

## 平成 20 年度助成研究実施報告書

<b>研究題目</b>	三陸沿岸漁獲のイサダ（ツノナシオキアミ）を利用した機能性素材の開発
<b>研究者(所属・職)</b>	研究代表者 三浦 靖（岩手大学農学部・准教授） 共同研究者 戸谷 一英（一関工業高等専門学校物質化学工学科・教授） 共同研究者 二階堂 満（一関工業高等専門学校物質化学工学科・教授） 共同研究者 渡邊 崇（一関工業高等専門学校物質科学工学科・准教授） 共同研究者 青山 裕二（修紅短期大学食物栄養学科・教授） 共同研究者 渡邊 美紀子（修紅短期大学食物栄養学科・講師） 事業者 田代 勝男（株式会社丸辰カマスイ・会長）
<b>研究代表者 連絡先</b>	電話：019-621-6255 F A X：019-621-6255 Eメール：mako@iwate-u.ac.jp URL：http://www.iwate-u.ac.jp
<b>研究目的</b>	三陸沿岸漁獲のイサダ（ツノナシオキアミ）を原料にして(1) 筋肉および内臓からタンパク質分解酵素製剤（食品加工助剤と品質改良剤）、(2) 甲殻から栄養機能性素材（キチン、グルコサミン類）の製造技術の確立
<b>研究結果の概要</b>	<p><b>1 背景及び課題・ニーズ等</b></p> <p>本年度における三陸沿岸イサダ漁の前評判はサンマ漁など他魚種の大量水揚げもあり、前年在庫との絡み、さらに世界的不況の流れで我が国経済も百年に一度の大不況に見舞われており、遊魚需要が大幅に減退するなど、漁期前から需要低迷の風評が流れた。このため、イサダ漁生産漁業者は出鼻を挫かれる船出となり、例年3月1日からのイサダ漁解禁が、本年は3月9日の9日遅れの解禁となった。また、岩手県割当枠も15,000トンで前年比4,500トン減となった。そのため、3月初めの好漁場形成時の漁獲を逸し、漁場は大船渡沖に移り、釜石漁港以北の県内各漁港は手痛い打撃を受けている。加えて、漁期後半は動物プランクトン端脚類に属するニホンウミノミ（<i>Hyperiidae Themisto japonica</i>）が混獲されるなど、浜値は更に下降傾向にある。事業経営上、原料安は望むところであるが、供給元の漁業経営者の安定経営が加工業者の安定経営の基礎であり、この意味では価格形成は、加工業者自身が継続経営の根幹を為すものとして適正価格の維持を図らなければならない。他魚種の漁不漁に係らず魚価の安定維持することは、加工業者の重大な使命であり、この度の「イサダ高度利用研究」と「事業化」は、正に地元水産業界、地域振興にとっての課題であり、ニーズでもある。なお、原料凍結については、①海水を混ぜる、②真水を混ぜる、③水分を混ぜないという3種類の凍結品を作り、原料面から今後のために原料保管の品質変化と製品化の比較を調べる必要があると思われる。</p> <p>(1) 研究を取り巻く状況や背景</p> <p>オキアミは動物プランクトン的一种であり、その形態はエビに酷似している。85種が知られているが、現在漁獲対象となっているものはナンキョクオキアミとツノナシオキアミの2種類である。近年の我が国でのオキアミの漁獲量は年間約6万トンであり、岩手県ではそのうち2万トン程度（平成20年19,321トン、9億5千万円）が水揚げされており、すべてツノナシオキアミ（イサダ）である。本県では3月から4月までの期間に船曳網漁業で漁獲され、本県の漁船漁業の主要漁獲対象種となっている。オキアミは、主に遊漁用の</p>

釣り餌や養殖漁業の餌料として利用されており、養殖魚向け餌料の供給が韓国や中国から増加されることや遊漁船向けの需要が低下するなど、イサダの在庫が増加すると単価が大幅に下がる状況となっている。そのため、単価が 15~50 円/kg というように年変動が大きく、単価安になると自主規制によりイサダ操業を中止するために単価安の年には収益が出せないこともある。そこで、単価を安定させるためには、イサダを飼料用途ではなく食品用途などに利用することにより付加価値を付けることが必要である。例えば、イサダ成分の機能特性を明らかにして食品加工助剤や品質改良剤、栄養機能食品などへの有効利用が期待されるが、オキアミ成分の機能性解明は、まだ研究段階である。オキアミ利用での大きな問題点は、漁獲後の鮮度低下が速く加工しにくい点にある。その原因としてオキアミ内臓由来のタンパク質分解酵素による自己消化や内在チロシナーゼによる黒変（黒化）があげられ、これらを防ぐために漁獲時点からの取り組みが必要である。

## (2) 共同研究を実施する事業者の課題やニーズ

本研究において申請者らがイサダから製造しようとしているものは、(1) 酵素（主にタンパク質分解酵素、キチン分解酵素など）と、(2) キチン・グルコサミン類である。酵素は、今日では有機物を扱うほとんど全ての産業で利用されており、洗剤成分として、医薬品や血液成分分析を目的とした検査薬として、食品の加工用や飼料添加物として、繊維の加工や製紙工業でのパルプの加工から環境浄化用途など広範な分野で利用されている。現在、医薬品を除く世界の産業用酵素市場は約 2,000 億円、日本市場は 250 億円と言われ、洗剤成分用途と食品加工用途が大きな割合を占めている。また、キチン・グルコサミン類は、既にカニやエビの甲殻から製造されており、医療・食品・化粧品分野などで幅広く利用されている。特に、キチンの酸・酵素分解により得られる N-アセチルグルコサミンは、超高齢社会を迎え変形性関節炎予防の補助剤として注目されている。オキアミも同様に利用可能と考えられるが、外殻中のキチンの含有量が低い（オキアミ湿重量の 0.5~1.5%）ために、キチンや N-アセチルグルコサミンの原料としてはこれまでに利用されてこなかった。

申請者らは、岩手県の特産品であるイサダの全体利用の観点から、(1) 筋肉および内臓からタンパク質分解酵素剤を抽出し、食品加工用の酵素製剤として開発・製造、(2) 甲殻から栄養機能素材としてのキチンおよび N-アセチルグルコサミンを製造、のための新技術を確立して事業化する。

## 2 研究の実施内容

### (1) イサダの確保・保存および酵素製剤の量産化・製造販売に向けての情報収集

事業者：株式会社丸辰カマスイ

イサダの確保については、漁期が僅か 2 ヶ月間と非常に短期間であり、1,000~2,000 トンの量を確保するには、凍結作業、保管作業、そして資金的にも無理であり、他の支援を待まなければならない。そこで、現在、サケ白子（DNA、核タンパク原料）、ならびにサケ頭（氷頭、コンドロイチン硫酸原料）で世話になっている全漁連との取引実績があり、本件についてもこれに準じてお願いしている。酵素製剤の量産化については、サケ由来コンドロイチン硫酸原料製造用「酵素分解装置」ならびに「濃縮装置」を既存装置として設置しており、これを転用することによって概の設備投資は充当できる。なお、最終製品化は品質管理、量産化、設備投資などの面から、現在、新連携事業にて提携している水産化学大手業者と提携し事業化を推進する。なお、原料凍結については①海水を混ぜる、②真水を混ぜる、③水分を混ぜないという 3 種類の凍結品を作り、原料保管の品質変化と製品

化の比較を調べる必要がある。同社は既に「カニ殻、エビ殻」において先駆的開発、事業展開を進めており販路も多く、調味料製品も取扱量も多岐に亘っている。

(2) イサダ筋肉・内臓由来のタンパク質分解酵素の酵素製剤化

担当：修紅短期大学（青山、渡邊）、一関工業高等専門学校（戸谷、渡邊）、岩手大学（三浦）

研究内容：

- ・タンパク質分解酵素の抽出・分離精製・特性分析

タンパク質分解酵素の抽出は、水を抽出溶媒に用いても可能であることが明らかとなった。しかし、抽出後は直ちに中性付近の緩衝液環境にすることが必要である。水抽出

表1 タンパク質分解酵素の収率と活性

Extraction	vol. (ml)	protein (mg/ml)	activity (units/ml/min)	sp. Activity (units/min/mg)
1st	8.0	9.20	0.8520	0.0927
2nd	8.0	4.89	0.1830	0.0370
3rd	8.0	3.02	0.0430	0.0142
4th	8.0	1.37	0.0123	0.0090
5th	8.0	0.61	0.0087	0.0143

は、2回行えば酵素活性の約90%（タンパク質は74%）は回収されることが明らかとなった（表1参照）。酵素抽出残渣は、キチン抽出に利用可能である。酵素安定性については、粗酵素抽出液では-20℃保存の場合、約一年間は凍結・融解を繰り返しても、酵素活性が約85%以上は保存され、比較的安定であった（データ非掲載）。酵素は、セリンプロテアーゼ阻害剤である10mM Benzamidine Hydrochlorideにより約40%阻害されることから、セリンプロテアーゼが粗酵素抽出液中に含まれていることが予想される。粗酵素抽出液には、酸性でアゾカゼインを分解する活性があることが明らかになった。その活性は、pH 7.2で測定したアゾカゼイン分解活性の約70%であった。酵素の精製は、5mM アスコルビン酸ナトリウム存在下でDEAE-Sepharose、HiTrap ButylFF（疎水クロマトグラフィー）が効果的であった。更なる精製は、Benzamidine-Sepharose 親和クロマトグラフィーおよび Arginine-Sepharose、Lysine-Sepharose 親和クロマトグラフィー組み合わせによる精製が有効であると考えられる。

- ・コラーゲン分解性酵素の抽出・粗精製・諸特性

① コラーゲン分解活性の発見  
イワシまたはサンマの鱗から調製した粗コラーゲン溶液にイサダの水抽出液を添加すると、コラーゲンの加水分解（低分子化）が起こることを、以下の知見により明らかにした。

1) ドデシル硫酸ナトリウム-ポリアクリルアミドゲル

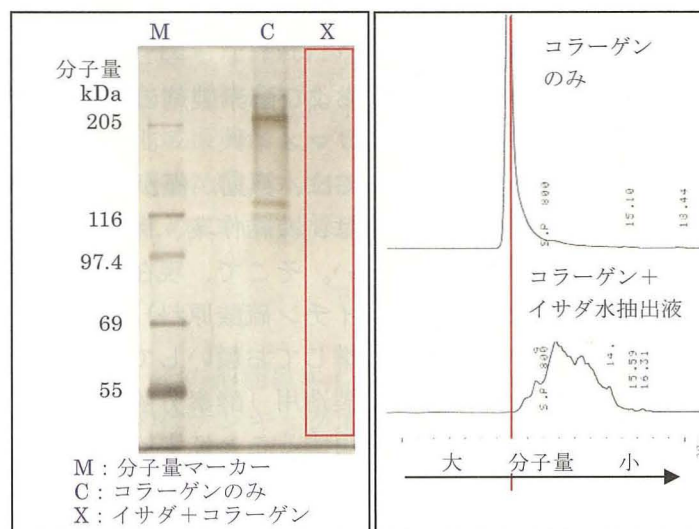


図1 コラーゲンの SDS-PAGE 泳動パターン（左）と HPLC 溶出パターン（右）

電気泳動 (SDS-PAGE) において、コラーゲンに由来する  $\alpha 1$  と  $\alpha 2$  鎖 (分子量約 10 万) および  $\beta$  鎖 (分子量約 20 万) のバンドが完全に消失する (図 1 (左) 参照)、2) ゲルろ過カラムを装着した高速液体クロマトグラフィー (HPLC) による分析から、コラーゲンに由来する溶出ピークより低分子側に溶出ピークが移動する (図 1 (右) 参照)。

② コラーゲン分解性酵素の粗精製・諸特性

本酵素活性が簡単な処理により粗精製可能であることを、SDS-PAGE および HPLC により明らかにした。透析後のタンパク質量はイサダ全重量の約 1.4%に相当した。透析後の粗酵素液を用いて最適温度、各種プロテアーゼ阻害剤に対する感受性等を明らかにした。

- 抽出液 (粗酵素) の黒化防止技術の開発 (熱処理、凍結処理、食品素材の添加、硫酸沈殿などの検討)

酵素抽出液の黒化は、5mM アスコルビン酸ナトリウム溶液を粗酵素抽出液に添加することにより防ぐことができ、この効果は 4℃ 保存で 48 時間持続した (図 2 参照)。黒化した粗抽出液に 100mM アスコルビン酸ナトリウムを添加することにより、黒化は部分的に速やかに解消されることが明らかとなった (図 3 参照)。

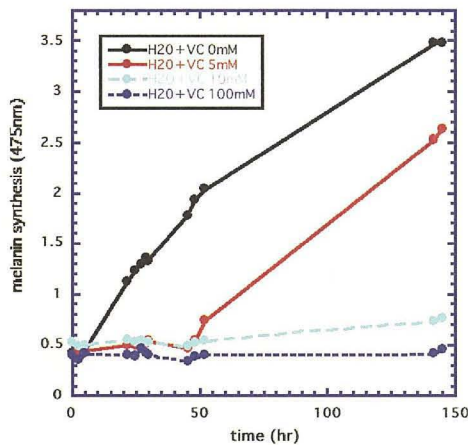


図 2 酵素抽出液の経時的な黒化に及ぼすアスコルビン酸ナトリウムの影響

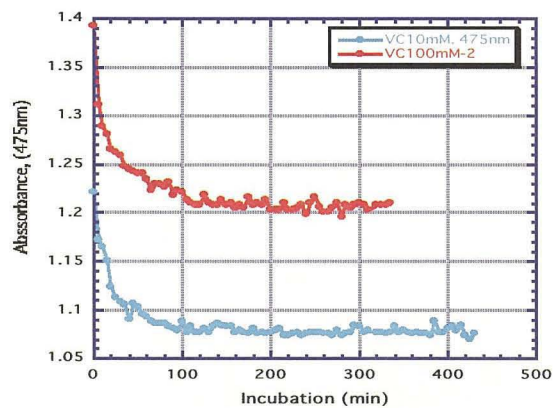


図 3 黒化した酵素抽出に及ぼすアスコルビン酸ナトリウムの影響

アスコルビン酸ナトリウムによる黒化の部分的解消は、アスコルビン酸の還元力により黒化したメラニンが還元されたものと考えられ、黒化が減衰しない部分は酸化が進み、アスコルビン酸では還元できないほど酸化重合が進んだメラニン分子種が存在することが想像される。

図 4 は、アスコルビン酸ナトリウム添加効果を示す。粗酵素抽出液へのアスコルビン酸添加は全く黒化現象進行しなく、黒化した粗酵素抽出液にアスコルビン酸ナトリウムを添加することによって部分的に黒化が解消されることを示している。



図 4 粗酵素抽出の黒化に及ぼすアスコルビン酸ナトリウムの影響

- タンパク質分解酵素の食品加工助剤・品質改良剤としての開発

生物資源から粗酵素を抽出する手法である冷エタノール沈殿法を適用した粗酵素調製

法の違いによる酵素活性の差異を検討した。イサダ粗酵素と称しているものの99%(w/w)は他の低分子量タンパク質ということがわかった。そのため、見かけ上は比活性が低く見えた。今後は、限外濾過でプロテアーゼ以外のタンパク質などの夾雑物を除去し、本当の意味での粗酵素を調製することが必要である。また、エタノール沈殿させた粗酵素は凍結しても黒化しなかった。

### (3) イサダ甲殻由来の機能性素材の製造技術の開発

担当：一関工業高等専門学校（戸谷、二階堂）

研究内容：一物全体利用の観点からイサダの水抽出残渣利用に関する基礎的知見を集積した。

#### ・イサダの前処理と粉碎条件の検討

凍結イサダから調製した「水抽出残渣」をキチナーゼにより直接酵素糖化したところ、HPLCでのピーク面積から計算した糖化率は、水抽出残渣乾燥重量の約4%であった（データ非掲載）。

#### ・イサダからのキチンの抽出と精製、評価

一物全体利用の観点から、イサダ水抽出残渣からのキチン調製を試みた。冷凍イサダからのキチン調製（A法）と同程度の収率で水抽出残渣からの「イサダキチン」の調製（B法、C法）が可能であった（図5、A、B法による「イサダキチン」の収量は凍結イサダ湿質量（218 g）の約0.4~0.6%、水抽出残渣（18 g）の約5~7%であった）。「イサダキチン」（A、B、C法）をカッターミルで一次粉碎後、コンバージミル粉碎処理し、酵素糖化試験を実施した。「イサダキチン」の糖化率は約50%であり、水抽出残渣の糖化率約5%（データ非掲載）に比べて高く、それぞれキチン含有量を反映していると推察された。

#### ・キチン分解酵素の選択（イサダの内在キチナーゼとN-アセチルヘキソサミターゼの利用検討）

キチナーゼおよびN-アセチルヘキソサミターゼ活性を市販酵素製剤と比較したところ、前者は活性が微弱であり、比較的強い活性を示した後者も市販酵素製剤（微生物起源）の比活性の1/700以下であった。

#### ・キチンおよびイサダの微粉碎物の酵素分解（分解条件の検討）

「イサダキチン」（図5方法A、B）、および「水抽出残渣」（データ非掲載）を市販キチナーゼ酵素製剤による糖化試験（0~48 h）で評価したところ、いずれも、N-アセチルグルコサミン調製用の原料となる可能性が示唆されたが、コンバージミルの効果はほとんど認められなかった（図6）。しかし図5において固液分離の方法をガーゼによる濾過法（時間がかかる）から遠心分離法（短時間で可能）に変更したC法では、カニキチン（表2）ほどではないが、コンバージミルの効果が若干認められた（図7）。これは遠心分離法により酸・アルカリへの暴露時間が短縮され最終的にキチン自体の結晶構造が保持されたため、コンバージミルによる構造破壊ひいては糖化率上昇の効果があったものと推察する。

#### ・分解生成物（N-アセチルグルコサミン）の分離精製技術の確立

「イサダキチン」、「水抽出残渣」、それぞれからの「N-アセチルグルコサミン」の調製は、グラムスケールで現在、検討中である。

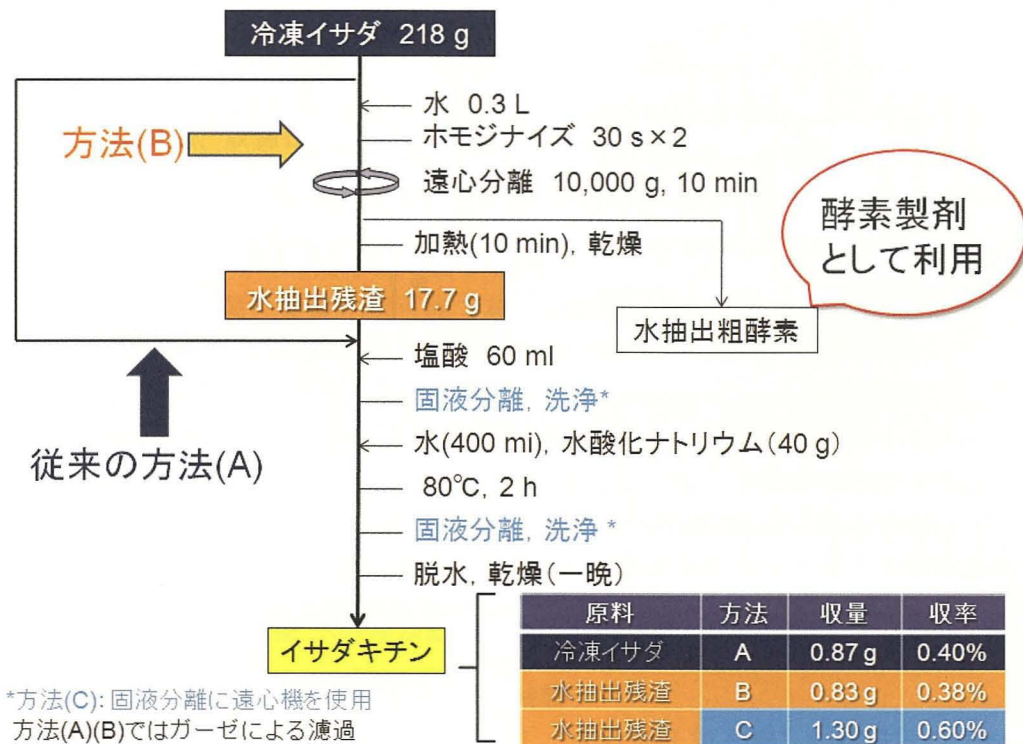


図5 イサダキチンの調製方法(A)(B)(C)

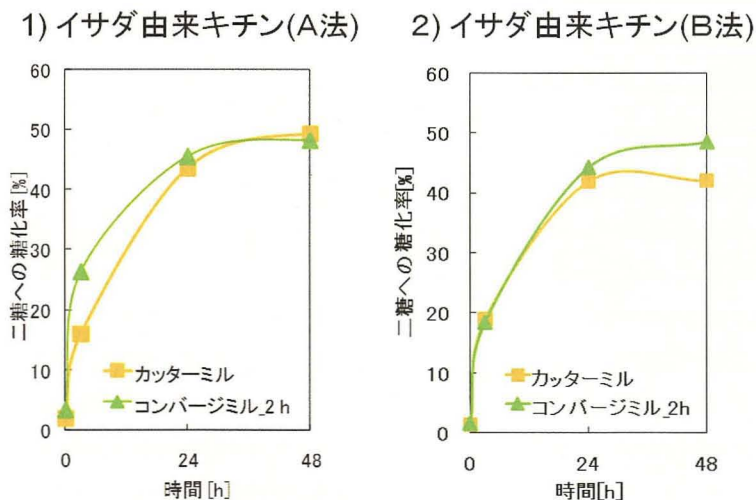


図6 イサダキチン(図5のA法、B法)の酵素分解\*

\*キチンから主にキチン二糖を生成するキチナーゼ酵素製剤を使用した。キチン二糖、即ち-NN'-ジアセチルキトビオースは別の酵素(キトビアーゼ製剤)により100%単糖に変換可能。

カッターミル処理時間は1分間。コンバージミル処理時間は120分間。

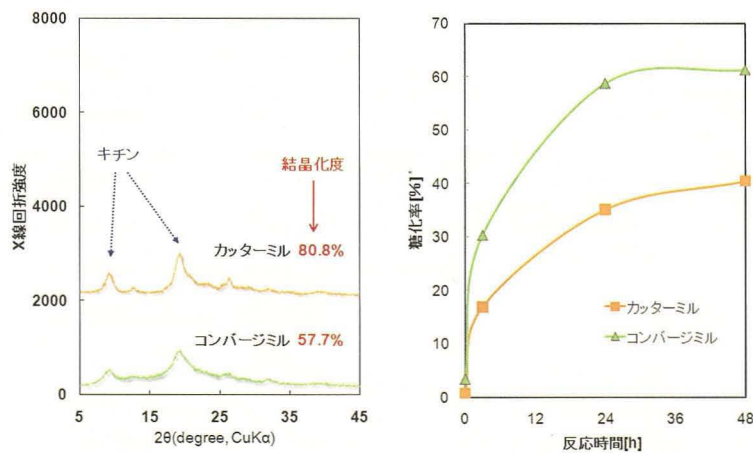


図7 イサダキチン（図5のC法）のXRDと糖化率

左側はイサダキチン（図5のC法で抽出）の各粉碎処理でのXRD画像。カッターミル処理時間は1分間。コンバージミル処理時間は60分間。右側はキチナーゼ（図6の酵素）によるキチン二糖+単糖への糖化率。

表2 各種精製キチンの物性と糖化率の関係\*

起源	処理	処理法	粒子径 [μm]	結晶化度 [%]	糖化率** [%]
カニ	未処理	-	244	90.9	8.4
	メカノケミカル処理	コンバージミル	16.4	42	53.5
イサダ	未処理	カッターミル	-	80.8	35.8
	メカノケミカル処理	コンバージミル	46.5	57.7	50.3

\* 本表中のイサダキチンは、図5の方法(C)により調製したものである。\*\* キチン二糖への糖化率

(結論)

「イサダキチン」は、メカノケミカル粉碎により粒子径および結晶化度が低下し糖化率が上昇したが、その効果はカニキチンよりも低かった。原因として未粉碎試料の糖化率が既に高いためであると考えられる。イサダキチンもカニキチンと同様の条件(希塩酸・希アルカリ)により抽出したが、カニキチンに比べキチン含有量が低い(カニキチンはカニ殻重量中の20数%、イサダキチンはイサダ湿重量の1%以下)、カニキチンよりも薬品処理による構造変化を受けやすく、メカノケミカル粉碎を行わなくとも糖化率が40%と高かったものと推測される。

3 考察

(1) イサダの確保・保存および酵素製剤の量産化・製造販売に向けての情報収集

イサダの確保については、漁期が僅か2ヶ月間と非常に短期間であり、1,000~2,000トンの量を確保するには、凍結作業、保管作業、そして資金的にも無理であり、他の支援を待まなければならない。そのため、現在、サケ白子(DNA、核タンパク原料)、ならびに

サケ頭（氷頭、コンドロイチン硫酸原料）で世話になっている全漁連との取引実績があり、本件についてもこれに準じてお願いしている。酵素製剤の量産化については、サケ由来コンドロイチン硫酸原料製造用「酵素分解装置」ならびに「濃縮装置」を既存装置として設置しており、これを転用することによって概の設備投資は充当できる。なお、最終製品化は品質管理、量産化、設備投資などの面から、現在、新連携事業にて提携している水産化学大手業者と提携し事業化を推進する。同社は、既に「カニ殻、エビ殻」において先駆的開発、事業展開を進めており販路も多く、調味料製品も取扱量も多岐に亘っている。

アスコルビン酸添加等の黒化防止処置を施した酵素製剤の量産化は、大がかりな設備を必要としないため、容易に量産化が可能である。

## (2) イサダ筋肉・内臓由来のタンパク質分解酵素の酵素製剤化

### ・イサダ粗抽出液の黒化防止の検討

イサダ粗抽出液にアスコルビン酸を添加することにより、メラニン合成の初発酵素であるチロシナーゼ活性を阻害することにより黒化を効率的に防止する技術を確認した。また、黒化した粗抽出液にアスコルビン酸を添加することによっても黒化を部分的に解消させることを確認した。アスコルビン酸は食品添加物として使用が認められている薬品であるので、アスコルビン酸添加粗抽出液は食品に広く使用可能である。

### ・イサダ粗抽出液からのプロテアーゼの分離精製

イサダ粗抽出液にアスコルビン酸を添加して黒化防止策を施した試料は、プロテアーゼ活性に影響を与えないので、この状態の試料を用いて精製を行うことが可能である。DEAE-Sepharose イオン交換クロマトグラフィー、および HiTrap Butyl FF 疎水性クロマトグラフィーは、プロテアーゼ精製に効果的であることを確認しているが、アスコルビン酸存在下でも同様にクロマトグラフィーに影響を与えず使用可能である。その後の精製は、Benzamideine-Sepharose 親和クロマトグラフィーおよび Lysine-Sepharose、Arginine-Sepharose 親和クロマトグラフィーなどを組み合わせて用いることにより精製が可能と思われる。

### ・コラーゲン分解性酵素の抽出・粗精製・諸特性

今回、新たにイサダ中にコラーゲンを分解する酵素活性を見出し、最適温度等の諸性質を明らかにした。本酵素活性は3、4の簡単な処理により、イサダ水抽出液からの粗精製が可能であった。現在、サプリメントや健康食品として定着しているコラーゲンは、年間約300億円の市場があるといわれている。コラーゲンの製造には、肌・体内への吸収性を高める目的で、酵素等による低分子化工程が含まれている。従来、この低分子化工程には微生物由来の酵素が使用されているが、イサダから簡単にコラーゲン分解性酵素を得ることができれば、需要の高い分野への利用展開につながる。今後、この点を踏まえ、微生物由来の酵素とコスト・機能面での比較を行ない、優位性を見出していきたい。

## (3) イサダ甲殻由来の機能性素材の製造技術の開発

### ・イサダの前処理と粉碎条件の検討

「水抽出残渣」からの糖化を示唆するデータが得られた。この点は追究する（後段の文章参照）。

コンバージミルほどの強いメカノケミカル処理が不要で、カッターミルや転動ボールミル等で十分であることが分かってきており、量産化や事業化に非常に有利である。



- ・イサダからのキチンの抽出と精製、評価

本研究においては、一物全体利用の観点からイサダ水抽出残渣の利用が前提であったが、今回、水抽出残渣から「イサダキチン」の調製が可能であることが示された。今後は「イサダキチン」の抽出工程を量産化できるかどうか検証する必要がある。さらに、粉末 X 線回折による結晶化度と糖化率の関係から、イサダのキチンはカニのそれと比べて酵素分解を受けやすいことが分かってきた。このため、「イサダキチン」の酵素糖化の前処理としてコンバージミルほどの強い粉砕は必要なく、カッターミル等による一次粉砕で十分と考えられ、産業化の観点からは好ましい結果となった。以上を勘案して、「イサダキチン」の製造と、それを原料とする「N-アセチルグルコサミン」の製造における採算性を検討する必要がある。

また、「イサダキチン」自体が機能性（免疫賦活、抗アレルギー性など）を有する可能性がある。「イサダキチン」自体が高付加価値化する可能性もあり、培養細胞による生理活性試験によりこの点を検証していく。

- ・キチン分解酵素の選択（イサダの内在キチナーゼと N-アセチルヘキソサミターゼの利用検討）

市販酵素製剤と比較して各酵素の比活性は弱く利用の可能性は低い。

- ・キチンおよびイサダの微粉碎物の酵素分解（分解条件の検討）

酵素分解に使用する酵素製剤の価格が最も採算性を圧迫する要因であることが分かっている。イサダのキチンはカニキチンなどに比べて酵素分解（糖化）を受けやすいので、使用するキチナーゼ酵素製剤の量を減らせる可能性がある。

「イサダキチン」や「水抽出残渣」の酵素糖化において、コンバージミル粉砕が必要ない場合に採算性がどうなるのかは今後の課題である。

- ・分解生成物（N-アセチルグルコサミン）の分離精製技術の確立

今回、「イサダキチン」の糖化試験を行い良好な結果を得た。「イサダキチン」からの糖化が可能になれば、分離精製は従来技術なので確立可能と予測する。今後はグラムスケールで「N-アセチルグルコサミン」の製造試験を行う予定である。

一方、「水抽出残渣」の糖化による「N-アセチルグルコサミン」の製造が可能であればこれが最も採算性のよい方法である。水抽出残渣からそのキチン含有量（推定）に応じた生成糖が検出されたことから（糖化率 3~5%、データ非掲載）、水抽出残渣の直接酵素糖化の可能性があり、この点は追究する価値がある。しかしながら、生成物に混在する不純物が多いために分離精製の難易度が高いとの予備的な結果も得ている。今後グラムスケールで生成糖を分取し構造や収率を確認する必要がある。

## 事業展開の見通しと期待される効果

### (1) 事業展開の見通し

#### ① イサダの確保・保存および酵素製剤の量産化・製造販売に向けての情報収集

イサダの確保については、漁期が僅か 2 ヶ月間と非常に短期間であり、1,000 トン~2,000 トンの量を確保するには、凍結作業、保管作業、そして資金的にも無理であり、他の支援を待まなければならない。そのため、現在、サケ白子（DNA、核タンパク原料）、ならびにサケ頭（氷頭、コンドロイチン硫酸原料）で世話になっている全漁連との取引実績があり、本件についてもこれに準じてお願いしている。酵素製剤の量産化については、サケ由来コンドロイチン硫酸原料製造用「酵素分解装置」ならびに「濃縮装置」を既存装置とし

て設置しており、これを転用することによって概の設備投資は充当できる。なお、最終製品化は品質管理、量産化、設備投資などの面から、現在、進連携事業にて提携している水産化学大手業者と提携し事業化を推進する。なお、原料凍結については、1) 海水を混ぜる、2) 真水を混ぜる、3) 水分を入れないという 3 種類の凍結品を作り、原料保管の品質変化と製品化の比較を調べる必要がある。なお、同社は既に「カニ殻、エビ殻」において先駆的開発、事業展開を進めており販路も多く、調味料製品も取扱量も多岐に亘っている。

## ② イサダ筋肉・内臓由来のタンパク質分解酵素の酵素製剤化

タンパク質分解酵素（プロテアーゼ活性）を含むイサダ粗抽出液の黒化は、粗抽出液を硫酸沈殿で濃縮し、さらにゲルろ過を行うことによって黒化メラニン完全に除くことができ、更にアスコルビン酸ナトリウム添加により防止できるので、清澄な粗酵素標品を調製することが可能である。したがって、スケールアップすることにより事業展開の可能性が大きいと思われる。この粗酵素標品は、 $-20^{\circ}\text{C}$ で保存すると、約一年間は活性を十分に保持していることが分かったので、十分に使用可能である。また、この粗酵素標品は酵素活性が広範囲の温度帯で保持されていることも事業化するに当たって有利である。

コラーゲン分解性酵素は、簡便な精製工程で粗精製が可能であった。したがって、イサダを大量に懸濁処理できる装置と大型遠心分離機の設備投資があれば、酵素製剤の生産は容易に行なうことができる。また、イサダ全重量に占める粗精製されたタンパク質（酵素）の割合は、透析後の段階で約 1.4%(w/w)であるため、イサダの価格(50 円/kg イサダと仮定)のみ考慮すると 3,550 円/kg 酵素製剤のコストとなる。コラーゲンの低分子化に用いられる微生物由来の酵素製剤の価格は、通常約 1 万円/kg であり、今後は比活性での比較を行わなければならないが、価格面のみで比較するとイサダから酵素製剤を生産するほうが安い。以上のことから、事業展開の可能性は高いと思われる。

## ③ イサダ甲殻由来の機能性素材の製造技術の開発

事業化のポイントは、『採算性』、『製造設備』、『販売ルート』、『付加価値』である。『採算性』はイサダの単価に依存する。まずは、タンパク質分解酵素を抽出した後の「イサダ水抽出残渣」から「イサダキチン」がそれなりの純度と収率で抽出できることが重要であり、抽出は可能であった（収率については今後採算性の評価が必要）。

次に、『設備投資』(ア) キチンの抽出、(イ) キチンの微粉碎、(ウ) 酵素糖化工程、(エ) 精製工程である。(ア)は実験室レベルでは原理的にクリアした。キチンの抽出は、東南アジアや中国でも行っており、技術的には可能であるが、キチン含有量が 5%と低い「イサダ水抽出残渣」からのキチン抽出工程が現場で可能であるかどうかは今後の課題である（カニ殻キチン含有量は 25%前後である）。(イ)のキチン微粉碎工程は、仮にこの工程が不要ならば採算上有利である。また「イサダ水抽出残渣」から直接「N-アセチルグルコサミン」の製造が可能であれば更に採算は有利である。この点は現在検証中である。(ウ)の酵素糖化工程は、「水抽出残渣」からキチンを抽出してから糖化反応を行えば比較的小規模の攪拌式リアクターで可能である。また、後段の「N-アセチルグルコサミン」の(エ)精製工程も簡単になる。しかしながら、「水抽出残渣」を直接酵素糖化した場合、糖化反応液中に不純物が多いことから「N-アセチルグルコサミン」を精製する工程が煩雑になり、(エ)の精製工程には何らかの工夫が必要であろう。

『販売ルート』は、国内のキチン系商品を有する食品製造企業に依存することになる。最後に、『付加価値』であるが、イサダキチンに機能性が見いだされれば事業化を推進する。

以上より、『採算性』と「製造現場でのキチンの抽出」あるいは「水抽出残渣からの単糖直接製造」がクリアされれば、事業化の見通しは出てくるが、本共同研究終了後に新たに

地域資源活用型の補助事業やサポート企業などの推進力が必要である。

(2) 期待される効果

オキアミから抽出したタンパク質分解酵素を食品加工に用いることにより、魚肉練り製品においては筋原線維タンパク質を低分子化することによる魚肉ペーストの均質化ならびに粘度低下が可能となり、食感改良が実現できる。このことにより、食品製造企業では、安全性が高い天然素材による食感向上と低経費での酵素剤製剤が利用できるようになり、食品産業に与える効果も大きい。これまでは非食品用途でしか利用されてこなかったイサダを食品加工助剤や品質改良剤、栄養機能食品素材として付加価値を高めて利用することにより、漁獲単価の増加に繋がることが期待される。

**三陸地域への波及効果**

三陸沿岸におけるイサダは資源量が豊富であり、単価が高い年には漁船漁業種類の中で数少ない収益を出せる水産資源である。しかし、単価が不安定であることから漁船漁業の経営が不安定になり、しかも漁獲期間が3～4月と短いために、漁獲時期だけに集中して水揚げされるためにこれを多方面で有効利用することが難しい。

沿岸地域の経済は、都市部に比べて大きく立ち後れており、特に漁船漁業は、水産資源の減少や漁価安により経営が大変厳しい状況になっており、漁業者数も大幅に減少している。本研究では、現在は限られた利用用途であるイサダを通年で利用可能にし、イサダを原料にして付加価値の高い機能剤を創製するので、イサダの販売単価の上伸が見込まれる。このことにより、安定した漁船漁業の経営が図られるとともに、新たな地場資源を活用した水産食品が生み出されることにより、水産加工業の活性化にも寄与できるものと期待できる。

**備 考**

将来の特許取得に影響があることから、本研究により取得したデータ等の記載を一部省いていることを御了承願う。