

青果物の流通技術に関する研究

—積算温度指標によるコールドチェーン評価(第1報)—

朝来壮一
食品産業担当

Freshness Distribution Engineering for Fruits and Vegetables

—Accumulated Temperature Evaluation of Cold-chain—

Shoichi ASAKI
Foods Industry Group

要 旨

夏の高温期に大都市圏に出荷されるニラの輸送環境を評価するため、新たに積算温度によるコールドチェーン評価を試みた。その結果、ニラ調整場への高温搬入やトラック積替え時の待機等による高温滞荷やトラック輸送中の温度上昇を確認した。また、輸送距離の長さや積算温度によるコールドチェーン評価は必ずしも一致せず、大分から大阪までの遠距離輸送の方が、近距離の大分から福岡までの輸送よりも評価値が高く、拠点となるトラックステーションでの積替えを含む積み替え回数が多い輸送ルートでは、同じ大分からの輸送であってもコールドチェーン評価値は低かった。

1. はじめに

本県の JA は、従来個別に出荷されていたニラを一本化し、効率的な生産出荷体制に組み替え、統一ブランドで首都圏の大規模需要にも対応できる産地形成を進めている。同時にそれに対応した流通体系の効率化と鮮度保持技術が課題となっている。

一方、青果物の鮮度保持技術は、1965年に科学技術庁から「コールドチェーン勧告」が出されて以来、JA等に青果物流通プロセスの低温化が広く定着しているが、勧告以来40年以上が経過し、基本的なミスに起因する課題も散見される。特に夏の高温期出荷で黄化・腐敗などの鮮度保持上の問題が生じている。

そこで本県のニラ生産・流通体系の特性を踏まえ、夏場の流通技術上の課題を抽出・分析するため、データロガーを用いて県内の出荷拠点2カ所から大阪市及び福岡市の中央卸売市場までの温度調査をおこなった。

輸送中の個包装温度は環境条件によって変化するが、青果物に与える影響をできる限り小さくするためには、安定的な低温管理が重要である。そこで、変動する温度変化を評価するため、基準温度(15℃、20℃)を設けて積算温度によるコールドチェーン評価を行った。

2. 実験方法

2.1 輸送温度調査

○供試品目：県内の2カ所の選果場で調製、100g50束入包装されたニラ(品種：グリーンベルト、タフボーイ)

○期間及び対象ルート

1) 2009年7月4日 15:30 開始。

JA-O 予冷施設～大阪中央卸売市場(大阪市大阪市福島区野田)

2) 平成21年7月4日 15:30 開始

JA-O 予冷施設～福岡中央卸売市場(福岡市博多区那珂)

3) 平成21年7月6日 10:00 開始

JA-N 選果場～大阪中央卸売市場

○使用機器：サーモクロン G(KN ラボラトリー社製)及び放射温度計(SATO 製)おんどり Jr.TR51S(T&D 社製)

○サンプルおよびロガー設定：無作為抽出で段ボールを2つの抽出し、さらに無作為で2つの包装を抽出して内部にデータロガーを貼付した。

○輸送条件：2拠点の運送を担当する運送会社で配送ルートおよび輸送温度設定等の聞き取りを実施。

2.2 積算温度(AT:Accumulated Temperature)

実際の輸送中環境温度の変化の評価には、時間と温度を反映させる必要がある。そこで、積算温度の考え方を導入した。すなわち、ニラの品質に影響を及ぼすと考えられる温度帯15～20℃を基準温度としてあらかじめ設定し、これを越える温度帯に置かれる間に記録される温度と時間(データロガー設定5分)の積(グラフ上の長方形面積)を単位に経過時間で積分し、基準温度を超える積算温度を「HAT」越えない温度を「LAT」として算出した(Fig.1)。またそれ

それぞれの割合を全積算温度で除して「HAT%」「LAT%」として算出した。

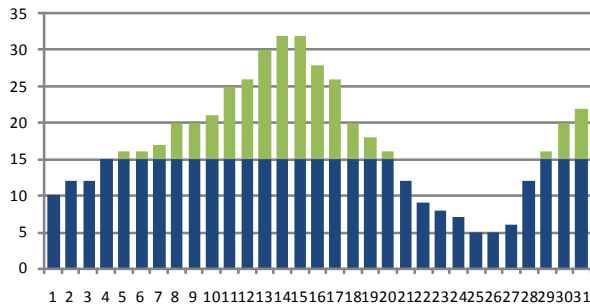


Fig.1 Accumulated Temp 15°Cbasis
 ■ T ≥ 15°C HAT: Higher Accumulated Temp
 ■ T ≤ 15°C LAT: Lower Accumulated Temp

- HAT(°C) = Σ 基準温度以上の温度 (Fig.1)
- LAT(°C) = Σ 基準温度未満の温度 (Fig.1)
- HAT% = HAT / (HAT + LAT) × 100
- LAT% = LAT / (HAT + LAT) × 100

2.3 還元型アスコルビン酸

品質指標としての基準温度を設定するため、供試ニラの100g包装の一部を用い、包装のまま5、10、20、25°Cのインキュベータに保存した。試料は、包装単位で10%メタリン酸抽出を行い、直ちにRQフレックスアスコルビン酸キットで還元型アスコルビン酸を測定し、9日目まで測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 ニラ保存温度と還元型アスコルビン酸消長

5、10、20、25°Cで保存した包装ニラの還元型アスコルビン酸の消長をFig.2に示した。一般にニラの保存最適温度は0°C~5°Cとされており、鮮度指標となる還元型アスコルビン酸は、ニラの品質劣化に伴い急速に減少することが知られているが、本実験でも10°C~20°Cの温度帯で5日目を境に急速に減少した。アスコルビン酸の消長から見た一週間程度の短期的な品質維持限界の温度は15°C近辺と考えられた。そこで今回のコールドチェーン評価のための積算温度評価指標については15°C及び20°Cを選択した。

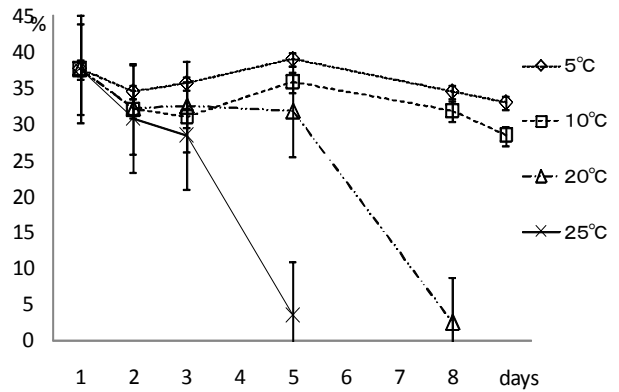


Fig.2 Storage Temperature and Ascorbic Acid of Chive

3.2 ルート別のコールドチェーン評価

3.2.1 JA-O-大阪中央卸売市場ルート

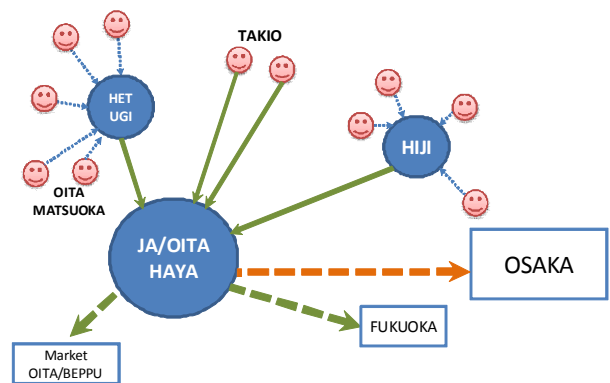


Fig.3 Transport Routes (OITA→OSAKA)

大分市の選果場には、隣接都市や近郊の中間集荷施設に集められたニラが一元的に集荷される。その集荷体系をFig.3に示した。この間、最大で2回の積替えが行われる。この際の持ち込み温度は最低で19°C最高で29.9°Cであった。これらは包装後真空予冷装置で予冷された後に一時的に冷蔵保管されて出荷される。

この後契約冷蔵車両で大阪まで直送されるが、その間の温度設定に関する契約はなく、運送会社の青果用設定温度8°Cを設定温度としている。トラックはニラを積載後、8~10時間前後で大阪中央卸売市場に輸送している。戸次、日出の拠点から大分市に集められるが、この間の保冷は車載空調による。

○輸送中の温度変化

選果場からの温度変化をFig.4に示した。個包装温度は真空予冷で17°Cまで下がるが、時間設定で30分程度の処理時間である。その後の7°C設定の冷蔵庫保管で8°Cになる。出庫時に段ボール(以下Box)の温度は上昇するが、個包装温度(以下Package)の上昇は緩やかである。保冷車の温度設定は8°Cとなっているが、段ボールの温度は13°C程度あり、輸送中もPackage温度は漸増し、市場着荷時のPackage温度は予冷時の8°Cから最終的に13°Cに上昇した。その間のBOX温度の著しい上昇変化は、荷積み

や扉開閉に伴うものと推定されるが詳細は不明。ニラの

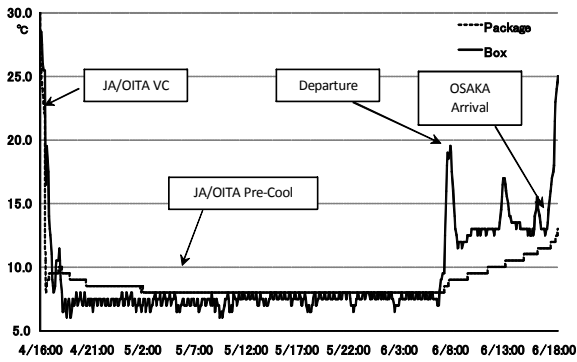


Fig.4 Temp Chart (Oita to Osaka)

最適貯蔵温度は、石井・大久保 1)らが報告しているように 0～5°Cであるが、輸送期間を通じて、15°C以下の期間が長いものの、輸送温度との間に依然差がある。

○積算温度による評価(大分→大阪)

選果場出荷から市場着荷までの間、基準温度以上の温度帯の割合を示す HAT%は、15°C、20°C基準ともに 2.9%であり、15°C以下の割合が多いことが判る。環境温度の影響を受けやすい Box は 15°C基準で 7.7%、20°C基

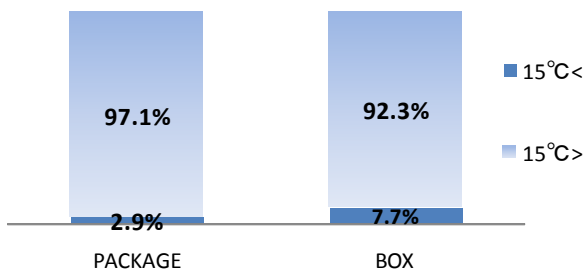


Fig.5 Accumulated Temp(15°Cbasis)Oita to Osaka

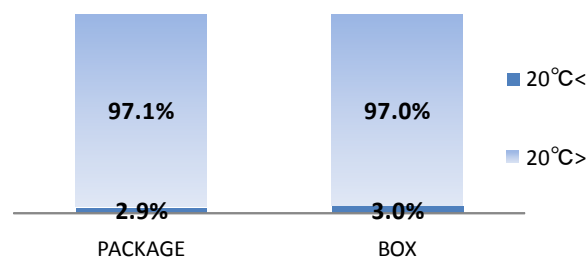


Fig.6 Accumulated Temp(20°Cbasis)Oita to Osaka

準で 3.0%といずれも 10%以下である。

コールドチェーンの機能を高めるためには、この間の温度を 15°C以上に維持される割合を示す HAT%を 0%に近づけることが重要である。

3.2.2 J A-O-福岡市中央卸売市場

温度変化を Fig.7 に示した。大阪市場までの輸送と同様に真空予冷後、冷蔵保管されて出荷される。2 次予冷とな

る冷蔵庫の温度設定は 7°Cとなっているが、緩慢冷却とな

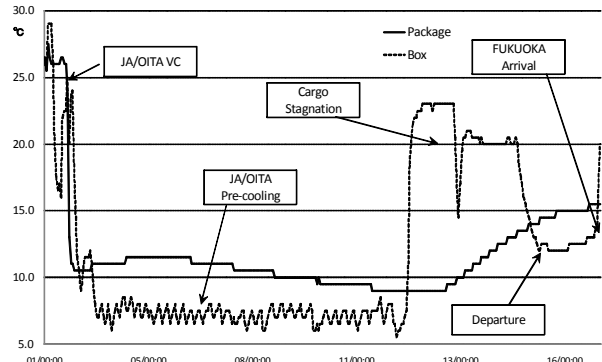


Fig.7 Temp Chart (Oita to Fukuoka)

るため出庫直後の Package 温度は 9°Cまでしか下がっていない。また、選果場内で荷積みまでの待機によるで 20°C以上(Box 温度)の高温滞荷が認められ、Package 温度も比例して上昇し、出荷段階では限界温度の 15°C近くまで上昇した。その後 8°C設定の冷蔵トラックで輸送され Box 温度は 12°Cまで下がるが、Package 温度はそのまま上昇し 14°Cに達した。これを積算温度割合で評価した結果を Fig.8 及び Fig.9 に示した。

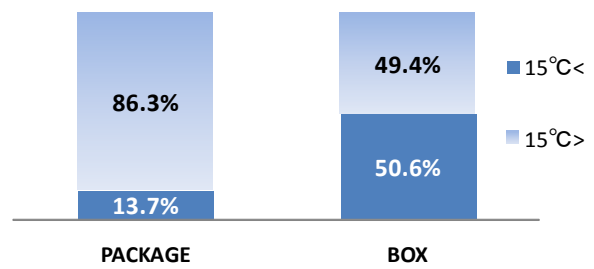


Fig.8 Accumulated Temp(15°Cbasis)Oita to Fukuoka

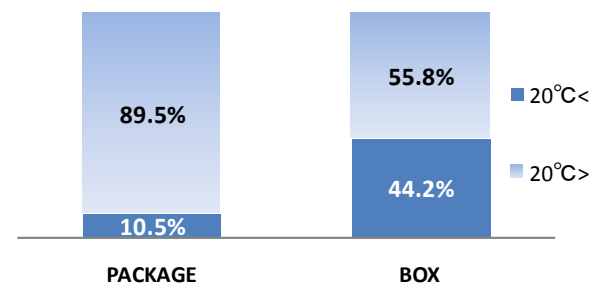


Fig.9 Accumulated Temp(20°Cbasis)Oita to Fukuoka

選果場出荷から市場着荷までの間の HAT%は、15°C基準で 13.7%、20°C基準で 10.5%であり、コールドチェーン評価としては、大阪中央卸売市場向けの荷よりも低い評価値である。また Box の HAT%も高く 15°C基準で 50.6%、20°C基準で 44.2%と極めて高い割合になっている。これは Box によって内部の Package の温度上昇が抑制されていると解釈できるが、Box HAT%は 10%以下にする必要がある。福岡ルートは、所要時間も大阪

の 1/3 程度であり、HAT%は大阪ルートよりも低温維持で輸送可能であり低温化対策を講じる必要がある。

3.2.3 J A-N ー大阪中央卸売市場

野津ー大阪ルートを輸送する運送会社の冷蔵車ステーションは大分市にあり、そこから出発する車両で集出荷施設まで荷受に行き、ステーションに戻って積替・混載して首都圏に運送する方式になっている。このため、積替えや冷蔵車の扉開閉の回数が多くなり、最大積替え回数は大分市ルートの 2 倍に相当する 4 回になっている。(Fig.10)。

このため野津選果場に持ち込まれるまでに、最大 3 回の積替えを経てきたニラが含まれるが、調査開始時のニラは低温管理されており、20℃以下であった。但し、調製後に選果場内で輸送車両に積み込むまでの間、高温滞荷があり Package 温度は 21℃まで上昇していた。

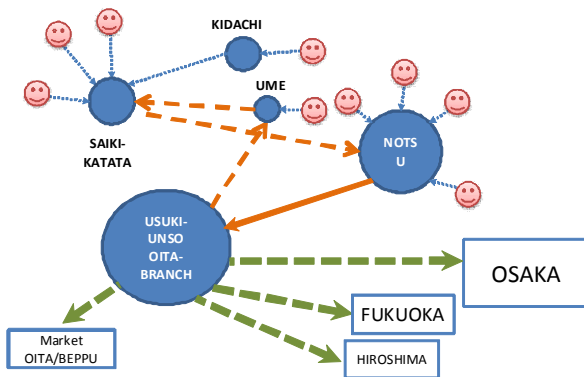


Fig.10 Transport Routes (NOTSU→OSAKA)

高温滞荷はコールドチェーンにとって産地側で避けることが可能な途切れであり、1 時間程度の滞荷であっても、一旦冷蔵庫に入れるなどの処置をすることで回避できる。温度設定条件は、運送会社の既定設定温度(8℃)による。一般に、運送会社では輸送量の問題から、集荷した荷を一旦基幹店ないしトラックターミナルに持ち帰り、積み替え混載して配送先まで輸送する。その際に滞荷等によってコールドチェーンの途切れが生じやすい。

また、JA 側からの温度指定がない限り運送会社では既定の 8℃の温度設定で輸送している。8℃の設定は、広範な青果物の輸送に設定を変えることなく対応できる温度設定という考えによるものと推察される。

冷蔵車両等の表記庫内温度は、外気温 35℃において 40km/h 走行時に、庫内が一定時間経過後に到達できる温度を示すため、輸送期間内の温度を保証するものではない。このため、契約者(JA)と運送会社が温度に関する取り決めをすることが望ましい。また、目的の庫内温度に到達するまでに必要な時間は、外気温度や日照条件、ドアの開閉頻度等により異なるので、外気温が 35℃を超えた場合やドアの開閉を頻繁に行った場合等は庫内が設定温度に到達しない場合がある。

野津から大阪市場までの、温度データを Fig.11 に示

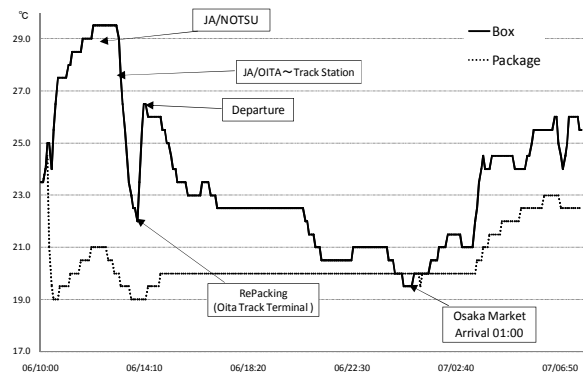


Fig.11 Transportation Chart (Notsu to Osaka)

した。15℃を基準とする積算温度では 15℃を下回る温度になることがほとんどない高温の輸送環境であることがわかる。15℃~20℃の温度からニラの品質低下が著しくなると考えられるため(Fig.1), 全行程がその温度以下に維持されることが望ましい。

これを積算温度で評価した結果を Fig.12 及び Fig.13 に示した。選果場出荷から市場着荷までの間の HAT% は、15℃基準で 100%, 20℃基準で 86.6%と極めて高く、Box では、20℃基準でも HAT%98.0%となっている。

これは低温流通がコールドチェーンとして機能していないことを示している。早急に輸送トラックの低温管理対策を含めて低温化対策を講じる必要がある。

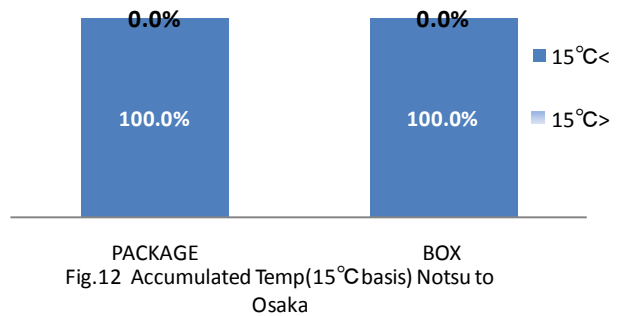


Fig.12 Accumulated Temp(15℃basis) Notsu to Osaka

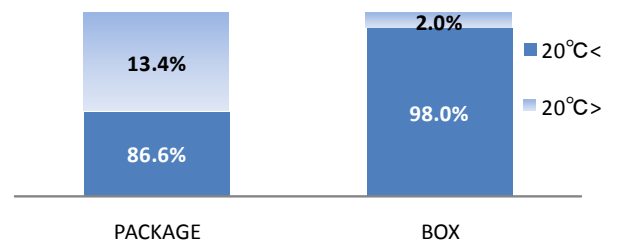


Fig.13 Accumulated Temp(20℃basis) Notsu to Osaka

4. まとめ

1. 包装ニラを 5, 10, 20, 25℃の各温度で保存し、還元型アスコルビン酸を 9 日間測定した。還元型アス

コルビン酸は 10℃～20℃の温度帯で急激に減少した。そこで、15℃20℃をニラの品質に影響する基準温度とした。

2. 基準温度を上回る温度の積算値を HAT, 下回る温度の積算値を LAT とし、全積算温度の比を積算温度割合 (AT%) とし、コールドチェーン評価を行った。
3. 大分から大阪中央卸売市場までの個包装の HAT% は、15℃, 20℃基準ともに 2.9% であり、15℃以下割合が高い。環境温度の影響を受けやすい段ボールの HAT% は 15℃基準で 7.7%, 20℃基準で 3.0% といずれも 10% 以下であった。
4. JA-O から福岡市中央卸売市場まで個包装の HAT% は、15℃基準で 13.7%, 20℃基準で 10.5%。段ボールの HAT% は、15℃基準で 50.6%, 20℃基準で 44.2% となっており、福岡ルートは近距離にもかかわらず遠距離の大阪ルートの方がコールドチェーン評価値が高い。
5. JA-N 野津選果場から大阪中央卸売市場までの間の個包装の HAT% は、15℃基準で 100%, 20℃基準で 86.6% と極めて高く、段ボールでは、20℃基準でも HAT% 98.0% となっておりコールドチェーンが機能していないことを示していた。

参考文献

- 1). 石井勝・大久保増太郎: 園芸学雑誌 (J. Japan. Soc. Hort. Sci.) 52(4): 476-483 (1984)
- 2). 早川昭他: 食総研報 (Rept. Natl. Food Res. Inst.) No. 40.82-88 (1982)
- 3). 富沢知成他: 東北農業研究 (Tohoku Agric. Res.) 37, 255-256 (1985)
- 4). 岩田隆: 園芸学雑誌 (J. Japan. Soc. Hort. Sci.) 54(1): 121-125 (1985)
- 5). 石川豊: 食糧—その科学と技術—41-57 (1998) 農林水産省食品総合研究所編
- 6). 徳田正樹他: 大分県産業科学技術センター試験研究成績書 (2009)
- 7). 名和義彦他: スポット保冷技術の開発および微細孔機能性フィルムを利用した個包装技術の開発 (1997) 農林水産省食品総合研究所編