

環境省－PICES 東日本大震災起因海洋漂着物影響評価プロジェクト
(ADRIFT Project) 日本国内成果発表会

国際市民講座

「津波で流されたものはどこに行った」

2017年5月20日(土) 午後9:30-12:00

〈ハーネル仙台〉2階「松島A」

主催：環境省、北太平洋海洋科学機構 (PICES)

共催：日本付着生物学会、日本ベントス学会、日本藻類学会、日本海洋学会、水産海洋学会

ADRIFT (Assessing the Debris-Related Impact from Tsunami) Project

Public event in Sendai

“Where have the tsunami rafted objects gone?”

9:30 – 12:00 am, Saturday, May 20, 2017

Matushima A, Heanel Sendai

Ministry of the Environment, Government of Japan (MoE)
North Pacific Marine Science Organization (PICES)

Co-convening societies:

*Japanese Society of Phycology (JSP), Japanese Association of Benthology (JAB),
Sessile Organisms Society of Japan (SOSJ), Japanese Society of Fisheries Oceanography
(JSFO), Oceanographic Society of Japan (OSJ)*

はじめに

2011年、東日本大震災発生時に津波により大量の漂流物が太平洋に流出し、一部が北太平洋を横断してハワイやアメリカ、カナダの西海岸まで辿り着きました。漂着物に生息したまま付着していた多様な海洋生物は、日本沿岸からハワイ・北米西海岸に流れ着きました。それらの生物はハワイ・北米西海岸にとっては外来の移入種となり、生態系に影響を与える可能性をもたらしました。

このような状況を踏まえ、環境省では、2014～2016年度の3か年にわたり、北太平洋海洋科学機構（PICES）を通じて、「東日本大震災起因海洋漂着物影響評価プロジェクト」

（ADRIFT Project）を行いました。本調査プロジェクトには、日本、カナダ、アメリカの多くの研究者が参加し、海洋漂流物のモデルシミュレーション、漂着物のモニタリング及び挙動解析、漂着物に付着した無脊椎動物や海藻の多様性に関する解析、外来移入種の「運び屋」としての海洋漂着物のリスクアセスメントなど、様々な調査研究を行ってきました。

今回、本調査プロジェクトで得られた科学的知見を紹介・共有するために、国際市民講座を開催いたします。

環境省

北太平洋海洋科学機構（PICES）

Preface

In 2011, Great East Japan Earthquake caused huge tsunami, and enormous stuffs were flowed away from coastal areas and partially reached to North America and Hawaii. Many alive marine organisms carried with the drift might bring up potential risk to disturb ecosystems so that they were non-indigenous alien species there.

Under above mentioned situation, MoEJ has conducted an international project to assess impacts of tsunami-sweeping stuffs by collaboration with Canadian, Japanese and US scientists though coordination by North Pacific Marine Science Organization (PICES). In this public event, some outcomes are introduced directly by Canadian, Japanese and US researchers.

Ministry of the Environment (MoE)

North Pacific Marine Science Organization (PICES)



2012年6月に米国オレゴン州の海岸に打ち上がった青森県三沢市の漁港の浮き桟橋
Misawa dock landing in Oregon beach in June 2012

写真提供 Photo : Robin Loznak

プログラム

開会のごあいさつと背景説明	環境省／牧秀明 国立環境研究所	(9:30 – 9:38)
1. 東日本大震災の後に北米とハワイで何が起こったか？	ナンシー・ウォーラス アメリカ海洋大気庁 (NOAA)	(9:38 – 9:58)
2. 津波で流されたものは太平洋上をどうさまよったか？	蒲地政文 JAMSTEC	(9:58 – 10:08)
3. 津波漂流物に関する市民の取り組みと国際交流	坂本昭夫 海をつくる会	(10:08 – 10:18)
4. 漂着物に何が付いていたか？－動物－	ジェイムズ・カールトン 米国ウィリアムズ大学	(10:18 – 10:38)
5. 漂着物に何が付いていたか？－海藻－	川井浩史 神戸大・内海域環境教育研究セ	(10:38 – 10:48)
休憩		(10:48 – 10:58)
6. 漂着物に付いた生き物が生態系に与える影響は？	トーマス・テリオール カナダ水産海洋省 (DFO)	(10:58 – 11:18)
7. 船など他の生き物の運び屋との比較	キャスリン・クラーク・マレイ カナダ水産海洋省 (DFO)	(11:18 – 11:38)
質問		(11:38 – 11:55)
閉会のごあいさつ		(11:55 – 12:00)

Program

Opening remarks and brief introduction	Ministry of the Environment and Hideaki Maki National Institute for Environmental Studies, Japan	9:30 – 9:38 am
1. Debris in North America and Hawaii after 2011 Tsunami	Nancy Wallace National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), USA	9:38 – 9:58 am
2. Debris behavior in the North Pacific Ocean	Masafumi Kamachi Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)	9:58 – 10:08 am
3. Public involvement and international collaboration on JTMD	Akio Sakamoto The Sea Beautification Society, Japan	10:08 – 10:18 am
4. Marine Life Rafted Across the North Pacific – Invertebrates	James Carlton Williams College, USA	10:18 – 10:38 am
5. Marine Life Rafted Across the North Pacific – Macroalgae	Hiroshi Kawai Kobe University, Japan	10:38 – 10:48 am
Interval (break)		10:48 – 10:58 am
6. Do organisms on debris pose a risk to North American ecosystems?	Thomas Therriault, Fisheries and Oceans Canada (DFO)	10:58 – 11:18 am
7. How does JTMD compare to known vectors of invasive species?	Cathryn Clarke Murray, Fisheries and Oceans Canada (DFO)	11:18 – 11:38 am
Questions and discussion		11:38 – 11:55 am
Closing Remarks		11:55 – 12:00 am

講演者および関係者のプロフィール／Profiles of Speakers and coordinators

アレキサンダー・ビチコフ 1996年から1999年までPICESの副事務局長、1999年から2014年まで事務局長を歴任。現在は環境省－PICES「2011年東日本大震災の津波起因海洋漂着物影響調査」ADRIFTプロジェクトの特任調整役。

Dr. Alexander Bychkov (bychkov@pices.int) was the Deputy Executive Secretary of PICES from 1996–1999 and the Executive Secretary of the Organization from 1999–2014. He serves now as a Special Projects Coordinator with PICES, and ADRIFT-project, funded by MoE, is one of his primary responsibilities.

牧秀明 国立研究開発法人国立環境研究所 地域環境研究センター 海洋環境研究室主任研究員 環境省－PICES「2011年東日本大震災の津波起因海洋漂着物影響調査」ADRIFTプロジェクトの日本側の共同議長とPICESの「海洋環境の質」MEQ委員と「海洋汚染における顕在化問題」作業部会（WG-31）の日本側メンバーを務める。研究対象は内湾環境の貧酸素水塊と炭化水素汚染に係る水質・底質のモニタリング。

Dr. Hideaki Maki (hidemaki@nies.go.jp) is a Senior Researcher at the National Institute for Environmental Studies (NIES), Japan. He is the Japanese Co-Chair of ADRIFT project, and serves as a member of the PICES Marine Environmental Quality (MEQ) Committee and Working Group on Emerging Topics in Marine Pollution. Recently, he has been monitoring water and sediment parameters relevant to hypoxia and hydrocarbon contamination in coastal sea environments.

ナンシー・ウォーラス アメリカ海洋大気庁（NOAA）における海洋漂流物に関するプログラム長 このプログラムではアメリカ合衆国における海洋ごみの影響調査、防止、軽減に関する連邦政府としての指導的役割を果たしている。環境省－PICES「2011年東日本大震災の津波起因海洋漂着物影響調査」ADRIFTプロジェクトの米国側の共同議長とPICESの「海洋汚染における顕在化問題」作業部会（WG-31）の米国側メンバーを務める。過去10年間に国立公園における資源保全や合衆国東海岸の沖合い漁業における持続可能な漁獲制限、メキシコ湾における水質改善等の海洋政策に係わる課題に携わってきた。

Nancy Wallace (nancy.wallace@noaa.gov) is the Director of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)'s Marine Debris Program, which is the federal lead for researching, preventing, and reducing the impacts of marine debris in the United States. She is the US Co-Chair of ADRIFT-project, funded by MoE, and serves a member of the PICES Working Group on Emerging Topics in Marine Pollution. Nancy has worked on ocean policy related issues for the past decade. Her work includes resource conservation with the National Park Service, developing sustainable catch limits for fisheries off the east coast of the United States and efforts to improve water quality in the Gulf of Mexico.

蒲地政文 海洋研究開発機構（JAMSTEC）特任技術統括、気象庁気象研究所前副所長、海洋・地球化学研究部元部長 専門は海洋物理で、データ同化と予測手法開発を研究対象としてきた。また東日本大震災による海洋漂流物の太平洋横断の予測モデルシミュレーション開発と運用に係わる環境省業務の主要メンバーを務めてきた。

Dr. Masafumi Kamachi (kamachimasa@jamstec.go.jp) is a Project Principal Engineer at Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC). He was a former Senior Director for Research Affairs

at the Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency. He is a physical oceanographer, leading studies on the ocean data assimilation and prediction, and served a key member of the project for modeling and simulating transpacific behaviors of Japan Tsunami Marine Debris, funded by MoE.

坂本昭夫 1981年「海をつくる会」設立 1996年事務局長就任。
現在、公益財団法人 日本釣振興会職員。法政大学人間環境学部「海洋環境再生」兼任講師

Mr. Akio Sakamoto founded “The Sea Beautification Society, Japan” and is the Executive Secretary of that society. He is staff of Japan Sportfishing Foundation and also lecturer on ‘Marine Environment Restoration’ at Faculty of Sustainability Studies, Hosei University.

ジェイムズ・カールトン ウィリアム大学（米国マサチューセッツ州）名誉教授（海洋科学）、ミスティック海港博物館（コネティカット州）の海事研究プログラムの名誉指導者。環境省－PICES「2011年東日本大震災の津波起因海洋漂着物影響調査」ADRIFTプロジェクトの科学チームの米国側委員。主な研究分野は地球規模での海洋生物の移入問題（生態系に与える影響、拡散の機構、その管理に関する戦略）と現代における海洋生物の絶滅問題。これまで科学誌「生物学的侵入」の編集長を創設し、海洋保全のためのピューアメリカ科学振興協会特別会員、2013年にカリフォルニア科学アカデミー特別会員メダルを受賞。米国科学アカデミーの海洋生物多様性委員会の共同議長を務め、「国家のための研究課題としての海洋生物多様性の理解」を発行。2011年には、外来生物侵入低減のためのバラスト水の基準設定に関する米国科学アカデミー／全米研究評議会の助言会合の議長を務めた。2007年発行の太平洋沿岸域の海洋生物に関する研究論文集（「カリフォルニア中部からオレゴンにおける感潮域の無脊椎動物」モノグラフ [カリフォルニア大出版]）の執筆・編集を行った。

Dr. James Carlton (james.t.carlton@williams.edu) is Professor of Marine Sciences Emeritus at Williams College in Williamstown, Massachusetts, Director Emeritus of the College's Maritime Studies Program at Mystic Seaport, Connecticut, and a US member of Project Science Team (PST) of ADRIFT-project. His research is on global marine bioinvasions (their ecosystem impacts, dispersal mechanisms, and management strategies) and on marine extinctions in modern times. He is founding editor-in-chief of the journal Biological Invasions, a Pew Fellow for Marine Conservation, a Fellow of the American Association for the Advancement of Science, and in 2013 received the "Fellows Medal" of the California Academy of Sciences. He was Co-Chair of the Marine Biodiversity Committee of the National Academy of Sciences, which produced Understanding Marine Biodiversity: A Research Agenda for the Nation, and in 2011 he was Chair of the National Academy of Sciences / National Research Council committee advising on setting standards for ballast water to reduce non-native species invasions. Dr. Carlton wrote and edited a monograph on the marine life of the Pacific Coast (Intertidal invertebrates from Central California to Oregon, University of California Press), published in 2007.

川井浩史 神戸大学内海環境教育研究センター長・教授 環境省－PICES「震災起因海洋漂流物調査プロジェクト」のプロジェクト科学チーム委員。農林水産省－PICES「水生生物移入種」に係わる作業部会メンバーも務めた。専門分野は海藻の進化系統と生態、海藻の越境移入種の生物地理

Dr. Hiroshi Kawai (kawai@kobe-u.ac.jp) is a Professor and Director of the Kobe University Research Center for Inland Seas (KURCIS), Japan, and serves a Japanese PST member of ADRIFT-project. His research is on evolution and phylogeny of macroalgae, and biogeography of non-indigenous macroalgae. He was also a Japanese member of PICES Working Group on Non-indigenous Aquatic Species, funded by Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan (MAFF).

トーマス・テリオール カナダ水産海洋省（DFO）の研究者で様々な水生生物の移入種問題に関わってきた。環境省－PICES「2011年東日本大震災の津波起因海洋漂着物影響調査」ADRIFTプロジェクトのカナダ側の共同議長と PICES 科学評議員の前議長を務めてきた。また農林水産省－PICES「外来水生生物種」に関するプロジェクトの作業部会（WG-21）のカナダ側のメンバーの一員で、プロジェクトの指導を行ってきた。

Dr. Thomas Therriault (thomas.therriault@dfo-mpo.gc.ca) is a Research Scientist with Fisheries and Oceans Canada (DFO) working on a variety of aquatic invasive species issues. He is the Canadian Co-Chair of ADRIFT-project, funded by MoE, and was the former Chairman of PICES Science Board. He was also a Canadian member of PICES Working Group 21 on Non-indigenous Aquatic Species, and led a project funded by Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan (MAFF).

キャスリン・クラーク・マレイ カナダ水産海洋省（DFO）の主任生物学研究員 これまで環境省－PICES「2011年東日本大震災の津波起因海洋漂着物影響調査」ADRIFTプロジェクト専任のPICES 客員研究員を務めてきた。ブリティッシュ・コロンビア大学の資源、環境、持続可能性研究所の非常勤教授。研究分野は人間活動と海洋移入生物が生態系に与える蓄積された影響の評価。

Dr. Cathryn Clarke Murray (cathryn.murray@dfo-mpo.gc.ca) is a Senior Biologist with Fisheries and Oceans Canada (DFO), and was the Visiting Scientist with the North Pacific Marine Science Organization (PICES) on the project “Effects of marine debris caused by the Great Tsunami of 2011 (ADRIFT-project)”, funded by the Ministry of the Environment of Japan (MoE). She is also Adjunct Professor in the Institute for Resources, Environment and Sustainability at the University of British Columbia. Her research encompasses the cumulative effect of human activities on ecosystems, and of the ecology of marine invasive species.

東日本大震災の後に北米とハワイで何が起きたか？

ナンシー・ウォーラス アメリカ海洋大気庁（NOAA）

2011年東日本大震災により発生した津波により、かつてないほどの大量の漂流物が太平洋に流出しました。津波から数ヶ月後に、この海洋漂流物のアメリカ・カナダの西海岸への影響に対する心配が広まりました。米国の連邦と州政府、地方自治体、および市民団体などの非政府組織と学術組織は共に、漂流物が海岸に漂着することにより何らかの影響を受ける可能性の高い生態系に対して漂着物の影響を小さくするために共に協力しました。漂流物の発見、どこを漂流するかを予測するためにコンピューターによるモデルシミュレーション、モニタリング、対策の立案、漂着物の撤去、情報交換を精力的に行いました。これらの一連の活動は、日本政府からの寛大な予算的措置により大きな支援を受けました。「海洋ゴミのモニタリングと影響評価プロジェクト」は、海岸に存在する海洋ゴミの量と種類を報告するための全米におけるパートナーとボランティアが参加する市民によるモニタリング方式の一つです。大震災後の2012年3月から2016年2月までの4年以上に渡る調査によって、全部で211,709個もの漂着物が合衆国の太平洋海岸線上の91箇所で記録されました。航空観測をアラスカ州とハワイ、カナダのブリティッシュ・コロンビア州で行いし、海岸に蓄積されていた漂着物を発見し、漂着物の影響を最小限にとどめるために清掃活動を行うための場所を見付けるために活用されました。



北米西海岸に打ち上げられた海洋漂着物

Marine debris accumulation in west coast of North America

写真提供 Photo : AirborneTechnologiesInc.

Debris in North America and Hawaii after 2011 Tsunami

Nancy Wallace, NOAA

The Great Tsunami of 2011 in Japan washed an unprecedented amount of debris into the Pacific Ocean. In the months after the tsunami, there was a growing concern about the impacts of the debris on North American shorelines. Federal, state, and local agencies as well as non-governmental partners and academia came together and made great strides to limit the effects on sensitive ecosystems from the debris as it arrived. Efforts focused on detection, modeling, monitoring, response planning, removal of debris and communication activities. The effort was greatly supported by the generous monetary gift from the Government of Japan. The Marine Debris Monitoring and Assessment Project is a citizen monitoring initiative that engages partners and volunteers across the United States to report on the amount and types of marine debris on shorelines. Over four years of surveys following the earthquake and tsunami in Japan (March 2012 – February 2016), a total of 211,709 debris items were recorded at 91 sites on U.S. Pacific shorelines. Aerial surveys were conducted in Alaska, Hawaii and British Columbia that detected accumulations of debris which helped identify areas for targeted removal to minimize impacts from the debris.

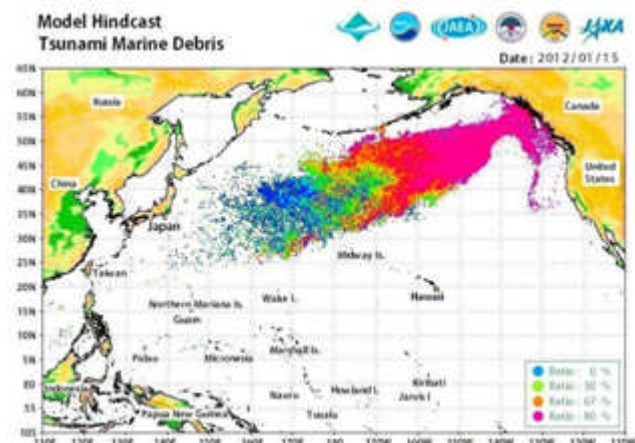
津波で流されたものは太平洋上をどうさまよったか？

蒲地政文 海洋研究開発機構（JAMSTEC）

2011年3月11日に発生した東日本大震災により、主に東北地方から太平洋へ流出した大量の海洋漂流物がどのようにさまよったか、コンピューターを使って予測（モデルシミュレーション）をおこなってきました。その結果、漂流物が日本にもどってきたり、アメリカ、カナダにたどり着く可能性や太平洋上のどこで、どのくらいの時間さまよっているかを調べる研究を行ってきました。

この環境省—PICES プロジェクトでは、JAMSTEC を中心とする日本側のモデルグループ、ハワイ大学国際太平洋研究センター（IPRC）、米国海洋大気庁（NOAA）の研究者が協力して、海洋漂流物のモデルシミュレーションをおこなってきました。

漂流物のモデルシミュレーションでは、漂流物は、海流に流されると仮定して計算されました。この計算では、海洋漂流物のタイプをわける際に、海中に沈んでいる部分と海上に出ている部分の割合が重要です。なぜなら沈んでいる部分は海の流れの影響を受け、海上に出ている部分は風の影響を受けて漂流物は動くからです。この海流と海上風のデータには、日米の異なるいくつかのデータセットを使用しました。この海洋大循環モデルにより計算された海流と海上風データセットは、日本の気象庁やNOAA、それに本プロジェクトに拘わってきた研究グループがこれまで天気予報や季節予報につかっていたものです。また、海洋でのごうず・複雑な乱流や海上の風により漂流物が散らばっていく様子も、計算されています。このようにコンピューターを使って計算された漂流物がさまよっている場所の予測や、実際に見付かった漂流物の場所と比べた結果を紹介します。さらに、津波により海洋漂流物が流れ出た場所とたどり着いた場所をコンピューター上で決めてモデルシミュレーションをおこなった場合に、どこを漂流するかについても紹介します。特に昨年沖縄周辺で見付かった気仙沼水産試験場の調査船「海翔（かいしょう）」のが5年以上の間、太平洋をどのようにさまよったのか、紹介します。



環境省・JAMSTEC・原研・気象研・京都大・JAXAによる東日本大震災海洋漂流物のシミュレーション例
Transpacific JTMD behaviour simulated by JAMSTEC, JAEA, MRI, Kyoto University, JAXA and MoE

Debris behavior in the North Pacific Ocean

Masafumi Kamachi, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

A drift simulation on the movement of the Japan tsunami marine debris (JTMD) has been conducted by a Japan Modeling Group (JAMSTEC, Japan Atomic Energy Agency, Japan Meteorological Agency -Meteorological Research Institute) in order to examine the positions in the North Pacific, landing positions, and landing date on the coast after the Great East Japan Earthquake occurred on March 11, 2011. The simulation has been done under the Japan National Project and the Ministry of the Environment (MoE)-PICES ADRIFT Project by collaboration with International Pacific Research Center, University of Hawaii and National Oceanic and Atmospheric Administration, USA. JTMD drifting was calculated on the assumption that their behaviors follow advection-diffusion process.

Ratios of submerged and emerged parts of JTMD are crucial for classification of drifting marine debris modeled in the advection process. JTMD drifting is influenced by interaction between actions of ocean current and wind on submerged and emerged parts, respectively. Some different kinds of ocean current and wind data sets provided by USA and Japan were used for the calculation. These datasets were provided by calculations based on ocean circulation model as outcomes of weather and season forecasts developed by above mentioned organizations which have been involved in ADRIFT project. Diffusion of drifting JTMD by eddy and wind fields (dispersion process) was calculated by random walk. Results of calculated drifting JTMD distribution and comparison between the simulation result and observation data of JTMD will be shown in the talk. Moreover, the calculation method and result to reproduce JTMD pathway by virtually fixing the positions of source and destination of JTMD will be also introduced. In particular, possible drifting pathway of “*Kaisho*”, a skiff of Kesenuma Fisheries Experiment Station to Okinawa will be also shown.

津波漂流物に関する市民の取り組みと国際交流

坂本 昭夫 海をつくる会

東北震災津波による漂着物調査で私たちはハワイ、カナダ、アラスカを訪問し、その漂着物を確認し、それぞれの国で活動している方々と交流し、環太平洋ネットワークを構築してきました。その主な活動内容としては、2012年11月と2013年3月に日米 NGO 連携推進等の為の検討委員会を開催し、2013年1月にはハワイ州オアフ、ハワイ、マウイ島において現地調査とクリーンアップを実施しました。また2013年6月にはアラスカ現地調査、モンタギュー島では大量の養殖筏用のブイやバレーボール等が見られ、震災直後から半年間でブイや灯油ポリ缶が大量に漂着したとの報告を受けました。2014年10月にカナダのバンクーバー水族館にて震災起因洋上漂着物に係るシンポジウム及び NGO 関係者ワークショップを開催し、環太平洋ネットワークの基礎を構築することが出来ました。2015年6月にはハワイ島コナにおいて初めての海底清掃を実施し、鉄パイプなどを回収しました。2015年12月にはハワイ島ヒロにおいて海岸調査、海岸清掃、シンポジウムを開催し、環太平洋ネットワークという組織が稼働し始めました。また日本国内では、岩手県、宮城県での海底清掃支援活動を今現在も継続し、宮城県石巻市雄勝では津波で流出した海草、アマモの移植を行い「アマモ場復活10年プロジェクト」を開始しています。

本講演では、以上の活動について紹介したいと考えております。



アラスカ州モンタギュー島で
収集した日本製品の漂着物
Marine debris of Japanese products
from Montague Island beach, Alaska
写真提供 坂本昭夫 Photo: Akio Sakamoto

Public involvement and international collaboration on Japan marine tsunami debris Akio Sakamoto, The Sea Beautification Society, Japan

For survey of the Japan marine tsunami debris (JTMD) generated by the Tohoku Great Earthquake 2011, we visited Hawaii, Canada and Alaska and found some tsunami debris landing there. We have collaborated with non-governmental activists for marine debris and established the Pacific rim

network with them. We have been conducted involve in various activities as follows: In November and March 2013, committee meetings were held to promote collaboration by Japan-US non-governmental organization alliance. In January 2013, we conducted field work and cleanup of debris in Oahu, Hawaii and Maui islands. In June 2013, we conducted field work in Alaska and found many buoys and valley balls in Montague Island as well as we obtained information that abundant buoys and polyethylene cans for kerosen were landing in half year since the Great Earthquake. In October 2014, we held a symposium and an NGOs' workshop on JTMD at Vancouver Aquarium and successfully established the fundamental of the Pacific rim network. In June 2015, we conducted cleanup at seabed firstly and recovered steel pipes in Kona, Hawaii Island. In December 2015, we conducted shoreline survey and cleanup, and held a symposium in Hilo, Hawaii Island where the Pacific rim network has begun to run.

In Japan, we are still supporting seabed cleanup activities in Iwate and Miyagi prefectures now and has stated "Ten-years project for eelgrass-beds recovery" by transplanting seagrasses which were lost by the great tsunami in Ogatsu, Ishinomaki, Miyagi. I'd like to introduce those activities as described above.

漂着物に何が付いていたか？ —動物—

ジェイムズ・カールトン ウィリアムズ大学

2011年東日本大震災により発生した津波により流出した漂流物が海流によって2012年に太平洋中央部と西部に現れ始めました。2012年から2017年までの間に650以上の漂流物が北米西海岸に漂着し、それらは全て東北地方沿岸から来た津波により流されたもので、それらが運んできた海の生き物の研究を行ってきました。300以上の無脊椎動物（骨の無い動物）（それに2種類の魚類）が生きたまま数千kmもの航海を経て生き残っていました。幾つかの生物種は震災後6年経った2017年現在も浮遊物に乗って漂着しています。ハマグリ・アサリやホタテ貝に近い種類や、カキなどの軟体動物、甲殻類（エビ・カニ等の生き物）、ゴカイ等の環形動物、皮殻無脊椎動物類（ヒドロ虫・コケムシ）が漂着物から見つかった主な生き物でした。こうした漂流物に「乗船」した生物は、数年掛けて遠く離れた海岸に漂着するまで北太平洋上のどこをさまよっていたかを、私たちに語りかけてくれます。

津波漂流物に付いていた日本産のヒトデ
Japanese Seastars (starfish) on JTMD



Asterias amurensis
JTMD-BF-1 : on a floating pier from Misawa, Japan
Landed June 2012 in Oregon
キヒトデ : JTMD-BF-1, 2012年6月にオレゴンに漂着した三沢の浮き桟橋から発見

Aphelasterias japonica
JTMD-BF-28; on a vessel, 第三陸昌丸
Landed February 2013 in Oregon
エゾヒトデ : JTMD-BF-28, 2013年2月にオレゴンに漂着した第三陸昌丸から発見

Patiria pectinifera
JTMD-BF-210 : on a JTMD vessel
Landed May 2014 in Oregon
イトマキヒトデ : JTMD-BF-210, 2014年5月にオレゴンに漂着した船から発見




日本の漁業用ブイ : 2017年2月16日ワシントン州ロングビーチに漂着
生きているムラサキガイ, ゴカイ, フジツボ, イソギンチャクが付着
Japanese fishing buoy
Landed Long Beach, Washington, 16 February 2017
with live mussels, worms, barnacles, and sea anemones



ムラサキガイ Mussel
Mytilus galloprovincialis

セグロイソメの仲間
Marine worm
Arabella semimaculata

イソギンチャク
Sea Anemone
Anthopleura sp.

アカフジツボ
Barnacle
Megabalanus rosa

Marine Life Rafted Across the North Pacific – Invertebrates

James T. Carlton, Williams College, USA

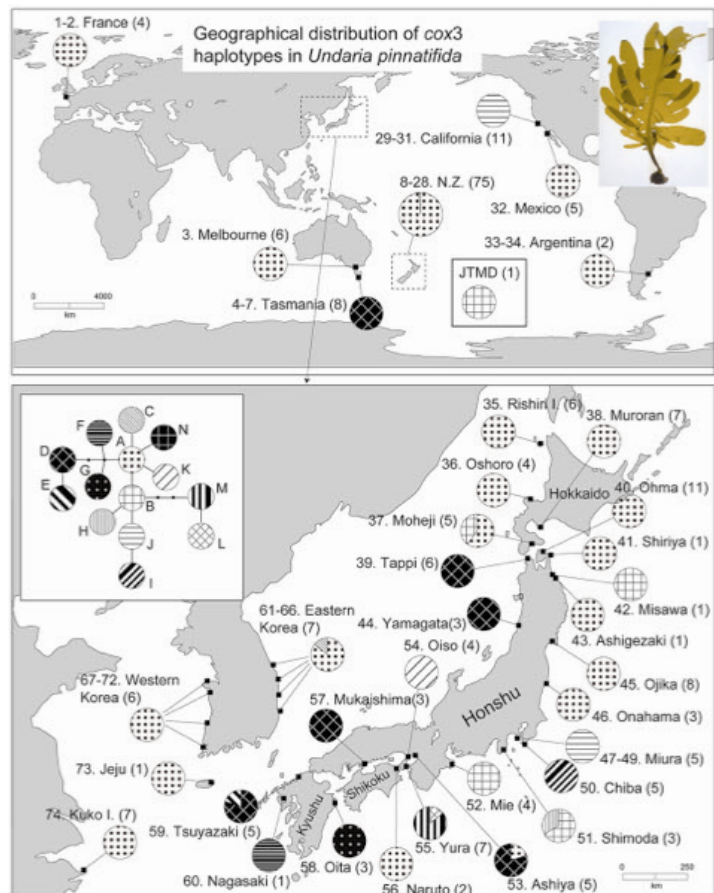
Rafted objects from the Great Earthquake and Tsunami of 2011 began appearing in the Central Pacific and Western Pacific Ocean in 2012, having been carried by ocean currents. Between 2012 and 2017 more than 650 such items washing ashore in North America and Hawaii, all from the Tohoku coast, and all generated by the tsunami, have been studied for the marine life that they carried. More than 300 species of invertebrates (and two fish species) arrived alive, having successfully survived an ocean voyage of 1000s of kilometers. Some species -- still on their ocean voyage after 6 years -- are still arriving in 2017 on these floating items. Mollusks (including clams, oysters, and scallops), crustaceans, worms, and small encrusting invertebrates (such as hydroids and bryozoans) comprise the majority of the species. Often, the species "aboard" these drifting objects tell us the story of where they traveled over the years across and around the North Pacific Ocean before landing on distant shores.

漂着物に何が付いていたか？－海藻－

川井浩史¹・ゲイル・ハンセン²・羽生田岳昭¹：（¹神戸大・内海域セ、²オレゴン州立大）

東日本大震災から6年たった今になっても、津波で流されたと考えられる漂流物が北米大陸西岸に漂着しています。それらには多くの海産生物が付いており、現地の生態系に与える影響が心配されています。なかでも津波から約1年半後に米国オレゴン州の海岸に漂着した大型浮桟橋にはこれまで例がないほど多くの種の海藻が大量に付いており、それらの多くは繁殖が可能な状態だったことから、

アメリカの海岸に定着して広がる可能性が高いと考えられました。一方、ブイなどの小さな漂流物は、付いていた海藻の種類は少なく、小形のものが多かったのですが、漂着する個数と回数が高いことからやはり、小型の漂着物からも海藻の侵入が起る可能性も高いと考えられました。そこで津波漂流物に付いていた海藻類の種類やその多寡（種類によって多いもの／少ないもの）を明らかにして今後の漂流物漂着現場での調査のための基礎資料を得るために、主に米国オレゴン州とワシントン州に打ち上げられた漂着物に着生していた海藻を対象に、海藻の外見上の形と遺伝子（DNA）の情報をもとに解析を行いました。その結果、津波漂流物上に付いている約50種の海藻を確認しました。これらの多くは東北地方で採集されたものとDNA



太平洋（上）と日本沿岸（下）におけるワカメ（*Undaria pinnatifida*）の *cox3* 遺伝子型の分布

の配列が同じか非常に似ており、日本から来たものであることが確認されました。このうち一部の種類、例えばマコンブ、アカバなどは北米西岸には生息しておらず、またワカメ、ムチモ、ツルツルなどはすでに北米の一部の海域に外来種として入っていますが、津波漂流物が漂着したところには生息していませんでした。このため、これらの種の移入は沿岸環境に大きな影響をおよぼす可能性が高いと考えられました。一方、一部の種類、たとえばセイヨウハバノリ、マツモ、スジメなどは同じ種が日本と北米西岸の両方に生息していますが、その DNA の配列は明らかに違っていることがわかりました。したがって、同じ種であっても、侵入が起こると北米の現地の海藻の遺伝子が違ったものになる可能性が示されました。これまでの調査では、津波漂着物によって現地の海岸に移入・定着したと考えられる海藻は確認されていませんが、今後も継続した漂着物や沿岸生態系の調査が必要であると考えられます。

Marine Life Rafted Across the North Pacific – Macroalgae

Hiroshi Kawai¹, Gayle Hansen² and Takeaki Hanyuda¹

¹ Kobe University Research Center for Inland Seas, ² Oregon State University, HMSC-EPA

Recognizable debris from the Great Tohoku Earthquake and Tsunami (JTMD) have so far been arriving on Northeast American shores for more than six years since 2011. Often healthy marine lives are attached on JTMD, especially a big dock landing in Oregon beach 2012 was found to bear unprecedentedly diverse and abundant macroalgae, and there is a potential risk that they may disturb coastal ecosystems by settlement and reproduction because most of macroalgae on the dock were mature. On the other hand, although small pieces of JTMD such as buoy bear only less-diverse and small-type of algae, their landing frequencies are high so that potential risk of invasion via small JTMD pieces seems to be also high. To elucidate species-diversity, frequency and life mode of them as well as to get fundamental data for hereafter non-indigenous species (NIS) monitoring, we have monitored the macroalgae on JTMD which were mainly landed in Oregon and Washington, and identified them by morphology and by using genetic markers. We have identified ca. 50 macroalgal species on JTMD and found that these are genetically identical or very similar to those from natural habitats in Tohoku, which implies that JTMD-associated algae species are originated from Japan. Some taxa such as *Saccharina japonica* and *Neodilsea yendoana* have not been distributed in North America yet and although *Cutleria cylindrica*, *Grateloupia turuturu* and *Undaria pinnatifida* have already invaded into some areas of North America as NIS, these taxa have not been found in locations receiving JTMD. On the other hand, JTMD-associated *Petalonia fascia*, *Analipus japonicas* and *Costaria costata* are genetically distinct between NW (Asia including Japan) and NE Pacific (North America) populations, and their introductions to NE Pacific coasts may cause genetic disturbance to the local populations.

So far new macroalgae invasion and settlement via JTMD have not been found. However, further persistent monitoring and assessment of JTMD and coastal ecosystem are needed.

漂着物に付いた生き物が生態系に与える影響は？

トーマス・テリオー カナダ水産海洋省 (DFO)

2011年の大震災により発生した海洋漂流物は、北米とハワイ沿岸に日本の生き物がたどり着けるようにした、これまでになかった「運び屋」としての役割をはたしました。これまで330種もの海藻、無脊椎動物（骨の無い動物）、魚類が、600個以上の漂流物から見つけられました。これらの見付けられた生物のほとんどは日本のものであり、北米とハワイでは現在見つかっていないものなので、侵入種としての危険性（リスク）はわかりません。これらの生き物が漂着した地点の生態系にどのようなリスクをもたらす可能性があるのかを知ることは、対策や管理を行う機関の人びとに情報を提供するために重要なことです。今回、大震災により発生した海洋漂流物に付いていた無脊椎動物と海藻類のリスクを「カナダ海洋生物移入種検査ツール（CMIST）」という生物種ごとにそのリスクの大小により選択するという評価システムにより分析を行いました。このCMISTでは、漂流物がたどり着いた地点の生態系への生物の侵入の可能性と侵入が引き起こした結果の問題の大きさの点数付けを行い、評価を行う人による点数付けのバラツキも考えながら、侵入生物のもたらすリスク全体の点数付けができるものです。北太平洋周辺の様々な気候などで分けられる生態系区分（エコリージョン）では、いくつかの危険性の高い無脊椎動物と海藻類が選ばれました。これらの中には、全世界でよく知られた移入種であるムラサキイガイやワカメが含まれていて、評価の対象となった生態系区分において既に移入が記録されています。他の種、例えばキヒトデや沿岸に生息するイソガニは、評価対象となった多くの、あるいはどの生態系区分においても未だ侵入していません。

しかし、評価対象となった大部分の生物種は、「低い」～「中くらい」のリスクを有しているだけだと考えられました。このような評価結果となった原因の一部は、他の地域における移入の記録やその影響に関する情報が不足しているためだからかも知れません。北カリフォルニア生態区分は最も高い移入リスクをかかえています。一方、アラスカ湾はその気候区分の違いから、最も低いリスクしか受けないだろうという結果になりました。以上の評価結果は、関係者や一般市民の方に漂流物による生物侵入に注意を振り向けると共に生物相のモニタリング調査にとって役に立つ情報を与えるものと考えています。



アメリカ西海岸に漂着した船から見付かったイシダイ
Striped Beakfish found in a boat landing in North America
写真提供 Photo : Travis Haring

Do organisms on debris pose a risk to North American ecosystems?

Thomas W. Therriault, Fisheries and Oceans Canada (DFO)

Marine debris from the Great Japan Tsunami of 2011 represents a novel transport vector for Japanese species to reach Pacific North America and Hawai'i. So far more than 330 species of algae, invertebrates and fish have been identified associated with Japanese tsunami marine debris (JTMD) on the 600+ debris items intercepted. Most of the species encountered are native to Japan, not currently present in North America or Hawai'i, and their invasion risk is unknown. It is important to characterize the risk these species may pose to receiving ecosystems to inform policy and management decisions. Here we characterize the risk of invertebrate and algal species associated with JTMD using an established screening-level risk assessment tool – the Canadian Marine Invasive Screening Tool (CMIST). This tool scores both the probability and consequences (impacts) of an invasion for receiving ecosystems, to generate an overall risk score that encompasses assessor uncertainty. Higher-risk invertebrate and algal invaders were identified for different ecoregions around the North Pacific. Some of these species are well-known global invaders, such as the mussel *Mytilus galloprovincialis* and the seaweed *Undaria pinnatifida* which already have invasion histories in some of the assessed ecoregions. Others like the sea star *Asterias amurensis* and the shore crab *Hemigrapsus sanguineus* have yet to invade many (or any) of the assessed ecoregions. However, most of the species assessed were considered relatively low to moderate risk, perhaps in part due to a lack of invasion history and documented impacts elsewhere. The Northern California ecoregion had the highest median invasion risk while the Gulf of Alaska had the lowest, likely due to the reduced climate match with this ecoregion. These results provide critical information that can be used to inform monitoring activities and raise awareness with stakeholders and the public.

船など他の生き物の運び屋との比較

キャスリン・クラーク・マレイ カナダ水産海洋省 (DFO)

2011年に生じた大津波による海洋漂流物は、そこに付いていた生物が漂着地に移入する可能性をもたらしました。私達は日本の津波による海洋漂流物と船などの他の海洋生物の「運び屋」とを比較しつつ、その危険性を比較しました。北太平洋におけるこれまでに良く知られた移入種の7つの運び屋として、養殖、船舶のバラスト水と船体付着、レクリエーション用ボート、海産物や観賞用生物の貿易、釣り餌が挙げられます。これらの「運び屋」は、その「経路」と「流通過程」によって8つの要素に分けて評価と比較をしました。8つの要素には、運び屋への生物の付き具合、運び屋に付いている生物種と個体数の多さ、運び屋の数、付いている生物の生存する可能性、運ばれている日にちの長さ、生物の環境への放出、放出された環境と生物の適合性が含まれています。津波漂流物は、運び屋としての個数の多さ、環境への付着生物の放出という二つの面において高リスクと判定されました。他の面では低・中程度と判定されました。評価対象となった他の運び屋にはもっと高いリスクを示したものもありました。これまで私達の調査では、北米とハワイにおいて津波漂流物から見付かった生き物の移入は見られ



オレゴン州の海岸に漂着した浮き桟橋に付着していた海藻

Macroalgae on dock landing in Oregon beach

写真提供 Photo : Robin Losnak

ていません。多くの津波漂着物に付着していた生物種は、少なくとも一つの北西太平洋の生態域（エコリージョン）で震災以前に見付かっており、また既に他の運び屋に付いていた種と同じものが含まれています。以上の比較から、津波漂流物は比較的低いリスクの運び屋であると結論付けました。一方、津波で漂流物が流出したことに起因する生物種の移入の可能性は残されているものの、他の運び屋も北西太平洋域で移動し続けていて、津波漂流物以外の多くの手段による生物種の移入を除いて、津波漂流物に由来する生物種の将来の移入を予測するのは非常に難しいと考えられました。

How does JTMD compare to known vectors of invasive species?

Cathryn Clarke Murray, Fisheries and Oceans Canada (DFO)

The influx of debris from the Great Tsunami of 2011 carried with it the possibility of introduction of invasive species. We conducted a risk assessment to compare Japanese tsunami marine debris to other vectors, or carriers, of marine species. There are seven well-known vectors of invasive species currently operating in the North Pacific: aquaculture, commercial ballast water, commercial hull fouling, recreational boating, seafood trade, ornamental trade, and bait. Vectors were compared according to eight variables relating to the invasion process. Variables include entrainment with the vector, species richness per shipment, number of shipments, abundance per shipment, survivorship potential, shipment duration, release to environment, and environment match. Tsunami debris scored high in two variables: number of shipments and release to environment. All other variables were scored low or medium. Each of the other vectors assessed included more high ranked risk variables. No introductions of tsunami debris species have been detected in our surveys of North America and Hawaii. Many of the species associated with tsunami debris items have previously been introduced to at least one ecoregion in the Northeast Pacific and there is overlap with the species known to be associated with other vectors. From this comparison we conclude the tsunami debris is a relatively low risk vector. While there remains the possibility of an introduction resulting from this event, the other vectors continue to operate in the Northeast Pacific and any future introductions will be difficult to definitively assign to tsunami debris and rule out their introduction by a number of other means.