

令和元年5月24日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04733

研究課題名(和文) 津波攪乱域に新規に出現した稀少植物群の保全遺伝学的研究 地域固有性の解明と保全

研究課題名(英文) Conservation genetics of the rare plants emerging after the 2011 huge tsunami

研究代表者

牧 雅之 (MAKI, MASAYUKI)

東北大学・学術資源研究公開センター・教授

研究者番号：60263985

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,400,000円

研究成果の概要(和文)：2011年の東日本大震災によって起こった大津波により，地表面は大きく攪乱され，生物相も大きな影響を受けた．これにより，多数の植物集団の消失があったが，一方で新たに多数の集団の成立があり，その中には絶滅危惧種とされているものも含まれる．本研究では，そのような種の遺伝的多様性と遺伝的分化を解析し，集団の起源について考察を行った．

チャボイでは，津波後に成立した集団は，津波前から存続している集団と遺伝的に類似しているものと特異な遺伝的変異を持つものがみられた．前者はもともと存続していた集団から長距離散布によって成立した可能性がある．一方，後者は埋土種子由来と思われる．他の種についても解析を行った．

研究成果の学術的意義や社会的意義

津波のような大きな地表面の攪乱が起きたときに，植物の集団がどのように再生されるのかについての研究はこれまであまりなされてきていない．本研究の結果から，今回の大津波のような大規模攪乱の際に，もともと存続していた集団からの長距離散布と埋土種子からの再生の両方によって，植物集団が再生されているのかが明らかになった．本研究では，特に稀少な植物を対象に研究を行ったが，大規模攪乱によって，これまで生育が確認されていない場所に成立した集団が，ときに特異な遺伝的変異を持っていることが明らかとなったことは，攪乱後の稀少種における，生育域外保全における遺伝的変異の確保の点から重要な発見であるといえる．

研究成果の概要(英文)：The tsunami following the Great East Japan Earthquake in 2011 caused extensive damage and heavily disturbed ground surfaces in north-eastern Japan, severely affecting the biota of the area. Unexpectedly, many plant species established new populations in the tsunami inundation areas. The species newly emerging in the disturbed areas included several endangered species. In this study, we examined the genetic diversity and genetic differentiation among the populations of the rare plant species emerging newly after the 2011 tsunami.

In *Eleocharis parvula*, some populations emerging after the tsunami in Tohoku showed genetic similarity to those persisting before the tsunami while other populations emerging after tsunami showed genetic uniqueness. The former populations are considered to have originated from other persisting populations by long dispersal while the latter ones may have established from seed bank formed in the past. We also examined the genetic diversity in a few other species.

研究分野：多様性植物学

キーワード：在来種保全

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

2014年の維管束植物に関するレッドデータブックによると、我が国の4種に1種が絶滅を危惧されている。開発行為による生育地の破壊、過度の採取行為、生育地の管理放棄などが絶滅の要因として指摘されているが、本来の生態的特性から、個体数が限られている種も少なくない。

人間活動が活発になる以前には、大きな集団を形成し、個体数も十分だった、いわゆる“新稀少種 (new rare species)”については、人間活動が生物多様性保全に及ぼす影響に関する近年の関心から多数の研究が行われてきている。新稀少種の小集団化は、遺伝的多様性の急激な減少と近交弱勢の増大を招くと予想されており、集団遺伝学的観点からの研究も多い。一方、もともと集団数が限られる“天然稀少種 (naturally rare species)”については、サンプリングが困難な場合も多く、新稀少種よりも研究が進んでいないのが現状である。一般に、このような天然稀少種においては、元々の遺伝的多様性があまり高くはない可能性が高く、また集団間で強い隔離が働いていると考えられるため、地域集団間での遺伝的分化が大きいと予想される。しかしながら、我が国の天然稀少植物種に関しては、集団間の遺伝的分化や集団内の遺伝的多様性に関する研究は極めて限られている。

2011年の東日本大震災では、東北地方沿岸部に大津波が襲来し、非常に広い面積に渡って浸水と土壌攪乱が起きた。その結果、甚大な人的被害だけでなく、地域生物相も大打撃を受けた。一方、津波によって地表面が攪乱された結果、新たな環境が創出され、全国的にみて稀少とされる絶滅危惧植物種の集団が新たに成立した場合もある。これらの種には、埋土種子戦略をとるものも含まれる。埋土種子集団の遺伝的変異を知ることは極めて困難であるが、大規模攪乱によって地上に出現した多数個体を用いれば可能である。本研究課題で対象とする攪乱依存の天然稀少種にはゲリラ的出現をするものが多く、材料の入手困難さから、その集団遺伝学的研究は我が国ではこれまであまり行われてきていない。そのため、遺伝的多様性の保全方策についての検討もほとんどなされていない。

また、これらの種は、永続的には維持されない、一時的な環境に依存して生育する天然稀少種であると考えられ、大部分の集団はいずれ遷移の進行に伴って消失していくものと予想される。したがって、今回の津波によって出現した個体群の遺伝的多様性の保全はきわめて稀な機会であるが、その機会を活かすには限られた時間しか残されていない。つまり、現在の状況は、通常あり得ない大規模な集団から種子を得ることができる極めてまれな機会である。

### 2. 研究の目的

本研究では、特に以下の点について研究を行った。

#### I. 新規成立集団の由来：埋土種子からか既存集団からか？

2011年の津波攪乱後に稀少植物種の集団が新たに成立した理由としては、1) 長期休眠していた埋土種子由来の可能性、2) 近隣集団の種子が供給された可能性、3) 鳥類などによる長距離散布の可能性、などが挙げられる。1) の場合であれば、津波前から存在する近隣集団とは時間的に隔離されているので遺伝的な際が生じており、また新たに生じた集団間にも(埋土種子が生産された時期に応じて)遺伝的差異を検出できる可能性がある。2) の場合には、新たに成立した集団と既存の近隣集団には遺伝的分化が見られないと予想される。3) の場合には、遠隔地の現生集団との類縁性が示唆される可能性が高い。これらの検証のために、遺伝子マーカーを用いた系統地理学的解析を行う。

#### II. 他地域集団との遺伝的分化：地域固有性の評価

天然稀少種はもともとの遺伝的多様性が低いと予想される一方で、集団が不連続に存在しているために、集団間では強い隔離が生じている可能性がある。その結果として、各地域に固有な遺伝的変異が保持されている可能性が高い。そこで、東北地方の津波攪乱域に加えて国内から広く集団サンプリングを行い津波攪乱後に新たに生じた集団と他地域間の遺伝的分化を解析することで、この地域の集団における遺伝的多様性の地域固有性を評価する。また、津波攪乱後に成立した集団の消滅による各植物種の遺伝的多様性の喪失度を推定することによって、同様の大規模攪乱によって一時的な集団が出現した際の、遺伝的多様性の維持にむけた効果的の思案を考案する。

### 3. 研究の方法

#### (1) 文献調査・標本調査・聞き取りによる情報収集とサンプリング

2012年～2015年の現地調査により、福島県北部から岩手県南部にかけての津波攪乱域における対象種の個体群情報は把握済みであり、大部分の集団からはすでにサンプリングを行っている。そこで、各地域の博物館や有識者からも聞き取り調査も行い、対象種個体群の情報を収集した。

また、津波攪乱域の近傍においてももともと存続していた集団の情報を収集するために、地域植物誌による文献調査と国内の主要な標本庫における標本調査を行った。これらの情報をもとに、比較対象のための既存集団の現地調査とサンプリングを行った。

#### (2) 分子集団遺伝学的解析

葉緑体 DNA の塩基配列変異、および核単純反復配列 (SSR) 領域の繰り返し数変異を用いて、個体の遺伝子型を決定し、それをもとに集団の遺伝的構成を推定した。材料としては、カヤツリグサ科ハリイ属のチャボイとベンケイソウ科アズマツメクサ属のアズマツメクサを対象とした。これらの2種は、津波以前にはほとんど東北地方の沿岸部に知られていなかったが、津波後に多数の集団が発見された典型的な種である。いずれも絶滅危惧種として認識されている。

上記で得られた集団の遺伝構造データから、ベイズ法による集団構造の解析の推定、遺伝的多様性パラメータの推定、集団の遺伝的距離に基づく主座標解析などを行った。

### 4. 研究成果

解析にあたりチャボイは GenClone2.0 により集団内のクローン個体の排除を行った。これにより実際に解析に用いたサンプルは 24 集団 338 個体となった。各集団におけるジェネット数は集団ごとにばらつきがあった。この理由として考えられるのは集団形成過程の違いである。岩手県陸前高田集団のようにラメット数は多いがジェネット数が少ない集団は、津波による攪乱後に少数の種子あるいは地下茎から成立し、その後栄養繁殖により集団を拡大していったことを示唆している。また、攪乱依存種は安定した環境下では種子繁殖より栄養繁殖に偏ることが知られており、津波攪乱を受けていない地域でジェネット数が多い集団はこれによるものと予想される。一方、宮城県宮戸島小桂集団のように集団内に同一ジェネットが存在していなかった集団は多数の種子や地下茎から集団が成立したと考えられる。核マイクロサテライト遺伝子座を用いた集団構造解析の結果、今回解析した集団は5つのクラスターに分かれた。宮城県宮戸島苔ヶ浦と宮城県宮戸島小桂、宮戸島よりやや南部に位置する宮城県藤曾根の3集団は限られた範囲に位置するが、この地域に特異的に高頻度で見られるクラスターが存在した。この地域はいずれも津波による大規模攪乱を経験した地域であり、地上部の植生は破壊されている。しかし新たに成立した集団がこの地域にのみ高頻度で見られる固有クラスターで構成されていることから、これらの集団は津波による攪乱後、埋土種子から形成された集団であると考えられる。また、津波攪乱域を含めた東日本集団と西日本集団間でもわずかにクラスターの混合が見られたため、鳥による種子の長距離散布が起こっている可能性がある。8 個体以上のジェネットが確認された集団については、遺伝的多様性を算出した。津波攪乱の有無で2グループに分け、permutation test により有意差を求めた結果、津波攪乱域の集団のヘテロ接合度の期待値が優位に高いことが明らかになった。攪乱依存戦略をとる植物は攪乱時に埋土種子が発芽し、結果として集団の遺伝的多様性が増加することが知られており、本研究の結果も同様のパターンを示していると考えられる。

アズマツメクサは核マイクロサテライト遺伝子座の解析により、自殖で集団を維持していることが示唆された。主座標分析では北海道、本州、熊本県の3グループに明確に分かれた。ベイズ法による集団遺伝構造解析では北海道、熊本、宮城県内沼・福島県新地町・静岡県静岡市、宮城県牛橋・新潟県巻町の4つのクラスターに分かれた。津波攪乱域に出現した宮城県牛橋集団と福島県新地町集団は地理的には比較的近くに位置しているが異なるクラスターに分けられた。また本州の他の集団内での地理構造は認められなかった。このことから津波攪乱域の2集団は異なる起源を持ち、また、集団間の遺伝子流動も起こっていないと推察される。

両種とも津波後に新規に集団を成立させている植物だが集団の遺伝的構成は大きく異なり、攪乱後の集団の成立・維持にはそれぞれ異なる要因が働いていることが示唆された。このことから、大規模攪乱地に生じた稀少種の集団から生育域外保全を行う場合には、そ

それぞれの種や集団の遺伝的特性を十分に考慮する必要があると考えられる。

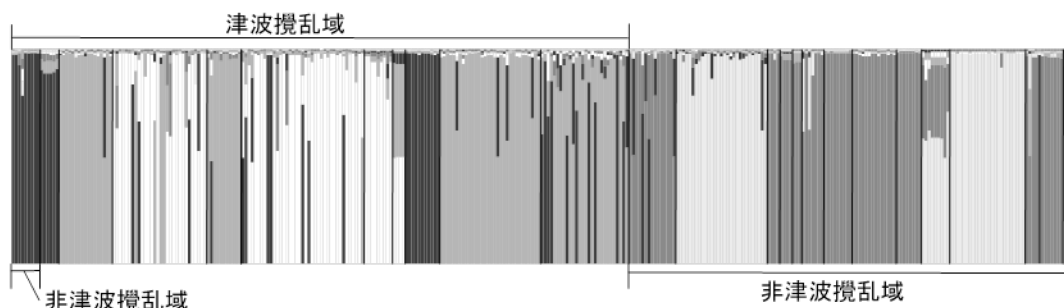


図1 チャボイの核マイクロサテライト遺伝子座に基づいた集団構造の推定 (K=5)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

1. Fujii, S., Yamashiro, T., Horie, S. and Maki, M. 2019. *Crassula peduncularis* and *C. saginoides* (Crassulaceae), newly naturalized plants in Japan, and their genetic differences from *C. aquatica*. *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica* **70**: in press. (査読あり)
2. Ogishima, M., Horie, S., Kimura, M., Yamashiro, T., Dohzono, I., Kawaguchi, L., Nagano, A. J. and Maki, M. 2019. Frequent chloroplast capture among *Isodon* (Lamiaceae) species in Japan revealed by phylogenies based on variation in chloroplast and nuclear DNA. *Plant Species Biology* **33**: in press. (査読あり)
3. Fukatsu, M., Horie, S., Maki, M. and Dohzono I. 2019. Hybridization and possible reproductive inference between native *Oxalis corniculata* and alien *O. dillenii* in Japan. *Plant Systematics and Evolution* **305**: 127-137. doi.org/10.1007/s00606-018-1557-5. (査読あり)
4. 藤井 伸二・赤井 賢成・牧 雅之. 2018. コウガイセキショウモを沖縄本島に記録する. 水草研究会誌 107: 41-42. (査読なし)
5. 藤井 伸二・牧 雅之. 2018. 沖縄県で観察されたオオカナダモの殖芽様シュートの形成. 水草研究会誌 107: 39-40. (査読なし)
6. Kimura, T., Yamazaki, S., Uno, K., Yamada, T. and Maki, M. 2017. Isolation and characterization of microsatellite loci in the endangered perennial *Eleocharis pulvula* (Cyperaceae), emerging in the 2011 tsunami inundation areas. *Plant Species Biology* **32**: 169-172. doi.org/10.1111/1442-1984.12135. (査読あり)

〔学会発表〕(計4件)

1. 白石 大晴・堀江 佐知子・藤井 伸二・牧 雅之. 2018. 朝鮮半島と日本列島におけるダイモンジソウ(広義)の分子系統地理学的解析. 日本植物学会第82回大会.
2. 藤井 俊夫・牧 雅之・藤井 伸二. 2018. 中国・四国地方における絶滅危惧植物チャボイの分布と現状. 日本植物分類学会第17回大会.
3. 中澤 大輔・木村 拓真・藤井 伸二・牧 雅之. 2018. 津波攪乱域に新規に成立したチャボイとアズマツメクサの集団の起源と遺伝的多様性. 日本植物分類学会第17回大会.
4. 中澤 大輔・藤井 伸二・藤井 俊夫・牧 雅之. 2017. 東日本大震災の津波攪乱域に新規に術現したチャボイの地域固有性の解明. 日本植物分類学会第16回大会.

〔図書〕(計0件)

〔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)研究分担者

研究分担者氏名：藤井 伸二  
ローマ字氏名：Shinji FUJII  
所属研究機関名：人間環境大学  
部局名：人間環境学部  
職名：准教授  
研究者番号（8桁）：40228945

研究分担者氏名：山城 考  
ローマ字氏名：Tadashi YAMASHIRO  
所属研究機関名：徳島大学  
部局名：大学院社会産業理工学研究部（生物資源産業学域）  
職名：准教授  
研究者番号（8桁）：50380126

研究分担者氏名：藤井 俊夫  
ローマ字氏名：Toshio FUJII  
所属研究機関名：兵庫県立人と自然の博物館  
部局名：その他部局等  
職名：研究員（以降）  
研究者番号（8桁）：80301810

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：  
ローマ字氏名：

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。