

りんごの木の乾燥に関する研究 —減圧乾燥と自然対流式乾燥の比較—

Study on the drying of apple wood

—Comparison of drying under reduced pressure conditions and natural convection drying—

八島 光勇*・廣瀬 孝*, **・木村 崇之***
Mitsutoshi YASHIMA*・Takashi HIROSE*, **・Takayuki KIMURA***

要 旨

本稿では、りんごの木の歩留まり向上を目的として、りんごの木を減圧状態で浸水後、減圧乾燥器および自然対流式乾燥器を用いて乾燥試験を行った。乾燥後のりんごの木の観察や含水率の測定、繊維方向や接線方向、半径方向の乾燥前後での収縮率の測定を行った結果、自然対流式乾燥器を用いて乾燥を行った試験片は全ての条件において木口面に割れが発生した。それに対し、減圧乾燥器を用いて乾燥を行った試験片は、全ての条件で木口面の割れが確認されなかった。また、同温同時間の乾燥では、自然対流式乾燥に比べ、減圧乾燥の方が接線方向と半径方向で乾燥後の収縮率は大きいことが分かった。

キーワード：りんごの木、含水率、収縮率、減圧乾燥、自然対流式乾燥

緒言

既往の研究において、著者らは、弘前市内にある有限会社木村木品製作所との共同研究により、図1のりんごの木を利用したPCケースおよびパームレストの試作を行った。



図1 試作したPCケースおよびパームレスト

りんごの木は製材過程での乾燥処理において、割れや反りが発生しやすく、実際に木村木品製作所で入手するりんごの木のうち、実際に木材として使用可能なのは五割程度と言われている¹⁾。そのため、大きいサイズの木材を得ることが難しく、試作したPCケースも一面に対し、図2のように複数枚の板で構成しているのが現状である。そこで、新たな乾燥方法や乾燥スケジュールを検討し、木材として使用可能な面積が大きくなれば、これまで作ることができなかった大きい製品が製造可能となり、りんごの木のさらなる高付加価値化につながると考えられる。

そこで本稿では、りんごの木の歩留向上を目的とし、減圧乾燥器と自然対流式乾燥器を用いて、乾燥温度および乾燥時間を変えながら、乾燥後の木材の観察、含水率測定、収縮率測定を行い、りんごの木に対する減圧乾燥の有効性について検討を行った。

* 弘前大学農学生命科学研究科農学生命科学専攻
* Department of Agriculture, Graduate School of Agriculture, Hirosaki University
** 弘前大学教育学部技術教育講座
** Department of Technology Education, Faculty of Education, Hirosaki University
*** 木村木品製作所
*** Kimura Woodcraft Factory

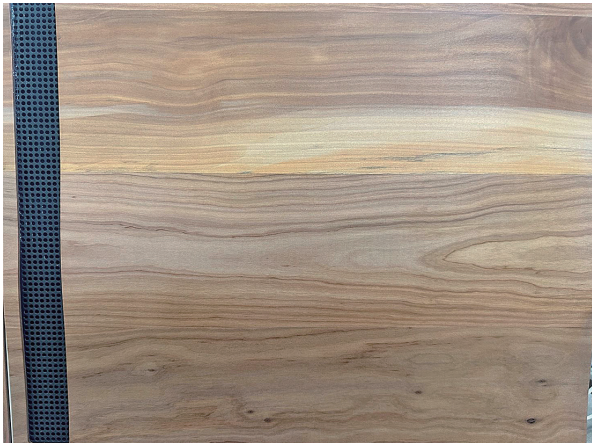


図2 PC ケースの表面画像

実験方法

2.1 試料の作製

試験片は木村木品製作所にて図3に示す厚さ15mm × 幅65mm × 長さ110mm を目標に作製されたものを用いた。

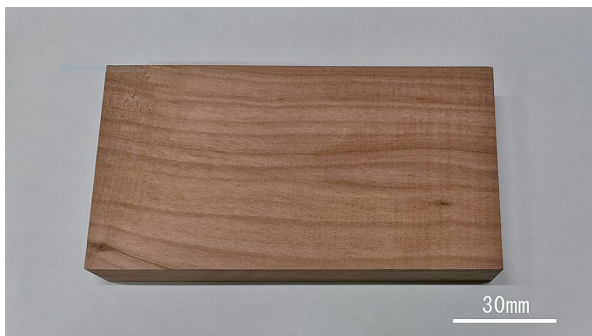


図3 使用した試験片

作製された試験片をスライドマルノコ（株式会社マキタ社製，M244）を用いて厚さ15mm × 幅65mm × 長さ54mm の試験片が相対した部分で二つになるよう切断を行い，乾燥試験用の試験片とした。

2.2 乾燥試験の前処理

2.2.1 初期含水率の測定

2.1で準備した試験片1つの質量を電子天秤（島津製作所社製，TW323N）で測定後，定温乾燥器を用いて 103 ± 2 °Cで質量一定となるまで乾燥させた²⁾。測定した乾燥前の質量M (g) 及び乾燥後の質量m (g) より，式(1)にて含水率u (%) を算出し，乾燥試験を行う際の初期含水率推定値とし，全乾状態の試験片質量を算出した²⁾。

$$u = M - m / m \times 100 \quad (1)$$

2.2.2 試験片の浸水

試験片の浸水は，ビーカーに試験片及び蒸留水を入れ，試験片が浮き上がらないように，図4のように錘をのせ，デシケータ内を減圧し，24時間浸水させた。



図4 浸水中の試験片

2.3 乾燥方法および乾燥スケジュール

2.2.2で浸水させた木材の寸法および質量を測定後，表1のスケジュールで乾燥試験を実施した。試験終了後は試験片をデシケータで30分冷却後，寸法および質量を測定し，(1)式にて含水率を算出した。試験片の寸法は鋼尺（新潟精機社製，SD-300S）を用いて測定した。乾燥器は，自然対流式として定温乾燥器（アズワン社製，ONW-450S），減圧乾燥として真空乾燥器（アズワン社製，AVO-250V）及び油回転真空ポンプ（アルバック機工株式会社製，GLD-051）を使用した。また減圧乾燥中，油回転真空ポンプは，オイルに水が混入するのを防ぐため，ガスバラストバルブを開放状態にして乾燥試験を行った。

表1 乾燥スケジュール

		100°C	90°C	80°C	70°C	60°C	50°C
減圧乾燥	3時間			○	○	○	○
	6時間			○	○	○	○
自然対流式乾燥	3時間	○	○	○	○	○	
	6時間	○	○	○	○	○	

結果および考察

図5に70°C・3時間乾燥を行った後の木口面の状態を示した。木口面を観察すると，減圧乾燥を行った試験片では，割れが確認されなかった。一方，自然対流式乾燥器を用いて乾燥を行った試験片は割れの発生が確認された。また，減圧乾燥器を用いて乾燥を行った試験片では，全条件において割れの発生は確認されなかったのに対して，自然対流式乾燥器を用いて乾燥を行った試験片は全条件で図5と同様の割れの発生を確認した。

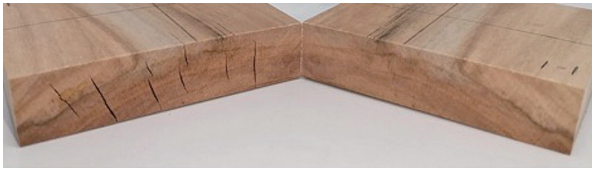


図5 乾燥後の試験片
(左：自然対流式乾燥，右：減圧乾燥)

図6に乾燥温度と含水率を示した。乾燥時間6時間の減圧乾燥および自然対流式乾燥を比較すると、減圧乾燥では、50℃で含水率10%を下回るが、自然対流式乾燥では、含水率10%を下回るのに90℃を要することが分かった。

図7に乾燥温度と繊維方向の収縮率を示した。繊維方向の収縮率は、減圧乾燥と自然対流式乾燥では、ほとんど差がなく、収縮率も小さかった。井阪は、接線方向および半径方向の収縮に比べ、繊維方向への収縮はほとんど無視できる程度であると述べている³⁾。本稿で得られた結果も同様の現象が確認できた。

図8に乾燥温度と半径方向の収縮率を示した。半径方向の収縮率は、同時間、同温度で減圧乾燥と自然対流式乾燥を比較すると、減圧乾燥の方が大きいことがわかった。また、減圧乾燥60℃・6時間と自然対流式乾燥90℃・6時間を比較すると、同程度収縮していることがわかった。

図9に乾燥温度と接線方向の収縮率を示した。接線方向への収縮率は、同時間、同温度で減圧乾燥と自然対流式乾燥を比較すると、減圧乾燥の方が大きいことがわかった。また、半径方向への収縮率と同様、減圧乾燥60℃・6時間と自然対流式乾燥90℃・6時間を比較すると、同程度の収縮率であることが分かった。

図8、図9および、乾燥後の試験片観察から、減圧乾燥を行った試験片において、接線方向及び半径方向への収縮率が大きいにも関わらず、木口割れは発生しないことが確認された。一般に木材が乾燥する際、水分は表面蒸発及び内部拡散現象により移動が生じる⁴⁾。それと同時に木材自身も物理的な動きを示し始めるが、表面蒸発及び内部拡散現象により、材の表層と内層との間に水分傾斜が生じ、その結果材の収縮率も表面と内部では異なり、この差により乾燥応力が発生し、木材の割れにつながるということが分かっている⁴⁾。本稿で得られた結果から、減圧により、りんごの木の表面蒸発および内部拡散による水分の移動における乾燥

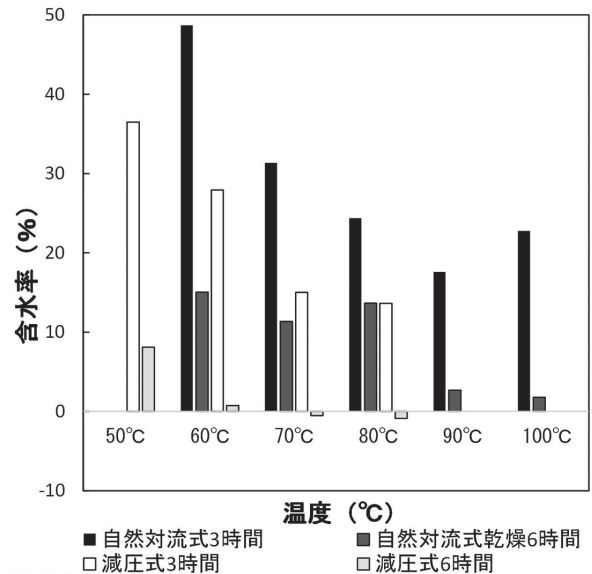


図6 乾燥温度と含水率

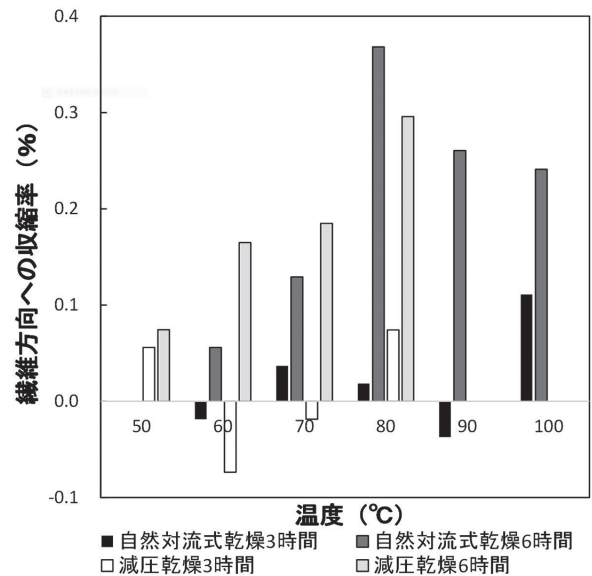


図7 乾燥温度と繊維方向への収縮率

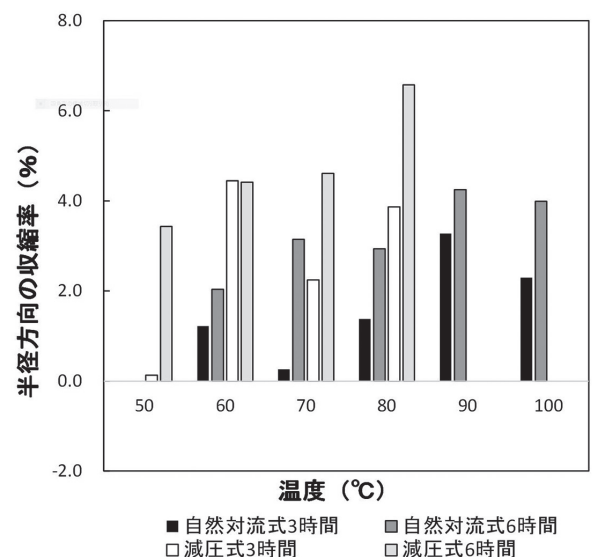


図8 乾燥温度と半径方向の収縮率

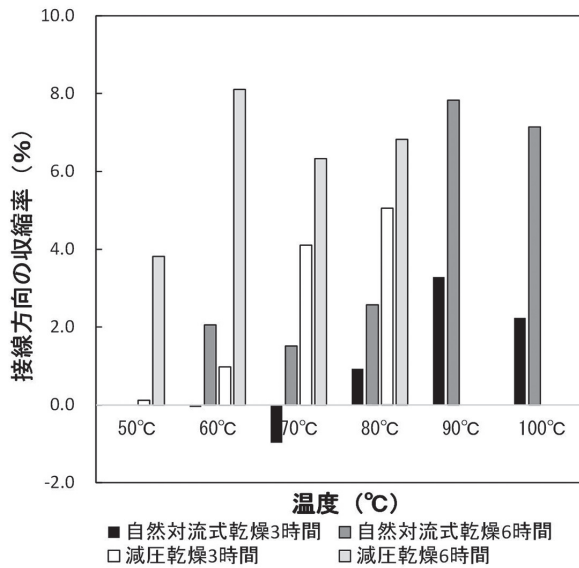


図9 乾燥温度と接線方向への収縮率

応力が小さく、木口割れの発生が抑制されたと推察された。今後、試験片の大きさを、現場で使用される実用レベルの大きさに拡大し、りんごの木に対する減圧乾燥器の有効性について検討を行っていく予定である。

結言

本稿では、りんごの木の歩留まり向上を目的として、減圧状態で浸水させ、減圧乾燥器および自然対流式乾燥器を用いて乾燥を行い、乾燥後のりんごの木の観察や含水率の測定、乾燥前後での収縮率の測定を行った。その結果、以下の知見を得た。

(1) 減圧乾燥を行った試験片すべての条件において、木口割れは発生しなかったが、自然対流式乾燥器を用いて乾燥を行った試験片は全ての条件で木口面に割れが発生した。

(2) 同温同時間では、自然対流式乾燥に比べ、減圧乾燥の方が接線方向と半径方向で乾燥後の収縮率が大きいことが分かった。

(3) 乾燥後の木口面及び収縮率の結果からりんごの木に対して減圧乾燥を行った場合、乾燥応力が減少し、割れの発生が抑制されると推察された。

引用文献

- 1) 木村木品製作所HP
<http://www.kimumoku.jp/ringo/>
- 2) 日本産業規格：“JIS Z2101：2009 木材の試験方法”（日本規格協会）
- 3) 井阪三郎：木材の狂いについて，材料，第12巻，121号，pp. 695-698（1963）
- 4) 松田健一：乾燥中に生じる木材の乾燥応力等について，鹿児島大学教育学部研究紀要，第24巻，pp. 69-78（1973）

謝辞：本研究は、2022年度弘前大学共同研究トライアルファンドの助成を受けたものである。ここに深く感謝の意を表す。

(2024. 1. 11 受理)