

## 技術開発完了報告

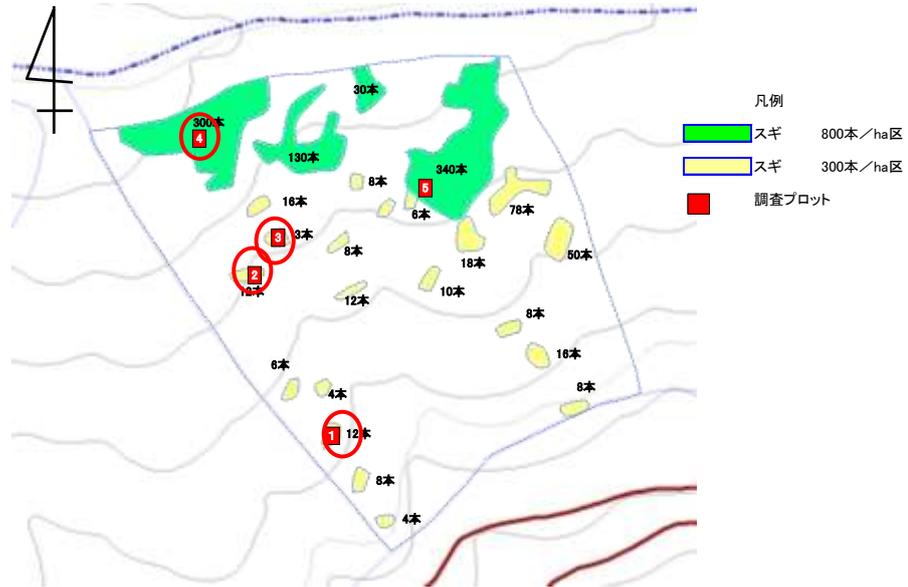
四国森林管理局

課 題	天然林におけるスギ天然更新技術の確立			開発期間	平成16年度～平成25年度		
開発箇所	安芸森林管理署 大戸山2028い林小班 雁巻山2032い林小班 和田山2098い林小班	担当 部署	森林技術・ 支援センタ ー	共同研 究機 関	(独)森林総合研 究所四国支所	技術開発 目 標	1
開発目的	<p>1. 千本山保護林の取り扱いについての検討が重要であることから、近隣の和田山2098林班においてスギ以外の樹種を中心に択伐を実施し、択伐により生じたギャップに天然更新補助作業(地表処理、一部植え込みを含む)を実施し、ヤナセスギを主体とする天然林へ誘導するとともに、将来、仮に代表林分でスギの衰退が始まりギャップが生じた場合、最低限どの程度のギャップがあれば幼木が残存し生育できるのかについて明らかにする。</p> <p>2. 天然ヤナセスギ40%伐採跡地の早期更新完了(保安林の植栽指定あり)を図るため、一部において植込を主とする天然更新補助作業を実施し、ヤナセスギとモミ・ツガ、広葉樹の混交林に誘導する。</p> <p>この場合、大小様々なギャップが生じているため、林内のギャップ毎に、植込本数等の条件を変えて実施し、その後の植栽木の生育状況や、萌芽等による広葉樹等の繁茂状況等の追跡調査結果等を踏まえ、天然更新補助作業の作業基準、保育作業基準を確立。 (平成17年度に変更) (数値目標：植栽木の10年後の残存率80%以上)</p>						
開発方法	<p>1. 天然更新によるヤナセスギを主体とする天然林への誘導(和田山)</p> <p>(1) 千本山保護林に地理的に近く、地形、林相等の条件が類似している2098い林小班に試験地を設定。</p> <p>(2) スギ以外の樹種を中心に択伐を実施し、林内に生じたギャップに天然更新補助作業(地表処理等、一部植え込みを含む)を実施。</p> <p>(3) ギャップの大きさや天然更新補助作業を組み合わせた様々な調査プロットを設定し、相対照度や生育状況等の調査を実施。</p> <p>(4) 毎年度各プロットの相対照度、更新木の生育状況等を調査した上で、必要に応じて植込等を含め更新補助作業をきめ細かく繰返し実施。</p> <p>(5) 次回択伐において、スギ以外の樹種を主体に択伐を実施。</p> <p style="text-align: center;"><b>□ 調査地のギャップ及びプロット位置等</b></p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> </div> <div style="flex-grow: 1;"> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p><b>凡例</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">G</span> 架線ギャップ 植栽箇所</li> <li><span style="border: 1px solid green; padding: 2px;">G</span> 架線ギャップ 天然更新</li> <li><span style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">G</span> ヘリギャップ 植栽箇所</li> <li><span style="border: 1px solid yellow; padding: 2px;">G</span> ヘリギャップ 天然更新</li> <li><span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">P</span> プロット</li> </ul> </div> </div>						

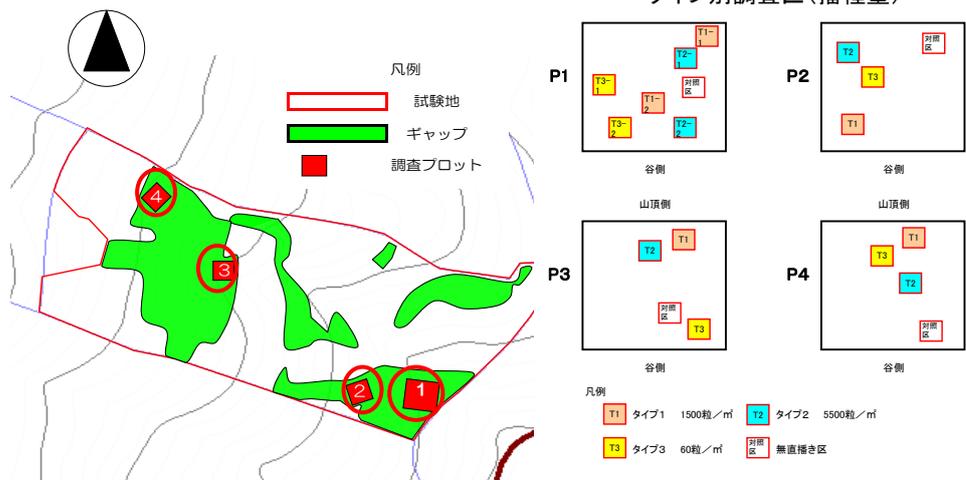
2. 天然スギ40%伐採跡地の更新、保育作業基準(大戸山、雁巻山)

- (1) 専門家を交えた現地調査により、林内に生じているギャップ毎に更新補助作業(地表処理、植込等)を決定。
- (2) ギャップの大きさ等別にプロットを設定し、定点撮影、照度調査、植生調査等を実施。
- (3) 更新補助作業の作業実施時に、功程調査を実施。
- (4) 更新補助作業後の成長と周辺植生の生育状況を見ながら、下刈等の保育の実施と省力化に向けた検討。
- (5) 16、17年度に発生した40%伐採跡地について、前年度までの更新作業の成績を考慮した上で、ギャップ毎に更新補助作業を決定し、プロットを設定。

大戸山 □ 調査地等



雁巻山 □ 試験等



実施経過	<p><b>平成16年度</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. スギ林への誘導(和田山)       <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 試験地の計画策定</li> <li>(2) プロット設定</li> <li>(3) 択伐前調査</li> <li>(4) 択伐実施(30%)</li> </ol> </li> <li>2. 40%伐採跡地の作業基準(大戸山)       <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 当年度の植栽本数等の実施内容決定</li> <li>(2) 作業実施</li> <li>(3) プロット設定</li> <li>(4) 植栽後調査</li> </ol> </li> </ol> <p><b>平成17年度</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. スギ林への誘導(和田山)       <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 択伐後立木調査</li> <li>(2) 植生、稚樹発生状況調査</li> <li>(3) 全天写真</li> <li>(4) 地拵及び植付</li> </ol> </li> <li>2. 40%伐採跡地の作業基準(大戸山)       <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 立木、植生、稚樹発生状況調査</li> <li>(2) 全天写真、定点写真撮影</li> <li>(3) 成長調査</li> </ol> </li> </ol> <p><b>平成18年度</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. スギ林への誘導(和田山)       <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 択伐後立木調査</li> <li>(2) 稚樹発生状況調査</li> <li>(3) 全天写真</li> <li>(4) 植栽木成長調査</li> <li>(5) 追加試験地稚樹発生調査            ※地表条件の違いによる稚樹発生調査試験地を追加設定(1m×2m)</li> </ol> </li> <li>2. 40%伐採跡地の作業基準(大戸山)       <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 立木、植生、稚樹発生状況調査</li> <li>(2) 全天写真、定点写真撮影</li> <li>(3) 成長調査</li> </ol> </li> <li>3. 40%伐採跡地の作業基準(雁巻山)       <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) ヤナセスギ種子の播種試験地の設定</li> <li>(2) 全天写真、照度調査</li> </ol> </li> </ol> <p><b>平成19年度</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. スギ林への誘導(和田山)       <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 植栽木成長調査</li> <li>(2) ギャップ別稚樹成立本数調査</li> <li>(3) タイプ別稚樹成立調査</li> <li>(4) 種子豊凶調査</li> </ol> </li> <li>2. 40%伐採跡地の作業基準(大戸山)       <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 植栽木成長調査</li> <li>(2) 稚樹成立本数調査</li> </ol> </li> <li>3. 40%伐採跡地の作業基準(雁巻山)       <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 播種による稚樹成立本数調査</li> <li>(2) 種子豊凶調査</li> </ol> </li> </ol> <p><b>平成20年度</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. スギ林への誘導(和田山)       <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 植栽木成長調査</li> <li>(2) ギャップ別稚樹成立本数調査</li> <li>(3) ベルト稚樹成立本数調査(追加)</li> <li>(4) タイプ別稚樹成立調査</li> <li>(5) 保護チューブによる稚樹成長促進効果試験(追加)</li> </ol> </li> </ol>
------	---

- (6) 種子豊凶調査
- 2. 40%伐採跡地の作業基準(大戸山)
  - (1) 植栽木成長調査
  - (2) 稚樹成立本数調査
- 3. 40%伐採跡地の作業基準(雁巻山)
  - (1) 播種による稚樹成立本数調査
  - (2) 種子豊凶調査

#### 平成21年度

- 1. スギ林への誘導(和田山)
  - (1) 植栽木成長調査
  - (2) ギャップ別稚樹成立本数調査
  - (3) ベルト稚樹成立本数調査(追加)
  - (4) タイプ別稚樹成立調査(終了)
  - (5) 保護チューブによる稚樹成長促進効果試験
  - (6) 種子豊凶調査
- 2. 40%伐採跡地の作業基準(大戸山)
  - (1) 植栽木成長調査
  - (2) 稚樹成立本数調査
- 3. 40%伐採跡地の作業基準(雁巻山)
  - (1) 播種による稚樹成立本数調査
  - (2) 種子豊凶調査

#### 平成22年度

- 1. スギ林への誘導(和田山)
  - (1) 植栽木成長調査
  - (2) ギャップ別稚樹成立本数調査
  - (3) ベルト稚樹成立本数調査(追加)
  - (4) 保護チューブによる稚樹成長促進効果試験
  - (5) 種子豊凶調査
- 2. 40%伐採跡地の作業基準(大戸山)
  - (1) 植栽木成長調査
  - (2) 調査終了
- 3. 40%伐採跡地の作業基準(雁巻山)
  - (1) 播種による稚樹成立本数調査
  - (2) 種子豊凶調査
  - (3) 調査終了

#### 平成23年度

- 1. スギ林への誘導(和田山)
  - (1) 植栽木成長調査
  - (2) ギャップ別稚樹成立本数調査
  - (3) ベルト稚樹成立本数調査
  - (4) 保護チューブによる稚樹成長促進効果試験
  - (5) 種子豊凶調査
- 2. 40%伐採跡地の作業基準(大戸山・雁巻山) 取りまとめ完了

#### 平成24年度

- 1. スギ林への誘導(和田山)
  - (1) 植栽木成長調査
  - (2) ギャップ別稚樹成立本数調査
  - (3) ベルト稚樹成立本数調査
  - (4) 保護チューブによる稚樹成長促進効果試験
  - (5) 種子豊凶調査

	<p>2. 既設定プロットの生育状況の調査 状況に応じ必要な保育作業の検討、実施</p> <p><b>平成25年度</b> スギ林への誘導(和田山) (1)ギャップ別稚樹成立本数調査 (2)ベルト稚樹成立本数調査（プロット2、9、10に加え5、6を追加） (3)保護チューブによる稚樹成長促進効果試験 調査終了</p>
<p>開発成 果等</p>	<p>別添1のとおり</p>

## 別添1

高知県を代表とするヤナセスギの純林である、千本山林木遺伝資源保護林(以下「代表林分」という)が将来、スギの衰退が始まりギャップが生じた場合、最低限どの程度のギャップがあれば幼木が残存し生育できるのかについて明らかにするため、高知県安芸郡馬路村魚梁瀬の国有林(和田山)に試験地を設定し、天然下種による稚樹の発生状況、種子の落下量等の調査を実施。また、H15年度に四国局で「天然ヤナセスギ供給計画及び施業方法(ヤナセ天然スギ林分40%伐採方式の施業基準)」を定めて、ヤナセスギの伐採は群状等で実施することとしている。このため、高知県安芸郡馬路村魚梁瀬の国有林(和田山、大戸山、雁巻山)に試験地を設定し、当該施業基準に従い、500本/ha程度を更新補助作業として植栽木の成長及び播種による稚樹の発生状況等の調査を実施。

### 1 植栽木成長調査—和田山、大戸山試験地

#### (1) 和田山試験地

架線集材により生じたギャップの大きさ 0.22～0.44ha 平均 0.30ha(以下「架線ギャップ」という)及びヘリコプター集材により生じたギャップ、の大きさ 0.02～0.11ha 平均 0.07ha(以下「ヘリギャップ」という)内に試験地を設定しスギ植栽木の成長調査を実施。(別図参照)

① 架線ギャップの植栽木の成長は、植栽後 6 年で約 9 割が樹高 2m を超えた。ヘリギャップは架線ギャップに比べ成長は悪く、樹高 2m を超えたものは約 7 割であった。(図 1)

② 架線ギャップはヘリギャップに比べ照度が高く(架線ギャップの相対照度は約 60%、ヘリギャップは 41%)、成長差に影響していると思われる。

③ 植栽木の残存率は、ヘリギャップ 88%、架線ギャップ 63%であるが、架線ギャップでは、一部でシカの食害による枯死が発生した。(図 1)

#### (2) 大戸山試験地

ギャップの面積が 0.04～0.44ha 平均 0.26ha と比較的大きな箇所にスギ 800 本/ha、面積が 0.006～0.067ha 平均 0.013ha と比較的小さい箇所にスギ 300 本/ha を植栽し、シカ食害防止のため全ての植栽木に保護チューブを施工し成長調査を実施。(別図参照)

① ギャップの面積が小さい 300 本/ha 植栽区の樹高成長は、植栽後 5 年で平均 230cm 程度、残存率 90%以上。ギャップの面積が大きい 800 本/ha 植栽区は平均 430cm を超える成長を示したが、残存率は 50%程度であった。(図 2)

② 光環境と樹高成長の関係を見ると、空隙率・透過率が高いほど樹高成長がよい傾向が見られた。(図 3)

### 2 稚樹成立本数等調査—和田山、雁巻山試験地

#### (1) 天然下種更新(プロット調査)—和田山試験地

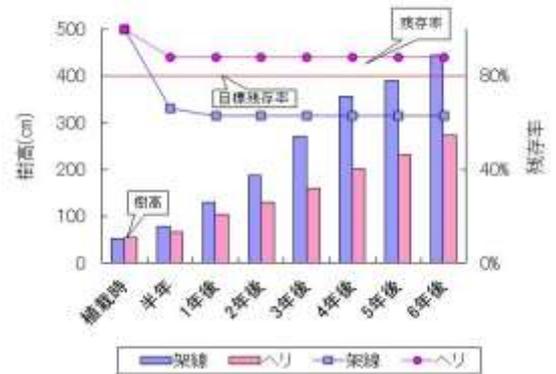


図 1 ギャップ別平均樹高及び残存率の推移

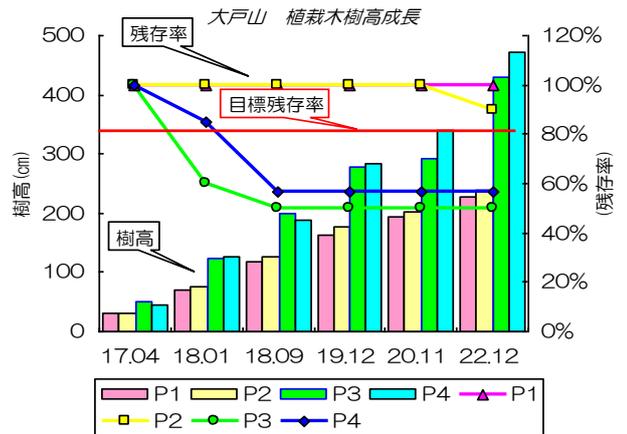


図 2 植栽木樹高成長及び残存率(大戸山試験地)

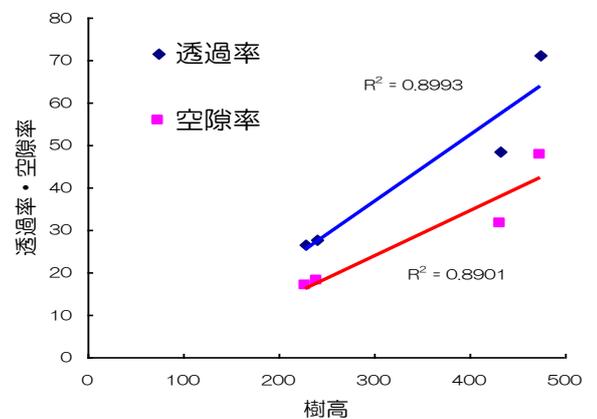


図 3 空隙率・透過率と樹高成長との関係

架線及びヘリの各ギャップ内に 1m×1m のプロットを 5 箇所ずつ設置し、平成 18 年度から稚樹の成立本数と樹高を調査した。(植栽地含む。)

- ① 稚樹の成立本数・成長は平成 25 年秋期調査では、架線ギャップにおいて平均 8 本/m<sup>2</sup>の稚樹が成立し平均樹高は 35cm、ヘリギャップにおいては平均 21 本/m<sup>2</sup>の稚樹が成立し、平均樹高は 35cm となっており、ギャップの大きさが小さいヘリギャップで多くの稚樹が成立していた。(図 4)
- ② 架線・ヘリギャップとも簡易な地拵を実施したこと、平成 17 年度はヤナセスギの種子が大豊作であったとされる(データはない)こと等により、平成 18 年度は多くの稚樹が発生したが、平成 19 年 6 月時調査以降は、いずれの調査区においても減少している。このことは、下層植生が繁茂したことによる照度低下や降雨による表土の流出等が原因ではないかと推察される。

なお、本調査はギャップの大きさ(0.07ha~0.44ha)に対し調査区の規模が小さく、プロットの設定箇所によっては稚樹の生育環境が異なること等も考慮し、各ギャップの平均値をより正確に反映するよう、ベルト調査も追加した。

(2) 天然下種更新(ベルト調査)―和田山試験地

ギャップを縦断するベルト状(幅 1m)の調査区を平成 20 年度に 3 箇所(G2(0.25ha)、G9(0.11ha)、G10(0.07ha))設け、下層植生の刈り払いを実施するとともに、稚樹の成立本数と樹高を調査した。

さらに、稚樹分布環境の偏りが極力無くなるよう平成 25 年度、2 箇所(G5(0.07ha)、G6(0.07ha))のベルト調査区を追加して設け同様に調査した。

- ① 架線ギャップ G2 の平成 25 年の調査では、樹高 30cm 以上の稚樹が 13 千本/ha 成立、平均樹高は約 91cm となっており良好な生育を示している。(図 5)
- ② ヘリギャップ G10 は、樹高 30cm 以上の稚樹が 63 千本/ha 成立、平均樹高は約 101cm であり、良好な生育を示している。(図 6)
- ③ 上記の両ギャップ(G2、10)については天然更新完了基準を大きく上回る成立本数が確認できた。また、両ギャップとも、歩道周辺などの下層植生が少なく照度が比較的高い箇所では特に良好な成長を示していた。
- ④ しかし、ヘリギャップ G5、G6、G9 では、

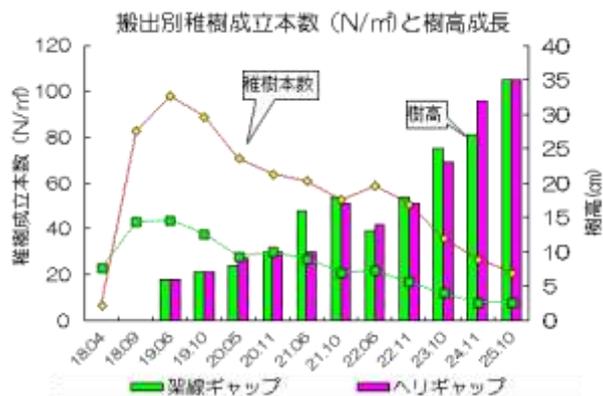


図 4 搬出別稚樹成立本数と樹高成長の推移

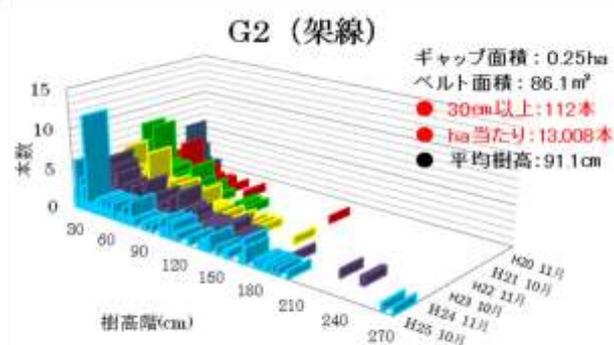


図 5 架線ギャップ G2 の稚樹成立本数(樹高階)

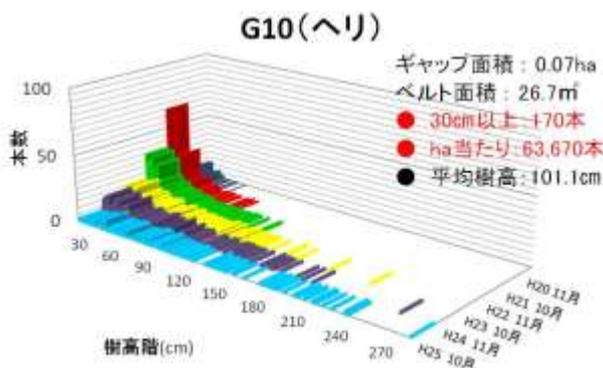


図 6 ヘリギャップ G10 の稚樹成立本数(樹高階)

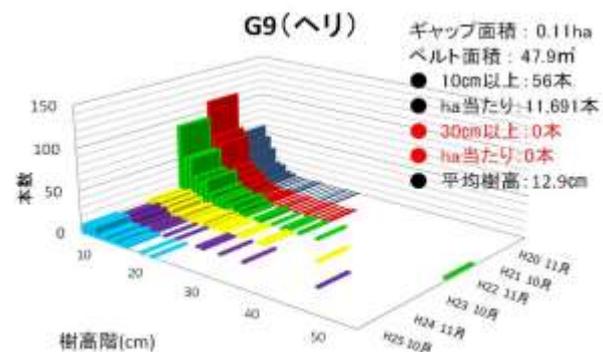


図 7 ヘリギャップ G9 の稚樹成立本数(樹高階)

G2、G10 に比べ照度が低いことから、樹高 30cm 以上の稚樹はほとんど成立しておらず、

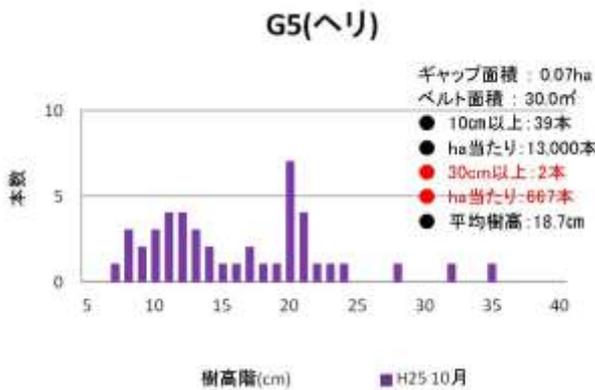


図8 ヘリギャップ G5 の稚樹成立本数(樹高階)



図9 ヘリギャップ G6 の稚樹成立本数(樹高階)

平均樹高 13~19cm であった。(図7、図8、図9) これらは、谷沿いで岩石などが堆積して表土が比較的薄い箇所であること等が原因であるものと推察される。

(3) 地表条件の違いによる稚樹の発生状況—和田山試験地

地表条件の違いによる稚樹の発生、成立本数の推移を比較するため、H18 年度から落葉落枝の被覆条件の違う 4 タイプ(表 1)の試験地により調査を実施。

なお、調査開始から3年後の平成 21 年度に落葉落枝の腐朽、下層植生の繁茂によりタイプ別の違いがほとんどなくなったため調査を終了。

枝条等による地表面の被覆状況は、タイプ 4 が最も厚くタイプ 3、2、1 の順に薄くなるが、初期の稚樹成立本数は、被覆量が少ないタイプ 1 が最も多く、タイプ 2、3、4 の順に少なかったが、3 年後にはタイプ別の違いがほとんどなくなった。(図 10)

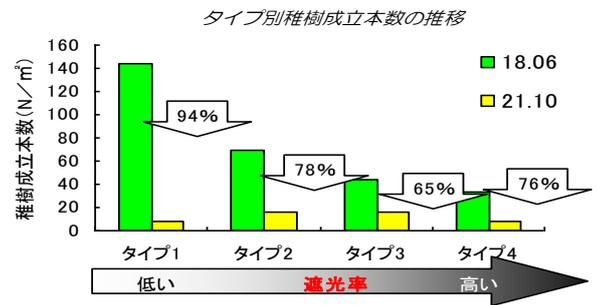


図 10 タイプ別稚樹成立本数の推移

表 1 タイプ別

- タイプ1 落葉・落枝等がほとんどなく、地肌が露出している。
- タイプ2 落葉・落枝等が地肌を適度に覆っている。稚樹に光が当たっている。
- タイプ3 枝条が多く、落葉・落枝等が少ない。(条件はタイプ2と同じであるが、落葉・落枝等と枝条との違い)
- タイプ4 落葉・落枝等が多く、地肌が見えない。(タイプ2の落葉・落枝等が厚く覆った場合)

(4) 播種による更新補助—雁巻山試験地

平成 18 年度から雁巻山試験地に、1m×1m の播種量の異なる調査区を設定し(表 2)、稚樹の成立本数の推移を調査。(別図参照)

播種直後では播種量の多い調査区ほど多くの稚樹が成立していたが、播種後3年後の調査では播種量の違いによる差異は見られないことから、播種の効果は限定的と思われる。(図 11)

表 2 タイプ別種子播種量

タイプ別	播種量	備考
タイプ1	1,500粒/m <sup>2</sup> (5.4g/m <sup>2</sup> )	5か年間の平均落下数量
タイプ2	5,500粒/m <sup>2</sup> (19.6g/m <sup>2</sup> )	5か年間の最大(豊作年)
タイプ3	60粒/m <sup>2</sup> (0.2g/m <sup>2</sup> )	5か年間の最小(凶作年)

種子の数量については、「魚梁瀬千本山保護林調査報告書その4」の「千本山保護林のスギ種子の落下量と稚樹の発生消長(吉田美)」の5か年間種子の落下量と発芽率を調査したデータから直播き数量を決定

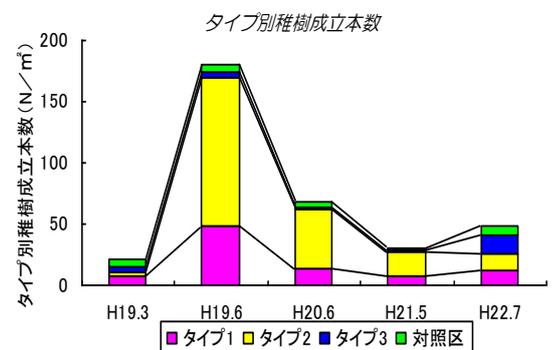


図 11 タイプ別地樹成立本数(雁巻山試験地)

### 3 種子の落下量調査—和田山試験地

稚樹の発生に大きな影響を与える種子落下量をH19から24年度にかけて実施。調査期間は種子の落下が始まる10月から翌年3月末までの6ヶ月間とした。

- ① 月別種子落下数は12月から1月が最も多くの種子が落下。各月末積算落下種子数を総落下種子数で除した指数で見ると2月末で78～96%に達した。
- ② ギャップ別の比較では、ギャップ面積の小さいヘリギャップで多く種子が落下した。
- ③ 種子落下量は、H21年が最も多く(2,098～2,438粒/m<sup>2</sup>)、最も少なかったH19(187～357粒/m<sup>2</sup>)に比べ11.2～16.9倍であった。(図12)

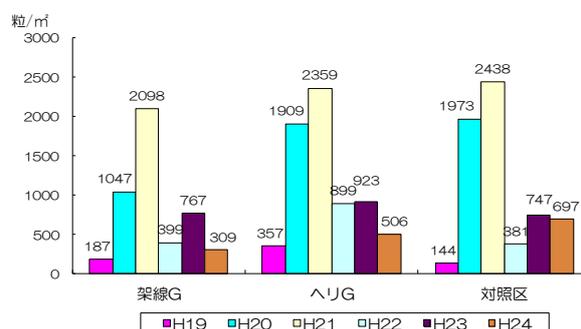


図12 H19-24 搬出別種子落下量の推移

### 4 保護チューブによる成長促進調査—和田山試験地

和田山試験地の一部において試行的に保護チューブを稚樹に被せたところ、保護チューブを使用した稚樹は成長が優れていたため、H20年度から保護チューブによる成長促進効果の検証を実施。(架線ギャップ、ヘリギャップの植栽木及び天然発生稚樹の成長を比較)

- ① 保護チューブを施工した稚樹の方が無施工稚樹(対照稚樹)に比べ良好な成長を示し、特に架線ギャップに施工した稚樹の成長が良好であった。(図13、14)
- ② なお、照度が比較的低いヘリギャップでは枯死したものが多くあった。保護チューブの施工については、施工により更に照度低下を招くことが考えられることから使用に留意が必要。



図13 保護チューブ施工稚樹と対照稚樹の樹高成長の推移

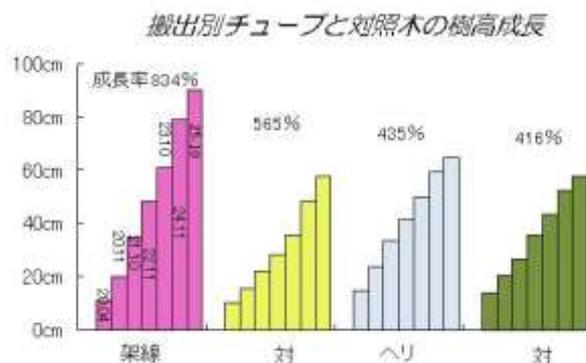


図14 搬出箇所別保護チューブ施工稚樹と対照稚樹の樹高成長の推移

### 5 まとめ

植栽木成長調査から、植栽木の順調な成長を図るためには、伐採・搬出時に生じるギャップの大きさはある程度大きい方が良いといえる。しかしながら、稚樹成立本数調査をみると、稚樹の発生状況とギャップの大きさに明瞭な相関傾向は見られなかった。

天然林内に発生したギャップ(天然発生、人工的)における稚樹の発生及び成長、植栽木の成長には、多様な条件(ギャップの大きさ、照度、方位、傾斜、局所地形、土壌、下層植生など)が複雑に関係していると推察されるところであり、さらなるデータの蓄積と分析が必要となるが、広葉樹や下層植生の繁茂が著しく、特に稚樹を1本ずつ調査することは非常に困難な状況にあることから、今後については、当面の間、経過観察を行うこととし、本課題は一旦完了とする。

なお、本課題においては、平成18～21年度にかけて毎年、元京都大助教授 赤井龍男氏や共

同研究機関である森林総合研究所四国支所、四国森林管理局技術開発委員会委員である高知大学・塚本次郎教授ら有識者と現地検討会を実施。その後、赤井氏や塚本教授と局内関係各課等を交えて「天然ヤナセスギ林における施業指針」の作成に向けて打合せを重ね、暫定的な指針案を作成している。今後、本指針案をもとに、集材が実施される場合、新たな調査地を設定して検証していくこととしたい。なお、試験地の設定等に際しては森林総合研究所四国支所のご協力を得ることとし、本課題についても同所と共同して経過観察を行っていくこととする。

最後に、平成18～21年度にかけて実施した現地検討会にご参加いただき、指針案の作成に向けてご尽力いただいた皆様方に深謝申し上げます。