

# 青果物物流見直しによる国産品供給力強化に関する実証的研究

尾 碕 亨\*・樋 元 淳 一\*\*・本 多 芳 彦\*\*\*

## Substantial Study for Domestic Product Reinforcement of the supply power in Fruits and Vegetable

Toru OZAKI\*, Junichi HIMOTO\*\* and Yoshihiko HONDA\*\*\*  
(Accepted 11 December 2015)

### 1. 目的と方法

TPPが大筋合意した。今後、わが国の食料供給はますます国際化が進展し競争が激化することが想定される。青果物においても早晩国際化の影響を受けることが想定され、そうした状況に対応していくためにも青果物の物流を見直していくことが不可欠である。

本研究では、長ねぎを事例とし、第1に、農産物物流経済学視点から長ねぎのリユース容器を利用した物流コスト削減方策を検討する。青果物物流において近年導入が進められているリユース容器は、3Rの中でも省資源貢献度の高い容器である。ヨーロッパでは物流容器としてだけでなく小売陳列容器として使用され生産から小売までのトータル物流において効率化をもたらしている。第2に、現在、量販店で販売されている長ねぎの販売荷姿は、緑葉部分のカット、根のカット、外皮もはがされた状態で販売されており、品質面から見ると品質劣化を加速させる販売荷姿形態となっている。本研究では、農産物流通工学の視点からねぎの品質維持に最も適した物流および販売荷姿を検討する。

第3に、現在長ねぎの葉の緑部分は、大部分がカットされ廃棄されているのが現状である。しかし現在、廃棄されている緑葉部分も食用として利用可能であり未利用資源としての価値は十分あると考える。本研究では、新商品開発の視点から廃棄されてきた大量の緑葉部分の商品化を検討する。

本研究課題を解明するため、北海道音更町にあるA農協の協力により調査を実施した。

### 2. 長ねぎの物流経済学的考察

#### 1) 長ねぎの生産と物流

いうまでもなく北海道は、全国でも有数の食料供給基地として多くの農産物を本州に出荷販売している。青果物、特に野菜生産も年々供給を増大してきたが、今回対象とする長ネギに関しては北海道の生産はそれほど多くない(図1)。2011年で見ると全国に占める面積割合で3.8%、収穫量は5.8%となっている(図2)。

北海道の長ネギ生産は、2000年前後をピークとして減少傾向にあり、近年も横ばい微減傾向にある。2011年の生産面積は906ha、収穫量が27,100tとなっている(図3)。北海道の長ねぎ生産量は少ないとはいえ道外への出荷も行っている。

また、長ねぎは1990年代後半以降のアジア地域、特に中国からの輸入の増大によりセイフガード(緊急輸入制限)の暫定処置が発動された3品目(生しいたけ、ねぎ、い草)のなかの1つである。その後、中国野菜の安全性等の問題から一旦は長ねぎの輸入も減少したが、近年、また長ねぎの輸入が増加しつつある(図4)。輸入先は、やはり中国からが多く全体の9割を占める(図5)。

今回、調査を行ったA農協の長ねぎ生産者数も2010年以降ほとんど変わっておらず、2014年は41人であった。生産面積も、わずかな変化はあるが

\* 酪農学園大学農食環境学群食と健康学類物流科学研究室

Food Logistics and Science, Department of Food Science and Human Wellness, College of Agriculture, Food and Environment Sciences, Rakuno Gakuen University

\*\* 酪農学園大学農食環境学群食と健康学類食品流通技術研究室

Food Distribution Technology, Department of Food Science and Human Wellness, College of Agriculture, Food and Environment Sciences, Rakuno Gakuen University

\*\*\* 酪農学園大学大学院特任教授

Rakuno Gakuen University Graduate School Special Appointment Professor

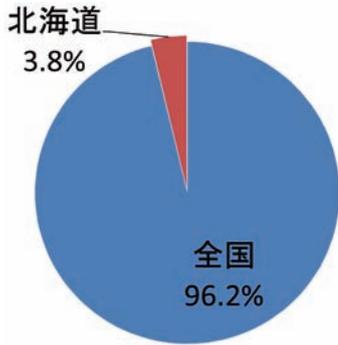


図1 ねぎ占有率（面積，ha）

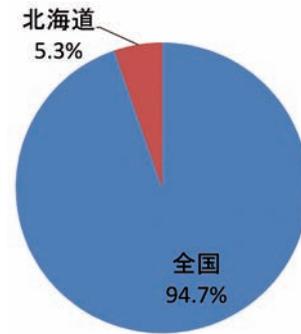


図2 ねぎ占有率（収穫量，t）

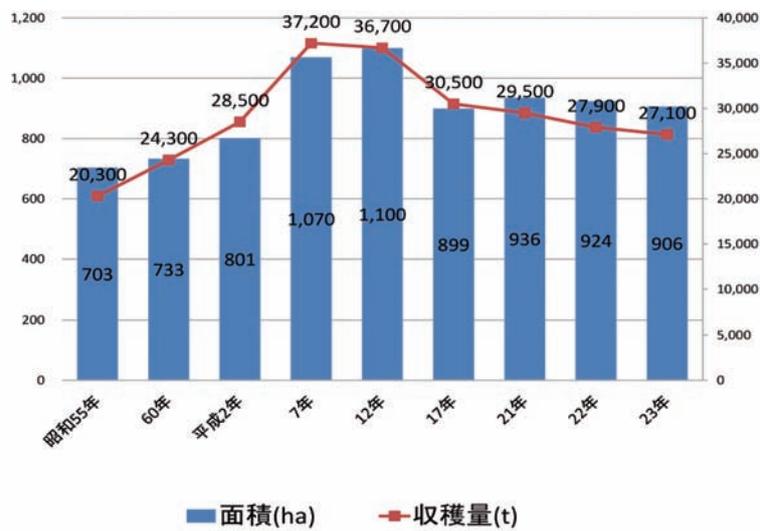


図3 北海道 ねぎ生産

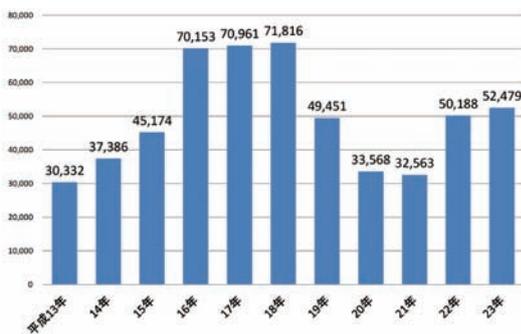


図4 ねぎ輸入量 (t)

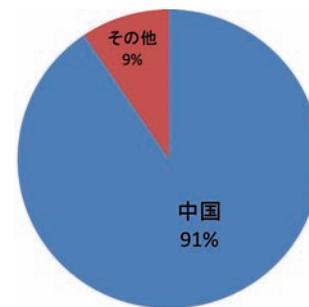


図5 ねぎ輸入先 (%)

2,400 a 前後で推移している (図6)。価格も年々低下傾向に有り、特に2013年は前年に比べて280円/箱と大きく下落した。こうしたことも生産者が増えない要因の一つと考えられる。こうした状況のなか生産者の中には、今後長ねぎ生産を続けるか否かを検討したいなどの厳しい議論も出てきている (図

7)。

2) 長ねぎの物流

道外への出荷販売も減少傾向にある長ねぎではあるが、今回、調査したA農協産の長ねぎは、現在でも道外に出荷販売している。

A農協の長ねぎ物流は、収穫前の長ねぎの葉の先

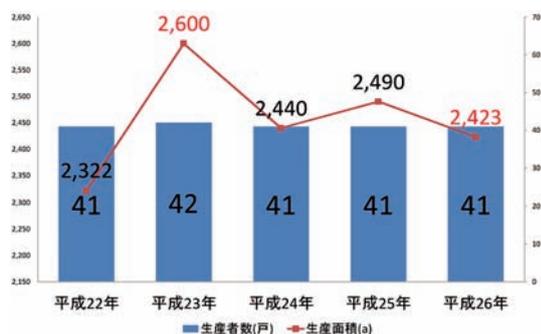


図6 長ねぎの生産者と作付面積



図7 長ねぎの販売価格

の方の緑部分を草刈り機で切る作業から始まる。A農協の長ねぎ収穫は収穫機で行われている。収穫された長ねぎは、一定数量ずつ長方形の網目上のシートで巻かれ、鉄コンテナに縦てて入れられる。縦にするのは長ねぎの曲がりをするだけ防ぐためである。鉄コンテナに入れられた長ねぎは、フォークリフトでトラックに乗せられ、JA集出荷場まで運ばれる。集出荷場では、長ねぎの選果基準に基づき選果荷造り作業が行われる。集出荷場まで運ばれた長ねぎは、シートに巻かれた状態で長ねぎの選果作業台まで運ばれる。続いて長ねぎの根と葉を切る機械に1本ずつ並べられる。機械で根と葉部分が切られた長ねぎは、さらにエアーを利用して1本ずつ長ねぎの外皮を剥く作業が行われる。選果作業で切られた葉や根また剥がれた皮は、ベルトコンベヤーで回収され廃棄物として処理される。皮が剥がれた長ねぎは、計量器で1本ずつ選別され、農協で決められた規格基準に従って選別され数本単位でゴムで根元の方が止められる。根元をゴムで止められた長ねぎは、さらに葉部分をテープで結束される。ゴムとテープで結束された長ねぎは、規格別に段ボールに入れられ、テープでフタをし、生産者番号と規格印を段ボール箱側面に押し、規格別にパレットに積まれる。長ねぎを入れる段ボール箱は、段ボール箱の数が少

なくなり次第組立てられる。パレットに積まれた長ねぎは低温倉庫に出荷まで保管される。ここまでの物流作業で長ねぎ物流作業の1日目が終わる（写真1～写真6）。

長ねぎの物流作業の2日目は、長ねぎの出荷トラックへの積み込みから始まる。荷物の積み込み作業は、出荷先によって異なるが、本州方面へ出荷す



写真1 長ネギの葉を切る



写真2 長ねぎの収穫



写真3 JA集出荷場



写真4 長ねぎの選別荷造



写真5 段ボール箱に入れられた長ねぎ



写真6 リユース容器に入れられた長ねぎ

る場合は、フェリーの出航との関係から午前中に積み込みをおこなう場合が多い。長ねぎの積み込みは、出荷トラック会社の運転手が行う。北海道では、トラックへの野菜の積み込みはパレットごと乗せていくのではなく、パレットから一箱ずつ下ろしてトラックに乗せるのが一般的である（通称、ベタ積みと言われる）。運転手は、トラックの運転だけでなく、

出発地での荷物の積み込み、到着地での荷降ろしも行う。トラックへの荷物の積み込みが終了次第トラックは出発する。今回、輸送実験をおこなった長ねぎは、千葉のB量販店まで輸送するため、トラックは苫小牧港に向かった。トラックの貨物室は、冷蔵冷凍貨物室となっており今回調査したA農協は、トラック貨物室の温度を4度に設定し輸送している。トラックは、夕方苫小牧港に到着しフェリーに乗船し千葉県大洗港まで向かった。フェリーは、収穫から3日目の昼頃、大洗港に到着する。フェリーから下船したトラックは、最初の目的地である千葉県C公設地方卸売市場に向けて出発する。夕方5時頃、最初の目的地であるC市場に到着し、運転手自ら荷物を降ろす。今回の輸送試験の長ねぎもC市場で降ろされた。荷物をおろしたトラックは、次の目的地の市場に向かって出発する。通常、トラックは、複数の目的地（市場）の荷物を載せて輸送している。市場に到着した長ねぎは、市場にあるパレットに必要な数だけ積みまれ、市場の所定の売り場または低温倉庫で保管される。今回、輸送試験をおこなった長ねぎは低温倉庫で保管された。産地での収穫から4日目の午前6時頃市場から長ねぎなどを乗せた配送トラックがB量販店に到着し荷物がバックヤードに降ろされる（写真7～写真12）。

量販店に到着した長ねぎは、開店前に店員によって、すでに産地で結束された長ねぎを段ボール箱から取り出しバーコードラベルを貼り陳列用容器に入れる。陳列用容器に入れられた長ねぎは、店舗の長ねぎ陳列場所まで運ばれ陳列され開店を待つ。長ねぎの販売は、収穫から4日目の販売であった。今回調査した長ねぎの産地から千葉県B量販店までの物流期間は4日間を要した。以上が今回輸送試験を行った長ねぎの物流概要である。



写真7 本州へ出荷するトラック



写真8 フェリーで大洗港に向かう



写真11 千葉県 量販店到着



写真9 千葉県卸売市場到着



写真12 長ねぎの陳列販売



写真10 市場で長ねぎを降ろす

3) 長ねぎの輸送包装容器別産地物流コスト  
 今回、輸送試験を行った長ねぎの産地物流費は、今回調査したA農協では659円/箱である(図8)。この産地物流費は、すべて生産者の負担となり、生産者の販売価格から引き落とされる。販売価格が低下しても産地物流費用は不変であり、価格が低下している現状では、産地物流費は生産者の受取価格を

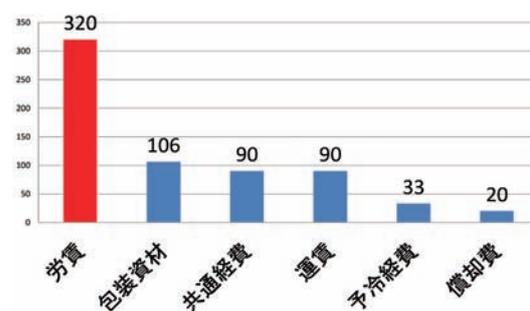


図8 産地物流費 (円/箱)

一層圧迫する大きな要因となる。  
 長ねぎの産地物流費の中で最も多くの物流コストを要している費用は、長ねぎの選果荷造り作業のために要している雇用労賃であり320円/箱であり、産地物流費全体の48.6%と半分近くを占めている(図9)。労賃部分についても早急に検討が必要であるが、これについては別稿で検討する。  
 今回の検討課題は、段ボール箱からリユース容器への転換について検討することである。現状の長ネ

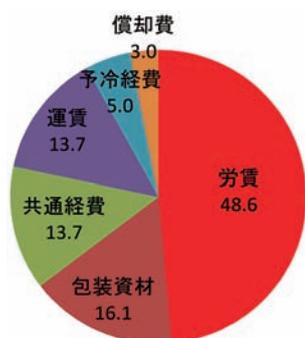


図9 産地物流費 (%)

ギの輸送包装容器として使用している段ボール箱は、106円/箱であり、産地物流費全体の16.1%を占める。産地物流費の中では2番目に多い物流費である。

今回の輸送試験では、リユース容器は6423タイプを使用した。容器サイズは、縦・横・高さが60cm・40cm・23cmとなっている。また、リユース容器は、リユース容器に直接長ねぎを入れる場合（リユース容器1）と、リユース容器にポリ袋の内装をしき、その中に長ねぎを入れる場合（リユース容器2）の2パターンで物流コストを試算した。

リユース容器Aの場合、段ボール箱をリユース容器に替えることにより、リユース容器費が55円/箱となり、現状の段ボール箱より55円/箱だけ物流費を削減することが可能となる。その結果、産地流通費も現在の659円/箱から608円/箱と削減することが可能となる。次に、リユース容器Bへ替えた場合、リユース容器代以外に、内装として利用するポリ袋（ガゼット）費として17円/箱が必要となる。すなわちリユース容器費とガゼットの合計が72円/箱となり、産地物流費の合計は625円/箱となる。リユース容器1よりは物流費は増加するが、現状の段ボール箱よりは産地物流費を34円/箱削減することが可能

表1 産地物流費 単位：円/箱

区分	段ボール箱	リユース容器A	リユース容器B
労賃	320	320	320
包装資材	106	55	55
内装費	0	0	17
共通経費	90	90	90
運賃	90	90	90
予冷経費	33	33	33
償却費	20	20	20
物流費計	659	608	625

である。

以上のことから、現在、長ねぎの輸送包装容器として利用されている段ボール箱をリユース容器または内装にガゼットを使用したリユース容器に替えることにより、現状より産地物流費の削減することが可能となる。

### 3. 長ねぎの輸送包装資材と品質

#### 1) 背景と目的

日本国内でのネギの収穫量は北海道よりも関東地方の方が多く、千葉県、埼玉県、茨城県が主な生産地となっている。しかし9月から10月にかけて、東京市場では15%以上、大阪市場では60%以上、名古屋市場では30%以上と、北海道産の占める割合は非常に大きく、この時期これらの市場へ品質を維持しつつ輸送する必要がある。長ねぎの品質項目として重要なものは、緑色部分の色彩や曲がりの有無などがあげられる。

現在、長ねぎの輸送には段ボールが使用されている。段ボールに包装し、長ねぎを冷蔵輸送トラックに載せ、輸送している。しかし、段ボールの場合、ワンウェイでの利用でありコストや環境負荷の面で適切ではない。また、輸送中の乾燥のために、しおれや黄化が発生する。そのため、段ボール以外の輸送資材を検討する必要がある。

そこで、本節では長ねぎの段ボールに変わる輸送包装資材として、プラスチックリユース容器（ポリエチレン内袋）を想定し、実際に音更から千葉まで輸送試験を行い、品質保持効果を検証した。

#### 2) 輸送試験

供試材料は音更町D産の長ねぎ「白羽一本太」を使用した。輸送包装資材として段ボール、プラスチックリユース容器を使用した。段ボールは縦置き、横置きとした。プラスチックリユース容器は内袋の有無及び、皮付き、皮無しの区を設定した。それぞれ1箱30本入りを各2箱ずつ用意し、輸送試験を行った。図10に包装形態を示す。

輸送試験の期間は2014年9月3日～2014年9月7日とし、1箱10本の試料について、色、重さ、長さ、曲がりを測定した。9月3日の朝収穫した長ねぎを供試材料として使用し、品質測定項目を測定した。その後、輸送までの間、予冷庫に保存した。9月4日にトラックに積み、苫小牧港へ到着した。フェリーに乗船し、大洗港まで向かった。9月5日に大洗港へ到着し、トラックで千葉県の市場に到着した。市場に到着後、市場内の予冷庫へ保存した。9月6



コンテナ



段ボール

図 10 長ねぎの輸送試験包装形態

日は千葉県の本量販店のE店舗内にて1日目の品質測定を行った。9月7日も同じく、二日目の品質測定を行った。

測定項目は包装内温湿度、色彩(白色部、緑色部、先端部)、重量、長さ、曲がりである。

図 11 に曲がりの測定状況を示す。

図 12 に輸送実験中の温湿度の変化を示した。リ

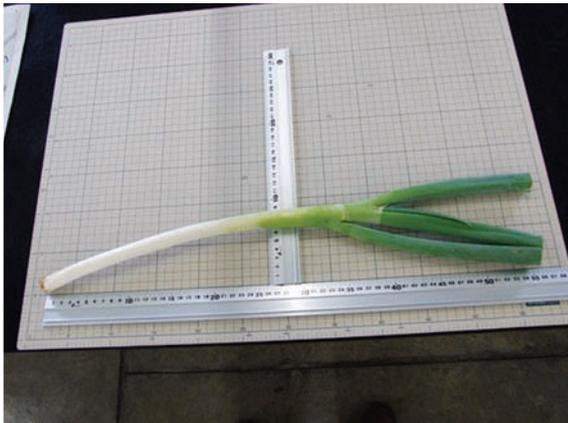


図 11 曲がりの測定

ユース容器袋ありの湿度が他と比べ高くなっている。また、温度の下がり方が緩やかな曲線になっている。このことから、内袋を用いることによって高湿度が維持できるが、温度低下に時間を要することが分かった。

図 13 に先端部の色彩値を示す。先端部の黄化が品質劣化の初めに起きる。L\*値が明度を示し、a\*値が+で赤色、-で緑色、b\*値が+で黄色、-で青色を示す。どの資材も b\*値が増加しているが1程度というのは見た目では確認が困難な変化であり、輸送資材ごとの有意な差は見られなかった。

図 14 に重量の減少率を示す。重量はすべての輸送条件で減少しているが、内袋を使用した場合のみ、重量の減少が抑えられている。内袋を使用していない場合は一日目では約2%~約4%、2日目で約3%~約5%の重量減少率であるのに対し、内袋のある場合は、一日目、二日目ともに1%程度に抑えられている。内袋ありの場合は高い湿度を維持していたことから、内袋により重量減少を抑制することができたと考えられる。

図 15 に曲がりの変化を示す。曲がりは、供試材料

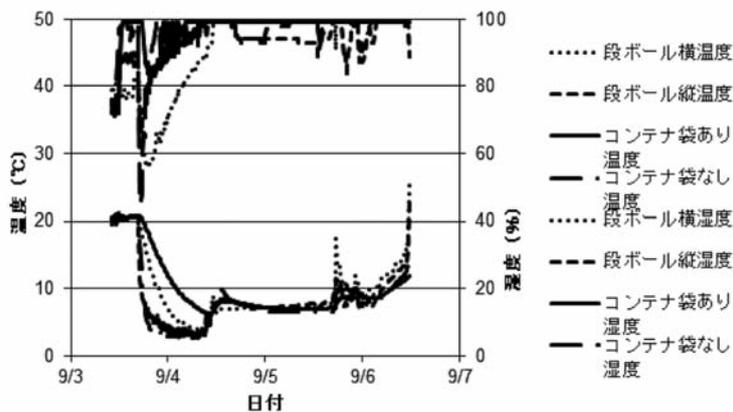


図 12 温湿度の経過

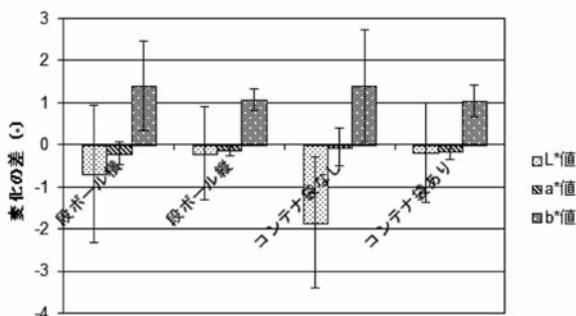


図 13 先端部の色彩値の変化量

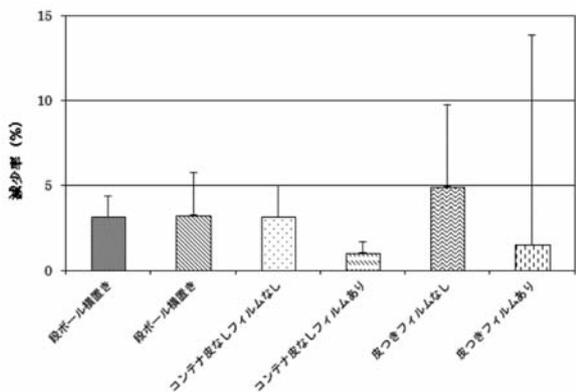


図 14 重量減少率

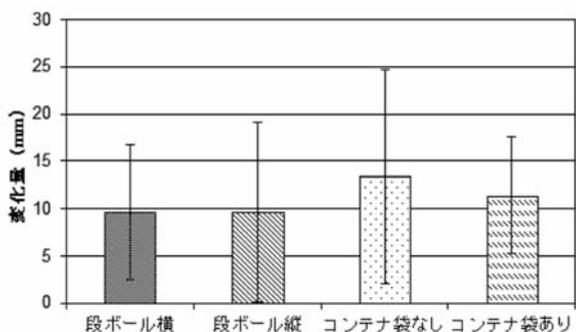


図 15 曲がりの変化量

ごとの誤差範囲が広く、また、包装資材による違いは認められなかった。

以上のことから、段ボールとプラスチック通いコンテナに大きな差はなく、袋の有無が重さに影響することが分かった。また、縦積みと横積みによる変化もなかったため、環境負荷やコストなどの影響を考慮すると、プラスチック通いコンテナに内袋を用いた形態が良いと考えられる。

3) 小括

長ねぎの輸送包装資材として、従来から用いられている、段ボールや発泡スチロールのような、使い

捨ての資材から、プラスチック通いコンテナへ代替することにより、品質保持効果にどのような影響が生じるか、主として長距離の実輸送試験を実施してその品質を分析した。

長ねぎの輸送においては、段ボールのみでは乾燥によるしおれや黄化が発生する可能性があり、プラスチックフィルムによる包装は有効である。段ボールとフィルムの組み合わせも可能ではあるが、環境負荷や経済性、作業性を考慮して決定する必要がある。以上のように、従来用いられてきた包装資材に変わるものとして、プラスチック通いコンテナは青果物の品質保持においても有効に利用できるものといえる。

4. 長ネギの緑葉部分の有効利用

長ネギは長さ調整のためにカットした上部、また大きさなどで規格外とされたものは廃棄されている。この長ネギにはビタミンCが多く含まれ、またネギに含まれる臭い成分の硫化アリルは肉や魚の臭みをとるといふ特徴を有している。さらに、ビタミンB<sub>1</sub>の吸収を高め、疲労回復、睡眠改善、腸内細菌の繁殖抑制に役立つこと、また辛味成分には殺菌作用や体を温める効果があること、および香りの基である硫化アリルは加熱されるとその効果は大きく低下することなどが知られている。

一般的に、長ネギの廃棄率は40%であり、100g当たりのエネルギーは28kalで、水分:91.7g、たんぱく質:0.5g、脂質:0.1g、炭水化物:7.2g、灰分:0.4g、食物繊維:2.2gからなる低エネルギーの野菜である。

1) 酵素による液状化の判定方法

以前、ペポカボチャの果肉などの液状化実験を行った際、その液状率と粘度との関係を測定した。その結果、図16に示すように粘度は液状化が進むに従って急激に低下することが明らかとなった。そこで、長ネギの酵素処理による反応では、振動式粘度計(図17)による粘度の測定によって液状化されて

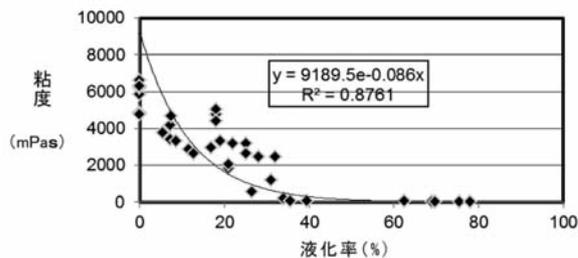


図 16 ペポカボチャ果肉の液状化率と粘度との関係



図 17 振動式粘度計

いることを確認した。

### 2) 生状の長ネギの酵素による液状化①

図 18 に示すように、長ネギの一部を液状化し、ペースト状にするための前処理として、約 3~4 cm の長さに切った後、水を加えて加熱処理してからザルに開けて水を除去し、これをフードプロセッサーで切断処理した。次に、切断処理した長ネギの量に対してスクラーゼCおよびスクラーゼNをそれぞれ 0:1%加えて 50°C で反応させ、経時的に粘度を測定した。

この長ネギの粘度の変化を図 19 に示す。この図で示すように長ネギの粘度は 30 分まで直線的に低下し、60 分後にはほとんど液状化されていることが分かる。今回、長ネギの前処理として加熱処理したことから、反応前からやや褐色化していたが、加熱

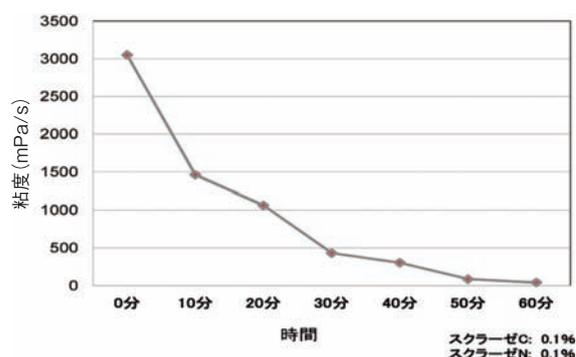


図 19 酵素による長ネギの液状化における粘度変化

(80°C, 10 分) による失活処理後ではさらに褐色の度合が高まっていた。

### 3) 生状の長ネギの酵素による液状化②

長ネギの一部を液状化し、ペースト化するための前処理として約 3~4 cm の長さに切った後、お湯をかけてその表面を殺菌処理しただけのほぼ生状の長ネギに水を加えてからミキサーで切断処理を行った。処理後ミキサーから取り出した長ネギはプリンのようにゲル状になっていた。しかし、このゲルは弱く、鍋に入れて軽く攪拌するだけで細かく切断された長ネギが混入した状態のペーストになった。

次に、このペースト状の長ネギの量に対してスクラーゼCおよびスクラーゼNをそれぞれ 0:1%加え、50°C で反応させ、経時的に粘度を測定した。

この長ネギの粘度の変化を図 21 に示す。この図で示すように長ネギの粘度は 10 分間で急激に低下し、ほぼ液状になった。今回、長ネギの前処理としてお



図 18 長ネギの前処理



図 20 長ネギの前処理

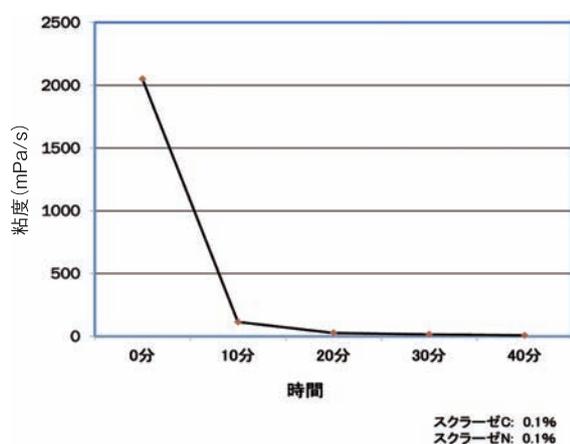


図 21 酵素による長ネギの液状化における粘度変化

湯によって表面しか殺菌処理していないことから、ミキサーで処理した段階では大変鮮やかな緑色であったが、反応後には図 20 の④に示すように褐色化していた。しかし、ネギ特有の匂いは前処理として加熱処理後反応した①の試作品に比べて強く感じられた。

長ネギの物性変化を示す。表から酵素で食物繊維を分解した場合、糖度がやや上昇するのが分かる。

しかし、酵素を失活させるために加熱処理 (80℃, 10分) した後ではやや低下したが、処理前に比べて高い値を示している。また、pHについては酵素処理によって低下するのが認められた。

さらに、明度(明るさL\*)についてはほとんど変化していないが、b\*値については30分後を除き、大きくなる傾向を呈し、黄色が強くなっていることを示している。しかし、加熱失活処理後には反応前に比べて低い値を示したが、実際には褐変化しており、b\*値は高くなるはずである。現時点ではこの低下の要因については定かでない。

#### 4) 液状化した長ネギを用いた製品開発

鍋や刺身、あるいはサラダなどに用いることの可能な醤油を開発することを目的に、この液状化長ネギをうすくち醤油に加えたもの(図 22)を試作した。生状の長ネギを液状化したものをうすくち醤油に30%加え、これを数人に刺身醤油として使用して貰い、官能的に評価して貰った結果、ワサビなしでもおいしく食べることができるとの好評を得た。

そこで、A農協の会合で、組合員の方々に刺身醤油として使用して貰ったところ、ここでも好評を得

表 2 長ねぎの液状化処理による物性変化

	0分(ミキサー 処理後)	10分	20分	30分	40分	微細化処理	加熱処理後
L*	74.1	73.8	71.4	67.2	72.3		74
a*	-8.6	-11	-10.1	37.2	-6.8		-5.4
b*	28.4	34.2	41	-9.7	30.7		23.2
糖度 (Brix%)	4.9	6.4	6.7	7	7.2		6.2
粘度 (mPa·s)	2050					4.22	5.09
pH	6.11			4.69			4.71



図 22 液状化した長ネギの醤油への利用

ることができた。このように、規格外や端材である長ネギであっても液状化すれば、その用途は高まると考える。

その他にも魚の臭み抑制、マヨネーズやドレッシングへの利用、佃煮の風味改善、麺類やパン類の保存性向上などへの利用が可能であると思われる。これらについては今後の課題であり、取り組んでみる価値はあると考える。

##### 5) 小括

A 農協が扱っている長ネギの未利用部分を食品の素材として活用するための前処理として、滑らかな食感のペースト化や粉末化することにした。これらを用いて各種製品を試作し、官能的に評価したところ、各種食品の素材として利用可能であることが分かった。

しかし、ペーストや粉末を製造するには、製造す

るための機器の導入や原料の収集、および加工助剤などの材料に要する費用の検討、さらに市場性の有無などを十分に分析した上で、実施の可能性を見極める必要がある。

注 1：本論文の執筆は、1 および 2 が尾碕、3 を樋元、4 を本多が執筆した。論文全体における語句の統一は、各執筆担当者の論文内容に影響のない最小限にとどめた。

注 2：本論文は、科学研究補助金、基盤研究 (C) (一般) (H 27~H 30)「青果物の計量販売への転換による物流改革と効果に関する実証的研究」(研究代表者：尾碕亨)、および酪農学園大学共同研究補助金、2014 年度、「青果物物流見直しによる国産品供給力強化に関する実証的研究」(研究代表：尾碕亨)の研究成果の一部である。