

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26282025

研究課題名(和文)健康長寿食を支える抗酸化物質の根拠不在な生体内活性の革新的解析法の創出

研究課題名(英文)Creation of Innovative Methodology for Analyzing in vivo Ambiguous Bioactivity of Anti-oxidative Substance to Support the Development of Health and Longevity-promoting Foods

研究代表者

藤村 由紀 (Fujimura, Yoshinori)

九州大学・先端融合医療レドックスナビ研究拠点・准教授

研究者番号：20390304

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、レドックス関連疾患モデルマウスにおける抗酸化食品成分の標的組織内領域でのレドックス状態をレドックス分子イメージング法(ReMI)で非侵襲的に可視化すると共に、その可視化に必須なレドックスプローブの分布を質量分析イメージング法(MSI)で捉えることができた。本画像情報を内在性代謝物やレドックス関連指標の分布と重畳化して、詳細なレドックス/代謝の統合解析も可能となった。また、in vitro で高い抗酸化活性を示す食品成分がin vivo 生体内レドックス状態に有意な影響を与えないことも判明した。本成果は、食品成分の生体内機序を正確に捉える上で極めて有用な情報を提示するものである。

研究成果の概要(英文)：Herein, we could non-invasively visualizing the redox status of the tissue region targeted by anti-oxidative food factors in redox-related disease mice by using redox molecular imaging (ReMI) technique. In addition, mass spectrometry imaging (MSI) technique allowed us to visualize the tissue distribution of the representative redox-sensitive probe as a redox contrast agent. Combination of the two techniques succeeded in an integrative analysis of more detailed redox and metabolic statuses on the basis of simultaneous evaluation of such imaging data and both imaging data from endogenous metabolome and redox-related biological indices. Furthermore, a food factor, with higher anti-oxidative activity in vitro, did not significantly affect in vivo redox status. These findings provide the useful and essential information to accurately understand in vivo mechanism of food factors.

研究分野：食品機能学、メタボロミクス

キーワード：レドックス 抗酸化活性 質量分析イメージング 磁気共鳴画像診断 代謝 酸化ストレス 緑茶カテキン

## 1. 研究開始当初の背景

癌や生活習慣病、脳神経変性疾患の発症・病態形成に活性酸素・フリーラジカル生成により惹起される酸化ストレス（酸化還元バランスの破綻）の関与が 20 年以上前から指摘されているが、抗酸化能を主作用とする医薬品は現状では一種類のみである。一方、増大する医療費の削減に寄与し、症状の軽減化や予防を目指した抗酸化能の高い食品開発が活発に行われ、例えば、βカロテン、ビタミン E、コエンザイム Q、ポリフェノール等はその抗酸化性に着目した疾患予防効果が期待されたが、現在までにヒトでの有効性が確認されておらず、実用には至っていない。酸化ストレスをターゲットとした食品・医薬品開発を困難にしているのは、生理的条件下の酸化ストレス状態を従来法では正確にかつ感度よく測定できないためである。そのため、生体内レドックス（酸化ストレス状態）の時間的局在変動情報を非侵襲的に捉えることができれば、本当の意味での抗酸化食品開発に資する極めて高精度な抗酸化活性（酸化ストレス応答）評価が可能となる。

食の研究分野では、抗酸化力の高い成分摂取が健康や疾病予防に効果があるという“抗酸化説”が強く支持されているが、非生理的条件下の簡便な抗酸化性評価で高い活性を示すいくつもの機能性食品成分がヒトでの有効性が確認できない、あるいは、単一過剰摂取による健康被害が報告されている。こうした事例は、既存の評価法の限界と共に、現状では定義が極めて曖昧な抗酸化性の本質的な意味（生体内酸化還元反応を直接的に調節するのか？あるいは間接的に調節するのか？その場合の標的分子は？）を厳密に捉える必要がある。

我々は、核磁気共鳴画像化法を応用して、非侵襲的に生体内酸化還元代謝に関わる分子をスペクトル三次元画像化し、代謝反応を可視化するレドックス分子イメージング法（Redox Molecular Imaging: ReMI）を世界に先駆けて開発してきた。ReMI は、生体内レドックス異常が関与する癌や糖尿病、生活習慣病等の早期診断や再生医療の評価を可能とする画像診断の“切り札”として注目され、本技術により既存法で計測困難な食品成分の生体内抗酸化活性評価の可能性を考えた。

また、我々は、深刻な酸化ストレスを誘発する脳梗塞などの病態に反映した一連の代謝物の組織内時空間変動情報を一斉可視化できる質量分析イメージング法（Mass Spectrometry Imaging: MSI）の開発に世界で初めて成功し（*Anal. Chem.*, 2010）高精度病態診断を可能とする革新的分子イメージング技術として高く評価されている。さらに、本技術の応用で、代表的な抗酸化食品成分である緑茶ポリフェノールの組織内微小領域における代謝分布の極めて簡便な（非標識）可視化にも成功している（*Sci. Rep.*, 2013）。

上の背景から、「生体内レドックス状態を関連する内在性代謝物と食品成分自身の局在情報と合わせて解析することは、食品成分-生体成分間相互作用に基づく正確な抗酸化機序の評価につながるのでは？」という仮説を考えた。

## 2. 研究の目的

食品の健康維持増進・疾病予防効果のターゲットであり、生命現象の根幹をなす“酸化還元（レドックス）反応・酸化ストレス応答”は、臨床・個体レベルで未だに正確な計測法が確立されていない。そのため、食品成分の抗酸化活性は、生理的条件下の非侵襲的レドックス反応の直接的な調節（本来の意味の抗酸化活性）によるものかとは全く不明である。そこで本研究の目的は、世界初の磁気共鳴画像診断装置（レドックス分子イメージング法）により、生体内レドックスの特異的代謝反応（酸化還元代謝分子群）を非侵襲的に捉えると共に、関連代謝やそれらを制御する抗酸化食品成分自身の挙動を独自の質量分析技術により可視化する。これにより、既存法では計測困難な食品成分の直接的な生体内抗酸化活性（酸化ストレス応答）の極めて正確な評価を可能とする。

## 3. 研究の方法

本研究では、生体局所の非侵襲的レドックス状態と共に、その関連代謝物および食品成分自身の挙動を統合解析できる“ReMI/MSI-多重動態イメージング”技術を開発し、食品成分の新たな生体内抗酸化活性（酸化ストレス応答）評価法を確立する。そのため、以下に示した項目に従って実験を行なった。

### （1）多重動態解析に資する ReMI/MSI 画像の高精度重畳化法の開発

ReMI は、水分子近傍のフリーラジカルを励起させることでプロトン信号の強度変化（動的核偏極, Dynamic Nuclear Polarization: DNP）を捉える核磁気共鳴画像化技術（MRI）のひとつである。本法は、様々なレドックス応答プローブ（ラジカルプローブ）を用いることで、生体内レドックス状態の動的変化を捉える。ReMI は、非侵襲的な生体内レドックス状態を可視化できるが、レドックス代謝が極めて多岐に渡る生命現象の要素反応であるため、それらの関連代謝の挙動を併せて捉えることは、最終的な表現型と高い相関を示すレドックス代謝の理解につながる。そこで本研究では、ReMI による *in vivo* レドックス画像を MSI による *in situ* 代謝物分布画像と統合解析できる重畳化技術の開発を試みた。特に、両データの正確な位置合わせのために、ReMI に用いたプローブを MSI 上で高感度に検出できる条件を検討した。

(2) 見たい分子の高感度動態可視化に向けた MSI 技術の先鋭化

組織切片上の複数の興味分子の二次元分布情報を非標識で同時に可視化できる MSI の代表的イオン化法であるマトリックス支援レーザー脱離イオン化法 (MALDI 法) は、試料とマトリックス (イオン化助剤) の混晶形成後、レーザー照射で目的物質をイオン化させる手法であるが、全ての分子種を検出可能なマトリックスは存在せず、その適用範囲も極めて狭いことから、現状では興味分子の検出が困難な場合が多い。これに対して、我々は低分子代謝物用の新規合成マトリックスを世界に先駆けて開発し、これは既存のマトリックスではカバーできない代謝物の検出や興味分子の高感度検出を可能とした。そこで本研究では、独自保有のマトリックスライブラリーを用いて、興味分子 (低分子抗酸化食品・生体成分) の高感度検出を試みた。

(3) 生体内レドックス-生体成分-食品成分間の潜在的関係性の解析

ReMI により、抗酸化食品成分 (ポリフェノール・ビタミン類) がターゲットとし、酸化ストレス関連疾患モデル (癌など) マウス (C57BL/6) における生体内レドックス状態 (酸化ストレス応答) を非侵襲的に捉えると共に、抗酸化食品成分の投与効果 (生体内抗酸化活性) を検討した。また、同一個体を用いて、MSI により疾患の病態形成に伴う一連の代謝動態を確認した。得られた ReMI と MSI の多重画像情報を重畳化し、包括的な酸化ストレス応答 (抗酸化性) の生理的意義を検証した。更に、食品成分の既知の作用機序と共に、汎用されている生体外抗酸化活性 (組織抽出物・体液を用いた侵襲的測定: ORAC/TAC など) についても測定し、生体内外の活性の相違性・類似性検証も併せて行い、提案技術の有用性・妥当性を評価した。

#### 4. 研究成果

(1) ReMI/MSI 画像の高精度重畳化法の開発: レドックス応答プローブを用いることで非侵襲的な生体内レドックス状態を可視化できる ReMI による *in vivo* レドックス画像を MSI による *in situ* 代謝物分布画像と統合解析できる重畳化技術の開発を行った。特に、両データの正確な位置合わせのため、ReMI 用プローブを MALDI-MSI 上で高感度検出できる条件を見出すとともに、双方で得られたプローブ画像の分布情報の重畳化技術の構築を試みた。その結果、代表的なレドックスプローブである 3-Carbamoyl-PROXYL (3-CmP) がある種のナフタレン誘導体で高感度に MALDI-MS で検出可能であった。また、3-CmP は B16 マウスメラノーマを移植した担ガンモデルマウス (C57BL/6) の腫瘍部位で、ReMI によるレドックス状態の二次元

画像とともに (図 1A)、明らかな分布が MALDI-MSI により認められた (図 1B)。また、同一の組織領域内で内在性代謝物の局在も MSI により可視化され (図 1D)、レドックス画像を基準として、そのプローブと代謝物の局在を合わせて検証すること (レドックスと代謝動態の相関解析) が可能となった。

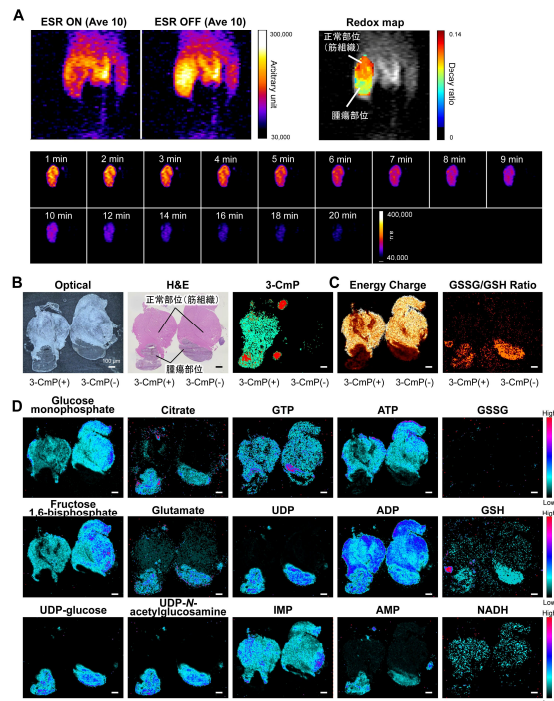


図 1 組織内レドックスおよび代謝状態の可視化

(2) 見たい分子の高感度動態可視化に向けた MSI 技術の先鋭化: 約 80 種類のマトリックス候補化合物からなるライブラリーと約 300 種類の生体代謝物の総当たり MALDI-MS 測定を行なった結果、大半の候補化合物が複数の代謝物をイオン化できたが、構造的特徴の違いにより、劇的にイオン化効率の変化を示した。また、主骨格によってイオン化できる化合物クラスが変化する傾向も認められた。さらに、アミノ酸・塩基・糖など、これまで MALDI ではイオン化が極めて困難であった化合物を高感度でイオン化可能なマトリックスの開発にも成功した。本研究において見出されたマトリックスを用いて、上述の担ガンモデルマウスの腫瘍部における内在性代謝物群の画像化が可能となり (図 1D)、Energy Charge や GSSG/GSH などのレドックス制御や生体恒常性に関与する機能的な生物学的インデックスの同時画像化も可能となった (図 1C)。さらに、3-CmP よりも生体膜透過性が高いレドックスプローブは、3-CmP の条件では検出困難であったが、ある種のマトリックスと混合使用することで、高感度に検出可能となった。本結果は、提案技術の有用性とともに、レドックス/代謝分布の重畳解析をさらに加速させる極めて大きなインパクトをもたらすものである。

(3) 生体内レドックス-生体成分-食品成分間の潜在的関係性の解析: 代表的な抗酸化活性成分である緑茶カテキン (EGCG: Epgallocatechin-3-O-gallate) を上述の担ガンモデルマウスに投与後、ReMI により腫瘍組織における *in vivo* レドックス状態を検証した。その結果、投与 15 分から 3 時間後までは、腫瘍組織のレドックス状態 (Decay ratio) に有意な変化は認められなかった (図 2A)。また、その腫瘍組織抽出物を汎用的な抗酸化活性評価法 (ORAC および TAC) に供したところ、いずれにおいても有意な変化は観察されなかった (図 2B)。一方、緑茶カテキン EGCG や緑茶抽出物自身は既に報告されているように高い ORAC/TAC 値を示した (図 2C)。以上の結果から、緑茶カテキンは生体外の結果 (試験管レベルの抗酸化活性評価) と違って、生体内 (*in vivo* もしくは抽出物の *ex vivo*) では直接的な抗酸化活性を示さない可能性が示された。このような両者の結果の相違は、いわゆる抗酸化食品成分の正確な“抗酸化性”を考える上で、極めて重要な情報であり、本研究で実施したアプローチの有用性とともに、これらの視点を踏まえたより慎重な研究デザインの設計が望まれる。

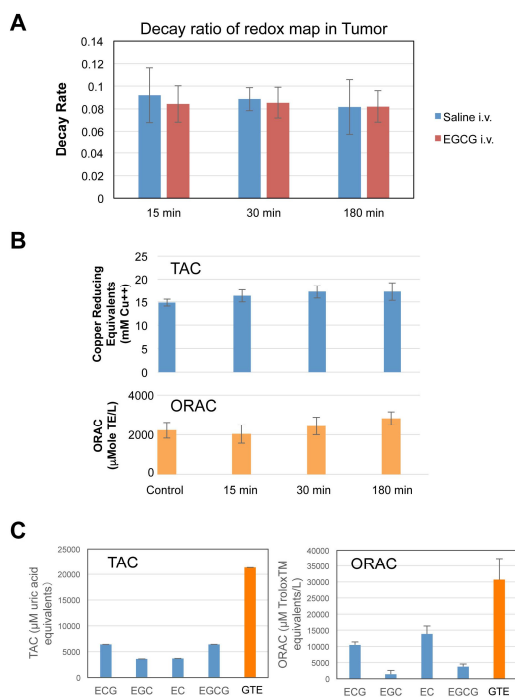


図2 レドックス状態および抗酸化活性に及ぼす緑茶カテキン EGCG の影響

## 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 11 件)

Fujimura Y, Kawano C, Maeda-Murayama A, Nakamura A, Koike-Miki A, Yukihira D, Hayakawa E, Ishii T, Tachibana H, Wariishi H,

Miura D. A Chemometrics-driven Strategy for the Bioactivity Evaluation of Complex Multicomponent Systems and the Effective Selection of Bioactivity-predictive Chemical Combinations. *Sci. Rep.*, in press, 2017. 査読有

Nakamura J, Morikawa-Ichinose T, Fujimura Y, Hayakawa E, Takahashi K, Ishii T, Miura D, Wariishi H. Spatially resolved metabolic distribution for unraveling the physiological change and responses in tomato fruit using matrix-assisted laser desorption/ionization-mass spectrometry imaging (MALDI-MSI). *Anal. Bioanal. Chem.*, 409, 1697-1706, 2017. DOI: 10.1007/s00216-016-0118-4. 査読有

Eto H, Tsuji G, Chiba T, Furue M, Hyodo F. Non-invasive evaluation of atopic dermatitis based on redox status using *in vivo* dynamic nuclear polarization magnetic resonance imaging. *Free Radic. Biol. Med.*, 103, 209-215, 2017. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2016.12.043. 査読有

Hayakawa E, Fujimura Y, Miura D. MSiDv: a versatile tool to visualize biological indices from mass spectrometry imaging data. *Bioinformatics*, 32, 3852-3854, 2016. DOI:10.1093/bioinformatics/btw548. 査読有

藤村由紀, 立花宏文. カテキンシグナリングならびにイメージングの基礎. *化学と生物*, 54, 674-680, 2016. 査読無

藤村由紀, 三浦大典, 割石博之, 立花宏文. 緑茶ポリフェノールの生体内代謝の二次元可視化. *ビタミン*, 90, 26-29, 2016. 査読無

藤村由紀, 立花宏文, 割石博之, 三浦大典. MALDI-MS イメージング法の食品機能性研究への応用: 生理活性ポリフェノールの生体内代謝の二次元可視化. *J. Mass Spectrom. Soc. Jpn.*, 63, 149-152, 2015. 査読無

Ito S, Hyodo F. Dynamic nuclear polarization-magnetic resonance imaging at low ESR irradiation frequency for ascorbyl free radicals. *Sci. Rep.*, 6, 21407, 2016. DOI: 10.1038/srep21407. 査読有

Eto H, Hyodo F, Nakano K, Utsumi H. Selective Imaging of Malignant Ascites in a Mouse Model of Peritoneal Metastasis Using *In Vivo* Dynamic Nuclear Polarization-Magnetic Resonance Imaging. *Anal. Chem.*, 88, 2021-7, 2016. DOI: 10.1021/acs.analchem.5b04821. 査読有

Fujimura Y. Small molecule-sensing strategy and techniques for understanding the

functionality of green tea. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 79, 687-99, 2015. DOI: 10.1080/09168451.2014.996205. 査読有

Hyodo F, Ito S, Yasukawa K, Kobayashi R, Utsumi H. Simultaneous and spectroscopic redox molecular imaging of multiple free radical intermediates using dynamic nuclear polarization-magnetic resonance imaging. *Anal. Chem.*, 86, 7234-8, 2014. DOI: 10.1021/ac502150x.

[学会発表](計 34 件)

Maeda-Murayama A, Yamaguchi A, Fujimura Y, Wariishi H, Miura D. Development of an Integrated Proteomic and Metabolomic Imaging Technique using MALDI-MS. *ASMS Sanibel Conference on Peptidomics*, Clearwater Beach, Florida (January 19-22/2017).

Kawano C, Ishii T, Fujimura Y, Shindo M, Wariishi H, Miura D. Screening and Synthesis of MALDI Matrix towards Phosphopeptidomics. *ASMS Sanibel Conference on Peptidomics*, Clearwater Beach, Florida (January 19-22/2017).

藤村由紀. メタボロミクス技術を食品の機能性研究にどうやって活かすか? **宮崎大学大学院農学工学総合研究科 食の科学ユニット講演会**, 宮崎市 (2016/11/28)

藤村由紀. 質量分析イメージングによる高精度病態評価および生体応答解析. **KRI ワークショップ**, 京都市 (2016/10/21)

藤村由紀. 緑茶カテキンのシグナリングとイメージングの基礎. **第9回トランスポーター研究会九州部会**, 宮崎市 (2016/10/1)

藤村由紀. 食品の特性を可視化する質量分析イメージングによるニュートリメトリクス. **第12回レドックス・ライフイノベーションシンポジウム**, 熊本市 (2016/8/18-19)

藤村由紀. メタボロミクスが切り拓く食品分析の新たなソリューション. **第III回日本食品衛生学会学術講演会**, 東京都 (2016/5/19)

藤村由紀, 河野ちひろ, 村山彩花, 三木晶琴, 石井孝典, 行平大地, 早川英介, 立花宏文, 割石博之, 三浦大典. 異なる質量分析システムを用いた緑茶代謝物プロファイリング. **第32回茶学術研究会・講演会・第13回日本カテキン学会年次学術大会合同大会2016**, 静岡市 (2016/10/27-28)

村山布紗, 一瀬智美, 藤村由紀, 山崎雄三, 割石博之, 三浦大典. 簡便高感度かつ再現性の高い MALDI-MSI 試料調製法の確立. **第10回メタボロームシンポジウム**, 鶴岡市 (2016/10/19-21)

石井孝典, 行平大地, 早川英介, 藤村由紀, 割石博之, 新藤充, 三浦大典. *In situ* metabolomics に向けた MALDI 用新規マトリックスの開発. **第10回メタボロームシンポジウム**, 鶴岡市 (2016/10/19-21)

三木晶琴, 藤村由紀, 石井孝典, 中村純也, 河野ちひろ, 新藤充, 割石博之, 三浦大典. 多検体迅速病態評価に向けた代謝物プロファイリング技術の開発. **第10回メタボロームシンポジウム**, 鶴岡市 (2016/10/19-21)

村山彩花, 藤村由紀, 河野ちひろ, 三木晶琴, 割石博之, 三浦大典. 緑茶代謝物プロファイリングでの LC-MS と MALDI-MS データの比較. **第10回メタボロームシンポジウム**, 鶴岡市 (2016/10/19-21)

河野ちひろ, 藤村由紀, 村山彩花, 石井孝典, 三木晶琴, 行平大地, 早川英介, 割石博之, 三浦大典. MALDI-MS 代謝物プロファイリングによる緑茶の抗酸化活性評価. **第10回メタボロームシンポジウム**, 鶴岡市 (2016/10/19-21)

Miura D, Ishii T, Fujimura Y, Hayakawa E, Wariishi H, Shindo M. Structure-Property Relationship and Strategic Synthesis of MALDI Matrix for Low-Molecular-Weight Metabolites Analysis. *64th ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics*, San Antonio, Texas (June5-9/2016)

早川英介, 藤村由紀, 三浦大典. 質量分析イメージングによる生物学的インデックス可視化ツールの開発. **第64回質量分析総合討論会**, 吹田市 (2016/5/18-20)

三浦大典, 石井孝典, 行平大地, 藤村由紀, 割石博之, 新藤充. *In situ* metabolomics に向けた新規 MALDI マトリックス開発. **第64回質量分析総合討論会**, 吹田市 (2016/5/18-20)

藤村由紀, 河野ちひろ, 村山(前田)彩花, 早川英介, 石井孝典, 割石博之, 三浦大典. マトリックス・スクリーニングに基づいた MALDI-MS 技術の食品機能性評価への応用: 緑茶抽出物の代謝物プロファイリング. **第64回質量分析総合討論会**, 吹田市 (2016/5/18-20)

藤村由紀, 三浦大典, 割石博之, 立花宏文. 要素還元的手法の限界とメタボロミクスの挑戦: 食品機能性評価への応用. **日本農芸化学会 2016 年度大会**, 札幌市 (2016/3/29)

Fujimura Y, Nakamura A, Yukihira D, Nishimuta R, Hayakawa E, Miura D, Tachibana H, Wariishi H. A strategy for evaluating food functionality: Application of MALDI-MS to high-throughput metabolic profiling of green tea extracts with

- antioxidant activity. *Pacificchem 2015*, Honolulu, Hawaii (December 15-20/2015)
- 一瀬智美, 藤村由紀, 中村麻子, 行平大地, 早川英介, 割石博之, 立花宏文, 三浦大典. 緑茶抽出物の生理活性評価に役立つ代謝物プロファイリング法の開発. **第12回日本カテキン学会年次学術大会**, 福岡市 (2015/12/4-5)
- 21 早川英介, 藤村由紀, 三浦大典. スペクトルネットワークを利用した構造推定法の緑茶抽出成分への適用. **第12回日本カテキン学会年次学術大会**, 福岡市 (2015/12/4-5)
- 22 三浦大典. MS イメージングを基盤とした疾病マーカーの探索・同定・診断を目指して. **BMB2015**, 神戸市 (2015/12/3)
- 23 村山布紗, 藤村由紀, 中村純也, 兵藤文紀, 割石博之, 三浦大典. 生体レドックスと代謝の多重イメージングに向けたレドックスプローブのMALDI可視化戦略. **第9回メタボロームシンポジウム**, 三島市 (2015/10/1-2)
- 24 三浦大典. 質量分析を用いた組織内代謝動態の可視化. **日本分析化学会第64回特別シンポジウム**, 福岡市 (2015/9/9)
- 25 藤村由紀, 三浦大典, 割石博之, 立花宏文. 要素還元的手法を補完するメタボロミクス: 緑茶の機能性評価への応用. **日本食品科学工学会第62回大会**, 京都市 (2015/8/27-29)
- 26 Fujimura Y, Ogata K, Tachibana H, Miura D. High-sensitive analysis of distribution of phytochemicals by mass spectrometry imaging. **DAOSH2015**, Awaji, Hyogo, Japan (August 30/2015)
- 27 三浦大典, 石井孝典, 早川英介, 藤村由紀, 割石博之, 新藤充. MALDIマトリックスの構造機能相関と戦略的合成展開. **第63回質量分析総合討論会**, つくば市 (2015/6/17-19)
- 28 藤村由紀, 中村純也, 一瀬智美, 金允喜, 佐々木雅子, 海野結実, 緒方是嗣, 中島宏樹, 立花宏文, 割石博之, 三浦大典. イメージング質量顕微鏡によるファイトケミカルの高感度分布解析. **日本農芸化学会2015年度産学官学術交流委員会フォーラム**, 岡山市 (2015/3/28)
- 29 藤村由紀, 中村麻子, 行平大地, 西牟田梨恵, 一瀬智美, 早川英介, 三浦大典, 割石博之, 立花宏文. 抗酸化活性を有する緑茶抽出物のMALDI-MSを用いた代謝物プロファイリング. **第19回日本フードフクター学会**, 鹿児島市 (2014/11/8-9)
- 30 瀬戸山大樹, 藤村由紀, 三浦大典. メタボロミクスによる酸化ストレス応答性代謝関連分子の探索. **第8回レドックス・ライフノベーション第170委員会**, 宮崎市 (2014/8/21-23)
- 31 三浦大典. MALDI-MSを基盤とした時間分解メタボロミクスと病態解析への応用. **第41回BMSコンファレンス**, 能登市 (2014/7/8)
- 32 Nakamura A, Fujimura Y, Yukihiro D, Miura D, Wariishi H. A trial of MALDI-MS in metabolic profiling of green tea cultivars with antioxidant activity. *Metabolomics 2014*, Tsuruoka, Yamagata, Japan (June23-26/2014)
- 33 藤村由紀. 緑茶の機能性を捉える低分子ケミカルセンシングに関する研究. **第306回日本農芸化学会西日本支部例会**, 福岡市 (2014/5/23)
- 34 藤村由紀. MALDI-MSを基盤とした代謝物プロファイリング技術の開発. **第27回九州分析化学会若手の会 春の講演会**, 福岡市 (2014/5/17)
- {その他}  
ホームページ等  
<http://redoxnavi.kyushu-u.ac.jp/group2/>
6. 研究組織
- (1)研究代表者  
藤村 由紀 (FUJIMURA Yoshinori)  
九州大学先端融合医療レドックスナビ研究拠点・准教授  
研究者番号: 20390304
- (2)研究分担者  
兵藤 文紀 (HYODO Fuminori)  
九州大学先端融合医療レドックスナビ研究拠点・准教授  
研究者番号: 10380693
- (3)研究分担者  
早川 英介 (HAYAKAWA Eisuke)  
沖縄科学技術大学院大学進化神経生物学ユニット・研究員  
研究者番号: 20739809
- (4)研究分担者  
瀬戸山 大樹 (SETOYAMA Daiki)  
九州大学病院・助教  
研究者番号: 30550850
- (5)研究分担者  
三浦 大典 (MIURA Daisuke)  
九州大学先端融合医療レドックスナビ研究拠点・准教授  
研究者番号: 40532627