

No. 6

MARCH, 2016

BULLETIN
OF
KAGOSHIMA PREFECTURAL FISHERIES TECHNOLOGY
AND DEVELOPMENT CENTER

鹿児島県水産技術開発センター研究報告

第6号



平成28年3月

鹿児島県水産技術開発センター

鹿児島県水産技術開発センター - 研究報告

第6号

目次

報文

2014年1月に山川湾で発生した有害ディクチオカ藻 *Pseudochattonella verruculosa* 赤潮の発生状況と分布特性

西 広海・保科圭佑・折田和三・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

資料

スジアラの資源生態，種苗生産・養殖技術に関する文献集

今吉雄二・宍道弘敏・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13

海外のサイトで紹介されているスジアラの資源生態等に関する総説の紹介

宍道弘敏・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 21

試験研究業績

外部への発表・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 28

2014年1月に山川湾で発生した有害デイクチオカ藻 *Pseudochattonella verruculosa* 赤潮の発生状況と分布特性

西 広海・保科圭佑・折田和三¹

¹ 水産振興課

デイクチオカ藻 *Pseudochattonella verruculosa* (Y.Hara et Chihara) Tanabe, Hosoi, Honda, Fukaya, Inagaki et Sako は、本県では2012年2月に山川湾で初めて赤潮化し、魚類養殖業に被害が発生した。本稿では、2014年1月に山川湾で2年ぶりに発生した *P. verruculosa* 赤潮の発生状況、環境等を整理するとともに、本種の分布特性を推定した。

2013年12月には湾奥部で競合種が増殖したことが、赤潮形成期以前の *P. verruculosa* の細胞密度が低水準で推移した要因の一つと考えられた。*P. verruculosa* 赤潮の発生期間中は湾奥部の方が本種の細胞密度が高い傾向が見られたが、湾口から湾奥に向けて吹く風が卓越していたことも影響して湾口部への拡散が抑制され、湾奥部に本種が留まり続けたと考えられた。なお2014年1月は、競合種である珪藻類が少なかったことが *P. verruculosa* の増殖が継続する要因となったと考えられた。

水平分布調査の結果、調査期間中の山川湾は比較的静穏な状態であったと考えられ、*P. verruculosa* 細胞が水平方向に大きく移動しなかった可能性がある。また湾奥部が *P. verruculosa* の発生域であったこと、湾奥部の水温が湾口部より低く、かつ本種が比較的低温域で増殖しやすいという特性により、湾奥部の本種の細胞密度が湾口部に比べて高く維持されたと考えられた。

日周鉛直分布調査の結果、*P. verruculosa* は1日を通じて表層から5m層に分布し、大きな鉛直移動をしていなかった。一方 *P. verruculosa* は最も水温の低い水深で細胞密度が高くなり、逆の相関傾向がみられた。これらのことから *P. verruculosa* は、表層性が強いプランクトンである可能性が考えられるものの、水温分布から本種の鉛直分布が好適水温帯に影響されている可能性も考えられた。

また、*P. verruculosa* 赤潮の終息要因については、2012年2月の *P. verruculosa* 赤潮の際も、今回と同様に赤潮が終息した直接の要因を推察することができず、他の要因が影響した可能性がある。今後は山川湾の水質等の漁場環境だけでなく、プランクトン組成等をより詳しく把握する必要があると考えられた。

P. verruculosa は、これまで西日本では香川県¹⁾や山口県²⁾などで赤潮を形成し、漁業被害が発生している。本県では2012年2月に山川湾で初めて赤潮化し、魚類養殖業に被害が発生した。このことを受けて、当センターは地元の山川町漁業協同組合(以下、「山川町漁協」と表記)や養殖業者に対し、*P. verruculosa* についての同定研修を実施した。その後、山川町漁協が顕微鏡を整備し、養殖業者とともに *P. verruculosa* を含めた有害プランクトンのモニタリング体制を構築し、山川湾のプランクトン発生状況を定期的に監視しており、同時に当センターも養殖業者が採水した海水試料の定期的な検鏡を実施してきた。このような状況の中、山川湾では2014年1月に

P. verruculosa が2年ぶりに赤潮を形成した。本稿では *P. verruculosa* 赤潮の発生状況、環境等を整理するとともに、*P. verruculosa* の24時間湾内調査や日周鉛直分布調査を実施して、本種の分布特性を推定したので報告する。

材料及び方法

1 *P. verruculosa* 赤潮発生前後の環境調査

図1に示す山川湾の5定点で2013年12月2日～2014年1月27日まで *P. verruculosa* 赤潮の発生前後の環境調査を実施した。5定点の0, 5, 10m層(St.3は20m, 30m, 40m層を追加)からバケツ又は採

水器（(株)離合社製リゴ- B号採水器）で採水し、プランクトンの計数と栄養塩の分析に供した。また、水温、塩分、pH、DO(溶存酸素量)を現場において多項目水質計（YSI社製 6600V2）で計測したほか、栄養塩は現場で採水した海水を当センターに持ち帰り、オートアナライザ（BL-TEC社製 AACs-4）で DIN（溶存態無機態窒素）、DIP（溶存態無機態リン）及び Si（ケイ酸態ケイ素）を測定した。気象情報のうち、降水量、日照時間は、鹿児島地方気象台指宿アメダスのデータを使用した（<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, 2016年2月22日）。風向、風速は、山川湾に面した第十管区海上保安本部鹿児島海上保安部指宿海上保安署が、毎日 8:00, 12:00, 16:00 に測定したデータ（未公表）を使用した。またプランクトンの分布については、山川町漁協の養殖業者が 2013 年 11 月 5 日から 2014 年 3 月 28 日まで前述の山川湾の 5 定点で 1 回/週以上の頻度で 0m 層から採水した海水を山川町漁協及び当センターが検鏡して *P. verruculosa* と *Octactis octonaria*（現 *Dictyocha octonaria*）の細胞密度を計数した。

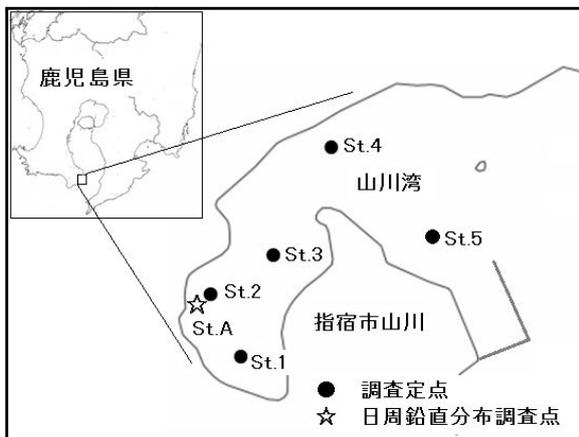


図1 調査定点

2 水平分布湾内調査

P. verruculosa の山川湾内における 1 日間の水平的な分布状況を把握するために、24 時間の湾内調査を実施した。調査は、2014 年 1 月 22 日 13:00, 同日 18:00, 1 月 23 日 0:00, 同日 6:00 の 4 回実施した。調査定点、採水層、採水方法、水温、塩分、pH、DO の測定は、1 の *P. verruculosa* 赤潮の発生前後の環境調査と同様とした。栄養塩分析は、1 月 23 日 6:00 調査時の採水サンプルで実施した。

3 日周鉛直分布調査

P. verruculosa の、1 日間の鉛直的な分布状況を把握するために、24 時間の日周鉛直分布調査を実施した。

調査は 2014 年 1 月 22 日 15:00 ~ 23 日 13:00 に、指宿市山川町の山川湾の定点 (St.A, 水深 16 ~ 18m, 図 1) で、0 m, 5 m, 10 m, 15 m 層の海水を、採水器で 2 時間毎に採水し、採水後、顕微鏡で速やかに *P. verruculosa* の細胞密度を計数した。また採水と同時に多項目水質計を水面から海底まで平均 0.14 m/sec で降下させ、1 秒毎の水温、塩分、pH、DO(mg/L, %), クロロフィル-a (以下、「Chl-a」と表記) 濃度を測定した。

結果

1 *P. verruculosa* 赤潮発生前後の環境特性

P. verruculosa 細胞の分布状況を図 2 に、*P. verruculosa* と *O. octonaria* の最高細胞密度の推移を図 3 に示す。*P. verruculosa* は、2013 年 12 月 2 日の調査では全ての定点で確認されなかったが、12 月 6 日には最高細胞密度は 102 cells/ml であった。なお、12 月 6 日の St.2 の表層からは、*O. octonaria* が最高 279 cells/ml 確認された。翌 12 月 7 日の *P. verruculosa* の最高細胞密度は 22 cells/ml であったが、この日は St.1 付近で、絨毛虫類の *Myrionecta rubra* の増殖による着色が確認（最高細胞密度は 2,650 cells/ml）された（図 4）。その後 12 月 25 日までの *P. verruculosa* の最高細胞密度は 3 ~ 30 cells/ml と比較的低かったのに対し、*O. octonaria* の最高細胞密度は 12 月 11 ~ 14 日に 100 cells/ml 以上となり、比較的高かった（図 3）。

また珪藻類は、12 月上旬までは少なかったが、12 月 13 日以降は湾奥部の St.1 や St.2 で多く、12 月 25 日には湾奥部で茶色がかった濁りがみられ、検鏡したところ *Skeletonema* spp. が 66,800 ~ 76,800 cells/ml 確認され、この濁りは本種の増殖に由来するものであった（図 5）。2014 年 1 月 9 日の調査では、*P. verruculosa* の細胞密度は 1 ~ 17 cells/ml と低かった（図 2）が、山川湾全体で珪藻類がほとんど確認されなかった。1 月 15 日午前には *P. verruculosa* が最高 568 cells/ml 確認され、同日午後には本種が湾奥部の船溜まりで最高 860 cells/ml 確認され、着色がみられた。その後も細胞密度が 100 cells/ml 以上で推移し、1 月 20 日の午前には St.1 の 0 m 層で 2,527 cells/ml, 1

月23日の午前と同じく St.1 の0m層で2,250 cells/ml 確認された。その後1月25日の午後には本種の細胞密度は50 cells/ml 以下に減少し、1月27日には全調査点で細胞密度が2 cells/ml 以下となって終息を確認した(図2)。

P. verruculosa の最高細胞密度の推移を見ると(図

3), 12月末までは本種が確認された定点はほとんど St.1 ~ 3 の湾奥部だった。*P. verruculosa* が増殖した2014年1月中旬以降は, St.4, 5 の湾口部でも細胞密度が高くなったが, 最高でも115 cells/ml と湾奥部の最高細胞密度の2,527 cells/ml に比べるとかなり低く推移した。

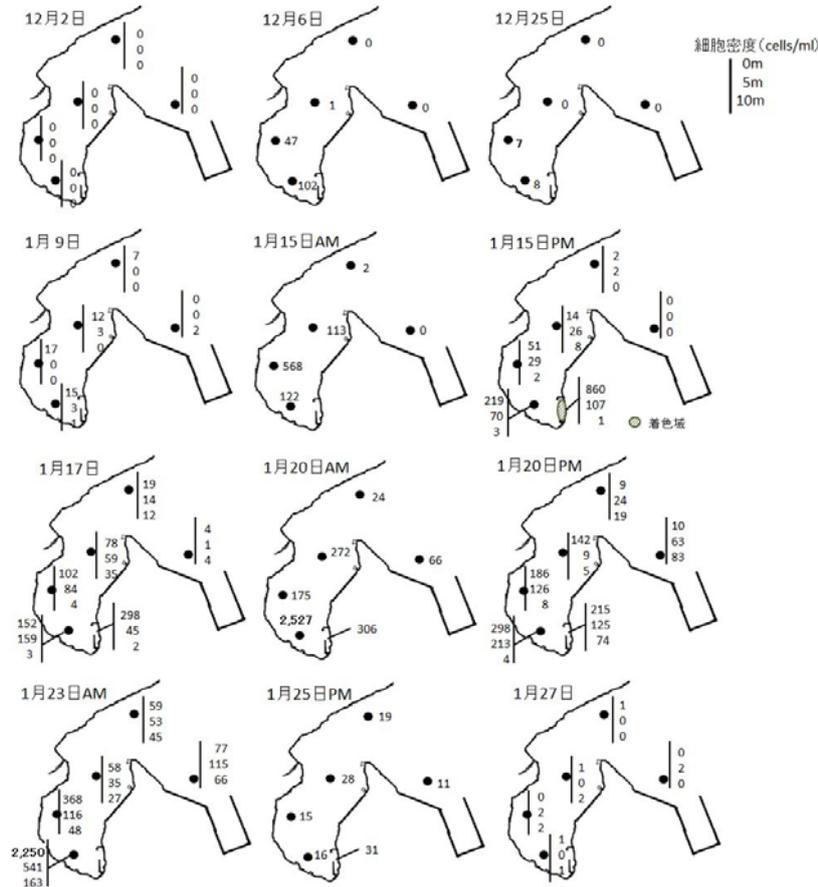


図2 山川湾における*P. verruculosa*赤潮発生期間中の*P. verruculosa*細胞分布状況(3段書きしていない数字は0m層の細胞密度)

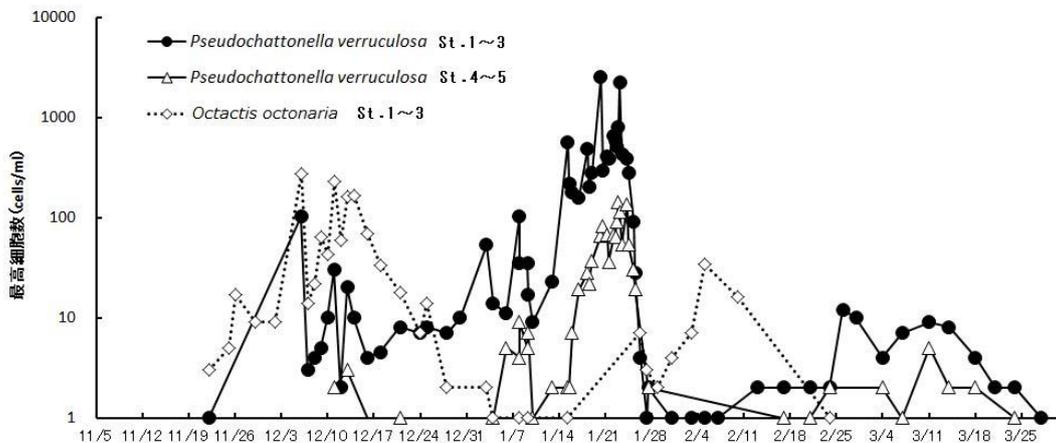


図3 *P. verruculosa*と*O. octonaria*の最高細胞密度の推移

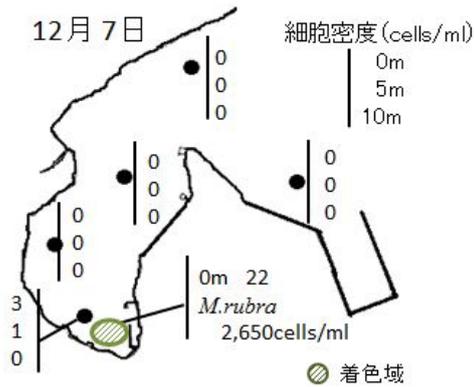


図4 *P. verruculosa*と*M. rubra*の細胞密度
(2013年12月7日)

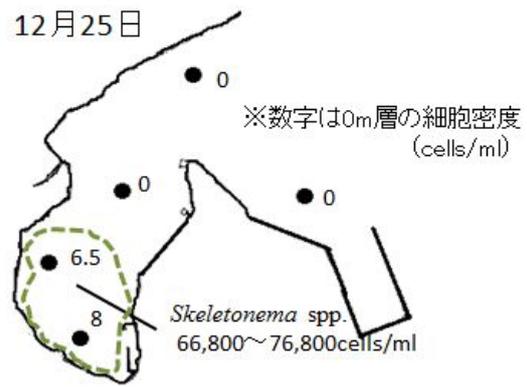


図5 *P. verruculosa*と*Skeletonema* spp.の
細胞密度 (2013年12月25日)

P. verruculosa の増殖前 (12月2日) から終息 (1月27日) までの表層における5定点の平均の水温, 塩分, DO, DIN, DIP, Siの推移を図6に示す。水温は12月上旬は17~18℃であった。*P. verruculosa* 赤潮の発生期間である2014年1月9日から1月27日の水温は14.9~15.9℃であった。*P. verruculosa* 赤潮の発生期間の塩分は33.7~34.0, DOは7.4~9.1 mg/Lを示した。DINは, 2013年12月の間は7.5~12.4 μmol/Lであったが, *P. verruculosa* 赤潮の発生期

間には5.1~8.1 μmol/Lと低く推移した。DIPは, 2013年12月の間は0.02~0.06 μmol/Lであったが, *P. verruculosa* 赤潮の発生期間には0.29~0.98 μmol/Lと高く推移した。Siは, 2013年12月の間は0.6~1.0 μmol/Lであったが, *P. verruculosa* 赤潮の発生期間には17.2~32.3 μmol/Lと高く推移した。表層のN/P比を図7に示す。2013年12月中のN/P比は131.6~718.6と高かったが, *P. verruculosa* 赤潮の発生期間には8.1~20.2と低く推移した。

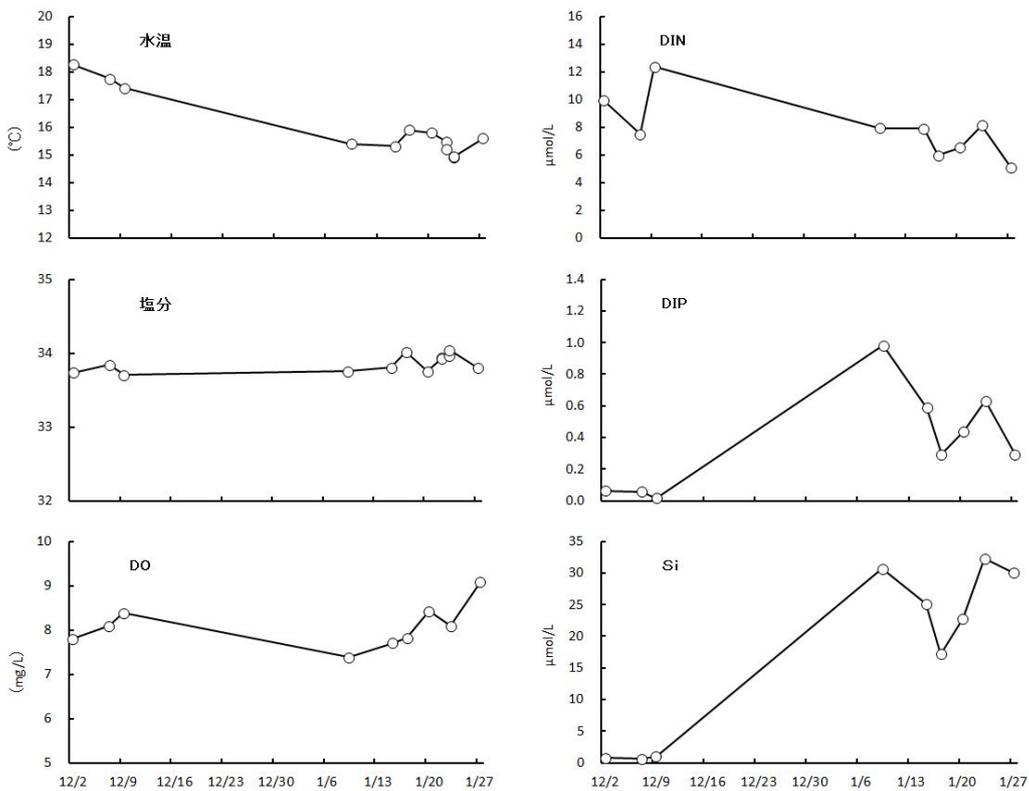


図6 表層平均水温, 塩分, DO, DIN, DIP, Siの推移

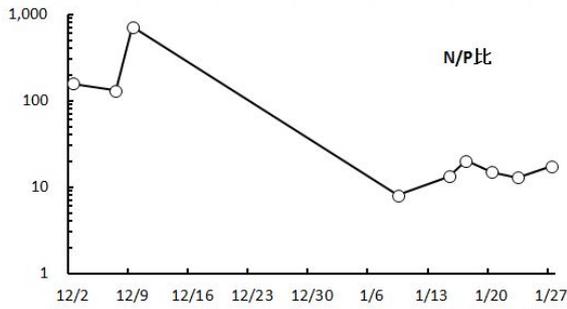


図7 表層のN/P比の推移

旬毎の降水量と年平均偏差を図8に、日照時間と年平均偏差を図9に示す。降水量は、11月上旬から12月中旬までは概ね50mm程度みられたが、12月下旬から1月下旬は5~32.5mmと比較的少なかった。2月以降は概ね50~100mmの降雨が見られた。平年値と比較すると、12月下旬から1月下旬は平年並みか平年より少なく、それ以外の時期は概ね平年より多かった。日照時間は、12月中旬と2月中旬が50h以下だったが、それ以外の時期は概ね50h以上で推移した。平年値と比較すると、12月中旬と2月中旬の日照時間が平年より低かったほかは、概ね平年より長かった。

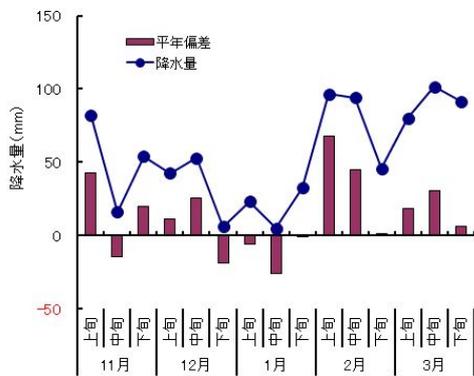


図8 旬毎の降水量と年平均偏差(指宿アメダス)

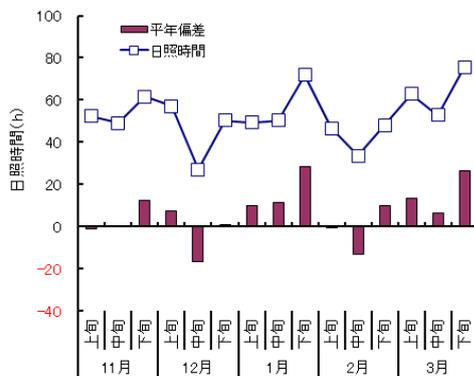


図9 旬毎の日照時間と年平均偏差(指宿アメダス)

2014年1月9日~1月27日に観測された風向の頻度を図10に示す。期間中の風向の頻度は、北が42.3%と最も多く、次いで北東が25.0%、北西が13.5%、北北東が3.8%であった。

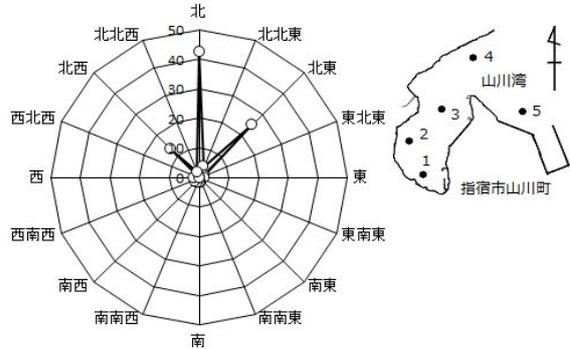


図10 風向の頻度

(2014年1月9~27日, 鹿児島海上保安部
 指宿海上保安署調べ)

2 水平分布特性

図11に調査期間中の山川湾における *P. verruculosa* の細胞密度, 表層水温, 表層塩分, 表層 DO(mg/L, %), Chl-a の分布状況を, 図12に山川湾における *P. verruculosa* の最高細胞密度, 表層水温, 表層塩分, 表層 DO(mg/L, %), 表層 Chl-a の St.1~3 平均値及び St.4~5 平均値の推移を示す。St.1, 2 は期間中, 表層で *P. verruculosa* の細胞密度が 176~2,250 cells/ml と高かった。St.3 は1月22日18:00と23日0:00に本種が 122~234 cells/ml みられたが, ほかは 50 cells/ml 前後とやや細胞密度が低かった。湾口部の St.4,5 の細胞密度は, 1月22日13:00と同日18:00には表層で 9~66 cells/ml と低かったが, 23日0:00と同日6:00には 59~142 cells/ml とやや高くなった。期間中の表層水温は, 湾奥部の St.1~3 では 14.1~15.4 であったが, 湾口部の St.4,5 は, 15.3~16.4 と湾奥部より高めであった。期間中の表層塩分は 33.6~34.2 を示し, 調査時間や調査定点での大きな変動は見られなかった。表層 DO(mg/L, %)については, 湾奥部の St.1~3 では 7.5~9.2 mg/L, 92.2~111.9% と高かった。湾口部の St.4,5 は, 7.4~8.0 mg/L, 92.6~99.6% と, 湾奥部と比べて低かった。期間中の Chl-a は 0.5~11.5 µg/L を示し, *P. verruculosa* の細胞密度が高い定点, 水深で Chl-a が高い傾向が見られた。

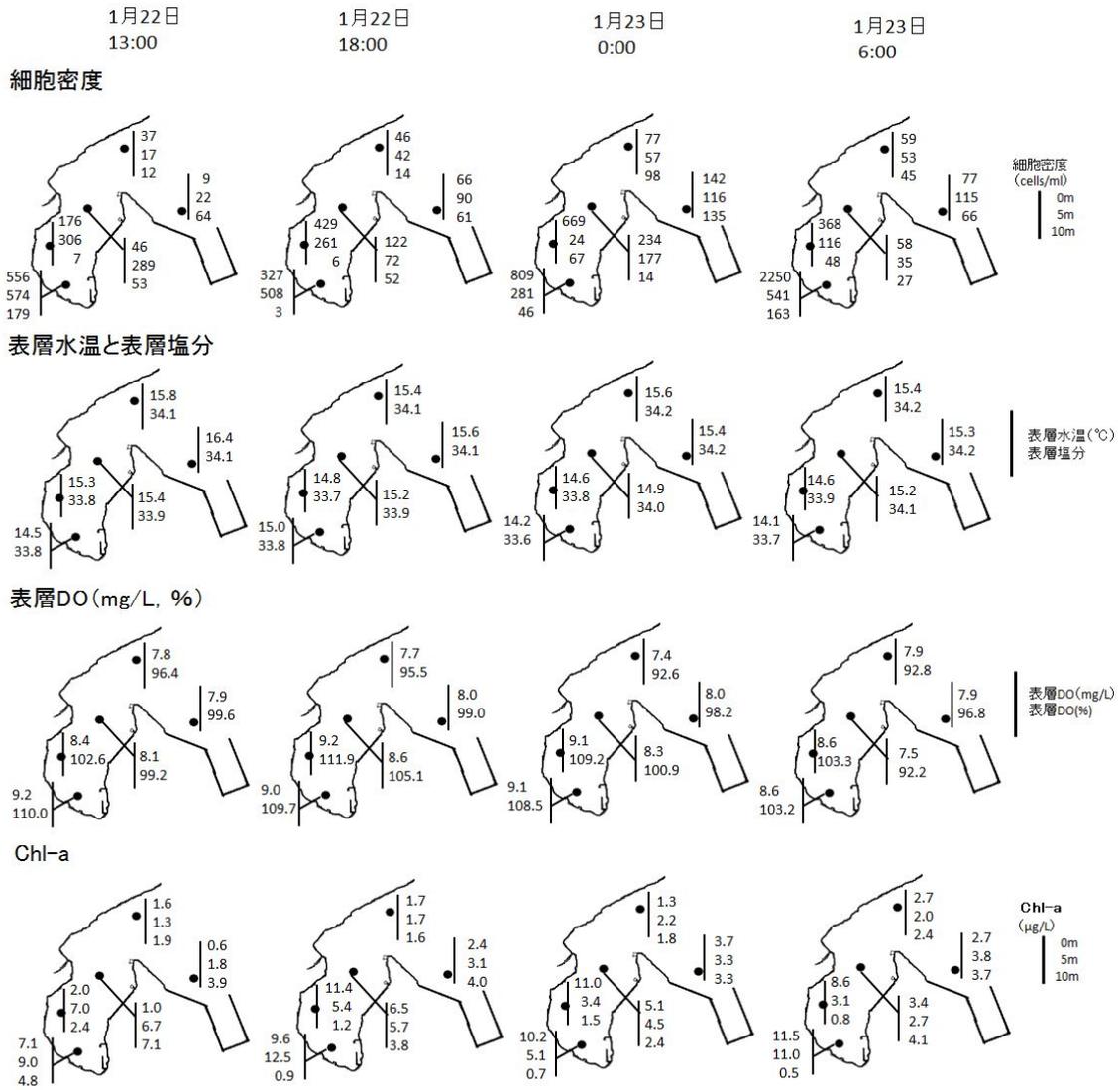


図11 山川湾における*P. verruculosa*の細胞密度，表層水温，表層塩分，表層DO，Chl-aの経時的比較（2014年1月22日～23日）

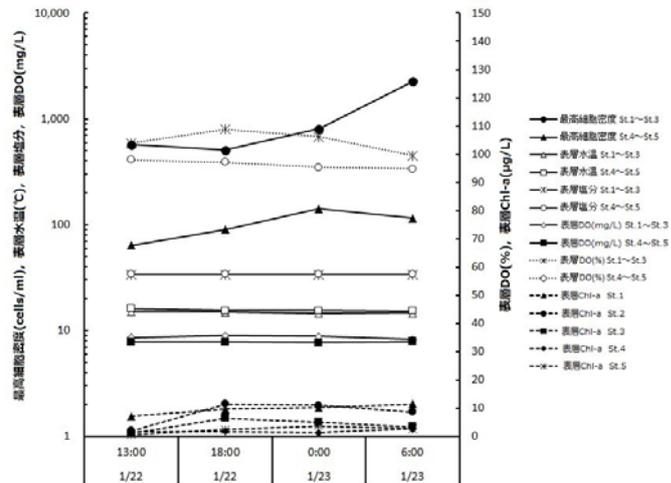


図12 山川湾における*P. verruculosa*の細胞密度，表層水温，表層塩分，表層DO，表層Chl-a（2014年1月22日～23日）

表1に、2014年1月20日から1月26日の風速と風向の推移を示す。期間中の風向は北、北東、南西で、最低風速は1月22日16時の1m/sで、最高風速は1月22日8時と1月23日16時の3m/sであった。

表1 風速と風向の推移
 (鹿児島海上保安部指宿海上保安署調べ)

年月日	時	風速(m/s)	風向
2014年1月20日	8	2	東北東
	12	2	南南東
	16	6	北西
2014年1月21日	8	4	北
	12	2	北
	16	2	北
2014年1月22日	8	3	北
	12	2	北東
	16	1	北
2014年1月23日	8	2	北東
	12	-	-
	16	3	南西
2014年1月24日	8	2	北東
	12	3	北東
	16	-	-
2014年1月25日	8	-	-
	12	4	南
	16	6	南南西
2014年1月26日	8	4	北西
	12	3	北西
	16	4	北西

表2に、2014年1月22日から1月23日の山川湾の潮汐を示す。期間中は小潮であった。22日は10:40

に満潮(潮位241cm)で、17:08に干潮(潮位81cm)となり、22:56に満潮(潮位217cm)となった。その後潮位は下がり、23日5:10に干潮(潮位85cm)となった。

表2 山川湾の潮汐(2014年1月22日~23日)

年月日	潮	満潮		干潮	
2014年1月22日	小潮	10:40	22:56	4:32	17:08
		241cm	217cm	66cm	81cm
2014年1月23日	小潮	11:17	23:56	5:10	17:56
		234cm	204cm	85cm	81cm

3 日周鉛直分布特性

図13に2014年1月22~23日の日周鉛直分布調査点(St.A)における*P. verruculosa*の各観測水深別細胞密度を示す。22日15:00から21:00には、表層及び5m層で*P. verruculosa*の細胞密度が概ね101 cells/ml以上と高かったが、22日23:00から23日9:00までは表層の*P. verruculosa*の細胞密度が概ね201 cells/ml以上で、5m層以深では100 cells/ml以下となり、表層だけが本種の細胞密度が高い傾向が見られた。期間中の最高細胞密度はこの時間帯に見られ、22日23:00の表層で618 cells/mlであった。その後23日11:00には、表層及び5m層の*P. verruculosa*の細胞密度が201 cells/ml以上と高かったが、13:00には5m層の細胞密度が101 cells/ml以上と他層より高かった。

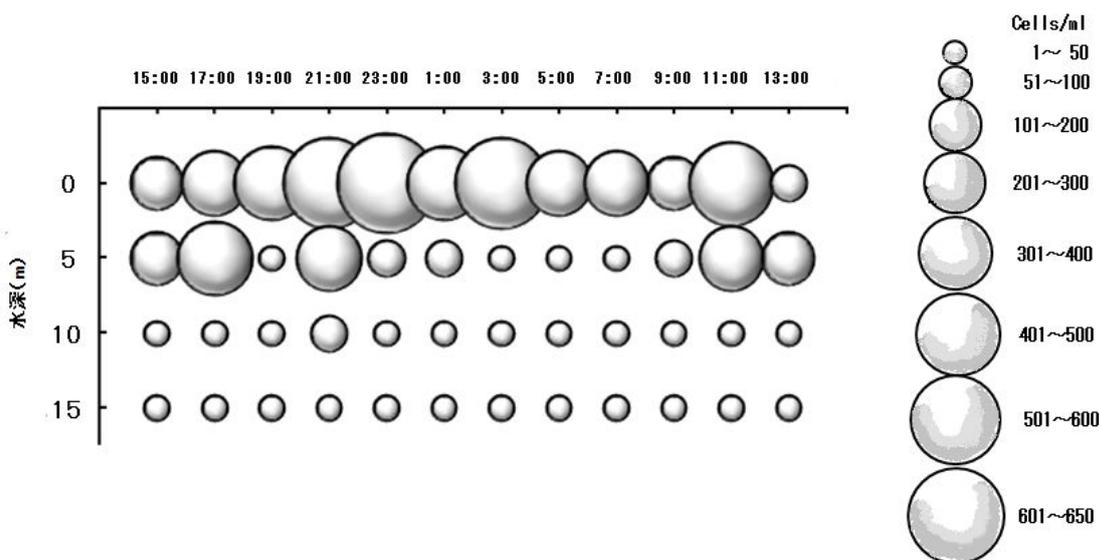


図13 日周鉛直分布調査点(St.A)における*P. verruculosa*の日周鉛直分布
 (2014年1月22~23日)

図 14 に同地点における水温と Chl-a の鉛直連続測定結果を示す。調査期間中の水温は 14.6 ~ 15.6 で、Chl-a は 0 ~ 13.7 $\mu\text{g/L}$ で推移した。水温は概ね底層になるほど高くなったが、22 日 15:00, 17:00, 23 日 13:00 には最も低い水温のピークが水深 3 ~ 5 m にみられた。Chl-a は概ね底層になるほど低くなったが、22 日 15:00, 17:00, 23 日 13:00 には最も高い Chl-a のピークが水深 3 ~ 5 m にみられた。

調査期間中の珪藻類は少ない状況だった。また期間中の *P. verruculosa* の細胞は、22 日 21:00 から表層、5m 層で分裂途中と思われる細胞が確認されはじめ、23 日 3:00 まで確認された。また 23 日 11:00 と 13:00 には、正常な個体に比べて小型で球形の細胞が多く

見られた。

図 15 に *P. verruculosa* の最高細胞密度と栄養塩の推移を示す。2013年12月上旬に表層 DIP は 0.1 $\mu\text{mol/L}$ 以下と低レベルであったが、2014 年 1 月 9 日には 0.98 $\mu\text{mol/L}$ と増加し、これに同調するように *P. verruculosa* 細胞が見られ、1 月15 日から細胞密度が増加した。1 月 25 日午後には細胞密度は 50 cells/ml 以下になり、1 月 27 日には全調査点で細胞密度が 2 cells/ml 以下と急速に減少して終息したが、1 月 27 日の表層 DIP は 0.29 $\mu\text{mol/L}$ であった。一方表層 DIN は、1 月 9 日には 7.9 $\mu\text{mol/L}$ であったが 1 月 27 日には 5.1 $\mu\text{mol/L}$ となり、大きな増減はなかった。

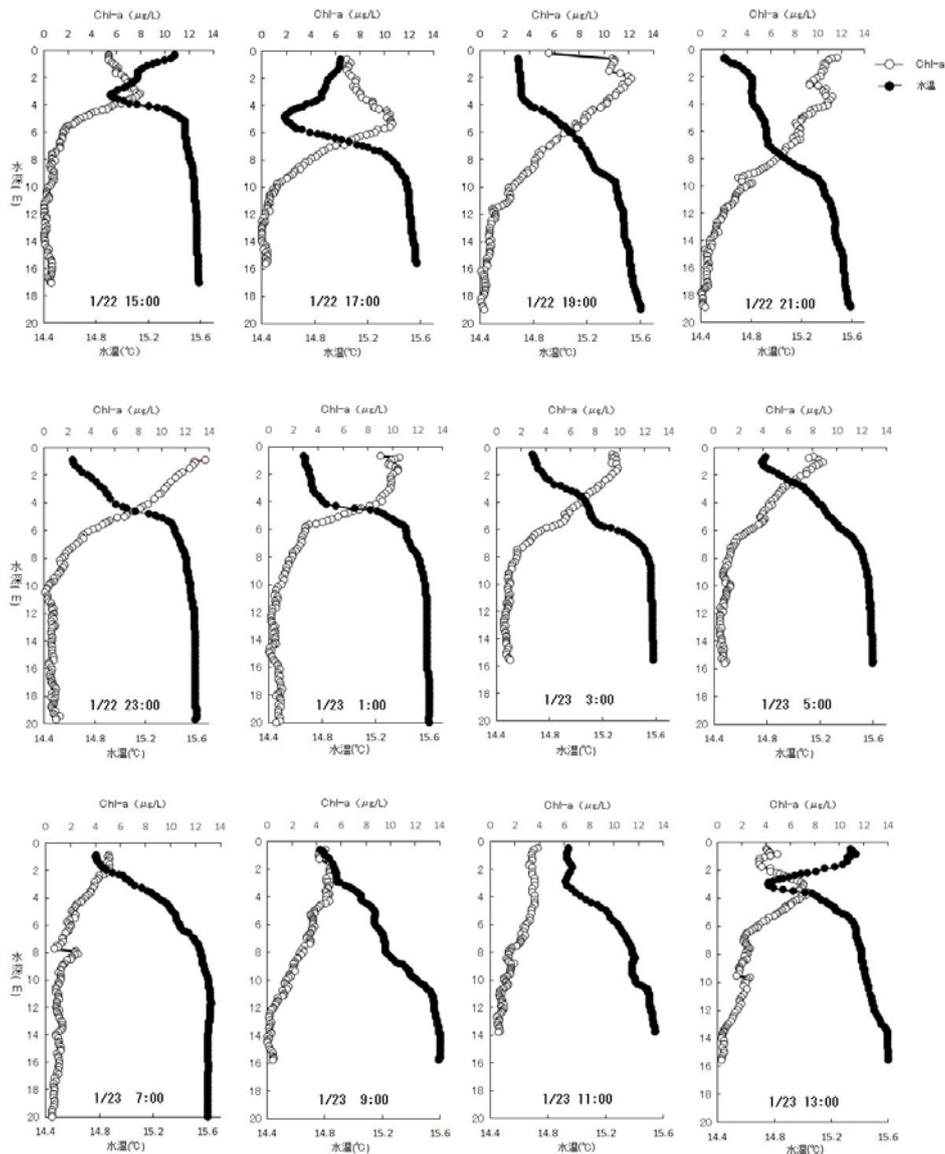


図14 日周鉛直分布調査点 (St.A) における水温とChl-aの鉛直連続測定結果
(2014年1月22~23日)

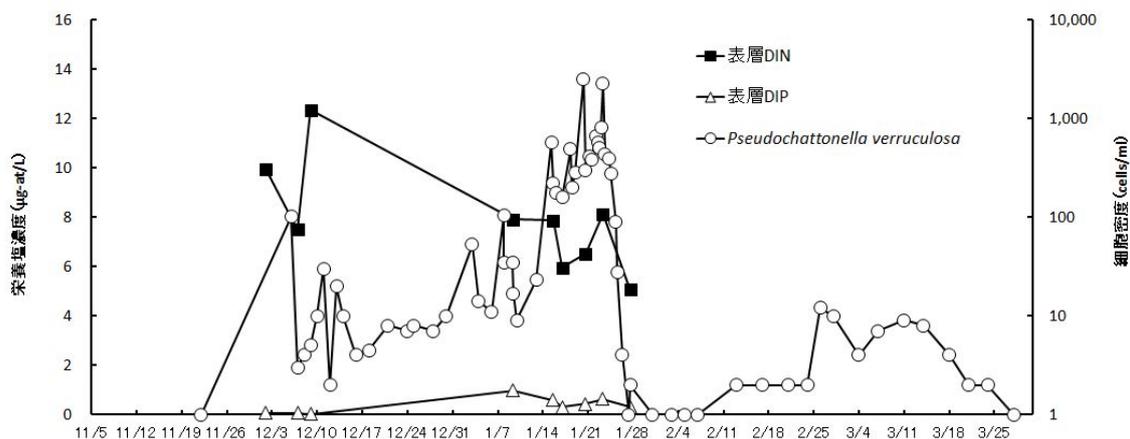


図15 *P. verruculosa*の最高細胞密度と栄養塩の推移

考察

1 *P. verruculosa*赤潮発生前後の環境特性

P. verruculosa が確認されはじめた2013年12月上旬の水温は17.4 ~ 18.3 で、赤潮を形成した2014年1月9日から1月27日の表層水温度は14.9 ~ 15.9

であった(図6)。本県では、2012年2月9 ~ 17日に山川湾で *P. verruculosa* が初めて赤潮を形成したが、その際の水温は14.2 ~ 14.4 であった。³⁾山本・田中⁴⁾は、1989年12月に福岡県福岡湾で *Chattonella* sp.として本種赤潮が発生したと記録しており、出現時の水温度は12.3 ~ 12.7 であった。また馬場ら⁵⁾は、1993年6月に山口県徳山市(現周南市)戸田地先で本種赤潮が発生した際の水温度は、表層で21.2 ~ 21.5 だったとしている。

一方山口⁵⁾は、広島湾産の *P. verruculosa* を用いた室内試験で、本種の最大増殖速度を与える水温度と塩分の組み合わせは15 ‰, 塩分25であったとしている。また本田・吉松⁶⁾は、培養試験の結果、本種は水温度10 ~ 25 ‰, 塩分16 ~ 32で増殖し、最大細胞収量は水温度10 ~ 20 ‰, 塩分23 ~ 32で多く、比増殖速度は水温度20 ‰, 塩分28の組み合わせで高かったとしている。さらに他の有害プランクトンの増殖最適水温度、塩分が *Chattonella antiqua* や *Chattonella marina* でそれぞれ15 ~ 30 ‰, 10 ~ 35PSU⁷⁾, *Karenia mikimotoi* で10 ~ 30 ‰, 15 ~ 30PSU⁸⁾, *Cochlodinium polykrikoides* で15 ~ 30 ‰, 20 ~ 36PSU⁹⁾と報告されていることから、本種は比較的低温水域で増殖する種であるといえる。今回の *P. verruculosa* 赤潮における発生期の水温度範囲は、山川湾における2012年2月の本種赤潮発生時の水温度範囲より高かったが、他

県での本種の発生事例や培養試験の結果と比較しても、最適とされた範囲内であり、本種の適水温域にあったと考えられる。

2013年12月のSt.1 ~ 3における *P. verruculosa* の細胞密度の推移をみると、6日に *P. verruculosa* が102 cells/ml 確認されたが、その後の本種の最高細胞密度は3 ~ 30 cells/ml と比較的低かった(図3)。同時期他プランクトンの細胞密度の推移を見ると、7日にSt.1付近で *M. rubra* による着色が確認され(図4)、*O. octonaria* が11 ~ 14日に100 cells/ml 以上と比較的細胞密度が高かった(図3)。

また珪藻類は、12月13日以降に湾奥部で多くなり、12月25日には *Skeletonema* spp.の増殖が見られた(図5)。このように、湾奥部で、競合種であるこれらのプランクトンが増殖したことが、赤潮形成期以前の *P. verruculosa* の細胞密度が低水準で推移した要因の一つと考えられる。*P. verruculosa* の最高細胞密度の推移を定点毎に見ると、12月末までは本種が確認されたのはほとんどSt.1 ~ 3の湾奥部であり(図2)本種の初期発生域は湾奥部と推察される。2014年1月中旬以降になると、St.4 ~ 5の湾口部でも細胞密度が高くなったものの、湾奥部に比べるとかなり低く推移し(図3)、湾奥部の方が本種の細胞密度が高い傾向が見られた。2014年1月9日 ~ 1月27日に観測された風向の頻度(図10)をみると、期間中は山川湾の湾口から湾奥に向けて吹く風(北 ~ 北東)が全体の71.7%を占めていた。このため、*P. verruculosa* は湾奥部で発生して増殖したが、湾口から湾奥に向けて吹く風が卓越していたことも影響して湾口部への拡散が抑制され、湾奥部に本種がとどまり続けたと考えられる。

P. verruculosa が増殖してから終息するまでの要因を、水質、気象、プランクトンの状況により検討した。*P. verruculosa* の初期出現期である 2013 年 12 月中は、DIN は高かった (7.5 ~ 12.4 $\mu\text{mol/L}$) が、DIP は低かった (0.02 ~ 0.06 $\mu\text{mol/L}$) (図6)。山口⁵⁾は、窒素及びリン制限下の半連続培養による新型赤潮生物の動力学的解析を実施したところ、最小細胞内窒素・リン含量から求めた *P. verruculosa* の最適 N:P 比は 33.6 と計算され、この比は *C. antiqua* (11)¹⁰⁾, *Heterosigma akashiwo* (10 ~ 15)¹¹⁾, *Gymnodinium mikimotoi* (12.5), *Heterocapsa circularisquama* (13.1 ~ 17.2), *Heterocapsa triquetra* (11.3)¹²⁻¹⁴⁾ よりもかなり大きく、本種はこれらの種に比べてリン制限下での増殖に有利であると考えられると報告している。2013 年 12 月の山川湾の表層 N/P 比は 131.6 ~ 718.6 と高かった (図7) が、これは DIP が少なかったことによると考えられる。このような水質状況の中で、12 月 6 日に本種の最高細胞密度が 102 cells/ml に達した (図3) のは、本種のリン制限下の増殖に有利であるという特性によるものと推察される。しかしその後は他の *M. rubra* や *O. octonaria*、珪藻類の増殖 (図3) が影響し、12 月中は本種がそれ以上増殖しなかったと考えられる。

その後 2014 年 1 月には表層 DIN は 5.1 ~ 8.1 $\mu\text{mol/L}$ 、表層 DIP は 0.29 ~ 0.98 $\mu\text{mol/L}$ を示し (図6)、2013 年 12 月と比較して表層 DIN は低く、表層 DIP は高くなり、このため N/P 比は 8.1 ~ 20.2 と低下 (図7) した。具体的には、2013 年 12 月 9 日の N/P 比が 718.6 で、2014 年 1 月 9 日には 8.1 となった (図7) が、その間に *P. verruculosa* の最適 N/P 比である 33.6 を通過した。このことが *P. verruculosa* の増殖を促すきっかけとなった可能性が考えられる。なお 2014 年 1 月の N/P 比は本種の最適値 (33.6) と比べて低かったが、競合種である珪藻類はほとんどない状況であり、競合種が少なかったことが *P. verruculosa* の増殖が継続する要因となったと考えられる。

旬毎の日照時間は、12 月中旬と 2 月中旬が 50h 以下だったが、それ以外の時期は概ね 50h 以上で推移し、12 月中旬と 2 月中旬の日照時間が平年より短かったほかは、概ね平年より長かった (図9)。本田・吉松⁶⁾は、*P. verruculosa* の増殖に及ぼす光強度の影響について室内試験で検討したところ、本種の比増殖速度は光強度の上昇とともに増大したが、比増殖速度が飽和した光強度 (約 35 $\mu\text{E/m}^2/\text{s}$) および半飽和定数 K_s (7.6 ~ 8.5 $\mu\text{E/m}^2/\text{s}$) は、*C. antiqua* 及び *C.*

marina の同光強度 (約 110 $\mu\text{E/m}^2/\text{s}$) ならびに半飽和定数 K_s (42.35 ~ 63.38 $\mu\text{E/m}^2/\text{s}$)⁷⁾ に比べてかなり低い点から、本種は *Chattonella* より弱光を有効に活用して増殖できる種と考えられたとしている。以上のことから *P. verruculosa* が増殖した 2014 年 1 月の光環境は、日照時間が平年より長かったことから、光強度が強く、本種が増殖するには不適であった可能性があるが、実際の現場における光強度は測定しておらず、当時の光環境が本種に有利であったか不利であったかの詳細は不明であり、今後の課題である。

2 水平分布特性

調査期間中の *P. verruculosa* の細胞密度をみると、どの調査時間帯も湾奥部の細胞密度が湾口部より高かった (図 11)。調査期間前後の風は、前述のとおり概ね湾口から湾奥に向かって吹いていたが、風速は 1 ~ 3 m/s と比較的弱かった (表 1)。また潮汐 (表 2) をみると、1 月 22 日 13:00 は満潮から約 2 時間後、22 日 18:00 は干潮から約 1 時間後、23 日 0:00 は満潮から約 1 時間後、23 日 6:00 は干潮から約 1 時間後であり、調査時は潮の動きが小さい状態であったと考えられる。さらに期間中は小潮であり、満潮と干潮の潮位の差は 123 ~ 175 cm と大潮時 (1 月 17 日 155 ~ 235 cm) と比べて低かった。このような風や潮汐の状況から、調査期間中の山川湾は比較的静穏な状態であったと考えられ、*P. verruculosa* 細胞が水平方向に大きく移動しなかった可能性がある。また湾奥部が *P. verruculosa* の発生域であったこと、湾奥部の水温が湾口部より低く、かつ本種が比較的低温域で増殖しやすいという特性により、湾奥部の *P. verruculosa* の細胞密度が湾口部に比べて高く維持されたと考えられる。

3 日周鉛直分布特性

有害プランクトンのいくつかの種は、日周鉛直分布することが知られている。*C. antiqua* について西ら¹⁵⁾は、2010 年に八代海で *C. antiqua* 赤潮が発生した際に日周鉛直分布調査を実施し、赤潮前半の長島町獅子島弊串地先と御所浦地先では、*C. antiqua* の水深別分布状況は同じ時間帯でも場所によって異なり、両地先とも *C. antiqua* は水深 0 ~ 15 m に高密度層がみられたこと、同赤潮後半の長島町脇崎地先では、*C. antiqua* の細胞が 1 日のうち多くの時間帯で中底層に高密度で分布し、時間帯によっては底層にも高密度

で分布することを報告している。また *C. polykrikoides* について Park *et al.*¹⁶⁾は、本種が夜間に水深 15m 層、昼間に表層という日周鉛直運動をすることが観察されたと報告している。このように *C. antiqua* や *C. polykrikoides* は現場海域で 15m 層や場合によってはそれ以上まで分布することが観察されている。今回、2014年1月22日～23日の山川湾の *P. verruculosa* 赤潮発生時の日周鉛直分布調査で、22日15:00から21:00には、表層から5m層に、22日23:00から23日9:00までは表層に、23日11:00以降は表層及び5m層に *P. verruculosa* 細胞が多い傾向が見られ(図13)、本種は1日を通じて表層から5m層に分布し、大きな鉛直移動をしていない。一方 *P. verruculosa* の細胞密度と水温の鉛直的な推移を比較すると、*P. verruculosa* は最も水温の低い水深で細胞密度が高くなり、逆の相関傾向がみられた。これらのことから *P. verruculosa* の分布が5m以浅に偏っているため、表層性が強いプランクトンである可能性も考えられるものの、水温分布から本種の鉛直分布が好適水温帯に影響されている可能性もある。

P. verruculosa の細胞密度と Chl-a の鉛直的な推移を比較すると、調査期間中の *P. verruculosa* の細胞密度と、その時の Chl-a が同調している(図14)。調査期間中は珪藻類等の *P. verruculosa* 以外のプランクトンはほとんど確認されていないこともあり、今回の調査では Chl-a の値は *P. verruculosa* の細胞密度に対応していると考えられる。

なお23日の11:00と13:00には、正常な個体に比べて小型で球形の細胞が多く見られたが、当日は11:00調査の前に地元の養殖業者が *P. verruculosa* 赤潮を駆除するために湾奥部の St.1 と St.2 付近を中心に粘土(入来モンモリ)を散布していた。山川町漁協職員から聞き取ったところによると、粘土は40袋を使用し、1袋あたり25kg入りなのでその散布量は1,000kgであった。当センターでは *P. verruculosa* に粘土を散布して防除効果を確認する室内試験を実施したところ、生残している本種の細胞が小型化、球形化していたのを確認している(未発表)。そのため山川湾で見られた *P. verruculosa* の細胞の小型化、球形化は、粘土散布が影響したと考えられる。

P. verruculosa の最高細胞密度と栄養塩の推移(図15)をみると、2013年12月上旬に表層 DIP は 0.1 $\mu\text{mol/L}$ 以下と低レベルであったが、2014年1月9日には 0.98 $\mu\text{mol/L}$ と増加し、これに同調するように *P. verruculosa* 細胞が見られ、1月15日から細胞密度が

増加した。1月25日午後には本種の細胞密度は 50 cells/ml 以下、1月27日には全調査点で 2 cells/ml 以下と急速に減少して終息したが、その時の表層 DIP は 0.29 $\mu\text{mol/L}$ 、表層 DIN は 5.1 $\mu\text{mol/L}$ であり、栄養塩は *P. verruculosa* 細胞が減少した際もそれほど減少せず、枯渇するまでには至らなかった。また風向風速を見ると、1月20～23日の赤潮ピーク時には20日を除き概ね北よりの風が吹いていたが、25日午後に南よりに転じ、風速が 4～6 m/s とそれまでよりやや強くなった。翌26日には北西の風になったが、風速が 3～4 m/s とやや弱くなった(表1)。*P. verruculosa* は表層に偏在し、風の影響を受けやすかったため湾外に拡散したことが推察されるが、この風環境の変化は湾内に時化を引き起こすような大きなものではなかったと推察され、本種の細胞数の減少、赤潮終息に影響したとは断定できなかった。これらのことから、*P. verruculosa* 赤潮が終息した直接の要因を推察することはできなかった。

今回の *P. verruculosa* 赤潮発生時に、山川湾の24時間湾内調査や日周鉛直分布調査を初めて実施し、本種の日中だけでなく夜間の水平的及び鉛直的な分布状況を把握することができた。すなわち山川湾における *P. verruculosa* については、低水温域で増殖しやすいという特性を再認識するとともに、1日を通じて表層から5m層に分布し、他の有害プランクトンと比べて表層性が高い、または分布が水温に影響されやすいことが分かった。そのため、最低水温期である1～2月は、*P. verruculosa* が赤潮を形成する可能性が高いため、山川湾では最低水温期の前から本種のモニタリングを徹底する必要がある。前述のように、地元の山川町漁協は顕微鏡を整備し、養殖業者とともに *P. verruculosa* を含めた有害プランクトンのモニタリング体制を構築しており、山川湾の有害プランクトン発生状況を定期的に監視している。冬季は表層水温が低いことを考えると、表層水を採水して検鏡すれば、*P. verruculosa* の発生状況を概ね把握することができると考えられる。表層海水はバケツで採水でき、専用の採水器は必要ないので、*P. verruculosa* 赤潮を監視する労力等が軽減される。現在の監視体制を維持し、モニタリングを継続することで赤潮の前兆を速やかに把握し、赤潮発生の恐れがある時は、餌止め、生簀避難等の対策を有効に講じることができると考えられる。

また、*P. verruculosa* 赤潮の終息要因については、

2012年2月の*P. verruculosa*赤潮の際も,今回と同様に赤潮が終息した直接の要因を推察することができず³⁾,他の要因が影響した可能性がある。今後は山川湾の水質等の漁場環境だけでなく,プランクトン組成等をより詳しく把握する必要があると考えられる。

謝 辞

本調査にご協力いただいた山川町漁協の職員の方々,本調査のために昼夜を問わず漁船を提供いただいた山川町漁協所属の養殖業者の方々,山川湾の風向,風速の観測データを提供いただいた第十管区海上保安本部鹿児島海上保安部指宿海上保安署の方々に感謝申し上げます。

文 献

- 1) 松本紀男,吉松定昭,香川哲,本田恵二,宮川昌志,一色正.平成元年の赤潮発生状況.香川県赤潮研究所年報 1990; 3-10.
- 2) 馬場俊典,桃山和夫,平岡美登里.徳山市戸田地先で発生した有害赤潮プランクトンについて(短報).山口県内海水産試験場報告 1995; 24: 121-122.
- 3) 折田和三,西広海,田原義雄,徳永成光,中村章彦.2012年2月山川湾で発生した有害ディクチオカ藻*Pseudochattonella verruculosa*赤潮の発生状況とブリに与える影響.鹿児島県水産技術開発センター研究報告 2013; 4: 17-23.
- 4) 山本千裕,田中義興.福岡湾で発生した2種類の有害赤潮プランクトンについて(短報).福岡県水産試験場研究報告 1990; 16: 43-44.
- 5) 山口峰生.生理学的特性に基づく新型赤潮プランクトン優占化機構の解明.渦鞭毛藻・ラフィド藻等による新型赤潮の発生機構と出現予測技術の開発に関する研究(5ヶ年の研究報告書) 1999; 7-20.
- 6) 本田恵二,吉松定昭.*Pseudochattonella verruculosa*(Y.Hara et Chihara) Tanabe, Hosoi, Honda, Fukaya, Inagaki et Sakoの増殖に及ぼす水温,塩分,光強度の影響.香川県赤潮研究所研究報告 2009; 7: 1-8.
- 7) 山口峰生,今井一郎,本城凡人.有害赤潮ラフィド藻*Chattonella antiqua*と*Chattonella marina*の増殖速度に及ぼす水温,塩分及び光強度の影響.日本水産学会誌 1991; 57(7): 1277-1284.
- 8) 山口峰生,本城凡人.有害赤潮渦鞭毛藻類*Gymnodinium nagasakiense*の増殖に及ぼす水温,塩分,光強度の影響.日本水産学会誌 1989; 55(11): 2029-2036.
- 9) Kim D I, Y Matsuyama, S Nagasoe, M Yamaguchi, Y H Yoon, Y Oshima, N Imada and T Honjo: Effects of temperature, salinity and irradiance on the growth of the harmful red tide dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides* Margalef (Dinophyceae). *J. Plankton Res.* 2004; 26(1): 61-66.
- 10) 中村康男.窒素あるいはリン制限下における*Chattonella antiqua*の増殖の動力学.国立公害研究所報告 1985; 80: 73-83.
- 11) 渡辺信・中村康男.赤潮鞭毛藻*Heterosigma akashiwo* Hadaの増殖特性.2.栄養塩の利用.国立公害研究所報告 1984; 63: 59-68.
- 12) 山口峰生.海洋性渦鞭毛藻の増殖に及ぼす栄養塩類構成比の影響.平成4年度栄養塩類構成比変化影響調査報告書 1993; 15-29.
- 13) 山口峰生.海洋性渦鞭毛藻の増殖に及ぼす栄養塩類構成比の影響.平成5年度栄養塩類構成比変化影響調査報告書 1994; 9-17.
- 14) 山口峰生.海洋性渦鞭毛藻の増殖に及ぼす栄養塩類構成比の影響.平成5年度栄養塩類構成比変化影響調査報告書 1995; 19-29.
- 15) 西広海,田原義雄,徳永成光,久保満,吉満敏,中村章彦.2009年及び2010年に八代海で発生した*Chattonella antiqua*赤潮.鹿児島県水産技術開発センター研究報告 2011; 3: 5-20.
- 16) Park J G, M K Jeong, J A Lee, K J Cho and O S Kwon. Diurnal vertical migration of a harmful dinoflagellate, *Cochlodinium polykrikoides* (Dinophyceae), during a red tide in coastal waters of Namhae Island, Korea. *Phycologia* 2001; 40:292-297.

資料 スジアラの資源生態, 種苗生産・養殖技術に関する文献集

今吉雄二・宍道弘敏

スジアラ *Plectropomus leopardus* は, 南日本~インド洋^{1, 2)}, 西部太平洋, 西オーストラリアのサンゴ礁外縁³⁾に生息するハタ科スジアラ属の魚類である。鹿児島県海域では奄美, 種子島, 屋久島, 甌島等で漁獲対象とされている。奄美海域では“赤仁”, “ハージン”, “アカズミ”等と呼ばれ, 市場では平均単価 2,000 ~ 3,000 円/kg と高値で取引される, 最も重要な沿岸漁業対象種の一つである。

本県ではこれまで, 奄美海域における栽培漁業対象魚種として本種を選定し, 1996 年から親魚養成技術開発に, 2002 年から自前で採卵した受精卵を用いた種苗生産技術開発に着手し, 2007 年以降, 全長 80mm サイズを年間数万尾程度生産できるレベルにまで技術が確立され, 毎年奄美海域の数カ所において種苗放流を実施してきている。

しかしながら, 奄美海域における本種の漁獲量は 1997 年頃の約 10 トンから直近では約 5 ~ 6 トンと減少傾向にあり, 栽培漁業施策のみでは漁獲量の減少に歯止めを掛けることができていない状況となっている。一方漁業者の高齢化, 燃油の高騰等, 奄美海域の漁業を取り巻く環境は一層厳しさを増しており, さらには化石燃料の消費節減, 温室効果ガスの排出抑制といった社会的要請への対応の面からも, 沿岸資源の重要性は増してきている。

このような背景から, 本県では, スジアラの天然資源の適切な資源管理方を検討するために必要な基礎知見を得るため, 2014 年度から奄美群島振興開発事業(沿岸域資源利用開発調査)において, 資源生態調査に取り組むこととなった。これにより, スジアラ資源の維持・回復に向けて, これまでの栽培漁業施策による積極的な資源造成と, 資源管理施策による適切な資源利用方策の導入による相乗効果が期待される。

本稿では, 今後の基礎生態研究を効率的かつ円滑に進めるため, 既存の知見を収集し, 文献集として整理する。併せて, 種苗生産・養殖技術に関する文献も収集し, 整理した。

【文献】

- 河野 博, 坂本一男, 細谷和海編)北隆館, 東京. 2005; 488 .
- 1) 片山正夫. スジアラ「日本産魚類大図鑑」(益田一, 尼岡邦夫, 荒賀忠一, 上野輝彌, 吉野哲夫編)東海大学出版会, 東京. 1984; 124 .
- 2) スジアラ「新訂 原色魚類大図鑑」(多紀保彦, 3) 瀬能 宏. スジアラ「日本産 魚類検索 全種の同定 第二版」(中坊徹次編)東海大学出版会, 東京. 2000; 708 .

以下の一覧は, 平成 28 年 2 月までに著者が入手した文献のみを掲載した(一部は要旨のみ入手)。
 以下の一覧は, 著者のアルファベット順, 年順とした。

著者	年	タイトル	出典	キーワード
Adams S., B. D. Mapstone, G. R. Russ, C. R. Davies	2000	Geographic variation in the sex ratio, sex specific size, and age structure of <i>Plectropomus leopardus</i> (Serranidae) between reefs open and closed to fishing on the Great Barrier Reef (グレートバリアリーフの保護区, 非保護区間におけるスジアラの性比, 性別サイズ, 年齢組成の地理的変異性)	Canadian Journal of fisheries and aquatic science 57, 1448-1458	スジアラ, グレートバリアリーフ, 保護区, 資源管理, 効果, 性比, 年齢組成, 性別サイズ
秋田雄一, 太田格, 海老沢明彦	2011	八重山海域における主要沿岸性魚類の漁獲状況Ⅲ(八重山海域資源管理型漁業推進調査)	平成22年度沖縄水研七事報, 17-24	スジアラ, 漁法別漁獲量, 漁獲尾数, 資源管理

著者	年	タイトル	出典	キーワード
秋田雄一，太田格，海老沢明彦	2011	八重山海域産主要沿岸性魚類の体長組成	平成22年度沖縄水研七事報.25-40	スジアラ，魚種別体長組成，資源管理
Bergenius M. A. J.	2007	Stock structure of a coral reef fish, <i>Plectropomus leopardus</i> : identification and implications for harvest strategy evaluation (スジアラの資源構造～漁獲戦略の評価に関する判別と関連～)	PhD thesis, James Cook University, 165 pp	スジアラ，グレートバリアリーフ，耳石化学成分，耳石形態，生活史パラメータ，資源構造，漁獲戦略，資源管理
Carter A. B., A. J. Williams, G. R. Russ	2009	Increased accuracy of batch fecundity estimates using oocyte stage ratios in <i>Plectropomus leopardus</i> (卵母細胞の発達段階比を用いることによるスジアラのバッチ産卵数の推定精度向上)	Journal of fish biology 75: 716-722	スジアラ，バッチ産卵数，卵母細胞
Carter A. B., Campbell R. Davies, Bruce D. Mapstone, Garry R. Russ, Andrew J. Tobin, Ashley J. Williams	2014	Effect of region, demography, and protection from fishing on batch fecundity of common coral trout (<i>Plectropomus leopardus</i>) (スジアラのバッチ産卵数に及ぼす地域，個体群統計，及び海洋保護区の影響)	Coral Reefs, 33(3), 751-763	スジアラ，グレートバリアリーフ，バッチ産卵数，保護区-非保護区間比較，地域間差，再生産
Carter A. B., G. R. Russ, A. J. Tobin, A. J. Williams, C. R. Davies, B. D. Mapstone	2014	Spatial variation in the effects of size and age on reproductive dynamics of common coral trout <i>Plectropomus leopardus</i> (スジアラの再生産ダイナミクスに対するサイズと年齢の影響の空間変動)	Journal of fish biology 84: 1074-1098	スジアラ，グレートバリアリーフ，再生産，空間変動，年齢，体サイズ
Doherty P. J., A. J. Fowler, M. A. Samoily, D. A. Harris	1994	Monitoring the replenishment of coral trout (Pisces: Serranidae) populations (スジアラ稚仔魚発生量のモニタリング)	Bulletin of Marine Science 54: 343-355	スジアラ，グレートバリアリーフ，再生産，新規加入量，稚仔魚，産卵周期
Ebisawa Akihiko	2013	Life history trait of leopard coral grouper <i>Plectropomus leopardus</i> in the Okinawa Island, southwestern Japan (沖縄産スジアラの生活史の特徴)	Fisheries science, 79, 911-921	スジアラ，沖縄，生殖腺，性転換，耳石，成長，月齢サイクル，産卵数，年齢，産卵期，性比，成熟年齢，50%成熟年齢
海老沢明彦，金城清昭	2002	“電灯潜り”の資源管理(複合的資源管理型漁業推進調査)	平成12年度沖縄水試事報.106-115	スジアラ，シロクラベラ，ナンヨウブダイ，ヒブダイ，成長式，年齢組成，年齢別性比，年齢別雌成熟率，年齢別漁獲尾数，漁法別体長組成，漁場別体長組成，漁法別年齢組成，シミュレーション，漁獲量予測，資源管理
海老沢明彦，中村博幸	2010	2008年と2009年に金武湾・中城湾で漁獲された主要沿岸魚の漁業種別体長組成	平成21年度沖縄水研七事報.15-22	スジアラ，シロクラベラ，ハマフエフキ，ヒブダイ，漁法別体長組成，資源管理
海老沢明彦	1997	スジアラの資源生態調査(水産生物生態調査)	平成7年度沖縄水試事報.78-80	スジアラ，GSI，漁場別体長組成，胃内容物
海老沢明彦	1998	スジアラの資源生態調査(水産生物生態調査)	平成8年度沖縄水試事報.37-40	スジアラ，GSI，漁場別体長組成，胃内容物

著者	年	タイトル	出典	キーワード
海老沢明彦	1999	スジアラの資源生態調査(水産生物生態調査)	平成9年度沖縄水試事報,33-38	スジアラ, GSI, 成熟, 性転換, 漁場別体長組成, 胃内容物, 体長-体重関係
海老沢明彦	2000	スジアラの資源生態調査	平成10年度沖縄水試事報,73-80	スジアラ, 成長式, 性転換, 年齢別性比, 漁場別体長組成, 胃内容物, 体長-体重関係
海老沢明彦	2001	琉球列島におけるスジアラの資源状態(水産資源調査)	平成11年度沖縄水試事報,36-41	スジアラ, 成長式, 性転換, 年齢別性比, 年齢別雌成熟率, 年齢別漁獲尾数, 漁場別体長組成, CPUE, シミュレーション, 漁獲量予測, 資源管理
海老沢明彦	2005	八重山海域におけるスジアラ等潜水器漁業主要漁獲対象種の資源動向(資源管理型漁業推進調査)	平成15年度沖縄水試事報,	スジアラ, 年齢組成, 年齢別性比, 年齢別雌成熟率, 年齢別漁獲尾数, 漁法別体長組成, コホート解析, 資源量推定, シミュレーション, 漁獲量予測, 資源管理
海老沢明彦	2006	八重山海域の漁獲物の市場別取扱量(電灯潜りの資源管理型漁業推進調査-I)	平成16年度沖縄水試事報,83-87	スジアラ, 市場別取扱量
海老沢明彦	2006	八重山海域の漁獲量の修正(電灯潜りの資源管理型漁業推進調査-II)	平成16年度沖縄水試事報,88-94	スジアラ, 漁獲量
海老沢明彦	2007	北部海域におけるスジアラ(赤仁)の資源量推移(資源管理型漁業推進調査)	平成18年度沖縄水研七事報,98-103	スジアラ, 資源量指数, 漁法別体長組成, 漁獲量, 年齢別漁獲尾数, 資源尾数, 算出卵数指数, 加入尾数, CPUE
Ferreira B. P.	1995	Reproduction of the common coral trout <i>Plectropomus leopardus</i> (Serranidae: Epinephelinae) from the central and northern Great Barrier Reef, Australia (中北部グレートバリアリーフにおけるスジアラの再生産)	Bulletin of Marine Science 56: 653-669	スジアラ, グレートバリアリーフ, 再生産
Ferreira B. P., Russ G. R.	1994	Age validation and estimation of growth rate of the coral trout, <i>Plectropomus leopardus</i> , (Lacepede 1802) from Lizard Island, Northern Great Barrier Reef(北部グレートバリアリーフ, リザード島産スジアラの年齢査定と成長率の推定)	Fishery Bulletin,92(1),46-57	スジアラ, 年齢査定, 耳石, グレートバリアリーフ
Ferreira B. P., G. R. Russ	1995	Population structure of the leopard coral grouper, <i>Plectropomus leopardus</i> , on fished and unfished reefs off Townsville, Central Great Barrier Reef, Australia (グレートバリアリーフの保護区, 非保護区におけるスジアラの集団構造)	Fishery Bulletin, 93, 629-642	スジアラ, グレートバリアリーフ, 集団構造, 海洋保護区, 非保護区
Frisch A. J., M. I. McCormick, M. W. Pankhurst	2007	Reproductive periodicity and steroid hormone profiles in the sex-changing coral-reef fish, <i>Plectropomus leopardus</i> (スジアラの再生産周期と性転換中のステロイドホルモンの状態)	Coral Reefs 26: 189-197	スジアラ, グレートバリアリーフ, 再生産周期, ステロイドホルモン, GSI

著者	年	タイトル	出典	キーワード
Frisch A. L. V. Herwerden	2006	Field and experimental studies of hybridization between coral trout, <i>Plectropomus leopardus</i> and <i>Plectropomus marculatus</i> (Serranidae), on the Great Barrier Reef, Australia (グレートバリアリーフにおけるスジアラとスジハタの交雑に関する野外観察及び室内実験)	Journal of Fish Biology, 68, 1013-1025	スジアラ, スジハタ, 交雑, グレートバリアリーフ, 産卵集群, 再生産隔離
Fulton E., Kault D., Mapstone B., Sheaves M.	1999	Spawning season influences on commercial catch rates: computer simulations and <i>Plectropomus leopardus</i> , a case in point (産卵期は商業漁業の漁獲率に影響を与える〜グレートバリアリーフのスジアラへのコンピュータシミュレーションの適例)	Canadian Journal of fisheries and aquatic science 56(6), 1096-1108	スジアラ, グレートバリアリーフ, 産卵期, 禁漁区, 資源管理, 産卵集群, 移動回遊, コンピュータシミュレーション
浜崎活幸, 竹内宏行, 塩澤聡, 照屋和久	2004	サンゴ礁域に放流したスジアラ人工種苗の滞留, 摂餌および被食に及ぼす囲い網による環境馴致効果	日水誌70(1),22-30	スジアラ, 人工種苗, 放流試験, 初期減耗, 滞留率, 摂餌個体率, 被食頻度, 囲い網, 環境馴致, 肥満度, 内臓重量指数
浜崎活幸, 照屋和久, 竹内宏行	2003	スジアラ人工種苗の飢餓耐性と絶食下の捕食量	水産増殖,51(1),65-71	スジアラ, 人工種苗, サイズ別飢餓耐性, 肥満度, 内臓重量指数, 肝臓重量指数, 摂餌量
Harrison H. B., K. A. Feldheim, G. P. Jones, K. Ma, H. Mansour, S. Perumal, D. H. Williamson, M. L. Berumen	2014	Validation of microsatellite multiplexes for parentage analysis and species discrimination in two hybridizing species of coral reef fish (<i>Plectropomus</i> spp., Serranidae) (スジアラとスジハタの交雑種における家系分析と種判別のためのマイクロサテライトDNAマーカーの多重使用の妥当性検証)	Ecology and evolution, 1-12	スジアラ, microsatellite, マイクロサテライトDNAマーカー, 多重使用, 家系分析, 交雑, あいのこ
Kingsford M. J.	1992	Spatial and temporal Variation in predation on reef fishes by coral trout (<i>Plectropomus leopardus</i> , Serranidae) (スジアラによるサンゴ礁性魚類の捕食の時空間変動)	Coral Reefs 11, 193-198	スジアラ, グレートバリアリーフ, 捕食, 時空間変動, 餌生物, 摂餌
Kingsford M. J.	2009	Contrasting patterns of reef utilization and recruitment of coral trout (<i>Plectropomus leopardus</i>) and snapper (<i>Lutjanus caeponotatus</i>) at One Tree Island, southern Great Barrier Reef (南グレートバリアリーフ, ワン・ツリー島におけるスジアラとスナッパーのサンゴ礁利用と加入における対照的な様式)	Coral Reefs 28, 251-264	スジアラ, グレートバリアリーフ, 生息地利用, 個体群統計, 保護区
Light P. R., G. P. Jones	1997	Habitat preference in newly settled coral trout (<i>Plectropomus leopardus</i>) (スジアラ新規着底個体の生息地選択)	Coral reefs 16, 117-126	スジアラ, グレートバリアリーフ, 成長段階別生息地選択
Lou D. C., Mapstone B. D., Russ G. R., Davies C. R., Begg G. A.	2005	Using otolith weight-age relationships to predict age-based metrics of coral reef fish populations at different spatial scales (耳石重量-年齢関係をを用いた異なる空間スケールにおけるスジアラ集団の年齢指標予測)	Fisheries Research, 71(3), 279-294	スジアラ, 耳石重量法, 年齢推定, グレートバリアリーフ
Mamaug S. S., Donaldson T. J., Pratt V. R., McCullough B.	2000	Age and size structure of the leopard coral grouper, <i>Plectropomus leopardus</i> (Serranidae: Epinephelinae), in the live reef fish trade of the Philippines (フィリピンの活魚貿易におけるスジアラの年齢および体長組成)	Proceedings 9th International Coral Reef Symposium, Bali, Indonesia 23-27 October 2000, Vol. 1	スジアラ, 活魚貿易, フィリピン, 年齢査定, 年齢組成, 体長組成, 資源開発, 加入乱獲
Mapstone B. D., Davies C. R., Little L. R., Punt A. E., Smith A. D. M., Pantus F., Lou D. C., Williams A. J., Jones A., Ayling A. M., Russ G. R., McDonald A. D.	2004	The effects of line fishing on the Great Barrier Reef and evaluations of alternative potential management strategies. (グレートバリアリーフにおける釣り漁業の影響と二者択一的な潜在的な管理戦略の評価)	CRC Reef Research Centre Technical Report No. 54, CRC Reef Research Centre, Townsville, 205pp.	スジアラ, グレートバリアリーフ, 釣り漁業, 資源管理

著者	年	タイトル	出典	キーワード
升間主計, 竹内宏行	2001	スジアラ仔魚の3タイプのワムシに対する摂餌選択性	栽培技研, 28(2), 69-72	スジアラ仔魚, 種苗生産技術開発, ワムシ, 摂餌選択性, 成長
Masuma S., Tezuka N., Teruya K.	1993	Embryonic Morphological Development of Larval and Juvenile Coral Trout, <i>Plectropomus leopardus</i> (スジアラの卵発生と仔稚魚の形態)	魚類学雑誌, 40(3), 333-342	スジアラ, 卵発生, ふ化仔魚, 稚魚, 形態変化, 行動変化
Mori K., Yamamoto K., Teruya K., Shiozawa S., Yoseda K., Sugaya T., Shirakashi S., Itoh N., Ogawa K.	2007	Endoparasitic Dinoflagellate of the Genus <i>Ichthyodinium</i> Infecting Fertilized Eggs and Hatched Larvae Observed in the Seed Production of Leopard Coral Grouper <i>Plectropomus leopardus</i> (種苗生産過程のスジアラ受精卵およびふ化仔魚に認められた <i>Ichthyodinium</i> 属原虫感染症)	魚病研究, 42(1), 49-57	スジアラ, 卵内寄生虫, 大量斃死, 肉質鞭毛虫類
Nardi K., Jones G. P., Moran M. J., Chen Y. W.	2004	Contrasting effects of marine protected areas on the abundance of two exploited reef fishes at the sub-tropical Houtman Abrolhos islands, Western Australia (西オーストラリア Houtman Abrolhos 諸島における重要サンゴ礁性魚類2種の出現量に対する海洋保護区の対照的な効果)	Environmental Conservation, 31(2): 160-168.	スジアラ, 西オーストラリア, 保護区,
太田格	2007	八重山海域における主要沿岸性魚類の漁獲状況 (八重山海域資源管理型漁業推進調査)	平成18年度沖縄水研七事報, 189-196	スジアラ, 漁法別漁獲量, 資源管理
太田格	2008	八重山海域における主要沿岸性魚類の漁獲状況 II (八重山海域資源管理型漁業推進調査)	平成19年度沖縄水研七事報, 95-102	スジアラ, 漁法別漁獲量, 資源管理
Punt A. E., A. D. E. Smith, A. J. Davidson, B. D. Mapstone, C. R. Davies	2001	Evaluating the scientific benefits of spatially explicit experimental manipulations of common coral trout, <i>Plectropomus leopardus</i> , populations on the Great Barrier Reef, Australia. (グレートバリアリーフのスジアラ資源における, 空間的に明白な実験的操作の科学的有益性評価)	Alaska Sea Grant College Program, University of Alaska, Anchorage, Lowell Wakefield Fisheries Symposium, Fairbanks, Alaska 67-103	スジアラ, グレートバリアリーフ, シミュレーション
Russ G. R., D. C. Lou, B. P. Ferreira	1995	A long-term study on population structure of the coral trout <i>Plectropomus leopardus</i> on reefs open and closed to fishing in the central Great Barrier Reef (中部グレートバリアリーフの保護区, 非保護区におけるスジアラ集団構造の長期的研究)	CRC Reef Research Centre Technical Report 3 pp30	スジアラ, グレートバリアリーフ, 集団構造, 資源管理, 保護区
Russ G. R., D. C. Lou, B. P. Ferreira	1996	Temporal tracking of a strong cohort in the population of a coral reef fish, the coral trout, (<i>Plectropomus leopardus</i>) Serranidae: Epinephelinae, in the central Great Barrier Reef, Australia (中部グレートバリアリーフのスジアラ集団における卓越年級群の時系列追跡)	Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 53(12), 2745-2751	スジアラ, 卓越年級群, グレートバリアリーフ, 漁獲加入年齢
Russel M. and Rachel Pears (edi.)	2007	Management and Science of Fish Spawning Aggregations in the Great Barrier Reef Marine Park (グレートバリアリーフ海洋公園における魚類産卵集群の管理と科学)	Workshop Summary, 1-14	スジアラ, 産卵集群, グレートバリアリーフ
Samoilys M. A.	1997	Periodicity of spawning aggregations of coral trout <i>Plectropomus leopardus</i> (Pisces: Serranidae) on the northern Great Barrier Reef (北部グレートバリアリーフにおけるスジアラの産卵集群行動の周期性)	Marine ecology progress series, 160, 149-159	スジアラ, グレートバリアリーフ, 産卵集群行動, 周期性

著者	年	タイトル	出典	キーワード
Samoilys M. A.	1997	Movement in a large predatory fish: coral trout, <i>Plectropomus leopardus</i> (Pisces: Serranidae), on Heron Reef, Australia (ヘロン礁における大型肉食性魚類スジアラの移動)	Coral Reefs, 16, 151-158	スジアラ, 移動, 行動観察, 標識放流, 水中観察, グレートバリアリーフ, 行動範囲
Samoilys M. A.	2000	Reproductive dynamics of an exploited serranid on the Great Barrier Reef. (グレートバリアリーフにおいて利用されているあるスズキ科魚類の再生産ダイナミクス)	PhD thesis, James Cook University, 106 pp + Appendix.	スジアラ, グレートバリアリーフ, 再生産ダイナミクス, 産卵行動, 集群, 交配, 性比, 時空間パターン, バッチ産卵数
Samoilys M. A., L. C. Squire	1994	Preliminary Observations on the Spawning Behavior of Coral Trout, <i>Plectropomus Leopardus</i> (Pisces: Serranidae), on the Great Barrier Reef (グレートバリアリーフにおけるスジアラの産卵行動の予備的観察)	Bulletin of Marine Science, 54(1), 332-342	スジアラ, グレートバリアリーフ, 産卵集群行動, 観察, 水中観察
SCRFA	2013	Leopard coral grouper	SCRFA HP	スジアラ, 生態, 分布, 漁業, 資源管理, 活魚貿易, 総説
清水弘文, 林原毅, 玉城泉也, 佐野元彦, 皆川恵, 福岡弘紀	2001	亜熱帯域ハタ類の資源培養のための育成場複合造成技術の開発	平成14年度水産基盤整備調査委託事業報告書, 130-144	スジアラ, ヤイトハタ, 育成場, 種苗放流, 栽培漁業, 環境馴致, 摂餌, ミドリインサンゴ, 海藻藻場, 捕食魚
塩澤聡	2000	Ⅲ-3種苗生産技術の開発.K新しい栽培種として期待される魚種.5はた類(1)スジアラ	日本栽培漁業協会事業年報(平成10年度),191-193	スジアラ, 初期減耗
塩澤聡	2001	Ⅲ-3種苗生産技術の開発.K新しい栽培種として期待される魚種.5はた類(1)スジアラ	日本栽培漁業協会事業年報(平成11年度),171-176	スジアラ, 初期減耗, 適正摂餌条件
St John J.	1999	Ontogenetic changes in the diet of the coral reef grouper <i>Plectropomus leopardus</i> (Serranidae): patterns in taxa, size and habitat of prey (スジアラの餌生物における個体発生の変化~餌生物の分類群, サイズ, 生息地のパターン~)	Marine ecology progress series 180, 233-246	スジアラ, グレートバリアリーフ, 体サイズ別餌選択, 摂餌生態学, 餌料分析
St John J.	1995	Feeding ecology of the coral trout, <i>Plectropomus leopardus</i> (Serranidae), on the Great Barrier Reef, Australia. (グレートバリアリーフのスジアラの捕食生態)	PhD thesis, James Cook University, 277pp.	スジアラ, グレートバリアリーフ, 餌料生物, 捕食, 摂餌行動, 地域間差, 季節間差,
Suwirya K.	2005	Spawning and larval rearing of coral trout at Gondol (インドネシア, バリ島のゴンドールにおけるスジアラの産卵と仔魚の飼育)	SPC Live Reef Fish Information Bulletin, 13: 45	スジアラ, バリ島, 産卵, 種苗生産
武部孝行, 小林真人, 浅見公雄, 佐藤琢, 平井慈恵, 奥澤公一, 阪倉良孝	2011	スジアラ仔魚の沈降死とその防除方法を取り入れた種苗量産試験	水産技術,3(2),107-114	スジアラ, 種苗量産技術開発, 沈降死, 生残率向上

著者	年	タイトル	出典	キーワード
照屋和久, 浜崎活幸, 皆川恵, 竹内宏行, 林原毅, 佐野元彦, 玉城泉也	2003	石垣島浦底湾のサンゴ礁域に放流したスジアラ人工種苗の滞留, 摂餌および被食	水産増殖, 51(2), 151-156	スジアラ, 人工種苗, 放流試験, 初期減耗, 滞留率, 摂餌個体率, 被食
照屋和久, 浜崎活幸, 竹内宏行	2003	スジアラ人工種苗の口径と捕食したデバスズメダイの最大体サイズの関係	水産増殖, 51(1), 35-40	スジアラ, 人工種苗, 捕食試験, 口径, 餌サイズ
照屋和久, 升間主計, 本藤靖	1992	水槽内でのスジアラの産卵及び産卵行動	栽培技研, 21(1), 15-20	スジアラ, 産卵行動, 産卵周期, 月齢
照屋和久	1998	Ⅲ-3種苗生産技術の開発.K新しい栽培種として期待される魚種5はた類(1)スジアラ	日本栽培漁業協会事業年報(平成8年度), 174-176	スジアラ, 初期生残, 飼育適期
照屋和久	1999	Ⅲ-3種苗生産技術の開発.K新しい栽培種として期待される魚種5はた類(1)スジアラ	日本栽培漁業協会事業年報(平成9年度), 184-186	スジアラ, 初期生残
Wen C. K. C., Morgan S. Pratchett, Glenn R. Almany, Geoffrey P. Jones	2013	Role of prey availability in microhabitat preferences of juvenile coral trout (<i>Plectropomus</i> : Serranidae) (スジアラ属魚類(スジハタ)稚魚のマイクロハビタット選択に及ぼす餌の捕らえやすさの役割)	Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 443, 39-45	スジアラ属魚類, スジハタ, マイクロハビタット選択, 捕食-被捕食関係, 餌選択, 再生産
Williams A. J., Gavin A. Begg, L. Richard Little, Leanne M. Currey, Aaron C. Ballagh, Cameron D. Murchie	2007	Evaluation of the eastern Torres Strait reef line fishery (トーレス海峡東部におけるサンゴ礁性一本釣り漁業の評価)	James Cook University Fishing and Fisheries Research Centre Technical Report No.1, 1-157	スジアラ, トーレス海峡, クイーンズランド, サンゴ礁性一本釣り漁業, スジアラ属魚類, サラサハタ, サンゴ礁性魚類, 漁獲量, 漁獲努力量, 漁業管理, 資源管理手法評価
Williams A. J., Leanne M. Currey, Gavin A. Begg, Cameron D. Murchie, Aaron C. Ballagh	2008	Population biology of coral trout species in eastern Torres Strait: Implications for fishery management (トーレス海峡東部におけるスジアラ類の集団生態学~漁業管理との関連~)	Continental Shelf Research, 28, 2129-2142	スジアラ, スジハタ, オオアオメア, コクハンア, 成熟, 産卵, 年齢, 成長, 性比, 性転換, 自然死亡係数, 資源管理, トーレス海峡
山本和久, 與世田兼三	2005	飼育条件下におけるスジアラの産卵生態について	栽培漁業センター技報, 4, 9-13	スジアラ, 水槽内自然産卵, 水温, 産卵誘発行動, なわばり
與世田兼三, 浅見公雄, 福本麻衣子, 高井良幸, 黒川優子, 川合真一郎	2003	サイズの異なる2タイプのワムシがスジアラ仔魚の初期摂餌と初期生残に及ぼす影響	水産増殖, 51(1), 101-108	スジアラ仔魚, 種苗生産技術開発, ワムシ, 初期摂餌率, 初期生残率
與世田兼三, 團重樹, 藤井あや, 黒川優子, 川合真一郎	2003	異なった日周条件がスジアラ仔魚の初期摂餌, 初期生残および消化酵素活性に及ぼす影響	水産増殖, 51(2), 179-188	スジアラ仔魚, 種苗生産技術開発, 初期摂餌率, 初期生残率, 消化酵素活性, トリプシン活性

著者	年	タイトル	出典	キーワード
與世田兼三, 照屋和久, 山本和久, 浅見公雄	2006	異なる水温と初回摂餌の遅れがスジアラ仔魚の摂餌, 成長, 及び生残に及ぼす影響	水産増殖, 54(1), 43-50	スジアラ仔魚, 種苗生産技術開発, 初期摂餌率, 初期生残率, 絶食耐性, 水温
與世田兼三	2008	ハタ類3種(ヤイトハタ <i>Epinephelus malabaricus</i> , キジハタ <i>Epinephelus akaara</i> , スジアラ <i>Plectropomus leopardus</i>)の初期減耗要因の解明に関する研究	水研センター研報, 23, 91-144	スジアラ, ヤイトハタ, キジハタ, 種苗生産, 初期減耗
Zeller D. C.	1998	Spawning aggregations: Patterns of movement of the coral grouper <i>Plectropomus leopardus</i> (Serranidae) as determined by ultrasonic telemetry (産卵集群～超音波テレメトリーにより決定されたスジアラの移動パターン)	Marine Ecology Progress Series 162:253-263	スジアラ, 超音波テレメトリー, 産卵集群, 移動パターン, 漁業管理, 資源評価, 交配様式, リザード島, グレートバリアリーフ
Zeller D. C.	1997	Home range and activity patterns of the coral trout <i>Plectropomus leopardus</i> (Serranidae) (スジアラの行動範囲と行動パターン)	Marine Ecology Progress Series, 154, 65-77	スジアラ, 行動パターン, 漁業管理, 行動範囲, 超音波テレメトリー, リザード島, グレートバリアリーフ
Zeller D. C. and G. R. Russ	2000	Population estimates and size structure of <i>Plectropomus leopardus</i> (Pisces:Serranidae) in relation to no-fishing zones: mark-release-resighting and underwater visual census (標識放流及び目視観察による漁獲制限海域に関連したスジアラの集団サイズ推定とサイズ構造)	Marine and Freshwater Research, 51: 221-228	スジアラ, 集団サイズ推定, 海洋保護区, 目視観察, リザード島, グレートバリアリーフ

資料 海外のサイトで紹介されているスジアラの資源生態等に関する総説の紹介

穴道弘敏

本県が奄美群島振興開発事業（沿岸域資源利用開発調査）において、平成 27 年度よりスジアラ *Plectropomus leopardus* の資源生態について研究を開始するにあたり、先行研究例を検索したところ、海外のサイトにおいて SCRFA (Science and Conservation of Fish Aggregation) のウェブページを発見した。本ウェブページでは、産卵集群を行う様々な魚種の生態と保全に関する知見を収集し、魚種ごとに総説形式で紹介している。

スジアラも、産卵集群を行う魚種の一つであり、本ウェブページで取り上げられている。本文は英語で書かれているが、基礎生態や漁業実態、保全の必要性と諸外国における資源管理の取り組み等、本県が奄美海域で本種の資源生態に関する研究や資源管理方策の検討を行ううえで参考となる貴重な知見が紹介されている。

そこで、本ウェブページの事務局の了解を得て、ここに、本ウェブページの本文及び参考文献と、本文の和訳を掲載する。

本資料が、奄美地区のスジアラ資源の維持・回復と関係漁業者の漁業経営安定化に資することを祈念する。

本資料の取りまとめに対し、格別のご理解を賜り、ご快諾頂いた、SCRFA CEO の Martin Russell 氏をはじめ、SCRFA 関係者諸氏に心より感謝申し上げます。

SCRFA ウェブページ本文和訳

【解説と分布】

Coral Trout あるいは Leopard Coral Grouper の名で知られるスジアラは、西太平洋の赤道を挟んで北は南日本から南はオーストラリアの南クイーンズランド、西はインドネシアのロンボク島西部から西オーストラリア、東はカロリン諸島からフィジーまでの、水深 3-100m に生息している。スジアラは IUCN (国際自然保護連合) のレッドリストに、“絶滅の恐れのある種”として記載されている(2004)。スジアラは、中型で昼行性のハタ類で、水中で容易に観察できる。それゆえ、ほこ突き漁業の漁獲圧に晒され易いが、正確な潜水目視調査によって種々の分析が可能である。スジアラの寿命は 14-19 歳で、最大尾叉長は雌で 63.0cm、雄で 74.6cm である。(4,5,8,11,12,24,30)

【生息適地】

スジアラの仔魚は浮遊性である。稚魚はサンゴ礁の内側の浅海域の底層、特に瓦礫周辺に生息する。これに対し成魚はサンゴ礁の中に生息している。(2,11,25)

【生活史】

スジアラは最初の 2-3 年は成長が早く、成熟も相対的に早い。稚魚の餌料は主に底生性の甲殻類によって構成される。しかし、これは成熟前には魚食性にシフトする。稚魚の加入は潮流のパターンや地形によって輸送が大きく左右されるようである。スジアラは雌性先熟の雌雄同体で、まず雌として成熟し、その後 7 歳頃に雄に性転換する。産卵時の性比(雌:雄)は 0.9-5.5 の範囲で、場所や保護区に設定されている海域かどうかなどによって大きく変動する。(1,2,3,8,12,25,28)

産卵様式は、他の同じくらいのサイズのハタ科魚類に比べて複雑で、柔軟な再生産戦略を有する。他のハタ科魚類に比べ少なくとも 2 倍程度と考えられる高い産卵頻度と繁殖力は、同科内では相対的に出現量が多いこと及び恐らく漁獲圧に強いと考えられる要因かも知れない。

【産卵集群】

北部グレートバリアリーフ(GBR)では、スジアラは、毎年同じ場所で、時空間的に予測可能な明瞭な産卵集群を形成する。集群は、オーストラリアの

春から初夏の約 3 ヶ月あまりの間に、新月前後の 5 日間に形成される。集群の中で雄と雌がペアになって産卵するのは日没時の 30 分間に限られる。しかしながら、集群産卵に参加する個体は全体のわずか 20 %程度のものである。また、全ての産卵のうちの 50 %くらいは、新月から上弦の月の間（月齢 1-7）にみられるものを含め、集群せずに行われる。（3,9,10,20,27）

【漁業】

サンゴ礁性のハタ科のグループは主たる 3 種（スジアラ、コクハンアラ、スジハタ）と 4 つの小型種によって構成され、オーストラリア、とりわけ GBR における、主たる商業漁業対象魚種である。水揚仕切書ではスジアラ属の種判別はなされていない。しかし、独立した調査では、スジアラ属を対象とした商業漁業による漁獲の 80 %はスジアラによって構成されていることが示されている。スジアラはまた、GBR で最も多いスジアラ属魚類である。（10）

水揚データは、GBR におけるスジアラ属の漁獲量と漁獲努力量の有意な増加を示している。2000 年の商業漁獲は 15.5 百万豪 \$ の価値があった。スジアラはまた、GBR において、マイボートや遊漁船業などによる遊漁によっても釣獲される。スジアラはまた、西オーストラリアのハウトマン・アルプロルホス諸島においても、商業漁業と遊漁によって漁獲される。西オーストラリアでは、漁獲サイズ制限や、レクリエーションルバグによる釣獲量制限、保護区設定などによって漁業管理がなされており、過剰利用しないようにしている。スジアラ属狙いの熟練した漁師達による漁業は、フィジーやパプア・ニューギニア、ニューカレドニア、その他東南アジアなど、それらの発祥地である太平洋の島嶼域に存在する。（15,25）

1990 年代中頃、スジアラの活魚貿易が、まず香港向けに始まり、オーストラリアとフィリピンで発達し、商業漁獲の中で活魚の割合は約 25 %にまで増加した。1998 年までに、ついに活魚の単価は丸やフィレの 8 倍にまで上昇した。スジアラの活魚輸出は、インドネシアやフィリピンなどを主体としたアジア・太平洋地域において有意な商業漁業となった。香港への輸入は、他国からの輸出が減少する中、オーストラリアやフィリピンからの輸出が増加しており、1999 年から 2002 年までに 58 %増加した。香港の活魚市場におけるスジアラの大半は繁殖サイズ以上で

あるものの、稚魚の採集や飼育が特にフィリピンで行われている。（11）

オーストラリアにおける商業漁業はシンプルな針と糸を用いる。一般的には、冷凍のイワシ類を餌として針に掛け、小型の付随船で漁獲し母船に揚げる。遊漁では手釣り、竿釣り、水中銃を用いる。母船は大型の冷凍庫を装備しており、だいたい 3-4 週間は滞在する。フィジーやニューカレドニアの熟練漁師は、手釣り、水中銃によりスジアラを漁獲し、付随的にカゴや網を用いる。一部は活魚輸出向けに活かしておく。フィリピンでは、手釣りの他、青酸化物質溶液（毒漁法）により漁獲される。

スジアラは高価で需要性の高いハタ科魚類である。約 2,000t のスジアラが、オーストラリアやインドネシア、マレーシア、ベトナム、フィリピンなどから、本種の主たる貿易拠点である香港に輸入されている。2002 年における本種の、香港及び中国本国における小売価格は、50-70 米 \$ /kg の範囲である。（19）

【養殖】

スジアラは、アジア・太平洋地域において人気の高い養殖（自然界からの親魚採集、人工ふ化の技術を応用した種苗生産、種苗を出荷サイズまで育て上げる養殖業）の候補種である。（17,29）

【脅威】

GBR におけるスジアラの産卵集群を狙った漁業に関する明確な証拠はない。しかしながら、スジアラが集群のために回遊する際、漁業者にとって操業困難な生息地（サンゴ礁内）から一般的に操業し易い場所へ移動するために漁獲されやすさが上昇する潜在的可能性について、シミュレーションによる検証が行われている。GBR のケアンズ地方のある産卵集群の崩壊と回復、及びさらなる崩壊は、漁業者がこの場所を標的にしたことが原因であると結論付けられた。集群場所は見付かり易いので漁業者に攻撃され易いが、相対的に小規模で、リーフあたりに数カ所しかないことから、他のハタ類に比べて攻撃され易さは下がるようだ。漁業者が意図せずに産卵集群を狙ってしまう事例がトーレス海峡から報告されている。（13,14,30,32）

集群を狙った漁業は、アジア・太平洋地域において、アジア向けの活魚貿易に関連して知られている。スジアラの集群を狙った操業がどの程度あるのかは知られていない。しかしながら、インドネシアにお

ける活ハタ類を狙った集群漁業は、深刻な漁獲量減少を経験するほど規模が大きくなり、またこれらにはスジアラが含まれているらしい。アジア・太平洋地域における多くの研究や保全活動はオオアオノメアラに焦点を当てたものであり、オーストラリアを除いて、スジアラに関する知見や議論は少ない。

フィリピンでは、成熟前の多くの魚を網生け簀に入れ、商業サイズまで飼育している。この取り組みは、注意深く管理しないと、加入乱獲や成長乱獲を引き起こす可能性がある。(19)

【保全と管理】

資源の保全や管理の取り組みは、ほとんどオーストラリアでしか見られない。例えば、クイーンズランドにおける商業漁業では参入がライセンス制で制限されており、なおかつ漁具の規制と尾叉長 36cm の漁獲サイズ規制がなされている。この規制サイズは、加入初期の 3 年間、すなわち最も成長が早い時期を漁獲させないようにするものである。またこのサイズは雌が成熟を開始するサイズに相当する。遊漁者は 1 人当たり 10 尾までに釣獲量が制限されている。遊漁船業者は、許可証とレクリエーションルバグによる釣獲量制限がなされている。

クイーンズランドのサンゴ礁漁業は、漁業が禁止されている海洋保護区を含む GBR 海洋公園の中で操業されている。これらの保護区は、スジアラに対する効果に関する研究は、複雑な結果を示した。しかし、一般的に、保護区内では雌が大型かつ高齢で、分布量が多いことは、サンゴ礁域における保護区設定が、繁殖に関する制限に比べて有効な戦略であることを示唆している。広域的な漁業管理や保護区設定にも関わらず、GBR 中南部地域において、スジアラ出現量の有意な減少が報告されている。1990 年代始め頃からの漁獲率低下を伴うこの観察結果は、法律の見直しと修正に繋がった。2002 年には、クイーンズランド漁業サーピスは、主たる対象種の産卵集群を保護するため、新月前後の 10 日間を保護する保護区（特にスジアラの集群と回遊を保護するように設計）を 3 か所導入した（2009 年には 2 日間削減）。一方管理当局は、2004 年に、公園の 33 % を操業禁止とする大規模な保護区の見直しを完了した。

西オーストラリアのホウトマン・アルプロルホス諸島では、水産庁が魚類生息地（FHA）を布告した。1994 年には、FHA の 17 % が保護区となった。保護から 8 年後、漁獲死亡が低下したことで、及び相対的

に行動範囲が狭いことが奏功し、スジアラの生息密度は 3-7 倍に増加した。西オーストラリアにおける産卵集群については報告例がない。

太平洋の島嶼国におけるスジアラ集団の現状と活魚輸出漁業における集群漁業の役割についてはほとんど分かっていない。香港への輸入が増え続ける一方で、活魚貿易上価値の高いハタ類の、インドネシア、マレーシア、カンボジア、ベトナムにおける漁獲量は急激に減少してきている。

スジアラの集群は相対的に小規模なため、サンゴ礁あたりに数カ所しかなく、集群産卵の貢献度は再生産量全体に対して相対的に小さい。オーストラリアにおけるスジア

ラの管理と保全は、種に焦点を当てたもので、ほぼ最善の取り組みと思われる。しかしながら、スジアラの活魚貿易が行われているフィリピン、インドネシア、フィジーでは、季節的な期間保護を通じた産卵集群の完全なる保護が、より重要な措置であると思われる。フィリピンでは、パラワウ州において管理計画の策定が進行中である。(1,3,6,7,14,30,33)

【必要な情報】

スジアラの生息範囲全体（特にインド洋、フィリピン、フィジー、日本、インドネシア）における生物学的・生態学的研究、種特有の出現量や太平洋島嶼域の熟練漁業における漁獲量、漁獲努力量等、本種の集団の状態を正確に評価するためのデータ、集団ごとの再生産パラメータや産卵行動に関する知見、集群や、漁業管理の一部としての産卵保護区の効果のモニタリングなど。

SCRFA ウェブページ原文

(<http://www.scrfa.org/about-aggregations/aggregating-species/coral-trout.html>)

Plectropomus leopardus

Description and Distribution

The coral trout, otherwise known as the leopard coral grouper, is distributed across the western Pacific from southern Japan to southern Queensland, west to Lombok, Indonesia and Western Australia, and east to Caroline Islands and Fiji; occurring at depths of 3 to 100m. It is listed as near threatened in the IUCN red list (Assessed in 2004). *Plectropomus leopardus* is a medium-sized

diurnally active grouper easily observed underwater, therefore vulnerable to spear fishing but also amenable to accurate visual census surveys. They can live up to 14-19 years with maximum length reaching 63.0 FL (female) and 74.6 FL (male) (4,5,8,11,12,24,30).

Preferred Habitat

The larvae are pelagic; juveniles live in demersal shallow water in reef habitats, especially around coral rubble, whereas adults inhabit coral reefs (2,11,25).

Life History

P. leopardus grows rapidly in the first 2-3 years of life, and matures relatively early. As juveniles their diet consists largely of benthic crustaceans, but this shifts just prior to maturity to a piscivorous diet. Recruitment of juveniles appears to be largely driven by current patterns and geomorphology. *P. leopardus* is a protogynous hermaphrodite, maturing as female first and then changing to male at around 7 years. The operational sex ratio (F:M) largely varies with location and exposure to fishing - ranging from 0.9 to 5.5 (1,2,3,8,12,25, 28).

The mating patterns of *P. leopardus* illustrate a relatively complex and flexible reproductive strategy compared with other serranids of similar size. The high spawning frequency and high annual fecundities, at least double those of other serranids, may be the reason why *P. leopardus* is a relatively abundant serranid and is perhaps more resistant to fishing pressure (5,7,9,16,21,23).

Spawning Aggregations

On the northern GBR, *P. leopardus* forms well defined, spatially and temporally predictable spawning aggregations at the same sites over years. Aggregations form for a five day period around the new moon over three months during Austral spring to early summer. Pair spawning in aggregations is confined to a 30 minute period at sunset. However, only around 20% of individuals appear to participate in aggregation spawning. Further, around 50% of all spawning occurs outside aggregations including those happened during the first quarter lunar phase (3,9,10,20,27).

Fisheries

The generic group coral trout, which comprise three main species (*leopardus*, *laevis* and *maculatus*), and four lesser species, are the major commercial finfish taken in Australia, predominantly on the Great Barrier Reef (GBR). Commercial log books do not distinguish the *Plectropomus* species, but independent research shows that *leopardus* comprises 80% of the *Plectropomus* commercial catch. It is also the most abundant of the *Plectropomus* species on the GBR (10).

Commercial log book data show significant increases in catch and effort of *Plectropomus* spp. on the GBR. In 2000 the commercial harvest was worth AU\$ 15.5 million. *P. leopardus* is also taken on the GBR by private recreational fishers and by a commercial charter fishery for recreational fishers. *P. leopardus* is also taken commercially and recreationally from the Houtman Abrolhos islands in Western Australia (WA). The WA fishery is managed through minimum size limits, recreational bag limits and area closures and is not considered overexploited. Artisanal fisheries for *P. leopardus* exist in the Pacific Islands where they occur, namely Fiji, Papua New Guinea, New Caledonia and elsewhere in Southeast Asia (15,25).

In the mid 1990s the trade in live *P. leopardus*, primarily to Hong Kong, grew in Australia and the Philippines and the portion of live fish in the commercial catch grew to around 25%. By 1998 live coral trout fetched up to eight times the price of whole or filleted coral trout. The export of live *P. leopardus* has been a significant commercial fishery in the Asia-Pacific region, with fish taken primarily from Indonesia and Philippines. Imports into Hong Kong increased by 58% from 1999 to 2002, coming largely from Australia and Philippines as other countries' exports declined. Although the majority of *P. leopardus* in Hong Kong live fish markets are above size at first reproduction, capture of juveniles and grow out is practised, particularly in the Philippines (11).

Commercial fishers in Australia use simple hook and line, generally with one hook, with frozen pilchard as bait, fishing from small tender boats to a mother vessel. Recreational fishers use handlines, rods and spearguns. Mother vessels have large freezer capacity and may stay

out for 3-4 weeks. Artisanal fisheries in Fiji and New Caledonia take *P. leopardus* by hook and line and spear gun, and incidentally by trap and net. Some are kept live for the live fish trade. In the Philippines, fish are caught by hook&line and by cyanide solution (24)

P. leopardus is a high-valued and much sought-after grouper species. Some 2000 tonnes of this species are imported to Hong Kong, the major trade centre, from countries like Australia, Indonesia, Malaysia, Vietnam, and the Philippines. The retail price of the species in Hong Kong and mainland China ranges from 50-70USD/kg in 2002 (19).

(2,20,27).

Mariculture

P. leopardus is a popular candidate for mariculture in Asia-Pacific region - the collection of wild broodfish, application of hatchery and grow-out husbandry (17, 29).

Threats

There is no strong evidence of targeted fishing of spawning aggregations of *P. leopardus* on the GBR. However, the potential for increased catchability due to *P. leopardus* moving from habitats inaccessible to fishers to regularly fished areas while migrating to aggregations has been demonstrated through simulation. The collapse, recovery and further collapse of one spawning aggregation in the Cairns region of the GBR was attributed to commercial fishers targeting this site. It is likely that easily located aggregation sites are vulnerable to targeted fishing but the relatively small aggregations and several aggregations per reef of *P. leopardus* makes it less vulnerable than other groupers. No intentional targeting of spawning aggregations is reported from the Torres Straits (13,14,30,32)

Aggregation fishing is known from the Asia-Pacific region in connection with the live fish trade to Asia. The extent to which this targets *P. leopardus* aggregations is not known. However, aggregation fishing for live groupers in Indonesia has been so great that severe declines in catches were experienced and these are likely to include *P. leopardus*. Most studies and conservation action in the

Asia-Pacific region have focussed on *Plectropomus areolatus*, and there is little known or discussed of *P. leopardus*, except in Australia (9,27).

In the Philippines, large number of sub-adult sized fish are put into net cage and grown-on to market-size. This practice, if not managed carefully could lead to recruitment overfishing and growth overfishing (19).

Conservation & Management

Conservation and management action is largely limited to Australia where the commercial Queensland fishery is limited entry, licensed, with gear restrictions and a minimum size limit of 36cm FL. The size limit prevents fishing of the first three cohorts, representing both the fastest growth period as well as when females start reproducing. Recreational fishers are limited to 10 coral trout per person. Charter fishing operators are regulated by permits & bag limits.

The Queensland reef fishery operates within the GBR Marine Park with area closures where fishing is prohibited. Studies on the impacts of these closures on *P. leopardus* reveal complex results, but generally females are larger, older and more abundant on closed reefs suggesting reef closures are an effective strategy against fecundity limitation. Despite extensive fisheries and protected area controls, significant declines in *P. leopardus* abundance in the central and southern sections of the GBR are reported. This observation together with the decline in catch rate since the early 1990s, has led to reviews and revision of legislation. In 2002 the Queensland Fisheries Service introduced three 10 day closures (around the new moon) (reduced to 2 days in 2009) to protect spawning aggregations of key target species but designed primarily to protect *P. leopardus* aggregations and migrations. Meanwhile the management authority completed a massive re-zoning of the park in 2004, resulting in 33% of the Park being closed to fishing.

The Houtman Abrolhos Islands in WA have been declared a Fish Habitat Area (FHA) by the Department of Fisheries. Seventeen percent of the FHA was closed to fishing in 1994. After eight years of closure *P. leopardus* densities increased 3-7 fold which was attributed to

reduced fishing mortality and their relatively small home ranges. No information is reported on their spawning aggregations in WA.

The status of *P. leopardus* populations in Pacific Island countries and the role aggregation fishing plays in the export fishery for live fish is largely unknown. Volumes of catches of high value groupers in the live trade from Indonesia, Malaysia, Cambodia and Vietnam have plummeted while imports to Hong Kong continue to rise.

Because *P. leopardus* aggregations are relatively small, there are several per reef and aggregation spawning contributes relatively little to the total reproductive output, management and conservation of *P. leopardus* in Australia is probably best focussed on the species in general. However, in the Philippines, Indonesia and Fiji where substantial trade in live coral trout occurs, complete protection of spawning aggregations through seasonal closures is likely to be a more important measure. In the Philippines a management plan is being developed for Palawan (Sadovy pers comm).

(1,3,6,7,14,30,33)

Information Needed

Biological and ecological studies of *P. leopardus* from across its range, particularly from the Indian Ocean, Philippines, Fiji, Japan and Indonesia; data on species-specific abundance, catch and effort in the artisanal fisheries of the Pacific Islands to properly assess the population status of this species; knowledge of reproductive parameters and spawning behaviour of populations; monitoring of aggregations and of the impacts of spawning closures as part of fisheries management.

References

1. Adams, S., Mapstone, B.D., Russ, G.R. and Davies, C. (2000) Geographic variation in the sex ratio, sex specific size, and age structure of *Plectropomus leopardus* (Serranidae) between reefs open and closed to fishing on the Great Barrier Reef. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57: 1448-1458.
2. Ayling, A.M, and Ayling, A.L. (1992) Abundance, distribution and length frequencies of a group of large piscivorous fishes, *Plectropomus* spp. (Pisces: Serranidae) on the Great Barrier Reef. Unpublished Report to GBRMPA.
3. Ayling, AM, Samoily, MA and Ryan, D (2000) Trends in common coral trout populations on the Great Barrier Reef. A Report to Queensland Fisheries Management Authority. Inf. Ser. Dep. Prim. Ind. (Queensl.); QDPI, Brisbane, Qld., Australia, 37pp.
4. Cornish, A. & Kiwi, L.K. 2004. *Plectropomus leopardus*. In: IUCN 2008. 2008 IUCN Red List of Threatened Species. <www.iucnredlist.org>
5. Doherty, PJ, Fowler, AJ, Samoily, MA and Harris, DA (1994) Monitoring the replenishment of coral trout (Pisces:Serranidae) populations. *Bull. Mar. Sci.* 54(1): 343-355.
6. Fernandes, L. et al. (2005). Establishing representative no-take areas in the Great Barrier Reef: large-scale implementation of theory on marine protected areas. *Conservation Biology*: 1733-1744.
7. Ferreira, B.P. (1995). Reproduction of the common coral trout *Plectropomus leopardus* from the central and northern Great Barrier Reef. *Bull. Mar. Sci.* 56(2):653-669.
8. Ferreira, B.P., Russ, G.R. (1994). Age validation and estimation of growth rate of the coral trout, *Plectropomus leopardus*, (Lacepede 1802) from Lizard Island, northern Great Barrier Reef. *Fish. Bull. US* 92: 46-57.
9. Fulton, E., Kault, D., Mapstone, B., and Sheaves, M. (1999). Spawning season influences on commercial catch rates: computer simulations and *Plectropomus leopardus*, a case in point. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56: 1096-1108.
10. GBRMPA (in press). Management and science of fish spawning aggregations in the Great Barrier Reef Marine Park. Workshop Summary report.
11. Heemstra, P.C., Randall, J.E. (1993). *FAO Species Catalogue: Groupers of the World*. Vol. 16. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome. 382pp.
12. Loubens, G. (1980) Biologie de quelques especes de poissons du lagon Neo-Caledonien. III. Croissance. *Cahiers de l'Indo-pacifique* 2 : 101-153.
13. Mapstone, B.D. et al. (2004) The effects of line fishing on the Great Barrier Reef and evaluations of alternative potential management strategies. *CRC Reef*

- Research Centre Technical Report No. 54, CRC Reef Research Centre Townsville, 205pp.
14. Nardi K., Jones, G.P., Moran, M.J. and Y.W. Chen (2004) Contrasting effects of marine protected areas on the abundance of two exploited reef fishes at the sub-tropical Houtman Abrolhos Islands, Western Australia. *Env. Cons.* 31(2): 160-168.
 15. Russ, G.R., Lou, D.C., Higgs, J. and B.P. Ferreira (1998) Mortality rate of a cohort of the coral trout, *Plectropomus leopardus*, in zones of the Great barrier Reef Marine Park closed to fishing. *Mar. Freshwater Res.* 49:507-511.
 16. Sadovy, Y.J. (1996). Reproduction of reef fishery species. In: Management of Reef Fisheries, pp. 15-59, Polunin, N.V.C., Roberts, C.M., eds. Chapman & Hall, London.
 17. Sadovy, Y.J. & Pet J. (1998) Wild collection of juveniles for grouper mariculture: just another capture fishery? SPC Live Reef Fish Information Bulletin 4: 36-39.
 18. Sadovy, Y.J. and Vincent A.C.J. (2000) Ecological issues and the trade in live reef fishes. In: Sale, P.P. (ed.), Coral Reef Fishes Dynamics and Diversity in a Complex Ecosystem. Academic Press, San Diego, pp. 391-420.
 19. Sadovy, Y.J. et al. (2003) While stock last - the live reef food fish trade. Asian development bank. 147pp.
 20. Samoily, MA (1997) Periodicity of spawning aggregations of coral trout, *Plectropomus leopardus* (Pisces: Serranidae) on the northern Great Barrier Reef. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 160:149-159.
 21. Samoily, M.A. (2000). Reproductive dynamics of an exploited serranid on the Great Barrier Reef. PhD thesis, James Cook University. 106 pp + Appendix.
 22. Samoily, M. et al. (1995) Application of Underwater Visual Census to Assessing Coral Reef Fish Stocks in the Tropical Pacific. Report prepared for the Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR). ACIAR Project Number 9304, Final Report, September 1995.
 23. Samoily, MA, Squire, LC and Roelofs, A. (2001) Long term monitoring of coral trout spawning aggregations on the Great Barrier Reef: implications for fisheries management. Abstract - Indo Pacific Fish Conference, Durban, South Africa, May 2001.
 24. Samoily, MA and Carlos, G (1992) Development of an underwater visual census method for assessing shallow water reef fish stocks in the south west Pacific. ACIAR Project PN8545 Final Report, April 1992. 100pp.
 25. Samoily, M., Slade, S.J., and Williams, L.E. (2002a) Coral Trout. pp. 75-79. In: Williams, LE (ed.) Queensland's Fisheries Resources: Current Conditions and Recent Trends 1988-2000. Q102012. Department of Primary Industries Queensland, Brisbane. 182pp.
 26. Samoily, M, Williams, L. and Slade, S. (2002b). Coral reef line fishery. pp. 66-72. In: Williams, L.E. (ed.) Queensland's fisheries resources - Current condition and recent trends 1988-2000. Queensland Department of Primary Industries. Brisbane. 182pp.
 27. SCRFA (2004). Fisher interviews (www.scrfa.org)
 28. St John, J. (1999). Ontogenetic changes in the diet of the coral trout reef grouper *Plectropomus leopardus* (Serranidae): patterns in taxa, size and habitat of prey. *Marine ecology progress series* 180:233-246.
 29. Suwirya K. (2005) Spawning and larval rearing of coral trout at Gondol. SPC Live Reef Fish Information Bulletin. 13: 45.
 30. Turnbull, C.T., Samoily, M.A. (1997). Effectiveness of spawning closures in managing the line fishery on the Great Barrier Reef. Report to the Reef Fish Management Advisory Committee of the Queensland Fisheries Management Authority. 24pp.
 31. Williams, A. J., Currey, L. M., Begg, Murchie, C.D. and Ballagh A.C. (in press) Population biology of coral trout species in the eastern Torres Strait: Implications for fishery management. *Continental Shelf Research*.
 32. Zeller, D.C. (1998). Spawning aggregations: Patterns of movement of the coral grouper *Plectropomus leopardus* (Serranidae) as determined by ultrasonic telemetry. *Marine Ecology Progress Series* 162:253-263.
 33. Zeller, D.C. and G.R. Russ (2000) Population estimates and size structure of *Plectropomus leopardus* (Pisces:Serranidae) in relation to no-fishing zones: mark-release-resighting and underwater visual census. *Marine and Freshwater Research*. 51: 221-228.

試 験 研 究 業 績

外 部 へ の 発 表
(平成26, 27年度)

【学会誌】

- 古下 学, 福田 翼, 福田 穰, 山下亜純, 柳 宗悦, 今岡慶明, 田中真二, 杉原志貴, 安部昌明, 長野泰三, 芝恒男 (2015). 2004 ~ 2009 年にブリ類から分離された - 溶血性レンサ球菌症原因菌 *Lactococcus garviae* の薬剤感受性. 水産増殖 63(1), 59 - 64.
- 柳 宗悦, 前野幸二, 今岡慶明, 嶋原佳子, 三輪 理, 大迫典久 (2015). 鹿児島県内における養殖カンパチの眼球炎の発生傾向について. 魚病研究 50(1), 29 - 32.
- 井ノ原康太, 黒木信介, 尾上由希季乃, 濱田三喜夫, 保 聖子, 木村郁夫 (2014). 筋肉内 ATP による冷凍カンパチ血合肉の褐変抑制. 日本水産学会誌 80(6), 965-972.
- 橋本 博, 林 知宏, 浜崎浩幸, 甲斐 勲, 外園博人, 中村章彦, 岩崎隆志, 照屋和久, 浜田和久, 虫明敬一 (2014). カンパチ種苗生産における仔稚魚の体サイズ差と攻撃行動および共食いの関連. 水産増殖 62(3), 259-271.
- 森永健司, 中川倫寿, 種子田 雄, 吉村 拓, 田中耕治, 高木信夫 (2014). 2007 年初春の五島灘 - 天草灘における表層水温の急上昇. 水産海洋研究 78 (2), 86-96.
- 宍道弘敏 (2014). 鹿児島県海域の海洋環境と漁業の概要. 水産海洋研究 78(2), 130-132.
- 庄野 宏・堀江昌弘・東 剛志 (2014). 統計的機械学習に基づくクロマグロ幼魚の漁獲量予測. 水産海洋研究 78 (2), 135-137.
- 庄野 宏・堀江昌弘・井上あゆみ・東 剛志 (2014). 機械学習に基づく鹿児島近海に來遊するクロマグロ幼魚の漁獲量予測. 計量生物学 35 (1), 1-15.
- Komatsu T., S. Mizuno, A. Natheer, A. Kantachumpoo, K. Tanaka, A. Morimoto, S. Hsiao, E. A. Rothäusler, H. Shishidou, M. Aoki, T. Ajisaka (2014). Unusual Distribution of floating seaweeds in the East China Sea in the early spring of 2012. *Journal of Applied Phycology*, 26, 1169-1179.
- 米山和良, 國澤慎太郎, 外園博人, 小谷知也, 今村昭則, 松岡達郎 (2015). 画像解析による水槽内を遊泳するクロマグロ稚魚の3次元位置の検出. 数理水産科学 12, 51-61.
- 富安正蔵 (2015). 地球温暖化に関連する鹿児島県海域における情報. 水産海洋研究 79 (4), 323-325.
- 宍道弘敏, 阪地英男, 田 永軍 (2016). 漁獲量重心の変動からみたブリ類の漁獲量変動. 水産海洋研究 80(1), 27-34.

Chow S. , M. Okazaki , T. Watanabe , K. Segawa , T. Yamamoto , H. Kurogi , H. Tanaka , K. Ai , M. Kawai , S. Yamamoto , N. Mochioka , R. Manabe , Y. Miyake (2015) . Light-Sensitive Vertical Migration of the Japanese Eel *Anguilla japonica* Revealed by Real-Time Tracking and Its Utilization for Geolocation . PLoS ONE **10**(4) , e0121801.

【書籍・雑誌等】

柳 宗悦 (2014) . 魚病 Now (カンパチのウイルス性腹水症) . 養殖ビジネス **649** , 26 .

富安正蔵 (2014) . 鹿児島県周辺海域水温の長期変動 . 黒潮の資源海洋研究 **15** , 13-17 .

宍道弘敏・水野紫津葉・小松輝久・梶 達也・田井野清也 (2014) . 鹿児島県及び高知県海域における近年のアカモク流れ藻来遊動向 (要旨) . 黒潮の資源海洋研究 **15** , 107-108 .

Ohshimo S., T. Shiraishi, H. Tanaka, T. Yasuda, M. Yoda, H. Ishida and S. Tomiyasu(2014) . Growth and Reproductive Characteristics of the Roughear Scad *Decapterus tabl* in the East China Sea . Japan Agricultural Research Quarterly **48** (2) , 245-252.

外園博人(2015) . カンパチの種苗生産における鹿児島県の取り組み . 有用水産生物の種苗をつくる - . 海洋と生物 **217** , 103-109 .

柳 宗悦(2015) . 魚病 Now(オニオコゼのエピテリオシスチス類症) . 養殖ビジネス **651** , 26 .

柳 宗悦 (2015) . カンパチにおける眼球炎の最新情報 . 養殖ビジネス **656** , 13-15 .

宍道弘敏 , 東 剛志 , 中野正明 , 富安正蔵 , 野元 聡 (2015) . 鹿児島県海域におけるカンパチ類の資源動向把握の試み . 黒潮の資源海洋研究 **16** , 75-82 .

宍道弘敏 , 水野紫津葉 , 小松輝久 . 鹿児島県海域における流れ藻とモジャコの来遊量の近年の傾向 . 月刊海洋 **47** (5) , 248-252 .

宍道弘敏 . 鹿児島県海域における流れ藻とモジャコの来遊予測 . アクアネット **209** , 31-34 .

鬼塚 剛 , 折田和三 , 櫻田清成 , 青木一弘 (2016) . 赤潮のモニタリングとモデリングー八代海の *Chattonella* 赤潮を例として . 有害有毒プランクトンの科学 . (今井一郎・山口峰生・松岡数充編) 恒生社厚生閣 , 153-162

折田和三 (2016). ディクティオカ藻 *Pseudochattonell verruculosa* による魚類斃死. 有害有毒プランクトンの科学.(今井一郎・山口峰生・松岡數充編)恒生社厚生閣,226-231

【学会発表】

(口頭)

江幡恵吾, 桑原智史, 井ノ原康太, 不破 茂, 木村郁夫, 内山正樹, 保 聖子. 底曳網の曳網時間とナミクダヒゲエビの ATP 関連化合物濃度の関係 2014 年度日本水産学会春季大会.

野田 勉, 島 康洋, 堀田卓朗, 吉田一範, 水落裕貴, 中川雅弘, 輿石友彦, 片山知史, 山口敏康, 佐藤秀一, 今岡慶明, 柳 宗悦, 石田典子. 低コスト化を目指した無魚粉 EP 飼料で飼育したブリの成長. 2014 年度日本水産学会秋季大会.

松本 萌, 荒木亨介, 丸吉浩太, 山口愉生也, 渡邊勇歩, 早志和真, 劉 倩, 柳 宗悦, 山本 淳. カンパチ Interleukin12 遺伝子の単離および発現解析. 2014 年度日本水産学会秋季大会.

増田育司・亀田龍介・藤浦智裕・浅井武範・登日あゆみ・高橋啓介・藤本由季・上園夕里奈・重信成穂・久保 満・神野公広・宍道弘敏・斎藤真美. 薩南諸島周辺海域におけるアオダイの成熟と産卵. 平成 26 年度日本水産学会秋季大会.

宍道弘敏, 水野紫津葉, 小松輝久. 鹿児島県産モジャコの日齢と成長. 2014 年度水産海洋学会研究発表大会.

齋藤 勉, 中村啓彦, 仁科文子, 渡慶次 力, 富安正蔵, 秋山英樹, 森永健司, 瀬藤 聡. 日向灘における黒潮前線渦の形成過程. 日本海洋学会 2014 年度春季大会.

保 聖子. 蓄養によるゴマサバの付加価値向上の取組. 2015 年度日本水産学会九州支部例会.

湯浅 啓, 嶋原佳子, 西岡豊弘, 三輪 理, 南 隆之, 柳 宗悦. カンパチ眼球炎の細菌学的原因究明. 2015 年度日本魚病学会秋期大会.

松本 萌, 荒木亨介, 丸吉浩太, 早志和真, 末武弘章, 柳 宗悦, 今岡慶明, 山本 淳. カンパチのノカルジア症不活化ワクチンにおける Interleukin12 のアジュバント効果. 2015 年度日本魚病学会秋期大会.

北村徳一, 池尾一穂, 石野良純, 田代康介, 久原 哲, 吉村直晃, 多治見誠亮, 西 広

海，田原義雄，石田直也，尾田成幸，藤原篤志，長井 敏，小林敬典，五条堀孝．メタゲノム解析におけるシャトネラ赤潮と連動する生物配列の探検．日本微生物生態学会第 30 回大会

六道弘敏，田中耕治，阪地英男，御宿昭彦，梶 達也．未成魚で放流した鹿児島湾産ブリの移動と成長．2015 年度水産海洋学会研究発表大会．

福永健史，広瀬直毅，劉 天然，山城 徹，山田博資，富安正藏，種子田雄．トカラ海峡における ADCP データと高分解能モデルの流向・流速比較．2015 年度海洋学会秋季大会．

(ポスター)

柳 宗悦，今岡慶明，前野幸二，村瀬拓也，嶋原佳子，大古田達也，吉田照豊．鹿児島県におけるノカルジア症の発生傾向と治療対策に関する研究．2014 年度日本魚病学会春季大会．

Shimahara Y. , Y. Kawato , Y. Yoshiura , K. Yoshida , S. Yanagi , K. Maeno , T. Kamaishi .
Development of qPCR of *Nocardia seriolae* and its application to environmental samples .
2014 年度国際魚病学会 .

嶋原佳子，河東康彦，柳 宗悦，前野幸二，釜石 隆．養殖場における *Nocardia seriolae* の分布に関する研究．2015 年度日本魚病学会春季大会．

【シンポジウム等発表】

眞鍋美幸．鹿児島県におけるシラヒゲウ二種苗生産．平成 26 年度西日本種苗生産機関連絡協議会第 34 回介類分科会．

今吉雄二．天然ウナギと放流ウナギの競合試験．平成 26 年度鹿児島県ウナギ資源増殖対策協議会．

柳 宗悦，今岡慶明．カンパチ眼球炎の原因解明に向けた取り組み事例について．H26 九州・山口ブロック魚病分科会．

柳 宗悦，今岡慶明．鰻の症例について（従来と異なるモジャコ住血吸虫症の症例，オニオコゼのエピテリオシスチス類症）．H26 九州・山口ブロック魚病分科会．

柳 宗悦．カンパチ眼球炎について．H26 第 2 回養殖用人工種苗導入推進事業検討委員会．

柳 宗悦 . 従来と異なるモジャコ住血吸虫症の症例 . H26 魚病症例研究会

柳 宗悦 鹿児島県におけるカンパチ眼球炎の原因解明に向けた取り組み事例について .
H26 プリ類の難治癒疾病連絡協議会 .

今岡慶明 . 池田湖におけるコイ養殖再開について . H26 九州・山口ブロック内水面分科会 .

柳 宗悦 , 今岡慶明 . 鹿児島県におけるカンパチ眼球炎の原因解明に向けた取り組み事例について . H26 南中九州・西四国水族防疫会議 .

保 聖子 , 加治屋大 , 稲盛重弘 , 山下由美子 , 山下倫明 . まぐろ血合肉のすり身化研究 .
平成 26 年度水産利用関係研究開発推進会議利用加工技術部会研究会 .

加治屋 大 . 奄美海域で漁獲されたカツオ魚肉の品質について . 平成 26 年度九州・山口ブロック水産試験場場長会利用加工分科会 .

猪狩忠光 . 藻場造成に必要な母藻量 (マメタワラ) . 平成 26 年度九州・山口ブロック水産場長会磯焼け . 藻場造成分科会 .

保科圭佑 . 平成 26 年度八代海南部における赤潮の発生状況 . 平成 26 年度九州・山口ブロック水産試験場場長会漁場環境分科会 .

富安正蔵 . 地球温暖化に関連する鹿児島県海域における情報 . 気候講演会・第 2 回南九州水産海洋研究集会「南九州周辺の海にみられる地球温暖化の兆し」 .

六道弘敏 , 東 剛志 , 中野正明 , 富安正蔵 , 野元 聡 . 鹿児島県海域におけるカンパチ類の資源量指標値及び稚魚来遊量指数の動向 . H26 中央ブロック資源海洋調査研究会 .

六道弘敏 . 鹿児島県海域におけるカンパチ類の資源動向 . H26 九州・山口ブロック漁業・資源分科会 .

野元 聡 . 鹿児島湾におけるマダイの資源量について . H26 九州・山口ブロック海面増殖分科会 .

西 広海 . 鹿児島県の赤潮発生状況 . ホームカミングデイシンポジウム .

今吉雄二 . スジアラ種苗生産について . 平成 27 年度九州・山口ブロック海面増殖分科会 .

今吉雄二 . 天然ウナギと放流ウナギの競合試験 . 平成 27 年度鹿児島県ウナギ資源増殖対策協議会 .

柳 宗悦 , 今岡慶明 . 難治癒疾病 (ベコ病およびカンパチ眼球炎) の疫学調査の取り組み事例について . H27 九州・山口ブロック魚病分科会 .

柳 宗悦 , 今岡慶明 . 天然スジアラおよび養殖カンパチで確認された黒色異物の 3 症例 . H27 九州・山口ブロック魚病分科会 .

柳 宗悦 . 難治癒疾病 (ベコ病およびカンパチ眼球炎) の疫学調査の取り組み事例について . H27 プリ類の難治癒疾病連絡協議会 .

柳 宗悦 . カンパチ眼球炎の疫学調査の取り組み事例について . H27 魚病症例研究会 .

柳 宗悦 . プリ類のベコ病の疫学調査の取り組み事例について . H27 魚病症例研究会 .

柳 宗悦 . 鹿児島県における *Lactococcus garvieae* 型 (非凝集型 溶血性レンサ球菌症) の発生状況 . H27 南中九州・西四国水族防疫会議 .

柳 宗悦 . 難治癒疾病 (ベコ病および眼球炎) の疫学調査の取り組み事例 . H27 南中九州・西四国水族防疫会議 .

保 聖子 . PAHs を低減した新たなダシ用鰹乾製品の開発 . 平成 27 年度九州山口ブロック利用加工分科会 .

猪狩忠光 . 奄美海域のホンダワラで見られた増殖方法 . 平成 27 年度瀬戸内海ブロック水産業関係研究開発推進会議生態環境部会藻類情報交換会 .

東條智仁 . リーフ性藻場における藻場の形成について . 平成 27 年度九州・山口ブロック磯焼け・藻場造成分科会 .

中島広樹 . 今年度の鹿児島湾における赤潮発生状況 . 平成 27 年度九州・山口ブロック漁場環境分科会 .

小路口拓輝 . 鹿児島県の海況情報 ~ フェリー情報等 ~ . 第 3 回南九州水産海洋研究集会「海況情報の現状と展望 ~ 有効活用を目指して ~」.

宍道弘敏 , 巨 真吾 , 田 永軍 , 水野紫津葉 , 小松輝久 . 鹿児島県海域におけるモジャコ来遊量と我が国周辺ブリ新規加入量の関係 . H27 中央ブロック資源海洋調査研究会 .

宍道弘敏．鹿児島県島嶼域の水産業概要と資源保護に向けた取り組み事例．鹿児島大学重点領域研究（島嶼）シンポジウム「島の魚と私たちのこれから～鹿児島県島嶼域における魚類の多様性と持続的な利用へ向けた取り組み～」．

小路口拓輝，宍道弘敏．鹿児島県海域における水温変動と水産生物の変化．H27 九州・山口ブロック漁業・資源分科会．

宍道弘敏，水野紫津葉，小松輝久．流れ藻来遊量・来遊時期の変動とその要因．2015年度東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会「ブリの加入・初期生残に果たす春季東シナ海流れ藻の役割」．

宍道弘敏，巨 真吾，田 永軍，水野紫津葉，小松輝久．鹿児島県海域におけるモジャコ来遊量変動とブリ新規加入量の関係．2015年度東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会「ブリの加入・初期生残に果たす春季東シナ海流れ藻の役割」．

編集委員

小湊幸彦，矢野浩一，猪狩忠光，保 聖子，宍道弘敏，眞鍋美幸，川口吉徳

平成 2 8 年 3 月 3 1 日発行

鹿児島県水産技術開発センター研究報告 第 6 号 (2 0 1 6)

<http://kagoshima.suigi.jp/KenkyuHoukoku/kenpou-no6.html>

発行所 鹿児島県水産技術開発センター

〒891-0315 鹿児島県指宿市岩本字高田上 1 6 0 番 1 0 号

電話 0993-27-9200

発行者 所長 佐々木 謙介

印刷所 有限会社 指宿新生社印刷

〒891-0404 鹿児島県指宿市東方 8 0 6 8 番 3 号

電話 0993-24-2002

