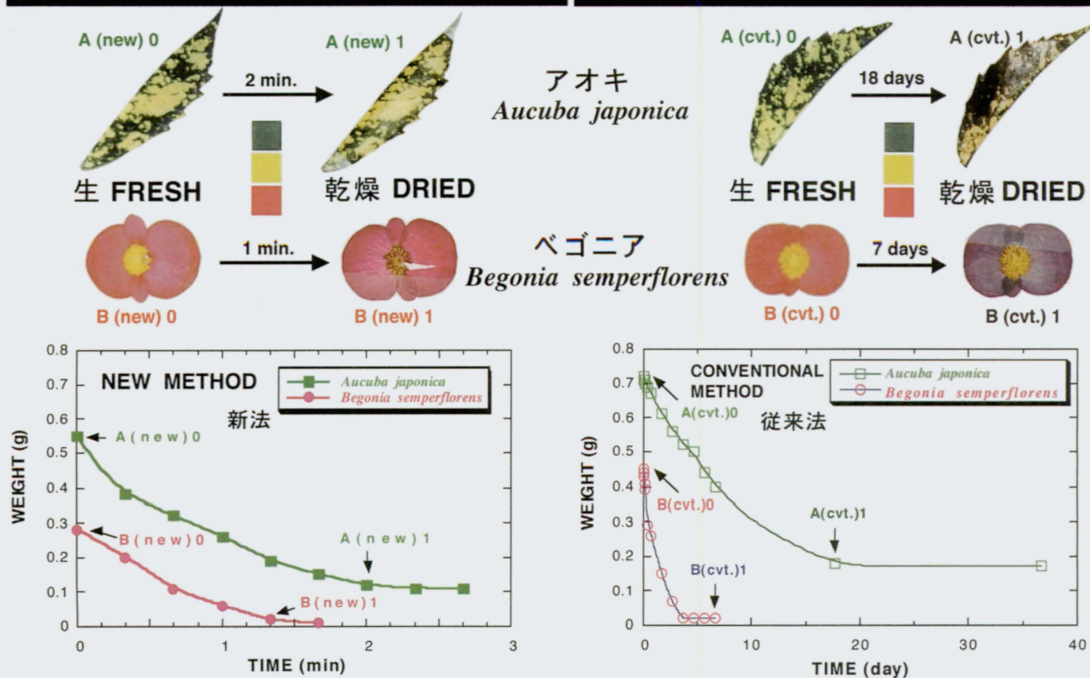


新法(OK-法) NEW METHOD (OK-METHOD)

従来法 CONVENTIONAL METHOD



口絵 1. アオキ (*Auccuba japonica*) の葉とペゴニア (*Begonia semperflorens*) の花弁を用いた、生の試料と新旧乾燥法による乾燥試料の比較写真、および乾燥時間ともなう新旧乾燥法による試料重量の変化グラフ。

撮影：2000年8月25日
Photographed :
August 28, 2000

新方法 (OK法) New Method (OK-Method)

乾燥時期
the date of dried

ペゴニア
Begonia semperflorens



1998年6月
June, 1998

デルフィニウム
Delphinium



1999年8月
August, 1999

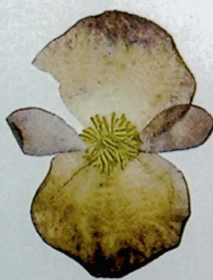
フロックス
Phlox drummondii



1999年6月
June, 1999

従来法 Conventional Method

乾燥時期
the date of dried



2000年7月
July, 2000



1999年8月
August, 1999



1999年6月
June, 1999

口絵 2. 新方法与従来法による乾燥植物標本の比較例。乾燥標本は岡崎智鶴子によって製造され、写真は入沢岳之によって撮影された。OK法で作製した標本は、生きていた時と同程度の色合いを呈している。

【論文】

植物標本作製の新手法の開発

— 1、2分間で、生きた時の色や香りを長期に保持した乾燥物を作る新技術—

A Novel Method for Manufacturing Botanical Specimen: An instant drying technology developed for moist materials to maintain the fresh color and smell over long period of time

岡 崎 智鶴子* 三 田 直 樹**
Chizuko OKAZAKI Naoki MITA

Abstract

Up to the present, various methods have been tried to dry the moist materials such as plants. In conventional methods it is impossible to maintain the colors, smell, texture, and their feel as they were fresh. Generally, red flowers including anthocyan pigments and green leaves including phenolic pigments change to blackish color during conventional drying process. These colors decay quickly after drying. It is well known that following factors are responsible for changes of the shape, decay of pigment and fragrance component of the plants. 1) The action of autolysis produced in a cell. 2) Heating and interaction with vaporized condensed water. 3) Exposure to light such as ultraviolet rays. 4) Conversion of some materials caused by microorganisms stuck to the plants. 5) Oxidation and polymerization of pigments.

We here report a new method (OK-drying method: Pat. P.) to dry samples completely in 20 seconds to 2 minutes by quick heating in a microwave oven. New process achieved both of effective cooling and drying for samples and desiccant during dehydration. The quality of sterile dried sample by this method was maintained at least for three years the same as they were fresh. The specimen remoisturized to freshness again did not decay for more than one month. New method may have achieved to remove above mentioned five kinds of factors in effectively.

We compared the new and conventional drying methods for more than one hundred kinds of plants. The most striking feature of the OK-drying method is its high-quality specimen obtained with quick and easy process. The products keep hardness and the same color and smell as they lived. Despite the continuous and prolonged irradiation of strong UV rays on to the dried leaf of *Aucuba japonica* for more than one month, the color has not changed. The fragrance of dried herbs such as lavender became stronger and clearer than that of fresh ones. The fragrant oil may be concentrated due to preferential removal of water as steam. The remoisturized plant after the OK-drying method recovered the fresh color and soft feeling quickly and the quality lasts for more than one month. However, the color of remoisturized plant after conventional drying method decayed within several minutes. Under a microscope, the cells of remoisturized specimen after application of OK-drying method looked similar with the fresh ones.

Above results will stimulate new study in many scientific fields and encourage new application of this method to various materials.

* 十勝の自然史研究会

平成12年12月1日受理

** 通商産業省工業技術院地質調査所 (平成13年1月6日から、経済産業省産業技術総合研究所地質調査所)

1. はじめに

植物標本の製作と管理は、博物館にとって重要な使命の一つであり、博物館での子供から大人までに生涯学習の題材としても良く実施されている。しかし、従来の製作方法では多くの日数が必要なうえ、製作中や乾燥後の色や香りの変化消失は当然であり、管理も大変であった。

そこで、筆者らは子供から専門家まで、誰にでも手軽に高品位な植物標本が作製できる瞬間製法の開発を検討した結果、20秒間～2分間程度のマイクロ波照射に高効率かつ迅速な脱水・通気・除熱処理を同時に施すことで、「生きている植物の色合い、香り、質感などを維持した」高品質の植物標本を作製する方法を開発した。水分に富む厚手の試料の場合でも、およそ10分間の余熱乾燥で完成する。乾燥品はマイクロ波加熱処理によって自動的に滅菌されている。

筆者らは百種類以上の植物を対象に、新乾燥法（特許出願中。筆者の一人にちなんで、OK乾燥法と命名する）と従来の乾燥法について比較実験した結果、このOK乾燥法によれば野外などで採集した植物を直ちに乾燥することができ、従来法で作製したものより変色が著しく少なく、長期保存がきくことを明らかにした。本OK乾燥法は、博物館にとっては資料の作成、保存や普及教育に画期的な方法である。

2. 従来の技術

従来からある植物標本の製造方法としては、ほとんどが押し葉や押し花に代表される加圧式であり、場合によっては立体のまま乾燥剤に埋め込む非加圧式のものもある。いずれの方式でも、加熱処理と非加熱処理がある。とくに、アントシアン系の赤色色素やフェノール系の緑色色素は、いかなる従来技術によっても乾燥中や乾燥後に黒っぽくなることで知られている。非加熱式の乾燥品は、枯れ草臭に代表される腐敗が時間の経過とともに発生する。

非加熱式では、薄くて水分の少ないもので2～3日間、厚くて水分の多いものは、乾燥に適さなかったり、2～3週間かかる植物もある。できあがった乾燥植物は、生きている時より色や香りが劣化し、同程度の質感に仕上がった場合でも、保管中に退色したり枯れ草臭を放つのが当然であった。これらの

結果は、細胞を老化させる自己分解酵素が作用したためと考えられている（安田、1986；Mohr and Schopfer, 1999）。

そこで、前述の非加熱式の欠点を解決するために、自己分解酵素の失活を目的とした下記の加熱法が試みられてきたが、それぞれ難点が見出されている。すなわち、

- 1) アイロンプレス法は製作が1分半～2分間と短くてすむが、平坦で珪酸質の植物以外に適用できる植物が少ない（大井、1982；堀江ほか、1994）。
- 2) セラミック板で試料を挟んで電子レンジで加熱する方法は、2～5分間の短時間ですむが、水分の多い植物や肉厚の植物には適さず、それらは仕上がった時には変色している（堀田・杉野、1990）。
- 3) シリカゲルの中に試料を直接埋め込んでマイクロ波を照射する方法は、2～5分間で立体のまま乾燥できるが、乾燥試料にシリカゲルが強固に張りついたまま剥がれないうえに、取り出す時に壊れ易いという致命的な欠点がある（肥土、1998；和田、1999）。
- 4) 遠赤外線電熱器法は6～7時間を要するが、あまりよい結果は得られない（小林、1991）。
- 5) 押し花用電熱器法では12～24時間必要だが、従来法の中では比較的よい結果が得られるとされているが、フェノール系色素の黒化が著しいといわれている（小林、1991；小幡、2000）。

このように従来の加熱法では、水分が少なかったり肉薄の試料については、非加熱式よりも変質や退色の度合いが少ない。しかし、水分が多かったり肉厚の試料については、発生した高熱水蒸気が試料と乾燥剤に凝縮高温水として滞留することと、加熱後の冷却にも手間取るために、色素の分解や重合を止めることができなかったと推察される。

また、乾燥前や乾燥後の植物に酒石酸・クエン酸・硫酸銅などの水溶液を含ませることで、生きていた時に近い色に戻す方法も加熱式と非加熱式について考案されているが、適用対象が限られており、香りも戻せない（安田、1986）。

3. 新方法「OK乾燥法」の開発

ここに報告する乾燥法においては、簡単に迅速な処理により、まるで生きた時のままのような形態・色・香りを保持した乾燥植物を得ることができる。本法では押し葉や押し花のみならず様々な植物を立体のまま、前述の品質を維持したまま乾燥することができる。

3.1 製作法の概要

岡崎 (1999) から操作の概要を抜粋して、以下に示す。

- (1)耐熱容器の底に、脱水促進・通気機能を有するシートを敷く。
- (2)その上に乾燥剤を敷く。
- (3)試料をこのシートで包んだものを置く。
- (4)この上に乾燥剤とシートを順に敷き、必要により重しをのせる。
- (5)この容器をマイクロ波オープンに入れ、マイクロ波を照射する。出力が500wでは1～2分間でよい。
- (6)必要により5～10分間の余熱乾燥する。水分の多い試料の場合は更に外側に、同様の機能を有する厚みのあるシートを敷く。これは、加圧時に乾燥体へのクッションの役目もする。

マイクロ波を受けた生試料中の水は、すぐに高温になり水蒸気に変化する。この水蒸気が凝縮して、生試料と接触するようなことがあってはならない。発生した水蒸気は、シートを通して蒸散させ、吸湿性物質に瞬時に吸収させることで、生試料と水蒸気を迅速に分離させる。シートの外周の乾燥剤が吸収しきれなかった水蒸気は、さらに、外周部にあるシートで吸収・蒸散する。シリカゲルを使用した場合、水分を吸収したかどうかを確かめるためには、透明なシリカゲルに塩化コバルトを添加したものを混入させておくことと便利である。塩化コバルトを添加したシリカゲルは、乾燥時の青色が水分を含むとピンク色に変化するので、水分を吸収しているか否かが一目でわかる。

3.2 乾燥剤の使用条件の検討

使用する乾燥剤に限定はないが、ここでは一般に普及していて扱いが容易であり、しかも乾燥剤の乾

燥状態が添加物の色で判断しやすいシリカゲルを使用例として、その使用条件を検討した。

試料にオオバナノエンレイソウ (*Trillium kamtschaticum* PALL) の葉1枚を用い、本法で標本にした。内寸20cm×14.5cmの耐熱容器と500wの家庭用電子レンジを使用した。シリカゲルを生試料の上下に分けて使い、生試料を十分に被覆できる厚みになる量を考えると、シリカゲルの総量は250g以上がよいことがわかった。

電子レンジの加熱時間は、シリカゲルの粒の大きさや形状に関係なく、全重量が250gの場合は60秒、350gの場合は50秒で、良い乾燥標本が得られた。さらに、シリカゲルの全重量を400gと450gの場合で実験してみたが、いずれも50秒でよい乾燥標本が得られた。

これらの結果から、この容器の場合、シリカゲルの全重量は350gが適当と考えられる。この350gのシリカゲルを、上記の方法で、同じ容量の容器に上下半分ずつ使用した場合、生試料の上に被覆した厚みは7mmであることから、7mm以上の厚さに被覆すればよいことがわかった。

3.3 余熱乾燥効果と処理時間の検討

マイクロ波照射による加熱後、速やかに試料を取り出してよいものが多いが、なかには試料をすぐには取り出さずに容器内で余熱乾燥すると変色せずに仕上がることもある。これは試料の厚み・水分量・色素などによって異なるので、良好に保存される余熱乾燥条件を検討した。

植物を乾燥させた時、同じ植物でも部位によって厚みや水分量が異なるため、厚いところに合わせてレンジをかけると薄いところに変色することがある。このため、薄いところの秒数に合わせてレンジをかけ、取り出した後、乾燥剤にいれたまま放置し、残りの水分を乾燥剤に吸収させることによって美しい色合いに仕上げることができた。

この方法は、一部のアントシアニン系の赤花やフェノール系の葉にとって、余熱乾燥しない場合よりも生に近い色に仕上げるという効果が認められた。

ジャーマンアイリス (*Iris*) の葉とチューリップ (*Tulipo*) の花弁を例に挙げてみる。ジャーマンアイリスの葉を余熱乾燥なしで乾燥させた場合、生試料

1. 80gがマイクロ波照射後1分10秒で完全乾燥し、重量は0.30gとなった。生試料1.66gをマイクロ波照射40秒後に0.83gだったものが、余熱乾燥10分後で0.32gとなり、完全乾燥となった。

余熱乾燥なしで厚みのある茎の部分に合わせて乾燥させるより、少し茎に水分が残った状態でマイクロ波照射を止め、余熱で乾燥させた方が葉の緑が鮮やかであった。チューリップの赤い花弁を余熱なしで乾燥させた場合、生試料2.28gがマイクロ波照射1分10秒後に0.26gとなり、余熱乾燥した場合、生試料2.25gがマイクロ波照射30秒後に0.42g、余熱乾燥10分後に0.27gとなり余熱乾燥をした方が赤味が残った。

以上のことから、マイクロ波による加熱後に直ちに取り出すよりも、10分程度の余熱乾燥によって良好な結果を得られる場合もあることがわかった。

3.4 乾燥時間の検討

—従来法では標本に不向きな植物を用いて—

このOK乾燥法が多くの種類の植物の高品質な乾燥に適していることがわかったが、従来法では植物標本にするには向いていないとされる変色の激しい試料を対象に、本法の効果を検討した。予備試験の結果、容易に良好な結果を得られたので、これらの試料を用いて乾燥時間の検討も併せて実施した。

従来法では乾燥中に極端に色が変化してしまう植物の例として、アオキ (*Aucuba japonica*) の葉とベゴニア (*Begonia semperflorens*) の赤い花弁を使用し、新旧の乾燥法によって比較した結果を図1に示す。

(1)アオキの葉

アオキの葉について従来の加圧式の非加熱法による乾燥処理では、最初はA(cvt.)0の位置に示された重量がゆっくりと減少しながら黒ずみ始めた。A(cvt.)1の位置に示したように18日間で重量は一定になったが、色は更に黒くなった。37日間後には完全に黒くなり、感触は柔らかく、やがてカビが増殖して全体的に白っぽくなった。この変質は、肉厚のために、十分な乾燥ができなかったためと考えられる。また、小幡(2000)は、アオキの葉は従来の押し花用電熱器によって24時間で乾燥できるが、非加

熱式と同様に、葉は黒化してしまうと従来法の限界を指摘している。一方、本法によれば、最初はA(new)0の位置に示された重量が急激に減少し、A(new)1の位置に示したように僅か2分間でほぼ完全に乾燥することができ、感触は硬くなった。

驚くべきことに、乾燥した葉の色は生きている時とほぼ同じであり、全く変化しなかった。空気中に放置してもカビは生えなかったことから、マイクロ波照射によって滅菌されたものと推察される。

(2)ベゴニアの花弁

ベゴニアの花弁について、従来の紙加圧式の非加熱法による処理では、最初はB(cvt.)0の位置に示された重量はアオキの場合よりも速く減少し、B(cvt.)1の位置に示したように3日間で一定になったが、黒ずんで青紫色に変化した。7日目でも重量は一定で感触はやや硬めだったが、変質は避けられなかった。これに対して本法によれば、最初はB(new)0の位置に示された重量が急激に減少し、B(new)1の位置に示したように僅か1分20秒で完全に乾燥して、感触は硬かった。乾燥した花弁の色は、生きている時とほぼ同じである。

(3)総括

このように、従来の乾燥方法では数日間から2～3週間の制作時間を要しながらも標本としては変色が当然とされていた植物を、OK乾燥法ではわずか1～2分間で生きていたときと同じ色の乾燥標本にすることができた。

また、アオキとベゴニアに共通して言えることであるが、脱水に伴う重量変化曲線が、従来法では傾きが一定ではない。ところが本法では傾きが似ていて平行なため、初期重量がわかれば、乾燥に要する時間が推測できる。

3.5 乾燥物の保存性の検討

(1)光に対する安定性

図1に示したアオキの葉の乾燥した一部分を切り取り、24時間運転で1ヶ月間の紫外線照射(STANLEY BLACK LIGHT BLUE 6W FL6BLB 1本)を3cmの高さから行った結果、色が安定だった。このことから特別な保存措置をしなくても、かなり長期

に自然光に曝しても安定であることが期待される。

(2) 空気に対する吸湿性

口絵 1 で得られたアオキとペゴニアの乾燥試料を用い、空気中に 1 週間にわたって自然放置した時の重量変化を調べた。OK 乾燥法による試料はほとんど重量が一定であったが、従来法による試料はわずかに増加傾向にあった。

(3) 乾燥による細胞組織の変性度

新旧の乾燥法で作製した乾燥試料を、透過式の明視野光学顕微鏡で比較観察した。非加熱式の従来法で作製した試料は、植物の液胞などの組織が崩れていて、海綿状組織を確認できないなど、破壊が進んでいた。これに対し、OK 乾燥法で作製した試料では液胞などの組織は、生きた試料と同様にきれいに確認できたことから、細胞レベルでの組織安定性が認められた。

(4) 乾燥組織の水による復元性

乾燥植物を水につけ、もとの柔らかさに戻し自然乾燥させたところ、非加熱式の従来法で作製した試料は水につけてから数分後に褪色しはじめ、種類により異なるが 1 時間後～数時間後には枯れてしまった。

これに対して OK 乾燥法で作製した試料は、水につけると直ちに生に戻ったように見え、色と香りが長時間にわたってほとんど変化しなかった。なかには、30 日間以上も安定なものもあった。

(5) 付着微生物への滅菌効果

非加熱式の従来法による乾燥試料には、付着したカビの胞子が顕微鏡観察によって見られ、このカビは水につけると成長したことから、非加熱式では付着微生物による腐敗を避け難いことが本結果からも容易に推測できる。

これに対し、OK 乾燥法によって作製した試料は、顕微鏡観察によるとカビの胞子をはじめとする付着微生物は見られなかったことから、製作過程で滅菌された可能性が高い。

3.6 その他

- (1) 本法でもごく希に（約 100 類中で 2 種類）、赤花系の植物の中には良好な結果が得られないこともあったが、それでも従来法よりは良い結果であった。
- (2) 本法で乾燥したアジサイの花弁では、反射光で生試料を見た時の色合いではなく、透過光で生試料を見た時の色合いを強調した虹色になる。

4. 考察

上記の様々な実施結果から、本法は植物の変質を促進させる原因である、

- 1) 細胞自身が生産する分解酵素の作用、
- 2) 熱水反応や乾燥熱による変性、
- 3) 光（紫外線）による劣化、
- 4) 微生物による物質変換、形態・色素・香気成分などを誘発する諸因子

等々を、簡単・急速に完全除去できたとと思われる。その達成のキーポイントは急速加熱時の試料と乾燥剤に対して、発生蒸気の滞留や結露を防止する役割を果たす「紙一重の」シートの存在にあったと考えられる。

このように、今までの難問であった「生のときの品質を保持した乾燥法の開発」は、「コロンブスの卵」のように、実に驚くほど簡単な方法によって達成されたといえる。

5. おわりに

口絵 2 に一例を示したように、本法によって得られた乾燥体は、自然の色を長く保つことができるばかりか、自然の芳香が漂い、これまでの方法で作られた乾燥体には見られない多くの特徴がある。このため、特に博物館での展示・保存業務においては、植物をはじめとする含水路の乾燥試料の作成に最適である。また、自然科学の普及活動において、採集した植物を博物館や学校で直ちに乾燥標本にできることや、そこで学んだことを家に帰ってから手軽に再現できるので、大変に効果的である。

謝辞

東北大学の米倉浩司博士と本村裕之氏には新旧の方法を比較するのに適した植物の選定に助言をいた

だき、帯広白樺高校の高倉裕一氏には実験の一部に協力していただいた。帯広畜産大学の美濃羊輔名誉教授と茨城県自然博物館の小幡和男氏、工業技術院の青木正博博士と坂光氏には乾燥結果への理論的および技術的な助言を、足寄動物化石博物館の澤村寛博士には本文を精読していただいた。科学技術館の山田英徳氏と田代英俊氏、十勝の自然史研究会の大石由樹子氏には研究を終始激励していただいた。ここに謝意を表する。

文献

- 大井次三郎 (1982) 標準原色図鑑全集 第9巻、保育社、137-141。岡崎智鶴子 (1999) 特許出願中。
- 小幡和男 (2000) 私信、茨城県自然博物館。
- 小林正明 (1991) 原色おしぼの作り方。遺伝、Vol. 45, No. 12, 58-63。
- 肥土邦彦 (1998) FIELD GUIDE 14 園芸植物、小学館、292-292。
- 堀田雅代・杉野渉 (1990) 押し花の作製法及び押し花作製器具、特許出願公開、公開特許公報 (A)、平4-49202。
- 堀江英子・古川治子・宮尾晴美 (1994) デザイン押し花。マコー社。
- Mohr, H. and Schopfer, P. (1999) Pflanzenphysiologie. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. (網野真一・駒嶺穆 監訳「植物生理学」598p., シュプリンガー・フェアラーク東京、1999年)。
- 安田 斉 (1986) 花の色の謎。203p., 東海大学出版会。
- 和田 薫 (1999) フラワーボトル6 上級編。園芸通信、サカタのタネ、11月号。