

研究クラスター「食・農・環境による本庄地域活性化に関する研究」

木質バイオマスのサプライチェーン GHG 排出量の把握と低減に関する検討 ～天然乾燥の管理方法が伐採木の含水率変化に与える影響を中心に～

著者 納富 信、叶 柯嵐、石 佳凡

1. 研究背景

日本は国土の約3分の2を森林が占める森林国であり、多くの人工林が50年生を超える中、その資源を効果的に活用する必要がある^[1]。燃料材需要の増加に伴い、木質バイオマスが再生可能エネルギーとして注目されている。特にFIT制度導入後、発電所や熱利用施設の増加により需要が急増しており、間伐材や林地残材の利用が期待されている。しかし、木質チップの高い含水率は原木消費量やGHG排出量に影響を与えるため、省エネルギーな天然乾燥で丸太の段階で効率的に含水率を低減することが課題である^[2]。

2. 研究目的

先行研究の知見を活用し、木質バイオマスのサプライチェーン各段階における乾燥手法を把握し、効果的な含水率低減方法を明らかにすることを研究目的とする。特に、乾燥時間、乾燥空間といった制約条件を考慮した最適な乾燥マネジメント方法を見極めることを目指す。これにより、乾燥効率の向上を通じてエネルギー供給の安定化や地球温暖化対策に寄与することを目指す。

3. 研究方法

本研究では、スギ材を用いた天然乾燥の最適化を目指し、環境条件の影響と共に、積み替え頻度、透湿シート被覆の有無、および積み方の底辺数の違いが乾燥速度に与える影響を調査する。試料には直径14cm、長さ1mのスギ丸太を使用し、乾燥期間は63日間とする。乾燥環境として温湿度、風速、日照時間を測定し、これらの要因が乾燥プロセスに及ぼす影響を分析する。また、乾燥中は含水率と丸太重量の変化を定期的に記録し、含水率は全乾法に基づいて算出する。これにより、透湿シート被覆や積み方の条件が乾燥効率に及ぼす効果を定量的に明らかにし、効率的な木材乾燥管理手法の提案を目指す。以下に乾燥試験の組み合わせを示す。乾燥試験は、早稲田大学本庄キャンパス（駐車場）において実施した。

表1 試験の組み合わせ（7セット）

積み替え頻度の効果	底辺数	シート	積み替え
はえ積み1(基準条件)	5(15本)	なし	なし
はえ積み2	5	なし	1週間ごと
はえ積み3	5	なし	2週間ごと
はえ積み4	5	なし	3週間ごと
ビニールシート効果の検証			
はえ積み5	5	あり	なし
はえ積み1(基準条件)	5	なし	なし
底辺数の影響の検証			
はえ積み7	4(10本)	なし	なし
はえ積み1(基準条件)	5(15本)	なし	なし
はえ積み6	6(21本)	なし	なし

4. 研究結果

4.1 積み替え頻度の影響

乾燥期間と積み替え頻度について二元配置反復測定分散分析を行った結果、いずれも乾燥速度に有意な影響を与えることが確認された。一方で、両者の交互作用は有意ではなかった。

さらに、1週間に1回の積み替え頻度は、2週間に1回および3週間に1回の場合よりも有意に低い乾燥速度を示した。これらの結果から、頻繁な積み替えは乾燥効率に負の影響を及ぼす可能性が示唆された。

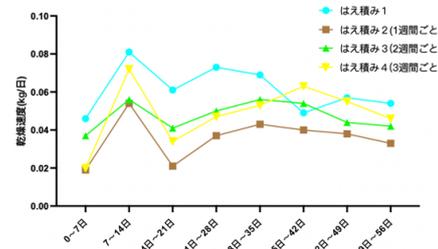


図1 はえ積み1・2・3・4の平均乾燥速度

4.2 透湿シートの影響と底辺数の影響

乾燥期間と外部からの防水機能を有する透湿シートの有無が乾燥速度に与える影響について二元配置反復測定分散分析を行った結果、乾燥期間が乾燥速度に有意な影響を与えることが確認されたが、透湿シートの有無およびその交互作用には有意差が認められなかった。同様に、乾燥期間と底辺数の違いが乾燥速度に与える影響についても時間要因に有意差はあったが、底辺数およびその交互作用には有意差が認められなかった。

4.3 環境条件の影響

乾燥速度と環境要因の関連性を分析した結果、乾燥速度は最高温度、最低温度、最低湿度と有意な相関があることが確認された。具体的には、乾燥速度は最高温度および最低温度と正の相関を示し、最低湿度とは負の相関を示した。

4.4 内外層の含水率差

積み替え頻度が異なる4つの条件が内外層の含水率差に与える影響を検討するために単因子分散分析を実施した。その結果、積み替えを行わない条件では内外層の含水率差が大きく、1週間ごと、2週間ごと、3週間ごとに積み替えを行う条件では、この差が有意に小さいことが確認された。これにより、積み替え作業が内外層の乾燥速度の均一化に寄与することが示唆され、特に頻度の高い積み替えが含水率差を軽減する効果があることが明らかになった。

1. 結論

乾燥速度は乾燥器間と積み替え頻度に有意な影響を受けるが、積み替えの有無で影響を評価すると、積み替え実施により乾燥速度が低下すること、積み替え頻度が高まるに従って速度の低下が大きくなる結果となった。この理由は、積み替えによって乾燥速度が速い外層材と遅い内層材が頻繁に入れ替わることで、内層材の乾燥効率が十分に改善されないまま外層材の乾燥効果も低下する可能性があると考えられる。また、透湿シートの有無や底辺数の違いについては、いずれも乾燥速度に直接的な影響を及ぼさず、これらの要因の影響は限定的であると考えられる。さらに、環境条件では最高温度と最低温度が乾燥速度と正の相関を示し、最低湿度が負の相関を示すことが確認された。最後に、積み替え作業は内外層の含水率差を顕著に小さくすることが分かり、積み替え頻度の最適化が乾燥の均一性向上に寄与する可能性が示された。

【成果発表】

- 天然乾燥における間伐材丸太の含水率変化に与える影響要素に関する研究、第136回日本森林学会大会、2025.3