

応用研究論文

酒粕漬けによる木材の寸法安定化

足立幸司¹¹ 秋田県立大学木材高度加工研究所

心材・辺材・移行材で分けした飽水状態のスギ材を純米酒粕あるいは真醸酒粕に1, 2, 4, 8週間浸漬し、全乾時の重量変化、放射方向および接線方向収縮率を検討し、以下の結果を得た。(1) 酒粕やスギの部位の種類によらず、浸漬後1週で重量増加率は一定になった。(2) 抗収縮能(ASE)は浸漬後2～4週間で急増した。4および8週間の浸漬処理でASEは40～75%となり、既存の化学修飾処理による寸法安定化と同等の効果が確認された。(3) 酒粕浸漬処理木材のASEは水の溶出処理によって低減した。酒ASEの向上には酒粕中の水溶性成分が大きく影響していた。以上から、木材に酒粕由来成分が浸透することで膨潤状態で安定化することが確認された。この現象によって仕込み用大桶用部材が乾湿繰り返しによって収縮しにくくなることを示し、竹タガにより桶の締め直しや乾燥に伴う異常変形の低減に貢献していると考えられた。部材となる木材の酒粕浸漬による物性変化が及ぼす影響を明らかにすることは、仕込み用大桶は国内の製造業者が減少し、維持・管理が困難になる中で有用な知見となる。

キーワード: 木材, 桶, 粕漬, 酒粕, 寸法安定化, 抗収縮能

秋田県は、豊富に賦存するスギ資源を背景として、日用品、生活用具、食品加工用器具に用いられる桶樽や曲げわっぱといった木製品産業が地場産業としていることに特色がある。これら木製品は、戦後の高度成長期に、衛生管理の容易さや形状自由度の高さ、量産性を主な理由にして金属やプラスチックへの転換が大いに進んだが、近年、木製のお弁当箱やおひつなどの家庭用品は、快適さや経年利用による愛着形成など、木材を使うことによって得られる体験価値が評価されている。高い技術力と供給体制が維持された秋田県の伝統工芸品産業は、それらの需要に応えるとともに、観光資源を初めとした地域の文化的資源としても地方創生の推進に貢献している。

木製からステンレスやホーローなど他材料への転換が大きく進んだ容器として、醸造桶や貯蔵樽などの日本酒や味噌、醤油などの発酵・醸造食品製造容器が挙げられる。しかし近年、日本酒は、消費者の志向が量から質に転換し、国内出荷量全体に占める

吟醸酒、純米酒等の特定名称酒の割合が増加傾向にあり、手間ひまをかけた酒づくりに欠かせないものとして醸造用木桶の利用は続けられている(藤井雄史, 1994)。発酵文化が盛んな秋田県(日本政策投資銀行, 2019)でも醸造用木桶は需要があり、地域における木桶用資源の供給体制や製造技術の構築・維持への関心は高く、2019年10月には産学官の主催によって秋田杉桶樽サミット(秋田市)も開催された。醸造用木桶の特徴には、親水性のリグノセルロース成分による水分・湿度調節機能、木材の多孔質に起因する温度調節機能や乳酸菌・酵母菌などの定着が挙げられ、食品加工容器の機能性としての学術的裏付けに寄せられる期待は高い。

桶樽の機能性の解明や製造工程の改善を目的とした一連の研究を進める中、日本酒の仕込み用大桶に用いられる木材の物性変化に着目した。仕込み用大桶の容器としての寿命は長く、新造された大桶は、日本酒用に数年～十数年使われた後、味噌用・醤油

用に 100 年以上、竹タガの締め直しや部材交換などの維持管理と通じて使われることは珍しくない。容量が 10 石（約 1,800L）から 30 石、大きいものでは 50 石になる大型容器に使われる木材部材も当然大きく、日本酒原料と発酵作用に暴露され、定期的に洗浄される木材部材にとって乾燥や膨潤の繰り返しの伴う形状変化による不具合も大きいと考えられるが学術的知見は乏しい。日本国内で大桶の製造業者が少なくなり、新規製造に加えて維持管理も課題となる。

本研究では、仕込み用大桶用材の主要樹種であるスギの寸法安定性に対して日本酒仕込み工程が及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。酒粕にスギ材を浸漬する期間やスギの辺材、心材、移行材といった部位の影響を検討した。木材の寸法安定性は、細胞壁の水分変動による無処理材の寸法変化率を基準とした相対値で評価し、本研究では、大桶の乾燥を考慮して、抗収縮能 (anti-shrinking efficiency, ASE) を指標とした。

実験方法

供試材料

秋田県産スギ (*Cryptomeria japonica* D.Don) の丸太を試験木として準備し、心材、辺材および移行材（辺材が心材に移り変わる部位）に区別して小割した状態で天然乾燥した。その後、厚さ 4 mm（接線方向、T 方向）×幅 15 mm（放射方向、R 方向）×長さ 100 mm の柁目木取りで試験片を採取し、減圧加圧注入処理によって水を含浸して飽水状態の重量および寸法を測定した。次いで、105℃の恒温乾燥器で全乾状態にした時の寸法と重量を測定し、それぞれ初期全乾重量および初期全乾寸法とした。飽水状態と全乾状態の寸法変化から、T 方向および R 方向収縮率 α_T 、 α_R を式(1)(2)によって求めた。

$$\alpha_T = \frac{l_{Tf} - l_{T0}}{l_{Tf}} \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

$$\alpha_R = \frac{l_{Rf} - l_{R0}}{l_{Rf}} \times 100 \quad (\%) \quad (2)$$

ただし、 l_T 、 l_R ：T 方向および R 方向寸法、添字 f：飽水状態、添字 0：全乾状態を意味する。

試験片は、減圧加圧注入処理によって再び水を含浸した飽水状態で浸漬処理に供した。

酒粕は、新政酒造株式会社の純米酒粕および貴醸酒粕の 2 種類を用いた。使用原料は、前者は米、米麴、後者は米、米麴、日本酒である。

浸漬処理

用いる酒粕は試験片の容積に対して 10 倍量を所定量とした。内容量 1,000cm³ のポリプロピレン製容器に、酒粕を空気を抜きながら敷き詰め、互いに触れないように試験片を並べたのちに酒粕で覆い、シリコンゴムでシールされたフタを閉じて密閉状態とした。比較として、イオン交換水（以下、水）への浸漬した試験片を準備した。酒粕の変質を最小限に抑えるために設定温度 5℃で冷蔵し、1、2、4、8 週間の経過毎に試験片を 4 体ずつ取り出した。取り出した試験片はペーパータオルで表面を清拭し、湿潤状態の T 方向寸法 l_{TS} および R 方向寸法 l_{RS} を測定した。60℃の恒温乾燥器で 3~4 日予備乾燥したのち、105℃で恒量になるまで乾燥し、浸漬後の全乾重量 w_{s0} と T 方向寸法 l_{TS0} および R 方向寸法 l_{RS0} を測定した。試験片の初期全乾重量 w_0 と浸漬処理後の全乾重量 w_s から、式(3)で重量増加率(WPG)を求めた。

$$WPG = \frac{w_{s0} - w_0}{w_0} \times 100 \quad (\%) \quad (3)$$

また、 l_{TS} および l_{TS0} から浸漬処理試験片の T 方向収縮率 α_{TS} を、 l_{RS} および l_{RS0} から R 方向収縮率 α_{RS} を式(1)および(2)で同様に求めた。

溶出処理

溶出処理として全乾状態の浸漬処理試験片を、減圧加圧処理で水を注入し、24 時間静置した後、流水で洗浄し、湿潤状態での重量と寸法を測定した。その後、60℃で 3~4 日予備乾燥したのち、105℃で恒量になるまで乾燥し、全乾状態の重量と寸法を測定した。溶出処理前後の寸法変化から T 方向および R 方向収縮率を浸漬処理と同様に求めた。

寸法安定性評価

浸漬処理による木材の寸法安定性の変化の判断指標として、本報では一般的に用いられる抗収縮能

(anti-shrinking efficiency, ASE) を用いる。ASE は式 (4) で表され、T 方向および R 方向でそれぞれ求めた。

$$ASE = \frac{\alpha_0 - \alpha_{s0}}{\alpha_0} \times 100 \quad (\%) \quad (4)$$

ただし、 α_0 ：無処理材の線収縮率、 α_{s0} ：浸漬および溶出処理材の線収縮率

結果と考察

重量増加率

酒粕の浸漬処理による重量増加率(WPG)を図1に示す。辺材、心材、移行材といったスギの各部位および純米酒と貴醸酒といった酒粕の種類によらず、浸漬開始1週後で重量は急激に増加し、以後はほぼ一定で推移した。部位間の差は明確ではなく、純米酒粕よりも貴醸酒粕で WPG が大きい傾向だった。貴醸酒は、仕込み時の汲み水の一部を日本酒に置き換えて造る日本酒で、アルコールの存在によって酵母の増殖およびアルコール発酵が抑制されるため、日本酒を添加するほど直接還元糖が多くなり(佐藤信ら, 1976)、木材の細胞内腔に浸潤した水溶性成分の量が増大したことが主な要因と考えられる。今回、部位間の重量増加率に明確な相違は確認されなかった。今回は、浸漬処理前の工程で減圧加圧処理をしており、心材および移行材の浸透性が改善された可能性が考えられる。部位間の浸透性の適正な比較には、生材の使用や緩やかな含水化処理等で再評価の必要がある。

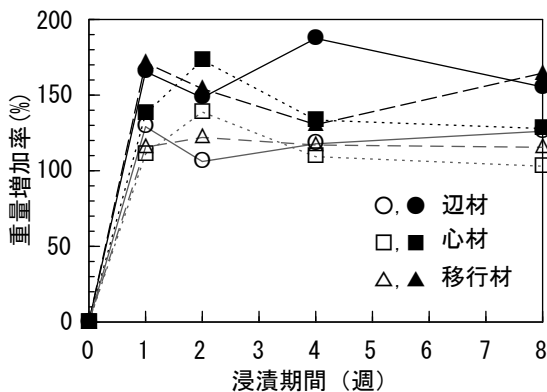


図1 酒粕の浸漬時間と重量増加率の関係
○, □, △は純米酒, ●, ■, ▲は貴醸酒

寸法安定性

図2に8週間浸漬処理した木材の放射方向(R方向)および接線方向(T方向)の収縮率を示す。水に浸漬した木材に対して、酒粕に浸漬した木材では、R方向およびT方向収縮率は部位や酒粕の種類によらず減少した。これは、乾燥によって細胞壁から水分が失われても、細胞壁の膨潤状態をある程度維持する成分が酒粕に含まれていることが示されている。各種有機液体の含浸による細胞壁の膨潤に関する研究は数多く取り組まれている(石丸優, 1996)。しかし、これまで膨潤効果が認められてきた有機液体は、水酸化ナトリウムやメチロールフェノール化合物、アンモニア水、ジメチルスルホキシドなどに代表されるように経口毒性の高い物質が多く、酒粕のように食品安全性が担保された物質で乾燥に伴う収縮抑制の効果が見出されることは、今後、加工技術としての活用を検討する際のメリットとなる。

また、収縮率は、純米酒粕より貴醸酒粕で全体的に小さくなり、酒粕に含まれる成分の相違の影響が考えられた。今回、使用した酒粕は補酸や発酵助剤などの添加物が用いられておらず、確認された収縮

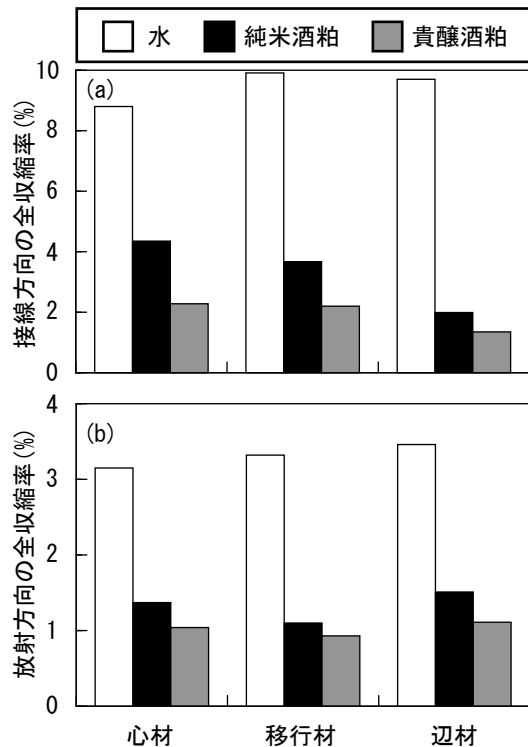


図2 水および酒粕に8週間浸漬した木材の収縮率。(a)接線方向、(b)放射方向

率の低下は麹菌、乳酸菌、酵母菌による米の発酵工程で産生された成分に起因する。日本酒にはグリセロールやエチル α -D-グルコシドが多く含まれており(岡 智, 1977), 後述するポリエチレングリコール (PEG) に類似した寸法安定効果を持つことが予測される。酒粕成分の詳細な影響については次報で検討する。

図3に酒粕浸漬木材の抗収縮能 (ASE) の浸漬期間との関連性を示す。酒粕の種類やスギの部位に因

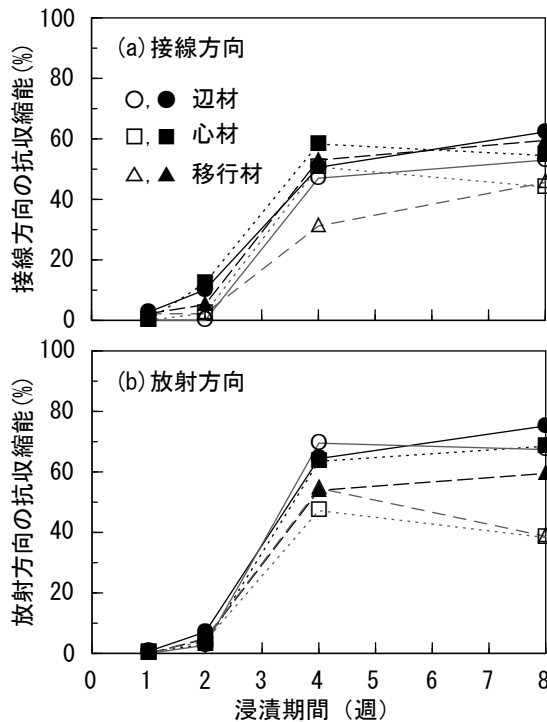


図3 浸漬条件と浸漬処理木材の抗収縮能の関係 (a) 接線方向, (b) 放射方向
○, □, △は純米酒, ●, ■, ▲は貴醸酒

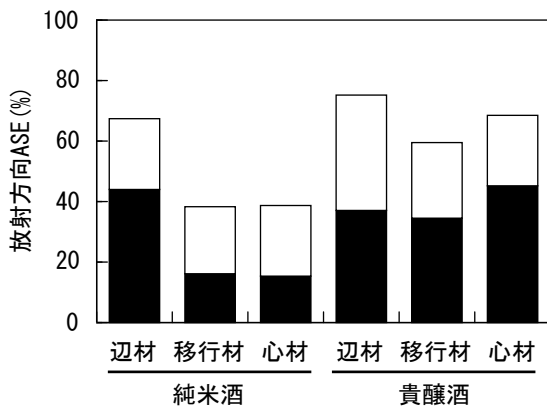


図4 溶出処理による浸漬処理木材の放射方向の抗収縮能の変化
白抜きは溶出処理前, 黒塗りは溶出処理後

らず, ASE は浸漬後2週と4週の間で急増し, 以後一定となった。図1で示した WPG は, 浸漬後1週で一定となっており, 細胞内腔から細胞壁内への拡散にある程度の時間を要していることが示された。酒粕の種類では, 貴醸酒粕の ASE が高い傾向にあり, 部位毎の差は明確でなかった。ASE の数値は T 方向では 40~60%, R 方向では 40~75%を示した。これは, 寸法安定化剤として一般的な PEG において, PEG1540 (平均分子量 約 1500) あるいは PEG 2000 (平均分子量 1800~2000) を浸漬処理して得られる値に相当した(堀岡邦典ら, 1979)。また, 代表的な化学修飾処理木材であるアセチル化木材の ASE も 40-75%程度であることから (STAMM 1977), 既存の寸法安定化処理と遜色ない効果が酒粕浸漬処理で得られていることが理解される。

図4に浸漬処理木材の溶出処理による放射方向 ASE の変化を示す。24 時間の水の浸漬によって, 酒粕や部位の種類によらず ASE の低下が確認された。PEG 含浸処理は屋外暴露試験による降水で容易に溶脱することが知られており (作野友康ら, 1975), 酒粕浸漬処理した木材も水溶性成分による寸法安定化が主体であることが予測された。減圧加圧注入処理という過剰に水を加えた溶出試験においても ASE がある程度維持されていることから, 日本酒の仕込み作業が繰り返し行われる中で, 仕込み用大桶に使われているスギ部材には酒粕由来成分が滞留し, 乾湿繰り返しによる寸法安定化に貢献していることが示唆された。

まとめ

日本酒の仕込み用大桶用材であるスギを用いて, 純米酒および貴醸酒を浸漬処理して1週~8週間保存後の寸法安定性の変化を検討した。結果は以下の通りであった。

1. 酒粕やスギの部位の種類によらず, 浸漬後1週で重量増加率は一定になった。
2. 抗収縮能は浸漬後2~4週間で急増して一定となった。細胞壁への拡散に時間を要したため, 重量増加よりも遅れた変動であった。4, 8週間の浸漬処理で ASE は最大で 75%, 少なくとも 40%に達し, 既存の化学修飾処理と遜色ない効

果が得られた。

3. 水の溶出処理によって抗膨潤能は低減し、酒粕中の水溶性成分が抗収縮能に大きく影響した。

木材に酒粕由来成分が浸透することで、細胞壁が水と同様に膨潤し、膨潤状態を安定化させることで収縮率が低減した。これは、大桶用部材が乾湿繰り返しによって収縮しにくくなることを示し、竹タガにより桶の締め直しや乾燥に伴う異常変形の低減に貢献していると考えられた。部材となる木材の物性変化が及ぼす影響を明らかにすることは、仕込み用大桶は国内の製造業者が減少し、維持・管理も困難になる中で有用な知見であるといえる。

堀岡邦典, 渡辺浄光 (1979). 「木材と寸法安定」『木材保存』 13 14-19.

Stamm A.J.(1977). Dimensional changes of wood and their control, *ACS symposium series*.43 115-140.

〔 令和 2 年 2 月 29 日受付
令和 2 年 3 月 9 日受理 〕

謝辞

本研究の実施にあたり、新政酒造株式会社より酒粕試料およびご助言を提供いただいた。本研究の一部は、本学平成 29 年度創造的研究事業および JSPS 科研費 18K05768 の助成を受けて行われた。また、英文校閲は Enago (www.enago.jp) によって行われた。ここに、深く感謝の意を表する。

文献

石丸優 (1996). 「木材と有機液体の相互作用」『木材学会誌』 42 (12) , 1145-1155.

岡 智 (1977). 「清酒中のエチル α -D-グルコシド, 木材と有機液体の相互作用」『日本醸造協会雑誌』 72 (9) 631-635.

作野友康, 佐伯浩, 後藤輝男 (1975). 「PEG 処理合板の耐候性」『木材学会誌』 21 (9) 501-507.

佐藤信, 蓼沼誠, 大場俊輝, 高橋康次郎 (1976). 「清酒を原料とした新しいタイプの清酒 (貴醸酒)」『日本醸造協会雑誌』 71 (6) 469-475.

日本政策投資銀行, 日本経済研究所 (2019). 「日本酒を核とした地域の賑わい創出に向けて～秋田県の発酵文化を活かした取り組みを事例に～」. https://www.dbj.jp/topics/region/area/files/0000033160_file2.pdf

藤井雄史 (1994). 「木で作られた器の今昔」『木材工業』 49 (10) 471-475.

Dimensional Stabilization of Wood using a Sake Cake-immersion Method

Koji Adachi¹

¹ *Institute of Wood Technology, Akita Prefectural University*

The varieties of Japanese cedar wood include heartwood, sapwood, and transition wood. These types of cedar wood were immersed in Junmai sake-cake or Kijo sake-cake for one, two, four or eight weeks. Afterward, the weight changes and radial and tangential shrinkages in the dried wood were measured. The following results were obtained. (1) The weight per gain was constant one week after immersion regardless of the type of sake cakes used and the type of Japanese cedar. (2) The anti-shrinking efficiency (ASE) increased rapidly two to four weeks after immersion. After four or eight weeks of immersion treatment, the ASE became 40–75%, confirming that it had the same effect as dimensional stabilization by the existing chemical modification treatment. (3) The ASE of sake cake-immersion-treated wood was reduced by elution in water. Water-soluble components in sake cake greatly affected the improvement of the ASE of the sake-cake. It was confirmed that sake-cake-derived components in wood were immersed and acted as a dimensional stabilizing effect. This indicated that the wood tank members were less likely to shrink due to a repeatedly dry and wet environment. It was useful to clarify the effects of changes in the physical properties of sake-cake-immersion wood for wood tank maintenance because the number of wood tank manufacturers has decreased nationwide and therefore wood tank users must manage tanks better.

Keywords: Japanese cedar, wood tank, sake cake, dimensional stability, anti-shrinking efficiency