

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 24 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22580296

研究課題名（和文）青果物の高度流通システムに不可欠な絶対評価による鮮度モニタリング手法の開発

研究課題名（英文）Development of freshness monitoring technology for advanced distribution system in fruits and vegetables

研究代表者

中野 浩平（NAKANO KOHEI）

岐阜大学・応用生物科学部・准教授

研究者番号：20303513

研究成果の概要（和文）：ホウレンソウ葉において、低酸素貯蔵が鮮度低下の指標であるマロンジアルデヒド(MDA)当量の増加抑制に効果的であることを示した。また、可視近赤外分光法による MDA 当量の非破壊計測を通して、青果物の鮮度を評価する非破壊計測技術を開発した。開発したモデル式の精度は、相関係数 0.75 以上、二乗平均平方根誤差  $29 \text{ nmol gDW}^{-1}$  以下であり、鮮度をレベル別に評価するためのラフスクリーニング技術として十分な精度であった。

研究成果の概要（英文）： Low oxygen storage reduced significantly lipid peroxidation in spinach leaves after harvest. VIS-NIR spectroscopy with partial least square regression (PLSR) allowed constructing a prediction model for the concentration of MDA equivalent in the leaves with more than 0.75 of correlation coefficient and less than  $29 \text{ nmol gDW}^{-1}$  of root mean square error, indicating that the developed model had sufficient accuracies for rough screening of the freshness evaluation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：ポストハーベスト工学

科研費の分科・細目：農業工学・農業情報工学

キーワード：鮮度、脂質過酸化、ケモメトリックス、可視近赤外分光法、マロンジアルデヒド当量、拡散反射スペクトル、非破壊品質評価、

### 1. 研究開始当初の背景

研究の全体構想は、従来にない客観的・定量的な『鮮度情報』を付加・活用した高度な青果物流通システムを提案・構築し、我が国の食品流通の信頼確保や高度化に貢献することである。申請者はこれまでに、青果物中のリン脂質や糖脂質および脂質過酸化物の含量を把握することで、絶対値として鮮度評価を与える画期的な方法を開発した。本研究では、この方法を実際の流通システムにおいて活用するために、近赤外分光法による迅速かつ非

破壊での鮮度評価手法を開発することを目的とする。

### 2. 研究の目的

世界人口の増加に伴う食料需要の増加は、将来的に深刻な食料危機をもたらす恐れがある。耕地面積の増加には限界があるため、食料の安定供給のための有効な方策の一つは、収穫後におけるロスと廃棄とを低減することであると考えられ、そのための鮮度保持技術の開発が極めて重要である。これまでに、低

温やガス環境など、青果物周囲の環境制御による鮮度保持技術が開発されてきたが、それら各種技術の有効性を評価するためには、客観的かつ定量的な鮮度評価指標が必要となる。既往の研究では、糖やアスコルビン酸濃度など、栄養成分の変化に基づいた鮮度評価指標が提案されている。(水上ら, 2003)。しかしながら、それらの指標は、品種毎や季節毎の違いが大きく、収穫直後の初期値との相対値によってしか機能しないという問題点があり(藤原ら, 2005)、流通過程における現場での鮮度評価には利用できない。

一方、近年、青果物のマロンジアルデヒド(MDA)当量濃度が鮮度評価指標として有望であるとする研究報告がなされている(中野, 2010)。MDA とは、ポリ不飽和脂肪酸のラジカル開始酸化分解における最終産物であり、農学系のみならず多くの分野において酸化ストレスのバイオマーカーとして広く利用されている(Rui et al., 2010; Zhuang et al., 1997)。青果物の老化は、生物学的ストレスや非生物学的ストレスあるいは自身の代謝作用によって生じた活性酸素種の生成が引き金となって、生体膜を構成するリン脂質や糖脂質が過酸化・分解され正常な膜機能が損なわれることで起こる。この過程において、MDA は老化の進行に伴って青果物内部に蓄積する。この現象に着目した中野(2010)は、様々な青果物の貯蔵中における MDA 当量濃度が、貯蔵温度と貯蔵期間との積である積算温度と正に相関することを示した。また線形回帰分析により、各々の産物は各々の傾きがあることを示し、棚持ちの悪い産物ほど、MDA 当量濃度の増加が速いことを明らかにした。したがって、MDA 当量濃度は、収穫直後の初期値との相対値によらずとも、任意の貯蔵期間経過後における 1 回の計測によって対象青果物の鮮度を評価できる、極めて有効な指標であると考えられる。

他方、青果物周囲を低酸素濃度にした場合、代謝活動、特に呼吸速度が有意に低下するという多くの報告がある(中野ら, 2001; Fonseca et al., 2002)。この観点から、低酸素貯蔵は生体膜脂質の過酸化速度を抑制することが期待される。しかしながら、修正ガス環境下における MDA 当量の変化についての先行研究例はほとんどない。また、慣行の MDA 当量の定量技術は、いわゆる TBARS アッセイや液体クロマトグラフィー、ガスクロマトグラフィーを利用するものであり、多くの化学物質を必要とするだけでなく、工程も複雑で時間もコストもかかってしまう。さらには破壊法であるという問題点もある。

そこで本研究では、低酸素貯蔵環境下における MDA 当量の変化を検討すると共に、近赤外拡散反射スペクトルを用いた MDA 当量の多変量検量モデルの構築により、可視近赤外分光法による MDA 当量の非破壊計測を通

して、青果物の鮮度を評価する非破壊計測技術を開発することを目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 材料及び貯蔵条件

供試材料には、温室栽培したホウレンソウ (*Spinacia oleracea* L., cv. オーライ)の葉部を用いた。植物組織内における脂質の組成について総説している Harwood(1980)により、ホウレンソウ葉には、特に葉緑体に豊富な脂質が含まれており、比較的簡単に栽培できるため、脂質代謝のモデル植物として多くの生化学実験に利用されているとされていること、および棚持ち期間が短く、鮮度評価の重要性が高い産物であると考えられることから、本研究の供試材料として選定した。日本国内における標準的なサイズのホウレンソウを収穫、調整した後、水道水で洗浄し、水気を切った後に、20°Cに設定したインキュベータ内に設置した計測チャンパー内に静置し、暗黒条件下において最大 4 日間の貯蔵実験に供試した。実験期間中の平均の温度と湿度、およびそれらの標準誤差は、19.8±0.2°C, 98.4±2.8%RHであった。チャンパー内のガス濃度は、加湿した所定濃度(O<sub>2</sub>: 4.74, 10.02, 14.99, 20.87%; N<sub>2</sub>: balance)のガスを毎分 10 mL で通気させることにより一定に制御した。

#### (2) スペクトル計測

スペクトル計測には、可視近赤外分光光度計(NIR-GUN, シブヤ精機)を用いた。チャンパーの蓋に取り付けた石英製の窓と、チャンパー内に設置したセラミック製の反射板との間に静置されたホウレンソウ葉 1 枚の拡散反射スペクトルを、チャンパーの外側から石英窓を通して、非接触で取得した(図 1)。測定波長領域は 592 から 1092 nm、波長分解能は 2 nm であった。貯蔵 2 日目および 4 日目に 1 葉につき 5 つのスペクトルを収集した。

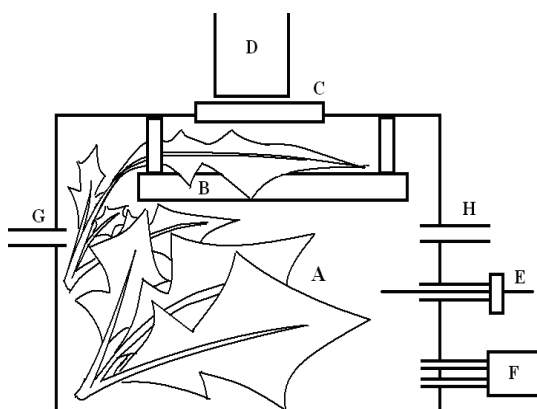


図 1 可視近赤外スペクトル計測チャンパー  
A: ホウレンソウ葉; B: セラミック反射板; C: 石英窓; D: 分光光度計のプロブ; E: 酸素センサー; F: 二酸化炭素センサー; G: ガス流入口; H: ガス排出口

### (3) MDA 当量の定量

所定の貯蔵期間経過後、サンプルを凍結乾燥し、TBARS アッセイによる MDA 当量の定量に供試した。チャンバーから取り出したホウレンソウ葉の葉身部を直ちに 5 mm 角に細断し、-25℃に設定したフリーザー内(GF-N10H, 東芝)に一昼夜静置することにより予備凍結させた。真空凍結乾燥処理後、フードミル(IFM-800DG, Iwatani)を用いて粉碎した試料を篩を用いて分級し、106~500 μm に粒度調整した後、実験に供試するまで-25℃に設定したフリーザー内で貯蔵した。

MDA 当量の定量には、Hodges ら(1999)の方法を微修正した方法を用いた。粉碎調整後の試料 0.1 g に 0.1%(v/v)のトリクロロ酢酸溶液(TCA)5mL を加え 1 分間攪拌した。遠心分離後(10,000×G, 5 min, 4°C)の上澄み 1 mL に 20%(v/v)TCA 溶液を 4 mL 加えたもの(TBA(-))を、あるいは 0.5%(w/v)のチオバルビツール酸を含む 20%(v/v)TCA 溶液を 4 mL 加えたもの(TBA(+))を 100℃の湯浴中で 15 分間加熱した。常温で 1 時間冷却し、遠心分離(1,000×G, 5 min)後の上澄みを光路長 10 mm の石英セルに移し、可視近赤外分光光度計(UV-1800, 島津製作所)を用いて、440、532、600 nm における吸光度を測定した。1 サンプルあたり 3 反復の測定から計算された平均の吸光度を式 1 に代入することにより、当該サンプルの MDA 含量を求め、式 2 により MDA 当量濃度を算出した。

MDA content [nmol ml<sup>-1</sup>] =  $C_{MDA}$

$$= \frac{(A_{532}^{TBA(+)} - A_{600}^{TBA(+)}) - (A_{532}^{TBA(-)} - A_{600}^{TBA(-)}) - q(A_{440}^{TBA(+)} - A_{600}^{TBA(+)})}{\epsilon L}$$

式(1)

MDA equivalent [nmol gDW<sup>-1</sup>]

$$= C_{MDA} / \left( \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{c+d} \right)$$

式(2)

ここで、 $A_x$ : 波長  $x$  nm における吸光度[-]、 $\epsilon$ : MDA のモル吸光係数(= 157000×10<sup>-6</sup>) [mL nmol<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>]、 $a$ : 使用した凍結乾燥試料の質量(= 0.1) [g]、 $b$ : 過酸化脂質の抽出に用いた TCA 溶液の体積(= 5) [mL]、 $c$ : TBARS アッセイで用いた溶液の体積(= 1) [mL]、 $d$ : TBARS アッセイで用いた TCA 溶液の体積(= 4) [mL]、 $L$ : 光路長(= 1) [cm]、 $q$ : スクロースの 532 nm および 440 nm におけるモル吸光係数の比(= 8.4/147 = 0.0571) [-]である。

MDA 当量濃度の計測は、低酸素貯蔵条件が MDA 当量濃度の変化に与える影響について検討するために、貯蔵 0 日目にも実施した。

#### (4) ケモメトリック解析

取得したスペクトルを説明変数、対応するサンプルの MDA 当量濃度を目的変数とし、部分最小二乗回帰分析(PLSR)を用いて、検量モデルを作成した。可視近赤外領域(620-1070

nm)、可視領域(620-800 nm)、および近赤外領域(800-1070 nm)のそれぞれのスペクトルに対して、サビツキ-ゴレイ平滑化(2 次多項式、11 点の対称カーネル)および SNV 処理によるデータ変換を行った。最適潜在変数の決定には、leave one sample out cross validation 法を用いた。各々の波長における吸光度と MDA 当量濃度との単回帰分析によって、相関スペクトルについても算出した。全ての計算に用いたソフトウェアは、The Unscrambler (ver. 10.2, camo) であった。

#### 4. 研究成果

(1) 低酸素貯蔵が MDA 当量濃度に与える影響  
青果物を低酸素濃度環境下で貯蔵することには、呼吸速度や組織の酸化ダメージ、退色やクロロフィルの分解、エチレン生成やエチレンの媒介による付随現象などを低減させるという有益な効果があるとされる(Beaudry, 1999; Saltveit, 1999)。ホウレンソウ葉のクロロフィル分解に関して、Yamauchi ら(1985; 1986a; 1986b)は、貯蔵中における過酸化脂質の増加は葉の黄化に先行して生じることを示した。またこれは、モノガラクトシルグリセリド(MGDG)やジガラクトシルグリセリド(DGDG)、ホスファチジルグリセロール(PG)などの極性脂質の分解によって生じる遊離脂肪酸から生成された過酸化脂質が、葉緑体を分解しているためであると示唆した。今回の我々の研究では、貯蔵中の酸素濃度が低いほど貯蔵 4 日目の MDA 当量濃度の増加が小さく、4.74%酸素濃度区における MDA 当量濃度の増加は、14.99%および 20.87%酸素濃度区のそれらと比較して有意に小さかった(図 2)。これにより、低酸素濃度環境はホウレンソウ葉内の脂質の過酸化を抑制することが示された。今回の実験では、クロロフィル濃度や脂質、あるいは脂質関連物質の定量的な分析は、TBARS アッセイによる MDA 当量濃度の測定を除いては実施していない。しかしながら、10%以下の酸素濃度条件で貯蔵したホウレンソウ葉では、葉の変色は目視観察によっては認められなかった。我々の結果と Yamauchi らの言及を合わせて鑑みると、低酸素貯蔵による過酸化脂質の増加抑制が、ホウレンソウ葉内のクロロフィル含量を維持させているものと考えられる。MDA 当量濃度の増加とクロロフィル分解との関係性を確認するための研究が現在進行中である。

#### (2) MDA 当量濃度の非破壊推定モデル開発

PLSR を用いて開発した MDA 当量濃度を推定するモデル式の測定精度を示す決定係数( $R_{val}^2$ )および二乗平均平方根誤差(RMSECV)は、可視近赤外領域、可視領域、近赤外領域においてそれぞれ、 $R_{val}^2 = 0.63$ 、RMSECV = 26.8 nmol gDW<sup>-1</sup>、 $R_{val}^2 = 0.64$ 、RMSECV = 26.5 nmol gDW<sup>-1</sup>、 $R_{val}^2 = 0.57$ 、RMSECV = 29.0 nmol gDW<sup>-1</sup>

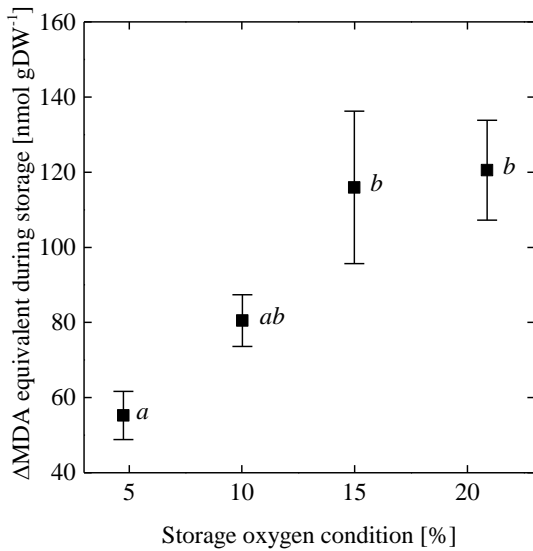


図2 貯蔵酸素濃度と貯蔵0日目から4日目にかけて変化するMDA当量濃度との関係  
 図中のバーは標準誤差を、*a* および *b* はチューキーのHSD検定( $p < 0.05$ )による有意差を示す。観測数は酸素濃度20.87%が $n = 11$ であるのを除き、 $n = 19$ である。

1であった(図3)。全てのモデルにおける潜在変数の数は2以下であり、ロバストなモデル開発に成功したと考えられた。また相関係数は開発した全てのモデルにおいて0.75以上であった。WilliamsとNorris(2001)によると、0.71から0.80の相関係数を持つモデルは、ラフスクリーニングに適しているとされる。したがって、本研究で開発したモデルは、鮮度をレベル別に評価するためのラフスクリーニング技術として十分な精度を有するものであると考えられた。

これらの結果は、可視近赤外拡散反射スペクトル解析によるMDA当量濃度の非破壊測定を通じた、ホウレンソウ葉の鮮度の非破壊評価が可能であることを示すと考えられ、貯蔵・流通過程における多くの現場での応用が期待される。消費者は青果物に対して「鮮度の良さ」を望んでおり、鮮度の低下は収穫後のロスや廃棄に直結する。国内外において競争力があり、環境にも優しい青果物流通システムを構築するには、現行の効率を重視したシステムから、品質重視型のシステムへの転換が今後必要となると考えられる。本研究の成果は、アグリフードチェーンの任意の点における鮮度評価を可能とする。ゆえに、差別化販売の根拠として利用できるのみならず、流通・小売の現場における鮮度管理体制の再確認やレベルアップの判断材料としての活用が期待できる。MDAはポリ不飽和脂肪酸のラジカル開始酸化分解における最終産物であり、貯蔵条件だけでなく、収穫前に受けた酸化ストレスの程度にも影響される可能性がある。

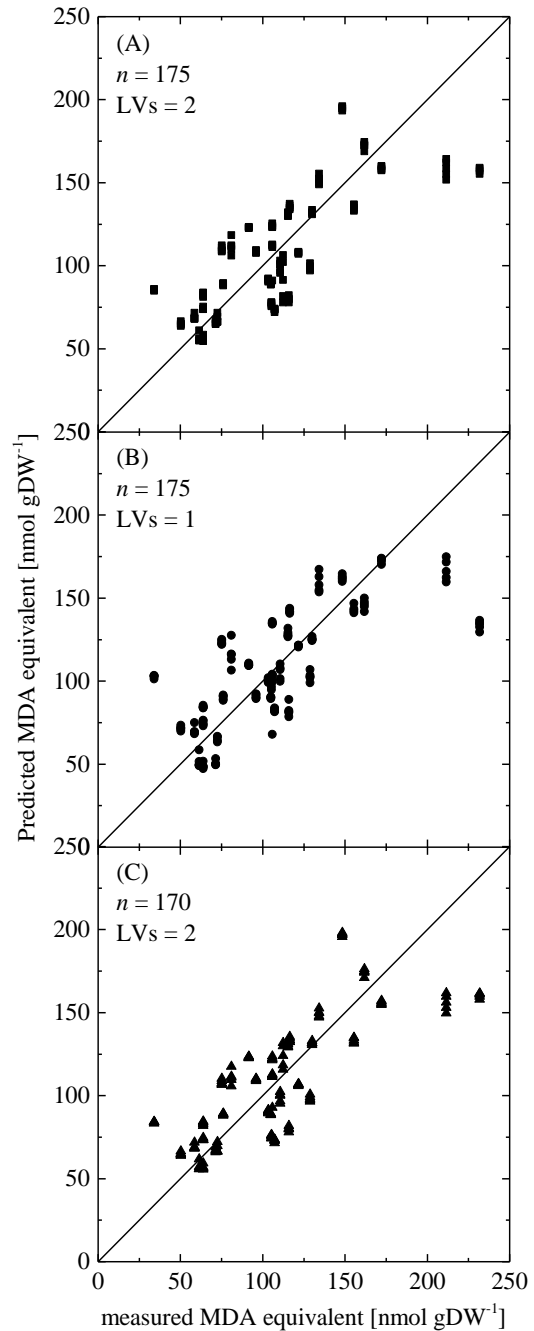


図3 MDA当量濃度の実測値と推定値の関係  
 (A) 可視近赤外領域; (B) 可視領域; (C) 近赤外領域

本研究で観測した収穫直後の40サンプルにおけるMDA当量濃度の平均値とその標準偏差は、 $80.9 \pm 43.1$  nmol gDW<sup>-1</sup>であった。また酸素濃度4.74%、および10.02%の条件下で4日間貯蔵した場合のMDA当量濃度の増加は、それぞれ55.3、および80.5 nmol gDW<sup>-1</sup>であった。本研究の結果からのみでは、「新鮮である」か、「新鮮でない」かについての閾値を設定することは不可能ではあるが、例えば以下のような提案は可能であると考えられる。すなわ

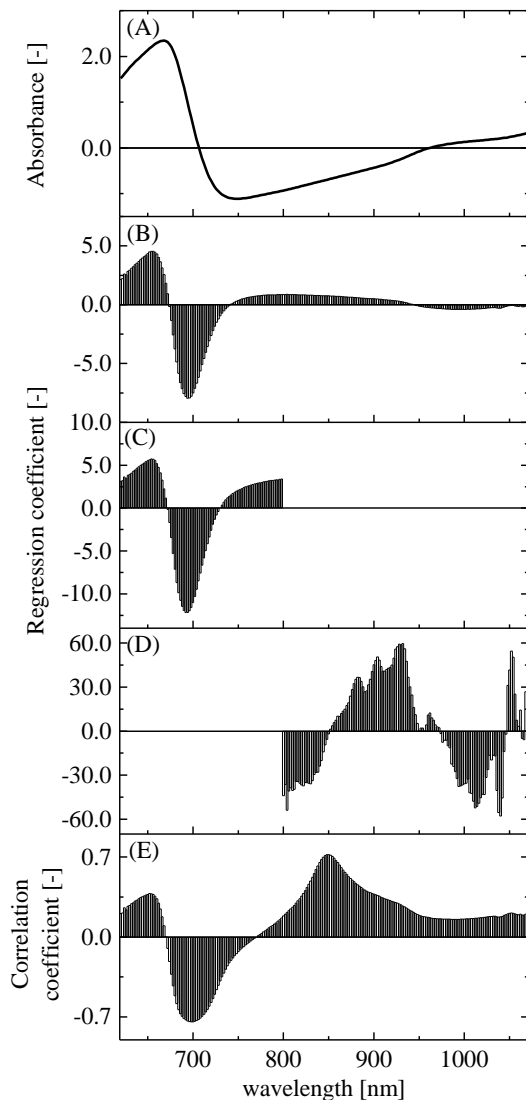


図4 可視近赤外スペクトル解析によるMDA当量濃度の推定モデル

(A) SNV 処理後の平均スペクトル; (B) 可視近赤外領域のスペクトルを用いた場合の回帰ベクトル; (C) 可視領域のスペクトルを用いた場合の回帰ベクトル; (D) 近赤外領域のスペクトルを用いた場合の回帰ベクトル; (E) 相関スペクトル

ち、所定の貯蔵期間(数日)経過後におけるMDA 当量濃度が約  $150 \text{ nmol gDW}^{-1}$  以下であれば、当該ハウレンソウ葉は、低温や低酸素など適切な貯蔵・流通条件の適用により鮮度が高く保持されていると考えることができる。提案した値は、無論単なる例示ではあるものの、本研究により開発された技術は、客観的かつ定量的な鮮度評価を実現するものであると考えられる。

図4(A)に、SNV 処理後の平均スペクトルを示した。660 nm に観察される吸光ピークは、クロロフィルによるものである(Zscheile and Comar, 1941)。図4(E)に示した相関スペクトル

の観察からは、660 nm 付近における相関係数  $r$  は  $|r| < 0.5$  と小さかった。また、 $|r| > 0.7$  の高い相関が認められた波長帯は 698、および 850 nm 付近であり、これらはいずれもクロロフィル a または b の吸光ピークではなかった。このことから、クロロフィル含量の変化は、MDA 当量濃度の推定に直接的には影響していないと考えられた。可視近赤外領域のスペクトル解析では、670 nm 付近の波長帯を除く 620-740 nm の波長帯がモデル構築に大きく寄与することが示され、また、740 nm 以降の高波長領域の寄与は小さいことが示された(図4(B))。一方、可視領域のみのスペクトルを用いた解析では、740 nm までの回帰ベクトルは、可視近赤外領域のスペクトル解析により算出された回帰ベクトルと類似した形状となることが示された。また、800 nm までのより高波長側においては、モデル構築に対して有意に正の寄与があることが認められた(図4(C))。他方、近赤外領域のスペクトル解析においては、850 nm 付近、960 nm 付近、および 1060 nm 付近における波長帯がモデル構築に与える影響は小さいことが示された。これらのモデル構築に影響を与える波長帯の解析結果、および図3に示したそれぞれの波長領域のスペクトルを用いた PLSR 統計量により、MDA 当量濃度の推定に対しては、可視領域の方が近赤外領域よりもより多くの情報量を有していることが示された。推定モデルの最適化は、興味深くまた重要な問題である。観測数の増大と共に、最適な波長選択アルゴリズムの検討が今後必要であると考えられる。

### (3) 参考文献

- Beaudry, 1999. Effect of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. *Postharvest Biol. Technol.* 15, 293-303.
- Fonseca et al., 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *J. Food Eng.* 52, 99-119.
- Fujiwara et al., 2005. Seasonal variation of L-ascorbic acid and nitrate content of commercially available spinach. *Hort. Res. (JAPAN)* 4(3), 347-352.
- Harwood, 1980. Plant acyl lipids: structure, distribution and analysis, In: Stumpf, P.K. (Ed.), *The Biochemistry of Plants*. 1-55, Academic Press, New York.
- Hodges et al., 1999. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta* 207, 604-611.
- Mizukami et al., 2003. Enzyme activities related to ascorbic acid in spinach leaves during storage. *J.*

- Jpn. Soc. Food Sci. 50, 1-6.
- Nakano, 2010. New Research: Freshness evaluation of fruits and vegetables based on the level of lipid peroxidation. Japan Technical Institute of Food Distribution 282, 19-21.
- Nakano et al., 2001. A model for respiration rate of young soybean under modified atmospheres. J. Jpn. Soc. Agr. Mach. 63(6), 73-78.
- Rui et al., 2010. Effects of heat treatment on internal browning and membrane fatty acid in loquat fruit in response to chilling stress. J. Sci. Food Agr. 90, 1557-1561.
- Saltveit, 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. Postharvest Biol. Technol. 15, 279-292.
- Williams and Norris, 2001. Near-infrared technology 2nd ed., 163, American Association of Cereal Chemists, Inc., St Paul.
- Yamauchi et al., 1985. Foliage yellowing by peroxides in stored spinach. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 32, 814-817.
- Yamauchi et al., 1986a. Localization of lipolytic acyl hydrolase in chloroplast of stored spinach leaves. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 55, 510-515.
- Yamauchi et al., 1986b. Polar lipids content and their fatty-acid composition with reference to yellowing of stored spinach leaves. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 55, 355-362.
- Zhuang et al., 1997. Temperature influenced lipid peroxidation and deterioration in broccoli buds during postharvest storage. Postharvest Biol. Technol. 10(1), 49-58.
- Zscheile and Comar 1941. Influence of preparative procedure on the purity of chlorophyll components as shown by absorption spectra. Botanical Gazette 102, 463-481.

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① Kuroki, S., Mizutani, R., Tachikawa, Y., Nakano, K., 2013. Nondestructive freshness evaluation of spinach leaves under low oxygen storage using visible and near infrared spectroscopy, The 2013 IFAC Bio-Robotics Conference, Sakai, Japan, pp. 321-325.

[学会発表] (計 10 件)

- ① 立川雄樹, 黒木信一郎, 中野浩平, 可視近赤外分光法を用いたハウレンソウ葉の非破壊鮮度評価技術の開発, 農業機械学会関西支部第 129 回例会, 2013 年 3 月 5 日, 神戸大学.
- ② Kuroki, S., Kojima, N., Makino, Y., Oshita, S., Kawagoe, Y., Purwanto, Y.A., Ahmad, U., Sutrisno, Nakano, K., Non-destructive

diagnosis of chilling injury in cucumber fruit using VIS-NIR spectroscopy, The 2nd Asia Pacific Symposium on Postharvest Research, Education, and Extension, 2012 年 9 月 18 日, Yogyakarta, Indonesia.

- ③ 小湊貴子, 黒木信一郎, 立川雄樹, 中野浩平, 膜脂質過酸化と膜透過性を指標した低温障害の非破壊診断技術開発, 農業環境工学関連学会 2012 年合同大会, 2012 年 9 月 14 日, 宇都宮大学.
- ④ 小湊貴子, 黒木信一郎, 中野浩平, 可視近赤外分光法を用いた青果物の生体膜脂質量の迅速化, 農業機械学会関西支部第 127 回例会, 2012 年 3 月 5 日, 京都大学.
- ⑤ 岡村文香, 黒木信一郎, 中野浩平, 凍結乾燥試料の可視近赤外スペクトル測定による青果物の鮮度評価, 農業機械学会関西支部第 127 回例会, 2012 年 3 月 5 日, 京都大学.
- ⑥ 中野浩平, 脂質過酸化レベルに基づく青果物の鮮度評価法の精度向上, 美味技術研究会第 11 回例会, 2011 年 11 月 11 日, 富山第一ホテル.
- ⑦ 古島七海, 黒木信一郎, 水谷良, 中野浩平, 近赤外拡散反射スペクトルを用いたキュウリ果実の低温障害の非破壊診断, 第 70 回農業機械学会年次大会, 2011 年 9 月 27 日, 弘前大学.
- ⑧ 水谷良, 黒木信一郎, 古島七海, 中野浩平, 近赤外分光法を用いた低酸素貯蔵下におけるハウレンソウ葉の鮮度評価, 第 70 回農業機械学会年次大会, 2011 年 9 月 27 日, 弘前大学.
- ⑨ 黒木信一郎, 食料安全保障のための青果物品質評価技術の開発, CAST クラブ第 43 回例会, 2011 年 8 月 5 日, 兵庫県立先端科学技術支援センター.
- ⑩ 黒木信一郎, 近赤外分光法を用いた青果物品質評価法の開発, はりま産学交流会創造例会, 2011 年 7 月 15 日, 姫路商工会議所

[その他]

ホームページ等

<http://www.lab.kobe-u.ac.jp/ans-lieb>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

中野 浩平 (NAKANO KOHEI)

岐阜大学・応用生物科学部・准教授

研究者番号: 20303513

### (2) 研究分担者

黒木 信一郎 (KUROKI SHINICHIRO)

神戸大学・大学院農学研究科・助教

研究者番号: 00420505

### (3) 連携研究者

なし