

1) 「和文表題」

「原著論文」

切り花リンドウ花卉の分光放射輝度の簡易測定による老花早期検出の可能性に関する検討

2) 「和文著者名」

庄野浩資\*・関朝美・松嶋卯月・小出章二・武田純一

3) 「和文所属及び住所」

岩手大学 農学部

〒020-8550 岩手県盛岡市上田 3-18-8

4) 「和文要旨」

切り花リンドウの市場価値を低下させる大きな要因の一つに老花の存在がある。老花とは、既に花卉内で受粉した花を意味し、市場に出回るまでに本来の花色から赤褐色に変化するため、個体全体の外観を大きく悪化させる危険性が高い。このため、採花から出荷までの間に老花を早期に検出して除去する必要がある。現状では、岩手県の主力品種である‘安代の夏’を始めとする多く品種において、目視による外観の観察によって老花を検出しており、その精度は作業者の熟練度に依存する。しかし、受粉直前の若花と受粉後間もない早期の老花との外観的違いは非常に小さく、結果として老花の除去が不十分なまま出荷せざるを得ない状況にある。その一方では、外観の精査によって老花の早期検出が可能な熟練栽培者も少数ながら存在する。このため、その個人的技術の普及が期待されるが、そのためには、感覚的かつ主観的な判別方法を客観的に解明することが必要となる。そこで本研究では、外観を構成する要素の中でも特に“花色”，すなわち花卉の分光放射輝度に注目し、その若花と早期の老花における違いが簡易測定法により検知可能か否かを‘安代の夏’を対象に可視域から近赤外域に渡って検討した。その結果、特に、720nm 近辺の波長域において、若花と早期の老花の分光放射輝度間に有意な差が認められた。本波長域は市販のビデオカメラなどで撮像が可能であるため、将来的に同波長域の画像撮影による老花の早期検出装置を安価に開発することが可能と期待される。

5) 「和文キーワード」

リンドウ, 生育評価, 精密農法, 分光計測

6) 「本文」

次ページ以降に記載

## はじめに

リンドウは岩手県を代表する花卉作物であり、近年、その国内市場での需要は高い。また、最近では海外からの引き合いも多く、今後は輸出量の増加が見込まれる。しかし一方では、その栽培および収穫方法を、手作業や勘による判断を中心とする古典的農法に頼るのが現状であり、今後の需要増に応じて高い収益を得るためには、その近代化が課題となる。そこで、庄野・西川(2004)および庄野・峠(2006)は、販売時になるべく美しい外観を呈して高い評価が得られる様に、画像情報に基づいて採花時期を適切に判断する手法の可能性を検討している。ここで、さらに市場の評価を高めるためには、採花してから出荷するまでの間に、個体内に散在する受粉を終了した花(以下、“老花”と呼称)を早期に検出し、可能な限り除去することが重要となる。なぜなら、流通過程で老花は徐々に劣化し(以下、この現象を老化と呼称)、最終的には茶褐色に変色して販売時に個体全体の商品価値を大きく低下させる恐れがあるからである。

現状では、岩手県における主力品種である‘安代の夏’を始めとする多くの品種において、受粉前の花(以下、若花と呼称)と老花とを非破壊的に判別するには、目視による花の“外観”の観察に頼らざるを得ない。しかし、採花直後の老花の大半は、受粉して間もない“早期の老花”であり、これは若花との外観上の違いが非常に小さい。このため、一般の作業者がこれらを判別することは難しく、結果として、既に変色を始めた一部の老花の除去に留まるのが現状である。その一方では、外観を注意深く精査することによって若花と早期の老花をある程度の精度で判別可能な熟練栽培者も少数ながら存在する。しかし、その判別方法は極めて感覚的かつ主観的であるため、その普及を図るには、まず、彼らが外観の何を認知しているのかを科学的な視点から客観的に解明することが必要となる。

本研究では、リンドウの花の外観を構成する主要な要素として、以下の3要素を考える。まず、“花色”，すなわち、花卉内の細胞に含まれる色素などの含有成分が示す分光放射輝度の波長間の分布、次に、“表面性状”，すなわち、花卉外表面の皺などの微小な凹凸、さらには、花全体の3次元的“形状”である。これらの要素は、それぞれ若花と早期の老花の判別に有用となる可能性があるが、今回はまず、“花色”に注目した。すなわち、構造を簡略化した測定装置を用いて花卉の分光放射輝度の簡易測定を試み、さらに、若花と早期の老花の測定結果の比較から、両者を判別する上で有用な情報が得られるか否かを検討した。本研究の特徴は、花の老化という観点から、花卉の器官レベルの分光放射輝度を簡易測定ながら400nm~2000nmの広い波長域において検討した点にある。従来、花色に関する既存の研究は基本的に可視域が中心であるため、700nmを越える近赤外域の分光放射輝度を検討した例は少ない。本研究における簡易測定の有効性が確認されれば、若花と早期の老花の客観的かつ非破壊的な判別方法がより安価に開発でき、効率的で高精度な早期の老花の除去の実現と普及につながると期待される。

尚、以下では、“早期の老花”を単に“老花”と呼称する。

## 材料および方法

### 供試材料

本研究では、岩手県の主力品種であり、同県にとって重要な農作物であることから、リンドウ‘安代の夏’ (*Gentiana sp.*) を研究対象として選択した。その個体の主茎の高さは概ね 1.5m 程度に達し、花は上段から下段まで複数段着生する。花の形状は先端の尖った釣鐘形であり、花色はほぼ一様な青紫色を呈し、縞などの顕著な模様は無い (例えば、吉池 1992, 今西ら 1995)。

本研究では、2005 年 8 月 8 日に、八幡平市花卉開発センター (岩手県八幡平市) の圃場にて、概ね採花適期と判断される個体 (地上約 100mm 程度で切断した切り花) を約 40 本採取し、その日の内に岩手大学農学部 (岩手県盛岡市) の実験室に移送した。さらに、あらかじめ曝気しておいた水道水 (溜め水) に切断部を浸し、十分換気した環境で全個体を常温保存した。さらに翌日 8 月 9 日の 13:00 から 16:00 の間、各個体の頂花部を中心に観察し、受粉前後と思われる生育段階の花の中から、老化による明確な変色が見られず、昆虫による補食跡などの外観上の損傷が無い花を選別し、花柄を数ミリ程度花側に残した状態で本体から切断した。この結果、採取した花は合計 43 個となった。本研究では、採取したこれらの花を供試材料と称する。尚、実際には、各花の採取の都度、後述する測定を随時行っている。このため、花の採取から測定 (乾物重の測定を除く) が終了するまでの時間は 1 個あたり高々数分程度であった。このため、測定作業中の供試材料の経時変化は十分無視できる。

#### 子房柱頭部形状の観察による若花と老花の判別方法

外観の観察によらずに若花と老花を判別する方法としては、花内部の子房柱頭部 (例えば、石戸 1985, 栗田 1989) の形状を観察する方法がある。ここで、**図 1** に‘安代の夏’の花の成熟に伴う同部の形状変化の例を示す。尚、同図の各例は全て別個体であり、左から右に成熟が進行している。



図 1 ‘安代の夏’における子房柱頭部の成熟に伴う形状変化の例  
(左から右に成熟が進行)

同図では、当初、釘状に尖っていた子房柱頭部が成熟の進行に伴ってまず二股に分かれ、最終的にY字状に変化する様子が見て取れる。このY字状の形状は、子房が成熟して受粉が可能となったことを示すものである。したがって、この形状を確認しただけでは受粉完了の証左とはならないが、現実には、確認の時点で圃場に大量に生息するミツバチなどの昆虫がいち早く花の内部に進入し、受粉が完了している可能性が高い。また、仮に未受粉であっても、早晚、昆虫が進入して受粉が完了すると見込まれるため、この時点で老花と判断し、除去しても実際上の問題はほとんど無い。尚、この時点での花の外観は若花とほとんど変わらない。この、子房柱頭部の形状を確認する判別方法は、簡便ながら客観性が高いため、八幡平市花卉開発センターにおいては、育種などの研究現場で日常的に適用されている。

ここで問題となるのは、‘安代の夏’を含む複数の品種において、通常、花の先端が蕾状に閉じている場合が多く、自然な状態で内部を観察できない点である。このため、本判別方法を適用するには、物理的な力を加えて強引に先端を開く必要があり、手間がかかるだけでなく結果として“破壊的”な判別方法となるため、商業的には常用することができない。尚、本研究においては、その客観性の高さから、供試材料が若花であるか老花であるかの最終判断を得るために本判別方法を適用している。

#### 花卉の分光放射輝度の簡易測定および生体重・乾物重・含水率の測定

供試材料を採取した直後、花卉の分光放射輝度を簡易測定した。以下に、本研究における分光放射輝度の簡易測定の概要を説明する。

まず、本研究では、分光分析器として、可視域から近赤外域までの広い波長域の分光分析が可能な GER-3700 (GER 社, 米国) を用いた。表 1 に本分光分析器の測定可能波長域、測定バンド数、波長分解能を示す。同表に示す様に、本分光分析器の波長分解能は測定波長域によって異なる。また、測定可能波長域は、704 個の測定バンドに分割されている。この際、各測定バンドは、波長分解能に相当する波長幅を持ち、例えば、測定バンド 400.8nm は、基本的に 400.8nm から 402.3nm までの波長域に相当する。

表 1 分光分析器 GER-3700 の主な仕様

測定可能波長域	350nm ~ 2500nm
測定バンド数	704 バンド
波長分解能 1	1.5nm (350nm ~ 1050nm)
波長分解能 2	6.5nm (1050nm ~ 1900nm)
波長分解能 3	9.5nm (1900nm ~ 2500nm)

本研究における簡易測定では、まず、暗所を確保し、試料と光源を固定するための

測定装置を製作した. 以下にその構造を説明する. また, 図2に本測定装置のサイズ, 内部に設置された光源, 試料ステージ, およびセンサー受光部との位置関係などの概略を示す.

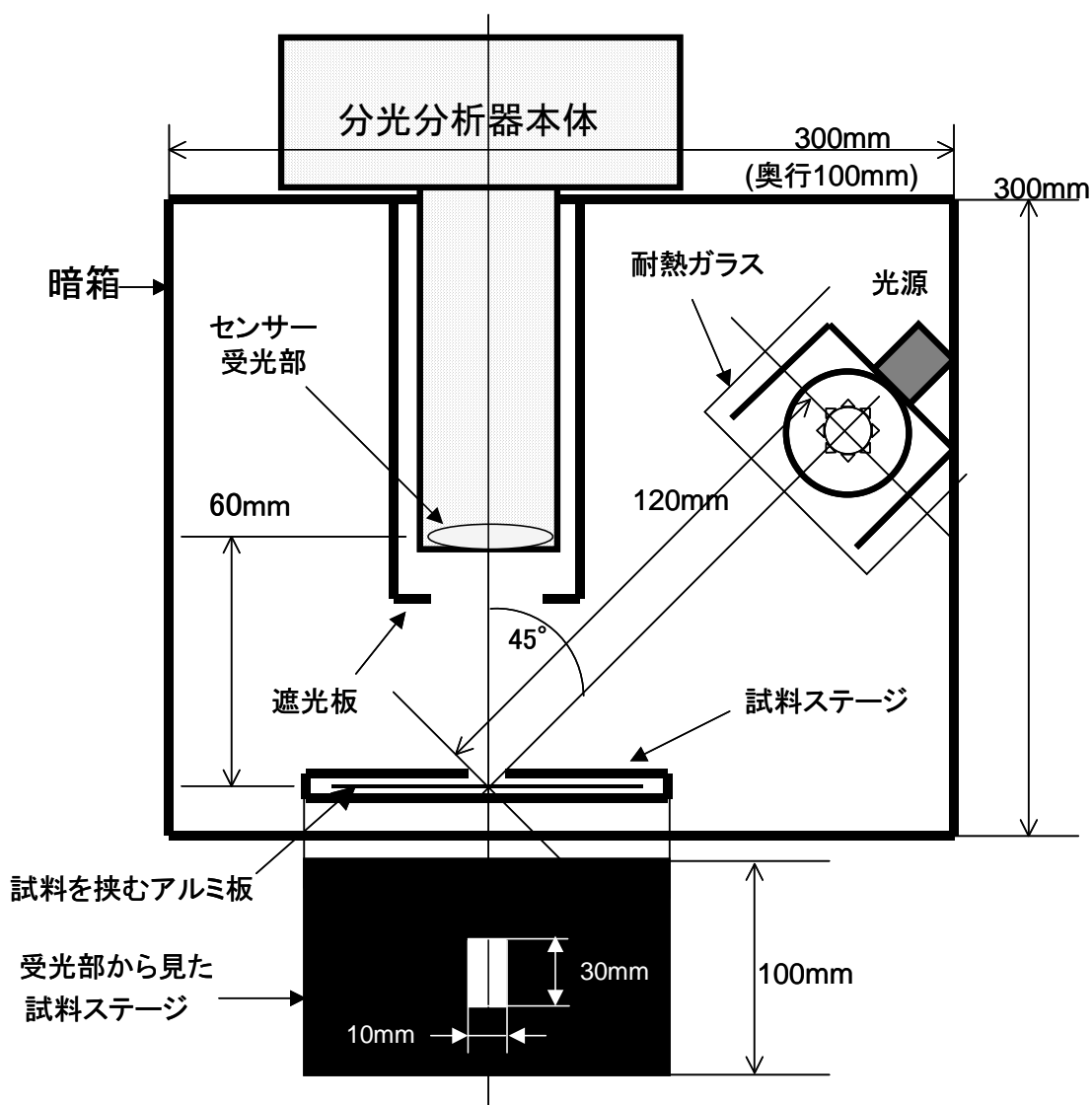


図2 簡易測定装置の概要

本測定装置全体は, 分光分析器から伸びる筒状のセンサー受光部を覆う暗箱となっている. さらに, センサー受光部の直下には, 測定対象の花弁を水平に設置するための試料ステージが設けられている. 本ステージは, 外部にスリット状の開口部を持つ二重構造となっており, 測定の際には, 2枚のアルミ板(厚さ0.5mm)に挟まれた花弁がその内部に挿入される. 本ステージの上面には, リンドウ花の縦長の形状に合わせて縦30mm横10mmの長方形のサンプル窓が設けられており, 挿入された花弁の一部がここからセンサー受光部に対して露出する状態となる. この露出部分全体が測定部位となるため, 測定される花弁の面積は常に一定となる. 但し, センサー受光部の視野は

サンプル窓中心の周囲半径約 30mm の円内であり、サンプル窓周辺からの反射光も入射する可能性がある。この反射光の対策については後述する。また、今回は、簡易計測のため、測定部位の微小な凹凸などの“表面性状”の影響を制御する措置を講じていない。このため、測定結果には、分光放射輝度に関する情報だけでなく、“表面性状”に関する情報も含まれる可能性がある。尚、同アルミ板には、上記サンプル窓より一回り大きな縦 40mm 横 20mm の長方形の窓が設けられ、さらにそれをサンプル窓と同サイズの窓を持つ黒色紙でマスクする構造となっている。これは、測定部位から離れた場所を挟むことで測定部位に損傷や歪みが生じることを避けるためである。

ここで、非破壊計測を実現するためには、上記のサンプル窓の構造ではなく、例えば、暗箱の底面の一部を平らな水晶などの硝材をはめ込んで開口し、そこに外部から測定対象の花を自然な状態で押し当てて測定するなどの構造の方が望ましい。しかし、高い遮光性を有し試料を確実に固定できる開口型のサンプル窓の製作が技術的に困難であったため、今回はまず花卉の分光放射輝度の計測の実現を優先して上記の構造を採用した。このため、開口型のサンプル窓の実現は今後の検討課題とした。

次に、本測定装置には、試料ステージ上面のサンプル窓から斜め 45 度上方に市販のタングステンフィラメントの白熱電球(消費電力 AC100W)を用いた光源が配置されている。同光源から照射され、サンプル窓に露出する花卉で反射した光がセンサー受光部に入射することで、その分光放射輝度が測定される。尚、本電球は、全体を熱赤外線透過率の低い耐熱ガラスで覆い、外部への熱放射が最小限となるように配慮している。また、一回の測定における光源光の照射時間は高々数秒間のため、結果として花卉の受ける熱放射の影響は無視できる程度である。

尚、本測定装置の製作に際しては、センサー受光部に測定部位以外からの光がノイズとして極力入射しない様に総合的な対策を施し、測定結果の S/N 比が十分高くなる様に配慮した。すなわち、まず、各接合部および摺動部には遮光材を適宜用いた厳重な遮光対策を施した。次に、装置全体を可能な限り大きく設計して空間部を増やすことで、各内面と、センサー受光部およびサンプル窓との距離を大きくとり、そこに到達する内面反射光の減衰を図った。さらに、試料ステージ上面を含む全内面に低反射率の黒色フェルト布を張ることで内面反射光全体の低減を図った。またさらに、**図 2** に示す様に、センサー受光部の前に遮光板を設置し、同部の視野に入るサンプル窓周辺の領域を極力小さくすることで、そこに反射して入射する内面反射光を制限した。

ここで、花卉の分光放射輝度をより厳密に測定する場合は、上記ノイズのさらなる排除に加え、光源、試料、およびセンサー受光部の 3 者がなす幾何的な位置関係、さらには既述の“表面性状”の影響など、種々の測定条件を制御する必要がある。今回は、3 者の位置関係を固定するなどの測定装置の簡略化を図ったため、得られる測定結果の測定条件に制限が付加される点に留意する必要がある。

次に、実際の測定の手順を説明する。まず、供試材料の花を解体して花卉と子房部に分離し、さらに、既述の判別方法に基づき、子房柱頭部の形状を観察して若花と老花の判別をする。ここで、**図 3** に採取した供試材料の全体写真、および解体して花卉と子房部に分離した例を示す。



図3 供試材料の例（左：花全体，右：花弁と子房部，白枠はサンプル窓の位置）

判別の後，花弁を丁寧に広げ，測定部位になるべく不自然な凹凸が生じない様に手作業で慎重に調節しつつ，上述の2枚のアルミ板で挟む．図3に，花弁上のサンプル窓の大凡の位置の例を白枠で示す．さらに，花弁を挟んだアルミ板を試料ステージのスリット状開口部に挿入する．この際，花弁の方向，すなわち，花弁の基部から先端部へ向かう方向を挿入方向に一致させたため，光源は常にこれに対して直角に照射される．

ここで，今回の測定部位は各花弁毎に一カ所としたが，測定部位の選択の際，内側に折り畳まれていた部位は，本来，非破壊的な計測が困難であるため避け，元々外部に露出していた部位の中で，傷や汚損のない目視上なるべく平均的な部位を選択する様に配慮した．このため，今回の各測定結果はそれぞれの花弁を平均的に代表するものではなく，また，測定結果のばらつきには，個体間差による要因に，測定部位間差による要因が加わる．実際に，測定部位の違いがどの程度測定結果に影響するのか，その確認は今後の課題である．

次に，分光分析器に接続された制御用パーソナルコンピュータから測定開始の指示を出す．数秒間の測定動作の後，センサー受光部が受光した光の各測定バンド毎の分光放射輝度 ( $W/cm^2/nm/sr$ ) が，同パーソナルコンピュータの内蔵ハードディスクに記録される．

次に，老化に伴う生体重，乾物重，含水量，および含水率の変化を検討するために，分光放射輝度の測定後，すみやかに電子天秤を用いて花弁全体の生体重を測定し，さらに，これを設定温度 50 度の乾燥炉で 48 時間乾燥させた後，乾物重を測定した．この後，含水量を生体重と乾物重の差重として求め，さらに含水率を計算した．

## 結果および考察

全供試材料 43 個の子房柱頭部の形状の観察の結果，若花と判別したものは 24 個，

老花と判別したものは19個であった。次に、若花および老花の分光放射輝度の測定結果を、波長域400nm~1000nm、および1000nm~2000nmに分割して示す(それぞれ、**図4**および**図5**)。尚、両図における分光放射輝度は若花、老花とも、それぞれ24個および19個の平均値である。

まず、400nm~700nmの可視域を中心とする波長域では、両者の間に顕著かつ有意な差は認められない。すなわちこれは、目視では両者の花色を簡単に見分けられないことを意味し、現実の老化の早期検出の難しさを裏付けている。

次に、700nm~1200nmの波長域では、まず、両者とも分光放射輝度が大きく上昇する特徴が認められる。これは、一般的な葉面の分光反射率の特性に見られる特徴(例えば、久保 1994)と類似している。色素組成の大きく異なる花卉と葉面で同様の特徴が見られたことは、この波長域の特徴をなす主な原因が色素以外にある可能性を示唆している。さらにここで特筆すべき点は、可視域と近赤外域の境界付近である700nm~850nmの波長域において、若花および老花の間に顕著な違いが認められる点である。特に測定バンド719.08nmでは、両者の平均値の差が最も大きく、老花の方が若花よりも約 $2.01 \times 10^{-7}$  (W/cm<sup>2</sup>/nm/sr)小さい。しかし、既述の様に、今回の分光放射輝度の測定結果のばらつきには、個体間差だけでなく測定部位間差の要素が加算されるため、平均値の差の大きさだけでなく、その有意性が重要となる。そこで、当該測定バンドにおいてt検定を行ったところ、有意水準1%以下の高い有意差が認められた(**表2**)。

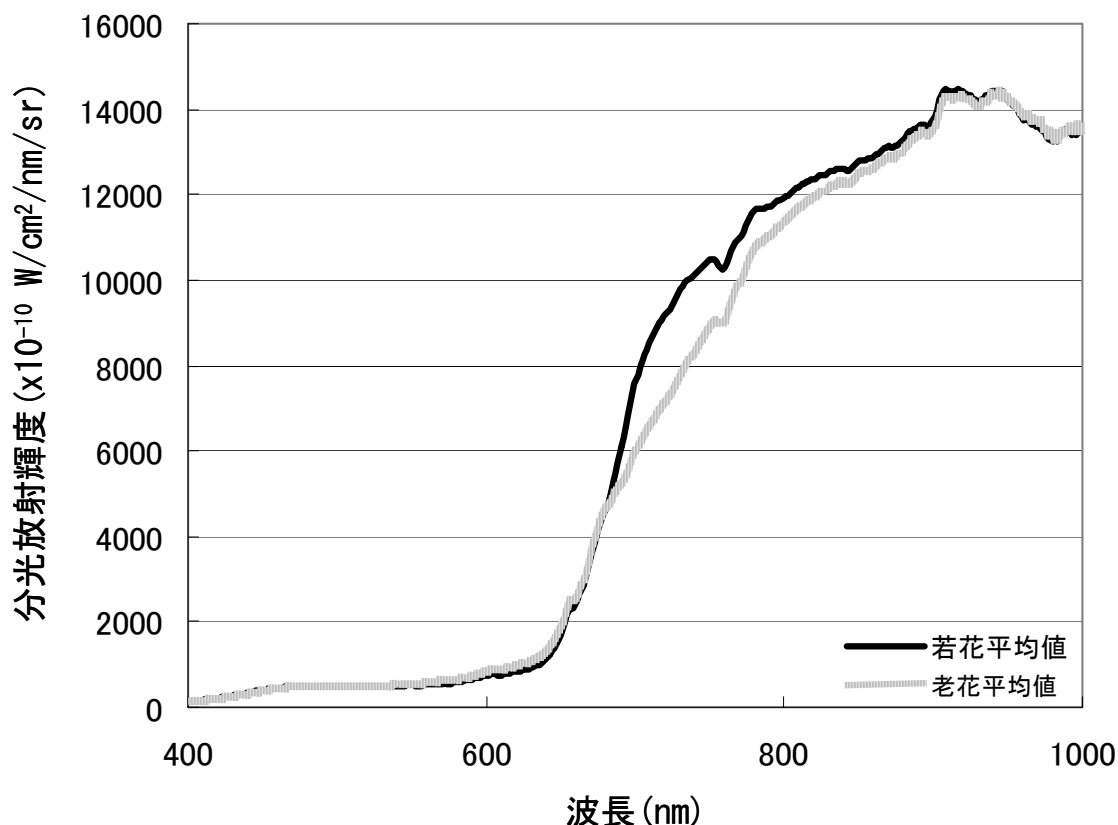


図4 若花および老花の分光放射輝度の測定結果(波長域:400nm~1000nm)



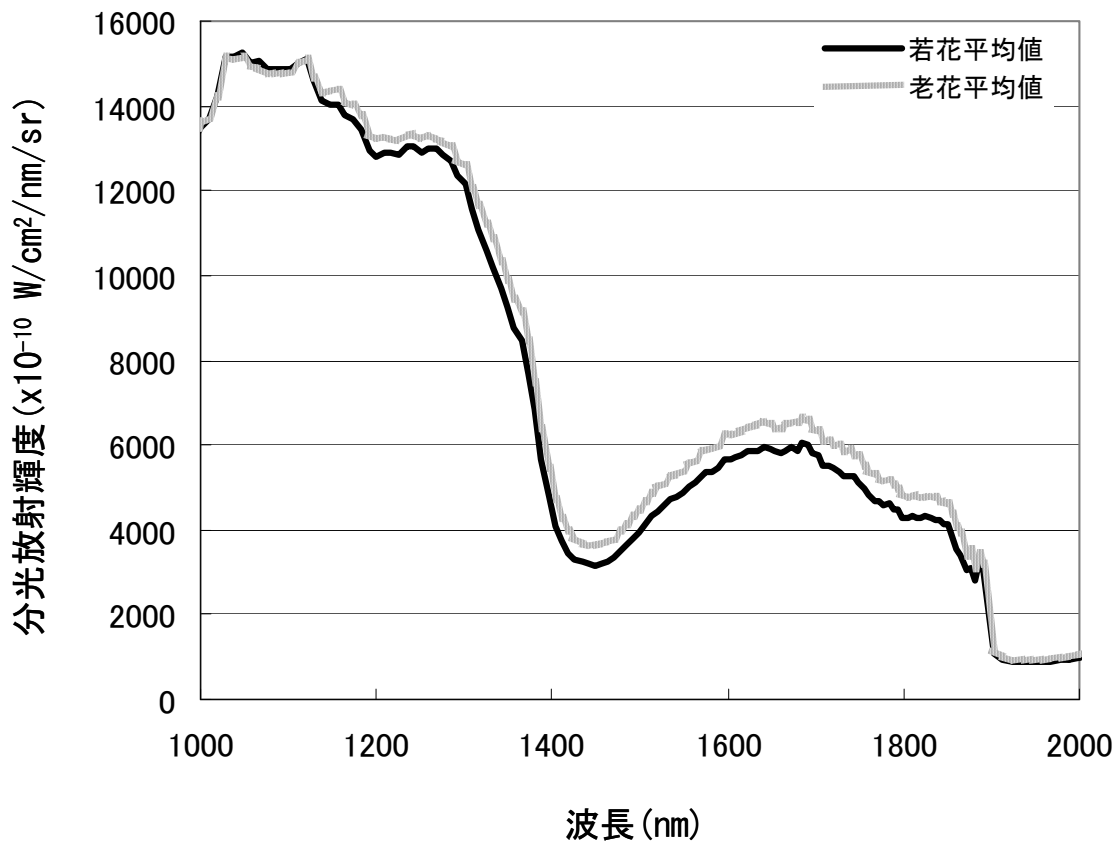


図5 若花および老花の分光放射輝度の測定結果(波長域:1000nm~2000nm)

表2 平均値の有意差検定(t検定)の結果

測定バンド	平均値の差	t 値
719.08nm	$2.01 \times 10^{-7}$ (W/cm <sup>2</sup> /nm/sr)	5.91**
1448.58nm	$-4.95 \times 10^{-8}$ (W/cm <sup>2</sup> /nm/sr)	-4.58**
1902.12nm	$-1.23 \times 10^{-8}$ (W/cm <sup>2</sup> /nm/sr)	-4.15**

若花サンプル数: 24, 老花サンプル数: 19)

(注1) 平均値の差は老花を基準とする

(注2) “\*\*”は有意水準1%以下の有意差があることを示す

ここで重要な点は、720nm 近辺は可視域とされる 380nm~780nm の波長域内であるため、基本的には人間が視認可能な点である(例えば、中原 1999a, 奥山ら 1986)。実際、720nm を中心透過波長とする半値幅 5nm の狭帯域バンドパスフィルタ(朝日分光(株), 東京)を通して太陽光を観察すると、減光は大きいものの赤色として視認できる。この

ため、熟練栽培者が本波長域の色味の違いを認識して若花と老花を判別している可能性は十分にある。しかし、一般の作業者が両者の違いを赤色系の色味の違いと感じることは難しい。これは、花色が圧倒的に青紫色であるため、本波長域の微妙な色味の違いがそれに紛れてしまうことが大きな原因と考えられるが、720nm 近辺における人の眼の錐体の感度がそれ以下の波長に比べて小さいことも(中原 1999b), 認識を困難とする原因と考えられる。

次に、1200nm～2000nm の波長域では、ほぼ一貫して老花の分光放射輝度が若花より高い傾向が認められる。これは、同波長域内に吸収域を持つ何らかの含有成分が老化に伴って消失し、結果として光の反射が増大した状況を示唆している。ここで、同波長域内には、水分子の主な光吸収域である 1450nm, および 1906nm が含まれる(例えば、尾崎・河田 1996)。実際、**図 5** にも両吸収域が顕著な谷として認められる。そこで、測定バンド 1448.58nm, および 1902.12nm において t 検定を行ったところ、いずれも有意水準 1%以下の高い有意差が認められた(**表 2**)。このため、老化に伴って、少なくとも水が花卉から消失した可能性は高い。但し、水以外にどのような含有成分が消失したかは今後の検討課題である。

次に、供試材料の生体重、乾物重、含水量、さらには含水率の測定結果を**表 3**に示す。同表からは、有意水準 5%を十分満足するほど顕著ではないものの、老化の進行に伴って生体重、乾物重、および含水量のいずれもが同時に減少する傾向が見て取れる。このため、結果的に、含水量と生体重の比である含水率は、若花と老花間でほとんど差が生じなかった。老花において、含水量と乾物重が同時に減少する傾向は、全段落で推察した様に、細胞内の水とそれ以外の含有成分が同時に消失しつつある状況を示唆するものと考えられる。

**表 3 生体重, 乾物重, 含水量, および含水率の測定結果**

項目	若花の平均値 (標準偏差)	老花の平均値 (標準偏差)
生体重	0.2546 (0.0635)	0.2274 (0.0780)
乾物重	0.0513 (0.0110)	0.0446 (0.0113)
含水量	0.2033 (0.0536)	0.1828 (0.0675)
含水率	0.7960 (0.0212)	0.7972 (0.0300)

(若花サンプル数 : 24, 老花サンプル数 : 19)

(注) 含水率を除き, 単位はすべて g (グラム)

ここで、今回特に、老化初期において可視域内の 720nm 近辺の分光放射輝度が部分的に低下する顕著な現象が観察された。安田(1993a)によれば、人の視認する花色は、(要因 1)種々の色素の絶対量, 含有比, および細胞内での物理化学的な状態, さらに、(要因 2)花卉の内部・表面の構造による物理的な状態によって決まるとされる。

そこで、今回の原因としてまず要因 1 を考えると、可視域の大半で顕著な差がなく当該の波長域においてのみ部分的に分光放射輝度が変化したことを、色素の絶対量、あるいは含有比の変化でうまく説明することは難しい。また、リンドウの青紫色をなす代表的な色素であるデルフィニジンの変異(安田 1993b)、すなわち、その分光反射率の特性が長・短波長いずれかの方向にシフトする現象などの色素の物理化学的な状態を考慮しても同様と思われる。

そこでこの際、既述の様に 700nm ~1200nm の分光放射輝度の特徴をなす原因が色素以外にある可能性を考慮すると、むしろ、物理的な要因 2 にその原因を求める方が妥当と考えられる。特に、既述の様に、今回の分光放射輝度の測定結果には、“表面性状”の情報が含まれ得ることから、例えば水の消失に伴って細胞の形状、壁厚、さらにはその配列の状況などに微小かつ規則的な変化が生じることで、花卉の表面あるいは内部の構造が微妙に変わり、回折や干渉などの何らかの光学的現象を通して当該の波長域の分光放射輝度に部分的に影響を与えた可能性を検討すべきと思われる。

## 今後の課題と展望

今回得られた若花と老花の分光放射輝度の違いは平均値としての違いであり、実際の老花検出の場に応用するには、その判別の精度や安定性を、サンプル数を拡大した追試験などによってより詳細に検討することが必要となる。また、より厳密な分光放射輝度の計測を行い、今回得られた結果が、測定条件および測定部位にどの程度依存するのかを検討、さらには、そもそもなぜこの違いが生じたのか、その原因の解明も望まれる。そのためには、今後、若花と老花それぞれの含有色素、含有成分の定量解析を行うなど、より化学的な領域に踏み込んだ解析や、花卉の組織構造の変化などの顕微鏡レベルにおける観察が必要となろう。

ここで、実際に熟練栽培者が若花と老花の判別に 720nm 近辺の波長域の色味の違いを参照している場合、彼らがその違いを認識可能となるまでに、非常に長い期間の観察経験を必要としたと推察されるが、その原因は、その認識自体が容易でないことに加え、事前の知識が全くない状態で経験を重ねざるを得なかったことも大きいと考えられる。今回、研究の成果として当該の波長域の色味の知見が得られたことで、その違いを常に意識しながら、あるいはその違いを例示したカラーチャートなどを参照しながら判別の練習を繰り返すことが可能となった。したがって、今後は、初心者であっても、従来の熟練栽培者よりもより短時間で判別方法を習得できる可能性が期待できる。

本研究における簡易測定法を実用化するためには、既述の様に、サンプル窓の構造を改良する必要がある。また、測定装置の中で最もコストの高い分光分析器の低コスト化も課題となる。しかし、当該波長域が市販のビデオカメラなどに用いられる CCD 撮像素子の受光感度領域内にあることを考えると、後者の課題は十分解決可能と考えられる。すなわち、同波長域の狭帯域バンドパスフィルタを装着した市販のビデオカメラなど、比較的“安価”に実現可能な撮像装置を分光分析器として利用することが可能である。あるいは、上記の撮像装置で花を画像撮影し、コントラスト強調処理などの画像処理を適宜施すことで、若花と老花の微妙な色味の違いを画像上の輝度の違

いとして、より明瞭化して表示するなどの画像計測への応用も十分可能である。したがって、老花の除去作業の際、目視に加えて、こうした画像を援用することで、その精度を向上させるなどの応用も十分期待できる。一方、同じく有意差の見られた水の光吸収域を受光可能なセンサーは、現状では安価に準備することが難しいため、同波長域の情報を応用するには、まず、安価なセンサーの開発が求められる。

最後に、既述の様に、今回得られた結果における“表面性状”の影響が無視できないことを考えると、例えば、老化初期の花弁表面に、艶の変化や微小な皺などが生じている可能性がある。この場合、高倍率のルーペなどを援用すれば、初心者でも、微妙な色味の判別よりもより容易にその変化を判別できる可能性がある。このため、今後は、“花色”に留まらず、次の外観の構成要素である“表面性状”において、若花と老花間でどのような違いがあるかを検討する必要がある。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、岩手県八幡平市花卉開発センター所長の日影孝志氏には、供試材料の提供のみならず、多くの助言をいただいた。氏には心より感謝の意を表したい。また、岩手大学農学部農林環境科学科リサイクル生物生産工学講座環境制御工学研究室の学生諸氏には多大なご尽力をいただいた。ここに深く感謝する。

7) 「引用文献」

石戸忠(1985) 目で見る植物用語集, 研成社, 東京, 103-103.

今西英雄・大久保敬・大川清ら(1995) リンドウ, 花卉園芸, 文永堂, 東京, 127-131.

奥山滋・福田邦夫・宮坂和雄 編(1986) 色のはなし I, 技報堂, 東京, 10-11.

尾崎幸洋・河田聡(1996) 近赤外分光法, 学会出版センター, 東京, 101-102.

久保祐雄 編(1994) 新しい農業気象・環境の科学, 養賢堂, 東京, 132-135.

栗田正秀(1989) 花の形態学, つつじ会, 四日市, 28-38.

庄野浩資・峠愛美(2006) 切り花リンドウの採花ステージ評価における画像情報の有効性に関する研究 -輪郭情報と色情報に基づく未熟蕾自動検出の可能性-, 農業情報研究, 15:61-76.

庄野浩資・西川朝也(2004) 切り花リンドウの採花ステージ評価における画像情報の有効性に関する研究, 農業情報研究, 13:317-330.

中原勝儼(1999a) 色の科学, 培風館, 東京, 2-5.

中原勝儼(1999b) 色の科学, 培風館, 東京, 9-11.

安田齊(1993a) 花色の生理・生化学, 内田老鶴圃, 東京, 128-129.

安田齊(1993b) 花色の生理・生化学, 内田老鶴圃, 東京, 176-177.

吉池貞蔵 編(1992) 育種と栽培・リンドウ, 誠文堂新光社, 東京, 177pp.

8) 「英文表題」

A Feasibility Study of Measurement of Spectral Radiance of Petal with a Simplified Method for Early Detecting of the Pollinated Flower of *Gentiana* sp. after Flower Harvest

9) 「英文著者名」

Hiroshi Shono\*, Asami Seki, Uzuki Matsushima, Shoji Koide, Jun-ichi Takeda

10) 「英文所属及び住所」

Iwate University, Ueda 3-18-8, Morioka, 020-8550, Japan

1 1) 「英文要旨」

Summary

The pollinated flower, which exists randomly in a cut flower of *Gentiana Sp.*, is known as the main cause which decreases market value of the whole. Because it often arrives to market with color changed in copper from its original color, the risk that deteriorates figure of the whole is very high.

Because of this reason, it is necessary to remove the pollinated flower promptly after harvest until shipment. However, under present circumstances, most farmer should detect it only with observation of appearance and remove it manually. Therefore, some pollinated flower should be left usually.

On 'Ashiro no natsu, *Gentiana sp.*', which is the leading kind in Iwate prefecture, apparent difference between the young flower and the flower which has just pollinated in field is so subtle that removal of the pollinated flower is considerably insufficient. On the other hand, even on this kind, a few skillful farmers are possible to detect the pollinated flower with careful inspection of appearance. However, to spread their technology, it is necessary to elucidate their sensuous and subjective distinction method objectively.

In this study, targeting 'Ashiro no natsu, *Gentiana sp.*', difference of spectral radiance on the outer surface of petal between the young flower and the pollinated flower was examined closely from visible wave length over infrared with a simplified measuring device. As a result, a significant difference was ascertained especially in the wave length of 720nm neighborhood. Thus, in the near future, it will be possible to develop early detection device of the pollinated flower by picture photographing inexpensively, because the CCD, which is commonplace image sensor used in most commercial video camera, has sensibility to this wave length.

1 2) 「英文キーワード」

*Gentiana*, Growth Estimation, Precision Farming, Spectral Radiance, Spectrum Measurement