		20

⑤ 条件 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）

条件 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）については、13 件を収集した。これらの生物種別の内訳は表 4.3-13 に示すとおりである。

マイクロプラスチックへの曝露による影響としては、ポリアミド繊維によるヨコエビの同化効率の低下（資料編文献一覧 C-22）、ポリエチレン粒子によるミジンコの遊泳阻害（C-24）、ポリスチレン粒子によるヨーロピアンパーチの孵化の抑制（C-32）等があった。マイクロプラスチックの供給源による毒性の違いを調査した文献（C-23）では、二次マイクロプラスチック（SMPs：プラスチックごみの分解物と一次マイクロプラスチック（PMPs：化粧品や工業用の製品）では、オオミジンコへの毒性の強さが異なり、二次マイクロプラスチックの方が強い毒性を示した。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）が 2 報あった（C-28, C-29）。

表 4.3-13 条件 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）の生物群別の内訳

生物群	生物分類	生物群ごとの文献数
無脊椎動物	微細藻類	2
	甲殻類	5
	貝類	2
	ゴカイ・ワムシ類	3
	底生生物群集	1
脊椎動物	魚類	2
総文献数		13

4.3.2 専門家会議の開催

前述したとおり、平成 27 年度事業の成果を主な対象とし、海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針を検討するにあたって、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なる専門家会議を開催した。

専門家会議の開催時期は平成 28 年 12 月とし、会議名称は「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」とした。

(1) 専門家会議の構成

専門家会議の構成を表 4.3-14 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を行った。

表 4.3-14 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 准教授 渡邊 泉	環境毒性 重金属元素分析評価
	沖縄県立芸術大学 全学教育センター 准教授 藤田 喜久	海洋生物(特に甲殻類および棘皮動物の生物学)
事務局	沖縄県 環境部 環境整備課	開催・運営、資料作成・説明 ※当企業体が補助

(2) 専門家会議の実施結果

① 議事次第

日時：平成 28 年 12 月 21 日（水）
10:00～12:00

場所：AP 西新宿 5 階会議室 G

議 事

開会（10:00）

1. 沖縄県あいさつ
2. 委員の紹介
3. 資料の確認
4. 議事

①沖縄県の海岸漂着物対策について（資料 1）

②平成 27 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概要（資料 2）

③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取組方針（案）について（資料 3）

④海岸漂着物及び有害物質の影響と対策に係る現在までの取組内容の評価及び今後の実施方針について（資料 2）

5. その他

閉会（12:00）

配布資料

資料 1 平成 21～28 年度における沖縄県の海岸漂着物対策に係る事業概要

資料 2 平成 27 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 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の検討（案）

参考資料 平成 27 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に係る関連資料

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
(欠席) 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 准教授
(代理) さいとう すなお 齋藤 侃	東京農工大学 農学部 物質循環環境科学専攻
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	
やまうち ぬり 山内 努	沖縄県環境部環境整備課一般廃棄物班 班長
まへがわ りゅうた 前川 龍太	沖縄県環境部環境整備課一般廃棄物班 主任
平成 28 年度沖縄県海岸漂着物等地域対策推進事業 受託者 :	
日本エヌ・ユー・エス(株)・(株)沖縄環境保全研究所 共同企業体	
のうえ だいすけ 野上 大介	日本エヌ・ユー・エス(株)沖縄事務所長/環境管理ユニット
すずき ぜんひろ 鈴木 善弘	日本エヌ・ユー・エス(株)環境管理ユニット
ごとう てるえ 後藤 澄江	日本エヌ・ユー・エス(株)環境評価ユニット
あらい けいこ 荒瀬 絃子	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】 沖縄県の海岸漂着物対策について(資料 1)

- 【藤田】 沖縄県が科学的な調査を行って、その調査データを生かすことが必要。たとえば、マイクロプラスチックの調査も子供には少し簡単にして、結果を検量線にあてはめてみる。市民の調査は数だけにして簡素化し、重さデータへの変換は県がやればよい。
- 【山口】 簡易的な調査でも、重さ測定も必要ではないか。いずれ比較することになる。
- 【高田】 興味を持ったボランティアの中には、専門家を通じて有害物質の値を出したいこともあるだろう。そのためには、サンプリング方法がきちんとしていないと意味がない。ビニール袋を使わないこと等。
- 【高田】 高校生に授業をする機会があり、やる気のある生徒には素材分析までやらせている。高校生ならば赤外線吸光ぐらいはできる。
- 【高田】 環境教育の目的は、プラスチック問題を理解することにある。安価なものを使い捨てるのが問題の本質であり、調査機材は使い捨てをやめ、長く使える製品を使う配慮が必要。また、分析まで行うのであれば、プラスチック製の機材は避けること。
- 【山口】 レジンペレットは増えている印象をもっている。沖縄県内の海岸で、1m 四方の枠内に 500 個以上あることもある。日本ばかりでなく、東南アジアに発生源があるのではないか。
- 【高田】 プラスチックの成形工場が排出源であろうが、沖縄に工場が多いとは思えない。

【議事 2】 平成 27 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概要(資料 2)

●海岸に生息する生物への影響に係る分析調査

- 【藤田】 冬場の調査であり、摂食の活性も低く、サンプリング時期としてはあまりよくなかった。対象生物の消化管には餌があまり入っていなかった。
- 【高田】 対象生物の寿命はどのくらいか。
- 【藤田】 ヤドカリやカニは、殻を捨てて成長するため、年齢を調べることができない。データが乏しいが、個体によっては 5 年くらい生きそうだ。
- 【山口】 対象生物の大きさはどのくらいか。1mm のプラ破片が入っているということは、体は大きいのではないか。
- 【藤田】 大きさは 10cm くらいが最大で、採取した個体は最大に近い。
- 【高田】 PCB の分析結果については、高い値が検出された、伊江島のイシヤラ海岸と多良間島の前泊港西で違いがあった。伊江島は低塩素のピークが見られ、多良間島は高塩素にピークが見られた。一般的には、高塩素の PCB は栄養段階の高い(有害物質を生物濃縮で蓄積した)餌由来、低塩素の PCB は、これらが含まれる廃プラスチック由来と考えられている。
- 【高田】 今回、餌や、海岸の砂、漂着ごみの分析をしていないため、取り込んだ経路はわからない。摂餌が活発な時期に組織に移行した PCB が検出されているのではないか。ただし、一部は排泄されている状況のデータと考えるべきである。

- 【高田】 これら対象生物はプラスチックを体内に取り込むことはあるのか。
- 【藤田】 対象生物の胃にプラスチックが入っていた。
- 【JV】 対象生物の地域による餌の違いはあるのか。
- 【藤田】 それはよくわからないが、餌の種類などの傾向は調べればわかる。昆虫や植物も入っていたことから、餌となっていると推測している。
- 【高田】 昆虫や植物が餌であれば、低塩素のピークの原因かもしれない。海岸の汚染の傾向を調べるための漂着物は一緒くたに分析し、餌となる生物や植物、泥がたまる場所の底泥、海岸の砂、セットで調査が必要である。
- 【斎藤】 検出された重金属は、ヒ素と銅が高く、アルカリ土類金属については、文献値よりも低かった。検出された元素が、プラスチック由来かどうかはわからず、土壌や砂に由来する可能性もある。既存の知見がなく、スナガニの特性の可能性もある。文献によればイカの肝臓は Cd が極めて高い（二桁多い）。ヤドカリ類よりも、スナガニ類で濃度が高い傾向がみられた。
- 【斎藤】 検出された重金属と漂着プラスチックとのつながりがわからないと、単なる人間活動に起因する重金属汚染と区別ができない。また、元素の数も絞ることができない。
- 【山口】 過去、（山口先生が）海岸の砂の汚染を調べている結果があるので、斎藤先生のデータと対応させれば、漂着プラスチック起源の元素をしぼることはできそうだ。分析していない元素はあるのか。
- 【斎藤】 臭素とチタンは分析していない。
- 【山口】 アンチモンはどうか。
- 【斎藤】 アンチモンは分析しているが、ヤドカリでは検出されなかった。スナガニ類の一部から検出されている。
- 【高田】 アンチモンはペットボトル製造で触媒として使用されており、触媒残留物による中毒がアメリカで問題となっている。今回の検出物も、実は採取に使用したビニール袋からの溶出の可能性もあるのではないか。
- 【山口】 重金属は、餌からの生物由来のものがある一方で、天然にも存在する。また、プラスチックに含まれる重金属は、顔料由来が多いと考えている。沖縄では、PCB 等の天然にないものは米軍基地からの汚染が問題とされている。重金属は土壌にも含まれており、生物由来、鉱物由来、場合によっては海水由来もあり、今回のデータは極めて複雑な取り込み経路の結果と考えている。生物由来と鉱物由来とを分けられないものか。
- 【藤田】 文献では、エラからの取り込みもあることがわかっている。今回の解剖では、エラに砂が確認された。この砂に有害物質が含まれていれば、エラから取り込みの可能性はある。
- 【藤田】 筋肉の採取部位はどこか。
- 【斎藤】 ツメの内部から採取した。
- 【藤田】 ツノメガニでは筋肉は採取できないか。
- 【斎藤】 ツメが小さくて困難である。
- 【藤田】 カニの中には、外部から猛毒のテトロドキシンを体内に蓄積する種類があり、蓄積の部位が違うことがわかっているようだ。採取筋肉の部位が異なれば、重金属の濃度が違うことはないのか。

- 【斎藤】 知見がなく、わからないが、イカの肝臓は Cd 濃度が高いなど、生物種の違いについての検討も必要だと考える。
- 【JV】 文献調査では、腸管にプラスチックがある等の、間接的な報告はあったが、海岸漂着物に含まれる有害物質と生物影響の因果関係に関する知見は得られなかった。
- 【藤田】 ヤドカリ類は、行動範囲がスナガニ類よりも広く、後背地でも餌をとる。また、海岸から少し離れた人間の生活場所にも見られる。海岸漂着物の影響ばかりでなく、人為的な環境の影響も受けやすい。スナガニ類は、海岸に穴を掘って生活しており、巣穴の位置は変わるものの海岸を離れることはない。
- 【山口】 本調査には、スナガニ類のほうにむいているのか。
- 【藤田】 海岸の汚染を調べる目的には、スナガニ類が適している。
- 【藤田】 ツノメガニの分析に使用した解凍液とはなにか。
- 【斎藤】 サンプルの解凍にともなって、染み出てきた黒い液体で、体液だと思われる。

●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

- 【藤田】 平成 27 年度には、海浜性十脚甲殻類への有害物質の取込みについては、直接の摂餌、餌からの間接的な摂餌、鰓部への汚染砂付着からの取込み等の 5 つの経路を想定した。
- 【高田】 これらの経路は、間接的な暴露も検討しないといけないということであり、大変な労力が必要だ。
- 【藤田】 仮に、砂が汚染されているならば、スナガニ類は常に有害物質の影響をうけていることになる。
- 【JV】 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への影響も懸念される。

●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

- 【山口】 漂着した廃プラスチックは、当然ながら種類によって有害物質の濃度が異なるが、同じ種類であっても色によって、大きく異なることから、アルミや亜鉛が顔料に使用されている影響が大きいと考えている。また、沖縄県には漁業用の水銀ランプ等の電球類や、蛍光灯が多く漂着するので、これら水銀を含む製品は環境への影響が大きい。
- 【山口】 これまで私が実施した、漂着物の溶出試験結果と、沖縄県のモニタリング調査結果の現存量のデータを、これらのモデルに当てはめれば、漂着物からの 13 元素の潜在溶出量の推定が可能である。また、日本全国の海岸の基質の有害物質を調べてみたが、傾向として漂着物が多い場所の基質は、これらの元素の濃度が高かった。これら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づけと、生息している生物などの自然の豊かさの指標を使って、海岸の保全の優先度等の検討に活用できる。環境や生物多様性の高い海岸の回収を増やすなどの対策が可能になる。また、いまだに沖縄県では野焼きが行われており、これらの啓発にも活用できる。

●生態系への影響を踏まえた対策方針検討

- 【山口】 研究結果を蓄積して 8 年になることから、発生源対策に活用する時期にきている。研究

段階という位置づけではない。プラスチック業界からも、これらの影響や安全についてどのように考えるのか、また事業者の責任について説明を求めるべきだ。その説明について、科学的に反論できるデータである。また、実際に生物がプラスチックを取り込むことがわかったことは、大きな成果である。

【藤田】 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。今回は、甲殻類の胃にプラスチックが確認されたが、汚染経路や影響は可能性のレベルである。私は生物学の視点の指摘しかできないが、せっかくいろいろな専門家がいるのだから、今までの調査でわかった課題や、有害性のリスクを整理して、汚染経路もわかりやすい海岸で詳細調査をしてはどうか。行政も予算化には根拠が必要で、予算がなければ海岸の環境を保全するための対策も続けていけるかどうか心配だ。

【事務局】 詳細な調査は、今回行ったスナガニ類などで分析するのか。

【藤田】 規模は小さくてもいいから、調査海岸を決めて、甲殻類の他にも、植物、昆虫等の餌となる生物と、砂、漂着物を分析してはどうか。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。

【事務局】 科学的なデータを取得することが最も重要であると考えている。予算化について、県はできるだけ対応をしたい。

【議事 3】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取組方針(案)について(資料 3)

特になし

【議事 4】海岸漂着物及び有害物質の影響と対策に係る現在までの取組内容の評価及び今後の実施方針について(資料 2)

特になし

その他

特になし

4.3.3 海岸漂着物に含まれる有害物質による影響の可能性検討

前項の「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」の実施結果を踏まえ、平成27年度事業の実施項目を評価項目とし、評価項目別の評価内容・課題・方針(案)表 4.3-15～表 4.3-16 のとおり整理した。

表 4.3-15 評価項目別の評価内容・課題・方針(案)－1

評価項目	評価方針・方法(案)
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	<ul style="list-style-type: none"> ・近年、海洋ごみの有害物質の調査や、有害物質の生物へ暴露試験、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。
②海岸に生息する生物への影響に係る分析調査	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・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していく必要がある。 ・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。 ・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ため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。
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	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・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。

表 4.3-16 評価項目別の評価内容・課題・方針(案)－2

評価項目	評価方針・方法(案)
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	<ul style="list-style-type: none"> ・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。
⑤ 生態系への影響を踏まえた対策方針検討【総合評価】	<ul style="list-style-type: none"> ・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策が必要である。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。 ・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。 ・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。 ・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。 ・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。

4.3.4 本事業実施後の見通しについて

本事業の実施により、海岸漂着物に含まれる有害物質の海岸生態系への影響評価手法と影響評価結果の取扱方針が明確となった。また、県内の海岸に生息する甲殻類等への有害物質の影響については、平成27年度事業では基礎的な調査分析に留まっていることから、海洋ごみ問題の新たな課題として知られているマイクロプラスチック対策と合わせて、小規模でも海岸生息種、その餌生物、海浜砂、海岸漂着物等への海洋ごみの影響を分析するような詳細な調査の実施が求められる。

更には、海岸漂着物等のプラスチック類や発泡スチロール類に有害物質が含まれているという事は、これを踏まえた廃棄物としての取扱いについても検討が必要となると考えられる。