

(3) 漂着ゴミのかさ比重

回収した漂着ゴミの処分の際に、焼却炉や運搬業者の計量で、ゴミの重量もしくは容量の一方しか正確に把握できない。モデルを構築し、経費などを試算する際には、重量、容量の両方の値を用いるため、重量から容量または容量から重量を算出する必要がある。その算出にはゴミの比重が必要となるため、第1～6回調査（2007年9月～2008年9月）の共通調査において回収された漂着ゴミを総合計し、山形県酒田市地域（飛島西海岸）における比重を算出したものを表3.1-3に示す。

通常、人工物のかさ比重は0.2程度と言われているが、飛島西海岸における共通調査で回収された漂着ゴミのかさ比重は0.26と、通常よりも高くなった。これは、プラスチック類、ガラス・陶磁器類が破片化し、ゴミが締まった状態で測定されたこと一因であると考えられる。

< 比重の算出方法 >

比重の計算式は、「比重 = 重量 (kg) ÷ 容量 (L)」である。

なお、共通調査における分析では、ペットボトルやライター、流木などは1個1個の「実容量」を、一方、灌木や海藻、プラスチック破片などは、バケツなどに入れた「かさ容量」で測定を行っている。そのため表3.1-3の比重は、「実比重」と「かさ比重」が混在した比重となっている。

表 3.1-3 山形県酒田市地域（飛島西海岸）における比重

	重量 (kg)	容量 (L)	比重 (kg/L)
人工物+流木・灌木 +海藻	1,174	4,355	0.27
人工物+流木・灌木	860	3,005	0.29
人工物	307	1,159	0.26

注：各比重は、第1～6回調査の共通調査結果から算出した。

3.2 独自調査

3.2.1 目的

本調査は、各モデル地域に設定した調査範囲の清掃（クリーンアップ）を定期的に行うことで、清掃に必要となる人員、重機、前処理機械等について、各地域の実状に即した効果的かつ経済的な選定、手配、利用が可能となることを目的とした。

3.2.2 調査工程

クリーンアップ調査のうち独自調査は、図3-1のように原則として2ヶ月毎に実施した。ただし、冬季は海岸に積雪があり漂着ゴミが回収できず、また、風雪が強いため安全が確保できないことから調査を実施できなかった。飛島西海岸で実施した調査工程を表 3.2-1 に示す。

表 3.2-1 独自調査工程（山形県酒田市地域（飛島西海岸））

第1回調査	第2回調査	第3回調査	第4回調査	第5回調査	第6回調査
2007年			2008年		
9月25～28日	10月23～24日 10月28日～ 11月1日	荒天のため 実施できず	5月30～31日	7月6～10日	9月4日

3.2.3 調査方法

(1) 独自調査の対象範囲

独自調査の対象範囲は、前述の図 3.1-3 及び図 3.1-4 に示したように、袖の浜からミヤダ浜までとし、次回の共通調査に影響が出ないように地点1から地点5について、それぞれの共通調査調査枠の中心から両側 20m ずつ（幅 40m）にあるゴミを毎回、優先的に回収した。優先範囲のイメージ模式図を図 3.2-1 に示す。

また、調査範囲の残りの海岸については、第2回調査（2007年10月）に地点4（田下海岸）の漁網を、第5回調査（2008年7月）に独自調査範囲の全てのゴミを回収した（図 3.2-2 参照）。

一方、第4回調査（2008年5月）には地点4（田下海岸）において、第6回調査（2008年9月）には地点2（ツブ石海岸）において、植生内調査を実施した。

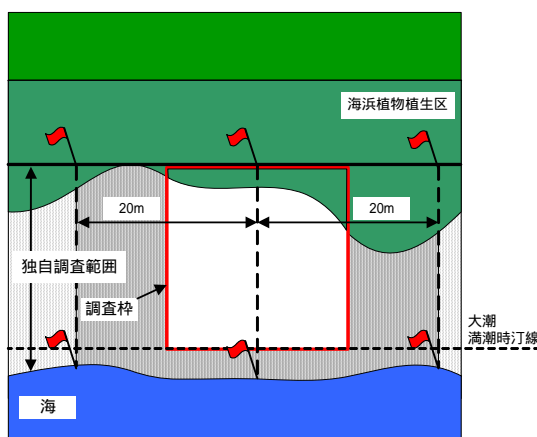


図 3.2-1 独自調査における優先範囲の模式図（飛島西海岸）



図 3.2-2 独自調査範囲図（飛島西海岸）

(2) 漂着ゴミの分類方法

当該調査においては、酒田市及び酒田地区広域行政組合の御指導により、今までのボランティア活動で漂着ゴミの回収を実施する際と同様な分類方法（5 区分）で回収・処理を行った。そのうちボンベ類は穴を開けて、飲料用容器は蓋をとって中身を確実に捨て、中身がないことを見て分かるような状態でゴミ袋に入れた（表 3.2-2 参照）。

表 3.2-2 山形県酒田市地域における漂着ゴミの分別

ゴミの種類	品目例
一般廃棄物(可燃物)	酒田市指定のゴミ袋に入る大きさの紙類、布類、 灌木、プラスチック類 等
一般廃棄物(不燃物)	酒田市指定のゴミ袋に入る大きさのビン・ガラ ス類、缶類、金属類 等
処理困難物	ゴミ袋に入らない大きさの人工物（タイヤ類、 家電製品 等）
医療系廃棄物	注射器、アンプル 等
流木	直径 10cm 以上または長さ 1m以上の流木

(3) 漂着ゴミの回収・処理方法

回収方法は、できるだけ機械を用いて効率的に実施できる方法であること、また今後の清掃活動においても活用可能な、経済的な方法であることを前提に検討した。

海岸の形状を当調査におけるモデル海岸の地形等を考慮し、「砂浜海岸」、「礫海岸(車道あり)」、「礫海岸(車道なし)」、「岩場」に分類した。そのうち、「礫海岸(車道あり)」とは、海岸までアクセスする際に、軽トラック等の車両が進入できる道がある場合を示し、「礫海岸(車道なし)」とは、海岸までの道が遊歩道程度の場合を示す。以上のように分類した海岸において、回収方法、搬出方法、収集・運搬方法、処分における実施可能な方法を表 3.2-3 に、その具体的な写真を図 3.2-3 に示す。

回収方法として砂浜海岸では、人力として掃除機、チェーンソー、エンジンカッターが考えられたが、掃除機は、ゴミと一緒に砂を吸い取り使用が困難と考えられるため「×」とした。また、重機(バックホウ、レーキドーザ、ビーチクリーナ)は、砂浜海岸では使用が可能であるが、海岸まで車両が進入できる道路のない「礫海岸(車道なし)」や「岩場」は「×」とした。

一方、搬出方法として砂浜海岸では、人力としてリヤカー、一輪車、台車が考えられたが、礫海岸、岩場においては、このような車輪の付いた器具は使用できないため「×」とした。また、重機として不整地車両及び自動車について、海岸まで車両が進入できる道路のない「礫海岸(車道なし)」や「岩場」は「×」とした。

飛島西海岸は、表 3.2-3 において「礫海岸」の「車道なし」に該当するため、回収方法は、人力、掃除機、チェーンソー、エンジンカッターが考えられるが、掃除機を使用するほど発泡スチロール破片が多くなかったため、掃除機は使用しなかった。また、エンジンカッターを用いた漁網の切断は、「3.2.4 回収方法 (1) 回収 e. 漁網切断の実験」で検討したため実施しなかった。その結果、人力とチェーンソーを用いて回収を行ったが、漂着ゴミの適正処理には分別が不可欠であり、そのためには人力による回収・分別が最も効率的かつ経済的であったため、漂着ゴミの大部分を人力によって回収した。一方、搬出方法は、人力、小型船舶、クレーン、モノレール、荷揚げ機が考えられるが、車の入れる場所と海岸との高低差が約 80m あるためクレーンの使用は不可能であった。また、モノレール及び荷揚げ機は、仮設のため、使用ごとの設置費用、撤去費用及びメンテナンス費用が高額となるため、継続的に地域で実施することが困難であると考え実施しなかった。その結果、人力と小型船舶による搬出を実施した。

なお、今後モノレール及び荷揚げ機を使用した場合の搬出効率及び費用対効果の検討が必要と考えられる。

収集・運搬方法は、前述したように「車道なし」に該当し、海岸までの車両乗り入れが不可能である。また、島内には、一般廃棄物の焼却施設等がないため自己運搬もできなかった。そのため、島内のグラウンドを仮置き場として集積した後、許可業者に委託して、トラック及び台船により酒田市本土まで収集・運搬する方法とした。

処分は、一般廃棄物は酒田地区広域行政組合にて、処理困難物は専門業者に委託して処分する等、地域の実情に合わせて適正に実施した。また、流木はチップ化し、バイオマス燃料として売却する等、有効利用を試みた。

表 3.2-3 回収・処理における実施可能な方法（山形県酒田市地域（飛島西海岸））

方法	項目	種類	砂浜海岸	礫海岸		岩場	備考
				車道あり	車道なし		
回収方法	人力	人力	○	○	◎	○	基本的な方法。細かいゴミの回収。効果的に実施するには人数が必要
		掃除機	×	○	○	○	岩の隙間の細かい発泡スチロール等の回収に有効。長時間の使用不可
		チェーンソー	○	○	◎	○	流木等の切断。持ち運びに不便
		エンジンカッター	○	○	○	○	ロープやブイの切断。持ち運びに不便
	重機	バックホウ	○	○	×	×	重量物の回収。人力の併用が必要
		レーキドーザ	○	×	×	×	砂浜での回収。分別に人力が必要
		ビーチクリーナ	○	×	×	×	
搬出方法	人力	人力	○	○	◎	○	重量物・大型ゴミ以外の搬出
		リヤカー	○	×	×	×	平坦で砂の締まった砂浜海岸で利用可能
		一輪車	○	×	×	×	
		台車	○	×	×	×	
	重機	不整地車両	○	○	×	×	起伏の少ない海岸で使用可能
		自動車	○	○	×	×	平坦で砂・礫の締まった海岸で利用可能
		小型船舶	○	○	◎	○	出航・接岸が天候・海況・地形に左右される
		クレーン	○	○	○	○	クレーン車の稼働範囲に仮置場が必要
		モノレール	○	○	○	○	設置・メンテナンス・撤去に経費が必要。周辺環境の一部改変が必要
		荷揚げ機	○	○	○	○	
収集・運搬方法	現地(海岸)まで収集に来てもらう(運搬業者)	○				パッカー車等	
	仮置き場に集積し、後に運搬(運搬業者)	◎				トラック、台船等	
	直接、処理施設に持ち込み	○				自己運搬	
処分	市町の焼却炉にて処分	◎				一般廃棄物	
	専門業者に委託して処分	◎				処理困難物	
	有効利用	◎				バイオマス燃料、発泡減容化等	

注：表中の黄色枠は該当する海岸の項目を、「◎」は現地で実施したことを、「○」は実施可能を、「×」は実施不可能を示す。

方法	項目	種類		
回収方法	人力	 チェーンソー	 人力	 掃除機
		 エンジンカッター		
	重機	 バックホウ	 レーキドーザ	 ビーチクリーナ
搬出方法	人力	 人力	 リヤカー	
		 不整地車両	 小型船舶	 クレーン
	重機			

図 3.2-3 回収・搬出における実施可能な方法の具体例

3.2.4 調査結果

(1) 回収

a. 回収方法

飛島西海岸に陸側からアクセスするには、島の主要道路から地点 1 (袖の浜) の北側の海岸、地点 4 (田下海岸) の南側の海岸に通じる道路があるが、どちらも遊歩道であり、途中に階段や急な斜面が存在し、かつ道路幅が 1~1.5m と狭いため車や不整地車両は通行できない。また、海岸からのアクセスは、汀線から沖に向かって、水深が最大でも 30 cm 程度の岩盤が広がるため、重機や車を積んだ台船が海岸に近づくことはできない。

これらのことから重機は使用できないため、飛島西海岸における回収は、人力により実施した (図 3.2-4)。



地点 4 の北側に向かう林道 (幅 1~1.5m)



地点 2 の前面海岸 (岩盤質で干上がっている)

2008 年 3 月 16 日撮影



地点 3、4 の前面海岸 (岩盤質で干上がっている)

2008 年 3 月 16 日撮影



人力による回収 (第 5 回、地点 2 付近)



人力による回収 (第 5 回、地点 4 付近)

図 3.2-4 漂着ゴミ回収状況

b. 搬出方法

前述したように飛島西海岸には、重機や車が進入できないことから、搬出は 人力、小型船舶を利用の2種類について検討し、第1～4回調査（2007年9月～2008年5月）は人力による搬出を、第5回調査（2008年7月）は小型船舶を利用した搬出を実施した。

①人力による搬出

人力による搬出は、各人がゴミ袋を持って足場の悪い林道を行き来するのは危険であること、また疲労が大きいと判断されたことから、人力によるバケツリレー方式により実施した（ボランティアでも実施）。この方法では、ゴミ袋をリレーするため、ゴミ袋に入らない大きさの冷蔵庫、タイヤ、流木等は搬出できない。第1回調査（2007年9月）においては、約100名の作業員で実施した場合、回収に4時間、搬出に3時間半程度の割合で、30Lのゴミ袋720個を回収・搬出した（図3.2-5）。



地点1の北側から搬出（第1回調査）



地点1の北側から搬出（第1回調査）



地点4の南側から搬出（第1回調査）



地点4の南側から搬出（第1回調査）

図 3.2-5 漂着ゴミ搬出状況（人力）

②小型船舶を利用した搬出

地点 1、2 の間（ツブ石海岸）には小型の船外機、地点 3、4 の間（田下海岸）には小型の船内外機船、地点 5（ミヤダ浜）には小型の船外機を利用してゴミを搬出した。どの海岸も、小型船舶が入れる水路は 1 箇所しかなく、その水路を利用し、ツブ石、ミヤダ浜は汀線から 15m 程度まで小型船舶が入り、田下海岸は海岸に接岸できるまで入れた。

各船舶には、フレキシブルコンテナ（フレコン）を 2～3 個用意し、開いたフレコンに船上でゴミを入れて法木漁港まで搬出した。約 20 t のゴミを搬出するのに 2.5 日で終了した（図 3.2-6）。



ツブ石海岸からの搬出（第 5 回調査）



ツブ石海岸からの搬出（第 5 回調査）



田下海岸からの搬出（第 5 回調査）



田下海岸からの搬出（第 5 回調査）



ミヤダ浜からの搬出（第 5 回調査）



法木港での荷揚げ（第 5 回調査）

図 3.2-6 漂着ゴミ搬出状況（小型船舶）

c. 回収効率

調査範囲における回収は、人力による回収しか手段がなく、搬出は人力もしくは小型船舶の利用しか手段がなかった。回収効率を表 3.2-4 に示す。回収効率は、第 1～4 回調査（2007 年 9 月～2008 年 5 月）及び第 6 回調査（2008 年 9 月）において 5～7 kg/h/人であった。これは、後述する第 5 回調査（2008 年 7 月）と比較してかなり低くなるが、搬出が人力によるバケツリレー方式であるため大型のゴミが回収できておらず、搬出時間にも回収と同様の時間がかかっているためである。

一方、第 5 回調査（2008 年 7 月）は、今まで一度も手を付けていないゴミ密度の高い地域の回収を実施したこと、また搬出に小型船舶を利用したため、冷蔵庫やタイヤなどの大型ゴミを全て回収できたことにより、時間当たりの回収量が 29 kg/h/人となった。

このように回収の効率は、搬出方法やゴミ密度の違いにより変わるが、人力による回収・搬出では、時間当たりの回収量が 7 kg/h/人以下、人力による回収と小型船舶による搬出を組み合わせると 29 kg/h/人程度であることが分かった。

表 3.2-4 独自調査における回収効率

調査回数	調査方法 ¹⁾					回収した面積(m ²) (概算)	回収したゴミの量 (t)	回収したゴミの量 (m ³)	時間当たりの回収量 (kg/h/人)
	重機(台日) ²⁾			船舶 (隻日)	作業時間 (のべ)				
	ハック材	不整地 車両	その他						
第1回	—	—	—	—	729	2,400	5	17 ⁴⁾	7
第2回	—	—	—	—	770	2,500	5	16 ⁴⁾	6
第3回	—	—	—	—	—	—	—	—	—
第4回	—	—	—	—	115	3,050	1	2 ⁴⁾	6
第5回	—	—	—	18	683	34,000	20	69 ⁴⁾	29
第6回	—	—	—	—	40	347	0	1	5
合計	—	—	—	18	2,337	42,297	31	106 ⁴⁾	13

注：1) 「調査方法」のうち、重機はのべ使用台数を、作業時間は人力回収による作業のべ時間を示す。

2) 重機の「その他」とは積み込みの際のユニックは除く。

3) 表中の「—」は使用していないことを示す。

4) 回収したゴミの重量に比重0.27を除して算出した。

d. 漁網の回収

第2回調査(2007年10月)において、飛島の漂着ゴミの中で大きな問題の一つである漁網の撤去を実施した。対象は、調査範囲の中に漂着している漁網のうち最も大きかった漁網とした(地点4(田下海岸))。

作業方法は、チェーンブロックで漂着した漁網を吊り上げ、張った状態にしておき、ロープ・網をロープカッターで切断していった。作業は人力により行い、切断・回収した漁網は、本土への運搬時まで島内の仮置き場にて保管した。なお、海岸から道路までの搬出は、人力により実施した。この作業で回収した漁網は、3.92t(フレコン28袋)であった(図3.2-7)。



漁網の回収(第2回、田下海岸)



漁網の回収(第2回、田下海岸)



漁網の回収前(第2回、田下海岸)



漁網の回収後(第2回、田下海岸)

図 3.2-7 漁網の回収状況

e. 漁網切断の実験

漂着する漁網やロープの裁断方法やその有効利用を検討するために、地域検討会検討員でもあり、「美しいやまがたの海・プラットホーム」の初代議長でもある小谷卓教授（鶴岡工業高等専門学校物質工学科）に「漂着漁網・ロープ等の裁断方法の検討とその再利用方法の研究」というテーマで委託研究をした。

(a) 研究目的・概要

近年、海岸に漂着するごみが景観を損ない、きれいな砂浜の保全や生態系の保存が危機にさらされている。

漂着ゴミのほとんどは国内で発生した物でプラスチック類が中心であるが流木等も含まれる。中には遠く韓国や中国、ロシアなどからの漂着物も含まれる。

これら漂着物の処理や問題解決のために、漂着物の種類確認や分析、漂着物の処理問題及び防止対策、有効利用方策の検討などまだまだ解決しなければならない問題を多く抱えている現状にある。

そこで、本研究では山形県酒田市の飛島海岸及び赤川河口付近砂浜に存在する漁網及びロープ類の処理方法に絞り、下記のことを研究しようとするものである。

漁網・ロープを現場で持ち運びできるように裁断する方法

漁網・ロープの材質を簡便に判別する方法

漁網・ロープの再利用法（例えば熔融減容方法・燃料化法等）等

平成19年度の具体的検討事項：

今年度は先ず飛島の漂着漁網の裁断方法について、いくつかの裁断機器を購入して、現場で裁断等を行う。その結果、どの様な機種が良いのか、どのようにすればうまく裁断できるのか等の問題点を洗い出して、裁断機の選択と効率的な裁断方法を検討する。

また、漁網やロープの種類や材質を調べる方法を検討し、漁網やロープの材質を調べて、次年度に向けて漁網やロープの最良の処理方法や再利用方法について検討する。

(b) 研究期間

平成19年10月1日～平成20年3月20日

(c) 研究方法

平成20年10月24日（水）～26日（金）に飛島西海岸の田下海岸において現地調査を実施した。当日は、既に、プラスチック類の漂着物は清掃除去されており、残っているのは漁網・ロープ、流木・灌木類だけであった。

漁網・ロープは大きささま、絡み合った物が散乱して砂浜にあった。また、その一部は砂に埋もれ、小高い所には草むらに埋もれ、大きな流木の下になっている漁網・ロープが沢山存在していることが分かった。

今回は、田下海岸に散在している漁網・ロープと埋もれている物で簡単に引っ張りだせる漁網・ロープの裁断試験を2日間行った。

(d) 裁断試験

事前に7種類の裁断器具を購入し、現地に搬入して行った。電熱カッターやディスクグラインダーなどは100V電源が必要なので小型発電器も搬入した。

裁断する漁網やロープの形状・材質について未知の所もあったので、とりあえず、以下の裁断器具で行うこととした(図 3.2-8)。

1. なた(鉞)
2. 枝切り鋏(楽切りタイプ)
3. せんてい(剪定)鋏
4. ニッパー
5. カッター
6. ディスクグラインダー
7. 電熱カッター

裁断方法、裁断上の問題点及び裁断評価など裁断試験の概要は裁断器具の写真とともに次頁以降に示した。以下に裁断試験の結果の総括を記す。

上記、裁断器具の中で使い勝手、切断時間、労力などの観点から総合的に判断して、絡んだ漁網・ロープの切断には「電熱カッター」が最適であることが分かった。

当初、漁網・ロープにはこの電熱カッターで切断できない物があるのではないかと考えていたが、ほとんど全部完全に切断できた。どんなにがんじがらめになっていてもスムーズに切断できて、使い勝手も良く、絡んだ漁網ロープがきれいにバラバラになることが実証された。

使い方は小型発電機に電熱カッターを接続し、2人一組で切断する所を一人が指示してもう一人がそこを電熱カッターで切る方法で行うと効率的である。切断の時、漁網ロープの燃焼の煙が少々発生するのでマスクをして作業する必要がある。

このように、まず5~6mm以下の細い絡んだ漁網を切断して、つぎにロープ類は1cm程度の物は電熱カッターでも良いが、1cm以上のロープの場合は、「なた」で切断するのが効率的である。流木や灌木の大きめの物を土台にしてほとんどの物は一振り(一たたき)で切れる。3cm位の物は2~3回で切断できる。なた自体が重量があるのでそんなに力もいらない。その他の裁断器具については、漁網・ロープの裁断には不向きであることが分かった。

以上、本裁断試験の結果から、最適な漁網・ロープの裁断器具は「電熱カッター」と「なた」であるという結論を得た。



電熱カッター



なた(鉞)

図 3.2-8 漁網切断に用いた器具

(e) 材質試験

現地調査で採取した漁網・ロープの材質について、いくつかの試料を採取して、研究室に持ち帰り材質分析を行った。

分析方法は、

- ・熱分析（DSC；示差走査熱量分析）による融点湘定
- ・ラマン分光分析法による材質の確認

の2法で総合判定した。

これらの結果から、白色系の直径1 cm以上のロープのほとんどの材質は、ポリエチレン繊維とポリプロピレン繊維の混合物からできており、その他の色つきの漁網とロープはポリエチレン製の繊維からできていることが分かった。

これら漁網・ロープの溶融する温度が130 数度～160 数度であり、電熱カッターで、それほど高くない温度で容易に切断できる事が判明した。また、漁網メーカーの資料などからもロープ類、漁網類製品のほとんどポリプロピレン繊維とポリエチレン繊維から造られていることも明らかとなった。

(f) まとめ

今年度は飛島、田下海岸という重機等が入れないところで、漁網ロープを細かく裁断して、袋詰めして運ぶということから、漁網ロープを1 m以下に切断することを目的としたが、漁網ロープの中にはまだまだ再利用できる物もあり、ただ単に切断して燃やしたり、埋め立てたりするだけではもったいないのではないかということを感じた。材質が明らかになったので、今後は、再利用、リサイクル等も検討していきたいと考えている。

f. 漁網・ロープの再利用に関する研究

(a) 研究目的・概要

(b) 研究期間

(c) 研究方法

(d) まとめ