

技術開発完了報告

議 題	課題 地球温暖化傾向に伴うヤナセスギ等の成長促進効果の検証作業について					開発期間	平成 1 8 年度～平成 2 0 年度 (1 年間延長)		
開発場所	安芸森林管理署雁巻山 2 0 3 2 林 班外	担当部署	森林技術センター	共同研究 機 関	高知工業大学 鳴門教育大学 高知大学・愛媛大学	技術開発 目 標	1	特定区域 内 外	●
開発目的 (数値目標)	四国局管内の国有林に分布するヤナセスギ等について、年輪解析の手法を用い、肥大成長が気候変動への呼応及び現在までの樹幹蓄積量と、その環境価値の推移を明らかにすることで、炭素固定能力を定量的に評価し、将来的に懸念される温暖化による地球環境の悪化への防止対策の一助とする。 (数値目標：)								
実施経過	平成 1 8 年度 - 円板採取箇所決定 - 円板採取、年輪解析 - 安芸署管内の魚梁瀬雁巻山にて、ヤナセスギを採取 嶺北署（高知産）、愛媛署（愛媛産）管内でスギ（1 0 3 年生）を採取 - 年輪解析（ヤナセスギ（雁巻山）） - 検討会実施 全体計画の見直しのため、平成 1 8 年 5 月 1 0 日に高知工科大学で、4 大学（高知工業大学、鳴門教育大学、高知大学、愛媛大学）、有識者による検討会を実施 平成 1 9 年度 - 容積密度測定（ヤナセスギ） - 樹幹モデルの作成 - 二酸化炭素吸収量の試算 - 暫定的な環境的価値の試算 - 成果の具体的な利用についての検討 - 検討会の実施 全体計画の見直しのため、平成 1 9 年 5 月 1 1 日に高知工科大学で、4 大学（高知工業大学、鳴門教育大学、高知大学、愛媛大学）、有識者による検討会を実施 平成 2 0 年度 - 年輪解析（スギ（嶺北、愛媛）） - 容積密度の測定（スギ（嶺北、愛媛）） - 文献等による検討 - 環境価値の算定 - 取りまとめ								

開発成果等	1. 年輪解析の手法を用い、解析に必要な樹齢（概ね100年生以上）を持つヤナセスギ及び高齢級人工林スギで検証した結果、ともに1～2月の気温の関与が大きく、この時期の温暖化が進むにつれ肥大成長が大きくなることが示唆された。 2. 容積密度について、最近20年間の平均値でヤナセスギ（420kg/m³）、高齢級人工林スギ（高知産（393kg/m³、愛媛産348kg/m³）とも平均的な人工林スギ（314kg/m³）^{注1}と比較して高い値を示した。 3. ヤナセスギについては、成長量から算出した二酸化炭素吸収量（最近20年間のha当たり年平均吸収量（15t-CO₂（二酸化炭素トン））の面で、平均的な20年生前後のスギ人工林（12t-CO₂（二酸化炭素トン））^{注2}に劣らないとゆうことが示唆された。 注1、注2：（独）森林総合研究所温暖化対応推進拠点 （http://www. ffpri, affrc, go, jp/research/ryoiki/new/22c1imate/new22-2, htm1）のデータまたはデータより算出 4. 成果を得るまでの過程は、別添「地球温暖化傾向に伴うヤナセスギ等の成長促進効果の検証作業について」参照 5. 成果の利用 （1）学会での発表や学会誌寄稿等を通じて事例の少ない高齢級スギ林の成長量や二酸化炭素吸収量のデータとしての活用を図る。 （2）高齢級スギ林の優れた二酸化炭素吸収機能を裏付けるデータとして四国局管内の高齢級スギに関する保護林（千本山林木遺伝資源保存林、雁巻山林木遺伝資源保存林、千本山植物群落保護林）の重要性について理解を深めていく材料とする。 （3）地元の安芸署や自治体等での森林教室及び公開講座の材料の一つとして、分かり易くして活用していきたいと考えている。
-------	---

地球温暖化傾向に伴うヤナセスギ等の成長促進効果の検証作業について

1. 近年の気温の上昇傾向

温暖化の状況について、高知市と室戸岬の年平均気温の11年移動平均^{注1}による経年変化を図1に示した。

注1：長期的に上昇あるいは下降する傾向変動。今回は、気温時系列の数年間の短い周期で変動する成分を取り除くため、11年間移動平均値（ある年とその前後5か年、計11年分の実測値の平均をその年の値とした）から長期傾向を求めた。

注：気象庁気象統計情報より算出

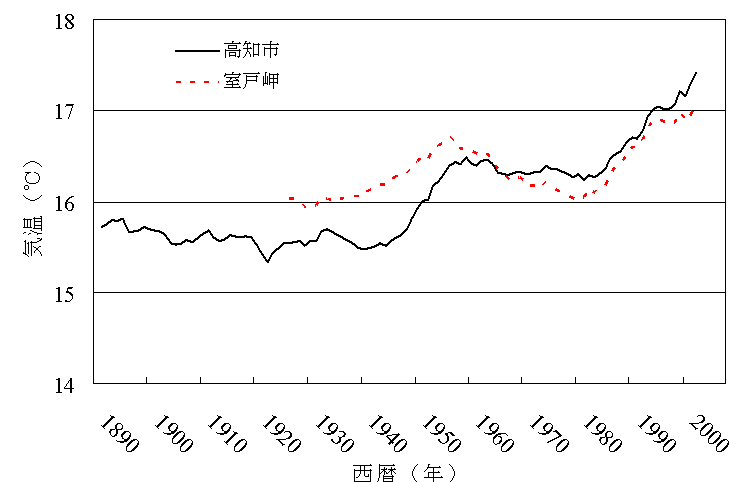


図1 高知市、室戸岬における年平均気温（11年移動平均値）の推移

2. 試料

年輪解析のための試料（スギ円板）採取地の概要は表1のとおり

表1 試料採取地等

産地	採取地	採取時林齢（年生）
ヤナセスギ	高知県馬路村（安芸署魚梁瀬2032い41林小班）	—
高知県産人工林スギ	高知県の町（嶺北署奥南川山267に林小班）	103
愛媛県産人工林スギ	愛媛県内子町（愛媛署小田深山48へ林小班）	103

3. 容積密度測定

各採取地の試料の平均容積密度^{注2}と平均年輪幅を測定した結果を図2に示した。ヤナセスギの年輪幅では、一定の範囲内で変動しており、特定の傾向は見られなかったが、容積密度は、全年輪幅内の総平均容積密度は500kg/m³、過去20年間の平均では420kg/m³になった。なお、人工林スギは林齢が明確なことから、林齢で、ヤナセスギについては、天然林であり、正確な林齢が不明なことから西暦で示している。

注2：容積密度は単位材積当たりの木材の実質重量。
 今回は、木材 1 m³ 当たりのkgまたはt(トン)。
 炭素量、二酸化炭素吸収量算出に必要。

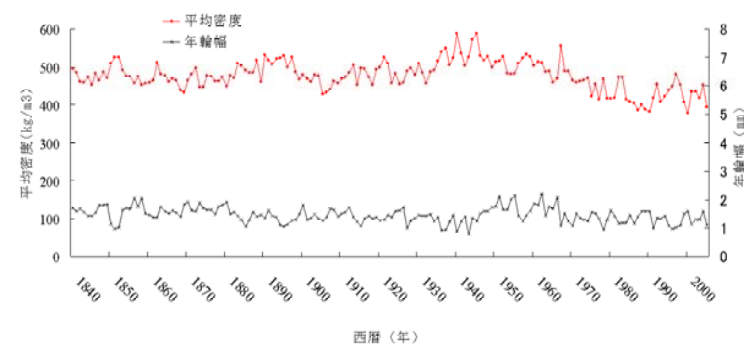


図2 ヤナセスギの年輪幅と平均容積密度の変動

高知産と愛媛県人工林スギは、年輪幅については、ともに1990年頃から上昇傾向がみられた。平均容積密度は、高知産人工林スギの総平均容積密度は400 kg/m³、過去20年平均393 kg/m³、愛媛産人工林スギについては、総平均容積密度は381 kg/m³、過去20年平均で348 kg/m³であった。

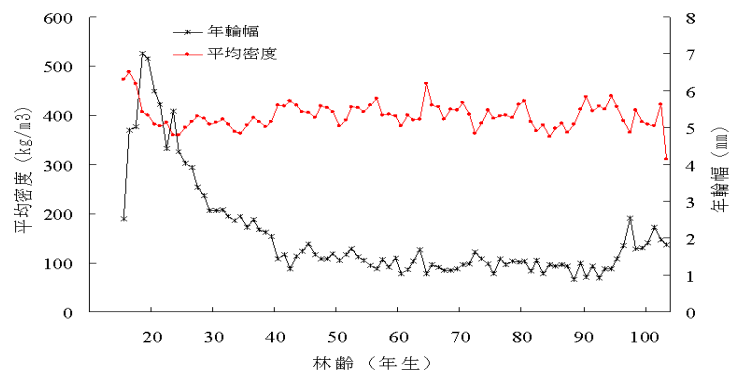


図3 高知産人工林スギの年輪幅と平均容積密度の変動

4. 標準年輪曲線の作成

ヤナセスギ及び高知産・愛媛産人工林スギの円板を試料として、年輪解析を実施した。図5に年輪幅等のデータにより作成した標準年輪曲線^{注3}の11年間移動平均値を示した。

注3：加齢によって徐々に減少する年輪幅を樹齢にかかわらず比較できるように標準化することで得られた曲線。調査対象の林分の平均的な成長変動を示す。具体的には、試料ごとに生年輪幅を傾向変動の値で除した年輪幅指数を求め、全ての試料について年輪の年代ごとに平均したもの。図5では林分間、あるいは気象データ(図1)との比較を容易にするため、11年間移動平均値で示した。

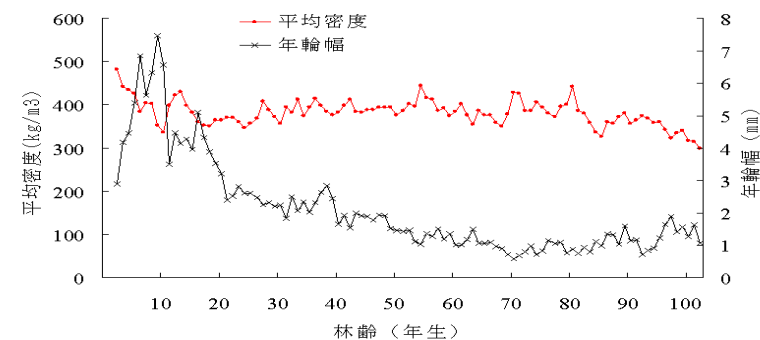


図4 愛媛産人工林スギの年輪幅と平均容積密度の変動

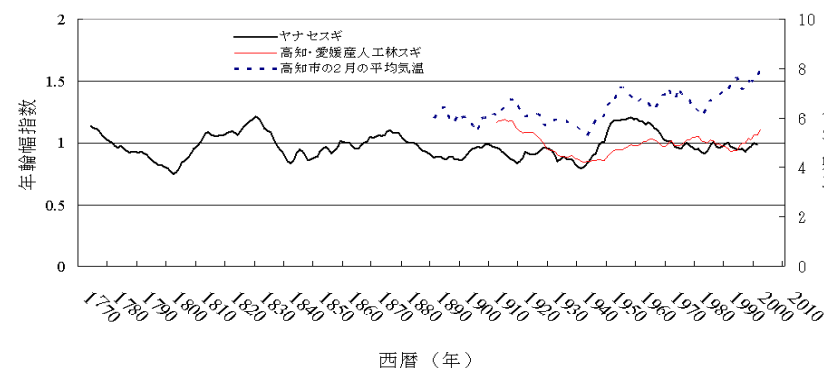


図5：ヤナセスギと高知・愛媛産人工林スギの標準年輪曲線と高知市の2月の平均気温の推移（いずれも11年間の移動平均値）

ヤナセスギの肥大成長は1950～1960年代にピークを示す。その後2000年まで標準年輪幅指数1付近で増減を繰り返している。高知産、愛媛産の人工林スギについては、試料の個体数が少ないこと、年輪幅の推移が同様の傾向を示していることから合わせて解析した。1990年頃以降に上昇傾向が認められた。高知市の2月の平均気温の推移は、肥大成長との相関が高いことから、参考に示した。

5. 標準年輪曲線と気温との相関

ヤナセスギと高知・愛媛産人工林スギの標準年輪曲線と気温との相関についてそれぞれ図6及び図7に示した。共に成長開始前の冬期気温が高いほど、肥大成長量が大きく、とりわけ1～2月の気温の関与が大きい。

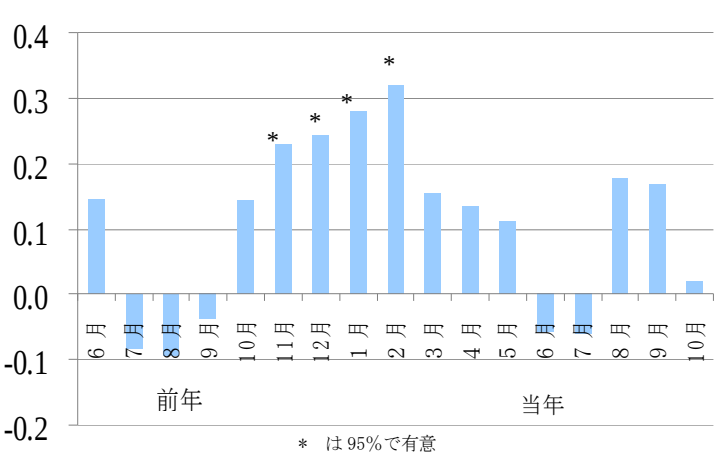


図6 ヤナセスギの気候（気温）への応答

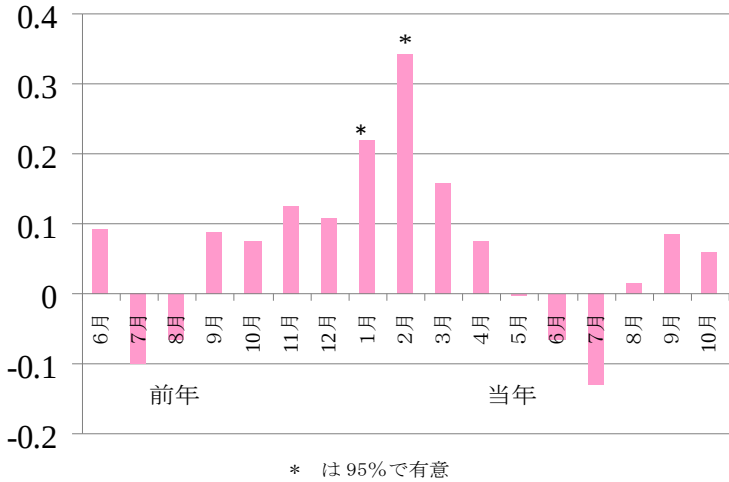


図7 高知・愛媛産人工林スギの気候（気温）への応答

※グラフの見方は、棒グラフがプラスに大きいほど、その月が暖かいと年輪幅が広く、マイナスに大きいほど逆にその月が暖かいと年輪幅が狭いことを表す。

6. 樹幹モデルの作成

温暖化による肥大成長の影響を反映した評価を実施するため、ヤナセスギにおける年輪解析と材質密度のデータを用い、樹幹モデル（樹齢を300年生として樹齢ごとの胸高直径、樹高、幹材積）を作成し、平成17・18年度魚梁瀬千本山保護林調査報告（四国森林管理局）（以下「保護林調査報告」という。）の1プロットの毎木調査データから算出した最近20年間（温暖化が顕著になった期間）のh a 当たり材積等と比較した（表2）。

なお、高知・愛媛産人工林スギについては、

- ①樹齢毎の樹高を算出するための適当なデータがなかった。
- ②作成したモデルを検証するための比較事例がなかった。
- ③ヤナセスギにおいては、地球温暖化による定量的な材積増加が検証できなかったため樹幹モデルは作成しなかった。

7. 二酸化炭素吸収量の試算

樹幹モデルの幹材積から（独）森林総合研究所温暖化対応推進拠点が公表している次式により、h a 当たりの炭素量を算出した。ただし、容積密度0.42 t / m³は、実測値の最近の20年間の平均値を使用した。

炭素量＝材積×容積密度×拡大係数×（１＋地下部・地上部比）×炭素含有比
 容積密度（剤の密度、１ｍ³当たりの重量で最近20年間の実績値平均）：０．４２ｔ／ｍ³
 拡大係数（幹に枝葉を加えて地上部のバイオマスを出すための係数）：１．２３
 地下部・地上部比（地上部の量に対する地下部の量の割合）：０．２５
 炭素含有比（炭素がバイオマスに占める割合）：０．５

この炭素貯留量（ｔ－Ｃ^{注4}）に４４／１２を乗じて二酸化炭素量に換算した。このなかで、３００年生時（２００６年）と２８０年生時（１９８６年）の炭素貯留量の二酸化炭素換算量の差を二酸化炭素吸収量とした。また、保護林調査報告から算出した材積についても同様に二酸化炭素吸収量（ｔ－ＣＯ₂^{注5}）を試算した（表２）。

これらは、（独）森林総合研究所温暖化対応推進拠点が公表している平均的なスギ人工林における２０年生前後のｈａ当たり年平均二酸化炭素吸収量１２ｔ－ＣＯ₂以上の値であった。

注４：炭素トン、温室効果ガスの移動量等を、相当する二酸化炭素中の炭素重量に換算した単位。二酸化炭素トンとは、二酸化炭素分子中の炭素原子の重量の割合を乗じた関係にある。

$$1 \text{ t-C} = 1 \text{ t-CO}_2 \times (12 / 44) = \text{約} 0.27 \text{ t-CO}_2$$

12とは、CO₂分子中に原子量12の炭素が1原子含まれるため。
 44とは、CO₂の分子量（¹²C＋2×¹⁶O＝12＋32＝44）

注５：二酸化炭素トン、二酸化炭素その他の温室効果ガスの排出、吸収、貯蔵等の量を、相当する温室効果を有する二酸化炭素の重量に換算した単位。

表２ 最近２０年間の二酸化炭素吸収量等（ｈａ当たり）

	樹高推移 (m)	幹材積増加量 (m ³ ／h a)	炭素増加量 (t－C／h a)	二酸化炭素吸収量 (t－CO ₂ ／h a)	年平均二酸化炭素吸収量 (t－CO ₂ ／h a)
樹幹モデル	34 ——— 36	210	68	248	12
保護林報告	34 ——— 38	260	84	308	15

8. 環境価値

地球温暖化に伴う気温上昇により、樹木の肥大成長が促進されているとの仮説をたて、年輪解析の手法を用い解析に必要な樹齢（概ね１００年以上）をもつヤナセスギ及び高齢人工林スギを検証した結果、いくつかの知見が得られたが、温暖化による気温上昇に起因する成長量の定量的な検証には至らなかった。
 環境価値の算出については、排出量取引量の大半を占めているEU枠内排出権取引制度（EU－ETS）の取引は「先渡し取引」であり、クレジットの有効期間が一定の年に限定され、取引価格が有効期間ごと（２００８年物～２０１２年物）で異なっているため、本課題では、最終的に環境価値の算出は行わないこととした。