

氷温輸送時の冷凍コンテナ内の温度分布と 霜取り工程時における積み荷内部の温度変化

オランダからの輸入ユリ球根の場合

吉田光毅・樋渡 潔・斎藤正文・山本史哉*¹

Keywords: Lily bulb, storage at temperatures before freezing temperature, reefer cargo, temperature control.

ユリ球根, 氷温貯蔵, 冷凍コンテナ, 温度精度

1. 緒言

ユリ球根は - 1.5 から - 2.0 の氷温帯に相当する温度で貯蔵することで、半年から約1年間発芽を抑制することができる¹⁻³⁾。この貯蔵方法を利用して、ユリ切り花の周年生産が実現し、国内で植え付ける切り花用ユリ球根の約80%は氷温帯で貯蔵したオランダ産輸入球根に依存している⁴⁾。オランダの国際花卉球根センターがまとめている近年の統計(クロップ2000)によると年間約1億7千万球のユリ球根が日本に輸入されている。オランダ産ユリ球根は、生産 収穫 調整 予備冷蔵 海上コンテナ輸送(約1ヶ月) 通関手続き 冷蔵倉庫(約1~9ヶ月)での長期貯蔵 出荷 解凍と9つの過程を経て農家の手に渡るため、球根の品質に影響を与える要因は数多い。ユリ球根を氷温帯で海上輸送する時には、冷凍コンテナ(Reefer Container)が使用される。船会社・航路の違いによって冷凍コンテナのメーカー、機種やコンテナの製造ロット、整備状態が異なり、それに依りてコンテナの性能も変わると予想されるので、荷主である球根輸入業者にとって、船会社およびコンテナの選択は非常に重要な課題となっている。

冷凍コンテナそのものの性能については、すでに1988年以降より温度振幅⁵⁾ならびに温度分布⁶⁾について設定温度の ± 0.5 以内に制御できる性能を持つ機種が報告されている。このような機種はチルド温度帯(-5 ~ 5)において、比例制御方式で温度が制御され、ふれの少ない厳密な温度管理が可能である。しかし、これまで発表されてきた調査結果は、実際の積載状態で温度計測したものが少なく、温度環境が商品の梱包状態や積載状態の影響を大きく受ける事⁷⁾も考慮にいれると、冷凍コ

ンテナの設定温度 ± 0.5 という温度精度がどこまで実現されているのか不明な状況にある。

輸送時のコンテナ内部の実温度については、船会社が所有する温度記録紙(Partlow Chart)以外に正確なデータは無い。通常は1コンテナにつき1測点のみ温度記録装置が設置されるため、コンテナ内の温度分布の把握はできない。また、この温度記録紙が、船会社から荷主に対して提示されることは通常ない。従って、複数点のデータが記録できるデータロガーを利用した冷凍コンテナの監視システム⁸⁾が最近、発達してきたとはいえ、荷主にとって球根輸送に使用する冷凍コンテナの温度環境は、いまだよくわかっていない状態にある。著者等は実態を把握するため、陸揚げされた直後の球根輸送用冷凍コンテナの空調機を海上輸送時の温度設定ならびに球根ケースの積載状態を維持したままで運転し、コンテナ内の温度分布などを調査した⁹⁾。さらに、恒温恒湿室を用いた再現実験により、霜取り工程で温度が上昇した時の球根ケース内の温度変化を計測した。冷凍コンテナの温度精度ならびに霜取り工程でのコンテナ内温度が球根温度に与える影響について報告する。

2. 材料および方法

2.1 コンテナ内の温度および湿度測定

2.1.1 冷凍コンテナ仕様と設定

図-1に示したように、A社、B社ともにコンテナ型式は40フィート・リーファーコンテナTYPE40(9' 6" High)だった。A社・B社ともに、コンテナ内部の冷気の循環方式はどちらも下部吹き出し仕様(Bottom Flow System)である。冷気は、コンテナ奥に設置されている空調機の床面付近の吹出口から吹き出される。床下には凸凹の隙間が長手方向に走り、冷気は荷物を積載しても、その隙間を

* 1 (株)日新 現業部

通って扉まで到達する。扉付近で天井方向へ冷気は上昇し、その後、荷と天井との隙間を通り、コンテナ奥の天井側に設置された吸い込み口に再びもどるようになっている。両社とも温度制御方式については、フローゼン温度帯(-15以下)の場合はON・OFF方式であるが、今回の様にチルド温度帯(-5 ~ +5)に当たる場合は比例制御方式が採用されている。

陸揚げ後、空調機の運転状態を維持したまま冷凍コンテナを倉庫まで運び、到着後400V電源に繋ぎ換えて運転を一晩継続した。温度は、A社が29 (-1.67)，B社が-1.5に設定されていた。

2.1.2 荷の積載状況

球根ケースの積載状況については、球根ケースは、パレット1枚(1.2m x 1.1m)に1段当たり5個ずつ積載されていた。パレットは、A社・B社ともに、コンテナ短手方向に2列、長手方向に10列の合計20パレットが積載されていた。A社とB社では、荷を積載する高さの違いがあった。A社では8段(高さ約2.06m)、B社では9段(高さ約2.3m)に積まれていた。球根ケース数は、実際は積載されていない部分もあり、A社が約800ケース、B社が約900ケースであった。

2.1.3 測定機器および記録方法

温度はT型熱電対(株)浜田電機製作所、直径0.32mm)、湿度にTHT-B111、THP-B4(神栄(株))、風速はアネモマスター風速計(日本カノマックス(株)、型式Model 6071)にて測定した。全てのデータはデータコレクターAM-7052(安立計器(株))にて、1分間隔で記録した。

2.1.4 測定位置

測定位置を図-1に示す。設置に際しては、荷の温度変化を避けるためコンテナ内に設置者が出入りする時以外は扉は閉じた状態とした。垂直温度(高さ0.05m, 0.5m, 1.0m, 1.5m, 2.0m, 2.5mの6点)は扉から0.3m(扉付近)、5.9m(中央部)、11.57m(空調機付近)の地点にて測定した。設置に際しては、金属製の棒に熱電対をあらかじめ固定しておき、この棒をパレット間の数cm程度の隙間に、床に対して垂直になるように固定した。壁面温度を測定する熱電対は、周囲からの放射の影響を抑えるためにアルミテープで固定した。湿度は、コンテナ中央部にて、床面から2mの高さで測定した。風速は、高さ2.3mにて、扉付近、中央部、空調機吸い込み口付近の3ヶ所で測定した。空調機吹き出し口は積荷の下にあるため、コンテナ内の連続測定が終了し、荷物を完全に搬出した後、センサー部分を吹き出し口および吸い込み口に直接あてて測定した。外気温と外気湿度は、コンテナを設置

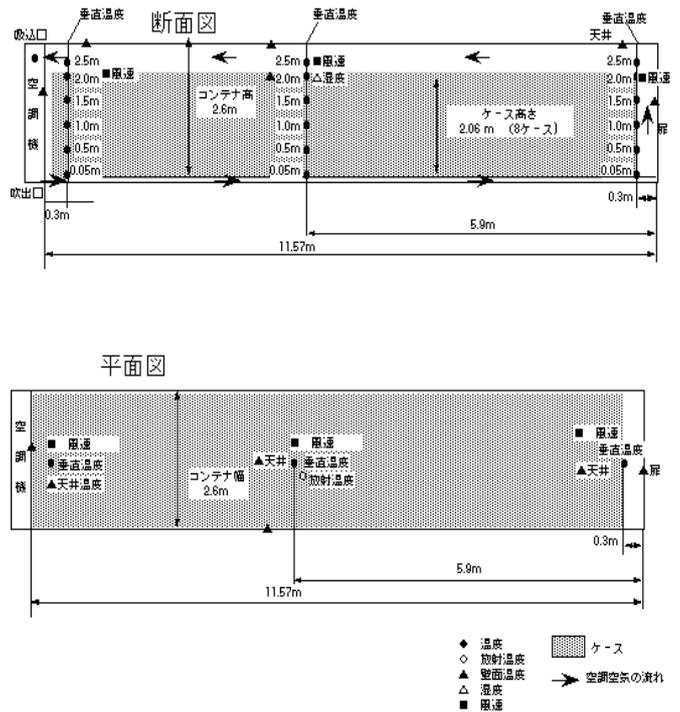


図-1 コンテナの大きさ、積載状況、空調空気の流れおよびセンサーの設置位置
Reefer cargo for the transport of lily bulbs and positions of thermoelectric thermometers

した倉庫敷地内で地上高1mで測定した。

2.2 再現実験：霜取り工程時の球根ケース内温度変化

2.2.1 材料

実験にはオランダ産アジアチック・ハイブリッド(品種：ノバセント、サイズ：12~14cm、オーニングス社)の球根ケースを使用した。ケースには、球根400球が含水率60~80%のピートモスと混合され凍結状態でピートモス塊として、通気孔のあるポリエチレン袋に包まれて入り、さらに上から木蓋がかぶせてある。今回使用した球根ケースの場合、ピートモス塊の上面から球根が一部露出した状態にあった。

2.2.2 再現実験の温度設定

再現実験において通常のア調運転時を想定した温度は-2.0とした。霜取り時の最高温度は、コンテナ内の実測で得られた平均温度を参考に、+8に設定した(但し、A社の床高2.0mと2.5m、B社の床高2.5mの実測温度より(表-3)、荷の最上面コンテナ内温度として算出した平均値は8.7)。温度は定常温度の-2から+8へ変化させ、その後、約40分維持し、再び-2に戻した。

2.2.3 温度測定および記録方法

温度は、T型熱電対(浜田電機製作所、直径0.32mm)を恒温恒湿室内(3点)、ピートモス表面(3点)、ピートモス内部(9点)、球根表面(9点)、球根内部(9

点)に合計33点測定した(図-2)。室内温度は、球根ケース表面の1cmの範囲で測定した。湿度はヴァイサラ製HMP133Yを用いて1点で測定した。1分間隔で測定したデータはレコーダー(横河HR2500E)を介して、パーソナルコンピュータに取り込んだ。

2.2.4 ピートモス塊における球根位置について

ピートモス塊における球根位置は深度で表した。深度とは、球根の埋まっている向きに関わらず、ピートモス塊表面から球根の最も深い箇所までの距離と定義した(図-3)。垂直深度とは、ピートモス塊の上面からみた場合の位置を示し、水平深度とはピートモス塊の側面からみた場合の位置を示す。

3. 結果および考察

3.1. 空調運転時のコンテナ内温度環境

3.1.1 霜取り工程の時間間隔

測定結果より、外気温度はコンテナ内部温度にほとんど影響を与えないと考えられた(図-4)。

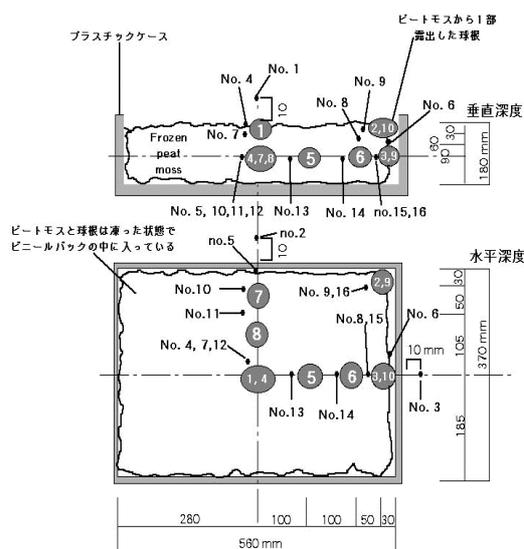
A社コンテナについては図-4に示すように、およそ23時、6時、13時と約7時間の間隔で温度上昇が確認された。いずれの時刻においても、温度上昇を開始して約30分後に、もとの温度帯へ戻った。このコンテナ内の温度上昇は無風になる時間帯と一致することから(1.3の風速の項を参照)、冷凍機が停止し、霜取り工程に入ったことがわかった。B社コンテナについても、同様な霜取り工程による温度上昇が見られた。温度上昇は測定期間中に1回しか認められなかった(図-4)。

湿度については、空調機運転時間中には大きな時間変動はなくA社コンテナで85%、B社コンテナで70%であった。両社では、霜取り工程時に湿度は両社とも90~100%に上昇した。

コンテナ内の風速変化についてはA社コンテナにおいて、球根ケースの最上段における風速は、空調機付近がもっとも高く0.8~1.1m/sec。中央部付近では風速0.75m/sec、扉付近では風速がもっとも低く0.25 m/secとなった。B社では、球根ケース最上段における風速は空調機付近で2.0 m/s、中央付近で1.1 m/sec、扉付近で0.25 m/secであった。B社はケースが9段に積まれて球根ケースと天井との隙間が狭いこともあり、空調機付近と扉付近の風速の差がA社の場合と比較して大きい傾向にあった。

3.1.2 ユリ球根の貯蔵条件からみた空調機運転時におけるコンテナの温度環境

ユリ球根の氷温貯蔵の場合、発芽抑制の観点からみると、貯蔵時の温度分布は設定温度の±0.5 以内の精度が



- : 温度測定点
 室温: No.1,2,3
 ピートモス表面: No. 4,5,6
 ピートモス内部(垂直深度3cm未満): No.7~9
 ピートモス内部(垂直深度3cm~5cm): No.10,15,16
 ピートモス内部(垂直深度5cm~10cm): No.11~14
- : ユリ球根
 垂直深度3cm未満の球根: No. 1,2,10
 垂直深度3~5cmの球根: No. 3,7,9
 垂直深度5~10cmの球根: No. 4,5,6,8

図-2 球根ケース内の温度センサーの位置
Positions of thermoelectric thermometers set in the bulb container

備考: 球根のピートモス塊への埋まっている向きによらず、図中の深度とはピートモス塊表面から球根の最も深い箇所との距離である。水平深度とはピートモス塊の側面からの距離であり、垂直深度とはピートモス塊の上面からの距離である。

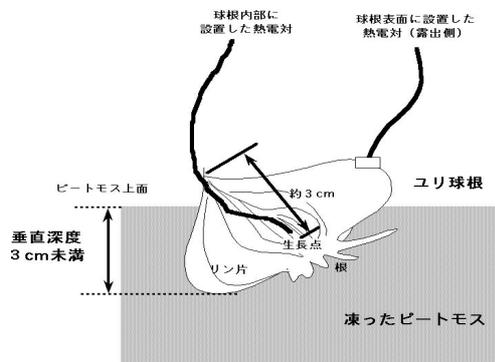


図-3 ピートモス塊上面より露出した(垂直深度3cm未満の)球根での温度センサー設置状況
Positions of thermoelectric thermometers in lily bulb partially buried in the peat moss

備考: 球根のピートモス塊への埋まっている向きによらず、図中の深度とはピートモス塊表面から球根の最も深い箇所との距離である。

必要であり、空調機の発動停止による温度振幅に対しては±1.5 以内にある必要性が報告されている¹⁰⁾。これらの温度精度は、国内の冷蔵倉庫の空調だけではなく、海上輸送時に使用される冷蔵コンテナに対してもあてはまる。特に、12月から翌年2月にかけて国内に入ってくるユリ球根の場合、予備冷蔵(-0.5 ~ +1.0)から本冷蔵(-2.0 または -1.5)の開始工程をコンテナ中で実施する機会が多い。よって冷凍コンテナは国内

の冷凍倉庫での貯蔵条件と比較すると期間が1ヶ月と短く、空調する空間も66.7m³と小さいとはいえ(図-1)、冷凍コンテナ輸送時の温度制御はより厳密に行なう必要があると考えられる。一般的に温度設定が氷温を含むチルド帯の場合は、コンテナ空調機の温度制御方式に比例制御が使用されており、ON・OFF制御に比べて、温度振幅も小さいと予想される。

今回、日本へ到着直後の冷凍コンテナを実際に球根ケースを積載した状態で運転して調査した結果、A社、B社ともに空調機運転中は、各々の球根ケースが積載されていた高さ(A社:約2.1m、B社:約2.3m)までであれば、温度分布ないし温度振幅は温度設定値に対しては ± 0.5 以内にある事がわかった(図-4、表-1、表-2)。従って、空調機の温度設定が適切であり、空調機の運転が正常になされている状態では、今回測定したコンテナの温度環境はユリ球根の氷温貯蔵条件を満たしていると考えられる。

3.2 霜取り工程時のコンテナ内環境

3.1で既に述べたようにA社・B社ともに霜取りによる約30分間の空調機の停止とそれに伴う温度上昇(図-4)と湿度上昇が認められた。特にコンテナ上部に設けられている吸い込み口では熱気が空調機からもれることで温度上昇が大きい。

温度上昇の程度はA社とB社で異なり、B社はA社に比べて小さい傾向にあった(表-3)。なお、空調機の吸い込み口からの熱気のもれの機械的対策についてはA・B社間で差はない。B社の場合、コンテナ内の球根ケースが1段高めに積まれており、球根ケースへの蓄熱がコンテナ内の温度上昇を緩和したためか、B社空調機の霜取り工程での加熱の温度設定が低いためと考えられる。

B社についてはA社の場合よりも測定時間が短かったせいもあり、測定中に2度目の霜取りは観察できなかったため、正確な時間間隔は不明である。コンテナの機種によっては、エバポレーターにより霜取り状態を検知しながら、入力された霜取り工程の設定条件とは独立して、霜取りを開始する機種もある。よって、空調機の運転開始から最初の霜取り開始までの時間のみでB社の正確な時間間隔を決定する事は困難である。しかしながら、霜取り工程の時間間隔が、A社、B社間で異なる結果の得られたことは興味深い。

3.3 再現実験：霜取り時におけるコンテナ内の温度上昇と球根ケース内の温度経時変化

3.3.1 室内温度の変化

恒温恒湿室を用いて、霜取り工程時を再現した実験を行った。室内温度は-2.0 から約+8.0 まで20分間で

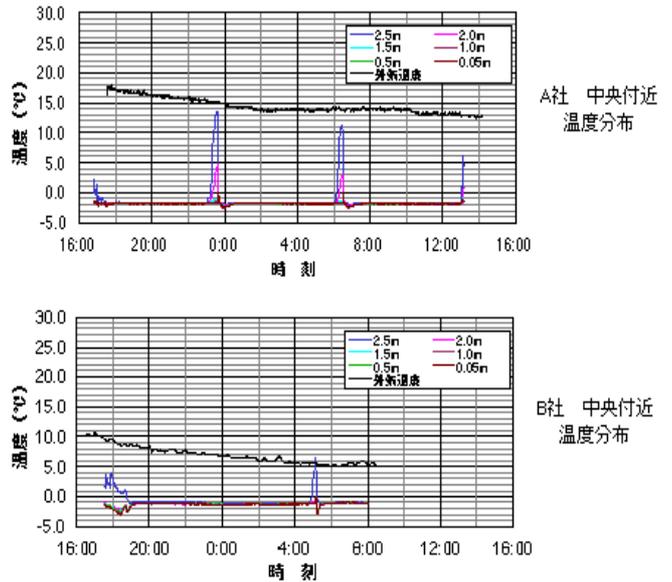


図-4 コンテナ内温度測定結果
Temperature in the reefer cargo

表-1 A社空調機運転中の最高・最低温度および平均値*
Temperatures in the reefer cargo A
(設定温度: -1.67)

床高 (m)	空調機付近温度()			中央付近温度()			扉付近温度()		
	最高	最低	平均値	最高	最低	平均値	最高	最低	平均値
2.5	-1.3	-1.5	-1.40±0.04	-1.7	-1.9	-1.78±0.05	-1.4	-1.6	-1.48±0.05
2.0	-1.6	-1.4	-1.49±0.04	-1.8	-2.0	-1.89±0.05	-1.5	-1.6	-1.57±0.05
1.5	-1.6	-1.7	-1.66±0.05	-1.8	-2.0	-1.92±0.05	-1.5	-1.7	-1.61±0.04
1.0	-1.6	-1.7	-1.65±0.04	-1.8	-2.0	-1.92±0.05	-1.6	-1.8	-1.69±0.03
0.5	-1.6	-1.7	-1.67±0.05	-1.8	-2.0	-1.91±0.05	-1.6	-1.8	-1.70±0.03
0.05	-1.7	-1.8	-1.71±0.04	-1.8	-2.0	-1.89±0.05	-1.5	-1.7	-1.61±0.03

* 時間平均温度±振幅(標準偏差), 吸い込み口温度: -1.5~-1.4 , 午前1:00~午前6:00のデータ(n=260)より求めた。

表-2 B社空調機運転中の最高・最低温度および平均値*
Temperatures in the reefer cargo B
(設定温度: -1.5)

床高 (m)	空調機付近温度()			中央付近温度()			扉付近温度()		
	最高	最低	平均値	最高	最低	平均値	最高	最低	平均値
2.5	-0.9	-1.2	-1.12±0.08	-0.9	-1.2	-1.10±0.08	-1.0	-1.4	-1.17±0.08
2.0	-1.2	-1.4	-1.30±0.02	-1.2	-1.4	-1.25±0.05	-0.9	-1.3	-1.10±0.08
1.5	-1.2	-1.4	-1.30±0.01	-1.1	-1.4	-1.24±0.05	-0.9	-1.3	-1.09±0.10
1.0	-1.3	-1.4	-1.31±0.04	-1.1	-1.4	-1.24±0.05	-1.0	-1.3	-1.17±0.08
0.5	-1.3	-1.4	-1.39±0.03	-1.1	-1.4	-1.24±0.05	-1.1	-1.4	-1.23±0.07
0.05	-1.3	-1.6	-1.43±0.05	-1.1	-1.4	-1.26±0.06	-1.0	-1.4	-1.20±0.07

* 時間平均温度±振幅(標準偏差), 吸い込み口温度: -1.2±0.08 , 午後8:00~午前4:00のデータ(n=480)より求めた。

上昇し、到達後40分維持させた。この維持時間はコンテナで実際に測定されたコンテナの状態に較べてやや長めの設定であり実際よりも過酷な状況と言える。

室内温度と球根ケース内の各測定点の温度との関係について図-5Aに示す。なお室内温度は図-2に示す測定点

No.1~3 (3点)での平均値である。また、その他の温度についても複数点の平均である。室内温度は、設定温度を -2.0 から 8 に変えてから約20分後に約8.0 に達した。その後、約40分間その設定を維持した。設定を -2.0 に戻すと室内温度は温度の急速な低下により、80分後には -3.0 ~ -4.0 となり105分後に再び -2.0 に戻った。180~200分の間では -2.3 に更に下がった。

3.3.2 球根ケース内温度の変化

ピートモス表面及び内部の平均温度と垂直深度3cm未満の球根表面及び内部平均温度の経時変化について、詳細に図-5Bへ再度示す。設定を 8 に変更する前、ピートモス表面温度は -1.9 だったが、設定 8 の期間中、最大 +1.4 まで上昇した。その後、設定温度を再び -2.0 に戻した直後から、温度は低下し測定開始の約190分後には初期温度の -1.9 に戻った。今回の実験では、測定開始180分の時点で室内温度が -2.0 よりも若干低下した。その影響もあり、約200分でいずれの測定点でも初期温度に戻った。このような室内温度の低下がなく、-2.0 で維持されていた場合、初期温度に戻るにはもう少し時間を要したといえる。この傾向は、温度上昇の程度は異なるもののピートモス内部、球根温度についても同様に観察された。

3.3.3 室内温度と球根ケース内温度との関係

室内温度とケース内の平均ピートモス温度、平均表面・内部球根温度との関係を表-4に示す。この結果によると、ピートモス内に球根が垂直深度3cm以上の位置にあれば球根表面および内部温度は霜取り時においても、設定温度から +0.5 未満の上昇におさまる事が示された。それに対し、垂直深度3cm未満、言いかえるとピートモス上側の面から一部露出した球根の場合、露出側の表面温度は2.8 の温度上昇を示し、球根内部温度も0.5 上昇した。

コンテナの実測結果(表-3)と合わせて考えると、空調機と扉のいずれかに近接しており、空気の通り道に接している最上段と最下段の球根ケースは霜取り工程時の影響を受ける可能性がある。このような位置にある球根ケースの中で、特にピートモス上面から露出している球根では表面および内部温度が0.5 以上に上昇する場合も十分考えられる。

今回の測定は球根ケース1つのみを設置して周囲には他のケースが無い状態で行っている。しかし、コンテナでの実際の球根ケースの積載状態は、1箱の球根ケースを独立させているわけではなく、フォークリフト用パレットに5箱ずつ数段積んで他のケースと必ず接する形となっている。この点からみて今回の実験は実際の状況

表-3 コンテナ霜取り工程時の最高温度
Temperatures during the defrosting process
in the reefer cargo

床高 (m)	空調機付近温度 ()		中央付近温度 ()		扉付近温度 ()	
	A 社	B 社	A 社	B 社	A 社	B 社
2.50	+20.5	+10.0	+13.5	+6.4	+9.3	+5.5
2.00	+5.2	-0.7	+4.7	-0.6	+3.5	+0.6
1.50	-0.6	-1.1	-0.6	-0.3	+0.4	-0.5
1.00	-0.8	-1.1	-0.5	-0.3	-0.4	-0.5
0.5	-1.0	-1.2	-0.2	+0.0	-1.1	-0.5
0.05	-0.1	+1.1	0.0	+0.1	+0.6	-0.3

備考：A社：吸い込み口温度：26.5，外気温度：13.0~18.0，午後8:00~午前10:00のデータより求めた。B社：吸い込み口温度：23.1，外気温度：5.0~10.0，午後8:00~午前6:00のデータより求めた。

表-4 霜取り工程の再現実験における球根ケース内の温度上昇^{*1}
Changes in the temperature of the plastic container for lily bulb storage during the defrosting process

再現条件 (時間)	初期状態	維持状態	上昇温度(b-a)
	0分後(a)	60分後(b)	
恒温恒湿室設定	-2.0	8.0	10.0
平均室内温度(3点)	-2.0 ± 0.1	8.0 ± 0.3	10.2 ± 0.2
< 平均ピートモス温度 >			
表面(3点)	-1.9 ± 0.1	1.5 ± 0.2	3.3 ± 0.02
垂直深度3cm未満(3点)	-1.7 ± 0.2	0.3 ± 0.9	1.8 ± 0.6
垂直深度3~10cm(7点)	-1.9 ± 0.2	-1.5 ± 0.1	0.4 ± 0.2
< 平均球根表面温度 >			
垂直深度3cm未満の球根(3点)	-1.6 ± 0.1	1.2 ± 0.5	2.8 ± 0.2
垂直深度3~10cmの球根(7点)	-1.7 ± 0.2	-1.5 ± 0.1	0.2 ± 0.1
< 平均球根内部温度 >			
垂直深度3cm未満の球根(3点)	-1.6 ± 0.1	-1.1 ± 0.1	0.5 ± 0.2
垂直深度3~10cmの球根(7点)	-1.8 ± 0.2	-1.5 ± 0.2	0.3 ± 0.1

備考：温度は全てある一時刻の測定値である。そして、各項目毎に測定点数により平均値と標準偏差を算出した。ピートモス表面測定点No.4~6、ピートモス垂直深度3cm未満測定点No.7~9、ピートモス垂直深度3~10cm測定点No.10~16、垂直深度3cm未満の球根No.1, 2, 10、垂直深度3~10cm球根No.: 3~9(各項目に対する測定点No.位置については図6参照。)

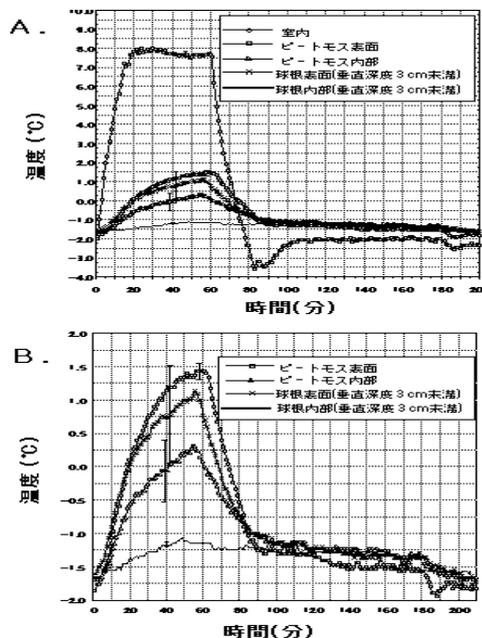


図-5 霜取り工程再現実験における球根ケース内温度の経時変化

Time courses of the changes in temperature of the plastic container during the defrosting process

A：室内とケース内の各平均温度との関係，B：ピートモス表面と球根の各平均温度との関係（ピートモス内部温度は測定点7~9の平均値，球根表面および内部温度は球根No.1,2,10での平均値を示す。），1点において各平均値に対する代表的な標準誤差を示す。

よりも厳しい環境下で行っているといえる。

球根とピートモスの混合状態はオランダの球根輸出業者によって違いが観察される場合がある。今回の再現実験で使用した球根ケースのように、ピートモス上表面から球根が一部露出した状態もあれば、ピートモス塊の上面から球根表面が露出していない球根ケースもある。後者の球根ケースについては、ピートモス塊の横面では球根がむき出しになり、1ケースにおける球根数の割合は約15%である（アジアティック系品種の場合）。現実にコンテナ輸送中において、霜取り工程時の温度上昇が球根品質にどの程度の影響を与えているかについては、球根ケース内のピートモスと球根の混合状態にも留意し、調査する必要がある。

空調機の正常な運転のためには霜取り工程の回数は多い方がよいが、球根温度の維持からみると回数は少ない方が望ましい。霜取り工程の再現実験で示されたように、室内温度を+8 から -2 に戻しても、一旦上昇した球根ケース内のピートモス、球根の表面・内部温度が当初の状態へ戻るのには更に1時間以上も要した（図-5）。これは、ピートモスに蓄熱されたためと考えられる。短い時間間隔で霜取りを行うと、球根ケース内の温度が輸送時の設定値に戻らないうちに再び霜取り時の温度上昇にさらされる危険性がある。このような霜取り条件のノウハウを各船会社または荷主側が持っているものと考えられる。

4. まとめ

(1) 船会社により、ユリ球根の氷温輸送に使用するコンテナ機種、その設定温度、霜取り工程の設定条件及び球根ケースの積載状態はそれぞれ異なった。

(2) 2社のコンテナ内の温度分布と温度振幅は、荷を積載した状態で空調機の通常運転時において設定温度の±0.5 の範囲にほぼ入り、ユリ球根の氷温輸送に適した環境であった。

(3) 霜取り工程時に、コンテナ天井付近（床高2.5m）と床面（床高0.05m）で温度上昇が認められた。空調機付近で床高2.5mのコンテナ内温度は、最大10（B社）～20.5（A社）に達した（表-4）。

(4) 再現実験で設定室内温度 - 2.0 から + 8.0 に変更した場合、60分後にはピートモス上側表面に露出した（垂直深度3cm未満の）球根の内部で、+0.5 という

品質面からみて許容範囲を超える温度上昇を示した。

(5) よって、再現実験の結果を組み合わせると、霜取り工程にはコンテナ内の最上段および空調機側の内壁に近接した球根ケースでは、ピートモス上側表面の一部露出した球根の球根内部温度は+0.5 以上の温度上昇を生ずる可能性が示された。

謝辞

本研究を行うに当たり、今西英雄先生（東京農業大学）、細谷宗令先生（千葉県暖地園芸試験場）、松本安氏（長野県ユリ切り花農家）、J.C.M. Buschman氏（オランダ国際花球根センター）より貴重なご意見ご指導を賜わった。ここに感謝の意を表したい。氷温は（株）氷温研究所の登録商標である。

参考文献

- 1) 今西英雄 (1994) 生長停止とその利用 (農文協編農業技術大系花卉編 第1巻) pp 169-181. 農山漁村文化協会. 東京.
- 2) 小池安比古 (1996) 球根の氷温貯蔵. 冷凍71: 1201-1205.
- 3) Boontjes, J. (1980) Conditie leliebol bepaalt kans op varstschade. Vakblad voor de bloemisterij 49:33.
- 4) 浅野昭 (1996) 国内ユリ球根切り花の生産状況. 農耕と園芸 2月号: 172-177.
- 5) 長谷川良雄 (1989) 食品の低温輸送とコンテナ. 港湾荷役 34: 316-321.
- 6) 藤本允 (1988) 定温流通用装置機器海上輸送用コンテナ. 月刊食品流通技術17: 66-71.
- 7) 宮本正二郎 (1995) 海運会社の生鮮貨物等の輸送技術及び問題点. 冷凍70: 163-170.
- 8) HENDERSON, M. (2000) 冷凍コンテナ監視システム - 技術的特徴及びその経済性. 冷凍75: 487-492.
- 9) 吉田光毅, 樋渡潔, 斎藤正文, 山本史哉 (2002) ユリ球根の氷温輸送時の冷凍コンテナ内の温度分布と霜取り工程時における球根ケース内の温度変化. 氷温科学5: 印刷中
- 10) 富田広・杉村孝 (1995) サンシーロの異常咲き防止. 園学雑68 (別1): 300.
- 11) 吉田光毅, 斎藤正文, 山本史哉 (1999) ユリ球根の氷温貯蔵における温度精度と球根発芽との関係. 氷温科学2: 44-52.
- 12) Bakker M. (1995) Temperatuur in de bewaarruimte Lillie. CNB INFO. 2, november nr. 545: 13-15.
- 13) International Flowerbulb Centre. Construction and equipment of rooting rooms. In: The use of rooting rooms for the cultivation of bulb flowers. pp. 13. Internationaal Flowerbulb Centre, Hillegom-Holland.
- 14) International Flowerbulb Centre. Cooling, temperature and relative humidity. In: The use of rooting rooms for the cultivation of bulb flowers. pp. 19. Internationaal Flowerbulb Centre, Hillegom-Holland.