

# 漂着ディスプレイザブルライターを指標とした 北太平洋島嶼および北米西海岸に漂着する海洋ごみの流出地推定

藤枝 繁<sup>1</sup>・大倉よし子<sup>1</sup>・小島あずさ<sup>1</sup>

Estimation of source area of marine litter using by the drifted disposable lighter on the beach of remote islands and west coast of North America in the North Pacific Ocean

Shigeru FUJIEDA<sup>1</sup>, Yoshiko OHKURA<sup>1</sup> and Azusa KOJIMA<sup>1</sup>

## Abstract

Flow and sources of marine litter washed up on the remote island coasts in the North Pacific Ocean and on the west coast of North America were estimated using disposable lighters because those items have the outflow information of country or location. The outflow country can be classified by a body shape and punched codes on the tank bottom, and the outflow location can be distinguished by a shop address or telephone number printed on the tank surface. From August 2003 to December 2014, total of 6,430 lighters were collected on the 124 beaches. Flow of lighters elicited by the relationship from the outflow locations to the collected sites was as follows: The lighters flowed out of the East Asia (include Japan) wash up on the remote islands of Northwest Hawaiian Islands to Hawaiian Islands while drifting eastward in the North Pacific Ocean, and they reach to the west coast of North America, although the number is a little. After 3.11 tsunami, the lighters from east coast of Japan (Tohoku region) increased on the Midway Atoll. Main outflow areas of lighters were the Pacific coast side of East Asia. In Japan, it is same side including those enclosed water area of Tokyo Bay, Ise Bay and Seto Inland Sea.

**Key words:** East Asia, lighter, marine litter, North Pacific Ocean

## はじめに

2011年3月11日の大地震によって発生した大津波は、東北地方沿岸から大量の家屋や船舶などを北太平洋に流出させた。これら大量の漂流物は、海流や風の影響を受けて北太平洋を東へ漂流し、北米大陸西海岸に大量漂着することが懸念された (Miller and Brennan 2012)。そこで環境省は数値シミュレーションによる震災漂流物の漂流予測を実施し、2012年3月、その結果を発表した (首相官邸, 総合海洋政策本部 2012)。

これまで日本から流出した漂流物が北米大陸西岸に漂着した事例は、江戸時代、日本近海で遭難した船舶が1年以上を経て漂着した話以外にも、海流瓶 (藤本・平野 1972, 大塚・石野 1988, 春川・榎本 1997) を使った調査でも知られている。近年では、数値シミュレーション (Kubota et al. 2005) や Lagrangian drifters と呼ばれる漂流ブイ (Maximenko et al. 2012) を用いた手法で、北太平洋上における

漂流物の挙動が明らかにされてきた。しかし、海流や季節風、主な漂流物の漂流特性等の漂流物の流れが明らかにされても、震災漂流物のように流出物が雑多であり、流出地ごとの流出物の構成や流出量、流出時期が明らかになっていなければ、最終的な漂着量や漂着時期等を割り出すことは難しい。また漂着結果からその流出地と流出量、流出時期を逆算する方法 (Kako et al. 2010) も研究されてはいるが、漂流距離や漂流時間が長い場合、漂流物の沈下率や破損等の影響により漂流特性が変化することからその精度は劣ると考える。

これまで筆者らは、店舗の住所や電話番号等の配布地に関する情報を持ったディスプレイザブルライター (以下、ライターと称する) を指標漂着物として、漂着物の流出地推定に関する研究を行ってきた。この手法は、1993年、京都府の丹後半島で漂着物調査を行っていた高校生によって考案された (東山高等学校地学部1996)。1998年以降、筆者らはこの手法を使って、大量漂着ごみの流出起源推定 (藤枝 1999,

<sup>1</sup>一般社団法人JEAN 〒185-0021 東京都国分寺市南町3-4-12 マンションソフィア202

<sup>1</sup>JEAN, 202, 3-4-12, Minamimachi, Kokubunji, Tokyo 185-0021, Japan

2014) や漂着物の定期モニタリング (藤枝 2005, 2009a) 等の時間スケールでの流出起源の変化, 内湾域の漂流物の流れ (藤枝 2009b, 2009c) や陸域ごみの河川を通じた海洋への流出 (藤枝 2013) 等の比較的小規模なエリア内での漂流物の移動の解明, さらには日本を中心とした東アジアや北部オーストラリア等の広域における漂着ごみの流出地推定 (藤枝 2003, 藤枝・小島 2006, 藤枝ら 2006, 2014b, Fujieda et al. 2012) 等の研究を行ってきた. その中でも, Midway At. で採取されたコアホウドリが北太平洋上で誤食したライターを分類した結果, その主な起源が日本であることが示された (藤枝ら 2006). また前報 (藤枝ら 2014b) では, 同手法を使って日本沿岸における東アジア起因の海洋ごみの流れについても報告され, そこでは東アジアから北太平洋へ多くの海洋ごみが流出していることが示された. よって東アジアを起源地とする海洋ごみの影響は, 北太平洋西部の東アジア周辺だけではなく, 北太平洋中央部や東部にも及ぼしていると考えられ, 広く北太平洋についての知見を蓄える必要があると考えるに至った.

そこで筆者らは, 2009年から東アジア起因ごみの太平洋への影響を探ることを目的に, 伊豆諸島, 小笠原諸島, Midway At., ハワイ諸島など北太平洋の島嶼部を中心に北米西海岸までの広域において流出地情報を持つライターを採集してきた. 本研究では, 2003年8月から2014年12月までの間に北太平洋の島嶼部海岸 (東京都伊豆諸島, 小笠原諸島, 米国北西ハワイ諸島 Midway At., ハワイ諸島 (ハワイ州) Oahu Is., Maui Is., Kahoolawe Is., Hawaii Is.) およ

び北米大陸西海岸 (米国アラスカ州, オレゴン州, ワシントン州, カナダブリティッシュコロンビア州) のべ124海岸から採取された6,430本の漂着ライターから得られた流出地と漂着地の関係から, 東アジアを起源地とする海洋ごみの北太平洋への流出の実態について明らかにしたので報告する.

## 調査方法

ディスポーズブルライターの指標漂着物としての特性については, 藤枝ら (2014) に示している通りである. 漂着ライターの採取は, 2003年8月から2014年12月の間に東京都伊豆諸島23海岸, 小笠原諸島34海岸, 米国北西ハワイ諸島 Midway At. 9海岸, ハワイ諸島 (ハワイ州) 48海岸 (1), アラスカ州5海岸, ワシントン州2海岸 (1), オレゴン州5海岸 (3), カナダブリティッシュコロンビア州6海岸 (3) の計132海岸 (カッコ内の数はライターが採取されなかった海岸の数) で実施され, 124海岸から6,430本のライターが採集された. なお収集されたライターの一部は, International coastal cleanup に参加している米国のキャプテン (各会場のコーディネーター) 等によって採取されたものも含まれる. また Midway At. で採集されたほとんどのライターは, コアホウドリが海面で餌と間違えて誤食し, この島に運び込んだものである (Mayer 2003). ライターの採集海岸を図1に示す.

**漂着密度** 各海岸域の漂着状況の比較には, 漂着密度を用いた. なおライターは海岸形状によって帯状または広域に分散して漂着していることから, この

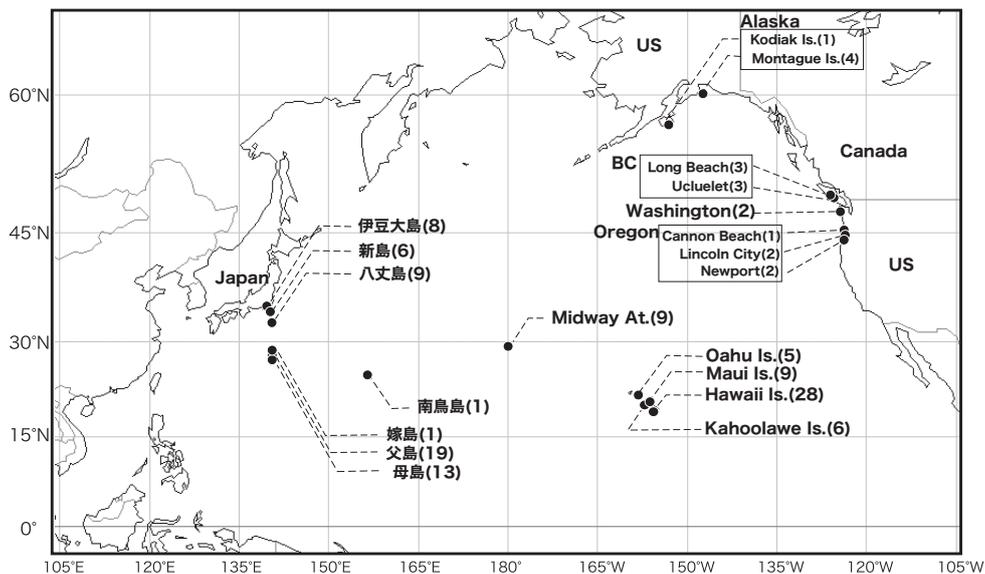


図1 ライター採集地点 (カッコ内は採集海岸数, □内は同一海岸域)

漂着密度は、海岸で採集されたライターの本数とその採集範囲（海岸線長さ）から求めた海岸線長さ100mあたりの採集本数（本/100m）と定義した。また海岸域は、図1に示すように各島を単位とした16域（北米西海岸は4海岸域に区分）に区分した。さらに各海岸域の漂着密度は、同一海岸域内で採集されたライターから求めた漂着密度の中央値を用いて代表した。

**分類方法** 流出地の分類は、タンク表面に印刷された店舗等の住所または電話番号を利用した（藤枝 2003）。また店舗名と電話番号（市外局番なし）のみの場合は、インターネットの電話帳サイトを利用して両者から住所を検索した。なおライターは、携帯性が高いという特徴から、配布地と廃棄地の間にかかなりの隔たりをもつ可能性がある。しかしライターの消費者は、生活圏での活動時間が最も長くなることが予想されることから、主に生活圏内で配付され、同地で廃棄する確率が最も高い（藤枝 2013）。よって文字情報から得られた配布都市を流出都市とし、これを流出地と定義した。

また流出国は、各国での市販品、カタログ、流出都市が判明した漂着ライターを使ってタンク底面・金属風防に刻印された記号、シール位置およびタンク形状から、日本、中国、台湾、韓国、米国（カナダを含む）およびその他（フィリピン、タイなど）の6つの国と地域に分類した（藤枝 2003）。以下、これらを日本ライター、中国ライター、台湾ライター、韓国ライターおよび米国ライターと呼ぶ。

## 結 果

**ライターの漂着密度** ライターの漂着密度は、のべ124海岸中、採集海岸線長さ未報告海岸を除く87海岸で求められた。全海岸における中央値は5.0本/100mであり、最大値は2010年4月の東京都八丈島神湊海岸で147本/100mであった。また漂着海岸域ごとの漂着密度（中央値）は16海岸域中13海岸域で求められ、その分布を図2に示す。これより漂着密度（中央値）が10本/100mを超えた海岸域はなく、最大でも8.0本/100m（Maui Is.）であった。北米西海岸では、アラスカ州で2.5本/100mとなったが、その他では1本/100m以下であり、オレゴン州、ワシントン州、カナダブリティッシュコロンビア州では、100m以上の海岸でも採集できなかった海岸が計6海岸あった。このように太平洋中央部の島嶼域では、一部高密度で漂着する海岸（ホットスポッ

ト）が見られるものの、北米西海岸では漂着密度が極めて低いことがわかった。

**漂着ライターの流出国** 漂着ライターの流出国判明率を表1に示す。なお、採集したライターのうち、印刷情報があるもののみを分析したMidway At.の115本は除外した。全漂着ライターに対する流出国の判明率は74.9%であり、そのうち、日本、韓国、中国、台湾および米国の五ヶ国に判別できたライターは4,635本で、その判明率は73.4%であった。流出国別の流出地判明率は台湾で最も高く22.3%、日本が最も低く4.8%であった。

図2に総採集本数が100本以上（米国オレゴン州、ワシントン州を除く）の14海岸域別に見たライターの流出国（日本、韓国、中国、台湾、米国）の割合を示す。まず日本ライターは、アラスカ州以外のすべての海岸域で採集され、八丈島を除く伊豆諸島、小笠原諸島およびMidway At.で50%以上を占めた。台湾ライターは、小笠原諸島で20%以上を占め、中国ライターは、八丈島で37%、伊豆大島で24%を占めたが、その他では20%以下となった。韓国ライターは全ての海岸域で20%以下であった。一方、米国ライターは伊豆諸島および小笠原諸島では採取されず、ハワイ諸島のMaui Is., Kahoolawe Is., Oahu Is.および北米西海岸では40%以上を占めた。

**漂着海岸域の類型化** 図2に示した14海岸域別の流出国割合をもとに、Ward法を用いてクラスター分析を行い、漂着海岸域を類型化した。その結果を図3に示す。北太平洋における漂着海岸域は、「伊豆・小笠原諸島型」、「八丈島型」、「ハワイ諸島型」、「北米西海岸型」の4つの漂着型に分けることができる。併せて図2の各海岸域にもその結果を記し、その特徴を比較した。これより「伊豆・小笠原諸島型」は、日本ライターが半数以上を占める特徴があり、Midway At.もここに含まれる。一方「八丈島型」は、「伊豆・小笠原諸島型」よりも中国ライターの割合が高いため「伊豆・小笠原諸島型」から独立した海岸域となった。また「ハワイ諸島型」は、日本ライターと米国ライターの割合が高い特徴がある。ただしハワイ諸島のOahu Is.は、米国の割合が高く、「北米西海岸型」に類型化された。

**漂着ライターの流出地** さらに漂着ライターからは、流出国だけではなく、タンクに記された印刷情報から流出地（流出都市）まで判別することができる。表1に漂着ライターの流出地判明率を示す。また伊豆諸島（伊豆大島、新島、八丈島）、小笠原諸島（嫁島、父島、母島）、Midway At.およびハワイ諸

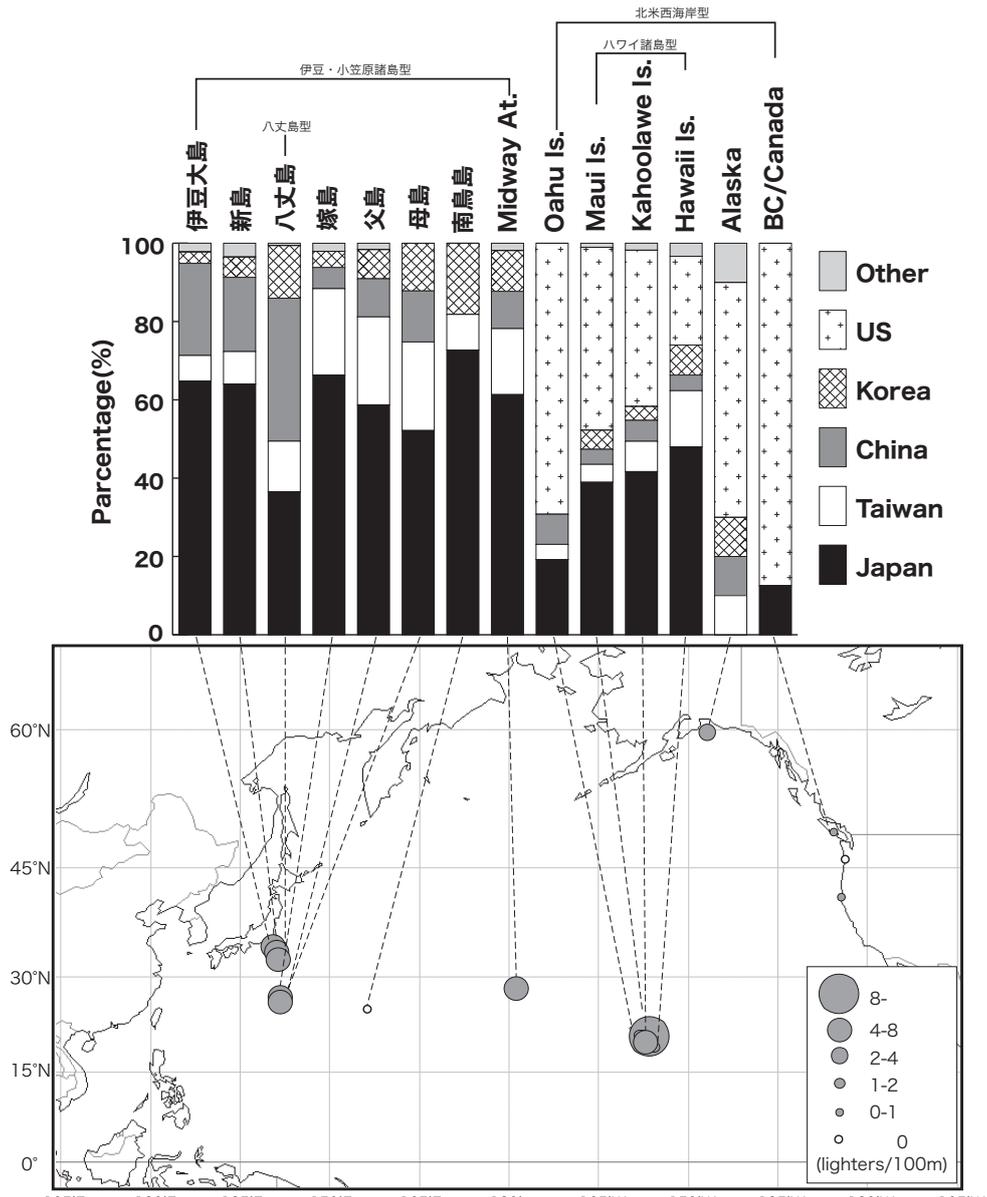


図2 漂着海岸域別に見たライターの漂着密度(下)と流出国(日本, 韓国, 中国, 台湾, 米国, その他)割合(上)

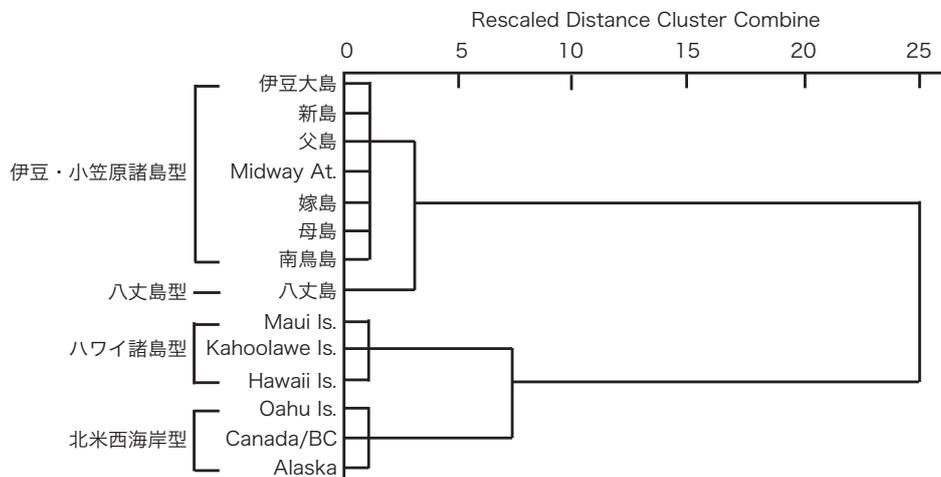


図3 流出国割合をもとにした漂着海岸域のクラスター分析(Ward法)結果

表1 漂着ライター (6,430本\*) の流出国および流出地判明率

流出国名	流出国		流出地	
	判明本数 (a)	判明率 (a/c)	判明本数 (b)	判明率 (b/a)
日本	2,722	43.2%	132	4.8%
中国	533	8.4%	52	9.8%
韓国	378	6.0%	58	15.3%
台湾	703	11.1%	157	22.3%
米国カナダ	299	4.7%	57	19.1%
小計	4,635	73.4%	456	9.8%
その他	97	1.5%	4	4.1%
不明	1,583	25.1%		
計 (c)	6,315		460	7.3%

\*ただし、流出地判別のみに用いた Midway At. の115本は除く。

島 (Oahu Is., Maui Is., Kahoolawe Is., Hawaii Is.) で採取されたライターの流出地の分布を図4に示す。ただし表1に示したように、流出国によって流出地判明率が異なり、かつ漂着海岸域により採取本数が異なることから、図4に示した各流出地の本数は、各地の総流出量を示すものではない。これより伊豆

諸島、小笠原諸島および Midway At. では、主に日本の本州・四国・九州の太平洋沿岸、それに接続する東京湾、伊勢湾、瀬戸内海、および朝鮮半島、中国沿岸、台湾等、太平洋に面する東アジア諸国を流出地とするライターが漂着していることがわかる。一方 Hawaii Is. では、上記と同じ東アジアの太平洋沿岸からの漂着が見られたが、ハワイ州起源の漂着物も含まれていた。そこで図5に北太平洋島嶼および北米西海岸で採集されたライターの国別流出地域割合を示す。これより日本ライターの流出地は、太平洋側の都市および太平洋に通じる河川流域および東京湾、伊勢湾、瀬戸内海等の内湾域を流出地とするライターが92.3%を占め、九州西岸・日本海からも7.7%が含まれた。これより北太平洋には日本全域からライターが流出しているが、主な起源は太平洋沿岸であることが明らかになった。また台湾ライターは人口が集中する台北、台中、台南であり、中国ライターは香港・広東省から上海・江蘇省までの沿岸部から78.9%を占め、韓国ライターは西部から60.0

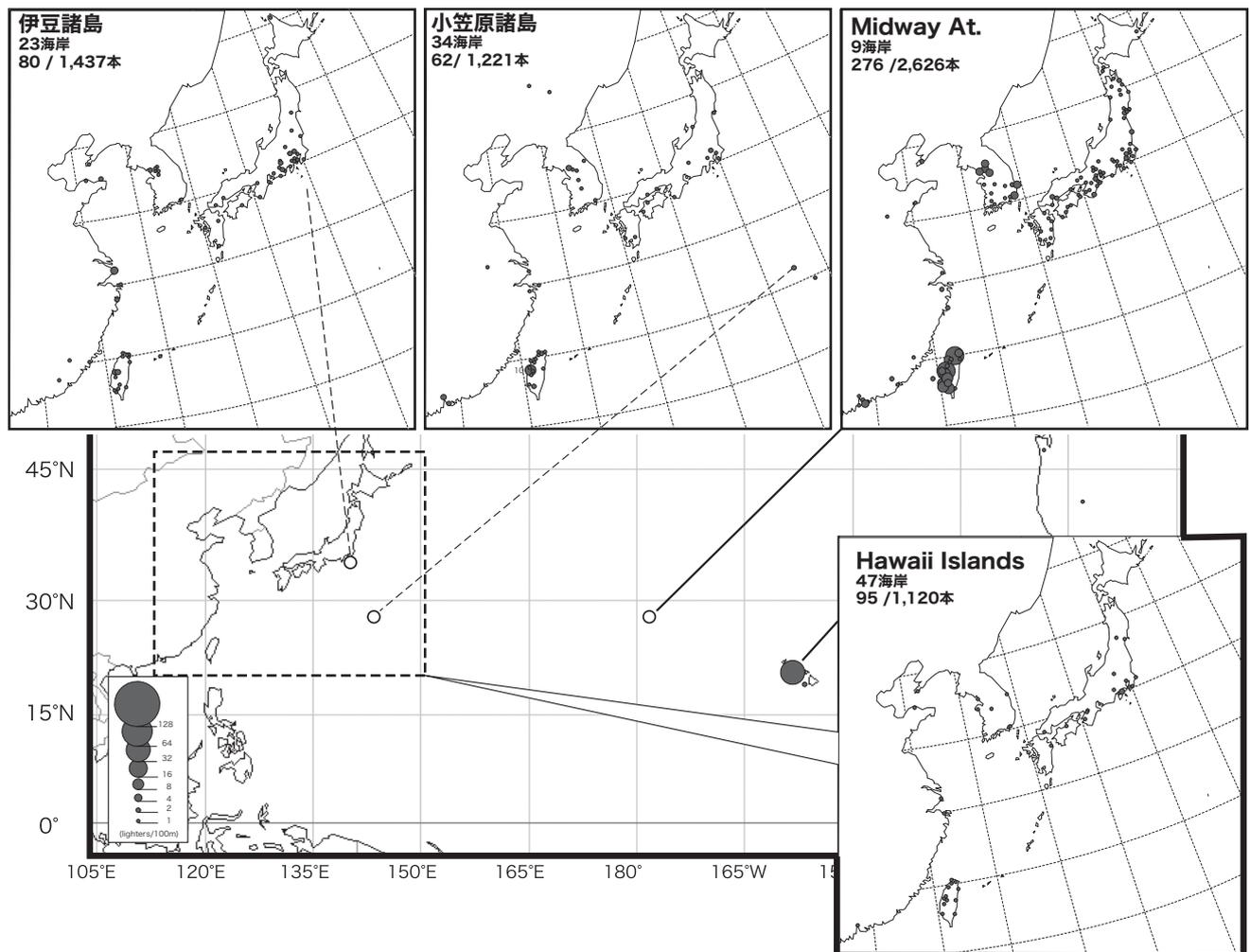


図4 伊豆諸島、小笠原諸島、Midway At., ハワイ諸島に漂着したライターの流出地分布

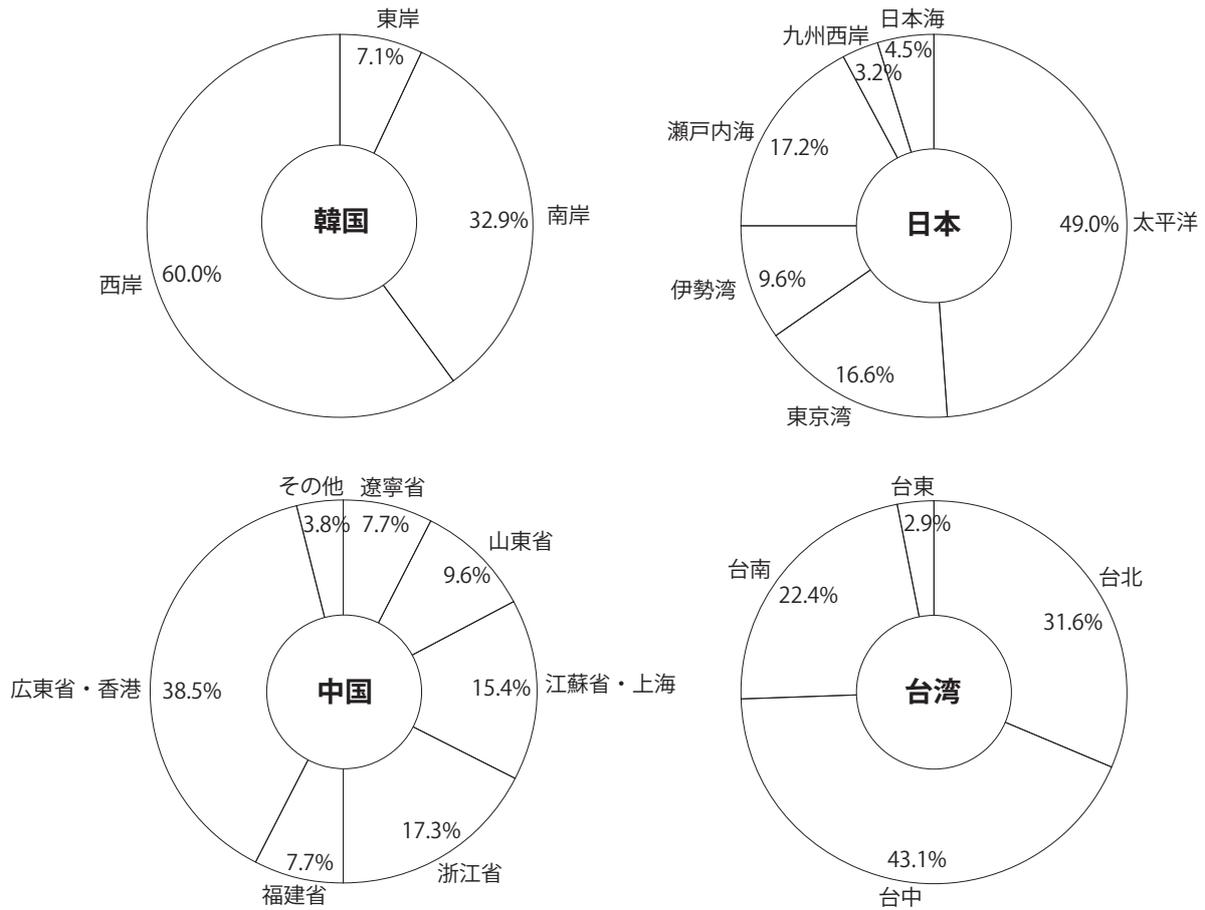


図5 北太平洋島嶼および北米西海岸で採集されたライターの国別流出地域割合

%, 南部から32.9%であった。以上より, 北太平洋を漂流するライターは, 東アジアの太平洋沿岸であることが明らかになった。

**震災前後による漂着ライターの流出地の変化** 次に Midway At. で採取された2,626本のライターを用いて, 2011年3月の東日本大震災前後で流出地割合が変化するかを確認した。まず流出地が判別できた274本のライターを, 震災前(2009年, 2010年), 震災3ヶ月後(2011年6月), 震災2年後(2013年4月)に分け, さらにその流出地を東シナ海・日本海, 瀬戸内海, 太平洋西部(房総半島以西), 太平洋東部(房総半島以东)および海外の5沿岸部に分け, 震災前後での流出地割合を比較した。その結果を図6に示す。これより震災2年後のライターでは, 千葉県から北海道太平洋側の太平洋東部を起源とするライターが震災前の4倍に増加していた。よって, ライターも震災により海洋への流出量が増加したと考えることができる。

**漂着ライターから見た北太平洋における海洋ごみの流れ** 図4では, 漂着ライターの流出地の分布を示したが, 表1に示したように流出国によって流出地

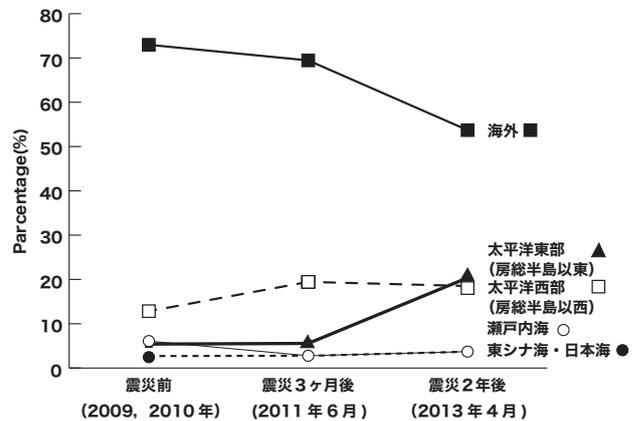


図6 Midway At.で採集されたライターの震災前後での流出地割合の比較

情報の記載率(流出地判明率)が異なる。そのため, このままでは流出地からの流出量を比較することができない。そこで漂着密度を考慮したライターの流れを得るために, 図2(下図)に示した各漂着海岸域における漂着密度の中央値に, 図2(上図)で示した各漂着海岸域における流出国割合を乗じて流出国別漂着密度を求めた。その結果を図7にまとめた。なおここでは同一流出国内における流出地域情報の

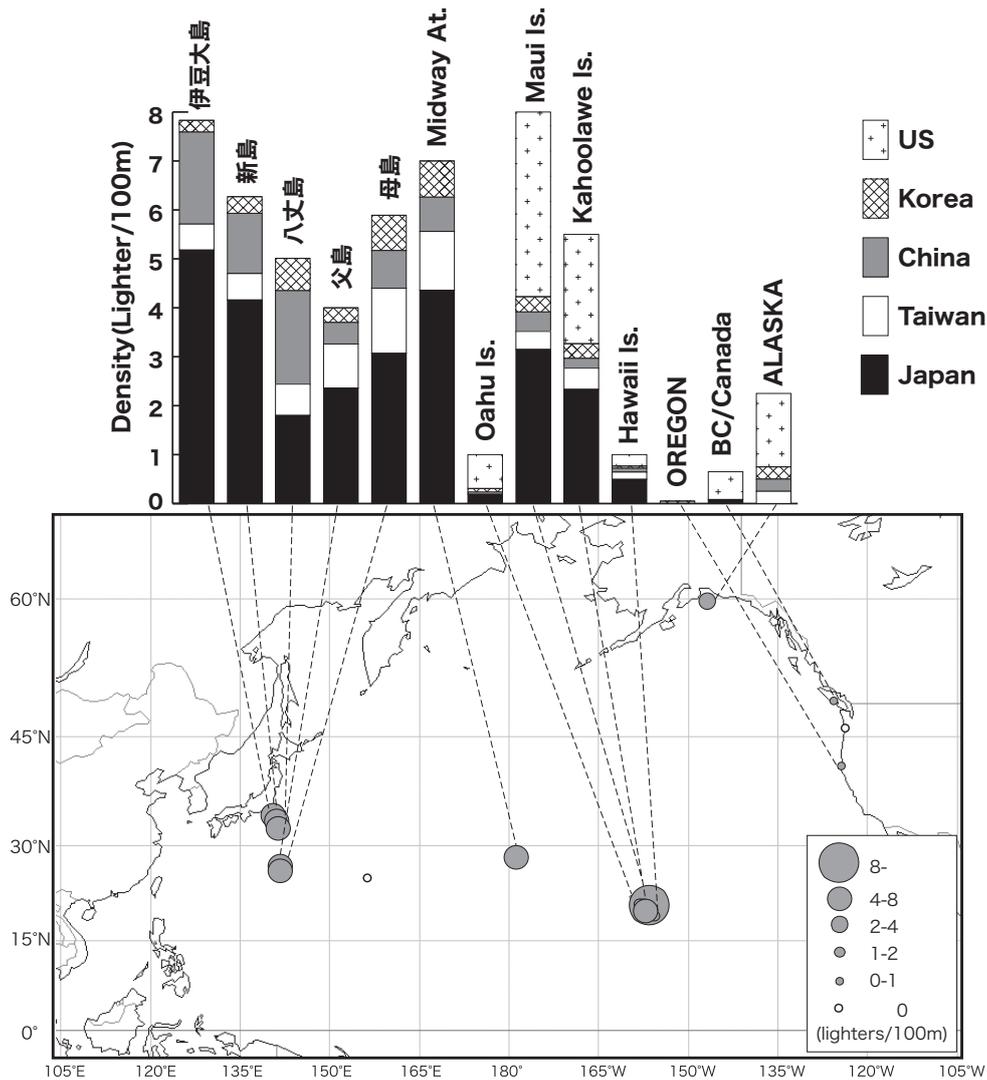


図7 日本、台湾、韓国、中国、米国を流出域とするライターの漂着海岸域別漂着密度

記入割合に差はないものとした。

日本、台湾、中国、韓国を流出域とするライターは、伊豆・小笠原諸島から Midway At.・ハワイ諸島に漂着し、その中でも日本ライターの漂着密度が高く、中国ライターの漂着密度は伊豆諸島で日本に次いで高いが、小笠原諸島・Midway At.では台湾ライターよりも漂着密度が低くなる。さらにハワイ諸島および北米西海岸では、米国ライターの漂着密度が高い。このように漂着ライターで海洋ごみの影響を見ると、北太平洋では東アジアの影響は西部海域で特に強く、中央部海域まで到達するが、ハワイ諸島や北米西海岸では自国の影響を受けることがわかった。

## 考 察

流出地、流出国を判別することができる漂着ライ

ターを北太平洋島嶼域および北米西海岸で採集し、その漂着密度、流出国割合、流出地を求めることにより、ライター同様の漂流特性を持つ海洋ごみの漂着密度分布、流出地、流れおよび流出地に対する影響範囲について推定することができる（藤枝 2014）。ここでは過去の漂流漂着物の報告と合わせてライターを用いた本調査結果について検証する。

大塚・石野（1988）は、20° N-34° Nの137.5° E線および142.0° E線に3,800本の海流瓶を投下し、北西太平洋亜熱帯域の海流系を調査した。その結果、29° N, 137.5° Eに投入された海流瓶の内1本がミッドウェーに漂着した。さらに春川・榎本（1997）も、1984-1987年に高等学校のクラブ活動・授業等の一環として黒潮の流れの中心付近である三宅島近海に海流瓶を1,636本投入し、その結果、太平洋中央部のミッドウェー、ハワイ、北米のカナダ西岸、フィリピン東岸、日本南西諸島でその漂着を確認した。

さらに2011年の東日本大震災後、津波によって流出した漂流物は、東北地方沿岸だけでなく、沖縄、台湾、ハワイ、北米西海岸さらには台湾などに漂着していることが確認されている (JEAN 2014). 本結果では、図6に示すように Midway At. で東日本大震災2年後、千葉県から北海道太平洋側の太平洋東部を起源とするライターが震災前の4倍に増加していた。このように日本から流出した漂流物は太平洋に拡散し、その一部は東に向かって流れると言える。

一方、藤枝ら (2014b) によると、ライターの漂着密度は沖縄県与那国島から長崎県対馬までの東シナ海沿岸および福岡県から北海道西岸までの日本海沿岸では半数以上の海岸で10本/100m以上と高密度となった。これは日本が東アジアにおける海流や季節風等の海の流れの下流に位置するためであり、日本は台湾、中国および韓国から発生した越境ごみの影響を強く受けることを意味している (藤枝 2014). しかし、図2より北太平洋島嶼域および北米西海岸には10本/100m以上の高密度漂着海岸域はなく、ハワイ諸島や北米西海岸では全く漂着していない海岸も存在した。よって北太平洋島嶼域および北米西海岸は、東アジア周辺に比べ海洋ごみの影響が極めて低いと言える。しかし北太平洋の洋上の漂流ごみの漂流密度を見ると、決して東アジア海域よりも低い訳ではない (藤枝ら 2014b, 2015). ハワイ諸島の Maui Is. や Kahoolawe Is. のように太平洋中央部にも高密度でライターが漂着しているホットスポットが存在することがその存在を示している。

これら北太平洋島嶼域や北米西海岸に漂着するライターの流出域は、図5より日本では東京湾、伊勢湾、瀬戸内海を含む太平洋側の都市部であり、これは台湾、中国、韓国も同様であった。藤枝ら (2010) は、瀬戸内海から毎年同海域への流入量の半分が外海に流出し、また伊勢湾における漂流ごみの流れも外洋に向かっていると指摘している (藤枝 2009c). さらに藤枝ら (2014b) は、日本海起源の漂流物も津軽海峡を經由して太平洋に流出していると指摘している。このようにライターを使って明らかにされた海洋ごみの流れより、日本を含めた東アジアの太平洋沿岸部は、北太平洋における海洋ごみの主な起源となっていると言える。

また北太平洋では、多くのコアホウドリの親鳥が海面を漂流するプラスチック類を誤食し、それを雛鳥に与えている。Midway At. では、雛鳥の死骸からプラスチック類が多く見つけられるが、ライターもその一つである (Fry et al. 1987, Mayer 2003).

藤枝 (2003) によると、北太平洋中央部に位置する Midway At. で育ったコアホウドリの雛の死骸から採取された全ライターの約6割が日本、約2割が中国・台湾を流出国とするライターであった。今回 Midway At. から採取されたライターの多くも、このコアホウドリが洋上で誤食したものである。Midway At. で営巣するコアホウドリの活動海域は、北緯20度以北の北太平洋であり (Onley & Scofield 2007), これは Kubota *et al.* (2005) が衛星データを用いて風と地衡流を考慮した太平洋の海流シミュレーションの結果から求めた漂流ごみが集積するごみベルト地帯と渦や, Howell *et al.* (2012) が指摘する漂流物が収束する渦 (EGP, East Garbage Patch; WGP, West Garbage Patch), さらにその間にできる帯状の亜熱帯収束帯 (SCZ, Subtropical Convergence Zone) が存在する海域と重なる。ハワイ諸島の Maui Is. や Kahoolawe Is. のような漂着物のホットスポットも東向きの海岸であり、これら海域からの影響と考えられる。またコアホウドリが北太平洋上で誤食したライターの流出国構成割合 (図2) は小笠原諸島の構成割合と近く、クラスター分析の結果 (図3) でも Midway At. は「ハワイ諸島型」ではなく「伊豆・小笠原諸島型」に属すると分類された。これより北米西海岸への漂流物の漂着は日本海沿岸のように大量ではないといえ、北太平洋西部から中央部の海域には日本を含めた東アジアを起源とする海洋ごみが広く漂流していると言える。

以上より、今後増々深刻化が予想される海洋ごみ問題については、東アジア圏域も北太平洋における海洋ごみの主要発生地域であるという広い視野に立ち、北太平洋全体での問題の解決に取り組む体制を構築して行かねばならない。

## ま と め

最後に北太平洋における東アジア起因漂流物の流れについてまとめると以下ようになる。

- (1) 東アジア起因漂流物は、北西ハワイ諸島、ハワイ諸島にまで達する。
- (2) 東アジア起因漂流物は、北米西海岸にまで達するが、漂着密度は極めて低い。
- (3) 震災後、北西ハワイ諸島周辺では東北地方起因するライターが増加した。
- (4) 東アジアの太平洋沿岸域は、北太平洋を漂流する漂流物の流出起源であり、日本もその主要な発生源となっている。

- (5) 海洋ごみは瀬戸内海や伊勢湾などの内海域や日本海など接続海域からも北太平洋に流出している。
- (6) ハワイ諸島には、ハワイ起因の漂流物も漂着する。
- (7) ハワイ諸島には、漂着物のホットスポットが存在する。
- (8) 海洋ごみの広がりを見ると、北太平洋における海洋ごみ問題の解決には、東アジアだけでなく、北太平洋という広い視点に立ち、共同で取り組む姿勢に改めなければならない。

謝辞：小笠原諸島でのライターの採集には、市野雄一氏、小笠原村商工会、木下明氏、芝崎利行氏、第三区海上保安本部、吉井信秋氏、アラスカ州での採集には、Chris Pallister氏、松田純氏、ワシントン州での採集には、Jon Suhmidt氏、カナダBC州での採集には、Karla Robison氏、Noriko Nakaya氏、オレゴン州での採集には、Briana Goodwin氏、ハワイ諸島での採集には、Charles Moore氏、Cheryl King氏、Chris Woolaway氏、Megan Lamson氏、Midway At.での採集には、Barbara Mayer氏、Carey Morisige氏、Tomoko Acoba氏、横山耕作氏に多大なるご協力をいただいた。その他、採集作業にご協力いただいた多くの方を含めて、ここに厚く御礼申し上げます。

なお本研究の一部は、2010-2012年度科学研究費補助金「日本を起源地とする海洋ごみの北太平洋への影響（課題番号22510045）」、平成24年度独立行政法人環境再生保全機構地球環境基金委託事業「東日本大震災に伴う洋上漂流物に係る日米NGO連携推進・調査及び国内への情報発信事業」、(公財) 笹川平和財団「東日本大震災に起因する海洋漂着物米国アラスカ州現地調査」および環境省「東日本大震災に伴う洋上漂流物に関するカナダBC州・米国WA州現地調査」によって行われた。

## 引用文献

Fry, D.M., Fefer, S.I., and Sileo, L. 1987. Ingestion of plastic debris by Laysan Albatrosses and Wedge-tailed shearwaters in Hawaiian Islands. *Marine Pollution Bulletin* 18: 339-343.

藤枝 繁 1999. 1998年8月鹿児島県薩摩半島沿岸に漂着した大量ゴミの実態. *水産海洋研究* 63(2): 68-76.

藤枝 繁 2003. 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* 1: 13-20.

藤枝 繁 2005. 鹿児島県吹上浜における指標漂着物を用いた海岸漂着ごみの定期モニタリング. *漂着物学会誌* 3: 19-24.

藤枝 繁 2009a. 定期漂着物モニタリングによる海洋ごみ

大量漂流漂着警報の試み. *漂着物学会誌* 7: 27-32.

藤枝 繁 2009b. 指標漂着物を用いた瀬戸内海における海洋ごみの流れと起源の推定. *沿岸域学会誌* 22(2): 27-35.

藤枝 繁 2009c. 伊勢湾海岸に漂着散乱するごみの分布と発生地域. *漂着物学会誌* 7: 13-19.

藤枝 繁 2013. 河岸で採取されたディスポーザブルライターの配布地の範囲. *漂着物学会誌* 11: 7-11.

藤枝 繁 2014. 九州南部西岸に2013年7月下旬から12月まで継続発生した海洋ごみの大量漂着. *漂着物学会誌* 12: 9-14.

藤枝 繁・星加 章・橋本英資・佐々倉諭・清水孝則・奥村誠崇 2010. 瀬戸内海における海洋ごみの収支. *沿岸域学会誌* 22(4): 17-29.

藤枝 繁・金子 博・小島あずさ・東 政能・幅野明正 2014a. 東日本大震災に伴う津波を起因とした洋上漂流物の現状. *海洋と生物* 215: 565-572.

藤枝 繁・金子 博・小島あずさ・東 政能・幅野明正 2015. 北太平洋における漂流漂着微小プラスチック. *漂着物学会誌* 13: 1-7.

藤枝 繁・小島あずさ 2006. 東アジア圏域における海岸漂着ごみの流出起源の推定. *沿岸域学会誌* 18(4): 15-22.

藤枝 繁・小島あずさ・兼廣春之 2006. ディスポーザブルライターを指標とした海岸漂着ごみのモニタリング. *廃棄物学会論文誌* 17(2): 117-124.

藤枝 繁・大倉よし子・小島あずさ 2014b. 漂着ディスポーザブルライターの流出地と漂着地の関係から求めた日本沿岸における漂流物の流れ. *漂着物学会誌* 12: 29-42.

Fujieda, S., Ohkura, Y. and Morrison, S. 2012. Estimate of the out-flow area of marine debris using disposable lighters as an indicator item on the beach of northern Australia. *Jour.Jap.Drif.Soc.* 10: 19-22.

藤本 実・平野敏行 1972. 卵・稚仔輸送拡散機構としての黒潮の研究-I, 海流瓶の漂着からみた黒潮の輸送機能. *東海水研報* 71: 51-68.

春川光男・榎本雅彦 1997. 1984年から1987年にかけて実施した海流調査の結果について. *高校理科* 40: 24-28.

東山高等学校地学部 1996. 琴引浜に漂着するレジンベレット, ライター, タバコの吸い殻について. *東山学園研究紀要* 41: 19-39.

Howell, A., Bograd, S.J., Morishige, C., Sekia, M.P. and Polovina, J.J. 2012. On North Pacific circulation and associated marine debris concentration. *Marine Pollution Bulletin* 65: 16-23.

一般社団法人JEAN編 2014. 平成25年度東日本大震災に伴う洋上漂流物に関する海外動向調査報告書: pp.78.

Kako, S., Isobe, A., Yoshioka, S., Chang, P.H., Matsuno, T., Kim, S.H. and Lee, J.S. 2010. Technical issues in modeling surface-drifter behavior on the East China Sea Shelf. *Marine Pollution Bulletin* 66: 161-174.

Kubota, M., Takayama, K. and Namimoto, D. 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.

Mayer, B. 2003. Marine Debris:Cigarette Lighters and the Plastic Problem on Midway Atoll. (<http://kms.kapalama.ksbe.edu/projects/2003/albatross/>)

Maximenko, N., Hafner, J. and Niiler, P. 2012. Pathways of marine

- debris derived from trajectories of Lagrangian drifters. *Marine Pollution Bulletin* **65**: 51-62.
- Miller, I. and Brennan, J. 2012. Debris accumulation scenarios in Washington State from the March 2011 Tohoku Tsunami, Washington Sea Grant, 1-8.
- 大塚一志・石野 誠 1988. 海流瓶による北西太平洋亜熱帯域の海流系に関する研究. *東京水産大研報* **75(2)** : 275-294.
- Onley, D. and Scofield, P. 2007. Laysan Albatross. *Albatrosses, Petrels & Shearwaters of the world*. Princeton University Press. 131-132.
- 首相官邸, 総合海洋政策本部 2012 (<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/hyouryuu/torikumi.html>)
- (Received Aug. 25, 2015; accepted Nov. 5, 2015)