

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 1 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25292121

研究課題名(和文) 紅藻由来フィコエリスリンの脳機能改善作用とそのメカニズムの解明

研究課題名(英文) Improving effect of brain function by phycoerythrin from red algae and clarification of its mechanism

研究代表者

岸村 栄毅 (KISHIMURA, HIDEKI)

北海道大学・水産科学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：50204855

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,300,000円

研究成果の概要(和文)：紅藻ダルス(*Palmaria palmata*)の色素タンパク質「フィコエリスリン(PE)」の脳機能改善作用を、促進老化マウス「SAMP10」を用いて検討した。SAMP10へのダルスPEの長期投与により、加齢に伴う概日リズムの減衰が有意に抑制され、また、空間学習記憶能の低下も有意に抑制された。これらの効果は、ダルスPEがSAMP10の酸化ストレスを軽減したことに由来すると考えられた。

研究成果の概要(英文)：We studied the improving effect of brain function by “phycoerythrin (PE)” from the red alga dulse (*Palmaria palmata*) using the senescence-accelerated mouse prone-10 (SAMP10). It was clarified that dulse PE shows antioxidative effect and the active factor is its chromophore. Then, by long-term administration of dulse PE to SAMP10, the deterioration of circadian rhythm depending on aging of SAMP10 was significantly restrained. In addition, the spatial perception of SAMP10 was significantly maintained by long-term administration of dulse PE. It was thought that these effects were derived from a reduction of oxidative stress in SAMP10 by dulse PE.

研究分野：水産化学

キーワード：紅藻 ダルス フィコビリタンパク質 フィコエリスリン 抗酸化作用 脳機能改善 促進老化モデルマウス 次世代シーケンス

## 1. 研究開始当初の背景

近年我国では、高齢化の進行に伴い認知症(50~60%がアルツハイマー型)罹患者が急増しており、深刻な社会問題となっている。すなわち、2005年には約32万人であった認知症患者数は2030年には350万人を超えると推定されている。認知症の対策において脳の老化予防は重要な戦略と考えられており、現在多方面から研究が行われている。それらの中には、緑茶カテキン、紅花色素、大豆イソフラボノイド等、食品由来の抗酸化物質の効果に関する報告もある。

最近申請者らは、寒帯性海域に分布する紅藻ダルス(*Palmaria palmata*)が光合成補助色素として働くフィコビリタンパク質を豊富に含有することを見出した。そして、ダルス由来タンパク質の主成分が赤色を呈するフィコエリスリン(PE)であること、さらにダルスPEが強い抗酸化機能を有することを明らかにした。このことから、ダルスPEが脳機能改善作用を示すのではないかと推察した。

## 2. 研究の目的

(1) ダルスPEの老化防止機能、特に脳機能改善作用について、学習・記憶障害を持つ促進老化マウス(SAMP10)への投与試験により検討した。また、動物脳組織の遺伝子解析により、その作用メカニズムの解明を試みた。

(2) ダルス由来DNAを次世代シーケンスに供し、ダルス由来フィコピリンの生合成経路の解明を試みた。

(3) ダルス以外の紅藻類のフィコビリタンパク質の構造・機能特性の解明を目的として、ツルシラモ由来葉緑体DNAの構造を次世代シーケンスにより分析した。

## 3. 研究の方法

(1) ダルスPEの脳機能改善作用

### 試料

ダルスは、北海道函館市で採取後、-20で凍結保存したものをを用いた。

ポジティブ・コントロールとして、三井農林からカテキン(ポリフェノン70S)を購入した。カテキンは、SAMP10において脳機能改善作用を示すことが報告されている。

実験動物(7週齢のSAMP10雄性マウス)は三協ラボサービスから購入した。SAMP10は、抑うつ状態などの情動障害、概日リズムの減衰などの行動生理学的障害を自然発症する。

### ダルスPEの調製

凍結乾燥したダルスをブレンダーで微粉末化し、微粉末に20倍容量(v/w)の蒸留水を加えて攪拌した後、4で一夜静置してタンパク質を抽出した。次に、4、10,000rpmで10分間遠心分離し、上清を回収した。上清を4の暗所で蒸留水に対して2日間透析

した。透析内液を凍結乾燥し、その乾燥物をダルスPEとした。

### ダルス粗発色団の調製

ダルスPEに対して0.01倍容量(v/w)のメタノールを加え、90で3時間加熱した。放冷後、上清を回収し、上清:蒸留水:クロロホルム=1:1:2(v/v/v)となるように蒸留水とメタノールを加えて転倒攪拌し、液相が分離するまで静置した。クロロホルム層を回収してエバポレーターで蒸発乾固し、得られた乾燥物をダルス粗発色団とした。

### 動物飼育

SAMP10は、購入後1週間の予備飼育を行った。予備飼育中は、温度 $23\pm 2$ 、湿度 $55\pm 10\%$ 、照明12時間/日(7:00~19:00)環境下で、蒸留水と実験動物用固形飼料MF(オリエンタル酵母工業)を自由摂取させた。また、ポリカーボネート製ケージ(高さ110mm、縦125mm、横200mm、東洋理工)を用いて1匹ずつ飼育した。予備飼育後、各群間の体重および摂水量の標準偏差がそれぞれ0.05以下になるように各群10匹ずつ、3群に分けた。8週齢からコントロール群は蒸留水、ダルス群は蒸留水+ダルスPE、カテキン群は蒸留水+カテキンに切り替え、予備飼育と同じ環境下で本飼育(8~49週齢)を行った。ダルスPEおよびカテキンは、それぞれ1.4mg/mLおよび0.2mg/mLとなるように蒸留水に溶解して飲水として投与した。飲水は毎日調製して投与した。なお、本研究における動物実験は、「国立大学法人北海道大学動物実験委員会規定」に準じて実施した。

動物の体重、摂水量、摂餌量および総摂取カロリーの測定

体重、摂水量および摂餌量は、週1回測定した。摂水量および摂餌量は、当日にポリカーボネート製給水びんおよび固形飼料MFの重量を測定した後、翌日の同時刻に給水びんおよび固形試料MFの重量を測定し、その差を摂水量および摂餌量としてそれぞれ算出した。総摂取カロリーは、摂水量および摂餌量の結果から算出した。

### 動物の生存率の解析

Kaplan-Meier生存曲線は、4Stepsエクセル統計第3版(オーエムエス出版、2011年)付属のエクセルアドインソフトStatcel3を用いて作成した。

### 概日リズムの測定

マウスが10、15、20、25、30、35、40週齢の週に、明期(7:00~19:00)と暗期(19:00~7:00)の摂餌量を5日間連続で測定し、明期に対する暗期の摂餌量の比を算出した。

### モーリス水迷路試験

円形タンク(直径120cm、深さ50cm)を

蛍光灯の真下に設置し、周りを黒色のカーテンでタンク外壁から天井まで覆った。円形タンクを4分画に区切った際に等間隔となるように、4種の緑色シンボル(三角、四角、丸、バツ)をタンクの壁上部に設置した。水底からの高さが29 cmとなる透明なプラットホーム(直径12.5 cm)は、四角およびバツのシンボルを設置した4分の1区画に固定した。初日に行った運動試験では、120秒以上マウスが遊泳できることを確認した。続いて、2日目に行った予備試験では、プラットホームを緑色のビニールテープで覆うことで可視性を高め、その0.5 cm下に水面が来るように水を入れた。マウスをプラットホームに30秒間滞在させた後、15秒間遊泳させ、再びプラットホームに誘導した。この操作を3回繰り返し、それを1セットとした。午前1回、午後1回の計2セット行ない、マウスにプラットホームが安全であることを認識させた。予備試験の翌日から7日間連続で行った本試験では、透明なプラットホームの1 cm上に水面が来るように水を入れた。プラットホームとは反対の区画内からマウスを入水させ、プラットホームまでの到達時間を最大120秒まで測定した。到達した個体はプラットホームで30秒間滞在させた。120秒以内にプラットホームに到達しなかった場合は、プラットホームに誘導し、そこに30秒間滞在させた。この試行を、午前中に3回行った。なお、時間内に辿り着かなかったマウスの記録は120秒として取り扱った。

本試験の翌日に行ったプローブテストでは、プラットホームを円形タンクから取り外した状態で、マウスを120秒間遊泳させた。各マウスの遊泳の様子はビデオカメラで撮影し、プラットホームが存在した区画(1/4区画)に滞在した時間およびその区画の横断回数、プラットホームが存在した場所の横断回数を測定した。

プローブテストの翌日に行った可視プラットホーム試験では、プラットホームを緑色のビニールテープで覆うことで可視性を高め、その0.5 cm下に水面が来るように水を入れた。プラットホームとは反対の区画内からマウスを入水させ、プラットホームまでの到達時間を最大120秒まで測定した。この試行を、午前中に3回行った。プラットホームの場所は試行おきに移動させ、本試験で用いなかった3区画にそれぞれ設置した。なお、時間内に到達しなかったマウスの記録は120秒として取り扱った。

#### 新奇物体探索試験

馴化試行：1日目および2日目に、ホーロー内に物体を設置せずに内部を探索させ、環境にマウスを馴れさせた。訓練試行：3日目に、馴染物体をホーローに2つ設置し、マウスに5分間探索させた。保持試行：訓練試行から6時間後に、馴染物体の1つを新奇物体に置き換えて、マウスに5分間探索させた。

各マウスの探索行動をビデオカメラで撮影した。マウスが物体の周囲1 cm以内に入り、探索行動をとった時間を測定し、馴染物体に対する新奇物体の探索時間(秒)の比を算出し、物体認知記憶の強度を評価した。

#### 血しょうの ABTS ラジカル消去活性および脂質過酸化の測定

49週齢のSAMP10から全採血し、一定量のヘパリンナトリウムと混合して4、2,000  $\times$  gで10分間遠心分離した。得られた血しょうを蒸留水で10倍希釈したものを測定試料とした。血しょうのABTS(2,2'-アジノビス(3-エチルベンゾチアゾリン-6-スルホン酸))ラジカル消去活性は、Binsanらの方法( )を改変して測定した。血しょう中の脂質過酸化は、マロンジアルデヒド(MDA)濃度測定キット(日研ザイル)を用いて測定した。

#### DNA マイクロアレイ解析

全採血したマウスから速やかに肝臓および脳を摘出し、生理食塩水で洗浄後、RNA Laterに浸漬した。各組織からのRNAの精製はISOSPIN Cell & Tissue RNAを用いた。精製RNAを用いてGeneChip WT plus reagent(Affymetrix)にてラベル化し、MoGene2.1 ST Array Strip(Affymetrix)をDNAマイクロアレイに用いた。各試験群間の遺伝子発現変化は、Transcriptome Analysis Console(Affymetrix)を用いた一元配置分散分析およびクラスター解析により評価した。

#### 統計処理

得られた実験データから、各群の中央値、平均値および標準誤差を算出した。対照群と1試験群の2群間の中央値の差は、マンホイットニのU検定で評価した。対照群と複数試験群の平均値の差は、Dunnettの多重比較検定で評価した。各試験群間の生存率の差は、ロンランク検定で評価した。有意水準は危険率10%( $p < 0.10$ )、5%( $p < 0.05$ )および1%( $p < 0.01$ )とした。統計ソフトは、4 Steps エクセル統計 第3版(オーエムエス出版、2011年)付属エクセルアドインソフト Statcel 3を用いた。

#### (2) ダルス由来フィコピリンの生合成経路の解明

##### 遺伝子解析

(1)と同様のダルス藻体から葉緑体DNAの調製はCTAB(cetyl trimethyl ammonium bromide)法により行った。葉緑体DNAの塩基配列は次世代シーケンサ(Roche GS Junior)で分析し、アセンブリはnewblerにより行った。各コンティグ間のギャップはcDNAクローニング法により分析した。トランスクリプトーム解析は、藻体から抽出したmRNAを逆転写してcDNAライブラリを作製し、次世代シーケンサ(Ion PGM)でcDNAの塩基

配列を分析した。得られた塩基配列のアセンブリは Trinity により行った。

### (3) ツルシラモ葉緑体 DNA の構造解明

#### 試料

ツルシラモ (*Gracilariopsis chorda*) は、北海道北斗市で採取後、-20 で凍結保存したものをを用いた。

#### 遺伝子解析

CTAB 法により葉緑体 DNA を調製し、その塩基配列を次世代シーケンサ (Ion PGM) で分析した。各コンティグ間のギャップは cDNA クローニング法により分析した。得られた塩基配列のアセンブリは CLC Genomics Workbench により行った。

## 4. 研究成果

### (1) ダルス PE の脳機能改善作用

#### 粗発色団のラジカル消去作用

ダルス粗発色団は、ダルス PE と比較して有意に高い ABTS ラジカル消去活性を示した。このことから、ダルス PE の抗酸化作用部位は発色団であることが明らかになった。

#### SAMP10 の総摂取カロリーおよび生存率

ダルス PE の長期投与による体重への影響は認められなかった。また、総摂取カロリーは、ダルス群とコントロール群間で有意差は認められなかった。さらに、生存率もダルス群とコントロール群間で有意差は認められなかった。

#### SAMP10 の概日リズム

ダルス PE の長期投与により、ダルス群はコントロール群と比較して、加齢に伴う概日リズムの減衰が有為に抑制された (図 1)。

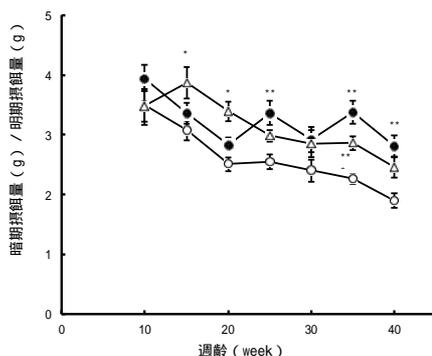


図 1. 概日リズムの測定

： コントロール群 (n=5)

： ダルス群 (n=5)

： カテキン群 (n=5)

Dunnett の多重比較検定

\*: p<0.05, \*\*: p<0.01

#### SAMP10 の空間学習記憶能

長期投与中の 17 週齢の SAMP10 を用いてモリス水迷路試験を行った。その結果、ダル

ス群の到達時間はコントロール群に比べて有意に短縮し、ダルス群の空間学習記憶能はコントロール群に比べて高く維持されていると考えられた (図 2)。また、プローブテストの結果、有意差は認められなかったものの、ダルス群はコントロール群と比べて 1/4 区画における滞在時間が長い傾向が認められ、1/4 区画の横断回数およびプラットホーム横断回数も多い傾向が認められた。これらの結果は、ダルス群のマウスが偶然にプラットホームに到達したのではなく、プラットホームの場所を記憶しており、かつ、その記憶強度が高いことを表す。さらに、可視プラットホーム試験では、ダルス群とコントロール群との間に有意差は認められなかったことから、本試験における到達時間の差は、プラットホームへ上がる動機付けの差によるものではなく、空間学習記憶能の差によるものであると考えられた。以上の結果から、ダルス PE の長期投与により SAMP10 の空間学習記憶能の低下が抑制されると結論された。

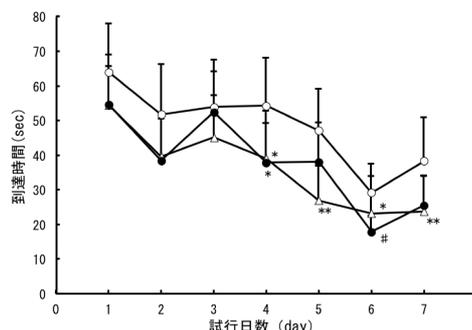


図 2. モリス水迷路試験

： コントロール群 (n=10 匹 × 3 回)

： ダルス群 (n=10 匹 × 3 回)

： カテキン群 (n=10 匹 × 3 回)

マンホイットニの U 検定

: p<0.10, \*: p<0.05, \*\*: p<0.01

#### SAMP10 の物体認知記憶能

ダルス群はコントロール群と比較して、有意差は認められなかったものの、物体認知記憶の強度が高い傾向が認められた。このことから、ダルス群の物体認知記憶能は、コントロール群と比較して高く維持されている可能性が示唆された。

#### SAMP10 の血しょうの抗酸化能および脂質過酸化

ダルス群はコントロール群と比較して、血しょうの ABTS ラジカル消去活性が有意に高く (図 3) 脂質過酸化が有意に低かった。これらの結果から、摂取したダルス PE が SAMP10 に消化・吸収され、血しょう中で直接的なラジカル消去活性を發揮し、酸化ストレスを軽減した可能性が考えられた。

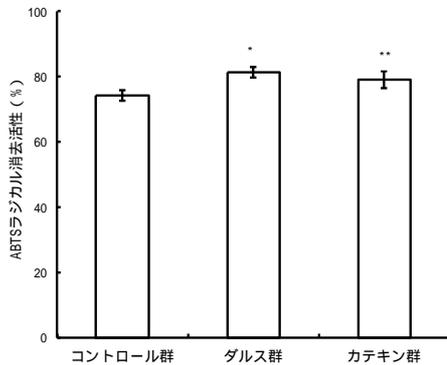


図 3. 血しょうの ABTS ラジカル消去活性

コントロール群 (n=7)  
 ダルス群 (n=6)  
 カテキン群 (n=7)  
 Dunnett の多重比較検定  
 \* : p<0.05, \*\* : p<0.01  
 49 週齢の SAMP10 の血しょうを用いた

SAMP10 の遺伝子発現

肝臓の各試験群間の発現遺伝子数を解析した結果、発現量が有意に変化した (p<0.05) 遺伝子数は、ダルス群とコントロール群間で 3824、カテキン群とコントロール群間で 2778、ダルス群とカテキン群間で 3023 であった。また、クラスター解析の結果、ダルス群はコントロール群と別のクラスターを形成した。次に、海馬の各試験群間の発現変化遺伝子数を解析した結果、発現量が有意に変化した (p<0.05) と判定された遺伝子数は、ダルス群とコントロール群間で 1305、カテキン群とコントロール群間で 2003、ダルス群とカテキン群間で 899 であった。また、ダルス群はコントロール群およびカテキン群とそれぞれ別のクラスターを形成した (図 4)。

クラスター解析で試験群ごとにグループ分けされたことから、ダルス PE の長期投与が SAMP10 の肝臓および海馬の遺伝子発現に何らかの影響を及ぼすことが示唆された。

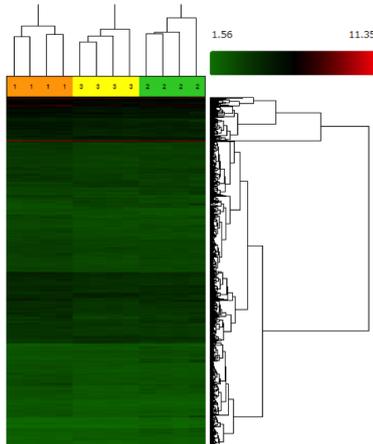


図 4. SAMP10 の海馬における発現遺伝子のクラスタリング解析

- 1: コントロール群
  - 2: ダルス群
  - 3: カテキン群
- 49 週齢の SAMP10 の海馬を用いた

(2) ダルス由来フィコピリンの生合成経路  
 葉緑体 DNA の構造解析によって、ヘムオキシゲナーゼ遺伝子の全構造が決定された。また、トランスクリプトーム解析によって、15、16-ジヒドロピリベルジン/フェレドキシンオキシドレダクターゼおよびフィコエリスロピリン/フェレドキシンオキシドレダクターゼ遺伝子の部分構造が決定された。これらの結果から、ダルスの主要フィコピリン (フィコエリスロピリン) の生合成経路は、シアノバクテリアのそれと同様である可能性が示唆された。

(3) ツルシラモ葉緑体 DNA の構造  
 ツルシラモ葉緑体 DNA の全構造を明らかにした (Accession number: AP017366)。本 DNA の塩基数は 182,364 bp で、196 のタンパク質の遺伝子がコードされていた。本分析により、ツルシラモ由来フィコピリタンパク質 (PE、PC、APC) の全一次構造が明らかになった。ダルスにおいて見出されたアンジオテンシン変換酵素 (ACE) 阻害ペプチド「LRY」の配列が、ツルシラモの PE 鎖、PC 鎖および APC 鎖の一次構造中に検出された。このことから、ツルシラモ由来フィコピリタンパク質から調製したペプチドが、血圧低下作用を有する可能性が示唆された。

<引用文献>

W.Binsan, S.Benjakul, W.Visessanguan, S.Roytrakul, H.Kishimura, M.Tanaka, 「Antioxidative activity of Mungoong, an extract paste, from the cephalothorax of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*)」, *Food Chemistry*, 106, 2008, 185-193.

5. 主な発表論文等

- 〔学会発表〕(計 14 件)
- 壺内 亮太・武井 健太郎・岸村 栄毅、「読せよ！ - ダルスからのシグナルメッセージ -」, HAKODATE アカデミックリンク 2016, 2016.11.12., 函館青少年センター、北海道・函館市。
- 佐藤 直登・足立 亨介・安井 肇・岸村 栄毅、「紅藻ダルス由来フィコエリスリン摂取による老化促進モデルマウス SAMP10 の脳機能改善作用」, 平成 28 年度日本水産学会北海道支部大会, 2016.10.23., 北海道大学函館キャンパス・北海道・函館市。
- 佐藤 直登・足立 亨介・安井 肇・岸村 栄毅、「紅藻ダルス由来フィコエリスリンの脳機能改善作用」, 日本農芸化学会北海道支部平成 28 年度第 1 回講演会, 2016.8.7., ホテル函館ロイヤル、北海道・函館市。
- 岸村 栄毅、「紅藻ダルスの将来性」, 日本

農芸化学会北海道支部平成 28 年度第 1 回講演会シンポジウム、2016.8.6.、ホテル函館ロイヤル・北海道・函館市。

佐藤 直登・足立 亨介・安井 肇・岸村 栄毅、「北方系未利用紅藻ダルス由来フィコエリスリンの学習記憶能改善作用」第 18 回 マリンバイオテクノロジー学会大会、2016.5.28.、北海道大学函館キャンパス、北海道・函館市。

岸村 栄毅、「北方系紅藻類のタンパク質の構造と健康機能性」第 18 回マリンバイオテクノロジー学会大会 シンポジウム、2016.5.28.、北海道大学函館キャンパス、北海道・函館市。

佐藤 直登・北出 裕実・岸村 栄毅、「海の宝を探し出せ！ - ダルスの健康機能 -」HAKODATE アカデミックリンク 2015、2015.11.14.、函館青少年センター・北海道・函館市（優秀賞受賞）。

熊谷 侑貴・宇治 利樹・宮部 好克・清水 健志・足立 亨介・安井 肇・岸村 栄毅、「ダルス由来フィコピリンの生合成経路の解析」第 17 回マリンバイオテクノロジー学会大会、2015.5.30.、東京海洋大学品川キャンパス・東京都・港区。

熊谷 侑貴・宮部 好克・清水 健志・足立 伸次・安井 肇・岸村 栄毅、「ツルシラモ・アロフィコシアニンの遺伝子構造」平成 27 年度日本水産学会春季大会、2015.3.28.、東京海洋大学品川キャンパス・東京都・港区。

熊谷 侑貴・宮部 好克・清水 健志・足立 伸次・安井 肇・岸村 栄毅、「次世代シーケンサによるツルシラモ葉緑体 DNA の分析」平成 26 年度日本水産学会北海道支部大会、2014.11.19.、函館市国際水産・海洋総合研究センター・北海道・函館市（最優秀学生講演賞受賞）。

岸村 栄毅、「寒帯性海域に分布する未利用紅藻ダルス」北大リサーチ&ビジネスパークセミナー、2014.11.26.、ホテル日航大阪・大阪府・大阪市。

勝倉 哲・熊谷 侑貴・吉野 真緒・岸村 栄毅、「捨てるなんてもったいない！ - ホタテとダルスの健康機能 -」HAKODATE アカデミックリンク 2014、2014.11.8.、函館青少年センター・北海道・函館市。

宮部 好克・武田 朋之・足立 亨介・安井 肇・岸村 栄毅、「紅藻ダルスの葉緑体 DNA」第 16 回マリンバイオテクノロジー学会大会、2014.5.30.、三重大学・三重県・津市。

Hideki Kishimura、「ACE inhibitory peptides prepared from phycobiliproteins of dulse」1st East Asia Fish Technologists Association Conference、2013.11.25.、Hakodate Hanabishi Hotel・Hakodate・Hokkaido・Japan。

〔図書〕(計 4 件)

岸村 栄毅・青木 直史・荒木 健治・五十嵐 一・池辺 将之・岩下 武史・大宮 学・岡

本 淳・小川 貴弘・小野 哲雄・小野里 雅彦・小川 聡・川村 秀憲・善田 拓也・工藤 峰一・栗原 純一・栗原 正仁・小水内 俊介・近野 敦・齋藤 普聖 他、北海道大学産学連携本部 [編集・発行]、『北海道大学 研究シーズ集 Vol.4 2017 Hokkaido University Research Profile』「紅藻フィコピリタンパク質のヘルスベネフィット」2017、238 (63)。

岸村 栄毅・青木 直史・荒木 健治・五十嵐 一・池辺 将之・岩下 武史・大宮 学・岡本 淳・小川 貴弘・小野 哲雄・小野里 雅彦・小川 聡・川村 秀憲・善田 拓也・工藤 峰一・栗原 正仁・小水内 俊介・近野 敦・齋藤 普聖・坂本 雄児 他、北海道大学産学連携本部 [編集・発行]、『北海道大学 研究シーズ集 Vol.3 2016 Hokkaido University Research Profile』「紅藻フィコピリタンパク質のヘルスベネフィット」2016、236 (60)。

岸村 栄毅・赤坂 司・秋田 英万・綾部 時芳・石川 正純・井上 馨・岩間 和人・上田 宏・大場 雄介・金子 知生・北村 秀光・工藤 信樹・栗原 秀幸・今 重之・今内 寛・櫻木 直也・佐野 大輔・瀬谷 司・大利 徹・高橋 是太郎 他、北海道大学産学連携本部 [編集・発行]、『北海道大学 研究シーズ集 Vol.2 Hokkaido University Research Profile』「紅藻フィコピリタンパク質のヘルスベネフィット」2015、183 (11)。

岸村 栄毅・赤坂 司・秋田 英万・綾部 時芳・井上 馨・岩間 和人・上田 宏・大場 雄介・工藤 信樹・今 重之・今内 寛・瀬谷 司・高木 睦・谷 博文・中村 公則・西川 淳・根本 知巳・樋田 京子・星野 洋一郎・山田 勇磨 他、北海道大学産学連携本部 [編集・発行]、『北海道大学 研究シーズ集 2014 Hokkaido University Research Profile - 産業イノベーションを狙う北大の最先端研究 -』「紅藻フィコピリタンパク質のヘルスベネフィット」2014、124 (9)。

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

岸村 栄毅 (KISHIMURA Hideki)

北海道大学・大学院水産科学研究院・准教授

研究者番号：50204855

### (2) 研究分担者

足立 亨介 (ADACHI Kohsuke)

高知大学・自然科学系・准教授

研究者番号：00399114