

5.11 我が国から海外へ流出するゴミの実態把握手法検討調査

5.11.1 目的

我が国からどの程度のごみが海外へ流出しているのか、現在のところ十分なデータが整理されていない。そこで、我が国から海外へ流出するごみが、どこにどれだけ流出しているかについて、どのようにして把握していくべきかその調査手法について検討することを目的とした。

5.11.2 期待される効果

本調査により、我が国から海外へ流出するごみの量及び漂着地の推定手法を整理する。今後、本調査で整理した手法を用いた調査を実施することにより、海外へ流出するごみの量及び漂着地を特定することで、国内での発生抑制や、海外での回収の必要性及びその手法の検討等の施策立案に資することが可能となる。また、国際協力関係を構築するための基礎資料となる。

5.11.3 調査内容・方法

調査内容は大別して以下の2項目を想定しており、各内容についての調査方法を以下に示す。

既往文献の収集・整理

海外への流出実態把握手法の検討

(1) 既往文献の収集・整理

既往の文献調査により、日本から海外へ漂流するごみの調査手法に関する知見及び、海外における日本起源のごみに関する情報について収集・整理した。JDream を用いて検索したキーワードを表 5.11-1 に示す。調査方法については、表 5.11-2 に示す内容に分類して整理した。

表 5.11-1 日本から海外へ流出するごみの調査に関する検索キーワード

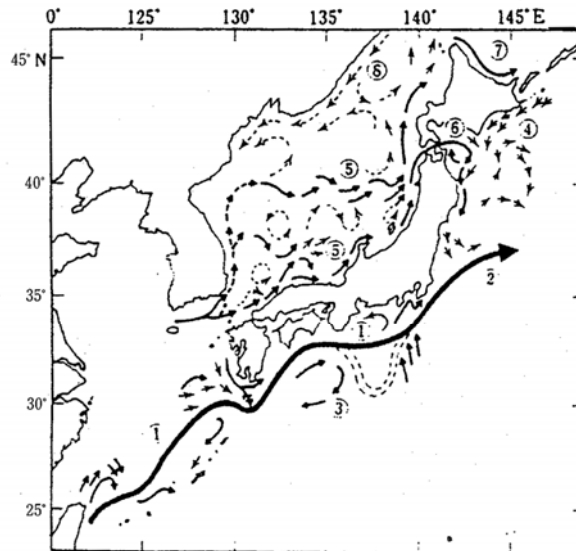
日本語キーワード	英語キーワード
・ 漂流ごみ	・ Marine debris
・ 漂流ゴミ&ごみ	・ Marine plastic Japan
・ 漂流シミュレーション	・ Marine debris floating
・ 海洋 ごみ 監視	・ Floating debris
	・ Sea debris
	・ Kuroshio debris
	・ Debris Hawaii
	・ Japan debris
	・ Identify debris Japan
	・ Identification debris Japan
	・ Simulation debris
	・ Simulation debris Japan
	・ Methodology debris
	・ Floating plastic Japan

表 5.11-2 調査方法の分類

調査方法の分類	
海岸での回収	a. 日本の海岸での漂着ごみ回収
	b. 海外の海岸での漂着ごみ回収
船舶からの目視観測 / ネット採取	
発信機付標識放流	
漂流シミュレーション	

(2) 海外への流出実態把握手法の検討

我が国から海外へ流出するごみの主な経路は、日本近海から太平洋へと流れる海流と考えられる。日本近海の流れとしては、図 5.11-1¹に示すように黒潮、親潮、津軽暖流、宗谷暖流があり、更に黒潮と親潮が合流した後に太平洋へと流れる黒潮続流（図 5.11-2²）がある。日本から海外への漂流ごみの主要な漂流経路としては、各海流の流量から判断して、黒潮及び黒潮続流と考えることができる。よってここでは、黒潮或いは黒潮続流を対象とした調査手法を検討した。



第1図 日本近海表層海流分布模式図
 本図は主として夏季の海流の状況を模式化したものである。
 ①黒潮 ②黒潮続流 ③黒潮逆流 ④親潮 ⑤対馬暖流 ⑥津軽暖流 ⑦宗谷暖流 ⑧リマン海流

図 5.11-1 日本近海の流れ図

¹日本海洋学会沿岸海洋研究部会(1990)：続・日本全国沿岸海洋誌（総説編・増補編），pp839.

² 気象庁HP <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

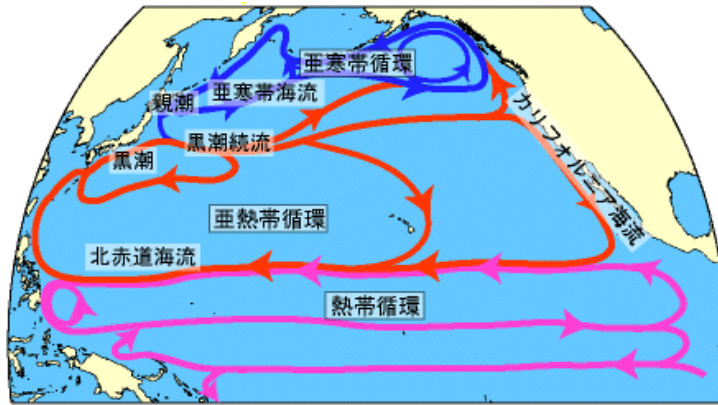


図 5.11-2 北太平洋表層の循環の模式図

a. 海岸での回収による手法

(a) 日本の海岸での漂着ごみ回収（黒潮を対象）

検討内容としては、下記の項目を想定している。

推定方法の検討

日本の海岸の現地調査により海外へ流出するごみの量を推定する方法について、手法を検討した。

現地調査内容の検討

上記推定に用いるデータ取得のための現地調査について検討した。

(b) 海外の海岸での漂着ごみ回収（黒潮続流を対象）

海外の海岸での現地調査により日本から流出したごみの量を推定する方法について、検討した。現地調査内容については、基本的には上記「(a) 日本の海岸での漂着ごみ回収」と同様である。

b. 船舶からの目視観測／ネット採取による手法

黒潮或いは黒潮続流域において、洋上を漂流するごみの目視観測或いは海中のネット採取により、海外へと流出するごみの量を推定する手法について検討した。

c. 発信機付標識放流による手法

ごみの漂流経路を観測する手法として、漂流ボトルの追跡による手法について検討した。

d. 漂流シミュレーションによる手法

ごみが漂流・集積する状況を検討する手法として、漂流シミュレーションによる手法について検討した。

5.11.4 調査結果

(1) 既往文献の収集・整理

日本から海外へ流出するごみに関する調査を目的とした文献、目的は異なるが関連する文献について、以下に項目ごとに示す。

a. 調査手法に関する知見

(a) 海岸での回収による手法

1. 日本の海岸での漂着ごみ回収

日本の海岸での漂着ごみの回収事例は多数あるが、日本から海外へ流出するごみを調査する目的で行われたものは見当たらなかった。そこで、目的は異なるものの、参考となる既往の調査について以下に述べる。

山口(2005)³は、日本の本州から太平洋中央部に向けて、三宅島(1998年に調査)、八丈島(1999年に調査)、硫黄島(1999年～2004年の調査)で漂着ごみの調査を行っており、漂着ごみの国別割合を求めている。これらの離島での調査結果から、日本製ごみの割合が、三宅島で26%、八丈島で16%、硫黄島(1999年～2004年の調査の総計)で9.7%となっており、日本から離れるに従って日本製の割合が減少するとしている。逆に、不明ごみの割合は、三宅島で63%、八丈島で75%、硫黄島で79.5%と増加しており、このことは、太平洋岸や太平洋上で排出された日本製のごみが黒潮に乗り、さらに遠距離漂流する過程で不明ごみ化することを示唆するものと推定している。

山口教授は、硫黄島での調査を現在も継続されている(私信)。2009年の調査時の写真を、図5.11-3に示す。まだデータは公表されていないが、これまでの11年間のデータを解析することで、太平洋へ流出する日本のごみの経年変化の検討が可能と考えられる。

³山口晴幸(2005)：絶海の孤島太平洋沖合に浮かぶ硫黄島・南鳥島に打ち上がる漂着ゴミ生活と環境 pp.50、37-44.



図 5.11-3 2009 年の硫黄島の海岸の状況（山口教授提供）

2. 海外の海岸での漂着ごみ回収

特定非営利法人 OWS (The Oceanic Wildlife Society) の HP によると、太平洋のミッドウェー環礁における調査によって、図 5.11-4 に示すように死亡したコアホウドリの雛の胃の中からプラスチック類が大量に発見されている。鹿児島大学の藤枝教授は、コアホウドリの雛の死骸から回収された使い捨てライターを分析し、消費製造国を判別することで日本のライターの割合を推定している(藤枝,2003a⁴ 2003b⁵)。これによると、中国・台湾のライターが 18.8%、日本のライターが 58.2%という結果が得られている。

このような方法により、海外の海岸に実際にどの程度の日本のごみが漂着しているのかを推定可能と考えられる。

また、藤枝(2003a⁴、2003b⁵)は、日本の海岸での調査結果(九州沿岸に漂着するライターの調査結果)も合わせた考察により、太平洋を漂流するライターの主な流出地が東アジア沿岸地域であり、なかでも特に日本の負荷が高いことも指摘している。



< 出典 > 特定非営利法人 OWS の HP

図 5.11-4 ミッドウェー環礁のコアホウドリの雛から回収されたライター

(b) 船舶からの目視観測 / ネット採取による手法

1. 目視観測による方法

水産庁による調査

水産庁は、北大西洋及びその隣接海域において浮遊物質の目視調査を実施している (Matsumura S. and N. Keiichi, 1997)⁶。1986年～1991年の6年間(1986年の事前調査結果は試算から除か

⁴藤枝繁(2003a)：使い捨てライターの行方、石井忠他、漂着物考 - 海辺のミュージアム - INAX 出版 pp.48-49.

⁵藤枝繁(2003b)：ディスポーザブルライターを指標とした海岸漂着散乱ゴミの流出地推定 漂着物学会誌 pp.1、13-20.

⁶ Matsumura S. and N. Keiichi (1997) : Distribution of Floating Debris in the North Pacific Ocean : Sighting Surveys 1986-1991, In Coe JM, Rogers DB (eds) Marine Debris, Springer, Berlin Heidelberg New York, 15-24.

れている)に、表 5.11-3 に示す規模で船舶からの目視調査を行っており、図 5.11-5 に示すような分布密度の調査結果を得ている。この結果から、次のように報告している。

浮遊物質の構成比は、発泡スチロール・プラスチック等の石油化学製品が 6 割、漁網が 1 割、丸太などの自然物質が 3 割となっており、1987 年を除きこの構成比に大きな変動はない。

発泡スチロールについては、調査海域を構成するブロックの 77%において確認され、特に東シナ海から日本南方の海域並びに中米及びメキシコ湾において多いことから、その多くは陸上起源であることを示唆するとしている。

プラスチック製品は、中米の太平洋側及びカリブ海沿岸等で比較的多いことから、発泡スチロール同様、陸上起源が主であることを推測している。

魚網は北緯 20 度～30 度及び西経 150 度～130 度の東太平洋で多く、また、北緯 30 度～40 度及び東経 140 度～150 度の太平洋の日本近海においても多い。

丸太については、ハワイ北方において比較的多いが、一般的には太平洋の中緯度海域では低密度となり、環太平洋の沿岸で高密度となっている。

表 5.11-3 北太平洋における漂流ごみの調査規模

TABLE 2.2. Effort of marine debris sighting survey, North Pacific Ocean, 1986–1991.

<i>Year</i>	<i>Number of voyages</i>	<i>Sighted distance (nautical miles)</i>
1986 ^a	20	81,000
1987	34	139,000
1988	45	245,000
1989	47	206,000
1990	42	203,000
1991	36	133,000
Total	204 (64) ^b	926,000

^a1986 was the preexperiment survey; only the data from 1987–1991 surveys were used for statistical analyses. ^bA total of 64 ships participated in the sighting surveys in 1987–1991.

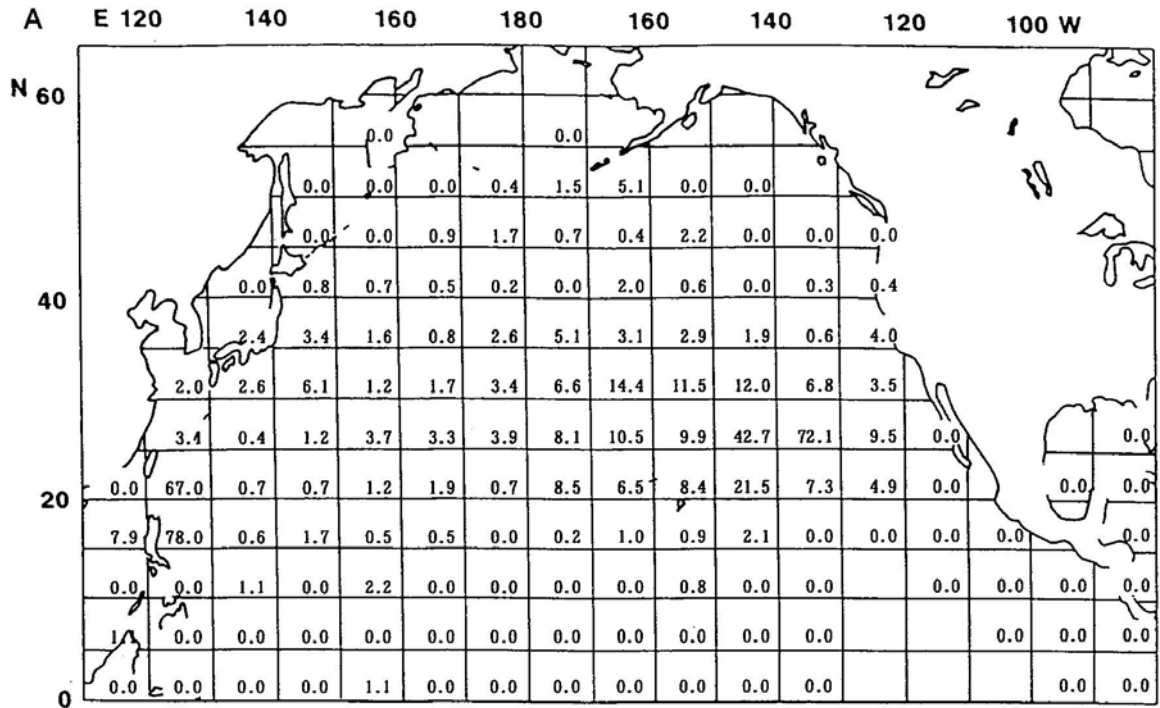


FIGURE 2.3. A Density of floating fishing nets/100 nm², 1987–1991. B Density of fishing floats and fishing gear other than nets/100 nm², 1987–1991. C Density of floating Styrofoam/100 nm², 1987–1991. D Density of floating plastic products/100 nm², 1987–1991. E Density of floating logs/100 nm², 1987–1991. F Density of floating seaweed/100 nm², 1987–1991. G Density of all floating objects/100 nm², 1987–1991.

図 5.11-5(1) 分布密度 (漁網)

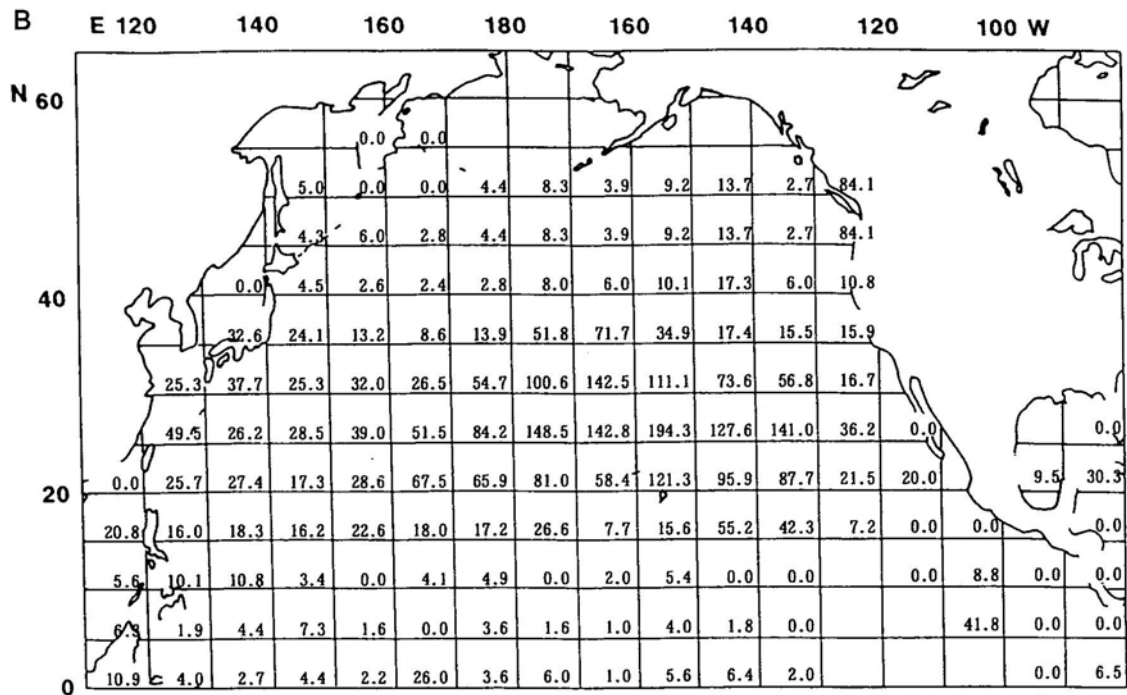


図 5.11-5(2) 分布密度 (ブイ及びネット以外の漁具)

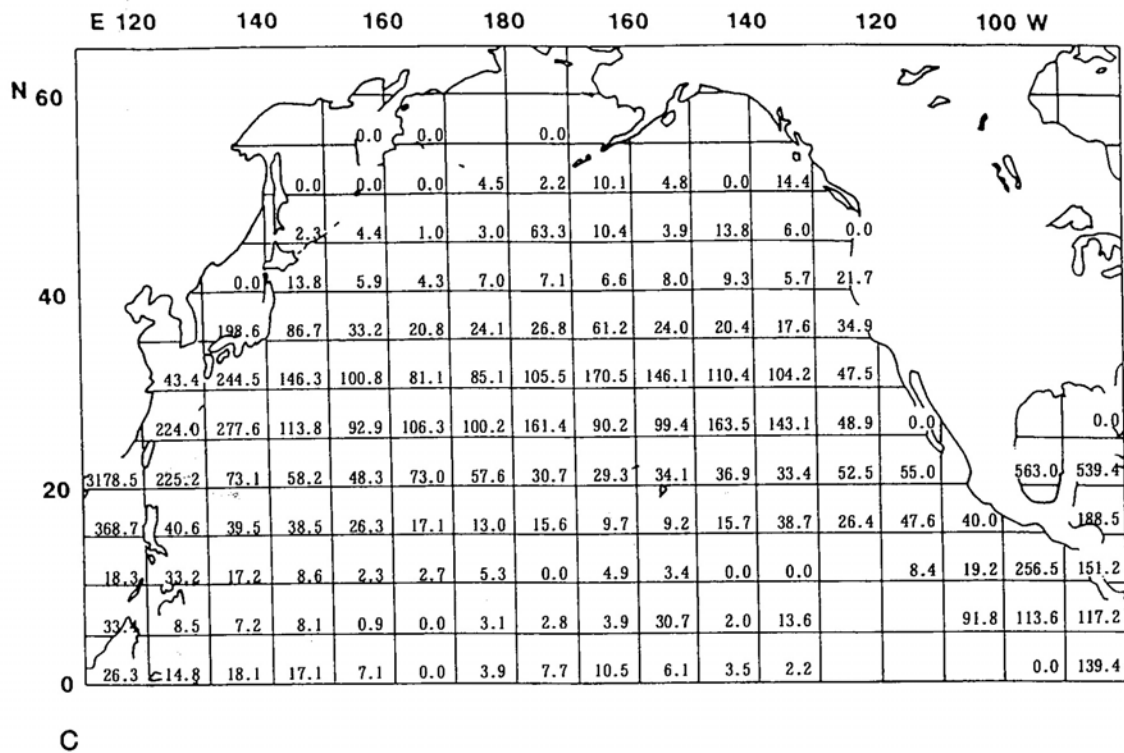


図 5.11-5(3) 分布密度 (発泡スチロール)

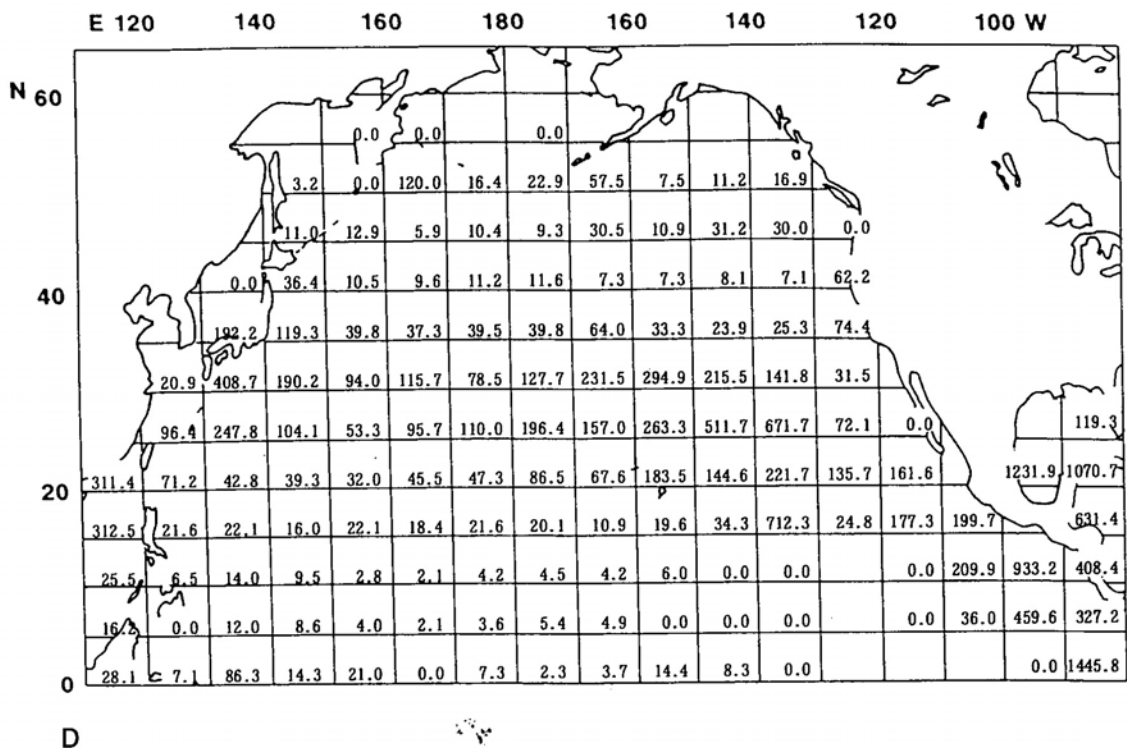


図 5.11-5(4) 分布密度 (プラスチック製品)

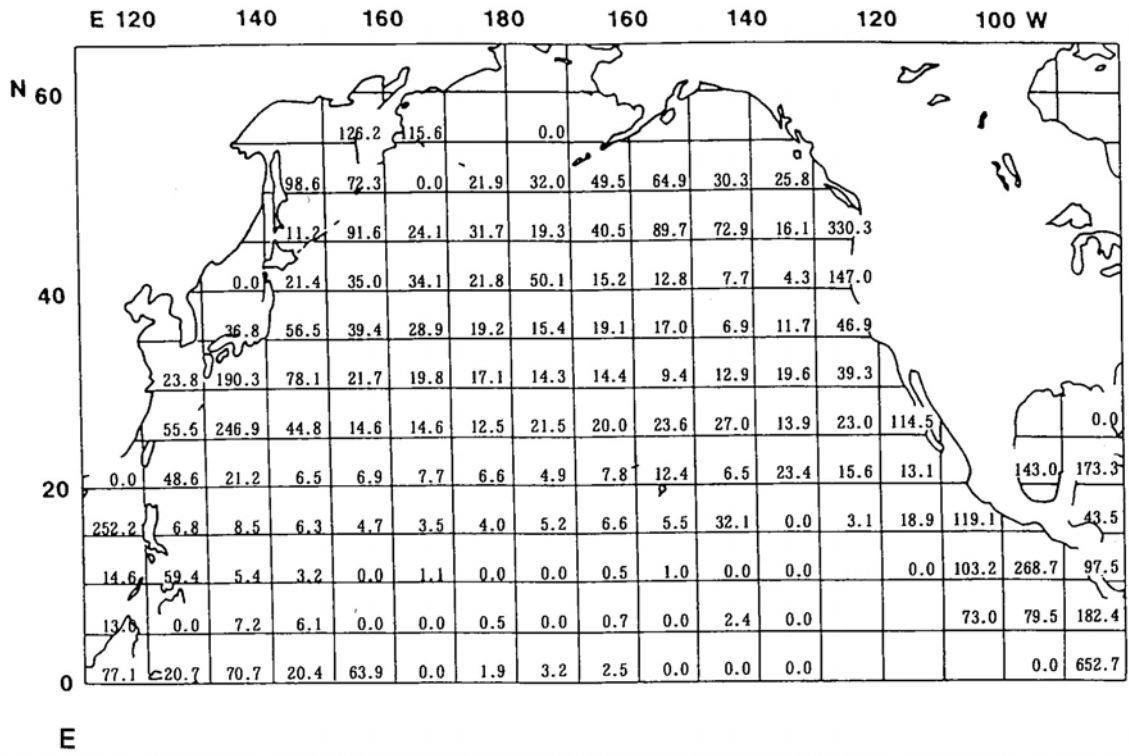


图 5.11-5(5) 分布密度(流木)

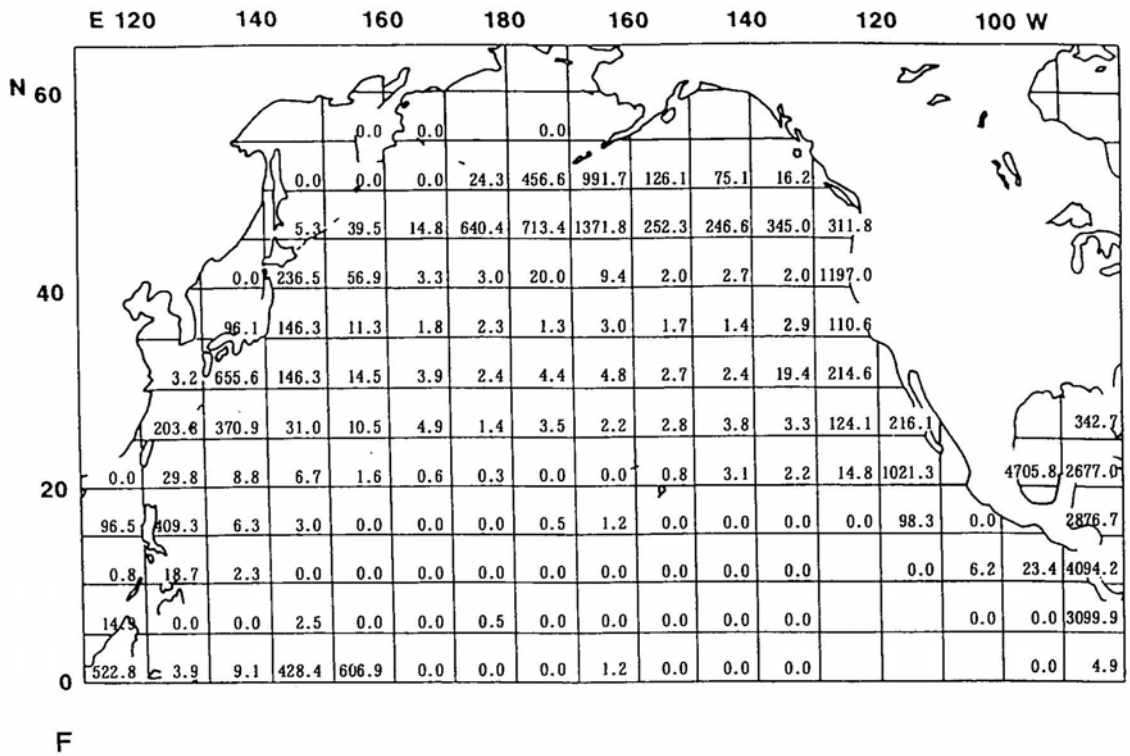


图 5.11-5(6) 分布密度(海藻)

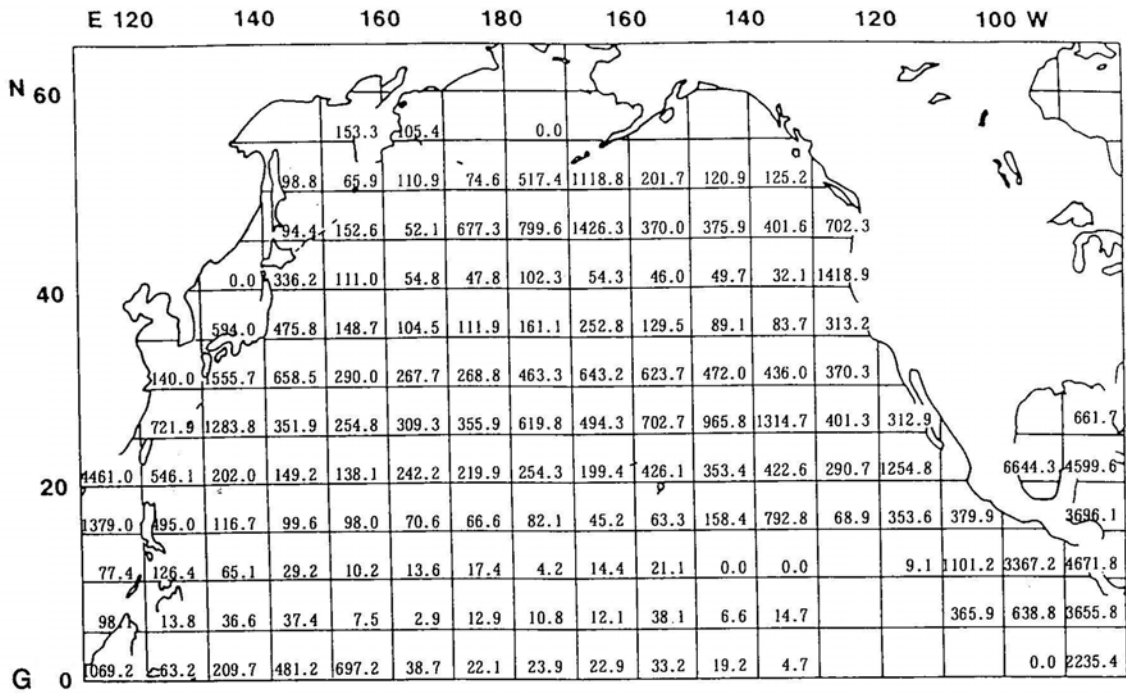


図 5.11-5(7) 分布密度 (全ての漂流物)

気象庁による調査

気象庁は、大気・海洋環境観測観測において浮遊物質及び海面油膜の目視観測を実施しており、日本周辺の浮遊物質の分布状況を報告している（気象庁、2009）⁷。大気・海洋環境観測報告 第9号によると、1981～2000年の20年間の浮遊汚染物質の平均分布は、図5.11-6に示すとおりであり、調査結果が次のように報告されている。

浮遊汚染物質は、日本周辺海域で多く、北緯20度以南や亜寒帯域で少ない。黒潮続流の南側にあたる東経150度以東の北緯30度付近の海域は、同じ経度の高緯度及び低緯度と比較して浮遊汚染物質が多い傾向がある。また、低緯度でも北赤道反流域にあたるニューギニア島北方の海域で比較的多く、外洋の浮遊汚染物質の分布に海流系が大きく影響していることを示唆している。

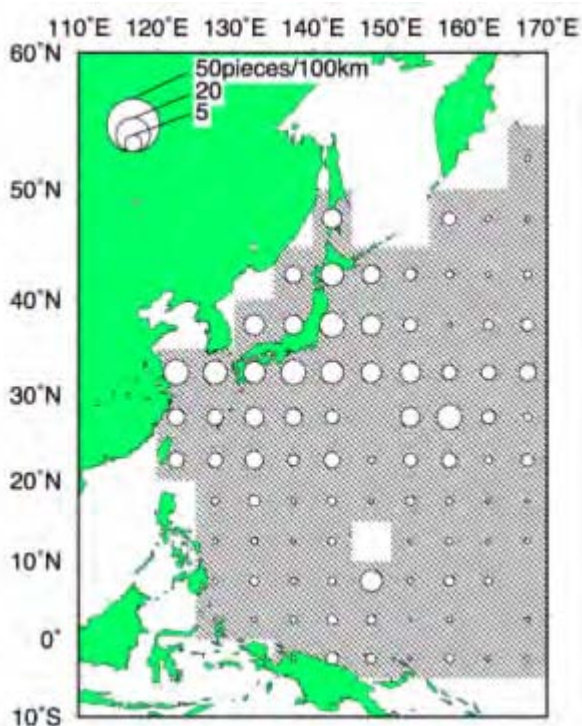


図 5.11-6 プラスチックなどの浮遊汚染物質の20年平均分布図
(1981～2000年、緯度・経度5度ごと)

海上保安庁による調査

海上保安庁（2006）⁸では、平成3年から海上漂流物目視調査を行っている。平成17年の調査結果では、図5.11-7に示すようであり、次のとおりまとめられている。

調査距離数は500海里、海上漂流物の目視総数は254個であった。10海里当たりの個数は5.08個(=2.7個/10km)で前年の12.86個/10海里(=7.0個/10km)に比べ減少している。確認した海上漂流物の内訳は、例年同様発泡スチロール、ポリ袋・ビニール袋、固形プラスチック類等の石油化学製品が多く、これらが全体の6割以上を占めている。

⁷ 気象庁(2009) 大気・海洋環境観測報告 第9号 平成19年度観測成果 pp290.

⁸ 海上保安庁(2006) - 未来に残そう青い海 - 海洋汚染の現状(平成17年1月～12月)

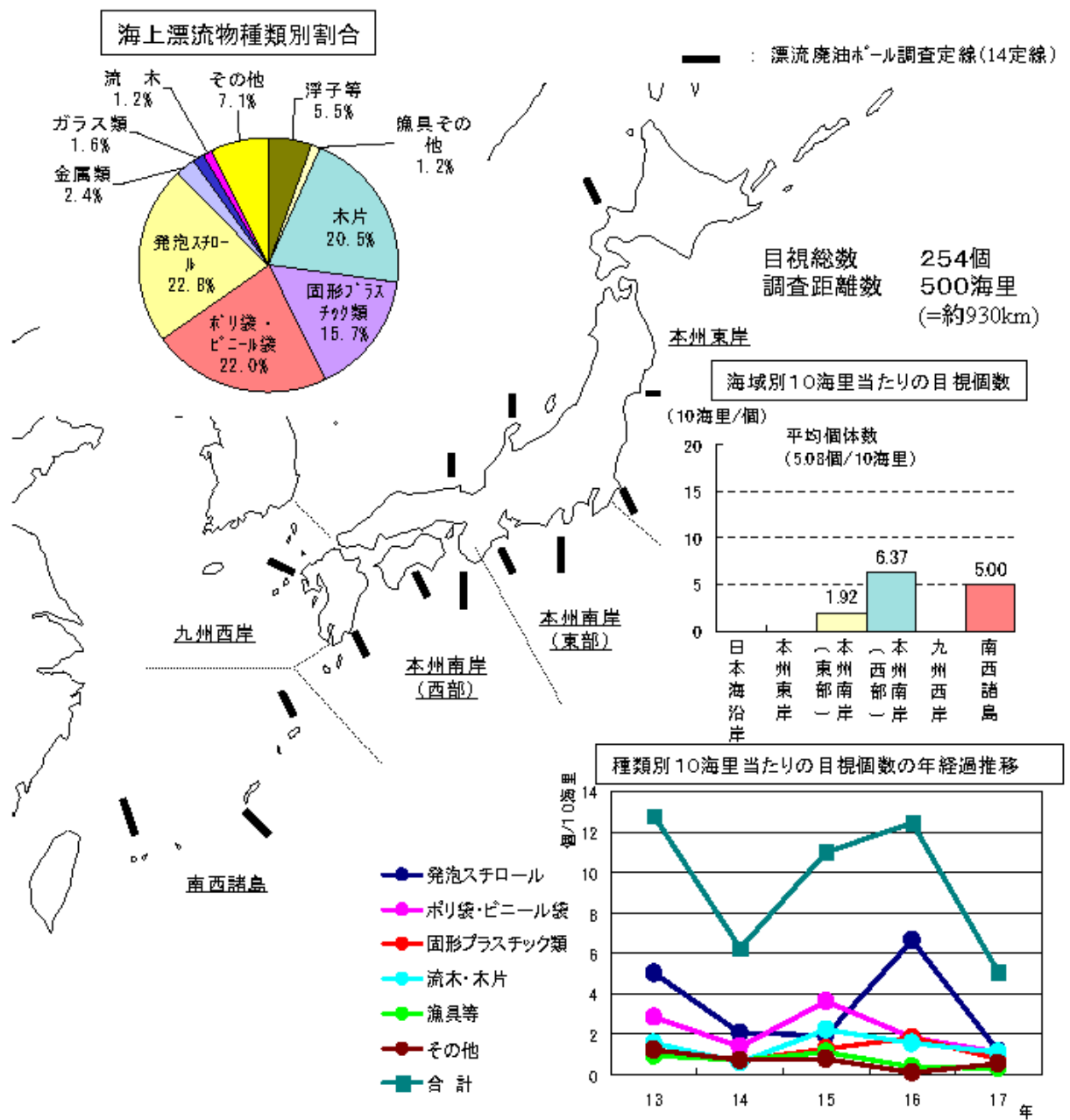


図 5.11-7 日本周辺海域における海上漂流物目視調査結果 (平成 17 年)

2. ネット採取による方法

環境省は、海洋環境モニタリング調査においてネットによる浮遊性プラスチック類の採取調査を実施しており、日本周辺のプラスチック類による汚染状況を報告している（環境省、2009）⁹。

環境省の海洋環境モニタリング調査(1995～)では、プラスチック類等の漂流ごみの個数及び重量について、現状の把握等のためネット採取の方法により調査をしている。本調査について、環境 GIS(http://www-gis.nies.go.jp/GIS_index.asp)より引用すると、以下のとおりである。

・調査海域

環境省が行う海洋環境モニタリング調査は、主に次の2種類の汚染源による海域に注目して調査を実施している。調査測線及び地点の概要を、図 5.11-8¹⁰に示す。

本調査は海洋環境モニタリング調査測点図(1998年～)に示すとおり、A～H等の測線(地点名)で行われている。

陸域起源の海洋汚染に関する調査海域(A-H測線)は、大都市や工業地帯からの陸域起源の汚染物質が流出・拡散する沿岸域、特に負荷の大きな内湾からその沖合に向かっての汚染物質の分布・濃度変化の把握、またプラスチック類の漂流ごみの状況把握を目的としている。

・調査対象及び調査方法について

調査対象は、海水・海底の堆積物・海の生物に含まれる有害化学物質及び生物種の組成、漂流ごみの数量などである。いずれの調査対象についても、経年的な変化の把握を目指している。

採取方法は、気象庁型ニューストーンネット(縦、横それぞれ50cm)により、2ノットで20分間の表層曳きである。

・調査周期及び時期

本調査は、対象としている海域が非常に広大であることから、日本周辺海域を3～5年で一巡することを前提に調査計画を立てており、経年的な変化を捉えることにより総合的な評価が可能となる。

日本近海海洋汚染実態調査(1975～1994)では、1975年から1980年までは夏と秋の年2回の調査を実施していたが、それ以降の調査は年1回、主に夏期に実施している。また、海洋環境モニタリング調査(1995～)に切り替わってからも年1回、秋期に実施している。

・データ

データ¹¹は、以下について個数(個/km)、重量(g/km)を算出している。

1. 石油化学製品=発泡スチレン+薄膜状プラスチック+プラスチック製品の破片+レジンペレット+化学繊維+モノフィラメント+ゴム製品+タバコフィルター
2. その他の非自然物=紙+布+ガラス製品+タールボール
3. 植物の個数=陸上植物破片
4. 動物の個数=昆虫
5. その他の自然物=軽石
6. 不明・その他の個数=その他・不明

⁹環境省(2009)：平成19年度海洋環境モニタリング調査結果 pp.30.

¹⁰環境 GIS：http://www-gis.nies.go.jp/GIS_index.asp

¹¹環境 GIS：<http://www-gis4.nies.go.jp/kaiyo/html/file4-11.html#de6>

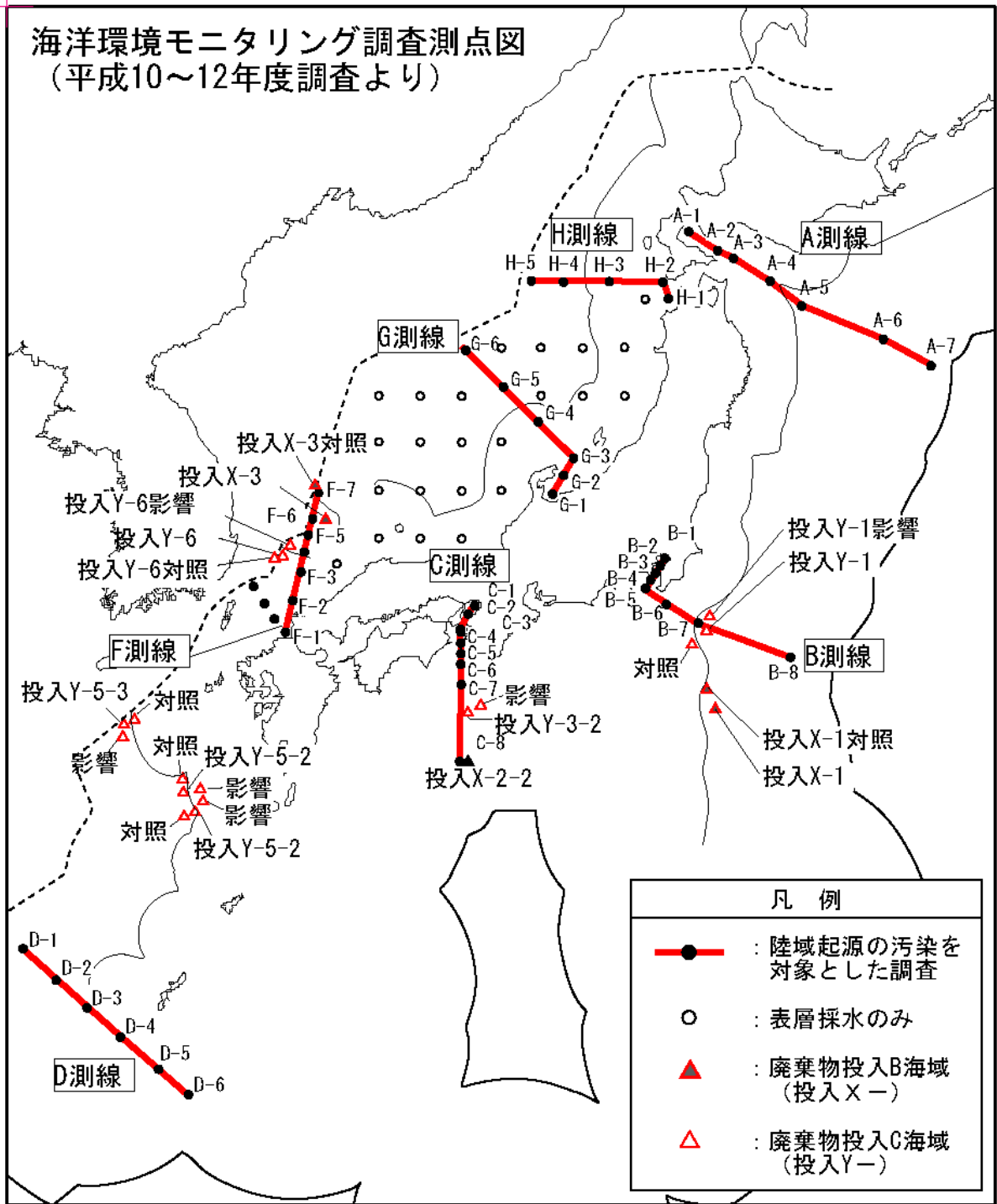


図 5.11-8 海洋環境モニタリング調査の測点図

(c) 発信機付標識放流による手法

海上保安庁は、海水の流れを観測するため、漂流ブイによる漂流軌跡を観測している。ブイの軌跡はHPで公開されており(海上保安庁のHP)¹²、日本近海から太平洋への漂流ブイの軌跡は図 5.11-9 に示すようである。

また、気象庁では、洋上での気象観測データ取得を効率よく行うために、漂流型海洋気象ブイを開発し運用している(気象庁のHP)¹³。日本近海から太平洋への漂流ブイの軌跡は、図 5.11-10 に示すようである。

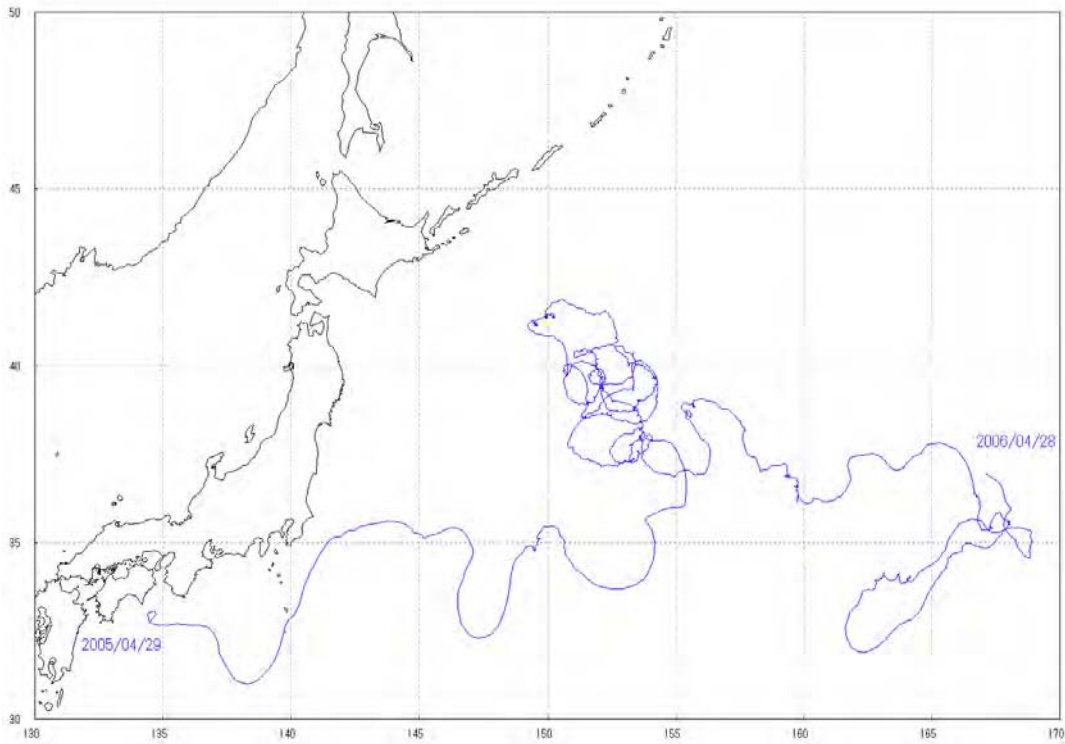
両者共に、日本近海から太平洋中央部へとブイが漂流する軌跡が描かれており、本手法により日本から海外へのごみが流出する状況を捉えられると考えられる。また、ブイの位置が常に把握できるため、最終的に漂着した場合の漂着地を把握することも可能である。HPにある情報から判断すると、海上保安庁では約1年の期間、気象庁では数ヶ月から半年の期間の観測が行われているが、漂着した状況は見られていない。これは、両者ともに本来の目的が、日本近海での流れや気象観測であり、漂着地を求めることが目的ではないためと考えられる。

¹² 海上保安庁 HP : <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO/qboc/buoy.html>

¹³ 気象庁 HP : 漂流ブイの軌跡

http://www.data.kishou.go.jp/db/vessel_obs/data-report/html/buoy/buoy.php?year=2009

• ID No.: suiro_s3



• ID No.: 29356

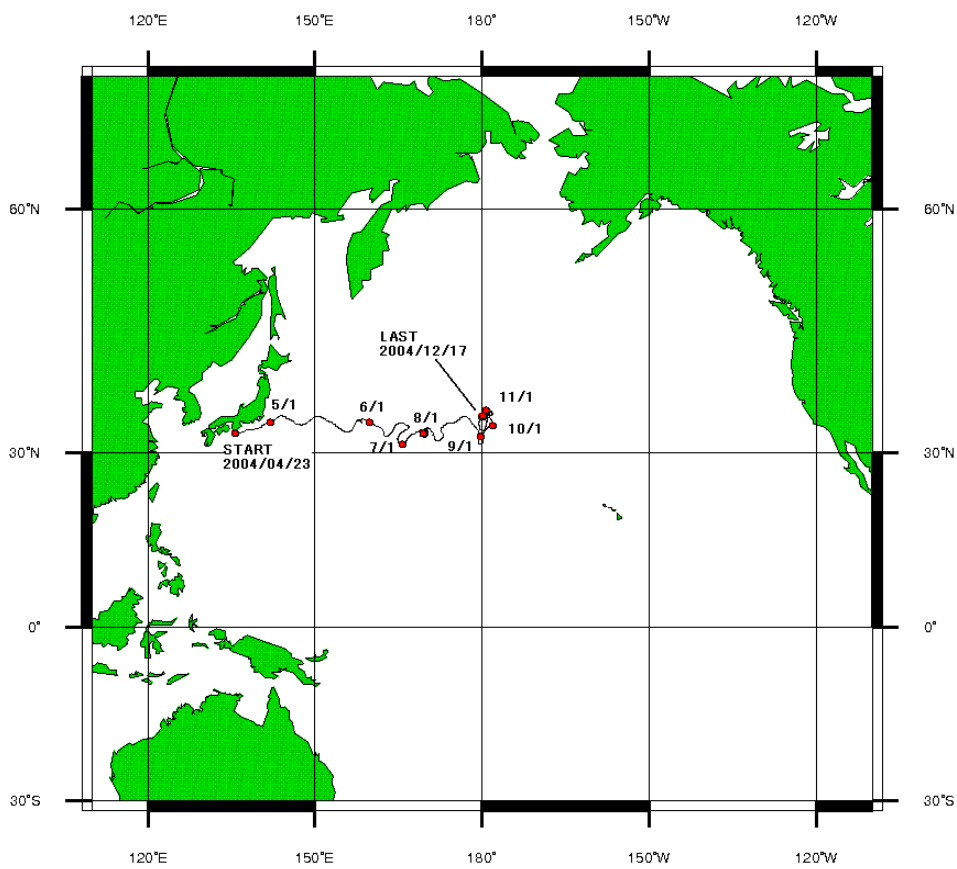


図 5.11-9 海上保安庁により観測された漂流ブイの軌跡の例

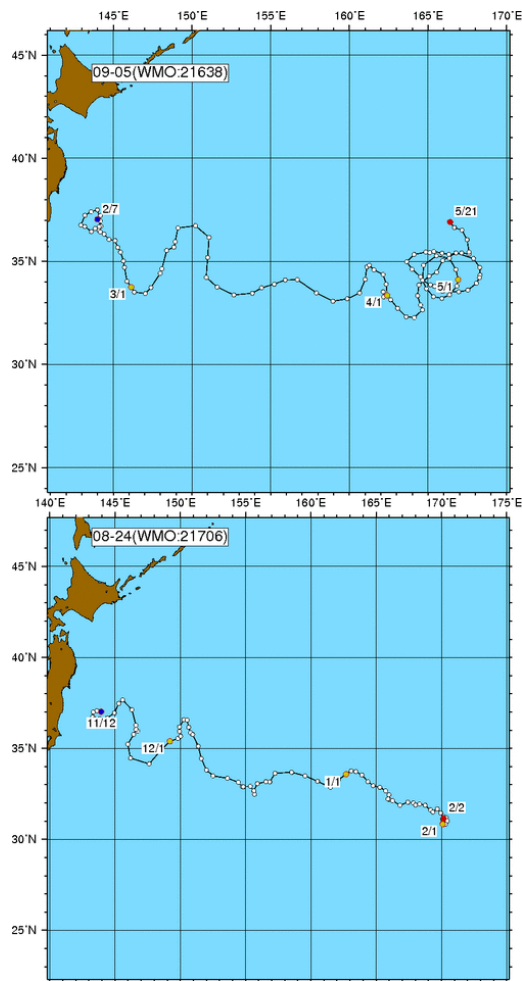
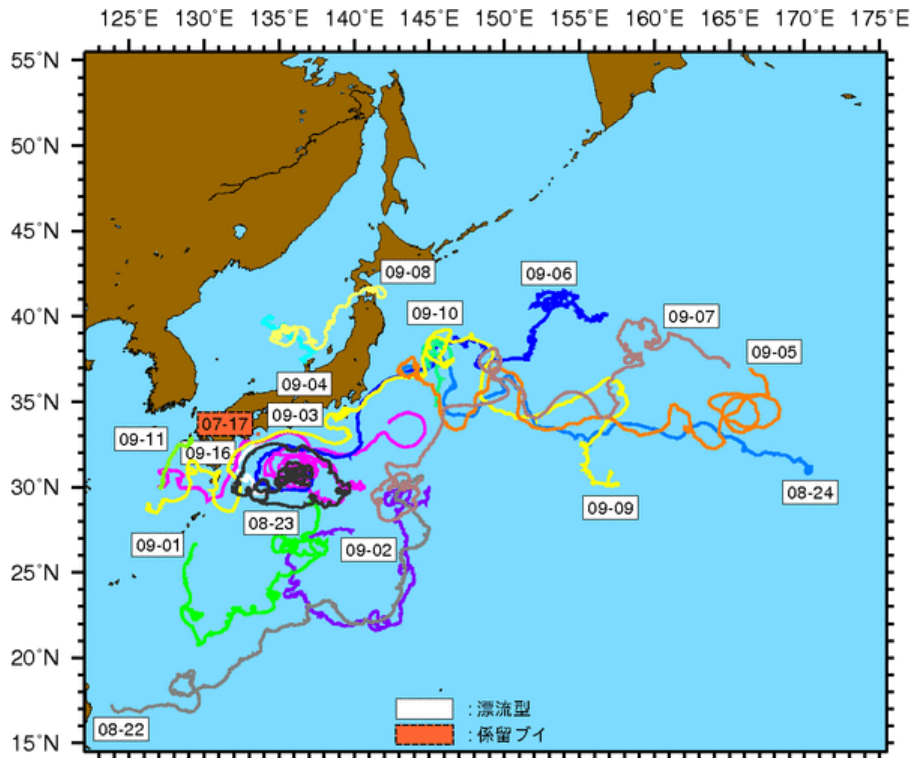


図 5.11-10 気象庁により観測された漂流ブイの軌跡の例

(d) 漂流シミュレーションによる手法

Kubota et al. (2005)¹⁴は、北太平洋を対象とした漂流シミュレーションにより、北太平洋のごみの集積状況及び海岸への漂着状況を推定し、ごみの起源（どこから来たか）を推定している。この結果、北太平洋にはごみの集積し易い場所があり、特にハワイの北東部に高密度に集積する地域があることが示されている。

楊(2002)¹⁵は、ARGOプロジェクトで海洋に多数投入されたARGOフロートがターミネーション(バッテリーの寿命により動作しなくなる)後にどのように漂流するかを大循環モデルによりシミュレーションしている(図 5.11-11)。北太平洋に 635 個(緯度・経度 3 分毎に 1 個)の粒子を配置して 100 年間のシミュレーションを行い、その結果、約 29%のフロートが海岸へ漂着すると予想している。

ただし、ARGO フロートは、稼働時は常時海面付近にあるわけではなく、海面(12 時間)と水深 2000m(9 日 12 時間)野間を繰り返し移動している。そのため、このシミュレーションにおいても、以下の条件に基づいて計算されている。この点は、漂流ごみとは大きく異なる。

- ・初期分布は深度 2000m 以上の海域に対して緯度経度 3 度毎に一個の割合。
- ・最初 4 年間は 10 日サイクルで沈降・漂流(9.5 日間) / 浮上・漂流(0.5 日間)する。
- ・投入して 4 年後に表面でターミネーションすると仮定し、海面のみで漂流する。
- ・電池切れの後、腐食して分解するまでのフロートの寿命は最大 100 年程度であるため、計算を 100 年間行う。

¹⁴ Kubota M, K Takayama and D Namimoto(2005) : Pleading for the use of biodegradable polymers in favor of marine environments and to avoid an asbestos-like problem for the future, Appl Microbiol Biotechnol,67,469-476.

¹⁵楊燦守 石田明生 岩坂直人(2002):アルゴフロートのターミネーション後の陸上漂着率に関する考察 海洋科学技術センター試験研究報告 pp.46、pp.107-122.

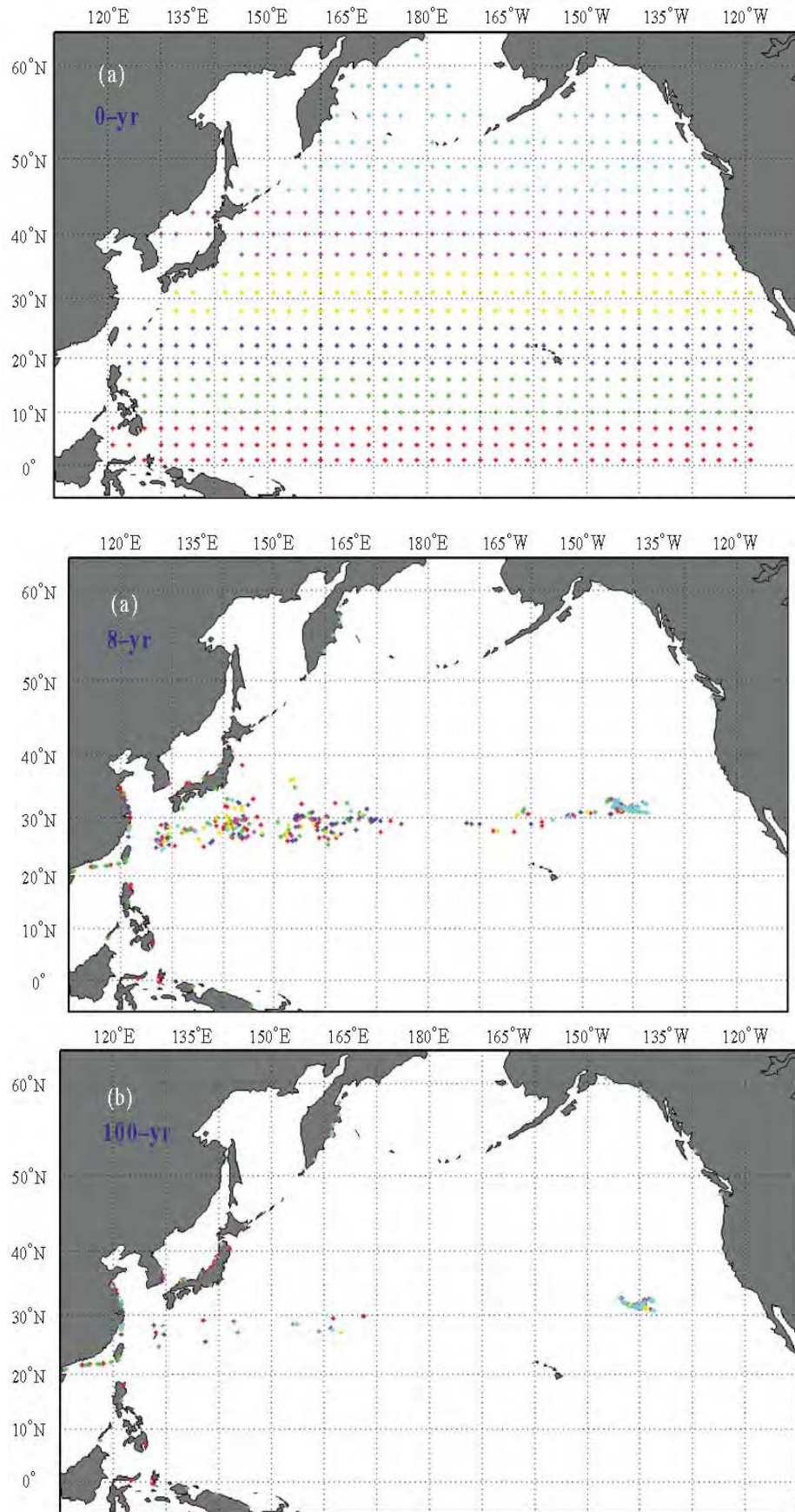


図 5.11-11 ARGO フロートを模擬したシミュレーション結果

b. 海外における日本起源のごみに関する知見

以下に、海外の海岸において漂着ごみ等の調査を行った結果、日本のごみが回収された事例を記す。

(a) 北太平洋における知見

Robards et al. (1997)¹⁶は、北太平洋及びベーリング海においてニューストンネットで採取された 25mm より小さいプラスチック粒子の分布と量に関する多くの報告をまとめている。その結果、浮遊性プラスチックの量は、北太平洋西部及び中央亜熱帯海域において最も多いことを指摘している。その理由として、当該海域はタンカー及びその他船舶の航行頻度が高いこと、日本及び南カリフォルニアは石油化学製品の 2 大生産地であること、並びに日本及び周辺国の海流の下流側にあることの影響によるものと推定している。また、ハワイのコアホウドリの摂取物を調査した結果、109 個のごみが確認され、そのうち 108 個が日本起源であることが特定された事例を紹介している (Pettit et al., 1981)¹⁷。

(1)で上述したように、藤枝(2003a⁴、2003b⁵)は、太平洋のミッドウェー環礁で死亡したコアホウドリの雛の死骸から回収された使い捨てライターを分析し、消費製造国を判別している。これによると、中国・台湾のライターが 18.8%、日本のライターが 58.2%という結果が得られている。また、九州沿岸に漂着するライターの結果も合わせた考察により、太平洋を漂流するライターの主な流出地が東アジア沿岸地域であり、なかでも特に日本の負荷が高いことを指摘している。

Gregory(2004)¹⁸は、2000 年 11 月の北西ハワイ諸島の Pearl and Hermes Reef における調査において、底引き網のごみに外来イソギンチャクが大量に付着していることを発見した。このイソギンチャクは日本固有のものであり、ハワイに存在した記録は認められないため、日本から漂着してきた網であることが推測されるとしている。

JEAN/クリーンアップ全国事務局の機関紙「美しい海をこどもたちへ」No.17(2010 年 2 月)では、ハワイの ICC キャンペーンのコディネーターからのコメントとして、カキ養殖用のプラスチックパイプについて述べられている。現地コディネーターからのコメントは、カキ養殖用のプラスチックパイプはハワイのほとんどの海岸で見つかり、ミッドウェイでのモニタリング品目にも入れて記録している。オアフ島カフクでのクリーンアップでは、48 本のパイプを見つけている。これらカキパイプが流れ着いていることを考えれば、それ以上のごみが日本から漂着していることは想像に難くないとされている。

(b) 南太平洋における知見

Slip and Harry (1990)¹⁹によると、1988 年に 8 週間に渡り豪州 Macquarie Island にて行われ

¹⁶ Robards M.D., Patrick J.G. and J.F.Piatt(1997) : The Highest Global Concentrations and Increased Abundance of Oceanic Plastic Debris in the North Pacific : Evidence from Seabirds, In Coe JM, Rogers DB (eds) Marine Debris, Springer, Berlin Heidelberg New York, 71-80.

¹⁷ Pettit, T.N., G.S.Grant and G.C.Whittow(1981) : Ingestion of plastics by Laysan Albatross, Auk 98, 839-841.

¹⁸ Gregory M.R. (2004) : Marine Debris : Managers-on and Hitch-Hiking Alines, Asia Pacific Economic Cooperation, Derelict Fishing Gear and Related Marine Debris Seminar.

¹⁹ Slip D.J. and Harry R.B. (1990) : The Composition and Origin of Marine Debris Stranded on the Shores of Subantarctic Macquarie Island, In Shomura R.S. and M.L.Godfrey (eds) Proceedings of

た漂流ごみの調査では、漁業関連のごみが多数認められた。この調査では、1,034 個のごみが確認され、そのうち発生国が判明したものは 368 個あり、日本起源のものは魚網が 37 個、プラスチックが 10 個及びその他のごみが 4 個となっていた。

White D. (2003)²⁰によると、豪州 Cape Arnhem において 2002 年に行われた漂着ごみの調査の結果、バーコード等により発生源が判明したごみのうち、日本起源のものは 14 個 (2.5%) であった。また、同国エルチョ島 (Elcho Island) のバンスラビーチ (Banthula Beach) では魚網ごみの調査が行われ、The Net Kit (Hamilton et al. 2002) (魚網のリスト) から、その発生源及び用途を特定した。この結果、日本起源の魚網は全 14 個中 1 個 (約 8 kg) であること、及びトロール漁船により使用されたものであることが判明した。同様の調査が 8 マイルビーチ (8 Mile Beach) においても行われ、32 個の魚網ごみのうち日本起源のものは、トロール漁船により使用されたものが 1 個 (7 kg) であることが特定されている。

(2) 海外への流出実態把握手法の検討

実態把握手法として、表 5.11-2 に示した分類に従って行った具体的な検討結果を以下に示す。

a. 海岸での回収 (ごみの量や種類に関するデータ取得) による手法

(a) 日本の海岸での漂着ごみ回収 (黒潮を対象)

1. 推定方法の検討

日本近海から太平洋へと流れる黒潮の流路に当たる八丈島等において、現地調査により単位海岸線当たり、単位時間当たりの漂着量 (フラックス) を推定する。このフラックスを黒潮の幅全体へ換算することにより、黒潮全体としての漂流量を推定する。

また、山口 (2005)²¹ のように、本州から太平洋中央部に向けて、関東沿岸、三宅島、八丈島、硫黄島、南鳥島と線上に調査し、国別割合の推移を求めることによって、発生源の推定が可能と考えられる。

例えば、ラベル等の国の判別ができる指標は、漂流時間が長くなると共に紫外線等による劣化により読み取りができなくなる。従って、日本の関東から発生したごみであれば、日本から遠い島ほど、日本の割合が少なくなり、不明の割合が多くなると考えられる。これに反し、遠い島で日本割合が高くなった場合には、関東から漂流してきたごみではなく、近隣の島や洋上から流出したごみと考えることができる。

2. 現地調査内容の検討

調査実施場所

黒潮の流軸は図 5.11-12 海洋 HP²² に示すように時間変動をするが、三宅島や八丈島付近を通過して太平洋中央部へと黒潮は流れている (図 5.11-13 気象庁 HP²)。このことから、日本近海から海外へと流出する日本のごみの量を推定する場所としては、上述した三宅島や八丈島が適地であることが分かる。

the Second International Conference on Marine Debris, NOAA Tch. Memo. NMFS.

²⁰ White D. (2003) : Marine Debris in Northern Territory Waters 2002, WWF Report, WWF Australia, Sydney.

²¹ 山口晴幸 (2005) : 絶海の孤島太平洋沖合に浮かぶ硫黄島・南鳥島に打ち上がる漂着ゴミ生活と環境 pp.50、37-44.

²² <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO/qboc/index.html>

また、三宅島、八丈島については、防衛大学校の山口教授による過去の調査データもことから、ある程度の経年変化も分かるものと期待される。よって、三宅島或いは八丈島を候補地として選定する。

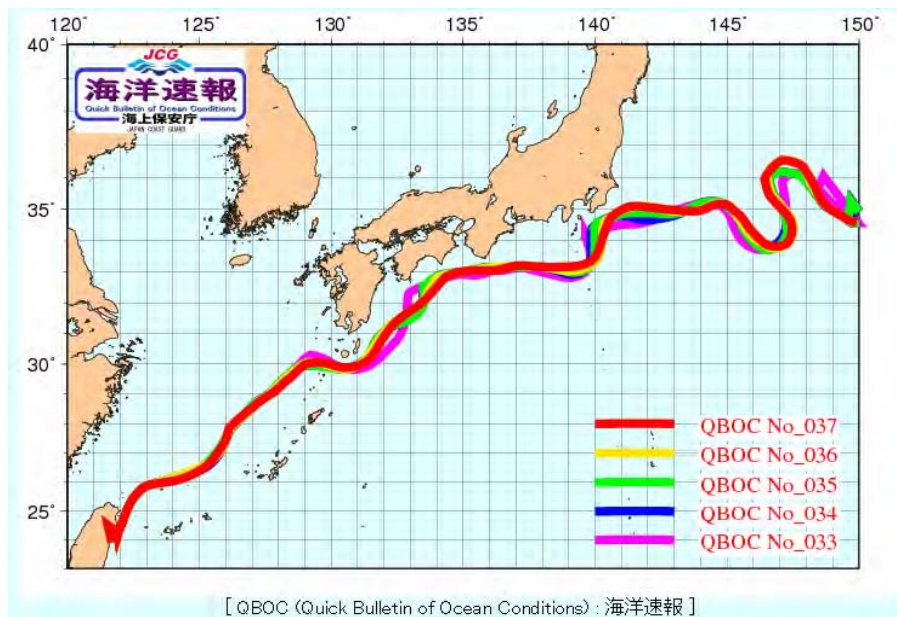


図 5.11-12 黒潮流軸の変動

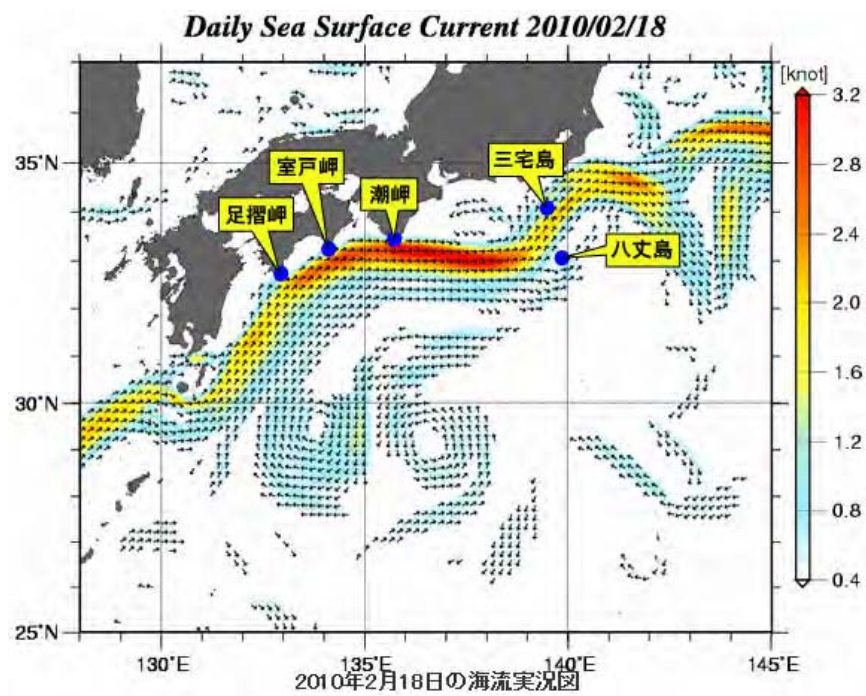


図 5.11-13 黒潮の実況図

調査範囲

前出の防衛大学の山口教授の三宅島における調査地点は、図 5.11-14 のようになっている（山口、2002）²³。過去のデータの活用を考慮した場合、図 5.11-14 と同じ測点及び調査範囲を選定することが望ましい。八丈島においても、この点は同様である。

山口教授による三宅島及び八丈島における調査範囲（調査総海岸距離）は、表 5.11-4 に示すとおりであり、調査結果の国別割合は図 5.11-15 に示すとおりである。

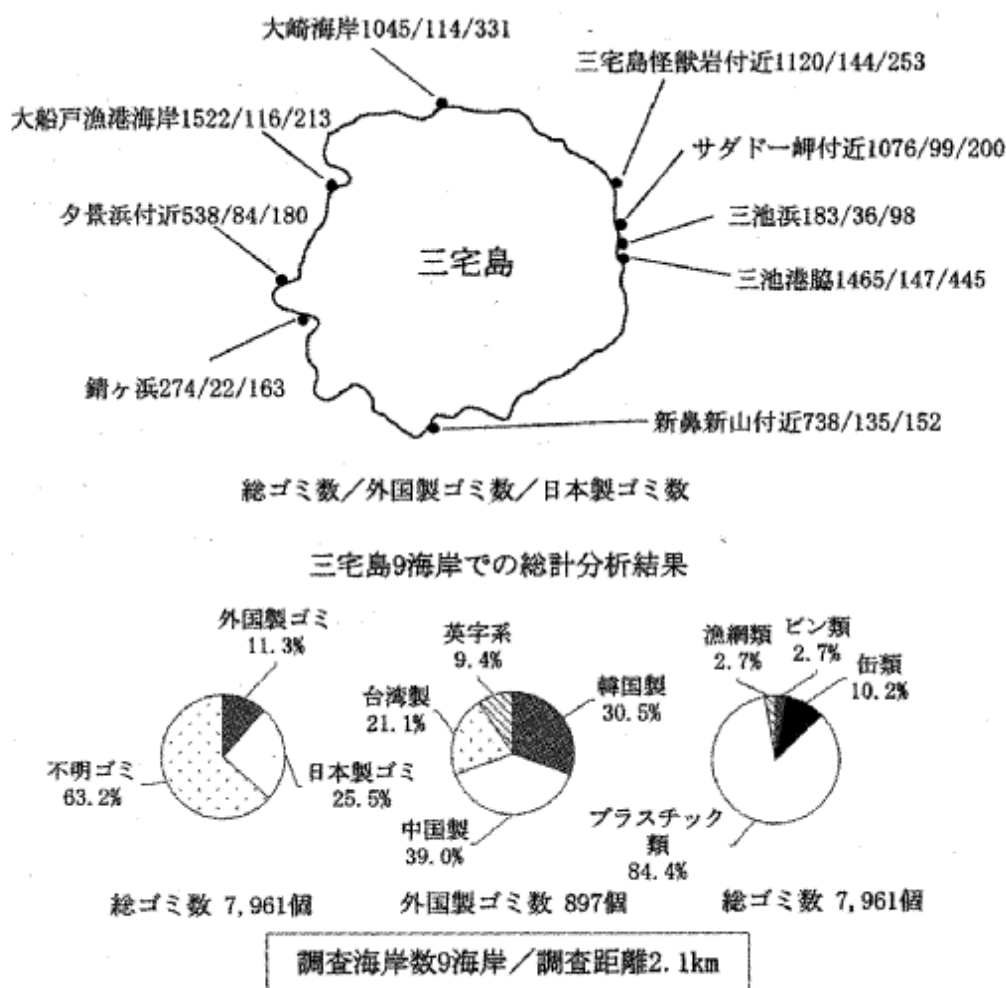


図5-10 東京都三宅島での調査海岸地点と調査結果

図 5.11-14 山口(2002)による三宅島の調査範囲

²³山口晴幸(2002)：漂着ゴミ - 海岸線の今を追う - 文芸社 pp.263.

表 5.11-4 山口(2002)による離島での調査総海岸距離

表5-1 関東沿岸及び太平洋沖合離島での調査概要

調査海岸地域	調査日	調査総海岸数 (箇所)	調査総海岸距離 (Km)
関東沿岸	12/5/98～ 10/5/01	42	21.34
三宅島	28/8/99 ～ 30/8/99	9	2.10
八丈島	12/11/98 ～ 15/11/98	8	1.68
硫黄島	6/10/99 ～ 7/10/99	3	5.00
	29/5/01～ 31/5/01	6	5.00
総計		68	35.12

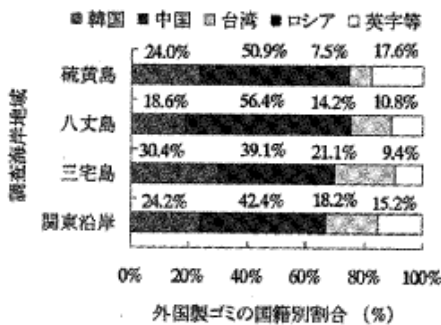
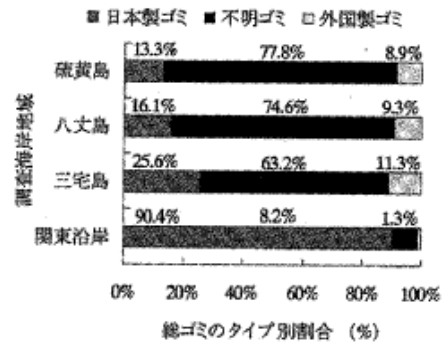
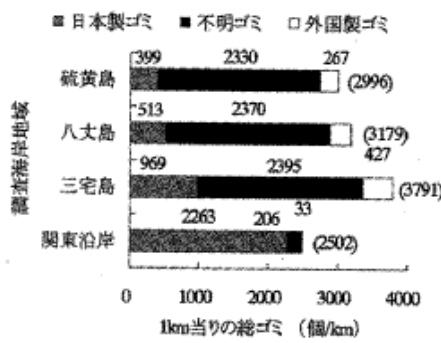


図5-13 太平洋沖合離島での漂着ゴミの構成・タイプ

図 5.11-15 山口(2002)による離島での国別割合の調査結果

調査時期（調査頻度）

漂着ごみの量には季節的な変動があることが、第1期モデル調査から分かっている。上記の調査候補地点においては、大規模な河川がないことから、漂着量への寄与は冬季の季節風の影響が大きいものと想定される。漂着量の推定を精度よく行うためには、一定程度の量があることが望ましいと考えられる。よって、冬季の季節風の時期が終わった春季に調査を実施することが望ましい。

調査頻度については、季節的な変動を把握するためには、1年に複数回の調査が必要となる。しかしながら、現在の目的からは季節変動の把握の重要性は低いと考えられることから、年に1回の頻度とする。また、毎年同時期に調査を行うことにより、季節的な変動による推定誤差を小さくできると考えられる。

測定項目

測定項目としては、現在のモデル調査で行っている個数、重量、容量を測定する。また、ペットボトル、ライター等を用いて、国別の割合を求める。

(b) 海外の海岸での漂着ごみ回収（黒潮続流を対象）

1. 推定方法の検討

現地での回収による推定方法は、上述した日本海岸の場合と同じである。

漂着ごみの回収後の処理等の問題から、現地での回収が困難な場合には、本モデル調査の定点観測調査でも実施している目視による推定方法を用いる。ただし、この場合には国別割合を求めることができないため、本調査の目的からすれば回収を行う方法が原則である。

一方で、ペットボトルのような個別アイテムを対象を絞り、国別割合だけを求める場合には、回収せずに国の判定だけを行い記録する方法もある。前出の山口教授は、ハワイ島において目視による国別漂着量の調査を実施されている（私信）

2. 調査実施場所

「5.11.4(1) 既往文献の収集・整理」の「(b) 海外における日本起源のごみに関する知見」で示したように、日本製のごみの漂着が報告されていることから、ハワイやミッドウェー環礁での調査が望ましい。ただし、ミッドウェー環礁には入島許可の問題がある。

なお、オーストラリアでも上述したように日本製の漁具等の漂着ごみの報告があるが、太平洋の海流を考慮すると日本列島から流出したものが直接漂着したものとは考えにくく、南太平洋の漁場等の海洋において発生したものと考えられる。

b. 船舶からの目視観測／ネット採取（黒潮或いは黒潮続流を対象）

船舶からの目視観測及びネット採取による手法は、船舶を用いる特殊な手法であることから、「5.11.4(1) 既往文献の収集・整理」で見たように国の機関が実施するものと考えられる。よって、既に実施されている事業を継続することにより、経年的な変化の把握が望まれる。

c. 発信機付標識放流による手法

先に、海上保安庁及び気象庁による漂流ブイを用いた海の流れの観測例を示した。海の流れによって日本近海から海外へ向けて漂流する状況を把握する手法としては、有効であることが

わかる。これらのデータを関係各機関からご提供いただき、解析することで、日本から海外へ流出するごみの実態を推測することができると考えられる。気象庁は既に、HPで漂流ブイの軌跡に関する位置データを公開している。

しかしながら、これらのデータには若干の留意点がある。海上保安庁の漂流ブイ²⁴は、図 5.11-16 に示すような形状のものが用いられている。オープンシステムとアルゴスシステムの2種類があるが、得られる漂流軌跡は、この図からわかるように両システムとも海面下10mより少し深い水深帯の流れを捉えたものと考えられる。一方、気象庁のブイ²⁵は、図 5.11-17 に示すような形状をしており、抵抗体が付いておらず海面付近をブイが漂流するため、漂流軌跡は海面付近の流れによるものを現していると考えられる。

漂流ごみは、海面付近の流れ及び風の影響を強く受けることから、海上保安庁のブイの軌跡は漂流ごみの軌跡とは若干の差が現れると考えられる。この点、気象庁のブイの軌跡は、漂流ごみの漂流経路に近いと考えられる。しかしながら、両者のブイ観測の本来の目的は、日本近海の流れや気象・海象であることから、太平洋東部海域までを対象としていない。また、上記の目的からも、現在の気象庁のブイの寿命は電池容量の制限から数ヶ月となっており、この点から長期間の観測は想定されていない。

そこでここでは、太平洋スケールの漂流ごみの漂流軌跡の把握に特化した、長期間海面付近を漂流する漂流ブイについて検討した。

第1期モデル調査²⁶においては、伊勢湾において発信機付漂流ボトル（GPSアルゴス、GPS携帯）の追跡により漂流経路を観測できた（図 5.11-18）。

GPS携帯は使用可能範囲が沿岸域に限定されるが、GPSアルゴスは外洋域でも使用可能であることから、GPSアルゴスを用いた手法について検討した。

²⁴第八管区海上保安本部海洋情報部：ブイのシステム及び形状
http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN8/argos/argos_index.html

²⁵ <出典> 気象庁 HP <http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/db/buoy/buoy-info.html>

²⁶ <出典> 第1期モデル調査 総括検討会報告書

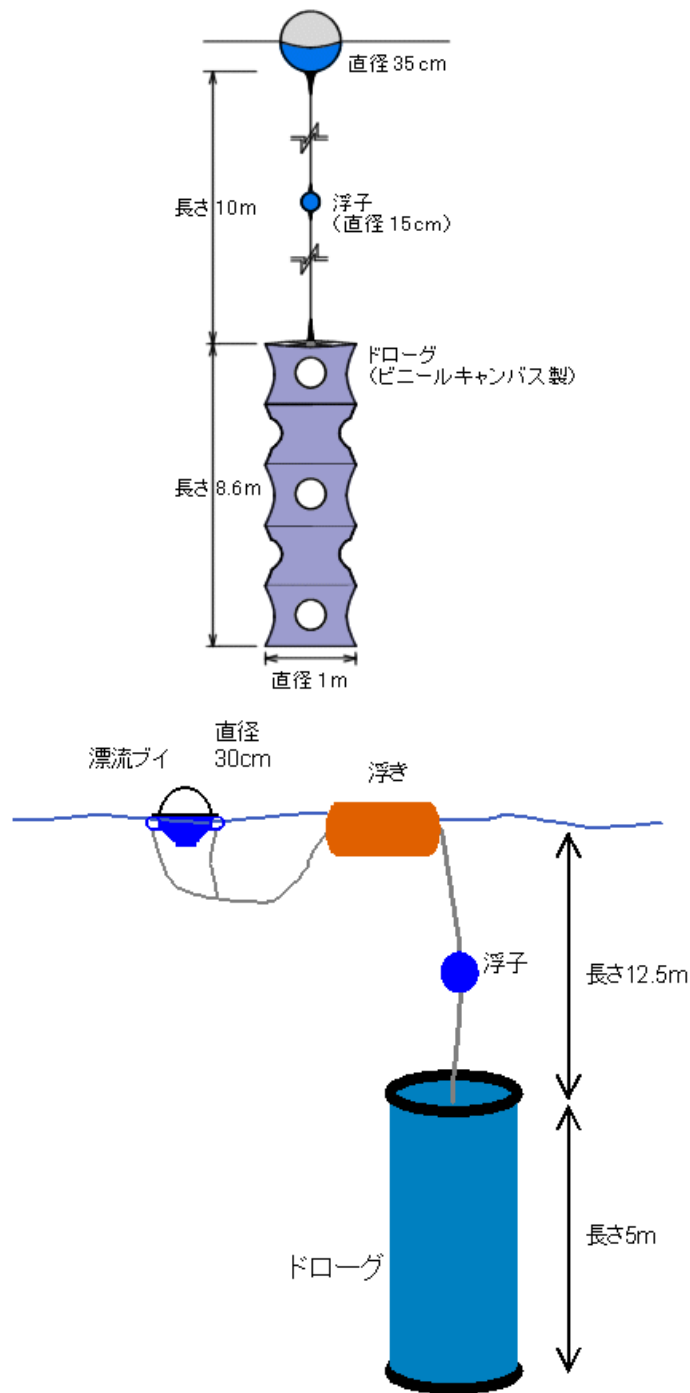


図 5.11-16 海上保安庁のブイのシステム及び形状

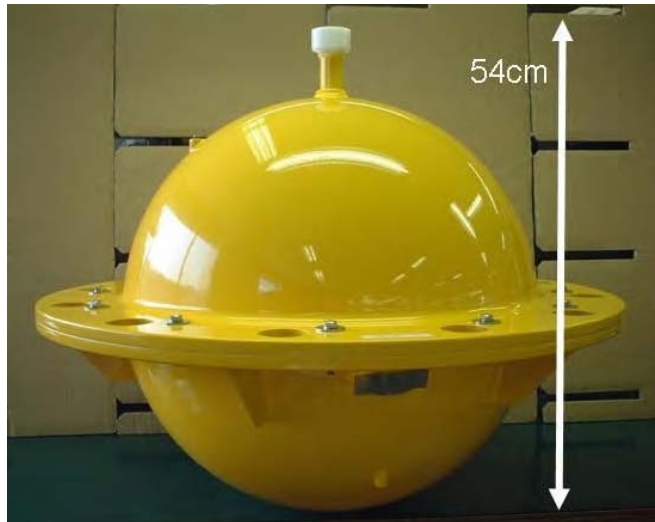


図 5.11-17 気象庁の漂流型海洋気象ブイの形状

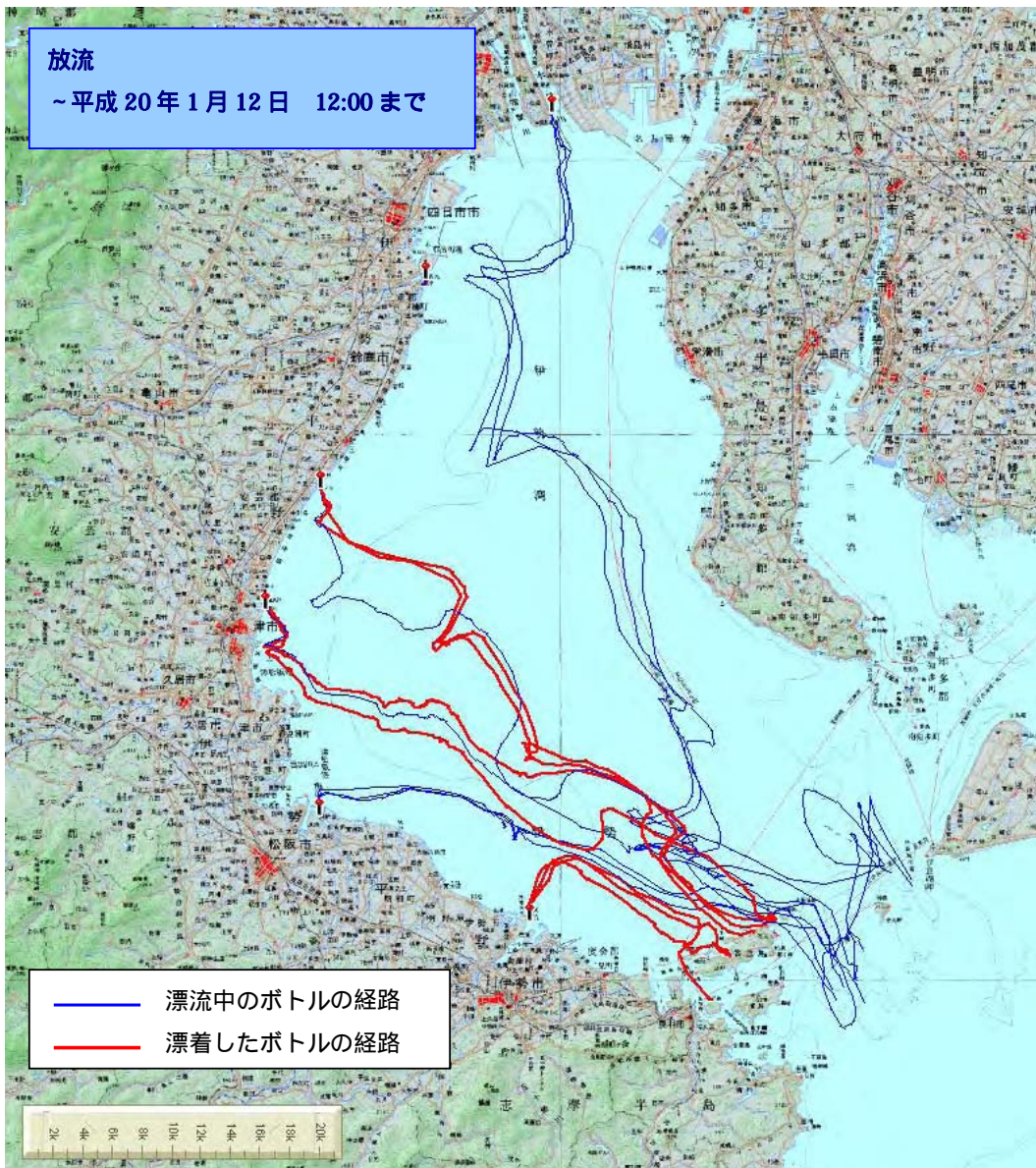


図 5.11-18 発信機付漂流ボトルの漂流・漂着経路

(a) 太平洋スケールでの実施可能性の検討

1. 伊勢湾で使用した漂流ボトルの改良による検討

伊勢湾で放流したボトルの仕様は表 5.11-5 のようになっており、この仕様をベースに、漂流期間を想定した観測期間及びデータ取得頻度設定、耐久性、浮力保持について検討した。

1) 観測期間及びデータ取得頻度

観測期間は、海上保安庁の観測した図 5.11-9 の漂流期間や、気象庁の観測した図 5.11-10 の漂流期間を考慮すると、2年程度が必要と考えられる。

また、楊(2002)¹⁵は、WOCE(World Ocean Circulation Experiment)のSVP(Surface Velocity Program)で収集された表層ブイデータを用いて、シミュレーションを行っている。この際のブイデータとして1979年2月～2001年8月31日の間に投入された879台の記録を用いている。投入位置は図 5.11-19 に示すとおりであり、2001年8月31日の位置は図 5.11-20 に示すとおりであった。879台のうち、約184台(約21%)のブイが沿岸に漂着した。沿岸に漂着した184台のうち、投入後1年以内までに約75%、2年以内には93%、3年以内までに約100%が漂着していた。

この情報も勘案し、観測期間は2年間とする。データ取得(位置データの送信)の時間間隔は、上述の海上保安庁及び気象庁の漂流経路図から判断して1日間隔が適当と考えられる。なお、この場合の電池容量は、表 5.11-5 と同じ電池を使用した場合、14本～16本となる。

表 5.11-5 伊勢湾で使用した GPS アルゴスの仕様

項目		GPSアルゴス
探査可能範囲		全世界
基本システム	測位	主：GPS 補：アルゴスシステム ^{注1}
	データ送信	アルゴスシステム
システムの構成	発信機本体	本体機種：SG-PTT (SIRTRACK社製)
	予備電池	予備電池：LSH14 (SAFT社製) を使用。 本調査では、漂流ボトルを放流後、数週間以内に漂着することを想定し、漂流経路を把握できるよう、発信機一台につき4本の予備電池を使用。
	データ受信システム	アルゴスシステム (日常業務運営:CLS社) を利用
測位精度	主 (GPS)	20-30m程度
	補	数100mの精度
測位間隔 (使用機種・システムの仕様)		30秒間隔もしくは20分間隔で選択可能 (本調査では20分間隔で測位)
長所		探査範囲が限定されない (全世界をカバー可能)。 漂流ブイ、生物行動調査等への使用実績が豊富である
短所		GPS携帯電話と比較すると、本体価格が10倍以上である。

注 1：アルゴスシステム・・・移動式あるいは固定式の観測装置 (プラットフォーム) から送信されたデータを、衛星を経由して地上受信局を介し、データ処理センターに転送し、解析・処理された上でユーザに配信されるシステム。1970年代に、CNES (フランス国立宇宙研究センター)、NOAA (米国海洋大気局) および NASA (米国航空宇宙局) の協力により開発され、フランスと米国の協力により、長期間にわたって維持・運営されてきた。2002年12月には、我が国の JAXA (宇宙航空研究開発機構) によってアルゴス衛星装置を搭載した ADEOS-II が打ち上げられ、アルゴスシステムの運営機関に日本も加わっている。

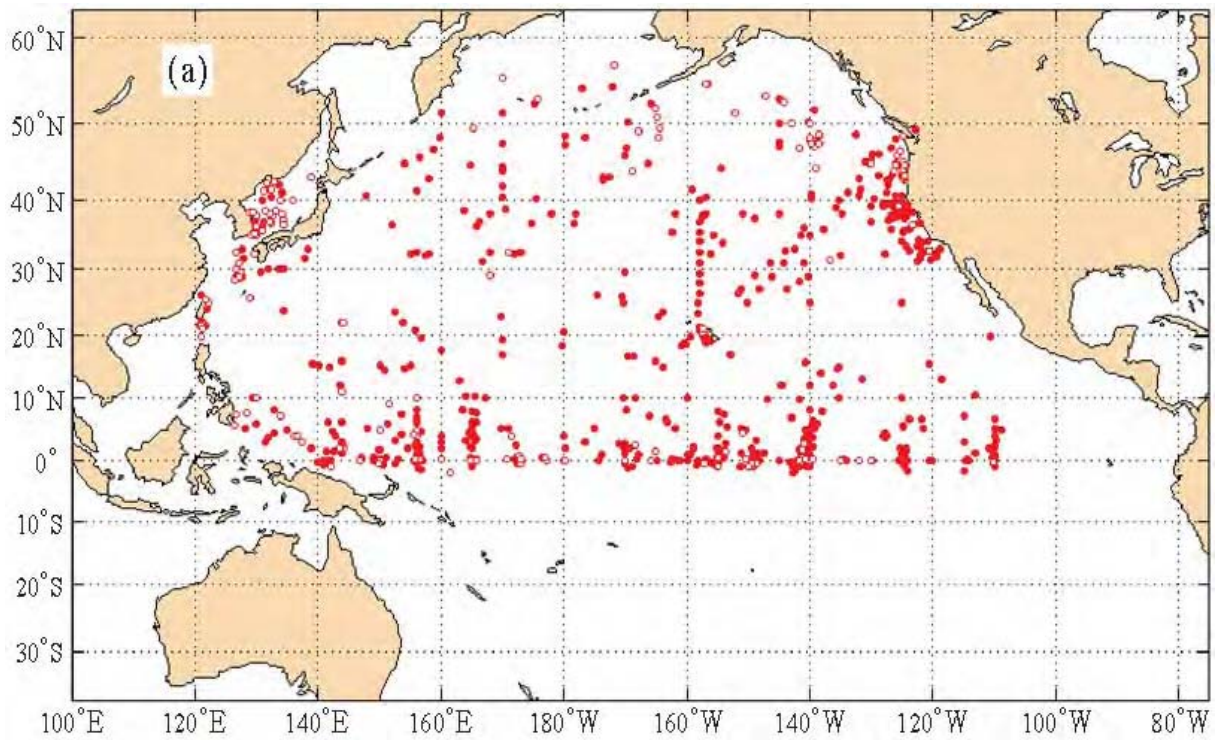
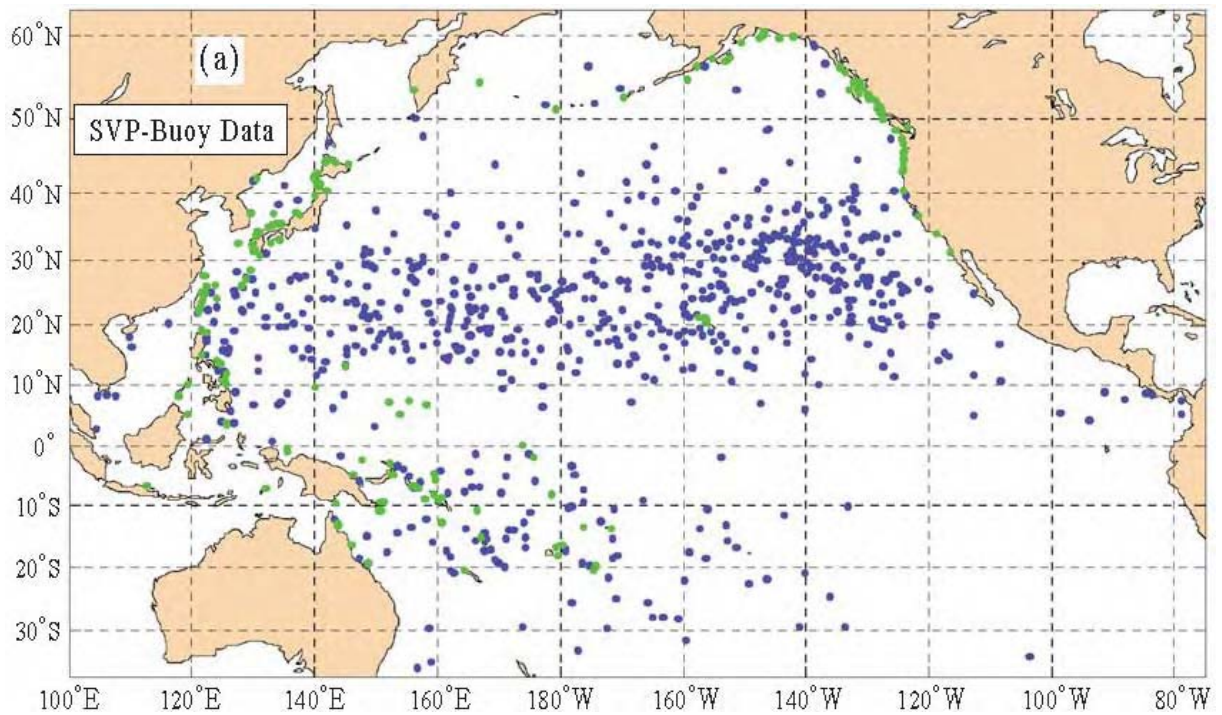


図 5.11-19 WOCE の SVP で 1979 年 2 月 ~ 2001 年 8 月 31 日に投入したブイの位置



注：青色は漂流ブイ、緑色は漂着ブイ

図 5.11-20 WOCE の SVP で投入したブイの 2001 年 8 月 31 日の位置

2) 耐久性及び浮力保持

第1期モデル調査²⁶の伊勢湾で使用したボトルは、生活系のごみを対象とした調査であったことから生活ごみの代表として、図 5.11-21 に示すようにペットボトルの形状のボトルを作成した。本調査では、特に生活系のごみに限定していないこと、長期間の外洋での調査であるため耐久性が重要であることから、形状にはこだわらず耐久性を重視した設計とする。

一方で、漂流ごみは海面付近を漂流することから、漂流ボトルは海面に浮遊した状態であることが必要である。この点を考慮した筐体の材料としては、ポリカーボネート、ポリエチレン、ポリ塩化ビニル（PVC）、ABS 樹脂等が考えられる。対候性に優れ、特別の加工の必要がなく既成の製品を利用できる点から、筐体の素材として PVC を使用することとする。

海面での浮遊状態を保つための浮力保持としては、伊勢湾での調査の経験から、発泡スチロールをボトル内部に充填することで対応可能と考えられる。

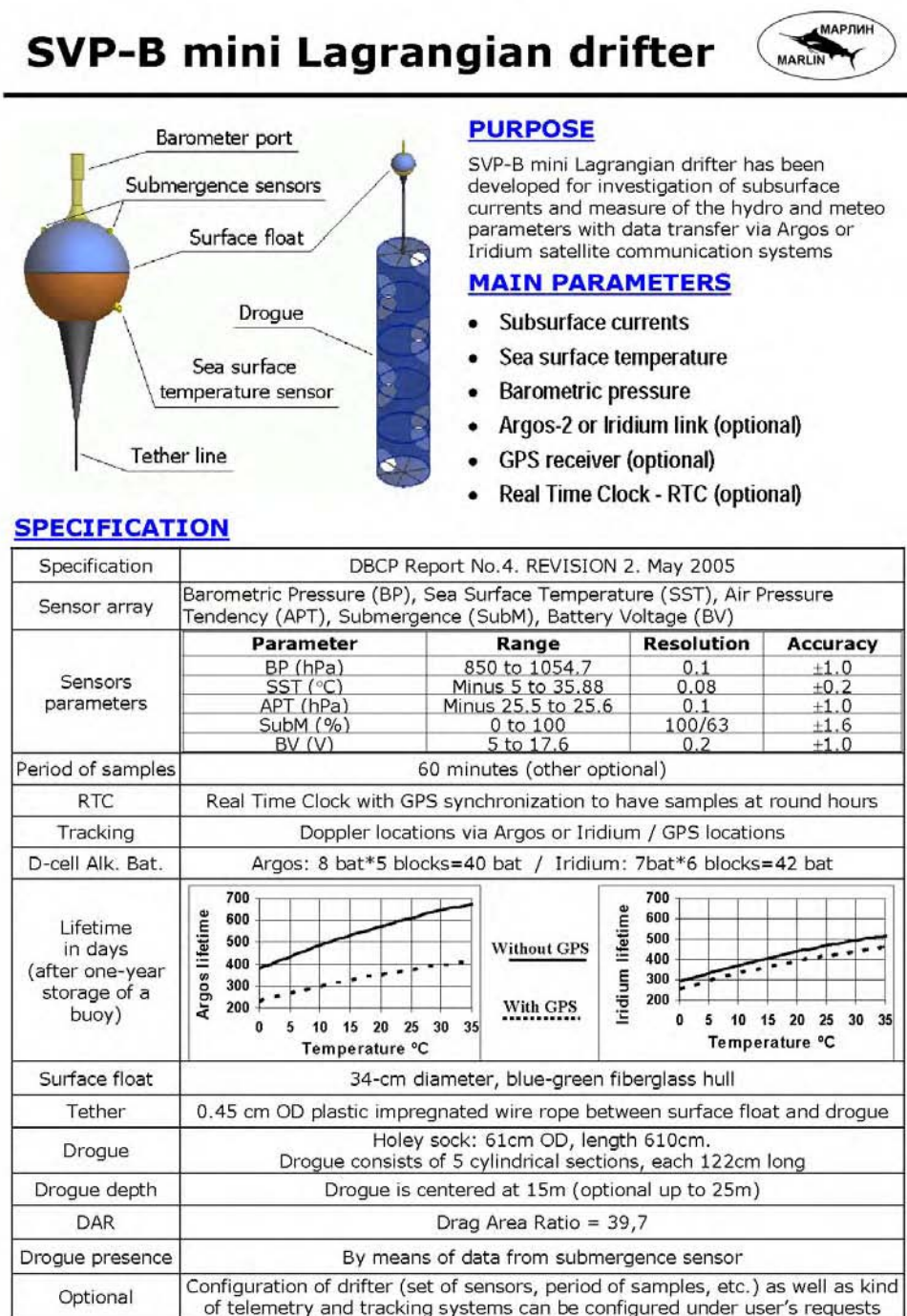


図 5.11-21 第1期モデル調査で使用した GPS アルゴス発信機付漂流ボトル

2. 既製品の検討

アルゴスブイの製作・販売は、Clearwater Instrumentation, Inc.、Pacific Gyre Inc.、Marlin-Yug Ltd の3社が行っている。Marlin-Yug Ltd のカタログを、図 5.11-22 に示す。

この製品により、1日間隔のデータ取得で2年間測定可能である。また、抵抗体の外し、ブイ単体で海面を漂流させることが可能であることを Marlin-Yug Ltd に確認した。



Marlin-Yug Ltd., 2, Kapitanskaya st., 99011, Sevastopol, Ukraine
Tel/fax: +380 692 540450; e-mail: marlin@marlin-yug.com; http://www.marlin-yug.com

Revision 3.1. January 2009

図 5.11-22 Marlin-Yug Ltd のアルゴスブイ (SVP-B mini)

(b) 放流地点に関する検討

日本から海外へ漂流するごみは、主に黒潮及び黒潮続流に乗って太平洋の中央部方向に漂流すると考えられる。黒潮が親潮と合流後に日本近海から離岸する場所は、時間的な変動はあるものの図 5.11-2 に示すように宮城県～福島県の沖合いである。また、海面を漂流する気象庁のブイの軌跡においても、図 5.11-10 に示すように宮城県～福島県の沖合い沖から放流したブイは、太平洋中央部方向に漂流している。これ以外にも、より西方あるいは南方の黒潮域にブイを放流したケースでも、太平洋中央部へと漂流するケースもあることから、宮城県～福島県沖が放流地点に適した場所と考えられる。

(c) ボトルの放流数に関する検討

第1期モデル調査での伊勢湾における漂流経路調査では、図 5.11-18 に示すように、各放流地点において同一地点から3本の漂流ボトルを放流した。その結果、3本の漂流ボトルは、ほぼ同様の漂流経路を示していることがわかる。この結果から、漂流経路の調査に必要な漂流ボトルの数は、漂流経路の蓋然性よりはむしろ、何らかの事故や故障によりデータが取得できなくなることを防止する観点から決定すべきと考えられる。

伊勢湾の調査では、漂着後に通信が途絶えたものが1台あったものの、放流したボトル全てが正常にデータを送信した(放流後直ぐに漂着したボトルは除く)。この点から、漂流中のGPSアルゴシステムには特段の問題は無いと考えられる。

よって、上記で検討した漂流ボトルの筐体の耐久性に問題が無ければ、伊勢湾での経験から3本程度の放流数で調査可能と考えられる。

d. 漂流シミュレーションによる手法

第1期モデル調査においても、山形県赤川河口部や伊勢湾における漂流シミュレーションを実施し、河口部の海域からの漂流経路を推定できた(図 5.11-23)。また、海域での集積状況や、海岸への漂着状況、湾内から湾外へと流出する割合を推定できた(図 5.11-24、表 5.11-6)。同様のシミュレーション手法を用いて、我が国から海外へと流出するごみの漂流シミュレーションによる推定手法について検討した。

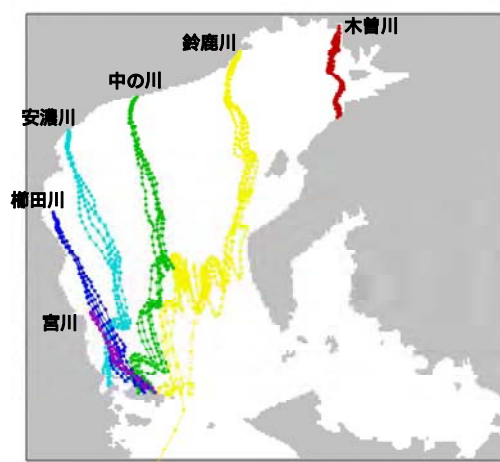


図 5.11-23 伊勢湾における河口部からの漂流経路のシミュレーション結果

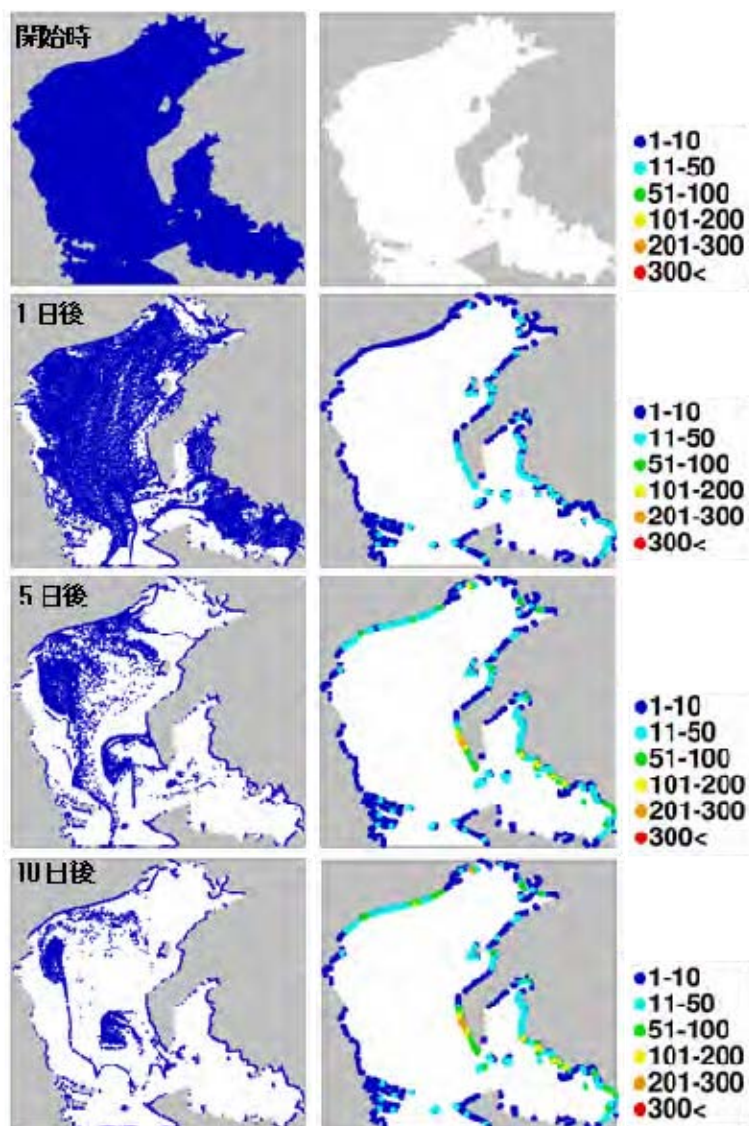


図 5.11-24 伊勢湾全域に漂流物を置いたシミュレーション結果
 (左図：漂流物の分布、右図：漂着量[個])

表 5.11-6 シミュレーションによる漂流物の漂着・流出割合

漂流物の状態	ケース1 (ペットボトルを想定)	ケース2 (風の影響なし)
伊勢湾内に漂着	82%	53%
伊勢湾内を漂流中	8%	16%
湾外に流出	10%	31%

(a) 流況データセットに関する検討

漂流シミュレーションに使用する流況データについて、既存のデータセットがどのようなものであるかを整理した。

北太平洋を想定した場合の流況データセットとしては、表 5.11-7 に示すものがある。これらのうちのいずれかのデータセットを使用することができれば、北太平洋における漂流シミュレーションが可能であると考えられる。

このうち、RIAMOM データセットについては、データの特性として気候値であるため、ある特定の年や期間を対象とした漂流計算には他のデータセットに比較して適していないと考えられる。一方で、北太平洋の流況にも年変動があることから、漂流経路及び漂着地にも年変動が想定される。ある特定の年の漂流経路や漂着場所ではなく、北太平洋における平均的な漂流経路及び漂着傾向を推定したい場合には、むしろ気候値のデータセットの使用が適していると考えられる。この点では、表 5.11-7 のデータセットは、目的により使い分けることで、より正確な漂流経路及び漂着傾向を求めることができると考えられる。

表 5.11-7 流況データセット（北太平洋を対象）

データセット名	グリッドサイズ	データの特性
RIAMOM (九州大学応用力学研究所)	1/4° × 1/5° (緯度 × 経度)	気候値 データ同化あり
JCOPE (地球フロンティア)	1/4° 1/12° (one-way nesting)	データ同化あり
気象庁	1/3° 1/6° (東経 115° ~ 155°、 北緯 15° ~ 50°) (one-way nesting))	データ同化あり

(b) 漂着ごみのデータに関する検討

漂流シミュレーションを行うためには、流況データセットと共に、初期条件及び境界条件として漂着ごみのデータが必要となる。漂着ごみのデータとしては、量だけでなく、どのような種類のごみであるかのデータも同時に必要である。これは、漂流経路の推定にはごみの沈下率の影響が大きく、沈下率がごみの種類によって異なるからである。

この点で、鹿児島大学の藤枝教授は、ライターという特定のアイテムの漂着量データを日本各地で取得していることから、藤枝教授のデータを使用させていただくことで、ライターに関する漂流シミュレーションが可能であると考えられる。

また、前出の防衛大学校の山口教授の各地における調査は、主にペットボトルを対象としていることから、山口教授のデータを使用させていただくことで、ペットボトルを対象としたシミュレーションが可能であると考えられる。

なお、複数のごみについて同時にシミュレーションすることは困難であるため、対象とするごみを特定し、ごみの種類ごとにシミュレーションを行う必要がある。

(3) まとめ

以上の検討結果から、表 5.11-8 に示すように、各調査方法から得られるデータについて整理すると共に調査方法の評価を行った。

「船舶からの目視観測/ネット採取方法」については、得られるデータが漂流中のごみに限られること、調査規模が大規模となることから、現行の国による調査の継続が望ましいと考え、新規の調査を行うにあたっての調査方法の評価を低くした。それ以外の調査方法については、新規に調査を行うことで各調査に特有のデータが得られることから、各調査は有効であるあると判断した。

海外の海岸に漂着したごみの実態把握手法としては、「海岸での回収」の「b.海外の海岸での漂着ごみ回収」が最も直接的な実態把握手法である。しかしながら、海外の海岸、特に日本からの主な漂着地であるミッドウェー環礁やハワイ諸島においては、日本で流出してから漂着するまでに経過している時間が長いことから、国が特定できる情報源が少なくなると考えられる。また、日本からの流出量に対する漂着量の割合が低くなると考えられることから、日本から流出するごみの量の実態把握としては、推定精度に課題があると考えられる。

総合的に判断すると、「漂流シミュレーションによる方法」が、表 5.11-8 に示したように得られる成果が最も充実するため、特に有効であるとした。ただし、流出量や漂着量の定量性、シミュレーション結果の信頼性については、日本の海岸や海外の海岸で回収したごみの定量的なデータの充実度に依存することから、可能であれば「海岸での回収」を併用することが望ましい。

表 5.11-8 各調査手法によって得られる成果と調査方法の評価

調査方法		得られる成果（得られるデータの特性） ¹⁾				調査実施可能性 ²⁾	調査方法の評価 ³⁾
		流出地の把握 （どこから）	漂着地の把握 （どこに）	漂流経路の 把握 （どのように）	流出量/漂着量/漂流 量の把握 （どれだけ）		
海岸での 回収	a.日本の海岸での 漂着ごみ回収	（ の初期データ としても使用）	×	×	（流出量） （ の検証にも使用）		
	b.海外の海岸での 漂着ごみ回収	×	（ の検証 にも使用）	×	（漂着量） （ の検証にも使用）		
船舶からの目視観測/ ネット採取		（ の初期データと しても使用）	×		（漂流量） （ の検証にも使用）	（大規模であるため、 国の現行調査を 継続）	
発信機付標識放流		（ の初期データ としても使用）	（ の検証 にも使用）		×		
漂流シミュレーション					（漂着ごみの調査デ ータに依存する）		

注：

- 1) 得られる成果に関する評価： 有効なデータが得られる、一部有効なデータが得られる、×データは得られない
 2) 調査実施可能性の評価： 新規に実施可能、新規実施は現実的ではないが現行調査の継続が可能、×実施不可能
 3) 調査方法の評価： 特に有効、有効、やや有効、×成果は得られない