

漂着ディスプレイ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

藤枝 繁¹・大倉よし子²・小島あずさ²

Flow of marine litter around Japan visualized by the relationship
of outflow locations and collected sites of the drifted disposable lighter

Shigeru FUJIEDA¹, Yoshiko OHKURA² and Azusa KOJIMA²

Abstract

Flow and sources of marine litter washed up on the coast of Japan were estimated using the disposable lighter because it has 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 Aug. 2003 to Mar. 2014, total 63,140 lighters were collected on the total 1,434 beaches (1,384 in Japan, 36 in Taiwan, 9 in Korea, 4 in Russia and 1 in China). Flow of lighters elicited by the relationship the outflow location with the collected site was as follows: The lighters flowed out of the Chinese coast from Hong Kong to Shanghai and the west coast of Taiwan mainly wash up on the remote islands area from Yonaguni Island (Okinawa prefecture) to Amami Islands (Kagoshima prefecture) while drifting northward in the East China Sea, and they inflow to Japan Sea through the Tsushima Strait. A little number of lighters flowed out of western Korea drift southward, however Korean lighters mostly inflow to Japan Sea. The lighters flowing into Japan Sea directly and through the strait drift northward and then outflow to the Pacific Ocean through the Tsugaru Strait. They drift southward along the Tohoku Pacific coast and reach to the area off Ibaraki prefecture. The lighters drifted northward along the west coast of Hokkaido reach to the area off Shiretoko Peninsula in Okhotsk Sea through the Soya Strait. On the pacific coasts from the southern Kyushu to Tokai area, the lighters flowed out of the around inland area mainly wash up. These flows illustrated by the movement of lighters are basically consistent with the ocean currents around Japan reported in previous oceanographic studies.

Key words: current, flow, indicator item, lighter, marine litter

はじめに

これまで日本近海における漂流物の流れの調査は、古くは海底火山の爆発による軽石（関 1927, 中野・川辺 1992）や海流瓶（藤本・平野 1972, 滝沢・青田 1978, 大塚・石野 1988, 春川・榎本 1997）・海流カード（沢西・友定 1968, 小関 1977, 滝沢・青田 1978, 木村ら 1992）などを使って行われてきた。近年では、漂流ブイ（松野ら 2006, 張ら 2008, Kako et al. 2010）や数値シミュレーション（Kubota et al. 2005, 目黒ら 2006, 橋本ら 2008, Yoon et al. 2009, Kako et al. 2010）といった手法を用いて海洋上での漂流物の挙動が把握できるようになってきた。

しかし、もし海岸に漂着した漂流物自体に流出地に関する情報があれば、その流出域が把握できるだけでなく、流出の原因や時期にまで遡ることができる。これまで日本では、ディスプレイザブルライター（東山高等学校地学部 1996, 藤枝 1999, 藤枝 2003, 藤枝 2005, 藤枝・小島 2006, 藤枝ら 2006, 藤枝 2009a, 藤枝 2009b, 岡野ら 2011b, Fujieda et al. 2012, 藤枝 2013）、プリンタインクカートリッジ（由比ら 2008）、ゴルフボール（藤枝 2009a）、注射器（藤枝 1999）、名刺（藤枝 1999）、プラスチックボトル（山口 1998, 藤枝 1999, 兼広 2005, 岡野ら 2011a）およびプラスチック漁具（兼広 2005, 藤枝 2005, 藤枝 2011, 岡野・加藤 2013）などを

¹ 鹿児島大学水産学部 〒890-0056 鹿児島市下荒田4-50-20

¹ Faculty of fisheries, Kagoshima University, 4-50-20 Shimoarata, Kagoshima 890-0056, Japan

² 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

² JEAN, 202, 3-4-12 Minamimachi, Kokubunji, Tokyo 185-0021, Japan

指標漂着物として流出国や流出地を特定する試みが行われてきた。しかし、海難事故が原因で流出したインクカートリッジを除いて、ゴルフボールは使用地域が限定的であり、採取量が注射器や名刺と同じで少ないこと、またプラスチック漁具は大量に漂着するものの、流出域が一部の国や地域に限定されること、さらにプラスチックボトルは、広く世界で使用されている商品であるが、使用国（製造国）までの判別に留まることから、漂流物の流出地やその原因にまで遡ることはできない。

しかしディスプレイライター（以下、ライターと称する）は、タンク表面に店舗の住所や電話番号といった配布地の情報を持つことから、これらの指標漂着物中唯一流出地まで判別することができる特徴をもつ。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が、このライターを指標漂着物として海洋ごみのモニタリングを開始した（東山高等学校地学部 1996）。1998年、藤枝（1999）は、同手法を用いて鹿児島県薩摩半島西岸に大量漂着したごみの流出起源を調査し、中国（広東省～上海）、台湾および日本がその主な流出地であることを明らかにした。その後、藤枝（2003）は、鹿児島県奄美大島から長崎県対馬までの九州西岸における漂着ライターの流出国の構成特性と流出地について明らかにし、2003年からは、モニタリングエリアを全国に広げ、面として漂着ごみの流出地とその流れを明らかにする試みとして「ライタープロジェクト」を開始した（藤枝ら 2006）。第一期（2003–2005年）調査では、日本全国の海岸でライターを回収し、国内に漂着するごみの起源を明らかにするとともに、流出地から見たごみの漂着地というこれまでの逆の視点でごみの流れを紹介した（藤枝ら 2006）。また第二期（2006–2008年）調査では、瀬戸内海（藤枝 2009a）および伊勢湾（藤枝 2009b）などの内湾域における国内起源ごみの流れと負荷、およびその起源について明らかにした。さらに第三期（2009–2013年）調査では、調査範囲を北部オーストラリア（Fujieda et al. 2012）、タイ、シンガポール、台湾、ハワイ諸島、北西ハワイ諸島、さらには北米西海岸へと広げ、第四期（2013年–現在）調査では、ライターの河川から海への流出を確認するため、河口での調査を開始した（藤枝 2013）。このように流出地情報を持つライターを指標として広域でまたは定期的にサンプリングし、流出地、流出国構成、漂着密度を平面的にまたは時系列で把握することにより、海洋ごみの流れや影響範囲の把握、原因の推定、動

態の把握、さらには大量流出の監視についての分析が可能となる。

そこで本報では、2003年8月から2014年3月までのライタープロジェクトで日本、台湾、韓国、ロシアおよび中国ののべ1,434海岸で採取された63,140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、日本沿岸における漂流物の流れについて明らかにしたので報告する。

調査方法

ディスプレイライターの指標としての特性 ディスプレイライターは、1970年代にタバコの火付け道具として発売されて以来（日本喫煙具協会 2005）、愛煙家を中心に広く世界的に普及している商品であり、2013年、国内には年間4億本以上が輸入されている（財務省貿易統計品名コード961310より）。強固な中空構造をもつことから、海岸にも多数漂着しており、例えば、2004年度の国際クリーンアップキャンペーンでは、世界88ヶ国で39,698本（42アイテム中26位）（The Ocean Conservancy 2005）、2013年度日本国内では2,049本（45アイテム中24位）（一般社団法人JEAN 2014）が採取されている。また小型で派手なタンク色を持つことから、海岸で見つけられやすく、収集作業や運搬が容易であるという特徴をもつ。さらにタンク底面に刻印された記号から、製造または消費された国（流出国）が判別できるだけでなく、タンク表面に印刷された広告等の文字情報から、配布された都市（流出都市）まで判別することもできる（藤枝 2003）。

採取方法および調査期間 漂着ライターの収集は、広範囲の海岸を網羅するため、一般社団法人JEANが主催する「国際海岸クリーンアップ（ICC; International coastal cleanup）」（一般社団法人JEAN 2014）に参加している全国のキャプテン（各会場のコーディネーター）および漂着物学会に所属する全国の海岸漂着物収集家に会報、ウェブサイトおよびメーリングリストを通じて依頼した。またICCの国際的なネットワークを通じ、台湾のICCナショナルコーディネーターにも採取を依頼した。採取量は、各海岸域で100個以上を目標としたが、鳥取、網走、千葉、宮城、岩手、南鳥島、日照（中国）、ウラジオストク（ロシア）、飛禽島（韓国）、鹿島（韓国）および台中（台湾）の11海岸域ではそれに達していない。

収集期間は、2003年8月から2014年3月までとし、

日本のべ1,384海岸、台湾36海岸、韓国9海岸、ロシア4海岸および中国1海岸の計1,434海岸から収集された計63,140本のライターを、都道府県、離島および内湾を基準とした国内63の海岸域および周辺4カ国では10の海岸域に分類して集計し、これを漂着海岸域と定義した。

漂着密度 各漂着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、漂着密度は海岸で採取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。また各漂着海岸域の漂着密度は、期間内に同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の市外局番を利用した（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、ロシアおよびその他（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ロシアライターと呼ぶ。

結 果

ライターの漂着密度 ライターの漂着密度は、のべ1,434海岸中、採集海岸線長さ未報告海岸を除く1,050海岸で求められた。その最大値は2008年5月の山形県飛島田下海岸で705本/100m、全海岸における中央値は7.3本/100mであった。また漂着海岸域ごとの漂着密度（中央値）は73海岸域中64海岸域で求められ、その分布を図1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、東シナ海沿岸（沖縄県与那国島E₁から長崎県対馬E₁₆まで）では15海岸域中9海岸域、日本海沿岸（福岡県J₁から津軽海峡J₁₆、北海道天塩J₁₈まで）では13海岸域中11海岸域と半数以上を占めた。特に日本海沿岸の新潟県粟島J₁₂と山形県飛島J₁₄では100本/100mを超えた。しかし太平洋沿岸で漂着密度が10本/100mを超えた海岸域は18海岸域中4海岸域（鹿児島県志布志湾P₁、高知県P₃、和歌山県P₅、茨城・福島県P₁₀）のみであり、太平洋の離島（東京都伊豆諸島P_i、小笠原諸島P_o）では最大でも7.8本/100m（伊豆大島P_{i1}）と、日本海の離島と比較して漂着密度は低かった。これよりライターは、太平洋に比べ、大陸に面した東シナ海沿岸および日本海沿岸で漂着密度が高いと言える。

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。全漂着ライターに対する流出国の

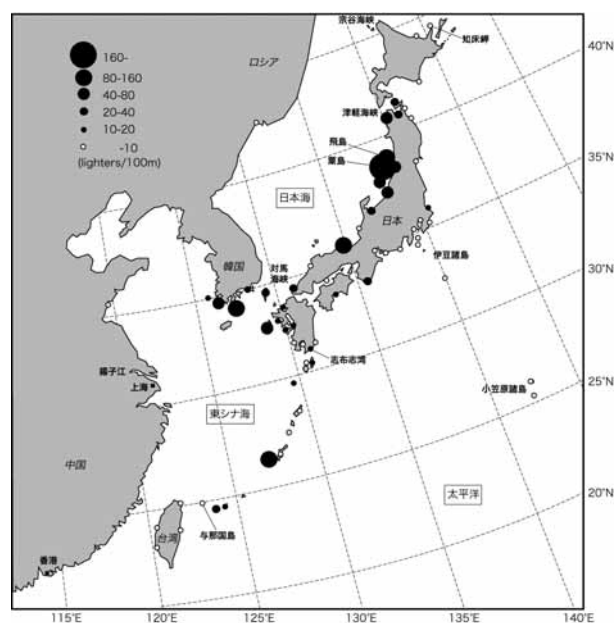


図1 ライターの漂着密度（中央値）の分布

表1 漂着ライター（63,140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	26,544	42.8%	1,989	7.5%
中国	10,258	16.5%	1,038	10.1%
韓国	6,744	10.9%	1,121	16.6%
台湾	4,909	7.9%	1,595	32.6%
ロシア	39	0.1%	0	0%
小計	48,494	78.2%	5,743	11.8%
その他	1,018	1.6%	19	1.9%
不明	12,535	20.2%		
計(c)	62,047		5,762	9.3%

*ただし、流出地判別のみを用いた1,093本は除く。

判明率は79.8%であり、そのうち、日本、韓国、中国、台湾およびロシアの5カ国に判別できたライターは48,494本で、流出国判明率は78.2%であった。図2に漂着海岸域別の流出国割合を示す。

まず日本ライターは、日本のすべての海岸域で採取され、天草西岸E₁₅から福岡県J₁までの九州西・北岸（五島E₁₅、対馬E₁₆を除く）および石川県J₈以北の日本海沿岸（佐渡島J₁₁を除く）で50%を超えた。また鹿児島県志布志湾P₁以東の太平洋沿岸（八丈島Pi₃を除く）でも50%を超え、特に高知県P₃以東では80%以上に達した。内湾域における日本ライターの割合は、閉鎖性内湾である鹿児島湾B₂と陸奥湾B₆で80%以上、有明海B₁、瀬戸内海B₃、伊勢湾B₄、東京湾B₅で90%以上を占めた。さらに富山湾J₉や石狩湾J₁₇などの開放性内湾においても日本ライターが90%以上を占めた。一方、八丈島Pi₃を除く伊豆Pi・小笠原諸島Poでは、日本ライターの割合は本州太平洋沿岸よりも低く52~73%となった。

中国・台湾ライターは、沖縄県与那国島E₁から鹿児島県種子島・屋久島E₁₀までの東シナ海の島嶼域で最も割合が高く、合わせて50%を超えたが、太平洋沿岸では10%以下となった。ただし伊豆・小笠原諸島では28~50%と太平洋沿岸より割合が高い。中国ライターは、いずれの海域でも含まれ、オホーツク海の知床岬O₂でも10%を占めた。また鹿児島県奄美大島E₈、十島・三島E₉、種子島・屋久島E₁₀、対馬海峡付近の長崎県五島E₁₅、対馬E₁₆、津軽海峡J₁₆では40%を越え、沖縄県及び東京都小笠原諸島以外の海岸域では、台湾ライターより割合が高い傾向が見られた。一方、台湾ライターは、台湾に近い沖縄県八重山諸島E₁~E₄で割合が高く、日本海太平洋共に北上するにつれて割合が低下する傾向が見られた。

韓国ライターは、沖縄県与那国島E₁から鹿児島県馬毛島E₁₁までの東シナ海の島嶼域で約10%であったが、九州北岸の長崎県対馬E₁₆では30%、日本海の島根県J₃では50%近くに達した。特に島根県J₃から福井県J₇までの日本海中央部海岸では、韓国ライターの割合が最も高い海域となった。さらに日本海を北上すると、韓国ライターの割合は減少するが、青森県津軽半島西岸J₁₅でも依然20%を超え、中国・台湾ライター同様、北海道宗谷海峡を越えてオホーツク海の知床岬海岸O₂にまで到達していた。一方、津軽海峡J₁₆でも津軽半島西岸J₁₅に引き続き18%を占め、太平洋側の下北半島東岸P₁₃では17%、岩手県J₁₂でも13%と高い割合を維持した。ただし宮城県P₁₁

以南の太平洋沿岸では、韓国ライターの割合は極めて低く3%以下となった。

ロシアライターは、新潟県J₁₀から山形県飛島J₁₄の範囲で採取されたが、他国ライターに比べ採取数が極めて少なかった。

一方、日本以外の周辺国（台湾、中国、韓国、ロシア）海岸で採取されたライターの流出国割合は、各海岸域とも自国の割合が最も高く80%以上を占めた。また各国海岸にも越境ライターは存在し、台湾、韓国では中国ライターが10%以上を占めた。しかし日本ライターは、韓国（飛禽島K₁、巨済島・釜山K₄）、台湾（台南T₁、台北T₄）で採取されたものの、いずれも3%に充たなかった。

漂着海岸域の類型化 図2に示した73の漂着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。

東アジア沿岸における漂着海岸域は、次の8つの漂着型に分けることができる。日本からの影響が主で内湾域・太平洋沿岸で構成される「日本型」、日本からの影響が主であるが海外（中国・台湾・韓国）からの影響も受ける太平洋離島（伊豆・小笠原諸島）、九州南岸、日本海北部などで構成される「太平洋型」、台湾からの影響が主で台湾沿岸で構成される「台湾型」、韓国からの影響が主で韓国沿岸で構成される「韓国型」、韓国からの影響を強く受け、山口県から山形県までの日本海沿岸で構成される「日本海型」、中国・台湾からの影響を強く受け、東シナ海沿岸で構成される「東シナ海型」、中国からの影響が主で中国沿岸で構成される「中国型」、ロシアからの影響が主でロシア沿岸で構成される「ロシア型」に分類される。これより本報では、東シナ海沿岸を沖縄県与那国島E₁から長崎県対馬E₁₆までの範囲とした。

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。また東シナ海沿岸、対馬海峡沿岸、日本海沿岸および太平洋沿岸の代表的な海岸域で採取されたライターの流出地の分布を図4-1~図4-4に示す。なお表1に示したように、流出国によって流出地判明率が異なること、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、総流出量を示すものではない。

全体を通じて漂着ライターの流出地は、漂着地を中心とした国内内陸部および沿岸部の広い範囲にわ

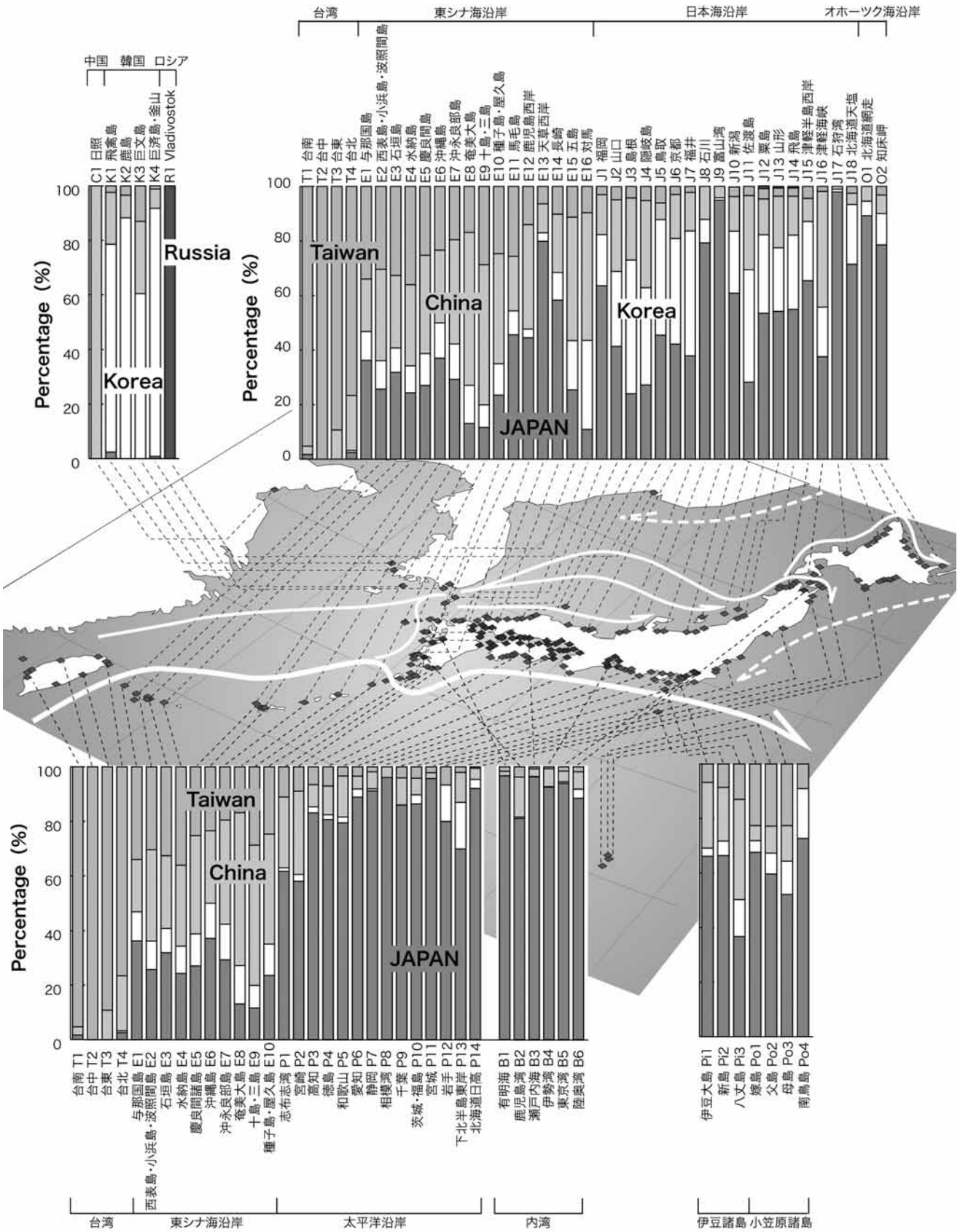


図2 漂着海岸域別に見たライターの流出国（日本，韓国，中国，台湾，ロシア）割合（英数字は漂着海岸域番号）

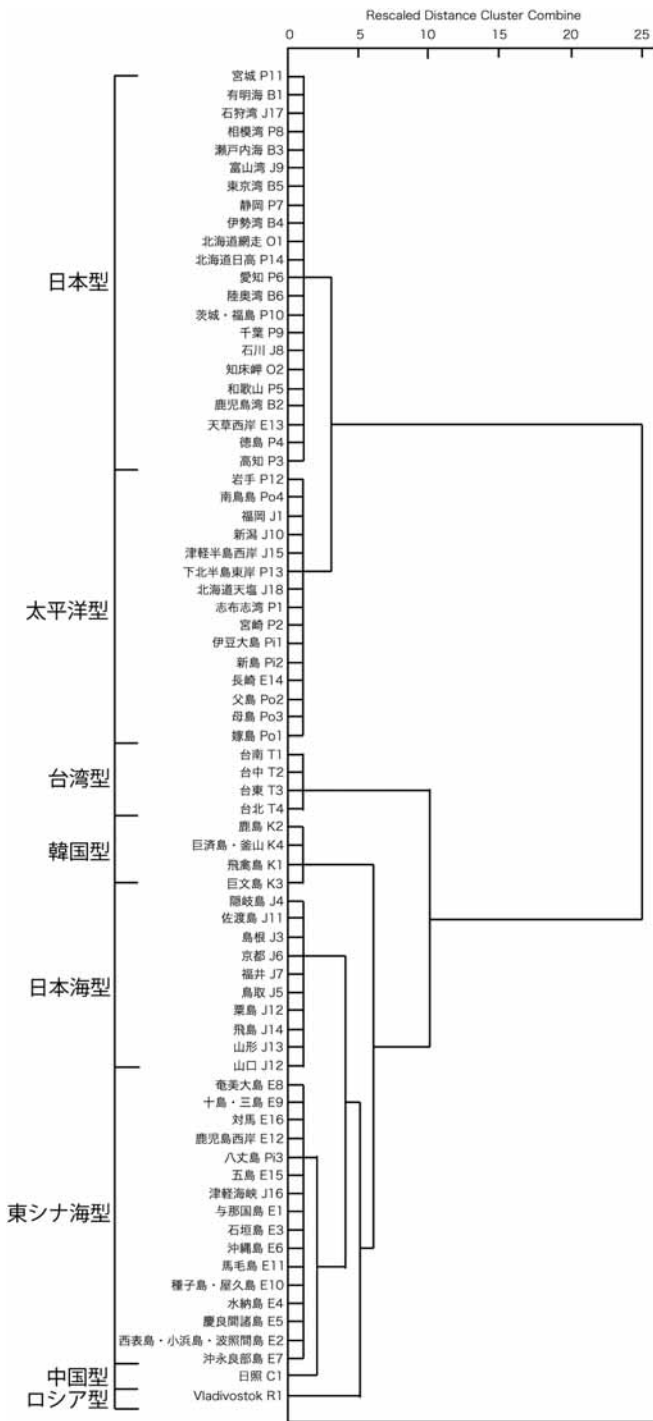


図3 流出国割合をもとにした漂着海岸域のクラスター分析 (Ward法) 結果

たっていた。例えば、新潟県佐渡島 J_{11} 、山形県飛島 J_{14} 、津軽半島西岸 J_{15} 、茨城・福島県 P_{10} の各海岸域では、それぞれその地を流れる信濃川、最上川、岩木川、那珂川といった一級河川の流域都市を起源とするものが多数見られた。このような傾向は、中国、台湾、韓国においても確認された。

一方で各海岸域では、海の流れの上流域から下流域への漂着も見られた。まず台湾台南 T_1 から鹿児島西岸 E_{12} までの東シナ海沿岸で採取されたライターの流出地を見ると (図4-1)、台湾台南 T_1 、台東 T_3 、台北 T_4 では、採取地を中心とした台湾国内が主で、広東省～浙江省間の中国沿岸からの漂着も見られたが、日本からの漂着はなかった。台湾に接する沖縄県与那国島 E_1 では、日本国内からの漂着は少なく、台湾西部を中心に広東省～上海間の中国沿岸、韓国西部および南部からの漂着が目立った。沖縄県石垣島 E_3 、鹿児島県沖永良部島 E_7 、奄美大島 E_8 、十島・三島 E_9 、種子島・屋久島 E_{10} の離島域においても同様の傾向が見られ、種子島・屋久島 E_{10} および鹿児島西岸 E_{12} では、それに九州南部および西部からの漂着が加わった。これより東シナ海沿岸では、採取地周辺に加え、台湾、中国広東省～上海間および韓国西南部からの漂着が主であることがわかった。

次に対馬海峡周辺の韓国南西岸 (飛禽島 K_1 、鹿島 K_2)、南岸 (巨文島 K_3 、巨濟島・釜山 K_4)、長崎県五島 E_{15} 、対馬 E_{16} 、福岡県 J_1 の各海岸で採取されたライターの流出地を見ると (図4-2)、韓国南西岸の飛禽島 K_1 、鹿島 K_2 および南岸の巨文島 K_3 では、韓国西部からの漂着が主であったが、南岸の巨濟島・釜山 K_4 では韓国南部からの漂着が主となった。また対馬海峡中央部に位置する長崎県対馬 E_{16} では、韓国南部からの漂着が多く見られたが、五島 E_{15} を含む東シナ海島嶼域と同じように台湾や広東省～上海間の中国沿岸を起源地とするライターの漂着も目立った。一方、福岡県 J_1 では、同様な傾向に加え、九州北部を起源地とするライターが多く漂着していた。これより対馬海峡付近では、東シナ海沿岸から流出し漂流してきたものの影響を受けるだけでなく、同海峡周辺の韓国南部や九州北部から流出したものの影響も受け、それらが対馬海峡を通じて日本海に流入していることが示された。

また島根県隠岐島 J_4 から北海道知床岬 O_2 までの日本海沿岸およびオホーツク海沿岸で採取されたライターの流出地 (図4-3) は、東シナ海同様、広東省～上海間の中国沿岸および台湾西部からの漂着

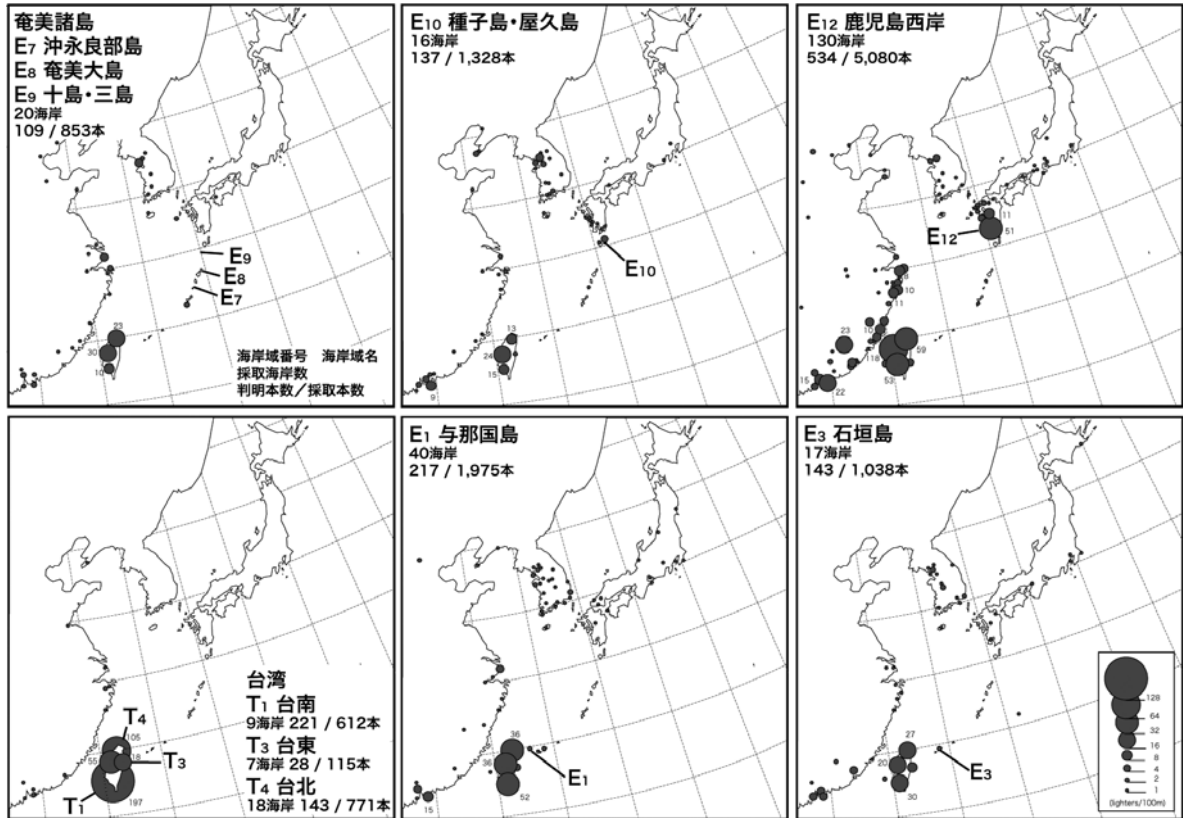


図4-1 東シナ海沿岸（台湾T₁、T₃、T₄、沖縄県与那国島E₁、石垣島E₃、鹿児島県奄美諸島E₇、E₈、E₉、種子島・屋久島E₁₀、鹿児島西岸E₁₂）に漂着したライターの流出地分布

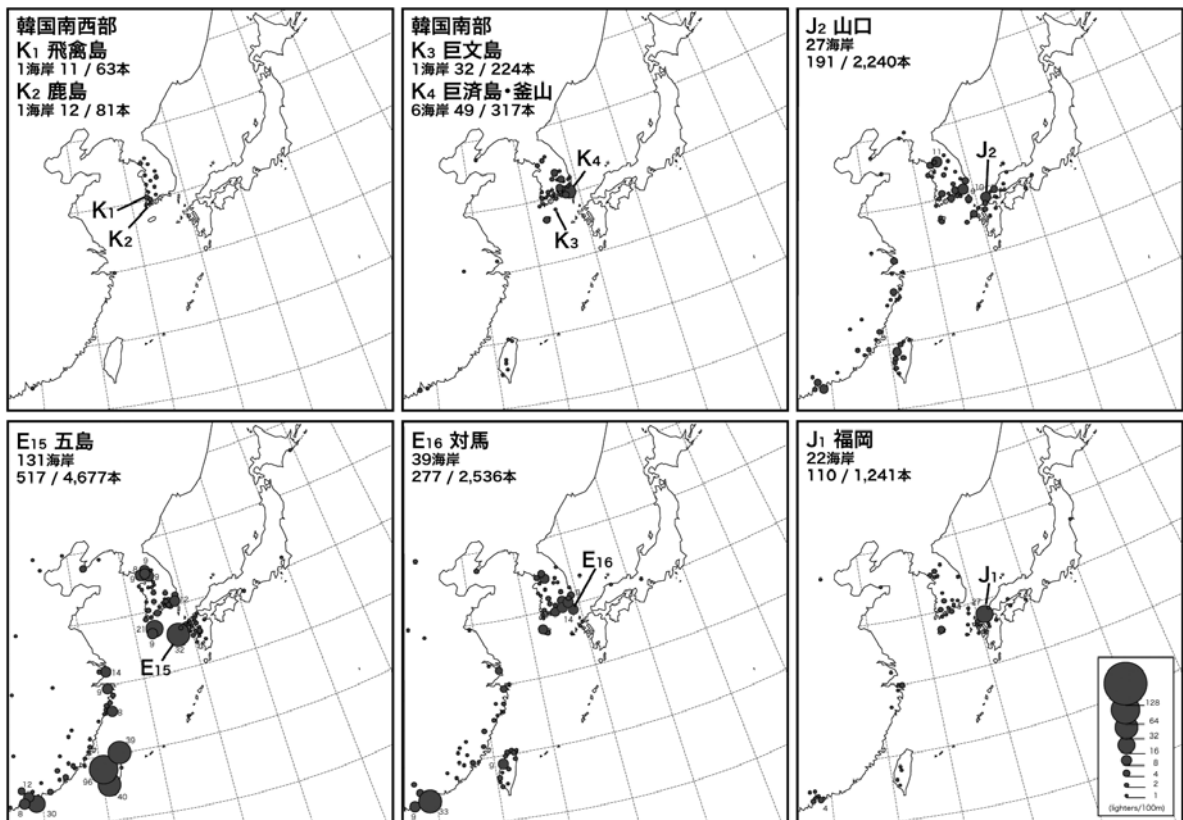


図4-2 対馬海峡周辺（長崎県五島E₁₅、対馬E₁₆、福岡県J₁、韓国西南部K₁、K₂、韓国南部K₃、K₄、山口県J₂）海岸に漂着したライターの流出地分布