

平成21年度
日本水産学会
中国・四国支部大会

講演要旨集

1. 公開シンポジウム

「どうしてクラゲはこんなに大量にやって来るの？」

2. 一般研究発表（口頭説明・ポスター）

平成21年11月28日（土）・29日（日）
広島市西区民文化センター
（〒733-0013 広島市西区横川新町6番1号）

大会日程ならびに会場

月 日	時 間	行 事	会 場
11月28日(土)	11:30～	受付	3階廊下
	12:00～12:40	支部評議会	大会議室C(3階)
	13:15～16:35	シンポジウム	大会議室A(3階)
	16:40～17:30	支部総会	
	18:00～	懇親会	「磯の坊」横川店
11月29日(日)	9:00～	受付	3階廊下
	9:30～10:45	一般研究発表 (口頭説明)	大会議室A(3階)
	10:45～12:15	一般研究発表 (ポスターセッション)	ギャラリー(2階)

※ ポスターは28日11:30からギャラリーに掲示可能です。

1. 公開シンポジウム (28日 13:15~16:35)

「どうしてクラゲはこんなに大量にやって来るの？」

近年クラゲの大量発生による漁業被害が問題となっています。日本海側ではエチゼンクラゲが定置網に入網している様子がテレビ、新聞等で頻繁に報道されました。一方、瀬戸内海ではミズクラゲ、アカクラゲが発生し厄介者となっています。大量発生の原因は環境変化が大きく影響していると考えられ、色々と仮説があげられていますが、未だよく分かっていません。本シンポジウムではクラゲの生活史と環境変化との関係を考えながら大量発生、大量出現の謎に迫り、どの様にすれば被害を防げるのか、どの様にすれば大量発生が収まるのかを考えていきたいと思えます。

13:15~13:25 趣旨説明

高柳和史 ((独) 水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所)

13:25~13:55 エチゼンクラゲの大量出現と生物学的特性

上野 俊士郎 ((独) 水産大学校水産学研究科)

13:55~14:25 DNA マーカー解析から推察された大型クラゲの発生源と分散

半澤 直人 (山形大学理学部生物学科)

14:25~14:55 国際フェリーを利用した目視調査によるエチゼンクラゲ発生予測

池田 英樹・大川内 浩子・吉田 敦・上 真一 (広島大学大学院生物圏科学研究科)

14:55~15:05

— 休憩 —

15:05~15:35 ミズクラゲの大量発生をもたらす再生産特性

上 真一 (広島大学大学院生物圏科学研究科)

15:35~16:05 ミズクラゲパッチの形成機構と大量発生原因

武岡 英隆 (愛媛大学沿岸環境科学研究センター)

16:05~16:35 総合討論

エチゼンクラゲの大量出現と生物学的特性

上野俊士郎

(独立行政法人 水産大学校水産学研究科)

【はじめに】

エチゼンクラゲ *Nemopilema nomurai* Kishinouye, 1922 は東シナ海、黄海、渤海、日本海などの日本近海に分布する世界最大級の鉢クラゲ綱根口クラゲ目の大型クラゲであり、1920年に福井県越前地方沿岸で採集された個体により新種報告がされた(岸上, 1922)。日本近海に出現する近縁種にビゼンクラゲ *Rhopilema esculentum* Kishinouye, 1891 とヒゼンクラゲ *R. hispidum* (Vanhoffen, 1888) があり、これら3種の和名は、それぞれ越前、備前及び肥前という日本の古い地名に由来し、日本海域に少なくとも100年程前から出現していた大型クラゲである。

【大量出現】

本種は、1920年、1958年、1995年、2000年、2002年、2003年、2005年、2006年、2007年及び2009年に日本近海で大量出現し、特に1995年以降に頻繁に大量出現する傾向がある。一方、1995年以前では大量出現の間隔が37年また38年と極めて近似しており、このことは偶然か否か大変に興味深い。

本種の日本海域での大量出現は、沖合の旋網と沿岸の定置網に混入して多大な漁業被害をもたらしていることはマスコミ等でしばしば報道され、一般に広く知られた現象である。

【生物学的特性】

1) 日本海域で発生しないクラゲ、ポリプからの遊離は東シナ海～黄海～渤海の大陸近海域

春から初夏に日本海域で本種のクラゲ幼体が出現せず、7月初め頃に対馬近海域に突如として傘径20cm前後の小型個体が出現し始め、その後個体サイズが増大し、秋に日本海で傘径1m以上に成長した大型個体が出現することから、本種は日本海域でポリプから発生していないと考えられる。本種の傘径数cmのクラゲ幼体が渤海や黄海の沿岸域で中国及び韓国の研究者により確認されている。

2) 3月・4月にポリプから遊離し、成長が速いクラゲ

上野ら(2008, 2009)は、本種の平衡石の成長から3月又は4月にポリプからクラゲ幼体が出現すると推定している。そうであれば、7月初めの東シナ海及び対馬近海域に傘径50cm程までに成長した個体が出現することから、本種はわずか3ヶ月余りで傘径50cmまで成長する極めて成長が速いクラゲである。

3) 小型動物プランクトンを捕食する沖合の潮目で成育するクラゲ

本種は、大型個体でも口腕先端部に開口する小さな吸口で小型動物プランクトンを捕食する。また、本種は低水温低塩分の大陸沿岸起源水と高温高塩分の対馬暖流水との境界に形成された潮目(フロント)にしばしば高密度に分布するが、同所には小型動物プランクトンが豊富に存在し、これらを捕食して、一般に貧栄養な沖合域でも成育できるクラゲであると言えよう。

4) 9月以降には日本海域で成熟するが、再生産はしないと考えられているクラゲ

本種の成熟個体が早くも9月から年末近くの日本海域に出現する。これら成熟個体が有性生殖を行い、多数のプラヌラが産出されることは容易に想像できるが、未だ本種のプラヌラ及びポリプは日本海域から発見されていない。

5) 遊泳速度が速いクラゲ

傘径1m前後の大型個体は1 m/s程度の比較的速い遊泳能力をもつ。この事は、潮目での沈降に逆らって表面近くに留まること、また数十mに及ぶ日周鉛直移動を可能にするとともに、多量の海水を口腕部に通過させ、海水中に懸濁する小型動物プランクトンの多量捕食を可能にしていると考えられる。

6) ポリプ及びクラゲの飼育が難しいクラゲ

実験室で受精させてプラヌラ幼生を得ることは比較的容易であるが、着底したポリプの飼育維持及び無性繁殖、また遊離したクラゲ幼体を飼育成長させることは容易ではない。このことから、近縁のビゼンクラゲなどと違った生態及び生理要求をすることが十分考えられる。

7) 未だ残された大量出現の大きな謎

本種の大量出現の解明には、なぜ大量発生する年としない年があるのか、またなぜ日本海域で再生産しないのかなど、大きな未解決の生物学的研究課題が残されている。

DNA マーカー解析から推察された大型クラゲの発生源と分散

半澤直人

(山形大学理学部生物学科)

【はじめに】

2002 年度以降、日本沿岸ではほとんど毎年大型のエチゼンクラゲが大量に出現して、多大の被害を及ぼしている。しかし、これらエチゼンクラゲの発生源がどこで、どのようにして移動分散しているのかはよくわかっていない。そこで、我々は国内連携機関や中国、韓国の連携機関の協力のもと、東シナ海、黄海、中国沿岸、韓国沿岸、日本沿岸において、エチゼンクラゲ集団の遺伝的構造の詳細な調査を行っている。ここでは、ミトコンドリア遺伝子やマイクロサテライト DNA の多型解析から明らかになりつつあるエチゼンクラゲ集団の遺伝的構造や、発生源と分散過程に関する最近の研究成果を紹介する。

【材料と方法】

材料として、2007 年に日本側で採集された東シナ海、対馬、福井、山形産の個体に加えて、韓国側で採集された東シナ海、黄海、インチョン、グンサン、プサン、カンヌンの個体、中国側で採集された旅順、威海、青島、南通の個体を用いた。凍結またはエタノール固定したエチゼンクラゲの傘や口腕から小組織片を採取して、DNA を抽出・精製した。それらの DNA を用いて、ミトコンドリア COI 遺伝子領域の塩基配列を検出した。さらに、Shibata et al. (2003)の方法にしたがって、マイクロサテライト DNA を含む領域を PCR 増幅、クローニングして、多型を検出した。ミトコンドリア COI 遺伝子は母から雌雄両方の子供に母性遺伝するため、この遺伝子ではエチゼンクラゲ集団の母系の解析を行うことができる。また、マイクロサテライト DNA は染色体 DNA 上にあり両親から子供に両性遺伝するが、個体変異に富み、エチゼンクラゲ集団の詳細な解析が期待できる。以上の DNA マーカーを用いて、様々な集団遺伝学的解析を行った。

【結果と考察】

1) ミトコンドリア遺伝子解析から推察されたエチゼンクラゲの発生源と分散過程

ミトコンドリア COI 遺伝子配列に基づいてエチゼンクラゲ集団の遺伝的構造の解析を行った。その結果、多数の異なる遺伝子型（ハプロタイプ）が識別された。これらハプロタイプ間の類縁関係を推定するために、統計的最節約ネットワーク系統樹を作成した。その結果、ハプロタイプ 1 とハプロタイプ 48 は多くの地域標本群において高頻度で見られる祖先型ハプロタイプと考えられ、これら 2 種類の各祖先型ハプロタイプから多くの低頻度ハプロタイプが派生していた。そこで、それぞれのハプロタイプをグループ A およびグループ B と大別した。この解析から、エチゼンクラゲの集団では、進化的に最近、個体数増加による集団の拡大が起こったことが推察された。

解析個体数の少ない青島、旅順を除く各地域標本群内で、遺伝的多様性を示す指標であるハプロタイプ多様度 (h) と塩基多様度 (π) を算出したところ、中国沿岸の各標本群は高く、韓国西岸の標本群は低い傾向が認められ、韓国東岸や日本沿岸の標本群は中間的な水準であった。

地域標本群間の遺伝的分化を明らかにするために、それぞれグループ A とグループ B に含まれるハプロタイプごとに整理して、円グラフで示した (図)。その結果、グループ B に含まれるハプロタイプの頻度は、韓国西岸の各標本群で著しく低いのに対して、中国沿岸の標本群では高く、韓国東岸や、東シナ海、日本沿岸の各標本群では中間的頻度であった。

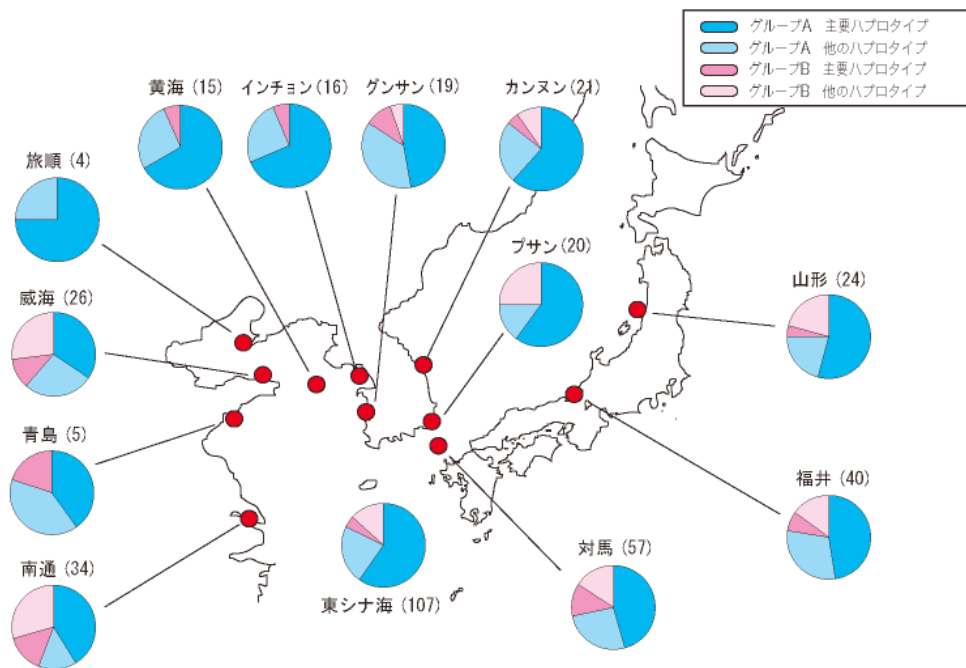


図 各地域標本群におけるグループA, グループBのハプロタイプ頻度
()内は解析した個体数

さらに、標本群間の遺伝的分化を定量的に示す固定指数 ϕ_{ST} を求めたところ、中国沿岸と韓国西岸の標本群間で統計的に有意な高い値が得られ、遺伝的に分化した少なくとも2つの異なる集団、中国沿岸集団と韓国西岸集団が存在することが示唆された。また、これら2集団と韓国東岸、東シナ海、日本沿岸の地域標本群間では、ほとんど有意な遺伝的分化が認められなかった。さらに、最もサンプル数の多い東シナ海の標本群には、それぞれ5月、6月中旬から7月中旬、7月下旬に採集された個体が含まれていたため、これらの採集時期ごとに分けて固定指数を求めた。その結果、7月中旬までは東シナ海標本群は遺伝的に韓国西岸集団に近く中国沿岸集団と異なっていたが、7月下旬には中国沿岸集団と有意な分化を示さなくなった。

以上の解析結果と長江からの低塩分水塊の流入時期、対馬海流の影響を考慮して、つぎの仮説を立てた。1) 中国沿岸と韓国西岸付近には遺伝的に異なる少なくとも2つの集団が存在し、各集団がエチゼンクラゲの発生源となっている。2) 中国沿岸集団の個体は、夏に長江からの低塩分水塊の流入とともに東シナ海へ流され、韓国西岸集団の個体と混じる。3) これらの混じった個体が夏から秋にかけて対馬海流に流されて、韓国東岸や日本沿岸で出現している。

2) マイクロサテライト DNA 解析から推察されたエチゼンクラゲ個体の生殖様式と混合

日本沿岸で出現したエチゼンクラゲの DNA を用いて、マイクロサテライト DNA を含むと予想される 120 クローンの染色体 DNA 断片を得た。これら DNA 断片の塩基配列を決定し、計 51 ヶ所の染色体領域 (51 遺伝子座) でマイクロサテライト DNA の反復配列を確認した。これら DNA マーカーの反復パターンを個体間で比較し、6 遺伝子座で個体変異を確認した。これらの多型的マイクロサテライトを日本沿岸の標本群から検出し、対立遺伝子型を判定し、集団遺伝学的解析を行った。その結果、日本沿岸の標本群では、大部分の遺伝子座でヘテロ (異型) 接合体の観察値が期待値に対して著しく低い傾向、および Hardy-Weinberg 平衡からの有意なずれが認められた。以上の解析結果から、つぎの仮説を立てた。4) 日本沿岸で出現しているエチゼンクラゲは、異なる集団由来の個体からなる。5) 日本沿岸で出現しているエチゼンクラゲの多くは、異なる集団のポリプから無性生殖によって発生した個体である。

以上の仮説を検証するために、2009 年に各地で大量に出現しているエチゼンクラゲを用いて、2007 年の結果と比較しながら集団遺伝学的解析を進めている。

国際フェリーを利用した目視調査によるエチゼンクラゲ発生予測

池田英樹・大川内浩子・吉田敦・上真一

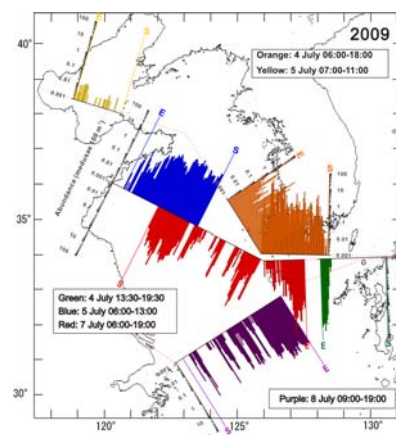
(広島大学大学院生物圏科学研究科)

【はじめに】

日本沿岸、特に日本海で巨大なエチゼンクラゲが2002年以降毎年のように8月から12月にかけて大量出現し、大きな社会問題となっている。エチゼンクラゲは傘径2m、湿重量200kgに達することもあり、定置網やまき網等へ大量に入り込んだクラゲは作業遅延や刺胞毒による漁獲物の鮮度低下などを引き起こし、漁業に甚大な被害を与えている。本種は晩春・初夏に東シナ海・黄海で発生し、対馬海流によって成長しながら日本海へと漂流してくる。漁業被害低減のためには、本種の発生量および発生時期を出来るだけ早く把握し、日本での出現状況を予測する必要がある。そこで2006年から本種の発生海域である黄海および東シナ海を航行する国際フェリー〔下関 - 青島間（オリエンツフェリー）、下関 - 太倉間（下関上海フェリー）、神戸 - 天津間（チャイナエクスプレスライン）の3航路〕を利用したエチゼンクラゲの目視調査を行ってきた。ここではフェリー調査により明らかとなったエチゼンクラゲの時空間分布について本年度の結果を中心に紹介し、日本における本種の発生予測に対するフェリー調査の有効性について検証する。

【2009年度におけるエチゼンクラゲの時空間分布】

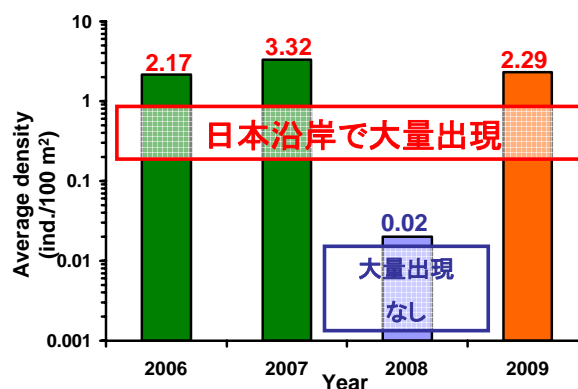
本年度の調査は6月上旬から開始し、7月までは月2回、その後は月1回のペースで行った。6月上旬にはエチゼンクラゲの濃密な集団が上海沖で確認され、6月下旬には東シナ海北部全域で大量のエチゼンクラゲが目撃された。7月上旬には黄海・東シナ海における出現量が今年度最大となり、黄海における平均密度は2.29個体/100m²に達した(図1)。パッチ内での最高密度は39.92個体/100m²を記録し、特に黄海・東シナ海東部での出現が顕著であった。黄海・東シナ海ではその後8月下旬まで100m²あたり10個体を超えるエチゼンクラゲの集団が目撃されたが、9月に入ると黄海・東シナ海のエチゼンクラゲは減少し始め、10月中旬には7月上旬の10分の1程度まで密度が低下した。対馬近海では例年より約1ヶ月早い6月末からエチゼンクラゲが目撃され始めたが、その後航路上での出現は小規模にとどまった。しかしながら日本沿岸での出現は過去に大量出現のあった2005年を上回る深刻な状況で、日本海側だけでなく太平洋側でも大量出現が続いている。



(図1：2009年7月上旬のエチゼンクラゲ出現状況)

【フェリー調査の有効性】

2006年からこれまでのフェリー調査結果と日本沿岸での出現状況を比較すると、7月に黄海でエチゼンクラゲの大量出現が見られた2006年、2007年(平均密度はそれぞれ2.17および3.32個体/100m²)および2009年には日本沿岸でも同様に大量出現が起こった(図2)。一方、7月の黄海におけるエチゼンクラゲ平均密度が0.02個体/100m²と非常に低かった2008年は、日本沿岸でエチゼンクラゲはほとんど観察されなかった。また2009年は対馬近海におけるエチゼンクラゲの出現が2006年や2007年に比べて1ヶ月ほど早く、日本沿岸における分布も例年に比べて早期に拡大している。これらのことから日中間を航行する国際フェリーを利用して6-7月に黄海・東シナ海におけるエチゼンクラゲの出現状況を把握することは、日本沿岸での出現規模や時期を予測する上で非常に有効である。



(図2：2006年から2009年までの黄海における7月のエチゼンクラゲ平均出現密度)

ミズクラゲの大量発生をもたらす再生産特性

上 真一

(広島大学大学院生物圏科学研究科)

1. ミズクラゲの大量発生と漁業被害

東アジア縁海域を分布域とするエチゼンクラゲの大量発生が社会的注目を浴びているが、本邦沿岸域ではミズクラゲの大量発生が常態化している。ミズクラゲは 1960 年代に富栄養化ただ中の東京湾で大発生し、臨海発電所の取水口を塞いで首都圏を停電に陥れた。そして、瀬戸内海のミズクラゲは本海域の漁獲量低下と地球温暖化が顕著となり始めた 1980 年代から増加し、特に 90 年代以降は大量発生が頻発化して、各種網漁業に深刻な被害をもたらすようになった。クラゲ類の大量発生・異常発生をもたらす原因を解明し、発生予測や制御に関する技術開発により沿岸漁業の回復と持続性を図ることが求められている。

2. ポリプ無性生殖の重要性

クラゲ類（刺胞動物門）は、通常、浮遊生活のメデュサ期（雌雄異体）による有性生殖と底棲生活のポリプ期による無性生殖により再生産を図っている。クラゲ大量発生をもたらす上で、特に後者の役割が重要である。そこには海洋環境変化に順応するクラゲ特有の再生産過程が存在することが、最近の調査研究により明らかになりつつある。

3. ポリプの生残と増殖に及ぼす環境要因の影響

良好な棲息環境条件下であれば、ポリプは通常ポリプ本体から出芽することで増殖し、稀に伸長したストロンの先端に新たなポリプを生じる方法で増殖し、コロニーを形成する。ポリプの餌として微小・小型動物プランクトンが重要である。餌供給量と水温が高いほどポリプの増殖速度は高いことが実験的に確かめられたことから、海域の富栄養化に基づく動物プランクトンの増加と地球温暖化の 2 つの要因は、共にポリプの増殖速度を加速化させることを意味している。また、ポリプは貧酸素条件下 ($<2 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$) でも生残し増殖することが可能である。さらに、ポリプは飢餓状態に置かれると、固いキチン質の殻で囲まれた直径 0.5-1 mm、高さ約 0.3 mm のディスク状のポドシストを形成する。ポドシストはポリプが生存不可能な劣悪な環境条件下でも数年にわたって生残する能力を持ち、しかもある特定の刺激が加わることにより新たなポリプを出芽する。

4. 野外でのポリプの棲息場所、天敵による被捕食

ポリプコロニーは野外では浮棧橋の下面などで発見される。ムラサキイガイ、カキ、ホヤ類など多くの濾過食性動物が安定して付着している古い浮棧橋ではポリプ密度は低いが、設置して間がなく付着動物の貧弱な棧橋には多くのポリプコロニーが形成される。付着動物の摂食活動によりプラヌラが捕食され死亡するので、古い浮棧橋では着底するポリプ数が少ないのであろう。

ポリプを捕食する天敵として小型の巻貝類、エビ・カニ類などが重要であることが明らかとなった。これらの天敵動物は 1 日に数 100 個体のポリプを捕食する能力を有している。

5. 人為的環境変化とミズクラゲ大量発生

富栄養化、栄養塩構成比 (Si : N 比) 変化は沿岸域のプランクトン食物連鎖構造の変化をもたらすし、ポリプの餌供給量を増大させる。富栄養化に由来する貧酸素水塊の形成は天敵生物を死滅に追い込み、ポリプの生残を高める。さらに、温暖化はポリプの増殖速度を加速する。海洋構造物の構築は新たなポリプの付着基盤を提供する。要するに人間活動の影響は総てミズクラゲの大量発生を誘発する方向に作用する。その意味で根本対策は容易ではない。

ミズクラゲパッチの形成機構と大量発生原因

武岡英隆

(愛媛大学沿岸環境科学研究センター)

はじめに

近年、瀬戸内海、豊後水道、伊勢湾、東京湾などではミズクラゲの大量発生が相次いでいる。我々の研究フィールドである宇和海でも、1990年代になって濃密なミズクラゲの集団が見られるようになり、2000年夏には赤潮の撮影を目的とした航空写真観測において、宇和海の各所で大量のミズクラゲ集団が確認された¹⁾。我々はそれ以来、大量発生と集団のメカニズム解明を目指して、毎年数回の航空写真観測、ビデオカメラによるミズクラゲパッチの発生状況の連続モニタリング、ミズクラゲ傘径やプラナラ幼生出現数の季節変化のモニタリング、ミズクラゲの遊泳行動の調査等を行ってきた²⁾。ここでは、ミズクラゲの集団形成メカニズムと大量発生原因について、これらの調査からこれまでに我々が得た知見を紹介する。

集団形成メカニズム

写真1は、宇和海におけるミズクラゲ集団の一例である。また図1は、2005年～2007年の間に行った8回の航空写真観測で集団が見られた場所の分布を示している。我々は、写真のような個別の集団（パッチ）を小規模集団と呼び、小規模集団が図1のように沿岸域に集中している状況を大規模集団と呼んでいる。

(1) 小規模集団形成メカニズム

我々は、2002年夏季に宇和海の法花津湾においてドリフター実験を行い、海面の流れとミズクラゲ集団の関係を調べた³⁾。その結果、ミズクラゲ集団は海面の収束域に形成されていることがわかった。このことは、集団形成のための水平移動には物理的な流れという受動的機構が重要であることを示している。

一方、集団の形成維持にはクラゲ自身の遊泳という能動的要素も不可欠である。もしクラゲが完全に水と一緒に動くとするれば、収束した海水とともに沈降して下層で発散し、分布の密度を増加させることはできないからである。そこで我々は、クラゲ集団域で水中ビデオカメラによりクラゲの向きや遊泳の拍動間隔などを観察した。その結果、表層近くのクラゲほど上向きで頻りに拍動を繰り返していることがわかった。このことから、集団の形成維持にはクラゲ自身の遊泳も重要な役割を果たしていることが推定される。また、航空機から観察されるクラゲ集団には、水平収束のみでは到底説明できないと思われる点線状の分布を示すものもあり、集団全体のスケール以下の分布では、水平的なクラゲの遊泳も関わっている可能性がある。

もし、クラゲの集団が流れという受動的要因のみでなくクラゲ自身の遊泳によっても形成されているとしたら、集団形成はクラゲにとってどのような意味を持つのだろうか。集団内では餌となる動物プランクトンは食べ尽くされてしまい¹⁾、餌の面からは集団形成はクラゲにとって不利なので、捕食回避か再生産戦略かが集団形成の目的として



写真1

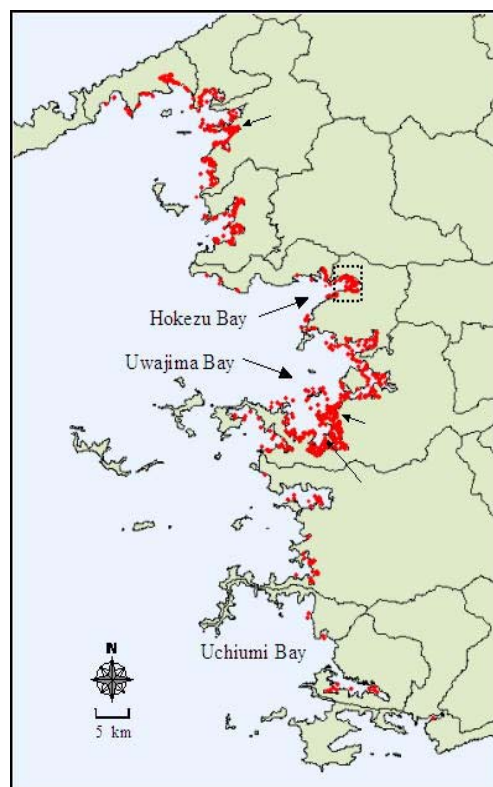


図1

考えられる。我々は、2003年から法花津湾においてビデオカメラによるクラゲ集群の定点モニタリングを行っており、2005年にはプラヌラ発生数の季節変化のモニタリング結果も行った。その結果、プラヌラが採取され始める時期は集群が観察され始める時期とよく一致していた。このことから、ミズクラゲの集群形成は、再生産戦略の一環である可能性が高いと考えている。

(2) 大規模集群形成メカニズム

ミズクラゲの初期幼生であるプラヌラは、発生後1~2日で岩などの表面に着底する必要がある。したがって、砂や泥質の沖合の海底は着底に適さないため⁴⁾、そもそも岸近くがミズクラゲの発生域であると考えられる。このことに加え、宇和海では、この海域に夏季に発生する急潮がミズクラゲの大規模集群を助長している可能性がある。急潮とは、黒潮系暖水が間欠的に豊後水道表層の東岸沿いに流入する現象であり、主に夏季の小潮の頃に起こり、宇和海沿岸域に時として1日に5℃にもおよぶ水温急上昇を引き起こす。我々は、法花津湾で行っているビデオモニタリングの結果から、急潮後に集群の出現が増加することを明らかにした⁵⁾。また、2007年に5ヶ月にわたって行った航空写真撮影から、集群形成場所が月を追って湾奥深くに移動していることを見いだした。これらの結果は、一旦沖合に拡散したミズクラゲが、夏季に繰り返し起こる急潮によって湾内に帰ってきていることを示唆する。すなわち、宇和海においては沿岸の湾内が発生域であることに加え、沖合に拡散したミズクラゲが急潮により湾内に帰ってくるのが大規模集群の原因であると考えられる。また、この急潮の存在が、宇和海を我が国最大規模のミズクラゲ発生海域にしている一因であると考えられる。

大量発生原因

近年のクラゲ類大量発生要因については、(1)富栄養化による餌の小型化、(2)冬季水温の上昇、(3)魚の乱獲による餌の競合相手の減少、(4)人工護岸などのポリプ着底基質の増加、等が考えられている⁶⁾。我々は、これらのうち冬季水温の上昇との関係を法花津湾でのモニタリング結果から検討した。図2は、冬季に水温が15℃以下だった日数とその年の夏季の法花津湾におけるミズクラゲ集群出現割合の相関を示したものである。この出現割合とは、1日のうち昼間の11回の毎正時に集群を確認し、出現が確認出来た割合の観測期間平均値であり、ミズクラゲ発生量そのものではないが、発生量の指標となりうるものと考えている。図2に見られるように、水温15℃以下の日数が少ない、すなわち冬季水温が高いほど、出現割合が高くなっている。また、宇和海全体の冬季水温の長期的傾向を見ると、1990年代から高くなっており、この時期は宇和海でクラゲが増加を始めた時期⁶⁾と一致する。これらのことから、宇和海では近年の冬季水温上昇がミズクラゲ大量発生の要因の一つとなっていると考えられる。なお、富栄養化や人工護岸の増加については、これらが進行した時期とクラゲ類増加の時期は一致しないため、宇和海においては大量発生要因ではないと考えられる。しかしながら、東京湾、伊勢・三河湾、広島湾などではクラゲ類増加の時期が早く、冬季水温は宇和海よりもかなり低いなどのことから、宇和海とは要因が異なると考えられる。現在、これらの海域毎のクラゲ大量発生要因の違いについて分析を進めている。

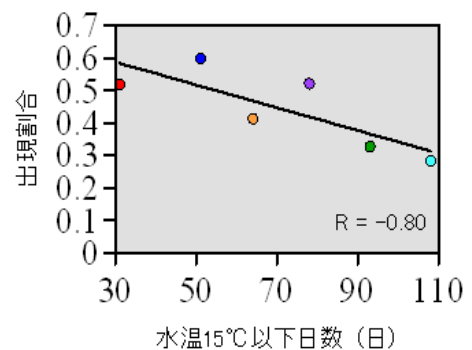


図2

参考文献

- 1) Uye, S., N. Fujii and H. Takeoka (2003): *Plankton Biology and Ecology*, **50**, 17-21.
- 2) 武岡英隆・藤井直紀・高橋大介・馬込伸哉・南條悠太 (2009): *沿岸海洋研究*, 46-2, 109-117.
- 3) Magome, S. et al., (2007): *Journal of Oceanography*, **63**, 761-773.
- 4) Holst, S. and G. Jarms (2007): *Marine Biology*, **151**, 863-871.
- 5) 高橋大介・南條悠太・大山淳一・藤井直紀・福森香代子・武岡英隆: *海の研究*, (受理済み).
- 6) 上 真一・上田有香(2004): *水産海洋研究*, **68**, 9-19.

2. 一般研究発表 (29日 9:30~12:15)

9:30~10:45 趣旨説明、口頭説明 (各自 3分)

10:45~12:15 ポスターセッション

- 1 SV周波数差法を用いたキュウリエソ魚群の判別と体長推定に関する研究
○濱名正泰・濱野 明・中村武史(水大校)
- 2 豊前海におけるシャコの資源状況と資源管理
○亘 真吾 (瀬水研) ・石谷 誠・尾田成幸 (福岡水海技セ)
- 3 DNA分析により七尾湾がトラフグの産卵場であることを特定
○片町太輔 (瀬水研) ・宇野勝利 (石川水総セ)
- 4 エチゼンクラゲに対するウマヅラハギの捕食圧の推定
○宮島悠子・益田玲爾・山下 洋 (京大フィールド研)
- 5 広島湾におけるクロダイの性比と成長に関する研究
○鈴木雄大・高山 翔・海野徹也 (広島大)
- 6 アサリ浮遊幼生の摂餌特性と成長量の推定
○松野 結 (広島大) ・手塚尚明・兼松正衛・薄 浩則・浜口昌巳 (瀬水研) ・井関和夫 (広島大)
- 7 *Edwardsiella tarda* 実験的感染後のヒラメのリンパ球細胞障害性および白血球殺菌活性
○木庭 雄二郎・河原 栄二郎 (福山大)
- 8 Epidemiological surveillance of *Edwardsiella ictaluri* infection in river ayu
○Ebtsam Sayed Hassan, Mahmoud Mostafa Mahmoud, Toshihiro Nakai (Hiroshima Univ.), Osamu Kawaguchi, Yoshisuke Iida (Hiroshima Pref. Tech. Res. Inst.)
- 9 Isolation of bacteriophages specific to a fish pathogen *Edwardsiella ictaluri*
○Mahmoud Mostafa Mahmoud, Ebtsam Sayed Hassan, Toshihiro Nakai (Hiroshima Univ.), Yoshisuke Iida (Hiroshima Pref. Tech. Res. Inst.)
- 10 ヒラメおよびニシキゴイに対するセイヨウタンポポ抽出物の免疫賦活効果
河原栄二郎・○江口 茂 (福山大)
- 11 夏季の周防灘における海底高濁度層の分布および短期変動
○中西哲也・宮下幸久・井関和夫・小池一彦 (広島大) ・手塚尚明・浜口昌巳 (瀬水研)
- 12 周防灘のセディメントトラップに捕集された大型沈降粒子の同定とフラックス
○宮田浩史・井関和夫・宮下幸久・小池一彦 (広島大)

- 13 周防灘における粒状懸濁物の分布とサイズ組成
○宮下幸久・井関和夫・湯川翔太・小池一彦（広島大）・手塚尚明・浜口昌巳（瀬水研）
- 14 ADCP 情報を用いた沖合天然礁域における湧昇流の推定
○後藤敏光・濱野 明・滝川哲太郎・中村 武史（水大校）・鬼塚 剛（中央水研）
- 15 ドチザメおよびホシザメのリゾチーム活性の測定条件
河原栄二郎・○根津晴菜（福山大）
- 16 水晒しと貯蔵温度によるエソすり身品質の変化
○黒川清也・福島英登・山内春菜・桑田智世・石上 翔・和田律子・福田 裕（水大校）
- 17 沿岸漁獲サバの短期蓄養よる肉質改善効果について
○前迫淳二・岡室 隆・前田祥孝・福島英登・田中竜介・福田 裕（水大校）
- 18 マアジの魚体処理法による保蔵中の肉質におよぼす影響
前田俊道・○吉岡左織・安原崇史・原田和樹（水大校）
- 19 次世代食品機能性評価法を用いた水産食品の機能性の解析の試み
○徳永拓史・梶原景子（水大校）・数村公子（浜松ホトニクス）・前田俊道・原田和樹（水大校）

1 SV 周波数差法を用いたキュウリエソ魚群の判別と体長推定に関する研究

○濱名正泰・濱野 明・中村武史(水大校)

【目的】キュウリエソ(*Maurolicus Japonicus*)は日本海における唯一の魚類マイクロネクトンであり、日本海生態系の鍵種として、生物生産上重要な位置を占めている。しかし、本種の資源量評価に関する知見は極めて乏しく、(主に卵・稚仔の計量によって行われており、)未だ精度・確度とも十分と考えられる方法は確立されていない。そこで、本研究では、音響調査手法を用いることにより、資源量評価に必要なキュウリエソ魚群の判別と体長推定に関する基礎的知見を得ることを目的とした。

【方法】平成20年8月25日から28日の4日間、隠岐諸島南東海域を対象に、計量魚探機ER60(Simrad社製:18,38,70,120,200kHz)を用いて 耕洋丸(2352 トン)による音響調査を行った。得られた音響データは Echoview(Myriax 社製)を用いて体積散乱強度(以下 SV 値)を算出した。また、エコー反応の生物種を確認するため、MOHT ネット(ニチモウ社製)によるサンプリング調査を計5回行った。

【結果】ネットサンプリングの結果、採集生物の種組成は84%がキュウリエソで占められていた。キュウリエソの体長組成は約11.7mm付近にモードを持つ群と約38.6mm付近にモードを持つ群に分けられた。MOHTの曳網水深帯における2周波間(70kHz,18kHz)のSV値の差(Δ SV値)は、約-15dB~0dBの範囲であった。SV周波数差法の結果とサンプリング結果の比較から、MOHTの曳網水深帯でみられた反応はキュウリエソ魚群であると考えられた。次に、MOHTの曳網水深帯における Δ SV値から理論モデルを用いてキュウリエソの体長を推定した。推定した平均体長は約17.7mmとサンプリング結果の平均体長(約35.0mm)と大きく異なる結果となった。そこで、水圧による鰾体積の変化をボイルの法則を用いて検討した結果、推定体長は平均約39.3mmを示し、サンプリング結果の平均体長と約4.3mmの差を示した。また、t検定の結果、1%水準で両者間に有意な差は認められなかった。

2

豊前海におけるシャコの資源状況と資源管理

○亘 真吾(瀬水研)・石谷 誠・尾田成幸(福岡水海技セ)

【目的】瀬戸内海豊前海においてシャコは、小型底曳き網漁業における主要漁獲物の1つである。1989年に最大1,202tあった福岡県豊前海の漁獲量は、2008年に167tまで減少した。しかし、今日まで定量的な資源評価は実施されておらず、資源の有効利用を目指す上で大きな問題となっている。本報告では、小型底曳き網を用いたシャコの試験操業データを用いて、資源状況の把握と評価を行い、管理方策について検討した。

【方法】2007年4月から2009年4月にかけて小型底曳き網漁船を用いてシャコを毎月4定点で採集した。採集したシャコは体長、体重、性別、生殖腺重量を測定した。生殖腺指数(GSI)の変化より、成熟状況を調べた。体長組成の年級群分解を行い、2007年級群の単位面積あたりの採捕尾数の変化より全減少係数を推定した。加入あたり漁獲量(Y/R)と、加入あたり産卵量(SPR)を求めた。また、成熟と捕獲量について1980~90年代の知見と比較した。

【結果と考察】GSIの月変化を観察したところ1980年代と同様の4~9月に成熟していた。しかし、過去に報告されていた最小成熟体長85mmより小さな個体でも成熟が多く見られ、最小の成熟サイズは64mmだった。単位面積あたりの捕獲尾数は2,141尾/km²で、1993年と比較し1割に低下していた。2~19月齢までの全減少係数は0.16(/月)で、月齢によらずほぼ一定であった。捕獲尾数が減少していることに加え、年齢構成も若齢化しており、近年の資源状態は低位であると考えられた。Y/R、SPR解析の結果、漁獲圧の一律削減より、混獲による死亡を減少させる方策が、漁獲量と産卵量双方を増大させる効果が大きいことが示唆された。

3 DNA 分析により七尾湾がトラフグの産卵場であることを特定

○片町太輔（瀬水研）・宇野勝利（石川水総セ）

【目的】 七尾湾は4-5月に定置網によってトラフグの産卵親魚が漁獲されることから産卵場とされているが、これまで産卵の確認はされていない。水棲生物の産卵場を特定することは、産卵生態や初期生態を解明することに加えて、保護水域選定の根拠としても重要である。本研究は、ミトコンドリア (mt) DNA の調節領域に着目し、七尾湾においてトラフグの産卵期に採集された卵の種同定を行うことで七尾湾がトラフグの産卵場であるかについて明らかにすることを目的とした。

【方法】 試料には2009年5-6月に七尾北湾においてソリネットによって採集された卵37個と2007年10-11月に北湾、西湾、南湾において延縄によって漁獲されたトラフグ幼魚(0歳魚)47個体を用いた。DNA分析はmtDNA調節領域前半部(523塩基)のダイレクトシーケンスを行った。

【結果】 卵と幼魚から得られた調節領域の配列を比較した結果、卵と幼魚からはそれぞれ3個と10個のハプロタイプが類別された。DNAデータバンクに登録されていた七尾湾に生息するトラフグ、マフグ、ヒガンフグ、クサフグ、ゴマフグ、ショウサイフグの調節領域の配列を比較の対象として、卵および幼魚のハプロタイプと比較した結果、卵の全てのハプロタイプがトラフグであることが示された。このことから、七尾湾がトラフグの産卵場であると特定された。

4 エチゼンクラゲに対するウマヅラハギの捕食圧の推定

○宮島悠子・益田玲爾・山下 洋（京大フィールド研）

【目的】 魚類がクラゲ類を捕食することは知られているが、その捕食圧を定量的に調べた研究はあまりない。本研究では代表的なクラゲ捕食魚であるウマヅラハギのエチゼンクラゲに対する摂餌行動を観察することで、ウマヅラハギがクラゲに与える捕食圧を推定することを目的とした。

【方法】 京都府舞鶴市沖で採集したエチゼンクラゲ(実験前湿重量:3.5、10.0、12.5 kg)を2.5t水槽に1個体ずつ収容した。ウマヅラハギは天然でエチゼンに寄り付いていた個体(45.8±10.5(SD)g)を採集し、各水槽に12尾収容した。ウマヅラハギの捕食によってクラゲが死亡および消滅するまでの時間と、開始1日後から3日間のクラゲへの寄り付き率並びに観測時の照度を計測した。また、エチゼンクラゲを3時間飽食させたウマヅラハギの消化管充満率(魚体重当たりの消化管内容量の割合)を天然採集個体と比較した。

【結果】 クラゲは実験開始後26.5~65.5時間で死亡し、70.5~124.5時間でほぼ消滅した。摂餌のためにクラゲに寄り付く個体の割合は朝・夕に高く(42±32%、46±27%)、昼間に低く(27±29%)、夜間の摂餌は観察されなかった。実験中は特定の個体がクラゲを独占して他個体を追い払う行動が観察された。こうした行動は天然海域では認められないため、天然での寄り付き率はさらに高い可能性が考えられた。ウマヅラハギの採集された水深5m域での昼間の照度は海面より低いこと、また昼間に採集された天然個体の消化管充満率(10.8±3.0%)は飽食(12.0±1.5%)の90.4%に及び、両者の間に有意差はなかったことから、天然では日中を通して摂餌行動が盛んであると推察された。日中の飽食率を90.4%とした場合、魚体重1gあたりのクラゲ捕食速度は10.±2g/日と推定される。これにより、ウマヅラハギがエチゼンクラゲのバイオマスに与えるインパクトは大きく、クラゲの大量発生を防除において、クラゲ捕食魚の保全が有効であると考えられた。

5

広島湾におけるクロダイの性比と成長に関する研究

○鈴木雄大（広大生物生産）・高山 翔・坂井陽一・海野徹也（広大院生物圏科）

【目的】広島湾におけるクロダイの成長については既報（木村、1958；広島水試、1984）があるものの、近年の放流事業によって資源量は劇的に増大した。本研究では資源増大がクロダイの成長に及ぼす影響を把握する目的で、本種の成長を再検討した。なお、多くのクロダイは3～4歳で雄から雌に性転換するが、中には性転換を遂げず、加齢しても雄のままの個体も存在する。本研究では、特に、それら生涯雄と性転換雌の出現比と成長差についても検討を行った。

【材料と方法】供試魚は2008年10月～2009年9月にかけて、釣獲もしくは吾知網、並びに漁広島中央卸売市場から購入した個体、計1,017尾（推定年齢0～16歳）を用いた。このうち、759尾は産卵期に相当する5月と6月に採集した。測定項目は、体長、体重、生殖腺重量のほか、側線下4番目縦列15番目の周辺の鱗について年齢査定を行い、鱗長と輪径を測定した。成長はvon Bertalanffyの成長式を用いた。さらに、雌雄比と成長については5歳以上の個体に限定し、成長と若齢時の輪径を比較した。

【結果と考察】広島湾におけるクロダイのGSIは5～6月にピークを迎え、鱗の縁辺成長率は7～8月に低値を示したことは過去の報告（広島水試、1984）とほぼ一致した。また、von Bertalanffyの成長式は $FL_t = 361(1 - e^{-0.317(t+0.382)})$ となり、1980年代の計算体長（広島県水産試験場、1984）と比較すると、近年の広島湾のクロダイの成長が低下していることが示唆された。一方、広島湾におけるクロダイの雌雄比は満3歳以上で2.65:1(n=759)、満3歳で1.1:1(n=21)、満4歳で3.8:1(n=96)、満5歳で6.5:1(n=105)となったことから、満4歳以降概ね性転換は完了していると考えられた。5歳以上の性転換雌333尾、生涯雄118尾について成長並びに初期輪径の比較を行った結果、成長式においては雌雄で差異は検出されなかったものの、第3輪と第4輪の輪径は雄個体で有意($P < 0.01$)に大きかった。この結果から、多くのクロダイが性転換を遂げる3、4歳時に、成長の良かった個体が生涯雄化する可能性が示された。

6

アサリ浮遊幼生の摂餌特性と成長量の推定

○松野 結（広大生物生産）・手塚尚明・兼松正衛・薄 浩則・浜口昌巳（瀬水研）・井関和夫（広大院生物圏科学）

アサリ (*Ruditapes philippinarum*) の国内生産量は、昭和58年をピークに急減しており、その減少要因の解明が急務となっている。アサリは、他の海産二枚貝と同様に浮遊幼生期を持ち、産卵後2週間程度はプランクトンとして浮遊生活を送る。この浮遊幼生期における餌環境はアサリの再生産の鍵ともなり、近年のアサリ生産量の減少原因の1つとして、海域における餌濃度の低下が考えられている。このため、浮遊幼生の摂食特性を知ることが必須であるが、それらの知見は極めて少ない。そこで本研究では、自然海水および、アサリ幼生の飼育に通常用いられる植物プランクトンの1種であるパブロバを餌とした、パブロバ餌海水による室内飼育実験を行い、アサリ浮遊幼生の摂餌量と成長（殻長変化）を調べた。飼育実験の開始時・終了時に、コールターカウンターを用いて、海水中の粒径別粒子数・体積を測定し、アサリ幼生の摂餌量を推定した。また、実験開始時・終了時に撮影した顕微鏡写真を用いて殻長を測り、殻長変化から成長量を求めた。その結果、自然海水区では主に5μm以下のサイズの粒子を摂餌し、摂餌量は最も高濃度なパブロバ実験区で最大値を示した。一方、殻長成長は自然海水区の方がパブロバ餌海水区より高めであり、自然海水中の懸濁物の方がパブロバより餌として好適である可能性が示唆された。今後は、アサリ幼生の摂餌量・殻長成長に加え、乾燥重量・炭素量ベースで成長を調べ、アサリ浮遊幼生の摂餌量と成長量の関係をより詳細に検討する予定である。

Edwardsiella tarda 実験的感染後の ヒラメのリンパ球細胞障害性および白血球殺菌活性

○木庭 雄二郎・河原 栄二郎 (福山大生命工)

【目的】*Edwardsiella tarda* はヒラメ、マダイ、ウナギなどに病原性を示し、白血球に貪食されても細胞内で生存する細胞内寄生細菌である。このような細菌に対する感染防御では細胞障害性を有するリンパ球や殺菌活性を有する白血球が重要な働きをする。これまで、ヒラメおよびニシキゴイのリンパ球細胞障害性試験法を確立した。本研究では、ヒラメに *E. tarda* を実験的感染後、リンパ球の細胞障害性および白血球の殺菌活性について調べた。

【方法】供試魚には体重約 113 g のヒラメを 20 °C で飼育して用いた。供試魚に *E. tarda* を 9.2×10^6 および 9.2×10^4 CFU / fish 腹腔内接種した。対照区には滅菌生理食塩水を同様に接種した。接種 12、36 および 60 時間後、頭腎および腸管から Ficoll 密度勾配遠心法でリンパ球を分離した。リンパ球の細胞障害性は alamar blue 比色定量法で測定した。すなわち、リンパ球と標的細胞のニシキゴイ脳繊維芽細胞を混合して 20 °C で 6 時間反応させたのち、alamar blue を添加して 20 °C で培養した。培養 24 時間後、570 および 630 nm の吸光度を測定し、それらの値から細胞障害率を算出した。さらに、頭腎および腸管白血球の殺菌活性は刺激物に zymosan を用いた NBT 還元法で測定した。

【結果】頭腎リンパ球の細胞障害性は、いずれの試験区でも 12 時間後で有意に高い値を示したが、36 時間後で差異は認められなくなった。 9.2×10^6 CFU / fish 区では 60 時間後で有意に低い値を示した。腸管リンパ球の細胞障害性は、いずれの試験区でも 60 時間後まで差異は認められなかった。また、頭腎白血球の殺菌活性は、いずれの試験区でも 12 および 60 時間後で有意に低い値を示した。腸管白血球の殺菌活性は、 9.2×10^6 CFU / fish 区で 12 および 36 時間後に有意に低い値を示した。以上のことから、*E. tarda* はヒラメのとくに腸管白血球の殺菌活性に対して抵抗性を有すると考えられる。

Epidemiological surveillance of *Edwardsiella ictaluri* infection in river ayu

○Ebtsam Sayed Hassan, Mahmoud Mostafa Mahmoud, Toshihiro Nakai (Hiroshima Univ.), Osamu Kawaguchi, Yoshisuke Iida (Hiroshima Pref. Tech. Res. Inst.)

[Objective] *Edwardsiella ictaluri*, the etiological agent of enteric septicemia of catfish (ESC), was first reported in 1979 from moribund catfish. It quickly became a leading bacterial pathogen of channel catfish causing severe economic losses in catfish aquaculture in USA and Southeast Asia. Just two years ago, isolation of the pathogen was reported as a first record from diseased river ayu *Plecoglossus altivelis* in Japan. For monitoring the existing status of *E. ictaluri* infection, river ayu and other fishes in river were examined for the pathogen in 2008 and 2009.

[Methods] A total fish number of 295 in 2008 and 229 in 2009, were collected by gill-net from a river in Hiroshima Prefecture. Monthly samplings (around 60 fish per each sampling) were applied during the periods from July to November, 2008 and from August to November, 2009. Direct isolation of *E. ictaluri* from fish kidneys on Trypto-Soya Agar and indirect isolation on SS broth were carried out. *E. ictaluri*-like colonies were subjected to a rapid characterization and PCR tests. Pathogenicity of two representative isolates was tested by intraperitoneal (IP) injection of ayu at doses of $10^{7.4}$ and $10^{5.4}$ CFU/fish and the mortalities were monitored at 20°C for two weeks.

[Results] *E. ictaluri* was isolated from the kidneys of 90 fish in 2008 and from 54 fish in 2009. The isolation of the bacterium exhibited pure culture on the plates in almost all cases. The pathogen was isolated at rates of 15.7%, 18.3%, 67.2%, 46.7%, and 10.2% in July, August, September, October, and November samplings (2008) respectively, while the isolation rates in August, September, October, and November (2009) were 15.0%, 21.7%, 28.3% and 30.2% respectively. In addition, examination of other 10 fish species (n=58), caught at the same sampling time in 2008, resulted in isolation of the bacterium only from one forktail bullhead *Pelteobagrus nudiceps*. No *E. ictaluri* candidate was isolated from other 7 fish species (n=39) in 2009. The experimental infection caused high mortalities in ayu with LD₅₀ less than 10^5 CFU/fish.

9 Isolation of bacteriophages specific to a fish pathogen *Edwardsiella ictaluri*

○Mahmoud Mostafa Mahmoud, Ebtsam Sayed Hassan, Toshihiro Nakai (Hiroshima Univ.),
Yoshisuke Iida (Hiroshima Pref. Tech. Res. Inst.)

[Objective] *Edwardsiella ictaluri* is the causative agent of enteric septicemia of catfish (ESC), which induces serious problems in farm-raised channel catfish (*Ictalurus punctatus*) in the southeastern states of the United States. In 2007, the pathogen was isolated for the first time from diseased river ayu *Plecoglossus altivelis* in Japan. The current study was designed to isolate and identify bacteriophages specific to *E. ictaluri* for phage typing of the bacterium and phage therapy use.

[Methods] Isolation of *E. ictaluri*-specific phages were done from mud, water and ayu (kidney) obtained from a river in Hiroshima prefecture in 2008 and 2009. Enrichment & double agar layer methods were used for isolation of phages. After successive three times cloning, phages were precipitated by polyethylene glycol and purified by cesium chloride gradient centrifugation. Phage typing was performed using various strains of *E. ictaluri* from different geographical locations and host fishes. A preliminary phage therapy experiment was done to explore the efficiency of the current phage isolates in combating *E. ictaluri* infection. A phage suspension (10^8 PFU/fish) was injected intraperitoneally (IP) in ayu, previously injected with *E. ictaluri* (10^4 CFU/fish).

[Results] A total of 26 phages specific to *E. ictaluri* were successfully isolated from muds, waters and kidneys of river ayu. Transmission electron microscopy revealed that the examined phages belonged to either *Myoviridae* and *Podoviridae*. The phages produced clear plaques on double agar layer and were lytic only to *E. ictaluri* strains isolated from ayu. In phage treatment of *E. ictaluri* - infected fish, phage induced a delayed mortality but there were no difference in the final mortality between phage-treated and untreated control.

10 ヒラメおよびニシキゴイに対するセイヨウタンポポ抽出物の免疫賦活効果

河原栄二郎・○江口 茂 (福山大生命工)

【目的】 養殖魚の病原体に対する抵抗力を増強するため、ビタミン類、多糖類、菌体成分および動物由来成分などの各種の免疫賦活剤が使用されている。セイヨウタンポポは、*in vitro* でヒト肝臓癌細胞のアポトーシス誘導およびマウス脾臓白血球の増殖作用を、*in vivo* でマウスの胸腺および脾臓の重量増加作用を有すると報告されている。本研究では、ヒラメおよびニシキゴイに対するセイヨウタンポポ抽出物の免疫賦活効果について調べた。

【方法】 供試魚には体重約 42g のヒラメおよび体重約 63g のニシキゴイを用いた。セイヨウタンポポ抽出物(抽出物)は、乾燥セイヨウタンポポの根 6.0g を 80%メタノール 20ml に浸して 48 時間振盪したのち、上清を回収し、凍結乾燥して調製した。供試魚に投与量が魚体重 kg 当たり 10 および 1mg となるように抽出物を添加した飼料を毎日投与した。投与 1 週間後、頭腎および腸管白血球の殺菌活性は刺激物に zymosan を用いた NBT 還元法で、白血球の貪食能は zymosan を用いて、血清の溶血補体活性はウサギ赤血球を用いて、血清および後腎のリゾチーム活性は *Micrococcus lysodeikticus* 菌体を用いて測定した。

【結果】 ヒラメでは 10mg の投与で頭腎白血球の殺菌活性、貪食能および腸管白血球の貪食能が有意に上昇し、1mg の投与で頭腎白血球の貪食能、腸管白血球の殺菌活性および貪食能が有意に上昇した。いずれの試験区も血清の溶血補体活性、血清および後腎のリゾチーム活性に差異は認められなかった。ニシキゴイでは 10mg の投与で頭腎白血球の貪食能が有意に上昇し、1mg の投与で頭腎白血球の殺菌活性および貪食能は有意に上昇したが、血清のリゾチーム活性は有意に減少した。いずれの試験区も血清の溶血補体活性および後腎のリゾチーム活性に差異は認められなかった。以上のことから、セイヨウタンポポ抽出物はヒラメおよびニシキゴイの白血球の殺菌活性および貪食能を上昇させると推察される。

1 1

夏季の周防灘における海底高濁度層の分布および短期変動

○中西哲也（広大生物生産）・宮下幸久・井関和夫・小池一彦（広大院生物圏科学）
・手塚尚明・浜口昌巳（瀬水研）

周防灘は西部海域に広大な干潟を有し、浮魚類に比べてアサリ・エビ・カニなどの底生生物の漁獲量が瀬戸内海の中で高いことが知られている。このため、底生生物の餌となる底層の懸濁粒子（植物プランクトン・底生微細藻類・デトライタス・沈降粒子など）の動態を把握することは、周防灘では特に重要であり、これまで海底高濁度層の発達が顕著で海域・季節変動が大きいことが明らかとなってきた（宮下ら、2008）。本研究では、夏季の周防灘におけるクロロフィル *a* と濁度の分布及び短期変動を調べ、それらの変動要因を把握することを目的とした。そこで、2009年6-7月（広大豊潮丸）と8月（瀬戸内水研しらふじ丸）に海洋調査を行い、水温・塩分・Chl.*a*・濁度の周防灘全域における鉛直分布と灘西部の2観測点（中央部の St.18 と中津干潟沖の St.20）での日周変動を調べた。その結果、海底高濁度層が周防灘全域に発達していることや（特に西部浅海域）、6-7月より8月の方がより顕著であることが確認された。また、6-7月には、西部浅海域の表層に高濁度水が見られ、梅雨に伴う河川経由の陸起源粒状懸濁物の流入量の増大が原因と考えられた。一方、Chl.*a* は西部浅海域では底層に、沖合では亜表層（5-10m 付近）にピークが見られ、さらに西部海域の亜表層では6-7月の方が8月より高めであった。日周変動について見ると、St.18 と St.20 の両観測点で、底層において Chl.*a* 濃度と濁度及び海底高濁度層（及び高 Chl.*a* 層）の厚みに際立った変動があり、潮汐周期や生物活動の日周変動との関連性が示唆された。今後、T-S ダイアグラムや流速データを用いて海洋構造や流動と Chl.*a*・濁度の変動との関連性を検討する予定である。

1 2

周防灘のセディメントトラップに捕集された 大型沈降粒子の同定とフラックス

○宮田浩史（広大生物生産）・井関和夫・宮下幸久・小池一彦（広大院生物圏科学）

周防灘の西部海域には広大な干潟が発達し、我が国有数のアサリ漁場として利用されてきたが、近年、アサリの資源量は激減しその一因として海洋生態系の変質（一次生産量の減少、植物プランクトン種組成の変化、クラゲ類の増加など）の可能性が考えられる。本研究では、周防灘における生態系の特徴と表層から底層への物質輸送機構を解明する一環として、2009年7月に周防灘西部海域の中央部（St.18）と大分県中津沖浅海域（St.20）の2観測点で、セディメントトラップの短期係留実験を実施した。沈降粒子は、捕集瓶からプラスチックシャーレに移し、全体像を把握するために実体顕微鏡下で写真撮影を行った。その後、プランクトン分割器を用い、化学分析用、顕微鏡用、保存用サンプルなどに4分割した。有機炭素・窒素の分析用サンプルは、さらに Nitex ネットによるサイズ分け（<20, 20-200, 200-500, 500 μ m）を行った。その結果、St.18 の沈降粒子中には、長径 0.5mm から 9mm 程度の円柱形の大型粒子が多数含まれていたが、St.20 では殆んど見られなかった。走査型電子顕微鏡（SEM）試験によると、大型粒子中にケイ藻の殻（多くは、壊れた断片、小片）が多数識別された。周防灘では、ウミタル類（Doliolid）の群体について報告されていることなどからも、現段階では、これらの大型粒子はウミタル類から排泄された糞粒と同定した。ウミタル類はアサリ浮遊幼生の餌となる小型植物プランクトン（8 μ m 程度以下）も活発に過捕食することから、餌の競合が生じることでアサリ減少要因となる可能性が示唆された。今後、各サイズフラクションについて、有機炭素・窒素量の分析を行い、海域や水深によるフラックスの違い・特徴についても検討する予定である。

1 3

周防灘における粒状懸濁物の分布とサイズ組成

○宮下幸久・井関和夫・湯川翔太・小池一彦（広大院生物圏科学）
・手塚尚明・浜口昌巳（瀬水研）

近年、アサリ生産量が急減している周防灘においてアサリの餌料環境を検討するため、2007年5月～11月および2008年と2009年の6-7月に、周防灘全域の海洋調査を行い、アサリの餌となる粒状懸濁物の分布とサイズ組成を調べた。その結果、Chl.a、POC・PON（粒状有機炭素・窒素）、BSi（生物起源ケイ素）共に、灘南西部で高く、東部で低い分布傾向となった。これらの粒状懸濁物は10月に観測期間中の最大値を示し、時期的にはアサリ秋季産卵期の数週間前に相当していたため、秋季ブルームがアサリの産卵を誘発していることが示唆された。Chl.aのサイズ組成は、一般に表層（0-5m）ではアサリ浮遊幼生が摂食できる8 μ m以下の小型粒子（Tezuka et al., 2009）の割合が多く、底層（海底直上2m及び0.5m）ではアサリの稚貝及び成貝が摂食可能な2 μ m以上の粒子の割合が多く、特に20 μ m以上の濃度、割合共に顕著に高くなっていた。また、BSiのサイズ組成は、8 μ m以下の粒子割合が25%以下であり、BSi/Chl.a比は12であるのに対して、20 μ m以上の粒子の比は98と際立って高かった。これらのことから、アサリ幼生の餌となる8 μ m以下の粒子には、小型珪藻以外の渦鞭毛藻やバクテリアなどが相当量含まれていることが示唆された。以上より、アサリの再生産は、植物プランクトンの周年変動および懸濁粒子のサイズ組成に大きく左右されることが明らかとなった。また、灘南西部の大分県中津干潟周辺浅海域は、沖合域と比較してアサリの餌料環境として優れていると推察された。

1 4

ADCP 情報を用いた沖合天然礁域における湧昇流の推定

○後藤敏光・濱野 明・滝川哲太郎・中村 武史（水大校）・鬼塚 剛（中央水研）

【目的】萩市見島沖の八里ヶ瀬天然礁は日本海南西海域における生物生産の要として、回遊性魚類の滞留、稚仔魚の成育場、さらに産卵場として極めて重要な役割を果たしている。この複雑でかつ高低差がある天然魚礁により発生する湧昇流により下層の栄養塩が表層へ移送され豊かな沖合天然礁生態系が形成されていると考えられる。しかし、同海域の詳細な海底地形の詳細はいまだ十分ではなく、複雑な海底地形が作り出す水理環境も明らかにされていない。そこで本研究では、同海域の海底地形を詳細に明らかにするとともに、それに伴う流況、特に生物生産上重要な鉛直的な流れを定量的に推定することを目的とした。

【方法】2008年8月4日～7日、萩市見島沖八里ヶ瀬周辺海域において、水産大学校練習船耕洋丸（2352トン）によりマルチビーム海底地形探査装置（Kongsberg 社製 EM710;70～100kHz）、ADCP（RD-Instuments 社製;75kHz）を用いて海底地形及び流況を調べた。海底地形調査では0.1マイル間隔で航走調査した。ADCPによる調査では鉛直方向4m、水平方向60秒に設定して各層ごとの流速u（東西方向）、v（南北方向）を算出し、潮汐成分を除去したのち、収束・発散を求めることで、鉛直流の流速を推定した。

【結果】①八里ヶ瀬周辺海域の詳細な3次元海底地形を調べた結果、海底勾配の約8.4%が20mの水平方向に対して約11.5m（傾斜角30°）の傾斜があることが分かった。②表層付近の鉛直的な流れは、水深50m以浅においては、その約70%が上昇流で、急峻な丘陵が湧昇流を起していると考えられた。これら鉛直的な流れは計量魚探機で観測されるプランクトン反応の鉛直的動きとも良く一致した。

1 5

ドチザメおよびホシザメのリゾチーム活性の測定条件

河原栄二郎・[○]根津晴菜（福山大生命工）

【目的】 これまでに、魚類の免疫機能に関する研究は、主に硬骨魚類のブリやヒラメなど養殖魚の抗体産生や白血球の分類および機能について調べられている。軟骨魚類では、テンジクザメやネコザメで抗体が精製され、その物理・化学的特性が明らかにされている。しかし、軟骨魚類の非特異免疫機能に関する知見は少ない。本研究では、ドチザメおよびホシザメのリゾチームの特性を明らかにするため、その活性の測定条件について検討した。

【方法】 供試魚には体重約 1 kg のドチザメ (*Triakis scyllium*) と体重約 800 g のホシザメ (*Mustelus manazo*) を用いた。供試魚から採血して血清を分離するとともに、腎臓および脾臓を摘出した。まず、血清、腎臓および脾臓を pH 7.0 の 0.01M リン酸緩衝液を用いて段階希釈し、マイクロコッカス菌体懸濁液と混合後、直ちに OD₅₃₀ を測定した。その後、37 °C で 30、60、90 および 120 min 反応させ、再び OD₅₃₀ を測定した。リゾチーム活性は OD₅₃₀ の値の減少の割合を溶菌率として求めた。そして、溶菌率から測定に最適な各試料の希釈倍率を求めた。次に、至適 pH および至適反応温度は各希釈試料とそれぞれ pH 4.0 から 10.5 および 20 °C から 40 °C の範囲でマイクロコッカス菌体懸濁液と同様に反応させて調べた。

【結果】 リゾチーム活性測定のための試料の最適な希釈倍率は、ドチザメでは血清で 40 倍、腎臓および脾臓のいずれでも 20 倍、ホシザメでは血清、腎臓および脾臓のいずれでも 10 倍となった。至適 pH はドチザメでは血清、腎臓および脾臓でそれぞれ pH 7.0 から 8.5、6.0 および 7.5、ホシザメでは血清、腎臓および脾臓でそれぞれ pH 6.0、7.0 および 5.0 であった。また、至適反応温度はドチザメでは血清、腎臓および脾臓のいずれでも 37 から 40 °C、ホシザメでは血清および腎臓で 30 から 37 °C、脾臓で 30 °C であった。したがって、ドチザメとホシザメのリゾチーム活性測定の至適条件は多少異なると考えられる。

1 6

水晒しと貯蔵温度によるエソすり身品質の変化

[○]黒川清也・福島英登・山内春菜・桑田智世・石上 翔・和田律子・福田 裕（水大校）

【目的】 エソ類魚肉は優れた加熱ゲル形成能を有するが、凍結貯蔵中に著しく低下すると言われており、高品質冷凍すり身化が困難である。ホルムアルデヒド (FA) 生成に伴うタンパク質への結合変性はその一因であると考えられている。一方、FA の前駆物質である TMAO は水溶性であり水さらし工程で除くことが出来ればより長期貯蔵が可能と考えられる。本研究ではエソすり身製造時の水晒しの効果、及び凍結貯蔵温度の影響について検討した。

【方法】 エソ鮮魚から採肉した無晒し肉、魚肉の 10 倍量冷却水で水晒しを 2 回、および 4 回行った 3 種の魚肉に添加物 (4% ソルビトール、4% スクロース、0.03% 重合リン酸塩) を加えすり身を調整し、-20 °C および -50 °C で 60 日間貯蔵した。揮発性塩基 (TMAO、TMA、DMA および FA) 物質は常法で求めた。また、2.5% NaCl を加えた塩すり肉につき動的粘弾性測定、2 段加熱ゲルの破断強度および破断凹みの測定を行った。タンパク質組成の変化は SDS-PAGE で調べた。

【結果】 TMAO は無晒し肉で 53 μmol/g、2 回晒し肉で 0.94 μmol/g、4 回晒し肉で 0.14 μmol/g と水晒しによって著しく減少した。一方、破断強度および破断凹みは水晒しすり身が無晒しすり身に比べ著しく低い傾向であった。水晒しで大半の TMAO が除去されたことも、加熱ゲル物性が飛躍的に向上した一因と判断された。凍結貯蔵中に FA は無晒しすり身-20 °C 貯蔵の場合にのみ 40 日目から著しい FA の増加が見られ、動的粘弾性の測定でゲル物性の劣化、および SDS-PAGE によるミオシン重鎖多量体の形成などが確認された。動的粘弾測定で温度分散分析を行ったところ、無晒しすり身では 0 °C で貯蔵弾性率は 4.3~6.9 kPa、2 回晒しすり身で 2.0~2.8 kPa、4 回晒しすり身では 1.4~1.7 kPa であった。また、30 °C まで温度を上げると無晒しすり身では僅かにしか上昇しなかったが、水晒しすり身では飛躍的に上昇した。すなわち、無晒しすり身ではタンパク質が塩にあまり溶解せず、坐りゲルの形成も僅かであったが、水晒しすり身では塩によく溶解し、坐りゲルの形成も顕著にみられた。以上の結果よりエソすり身は水晒しを行い充分に TMAO を除去することにより、凍結貯蔵しても加熱ゲル形成能を保持できると示唆された。

17

沿岸漁獲サバの短期蓄養による肉質改善効果について

○前迫淳二・岡室 隆・前田祥孝・福島英登・田中竜介・福田 裕（水大校）

【目的】近年アジ・サバといった天然から漁獲した多獲性魚類を活かしたまま、陸岸付近の生簀に移送し、出荷まで数日から2~3週間程度絶食飼育する短期蓄養が行われている。こうした操作は出荷調整や活魚への利用が可能となることから、魚類の高付加価値化につながる新しい手法である。一方、蓄養中に身が引き締まり歯ごたえが向上すると現場では言われているが、化学的に検証した報告はない。そこで本研究ではゴマサバを対象に、短期蓄養中の魚体の生化学的变化および刺身テクスチャーの変化を調べた。

【方法】鹿児島県黒島沖で2009年7月に漁獲したゴマサバ（体長約35cm）100匹を蓄養生簀に移送し、一定期間絶食飼育した。魚は生簀から経時的に取り出し延髄刺殺したものを各実験に供した。魚体は肥満度を測定後、5℃で貯蔵し死後硬直を測定した。刺身テクスチャーは約1日貯蔵後の完全硬直中の魚体を測定の前日にフィレー処理を行い、皮・骨を除いた後、体側に垂直に背側および腹側普通筋（25mmφ）を切りぬき標品とした。これを動的粘弾性装置による周波数分散測定に供し、貯蔵弾性率（G'）および損失弾性率（G''）を測定した。脂肪組織の変化はオイル赤O染色法を用いて観察し、筋肉の脂質含量はソックスレー法により分析した。

【結果】死後硬直の発現は蓄養7日に最も遅くなり、その後蓄養期間が長くなるほど早くなった。魚体の肥満度は蓄養0日では約14であったが蓄養24日には約11まで低下した。動的粘弾性G'およびG''は蓄養5日にピークを示し、その後蓄養期間が長くなるにつれ低下した。脂質含量も5日で最大となり、その後蓄養期間が長くなるほど脂質含量は低下し、この変化は脂肪の組織観察においても顕著に確認でき、これらはG'およびG''の増減と良く相関した。以上の結果、本実験条件下においては蓄養5~7日が最適蓄養期間であった。

18

マアジの魚体処理法による保蔵中の肉質におよぼす影響

前田俊道・○吉岡左織・安原崇史・原田和樹（水大校食品科学科）

【目的】魚体処理法は、保蔵中の肉質に大きく影響する。一般に延髄刺殺した魚の品質は無処理の魚よりも良いことが分かっている。近年、延髄刺殺後さらに脊髄破壊する方法（神経抜き）や一切処理をしないで海水スラリーアイス中で殺す方法（スラリーアイスメ）などの処理が行われている。そこで本研究では、これらの魚体処理法がマアジの肉質に及ぼす影響を調べた。

【方法】山口県下関市で養殖された体重150±20gのマアジを用いた。延髄刺殺区、延髄刺殺+脊髄破壊区、-1.4℃と-2.6℃のスラリーアイスメ区、苦悶死区を設けた。延髄刺殺は手鉤を刺し、脊髄破壊は直径1mmのピアノ線を鼻腔から刺して行い、スラリーアイスメでは、-1.4℃（氷含量30%）で10分間と-2.6℃（氷含量40%）で30分間浸漬した。苦悶死は生きたまま30分間陸上放置した。スラリーアイスは、スラリーアイス製造システム（三菱電機社製）を用いて製造した。処理した魚は、氷上に並べ4℃で保存しpH、ATP量、色差、乳酸、硬直指数を測定した。

【結果】スラリーアイス浸漬した場合、魚は氷含量が高いため暴れることなく死亡した。ATPの消失まで時間は、-2.6℃スラリーアイスメ区と延髄刺殺区（12時間）、-1.4℃スラリーアイスメ区と延髄刺殺+脊髄破壊区（8時間）、苦悶死区（4.5時間）の順に短くなった。-2.6℃スラリーアイスメ区と延髄刺殺区のpH低下が最も緩やかで、-1.4℃スラリーアイスメ区と延髄刺殺+脊髄破壊区のpH低下が次に緩やかであった。乳酸量はpHと逆の関係であった。硬直指数については、延髄刺殺区、延髄刺殺+脊髄破壊区、-1.4℃スラリーアイスメ区が一番遅く完全硬直し、次に-2.6℃スラリーアイスメ区が早く完全硬直した。苦悶死区が一番早く完全硬直した。-2.6℃スラリーアイスメ区では、魚体中心温度は-0.8℃にまで低下していたことから、冷凍硬直したと考えられる。血合肉の赤色度（a*値）は、どの魚体処理方法でも大きな差はなかった。ATP量とpHから判断すると、マアジの魚体処理方法として延髄刺殺と-2.6℃スラリーアイスメが最も良く、硬直の遅延から判断すると、延髄刺殺と延髄刺殺+脊髄破壊が有効であることが分かった。

19 次世代食品機能性評価法を用いた水産食品の機能性の解析の試み

○徳永拓史（水大校研究科）・梶原景子（水大校食科）・數村公子（浜松ホトニクス）
・前田俊道・原田和樹（水大校研究科）

【目的】我々は、長年、食材の抗酸化能のメカニズムについて、ESR法、脱塩基DNA法、ORAC法などを用いてイン・ビトロ実験系で研究を続けて来た。この度、イン・ビトロ実験系では、知り得なかった抗酸化食材の生体内での働きを推定できるイン・ビボ系に近い実験系「次世代食品機能性評価法」を開発した¹⁾。本大会では、供試食材として、試作したナルトビエイ魚醬を用い、本評価法が使えるかどうかを検討した。

【方法と結果】次世代食品機能性評価法とは、ヒト前骨髄性白血病細胞HL60に1.3% DMSOを添加して好中球様に分化させた細胞と、細菌が体内に侵入した状況を作り出すアゴニストの好中球遊走ペプチドf-MLP(formyl-methionyl-leucyl-phenylalanine)を用いて行う方法で、供試食材として水産食品調味料であるナルトビエイ魚醬を用いた。測定装置は、好中球様細胞のスーパーオキシドアニオン・ラジカル($O_2^{\cdot-}$)産生(化学発光)とカルシウムイオン濃度変化(蛍光)を同時に測定できる浜松ホトニクス社製のPMX-CLFL装置を用いた。自然免疫機能として好中球は、人体に侵入した細菌やウイルス等を $O_2^{\cdot-}$ により殺傷する。f-MLP刺激に対する細胞内カルシウムイオン濃度上昇と $O_2^{\cdot-}$ 産生の特徴から、試料として用いたナルトビエイ魚醬では、調べた希釈濃度範囲で、魚醬の濃度依存的に細胞内カルシウム濃度上昇及び $O_2^{\cdot-}$ 産生を抑制することが推定された。この結果から、ナルトビエイ魚醬には、生体内で自然免疫防御機構として働く $O_2^{\cdot-}$ の過剰生産反応を抑制する効果があると考えられた。この事は、本評価法が、魚醬の様な複合成分で成り立つ食材にも適用できる事を示唆した。

1) 數村公子, 原田和樹, 前田俊道, 徳永拓史, 土屋広司, 岡崎茂俊, 日本食品科学工学会第56回大会講演要旨集, 101, 2009.