

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 16 日現在

機関番号：16301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24658123

研究課題名(和文)食品が活性酸素・フリーラジカルを消滅させる能力を評価する方法の開発

研究課題名(英文)Development of Reactive Oxygen Species and Free Radical Absorption Capacity Assay Methods for Foods

研究代表者

長岡 伸一 (Shin-ichi, Nagaoka)

愛媛大学・理工学研究科・教授

研究者番号：30164403

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：様々な抗酸化物質や食品が活性酸素の一つである一重項酸素を消滅させる能力を評価する実用的で汎用的な方法Singlet Oxygen Absorption Capacity (SOAC法)および同様にフリーラジカルを消滅される能力を評価する方法Aroxyl Radical Absorption Capacity (ARAC法)を開発し、新たな食品の抗酸化活性の分析方法とした。申請書ではフリーラジカル消滅能力評価法をNovel Oxygen Radical Absorption Capacity (NORAC法)と命名したが、アメリカ農務省がORAC法から撤退したので、ARAC法に名称を変更した。

研究成果の概要(英文)：We have newly developed Singlet Oxygen Absorption Capacity Assay Method (SOAC method) and Aroxyl Radical Absorption Capacity Assay Method (ARAC method) for various antioxidants and foods. The SOAC and ARAC methods can practically estimate antioxidant capacities against singlet oxygen and free radicals, respectively. The singlet oxygen is one of reactive oxygen species. Although the radical absorption capacity assay method was called Novel Oxygen Radical Absorption Capacity Assay method (NORAC method) in the application, it has been renamed ARAC method, because U.S. Department of Agriculture withdrew the ORAC method.

研究分野：反応化学

キーワード：食品機能

### 1. 研究開始当初の背景

哺乳類では体重あたりの酸素消費量が増加するのに反比例して寿命が短くなる。こうした寿命を縮める酸素の副作用は酸素から生じる活性酸素・フリーラジカルによる脂質の過酸化が引き起こしていると考えられている。天然抗酸化剤は生体中の色々な組織に存在し、こうした活性酸素・フリーラジカルを消去して老化を防いでいる。しかし、食品中に含まれ老化防止に貢献している種々の抗酸化剤が様々な活性酸素・フリーラジカルを消滅させる能力を評価する実用的で汎用的な方法は未だに確立していなかった。

### 2. 研究の目的

本研究では、様々な抗酸化物質や食品が活性酸素の一つである一重項酸素を消滅させる能力を評価する実用的で汎用的な方法 (Singlet Oxygen Absorption Capacity (SOAC) 法) および同様にフリーラジカルを消滅させる能力を評価する新しい方法 (Aroxyl Radical Absorption Capacity (ARAC) 法) の開発を行い、新たな食品の抗酸化活性の分析方法として確立することを目的とした。そして最終的には二つの方法を統合して、食品のより正確な抗酸化活性の表示に寄与することを目指した。

申請書ではフリーラジカル消滅能力評価法を Novel Oxygen Radical Absorption Capacity (NORAC 法) と命名したが、アメリカ農務省が ORAC 法から撤退したので名前の縁起が悪いため、ARAC 法に名称を変更した。

### 3. 研究の方法

(1) SOAC 法の概要を図 1 に示す。一重項酸素の発生剤として合成したエンドペルオキシド (EP) を用い、35°C で熱分解により EP から生成される一重項酸素 ( $^1O_2$ ) を抗酸化剤とジフェニルベンゾフラン (DPBF) が競争しながら消去していく時間変化を DPBF の吸光度の減衰をモニターすることで追跡する。抗酸化剤の濃度と DPBF の減衰速度のプロットから一重項酸素消去速度 ( $k_Q$ ) が求められる。こうして求められたサンプルの  $k_Q$  とビタミン E ( $\alpha$ -トコフェロール) の  $k_Q$  の値の比を SOAC 値とする [1]。

(2) ストップフロー分光法を用いると、フリーラジカルとしては合成したアロキシルラジカル ( $ArO\cdot$ ) を使って、様々な抗酸化剤のフリーラジカル消去速度 ( $k_s$ ) を求めることができる [2]。例としてエタノール (EtOH) 中で  $\alpha$ -トコフェロール ( $\alpha$ -TocH) が  $ArO\cdot$  を消去して  $\alpha$ -トコフェロキシルラジカル ( $\alpha$ -Toc $\cdot$ ) が生成する時間変化を図 2 に示す。 $ArO\cdot$  の吸光度が減少して、 $\alpha$ -Toc $\cdot$  の吸光度が増加しているのが分かる。 $\alpha$ -TocH の濃度と  $ArO\cdot$  の減衰速度のプロットから  $k_s$  が求められる。求められたサンプルの  $k_s$  と  $\alpha$ -TocH の  $k_s$  の値の比を ARAC 値とする。

(3) 食品の抗酸化活性評価方法の開発では、

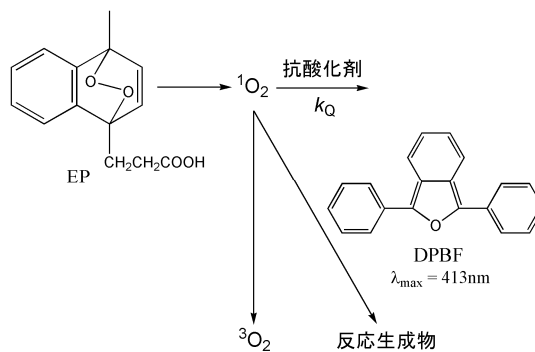


図 1 SOAC 法

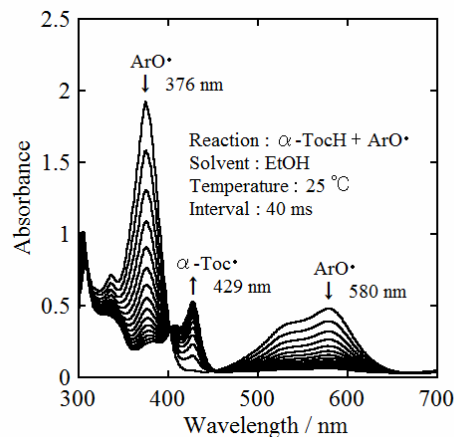


図 2 ARAC 法

① SOAC、ARAC 値のような抗酸化活性値を測定する方法の開発と代表的抗酸化剤の活性値の決定、②食品への予備的な応用を通して抗酸化活性を食品表示できるかどうかの検討、③様々な抗酸化剤や複数の抗酸化剤が共存する場合の測定、④汎用性が高く効率の良い方法への改良、⑤各種食品への本格的な応用とデータベース化、⑥一重項酸素とフリーラジカル消滅能力評価方法の統合、⑦大規模試験と食品表示としての行政への提案が必要である。SOAC 法に関しては、①②が完了しているので、平成 24 年度に③④、25 年度以降に⑤を行った。ARAC 法に関しては、平成 24 年度に①②、25 年度以降に③④⑤を行った。これらの結果に基づいて、平成 26 年度後期には⑥を行った。

### 4. 研究成果

#### (1) SOAC 法

汎用性が高く効率の良い SOAC 法を開発を進め、16 種のフェノール性抗酸化剤や新しい種々の機能が明らかにされて注目されている天然抗酸化剤トコリエノールなどとパーム油抽出物などの各種食品に適用し、一重項酸素消滅能力 SOAC 値を評価した。また、アロエ含有化合物やアシルアミノアントラキノン類での励起状態分子内プロトン移動との相関を明らかにした。一例として、図 3 にパーム油の結果を示す。その SOAC 値は 0.027 と求められた。

本研究によって、フード・アクション・ニ

ッポンアワード研究開発・新技術部門最優秀賞をカゴメ株式会社と共に愛媛大学理学部が機関受賞した。また、一重項酸素消去について、サンフランシスコで行われた 248th American Chemical Society National Meeting & Exposition において招待講演を行うとともに、大韓民国済州島で行われる 27th International Conference on Photochemistry において Special guaranteed oral speaker を依頼されている。

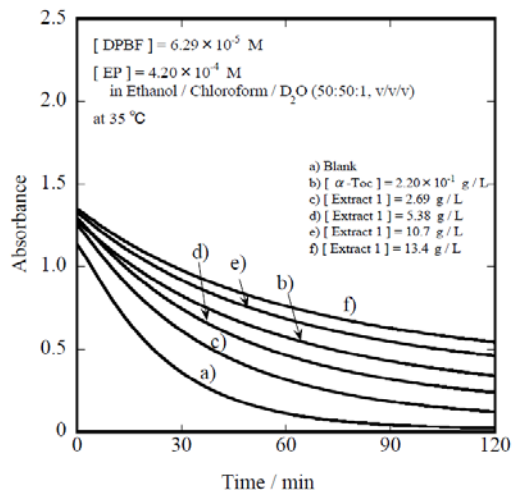


図3 パーム油の SOAC 値の測定

### (2) ARAC 法

汎用性が高く効率の良い SOAC 法の開発を進めた結果、フリーラジカル消去速度のみならず、一般に用いられている半減期を使っても ARAC 値を求められることが分かった。フリーラジカルのモデルとしてアロキシルラジカル、DPPH、ガルビノキシル、ニトロニルニトロキシドを試したが、アロキシルラジカルが最も適していることが分かった。相対的な ARAC 値の傾向は、測定方法や媒質を変えても変化しなかった。さらにパーム油抽出物等の ARAC 値も求めた。一例として、図 4 にパーム油抽出物の結果を示す。その ARAC 値は 0.766 と求められた

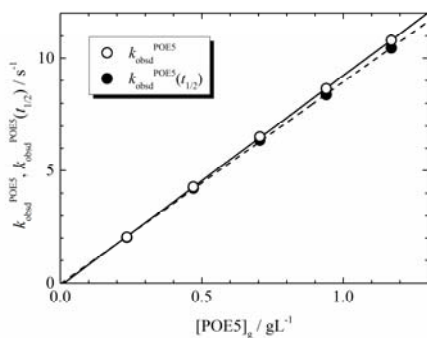


図4 パーム油抽出物の ARAC 値の測定

他にも、生体内に存在する金属イオンがフリーラジカル消去活性に与える影響、卵黄レシチンリポソーム膜におけるフリーラジカル消去、複数の抗酸化剤が存在する場合の相

乗効果、還元型 PQQ の抗酸化効果などについても研究を行った。

### (3) 統合データベース化

研究成果は、14 編の論文や 1 編の図書の一部として発表するとともに、22 回の学会発表も行った。そのうちの 4 件は招待講演や依頼講演であった。そうした結果を元にして図 5 に示した正規化手順に従って、各種抗酸化剤や食品の SOAC、ARAC 値等 376 件のデータベースを作成して、以下のウェブで一般に公開している。

[http://chem.sci.ehime-u.ac.jp/~struct1/int\\_naga.pdf](http://chem.sci.ehime-u.ac.jp/~struct1/int_naga.pdf)



図5 データベースの正規化手順

データベースの作成は次のように行われた。第一正規化その 1 において抗酸化能テーブルには、文献 1 個に複数のサンプル明細データが存在するので、サンプル明細データを別のテーブルに分割した。第一正規化その 1 の後は、関連づける項目を文献コードとし、抗酸化能テーブル(文献テーブル)では文献コードが主キーとした。サンプル明細データテーブルではデータコードが主キー、文献コードが外部キーとなった。第一正規化その 2 においてサンプル明細データテーブルは、サンプルコード 1 個に複数のサンプル明細データが存在するので、サンプル明細データを別のテーブルに分割した。第一正規化その 2 の後は、関連づける項目をサンプルコードとし、サンプルテーブルではサンプルコードが主キーとした。サンプル明細データテーブルではデータコードが主キー、サンプルコードが

外部キーとなった。主キー以外の項目で決まる項目がないので第二、第三正規化は行わなかった。実際のデータベースでは、海外での利用を促進するために英語で記載している。

#### (4) 行政への提案

行政との関わりに関しては、京都府や愛媛県の研究機関などが平成 26 年度農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業発展融合ステージ 26068B「SOAC 法による農産物のカロテノイド由来の抗酸化性評価と栽培・育種への応用」において実用的な試験研究を行っている。愛媛県の担当者 3 名には 2014 年 9 月 18 日 (木) 13 時より半日にわたって愛媛大学理学部交流ゼミ室において次のような説明会を行った。

① 長岡：緒言

② 小原准教授：レーザーを用いた一重項酸素消去活性評価方法の説明；トマトジュースの分析の実例を含む

③ 向井研究員・名誉教授：エンドパーオキサイドを用いた SOAC 法とその実例の説明；ミカンの分析の実例を含む

④ 高橋 (B4)：SOAC 法の実験と解析の演示；純物質を六連装分光光度計で分析した

⑤ 質問など

#### (5) まとめと今後の展望

SOAC および ARAC 値によって、食品のより正確な抗酸化活性を明らかにすることができることがわかった。こうした値を用いることによって、優れた抗酸化活性を持つ野菜・果実・食用油に付加価値が生じると考えられる。実際、一時ラジカル消滅能力の目安である ORAC 値をデータベース化して商品への表示が進んだ米国では、高い抗酸化活性を持つ果実「スーパーフルーツ」の提案が活発化し、サプリメントやヨーグルトでの商品化が進み、新たなカテゴリーを形成して注目を集めている。そのため SOAC および ARAC の値が食品表示に採用されれば、一重項酸素消滅能力及び現状より広い範囲の食品に適用できるフリーラジカル消滅能力に関して抗酸化活性を切り口にした商品化が進み、「スーパーフルーツ」のような高付加価値を有する商品の市場構築が始まると考えられる。これ以上日本は抗酸化活性評価方法で世界に後れをとることはできない。今後ともこのような研究は学術的に重要であるだけでなく、社会的に見ても現在の急務であり続けるであろう。

#### <引用文献>

[1] A. Ouchi et al., *J. Agric. Food Chem.* **58**, 9967 (2010) など。

[2] K. Mukai et al., *J. Phys. Chem. B* **111**, 652 (2007) など。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 14 件)

- ① S. Nagaoka, H. Endo, K. Ohara, and U. Nagashima, Correlation Between Excited-State Intramolecular Proton-Transfer and Singlet-Oxygen Quenching Activities in 1-(Acylamino)anthraquinones, *J. Phys. Chem. B* **119**, 2525-2532 (2015), DOI: 10.1021/jp508355k、査読有。
- ② K. Fukuzawa, A. Ouchi, S. Nagaoka, A. Shibata, and K. Mukai, A Kinetic Study of the Radical-Scavenging Action of Tocotrienols in the Membranes of Egg Yolk Phosphatidylcholine Vesicles, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* **60**, 443-446 (2014), DOI: 10.3177/jnsv.60.443、査読有。
- ③ K. Mukai, E. Ishikawa, A. Ouchi, S. Nagaoka, T. Suzuki, K. Izumisawa, and T. Koike, Kinetic Study of the Quenching Reaction of Singlet Oxygen by  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -Tocotrienols, and Palm Oil and Soybean Extracts in Solution, *Biosci. Biotech. Biochem.* **78**, 2089-2110 (2014), DOI: 10.1080/09168451.2014.943653、査読有。
- ④ A. Ouchi, S. Nagaoka, T. Suzuki, K. Izumisawa, T. Koike, and K. Mukai, Finding of Synergistic and Cancel Effects on the Aroxyl Radical-Scavenging Rate and Suppression of Prooxidant Effect for Coexistence of  $\alpha$ -Tocopherol and  $\beta$ -,  $\gamma$ -, and  $\delta$ -Tocopherols (or -Tocotrienols), *J. Agric. Food Chem.* **62**, 8101-8113 (2014), DOI: 10.1021/jf502049k、査読有。
- ⑤ A. Ouchi, K. Ikemoto, M. Nakano, S. Nagaoka, and K. Mukai, Kinetic Study of Aroxyl Radical-Scavenging and  $\alpha$ -Tocopheroxyl-Regeneration Rates of Pyrroloquinolinequinol (PQQH<sub>2</sub>, a Reduced Form of Pyrroloquinolinequinone) in Dimethyl Sulfoxide Solution: Finding of Synergistic Effect on the Reaction Rate due to the Coexistence of  $\alpha$ -Tocopherol and PQQH<sub>2</sub>, *J. Agric. Food Chem.* **61**, 11048-11060 (2013), DOI: 10.1021/jf4040496、査読有。
- ⑥ S. Nagaoka, K. Nagai, Y. Fujii, A. Ouchi, and K. Mukai, Development of a New Free-Radical Absorption Capacity Assay Method for Antioxidants; Aroxyl Radical Absorption Capacity (ARAC), *J. Agric. Food Chem.* **61**, 10054-10062 (2013), DOI: 10.1021/jf402811m、査読有。
- ⑦ K. Mukai, A. Ouchi, S. Nakaya, and S. Nagaoka, Aroxyl-Radical-Scavenging Rate Increases Remarkably under the

- Coexistence of  $\alpha$ -Tocopherol and Ubiquinol-10 (or Vitamin C): Finding of Synergistic Effect on the Reaction Rate, *J. Phys. Chem. B* **117**, 8378-8391 (2013), DOI: 10.1021/jp403239q, 査読有。
- ⑧ S. Nagaoka, H. Uno, and D. Huppert, Ultrafast Excited-State Intramolecular Proton Transfer of Aloesaponarin I, *J. Phys. Chem. B* **117**, 4347-4353 (2013), DOI: 10.1021/jp306870y, 査読有。
- ⑨ 長岡伸一、河野優太郎、大内綾、向井和男、アセトニトリル中におけるビタミン E ラジカルの紫外可視吸収スペクトルへの金属イオンの効果—ビタミン E ラジカルと金属陽イオンの錯形成—、*ビタミン*、**87**, 152-153 (2013), <http://web.kyoto-inet.or.jp/people/vsojkn/journal/index.html>, 査読有。
- ⑩ 福澤 健治、柴田 瑩、大内 綾、長岡 伸一、向井和男、卵黄レシチンリポソーム膜におけるビタミン E のラジカル消去反応速度、*ビタミン E 研究の進歩 XV*、124-127 (2012), <http://www.sunpla-mcv.com/vitaminE/>, 査読無。
- ⑪ K. Ohara, K. Doi, Y. Niizaki, and S. Nagaoka, A Time-Resolved Luminescence Study on Singlet Oxygen Quenching by Hydroxycinnamic Acids under Acidic, Neutral and Basic Conditions, *J. Photochem. Photobiol. A* **249**, 1-8 (2012), DOI: 10.1016/j.jphotochem.2012.08.021, 査読有。
- ⑫ K. Mukai, A. Ouchi, S. Takahashi, K. Aizawa, T. Inakuma, J. Terao, and S. Nagaoka, Development of Singlet Oxygen Absorption Capacity (SOAC) Assay Method. 3. Measurements of the SOAC Values for Phenolic Antioxidants, *J. Agric. Food Chem.* **60**, 7905-7916 (2012), DOI: 10.1021/jf302021r, 査読有。
- ⑬ K. Mukai, Y. Kohno, A. Ouchi, and S. Nagaoka, Notable Effects of Metal Salts on UV-Vis Absorption Spectra of  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, and  $\delta$ -Tocopheroxyl Radicals in Acetonitrile Solution. The Complex Formation between Tocopheroxyls and Metal Cations, *J. Phys. Chem. B* **116**, 8930-8941 (2012), DOI: 10.1021/jp305039z, 査読有。
- ⑭ 大内 綾、大井 正則、長岡 伸一、向井 和男、ユビキノールによるビタミン E の再生反応に及ぼす金属塩の効果とメカニズム (総合論文)、*ビタミン*、**86**, 293-302 (2012), <http://web.kyoto-inet.or.jp/people/vsojkn/journal/index.html>, 査読有。
- [学会発表] (計 2 2 件)
- ① S. Nagaoka and K. Ohara, Nodal-Plane Model in Photochemistry, 27th International Conference on Photochemistry, 2015 年 6 月 28 日-7 月 3 日, Jeju (Korea), Special guaranteed oral speaker.
- ② 小原 敬士、平岡 奈保子、長岡 伸一、シクロデキストリンで水溶化した香辛料成分カプサイシンの一重項酸素消去活性、第 67 回日本酸化ストレス学会学術集会、2014 年 9 月 4-5 日、同志社大学 (京都府・京都市)。
- ③ 長岡 伸一、食品が一重項酸素を消滅させる能力を評価する方法の開発、平成 26 年度愛媛大学研究員交流サロン、2014 年 8 月 26 日、愛媛大学 (愛媛県・松山市)、招待講演。
- ④ S. Nagaoka, H. Endo, and K. Ohara, Correlation between Excited-State Intramolecular Proton-Transfer and Singlet-Oxygen Quenching Activity in Intramolecularly Hydrogen-Bonded Anthraquinone Derivatives, 248th American Chemical Society National Meeting & Exposition, 2014 年 8 月 10-14 日, San Francisco (USA), Invited speaker.
- ⑤ 長岡 伸一、永井 かなえ、大内 綾、向井和男、カテコールアミンのラジカル消去活性— $\alpha$ -トコフェロールとの相乗効果—、日本ビタミン学会第 66 回大会、2014 年 6 月 13-14 日、姫路商工会議所 (兵庫県・姫路市)。
- ⑥ 中村 明日香、大内 綾、長岡 伸一、東 長雄、向井 和男、ビタミン E の一重項酸素消去速度に及ぼす金属塩の効果、2014 年 6 月 13-14 日、姫路商工会議所 (兵庫県・姫路市)。
- ⑦ 福澤 健治、柴田 瑩、大内 綾、長岡 伸二、向井 和男、リポソーム膜中におけるトコトリエノール類のラジカル補足反応速度の測定、2014 年 6 月 13-14 日、姫路商工会議所 (兵庫県・姫路市)。
- ⑧ 向井 和男、石川 絵理、大内 綾、長岡 伸二、鈴木 智美、泉澤 勝弘、小池 泰介、トコトリエノール同族体とパーム油抽出物の一重項酸素消去活性 (SOAC 値) 評価のミセル溶液系への展開、第 10 回日本トコトリエノール研究会、2013 年 11 月 25 日、産業技術総合研究所臨海副都心センター別館 (東京都・江東区)。
- ⑨ 長岡 伸一、遠藤 光、小原 敬士、分子内水素結合したアントラキノン類における励起状態分子内プロトン移動と一重項酸素消去活性の相関、光化学討論会、2013 年 09 月 11-13 日、愛媛大学 (愛媛県・松山市)。
- ⑩ 向井 和男、大内 綾、中矢 沙織、長岡 伸二、トコフェロールとユビキノール (ビ

- タミンC)の共存による抗酸化反応速度の増加と酸化促進効果の抑制、第66回日本酸化ストレス学会学術集会、2013年06月13-14日、ウインクあいち(愛知県・名古屋市中村区)。
- ⑪ 長岡 伸一、永井 かなえ、藤井 裕子、大内 綾、向井 和男、食品などにおける抗酸化剤によるフリーラジカル消去活性の測定法の開発(ARAC法)、第66回日本酸化ストレス学会学術集会、2013年06月13-14日、ウインクあいち(愛知県・名古屋市中村区)。
- ⑫ 向井 和男、大内 綾、長岡 伸一、池本 一人、中野 昌彦、還元型ピロロキノリンキノン(PQQH<sub>2</sub>)の抗酸化活性の評価、第66回日本酸化ストレス学会学術集会、2013年06月13-14日、ウインクあいち(愛知県・名古屋市中村区)。
- ⑬ 大内 綾、中矢 沙織、長岡 伸一、向井 和男、トコフェロールとユビキノール(ビタミンC)の抗酸化反応における相乗効果の研究：共存による反応速度の増加と酸化促進効果の抑制、第66回日本酸化ストレス学会学術集会、2013年06月13-14日、ウインクあいち(愛知県・名古屋市中村区)。
- ⑭ 向井 和男、大内 綾、長岡 伸一、鈴木 智美、泉澤 勝弘、トコトリエノール同族体とパーム油抽出物のフリーラジカル消去活性、第9回日本トコトリエノール研究会、2012年11月12日、産業技術総合研究所臨海副都心センター別館(東京都・江東区)。
- ⑮ 石川 絵理、大内 綾、長岡 伸一、向井 和男、泉澤 勝弘、小池 泰介、トコトリエノール同族体とパーム油抽出物の一重項酸素消去活性(SOAC値)の評価、第9回日本トコトリエノール研究会、2012年11月12日、産業技術総合研究所臨海副都心センター別館(東京都・江東区)。
- ⑯ 向井 和男、大内 綾、長岡 伸一、高橋 慎吾、相澤 宏一、稲熊 隆博、寺尾 純二、食品への応用を目指したフェノール系抗酸化剤の一重項酸素消去活性評価法の確立(第2報)、日本ビタミン学会第64回大会、2012年6月22-23日、長良川国際会議場(岐阜県、岐阜市)。
- ⑰ 河野 優太郎、大内 綾、長岡 伸一、向井 和男、ビタミンEラジカルと金属イオン間の錯形成の効果、日本ビタミン学会第64回大会、2012年6月22-23日、長良川国際会議場(岐阜県、岐阜市)。
- ⑱ 大内 綾、長岡 伸一、向井 和男、鈴木 智美、泉澤 勝弘、トコフェロールとトコトリエノールの抗酸化反応における相乗効果の研究、日本ビタミン学会第64回大会、2012年6月22-23日、長良川国際会議場(岐阜県、岐阜市)。
- ⑲ 相澤 宏一、高橋 慎吾、岩崎 裕子、稲熊 隆博、大内 綾、長岡 伸一、寺尾 純二、

- 向井 和男、食品の一重項酸素消去活性評価法(SOAC法)の確立、第65回日本酸化ストレス学会学術集会、2012年6月7-8日、あわぎんホール徳島県郷土文化会館(徳島県、徳島市)、招待講演。
- ⑳ 向井 和男、河野 優太郎、大内 綾、長岡 伸一、Stopped-Flow分光光度計を用いた $\alpha$ -、 $\beta$ -、 $\gamma$ -、 $\delta$ -トコフェロシキルラジカルと金属陽イオンの錯形成の研究、第65回日本酸化ストレス学会学術集会、2012年6月7-8日、あわぎんホール徳島県郷土文化会館(徳島県、徳島市)。
- 21 高橋 慎吾、岩崎 裕子、相澤 宏一、稲熊 隆博、大内 綾、向井 和男、長岡 伸一、寺尾 純二、マイクロプレートリーダーを用いた一重項酸素消去活性測定法(SOAC法)の検討、第65回日本酸化ストレス学会学術集会、2012年6月7-8日、あわぎんホール徳島県郷土文化会館(徳島県、徳島市)。
- 22 岩崎 裕子、高橋 慎吾、相澤 宏一、稲熊 隆博、大内 綾、向井 和男、長岡 伸一、寺尾 純二、野菜および果実の一重項酸素消去活性測定法(SOAC法)を用いた評価、第65回日本酸化ストレス学会学術集会、2012年6月7-8日、あわぎんホール徳島県郷土文化会館(徳島県、徳島市)。

〔図書〕(計1件)

- ① 長岡 伸一、愛媛大学「研究室からこんにちは!」7、アトラス出版、愛媛、2013年、pp. 316-332。

〔その他〕

ホームページ等

[http://chem.sci.ehime-u.ac.jp/~struct1/int\\_naga.pdf](http://chem.sci.ehime-u.ac.jp/~struct1/int_naga.pdf)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

長岡 伸一 (NAGAOKA, Shin-ichi)  
愛媛大学・大学院理工学研究科・教授  
研究者番号：30164403

### (2) 連携研究者

向井 和男 (MUKAI, Kazuo)  
愛媛大学・理学部・研究員  
研究者番号：70036193