

平成 30 年 6 月 7 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K07208

研究課題名(和文)大規模長期連続調査による東北地方太平洋沖地震後の潮間帯生物群集の回復過程の解明

研究課題名(英文)Recovery of rocky intertidal community after the 2011 Great East Japan Earthquake elucidated by a large-scale longterm community census

研究代表者

野田 隆史(NODA, Takashi)

北海道大学・地球環境科学研究所・教授

研究者番号：90240639

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：東北地方太平洋沖地震は巨大な津波と地盤の沈降をもたらした。震源近くの5海岸で、岩礁潮間帯群集に対する地震のインパクトとその後の回復過程を評価した。その結果、生物群集は津波によって明らかにダメージを受けたものの、その被害は比較的軽微であった。一方、地盤の沈降は生物の分布と生育量に大きな影響を及ぼした。地震6年後でも生物群集は地震前の状態には回復しておらず、いくつかの優占種の帯状分布は地震前とは明らかに異なる状態にあった。未回復の種には成長が遅く、住み着き能力に劣る種が含まれたことから、今後、仮に岩礁潮間帯の生物群集が地震前の状態に回復するとしても、かなりの長時間を要することが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The 2011 Great East Japan Earthquake caused large tsunami and coseismic subsidence in the Tohoku region. To assess impacts of the earthquake on rocky intertidal community and the course and status of recovery of the community by before/after comparison, I carried out the survey using the same method at the same place from 2011 to 2017. The results show that the rocky intertidal community suffered significant but only relatively minor damage from the tsunami. In contrast, coseismic subsidence may have caused the considerable changes in distribution and abundance of organisms. At 6 years after the earthquake, the community has not yet returned to its normal state; for several dominant species, zonation in 2017 was obviously different from zonation before the earthquake. This community will experience a long delay before fully recovering from the impact of the earthquake because species that have not recovered include late successional species.

研究分野：生態学

キーワード：地震 東北地方太平洋沖地震 岩礁潮間帯 底生生物 攪乱 生物群集 津波 沈降

1. 研究開始当初の背景

三陸沿岸に津波と海岸の沈降をもたらした東北地方太平洋沖地震は岩礁潮間帯の生物に甚大な影響を及ぼしたと考えられる。地震が岩礁潮間帯群集に及ぼす影響についての研究例は極めて少ない。申請者は潮間帯生物の群集動態の解明をめざし、2002年から三陸の25岩礁で様々な調査を行ってきたが、震災により研究の途絶を余儀なくされた。一方、地震前の長期センサスデータには地震の影響を解明する上で極めて有効な情報が多く含まれている。そこで、地震前後での厳密なデータ比較を担保すべく地震前と同一の内容の調査を計画し、メタ群集レベルでの地震の影響の解明をめざす研究を地震直後の2011年に開始した。

2. 研究の目的

東北地方太平洋地震前後15年間の25岩礁の調査データを用い、潮間帯生物群集に対する地震の影響とその後の回復過程について明らかにする。

3. 研究の方法

調査は三陸沿岸の大槌湾、山田湾、船越湾に存在する5海岸のほぼ垂直な25岩礁に作成した3種類の調査区(加入区と遷移区と対照区)で行った。このうち加入区は固着動物の幼生の加入量を、遷移区は局所攪乱からの群集の回復過程を、対照区は群集動態を、それぞれ追跡することを目的とした固定調査区である。5月、7月、12月に、対照区と遷移区において移動性の底生動物の種別の個体数、固着生物の種別の被度及び存否を測定し、加入区ではフジツボ類の加入量を測定した。

得られた地震後のデータと、地震後と同一地点で同一手法を用いて収集された地震前のデータを組み合わせることで、潮間帯生物群集に対する地震の影響とその後の回復過程について明らかにする。

4. 研究成果

(1) 潮間帯全域での帯状分布の回復過程

帯状分布は岩礁潮間帯に見られる固着生物の普遍的な分布パターンである。2011年に発生した東北地方太平洋沖地震は、東北全域で巨大津波と海岸の沈降を引き起こした。これらのイベントはこの地域の帯状分布にも大きな影響を与えた可能性がある。そこで8種の固着生物を対象に三陸沿岸の5つの海岸において潮間帯全域での帯状分布の地震後6年間の変化を記述し、さらにその種差の原因と帰結を明らかにすることを目的に、それぞれの種において帯状分布とその回復度(地震前の推定される帯状分布との一致度)の経年変化、遷移ニッチの違いが帯状分布の回復度に及ぼす影響、固着動物と海藻の間で帯状分布の回復度の違い、を評価した。その結果、固着生物8種の地震後の帯状分布の変化の仕

方は種によってさまざまであり、帯状分布の回復度は、地震4年後と6年後で遷移前期種ほど早い傾向があることが認められた。また、いずれの年においても固着動物と海藻の間で帯状分布の回復度の平均値には有意な違いは認められなかったものの、固着動物では帯状分布の回復度が種間で大きくばらつき、2017年の時点でもムラサキインコガイではそのアバンダンスは地震前より顕著に少なく、マガキではその逆だった。以上の結果は、潮間帯全域で見た場合、地震後6年間経っても岩礁潮間帯の固着生物群集は未だ回復しておらず、それが元にもどるにはさらに長い時間を要することが示唆された。

(2) 津波のインパクトの評価

自然災害は生物の個体群に急激な減少をもたらす。これまで、台風・寒波・津波といった異なる種類の自然災害が種類の異なる生物の個体群に及ぼす被害を総合的に比較する方法はなかった。その理由は、「異なる種類の自然災害では強度が比較できない(たとえば、台風の風速と寒波の温度は比較できない)」ことと、「種が違えば個体群に及ぼす被害は比較できない」ことである。これら2つの問題をクリアするため、「自然災害の物理的強度」と「自然災害による個体群減少率」とともに再起時間に変換し、自然災害の生物個体群へのインパクトの大きさがどのように決定されているかを包括的に評価する新手法を提案した。そして、東日本大震災の際の津波が岩礁生物の個体群に及ぼした被害の大きさを、様々な生物における気象災害(嵐・低温・厳冬・干ばつ)の大きさと比較した。その結果、災害の種類と関係なく災害の強度が強くなるほど生物がこごむる被害は大きくなり、被害のばらつきも大きくなることが明らかになった。また、爆弾低気圧などの気象災害と比べて津波の強度は極めて大きいにも関わらず、これらの気象災害と比べて岩礁の生物における津波の被害は小さかったことが明らかになった。

(3) 攪乱パッチでの遷移への地震の影響

岩礁潮間帯では波浪によって生じた小規模な裸地(攪乱パッチ)における遷移が種多様性の維持に重要な役割を果たすが、この遷移は巨大地震によって変化するかもしれない。第一に、メタ群集スケールで多くの種が減少すると考えられることから、攪乱パッチ内でも群集の種組成は地震前後で変化し(予測)多様性は地震前より低くなるだろう(予測)。第二に、地震直後はメタ群集スケールで遷移初期種の割合が上昇すると考えられるため、攪乱パッチでも遷移初期種の割合が増加し(予測)遷移の速度(種組成の時間変化量)は遅くなるだろう(予測)。第三に、地震によって無機環境や種プールの組成の空間変異性も増大すると考えられることから、攪乱パッチでも種組成の空

間変異性が大きくなるだろう(予測)。そこで東北地方太平洋沖地震前後に攪乱パッチを模倣した人工裸地を作成し以上の予測を検証した。人工裸地の種組成は地震前後で有意に異なり、地震後には多様性は上昇し、群集構造の空間変異性は地震後に大きくなった。これらの結果は上述の予測と一致する。一方、予測とは異なり、多様性は地震後に上昇した。また、予測とに反して、初期種の割合が増加せず遷移の速度も遅くならなかった。いずれの結果も地震による固着生物のメタ群集の変化と良く対応していたことから、局所攪乱パッチでの遷移の地震後の変化は、種プールであるメタ群集に生じた変化を反映していることを示唆している。

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 11 件)

Iwasaki A, Noda T (2018) A framework for quantifying the relationship between intensity and severity of impact of disturbance across types of events and species. *Scientific Reports* 8:795. [DOI: 10.1038/s41598-017-19048-5] 「査読あり」

Noda T, Sakaguchi M, Iwasaki A, Fukaya K (2017) Influence of the 2011 Tohoku Earthquake on population dynamics of a rocky intertidal barnacle: cause and consequence of alternation in larval recruitment. *Coastal Marine Science* 40:35-43.

[https://www.researchgate.net/publication/309520376_Rocky_Intertidal_Barnacle_Population_Dynamics_Impacts_and_Recovery_from_the_Great_East_Japan_Earthquake] 「査読あり」

野田隆史・岩崎藍子 (2017) 岩礁潮間帯のベントスに対する地震と津波の影響 *日本水産学会誌* 83:677-680. [<https://doi.org/10.2331/suisan.WA2432-10>] 「査読あり」

Fukaya K, Royle JA, Okuda T, Nakaoka M, Noda T (2017) A multistate dynamic site occupancy model for spatially aggregated sessile communities. *Methods in Ecology and Evolution* 8: 757-767. [DOI: 10.1111/2041-210X.12690] 「査読あり」

AlamAKMR, 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. [DOI:

10.1007/s10144-016-0554-1] 「査読あり」

野田隆史 (2016) 群集モジュール法による汚染の間接的影響の理解: 生態学的視点. *日本生態学会誌* 66: 95-108.

[https://doi.org/10.18960/seitai.66.1_95] 「査読あり」

Noda T, Sakaguchi M, Iwasaki I, Fukaya K (2016) Rocky intertidal barnacle population dynamics: impacts and recovery from the Great East Japan Earthquake. In: Urabe J, Nakashizuka T (eds) *Ecological impacts of tsunamis on coastal ecosystems: lessons from the Great East Japan Earthquake*, Ecological research monographs, pp. 47-58. Springer, Tokyo

[https://www.researchgate.net/publication/309520376_Rocky_Intertidal_Barnacle_Population_Dynamics_Impacts_and_Recovery_from_the_Great_East_Japan_Earthquake] 「査読あり」

Iwasaki A, Fukaya K, Noda T (2016) Quantitative evaluation of impact of the Great East Japan Earthquake and tsunami on rocky intertidal community. In: Urabe J, Nakashizuka T (eds) *Ecological impacts of tsunamis on coastal ecosystems: lessons from the Great East Japan Earthquake*, Ecological research monographs, pp. 35-46. Springer, Tokyo

[https://www.researchgate.net/publication/309523931_Quantitative_Evaluation_of_the_Impact_of_the_Great_East_Japan_Earthquake_and_Tsunami_on_the_Rocky_Intertidal_Community] 「査読あり」

Noda T, Iwasaki I, Fukaya K (2016) Rocky intertidal zonation: impacts and recovery from the Great East Japan Earthquake. In Nakashizuka T and Urabe J (eds) In: Urabe J, Nakashizuka T (eds) *Ecological impacts of tsunamis on coastal ecosystems: lessons from the Great East Japan Earthquake*, Ecological research monographs, pp. 25-34. Springer, Tokyo

[https://www.researchgate.net/publication/309520561_Rocky_Intertidal_Zonation_Impacts_and_Recovery_from_the_Great_East_Japan_Earthquake] 「査読あり」

Noda T, Iwasaki A, Fukaya K (2016) Recovery of rocky intertidal zonation: two years after the 2011 Great East Japan Earthquake. *Journal of Marine Biological Association of the UK*

96:1549-1555. [DOI:
10.1017/S002531541500212X] 「査読あり」
Sahara R, Fukaya K, Okuda T, Hori M,
Yamamoto T, Nakaoka M, Noda T (2016)
Larval dispersal dampens population
fluctuation and shapes the
interspecific spatial distribution
patterns of rocky intertidal
gastropods. *Ecography* 39: 487-495.
[DOI: 10.1111/ecog.01354] 「査読あり」

〔学会発表〕(計 17 件)

野口遥平・岩崎藍子・大平昌史・金森由妃・立花道草・織田さやか・藤井玲於奈・石田拳・岩淵邦喬・野田隆史．外来種ナンオウフジツボの三陸沿岸における侵入過程．日本生態学会第 65 回全国大会，2018 年．

織田さやか・岩崎藍子・大平昌史・金森由妃・立花道草・野口遥平・藤井玲於奈・石田拳・岩淵邦喬・野田隆史．東北地方太平洋沖地震後の岩礁海岸の帯状分布：潮間帯全域での 6 年間の変化．日本生態学会第 65 回全国大会，2018 年．

岩淵邦喬・岩崎藍子・大平昌史・金森由妃・立花道草・織田さやか・野口遥平・藤井玲於奈・石田拳・野田隆史．東北地方太平洋沖地震がムラサキインコガイの個体群動態に与えた影響．日本生態学会第 65 回全国大会，2018 年．

岩崎藍子・野田隆史．東北地方太平洋沖地震の岩礁潮間帯固着生物群集の多様性への影響とプロセスの評価．日本生態学会第 65 回全国大会，2018 年．

野田隆史・岩崎藍子．磯の生き物たちと東日本大震災．公開シンポジウム 巨大震災は海洋沿岸の生物にどのような影響を与えたか？東日本大震災から学んだこと．2017 年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会，2017 年．

立花道草・奥田武弘・堀正和・仲岡雅裕・山本智子・野田隆史．岩礁潮間帯固着生物群集における共存機構：緯度と高度による変化．日本生態学会第 64 回全国大会，2017 年．

大平昌史・野田隆史．外来種の迅速な進化：キタアメリカフジツボ幼生の定着高度の時間変化．日本生態学会第 64 回全国大会，2017 年．

織田さやか・岩崎藍子・大平昌史・金森由妃・立花道草・野口遥平・藤井玲於奈・野田隆史．東北地方太平洋沖地震後の岩礁海岸の帯状分布：潮間帯全域での 5 年間の変化．日本生態学会第 64 回全国大会，2017 年．

野口遥平・岩崎藍子・大平昌史・金森由妃・立花道草・織田さやか・藤井玲於奈・野田隆史．外来種ナンオウフジツボの三陸沿岸における侵入過程．日本生態学会

第 64 回全国大会，2017 年．
金森由妃・仲岡雅裕・山本智子・野田隆史．岩礁潮間帯固着生物群集における季節変動と年変動の空間変異性．日本生態学会第 64 回全国大会，2017 年．

岩崎藍子・野田隆史．複数の尺度を用いた群集への攪乱のインパクトの評価：東北地方太平洋沖地震の岩礁潮間帯固着生物群集への影響．日本生態学会第 64 回全国大会，2017 年．

藤井玲於奈・奥田武弘・堀正和・山本智子・仲岡雅裕・野田隆史．岩礁潮間帯生物群集における植食者バイオマスの変動性の空間変異．日本生態学会第 64 回全国大会，2017 年．

Noda T, Iwasaki I and Fukaya K.
Recovery of rocky intertidal zonation: three years after the 2011 Great East Japan Earthquake.

International Symposium on Restoration after Great East Japan Earthquake—Our Knowledge on the Ecosystem and Fisheries, University of Tokyo, 2016.

胡之陽・野田隆史．マルチレベル攪乱：巨大地震が局所攪乱後の遷移に及ぼす影響．企画集会「巨大攪乱の生態学的帰結をどう理解するか：巨大地震が岩礁潮間帯生物群集に及ぼした影響を例に考える（企画者 野田隆史）」日本生態学会第 63 回全国大会，2016 年．

岩崎藍子・野田隆史．岩礁潮間帯生物群集への津波と沈降のインパクト．企画集会「巨大攪乱の生態学的帰結をどう理解するか：巨大地震が岩礁潮間帯生物群集に及ぼした影響を例に考える（企画者 野田隆史）」日本生態学会第 63 回全国大会，2016 年．

野田隆史．趣旨説明：大規模攪乱の生態学的帰結についての理解の意義と現状．企画集会「巨大攪乱の生態学的帰結をどう理解するか：巨大地震が岩礁潮間帯生物群集に及ぼした影響を例に考える（企画者 野田隆史）」日本生態学会第 63 回全国大会，2016 年．

佐原良祐・深谷肇一・奥田武弘・堀正和・山本智子・仲岡雅裕・野田隆史．Larval dispersal dampens population fluctuation and shapes the interspecific spatial distribution patterns of rocky intertidal gastropods. 第 31 回個体群生態学会大会，2015 年．

〔図書〕(計 2 件)

野田隆史(2016) 磯の生き物たちと東日本大震災．In: 日本生態学会(編) “生態学が語る東日本大震災—自然界に何が起きたのか—”，文一総合出版，東京，p. 72-77 [ISBN-13: 978-4829971048]

Noda T, Iwasaki A, Fukaya K (2016)
Rocky intertidal zonation: impacts and
recovery from the megaquake. In:
Kogure K, Hirose M, Kitazato H, Kijima
A (eds) Marine ecosystems after Great
East Japan Earthquake in 2011, Tokai
University Press, Hiratsuka, p 73-74.
[https://webpark1662.sakura.ne.jp/symposium/TEAMS2016_book.pdf]

〔産業財産権〕

出願状況（計 0件）

取得状況（計 0件）

〔その他〕

ホームページ等

6．研究組織

(1)研究代表者

野田 隆史 (NODA Takashi)

北海道大学・大学院地球環境科学研究所・
教授

研究者番号：90240639