

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：34603

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26340094

研究課題名(和文) 島嶼の外来海洋生物学：侵入リスクの推定と分布拡大予測

研究課題名(英文) Island biogeography of non-indigenous marine organisms: estimation of invasion risks and prediction of range expansion

研究代表者

岩崎 敬二 (IWASAKI, Keiji)

奈良大学・教養部・教授

研究者番号：60278877

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)： 外来海洋生物の島嶼での分布と侵入リスクに関する研究は、世界的にも極めて少ない。そこで、多様な島嶼が数多く存在する我が国の地形上の特徴を活かし、64の有人島での分布の現状を解明しつつ島嶼への侵入リスクを推定した。合計11種が発見され、1島あたりの平均種数は1.9種で、55島には1種以上が棲息していた。日本の島嶼には平均約2種が広範囲に侵入している実態が明らかとなった。外来種数の多寡に関わる要因を重回帰分析によって解析したところ、緯度が高く、標高が低く、面積が大きく、在来固着動物種数が少なく、平均塩分が低い島ほど外来種数が多い事がわかった。

研究成果の概要(英文)： There have been few studies on the distribution and invasion risk of non-indigenous marine organisms on islands worldwide. This study aimed at estimation of invasion risks of non-indigenous marine organisms and prediction of their range expansion on the Japanese islands through elucidating their current distributions. Survey was carried out at 254 harbors and on adjacent 171 shores on 64 populated islands.

As a result, 11 non-indigenous species were found on 55 islands, and mean number of species per island was 1.9. Multiple regression analyses revealed that both the maximum and mean number of species per island were correlated positively with latitude and area, and negatively with maximum elevation, mean number of native sessile animals and mean salinity, indicating that islands with higher latitude, larger area, lower elevation, fewer number of native sessile animals and lower salinity have higher invasion risk of non-indigenous marine organisms.

研究分野：保全生物学、生態学、生物地理学、海洋生態学

キーワード：外来海洋生物 島嶼 分布 侵入リスク 分布拡大予報 対策

## 1. 研究開始当初の背景

外来生物は、地球上の生物多様性への重大な脅威の一つと位置づけられ、生物多様性条約第 10 回締約国会議 (COP10) で採択された愛知目標でも、各国が情報の収拾と有効な対応策を講ずる事が求められた。外来の海洋生物も、多くの工業先進国で海洋の生物多様性を減少させていることが知られている。我が国でも、2004 年以降、私を中心となって外来海洋生物の分布に関する情報収集と分布調査が続けられており、北海道から鹿児島までの日本本土部分での分布 (大谷、2002; 岩崎他 14 名、2004; Iwasaki, 2006; 岩崎、2012; 岩崎他 2 名、2012) や特定種の分布拡大の様相 (岩崎他 2 名、2004; 石田・岩崎・桑原、2006; 岩崎、2013) が明らかになり、その内の 1 種については分布拡大予測も行なわれている (Koike & Iwasaki, 2010)。2010 年現在で 76 種もの外来海洋生物が発見されており (岩崎、2010)、沿岸潮間帯生態系や漁業・運輸業・エネルギー産業等各種産業に大きな被害を及ぼしていることもわかってきた (岩崎、2005、2007; Iwasaki, 2006)。

しかし、日本本土の周辺海域に多数存在する島嶼部分については、これまでの研究例が非常に少なく、佐渡島や沖縄島・小笠原諸島父島 (岩崎他 14 名、2004) を除けば、分布・被害についてほとんど明らかになっていない。この事情は海外でも全く同じで、固有種が多数生息するため生物多様性保全策が積極的に講じられている大洋島のハワイ諸島では外来海洋生物相もその被害も報告されている (Coles et al., 1999 他) が、それ以外の島嶼での外来海洋生物の分布・生態・被害に関する報告は、極めて希である。そのため、大陸から島嶼への分布拡大の実態の解明も侵入リスクの推定も分布拡大予測も進んでいない状態にある。

## 2. 研究の目的

この研究では、日本に存在する有人島を対象として、文献調査によって外来海洋生物の過去の記録を把握しつつ、現状での分布調査を行い、以下の 3 点を明らかにする。

- (1) 島嶼の港湾内と外の自然海岸で発見された外来海洋生物の種および種数の把握
- (2) その島嶼に寄港する船舶の母港となる本土の主要港湾内での外来海洋生物の種および種数の把握
- (3) 各島嶼で発見された外来海洋生物の最多種数と平均種数の多寡に対して、各島嶼の緯度、経度、面積、人口、本土主要港湾からの航路の最短距離、在来生物の種数等の要因のどれが有意に影響を与えているかを重回帰分析等によって解析し、日本の島嶼への侵入リスクを定式化する。
- (4) 過去の文献記録と現在の分布から、各外来種の分布拡大予測を行う。

## 3. 研究の方法

現地での分布調査は、北は礼文島から南は波照間島、西は与那国島までの 64 の有人島で行った。それぞれの島では、少なくとも 3 つの港湾とそのそれぞれに隣接する岩礁または転石の自然海岸を対象として、外来海洋生物が棲息しているかどうかを定性的に調査した。ただし、1 つまたは 2 つしか港湾のない島では、その場所と隣接する自然海岸だけで調査を行った。全体で 254 の港湾と 171 の自然海岸、合計 425 ヶ所で調査を実施した。在来種についても、外来種の棲息に競争・捕食等の種間相互作用を介して影響を与えると考えられた最大サイズが 5 mm 以上の動物の存在を記録した。海表面の塩分も測定した。

また、それぞれの島嶼への外来生物の供給源と想定された本土 (北海道、本州、九州) の 22 の主要港湾でも分布調査を行った。ただし、東京港・横浜港と大阪港・神戸港は港域が広大であり、現地調査ではその外来海洋

生物相の全貌が把握できない可能性が強かったため、文献調査で外来種相を把握した。

次に、各島嶼の緯度、経度、面積、海岸線長、最高標高、人口、人口密度、本土からの最短距離、本土の主要港湾と各島嶼の主要港湾の間の航路の最短距離、商業港数、平均塩分、平均人工環境指数(各調査場所の環境を、1:自然海岸、2:石積み護岸、3:木製または鉄製栈橋、4:コンクリート製の防波堤・防潮堤・消波ブロック、5:第1種漁港、6:第2種・4種漁港、7:第3種・特3種漁港と商業港、の7つに類別し、それぞれの場所に上記の1~7の数値を与えて島ごとに平均値を算出)、平均在来固着動物種数、平均在来移動性動物種数の14の要因を説明変数、各島嶼で発見された外来種の最多種数と平均種数を独立変数とした重回帰分析を行い、外来種数に有意に影響を及ぼしている要因を特定して重回帰式を決定した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 結果

###### 発見された外来種

現地調査の結果、合計で11種の外来海洋生物が島嶼で発見された。軟体動物腹足綱のシマメノウフネガイ(4島嶼4ヶ所)、二枚貝綱のムラサキガイ(36島嶼117ヶ所)・ミドリイガイ(3島嶼6ヶ所)・コウロエンカワヒバリガイ(1島嶼1ヶ所)、節足動物門無柄目のタテジマフジツボ(38島嶼114ヶ所)・アメリカフジツボ(12島嶼18ヶ所)・ヨーロッパフジツボ(13島嶼23ヶ所)・キタアメリカフジツボ(1島嶼1ヶ所)・ナンオウフジツボ(3島嶼9ヶ所)、節足動物門十脚目のチチュウカイミドリガニ(1島嶼1ヶ所)、脊索動物門ホヤ綱のヨーロッパザラボヤ(1島嶼1ヶ所)である。

###### 島嶼ごとの外来種数

最も多くの外来種が発見された島嶼は佐渡島と淡路島の6種、ついで能登島、佐久島、紀伊大島の5種であった。1種も発見されな

かった島嶼は伊豆諸島の御蔵島、大隅諸島の口永良部島、トカラ列島の中之島、沖縄諸島の伊平屋島と野甫島、宮古列島の下地島と来間島、八重山列島の波照間島と大東諸島の北大東島の9つであり、64島中55島では少なくとも1種以上の外来海洋生物が発見されたことになる。64島全体の平均外来種数は1島嶼あたり1.9種、425ヶ所の調査場所全体の平均外来種数は1ヶ所あたり0.8種であった。

ただし、外来種が発見された自然海岸は171ヶ所中10ヶ所だけであり、島嶼での外来種の生息場所は、もっぱら港湾の中に限られていた。

###### 外来種の多寡に関わる要因

外来種数の多寡にはどのような要因が関与しているかを考察するため、島ごとに緯度、経度、面積、海岸線長、人口、人口密度、最高標高、本土からの最短距離、本土の主要港湾と各島の主要港湾を結ぶ航路の最短距離、商業港数、平均塩分、平均人工環境指数、平均在来固着性動物種数、平均在来移動性動物種数、の14の数値を与えて、外来種数との相関関係について、多重共線性を示す要因を削除しつつ重回帰分析の変数増減法で調べた。

その結果、島毎の最多外来種数も平均外来種数も、緯度、最高標高、面積、平均在来固着生物種数、平均塩分と有意な相関が検出され、緯度が高く、標高が低く、面積が大きく、平均在来固着生物種数が少なく、平均塩分が低い島ほど外来種数が多い事がわかった。

###### 船体付着調査

ただし、当初予定していた、外来種の主要な移入手段である船体付着の調査を1度も行うことができなかった。多くの船舶が定期検査と船体洗浄を行うためのドック入りの時期が12月~2月(正月前後の休みは除く)であって校務で大変に忙しい時期にあたっていたこと、ドック入りの日程はその数日前にしかわからないために調査日程を組めな

ったこと、予算の不足がその原因である。

## (2) 考察

以上の結果から、まず、外来種の供給源となりうる本土の主要港湾から遠く離れた海洋島も含めて、日本の島嶼には平均すれば2種の外来種が広範囲に侵入している実態が明らかとなった。

次に、緯度が高い島ほど、また、平均塩分が低い島ほど外来種が多いという傾向は、日本に導入される外来種の供給源となる海外の国際港湾の多くが、北半球の緯度の高い所に位置し、塩分が低い深い湾内にあるためであると推定された。面積が広く最高標高が低い島ほど外来種数が多いという傾向は、そういった島には外来種の定着に有利な塩分の低い港湾が存在するためではないかと推察された。逆に、標高の高い火山島のような小さな島には、港湾を低塩分とする湾入部や河川が少ないために外来種の棲息に有利な環境が少ないためと考えられた。また、在来固着動物は外来種と競争関係にあり、外来種の棲息や定着を抑制している可能性があると考えられた。

以上の考察から、佐渡島、隠岐諸島島後、対馬等緯度の高い場所にある大型島嶼への侵入リスクは高く、逆に、南方の小さな火山島への侵入リスクは低いものと推定された。

従来、島嶼に棲息する在来生物の種数は、主に供給源となる本土からの移入率と島嶼での絶滅率によって決定され、前者(移入率)については本土からの距離が負の影響を、後者(絶滅率)には島嶼の面積が負の影響を与えているとの定説がある(MacArthur & Wilson, 1967)。供給地から島嶼への距離が遠くなるほど移入率は低くなり、島嶼の面積が小さくなるほど絶滅率は高くなるため、結果として、本土から遠い小さな島嶼に棲息する在来生物の種数は少なくなる、という定説である。

しかし、本研究では、外来海洋生物の場合

には人為的な移入手段がその移入に介在する事で「距離」という負の影響を相殺し、本土から島嶼への距離が、島嶼の外来種数に影響を与えていない可能性があることが推察された。もしそうであれば、本土から島嶼へのさらなる外来海洋生物の移入を防ぐには、島嶼と本土港との航路距離に関係なく、島嶼に寄港する内航船等の船体への付着や放流水産種苗への混入を防ぐ手段を講ずる事が重要であることが示唆される。

なお、外来種のほとんどは港湾の中だけに棲息しており、自然海岸で発見された場所は極めてわずかであったこと、在来固着生物の種数が島嶼の外来種数と負の相関関係を示したことから、人工度の低い環境や外来種と競争関係にあると思われる在来固着生物の存在が、外来種の棲息・定着を抑制していることが示唆された。よって、島嶼へのさらなる外来種の侵入・定着を抑止し、在来生態系への被害を発生させないためには、島嶼であっても沿岸環境の自然度を維持または高め、在来種の棲息数を減らさないことが重要であると思われる。

今回の研究成果は、多様かつ多数の島嶼での外来海洋生物の侵入実態を明らかにし、侵入リスクを推定した世界で初めてのものである。この成果によって、脆弱な生態系を持つ島嶼への外来種の侵入を防ぐ方策を立てる際の指針も提示することができた。ただし、そのリスクや指針は外来海洋生物一般についてのものである。今後は、外来種1種ずつの島嶼での密度、生態、被害等を明らかにすることで、一層詳細なリスク評価が可能となり、対象種や対策の優先度等を検討する際に役立つと思われる。

## <引用文献>

大谷道夫、日本における移入付着動物の出現状況、最近の動向 . *Sessile Organisms*, 19, 2002, p.69-92.

岩崎敬二、他 13 名、日本における海産生

物の人為的移入と分散：日本ベントス学会自然環境保全委員会によるアンケート調査の結果から．日本ベントス学会誌、59巻、2004、22-44.

Iwasaki, K., Human-mediated introduction of marine organisms in Japan: a review. In "Assessment and Control of Biological Invasion Risks" (eds. Koike, F., Clout, M. N., Kawamichi, M., De Poorter, M. & Iwatsuki, K.), pp. 104-112. IUCN, Gland and SHOUKADOH Book Sellers, Tokyo, 2006.

岩崎敬二、日本海沿岸における外来海洋動物の分布調査について．奈良大学総合研究所所報、20巻、2012、69-78.

岩崎敬二、久保田信、桑原康裕、久保田信所蔵標本の外来海洋動物：1980年代の分布を主として．日本生物地理学会会報、67巻、2012、15-24.

岩崎敬二、木下今日子、日本ベントス学会自然環境保全委員会、日本に人為的に移入された非在来海産動物の分布拡大について．日本プランクトン学会報、42巻、2004、132-144.

石田惣、岩崎敬二、桑原康裕、ムラサキイガイの初侵入年代と分布拡大過程-古川田溝氏の標本による推断．Venus、64巻、2006、151-159.

岩崎敬二、外来二枚貝コウロエンカワヒバリガイの日本海沿岸での分布．日本ベントス学会誌、67巻、2013、73-81.

Koike, F., Iwasaki, K., A simple range expansion model of multiple pathways: the case of nonindigenous green crab *Carcinus aestuarii* in Japanese waters. Biological Invasions, Vol. 13, 2010, 459-470.

岩崎敬二、海の外来生物 Q & A. 日本プランクトン学会・日本ベントス学会(編集)『海の外来生物：人間によって攪乱さ

れた地球の海』, pp. 3-18. 東海大学出版会、東京、2009.

岩崎敬二、外来生物による日本の沿岸海域生態系への影響．水環境学会誌、28巻、2005、598-602.

岩崎敬二、日本に移入された外来海洋生物と在来生態系や産業に対する被害について．日本水産学会誌、73巻、2007、1121-1124.

Coles, S. L., DeFelice, R. C., Eldredge, L. G., Carlton, J. T., Historical and recent introductions of non-indigenous marine species into Pearl Harbor, Oahu, Hawaiian Islands. Marine Biology, Vol. 135, 1999, 147-158.

MacArthur, R., Wilson, E. O., 1967, The Theory of Island Biogeography, Princeton University Press, 203p.

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計14件)

岩崎敬二、日本の海の外来生物：現状、被害、対策 野生復帰 査読無 6巻 2018, (印刷中)

岩崎敬二、外来海洋生物による在来生物・生態系への影響．環境技術、査読無, 47巻、2018、印刷中

岩崎敬二、京都府阿蘇海と由良川下流でのコウロエンカワヒバリガイの分布．地域自然史と保全、査読有、40巻、2018、13-22.

矢野優貴、岩崎敬二、キクノハナガイの帰家行動：室内実験の結果から．南紀生物、査読無、60巻、2018、1-8.

岩崎敬二、京都府海岸の外来固着性動物：2006年と2016年の比較．地域自然史と保全、査読有、39巻、2017、83-98.

岩崎敬二、石田 惣、馬場 孝、桑原康裕、本州日本海沿岸におけるキタノムラ

サキイガイの記録，ならびに分布可能性の検討. VENUS, 査読有, 75巻, 2017, 67-81.

Iwasaki, K., Distribution of non-indigenous marine invertebrates on the coasts of the Izu Islands, Japan. Biogeography, 査読有, Vol. 19, 2017, 47-58.

矢野優貴、岩崎敬二、カサガイ類の帰家行動：室内実験の結果から．南紀生物，査読無，59巻，2017，77-81.

Wada, Y., Iwasaki, K., Ida, T. Y., Yusa, Y., Roles of the seasonal dynamics of ecosystem components in fluctuating indirect interactions on a rocky shore. Ecology, 査読有, Vol. 98, 2017, 1093-1103.

岩崎敬二、御蔵島港潮間帯の底生無脊椎動物. Mikurensis, 査読無, 5巻, 2016, 15-23.

Iwasaki, K., Behavior and taxis of young and adult *Limnoperna fortunei*. In: *Limnoperna fortunei*: The Ecology, Distribution and Control of a Swiftly Spreading Invasive Fouling Mussel (ed. D. Boltovskoy), pp.214-229. Springer, 2015. 査読無.

岩崎敬二、山形県酒田市で発見された外来二枚貝コウロエンカワヒバリガイ. ちりぼたん, 査読有, 45巻, 2015, 166-170.

Wada, Y., Iwasaki, K., Yusa, Y., Prey density affects strengths of density- and trait-mediated indirect interactions of predators on an algal community. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 査読有, Vol. 468, 2015, 67-73.

Iwasaki, K., Yamamoto, H., Recruitment and population structure of the non-indigenous brackish-water mytilid

*Xenostrobus securis* (Lamark, 1819) in the Kino River, Japan. Aquatic Invasions, 査読有, Vol. 9, 2014, 479-487.

〔学会発表〕(計2件)

岩崎敬二、国外起源の外来海洋動物の分布拡大と被害. 2016年度第1回船体付着生物管理に関する調査研究(船体付着生物管理プロジェクト)SG会議(一般財団法人日本船舶技術研究協会主催、2017.2.10、於砂防会館)

岩崎敬二、平野伯未子、北海道沿岸におけるムラサキイガイとキタノムラサキイガイの分布. 日本貝類学会平成28年度大会(2016.4.17、於東邦大学理学部)

〔図書〕(計1件)

*Limnoperna fortunei*: The Ecology, Distribution and Control of a Swiftly Spreading Invasive Fouling Mussel. (ed. D. Boltovskoy), 2015, 476pp. Springer (Springer Series in Invasion Ecology, Vol. 10)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

岩崎 敬二 (IWASAKI, Keiji)  
奈良大学・教養部・教授  
研究者番号：60278877