

研究課題番号(B1007)

## 課題名:海ゴミによる化学汚染物質輸送の実態解明と リスク低減に向けた戦略的環境教育の展開

研究代表者(所属):磯辺篤彦(愛媛大・沿岸環境科学研究センター)

研究期間:平成22~24年度

累積予算額:189,843千円(間接経費を含む)

研究実施体制

サブテーマ1「数値モデルとウェブカメラ網による海ゴミ輸送量解析」

代表:日向博文(国土交通省・国土技術政策総合研究所)

サブテーマ2「海ゴミを介した化学汚染物質輸送の定量評価」

代表:磯辺篤彦(愛媛大・沿岸環境科学研究センター)

サブテーマ3「海ゴミリスクの低減に向けた環境教育スキームの構築」

代表:清野聡子(九州大・工学研究院) 協力機関:一般社団法人JEAN

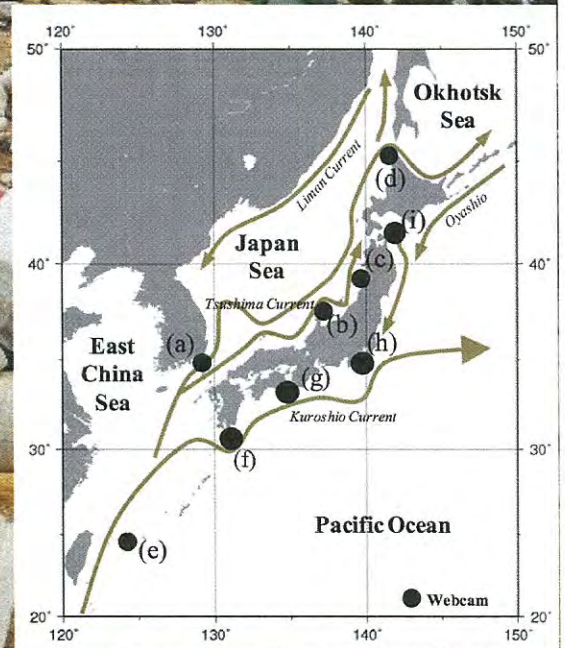
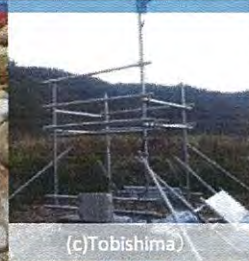
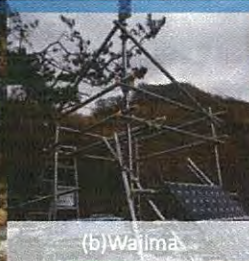
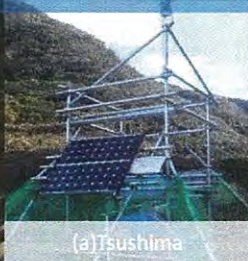
研究開発目的

本研究課題の目的は、海ゴミを媒介とした重金属(当年度)やPOPs(次年度以降)等の化学汚染物質の輸送過程を定量化し、海岸での適切かつ効率的なゴミ回収・処理事業を提言すること、そして、研究成果を地域住民と行政に還元しつつ、海ゴミの調査・清掃を継続的に実施する地域リーダーを核とした体制を構築することである。

サブテーマ1(国総研)は、全国の海岸にウェブカメラを設置し、海ゴミ漂着量のモニタリング技術を確立させる。このデータは、サブテーマ2(愛媛大)と共同して行うゴミ漂流シミュレーションによって、ゴミ起源地の逆推定、およびモデル精度の検証に用いられる。ゴミに含まれる化学汚染物質の検出や海岸蓄積量、そして環境中への移行量をサブテーマ2で調査し、海ゴミの漂流シミュレーションを、海ゴミを媒介とする汚染物質の輸送モデルへと発展させる。以上の科学的知見をサブテーマ3(九州大)が主催する海ゴミ・サイエンスカフェにて地域住民や行政に還元し、継続的な海ゴミ処理や海ゴミを用いた環境教育について体制構築を図る。

本研究の成果(サブテーマ1)

## ウェブカメラ網による海ゴミモニタリング



本研究の成果(サブテーマ1)

# ウェブカメラ網による海ゴミモニタリング

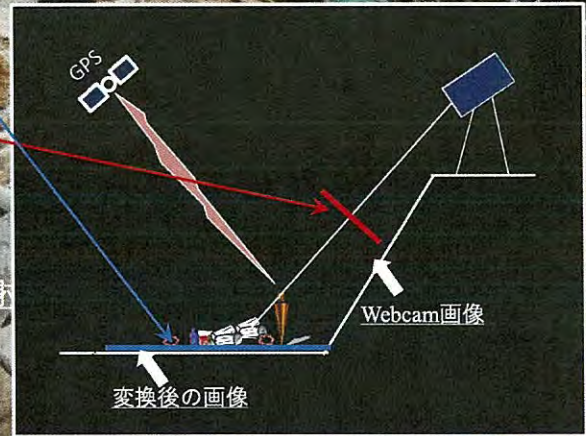
$$X = \frac{b_1x + b_2y + b_3}{b_4x + b_5y + 1} \quad (X, Y): \text{Geographic coordinate}$$

$$Y = \frac{c_1x + c_2y + c_3}{c_4x + c_5y + 1} \quad (x, y): \text{Photographic coordinate}$$

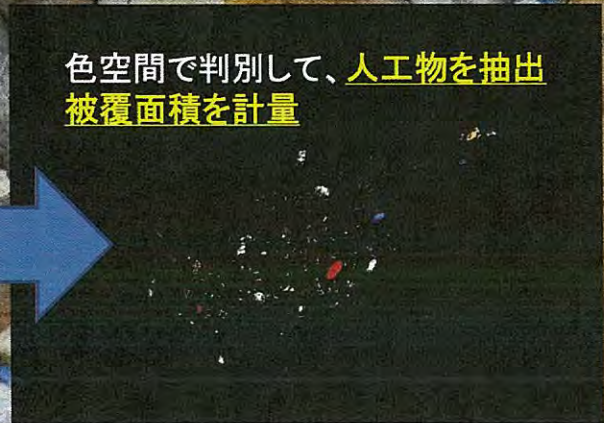
$b_i, c_i (i=1,2,\dots,5)$  Coefficients

## B1007の関連成果論文

Kako et al., (Mar. Pol. Bul., 2010), IF=2.503  
 Kako et al., (Mar. Pol. Bul., 2012), IF=2.503  
 Kataoka et al., (Mar. Pol. Bull., 2012) IF=2.503  
 片岡ほか(土木学会論文集B2, 2012)



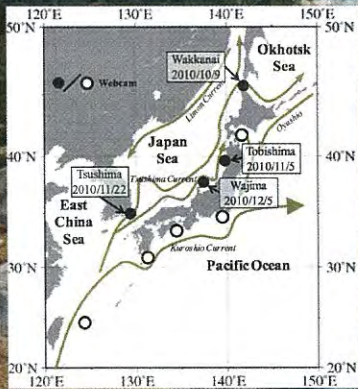
カメラ画像を  
真上画像に変換



色空間で判別して、人工物を抽出  
被覆面積を計量

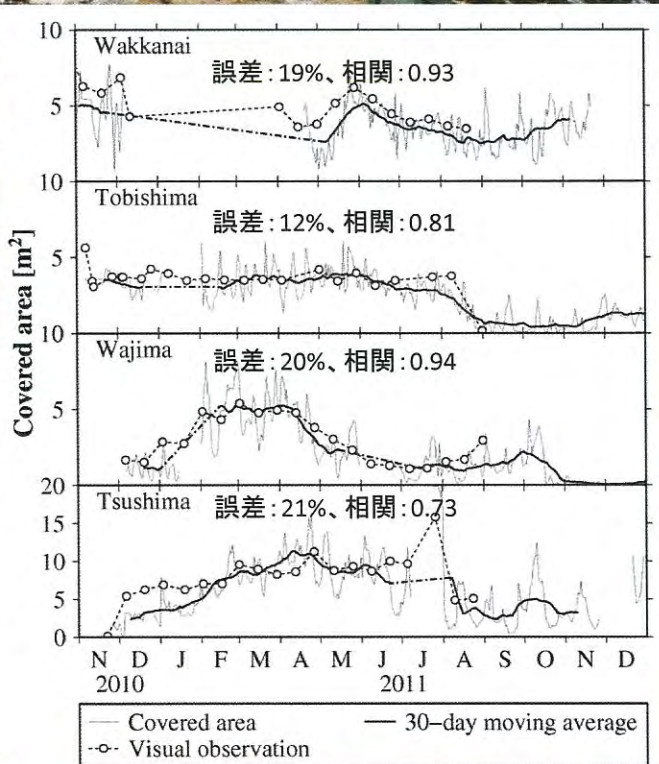
本研究の成果(サブテーマ1)

# ウェブカメラ網による海ゴミモニタリング



## サブテーマ1の成果

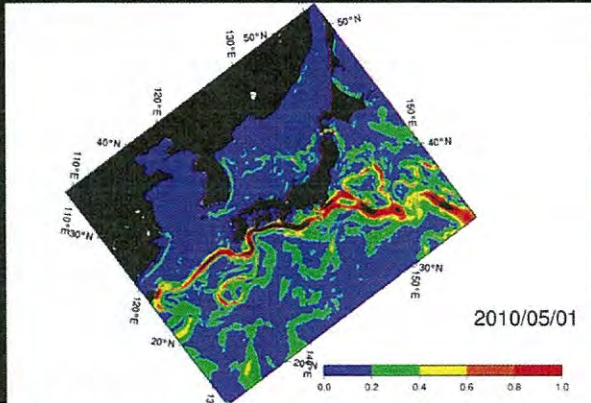
- ウェブカメラによる人工的な海ゴミの漂着量モニタリング手法を確立。
- 効率的な海ゴミ回収事業の立案
- × 定期的な海ゴミ清掃事業
- 海ゴミ被覆面積が、ある閾値を越えた時点での不定期な清掃活動(60%以上の削減も)
- 本課題終了後の継続的モニタリング  
飛島サイト(山形県が継続)
- ハワイやミッドウェイでの震災起源海ゴミのモニタリング依頼(米国NPO→NOAAへ予算申請中)



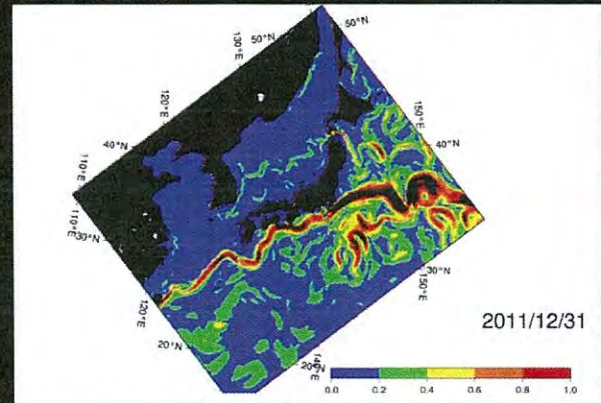
本研究の成果(サブテーマ1+2)

# 海ゴミ起源の推定

(B1007の関連成果論文: Kako et al., (2010; JO) IF=1.2

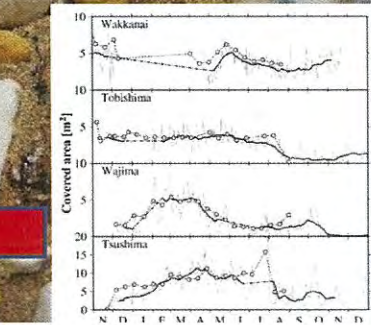
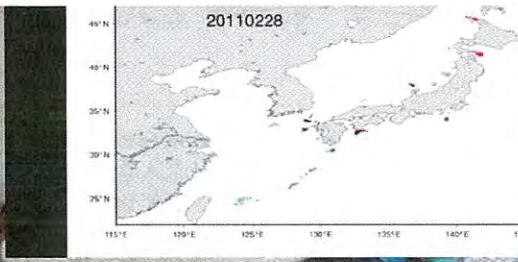


複数の同化プロダクトを統合した海流分布



逆向きにした海流分布

逆向きの流れに乗せた粒子群(海ゴミを想定)の起源地推定計算

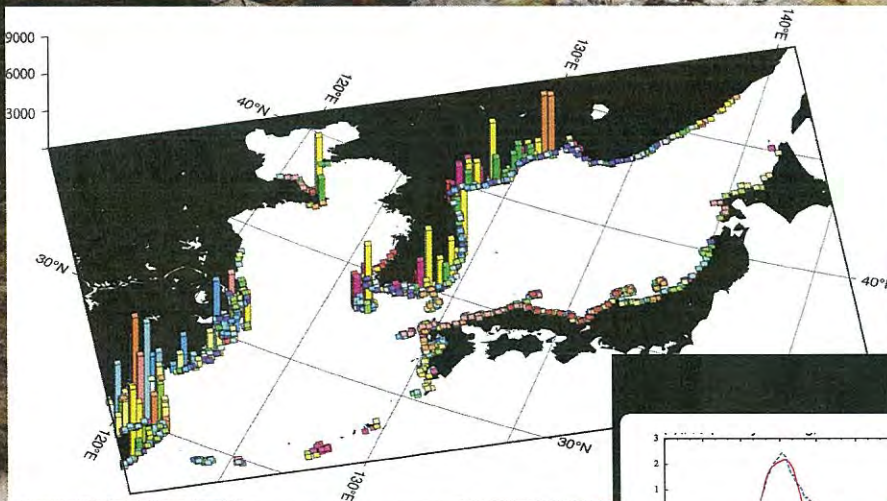


ウェブカメラによる漂着量時系列

本研究の成果(サブテーマ1+2)

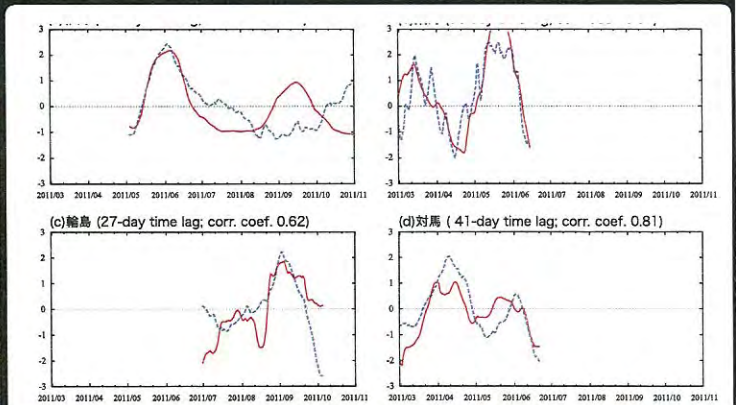
# 海ゴミ漂着量の再現

(B1007の関連成果論文: Kako et al., (2011; Mar. Pol. Bul.) IF=2.503



推定した粒子群(海ゴミを想定)起源地から、向きを元に戻した海流に乗せて、ウェブカメラのサイトに漂着する数を計量し、ウェブカメラのデータと比較

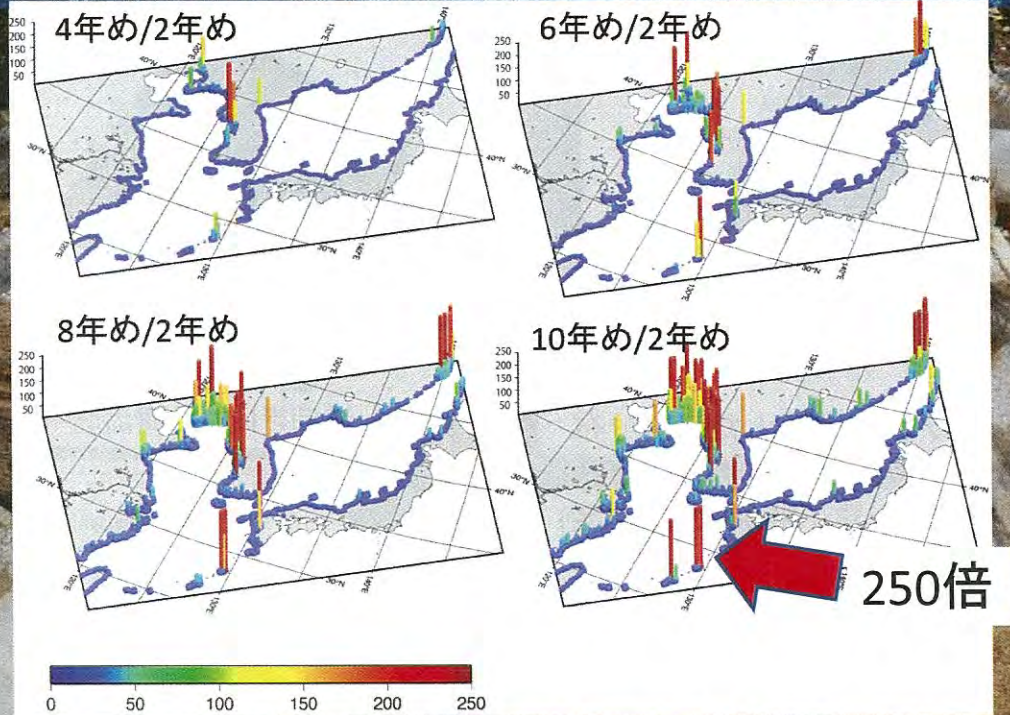
精度検証



本研究の成果(サブテーマ1+2)

# 海ゴミ漂着量の10年予測(2年目との漂着量比)

(B1007の関連成果論文: Kako et al., (2013; 投稿準備中)



モデルでは、黄海・東シナ海や日本海への海ゴミ流入量<太平洋への流出量であった(流入量の50%は残留)。分解しないプラスチックが主な海ゴミは、現在のゴミ投棄量のままでも海域に蓄積され、10年以内に、大量漂着するhot spotが出現することを示唆。

本研究の成果(サブテーマ2)

# 海ゴミに含有される化学汚染物質の検出と環境への溶出

(B1007の関連成果論文: Nakashima et al., (2012; Env. Sci & Tech) IF=5.228

①大量漂着が目立つ漁業用PVCフロートに注目(高濃度の鉛とカドミウムを確認)

②蒸留水への溶出試験  
③境膜モデルを仮定して、海岸環境への溶出量を推定

鉛 7300±1700 mg/kg  
(XRFによる測定・漂着PVCフロート (n=15) の平均値)

RoHS/WEEE指令 製品中鉛規制値 1000 mg/kg

$$V \frac{dc}{dt} = av(kc_f - c)$$

$V$ : 溶液体積 [820 ml]  
 $a$ : 試料表面積 [cm<sup>2</sup>]  $t$ : 時間  
 $c$ : 溶液中の鉛濃度 [μg/L]  
 $c_f$ : 試料中に含有する鉛濃度×PVC密度 [μg/L]  
 $k$ : 解離定数 =  $\infty/c$  飽和濃度/含有濃度で計算  
 $\infty$ : 溶液中の飽和鉛濃度 [μg/L]

④海岸土壌中の年鉛濃度増加率  $G$  を算定

$$G = vkc_f R / (d\rho_{soil})$$

$R$ : 年間降水時間 [時]  
 $d$ : 鉛が土壌中に蓄積する深度 [m]  
 $\rho_{soil}$ : 土壌の密度 [1,600 kg/m<sup>3</sup>]

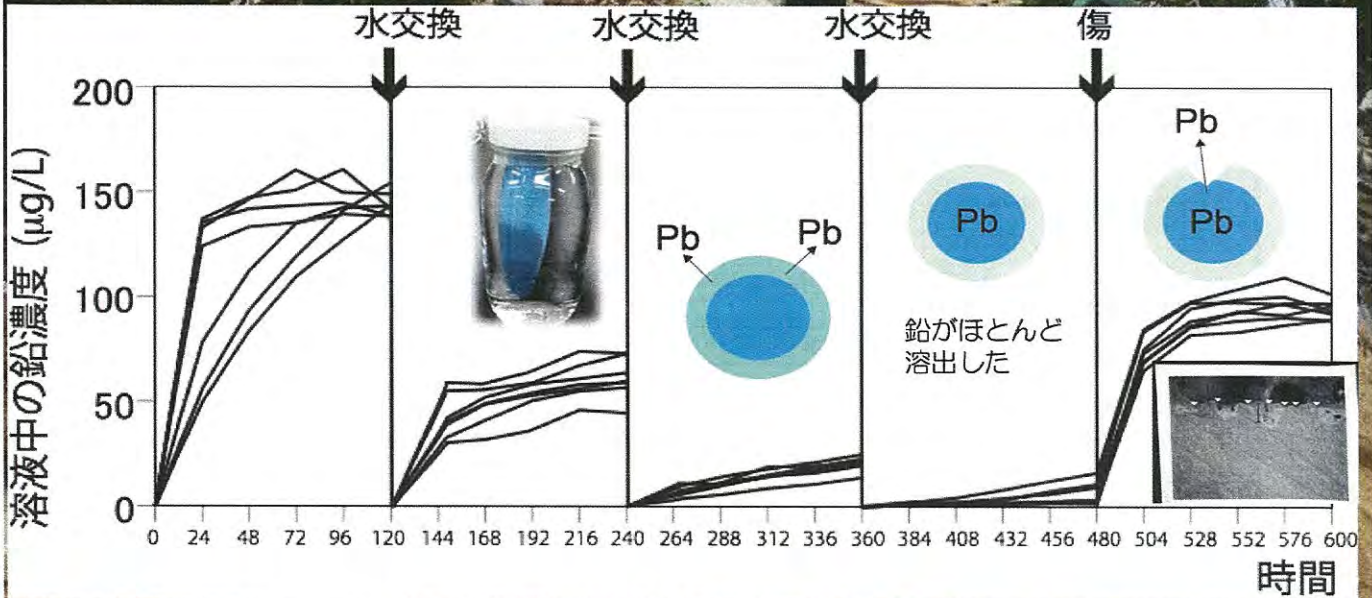
Pb

サブテーマ2の成果

- 境膜モデルで推算した、ゴミから溶出した鉛の海岸蓄積量は、青色のPVCフロート一つについて、1mg/kg/yearであった(砂浜10cmの深度に蓄積を続けたと仮定)。これは、規制値250mg/kg(US.EPA)を超えるのに250年かかる数値である。
- それでも、今後の**大量漂着により、溶出汚染物質のhot spot**ができる**可能性**がある。

↓↓↓↓↓↓↓↓  
Pb Pb Pb Pb Pb

本研究の成果(サブテーマ2)  
**海ゴミに含有される化学汚染物質の検出と環境への溶出**  
 (B1007の関連成果論文: Nakashima et al., (2013; 投稿準備中))



**サブテーマ2の成果**

**海ゴミに含有される有害金属の長距離輸送を生むトロイの木馬効果を発見**

- 20日程度の連続溶出実験で、内部に含有される鉛の溶出は停止した。しかし、プラスチックゴミの表面に、やすりで10µm位程度の瑕をつけることによって、再び、溶出が活性化することを確認。
- 海水を漂流中は、鉛を含まない「殻」が形成され、それ以上の溶出を防ぐ(含有重金属の長距離輸送)。海岸漂着後の物理的ダメージ(砂による擦過等)によって付いた瑕から、ふたたび溶出を始める(トロイの木馬効果)。

本研究の成果(サブテーマ3)  
**海ゴミサイエンスカフェの展開**  
 (B1007の関連成果論文: 清野 (2012; 科学), 磯辺ほか(2012; 沿岸海洋研究))

サブテーマ1と2による成果(海ゴミによる汚染物質の海岸への溶出と蓄積の可能性を指摘)  
 ⇒海岸の美観を維持するだけではない、海岸清掃活動の意義を海ゴミサイエンスカフェにて  
 市民・地域行政に解説。小学校では、漂着物を題材にした海洋教育を展開

**3年間で20~30回**

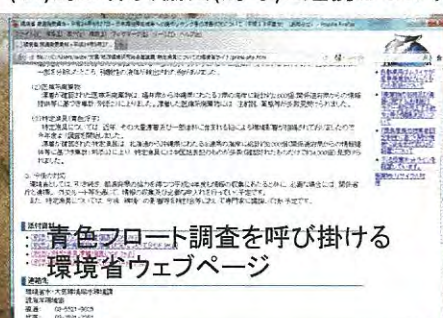
(石垣、西表島、庄内、佐渡、青森、  
 那覇、五島、対馬、福岡、愛媛..)

西表島/海ゴミサイエンスカフェ  
 (2011.11)

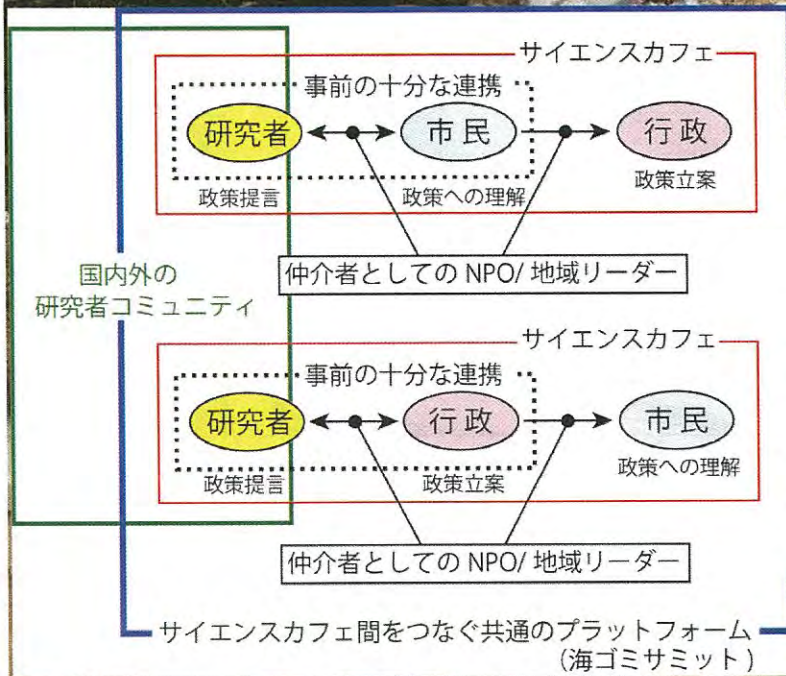
石垣島野底小での出張講義  
 (2011.11)

**サブテーマ3の成果: ポストプロジェクトの展開**

(左)環境省によるPVCフロート漂着調査開始 (中)米国NPOとの連携(ウェブカメラによる震災瓦礫の漂着モニタリング)  
 (右)海上保安協会(海守)と連携してのリーダー養成講習会、その他、地方自治体によるリーダー養成プログラムなど



本研究の成果(サブテーマ3)  
**海ゴミサイエンスカフェの展開**  
 (B1007の関連成果論文: 清野 (2012; 科学), 磯辺ほか(2012; 沿岸海洋研究))



**サブテーマ3の成果:**

●NPOを仲介としたサイエンスカフェのモデルづくり

NPOは、もとより地域行政や市民へのアクセスが良い。ここに研究者が加わる仕組み、すなわち、NPOを仲介者とした、研究者+市民+行政のパッケージは、サイエンスカフェの運営など、一連の環境啓発活動を継続・発展させるにあたって、極めて有効な手法であることを確認した。



H22-H24: B1007 海ゴミによる化学汚染物質輸送の実態解明とリスク低減に向けた戦略的環境教育

(3) 海ゴミ・サイエンスカフェによる市民や行政との情報共有と環境教育



社会への直截的なアウトカム

- 青色フロート実態調査開始 (環境省)
- 海ゴミ清掃活動 / リーダー養成講習会 (JEAN+海上保安協会)
- NPO 仲介としたサイエンスカフェのモデルを実践
- ウェブカメラ調査に基づく効率的な回収事業を提案
- 米国 NPO との連携によるウェブカメラ調査 (予算要求中)
- 地方自治体によるリーダー養成プログラムを協議

20回超のサイエンスカフェ  
4回の小学校事業

アウトプット1

海ゴミによる化学汚染物質の蓄積量を時系列評価

科学コミュニティへのアウトカム

- ウェブカメラによる海ゴミモニタリング手法の確立
- 海ゴミの海岸における滞留時間を初めて定量化
- 海ゴミシミュレーションは今後の大量漂着を予測
- 有害重金属の含有を確認し、海岸への溶出を定量化
- 有害重金属の長距離輸送〜トロイの木馬効果を発見

アウトプット2

海ゴミによる化学汚染物質の輸送能力を定量評価

- 査読付き論文 (11)
- 投稿準備中 (2)
- 国際学会 (14)
- 国内学会 (18)
- 優秀発表賞 (3)
- 学位論文 (2)

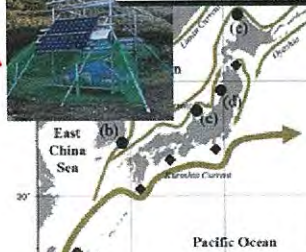
国際シンポジウム開催 (愛媛1、東京1)  
国内シンポジウム開催 (愛媛1)

成果報告

データ提供

(1,2) シミュレーションによる海ゴミ発生源の逆推定と発生源からの漂流計算

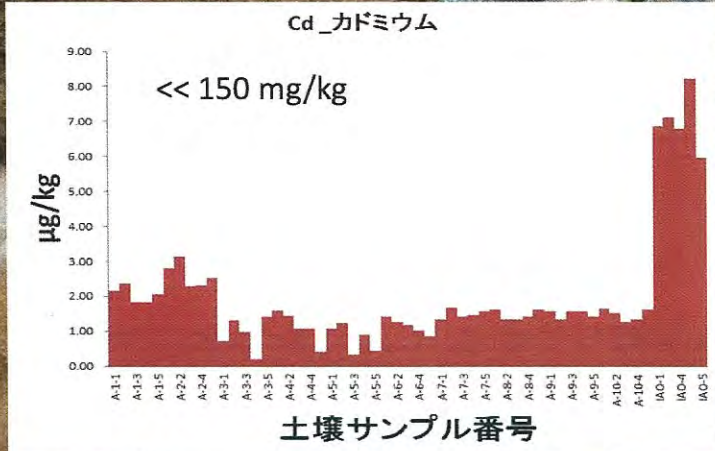
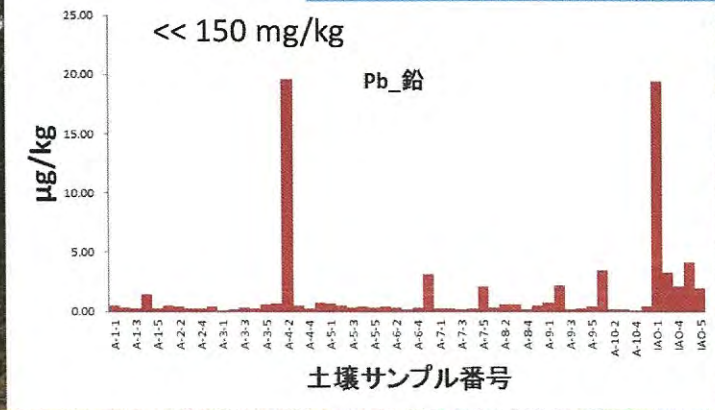
(1) ウェブカメラによる海ゴミ漂着量の時系列解析



(2) 環境化学チームによる海ゴミ由来の化学汚染物質の計量



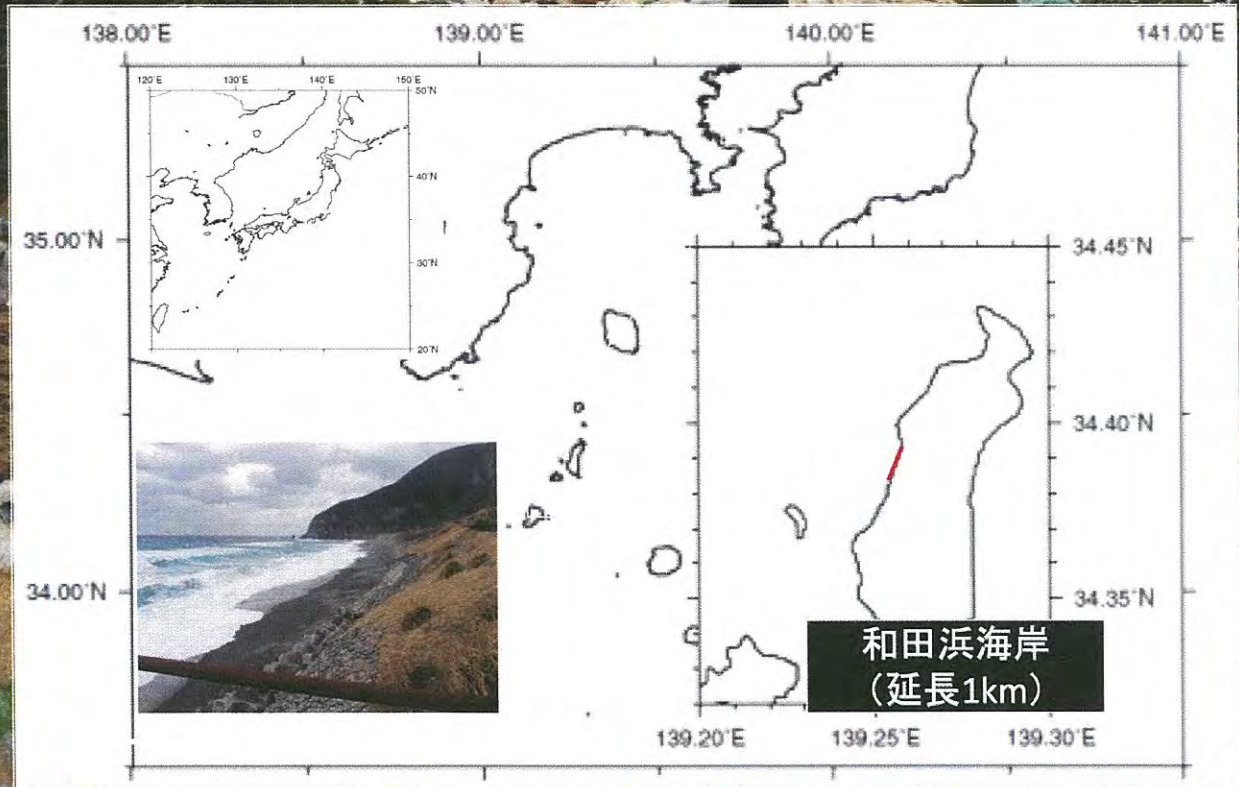
参考資料: 海岸砂に含有する重金属調査



2012年2月の土壌採取  
(石垣島・伊野田漁港)

サイエンスカフェの一環として、佐渡・石垣・五島で海岸砂調査→すべて異常なし

参考資料: 新島での海ゴミ海岸滞留時間調査



参考資料: 新島での海ゴミ海岸滞留時間調査

