

北海道の森林における樹洞木と立枯れ木の 動態及び機能に関する研究

目次

第1章 序章

第2章 樹洞木の発生確率の推定

第3章 立枯れ木の倒伏確率の推定

第4章 人工林に保残された立枯れ木の樹幹内部における
枯死材を利用する甲虫の垂直分布

第5章 総合考察

北海道立総合研究機構林業試験場

小野寺 賢介

重要な生息地要素 1: 樹洞

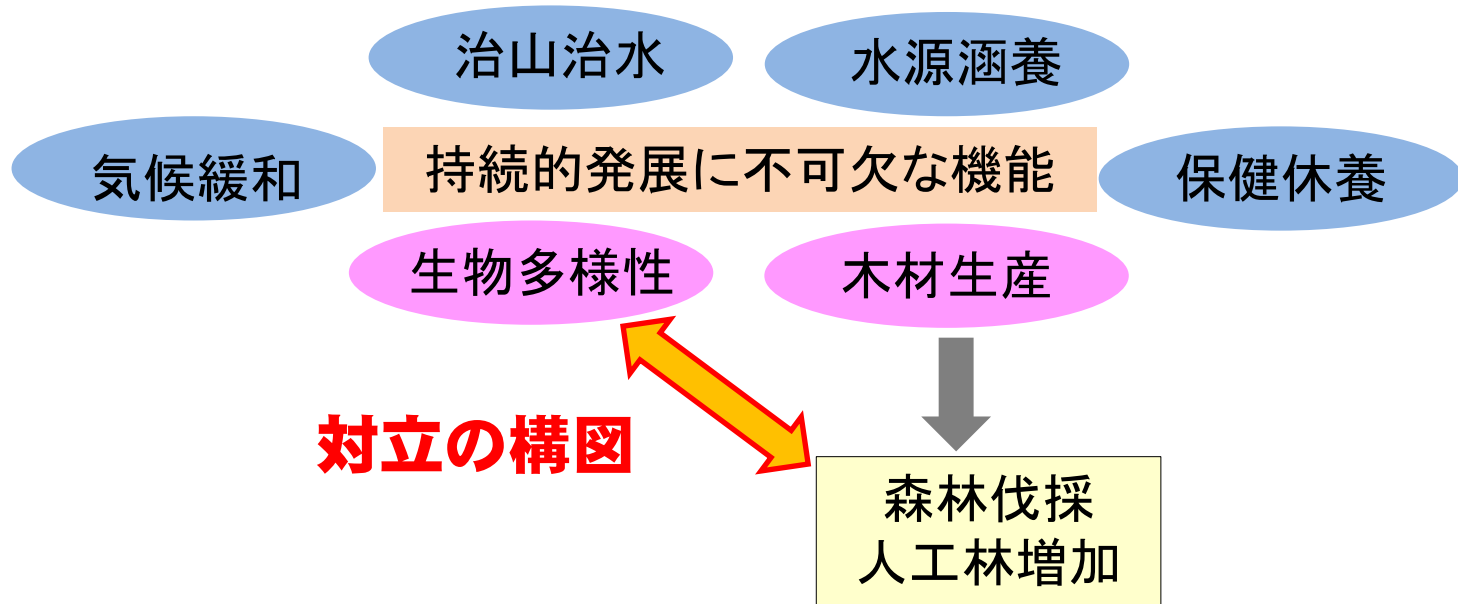
- ▶ 樹木の一部が腐朽することによりできた穴やキツツキなどが営巣のために掘った穴
- ▶ 鳥類や哺乳類が繁殖場やねぐらとして利用する



重要な生息地要素 2: 立枯れ木

- 哺乳類、鳥類が採餌場や繁殖場などとして利用
- 昆虫類、菌類にとっては生息場の基質となる

目標 森林の多面的機能の高度発揮



課題 木材生産と生物多様性の対立の解消

連携して両機能の高度発揮を目指す活動は未だ少ない

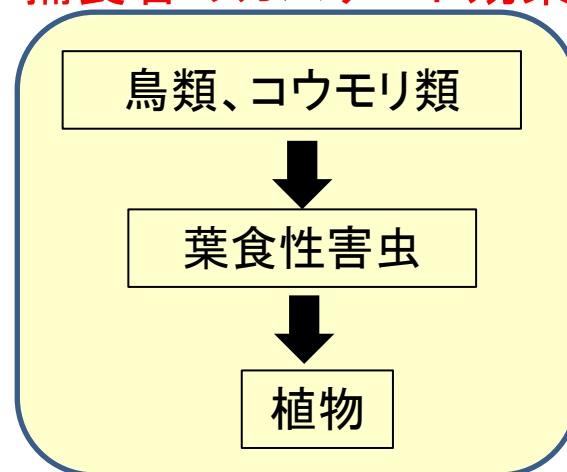
生物多様性と生態系機能の関係

●捕食者による葉食性害虫の減少で、植物の生産量が増加

- 1923年から捕食者を森林で利用する構想はあった。
- 人為影響の強い場所(コーヒー農園)でもカスケード効果が確認されている(Perfecto *et al.* 2004)。



捕食者のカスケード効果



1923年出版の「新編森林保護学(新島善直著)」に記載された巣箱や人工樹洞

課題の展開方向： 従来の森林施業と 生物多様性保全技術を融合する

どうやって？ ⇒ 鍵となる生息地要素の管理が有望

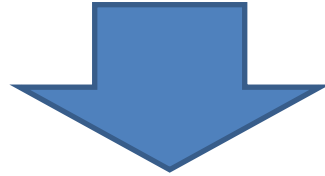
1. 樹洞木

2. 立枯れ木

しかし、具体的な森林技術は開発されていない

樹洞木の発生確率の推定

樹洞木管理のために現存量の情報が不可欠



樹洞木の動態を明らかにする必要

樹洞ができるまで何年？

Onodera K, Tokuda S, Abe T, Nagasaka A (2013) Occurrence probabilities of tree cavities classified by entrance width and internal dimensions in hardwood forests in Hokkaido, Japan. **Journal of Forest Research** 18:101–110

樹洞の現存量推定における問題

サイズによって利用者が異なる

樹洞のサイズ

- ▮ 入口の大きさ（内部に入れないと使えない）
- ▮ 内部の広さ（内部に十分な空間が必要）



樹洞は発生後も大きくなり続ける

なし ⇒ 小 ⇒ 中 ⇒ 大

（それぞれ独立ではない）

方法1： 入口幅 で2分類して発生確率を推定

入口幅

≥5 cm: **Large**

<5 cm: **Small**

順序のあるカテゴリー変数

なし ⇒ Small ⇒ Large

★順序ロジスティック回帰分析を適用

順序データを ありなしデータ と同様に扱える



入口幅

2.5cm以上のみを記録

方法2: 内部のサイズで3分類

Shallow ⇒ (b が 10cm以下) または (c も d も 5cm以下)

Moderate ⇒ (b が 10cm以上) かつ (c が 5~70cm か d が 3m以下)

Deep ⇒ (b が 10cm以上) かつ (c が 70cm以上 か d が 3m以上)

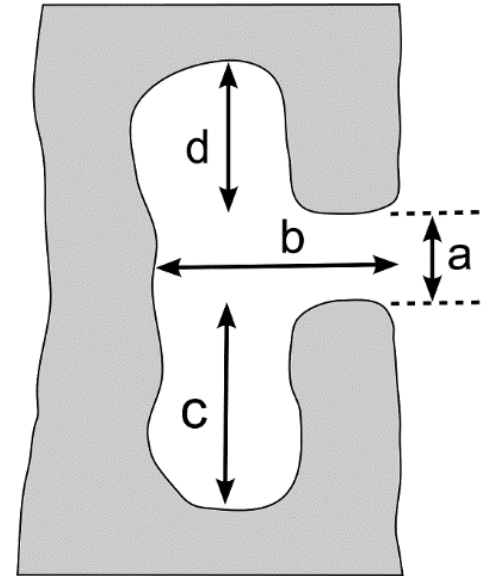
調査1で調べた**外見上**の樹洞のうち、
内部が広い樹洞の割合を明らかにする。

順序のあるカテゴリー変数

Shallow ⇒ Moderate ⇒ Deep

★順序ロジスティック回帰分析を適用

説明変数: 樹種、DBH、入口幅、地面からの高さ



b : 奥行き

c & d : 深さ

内部サイズによる分類

内部が広い確率が高い条件とは

1. DBHが大きい
2. 樹洞の入口が大きい
3. 樹洞の入口が低い
位置にある

フクロウが使える樹洞の発生率はDBH60cmでも 3.8%

- Largeの樹洞がある確率

DBH60 cmのブナの場合 18%

- DBH60cmのブナにあるlargeの樹洞がmoderateである確率

入口幅5 cm, 高さ3.8 mの場合 21%

➡ Large-moderate の確率 $18\% \times 21\% = 3.8\%$

- DBH60 cmのブナの樹齢 **230年** (狩場山の事例)

樹洞管理には100年単位の計画が必要



立枯れ木の倒伏確率

樹木が枯死して**発生**

年とともに腐朽して…倒伏して、**消失**

●**発生から消失、寿命は何年ぐらいなのか？**

Onodera K, Tokuda S (2015) Do larger snags stand longer?
—snag longevity in mixed conifer–hardwood forests in
Hokkaido, Japan. **Annals of Forest Science** 72:621–629

立枯れ木の管理における課題

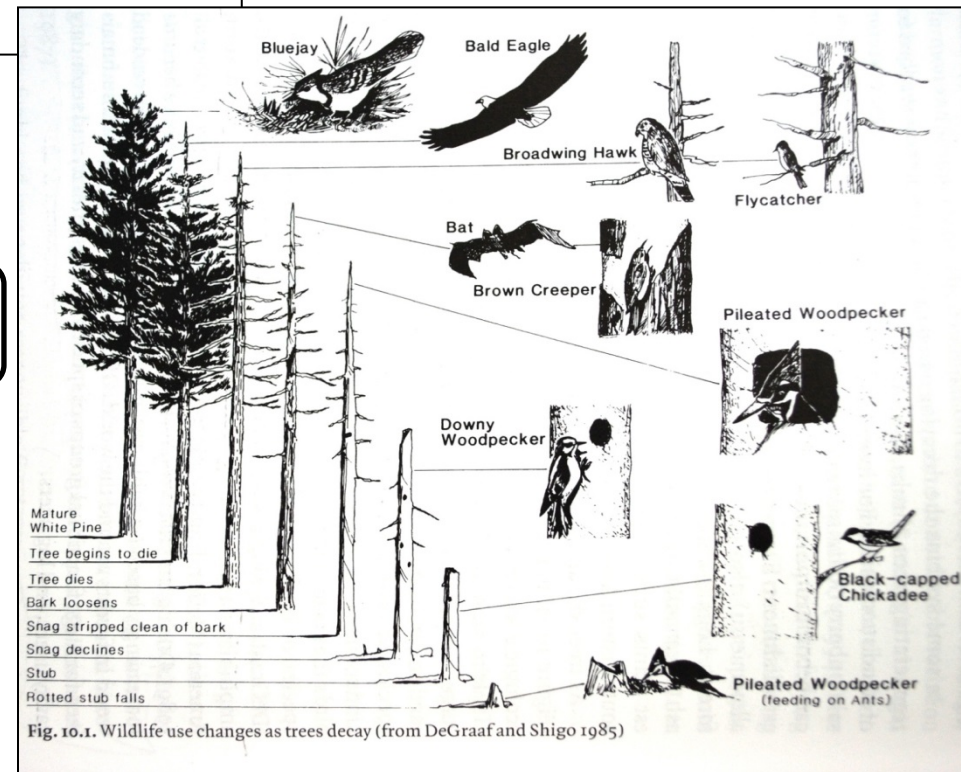
寿命の長い立枯れ木を残すことが重要

- ❑ 枯死後の経過年数とともに腐朽が進行
- ❑ 腐朽の進行にしたがって利用生物が変化する
- ❑ 短寿命だと、新鮮な内に倒伏してしまう
- ❑ 腐朽の進行した立枯れ木は貴重



立枯れ木の寿命に関わる要因は？

利用種の遷移



DBHの大きい立枯れ木の寿命は長い？

針葉樹林 ⇒ DBHの効果があった報告が多い
(Keen 1929; Dahms 1949; Lyon 1977 など)

広葉樹林 ⇒ DBHの効果がない報告が多い(2事例)
(Lee 1998; Vanderwel *et al.* 2006)
そもそも研究が少ない。

- DBH効果の樹種による違いを検討
- 各樹種の立枯れ木の寿命を推定

- 37プロット（道有林内）
- 面積:ほとんどは0.25 ha(一部0.5~1.0 ha)
- 約5年(2~7年)間隔でDBH 5 cm以上の樹木を毎木調査
- 枯死後は計測していない

現況調査

過去に枯死した樹木 現在はどうなっているか？

- ⇒ 枯死木の現況(立枯れあるいは倒伏)を2008~2011に調査
各樹木個体のタグ(アルミ or ビニール)記録から長期データと照合

分析方法

- 一般化線形混合モデル(二項分布、log-link)、AICでモデル選択
- 応答変数 ⇒ 枯死木の状態(立枯れ あるいは 倒伏)
 - 固定効果 ⇒ 樹種、DBH、枯死後年数
交互作用(樹種×DBH、樹種×枯死後年数)
 - ランダム効果 ⇒ プロット

枯死木の倒伏率

DBH 25cmの枯死木の場合

	半減期	10年残存率
トドマツ	6	0.37
トウヒ属	1	0.25
ミズナラ	0	0.26
キハダ	6	0.31
エゾイタヤ	4	0.03
シナノキ	2	0.20
その他広葉樹	3	0.23

- 6年で半数以上の枯死木が倒伏する（半減期）
- 10年後はトドマツの残存率高い

DBHの効果は樹種によって異なる

半減期

	胸高直径	
	25cm	40cm
トドマツ	6	8
トウヒ属	1	1
ミズナラ	0	0
キハダ	6	12
エゾイタヤ	4	4
シナノキ	2	2
その他広葉樹	3	6

■ DBH効果 **ない**樹種

トウヒ属、エゾイタヤ
シナノキ、ミズナラ

枯死木でも多様な樹種特性

¶ 10年以内に半数程度は倒伏する

¶ トドマツ、キハダの寿命が長い

¶ DBH効果のない樹種がある

10年後残存率

	胸高直径	
	25cm	40cm
トドマツ	0.37	0.44
トウヒ属	0.25	
ミズナラ	0.26	
キハダ	0.31	0.58
エゾイタヤ	0.03	
シナノキ	0.20	
その他広葉樹	0.23	0.31

DBHの大きいトドマツ立枯れ木は
キツツキなどの保全に効果的

(平滑な樹皮が好まれる)

人工林の立枯れ木の機能 枯死材を利用する甲虫の垂直分布

日本の森林の約4割は人工林

人工林の生物多様性保全機能の高度化は、
日本の生物多様性保全における重要事項

⇒ 人工林の立枯れ木の保全効果を検証

人工林の立枯れ木を利用する甲虫に注目

Onodera K, et al. (2017) Vertical distribution of saproxylic beetles within snag trunks retained in plantation forests. **Journal of Insect Conservation** 21:7–14

人工林の生物多様性を高めるための問題 1

木材生産が優先で枯死材がない

枯死材を利用する甲虫は非常に多様

- 材食性
- 樹皮食性
- 菌食性(キノコを利用)
- 肉食性(捕食者)

しかし、ヨーロッパで
枯死材を利用する甲虫
絶滅危惧種 27%

★枯死材の減少

- 森林伐採
- 人工林での排除

人工林の生物多様性を高めるための問題2

林床と林冠の2層しかない

人工林の生物多様性が低い理由

1. 単一樹種
2. 同齢で**単層** ⇒ 単純な環境
3. 木材生産 ⇒ 枯死材がない
(腐食連鎖の欠如)

森林の生物多様性が高い理由

1. 多樹種
2. **多層**構造 ⇒ 多様な環境
(生物の垂直分布)
3. 豊富な枯死材



立枯れ木の保残が有効では？

- ⌋ 垂直構造
- ⌋ 枯死材を供給
- ⌋ 生立木と競争しない



第4章の目的

トドマツ人工林の立枯れ木を利用する甲虫

- 樹幹の位置によって種数は異なるのか？
- 樹幹の位置によって群集構成は異なるのか？

人工林の立枯れ木は、垂直構造としての特性を発揮しているのか検証

丸太の採取

●調査地 北海道三笠市のトドマツ人工林

●サンプリング方法

1. 33本のトドマツ立枯れ木を伐倒

2. 1mの丸太を地面からの高さ別に採取

▮ 地際(0~2.5m)、樹幹下部(2.5~5 m)

樹幹上部(5~10 m)

1本の立枯れ木から各3本で、合計99本の丸太

甲虫の採取

●サンプリング方法

3. 実験室に持ち帰って、段ボール内に室温で保管
4. 発生した甲虫を捕獲

分析方法

1. 種数の違い: 樹幹の位置(3カテゴリー)で種数を比較

¶ Rarefaction-extrapolation analysisによる種数推定

2. 各丸太の群集の種構成に影響している要因は?

¶ Constrained Correspondence Analysisで群集と環境傾度

変数: 地面からの高さ(連続変数)、材の硬さ(ピロディン)、樹皮残存率

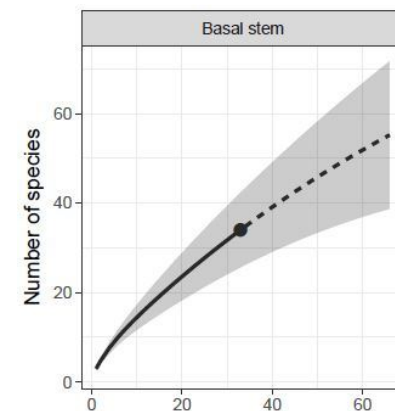
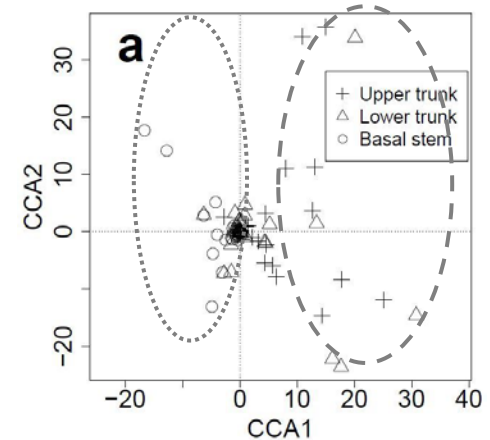
樹幹の高い位置にも多様な甲虫が生息

樹幹位置によって種数の差なし

樹幹位置によって異なる群集

高い位置を好む種も確認

高い位置に枯死材を提供できる立枯れ木の機能は高い



総合考察

森林管理現場での管理方法の検討

- 保残パッチの提案
- 保残間伐の提案

天然林施業と樹洞木管理の融合

樹洞木をどこで管理するか？



保残パッチ

- ・樹洞発生には時間がかかる
- ・樹洞木もいつ倒伏するか分からない



面的管理で樹洞密度を維持

他の機能と重複させて効率化

- 保残パッチの面積は？
- 収穫と樹洞のバランスは？



樹洞発生モデルで樹洞木数の期待値計算

森林成長モデルと結合

将来の森林成長量と樹洞木量を予測

人工林施業と立枯れ木管理の融合

どうやって人工林の立枯れ木本数を維持するか？



保残間伐の提案

- 間伐木の一部を立枯れ木として保残
- 間伐作業時に立枯れ木の管理も実施



立枯れ木管理を
通常の森林施業に組み込む

収穫まで間伐4回予定

