

寒冷地における野菜の保鮮流通技術

横 井 正 治

(青森県畑作園芸試験場)

Technical Studies on Freshness Retention of Vegetables
under Cool Weather Condition

Shoji YOKOI

(Aomori Field Crops and Horticultural Experiment Station)

1 寒冷地における野菜の予冷

東北地方のなかでも、北部と南部では野菜の種類と作型を異にすることが多い。南端の福島県は、東京に近く、都市近郊型野菜産地といってよい。反面、青森、岩手県北部地域は、夏期間の気温が低く、長野、群馬の中部高原野菜産地と類似気象条件下にあり、この夏期冷涼な気象条件を生かした、夏期から初秋にかけて生産、出荷をする、夏出し野菜産地へと進行している。しかも、中央市場に遠隔の輸送園芸地帯である。

青森県を例にとると、京浜中央青果市場までトラック陸送で10数時間の出荷輸送時間を要し、中京、阪神市場に出荷する際は20時間以上の輸送時間がかかっている。これでは、夏場に生産した葉菜類を常温下で輸送出荷すると、市場に到着した時点で、葉が萎凋するなどして鮮度が低下したり、一部腐敗するなど品質低下が著しく、商品価値を失うことが多い。

以上の背景から、青森県の野菜は長時間の出荷輸送にも耐え得る、輸送性の強いナガイモ、ニンニク、スイカなどに重点をおいた産地化をすすめてきた。ちなみに青森県におけるナガイモ生産は、約70億円、ニンニク約40億円、スイカ約20億円(53年度)で、ナガイモ、ニンニクの生産はわが国第1位、スイカは4~5位にランクされ、県野菜総生産額約300億円の主幹となっている。

しかし、このように輸送性が強く、寒冷地に適した野菜の品目は数少ないため、品目が限定される。本県のナガイモは県南地方に産地が集中しているが、ナガイモ産地では、2、3年前まで価格の堅調もあって、産地の畑地全面にナガイモが植え付けられ、10ケ年も連作している畑も少なくない。ナガイモ単品産地の連作により、近年、曲り芋、屑芋の増加等品質の低下、褐色腐敗病の発生もみられるなど連作障害により生産性の低下が問題化されている。一方、津軽地帯の屏風山地域に代表されるスイカ産地も、40年に産地化されてからすでに10ケ年以上を経て、急性萎凋障害が多発するなど、連作障害による生産の低下が深刻化している。

このような、単品産地一連作一生産性の低下一産地移動を回避するためには、野菜産地といえども豆科、禾本科作物との組合せによる輪作体系が望まれるが、現実的には、野菜産地へ収益性の低い禾本科や飼料作物の導入は困難で、果菜、葉菜、根菜の組合せか、3、4品目の異科野菜の輪作体系化への誘

導が望まれる。したがって本県の野菜産地は、主幹野菜を中心にした既存産地にローテーション作物として数種の野菜を導入し、輪作体系を確立し、野菜の生産安定と産地定着を図る必要がある。

以上の多品目野菜産地の方向づけから、従来の輸送性の高い品目ばかりの栽培ではなく、収穫後鮮度が低下し易い、葉、果類の栽培、生産が加わるため、野菜の鮮度保持、即ち、野菜の保鮮流通技術が重要課題になる。幸にも、高速交通化が進展し、近い将来東北自動車道が完成し、開通した暁には、青森から東京市場まで陸送8時間と出荷時間が短縮されるため、鮮度保持の困難な、葉、果菜類の産地化が従来より有利に展開できると思考されるが、競合産地の関連からも、より品質、鮮度の保持による商品性の向上が重要となろう。

わが国の野菜産地は、西南暖地に施設園芸が普及するなどして、周年、生鮮野菜の生産供給が行われているが、夏期高温なわが国においては、夏場の野菜生産、供給は、夏期冷涼な気象条件である中部高冷地に対応している。ところがこの地域も今後観光開発がすすむ様相がみられる。したがって近い将来、北東北、北海道がわが国夏場の野菜生産供給産地の色彩が強まるものと思われる。夏場に生産した野菜を、関東、西南暖地の高温多湿な大消費地に供給するためには、予冷して鮮度を落さずに市場、消費者に新鮮な野菜を供給することが、野菜流通上肝要になる。2～3年前から当場で予冷に関する試験研究をすすめているので、野菜の予冷について問題提起をしてみたい。

2 予冷方式と得失

野菜を収穫してから、出荷前に、野菜の品温を短時間に早く冷却させる処理を予冷（Precooling）といっている。野菜の品温が高いと収穫後呼吸作用が旺盛になって、水分が蒸散して萎凋したり、呼吸熱

表－1 低温に弱い野菜の限界温度と障害の症状

種 類	温 度 (°C)	症 状
インゲン豆	7.2 ～ 10.0	ピットティング、変色
キュウリ	7.2	ピットティング、水浸状斑点、腐敗
ナス	7.2	ヤケ、アルタナリア菌による腐敗
メロン (カンタローブ種)	2.2 ～ 4.4	ピットティング、表面の腐敗
スイカ	4.4	ピットティング、不快臭
ピーマン	7.2	ピットティング、種子の褐変
ジャガイモ	3.3 ～ 4.4	褐変、糖の増加
カボチャ	10.0	腐敗（アルタナリア菌）
サツマイモ	12.8	ピットティング、内部変色
トマト		
成熟果	7.2 ～ 10.0	水浸状軟化、腐敗
未熟果	12.3 ～ 13.9	追熟不良、腐敗（アルタナリア菌）

（Ashrae : Guide and Data Book 1968 より）

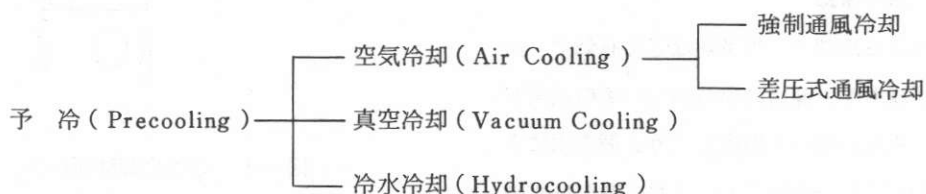
注）貯蔵温度が記載の温度以下になると障害が現われる。

表－2 野菜の蒸散特性

区 分	品 目
温度低下により蒸散量が極度に低下するもの	バレイショ、カンショ、タマネギ、カボチャ、キャベツ、ニンジン、スイカ
温度低下により蒸散量も低下するもの	ダイコン、カリフラワー、トマト、エンドウ、メロン
温度にあまりかわりなく蒸散の激しいもの	セルリー、アスパラガス、ナス、キュウリ、イチゴ、ホウレンソウ、マッシュルーム

で腐敗するなど鮮度と品質が低下する。したがって、鮮度を保持するには、収穫後できるだけ短時間に、低温障害を起さない限界低温（表－1）まで品温を低下させて呼吸作用を抑制する。また、野菜の種類によって蒸散特性が違うので表－2に示した。

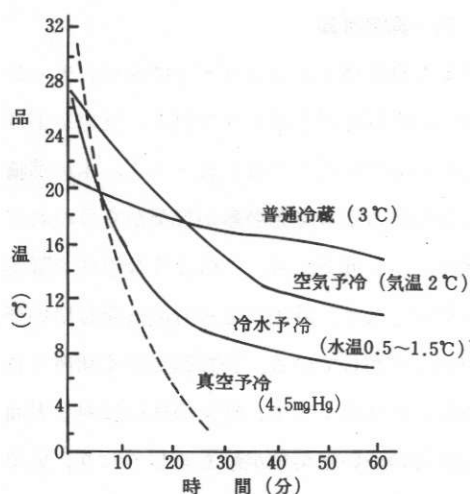
わが国で実用化している予冷方法は次のように大別される。



一般の冷蔵庫は、冷却能力が低く、目標品温までの冷却時間は20時間も要するので予冷库とはいわず、予冷した野菜を低温下で一時保管する保冷库といっている。したがって空気冷却の予冷は、強制通風冷却と差圧式通風冷却をいう。これらの予冷方法の冷却時間をスイートコーンで万豆氏らが行った結果を図示した（図－1）。図の普通冷蔵は一般の冷蔵庫、空気予冷は強制通風冷却で、冷却速度は、真空がもっとも早く、次いで冷水冷却、強制通風冷却の順となっている。以下、各予冷方法の得失にふれてみたい。

1) 空気冷却

一般の冷蔵庫より冷凍機の容量と風量を2倍位にし、強い冷風をダンボール箱に吹きつけて冷却する‘強制通風冷却’は、野菜の品温を8～12時間で3～5℃に冷却できるが、庫内の積付け場所によって温度ムラが生じ易く、また、冷却時間が長いため翌日出荷となる。しかし、各種野菜の冷却ができ、風量を調整すれば保冷库（一般の冷蔵庫）に兼用でき、取扱いも簡単なので広く用いられている。



図－1 予冷方法とスイートコーンの冷却速度（万豆ら、1966）

強制通風冷却より冷却時間が短い“差圧式通風冷却”は、冷気をダンボール箱等の容器の中を通して吸引する方式で、各種野菜の予冷に使える。また、差圧を止めて保冷库にも使えるため、近年注目され普及しつつある。冷却時間は強制通風冷却より1/2から1/3に短縮できる。

以上の空気冷却方法は、後述する真空冷却法より設備費が低廉で、予冷施設以外に保冷と貯蔵庫に使用でき、さらにこれら予冷施設は多品目の野菜を同時に予冷できる長所がある反面、冷却時間が真空冷却より長時間を要する短所がある。

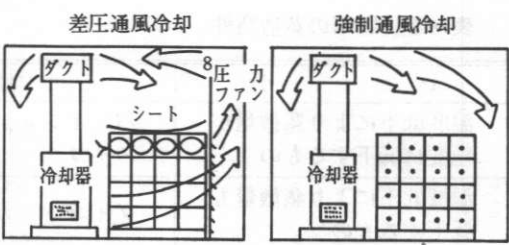
2) 冷水冷却

冷水による冷却で、果菜類などに有効で、冷却中に目減りや、凍害の恐れがない等の長所があるが、水流が強いと損傷したり、循環水による微生物汚染の恐れがあり、また、野菜は水ぬれするなど、わが国では使用例が少ない。

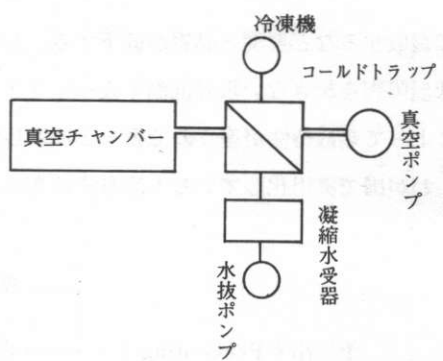
3) 真空冷却

野菜を真空槽（チャンバー）に入れ、チャンバー内の空気を真空ポンプで引き、圧力を下げると水の沸点が低下する（表－3）。水が沸騰して気化するとき蒸発潜熱が野菜から奪われて急激に品温が低下する。このような原理で野菜を冷却するため、減圧下で水分の蒸発し易い野菜の予冷に適している。長野県で多く利用されているレタスのように、野菜の体積に対し表面積の割合の多い葉菜類が最も適しており、果菜や根菜の冷却には適していない。

しかし、青森県の東北町農協の予冷施設にみられるように、真空冷却に不向きなダイコンを真空予冷库で予冷している。これは、葉付きの生ダイコンで、出荷輸送中に葉の萎凋と黄化を防ぐためにダイコン根部の予冷ではない（図－4）。



図－2 差圧式と強制通風式の例



図－3 真空冷却装置の例

表－3 水の圧力と沸点、蒸発潜熱

圧 力 mm Hg = Torr	沸 点 ℃	蒸 発 潜 熱 Kcal/Kg
760.0	100	538.8
400.7	83	549.3
301.5	76	553.5
205.0	67	558.9
102.1	52	567.6
30.0	29	580.8
19.8	22	584.8
17.5	20	585.9
15.5	18	587.0
13.6	16	588.1
12.0	14	589.3
10.5	12	590.4
9.2	10	591.5
8.04	8	592.6
7.01	6	593.8
6.54	5	594.3
6.10	4	594.9
5.68	3	595.4
5.29	2	596.0
4.93	1	596.6
4.58	0	597.1

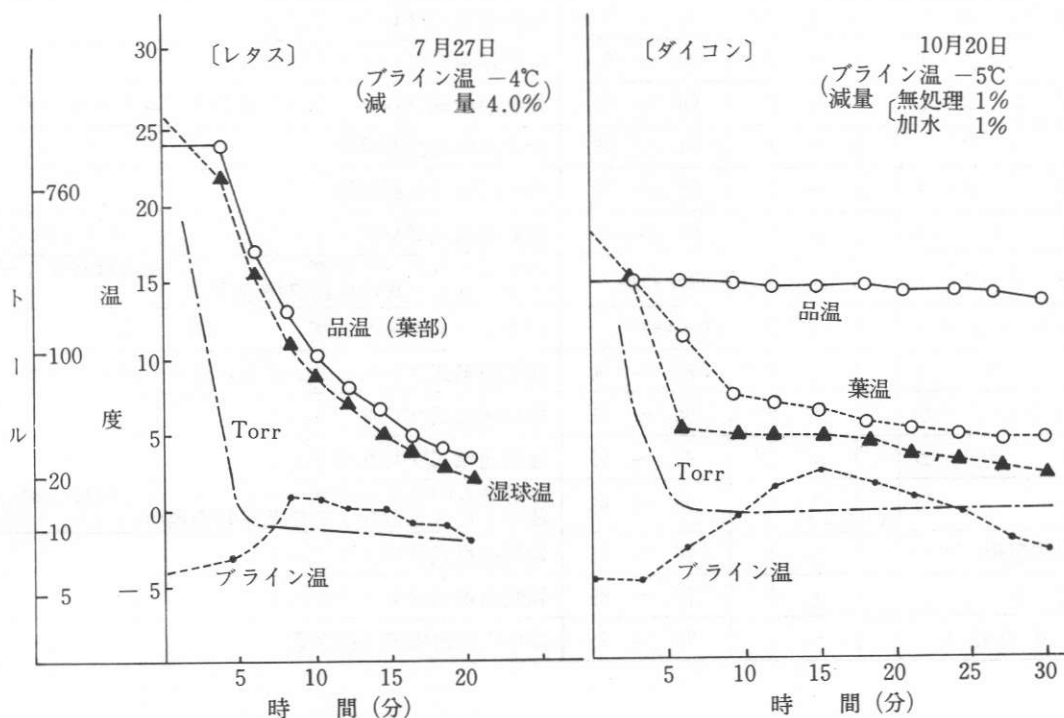


図-4 レタス、ダイコンの真空予冷の冷却速度（青畑園試，1978）

真空冷却の機構例を図示（図-3）したが、気密室の真空チャンバーに野菜を入れ、真空ポンプでチャンバー内の空気を引くと、チャンバー内は減圧状態になり、野菜の水分が気化するが、5 mmHg（5 Torr）減圧下では、1 ccの水が19万ccの水蒸気になるため、コールドトラップ（冷却コイル）で水蒸気を水に戻して排除する。また、わが国では、チャンバーを2個並設した2連型が殆んどで、これは交互に運転し、減圧時間と電力の節減、さらに能率を高める長所がある反面、多くの設備投資がかかる短所もある。

また、野菜から水分を蒸発させ、気化熱で冷却するため、短時間に冷却できるので萎凋するのではないか、という疑問が生ずるが、20分前後の予冷処理で蒸発する水分は約3%であるから、商品性低下で問題になるような萎凋はしない。

以上の野菜予冷方法の特質から、強制通風、真空方式が主体となり、今後、差圧通風が普及するものと思われる。

表一 4 青果物の種類と冷却温度及び湿度（科学技術庁）

品 目	冷却目標品温	保持目標湿度	冷 却 方 法
キ ャ ベ ツ	3 ± 2℃	90 ～ 95%	強制通風式プレクーリング
キ ュ ウ リ	7 ± 2	90 ～ 95	強制通風式プレクーリング
ニ ン ジ ン	3 ± 2	90 ～ 95	強制通風式プレクーリング及びブルームクーリング
ハ ク サ イ	0 ～ 1	90 ～ 95	冷蔵倉庫で長期保管
タ マ ネ ギ	0 ～ 1	70 ～ 75	冷蔵倉庫で長期保管
レ タ ス	3 ± 2	90 ～ 95	強制通風式プレクーリング及びバキュームクーリング
セ ル リ ー	3 ± 2	(90～95)	バキュームクーリング () 内湿度はバキュームクーリング後の保持目標湿度
ブロッコリー	3 ± 2	(0～95)	バキュームクーリング 同 上
ト マ ト	7 ± 2	85 ～ 90	強制通風式プレクーリング及びブルームクーリング
ホウレンソウ	3 ± 2	90 ～ 95	強制通風式プレクーリング
イ チ ゴ	3 ± 2	90 ～ 95	強制通風式プレクーリング
リ ン ゴ	3 ± 2 (0～2)	90 ～ 95	非貯蔵ものはブルームクーリング () 内は産地冷蔵庫（CAも含む）で長期保管の場合
早生温州ミカン	3 ± 2	90 ～ 85	強制通風式プレクーリング
甘 夏 カ ン	7 ± 2	75 ～ 85	強制通風式プレクーリング
二十世紀ナシ	0 ～ 1	90 ～ 95	産地冷蔵倉庫で長期保管

3 差圧式通風予冷技術

野菜の鮮度保持のための予冷技術は、冷却時間の短い真空冷却が、空気冷却よりすぐれているが、表面積の大きい葉菜類以外の予冷には不適であるため、各種野菜が短時間で冷却可能な予冷技術が望まれていた。

空気冷却は各種野菜の冷却ができるが、強制通風でも、目標品温までの冷却時間が約10時間を要するので、強制通風より短時間で冷却可能な空気冷却法として、差圧式通風予冷があげられる。しかし差圧式について、わが国では技術的に確立されていないため、昭和53年度から、農林水産省食品総合研究所の協力で、長野県農業総合試験場（主査）、千葉県農業試験場と青森県畑作園芸試験場の3場所共同で差圧予冷技術確立のための総合助成試験研究を行っている。

試験内容は、野菜の収穫時期等冷却前条件と予冷効果、外包装・内包装と予冷・保冷効果、野菜の形態別ダンボール箱の積付方法と冷却、などの、差圧式予冷の基礎技術について、各場所が品目を分担して試験を継続している。

現在までの研究結果の一部について報告する。

(1)ニンジンとダイコンの冷却時間と静圧の関係は、40 mm Agが30、20 mm Agより冷却時間が短縮された（53年）。

(2)ニンジンとダイコンでは、ダンボール箱の通気孔率を3～4%にして、4～5時間で品温3℃まで

冷却できた（53，54年）。

(3) ニンジンでは、ダンボール箱の通気孔率が5%以上の条件で、予冷後の品温上昇速度が早まった。また、減量は、通気孔率が大きく、静圧の高い条件で増加した（54年）。

(4) トマトでもダンボール箱の通気孔率が増加するとともに冷却時間が短縮される傾向がみられたが、差が小さく、静圧による差も少なかった（54年、図-5）。

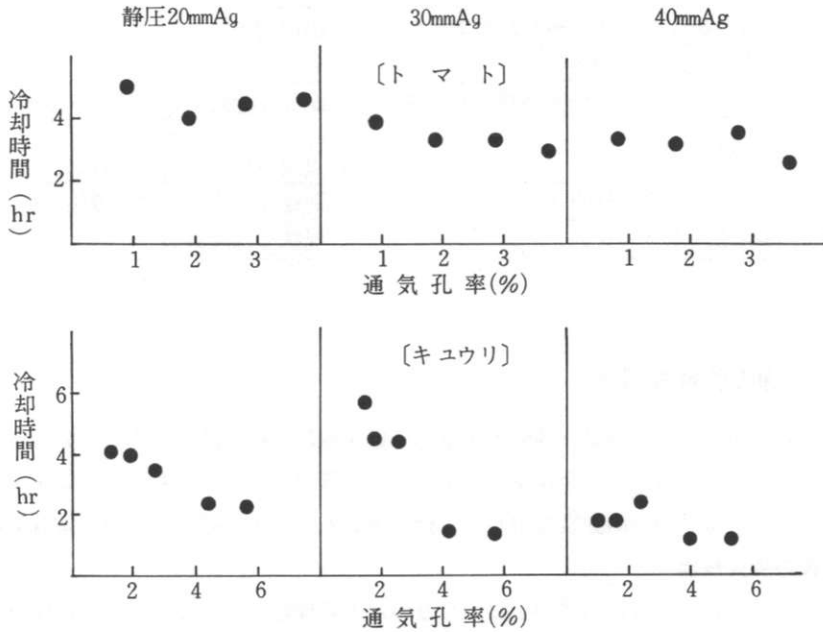


図-5 通気孔率と冷却速度（青畑園試，1979）

(5) キュウリではダンボール箱の通気孔率が増すにつれ冷却時間は短縮され、同一静圧の場合、通気孔率4～6%で冷却時間が一定となった。静圧との関係では、40mmAgの場合、通気孔率による冷却時間の差は少なかった（54年、図-5）。

(6) ダンボール箱の通気孔率と圧縮強度は、通気孔率の増加とともに低下するが、通気孔率1.5～4%間では最大圧縮荷重に大きな差はみられなかったが、5%を越すと強度が劣る傾向がみられた。

このほか、選果サイズ別冷却速度は、小型のものほど早く、ダイコンでは根型により差がある等の結果を得た。

長野県農業総合試験場、千葉県農業試験場でも、各種野菜の差圧式通風冷却の効果が確認され、55年度最終年次終了後、差圧予冷技術として集約される予定である。

差圧式通風予冷は強制通風予冷より、冷却時間が大幅に短縮されるので、今後、真空予冷ともども普及されると思われる。差圧、真空の特徴を表にまとめてみた（表-5）。

表－5 差圧通風と真空冷却の特徴

項 目	差 圧 通 風 冷 却	真 空 冷 却
適 用 品 目	全 品 目	レタス・ほうれんそう・ブロッコリー・セルリー・ウォータークレス・にら・しゅんぎく・みょうが等 表面積／個体容積の大きい品目に効果が 高い（加湿による品目拡大）
入庫前の品温と予冷時間	高温ほど長時間を要す。4～6時間	ほとんど影響なし 20～30分
冷却の均一性	容器のあな，風向と積みかたでちがう。	迅速均一
積 込 量	庫内容積の60％内外	90％内外
除 湿	除湿機をつけても真空冷却より劣る	かなり除湿効果が高い。3～5％減量
フィルム包装	冷却効果が劣る	ほとんど変らない。 真空包装物は効果がない。
保 冷 庫	兼用できる（一時的）	別途保冷库が必要。兼用不能
施 設 費	真空冷却よりも安い	現状では高あがり

4 野菜保鮮流通の改善問題点

野菜の保鮮流通の予冷は，中央市場へ遠隔の北東北の野菜産地では，必要かくことのできない施設といっても過言ではない。しかし石油エネルギーを始め，電力等が高騰している現状をふまえ，今後，積極的に導入されつつある野菜の予冷施設を中心に，野菜保鮮流通上の問題点についてふれてみたい。

1) 予冷施設の導入規模

予冷施設の産地導入は，産地目標年次の1日当たりの最大処理量によって予冷库の規模を決定することが多いが，一般に日最大処理量の期間が5～15日間と短い場合が多い。したがって導入規模はやや小型とし，生産処理量が過剰な一定期間は，1日当たりの運転時間を延長して処理するようにし，過大規模の導入をしないこと。

2) 施設の稼働期間の延長

予冷施設の稼働期間を延長するため，単品産地では，作期幅の拡大を図ることが必要で，多品目産地でも，作型と時期的生産，処理量を考慮し，品目，作型，面積配分等を十分検討し，計画生産に努める。

3) 施設利用の拡大

予冷施設の利用は，西南暖地では夏期だけではなく，年間の利用度が高いが，北東北においては，夏～秋期に限定されるので，予冷処理前，後の施設の利用を考えたい。空気冷却庫は，冬期野菜の貯蔵施設として利用するとよく，真空冷却では，青森県東北町農協で真空ポンプを利用して，真空凍結乾燥施設を稼働させ，ナガイモの傷芋や屑芋をパウダー化し，2次加工に廻している例がある。

4) 予冷施設の高度利用技術の開発

技術面では，各予冷施設で，2種類以上の野菜を同時に予冷する技術の確立。真空，空気冷却両施設を利用して，より効率的な予冷技術の開発研究が必要である。

5) 市場における予冷品の保管

産地予冷が進展しているが，予冷野菜の市場における受入体制が弱いいため，保管施設の完備が望まれる。