

和6年度姫路市大学発まちづくり研究助成事業

スギ人工林の再造林・広葉樹林化に関する研究

令和7年3月

神戸大学大学院

農学研究科

森林資源学研究室

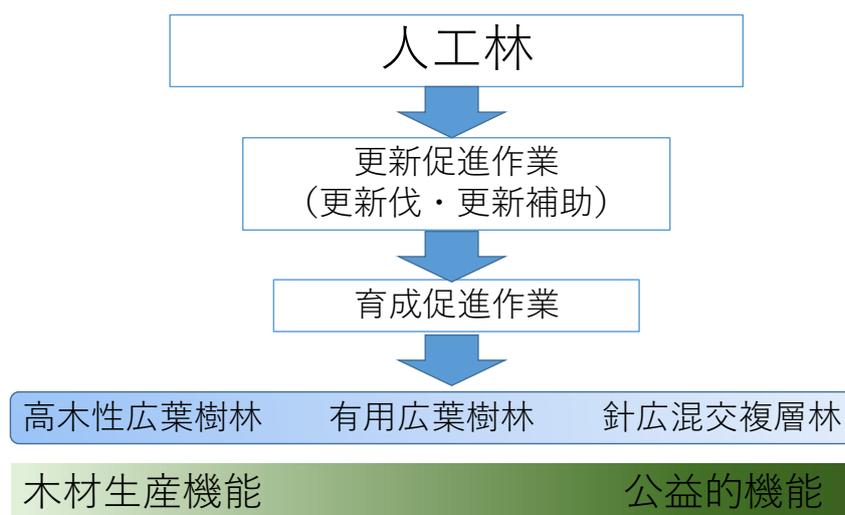
目次

研究の背景と目的.....	1
広葉樹林化の動向.....	4
調査地と方法.....	6
結果.....	10
今後の展望.....	14
その他の成果.....	18
参考文献.....	22
付録.....	23

研究の背景と目的

我が国の人工林の多くは収穫期に達した成熟林である。温暖化防止のための二酸化炭素の吸収・固定および国土・生態系の保全の観点から、これらの森林資源を活用しつつ、収穫後の林地を持続可能な方法で管理していかなければならない。姫路市においても市有林をはじめとする収穫期を迎えたスギ人工林の管理政策が重要な課題となっている。

スギやヒノキなどの針葉樹人工林を広葉樹林へと誘導する広葉樹林化は、水土保全や生物多様性保全など、木材生産以外の森林の多面的機能を促進する整備方法として、全国的に推進されてきた（田内 2010）。広葉樹林施業には、従来の里山管理のように萌芽更新によって天然生二次林を維持していく施業と広葉樹材を生産するために高木林の育成と小面積皆伐を繰り返す施業、人工林の下層に広葉樹を植栽する複層林施業、施業や初期の下刈り後に針葉樹人工林内に定着した広葉樹を共存させ針広混交林施業など、さまざまな施業法がある。



人工林広葉樹林化の施業過程。様々なタイプの広葉樹林への誘導が考えられ、それぞれが有する木材生産と公益的機能のバランスが異なる。

兵庫県においても令和4年に針葉樹人工林の広葉樹林化に関するマニュアルを作成している（兵庫県森林・林業技術センター2022）。

従来のスギ・ヒノキ林の約半期（20～30年）で収穫が可能な早生樹は、人間の社会経済活動の時間スケールに合致した林業の生産周期として注目されている。姫路市においても、収穫後のスギ人工林において早生樹を用いた再造林を行い、森林資源を有効利用することは意義深い。さらに、森林による生態系サービスのひとつである、二酸化炭素の吸収・固定および木材資源の利用促進は、姫路市SDGs未来都市の課題、「脱炭素社会の実現」および「脱炭素型ライフスタイルへの転換」に適合する。

姫路市においても、収穫後のスギ人工林において早生樹を用いた再造林を行い、森林資源を有効利用することは意義深い。人工林の広葉樹林化に姫路市と大学が共同で取り組むことは、市が所有する森林資源の有効利用および森林が提供する生態系サービス（土砂災害防止、水源涵養、CO₂の吸収固定による温暖化防止、持続可能な国土保全など）の充実・促進につながり、姫路市のまちづくりにとってのメリットがある。

また、大学における研究にとってのメリットとしても、

- ・教育効果：針葉樹人工林を取り巻く様々な社会問題についての教育実践現場として活用
- ・学術的発見：造林地における早生樹の成長・生理特性に関する学術的知見が得られる

があげられる。

今年度の共同研究では、

1. スギ伐採跡地に植林する広葉樹種の選定
2. 植林実習（県林業大・神大合同）
3. 保育作業の検討

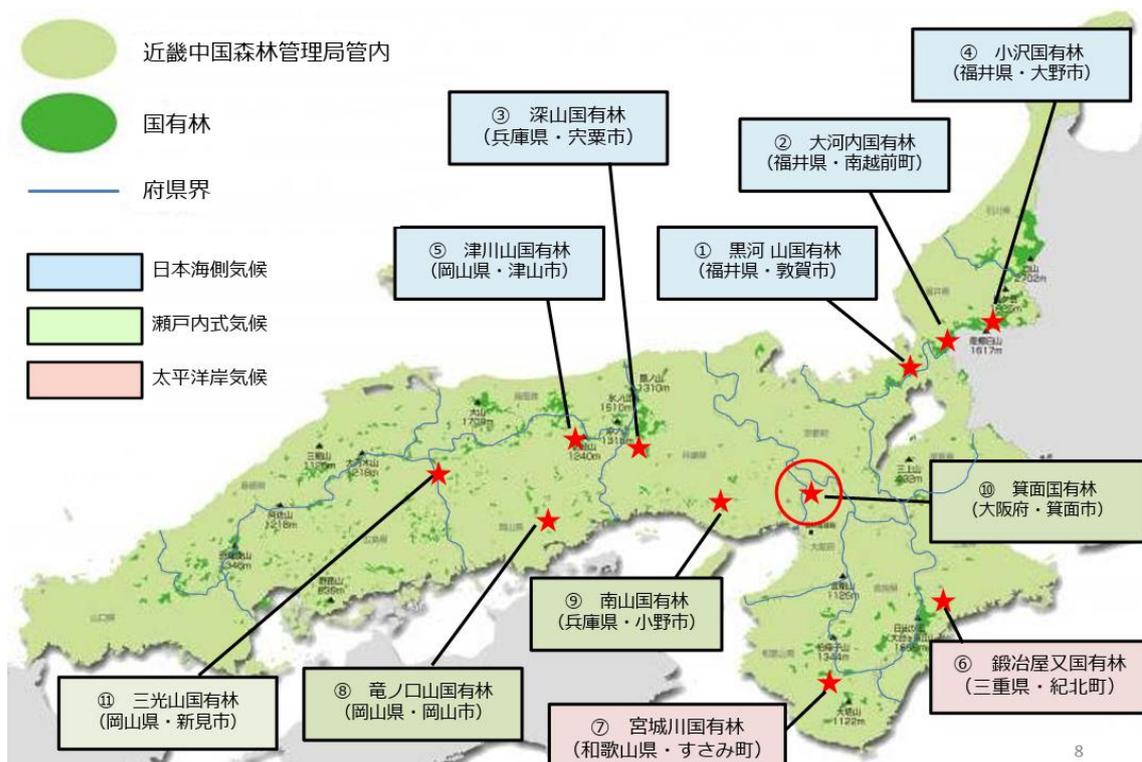
を実施した。

広葉樹林化の動向

早くから広葉樹林造成を先進的に進めている熊本県では、昭和 60 年頃から早生樹に関する研究が開始され、計 52 種を広葉樹試験林に植栽している。平成 6 年には「熊本県における広葉樹造林の手引き」を発行するなど、広葉樹の育林技術および優良系統選抜の研究を積極的に進めてきた。平成 15 年には「センダンの育成方法」を発行し、センダンを用いたスギ人工林の再造林が進められており、育林技術をまとめたマニュアルの改訂版を平成 27 年に発行している。同マニュアルにはセンダンの分布や成長特性、苗木の植栽から保育までの育林技術などが詳細にまとめられている（熊本県林業研究指導所 2015）。



林野庁近畿・中国営林署の試験結果から、センダンは太平洋側気候において、成長が良好であることが報告されている。近畿地方におけるセンダンの成長量は、熊本県ほどではないものの、姫路市が位置する瀬戸内気候では、枯死率が約20%、8年目の成長量が直径で10.4cm、樹高で5.2mと、最も成長が良かった太平洋沿岸に劣らない成長が見込まれる。センダンは広葉樹材としての用途が期待される一方で、通直な幹を生産するためには、枝打ちなど集約的な管理が欠かせない。林野庁近畿中国森林管理局内にも複数のセンダン植栽試験地がある。

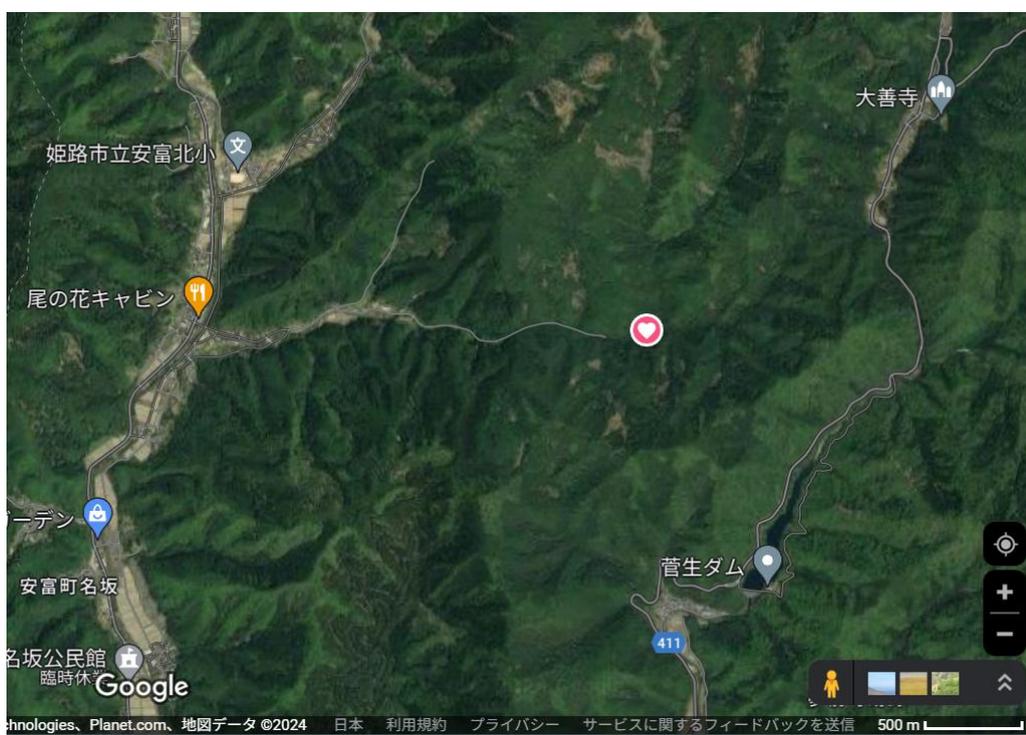


試験地と方法

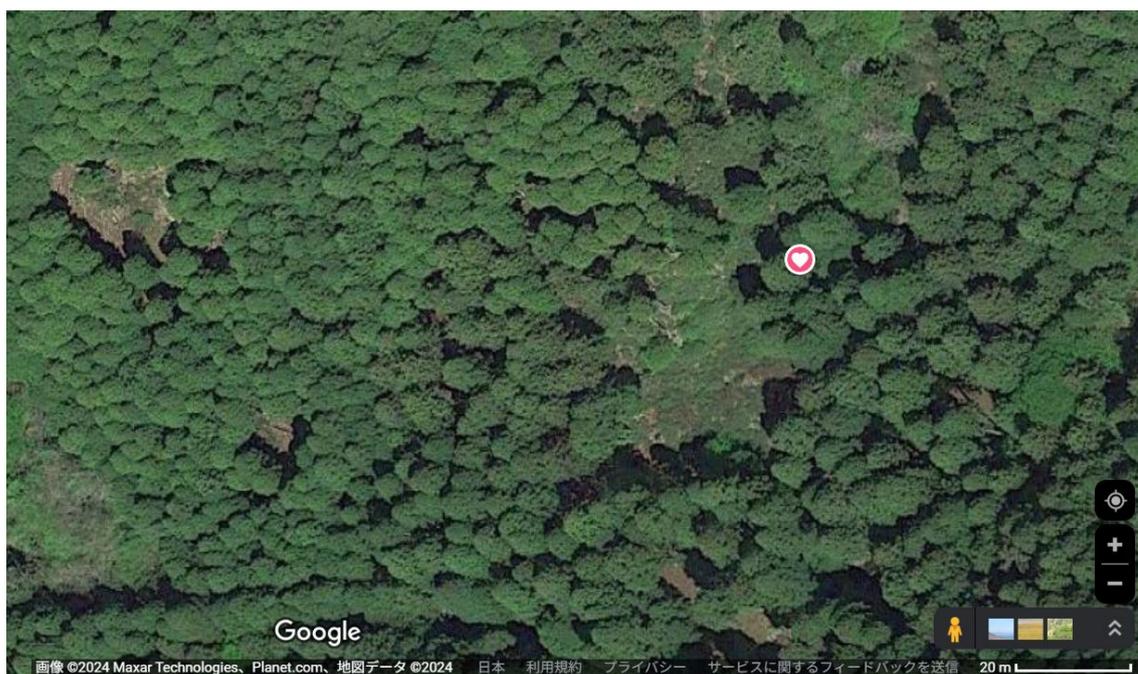
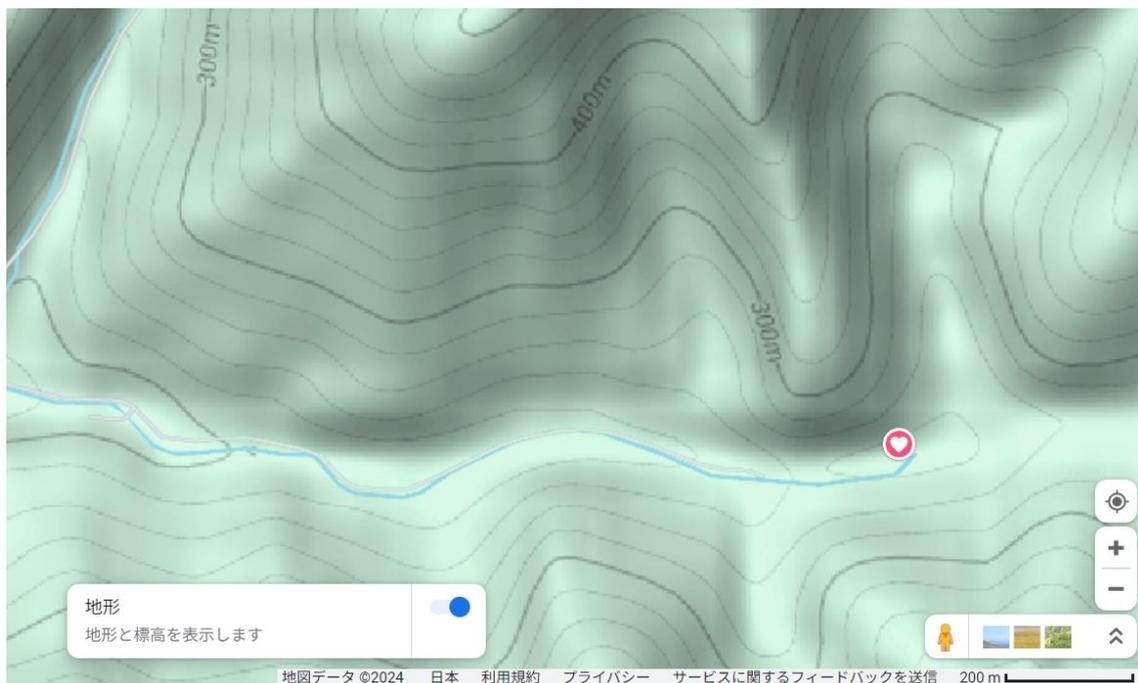
試験地

試験地は姫路市安富町末広に位置するスギ人工林伐採跡地である。同林分は約70年前に植栽され、2013年に約20%の間伐施業が行われた記録がある。2023年12月9～14日にスギ・ヒノキの伐採が行われた。

検討の結果、試験地に以下の通りセンダン約160本と、在来の広葉樹を混植することになった。植林作業は2024年11月に神戸大学と兵庫県立林業大学校の合同演習として実施した。



調査林分 (♡) の位置 (35°00'49.2"N, 134°37'39.5"E) および衛星写真



対象林分の地形図および衛星画像



伐採後の現地の様子（2024年1月撮影）

結果

広葉樹の植林

2023年度の調査結果から、対象林分に現存した広葉樹の多くは落葉樹で、遷移後期の照葉樹林構成種がほとんどなかった。周囲に自然林が存在しないため、遷移後期種の侵入は伐採後も期待できず、天然性広葉樹林への誘導は難しいと判断した。本林分は、有用広葉樹の植栽による生産型広葉樹林として維持管理していくことが望ましいと考え、センダンに在来の広葉樹を混植することを提案、実施した。

2024年11月22日に、現地において以下の広葉樹種の苗木を植栽した。木材として有用なセンダンに加えて、地域原産の落葉、常緑広葉樹を植栽した。植栽密度は約600本/ha（約6m間隔）である。

試験地区分	植栽条件			植栽樹種					
	面積 (ha)	植栽密度 (本/ha)	植栽本数 (本)	センダン (35cm)	センダン (80cm)	クリ (60cm)	アラカシ	シラカシ (80cm)	ケヤキ (80cm)
①センダン（コンテナ苗）区域	0.3	300	90	90					
②センダン（ポット苗）区域	0.2	300	60		60				
③センダン・広葉樹混植区域	0.2	300	60	12		12	12	12	12
合計	0.7		210	102	60	12	12	12	12

下図のとおり、搬出しやすい林道沿いにセンダンを植栽し、一番奥に在来の広葉樹を混植した。





伐採跡地における広葉樹苗の植栽の様子（2024年11月）

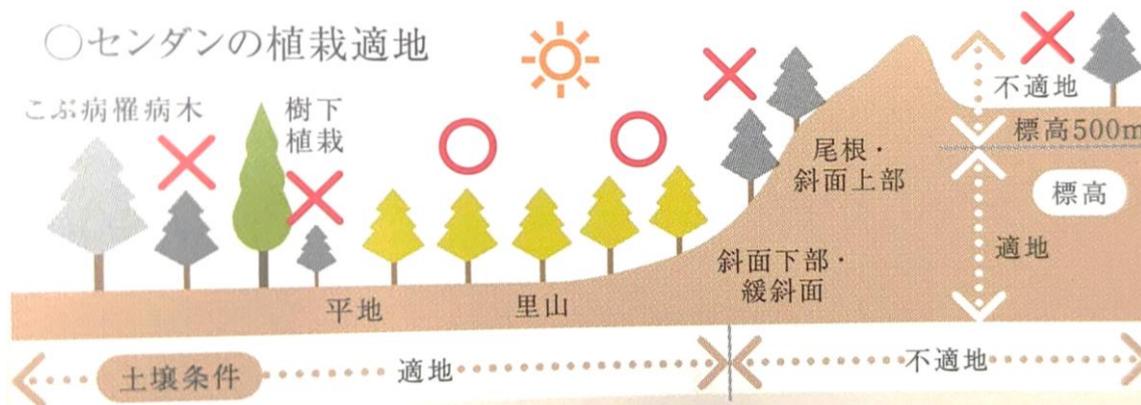


植栽後の現場の様子。苗はシカの食害防止用のカバーに覆われている

今後の展望

センダンは、成長が早い早生樹であるためスギやヒノキなどの針葉樹と異なり、20～30年で収穫できることから、林業の収益サイクルを社会経済活動と一致させ、林業の活性化に貢献することが期待される。近年、センダンの早生性と材質の良さから、植林面積が拡大傾向にある。特に、温暖化適応や地域活性化の観点から、センダンの植林が注目されている。

センダンは、遷移初期の陽樹であることから本試験地のような皆伐跡の日当たりの良い場所であれば、土質を選ばずに生育する。姫路市を含む山陽地域や九州など温暖な地域の気候に適しており、将来的な温暖化に対する林業の社会適応を推進する造林木として期待できる。センダンは、土壌養分が豊富で水はけのよい低地で、より大きく成長するため、本調査地のような溪畔地形に適した造林木である。



センダンの生育適地 (ITOKI「早生広葉樹センダン」より)

植林にあたっては、今回の試験地のようにシカの食害がある場合、できるだけ樹高の高い苗木を選定することが望ましいが、センダンは初期の樹高成長が

非常によく、年間 3m 近く樹高成長することから、早期にシカ食害を免れる高さまで成長することが期待できる。林野庁のセンダン植林試験地では、植栽初期における被害として、折損、食害、霜害、樹皮はぎなどが報告されているが、被害木の生存率は 78% と高い。2023 年度の研究成果から、当試験地では標高 10m につきスギでは約 1m の樹高増加がみられたことから、特に土壌が肥沃な斜面の下部では十分な樹高成長が期待できる。

植林後の保育も、センダンの成長を左右する重要な要素である。苗木の成長を妨げる雑草を定期的に刈り取る下刈り施業については、スギ・ヒノキでは植林後数年継続する必要があるが、センダンは樹高成長が早いため、植林後 3 年目には雑草の背丈を超えることが期待でき、下刈り期間も短縮できる。

スギやヒノキでは通直な無節材を生産するために枝打ちが行われるが、センダンでは同様の目的のために、幹から発生する腋芽や不定芽を剪定ばさみで切り取る「芽かき」が必行される。当試験地における今後の保育施業では成長量をモニタリングするとともに、定期的な芽かきを行うことになる。



センダンの芽かき（林野庁ホームページより）

さらに、センダンは成長が早いことから、年間の炭素固定量がスギの約6倍になる。これらの特徴は、本研究の目的であるスギ人工林の広葉樹林化、特に早生樹造林による社会経済活動と合致した次世代林業の育成、および姫路市が目標とする脱炭素社会の実現とも合致する。

1本あたりの炭素量



センダンは、その材質の良さから、様々な用途に利用されている。センダンはケヤキやクリ材に匹敵する強度をもち、木目が美しく加工しやすいことから、木材としての評価も高い。同属のマホガニーに匹敵する美しい木目と硬さを活かし、高級家具や工芸品の材料として利用される一方、耐久性が高いことから建築材としても利用価値が高い。北九州地方ではオフィス家具メーカーのITOKIと連携して、家具材の安定供給を確保する持続的な林業ビジネスモデルを構築している。ITOKIはセンダン材を用いた大型テーブルなどをすでに製造している。2024年12月に東京ビッグサイトで開催されたモクコレ2024の会

場では、このテーブルが展示されていた。生活のなかに木材を取り入れる「木質化」を推進することは、二酸化炭素の削減につながり、気候変動の抑制と森林の持続可能な管理を促進する取り組みである。



センダン材の会議テーブル (ITOKI)

その他の成果

学術情報の収集：樹木年輪研究会（2024年11月東京農業大学）

2024年11月23~24日は樹木年輪研究会に参加し、樹木の成長に関する情報収集を行った。

講演会「**熱帯産樹木の年輪・成長量・材質研究と国外調査やサンプル持ち帰りについて**」

11月23日（土）13:00~15:30,

東京農合大学国際センター2階「榎本ホール」

プログラム：

13:00-13:10 開催挨拶・趣旨説明

東京農業大学 桃井 尊央 氏

13:10-13:50

「中南米での熱帯樹木の年輪研究 一年輪がない樹種の木材産地判別を目指して」

森林総合研究所 大橋 伸太 氏

13:50-14:30

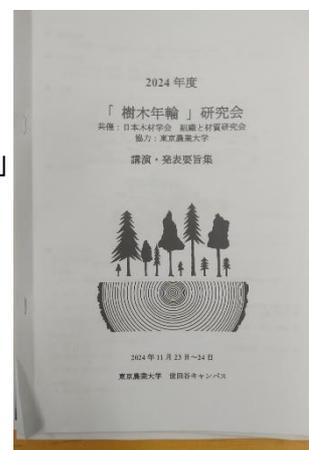
「放射性炭素を用いた熱帯雨林樹木の過去60年の成長量解析」

高知大学 市栄 智明 氏

14:30-15:10

「海外樹木の材質研究」

宇都宮大学 石栗 太 氏



木材利用に関する情報収集：モクコレ 2024

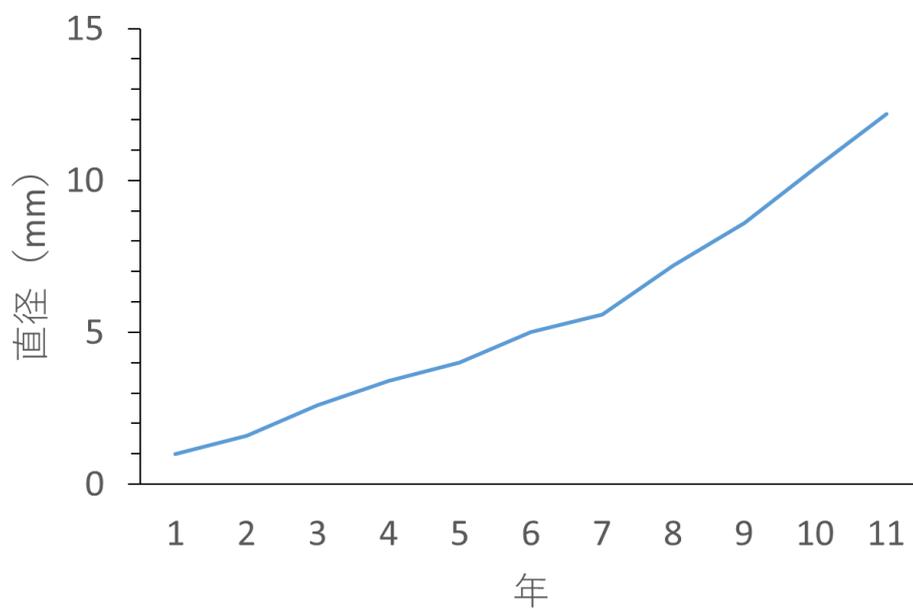
2024年12月19日は、東京ビッグサイトで開催されたモクコレ2024において、広葉樹木材の利用に関する情報収集を行った。同展示会で入手したセンダンの年輪計測を行った結果、年間約1cmの直径成長が見られた。センダンは成長が早く、その炭素固定量はスギ・ヒノキの6倍とされることから、センダンの育成と木材の利用促進は、姫路市における脱炭素社会の構築に貢献することが期待できる。



センダンの木材利用に関する ITOKI（株）のパンフレット



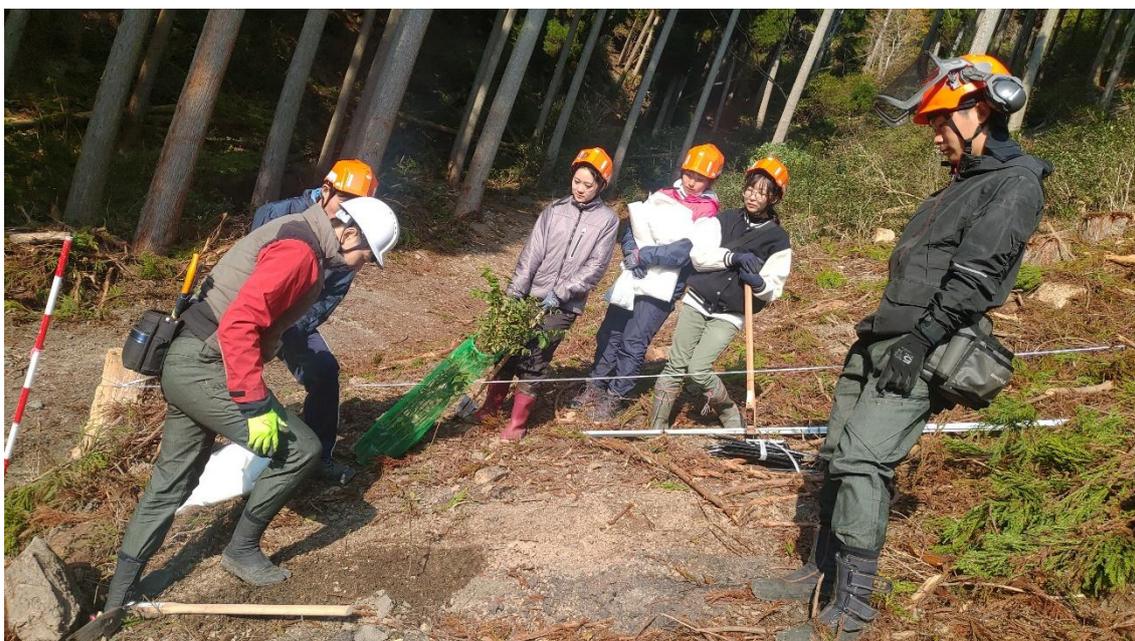
モクコレで入手したセンダンの年輪資料



年輪試料の測定結果

現地学習と植林実習

2024年11月22日に行われた植林は、神戸大学農学部応用植物学コースの授業、「応用植物学専門実験 II」の現地実習かつ兵庫県立林業大学校との合同演習として実施された。神戸大学農学部には森林科学に特化した学科がないため、応用植物学コースの学部生は農場実習を除くフィールド演習を履修する機会がない。そこで、農学部応用植物学コースの森林資源学研究室に配属されたばかりの学部3年生4名を対象に、現地学習として、広葉樹の植林施業体験を実施した。当日は中はりま森林組合姫路支所の酒井氏のご指導のもと、約3時間にわたって、現場で作業を行った。演習林を持たない神戸大学の学生にとって、林業に関する現地実習は貴重な経験であり、本学にとっては教育効果のメリットが大きい実習であった。また、森林組合や行政にとっては、将来の森林管理を担う若い世代に林業の現場を知ってもらう機会にもなった。



安富町末広のスギ伐採跡地における神戸大学による植林実習の様子

参考文献

兵庫県立農林水産技術総合センター森林林業技術センター（2022）広葉樹林化

マニュアル

ITOKI（2024）早生広葉樹「センダン」

熊本県林業研究指導所（2015）センダンの育成方法

林野庁近畿中国森林管理局（2017）早生樹造林のための技術開発について

田内裕之（2010）広葉樹林への誘導の可能性．森林科学 59

付録

- ・成果報告会（2024年3月28日）の発表スライド

スギ人工林の 再造林・広葉樹林化に 関する研究

神戸大学大学院 農学研究科
森林資源学研究室 石井弘明



研究の目的と背景

早生樹を中心とした持続可能な再造林方法の検討

早生樹とは？

- ・従来のスギ林の約半期（20～30年）で収穫が可能
- ・センダン、コウヨウザン、ユーカリなど

林業をめぐる社会情勢の変化

輸入自由化⇒木材価格の低下⇒林業の衰退
スギ花粉症など

森林の多面的機能（生態系サービス）の実現

- ・二酸化炭素の吸収・固定
- ・水源かん養、災害防止
- ・バイオマス利用

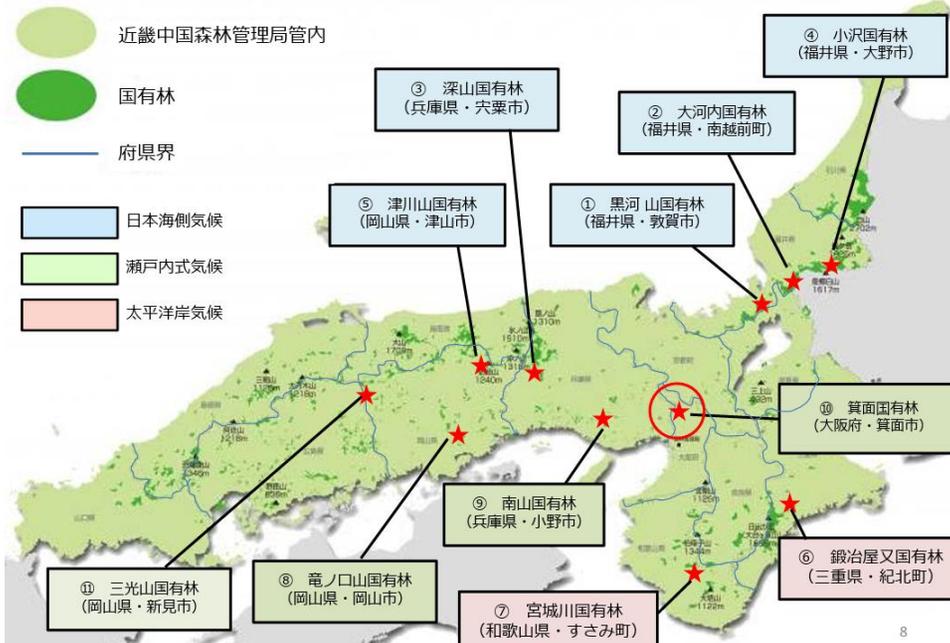
姫路市SDGs未来都市

- ・脱炭素社会の実現
- ・脱炭素型ライフスタイルへの転換



燃料：木質ペレットストーブ

センダン植栽試験地（林野庁）



調査地

姫路市安富町末広
スギ・ヒノキ植林地
(2023年4月)

水源涵養



伐採施業（2023年12月）



2024年10月の現場



広葉樹の再生（萌芽更新）



~~広葉樹の再生（萌芽更新）~~



令和5年度

- 11月：広葉樹の調査
- 12月：伐採・収穫
- 1月：年輪試料の採取



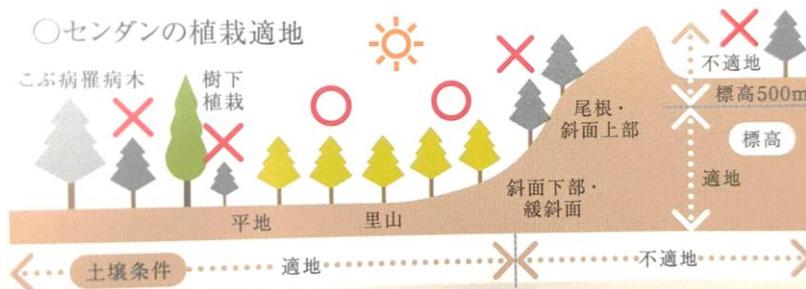
令和6年度

- ・ 植林木の選定
- ・ 植林実習（県林業大・神大合同）
- ・ 保育作業の検討

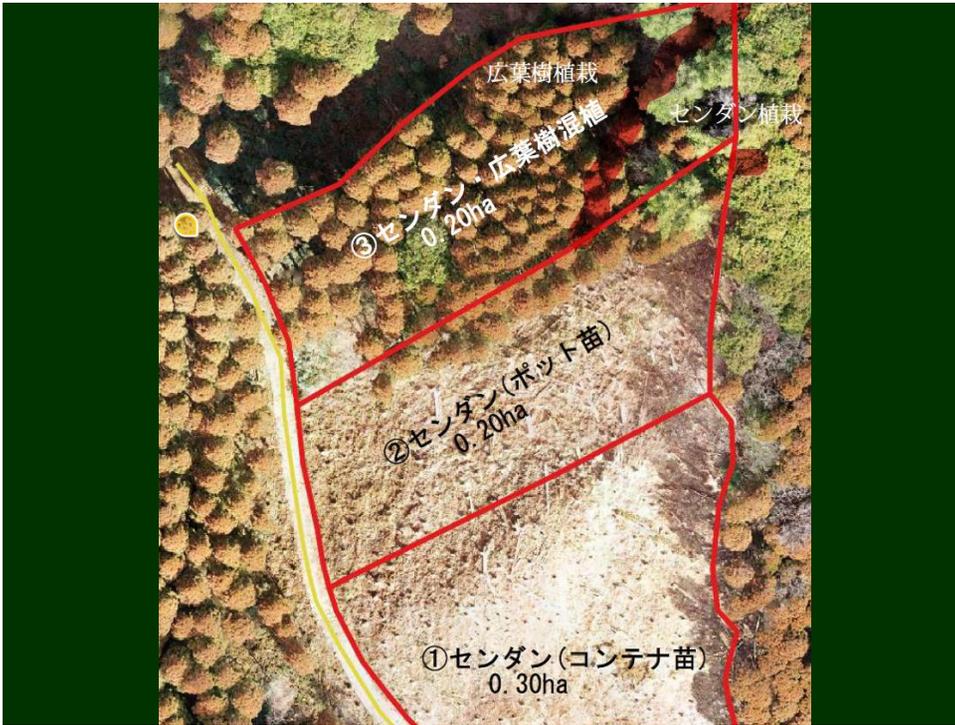
植栽した広葉樹

密度：300本/ha（約5~6m間隔）

- ・ センダン（早生樹） 162本
- ・ クリ（里山） 12本
- ・ ケヤキ（畦畔林） 12本
- ・ シラカシ（照葉樹林） 12本
- ・ アラカシ（照葉樹林） 12本
- ・ スダジイ（照葉樹林） 12本

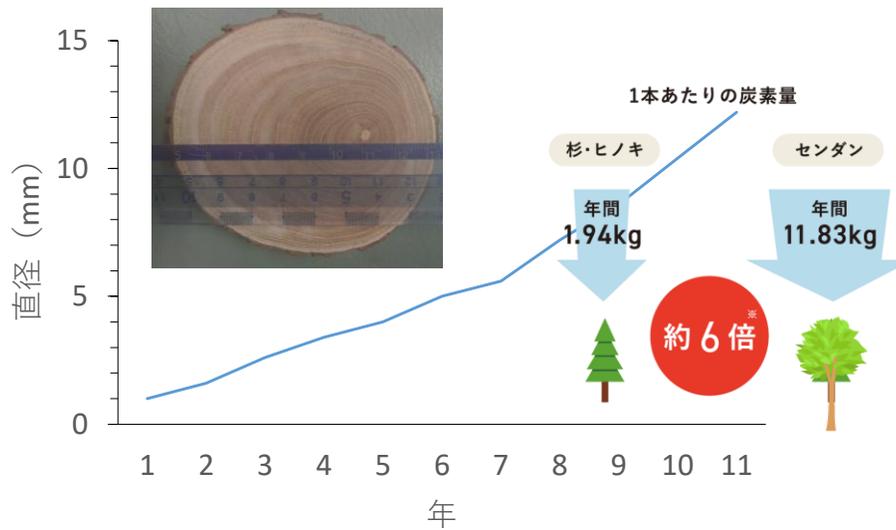


ITOKI 「Sendan Story」より





センダンの成長量



令和7年度 研究計画

- ・ 植林木の生存・成長量調査
- ・ 保育作業の検討

