

## 4. フォローアップ調査（飛島西海岸）

### 4.1 目的

本調査の位置付けは、共通調査（クリーンアップ調査）で得られたデータの解析である。ゴミの量、分布状況の経時的变化をゴミの種類ごとに解析した。また、発生源情報（文字、記号等）、時刻情報（賞味期限）を合わせて解析することで、漂着物の発生場所及び漂流時間を推定し、漂流・漂着メカニズムを検討し、効果的、効率的な清掃時期、清掃頻度等の検討に資することを目的とした。

### 4.2 調査方法

#### 4.2.1 漂着ゴミの空間分布及び時間変動の解析方法

##### (1) 水平方向の分布の解析方法

共通調査で得られたコドラート枠内のゴミの種類別データを用いて、ゴミの量（個数、重量等）の空間的分布をゴミの種類ごとに把握した。また、経時的データを使用することで、ゴミの空間的分布の時間変化をゴミの種類ごとに把握し、風などの自然条件との関連性を解析することで、時間変動要因を検討した。

##### (2) 縦断方向の分布の解析方法

ゴミの空間分布には海岸の傾斜が関係すると想定されるため、共通調査（クリーンアップ調査）時に海岸の傾斜度を測定し、海岸の傾斜を考慮したゴミの空間分布の解析を行った。

##### (3) 定点観測調査方法

計画されているクリーンアップ調査（2年で6回）及びフォローアップ調査（同6回）では、ゴミの漂着状態の経時的な変化が把握できない可能性があった。そこで、高頻度の定点撮影・観察を行い、漂着状況を経時的に把握することで、ゴミ漂着のメカニズム解明の一助とすることを目的とした。

飛島西海岸が見下ろせる場所として、図 4.2-1 に示す渚の鐘（St-1）と荒崎（St-2）の2地点において、2007年8月20日より毎週1回を原則として写真撮影を実施した。撮影は、2007年8～10月は（株）みなと殿に、2007年11月～2008年10月は島民に依頼し、実施した。

- ・撮影者：株式会社みなと（2007年8月20日～10月29日）  
島民（2007年11月6日～2008年10月30日）



注：冬季間の凍結などで安全を確保できない場合は除く。

図 4.2-1 飛島西海岸定点撮影地点

#### 4.2.2 漂流・漂着メカニズムの推定方法

##### (1) 気象・海象条件との関連性の検討

海岸における漂着ゴミの分布量と気象・海象条件との関連を調べるため、表 4.2-1 に示す気象観測所<sup>1)</sup>、波高観測所<sup>2)</sup>、潮位観測所<sup>3)</sup>のデータを用いて、風向・風速、波高、潮位の時間変動とゴミの量の変動を比較した。調査範囲と各観測所の位置の関係を図 4.2-2 に示す。

< 出典 >

- 1) 気象庁：過去の気象データ <http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>
- 2) (独)港湾空港技術研究所：ナウファス（全国港湾海洋波浪情報網）の速報値
- 3) 気象庁：潮位表

表 4.2-1 風向・風速及び波高の観測所

| モデル地域 |       | 風向・風速の観測所 | 波高の観測所 | 潮位の観測所 |
|-------|-------|-----------|--------|--------|
| 山形県   | 飛島西海岸 | 飛島        | 酒田     | 酒田     |

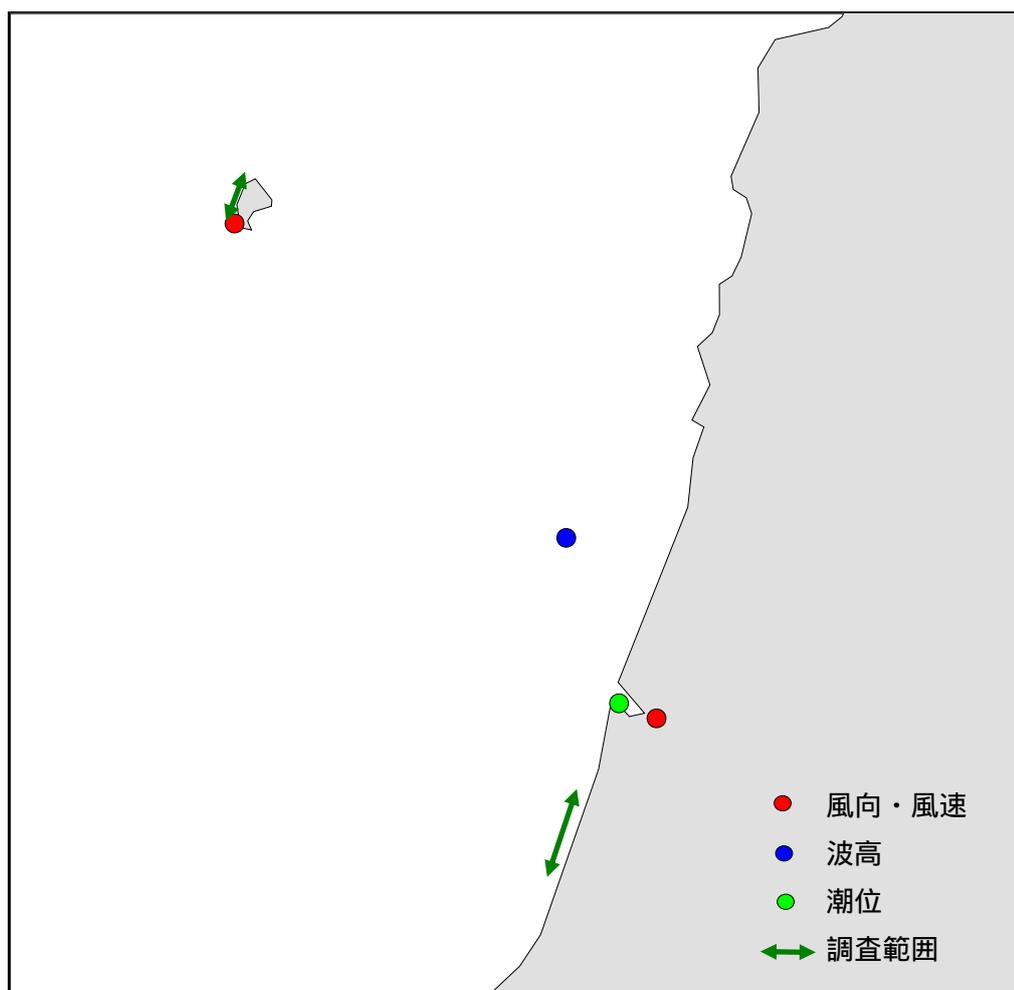


図 4.2-2 調査範囲と観測所の位置関係（山形県）

(2) 対馬暖流の変動との関連性の検討

飛島以西の対馬暖流の強弱は、飛島前面海域へのゴミの漂流量に影響していると考えられることから、対馬暖流の時間変動（海上保安庁発行の海洋速報）とゴミの量（当調査の共通調査結果）の関連を調べた。

## 4.3 調査結果

### 4.3.1 漂着ゴミの空間分布及び時間変動の解析結果

#### (1) 水平方向の分布の解析結果

第1～6回調査(2007年9月～2008年9月)の共通調査で取得したデータから、漂着ゴミの個数、重量、容量について図4.3-1に基づいて水平分布図を作成した(図4.3-2)。ただし、飛島西海岸では海藻はゴミと認識していないため、海藻を除いて表示した。また、水平分布図における格子の交点は、各調査枠の中心の位置を表している。横軸(汀線方向)の番号は地点番号を示しており、縦軸(内陸方向)の番号は、調査枠の個数を示している。調査枠の面積が一定ではないことから、ゴミの数量は単位面積当たりに変換して示した。ゴミの空間分布は、海岸で一様ではなく、空間的に偏っていることがわかり、海岸の中でのゴミの量の多い場所は、各調査回によって異なっていた。

次に、毎回の調査結果を積算した水平分布図を図4.3-3に示す。第2～4回調査(2007年10月～2008年5月)における積算が、第2～6回調査(2007年10月～2008年9月)における積算とほぼ一致し、春の漂着ゴミの状況が秋まで保たれることが把握できた。

一方、同じ海岸におけるゴミの量の分布が、個数、重量、容量によって異なる回もあり、この違いはゴミの種類によるものと考えられる。そこで、種類別(ペットボトル、飲料缶、レジ袋、ライター等)の回収量(個数或いは重量)の水平分布について、3次元の棒グラフで図4.3-4に示す。ここでは、海藻の分布の特徴も見るため、海藻も表示し、飛島西海岸は2m枠を使用しているため、4m<sup>2</sup>単位で表示した。ゴミの種類別に比較すると、同じ調査回であっても、種類によって個数の多い場所(調査枠)が異なっていることがわかる。海藻については、汀線に近い場所が多くなる傾向がある。しかしながら、海藻以外では、同じ種類であっても毎回同じ場所が多い訳ではないので、集積しやすい場所はゴミの種類だけでは特定できなかった。このように、ゴミの特性(比重など)や、各ゴミが漂着してから回収されるまで(調査時まで)に経過した時間の違いによって、このようなゴミの種類による分布の差が生じたと考えられる。

更に、地点ごとに、第2～6回調査におけるゴミの量の時間変化を図4.3-5に示す。地点2、3、5においては第6回調査(2008年9月)、地点1においては第4回調査(2008年5月)の汀線に近い場所でゴミの増加が認められた。



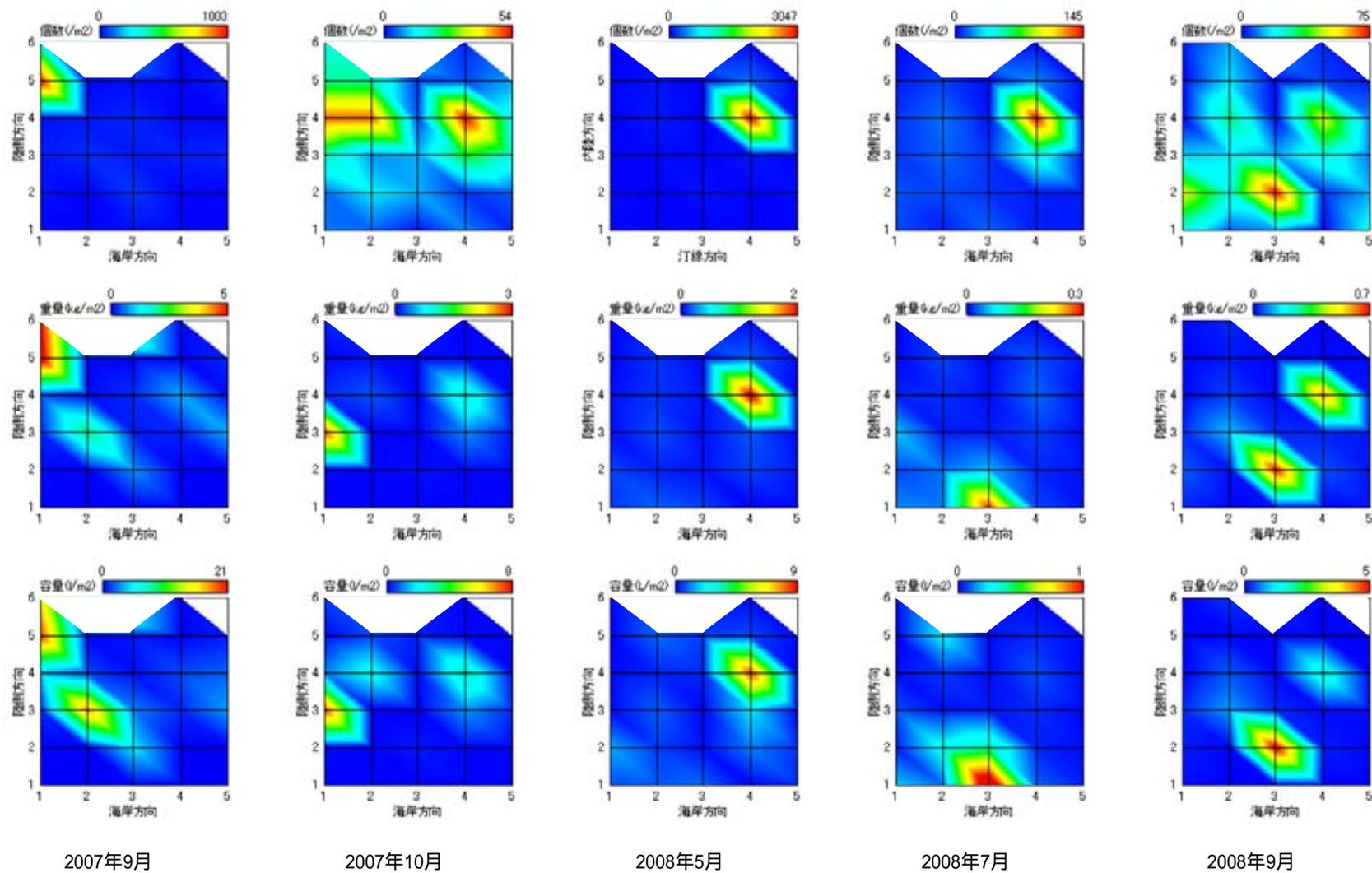


図 4.3-2 漂着ゴミの水平分布図 (各回、人工物 + 流木・灌木)

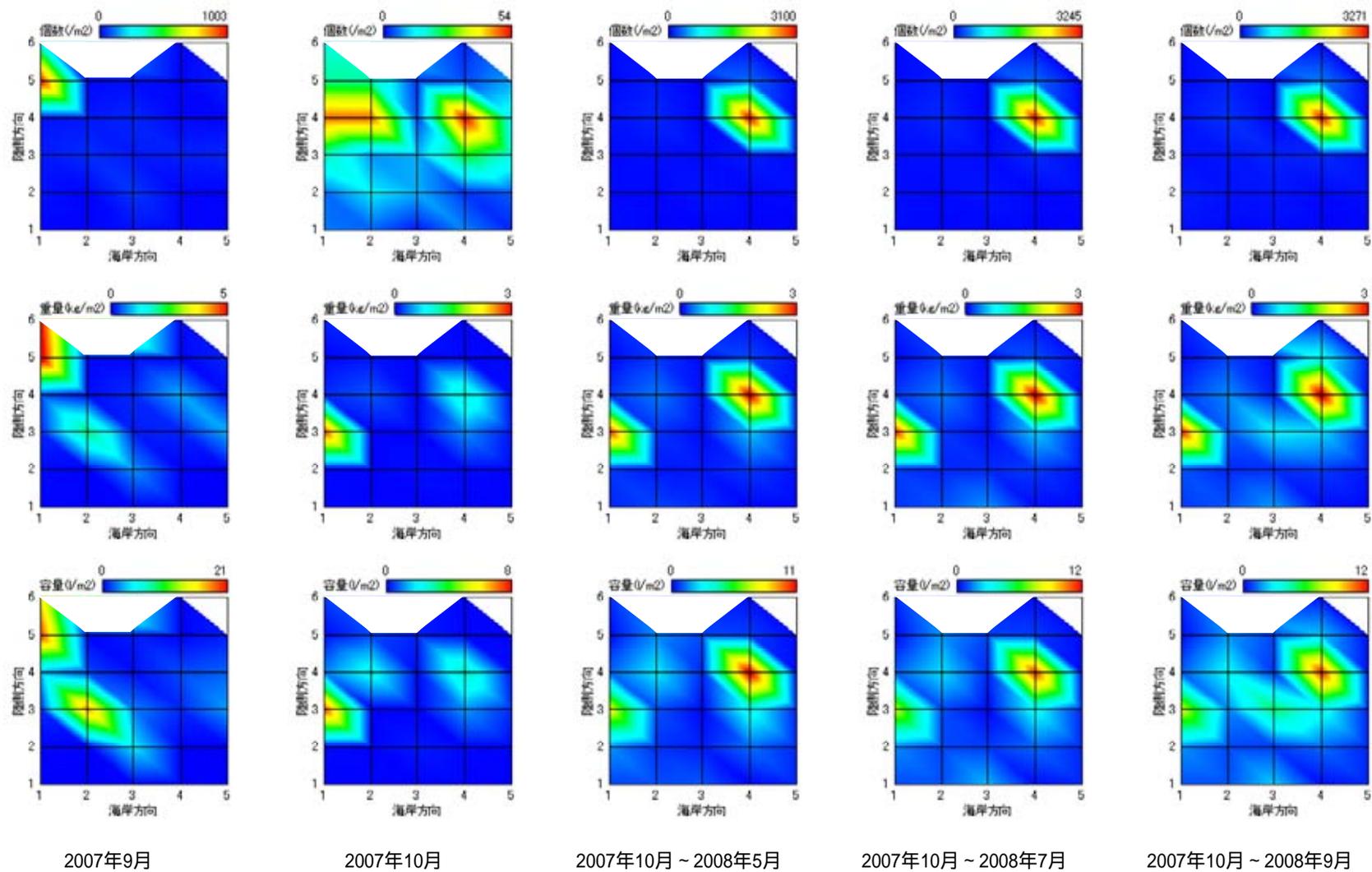
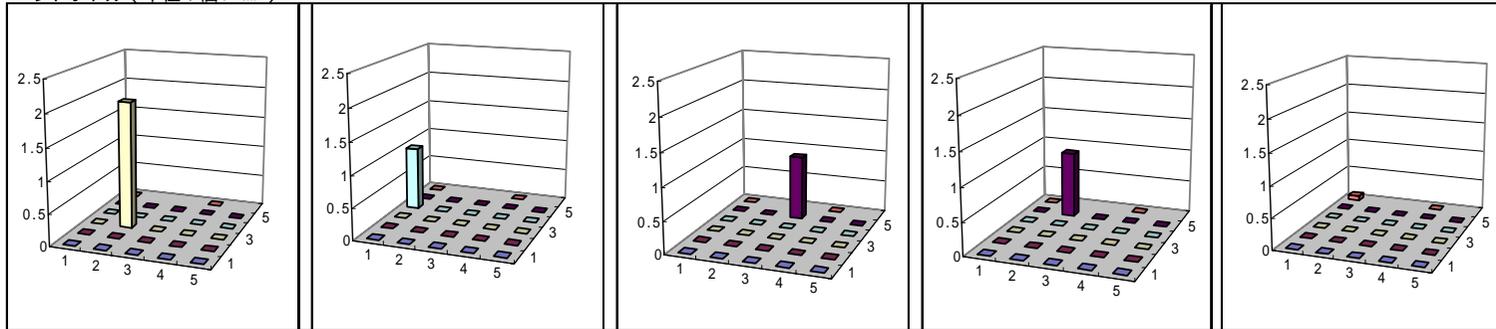
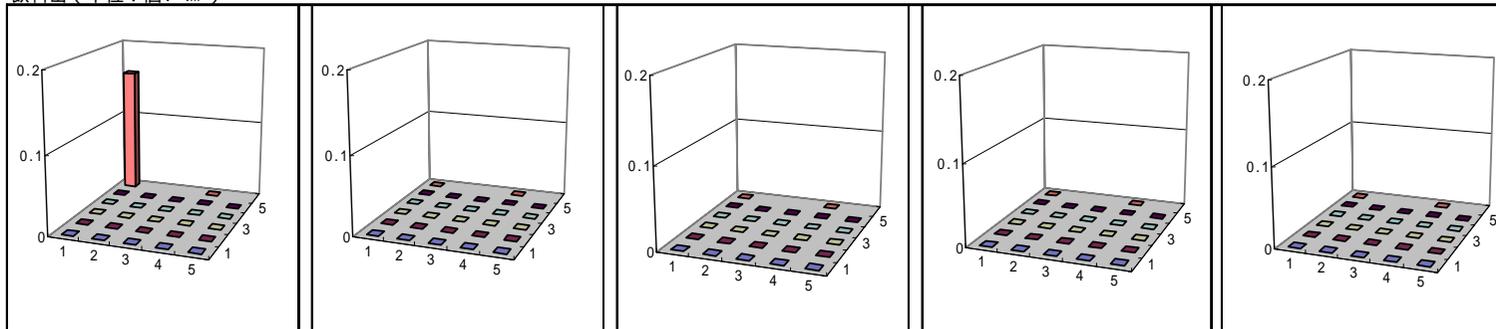


図 4.3-3 漂着ゴミの水平分布図（各回の積算、人工物＋流木・灌木）

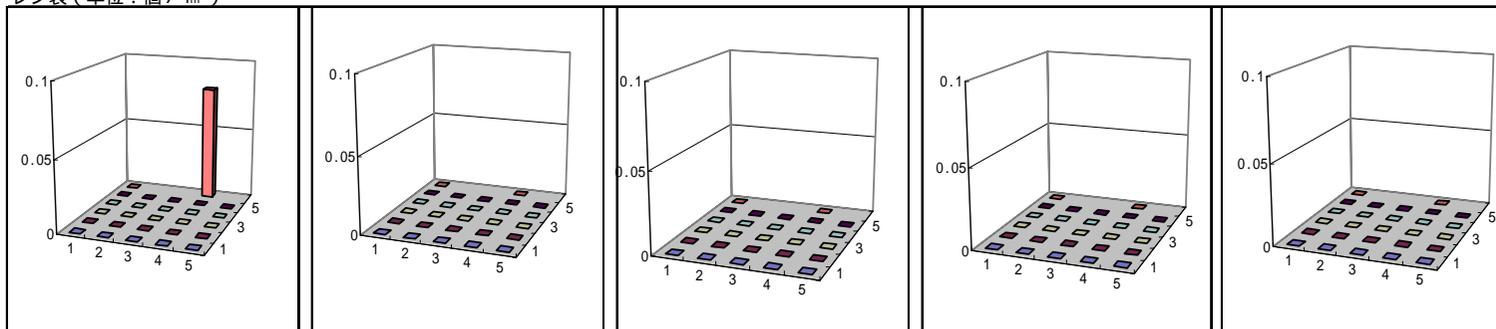
ペットボトル (単位: 個/4m<sup>2</sup>)



飲料缶 (単位: 個/4m<sup>2</sup>)



レジ袋 (単位: 個/4m<sup>2</sup>)



2007年9月

2007年10月

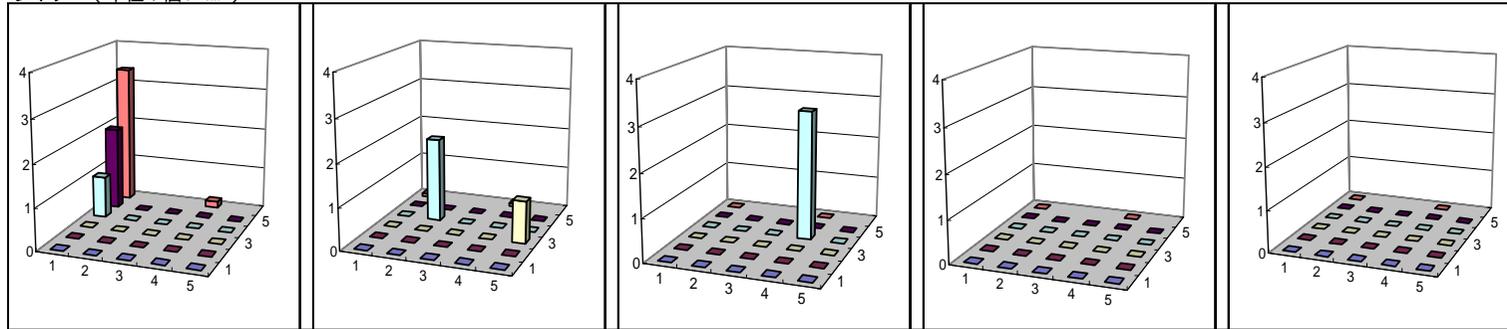
2008年5月

2008年7月

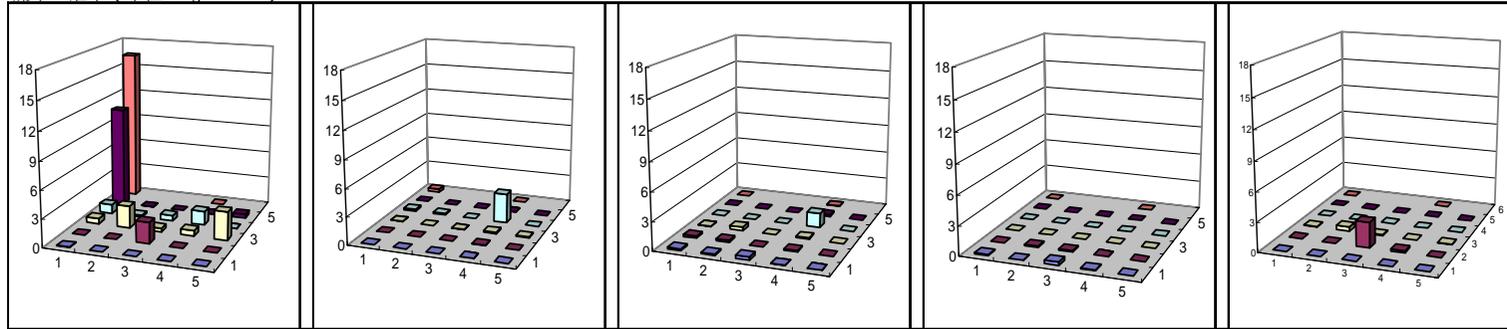
2008年9月

図 4.3-4(1) 漂着ゴミの種類別水平分布図 (飛島)

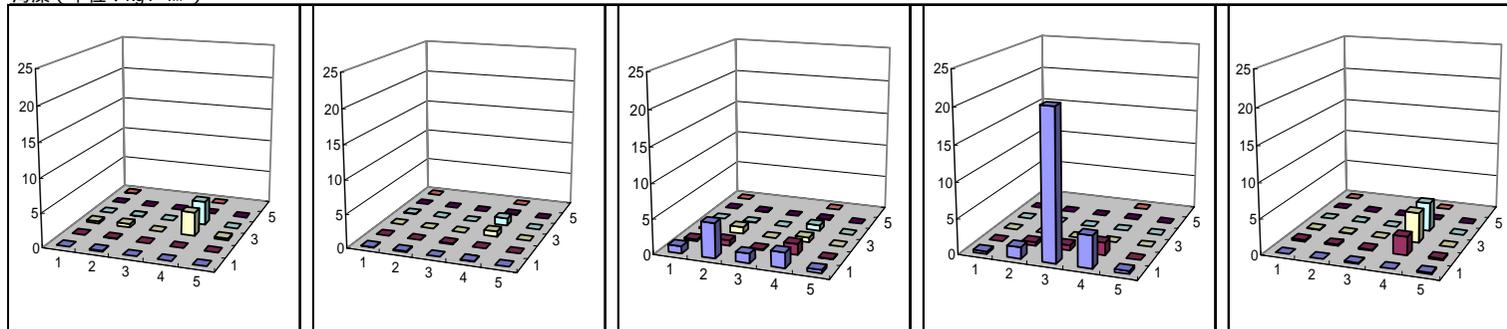
ライター (単位: 個 / 4m<sup>2</sup>)



流木+灌木 (単位: kg / 100m<sup>2</sup>)



海藻 (単位: kg / 4m<sup>2</sup>)



2007年9月

2007年10月

2008年5月

2008年7月

2008年9月

図 4.3-4(2) 漂着ゴミの種類別水平分布図 (飛島)

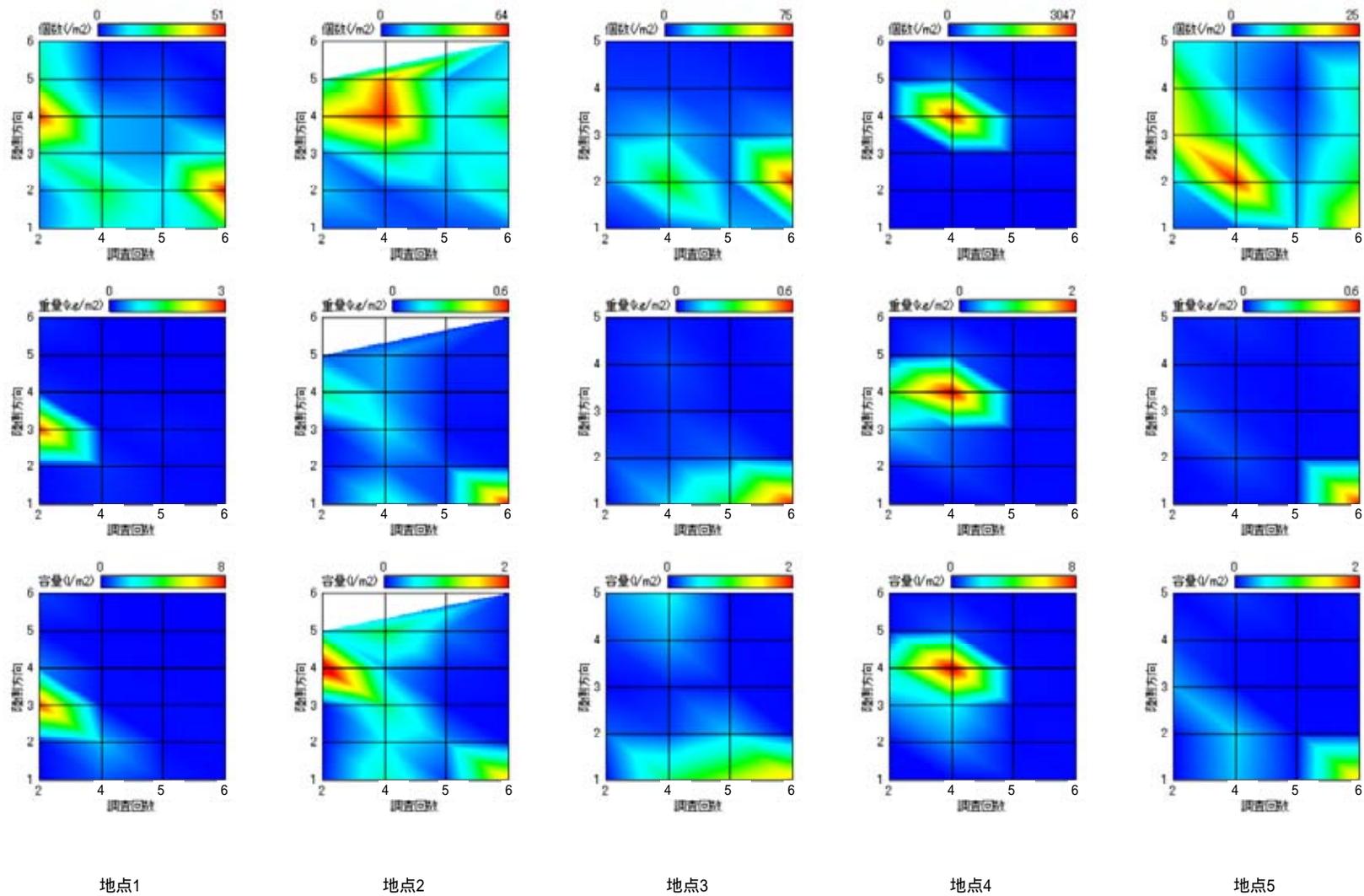


図 4.3-5 地点ごとのゴミの量の時間変化 (2007年10月~2008年9月の累積、人工物+流木・灌木)

## (2) 縦断方向の分布の解析結果

第1～6回調査における共通調査で取得した海岸断面(汀線から陸方向)の測量結果とゴミの漂着状況の関係を図4.3-6に示した模式図に従って図4.3-7に整理した。

ゴミの重量(単位面積当たり)を示す円グラフの大きさは、各回における最大値を最も大きな円で表し、その25%ごとに円を小さくして4段階の大きさで示し、調査時期毎に断面での分布の差を比較できるようにした。そのため、同じ重量であっても調査回によって円の大きさは異なる。

地点1(袖の浜)においては、汀線もしくは汀線から近い断面勾配の緩やかな場所にゴミが多く溜まる傾向がある。この傾向は、地点3(青石海岸)及び地点4(田下海岸)でも同様であったが、地点2(ツブ石海岸)や地点5(ミヤダ浜)のように、毎回、ゴミの多い場所が異なる地点もある。このように、海岸の縦断方向のゴミの分布は、海岸の勾配に加え、ゴミの種類や汀線の位置等によって決まっていることが示唆された。また、ゴミの集積する場所は、汀線からの距離よりも波高等が大きく関与することが把握でき、今までになかった科学的知見を得られた。

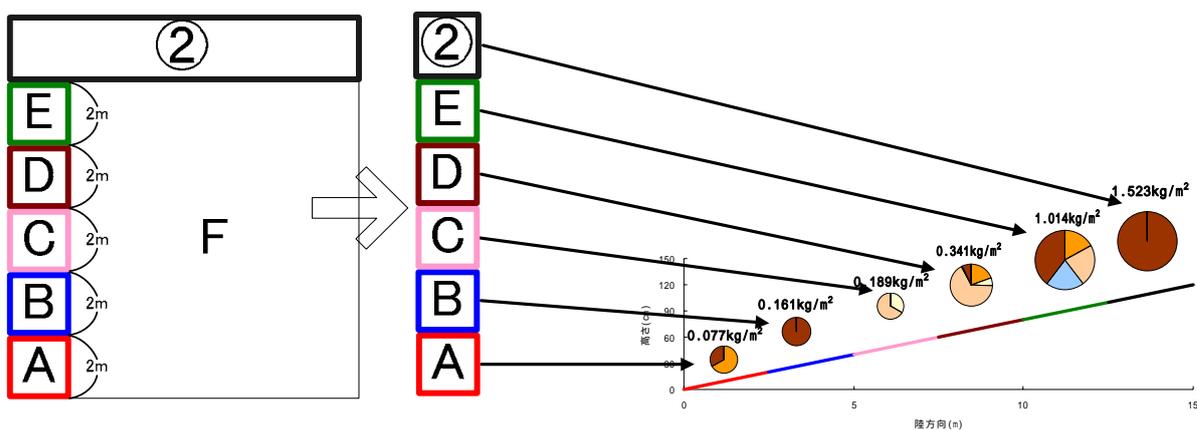
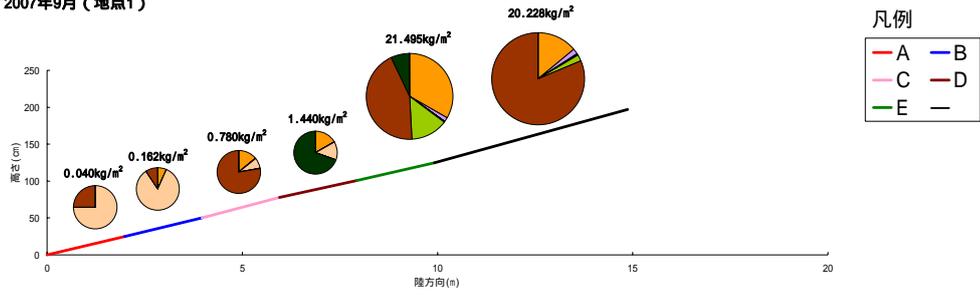
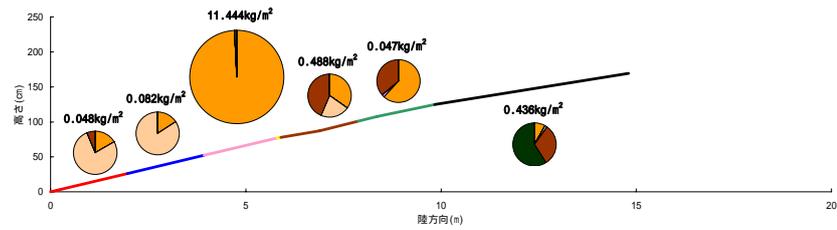


図 4.3-6 海岸断面形状とゴミ分布の解析イメージ

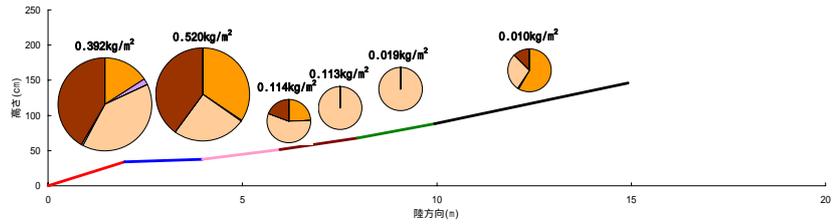
2007年9月（地点1）



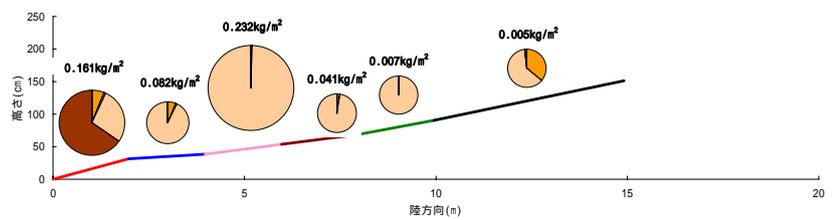
2007年10月（地点1）



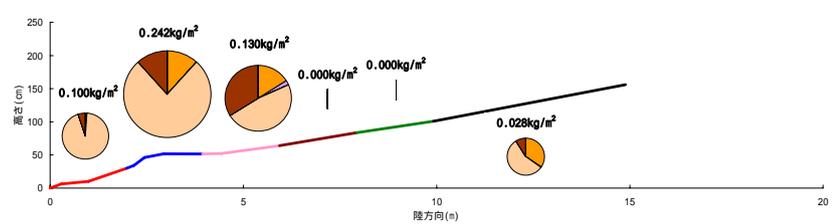
2008年5月（地点1）



2008年7月（地点1）



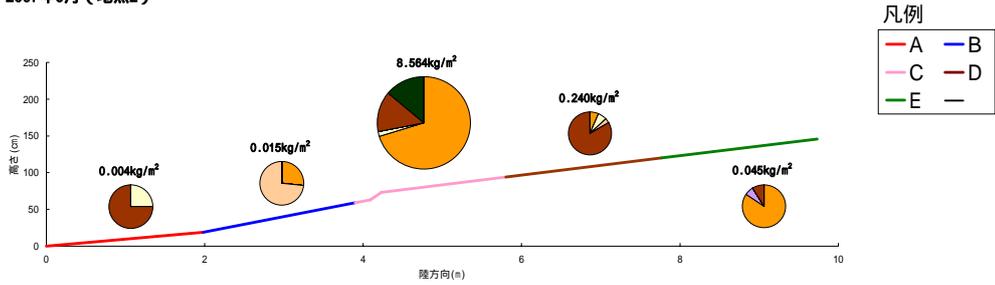
2008年9月（地点1）



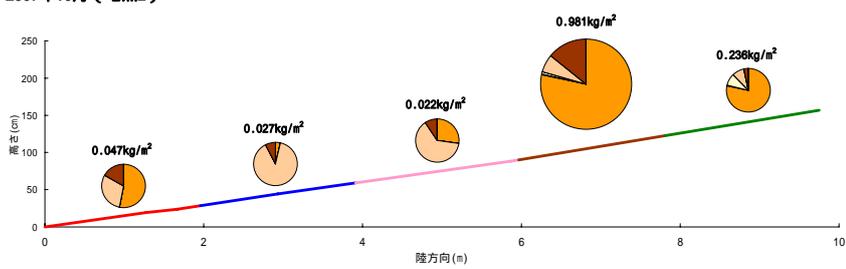
|         |          |          |          |
|---------|----------|----------|----------|
| プラスチック類 | ゴム類      | 発泡スチロール類 | 紙類       |
| 布類      | ガラス・陶磁器類 | 金属類      | その他（木材等） |
| 自然系（灌木） | 自然系（流木）  | 自然系（死骸）  |          |

図 4.3-7(1) 海岸の断面形状とゴミの分布

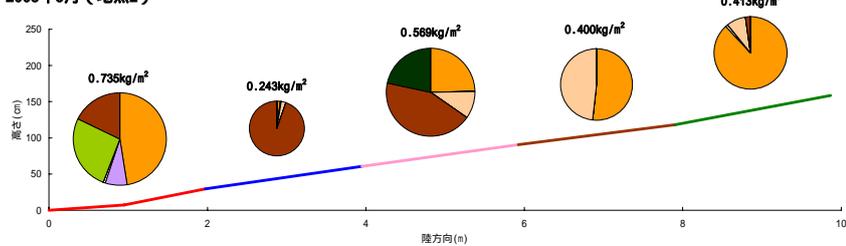
2007年9月（地点2）



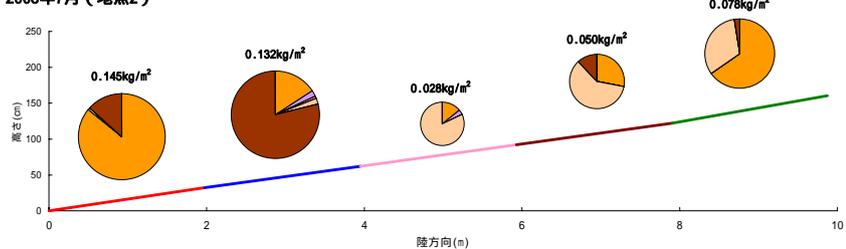
2007年10月（地点2）



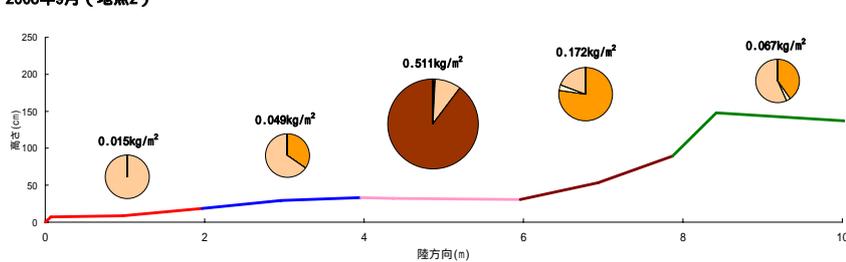
2008年5月（地点2）



2008年7月（地点2）



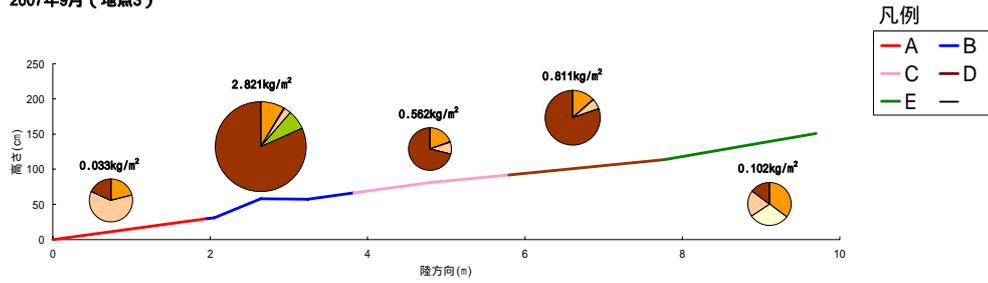
2008年9月（地点2）



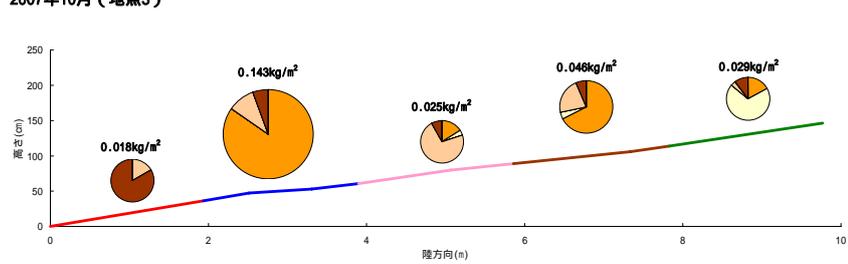
|         |          |          |          |
|---------|----------|----------|----------|
| プラスチック類 | ゴム類      | 発泡スチロール類 | 紙類       |
| 布類      | ガラス・陶磁器類 | 金属類      | その他（木材等） |
| 自然系（灌木） | 自然系（流木）  | 自然系（死骸）  |          |

図 4.3-7(2) 海岸の断面形状とゴミの分布

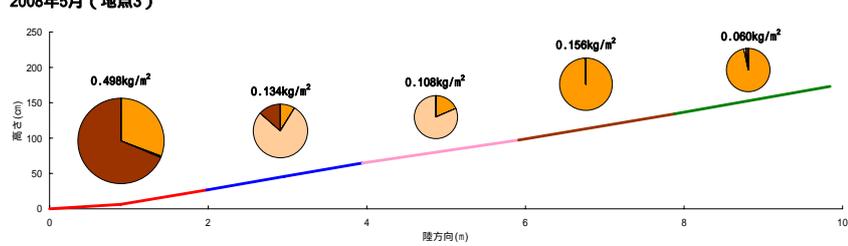
2007年9月（地点3）



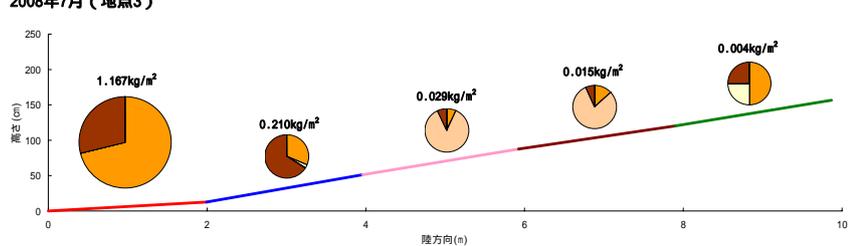
2007年10月（地点3）



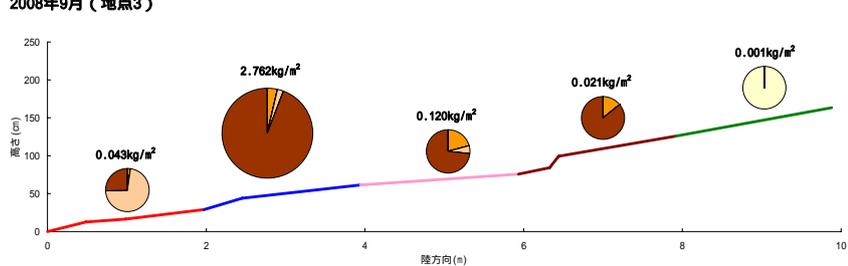
2008年5月（地点3）



2008年7月（地点3）



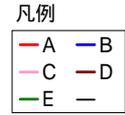
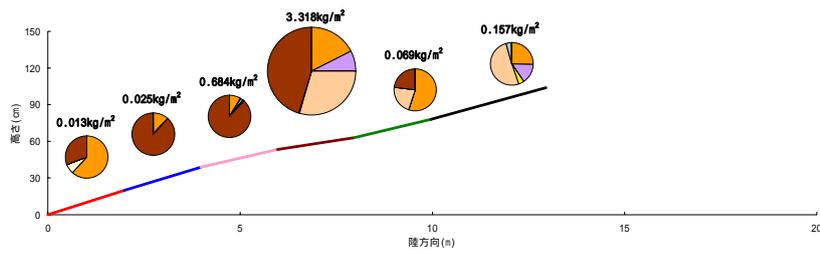
2008年9月（地点3）



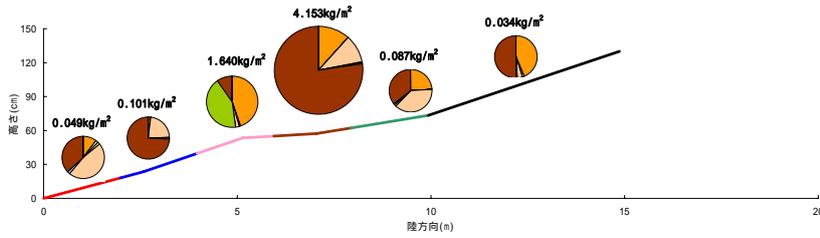
|         |          |          |          |
|---------|----------|----------|----------|
| プラスチック類 | ゴム類      | 発泡スチロール類 | 紙類       |
| 布類      | ガラス・陶磁器類 | 金属類      | その他（木材等） |
| 自然系（灌木） | 自然系（流木）  | 自然系（死骸）  |          |

図 4.3-7(3) 海岸の断面形状とゴミの分布

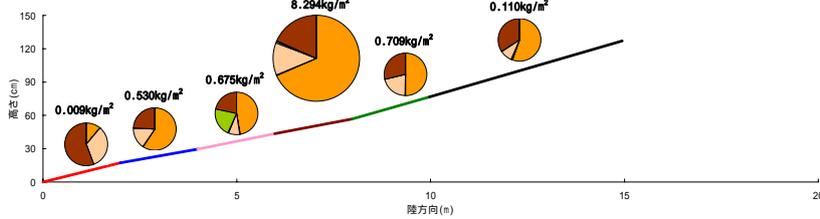
2007年9月（地点4）



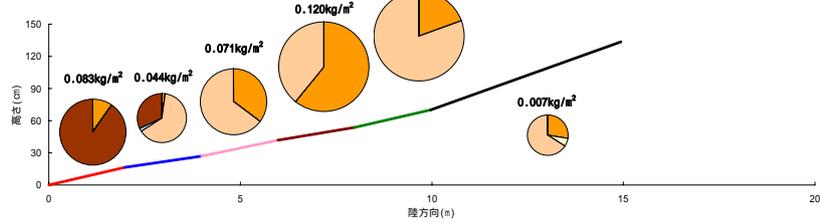
2007年10月（地点4）



2008年5月（地点4）



2008年7月（地点4）



2008年9月（地点4）

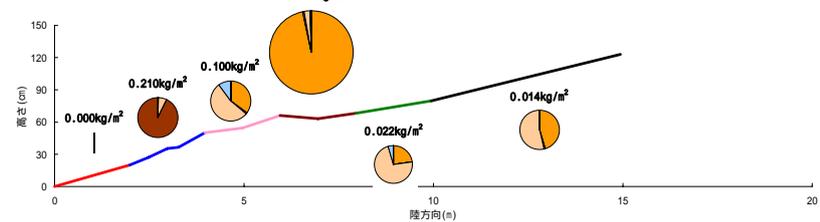
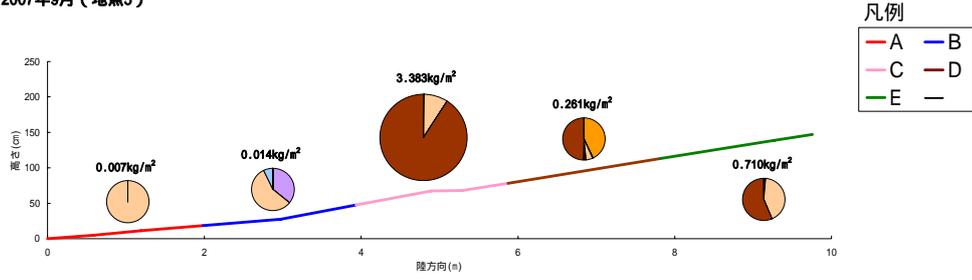
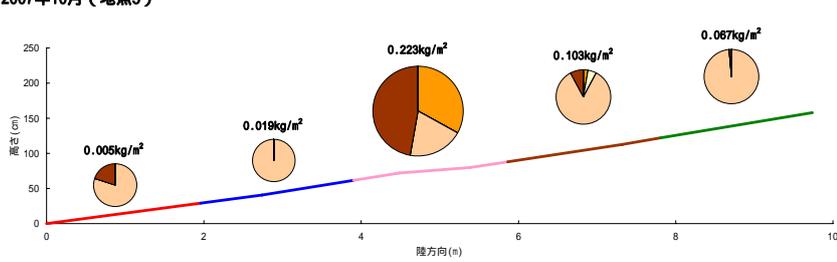


図 4.3-7(4) 海岸の断面形状とゴミの分布

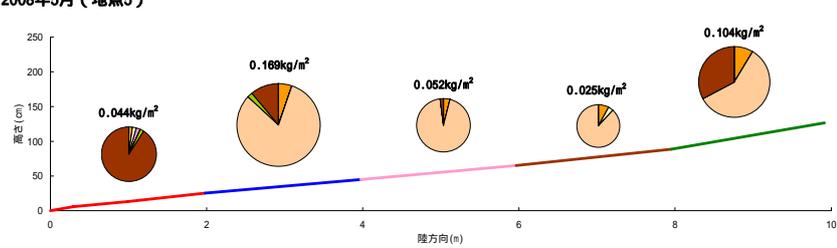
2007年9月（地点5）



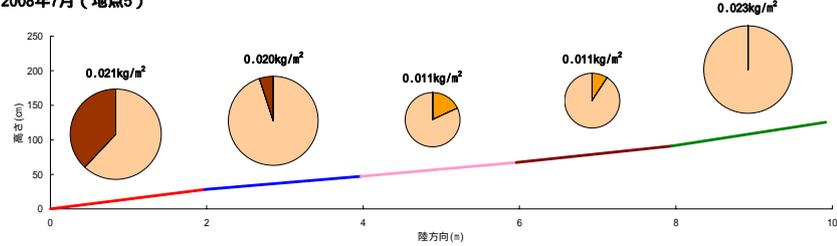
2007年10月（地点5）



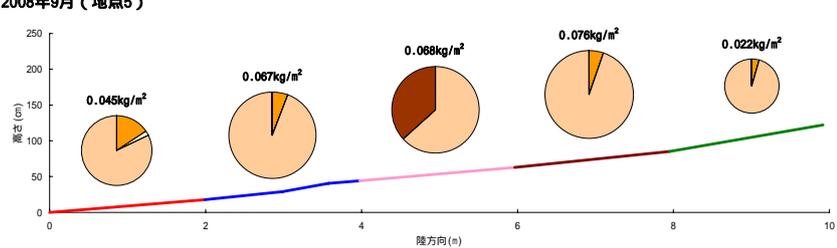
2008年5月（地点5）



2008年7月（地点5）



2008年9月（地点5）



|         |          |          |          |
|---------|----------|----------|----------|
| プラスチック類 | ゴム類      | 発泡スチロール類 | 紙類       |
| 布類      | ガラス・陶磁器類 | 金属類      | その他（木材等） |
| 自然系（灌木） | 自然系（流木）  | 自然系（死骸）  |          |

図 4.3-7(5) 海岸の断面形状とゴミの分布

### (3) 定点観測調査結果

渚の鐘 (St-1) 及び荒崎 (St-2) から撮影した定点撮影画像を図 4.3-8、図 4.3-9 に示す (2007年8月20日撮影)。

2007年8月20日～2008年10月29日の写真を検討した結果、最もゴミの内陸方向への動きがよく分かる写真 (赤枠の写真) を代表とし、図 4.3-10 に抜粋して示す。抜粋した中でも、2007年10月29日、11月5日、11月24日の写真を比較すると、ゴミの内陸方向への動きがよく分かる。



図 4.3-8 渚の鐘 (St-1) からの定点観測写真



図 4.3-9 荒崎 (St-2) からの定点観測写真



2007年8月20日



2007年10月29日



2007年9月12日



2007年11月5日



2007年9月20日



2007年11月24日



2007年10月2日



2007年12月17日

图 4.3-10(1) 定点観測写真(荒崎(St-2))



2008年1月12日



2008年4月28日



2008年1月28日



2008年5月30日



2008年3月2日



2008年6月27日



2008年4月1日



2008年7月31日

图 4.3-10(2) 定点観測写真(荒崎(St-2))



2008年8月14日



2008年10月29日



2008年9月11日



2008年9月25日



2008年10月11日



图 4.3-10(3) 定点観測写真(荒崎(St-2))

#### 4.3.2 漂流・漂着メカニズムの推定結果

##### (1) 気象・海象条件との関連性の検討

各クリーンアップ調査の間の期間における風配図を図 4.3-11 に示す。風速は、第 1~2 回調査(2007 年 9~10 月)の期間に比較して、第 2~4 回調査(2007 年 10 月~2008 年 5 月)の期間で大きくなっている。各地域の海岸の向きと、風配図から読み取った調査期間の卓越風向を表 4.3-1 に示す。卓越風向は、冬季(第 2~4 回調査)において西北西の風向になっており、季節風の影響が強く見られる。

次に、各期間の最大風速の風向について表 4.3-2 に示す。データは、図 4.3-11 及び表 4.3-1 に使用したデータと同じである。これを見ると、卓越風向とほぼ同じ風向となっており、季節風の影響が強いことを示していることから、風の影響を検討する際には、卓越風向だけでなく風速も合わせて考慮する必要があること、特に、強風時の風速について検討する必要があることがわかった。

この点を考慮するため、6m/s の風速に限って通常の風配図に加え、風速×吹送時間を風配図上に示す(図 4.3-12)。この図では、今回の調査期間も含めて、過去 5 年間の経年変化を示している。今回の調査期間(図 4.3-12 の最下段の図)を見ると、全データの風配図(図 4.3-11)の形状とは大きく変化していることが分かる。特に第 1~2 回調査(2007 年 9~10 月)及び第 4~5 回調査(2008 年 5~7 月)の期間については、図 4.3-11 の風配図と異なって西風が卓越しており、冬季の季節風が明瞭に現れている。また、経年的な変化を見ると、過去 5 年間とも同様の傾向を示しており、調査期間中は、例年どおりの風が吹いたと考えられる。

上述のように飛島西海岸においては、風速 6m/s 以上では西側からの風が卓越することから、風向が西~北の時の風速のみを時系列図に表示し、さらに波高の時系列を合わせて図 4.3-14 に示す。波高が高くなった時に、西~北風が吹いており、両者の変動は相似している。また、第 1~2 回調査(2007 年 9~10 月)及び第 4~5 回調査(2008 年 5~7 月)と比較して、第 2~4 回調査(2007 年 10 月~2008 年 5 月)の期間に西~北風の出現頻度は高くなり、高波高の出現頻度も高くなっている。波高が高い時期は、その他の時期に比較して海岸のより内陸側まで海水が到達するため、内陸側にも直接ゴミが漂着すると考えられる。また、波のエネルギーが高くなるため、岸よりの浅海の海底に沈んでいたゴミも海岸に打ち上げられ易くなると考えられる。このことから、風・波浪共に、第 1~2 回調査及び第 4~5 回調査と比較して、第 2~4 回調査の期間でゴミが漂着し易い条件にあったと考えられる。

漂着ゴミの重量の推移(図 4.3-13 参照)を見ると第 1 回調査(2007 年 9 月)が最も多くなっており、これは長期間のゴミの蓄積があるためと考えられる。第 5 回調査(2008 年 7 月)は最も少なくなり、第 2 回調査(2007 年 10 月)、第 4 回調査(2008 年 5 月)及び第 6 回調査(2008 年 9 月)では多い傾向があった。この時間的变化は、第 2~4 回調査の期間において海から岸に向かう強い風が卓越していたこと、高波高の出現頻度が高くなっていたことと一致している。よって、漂着ゴミの時間変動に対して、風向・風速や波高が要因の一つとなっていると考えられる。他方、第 1~2 回調査及び第 4~5 回調査経過日数に比較して、第 2~4 回調査の期間は約 4 倍の日数が経過しており、もともと第 4 回調査のゴミの量が多くなる要素があることから、風や波高だけでなく経過時間等、関連する要因を総合的に検討する必要がある。

潮位の時間変動について、クリーンアップ調査の各期間の変動を図 4.3-15 に、年間を

通した変動を図 4.3-16 に示す。日本海側であるため潮位の季節変動はあるものの振幅は小さい。

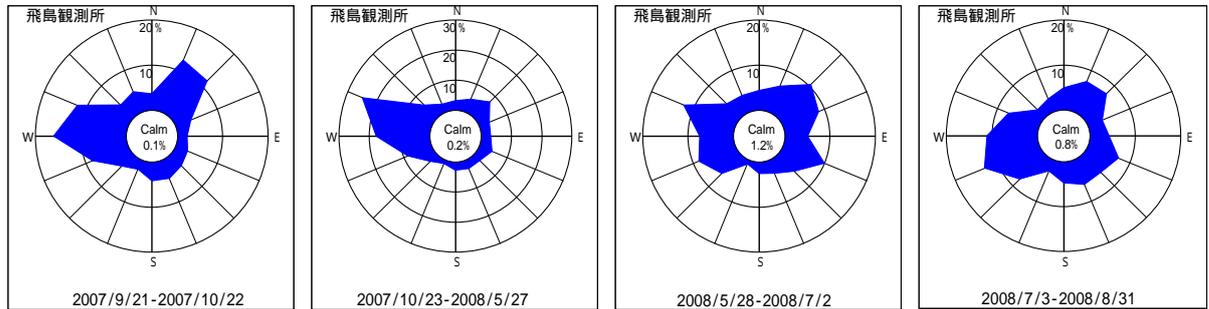


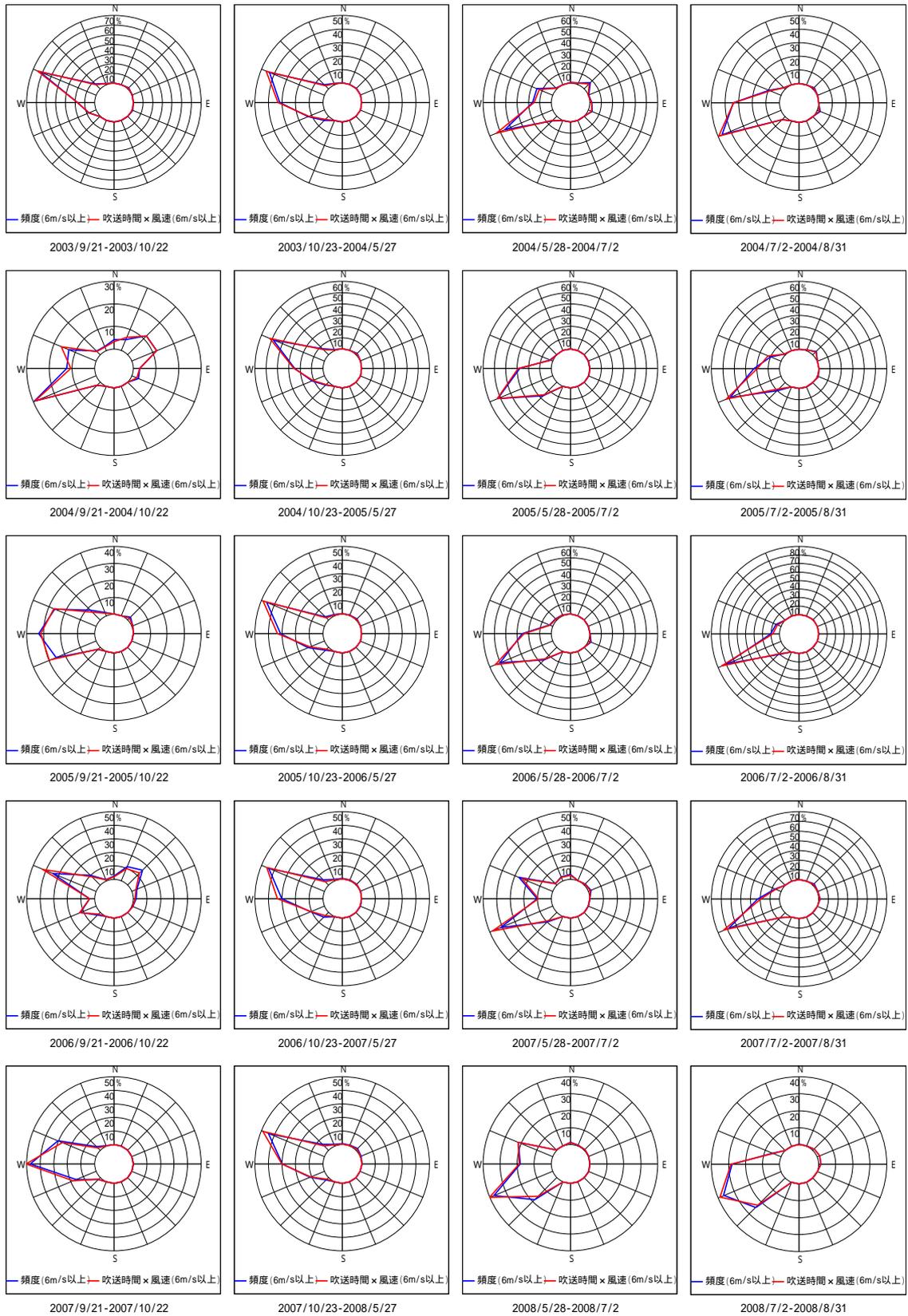
図 4.3-11 各調査期間における風向の状況

表 4.3-1 海岸の向きと卓越風向の関係

| 海岸名           | 海岸の向き | 卓越風向<br>(2007/9/21-<br>2007/10-22) | 卓越風向<br>(2007/10/23-<br>2008/5/27) | 卓越風向<br>(2008/5/28-<br>2008/7/2) | 卓越風向<br>(2008/7/3-<br>2008/8/31) |
|---------------|-------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 山形県：<br>飛島西海岸 | 北西    | 西、北北東～北東                           | 西北西                                | なし                               | 西南西                              |

表 4.3-2 海岸の向きと最大風速時の風向

| 海岸名           | 海岸の向き | 最大風速の風向<br>(2007/9/21-<br>2007/10-22) | 最大風速の風向<br>(2007/10/23-<br>2008/5/27) | 最大風速の風向<br>(2008/5/28-<br>2008/7/2) | 最大風速の風向<br>(2008/7/3-<br>2008/8/31) |
|---------------|-------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 山形県：<br>飛島西海岸 | 北西    | 西                                     | 西北西                                   | 西北西                                 | 西南西                                 |



( 飛島観測所の風 )

図 4.3-12 風配図及び風速×吹送時間(風速6m/s以上)の経年変化

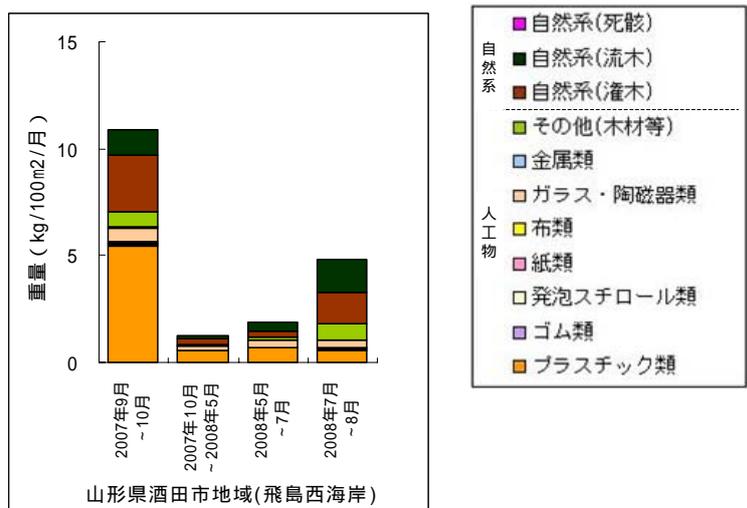


図 4.3-13 共通調査における漂着ゴミの重量の推移  
(第2~6回調査、人工物+流木・灌木)

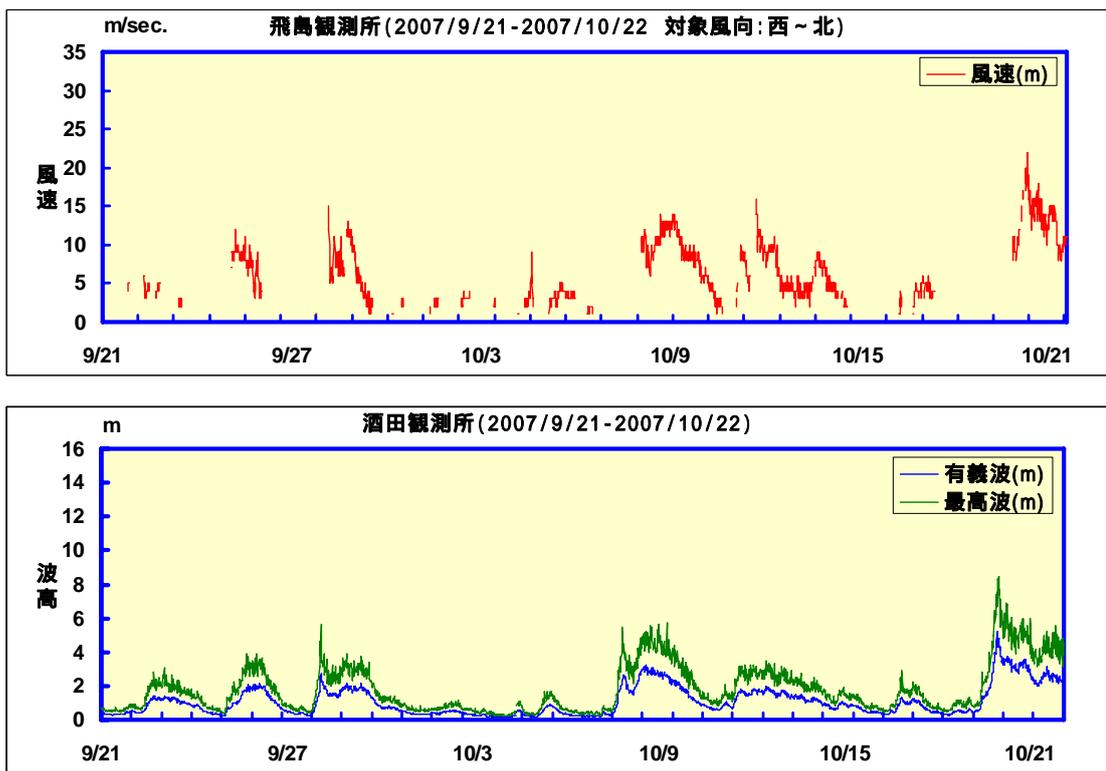


図 4.3-14(1) 風速(西~北のみ)及び波高の時系列(第1回~第2回)

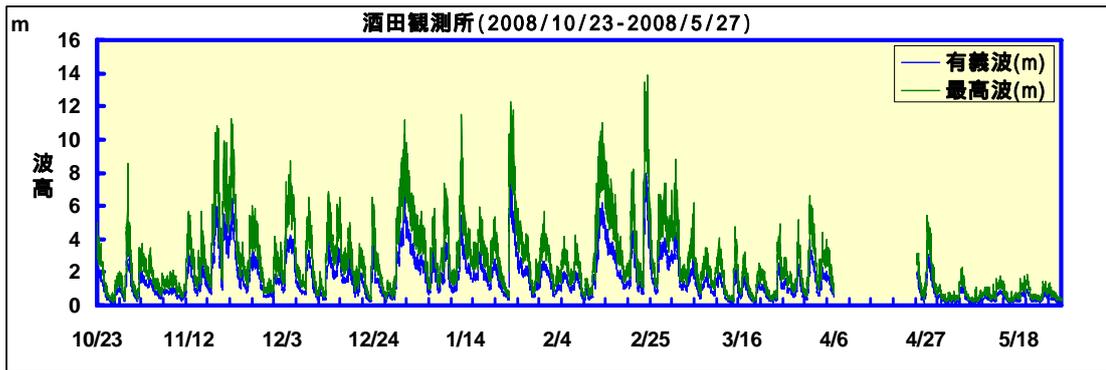
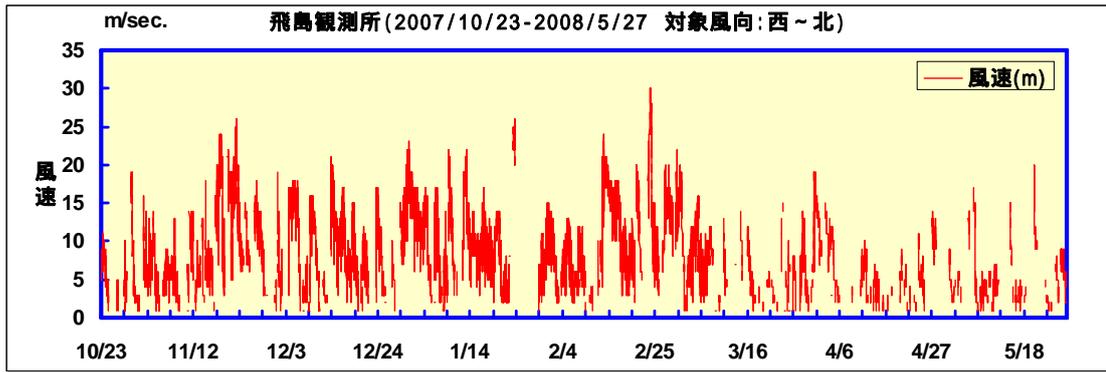


図 4.3-14(2) 風速(西~北のみ)及び波高の時系列(第2~4回調査)

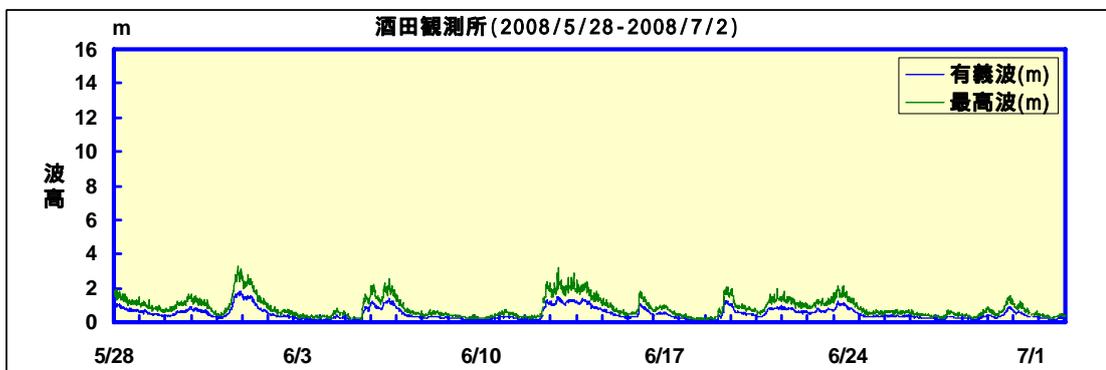
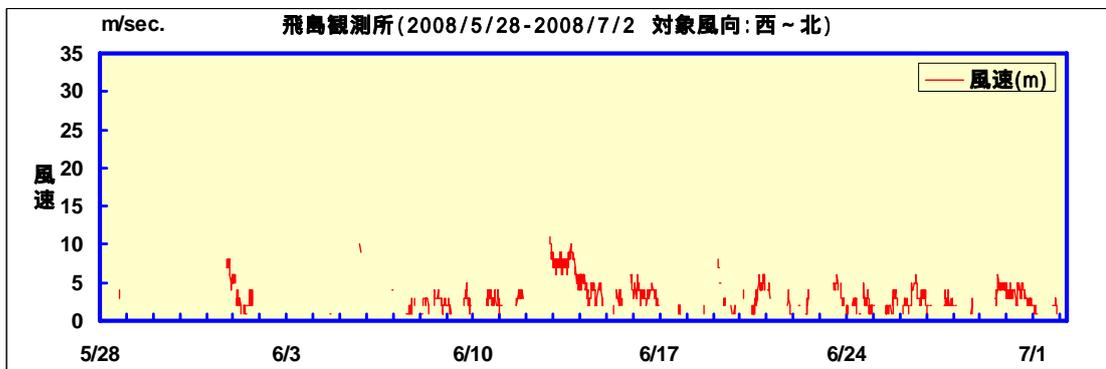


図 4.3-14(3) 風速(西~北のみ)及び波高の時系列(第4~5回調査)

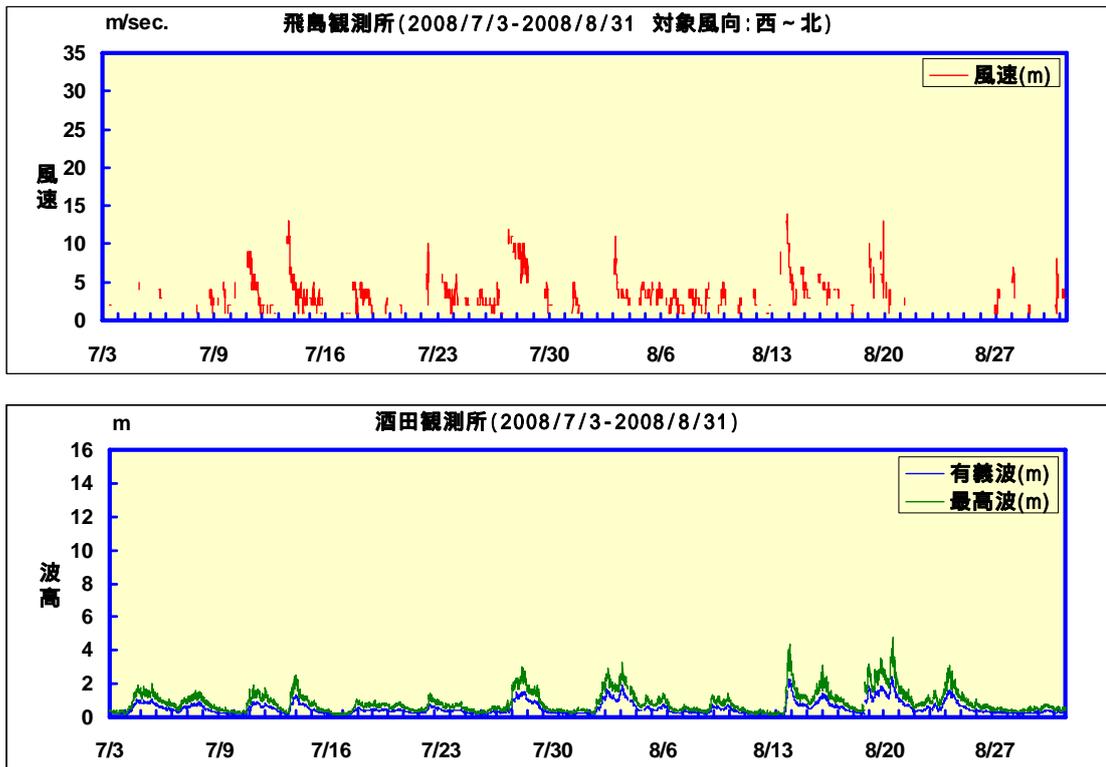


図 4.3-14(4) 風速（西～北のみ）及び波高の時系列（第5～6回調査）

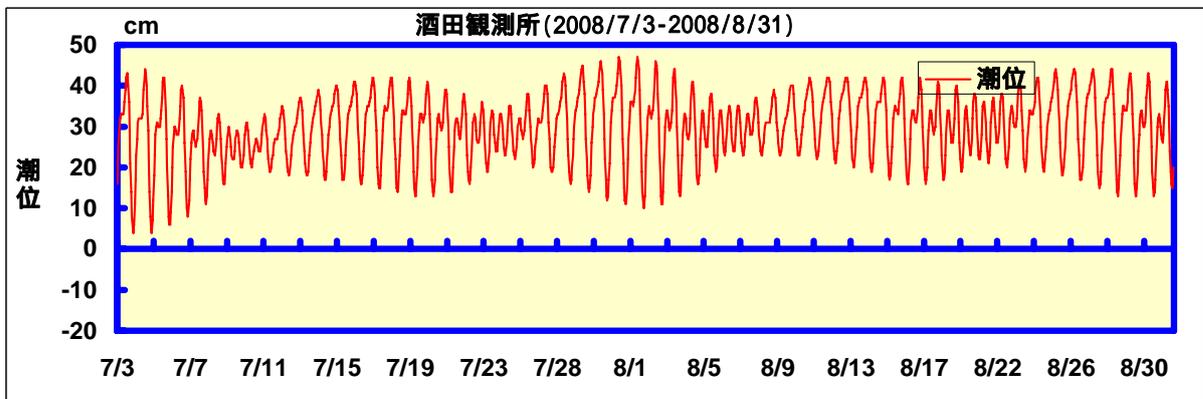
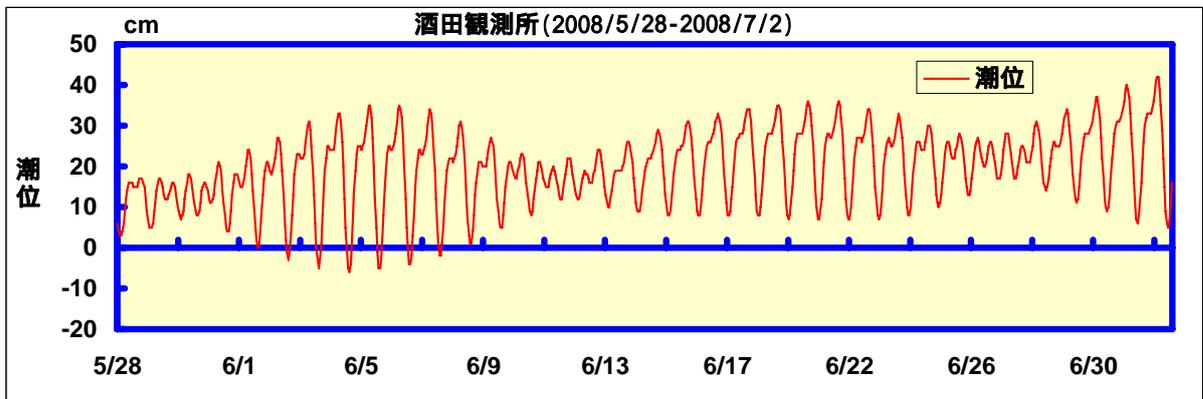
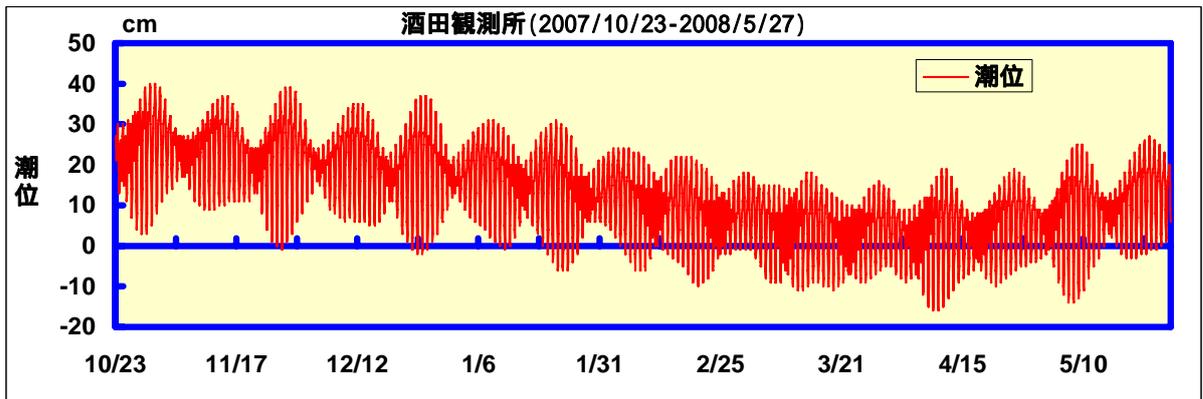
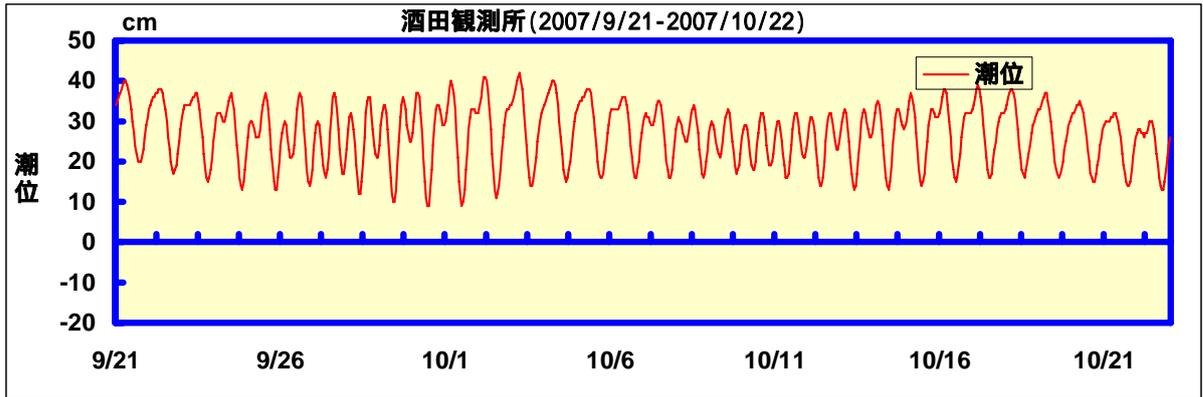


図 4.3-15 各クリーンアップ調査期間の潮位の時間変動

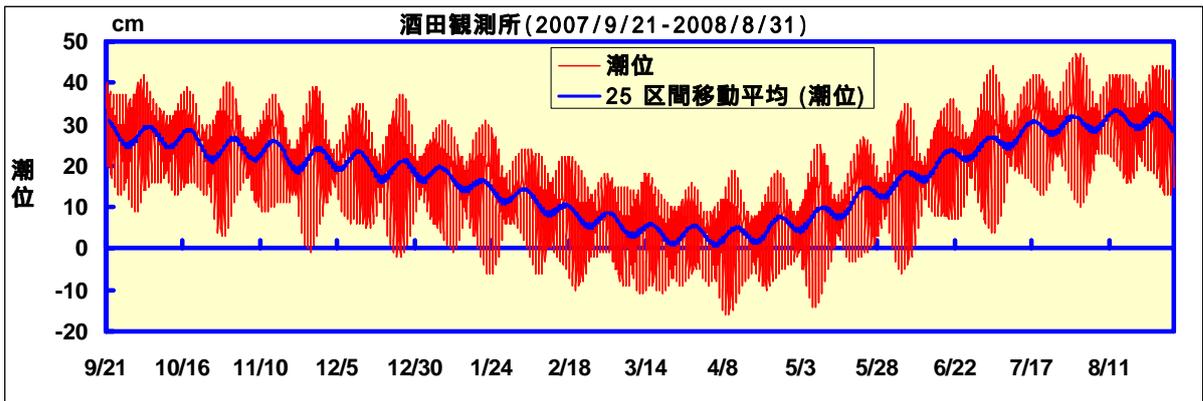


図 4.3-16 潮位の時系列 (クリーンアップ調査期間)

## (2) 対馬暖流の変動との関連性の検討

対馬暖流の時間変動とゴミの量の関連を調べるために、海上保安庁発行の海洋速報から、調査期間について1週間ごとに日本近海の流れの状況を図4.3-18に示す。飛島以西の対馬暖流の時間変動は、次のようである。対馬暖流第一分枝流と考えられる日本沿岸に沿う流れは、石川県以西で時間的な消長が見られるが、新潟県以北では顕著に見られることはない。飛島の沖には対馬暖流第三分枝流と思われる流れがあるが、飛島との距離は離れている。第1回調査終了後の2007年9月26日～10月3日の期間は、飛島沖の第三分枝流は日本沿岸に比較的近く直線流路で流れているが、第2回調査前の2007年10月17日には、一部流路が不明瞭になっている。第2回調査以降の2007年10月24日以降は、第三分枝流の流路は蛇行しており、飛島との距離は離れている。2008年3月5日以降、再び日本沿岸に近く流路が直線的となることや、流路が不明瞭になることがあるが、2008年4月以降から第4回調査(2008年5月)までの期間は、流路は直線的で日本沿岸に比較的近い。第4～5回調査(2008年5～7月)の間には、2008年6月18日や2008年6月25日の図のように、飛島沖で別の流れが合流する様子が見られる。第5～6回調査(2008年7～9月)の期間は、飛島沖の第三分枝流は日本沿岸に比較的近く直線流路で流れている。

この変動と図4.3-17に示したゴミの量の変動を比較すると、第2回調査(2007年10月)と第4回調査(2008年5月)のゴミの量の違いは、各調査前の経過時間に約4倍の開きがあるのに対し、ゴミの量は第2回調査(2007年10月)が若干多くなっており、経過日数の開きとゴミの量に関連性は認められない。この変動に対して、第1～6回調査(2007年9月～2008年9月)の間の流れは、日本近海の海流の時間変動が激しく、ゴミの量の変動と直接関連付けることは困難である。このように、飛島の本調査期間については、海洋速報から読み取れる流れの変動とゴミの量の変動との関係は明確ではなかった。

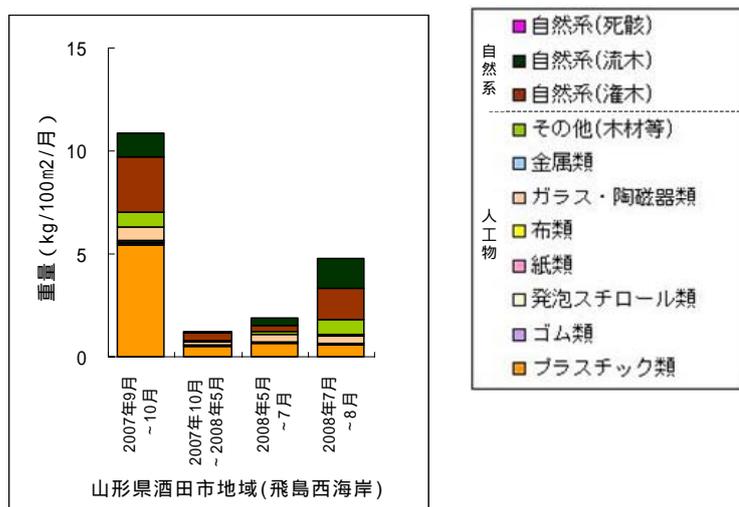


図 4.3-17 共通調査における漂着ゴミの重量の推移

(第2～6回調査、人工物+流木・灌木)

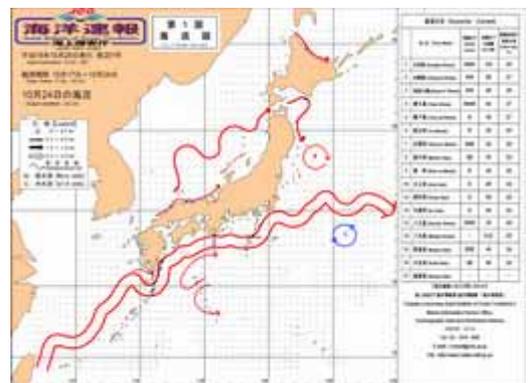
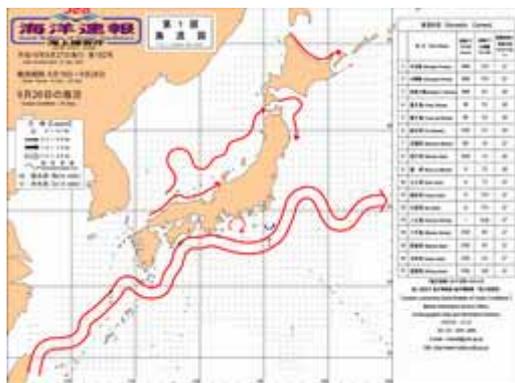
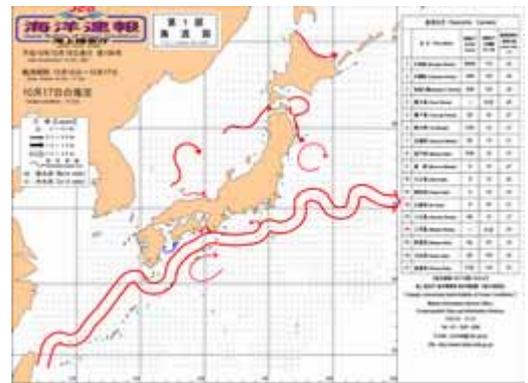
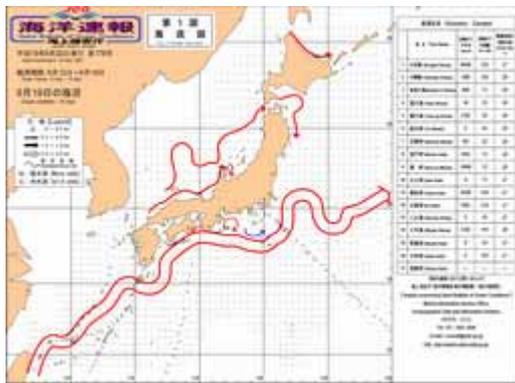
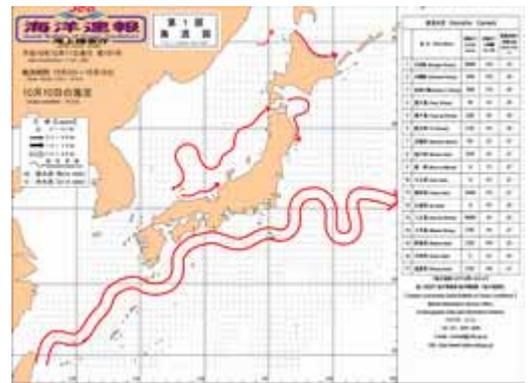
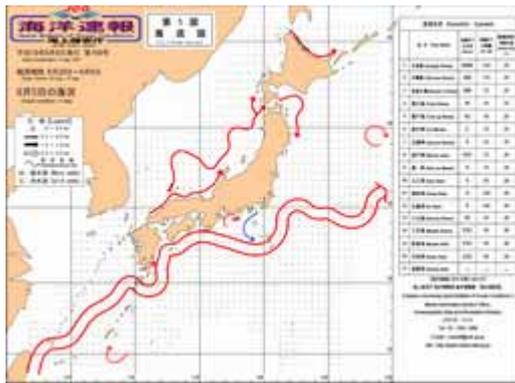


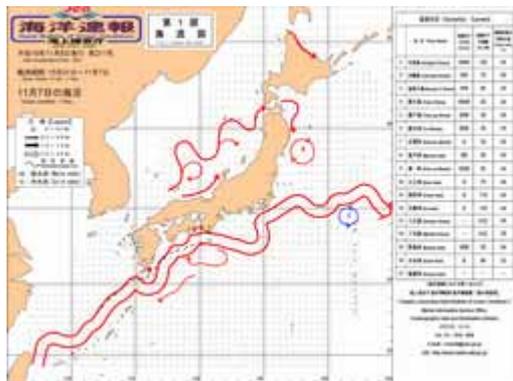
図 4.3-18(1) 日本近海の流れの時間変動



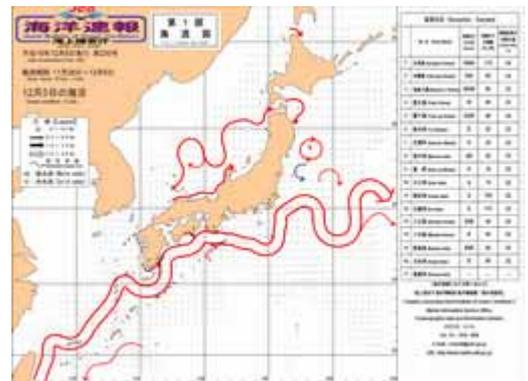
2007年10月31日



2007年11月28日



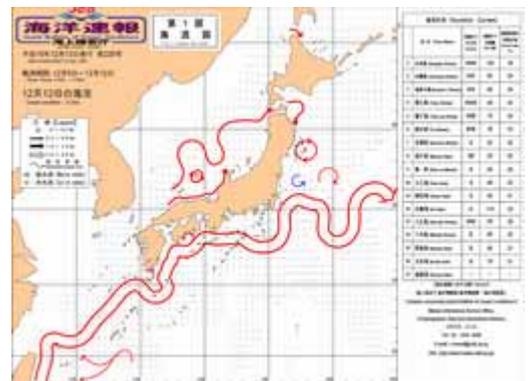
2007年11月7日



2007年12月5日



2007年11月14日



2007年12月12日

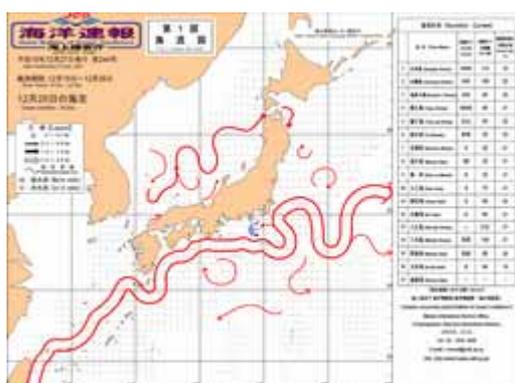


2007年11月21日



2007年12月19日

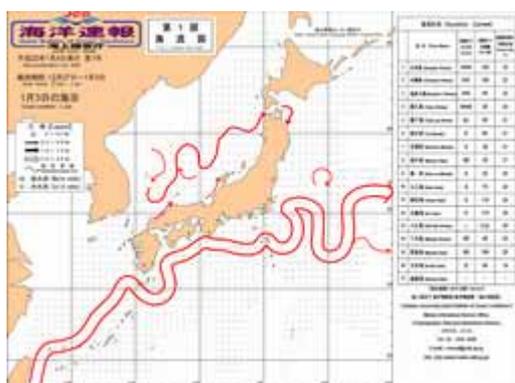
図 4.3-18(2) 日本近海の流れの時間変動



2007年12月26日



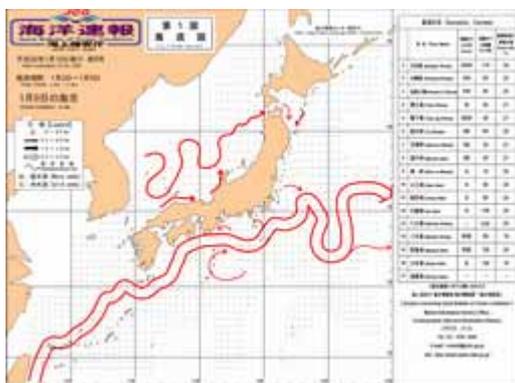
2008年1月23日



2008年1月3日



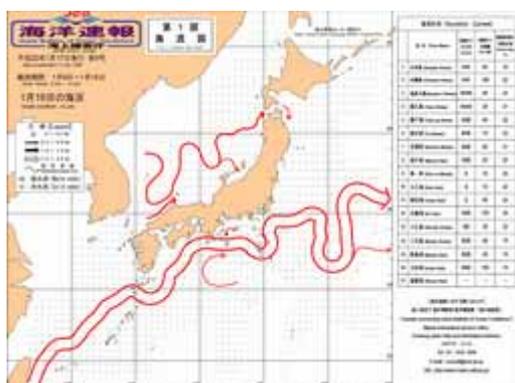
2008年1月30日



2008年1月9日



2008年2月6日

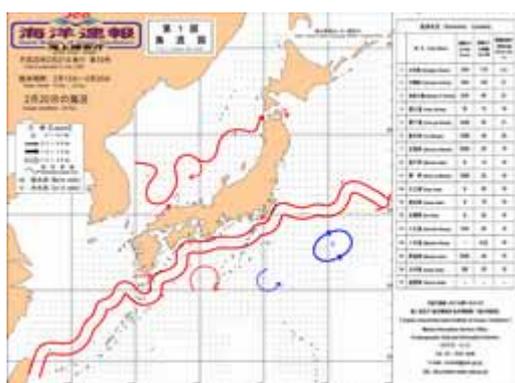


2008年1月16日



2008年2月13日

図 4.3-18(3) 日本近海の海流の時間変動



2008年2月20日



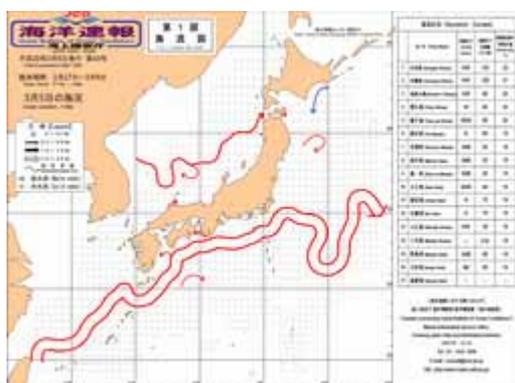
2008年3月20日



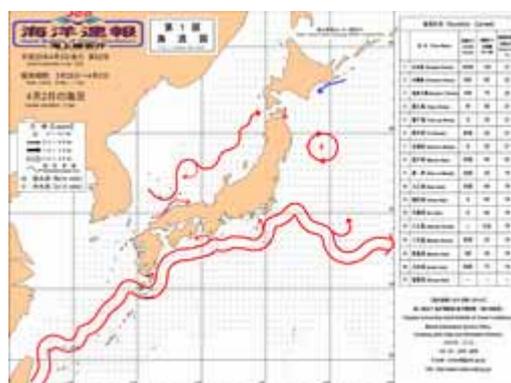
2008年2月27日



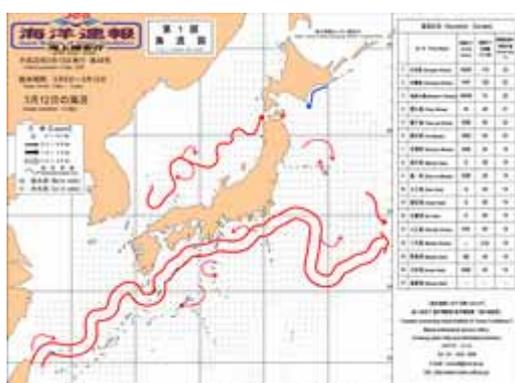
2008年3月26日



2008年3月5日



2008年4月2日

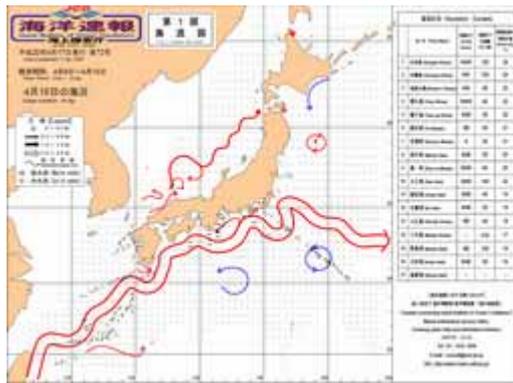


2008年3月12日



2008年4月9日

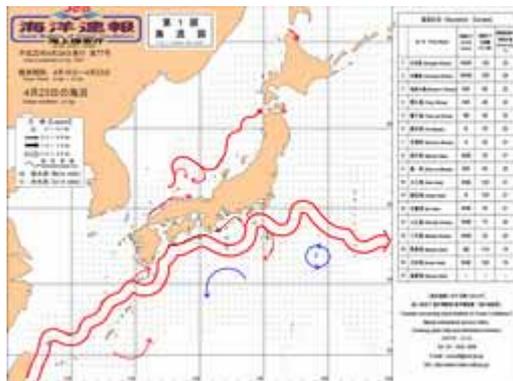
図 4.3-18(4) 日本近海の海流の時間変動



2008年4月16日



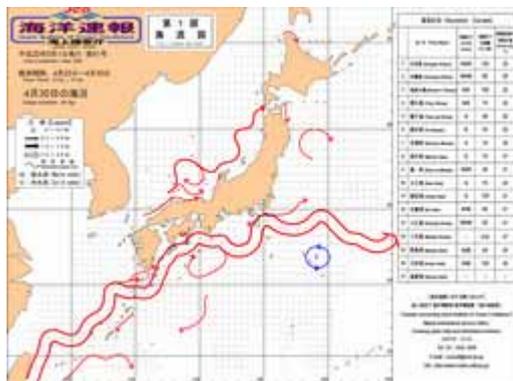
2008年5月14日



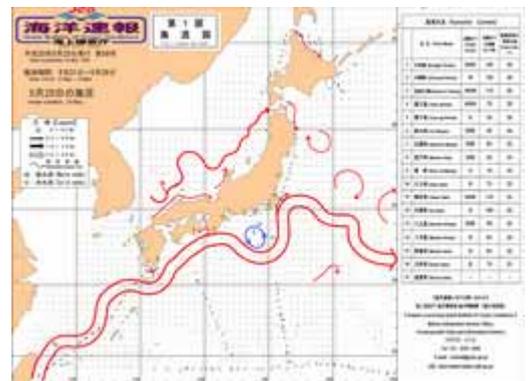
2008年4月23日



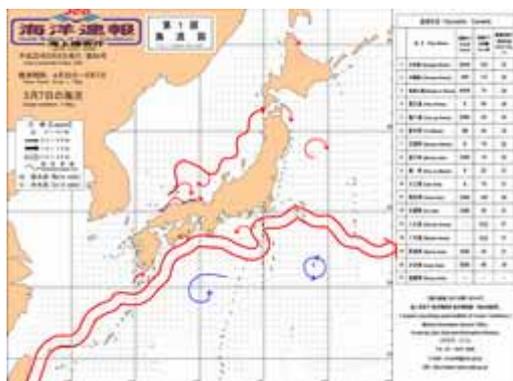
2008年5月21日



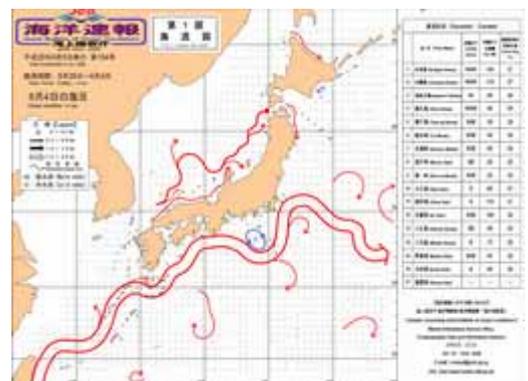
2008年4月30日



2008年5月28日

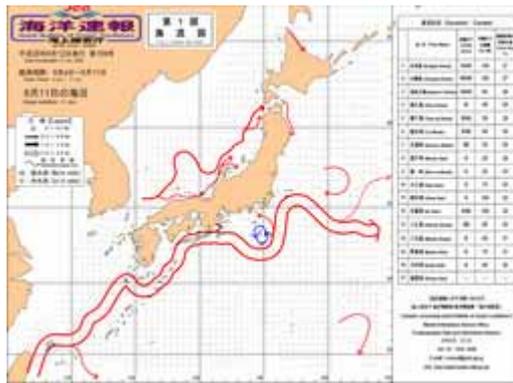


2008年5月7日

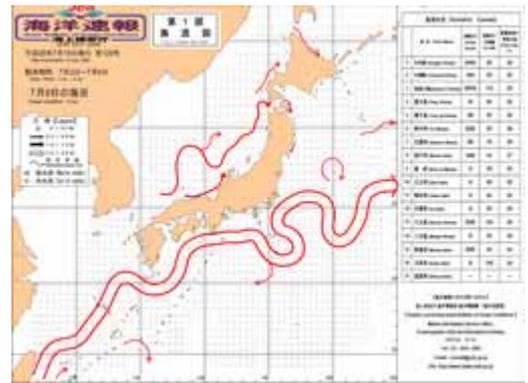


2008年6月4日

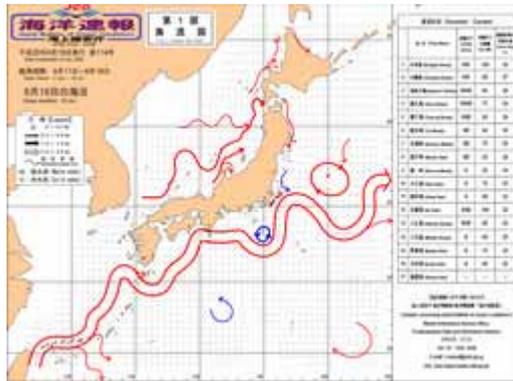
図 4.3-18(5) 日本近海の流れの時間変動



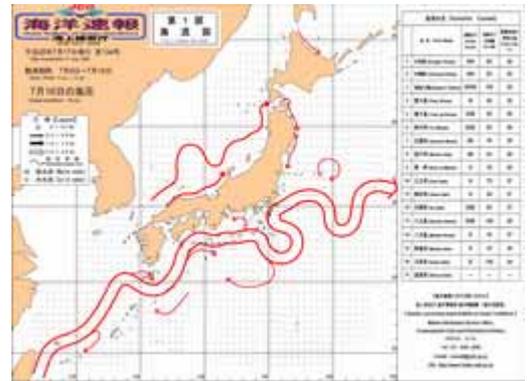
2008年6月11日



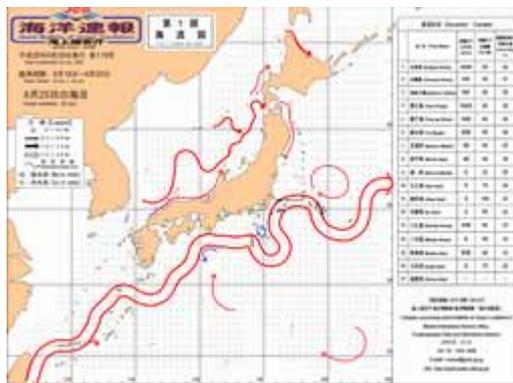
2008年7月9日



2008年6月18日



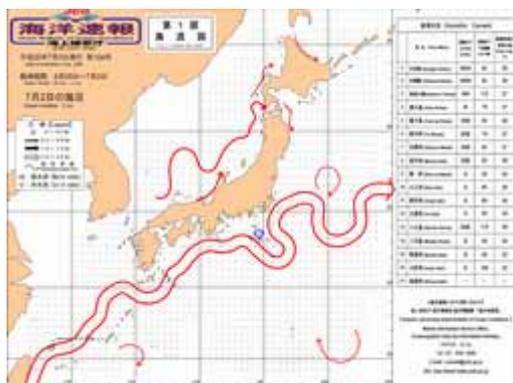
2008年7月16日



2008年6月25日



2008年7月23日



2008年7月2日



2008年7月30日

図 4.3-18(6) 日本近海の流れの時間変動

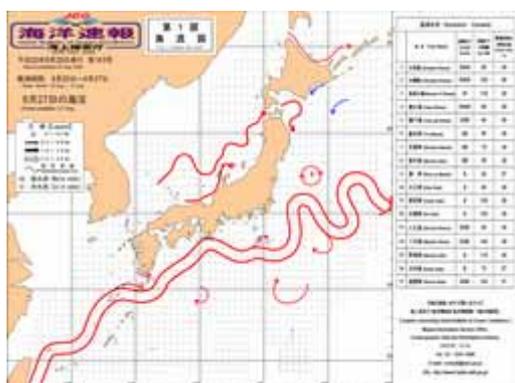
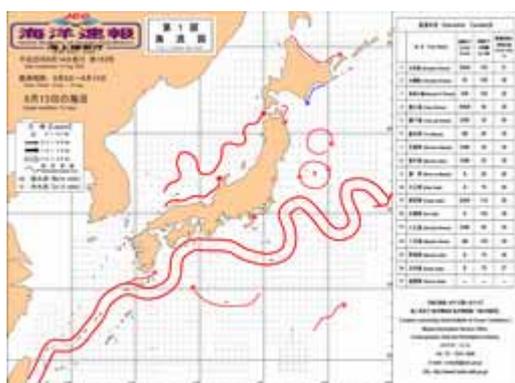
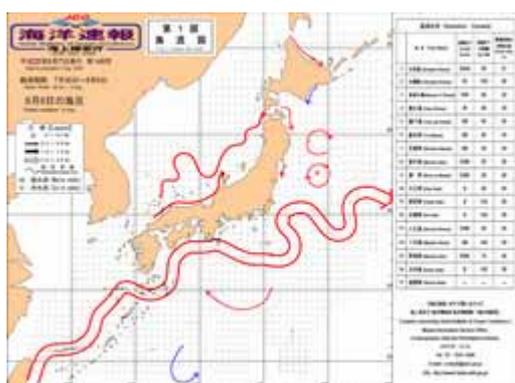


図 4.3-18(7) 日本近海の流れの時間変動