

令和 3 年 8 月 14 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K07932

研究課題名(和文)糖分子の導入による新たな抗炎症魚肉ペプチドの創成とその作用メカニズムの解明

研究課題名(英文) Development of novel anti-inflammatory fish peptides by introducing glycosyl units

研究代表者

佐伯 宏樹 (SAEKI, HIROKI)

北海道大学・水産科学研究院・教授

研究者番号：90250505

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：魚肉由来の消化ペプチドをアルギン酸オリゴ糖(AO)修飾すると、抗炎症機能が著しく増強された。この魚肉消化物から、AOが結合した抗炎症ペプチドのみを濃縮・分取するためには、両性電解質を含まない等電点電気泳動(Autofocusing)が有効な手段であったが、このAutofocusingによる抗炎症ペプチドの濃縮には、AOのもつウロン酸・カルボキシル基の負電荷が関与していた。また、このウロン酸は、抗炎症機能の増強にも貢献していることが明らかになった。さらに、コラーゲンペプチドでもAO修飾による抗炎症機能の増強が起きた。これらの事実は抗炎症ペプチド産生法としてのAO修飾の実用的汎用性を示唆している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

各種非感染性疾患の増悪に炎症体質が関わっていることから、食を介した慢性的炎症の緩和は食品科学における重要な命題である。この分野の研究は、主に食品成分中の抗炎症物質の探索とその利用であるが、本研究は、魚肉タンパク質をメイラード反応を介したオリゴ糖修飾によって新規抗炎症物質が獲得でき、またその機能の獲得と簡便な濃縮・回収に、オリゴ糖中のカルボキシル基が関与していることを明らかにした。さらに、本技術が筋肉タンパク質に留まらず、コラーゲンにも適用できる事を示した。以上の成果は、抗炎症ペプチドを産生する方法としてのアルギン酸オリゴ糖修飾の実用的汎用性を示すもので、今後の実用化研究に有用な知見である。

研究成果の概要(英文)：Modification of fish meat-derived digestive peptides conjugated with alginate oligosaccharide (AO) using the Maillard reaction significantly enhanced anti-inflammatory function. Isoelectric focusing without amphoteric electrolytes (Autofocusing) was an effective means for concentrating and separating only AO-bound anti-inflammatory peptides from the digested fish meat. The negative charge of carboxyl groups of uronic acids in AO was involved in the concentration of anti-inflammatory peptides. It was also clarified that this uronic acid would be an important factor for the enhancement of anti-inflammatory function. Furthermore, collagen peptide also enhanced anti-inflammatory function by AO-modification. These findings suggest the practical versatility of the AO-modification using the Maillard reaction as a manner for production of anti-inflammatory edible peptides.

研究分野：水産食品科学

キーワード：魚肉タンパク質 分子修飾 糖鎖導入 アルギン酸オリゴ糖 抗炎症 メイラード反応

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、生体組織の過剰・慢性炎症が、生活習慣病などの非感染性疾患を誘引することが明らかになり、炎症体質を改善しうる食品成分の探索が活発に行われている。研究代表者の佐伯らは、還元性ペプチドであるアルギン酸オリゴ糖 (AO) を、メイラード反応を用いて魚類の筋原線維タンパク質 (Mf) に結合させると、その複合体 (Mf-AO) が抗炎症機能をもつことを、*in vitro* および *in vivo* 実験によって明らかにした (文献 1)。そして、Mf-AO の消化ペプチドを、等電点電気泳動分画に供すると、酸性ペプチド画分に抗炎症成分が濃縮されることを見いだした。そこで、これらの知見の有効活用が、糖鎖導入技術を用いた魚肉由来抗炎症ペプチドの実用化に貢献できると判断し、本研究に着手した。

### 2. 研究の目的

本研究の最終目標は、魚肉由来の抗炎症ペプチドを安定的に供給する技術を実用化し、水産資源の高度利用に貢献することである。本研究では、上記した酸性画分に抗炎症ペプチドが濃縮される事実を踏まえ、「糖鎖導入による Mf への抗炎症機能の付与は Mf 由来の酸性ペプチドが選択的に糖鎖導入される」という作業仮説を設定した。そして (ア) 特定の酸性ペプチド画分に糖鎖を導入して、抗炎症ペプチドを効率的に創出する技術を確立し、(イ) このペプチド画分を用いて抗炎症機能の発現メカニズムを明らかにすることを目的とした。また (ウ) 本研究の知見を水産動物由来のコラーゲンに応用し、同技術の汎用性の検証を試みた。

### 3. 研究の方法

本研究では、まず (1) シロザケ Mf 消化ペプチド (dMf) にメイラード反応を介して AO を導入し、ペプチド-糖複合体 (dMf-AO) を調製した。そしてこれを、両性担体 (キャリア・アンフオライト) 非存在下での等電点電気泳動 (Autofocusing) に供し、20 種のペプチド画分を得た (文献 1, 2)。また (2) dMf を Autofocusing に供して得たペプチド画分 (fP) に AO を導入した一連の AO 修飾ペプチド (fP-AO) を調製した。そしてそれぞれ 20 種類の dMf-AO と fP-AO の抗炎症機能を、グラム陰性菌リポ多糖 (LPS) で刺激したマウスマクロファージを用いて測定した。そして (3) ウロン酸多糖である AO がもたらす抗炎症機能の発現メカニズムを議論するため、Mf の抗炎症機能の付与に対するウロン酸の役割を調べた。さらに (4) Mf 以外の魚肉タンパク質に対する AO 修飾の効果を検証するため、AO 修飾したコラーゲンペプチドの抗炎症機能を調べた。以下に個別の実験手法を概説する。

#### 3-1. シロザケ筋原線維消化物 (dMf) の AO 修飾

河川遡上した産卵回帰シロザケの背部普通筋肉を 50mM NaCl 中で粉碎して筋原線維 (Mf) を得た。これを 10 mg/mL となるように 50 mM NaCl に分散し、1 M HCl を用いて pH 2.0 に調整後、1% (w/w) ペプシンを加えて 37°C で 3 時間消化した。続いて 1 M NaOH で pH 8.0 にした後、1% (w/w) トリプシンを加えて 37°C で 3 時間消化した。その後、直ちに沸騰水浴中で加熱してプロテアーゼを失活させ、遠心分離上清を凍結乾燥に供し、シロザケ筋原線維消化物 (dMf) とした。これを蒸留水に溶解後、1/2 重量の AO を加えて再度凍結乾燥し、続いて恒温恒湿度下 (60 °C, 相対湿度 (RH) 75%) に保持し、Mf 中のリジン側鎖 (α-アミノ基) と糖の還元末端間に起こるメイラード反応を利用して消化ペプチドを AO 修飾し、dMf-AO 複合体 (dMf-AO) を得た。

#### 3-2. dMf-AO の Autofocusing 処理と分画ペプチド群の抗炎症機能

dMf-AO を蒸留水に溶解後、等電点電気泳動装置 (Rotofor, Biorad) にロードし、両性担体非存在下、電力 20W (定電流設定) 下で Autofocusing 処理した。そして、酸性からアルカリ性までの等電点の異なる 20 のペプチド画分 (AO 結合ペプチドを含む) を得た。続いて、各等電点フラクションの dMf-AO を凍結乾燥後、細胞培地に溶解し、大腸菌由来のリポ多糖 (LPS) で刺激したマウスマクロファージ (Raw264.7 細胞) に加え (終濃度で 500 μg/mL)、炎症性メディエータ (一酸化窒素: NO, 腫瘍壊死因子: TNF-α, およびインターロイキン 6: IL-6) 産生の分泌抑制率 (抗炎症効果) を測定した。また、各細胞実験の前に、細胞毒性がないことを CCK-8 Assay によって確認した。これらの詳細は、発表論文 (文献 3, Fisheries Science (2021), DOI 10.1007/s12562-021-01523-8) に記載した。

### 3-3 . dMf の Autofocusing 画分 (fP) に対する A0 修飾とその抗炎症機能

A0 修飾前の dMf を 3-2 と同様に Autofocusing 処理し, 20 種類のペプチド画分 (fP) を得た。これを中和後, 凍結乾燥した。各フラクションの fP と A0 を蒸留水に混合溶解し, 再度凍結乾燥後, 恒温恒湿度下 (60 °C, RH75%, 0-12 h) に保持して fP-A0 を得た。そして 3-2 と同様に, LPS 刺激マクロファージ (RAW264.7 細胞) に添加し (500 µg/mL), TNF- $\alpha$  産生におよぼす影響を調べた。なお A0 修飾時の fP と A0 の混合比は 1:0.2 または 1:0.5 とした。

### 3-4 . ウロン酸修飾による Mf への抗炎症機能の付与

Mf に A0 あるいはウロン酸単糖であるガラクトツロン酸 (両者の還元末端をほぼ同数とした) を加え, 凍結乾燥した。これを恒温恒湿度下 (60 °C, RH35%) に保持し, Mf に還元糖を結合させた。続いて, この Mf-糖複合体 (Mf-A0 または Mf-ガラクトツロン酸) を 50mM NaCl 中に分散し, 未反応の糖を洗浄除去した。そして, 3-2 と同様の方法でペプシン・トリプシン消化し, マウスマクロファージ (RAW264,7 細胞) を用いた抗炎症機能を測定した。

### 3-5 . A0 修飾による魚肉タンパク質機能改変の汎用性の検証

チョウザメ脊索コラーゲンを 60 °C で 30 分間加熱してゼラチン化した後, パパインで消化した。得られたコラーゲンペプチドに, 中性 pH 下で 1/2 重量の A0 を混合して凍結乾燥した。そして恒温恒湿度下 (80 °C, RH 75%, pH 7.2) に保持して A0 修飾をおこなった後, 3-2 で示した方法で抗炎症機能の増強効果を調べた。

## 4 . 研究成果

### 4-1 . シロザケ Mf 消化ペプチド-A0 複合体 (dMf-A0) の Autofocusing による分画と抗炎症成分の濃縮

本研究開始時の予備実験において, dMf と A0 の混合物を 60 °C, RH 75% で 4 時間保持したとき, dMf-A0 の抗炎症作用が最大となった。そこで, この dMf-A0 を等電点電気泳動に供した。結果を図 1 (下図) に示す。まず同図 (上) に示すように, ペプチド画分の pH は 0.6~12.0 と広範囲にあった。これらの傾向は, グルテン (文献 4) や魚類の基質タンパク質 (文献 5) の場合と, 同様であった。

dMf-A0 の Autofocusing 画分における抗炎症機能の分布を調べるため, 各画分の細胞毒性を調べたが, 図 1 (灰色のバー) に示すように, 細胞生存率に影響を与える画分は観察されなかった。一方, 単離された 20 種のペプチド画分における 320nm における紫外外部吸収 (A320 値) は, 酸性画分 (pH 2~5) で増加し, 画分 No. 3~7 からの単一ピークとして観察された。A320 は, A0 の関わるメイラード反応における中期段階の反応性生物に由来する。それゆえ一連の結果は, Autofocusing によって A0 結合ペプチドが酸性側に効果的に濃縮されたことを示している。

### 4-2 . dMf-A0 の Autofocusing 画分における抗炎症機能の分布

dMf-A0 から分画されたペプチド (図 1) を中和後, LPS 刺激 RAW264.7 細胞に添加して炎症性メディエーターの産生に対する各ペプチドの抑制効果を調べた (図 2)。これによると, 酸性ペプチド画分は, 3 つの炎症性メディエーター (NO, TNF- $\alpha$ , および IL-6) の産生を同時に抑制した。

まず NO および TNF- $\alpha$  に対する抑制効果は, 酸性画分 No.2~4 のペプチドから観察され,

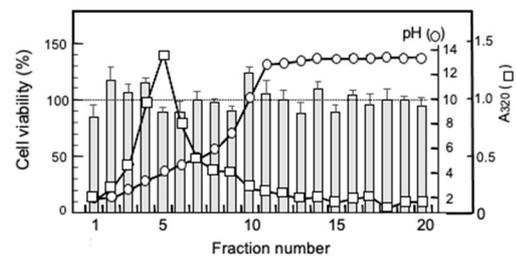


図1. AO修飾したMf消化ペプチドのautofocusing 各フラクションのpH (○), AO修飾に伴う320nmの紫外外部吸収 (□: A320) および細胞毒性 (棒グラフ) を調査した。

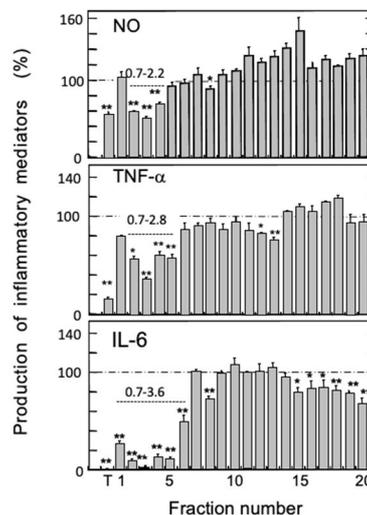


図2. AO修飾したMf消化ペプチドの Autofocusing画分間における抗炎症機能の比較 試料無添加のLPS刺激マクロファージ (RAW264.7細胞) における産生量 (Control) を100%とした相対値。図中の Tはautofocusing分画前の試料。図中の数字はフラクションのpH範囲を, また\*と\*\*は, それぞれ $p < 0.05$ および $0.01$  vs Control (Student's t-test)を示す。

画分 No.1~6は IL-6 の産生に対して強い抑制効果を示した。この結果は、dMf-AO に AO 結合ペプチドが存在することを示す A320 のピーク (図2の No.3~7) が、抗炎症ペプチドの分布範囲とほぼ一致していることを示している。一方、A320 値が低い分画ペプチドは、IL-6 分泌に対する抑制効果が弱い画分 No. 15~20 を除いて、炎症性メディエータの産生にはほとんど影響を与えなかった。したがって、Autofocusing は、dMf-AO から抗炎症機能が強化された AO 結合ペプチド画分を濃縮および回収するための効果的な手段であるといえる。

#### 4-3. dMf の Autofocusing 画分に対する AO 修飾と抗炎症機能の付与効果

AO 未添加の dMf を Autofocusing に供して 20 分画のペプチド群を得た。この分画ペプチド (fP) を中和し、dMf-AO 調製と同じ方法 (fP:AO=1:0.5 重量比, 反応条件は 60°C, RH 75% で 4 時間保持) で AO と結合させた。このとき、蒸留水に溶解したすべての fP において A320 値の増加が確認されたので、各 fP に AO が結合したと判断した。そこで、一連の AO 修飾 fP (fP-AO) の TNF- $\alpha$  分泌阻害効果を調べたところ、TNF- $\alpha$  阻害の増強は酸性ペプチド画分だけでなく、中性から塩基性までの広い範囲で確認された。

そこで、fP を対象とした AO 修飾の反応条件を種々変化させて (fP と AO の混合比を 1:0.2 または 1:0.5 とし、反応時間を 0-12 時間に設定), 得られた各 fP-AO の TNF- $\alpha$  産生抑制作用を調べた。すなわち、TNF- $\alpha$  産生におよぼす AO 修飾の影響を各 fP 画分間で比較するため、各 fP-AOx 共存下における TNF- $\alpha$  産生量を AO 修飾時間に対してプロットした。結果を、図3 (酸性画分) および図4 (塩基性画分) に示す。

まず、図3 (酸性画分) では、いずれのフラクションにおいても、反応時間 0h 試料 500  $\mu$ g/ml の添加で TNF- $\alpha$  産生量が約 2 倍に増加した。しかし、AO 修飾が進行すると、fP:AO の混合比には関わり無く、TNF- $\alpha$  産生が顕著抑制された。一方、図4 (塩基性画分) では、図3とは異なり、Fr. 15 を除いて、反応 0h 試料の添加による TNF- $\alpha$  産生量の顕著な増加は起こらなかった。また、fP:AO=1:0.2 では、TNF- $\alpha$  産生抑制効果を示す画分は、酸性・中性画分に近い Fr. 11, Fr. 12, Fr. 13 のみであった。このように、fP:AO=1:0.2 では、酸性画分よりも塩基性画分のほうが AO 修飾による TNF- $\alpha$  産生抑制効果の増強が顕著に認められた。しかし、fP:AO=1:0.5 にすると、Fig. 3 と同様、すべての画分で、AO 修飾反応 4 時間において最大の TNF- $\alpha$  産生抑制作用が認められた。

図3と図4の一部を抜粋し、各フラクション中の反応性リジン含量、すなわち AO の主要結合部位数と TNF- $\alpha$  産生抑制作用の関係を調べた。代表として Fr. 1, Fr. 5, および Fr. 10 の結果を図5に示す。これによると、反応性リジン含量が少なくても抗炎症作用が強く発現するペプチド群は、酸性側に分布していた。この結果は、酸性ペプチドが潜在的に高い抗炎症増強効果を持つ可能性を示唆している。

4-3の結果は、AO 修飾による抗炎症効果の付与効果は酸性ペプチドのほうが明瞭に認められる

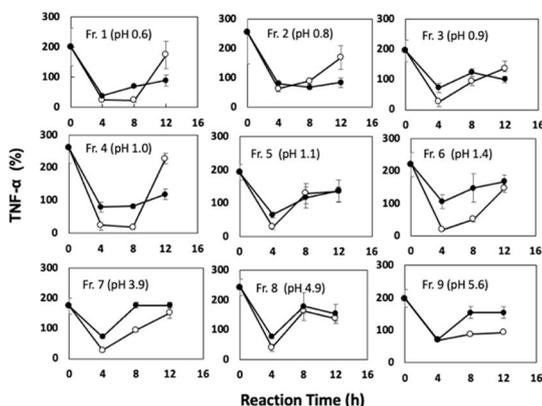


図3. AO修飾の進行に伴うMf消化ペプチド画分 (fP-AO) の抗炎症効果の変化 (I) 各フラクションのfPとAOを反応させて (60°C, RH75%, 0-12 h) fP-AOを得た後、これらをLPS刺激マクロファージ (RAW264.7細胞) に添加 (500 $\mu$ g/ml) して、TNF- $\alpha$ 産生におよぼす影響を調べた。TNF- $\alpha$ 産生は、試料無添加のときのTNF- $\alpha$ 産生量 (Control) を100%とした相対値で示した。図中の●と○は、それぞれfPとAOの混合比を1:0.2または1:0.5とした際の結果を示す。

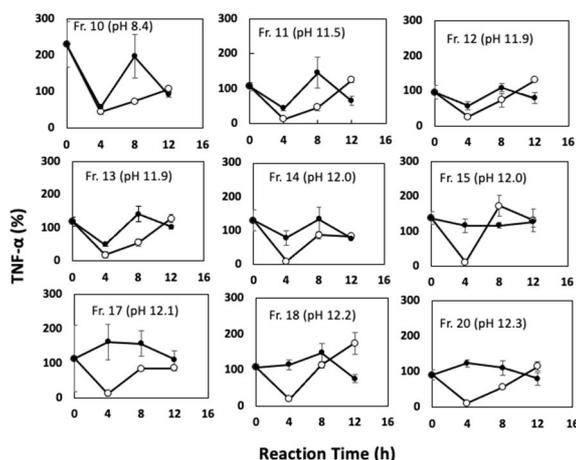


図4. AO修飾の進行に伴うMf消化ペプチド画分 (fP-AO) の抗炎症効果の変化 (II) 図3と同様、各フラクションのfPとAOを反応させて得たfP-AOの抗炎症作用を調べた。図中の●と○は、それぞれfPとAOの混合比を1:0.2または1:0.5とした際の結果を示す。

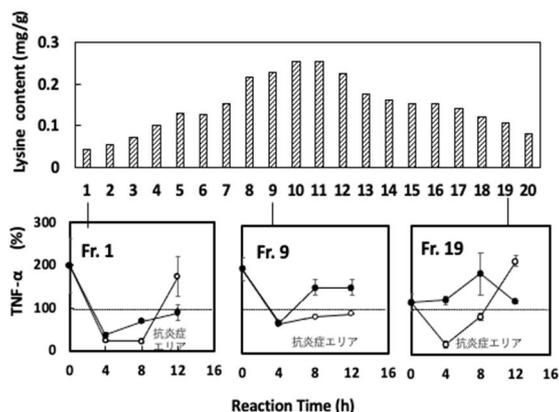


図5. 各Mf消化ペプチド画分 (fP) のリジン含有量とfP-AOの抗炎症機能の関連

ことを示している。すなわち、 $fP:AO = 1:0.2$ の結果を踏まえると、塩基性画分への抗炎症作用付与効果は、酸性・中性画分よりも限定的であるように思われた。しかし、充分量のAO（本実験条件下では $fP:AO = 1:0.5$ ）共存下でAO修飾を行えば、反応性の強弱にかかわらず、いずれのfP画分でも抗炎症作用を付与させられることが明らかである。

#### 4-4. dMf-AOのAutofocusingにおいて酸性画分に抗炎症ペプチドが濃縮された理由

4-3の結果は、酸性ペプチドの潜在的抗炎症機能を示しているとはいえ、「dMf中の酸性ペプチドへのAOの結合が、AO修飾による抗炎症機能の発現に寄与している」という、本計画当初の作業仮説を否定する内容であった。そこで、AO構成単糖であるウロン酸の寄与を踏まえ、AO修飾ペプチドがAutofocusingによって濃縮された理由を、以下のように推定した：まずAutofocusingにおける酸性画分へのAO結合ペプチドの濃縮には、ウロン酸のカルボキシル基の負電荷が関与している。アルギン酸は、カルボキシル基をもつウロン酸（マンヌロン酸とグルロン酸）より構成されている。dMf-AOを高電圧下でAutofocusingすると、AOのカルボン酸が水中のAO結合ペプチドに負電荷を与え、その結果、AO結合ペプチドは、双極イオンである構成アミノ酸の総電荷とは関係なく、酸性側に移動する。そして、AO結合ペプチドが酸性側に移動すると周辺環境のpH低下に伴って、カルボキシル基の解離度が低下し、非電離状態となる（アルギン酸の $pK$ は1.5~3、CAS番号：9005-32-7）。その結果、酸性側にAO結合ペプチドの滞留と沈殿がおこり、AO修飾ペプチドの濃縮が起こる。すなわち、Autofocusingを使用した抗炎症ペプチドの濃縮と回収は、アルギン酸構成糖であるウロン酸の電気的性質に起因している。

#### 4-5. dMf-AOの抗炎症機能付与に対するウロン酸の関与

上述のようにAOを構成するウロン酸は、Autofocusingにおける抗炎症ペプチドの挙動に大きな影響をおよぼしていた。そこでAO修飾による抗炎症機能効果のメカニズム解析の一環として、グルコースの誘導体である単糖ウロン酸（ガラクトuron酸、グルクロン酸など）の効果を検証した。その結果、ウロン酸修飾はdMfに対してTNF- $\alpha$ の産生抑制効果を付与したが、グルコースとそのオリゴ糖類には同様の機能付与効果は認められなかった。なお、ウロン酸修飾においてメイラード反応が過剰に進行しても、抗炎症作用の増強には繋がらなかった。以上の事実を踏まえると、AO修飾によって魚類Mfの抗炎症機能が増強には、AO構成単糖中のカルボキシル基が関与している可能性がある。

#### 4-6. AO修飾によるコラーゲンペプチドへの抗炎症機能の付与

チョウザメ脊索より調製した型コラーゲンを60℃で2時間加熱してゼラチン化し、これをパepsin消化（50℃，3時間，pH 7.5）した。このコラーゲンペプチド（CP）に1/2重量のAOを混合した後、凍結乾燥し、続いて80℃，RH 75%で0から8時間保持してAOを導入した（CP-AO）。そして、LPS刺激したRAW264.7細胞に添加し、dMf-AOと同様の方法でTNF- $\alpha$ 産生抑制効果を調べた。その結果、CP-AOはdMf-AOと同様のTNF- $\alpha$ 産生抑制効果を示した。すなわち、AO修飾は、魚類タンパク質の種類によらず、消化ペプチドに抗炎症効果を付与しうる汎用性の高い機能改変技術であると判断した。

#### 4-7. 研究成果の総括

魚肉消化ペプチド（dMf-AO）にはAOが結合していないペプチドも混在しているが、本研究によって「Autofocusing技術によるAO結合ペプチドの効果的濃縮」と「AO修飾による抗炎症機能の発現」に、AO中のカルボキシル基が関与していることを明らかにできた。さらに、コラーゲンをを用いた実験結果は、AO修飾による抗炎症付与が汎用性の高い機能改変技術であることを示唆している。これらの知見は、抗炎症機能の強い魚肉由来ペプチドを創製するための重要な情報であり、今後の活用が期待できる。

本研究の当初案では、等電点電気泳動によって濃縮される成分が特徴的なペプチド群であるという作業仮説に基づいていたが、研究の結果、ペプチドに結合したAOによる濃縮効果であることが明らかになった。そのため、AOが選択的に結合したペプチドを用いたメカニズム解析はできなかったが、AO中のウロン酸の関与というメカニズム解析にとって極めて重要な事実が得られた。これは、機能解析研究の新しい方向性を導く新知見である。

#### 引用文献

- 1 . Nishizawa M, et al. (2016) Fish Sci, 82:357–367.
- 2 . Saigusa M, et al. (2015) Biosci Biotechnol Biochem, 79:1518–1527.
- 3 . Sugihara K, et al. (2021) Fish Sci, DOI 10.1007/s12562-021-01523-8.
- 4 . Sato K, et al (2013) J Agric Food Chem, 61:6304–6310.
- 5 . Murota I, et al (2014) J Agric Food Chem, 62:2392–2397.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 佐伯宏樹	4. 巻 83
2. 論文標題 平成28年度論文賞受賞論文の紹介：制御されたメイラード反応によるアルギン酸オリゴ糖修飾はシロザケ筋肉由来抗炎症物質の開発に有効な手段である	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本水産学会	6. 最初と最後の頁 550
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2331/suisan.h28-95	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sugihara Kunichika, Nishizawa-Higashi Mizuho, Joe Ga-Hyun, Onishi Yutaka, Shimizu Yutaka, Saeki Hiroki	4. 巻 -
2. 論文標題 Improvement of anti-inflammatory activity of salmon muscle peptides by conjugation with alginate oligosaccharide and recovery of the active fraction using ampholyte-free isoelectric focusing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12562-021-01523-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 1件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Hiroki Saeki
2. 発表標題 Development of Functional Fish Proteins using Conjugation with Glycosyl Units through the Maillard Reaction
3. 学会等名 5th International Conference on Tropical and Coastal Region Eco Development（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐伯宏樹
2. 発表標題 魚肉タンパク質の機能改変の試み
3. 学会等名 令和2年度日本水産学会春季大会 ミニシンポジウム「魚介類タンパク質・酵素の産業利用とさらなる理解に向けて」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大西 豊, 李 ブン釗, 趙 佳賢, 佐伯 宏樹
2. 発表標題 アルギン酸オリゴ糖修飾した シロザケ筋肉ペプチド間における抗炎症作用の比較
3. 学会等名 平成31年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroki Saeki
2. 発表標題 Production of anti-inflammatory fish myofibrillar protein by conjugation with alginate oligosaccharide through the Maillard reaction
3. 学会等名 The 85th Anniversary-Commemorative International Symposium Fisheries Science for the Future Generations (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Li Wenzhao, Shimizu Yutaka, Joe Ga-Hyun, Saeki Hiroki
2. 発表標題 Conjugation with uronic acid through the Maillard reaction improves anti-inflammatory activity of chum salmon myofibrillar protein
3. 学会等名 2020年度日本栄養・食糧学会北海道支部大会および日本農芸化学会北海道支部講演会合同大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石井亜寸加, 趙佳賢, 佐伯宏樹
2. 発表標題 メイラード反応を介した糖鎖導入によるチョウザメ脊索コラーゲンの機能改変
3. 学会等名 2020年度日本栄養・食糧学会北海道支部大会および日本農芸化学会北海道支部講演会合同大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	都木 靖彰  (Takagi Yasuaki)  (10212002)	北海道大学・水産科学研究院・教授    (10101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------