

2010 年度 修 士 論 文

東京湾における漂着ごみの挙動に関する研究
Research on movements of drifting waste in Tokyo Bay

岡 本 裕 弥
Okamoto, Yuya

東京大学大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻

目次

1. 序論	3
1.1. 研究背景	3
1.2. 現状の把握	5
1.3. 既往の研究	8
1.4. 研究目的	8
1.5. 研究手順	8
2. 漂流ゴミに与える影響因子の特定	9
2.1. ブイによる挙動の観測	9
2.1.1. 概要	9
2.1.2. GPS 装置による練習	9
2.1.3. ブイの作成	12
2.1.4. ブイの動作確認	15
2.1.5. ブイによる観測(1回目)	17
2.1.6. 結果(1回目)	19
2.1.7. ブイによる観測(2回目)	26
2.1.8. 結果(2回目)	26
2.2. WESTech model による数値計算	34
2.2.1. WESTech model の概要	34
2.2.2. 計算結果と観測したブイの結果の比較	34
2.2.3. 考察	37
2.3. まとめ	47

3. ごみの漂着地の特定	48
3.1. 概要	48
3.2. 検証	50
3.3. ごみの種類の追加	53
3.4. 季節による気象特性	55
3.4.1. 季節風について	55
3.4.2. 季節別の挙動	58
3.4.3. 結果（季節の特性）	59
3.4.4. 季節別一年分の漂着地点の算出	74
3.4.5. 結果（通年）	75
3.5. まとめ	85
4. 結論	86
4.1. 考察	86
4.2. 今後の課題	87
参考文献	88
謝辞	89

第 1 章 序論

1.1 研究背景

近年、海域の漂流・漂着ごみによる環境問題が深刻化しており、漂着ゴミの法制定がなされたほどである。(2009年 海岸漂着物処理推進法：ゴミ処理にあたる自治体への財政支援、ゴミの排出元と考えられる関係諸国への協力要請、不法投棄防止に向けた啓発活動の強化等が盛り込まれている。)

具体的な海域における問題として、海浜景観の悪化、消波ブロックなどの海岸保全施設の機能低下、漁業活動への影響、生態系の破壊、注射針などの危険物による被害、船の往来の妨げ等様々挙げられる。これらは、四方を海に囲まれた我が国にとっては特に大きな問題である。また、現代社会における大量生産・大量消費・大量廃棄という構造がこれらの問題をさらに加速させている。図 1.1、図 1.2 に例を示す。

対策として、国土交通省、海岸管理者、地方公共団体、市民ボランティア及び NPO 等により、清掃活動や回収船による回収作業や啓蒙活動が行われているものの、依然として多量のゴミが海域に残されているのが現状である。特に、漂着ごみの発生源は国内にとどまらず、近隣諸国も含まれており国際的な問題となっている。(国境を越えて流れてきたごみについては、流れ着いたごみのラベルによる調査が行われている。)

前述したごみそのものの問題に加えて、回収についても複数の問題がある。例えば、発生場所の特定が出来ないため漂着した自治体が費用を負担しなければならないことや、回収したごみの多くが多量の海水を含んでいたり汚れがひどいためリサイクルに回すことが出来ないことなどがある。また、海のごみは漂流してきたごみという特性故に、比重の小さいものが多くあるということがある。重量に対して体積が大きいため、回収輸送コスト及び回収効率の面で大きく影響を与えており空気を運んでいるようなものだという意見もあるほどである。重機による回収作業も行われているが、漂流の過程で細かくなったごみも多いことや分別も必要なため人手は不可欠である。これは回収への負担をかけると同時に作業効率は人手で決まるといっても過言ではない。しかし、大規模な回収作業になるほどボランティアによる回収が中心となるため、継続的な人材の確保が難しい状況となっている。



図 1.1 漂着ごみに覆われた砂浜



図 1.2 ボトルキャップを巣とするやどかり

主な発生源として、海岸を含めて海上で投棄されたものがほとんどだろうと思われがちであるが、実際は陸起源が 8 割であるということが確認されている。陸起源とは、具体的には街や道路、工場などで捨てられたごみが雨や風により側溝に流入、その後川へたどり着き、海へ流れ出るといった経路である。(図 1.3)

漂着ごみを減らすためには回収上の問題以前に、ごみを発生させないという国民の意識が重要であることはいうまでもない。それゆえ、法対策や啓蒙活動の積み重ねによる発生抑制対策がごみを減らすことへの最大の糸口であろう。

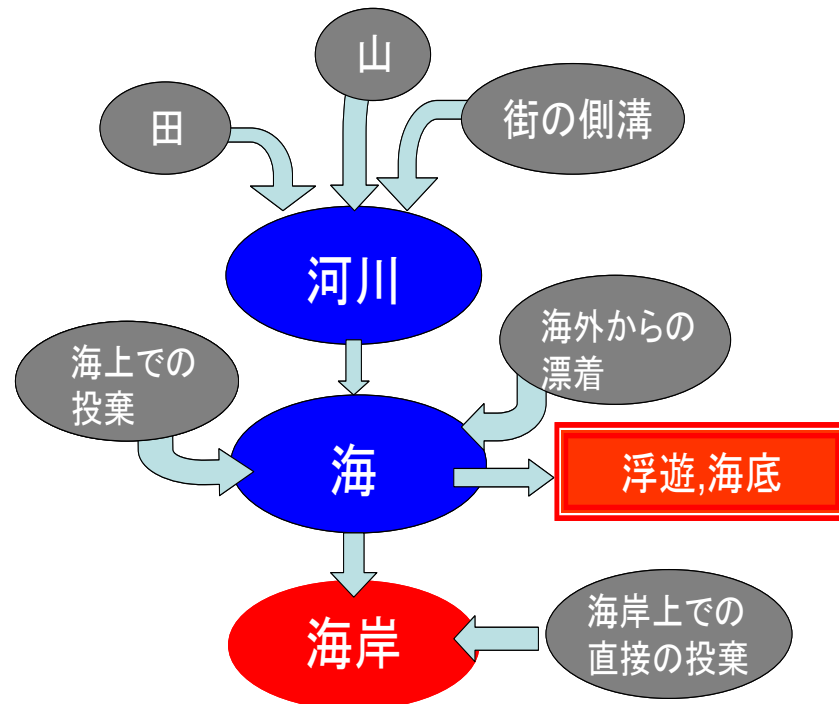


図 1.3 漂着ごみの発生から漂着までの経路

1.2 現状の把握

ここで、ごみの現状について説明する。

東京湾船橋三番瀬海浜公園のごみ拾いイベント参加の際、参加者のご協力の下、海岸10m四方でのごみの回収、分類調査を2箇所で行った。発泡スチロール片、ペットボトル、ビニール袋、漁具などが回収された。約0.04m³の容量で、個数の内訳は以下のとおりであった。

ただし前回の清掃時期が不明なため、これらのごみがどれだけの期間で溜まったものかはわからない。

- ・ プラスチック片 ; 51 個
- ・ タバコ ; 22 個
- ・ プラスチック容器 ; 16 個
- ・ キャップ ; 8 個
- ・ ビニール袋やビニール紐 ; 8 個
- ・ ロープ片 ; 2 個

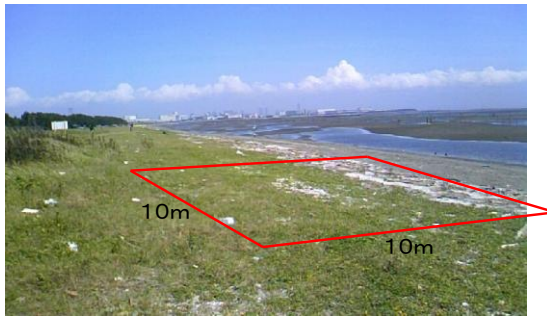


図 1.4 三番瀬の海岸



図 1.5 10m 四方で回収したごみ

また、東京湾袖ヶ浦海浜公園にて台風前後の現場を観測した。消波ブロックが約 500m ほどに続くこの護岸は消波ブロックの特徴的な形状故に通常字でもごみが溜まりやすい護岸である。図 1.6、図 1.7 は 2009 年 9 月の台風通過前後の写真を示している。図 1.6 は台風が通過前(3 日前)、図 1.7 は台風通過後(1 日後)のものである。



図 1.6 台風通過前

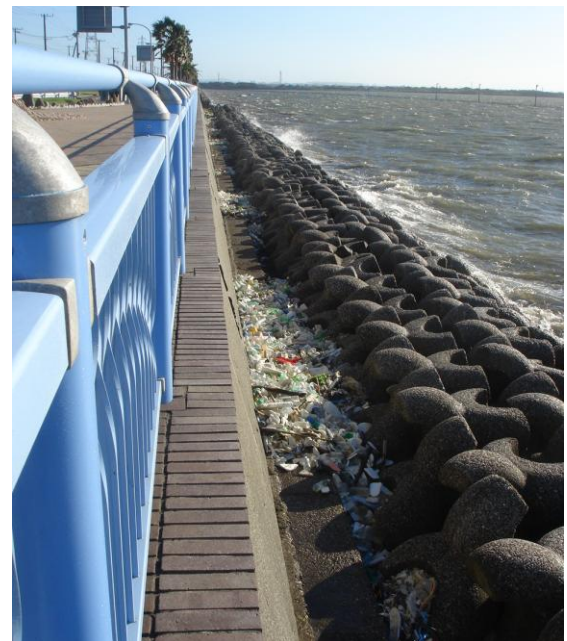


図 1.7 風通過後

写真のアングルが少し異なるためわかりにくいですが、通過後にごみの量が大きく増えていた。種類は発泡スチロールやペットボトルがほとんどを占めている。このように消波ブロックの裏に回りこんでしまったごみは人に回収させるまでほとんど動かない。この場所は釣り人が行き来することもあり大変危険で不衛生である。また、消波ブロックの空隙の内部にもごみが無数に入り込んでいるため機能を損ねている。このように、海岸の機能向上

のために設置された施設が一方でごみのトラップになり機能低下を招いている現状も非常に多く、その代表的なものとして消波ブロックが挙げられる。

次に漂着ごみの種類に関して述べる。図 1.8 は 2008 年に日本で回収された漂着ごみの種類の割合（個数）に関するグラフである。プラスチック類が最も多く次いで発泡スチロール、タバコと続いている。なおプラスチック類にはペットボトルも含まれており、4 番目のビニール袋を含めて生活系のごみが多いことがわかる。城南島等の東京湾内でのごみ拾いイベントに何度か参加しヒアリング調査を行ったが、どの場所でも関係者の方は実際に拾うごみもプラスチック類や発泡スチロールが多くを占めているという意見であった。

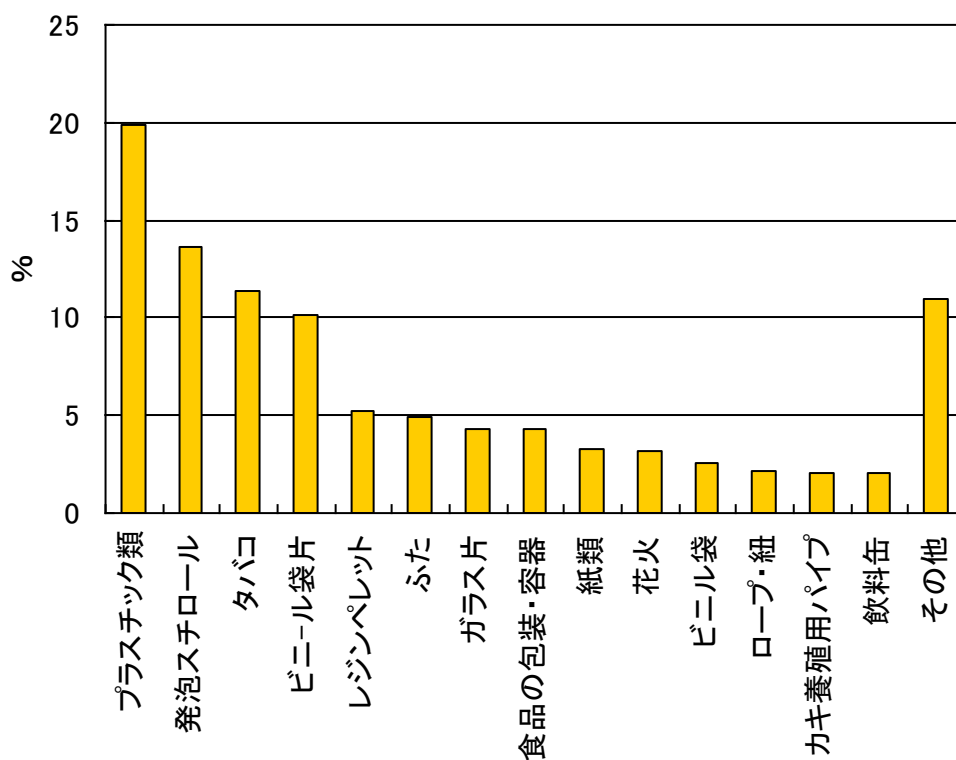


図 1.8 回収種類別割合(出典;国土交通省)

1.3 既往の研究

ごみの挙動解明に関しては、瀬賀ら（2007）による海岸へのごみの漂着状況に基づいた調査や、山田ら（2007）によるブイを用いた観測によるものなどがある。しかし、自然現象により様々な影響因子が絡み合う海上浮遊物の挙動は複雑であり、未だ難しい。人が生活する上で切り離すことの出来ない身近なものであり、特に環境問題が世界的な問題となっている昨今、挙動解明のための新たな手法の開発や調査は急務の課題である。

1.4 研究目的

大多数の漂流・漂着ゴミがその発生源について明らかではない。本研究では発生源での対策や、回収率の効率化に貢献するため、漂流ゴミの挙動を調査し、その結果得られたごみの漂流に対する影響因子を用いて、数値計算による漂着ゴミ挙動の漂着場所予測のアプリケーションを作ることを目的とする。

1.5 研究手順

本研究における研究の手順を図 1.4 に示す。

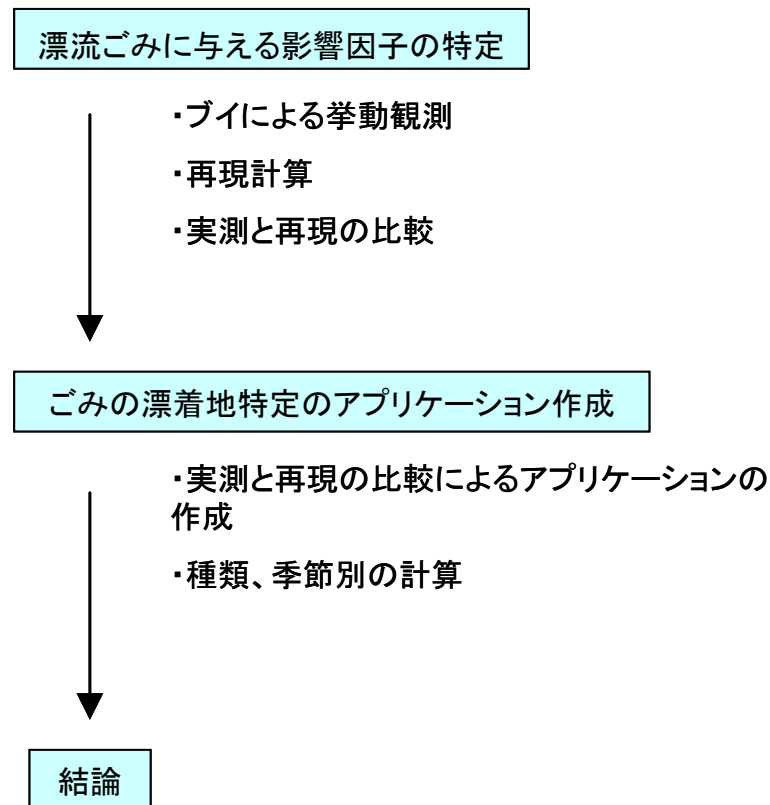


図 1.3 研究フロー

第2章 漂流ごみに与える影響因子の特定

2.1 ブイによる挙動の観測

2.1.1 概要

漂流ごみの挙動における影響因子特定を目的として、東京湾を例として自作のブイを用いた観測を行う。

ブイにはペットボトルを想定したボトルを用いる。ボトルには GPS 機能を搭載した携帯電話を入れ、東京湾内の河口より投入する。携帯電話からリアルタイムに発信される位置情報を受信し続けることによりブイの軌跡を辿る。ブイの位置情報取得までのフローを以下に示す。

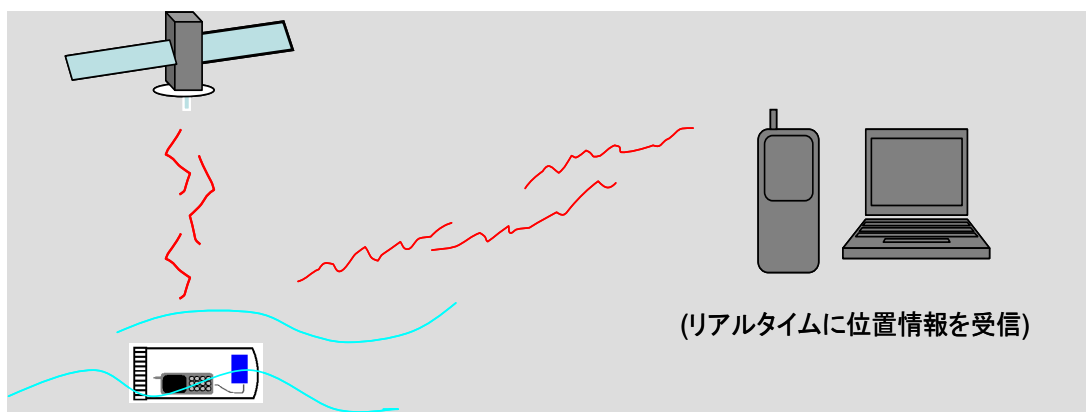


図 2.1 位置情報取得までのフロー

2.1.2 GPS 装置による練習

(1) 概要

実際のブイの作成前に大まかな概要および問題点を把握するための練習として、ブイから数百メートルの範囲で位置情報を計測することが出来るハンディ GPS での観測を行った。



図 2.2 ハンディ GPS 受信機の例

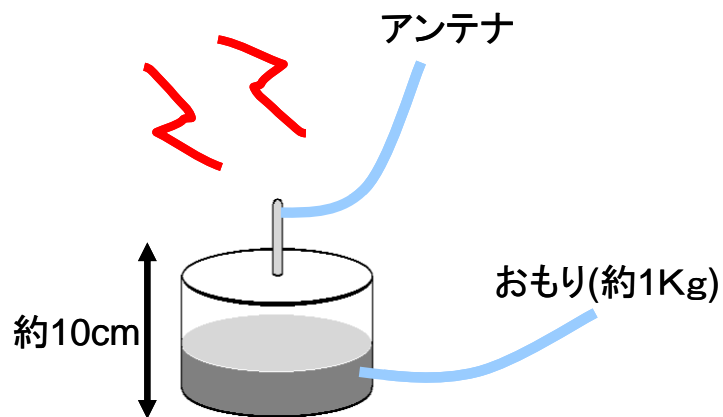


図 2.3 練習に使用したブイ

(2) 観測及び結果

千葉県船橋市内の三番瀬を観測場所とした。なお、本計測器の都合上、ゴムボート上で追跡しながら観測を行った。図 2.6 に結果を示す。ブイは 5 時間 35 分の起動時間中に、約 1945m の距離を北上するように移動した。

当日は風が強かったこともあるが、ブイの動きは風による影響が大きいことがわかった。また、護岸付近では極端に速度が落ちることもわかった。



図 2.4 使用したゴムボート

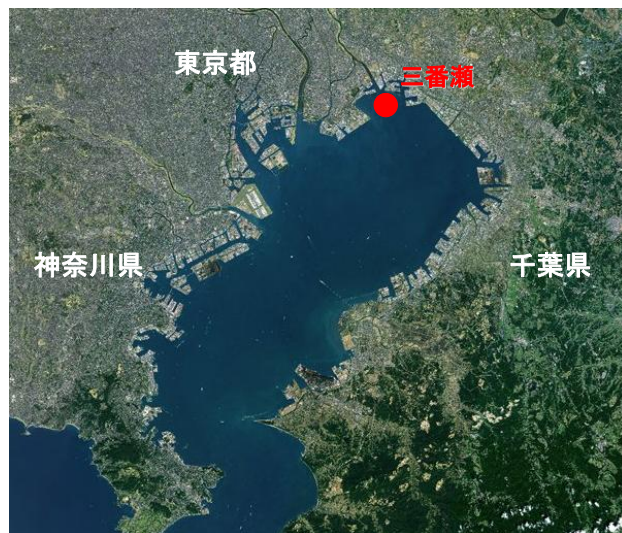


図 2.5 三番瀬

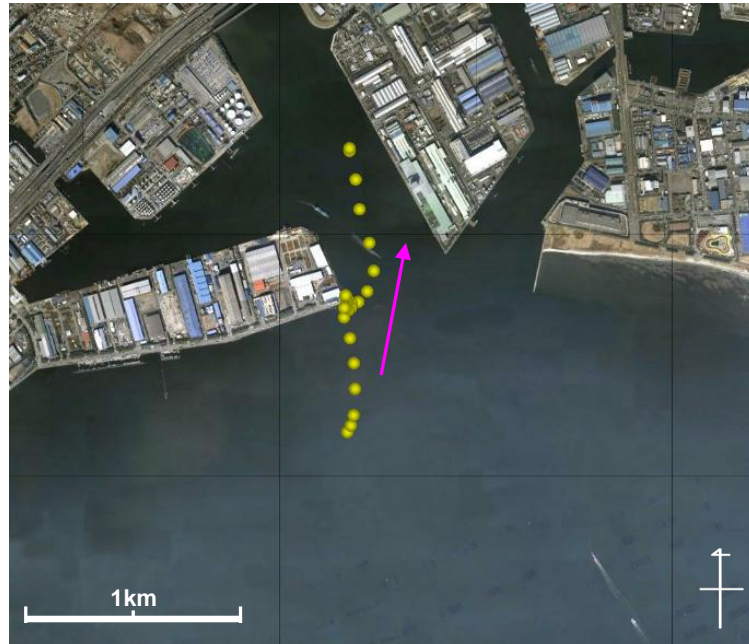


図 2.6 練習ブイの動き

2.1.3 ブイの作成

ブイは全部で5台作成した。ボトルには245mm×120mmのポリプロピレン製容器（図2.7）を用い、携帯電話にはNTTdocomoのSA800i 5台（図2.8）を用いた。なお、位置情報の受信には携帯電話を使用する以外の方法も考えられるが、本研究では位置情報の発信受信機能の利便性、コスト面、出来る限り小さい形状にしたい等の理由から携帯電話を採用した。



図 2.7 観測に用いた容器



図 2.8 観測に用いた携帯電話

また、回収までの時間を考慮し長期間の駆動を可能にさせるために、外部バッテリーとして、リチウムイオン一次電池 CR-V3 を使用し、約 10 日間駆動するようにした。そのほか、内部での衝撃吸収のための緩衝材、電池と携帯電話をつなぐために市販の携帯電話用補助バッテリー及び重量の調整のために粘土を入れて密閉した。なお、ボトルには回収のしやすさを考慮して網目状に細いロープを巻いている。

配線及び外観を下に示す。



図 2.9 携帯電話と外部バッテリーの接続



図 2.10 完成したブイ

位置情報の取得には NTTdocomo によるサービス（イマドコサーチ）を用いる。これは、GPS 機能を持った携帯電話の位置情報を、別の携帯電話またはパソコン上で受信できるオプションサービスで、5分毎、10分毎などのスケジュール設定により自動受信を可能としている。

実際のペットボトル漂着ごみには、空で密閉されたもの、密閉されていないもの、半分程度飲料が残っているもの、ほぼ飲料で満たされたものなどさまざまである（図 2.11）が、今回はその平均的な代表値として、容積の半分を飲料で満たされたペットボトルを想定して 2 リットルのペットボトルを重量 1kg となるよう調整している。（図 2.12）



図 2.11 半分程度飲料の残った漂着ペットボトル



図 2.12 水槽内に浮かべたブイ

2.1.4 ブイの動作確認

作成したブイの動作確認のために陸上及び海上にて測定を行った。

まず陸上での動作確認を東京大学柏キャンパスにて行った。建物の下などでは 10m ほどの誤差を示したものの建物から離れた場所であれば誤差は大きくても 2, 3 メートルであり、実験の都合上問題ないことが確認された。

次に、千葉県の水質調査船「きよすみ（図 2.13）」による水質観測に同乗させていただき、東京湾海上での動作確認及び耐水試験を行った。きよすみは千葉港を出発し、東京湾北部を一周した。図 2.14 はきよすみに搭載された GPS 受信機による位置情報と、ブイの位置情報を重ねて示したものである。水色の実線は数秒ごとに観測されたきよすみの位置情報、白い点は 5 分毎のブイの位置情報を示している。ブイと船の位置情報はほぼ一致しており、問題ないことが確認された。また、船が水質の観測地点にて停止している間は、図 2.15 のようにロープでブイを水面に浮かべるようにして位置情報の観測及び耐水実験を行った。これらについても海水が入ってしまうなどといった問題も特に見られず、実験の都合上問題なく観測できることが確認された。



図 2.13 千葉県の水質調査船きよすみ

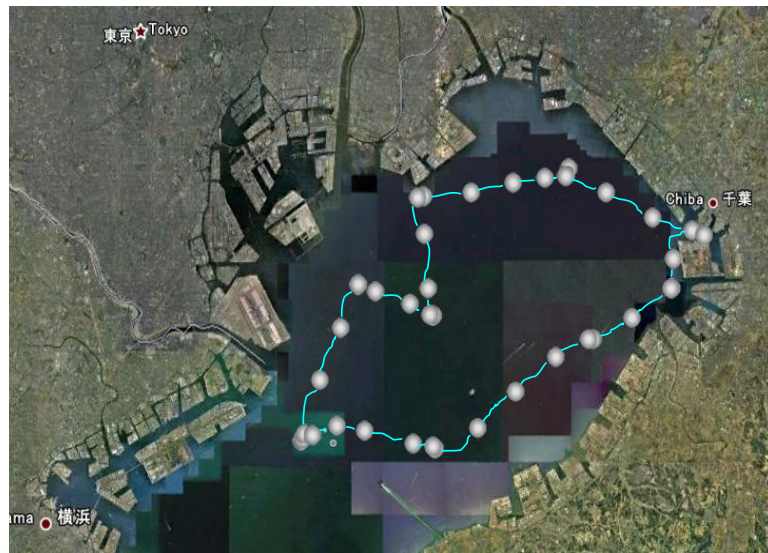


図 2.14 船とブイの位置情報の比較

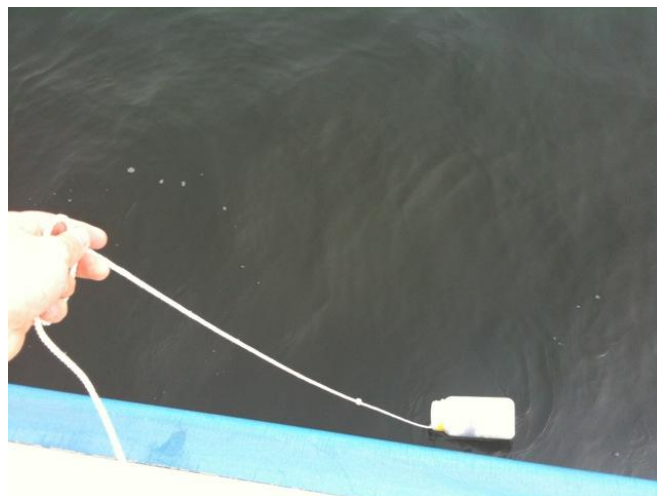


図 2.15 耐水試験

2.1.5 ブイによる観測（1回目）

2010年10月27日に1回目のブイによる観測を行った。観測（ブイの投入）場所は、東京湾内の荒川（東京都）、多摩川（東京都及び神奈川県）、鶴見川（神奈川県）、花見川（千葉県）の4河口とした。これらは、河川からのごみの特性を考慮し、流域人口の多い河川ほどごみの流入が多いという理由で選んでいる。それぞれの位置は図2.16に示すとおりである。



図 2.16 観測場所

なお、東京湾内での挙動観測という都合上、投入直後の岸への漂着を防ぐために、全ての河川において河口に最も近い橋の中心から投入した。なおそれぞれの橋は、荒川湾岸橋（荒川）、大師橋（多摩川）、鶴見大橋（鶴見川）、美浜大橋（花見川）である。一例として花見川河口の美浜大橋を図2.17及び図2.18に示す。河口に面したこの橋の中心である赤い位置からブイを投入した。

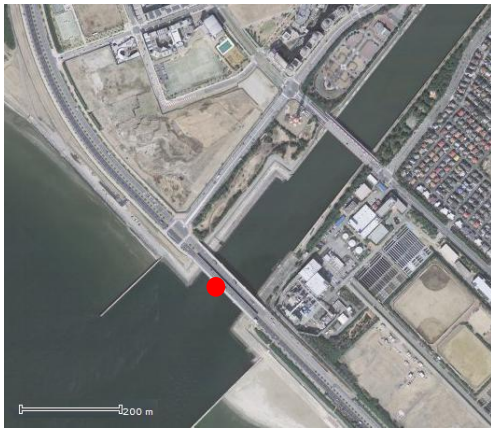


図 2.17 花見川河口



図 2.18 美浜大橋全景

これら全4河口より2010年10月27日午前9時に同時にブイを投入した。なお、1河口につき1つのブイ（計4つ）を使用している。また、この投入時刻は当日の満潮時直後を選んでいる。

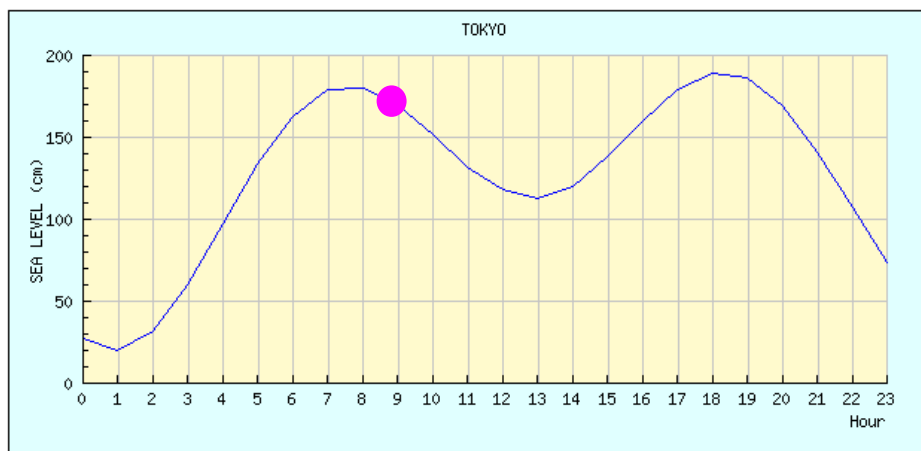


図 2.19 2010年10月27日の潮位表

2.1.6 結果（1回目）

全4つのブイの結果をそれぞれ示す。

【荒川】

河口に沿って直進し、東京湾内へ出たものの、放流から3時間ほど経った頃徐々に南西方向へ進み、そのまま東京都中央防波堤へ漂着した。護岸形状は消波ブロックである。また施設の護岸であるため、回収の確認を取ったが都合上内部からの回収は不可能であるということで回収は断念した。

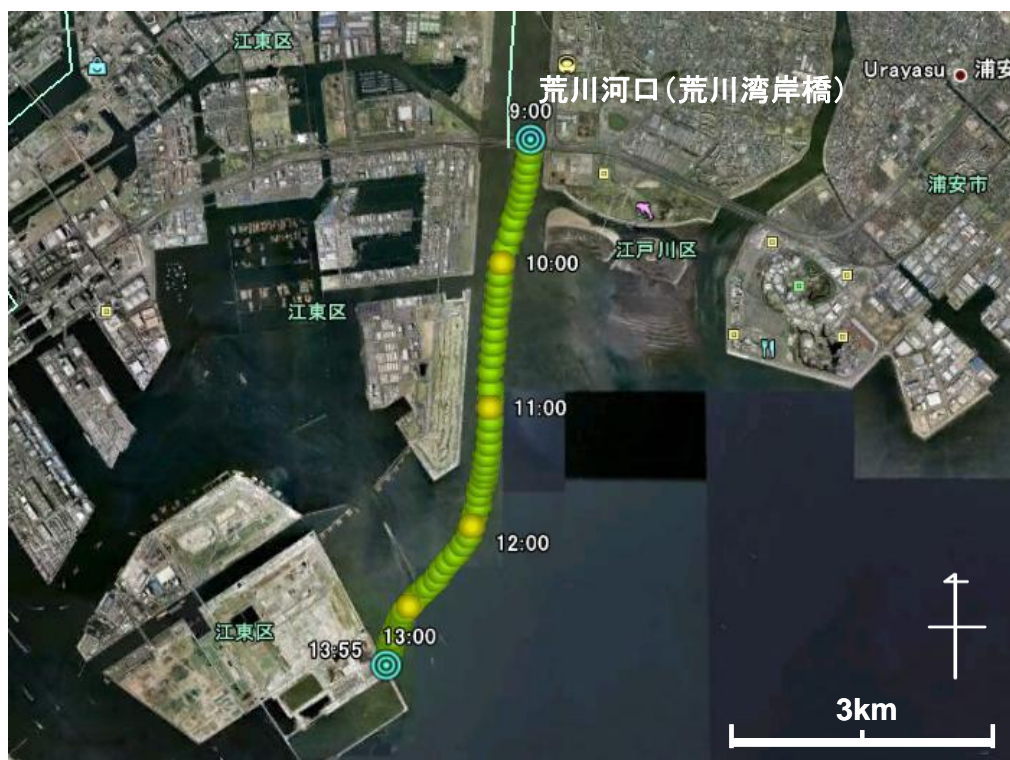


図 2.20 荒川のブイの挙動

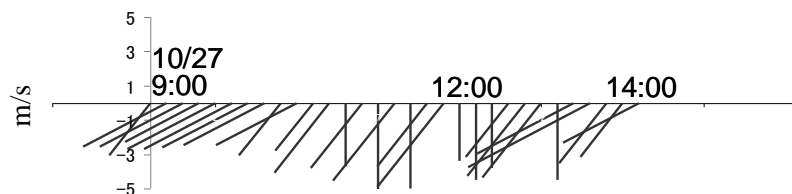


図 2.21 同時刻の江戸川の10分毎の風況

【多摩川】

川は図 2.22 の西から東へ流れている。放流直後から川の流れ方向に対して南にずれながら移動し、そのまますぐに葦が茂った水辺の岸に着いた。放流場所からの距離は 600m ほどである。東京湾内での動きを観測したかったため、川の流れにより再度動き出すことを期待したが、装置の電池が切れるまでの一週間ほど移動は見られなかった。

風況から判断して風により一気に流されたことがわかる。

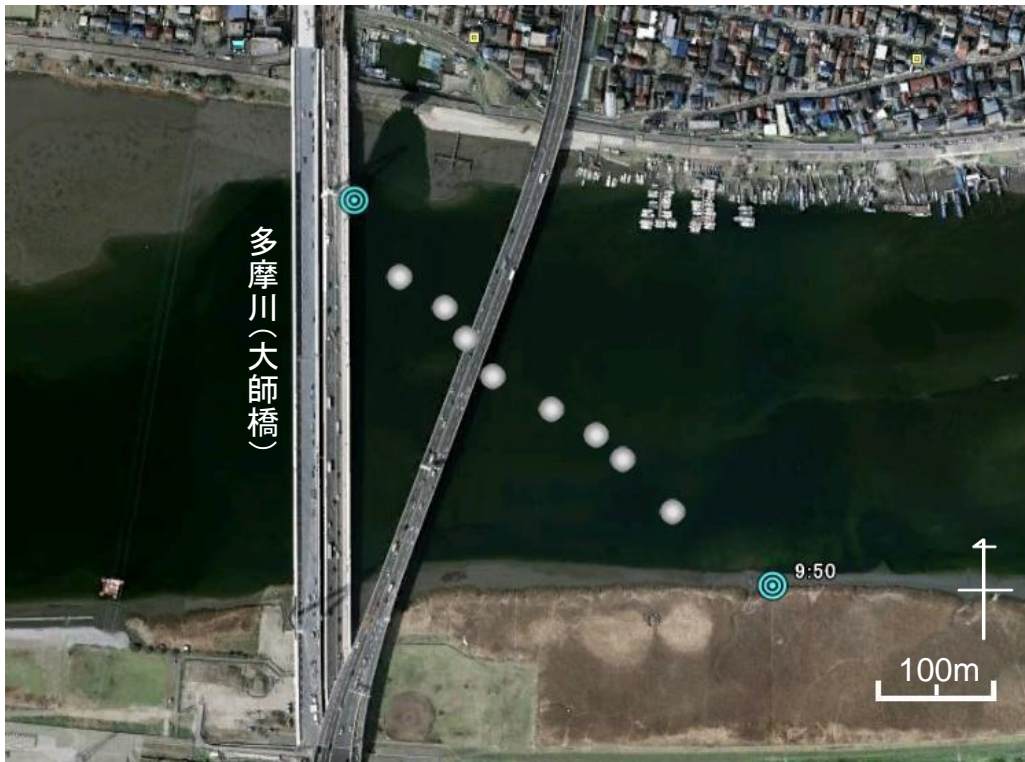


図 2.22 多摩川のブイの挙動

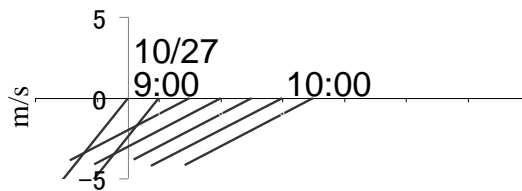


図 2.23 同時刻の羽田の 10 分毎の風況

【鶴見川】

9時～17時5分ごろ、横浜市山下公園内の船着き場へ漂着した。

約10kmの距離を8時間ほどかけて移動した。これまでの2つのブイのような挙動とは違い、護岸に直接引っかかることはなかったが、17時ごろこの船着き場へ入って以降は外部へ出る動きはせずこのまま20時間ほど停滞していたため漂着と判断した。

ブイの動きを詳しく見ると、図2.24に示すように川を出た後の地形は北東と南西の2方向に分かれている。風の状況から、観測中よりブイは南西の進路を取るであろうと予想していたが、実際の挙動も南西方向に進んだ。

漂着直前の挙動を図2.26に示す。なおブイは放流の翌日この場所で回収することができた。(図2.27)回収したブイの様子は砂や細かい枝が付着していたものの、特に流したときと変わりはない。しかし、実際に護岸に溜まっているペットボトルごみは傷みの激しい状態のものが多く、時間が経っていることがわかる。



図 2.24 鶴見川のブイの挙動

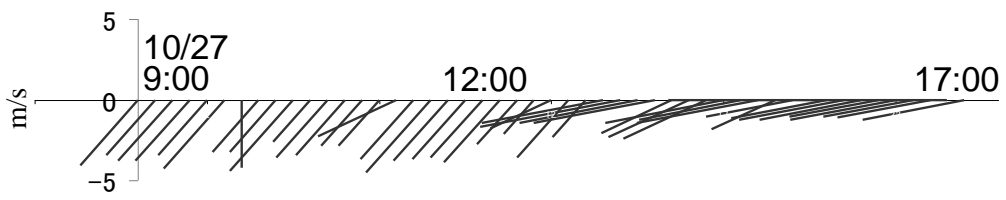


図 2.25 同時刻の横浜の 10 分毎の風況



図 2.26 漂着直前の挙動（山下公園）



図 2.27 回収したブイ

【花見川】

9時～翌日の11時45分ごろまで漂流し千葉県木更津市中島の砂が堆積した場所に漂着した。約30kmの距離を27時間ほどかけて東京湾を大きく移動した。

全体的に見ると放流後西に進み、南に進んだことがわかる。風況と比較すると、全体的に風の影響が大きいことがわかる。

また一時間ごとの間隔を見ると、23時ごろから広がっており、速度が速くなっていることがわかる。これは同時刻の北から南方向への風と下げ潮が重なったためだと予想される。

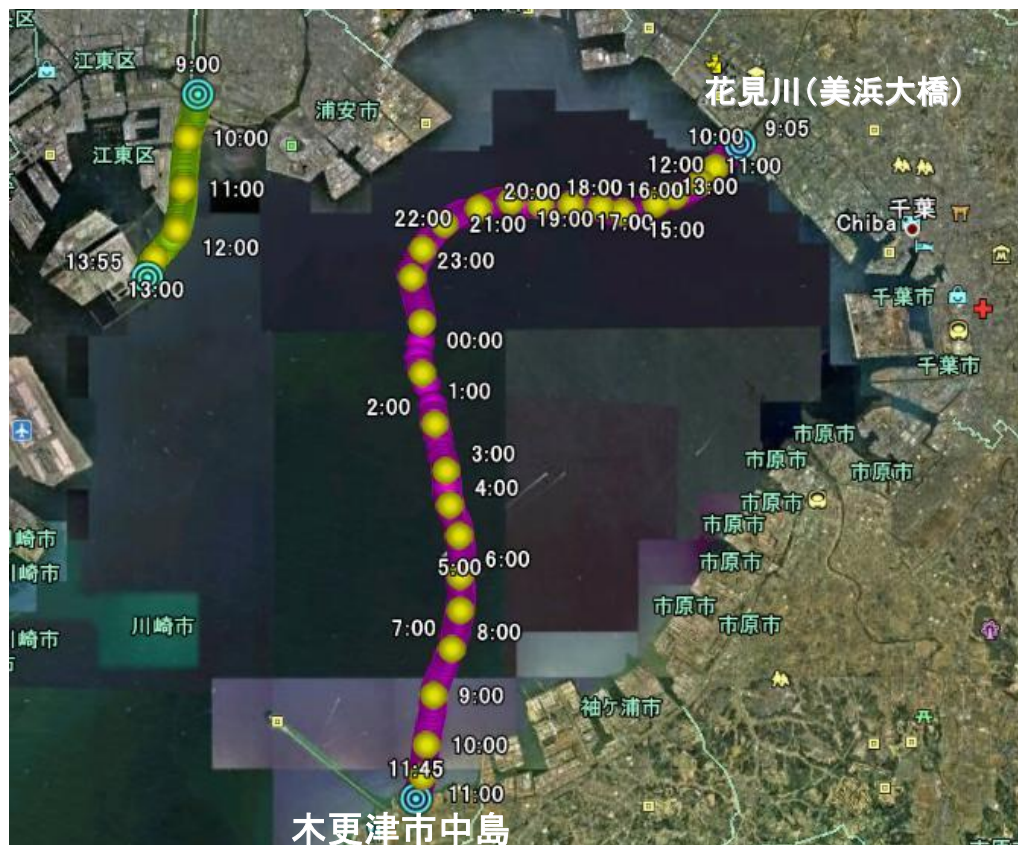


図 2.28 花見川のブイの挙動

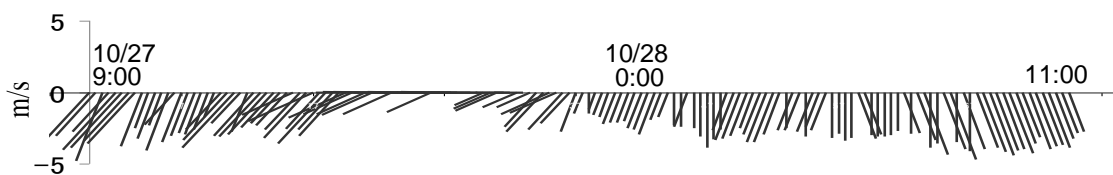


図 2.29 同時刻の千葉の10分毎の風況



図 2.30 回収した場所（図左の砂浜）



図 2.31 回収したブイ

【全体】

図 2.32 に 10 月 27 日に放流した全 4 つのブイの結果を示す。

全体を通して南西方向へ風の影響と思われる動きが見て取れ、風による影響が大きいことがわかる。また、どのブイに関しても岸に近づくにつれて次第に速度が落ち込み、漂着後は沖に出る動きはなかった。

特に回収できなかつたものについては、電源が切れるまで観測を行っていたが、どのブイも漂着を確認してから一週間ほど経っても動かなかつた。そのため、実際のごみについても台風や季節が変わったことなどによるよほど大きな強風が沖に向かって吹かない限りは沖へ戻ることは少ないだろうと考えられる。

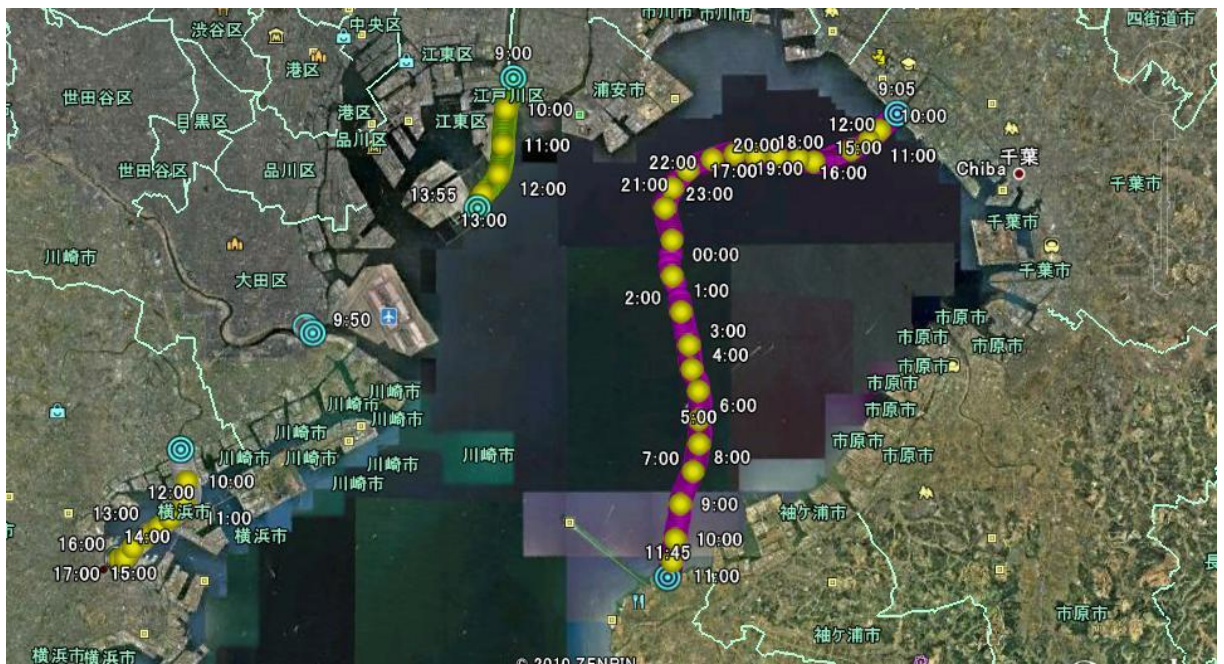


図 2.32 全体のブイの挙動

2.1.7 ブイによる観測（2回目）

2010年11月26日に2回目のブイによる観測を行った。観測（ブイの投入）場所は、花見川（千葉県）の河口とした。河口を選んだのは東京湾内での挙動観測という、本観測の目的と前回の結果を踏まえてのことである。位置は図2.33の水色の点に示すとおりである。なお参考として10月27日の観測地点を白丸で示している。（北から荒川、多摩川、鶴見川）

また、今回は図2.34の赤点に示している時刻（午前9時、10時、11時）にブイを放流した。



図 2.33 観測場所

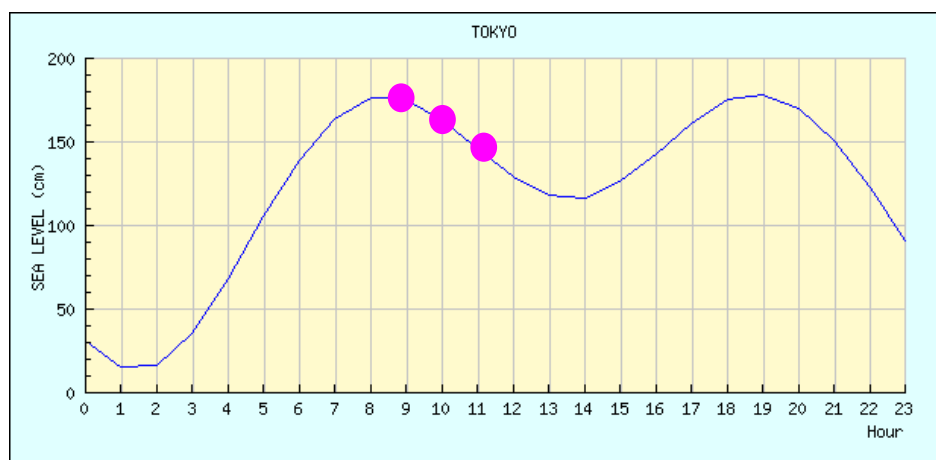


図 2.34 2010年11月26日の潮位表

2.1.8 結果（2回目）

全3つのブイの結果と同時刻での風況図をそれぞれ示す。

【9:00～】

黄緑色の線はブイの挙動、線上の黄色い点は正時の位置を示している。

9時～15時ごろまで約7km移動した。今回はブイの装置の接触不良のためか、赤い位置でデータの受信が途絶えてしまった。

その後の動きは、前回の結果と風況からしばらく陸に沿うように南南西へ移動し、数kmの地点で漂着したであろうと予想できる。

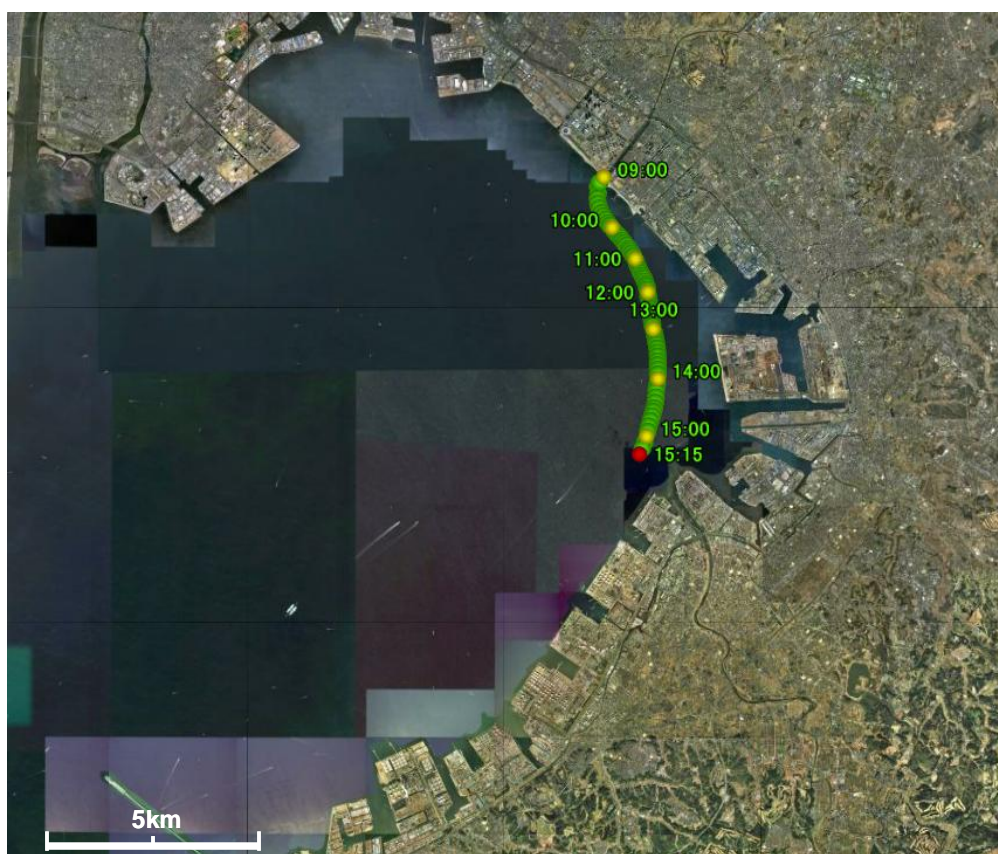


図 2.35 花見川(9:00)のブイの挙動

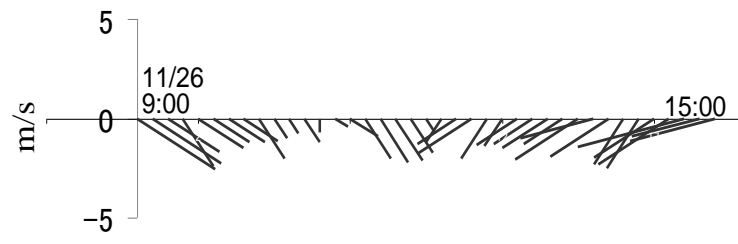


図 2.36 同時刻の千葉の 10 分毎の風況

【10:00～】

10時～翌日の5時ごろまで19時間かけて約16kmの距離を移動した。

また、今回は前回10月27日の観測で花見川から放流したブイの漂着点と3kmほどの距離にある木更津市牛込に漂着した。

なお、漂着を確認後回収へ向かい搜索したが見つけることができなかった。

図2.39は漂着地点であるが手前の石垣はくまなく探しているため、写真奥の突堤の下に、かかってしまったものと考えられ、搜索が困難なため断念した。

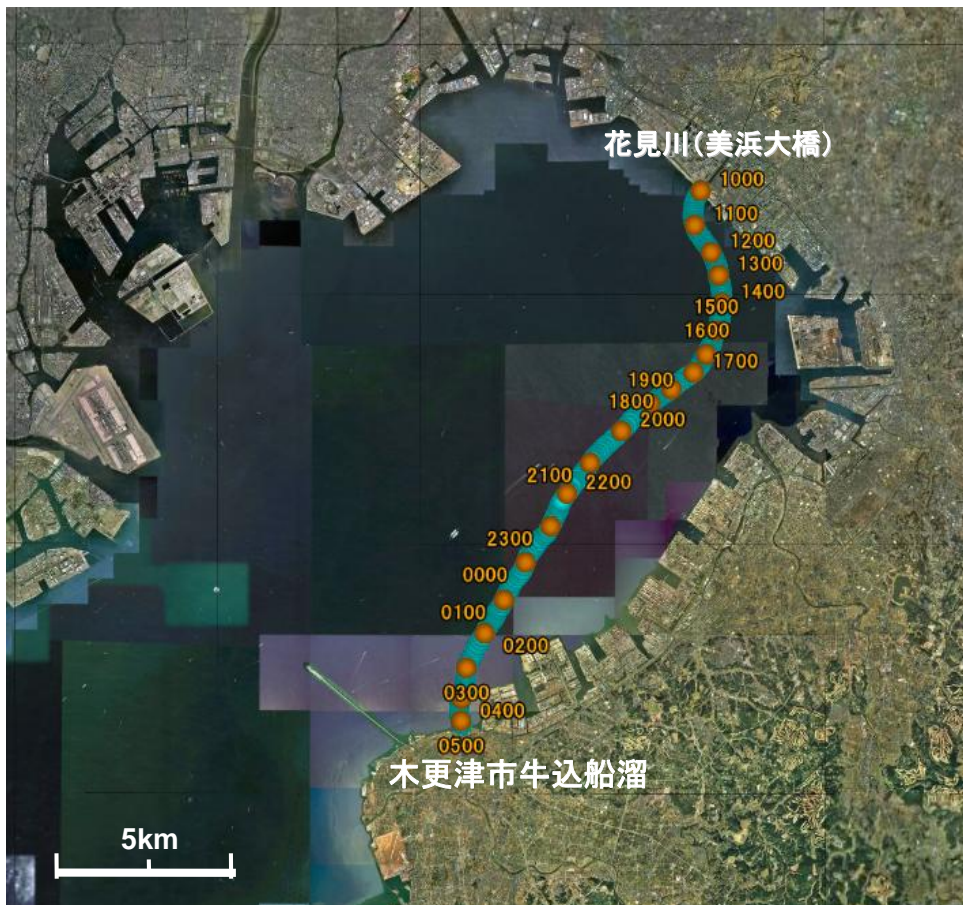


図 2.37 花見川(10:00)のブイの挙動



図 2.38 同時刻の千葉の10分毎の風況



図 2.39 漂着したポイント

【11:00～】

11時～翌日の13時ごろまで約26時間ほどかけて約35kmの距離を移動した。

陸からの風の影響からか木更津市付近を陸に沿って南下し、君津市君津の工場の消波ブロックに漂着した。

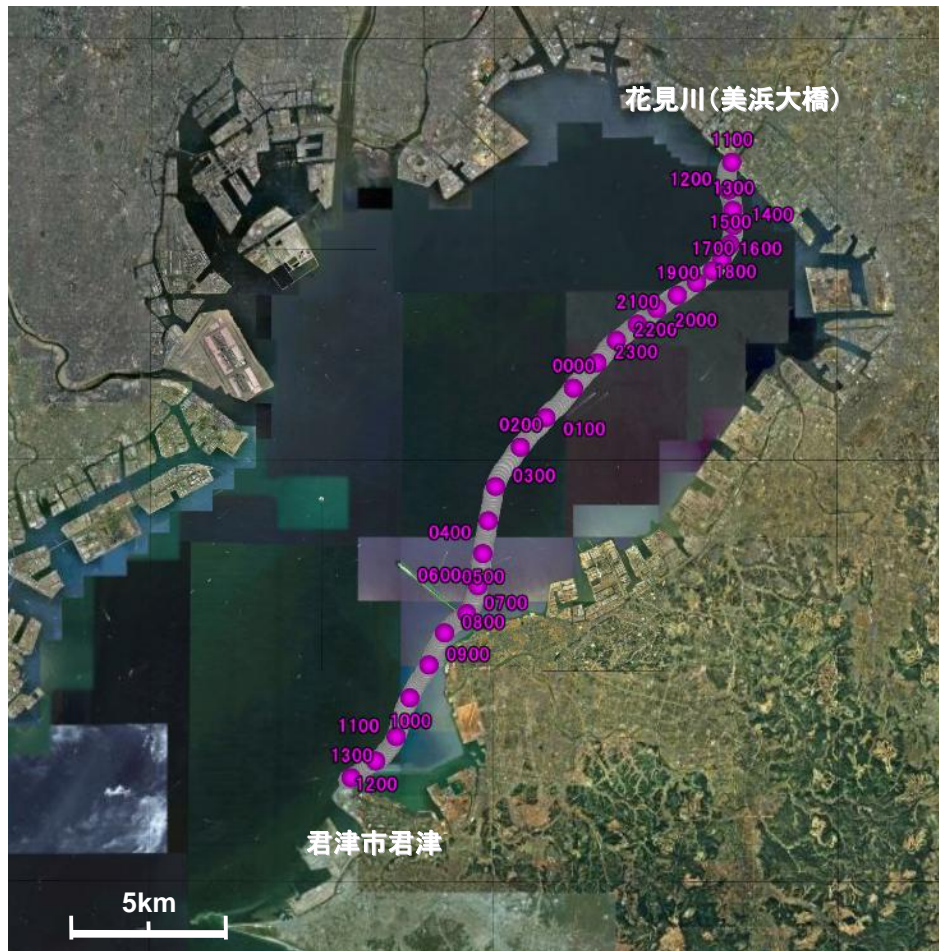


図 2.40 花見川(11:00)のブイの挙動

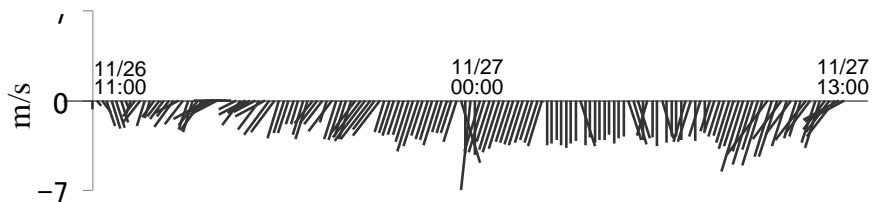


図 2.41 同時刻の千葉の10分毎の風況

【全体】

11月26日に放流した3つのブイの結果を重ねて、図2.42に示す。

黄緑色、水色、白色の3つの線は、それぞれ順に9時、10時、11時に放流したブイの結果である。なお、線上の点はそれぞれの正時の位置を3時間ごとに示している。

全体的に同じ進路をとっており、放流した時刻の順に少しずつ西側の道をたどっている。

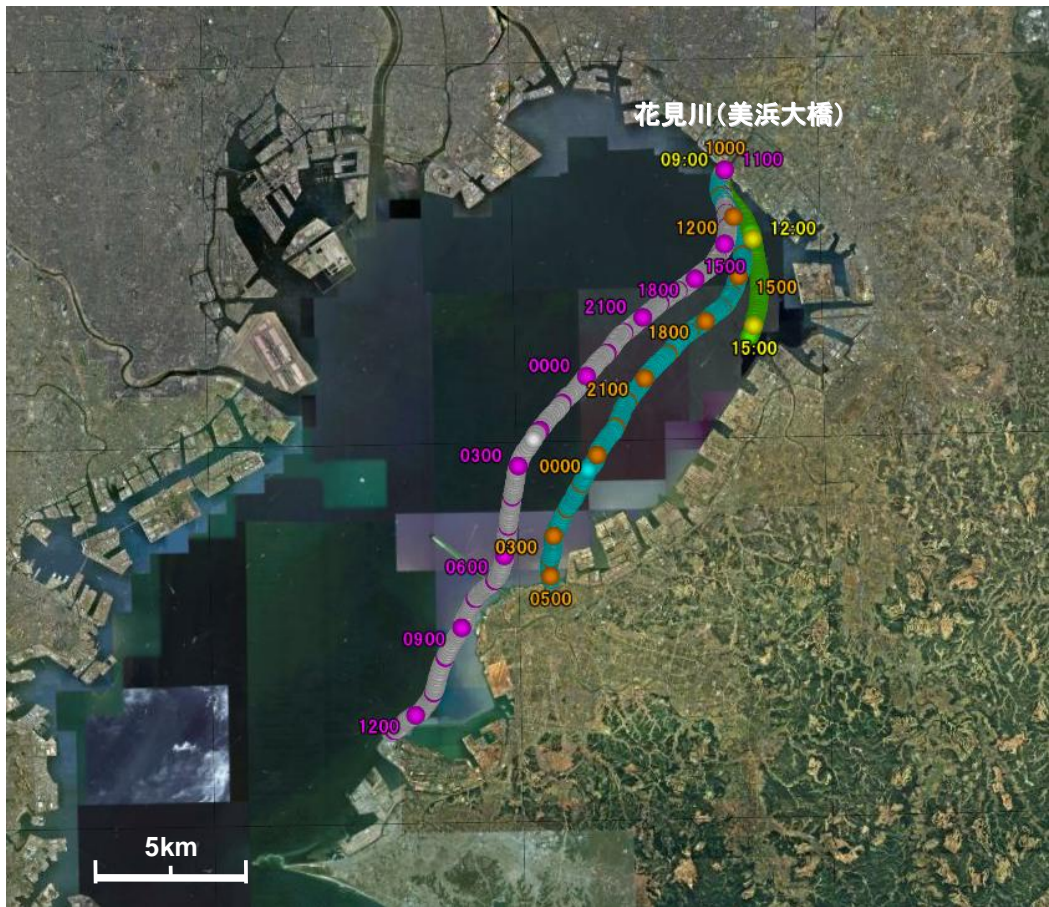


図 2.42 3つのブイの挙動

【花見川全4回分】

10月27日と11月26日に花見川にて行った全4つのブイの結果を重ねて図2.43に示す。オレンジ色、黄緑色、水色、白色の線は、それぞれ順に10月27日9時、11月26日9時、10時、11時に放流したブイの結果である。なお、線上の点はそれぞれの6時間ごとの正時の位置を示している。

全体的に河口から南南西の方向へ移動していることは同じだが、10月27日と11月26日とで大きく二分する動きをしていることがわかり、このことから風況及び潮汐の影響がブイの動きに最も起因していると思われる。

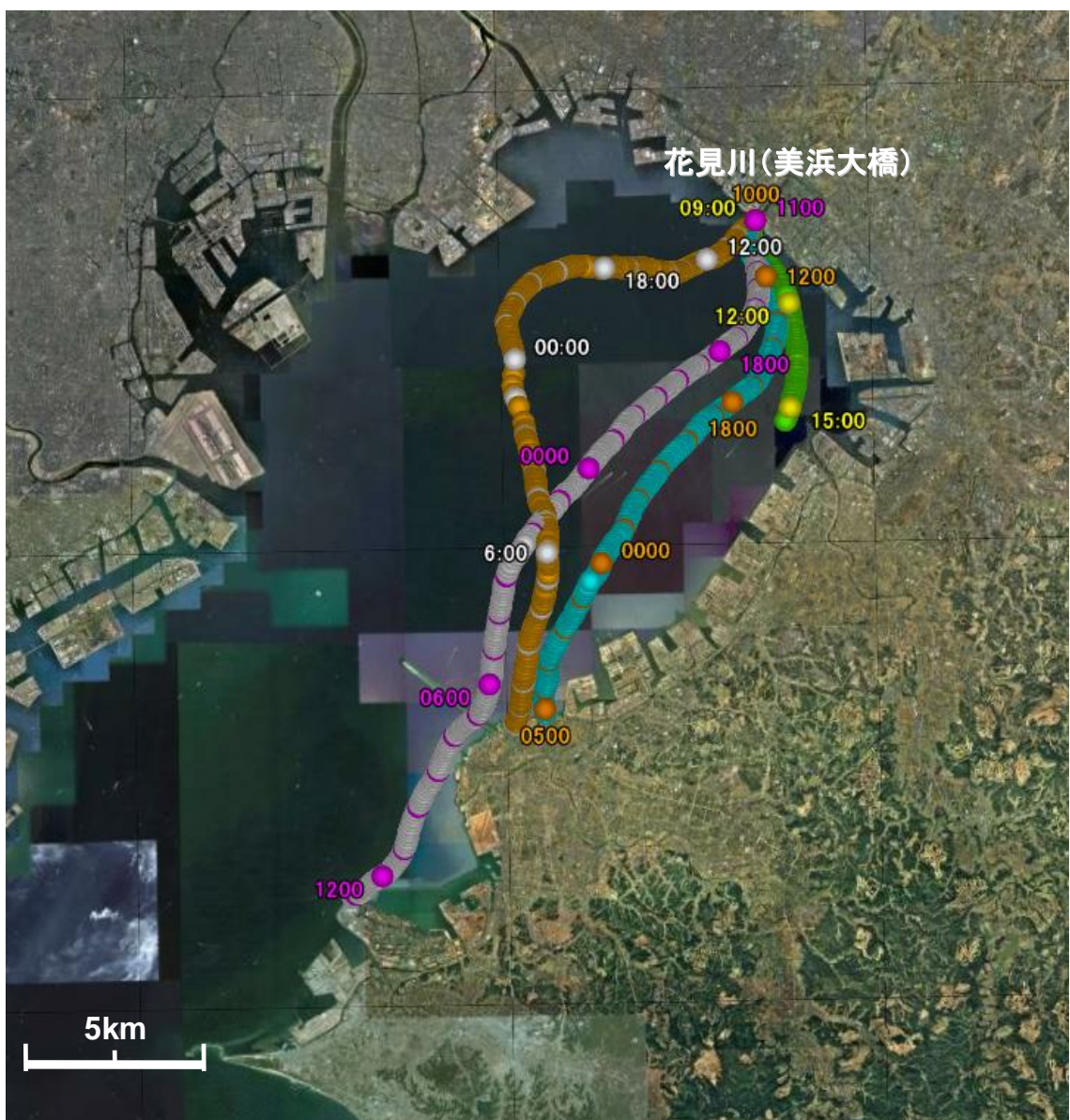


図 2.43 花見川からのブイの挙動（2回分 計4つ）

2.2 WESTech model による数値計算

2.2.1 WESTech model 概要

観測されたブイの挙動の検証のために本研究では WESTech model という数値モデルを使用する。数値モデルとは、実際に行うことが物理的に困難な実験や気象予報のような特定の自然現象などの将来予測、再現を行うために、現象を単純化して解析するために構成されたコンピュータプログラム全般のことを示す。

なお本研究のように沿岸域にて再現計算を行う利点は、観測ではある特定の地点におけるデータしか得られないのに対して、沿岸域全体におけるデータを空間的かつ時系列として得られることである。

次に、本研究に使用する WESTech model の概要について説明する。WESTech model は佐々木 (1996) によって開発された三次元プログラムを基礎にして、鯉淵 (2001) が生態系モデルを追加ならびにプログラムの再実装を行い、さらに小野澤 (2005)、神野 (2007) によって干出・冠水スキーム、底面熱収支・底面反射モデルの追加や差分精度の向上が図られ、現在に至っている。詳細な方程式の導出過程や計算スキームの説明は佐々木 (1996)、鯉淵 (2001)、小野澤 (2005)、神野 (2007) を参照いただきたい。

2.2.2 計算結果と観測したブイの結果の比較の概要

本研究では、WESTech model を用いて東京湾の再現計算を行い、再現計算から得られた表層流と実際に観測したブイの動きの比較を行い、検証を行う。

(数値計算の条件)

本研究では、初期条件や気象条件について全て共通で行う。表 2.1 に数値計算の条件を示す。

表 2.1 数値計算の条件

計算期間	2010.1.1～2010.12.31 (時間刻み幅 : dt=60[s])
格子数	東西方向:25、南北方向:33
格子間隔	東西・南北方向:2000m
気象条件	気象庁による観測データ*を参照 風速に掛ける係数:1.7
潮位	気象庁による観測データ*を参照

*気象庁統計情報(<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)

検証として、10月13日の0時のデータを例として、比較図を図2.44に示す。この図は同時刻のWESTech modelにより得られた表層流と、関東地方整備局港湾空港部東京湾環境情報センターより提供されている海洋短波レーダーによる東京湾表層流況観測結果図を重ねたものである。

図内の赤い矢印はWESTech modelにより得られた表層流の流速、その他の矢印は短波レーダーによる実観測結果である。

なお気象庁による観測データは陸上の気象台での値であるため、表2.1で示したように風速係数を与えチューニングを行うことで精度を高めている。

その結果、図2.44のように、湾中央部、湾奥部に渡り矢印はほぼ重なっており、本研究において本モデルを用いる精度について、ある程度妥当な結果が得られた。

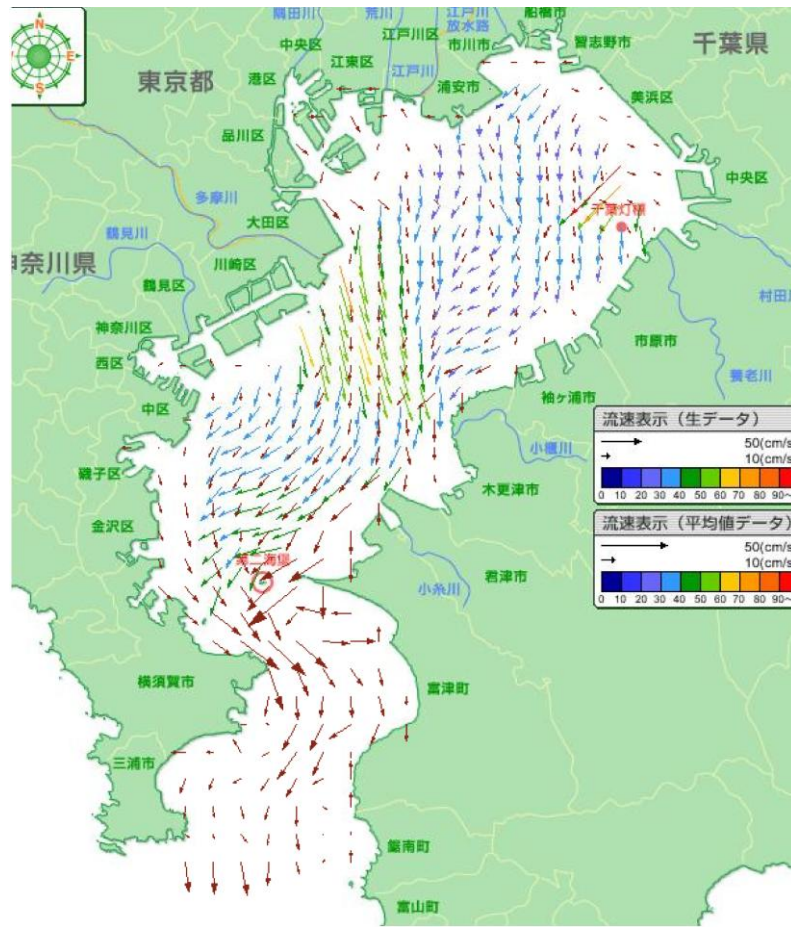


図 2.44 短波レーダーによる実際の表層流と
WESTech model 結果の比較

2.2.3 計算結果と観測したブイの結果の比較

10月27日の花見川河口から流したブイの結果と WESTech model の結果を比較する。

図 2.44～図 2.57 は、黒いベクトルが WESTech model により求めた表層流を、赤い点と矢印は観測にて得られた実際のブイの位置と進行方向を示している。

またこれらの図はブイが移動した 10月27日9時～10月28日11時を2時間間隔で示している。図 2.58 には同時刻の潮位表を示す。

全体を通してみると、WESTech model による結果と同じような進路をたどって実際のブイも流れていることがわかる。

しかし、例えば 19時を見ると、WESTech model の結果と実際のブイの進行方向が異なっている。これは図 2.51、図 2.54 にも見られ、潮位による流れが弱まったことにより風の影響が大きく働いたためだと考えられる。



图 2.44 10月27日9時



图 2.45 10月27日11時



图 2.46 10月27日13時



图 2.47 10月27日15時



图 2.48 10月27日17時



图 2.49 10月27日19時



图 2.50 10月27日21時

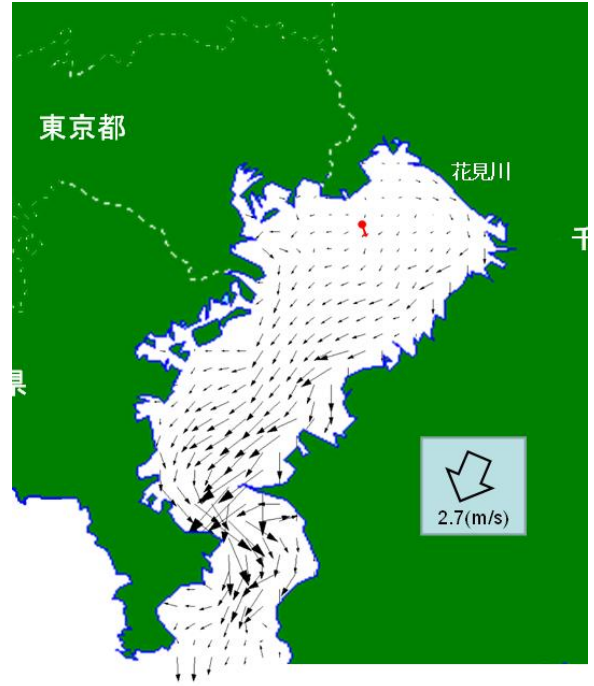


图 2.51 10月27日23時



図 2.52 10月28日1時

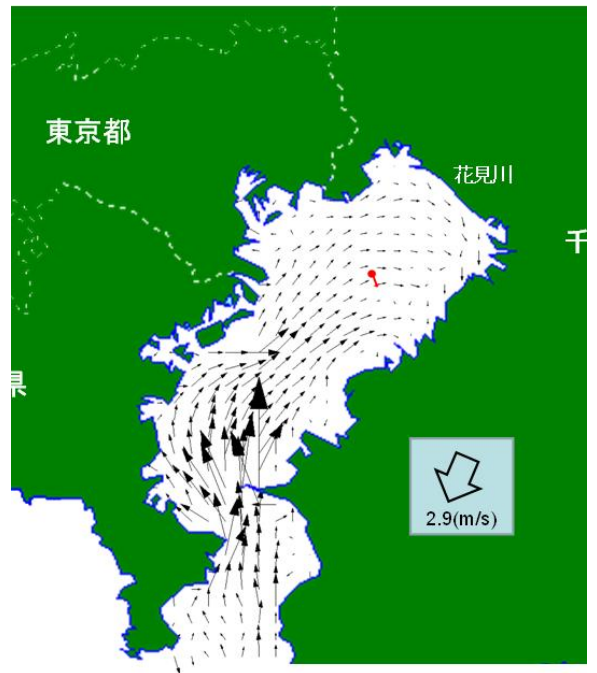


図 2.53 10月28日3時



図 2.54 10月28日5時

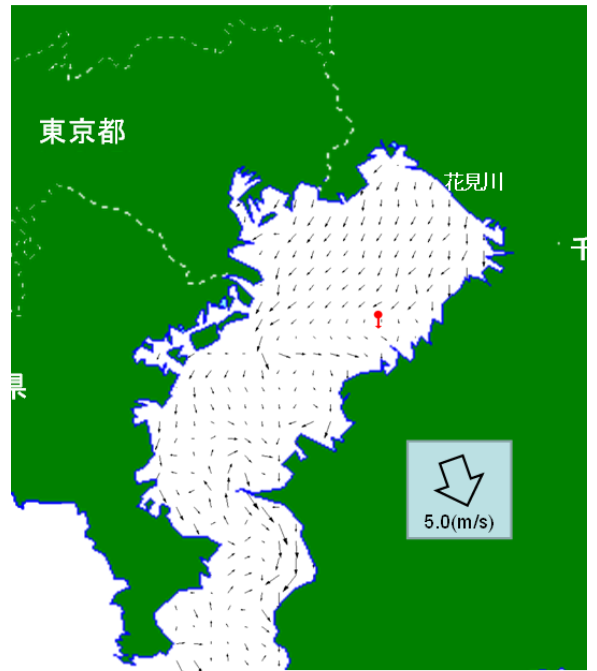


図 2.55 10月28日7時



図 2.56 10月28日9時

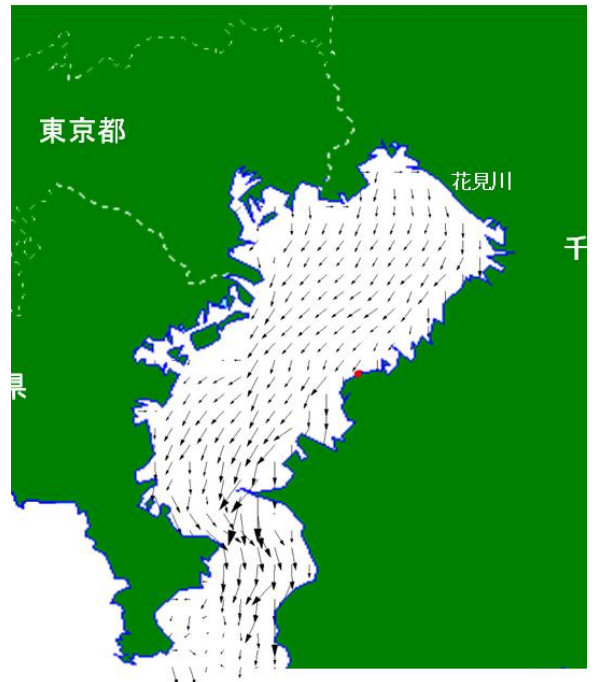


図 2.57 10月28日11時

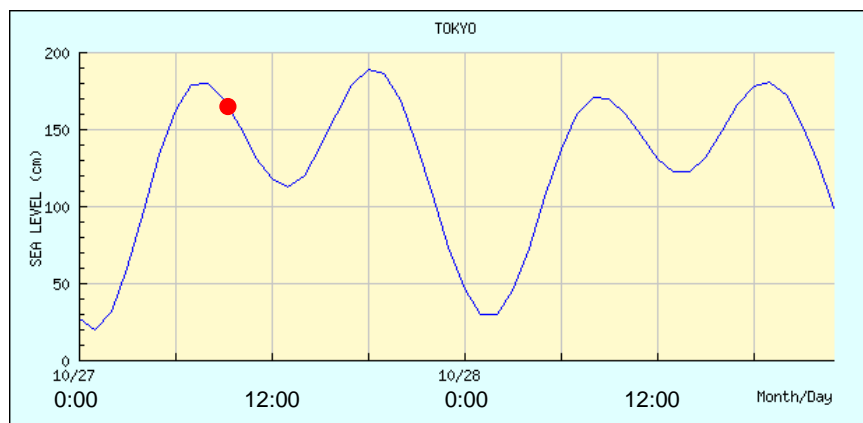


図 2.58 2010年10月27日～28日の潮位表

11月27日に放流した3つのブイとWESTech modelの比較

10月27日のブイと同様に、11月26日に花見川河口から流した3つのブイの結果とWESTech modelの結果を比較する。

図2.59～図2.72は、黒いベクトルはWESTech modelにより求めた表層流を、赤色、青色、黄緑色の点と矢印は観測にて得られた実際のブイの位置と進行方向を示しており、それぞれ順に9時、10時、11時に放流したブイを表している。

また、これらの図は3つのブイが実際に漂流した11月26日9時～11月27日11時を二時間間隔で示している。図2.73には同時刻の潮位表を示す。

この結果を見ても、WESTech modelの結果に比較的沿っているものの、流れが弱い時つまり満潮干潮時には、風に強く依存していることが見て取れる。



図 2.59 11月26日9時



図 2.60 11月26日11時



図 2.61 11月26日13時



図 2.62 11月26日15時



図 2.63 11月26日17時



図 2.64 11月26日19時



図 2.65 11月26日21時



図 2.66 11月26日23時



図 2.67 11月27日 1時



図 2.68 11月27日 3時



図 2.69 11月27日 5時

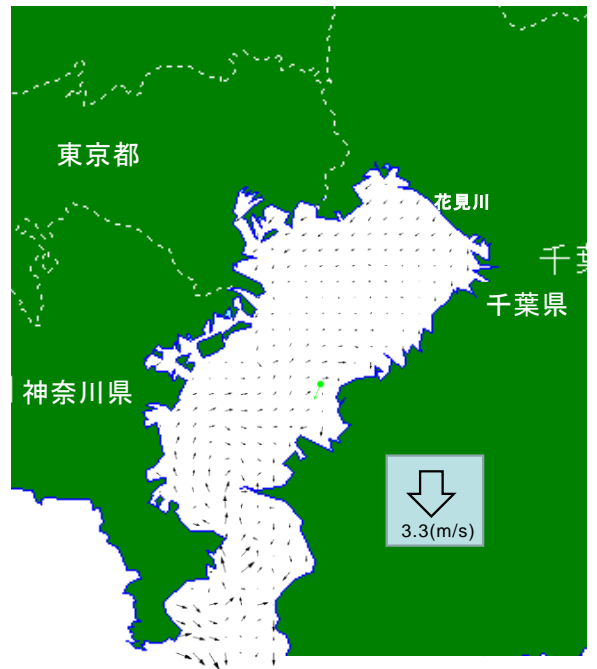


図 2.70 11月27日 7時



図 2.71 11 月 27 日 9 時



図 2.72 11 月 27 日 11 時

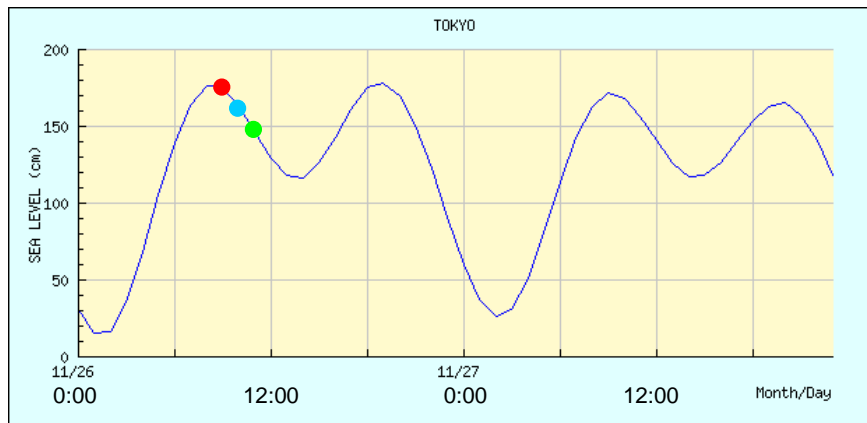


図 2.73 2010 年 11 月 26 日～27 日の潮位表

2.3 まとめ

本章ではブイの動きは風及び潮汐による影響が非常に大きく、逆に言えば風と潮汐でブイの動きはある程度予想できることがわかった。

2回の観測のどちらについても WESTech model の表層流に依存する箇所としていない箇所が見られ、依存していないものについては直接ブイに与えられる風による影響が大きいとわかる。なお、WESTech model の条件でも説明している通り、このモデルでは気象の影響を考慮しているため、結果には風の影響も含まれている。よって、それでも風向に大きく影響しているような箇所は、ブイの水面から出ている部分への直接の風の影響が強いということである。

この結果を踏まえ、次章ではブイに直接与えられる風の影響を考慮した計算を行う。

第 3 章 ごみの漂着地の特定

3.1 概要

前章で考察した WESTech model により算出した表層流とブイとの比較に基づいて更なる検討をし、ごみの漂着地特定を行う。また、ブイにて流したペットボトルに加えて、さまざまな種類の漂着ごみも想定し検証を行う。

WESTech model と実際のブイの挙動との比較により、条件によって風の影響と潮汐による影響がそれぞれ大きいことがわかった。潮汐による流れが弱まる満潮・干潮時には、水面上で直接ブイに当たる風の影響が特に卓越し、逆に潮汐による流れが強まる下げ潮や上げ潮時は流れの影響が特に大きくなっている。本章ではこの影響を組み込んだ数値計算を改めて行うことで、ブイのより詳しい挙動を算出し、どこにどのようなごみを流したらどういった所に漂着するか特定を行う。

図 3.1 は、漂流するごみを上方向から見たもので、WESTech model により算出した表層流と、直接ブイに当たる風による流れのベクトル図である。双方のベクトルを合成したベクトルをブイの動きとした。

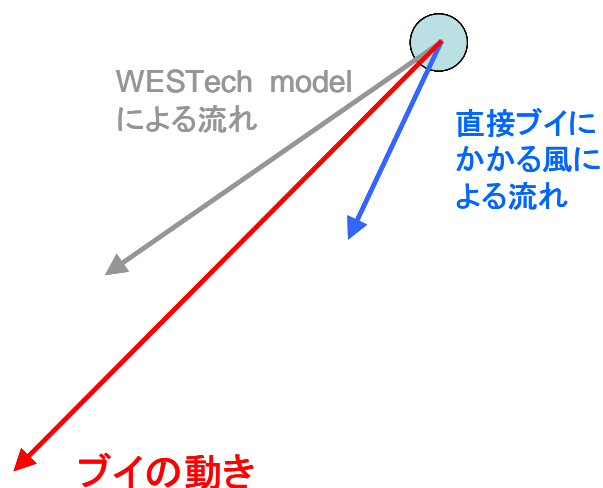


図 3.1 ブイに与えられる流れベクトルの概要

ここで図 3.1 の直接ブイにかかる風による流れについて検討する。下の図 3.2 のように、

水、空気の密度をそれぞれ ρ_w 、 ρ_a とし、係数 c 、風速 U_a 、表層流速 U_w 、ブイの水面より上、水面より下の投影面積をそれぞれ A_a 、 A_w 、掛かる力をそれぞれ τ 、 τ' とする。

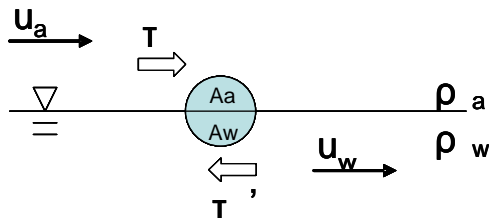


図 3.2 風がブイに与える力の模式図

τ 及び τ' はそれぞれ、

$$\tau = c\rho_a A_a U_a^2 \quad (3.1)$$

$$\tau' = c\rho_w A_w U_w^2 \quad (3.2)$$

$\tau \doteq \tau'$ とすれば、

$$U_w = \sqrt{\frac{A_a}{A_w}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_a}{\rho_w}} \cdot U_a \quad (3.3)$$

ここで密度について、

$$\sqrt{\frac{\rho_a}{\rho_w}} \approx 0.03 \quad (3.3)$$

よって、 U_w は、

$$U_w = 0.03 \sqrt{\frac{A_a}{A_w}} \cdot U_a \quad (3.3)$$

また、今回放流したブイの比重は 0.5 とし、 A_a と A_w の面積を等しくしている。よって式(3.3)より、風速の約 3% の流速が、ブイに直接当たる風の影響により加わる流れであることがわかる。

このブイへの風の直接の影響分を WESTech model の結果に加えて一定時間ごとにベクトルを追跡することによりブイの挙動を算出する。

3.2 検証

下記の図 3.1 がこれらの計算を組み込んで数値計算を行ったブイの軌跡図と実際の観測の挙動の比較である。二本の線はそれぞれ、赤が本数値計算による挙動、黒が観測による挙動を示している。

2010年10月27日 9:00～



図 3.3 2010年10月27日 9:00～の比較図

2010年11月26日 9:00



図 3.4 2010年11月26日 9:00～の比較図

2010年11月26日 10:00～



図 3.5 2010年11月26日 10:00～の比較図

2010年11月26日 11:00～



図 3.6 2010年11月26日 11:00～の比較図

図 3.7～3.8 に全 4 回の東西方向と南北方向それぞれの相関を求めている。相関係数はそれぞれ南北方向が 0.93、東西方向が 0.85 と、強い相関があることがわかる。

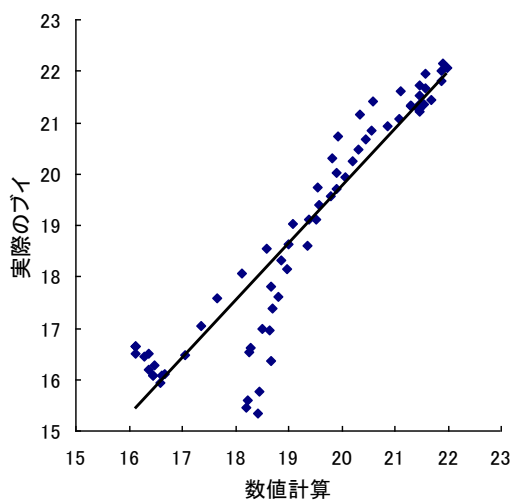


図 3.7 南北方向の相関

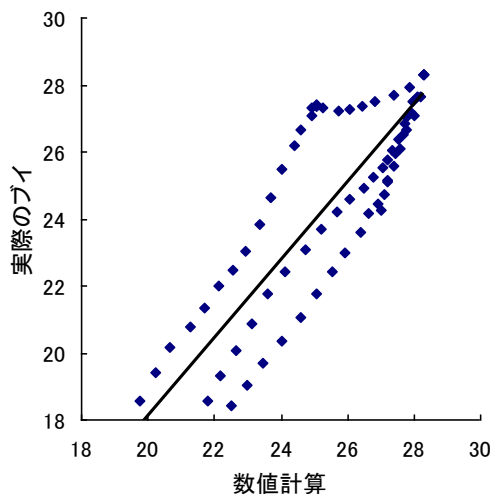


図 3.8 東西方向の相関

なお、精度については RMSE（2乗平均平方根誤差）による検証も行った。結果はそれぞれ南北方向が $\pm 1.72\text{km}$ 、東西方向が $\pm 3.72\text{km}$ という値を示した。本モデルでは東京湾を 2km メッシュで計算しているため、ごみの範囲漂着地点の範囲を予測するには十分高い精度であるといえる。

東西方向及び南北方向を比較すると、相関、RMSE とともに東西方向の値の方が誤差が大きく出ていた。理由としてはブイが東側の千葉県の陸に沿う動きをしていることによる陸風の影響によるものや、ヒートアイランド現象による海上風への影響などが考えられる。

3.3 ごみの種類の追加

様々なごみの種類に対応した計算を行うために、先ほどの式 3.3 における、 $\sqrt{\frac{A_a}{A_w}}$ について種類ごとの値を計測する。 $\sqrt{\frac{A_a}{A_w}}$ における、 A_a 、 A_w はそれぞれ、水面より上、水面より下の投影面積をそれぞれ表している。回収されるごみの種類として卓越しているものの代表例として、発泡スチロール、密閉した空のペットボトル、密閉した空のアルミ缶、蓋の開いたスチール缶の4種類について、図 3.9～図 3.12 のように水槽を使ってそれぞれの値を計測し、表 3.1 のように $\sqrt{\frac{A_a}{A_w}}$ を算出した。なおペットボトルのような形状のものについては最も面積が大きく風の影響を受けやすい側面で算出している。発泡スチロールはほぼ水面に乗っているような状態であった。また、アルミ缶に比べてペットボトルの方が大きな値が出ると思われたがアルミ缶の方が大きな値であった。この値が大きいほど水に浸かっている部分に対して、水面に飛び出した部分の方が大きく、直接の風の影響が大きいということになる。



図 3.9 発泡スチロール



図 3.10 密閉した空のペットボトル



図 3.11 密閉した空のアルミ缶



図 3.12 蓋の開いたスチール缶

表 3.1 種類別に算出した $\sqrt{\frac{A_a}{A_w}}$ の値

種類	$\sqrt{\frac{A_a}{A_w}}$
発泡スチロール	8.466
密閉した空のペットボトル	2.455
密閉した空のアルミ缶	3.093
ふたの開いたスチール缶	1.829

3.4 季節による気象特性

これまでにごみの漂着への影響は風によるものが大きいことがわかった。しかし、ただ風と言っても季節ごとの違いは大きく、それぞれの季節に合わせて特徴の違いを考慮し、分けて考える必要がある。季節ごとの風の特徴を理解する。

3.4.1 季節風について

東京湾における風の季節別特性について季節ごとに述べ、それぞれの季節ごとの風配図を図 3.12～図 3.14 に示す。なお、これらの図は 2010 年 1 月 1 日～2010 年 12 月 31 日の気象庁による千葉での気象データで、それぞれの季節の風が吹いていく方向の頻度を百分率で表したものである。

【春】

- ・ 日本海低気圧が発達しながら北東に進み、突風を伴った強い南風（春一番）が吹く。
- ・ 春一番のピークは低気圧が北上し北海道付近に達するとき。
- ・ 移動性高気圧に覆われると北東の風が吹くが、昼間気温が上がると、東京湾から陸に向かって風が吹く。
- ・ 南西風が 2～3 日続くことがある。この時の風速は 10～15 m/s のことが多い。

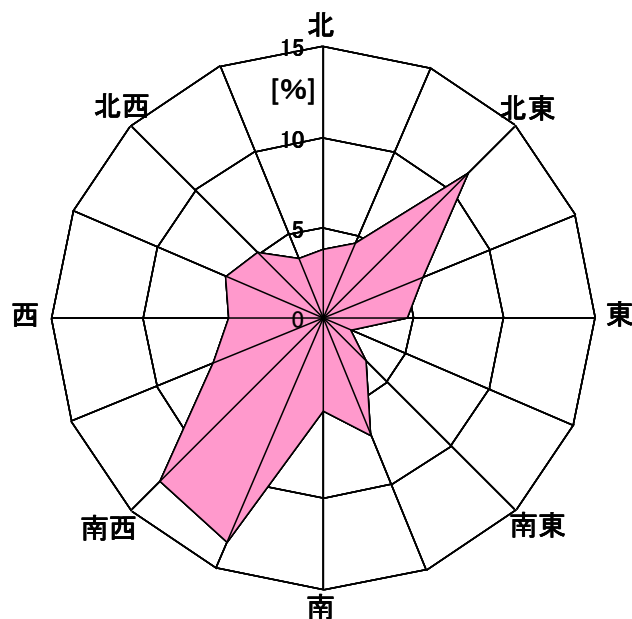


図 3.13 春の風配図

【夏】

- ・ 陸海風により気温が上がると風が強くなる。
- ・ 発達した雷雲の通過で、突風が吹くことがある。
- ・ 台風が上陸することがあるが小型～中型であることが多い。但し進路によっては大荒れの天気となる。
- ・ 夏台風は迷走することが多く一度遠ざかっても、再び戻ってくることもある。
- ・ 台風を除けばかぜに関しては最も穏やかである。

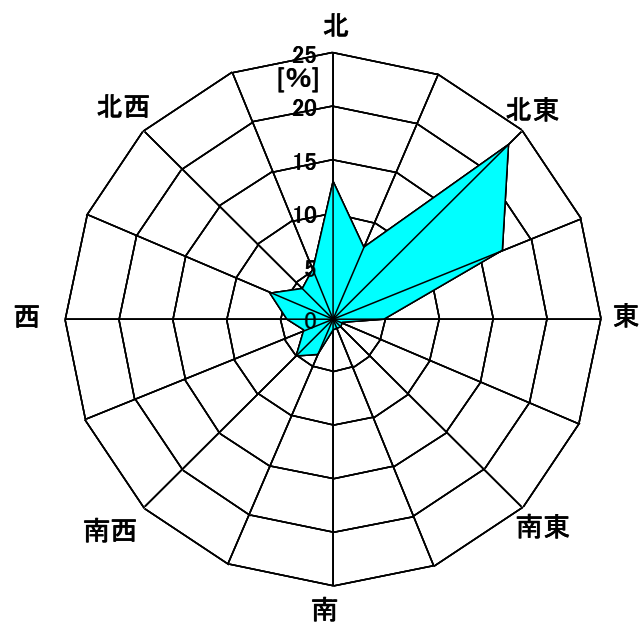


図 3.14 夏の風配図

【秋】

- ・ 大型台風が到来する。
- ・ 上陸すれば 40m/s 以上の風が吹き荒れることもある。
- ・ 年により大型台風上陸の頻度に差がある。
- ・ 台風が上陸しない場合でも風の影響は非常に大きい。
- ・ 晩秋の 11 月ごろには北西の季節風が吹き出すこともあるがそれほど強風にはならないことが多い。

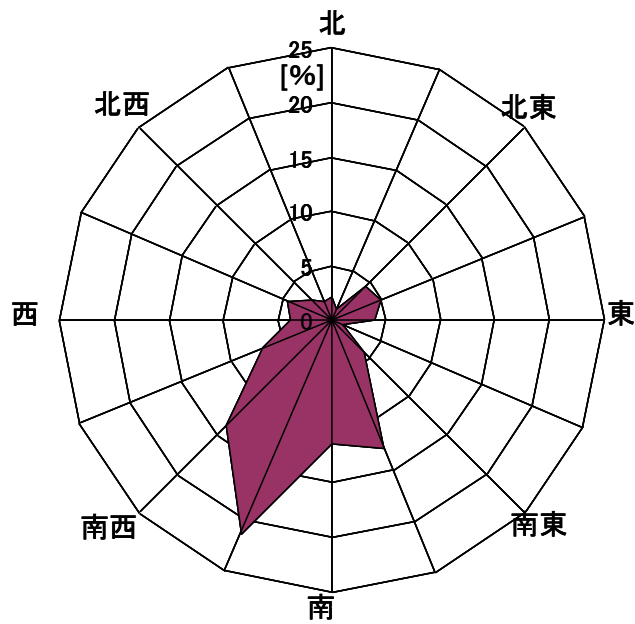


図 3.15 秋の風配図

【冬】

- ・ 南東方向へ吹く季節風は上空の寒気の流入に伴って強く吹くことが多いが、半日か1日程度でおさまることが多い。
- ・ 南高北低型の気圧配置の時には西寄りの風が南西風となった強い風が吹く。この場合20m/s前後の風が長いときには3日間ほど続く。

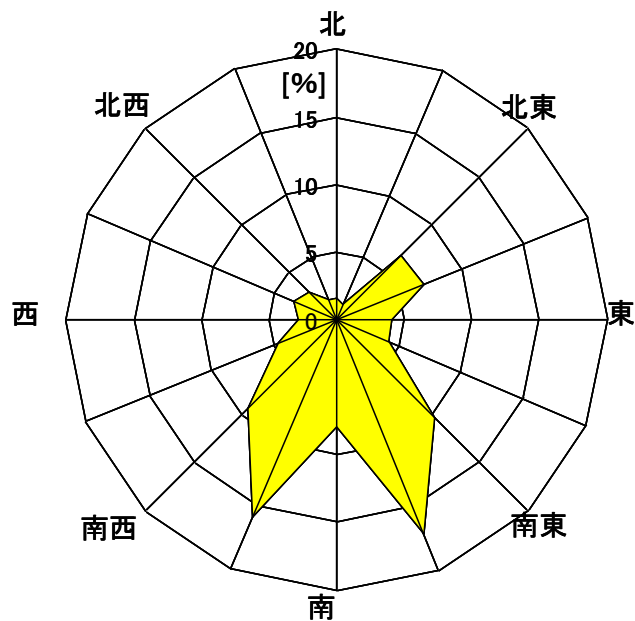


図 3.16 冬の風配図

3.4.2 季節別の挙動

前述した季節ごとの特徴に対して、典型的な季節特性の気象日の挙動を計算し図示した。

なお、今回は東京湾全体での挙動測定ということを考え、鶴見川（神奈川県）、多摩川（東京都）、荒川（東京都）、花見川（千葉県）、養老川（千葉県）、小櫃川（千葉県）、小糸川（千葉県）、湊川（千葉県）の8河口を選択した。それぞれの挙動は全て、この8河口からごみが流れ出たことを想定したときの軌跡である。

また、2章で述べた、今回実際に放流したペットボトルの条件（ $\sqrt{\frac{A_a}{A_w}} = 1$ ）に、3.3にて算出したごみの種類から、空のペットボトル、発泡スチロールを加えて計算を行った後に、挙動を追った軌跡を実線で示している。

典型的な季節特性の気象日としては春、夏、冬はそれぞれ気象特性に合った大潮、小潮の日の計6日、そして秋は最もごみへの影響が大きい台風の日を2010年から選んだ。なお全てに日において、0時に各河口を出たという想定に統一している。

これらの日の種類別に順に、中身が半分のペットボトル、空のペットボトル、発泡スチロール、全て、そして同時刻の風況についてそれぞれ図3.37～図3.71で示す。

3.4.3 結果（季節の特性）

2010年1月1日 0:00 及び 2010年1月7日 0:00

冬の日の大潮小潮の2パターンである

典型的な冬の西よりの北風が吹いており、どのブイも西から東に流されていることがわかる。

ペットボトルに関してはどのブイについても方向が変わる位置は湾内でそれぞれ違うものの、進行方向が南東⇒東⇒南東となっていることがわかる。

また発泡スチロールは風の直接の影響 $\sqrt{\frac{A_a}{A_w}}$ が大きい故に一気に南東方向へ進んでおりかなり速度が速い。河口から陸にたどりつくまでの時間は空のペットボトルが約30時間ほどかかっているのに対し、発泡スチロールは10時間ほどである。

風以外の特徴として、1月1日の同種類の図で比較したときに放流後の6時間程までの間に特に鶴見川のブイは多摩川のブイに比べて南下していることがわかる、これは下げ潮が5時ごろ始まったことによるものであることが推測される

逆に、小潮の日ではそのような潮の影響はあまり見られない。また、この日は風向の大きな変化があまり見られないため、どの種類もほぼ同じ位置に漂流している。

2010年1月1日 0:00



図 3.17 ペットボトル (中身半分)



図 3.18 ペットボトル (中身空)



図 3.19 発砲スチロール



図 3.20 全部の種類

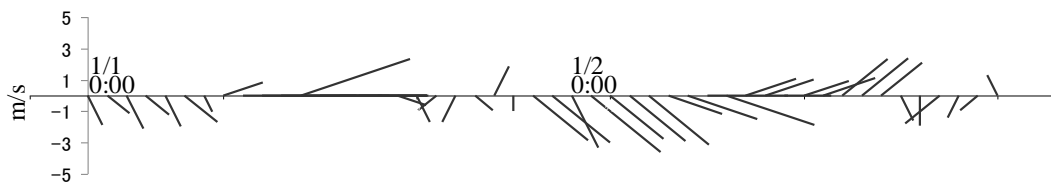


図 3.21 同時刻の風況



図 3.22 ペットボトル (中身半分)



図 3.23 ペットボトル (中身空)



図 3.24 発砲スチロール



図 3.25 全部の種類

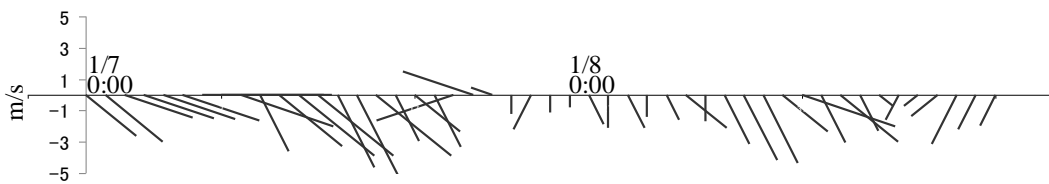


図 3.26 同時刻の風況

2010年4月1日 0:00 及び 2010年4月20日 0:00

直線的な4月20日に比べ、4月1日は円を描くように戻ったのちに北東へ進むといった特徴的な挙動を示している。これは4月1日の3時～8時ごろにかけての逆方向（北～北東方向）への風と一致していることから風によるものであることがわかる。

特にこの春は7 m/s 近くという強い風が吹いている時間も多いためこの特徴的な動きをする要因となっている。

また、逆に一年を通してどの大潮の日でもこのような動きは他に見られないため、ここまで大きく戻るような動きは潮汐による影響だけではしないだろうということが、推測される。

全体的に見れば、春の二日程とも共通して北東方向へ進み、湾奥部の千葉市～船橋市の岸へたどり着いており、季節風による結果が顕著に現れているといえる。

4月1日の風況を見ると、これまでの北東方向へ吹く風が続いていたのに対して4月2日の15時ごろにまた一気に強い逆風が吹き荒れる。これは、春の風の特徴であるものの、ごみの集まり易い位置を推定するという意味では、発泡スチロールのような風によって短時間で大きく移動してしまうものについては、逆風の吹くタイミングによって推測とは真反対の岸に漂着してしまうこともあり大変厄介であることがわかる。

2010年4月1日 0:00

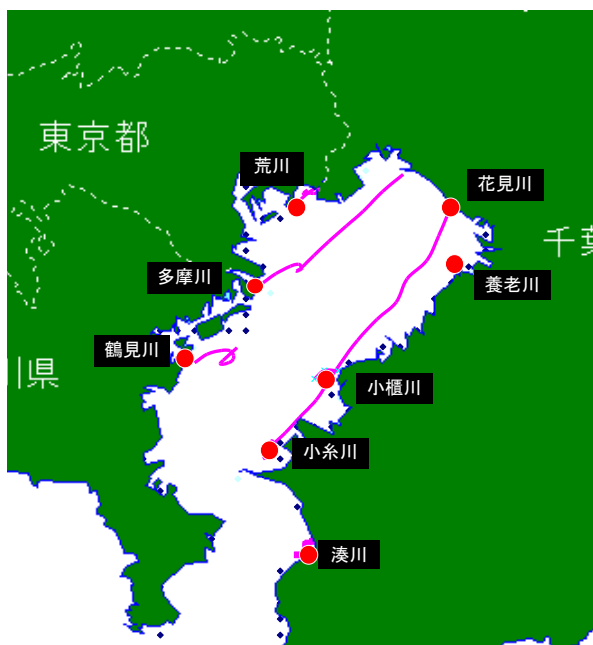


図 3.27 ペットボトル (中身半分)

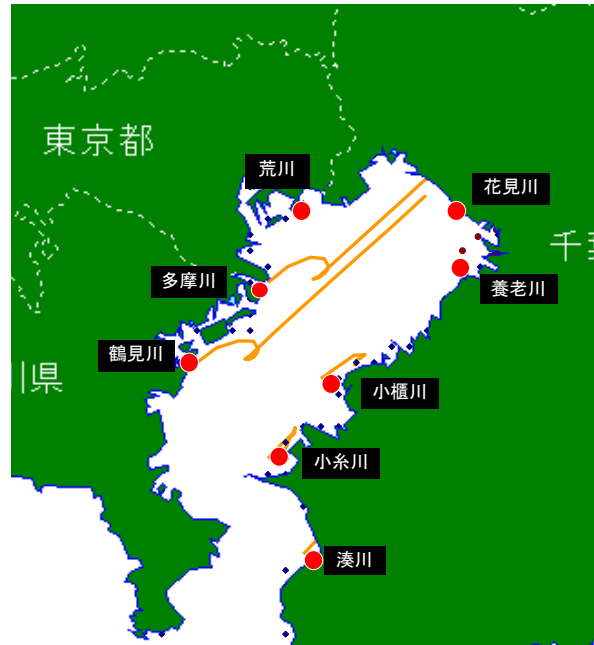


図 3.28 ペットボトル (中身空)



図 3.29 発砲スチロール

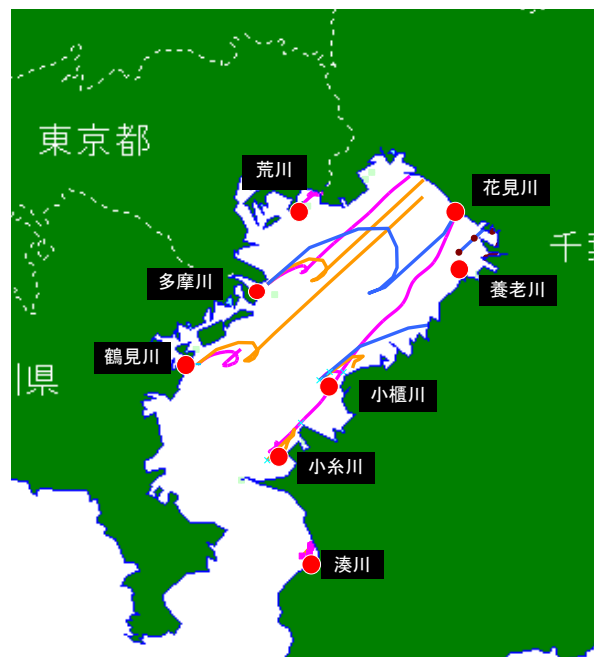


図 3.30 全部の種類

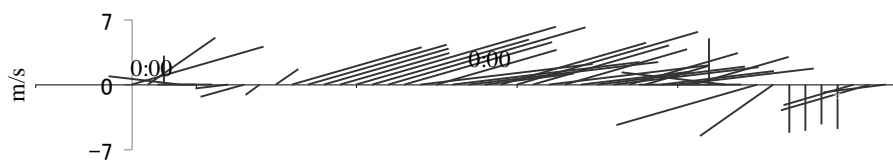


図 3.31 同時刻の風況

2010年4月20日



図 3.32 ペットボトル (中身半分)



図 3.33 ペットボトル (中身空)



図 3.34 発砲スチロール

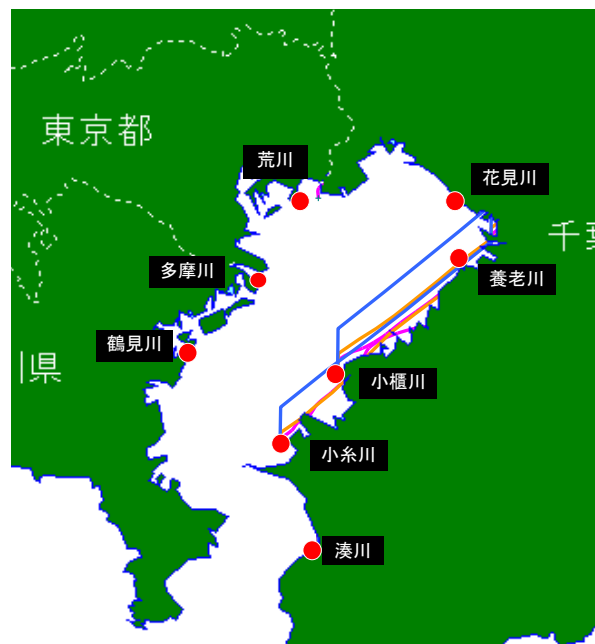


図 3.35 全部の種類

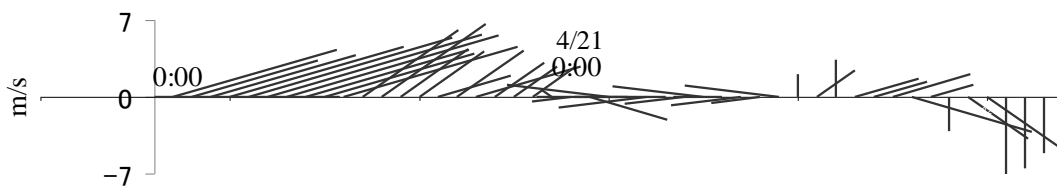


図 3.36 同時刻の風況

2010年7月26日 0:00 及び 2010年8月3日 0:00

2010年7月26日の2種類のペットボトルに関しては午後からのほぼ均一方向の風を受けて北東方向に向けてほぼ似たような挙動をとるのに対して、発砲スチロールはどれも河口より南部にたどりついた。

さきほどの春にも述べた例が2010年7月26日0:00の種類別の動きの違いである。このように一時的に逆方向への風が吹くと $\sqrt{\frac{A_u}{A_w}}$ が大きな種類のごみについては、 $\sqrt{\frac{A_u}{A_w}}$ が小さいごみが同一方向の岸に集まることに対して予測できないところに漂着してしまうことが起きる。

それ故に、例えばこのように $\sqrt{\frac{A_u}{A_w}}$ が大きい種類の同一のごみが同じ河口を出たとしても、たった数時間の河口を出る時刻の違いだけで一方は東京湾の北部（湾奥）に、もう一方は東京湾開口部（南部）にと真反対の漂着地点にたどり着いてしまうことも大いに起こりうるとわかる。つまり、このような気象の季節の回収は効率的な回収という意味では非常に難しい。

2010年8月3日の流れは小潮ということもあってか、どの種類についても風に合わせてほぼ直線的な動きを示している。特に発砲スチロールに関しては直進しているため25kmほどの距離を約4時間でたどり着いている。



図 3.37 ペットボトル (中身半分)



図 3.38 ペットボトル (中身空)



図 3.39 発砲スチロール



図 3.40 全部の種類

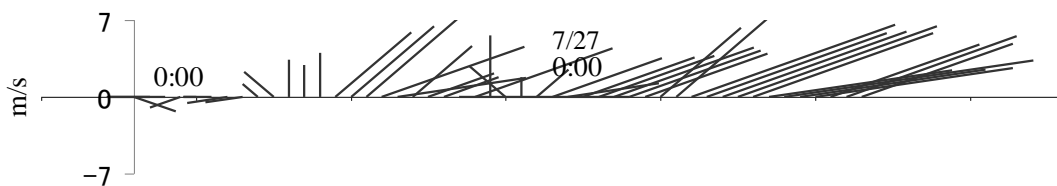


図 3.41 同時刻の風況

2010年8月3日 0:00



図 3.42 ペットボトル（中身半分）

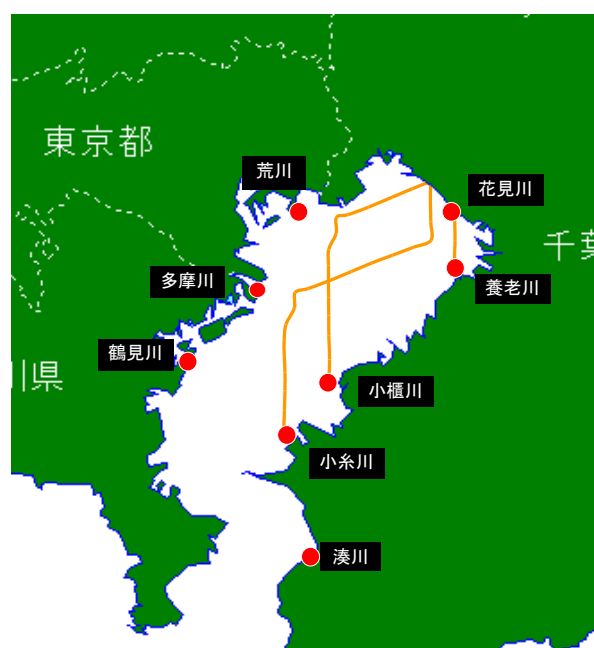


図 3.43 ペットボトル（中身空）



図 3.44 発砲スチロール

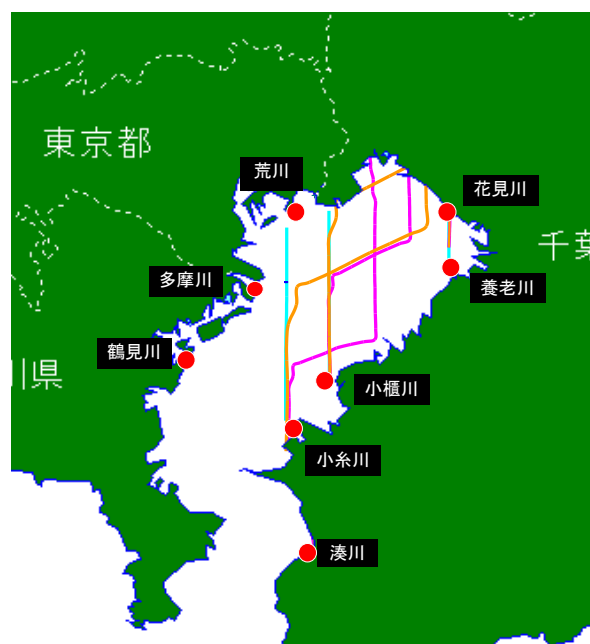


図 3.45 全部の種類

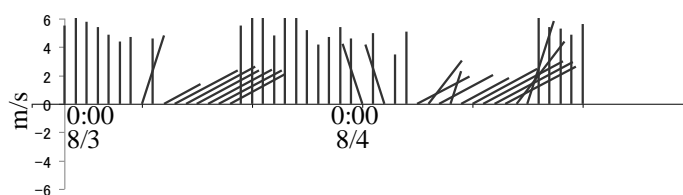


図 3.46 同時刻の風況

2010年9月7日 0:00

秋の代表的な気象台風の日の結果である。

台風による強風が30時間ほど同一方向（東北東）に向かって吹き続けているため、ほぼ全ての種類、河口でのブイが北東の湾奥部分へたどり着いている。

過去に関東に接近または上陸した台風を調べると、長時間同一方向への強風が続くものの毎回方角は一定ではなくばらばらである。そのため、今回のように必ず北東方向へ吹くというわけではない。

台風の進路予報も直前になってもずれてしまう事は多いため、事前に台風により輸送された多量のごみの大規模な回収を事前に予測し準備するのは気象予報の今後の精度に委ねられるであろう。

逆に、台風の風の影響について正確な予測が可能になれば、多くのボランティアの方々を募っての大規模な回収作業が出来るようになり、回収の大きな効率化が果たせるであろうことがわかる。

2010年9月7日 0:00



図 3.47 ペットボトル (中身半分)



図 3.48 ペットボトル (中身空)



図 3.49 発砲スチロール

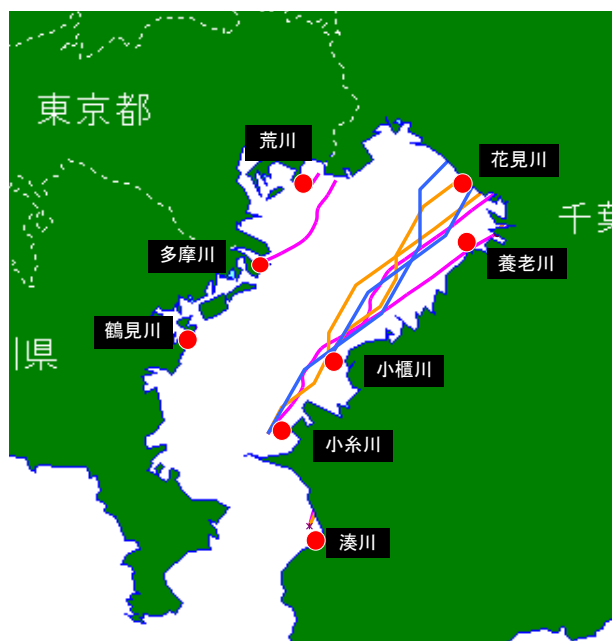


図 3.50 全部の種類

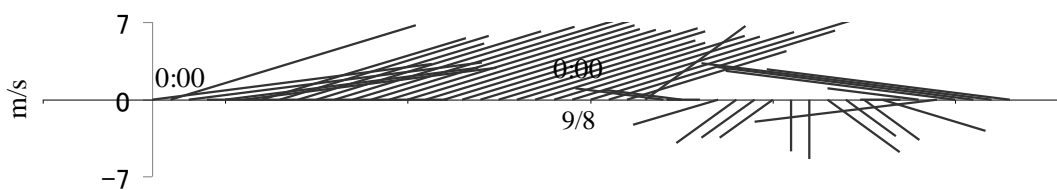


図 3.51 同時刻の風況

2010年10月27日 9:00



図 3.52 ペットボトル（中身半分）



図 3.53 ペットボトル（中身空）



図 3.54 発砲スチロール



図 3.55 全部の種類

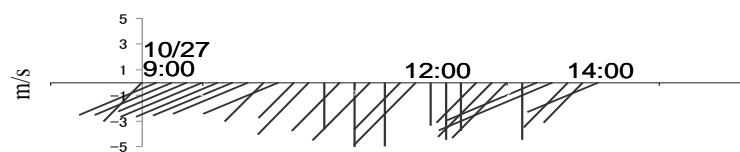


図 3.56 同時刻の風況

2010年11月26日 9:00



図 3.57 ペットボトル (中身半分)



図 3.58 ペットボトル (中身空)



図 3.59 発砲スチロール



図 3.60 全部の種類

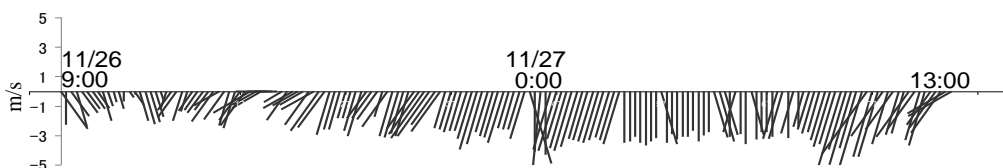


図 3.61 同時刻の風況



図 3.62 ペットボトル (中身半分)



図 3.63 ペットボトル (中身空)



図 3.64 発砲スチロール



図 3.65 全部の種類

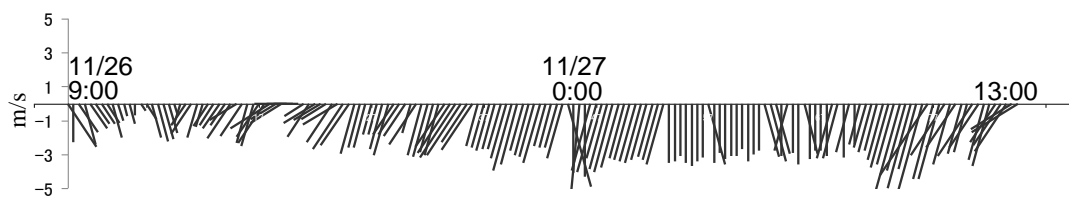


図 3.66 同時刻の風況

2010年11月26日 11:00



図 3.67 ペットボトル（中身半分）



図 3.68 ペットボトル（中身空）



図 3.69 発砲スチロール

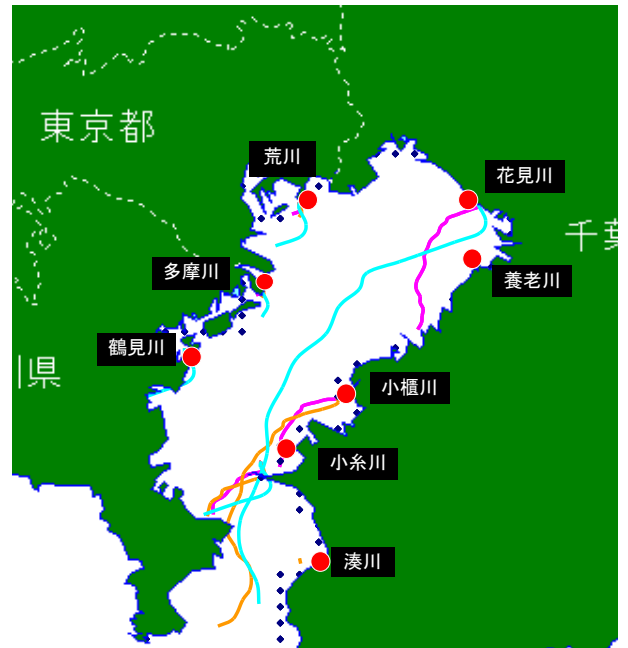


図 3.70 全部の種類

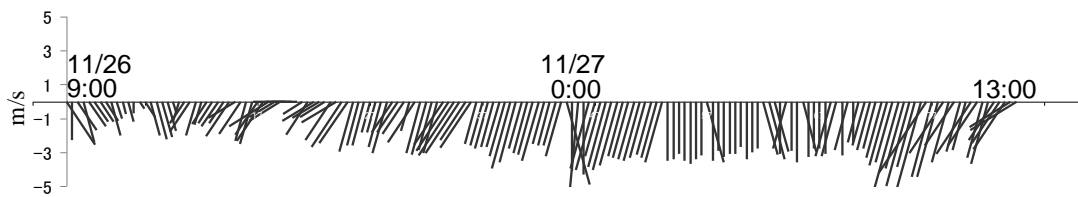


図 3.71 同時刻の風況

3.4.4 季節別一年分の漂着地点の算出

ここまで典型的な日の挙動を調査したのに対し、季節を通した一年分の漂着地の算出を行う。

ごみの漂流する河口及びごみの種類については全て先程と同じ8河口、3種類とし、日程については2010年一年分の大潮及び小潮の日の計50日分を対象とした。

また、3.4.3では挙動を実線で示しているため大きく漂流しなかったものは線として表されないが、今回は流されなかったものについても河口でとどまった実際のごみを考慮し、漂着地点に含めて示している。

3.4.5 結果（通年）

春

全体的に広がっていることを除くと集まり方にあまり特徴的な所は見られない。

図 3.13 の風配図でも示されていたように、春は南西や北東方向という間逆の方向に高い割合で吹くため、ばらばらにごみが散ったと考えられる。

どの種類においても、同じような結果が見られるため、漂着地点を予測しての効率的な回収作業はこの季節は難しいと考えられる。

春



図 3.72 ペットボトル (中身半分)

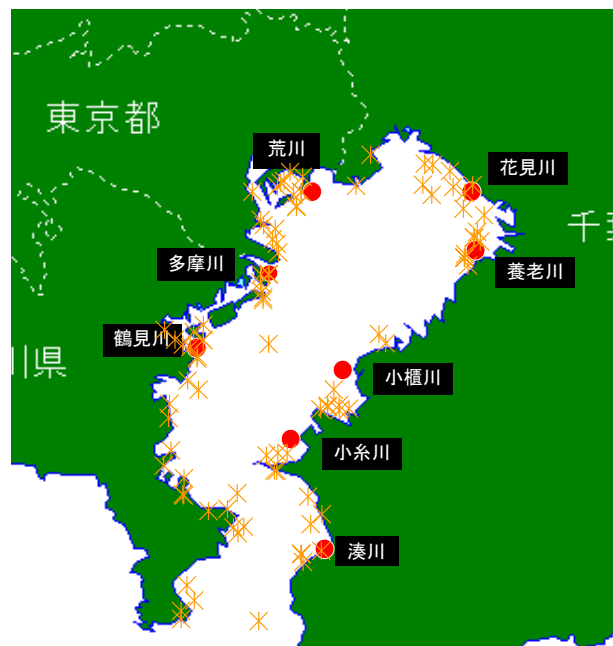


図 3.73 ペットボトル (中身空)

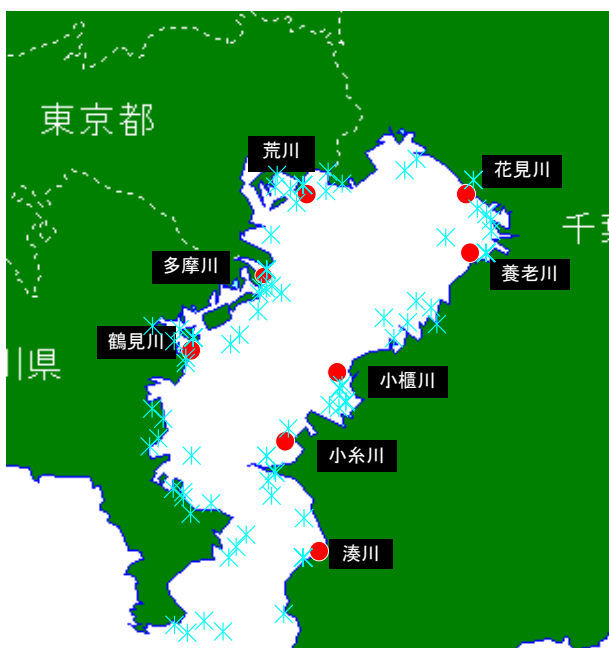


図 3.74 発砲スチロール

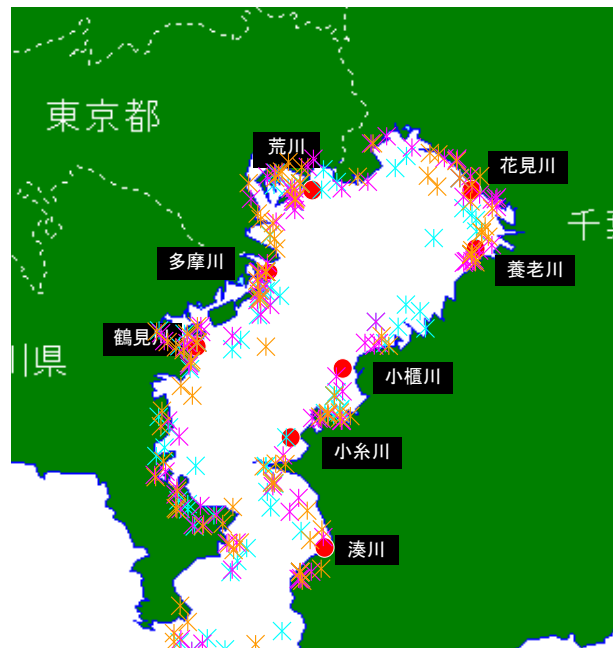


図 3.75 全部の種類

夏

どの種類を見ても湾内南側へはほとんど漂着が無く、全体的に湾奥へ集まっていることがわかる。湾内南側では、富津岬に多少見られるが湊川から流れ着いたものである。

以上から、夏は南向きの岸に集まることがわかる。これは北北東方向へ吹く夏の風の特徴と一致していることによるためであると言える。

先程の春の結果に比べて、夏は南を向いた海岸において回収作業を事前に予定することにより効率的な回収となるであろう。

本結果は短期的な放流後～漂着における漂着地点を算出したものであるので、長期的に堆積しているものの回収を予定する場合を除けば、北向きの海岸での回収作業は東京湾全体で見れば非効率的であるといえる。

夏

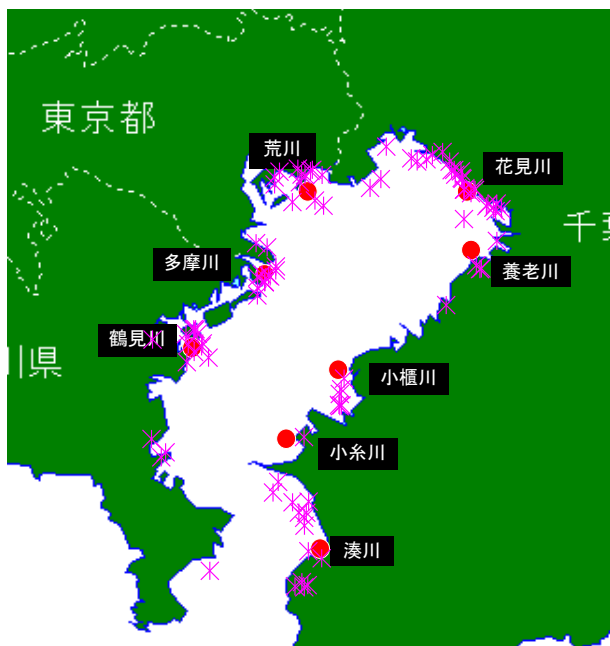


図 3.76 ペットボトル (中身半分)

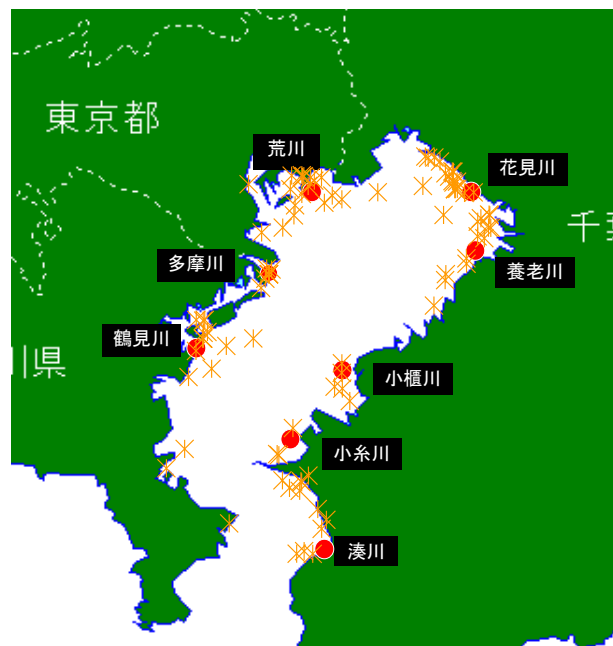


図 3.77 ペットボトル (中身空)



図 3.78 発砲スチロール

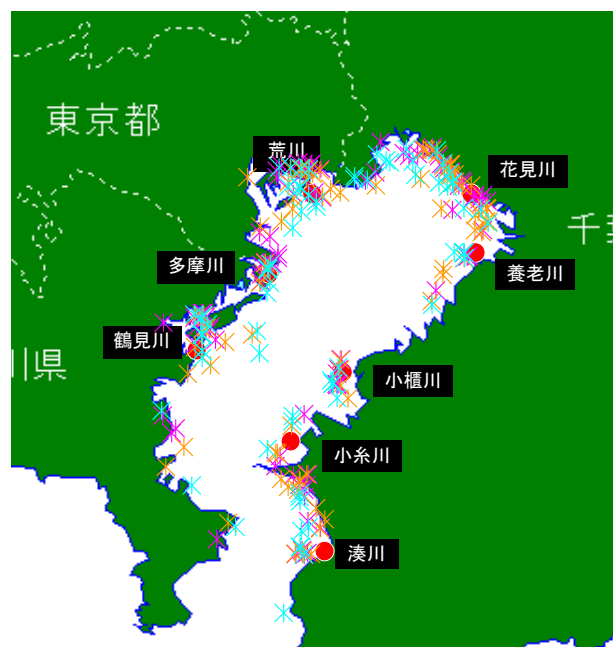


図 3.79 全部の種類

秋

春の結果に似て全体的に散らばっている印象であるものの、全体的に南部に寄っている様子が見られる。湾奥部の船橋市付近にはあまり集まっておらず、神奈川県横須賀市観音崎や富津岬～木更津港の北向きの護岸に比較的集まっていることがわかる。

これは秋の南南西～南南東方向へ吹く風によるものであると考えられる。

また、その影響によりいくつかのごみが湾外への漂流を示していることがわかる。

秋

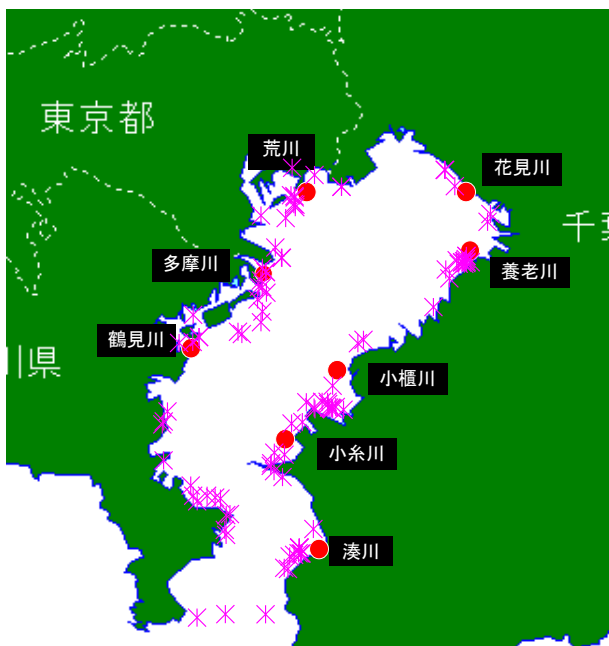


図 3.80 ペットボトル (中身半分)

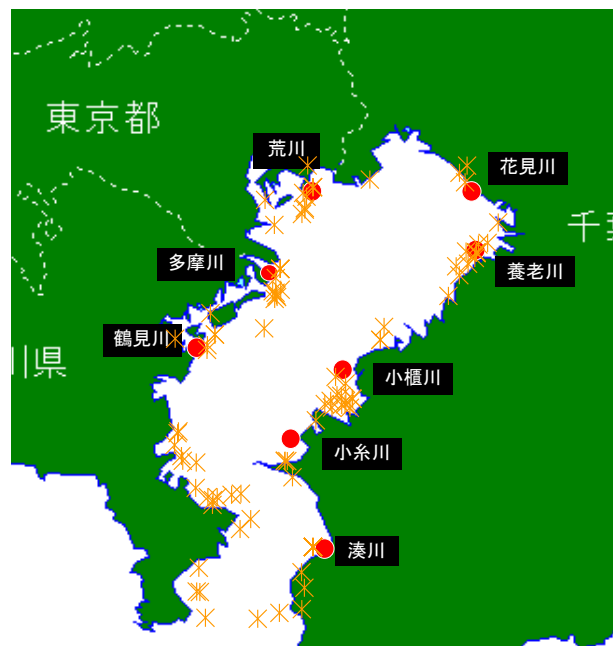


図 3.81 ペットボトル (中身空)



図 3.82 発砲スチロール

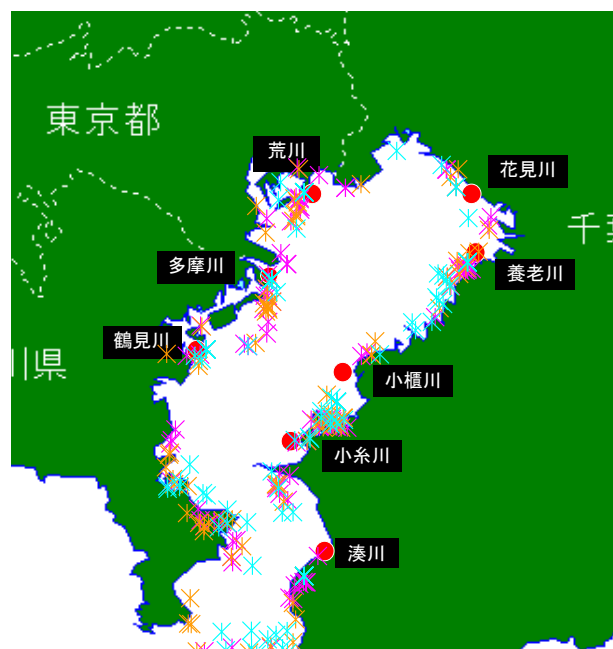


図 3.83 全部の種類

冬

東京湾を東西に分けると結果を見てみると、ほとんど東側に寄っていることがわかる。東に漂着する割合は、全部の種類るときで約 75%であった。また東側の岸の中でも特に北を向いた地点に多数集まっている。

冬は南南西～南南東方向に吹く風が多い季節であるために北を向いた多く集まっていることがわかり、他の季節に比べて顕著に見られる。

この結果から、冬の季節については北を向いた海岸において回収作業を事前に予定することにより夏と同様に効率的な回収が可能であると考えられる。

冬

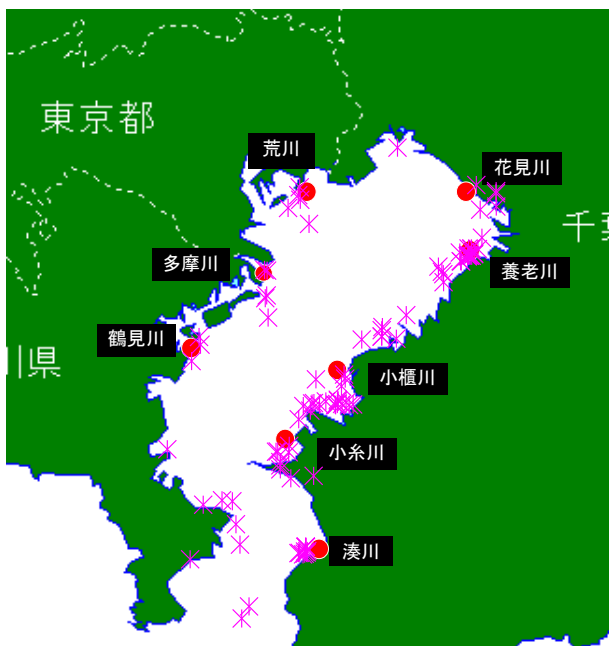


図 3.84 ペットボトル（中身半分）

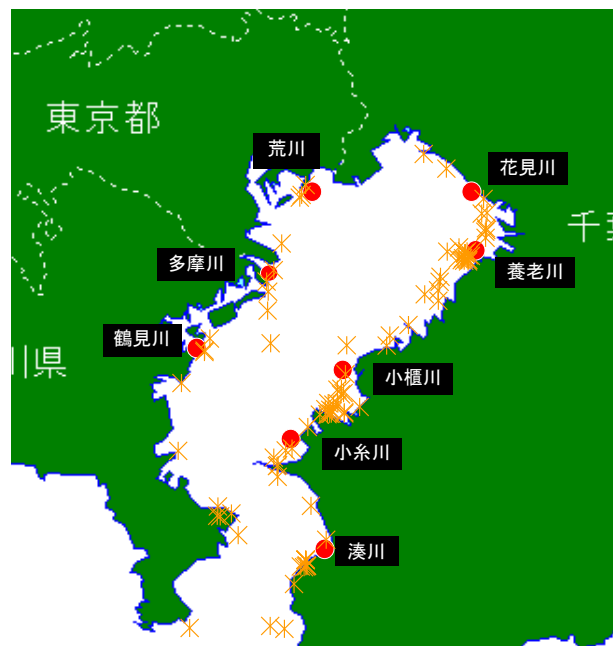


図 3.85 ペットボトル（中身空）



図 3.86 発砲スチロール

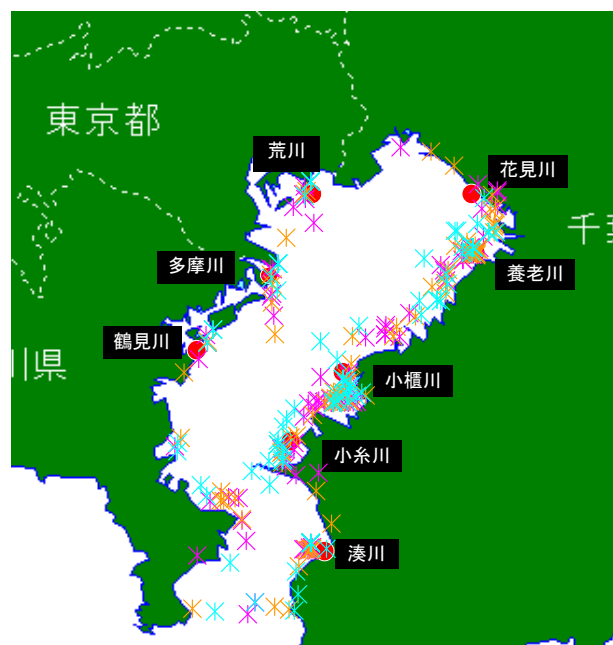


図 3.87 全部の種類

通年

これまで季節別の結果を示したの対して、2010年の一年間を通した漂着地点の結果を重ねた図を示す。

一年を通すと東京湾全体にごみの散らばりがあることがよくわかる。また、細かく見ると木更津港や千葉港のように周りに比べて窪んだように見える海岸線や、逆に富津岬や観音崎のよう東京湾に対して突き出た地形となっているところに多く集まるということがどの種類においてもみられる。

通年

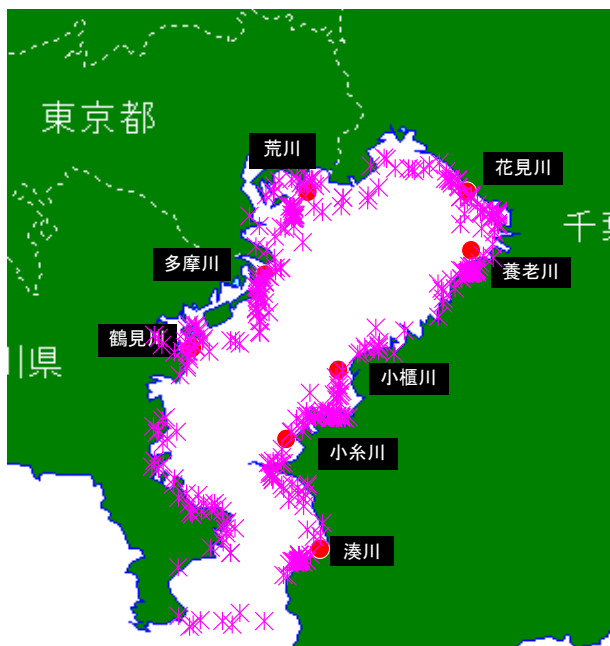


図 3.88 ペットボトル (中身半分)

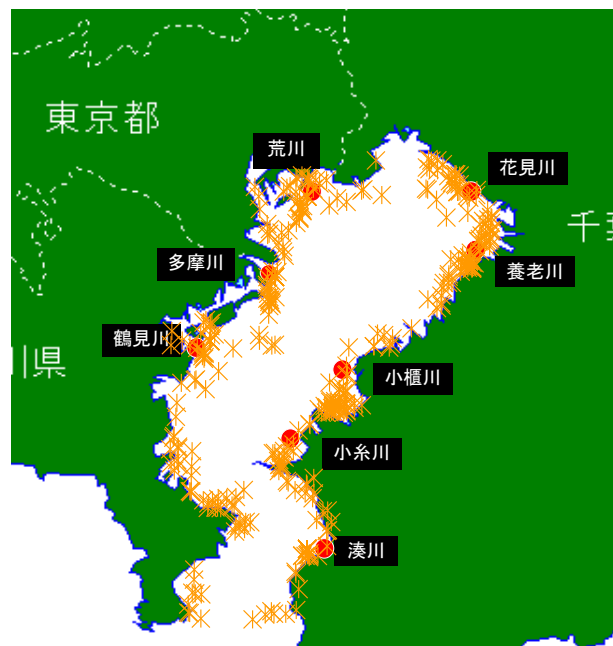


図 3.89 ペットボトル (中身空)



図 3.90 発砲スチロール

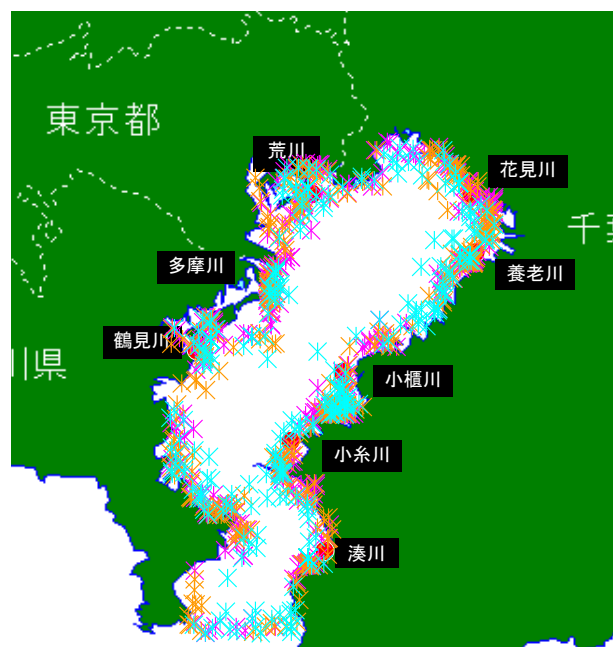


図 3.91 全部の種類

3.5 まとめ

- ・ 季節および種類による検証を加えることにより、実際のごみの漂着地点および漂流中の挙動を予測するにあたっての検討の幅が広がった。
- ・ ごみの種類による比較については、 $\sqrt{\frac{A_a}{A_w}}$ の値が大きくなればなるほど、風の影響をより強く受け、風の流れに沿った動きがより顕著に見られることがわかった。
- ・ 季節における比較では、季節別の風の気象特性について大きな影響を受けることがわかった。

第4章 結論

4.1 考察

- ・ごみの動きは風及び潮汐による影響が非常に大きく、風と潮汐でごみの動きがある程度予想できることがわかった。これにより将来の気象予報をもとに事前に効率的な回収作業の準備を整えることが可能になる。
- ・特に潮汐による流れの影響が弱まる、満潮干潮時には、風による海の表層の流れの影響に加えて、水面から出たごみの部分への直接の風の影響を非常に大きく受けるという結果が得られた。
- ・風による影響がわかると季節風の影響は無視できないために、ごみの挙動を予測する上で季節別の判断が鍵を握る。特に夏と冬は、それぞれ北向き、南向きに高い割合で風が吹き込むために、その風を受ける向きの海岸に多くのごみが集まることがわかった。
- ・一年を通すと東京湾全体にごみの散らばりがあることがよくわかった。また、東京湾に対して突き出して地形など、海岸線の形に合わせて集まり方が大きく偏るという結果も見られた。消波ブロックの空隙に多く引っかかりやすいというような小さなスケールでの結果は、東京湾という大きなスケールについて考えてみても同じだということがよくわかる。
- ・種類による検証では、長時間継続的に同一方向に吹く風の場合には種類に関わらず、漂着する海岸が予測できることがわかった。ただ、逆に短期的に様々な方向に風向きが変化する気象の場合には、 $\sqrt{\frac{A_a}{A_w}}$ の値が大きいものに限っては特に風の変化が効いてくるために、たった数時間の河口を出る時刻の違いだけで一方は東京湾の北部（湾奥）に、もう一方は東京湾開口部（南部）にと真反対の漂着地点にたどり着いてしまうことも大いに起こりうるであろうという、興味深い結果が得られた。

・ブイによる観測では漂着場所への立ち入りが困難であることを理由に3割の確率でしか回収が出来なかった。これにより、実際に今現在流れているごみも、高い確率で人の立ち入りが難しい場所へ漂着しているものが非常に多いであろうと考えられる。

4.2 今後の課題

本研究により、ある程度高い精度での漂着地点の予測が可能になった。

ただ実際のごみは波により水中と水面上をゆらゆらと上下に揺れながら動いたり、回転しながら動いたり想定が難しい部分については計算していない。今後の更なる精度向上のためにこれらの条件が実際どの程度再現可能か検討する必要がある。

参考文献

- ・ 気象庁ホームページ：<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- ・ 国土交通省ホームページ：<http://www.mlit.go.jp/>
- ・ 小島あずさ・眞淳平(2007), 海ゴミ一拡大する地球環境汚染, 中公新書
- ・ 瀬賀康浩・柴木秀之・原崎恵太郎・宇野喜之(2007), 酒田港周辺で発生した流木・浮遊ゴミの漂流に関する研究, 海岸工学論文集, 第 54 巻, pp.1291-1295
- ・ 環境省地球環境局, 漂流・漂着ゴミ国内削減方策モデル調査報告
- ・ 佐々木淳(1996):東京湾における青潮の発生機構に関する研究, 東京大学大学院・工学研究科・社会基盤工学専攻 博士論文
- ・ 鯉淵幸生(2001):東京湾における物質循環機構に関する研究, 東京大学大学院・工学研究科・社会基盤工学専攻 博士論文
- ・ 小野沢恵一(2005):お台場における雨天時越流水の数値解析, 東京大学大学院・工学研究科・社会基盤工学専攻 卒業論文
- ・ 神野有生(2007):川平湾周辺のサンゴ礁海域における水環境に関する研究, 東京大学大学院・新領域創成科学研究科・社会文化環境学専攻 修士論文
- ・ 金子博(2009):海洋ごみ問題から考える流域一体的な海岸管理, 河川 2009 年 7 月号, pp46-49
- ・ 山田智貴:大阪湾内における漂流ごみの実態計測の試み-GPS 携帯電話を使用した計測システムについて-, 日本船舶海洋工学会講演会論文集第 5K 号, pp55-58
- ・ 瀬賀康浩:酒田港周辺で発生した流木・浮遊ゴミの漂流に関する研究, 海岸工学論文集 第 54 巻(2007), pp1291-1295

謝辞

本研究を進めるにあたり、研究の方針や論文の組み立て方について当初より熱心に御指導してくださった指導教官の磯部雅彦教授に深く御礼申し上げます。

ゼミナールでのアドバイス及び観測に関わる多くの手助けをして頂いた鯉渕幸生先生に心より感謝致します。

黄光偉先生には、ゼミナールでのアドバイス及び社会についての様々な興味深いお話を聞かせていただきました。心より感謝致します。

本論文の副指導教官の、佐久間哲哉先生には論文の構成に関して多くのご指導をいただきました。心より感謝致します。

秘書の室園さんには、書類手続きなど多くのサポートをしていただきました。心より感謝致します。

そして、様々な場面で沿岸環境に関する知識や研究を進める上での助言を頂いた研究室の先輩の皆様、そして共に研究に励んだ修士生の皆に心から感謝致します。

最後に、皆様の益々のご活躍をお祈り申し上げます。