

(資 料)

アカマツラミナの人工乾燥日数の短縮に向けた試み

森 諒平・谷内 博規・山口 晃輔

An attempt to shorten the number of days required for kiln-drying of Akamatsu lamina

Ryohei MORI・Hironori TANIUCHI・Kosuke YAMAGUCHI

要 旨

県産アカマツ材の需要増加や人工乾燥に要する燃料費等の高騰に対応するため、人工乾燥日数の短縮を図る高温低湿の3条件の乾燥スケジュールで、アカマツラミナの乾燥試験を行い、含水率の推移を観察し、乾燥後の仕上がり含水率や割れの程度を評価した。

この結果、乾燥試験Ⅰ(乾球温度 90℃、乾湿球温度差 30℃)では、蒸煮処理から調湿処理終了まで49時間と、県内事業体の従来の人工乾燥日数である5日間(120時間)程度から大幅に短縮したが、乾燥による割れが多く発生した。乾燥試験Ⅱ(乾球温度 90℃、乾湿球温度差 10~30℃)では、蒸煮処理から調湿処理終了まで70時間、乾燥試験Ⅲ(乾球温度 80℃、乾湿球温度差 10~30℃)では64時間を要し、どちらも人工乾燥日数を3日間程度まで短縮することができ、かつ、仕上がり含水率及び乾燥による割れの程度から乾燥スケジュールの実用性が確認できた。なお、乾燥試験Ⅲは、乾燥試験Ⅱに比べて、乾球温度が10℃低いため、燃料費の軽減がより期待できる。

キーワード：アカマツ，ラミナ，人工乾燥，乾燥スケジュール，短縮

目 次

1 はじめに	3 乾燥試験Ⅱ-乾球温度 90℃・乾湿球温度差 10~30℃-
2 乾燥試験Ⅰ-乾球温度 90℃・乾湿球温度差 30℃-	3.1 実験方法
2.1 実験方法	3.2 結果
2.1.1 供試材料	3.2.1 含水率の推移
2.1.2 コントロール材の作成	3.2.2 水分傾斜
2.1.3 水分傾斜測定用試験体の作成	3.2.3 乾燥による割れの評価
2.1.4 乾燥方法	3.3 考察
2.1.5 乾燥経過の観察	4 乾燥試験Ⅲ-乾球温度 80℃・乾湿球温度差 10~30℃-
2.1.6 水分傾斜の測定	4.1 実験方法
2.1.7 乾燥による割れの測定	4.2 結果
2.1.8 仕上がり含水率等の測定	4.2.1 含水率の推移
2.2 結果	4.2.2 水分傾斜
2.2.1 含水率の推移	4.2.3 乾燥による割れの評価
2.2.2 水分傾斜	4.3 考察
2.2.3 乾燥による割れの評価	5 おわりに
2.3 考察	引用文献

1 はじめに

岩手県のアカツ資源は、民有林面積の約19%を占め¹⁾、令和3年度のアカツ・クロマツ生産量は国内生産量の約4割を占める218千m³である²⁾。また、県産アカツラミナの、曲げヤング係数の平均値は10.5~11.1GPaであり³⁾、スギよりも高い値を示す。このことから、ウッドショック以降、国産材利用の機運が高まる中、県内事業者では、輸入材の代替としてアカツ材の商品開発が進められており、今後、アカツ材需要の増加が見込まれる。

一方、近年、ウクライナ危機の影響により、燃料となる灯油や重油の価格及び電気代が高騰し、木材乾燥など製造コストの増加が課題となっている。

今後見込まれるアカツ材の需要増加や人工乾燥に要する燃料費等の高騰に対応するため、人工乾燥日数の短縮を図る高温低湿の条件で、アカツラミナの乾燥試験を行い、含水率の推移を観察し、乾燥後の仕上がり含水率や割れの程度を評価することにより、乾燥条件を検討した。

2 乾燥試験 I - 乾球温度 90°C・乾湿球温度差 30°C-

伊藤ら(2001)のアカツラミナの「初期高温低湿乾燥」⁴⁾を参考に乾燥スケジュールを作成し、乾燥試験を行った。

2.1 実験方法

2.1.1 供試材料

表1に示す九戸村、軽米町産アカツ丸太8本を供試した。

供試丸太から得られたラミナ105枚(厚さ35mm、幅125mm、長さ4,000mm)と乾燥経過観察用の試験体(以下、「コントロール材」という。)3枚(厚さ35mm、幅125mm:辺材1枚、心材2枚)、水分傾斜測定用試験体2枚(厚さ35mm、幅125mm:辺材、心材各1枚)を供試した。

表1 供試丸太(乾燥試験I)

本数 (本)	長さ(mm)		元口径(mm)			末口径(mm)		
	平均	最大	平均	最大	最小	平均	最大	最小
8	4,157	494	629	429	401	481	346	

2.1.2 コントロール材の作成

コントロール材は、両木口から300mm以上離れた上で、長さ1,000mmを採材した。また、コント

ロール材の採材とともに、採材箇所から残った両木口付近から長さ20mmの試験片も採材した。なお、コントロール材は、両木口にシリコンシーリング材を塗布し、木口からの乾燥を防止した。

コントロール材と試験片の重量を測定した後、全乾法により試験片の含水率を求め、試験片の含水率の平均を当該コントロール材の推定初期含水率とし、(1)式により推定全乾重量を算出した。

$$W_0 = W_u / (1 + U/100) \dots (1)$$

$$U_0 = (U_{a0} + U_{b0}) / 2$$

$$U_{a0} = (W_a - W_{a0}) / W_{a0} \times 100$$

※ U_{b0} は U_{a0} と同様の式で求める。

W_0 : コントロール材推定全乾重量 (g)

W_u : コントロール材初期重量 (g)

U_0 : コントロール材推定初期含水率 (%)

U_{a0}, U_{b0} : 試験片初期含水率 (%)

W_{a0}, W_{b0} : 試験片全乾重量 (g)

W_a, W_b : 試験片初期重量 (g)

2.1.3 水分傾斜測定用試験体の作成

水分傾斜測定用試験体は、両木口から300mm以上離れた上で、長さ1,200mmを採材した。また、水分傾斜測定用試験体の採材とともに、採材箇所から残った両木口付近から長さ50mmの試験片も採材した。なお、水分傾斜測定用試験体は両木口にシリコンシーリング材を塗布し、木口からの乾燥を防止した。

試験片は、幅方向に両側40mmを除去し、厚さ方向に木表及び木裏面10mmを表層、それ以外を内層とし、採材した(図1)。表層と内層は、全乾法により含水率を求めた。表層と内層のそれぞれの平均含水率を算出し、表層と内層の含水率差である水分傾斜を求めた。

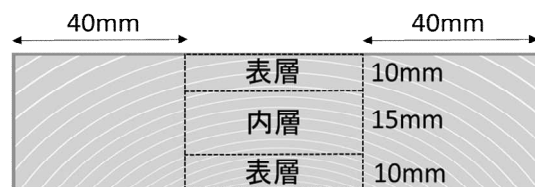


図1 試験片断面(木口面)

2.1.4 乾燥方法

乾燥には(株)新柴設備製蒸気式人工乾燥機を用

いた。断面 25×25mm の栈木を用いて、栈木間隔は、300mm とし、圧縮のため重石 3.2t を載荷した。

目標含水率を 10～12% とし、乾燥スケジュールは表 2 に示す条件で行った。ステップ 1 は、コントロール材が目標含水率に達するまで行い、調湿処理は平衡含水率 12% となるように、乾球温度及び湿球温度を設定した。また、調湿処理終了後は、乾燥機を全停止させ、乾燥機を密閉した上で自然冷却し、乾燥機内の温度が外気と同程度になっていることを確認してから、材を取り出した。

表 2 乾燥スケジュール (乾燥試験 I)

ステップ	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	温度差 (°C)	時間 (hrs)
蒸煮処理	90	90	0	6
1	90	30	30	24±α
調湿処理	80	72	8	12
自然冷却				24～48

ファン出力：45Hz

2.1.5 乾燥経過の観察

コントロール材は、栈積み中央部に設置し、乾燥中に取り出し、適宜、重量を測定した。測定した重量と 2.1.2 で算出した推定全乾重量から (2) 式により推定含水率を算出し、乾燥スケジュールの段階を進める参考とした。

$$U = (W_u - W_0) / W_0 \times 100 \quad \dots (2)$$

U : コントロール材推定含水率 (%)

W_u : コントロール材重量 (g)

W_0 : コントロール材推定全乾重量 (g)

自然冷却終了後、コントロール材を乾燥機から取り出し、重量を測定した後、105°C に設定した乾燥機に置き、恒量に達するまで乾燥させ、測定した全乾重量により、含水率推移を補正した。

2.1.6 水分傾斜の測定

水分傾斜測定用試験体は、コントロール材と同様に栈積み中央部に設置し、乾燥中に取り出し、木口を長さ 50mm 切り捨てた上で、長さ 50mm の試験片を採材し、2.1.3 の方法により水分傾斜を求めた。

なお、試験片を採取するため、木口を切り落とした水分傾斜測定用試験体は、再度、木口にシリ

コーンシーリング材を塗布した後、乾燥機に戻した。

2.1.7 乾燥による割れの測定

自然冷却終了後、ラミナを乾燥機から取り出し、重量を測定した後、室内で一週間養生した。養生後は、乾燥による割れを測定した。

割れについては、木表、木裏面の割れの長さを測定し、長さの合計を 2 で割った値を「割れ長さ」とした。

2.1.8 ラミナの含水率の測定

ラミナは、乾燥前、乾燥直後及び養生後に重量を測定した。養生後の重量を測定した後、ラミナから長さ 20mm の試験片を 1 枚当たり 3 体採取した。全乾法により試験片の含水率を求め、(3) 式により推定全乾重量を算出した。推定全乾重量から 2.1.5 の (2) 式により、乾燥前 (初期含水率)、乾燥直後、養生後 (仕上がり含水率) の含水率を算出した。

$$W_0 = W_u / (1 + U/100) \quad \dots (3)$$

$$U = (U_a + U_b + U_c) / 3$$

$$U_a = (W_a - W_{a0}) / W_{a0} \times 100$$

※ U_b 及び U_c は U_a と同様の式で求める。

W_0 : コントロール材推定全乾重量 (g)

W_u : コントロール材初期重量 (g)

U : コントロール材推定含水率 (%)

U_a, U_b, U_c : 試験片初期含水率 (%)

W_{a0}, W_{b0}, W_{c0} : 試験片全乾重量 (g)

W_a, W_b, W_c : 試験片初期重量 (g)

2.2 結果

2.2.1 含水率の推移

表 3 にラミナの初期含水率、乾燥直後の含水率及び仕上がり含水率の代表値、図 2 に仕上がり含水率の分布を示す。また、表 4 に乾燥スケジュールの各ステップに要した時間を示す。さらに、図 3 にコントロール材の含水率推移を示す。

ラミナの初期含水率は、31～203% (平均 84%) であり、採材部位別では、心材は平均 35%、辺材は平均 130%、移行材は平均 62% であった。また、仕上がり含水率は、9～14% (平均 10%) であり、目標含水率 10～12% のラミナが約 7 割を占めたが、仕上がり含水率 9% のラミナが約 3 割を占め、過乾燥気味となった。

乾燥時間は、蒸煮処理から調湿処理終了までで49時間を要した。

表3 ラミナの含水率（乾燥試験Ⅰ）

枚数 (枚)	初期含水率(%)			乾燥直後の含水率(%)			仕上がり含水率(%)		
	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小
105	84	203	31	10	14	8	10	14	9

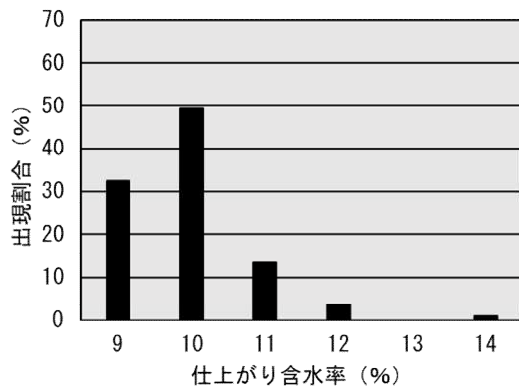


図2 仕上がり含水率の分布（乾燥試験Ⅰ）

表4 各ステップの乾燥時間（乾燥試験Ⅰ）

ステップ	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	温度差 (°C)	時間 (hrs)
蒸煮処理	90	90	0	6
1	90	30	30	31
調湿処理	80	72	8	12
自然冷却				63

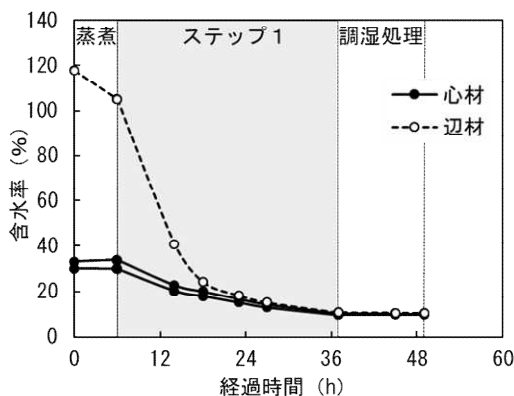


図3 コントロール材の含水率推移(乾燥試験Ⅰ)

2.2.2 水分傾斜

図4に心材の水分傾斜，図5に辺材の水分傾斜を示す。

心材、辺材ともに、乾燥中は、表層の含水率が内

層の含水率より高く，心材で最大約14ポイント，辺材で最大約10ポイントの含水率差が観察された。

また，図6と図7に心材及び辺材の乾燥終期から調湿処理まで(含水率0~25%)の水分傾斜を示す。

調湿処理前は，心材で約4ポイント，辺材で約2ポイントの含水率差が観察された。心材は，調湿処理により，過乾燥であった表層の含水率が引き戻され，調湿処理後は，約2ポイントの含水率差まで水分傾斜が緩和された。また，辺材は，調湿処理により，含水率が高い内層の含水率が低下し，調湿処理後は，含水率差は1ポイント以下であり，水分傾斜が観察されなかった。

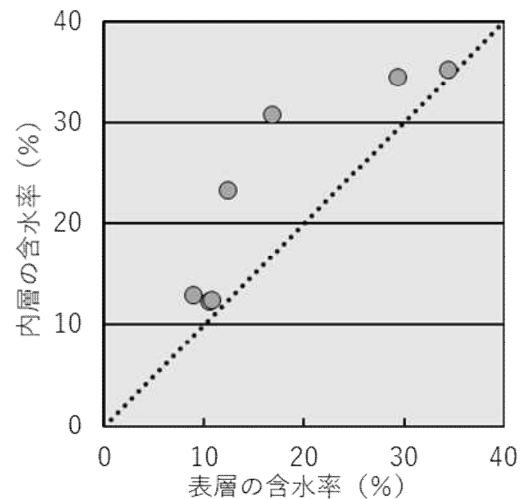


図4 心材の水分傾斜：全体（乾燥試験Ⅰ）

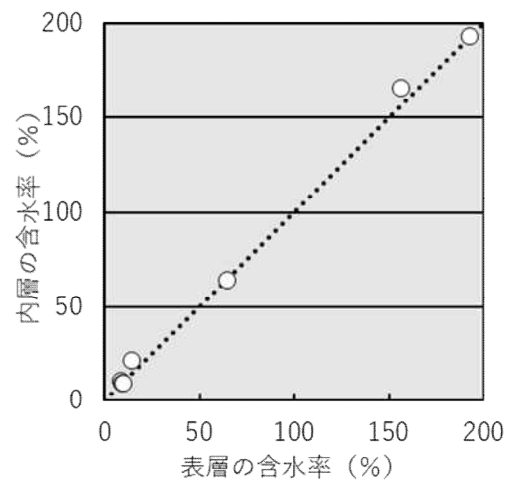


図5 辺材の水分傾斜：全体（乾燥試験Ⅰ）

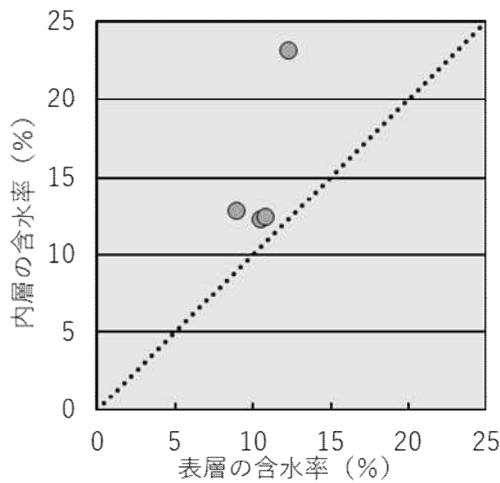


図6 心材の水分傾斜：含水率0～25%
(乾燥試験Ⅰ)

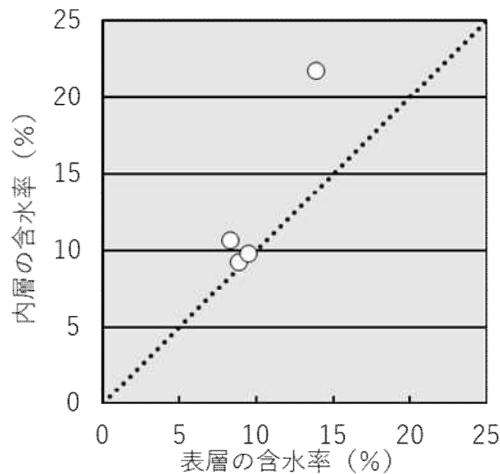


図7 辺材の水分傾斜：含水率0～25%
(乾燥試験Ⅰ)

2.2.3 乾燥による割れの評価

図8に割れ長さの測定結果を示す。
乾燥による割れは、ラミナ表面に多く発生し、特に乾燥収縮で閉じた割れ、髄に沿った割れが多く観察された。また、割れ長さの出現割合は、4m当たり11～50cmが最も多かった。「集成材の日本農林規格」における構造用集成材の目視区分の基準では、4等は「割れの幅が極めて小さく、長さ50mm以下であること」とされており⁹⁾、多くのラミナが4等の基準を満たさない結果となった。

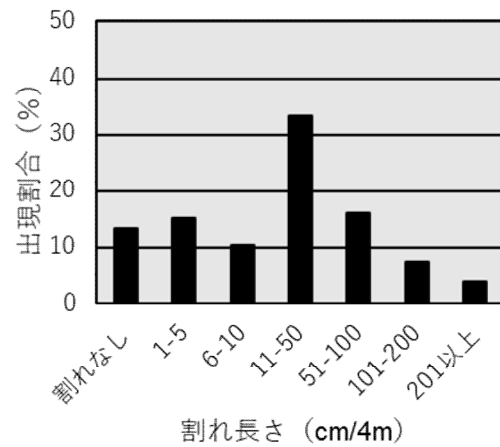


図8 割れ長さの分布 (乾燥試験Ⅰ：n=105)

2.3 考察

乾燥試験Ⅰでは、人工乾燥日数の短縮を図るため、乾球温度90℃、乾湿球温度差30℃の乾燥スケジュールにより乾燥試験を行い、蒸煮処理から調湿処理終了までで49時間を要した。県内事業者のアカマツラミナの人工乾燥日数が5日間程度であるため、人工乾燥日数は大幅に短縮することができた。しかし、乾燥による割れが多く発生した。これは、蒸煮直後、高温低湿の乾燥条件としたことにより、水分傾斜が顕著となったことが原因と考えられる。

乾燥試験Ⅰで用いた乾燥スケジュールはアカマツラミナには、厳しい乾燥条件であったため、乾燥スケジュールの見直しが必要である。

3 乾燥試験Ⅱ-乾球温度90℃・乾湿球温度差10～30℃

乾燥試験Ⅰでは、人工乾燥日数は短縮されたものの、割れの発生が顕著であった。

そこで、乾燥試験Ⅱでは、割れの軽減策として、①蒸煮時間の延長による材の軟化促進、②乾湿球温度差の段階的移行による水分傾斜の抑制、③調湿処理の湿度増加による水分傾斜の緩和を挙げ、乾燥スケジュールを見直し、再度、乾燥試験を行った。

3.1 実験方法

表5のとおり久慈市産アカマツ丸太6本を供試した。

供試丸太から得られたラミナ53枚(厚さ35mm、幅125mm、長さ4,000mm)とコントロール材2枚(厚さ35mm、幅125mm：辺材、心材各1枚)、水分傾斜

測定用試験体2枚(厚さ 35mm, 幅 125mm : 辺材, 心材各1枚)を供試した。

表5 供試丸太(乾燥試験Ⅱ)

本数 (本)	長さ(mm)			元口径(mm)			末口径(mm)		
	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小
6	4,117	370	410	350	322	355	309		

コントロール材の作成は 2.1.2, 水分傾斜測定用試験体の作成は 2.1.3 の方法で行った。

また, 乾燥方法は, 2.1.4 の方法で行ったが, 乾燥スケジュールは表6に示す条件で行った。ステップ3は, コントロール材が目標含水率である 10~12%に達するまで行い, 調湿処理は平衡含水率 12%となるように, 乾球温度及び湿球温度を設定した。また, 調湿処理終了後は, 乾燥試験Ⅱと同様に自然冷却してから, 材を取り出した。

表6 乾燥スケジュール(乾燥試験Ⅱ)

ステップ	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	温度差 (°C)	時間 (hrs)
蒸煮処理	90	90	0	16
1	90	80	10	24
2	90	70	20	12
3	90	60	30	4程度
調湿処理	85	80	5	12程度
自然冷却				24~48

ファン出力: 45Hz

乾燥経過の観察は 2.1.5, 水分傾斜の測定は 2.1.6, 乾燥による割れの測定は 2.1.7, 仕上がり含水率等の測定は 2.1.8 の方法で行った。

3.2 結果

3.2.1 含水率の推移

表7にラミナの初期含水率, 乾燥直後の含水率及び仕上がり含水率の代表値, 図9に仕上がり含水率の分布を示す。また, 表8に乾燥スケジュールの各ステップに要した時間を示す。さらに, 図10にコントロール材の含水率推移を示す。

ラミナの初期含水率は, 31~188% (平均 89%) であり, 採材部位別では, 心材は平均 37%, 辺材は平均 149%, 移行材は平均 95%であった。また, 仕上がり含水率は, 9~12% (平均 11%) であり, 仕上がり含水率が目標含水率である 10~12%の

ラミナが9割以上を占めた。

乾燥時間は, 蒸煮処理から調湿処理終了までで70時間を要した。

表7 ラミナの含水率(乾燥試験Ⅱ)

枚数 (枚)	初期含水率(%)			乾燥直後の含水率(%)			仕上がり含水率(%)		
	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小
53	89	188	31	10	12	9	11	12	9

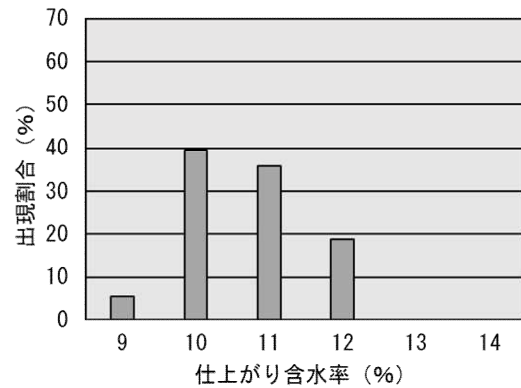


図9 仕上がり含水率の分布(乾燥試験Ⅱ)

表8 各ステップの乾燥時間(乾燥試験Ⅱ)

ステップ	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	温度差 (°C)	時間 (hrs)
蒸煮処理	90	90	0	16
1	90	80	10	24
2	90	70	20	12
3	90	60	30	4
調湿処理	85	80	5	14
自然冷却				23

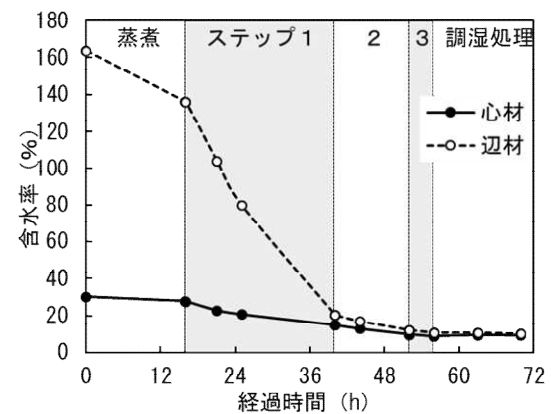


図10 コントロール材の含水率推移(乾燥試験Ⅱ)

3.2.2 水分傾斜

図11に心材の水分傾斜, 図12に辺材の水分傾斜を示す。

心材、辺材ともに、乾燥中は、表層の含水率が内層の含水率より高く、心材で最大5ポイント、辺材で最大約25ポイントの含水率差が観察された。心材の乾燥中の水分傾斜は、概ね一定であり、約6ポイントの含水率差であり、乾燥試験Iと比べて、水分傾斜が緩和された。

また、図13と図14に心材及び辺材の乾燥終期から調湿処理まで(含水率0~25%)の水分傾斜を示す。

調湿処理前は、心材で約3ポイント、辺材で約7ポイントの含水率差が観察された。調湿処理により、心材は過乾燥であった表層の含水率が引き戻され、辺材は含水率が高い内層の含水率が低下した。調湿処理後は、心材、辺材ともに約1ポイントの含水率差まで水分傾斜が緩和された。

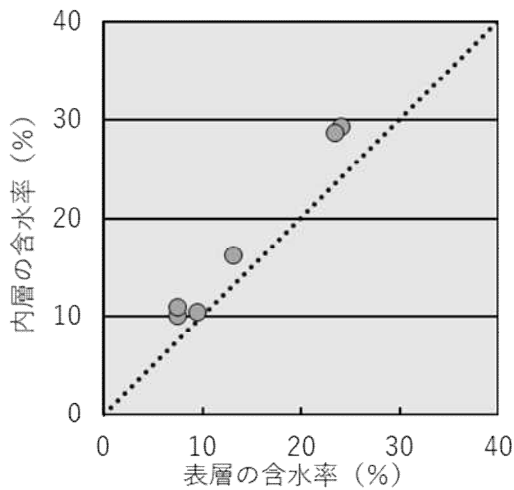


図11 心材の水分傾斜：全体（乾燥試験Ⅱ）

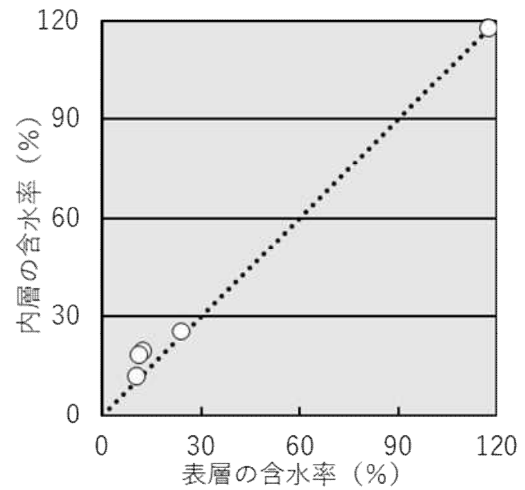


図12 辺材の水分傾斜：全体（乾燥試験Ⅱ）

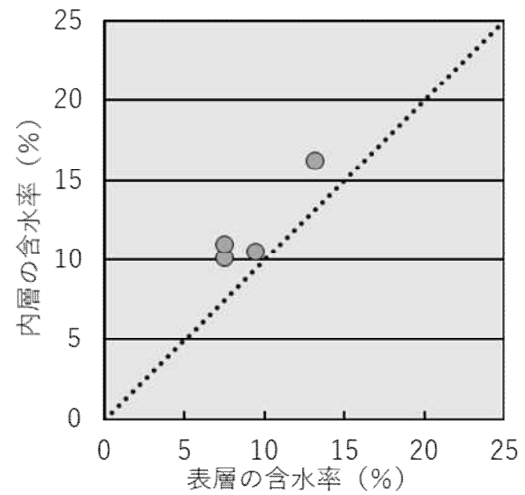


図13 心材の水分傾斜：含水率0~25%（乾燥試験Ⅱ）

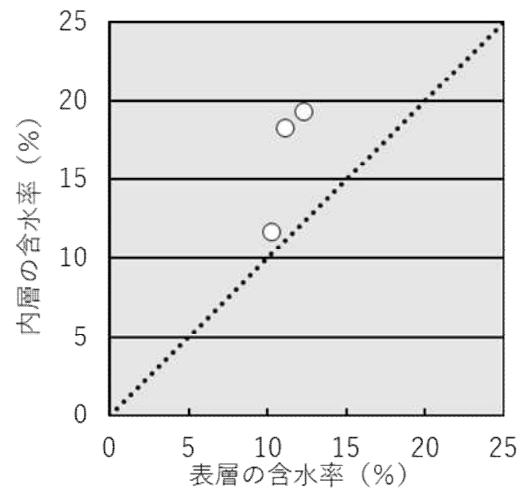


図14 辺材の水分傾斜：含水率0~25%（乾燥試験Ⅱ）

3.2.3 乾燥による割れの評価

図 15 に乾燥試験Ⅰと乾燥試験Ⅱの割れ長さの分布を示す。

乾燥試験Ⅰに比べ、乾燥試験Ⅱの割れの多くは、髓に由来するものや木口割れであり、全体的に軽微であった。乾燥試験Ⅱの割れ長さは、4m 当たり 1～5cm の出現割合が最も多く、乾燥試験Ⅰから、乾燥による割れの発生は、大幅に軽減された。

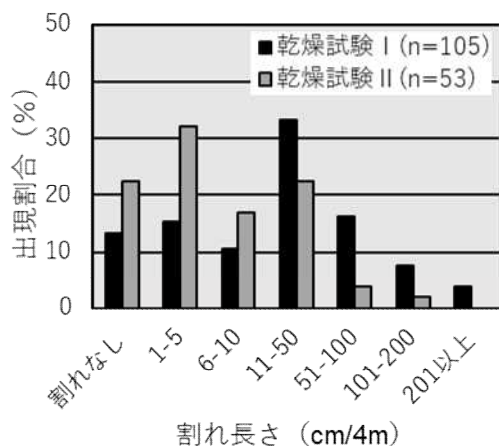


図 15 割れ長さの分布 (乾燥試験Ⅰ・Ⅱ)

3.3 考察

乾燥試験Ⅱでは、乾燥試験Ⅰの乾燥スケジュールを見直し、乾球温度 90℃、乾湿球温度差 10～30℃の乾燥スケジュールにより乾燥試験を実施し、蒸煮処理から調湿処理終了までで 70 時間を要した。

仕上がり含水率は、ラミナの 9 割以上が目標含水率となり、目標含水率を上回るラミナは観察されなかった。

乾燥時間は、乾燥試験Ⅰより増加したものの、県内事業体の従来の人工乾燥日数である 5 日間程度より大幅に短縮し、かつ、乾燥による割れも全体的に軽微であった。

仕上がり含水率及び乾燥による割れの程度から乾燥試験Ⅱで用いた乾燥スケジュールの実用性が確認でき、かつ、人工乾燥日数を 3 日間程度まで短縮する乾燥スケジュールであることが確認できた。

4 乾燥試験Ⅲ-乾球温度 80℃・乾湿球温度差 10～30℃-

乾燥試験Ⅱでは乾球温度 90℃、乾湿球温度差 10～30℃で乾燥試験を実施した結果、人工乾燥日数

は短縮され、割れの発生も軽微であった。

乾燥試験Ⅲでは、割れをより軽減し、かつ、燃料消費量の軽減を図るため、乾球温度を 80℃に見直し、再度、乾燥試験を行った。

4.1 実験方法

表 9 のとおり洋野町産アカマツ丸太 7 本を供試した。

供試丸太から得られたラミナ 72 枚(厚さ 35mm, 幅 125mm, 長さ 4,000mm)とコントロール材 3 枚(厚さ 35mm, 幅 125mm : 辺材, 心材, 移行材各 1 枚)、水分傾斜測定用試験体 2 枚(厚さ 35mm, 幅 125mm : 辺材, 心材各 1 枚)を供試した。

表 9 供試丸太 (乾燥試験Ⅲ)

本数 (本)	長さ (mm)	元口径 (mm)			末口径 (mm)		
	平均	平均	最大	最小	平均	最大	最小
7	4,076	378	421	342	335	349	326

コントロール材の作成は 2.1.2, 水分傾斜測定用試験体の作成は 2.1.3 の方法で行った。

乾燥方法は、2.1.4 の方法で行ったが、乾燥スケジュールは表 10 に示す条件で行った。

乾燥試験Ⅱの乾燥スケジュールのステップ 1～3 の乾湿球温度差を維持したまま、乾球温度を 80℃に下げ、また、調湿処理は乾球温度を 75℃に下げたうえで、平衡含水率 12%となるように、湿球温度を設定した。さらに、蒸煮処理を 4 時間、調湿処理を 2 時間ずつ短くした。なお、調湿処理終了後は、乾燥試験ⅠとⅡと同様に自然冷却してから、材を取り出した。

表 10 乾燥スケジュール (乾燥試験Ⅲ)

ステップ	乾球温度 (℃)	湿球温度 (℃)	温度差 (℃)	時間 (hrs)
蒸煮処理	90	90	0	12
1	80	70	10	24
2	80	60	20	12
3	80	50	30	4
調湿処理	75	70	5	12
自然冷却				24～48

ファン出力 : 45Hz

乾燥経過の観察は 2.1.5, 水分傾斜の測定は 2.1.6, 乾燥による割れの測定は 2.1.7, 仕上がり

含水率等の測定は2.1.8の方法で行った。

4.2 結果

4.2.1 含水率の推移

表11にラミナの初期含水率、乾燥直後の含水率及び仕上がり含水率の代表値、図16に仕上がり含水率の分布を示す。また、図17にコントロール材の含水率推移を示す。

ラミナの初期含水率は、31~188% (平均95%)であり、採材部位別では、心材は平均37%、辺材は平均136%、移行材は平均91%であった。また、仕上がり含水率は、9~12% (平均10%)であり、仕上がり含水率が目標含水率である10~12%のラミナが約8割を占めた。

コントロール材の含水率推移では、移行材は、心材と辺材の間を推移し、途中で心材に合流し、それ以降は、心材と同様に推移した。

乾燥時間は、蒸煮処理から調湿処理終了までで64時間を要した。

表11 ラミナの含水率 (乾燥試験Ⅲ)

枚数 (枚)	初期含水率(%)			乾燥直後の含水率(%)			仕上がり含水率(%)		
	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小
72	95	188	31	10	13	9	10	12	9

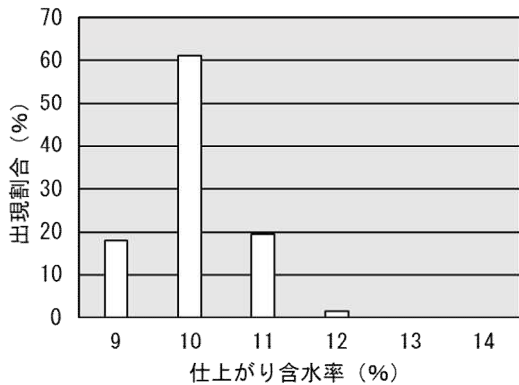


図16 仕上がり含水率の分布 (乾燥試験Ⅲ)

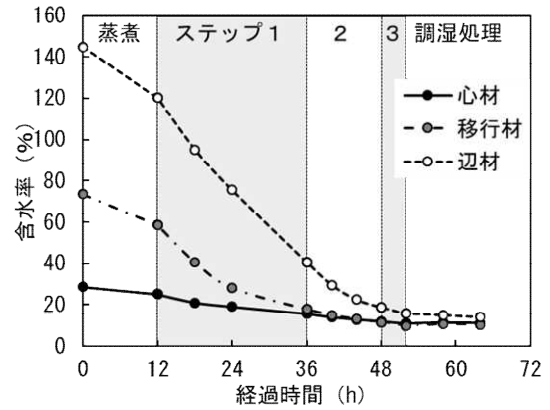


図17 コントロール材の含水率推移 (乾燥試験Ⅲ)

4.2.2 水分傾斜

図18に心材の水分傾斜、図19に辺材の水分傾斜を示す。

心材、辺材ともに、乾燥中は、表層の含水率が内層の含水率より高く、心材で最大8ポイント、辺材で最大19ポイントの含水率差が観察された。乾燥中の水分傾斜は、心材、辺材ともに概ね一定であり、心材は約6ポイント、辺材は約15ポイントの含水率差であった。乾燥試験Ⅲの乾燥スケジュールは、乾燥試験Ⅱの乾燥スケジュールよりも乾球温度を10℃低く設定したが、乾燥中の水分傾斜の緩和は観察されなかった。

また、図20と図21に心材及び辺材の乾燥終期から調湿処理まで(含水率0~25%)の水分傾斜を示す。

調湿処理前は、心材で約3ポイント、辺材で約8ポイントの含水率差が観察された。調湿処理により、乾燥試験ⅠとⅡと同様に、心材は過乾燥であった表層の含水率が引き戻され、辺材は含水率が高い内層の含水率が低下した。調湿処理後は、心材は約1ポイント、辺材は約3ポイントの含水率差まで水分傾斜が緩和された。

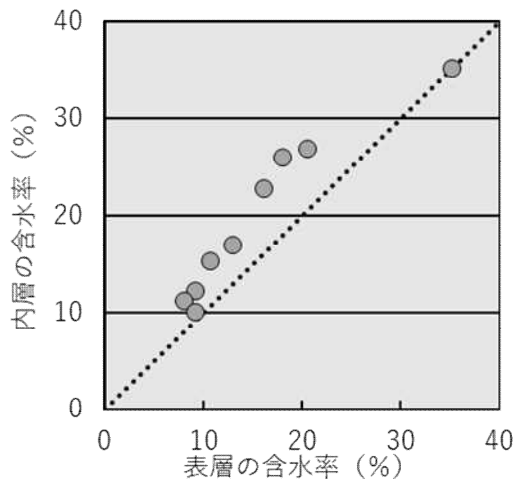


図 18 心材の水分傾斜：全体（乾燥試験Ⅲ）

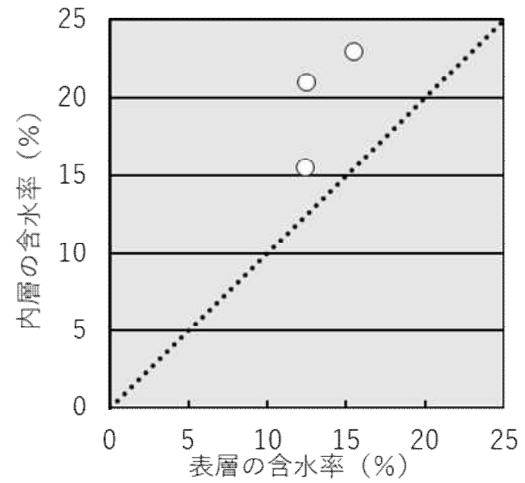


図 21 辺材の水分傾斜：含水率0～25%
(乾燥試験Ⅲ)

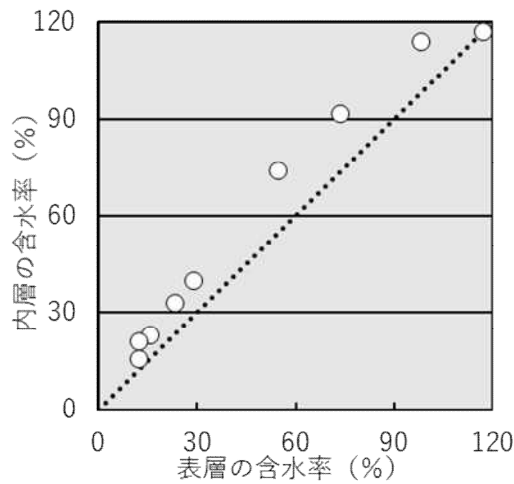


図 19 辺材の水分傾斜：全体（乾燥試験Ⅲ）

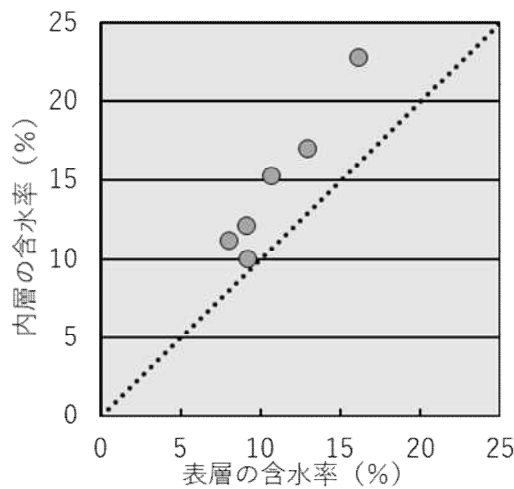


図 20 心材の水分傾斜：含水率0～25%
(乾燥試験Ⅲ)

4.2.3 乾燥による割れの評価

図 22 に乾燥試験Ⅱと乾燥試験Ⅲの割れ長さの分布を示す。

乾燥による割れは、乾燥試験Ⅱと同様に、髓に由来するものや木口割れであり、全体的に軽微であった。また、割れ長さの分布も、乾燥試験Ⅱと同程度となり、乾燥による割れの発生的大幅な軽減は観察されなかった。

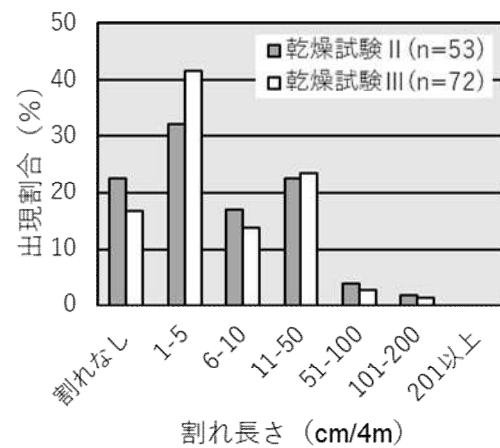


図 22 割れ長さの分布（乾燥試験Ⅱ・Ⅲ）

4.3 考察

乾燥試験Ⅲでは、乾燥試験Ⅱの乾燥スケジュールを見直し、乾球温度 80℃、乾湿球温度差 10～30℃の乾燥スケジュールにより乾燥試験を行い、蒸煮処理から調湿処理終了までで 64 時間を要し

た。

仕上がり含水率は、約8割のラミナが目標含水率となり、目標含水率を上回るラミナは観察されなかった。なお、乾燥試験Ⅱの仕上がり含水率の分布と比べて、仕上がり含水率10%のラミナが占める割合が多く、仕上がり含水率11~12%のラミナの占める割合が少なかった。これは、乾燥試験Ⅱより調湿処理の時間が2時間短かったためと考えられる。

乾燥時間は、乾燥試験Ⅱの乾燥スケジュールから蒸煮処理を4時間、調湿処理を2時間短縮したため、乾燥試験Ⅱよりも合計6時間短縮された。

乾燥による割れは、全体的に軽微であった。また、乾燥試験Ⅱよりも乾燥スケジュールの乾球温度を10℃低く設定したが、乾燥による割れの発生は、乾燥試験Ⅱと同程度であった。

仕上がり含水率及び乾燥による割れの程度から乾燥試験Ⅲで用いた乾燥スケジュールの実用性が確認でき、また、人工乾燥日数を3日間程度まで短縮する乾燥スケジュールであることが確認できた。

なお、乾燥試験Ⅲは、乾燥試験Ⅱと含水率や割れの仕上がりと同程度であったが、乾燥試験Ⅲは、乾燥試験Ⅱに比べて、乾球温度が10℃低いため、燃料消費量の軽減が期待できる。

5 おわりに

今後見込まれるアカマツ材の需要増加や人工乾燥に要する燃料費等の高騰に対応するため、人工乾燥日数の短縮を図る高温低湿の3条件の乾燥スケジュールで、アカマツラミナの乾燥試験を行い、含水率の推移を観察し、乾燥後の仕上がり含水率や割れの程度を評価した。

この結果、乾燥試験Ⅰ(乾球温度90℃、乾湿球温度差30℃)では、蒸煮処理から調湿処理終了までで49時間を要し、従来の人工乾燥日数である5日間程度から大幅に短縮したが、乾燥による割れが多く発生した。

乾燥試験Ⅱ(乾球温度90℃、乾湿球温度差10~30℃)では、蒸煮処理から調湿処理終了までで70時間を要し、乾燥試験Ⅲ(乾球温度80℃、乾湿球温度差10~30℃)では、蒸煮処理から調湿処理終了までで64時間を要した。どちらも人工乾燥日数を3日間程度まで短縮することができ、また、仕上がり含水率及び乾燥による割れの程度が良好で

あることから、乾燥スケジュールの実用性が確認できた。なお、乾燥試験Ⅲは、乾燥試験Ⅱに比べて、乾球温度が10℃低いため、燃料消費量が減り、燃料費の軽減がより期待できる。

引用文献

- 1) 岩手県農林水産部(2022). 令和4年度 いわたの森林・林業概要:40.
- 2) 農林水産省(2022). 木材統計調査 令和3年木材需給報告書
- 3) 後藤幸広・谷内博規(2020). 岩手県林業技術センター研究報告 No. 28
- 4) 伊藤嘉文・吉田孝久・橋爪丈夫(2001). 長野県林業総合センター業務報告:56-57
- 5) 農林水産省(2007). 集成材の日本農林規格(最終改正:令和元年6月27日農林水産省告示第475号)

