

令和3年度漁業系海洋プラスチックごみ削減対策
(水産庁補助事業)

令和3年度
漁業系海洋プラスチックごみ削減
対策
報告書

令和4年3月

公益財団法人海と渚環境美化・油濁対策機構

まえがき

令和3年度後半から海洋生分解性素材や植物由来素材の大量生産化に関する記事が目につくようになってきました。平成30年海洋プラスチック憲章、令和元年G20大阪サミットを経て、商機と見た企業が設備投資を考え、計画を公表したのでしょうか。令和4年4月プラスチック資源循環促進法が施行されます。コンビニ・スーパーやファーストフード店で使用されるプラスチックが様変わりするのもあつという間かも知れません。

プラスチックに関する行動様式が変化していく中において、今までと同じ感覚でプラスチック製漁具を使用することが難しくなっていくと考えます。流出防止、管理は徹底することを余儀なくされると思います。素材については、今の海洋生分解性素材の認証は半年で生分解度90%となっており、漁具に限らず海洋資材に使用することは困難です。いずれは海洋資材に適用した素材の認証制度が作られることを期待しますが、できることならその制度は日本発の世界基準であってほしいものです。

この報告書が、漁業系プラスチック廃棄物処理の推進の一助となれば幸いです。

公益財団法人 海と渚環境美化・油濁対策機構

令和3年度 漁業系海洋プラスチックごみ削減対策
検討委員会等名簿

(五十音順)

氏名	所属・役職
井上喜洋	鹿児島大学 元教授
熊沢泰生	ニチモウ株式会社 資材事業本部 研究開発室 室長
田中要範	全国漁業協同組合連合会 漁政部 部長
永松公明	水産大学校 海洋生産管理学科 資源管理学講座 教授

作業部会専門家名簿

氏名	所属・役職
佐々木達也	一般社団法人 対馬 CAPP

目 次

第1章	目的と事業概要	
1. 1	目的と内容	1
1. 2	素材の選定	2
	(参 考)	4
第2章	漁業系プラスチックごみの適正処理の推進	
2. 1	目的	8
2. 2	活動内容	8
2. 3	対馬の漁業	9
2. 4	対馬における漁業系廃棄物処理ガイドラインの推進について	12
2. 5	適正処理を阻害する要因	13
2. 6	適正処理の向上に向けた考察と現状	14
2. 7	まとめ	16
第3章	環境に配慮した素材への転換の促進	
3. 1	カキパイプの試作	17
3. 1. 1	目的	17
3. 1. 2	海水浸漬試験	17
3. 1. 3	結果	19
3. 2	ポリスチレンの代替素材による発泡フロートの開発	23
3. 2. 1	目的	23
3. 2. 2	成形品の概要	23
3. 2. 3	方法及び経過	25
3. 2. 3. 1	養殖生簀用 PLA フロートの検証	25
3. 2. 3. 2	FADs(Fish Aggregating Devices)用 PLA フロートの検証	29
第4章	まとめ	40

第1章 目的と事業概要

1. 1 目的と内容

近年、注目されている「マイクロプラスチック」（微小なプラスチック片）を含む海洋プラスチックごみ問題について、国内では、「海岸漂着物対策を総合的かつ効率的に推進するための基本的な方針」の閣議決定や「海洋プラスチックごみ対策アクションプラン」が関係閣僚会議で決定され、また、国際的にはG20大阪サミットにて、プラスチックによる新たな海洋汚染を2050年までにゼロにすることを目指す「大阪・ブルー・オーシャン・ビジョン」が共有されるなど、その対策が喫緊の課題とされている。漁業では漁網をはじめ多くの資材にプラスチックが使用されており、プラスチック資源の循環に資する取組みを積極的に進めていくことが求められ、漁業・養殖業に由来する海洋ごみの発生を抑制し、環境にやさしい漁業・養殖業を推進することを目的とする。

(1)環境に配慮した素材への転換の促進

ア カキパイプの開発

植物由来のプラスチックの一つであるポリ乳酸で製作したカキパイプを筏に垂下し、浸漬実験の結果判明した耐久性の欠如に対して、柔軟性を付与したポリ乳酸でカキパイプを製作し、海水浸漬による耐久性実験を行った。

イ 発泡フロートの開発

令和2年度に植物由来のプラスチックの一つであるポリ乳酸で試作した発泡フロートは、同様の大きさの発泡スチロール製フロートと同等の浮力があることが判明したので、実際に使用されている養殖生簀及び集魚装置FADsに設置して現場試験を行った。なお、この試験ではフロートカバー及びカバーを装着する際に使用するロープについてもポリ乳酸製品を使用した。

(2)漁業系プラスチックごみ適正処理の推進

長崎県対馬地域において、令和2年に水産庁が公表した「漁業系廃棄物計画的処理推進指針」を参考に、漁具の適正管理を行うために必要な方策を検討した。また、漁業協同組合の中核を担う人材を育成する全国漁業協同組合学校において、漁業系廃棄物処理に関する講義を実施し、先進的な取組みを啓発普及した。

1. 2 素材の選定

(1) 植物(バイオ)由来

図1.1によれば植物由来はPLAとPHA系（PHBH）で、これらの特徴は以下のように言われている。

PHA系

- ・微生物が付きやすく生分解性に優れるが、カビが生えやすく、製品安定性に劣る。
- ・ガラス転移点が室温以下のためゴム状になり、二次結晶化が進行し、保管中に経時変化する

PLA系

- ・LDPEやその他樹脂と同じ機械で加工可能
- ・他の生分解性ポリマーとの相溶性良好

生分解性	PLA PHA系 (PHBH等)	バイオPBS PBAT・PLAコンパウンド 澱粉ポリエステル樹脂 酢酸セルロース (ジアセテート)	PVA, PGA PBS, PBSA PBAT PETS その他
	バイオPE バイオPA11 バイオPA1010	バイオPET バイオPTT バイオPA610、410、510、56 バイオPA1012、10T バイオPA11T、MXD10 バイオPC バイオPU 芳香族ポリエステル バイオ不飽和ポリエステル バイオフェノール樹脂 バイオエポキシ樹脂 酢酸セルロース (トリアセテート)	PE PP PET PTT PVC PS ABS、PC、PBT POM、PMMA PPS、PA6、PA66 PU、フェノール樹脂 エポキシ樹脂 その他
非生分解性	バイオ由来	バイオ由来+化石由来	化石由来

図1.1 生分解性プラスチックの種類(日本バイオプラスチック協会HP)

これらの特徴から、漁具の試作にはポリ乳酸を候補として考えた。ポリ乳酸は植物由来のプラスチックなので二酸化炭素（CO₂）排出量の削減効果も期待できるとされている。

焼却処分時に発生した二酸化炭素はカーボンニュートラルである。その地球温暖化ガスの削減量は使用重量の 1.4 倍から 2 倍、5 倍と諸説ある。(日本有機資源協会HPより)

(2) 素材の条件

次にカキパイプ及び発泡フロートの試作に使用する素材の条件として以下の項目を挙げた。(表1.1)

表1.1 試作品に使用する素材の条件

素材の条件	理由
① 既存の製造ラインを使用できること	これまでの設備を使用できるので、これまでの製造技術、経験が生かせる。 新たな設備投資が必要ないので、製品価格の上昇を抑えることができる。
② 現製品と同等の価格であること	
③ 丈夫であること	
④ 流出後に拡散しないこと	カキパイプに適用
⑤ 無毒又は毒性が低いこと	不作為に流出し、海洋生物が誤飲しても、生体への影響が無いか少ない。
⑥ 生体内で速やかに消化できること	誤飲した生物の体内に長期間存在しない。
⑦ 生分解がゆるやかであること	海洋植物由来のプラスチックの認証である「OK biodegradable MARINE」では「海水中(30℃)で、生分解度が6ヵ月以内に90%以上になること。」という条件がある。漁具の場合この認証を受けた素材を活用することは難しいと考える。 (参考)を参照

これらの条件を全て満たす素材は見つからなかったが、「ポリ乳酸」は①④⑤⑥を満たしていた。④海水より比重が大きく沈むので拡散しない。⑤⑥「ポリ乳酸を主成分とする合成樹脂製の器具又は容器包装に関する食品健康影響評価」に毒性は認められず、多くの臓器で水と二酸化炭素に分解されるとあった。海洋生物への影響を軽減する最も重要なポイントは「⑤無毒又は毒性が低い」と「⑥消化」と考える。

仮に生分解が速くても、生物が誤飲して死んでは何の意味もない。

現実離れした分解速度を求めることは、代替素材普及の妨げになり、海洋生物を守ることに繋がらない。

(参考)

1 海洋生分解性の認証について

漁具によって必要な耐用年数は異なるが、漁具としては5年や10年は継続して使用できることが重要であろう。現在の海洋生分解性に関する認証について以下にまとめたので、漁具の試作に使えるような素材の検討の際の参考にしてほしい。

生分解性プラスチック認証機関は、日本バイオプラスチック協会の他、欧州ではEuBP(ドイツ)、DIN CERTCO(ドイツ)、TUV(オーストリア)、アメリカのBPI、オーストラリア及びニュージーランドのABAなどがある。(株DJKのホームページ参考)

その中で海洋生分解性に関する認証は、TUV(オーストリア)の「OK biodegradable MARINE」がある。

三菱ケミカルやカネカも自社のHPで以下のようにOK biodegradable MARINEで認証されたことを公表している。以下抜粋。

- ・三菱ケミカル株式会社：三菱ケミカル株式会社（本社：東京都千代田区、社長：和賀 昌之、以下「当社」）は、当社の生分解性樹脂コンパウンドFORZEAS™（フォゼアス™）が、海洋生分解認証“OK biodegradable MARINE”の認証を取得しましたことをお知らせします。
- ・株式会社カネカ：株式会社カネカ（本社：大阪市、社長：角倉 護）は、本年9月に開発商品のポリエステル系生分解性プラスチック（商品名：カネカ生分解性ポリマー PHBH、以下、PHBH）で、海水中で生分解するとの認証「OK Biodegradable MARINE」*1を取得しました。
*1 海水中(30℃)で、生分解度が6ヵ月以内に90%以上になること。

OK biodegradable MARINE について、(株)DJKのホームページに基づき記載する。

認証名/ 概要	要求事項
OK biodegradable MARINE 海水中で生分解が可能であり、そのコンポストが環境に安全（海洋生物の生育）であることを認証する。	①Chemical Characteristics（化学特性） 有害な重金属の含有量が規定値以下であること。 有機物が50%以上であること。 ②Biodegradation（生分解性）ASTM D6691 海水中(30℃)で、生分解度が6ヵ月以内に90%以上(絶対的 or 相対的)になること。 ③Disintegration（崩壊性） 海水中(30℃)で12週間以内で2mmのフルイパスが90%以上 ④Ecotoxicity（生態毒性）OECD 202*3 第一次消費者の代表のミジンコへの影響を調べる試験 培養液に0.1%濃度の試料を添加し3ヶ月の養生し、その養生液でミジンコ(Daphnia)を48h培養し、ミジンコの活性を測定する。



①Chemical Characteristics(化学的特性)

①-①揮発性固形物(VS)量規定

EN 13432, ASTM D6400, ISO17088*では、生分解の認証を受けるためには、全乾燥固形物中の有機物の割合が50%以上あることと定めている。言い方を変えると、無機物フィラー*が51%以上充填されているコンパウンドは、生分解材料の認定を受けることはできない。

*EN 13432, ASTM D6400, ISO 17088: 堆肥化に関する認証

生分解性の他、重金属の分析なども含まれる

*無機物フィラー: フィラーをプラスチックに入れることで、もともとの材料になかった機能や性質、物性を付与できる

①-②重金属およびフッ素化合物規定

規格、各国の規定により含有量の上限は異なるが、生分解材料の認定を得るためには、重金属およびフッ素化合物の含有量の上限が定められている。

表 1.2 重金属およびフッ素化合物の上限值 (mg/kg)

元素	Zn	Cu	Ni	Cd	Pb	Hg	Cr	Mo	Se	AS	F	Co
EN13432 *1	150	50	25	0.5	50	0.5	50	1	0.75	5	100	-
US *2	1400	750	210	19.5	150	8.5	-	-	50	20.5	-	-
Canada *3	463	189	45	5	125	1	265	5	4	19	-	38
日本 *4	180	37.5	25	0.5	50	0.5	50	1	0.75	3.5	100	-

*1 EC 0JL2197.8(欧州 土壌改良剤規定)の規定量の50%,

*2 ASTM D6400(2012); 40 CFR 503.13 に示されている規定量の50%

*3 BNQ-0017-088

*4 グリーンプラ規定

①-③有機物含有量と生分解試験実施規定

コンパウンド中の含有量1wt%未満の有機物添加剤および、複数の微量添加剤を使用してその添加剤の総量が5wt%未満の場合は、生分解試験を実施する必要ありません。ただし、重金属分析、崩壊度、環境毒性試験は実施する必要があります。

また、OWSでは生分解試験を実施するにあたり、材料定性のためにFT-IRと灰分測定をすることになっています。

②ASTM D6691: 海洋環境でのプラスチックの好気性生物分解を表す指標

プラスチックが生分解される時に消費される酸素量を測定することで生分解度を測定する。

2 プラスチック製品の生分解性測定方法

認証では無く、日本バイオプラスチック協会のHPには生分解性の測定方法が紹介されている。その中で海洋に関するものは2つの方法が紹介されている。

	測定方法	識別表示委員会が定める生分解性試験方法
コンポスト	ISO 14855-1 (JIS K6953-1) ISO 14855-2 (JIS K6953-2)	JIS K 6953-1(ISO 14855-1)プラスチック-制御されたコンポスト条件下の好氣的究極生分解度の求め方 (発生二酸化炭素量の測定による方法) 第1部：一般的方法 (注)試験期間：6ヶ月以内 JIS K 6953-2(ISO 14855-2)プラスチック-制御されたコンポスト条件下の好氣的究極生分解度の求め方 (発生二酸化炭素量の測定による方法) 第2部：実験室規模における発生二酸化炭素の質量測定方法 (注)試験期間：6ヶ月以内 以上の試験内容については、各規格を参照すること。
土壌	ISO 17556 (JIS K6955)	JIS K 6955 (ISO 17556)プラスチック-呼吸計内の酸素消費量及び発生二酸化炭素量の計測による土壌内の究極的 好気性生分解度の測定 (注)試験期間：6ヶ月以内
水系	ISO 14851 (JIS K6950) ISO 14852 (JIS K6951)	JIS K 6950 (ISO 14851)：プラスチック-水系培養液中の好氣的究極生分解度の求め方 (閉鎖呼吸計を用いる酸素消費量の測定による方法) (注)試験期間：6ヶ月以内 JIS K 6951 (ISO 14852)プラスチック-水系培養液中の好氣的究極生分解度の求め方 (発生二酸化炭素量の測定による方法) (注)試験期間：6ヶ月以内
バイオ ライ ン オ ト ガ ス (嫌 気)	ISO 14583 (対応 JIS なし) …水系 ISO 13975 (JIS K6961) …スラリー ISO 15985 (JIS K6960) …乾式	
海洋	ISO 18830 (対応 JIS なし) ISO 19679 (対応 JIS なし)	海水と海底の間の界面に存在するプラスチック材料の有酸素生分解の程度と率から生分解度を瘦躯禎する方法。 生分解度(%) = (測定BOD値 ÷ 理論BOD値) × 100 BOD：生物化学的酸素要求量 海水と海底の間の界面に存在するプラスチック材料の好気性生物分解の測定発生した二酸化炭素の分析による方法 生分解度 (%) = (二酸化炭素発生量 ÷ 理論上の二酸化炭素総量) × 100

また、一般財団法人化学物質評価研究機構では海洋生分解性試験について試験規格が掲載されている。

試験規格	ISO 23977-1 ISO 23977-2 (ASTM D6691)	ISO 19679	ISO 22404
規格名称	プラスチック-海水にさらされたプラスチック材料の好気性生物分解の測定 - 第1部:発生した二酸化炭素の分析による方法 - 第2部:密閉呼吸計で酸素要求量を測定する方法	プラスチック-海水/堆積物界面の非浮遊プラスチック材料の好気的生分解度の求め方 - 発生二酸化炭素の分析による方法	プラスチック-海洋堆積物にばく露された非浮遊材料の好気的生分解度の求め方 - 発生二酸化炭素の分析による方法
概要	海水中での好気的生分解性試験	海水/堆積物界面での好気的生分解性試験	海洋堆積物での好気的生分解性試験
植種源	海水	海水及び堆積物	海洋堆積物
試験温度	15~25 °C (ASTM D6691 の場合 30 °C)	15~25 °C	15~25 °C
評価試料形態	微粉末又はフィルム		
評価項目	生分解度 (%)		
試験期間	~24 ヶ月 ^{※1}	~24 ヶ月 ^{※1}	~24 ヶ月 ^{※1}

※1 定常期に至った場合は培養期間を短縮できます。

第2章 漁業系プラスチックごみ適正処理の推進

2. 1 目的

長崎県対馬地域において地域単位で処理に取り組むための意識を向上させる。

2. 2 活動内容

漁業者個人で取り組むより地域で取り組む方が情報収集や PR などの点で効果的と考えられる。一方同じ地域でも営んでいる漁業種類が異なれば、繁忙期、閑散期が異なり、漁業者の気質も異なる。異なる漁業種類の漁業者が地域で一体となって廃漁具処理に取り組むことは容易ではない。そこで今年度、長崎県対馬地域では地域での漁業系廃棄物の海洋流出防止対策を目的にした聞き取りやプラスチック廃棄物を取り巻く状況の変化を伝えながら意識向上をはかった。

(1) 現状

海洋プラスチックに対する国内での対策は、世界的な関心の高まりを受けさらに加速している。令和2年5月には、漁業系廃棄物処理ガイドラインが改訂され、漁業者をはじめ、地方公共団体、メーカーなどを対象に、廃棄方法だけでなく、適切な管理や再利用の促進などを求めている内容となっている。

(2) 課題

今回のガイドライン改定では、廃棄物の適切処理だけでなく、発生抑制、再使用、再生利用及び熱回収の推進について記載されている。しかし、現在国内水産業の多くを占める個人経営体の経営規模において、記載されている処理に対応することが可能か。漁業系廃棄物処理についての現状を調査する必要がある。

(3) 本年度の活動方針について

以上の事を踏まえ、

○対馬各地の漁業者や漁協に対し、ガイドライン改定に伴う取り組みの変化や、実際の対応における問題点などを調査し傾向をまとめる。

2. 3 対馬の漁業

2018年漁業センサスによると対馬市の漁業種類別経営体数は1,274経営体あり、その内訳を図2.1に示す。

漁業センサスの漁業種類別経営体数は1経営体で2つの漁業種類を営んでいる場合、経営体数2と数えるので、図2.1は2,557経営体(実数1,274経営体)の内訳である。

図2.1から対馬の漁業経営体で多いのは沿岸イカ釣り、その他の釣り、ひき縄釣り、その他はえ縄など釣り漁業で65%、およそ1600経営体ある。採貝・採藻は16%でおよそ400経営体ある。これら経営体は対馬市内29漁業地区に存在するので釣り漁業関係、採貝・採藻関係の漁業系廃棄物に関係した廃棄物は対馬市全域で多いと考えられる。また、浅茅湾など対馬南部地域には魚類養殖、真珠養殖が営まれており、この地域では養殖業に関連した漁業系廃棄物が排出されると考える。

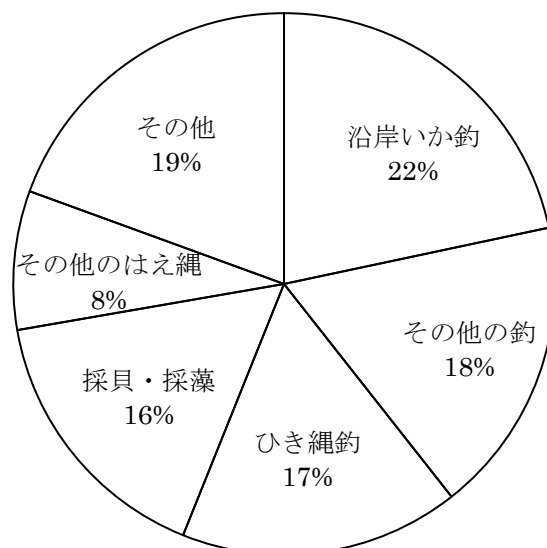


図 2.1 対馬で営まれている漁業種類別経営体数

・漁業組合と漁港

対馬は、日本で3番目に大きな離島で、南北に82km 東西に最長18km と細長く、面積は708km²、ほぼ東京23区と同じである。さらに島のほとんどを山が占め、入り組んだ浦々に集落が点在するという性質上、大小合わせて43の漁港を有する。漁業組合は合併により数を減らしたものの13組合がある。

広いエリアに点在して漁港があり、組合員の数も、経営規模も大小さまざまである。

図2.2に漁業地区名一覧と各漁協の所在地を示す。対馬では発泡スチロール製フロートが漂着物として有名であるが、養殖業が盛んな中部地域~南部地域では、原因者として誤解されることが無いよう、流出防止対策に取り組む必要がある。

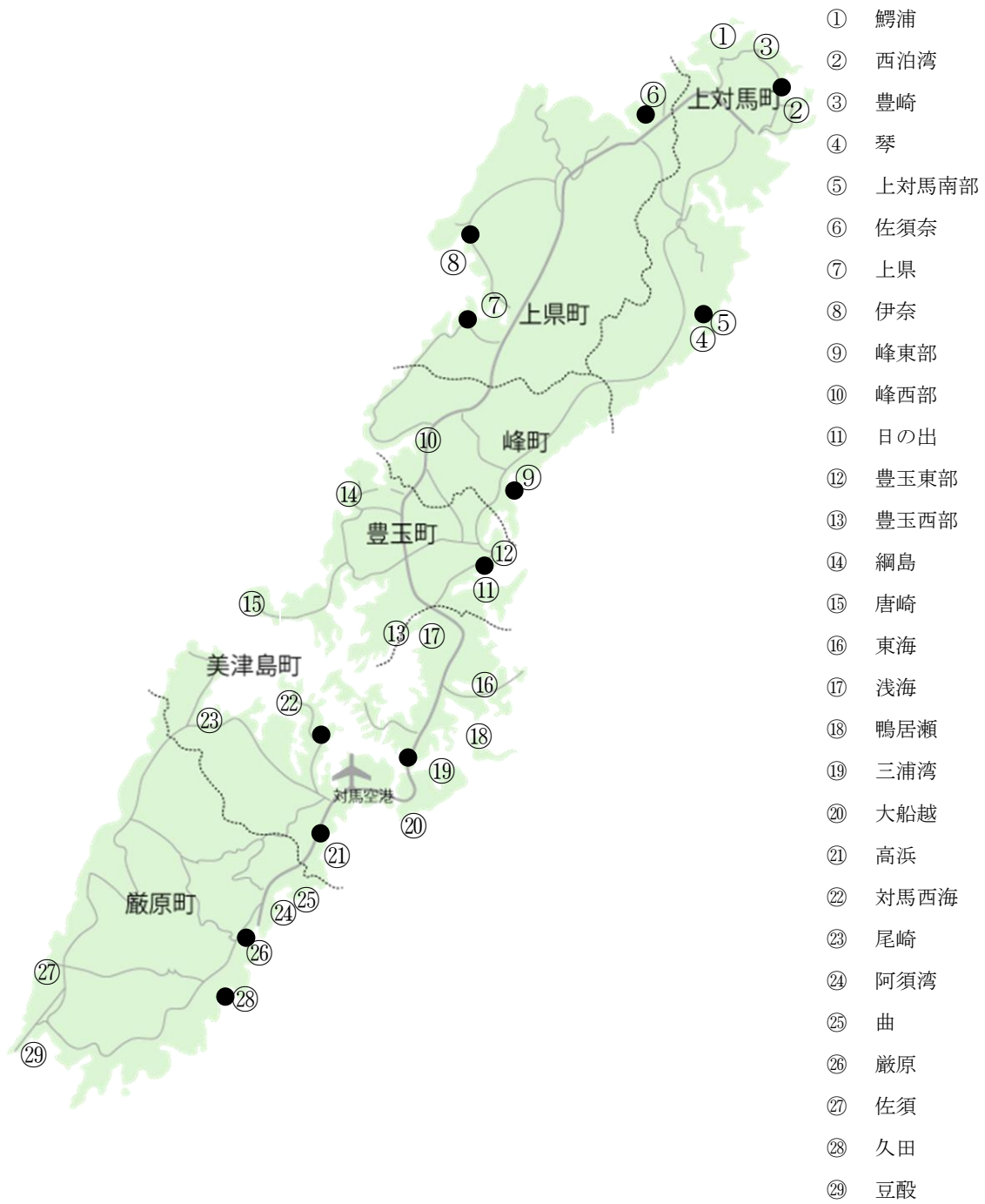


図 2.2 対馬全島図(左)と漁業地区名一覧(右) 漁業協同組合(●)

2. 4 対馬における漁業系廃棄物処理ガイドラインの推進について

令和2年5月に海洋プラスチックごみ対策アクションプランの実施の一環として改正された「漁業系廃棄物処理ガイドライン」について、どのように推進されているのかを聞き取ったところ、次のような状況であった。

(1) 水産関係部署

対馬市役所農林水産部水産課に問い合わせたところ、令和2年5月の改正から現在に至るまで、組織だった周知は実施していないとの回答を得た

(2) 廃棄物関係部署

長崎県における産業廃棄物の担当である長崎県資源循環推進課に問い合わせたところ、令和2年5月の改正から現在に至るまで、組織だった周知は実施していないとの回答を得た

(3) 漁業者の処理状況

対馬市内における大小の漁業者にヒアリングしたところ、処理状況としては次のような回答を得た



図 2.3 漁業者へのヒアリング

(マグロ養殖事業者)

フロート等の廃棄物は、定期的に産業廃棄物として処分している。人員や車両設備等、自社で回収、運搬することが可能であり、実施できている。

(釣り・延縄漁業者)

網や仕掛けの製作や補修で発生する少量の漁網や漁具などの処理に困っている。また保管場所が不足しており、野積み状態となっている。

2. 5 適正処理を阻害する要因

対馬市において、漁業系プラスチックごみの適正処理は適正に行われていない状況にあり、適正処理を促すために取り組みが必要であるが、それらを阻害する要因についてヒアリングや島内漁港への調査などによって次の状況が判明した。

(1) 廃棄物か保管か不明瞭な状況

漁港の共有地を中心に、漁業系プラスチックとなる漁網やフロートなどが置かれているが、それらが有価物なのか廃棄物なのか不明瞭な保管状況が散見された。保管とされる場合においてもブルーシート等の飛散防止対策が不十分であったり、有価物であっても飛散する可能性を持ったものが多くあった。



図 2.4 漁港におかれた漁網(左)と産卵促進目的で設置する柴(右)

(2) 所有者が不明な漁具の放置

前項の漁具の内、所有者不明の物があった。これは、所有者の引退や死去により、漁具の所有者が不明になってしまったものもあり、それらは適正処理されることなく、その場に留め置かれたままになってしまう。



図 2.5 所有者が不明瞭な漁具

(3) 処理に対する知識不足や費用負担の敬遠

ガイドラインの周知が不十分である以上、知識不足は致し方ない部分があるが、排出事業者自らが処理することを求められる産業廃棄物にあたっては、処理はもちろん、保管や運搬においても手順や、許可が厳しく求められている。実際、法令に照らし合わせて処理を実施すると、保管場所の確保や処理費用の負担など、これまでにはなかった負担が発生するため、対策が遅れている要因となっている。

2. 6 適正処理の向上に向けた考察と現状

対馬における漁業系廃棄物処理については、その大部分を占める中小漁業者の行動促進が重要であると考えられる。その促進に向けた考察と現状について、関係各所へのヒアリング結果を記載する。

(1) 漁協もしくは処理事業者による収集代行

中小事業者においては、排出するごみの量は少量であり、それらを保管して排出することは、現状行われていない。そのため、都度所属する漁協に集めて漁協が代わって廃棄する方法、もしくは、産廃事業者が漁港単位で収集用のコンテナを設置するなどして、中小事業者が排出しやすい方法を模索する。

- 廃棄物処理法では事業者が自らの責任において適正に処理しなければならないため、漁協は主体者ではないため、それはできないといわざるを得ない（長崎県）
- 産廃事業者が回収する方式では、そのコストを上乗せせざるを得ず、コストが膨大になることが予想される（対馬市）

(2) 対馬市が取り組む発泡フロート減容化や民間企業による漁業系プラスチックのリサイクルの活用

現在対馬市では、発泡フロートの減容化装置を導入し、約 1/25 に容積を減らしてサーマルリサイクル（熱回収）に向けた取り組みを行っている。また、大手商社等が漁業系プラスチックについて、回収、処理を実施しリサイクルを行っている。漁業系廃棄物でも容積の問題で処理費がかさむ、発泡フロートやフロートなどの処理にこれらを活用する。

対馬市で行っているのは、漂着する漁業系ごみの処理であり、現在一般ごみとして処理していることから、産業廃棄物である漁業者が排出するものについては、受け入れることができない。



図 2.6 対馬市が導入している発泡スチロール減容化装置(右)とペレット化された発泡スチロール(左)

2. 7 まとめ

世界的なプラスチックごみ問題への関心の高まりによって、対馬の漁業者の意識も少しずつ変化してきている。行政機関からの漁業系廃棄物処理ガイドライン組織だった周知が実施されていないという調査結果であったが、漁業系廃棄物処理ガイドラインを共有することで、対馬市の漁業者が漁業系廃棄物の処理に関して共通の認識を持つことが重要であると思う。島内問題として、所有者不明の漁具や漁具か廃棄物かわからないような置き方の改善、費用負担の軽減など行政と協力して解決する課題もある。島内処理ができるものは島内処理を進めるような制度や仕組みづくりを実施する必要がある。

第3章 環境に配慮した素材への転換の促進

3. 1 カキパイプの試作

3. 1. 1 目的

植物由来の素材を用いたカキパイプの実用化に向け、植物性由来の素材で製作したカキパイプを筏に垂下し、浸漬実験を実施した。なお、この報告書ではカキ養殖関係者の間でカキパイプ、カキ管、スパーサーと呼ばれる資材を「カキパイプ」に、ワイヤー、鋼線と「ワイヤー」と記載している。

3. 1. 2 海水浸漬試験

植物由来の素材(PLA:ポリ乳酸)に化石由来であるが図 1.1 により生分解性があるとされている PBAT(ポリブチレンアジペートテレフタレート)を配合した素材(以下、試作品)で製作したカキパイプを筏に垂下し、海水浸漬による耐久性を実験した。

浸漬開始は令和 2 年 10 月、引き上げは令和 3 年 2 月 6 日(3 ヶ月後)、令和 3 年 4 月 28 日(6 か月後)及び令和 3 年 10 月 28 日(12 ヶ月)の 3 回実施した。

実験方法は以下の通りである。

使用する資材を表 3.1 に示す。引き上げる際は、これら試作品及び従来品のカキパイプを使用しているワイヤーをそれぞれ 5 本ずつ、計 10 本引き揚げ、カキパイプ(試作品 150 本、従来品 150 本)の耐久性を測定した。

表 3.1 試験に使用したワイヤーとカキパイプについて

試料	ワイヤー 長(m)	ワイヤー 本数(本)	カキパイプ (本/ワイヤー)	使用したカキ パイプ本数(本)
試作品	9	30	30	900
従来品	9	30	30	900

試作品：PLA(ポリ乳酸)+PBAT(ポリブチレンアジペートテレフタレート)

従来品：ポリエチレン

耐久性はこれまでの方法と同様に以下の方法で計測した。

回収したカキパイプを再度カキパイプとして使用できる物(再利用可能)と使用できない物(再利用不可)に分け、それぞれ本数を数え、以下の式で良品率として求めた。

$$\text{良品率} = (\text{再利用可能数} \div 150) \times 100\%$$

なお、回収方法は昨年(令和 2 年度)までは、図 3.1 左図のようにクレーンでワイヤーごと吊り上げ、図 3.1 右図のように最下部のカキパイプを鉋で切断して船上にカキパイプとカキを落下させて回収していたので、必ず 1 本のワイヤーからカキパイプ 1 本は使用できなくなる。これは素材の問題ではないことから使用したカキパイプ本数から切断したカキパイプ本数を差し引いて良品率を出していた。

今年度(令和 3 年度)は図 3.2 のようにワイヤーを手で引き上げて、船上でカキパイプを外して本数を数えているので、回収したカキパイプ 150 本に対して、良品率を求めた。



図3.1 令和2年度までのカキパイプ回収の様子
 左: クレーンでワイヤーごと吊り上げる
 右: 最下部のカキパイプを鉋で切断する



図3.2 令和3年度のカキパイプ回収の様子

3. 1. 3 結果

回収したカキパイプを集計した結果を表 3.2~表 3.4、回収時の写真を図 3.3~図 3.5、良品率を比較したグラフを図 3.6 に示す。表 3.2 及び図 3.3 は海水浸漬 3 ヶ月、表 2.2 及び図 3.2 は海水浸漬 6 ヶ月、表 2.3 及び図 3.3 は海水浸漬 12 ヶ月の様子を表している。

表 3.2 材質別の回収状況(回収日令和 3 年 2 月 6 日、浸漬 3 ヶ月)

試料	再利用可能(A)	再利用不可(B)	A+B(C)	良品率(A/C)
試作品	150	0	150	100%
従来品	150	0	150	100%



図3.3 回収したカキパイプ(海水浸漬3ヶ月、左:船上、右:岸壁)

表 3.3 材質別の回収状況(回収日令和 3 年 4 月 28 日、浸漬 6 ヶ月)

試料	再利用可能(A)	再利用不可(B)	A+B(C)	良品率(A/C)
試作品	146	4	150	97.3%
従来品	150	0	150	100%



図3.4 回収したカキパイプ(海水浸漬6ヶ月、左:船上、右:岸壁)

表 3.4 材質別の回収状況(回収日令和 3 年 10 月 28 日、浸漬 12 ヶ月)

試料	再利用可能(A)	再利用不可(B)	A+B(C)	良品率(A/C)
試作品	64	86	150	42.6%
従来品	150	0	150	100%

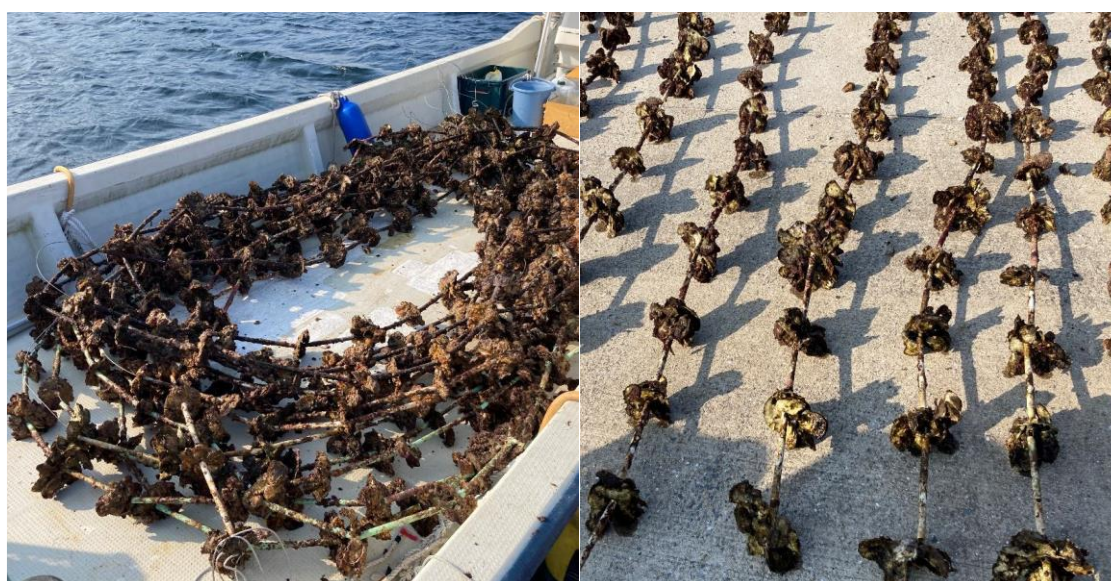


図3.5 回収したカキパイプ(海水浸漬12ヶ月、左:船上、右:岸壁)

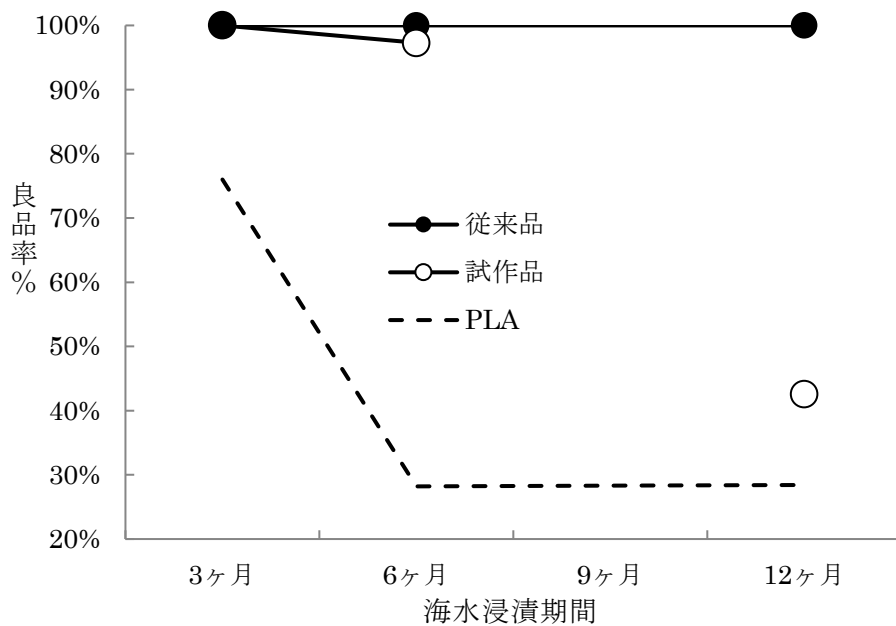


図3.6 海水浸漬実験による従来品と試作品の良品率の比較

図 3.6 は表 3.2~表 3.4 の良品率をグラフにしたものである。点線は平成 30 年度~令和 2 年度まで海水浸漬実験を実施したときのポリ乳酸(PLA)製カキパイプの結果である。比較の参考として加えた。

図 3.6 から従来品は回収したカキパイプ全てが再利用可能な状態であった。試作品は海水浸漬 6 ヶ月までは良品率 97.3%とほぼ全てのカキパイプが再利用可能であったが、海水浸漬 12 ヶ月になると良品率 42.6%まで減少し、半数以上が再利用不可になっていた。なお、海水浸漬 9 ヶ月は回収していないので、印をつけていない。

ただし、従来品と PLA は 6 ヶ月と 12 ヶ月で良品率が大きく変化していないようなので線を引いている。一方、試作品は 6 ヶ月から 12 ヶ月で良品率が大きく減少したが、7 ヶ月から 11 ヶ月の間の状況が推測できないため、線を引いていない。

再利用不可となったカキパイプの写真を図 3.7 に示す。

これを見るとカキパイプは縦に裂けていた。この原因としては図 3.3、図 3.4、図 3.5 の船上の写真にあるように、船上で湾曲したまま置いたために裂けたこと、また、図 3.7 右の写真のように回収作業時に人がパイプ部分を持って作業したために裂けたパイプもあると考えられ、素材の改良と共に回収方法の改善について検討する必要がある。



図3.7 再利用不可になったカキパイプの状況

3. 2 ポリスチレンの代替素材による発泡フロートの開発

3. 2. 1 目的

養殖業で多く使用されている発泡スチロール製フロートは紫外線劣化で発泡スチロールの微細なプラスチック粒子が剥がれ、海洋に流出して海岸に漂着し、海洋プラスチックごみの代表として注目されている。微細なプラスチック粒子の海洋流出防止対策に取り組むことは水産業界としても重要なことである。

令和2年度にポリスチレンの代替材料としてポリ乳酸を発泡させたフロートの開発に着手し、養殖筏と FADs の浮子として機能を検証した。

3. 2. 2 成形品の概要

代替素材としてポリ乳酸(PLA)を基材としたビーズ発泡体である LACTIF(ラクティブ)を素材に使用した。LACTIF はトウモロコシなどのデンプンから得られる乳酸を原料としており、LACTIF の原料は米国ネイチャーワークス社の PLA「Ingio®」で、米国食品安全基準に合格した素材である。

成形品は次の2種類である。

①養殖用生簀 PLA フロート

発泡スチロール製フロートとの比較表を表 3.5 に、サンプルの写真を図 3.8 に示す。計測は令和2年8月31日、ニチモウ開発研究室で行った。

表 3.5 養殖用 PLA フロートと発泡スチロール製フロートの性能比較

種類	長さ(mm)×直径(mm)	重量(kg)	推定浮力(kg)	吸水率*(%)
養殖用 PLA フロート	1050×600	10.63	284	0.65
発泡スチロール製フロート	1050×600	3.355	274	16.6

*吸水率は (測定後重量－測定前重量) / 測定後重量×100 で計算

表 3.5 から PLA フロートの方が重量は3倍ほど重いですが、浮力はこれまでの発泡スチロール製フロートと同じ程度である。吸水率は PLA フロートの方が低いので、水が浸み込みにくいと考えられる。



図 3.8 養殖用 PLA フロート（左）発泡スチロール製フロート（右）

②FADS(Fish Aggregating Devices)用 PLA フロート

- ・長さ 200mm×直径 180mm の円柱形(図 3.9)

重量：150g、浮力：4.6kg



図 3.9 今回作成する FADs 用 PLA フロートの写真

3. 2. 3 方法及び経過

養殖生簀用と FADs 用のフロートを検証した。

3. 2. 3. 1 養殖生簀用 PLA フロートの検証

養殖用 PLA フロートは静岡県沼津市の養殖場で、令和3年6月に魚類養殖用生簀に装着した。装着した状況を図 3.10(a)及び図 3.10(b)に示す。

養殖業者の感想、意見はニチモウ株式会社からの情報である。

写 真	養殖業者の感想、意見
	<ul style="list-style-type: none">・生分解性フロートの印象は硬くて重い。大きな問題ではないが、労力が増える。・海に浮かべた段階で見ただ目には問題ないと思う。
	カバー留め(生分解性ロープ使用)

図 3.10(a) 養殖生簀に養殖用 PLA フロートを設置した状況

写 真	養殖業者の感想、意見
	<ul style="list-style-type: none"> ・カバーがコンクリートに少し擦っただけで穴が開くほど擦れに弱い。もう少し厚手にしないとすぐにボロボロになるのではないか。
	<ul style="list-style-type: none"> ・カバーが長さ方向に少し短く、口を絞っても内側にあるベロの部分がはみ出る可能性があった。今回はホッチキスのようなもので留めて対処。

図 3.10(b) 養殖生簀に養殖用 PLA フロートを設置した状況

また、以下のような意見があった。

- ・カバーの色が通常品に比べ薄く、紫外線に弱そう。今後も作るなら黒もあった方が良くのではないか。

経過①令和3年11月2日ニチモウ株式会社からの情報(図3.11)

6月頃に設置してからわずか4ヶ月ほどで色抜けや被服剥がれ等々かなり劣化が激しい状態となっていました(一度も上を歩いたことはないとのことでした)。

カバー内の本体はまだそこまでひどい状況にはなっていませんでしたが、カバーがこの状態では本体も早々に劣化が進むと思われます。

写 真	状 況
	<p>上：通常品 黒カバー 下：右；PLA カバー 左；通常品カバー</p>
	<p>左：通常品カバー 右：PLA カバー</p>
	<p>PLA カバーを上から見た図 破れかけているのが見える。</p>
	<p>破れた部分の拡大図</p>

図 3.11 養殖生簀に設置4か月後の養殖用PLAフロートの状況

経過②令和3年12月16日現地視察(図3.12)

事業に御協力頂いている業者ではカバーを2重に取り付け表面カバー交換するなどして同じ浮子を20年使用しており、カバーがしっかりしていれば浮子は長持ちするという認識である。今回カバーは擦れているが発泡フロート本体は劣化している様子は無かった。海面下のフロート及びカバーの状態については観察できなかった。

写 真	状 況
	<p>実験中の養殖生簀(鯛) PLA#300×20 個</p>
	<p>PLA カバーが剥がれかけたフロート</p>
	<p>オレンジ色は目立つらしく、鳥が突きに来るといふ。このフロートは発泡スチロール製フロート、カバーはポリエチレン製</p>
	<p>フロートに黒いカバーを取り付けている。 黒は紫外線に強く、カバーが劣化しない。カバーの表面だけ黒くするより、裏面も黒くした方がより長く使用できるという。</p>

図 3.12 現地確認の状況(令和3年12月16日)

3. 2. 3. 2 FADs(Fish Aggregating Devices)用 PLA フロートの検証

1) FADs

FADs は、かつお・まぐろ類などの回遊性の浮魚類が漂流物に集まる習性を利用して集魚を図る道具で、人工浮漁礁とも言われる。FADs 操業では小型まぐろ類やサメ・ウミガメ類の混獲が問題になっているだけでなく、回収されなかった FADs に使用されている素材が海洋プラスチックごみの原因になり、サンゴ礁などの希少生態系に打ち上がり損傷させる問題が指摘されている。

従来使用されている FADs のイメージ図を図 3.13 に示す。

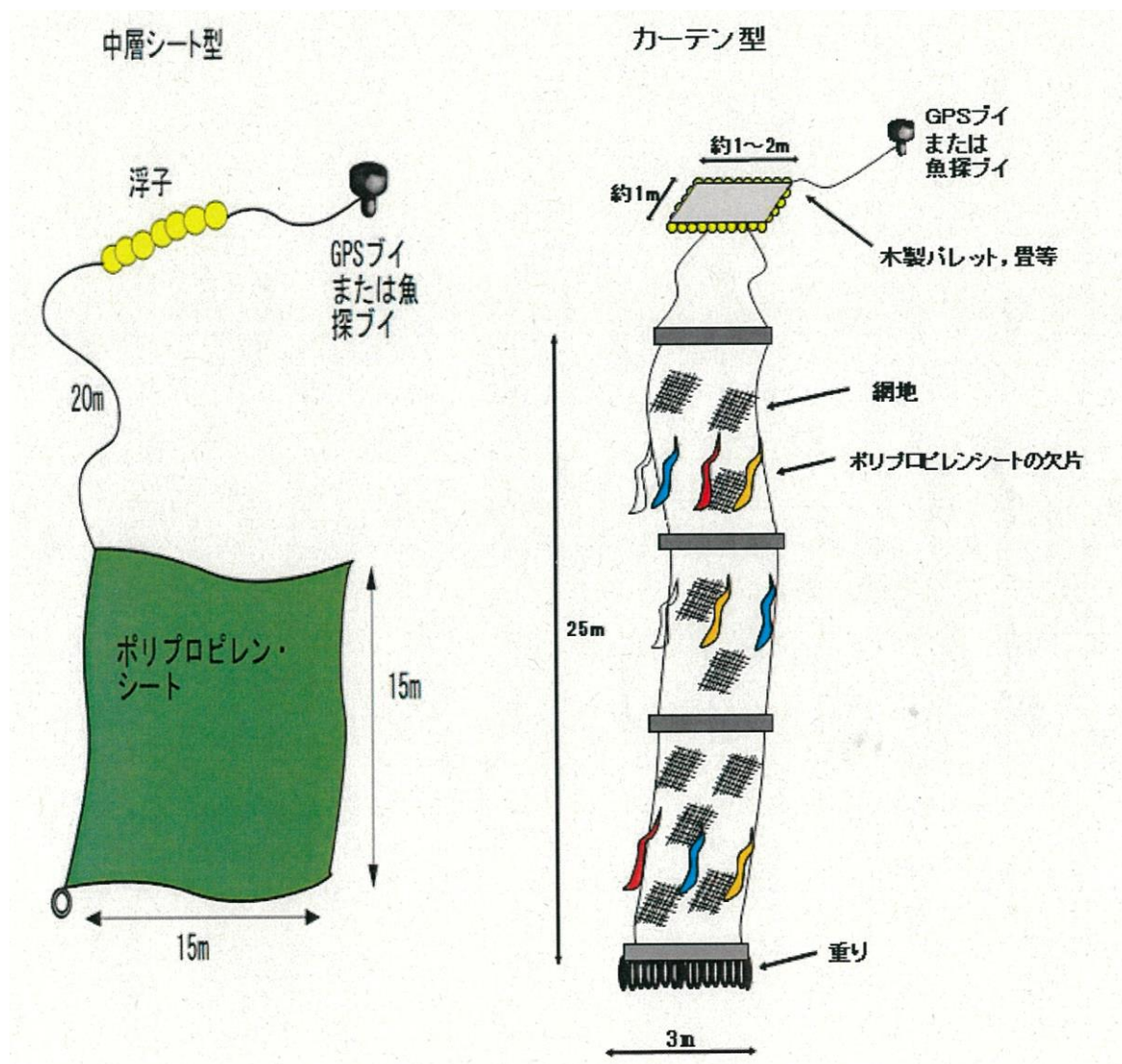


図 3.13 従来の FADs 用フロートの使用方法

2) 海外まき網漁業の操業海域

海外まき網漁業の操業海域を図 3.14 に示す。

海外まき網漁業の操業海域は、南太平洋のグアム島の南側に点在する島国の内、ミクロネシア連邦、パラオ共和国、マーシャル諸島共和国、パプアニューギニア、ソロモン諸島、ナウル共和国、キリバス共和国、ツバルの 8ヶ国の排他的経済水域(一般社団法人海外まき網漁業協会 HP)で、WCPFC の対象海域である。

WCPFC(Convention for the Conservation and Management of Highly Migratory Fish Stocks in the Western and Central Pacific Ocean : 中西部太平洋まぐろ類条約)では、希少生物の絡まりを防ぐために FADs に下網を使わない、あるいは目合 7cm 以内の網地に限定する保存管理措置が採択されている。これに加えて、天然素材や生分解性素材で FADs を作成することが推奨されている。

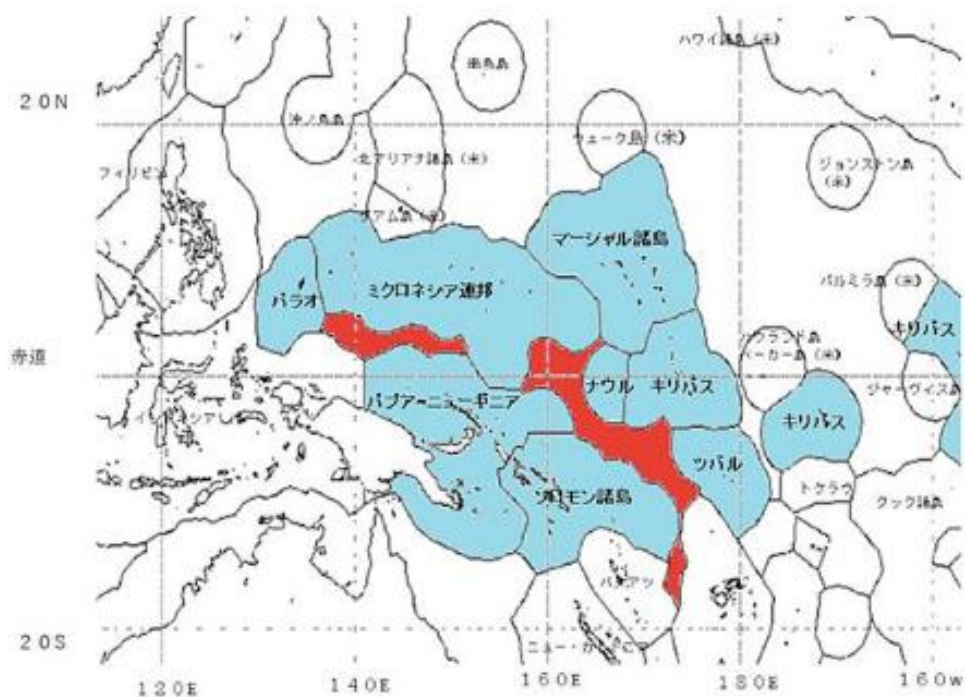


図 3.14 海外まき網漁業の操業海域(一般社団法人 海外まき網漁業協会)

3) 調査海域に投入するエコ FADs の仕様

国立研究開発法人水産研究・教育機構開発調査センター(以下、開発センター)では、このような情勢に対応する為、令和元年度より FADs に天然素材を使用するなど環境に優しい FADs(通称エコ FADs)の開発を進めている。その中で令和 2 年度より当該事業で取り組んでいる PLA 製フロート(浮子)及び PLA 製シートを FADs に活用し、実証試験を行った。

エコ FADs の仕様を図 3.15 に示す。

本事業で開発した PLA フロートは PP シートで覆って使用した。浮子から下に延びる幹縄には直径 28mm の麻ロープを使用している。これにい草であるゴザを主体に PLA 製土嚢袋を取り付けた FADs を「ゴザ型(PLA 袋)」、PBS 製フィルムを取り付けた FADs を「ゴザ型(PBS フィルム)」としている。

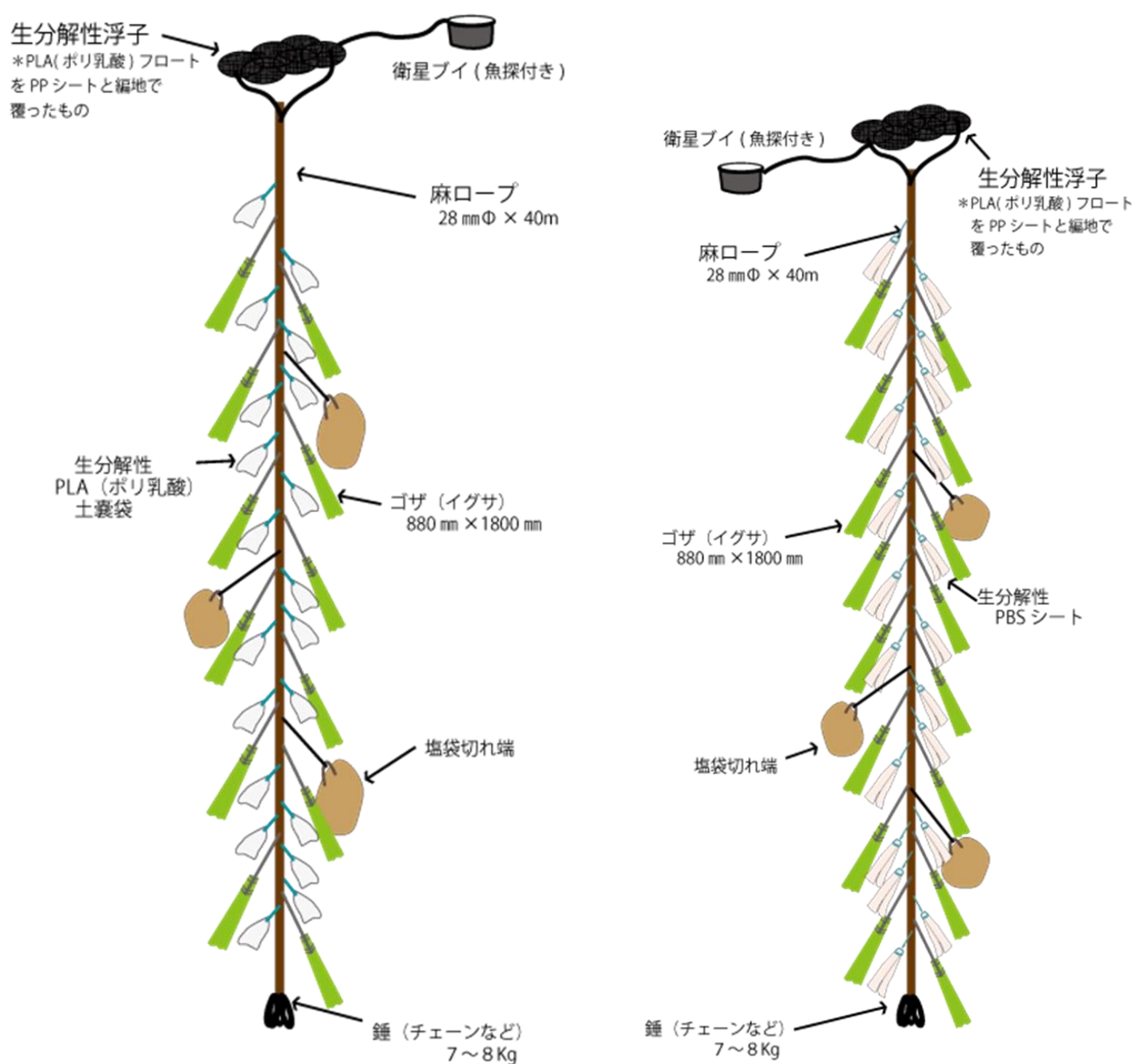


図 3.15 ゴザ型エコ FADs の仕様(左:PLA 袋、右:PBS フィルム)

4)調査海域

太平洋中西部海域内(図 19 の赤枠内で放流予定)

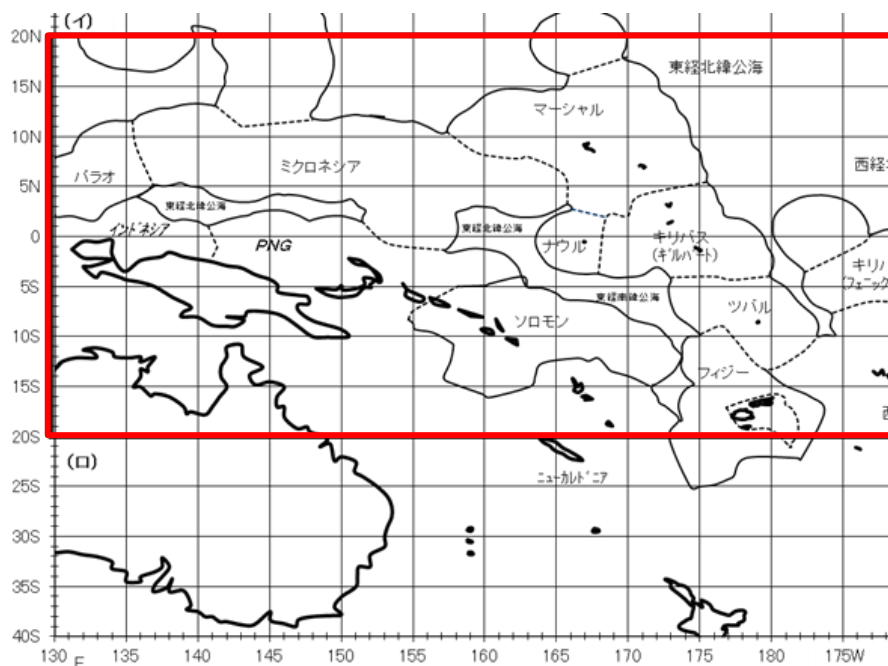


図 3.16 調査海域

開発センターの用船している海外まき網漁船で使用している FADs に取り付け、令和 3 年度の 1 航海ごとに紫外線劣化の状況などを目視する。

令和 3 年度の運航日程は表 3.6 の通り

表 3.6 令和 3 年度運航日程

用 船	海外まき網漁船「第一大慶丸」496 トンを用船
航海予定(出港～入港)	令和 3 年 7 月 14 日～ 8 月 17 日 (FADs 禁漁期間)
	令和 3 年 8 月 24 日～10 月 3 日 (FADs 禁漁期間)
	令和 3 年 10 月 9 日～11 月 17 日
	令和 4 年 1 月 15 日～ 2 月 18 日 (予定)

5)調査の流れ

令和3年6月に試作したエコ FADs「ゴザ型 (PLA 袋)」11 台と「ゴザ型 (PBS フィルム)」4 台を、日本船籍海外まき網漁船 3 隻によりマイクロネシア海域及びパプアニューギニア(PNG)海域にそれぞれ放流した。10 月以降の航海において、さらに「ゴザ型 (PLA 袋)」を 5 台追加放流した。また、放流した FADs の一部を再訪し、魚群の蝟集状況及び FADs の状態などを点検する。十分な魚群が蝟集していれば操業後に同 FAD を再放流 (再利用) もしくは回収する。魚群がいなければ回収し、別の場所で再放流する。

FADs の放流及び回収時には下記について記録する。

- ・形状・外観の変化 (写真)
- ・形状及び耐久性についての総括
- ・操業した場合は漁獲量・点検のみの場合は蝟集状況

ただし漁海況により変動する可能性はある。

放流した FADs の現在位置や魚群の蝟集状況は、魚探付き衛星ブイ (以下魚探ブイ) によりモニターする。仮に FADs が沈んでしまうといった場合、ある程度推測が可能である。

6)FADs 用フロートの状況確認

状況を確認した FADs を表 3.7~表 3.9 に示す

表 3.7 令和3年度に状況を確認できた FADs

FADs の仕様	放流日	点検日	状態
ゴザ型 (PLA 袋)	2020 年 6 月 19 日	2021 年 10 月 29 日	*1 : 回収・PLA フロートの浮力減少状態



図 3.17 隣の浮子と接触している湾曲部分の摩耗が著しい

PLA フロート 8 個組の FADs の浮子は、浮力が減衰しており、再訪時には浮子自体がかなり海中に沈んでいるものもあった。あと 2 か月くらいで完全に海中に沈んでしまうだろうとの乗組員の感触もある。

表 3.8 令和 3 年度に状況を確認できた FADs

FADs の仕様	放流日	点検日	状 態
ゴザ型 (PBS フィルム)	2020 年 6 月 19 日	2021 年 10 月 25 日	*1 : 回収・PLA フロートの 浮力減少状態

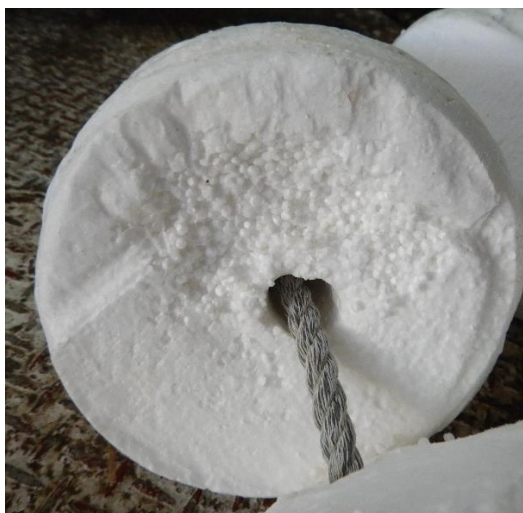



図 3.18 外的破損箇所や摩耗箇所から、マイクロビーズ状になって剥離する状態

ゴザ型 (PLA 袋)	2020 年 6 月 15 日	2021 年 10 月 28 日	*1 : 回収・PLA フロートの 浮力はまだ十分にある
----------------	-----------------	------------------	---------------------------------



図 3.19 外的損傷箇所あり。長さ 18cm が 14cm まで摩耗している状態

表 3.9 令和 3 年度に状況を確認できた FADs

	2020 年 6 月 16 日	2021 年 10 月 19 日	*2：新しい FLA フロートを抱き合わせて再放流後、10/28 ミクロネシア内で受信なし（盗難もしくは沈没の可能性）
			
<p>図 3.20 網地の中で PLA フロートが動く状態。新品の PLA フロートと抱き合わせる（漂移 122 日間で上部フロートのサイズから下部フロートのサイズまで変形）</p>			

*1：船上にて簡易浮力（体積）検査を行ったが、うねりや船体の動揺があるため正確度に欠ける。そこで、浮力減衰が著しい PLA フロートは、メーカー(JSP)に送付し、工場
でフロートの密度検査を行った。

表 3.10 発泡フロートの大きさ・重量・密度の変化

	使用前	使用后
大きさ	直径 20cm×長さ 18cm	直径 20cm×長さ 10cm
重量	175 g	85.2 g
密度	41.6 g/L	44.1 g/L
浮力（船上推定）	4.65kg	3kg 前後

持ち帰ったフロートは 10 個あり、総じてこれらの変形は、主に割れ・欠け・研磨などの外的要因により引き起こされた可能性が大きいと推測された。7)に分析結果を記載する。

*2：令和3年11月4日 ナウル領域内において、PLAフロートを利用したFADsを追加放流した。



図 3.21 新品の PLA フロートに黒ペンキにて表面を塗装
PP シートで被わず直接網地で固縛して放流。紫外線の影響を調査する予定。

7)PLA フロート操業試験後の分析結果

回収したフロートを個別に重量と体積を測定し密度を算出し、試験前（同ロット未使用品）フロートの密度と比較して、変形など発生した現象について考察した。分析は株式会社 JSP で行った。

3組のフロートを識別するために試験期間でグループ分けを行った。

グループ 1：試験期間 6/15～10/23(131 日間)

グループ 2：試験期間 6/19～10/25(129 日間)

グループ 3：試験期間 6/19～10/29(133 日間)

表 3.11 に実験に使用する前のフロートの計測値及び 8 個のフロートの位置を示す。

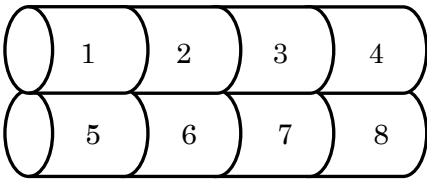
フロートの位置は「グループ番号」・「位置番号」で示している。

例えばグループ 1 の 1 番のフロートは 1-1 と表記した。

表 3.11 に使用前、表 3.12～表 3.14 にグループ 1～3 の分析結果を示す。

表 3.11 実験に使用する前の FADs フロートの大きさ

フロートの位置	フロート重量* g	フロート体積 L	フロート密度 g/L	発泡倍率 倍	重量ロス率 %
使用前	172.3	4.14	41.6	29.8	—



フロートの位置

*フロート重量は図 3.9 と異なっているが、重量ロス率は 172.3g を基準に算出した。

・グループ 1(試験期間 6/15～10/23)の分析結果

表 3.12 グループ 1 の分析結果

フロートの位置	フロート重量 g	フロート体積 L	フロート密度 g/L	発泡倍率 倍	重量ロス率 %
1-1	158.2	3.7	42.3	29.3	8



試験期間 6/15～10/23

・グループ 2(試験期間(6/19~10/25)の分析結果

表 3.13 グループ 2 の分析結果

フロートの位置	フロート重量 g	フロート体積 L	フロート密度 g/L	発泡倍率 倍	重量ロス率 %
2-1	153.3	3.7	41.4	30.0	11
2-2	102.1	2.5	40.4	30.7	41
2-3	134.5	3.2	41.6	29.8	22
2-6	101.4	2.4	41.5	29.9	41
2-7	85.2	1.9	44.1	28.1	51



試験期間 6/19~10/25

・グループ 3(試験期間(6/19~10/29)の分析結果

表 3.14 グループ 3 の分析結果

フロートの位置	フロート重量 g	フロート体積 L	フロート密度 g/L	発泡倍率 倍	重量ロス率 %
3-2	154.2	3.8	40.9	30.3	11
3-3	148.8	3.6	41.6	29.8	14
3-6	145.8	3.6	40.7	30.5	15



試験期間 6/19~10/29

フロート密度（発泡倍率）の確認

実験期間はおよそ 130 日である。

（結果）

- ・破損について

一部に圧縮変形を疑わせる結果も含んではいるが、総じて測定値は誤差範囲にあることから、試験片の変形は主に割れ欠け研磨などの外的要因により引き起こされた可能性が大きいと推測された。特に剥きだしとなっているセル面からロープなどが作用したことも要因として挙げられる。

- ・紫外線劣化

石油由来または植物由来を問わずにプラスチックの紫外線劣化は成型品表面から発生するが、スキン面のクラック（ひび割れ）や粉化、セル面の気泡の潰れを確認できないことから、影響は軽微と思われる。

- ・加水分解について

表面酸化や湿潤化（親水化）、クラック発生、粉化などの兆候が確認できないことから影響は軽微と思われる。

（対策）

- ・保護カバーでの保護。

- ・表面の破損防止対策として、一定以上の厚みを有する樹脂層で保護するのが有効と考える。

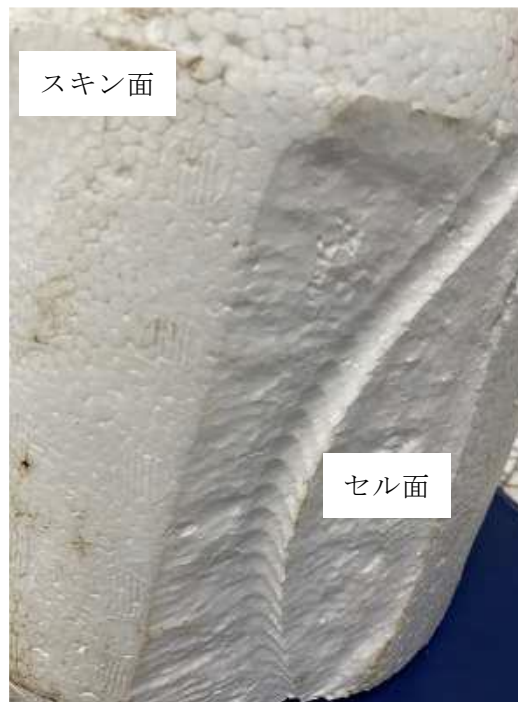


図 3.22 操業試験後の発泡フロートの表面
（スキン面:密度が高く固い層、セル面:気泡面）

第4章 まとめ

1 環境に優しい素材への転換

1) カキパイプ

ポリ乳酸(PLA)と PBAT の混合品で製作したカキパイプは海水浸漬 6 ヶ月まではカキパイプとして機能していた。12 ヶ月では半分以上のカキパイプが壊れていた。割れた原因が回収時の湾曲(図 3.3)や回収作業(図 3.7)にも原因があることから、作業方法の工夫で良品率は向上する。

一般に筏に垂下する期間はおよそ 1 年半なので、今回の試作品は 1 漁期(養殖期間)は使えらる。と考える。

2) 発泡フロート

養殖生簀では、試験期間半年だが浮力や形状に変化が見られなかった。今後の課題は 4 ~5 年の耐久性と空中重量の軽量化である。

FADs では、形状変化とそれに伴う浮力の低下が起きていた。形状変化の原因は圧縮変形よりも、割れ欠けなどの要因が大きいと考えられる。表面を樹脂層にするなど改善すると考える。

2 適正処理の推進

漁業系廃棄物処理ガイドラインが作成されたが、対馬市内においてはガイドラインを周知していない。漁業系廃棄物処理ガイドラインを共有することで、対馬市の漁業者が漁業系廃棄物の処理に関して共通の認識を持つことが重要である。

島内処理ができるものは島内処理を進めることで漁業者の負担を軽くするなど、行政と協同しなければならないことも多い。