

# 実生産規模でのシャクヤクの乾燥調製を目指した基礎検討

田村 隆幸, 高田 正明, 大江 勇

## Basic Studies on drying of *Paeonia lactiflora* Pallas for large-scale production

Takayuki TAMURA, Masaaki TAKATA, Isamu OE

### 要 約

近年、本県ではシャクヤクの栽培が拡大し、現在は県外へ新鮮根として出荷されているが、販路拡大や高付加価値化を目指して、今後は生産者側で乾燥調製することが検討されている。そこで、生産者組織の取り組みによりシャクヤク乾燥用に改良された平型乾燥機を用いて、当センターにおいて実生産規模での試験乾燥を実施した。その結果、一度に390kgのシャクヤクを8日間で乾燥することが可能であり、得られた生薬が第16改正日本薬局方に規定されるペオニフロリン含量、乾燥減量、灰分及び酸不溶性灰分の各規格に適合することを確認した。今回の結果を基に、さらに改良を加え、シャクヤクの乾燥マニュアルを作成し、生産者への技術移転を通して、シャクヤクの乾燥出荷を支援していく。

### Summary

The cultivation area of *Paeonia lactiflora* is expanding in Toyama recently. The fresh roots harvested by the farmers are shipped to the outside of Toyama prefecture now, but it is considered that the farmers ship the dried Peony root in the near future for expansion in a market and adding a high value. Therefore, test drying of *P. lactiflora* for large-scale production was performed in this center using the flat-bed dryer improved for peony drying by production conference. As a result, 390 kg fresh roots were dried in 8 days by this dryer, and the obtained Peony roots were suited to the Japanese Pharmacopoeia quality (Sixteenth Edition). We will study on drying methods further and we will support the farmers by technology transfer.

キーワード：シャクヤク, 乾燥, 平型乾燥機

Key words : Peony root, Drying, Flat-bed dryer

生薬「芍薬」は、第16改正日本薬局方<sup>1)</sup>(以下、「日局16」という。)において、「シャクヤク*Paeonia lactiflora* Pallasの根である」と規定され、鎮痛、鎮痙、活血等の作用を期待して漢方処方に配合されるほか、婦人薬や胃腸鎮痛鎮痙薬等の製剤にも配合される。その国内での年間使用量1,489トンのうち国内生産量はわずか81トン(約5%)で、輸入に依存している<sup>2)</sup>。県内の芍薬生産量については、平成25年度までは1トン程度(乾燥重量)で推移していたが、平成22年度からの栽培農家の急増により、その収穫が始まった平成26年度は約2.7トン(推定した乾燥換算重量)が生産された。現在の県内シャクヤク農家が栽培している薬用品種は、皮を剥いてから自然乾燥で仕上げる品種として知られるが、冬期に湿度が高い富山県での自然乾燥では変色等により仕上がりが悪くなることから、新鮮根として県外へ出荷されている。そこで県では、シャクヤクの栽培拡大とともに県内製薬企業への出荷の推進を目的として調査を実施した。その結果、買い取りの条件として品質や価格の他、乾燥品であることが必要であった。そのため、県内生産者等で構成する組織「富山型薬用作物生産協議会」が平成26年度の国事業「薬用作物等地域特産作物産地確立支援事業」の採択を受けて実施するシャクヤクの乾燥に関する取り組みを支援した。この取り組みは、乾燥機メーカーの協力を得

て、市販の乾燥機をシャクヤク乾燥用に改良するもので、多段式の乾燥機より大量に乾燥が可能な平型乾燥機(1坪タイプ)がベース機として選定された。改良内容としては、効率的なシャクヤクの乾燥を実現するために、乾燥槽内の風量の均一化や排気される温風の循環機能等が追加された。この改良されたシャクヤク用乾燥機については、ベース機において考えられる課題を解決したものであって、実際にシャクヤクが乾燥できることは確認されており、また温風の設定温度や時間等の乾燥条件も明らかでない。今後この乾燥機を用いて生産者が乾燥し、出荷するためには、少なくとも日局16の品質規格を満たす生薬を得るための乾燥マニュアルが必要である。

そこで、当センターにおいて乾燥技術を確立し、それを生産者に技術移転することを目指して、改良された平型乾燥機を用いて実生産規模でのシャクヤクの試験乾燥を実施し、得られた生薬の品質(ペオニフロリン含量、乾燥減量、横切面の変色の有無等)を確認した。また、乾燥調製に関する予備検討も実施したので、併せて報告する。

## 実験方法

### 1. 卓上型乾燥機での連続乾燥と断続乾燥の比較

#### (1) シャクヤク試料

富山県薬用植物指導センター（中新川郡上市町広野2732）で4年間栽培したシャクヤクの根を平成26年11月7日に収穫し、水洗後、太さ1.5～2.0cmの根を選び、長さ10～12cmで切断した。品種はTB-057（富山ブランド候補品種）を用い、根皮は剥がなかった。連続乾燥と断続乾燥の試料として各7本を取り、4℃で約2か月間貯蔵した後、乾燥した。

#### (2) 乾燥機

大紀産業(株)製 small food dryer Petit Mini

#### (3) 乾燥期間

平成27年1月5日から1月28日まで（23日間）

室温は5から10℃の範囲であった。

#### (4) 乾燥条件

連続サンプルについては、乾燥期間中は全て30℃、ダンパーは1（解放側）に設定して連続送風乾燥を実施した。

断続サンプルについては、乾燥機運転中は連続サンプルと同様の条件とし、70時間の乾燥、47時間の休止、72時間の乾燥、30時間の休止、329時間の乾燥を実施した。

### 2. 乾燥に伴う根の硬度変化

#### (1) シャクヤク試料

前項と同じ条件で採取したシャクヤク根を同様に貯蔵後、乾燥した。硬度測定用の試料は、3つの網袋に各7本の根を入れ、測定時に各袋から1本を測定に使用し、一度測定に用いた根は以降の測定に使用しないこととした。

また、乾燥中の重量変化を測定する試料は別の30本を3つの網袋に入れ、袋ごとに測定し、平均値を求めた。

#### (2) 乾燥機

大紀産業(株)製 small food dryer Petit Mini

#### (3) 乾燥期間

平成27年1月5日から1月19日まで（14日間）

室温は5から10℃の範囲であった。

#### (4) 乾燥条件

乾燥期間中は全て30℃、ダンパーは1（解放側）に設定して連続送風乾燥を実施した。

#### (5) 硬度測定

果実硬度計（株藤原製作所製 KM型）を使用し、シャクヤク根1本当たり20か所測定した。硬度計の針頭（試料との接触部分）は、円錐型と半球型の2種を用いた。

測定日は、乾燥の開始直前、乾燥開始から2、3、5、8、10、14日後の計7回とした。

### 3. 平型乾燥機での試験乾燥

#### (1) シャクヤク試料

富山県薬用植物指導センターで4年間栽培したシャクヤク（品種名：梵天）の根を平成26年9月下旬から10月に収穫し、洗浄せずに、細い主根（径5mm以下）や細根を概ね除去し、コンバイン袋（PP袋）に約20kgずつ入れた。これらを屋外、日陰の土の上に並べ、その上にビニールシートを被せて乾燥を防止し、試験乾燥の実施まで貯蔵した。

#### (2) 貯蔵後の再選別

日局16の医薬品各条「シャクヤク」における生薬の性状を参考に、概ね次の規格に適合するものを選別し、試験に供した。

- ・太さ 直径1.0cm～3.0cm
- ・長さ 7cm～30cm
- ・側根を分離し（股割り）、腐り、虫害、変色が認められるもの、皮の剥離の著しいもの（部分）、細根及び根茎部は除外する。

#### (3) 洗浄

試料は、回転式洗浄機（図1）を用いて水のみで洗浄した。なお、この洗浄機ではシャクヤク根とともに砂及び水を入れて回転させることにより、根の皮を剥くことが可能であるが、皮付きでの乾燥根の需要が比



図1 回転式洗浄機



図2 改良された平型乾燥機（幌状シート使用時）

較的高いことから、今回の試験では皮を剥かないこととした。

【回転式洗浄機の概要】

洗浄槽サイズ：幅120cmの六角柱型（六角形の一辺は40cm）

回転数：約45rpm

【洗浄の条件】

- ・洗浄1回当たりのシャクヤク重量：約20kg
- ・予備洗浄：なし
- ・洗浄時間：計2分間（1分洗浄後、水の入替え）

（4）乾燥機の概要

乾燥機（図2）は、富山型薬用作物生産協議会が国事業（平成26年度薬用作物等地域特産作物産地確立支援事業）を活用してシャクヤク乾燥用に改良したものをを用いた。ベース機は大紀産業(株)製の1坪型平型乾燥機（SUS304仕様）で、次の改良が施された。

- ①風向板を設置することにより、乾燥槽の場所による風量の差が均一化された。
- ②幌状のシート及び循環装置を設置することにより、乾燥槽内の場所による温度差が均一化され、また低コスト化のための排熱利用機能が追加された。
- ③インバーターを設置することにより、風量調節機能が追加された。

乾燥槽は、幅1800mm、奥行1800mm、深さ500mm

（底板の位置調節を下段に設定）のサイズで、底板の多数の穴から温風が上方向に送風される。

（5）乾燥方法

底面が網目の容器（外寸 幅×奥行×深さ：595×399×229mm）に水洗済みのシャクヤク根を入れ、乾燥槽内に1段当たりの容器数を13個として2段に重ねて計26個の容器を入れた。各容器に入れるシャクヤク根の重量は15kgとし、1回の乾燥で合計390kgを乾燥できる設定とした。

乾燥槽内で無加温送風を16時間実施した後、乾燥機を下記の設定として稼働させた。乾燥期間中は乾燥槽内の容器の位置の入れ換えを実施したが、その時に乾燥機を停止した以外は連続送風乾燥とした。また、容器の入れ換え時に容器ごとに重量を測定した。

【乾燥機の設定条件】

- ・温度：40℃
- ・風量（インバーター設定値）：50Hz
- ・循環機能（排気口ダンパー開閉度）：1（全開放）
- ・乾燥槽の幌状シート：設置

【乾燥槽内の容器の入れ換え方法】

- ・48時間ごとに、①水平方向の位置、②上段、下段の位置を入れ換える。①は図3の規則に従う。
- ・①と②を同時に実施し、48時間ごとに同じ要領で入れ換えを繰り返す。

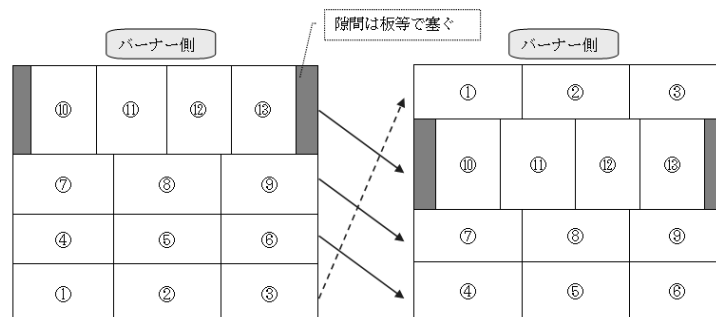


図3 乾燥槽内の容器の水平方向入れ換え規則（乾燥槽を上方から見た概略図）

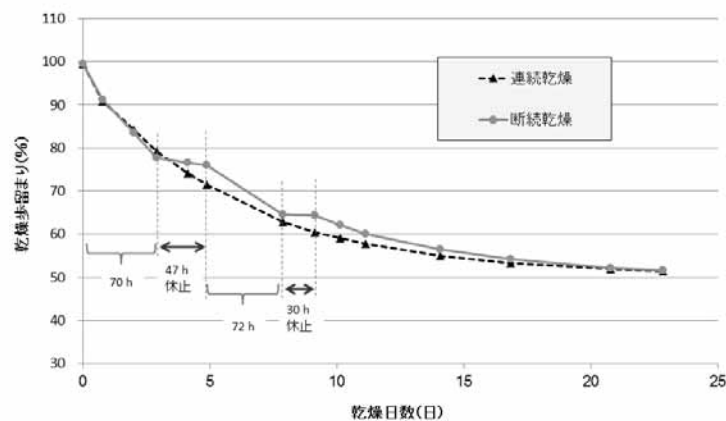


図4 連続運転と断続運転でのシャクヤク根の重量変化（卓上型乾燥機）

- ・位置の入れ換え時に、容器内のシャクヤクを混合する。

#### (6) シャクヤク乾燥根の品質試験

乾燥したシャクヤク根の横切面の色彩を分光色差計（日本電色工業(株)製 NF 333）で測定し、得られたL\*a\*b\*値からハンター氏白色度を求めた。測定サンプルは、26個の容器から太さ1.0cmから2.0cmかつ長さ10cm以上の根をそれぞれ5本選び、その中央付近で切断した。切断した両側の面を測定し、全ての測定値の平均値を結果とした。

日局16の試験法を準用し、以下の項目を測定した。

- ・乾燥減量
- ・灰分
- ・酸不溶性灰分
- ・ペオニフロリン及びアルビフロリンの含量

## 結 果

### 1. 卓上型乾燥機での連続乾燥と断続乾燥の比較

#### (1) 連続乾燥での乾燥歩留まり

開始から約5日間で約70%に減少、同約9日間で約60%に減少し、同約23日で51.4%となった（図4）。

#### (2) 断続乾燥での乾燥歩留まり及び連続乾燥との比較

乾燥開始から70時間が経過し、約78%に減少した時点で、断続乾燥サンプルを乾燥機から出し、室内で保管した。断続乾燥サンプルは、休止期間の47時間で乾燥歩留まりが77.6%から75.9%となり、1.7%の減少であったが、その間に連続乾燥サンプルは79.3%から71.4%となり、7.9%の減少であった。

その後の72時間は両サンプルを同じ乾燥機内で乾燥

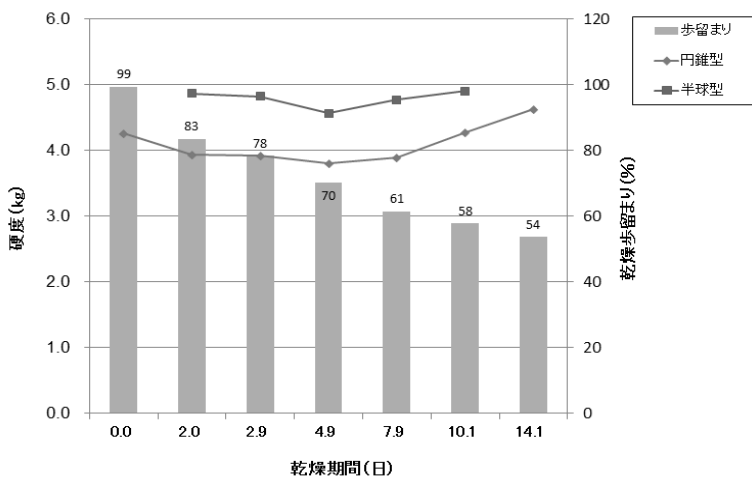


図5 シャクヤク根の乾燥に伴う硬度変化

したが、その間の重量減少幅としては、連続乾燥サンプルが8.6%の減少（71.4%から62.8%）であったのに対して、断続乾燥サンプルは11.3%の減少（75.9%から64.6%）であり、断続乾燥の方が約1.3倍であった。

その後の30時間の休止期間では、断続乾燥サンプルの歩留まりは64.6%から64.3%と0.3%しか減少しなかったが、連続乾燥サンプルは62.8%から60.5%と2.3%減であった。

この休止期間を経て両サンプルを同じ乾燥機内に入れた時点では、乾燥歩留まりは連続乾燥サンプルの方が3.8%低かったが、その後の約14日間の乾燥によりその差は縮まり、0.1%差となった。断続乾燥では乾燥機内での乾燥時間が計77時間分少ないにもかかわらず、乾燥開始から約23日経過時点で乾燥歩留まりの差がほとんどなくなった。

### 2. 乾燥に伴う根の硬度変化（図5）

#### (1) 円錐型の針頭での硬度測定

全7回の測定全てで、円錐形の針頭によりシャクヤク根に穴があいた。乾燥直前の硬度は4.3kgであったが、指による感触で少し弾性が生じ始める乾燥2日後においては3.9kgに低下した。乾燥5日後に硬度は最低値の3.8kgとなり、その後は上昇した。乾燥14日後には最高値の4.6kgとなり、乾燥開始前の硬度より高くなった。

#### (2) 半球型の針頭での硬度測定について

半球型では、測定の際に根に穴をあけることはなかった。乾燥開始前と乾燥14日後の測定では、根のどの位置を測定しても硬度計の測定限界値（5.0kg）を超えたために測定不可となった。乾燥2日後から10日後にかけては根に弾性があり、測定可能であった。



図6 乾燥前のシャクヤク根（洗浄後）



図7 乾燥後のシャクヤク根

乾燥5日後に最低値である4.6kgとなり、その後は上昇した。この傾向は円錐型と同様であった。円錐型での測定値(3.8から4.6kgの範囲)に比べて全体に高い値となり、4.6から4.9kgの範囲の測定値となった。

### (3) 硬度と乾燥歩留まりの関係について

乾燥2日後に少し弾性が生じ、硬度も低下するが、このときの乾燥歩留まりは83%であった。硬度が最低値となる乾燥5日後の乾燥歩留まりは70%であった。これ以上乾燥が進むと硬度は上昇し、乾燥14日後には半球型で硬度が測定できなくなるほど硬くなり、弾性は消失した。

## 3. 平型乾燥機での試験乾燥

### (1) 乾燥前後のシャクヤク根の外観等

乾燥前(洗浄後)を図6に、乾燥後を図7にそれぞれ示す。また、乾燥後のシャクヤク根の横切面を図8に示す。

### (2) 乾燥に伴う重量変化及び乾燥に要した日数

乾燥開始時に上段であった容器と下段であった容器の各13個の乾燥歩留まりをそれぞれ平均値として、その変化を図9に示す。開始時に下段であった試料の乾燥歩留まりは、加熱送風の前の16時間の無加温送風により95.9%となり、その後の48時間の加熱送風により一気に64.2%にまで低下した。さらに48時間ごとに重量測定したところ、56.8%、54.2%、52.9%と減少していった。この時点で、1時間当たりの加熱による歩留まりの減少が0.027%となっており、乾燥完了とした。乾燥に要した日数は加熱送風を開始してから8日間であった。ただし、この期間には、48時間ごとの容器の入れ換え及び重量測定のために計3時間の加熱停止の時間(各1時間で3回)が含まれる。

開始時に上段であった試料については、開始時に下段の試料に比べてわずかに乾燥が遅れる傾向があるが、



図8 乾燥後のシャクヤク根の横切面

乾燥歩留まりで1%前後の差であった。乾燥完了時の歩留まりは53.4%で、開始時に下段の試料より0.5%高かった。

### (3) 乾燥根の品質試験

各項目の結果は次のとおりであった。日局16に規格が掲載されているものについては、括弧内に規格値を記載する。

- ・ハンター氏白色度：73.3±3.7
- ・乾燥減量：11.38% (日局16：14.0%以下)
- ・灰分：2.83% (日局16：6.5%以下)
- ・酸不溶性灰分：0.02% (日局16：0.5%以下)
- ・ペオニフロリン含量：2.70% (日局16：2.0%以上)
- ・アルビフロリン含量：0.60%

## 考 察

本県では、今後は生産者がシャクヤク根を乾燥して出荷するための体制整備を進めており、富山型薬用作物生産協議会が平成26年度の国事業を活用して取り組み、従来の平型乾燥機をシャクヤク乾燥用に改良した。しかしながら、この乾燥機で実際にシャクヤクが乾燥可能かどうか、また乾燥条件や乾燥期間も不明で、医薬品として使用可能な生薬に仕上がるかどうか也未確認であったため、これらの解決を目的に、卓上型乾燥機にて予備検討を、平型乾燥機にて実生産規模での試験乾燥を実施した。

乾燥方法については、連続的に加熱送風する方法と、途中で加熱送風を休止する方法の2つに大別される。連続乾燥すると、根の表面だけが先に乾燥し過ぎて硬くなることによって中心部の水分が乾きにくくなり、乾燥時間が余計にかかる、又は乾燥が完了しない(日局16に記載の乾燥減量である14.0%以下にならない)、ということが考えられたため、卓上型乾燥機にて連続乾燥と断続乾燥の比較試験を実施した。30℃での連続乾燥の場合、表

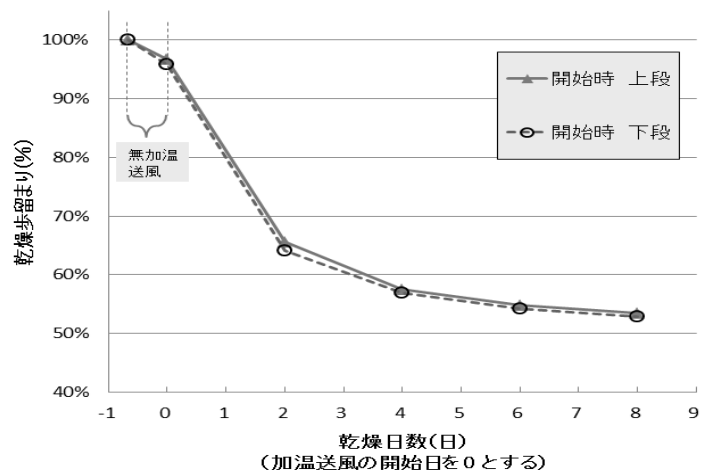


図9 シャクヤク根の重量変化(平型乾燥機)

面が硬くなった乾燥14日目以降も乾燥は徐々に進行し、乾燥まで約23日を要したが、乾燥歩留まりは51.4%となり、後に測定した乾燥減量は約12%であった。一方、途中に47時間及び30時間の2回の休止期間を設定した断続乾燥では、乾燥完了までに要する期間は連続乾燥と同じであった。このことから、断続乾燥は乾燥期間の短縮には有効ではないが、乾燥機の使用時間の短縮には活用できる可能性がある。例えば、乾燥機を一定期間で交互に使用することで、乾燥槽の2倍容量のシャクヤクを低コストに乾燥することが期待できる。この結果を得て、平型乾燥機での試験乾燥についても連続乾燥と断続乾燥の2回の試験乾燥を実施したが、品質や効率化・低コスト化の比較の基準となる連続乾燥での結果のみ本報告では掲載することとした。

また、断続乾燥では根の乾燥歩留まり（水分）がどの程度の時に休止を設定すべきかについて、今後検討する必要が生じることが考えられるが、根の乾燥が進むと生じてくる弾性と乾燥歩留まりの関連性を明らかにできれば、基礎資料として活用できる。そこで、卓上型乾燥機での乾燥の進行に伴って根の硬度を測定した。その結果、硬度が最低値となったときの乾燥歩留まりは70%であり、これより乾燥が進むと徐々に硬度は上昇し、弾性は消失した。今後の断続乾燥方法の検討においては、休止する時点での硬度は最低値が良いのか、それとも最低値に達する前なのか、また休止時間はどのくらいが適当かなどを明らかにする必要がある。

改良された平型乾燥機を用いた実生産規模での試験乾燥は、皮付きのシャクヤク根を15kgずつ26個の容器に入れ、乾燥槽内に2段に重ね、計390kgを同時に乾燥した。乾燥槽には幌状のシートを設置し、16時間の無加温送風の後、40℃の設定で連続運転したところ、8日間で乾燥が完了した。乾燥槽の底面から上方に送風される温風は、風向板の設置により風量差が解消され、均一になるよう改良されたものの、容器の設置位置による乾燥の進行に差が生じないように、容器の位置の入れ換えを48時間ごとに実施した。その際に容器ごとに重量を測定しており、その減少を確認したところ、ほぼ同様に乾燥が進行しており（データ省略）、生薬の品質の均一化に必要な作業であると考えられた。

また、乾燥した生薬の品質については、今回測定した乾燥減量、灰分、酸不溶性灰分及びペオニフロリン含量の全てにおいて日局16の規格に適合した。シャクヤクは生薬の内部の色が白いものが一般に良品とされ、変色したものは買取不可となることもあるため、白色度についても評価したところ、乾燥した26個の容器から5本ずつ採取して求めた白色度の平均値は73.3であった。この数値は、今回の試料と同じ品種の根を専門業者が調製加工し

たサンプルの75.6と同等であり、白さについても問題ないことが確認された。

連続乾燥より低コスト化が期待できる断続乾燥の検討については、24時間ごとに40℃の加熱送風と休止を繰り返す方法で、他の条件は今回の連続乾燥と同様として平型乾燥機で試験乾燥を実施している。連続乾燥の実施時期とは気温等の環境が異なることから単純な比較はできないが、乾燥完了までの期間は12日間を要したものの、加熱乾燥した期間は6日間に短縮した。燃料（灯油）の消費量も連続乾燥のときの380Lから220Lに減少した。断続乾燥の休止期間中を利用して次ロットの乾燥も同時進行させた場合、乾燥処理能力は約1.3倍になる。このような高効率化や低コスト化、さらには高品質化に関する検討が今後の課題である。また、乾燥完了の判定に関しても、日局の乾燥減量の測定は粉末化や測定時間が必要であるため、乾燥現場での適用には向かない。薬用品種「梵天」については乾燥歩留まりと乾燥減量の相関データの蓄積が多くあるため、ある程度は重量から推定可能であるが、簡易的な判断方法が求められる。これに関しては、野菜等の測定に使用される水分計の活用を目指し測定値と乾燥減量との相関性を検討することとしている。

以上のことから、シャクヤク乾燥用に改良された平型乾燥機は、一度に390kgのシャクヤクを8日間で乾燥することが可能であり、得られた生薬は品質的にも問題ないことが確認された。そのときの乾燥機の設定条件等としては、①幌状のシートの設置、②ダンパー設定が1、③インバータ設定が50H、④温度設定が40℃、⑤加熱送風の前に16時間の無加温送風の実施、⑥乾燥槽に入れた容器の入れ換えを48時間ごとに実施、である。今回の結果を基に、さらに改良を加え、シャクヤクの乾燥マニュアルを作成し、生産者への技術移転を通して、シャクヤクの乾燥出荷を支援していきたいと考えている。

## 謝 辞

本研究において、乾燥したシャクヤク根の成分分析等の品質試験を実施していただきましたクラシエ製薬株式会社漢方研究所の土田貴志生薬研究グループ長、磯崎隆史主任研究員及び豊岡寛美研究員に感謝いたします。

## 文 献

- 1) 厚生労働省；第16改正日本薬局方，1514（2011）
- 2) 日本漢方生薬製剤協会，原料生薬使用量等調査報告書（3）—平成23年度および平成24年度の使用量—（2015）