

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月18日現在

機関番号：13101
研究種目：基盤研究(C)
研究期間：2009～2011
課題番号：21580177
研究課題名（和文） 新潟市の海岸クロマツ林における遷移進行の要因解析

研究課題名（英文） Factor analysis of succession in a coastal *Pinus thunbergii* forest in the city of Niigata

研究代表者
中田 誠 (NAKATA MAKOTO)
新潟大学・自然科学系・教授
研究者番号：80217744

研究成果の概要（和文）：

海岸クロマツ林の森林遷移には管理や利用の減少のほか、林内が藪の状態になっていることによる土壌の低温緩和が常緑広葉樹の成育に有利に働いていると考えられた。落葉広葉樹や低木類の除伐が常緑広葉樹の成長に及ぼす影響は樹種によって異なり、そのことが冬季の冠雪害の受け方にも関わっていると考えられた。鳥類による種子散布は海岸林の遷移進行の原動力になっている一方で、植生遷移による林分構造の変化は、海岸林を訪れる鳥類相や個体数にも影響を及ぼしていた。3～5月の平均気温が多くの鳥類の春季渡来時期に影響を及ぼしていた。

研究成果の概要（英文）：

The progress of succession in a coastal *Pinus thunbergii* forest was caused by the reduction of management and use by human. Furthermore, bush conditions in the forest may give advantages to the growth of evergreen broadleaved trees because of the modification of low temperature in the soils. The effect of improvement cutting of deciduous broadleaved trees and shrubs on the growth of evergreen broadleaved trees was different among the tree species. This may relate with the type of canopy snow damages of evergreen broadleaved trees in winter. Seed dispersal by birds was the driving force of succession in the coastal forest. On the other hand, changes in the forest structure by plant succession influenced on both the species composition and number of individuals of birds visiting the coastal forest. Arrival dates of many bird species at the coastal forest in spring were correlated with the mean temperature between March and May.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	400,000	120,000	520,000
2011年度	400,000	120,000	520,000
総計	2,300,000	690,000	2,990,000

研究分野：森林生態学

科研費の分科・細目：森林学、森林科学

キーワード：海岸クロマツ林、植生遷移、常緑広葉樹、林分構造、鳥類、種子散布、糞分析、渡来時期

1. 研究開始当初の背景

新潟県の海岸部では防風や飛砂防備のためにクロマツ林が広範囲に造成されているが、このクロマツ林には近年の管理の遅れからさまざまな広葉樹が自然侵入している。一方、新潟市中心部の海岸沿いには「西海岸公園」と呼ばれる広さ 54ha の総合公園があり、政令指定都市となった新潟市民のレクリエーションの拠点になっている。この西海岸公園には、飛砂防備の目的でクロマツ林が大規模に造成されており、サクラ類、エノキ、ヤマグワなどの落葉広葉樹と、タブノキ、モチノキ、シロダモなどの新潟県の海岸部の代表的な常緑広葉樹に加え、近年は元々新潟県に分布していなかったトベラ、カクレミノ、ユズリハ、モッコクなどの暖温帯の海岸付近に生育する多種類の常緑広葉樹が侵入・成育するようになってきた。これらの常緑広葉樹は、公園内の植栽木や付近の民家の庭木として植栽されていたものから、野鳥によって種子が散布されたものと考えられる。いずれも樹齢 30 年未満であるため、過去 30 年程度の間この海岸林は、クロマツ単純林から常緑広葉樹を主とした針広混交林へと急速に林分構造を変化させてきたと考えられる。

西海岸公園内には「野鳥の森」と呼ばれ、鳥類の標識調査が行われている区画が 2 カ所にある。また、ここでは暖温帯性の常緑広葉樹を主とした遷移の進んだ林分があり、その周辺のクロマツ林へ野鳥によって散布される種子の供給源にもなっていると考えられる。この野鳥の森における標識調査は 1987 年以降、20 年余りに渡って続けられているが、その捕獲記録の解析はほとんど行われていない。前述のように、西海岸公園の海岸クロマツ林は、過去 30 年程度の間林分構造が急速に変化しており、樹木の種子散布者としての鳥類群集と森林遷移との関係は興味深い。

一方、新潟地方気象台での気象観測データから新潟市の年平均気温の推移を見ると、過去 30 年間で約 1°C の上昇が認められる。近年の新潟市周辺の海岸クロマツ林における常緑広葉樹を主とした急速な遷移進行には、人間がクロマツ林の積極的な利用 (= 管理) をしなくなったことや土壌の発達に加えて、都市化や地球温暖化の影響がさらなる促進要因として働いている可能性がある。このような気候変動の影響は、日本においては今後 100 年間で年平均気温が 2~4°C 上昇すると予測されている (環境省、2008)。これまで新潟市は、暖温帯から冷温帯へ移行する境界付近の地理的位置にあるとされてきたが、そのような場所だからこそ、温暖化が森林の樹種構成や成長に対してどのように影響を及ぼすのかを研究できる好適な材料であると考えられる。

2. 研究の目的

これまでの調査によって、新潟市周辺の海岸林における樹種組成と林分構造が明らかにされてきた (山口・中田、2008)。そこで本研究では、クロマツ林から多様な常緑広葉樹を含む混交林へと急速に遷移が進行した新潟市の海岸林において、林分構造の変化とそれに関わる環境要因を明らかにするとともに、種子散布者としての鳥類の役割と植物群落との相互関係や、気象条件との関係を明らかにすることを目的とする。

海岸クロマツ林へ侵入した広葉樹は、クロマツ林の維持にとってマイナスの要因となる。しかし、飛砂や塩害の影響を強く受ける汀線に面した場所を除けば、新潟市周辺でのマツノザイセンチュウによるクロマツ枯損が拡大している状況下において、防災機能だけでなく、保健休養機能も備えた多様性の高い都市近郊林を造成することは重要である。また、今後数十年から 100 年程度の間気候条件が大きく変化すると予想されているが、気候変動の影響を甘んじて受けるのではなく、将来の温暖化影響を視野に入れた、新しい環境に適した樹種を活用することにより、温暖化による経済的な損失を最小限に抑えることができると考えられる。

3. 研究の方法

(1) 海岸クロマツ林における林分構造の変化と環境要因

① 常緑広葉樹の成長経過

調査地は新潟市中央区にある西海岸公園のクロマツ林である。本調査地には 20 種類以上の常緑広葉樹が侵入・成育している。これらのうちから主要な常緑広葉樹の直径と樹高の成長過程を明らかにするために樹幹解析を行った。落葉広葉樹や低木類を対象とした森林整備 (除伐) 後 4~5 年を経過した林分と、森林整備を行っていない林分から、現在の樹高が 5~8m 程度の個体を樹種ごとに 5~8 個体伐採し、1m ごとに円板を採取し、年輪解析を行った。

② 10 年間で林分構造と植生の変化

西海岸公園内には西暦 2000 年と 2001 年に設定した 10m×10m のプロットが 3 カ所にある。そのうち、人為的な影響を受けていない 2 カ所において、ちょうど 10 年後にあたる 2010 年と 2011 年に毎木調査と植生調査を再び行った。

③ 土壌温度の測定

気候温暖化の植物に対する影響は、冬季の気温上昇や積雪量の減少によって、より大きく現れると考えられる。そのため暖温帯性の植物にとって、気温とともに根系の分布する

土壌温度も、その地域に定着して成長するための重要な制限要因になると考えられる。そこで、西海岸公園内で管理や利用が長期間に渡って行われてこなかったため、林内が藪の状態になっている場所（「非除伐区」とする）と、クロマツのほかにはタブノキ、モチノキ、シロダモなどの高木性の常緑広葉樹を優先的に残し、他の樹木や低木を除伐したのち、定期的の下刈りを実施している区画（「除伐・下刈り区」とする）において、植物の根系の多くが分布する土壌の深さ 10cm と、土壌母材（砂）からなる深さ 30cm に自記温度計（おんどとり Jr. TR-52S、ティアンドディ社製）を設置し、2008 年 2 月 20 日から 2008 年 12 月 23 日まで土壌温度の測定を行った。本研究では、このときに得られた温度データの解析を行った。

④ 常緑広葉樹の冠雪害調査

2010 年 2 月初旬に新潟市内で約 80cm の積雪を記録し、西海岸公園の海岸クロマツ林において多数の常緑広葉樹に冠雪害（幹折れ、幹曲がり、枝折れ）が発生した。樹種ごとの冠雪害の受け方の違いと林分構造（樹木のサイズと密度、樹齢）との関係を解析し、気象害に対して抵抗性の高い海岸林造成のための資料とする。

(2) 鳥類の食性調査と標識調査記録の解析

① 鳥類による秋季の果実利用

野鳥の森における鳥類標識調査用の捕獲個体から糞を採取し、その中に含まれる種子を同定することにより、鳥類の食性と植物（樹木）の種子散布について解析した。糞採取は、最も多くの果実が存在する秋季を中心に行った。調査期間は、2009 年 9 月 21 日から 11 月 20 日のうち 35 日間、および 2010 年 8 月 5 日から 11 月 13 日のうち 22 日間である。いずれの期間も、調査は日の出直後から日没直前まで、原則として 1 時間間隔で捕獲された鳥類を回収し、布製の袋（20cm×30cm）に 30 分間収容し、その中に残された糞を採取した。

② 鳥類捕獲数の経年変化と森林遷移との関係

1991 年から 2005 年の 15 年間で、春季（3 月 28 日～6 月 11 日）と秋季（8 月 25 日～11 月 16 日）の別に、解析期間中に捕獲数（新放鳥数）5 羽以上の年が 3 年以上ある鳥種を対象に、各鳥種の総捕獲数（新放鳥数）を年度別に実働日数で割った値と西暦との間で Spearman の順位相関係数を算出した。この順位相関係数の値を目的変数とし、鳥種それぞれの生態的特性を説明変数として、数量化 I 類によって両者の関係を春季、秋季の別に解析した。その際に、鳥種ごとの生態的特性の

アイテムとして、移動特性、生息場所、採食位置、食性の 4 項目を選び、各項目をさらに 3 ないし 4 つのカテゴリーに区分した。鳥種ごとの移動特性は、(a)留鳥・漂鳥、(b)短距離性渡り鳥（日本国内を移動）、長距離性渡り鳥（日本国外まで移動）、(c)夏鳥、(d)冬鳥の 4 カテゴリーに区分した。鳥種ごとの主要な生息場所は、(a)人家周辺・農耕地、(b)疎林・林縁・低木群落、(c)樹林の 3 カテゴリーに区分した。鳥種ごとの主要な採食位置は、(a)地上、(b)藪（草むら、藪・地上を含む）、(c)地上・樹上、(d)樹上の 4 カテゴリーに区分した。鳥類の食性は、繁殖期以外に主要な餌としているものにより、(a)植物食（種子・果実）、(b)雑食（昆虫・果実）、(c)動物食（昆虫・ミミズ）の 3 カテゴリーに区分した。

③ 鳥類の春季渡来時期の経年変化と気温との関係

野鳥の森で 1989 年から 2008 年の 20 年間に実施された春季の標識調査から、毎年調査が行われた 3 月 28 日から 6 月 11 日のデータを用いて鳥種ごとの春季渡来時期の解析を行った。その際に、捕獲数 10 羽以上の年が 5 年以上あった鳥種を対象とし、そのうち捕獲数 10 羽未満の年は解析から除外した。そして、捕獲された日とその個体が新潟海岸林に到着した日とみなし、各鳥種の到着日の中央値（以下、中央到着日とする）を算出した。この中央到着日の定義は、各年の 3 月 28 日から 6 月 11 日の期間の各鳥種の総捕獲個体数（再捕獲個体を除く）に対して、積算値で 50%目の個体が捕獲された日である。

気象に関するデータは、気象庁の気象統計情報からオンラインで入手した。本調査地では、解析対象としたほとんどの鳥種の中央到着日が 4 月または 5 月であったため、春季の温度環境の指標として、新潟市の 3 月から 5 月の 3 カ月間の平均気温を用いた。

4. 研究成果

(1) 海岸クロマツ林における林分構造の変化と環境要因

① 常緑広葉樹の成長経過

新潟市の西海岸公園の海岸クロマツ林では、これまでの調査で 25 種類の常緑広葉樹の成育が確認され、そのうちの 18 種類が本来は新潟県に天然分布していない暖地性の樹種であった。これらの常緑広葉樹は樹齢 30 年未満の若い個体が大部分であり、タブノキやモチノキなどの高木性樹種では、より早く侵入したサクラ類などの落葉広葉樹と同等の樹高にまで順調に成長し、クロマツと常緑広葉樹からなる複層林に遷移している場所が随所に見られた。

森林整備（除伐）後 4～5 年を経過した林

分と、森林整備を行っていない林分では、タブノキ、モチノキとも、樹高成長に対して森林整備の影響は認められなかった。直径成長では、モチノキはいずれも1~2.5mm/年と森林整備の影響は認められなかったが、タブノキは森林整備を行った林分で3~6mm/年の個体が多く、整備を行っていない林分の1~3mm/年に比べて直径成長が明らかに増大していた。このことから、森林整備はタブノキの形状比を小さくし、がっしりとした樹形形成に効果のあることがわかった。

② 10年間での林分構造と植生の変化

10年前に調査を行ったのと同じプロットで再び調査を行ったところ、植生遷移の進行により亜高木層や低木層に常緑広葉樹が優占し、それによる被陰で林床の草本植物が極端に少なくなっていた(植被率1%程度)。また、亜高木層にタブノキなどの常緑広葉樹が優占している林分では、林床の低木類(アオキなど)が被陰によって枯れ上がりが進み、林内空間の開けた林分へと遷移が進行している実態が明らかになった。また、そのような場所では、10年前に多く見られたエノキなどの落葉広葉樹の稚樹がほとんど認められなくなっていた。

③ 土壌温度

冬季(2008年2月下旬)の土壌温度は、深さ10cmが2~3°C、深さ30cmが3~4°Cで、深さ10cmの方が約1°C低かった。また、深さ10cmでは、「非除伐区」の方が「除伐・下刈り区」よりも0.2~0.7°C高かった。また、深さ30cmでも「非除伐区」の方が「除伐・下刈り区」よりも0.6~0.7°Cほど高く、その差はほぼ一定だった。

春季(2008年4月中~下旬)は土壌温度が約9°Cから12°Cへと急上昇しており、深さ10cmの方が深さ30cmよりも土壌温度が1°C前後高かった。また、同じ土壌深度では、「除伐・下刈り区」の方が「非除伐区」よりも0.1~0.7°Cほど温度が高かった。とくに、「除伐・下刈り区」の深さ10cmでは、土壌温度の日内変動が1~2°Cであり、「非除伐区」よりもかなり大きかった。

夏季(2008年8月上旬)の土壌温度は、深さ10cmが24°C前後、深さ30cmが23°C前後で、深さ10cmの方が高かった。また、深さ10cmでは、「非除伐区」と「除伐・下刈り区」の土壌温度がほぼ同じ値だったが、「除伐・下刈り区」の方がわずかに日内変動が大きかった。深さ30cmの土壌温度は、「除伐・下刈り区」の方が「非除伐区」よりも0.2~0.3°Cほど高く、その差はほぼ一定だった。

秋季(2008年11月中~下旬)の土壌温度は、11月中旬頃までは「非除伐区」と「除伐・下刈り区」の各土壌深度とも12~13°Cでほぼ

同じ値だった。しかし、11月下旬にかけて土壌温度が急低下した時は、深さ10cmが8°C前後、深さ30cmが10°C前後と、深さ10cmの方がより低い温度になっていた。また、土壌温度が低くなると、同じ土壌深度では「非除伐区」の方が「除伐・下刈り区」よりも0.1~1°Cほど土壌温度が高かった。

冬季の土壌温度は「非除伐区」が「除伐・下刈り区」よりも高かった。暖温帯性常緑広葉樹である柑橘類とチャノキでは、土壌温度が3~5°Cに低下すると土壌水分を吸収する機能に障害が生じる(酒井、1972)。本調査地のような海岸クロマツ林では、冬季に日本海からの北西季節風にさらされると、常緑広葉樹は蒸散が促進されて生理的乾燥や塩風害の影響を受けやすいと考えられる。本調査地の海岸クロマツ林では、除間伐や下刈りといった森林管理が不十分だったために林内が藪の状態になり、そのことで冬季の温度低下が緩和され、低温によって分布や成育が制限される常緑広葉樹に有利に働いたと考えられる。また、常緑広葉樹には落葉広葉樹に比べて耐陰性の高い樹種が多いことも一因になっていると考えられる。

④ 常緑広葉樹の冠雪害

新潟市では2010年2月初旬に26年ぶりに80cmを超える大雪があり、その際に海岸クロマツ林内で多数の常緑広葉樹に冠雪害が発生した。常緑広葉樹の冠雪害は、小径木では幹傾斜と幹曲がりの被害が多く発生し、比較的大きな直径階で幹折れが発生していた。このような被害を回避するには、除伐や間伐を行って幹の形状比を小さくすることが有効である。しかし、除伐後間もない状態で大雪が降ると、樹冠率の高い林分では幹の強度を超える積雪が樹冠に堆積し、幹折れが発生しやすくなっていた。亜高木層を構成していた樹木のうち、タブノキの方がモチノキよりも冠雪害の発生が少なかった。海岸林内の中~下層に多かったトベラとカクレミノでは、トベラの方が冠雪害の被害が多かった。トベラは林縁に生育する個体は樹高が低く、形状比が小さい。トベラは耐塩性が極めて高い樹種であるため、海岸林の効果を高める上で、林縁にあるものを積極的に残すことが有効である。

(2) 鳥類の食性と標識調査記録の解析

① 鳥類による秋季の果実利用

本調査では、37種1293個体の鳥類から糞を採取した。そのうち、糞中に外見上健全な形の種子が含まれていた鳥類は18種、354個体で、種子数の合計は964個だった。それに対して、糞中から外見上健全な形の種子をまったく得られなかった鳥類は19種だった。糞に含まれていた種子のうち、植物種を同定

できたものは 20 種で、種子数では 937 個だった。それに対して、種を同定できなかった種子は 27 個で、全種子数の 2.8% だった。

メジロは糞から得られた種子数、種子含有率とも最も高く、12 種の比較的小型の果実を利用していた。ウグイスの糞の種子含有率は低かったが、捕獲個体数が多く、林内の下層に成育する 9 種の植物を利用していた。鳥類が利用していた果実は口角幅よりも有意に小さいか、または口角幅と統計的な有意差が認められない場合が多かった。果実サイズが口角幅より有意に大きい場合でも、両者の測定値の範囲には重複があった。ヒヨドリと大型ツグミ類の口角幅は、本研究で種子を得られたすべての植物の果実サイズよりも有意に大きく、海岸林内に多数成育し、比較的大型の果実を着けるタブノキ、シロダモ、モチノキなどの常緑広葉樹の果実を利用していた。しかし、口角幅の大きな鳥種が大きな果実を選好して利用する傾向は見られなかった。本調査地では、秋季には鳥種ごとの生息・採食場所において、十分な種数と量の果実資源が存在していると推測された。糞から種子が得られた植物のほとんどは、海岸林内で果実が見られるものだった。とくに、エノキのように調査地付近に多数生育し、比較的小型の果実を着ける植物が多く、鳥類により利用されていた。しかし、今後、周辺の住宅地の庭木などから新しい植物種が侵入する可能性も示唆された。

② 鳥類捕獲数の経年変化と森林遷移との関係

1991～2005 年の 15 年間で、春季に 7 種類、秋季に 6 種類の鳥類捕獲数が経年的に有意な変化傾向を示した。このうち、とくに減少傾向を示した鳥種において、西暦との間でより強い負の相関が得られた。春季には疎林・林縁・低木群落を好む鳥種が、秋季には植物食、とくに種子食の鳥種が減少傾向を示した。その原因として、海岸クロマツ林の植生遷移により、木本植物が増加して林内空間が密になったことや、種子食の鳥種の餌となる草本植物が林床に少なくなったことが考えられた。春季・秋季とも、地上で採食する鳥種は増加傾向にあった。昆虫やミミズなどの動物食の鳥種は、秋季に増加傾向を示した。これらのことより、動物食の鳥種にとって、海岸林の植生遷移が餌資源の増加に寄与している可能性が示唆された。鳥類の捕獲個体数の経年変化には、本調査地の森林遷移以外の要因、例えば、繁殖成績や環境選択の季節的变化、全国的な個体群変動が関係している可能性も考えられた。

③ 鳥類の春季渡来時期の経年変化と気温との関係

本研究で解析対象条件を満たした鳥種は 29 種だった。そのうち、本調査地への春季渡来時期が経年的に有意に早くなっていたのはスズメ（留鳥）とキビタキ（長距離性渡り鳥）の 2 種だった。一方、留鳥で 1 種、短距離性渡り鳥で 4 種、長距離性渡り鳥で 4 種の合計 9 種が新潟市の春季（3～5 月）の平均気温が高いほど有意に早く渡来していた。本研究で得られた気温に対する鳥類の春季渡来時期の変化率は、北アメリカやヨーロッパでの研究事例に匹敵するか、またはそれ以上の値であった。長距離性渡り鳥の中央到着日は短距離性渡り鳥よりも平均して 11～12 日間遅かったが、両者の気温上昇への適応度合いはほぼ同じだった。そのため、長距離性渡り鳥、短距離性渡り鳥ともに、気温上昇がその適応能力を上回れば、渡り鳥全般に影響の出る可能性がある。

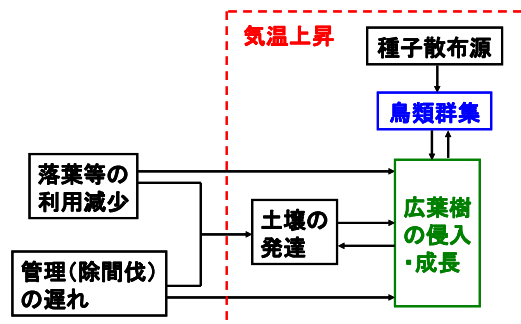


図. 海岸クロマツ林の遷移進行に関わる要因

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 3 件)

- ① 金子尚樹・中田 誠・千葉 晃・伊藤泰夫、新潟市の海岸林における鳥類による秋季の果実利用、日本鳥学会誌 61 巻 1 号、100～111 頁、2012 年、査読有
- ② 中田 誠・南 沙織・千葉 晃・伊藤泰夫・小松吉蔵・赤原清枝・市村靖子・沖野森生・佐藤 弘・太刀川勝喜・藤沢幹子、新潟市の海岸林における鳥類捕獲数の経年変化と森林遷移との関係、日本鳥学会誌 60 巻 2 号、178～190 頁、2011 年、査読有
- ③ 中田 誠・千野奈帆美・千葉 晃・小松吉蔵・伊藤泰夫・赤原清枝・市村靖子・沖野森生・佐藤 弘・太刀川勝喜・藤沢幹子、新潟市の海岸林における鳥類の春季渡来時期の経年変化と気温との関係、日本鳥学会誌 60 巻 1 号、63～72 頁、2011 年、査読有

〔学会発表〕(計3件)

- ①金子尚樹ほか、糞内容物分析から見た鳥類の食性及び種子散布について、第58回日本生態学会大会、2011年3月10日、札幌コンベンションセンター
- ②金子尚樹ほか、新潟市の海岸林に飛来する鳥類の糞分析と果実利用、日本鳥学会2010年度大会、2010年9月18日、東邦大学習志野キャンパス
- ③金子尚樹ほか、新潟市の海岸林に飛来する果実食鳥の食性、第57回日本生態学会大会、2010年3月17日、東京大学駒場キャンパス

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中田 誠 (NAKATA MAKOTO)
新潟大学・自然科学系・教授
研究者番号：80217744

(2) 連携研究者

千葉 晃 (CHIBA AKIRA)
日本歯科大学・新潟生命歯学部・教授
研究者番号：90095183

(3) 研究協力者

伊藤 泰夫 (ITO YASUO)
日本鳥類標識協会新潟グループ
研究者番号：なし