

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 24 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24380105

研究課題名(和文) 東日本大震災が三陸沿岸域のサケやアユの資源に及ぼした影響

研究課題名(英文) Impacts of the tsunami associated with the 2011 Great Earthquake in East Japan on the populations of salmon and ayu in Sanriku coast of northern Japan

研究代表者

大竹 二雄 (Otake, Tsuguo)

東京大学・農学生命科学研究科・教授

研究者番号：20160525

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：サケ放流稚魚の耳石の微量元素組成と酸素・炭素安定同位体比の分析結果から、それらが同一地域内における由来判別に有効であることを明らかにした。また、北海道沿岸域に回帰したサケとベーリング海で採集された未成熟サケの耳石Sr:Ba比が周期的に変化することが判った。これらの研究成果は震災前後における母川回帰率や回遊履歴の変化を明らかにする上で重要な知見を提供する。

震災直後の遡上アユの生活史特性を調べ、震災前に遡上個体群の主体を形成した早生まれ個体が選択的に減耗したことを明らかにした。2013、14年には震災前と同様に早生まれ個体が遡上個体群の主体を形成する状態に回復したが、遡上体長の小型化がみられた。

研究成果の概要(英文)：Otolith chemical composition of juvenile chum salmon was found to well discriminate the juveniles from different hatcheries within the same area. The analysis through the life history for adult from Hokkaido coast and immature fish from the Bering Sea revealed that otolith Sr:Ba ratios periodically fluctuated. These suggest that otolith chemical analysis can provide important information to reveal the effects of the 2011 Tsunami of the Great East Japan Earthquake on the migration history and homing behavior.

The upstream migrants of ayu immediately after the tsunami were found to be solely composed of fish hatched during October-November, whereas those before the tsunami were mostly composed of fish hatched in September. The shift of hatch dates was found to result of the selective mortality of early hatched fish occurred during the tsunami. The hatch date composition of upstream migrants returned to the state before the tsunami in 2013-2014, but the sizes were observed to decrease.

研究分野：魚類生態学

キーワード：東日本大震災 サケ アユ 耳石 微量元素組成 安定同位体比 資源

1. 研究開始当初の背景

(1) 2011年3月に発生した東日本大震災は三陸沿岸域の生態系を大きく攪乱した。震災が発生した時期は三陸地域の重要水産種であるサケとアユにとっては、それぞれ降海直前と河川遡上に備えて河口域に生息域を移動する時期に当たったことから、震災(津波)が両種の資源に与えた影響も大きいことが予想された。

(2) サケやアユはいずれも近年の資源量の減少が問題となっており、その資源の増加・保全策の策定が急務とされていた。

2. 研究の目的

(1) サケとアユについて、東日本大震災がその生活史や資源に与えた影響を評価するための生物学的知見を得る。

(2) サケの母川回帰率の変化を把握する上で必要不可欠な耳石微量元素と安定同位体組成を用いた回帰魚の由来(出生孵化場、あるいは出生河川)の判別手法を確立する。

(3) 沿岸域で採捕された回帰サケと沖合回遊期のサケの耳石微量元素分析から、沖合域における回遊経路推定のための耳石微量元素特性に関する知見を得る。

(4) 震災後に三陸域の河川を遡上したアユの耳石輪紋解析から日齢、孵化日、回遊履歴、遡上前後の成長を調べる。また秋～冬季の産卵期においては、河川におけるアユ仔魚の流下特性(流下時期、流下盛期、流下量)を調べる。それらの結果を震災前に蓄積していたデータと比較することで、震災がアユ資源に及ぼした直接的影響を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) サケの由来判別手法の確立: 2011年と2012年に北海道10カ所、岩手県(本州太平洋側)8カ所、本州日本海側5カ所、合計3地域23カ所の孵化場から得た放流用稚魚の耳石を用いて、耳石の安定同位体比($\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$)や微量元素組成の判別指標としての有用性を検討した。安定同位体比分析には安定同位体比質量分析装置(DeltaV型、ThermoFisher社)を用い、各個体の耳石全体を分析試料とした。微量元素分析にはレーザーアブレーション装置(213nm ND-YAG laser ablation system、New Wave社)を接続したICP質量分析装置(7700型、Agilent社)(LA-ICP質量分析装置)を用い、耳石核を研磨表出させた中心面上の核から縁辺までの線分析を行った。

(2) サケの沖合域における回遊経路推定: 北海道太平洋側沿岸で採集されたサケ回帰魚とベーリング海で採集された未成熟魚を材料とし、耳石の微量元素組成の成長に伴う変化を調べた。分析には上記のLA-ICP質量分析装置を用いた。

(3) アユの生活史解析: 岩手県鶴住居川(釜石市)と鶴住居川(大船渡市)を調査河川とし、2011年～2014年まで調査を実施し

た。遡上アユは各年の6月に採集し、流下仔魚調査は各年の9月～12月までの期間、2週間毎に実施した。採集された遡上アユの耳石の日周輪紋解析と微量元素(Sr/Ca比)分析から、各個体の日齢、孵化日、遡上日齢、遡上日、遡上体長などの初期生活史特性を調べた。また、流下仔魚調査から各年の流下時期、流下盛期、流下量などの流下特性を調べた。これらの結果を震災前の2008年～2010年までの調査結果と比較した。なお、アユの耳石微量元素分析には波長分散型X線分析装置(EPMA:JXA-8230型、日本電子)を用い、耳石核を研磨表出させた耳石中心面上の核から縁辺までの線分析を行った。

4. 研究成果

(1) 耳石酸素・炭素安定同位体比($\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$)によるサケの由来判別

上記3地域23カ所の孵化場から得た放流用稚魚214個体の耳石の $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ はそれぞれ $-9.73 \sim -5.68\text{‰}$ 、 $-17.62 \sim -9.34\text{‰}$ であり、それらの標準偏差は $0.05 \sim 0.29\text{‰}$ 、 $0.17 \sim 0.51\text{‰}$ だった。各地域内の孵化場間で比較したところ、一部の孵化場間で値に重複がみられたものの、2つの安定同位体比を組み合わせることで、ほぼ全ての孵化場が正判別率78～100%で判別可能であった(図1)。ただし、23孵化場の全てを含めた場合には、異なる地域間で値の重複があるために、安定同位体比のみでは判別は難しいものと考えられた。

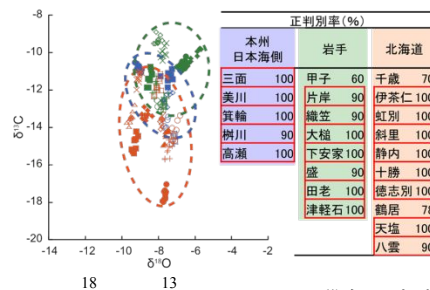


図1. 耳石 $\delta^{18}\text{O}$ と $\delta^{13}\text{C}$ によるサケ稚魚の由来(出生孵化場)判別

孵化場を本州日本海側、岩手県、北海道の3地域に分けた場合、それぞれの地域内で高い精度で出生孵化場を判別することが可能である。

(2) 耳石微量元素組成によるサケの由来判別

前項と同様に3地域に立地する23孵化場から得られたサケ放流用稚魚92個体の耳石を微量元素分析に供した。分析対象とした元素はカリウム(K)、ナトリウム(Na)、マグネシウム(Mg)、亜鉛(Zn)、マンガン(Mn)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)、バリウム(Ba)の8元素である。浮上サイズに相当する核から200 μm 以内の範囲でMg/Ca、Ba/Caが個体ごとに大きく異なった。Sr/CaとZn/Caには成長に伴う変化がみ

られ、Na/Ca には個体間の差がなく、核から縁辺まで一定の値を示した。耳石縁辺部の微量元素組成を用いて主成分分析を行ったところ、孵化場ごとに明瞭なまとまりはみられなかった。次にステップワイズ法による変数選択の後、判別分析を行ったところ、全孵化場間では平均正判別率 65%、各地域内での孵化場間では平均正判別率 85%で判別することが可能であることが明らかになった(表 1)。耳石核の微量元素組成を用いた場合には縁辺部よりも正判別率は低下した。なお、前項で求めた安定同位体比を含めた判別分析を行ったところ、成績はむしろ低下したことから、地域内での由来判別には微量元素組成が有用であるものと考えられた。

今後、本研究の成果に基づいて、実際の沿岸域、あるいは河川に回帰した個体の由来判別を行うことで、震災がサケの母川回帰性、さらに資源に及ぼした具体的な影響が明らかになるものとする。

表 1. 耳石微量元素を用いた判別分析による各孵化場の判別結果。表中には推定正判別率(%)を示し、80%以上の場合を赤で示した。

	核				縁辺部			
	全孵化場間 ¹⁾	地域内	地域間 ²⁾	地域内 ³⁾	全孵化場間 ⁴⁾	地域内	地域間 ⁵⁾	地域内 ⁶⁾
本州・日本海側								
美川	0	50 ⁷⁾	75	50	100 ⁷⁾	100	60	
三面	25	0		75	100	100		
高瀬	50	25		100	100	100		
樹川	75	75		100	100	100		
箕輪	25	50		25	100			
北海道								
千歳	50	25 ³⁾	78	50	75 ⁸⁾	95		
天塩	50	25		75	75			
徳志別	100	75		50	75			
斜里	50	50		50	75			
伊奈仁	25	50		50	50			
西別	50	25		75	75			
鶴居	75	25		75	50			
十勝	75	50		75	100			
静内	50	0		75	75			
八雲	50	50		25	50			
岩手								
下安家	75	25 ⁴⁾	72	75	100 ⁹⁾	47		
田老	50	50		50	75			
津軽石	75	50		75	100			
織立	75	100		75	100			
大槌	50	0		50	100			
甲子	25	0		50	100			
片岸	50	0		100	75			
盛	25	50		75	100			

判別分析に使用した元素: ¹⁾Ba/Ca, Sr/Ca, Mg/Ca, Na/Ca, K/Ca, Zn/Ca ²⁾Sr/Ca ³⁾Ba/Ca, Na/Ca ⁴⁾Mg/Ca
⁵⁾Ba/Ca, Sr/Ca, Mg/Ca, Na/Ca, K/Ca ⁶⁾Ba/Ca, Sr/Ca, Mg/Ca, Na/Ca, K/Ca, Mn/Ca ⁷⁾Ba/Ca, Sr/Ca, Mn/Ca
⁸⁾Ba/Ca, Na/Ca, K/Ca, Zn/Ca ⁹⁾Ba/Ca, Sr/Ca, Mg/Ca, Mn/Ca ¹⁰⁾Ba/Ca, Sr/Ca, Mg/Ca

(4) 耳石微量元素組成によるサケの沖合回遊期の回遊履歴推定

北海道太平洋側沿岸域に回帰したサケとベーリング海で採集された未成熟サケを分析に供した。分析には前項 2 と同様に LA-ICP 質量分析装置を用い、耳石核から縁辺までの線分析を行った。分析は前項と同様の 8 元素を対象とした。分析の結果、Sr/Ba が周期的に大きく変動し、その最初の上昇が耳石核から分析ライン上の約 20% の部分で起こることが明らかになった。この成果は、北太平洋における回遊経路を明らかにする上で重要な指標となるものと期待され、生息環境との関係性など今後さらに検討を進めていく必要がある。

(4) 東日本大震災がアユの生活史に及ぼした影響

2011 年 6 月に採集された遡上アユの日齢、孵化日、遡上日齢、遡上日、遡上体長の平均は鶴住居川でそれぞれ 239 日、2010 年 10 月

16 日、209 日、2011 年 5 月 14 日、86 mm であり、盛川で 229 日、2010 年 10 月 20 日、204 日、2011 年 5 月 12 日、70 mm であった。いずれの河川でも震災前に比べて遡上日に大きな変化はなかったものの、孵化日が遅くなり遡上日齢と遡上体長が減少した(図 3, 4)。

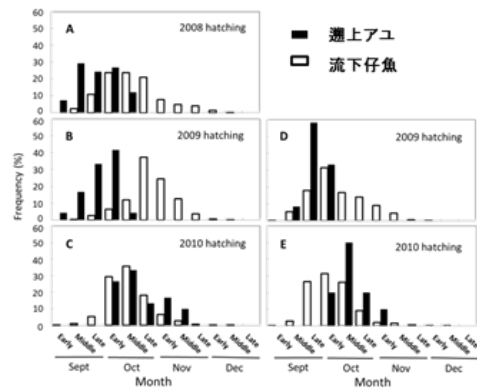


図 3. 盛川 (A, B, C) と鶴住居川 (D, E) における仔魚の流下時期と遡上魚の孵化日組成

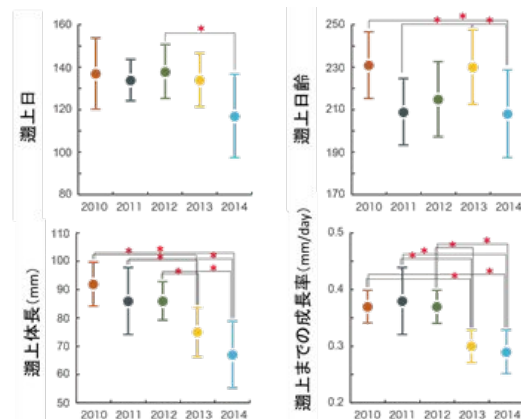


図 4. 震災後の遡上日、遡上日齢、遡上体長、遡上までの成長率の変化(鶴住居川遡上アユ)

これらの結果は、早生まれ個体が津波の影響を受けて減耗し、遅生まれ個体が遡上の主体となったことを示唆する(図 3)。また、遡上個体の耳石における 3 月 11 日前後に当たる部分の Sr/Ca 比が震災前(2010 年遡上個体)に比べて高かったことから、すでに砕波帯から塩分の低い河口汽水域に生息場所を移していた早生まれ個体が津波により選択的に減耗したことが伺える。例年、三陸地域のアユ個体群では産卵期のピークよりも早い時期に孵化した個体が遡上の主体であったことから(図 3)、これらの個体の消失と遡上魚の小型化がアユ資源に及ぼす負の影響が懸念された。

2012 年には盛川の孵化日組成(平均: 2011 年 10 月 3 日)のみが震災前の状態に回復したものの、遡上日齢と遡上体長には 2011 年同様に減少傾向がみられた。2013 年には孵化日組成と遡上日齢は震災前の状態に回復したが、いずれの河川でも遡上体長の減少が

みられ、2014年には遡上日の早期化と遡上体長の減少が顕著となった(図4)。なお、産卵量については、震災直後(2011年)に減少がみられたものの、2012年には回復した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計22件)

Hata M., Kawakami T., Otake T. Immediate impact of the tsunami associated with the 2011 Great East Japan Earthquake on the *Plecoglossus altivelis altivelis* population from the Sanriku coast of northern Japan. *Environmental Biology of Fishes*, 査読有, 2016. (印刷中)

Kubota T., Shirai K., Murakami-Sugihara N., Seike K., Hori M., Tanabe K. Annual shell growth pattern of the Stimpson's hard clam *Mercenaria stimpsoni* as revealed by sclerochronological and oxygen stable isotope measurements. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 査読有, 2016. (印刷中)
Nakamura M., Masuda R., Tsukamoto K., Otake T., Narrowed temperature adaptability in non-natal osmotic environments of two euryhaline wanderers, dace and black porgy: implications for seasonal habitat changes. *Fisheries Science*, 査読有, Vol. 82, 2015, pp. 261-268
DOI: 10.1007/s12562-015-0956-6.

Miller, M. J., Feunteun E., Aoyama J., Tsukamoto K., Otake T. 他8名, Biodiversity and distribution of leptocephali west of the Mascarene Plateau in the southwestern Indian Ocean. *Progress in Oceanography*, 査読有 Vol. 137, 2015, pp. 84-102

Feunteun E., Miller M.J., Carpentier A., Aoyama J., Tsukamoto K., Otake T., 他6名, Stable isotope composition of anguilliform leptocephali and other food web compositions from west of the Mascarene Plateau. *Progress in Oceanography*, 査読有, Vol. 137, 2015, pp. 69-83

Takayanagi H., Asami R., Otake T., Abe O., Miyajima T., Kitagawa H., Iryu Y., Quantitative analysis of intraspecific variations in the carbon and oxygen isotope compositions of the modern cool-temperate brachiopod *Terebratulia crossei*. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 査読有, Vol. 170, 2015, pp. 301-320

Nakayama N., Shirai K., Sano Y., Gamo T., Obata H. Sulfides in oxic seawater

over the submarine hydrothermal area of Kikai Caldera south of Kyushu Island, Japan. *Geochemical Journal*, 査読有, Vol. 49, 2015, pp. e1-e7, DOI:10.2343/geochemj.2.0374

Fujiya W., Suigura N., Marrocchi Y., Takahata N., Hoppe P., Shirai K., Yuji S., Hiyagon H. Comprehensive study of carbon and oxygen isotope compositions, trace element abundances and cathodoluminescence intensities of calcite in the Murchison CM chondrite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 査読有, Vol. 161, 2015, pp. 101-117

Hori M., Sano Y., Ishida A., Takahata N., Shirai K., Watanabe T. Middle Holocene daily light cycle reconstructed from the strontium/calcium ratios of a fossil giant clam shell. *Scientific Reports*, 査読有, Vol. 5, 2015, 8734, DOI:10.1038/srep08734

Shirai K., Schone B.R., Miyaji T., Radarmacher P., Krause R.A., Tanabe K., Assessment of the mechanism of elemental incorporation into bivalve shells (*Arctica islanda*) based on elemental distribution at the microstructural scale. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 査読有, Vol. 126, 2014, pp. 307-320

DOI: 10.1016/j.gca.2013.10.050

Ohmori K., Watanabe T., Tanimizu M., Shirai K., Lead concentration and isotopic composition in the Pacific sclerosponge (*Acanthochaetes wellsi*) reflects environmental lead pollution. *Geology*, 査読有, Vol. 42, 2014, pp. 287-290

DOI: 10.1130/G34316.1

Sano Y., Toyoshima K., Ishida A., Shirai K., Takahata N., Sato T., Komiya T., Ion microprobe U-Pb dating and Sr isotope measurement of a protoconodont. *Journal of Asian Earth Science*, 査読有, Vol. 92, 2014, pp.10-17

DOI: 10.1016/j.seaes.2014.05.024

Aoyama J., Watanabe S., Miller M.J., Mochioka N., Otake T., Yoshinaga T., and Tsukamoto K. Spawning sites of the Japanese eel in relation to oceanographic structure and the West Mariana Ridge, *PLOS ONE*, 査読有, Vol. 9, No. 2, 2014, e88759

DOI: 10.1371/journal.pone.0088759

Tomida Y., Suzuki T., Yamada T., Asami R., Yaegashi H., Iryu Y., Otake T. Differences in oxygen and carbon stable isotope ratios between hatchery and

wild pink salmon fry. Fisheries Science, 査読有, Vol. 80, 2013, pp. 273-280

Kitagawa T., Ishimura T., Uozato R., Shirai K., Amano Y., Shinoda A., Otake T., Kimura S., Otolith $\delta^{18}\text{O}$ of Pacific Bluefin tuna *Thunnus orientalis* as an indicator of ambient water temperature. Marine Ecology Progress Series, 査読有, Vol. 481, 2013, pp. 199-209

Amano Y., Kuwahara M., Takahashi T., Shirai K., Yamane K., Amakawa H., Otake T. Otolith elemental and Sr isotopic composition as a natal tag for Biwa salmon *Onchorhynchus masou* subsp. in Lake Biwa, Japan. Aquatic Biology, 査読有, Vol. 19, 2013, pp. 85-95

Seike K., Shirai K., Kogure Y. Disturbance of shallow marine soft-bottom environments and megabenthos assemblages by a huge tsunami induced by the 2011 M9.0 Tohoku-Oki earthquake. PLOS ONE, 査読有, Vol. 8, 2013, e65417, DOI: 10.1371/journal.pone.0065417

Suzuki K., Takeda S., Oikawa M., Yoshitomi T., Ichimura M., Iso H., Ishikawa T., Higuchi Y., Imaseki H., Harumoto K., Otake T., Local analysis of strontium using fish scale by micro-PIXE with a CdTe X-ray detector. International Journal of PIXE, 査読有, Vol. 22, 2012, pp. 173-178

Dou S., Yokouchi K., Yu X., Cao L., Shirai K., Otake T., Tsukamoto K. The migratory history of anadromous and non-anadromous tapertail anchovy *Coilia nasus* in the Yangtze River Estuary revealed by the otolith Sr:Ca ratio. Environmental Biology and Fishes, 査読有, Vol. 95, No.4, 2012, pp. 481-490

Dou S., Amano Y., Yu X., Cao L., Shirai K., Otake T., Tsukamoto K. Elemental signature in otolith nuclei for stock discrimination of anadromous tapertail anchovy (*Coilia nasus*) using laser ablation ICPMS. Environmental Biology and Fishes, 査読有, Vol. 95, No.4, 2012, 431-443

⑳ Amakawa H., Suzuki T., Takahashi T., Tatsumi Y., Otake T., Sr isotopic compositions of ayu otolith and its ambient water. Fisheries Science, 査読有, Vol.78, 2012, pp. 1023-1029

㉑ Yamane K., Shirai K., Nagakura Y., Otake T., Assessing the usefulness of otolith elemental compositions for evaluating the population structure of the Pacific herring *Clupea pallasii* in northern Japan. Fisheries Science, 査読

有, Vol.78, 2012, pp. 295-307

[学会発表](計19件)

有我啓作・佐々木剛・川上達也・大竹二雄. 耳石 Sr:Ca 比による宮古湾産サクラマス の回遊履歴推定の可能性, 平成 28 年度日本水産学会春季大会, 平成 28 年 3 月 26 日-30 日, 東京海洋大学(東京都)

川上達也・杉原奈央子・白井厚太郎・斉藤寿彦・飯田真也・清水勇一・小川元・大竹二雄. 耳石微量元素分析によるサケの回遊履歴推定の可能性. 平成 28 年度日本水産学会春季大会, 平成 28 年 3 月 26 日-30 日, 東京海洋大学(東京都)

Kawakami T., Shimizu Y., Ogawa G., Saito T., Iida M., Shirai K., Sato S., Ueda H., Otake T. Otolith stable isotope and trace element analyses to reconstruct migration history of chum salmon *Oncorhynchus keta*. Symposium on Growth – survival paradigm in early life stages of fish: controversy, synthesis, and multidisciplinary approach. 平成 27 年 11 月 9 日-11 日, 中央水産研究所(横浜市)

大竹二雄・川上達也・畑正好・武島弘彦 東日本大震災がアユ資源に及ぼした影響. 平成 27 年度日本水産学会理事会特別シンポジウム「東北の海は今 - 震災後 4 年間の研究成果と漁業復興」(招待講演) 平成 27 年 9 月 21 日, 東北大学(仙台市)

西田圭志・川上達也・清水勇一・小川元・宮島利宏・早乙女伸枝・山川卓・大竹二雄. 鱸の窒素・炭素安定同位体比から推定されたサケの摂餌環境の変化. 平成 27 年度日本水産学会春季大会, 平成 27 年 3 月 27 日-31 日, 東京海洋大学(東京都)

川上達也・杉原奈央子・白井厚太郎・斉藤寿彦・飯田真也・清水勇一・小川元・大竹二雄. 耳石微量元素分析によるサケ放流稚魚の産地判別の試み. 平成 27 年度日本水産学会春季大会, 平成 27 年 3 月 27 日~3 月 31 日, 東京海洋大学(東京都)

大竹二雄. アユにみる両側回遊の多様性 2014 年度日本魚類学会シンポジウム「魚類における両側回遊: その生活史多様性と進化機構」(招待講演). 平成 26 年 11 月 17 日, 神奈川県立生命の星・地球博物館(小田原市)

Kawakami T., Hata M., Takeshima H., Otake T. Ecological changes in and recovery of the Ayu population following the tsunami generated by the 2011 Tohoku Earthquake. 5th International Otolith Symposium, 平成 26 年 10 月 20 日-24 日, Mallorca, Spain

川上達也・清水勇一・小川元・斉藤寿彦・飯田真也・大竹二雄. 耳石酸素・炭素安定同位体比によるサケ放流稚魚の産地判別. 平成 26 年度日本水産学会秋季大会,

平成 26 年 9 月 19 日-22 日, 九州大学(福岡市)

川上達也・畑正好・武島弘彦・大竹二雄. 東日本大震災が三陸のアユ個体群に与えた影響とその後の回復過程. 平成 26 年日本水産学会度春季大会, 平成 26 年 3 月 26 日-31 日, 北海道大学水産(函館市)
中村政裕・益田玲爾・塚本勝巳・大竹二雄. 周縁性回遊魚のウゲイヤクロダイは限定された水温でしか新規塩分に順応できない. 平成 26 年日本水産学会度春季大会, 平成 26 年 3 月 26 日-31 日, 北海道大学水産(函館市)

海部健三・天野洋典・板倉 光・杉原奈央子・白井厚太朗・横内一樹・大竹二雄・木村伸吾・鷲谷いずみ・矢田 崇. ニホンウナギ天然加入個体/放流個体識別法とその応用. 平成 26 年日本水産学会度春季大会, 平成 26 年 3 月 26 日-31 日, 北海道大学水産(函館市)

天野洋典・桑原雅之・高橋俊郎・白井厚太朗・天川裕史・大竹二雄. 耳石の微量元素組成と Sr 安定同位体比によるピワマスの母川回帰性の検討. 平成 26 年日本水産学会度春季大会, 平成 26 年 3 月 26 日-31 日, 北海道大学水産(函館市)

中野 光・福田温史・上村泰洋・小路 淳・大竹二雄・森本 充. 東北太平洋岸のアマモ場における魚類群集: 津波前後(2009-2012 年)の経時変化の解析, 平成 25 年日本水産学会度秋季大会, 平成 25 年 9 月 19 日-22 日, 三重大学(津市)

天野洋典・桑原雅之・白井厚太朗・鈴木享子・村山雅史・大竹二雄. ピワマスの放流魚識別における耳石の酸素・炭素安定同位体比の有効性. 平成 25 年度日本水産学会春季大会, 平成 25 年 3 月 26 日-30 日, 東京海洋大学(東京都)

畑正好・朝日田卓・大竹二雄. 盛川におけるアユの成長履歴と遡上・産卵生態. 平成 25 年度日本水産学会春季大会, 平成 25 年 3 月 26 日-30 日, 東京海洋大学(東京都)

川上達也・畑正好・武島弘彦・大竹二雄. 東日本大震災後の三陸アユ個体群の遡上生態. 平成 25 年度日本水産学会春季大会, 平成 25 年 3 月 26 日-30 日, 東京海洋大学(東京都)

中野光・上村泰洋・小路淳・大竹二雄・森本充. 東北太平洋岸のアマモ場における魚類群集: 津波前後(2009-2012 年)の経時変化解析. 平成 25 年度日本水産学会春季大会, 平成 25 年 3 月 26 日-30 日, 東京海洋大学(東京都)

Otake T., Shirai K., Amano Y., Mochioka N., Takahashi T., Chow S., Kurogi H., Dou S., Tsukamoto K. The growth areas of spawning Japanese eels estimated by otolith Sr isotopic ratios (poster). 6th World Fisheries Congress, 平成 24 年 5

月 7-11 日 Edinburgh (Scotland)

〔図書〕(計 1 件)

Amano Y., Shiao J-C., Yokouchi T., Shirai K., Otolith geochemical analysis for stock discrimination and migratory ecology of tunas. In "Biology and ecology of Bluefin tuna" CRC press, 2015, pp. 225-250

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大竹二雄 (OTAKE Tsuguo)
東京大学・農学生命科学研究科・教授
研究者番号: 20160525

(2) 研究分担者

白井厚太朗 (SHIRAI Kotaro)
東京大学・大気海洋研究所・助教
研究者番号: 70463908

(3) 連携研究者

()

研究者番号: