

北海道東部に侵入したキタアメリカフジツボが増加できない要因の解明

大平昌史¹,岩崎藍子¹,金森由妃¹,立花道草¹,織田さやか¹,野口遥平¹,藤井玲於奈¹,野田隆史²

¹北海道大学大学院 環境科学院

²北海道大学大学院 地球環境科学研究院

はじめに

キタアメリカフジツボ (*Balanus glandula*) は原産地の北太平洋沿岸 (アラスカ~カリフォルニア) では岩礁潮間帯の生物群集における優占種であり、アルゼンチンや南アフリカでは侵略的外来種として在来生物群集に悪影響を及ぼすことが知られている (Schwindt 2007)。これらのことから日本においても、本種は在来フジツボに置き換わり優占種になることが懸念されていた (Kado 2003)。しかし本種は、北海道東部において 2000 年代初頭に侵入後、急速に分布を拡大したものの、その後密度は低いレベルにある。これは本種が未だに北海道東部では岩礁固着生物群集の優占種の位置を占めるには至っていないことを示している。

そこで本研究では環境や生物群集の組成が原産地と類似している北海道東部において、なぜ侵入後にこのように増加できないのかを探るため、住み着きと絶滅に関わる要因 (表 1) を推定し、本種が北海道東部で優占種に至っていない理由を推察した。

表 1 住み着き率と絶滅率に影響する要因

要因	根拠	予測	
		住み着き率	絶滅率
侵入からの経過時間 (年)	外来種の適応は新たな環境で新たな選択圧にさらされることにより促進される (Lee 2002)	上昇	低下
本種の被度	局所個体群サイズが大きければ機械的な絶滅は生じにくい	-	低下
本種の幼生供給量	本種の局所における住み着き率と絶滅率は幼生供給量に依存している (Alam et al. 2014)	上昇	低下
空き地の量	幼生の加入量は利用可能な空き地によって制限される (Gaines and Roughgarden 1985)	上昇	-
在来フジツボの被度	競争によって本種の個体群サイズを減少させる (Alam and Noda 2016)	低下	上昇
肉食性巻貝の個体数	捕食により本種の個体群サイズを減少させる (Alam and Noda 2016)	-	上昇
岩表面の起伏度	幼生は窪みや溝などの凹面を好んで付着する (Crisp and Barnes 1954) 窪みや溝は捕食者や乾燥からの避難所となる (Menge et al. 1985, Gaines 1982)	上昇	低下
流水の強度	固着生物が削られる (Barnes 1999)	低下	上昇
岩表面の起伏度×流水の強度	流水地域のフジツボの幼生は、生存率の高い岩の割れ目に選択的に定着する (Bergeron and Bourget 1986)	上昇	低下

方法

● 野外調査

北海道東部の 5 海岸（釧路町の入境学、厚岸町の門静、愛冠、末広、浜中町の藻散布）のそれぞれから無作為に選んだ 5 つの岩礁（計 25 岩礁）で調査を行い、各岩礁には 2 種類の調査区を設置した。1 つ目は、キタアメリカフジツボの存否、本種の住み着きと絶滅に関わる要因を測定するための対照区で、縦 100cm（平均潮位から上 50cm、下 50cm の範囲：キタアメリカフジツボの生息潮位）、横 50cm である。2 つ目は幼生の供給量を測定するための加入区で、縦 100cm（平均潮位から上 50cm、下 50cm の範囲：キタアメリカフジツボの幼生が定着する潮位）、横 30cm である。

対照区内ではキタアメリカフジツボの存否以外に、住み着きと絶滅に関する要因として、本種の被度と空き地量と本種の競争種である在来のフジツボの被度を調査した。被度の調査には 200 穴の点格子板を用い 200 穴のうち本種、空き地、在来フジツボ、が観察された被度の割合を被度として算出した。このほかに肉食性巻貝の個体数、岩礁表面の起伏度を測定した。この調査は 2006 年の 8 月から開始し、2016 年も含め年 1 回行った。

加入区内では、5 月と 8 月にガスバーナー、ピンセット、磯がねなどを用いて全生物を除去し、3 ヶ月後にあたる 8 月と 11 月に写真撮影を行った。写真撮影は、加入区を垂直方向に 10 等分し、それぞれの高さ毎に縦 5cm の小区画を 4 つ設定し、その範囲内を撮影した。写真撮影後は、全ての加入区において再度、全生物の除去を行った。この加入区で撮影した写真から、それぞれの小区画内に新規に加入した本種を同定し計測したものを幼生供給量とした。この調査は 2006 年の 5 月から開始し、2016 年も含め 5 月、8 月、11 月の年 3 回行った。

● データ解析野

解析 1

住み着きに関わる要因を抽出するため GLM（一般化線形モデル）を用いた。はじめに多重共線性を避けるために、説明変数間の独立性を確認し、キタアメリカフジツボの住み着きを応答変数、侵入からの経過時間、幼生供給量、空き地の量、在来フジツボの被度、岩表面の起伏度、流水の強度、交互作用として岩表面の起伏度×流水の強度、の以上 7 つの要因を説明変数とした（二項分布、リンク関数を logit と指定）。流水の強度は、釧路と根室の両方で流水が確認できたら 0、根室のみで流水が確認できたら 1、釧路と根室両方で流水が確認できたら 2 とした。

解析 2

絶滅に関わる要因を抽出するため GLM（一般化線形モデル）を用いた。はじめに多重共線性を避けるために、説明変数間の独立性を確認し、キタアメリカフジツボの絶滅を応答変数、侵入からの経過時間、本種の被度及び幼生供給量、在来フジツボの被度、肉食性巻貝の個体数、岩表面の起伏度、流水の強度、交互作用として岩表面の起伏度×流水の強度の以上 8 つの要因を説明変数とした（二項分布、リンク関数を logit と指定）。流水の強度は解析 1 と同様に求めたものを用いた。

結果

表 2 住み着に関わる要因の解析結果

説明変数	推定値	標準誤差	P 値
侵入からの経過時間 (年)	0.297	0.102	0.003
bg (本種の幼生供給量+1)	27.304	24.541	0.266
bg (空き地の量)	-0.817	1.157	0.480
bg (在来フジツボの被度+1)	-0.553	0.659	0.402
岩表面の起伏度	-8.465	6.854	0.217
流水の強度	-1.700	0.511	0.001
岩表面の起伏度 × 流水の強度	-16.834	10.040	0.094

住み着きに有意に寄与していたのは侵入からの経過時間と流水の強度で、侵入からの経過時間は住み着き率を上昇させ、流水の強度は住み着き率を低下させていた (表 2)。

表 3 絶滅に関わる要因の解析結果

説明変数	推定値	標準誤差	P 値
侵入からの経過時間 (年)	0.234	0.227	0.303
bg (本種の被度+1)	-8.642	5.510	0.117
bg (本種の幼生供給量+1)	-3.809	8.910	0.669
bg (在来フジツボの被度+1)	0.928	0.775	0.231
bg (肉食性巻貝の個体数+1)	-0.450	0.992	0.650
岩表面の起伏度	4.477	9.165	0.625
流水の強度	2.826	1.180	0.017
岩表面の起伏度 × 流水の強度	-0.366	19.845	0.985

絶滅に有意に寄与していたのは流水の強度で、絶滅率を上昇させていた (表 3)

考察

流水がキタアメリカフジツボの住み着き率を低下させ絶滅率を上昇させていたことから、本種が侵入先の北海道東部で増加できない要因として流水が示唆された。流水が頻繁に起こる地域のフジツボの幼生は流水の影響を受けにくい岩の窪みや割れ目に選択的に定着することが知られているが、本種の原産地では流水がほとんど起こらないため本種の幼生にそのような選好性がないことが原因であると考えられる。

また侵入からの経過時間が住み着き率を上昇させていたことから、今後さらに時間が経てば本種が移入先の北海道東部の環境に適應する可能性が示唆された。実際に本種が北海道東部の環境に侵入の経過時間にもなって適應するなら将来的に在来の生態系に影響する可能性も出てくるので、今後も本種のモニタリングが必要であると考えられる。

引用文献

Alam AR, Hagino T, Fukaya K, Okuda T, Nakaoka M, Noda T (2014) Early phase of the invasion of *Balanus glandula* along the coast of Eastern Hokkaido: changes in abundance, distribution, and recruitment. *Biological invasions* 16:1699-1708

Alam AR, Noda T (2016) An experimental evaluation of the direct and indirect effects of endemic seaweeds, barnacles, and invertebrate predators on the abundance of the introduced rocky intertidal barnacle *Balanus glandula*. *Population Ecology* 58:507-514

Barnes DK (1999) The influence of ice on polar nearshore benthos. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 79:401-407

Bergeron P, Bourget E (1986) Shore topography and spatial partitioning of crevice refuges by sessile epibenthos in an ice disturbed environment. *Marine Ecology Progress Series* 28:129-145

Crisp DJ, Barnes H (1954) The orientation and distribution of barnacles at settlement with particular reference to surface contour. *The Journal of Animal Ecology* 142-162

Gaines SD (1982) Diverse consumer guilds in intertidal communities of Oregon and the Republic of Panama and their effects on prey assemblages. Ph.D. thesis, Oregon State University 125pp

Gaines S, Roughgarden J (1985) Larval settlement rate: a leading determinant of structure in an ecological community of the marine intertidal zone. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 82:3707-3711

Kado R (2003) Invasion of Japanese shores by the NE Pacific barnacle *Balanus glandula* and its ecological and biogeographical impact. *Marine ecology progress series* 249:199-206

Lee CE (2002) Evolutionary genetics of invasive species. *Trends in ecology & evolution* 17:386-39

Menge BA, Lubchenco J, Ashkenas LR (1985) Diversity, heterogeneity and consumer pressure in a tropical rocky intertidal community. *Oecologia* 65:394-405

Schwindt E (2007) The invasion of the acorn barnacle *Balanus glandula* in the south-western Atlantic 40 years later. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 87:1219-1225