

令和元年6月18日現在

機関番号：32515

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00637

研究課題名(和文) タイプの異なる攪乱によって分断された森林の再生可能性の評価

研究課題名(英文) Evaluation for regeneration potential of the forests fragmented by different types of disturbances

研究代表者

富田 瑞樹 (TOMITA, Mizuki)

東京情報大学・総合情報学部・准教授

研究者番号：00397093

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：攪乱から残存した樹木群集の種組成は、攪乱前の履歴や攪乱後に加入した樹木の特性、攪乱の性質に影響される。本研究では津波から残存した森林パッチの樹木の種組成と、津波後に加入した実生の種組成、森林パッチの分布を景観スケールで明らかにした。仙台市の津波浸水域で確認された樹木は88種であり、クロマツの出現頻度が最も高かった。森林パッチ(n=202)はクロマツ指標種タイプ、ケヤキ指標種タイプ、シロダモ指標種タイプに区分された。津波後に加入した実生はクロマツ指標種タイプで最も多く、調査地外から加入した実生も一部で確認された。津波後に森林パッチ間の種子散布が景観スケールで生じていることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

巨大な地震や噴火など攪乱の規模が大きいものほどその発生頻度は低く、かつ、攪乱の影響は広範囲にわたるため、攪乱後の生物相や生態系の変化を景観スケールで記録することは、地域の生物相や生態系の保全・管理にとって重要である。本研究では、仙台平野の津波浸水域における残存林の樹木群集に着目し、その種組成と攪乱後に加入した実生の種組成、残存林の分布を明らかにした。これらの研究成果は低頻度大規模攪乱後の樹木群集の種組成の長期的変化を明らかにする際の基礎資料となるのみならず、震災後の復興における森林管理の資料としても有用である。

研究成果の概要(英文)：Understanding species composition of remnant trees that survive disturbances is an important step in managing the process of recovery. This research was implemented in a region that was heavily damaged by the tsunami following the Great East Japan Earthquake of 2011. Field surveys of all the remnant patches of trees in the area were conducted. A total of 202 remnant patches were identified, and tree species were recorded for each patch. The identified trees totaled 88 species, which were classified into three indicator-species types. Comparisons based on species composition and similarity showed that those of the remnant patches were influenced by vegetation histories. The number of tree and seedling species per unit area was highest in patches that originated from pine plantations. Seven of the 25 seedling species identified were not present in any of the canopy layers in the study area, indicating that they dispersed from outside this area.

研究分野：景観生態学，森林生態学

キーワード：海岸林 屋敷林 断片化 種子散布 低頻度大規模攪乱 更新 群集

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

仙台平野には、大小さまざまな面積の森林がパッチ状に分布している。これらの森林は、①藩政時代から沿岸部に造成・維持されてきたクロマツ・アカマツを主体とする海岸林、②農耕地に点在する屋敷林や社寺林からなる。それぞれ、防潮、防風、生物への生息地の提供、生物資源の提供などの機能があり、仙台平野部における農業・文化を支えてきた。

ところが、2011年の東日本大震災で生じた津波によって、仙台平野の約半分におよぶ範囲が浸水域となった。森林パッチ（海岸林・屋敷林）の多くは海水に曝され、仙台市域の海岸林はその8割が倒壊した。沿岸部に連続的に成立していた海岸林の一部は残存したものの、海岸林の分断化は著しく、仙台平野の森林パッチの分布は震災前に比べて疎らになった。

東日本震災以降、仙台平野の津波浸水域では海岸林の復旧工事や屋敷林の伐採が進行している。森林パッチの分布図を作成し、森林パッチを構成する樹木種のリストを作成することで、津波という自然攪乱と、その後の人為攪乱が、樹木の移動・分散に与える影響を景観レベルで推定できると考えた。

2. 研究の目的

2011年の東日本大震災で生じた津波によって、仙台平野における森林、特に海岸林や平野部の屋敷林が消失・冠水するなどの被害を受けた。現在は、海岸林の復旧工事や屋敷林の伐採などによって、森林の面積や配置、種組成は震災後からさらに変化しつつある。この変化を把握し、森林の再生可能性を面的に評価するために、①森林の分断化状況を定量化したうえで、②分断化された森林パッチを構成する樹種を記録し、③地理情報システム (GIS) を用いた、樹木の移動・分散経路の推定を試みた。これらは、仙台平野における、種多様性および生態系機能の高い森林再生に向けた基礎資料としても有用である。

3. 研究の方法

2014年の4~6月にかけて、震災直後と2013年に撮影された空中写真を参照しながら、仙台市の津波浸水域 (25.4km²) に残存した森林パッチ ($n = 202$) をすべて踏査した (図1)。森林パッチに出現した樹木の種名を記録した。実生が確認された場合は、芽鱗痕からその樹齢を特定し、攪乱後に定着したものを定着年とともに個別に記録した。2017年の6~8月にかけてすべての森林パッチを、再度、踏査し、上述の調査を繰り返した。本研究では、単独もしくは複数の高木性樹木からなるパッチで、他のパッチから10m以上離れたものを森林パッチと定義した。

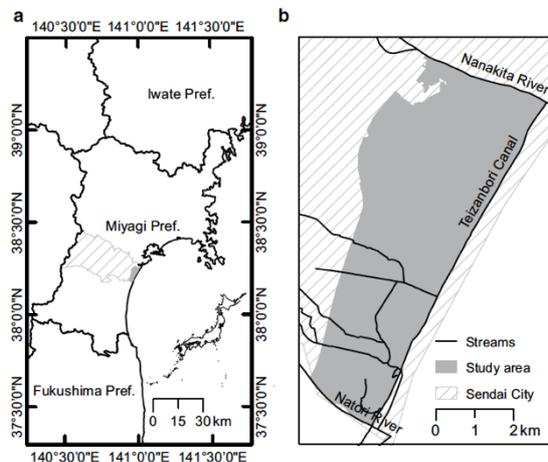


図1. 調査地の位置 (a) と調査範囲 (b). 灰色の網掛けが調査範囲を表す (Tomita and Kanno 2019).

それぞれの調査において、空中写真と現地踏査をもとに、津波後に残存した森林パッチの分布図および樹冠投影図を、地理情報システム (GIS) を用いて作成した。また、2回目の調査においては、復旧工事や塩害で枯死した樹木の伐採等による森林パッチの減少と消失状況を記録した。森林パッチの攪乱前の履歴を明らかにするために、しおかぜ自然環境ログの震災前植生図を用いて、海岸林由来の森林パッチとそれ以外の森林由来の森林パッチに区分した。

森林パッチにおける樹木群集の群集構造を明らかにするために、森林パッチごと Jaccard の類似度指数行列を用いた非計量多次元尺度法 (NMDS) により、それぞれの森林パッチを序列化した。また、NMDS で二次元空間に序列化された樹木群集を似たグループに分類するために、群平均法による階層的クラスタリングを用いて解析した。階層的クラスタリングで分類されたグループの指標種を明らかにするために、指標種分析 (INSPAN) を用いてグループごとの指標種を抽出した。

4. 研究成果

調査範囲において確認された樹木は 88 種であり、クロマツの出現頻度が最も高かった(表 1).

表 1. 森林パッチに出現した樹種の組成. 表中の数字は確認された森林パッチ数を表す (Tomita and Kanno 2019).

| Species name | Life form | Pinus plantation (n = 119) | | | Other forests (n = 83) | | |
|--------------|-----------|----------------------------|----|----|------------------------|----|----|
| | | CL | US | SD | CL | US | SD |
| ケヤキ | DCTR | 2 | 2 | | 32 | 2 | 1 |
| クロマツ | EVTR | 113 | 27 | 73 | 23 | 3 | 3 |
| シロダモ | EVTR | 15 | 42 | 5 | 21 | 34 | 7 |
| エノキ | DCTR | 2 | 9 | 1 | 11 | 14 | 8 |
| ハンノキ | DCTR | 3 | 1 | | 7 | 1 | |
| カスミザクラ | DCTR | 32 | 62 | 19 | 4 | 2 | 1 |
| コナラ | DCTR | 17 | 60 | 17 | 4 | 3 | |
| アカマツ | EVTR | 34 | 8 | 16 | 3 | | |
| ハリエンジュ | DCTR | 5 | 34 | | 2 | 2 | 1 |
| アオナラガシワ | DCTR | 2 | 9 | | 2 | 2 | 1 |
| オオシマザクラ | DCTR | 1 | 1 | | 2 | 1 | |
| イヌシデ | DCTR | 6 | 5 | 1 | 1 | 1 | |
| シロヤナギ | DCTR | 1 | 1 | | 1 | | |
| ヤマザクラ | DCTR | | 4 | 1 | 7 | 2 | |
| スギ | EVTR | | | | 6 | 1 | |
| イチョウ | DCTR | | | | 6 | | |
| イチイ | EVTR | | | | 3 | | |
| アカガシ | EVTR | | 1 | | 2 | 1 | |
| カヤ | EVTR | | | | 1 | | |
| ダイオウシヨウ | EVTR | | | | 1 | | |
| アキニレ | DCTR | | | | 1 | | |
| エンジュ | DCTR | | | | 1 | | |
| シナノキ | DCTR | | | | 1 | | |
| シラカシ | EVTR | | 1 | | 1 | 1 | |
| ウワミズザクラ | DCTR | 1 | 59 | 5 | | | |
| ヤマナラシ | DCTR | 1 | 2 | | | | |
| ミズナラ | DCTR | 1 | | 1 | | | |
| ヤブツバキ | EVTR | | 2 | | | 14 | |
| エゾエノキ | DCTR | | 6 | | | 9 | 3 |
| シュロ | EVTR | | 6 | | | 9 | 1 |
| オニグルミ | DCTR | | 7 | 3 | | 5 | 1 |
| アカメガシワ | DCTR | | 18 | 1 | | 4 | |
| ネムノキ | DCTR | | 9 | 2 | | 2 | |
| コブシ | DCTR | | 1 | | | 1 | |
| ユズリハ | EVTR | | | | | 1 | |
| キリ | DCTR | | | | | 1 | |
| マルバアオダモ | DCTR | | 9 | | | | |

CL: 林冠層, US: 下層, SD: 津波後に定着した実生.

DCTR: 落葉樹, EVTR: 常緑樹, DCST: 落葉亜高木, EVST: 常緑亜高木, DCSH: 落葉低木, SEVSH: 半常緑低木, EVSH: 常緑低木, EVLN: 常緑つる性木本.

表 1. つづき.

| Species name | Life form | Pinus plantation (n = 119) | | | Other forests (n = 83) | | |
|--------------|-----------|----------------------------|----|----|------------------------|----|----|
| | | CL | US | SD | CL | US | SD |
| クヌギ | DCTR | | 8 | | | | |
| アカシデ | DCTR | | 7 | | | | |
| イヌザクラ | DCTR | | 5 | | | | |
| クリ | DCTR | | 5 | | | | |
| イタヤカエデ | DCTR | | 2 | | | | |
| タブノキ | EVTR | | 1 | | | | |
| オノエヤナギ | DCTR | | 1 | | | | |
| ハリギリ | DCTR | | 1 | | | | |
| キハダ | DCTR | | | 2 | | | |
| イヌツゲ | EVST | | 28 | | | 3 | |
| ネズミモチ | EVST | | 21 | | | 3 | |
| ヤマウルシ | DCST | | 32 | 5 | | 1 | |
| ズミ | DCST | | 26 | | | 1 | |
| ヌルデ | DCST | | 13 | 1 | | 1 | |
| マユミ | DCST | | 1 | | | 1 | |
| サザンカ | EVST | | | | | 1 | |
| ヒサカキ | EVST | | | | | 1 | |
| コマユミ | DCST | | 29 | | | | |
| バッコヤナギ | DCST | | 3 | | | | |
| トウネズミモチ | EVST | | 2 | | | | |
| ヒイラギ | EVST | | 2 | | | | |
| ヤブコウジ | EVST | | 1 | | | | |
| ネジキ | DCST | | 1 | | | | |
| ウリハダカエデ | DCST | | 1 | | | | |
| イロハモミジ | DCST | | 1 | | | | |
| ヤマグワ | DCSH | | 52 | 4 | 1 | 21 | |
| マサキ | EVSH | | 6 | | | 10 | |
| タラノキ | DCSH | | 33 | 4 | | 8 | |
| マルバシャリンバイ | EVSH | | 4 | | | 5 | |
| カマツカ | DCSH | | 40 | | | 3 | |
| ウメドク | DCSH | | 42 | 2 | | 2 | |
| ムラサキシキブ | DCSH | | 39 | | | 2 | |
| オオバイボタ | SEVSH | | 13 | | | 2 | |
| ヤツデ | EVSH | | 5 | | | 2 | |
| ニワトコ | DCSH | | 5 | | | 2 | |
| ナツハゼ | DCSH | | 21 | | | 1 | |
| イボタノキ | DCSH | | 9 | | | 1 | |

CL: 林冠層, US: 下層, SD: 津波後に定着した実生.

DCTR: 落葉樹, EVTR: 常緑樹, DCST: 落葉亜高木, EVST: 常緑亜高木, DCSH: 落葉低木, SEVSH: 半常緑低木, EVSH: 常緑低木, EVLN: 常緑つる性木本.

表 1. つづき.

| Species name | Life form | Pinus plantation (n = 119) | | | Other forests (n = 83) | | |
|--------------|-----------|----------------------------|----|----|------------------------|----|----|
| | | CL | US | SD | CL | US | SD |
| サンショウ | DCSH | | 8 | | | 1 | |
| ヒメコウゾ | DCSH | | 7 | | | 1 | |
| クサギ | DCSH | | 2 | | | 1 | |
| アオキ | EVSH | | | | | 4 | |
| ガマズミ | DCSH | | 34 | | | | |
| ミヤマガマズミ | DCSH | | 7 | | | | |
| ドクウツギ | DCSH | | 4 | 1 | | | |
| ヤマウコギ | DCSH | | 4 | | | | |
| レンゲツツジ | DCSH | | 4 | | | | |
| ホツツジ | DCSH | | 2 | | | | |
| ヒイラギナンテン | EVSH | | 1 | | | | |
| チャノキ | EVSH | | 1 | | | | |
| アキグミ | DCSH | | 1 | | | | |
| スイカズラ | EVLN | | 1 | | | | |

Number of species : 88

CL: 林冠層, US: 下層, SD: 津波後に定着した実生.

DCTR: 落葉樹, EVTR: 常緑樹, DCST: 落葉亜高木, EVST: 常緑亜高木, DCSH: 落葉低木, SEVSH: 半常緑低木, EVSH: 常緑低木, EVLN: 常緑つる性木本.

海岸林に由来する森林パッチではクロマツとアカマツの出現頻度が高い一方、カスミザクラやウワミズザクラ、コナラも多く確認された。また、その他の森林に由来する森林パッチでは、シロダモやエノキ、ケヤキの出現頻度が高かった。ただし、シロダモはいずれに由来する森林パッチでも多く出現した。

Jaccard 類似度指数行列を用いた NMDS による座標空間への投影と、群平均法による階層的クラスタリングを用いた樹木群集の分類の結果、仙台平野の津波浸水域に残存した森林パッチの樹木群集は 3 つのタイプに区分された (図 2)。さらに、INSPAN を用いた解析の結果、タイプ 1 はクロマツやカスミザクラ、コナラなどが、タイプ 2 はケヤキが、タイプ 3 はシロダモが、それぞれ指標種として抽出された。NMDS の座標空間上ではタイプ 1 とタイプ 3 の一部が重なったが、タイプ 2 は他と離れて配置された (図 2)。

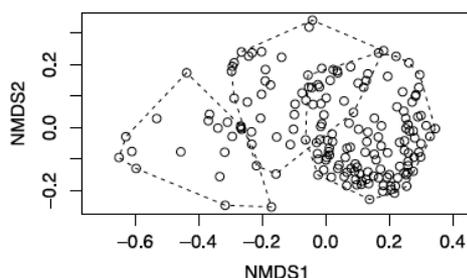


図 2. Jaccard 類似度指数行列を用いた NMDS と、階層的クラスタリングによる樹木群集の序列化の結果. 点線は森林パッチのタイプを表し、左から順に、タイプ 2, タイプ 3, タイプ 1 をそれぞれ表す (Tomita and Kanno 2019).

タイプ 1 を構成する森林パッチの 87.3%と、タイプ 3 を構成する森林パッチの 32.6%が、それぞれ海岸林に由来した一方、タイプ 2 には海岸林に由来するパッチは含まれなかった。タイプ 3 は古くからの農家の屋敷林や二次林からなるパッチも含まれ、タイプ 1 との共通種が多く出現した。また、タイプ 3 は公園や社寺に植栽された樹木からなるパッチが多かった。

仙台平野の津波浸水域における樹木群集は、海岸林とその他の森林に由来するものの、タイプ 3 とタイプ 1 に区分された森林では、津波による攪乱が生じる以前から、種子散布などによる樹木の移動・分散によって、両者に共通して出現する樹種が存在していたことが示唆された。また、津波による攪乱後に定着した実生が最も多く出現したのはタイプ 1 の森林パッチであった (0.005 種/m²)。また、調査範囲外から加入した種が確認されたことから、津波による攪乱

前および攪乱後に森林パッチ間の樹木の移動・分散が景観スケールで生じていることが示された。

今回の研究の結果、仙台市の津波浸水域に残存した森林パッチを構成する樹木群集の種組成を明らかにすることができたのみならず、その群集構造の解析と、津波による攪乱後に定着した実生の調査から、津波による攪乱前と攪乱後に種子散布などによる樹木の移動・分散が景観スケールで生じていることが示された。仙台市の津波浸水域に現存する樹種の組成表や、残存した森林パッチ間での樹木の移動・分散の事実は、樹木の種多様性に配慮した仙台市域における森林再生にとって有効な基礎資料になると考える。一方、津波による攪乱後の定着実生についての十分なサンプル数が得られなかったことから、景観スケールでの森林パッチ間の樹木の移動・分散経路の推定は困難であった。今後の課題としたい。

〈引用文献〉

- ①Tomita M, Kanno H (2019) Regional landscape-scale comparison of species composition and recruitment in remnant tree patches 3 years after the 2011 Great East Japan Earthquake and tsunami. *Landsc Ecol Eng* 15: 185–197. doi: 10.1007/s11355-018-0364-z

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 1 件)

- ①Tomita M, Kanno H (2019) Regional landscape-scale comparison of species composition and recruitment in remnant tree patches 3 years after the 2011 Great East Japan Earthquake and tsunami. *Landsc Ecol Eng* 15: 185–197. doi: 10.1007/s11355-018-0364-z

〔学会発表〕 (計 5 件)

- ①M. Tomita, H. Kanno, Y. Hirabuki and K. Hara, Tree-species composition and seedling recruitment in remnant forests in a tsunami-inundated area of Sendai, Japan, The 18th International Symposium on Landscape diversity and Biodiversity, 2019
②富田瑞樹・菅野洋・平吹喜彦・原慶太郎, 津波浸水域の残存林における樹木群集の組成, 第 65 回日本生態学会, 2018
③富田瑞樹, 海岸生態系のレジリエンス—津波と海岸植生—, ELR2017, 2017
④M. Tomita, H. Kanno, Y. Hirabuki and K. Hara, Species composition and spatial distribution of remnant forests in the 2011 tsunami-inundated area, Sendai Japan, EcoSummit2016, 2016
⑤富田瑞樹・菅野洋・平吹喜彦・原慶太郎, 大規模攪乱後に残存した樹木群集の組成と立地環境の関係, 第 64 回日本生態学会, 2017

〔図書〕 (計 4 件)

- ①東北学院大学, 荒蝦夷, 震災学 vol.10, 2017, 274 (71-84)
②日本生態学会東北地区会, 文一総合出版, 生態学が語る東日本大震災—自然界に何が起きたのか—, 2016, 200 (130-136)
③Jotaro Urabe, Tohru Nakashizuka, Springer Japan, Ecological Impacts of Tsunamis on Coastal Ecosystems Lessons from the Great East Japan, 2016, 410 (383-394)
④Jotaro Urabe, Tohru Nakashizuka, Springer Japan, Ecological Impacts of Tsunamis on Coastal Ecosystems Lessons from the Great East Japan, 2016, 410 (253-269)

6. 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名：菅野洋

ローマ字氏名：KANNO, Hiroshi

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。