

# 強度間伐地における森林管理手法の開発（第2報）

2014年度～2018年度

岩下幸平・江口則和\*

## 要 旨

林業の低コスト化や森林の公益的機能の改善のために実施される強度間伐施業について、残存木の成長や森林被害への影響などについて明らかにし、強度間伐による適切な森林管理手法を開発することを目的とした。あいち森と緑づくり税を活用した人工林の森林整備事業31箇所で実態調査を行ったところ、強度間伐による光環境の改善効果による林床植生の植被率の上昇は長期間持続することが明らかになった。また、強度間伐が原因で、ニホンジカによる被害や風倒被害が増加するといったことは認められなかった。さらに新城市上吉田に設置した強度間伐モニタリング調査地において、残存木（ヒノキ）の胸高直径の成長について調べたところ、施業の結果直径成長が無施業に比較して向上することが確認された。今回の調査で強度間伐施業が残存木の成長や下層植生の導入に有用であること、また風雪害や獣害の増加にはつながらないことを明らかにし、施業によって期待される効果の一部が発揮されていることを確認した。

## I はじめに

間伐回数の削減による林業経営コストの低減や森林環境回復による公益的機能の増加、針広混交林化による環境林創造を目的として、強度間伐施業が実施される機会が増加している(島田 2006、小谷 2009、山下ら 2014)。一方で、残存木の形状比の推移や根系の緊縛力の低下によって気象害の増加等が懸念される場合がある(山下ら 2014、阿部ら 2004)。また近年のニホンジカ(以下、シカ)の個体数増加による下層植生の採食や立木の剥皮害の増加や、林内環境の変化による森林病害虫の増加など、新たな森林被害も懸念される(島田・野々田 2009、中西・小林 2012、山下ら 2014)。

愛知県では 2009 年度から、県独自の超過課税としてあいち森と緑づくり税を導入し、人工林の森林整備事業として強度間伐を推進している。強度間伐による森林整備には長所と短所があり、施業実施箇所を適切に管理するためにも、県内における強度間伐施業によって得られる効果と注意すべき点を明らかにすることは重要である。

そこで本研究では、強度間伐施業によって整備された森林の現状を調べることで、強度間伐地における適切な森林管理手法を開発することを目的とする。



図-1 調査地位置図

●は事業地、★は試験地を示す。

## II 方法

### 1. 伐採効果のモニタリング

強度間伐施業地の効果を明らかにするため、本研究課題の中間報告(江口 2017)で調査を行った地点の一部について継続調査を行った。調査地は原則、本数間伐率で 40%以上の定性間伐を行った強度間伐事業地(以下、事業地)と、対照区として事業地に隣接した無間伐の林分の計 31 地点で(表-1、図-1)、立地環境と植生の調査を行った。調査は各事業地で数年毎に 1~4 回繰り返した。事業による植生への影響について、林床(地表面から 1m までの植生)の植被率とシカ等による下層植生の食害の有無を調べた。

整備の効果は、一般化線形混合モデル(GLMM)を作成し、ステップワイズ法によるモデル選択によって評価した。応答変数は「植被率」、「下層植生への食害の有無」とし、誤差分布は二項分布

表-1 調査地の概要

No	整備年	事業地	主要樹種	標高m	土壌型
1	2009	設楽町津具	スギ	886	BD
2	2009	東栄町振草	スギ	500	BD
3	2009	新城市宮島	ヒノキ	373	BD(d)
4	2009	新城市宮島	スギ	220	BD
5	2009	新城市上吉田	ヒノキ	430	BD(d)
6	2009	新城市中島	ヒノキ	380	BD(d)
7	2010	岡崎市淀野	ヒノキ	232	BD(d)
8	2010	豊田市大多賀	ヒノキ	930	BB
9	2010	豊田市大多賀	ヒノキ	752	BD(d)
10	2010	豊田市大多賀	ヒノキ	696	BD(d)
11	2010	豊根村坂宇場	スギ	740	BD
12	2010	豊根村坂宇場	スギ	602	BD
13	2010	新城市中島	ヒノキ	425	BC
14	2011	岡崎市井沢町	ヒノキ	340	BD(d)
15	2011	豊田市花沢町	スギ	430	BD
16	2011	設楽町津具	スギ	742	BD
17	2012	豊根村上黒川	ヒノキ	500	BC
18	2012	新城市作手保永	スギ	410	BD
19	2013	豊田市花沢町	ヒノキ	430	BD
20	2014	岡崎市桜形町	スギ	210	BD
21	2014	豊根村上黒川	ヒノキ	500	BD(d)
22	2014	新城市作手保永	ヒノキ	380	BD(d)
23	2014	新城市乗本	スギ	95	BD(d)
24	2015	岡崎市井沢町	ヒノキ	340	BD(d)
25	2015	岡崎市桜形町	スギ	150	BD
26	2015	豊田市花沢町	ヒノキ	420	BD
27	2015	豊田市花沢町	ヒノキ	420	BD
28	2015	新城市下吉田	スギ	140	BD(d)
29	2015	新城市下吉田	スギ	130	BD(d)
30	2015	新城市海老	スギ	256	BD
31	2015	新城市富保	スギ	247	BD(d)

(リンク関数は logit) を用いた。説明変数について、固定効果は「整備の有無(強度間伐・無間伐)」、「整備後の経過年数」、「造林樹種(スギ・ヒノキ)」、ランダム効果は「事業地」とした。解析には統計解析ソフト R (R project 2018 ver. 3.5.2) 及びパッケージ glmmML(ver. 1.0.3) と MASS(ver.7.3-51.1)を用いた。

### 2. 残存木の成長特性の評価

本研究課題の中間評価の際に設けた新城市上吉田の森林・林業技術センター試験林内ヒノキ林の強度間伐試験地(北緯 34.87°、東経 137.61°、標高 430m、土壌型 BC、2014 年 1 月に胸高断面積で 45%の定性間伐を実施)にて、2014 年~2018 年の間、毎年 5 月に全ヒノキの DBH を直径メジャーを用いて測定した。DBH<sub>n</sub>を調査年の胸高直径、DBH<sub>n-1</sub>を調査前年の胸高直径として、1年間の樹幹肥大成長の相対成長率 RGR を以下の式により算出した。

$$RGR = \ln ( DBH_n / DBH_{n-1} ) \times 100$$

相対成長率の解析のために GLMM を作成し、Wald 統計量による検定を行うことで評価した。応答変数は「DBH<sub>n</sub>」とし、誤差分布にはガンマ分布(リンク関数は log)を、説明変数の固定効果は「整備の有無(強度間伐・無間伐)」、「調査開始からの経過年数」、この2つの説明変数間の交互作用項を、オフセット項として「DBH<sub>n-1</sub>」を用い、ランダム効果は「立木の個体番号」とした。作成したモデルを Wald 検定により評価した。有意水準は 0.05 とした。解析には統計解析ソフト R 及びパッケージ lme4(ver.1.1-19) と car(ver.3.0-1)を用いた。

### 3. 森林被害の解明

強度間伐による森林被害への影響を明らかにするため、事業地 31 か所(表-1、図-1)のスギ・ヒノキに対して、シカによる剥皮の有無と、風倒木の有無を調べた。

整備の効果は、GLMM を作成し、ステップワイズ法によるモデル選択によって評価した。応答変数は「シカによる剥皮害の有無」、「風雪害の有無」とし、分布は二項分布(リンク関数は logit)を用いた。説明変数について、固定効果は「間伐の有無」と「樹種(スギ・ヒノキ)」、ランダム効果は「事業地」とした。解析には統計解析ソフト R 及びパッケージ glmmML と MASS を用いた。

### III 結果

#### 1. 伐採効果のモニタリング

植被率の結果を図-2 に示す。モデル選択の結果、「整備後の経過年数」のみを説明変数として採用するモデルが最適だった。整備後の経過年数は植被率に対して正の効果を持っていた(表-2)。下層植生への獣害の有無の結果を図-3 に示す。モデル選択の結果、「間伐の有無」と「整備後の経過年数」を説明変数として採用するモデルが最適だった。強度間伐はシカの食害の有無に対して負の、整備後の経過年数は正の影響を与えていた(表-3)。

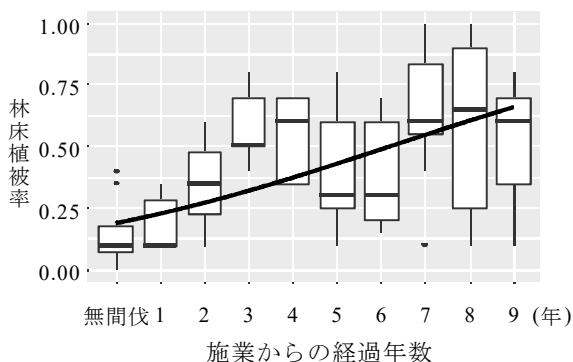


図-2 植被率と施業からの経過年数

表-2 植被率に与える施業からの経過年数の影響

説明変数	係数±標準偏差	z値	Pr値
(Intercept)	-1.465±0.415	-3.531	0.00041
整備後の経過年数	0.236±0.084	2.817	0.00485

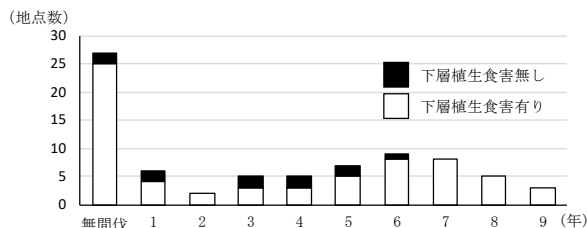


図-3 施業の有無・経過年と下層植生の食害

表-3 各説明変数が下層植生の食害に与える影響

説明変数	係数±標準偏差	z値	Pr値
(Intercept)	2.7404±0.8857	3.094	0.0020
整備後の経過年数	0.4412±0.2308	1.911	0.0560
強度間伐	-3.0006±1.3311	-2.254	0.0242

#### 2. 残存木の成長特性の評価

強度間伐による相対成長率への影響を図-4 に示す。相対成長率に対して、「整備の有無」は負の、「調査開始からの経過年数」正の影響を有意に与えていた。また強度間伐と経過年数の交互作用は有意に正の影響を与えていた(表-4)。

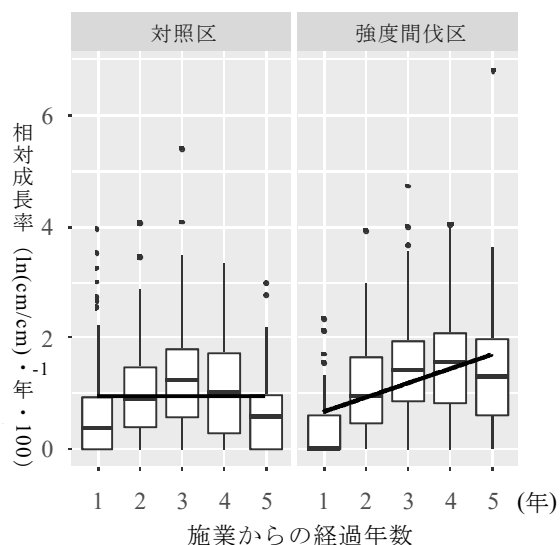


図-4 強度間伐の有無が相対成長率に与える影響

表-4 各説明変数が相対成長率に与える影響

説明変数	係数±標準偏差	t値	Pr値
(Intercept)	0.9094±0.08041	11.31	<0.001 ***
強度間伐	-0.52382±0.13603	-3.851	0.01192 *
経過年数	0.00534±0.02016	0.265	<0.001 ***
交互作用	0.25071±0.03401	7.372	<0.001 ***

\* : p<0.05, \*\*\* : p<0.001

### 3. 森林被害の解明

「シカによる剥皮害の有無」に対する強度間伐施業の影響を図-5 に示す。スギ植栽地では被害は観察されなかった。モデル選択の結果、「植栽樹種 (スギ・ヒノキ)」のみを説明変数として採用するモデルが最も適切で、スギよりもヒノキの方が剥皮害が起こる可能性が高かった (表-5)。「風雪害の有無」に対する強度間伐施業の影響については (図-6)、モデル選択の結果、どの説明変数も採用しないモデルが最適だった。

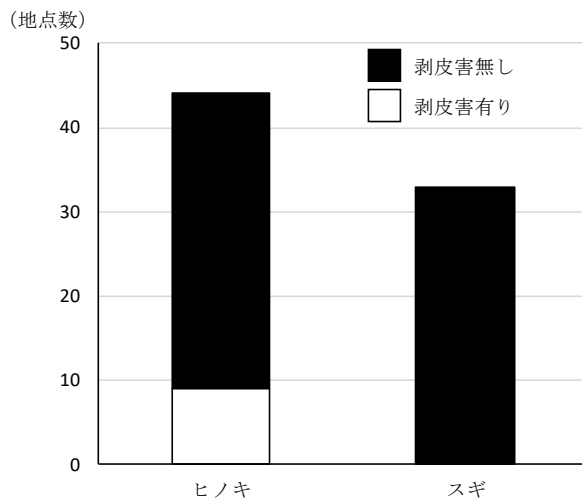


図-5 植栽樹種とシカによる剥皮害の関係

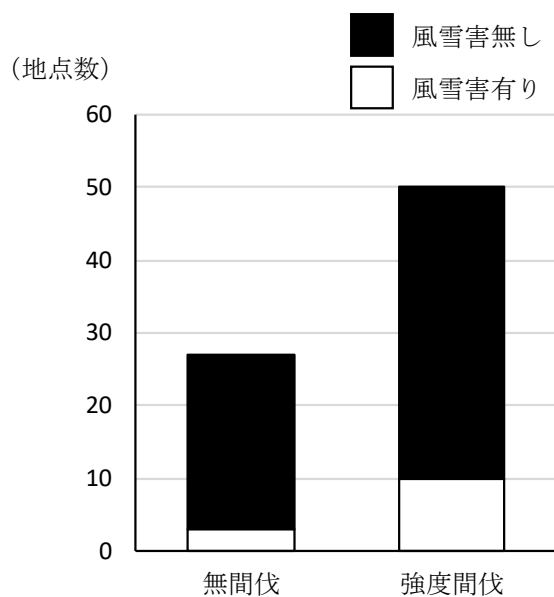


図-6 強度間伐の有無と風雪害の有無

表-5 植栽樹種がシカによる剥皮害に与える影響

説明変数	係数±標準偏差	z値	Pr値
(Intercept)	-1.542±0.5665	-2.7226	0.00648
スギ	-10.646±68.2722	-0.1559	0.876

## IV 考察

### 1. 伐採効果のモニタリング

強度間伐施業によって下層植生が増加することが確認された。これは本研究課題の中間報告での内容と一致しており (江口 2017)、下層植生の増加は施業後数年持続することがわかった。下層植生への獣害の有無について表-3 より獣害の発生確率の推定値を計算すると、無間伐では 93.9%であったのに対し、施業後 1 年目は 54.5%、施業後 5 年目は 87.5%、施業後 9 年目は 97.6%と、強度間伐直後はいったん減少するが、その後時間経過に伴い増加していた。時間経過にともない下層植生の食害が増加するのは、施業によって林床に植生が増加するため、もしくは近年のシカ分布拡大による食害の増加が施業後の経過年数という形で表れているものだと考えられる。強度間伐後に出現した実生への食害は少ないが、その後増加するという傾向は島田 (2006) によって報告されており、この傾向の要因としてシカの踏みつけによる土壌表面のかく乱によって埋土種子の発芽が促進されるが、樹高の成長につれて食害の影響が強くなるという可能性を挙げている。

### 2. 残存木の成長特性の評価

立木の相対成長率について、相対成長率の推定値を表-4 から計算すると、相対成長率は施業によって減少するものの、時間経過によって増加することがわかった。施業後 1 年目の相対成長率は無施業地より小さかったが、2 年目は同等に、そして 3 年目以降は追い越す結果となった。本林分では施業によって立木の光飽和時の最大光合成速度が上昇したと報告されており (江口 2017)、そ

の結果として炭素固定能力が増大し樹幹の肥大成長につながったものだと考えられる。間伐直後に相対成長率が下がったのは、強光環境への順化のために資源を配分した可能性が考えられる。樹木の肥大成長を正確に計測する際、長期のモニタリングに一般的に用いられるバンド式デンドロメーターによる計測は天候等の変化により樹皮が吸水して膨潤、または乾燥して収縮するため不向きだとされ、傷害組織の形成を観察する傷つけ法が適しているとされている（黒田・清野 1996）。バンド式デンドロメーターと今回使用した直径メジャーは樹皮に巻き付けて周囲長を計測するという点で同様の計測法であると考えられる。しかしながら今回は隣接する2林分で比較計測しており、その気象条件による変動は対照区と強度間伐区で同様に働いていると考えられる。また対照区でも相対成長率に年ごとの変動が見られるが、これはその成長期の気候条件等によるものと考えられ、これも両区に等しく影響しているものと考えられる。このような条件を考えると、強度間伐による相対成長率の向上は明瞭に表れているものといえる。

### 3. 森林被害の解明

「シカによる剥皮害の有無」について、スギよりヒノキの方が被害を受けやすいことがわかった。剥皮の対象となりやすい樹種は地域によって異なり（池田ら 2010）、兵庫県ではスギへの被害が多いと報告されているが（尾崎 2004）、三重県や京都府等ではヒノキへの被害が多いとされている（e.g. 佐野 2009、芝原ら 2014）。一方で施業の有無が被害の有無には影響を与えておらず、施業によって剥皮害が増加することは認められなかった。「風雪害の有無」に対してはどの説明変数も選択されなかった。風雪害は植栽密度の高い林分で強度間伐を行うと発生しやすいとされている（山下ら 2014）。今回の整備では本数で40%の間伐を基準としており、また当時の県内の植栽密

度はおよそ1ヘクタールあたり3,000本であるため、この頻度での間伐は風雪害の増加に影響しないのかもしれない。また愛知県は雪害の報告されている県より一般的に積雪量が少なくそれも雪害頻度を低くしている可能性がある。

以上のことをまとめると、本県で行われている強度間伐事業では現状懸念されている風雪害やシカによる剥皮害の増加は認められなかった。一方で間伐によって林床が明るくなり下層植生が導入され、それによって林床が被覆された。また立木の光合成特性が改善され、肥大成長につながっている事例も確認された。今後は下層植生の導入による表面土壌流亡の防止効果や針広混交林化への効果等の公益的機能に与える影響についても明らかにする必要がある。

### 引用文献

- 阿部和時・黒川潮・竹内美次(2004)間伐が森林の持つ表層崩壊防止機能に及ぼす評価手法の開発. 日本地すべり学会誌 **41**(3):225-235.
- 江口則和(2017)強度間伐地における森林管理手法の開発（第1報）. 愛知県森林・林業技術センター報告 **54**:1-7
- 池田浩一・小泉透・桑野泰光(2010)福岡県におけるニホンジカによる人工林剥皮害発生要因の解明. 福岡県森林林業技術センター研究報告 **11**:21-32
- 石田朗・豊嶋勲・中西敦史・小林元男(2014)森林の強度伐採による効果のモニタリング（第2報）. 愛知県森林・林業技術センター報告 **51**:1-7.
- 小谷二郎(2009)過密な針葉樹人工林に対する強度間伐が広葉樹の更新に与える影響-間伐後3年間の実生の生残と成長-. 石川県林業試験場研究報告 **43**:5-12
- 黒田慶子・清野嘉之(1996)ヒノキ樹幹肥大成長の

- 傷つけ法による測定ーバンド式デンドロメーターとの比較ー. 日本林学会誌**78**(2):183-189
- 中西敦史・小林元男 (2012) 森林の強度伐採による効果のモニタリング(第1報). 愛知県森林・林業技術センター報告 **49**:11-21.
- 尾崎真也(2004)兵庫県におけるニホンジカによるスギ壮齢林の樹皮摂食害の実態. 森林応用研究**13**:69-73
- 佐野明(2009)ニホンジカによるスギ, ヒノキ若・壮齢木の剥皮害の発生時期と被害痕の特徴. 哺乳類科学**49**(2)237-243
- 芝原淳・境米造・井上巖夫・安藤正規(2014)京都府におけるニホンジカによる天然林および人工林被害の広域モニタリング. 日本緑化工学会誌**39**(3):389-394
- 島田博匡 (2006) ヒノキ人工林の林床における強度間伐後2年間の木本種動態. 三重県林業研究所研究報告**18**:1-12.
- 島田博匡・野々田稔朗 (2009) 針葉樹人工林における強度間伐後の広葉樹侵入に及ぼすシカ採食の影響. 日本森林学会誌 **91**:46-50.
- 山下昇・江口則和・中島寛文・石田朗・豊嶋勲・上原祐助・鈴木祥仁・伊丹哉恵 (2014) 強度間伐の知識と実践. 森林整備加速化・林業再生事業新愛知県協議会, 34 pp