

東日本大震災における津波外力と海浜植生の分布変化 仙台海岸での事例研究

内田典子¹, 清水陽花², Anawat Suppasri^{1,3}, 菅原大助³, 今村文彦^{1,3}

1. はじめに：沿岸域生態系を扱う研究の動機

砂浜は、海と陸からの土砂供給および波と風による堆積・侵食により形成される自然地形であると同時に、独特な生態系でもある。塩分、強風、動砂、乾燥といった無機環境、および海中、砂表面、砂中、海浜植生等の多様な生息場を利用する生物群集により成立している。生態系の価値はいくつかのパターン分けをすることができ(図-1)、まず大きく利用価値と非利用価値の二つに大別される。想像しやすい例としては、サーフィンや海水浴といったレクリエーションがあり、これは利用価値のうち間接的利用価値にカテゴライズされる。

その上で、防災分野において直接的に寄与する砂浜の役割として、海起源災害の第一防衛線としての価値が広く知られている。より詳細には、波浪エネルギーの減衰による消波機能、洗掘防止による堤防・護岸等の根固め機能、また後浜に形成された砂丘による海岸後背地への浸水防止・低減効果などが考えられる。これらの機能は砂浜の後浜高、後浜幅、前浜・外浜勾配などの断面諸元が十分確保されている場合であり、十分な浜幅がない砂浜ではこれらの機能が十分発揮されない(宇田ら, 2007; Leaman *et al.*, 2021)。河川からの土砂供給

減、海岸構造物による漂砂位置の変化により、日本の砂浜の減退は重要な課題となっている。さらに、海浜植物は、砂浜の地形変化の抑制や砂浜の形成に寄与する効果がある(加藤ら, 1997)。これは、海浜植物が地表付近の風速を低減することにより飛砂が抑制・補足され、また海浜植生の成長に合わせて飛砂が固定されることにより、砂丘の形成を促進するためである。よって、海浜植物の存在は、砂浜による防災機能の発揮に必要である。また、海浜植物の多くは初夏から夏にかけて花をつけ、沿岸域特有の景観を呈し、浜辺と親しむ住民の花暦として生活に深く関わっている。さらに、これらの植物が結実するためには海岸性のハチなど訪花昆虫の働きが必要である(郷右近, 2006)。海浜植物は、砂浜における貴重な日陰として昆虫の活動を助けており、砂浜の独特かつ多様な生物群集の維持にも貢献している。よって、防災・減災の観点で捉え直すと(図-1 下部)、砂浜における海浜植物の存在は、防災機能の増加において直接的に防災に寄与していると考えられる。さらには、非利用価値としての役割が考えられ、図-1 中右部においては、遺産価値や存在価値が挙げられる。これは日常だけでなく、災害時においても役割があると考えられる。東日本大震災の際には、壊滅的な被災を受けた中でも生態系が回復していく様子が、復旧や復興の取組を行っている住民や支援者にとって、心の支えになっていた状況がある。このような非利用価値としての役割は今後も重要になると考えられ、その点においても、沿岸域固有の生活様式や生態系の維持において間接的に復興に寄与すると考えられる。

¹ 東北大学災害科学国際研究所 地震津波リスク評価(東京海上日動)寄附研究部門

² 東日本旅客鉄道株式会社

³ 東北大学災害科学国際研究所 津波工学研究分野

4. 分析結果

津波前後の植生変化パターンごとの計算最大流速分布を図-2に示す。最大流速を、津波到来時に植物体にかかる最大せん断応力の代替とみなす。津波以前に陸域植生が分布し津波以後に海浜植生が出現したパターンでは、最大流速の平均は2012年で6.0m/s, 2014年で

5.5m/sであり、津波以前および以後に海浜植生が分布したパターンの平均流速4.4m/sよりも大きかった(図-2(a))。箱ひげ図より、4.5-7.2m/sの流速を受けた場所は新たな海浜植生の生息域のポテンシャルになり得ることが示された。一方、津波以前に陸域または海浜植生が分布したが津波後に植生が喪失したパターンにおいては6.2-6.8m/sであった(図-2(b))。これは津波後に植生が再生したパターン(a)よりも大きく、5.0-8.5m/sの流速を受けた場合に植生の再生が困難であることが示唆された。また、津波以前に無植生だったが津波以後に陸域・海浜植生が新たに出現したパターン(図-2(c))では、海浜植生は津波以後比較的早く出現し(2012年, 1.6m/s), 6m/sの最大流速を受けた場所でも2014年時点には新たに海浜植生が出現した。生物群集は津波のような大きな攪乱の有無によらず、生物種の移入・分散によって変動することから、時間が経過するほど津波の影響であることを明言することが困難となる。しかし、以上のデータ整理により、少なくとも東日本大震災津波の浸水域において、上記のような外力を受けた地点においても、植生回復や新規出現が起こり得ることが示された。

表-1 大区分と環境省による植生区分

大区分	植生区分	植生図の群落名
植生なし	自然裸地	自然裸地
	開放水域	開放水域
陸域植生	二次草原	ススキ群団
		メダケ群落
		アズマネザサ群落
	空地雑草群落	空地雑草群落
		畑雑草群落
非耕作農地	水田雑草群落	
海浜植生	湿生草原	ヨシクラス
		ツルヨシ群集
		オギ群集
		ヒルムシロクラス
	塩沼地植生	塩沼地植生
カワツルモリリュウノヒゲモ群落		
砂丘植生	砂丘植生	
	ハマナス群落	
	ハマニクニク-コウボウムギ群集	
海岸断崖地植生		ハマグルマ-コウボウムギ群集
		コハマギク群落
		ハマオトコヨモギ-コハマギク群集
		ラセイタソウ-ハマギク群集
		ハチジョウススキ群落

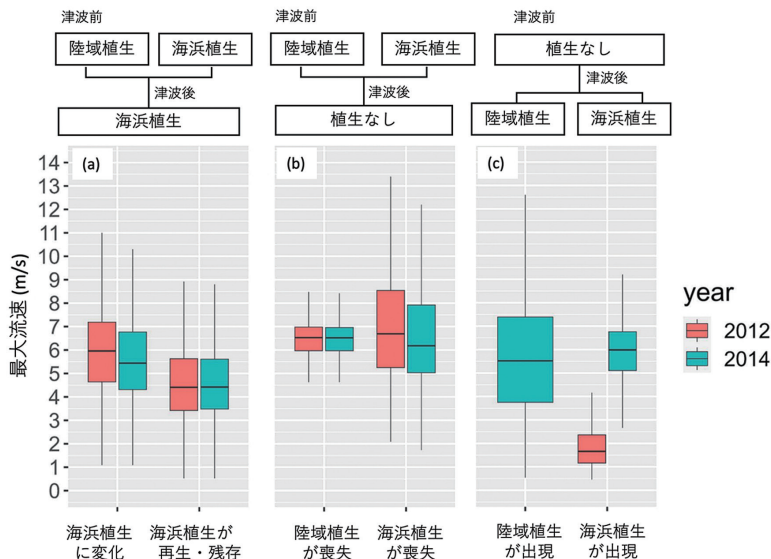


図-2 津波前後の植生変化パターンと計算最大流速の分布

5. おわりに

仙台海岸を事例に、津波外力が及ぼす生態系（植生中心）を分析し、植生回復や新規出現との関係を考察した。植生の回復については、非利用価値が考えられ、新たな生態系の役割として今後さらに注目すべきである。自然生態系のみで十分な防災・減災機能を賄うには広大な土地空間や、生態系が成熟するまでの時間を要することから、日本においては導入に課題がある。他方、今後の災害の頻発化、人口と GDP 減少を見据えると維持管理費の低減は逼迫した課題であり、その解決には、生態系を活用した総合的な防災・減災が有力である。ゆえに、生態系のもつ機能を発揮させられる条件や回復時間について理解する手段を模索し、知見を蓄積することが重要であると考えられる。

引用（登場順）：

- 1) 宇多高明, 石川仁憲, 福濱方哉, 山田浩次 (2007) 海岸保全施設としての「砂浜」の考え方. 海洋開発論文集 23: 1027-32.
- 2) Leaman, Christopher K., Mitchell D. Harley, Kristen D. Splinter, Mandi C. Thran, Michael A. Kinsela, and Ian L. Turner (2021) A Storm Hazard Matrix Combining Coastal Flooding and Beach Erosion. *Coastal Engineering* 170 : 104001.
- 3) 加藤史訓, 佐藤慎司, 田中茂信, 笠井雅広 (1997) 砂浜海岸における植生の地形変化に及ぼす影響に関する現地調査. 海岸工学論文集 44 : 1151-1155.
- 4) 郷右近勝夫 (2006) 蒲生海岸の干潟と砂丘における訪花昆虫とそれらの季節消長. *中国昆虫* 20 : 51-69.
- 5) Nishita, T., Makino, W., Suzuki, T., Urabe, J. (2016). Ecological Responses of Macrobenthic Communities in Tidal Flats to Disturbances by the Great East Japan Earthquake. In: Urabe, J., Nakashizuka, T. (eds) *Ecological Impacts of Tsunamis on Coastal Ecosystems. Ecological Research Monographs*. Springer, Tokyo.
- 6) 蒲生干潟を守る会 (2020) 蒲生を守る会活動 50 年記念出版：蒲生干潟の現在（いま）2011-2019. 仙台市
- 7) 菅野 洋, 平吹喜彦, 杉山多喜子, 富田瑞樹, 原慶太郎 (2014) 巨大津波直後の海岸林に生じた多様な立地の植生の変化 - 3 年間の記録. *保全生態学研究* 19 : 201-20.
- 8) 清水陽花, 内田典子, Anawat Suppasri, 菅原大助, 今村文彦. 東日本大震災における仙台海岸の植生変化パターンと津波外力の関係, 令和 4 年度土木学会東北支部技術研究発表会, オンライン, 2023. 03. 04.
- 9) Yamashita, Kei, Daisuke Sugawara, Tomoyuki Takahashi, Fumihiko Imamura, Yuichi Saito, Yoshiyuki Imato, Tadashi Kai, Hitoshi Uehara, Toshihiro Kato, Kazuto Nakata, Ryotaro Saka and Asao Nishikawa (2016) Numerical Simulations of Large-Scale Sediment Transport Caused by the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami in Hirota Bay, Southern Sanriku Coast. *Coastal Engineering Journal* 58 (04) : 1640015.