

# 生物圏科学

広島大学大学院生物圏科学研究科紀要 第55巻 2016

## 目次

### 原著論文

津行篤士・反町工健・新井 肇・海野徹也  
長澤和也  
倉持敦子・倉持卓司・厚井晶子・長沼 毅  
倉持卓司・厚井晶子・長沼 毅

大塚 攻・田中華人・近藤裕介・内海隼人・  
橋本周一郎・片岡 聖・中口和光・  
山口修平・加藤幹雄・Dhugal Lindsay・  
砂原圭佐

### 総説

吉田 繁  
長澤和也

長澤和也・片平浩孝  
長澤和也・上野大輔

### 資料

- 1 耳石 Sr:Ca 比によって推定した利根川産大型ヤマメの回遊履歴
- 7 養殖ブリ幼魚における大型吸虫の寄生
- 13 種子島沖より採集された日本初記録の貝類
- 19 瀬戸内海燧灘より採集された *Caudina similis* (Augustin, 1908) (ナマコ綱, 隠足目, カウディナ科)
- 25 種子島沖合における親潮潜流の到達の可能性: 北太平洋亜寒帯指標種 *Neocalanus cristatus* (カイアシ類) の出現
- 31 慢性 Mg 欠乏により発生した乳牛のケトージスについて
- 39 日本産コイ科魚類に寄生する単生類フタゴムシ *Eudiplozoon nipponicum* と近縁未同定種に関する解説  
[付録: 亀谷 了博士の研究業績目録]
- 57 日本産ウグイ属魚類の寄生虫目録: 補足 (2016年)
- 71 日本産魚類に寄生するカクレムシ科 (新称) *Philichthyidae* カイアシ類の目録 (1924–2016年)
- 85 博士論文要旨
- 113 修士論文題目
- 116 研究科長裁量経費による助成研究報告
- 121 広島大学大学院生物圏科学研究科教員業績目録 (2015年)



## 耳石 Sr:Ca 比によって推定した利根川産大型ヤマメの回遊履歴

津行篤士<sup>1)</sup>・反町工健<sup>2)</sup>・新井 肇<sup>3)</sup>・海野徹也<sup>1)\*</sup>

<sup>1)</sup> 広島大学大学院生物圏科学研究科, 〒739-8528 広島県東広島市鏡山1-4-4

<sup>2)</sup> 〒375-0011 群馬県藤岡市岡之郷

<sup>3)</sup> 群馬県水産試験場, 〒371-0036 群馬県前橋市敷島町13

**要 旨** 利根川上流域で採集した大型ヤマメ8個体の回遊性を耳石 Sr:Ca 比分析を用い検証した。その結果, 3個体が降海型, 5個体が非回遊型と推定された。最も上流で釣獲された検体(降海型)は, 4つの堰を通過し, 利根川河口から243km 遡上していた。利根川には降海型サクラマスと非回遊型の大型ヤマメが生息しており, 環境に応じて柔軟に回遊パターンを変化させている可能性が示唆された。

**キーワード**: 大型ヤマメ, 回遊履歴, サクラマス, 耳石 Sr:Ca 比, 利根川

### 緒 言

サクラマス *Oncorhynchus masou masou* は通し回遊魚であり, カムチャツカ半島, 沿海州, 中国東部, 朝鮮半島, 北海道, 本州, 九州まで広く分布する(久保, 1980; 木曾, 2014)。本種は漁獲されるサクラマス4亜種の中で漁獲量が圧倒的に多く, 内水面における重要種となっている(木曾, 2014)。しかし, 1960年代まで2,000t 前後であった年間漁獲量は, 2005年に500t 前後まで落ち込んだ(玉手, 2008)。資源量の低下はダムや堰による河川連続性の喪失や水質悪化が原因と考えられており(田子, 1999; 福島・亀山, 2006; 永田, 2008), 本種は河川の健全性を把握する指標種としても注目されている(山崎ら, 2008)。

一般的に降海型の生活史を持つサクラマスの仔魚は, 河川上流域で孵化した後, 1年間は河川で過ごし, 2年目の春に降海する(木曾, 2014)。降海後のサクラマスは小魚やオキアミ類を捕食しながら海洋で成長し, 3年目の春から遡上を始め, その年の9–11月には河川上流域で産卵する(木曾, 2014)。一方で, 北海道の屈斜路湖にはスモルト化するものの, 淡水域に残留し, 大型化する個体群も存在もする(Kasugai *et al.*, 2014)。

利根川は大水上山を水源とし, 関東の1都5県を貫流する流路延長322km, 流域面積16,840km<sup>2</sup>におよぶ日本最大級の一級河川で, 上流域に生息する大型ヤマメは“利根マス”もしくは“戻りヤマメ”と呼ばれ, 遊漁の対象となっている(新井ら, 2014)。これら“利根マス”の生息域は河口から200km 以上も上流である場合もあり, しかも, 上流までにはいくつかの堰があるため, “利根マス”が降海型である確証は得られていなかった。新井ら(2014)は, 利根川上流域で採集された大型ヤマメの耳石 Sr:Ca 比を分析し, それらが降海型であることを明らかにした。ただし, 先に述べたように, 多様な生活型を持つサクラマスの保全のためには, より多くの大型ヤマメの回遊履歴を把握することが重要である。本研究では, 多年にわたり利根川上流域で釣獲された大型ヤマメの耳石 Sr:Ca 比を用いて回遊履歴を推定した。

### 材料および方法

#### 供試魚の採集

供試魚は全長 32–54 cm の計8個体で, 1999–2015年にかけて, 利根川河口から180–243km 上流の St.1

-4で釣獲された (Table 1)。個体番号 #1-7の7個体は本流の St. 1-3において4-8月に釣獲されたもので、最上流の採集地点となる St. 3の下流には、綾戸ダム、板東堰、利根川河口堰、利根大堰がある (Fig. 1)。個体番号 #8は支流の渡良瀬川 (St. 4) で2015年6月に釣獲されたもので、採集地から本流との合流までには太田頭首工および邑楽頭首工が存在する。

供試魚は釣獲後に家庭用冷凍庫で保管されていたもので、解凍後、扁平石を摘出し、耳石 Sr:Ca 比の分析に用いた。また、各検体の胃内容物は実体顕微鏡を用い、トビゲラ目、カゲロウ目、トンボ目、魚類、貧毛類に分け、既報 (石田・石田, 1985; 細谷, 1993; 丸山・高井, 2000; 石塚, 2014) に従って、可能な限り属レベルまで分類し、湿重量を0.01gまで計測した。

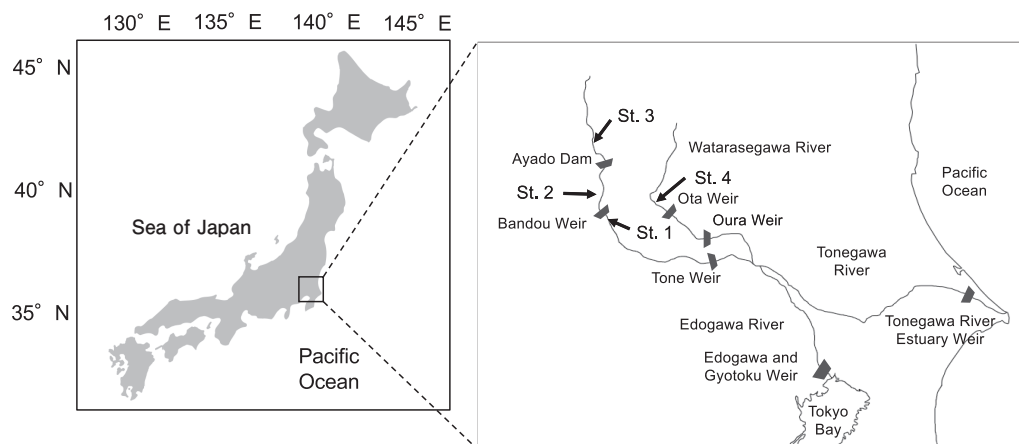


Fig. 1. Map showing sampling stations (St. 1 - 4).

Table 1. Summary of specimens *Oncorhynchus masou masou* used for Sr:Ca analyses.

Fish ID	Sampling site	Distance from the Tonegawa River mouth (km)	Sampling date	Total length (cm)	Body weight (kg)	Migration patterns inferred from Sr:Ca ratio
# 1	St. 3	243	June 2010	32	0.5	Non-anadromous
# 2	St. 1	211	August 1999	44	1.0	Anadromous
# 3	St. 3	243	April 2011	35	0.6	Non-anadromous
# 4	St. 2	221	May 2010	45	1.2	Non-anadromous
# 5	St. 3	243	June 2012	54	1.6	Anadromous
# 6	St. 1	211	July 2013	40	0.6	Non-anadromous
# 7	St. 1	211	July 2015	51	1.5	Anadromous
# 8	St. 4	180	June 2015	38	0.6	Non-anadromous

### 耳石 Sr:Ca 比分析

供試魚8個体から摘出した扁平石の凸面が上になるようにスライドガラス上に置き、これをエポキシ樹脂 (Epofix, Stuers 社製) で包埋した。包埋後、耳石の核が露出するまで #220-2400の耐水研磨紙を用いて研磨し、最終的に3 $\mu$ mのダイヤモンドペーストで鏡面仕上げした。耳石研磨面にカーボン蒸着を施した後、耳石 Sr:Ca 比を波長分散型電子線マイクロアナライザー (JXA-8200型, 日本電子) で分析した。分析条件は海野ら (2001) に準じ、1ポイント当たりの分析時間を10秒、ビーム径5 $\mu$ m、加速電圧および照射電流値はそれぞれ15Kv および10nA とした。分析は、耳石中心から後部縁辺に至る線上で行い、チャートパターンを得た。カルシウムとストロンチウムの X 線強度の濃度変換 (重量 %) は、それぞれ SrTiO<sub>3</sub> および CaSiO<sub>3</sub> を標準試料に用い、カルシウムに対するストロンチウムの濃度比を10<sup>3</sup>倍した値を耳石 Sr:Ca 比とした。

## 結果および考察

利根川上流域および渡良瀬川で釣獲された8個体の耳石 Sr:Ca 比の変動には二つのパターンがみられた (Fig. 2)。一つは、耳石中心から縁辺部まで耳石 Sr:Ca 比が終始2前後を推移するパターンで、個体番号 #1, 3, 4, 6, 8の5個体に認められた。もう一つは、耳石中心部から耳石 Sr:Ca 比が2前後を推移するものの、1200 - 1500  $\mu\text{m}$  から縁辺部付近にかけて耳石 Sr:Ca 比が4前後を推移するパターンであった。こうしたパターンは個体番号 #2, 5, 7の3個体で認められた。

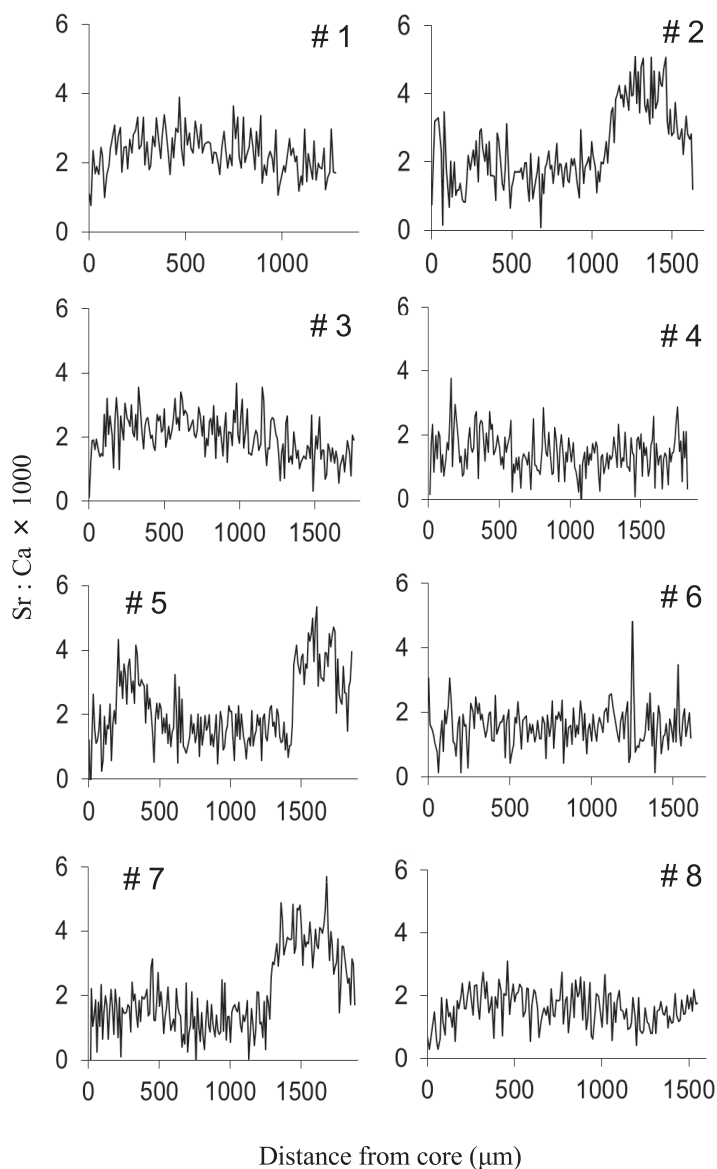


Fig. 2. Changes in the Sr:Ca ratio between the core and the edge of the sagittal otolith of *Oncorhynchus masou masou* at 180-243 km upstream in the Tonegawa River.

降海型サクラマスやサツキマス *Oncorhynchus masou ishikawae* の耳石 Sr:Ca 比は、淡水域で1-2、海水中では3-4程度の値を推移するという (Arai and Tsukamoto, 1998; 海野ら, 2001; Ohji *et al.*, 2007; 新井ら, 2014; Kasugai *et al.*, 2014)。よって、耳石 Sr:Ca 比が終始2付近を推移した5個体 (#1, 3, 4, 6, 8) は、非回遊型と推察された。これに対して、耳石 Sr:Ca 比の変動が大きかった3個体 (#2, 5, 7) は、降海型と推察された。1999-2015年に釣獲された利根川産の大型ヤマメには降海型と非回遊型が存在し、河川環境に応じて回遊型を柔軟に変化させた可能性が示唆された。

供試魚の胃内容物を検鏡した結果、降海型3個体 (#2, 5, 7) は空胃で、非回遊型5個体 (#1, 3, 4, 6, 8) からヒゲナガカワトビケラ属幼虫 (*Stenopsyche* sp.), フタバコカゲロウ属幼虫 (*Baetiella* sp.), クロイトトンボ属幼虫 (*Cercion* sp.) が見つかった (Table 2)。また、非回遊型の胃内容物には、貧毛類およびアブラハヤ属魚類 (*Phoxinus* sp.) も含まれた。河川生活期のサクラマスおよび降湖型サクラマスは、ヒゲナガカワトビケラ属などの水生昆虫、貧毛類や小型魚類を捕食する (本多ら, 1980; 山口ら, 2000; 下田ら, 2004; 木曾 2014; 新井ら, 2014)。また、利根川の採捕地点周辺ではヒゲナガカワトビケラ (*Stenopsyche marmorata*) を中心としたトビケラ目が多く採集され (田中ら, 2008)、渡良瀬川の採捕地点周辺でもヒゲナガカワトビケラが多く採集されている (鈴木ら, 2004)。加えて、アブラハヤ (*Phoxinus lagowski steindachneri*) は利根大堰から上流にかけて出現する魚種である (群馬県土木部河川課, 1998)。よって、利根川の非回遊型個体はこうした水生昆虫や小型魚類を主な餌料生物として利用していると推察される。一方、降海型と判定された3個体はいずれも空胃であった。一般的に、海から河川に戻った降海型サクラマスは餌を食べないとされる (木曾, 2014)。しかし、本研究と同じく利根川上流域で釣獲された降海型サクラマスの多くは、ヒゲナガカワトビケラ属幼虫を摂餌していた (新井ら, 2014)。よって、河川における降海型サクラマスの摂餌状態には、餌料環境や生理状態などによって個体差が生じる可能性がある。

降海型と判定された3個体の釣獲地点は、利根川河口から211-243km 上流であった。河口からの遡上距離は、200km 遡上するとされる岩手県の築川や北海道の天塩川を上回って国内で最長である可能性がある。また、これらの降海型は、利根川河口堰、利根大堰に付設された魚道を通過しており、最も上流で釣獲された個体 (#5) に関しては、板東堰および綾戸ダムに付設された魚道も通過したと考えられる。一方、これら降海型3個体の耳石縁辺部付近の比は、淡水生活を反映して2前後を推移しているものの、2前後の耳石幅がごく僅かであることから、短期間のうちに堰を通過し、釣獲地点へと遡上したと考えられる。

通し回遊魚の遡河状況を把握することで、堰に付設された魚道や河川の連続性の客観的評価が可能であり (津行ら, 2015; 海野ら, 2015)、今後は利根川水系の降海型サクラマスの遡上と魚道機能性について精査することも一案である。

Table 2. Stomach contents of five *Oncorhynchus masou masou*.

Stomach contents (species)	Weight (g)				
	# 1	# 3	# 4	# 6	# 8
Trichoptera ( <i>Stenopsyche</i> sp.)			0.12		0.93
Ephemeroptera ( <i>Baetiella</i> sp.)					0.03
Odonata ( <i>Cercion</i> sp.)				0.18	
Oligochaeta (species unknown)	0.38				0.31
Fish ( <i>Phoxinus</i> sp.)		10.68			

## 謝 辞

群馬県前橋市在住の山本 秀氏には釣獲したサクラマスをご提供して頂いた。埼玉県春日部市在住の浦社 一郎氏には利根マスに関する多くの有益なご意見をいただいた。また、耳石 Sr:Ca 比分析に際し、広島大学自然科学研究支援センター、並びに、広島大学技術センターの柴田恭宏技官には、電子線プローブマイクロアナライザーによる分析に協力して頂いた。ここに記し深謝の意を表します。

## 引用文献

- 新井 肇・神澤裕平・清水延浩・松岡栄一・海野徹也. 2014. 利根川で釣獲された大型ヤマメの耳石微量元素分析. *群馬県水産試験場研究報告*. **20**: 22-28.
- Arai, T., Tsukamoto, K., 1998. Application of otolith Sr : Ca ratios to estimate the migratory history of masu salmon, *Oncorhynchus masou*. *Ichthyological Research*. **45**: 309-313.
- 福島路生・亀山 哲. 2006. サクラマスとイトウの生息適地モデルに基づいたダムの影響と保全地域の評価. *応用生態工学*. **8**: 233-244.
- 群馬県土木部河川課. 1998. 地理的分布から見たみた魚類の出現傾向. *河川水辺の国勢調査等のまとめ - 群馬の川と魚 - 報告書*. 42-45.
- 本多信行・鈴木惇悦・網田健次郎・片岡哲夫・江村 清. 1980. 奥只見湖における湖産サクラマスの再生産に関する研究 (1). *新潟県内水面水産試験場調査研究報告*. **8**: 5-15.
- 細谷和海. 1993. コイ目. 「日本産魚類検索」(中坊徹次 編) 東海大学出版会, 東京: 212-223.
- 石田昇三・石田勝義. 1985. 蜻蛉目 (トンボ目). 「日本産水生昆虫検索図説」(川合禎次 編) 東海大学出版会, 東京: 53-57.
- 石塚小太郎. 2014. ミミズ図鑑. 全国農村教育協会, 東京: 267 pp.
- Kasugai, K., Hayano, H., Mano, S., Watanabe, T., Yoshikawa, T., Saito, M., Wakimoto R., Sugiwaka, K., 2014. Preliminary study of migration history estimated from otolith Sr:Ca ratios of masu salmon (*Oncorhynchus masou*) in Lake Kussharo. *Ichthyological Research*. **61**: 178-182.
- 木曾克裕. 2014. 二つの顔をもつ魚 サクラマス. 成山堂書店, 東京: 186 pp.
- 久保達郎. 1980. 北海道のサクラマスの生活史に関する研究. *北海道さけ・マスふ化場研究報告*. **34**: 1-6.
- 丸山博紀・高井幹夫. 2000. 原色川虫図鑑 (谷田一三監修). 全国農村教育協会, 東京: 244 pp.
- 永田光博. 2008. サケ類の生態系保全と再生. 「水産資源の増殖と保全」(北田修一・埴山雅秀・浜崎活幸・谷口順彦 編著) 成山堂書店, 東京: 22-65.
- Ohji M., Arai T., Miyazaki N., 2007. Comparison of organotin accumulation in the masu salmon *Oncorhynchus masou* accompanying migratory histories. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. **72**: 721-731.
- 下田和孝・中島美由紀・柳井清治・河内香織・伊藤絹子. 2004. 陸上植物からサクラマス幼魚への物質移動経路. *魚類学雑誌*. **51**: 123-134.
- 鈴木絃子・松原利光・久下敏宏・新井 肇・宮原義夫・金井映里子・矢島久美子・信澤邦宏. 2004. 漁場環境基礎調査 - XXIX (渡良瀬川). *群馬県水産試験場研究報告*. **10**: 3-13.
- 玉手 剛. 2008. 1980年以前の北海道沿岸におけるサクラマス漁獲量の推定. *水産増殖*. **56**: 137-138.
- 津行篤士・岡崎隆真・海野徹也・竹下邦明. 2015. 広島県太田川下流域におけるカジカ中卵型 *Cottus* sp. (middle-egg type) の回遊履歴の推定. *生物圏科学*. **54**: 7-12.
- 田子泰彦. 1999. 神通川と庄川におけるサクラマス親魚の遡上範囲の減少と遡上量の変化. *水産増殖*. **47**: 115-118.
- 田中英樹・鈴木究真・西原美知子・泉庄太郎・宮原義夫・吉澤和具. 2008. 漁場環境基礎調査 - XXXIII (利根川). *群馬県水産試験場研究報告*. **14**: 1-10.
- 海野徹也・清家 暁・大竹二雄・西山文隆・柴田恭宏・中川平介. 2001. 耳石微量元素分析による広島県太田川サツキマスの回遊履歴の推定. *日本水産学会誌*. **67**: 647-657.
- 海野徹也・山本雅樹・笹田直樹・大原健一. 2015. 江の川における通し回遊魚の耳石 Sr:Ca 比と回遊履歴. *応用生態工学*. **18**: 147-154.
- 山口一彦・中村智幸・丸山 隆. 2000. 人工湖における降湖型サクラマス, *Oncorhynchus masou masou* の天然魚と放流魚の年齢組成, 性比, 成長, 食性. *水産増殖*. **48**: 615-622.
- 山崎憲人・宮島重保・藤田幸雄. 2008. “サクラマスが増える河川環境を再生し, 川本来の姿を取り戻す” 神通川自然再生プロジェクト. *国土交通省国土技術研究会報告*. 153-157.

## Insight into the migratory history using otolith Sr : Ca ratio of the anadromous masu salmon *Oncorhynchus masou masou* from the Tonegawa River

Atsushi TSUYUKI<sup>1)</sup>, Kouken SORIMACHI<sup>2)</sup>, Hajime ARAI<sup>3)</sup>, Tetsuya UMINO<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University, 1-4-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-8528, Japan

<sup>2)</sup> Okanogou, Fujioka, Gunma 375-0011, Japan

<sup>3)</sup> Gunma Prefectural Fisheries Experimental Station, 13 Shikishimacho, Maebashi, Gunma 371-0036, Japan

### Summary

The migratory histories of *Oncorhynchus masou masou* in the Tonegawa River were evaluated from the ontogenetic changes in otolith Sr:Ca ratios. We sampled 8 fish at 180-243 km upstream from the river mouth. Three fish were categorized as anadromous whereas five individual were categorized as non-anadromous life mode with the constantly low Sr:Ca ratios. Intraspecific variation in the migration modes recorded for *O. masou masou* suggest a plasticity strategy for anadromous behaviors.

**Key words:** Anadromous, Migratory history, *Oncorhynchus masou masou*, Sr/Ca ratios, Tonegawa River



## 養殖ブリ幼魚における大型吸虫の寄生

長澤和也\*

広島大学大学院生物圏科学研究科, 〒739-8528 広島県東広島市鏡山1-4-4

**要 旨** 高知県沿岸で養殖されていたブリ *Seriola quinqueradiata* 幼魚2尾の筋肉に大型吸虫の寄生を認めた。この吸虫は各尾に1個体が寄生し、生時の体長約7–15mmで、わが国の養殖カンパチから報告されている「ヒルディネラ類吸虫」によく似ていた。寄生魚が見出されたのは2015年5月中旬で、養殖種苗はその約1か月前に高知県沖の北西太平洋で漁獲された。寄生魚の皮膚は寄生部位付近で凹凸を有し、筋肉には吸虫から排泄されたと考えられる黒色異物が見られた。

**キーワード**：海水養殖, 吸虫類, 魚類寄生虫, ブリ, Hirudinellidae

### 緒 言

ブリ *Seriola quinqueradiata* の養殖は、わが国の海水魚養殖のなかで最も長い歴史を有し、養殖個体から下記の24種の寄生虫（微孢子虫類2種、絨毛虫類1種、ミクソゾア類9種、単生類3種、吸虫類2種、糸虫類1種、線虫類1種、ヒル類1種、カイアシ類3種、ワラジムシ類1種）が報告されている（例えば Ogawa and Yokoyama [1998 : table 1]; 標準和名は横山・長澤 [2014] に従う）：微孢子虫類でブリキンニクビホウシチュウ *Microsporidium seriolae*, *Spraguea* sp.; 絨毛虫類でシオミズハクテンチュウ *Cryptocarium irritans*; ミクソゾア類でブリミカツキムシ *Ceratomyxa buri*, ホソナガブリミカツキムシ *Ceratomyxa seriolae*, マハゼシズクムシ *Myxobolus acanthogobii*, ウズマキシズクムシ *Myxobolus spirosulcatus*, アマミクドア *Kudoa amamiensis*, イワタクドア *Kudoa iwatai*, ダイキョクノウクドア *Kudoa megacapsula*, ブリシンゾウクドア *Kudoa pericardialis*, ノウクドア *Kudoa yasunagai*; 単生類でブリハダムシ *Benedenia seriolae*, シンハダムシ *Neobenedenia girellae*, ブリエラムシ *Heteraxine heterocerca*; 吸虫類でナガサキウミネコキユウチュウ *Galactosomum* sp., *Paradeontacylix buri*; 糸虫類で *Callotetrarhynchus nipponica*; 線虫類でブリヒモセンチュウ *Philometroides seriolae*; ヒル類でヒダビル *Limnotrachelobrdella okae*; カイアシ類でモジャコウオジラミ *Caligus lalandei*, ブリエラジラミ *Caligus spinosus*, ブリヨツオナガクビムシ *Parabrachiella seriolae*; ワラジムシ類でブリエラスシ *Mothocya parvostis* である。これら寄生虫の主要な種に関しては、魚病学の教科書等（例えば水産庁, 1974; 江草, 1978, 1983; 畑井・小川, 2006）で知見が紹介されている。ブリは、わが国で養殖されている海水魚のなかで、寄生虫に関する知見が最も多い魚種である。

筆者は最近、養殖ブリ幼魚の筋肉に大型吸虫が寄生した事例に遭遇した。この吸虫は上記の養殖ブリからの報告種には含まれておらず、類似の吸虫による寄生が三重県の養殖ブリ幼魚から知られているが（小畑, 2001）、情報誌上での記述であり曖昧な点が多い。今後の参考とするため、筆者が観察した結果をここに報告する。

### 養殖ブリ幼魚における大型吸虫の寄生

#### 事例1

2015年5月15日、高知県の土佐湾で養殖されていたブリ幼魚（モジャコ）にワクチン接種する際、幼魚の筋肉に大型吸虫の寄生を認めた。寄生魚は尾叉長約15cm、体重約50gの個体で、右体側の胸鰭基部後方と

腹鰭基部に囲まれた体表に凹凸を有し、この部位の筋肉の一部が薄くなって腹腔内を透視できるような形状で不規則な斑が5か所に見られた (Fig. 1A-B)。寄生魚を脊椎骨に沿って切開すると、腹腔を覆う右体側筋内に複数の黒色異物が見られた (Fig. 1C)。肛門に近い黒色異物周辺の筋肉 (Fig. 1Cの楕円形部分) をピンセットで注意深く解剖すると、大型吸虫1個体が現れた。この吸虫は、宿主由来の組織で被われることなく、体長約7–15mm (収縮時–伸長時) で、伸長時には体前半部が紡錘形、後半部は円筒形を呈し、半透明の表皮を通して内部に黒色部が見えた (Fig. 1D)。この吸虫を10%緩衝ホルマリン液で1日固定し、99%エタノール液に移した後に実体顕微鏡で観察すると、鈍円の前後端を有する円筒形 (体長5.3mm、体幅2.5mm) を呈し、体前端直後に小さな口吸盤、更に後方に大きな腹吸盤があり、体前端から腹吸盤後方の体表には水平に走る皺が多数見られた。体全体は乳白色で、体中央部から後部にかけては内部の黒色部がかすかに透けて見えた (Fig. 1E)。

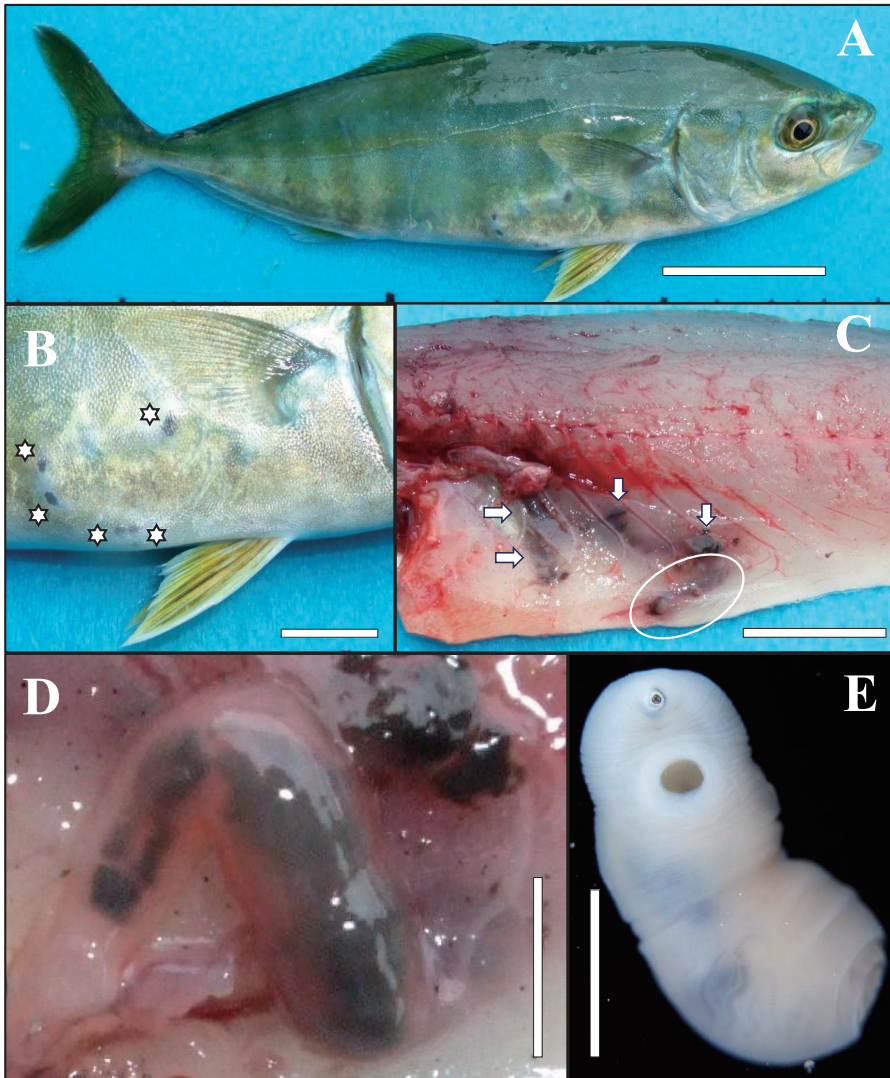


Fig. 1. A juvenile Japanese amberjack, *Seriola quinqueradiata* (ca. 15 cm in fork length), infected by a trematode in the anterior ventral muscle. A, infected fish, lateral view; B, uneven skin of affected area with hole-like wounds (asterisks); C, trematode (circled) and black substances (arrows) in host's muscle; D, trematode taken from host's muscle; E, formalin-preserved trematode. Scale bars: A, 30 mm; B, 10 mm; C, 20 mm; D, 5 mm; E, 2 mm.

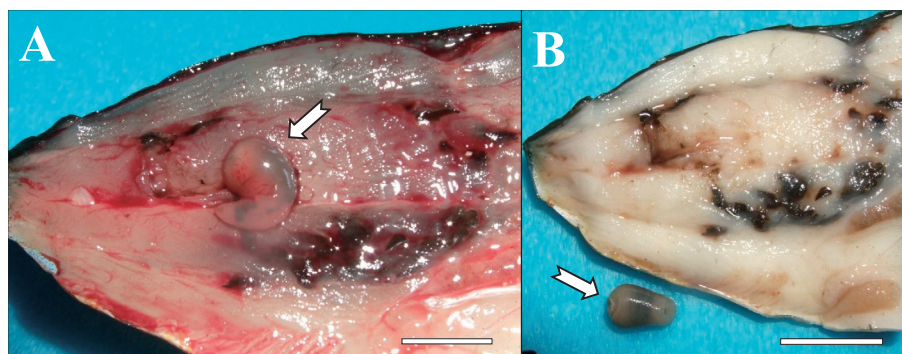


Fig. 2. A juvenile Japanese amberjack, *Seriola quinqueradiata* (ca. 15 cm in fork length), infected by a trematode in the caudal peduncle muscle. Trematode (arrows) and black substances in affected area of fresh (A) and formalin-fixed (B) fish. Scale bars: A and B, 10 mm.

## 事例2

2015年5月13日、上記の事例1とは異なる高知県土佐湾で養殖されていたブリ幼魚（モジャコ）にワクチン接種する際、筋肉に大型吸虫の寄生を認めた。この吸虫は、ブリ幼魚尾柄部の脊椎骨に近い左体側筋に被覆することなく寄生していた（Fig. 2A）。生時の体長約15mmで、体は円錐形に近い形を呈し、半透明の表皮を通して内部に黒色部が見えた（Fig. 2A）。この吸虫を事例1と同様に処理して実体顕微鏡で観察すると、鈍円の前後端を有する円錐形（体長6.5mm、最大体幅4.0mm）を呈し、体前端直後に小さな口吸盤、更に後方に大きな腹吸盤があった。本吸虫が寄生していた筋肉には、複数の黒色異物が見られた（Fig. 2A-B）。吸虫の生時・固定時ともに体内にある黒色部が透けて見えた（Fig. 2A-B）。

## 吸虫の同定

今回得られた吸虫は、わが国の養殖ブリと養殖カンパチからそれぞれ報告された「ヘミウルス属」吸虫（小畑, 2001）と「ヒルディネラ類吸虫」（山下ら, 2012）と外観、体サイズ（生時の体長は2–3cmに達する：山下ら [2012]）、寄生部位（筋肉、腹腔）が極めて似ており、それらと同一種か近縁種の可能性がある。また、養殖クロマグロの腹腔内から最近見出された *Hirudinella* sp. も「ヘミウルス属」吸虫と「ヒルディネラ類吸虫」と近縁である可能性が示唆されている（長澤, 2015）。過去に養殖ブリに見出された吸虫を「ヘミウルス属」とした根拠や経緯は不明であるが、寄生虫の形態学的観察に基づいて同定されたものではなく、当時の魚病担当者が広く用いた寄生虫名のようなものである。養殖カンパチに寄生する「ヒルディネラ類吸虫」も同様で、「ヘミウルス属」と記していた地方水産研究機関の資料が筆者の手元にある。筆者が知る限り、わが国の養殖ブリ属魚類の腹腔や筋肉に寄生する大型吸虫を文献上で「ヒルディネラ類吸虫」と記したのは山下ら（2012）が最初であり「ヒルディネラ類に属する吸虫と考えられるが、未成熟であるため同定されていない」と述べている。

ヒルディネラ科 *Hirudinellidae* 吸虫類は3属（ランプリトレマ属 *Lampritrema*、ヒルディネラ属 *Hirudinella*、ボツルス属 *Botulus*）から構成される（Gibson, 2002）。いずれの属の成虫も外洋性海水魚類の胃に寄生し、ランプリトレマ属はアカマンボウ類やシマガツオ類、クロタチカマス類、ヒルディネラ属は大型魚食性魚類（特にサバ目魚類）、ボツルス属はミズウオ類が終宿主である（Gibson, 2002）。これら3属のうち、わが国近海から記録があるのはランプリトレマ属とヒルディネラ属であるが、前者の成虫（*Lampritrema nipponicum*）は著しく伸長した体をもつことをから（Yamaguti, 1940）、わが国の養殖ブリ属魚類から見出された吸虫とは異なる。一方、Yamaguti (1938) はビンナガから *Hirudinella spinulosa* を記載し、これは近年 *Hirudinella ventricosa* の新参異名とされている（Gibson, 2013）。しかし、最近の分子生物学的研究（Calhoun et al., 2013）によって、ヒルディネラ属の分類が再検討され、カマスサワラに寄生する種が *Hirudinella ventricosa* で、マグロ属魚類に寄生する種は *Hirudinella ahi* であるという。養殖カンパチの「ヒルディネラ類吸虫」に



関して、山下ら（2012）は「肉食性の大型魚が終宿主として推定されるが、特定されていない。（中略）同様な寄生は国内の数種の天然海水魚にもみられる」と述べている。今後は、養殖魚のみならず野生魚からも寄生虫標本を得て、形態を詳細に観察するとともに、分子生物学的な手法も併用して、種の同定を行う必要がある。

#### 発生頻度とブリ種苗の由来

高知県沿岸の異なる2か所で、ワクチン処理を行った約30万尾のブリ幼魚のなかから体表等の異常のために除去した約1000尾のうち、50尾を解剖して上記2尾の寄生魚を発見した。ブリ幼魚における本吸虫の寄生率は極めて低いと言える。

上記2か所のブリ幼魚は、いずれも2015年4月10日前後に高知県沖の北西太平洋で漁獲された。今回、問題の吸虫を発見したのは飼育開始1か月後の2015年5月13日と15日であり、養殖期間の短さから、野生ブリ幼魚にこの吸虫が感染していた可能性が高い。三重県における「ヘミウルス属」吸虫の寄生例もブリ幼魚（小畑，2001）であったので、同様なことが言えるかも知れない。なお、山下ら（2012）は、中国から種苗を輸入した養殖カンパチに「ヒルディネラ類吸虫」を見出している。

#### 寄生部位における黒色異物

今回、観察したブリ幼魚の寄生部位の周辺には、黒色の異物が複数認められた（Fig. 1C, Fig. 2A-B）。類似の異物は、養殖ブリ幼魚が「ヘミウルス属」吸虫の寄生を受けた場合（小畑，2001）や養殖カンパチが「ヒルディネラ類吸虫」の寄生を受けた場合（山下ら，2012）にも観察されており、寄生虫の「排泄物」と考えられている。今回、生時の吸虫を観察したところ、半透明な表皮を通して体内に黒色部が認められたことから、寄生魚の筋肉に見られた黒色異物も吸虫が排泄したと考えられる。

今回の事例では吸虫はブリ幼魚の筋肉中に認められたが、「ヘミウルス属」吸虫と「ヒルディネラ類吸虫」がそれぞれ養殖ブリ幼魚（小畑，2001）と養殖カンパチ（山下ら，2012）に寄生した場合には腹腔内にも見られた。このことに関して、山下ら（2012）は「ヒルディネラ類吸虫」は「カンパチが終宿主として適当でないため、カンパチ体内で成熟できずに体内を移動し続ける」と述べ、この現象を「幼虫移行症」と記している。

#### 引用文献

- Calhoun, D. M., Curran, S. S., Pulis, E. E., Provaznik, J. M., Franks, J. S., 2013. *Hirudinella ventricosa* (Pallas, 1774) Baird, 1853 represents a species complex based on ribosomal DNA. *Systematic Parasitology*. **86**: 197-208.
- 江草周三, 1978. 魚の感染症. 恒星社厚生閣, 東京都: 554 pp.
- 江草周三 (編), 1983. 魚病学 [感染症・寄生虫病篇]. 恒星社厚生閣, 東京都: 352 pp.
- Gibson, D. I., 2002. Family Hirudinellidae Dollfus, 1932. In "Keys to the Trematoda, Volume 1", Eds., Gibson, D. I., Jones, A., Bray, R. A., CABI Publishing, Wallingford: 375-378.
- Gibson, D., 2013. *Hirudinella ventricosa* (Pallas, 1774) Baird, 1853. World Register of Marine Species at <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=109357>. Accessed on 20 September 2016.
- 畑井喜司雄・小川和夫 (監), 2006. 新魚病図鑑. 緑書房, 東京都: 295 pp.
- 長澤和也, 2015. 養殖クロマグロに寄生していた大型吸虫 *Hirudinella* sp. *生物圏科学*. **54**: 81-87.
- 小畑晴美, 2001. 平成12年度養殖魚類の検査から (南勢・伊勢志摩地域). *水産研究部だより*: 1-6. 三重県科学技術振興センター水産研究部, 四日市市.
- Ogawa, K., Yokoyama, H., 1998. Parasitic diseases of cultured marine fish in Japan. *Fish Pathology*. **33**: 303-309.
- 水産庁 (編), 1974. 魚病診断指針, コイ・ウナギ・ハマチ. 日本水産資源保護協会, 東京都: 160 pp.
- Yamaguti, S., 1938. Studies on the helminth fauna of Japan. Part 24. Trematodes of fishes, V. *Japanese Journal of Zoology*. **8**: 15-74, 9 pls.
- Yamaguti, S., 1940. Studies on the helminth fauna of Japan. Part 31. Trematodes of fishes, VII. *Japanese Journal of Zoology*. **9**: 35-108, 2 pls.

- 山下亜純・岩田一夫・村瀬拓也・小川和夫・事務局, 2012. ヒルディネラ類様吸虫による幼虫移行症 (Hirudinellid larva migrans). 「養殖カンパチの魚病診断マニュアル」, 養殖衛生対策推進協議会, 東京都: 97-98.
- 横山 博・長澤和也, 2014. 養殖魚介類の寄生虫の標準和名目録. *生物圏科学*, **53**: 73-97.

## **Infection of a big trematode in juvenile Japanese amberjack, *Seriola quinqueradiata*, cultured in Japan**

Kazuya NAGASAWA

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
1-4-4 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-8528, Japan*

### **Abstract**

Two big trematodes, provisionally identified as a hirudinellid, were found individually in the muscle of two juveniles (*ca.* 150 mm fork length) of Japanese amberjack, *Seriola quinqueradiata* Temminck and Schlegel, 1845, cultured in mid-May 2015 in coastal waters of Tosa Bay off Kochi Prefecture, Shikoku, western Japan. The trematodes were 7-15 mm long in fresh conditions. The juveniles were caught in the western North Pacific Ocean off Kochi Prefecture around 10 April 2015 and then cultured in net pens. The body surface of the infected juveniles was uneven in the affected area, and black substances, probably excreted by the trematodes, were found in the host's muscle.

**Key words:** fish parasite, Hirudinellidae, Japanese amberjack, mariculture, *Seriola quinqueradiata*, trematode

## 種子島沖より採集された日本初記録の貝類

倉持敦子<sup>1)</sup>・倉持卓司<sup>2)</sup>・厚井晶子<sup>3)</sup>・長沼 毅<sup>3)</sup>\*

<sup>1)</sup> 神奈川県横須賀市芦名2-6-3-504

<sup>2)</sup> 葉山しおさい博物館, 〒240-0111 神奈川県三浦郡葉山町一色2123-1

<sup>3)</sup> 広島大学大学院生物圏科学研究科, 〒739-8528 広島県東広島市鏡山1-4-4

**要 旨** *Jujubinus geographicus* Poppe, Tagaro and Dekker, 2006 (ニシキウズガイ科) および *Genotina genotae* Vera-Peláez, 2004 (マンジガイ科) が鹿児島県種子島沖の水深102m より採集された。これら2種はフィリピン周辺海域をタイプ産地として記載されており、これまでに日本周辺海域からの採集記録がないことから、日本初記録として報告する。

**キーワード**：フカミチグサガイ, ムラクモマンジ, 軟体動物, 腹足綱, 種子島

### 緒 言

広島大学生物生産学部附属練習船「豊潮丸」による種子島沖の底棲生物調査により、フィリピン周辺海域をタイプ産地として記載された *Jujubinus geographicus* Poppe, Tagaro and Dekker, 2006 (ニシキウズガイ科) および *Genotina genotae* Vera-Peláez, 2004 (マンジガイ科) の2種が採集された。日本周辺海域からこれら2種の採集記録はなく、日本初記録として報告するとともに、新たな和名を提唱する。

### 検討試料および採集方法

検討資料は、2016年3月8日に広島大学生物生産学部附属練習船「豊潮丸」により鹿児島県種子島沖 (30° 49' 866" N, 130° 59' 499" E) の水深102m で行われたドレッジにより採集された標本を用いた。

### 分類学的検討

腹足綱 Class Gastropoda

ニシキウズガイ科 Family Trochidae

チグサガイ亜科 Subfamily Cantharidinae Gray, 1857

Genus *Jujubinus* Monterosato, 1884

*Jujubinus geographicus* Poppe, Tagaro and Dekker, 2006 フカミチグサガイ (和名新称)

検討資料 1個体 殻高(L)=7.5 mm 殻幅(W)=5.4 mm (死殻)

### 記 載

殻は円錐形で殻頂は尖る。殻色は淡い赤褐色で、縫合下には白色と暗赤色の斑紋が不規則に並ぶ。螺層は7巻。縫合は白色で褐色の斑紋を散らし、弱く隆起しキール状になる。体層上には7本の顆粒状の螺肋をもつ。螺肋の間には細い螺糸がある。殻底は淡赤色で弱い螺肋があり、やや膨らむ。臍孔は開く。殻口はほぼ方形で、外唇の周縁は角張り、軸唇は厚く、下方に1本の歯をもつ。



Fig. 1. 1a-1c. *Jujubinus geographicus* Poppe, Tagaro and Dekker, 2006 1a. Ventral view, 1b. Dorsal view, 1c. Bottom view. 2a-2b, *Genotina genotae* Vera-Peláez, 2004 2a. Ventral view, 2b. Dorsal view. (Scale bar: 5.0 mm)

#### 分類学的検討

フカミチグサガイは、フィリピン・マクタン島 Punta Engano の水深80-150 m より採集された標本をもとに記載された (Poppe *et al.*, 2006)。日本周辺海域からは、本種および本属に帰属される種はこれまでに記録されていない。Poppe *et al.*, (2006) は、本種を *Jujubinus* 属に帰属させているが、*Jujubinus* 属は、イギリスをタイプ産地として記載された *Trochus matonii* Payraudeau, 1826 (模式種である *T. matonii* Payraudeau, 1826は、*J. exasperatus* (Pennant, 1777) のシノニムと考えられている) を模式種として提唱された属であり、主な分布域を北大西洋から地中海の浅海にもつ種群と推測される。本種をはじめとする太平洋産の *Jujubinus* 属 (*J. escondidus* Poppe, Tagaro and Dekker, 2006, *J. guphili* Poppe, Tagaro and Dekker, 2006, *J. hubrechtii* Poppe, Tagaro and Dekker, 2006など) の殻形態は、北大西洋や地中海から記録されている種に類似するが、これらの種の遺伝的な差異についてはこれまで検討されていない。本報告では、Poppe *et al.*, (2006) の分類に従い本種を *Jujubinus* 属に帰属させたが、太平洋から記録されている種の帰属に関しては、検討の余地があると思われる。

日本周辺海域からチグサガイ亜科の種類は、これまでに6属 (Genus *Cantharidus* Montfort, 1810, Genus *Kanekotrochus* Habe, 1958, Genus *Komaitrochus* Kuroda and Iw. Taki, 1958, Genus *Pictodiloma* Habe, 1946, Genus *Pseudotalopia* Habe, 1961, Genus *Thalotia* Gray, 1847) 9種 (チグサガイ *Cantharidus japonicus* (A. Adams, 1853), エゾチグサ *C. jessoensis* (Scherenck, 1863), ハナチグサ *C. callichroa* (Philippi, 1849), シリプトチグサ *C. bisbalteatus* (Pilsbry, 1901), カイドウチグサ *C. hirasei* Pilsbry, 1901, カネコチグサ *Kanekotrochus infuscatus* (Gould, 1861), コマイチグサ *Komaitrochus pulcher* Kuroda and Iw. Taki, 1958, メクラガイ *Pictodiloma suavis* (Philippi, 1849), コシダカヘソワゴマ *Pseudotalopia sakuraii* Habe, 1961, オニノハ *Thalotia attenuatus* (Jonas, 1844) が記録されている (Higo *et al.*, 1999など)。これらの種は、いずれも潮間帯や海藻・海草葉上を生息基質として棲息していることが報告されている (倉持, 2005など)。

本種に形態的に類似するカネコチグサ *Kanekotrochus infuscatus* (Gould, 1861) は、螺層は6層からなり、体層には弱い顆粒のある螺肋をもつが、軸唇に歯はなく、臍孔が開かないことで本種と区別される。また、イワカワチグサ *Cantharidus urbanus* (Gould, 1861) は、円錐形の殻をもち、各層がつよく膨らみ、縫合は明らか、軸唇に歯はなく、殻口は円形に近くなることで本種と異なる。

チグサガイ *Cantharidus japonicus* (A. Adams, 1853) は、高円錐形の殻をもち、殻表には螺肋をもたず、ほぼ平滑なことで本種と区別される。シリプトチグサ *C. bisbalteatus* (Pilsbry, 1901) は、本種に比べ低い円錐



形の殻をもち、各螺層は強く膨らみ、殻表には弱く細い螺肋のみをもつことで区別される。

## 分 布

本種は、Poppe *et al.*, (2006) による記載以後、フィリピン周辺海域以外からの採集記録はみられない。

## 備 考

和名は、日本周辺海域から記録されている他のチグサガイ亜科の種は、潮間帯から浅海に分布するのに対し、本種は、水深80 m 以深の「深み」に分布することに由来する。

Family Mangeliidae Fischer, 1883 マンジガイ科

Genus *Genotina* Vera-Peláez, 2004

*Genotina genotae* Vera-Peláez, 2004 ムラクモマンジ (和名新称)

検討資料 1個体 殻高 (L)=17.9 mm 殻幅 (W)=6.3 mm (死殻)

## 記 載

殻は紡錘形でやや厚い。殻表には細い螺肋が並ぶ。殻色は白色で、縫合下と体層部を中心に褐色の群雲模様が散在する。螺塔は高く、殻高のおよそ40%。縫合は弱くくびれる。螺層に太い縦肋をもつが体層部で消失する。殻口は長卵型で外唇は厚い。肛湾入は浅く、殻口は前方へ湾曲する。胎殻は白色で3巻。3層目に縦の彫刻がある。

### 分類学的検討

ムラクモマンジ *Genotina genotae* Vera-Peláez, 2004は、フィリピン・アリグアイ島の水深110 m 付近をタイプ産地として記載されたマンジガイ科の一種である (Vera-Peláez, 2004)。

*Genotina* 属には、同じくフィリピンをタイプ産地として記載された *Genotina adamii* (Bozzetti, 1994) と本種の2種のみが記録されている (Vera-Peláez, 2004)。*G. adamii* (Bozzetti, 1994) は、螺塔部の肩が強く張り出し、殻幅は本種に比較して太くなること、殻表には、褐色の火炎模様と螺肋を彩る褐色の帯が断続的な横縞模様をつくることでムラクモマンジと区別される (Vera-Peláez, 2004)。

*G. adamii* (Bozzetti, 1994) は、当初 *Conorbis* 属に帰属するクダマキガイ科の一種として記載されたが (Bozzetti, 1994)、Vera-Peláez (2004) および Bouchet (2011) により、マンジガイ科に変更された。なお、筆者らは同一海域から *G. adamii* (Bozzetti, 1994) に極めて近似する死殻も採集しているが、殻の保存状態が悪く同定には至らなかった。

## 分 布

ムラクモマンジは、Vera-Peláez (2004) による記載以後、フィリピン以外からの採集記録はみられない。

## 備 考

本種の和名は、殻表にみられる群雲模様に由来する。

## 謝 辞

試料採集にあたりご協力いただいた広島大学生物生産学部付属練習船「豊潮丸」の船長中口和光氏をはじ

め船員各位、及び船上でのサンプル処理にご協力いただいた片山 樹氏に感謝申し上げます。

### 引用文献

- Bouchet, P., Kantor, Y. I., Sysoev, A., Puillandre, N., 2011. A new operational classification of the Conoidea (Gastropoda). *Journal of Molluscan Studies*. **77**: 273-308.
- Bozzetti, L., 1994. A new species from Philippines. *World Shells*. **9**: 60-62
- Higo, S., Callomon, P., Goto, Y., 1999. Catalogue and bibliography of the marine shell-bearing Mollusca of Japan. Gastropoda, Bivalvia, Polyplacophora, Scaphopoda. Osaka, Japan: Elle Scientific Publications. 749pp.
- 倉持卓司, 2005. 相模湾におけるチグサガイの成長と個体数の季節変化. *Venus*. **63**: 159-162.
- Poppe G. T., Tagaro S. P., Dekker, H., 2006. The Seguenziidae, Chilodontidae, Trochidae, Calliostomatidae and Solariellidae of the Philippine Islands. *Visaya Supplement* **2**: 1-228.
- Vera-Pelaez, J. L., 2004. *Genotina genotae* new species and new genus and *Genota nigeriensis* new species of the subfamily Conorbiinae (Gastropoda, Turridae). Systematic, biogeography, stratigraphy and phylogeny of *Conorbis*, *Genotina* and *Genota* genera. Pliocenica, *Publicaciones del Museo Municipal Paleontologico de Estepona*. **4**: 95-106.

## First record of Mollusks in the Japanese water that were collected from off Tanegashima Island

Atsuko KURAMOCHI<sup>1)</sup>, Takashi KURAMOCHI<sup>2)</sup>, Akiko KOI<sup>3)</sup> and Takeshi NAGANUMA<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> 2-6-3-504 Ashina, Yokosuka, Kanagawa, 240-0104, Japan

<sup>2)</sup> Hayama Shiosai Museum, 2123-1 Isshiki, Hayama, Kanagawa, 240-0111, Japan

<sup>3)</sup> Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University 1-4-4 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, 739-8528, Japan

**Abstract** We hereby report that the specimens of *Jujubinus geographicus* Poppe, Tagaro and Dekker, 2006 (Family Trochidae) and *Genotina genotae* Vera-Peláez, 2004 (Family Mangeliidae) were newly collected from off Tanegashima Island, at the depth of 102 m. The type locality of both species has been listed as the Philippines. This finding records the first occurrence of these species from the Japan water.

**Key words:** *Jujubinus geographicus*, *Genotina genotae*, Mollusca, Gastropoda, Tanegashima Island



## 瀬戸内海燧灘より採集された *Caudina similis* (Augustin, 1908) (ナマコ綱, 隠足目, カウディナ科)

倉持卓司<sup>1)</sup>・厚井晶子<sup>2)</sup>・長沼 毅<sup>2)\*</sup>

<sup>1)</sup> 葉山しおさい博物館, 〒240-0111 神奈川県三浦郡葉山町一色2123-1

<sup>2)</sup> 広島大学大学院生物圏科学研究科, 〒739-8528 広島県東広島市鏡山1-4-4

**要 旨** シロナマコモドキ (和名新称) *Caudina similis* (Augustin, 1908) が, 瀬戸内海燧灘より採集された。本種はこれまで東京湾口浦賀水道, 相模湾のほか, 宮城県女川沖と中国黄海南部からの採集記録がある。瀬戸内からの本種の採集は初記録であることから, 新たな分布記録として報告する。

**キーワード** : *Caudina similis* (Augustin, 1908), シロナマコモドキ, 燧灘, 瀬戸内海

### 緒 言

*Caudina similis* (Augustin, 1908) は, 東京湾口浦賀水道および, 相模湾をタイプ産地として記載されたカウディナ科の一種である (Augustin, 1908)。カウディナ科には4属 (イモナマコモドキ属 *Acaudina* Clark, 1907, カウディナ属 *Caudina* Stimpson, 1853, ヘディングイモナマコ属 *Hedingia* Deichmann, 1938, シロナマコ属 *Paracaudina* Heding, 1931) が含まれ, 日本周辺海域からは5種が記録されているが (倉持, 2012), いずれの種群も分類学的な検討が十分に行われているとは言い難い。

瀬戸内海から記録されたナマコ類は, 稲葉 (1988) によりまとめられているが, 本種を含む隠足目のナマコは記録されていない。また, *C. similis* は, Augustin (1908) による記載以後, 宮城県女川町沖 (畑中, 1939) および黄海南部 (Pawson and Liao, 1992) からのみ記録されている。

### 分類学的検討

棘皮動物門 Phylum Echinodermata

ナマコ綱 Class Holothuroidea

隠足目 Order Molpadida Haeckel, 1896

カウディナ科 Family Caudinidae Heding, 1931

Genus *Caudina* Stimpson, 1853

シロナマコモドキ (和名新称) *Caudina similis* (Augustin, 1908)

*Trochostoma simile* Augustin, 1908: 38-39, pl.2. fig.7, textfig. 25.

*Molpadia similis*: Oshima, 1919. 144-145.

*Caudina similis*: Heding, 1931, 283; Clark, 1935. 278; Deichmann, 1938, 112.

Hatanaka, 1939. 348-353; Pawson and Liao, 1992. 379, fig. 4.

検討資料 3個体 体長(L)=68.8 mm, L=61.1 mm, L=37.5 mm (アルコール固定標本を計測)

採集地 34.18.403N, 133.14.100E (香川県観音寺市沖) 水深13 m 泥底

## 記 載

## 外部形態

体は細長く紡錘形 (Fig. 1, a)。体幅の広い胴部と、体幅の狭い尾部に分けられ、前端に口、後端に肛門をもつ。尾部の長さは体長のおよそ30-46%を占める。体色は白色。体壁は厚い。触手は15本で赤色 (Fig. 1, c)。触手の端部が4枝に分かれる指手型。生殖突起は触手冠のわずかに下の体壁上にある。肛門には5本の肛歯と15個の肛門突起をもつ。ポーリ氏嚢は1個。

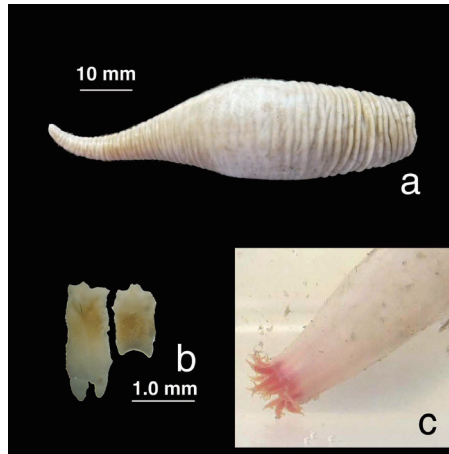


Fig. 1. *Caudina similis* (Augustin, 1908) Collected from the Seto Inland Sea, Hiuchi-nada, 17 m depth. a. Ventral view, b. part of calcareous ring, c. tentacle.

## 骨 片

体壁中にテーブル状骨片 (Fig. 2, a) とボタン状骨片 (Fig. 2, b) が密集して存在する。テーブル状骨片は主に体壁の表層にみられ、下層にはボタン状骨片が多く見られる。また、体の前端部にはテーブル状骨片が多く、体の後端部 (尾部) にはボタン状骨片が多い。テーブル状骨片の円錐型の塔は、4本の柱をもつ。塔の高さは90~100  $\mu\text{m}$  で、1つの横棧をもつ。基盤は円形~楕円形で直径100~150  $\mu\text{m}$ 。中心には4つのほぼ等しい大きさの孔をもつ。周辺には大きな孔のみがあるものと、小さな孔をもつ2つの型がある。ボタン状骨片は長径60~80  $\mu\text{m}$ 、短径60~70  $\mu\text{m}$  で、ほぼ等しい大きさの2~4つの孔をもち、テーブル状骨片に比べ梁が太い。触手には細く形状が不定の棒状骨片 (Fig. 2, c) のみがみられる。

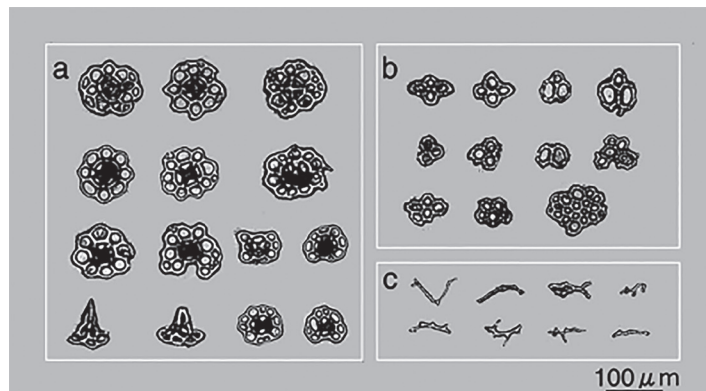


Fig. 2. *Caudina similis* (Augustin, 1908). a. Table ossicles from body wall, b. Button ossicles from body wall, c. Rods ossicles from tentacle.

## 石灰環

観察標本の放射節の長さは2.1 mm。前縁にある突起は太く短く、後端は二股に分かれる。間放射節は前縁に太く短い突起をもち、後縁は弱く湾入する (Fig.1, b)。

## 分類学的検討

Augustin (1908) は、浦賀水道（東京湾口）の水深350 m および相模湾の水深50-110 m より採集された4個体の標本をもとに *Trochostoma simile* Augustin, 1908として本種を記載した。大島 (1919) は、本種がテーブル状骨片（大島 (1919) は、槽状骨片と記述）をもつことから、イモナマコ属 (*Molpadia*) に帰属させ記録した。また、Heding (1931) は、骨片をもとに本種をカウディナ属に帰属させた。Clark (1935) および Pawson and Liao (1992) は、本種とアメリカ、マサチューセッツ州 Chelsea をタイプ産地として記載された *Caudina arenata* (Gould, 1841) を比較し、*C. arenata* は体表に2個の大きな楕円形と2個の小さな円形の孔をもつボタン状骨片をほとんどたないことからシロナマコモドキと区別されるとした。しかし、このボタン状骨片の特徴は、瀬戸内海より採集されたシロナマコモドキの標本にもみられ、分類の基準とはなりえないと考えられる。畑中 (1939) は、*C. arenata* とシロナマコモドキは、石灰環の形態および大きさが異なることで区別されるとしている。畑中 (1939) が報告した宮城県女川町沖の標本は、尾部の長さが体長の約50%を占めるとされるが、瀬戸内海から採集した標本は尾部の長さは、体長に対して30-46%の範囲にあった。これは畑中 (1939) の報告では生時に体長と尾部の長さを計測したのに対して、本報告ではアルコール固定標本を計測したことによる差と推測される。体長に対する尾部の比率は、Pawson and Liao (1992) により黄海南部から報告された標本の尾部の比率を30%とする計測値に近似している。

太平洋沿岸域からはシロナマコモドキ *Caudina similis* (Augustin, 1908) を含めこれまでに4種のカウディナ属の種類が記録されている (Pawson and Liao, 1992; Liao and Pawson, 1993)。Tonkin 湾の水深63-91 m をタイプ産地として記載された *C. atacta* Pawson and Liao, 1992は、体長40-53 mm。テーブル状骨片の基盤は直径180~280  $\mu$ m。体壁は形の一定しない穿孔板をもつことで異なる。広東省東部の水深107 m をタイプ産地として記載された *C. intermedia* Liao and Pawson, 1993は体長19 mmと小さく、体色は灰色白色。体壁にテーブル状骨片のみがあり、ボタン状骨片を欠くことで異なる。東シナ海の水深53-89 m をタイプ産地として記載された *C. zhejiangensis* Pawson and Liao, 1992は、体長35 mm。テーブル状骨片の基盤は直径150~180  $\mu$ m。体壁は形の一定した穿孔板をもつことで異なる。

シロナマコ *Paracaudina chilensis* (Müller, 1850) は、体色は白色。体壁は薄く、生時、胴部は内臓が透けて見える。尾部の長さは体長の1/3で本種に比べ短い。周囲に歯状の突起をもつ八角形をした穿孔体型の骨片をもち、肛歯をもたないことでカウディナ属と異なる。

## 分 布

シロナマコモドキは、Augustin (1908) により東京湾口浦賀水道の水深350 m と相模湾の水深110m より採集された標本をもとに記載された。畑中 (1939) は、宮城県女川町沖の水深10~25 m より得られた標本を報告している。Pawson and Liao (1992) は、黄海南部の水深36~48 m から本種を記録している。稲葉 (1988) に本種の記録はなく瀬戸内海からは初記録となる。

Augustin, (1908) の報告には、本種の産地として「Sagamibucht: Dzishi, 1 Exemplar aus 110m」と記述されている。Dzishi は、現在の神奈川県逗子市沖の水深110 m を示すと推測される。Augustin (1908) は、Franz J. Theodor Doflein (1873-1924) が日本に滞在中の1904 (明治37) 年9月4日からのおよそ2ヶ月間、東京帝国大学三崎臨海実験所に滞在し、相模湾の生物を収集した資料をもとに日本に棲息するナマコ類の分類学研究を行っている。記載以後、相模湾および東京湾から本種の採集記録はない。

## 謝 辞

試料採集にあたりご協力いただいた広島大学生物生産学部付属練習船豊潮丸の船長中口和光氏をはじめ船

員各位, 及び船上でのサンプル処理にご協力いただいた増倉加津雄氏に感謝申し上げます。

### 引用文献

- Augustin, E., 1908. Über Japanische Seewalzen. Abhandlungen der Mathematische Physikalischen Klasse der Kunglich Bayerischen Akademie der Wissenschaften Zweiter Supplement Band, 1-45.
- Clark, H. L., 1935. The holothurian genus *Caudina*. *The Annals and Magazine of Natural History*. **10**: 267-284.
- Deichmann, E., 1938. New Holothurians from the Western Coast of North America and some remarks on the Genus *Caudina*. *Proceedings New England Zoological Club*. **16**: 103-115.
- Gould, A. A., 1841. Report on the invertebrate of Massachusetts: comprising the Mollusca, Crustacea, Annelida, and Radiata. Wells and Thurston, Folsom: 373 pp.
- 畑中正吉, 1939. 有尾海鼠の一種 *Caudina similis* に就いて. *動物学雑誌*. **51**: 348-353.
- Heding, S. G., 1931. On the Classification of the Molpadids. Preliminary notice. *Videnskabelige Meddelelser fra Dansk naturhistorisk Forening i København*. **92**: 275-284.
- 稲葉明彦, 1988. 増補改訂 瀬戸内海の生物相Ⅱ. 広島大学理学部附属向島臨海実験所, 広島: 475 pp.
- 倉持卓司, 2012. 分類と形態. 1-17. 高橋明義・奥村誠一(編著) ナマコ学 生物・産業・分化. 成山堂書店, 東京: 227pp.
- Liao, Y., Pawson D. L., 1993. *Caudina intermedia*, a new species of sea cucumber from the South China Sea (Echinodermata: Holothuroidea: Molpadiida). *Proceedings of the Biological Society of Washington*. **106**: 366-368.
- 大島 廣, 1919. 「アルバトロス」號採集西北太平洋産海鼠類(二十). *動物学雑誌*. **31**: 139-149.
- Pawson, D. L., Liao Y., 1992. Molpadiid sea cucumbers of China, with descriptions of five new species (Echinodermata: Holothuroidea). *Proceedings of the Biological Society of Washington*. **105**: 373-388.



## Record of *Caudina similis* (Augustin, 1908) collected from Hiuchi-Nada in the Seto Inland Sea (Holothuria, Molpadida, Caudinidae)

Takashi KURAMOCHI<sup>1)</sup>, Akiko Koi<sup>2)</sup> and Takeshi NAGANUMA<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Hayama Shiosai Museum, 2123-1 Isshiki, Hayama, Kanagawa, 240-0111, Japan

<sup>2)</sup> Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University 1-4-4 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, 739-8528, Japan

**Abstract** Three specimens of *Caudina similis* (Augustin, 1908) were collected from Hiuchi-Nada in the Seto Inland Sea of Japan. The archived occurrences of this species have been reported so far in the Uraga Channel (Tokyo Bay), the Sagami Bay adjacent to Tokyo Bay, off Onagawa (Miyagi Prefecture, Japan) and the south Yellow Sea. We hereby report that additional specimens were newly collected from the Seto Inland Sea.

**Key words:** *Caudina similis* (Augustin, 1908), Hiuchi-Nada, Seto Inland Sea



## 種子島沖合における親潮潜流の到達の可能性：北太平洋亜寒帯指標種 *Neocalanus cristatus* (カイアシ類) の出現

大塚 攻<sup>1)\*</sup>・田中隼人<sup>1)\*\*</sup>・近藤裕介<sup>1)</sup>・内海隼人<sup>1)</sup>・橋本周一郎<sup>1)</sup>・片岡 聖<sup>1)</sup>・  
中口和光<sup>2)</sup>・山口修平<sup>2)</sup>・加藤幹雄<sup>2)</sup>・Dhugal Lindsay<sup>3)</sup>・砂原圭佐<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 広島大学大学院生物圏科学研究科附属瀬戸内圏フィールド科学教育研究センター竹原ステーション  
〒725-0024 広島県竹原市港町5-8-1

<sup>2)</sup> 広島大学生物生産学部附属練習船豊潮丸 〒737-0029 広島県呉市宝町7-4

<sup>3)</sup> 国立研究開発法人海洋研究開発機構 〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町2-15

**要 旨** 大型浮遊性カイアシ類 *Neocalanus cristatus* は北太平洋亜寒帯に分布し、日本列島の太平洋側に沿って南進する親潮潜流に無効分散する。親潮潜流において本種の最も西側における過去の出現記録は北緯28°、東経134°であった。2015年5月に実施した調査で、種子島約300 km 東方（北緯30°50′、東経131°30′）において本種のコペポデイドV期幼体が出現したため、親潮潜流がこの地点の水深600～950 m まで達している可能性が示唆された。

**キーワード** : *Neocalanus cristatus*, 親潮潜流, 黒潮, 種子島

### 緒 言

日本周辺には暖流である黒潮およびそれから派生する対馬暖流、寒流である親潮、リマン海流が存在する（日本海洋学会沿岸海洋研究部会 1985）。それらの海流（水塊）の指標種として様々な動物プランクトンが知られており、寒流指標種としてはキタヤムシ *Parasagitta elegans* (Verrill, 1873)、カイアシ類 *Neocalanus cristatus* (Krøyer, 1848) などが知られる（Marumo 1966, Omori 1967, Omori and Tanaka 1967）。また、黒潮の勢いが強い時期には通常黒潮流域に生息する外洋性プランクトンが瀬戸内海中央部まで流入してくる現象が知られており、黒潮の流入を知ることができる（Kado 1957, Hirota 1962）。

親潮は北太平洋亜寒帯循環が西太平洋沿岸の千島列島沿いに南下し、北海道南東部、三陸沖を洗って、宮城県～茨城県沖まで達する（日本海洋学会沿岸海洋研究部会 1985）。北緯42°付近で暖流と遭遇して混合水となり、一部の沈み込みが起こって親潮潜流を形成する。太平洋側ではこの潜流は水深400～1000 mを南西方向に流れ、伊豆半島沖合を経て紀伊半島沖合まで達している（Omori 1967）。さらに、この親潮起源の水塊は本州太平洋岸沖合で黒潮および伊豆海嶺、四国海盆などの海底地形の影響によって複雑な流れを形成することが知られ、四国沖合では黒潮の南側に位置する（Sekine and Miyamoto 2002）。

親潮指標種である *Neocalanus cristatus* の北海道～本州の太平洋側沖合における鉛直分布がOmori (1967) によって詳しく調査されており、三陸沖ではコペポデイドV期/成体は水深500～750 m、相模湾、駿河湾付近では水深600～1200 m、紀伊半島南方の北緯30°付近では水深1100～1400 mに出現し、緯度が低くなるに従って生息深度が深く、かつ密度は減少していく。*Neocalanus cristatus* の分布から親潮潜流は本州沿岸に沿って西進する流路や本州の南沖合を通して鳥島沖以西に達している西進流路が推測されている。この指標性種の分布から親潮潜流が達する南限は北緯28°、東経134°付近であると推定されていた（Omori 1967）。

2015年に実施した我々のプランクトン調査において、種子島東部沖合（北緯30°49.98′、東経131°29.94′）の深海から *N. cristatus* の幼体が発見され、従来の報告より親潮潜流がさらに西に到達している可能性があるためここに記録しておく。

2016年8月19日受理 \*Corresponding author: ohtsuka@hiroshima-u.ac.jp

\*\* 現住所：東京大学海洋アライアンス海洋教育促進研究センター 〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1

## 材料と方法

動物プランクトンの採集は種子島東部沖合（北緯 30°49.98′，東経 131°29.94′，水深 1223 m）において 2015 年 5 月 25 日 09:18 ~ 12:32 に ST-8 で行った（Fig. 1）。ORI net（Omori 1965：口径 160 cm，網目 0.33 mm）を，広島大学生物生産学部附属練習船豊潮丸を 2 kt で航行させながらワイヤーを徐々に繰り出し，ワイヤー長が 1900 m に達した時間から傾角 60°を保ちながら 30 分間水平曳きした。ワイヤー長と傾角からネットの水深は約 950 m と推定される。曳網終了後，直ちに 3 L のポリビンにコードエンド内の採集物を入れて，容器の周りを氷で冷やしながら実体顕微鏡下でカイアシ類を選別した。採集されたカイアシ類は必要に応じて 99.5% あるいは 70% エタノールで固定した。

なお，水温，塩分の測定は JAMSTEC 仕様 VPR に装着した CTD（Citadel CTDNV, Teledyne RD Instruments, FSI NIXX CTD Auto-7000 m）によって同定点の水深 470 m まで測定した結果を示す。

## 結果と考察

CTD の水深 470 m までの水温，塩分の鉛直プロファイルを図 2 に示す。水温は表面で最も高く 21.6℃，水深とともに徐々に低下して水深 470 m で最低 6.8℃であった。塩分は表面で 34.51 であったが，水深 89 m で最高 34.70 に達し，それ以深は徐々に低下して水深 470 m で 34.20 であった。駿河湾において親潮起源の水塊は年間を通じて水温 3 ~ 11℃，塩分 34.2 ~ 34.4 と定義されている（日本海洋学会沿岸海洋研究部会 1985）。種子島付近でもこの範囲が適応できるのであれば，水深 300 m 付近がこの水塊の最上部に相当する。

種子島東部沖合 ST-8 に出現した *Neocalanus cristatus* 1 個体はコペポデイド V 期幼体であった（Fig. 3）。頭部先端～尾肢の先端（刺毛は除く）までの体長は 7.96 mm であった。これは金華山沖，相模湾，駿河湾から報告された本種コペポデイド V 期幼体の体長（6.80 ~ 9.30 mm）の範囲内にあり，特に 4 月に金華山沖，10 月に駿河湾，相模湾から採集された平均体長 7.91 ~ 8.06 mm とよく一致する（Omori and Tanaka 1967）。本種の体長は餌料環境によって同ステージでも変化することが知られている（Tsuda *et al.* 2001）。筋肉は比較的未発達だが，体内には油球が少量観察されたので，Ikeda *et al.* (1990) の intermediate type に分類される。このタイプは，コペポデイド IV 期幼体からの脱皮直後で筋肉が未発達で油球のない transparent type と摂食をして筋肉が発達して体内に油球が充満する solid type の中間段階である（Ikeda *et al.* 1990）。

親潮流域を含む北太平洋では本種は生態学上，水産学上重要な鍵種であるために非常に詳しく研究されている（Miller *et al.* 1984, Ikeda *et al.* 1990, Kobari and Ikeda 1999, Tsuda *et al.* 2001, 2004）。特徴的なことは，主要個体群は春季の植物プランクトンブルームに同調した生活史を持つことである。北太平洋における本来の生息場所では，ブルームの起こる前に成体は水深 500 m 以深で産卵し，孵化したノープリウス幼生は表層へ移動してコペポデイド I ~ V 期まで表層の植物プランクトンを利用して脱皮，成長し，夏季にコペポデイド V 期が深層に移動して冬季の産卵期まで休眠する。一方，親潮潜流における本種個体群は産卵に参加せず，無効分散であると考えられている（Omori and Tanaka 1967, Oh *et al.* 1991）。

これまで *N. cristatus*（コペポデイド V 期）が親潮潜流において出現した最も西に位置する定点（144 in Fig. 1）の経度は東経 134°15′（Omori 1967）であったので，今回の調査によって約 300 km さらに西側まで親潮潜流が達していることが推測された。今回の調査では *N. cristatus* の生息深度は特定できないが，傾角から約 950 m 以浅と考えられる。駿河湾沖合での親潮潜流は水深 600 ~ 1200 m に存在する（Omori 1967）ことから，種子島沖合では水深 600 ~ 950 m の間に生息層があると推定される。水温，塩分のデータからは水深 300 m 以深が親潮潜流の水塊と推定されるが，黒潮本体の厚み（600 ~ 800 m）（西村 1981）を考慮するとこの範囲は妥当であろう。

黒潮の流路，強さは年変動が著しいので（Sekine and Miyamoto 2002），親潮潜流が到達できる範囲も年変動が予想される。親潮，黒潮の両海流の流路，勢力と親潮潜流の最西端の到達位置などについてはさらに詳しい調査が必要であろう。

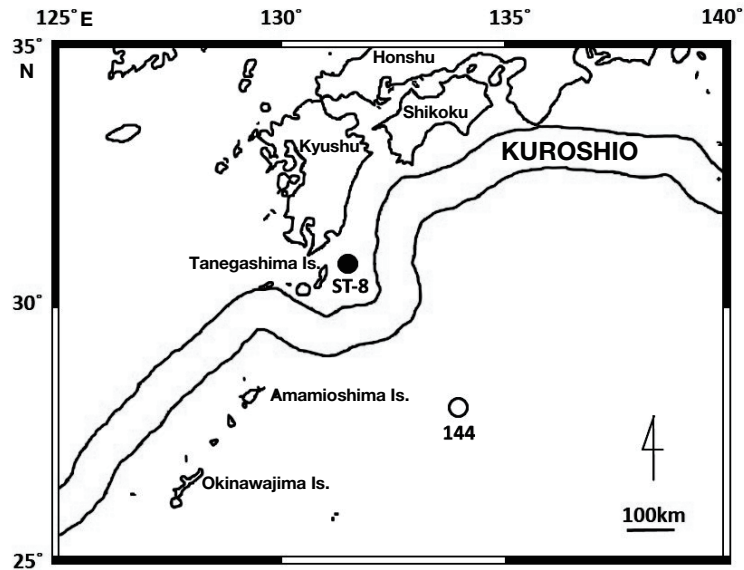


Fig. 1. Sampling site (closed circle, ST-8) of deep-sea zooplankton off Tanegashima Island, Kyushu on May 25, 2015. The westernmost collection site (open circle, 144) of *Neocalanus cristatus* in submerged Oyashio waters was previously recorded by Omori (1967). The main passage of the Kuroshio Current on May 25, 2015 is superimposed on the chart based on the data from The Japan Coast Guard (<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO/qboc/2015cal/cu0/qboc2015096cu0.html>).

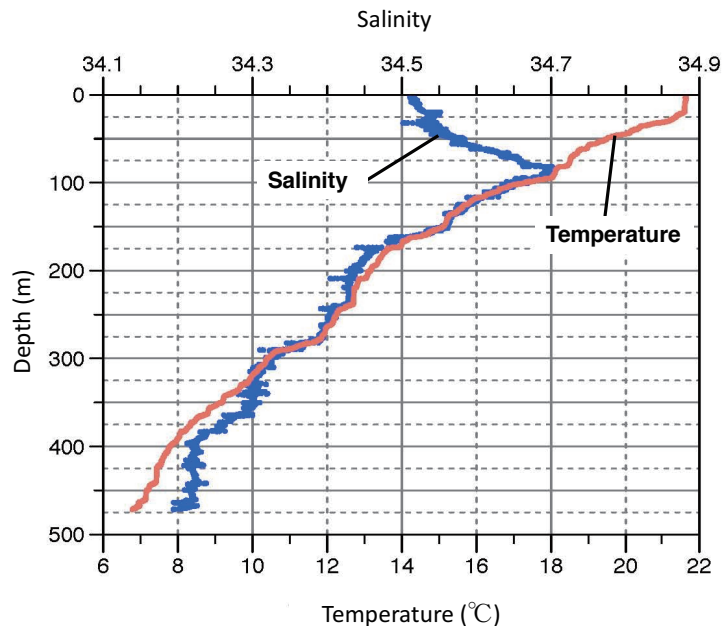


Fig. 2. Vertical profile of depth-water temperature-salinity at ST-8 on May 25, 2015.

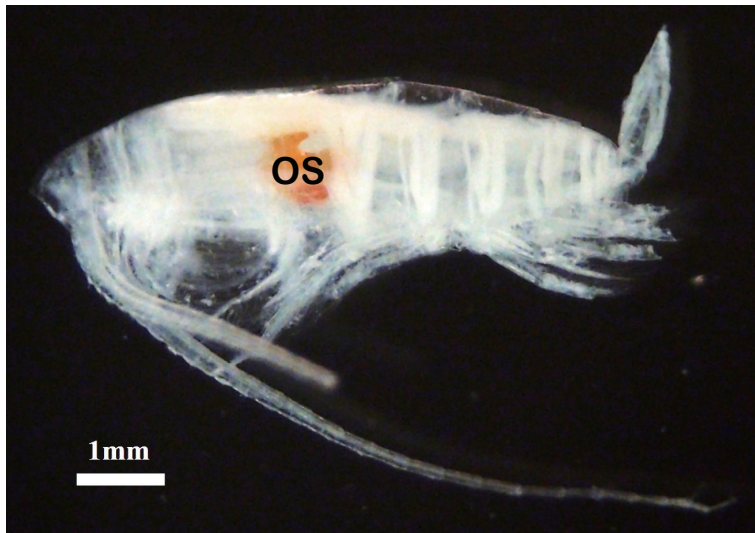


Fig. 3. *Neocalanus cristatus* (copepodid V) collected from off Tanegashima Island, Kyushu on May 25, 2015. Antennules and legs were partially damaged. OS: oil sac.

## 謝 辞

本調査では広島大学生物生産学部附属練習船豊潮丸の乗組員，乗船者には採集でご協力いただいたので記して感謝したい。また，原稿を査読いただき，貴重なコメントをいただいた東京大学大気海洋研究所津田敦教授には深謝したい。本研究の一部は日本学術振興会科学研究費(基盤研究 C, No. 16K07825, 代表 大塚 攻)によって行われた。

## 引用文献

- Hirota R. 1962. Species composition and seasonal changes of copepod fauna in the vicinity of Mukaishima. *Journal of Oceanographical Society of Japan*, **18**: 35-40.
- Ikeda T, Hirakawa K, Kajihara N. 1990. Some characteristics of a coldwater copepod *Calanus cristatus* from regions of the Japan Sea covered by the Tsushima Warm Current. *Bulletin of Japan Sea National Fisheries Research Institute*, **40**: 51-65.
- Kado Y. 1957. The seasonal change of the chaetognath and pelagic copepod fauna of Hiroshima Bay in the Inland Sea of Japan, with special reference to the appearance of oceanic species. *Journal of Science of Hiroshima University, Series B, Division*, **1**: 121-129.
- Kobari T, Ikeda T. 1999. Vertical distribution, population structure and life cycle of *Neocalanus cristatus* (Crustacea: Copepoda) in the Oyashio region, with notes on its regional variations. *Marine Biology*, **34**: 683-696.
- Marumo R. 1966. *Sagitta elegans* in the Oyashio undercurrent. *Journal of Oceanographical Society of Japan*, **22**: 129-137.
- Miller CB, Frost BW, Batchelder HP, Clemons MJ, Conway RE. 1984. Life histories of large, grazing copepods in a subarctic ocean gyre: *Neocalanus plumchrus*, *Neocalanus cristatus*, and *Eucalanus bungii* in the Northeast Pacific. *Progress in Oceanography*, **13**: 201-243
- 日本海洋学会沿岸海洋研究部会. 1985. 日本全国沿岸海洋雑誌. 東海大学出版会, 東京, 1106pp.

- 西村三郎. 1981. 地球の海と生命. 海洋生物地理学序説. 海鳴社, 東京, 284pp.
- Oh B-C, Terazaki M, Nemoto T. 1991. Some aspects of the life history of the subarctic copepod *Neocalanus cristatus* (Calanoida) in Sagami Bay, central Japan. *Marine Biology*, **111**: 207-212.
- Omori M. 1967. *Calanus cristatus* and submergence of the Oyashio water. *Deep-sea Research*, **14**: 525-532.
- Omori M, Tanaka O. 1967. Distribution of some cold-water species of copepods in the Pacific water off East-Central Honshu, Japan. *Journal of Oceanographical Society of Japan*, **23**: 63-73.
- Sekine Y, Miyamoto S. 2002. Influence of Kuroshio flow on the horizontal distribution of North Pacific Intermediate Water in the Shikoku Basin. *Journal of Oceanography*, **58**: 611-616.
- Tsuda A, Saito H, Kasai H. 2001 Geographical variation of body size of *Neocalanus cristatus*, *N. plumchrus* and *N. flemingeri* in the subarctic Pacific and its marginal seas: implications for the origin of large form of *N. flemingeri* in the Oyashio area. *Journal of Oceanography*, **57**: 341-352.
- Tsuda A, Saito H, Kasai H. 2004. Life histories of *Eucalanus bungii* and *Neocalanus cristatus* (Copepoda: Calanoida) in the western subarctic Pacific Ocean. *Fisheries Oceanography*, **13** (supplement 1); 10-20.

## Possible westward extension of submerged Oyashio waters to off Tanagashima Island, Kyushu, western Japan: based on the occurrence of the subarctic copepod *Neocalanus cristatus*

Susumu OHTSUKA<sup>1)</sup>, Hayato TANAKA<sup>1)</sup>, Yusuke KONDO<sup>1)</sup>, Hayato UCHIUMI<sup>1)</sup>, Shuichiro HASHIMOTO<sup>1)</sup>,  
Masashi KATAOKA<sup>1)</sup>, Kazumitsu NAKAGUCHI<sup>2)</sup>, Shuhei YAMAGUCHI<sup>2)</sup>, Mikio KATO<sup>2)</sup>,  
Dhugal Lindsay<sup>3)</sup> and Keisuke SUNAHARA<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Takehara Station, Setouchi Field Science Center, School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
5-8-1 Minato-machi, Takehara, Hiroshima 725-0024, Japan

<sup>2)</sup>Training and research vessel Toyoshio-maru, Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University,  
7-4 Takara-machi, Kure, Hiroshima 737-0029, Japan

<sup>3)</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2-15 Natsushima-cho, Yokosuka, Kanagawa  
237-0061, Japan

### Summary

The large-sized planktonic copepod *Neocalanus cristatus* is distributed in the subarctic Pacific Ocean, and also occurs in the submerged Oyashio Current flowing southward along the Pacific side of Japan as pseudopopulations. These have been recorded from 28°N, 134°E, suggesting this may be the westernmost and southernmost boundary of the submergence. The present survey implies that the submergence reaches further westwards to off Tanegashima Island, Kyushu (30°50'N, 131°30'E) (ca. 300 km), based on the occurrence of the fifth copepodid stage of *N. cristatus* at presumed depths of 600 to 950 m.

**Key words:** Kuroshio, *Neocalanus cristatus*, submerged Oyashio, Tanegashima Island



## 総 説

### Chronic hypomagnesaemia on bovine ketosis

Shigeru YOSHIDA  
Professor emeritus

*Graduate school of Biosphere Science, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

**Abstract** Cows in the dairy farm of Hiroshima University were affected by abnormal milk secretion named “the Utrecht abnormality of milk”, and these cows were suffering from osteoporosis. Calcium was released from bone to milk by the increased serum calcium level. The increased serum calcium was caused by the decreased serum magnesium level by a low magnesium intake from roughage less than 0.2 % in dry matter. These cows were suffering from chronic hypomagnesaemia. Mass outbreak of bovine ketosis was occurred in this dairy farm. The levels of the blood serum Ca, Mg and inorganic phosphate (Pi) were 3.93 mEq, 1.84 mEq, and 4.95 mg/dl, respectively, in the average of milking 20 cows. These cows showed a low level of serum magnesium for many years. The 72 cows suffering from ketosis were also showed low serum magnesium level (1.77 mEq), a low serum calcium level (3.91 mEq) and low serum Pi level 5.06 mg/dl, compared with normal 93 cows (Ca 4.28 mEq, Mg 2.00 mEq, and Pi 7.81 mg/dl). They also showed low serum magnesium level as well as the cows of University dairy farm.

In the relationship between ketosis and chronic hypomagnesaemia, ketosis was caused by the metabolic disturbance from  $\alpha$ -ketoglutarate to succinyl-CoA, i.e., oxidative decarboxylation in TCA cycle. This reaction needs TDP, Lipoate, CoA, NAD, FAD, and Mg as cofactors. This disturbance must be act the accumulation of acetoacetate and ketone bodies, such as acetoacetate, acetone and  $\beta$ -OH-butyrate. The injection of magnesium, such as  $MgSO_4$  and  $MgCl_2$ , have an effect on bovine ketosis. New hypothesis can be proposed that ketosis and downer cow, suffering from chronic hypomagnesaemia, must be come down with beriberi of human, because beriberi is a one of metabolic disturbance of oxidative decarboxylation reaction.

**Key words:** Oxidative decarboxylation reaction, Low serum magnesium, Chronic hypomagnesaemia, The Utrecht abnormality of milk, Osteoporosis.

A certain dairy farm reported frequent occurrences of “the Utrecht abnormality of milk”, of reproductive disturbances, and ketosis among lactating dairy cows. Through clinical, biochemical and pathological analysis, all the cows in this dairy herd were diagnosed as suffering from osteoporosis accompanied by a low serum Mg level. All cows were closely observed in order to follow this metabolic disorder. These dairy cows had been fed on rations with adequate in Ca and P but they low Mg for several years. The Mg content was below 0.2% of ration dry matter as shown in the former paper (Yoshida, 2015).

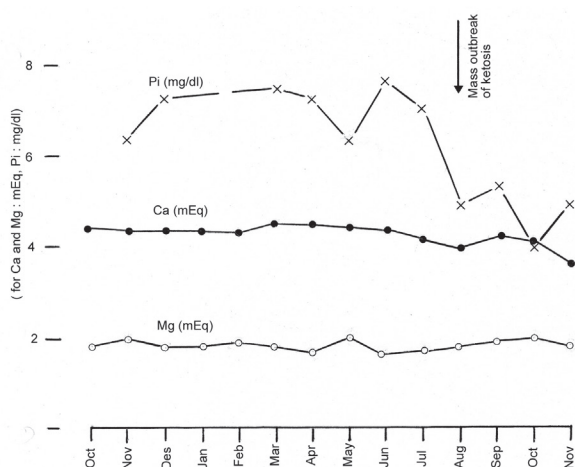


Fig.1. Changes of blood serum values (mean of 20 cows) during a mass outbreak of ketosis in Miyuki dairy farm.

Table 1. Blood serum values of ketotic cows of mass outbreak of ketosis of Miyuki dairy farm

	Body weight (kg/day)	Milk yield (kg)	Ca (mEq)	Mg (mEq)	Pi (mg/dl)	Al (%)	Gl (%)	GOT (K-unit)	GPT (K-unit)	ALP (KA-unit)
Before outbreak (Jul. 7)	536	18.0	4.17	↓ 1.76	6.82	3.32	4.79	58.2	18.2	5.9
After outbreak (Aug. 7)	533	15.3	↓ 3.93	1.84	↓ 4.95	3.32	4.65	53.7	16.1	6.1
			P < 0.001	N.S.	P < 0.001					

Urinary acetone levels after ketosis were +++ for 10 cows, ++ for 5cows, + for 2 cows, and - for 3 cows.

P: calculated by t-test

Most of the lactating cows spontaneously exhibited ketosis at the same time in the summer of 1971. Abnormal changes in blood serum values were noticed in Miyuki dairy farm as shown in Fig. 1. The observed changes included marked decrease of serum Ca from 4.17 mEq to 3.93 mEq and Pi from 6.91 mg/dl to 4.95 mg/dl, while, serum Mg was slightly increased from 1.76 mEq to 1.84 mEq. A veterinarian who regularly came to the dairy farm diagnosed the cows as ketotic after analysis of urinary acetone and observation of related clinical symptoms, such as lack of appetite, loss of body weight, decrease of milk yield, and lethargy. Fifteen of the twenty cows were ketotic at the same time as indicated in Table 1. As shown in Fig. 1, 7 ketotic cows of the Miyuki dairy farm were at low serum Ca and Mg. These lactating dairy cows were diagnosed with disturbances of Mg metabolism, and Mg-deficiency was suggested to be associated with a shortage of Mg intake. The therapeutic effects of Mg salts have been tried on these ketotic cows.

Table 2. Blood serum values of ketotic cows of Miyuki dairy farm

	Ca (mEq)	Mg (mEq)	Pi (mg/dl)	Al (%)	Gl (%)	GOT (K-unit)	ALP (KA-unit)	Glucose (mg/dl)	Acetone (mg/dl)	Urinary acetone
Control (93 cows)	4.28	2.00	7.81	2.73	4.58	56.3	5.12	57.1	-	-
Ketosis (7 cows)	↓ 3.88	↓ 1.69	↓ 4.02	3.06	4.61	47.9	8.12	53.2	8.12	+++

Case 1: Cow No.10, one of the 20 cows of the same dairy farm, was a lactating Holstein cow whose last calving was on July 15, 1971. This cow was 7 years old, and 504 kg in body weight, and produced 17 kg of milk per day in October, 1971. Cow No 10 had been kept under close observation and was declared ketotic on August 10, 1971. Ketone bodies had been evacuated in the cow's urine for two months, from August to October. Magnesium salts were given to this ketotic cow after based on the hypothesis of a possible relation between ketosis or ketone body metabolism and magnesium metabolism. One gram of net Mg content in 10 gram of  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  with 50 ml distilled water was given for 5 consecutive days by intravenous injection. Ketone bodies in blood serum and urine came down to normal values after this treatment. Blood serum samples were collected before and after treatment, and are shown in Table 3 and Fig. 2.

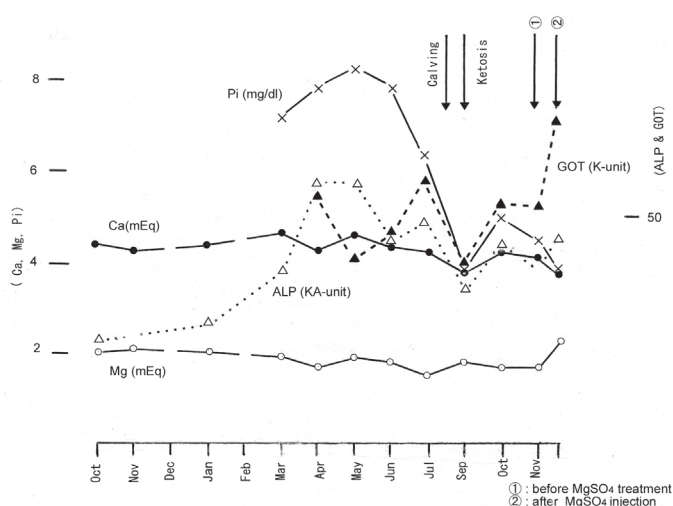


Fig.2. Changes of blood serum values in Cow No 10 at treatment of ketosis with  $MgSO_4$

Table 3. Blood serum values for ketotic cow (Cow No 10) before and after  $MgSO_4$  treatment.

	Ca (mEq)	Mg (mEq)	Pi (mg/dl)	Al (%)	Gl (%)	GOT (K-unit)	GPT (K-unit)	ALP (KA-unit)	Acetone (mg/dl)	Urinary acetone
Before treatment (Oct. 5)	4.11	1.69	4.49	3.31	3.61	52.0	15.0	3.82	7.09	+++
After treatment (Oct. 10)	3.76	2.19	3.84	3.51	3.97	70.5	23.0	4.53	1.0	-

Case 2: Cow No 8, one of the 20 cows of the same dairy farm, was a lactating Holstein cow. Her last calving was on May 29, 1971. This cow was 7 years old, and weighed 517 kg, and it produced 17.5 kg of milk per day in November 10, 1971. It was also found that this cow was suffering from the same metabolic disorder as Cow No 10. Urinary acetone had been detected from August, 1971, until this experiment began on November 10, 1971. The experiment in which the cow was treated with  $MgCl_2$ , began on November 10. One gram of net Mg content in 8.4 grams of  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  with 50 ml distilled water was injected intravenously every day for 5 days. Ketone bodies in blood serum and urine came down to normal values after this treatment. Blood serum samples were collected before and after treatment, and are shown in Table 4 and Fig 3.

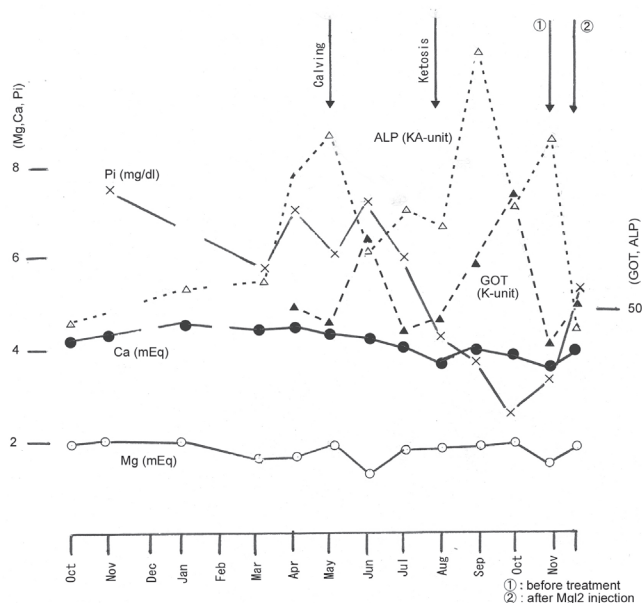


Fig.3. Changes of blood serum values in ketotic cow (Cow No 8) at treated with  $MgCl_2$ .

Table 4. Blood serum values for ketotic cow (Cow No 8) before and after  $MgCl_2$  treatment.

	Ca (mEq)	Mg (mEq)	Pi (mg/dl)	Al (%)	Gl (%)	GOT (K-unit)	ALP (KA-unit)	Glucose (mg/dl)	Acetone (mg/dl)	Urinary acetone
Before treatment (Nov. 10)	4.01	1.63	3.85	3.28	4.51	39.5	8.8	60.8	5.98	+++
After treatment (Nov. 14)	4.16	1.82	5.12	3.49	4.30	49.0	4.3	60.0	1.17	-

Abnormality in the levels of blood serum Ca, Mg, and Pi was observed in ketotic cows of the Miyuki dairy farm. Blood serum samples were then collected from ketotic cows as well as normal cows at other dairy farms in the immediate vicinity. A veterinary surgeon diagnosed the pathology cases as having ketosis on the basis of serum samples and clinical symptoms such as urinary acetone excretion, lack of appetite, nervous disturbance, decreased activity of stomach and intestine, decreased body weight, and decreased milk yield. It can be observed clearly that serum Ca, Mg and Pi were lower than the normal control samples at the time of ketotic condition as shown in Table 5 and Fig. 4. A decrease in the glucose level of serum was also observed, while the levels of serum GOT, ALP, and globulin were higher than those in normal controls.

Ketosis is a metabolic disorder of the carbohydrate metabolism in which the level of ketone bodies in the fluids, including milk, and urine, is too high. However, it has not been revealed the mechanism that the ketone bodies accumulate in the living cow. It has been recognized that the accumulation of ketone bodies develops when the formation of acetoacetate is accelerated in the liver. But, ketone body accumulation is also supposed to be due to the reduction of the disintegration of acetoacetate in the muscles. From the results of the present investigations, a theory on ketosis and the ketone body metabolism can be proposed. The accumulation of ketone bodies, develops when the rate of formation of acetoacetate in the liver exceeds that at which acetoacetate can be oxidized in the muscle. The most important mechanism in ketone body oxidation depends on the conversion of free acetoacetate into

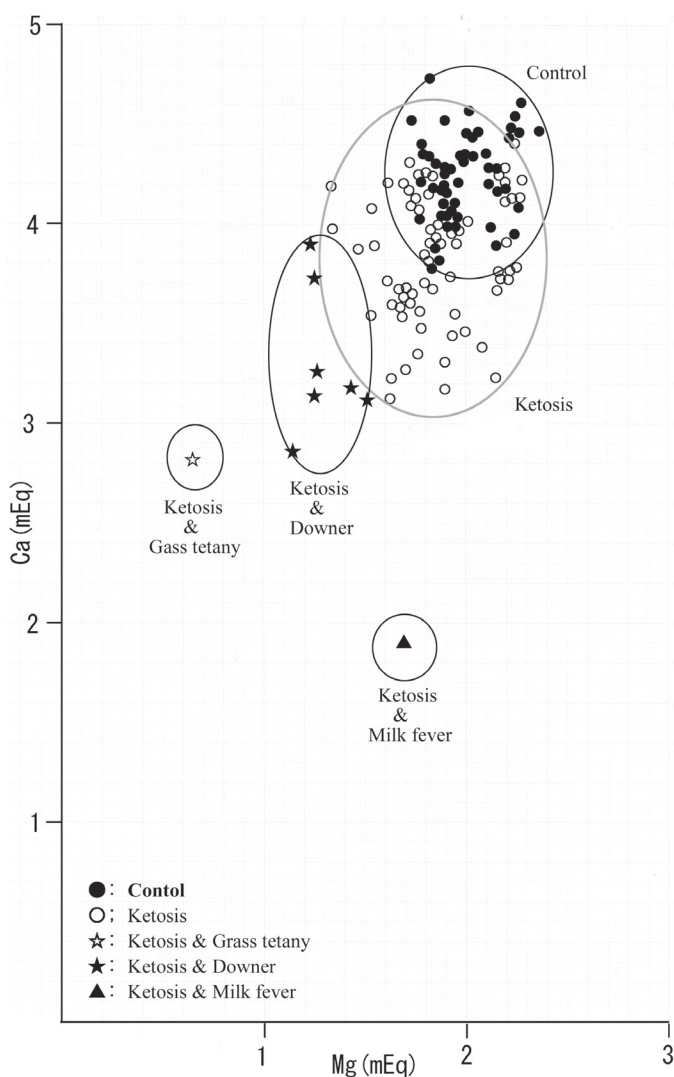


Fig.4. Relationship between Ca and Mg in blood serum of ketotic and normal cows.

Table 5. Mean values of blood serum for normal cows and ketotic cows.

	Ca (mEq)	Mg (mEq)	Pi (mg/dl)	Al (%)	Gl (%)	GOT (K-unit)	ALP (KA-unit)	Glucose (mg/dl)	Pyruvate (mg/dl)
Control (93 cows)	4.28	2.00	7.81	2.73	4.58	56.3	5.12	57.1	-
Ketosis (72 cows)	↓ 3.91	↓ 1.77	↓ 5.06	2.88	5.25	67.1	6.75	54.4	0.375
	P < 0.001	P < 0.001	P < 0.001						

P: calculated by t-test

acetoacetyl-CoA by succinyl-CoA transferase, which is limited to muscles and heart and absent from the liver. The following reaction occurs in the presence of succinyl-CoA, as shown in Fig 5.

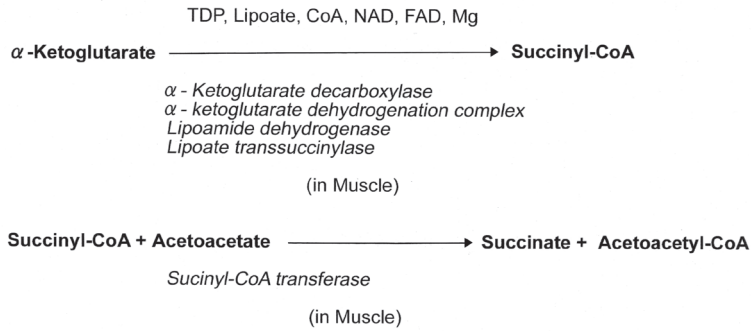


Fig.5 Oxidative decarboxylation in muscle

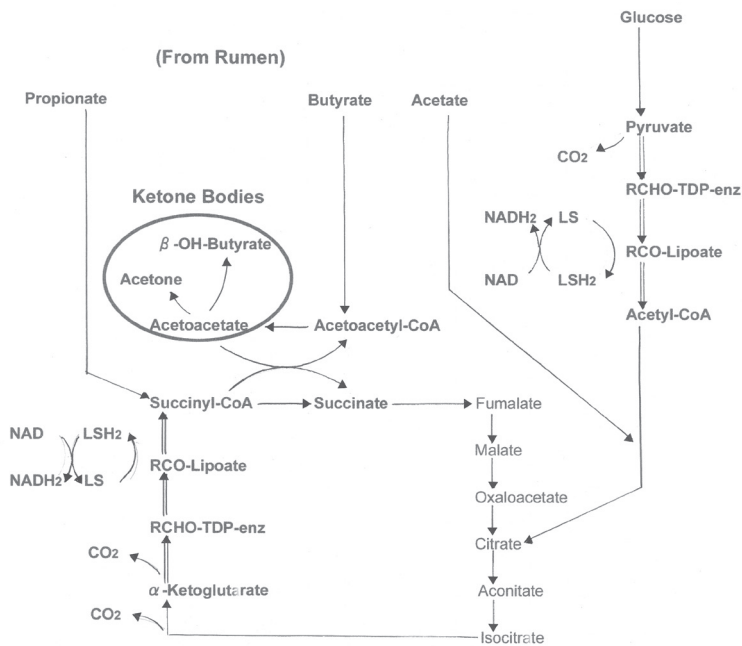


Fig.6 Map of TCA cycle and ketone bodies production

### CONCLUSION

When succinyl-CoA is depressed, acetoacetate accumulates and converted into acetone and  $\beta$ -hydroxybutyrate. Reduced oxidative decarboxylation reaction from  $\alpha$ -ketoglutarate results in a reduced yield of succinyl-CoA. Accumulation of  $\alpha$ -ketoglutarate and reduced succinate have been reported. The complete reaction system is summarized in Fig 6. An inhibition or metabolic disturbance occurring in oxidative decarboxylation of carboxyhydrate from pyruvate to citrate and from  $\alpha$ -ketoglutarate to succinate. However, further research with partially purified enzyme preparations associated with this reaction showed that the process as a whole requires the presence of a considerable group of small molecular materials, including TDP, Lipoate, CoA, NAD, FAD, and Mg. Thus, the oxidative decarboxylation reaction can be hampered by a deficiency in one of these cofactors leading to a deficit in succinyl-CoA.

### **ACKNOWLEDGEMENT**

The author wish to thanks veterinarians for collecting blood samples with this study.

### **REFFERENCES**

- Bach.S.J., and Hibitt. K.C., 1959. Biochemical Aspect of Bovine Ketosis. *Biochem.J.* **72**:87.
- Ballard.F.J., Hanson. R.W., Kronfeld. D.S., Raggi. F., 1968. Metabolic Changes in Liver Associated with Spontaneous Ketosis and Starvation in Cows., *J.Nutrition* **95**:160.
- Yoshida,S., 2015. Osteoporosis in lactating dairy cows. *Biosphere Sci.* **54**: 99.

## 慢性 Mg 欠乏により発生した乳牛のケトージスについて

吉田 繁  
広島大学名誉教授

〒720-0076 福山市本庄町中1-4-9,  
yosida\_sigeru@yahoo.co.jp, <http://www.osteoporosis-cow.com>

**要 旨** 前号で、大学付属牧場の全ての乳牛が低酸度二等乳を泌乳し、その乳牛群に骨粗鬆症が発生していることを論じた。即ち、その原因は粗飼料の Mg 不足により乳牛の血清 Mg が低下し血清 Ca が増加したために、骨から多量の Ca が乳汁に移行した為に生じたものである。なお牛乳中に Ca が多いとアルコール試験で不安定になることが知られている。粗飼料中の Mg 含量は DM 中として0.2% 以下でグラスタニーが発生すると云われている。この乳牛群20頭を追跡調査する過程で血清 P の急激な低下から代謝異常の発生を指摘し、獣医師が検診したところケトージスが集団発生していることが判明した。発病前は血清 Ca 4.17 mEq, Mg 1.78 mEq, P 6.82mg/dl に対し、発病後は血清 Ca 3.93 mEq, Mg 1.84 mEq, P 4.95 mg/dl であった。この乳牛に MgSO<sub>4</sub>と MgCl<sub>2</sub>を投与したところケトージスは回復したので血清 Mg がケトージス発病に深く関与していることが推定される。ケトージス発生時は血清中の  $\alpha$ -Ketoglutarate が増加しているとの報告があり、TCA サイクルの酸化的脱炭酸反応の過程で補酵素として Mg が必須である。この乳牛群でのケトージスの発生は Mg 不足に要因があると考えられる。人の脚気はビタミン B<sub>1</sub>欠乏症であるが乳牛のケトージスは同一の部位の代謝障害であり、乳牛の起立不能症も深く関連していると推定される。

大学周辺の民間牧場でケトージスが発生した際、健康な乳牛93頭の平均値 Ca 4.28 mEq, Mg 2.00 mEq, P 7.81 mg/dl に比べて、罹患乳牛群72頭では Ca 3.76 mEq, Mg 1.77 mEq, P 5.06 mg/dl であり、付属牧場同様に Ca, Mg, P ともに低下する傾向を示した。

この牧場では乳牛の急性疾患である起立不能症のグラスタニーのほか、慢性疾患である低酸度二等乳と骨粗鬆症が発生しており、亜急性のケトージスが発生した。これらの疾病の原因は粗飼料に由来する Mg の不足に起因すると考えられる。

**キーワード:** ケトージス, 酸化的脱炭酸反応, 低 Mg 血症, Mg 欠乏症, 低酸度二等乳, 骨粗鬆症



## 総 説

# 日本産コイ科魚類に寄生する単生類フタゴムシ *Eudiplozoon nipponicum* と近縁未同定種に関する解説 [付録：亀谷 了博士の研究業績目録]

長澤和也\*

広島大学大学院生物圏科学研究科 〒739-8528 広島県東広島市鏡山 1-4-4

**要 旨** 1891–2016年に日本で出版された報文に基づき、日本のコイ科魚類に寄生する単生類のフタゴムシ *Eudiplozoon nipponicum* (Goto, 1891) と「*Diplozoon* sp.」と報告されてきた未同定種に関する知見を纏めた。フタゴムシに関しては、本種の命名者である五島清太郎による記載、成虫の形態、宿主、国内分布、生活史、成熟・産卵の季節変化、宿主サイズと寄生状況との関係、病害性と対策、水産業との関係などを記述した。また、「*Diplozoon* sp.」と報告されてきた未同定種の多くはウグイフタゴムシ *Paradiplozoon skrjabini* Akhmerov, 1974 に同定できる可能性を示唆した。亀谷 了博士によるフタゴムシ類の研究業績を付録として示した。

**キーワード**：ウグイフタゴムシ、亀谷 了、魚類寄生虫、コイ科魚類、単生類、フタゴムシ、*Diplozoon* sp., *Eudiplozoon nipponicum*, *Paradiplozoon skrjabini*

## 緒 言

広島大学大学院生物圏科学研究科水圏生物生産学講座に属する水産増殖学研究室では、2006年に広島県中央部にある黒瀬川水系において淡水魚類の寄生虫研究を始めた。これは、本論文の筆者である長澤が2005年9月に広島大学に赴任した際、魚類寄生虫研究を行うため、広島大学が位置する東広島市と近隣市町において採集候補地を調査した結果、黒瀬川水系には環境変化に富む本流や支流のほか多くの溜池が大学の近くにあり、また魚類が豊富でそれらの採集が容易であったことから、学生らと淡水魚類の寄生虫研究を行うのに好都合であると判断したからである。これまでに研究成果がいくつか公刊されている (Nagasawa *et al.*, 2007, 2013, 2014 ; Maneepitaksanti and Nagasawa, 2012 ; Nagasawa and Obe, 2013)。

この研究過程で、2007年に東広島市西条中央地区を流れる黒瀬川本流でギンブナの鰓にフタゴムシ *Eudiplozoon nipponicum* (Goto, 1891) の寄生を認め、若干の調査を行った (ただし、2009年に同所のギンブナ個体群が原因不明のまま消滅し、現在まで回復していないため、研究は中断している)。そして、この研究を進めるに当たって、コイ科魚類に寄生するフタゴムシとその近縁属種 (以下、フタゴムシ類) について、わが国で出版された報文を入手し、過去の知見に接する機会を得た。筆者が知る限り、わが国でフタゴムシ類に関する知見を総括したのは亀谷 (1976) のみで、それ以来、約40年が経過した。この間に、わが国のフタゴムシ類に関する研究が進んだことに加え、最近、フタゴムシ以外にウグイフタゴムシ *Paradiplozoon skrjabini* Akhmerov, 1974が報告された (Shimazu *et al.*, 2015)。こうした状況を踏まえて、本解説では、1891年に記載されて以来、わが国で長い研究の歴史を有するフタゴムシに関する過去の知見を整理し、解説として示すことにした。最近報告されたウグイフタゴムシについては、これからの知見の集積を待って、別の機会に解説を行う予定である。

2015年にウグイフタゴムシがわが国から報告されたことに関連して、それ以前に日本産コイ科魚類から「*Diplozoon* sp.」として記録された種の扱い、すなわちフタゴムシかウグイフタゴムシかが問題となる。具

体的には、北海道のウグイ属魚類「*Tribolodon* spp.」から報告された「*Diplozoon* sp.」(亀谷, 1976; Nagasawa *et al.*, 1987; Ogawa, 1994), 埼玉県荒川・利根川水系のコイ科魚類から報告された「*Diplozoon* sp.」(大倉ら, 1985; 大友ら, 1985; 鈴木・大倉, 1987, 1988), 新潟市水族館のウケクチウグイから報告された「フタゴムシの1種 *Diplozoon* sp.」(進藤, 1997), 神奈川県大岡川・境川水系のアブラハヤとオイカワから報告された「*Diplozoon* sp.」(水野ら, 1999), 奈良県高見川のウグイとタカハヤから報告された「*Diplozoon* sp.」(中村ら, 2000), 岐阜県木曾川水系のウグイ, アブラハヤ, フナから報告された「*Diplozoon* sp. (フタゴムシ)」(無記名, 2002)である。これらについては、フタゴムシの解説のあとに「コイ科魚類から報告された近縁未同定種」と題して、これまでに得られている知見を整理するとともに、同定等に関する考察を行う。

わが国のフタゴムシ類に関しては、公益財団法人目黒寄生虫館の創設者である故亀谷 了博士が多くの研究を行い、1965–1997年の間に日本寄生虫学会等で約70回に及ぶ講演で成果を発表した。それらの多くは学術論文として出版されなかったが、講演要旨には重要な情報が含まれているため、本解説では講演記録を付録として示した。本解説では講演内容に直接言及しなかったが、必要に応じて脚注に「付録参照」と記して知見を紹介した。

本解説で用いる魚類の和名と学名は細谷(2013)に従った。なお、キンギョの学名は宮地ら(1976)に従った。

### フタゴムシ類の分類学的位置

わが国のコイ科魚類から2属2種のフタゴムシ類が記録されている\*<sup>1</sup>。Khotenovsky (1985) や Shimazu *et al.* (2015) によれば、それら2種の分類学的位置は以下のように示される。

単生綱 Class Monogenea van Beneden, 1858  
 多後吸盤亜綱 Subclass Polyopisthocotylea Odhner, 1912  
 マゾクラエス目 Order Mazocraeidea Bychowsky, 1937  
 フタゴムシ科 (双子虫科, 新称) Family Diplozoidae Palombi, 1949  
 フタゴムシ亜科 (双子虫亜科, 新称) Subfamily Diplozoinae Palombi, 1949  
 フタゴムシ属 (双子虫属) Genus *Eudiplozoon* Khotenovsky, 1985  
 フタゴムシ *Eudiplozoon nipponicum* (Goto, 1891) Khotenovsky, 1985  
 (新参異名: *Diplozoon nipponicum* Goto, 1891)  
 ヒメフタゴムシ属 (姫双子虫属, 新称) Genus *Paradiplozoon* Akhmerov, 1974  
 ウグイフタゴムシ (鍼双子虫) *Paradiplozoon skrjabini* Akhmerov, 1974

和名の「ふたごむし」に関して、この名前が文献で最初に用いられたのは、筆者が知る限り、飯島(1919: 364)が初めて、著書『動物学提要』の本文で「ふたごむし *Diplozoon*」, 図の説明で「ふたごむし *Diplozoon nipponicum* Goto」と記された。同年、川村(1918: 168)もその著書『日本淡水生物学』のなかで「*Diplozoon nipponicum* は「ふたごむし」と稱し、成長の後、二個體 X 字形に結合するを以て有名なり」と記している。これら書籍に掲載される以前に学会等で「ふたごむし」の和名が用いられたと推察されるが、現時点では不明である。わが国のフタゴムシ類2種はいずれも *Diplozoidae* 科と *Diplozoinae* 亜科に属しており、それぞれにフタゴムシ科とフタゴムシ亜科の和名を提唱する。なお、吉田・山下(1965: 336; 1979: 124)は図鑑のなかでフタゴムシが属する科を「デイスココチレ科」と記し、内田(1972: 172)も同様に報告したが、この科は *Diplozoidae* とは異なるものである。

Goto (1891) のよる原記載以来、わが国ではフタゴムシを *Diplozoon* 属に所属させてきた。しかし、Khotenovsky (1985) は本種の形態学的特徴が他属種と異なることから、本種に対して *Eudiplozoon* 属を創

\*<sup>1</sup> 付録参照: 亀谷(1984)は、「広島 Shimadzu ジョウからフタゴムシにあらざる小型のもの」(字句を一部修正)を得ている。これが既知2種と異なるならば、わが国は少なくとも3種のフタゴムシ類がいることになる。シマドジョウ類の単生類研究が待たれる(長澤)。

設した。この属に対して、横山・長澤（2014：80）は和名に「フタゴムシ属」を用いており、本解説でもそれに従う。*Paradiplozoon* 属に対しては、本属に含まれるウグイフタゴムシの成虫がフタゴムシの成虫より体サイズが小さいことから、ヒメフタゴムシ属の新称を提唱する。ウグイフタゴムシの和名は浦部（2016：79）によって提案された。

フタゴムシの学名に関して、Sicard *et al.* (2013) と浦部（2016）は種小名を記さずに *Eudiplozoon* sp. とした。Shimazu *et al.* (2015：138) は前者における学名は *Eudiplozoon nipponicum* であると述べている。

## フタゴムシの生物学

### 五島清太郎による記載

フタゴムシは、帝国大学理科大学（現在の東京大学大学院理学系研究科・理学部）の五島清太郎によって明治24年に *Diplozoon nipponicum* として新種記載された (Goto, 1891)。タイプ宿主はフナ属の1種 *Carassius vulgaris* と報告されたが、近年のフナ類に関する分類と地理的分布に関する情報 (細谷, 2013) に基づけば、ギンブナ *Carassius* sp. かギンブナ *Carassius buergeri* subsp. 2 であると推察される。Shimazu *et al.* (2015：138) も「most likely referring to Gin-buna」と記して、ギンブナであった可能性を示唆している。フタゴムシは、宿主の鰓に高頻度に寄生していた。

フタゴムシを記載した論文 (Goto, 1891) には採集場所に関する記述がなく、上記のフナ類がどこで採集されたかは不明である。しかし後年、亀谷ら (1966：2) と Kamegai (1968：1) は、採集地をそれぞれ「東京近郊の志村の池」、「a pond in the Shimura district, a suburb of Tokyo City」と記した。著者の亀谷 博士らがどのようにして採集地に関する情報を得たかは不明であるが、この場所は現在の「東京都板橋区志村」に相当する。

五島によるフタゴムシの形態記載は、科学的な情報が限られていた19世紀末にあっても、精緻を極めたものであった。成虫の外内部形態の記載から始まり、表皮、筋肉系、固着器官、間葉、消化器系、内分泌系、神経系、生殖器系を組織学的な手法を用いて詳細に記載した。論文題目に付された脚注に、当該論文は五島の卒業論文であると記されているが、その内容の質の高さから、彼の逸脱した優秀さを伺い知ることができる。五島は後に東京帝国大学教授になり、わが国における初期の寄生虫学を牽引した。

### 形態

わが国では、本種の形態は Goto (1891) と亀谷ら (1966) によって詳しく報告された。本解説では、亀谷ら (1966) の報文の一部を引用して、本種の成虫の形態を記述する (本解説に合わせて修正した用語・字句がある) (Fig. 1A, 未圧平個体；1B, 圧平個体)。

2個体の虫体が中央よりやや後方で捻じれて癒着しX字状になっている。交叉部位より前方を前体部、後方を後体部とすると、前体部は柳葉状を呈しており、後体部はやや円筒状で後端に向かって幅広くなっている。体長は平均6.7 mm。

前体部の前端には口 mouth があり、その後方に1対の粘液腺 sticky gland がある。粘液腺の存在が本種の特徴であり他種にはない。粘液腺の後端に接して1対の口吸盤 oral sucker があり、それらの正中線上に咽頭 pharynx がある。咽頭に続いて腸 intestine がやや太く交叉部位までのび後体部に続く。前体部の腸からは分枝が直角に両側にのび盲管に終わる。腸分枝の間には卵黄腺 vitellaria が多数存在する。前体部は交叉部位の近くでやや細くなる。

後体部で腸は2本に分かれた後、再び合して1本となって盲管に終わり、側枝を有しない。腸の後端は後吸着器 opisthaptor の前端で終わる。後体部を前方から後方に向かって3部位に分けると、交叉部位に続く第1部位が最も大きく、卵巣 ovary と精巣 testis を含む。第2部位は横に走る強靱な筋肉からなり、幅も広く、皺が顕著である。第3部位は後吸着器であり、両側に把握器 clamp が縦に4個ずつ並ぶ (合計16個)。把握器は楕円形で、キチン質構造を有する。

本種の形態に関する情報は『新日本動物図鑑〔上〕』(吉田・山下, 1965：336) や『新編日本動物図鑑』(吉田・山下, 1979：124) でも得ることができる。

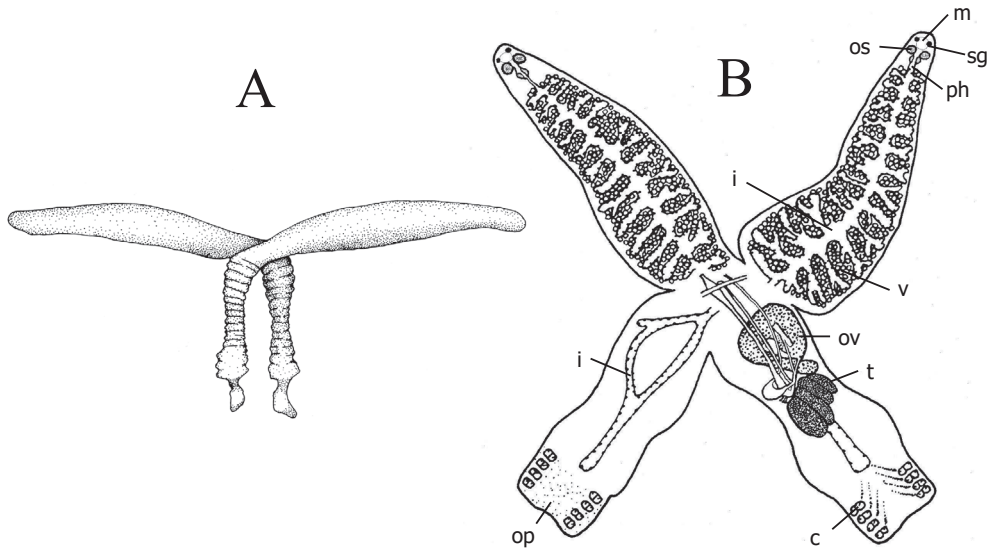


Fig. 1. *Eudiplozoon nipponicum*. A, entire body; B, flattened entire body. (Illustrated from Goto [1891, figs. 1–2]). c, clamp; i, intestine; m, mouth; op, opisthaptor; os, oral sucker; ov, ovary; ph, pharynx; sg, sticky gland; t, testis; v, vitellaria.

### 宿主

わが国でフタゴムシの宿主として知られる魚類は、種不明のフナ類 *Carassius* spp. (= *Carassius vulgaris* : Goto, 1891 ; *Carassius carassius* : Kamegai, 1968 ; *Carassius* spp. : 亀谷, 1976 ; フナ *Carassius carassius* : 木村, 1976 ; crucian carp : Kawatsu, 1978), ギンブナ *Carassius* sp. (= *Carassius auratus langsdorfii* : 北原ら, 1986, 廣瀬ら, 1987 ; *Carassius auratus* subsp. : Nagasawa *et al.*, 1989, Ogawa, 1994 ; ギンブナ : 水野ら, 1999 ; *Carassius auratus* : Sicard *et al.*, 2003 [Shimazu *et al.*, 2015 : 138 を参照]), キンブナ *Carassius buergeri* subsp. 2 (= *Carassius auratus* subsp. : 北原ら, 1986), コイ *Cyprinus carpio* (亀谷ら, 1966, Kamegai, 1968, 1970a, 1970b, 亀谷, 1976) である。これまでのところ、フタゴムシはフナ属魚類とコイからのみ見出されている (亀谷, 1976) \*<sup>2-3</sup>。フタゴムシをコイに実験的にコイに感染させることができる (廣瀬ら, 1987)。関連して、キンギョ (金魚) *Carassius auratus* もフナ属であるが、わが国で飼養されている個体にフタゴムシの寄生は知られていない \*<sup>4</sup>。なお、埼玉県越辺川産「フナ」(鈴木・大倉, 1987) と岐阜県新境川産「フナ」(無記名, 2002 : 付表) から採集された「*Diplozoon* sp.」は、同じ場所からウグイ等に寄生するフタゴムシ類 (ウグイフタゴムシの可能性が高い) が得られているため、「フナ」から得られた「*Diplozoon* sp.」をすぐにはフタ

\*<sup>2</sup> 付録参照：宿主としてのフナ属魚類に関して、目黒寄生虫館による調査では、東京都多摩川産ゲンゴロウブナ *Carassius cuvieri* (= ヘラブナ) (亀谷, 1977a) と滋賀県琵琶湖産ニゴロブナ *Carassius buergeri grandoculus* (= *Carassius auratus grandoculus*) (亀谷, 1975b) にもフタゴムシの寄生を認めている。

\*<sup>3</sup> 付録参照：亀谷 (1972a) は、埼玉県小川町を流れる荒川上流で漁獲されたコイの鰓からフタゴムシと形態が著しく異なる *Diplozoon* sp. を得た。全長も 3.3 mm と小さかったことから、筆者 (長澤) はそれがウグイフタゴムシであった可能性もあると考えている。

\*<sup>4</sup> 付録参照：フタゴムシは実験的にキンギョに感染する。目黒寄生虫館では、キンギョを宿主に用いてフタゴムシ類に関する様々な室内実験を行っている (亀谷, 1979 ; 亀谷ら, 1980c, 1982b, 1983a, 1983b, 1985b, 1987a ; 亀谷・市原, 1981a, 1981b)。また、コイ、フナ、キンギョ以外の淡水魚を用いたフタゴムシの感染実験も行われている (亀谷, 1984)。

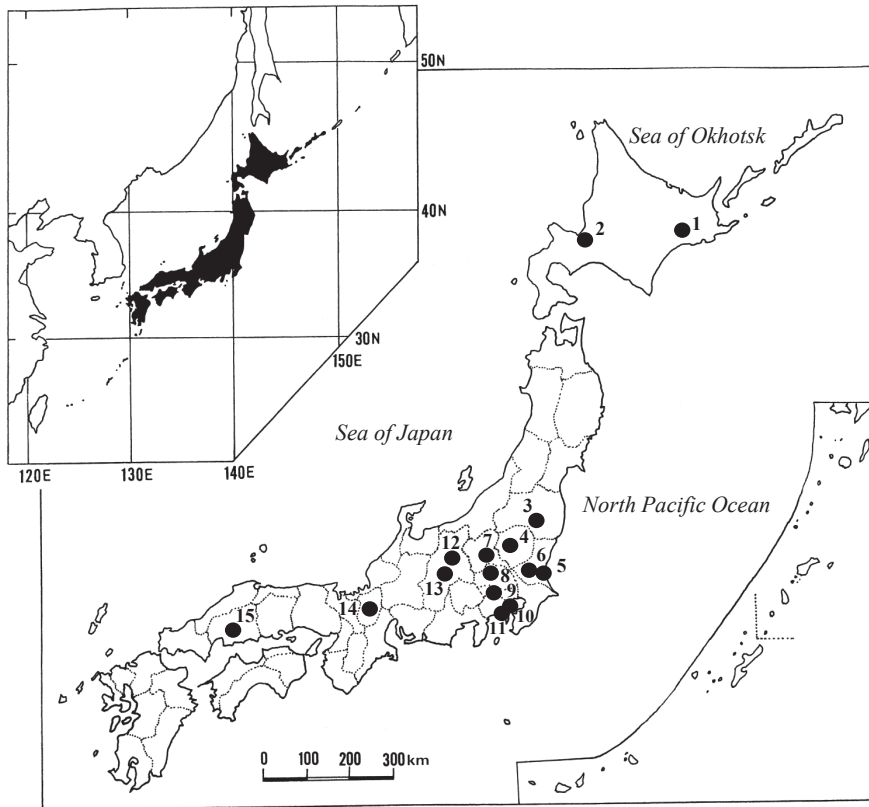


Fig. 2. Map of the Japanese Archipelago, showing the collection sites of *Eudiplozoon nipponicum* from crucian carps (*Carassius* spp.) and common carp (*Cyprinus carpio*). 1, Lake Tôro (Hokkaido); 2, Ishikari-Furukawa (Hokkaido); 3, Yabuki Town (Fukushima); 4, Lake Yunoko (Tochigi); 5, Lake Kitaura and Itako (Ibaraki); 6, Lake Kasumigaura (Tochigi); 7, Isezaki City (Gunma); 8, Ogawa Town (Saitama); 9, Tama River system (Tokyo); 10, Tsurumi River (Kanagawa); 11, Sakai River (Kanagawa); 12, Chikuma River (Nagano); 13, Lake Suwa (Nagano); 14, Lake Biwa (Shiga); 15, Kurose River (Hiroshima). Dotted lines show prefectural boundaries.

ゴムシと判断できないため、上記記録から除いている（後述の「コイ科魚類から報告された近縁未同定種」を参照のこと）。

上記の「種不明のフナ類」に関して、わが国に産するフナ属魚類の種・亜種レベルでの混乱と同定の難しさ等から、宿主名はしばしば上記の丸括弧内のように報告されてきた。個々の報文を検討すると、それらフナ類の多くは、分布域からギンブナかキンブナに同定できると推測されるが明確ではない。寄生虫学においては、共進化などの観点から宿主の分類学的位置に関する情報が重要であり、今後、フタゴムシの研究を進める際にはフナ類の種・亜種を正確に同定することが必要である。

#### 国内分布

これまでにフタゴムシが見出された地域と採集地を北から示すと、北海道（塘路湖：Nagasawa *et al.*, 1989, Ogawa, 1994；石狩古川：Nagasawa *et al.*, 1989, Ogawa, 1994）、福島県（矢吹町：Kamegai, 1968）、栃木県（湯ノ湖：Kamegai, 1968）、群馬県（伊勢崎市：亀谷ら, 1966, Kamegai, 1968）、茨城県（霞ヶ浦：亀谷ら, 1966, Kamegai, 1968, 1970b；北浦・潮来：Kamegai, 1968）、埼玉県（小川町：Kamegai, 1968）、東京都（多摩川水系：北原ら, 1986, 廣瀬ら, 1987 [平井川]；北原ら, 1986 [秋川]；Kawatsu, 1978 [浅川]）、神奈川県（堺



川、鶴見川：水野ら，1999），長野県（千曲川：Sicard *et al.*, 2003 [Shimazu *et al.*, 2015 : 138 を参照]；諏訪湖：木村，1977），滋賀県（琵琶湖：Kamegai, 1968），広島県（黒瀬川：本解説）である（Fig. 2）\*<sup>5</sup>。前記したように，Goto（1891）には採集地に関する記述はないが，それは現在の東京都板橋区志村であるとの情報がある（亀谷ら，1966；Kamegai, 1968）。フタゴムシの寄生を受けた魚は主に湖沼で漁獲された（Kamegai, 1968）。これまでに，福島県を除く東北地方，北陸・東海地方，滋賀県を除く近畿地方，広島県を除く中国地方，四国，九州，南西諸島からはフタゴムシの記録がない。

### 生活史

フタゴムシは，卵から孵化したオンコミラシジウム *oncomiracidium* と呼ばれる仔虫が宿主に感染したのち，ディボルパ *diporpa* と呼ばれる幼虫になり，2 個体のディボルパが合体して成虫となる極めて特異的な生活史を有する（亀谷，1976；町田，1997）。合体した2 個体は，あたかも1 個体のように見える。町田（1997）はオンコミラシジウムとディボルパをともに「幼虫」としたが，本解説では後者のみを「幼虫」と記す。また小川（2008）は前者を「孵化幼生」と記したが，ここでは山下（1965）に従って「仔虫」とする。*oncomiracidium* のカタカナ表記に関して，「オンコミラキジウム」（廣瀬ら，1987；小川，1983）や「オンコミラシジウム」（町田，1997）と書かれることもあるが，ここでは「オンコミラシジウム」を用いる。

コイの鰓に寄生していた成体から水中に放出された卵は紡錘形を呈する（Kamegai, 1968）。大きさに関する正確な記載はないが，Kamegai（1968 : fig. 2）を見る限り，長さは約285  $\mu\text{m}$  である。卵後端に糸状突起 *filament* が付いている（「糸状突起」は町田 [1997] に従う）。実験室での観察によれば，卵は水温25.5–28.5°C で約8日で孵化し，卵前端が開いてオンコミラシジウムが水中に遊出する（Kamegai, 1968）。廣瀬ら（1987）も，ギンブナに寄生していた本種の成体が産み落とした卵を回収してシャーレ中に置くと，それらは水温25°C で5–7日で孵化し，オンコミラシジウムが出現したと述べている。亀谷（1976）によれば，水温30°C で産卵の翌日に孵化するものがあったという。

オンコミラシジウムの正面観は楕円形，側面観は円筒形で，長さとは幅は394×122  $\mu\text{m}$ （Kamegai, 1968）。体表に繊毛を有して活発に運動する。口吸盤のほか，各1対の眼点，把握器，*larval hook* をもつ（Kamegai, 1968）。オンコミラシジウムを実験的にコイに感染させた研究がある（廣瀬ほか，1987）\*<sup>6</sup>。それに基づく，オンコミラシジウムは宿主の鰓に到達すると繊毛を失ってディボルパとなり，対をなす把握器を後吸着器に形成する。最終の4対目の把握器形成は水温25°C で感染7日目から始まる。2個体のディボルパは合体の際，1個体の腹面にある腹吸盤と他個体の背面にあるボタン様突起を結合させる。腹吸盤の形成は感染3日後に始まり，合体は感染後4日目以降に起こる。合体個体の多くは3対の把握器を有しているため，3対目の把握器形成を済ませた個体は合体準備を終えた個体と考えられている。合体個体は感染後1週間で大きな個体では1 mm を超えるが，未合体個体はそうに大きくなれない。

合体した2 個体は終生離れることなく，体中央のやや後方で合体した個体はX 字状を呈する。本種は，合体する各個体に精巢と卵巣を有して雌雄同体であるが，片方の個体の精巢から発した輸精管が他個体の卵巣輸管に到達するため，精子は合体した他個体にある卵と受精する（Goto, 1891；亀谷，1976）。

### 成熟・産卵の季節変化

本州各地（関東地方，東北地方南部，琵琶湖）のコイから採集したフタゴムシの成熟過程を周年観察したところ，精巢は秋から冬に発達し，また卵巣は初春には発達を終え，産卵が4月後半から始まって夏も継続し9月あるいは10月に終わることが明らかになった（Kamegai, 1970）。東京都多摩川水系の浅川産フナに寄生したフタゴムシを10月，3月，6月，9月に観察した例では，10月と3月にのみ合体個体（成体）が見られ，6月と9月にディボルパが寄生していた。このため，産卵は3–6月には既に始まっていると推測された

\*<sup>5</sup> 付録参照：目黒寄生虫館による調査では，公表した採集地に加えて，北海道の大沼（亀谷，1975b），長野県の諏訪湖と千曲川（亀谷，1974b）からもフタゴムシを得ている。

\*<sup>6</sup> 付録参照：目黒寄生虫館では，キンギョにフタゴムシを実験的に感染させて，生活史に関する研究を行っている（脚注 \*<sup>4</sup> を参照）。

(Kawatsu, 1978)。同じく多摩川水系の平井川・秋川産キンブナとギンブナに寄生するフタゴムシでは、産卵が春から晩秋(4月上旬-11月中旬)に得られ、宿主における寄生率は水温が10°C以上であった4-11月に高く、特に水温が20°C前後であった8月に最も高い値を示した(北原ら, 1986)。

これらの観察結果に基づくと、東京都を主とする関東地方ではフタゴムシは、春から秋に孵化した仔虫は宿主に寄生してデイルバパとなって成長・合体した後、越冬中に成熟し、翌年の春から産卵を始めると考えられ、多くのフタゴムシは1年程度で産卵すると推察される。しかし、例えば初春に感染した個体が夏の高温時を経て冬になるまで成熟しないと考えるのが難しく、北原ら(1986)が孵化後1年以内に成熟する個体の存在を示唆したように、フタゴムシは感染時期と水温との関係で1年を経ることなく成熟・産卵する個体があるかも知れない。フタゴムシの成熟と産卵、その後の生存期間(寿命)に関して、今後、検討が必要である。

なお、平井川・秋川産キンブナとギンブナに寄生するフタゴムシでは冬季から初春(11月下旬-3月)にも卵細胞や精子が確認されている(北原ら, 1986)。また、霞ヶ浦産コイ老齡魚に寄生していたフタゴムシには、異常な形態をした卵巣が見られたことが報告されている(Kamegai, 1970b)。

### 宿主サイズと寄生状況との関係

宿主サイズとフタゴムシの寄生状況との関係に関する知見はほとんどないが<sup>\*7</sup>、浅川産フナでは、魚体重10 g未満の個体での寄生率は60-80%であったのに対し、10 g以上の個体では寄生率が100%であったという(Kawatsu, 1978)。

### 病害性と対策

フタゴムシは体前端近くにある口で宿主から吸血する。このため、寄生の影響が著しくなると、寄生を受けた魚類は貧血を起こす。東京都浅川産「フナ」での研究(Kawatsu, 1978)によれば、フタゴムシ成体の寄生数の増加とともに(1尾当たり最高9個体)、宿主の血中ヘモグロビン濃度はほぼ直線的に減少した。フタゴムシが与える影響はその体サイズとも関係し、大型個体の寄生を受けた宿主は小型個体が寄生した場合よりも顕著な貧血状態になり、大型個体のみが寄生する冬季に大きな影響を与えると考えられている。フタゴムシの寄生を受けた個体は、血中ヘモグロビン濃度の減少のみでなく、幼若赤血球の出現率上昇、リンパ球の減少、一部に好中球の増加が見られ、低色素性小赤血球性貧血に分類されている。

浅川産「フナ」を用いて、薬剤によるフタゴムシの駆虫試験が行われた(Kawatsu, 1978)。フタゴムシが寄生した「フナ」を有機リン系殺虫剤のひとつ、トリクロルホン1 ppm溶液に48時間取容したところ、87%以上のフタゴムシが宿主から脱落し、駆虫効果が認められた。

### 水産業との関係

フタゴムシは養殖ゴイにも寄生する(亀谷ら, 1966; Kamegai, 1968)。養殖ゴイにおけるフタゴムシの寄生率は、福島県矢吹町と群馬県伊勢崎市でそれぞれ64.5%と30.3%であった(Kamegai, 1968)。伊勢崎市の養魚池から得た体長23 cmのコイにおける寄生数は5個体であった(亀谷ら, 1966)。養魚池で寄生魚の斃死等は報告されていない。

### フタゴムシに関する解説

フタゴムシの形態や生活史に関する簡単な解説が『日本動物図鑑』(吉田, 1927: 1706)、『改訂増補日本動物図鑑』(吉田, 1951: 1519)、『新日本動物図鑑 [上]』(吉田・山下, 1965: 336)、『新編日本動物図鑑』(吉田・山下, 1979: 124)、『日本動物大百科第7巻 無脊椎動物』(町田, 1997)に記されているほか、亀谷(2001: 56-65)にもフタゴムシに関する記述がある。

<sup>\*7</sup> 付録参照: 亀谷(1974b)は、体長9 cm以下のフナにフタゴムシの寄生が見られなかったと述べ、検査する場合は体長15 cm前後のフナを選ぶことを推奨している。

## コイ科魚類から報告された近縁未同定種

本解説の緒言で記したように、1970–2000年代に日本産コイ科魚類から「*Diplozoon* sp.」として報告されたフタゴムシ類がある。それら報告には形態が記載されていないために、この種がいかなる種であったかを推察することは困難であった。しかし、Shimazu *et al.* (2015) によってウグイフタゴムシが報告されたことにより、その国内分布（北海道、東京都、長野県、奈良県、広島県）や宿主（ウグイ *Tribolodon hakonensis*, エゾウグイ *Tribolodon sachalinensis*, マルタ *Tribolodon brandtii*, アブラハヤ *Phoxinus lagowskii steindachneri* [= *Phoxinus steindachneri*], タカハヤ *Phoxinus oxycephalus jouyi* [= *Phoxinus oxycephalus*]) に関する情報から、ウグイフタゴムシがフタゴムシとは異なる宿主を利用することが明らかになり、かつて「*Diplozoon* sp.」と報告された種の採集地や宿主の情報を用いることによって、「*Diplozoon* sp.」の種名をある程度類推できるようになった。本解説では、このような背景から、過去に「*Diplozoon* sp.」として報告されたフタゴムシ類の同定に関する考察を行うとともに、「*Diplozoon* sp.」の生物学的知見も整理しておく。

### 同定と宿主

北海道のウグイ属魚類「*Tribolodon* spp.」から報告された「*Diplozoon* sp.」（亀谷, 1976; Nagasawa *et al.*, 1989; Ogawa, 1994; Nagasawa *et al.* (1989) と Ogawa (1994) は同じ標本について述べており, Ogawa (1994) の標本（由来は目名川産ウグイ, 千歳川産ウグイ, 塘路湖産ウグイ・エゾウグイ, 釧路川産マルタ）を再検査した Shimazu *et al.* (2015: 152) は, それらはすべてウグイフタゴムシであったと述べている。亀谷 (1976) が「*Diplozoon* sp.」とした種の形態に関する情報はないものの<sup>\*8-9</sup>, 宿主がウグイ属魚類であったことを考えると, ウグイフタゴムシであった可能性が高い。

埼玉県荒川・利根川水系のコイ科魚類から報告された「*Diplozoon* sp.」（大倉ら, 1985; 大友ら, 1985; 鈴木・大倉, 1987, 1988）: 1980年代に埼玉県水産試験場が「*Diplozoon* sp.」の宿主範囲と分布に関する大規模な調査を行い, 荒川水系と利根川水系のコイ科魚類から「*Diplozoon* sp.」を得た。寄生が確認されたコイ科魚類は, ウグイ, アブラハヤ, タモロコ *Gnathopogon elongatus elongatus*, スゴモロコ *Squalidus chankaensis biwae* [= *Squalidus biwae*], オイカワ *Opsariichthys platypus* [= *Zacco platypus*], カワムツ *Candidia temminckii* [= *Zacco temminckii*], カマツカ *Pseudogobio esocinus esocinus* [= *Pseudogobio esocinus*], ニゴイ *Hemibarbus barbus*, フナ *Carassius* sp. [= *Carassius carassius*] の9種であった。魚種間で寄生状況に大きな差異があり, 鈴木・大倉 (1987) は「*Diplozoon* sp.」はウグイに特異的で寄生率は94.7–99.7%と高く, 次いでスゴモロコ (70.6–95.0%) とアブラハヤ (33.3–83.3%) で, 他魚種での寄生率は低かったと述べている。得られた「*Diplozoon* sp.」の形態に関する情報はないが, この種がウグイとアブラハヤに高率に寄生していたことから, ウグイフタゴムシであった可能性が高い。ただし, 上記9種のコイ科魚類のうち, 「フナ」はフタゴムシの宿主として知られており, 「フナ」寄生種の種名を類推するには更なる検討が必要である。この点に関して, 筆者（長澤）は, ウグイフタゴムシが卓越するような水域では本来の宿主ではない「フナ」にもウグイフタゴムシが低率で寄生する可能性を否定できないと考えている。それは, 鈴木・大倉 (1987) が調べた4か所の「フナ」における「*Diplozoon* sp.」の寄生率が3か所で0%, 寄生が認められた1か所でも僅かに7.7%であったため, フタゴムシが「フナ」を宿主として効率よく生活史を完結しているとは考えられず, むしろフタゴムシは寄生していなかったと考えられるからである。一方, 寄生が認められた場所におけるウグイでの寄生率は100%であり, ウグイの寄生個体由来する大量のオンコミラシジウムの一部が「フナ」に感染するこ

\*8 付録参照: 亀谷 (1971) は, 北海道幌別川産ウグイから本種を採集し, その形態的特徴として体長が小さく (2.1 mm), フタゴムシにある粘液腺がないこと挙げている。これらの特徴はウグイフタゴムシに一致する (長澤)。また, 亀谷・木村 (1977) は北海道岩尾内ダム湖 (要旨では「岩尾ダム」) 産エゾウグイにも本種を見出している。

\*9 付録参照: 上記の北海道産ウグイに加えて, 亀谷らは東京都多摩川と静岡県狩野川とのウグイからも「*Diplozoon* sp.」を得ている (亀谷, 1994c; 市原・亀谷, 1994; 亀谷・荒木, 1995; 亀谷・市原, 1995)。



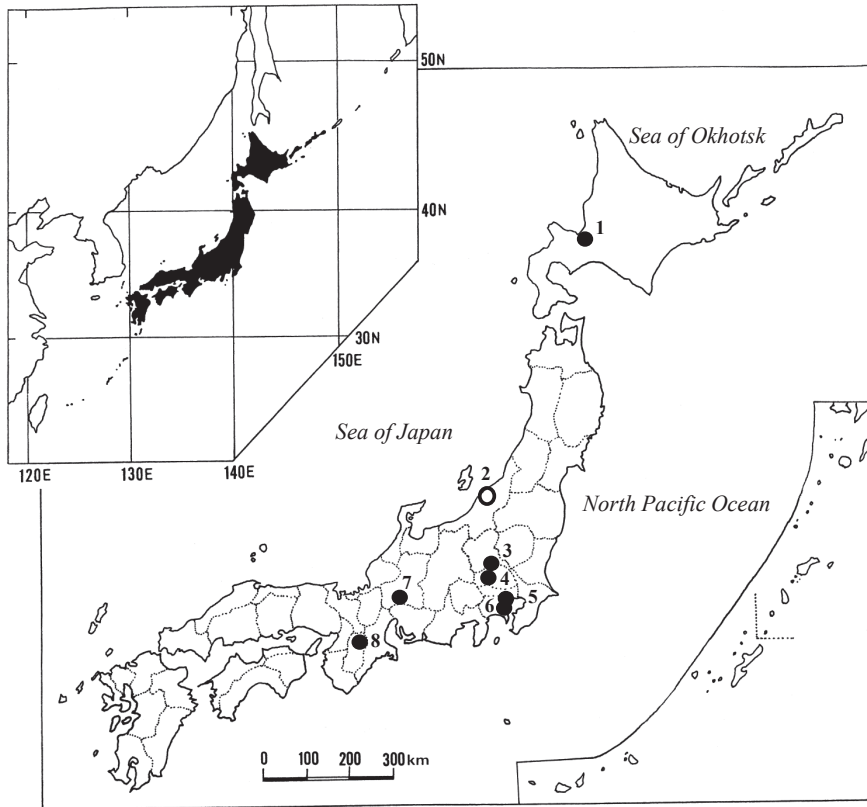


Fig. 3. Map of the Japanese Archipelago, showing the collection sites of *Diplozoon* sp. from wild (closed circles) and aquarium-held (open circle) cyprinids. 1, Lake Barato (Hokkaido); 2, Niigata City Aquarium (Niigata); 3, Tone River system (Saitama); 4, Ara River system (Saitama); 5, Oh-oka River (Kanagawa); 6, Sakai River (Kanagawa); 7, Kiso River system (Gifu); 8, Takami River (Nara). Dotted lines show prefectural boundaries.

ともあり得るのではないかと考えている\*<sup>10</sup>。

新潟市水族館のウケクチウグイから報告された「フタゴムシの1種 *Diplozoon* sp.」(進藤, 1997): この水族館で飼育していたウケクチウグイ *Tribolodon nakamurai* が斃死したことから, その原因を調べたところ, 鰓に「フタゴムシの1種 *Diplozoon* sp.」が寄生していた。この寄生虫はX状に合体した個体で, 体長は1.2–2.6 mmであった。体サイズがウグイフタゴムシに近い (2.09–3.89 mm: Shimazu *et al.* 2015) ことに加え, ウグイ属魚類に寄生していたことから, 問題の寄生虫はウグイフタゴムシであった可能性が高い。

神奈川県大岡川・境川のアブラハヤとオイカワから報告された「*Diplozoon* sp.」(水野ら, 1999): 水野ら (1999) は調査中に2種のフタゴムシ類を得て, ギンブナ寄生種をフタゴムシ (「*Diplozoon nipponicum*」と記述) に同定し, アブラハヤとオイカワに寄生していた種を「*Diplozoon* sp.」とした。したがって, アブラハヤとオイカワに寄生した種はフタゴムシではなく, 宿主にアブラハヤが含まれていたことから, 「*Diplozoon*

\*<sup>10</sup> 付録参照: 前記 (脚注\*<sup>3</sup>) したように, 亀谷 (1972a) は, 埼玉県小川町を流れる荒川上流で漁獲されたコイの鰓からフタゴムシと形態が著しく異なる *Diplozoon* sp. を得ており, 体長も 3.3 mm と小さかった。筆者 (長澤) は, それがフタゴムシではなくウグイフタゴムシであったかも知れないと考えている。

sp.]はウグイフタゴムシであった可能性が高い。

奈良県高見川のウグイとタカハヤから報告された「*Diplozoon* sp.」(中村ら, 2000): Shimazu *et al.* (2015)は同一場所のタカハヤから得た標本をウグイフタゴムシと同定していることから、この「*Diplozoon* sp.」も同種であった可能性が高い。

岐阜県木曽川水系のウグイ、アブラハヤ、フナから報告された「*Diplozoon* sp. (フタゴムシ)」(無記名, 2002): この報文では、本文にウグイとアブラハヤが宿主として挙げられ、付表にこれら両種に加えて「フナ」が宿主として示されている。ウグイとアブラハヤに寄生した種は、これら魚類を宿主としてよく利用するウグイフタゴムシである可能性がある。しかし、「フタゴムシの生物学」の「宿主」の項で既に述べたように、「フナ」に寄生した種をその宿主に基づいてフタゴムシと判断するには慎重な検討が必要である。上記2の埼玉県から報告された「*Diplozoon* sp.」のように、ウグイフタゴムシが卓越する場所では「フナ」にもウグイフタゴムシが寄生する可能性を否定できないからである。標本の精査に基づく同定が望まれる。

以上の整理と考察に基づくと、1970–2000年代に日本産コイ科魚類から「*Diplozoon* sp.」と報告された種は、多くの場合、ウグイフタゴムシであった可能性があることが明らかになった。また、残された標本を再検査して、ウグイフタゴムシに同定された例もあった (Shimazu *et al.*, 2015)。わが国でウグイフタゴムシの宿主として報告された魚種は5種 (ウグイ、エゾウグイ、マルタ、アブラハヤ、タカハヤ) (Shimazu *et al.*, 2015)であるが、上記の報文に基づくと、「*Diplozoon* sp.」はそれら以外の8種 (タモロコ、スゴモロコ、オイカワ、カワムツ、カマツカ、ニゴイ、「フナ」、ウケクチウグイ)にも寄生していた。また、ウグイフタゴムシが卓越すると考えられる水域では、フタゴムシの宿主である「フナ」にもウグイフタゴムシと思われる種が寄生する可能性が示唆された。

## 国内分布

「*Diplozoon* sp.」は北海道 (茨戸湖: Nagasawa *et al.*, 1989)、埼玉県 (荒川水系 [玉淀ダム周辺、入間川、越辺川、都幾川]、利根川水系 [利根川、神流川]: 大倉ら, 1985; 鈴木・大倉, 1987)、神奈川県 (大岡川、境川: 水野ら, 1999)、岐阜県 (木曽川水系 [木曽川、新境川]: 無記名, 2002)、奈良県 (高見川: 中村ら, 2000)の野生コイ科魚類に寄生していた (Fig. 3)。また、新潟市水族館の飼育魚からも記録がある (進藤, 1997)。

## 寄生状況の季節変化と経年変化

埼玉県の荒川中流域にある玉淀ダム下流で1984年4月–1985年3月に採集されたウグイにおける「*Diplozoon* sp.」の月別寄生状況が調べられた (大倉ほか, 1985)。それによると、寄生率は周年高く (73.1–100%)、顕著な季節変化は認められなかった。一方、ウグイ1尾当たりの平均寄生数の月別変化に基づくと、20個体以上が寄生した月は6月と8–11月で水温の高い時期に多くの寄生が見られた。

同じく玉淀ダムの周辺で、ウグイ、アブラハヤ、オイカワにおける「*Diplozoon* sp.」の寄生率が1984–1986年の3年間調べられた (鈴木・大倉, 1987)。ダム上流域では1984年には3魚種ともまったく寄生を受けていなかったが、1985年に初めて3魚種に寄生を認め、翌1986年にはウグイとアブラハヤでの寄生率が著しく高くなった (ウグイで93.0%、アブラハヤで70.0%)。ただし、この年のオイカワでの寄生率は0%であった。ダム下流域でも同様の調査が行われ、ウグイでは3年間高い寄生率を維持し、アブラハヤでは年を追って高くなったが、オイカワでの寄生率は年を追って低くなった。この結果に関して、鈴木・大倉 (1987)は、1985年のダム上流域における「*Diplozoon* sp.」の初記録は、前年にダムが開放されたことに加えて、釣り人による寄生魚の移送の可能性を示唆している。彼らは、オイカワにおける寄生率の減少に関する考察を行っていないが、筆者 (長澤)は、「*Diplozoon* sp.」の主要な宿主はウグイやアブラハヤであり、同じコイ科魚類のオイカワにも寄生できるが好適な宿主ではないため、安定した宿主・寄生虫関係を維持できずに、寄生率の減少を招いたのではないかと考えている。

## 病害性と対策

「*Diplozoon* sp.」もフタゴムシと同様に、宿主から吸血することにより宿主を貧血にすることが知られて

いる。新潟市水族館の飼育ウケクチウグイに寄生した例では、赤血球数やヘマトクリット値が著しく減少したほか、寄生部位周辺の呼吸上皮細胞の軽度増殖と鰓薄板の膨化が観察された（進藤，1997）。一方、野生魚での事例では、1984年の夏に埼玉県荒川水系の魚類、特にウグイに「*Diplozoon* sp.」が高率に寄生した。寄生魚は著しい貧血症状を呈し、痩せた個体が多かった（大友ら，1985）。多くのウグイやオイカワ等が斃死し、その原因として「*Diplozoon* sp.」による重度の貧血に加えて、河川の湯水や増水も関与したと考えられている（鈴木・大倉，1987）。

上記の魚類の斃死を契機として、埼玉県水産試験場で「*Diplozoon* sp.」の駆虫試験や殺卵試験が行われた。ウグイに寄生した「*Diplozoon* sp.」に対して顕著な駆虫効果を示したのはトリクロロホン 0.5 ppm 溶液の24時間浴と食塩 2.5% 溶液の30分間浴であった。ホルマリン浴は効果がなかった。トリクロロホン溶液による処理後にウグイの血液性状はかなり回復した（大友ら，1985）。また、ウグイに寄生した「*Diplozoon* sp.」が産んだ卵を用いて、薬剤による殺卵効果を調べたところ、ホルマリン 100 ppm 溶液と食塩 2.5% と 5.0% 溶液に顕著な効果があることが分かった（鈴木・大倉，1988）。

新潟市水族館のウケクチウグイに寄生した「*Diplozoon* sp.」に対して、ホルマリン 250 ppm 溶液で45分間浴とともに、餌料にビタミン B<sub>12</sub> を添加して与えたところ、駆虫されるとともに貧血が改善されたという（進藤，1997）。

## 今後の課題

今回、わが国におけるフタゴムシの研究で得られた知見を総括したが、研究がまだ不十分であることは明らかである。フタゴムシの成長、成熟、産卵過程に関して、若干の研究が行われたものの、その詳細は不明である。フタゴムシは、小さな水槽内で小型魚を用いて、生活史を完結させることができる。室内でフタゴムシをコイやフナ属魚類（キンギョ、フナ類各種・亜種）に人為的に感染させ、成長や生殖、寿命、宿主特異性、病害性等に関する多くの知見を得ることが期待される。

野外調査に基づくフタゴムシの生態学的知見が極めて不足している。宿主のフナ類は比較的容易に釣獲できるので、継続的に安定して採集できる場所を探し、寄生率や寄生数の季節変化、体長組成や成熟度組成の季節変化などを調べ、本種の長期・短期の個体群動態を明らかにすることが必要である。関連して、亜寒帯に属する北海道と温帯に属する本州では、フタゴムシの個体群動態は異なると推察される。地理分布に関する調査とともに、複数の地域における生態学的研究が求められる。また、異なる河川環境や湖沼環境によって寄生状況に差異が生ずると考えられるものの、フタゴムシが個体群を維持する環境要因に関する知見はなく、このような視点からの研究も必要であろう。

フタゴムシのほかに、本解説では、わが国のコイ科魚類から「*Diplozoon* sp.」として報告された種を取り上げ、個々の報文を検討して、多くの場合、その種はウグイフタゴムシに同定できる可能性を示唆した。同時に、現在、ウグイフタゴムシの宿主として知られる5種のほかに、8種の魚種が「*Diplozoon* sp.」の寄生を受けていたことを明らかにした。これは、私達が有するウグイフタゴムシに関する知見はまだ限られたものであり、今後、コイ科魚類からフタゴムシ類を得た際には種の同定を確実にを行う必要があることを示している。ウグイフタゴムシの宿主範囲はかなり広く、多くの河川・湖沼から見出せる可能性がある。

独特な形態と生活史、またその名前から、フタゴムシ類に興味をもつ一般市民や生物愛好家がいるはずである。フタゴムシ類は、淡水魚に寄生する単正類としては体が大きく（フタゴムシで約7 mm、ウグイフタゴムシで約3 mm）、種数も2種と少ないため、生物に関心がある市民や愛好家ならばほとんど迷うことなく同定でき、生態学的研究も可能である。採集した魚類をすぐに解剖しなくても、冷凍・解凍した魚類を検査することができ、水槽で小型コイ科魚類とともに維持することも可能である。フタゴムシ類研究の充実を図るには、研究者は自らの努力に加えて、一般市民や生物愛好家に啓蒙を行って理解を深めてもらい、彼らの研究を促す努力や支援も大切であろう。中学や高校の生物クラブにおいても、フタゴムシ類は恰好な研究対象になるかも知れない。

## 謝 辞

本解説の付録に示した故亀谷 了博士の研究業績を纏めるに当たり、公益財団法人目黒寄生虫館の職員に大変お世話になった。特に、巖城 隆博士からは多くの支援を得て、正確な研究業績目録を完成することができた。作業を進めるに当たり、同館名誉館員の市原醇郎氏が作成したメモが大変有用であった。また、広島大学大学院生物圏科学研究科の新田理人氏から本解説の原稿に適切なコメントを得た。記して厚くお礼を申し上げる。

## 引用文献

- Goto, S., 1891. On *Diplozoon nipponicum*, n. sp. *Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo*. 4: 151-192, 3 pls.
- 廣瀬一美・赤松 博・日比谷 京, 1987. 単生類 *Diplozoon nipponicum* のディポルバの発達と合体について. *日本水産学会誌*. 53: 953-957.
- 細谷和海, 2013. コイ科. 「日本産魚類検索 全種の同定 第3版」(中坊徹次 [編]) 東海大学出版会, 東京: 308-327.
- 飯島 魁, 1918. 動物學提要. 大日本図書, 東京. 950 + 30 pp.
- Kamegai, S., 1968. On *Diplozoon nipponicum* Goto, 1891. Part II. The distribution in Japan and the developmental observation. *Research Bulletin of the Meguro Parasitological Museum*. (2): 1-8.
- Kamegai, S., 1970a. On *Diplozoon nipponicum* Goto, 1891. Part III. The seasonal development of the reproductive organs of *Diplozoon nipponicum* parasitic on *Cyprinus carpio*. *Research Bulletin of the Meguro Parasitological Museum*. (3): 21-25.
- Kamegai, S., 1970b. An abnormal shape of reproductive organs of *Diplozoon nipponicum* Goto, 1891 from an old carp at Lake Kasumigaura, Japan. *Research Bulletin of the Meguro Parasitological Museum*. (4): 20.
- 亀谷 了, 1976. *Diplozoon* 属について. *動物分類学会会報*. (49): 1-9.
- 亀谷 了, 2001. 寄生虫館物語 可愛く奇妙な虫たちの暮らし. 文藝春秋, 東京. 238 pp.
- 亀谷 了・市原醇郎・加藤和子・野々部春登・町田昌昭, 1966. *Diplozoon nipponicum* Goto, 1891について. 第1報, コイ *Cyprinus carpio* より得たる虫体の形態学的観察. *目黒寄生虫館月報*. (83/84): 2-9.
- 川村多實二, 1918. 日本淡水生物学 上巻. 裳華房, 東京. 363 pp.
- Kawatsu, H., 1978. Studies on the anemia of fish-IX. Hypochromic microcytic anemia of crucian carp caused by infestation with a trematode, *Diplozoon nipponicum*. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. 44: 1315-1319.
- 木村正幸, 1977. *Diplozoon nipponicum* Goto, 1891の研究: 成虫の培養における水温及び培養液の影響について. *目黒寄生虫館ニュース*. (128): 5-14.
- 北原妙子・廣瀬一美・日比谷 京, 1986. フタゴムシ *Diplozoon nipponicum* の非産卵期における生殖器官について. *日本水産学会誌*. 52: 1307-1312.
- Khotenovsky, I. A., 1985. *Suborder Octomacrinea Khotenovsky*. Fauna of the USSR. Monogenea. Izdatel'stvo, "Nauka", Leningrad. New Series, No. 132, 262 pp. (In Russian).
- 無記名, 2002. 実験河川における魚類寄生虫相とその特色. 平成13年度自然共生研究センター研究報告書. 独立行政法人土木研究所, つくば: 206-218.
- 町田昌昭, 1997. 単生綱. 「日本動物大百科, 第7巻 無脊椎動物」(日高敏隆 [監], 奥谷喬司・武田正倫・今福道夫 [編]) 平凡社, 東京: 51.
- Maneepitaksanti, W., Nagasawa, K., 2012. *Actinocleidus fergusonii* (Monogenea: Ancyrocephalidae), a gill parasite of bluegill (*Lepomis macrochirus*), new to Japan. *Biogeography*. 14: 93-97.
- 水野寛己・岩下 誠・斉藤秀行・中島 優・広瀬一美・小川和夫・樋口文夫・福嶋 悟, 1999. 横浜市内河川の魚類における寄生虫の感染状況. *横浜市環境科学研究所報*. (23): 46-50.

- 宮地傳三郎・川那部浩哉・水野信彦, 1976. 原色日本淡水魚類図鑑. 保育社, 大阪. 462 pp.
- Nagasawa, K., Obe, M., 2013. Spatial distribution of *Neoergasilus japonicus* (Copepoda: Ergasilidae) on the fins of the bluegill (*Lepomis macrochirus*). *Journal of Natural History*. **47**: 543-552.
- Nagasawa, K., Awakura, T., Urawa, S., 1989. A checklist and bibliography of parasites of freshwater fishes of Hokkaido. *Scientific Reports of the Hokkaido Fish Hatchery*. (44): 1-49.
- Nagasawa, K., Inoue, A., Myat, S., Umino, T., 2007. New host records for *Lernaea cyprinacea* (Copepoda), a parasite of freshwater fishes, with a checklist of the Lernaeidae in Japan (1915-2007). *Journal of the Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University*. **46**: 21-33.
- Nagasawa, K., Katahira, H., Nitta, M., 2013. *Isoparorchis hypselobagri* (Trematoda: Isoparorchidae) from freshwater fishes in western Japan, with a review of its host-parasite relationships in Japan (1915-2013). *Biogeography*. **15**: 11-20.
- Nagasawa, K., Sato, H., Nitta, M., 2014. The parasitic copepod *Neoergasilus japonicus* (Ergasilidae) from a new host *Candidia sieboldii* (Cyprinidae). *Biogeography*. **16**: 47-48.
- 小川和夫, 1983. 単生虫病. 「魚病学 [感染症・寄生虫病篇]」(江草周三 [編]) 恒星社厚生閣, 東京: 253-289.
- 小川和夫, 2008. 寄生虫病. 「改訂・魚病学概論」(小川和夫・室賀清邦 [編]) 恒星社厚生閣, 東京: 108-122.
- Ogawa, K., 1994. Monogenean parasites of freshwater fishes of Hokkaido, Japan. *Scientific Reports of the Hokkaido Fish Hatchery*. **48**: 59-67.
- 大倉 正・鈴木 栄・大友芳成・田崎四郎, 1985. 荒川水系における *Diplozoon* sp. の分布およびウグイへの寄生率の季節的変動. 埼玉県水産試験場研究報告. (44): 82-85.
- 大友芳成・鈴木 栄・大倉 正, 1985. ウグイに寄生した *Diplozoon* sp. の駆虫方法および駆虫後の血液性状の変化について. 埼玉県水産試験場研究報告. (44): 86-93.
- Shimazu, T., Kobayashi, K., Tojo, K., Besprozvanikh, V. V., Ogawa, K., 2015. *Paradiplozoon skrjabini* (Monogenea, Diplozoidae), an ectoparasite on the gills of freshwater fishes (Cyprinidae, Leuciscinae) of Japan and Primorsky Region, Russia: a morphological and molecular study. *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series A*. **41**: 137-154.
- 進藤順治, 1997. 水槽飼育のウケクテウグイに見られた単生類フタゴムシの1種の寄生. *動物園水族館雑誌*. **38**: 88-92.
- Sicard, M., Desmarais, E., Vigneux, F., Shimazu, T., Lambert, A., 2003. Molecular phylogeny of the Diplozoidae (Monogenea, Polyopisthocotylea) parasitizing 12 species of Cyprinidae (Teleostei): new data about speciation. In: *Taxonomy, Ecology and Evolution of Metazoan Parasites*, Eds. Combes, C. and Jourdan. **2**: 199-211. Presses Universitaires de Perpignan, Perpignan.
- 鈴木 栄・大倉 正, 1987. 埼玉県内河川における単世代吸虫, *Diplozoon* 属の一種の分布について (1984~1986年). 埼玉県水産試験場研究報告. (46): 76-87.
- 鈴木 栄・大倉 正, 1988. ウグイに寄生した単世代吸虫 *Diplozoon* 属卵に対する薬剤の殺卵効果. 埼玉県水産試験場研究報告. (47): 88-90.
- 内田 亨 (監), 1972. 谷津・内田動物分類名辞典. 中山書店, 東京. 1411 pp.
- 浦部美佐子, 2016. 湖と川の寄生虫たち. サンライズ出版, 彦根. 109 pp.
- 横山 博・長澤和也, 2014. 養殖魚介類の寄生虫の標準と名目録. *生物圏科学*. **53**: 73-97.
- 吉田貞雄, 1927. ふたごむし. 「日本動物図鑑」(内田清之助 [編]) 北隆館, 東京: 1706.
- 吉田貞雄, 1951. ふたごむし *Diplozoon nipponicum* Goto. 「改訂増補日本動物図鑑」(内田清之助 [編]) 北隆館, 東京: 1519.
- 吉田貞雄・山下次郎, 1965. ふたごむし *Diplozoon nipponicum* Goto. 「新日本動物図鑑 [上]」(岡田 要・内田清之助・内田 亨 [監]) 北隆館, 東京: 336.
- 吉田貞雄・山下次郎, 1979. ふたごむし *Diplozoon nipponicum* Goto. 「新編日本動物図鑑」(内田 亨 [監], 今島 実・武田正倫 [編]) 北隆館, 東京: 124.



## 付 録

## 亀谷了博士によるフタゴムシ類に関する研究業績目録 (1965-2001年)

学術論文・著書 下記の情報は公刊された年順に掲載されている。

- 亀谷了・市原醇郎・加藤和子・野々部春登・町田昌昭, 1966. *Diplozoon nipponicum* Goto, 1891について. 第1報, コイ *Cyprinus carpio* より得たる虫体の形態学的観察. *目黒寄生虫館月報*. (83/84): 2-9.
- Kamegai, S., 1968. On *Diplozoon nipponicum* Goto, 1891. Part II. The distribution in Japan and the developmental observation. *Research Bulletin of the Meguro Parasitological Museum*. (2): 1-8.
- Kamegai, S., 1970a. On *Diplozoon nipponicum* Goto, 1891. Part III. The seasonal development of the reproductive organs of *Diplozoon nipponicum* parasitic on *Cyprinus carpio*. *Research Bulletin of the Meguro Parasitological Museum*. (3): 21-25.
- Kamegai, S., 1970b. An abnormal shape of reproductive organs of *Diplozoon nipponicum* Goto, 1891 from an old carp at Lake Kasumigaura, Japan. *Research Bulletin of the Meguro Parasitological Museum*. (4): 20.
- 亀谷了, 1976. *Diplozoon* 属について. *動物分類学会会報*. (49): 1-9.
- 亀谷了, 2001. 寄生虫館物語 可愛く奇妙な虫たちの暮らし. 文藝春秋, 東京. 238 pp.

学会講演 亀谷了博士は日本寄生虫学会大会・支部大会等でフタゴムシ類に関する多くの講演を行った。しかし、講演の主題名「*Diplozoon nipponicum* Goto, 1891の研究」の直後に付された「継続番号」には問題がある。それは、継続番号に欠番がしばしばあったことに加え、後年、訂正の付記もなく継続番号が修正されたからである。更に、講演の主題名が変更されたり、誤った継続番号が用いられることもあった。このため、亀谷博士の研究業績を寄生虫学会誌で検索する人は、多くの努力を払っても文献の順番が一致せず、混乱を招くことが予想される。そこで本解説では、講演題目の継続番号に問題がある場合には、まず原題を記した後、目黒寄生虫館名誉研究員の市原醇郎氏によるメモ（目黒寄生虫館にファイルとして保管）に基づいて正しい継続番号を角括弧内に付記し、混乱を防ぐことにする。また必要に応じて、筆者（長澤）によるメモも角括弧内に付した。下記の情報は講演順に掲載されている。

- 亀谷了・市原醇郎・加藤和子・野々部春登・町田昌昭, 1965. 霞ヶ浦の淡水魚より得たる2, 3の寄生虫について—コイの *Diplozoon nipponicum* とくに虫卵およびヒガイの *Digamma alterans*. *寄生虫学会誌*. **14**(7): 607-608. [最後の種小名は誤りで正しくは *alternans*: 長澤]
- 亀谷了・市原醇郎・町田昌昭, 1966. *Diplozoon nipponicum* Goto, 1891の分布と虫卵の観察. *寄生虫学会誌*. **15**(4): 303. [継続番号なし: 市原氏によれば第1報に相当]
- 亀谷了・市原醇郎・町田昌昭, 1967. *Diplozoon nipponicum* Goto, 1891の研究 (2). 虫卵の発育について. *寄生虫学会誌*. **16**(4): 231-232.
- 亀谷了, 1968a. *Diplozoon nipponicum* Goto, 1891の研究 (3). 分布地の追加と larval hook, biporpa 及び腸管終末の分岐の存在. *寄生虫学会誌*. **17**(4): 289-290. [biporpa は diporpa の誤り: 長澤]
- 亀谷了, 1968b. *Diplozoon nipponicum* Goto, 1891の研究 (4). 生殖器官の発育の季節による変化. *寄生虫学会誌*. **17**(6): 567.
- 亀谷了, 1969. *Diplozoon nipponicum* Goto, 1891の研究 (5). 再び産卵について. *寄生虫学会誌*. **18**(4): 378-379.
- 亀谷了, 1970. *Diplozoon nipponicum* Goto, 1891の研究 (6). 産卵に関する組織学的研究. *寄生虫学会誌*. **19**(4): 406-407.
- 亀谷了, 1971. 北海道産ウグイ *Tribolodon hakonensis* より得られたる *Diplozoon* 属の一種について. *寄生虫学会誌*. **20**(4): 274. [継続番号なし: 市原氏によれば第7報に相当]
- 亀谷了, 1972a. 埼玉県荒川上流の鯉より得たる *Diplozoon* について. *寄生虫学会誌*. **21** (1, 補): 5. [継

続番号なし：市原氏によれば第8報に相当]

- 亀谷 了, 1972b. *Diplozoön nipponicum* の Oncomiracidium の発育の観察. 寄生虫学会誌. **21** (増): 81. [継続番号なし：市原氏によれば第9報に相当]
- 亀谷 了, 1973a. 単生目吸虫 *Diplozoön* 属について. 動物分類学会会報. (46): 21. 動物分類学会第9回大会講演要旨.
- 亀谷 了, 1973b. *Diplozoön nipponicum* の clamp について. 寄生虫学会誌. **22** (増): 98. [継続番号なし：市原氏によれば第10報に相当]
- 亀谷 了, 1974a. *Diplozoön nipponicum* Goto, 1891の研究 (9). 虫卵の filament について. 寄生虫学会誌. **23** (1, 補): 15. [講演主題名の復活, 継続番号は正しくない：市原氏によれば第11報に相当]
- 亀谷 了, 1974b. *Diplozoön nipponicum* Goto, 1891の研究 (10). 新しい分布地の追加. 寄生虫学会誌. **23** (増): 89. [継続番号は正しくない：市原氏によれば第12報に相当]
- Kamegai, S., 1974. Studies on *Diplozoön nipponicum* Goto, 1891. Abstracts of ICOPA III, Munich, Germany. pp. 334-335.
- 亀谷 了, 1975a. 琵琶湖産魚類の *Diplozoön* の検索. 寄生虫学会誌. **24** (1, 補): 5. [講演主題名の消失, 継続番号なし：市原氏によれば第13報に相当]
- 亀谷 了, 1975b. *Diplozoön* 属の研究 (16). 北海道大沼のフナの *Diplozoön nipponicum* Goto, 1891について. 寄生虫学会誌. **24** (増): 68. [講演主題名の変更：市原氏によれば第14報と第15報は欠番]
- 亀谷 了, 1976. *Diplozoön* 属の研究 (17). 日本における分布の今日までの調査の総括. 寄生虫学会誌. **25** (増): 87.
- 亀谷 了・木村正幸, 1977. *Diplozoön* 属の研究 (18). コイ・フナ以外の淡水魚の調査. 寄生虫学会誌. **26** (1, 補): 6.
- 亀谷 了, 1977a. *Diplozoön* 属の研究 (19). 東京都多摩川のフナ・コイの調査. 寄生虫学会誌. **26** (増): 45.
- 亀谷 了, 1977b. *Diplozoön* 属の研究 (20). 産卵に関する研究1. 空卵及び奇形卵の産出. 寄生虫学会誌. **26** (5, 補): 31.
- 亀谷 了, 1978. *Diplozoön* 属の研究 (21). Oncomiracidium の孵化条件. 寄生虫学会誌. **27** (増): 75.
- 亀谷 了, 1979. *Diplozoön nipponicum* Goto, 1891の研究 (22). 金魚における実験的感染. 寄生虫学会誌. **28** (1, 補): 5. [旧講演主題名の復活：長澤]
- 亀谷 了・市原醇郎・亀谷俊也, 1979. *Diplozoön* 属の研究 (21). Oncomiracidium の孵化の季節による変化. 寄生虫学会誌. **28** (増): 44. [講演主題名を元に戻した, 継続番号が正しくない：市原氏によれば第23報に相当]
- 市原醇郎・亀谷 了・亀谷俊也, 1980. *Diplozoön* 属の研究 (24). 多摩川丸子橋付近のフナにおける寄生率の季節的变化及びフナの雌雄による寄生率の差. 寄生虫学会誌. **29** (1, 補): 17.
- 亀谷 了・市原醇郎・亀谷俊也, 1980a. *Diplozoön* 属の研究 (25). 水温が卵の孵化能力に与える影響. 寄生虫学会誌. **29** (1, 補): 17.
- 亀谷 了・亀谷俊也・市原醇郎, 1980b. *Diplozoön* 属の研究 (27). *Diplozoön nipponicum* の Oncomiracidium の繊毛上皮細胞の観察. 寄生虫学会誌. **29** (増): 43. [市原氏によれば第26報は欠番]
- 亀谷 了・亀谷俊也・市原醇郎, 1980c. *Diplozoön* 属の研究 (28). 感染後24時間までの Diporpa の変化. 寄生虫学会誌. **29** (増): 94.
- 亀谷 了・市原醇郎, 1981a. *Diplozoön* 属の研究 (29). 金魚の感染にあたる水温の影響及び Oncomiracidium の数の問題. 寄生虫学会誌. **30** (1, 補): 8.
- 亀谷 了・市原醇郎, 1981b. *Diplozoön* 属の研究 (30). 実験的感染の場合における水量の問題. 寄生虫学会誌. **30** (増): 113.
- 亀谷 了・市原醇郎・亀谷俊也, 1982a. *Diplozoön* 属の研究 (31). 卵の孵化と Oncomiracidium の生存に適する水質の問題. 寄生虫学会誌. **31** (1, 補): 12-13.
- 亀谷 了・市原醇郎・亀谷俊也, 1982b. *Diplozoön* 属の研究 (31). 金魚における Oncomiracidium の感染

- 率の実験的観察と pair 形成の問題. *寄生虫学会誌*. 31 (増): 75. [継続番号が前報と重複: 市原氏によれば第32報に相当]
- Kamegai, S. and Ichihara, A., 1982. Studies on *Diplozoan nipponicum* Goto, 1891. No. 32. Ecology & development. *Abstracts of ICOPA V, Toronto*: 116. [継続番号は正しくない: 市原氏によれば第33報に相当]
- 亀谷 了・市原醇郎・亀谷俊也, 1983a. *Diplozoan* 属の研究 (34). 感染初期における diporpa の安定度. *寄生虫学会誌*. 32 (1, 補): 6.
- 亀谷 了・市原醇郎・亀谷俊也, 1983b. *Diplozoan* 属の研究 (35). 金魚における感染初期の diporpa の集合現象. *寄生虫学会誌*. 32 (増): 48.
- 市原醇郎・亀谷 了・亀谷俊也, 1983. *Diplozoan* 属の研究 (36). *D. nipponicum* の産卵数の観察. *寄生虫学会誌*. 32 (増): 69.
- 亀谷 了・市原醇郎・亀谷俊也, 1984. *Diplozoan* 属の研究 (37). 実験感染で観察された産卵に要する日数. *寄生虫学会誌*. 33 (1, 補): 8-9.
- 亀谷 了, 1984. *Diplozoan* 属の研究 (38). コイ・フナ・金魚以外の淡水魚への実験的感染. *寄生虫学会誌*. 33 (増): 72.
- 亀谷 了, 1985a. *Diplozoan* 属の研究 (39). clamp 把握器の作用. *寄生虫学会誌*. 34 (1, 補): 17.
- 亀谷 了, 1985b. *Diplozoan* 属の研究 (40). Diporpa の接合に対する Cortisone acetate の影響. *寄生虫学会誌*. 34 (増): 102.
- 亀谷 了, 1986. *Diplozoan* 属の研究 (41). 韓国より初めて発見された *Diplozoan* について. *寄生虫学会誌*. 35 (1, 補): 15.
- 亀谷 了・八木田健司, 1986. *Diplozoan* 属の研究 (42). Diporpa の接合に対する温度の影響. *寄生虫学会誌*. 35 (増): 119.
- Kamegai, S., 1986. Studies on *Diplozoan nipponicum* Goto, 1891 (43). The gathering phenomenon of diporpa and the effect of cortisone acetate on the union of diporpa. *Abstracts of ICOPA VI, Brisbane*: 161.
- 亀谷 了, 1987a. *Diplozoan* 属の研究 (44). フナ, 金魚における鰓蓋切除と感染率. *寄生虫学会誌*. 36 (2, 補): 12-13.
- 亀谷 了, 1987b. *Diplozoan* 属の研究 (45). *D. nipponicum* の発育にあたり Clamp 形成前に現れた1対の棘について. *寄生虫学会誌*. 36 (増): 69.
- 亀谷 了, 1988a. *Diplozoan* 属の研究 (46). *D. nipponicum* 虫卵の孵化に及ぼす温度の影響. *寄生虫学会誌*. 37 (1, 補): 21-22.
- 亀谷 了, 1988b. *Diplozoan* 属の研究 (47). 卵内における larva の体位の逆転. *寄生虫学会誌*. 37 (増): 95.
- 亀谷 了, 1989a. *Diplozoan* 属の研究 (48). *D. nipponicum* の oncomiracidium の発育に与える藻の影響. *寄生虫学会誌*. 38 (1, 補): 39-40.
- 亀谷 了, 1989b. *Diplozoan* 属の研究 (49). *D. nipponicum* の虫卵発育に対する Cortisone acetate の影響. *寄生虫学会誌*. 38 (増): 81.
- 亀谷 了, 1990a. *Diplozoan* 属の研究 (50). *D. nipponicum* の実験的感染鰻の斃死前に起こった多数産卵の異常現象 (1). *寄生虫学会誌*. 39(1): 154-155.
- 亀谷 了, 1990b. *Diplozoan* 属の研究 (51). 孵化直後の oncomiracidium の生存期間と温度との関係. *寄生虫学会誌*. 39 (増): 131.
- Kamegai, S., 1990. Studies on the genus *Diplozoan* No. 52. Abnormally increased egg laying of *D. nipponicum* before the death of experimental host fish, *Carassius carassius*. *Abstracts of ICOPA VII, Paris*: 291.
- 亀谷 了, 1991a. *Diplozoan* 属の研究 (53). 虫卵の発育に与える接触の影響. *寄生虫学会誌*. 40(1): 125.
- 亀谷 了, 1991b. *Diplozoan* 属の研究 (54). 孵化せざる異常卵の運命. *寄生虫学会誌*. 40 (増): 74.
- 亀谷 了, 1992a. *Diplozoan* 属の研究 (55). 孵化せざる異常卵の運命 (その2). 胞状体の発生と温度との関係. *寄生虫学会誌*. 41 (1, 補): 84.



- 亀谷 了, 1992b. *Diplozoon* 属の研究 (56). 孵化せざる異常卵の運命 (その3). 球状小体の出現. *寄生虫学会誌*. **41** (増): 95.
- 亀谷 了, 1993a. *Diplozoon* 属の研究 (57). 孵化せざる發育異常卵の研究 (その4). 宿主の酸欠は發育異常卵の發生の一因子であるか. *寄生虫学会誌*. **42** (1, 補): 90. [講演副題名が変更された: 長澤]
- 亀谷 了, 1993b. *Diplozoon* 属の研究 (58). 宿主死亡直前の異常産卵の培養. *寄生虫学会誌*. **42** (増): 96.
- 亀谷 了, 1994a. *Diplozoon* 属の研究 (59). 宿主の環境変化が虫の産卵に与える影響. *寄生虫学会誌*. **43** (1, 補): 73-74.
- 亀谷 了, 1994b. *Diplozoon* 属の研究 (60). 眼点の出現と水温の関係. *寄生虫学会誌*. **43** (増): 76.
- 亀谷 了, 1994c. *Diplozoon* 属の研究 (62). ウグイより得たる *Diplozoon* sp. の卵の發育について. *寄生虫学会誌*. **43**(5): 431-432. [市原氏によれば第61報は欠番]
- 市原醇郎・亀谷 了, 1994. *Diplozoon* 属の研究 (63). ウグイより得られた *Diplozoon* sp. のキンギョ, オイカワ, ウグイへの感染実験. *寄生虫学会誌*. **43**(5): 432.
- 亀谷 了・荒木 潤, 1995. *Diplozoon* 属の研究 (64). ウグイより得たる *Diplozoon* sp. の幼虫の走行性. *寄生虫学会誌*. **44** (増): 57.
- 亀谷 了・市原醇郎, 1995. *Diplozoon* 属の研究 (65). ウグイの *Diplozoon* sp. の oncomiracidium は感染後何日で産卵をはじめるか. *寄生虫学会誌*. **44**(6): 506.
- 市原醇郎・亀谷 了, 1996. *Diplozoon* 属の研究 (66). *D. nipponicum* の虫体1匹の感染により算出した1日の産卵数. *寄生虫学会誌*. **45** (増): 127.
- 亀谷 了・市原醇郎, 1996. *Diplozoon* 属の研究 (67). *Diplozoon nipponicum* の寄生による金魚の鰓の血管破壊. *寄生虫学会誌*. **45** (増): 128.
- Kamegai, S., 1997. Studies on the genus *Diplozoon* (68). One case report on single adult worm infection of *D. nipponicum*. *Parasitology International*, **46** (suppl.): 126.

**A note on *Eudiplozoon nipponicum* and *Diplozoon* sp. (Monogenea: Diplozoidae) parasitic on cyprinids in Japan, with a list of the works of Dr. Satoru Kamegai on diplozoids**

Kazuya NAGASAWA

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University  
1-4-4 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-8528, Japan*

**Abstract** The diplozoid monogenean *Eudiplozoon nipponicum* (Goto, 1891) is a gill parasite of crucian carps (*Carassius* spp.) and common carp (*Cyprinus carpio*) in Japan. This note compiles information on the host species, geographical distribution, life history, maturation and spawning, occurrence related to fish size, pathogenicity, and control of the species based on the literature published in Japan for 126 years from 1891 and 2016. Since the 1970's, an unidentified diplozoid has been reported as *Diplozoon* sp. from various cyprinids in Japan. This diplozoid is very likely to be *Paradilpozoon skrjabini* Akhmerov, 1974, another species of diplozoid reported from Japan in 2015. The titles of scientific papers, a book, and oral presentations at academic meetings by Dr. Satoru Kamegai on the biology of diplozoids are listed in the appendix.

**Key words:** cyprinids, *Diplozoon* sp., *Eudiplozoon nipponicum*, fish parasite, Monogenea, *Paradilpozoon skrjabini*, Satoru Kamegai

## REVIEW

### A synopsis of the parasites from cyprinid fishes of the genus *Tribolodon* in Japan: A 2016 update and supplement

Kazuya NAGASAWA<sup>1)\*</sup> and Hirotaka KATAHIRA<sup>1,2)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
1-4-4 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-8528, Japan

<sup>2)</sup> Present address: National Research Center for Protozoan Diseases, Obihiro University of  
Agriculture & Veterinary Medicine, Nishi-2-13 Inada-cho, Obihiro, Hokkaido 080-8555, Japan

**Abstract** The synopsis of the parasites from cyprinids of the genus *Tribolodon* in Japan was published in 2013 and is here updated and supplemented using the recently published papers and those not cited before. In this updated version, information on 15 species, including six newly added species, is compiled as Parasite-Host List. For 108 years from 1908 to 2015, a total of 48 nominal species of parasites of the following taxa were reported: Ciliophora (2 species), Myxozoa (1), Trematoda (20), Monogenea (1), Cestoda (3), Nematoda (9), Acanthocephala (3), Hirudinida (1), Mollusca (1), Copepoda (6), and Isopoda (1). Those nominal species and parasites not identified to species level are listed in Host-Parasite List: 48, eight, four, and three nominal species were from *T. hakonensis*, *T. sachalinensis*, *T. brandtii maruta*, and *T. brandtii brandtii*, respectively, and one unidentified species was from *T. nakamuraii*.

**Key words:** parasites, synopsis, *Tribolodon brandtii brandtii*, *Tribolodon brandtii maruta*, *Tribolodon hakonensis*, *Tribolodon nakamuraii*, *Tribolodon sachalinensis*

## INTRODUCTION

The synopsis of the parasites from cyprinid fishes of the genus *Tribolodon* in Japan was published in 2013 based on the literature published for 106 years between 1908 and 2013 (Nagasawa and Katahira, 2013). This synopsis contained the information on both protistan and metazoan parasites reported from the four species of *Tribolodon* (*T. hakonensis*, *T. sachalinensis*, *T. brandtii*, and *T. nakamuraii*) in Japan, and 44 nominal species of parasites were listed by higher taxon as follows: Ciliophora (2 species), Myxozoa (1), Trematoda (18), Cestoda (3), Nematoda (9), Acanthocephala (2), Hirudinida (1), Mollusca (1), Copepoda (6), and Isopoda (1). The synopsis also contained the information on unidentified species of Monogenea and Branchiura.

The synopsis is updated here based on the papers published between 2014 and 2015 (Skern-Mauritzen *et al.*, 2014; Shimazu, 2014; Shimazu *et al.*, 2015) and those overlooked in the 2013 version (Shiraki, 1974; Sicard *et al.*, 2003; Amin *et al.*, 2007; Shimazu, 2007, 2013; Nakano and Itoh, 2011). In this updated version, the following six species of metazoan parasites are newly added:

1. *Azygia rhinogobii* Shimazu, 2007 (Trematoda) from *T. hakonensis* (Shimazu, 2007, 2014);
2. *Sanguinicola ugui* Shimazu, 2007 (Trematoda) from *T. hakonensis* (Shimazu, 2007, 2013);
3. *Paradiplozoon skrjabini* Akhmerov, 1974 (Monogenea) from *T. hakonensis*, *T. sachalinensis*, and *T. brandtii brandtii* (Sicard *et al.*, 2003; Shimazu *et al.*, 2015);
4. *Contraecaecum osculatum* (Rudolphi, 1802) (Nematoda) from *T. hakonensis* (Shiraki, 1974);
5. *Hysterothylacium* sp. (Nematoda) from *T. hakonensis* (Shiraki, 1974); and
6. *Pseudorhadinorhynchus samegaiensis* Nakajima and Egusa, 1975 (Acanthocephala) from *T. hakonensis* (Amin *et al.*, 2007).

Shimazu *et al.* (2015) examined some institutional specimens of the monogenean listed as *Diplozoon* sp. in the previous version and identified them as *P. skrjabini*. However, no other specimens of *Diplozoon* sp. have yet been examined for identification. Thus, the information on *Diplozoon* sp. still remains here after slightly revised. For the three species, *viz.*, *Asymphylogdora innominata* (Faust, 1924) (Trematoda), *Anisakis simplex* (Rudolphi, 1809) (Nematoda), and *Limnotrachelobdella okae* (Moore, 1924) (Hirudinida), Shimazu's (2007), Shiraki's (1974), and Nakano and Itoh's (2011) papers are newly cited in this version, respectively, and the information on these three parasites is revised here. Moreover, a new scientific name is adopted here for each of the following species listed before because their scientific name has currently been changed: *Isoparorchis hypselobagri* (Billet, 1898) (Trematoda), *Bothriocephalus achelilogathi* Yamaguti, 1934 (Cestoda), *Hysterothylacium aduncum* (Rudolphi, 1802) (Nematoda), *Pseudocapillaria tomentosa* (Dujardin, 1843) (Nematoda), and *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837) (Copepoda).

Like in Nagasawa and Katahira (2013), the information on the above mentioned parasites is assembled as Parasite–Host and Host–Parasite lists. In the **PARASITE–HOST LIST**, parasites are arranged by higher taxon in the following order: Trematoda, Monogenea, Cestoda, Nematoda, Acanthocephala, and Hirudinida. Within each higher taxon, genera and species are listed alphabetically. For each species of parasite, the following information is provided:

1) The current **scientific name**, including author(s) and date(s), followed by any original combination, recognized synonym(s), or other identifications(s) that have been used in establishing records from *Tribolodon* spp. in Japan.

2) The **habitat** in which the parasite was acquired and normally completes its life cycle is given as FW for fresh waters, B for brackish waters, and M for marine waters.

3) The **Site(s) of infection** of the parasite in or on its host. If the site was not given in the original record, the likely site was determined from other records and is enclosed in square brackets.

4) The **Distribution** of the parasite is indicated by prefecture (boundaries shown in Fig. 1), in geographical order from northeast to southwest.

5) The **Record(s)**. The authors responsible for the records are listed in chronological order. If a parasite has been reported more than once, the references are numbered, but not when there has been only one record of the parasite. Each reference is followed by the locality or localities given in two parts, first the prefecture and then the detailed collection locality or localities from which the parasite was reported. If no locality record was given, the geographical locality is shown by a dash ( – ). When all records are from the same prefecture, only the detailed collection locality or localities are listed.

6) Under **Remarks**, explanatory comments are given on systematics, nomenclature, useful references, and notes on specific items such as tentative parasite identifications in the original reports.

7) The **References** section includes works directly cited in the Parasite-Host List. If only a Japanese

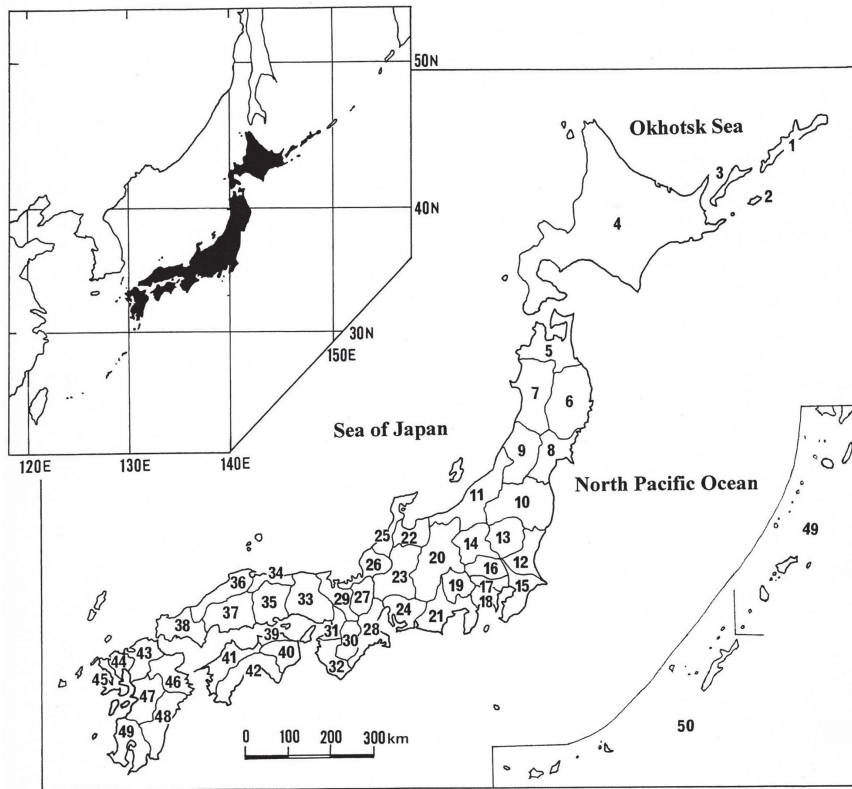


Fig. 1. Map of Japan showing the prefectural boundaries. The following prefectural names are arranged in alphabetical order: Aichi–24; Akita–7; Aomori–5; Chiba–15; Ehime–41; Etorofu Island–1; Fukui–26; Fukuoka–43; Fukushima–10; Gifu–23; Gunma–14; Hiroshima–37; Hokkaido–4; Hyogo–33; Ibaraki–12; Ishikawa–25; Iwate–6; Kagawa–39; Kagoshima–49; Kanagawa–18; Kochi–42; Kumamoto–47; Kunashiri Island–3; Kyoto–29; Mie–28; Miyagi–8; Miyazaki–48; Nagano–20; Nagasaki–45; Nara–30; Niigata–11; Oita–46; Okayama–35; Okinawa–50; Osaka–31; Saga–44; Saitama–16; Shiga–27; Shikotan Island–2; Shimane–36; Shizuoka–21; Tochigi–13; Tokushima–40; Tokyo–17; Tottori–34; Toyama–22; Wakayama–32; Yamagata–9; Yamaguchi–38; and Yamanashi–19.

title was given by the original author(s), our translation of the title into English is provided in square brackets.

In the **HOST-PARASITE LIST**, hosts are listed alphabetically. The scientific, English, and Japanese names of *Tribolodon* spp. follow Hosoya (2015), in which, in addition to *T. hakonensis*, *T. nakamuraii*, and *T. sachalinensis*, two subspecies of *T. brandtii* (*T. brandtii brandtii* and *T. brandtii maruta*) are listed based on Sakai and Amano (2014). Based on the previous and present versions of the synopsis, all the parasites reported from *Tribolodon* spp. are listed in alphabetical order in each higher taxon, and after the name of each parasite, its geographical distribution in Japan is given in parenthesis. Information on the parasites not listed here are found in Nagasawa and Katahira (2013).

## PARASITE–HOST LIST

### TREMATODA

*Asymphylogora innominata* (Faust, 1924) (FW)

Previous identification: *Asymphylogora macrostoma* of Yamaguti (1934), Shimazu (1992), Nakamura *et al.* (2000), Shimazu and Urabe (2005), and Shimazu (2007)

Site of infection: intestine

Host: *Tribolodon hakonensis*

Distribution: Saitama, Nagano, Toyama, Fukui, Shiga, Nara, Hiroshima

Records: 1. Yamaguti 1934 (Toyama: Namerikawa); 2. Shimazu 1992 (Saitama: Oppe River; Nagano: Nogu River, Torii River, Lake Suwa; Fukui: Obama; Shiga: Lake Biwa; Hiroshima: Eno River, Saijo River); 3. Nakamura *et al.* 2000 (Nara: Takami River); 4. Shimazu and Urabe 2005 (Nara: Takami River); 5. Shimazu 2007 (Nagano: Torii River, Lake Suwa, Hiroi River); 6. Shimazu *et al.* 2011 (Shiga: Lake Biwa)

Remarks: Although *Asymphylogora macrostoma* had been used as the scientific name of this trematode in Japan, Shimazu *et al.* (2011) used *A. innominata* for the species.

*Azygia rhinogobii* Shimazu, 2007 (FW)

Site of infection: intestine

Host: *Tribolodon hakonensis*

Distribution: Nagano

Records: Shimazu 2007 (Lake Suwa); Shimazu 2014 (Lake Suwa)

Remarks: *Tribolodon hakonensis* has been considered as an accidental host because this fish preys on a true final host (small gobiids) (Shimazu, 2007).

*Isoparorchis eurytremum* (Kobayashi, 1915) (FW)

Previous identification: *Leptolecithum eurytremum* of Kobayashi (1915, 1921)

Site of infection: body cavity

Host: *Tribolodon hakonensis*

Distribution: Ibaraki

Records: 1. Kobayashi 1915 (–); 2. Kobayashi 1921 (–); 3. Yamaguti 1934 (Ibaraki: Lake Kasumigaura [as Kasumiga-ura])

Remarks: Only immature worms of this trematode occurs in *T. hakonensis* (Kobayashi, 1915, 1921; Yamaguti, 1934). Although Kobayashi (1915, 1921) gave no detailed localities of the species, its adults were collected at various sites in Okayama Prefecture, Sawara in Chiba Prefecture, Lake Kasumigaura (as Kasumiga-ura) in Chiba Prefecture, and Lake Biwa in Shiga Prefecture. Although the species was listed as *I. hypselobagri* (Billet, 1898) in the previous version of the synopsis (Nagasawa and Katahira, 2013), it has currently been treated as *I. eurytremum* based on a revisional work on the genus *Isoparorchis* (Shimazu *et al.*, 2014). Nagasawa *et al.* (2013) reviewed the biology of the species (as *I. hypselobagri*) infecting Japanese freshwater fishes based on the literature published between 1915 and 2013.

*Sanguinicola ugui* Shimazu, 2007 (FW)

Sites of infection: blood vessels chiefly of the gills and rarely of the liver, kidneys, and heart.

Host: *Tribolodon hakonensis*

Distribution: Nagano

Records: Shimazu 2007 (Hiroi River, Lake Suwa, Tenryu River); Shimazu 2013 (Hiroi River, Lake Suwa, Tenryu River, Sai River)

## MONOGENEA

*Diplozoon* sp. (FW)

Site of infection: gills

Hosts: *Tribolodon hakonensis* (1–5, 7–8)

*Tribolodon sachalinensis* (5)

*Tribolodon nakamuraii* (6)

Distribution: Hokkaido, Saitama, Niigata, Gifu, Nara

Records: 1. Okura *et al.* 1985a (Saitama: Ara River, Iruma River, Toki River, Oppe River); 2. Okura *et al.* 1985b (Saitama: Ara River, Saitama Prefectural Fisheries Experimental Station); 3. Suzuki and Okura 1987 (Saitama: Ara River, Iruma River, Toki River, Oppe River, Tone River, Kanna River); 4. Suzuki and Okura 1988 (Saitama: – ); 5. Nagasawa *et al.* 1989 (Hokkaido: Horobetsu River, Teshio River, Lake Barato); 6. Shindo 1997 (Niigata: aquarium); 7. Nakamura *et al.* 2000 (Nara: Takami River); 8. Anonymous 2002 (Gifu: Kiso River)

Remarks: Currently, Nagasawa (2016) has suggested that the monogenean reported as *Diplozoon* sp. is most probably as *Paradiplozoon skrjabini* Akhmerov, 1974 (see below).

*Paradiplozoon skrjabini* Akhmerov, 1974 (FW)

Previous identification: *Diplozoon* sp. of Nagasawa *et al.* (1989) and Ogawa (1994); *Paradiplozoon* sp. of Sicard *et al.* (2003)

Hosts: *Tribolodon hakonensis* (1–4)

*Tribolodon sachalinensis* (2, 4)

*Tribolodon brandtii brandtii* (2, 4)

Distribution: Hokkaido, Nagano, Hiroshima

Records: 1. Nagasawa *et al.* 1989 (as “Ogawa, unpublished”: Mena River, Chitose River [as Ebetsu], Lake Toro); 2. Ogawa 1994 (Mena River, Chitose River, Lake Toro); 3. Sicard *et al.* 2003 (Nagano: Tenryu River); 4. Shimazu *et al.* 2015 (Hokkaido: Lake Abashiri, Kotoni-hassamu River, Mena River, Chitose River, Lake Toro, Kushiro River; Tokyo: Tama River; Nagano: Ueda City, Metoba River, Sai River, Lake Kizaki, Tenryu River; Hiroshima: Oota River, Takiyama River)

Remarks: Some specimens reported as *Diplozoon* sp. by Ogawa (1994) were identified as *P. skrjabini* by Shimazu *et al.* (2015). The latter authors also state that *Paradiplozoon* sp. reported by Sicard *et al.* (2003) is identical as *P. skrjabini*.

## CESTODA

*Schyzocotyle acheilognathi* (Yamaguti, 1934) (FW)

Previous identification: *Coelobothrium oitense* of Kugi and Matsuo (1990)

Site of infection: intestine

Host: *Tribolodon hakonensis*

Distribution: Oita

Record: Kugi and Matsuo 1990 (Chikugo River)

Remarks: *Coelobothrium oitense* was regarded as a junior synonym of *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934 by Kuchta and Scholz (2007). Brabec *et al.* (2015) have recently transferred *B. acheilognathi* to the genus *Schyzocotyle*.

## NEMATODA

*Anisakis simplex* (Rudolphi, 1809) (larva) (M)

Previous identification: *Anisakis* larva (I) of Shiraki (1974) and *Anisakis* sp. type I Miyamoto and Kutsumi (1980)

Sites of infection: musculature, mesentery

Host: *Tribolodon hakonensis*

Distribution: Hokkaido, Iwate, Akita, Niigata

Records: 1. Shiraki 1974 (Akita: Yoneshiro River; Niigata: Agano River); 2. Miyamoto and Kutsumi 1980 (Hokkaido: Kushiro River); 3. Moravec *et al.* 1985 (Hokkaido: Lake Toro); 4. Hashimoto 2000 (Iwate: Hei River)

*Contracaecum osculatum* (Rudolphi, 1802) (larva) (M)

Previous identification: *Contracaecum*-type larva (A) of Shiraki (1974)

Site of infection: body cavity

Host: *Tribolodon hakonensis*

Distribution: Akita

Record: Shiraki 1974 (Yoneshiro River)

Remarks: Shiraki (1974) suggests that this nematode is identical as *Contracaecum osculatum* (Rudolphi, 1802). The biology of this species in Japan was reviewed by Nagasawa (2012).

*Hysterothylacium gadi aduncum* (Rudolphi, 1802) (larva) (FW)

Previous identification: *Hysterothylacium aduncum* of Moravec *et al.* (1985)

Site of infection: intestine

Host: *Tribolodon sachalinensis*

Distribution: Hokkaido

Record: Moravec *et al.* 1985 (Lake Toro)

Remarks: *Hysterothylacium aduncum* reported by Moravec *et al.* (1985) has currently been treated as *H. gadi aduncum* (Moravec, 2013).

*Hysterothylacium* sp. (larva) (M)

Previous identification: *Thynascaris* sp. of Moravec *et al.* (1985)

Site of infection: [intestine]

Host: *Tribolodon hakonensis*

Distribution: Akita, Niigata

Record: Shiraki 1974 (Akita: Yoneshiro River, Omono River; Niigata: Agano River)

*Pseudocapillaria (Pseudocapillaria) tomentosa* (Dujardin, 1843) (FW)



Previous identification: *Capillaria ugui* of Yamaguti (1941) and *Pseudocapillaria tomentosa* of Moravec and Nagasawa (1989), Moravec *et al.* (1998), and Nakamura *et al.* (2000)

Site of infection: intestine

Host: *Tribolodon hakonensis*

Distribution: Tokyo, Shizuoka, Fukui, Nara

Records: 1. Yamaguti 1941 (Fukui [as Hukui]: Obama); 2. Moravec and Nagasawa 1989 (Tokyo: Tama River); 3. Moravec *et al.* 1998 (Shizuoka: Okitsu River); 4. Nakamura *et al.* 2000 (Nara: Takami River)

Remarks: The current scientific name of this species follows Moravec (2013).

#### ACANTHOCEPHALA

*Pseudorhadinorhynchus samegaiensis* Nakajima and Egusa, 1975 (FW)

Site of infection: intestine

Host: *Tribolodon hakonensis*

Distribution: Shiga

Record: Amin *et al.* 2007 (Lake Biwa and rivers flowing into the lake)

#### COPEPODA

*Lepeophtheirus salmonis oncorhynchi* Skern-Mauritzen, Torrissen and Glover, 2014 (M)

Previous identification: *Lepeophtheirus salmonis* of Nagasawa *et al.* (1994)

Site of infection: body surface

Host: *Tribolodon hakonensis*

Distribution: Hokkaido

Record: Nagasawa *et al.* 1994 (Furuu River)

Remarks: Skern-Mauritzen *et al.* (2014) have separated *L. salmonis* into two subspecies, *L. salmonis salmonis* (from the Atlantic Ocean) and *L. salmonis oncorhynchi* (from the Pacific Ocean).

#### HIRUDINIDA

*Limnotrachelobdella okae* (Moore, 1924) (B or M)

Sites of infection: body surface, fins

Hosts: *Tribolodon hakonensis* (2)

*Tribolodon brandtii brandtii* (1)

Distribution: Niigata, Tokyo

Records: 1. Nagasawa *et al.* 2008 (Niigata: Iwafune Fishing Port); 2. Nakano and Itoh 2011 (Tokyo: -)

#### HOST-PARASITE LIST

*Tribolodon brandtii brandtii* (Dybowski, 1872) Jusan dace, "jusan-ugui" (Japanese name)

Trematoda

*Metagonimus yokogawai* (Hokkaido)

Monogenea

*Dactylogyrus* sp. (Hokkaido)

*Paradiplozoon skrjabini* (Hokkaido)

*Diplozoon* sp. (Hokkaido)

Nematoda

*Rhabdochona* sp. (Niigata)

Hirudinida

*Limnotrachelobdella okae* (Niigata)

*Tribolodon brandtii maruta* Sakai and Amano, 2015 Maruta dace, “maruta” (Japanese name)

Trematoda

*Allocreadium japonicum* (Tokyo)

*Clonorchis sinensis* (Miyagi)

*Exorchis oviformis* (Miyagi)

*Metagonimus* sp. (Miyagi)

*Pseudexorchis major* (Tokyo)

*Tribolodon hakonensis* (Günther, 1877) Japanese dace, “ugui” (Japanese name)

Ciliophora

*Chilodonella piscicola* (Hokkaido)

*Trichodina fujitai* (Yamagata, Osaka)

Trichodinidae gen. sp. (Yamagata, Gifu)

Ciliophora gen. sp. (Nara)

Myxozoa

*Chloromyxum richardsonii* (Hokkaido)

Myxozoa gen. sp. (Gifu, Nara)

Trematoda

*Allocreadium japonicum* (Tokyo)

*Allocreadium tosai* (Hokkaido)

*Allocreadium tribolodontis* (Iwate)

*Asymphylogora innominata* (Saitama, Nagano, Toyama, Fukui, Shiga, Nara, Hiroshima)

*Azygia rhinogobii* (Nagano)

*Centrocestus armatus* (Shizuoka, Gifu, Oita)

*Clinostomum complanatum* (Tottori)

*Clonorchis sinensis* (Miyagi, Toyama, Nagano, Shiga)

*Echinochasmus milvi* (—)

*Exorchis oviformis* (Niigata, Tokyo)

*Holostephanus nipponicus* (Yamagata)

*Isoparorchis eurytremum* (Ibaraki)

*Metagonimus katuradai* (Oita)

*Metagonimus miyatai* (Hokkaido, Hiroshima)

*Metagonimus takahashii* (Niigata, Toyama, Ishikawa, Okayama, Hiroshima, Yamaguchi, Oita)

*Metagonimus yokogawai* (Hokkaido, Aomori, Akita, Miyagi, Yamagata, Niigata, Gunma, Kanagawa, Shizuoka, Toyama, Ishikawa, Mie, Shimane, Hiroshima, Yamaguchi, Tokushima, Oita, Miyazaki, Kumamoto)

*Metagonimus* spp. (Hokkaido, Yamagata, Shizuoka, Gifu, Hiroshima)

*Neoplagiopus elongatus* (Shiga)

*Pseudexorchis major* (Tokyo, Shizuoka, Gifu, Oita)

*Pseudozoogonoides ugui* (Hokkaido, Iwate)

*Sanguinicola ugui* (Nagano)

Digenea gen. spp. (Hokkaido, Akita, Toyama, Nara)

#### Monogenea

*Dactylogyrus* sp. (Hokkaido)

*Diplozoon* sp. (Hokkaido, Saitama, Gifu, Nara)

*Gyrodactylus* sp. (Hokkaido)

*Paradiplozoon skrjabini* (Hokkaido, Tokyo, Nagano, Hiroshima)

Monopisthocotylea gen. sp. (Gifu)

#### Cestoda

*Caryophyllaeides ergensi* (Hokkaido, Aomori, Shizuoka, Nagano)

Caryophyllidea fam. gen. sp. (Hokkaido)

Caryophyllidae gen. sp. (Iwate)

*Ligula interrupta* (Hokkaido, Tochigi, Gunma, Kanagawa, Yamanashi)

*Schyzocotyle acheilognathi* (Oita)

#### Nematoda

*Anisakis simplex* (Hokkaido, Iwate, Akita, Niigata)

*Camallanus cotti* (—)

*Contraecum* sp. (Akita)

*Gnathostoma nipponicum* (Aomori)

*Hysterothylacium gadi aduncum* (Hokkaido)

*Hysterothylacium* sp. (Akita, Niigata)

*Pseudocapillaria (Pseudocapillaria) tomentosa* (Tokyo, Shizuoka, Fukui, Nara)

*Raphidascaris gigi* (Shiga)

*Rhabdochona coronacauda* (Nara)

*Rhabdochona denunata honshuensis* (Nara)

*Rhabdochona zacconis* (Hokkaido, Aomori, Iwate, Tokyo, Nagano, Shizuoka, Shiga, Nara)

Nematoda gen. sp. (Hokkaido)

#### Acanthocephala

*Acanthocephalus opsariichthydis* (Nagano)

*Acanthocephalus* sp. (Iwate)

*Pseudorhadinorhynchus leuciscus* (Hokkaido, Iwate)

*Pseudorhadinorhynchus samegaiensis* (Shiga)

Acanthocephala gen. sp. (Gifu)

#### Hirudinida

*Limnotrachelobdella okae* (Tokyo)

#### Mollusca

*Pronodularia japonensis* (Chiba)

#### Branchiura

*Argulus* sp. (Nara)

## Copepoda

- Caligus orientalis* (Hokkaido)  
*Caligus punctatus* (Aomori, Miyagi)  
*Ergasilus hypomesi* (Hokkaido)  
*Lepeophtheirus salmonis oncorhynchi* (Hokkaido)  
*Lernaea cyprinacea* (Hokkaido)  
*Neoergasilus japonicus* (Hokkaido)

## Isopoda

- Nerocila japonica* (Shimane)

*Tribolodon nakamuraii* Doi and Shinzawa, 2000 Long lowerjaw dace, “ukekuchi-ugui” (Japanese name)

## Monogenea

- Diplozoon* sp. (Niigata)

*Tribolodon sachalinensis* (Nikolskii, 1889) Ainu dace, “ezo-ugui” (Japanese name)

## Trematoda

- Allocreadium tosai* (Hokkaido)  
*Allocreadium tribolodontis* (Hokkaido)  
*Metagonimus miyatai* (Hokkaido)  
*Metagonimus takahashii* (Hokkaido)  
*Metagonimus yokogawai* (Hokkaido)  
 Digenea gen. spp. (Hokkaido)

## Monogenea

- Dactylogyrus* sp. (Hokkaido)  
*Diplozoon* sp. (Hokkaido)  
*Paradiplozoon skrjabini* (Hokkaido)

## Cestoda

- Caryophyllaeides ergensi* (Hokkaido)  
*Ligula interrupta* (Hokkaido)

## Nematoda

- Camallanidae gen. sp. (Hokkaido)  
 Rhabdochonidae gen. sp. (Hokkaido)  
 Nematoda gen. sp. (Hokkaido)

*Tribolodon* sp.

## Trematoda

- Metagonimus yokogawai* (Hokkaido, Yamagata, Niigata, Toyama)

## Nematoda

- Nematoda gen. sp. (Hokkaido)

## REFERENCES

- Amin, O. M., Nagasawa, K., Grygier, M. J., 2007. Host and seasonal distribution of fish acanthocephalans from the Lake Biwa basin. *Comparative Parasitology*, **74**: 244-253.
- Anonymous, 2002. [The parasite fauna of fishes in an experimental river and its characteristics]. *Annual Report of the Aqua Restoration Research Center 2001*: 206-218. [In Japanese].
- Brabec, J., Waeschenbach, A., Scholz, T., Littlewood, D. T. J., Kuchta, R., 2015. Molecular phylogeny of the Bothriocephalidea (Cestoda): molecular data challenge morphological classification. *International Journal for Parasitology*, **45**: 761-771.
- Hashimoto, K., 2000. Comparison between fluvial and anadromous types of Japanese dace based on *Pseudozoogonoides ugui* Shimazu, 1974 (Digenea, Zoogonidae). *Japanese Society for Systematic Parasitology Circular*, **18**: 1-4. [In Japanese].
- Hosoya, K. ed., 2015. *Freshwater Fishes of Japan*. Yama-kei, Tokyo. 527 pp. [In Japanese].
- Kobayashi, H., 1915. Studies of endoparasitic trematodes from Japan (2). *Dobutsugaku Zasshi (Zoological Magazine)*, **27**: 50-57, 1 pl. [In Japanese].
- Kobayashi, H., 1921. One some digenetic trematodes in Japan. *Parasitology*, **12**: 380-410, 3 pls.
- Kuchta, R., Scholz, T., 2007. Diversity and distribution of fish tapeworms of the "Bothriocephalidea" (Eucestoda). *Parassitologia*, **49**: 129-146.
- Kugi, G., Matsuo, K., 1990. A new cestode, *Coelobothrium oitense* n.sp. (Pseudophyllidea: Ptychobothriidae) from a Japanese freshwater fish, *Tribolodon hakonensis*. *Japanese Journal of Parasitology*, **39**: 255-257.
- Miyamoto, K., Kutsumi, H., 1980. Studies on zoonoses in Hokkaido III [sic]. Prevalence rate of *Metagonimus yokogawai* metacercariae on [sic] the daces over Hokkaido. *Japanese Journal of Parasitology*, **29**: 415-422. [In Japanese with English abstract].
- Moravec, F., 2013. *Parasitic Nematodes of Freshwater Fishes of Europe*. Revised Second Edition. Academia, Prague: 601 pp.
- Moravec, F., Nagasawa, K., 1989. Observations on some nematodes parasitic in Japanese freshwater fishes. *Folia Parasitologica*, **36**: 127-141.
- Moravec, F., Nagasawa, K., Urawa, S., 1985. Some fish nematodes from fresh waters in Hokkaido, Japan. *Folia Parasitologica*, **32**: 305-316.
- Moravec, F., Nagasawa, K., Urushibara, Y., 1998. Observations on the seasonal maturation of the nematode *Rhabdochona zacconis* in Japanese dace, *Tribolodon hakonensis*, of the Okitsu River, Japan. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, **62**: 45-50.
- Nagasawa, K., 2012. The biology of *Contracaecum osculatum* sensu lato and *C. osculatum* A (Nematoda: Anisakidae) in Japanese waters: a review. *Biosphere Science*, **51**: 61-69.
- Nagasawa, K., 2016. A note on *Eudiplozoon nipponicum* and *Diplozoon* sp. (Monogenea: Diplozoidae) parasitic on cyprinids in Japan, with a list of the works of Dr. Satoru Kamegai on diplozoids. *Biosphere Science*, **55**: (in press). [In Japanese with English abstract].
- Nagasawa, K., Katahira, H., 2013. A synopsis of the parasites from cyprinids of the genus *Tribolodon* in Japan (1908-2013). *Biosphere Science*, **52**: 87-115.
- Nagasawa, K., Urawa, S., Awakura, T., 1989. A checklist and bibliography of parasites of freshwater fishes of Hokkaido. *Scientific Reports of the Hokkaido Fish Hatchery*, **44**: 1-49.
- Nagasawa, K., Takami, T., Murakami, Y., 1994. *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) from

- white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*), juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*), and Japanese dace (*Tribolodon hakonensis*) from northern Japan. *Scientific Reports of the Hokkaido Fish Hatchery*, **48**: 95-97.
- Nagasawa, K., Yamauchi, T., Umino, T., 2008. Synopsis of leeches of the families Piscicolidae and Ozobranchidae (Annelida, Rhynchobdellida) in Japan (1895-2008). *Bulletin of the Biogeographical Society of Japan*, **63**: 151-171. [In Japanese with English abstract].
- Nagasawa, K., Katahira, H., Nitta, M., 2013. *Isoparorchis hypselobagri* (Trematoda: Isoparorchidae) from freshwater fishes in western Japan, with a review of its host-parasite relationships in Japan (1915-2013). *Biogeography*, **15**: 11-20.
- Nakamura, S., Urabe, M., Nagoshi, M., 2000. Seasonal change of prevalence and distribution of parasites in freshwater fishes at Higashi-yoshino, Nara Prefecture. *Biology of Inland Waters*, **15**: 12-19. [In Japanese with English abstract].
- Nakano, T., Itoh, T., 2011. A list of the leech (Clitellata: Hirudinida) collection deposited in the Department of Zoology, The University Museum, The University of Tokyo. In: Catalogue of invertebrate collection deposited in the Department of Zoology, The University Museum, The University of Tokyo (3). Phylum Annelida (Class Polychaeta, Oligochaeta, and Hirudinida), ed. Ueshima, R., *The University Museum, The University of Tokyo, Material Reports*, **90**: 85-94.
- Ogawa, K., 1994. Monogenean parasites of freshwater fishes of Hokkaido, Japan. *Scientific Reports of the Hokkaido Fish Hatchery*, **48**: 59-67.
- Okura, T., Suzuki, S., Ootomo, Y., Tazaki, S., 1985a. [Distribution of *Diplozoon* sp. in the Arakawa River system and seasonal changes in prevalence on *Tribolodon hakonensis*]. *Bulletin of the Saitama Prefectural Fisheries Experimental Station*, **44**: 82-85. [In Japanese].
- Okura, T., Suzuki, S., Ootomo, Y., 1985b. [Treatment method of *Diplozoon* sp. infecting *Tribolodon hakonensis* and changes in hematological features after treatment]. *Bulletin of the Saitama Prefectural Fisheries Experimental Station*, **44**: 86-93. [In Japanese].
- Sakai, H., Amano, S., 2014. A new subspecies of anadromous Far Eastern dace, *Tribolodon brandtii maruta* subsp. nov. (Teleostei, Cyprinidae) from Japan. *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series A*, **40**: 219-229.
- Shimazu, T., 1992. Trematodes of the genera *Asymphylogora*, *Anapalaeorchis* and *Palaeorchis* (Digenea: Lissorchiidae) from freshwater fishes of Japan. *Journal of Nagano-ken Junior College*, **47**: 1-19.
- Shimazu, T., 2007. Digeneans (Trematoda) of freshwater fishes from Nagano Prefecture, central Japan. *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series A*, **33**: 1-30.
- Shimazu, T., 2013. Digeneans parasitic in freshwater fishes (Osteichthyes) of Japan. I. Aprocotylidae, Bivesculidae and Haploporidae. *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series A*, **39**: 167-184.
- Shimazu, T., 2014. Digeneans parasitic in freshwater fishes (Osteichthyes) of Japan. III. Azygiidae and Bucephalidae. *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series A*, **40**: 167-190.
- Shimazu, T., Urabe, M., 2005. Digeneans found in freshwater fishes of the Uji River at Uji, Kyoto Prefecture, and the Takami River at Higashiyoshino, Nara Prefecture, Japan. *Journal of Nagano Prefectural College*, **60**: 1-14.
- Shimazu, T., Urabe, M., Grygier, M. J., 2011. Digeneans (Trematoda) parasitic in freshwater fishes (Osteichthyes) of the Lake Biwa basin in Shiga Prefecture, central Honshu, Japan. *National Museum of Nature and Science Monographs*, **43**: 1-105.

- Shimazu, T., Cribb, T. H., Miller, T. L., Urabe, M., Van Ha, N., Binh, T. T., Shed'ko, M. B., 2014. Revision of *Isoparorchis* Southwell, 1913 (Digenea, Hemiuroidea, Isoparorchidae), parasites of the air bladder of freshwater catfishes: a molecular and morphological study. *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series A*, **40**: 15-51.
- Shimazu, T., Kobayashi, K., Tojo, K., Besprozvannkh, V. V., Ogawa, K., 2015. *Paradiplozoon skrjabini* (Monogenea, Diplozoidae), an ectoparasite on the gills of freshwater fishes (Cyprinidae, Leuciscinae) of Japan and Primorsky Region, Russia: a morphological and molecular study. *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series A*, **41** : 137-154.
- Shindo, J., 1997. Parasitism of trematodes, *Diplozoon* sp., on the gills of captive cyprinid fish, *Tribolodon* sp. *Journal of Japanese Association of Zoos and Aquariums*, **38**: 88-92. [In Japanese].
- Shiraki, T., 1974. Larval nematodes of family Anisakidae (Nematoda) in the northern sea of Japan – as a causative agent of eosinophilic phlegmone or granuloma in the human gastro-intestinal tract – . *Acta Medica et Biologica*, **22**: 57-98.
- Sicard, M., Desmarais, E., Vigneux, F., Shimazu, T., Lambert, A., 2003. Molecular phylogeny of the Diplozoidae (Monogenea, Polyopisthocotylea) parasitizing 12 species of Cyprinidae (Teleostei): new data about speciation. In: *Taxonomy, Ecology and Evolution of Metazoan Parasites*, eds. Combes, C. and Jourdan, **2**: 199–211. Presses Universitaires de Perpignan, Perpignan.
- Skern-Mauritzen, R., Torrissen, O., Glover, K. A., 2014. Pacific and Atlantic *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1838) are allopatric subspecies: *Lepeophtheirus salmonis salmonis* and *L. salmonis oncorhynchi* subspecies novo. *BMC Genetics*, **15**: 32. <http://www.biomedcentral.com/1471-2165/15/32>
- Suzuki, S., Okura, T., 1987. [Distribution of *Diplozoon* sp. in rivers of Saitama Prefecture in 1984-1986]. *Bulletin of the Saitama Prefectural Fisheries Experimental Station*, **46**: 76-87. [In Japanese].
- Suzuki, S., Okura, T., 1988. [Effects to kill the eggs of *Diplozoon* sp., a parasite of *Tribolodon hakonensis*]. *Bulletin of the Saitama Prefectural Fisheries Experimental Station*, **47**: 88-90. [In Japanese].
- Yamaguti, S., 1934. Studies on the helminth fauna of Japan. Part 2. Trematodes of fishes, I. *Japanese Journal of Zoology*, **5**: 249-541.
- Yamaguti, S., 1941. Studies on the helminth fauna of Japan. Part 33. Nematodes of fishes, II. *Japanese Journal of Zoology*, **9**: 343-396, 3 pls.

## 日本産ウグイ属魚類の寄生虫目録：補足（2016年）

長澤和也<sup>1)</sup>・片平浩孝<sup>1,2)</sup>

<sup>1)</sup> 広島大学大学院生物圏科学研究科，〒739-8528 広島県東広島市鏡山1-4-4

<sup>2)</sup> 現住所：帯広畜産大学原虫病研究センター，〒080-8555 北海道帯広市稲田町西2線13番地

**要 旨** 1908年以降に出版された文献に基づき、2013年に日本産ウグイ属魚類4種（ウグイ *Tribolodon hakonensis*, エゾウグイ *T. sachalinensis*, マルタ *T. brandtii*, ウケクチウグイ *T. nakamurai*）の寄生虫に関する情報を整理した目録を出版した。今回、その後に出版された情報と2013年の目録に収録されなかった情報を加えて、この目録を補足した。宿主に関して、従来のマルタは2015年に2亜種（マルタ *T. brandtii maruta*, ジュウサンウグイ *T. brandtii brandtii*）に分けられたので、各亜種における寄生虫の情報を整理した。本目録では、新たに追加した6種の寄生虫（吸虫類2種、単生類1種、線虫類2種、鉤頭虫類1種）を含む15種の寄生虫に関する情報を寄生虫-宿主リストに整理して示した。今回の作業により、1908～2015年の108年間にわが国のウグイ属魚類からは48名義種の寄生虫（絨毛虫類2種、ミクソゾア類1種、吸虫類20種、単生類1種、糸虫類3種、線虫類9種、鉤頭動物3種、ヒル類1種、軟体動物1種、カイアシ類6種、ワラジムシ類1種）が報告されていたことが分かった。種まで同定された寄生虫の種数を魚種別に示すと、ウグイから48種、エゾウグイから8種、マルタから4種、ジュウサンウグイから3種で、ウグイから最も多くの寄生虫が報告されていた。ウケクチウグイからは1未同定種のみが記録されていた。

**キーワード**：ウグイ、ウケクチウグイ、エゾウグイ、寄生虫、ジュウサンウグイ、マルタ、目録



## 総 説

# 日本産魚類に寄生するカクレムシ科 (新称) *Philichthyidae* カイアシ類の目録 (1924–2016年)

長澤和也<sup>1)\*</sup>・上野大輔<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 広島大学大学院生物圏科学研究科, 〒739-8528 広島県東広島市鏡山 1-4-4

<sup>2)</sup> 鹿児島大学大学院理工学研究科, 〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-35

**要 旨** 1924–2016年に出版された文献に基づき、日本産魚類から記録されたカクレムシ科 (新称) *Philichthyidae* カイアシ類の6属18種と未同定種 (6種) に関する情報 (宿主, 寄生部位, 地理的分布, 文献) を種ごとに整理した。*Colobomatus*, *Ichthyotaces*, *Philichthys*, *Procolobomatus*, *Sarcotaces* の5属に対して、ツノカクレムシ, タマコブムシ, カクレムシ, トンガリムシ, コプトリジイサンの新標準和名を提唱した。

**キーワード** : カイアシ類, カクレムシ科, 魚類寄生虫, 文献目録

## 緒 言

本目録で扱うカクレムシ科 (新称) *Philichthyidae* はカイアシ亜綱 Copepoda のケンミジンコ目 Cyclopoida に属する甲殻類である。本科は2004年までに世界で54種が記載され、魚類寄生性カイアシ類としては比較的小さな科である (Boxshall and Halsey, 2004)。本科に属する種はすべて海産硬骨魚に寄生し、淡水魚に寄生する種はない。本科の大きな特徴は、特異な寄生部位と異様な外部形態である。本科のカイアシ類は、宿主の体内に侵入して、頭部感覚器官や側線鱗の内腔に寄生するほか、大きな袋状の瘤 (こぶ, gall) の中で生活する。すなわち、本科の種は内部寄生性であり、他の多くの寄生性カイアシ類が外部寄生性であるのと大きく異なる。この寄生部位の特殊性と関連して、本科の種は、特に雌成体の体形が著しく変わり、カイアシ類とは思えないような異様な形態を示すものが多い。本科の宿主としてわが国で報告された海水魚には水産上重要なものが含まれるが、頭部感覚器官等に寄生する種が目につくことはなく、問題になることはない。しかし、宿主の体内に形成された瘤とその内部に宿るコプトリジイサン属 (新称) *Sarcotaces* の個体は、その異様さから魚市場などで問題になることがある (市原, 1990; 東京都市市場衛生検査所, 1990; Nagasawa *et al.*, 2015)。

本目録は、日本産カクレムシ科の6属18種と未同定種について、1924–2016年の93年間に出版された文献をもとに、各種の情報を整理したものである。1924年は、京都大学の駒井 卓がカクレムシ科カイアシ類をわが国で最初に報告した年である (Komai, 1924)。その後、本科に関する研究は三重県立大学 (後に三重大学) の椎野季雄 (Shiino, 1932; 椎野, 1953) と伊澤邦彦に引き継がれ、特に伊澤は本科の分類と初期生活史の研究で大きな成果を挙げた (Izawa, 1973, 1974a, 1974b, 1975)。また、わが国と世界各地で得られた知見は、山口左伸が1963年に『Parasitic Copepoda and Branchiura of fishes』 (Yamaguti, 1963) に収録した。近年は、広島大学の Ione Madinabeitia と長澤和也が中心となって研究を進め、多くの知見を得ているほか (Madinabeitia and Nagasawa, 2013; Madinabeitia *et al.*, 2013; Madinabeitia and Iwasaki, 2013; Nagasawa *et al.*, 2015)、広島大学から琉球大学・フロリダ大学を経て鹿児島大学に移った上野大輔も分類学的研究を行っている (Uyeno *et al.*, 2015)。

本目録では、カクレムシ科内の各属をアルファベット順に並べた後、各属では種小名のアルファベット順に各種を記述した。標準和名と最新の学名をまず記し、宿主と寄生部位を示したあと、地理的分布を示した。宿主の魚類は、中坊（2013）が示した分類体系に従って配列し、標準和名と学名を記した。この際、過去の論文で現在の和名と学名と異なるものが使われた場合には括弧内にそれを記した。地理的分布に関する情報は、海域（北太平洋、日本海、オホーツク海、東シナ海、瀬戸内海）ごとに整理し、都道府県名を含む詳細な採集地と出典情報（著者名と出版年）を示した。都道府県名は北から南に順に配列した。原典に詳細な採集地の情報を欠く場合には「-」で示した。備考では、当該種の生物学的情報（分類や他国での分布等に関する事項）や新標準和名の提案根拠などを記した。

各寄生虫の記録を上記のように纏めたあと、さらに宿主-寄生虫リストとして整理した。このリストでは、宿主として報告された魚類を中坊（2013）の分類体系に従って並べ、各魚種から記録されたカイアシ類を示した。各科において宿主魚類は五十音順に並べた。

カクレムシ科カイアシ類の分類体系に関しては Yamaguti (1963), Kabata (1979), Boxshall and Halsey (2004) が参考になる。極東アジアの他国における本科に関する知見は韓国 (Kim, 2014) を除いて極めて限られている。そうしたなか、Madiabeitia and Iwasaki (2013: table 1) が整理したアジア産カクレムシ科カイアシ類に関する情報は有用である。本目録は、筆者らによる日本産寄生性カイアシ類目録の第11報である (ニセエラジラミ科 [長澤ら, 2007]; イカリムシ科 [Nagasawa *et al.*, 2007]; ウオジラミ属 [長澤ら, 2010]; 瀬戸内海産寄生性カイアシ類 (2報) [Nagasawa, 2011, 2015]; ヒトガタムシ科 [長澤・上野, 2011]; ツツウオジラミ科, エラノミ科, ニセエラノミ科 [長澤・上野, 2012]; ツブムシ科 [長澤ら, 2013]; ヒジキムシ科 [長澤・上野, 2014]; ナガクビムシ科 [長澤・上野, 2015])。

## 日本産カクレムシ科カイアシ類の目録

### カイアシ亜綱

Subclass **Copepoda** Milne Edwards, 1830

### 新カイアシ下綱

Infraclass **Necopepoda** Huys and Boxshall, 1991

### ケンミジンコ目 (キクロブス目)

Order **Cyclopoida** Rafinesque, 1815

Kabata (1979) は本科を交口目 (ツブムシ目, ポエキロストマ目) Poecilostomatoida に位置させたが、ここでは Boxshall and Halsey (2004) に従って本目に収める。Cyclopoida をケンミジンコと呼ぶことについては文部省・動物学会 (1988) に従う。

### カクレムシ科 (新称)

Family **Philichthyidae** Vogt, 1877

Yamaguti (1963: 211, 312–313) は、本科と他の1科 (Lerneascidae) に対して新目 Philichthyidea を創設したほか、今は本科に含まれるコプトリジイサン属 (新称) *Sarcotaces* に対して新亜科 Sacotacinae, タマコブムシ属 (新称) *Ichthyotaces* に対して新亜科 Ichthyotacinae を創設し、両亜科を含む新科 Sarcotacidae, 更にこの科を含む新目 Sarcotacidea を創設した。内田 (1972: 424) も上記2属は Sarcotacidae に含まれると

した。しかし近年、Yamaguti の考えは受け入れられていない。新標準和名は、本科の種が宿主の頭部感覚器官や側線鱗の内腔に潜んでいることに因む。

### カクレムシ科の1種

#### **Philichthyidae** sp.

宿主：スズキ *Lateolabrax japonicus*

寄生部位：鰓腔

地理的分布：東シナ海（長崎県有明海：大塚ら，2007）

備考：本種が鰓腔から採取されたことに関して、大塚ら（2007）は本来の寄生部位ではない可能性を指摘している。

### ツノカクレムシ属（新称）

Genus *Colobomatus* Hesse, 1873

新標準和名は、本属の種の頭部に1対の角状突起があることに因む。

### リュウキュウカクレムシ（新称）

*Colobomatus absens* Madinabeitia, Tang and Nagasawa, 2013

宿主：タカサゴ *Pterocaesio digramma*

寄生部位：頭部感覚器官

地理的分布：北太平洋（沖縄県石垣島沖：Madinabeitia *et al.*, 2013）

備考：新標準和名は、本種が琉球諸島で採集されたことに因む。

### クビツマリカクレムシ（新称）

*Colobomatus acanthuri* Madinabeitia, Tang and Nagasawa, 2013

宿主：モンツキハギ *Acanthurus olivaceus*

寄生部位：頭部感覚器官

地理的分布：北太平洋（沖縄県沖縄島沖：Madinabeitia *et al.*, 2013）

備考：新標準和名は、本種の頸部（頭部と胸部前方突起の間）が短いことに因む。

### ナガクビカクレムシ（新称）

*Colobomatus collettei* Cressey, 1977

宿主：ホシザヨリ *Hemiramphus far*

寄生部位：頭部感覚器官

地理的分布：北太平洋（沖縄県沖縄島沖：Madinabeitia *et al.*, 2013）

備考：本種はニューギニアで最初に記載された（Cressey, 1977）。新標準和名は、本種の頸部（頭部と胸部前方突起の間）が長いことに因む。

## ホソミカクレムシ (新称)

*Colobomatus exilis* Izawa, 1974宿主：アカイサキ *Caprodon schlegelii* (= *Caprodon schlegeli*)

寄生部位：頭部感覚器官

地理的分布：北太平洋 (和歌山県田辺湾：Izawa, 1974b)

備考：新標準和名は、本種の体が細身であることに因む。

## イザワカクレムシ (新称)

*Colobomatus fusiformis* Izawa, 1974宿主：オニハタテダイ *Heniochus monoceros*

寄生部位：頭部感覚器官

地理的分布：北太平洋または東シナ海 (沖縄県：Izawa, 1974b)

備考：本種は、沖縄県で漁獲された後、京都大学瀬戸臨海実験所付属水族館で飼育されていた宿主から採集された (Izawa, 1974b)。新標準和名は、本種が伊澤邦彦博士によって記載されたことに因む。

## バンザイカクレムシ (新称)

*Colobomatus gymnocranii* Madinabeitia, Tang and Nagasawa, 2013宿主：メイチダイ *Gymnocranius griseus*

寄生部位：頭部感覚器官

地理的分布：北太平洋 (沖縄県沖縄島沖：Madinabeitia *et al.*, 2013)

備考：新標準和名は、本種の胸部前方突起が長く、あたかも万歳をしているように見えることに因む。

## クロダイカクレムシ (改称)

*Colobomatus mylionus* Fukui, 1965宿主：クロダイ *Acanthopagrus schlegelii* (= *Acanthopagrus schlegelii schlegelii*), キチヌ *Acanthopagrus latus*, ミナミクロダイ *Acanthopagrus sivicolus*

寄生部位：頭部皮下

地理的分布：北太平洋 (沖縄県沖縄島沿岸：Madinabeitia and Nagasawa, 2013), 瀬戸内海 (広島県広島湾：Madinabeitia and Nagasawa, 2013), - (福井, 1965)

備考：本種は、福井 (1965) によって簡単に記載された後、Byrnes and Cressey (1986) によってオーストラリア産クロダイ属魚類3種から得た標本に基づいて再記載された。その際、日本産クロダイの学名は「*Acanthocephalus macrocephalus*」と記述された。Madinabeitia and Iwasaki (2013, table 1) は、福井 (1965) が本種を「Yohohama Bay」産クロダイ「*Mylio macrocephalus*」から本種を得たと述べたが、原著にはクロダイの産地も学名も記されていない。本種の和名は、福井 (1965) により「クロダイヤドリケンミジンコ」とされたが、「ケンミジンコ」は通常キクロプス目 Cyclopoida に属する種に用いられるため、ここで「クロダイカクレムシ」に改称する。

## ミナミカクレムシ (新称)

*Colobomatus pterois* Madinabeitia, Tang and Nagasawa, 2013宿主：ハナミノカサゴ *Pterois volitans*

寄生部位：頭部感覚器官

地理的分布：北太平洋（沖縄県沖縄島沖：Madinabeitia *et al.*, 2013）

備考：新標準和名は、本種がわが国の南部（沖縄県）で採集されたことに因む。

## ヒメジカクレムシ (新称)

*Colobomatus pupa* Izawa, 1974宿主：オキナヒメジ *Parupeneus spilurus* (= *Pseudupeneus spilurus*), ホウライヒメジ *Parupeneus ciliatus*,  
オジサン *Parupeneus multifasciatus*

寄生部位：頭部感覚器官, 側線鱗

地理的分布：北太平洋（和歌山県田辺湾：Izawa, 1974b, 1975；沖縄県沖縄島沖：Madinabeitia *et al.*, 2013）

備考：本種の初期生活史が研究された（Izawa, 1975）。新標準和名は、本種がヒメジ科魚類に寄生することに因む。

## トウヨウカクレムシ (新称)

*Colobomatus westi* Hayward, 1996宿主：シロギス *Sillago japonica*

寄生部位：側線鱗

地理的分布：北太平洋（三重県英虞湾・宮崎県青島：Hayward, 1996）、日本海（石川県？ west Ishikawa：  
福岡県津屋崎：Hayward, 1996）

備考：本種の採集地のひとつとして「west Ishikawa」が報告されているが（Hayward, 1996）、正確な位置は不明である。ここでは暫定的に石川県内の場所とした。本種は韓国や香港にも分布する（Hayward, 1996, 1997）。新標準和名は、本種が東アジアに分布することに因む。

## ツノカクレムシ属の1種

*Colobomatus* sp. 1宿主：チダイ *Eyynnys tumifrons*, マダイ *Pagrus major*

寄生部位：-

地理的分布：瀬戸内海（広島県広島湾：Madinabeitia and Nagasawa, 2013）

## ツノカクレムシ属の1種

*Colobomatus* sp. 2宿主：キビレアカレンコ *Dentex abei*

寄生部位：-

地理的分布：北太平洋（沖縄県沖縄島沿岸：Madinabeitia and Nagasawa, 2013）

### タマコブムシ属（新称）

Genus *Ichthyotaces* Shiino, 1932

新標準和名の由来は、下記のタマコブムシ（新称）*Ichthyotaces pteroisicola* を参照。

### タマコブムシ（新称）

*Ichthyotaces pteroisicola* Shiino, 1932

宿主：セトミノカサゴ *Parapterois heterura* (= *Pterois lunulata*, *P. tanabensis*)

寄生部位：体表下の瘤内

地理的分布：北太平洋（和歌山県田辺湾：Shiino, 1932）

備考：Shiino（1932）は本種の宿主を *Pterois lunulata*（ミノカサゴ）として報告したが、後年（椎野，1953：p.173の脚注）でそれは *Pterois tanabensis* の誤りであったと訂正した。後者はハナミノカサゴの異名である。Cressey（1984）が本種を再記載した。新標準和名は、本種の体表に丸い大きな膨瘤があることに因む。

### センチュウモドキ属

Genus *Lernaeascus* Claus, 1886

標準和名は Uyeno *et al.*（2015）に従う。この和名は、細長く伸長した体に尖った前・後端部を有する本属の雌成体の体形が線形動物（線虫類）に似た形であることから付けられた。

### センチュウモドキ

*Lernaeascus kabuto* Uyeno, Tang and Nagasawa, 2015

宿主：スミレヤッコ *Paracentropyge venusta* (= *Centropyge venusta*)，ヘラルドコガネヤッコ *Centropyge heraldi*

寄生部位：不明

地理的分布：東シナ海（沖縄県久米島 [鳥島港]：Uyeno *et al.*, 2015）

備考：今のところ、本種の寄生部位は不明だが、今のところ、本種の寄生部位は不明だが、淡水中で宿主魚を洗い出した際に見出された（Uyeno *et al.*, 2015）。標準和名は Uyeno *et al.*（2015）に従う。

### カクレムシ属（新称）

Genus *Philichthys* Steenstrup, 1862

新標準和名の由来は、下記のカクレムシ（新称）*Philichthys xiphiae* を参照。

## カクレムシ (新称)

*Philichthys xiphiae* Steenstrup, 1862宿主：メカジキ *Xiphias gladius*

寄生部位：頭部感覚器官

地理的分布：－

備考：Yamaguti (1963 : 213) は本種の分布地のひとつに日本を挙げている。新標準和名は、本種が宿主の頭部感覚器官内腔に潜んでいることに因む。

## トンガリムシ属 (新称)

Genus *Procolobomatus* Castro Romero, 1994新標準和名の由来は、下記のトンガリムシ (新称) *Procolobomatus hoi* を参照。

## トンガリムシ (新称)

*Procolobomatus hoi* Madinabeitia and Iwasaki, 2013宿主：ハマダイ *Etelis coruscans*

寄生部位：頭部感覚器官

地理的分布：北太平洋 (沖縄県石垣島沖 : Madinabeitia and Iwasaki, 2013)

備考：新標準和名は、本種の頭部前端にある突起が大きくて先端に向かって細くなることに因む。

## コブトリジイサン属 (新称)

Genus *Sarcotaces* Olsson, 1872

椎野 (1953) の報文によって本属に関する知識を得ることができる。わが国の魚市場で本属のカイアシ類が問題になることがあり、「サルコタケス (*Sarcotaces* spp.)」または「ザルコタケス (*Sarcotaces* spp.)」が「メバルやチゴダラの体表、筋肉に袋に入った状態で見つかる」(市原, 1990 ; 東京都市場衛生検査所, 1990)。上記の「メバル」はいかなる種かは不明であるが、本目録の著者は、他国のメバル属魚類に *Sarcotaces verrucosus* が寄生するので (例えば Moser *et al.*, 1985), 「メバル」は輸入メバル属魚類であったと考えている。また「チゴダラ」は、後述するクロシオコブトリ (新称) *Sarcotaces komaii* の宿主のひとつ、カナダダラを誤認した可能性があるかと推察している。本属の新標準和名は、コブトリジイサン (新称) *Sarcotaces pacificus* を参照。

## ヤマトコブトリ (新称)

*Sarcotaces japonicus* Izawa, 1974宿主：ウツボ *Gymnothorax kidako*

寄生部位：口腔壁に瘤を形成

地理的分布：北太平洋 (和歌山県田辺湾 : Izawa, 1974a)

備考：新標準和名は、本種の種小名が日本 (古称は「大和」) を示すことに因む。



## コマイコブトリ (新称)

*Sarcotaces komaii* Shiino, 1953

宿主：ヒゲキホウボウ *Scalicus amiscus* (= *Peristedion amiscus*), カナダダラ *Antimora microlepis*

寄生部位：頭部前部の皮下に膨瘤を形成 (ヒゲキホウボウ), 筋肉中に膨瘤を形成 (カナダダラ)

地理的分布：北太平洋 (太平洋沖合: Avdeev and Avdeev, 1975; 三重県熊野灘: Izawa, 1974a; 高知県土佐湾沖: 椎野, 1953)

備考: Moser *et al.* (1985) は, 本種を *Sarcotaces arcticus* の異名と考えたが, 更なる検討が必要と判断されるため, ここでは独立種として扱う。本種は, 分類学的に大きく異なる2魚種 (ヒゲキホウボウ [スズキ目] とカナダダラ [タラ目]) から得られている。カナダダラ寄生個体が本種と同一であるかを検討する必要がある。カナダダラの筋肉中に異物が見られることは魚類学者も気がついていた (松原・浅野, 1953; 松原, 1963: 1297)。椎野 (1953) は宿主の種小名を *amissus* と誤記した。新標準和名は, 本種の種小名が京都大学の駒井 卓博士に献名されていることに加え, 博士がわが国のカクレムシ科カイアシ類に関する初期の研究に大きな貢献をされたことに因む。

## コブトリジイサン (新称)

*Sarcotaces pacificus* Komai, 1924

宿主：カエルアンコウ *Antennarius striatus* (= *Antennaris* sp., *A. tridens*, *A. nox*)

寄生部位：体表下に膨瘤を形成

地理的分布：北太平洋 (神奈川県三崎: Komai, 1924; Heegaard, 1947; 千葉県銚子, 三重県尾鷲, 和歌山県白浜: 椎野, 1953; 和歌山県田辺湾: Izawa, 1973, 1974a)

備考: 宿主に関して, 椎野 (1953) は Komai (1924) の報告した宿主 *Antennarius* sp. には2種 (*A. tridens* と *A. nox*) が含まれていたと述べたが, 今は両者ともカエルアンコウとされている。椎野 (1953) は, 本種がわが国に比較的普通に分布すると述べている。本種の初期生活史が調べられた (Izawa, 1973)。なお, 大阪市にある水族館 (海遊館) で飼育されていたカエルアンコウから *Sarcotaces* sp. が見出されているが (竹内ら, 2013), 本種と考えられる。新標準和名は, 本種の寄生を受けた宿主は多くの部位に膨瘤を形成し, その様子がおとぎ話の「こぶとり爺さん」を連想させることに因む。

## シイノコブトリ (新称)

*Sarcotaces shiinoi* Izawa, 1974

宿主：ヒモアナゴ *Acromycter nezumi* (= *Promyllantor nezumi*)

寄生部位：肛門付近の皮下に膨瘤を形成

地理的分布：北太平洋 (三重県熊野灘 [尾鷲沖]: Izawa, 1974a)

備考: 本種の種小名には寄生性カイアシに関する研究で著しい業績を挙げた椎野季雄博士に顕名されたので, 新標準和名もそれに倣う。

## コブトリジイサン属の1種

*Sarcotaces* sp. 1

宿主：コブダイ *Semicossyphus reticulatus*

寄生部位：咽頭部付近に大きな膨瘤を形成

地理的分布：瀬戸内海（岡山県玉野海洋研究所附属水族館：Yamaguti, 1963）

備考：Yamaguti（1963：315）は本種を簡単に紹介したが記載を行わなかった（雌成体，膨瘤部とその周辺を示した図がある [pl. 314, fig. 4]）。

## コブトリジイサン属の1種

*Sarcotaces* sp. 2

宿主：トカゲエソ *Saurida elongata*

寄生部位：吻部と口腔の皮下に膨瘤を形成

地理的分布：瀬戸内海（山口県周防灘：桃山・天社，2006）

備考：本種の寄生状態を示す写真がある（桃山・天社，2006: fig. 25）。

## コブトリジイサン属の1種

*Sarcotaces* sp. 3

宿主：アカハタ *Epinephelus fasciatus*

寄生部位：腹腔内に大きな膨瘤を形成

地理的分布：北太平洋または東シナ海（鹿児島県奄美大島近海：Nagasawa *et al.*, 2015）

備考：本種の寄生を受けた魚は魚市場で商品価値がない（Nagasawa *et al.*, 2015）。本種の寄生状態を示す写真がある（Nagasawa *et al.*, 2015: fig. 1）。

## 宿主－寄生虫リスト

硬骨魚綱 Osteichthyes

条鰭亜綱 Actinopterygii

ウナギ目 Anguilliformes

ウツボ科 Muraenidae

ウツボ *Gymnothorax kidako*：ヤマトコブトリ *Sarcotaces japonicus*

アナゴ科 Congridae

ヒモアナゴ *Acromycter nezumi*：シイノコブトリ *Sarcotaces shiinoi*

ヒメ目 Aulopiformes

エソ科 Synodontidae

トカゲエソ *Saurida elongata*：コブトリジイサン属の1種 *Sarcotaces* sp. 2

タラ目 Gadiformes

チゴダラ科 Moridae

カナダダラ *Antimora microlepis*：コマイコブトリ *Sarcotaces komaii*

アンコウ目 Lophiiformes

カエルアンコウ科 Antennariidae

- カエルアンコウ *Antennarius striatus* : コブトリジイサン *Sarcotaces pacificus*
- ダツ目 Beloniformes
- サヨリ科 Hemiramphidae
- ホシザヨリ *Hemiramphus far* : ナガクビカクレムシ *Colobomatus collettei*
- スズキ目 Perciformes
- フサカサゴ科 Scorpaenidae
- ハナミノカサゴ *Pterois volitans* : ミナミカクレムシ *Colobomatus pterois*
- セトミノカサゴ *Parapterois heterura* : タマコブムシ *Ichthyotaces pteroisicola*
- キホウボウ科 Percistediidae
- ヒゲキホウボウ *Scalicus amiscus* : コマイコブトリ *Sarcotaces komaii*
- ズキ科 Lateolabracidae
- スズキ *Lateolabrax japonicus* : カクレムシ科の1種 *Philichthyidae* sp.
- ハタ科 Serranidae
- アカイサキ *Caprodon schlegelii* : ホソミカクレムシ *Colobomatus exilis*
- アカハタ *Epinephelus fasciatus* : コブトリジイサン属の1種 *Sarcotaces* sp. 3
- フエダイ科 Lutjanidae
- ハマダイ *Etelis coruscans* : トンガリムシ *Procolobomatus hoi*
- タカサゴ科 Caesionidae
- タカサゴ *Pterocaesio digramma* : リユウキュウカクレムシ *Colobomatus absens*
- タイ科 Pagridae
- キチス *Acanthopagrus latus* : クロダイカクレムシ *Colobomatus mylionus*
- キビレアカレンコ *Dentex abei* ツノカクレムシの1種 *Colobomatus* sp. 2
- クロダイ *Acanthopagrus schlegelii* : クロダイカクレムシ *Colobomatus mylionus*
- マダイ *Pagrus major* : ツノカクレムシ属の1種 *Colobomatus* sp. 1
- チダイ *Evynnis tumifrons* : ツノカクレムシ属の1種 *Colobomatus* sp. 1
- ミナミクロダイ *Acanthopagrus sivicolus* : クロダイカクレムシ *Colobomatus mylionus*
- フエフキダイ科 Lethrinidae
- メイチダイ *Gymnocranius griseus* : バンザイカクレムシ *Colobomatus gymnocranii*
- キス科 Sillaginidae
- シロギス *Sillago japonica* : トウヨウカクレムシ *Colobomatus westi*
- ヒメジ科 Mullidae
- オキナヒメジ *Parupeneus spilurus* : ヒメジカクレムシ *Colobomatus pupa*
- オジサン *Parupeneus multifasciatus* : ヒメジカクレムシ *Colobomatus pupa*
- ホウライヒメジ *Parupeneus ciliatus* : ヒメジカクレムシ *Colobomatus pupa*
- チョウチョウウオ科 Chaetodontidae
- オニハタタテダイ *Heniochus monoceros* : イザワカクレムシ *Colobomatus fusiformis*
- キンチャクダイ科 Pomacanthidae
- スミレヤッコ *Paracentropyge venusta* : センチュウモドキ *Lernaeascus kabuto*
- ヘラルドコガネヤッコ *Centropyge heraldi* : センチュウモドキ *Lernaeascus kabuto*
- ベラ科 Labridae
- コブダイ *Semicossyphus reticulatus* : コブトリジイサン属の1種 *Sarcotaces* sp. 1
- ニザダイ科 Acanthuridae
- モンツキハギ *Acanthurus olivaceus* : クビヅマリカクレムシ *Colobomatus acanthuri*
- メカジキ科 Xiphiidae
- メカジキ *Xiphias gladius* : カクレムシ *Philichthys xiphae*

## 今後の研究課題

本目録では、1924–2016年の93年間に出版された文献をもとに、日本産カクレムシ科カイアシ類各種の情報を整理した。その結果、わが国の6目21科の海産硬骨魚からは6属18種と未同定種（6種）が報告されていることが明らかになった。2004年までに世界から記載されたカクレムシ科カイアシ類は9属54種である（Boxshall and Halsey, 2004: 624）。この数値に基づくと、わが国から既知属の67%、既知種の約33%のカクレムシ科カイアシ類が報告されていることになる。また、わが国で記録された属数と種数を、寄生性カイアシ類相がよく研究されているカナダ（2属2種：Kabata, 1988）、韓国（1属5種：Kim, 2014）、ブラジル（1属2種：Luque and Tavares, 2007）、英国（1属1種：Kabata, 1979）、インド（0種：Pillai, 1985）と比べてみても、わが国で報告された種数は群を抜いて多い。すなわち、わが国は世界で最も豊かなカクレムシ科カイアシ類相を有している。これは、駒井 卓博士（Komai, 1924）、椎野季雄博士（Shiino, 1932；椎野, 1953）、伊澤邦彦博士（Izawa, 1974a, 1974b）に加えて、近年は Ione Madiabetiaha 博士（Madinabeitia *et al.*, 2013; Madinabeitia and Iwasaki, 2013）と上野大輔博士（Uyeno *et al.*, 2015）の研究成果によるところが大きい。

実は、これまでカクレムシ科カイアシ類に注意を払う研究者は限られていた。何故ならば、カイアシ類の分類研究のために、研究者は通常、宿主の体表や鱗、鰓に寄生するカイアシ類を採集してきたからである。内部寄生性のカクレムシ科に注目した研究者はほとんどいなかった。換言すれば、カクレムシ科は分類学的にほとんど無視されてきたと言えるだろう。この点に関して、Madinabeitia and Iwasaki (2013) は、本科には従来考えられていたよりも多くの種が存在するはずだと述べ、採集時に二重ネット法（double-netting, 詳細は Madinabeitia and Nagasawa, 2013 を参照）を用いることを推奨している。この方法では、従来の方法よりも、クロダイヤドリムシの採集数が4倍も高まったことが知られている（Madinabeitia and Nagasawa, 2013）。今後は、この二重ネット法の活用などにより、魚類の頭部感覚器官や側線の内腔に寄生するカクレムシ科カイアシ類の更なる分類研究が期待される。

## 引用文献

- Avdeev, G. V., Avdeev, V. V., 1975. Parasitic Crustacea of the genus *Sarcotaces* Olsson, 1872 (Copepoda) from fishes of the Pacific Ocean. *Bulletin of the Pacific Scientific Institute of Fisheries and Oceanography*. **96**: 227-231. [In Russian].
- Boxshall, G. A., Halsey, S. H., 2004. *An Introduction to Copepod Diversity*. The Ray Society, London. 966 pp.
- Byrnes, T., Cressey, R., 1986. A redescription of *Colobomatus mylionus* Fukui from Australian *Acanthopagrus* (Sparidae) (Crustacea: Copepoda: Philichthyidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*. **99**: 388-391.
- Cressey, R. F., 1977. Two new species of *Colobomatus* (Copepoda: Cyclopoida) parasitic on Pacific fish. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. **90**: 579-583.
- Cressey, R. F., 1984. A redescription of *Ichthyotaces pteroisicola* Shiino (Crustacea: Copepoda: Philichthyidae) from the lizardfish *Synodus variegatus* Lacépède (Synodontidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*. **97**: 529-531.
- 福井玉夫, 1965. 本邦産寄生性橈脚類の二, 三について. *甲殻類の研究*. **2**: 60-66.
- Hayward, C. J., 1996. Copepods of the genus *Colobomatus* (Poecilostomatoida: Philichthyidae) from fishes of the family Sillaginidae (Teleostei: Perciformes). *Journal of Natural History*. **30**: 1779-1798.
- Hayward, C. J., 1997. Distribution of external parasites indicates boundaries to dispersal of siganid fishes in the Indo-West Pacific. *Marine and Freshwater Research*. **48**: 391-400.
- Heegaard, P., 1947. Discussion of the genus *Sarcotaces* (Copepoda) with a description of the first known male of the genus. *Kungliga Fysiografiska Sällskapetets i Lund Förhandlingar*. **17**: 1-8.
- 市原醇郎, 1990. 水産物における寄生虫. *水産振興*. **254**: 1-54.
- Izawa, K., 1973. On the development of parasitic Copepoda I. *Sarcotaces pacificus* Komai (Cyclopoida:

- Philichthyidae). *Publications of the Seto Marine Biological Laboratory*. **21**: 77-86.
- Izawa, K., 1974a. *Sarcotaces*, a genus of parasitic copepods (Cyclopoida: Philichthyidae), found on Japanese fishes. *Publications of the Seto Marine Biological Laboratory*. **21**: 179-191.
- Izawa, K., 1974b. On three new species of *Colobomatus* (Cyclopoida: Philichthyidae) parasitic on Japanese fishes. *Publications of the Seto Marine Biological Laboratory*. **21**: 335-343.
- Izawa, K., 1975. On the development of parasitic Copepoda II. *Colobomatus pupa* Izawa (Cyclopoida: Philichthyidae). *Publications of the Seto Marine Biological Laboratory*. **22**: 147-155.
- Kabata, Z., 1979. *Parasitic Copepoda of British Fishes*. The Ray Society, London. xii+468 pp. 2031 figs.
- Kabata, Z., 1988. Copepoda and Branchiura. In "Guide to the Parasites of Fishes of Canada. Part II. Crustacea", Ed., Margolis, L. and Kabata, Z., Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 101, Ottawa: 3-127.
- Kim, I.-H., 2014. *Invertebrate Fauna of Korea Vol. 21, No. 37, Arthropoda: Maxillopoda: Copepoda: Cyclopoida, Fish-Parasitic Cyclopoid Copepods*. National Institute of Biological Resources, Incheon. 226 pp.
- Komai, T., 1924. Notes on *Sarcotaces pacificus* n. sp., with remarks on its systematic position. *Memoirs of the College of Sciences, Kyoto Imperial University, Series B*, **1**: 265-271.
- Luque, J. L., Tavares, L. E. R., 2007. Checklist of Copepoda associated with fishes from Brazil. *Zootaxa*. **1579**: 1-39.
- Madinabeitia, I., Iwasaki, S., 2013. A new species of *Procolobomatus* Castro Romero, 1994 (Copepoda: Philichthyidae) endoparasitic in a deepwater longtail snapper (Actinopterygii: Lutjanidae) off Ishigaki Island, Japan, with records of philichthyid copepods reported from Asian waters. *Systematic Parasitology*. **84**: 217-224.
- Madinabeitia, I., Nagasawa, K., 2013. Double-netting: an alternative approach for the recovery of parasitic copepods from finfishes. *Journal of Natural History*. **47**: 529-541.
- Madinabeitia, I., Tang, D., Nagasawa, K., 2013. Four new species of *Colobomatus* (Copepoda: Philichthyidae) parasitic in the lateral line system of marine finfishes captured off the Ryukyu Islands, Japan, with redescriptions of *Colobomatus collettei* Cressey, 1977 and *Colobomatus pupa* Izawa, 1974. *Journal of Natural History*. **47**: 563-580.
- 松原喜代松, 1963. 魚類の形態と検索. 石崎書店, 東京: xi+1605 pp.
- 松原喜代松・浅野長雄, 1943. スミダラ *Antimora microlepis* Bean の墨汁嚢に就いて(豫報). *日本海洋学会誌*. **2**: 11-15.
- 桃山和夫・天社こずえ, 2006. 山口県沿岸域および湖沼河川で採集された異様な外観を呈する天然魚介類の寄生虫およびその他の異常. *山口県水産研究センター研究報告*. **4**: 143-161.
- 文部省・日本動物学会, 1988. 学術用語集. 動物学編(増訂版). 丸善, 東京: 1122 pp.
- Moser, M., Halderson, L., Field, L. J., 1985. The taxonomic status of *Sarcotaces komaii* and *Sarcotaces verrucosus* (Copepoda: Philichthyidae) and host-parasite relationships between *Sarcotaces arcticus* and *Sebastes* spp. (Pisces). *Journal of Parasitology*. **71**: 472-480.
- Nagasawa, K., 2011. A checklist of the parasitic copepods (Crustacea) of fishes and invertebrates of the Seto Inland Sea, Japan (1935-2011), with a new locality record for *Caligus macarovi* (Caligidae). *Bulletin of the Hiroshima University Museum*. **3**: 113-128.
- Nagasawa, K., 2015. A 2015 update and corrections to the checklist of the parasitic copepods (Crustacea) of fishes and invertebrates of the Seto Inland Sea, Japan. *Biosphere Science*. **54**: 113-124.
- 長澤和也・上野大輔, 2011. 日本産魚類に寄生するヒトガタムシ科カイアシ類の目録(1898-2011年). *日本生物地理学会会報*. **66**: 17-25.
- 長澤和也・上野大輔, 2012. 日本産魚類に寄生するツツウオジラミ科, エラノミ科(新称) Hatschekiidae およびニセエラノミ科(新称) Pseudohatschekiidae カイアシ類の目録(1916-2012年). *生物圏科学*. **51**: 37-59.

- 長澤和也・上野大輔, 2014. 日本産魚類・鯨類に寄生するヒジキムシ科(新称) Pennellidae カイアシ類の目録(1916-2014年). *生物圏科学*, **53**: 43-71.
- 長澤和也・上野大輔, 2015. 日本産魚類に寄生するナガクビムシ科カイアシ類の目録(1939-2015年). *生物圏科学*, **54**: 125-151.
- Nagasawa, K., Inoue, A., Myat, S., Umino, T., 2007. New host records for *Lernaea cyprinacea* (Copepoda), a parasite of freshwater fishes, with a checklist of the Lernaeidae in Japan (1915-2007). *Journal of the Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University*, **46**: 21-33.
- 長澤和也・海野徹也・上野大輔・大塚 攻, 2007. 魚類寄生虫またはプランクトンとして出現するニセエラジラミ科カイアシ類の目録(1895-2007年). *日本生物地理学会会報*, **62**: 43-62.
- 長澤和也・上野大輔・Tang, D., 2010. 日本産魚類に寄生するウオジラミ属カイアシ類の目録(1927-2010年). *日本生物地理学会会報*, **65**: 103-122.
- 長澤和也・上野大輔・何 汝諧, 2013. 日本産魚類に寄生するツブムシ科カイアシ類の目録(1916-2012年). *生物圏科学*, **52**: 117-143.
- Nagasawa, K., Uyeno, D., Toda, M., 2015. *Sarcotaces* sp. (Copepoda: Philichthyidae), a parasite of a blacktip grouper, *Epinephelus fasciatus*, from off the Ryukyu Islands, southern Japan. *Biogeography*, **17**: 103-106.
- 中坊徹次(編), 2013. 日本産魚類検索 全種の同定(第三版). 東海大学出版会, 秦野: 2428 pp.
- 大塚 攻・仲達宣人・田中 克・上田拓史, 2007. 有明海産スズキにおけるカイアシ類の寄生状況. *日本水産学会誌*, **73**: 693-702.
- Pillai, N. K., 1985. *The Fauna of India. Copepod Parasites of Marine Fishes*. Zoological Society of India, Calcutta: 900 pp.
- Shiino, S. M., 1932. *Ichthyotaces pteroisicola*, n. gen. & n. sp., a copepod parasitic on the fish *Pterois lunulata* Temm. & Schl. *Annotationes zoologicae Japonenses*, **13**: 417-433.
- 椎野季雄, 1953. 我国に産する寄生性橈脚類 *Sarcotaces* 属について. 三重大学研究年報, **1**: 171-183.
- 竹内徳余・伊東隆臣・浅川満彦, 2013. 大阪・海遊館で飼育展示された海産魚の内部・外部寄生虫. *日本獣医寄生虫学会誌*, **12**: 67-72.
- 東京都市場衛生検査所(編), 1990. 魚介類の寄生虫ハンドブック 第2巻. 東京都情報連絡室情報公開部都民情報課: 45 pp.
- 内田 享(監), 1972. 谷津・谷田動物分類名辞典. 中山書店, 東京: 1411 pp.
- Uyeno, D., Tang, D., Nagasawa, K., 2015. A new species of the enigmatic copepod genus *Lernaeascus* (Cyclopoida: Philichthyidae), parasitic on angelfishes (Actinopterygii: Pomacanthidae) from the Ryukyu Islands, Japan. *Species Diversity*, **20**: 159-166.
- Yamaguti, S., 1963. *Parasitic Copepoda and Branchiura of Fishes*. Interscience Publishers, New York, London, and Sydney: 1104 pp.

## A checklist of copepods of the family Philichthyidae (Cyclopoida) from fishes in Japanese waters (1924–2016)

Kazuya NAGASAWA<sup>1)</sup> and Daisuke UYENO<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
1-4-4 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-8528, Japan

<sup>2)</sup> Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University,  
1-21-35 Korimoto, Kagoshima, Kagoshima 890-0065, Japan

**Abstract** Based on the literature published between 1924 and 2016, a checklist is compiled for the 18 nominal species and six unidentified species in six genera (*Colobomatus*, *Ichthyotaces*, *Lernaescus*, *Philichthys*, *Procolobomatus*, and *Sarcotaces*) of the copepod family Philichthyidae from Japanese fishes. This checklist contains information for each taxon regarding its host(s), attachment site(s), known geographical distribution in Japanese waters, and references. A host-parasite list is also given.

**Key words:** bibliography, checklist, Copepoda, fish parasites, Philichthyidae



## Information

**Hiroshima University has granted the Doctor's degree to the following researchers.**

**The list is only concerned with the Graduate School of Biosphere Science.**

### **DEPARTMENT OF BIORESOURCE SCIENCE**

March 3, 2016

Doctor of Philosophy Ciaki IKEDA

March 3, 2016

Doctor of Philosophy INDAH ISTIQOMAH

March 3, 2016

Doctor of Philosophy Wai Yee LIN

March 3, 2016

Doctor of Agriculture Yuki KIMURA

September 5, 2016

Doctor of Philosophy Elsayed Seddek Ibrahim MOHAMMED

### **DEPARTMENT OF BIOFUNCTIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY**

March 3, 2016

Doctor of Philosophy Sofya SUIDASARI

March 3, 2016

Doctor of Agriculture Misa MASANARI

September 5, 2016

Doctor of Philosophy Hazim Omar Abdelgalil KHALIFA

September 5, 2016

Doctor of Agriculture Yohei SANADA

### **DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL DYNAMICS AND MANAGEMENT**

March 3, 2016

Doctor of Philosophy Ahmad Mohammad Mohammad MEKAWY

September 5, 2016

Doctor of Philosophy Adebajo Jacob ANIFOWOSE

### **DISSERTATION PhD**

March 3, 2016

Doctor of Philosophy Khwanruan SRINUI

March 3, 2016

Doctor of Agriculture Tetsuya SUZUKI



## A study for developing the noninvasive method to select the good quality of embryo

Chiaki IKEDA

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

妊孕力の高い良好胚選別のための非侵襲的な評価方法の開発

池田 千秋

広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

### 背景

ヒト体外受精・胚移植の技術は不妊症の革新的な治療法として導入され、全世界に普及したが、胚移植後の妊娠率はいまだに低く、流産率も高い。妊娠率を上げるために、初期胚は複数個移植されてきたが、その結果、多胎妊娠が増加し、周産期医療や新生児医療の現場で多くの問題が生じてきた。生殖補助医療において、移植前に質的にもっとも良好な胚を選択する事は、妊娠率の向上、多胎妊娠の回避、流産率の低下のために極めて重要である。現在、良好胚の選択は、移植日の形態学的評価によって行っている施設がほとんどである。しかし、形態学的特徴は定量性、客観性に欠けることから、厳密な胚の品質評価は困難であり、単一胚移植は、複数個移植よりも妊娠率が低い原因となっている。従って、より精度の高い胚評価法を確立するために、胚の機能的評価が必要であると考えた。以上のことから、本研究では、体外受精・胚移植成功の鍵となるもっとも妊孕力の高い胚を選択するための非侵襲的な方法の開発を目的とした。

### ヒト顕微授精胚の第一分割のタイミングと胚発生

これまで第一分割の早い受精卵から発生した胚は、分割の遅い胚と比較して高い妊娠率と着床率が期待できると報告されていることから、早期分割は、良好な4細胞期胚、8細胞期胚、胚盤胞への発育と高い相関関係があると考えられる。そこで、第一分割のタイミングと胚発生の関係を明らかにするため、顕微授精施行25時間後の胚の状態（EC：early cleavage, BD：pronuclear breakdown, PN：pronuclear）による発生能力の違いを検討した。その結果、培養3日目の胚の分割数とグレードは、BD胚、PN胚と比較してEC胚が有意に高かった。また、胚盤胞到達率、良好胚盤胞発生率においても、BD胚、PN胚と比較してEC胚が有意に高かった。これらの事実から、早期分割胚は、その後の発生能力の高い胚であることが考えられた。良好胚の選択は、臨床的には非侵襲的な形態評価に頼らざるを得ず、発生段階別にさまざまな報告がなされているが、どの方法にも限界がある。第一分割のタイミングの評価は、特別な機器も必要とせず、分割を確認するだけなので観察者によってばらつきがでることもない。従って、第一分割のタイミングの早い胚は、移植の際により発生能力の高い胚を選択する際の優れたマーカーになると考えられた。

### ヒト顕微授精胚の第一分割のタイミングと臨床成績

ヒト顕微授精胚の第一分割のタイミングが、その後の胚の発生能と関与していることを明らかにし、早期分割胚がその後の高い発生能力の指標（発生能マーカー）となることを示した。しかし、発生能の高い胚の移植は着床率の向上につながるが、その後の妊娠継続を担保するものであるかは不明である。既報において、胚盤胞期胚をVitrification法により凍結し、採卵を行った次周期以降に子宮環境を着床が起りやすい状態へと誘導した後に胚移植することで、その成功率（着床率）は50%以上に到達すると報告されている。しかしながら、胚移植後の自然流産率は18~30%と自然妊娠と比較して著しく高いことが報告されている。従って、着床までを担保する発生能だけでなく、流産が起らない胚の正常性も担保することが、高度生殖

補助医療の臨床成績の向上に必要である。そこで、顕微授精胚を単一胚移植した臨床成績について、第一分割のタイミング別に後方視的検討を行った。胚発育は、1個胚培養システムでモニターし、胚盤胞期に発育したすべての胚は凍結を行い、その後コントロールサイクルで胚移植を行った結果、EC胚を移植した時の臨床的妊娠率は、PN胚を移植した時と比較して有意に高く(62.3 v.s. 25.6 %,  $P < 0.01$ )、流産率は有意に低かった(4.4 v.s. 72.7 %,  $P < 0.01$ )。以上の結果は、「第一分割のタイミングと妊娠」の関係を明確化するものであり、非侵襲的で簡便な客観的胚の選択マーカーとなる画期的成果である。また、第一分割の遅れ、つまり第一有糸分裂の遅れは、精子または卵の受精能力の低さを意味しており、それにより染色体分配異常という結果につながると考えられた。従って、第一分割のタイミングの検出は、着床率の高さだけでなく移植後の流産リスクの低い真の良好胚を選択する有用な方法となると期待される。

### 胚代謝産物の網羅的解析

受精卵の第一分割のタイミングという染色体の正常性予知とともに、初期胚発生過程において胚自身の機能的評価も行うことで、さらなる胚移植効率の向上が期待できる。このような連続的胚評価を臨床における非侵襲的測定法の枠内で実施することが必要であることから、培地中の代謝産物の測定が有効であると考え、メタボローム解析を行い、培養液中の代謝物を特定した。その結果、受精確認後胚盤胞期胚まで到達し、その後移植し妊娠に至った発生良好群、培養3日目までは良好であったが分割期で停止した発生不良群において、培養3日目までの両者の代謝産物に有意な差が存在することが明らかになった。代謝物全体の変動パターンを調べた結果、発生良好群では、クエン酸、コハク酸、リンゴ酸などのTCA回路の中間代謝物が増加しており、良好胚はエネルギー代謝が活性化していると考えられた。一方で発生不良群では脂肪酸、アスパラギン酸、ロイシンが顕著に増加し、パントテン酸が減少していた。パントテン酸は、脂質代謝を中心となることが報告されており、発育不良群で脂肪酸代謝の中間物質である中鎖脂肪酸が顕著に増加していたことも合わせて考えると、脂肪酸代謝は胚のその後の発生能力と相関することが示唆された。また、糖代謝経路に関する物質を発生良好群と発生不良群で比較した時、ピルビン酸量は発生良好群で高く、乳酸量は発生不良群で高かった。これより、発生良好群、発生不良群それぞれの培養3日目までの培養液をサンプリングし、ピルビン酸量と乳酸量を測定した結果、ピルビン酸/乳酸取り込み量比は、発生不良群と比較して発生良好群で有意に高い結果となった。乳酸をピルビン酸へ変換するときに用いられる乳酸脱水素酵素(lactate dehydrogenase, LDH)は、zygote期で最も活性が高く、胚盤胞期では減少することから、胚の発生能とLDH活性との関係が強く示唆された。以上のことから、胚の代謝産物を測定することにより、胚の質を評価することができ、より妊娠力の高い胚を選択する新たなマーカー開発につながると期待できる。

### まとめ

社会的な背景から、今後も高齢女性不妊患者は益々増加し、体外受精・胚移植のニーズは高まるものと思われる。生殖補助医療において、移植前に妊娠に至りうる良好胚を選択する事は、多胎妊娠の回避、流産率の低下をもたらす、児と母体の健康維持のために重要なポイントである。妊娠力の高い良好胚選別のための評価方法を検討した本研究において、受精25時間後の第一分割のタイミングの早い胚を胚盤胞まで培養した後凍結し、その後移植した妊娠率は、62.3% (68/109)であった。単一凍結胚移植の妊娠率は約30%と報告されており、その数値と比較して本研究で得られた妊娠率は高いものであった。従って、本研究の成果は、ヒト高度生殖補助医療成功率の上昇に寄与するものである。この技術を広く大型家畜の受精卵移植にも応用することにより、高い経済形質を持つ個体を効率よく生産できると考えられる。

キーワード：体外受精、受精卵培養、胚移植、メタボローム解析、不妊治療

## Mechanisms of protection induced by atypical *Edwardsiella tarda* vaccine in red sea bream *Pagrus major*

INDAH ISTIQOMAH

Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan

養殖マダイのエドワジエラ症に対するワクチンの感染防御機構

インダ イスティコマー

広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

In this study, I analysed the virulence-associated factors (genes) and pathogenicity between typical and atypical *Edwardsiella tarda* strains (Chapter 1), and demonstrated the role of fimbriae as an important virulence factor in atypical *E. tarda* infection under marine environments (Chapter 2). In Chapter 3, I developed an inactivated injection bacterin for red sea bream edwardsiellosis and demonstrated the protection mechanisms conferred by the bacterin (Chapter 4).

### Chapter 1. Comparison of virulence-associated factors between two *E. tarda* phenotypes

Two phenotypic strains of *E. tarda*, FK1051 (typical) and MEE0309 (atypical), isolated from diseased Japanese flounder and red sea bream, respectively, were used in this study. Full genome data of the *E. tarda* strains were analyzed to predict the virulence factors. Pathogenicity of the bacteria were evaluated by intraperitoneal infection in Japanese flounder and red sea bream. Total of 116 virulence factor genes were identified. Among them, 86 genes were found in both strains, of which 45 genes were identical. Infection experiments indicated pathogenicity of both strains to Japanese flounder and red sea bream. The typical strain FK1051 was highly pathogenic to Japanese flounder ( $LD_{50}=7 \times 10^2$  CFU/ 100g body weight). Both strains were similarly pathogenic to red sea bream with  $LD_{50}$  value of  $4 \times 10^6$  CFU/100g.

### Chapter 2. Sodium chloride-enhanced fimbriae expression of *E. tarda*

Both typical and atypical *E. tarda* strains exhibited faster growth in liquid medium supplemented with 0% to 2% NaCl and slower growth in the 3% NaCl conditions. Hemagglutination activity against guinea pig erythrocytes was detected only in the 2% NaCl and/or 3% NaCl cultures. Electron microscopy revealed two types of fimbriae. The first type was wide (ca. 9 nm) and appeared only in the 0% NaCl culture of typical strain, and the second type was thin (ca. 4 nm) and appeared in the 3% NaCl cultures of both *E. tarda* strains. Comparative genomic analysis indicated that amino acid sequences of the fimbrial operon were highly homologous between the strains. Expressions of the major fimbrial subunit gene (*etfA*) in both strains were significantly higher in the 3% NaCl cultures than in the 0% NaCl cultures. In conclusion, the thin fimbriae structure, induced by the *etfA* gene expression, might be required by the typical and atypical *E. tarda* as the mediator of adherence into host cells to escape from such unfavorable seawater conditions.

### Chapter 3. Effectiveness of atypical *E. tarda* bacterin in red sea bream

Inactivated atypical *E. tarda* cells derived from 2% NaCl culture was selected as a bacterin candidate. A single IP-injection of the bacterin ( $10^8$  cells/fish) to red sea bream juveniles induced high antibody production at 3

weeks post-immunization. The bacterin induced no apparent abnormalities in fish conditions even at 10 times higher dose. High protection with RPS values of more than 60% was achieved by the immunization, when the fish were IP-challenged with the homologous strain. The protections were dose-dependent and lasted at least up to 4 months post-immunization. Minimum effective bacterin dose was 10<sup>7</sup> cells/fish. Serum antibodies were detected at high titers from all immunized fish but no correlation between the antibody titers and the protection. The inactivated injection bacterin will be applicable to red sea bream farming facilities to control edwardsiellosis.

#### **Chapter 4. Protective mechanisms in red sea bream induced by atypical *E. tarda* bacterin**

To clarify protection mechanisms induced by the inactivated bacterin, some *in vivo* and *in vitro* experiments were performed. The numbers of *E. tarda* live cells in the blood, kidney, spleen and liver of the immunized fish at 48-h post bacterial challenge were significantly lower than those of the non-immunized fish, but with no total bacterial clearance. Factors contributing to inhibition of the bacterial growth were then investigated. At the early stage of infection both classical and alternative pathways of fish serum complement cascades have no *in vitro* bactericidal effects to the atypical *E. tarda*. However, the immune macrophages with aids of the immune sera exhibited higher phagocytic activity and inhibition of intracellular growth of *E. tarda*, though clearance of the bacteria was not completed. Fish conditions at the late stage of infection were investigated by histopathological and immunohistochemical methods. Development of granulomas were detected in the kidney, spleen and liver with most dominant appearance in the kidney. Accumulation of phagocytic cells was detected after 4 days of infection and different type of granulomas were found after 2 weeks of infection. Granulomas in the immunized fish mainly composed of progressively developing granulomas in the forms of walled off phagocytic cells aggregates, and localized aggregates from surrounding normal tissue with centralized or disappearing bacteria in it, while those in the non-immunized fish were dominated by enlarging granuloma with spreading bacteria. Melanomacrophage centers occupied the area of immunized fish tissue more widely than those of non-immunized fish, and most of them were associated with granulomas. Based on these results, it was concluded that protection of red sea bream by immunization with the inactivated bacterin was brought by cellular immunity; in the forms of activated macrophages with aids of opsonins and granuloma formation composed by macrophages and other unidentified cells.

**Key words:** *Edwardsiella tarda*, cellular immunity, granuloma, vaccine, fimbriae, *Pagrus major*

## **Integrated Food Control Systems: Toward Food-Safety and Trade-Promotion in Myanmar**

Wai Yee LIN

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

ミャンマーにおける食の安全と貿易振興のための統合的食料管理システム

ウェイ イー リン

広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

In the realm of food safety, food control is a tool to achieve safety required either for hygienic-based or priced-based demand of food. This dissertation is started with assessing the overall capacity of food control laboratories assigned with trade-related quality assurance task and the functional capacities of the supporting National Quality Infrastructure-NQI. Severity of supply-side constraints such as institutional capacity-based and compliance-based constraints to agricultural production systems showed the main drawback in export-led growth and that is a galvanizing issue for an agrarian country like Myanmar. It was reported that the trade-supported industries failed to collaborate with the agricultural export promotion effort for achieving more foreign exchange earnings by export that can contribute majority of Myanmar people. Moreover, it was also informed that the market for high quality and safe food products hardly existed in Myanmar due to various kind of market imperfection in credit, insurance, land and labor markets in the rural economy. For achieving export-led growth in poverty reduction, it is requisite to capitalize in food production system at primary level, processing level. Developing countries are generally concerned with food security.

Secondly, street food sector was selected to investigate the authority's controlling aspects of street foods towards safety, to investigate the vendors' understanding of proper practices for safety and also to find out the constraints that prevent adoption of proper food handling practices. It is an important sector for developing countries where the numbers of informal businesses are majority especially in food sectors. Yangon City Development Council-YCDC is mainly responsible for controlling food stalls in Myanmar. Interviews were conducted with the authority from the health department of the YCDC. A total of seventy two (n=72) street food vendors from the downtown area included. Demographic profiles of vendors, their food safety knowledge, constraints regarding proper handling practices etc. were assessed using a semi-structured questionnaire. It was found that YCDC had already established five key components of food control system for controlling food stalls, however, street foods was not under control, if comparing with other stationary food stalls. That situation prevented the opportunity to educate vendors. A total of one hundred and sixty seven (n=167) street foods consumers took part in consumer's attitude towards food handling practices and safety of street foods in Yangon. Among other findings, this study found that more than 75 % thought that street food stalls should be under the authority's control for safety.

Myanmar fishery sector was selected for examining public food control provision and firm level food safety standards adoption of 20 EU approved factories. It showed that competent authority-CA plays an essential role for the export success of firms. Regardless of how small or big the approved firms are and whether they possessed private certificates or not, firms needed to be under control of the CA. To comply with regulatory and customers'



requirements and to get access to new markets are three major incentives towards the adoption of HACCP system. The need to retain trained production staffs and managerial staffs are two major challenges in the adoption of HACCP for the firms. It was also found that more than 86% of fisheries processing firms of Myanmar were still inside the informality food control trap and only approximately 14% of the firms were eligible for export to EU markets.

When it comes to food control in transboundary food trade either export or import, it is vital to have sound NQI designed for supporting the implementation of food control measures. Thus, this case study accessed the import food monitoring of Myanmar and Japan in transboundary food trade. With a number of food legislation, regulatory framework of Japanese import food monitoring supported and guided the responsibilities of food authority, quarantine stations, private inspection and testing agencies and importers. A strong negative correlation was found between consultation at quarantine stations and violations of import food with  $r$  value 0.78. Even though the number of delegated laboratories in 62 countries was 42 times higher than that of the domestic laboratories, they shared only 10% of total testing. Import food monitoring in third countries revealed less advantage in scope and food items, if comparing with EU. However, Japan chose not to rely on monitoring of export country solely rather than giving consultation to exporters and training to importers. The national standard formulation method is based on risk analysis in accordance with internationally accepted norms. The system was streamlined in accordance with global restructuring trend. The characteristic of Myanmar's import food monitoring is generally in accordance with GL47/2003 CODEX, the international guideline other than uniformity in nationwide implementation. The link between the food authority and food control at quarantine stations is totally lost. Import food safety is, in fact, the concern of most Myanmar people including food importers, food exporters and inspectors. For preventing the adulterated food import, monitoring of import foods needs the integration of food control system in technical and managerial capacities so as to implement import food control effectively.

It is obvious that Myanmar quality infrastructure particularly in food sectors is on the brink or in the middle of quality assurance crisis due to insufficient capacity at institutional level and a widespread informality food control at business level. The investments in food control at farm level, processing level and institutional level are urgently required that must support and reflect the need of domestic food sectors and the priority of the nation's economy strategically in Myanmar.

**Key words:** Food Trade, Food Control, Food Safety Management System, Quality Infrastructure, Consumer Protection

## Ecological study of an active emerger *Praealticus tanegasimae* on rocky tide pools

Yuki KIMURA

Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan

岩礫性潮間帯に生息する半陸上生活魚類タネギンボの生態学的研究

木村 祐貴

広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

タイドプールは岩礫性海岸, サンゴ礫性海岸, および干潟の潮間帯域に形成される特有の地形である。干潮時に外海から独立し, 海水の流入が制約されるため水質環境の日周変化が顕著となり, その結果, タイドプールを含む潮間帯域にはその環境に適応した固有の生物種が多くみられる。陸上環境で生命活動を行うことができる両生魚類 (Air-breathing fish) は世界で370種以上が報告されているが, そのうちの約70種は潮間帯に生息しており, 陸上への適応レベルによって *skippers* (陸上定住種), *passive remainers* (受動的陸上滞在種), *active emergers* (能動的陸上利用種) の3つに区別されている。これらの現象は人目に付きにくい環境で行われていることや人間の気配などの外的影響に左右されやすく, 特に *active emergers* については野外環境下での研究例は非常に乏しい現状であった。

第2, 3章では南日本5地点 (薩摩半島花瀬海岸, 口永良部島, 奄美大島, 沖縄島, 与那国島) において潮間帯の魚類群集学的研究を実施した。その結果, 花瀬海岸では3科7種, 口永良部島では16科47種, 奄美大島では14科46種, 沖縄島では11科20種, 与那国島では4科7種が確認された。低位のプールほど種数が多く, 高位のプールではイソギンボ科やハゼ科など限られた魚種のみが出現した。また, 口永良部島については, 1990年に同地点で行われた調査で採集された標本の種同定を行い, 10科34種が確認された。これらの大半は南方系魚類であり, 温帯性魚類はほとんどみられず, 口永良部島は黒潮の影響を色濃く受ける亜熱帯性水域であると考えられた。

これらの調査によって *active emergers* として過去に報告があるニセカエルウオ *Istiblennius edentulus* が各地点で確認され, ニセカエルウオと同所的にタネギンボ *Praealticus tanegasimae* が生息していることが明らかとなった。イソギンボ科タネギンボは亜熱帯域の岩礫性潮間帯, 特にタイドプールに生息する魚類である。これまで本種についての生態学的研究は行われてこなかったが, 各地点での魚類群集学的研究によって, 本種は潮間帯の中でも最も汀線から高い位置にあるプールでのみみられ, 南日本においてはタネギンボが潮間帯最上部に優的に生息していることが明らかとなった。高位プールは外海から隔離される時間が長くなるために水質環境がより変化しやすいが, 本種は他の魚類との棲み分けの結果, 高位プールを利用するために, 魚類にとって過酷な水質環境も耐えられる能力を備えるようになったのであろう。

これらの調査の過程で, 本種が水中から飛び出して岩盤上に静止する行動を目撃した。これは水中生活を基本としながらも自発的に陸上へ上がる *active emergers* である可能性が考えられたため, 鹿児島県口永良部島をメインフィールドとして, タネギンボの陸上進出の実態に迫ることを目的に, タネギンボの生息場所であるタイドプールの魚類群集学的研究とタネギンボの野外環境下における基本生態に焦点を当てた行動生態学的研究を実施した。

第4章では本種の陸上進出行動について野外調査を実施した。その結果, 本種の陸上進出行動は頭部だけを露出させる行動 (頭出行動) と完全に水中から飛び出す行動 (陸出行動) からなることが明らかとなった。陸上に滞在し続けていた時間は4–655秒と幅広いレンジであったが, そのほとんどは50秒未満の短時間の陸上滞在であった。陸上滞在中にはほとんどの個体でプール間の移動がみられた。プール内の水質環境と陸

出行動頻度との関係について解析を行ったところ、溶存酸素量には負の傾向が、水温には正の傾向がみられた。また、水温については移動先のプールの水温が元々いたプールよりも低いという結果が得られた。つまり「不適な水質環境からの逃避」のために陸上に上がり、他プールへと移動している可能性が示唆された。

第5章では本種の繁殖行動と採餌行動について行動生態学的研究を実施した。本種の繁殖様式はイソギンボ科魚類によくみられるなわばり訪問型と考えられるものであった。つまり、巣穴を保持した雄が雌に求愛し、巣穴に誘って産卵し、その後卵が孵化するまで雄が卵保護を行うものである。skippersであるヨダレカケは同様の繁殖行動を潮上帯の陸上環境で行うのに対して、本種は他のイソギンボ科魚類と同様にすべて水中で行っていた。つまり、本種の繁殖行動と陸上進出行動が直接的に関係しているとは考えにくい。採餌行動観察の結果、プールによって採餌行動頻度が大きく異なっていた。つまり、プールによって採餌場所、シェルダーなど使い分けを行っていると考えられる。

本種の採餌行動は水中をメインとしながら、頭出行動を行いながら陸上でも行われていた。両環境間での採餌頻度には差が認められず、外見上の採餌行動様式に差はみられなかった。本種は岩盤の表面に繁茂する微細藻類やデトリタスを利用しており、本種が水中および陸上で採餌を行っていた底質を採取したところ、消化管中から検出されたものと同様の藻類やデトリタスが検出された。以上の結果から、「他魚種が利用できない餌資源の探索」のために陸上に上がっている可能性が考えられる。

本研究の結果から、本種はタイドプール最上部という魚類にとっては過酷な環境を選択的に利用しているが、そのような水質環境下を基本の生活場所としながらも、明確な目的をもって自発的に陸上へ上がる active emergers であることが明らかになった。その目的とは、本研究の結果からは「不適な水質環境からの逃避」および「他魚種が利用できない餌資源の探索」が示唆され、単一の要因ではなく複数の要因が起因して行われていると考えられる。本研究でみられた魚類の陸上進出行動は、他地点のタネギンボおよび潮間帯に生息する他のイソギンボ科魚類でも観察され、口永良部島タネギンボ個体群に限定された行動ではなく、潮間帯に生息する魚類が潜在的に有する生態であるといえる。

キーワード：半陸上生活魚類、岩礁性潮間帯、イソギンボ科魚類、魚類群集、行動生態

## Studies on probiotics effects on innate immune functions in the gastrointestinal tract of broiler chicks

Elsayed Seddek Ibrahim MOHAMMED

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739-8525, Japan*

ブロイラーヒナ消化管の自然免疫機能に及ぼすプロバイオティクスの影響に関する研究

エルサイド セデク イブラヒム モハメド  
広島大学大学院生物圏科学, 739-8525 東広島市

The gut mucosal tissue plays an important role in providing an effective barrier against pathogenic invasions. Many feed additives including probiotics are suggested as a safe immunomodulators. The aim of this study was to determine the effects of probiotics-feeding on the mucosal barrier functions including tight junction proteins, antimicrobial peptides and cytokines expression.

### **1. Expression of claudins (tight junction proteins; CLDs) in the digestive tract of broiler chicks and effects of probiotics on their expression**

In Experiment 1, *CLD1* and *5* expressions were examined in 7-days-old chicks. In Experiment 2, the chicks were arranged in 3 groups: control group, probiotics group I and probiotics group II, which were fed with starter rations containing 0, 0.2 or 0.4 % probiotics from day 0 (D0) to D14. In Experiment 1, the expression of *CLD1* and *5* was detectable in the proventriculus, ileum, cecum and colon. In Experiment 2, the expression of the *CLD1* and *5* did not show significant differences between control and probiotics groups at D7 and D14 in each intestinal segments except in the colon at D7, the expression of *CLD1* was higher in probiotic group I than other groups.

### **2. Expression of avian $\beta$ -defensins (AvBDs) and effects of probiotics on their expression in the digestive tract of broiler chicks with special reference to localization of AvBD12 in the chick proventriculus**

In Experiment 1, chicks were reared from D0 to D7 and were fed with starter ration. At D7, the proventriculus, ileum, cecum and colon were collected for *AvBDs* expression analysis. In Experiment 2, chicks were arranged in 3 groups: control group, probiotics group I and probiotics group II, which were fed with starter rations containing 0, 0.2 or 0.4% probiotics, respectively, from D0 to D14. Out of 14 *AvBDs* genes, seven *AvBDs* in the proventriculus and colon (*AvBD1*, 2, 4, 6, 7, 10 and 12), nine *AvBDs* (*AvBD1-7*, 10 and 12) in the ileum and eight *AvBDs* (*AvBD1*, 2, 4-7, 10 and 12) in the cecum were identified. The expression of *AvBDs* did not show significant differences between control and probiotics groups at D7 and D14 in the proventriculus and cecum. At D7 and D14, the ir-AvBD12 density in the surface epithelium was significantly lower in the probiotics groups than in control group.

### **3. Effects of probiotics on the expression of antimicrobial peptides and cytokines in response to stimulation by Salmonella Minnesota lipopolysaccharides in the proventriculus and cecum of broiler chicks**

Day-old chicks were fed with or without 0.4% probiotics for 7 days (P-group and non-P-group, respectively). Then, they were orally challenged with no *Salmonella Minnesota* lipopolysaccharides LPS (0-LPS), 1  $\mu$ g LPS (1-LPS), or 100  $\mu$ g LPS (100-LPS) in Experiment 1, and with no LPS and 1  $\mu$ g LPS in Experiment 2. Five hours after LPS challenge, the proventriculi and ceca were collected to analyze *AvBDs*, *Cathelicidins* (*CATHs*), *Toll-like*

receptors (TLRs) and cytokines expressions by RT-PCR. In addition to a total of 7 *AvBDs* in the proventriculus and 8 *AvBDs* in the cecum, *CATH1*- 4 were identified in the proventriculus and cecum of chicks. All *TLRs*, *IL1 $\beta$* , *IL6*, *IFN $\gamma$*  and *TNFSF15* were identified. The density of ir-*AvBD12* in the surface epithelium of proventriculus was increased in response to 1-LPS and 100-LPS stimulation in the P-group in Experiment 1. The expression of 2 *AvBDs* in the proventriculus and 6 *AvBDs* in the cecum of 1-LPS chicks was higher in P-group than in the non-P-group. In Experiment 2, the expression of *AvBD1* in proventriculus and 5 *AvBDs* in cecum of 1-LPS chicks was higher in P-group than in non-P-group. Expression of *CATH1* and 2 in cecum of 1-LPS chicks was higher in P-group than in non-P-group. The expression of *IL6* and *TNFSF15* in the proventriculus and expression of *IFN $\gamma$*  in the cecum was lower in P-group than in non-P-group challenged with 100-LPS.

#### **4. Effects of probiotics on the expression of antimicrobial peptides and proinflammatory cytokines in response to stimulation by *Campylobacter jejuni* lipopolysaccharides in the proventriculus and cecum of broiler chicks**

The same experimental design as the previous study was made by replacing *Salmonella Minnesota* LPS with *Campylobacter jejuni* LPS (cLPS). In Experiment 1, the expression of *AvBD12* in the proventriculus of 100-LPS chicks was higher in P-group than in the non-P-group. In Experiment 2, the expression of *AvBD4* and 6 in proventriculus and *AvBD2*, 4, 6 and 7 in cecum of 1-cLPS chicks was lower in P-group than in non-P-group. *CATH1* expression in the proventriculus, and *CATH1* and 3 in the cecum of 1-cLPS chicks was lower in P-group than in non-P-group. The expression of *IL6* and *TNFSF15* in cecum and *IL6* in proventriculus was higher in 1-cLPS in P-group than in non-P-group.

#### **5. Conclusion**

Probiotics-feeding played beneficial role in enhancing *CLD1* expression in the colon at D7 suggests the protective role against pathogenic invasions. Probiotics-feeding may affect the secretion or synthesis of *AvBD12* from the surface epithelium of proventriculus. Moreover, the enhanced expression of *AvBDs* and *CATHs* in the proventriculus and cecum in response to *Salmonella* LPS, but not to *Campylobacter* LPS indicates a stronger role of probiotics in protection against *Salmonella* infection.

**Key words:** Innate immunity, Antimicrobial peptides, Cytokines, Probiotics, Chicks gut

## Study on the influence of dietary vitamin B6 on heart and skeletal muscles

Sofya SUIDASARI

食餌ビタミン B6の心臓, 及び骨格筋に及ぼす影響に関する研究

ソフィア スイダサリ

広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市鏡山1-4-4

Increasing evidence indicates that lower status of vitamin B6 is related to higher risk of coronary heart disease and atherosclerosis. Vitamin B6 is also reported to enhance the endurance of skeletal muscles. Pyridoxal-5'-phosphate (PLP), the active form of vitamin B6, acts as a co-factor for several enzymes involved in amino acid metabolism. Some reports indicate vitamin B6 deficiency modulates free amino acids concentrations in blood and tissues. Meanwhile, certain amino acids and related metabolites including the branched-chain amino acids and carnosine were reported to enhance muscle performance. Nonetheless, there is limited information that links dietary vitamin B6 intake with amino acid metabolism in the heart and skeletal muscles. Accordingly, this study investigated the effect of dietary vitamin B6 supplementation compared to a marginal vitamin B6-deficient diet on the concentrations of free amino acids and related metabolites in heart and skeletal muscles, and on the gene expression in skeletal muscle of rats.

### Effect of dietary vitamin B6 on the level of histidine dipeptides in heart

In the first study, male rats were fed a diet containing 1, 7, or 35 mg pyridoxine (PN) HCl/kg for 6 weeks. As a result, the concentrations of heart carnosine and anserine in the 7 and 35 mg PN HCl/kg (the recommended level and excessive dietary level of vitamin B6 without any toxic symptom, respectively) groups were markedly greater than in the 1 mg PN HCl/kg (marginal vitamin B6 deficient level) group. Carnosine is reported to exert anti-oxidant, anti-inflammatory, and anti-ischemic effects on the heart. In cardiac myocytes, carnosine is suggested to be a modulator of intracellular calcium and contractility. Anserine, methylated analogue of carnosine, also exerts anti-oxidant and anti-inflammatory effects. Thus, the results imply that dietary supplemental vitamin B6, correcting marginal vitamin B6-deficient status, might be favorable for heart function by elevating these histidine dipeptides.

### Effect of dietary vitamin B6 on the level of histidine dipeptides in skeletal muscles

Carnosine and anserine are abundant dipeptides in skeletal muscle. They constitute an integral part of skeletal muscle contractility and homeostasis, presumably through their role as anti-oxidant, pH-buffering, anti-glycation and/or calcium regulator. I hypothesized that dietary vitamin B6 also plays an important role in maintaining carnosine and anserine in skeletal muscles. Accordingly, in the second study I investigated the effects of dietary vitamin B6 supplementation compared to a marginal vitamin B6-deficient diet on the levels of these metabolites in the skeletal muscles of rats. Male and female rats were fed a diet containing 1, 7, or 35 mg PN HCl/kg for 6 weeks. In the gastrocnemius muscle of male rats, carnosine concentration was markedly higher in the 7 and 35 mg PN HCl/kg groups than in the 1 mg PN HCl/kg group, whereas that in the soleus muscle of male rats was significantly higher only in the 7 mg PN HCl/kg group than in the 1 mg PN HCl/kg group. In both muscles of female rats, carnosine concentration was remarkably higher in the 7 and 35 mg PN HCl/kg groups than in the 1 mg PN HCl/kg group.

### Effect of dietary vitamin B6 on gene expression in skeletal muscle

In the third study, I hypothesized that dietary supplemental vitamin B6 has a significant impact on skeletal muscles. To examine this possibility, I investigated the effect of vitamin B6 on the expressions of genes of factors relating to exercise, such as myokines and others. Myokines, muscle endocrine product, are released when muscle contraction is occurred, such as exercise. A study reported that exercise up-regulated both antioxidant enzymes and antioxidant defense system relating to Nrf2. Expression of myogenin is reported to be induced by acute exercise in human skeletal muscle. HSP60 is also increased in cardiac and skeletal muscle after endurance training. Male rats were fed a diet containing 1, 7, or 35 mg PN HCl/kg for 6 weeks. Gastrocnemius muscle was used for Real time PCR analysis. Compared to the marginal vitamin B6-deficient diet (1 mg PN HCl/kg), the recommended level of dietary vitamin B6 (7 mg PN HCl/kg) elevated the expressions of several myokines genes, Nrf2-regulated genes, myogenin, and HSP60. However, excessive dietary level of vitamin B6 (35 mg PN HCl/kg) was less effective. This implies the recommended level of dietary vitamin B6 is critical for the expressions of these genes in gastrocnemius muscle of rats. Intriguingly, most of the expressions of such genes were well correlated each other. Of great interest is that the elevations in the expression of such genes by dietary supplemental vitamin B6 appear to be similar to those by exercise.

In conclusion, these studies indicated dietary vitamin B6 supplementation is a determinant of carnosine concentration in the heart, skeletal muscles, and serum of rats. Carnosine is beneficial for heart disease and has ergogenic effects. My study further indicated dietary vitamin B6 is a determinant of gene expressions of several factors playing important roles in skeletal muscle. Taken together, my studies provide a novel insight into the role of vitamin B6 in the heart and skeletal muscles.

**Key words:** vitamin B6, carnosine, anserine, heart, skeletal muscle, gene expression



## Stabilization mechanism of cytochrome *c* from deep-sea *Shewanella*

Misa MASANARI

Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan

深海性 *Shewanella* 属細菌由来シトクロム *c* の安定化機構の解明

政成 美沙

広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

**第1章** 深海は低温、高圧力という極限環境の1種である。高圧力は蛋白質を変性・失活させる要因となるため、深海に生息する微生物は、圧力に適応した蛋白質を生産している。これまでに、いくつかの多量体蛋白質について、圧力によってサブユニットが解離し、活性を失う様子が観察されているが、構造面からの圧力適応機構はまだ不明な部分が多い。本研究では、単量体で分子量の小さな蛋白質を用いて、蛋白質の立体構造への圧力の影響を調べる。それによって、構造面からの蛋白質の圧力適応機構の知見を得ることができる。*Shewanella* 属細菌は主に海洋に生息し、その分布は浅瀬から深海にまで広がっている。深海に生息する *Shewanella* 属細菌は低温や高圧に適応することによって、浅瀬に生息する *Shewanella* 属細菌とは異なる性質を持つ蛋白質を生産していると考えられる。本研究では、深海および浅瀬に生息する *Shewanella* 属細菌由来の単量体蛋白質であるシトクロム *c* を対象に、立体構造の観点から圧力適応機構の解明を目指す。

**第2章** 過去に、深海由来細菌の16S rRNA 遺伝子配列に基づいた系統樹が作成され、*Shewanella* 属細菌が深海由来と浅瀬由来で大きく2つのグループに分かれることが示されている。本研究で新たに、いくつかの *Shewanella* 属細菌由来蛋白質のアミノ酸配列に基づいた系統樹を作成したところ、全て深海由来と浅瀬由来で分かれることが確認できた。2つのグループは由来する細菌の生育の圧力感受性が異なるため、*Shewanella* 属細菌の蛋白質アミノ酸配列と生育圧力に何らかの関係があることが示唆された。

**第3章** 深海に生息する *Shewanella benthica* (至適生育圧力: 50 MPa) および *Shewanella violacea* (至適生育圧力: 30MPa)、浅瀬に生息する *Shewanella livingstonensis* (至適生育圧力: 0.1 MPa) および *Shewanella amazonensis* (至適生育圧力: 0.1 MPa) 由来のシトクロム *c* (以下それぞれ SB, SV, SL, SA) を研究対象とした。SV および SA については、当研究室で既然大腸菌を用いた異種発現、および精製法が確立されている。本研究では、新たに SL, SB の大腸菌を用いた異種発現系を構築した。好気条件下で効率的かつ大量にシトクロム *c* を発現し、これをイオン交換クロマトグラフィー、ゲル濾過クロマトグラフィーにかけることで精製した。

**第4章** 4種の *Shewanella* 属細菌由来シトクロム *c* の熱安定性を測定した結果、深海由来の SV および SB は浅瀬由来の SA および SL よりも高い熱安定性を示した。また、グアニジン塩酸塩を用いて変性剤耐性を測定した結果、やはり SV, SB は SA, SL よりも高い変性剤耐性を示した。また、由来する細菌の生育圧力が最も高い SB は、同様に深海由来の SV よりも熱、変性剤に対して高い安定性を示した。これらのことから、シトクロム *c* は圧力に適応するために安定化していることが示唆された。

**第5章** これまでの結果から、シトクロム *c* が圧力に適応するための分子機構は、熱や変性剤に対して安定化するための分子機構と共通であると考えた。そこで、安定化機構を知るために深海由来の SV について結

晶化を行い、立体構造を決定した。浅瀬由来の SL の構造と比較すると、全体的な構造としては、SL よりも SV の方がコンパクトにまとまり、内部の空洞が小さくなっていった。SV と SL で異なる僅かなアミノ酸によって、SV は内部の相互作用を増していた。

**第6章** 変性剤耐性の測定を加圧下で行うことで、4種のシトクロム *c* 構造への、圧力の影響を比較した。その結果、どの圧力下でも深海由来 SV、SB の方が浅瀬由来 SA、SL よりも高い変性剤耐性を示した。この結果は、圧力に適応した深海由来 SV、SB の方が高い安定性を保持しているということであり、「圧力適応=安定化」という結果を裏付けるものである。

**第7章** 深海由来と浅瀬由来でアミノ酸相互作用が異なり、安定性に影響する可能性のあった37番目、41番目、50番目のアミノ酸について、SV と SL で相互に入れ替える変異を導入した。各変異体の熱安定性を測定した結果、特に50番目のアミノ酸 (SL では Leu, SV では Lys) が安定性に寄与していることを見出した。また、構造解析より、50番目のアミノ酸の単独変異では51番目のアミノ酸側鎖と立体障害を起こす可能性があったため、51番目のアミノ酸 (SL では Asn, SV では Gly) をともに置換した二重変異体を作成した。その結果、二重変異は単独変異よりも効果的に安定性を変化させた。

**第8章** 一般的に、低温環境由来の蛋白質は安定性が低い傾向があるが、深海に生息する好冷菌由来の SB や SV は、低温環境由来でありながら高い熱安定性を示した。深海は低温環境であるとともに高圧力環境でもあることから、深海由来シトクロム *c* が低温への適応よりも高圧への適応を優先し安定化していることを示唆している。

また、深海由来蛋白質は蛋白質内部の空洞を大きくすることで、圧縮に対してクッションを持たせているという過去の知見に対し、本研究では、深海由来シトクロム *c* の内部の空洞は浅瀬由来のもの比べて小さいことが示された。しかし、分子内部の空洞が小さい分、アミノ酸側鎖の相互作用が増え、高温環境由来シトクロム *c* と同様の機構での安定化に繋がっていた。

以上の結果より、深海由来シトクロム *c* が圧力に適応するためアミノ酸相互作用を増やし、安定化した構造を有することが示された。これは、今までに報告のない新たな圧力への適応機構である。今後、この「立体構造」という視点からの研究を他の単量体蛋白質や、多量体蛋白質の持つ個々のサブユニットにも適用することで、蛋白質の圧力適応性の一般的な機構に迫ることが出来るものと確信する。

キーワード：シトクロム *c*、深海、圧力、立体構造、*Shewanella*

## Molecular pharmacological studies on multidrug-resistant bacteria: Analysis of antimicrobial resistance mechanisms and evaluation of antimicrobial and antivirulence activities of novel plant extracts

Hazim Omar Abdelgalil KHALIFA

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

多剤耐性菌の分子薬理学的解析：  
抗菌剤耐性化機構の解析と新規植物抽出物の抗菌・抗病原性活性の評価

ハジム・オマール・アブデルガリル・カリファ  
広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

Infections caused by multidrug-resistant Gram-negative bacteria represent growing problem worldwide. In 2014, The World Health Organization announced the beginning of a post-antibiotic era, and declared by 2050 antimicrobial resistance will be the first leading cause of death with 10 million estimated annual deaths at a cost of \$100 trillion to the global economy. Therefore, this study was conducted to develop strategies to overcome the antimicrobial resistance problem. First, through analysis the molecular levels of antimicrobial resistance mechanisms in bacteria isolated from different human and animal sources. Second, through investigation of the antimicrobial, antivirulence, and mode of action of different plant extracts against drug resistant bacteria as a novel effective approach for the treatment and the prevention of such bacteria.

First of all, I analyzed different antimicrobial resistance mechanisms in Gram-negative bacteria isolated from both human and animal. I analyzed carbapenemase production in Gram-negative bacteria isolated from hospitalized patients in Egypt in 2014. The results showed that, 50.8% of the isolates harboring at least one carbapenemase encoding gene. The most prevalent carbapenemases detected in this study were OXA-48 (49.2%), NDM-1 (47.7%), and VIM (26.2%). My study reports for the first time carbapenemase-producing *Serratia marcescens*, *Morganella morganii*, and *bla*VIM-1-producing *Pseudomonas aeruginosa* in Egypt. These results are of great concern, as carbapenems still used as the last line for the treatment of multidrug-resistant Gram-negative bacteria.

During the screening of carbapenemase-producing Gram-negative bacteria, I discovered the co-occurrence of two highly resistant *Klebsiella pneumoniae* isolates in the same patient, one isolate harbored *bla*NDM-4 and the other one harbored *bla*NDM-5. These finding is of great interest, as this co-infection may lead to therapeutic failure and death. Moreover, these finding identified for the first time the co-occurrence of NDM-4 and NDM-5 producers in the same patient, NDM-4 and NDM-5-producing *K. pneumoniae* in the Middle East and the first occurrence of *bla*NDM-4 in *K. pneumoniae*.

In this study, I also investigated the molecular level of antimicrobial resistance to different categories of antimicrobial resistance gene determinants including integrons, extended spectrum  $\beta$ -lactamases (ESBL), AmpC  $\beta$ -lactamases and plasmid mediated quinolone resistance genes (PMQR) among Gram-negative bacterial strains. The results were so striking, where I recorded high prevalence of nearly all the antimicrobial resistance gene determinants in Egypt. Class 1 integrons were detected in 51.6% of the isolates, with seven isolates harbored two

different gene cassette profiles. ESBL-encoding genes were detected in 73.4%, AmpC, *bla*<sub>CMY</sub>, was detected in 8.6% and was and PMQR genes were detected in 58.6% of the total isolates.

Recently, a new antimicrobial resistance mechanism was discovered in China, which was the identification of the plasmid-mediated colistin resistance, encoded by the *mcr-1* gene. Therefore, I investigated the prevalence of such resistance mechanism in 431 non-duplicate Gram-negative isolates collected from different sources and different countries. The *mcr-1* gene was detected in only one *E. coli* isolate (M165), which showed 100% similarity to the first discovered Chinese allele. This result is of great interest, as it confirms the rapid and global emergence of colistin resistance, which still used as a last-resort for treatment of infections caused by carbapenemase-producing Enterobacteriaceae.

According to the previous results, it is essential to develop new antimicrobial agents in order to overcome the antimicrobial resistance. Therefore, I estimated the antimicrobial, the antivirulence and the mode of action of different plant extracts against various bacterial isolates. The extracts exert interesting broad spectrum antimicrobial activities against wide range of both Gram-negative and Gram-positive bacteria. Some plant extracts exert antivirulence activities against *Vibrio cholerae* isolates by inhibiting their virulence genes expression. Inhibition of bacterial virulence with plant extracts may provide a novel approach for the treatment of multidrug-resistant because they interfere with the bacterial infection before damage is done to the host. The mechanism of action of some plant extracts was determined by transmission electron microscopy. The results showed that both bacterial cell wall as well as other intracellular components were alternated, indicating that these extracts induce their broad spectrum action by the effect of their constituents on different cellular targets in the bacteria.

In conclusion, the results presented in this study showed that the antimicrobial resistance, especially in Egypt, is a serious problem. Not only due to, the detection of high levels of antimicrobial resistant bacteria, but also due to the detection of bacteria harbouring wide range of antimicrobial resistance gene determinants and the emergence of new antimicrobial resistance mechanisms. Moreover, the results demonstrated that the plant extracts may be potential alternative to overcome infections caused by multidrug-resistant bacteria.

**Key words:** antimicrobial resistance, multidrug resistance, extended spectrum  $\beta$ -lactamases (ESBL), carbapenemases, integron, colistin resistance

## Identification of adipocyte-derived factor that is effective indicator of macrophage number in obese adipose tissue and its application to evaluate food effects.

Yohei SANADA

Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan

肥満白色脂肪組織内への単球・マクロファージ浸潤量をモニターする脂肪細胞因子の単離、  
および食環境への応用研究

真田 洋平

広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

内臓脂肪型肥満を背景として発症するメタボリックシンドロームは、肥満の進行に伴う白色脂肪組織の持続的、かつ軽微な慢性炎症が基盤病態である。最近では、肥満脂肪組織内に浸潤する単球・マクロファージ細胞（以下、マクロファージ）と脂肪細胞との相互作用が脂肪組織内の慢性炎症を惹起する重要な病態シグナルとして報告された。一方で、肥満における脂肪組織のリモデリングが極めて複雑である中で、両細胞間の相互作用に基づく病態現象を特異的に解析することは困難であり、肥満脂肪組織における慢性炎症のメカニズムの詳細は不明である。

本研究では、*in vivo* における脂肪細胞とマクロファージとの相互作用に基づく遺伝子発現解析を通して、マクロファージの脂肪組織への浸潤によって引き起こされる軽微な慢性炎症や代謝異常の成因となる脂肪細胞由来の因子の単離を試みるとともに、マクロファージ浸潤量を反映する脂肪細胞由来の遺伝子を選抜し、同遺伝子のプロモーター活性を利用した *in vivo* イメージングによって、肥満脂肪組織の慢性炎症を非侵襲的に評価する新たな動物病態モデルの構築を目指した。

### *in vivo* の肥満脂肪組織におけるマクロファージと脂肪細胞との相互作用の解明

遺伝性肥満 *db/db* マウス、および野生型 *db/+* マウスの精巣周囲白色脂肪組織における2群間の遺伝子発現変動をDNAマイクロアレイ法により解析し、*db/db* マウスの脂肪組織において発現量が有意に増加する1,810遺伝子を単離した。一方、抗炎症作用を有するビタミン B6 (B6) を高含量で摂取させたマウスでは、肥満脂肪組織へのマクロファージの浸潤が抑制されることを見出したことから、先の1,810遺伝子の中から、高B6摂取マウスの脂肪組織において発現量が有意に低下している遺伝子群を単離した。さらには、マウスマクロファージ RAW264.7細胞 (RAW細胞) とマウス脂肪細胞株3T3-L1細胞との共存培養を行い、*in vivo* において単離したマクロファージの浸潤に関連する遺伝子群の中で、特にマクロファージとの相互作用によって脂肪細胞において発現上昇する候補遺伝子39個を選抜した。炎症性遺伝子である *pentraxin 3* (*Ptx3*)、および炎症反応に関わるシグナル伝達因子である *inhibitor of  $\kappa$ B kinase  $\epsilon$*  (*Ikke*) の発現量は、正常マウスと比較して肥満マウスの脂肪組織において高発現しており、さらには、肥満マウスの白色脂肪組織より単離した成熟脂肪細胞において両遺伝子とも高発現していた。さらには、肥満脂肪組織におけるマクロファージ数と *Ptx3*、および *Ikke* の発現量には有意な正の相関が認められたことから、*Ptx3*、および *Ikke* は、肥満脂肪組織へのマクロファージの浸潤にตอบสนองして発現量が増加する脂肪細胞由来の因子であることが明らかになった。

### マクロファージとの相互作用によって脂肪細胞において発現低下する *rassf6* の単離

*db/db* マウスの脂肪組織において有意に発現量が低下する1,745遺伝子を同定し、さらには、B6摂取によって発現量が増加した69遺伝子との重ね合わせにより18個の候補遺伝子群を単離した。特に、癌抑制遺伝子

である *rassf6* は、肥満マウスの脂肪組織において有意に発現量が低下する一方で、高 B6 摂取マウスの脂肪組織において有意に発現量が増加した。さらには、活性化 RAW 細胞と共存培養した脂肪細胞においても *rassf6* の発現量は著しく低下した。*rassf6* は、正常なマウスから単離した成熟脂肪細胞において高発現し、さらには、脂肪組織での *rassf6* mRNA 発現量とマクロファージ数には負の相関が示されたことから、*rassf6* はマクロファージの浸潤量の増加によって脂肪細胞で発現量が低下することが示唆された。*rassf6* に対する *siRNA* を導入した際の培養成熟脂肪細胞の形質変化を解析した結果、*rassf6* の発現低下によって癌関連遺伝子である *Hmga2* や *CD44* の発現量の増加を明らかとした。

#### 白色脂肪組織の慢性炎症の可視化を目指したイメージングモデルマウスの作出

*in vivo* における肥満脂肪組織へのマクロファージの浸潤に関連する因子群の中で、マクロファージの浸潤量の増加に反応する脂肪細胞由来の因子であり、さらに *db/db* マウスの脂肪組織において組織選択的に遺伝子発現が誘導する遺伝子として *serum amyloid A3* (*saa3*) 遺伝子を単離した。*saa3* 遺伝子の 5' 上流領域 (-314/+50) に *luciferase* 遺伝子を連結した *Saa3-Luc* を構築した。脂肪細胞における *saa3* 遺伝子のプロモーター活性は、活性化したマクロファージに反応して増加することを確認し、さらには *Saa3-Luc* を導入したトランスジェニック (Tg) マウスを作出し、食事誘導性の肥満を誘導した際の *in vivo* イメージング解析を実施した。その結果、高脂肪食を摂取させた Tg マウスにおいて脂肪組織に相当する領域に化学発光を認め、さらには、Tg マウスの主要な組織を摘出し、*in vitro* でのルシフェラーゼ活性を測定した結果、肥満脂肪組織においてルシフェラーゼ活性の有意な上昇を確認した。

本研究は、肥満白色脂肪組織の慢性炎症、および全身の代謝異常に関与すると想定される脂肪細胞由来の病態遺伝子を同定しており、慢性炎症の発症における詳細な分子機構の解明に寄与すると考えられた。さらには、*Saa3* 遺伝子のプロモーター活性を利用したイメージングモデルマウスは、マクロファージの浸潤による慢性炎症を非侵襲的に評価可能であり、メタボリックシンドロームの治療、および予防法の開発につながる新たな病態評価モデルとしての利用が期待される。さらには、基盤病態であるマクロファージの浸潤に鋭敏に反応する *Saa3* 遺伝子のプロモーター解析は、肥満の病態発症において新たな知見となるものと考えられる。

キーワード： *Saa3*, *in vivo imaging*, 肥満, マクロファージ, 慢性炎症

## Molecular physiological study on the adaptive mechanisms to salinity stress in Egyptian rice cultivars

Ahmad Mohammad Mohammad MEKAWY

Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan

エジプト産イネ品種の塩ストレス適応機構についての分子生理学的研究

アハメド モハメド モハメド メカウイ  
広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

Soil salinity is one of the most severe problems in agriculture. Absorption of excessive salt inhibits both root and shoot growth, reduces reproductive activity and affects viability of plants. To counter salinity stress, plant cells have several adaptive mechanisms. However, the molecular mechanisms regulating biochemical and physiological changes in response to salinity stress are not well understood. Rice, *Oryza sativa* L., is one of the most important crop species and the major food crop for much of the world's population. Since it is a relatively salt-sensitive crop species, it is important to understand the mode of adaptation of the plant to salinity stress in order to produce new salinity tolerant rice varieties with increased productivity. In Egypt, soil salinization is becoming increasingly challenging for agriculture, and the response of many rice cultivars to salinity stress has not been clearly established. Thus, our study was conducted to investigate the physiological responses of two important local rice cultivars to salinity stress and to elucidate differences in the mechanisms of salinity tolerance between them by comparing the growth parameters, Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> accumulation and the expression profiles of some genes encoding Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> transport protein. Also, to elucidate the further molecular mechanisms of stress tolerance in the salinity-tolerant cultivar, through the isolation and characterization of genes which could be involved in other tolerance pathways that might reveal other adaptation strategies of this cultivar in response to salinity stress.

To investigate the mode of adaptation under salinity stress, the physiological parameters of two local Egyptian rice cultivars, Sakha 102 and Egyptian Yasmine were examined under 50 mM NaCl stress for 14 days. The results indicated that Egyptian Yasmine was relatively salt tolerant compared Sakha 102, and this was evident in its higher dry mass production, lower leaf Na<sup>+</sup> levels, and enhanced water conservation under salt stress conditions. Moreover, Egyptian Yasmine exhibited lower Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ratios in all tissues under salinity stress. In contrast, Sakha 102 appeared salt sensitive and accumulated much higher Na<sup>+</sup> in the leaves, with reduced growth and higher Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ratio especially in the leaves. Therefore, the adaptation of Egyptian Yasmine to salt stress involves reduced Na<sup>+</sup> accumulation in the leaves, which might be due to a mechanism which excludes Na<sup>+</sup> from shoot, and that this mechanism is not operating in Sakha 102. However, this mechanism of Na<sup>+</sup> exclusion needs to be elucidated, in order to understand the basis for the differences in Na<sup>+</sup> accumulation between the two cultivars. Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> transport proteins have been shown to control the transport of Na<sup>+</sup> and/or K<sup>+</sup> across membranes and regulate ion homeostasis in cells. We analyzed the transcript levels of some key genes encoding Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> transport proteins in different tissues of Egyptian Yasmine and Sakha 102. Moreover, in response to salinity stress, Egyptian Yasmine showed induction of expression of some membrane transporter/channel genes that may contribute to Na<sup>+</sup> exclusion from the shoots (*OsHKT1;5*), limiting excess Na<sup>+</sup> entry into the roots (*OsLti6b*), K<sup>+</sup> uptake (*OsAKT1*), and reduced expression of a Na<sup>+</sup> transporter gene (*OsHKT2;1*). Therefore, the active regulation of genes related to Na<sup>+</sup> transport at the transcription level might be involved in salt tolerance mechanisms of



Egyptian Yasmine. Differences in the mechanisms of salinity tolerance between the two cultivars may be partly explained by the distinct regulation of gene expression of Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> transport proteins, and these mechanisms offer the promise of improved salinity stress tolerance in local Egyptian rice genotypes.

To further elucidate the molecular mechanism of stress tolerance in Egyptian Yasmine, we set out to isolate and characterize the salinity-inducible genes which could be involved in other adaptation processes under salinity stress conditions. A metallothionein-like type 3 (*OsMT-3a*) gene was identified from rice plants (cv. Egyptian Yasmine) grown under NaCl stress, through cDNA library screening in *Escherichia coli* cells. Heterologous expression of *OsMT-3a* in *E. coli* cells has induced their tolerance to NaCl and heavy metals, Cd<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, and Cu<sup>2+</sup> (mostly Cd<sup>2+</sup>) than did control cells, in terms of growth performance. Under high concentrations of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, *OsMT-3a*-overexpressing *E. coli* cells showed enhanced growth, while the growth of control cells was completely inhibited. Hydrogen peroxide levels under NaCl stress conditions in *OsMT-3a*-transformed cells were less than one third those in control cells. Quantitative real-time PCR analysis revealed that expression of *OsMT-3a* was highly induced by salinity stress in the leaves of the salinity-tolerant cultivar Egyptian Yasmine, but not in those of the salinity-sensitive one, Sakha 102. *In vivo* localization of oxygen superoxide (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) and quantification of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in the leaves of the rice plants grown under NaCl and CdCl<sub>2</sub> stress conditions showed that, Egyptian Yasmine maintained lower levels of O<sub>2</sub><sup>-</sup> and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentrations compared to those in Sakha 102. Taken together, these results suggested that, heterologous expression of *OsMT-3a* has conferred tolerance to NaCl and heavy metals and reduced the deleterious effects of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> stress in *E. coli* cells, and that *OsMT-3a* can potentially contribute to the tolerance of rice plants to oxidative stress brought about by salinity and heavy metal stresses, through its ability to scavenge ROS.

In conclusion, the divergent regulation of Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> transporters may be involved in the maintenance of lower Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ratios in Egyptian Yasmine under salt stress. Moreover, further evaluation of salinity stress-induced genes in Egyptian Yasmine yielded the *OsMT-3a* gene, whose overexpression in *E. coli* showed that it is important in mediating ROS scavenging. Overall, these studies have shown that the tolerance of Egyptian Yasmine to salinity stress lies in its ability to exclude Na<sup>+</sup> in the leaf and to scavenge ROS.

**Key words:** metallothionein, Na transporter, rice, salinity stress

## Analyses, Dynamics and Fates of Reactive Oxygen Species (ROS) in Natural Waters: Emphasis on Photochemical Reactions

Adebanjo Jacob ANIFOWOSE

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

天然水中の活性酸素種の測定、動態、運命—特に光化学反応に関して

アデバンジョ ジャイコブ アニフォワセ  
広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

A brief introduction of the reactive oxygen species (ROS) – hydrogen peroxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), hydroxyl radical ( $\cdot\text{OH}$ ), nitric oxide ( $\text{NO}\cdot$ ) and superoxide radical ( $\text{O}_2^{\cdot-}$ ) – measured in some natural waters in this study was reported in chapter 1.

Chapter 2 presents a report on the monthly  $\text{NO}\cdot$  measurements in the Kurose River at Higashi-Hiroshima city. Results show that  $\text{NO}\cdot$  photoformation rate ranged from 0.01 to  $35.4 (\times 10^{-10} \text{ M s}^{-1})$  with steady-state concentrations in the range of  $0.02\text{--}68.5 (\times 10^{-11} \text{ M})$ . There was a strong correlation ( $r^2 = 0.95$ ) between  $\text{NO}\cdot$  photoformation rate and the nitrite concentration in the river showing  $\text{NO}_2^-$  as a major  $\text{NO}\cdot$  precursor. On the average, 98% of the photoformed  $\text{NO}\cdot$  came from river nitrite. The  $\text{NO}\cdot$  lifetime ranged from 0.05 to 1.3 s in the river and remained fairly stable in the upstream and downstream. The  $\cdot\text{OH}$  radical, which was quantified during the study, had a photoformation rate of 0.01 to  $13.4 (\times 10^{-10} \text{ M s}^{-1})$  and a steady-state concentration of 0.04 to  $119 (\times 10^{-16} \text{ M})$  with a lifetime that ranged from 0.3 to 23  $\mu\text{s}$ .  $\cdot\text{OH}$  only accounted for  $\leq 0.0011\%$  of the total  $\text{NO}\cdot$  scavenged, showing that it was not a major sink for river  $\text{NO}\cdot$ .

In chapter 3, monthly measurements of  $\text{H}_2\text{O}_2$  and  $\cdot\text{OH}$  in rainwater and the Kurose River were carried out in 2013.  $\text{H}_2\text{O}_2$  concentrations in the rainwater and river were highly season-dependent.  $\text{H}_2\text{O}_2$  concentrations in the rainwater varied from the lowest 0.03  $\mu\text{M}$  in winter to the highest 14.3  $\mu\text{M}$  in spring. In the Kurose River,  $\text{H}_2\text{O}_2$  concentrations of 0.06–0.37  $\mu\text{M}$  were measured. The lowest and highest concentrations were found in the winter and summer, respectively. There was good correlation between solar intensity and  $\text{H}_2\text{O}_2$  concentrations measured in the rainwater ( $r = 0.79$ ,  $p < 0.01$ ) and the river ( $r = 0.81$ ,  $p < 0.01$ ), which indicate photoproduction as one of the major  $\text{H}_2\text{O}_2$  sources in the natural waters. The  $\cdot\text{OH}$  was 1 order of magnitude photoformed in the river ( $\sim 10^{-10} \text{ M s}^{-1}$ ) than in the rainwater.  $\text{H}_2\text{O}_2$  and the unknown (which probably include photo-Fenton reaction) were predominantly  $\cdot\text{OH}$  photochemical sources in the rainwater, accounting for 0.2–48%, 43–84%, respectively. In contrast,  $\text{NO}_2^-$  was the major  $\cdot\text{OH}$  source (49–80%) in the Kurose River, while  $\text{H}_2\text{O}_2$  contribution was negligible (<1%).

In chapter 4, daytime  $\text{NO}\cdot$  concentrations in both the atmosphere and the Seto Inland Sea surface were measured with a view to estimating  $\text{NO}\cdot$  flux at the sea-atmosphere boundary. The average daytime  $\text{NO}\cdot$  concentration measured in the sea surface was  $1.9 \times 10^{-11} \text{ mol L}^{-1}$  ( $\sim 9.87 \times 10^{-9} \text{ atm}$ ), while that measured over the sea was  $5.2 \times 10^{-10} \text{ atm}$ . Using an average wind speed of 3.2  $\text{m s}^{-1}$  measured over the Seto Inland Sea during the cruise, a daytime  $\text{NO}\cdot$  efflux of 0.22  $\text{pmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  from the sea to the atmosphere was estimated. Assuming 8 h of solar intensity per day, about  $1.54 \times 10^6 \text{ g NO yr}^{-1}$  efflux of  $\text{NO}\cdot$  from the 23,000  $\text{km}^2$  Seto inland Sea surface was determined.

In chapter 5, a method was developed for the measurement of  $\text{O}_2^{\cdot-}$  in sunlit seawater using a fluorogenic probe. The reaction rate constant of the probe with  $\text{O}_2^{\cdot-}$  was pH-dependent:  $(3.2\text{--}23.5) \times 10^7 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$  at  $\text{pH}_{\text{TOT}} 7.65\text{--}8.50$ . The detection limit of  $\text{O}_2^{\cdot-}$  photoformation rate was 1.78  $\text{pM s}^{-1}$ . The method produced results that were

consistent with those obtained in literatures when applied to ten seawater samples from the Seto Inland Sea. The  $O_2^{\cdot-}$  photoformation rates were 3.1–8.5 nM s<sup>-1</sup>, with steady-state concentrations ranging  $(0.06\text{--}0.3) \times 10^{-10}$  M. The method requires no technical sample preparation and can analyze large number of samples.

In chapter 6,  $O_2^{\cdot-}$ ,  $\cdot OH$ ,  $NO\cdot$ , and  $H_2O_2$ , in surface seawater obtained from the Seto Inland Sea were determined by concerted photochemical measurements.  $O_2^{\cdot-}$  was photoformed at rates (range of  $10^8$  M s<sup>-1</sup>) 2–3 orders of magnitude higher than  $\cdot OH$ ,  $NO\cdot$ , and  $H_2O_2$ .  $O_2^{\cdot-}$  steady-state concentrations were 0.03–0.16 nM. While up to 1.4% of the  $O_2^{\cdot-}$  photoformed was consumed by  $NO\cdot$ , >100% of the  $NO\cdot$  was scavenged by  $O_2^{\cdot-}$ , indicating that  $O_2^{\cdot-}$  is a major sink for  $NO\cdot$ . Estimated consumptions of  $O_2^{\cdot-}$  by the  $\cdot OH$  and due to bimolecular dismutation were negligible ( $\ll 0.1\%$ ). In the seawater, (+)-catechin- and humic-like fluorescent dissolved organic matter contributed 3.2–4.1% and 3.6–4.8% of the  $O_2^{\cdot-}$  photoformation rates, respectively.

Chapter 7 gives a general discussion and major conclusions of this study.

**Key words:** Reactive oxygen species, Superoxide radical, hydroxyl radical, hydrogen peroxide, Natural water

## Taxonomic and phylogenetic studies on coastal marine and brackish-water calanoid copepods in the tropical Indo-West Pacific, especially in territorial waters of Thailand

Khwanruan SRINUI

*Institute of Marine Science, Burapha University,  
Muang, Chon Buri, 20131, Thailand*

インド・西太平洋の熱帯域，特にタイにおける沿岸性・汽水性カラヌス目  
カイアシ類の系統分類学的研究

クワンルアン スリヌイ  
ブラバ大学海洋科学研究所，タイ

In Thailand, taxonomic studies of marine calanoid copepods have been carried out by several researchers. These copepods are composed mainly of planktonic taxa, and have so far accommodated over 120 species recorded from Thailand. Since these have been considered to be main prey components of planktivorous fish, taxonomic studies have been carried out since the 20th century. Recently morphology- and molecular-based taxonomic and phylogenetic studies on calanoids have been intensively performed to disclose the speciation and evolutionary patterns of these ecologically important crustaceans. These have been unveiled the presence of many sibling/cryptic species in calanoids. However molecular studies on copepods have never been done in Thailand. I have studied the molecular taxonomy of three common Indo-West Pacific species of calanoids occurring in Thailand, using two mitochondrial genes (Cytochrome Oxidase I (*COI*) and 16S rRNA (*16S*)): *Acartia pacifica*, *Tortanus forcipatus*, and *Labidocera rotunda*.

Thailand is bordered by the Gulf of Thailand on the West Pacific side and the Andaman Sea on the Indian side. These water bodies are separate subunits of the Indo-West Pacific, and have been influenced by geological events such as the existence of Sundaland during the Pleistocene. Hence I have given attention to the physical differences in calanoid habitats occurring in Thailand. Genetic variation of the above-mentioned Indo-West Pacific species of calanoids was also examined.

In my faunal surveys of copepods, I succeeded in collecting samples broadly from East Asia through the Philippines and the Gulf of Thailand to the Andaman Sea. During my surveys in Thailand, I found one new and three first-recorded species of calanoids: *Pseudodiaptomus siamensis*; *Acartiella kempi*; *A. nicolae*; and *Centropages brevifurcus*. All genera are major components of coastal and brackish waters of the Indo-West Pacific region. *Acartiella sinensis* was also redescribed from Thailand, because the original description was so poor. These are carefully described or redescribed herein, following the Huy & Boxshall's (1991) strict homology.

This study separated these five species of copepods into two distribution patterns, zoogeographically restricted by water temperature and salinity to either the West Pacific Ocean or the Indian Ocean. Four species were restricted to the West Pacific: *P. siamensis* occurred in brackish waters of temperature of 28 °C and salinity ranging from 0.7 to 23.3; *Acartiella sinensis* occurred in waters of around 31.3 °C and around 5.0; *A. nicolae* was found in temperature and salinity ranges of 28–29.9 °C and 1–4, respectively; and *C. brevifurcus* occurred with salinity of 32. The species restricted to the Indian was *A. kempi*, which appeared in water temperature and salinity ranges of 31.4–32.1 °C and 13–22, respectively.

I have been revising the taxonomy of *A. pacifica* sensu lato collected broadly from Asian waters with modern

techniques. The population from the Philippines was revealed to be undescribed, and tentatively described as *A.* sp. herein. To elucidate the presence of sibling or cryptic species within three species complexes of marine calanoids in the Indo-West Pacific, I analyzed nucleotide sequences of mitochondrial genes of *A. pacifica* from six populations in East and Southeast Asia, and *T. forcipatus* and *L. rotunda* from various locations in Asian waters. For *A. pacifica* sensu lato, two genes detected two species groups consisting of brackish-water (China, the Gulf of Thailand, the Andaman Sea) and coastal water (Japan, Korea, Philippines) groups. The phylogenetic trees can be further separated into four subgroups, (1) the Gulf of Thailand and China, (2) the Andaman Sea, (3) Philippines, and (4) Japan, Korea, and *A. pacifica* (DQ071177, DQ071175 in GenBank). A 636 bp *COI* fragment of 28 individual sequences revealed 23 haplotypes, and a 163 bp *16S* region of 29 individual sequences revealed 17 haplotypes. The maximum genetic divergence between these subgroups was found between the Andaman Sea (Indian) and Philippines (West-Pacific) (divergence values = 19–20 % and 33–34 % for *COI* and *16S* genes, respectively). These four subgroups most likely correspond to separate species, one of which has been evidently revealed to be an undescribed species based on both morphological and molecular data.

In addition to *A. pacifica* sensu lato, *T. forcipatus* and *L. rotunda* showed moderate genetic differences in *COI* and *16S* between the West Pacific and Indian Oceans. In *T. forcipatus*, genetic differences were 10–11 % and 7–8 %, respectively, while in *L. rotunda* 11–12 % and 3–4 %, respectively. These suggest that the Indian and West-Pacific populations of coastal or brackish calanoid copepod exhibit great to moderate genetic divergence.

This study is first to use two genes for the taxonomic and phylogenetic analyses of calanoid copepods from coastal and brackish waters in Thailand. I suggest using morphological and molecular data to continue investigating common species of calanoids throughout coastal and brackish habitats of the Gulf of Thailand and the Andaman Sea. The present data on calanoids have clearly indicated the distinct zoogeographical separation between the Indian and West-Pacific Oceans. Hence even a common species that is broadly distributed in this region needs a taxonomic revision with modern techniques. It is likely that it is composed of several sibling/cryptic species. The next step is to clarify what kinds of vicariant events have caused speciation.

**Key words:** calanoid, copepod, Indo-West Pacific, molecular analysis, Southeast Asia, taxonomy

## Study on evaluation and preservation of flesh texture of persimmon

Tetsuya SUZUKI

*Gifu Prefectural Agricultural Technology Center, Gifu 501-1152, Japan*

カキ果実の肉質評価および品質保持に関する研究

鈴木 哲也

岐阜県農業技術センター, 501-1152 岐阜市

岐阜県は‘富有’を中心とした甘ガキの産地であり、ここ数年‘早秋’および‘太秋’の導入が進んでいる。近年、市場では供給量が少ない年でも販売価格は上昇せず、カキの需要そのものが減少していると考えられる。需要拡大を図るキーワードの一つとしておいしさがあり、カキ果実のおいしさの要因のうち、糖含量や糖組成に関する報告は多くあるが、果肉硬度や食感など肉質よるおいしさの評価の報告は少ない。

一般的に果肉硬度は果実硬度計で測定するが、プランジャで対象物を貫入するため、同一果実を継続的に評価することができない。そこで、非破壊法の音響振動法で弾性指標を測定し、果肉硬度を評価した。また、1995年に品種登録された‘太秋’の有するサクサクとした食感（以下、サクサク感）は今までのカキにはない新たな食感であり、カキの新しいおいしさを表している。そこで、このサクサク感を評価するために、定量的な計測方法が必要となった。一般的な食感評価法として官能試験が多く行われているが、客観的な評価は困難である。また、機器測定として、実際に人が食べた時に発生する音をマイクロフォンで計測する方法が研究されてきたが、個人差の大きいこと、再現性のないことが課題であった。そこで、食感測定装置（Acoustic Measurement of Crispness, AMC）で食感指標を測定し、サクサク感の定量評価方法を検討した。また、果物を食べない大きな理由は日持ちがしないことであり、日持ち性および品質保持の短さが消費低迷の大きな要因の一つになっている。そこで、カキ果実の肉質評価および品質保持に関する研究を行った。

第2章第1節では、音響振動法による弾性指標およびAMC法による食感指標を測定し、収穫後の‘富有’果実における肉質特性を明らかにした。収穫後の‘富有’の弾性指標は、収穫時期に関わらず同様のパターンで指数関数的に低下した。弾性指標の変化と官能評価の結果から、食べ頃の弾性指標は $13.563 \sim 30.202 \times 10^6 \text{cm}^2 \cdot \text{Hz}^2$ と決定し、食べ頃予測式を作成した。食べ頃始期は $t_1 = \{9.386(30.202 - Y_0)\} / \{0.830(Y_0 - 30.202) - Y_0\}$ 、食べ頃終期は $t_2 = \{9.386(13.563 - Y_0)\} / \{0.830(Y_0 - 13.563) - Y_0\}$ 、 $Y_0$ は収穫後0日の弾性指標とした。

‘富有’の袋かけ栽培は、果実ごとに9月から収穫まで被袋し、通常栽培が終了した12月中旬に収穫する栽培方法で、食味の良さから高級ブランドとして評価を得ている。第2章第2節では、音響振動法による弾性指標およびAMC法による食感指標を測定し、袋かけ栽培‘富有’の肉質評価を行い、おいしさの要因を明らかにした。収穫時の袋かけ栽培‘富有’の弾性指標は通常栽培‘富有’における食べ頃の弾性指標の範囲内、すなわち食べ頃の硬さであり、完熟状態になっていることが明らかにされ、このことが袋かけ栽培‘富有’のおいしさの要因と考えられた。

第3章第1節では、‘早秋’果実の果肉硬度保持技術を開発した。‘早秋’では、おいしさの官能評点と弾性指標との間に有意な正の相関があることから、‘早秋’のおいしさを保つためには収穫直後の果肉硬度を保持することが重要である。防湿段ボール箱の利用によって、慣行段ボール箱よりも約4日長い収穫後約10日まで果肉硬度を保持することができた。防湿段ボール箱による水分蒸散抑制によって、果肉硬度が保持されると考えられた。また、1-MCP処理によって、過熟した果実の軟化率は低く抑えられ、日持ち性は向上した。しかし、1-MCP処理では果実からの水分蒸散が抑制されないため、果肉硬度保持効果は認められなかった。

第3章第2節では、1-MCP処理後、防湿段ボール箱を利用することによって、‘早秋’果実の果肉硬度は

1-MCP 処理後12日まで、日持ち性(果実が過熟して軟化するまで)は処理後14日まで保持することができた。防湿段ボール箱単独よりも果肉硬度を長く保持することができたのは、水分蒸散抑制とエチレン作用阻害が相乗的に作用したためと考えられた。

第4章第1節では、‘太秋’果実の物理的なおいしさの要因を明らかにするため、音響振動法による弾性指標および官能評価によって肉質特性を評価した。官能評価の結果から、‘太秋’の物理的なおいしさの要因は果肉の軟らかさではなくサクサク感であることを明らかにした。そこで、サクサク感を定量的に測定するために、まず弾性指標によって評価できないか検討したが、サクサク感の官能評点と弾性指標との関係から、弾性指標によるサクサク感の評価は難しいと考えられた。

次に、第4章第2節で、AMC 法によるエネルギー食感指標によって、‘太秋’果実のサクサク感を定量的に評価する方法を検討し、開発した。収穫後日数の異なる‘太秋’のエネルギー食感指標と食感の異なる‘太秋’と‘甘秋’のエネルギー食感指標の結果から、周波数帯域4,480~25,600 Hzにおけるエネルギー食感指標で定量評価できることを明らかにした。

第4章第3節では、‘太秋’果実の食感保持技術を開発した。ポリエチレン包装によって、無包装よりも約2~6日長い収穫後約11~15日まで食感を保持することができた。ポリエチレン包装による水分蒸散抑制によって、食感が保持されると考えられた。また、1-MCP 処理後、ポリエチレン包装することによって、ポリエチレン包装単独よりも約10~14日長い収穫後約25日まで食感を保持することができた。なお、周波数帯域4,480~25,600 Hzのエネルギー食感指標で‘太秋’の食感を評価する中、周波数帯域4,480~6,400 Hzにおけるエネルギー食感指標は官能評価におけるサクサク感の評点と異なる推移を示す傾向であったことから、‘太秋’の食感は周波数帯域6,400~25,600 Hzのエネルギー食感指標により高い精度で定量評価できると考えられた。

本研究によって、カキ‘富有’、‘早秋’および‘太秋’の食べ頃を明らかにし、‘早秋’および‘太秋’の品質保持技術を開発した。その結果、消費者においしいカキを長期間提供することが可能になった。また、AMC 法によるサクサク感の定量評価方法を開発した。今後、サクサク感を有する品種は増えていくことが予想されるため、カキ品質の一要素としてサクサク感を評価することが重要である。

キーワード：カキ、食べ頃、食感、品質保持、弾性指標、食感指標



**List of Master Theses in academic year 2015 修士論文題目 (2016年)**  
*Completion in March, 2016 2016年3月修了*

**DEPARTMENT OF BIORESOURCE SCIENCE 生物資源科学専攻**

- 浦 崇明 鳥類の分子性判別技術に関する研究  
石掛 以果 反芻動物の栄養素代謝に及ぼすアミノ酸の影響  
谷口 大 反芻動物の栄養素代謝に対する GLP-1 (glucagon-like peptide1) の作用に関する研究  
深野 夏暉 ニワトリにおける抗ストレス性と行動反応に関する研究  
上村 堯 ニワトリ卵管における免疫関連分子の発現誘導に関わる TLR 下流転写因子の同定  
三浦 千佳 ウシおよびヤギの乳腺における抗菌因子発現および乳生産量に及ぼす性ステロイドホルモンの影響  
高 夢然 ヒト由来成分テルベンを含むイノシシ用忌避剤の効果に関する研究  
松原明日香 広島県呉市下蒲刈島の放棄された公共施設 (ほたるの里) に出没するイノシシの調査—公共事業の負の遺産とイノシシの出没との関係—  
松本 吉人 中国精米業界の競争構造に関する研究—転換期における新規参入業者の役割—  
平谷 憲志 経営継承の観点からみた新規就農者支援制度のシステムとそのあり方—広島市活力事業を事例として—  
三谷 友紀 家族農業経営の発展過程とマーケティング戦略の展開方向—広島県を事例として—  
高橋 穂 農山村集落における過疎対策の実情と地域課題  
三木 香織 都市化進行下の水田農業地帯における農地転用の実態と地域農業への影響—東広島市を事例として—  
里中 彩乃 クサフゲの遊泳に関わる脊髄運動ニューロンの組織学的研究  
三澤 朱里 ゼブラフィッシュ仔稚魚における古典的条件付けに関する研究  
西 晋之介 海産魚のウイルス性神経壊死症の水平感染機構に関する研究  
花岡 誠 魚類病原菌 *Tenacibaculum maritimum* ファージの分離とその性状  
海野 芳幸 アユ病原菌 *Edwardsiella ictaluri* のファージ型に関する研究  
宮本 開伸 日本産イワナ属魚類の遺伝的関係について  
白井 和紗 オキナワベニハゼの逆方向性転換に付随する繁殖コストに関する生態学的研究  
永嶋 瑞穂 口永良部島におけるニザダイ *Prionurus scalprum* の採餌生態  
坂上 嶺 スズメダイ科サンゴ礁魚フタスジリュウキュウスズメダイにおける性転換の柔軟性に関する生態学的研究  
佐々木 司 キンチャクダイ科ナメラヤッコの社会構造と性転換に関する生態学的研究  
前田 知里 ササノハベラ類の地理的分布パターンと採餌生態—食性と安定同位体比分析からのアプローチ—  
工藤 史貴 頭足類に寄生するカイアシ類の分類  
岡崙 隆真 広島湾における浮遊卵の種組成に関する研究  
甲田 和也 飼育塩分濃度がクロダイの成長ならびに耳石 Sr : Ca 比に及ぼす影響  
SILVA LUISGUS TAVO SANCHEZ Study of the genetic population structure of the Humboldt squid *Dosidicus gigas* (アメリカオオアカイカの遺伝的集団構造に関する研究)  
宮奥 昂次 クロダイ卵の発生段階と DNA 量に関する基礎的研究  
秦 正樹 賀茂河川口周辺におけるイシガレイ・マコガレイ稚魚の出現, 分布および採餌生態  
田中 拓希 アマモ場における小型魚類に対する捕食圧の昼夜比較

## DEPARTMENT OF BIOFUNCTIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY 生物機能開発学専攻

向井 光樹	点鼻や点眼免疫によるニワトリの抗原特異的免疫応答の解析
梅木 朋子	鳥類におけるゲノム編集技術の確立
國川 彩香	トマトの果実成熟におけるアスコルビン酸生成酵素の遺伝子発現に関する研究
野村 俊樹	アセロラのアスコルビン酸酸化酵素の発現解析
池田 敦子	酵母におけるスフィンゴ脂質のホメオスタシスと機能に関する研究
村中 恭	植物-昆虫間相互作用に係る化学成分
大崎 究	哺乳動物複製開始配列の反復配列を用いることによる、高発現環境での遺伝子増幅系
石井 聡悟	<i>Oscillatoria agardhii</i> アグルチニンのマンノース糖鎖認識機構の解明
稲熊 清伸	藻類レクチンを用いた生体成分の捕捉に関する研究
生貝 達也	有用海藻レクチンの組換え体に関する研究
吉川 友康	高効能抗体医薬の高効率精製用リガンドに関する開発研究
平林 侑	プロバイオティクスの有する腸炎抑制作用とそれに関わる腸内環境の解析に関する研究
小山 真知	ホエーペプチドの腸管保護作用に関する研究
上西 紀彰	ビフィズス菌およびその代謝産物による腸管バリア調節作用に関する研究
三吉 優香	消化管バリア機能における亜鉛の生理学的役割に関する研究
石橋ちなみ	冷凍-解凍過程における O/W エマルションの不安定化要因の解明
土屋 美紀	パーム油含有ショートニングに発生する粗大結晶成長メカニズムの解明
高木麻祐子	ココアバター代用脂含有チョコレートにおけるファットブルームの形態と相挙動の解明
藤原 春菜	エマルション様チョコレートの構造評価と油脂混合状態の解明
高橋 快和	トリオレイン中の対称型トリアシルグリセロール結晶の溶解度測定とモルフォドローム
關 宏樹	パーム油結晶化に及ぼすジアシルグリセロールの添加効果
岡本 拓海	非破壊測定によるレトルト食品の加工程度の評価に関する研究
許 政	アイスグレイズ食品のグレイズ氷の破碎・分離
原田 吉人	機能性オリゴ糖酸の着色挙動に関する研究
包 紅彬	芽胞形成細菌に対する植物抽出液の抗菌性
奥 一央	ノロウイルスの疑似感染価測定法の確立と抗ノロウイルス剤の効果の検証に関する研究
湯ノ谷 学	コレラ菌の病原性発現調節に関与する転写制御因子と msDNA との関係
田中 大貴	生野菜・果物より単離したグラム陰性細菌の薬剤耐性化機構の解析
木本 晶子	少量エタノールの効能に関する研究
山本 岳史	<i>Saa3</i> 遺伝子プロモーターを利用した新規動物評価モデルの確立
佃 慶子	母体のコリン欠乏状態が出生児に及ぼす影響
光本 仰志	コリン欠乏による脂肪性肝炎の発症の時間軸に沿った機構解明
日川あずさ	清酒老香の主成分ジメチルトリスルフィドの生成に関する研究
小山賀奈子	清酒粕に含まれる機能性成分の高蓄積条件と保存安定性に関する研究
澤田奈保子	微生物油脂の生産に関わる遺伝子組換え技術の研究

## DEPARTMENT OF ENVIROMENTAL DYNAMICS AND MANAGEMENT 環境循環系制御学専攻

山本 晃弘	硫気荒原に生育するツクシテンツキの生態的特性：発芽と初期成長
千田 智史	児島湖におけるリン循環に関する研究
中原 駿介	石炭灰造粒物による中海浚渫窪地の環境改善に関する研究
石田 総和	施肥によるカキ成長促進の試み
成松 晴佳	トマトの生育と果実品質に及ぼす塩・アルカリストレスの影響

- 野村 友紀 西日本沿岸地帯に分布するボタンボウフウ (*Peucedanum japonicum* Thunb. var. *japonicum*) の耐塩性機構の解明
- 中野 瑞己 【特許に関する論文のため、題目非公開】
- 宗廣 理子 耐塩性牧草ローズグラス (*Chloris gayana* Kunth) の塩類腺の塩類排出特性の解明
- 西脇 瞳 D アミノ酸をよりよく資化・同化するバクテリアに関する研究
- FALUABURU ME RRY SAILONGA Phylotypic characterization of bacteria associated with lichens from extreme environments (極限環境の地衣類に共生するバクテリアの分子分類学的キャラクターゼーション)
- 池田 正太 Genetic diversity of zooxanthellae in tridacnid clams (シャコガイ類に共生する褐虫藻の遺伝的多様性)
- 肥後 翔太 Prediction of *Karenia mikimotoi* blooms using a pulse amplitude modulation fluorometer (パルス変調蛍光光度計による *Karenia mikimotoi* 赤潮の増殖予察)
- 自見 直人 Evaluation of *Cirriiformia tentaculata* (Annelida: Cirratulidae) as a pollution indicator in marine environments: Is this truly a single species? (有機汚濁指標生物ミズヒキゴカイの隠蔽種は環境評価の有効性に影響を与えるか)
- 西元 信人 堆肥を施用した畑土壌における微量要素の植物による利用性

*Completion in September, 2016 2016年9月修了*

#### DEPARTMENT OF BIORESOURCE SCIENCE 生物資源科学専攻

艾尔青 薩仁高娃 哺乳期における肉牛子牛の遊戯行動に関する研究

#### DEPARTMENT OF BIOFUNCTIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY 生物機能開発学専攻

- 畑野 浩慶 アシタバの未熟種子に含まれる生理活性物質
- 徐 微 粒子混入粘性流体の流動挙動に関する研究
- 易 峰 生牡蠣の高塩濃度脱水凍結に及ぼす食塩水濃度の影響とその品質評価

平成27年度研究科長裁量経費による助成研究一覧  
**Reports of studies supported by Grant-in-Aid for Research from the Graduate  
School of Biosphere Science, Hiroshima University**

助成区分	研究課題名	研究代表者
<b>基盤研究サポート Grant-in-Aid for Fundamental Research</b>	環境ウイルスのキャラクタリゼーションに関する基礎研究 A study on characterization of novel environmental viruses	中井 敏博 Toshihiro NAKAI
	ウシの行動反応と気質関連遺伝子多型との関係 Temperament Related Polymorphisms Associated with Behaviors in Cattle	豊後 貴嗣 Takashi BUNGO
	クラスター構造の根を形成する植物の低リン適応特性の解明 Study on the properties of low P tolerance of plants forming root-cluster structures	和崎 淳 Jun WASAKI

## A study on characterization of novel environmental viruses

Toshihiro NAKAI

Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
Higasdhi-Hiroshima 739-8528, Japan

環境ウイルスのキャラクタリゼーションに関する基礎研究

中井 敏博

広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

### 【研究目的】

自然環境中にフリーで存在しているウイルスを分離・培養し、それらの生物学および生態学的な特性をキャラクタライズすることで、これまでの病原ウイルス学的な知見をさらに拡大するとともに、「ウイルス進化生態学」とでも呼ぶべき新学問分野の開拓を図ることを目的とする。

### 【研究結果】

#### 1) 滑走細菌 *Tenacibaculum maritimum* ファージの分離とその性状

海産魚の病原細菌である *T. maritimum* の新規溶菌ファージを集殖培養法により分離した。分離8株 (PTm1 ~ PTm8) はいずれもミオウイルスの形態をしていて、T4様ウイルスよりはかなり大型で (頭部直径: 約120nm 尾部長: 約150nm)、頭部に柔軟性のある数本のファイバー状構造物 (長さ: 約70nm) を持っていた。代表2ファージ (PTm1およびPTm5) について、次世代シーケンサーを用いたショットガンシーケンスを行ってゲノム解析をおこなった結果、PTm1およびPTm5は、それぞれゲノムサイズが224,680 bp および226,876 bp (GC% はいずれも29.7)、予測 ORF 数が308個および306個であった。この内、約50個の ORF は同じく T4様ウイルスの形態をした *Sphingomonas phage PAU* と相同性が認められた。ゲノム構造の新規性に加えて、これまで頭部にこのようなファイバー状構造物を有するファージは報告されていない。吸着試験の結果から、頭部ファイバーは菌体吸着へのセンサーのような役割を果たしているのではないかと考えられた。一部を平成28年度日本魚病学会秋季大会で発表した。

#### 2) 超微小細菌 (ナノバクテリア) ファージの探索

豊潮丸航海により採取した海水から、10株の0.22  $\mu\text{m}$  フィルター通過性細菌を分離した。この内、培養が比較的容易でありかつ3段階の0.2  $\mu\text{m}$  フィルターを通過した株3株を得た。液体培養菌について TEM 観察をおこなったところ、いずれも極在単鞭毛を有するピブリオ菌の形態をしていた。しかし、菌体のサイズはいずれも1  $\mu\text{m}$  以上であったことから、これらは生活史の一部に超微小ステージを持つメロ・ナノバクテリアの可能性が高い。一部からはテンプレート・ファージが検出されたが、これまでのところビルレント・ファージの分離には成功していない。なお、ナノバクテリアに感染するファージは文献上は極めてまれである。

#### 3) 巨大ウイルス (巨大核質 DNA ウイルス) の探索

新規巨大ウイルスの探索のため、宿主のひとつであるアカントアメーバ (*Acanthamoeba*) の培養条件をあらためて検討した。この培養系を用い、海水20L (豊潮丸航海により採取) の0.22  $\mu\text{m}$  フィルター通過ろ液を試料として、アメーバでの分離・培養、TEM、および既報のプライマーでのPCRにより、巨大ウイルスの検出を試みた。残念ながら、これまでのところ巨大ウイルスの検出に成功していない。

## “Temperament Related Polymorphisms Associated with Behaviors in Cattle”

Takashi BUNGO

Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
Higasdhi-Hiroshima 739-8528, Japan

ウシの行動反応と気質関連遺伝子多型との関係

豊後 貴嗣

広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

ヒトを含めた動物の性格（気質）と遺伝との関係については、ゲノム・サイエンスの進展によって、多くの知見を得るに至っている。家畜においても、性格（気質）に関連する遺伝子の変異（多型）に関する報告はあるが、それら変異と実際の表現型（性格（気質）を伴う行動様式など）との関係については、ほとんど調査はなされていない。本研究では、ウシの気質と遺伝子多型との関係について調査した。

### 試験Ⅰ：【材料および方法】

広島大学附属農場の黒毛和種子牛13頭を対象とした。子牛は母牛とともに分娩房で他と隔離して、生後2、4および6週に遊戯行動の観察を行った。観察項目は、gallop, leap, turn, buck, head-shake および物へのbuttingとした。遺伝子多型解析は、RFLP解析によりモノアミン・オキシターゼA (MAOA) とセロトニン受容体1B (HTR1B) を調査した。統計学的検定は、二元配置分散分析を行った。

### 【結果および考察】

MAOA 遺伝子に認められた遺伝子頻度は、C 遺伝子が0.68, T 遺伝子が0.32であった。C 遺伝子を持つ個体と持たない個体とで分けた場合、gallop は、遺伝子型および週齢の効果が認められ、gallop の発現はC を持たない個体で多く、成長とともに減少した ( $P<0.05$ )。leap, turn および head-shake では差はなかったものの、butting では遺伝子型の効果が認められ、C を持たない個体で発現回数が多かった ( $P<0.05$ )。また、buck では、交互作用が示され、6週齢においてC を持たない個体での発現回数が多かった ( $P<0.05$ )。一方、HTR1B 遺伝子では、認められた遺伝子頻度は、G 遺伝子が0.88, T 遺伝子が0.11であった。T 遺伝子を持つ個体と持たない個体とで分けた場合、gallop, leap, turn, head-shake および butting では差はなかったが、buck で遺伝子型の効果が示され、T を持たない個体で発現回数が多かった ( $P<0.01$ )。以上の結果から、MAOA および HTR1B 遺伝子が gallop, buck あるいは butting の発現に影響すること、また buck のように遺伝子の時期特異的な影響も考えられた。

### 試験Ⅱ：【材料および方法】

広島大学附属農場のホルスタイン泌乳牛24頭を対象とした。各牛の気質は、16項目からなる質問調査票を用いて分類するとともに、搾乳ロボットへの不要な侵入回数についても記録した。遺伝子解析は、試験Ⅰと同様とし、統計学的検定は、マンホイットニーのU検定を行った。

### 【結果および考察】

HTR1B 遺伝子に変異を持つ個体は、質問調査票の「率先的に行動する」の評点が高いこと、一方、MAOA 遺伝子では、変異個体が不要な侵入をより多く行うことが示された。以上の結果から、MAOA および HTR1B 遺伝子が、ホルスタイン乳牛の気質あるいは行動傾向に影響するものと考えられた。



## Study on the properties of low P tolerance of plants forming root-cluster structures.

Jun WASAKI

Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan

クラスタ構造の根を形成する植物の低リン適応特性の解明

和崎 淳

広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

リン酸質肥料の原料であるリン鉱石資源は涸渇に瀕している。我が国はこれを輸入に依存しているため、持続的な食料生産のためにはリンの有効活用が必要である。そのためには低リン環境で生育する植物のリン吸収能を理解し、そのしくみを活用する必要がある。

低リン環境で生育できる植物の一部は、クラスタ構造の根を作ることが知られる。すなわち、密な側根からなるクラスタ根や、側根に根毛を密生させたダウシフォーム根とよばれる特殊な形状をした根である。これらのクラスタ構造の根は、その表面積を拡大してリンの吸収効率が高まるだけでなく、最近の研究においてこれらの植物が未利用のリンを可給化する有機酸や酸性ホスファターゼを分泌する能力が高いことが示されてきた。また、極めて低いリンしか含まない土壌で生育するため、地上部にいったん取り込んだリンの有効利用能に優れることが期待される。そこで、これらの低リン適応特性について理解を深めることを目的とした研究を行った。

長期間リン欠乏条件で水耕栽培したピンクッションハケア (*Hakea laurina*) が形成したクラスタ根を用いて、有機酸および酸性ホスファターゼの分泌能を調査した。CE-MSを用いて根分泌物に含まれる代謝物の一斉分析を行ったところ、根分泌性有機酸として一般的に知られるクエン酸とリンゴ酸はともにクラスタ根特異的に分泌していることが示された。クエン酸、リンゴ酸に加えて、既知化合物においてはイソクエン酸がクラスタ根特異的に分泌されていることが示された。さらに、最も多量に分泌されたアニオン(分子量137.0)とクラスタ根特異的に分泌されていたアニオン(分子量95.0)は未同定物質であり、既知の化合物が分泌されることでこの植物が適応している可能性が示唆された。また、酸性ホスファターゼの活性は未成熟~成熟クラスタ根でノーマル根と比べて有意に高い値を示した。これらのことから、ピンクッションハケアの形成したクラスタ根は難利用性リンの獲得戦略として非常に重要であることが示唆された。

宮島におけるヤマモガシ (*Helicia cochinchinensis*) およびその周辺に生育する樹木から、成熟葉と老熟葉を採取し、そのリン濃度を測定した。植物が老化した葉を落葉させる前にどの程度のリンを回収し、成熟葉に受け渡しているかの指標として、リンの再転流効率を求めたところ、ヤマモガシでは53-63%であり、オガタマノキを除く他の樹種より大きい数値であった。また、窒素濃度との関係からリンの需要を求めたところ、他の樹木と比較してヤマモガシではリンの需要が低く抑えられていることが示された。以上のことから、ヤマモガシの低リン耐性の一部には、リンの再転流能と需要の抑制が重要な役割を果たしていることが示された。

ヤマモガシの成熟葉が含む各種元素を ICP-MS を用いて一斉分析を行った。その結果、ヤマモガシの成熟葉はアルミニウムやマンガンなどの一部の多価カチオン濃度が高いことが示された。さらに、ヤマモガシと共存する樹木(共存木)と、同じ樹種でヤマモガシと共存しない樹木(単独木)における成熟葉のアルミニウムやマンガン濃度を比較すると、共存木で単独木より高い傾向にあった。また、元素濃度の一斉分析の結果について主成分分析を行ったところ、共存木の元素濃度はヤマモガシの葉の濃度に近づいていることが示された。影響を受けている元素は多価カチオンが中心であったことから、ヤマモガシが低リン条件下で形成したクラスタ根から分泌した有機酸が可溶化した多価カチオンが、根圏を共有する植物によって吸収された結果であると推察された。





## List of Papers by the staff of the Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University, published during January 2015 to March, 2016

### 広島大学大学院生物圏科学研究科教員業績目録

(2015年1月-2016年3月)

#### Animal Science Division 陸域動物生産学講座

- Ghanem, ME., **Nishibori, M.** 2015. Effects of season on plasma progesterone profiles in repeat breeding cows. *Vet. Med.*, **60**: 227-234.
- 伊藤文香・大西諒貴・安江 博・西堀正英. 2015. Multiplex PCR 法と簡易検出法を組み合わせた動物の分子種判別法に関する研究. *DNA 多型*, **23**: 61-63.
- Goto, T., Shiraishi, J.-i., **Bungo, T., Tsudzuki, M.**, 2015. Characteristics of egg-related traits in the Onagadori (Japanese extremely long tail) breed of chickens. *J. Poult. Sci.* **52**: 81-87.
- Oka, T., Ito, N., Sekiya, M., Kinoshita, K., **Kawakami, SI., Bungo, T., Tsudzuki, M.**, 2015. Genetic differentiation among populations of Kurokashiwa breed of indigenous Japanese chickens assessed by microsatellite DNA polymorphisms. *J. Poult. Sci.* **52**: 88-93.
- Ogata, Y., Hidaka, T., Matzushige, T., **Maeda, T.**, 2015. Comparison of two biopsy methods in bovine embryos. *J. Adv. Biol. Biotechnol.*, **2**: 16-23.
- 島田昌之, 山下泰尚. 2015. 排卵期における顆粒膜細胞分泌因子の発現・分泌制御機構とその生理的役割. *医学のあゆみ*. **249**: 11-17.
- Obitsu, T.**, Hata, H., **Taniguchi, K.**, 2015. Nitrogen digestion and urea recycling in Hokkaido native horses fed hay-based diets. *Anim. Sci. J.* **86**: 159-165.
- El-Sabagh, M., Taniguchi, D., **Sugino, T., Obitsu, T., Taniguchi, T.**, 2015. Insulin-independent actions of glucagon-like peptide-1 in wethers. *Anim. Sci. J.* **86**: 385-391.
- Astuti, A., **Obitsu, T., Sugino, T., Taniguchi, K., Okita, M., Kurokawa, Y.**, 2015. Milk production, plasma metabolite profiles and mammary arterial-venous differences of milk precursors in early lactation cows milked at different frequencies by an automatic milking system. *Anim. Sci. J.* **86**: 499-507.
- Fukumori, R., **Sugino, T.**, Shingu, H., Moriya, N., Kobayashi, H., Yamaji, K., El-Sabagh, M., Hasegawa, Y., Kojima, M., Kangawa, K., **Obitsu, T.**, Nagao, Y., **Taniguchi, K.**, Kushibiki, S., 2015. Effects of fat-enriched diet and methionine on insulin sensitivity in lactating cows. *J. Anim. Sci.* **93**: 2778-2784.
- 杉野利久・石橋 晃. 2015. 飼料学 (122), XIII ホルモン (hormone). *畜産の研究*. **69**: 511-519.
- 杉野利久・館野綾音・沖村朋子・川嶋賢二・平林晴飛・鈴木有希津・朝隈貞樹・磯部直樹・小櫃剛人・櫛引史郎. 2015. 高泌乳牛における乾乳期低栄養管理が泌乳持続性および発情回帰に及ぼす影響. *畜産技術*, 10月号, 13-17.
- 杉野利久・福森理加・谷口 大・El-Sabagh M・小櫃剛人. 2016. グルカゴン様ペプチド1の反芻動物における特異的な分泌と作用について. *栄養生理研究会報*, **60**: 35-43.
- Bungo, T.**, Nakasai, E., Takawaki, M., Tanizawa, H. and **Kawakami, SI.**, 2015. Brain monoamine asymmetry in chicks subjected to separation-stress procedure with litter substrate. *J. Poult. Sci.* **52**: 37-41.
- Fukano, N., Wada, N., Oka, T. and **Bungo, T.**, 2015. Evaluation of a modified manual restraint test for estimating fearfulness in laying hens. *Int. J. Poult. Sci.* **14**: 602-605.

- 沖田美紀・黒川勇三・豊後貴嗣・小櫃剛人. 2015. 暑熱期の乳牛の生理と生産性に及ぼす剪毛の影響. 「最新農業技術 畜産 vol. 8」, 69-74頁, 農山漁村文化協会, 東京.
- Nii, T., **Isobe, N.**, **Yoshimura, Y.**, 2015. The effect of estrogen on the early cytotoxic response to IB virus infection in hen oviduct. *Vet. Immunol. Immunopathol.* **164**: 56-66.
- Yoshimura, Y.**, 2015. Avian  $\beta$ -defensins expression for the innate immune system in hen reproductive organs. *Poult. Sci.* **94**: 804-809.
- Kawai, K., Korematsu, K., Akiyama, K., Okita, M., **Yoshimura, Y.**, **Isobe, N.**, 2015. Dynamics of lingual antimicrobial peptide, lactoferrin concentrations and lactoperoxidase activity in the milk of cows treated for clinical mastitis. *Anim. Sci. J.* **86**: 153-158.
- Mohammed, E.S.I., Igarashi, Y., **Isobe, N.**, **Yoshimura, Y.**, 2015. Effects of probiotics on the expression and localization of avian beta-defensins in the proventriculus of broiler chicks. *J. Poult. Sci.* **52**: 57-67.
- 植田丈・吉村幸則・磯部直樹. 2015. リポ多糖の血液内投与による乳房炎の発症. 広島大学 FSC 報告. **13**: 22-25.

#### Aquatic Biology Division 水圏生物生産学講座

- 澤井悦郎・山野上祐介・坂井陽一. 2015. 新知見紹介 九州初記録のウシマンボウ. *魚類学雑誌.* **62**: 201-202.
- Barros, B., **Sakai, Y.**, Pereira, P.H.C., Gasset, E., Buchet, V., Maamaatuaiahutapu, M., Ready, J.S., Oliveira, Y., Giarrizzo, T., Vallinoto, M. 2015. Comparative allometric growth of the mimetic ephippid reef fishes *Chaetodipterus faber* and *Platax orbicularis*. *PLOS ONE* DOI: 10.1371/journal.pone.0143838
- 澤井悦郎・山野上祐介・望月利彦・坂井陽一. 2015. 日本国内の博物館関連施設に保管されているマンボウ属の大型剥製標本に関する形態学的知見について. 茨城県自然博物館研究報告. **18**: 65-70.
- 重田利拓・古満啓介・山口敦子・富山 毅・坂井陽一・斉藤英俊. 2015. 瀬戸内海の河口干潟域で確認されたトラフグ稚魚による刺毒魚アカエイの捕食. *生物圏科学.* **54**: 89-98.
- Miyazaki, K., **Tomiyama, T.**, Yamada, K., Tamaoki, M., 2015. 18S analysis of the taxonomic position of an endoparasitic pycnogonid, *Nymphonella tapetis* (Arthropoda: Pycnogonida: Ascorhynchidae). *J. Crust. Biol.* **35**: 491-494.
- Hata, M., Otsuki, N., Tanaka, H., **Tomiyama, T.**, **Shoji, J.**, 2015. Collection record of spotted halibut *Verasper variegatus* juveniles from the central Seto Inland Sea, Japan. *Aquacult. Sci.* **63**: 199-201.
- 重田利拓・古満啓介・山口敦子・富山 毅・坂井陽一・斉藤英俊. 2015. 瀬戸内海の河口干潟域で確認されたトラフグ稚魚による刺毒魚アカエイの捕食. *生物圏科学.* **54**: 89-98.
- 富山 毅・南 卓志. 2015. 底魚の分散と加入. 水産学シリーズ182「魚類の初期生活史研究」(望岡典隆・木下 泉・南 卓志 編) 恒星社厚生閣, 東京: 129-139.
- Kawai, K.**, Tada, S., Saito, H., 2015. Influences of riverside vegetation on the health of 'Gogi' char. *Bull. Hiroshima Univ. Mus.* **7**: 15-19.
- 平林公男・河合幸一郎. 2016. ユスリカ研究の近年の動向と今後の課題 水環境における環境指標生物としてのユスリカ類. 「衛生動物学の進歩 第2集」(松岡裕之 編) 三重大学出版会, pp.179-190.
- Kawai, K.**, **Saito, H.**, Sugimaru, K., 2015. Studies on ecology of marine chironomids in southwestern Japan, *Biosphere Sci.* **54**: 13-19.
- 重田利拓・古満啓介・山口敦子・富山毅・坂井陽一・斉藤英俊. 2015. 瀬戸内海の河口干潟域で確認されたトラフグ稚魚による刺毒魚アカエイの捕食. *生物圏科学.* **54**: 89-98.

- Katahira, H., Nagasawa, K., 2015. *Heliconema anguillae* Yamaguti, 1935, a physalopterid nematode found in Japanese eels: taxonomic resurrection with a note on the third-stage larva from intertidal crabs in western Japan. *Folia Parasitol.* **62**: 028 (on-lined).
- Kimoto, K., Mekata, T., Takahashi, H., Nagasawa, K., 2015. Genetic structure of the amago and iwame forms of the red-spotted masu salmon (*Oncorhynchus masou ishikawae*) in the upper Ono River, northeastern Kyushu, southern Japan. *Aquaculture Sci.* **63**: 299-309.
- 木本圭輔・景平真明・畔地和久・長澤和也, 2015. 九州北東部の河川上流域における流程に沿った魚類群集の変化. *魚類学雑誌.* **62**: 1-12.
- 木本圭輔・景平真明・畔地和久・長澤和也, 2015. 九州北東部河川のアマゴ生息域下流側における浮上稚魚の生息場所利用. *魚類学雑誌.* **62**: 107-119.
- Matsuda, H., Hamano, T., Nagasawa, K., 2015. Factors affecting re-infection by *Hypermastus tokunagai* (Prosobranchia: Eulimidae) of its host, the sand dollar *Scaphechinus mirabilis* (Clypeasteroidea: Scutellidae). *Venus.* **73**: 115-125.
- Nagasawa, K., 2015. Infection of *Brachiella thynni* (Copepoda, Lernaepodidae) on Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis* (Actinopterygii, Scombridae), cultured in Japan. *Crustaceana.* **88**: 945-948.
- Nagasawa, K., 2015. Parasitic copepods of marine fish cultured in Japan: a review. *J. Nat. Hist.* **49**: 2891-2903.
- Nagasawa, K., 2015. A 2015 supplement and corrections to the checklist of the parasitic copepods of fishes and invertebrates of the Seto Inland Sea, Japan. *Biosphere Sci.* **54**: 113-124.
- Nagasawa, K., Fujioka, Y., 2015. *Pseudorhadinorhynchus samegaiensis* (Acanthocephala: Echinorhynchida: Illiosentidae) uses the amphipod *Jesogammarus (Annanogammarus) fluvialis* as an intermediate host in a stream of the Lake Biwa basin, central Japan. *Spec. Divers.* **20**: 191-197.
- Nagasawa, K., Ishikawa, T., 2015. *Argulus coregoni* (Branchiura: Argulidae) parasitic on the torrent catfish *Liobagrus reinii* in Japan. *Biogeography.* **17**: 99-102.
- Nagasawa, K., Nitta, M., 2015. A fish parasite, *Isoparorchis eurytremum* (Digenea: Isoparochiidae), newly recorded in Tokushima Prefecture, Shikoku, Japan. *Biogeography.* **17**: 115-117.
- Nagasawa, K., Nitta, M., 2015. Rediscovery of a fish acanthocephalan, *Acanthocephalus minor* (Echinorhynchida: Echinorhynchidae), in the Lake Biwa basin, with a review of the fish acanthocephalan fauna of the basin. *Spec. Divers.* **20**: 73-81.
- Nagasawa, K., Obe, M., 2015. The ergasilid copepod *Neoergasilus japonicus* infecting smallmouth bass *Micropterus dolomieu* in central Japan. *Biosphere Sci.* **54**: 65-69.
- Nagasawa, K., Sato, H., 2015. *Neoergasilus japonicus* (Copepoda: Ergasilidae) parasitic on two alien freshwater fishes (*Lepomis macrochirus* and *Micropterus salmoides*) in central Japan, with its new record from Gunma Prefecture. *Bull. Gunma Mus. Nat. Hist.* **19**: 1-4.
- Nagasawa, K., Torii, R.-I., 2015. *Lernaea cyprinacea* (Copepoda: Lernaecidae) and *Argulus* sp. (Branchiura: Argulidae) parasitic on the freshwater goby *Rhinogobius* sp. TO endemic to Japan. *Biosphere Sci.* **54**: 71-74.
- Nagasawa, K., Utsumi, K., 2015. A piscicolid leech *Limnotrachelobdella okae* (Hirudinida) infesting a Japanese eel, *Anguilla japonica*, in Japan. *Biogeography.* **17**: 95-97.
- Nagasawa, K., Uyeno, D., Toda, M., 2015. *Sarcotaces* sp. (Copepoda: Philichthyidae), a parasite of a blacktip grouper, *Epinephelus fasciatus*, from off the Ryukyu Islands, southern Japan. *Biogeography.* **17**: 103-106.
- Nagasawa, K., Akiyama, A., Kawai, K., 2015. Two new prefectural records in Japan for the salmonid parasite, *Salvelinema salmonicola* (Nematoda: Cystidicolidae). *Biosphere Sci.* **54**: 75-79.
- Nagasawa, K., Ishikawa, T., Oda, N., 2015. A note on the parasite fauna of freshwater fishes in Tochigi Prefecture, Japan, with the second prefectural records for *Argulus coregoni* (Branchiura: Argulidae). *Bull. Tochigi Pref. Mus. Nat. Hist.* **31**: 29-33.

- 長澤和也, 2015. 日本産淡水魚類に寄生する条虫類目録 (1889-2015年). 広島大学総合博物館研究報告. **7**: 89-115.
- 長澤和也, 2015. 養殖クロマグロに寄生していた大型二生類 *Hirudinella* sp. 生物圏科学. **54**: 81-87.
- 長澤和也, 2015. 日本産サメ類に寄生する線虫サメヤドリセンチュウ (新称) *Acanthocheilus rotundatus*. 板鰓類研究会報. **51**: 7-9.
- 長澤和也・河合幸一郎, 2015. 日本の高標高地における魚類寄生虫の記録, 特にヤマトイワナへのチョウモドキの寄生. 日本生物地理学会会報. **70**: 261-265.
- 長澤和也・上野大輔, 2015. 沖縄県産ジルティラピアに寄生していたヤマトニセエラジラミ. 日本生物地理学会会報. **70**: 221-224.
- 長澤和也・上野大輔, 2015. 日本産魚類に寄生するナガクビムシ科カイアシ類の目録 (1939-2015年). 生物圏科学. **54**: 125-151.
- 長澤和也・中野浩史・林 成多, 2015. 宍道湖産コイ科魚類に寄生していたヒダビル. ホシザキグリーン財団研究報告. **18**: 66.
- Nitta, M., Nagasawa, K., 2015. *Heterocotyle chinensis* (Monogenea: Monocotylidae) from the whip stingray *Dasyatis akajei* from the Seto Inland Sea, Japan. *Spec. Divers.* **20**: 89-93.
- Nitta, M., Nagasawa, K., 2015. An alien monogenean *Ligictauridus pricei* (Ancyrocephalidae) parasitic on channel catfish *Ictalurus punctatus* (Siluriformes: Ictaluridae) in Japan. *Spec. Divers.* **20**: 95-102.
- Nitta, M., Nagasawa, K., 2015. New records of an alien digenean *Glypthelmins quieta* (Plagiochiidae) infecting the American bullfrog, *Lithobates catesbeianus*, in western Japan. *Biogeography.* **17**: 37-41.
- Nitta, M., Nagasawa, K., 2015. First record of a gill parasite, *Dactylogyrus extensus* (Monogenea: Dactylogyridae) co-introduced with common carp into Okinawa-jima Island, southern Japan. *Fauna Ryukyuna.* **26**: 1-4.
- Nitta, M., Nagasawa, K., 2015. A checklist of the monogeneans (Platyhelminthes) parasitic on fishes and invertebrates of the Seto Inland Sea, Japan (1894-2015), with new locality records for *Anoplodiscus spari* (Anplodiscidae) and *Dactylogyrus gotoi* (Dactylogyridae). *Bull. Hiroshima Univ. Mus.* **7**: 117-127.
- Uyeno, D., Tang, D., Nagasawa, K., 2015. A new species of the enigmatic copepod genus *Lernaeascus* (Cyclopoida: Philichthyidae), parasitic on angelfishes (Actinopterygii: Pomacanthidae) from the Ryukyu Islands, Japan. *Spec. Divers.* **20**: 159-166.
- 山本圭介・長澤和也, 2015. 1990-2000年代の東シナ海・黄海におけるカニ類の種組成と, ワタリガニ科カニ類の分布密度の年変動. 日本水産学会誌. **81**: 43-51.
- 山本圭介・長澤和也, 2015. 東シナ海・黄海における底生魚類の群集構造の年変動. 日本水産学会誌. **81**: 429-437.
- Otake, S., Wakabayashi, K., Tanaka, Y., Nagasawa, K., 2016. Life-cycle of *Choniomyzon inflatus* Wakabayashi, Otake, Tanaka & Nagasawa, 2013 (Copepoda: Siphonostomatoida: Nicotoidae) with the morphological descriptions of the nauplius, copepodid and adult male. *Syst. Parasitol.* **93**: 145-157.
- Wakabayashi, K., Phillips, B.F., 2016. Morphological descriptions of laboratory reared larvae and post-larvae of the Australian shovel-nosed lobster *Thenus australiensis* Burton and Davie, 2007 (Decapoda, Scyllaridae). *Crustaceana.* **89**: 97-117.
- 田中 颯・若林香織. 2016. コメツブウニ *Fibulariella acuta* (Yoshiwara, 1898) (ウニ綱: タコノマクラ目) の卵型個体と米粒型個体における叉棘の形態的相違. タクサ. **40**: 22-29.
- 田中祐志・若林香織. 2016. ウチワエビ類, 第5章生物生産. 「水産海洋ハンドブック」(竹内俊郎ほか編集) 生物研究社. 東京: pp. 256-257.
- Takiyama, T., da Silva, V.L., Silva, D.M., Hamasaki, S., Yoshida, M., 2015. Visual capability of a weakly electric

- fish *Apteronotus albifrons* as revealed by a modified retinal flat-mount method. *Brain Behav. Evol.* **86**: 122-130.
- 吉田将之. 2015. 魚に芸を仕込もう。「研究者が教える動物実験」第3巻 行動（日本比較生理生化学会編）共立出版 東京：162-165.
- 吉田将之. 2015. 怖いヤツはすぐに覚える。「研究者が教える動物実験」第3巻 行動（日本比較生理生化学会編）共立出版，東京：158-161.
- 吉田将之. 2015. アルコールは不安を鎮めるのか。「研究者が教える動物実験」第3巻 行動（日本比較生理生化学会編）共立出版，東京：152-155.
- 吉田将之. 2015. もって生まれた恐怖の反応。「研究者が教える動物実験」第3巻 行動（日本比較生理生化学会編）共立出版，東京：134-138.
- 吉田将之. 2015. イソギンチャク：一瞬の攻撃。「研究者が教える動物実験」第3巻 行動（日本比較生理生化学会編）共立出版，東京：66-68.
- 吉田将之. 2015. 魚は光に背を向ける「研究者が教える動物実験」第3巻 行動（日本比較生理生化学会編）共立出版，東京：45-47.
- 吉田将之. 2015. 波をかぶると動き出す「研究者が教える動物実験」第3巻 行動（日本比較生理生化学会編）共立出版，東京：28-32.
- 吉田将之. 2015. 安価で簡単，電気生理実験用増幅器と刺激装置「研究者が教える動物実験」第2巻 神経・筋（日本比較生理生化学会編）共立出版，東京：170-171.
- 吉田将之. 2015. 目で見て，耳で聞く脳内ニューロン活動「研究者が教える動物実験」第2巻 神経・筋（日本比較生理生化学会編）共立出版，東京：98-102.
- 吉田将之. 2015. 活動電位のカンタン計測「研究者が教える動物実験」第2巻 神経・筋（日本比較生理生化学会編）共立出版，東京：68-72.
- 吉田将之. 2015. 魚が仲間に危険を知らせる“警報物質”「水族館発！みんなが知りたい釣り魚の生態」（海野徹也・馬場宏治 編）成山堂書店，東京：138.
- Kawato, Y., Yasuike, M., Nakamura, Y., Shigenobu, Y., Fujiwara, A., Sano, M., **Nakai, T.**, 2015. Complete genome sequence analysis of two *Pseudomonas plecoglossicida* phages, potential therapeutic agents. *Appl. Environ. Microbiol.* **81**: 874-881.
- Yasuike, M., Nishiki, I., Iwasaki, Y., Nakamura, Y., Fujiwara, A., Sugaya, E., Kawato, Y., Nagai, S., Kobayashi, T., Ototake, M., **Nakai T.**, 2015. Full-genome sequence of a novel myovirus, GF-2, infecting *Edwardsiella tarda*: comparison with other *Edwardsiella* myoviral genomes. *Arch. Virol.* DOI 10.1007/s00705-015-2472-5.
- Gaafar, A.Y., Kawato, Y., Yamashita, H., Mori, K., Younes, A., **Nakai, T.**, 2015. Preliminary trials for using capsaicin to aid intestinal epithelial passage of betanodavirus vaccine in goldfish *Carassius auratus*. *World J. Fish Marine Sci.* **7**: 45-51.
- Indah Istiqomah, Kawato, Y., Mahmoud, M. M., Okuda, J., Yasuike, M., Nakamura, Y. Fujiwara, A., Sahiro, K., Sadakane, M., **Nakai T.**, 2015. Fimbriae expression by *Edwardsiella tarda* in high-salt culture conditions. *Fish Pathol.* **50**: 207-212.
- Nakamura, Y., Yasuike, M., Nishiki, I., Iwasaki, Y., Fujiwara, A., Kawato, Y., **Nakai, T.**, Nagai, S., Kobayashi, T., Gojobori, T., Ototake M. 2016. V-GAP: Viral genome assembly pipeline. *Gene.* **576**: 676-680.
- Kawato, Y., Ito T., Kamaishi T., Fujiwara A., Ototake M., **Nakai T.**, Nakajima K. 2016. Development of red sea bream iridovirus concentration method in seawater by iron flocculation. *Aquaculture.* **450**: 308-312.
- Nishi S., Yamashita H., Kawato Y., **Nakai T.** 2016. Cell culture isolation of piscine nodavirus (betanodavirus) in fish-rearing seawater. *Appl. Environ. Microbiol.* **82**: 2537-2544.
- Suezawa C., Yasuda M., Negayama K., Kameyama T., Hirauchi M., **Nakai T.**, Okuda J. 2016. Identification of genes associated with the penetration activity of the human type of *Edwardsiella tarda* EdwGII



through human colon epithelial cell monolayers. *Microb. Pathog.* **95**: 148-156.

Okuda J., Takeuchi Y., **Nakai T.**, 2016. ORF13 in the type III secretion system gene cluster of *Edwardsiella tarda* binds to the mammalian factor Cugbp2. *Dis. Aquat. Org.*, **119**: 173-177.

辻田葉摘・黒田理絵・奥村衣澄・吉岡沙弥香・中谷みなみ・小山寛喜・国吉久人. (2015)「瀬戸内海産ミズクラゲのポリブクローン系統の確立と特徴」. 生物圏科学, **54**: 45-54.

Tsujita, N., Kuroda, R., Okumura, I., Yoshioka, S., Nakatani, M., Koyama, H., **Kuniyoshi, H.**, 2015. "Characterization of clonal polyp strains established from *Aurelia* sp. inhabiting the Seto Inland Sea of Japan" *Biosphere Sci.* **54**: 45-54 (in Japanese).

### Food and Resource Economics Division 食料資源経済学講座

細野賢治. 2015. 新たな出荷販売戦略. 新たな食農連携と持続的資源利用－グローバル化時代の地域再生に向けて－(食農資源経済学会編)筑波書房, 東京: 46-56.

細野賢治. 2016. 和歌山県有田地域における多様な産地組織によるミカンのマーケティング戦略, 産地再編が示唆するもの』(八木宏典 編集代表, 佐藤了・納口るり子 編集担当) 農林統計協会, 東京: 147-160.

三木香織・細野賢治・山尾政博. 2015. 消費者の農に対する意識と農産物購買行動との関係性－農産物直売所におけるアンケート分析を通して－, 農業市場研究』, 第93号, 日本農業市場学会, pp.26-33.

細野賢治. 2015. 縮小再編段階のわが国農業における農業法人の可能性－家族経営中心から経営の多様化へ－. *経営教育研究*, 18-2: 19-30.

細野賢治. 大泉賢吾, 2015. 広島大学 COC における中山間地域・島しょ部との連携による体験学習. *農業および園芸*, 90-8: 829-835.

細野賢治. 2015. 交雑牛・乳用牛を使用した熟成肉の加工・販売とその可能性－首都圏食肉卸売業者協同組合の取組－, 平成26年度国産食肉等新需要創出緊急対策事業 国産食肉等の新種用創出へのチャレンジII (日本食肉消費総合センター), 東京: 57-67.

加藤 愛・細野賢治・山尾政博. 2015. 体験型教育民泊による地域への効果と受入組織運営のあり方－(一社)伊江島観光協会を事例として－, *農業経済研究*. 87-3: 279-284.

小林 元・田中秀樹. 2015. 准組合員問題の論点. *農業協同組合経営実務*. 70: 115-124.

小林 元. 2015. 地域といっしょに歩いていく. *JA 教育文化・家の光* ニュース. 12: 10-13.

小林 元. 2015. “准組合員”とどう向き合うか. *JA 教育文化・家の光* ニュース. 3: 4-7.

小林 元. 2016. 協同組合は「地域づくり」・「地域再生」に寄り添うことができるか. *協同組合研究誌* にじ. 653: 15-23.

小林 元. 2016. JA 新流 JA に横串と多様性を. *農業協同組合経営実務*. 71: 4-13.

小林 元. 2016. 土地持ち非農家のコミットメントを確保するために. *農業と経済*. 82: 40-49.

小林 元. 2015. 第2章地域再生と協同組合. 「東日本大震災後の協同組合と公益の課題」(現代公益学会編) 文眞堂, 東京: 111-129.

小林 元. 2015. 地域住民参加による地域農業の展開と准組合員. 「准組合員制度の大義」(農山漁村文化協会編) 農文協, 東京: 70-77.

小林 元. 2015. 第11章日本型市民生協の組合員組織に学ぶ. 「JA の運営と組合員組織」(石田正明・小林元編) 全国共同出版, 東京: 175-187.

Kondo, T., **Fujikawa, Y.**, **Ueda, T.**, **Nagaoka, T.**, **Saneoka, H.**, Gonzalez, MM., Calcano, M., Hernandez Martich, DH., **Esaka, M.**, 2015. Cloning and gene expression analysis of ascorbic acid biosynthesis enzymes in *Moringa oleifera*. *Afr. J. Agric. Res.* **10**: 2274-2285.



**Field Sciences in Setouchi Areas Division 瀬戸内圏フィールド科学講座**

- 近藤裕介・岡田昇馬・橋本周一郎・齊藤充志・片岡 聖・田中隼人・加藤幹雄・山口修平・中口和光・大塚 攻. 2015. 目視観察による有明海表面付近におけるユウレイクラゲの密度推定. *広島大学総合博物館研究報告*. **7**: 21-26.
- 大塚 攻・梶 智就・西川 淳・西田周平・浅川 学・田角聡志. 2015. 水産学に必要な不可欠な形態学, 分類学—特に, バイオミメティクスとの関連から—, *遺伝*. **69**: 398-404.
- Ohtsuka, S.**, Suzuki, T., Horiguchi, T., Suzuki, N., Not, F. (eds.) 2015. *Marine Protists: Diversity and Dynamics*. Springer, Tokyo. 648pp
- 齊藤充志・近藤裕介・橋本周一郎・岡田昇馬・岩崎貞治・大塚 攻. 2015. 瀬戸内海中央部に産するカミクラゲ, カギノテクラゲの季節的象徴, 成長, 性比, 刺胞構成および食性. *広島大学大学院生物圏科学研究科瀬戸内県フィールド科学教育研究センター報告*. **13**: 10-21.
- Srinui, K., **Ohtsuka, S.**, 2015. Supplementary description of three *Acartiella* species (Crustacea: Copepoda: Calanoida) from estuarine waters in Thailand. *Species Diversity*. **20**: 167-181.
- Takanashi, E., Takada, K., Hashimoto, M., Itoh, Y., Ise, Y., **Ohtsuka, S.**, Okada, S., Matsunaga, S., 2015. Cytotoxic liner acetylenes from a marine sponge *Pleroma* sp. *Tetrahedron*. **71**: 9564-9570.
- Tanaka, H., **Ohtsuka, S.**, 2015. Historical biogeography of the genus *Polycopissa* (Ostracoda: Myodocopa: Cladocopina), with the description and DNA barcode of the second Indo-Pacific species from the Seto Inland Sea. *Marine Biodiversity*. doi: 10.1007/s12526-015-0412-y
- 田中隼人・大塚 攻. 2015. 豊潮丸航海で得られた西日本沿岸のウミホタル目貝形虫類 (甲殻類) の出現報告と属検索図. *広島大学総合博物館研究報告*. **7**: 75-87.
- 田中隼人・近藤裕介・岡田昇馬・齊藤充志・橋本周一郎・大塚 攻. 2015. 瀬戸内海浅海底における間隙性貝形虫類の出現報告とその環境保全学的意義. *広島大学大学院生物圏科学研究科瀬戸内県フィールド科学教育研究センター報告*. **13**: 1-9.
- Toshino, S., Miyake, H., **Ohtsuka, S.**, Adachi, A., Kondo, Y., Okada, S., Hirabayashi, T., Hiratsuka, T., 2015. Monodisc strobilation in Japanese giant box jellyfish *Morbakka virulenta* (Kishinouye, 1910): a strong implication of phylogenetic similarity between Cubozoa and Scyphozoa. *Evolution & Development*. **14**: 231-239.
- Urata, M.**, Tanaka, H., **Ohtsuka, S.**, 2015. Molecular identification of "Gum Gum": a food mole crab *Hippa adactyla* from Papua New Guinea. *Biosphere Science*. **54**: 21-28.
- Hamaoka, H., **Shoji, J.**, Hori, M., 2015. Turnover rates of carbon and nitrogen stable isotopes in juvenile marbled flounder *Pleuronectes yokohamae* estimated by diet switch. *Ichthyological Research* **63**, 201-206.
- Nakano, H., Hirakawa, K., **Shoji, J.**, 2015. Development of swimming speed and schooling behavior of juvenile white rockfish (*Sebastes cheni*) in relation to ambient light intensity. *Fishery Bulletin*. **113**: 121-128.
- Hata, M., Otsuki, N., Tanaka, H., **Tomiyama, T.**, **Shoji, J.**, 2015. Collection record of spotted halibut *Verasper variegatus* juveniles from the central Seto Inland Sea, Japan. *Aquaculture Sci*. **63**: 199-201.
- 加藤亜記. 2015. 海洋酸性化の指標としての石灰化海藻. *藻類 (日本藻類学会和文誌)*. **63**: 15-18.
- Mine, I., Encarnacion, A. B., **Kato, A.**, Suzuki, M., Huan, P.-Y., Okuda, K., Sekida, S., Morooka, Y. 2015. Potential suitability of coenocytic green algae as an indicator of the coastal environment in the Kuroshio region. *Kuroshio Sci* **8**: 148-159
- 加藤亜記・城内辰享. 2016. 瀬戸内海中西部の広島県竹原市周辺における海藻相と季節的消長. *藻類 (日本藻類学会和文誌)*. **64**: 1-9.
- Astuti A., **Obitsu T.**, **Sugino T.**, Taniguchi K., **Okita M.**, **Kurokawa Y.** 2015. Milk production, plasma metabolite profiles and mammary arterial-venous differences of milk precursors in early lactation cows

milked at different frequencies by an automatic milking system. *Anim. Sci. J.* 86:499-507.

沖田美紀・古川平哲・山下莉奈・爾見知保・豊後貴嗣・黒川勇三. 夏季暑熱が低密度飼養乳牛の飼料摂取行動, 休息行動, 自動搾乳システム訪問に及ぼす影響. *Anim. Behav. Manage.* 51: 111-120  
2015

Kuzuhara Y., Kawamura K., Yoshitoshi R., Tamaki T., Sugai S., Ikegami S., **Kurokawa Y.**, Obitsu T., **Okita M.**, **Sugino T.**, Yasuda T., 2015. A preliminary study for predicting body weight and milk properties in lactating Holstein cows using a three-dimensional camera system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 111: 186-193.

### Molecular and Applied Biosciences 分子生命開発学講座

Kato, Y., Fujii, S., Kuribayashi, T., Masanari, M., **Sambongi, Y.**, 2015. Thermal stability of cytochrome *c* from mesophilic *Shewanella amazonensis*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **79**: 1125-1129.

若井暁・藤井創太郎・政成美沙・宮永一彦・丹治保典・三本木至宏. 2015. 石油タンク底水を用いた腐食再現試験の次世代シーケンサによる微生物群集構造解析. *材料と環境.* **64**: 540-544.

Murakami, S., Shimamoto, T., Nagano, H., Tsuruno, M., Okuhara, H., Hatanaka, H., Tojo, H., Kodama, Y., **Funato, K.**, 2015. Producing human ceramide-NS by metabolic engineering using yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Sci. Rep.* **5**: 16319.

Wan, K., Kawara, H., Yamamoto, T., Kume, K., Yabuki, Y., Goshima, T., Kitamura, K., Ueno, M., Kanai, M., Hirata, D., **Funato, K.**, Mizuta, K., 2015. The essential function of Rrs1 in ribosome biogenesis is conserved in budding and fission yeasts. *Yeast* **32**: 607-614.

Ikeda, A., Muneoka, T., Murakami, S., Hirota, A., Yabuki, Y., Karashima, T., Nakazono, K., Tsuruno, M., Pichler, H., Shirahige, K., Kodama, Y., Shimamoto, T., Mizuta, K., **Funato, K.**, 2015. Sphingolipids regulate telomere clustering by affecting the transcription of genes involved in telomere homeostasis. *J. Cell Sci.* **128**: 2454-2467.

Okano, A., Wan, K., Kanda, K., Yabuki, Y., **Funato, K.**, Mizuta, K., 2015. *SMY2* and *SYH1* suppress defects in ribosome biogenesis caused by *ebp2* mutations. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **79**: 1481-1483.

Kamikawa, S., Ohta, E., **Ohta, S.**, 2015. Caesal japonins A and B: new cassane-type furanoditerpenoids from the seeds of *Caesalpinia decapetala* var. *japonica*. *Helv. Chim. Acta.* **98**: 336-342.

**Ômura, H.**, Itoh, T., Wright, DM., Pavulaan, H., Schröder, S., 2015. Morphological study of alar androconia in *Celastrina* butterflies. *Entomol. Sci.* **18**: 353-359.

**Ômura, H.**, Yotsuzuka, S., 2015. Male-specific epicuticular compounds of the sulfur butterfly *Colias erate poliographus* (Lepidoptera: Pieridae). *Appl. Entomol. Zool.* **50**: 191-199.

Itoh, T., **Ômura, H.**, 2015. Difference in the odors emitted by male adults of two subspecies of the swallowtail butterfly *Byasa alcinous* (Papilionidae). *Lepid. Sci.* **66**: 15-18.

Yoshida, M., Itoh, Y., **Ômura, H.**, Arikawa, K., Kinoshita, M., 2015. Plant scents modify innate colour preference in foraging swallowtail butterflies. *Biol. Lett.* **11(7)**: 20150390.

大村 尚. 2015. 情報化学物質を利用したチョウの配偶行動. *昆虫と自然.* **50(9)**: 4-8.

清水典明. 2015. IR/MAR 遺伝子増幅法の開発と, 組換え蛋白質生産への応用. *バイオサイエンスとインダストリー.* **73**: 194-197.

### Food Science and Biofunctions 食資源科学講座

大塚 攻・梶 智就・西川 淳・西田周平・浅川 学・田角聡志. 2015. 水産学に必要な不可欠な形態学, 分類学-特にバイオミメティクスとの関連から. *生物の科学「遺伝」.* **69**: 398-404.

**Asakawa, M.**, Delan, GG., Quilantang, MB., Ito, K., 2015. Paralytic shellfish poison (PSP)-producing

- dinoflagellate and PSP-infested organisms. In "Marine Protists", Ed. **Ohtsuka, S.**, Suzuki, T., Horiguchi, T., Suzuki, N., Not, F., Springer, Tokyo: 567-596.
- Saburi, W., Rachi-Otsuka, H., **Hondoh, H.**, Okuyama, M., Mori, H., Kimura, A., 2015. Structural elements responsible for the glucosidic linkage-selectivity of a glycoside hydrolase family 13 exo-glucosidase. *FEBS Lett.* **589**: 865-869.
- Kobayashi, M., Saburi, W., Nakatsuka, D., **Hondoh, H.**, Kato, K., Okuyama, M., Mori, H., Kimura, A., Yao, M., 2015. Structural insights into the catalytic reaction that is involved in the reorientation of Trp238 at the substrate-binding site in GH13 dextran glucosidase, *FEBS Lett.* **589**: 484-489.
- 本同宏成. 2015. 基礎講座 脂質 (第3回) -脂質の物理的性質-. オレオサイエンス **15**: 79-82.
- Bayes-Garcia, L., Patel, AR., Dewettinck, K., Rousseau, D., Sato, K., **Ueno, S.**, 2015. Lipid crystallization kinetics - role of external factors influencing functionality of end products. *Curr. Opin. Food Sci.* **4**: 32-38.
- Bayés-García, L., Calvet, T., Cuevas-Diarte, MÀ., **Ueno, S.**, Sato, K., 2015. Phase behavior of binary mixture systems of saturated-unsaturated mixed-acid triacylglycerols: effects of glycerol structures and chain - chain interactions. *J. Phys. Chem. B* **119**: 4417-4427.
- Bayés-García, L., Calvet, T., Cuevas-Diarte, MÀ., Rovira, E., **Ueno, S.**, Sato, K., 2015. New textures of chocolate are formed by polymorphic crystallization and template effects: velvet chocolate. *Cryst. Growth Des.* **15**: 4045-4054.
- 上野 聡. 2016. 大人も魅了する至福の味 チョコレートの物理化学. *化学.* **71**: 17-20.
- 上野 聡. 2016. マイクロビーム X 線回折法による W/O エマルションの油脂粗大結晶構造の解明. 平成27年度 SPring-8 産業新分野支援課題・一般課題 (産業分野) 実施報告書 (2015A). pp.143-146.
- 羽倉義雄. 2015. 食品加工への電気物性の利用. *食品機械装置.* **52**: 48-56.
- Harnkarnsujarit, N., **Kawai, K.**, Suzuki, T., 2015. Effects of freezing temperature and water activity on microstructure, color, and protein conformation of freeze-dried bluefin tuna (*Thunnus orientalis*). *Food Bioprocess Tech.* **8**: 916-925.
- 中野宏幸・加藤義啓・包紅彬. 2015. 植物抽出液による *Bacillus* 属細菌の増殖制御法. 乳酸菌研究会に関する報告書. **26**: 175-176.
- Ahmed, AM., **Shimamoto, T.**, 2015. Molecular analysis of multidrug resistance in Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O157:H7 isolated from meat and dairy products. *Int. J. Food Microbiol.* **193**: 68-73.
- Ahmed, AM., **Shimamoto, T.**, 2015. Molecular characterization of multidrug-resistant *Shigella* spp. of food origin. *Int. J. Food Microbiol.* **194**: 78-82.
- Hammad, AM., Hassan, H. A., **Shimamoto, T.**, 2015. Prevalence, antibiotic resistance and virulence of *Enterococcus* spp. in Egyptian fresh raw milk cheese. *Food Control* **50**: 815-820.
- Khalifa, HO., Kamimoto, M., Shimamoto, T., **Shimamoto, T.**, 2015. Antimicrobial effects of blueberry, raspberry, and strawberry aqueous extracts and their effects on virulence gene expression in *Vibrio cholerae*. *Phytother. Res.* **29**: 1791-1797.
- Ahmed, AM., Maruyama, A., Khalifa, HO., Shimamoto, T., **Shimamoto, T.**, 2015. Seafood as a reservoir of Gram-negative bacteria carrying integrons and antimicrobial resistance genes in Japan. *Biomed. Environ. Sci.* **28**: 924-927.
- Suidasari, S., Hasegawa, T., **Yanaka, N.**, **Kato, N.**, 2015. Dietary supplemental vitamin B6 increases carnosine and anserine concentrations in the heart of rats. *Springerplus* **4**: 280. doi: 10.1186/s40064-015-1074-8.
- Yang, Y., Sitanggang, N.V., **Kato, N.**, Inoue, J., Murakami, T., Watanabe, T., Iguchi, T., Okazaki, Y., 2015. Beneficial effects of protease preparations derived from *Aspergillus* on the colonic luminal

- environment in rats consuming a high-fat diet. *Biomed. Rep.* **3**: 715-720.
- Yang, Y., Sitanggang, N.V., Okazaki, Y., Tomotake, H., Arita, K., Ashida, T., **Kato, N.**, 2015. Supplemental fermented plant product ( 'Manda Koso' ) reduces succinate and deoxycholate, as well as elevates IgA and mucin levels, in rats fed a high-fat diet. *Biomed. Rep.* **3**: 787-791.
- Tomotake, H., Kayashita, J., **Kato, N.**, 2015. Hypolipidemic activity of common (*Fagopyrum esculentum* Moench) and tartary (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) buckwheat. *J. Sci. Food Agric.* **95**: 1963-1967.
- Ohshima, N., Kudo, T., Yamashita, Y., Mariggio, S., Araki, M., Honda, A., Nagano, T., Isaji, C., **Kato, N.**, Corda, D., Izumi, T., **Yanaka, N.**, 2015. New members of the mammalian glycerophosphodiester phosphodiesterase family: GDE4 and GDE7 produce lysophosphatidic acid by lysophospholipase D activity. *J. Biol. Chem.* **290**: 4260-4271.
- Guo, J., Saiki, T., **Kumrungeesee, T.**, Liu, W., Shimura, A., Matsui, T., 2015. Elution profile of di-peptides on a sulfonated ethylstyrene-divinylbenzene copolymer resin column by high-performance liquid chromatography. *Anal. Sci.* **31**: 45-50.
- Hashiguchi, T., Akamatsu, F., Izu, H., **Fujii, T.**, 2015. Preliminary detection method for added rice- and sugarcane-derived brewer's alcohol in bulk samples of sake by measurement of hydrogen, oxygen, and carbon isotopes. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **79**:1018-1020.
- 藤田晃子・塚本香・橋本知子・遠藤路子・松丸克己・藤井力. 2015. エタノールを使用した清酒のアミノ酸度分析方法の検討. *醸協.* **110**: 591-598.
- 藤田晃子・塚本香・藤井力・後藤(山本)奈美. 2015. エタノールを使用したブドウ果汁の資化性窒素(アミノ酸)の分析方法. *J. ASEV. Jpn.* **26**: 132-139.
- 藤井 力・磯谷敦子・伊豆英恵・神田涼子・木崎康造. 2015. 平成25酒造年度全国新酒鑑評会出品酒の分析について. *酒類総合研究所報告.* **187**: 1-16.
- 磯谷敦子・藤井力. 2015. 清酒の老香生成機構と生成に関与する酵母遺伝子, 酵母の死滅とDMTS生成ポテンシャル. 「発酵・醸造食品の最前線」(北本勝ひこ監修)シーエムシー出版. 東京: pp.19-26.
- Penkhrue, W., Khanongnuch, C., **Masaki, K.**, Pathom-Aree, W., Punyodom, W., Lumyong, S., 2015. Isolation and screening of biopolymer-degrading microorganisms from northern Thailand. *World J. Microbiol. Biotechnol.* **31**: 1431-1442.
- 正木和夫・歌島悠・家藤治幸. 2015. 多様な酵母の能力と応用利用. *生物の科学「遺伝」.* **69**: 405-410.
- 奥田将生・上用みどり・福田央・後藤奈美. 2015. 清酒製造における無機元素の原料米から清酒への移行. *醸協.* **110**: 357-367.
- 奥田将生・上用みどり・福田央. 2015. 清酒製造工程における無機元素の消長. *醸協.* **110**: 431-443.
- 奥田将生. 2015. 酒造原料米のデンプン分子構造と酒造適性 (2). *醸協.* **110**: 732-742.
- 奥田将生. 2015. 酒造原料米のデンプン分子構造と酒造適性 (3). *醸協.* **110**: 812-819.

### Modeling and management of environment of environmental dynamics division 環境予測制御論講座

- Kaonga, C. C., **Takeda, K., Sakugawa, H.**, 2015. Antifouling agents and Fenitrothion contamination in seawater, sediment, plankton, fish and selected marine animals from the Seto Inland Sea, Japan. *Geochemical Journal.* **49**: 23-37.
- Anifowose, A. J., **Takeda, K., Sakugawa, H.**, 2015. Photoformation rate, steady-state concentration and lifetime of nitric oxide radical (NO) in a eutrophic river in Higashi-Hiroshima, Japan. *Chemosphere.* **119**: 302-309.
- Chiwa, M., Higashi, N., Otsuki, K., Kodama, H., Miyajima, T., **Takeda, K., Sakugawa, H.**, 2015. Sources of hydroxyl radical in headwater streams from nitrogen-saturated forest. *Chemosphere.* **119**:

- 1386-1390.
- Jadoon, W. A., Kondo, H., **Sakugawa, H.**, 2015. Distribution and sources of particulate polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in air of Kamihaya, central Japan. *Geochemical Journal*. **49**: 207-217.
- Eissa, F., Zidan, N. El-Hoda, **Sakugawa, H.**, 2015. Photodegradation of the herbicide diuron in water under the simulated sunlight. *Geochemical Journal*. **49**: 309-318.
- Kaonga, C. C. **Takeda, K., Sakugawa, H.**, 2015. Diuron, Irgarol 1051 and Fenitrothion contamination for a river passing through an agricultural and urban area in Higashi Hiroshima City, Japan. *Science of The Total Environment*. **518-519**: 450-458.
- Anifowose, A. J., **Takeda, K., Sakugawa, H.**, 2015. A Novel fluorometric method for the determination of production rate and steady-state concentration of photochemically generated superoxide radical in seawater using 3',6'-(diphenylphosphinyl) fluorescein (PF-1). *Analytical Chemistry*. **87**: 11998-12005.
- 山本民次・花里孝幸 (編著). 2015. 海と湖の貧栄養化問題－水清ければ魚棲まず. 地人書館, 東京, 195 pp.
- Yamamoto, T.**, Kim, K. H., Shirono, K., 2015. A pilot study on remediation of sediments enriched by oyster farming wastes using granulated coal ash. *Mar. Poll. Bull.* **90**: 54-59.
- Asaoka, S., **Yamamoto, T.**, Yamamoto, H., Okamura, H., Hino, K., Nakamoto, K., Saito, T., 2015. Estimation of hydrogen sulfide removal efficiency with granulated coal ash applied to eutrophic marine sediment using a simplified simulation model. *Mar. Poll. Bull.* **94**: 55-61.
- Miyata, Y., Hayashi, A., Kuwayama, M., **Yamamoto, T.**, Urabe, N., 2015. Reduction Test of hydrogen sulfide in silty sediment of Fukuyama Inner Harbor using steelmaking slag. *ISIJ International*. **55**: 2686-2693.
- Akiyama, Y., Yano, H., Koba, K., Katayama, T., Asaoka, S., Okuda, T., Nakai, S., **Yamamoto, T.**, Nishijima, W., 2015. Evaluation of steelmaking slag as basal media for coastal primary producers. *Mar. Poll. Bull.* **100**: 240-248.
- 山本民次. 2015. 貧栄養化にともなう生態系の変化と今後の施策に対する提言. *環境技術*. **44**: 141-146.
- 宮田康人・桑山道弘・林 明夫・山本民次・卜部憲登. 2015. 鉄鋼スラグを活用した底質改善技術～実海域における硫化水素抑制の実証試験～. *ヘドロ*, **123**: 1-5.
- 小林陽介・横山信昭・山本民次・中原真哉・平岡喜代典・大道優平・清田忠志. 2015. 貝類増産のための施肥具の改良～実用的施肥具への改良～. *平成27年度日本水産工学会学術講演会学術講演論文集*. pp.75-76.
- 山本民次・中原真哉・平岡喜代典・大道優平・清田忠志・横山信昭. 2015. 施肥材によるカキ増産の効果と適正施肥量の見積もり. *平成27年度日本水産工学会学術講演会学術講演論文集*, pp.79-80.
- 中原真哉・大道優平・平岡喜代典・清田忠志・横山信昭・石田総和・山本民次. 2015. 鉄溶出施肥材を用いた瀬戸内海2箇所でのカキ生産促進効果の検討. *平成27年度日本水産工学会学術講演会学術講演論文集*, pp.147-148.
- 山本民次. 2015. 瀬戸内海の栄養塩管理～持続的な海藻養殖に向けて～, はじめに. *海洋と生物*. **218**: 207-208.
- 相田 聡・小畑泰弘・阿保勝之・高橋 暁・山本民次. 2015. 第15回広島湾研究集会「海域の貧栄養化～広島から瀬戸内海について考える～」. *水産海洋研究*. **79**: 1-2.
- 山本民次・桑原智之・岡田佳祐・中原駿介・中野陽一・藤井貴敏・伊達勇介・青木 薫・小田耕平・樋野和俊・安野孝生. 2015. 中海窪地修復のための石炭灰造粒物の施工の効果について. *2015年度日本沿岸域学会研究討論会講演概要集*, CD-ROM 版, 4 pp.
- 中原駿介・山本民次・桑原智之・樋野和俊・安野孝生. 2015. 中海底泥近傍でのFePSMnO循環のモデル化. *2015年度日本沿岸域学会研究討論会講演概要集*, CD-ROM 版, 4 pp.
- 山本民次. 2015. 瀬戸内海の貧栄養化と生態系構造の変化をどう見るか. *水産海洋研究*. **79**: 205-208.



- 山本民次. 2015. 「きれいな海」から「豊かな海」へ. *豊かな海*. **37**: 50-54.
- 山本民次. 2015. 瀬戸内海を「庭」や「畑」として利用する. *Ocean Newsletter*. **369**, 4-5.
- 山本民次・浅岡 聡. 2015. 鉄鋼スラグを用いた新たな底質改善材の開発. *広島大学新技術説明会資料集*, pp.33-36.
- 山本民次・宮田康人. 2015. 酸素供給によるスラグ表面での硫化水素低減能の復活と持続性に関する研究. *平成26年度 JFE と広島大学の包括協定に基づく報告書*, 8 pp.
- 宮田康人・山本民次. 2015. 鉄鋼スラグによる溶存酸素低原料の定量化. *平成26年度 JFE と広島大学の包括協定に基づく報告書*, 16 pp.
- 山本民次. 2015. 実海域における Hi- ビーズの環境改善メカニズムに関する研究. *平成26年度共同研究報告書*, 36 pp.
- 山本民次. 2015. 二枚貝増産のための革新的環境改善技術体系の確立. *攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業研究成果報告書*, 71 pp.
- Raboy, V., Cichy, K., Peterson, K., Reichman, S., Sompong, U., Srinives, P., **Saneoka, H.**, 2014. Barley (*Hordeum vulgare* L.) low phytic Acid 1-1: An endosperm-specific, filial determinant of seed total phosphorus. *J. Hered.* **105**: 656-665.
- Fujita, K., Fujita, S., Fujita, T., Konishi, S., Vollmann, J., Mohapatra, PK., Hosokawa, M., Kuwahara, M., **Saneoka, H.**, Tadano, T., 2014. Source-sink manipulation of *Camelina sativa* L. related to grain yield under stressful environment of Hokkaido, Japan. *Soil Sci. Plant Nutr.* **60**: 156-161.
- Fujita, K., Nomura, Y., Sawajiri, M., Mohapatra, PK., El-Shemy, HA., Nguyen, NT., Hosokawa, M., Miyashita, K., **Maeda, T., Saneoka, H.**, 2014. The extracts of Japanese willow tree species are effective for apoptotic desperation or differentiation of acute myeloid leukemia cells. *Pharmacogn. Mag.* **10**: 125-131.
- Liyun, L., Ngyen, TN., **Ueda, A., Saneoka, H.**, 2014. Effects of 5-aminolevulinic acid on Swiss chard (*Beta vulgaris* L. subsp. *cicla*) seedling growth under saline conditions. *Plant Growth Regul.* **74**: 219-228.
- Raboy, V., Peterson, K., Jackson, C., Marshall, J., Hu, G., **Saneoka, H.**, Bregitzer, P., 2015. A Substantial Fraction of Barley (*Hordeum vulgare* L.) *Low Phytic Acid* Mutations Have Little or No Effect on Yield across Diverse Production Environments, *Plants*. **4**: 25-239, doi:10.3390/plants4020225.
- Mekawy, A. M. M., Assaha, D. V. M., Yahagi, H., Tada, Y., **Ueda, A., Saneoka, H.**, 2015. Growth, physiological adaptation, and gene expression analysis of two Egyptian rice cultivars under salt stress. *Plant Physiol. Biochem.* **87**: 17-25.
- Assaha, D. V. M., Mekawy, A. M., **Ueda, A., Saneoka, H.**, 2015. Salinity-induced expression of HKT may be crucial for Na<sup>+</sup> exclusion in the leaf blade of huckleberry (*Solanum scabrum* Mill.), but not of eggplant (*Solanum melongena* L.), *Bioch. Bioph. Res. Co.* **460**: 6-421.
- Sabagh, A. E. L., Barutçular, C., **Saneoka, H.**, 2015. Assessment of drought Tolerance maize hybrids at grain growth stage in Mediterranean area. *Int. Schol. Sci. Res. Innova.* **9**: 569-572.
- Sabagh A. E. L., Sorour, S., Omar, A. E., Adel Ragab, A., Islam, M. S., Barutçular, C., **Ueda, A., Saneoka, H.**, 2015. Alleviation of Adverse Effects of Salt Stress on Soybean (*Glycine max*. L.) by Using Osmoprotectants and Organic Nutrients. *Int. J. Biol. Biomol. Agri. Food Biotechnol. Engineer.* **9**: 905-909.
- Sabagh, A. E. L., Islam, M. S., **Ueda, A., Saneoka, H.**, Barutçular, C., 2015. Increasing Reproductive Stage Tolerance to Salinity Stress in Soybean. *Int. J. Agric. Crop Sci.* **8**: 738-745.
- Abd El-Wahed, M. H., Sabagh, A. E. L., Mohammed, H. H., **Ueda, A., Saneoka, H.**, Barutçular, C., 2015. Evaluation of Barley Productivity and Water Use Efficiency under Saline Water Irrigation in Arid Region. *Int. J. Agric. Crop Sci.* **8**: 765-773.
- Abd El-Wahed, M. H., Sabagh, A. E. L., **Saneoka, H.**, Abdelkhalek, A. A., Barutçular, C., 2015. Sprinkler

irrigation uniformity and crop water productivity of barley in arid region. *Emir. J. Food Agric.* **27**: 70-775.

- Ueda, A., Saneoka, H., 2015, Characterization of the ability to form biofilms by plant associated *Pseudomonas* species. *Curr. Microbiol.* **70**: 506-513.
- Abe, Y., Miura, K., Ito, H., Yago, M., Koh, S., Murata, K., Yamashita, H., 2016. Origins of a recently re-established and a newly discovered populations of the endangered butterfly *Shijimiaeoides divinus* (Lepidoptera: Lycaenidae) in Oita Prefecture, Japan. *Entomological Science*. DOI: 10.1111/ens. 12220View.
- Nishimori, T., Miura, K., Seko, T., 2016. Rearing *Orius strigicollis* (Hemiptera: Anthocoridae) on an alternative diet of brine shrimp, *Artemia salina* (Anostraca: Artemiidae). *Applied Entomology and Zoology*. **51**: 321-325.
- Yamashita, K., Isayama, S., Uefune, M., Takabayashi, J., Miura, K., 2016. A pecky rice-causing stink bug, *Leptocoris chinensis*, escapes from volatiles emitted by excited conspecifics. *Journal of Ethology*. **34**: 1-7.

#### Assessment of environmental dynamics division 環境評価論講座

- Ueno A., Shimizu, S., Tamamura, S., Okuyama, H., Naganuma, T., Kaneko, K., 2016. Anaerobic decomposition of humic substances by Clostridium from the deep subsurface. *Scientific Reports*. **6**: Article number 18990. DOI: 10.1038/srep18990
- Nakai, R., Baba, T., Niki, H., Nishijima, M., Naganuma, T., 2015. *Aurantimicrobium minutum* gen. nov., sp. nov., a novel ultramicrobacterium of the family Microbacteriaceae, isolated from river water. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. **65**: 4072-4079. DOI:10.1099/ijsem.0.000541
- Shimizu, S., Ueno, A., Naganuma, T., Kaneko, K., 2015. *Methanosarcina subterranea* sp. nov., a methanogenic archaeon isolated from a deep subsurface diatomaceous shale formation of northernmost Japan. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. **65**: 1167-1171. DOI:10.1099/ijms.0.000072
- Nakai, R., Naganuma, T., 2015. *Oligoflexia*, the newest class of the phylum Proteobacteria, consisting of only one cultured species and uncultured bacterial phylotypes from diverse habitats. *Journal of Phylogenetics and Evolutionary Biology*. **3**: 141. DOI:10.4172/2329-9002.1000141
- 中井亮佑・長沼 毅. 2016. 自然環境におけるラビリンチュラ類の予想外の多様性. *海洋と生物*. **38**: 12-17.
- 倉持卓司・倉持敦子・厚井晶子・長沼 毅. 2015. 瀬戸内海から採集されたナマコ類（棘皮動物門，ナマコ綱，樹手目）. *生物圏科学*. **54**: 61-64.
- 倉持敦子・倉持卓司・厚井晶子・長沼 毅. 2015. 瀬戸内海から採集されたカワムラサザナミガイ（軟体動物門，二枚貝綱，サザナミガイ科）. *生物圏科学*. **54**: 55-59.
- 丸本 浩・長沼 毅・三好美織・沓脱侑記・岡本英治・小茂田聖士・山下雅文・西山和之・田中伸也・林靖弘・間處耕吉・平賀博之. 2015. 世界で活躍する科学者を育成するための教育に関する研究（II）. *広島大学 学部・附属学校共同研究機構研究紀要*. **43**: 317-327.
- 長沼 毅. 2016. 微生物はなぜ小さいのか. *現代思想*. **44**: 40-61.
- 長沼 毅. 2016. ヒトの体と心のなりたちについて. *現代思想*. **44**: 68-82.
- 長沼 毅. 2016. 極限環境生物学における最近の進展－新発見とオミックス. *生物の科学 遺伝*. **70**: 178-183.
- 長沼 毅. 2016. 放射線で行き得る微生物－放射線と生物地球化学. *Isotope News*. **742**: 28-32.
- 長沼 毅. 2015. 地下深部では何が起きているか. *科学*. **85**: 1098-1099.



- 長沼 毅. 2015. 世界をやりなおしても「考えるヒト」は生まれるか? *現代思想*. **43**: 123-143.
- 長沼 毅. 2016. 第4章 光と障害 144 海洋生物と太陽紫外線, 「光と生命の事典」(日本光生物学協会 光と生命の事典 編集委員会 編) 朝倉書店, 東京: 294-295. ISBN 978-4-254-17161-7 C3545.
- 鳴沢真也・長沼 毅・松井孝典・井田 茂・川口淳一郎. 2016. さがせ! 宇宙の生命探査大百科 (佐藤勝彦 監修) 偕成社. 東京: ISBN 978-4-03-533720-1.
- 長沼 毅. 2016. 14歳に薦める本『10代のうちに本当に読んでほしい「この一冊」』(河出書房新社編集部 編) 河出文庫 (河出書房新社). 東京: 76-81. ISBN 978-4-309-41428-7.
- 長沼 毅. 2015. 子供の科学★サイエンスブックス 極限の世界にすむ生き物たち. 誠文堂新光社. 東京: 96. ISBN 978-4-416-11521-3.
- 長沼 毅. 2015. 環境ナノ微生物へのメタゲノム応用, 『マリンメタゲノムの有効利用 (普及版)』(松永 是・竹山春子監修) CMC 出版. 東京: 153-165. ISBN 978-4-7813-1031-2.
- Nakai, R., **Naganuma, T.** 2015. Chapter 13 Diversity and ecology of thraustochytrid protists in the marine environment. (In: Ohtsuka S., Suzaki T., Horiguchi T., Suzuki N. & Not F. (eds.)) "Marine Protists: Diversity and Dynamics". Springer. Tokyo: 331-346 (of total 639pp). ISBN 978-4-431-55129-4; DOI 10.1007/978-4-431-55130-0.
- 長沼 毅. 2015. 『ポケット版「なぜ?」に答える科学のお話100: 生きものから地球・宇宙まで』PHP 研究所. 京都: 287. ISBN 978-4569784861.
- 長沼 毅. 2015. 第1章 生命とは何か (1-2-1(2) 水以外の溶媒~1-2-2酸化還元状態) 『宇宙生命論』東京大学出版会. 東京: 12-21. ISBN 978-4130627245.
- ココリコ 田中直樹・長沼 毅. 2015. 「ココリコ田中×長沼毅 presents 図解 生き物が見ている世界」学研パブリッシング. 東京: 192. ISBN 978-4054063112.
- 長沼 毅. 2015. 「辺境生物はすごい! 人生で大切なことは, すべて彼らから教わった」幻冬舎新書. 東京: 213. ISBN 978-4344983861.
- 長沼 毅. 2015. 「驚異の極限生物ファイル: クマムシだけじゃない! 過酷な環境を生き抜くタフなやつら」誠文堂新光社. 東京: 144. ISBN 978-4416115268.
- 長沼 毅. 2015. 「考えすぎる脳, 楽をしたい遺伝子」クロスメディア・パブリッシング. 東京: 176. ISBN 978-4844374053.
- 長沼 毅・倉持卓司. 2015. 「超ディーブな深海生物学」祥伝社新書. 東京: 236. ISBN 978-4-936-11397-1.
- Wada, T., **Tominaga-Wada, R.**, 2015. CAPRICE family genes control flowering time through both promoting and repressing CONSTANS and FLOWERING LOCUS T expression. *Plant Science*. **241**: 260-265.
- Wada, T., Hayashi, N., **Tominaga-Wada, R.**, 2015. Root hair formation at the root-hypocotyl junction in CPC-LIKE MYB double and triple mutants of Arabidopsis. *Plant Signal. Behav.* **10**: e1089372.
- Wada, T., Onishi, M., Kunihiro, A., **Tominaga-Wada, R.**, 2015. Overexpressing CAPRICE and GLABRA3 did not Change the Anthocyanin Content of Tomato (*Solanum lycopersicum*) Fruit Peel. *Plant Signal. Behav.* **10**: e1000131.
- 富永るみ. 2016. FT-IR による細胞壁の解析「植物細胞壁実験法」(石井忠 他・編著) 弘前大学出版会: 102-104.
- 山内大輝・丸山隼人・内田慎治・向井誠二・坪田博美・和崎 淳. 2015. 日本産ヤマモガシ (*Helicia cochinchinensis* Lour., ヤマモガシ科) のクラスター根の発見. *植物研究雑誌*. **90**: 103-108.
- Wasaki, J.**, Taguchi, H., Senoura, T., Akasaka, H., Watanabe, J., Kawaguchi, K., Komata, Y., Hanashiro, K., Ito, S., 2015. Identification and distribution of cellobiose 2-epimerase genes by a PCR-based metagenomic approach. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **99**: 4287-4295.
- Dissanayaka, D. M. S. B., Maruyama, H., Masuda, G., **Wasaki, J.**, 2015. Interspecific facilitation of P acquisition

in the intercropping of maize with white lupin in two contrasting soils as influenced by different rates and forms of P supply. *Plant Soil*. **390**: 223-236.

和崎 淳・丸山隼人・俵谷圭太郎. 2015. 植物栄養学を生かした農業生産技術について. 3. リン酸栄養について - 植物における難利用性リンの有効利用法 -. (講座) *日本土壤肥科学雑誌*. **86**: 213-218.

和崎 淳・丸山隼人. 2015. リン循環に関わる生物の機能に迫る分子生物学的手法. *地球環境*. **20**: 97-102.

### Cooperative institutes 連携機関

#### National Research Institute of fisheries and environment of inland sea, fisheries research agency

Shimabukuro, H., Terawaki, T., **Yoshida, G.**, 2015. *Sargassum fusiforme* (Fucales, Phaeophyceae) has no characteristic stem in the genus *Sargassum*. *Journal of Japanese Botany*. **91**: 32-39.

Shimabukuro, H., **Yoshida, G.**, Kubo, M., Wada, M., 2015. Water temperature characteristics and the maintenance of *Sargassum piluliferum* (Fucales, Phaeophyceae) in Namako Lake, Kami-Koshikishima Island, Kagoshima Prefecture, Japan. *Algal Resources*. **8**: 147-154.

**Yoshida, G.**, Hori, M., Shimabukuro, H., Hamaoka, H., **Iwasaki, S.**, 2015. Production of *Zostera marina* with different shoot size and stand structures in the Seto Inland Sea, Japan - production in the luxuriant season in 2012 -. *Biosphere Science*. **54**: 29-44.

**Yoshida, G.**, Shimabukuro, H., Sakanishi, Y., 2015. Effect of temperature on the shoot growth of *Sargassum muticum* under laboratory culture conditions. *Algal Resources*. **8**: 121-127.

杉松宏一・八木 宏・阿保勝之・樽谷賢治・堀 正和・吉田吾郎・鳥袋寛盛・中山哲巖. 2015. 粒子追跡 - 物質循環結合モデルを用いた瀬戸内海における漂流アマモの炭素堆積量推定. *土木学会論文集 B2 (海岸工学)*. **71**: I\_1387 - I\_1392.

森口朗彦・南部亮元・吉田吾郎・山田 智・蒲原 聡. 2015. 三河湾三谷地先におけるアマモ場の形成特性と物理環境に関する現地観測. *土木学会論文集 B3 (海洋開発)*. **71**: I\_927 - I\_932.

**Yoshida, G.**, Uchimura, M., Hiraoka, M., 2015. Persistent occurrence of floating *Ulva* green tide in Hiroshima Bay, Japan: seasonal succession and growth patterns of *Ulva pertusa* and *Ulva* spp. (Chlorophyta, Ulvales). *Hydrobiologia*, **758**: 223-233. DOI 10.1007/s10750-015-2292-3.



## NOTICE

All communication relating to this journal should be addressed to:

The Committee of the Journal,  
Graduate School of Biosphere Science,  
Hiroshima University,  
Kagamiyama 1-4-4, Higashi-Hiroshima, 739-8528, Japan

### Committee of the Journal for 2016

Yoshio HAGURA (Food Science and Biofunctions, Professor)\*

Hideki TANAKA (Food and Resource Economics, Professor)

Takashi BUNGO (Animal Science, Professor)

Hisashi OMURA (Molecular and Applied Biosciences, Associate Professor)

Toshiya HASHIMOTO (Modeling and Management of Environmental Dynamics, Associate Professor)

\*Chairman of the committee (hagura@hiroshima-u.ac.jp)

平成28年12月21日印刷

平成28年12月25日発行

非 売 品

編集発行者 広島大学大学院生物圏科学研究科

〒739-8528 東広島市鏡山1丁目4の4

電話(082)422-7111(代表)

印刷所 株式会社ニシキプリント 印刷者 宮崎 真

〒733-0833 広島市西区商工センター7丁目5-33 電話(082)277-6954(代)

# Biosphere Science

Journal of the Graduate School of Biosphere Science,  
Hiroshima University, Vol. 55, 2016

## CONTENTS

### ORIGINAL ARTICLES

Atsushi TSUYUKI, Kouken SORIMACHI,  
Hajime ARAI and Tetsuya UMINO  
Kazuya NAGASAWA

Atsuko KURAMOCHI, Takashi KURAMOCHI,  
Akiko KOI and Takeshi NAGANUMA  
Takashi KURAMOCHI, Akiko KOI and  
Takeshi NAGANUMA

Susumu OHTSUKA, Hayato TANAKA,  
Yusuke KONDO, Hayato UCHIUMI,  
Shuichiro HASHIMOTO, Masashi KATAOKA,  
Kazumitsu NAKAGUCHI, Shuhei YAMAGUCHI  
Mikio KATO, Dhugal LINDSAY  
and Keisuke SUNAHARA

### REVIEW

Shigeru YOSHIDA  
Kazuya NAGASAWA

Kazuya NAGASAWA and Hiroataka KATAHIRA

Kazuya NAGASAWA and Daisuke UYENO

### INFORMATION

- 1 Insight into the migratory history using otolith Sr : Ca ratio of the anadromous masu salmon *Oncorhynchus masou masou* from the Tonegawa River
- 7 Infection of a big trematode in juvenile Japanese amberjack, *Seriola quinqueradiata*, cultured in Japan
- 13 First record of Mollusks in the Japanese water that were collected from off Tanegashima Island
- 19 Record of *Caudina similis* (Augustin, 1908) collected from Hiuchi-Nada in the Seto Inland Sea (Holothuria, Molpadida, Caudinidae)
- 25 Possibility of submerged Oyashio waters reaches to off Tanegashima Island, Kyushu, western Japan: based on the occurrence of the subarctic copepod *Neocalanus cristatus*
- 31 Chronic hypomagnesaemia on bovine ketosis
- 39 A note on *Eudiplozoon nipponicum* and *Diplozoon* sp. (Monogenea: Diplozoidae) parasitic on cyprinids in Japan, with a list of the works of Dr. Satoru Kamegai on diplozoids
- 57 A synopsis of the parasites from cyprinid fishes of the genus *Tribolodon* in Japan: A 2016 update and supplement
- 71 A checklist of copepods of the family Philichthyidae (Cyclopoida) from fishes in Japanese waters (1924–2016)
- 85 Doctoral Dissertation Abstracts
- 113 List of Master Theses
- 116 Reports of Studies supported by Grant-in-Aid for Research from the Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University
- 121 List of Papers by the Faculty Staff (2015)