

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25年 6月10日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22580159

研究課題名（和文）強度間伐による壮齢ヒノキ人工林の生態系機能の変化

研究課題名（英文）Effects of heavy thinning on ecosystem functions of mature Japanese cypress plantation

研究代表者：

岡野 哲郎（OKANO TETSUO）

信州大学・農学部・教授

研究者番号：00194374

研究成果の概要（和文）：強度間伐が壮齢ヒノキ人工林の生物多様性と二酸化炭素固定機能に及ぼす影響を調べた。強度間伐から約10年が経過すると低木層の発達が発達した。下層植生の二酸化炭素個体機能は全体の15%と大きかった。15年が経過すると林冠層の発達により、林床の多様性が損なわれた。強度間伐の生態系機能に及ぼす効果は一時的なものである可能性がある。

研究成果の概要（英文）：We surveyed the effects of heavy thinning on biodiversity and productivity of 75 years old Japanese cypress plantations. Understory vegetation was well developed, which net primary production was estimated as 15% of terrestrial part of plantation. However, the canopy closure of Japanese cypress decreased biodiversity of understory vegetation. We concluded that the effects of heavy thinning on ecosystem function are temporal, which limited for 15 years.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：森林科学

科研費の分科・細目：森林圏科学・森林科学

キーワード：強度間伐，ヒノキ，壮齢林，下層植生，純一次生産

1. 研究開始当初の背景

近年、林野庁は人工林の高齢化、管理不足の改善策として強度間伐を推奨している。強度間伐により林床の光環境が改善され、下層植生の定着促進を通じて、水源涵養や生物多様性維持などの森林生態系機能の向上が期待される。同時に、高密度化によって成長が低下していた立木の成長促進も期待される。

しかしながら、強度間伐に関する研究の多くが、強度間伐直後の変化を対象にしており、長期的に追跡した事例は少ない。また、強度間伐に関する研究の多くは、更新や植生変化に関する記載的な研究が多く、二酸化炭素固定能力など生態系機能に関する定量的な研究は進んでいない。

2. 研究の目的

信州大学農学部寺沢山演習林では強度間伐から5年おきに15年間モニタリングした強度間伐試験地が管理されている。その生物多様性と炭素固定機能を評価することにより、強度間伐が生態系機能におよぼす影響を評価することを目的とした。さらに下層植生の繁殖プロセスを調査することによって、強度間伐によって高まった多様性が維持されるかどうかを検討する。

3. 研究の方法

本研究は信州大学附属手良沢山演習林第4林班は-1小班に成立する約75年生ヒノキ人工林約4haの林分を調査地とした。林冠層構成樹種の大半はヒノキであるが、ヒノキ植栽前から成立していると考えられるウラジロモミ、アカマツ、ミズナラが混交している。本調査地は標高980m~1120mの独立尾根を持った北東~北西向き斜面で、平均傾斜は約35°、斜面下には野田ヶ沢と、これに沿った林道がある。土壌は全般的にBDが分布するが斜面上部の一部にBD(d)が認められる。年平均降水量は1344mm、年平均気温は8.9°Cであり、温かさの指数(WI)と寒さの指数(CI)はそれぞれ70.9および-23.5と算出された。

樹冠登攀により枝分布構造を調査するとともに枝をサンプリングし生産構造を解析した。同時に相対成長式を導出しヒノキの現存量と純一次生産を推定した。また下層植生の毎木調査と相対成長式の導出により、下層植生の現存量と純一次生産を推定した。

生物多様性の評価を行うために、同演習林内の様々なヒノキ人工林の植生調査を行い、林分構造と立地特性が下層植生の種数におよぼす影響を評価した。

林床植生の種組成を調査し、過去のモニタリング調査との比較を行った。また埋土種子組成、低木からの種子散布を調査し、植物種多様性の維持の可能性を検討した。

4. 研究成果

(1) ヒノキの大枝および個体、および林床に出現する主要28種の現存量推定式を作成した。これらの推定式と胸高直径および樹高のモニタリングからヒノキおよび下層植生の現存量と純一次生産を推定した。

上層の現存量は平均177.39 ton ha⁻¹、NPPは平均6.53 ton ha⁻¹year⁻¹であった。低木層の現存量は平均2.75 ton ha⁻¹、NPPは平均0.45 ton ha⁻¹year⁻¹であった。草本層の現存量は平均2.82 ton ha⁻¹、NPPは平均0.58 ton ha⁻¹year⁻¹であった。下層植生の現存量は平均5.57 ton ha⁻¹、NPPは平均1.03 ton ha⁻¹year⁻¹であった。下層植生現存量の約40%、NPPの約50%をササが占めていた。

相対光強度を指標にこれまでの研究と比

較すると、今回の結果は高い値であった。これまでのヒノキ人工林における現存量、NPPの研究と比較すると、上層の現存量は同程度、NPPは低い値であるのに対し、下層植生の現存量、NPPはともに高い値であった。下層植生が林分全体に占める割合は、現存量では約3%、NPPは約14%であり、したがって、強度間伐を受けた壮齢ヒノキ人工林の炭素固定機能を評価する場合、下層植生を無視できないと結論された。

(2) 間伐後のヒノキ樹冠の修復が後生枝によって行われていた。相対成長式に基づいて推定した結果、その量は林分葉量の25.2%であった。44年生ヒノキ人工林の葉量における後生枝の量は約8%であることから、明らかに大きな値であった。

後生枝の着生位置を調査した結果、樹冠外部で少なく、ほとんどが樹冠内部に着生するため林冠閉鎖には寄与しないと考えられた。すなわち強度間伐後、後生枝が発達するという現象は、林冠葉量を回復させつつも、林冠再閉鎖を遅延させる効果があると推察された。

(3) ヒノキ人工林の下層植生種数に及ぼす林齢、上層林分構造、立地条件の複合的影響を検討することを目的とした。そのため、強度間伐試験地を含む手良沢山演習林の様々な林齢および林分構造のヒノキ人工林54林分において、15m×15mの方形調査区を設定し、植生調査を行った。

重回帰モデルを用いて出現種数を解析した結果、低木層樹木、林床層樹木、同草本については林分構造の影響が見られ、より間伐が進んだ低密度林分で種数が増加したが、林床シダ植物の種数は影響を受けなかった。また、地位級の上昇(=土地生産力の低下)に伴い、低木層の種数は変化せず、林床層の木本種の種数は増加し、草本種の種数は変化せず、シダ植物の種数は減少した。

(4) 強度間伐後11年から14年が経過した75年生ヒノキ人工林の林分構造の変化を調査し、これまでのモニタリング調査の結果とあわせて解析した。

林冠層を形成する個体については成長が継続し、それに伴う林冠の再閉鎖が確認された。低木層の樹高の増加が認められた一方で、その個体数密度は減少しはじめていた。スズタケの稈数密度に変化は認められなかったが、稈高の増加が認められた。

林床層では間伐後短期的に種数および密度の増加が認められたものの、その後の林冠の再閉鎖、低木層の発達、スズタケの成長による林床の光環境の悪化に伴い、衰退の傾向を示した。これまでの報告に見られない現象

が生じていることから、モニタリング調査の継続の必要性が示唆された。

(5) 強度間伐は林冠を疎開し林床の光環境を改善するため、林床植生の種数を増加させる。しかし、低木層の発達と林冠の再開鎖により林内の光環境が悪化すると、林床層の種数は減少する。この間伐後に林床層に出現し消失する種（以下、消失種）の生態的特性は明らかでない。本研究では消失の原因が林冠の再開鎖のみであるのか、加えて低木による被陰が影響しているのかを調べた。さらに、消失種が埋土種子として林内で休眠しているのかを調べた。

林床層に木本 16 種、草本 8 種、計 24 種が認められた。過去の植生調査との比較から見かけの種数減少は 11 種であったが、種組成が変化しているため、実際には 2010 年までに 30 種が林床から消失した。したがってこの調査地に出現した種は、消失種 30 種に現存する 24 種を加えた 54 種となり、現存する種数の約 2.2 倍となる。このことから、手良沢山ステーションで間伐が持続的に行われた場合、景観レベルでの種多様性が高められると考えられる。

低木下の光環境 (UOC=10.3%) は歩道沿いの光環境 (UOC=14.9%) と比較して暗かった。また、植物種数は低木下では 24 種、歩道沿いでは 46 種と、前者で少なかった。しかしながら、消失種 30 種のうち歩道沿いに出現するものは 10 種に過ぎなかった。したがって、低木による被陰効果が無い場合でも、上層林冠の閉鎖によって 20 種が消失していたと結論された。

一方、埋土種子として 30 種、1605 個/m² が検出された。下層植生が貧弱なヒノキ林を対象とした研究と比較すると、これらの値は大きかった。消失種で低木層に達したものが 8 種あるが、その中で埋土種子を形成したものは 3 種存在した。一方、低木層と林床層の両方から消失した 22 種のなかで、埋土種子を形成したものは 5 種であり、内訳は木本種 3 種と草本種 2 種であった。これらの木本種は典型的な攪乱依存種であるヌルデ、ナワシロイチゴ、ヤマブキであった。本研究では、以上のように埋土種子 30 種のうち 8 種が消失種であり、消失種は埋土種子相の種多様性を高めている可能性が考えられた。

(6) 林床植生の衰退の要因は林冠閉鎖だけでなく、低木層およびササ層の発達であるという仮説を検証するために、これらの層を刈り取る生態系操作実験を設定し、林床植生の応答を調査した。

低木層およびササの除去処理後、林床植生の種数および個体密度が増加し、その傾向は草本植物で顕著であった。また、処理により

林床の光環境が改善された。このことから、低木層およびササの発達による光環境の悪化が、林床植生の種数と個体密度が減少した要因であると考えられた。

低木層が未発達で間伐後最も多くの種数が出現した 2004 年時と処理後で草本種の種数を比較すると、36 種から 21 種に減少していた。21 種中共通して出現した種は 4 種のみで、残りの 17 種は低木層が発達した 2009 年以降に認められた種であり、種組成が著しく異なることが明らかとなった。処理後に発達した林床植生において、低木層の未発達な時点よりも種数が少なく、種組成が異なったことから、林冠層の再開鎖が進行したことが影響したと考えられた。

以上より、林床植生の衰退において低木層とササの発達は主因であり、さらに表土移動も当年生個体を消失させ、衰退に影響したと考えられる。一方、林冠層の再開鎖が進行したことが明らかとなり、これによる光環境の悪化は林床植生の種数の減少のみならず、種組成に強く影響したと考えられる。今後、表土移動が林床植生の生残におよぼす影響を検証するとともに、さらに進行すると予測される林冠層の再開鎖が林床植生におよぼす影響を調査する必要がある。

(7) 強度間伐を受けたヒノキ人工林では、林冠が疎開し、光環境が改善され、低木層が発達し、種多様性が向上する。これら低木層の個体群が繁殖を行い、新たな更新サイクルができれば、人工林の種多様性がさらに向上すると指摘されている。しかし、強度間伐を受けた人工林における低木層の繁殖および種子散布の実態は明らかにされていない。そこで本研究ではシードトラップ法により、低木層の種子散布量を調査し、低木層の個体群との空間分布の対応を解析することにより、低木層構成種の持続的な更新の可能性を検討することを目的とした。

植生調査の結果、高木層に 3 種、低木層に 65 種が出現した。一方、シードトラップによって捕捉した種子 (7555 粒) は、種が同定できなかった 3 種 (7 粒) を除き、高木 5 種、低木 13 種であった。すなわち、植生調査で出現した低木層構成種 65 種の約 2 割であり、低木層に出現する種の多くは繁殖を行っていないと結論される。

植生調査における被度と種子数の空間分布を比較した。クロモジ、ミヤマハハソはプロットの広範囲に分布し、種子もほぼ全域に散布されていた。しかし、キブシ、ムラサキシキブは、広範囲で個体の分布がみられたものの、種子散布は部分的にしか確認できなかった。このように個体の空間的広がりに対して、種子数の空間的広がりが異なる種が存在した。同一種でも繁殖を行っている個体と行

っていない個体が存在するため、個体群の分布と種子の分布が一致しなかったと考えられる。以上の結果から、低木層構成種の持続的な更新は一部の種に限定されると考えられた。

(8) 以上のように、強度間伐から15年を経過した壮齢ヒノキ人工林では、林冠層の再開鎖よりも低木層の発達が先行し、林床の光環境の悪化をもたらす。このとき林冠層の葉量回復は後生枝形成を中心に行われているため、葉量回復は進むものの林冠閉鎖が遅延していることが考えられる。

低木層の形成は、下層植生による二酸化炭素固定を促しており、下層植生の発達が表土保全とともに多面的な機能を発揮させていることが示唆される。

一方で、光環境の変化を伴うことから、特に林床においては種数の減少と種組成の変化が観察された。低木層の発達に引き続き林冠層の再開鎖が進行することから、光環境の劣化はさらに進行し、林床植生だけでなく低木層の植生も今後衰退することが考えられる。

低木層の樹木の大半は繁殖を行っておらず、したがって、これらからの種子散布による持続的な下層植生の維持は困難である。

これらを総括すると、強度間伐は低木層の発達により生態系機能を高めているが、その効果は約15年から20年に限定されている可能性が高い。すなわち強度間伐による生態系機能の発揮は一時的効果であり、恒常的な生態系効果の向上を実現するためには、景観計画を考慮した森林経営計画の立案が必要である。

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4件)

① 川村奈々・城田徹央・岡野哲郎、壮齢ヒノキ人工林における低木層とササの除去による林床植生の変化、中部森林研究2、印刷中、査読有

② 城田徹央・伊藤有季・丸山一樹・岡野哲郎、強度間伐に対する壮齢ヒノキ人工林の林分構造の中期的応答、信州大学 AFC 報告 10 : 17-26, 2012, 査読有

③ 城田徹央・森本隆弘・丸山一樹・岡野哲郎、壮齢ヒノキ人工林における強度間伐後14年間の林床植物の種組成の変化、信州大学 AFC 報告 10 : 27-37, 2012, 査読有

④ 城田徹央・飯野啓介・丸山一樹・小林元・荒瀬輝夫・岡野哲郎、手良沢山演習林ヒノ

キ人工林に生育する資源植物、信州大学 AFC 報告 10 : 45-60, 2012, 査読有

[学会発表] (計8件)

① 城田徹央・岡野哲郎・安江恒・北原和樹・成瀬栄樹・川村奈々・石井弘明・東若菜・萩野宏之、壮齢ヒノキ人工林の生態系機能に及ぼす強度間伐の影響、第124回日本森林学会大会、2013/03/26、盛岡市

② 川村奈々・城田徹央・丸山一樹・岡野哲郎、強度間伐後約15年を経過した壮齢ヒノキ人工林における林床植生におよぼす林冠層・低木層・ササの影響、第124回日本森林学会大会、2013/03/26、盛岡市

③ 城田徹央、伊藤有季、丸山一樹、岡野哲郎、強度間伐に対する壮齢ヒノキ人工林の林分構造の中期的応答、第2回中部森林学会、2012/10/13、信州大学農学部

④ 川村奈々、城田徹央、岡野哲郎、壮齢ヒノキ人工林における低木層とササの除去による林床植生の変化、第2回中部森林学会、2012/10/13、信州大学農学部

⑤ Shirota, T. Scaling on surface area of woody organ in Japanese cypress, Gordon Research Conference: Metabolic Basis of Ecology, 2012/07/22-2012/07/27, University of New England, Maine, USA

⑥ 城田徹央・北原和樹・石井弘明・安江恒・岡野哲郎、レーザー測量によるヒノキ人工林のバイオマス推定、第123回日本森林学会大会、2012/03/28、宇都宮大学

⑦ 城田徹央、森本隆弘、岡野哲郎、強度間伐後の林冠再開鎖に伴って消失した林床植生、第1回中部森林学会、117、2011/10/22、石川県地場産業センター

⑧ 城田徹央、石井弘明、安江恒、岡野哲郎、壮齢人工林の三次元構造と一次生産、第122回日本森林学会講演要旨集、J13、2011/03/27、静岡大学

[図書] (計1件)

① 城田徹央、樹形づくりを観察する、信州大学農学部森林科学研究会編、森林サイエンス2、川辺書林、pp.14-33、2011。

[その他]

ホームページ等

(1) http://karamatsu.shinshu-u.ac.jp/lab/ricchi/research_2.htm

(2) [http://karamatsu.shinshu-u.ac.jp/
lab/ricchi/research_3.htm](http://karamatsu.shinshu-u.ac.jp/lab/ricchi/research_3.htm)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡野 哲郎 (OKANO TETSUO)

信州大学・農学部・教授

研究者番号：00194374

(2) 研究分担者

安江 恒 (YASUE KOH)

信州大学・農学部・准教授

研究者番号：00324236

城田 徹央 (SHIROTA TETSUOH)

信州大学・農学部・助教

研究者番号：10374711

石井 弘明 (ISHII HIROAKI)

神戸大学大学院・農学研究科・准教授

研究者番号：50346251

(3) 連携研究者

()

研究者番号：