

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 16 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23580200

研究課題名(和文) ヒノキ一斉林に対する漸伐作業導入のための更新期モデルの提案

研究課題名(英文) A suggestion of the Regeneration Period Model for the adaptation of the Shelter-wood system to the Chamaecyparis obtusa artificial forest.

研究代表者

植木 達人 (UEKI, Tatsuhiro)

信州大学・学術研究院農学系・教授

研究者番号：90221100

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：世界の先進林業地では、環境と経済の両立、地域社会への貢献が森林経営の理念として定着しつつあるが、わが国でもこうした理念を支える作業法の実質的進展が強く望まれている。そこで本研究では、ヒノキ一斉林への漸伐作業法の技術的確立を目指し、樹種特性に適合した「更新期モデル」を提示することを目的とした。その結果、下種伐は林齢40～60年生頃までに実施し、後伐は下種伐後5年程度から開始し、回数は3回以内が望ましく、その期間は20～30年程度が必要と判断された。これよりヒノキ一斉林における更新期は、予備伐を省略し、原則1回の下種伐後、後伐が終了する通算期間は最長でも35年程度であるべきと結論づけられた。

研究成果の概要(英文)： In the world's advanced forestry countries, compatibility between the environment and economy, and the contribution to the local society are taking root as major concepts of forest management. The substantial development of the Working system which supports such concepts is awaited in Japan as well. This study was performed to establish the Shelter-wood system applicable to the Chamaecyparis obtusa forest, and to find out the "Regeneration Period Model" suitable for its wood property tree species characteristics. The study showed that the Seeding cutting should be conducted before forty to sixty stand age, and the Removal cutting should be started around five years from the Seeding cutting, ideally less than three times and in the span of about twenty to thirty years. In conclusion, the Regeneration period of the Chamaecyparis obtusa should be no longer than thirty-five years, including one Seeding cutting and the following Removal cuttings, without the Preparatory cutting.

研究分野：森林科学

キーワード：漸伐作業 ヒノキ人工林 天然更新 更新期モデル

### 1. 研究開始当初の背景

世界の先進林業地では、環境と経済の両立、地域社会への貢献が森林経営の理念として定着しつつあり、それを支える作業法は非皆伐作業の代表格である漸伐作業あるいは択伐作業である。わが国でもこうした理念の確立とそれを支える作業法の実質的進展が強く望まれているが、未だ皆伐作業の域を脱していない。

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、ヒノキ斉林への漸伐作業法の技術的確立を目指し、特に作業の支柱を成す「下種伐～後伐」について考察をおこない、樹種特性に適合した「更新期モデル」を提示することを目的とする。このことは皆伐作業からの脱皮と、環境保全型作業法の拡大・定着を意図するものであり、わが国の作業法の発展に大きく寄与するものと考えられる。

### 3. 研究の方法

本研究の目的を達成するために、以下の3点より計画を進めた。

- ①下種伐における上木の伐採方法、下種伐率、土壌条件および光環境等と更新との関係を解明
- ②後伐における更新木の確実な成長実現のための後伐回数と後伐率の関係、および後伐の最終伐採である終伐における集材方法と稚樹損傷木の解明
- ③ヒノキ漸伐林の施業体系の確立のための更新期(予備伐～後伐)のモデルを提示

なお①の下種伐の調査に関しては中部森林管理局管内愛知森林管理所段戸国有林 53 林班と小班でおこなった。また②の後伐に関しては中部森林管理局管内南信森林管理署金沢山国有林および同管内東信森林管理署奈良本山国有林において実施した。また③のモデルの提示に関しては上記①、②の毎木調査、更新木調査、収穫システム調査結果と、施業履歴の分析、立地条件の分析を研究の柱とし、これらの総合的考察よりヒノキ人工林の更新期のモデルを提示した。

### 4. 研究成果

#### 4-1 下種伐における調査結果

当試験地のヒノキ人工林は、1977 年に 4,700 本/ha が植栽され、'77-'81 の 5 年間に 5 回の下刈りが実施された。'83 にはつる切りがおこなわれ、'87 には除伐、'96 には間伐Ⅱ類が実施された。現在 38 年生林分であり、試験開始前の 2011 年時点での本数密度は 2,215 本/ha、蓄積は 473 m<sup>3</sup>/ha であった。なお林床に光はほとんど入射しておらず、そのため下層植生は皆無に等しい状況であった。

調査区は図-1 に示したように、30m×30m の方形区を 3 つ設置し、上木の伐採方法および伐採率を変えて、伐採後の更新状況の違いを検討した。プロット A は材積伐採率 50% で点状に下種伐をおこなった。プロット B は材

積伐採率 50% で 5m×5m を群状塊として交互に保残と伐採を繰り返した下種伐をおこなった。プロット C は材積伐採率 30% で点状に下種伐をおこなった。

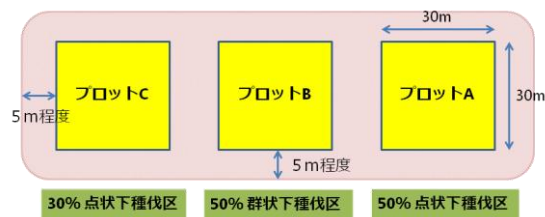


図-1 プロットの設定方法

2011～2014 年の上木の推移についてみる。表-1 はプロット毎の毎木調査から得られた結果を示したものである。2011 年は下種伐前の林分状況であり、2012 年は下種伐後の林分状況、2014 年は下種伐後 2 年経過した時点での林分状況である。3 プロットの特徴は、枝下高が全体の 2/3 を占め、高密度の状態が比較的長く続いたことであり、その結果として相対幹距比が 13～14% と極端に低い状況である。また標高がやや高いプロット A の本数が多く、下って行くにしたがって本数はやや減少する傾向にある。プロット A の特徴は、伐採前後の比較において材積で 50% 伐採であったが、残った本数は 37% (867 本/ha) と極端に減少した。これは比較的径級が細いものが多かったことによる。またプロット B は最も材積が多く、逆にプロット C は最も少ない。さらに 2012～2014 年の変化を見ると、残存本数の多いプロット C では径級、樹高とも他のプロットよりも増大しており、その結果、材積も大きく増加している。

表-1 各プロットの林分状況の推移

調査年	プロットA			プロットB			プロットC		
	2011	2012	2014	2011	2012	2014	2011	2012	2014
DBH平均 (cm)	17.6	20.5	21.3	18.2	18.5	19.0	18.0	20.0	21.0
樹高平均 (m)	15.5	16.1	16.5	15.2	15.9	16.6	15.6	16.0	16.8
平均枝下高 (m)	10.3	10.2	10.2	10.9	11.0	10.6	10.5	10.2	10.5
枝下高率 (%)	66.5	63.5	62.0	69.0	69.1	64.1	67.5	63.8	62.3
相対幹距比 (%)	13.4	21.7	20.6	13.3	18.9	18.7	14.1	18.2	17.3
材積 (m <sup>3</sup> /ha)	477	237	252	497	251	277	444	306	339
本数 (本/ha)	2344	867	867	2233	1100	1100	2089	1178	1178

※2011 年は下種伐前、2012 年は下種伐後である

また図-2 は各プロットの平面図を示したものである。プロット A は 50% 点状間伐であることから、個々の個体の間隔がやや広がった。これは相対幹距比が 13.4 (2011) から 21.7 (2012) と高くなったことと連動するが、プロット C は密な状態 (2011) からの変化が小さく (2012)、このことは下種伐後も 18.2% の相対幹距比であったことから理解できる。しかしながらいずれのプロットも、時間が経過するに伴って、相対幹距比は徐々に落ちていく傾向が確認できた。

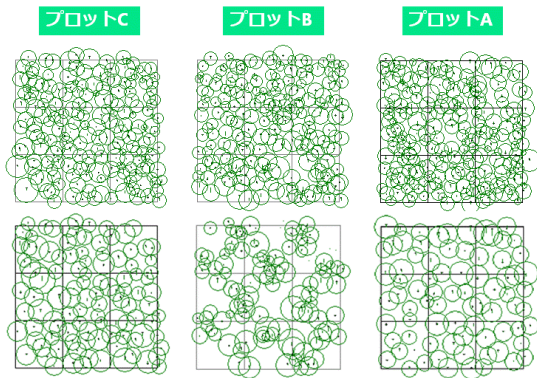


図-2 各プロットの平面図

一方、林床および更新状況では、伐採前ではごくわずかにササとヒカゲノカズラが確認できる状況であり、典型的な管理放棄されたヒノキ人工林の林床植生であった。また伐採後1年目から2年目にかけてプロットA、プロットBに比べて、プロットCでヒノキ当年生実生の発生本数が多い傾向があった(表-2)。これは環境の影響ではなく残存母樹本数の違いが種子落下量の違いをもたらした結果であろうと推測された。

表-2 当年生実生の発生数

	実生発生数(n/m <sup>2</sup> )				
	ヒノキ				他樹種
	2012	2013	2014	2013秋	
plotA	9.2	3.1	24.8	6.5	2.8
plotB	21.3	6.7	84.0	11.8	4.1
plotC	56.9	22.6	63.8	29.3	3.2

※2013秋は、2012年発生実生の生存数と2013年発生数の合計

また、2012年発生実生の1年間生存率は、プロットA、プロットBに比べてプロットCで低かった。さらに2012年発生実生の2年目の樹高、2013年発生実生の1年目の樹高はプロットA、Bに比べてプロットCで低くなる傾向があった。これはより光量が増加したプロットA、プロットBで、ヒノキ実生の生存率、生長率が高くなったことを示している。

こうした調査結果より、間伐によってヒノキ実生の発生、生存、生長は促進されたといえる。その効果は、伐採率30%よりも伐採率50%で高いことが示唆された。また他樹種の発生数も伐採により増加したが、ヒノキに比べると影響は小さいと考えられる。広葉樹など他樹種はヒノキ実生の競争者となることを考えると、他樹種が少ないことは漸伐作業の効果を高める要因だといえよう。以上のことから、更新木の確保・成長という点に関して理想的な下種伐の方法を述べるならば、まず残存木を比較多く残した状態から種子量の確保とそれに伴う実生発生を期待し、その後成長を促す伐採を再度おこなうことがヒノキ更新木の成立に有効であろうと考えられる。

4-2 後伐における調査結果

4-2-①金沢山国有林

金沢山国有林に設置した試験地は、南信森林管理署1408林班に位置している(図-3)。当試験地のヒノキ人工林は、1933年に植栽がおこなわれ、その後除伐が4回、'75年および'79年にそれぞれ20%の間伐がおこなわれ、さらに'84年と'2005年に複層伐と称して強度の伐採をおこなっている。現在の上木ヒノキ人工林の林齢は82年生である。

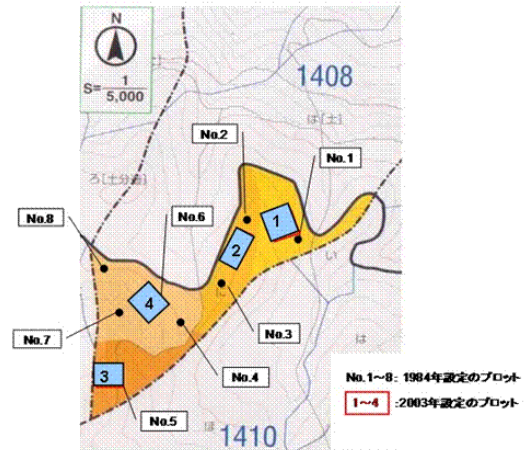


図-3 調査位置とプロット配置

この林分の沿革を確認すると、当林分は皆伐体系で進めてきており、'79年の間伐後に稚樹が多数発生したことから、その後複層林施業として作業法を切り替えてきた。そこで'84年には更新木の成長を促すために64%の強度の上木伐採をおこない二段林を形成するに至った。こうした経緯から、'79年の間伐を下種伐、その前の'75年の間伐を予備伐、'84の複層伐を第1回目の後伐、'2005の複層伐を第2回目の後伐と位置づけられた(図-4参照)。

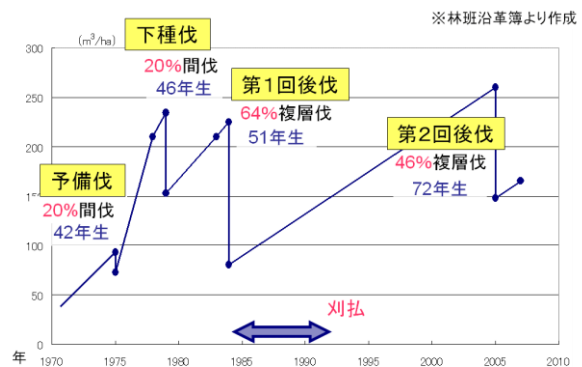


図-4 調査林分の施業履歴と林分構造の変化

図-5は上木の樹高階別本数分布の推移を示したものであるが、上木の選木は基本的には母樹から保護樹に移行するに伴い、本数を減じて稚樹の発生からそれらの順調な成長を促すことにあるが、それとともに大径・良質木を残し、残存木の高付加価値を実現することも重要となる。この図を見てもおわかりのとおり、各伐採は高い樹高の個体を残し、このことは大径材であることを意味している。



2013年での林分調査では、平均樹高は約20m、平均胸高直径は約40cmに達しており、形質も全て良木と判断された。なお本数密度は200本/haを下回っている。

さらに図-6は樹冠投影図を示したものであるが、上木は種子の供給と満遍なく枝を伸長させることを意図し、均等に残るように選木され、また光の入射量を増大するために強度に伐採されていることがわかる。

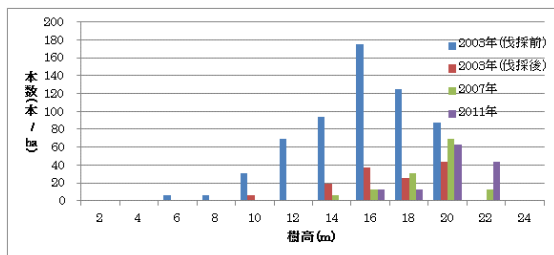
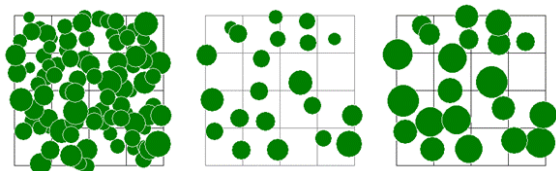


図-5 樹高階別本数分布の推移



※左：2003年伐採前、中：2003年伐採後、右：2011年  
図-6 樹冠投影図

また図-7は更新木のhaあたりの本数別・樹高別推移を示したものであるが、更新木本数は40,000本/ha前後で変化が見られなくなり、平均稚樹高も100cm程度にとどまっている。これは広葉樹も含めた下層における個体間競争が高い状態にあり、枯死と発生・成長が繰り返されているものと予測された。そうした中で光条件をうまく捉えた個体は順調に成長しており、600~800cmに達しているが、こうした個体の成長鈍化が際立ってきている。更新木のこうした状況は2000年以降顕著となり、終伐時期が遅れていることを示している。

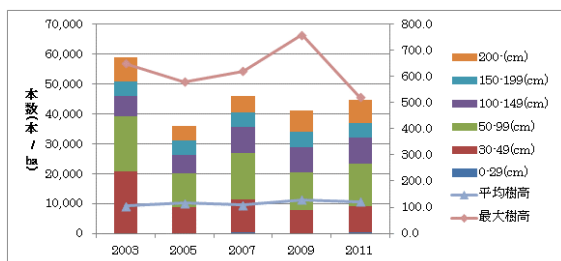


図-7 更新木の本数別樹高別推移

以上の調査結果から、下種伐は林齢40年生程度であっても母樹としての役割を十分果たすものであること、またこの事例では、第1回後伐は'84年に実施したが、更新木の本数の確保と一定程度の樹高成長が実現していることから、下種伐後5年程度であっても後伐に入ることが可能であることが示唆された。

また更新本位の作業法であるにもかかわらず、今回の事例では2005年時点ですでに更新木の被圧と競合が激しい状態にあったことから、後伐は2回程度で十分であり、しかも2回目は終伐で問題ないと思われた。その結果、ヒノキの更新期は、下種伐~終伐までおよそ20年程度が一つの目安であろうことが予測された。

#### 4-2-②奈良本山国有林

奈良本山国有林に設置した試験地は、東信森林管理署1180林班に位置している。当試験地のヒノキ人工林は、1915年に植栽がおこなわれ、その後の施業経緯は不明であるが、2回目といわれている間伐が'77年に材積で14%間伐され、'79年に材積で39%の間伐、'93年に同じく32%、2003年には同じく16%の間伐が実施された。現在の上木ヒノキ人工林の林齢は100年生である。

表-3に当試験地上木ヒノキ人工林の林分構造の推移を示した。また図-8に施業履歴と合わせて更新木の本数および樹高の推移を示した。ここで注目すべき点は、下種伐がいつの段階の伐採であるかということである。図-8を見ると20cm以上の更新木は'77時点で約40,000本/haであり、これらがいつの伐採によって発生したかを確認しておく必要がある。森林管理局の'80年の更新木調査によると、4-6年生('74-76年発生)が約100,000本/ha、7-8年生('72-73年発生)が約40,000本/haであったことから'70年前後の伐採が下種伐と位置づけたいが、伐採の記録は明らかではない。したがってここではまとまった更新木が存在し、施業歴も明らか'77をとりあえず下種伐と位置づけておく。そうすると'79年の伐採が第1回目後伐であり、'93年が第2回目後伐、2003年が第3回目後伐となる。また更新木は'79年、'81年には160,000本/haを超える本数が存在したが、以後急速に減少し、'93-'94年頃には約50,000本/ha、2012年には約10,000本/haまで減少した。しかし、2012年の樹高の分布状況を確認すると(図-9)、樹高100cm以上に達している稚樹は約3,000本/ha程度存在している。

表-3 施業履歴と林分構造の推移

年	1915	不明	1977	1979	1993	2003	2012				
作業	植栽	1回目間伐	2回目間伐	1回目伐採	2回目伐採	3回目伐採	-				
		伐採前	伐採後	伐採前	伐採後	伐採前	伐採後				
林齢	1	-	62	64	78	88	97				
材種	m3/ha	-	310	267.1	289.5	177.5	292.8	199.1	244.9	205.6	354.8
本数	本/ha	-	-	837	457	457	276	276	232	232	
伐採率	材積	-	-	14%	39%	32%	32%	16%	-	-	
平均胸高直径	cm	-	-	-	22	-	25	-	36.6	36.5	43.6
平均樹高	m	-	-	-	16	-	18	-	18.7	18.6	23.1
相對距離	%	-	-	-	21.6	-	26.0	-	32.2	35.3	28.4
収量比	数	-	-	-	0.6	0.4	0.45	-	0.34	0.3	0.45
相對照度	%	-	-	-	13	25	20	-	13	18	9.2

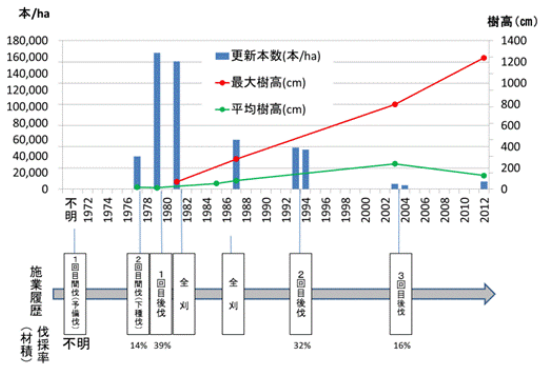


図-8 施業履歴と更新状況

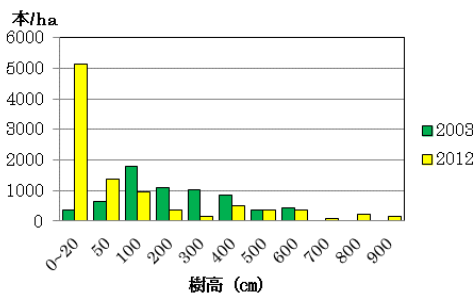


図-9 2003-2012の更新木の樹高階別本数

さらに、更新木の上層に位置する個体の林齢を把握すること、およびそれらの被圧状況経緯が知るために、10本の個体に対して樹冠解析を行った(図-10)。林齢はNo1が38年生で8.6m、以下同様にNo2-39年生・6.6m、No3-34年生・6.4m、No4-33年生・6.4m、No5-36年生・5.7m、No6-26年生・4.6m、No7-28年生・4.6m、No8-33年生・8.1m、No9-38年生・7.3m、No10-30年生・4.6mであった。したがって最も早い段階で更新した個体はすでに40年が経っており、これは'70年代初期に発生したものであることがわかった。このことは前述した森林管理局の調査データと一致するものであり、下種伐は'77年よりもさらに早い'70-'72年頃といえるかもしれない。

なお年輪幅より被圧状況を確認すれば、青い部分が極めて年輪幅が狭い(0.1-0.3mm)状況を表し、赤色は成長が比較的良く年輪幅が広い(1.0-1.5mm)状況を表している。したがってたとえ更新木で上層に位置する個体であっても、すでに10年程度は被圧下におかれており、終伐は遅くとも2000年頃に実施されるべきであったと判断された。

以上の調査結果から、この調査地の事例では、下種伐は林齢55-60年生程度であっても母樹としての役割を十分果たすものであること、また下種伐後の第1回後伐の時期は、下種伐が'70-'72年頃、'77年に20cm以上が40,000本/ha確保されていることから、タイミングとしてはこの頃であって、5年程度の開きがあって十分ともいえる。また終伐は遅くとも2000年頃と仮定すれば、結果として下種伐~終伐は遅くとも30年以内の期間で十分であるといえよう。

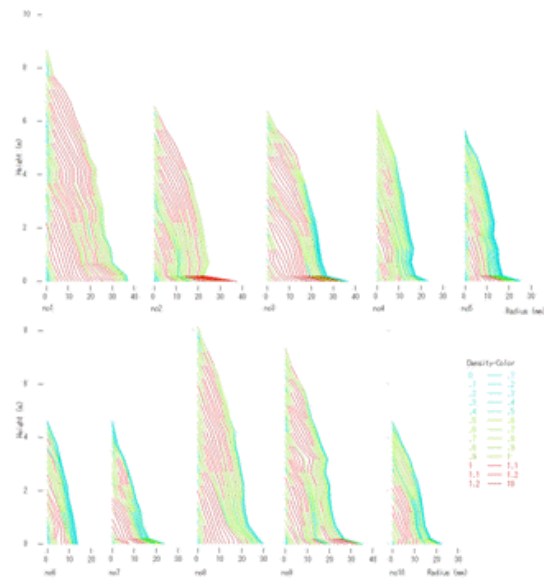


図-10 更新木の樹冠解析

#### 4-3 後伐の最終段階(終伐)

終伐は、更新木が上木の保護を必要としない場合であったり、逆に上木が陽光を遮り、更新木の成長を妨げる場合に、全ての上木を伐採する最終伐採である。これにより林分は次世代の個体のみで構成されることになる。この場合、特に注意しなければならない点は、上木の伐倒、搬出による更新木の損傷をいかに抑えるかという点である。

図-11は終伐前に確認した更新木の分布状態である。グリッドの大きさは1m\*1mである。緑色が濃くなるほど更新木の本数の多さを表している。ほぼ一様にヒノキが更新しており、立木密度は10,904本/ha、平均樹高は3.1mであった。なお上木は、一部カラマツが含まれるが、ほとんどが99年生のヒノキであり立木密度は332本/haであった。

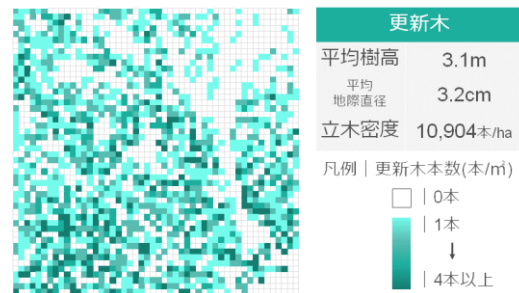


図-11 更新木の分布状態

こうした林分状況において、図-12に示す作業システムを採用した。伐倒にチェーンソーを使用し、その後林内で枝払いをおこない、木寄せおよび造材は基本的にはハーベスタを使用した。さらに運材はフォワードャによる。

その結果、更新木は約半数が何らかの損傷を受けたことが確認された。その内訳は、林内での枝払いの残地と木寄せ時に41%が消失した。また傾いた個体が18%、枝折れ16%、樹

皮剥離 10%と、これら 4 つの損傷形態で 85%に達した(図-13)。

	伐倒	枝払い	木寄せ 造材	運材
機械	チェーンソー	チェーンソー	ハーベスタ (チェーンソー)	フォワーダ
備考	楔 (チルホール)	全伐倒木	作業は 作業道上	クラッブル ローダー付

図-12 作業システム

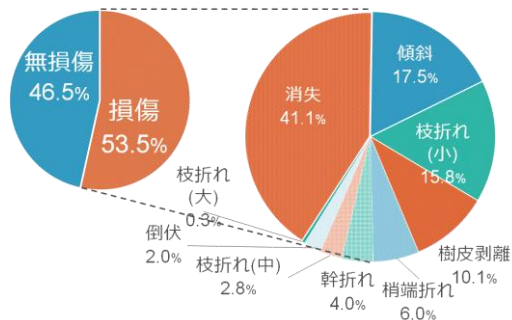


図-13 更新木の損傷形態

図-14 に伐倒-集材後の更新木の損傷・残存状況を示した。灰色部分は枝払いによる枝条を放置した箇所であり、更新木はほぼ消失した。また茶色の部分は、作業前に更新木が存在したが、作業後に消失した箇所である。

以上より、①更新木の損傷は作業道周囲で特に損傷が集中したことから、その配置について十分に検討を行う必要がある。②面積の約 1/3 にわたり枝条残渣が堆積し、これによる林床の被覆は次世代の天然更新に影響を及ぼすことが明らかになったことから、枝条の適正な処理方法の確立が望まれる。

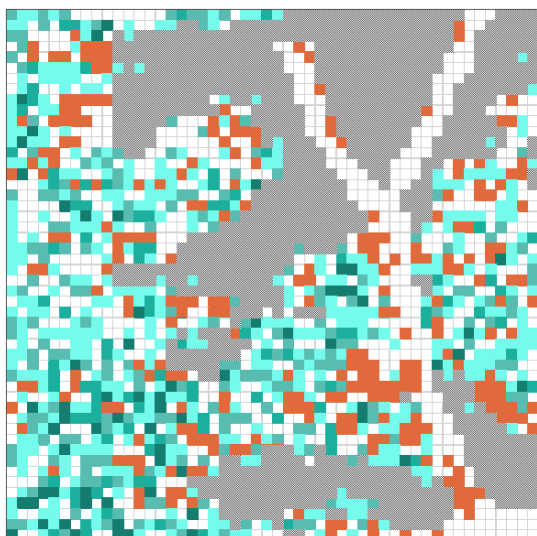


図-14 集材後の更新木の分布状態

本研究は、ヒノキ一斉林への漸伐作業法の技術的確立を目指して、「更新期モデル」を提

示することを目的としたが、その結果、漸伐作業法の基本形である「予備伐」-「下種伐」-「後伐」の流れにおいて、「予備伐」は間伐的取り扱いとして 20 年生~40 年生に 2~3 回程度実施されることが望ましい(試験 4-1、4-2-①、4-2-②より)。また「下種伐」は 40 年生前後~60 年生頃までに実施し(試験 4-1、4-2-①、4-2-②より)、「後伐」は複数回(多くてもせいぜい 3 回程度)するものとして、第 1 回目後伐は下種伐後 5 年程度から始めることが可能であることが示唆された(試験 4-2-①、4-2-②より)。また第 1 回目後伐~終伐までの期間は 20 年程度(試験 4-2-①より)、場合によっては 30 年程度(試験 4-2-②より)が必要であろうと判断された。また後伐の最終伐採(終伐)では、今回の作業システムでは更新木の約半数に何らかの損傷が発生したことから、その対策が急務であり、特に路網の配置と枝条処理の工夫が必要であると判断された。

#### 5. 主な発表論文等(研究代表者、研究分担者および連携研究者には下線)

[学会発表](計 7 件)

- ①大塚大・齊藤仁志・植木達人：ヒノキ漸伐林における終伐による講師木の損傷，第 126 回日本森林学会大会学術講演集，P1A062，2015. 3. 北海道大(北海道)
- ②植木達人：第 15 回森林を考える岡山県民のつどい，基調講演「地域林業の発展を目指して」，岡山県津山市，2014. 10(招待講演)
- ③植木達人：オーストリアの森林と林業経営の現状，(一財)長野県林業労働財団，長野市 2014. 2(招待講演)
- ④植木達人：基調講演「地域と人と林業と」，ホクト文化ホール，主催(独)森林総合研究所森林農地整備センター，2012. 11(招待講演)
- ⑤植木達人：「わが国の林業施策と林業経営～これからの伊那谷の林業を考える～」，長野県上伊那林業再生協議会，2012. 7(招待講演)
- ⑥植木達人：「生物多様性と森林施業」，管理経営向上研修会，中部森林管理局，2012. 6(招待講演)
- ⑦小椋仙・植木達人・井上裕・斎藤仁志：ヒノキ人工林における漸伐作業の終伐適期に関する研究-中部森林管理局奈良本山国有林を事例に-，日本森林学会中部支部，第 2 回大会講演要旨集，C-18，2012. 3. 岐阜大(岐阜)

[図書](計 1 件)

- ①植木達人：持続可能な林業経営の基本的視点と漸伐作業，川辺書林，森林サイエンス 2，p. 164-178，2011

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

植木達人 (UEKI, Tatsuhiro)  
信州大学・学術研究院農学系・教授  
研究者番号：90221100