

沖縄におけるシラヒゲウニ漁業の現状 (沖縄沿岸域の総合的な利活用推進事業)

太田 格*, 久保弘文, 渡辺利明, 上原匡人

A review of fisheries and biology of the sea urchin *Tripneustes gratilla* in Okinawa: Implication for fisheries management and stock recovery.

Itaru OHTA*, Hirofumi KUBO, Toshiaki WATANABE, Masato UEHARA

シラヒゲウニは、近年の資源状態の悪化によって、主要漁場が自主的な禁漁に追い込まれており、漁業現場からは、沖縄県に対して、資源の減少要因の解明や、回復に向けた対策が求められている。本稿では、関係者間の情報共有を図ることを目的に、シラヒゲウニの生態特性、漁獲動向、栽培漁業、養殖について、統計資料及び既往知見等を整理するとともに、資源の減少要因として、過剰漁獲、疾病、環境要因について検討した。沖縄県において、シラヒゲウニは、1970年代には年間2,000トン以上の漁獲量が記録されていたが、その後資源が激減した。また、同一漁場ではまとまった量の漁獲が続かなかったこと、漁獲の減少後、わずかに回復した資源を再び漁獲して枯渇に至っていることが示唆された。シラヒゲウニは成長・成熟が比較的速い生物であるが、可食部が生殖腺であり、産卵期前が漁期となるため、漁業が本質的に再生産に影響を与えやすい可能性がある。また、これまで効果的な資源管理策は実施されていなかったことから、過度な漁獲が、資源の主な減少要因であると考えられた。加えて、低潮時の大雨、赤土・化学物質、成育場環境の劣化、気候変動など、様々な環境要因がシラヒゲウニの生残に影響を与えている可能性がある。過去の種苗放流の実績をみると、生残率を調査した49群のうち、生残率10%以上のケースはわずか5群のみであったことから、従来通りの種苗放流では資源の回復は困難であると考えられた。資源の回復には、親ウニを保護するための資源管理策の徹底と環境負荷軽減が重要である。同時に、天然資源が極度に低密度な場合は、高密度条件で親ウニを保護・育成することにより、受精卵の供給源としていく手法が有効かもしれない。

はじめに

シラヒゲウニ *Tripneustes gratilla* は、沖縄県で唯一食用として流通しているウニであり、重要な水産資源として利用されてきた。しかし、近年の資源状態の悪化によって、主要漁場が自主的な禁漁に追い込まれており、生産現場からは、県に対して、資源の減少要因の解明や、回復に向けた対策が求められている。本稿は、統計資料、既往知見等を整理し、シラヒゲウニの基本的な生態特性、漁獲動向、栽培漁業、養殖の現状と課題について取りまとめるとともに、減少要因を検討し、今後の対策に向け、関係者間の情報共有を図ることを目的とした。

生態特性

シラヒゲウニは、インドー西部太平洋の熱帯域に分布し、殻径10cmに達する大型のウニである(島袋, 1988)。礁池や内湾の浅瀬に生息し、特に海藻・海草類の多い海域に多く生息する。雌雄異体で体外受精、幼生の浮遊期間は20–30日間。稚ウニは、主に礁池や礁原岸側の浅海域(水深0–0.5m)の海藻場または砂礫底に多く生息しており(沖縄県, 1982)、殻径4cm以下ではアミジグサ等の海藻類の中

に多く見つかる(沖縄県, 2002)。寿命は2歳とされ、5–6月頃に殻径1cmの0歳ウニが出現すると、夏期に月に約1cm成長し、11月頃に殻径6–7cm(体重約100g)の成ウニとなる。冬期にはほとんど成長せず、翌年の春から成長し、11月頃に殻径8cm(体重約170g)に達する。以下に成長式及び殻径(TD)–体重(BW)関係式を示す。

ベルタランフィの成長式(島袋, 1988) :

$$Lt = 8.303 (1 - \exp^{-(0.2128(t-0.0078)})$$

TD(cm)–BW(g) 関係式 (Regalado et al., 2010) :

$$BW = aTD^b, a = 1.1924, b = 2.395$$

水温上昇期に生殖腺は発達し、水温の下降が始まる9月頃から12月頃までが産卵期である。主な漁期は産卵期前の夏期である。0歳の秋から成熟・産卵を行うが、その生殖腺は0.3–5.9g(生殖腺指数GSI: 0.3–6.3)と小さく、再生産への貢献度は、大型個体(GSI: 5–15)に比べて小さいと考えられる(島袋, 1988; 沖縄県, 2000)。

*E-mail : ootaitar@pref.okinawa.lg.jp , 現所属 : 沖縄県農林水産部水産課

漁獲動向

統計資料（1964–2014 年）によると、51 年間の沖縄県のシラヒゲウニの漁業は、漁獲量の推移から、Ⅰ期（1964–1975 年）：漁獲量が 300 トン程度から、急増し 2000 トン超のピークを迎える時期、Ⅱ期（1976–1990 年）：300–500 トンの漁獲量を維持している時期、Ⅲ期（1991 年以降）：200 トンを切り、ついには 100 トン以下で低迷する時期、の 3 つの期間に分けられる（図 1–2）。

Ⅰ期には、うるま市（主に勝連）、石垣市、恩納村、今帰仁村、読谷村、沖縄市、南城市知念、宮古島、久米島などで 100 トン以上の漁獲があり、中でも石垣市とうるま市では 500 トンを超えた。しかし、うるま市以外の地区では、漁獲量が 100 トンを上回った期間は 1–3 年の短期間であった。Ⅱ期には、主要漁場の漁獲量が軒並み急減し、Ⅰ期の主要漁場では、うるま市（1976 年）、恩納村（1980–1987 年）、石垣市（1987、1990 年）で 100 トン台を記録しただけであった。この期間には、名護市（1978 年）、国頭村（1984–1986 年）で短期間だけ 100 トンを超える年があった。Ⅲ期には、さらに各地の漁獲量が減少し、うるま市と今帰仁村で年間 20–100 トンの漁獲量があったが、多くの地域ではわずかに漁獲があるか、統計データでは 0 となった。

過去の統計資料（沖縄農林水産統計年報等）の内容や精度については、その詳細が明らかではない。シラヒゲウニは、競り売りにおいて、殻付個体の場合と可食部（生殖腺）のみの場合があり、それが地域的、時間的に混在している可能性がある。また、浜売りも多くみられることから、正確な統計値を得ることは困難であるが、本稿では、漁獲動向の概数は把握できていると判断して状況を分析した。1968 年の統計資料では、ウニの漁獲量の殆どは本土に輸出され、99.9%は塩蔵であったので（琉球政府、1969）、復帰前後には、本土向け加工原料としてのウニ卵の需要に対応するために、各地でウニ漁が盛んになったと考えられる。

また、1967–1968 年の統計情報によると（琉球政府、1969）、「漁獲量」と「うにの卵の輸出量」が同程度の値であることから、1972 年以前は生殖腺のみの値で、1973 年以降は殻付き重量であったと考えられた。よって、本稿では、1972 年以前については、GSI 平均値が 10.4 であったことに基づき（2001 年調査データ：渡辺、未発表）、統計値の 10 倍の修正値を漁獲量として用いた。

いずれにしても、この統計により、過去に相当量の漁獲があったこと、同一漁場ではまとまった量の漁獲が続かなかったこと、漁獲の減少後、わずかに回復した資源を再び漁獲して枯渇に至っていることが示唆された。

資源管理

シラヒゲウニは、沖縄県のほとんどの地域で、第一種共同漁業権対象種に指定されている。よって、原則として、漁協組合員以外が漁獲することは認められていない。地域によっては、資源保護・品質管理のために、漁業権行使規則や漁協の自主管理として、漁期を定めている。また、恩納村漁協のように、殻径制限や一人あたりの漁獲量制限など、より積極的な管理を実施してきた地域もある。

また、これまでは、資源の減少への対応として、1976 年に与那城漁協、1977 年に勝連漁協が自主的に全面禁漁とした経緯がある（島袋、1988）。また、2005 年には、今帰仁・本部・羽地・名護漁協は、管理区域である第 3 号共同漁業権区域において、自主的な全面禁漁措置を行った（沖縄県、2006）。さらに、2013 年以降、再び 3 号共同漁業権区域が全面禁漁となり、2014 年には名護市東海岸の第 5 号共同漁業権区域が、2015 年には国頭の第 2 号共同漁業権区域が加わった。また、これにほぼ同調して、恩納村の第 6 号共同漁業権区域と伊是名漁協（第 1 号共同漁業権区域）が無期限の禁漁措置とした。また、伊江漁協（第 4 号共同漁業権区域）、伊平屋漁協でも実質的な禁漁状態となっており、

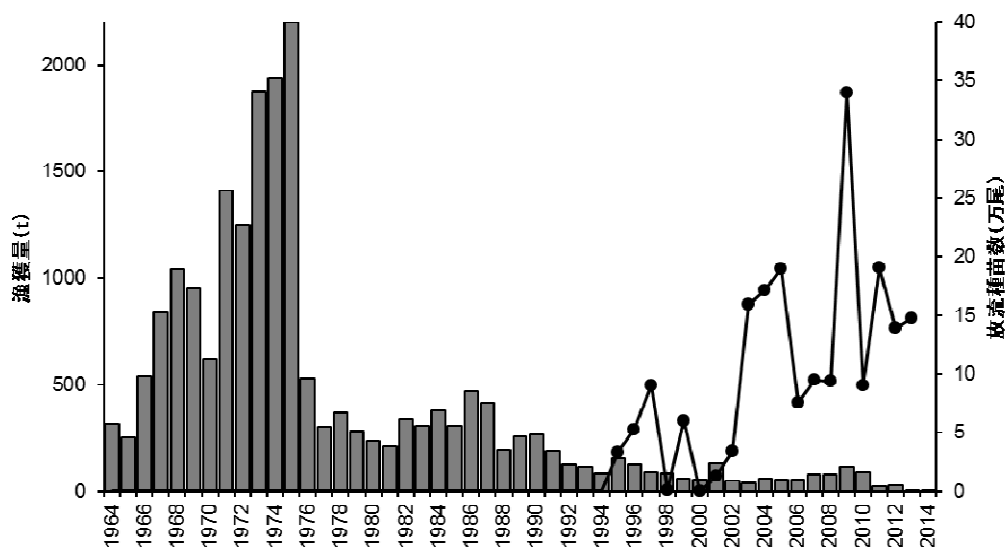


図1 沖縄県のウニ類（シラヒゲウニ）漁獲量及び種苗放流実績
漁獲量データ 1964–1971 年：「琉球の水産業」（琉球政府、1968）、「沖縄の水産業」（琉球政府、1969）；1972–2014 年：「沖縄水産農林水産統計年報」（沖縄総合事務局）。種苗放流実績は表 1 参照。

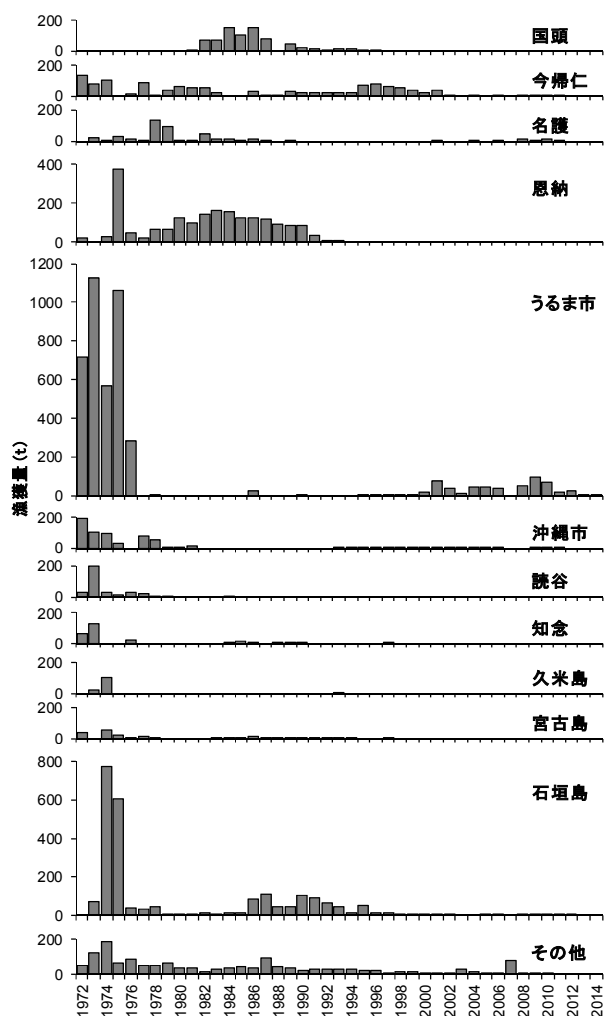


図2 沖縄県のウニ類（シラヒゲウニ）漁獲量
（主要産地別 1972～2014年）
漁獲量データ：「沖縄水産農林水産統計年報」（沖縄総合事務局）

北部海域全体が全面禁漁に至っている。また、2016年度は、勝連・与那城漁協が再び全面禁漁とするなど、全県的な資源の減少と、それに伴う禁漁措置が拡大している。なお、いずれの禁漁措置も、漁業者の自主管理として実施されている。

一方で、不漁に伴う地域的な対応として、漁期を延長したケースもある（沖縄県、2006）。また、浜下り等で一般人が漁獲することが問題となっており、共同漁業権対象種としての周知・取締りが十分とはいえない。以上のことから、全体としては、十分な資源管理策は実施されてきていない状況にある。

栽培漁業

シラヒゲウニは、栽培漁業対象種として、1980年代頃から種苗生産及び増殖技術開発が始まり、平成7年（1995年）から種苗放流が開始された。これまでの試験研究により、技術、コストに関する課題はあるものの、10万個体規模の生産が可能となり、種苗生産技術は概ね確立されている（沖

縄県、2006）。しかし、放流手法については課題が多く残されている。

本稿では、1995年から2013年までの18年間に放流した、全148群、合計約198万個体の放流と追跡調査の結果を取りまとめた（表1）。そのうち、放流後の生残調査の行われた49群中、33群（518千個体）で、放流後3か月以内に生残率0～3.4%、6群（105千個体）で6か月以内に生残率0～3.7%となり、放流群の約8割で生残率は極めて低かった。殻径20 mm 台の種苗が、殻径60 mm以上の成熟サイズに達するには6か月程度を要する（沖縄県、2006）。放流後6か月以上の生残率が算出されている7群のうち、5群（107千個体）の生残率は11.1～33.5%で、比較的生残率が高く、漁獲物として回収できるまで生残した。このように一部（放流群の10%）では比較的高い生残率が認められているが、生残率を安定化するためには課題が多い。放流種苗の減耗の主要因は、魚類（ハマフエフキ、ハリセンボン等）による食害と低潮時の大雨による低塩分であると報告されている（沖縄県、1982；沖縄県、2000；沖縄県、2006；玉城、2008）。よって、放流時には保護網等による食害回避策が必要であるとともに、捕食者の少ない海域、降雨や淡水流入の影響の少ない海域を放流場所として選定することが重要である。しかし、同じ放流方法や海域であっても、年によって生残率に差があることから、放流方法、保護策、放流適地等の種苗放流に関しては十分な技術が確立されていない。

栽培漁業の成立には、少なくとも、「種苗コスト < 回収利益」となる条件が満たされなくてはならない。種苗コストは、種苗価格：¥24/個体（種苗単価（¥0.8/mm）×平均殻径30 mm）（沖縄県栽培漁業センター種苗譲渡価格及び配付サイズ）とする。回収利益は、1個体あたりの生殖腺重量×単価×生残率であり、1個体あたりの生殖腺重量の平均値13 g（沖縄県、2000）、生殖腺の平均単価 ¥20/g（100 gあたり¥2,000）と仮定すると、1個体の価格は¥260となるので、6か月後の生残率が0.093（9.3%）以上であれば上記の条件を満たす。反対に、生残率0.2（20%）が実現するならば、生殖腺の平均単価¥9.3/g（100 gあたり¥930）以上となれば利益が上回ることになる。しかし、ここで示した種苗コストには、種苗生産施設の減価償却や人件費は含まれていないと考えられる。また、放流時のコスト（輸送、保護策、人件費等）も考慮していないので、実際のコストはより高くなると考えられる。

また、種苗放流による資源増殖方策は、天然の資源量スケールに比べて極めて小さい。1個体の平均重量150 gと仮定した場合、過去のピーク時には、年間1000万個体以上の漁獲があったことになり、それ以上の資源量があったと推定される。現在、数十万個体規模の種苗生産技術は可能だと考えられるが、放流した種苗の収穫を目的とする従来の栽培漁業の考えでは、今後の生産を支えていくことは現実的ではない。結論として、従来の種苗放流技術では、シラヒゲウニの資源を増殖または回復させることは困難だと考えられる。

養 殖

沖縄県におけるシラヒゲウニの現場での養殖技術の開発は、2001 年頃から始まった。糸満及び具志川の漁業者グループが、陸上の簡易な種苗生産施設を用いて、自らで種苗生産を行い、養殖するという積極的なものであった（與那嶺・金田, 2002）。海面（漁港内）での垂下式籠養殖あるいは小割式養殖で、配合飼料による育成と、天然海藻給餌の仕上げにより、出荷サイズ（1,000 個体程度）までの生産ができたことが報告されている（與那嶺・城間, 2003; 2005a; 2005b; 2005c）。出荷までの生残率は良い年で 66–94%、悪い年では 18–29% となった。特に台風による籠の流出やウニの斃死が発生し、課題として残された。

その後、2005 年–2010 年まで、具志川海域での地蒔き式養殖試験が行われた（與那嶺・石川, 2006; 與那嶺, 2007a; 2008; 2009; 2010; 2011）。天然のホンダワラ類が多い海域に、種苗を放流し、生残率 13–76% で、最大で 1,500 個体程度の収穫ができたことが報告されている。この間、放流海域の海藻を食べ尽くす事例がいくつか報告されており、その時はウニを回収し、隣接海域への移植作業を行っていた。また、配合飼料とオゴノリ類を給餌した陸上養殖試験が行われたこともある（與那嶺, 2006; 2007b）。配合飼料と培養したオゴノリ類を用いた試験で、ある程度の収穫はできたが、オゴノリ類の大量培養が課題となった。

ウニ養殖において、海面・陸上ともに共通する課題は、餌の適正かつ量的確保である。現在のところ、配合飼料では、育成はできるものの、生殖腺製品に苦味が残るなど食味の悪さが問題となる。海藻を出荷前の 1 か月間ほど与えることで、改善が可能であるが、海藻の確保が課題となる。一方では、シラヒゲウニの雑食性を利用した、陸草での育成試験が行われ、海藻には及ばないものの、様々な陸草が餌として利用できる可能性が示された（大城・渡慶次, 2008; 大城他, 2013）。現在、栽培漁業センターでは、海藻とともに陸草を与えて、種苗の中間育成を行っており（玉城・中村, 2015）、その技術を活用しているが、海藻同様に、質の良い陸草の量的な確保が課題となっている。結論として、海面では台風対策、陸上では、施設整備・運営コストが加わり、現在のところ、コストに見合う大規模な養殖生産技術は確立されていないと考えられる。

資源の減少要因

ウニ資源の減少要因として、過剰漁獲、疾病、環境要因について検討する。

前述したとおり、沖縄県において、シラヒゲウニは過去に相当量が漁獲されていたこと、同一漁場ではまとまった量の漁獲が続かなかったこと、漁獲の減少後、わずかに回復した資源を再び漁獲して枯渇に至っていることなどが示唆された。このことから、過度な漁獲が資源量の減少に、最も大きい影響を与えたと考えられる。シラヒゲウニは、加入後、1 年以内に成熟し、寿命が 2 年と短く、比較的成長・成熟が速く、再生産効率の良い生物である。一方で、生殖

腺が食用とされるため、産卵前の生殖腺が最も発達した時期に漁獲が集中する（島袋, 1988）。よって、産卵前に多くのウニが漁獲されるため、本質的に再生産に大きく影響することが考えられる。1999 年の今帰仁海域での調査では、漁期前に 15–20 万個体生息していたシラヒゲウニのうち、11 万個体を漁獲したと試算されている（沖縄県, 2000）。また、漁期後 9–10 月の殻径組成では、殻径 7 cm 以上の大型のウニは非常に少なくなっており、その後の産卵期には大幅な産卵量の減少があったと考えられる（沖縄県, 2000）。産卵集群を形成する魚類資源は、過度な漁獲によって、ゆるやかに減少するよりもむしろ突然崩壊することが知られる（Sadovy de Mitcheson, 2016）。これは、Hyperstability（資源量の指数が、実際の資源量を反映せず、資源状態が悪いにも関わらず、高く評価されてしまう現象：Sadovy de Mitcheson, 2016）やアーリー効果（個体群が低密度状態の時に、さらに生存率や繁殖率が下がる現象）に関係すると考えられ、海産動物では特に漁獲対象種や放卵放精を行う種で多く認められている（Gascoigne and Lipcius, 2004）。このように、効果的な資源管理策がなされてこなかった経緯も合わせて考えると、過度な漁獲が、主な資源の減少要因であることは否定し難い。

一方、ウニ類の疾病や疾病による大量斃死が世界各地で報告されている（Lessios et al., 1984; Scheibling et al., 1999; Becker et al., 2008）。ウニの疾病については、「bold sea urchin disease（直訳すると「ハゲウニ病」）」と呼ばれ、その症状は、棘、管足が失われ、表皮が黒緑化し、壊死して、死に至るという（Becker et al., 2008）。この疾病は、バクテリアの感染によるものであるが、特定のバクテリア種ではなく、日和見的な複数の種が関係している（Becker et al., 2008）。感染の蔓延と大量斃死の事例では、それに先立ち爆発的な生息数の増加が起こっている。カリブ海のサンゴ礁域では、ガンガゼ類の爆発的な増加が起こり、その後の感染症による大量斃死によって終息した（Lessios et al., 1984）。このガンガゼ類の爆発的な増加には、富栄養化による海藻類の増加と、ウニ類を捕食する魚類が過度な漁業によって減少したために起こったと考えられている（Bellwood et al., 2004）。シラヒゲウニでも、爆発的な増加や（Valentine and Edgar, 2010）、バクテリア感染による疾病が報告されており、この疾病には寄生性の巻貝類が、引き金となっている可能性が示唆されている（Becker et al., 2007）。また、原因は特定されていないものの、沖縄県の種苗生産施設では、シラヒゲウニの種苗中間育成時の疾病が報告されている（大城他, 2012; 2013; 2014）。しかし、野外において、シラヒゲウニ成体の大量斃死については報告がなく、また沖縄においても、感染症が起きているという事例は報告されていない。よって、現時点では、疾病が沖縄のシラヒゲウニ資源の減少要因である可能性は低いと考えられる。

環境要因については、人為的あるいは自然的要因、地域的な要因と地球規模の気候変動に関連する要因、また、直接的または間接的な要因があると考えられるが、実際には、

それぞれの要素が複合的に影響しあっていると思われる。人為的かつ地域的な要因の一つとして、赤土等土壌微粒子の流入があげられる。とりわけ赤土はシラヒゲウニの卵や浮遊幼生の生残に影響することが分かっており（沖縄県, 1978）、慢性的な赤土の流入は、シラヒゲウニの個体群維持に負の効果をもたらす可能性が高い。特に、シラヒゲウニの稚ウニは、主に礁池や礁原岸側の浅海域（水深0–0.5m）の海草藻場または砂礫底に多く生息しており（沖縄県, 1982）、浅海域の環境悪化は個体群の維持に大きく影響すると考えられる。

また、大潮低潮時の大雨により、稚ウニの大量斃死が、少なくとも1978年に恩納村、2007年に今帰仁村で観察されている（沖縄県, 1982; 玉城, 2008）。降雨による加入時の減耗を想定し、過去30年あまりの沖縄島北部の漁獲量と名護の1月から6月までの合計降水量の関連をみると（図3）、大潮時の降雨量が比較的高い1988年、2007年では、その年の漁獲量の急減が認められるが、全ての年の大潮時降雨量との間に必ずしも対応があるとは言えない。しかし、近年10年間では、過去に比べて、大潮時降雨量の年変動が大きく、平年値を上回る事例が頻発しているようにも見える。ここでは、結論を出すことはできないが、シラヒゲウニの加入時期の大量降雨は、赤土の流入にも影響することが予想され、個体群維持に負の効果を及ぼしているかもしれない。

また、サンゴの白化現象とその後の生態系変化による、シラヒゲウニの個体群の動態への影響を検討する。サンゴの白化現象は、地球規模の気候変動と関連し、特に1998年に世界中のサンゴ礁に多大な被害を与えた（中野, 2004）。その後、恩納村では、ナガウニ類の局所的な大発生が報告されており（大見謝他, 2000）、シラヒゲウニと競合が示唆されているナガウニの増加は、シラヒゲウニの個体群に影響を及ぼす可能性がある（島袋, 1982）。また、死サンゴ骨格の間隙には、大量の藻食性巻貝類やウニ類の着底後の小型個体が生息しているが、時間の経過とともに進行するセメンテーションによって間隙は失われ、次第に生物量と多

様性が減少していくことが示唆されている（久保他, 2014）。つまり、このような底生動物の生活史において、死サンゴ骨格は幼期の成育環境として極めて重要であり、またこのような環境は、造礁サンゴ類の健全な育成循環が存在してこそ、継続的に供給される。シラヒゲウニの稚ウニも、このようなサンゴ礫の堆積地（ガレ場）に密集することが知られており（島袋, 1982）、サンゴの激減した現在は、稚ウニの成育環境が失われている可能性がある。

さらに、農薬、内分泌攪乱物質、過剰な栄養塩の供給など、海水中の化学物質が、サンゴ礁生態系とその構成生物に影響を与えている可能性が示唆され始めている（大見謝, 2004; 川幡他, 2004; 北田他, 2009）。特にウニ類では、卵発生や幼生変態が、化学物質や金属に対し、極めて敏感に影響を受けることが知られており、このような性質を利用して海水の汚染検査などの環境評価に利用されているほどである（小林, 1992）。また、気候変動と関連して、海水の酸性化が進行しているとされ、将来の酸性化の進行は、特に炭酸カルシウムの骨格を形成するウニ類、貝類、サンゴ類、植物プランクトン等様々な生物に重大な影響を及ぼすと考えられている（Kurihara, 2008）。シラヒゲウニにおいても、将来の起こり得る高水温と酸性化の条件下では、幼生発達に負の効果を及ぼすことが示唆されている（Brennand et al., 2010）。

今後の取り組み

シラヒゲウニの資源が激減した現在、生産現場の関係者の間で「資源管理ではどうにもならない ≡ 資源管理は役に立たないので、種苗放流を拡充」とも受け取れる意見を聞くことがある。

はじめに強調しておきたいことは、これまでに十分な資源管理策がなされてこなかったことが、資源の枯渇につながっていることである。また、これは、シラヒゲウニに限ったことではなく、沖縄の沿岸性水産資源の多くが直面する課題である（秋田他, 2015; 太田他, 2017）。水産資源を持

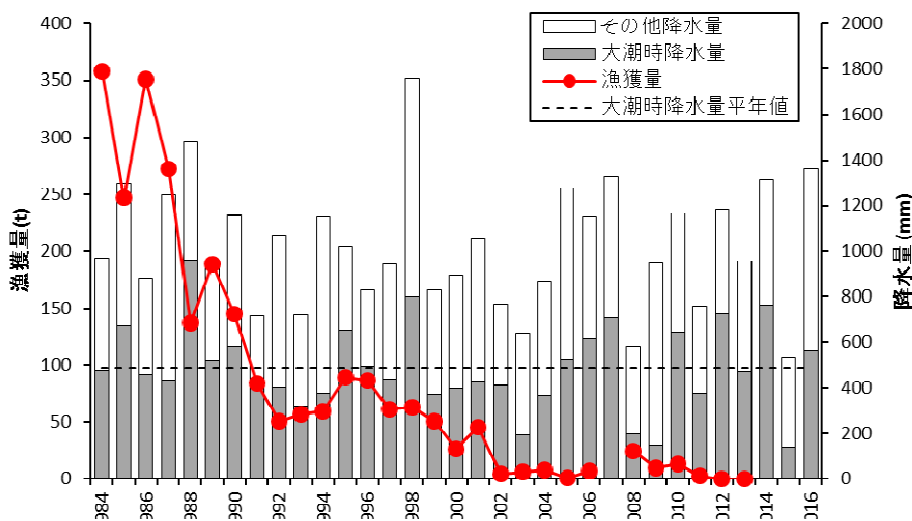


図3 沖縄島北部海域のシラヒゲウニ漁獲量および降水量データ
漁獲量：「沖縄水産農林水産統計年報」（沖縄総合事務局）、降水量：名護の1–6月の降水量（気象庁HP）

続的に利用していくためのルール作りは基本的に必要なことであり、県全体で取り組んでいく必要がある。加えて、従来の種苗放流による資源の回復は困難であることは前述のとおりである。

シラヒゲウニ資源の激減した現在においては、資源の回復に向けて、現在残されたウニを保護し、親ウニ資源を回復させることが重要である。そのため、親ウニがある程度回復するまでは、禁漁の措置は避けられないだろう。しかし、極度に資源が減少した海域では、長期間にわたる禁漁でも、資源は回復しない可能性がある。

新しい方向性として、親となるウニを集めて、海域にて保護・育成し、高密度の生息条件の下で受精率を高め、再生産機能を向上させるという考えがある。実際に、フィリピンでは、枯渇した資源の回復を目指し、4,000–8,000個体の親ウニを、海域内の保護ケージに収容して卵の供給源とし、周辺海域の資源を回復させた事例が報告されている(Junio-Meñez et al. 2008)。この時、親とするウニは、遺伝的多様性等を考慮すると、地先海域から集めることが望ましい。しかし、どうしても天然群が確保できない場合には、人工種苗を用いる必要があるかもしれない。これは、第7次沖縄県栽培漁業基本計画「放流した種苗を全て漁獲対象として捉えるこれまでの手法に加えて、親を獲り残して再生産を促す」(沖縄県, 2015)にも合致する方向性である。

沖縄県の沿岸漁業では約500種の多種多様な魚介類を対象としており、いくつかの重要種はあるものの、それら全ての資源をあまねく漁獲することで成り立っている(太田他, 2017)。よって、特定の対象種の資源を回復させるだけでなく、サンゴ礁生態系全体の生物相を回復させ、生態的機能と生産性を向上させることが重要である。また、沿岸域の水産資源の持続的利用には、沿岸域・陸域を含めた総合的な対策を行う統合的沿岸管理の概念が重要である(中原, 2012)。特に沿岸生態系の劣化につながる様々な要因、とりわけ人為的・陸域由来の要因を、可能な限り軽減させるため方策を、具体的に検討していく必要がある。

文 献

秋田雄一, 太田 格, 海老沢明彦, 上原匡人, 2015: 八重山海域における1989~2013年までの沿岸性魚介類の漁獲動向の変化について。沖縄県水産海洋技術センター事業報告書, 75, 65–88。

Becker, P. T., Gillan, D. C., Eeckhout, I., 2007: Microbiological study of the body wall lesions of the echinoid *Tripneustes gratilla*. *Disease of Aquatic Organisms* 77, 73–82。

Becker, P. T., Egea, E., Eeckhout, I., 2008: Characterization of the bacterial communities associated with the bald sea urchin disease of the echinoid *Paracentrotus lividus*. *Journal of Invertebrate Pathology* 98, 136–147。

Bellwood, D. R., Hughes, T. P., Folke, C., Nyström, M., 2004: Confronting the coral reef crisis. *Nature* 429, 827–833。

Brennan, H. S., Soars, N., Dworjanyn, S. A., Davis, A. R., Bryne,

M., 2010: Impact of ocean warming and ocean acidification on larval development and calcification in the sea urchin *Tripneustes gratilla*. *PLoS ONE* 5:e11372。

Gascoigne, J., Lipcius, R. N., 2004: Allee effects in marine systems. *Mar Ecol Prog Ser.* 269, 49–59。

Junio-Meñez, M. A., Bangi, H. G., Malay, M. C., Pastor, D., 2008: Enhancing the recovery of depleted *Tripneustes gratilla* stocks through grow-out culture and restocking. *Reviews in Fisheries Science* 16, 35–43。

川幡穂高, 井上麻夕理, 北田幸男, 鈴木 淳, 2004: 危険化学物質による環境汚染, その2. 琉球列島サンゴ礁および隣接地域の外因性内分泌攪乱物質(環境ホルモン) ノニルフェノールとビスフェノールAの汚染。地質ニュース, 603, 20–24。

北田幸男, 川幡穂高, 鈴木 淳, 大森 保, 2009: 危険化学物質による環境汚染, その5. 琉球列島サンゴ礁および隣接地域の農薬汚染。地質ニュース, 603, 20–24。

Kurihara, H., 2008: Effects of CO₂-driven ocean acidification on the early developmental stages of invertebrates. *Mar Ecol Prog Ser* 373, 275–284。

小林直正, 1992: 海水及び化学物質のウニ卵による毒性検定。水環境学会誌, 15, 643–654。

久保弘文, 謝名堂 聡, 比嘉義規, 2014: 造礁サンゴ類の転生と定性無脊椎動物の増殖。2014年日本サンゴ礁学会要旨集。

中原裕幸, 2012: 統合的海洋管理。海洋保全生態学(白山他編著)。講談社, 132–141。

中野義勝, 2004: 地球環境変動と白化現象。環境省・日本サンゴ礁学会(編著)日本のサンゴ礁。pp 44–50。

Lessios, H. A., Robertson, D. R., Cubitt, J. D., 1984: Spread of *Deadema* mass mortality through the Caribbean. *Science* 226, 335–337。

大城信弘, 渡慶次賀孝, 2008: シラヒゲウニの陸草給餌中間育成試験。平成20年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書 63–68。

大城信弘, 安井里奈, 岩井憲司, 福田将数, 大畑幸広, 佐藤良雄, 2012: シラヒゲウニの種苗生産。平成22年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書, 31–39。

大城信弘, 佐多忠夫, 大畑幸広, 渡嘉敷幸世, 2013: シラヒゲウニの種苗生産。平成23年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書, 29–35。

大城信弘, 大畑幸広, 渡嘉敷幸世, 2014: シラヒゲウニの種苗生産。平成24年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書, 29–35。

大見謝辰男, 2004: 陸域からの汚濁物質の流入負荷。環境省・日本サンゴ礁学会(編著)日本のサンゴ礁。pp 66–70。

大見謝辰男, 仲宗根一哉, 満本裕彰, 上原睦男, 大城哲, 2000: サンゴの赤土汚染耐性と白化耐性の比較。沖縄県衛生環境研究所報告書, 34, 69–76。

太田 格, 秋田雄一, 上原匡人, 海老沢明彦, 2017: 沖縄島

- 沿岸域における水産資源の27年間の動向と現状. 沖縄県水産海洋技術センター事業報告書. 77:47-72.
- 沖縄県, 1978: 赤土流出による漁場の汚染状況調査報告書. pp 164.
- 沖縄県, 2015: 第7次沖縄県栽培漁業基本計画. 1-9.
<http://www.pref.okinawa.lg.jp/site/norin/suisan/saibai/kihonnkeikaku/kihonnkeikaku.html>
- 沖縄県水産試験場, 1975: 珊瑚礁内海域における増養殖漁場開発の研究(漁場改良・造成)昭和47~49年度. pp 43
- 沖縄県水産試験場, 1982: 大規模増殖場開発事業調査報告書. 昭和53~54年度. pp 50.
- 沖縄県水産試験場・沖縄県栽培漁業センター, 2000: 放流技術開発事業総括報告書(定着性グループ)平成7年度~11年度. シラヒゲウニ. pp 39.
- 沖縄県栽培漁業センター・沖縄県水産試験場, 2002: 平成13年度資源増大技術開発事業報告書地先型定着性種(暖水域)グループ. シラヒゲウニ. pp 27.
- 沖縄県水産試験場・沖縄県栽培漁業センター, 2005: 平成16年度栽培漁業技術開発事業報告書. 地先型定着性種グループ. シラヒゲウニ. pp 24.
- 沖縄県水産試験場・沖縄県栽培漁業センター, 2006: 平成17年度栽培漁業技術開発事業報告書. 地先型定着性種グループ. シラヒゲウニ. pp 27.
- 沖縄総合事務局, 1972-2016: 1次-44次. 沖縄農林水産統計年報.
- Regalado, J.M., Campos, W.L., Santillan, A. S., 2010: Population biology of *Tripneustes gratilla* (Linnaeus) (Echinodermata) in seagrass beds of southern Guimaras, Philippines. Science Diliman 22, 41-49.
- 琉球政府, 1968: 琉球の水産業. 1967年. pp 418.
- 琉球政府, 1969: 沖縄の水産業. 1968年. pp 350.
- Sadovy de Mitcheson, V., 2016: Mainstreaming fish spawning aggregations into fishery management calls for a precautionary approach. BioScience. XX, 1-12.
- Scheibling, R. E., Hennigar, A. W., Balch, T., 1999: Destructive grazing, epiphytism, and disease: the dynamics of sea urchin-kelp interactions in Nova Scotia. Can J Fish Aquat Sci 56, 2300-2314.
- 島袋新功, 1988: シラヒゲウニ. 諸喜田茂充(編著)サンゴ礁域の増養殖. 緑書房, 東京. 299-313.
- 玉城 信, 2008: 今帰仁村地先海域におけるシラヒゲウニ人工種苗の放流後の生残. 沖縄県水産海洋研究センター事業報告書. 69, 69-72.
- 玉城英信, 中村勇次, 2015: 2013年のシラヒゲウニ種苗生産. 平成25年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書. 32-35.
- Valentine, J. P., Edgar, G. J., 2010: Impacts of a population outbreak of the urchin *Tripneustes gratilla* amongst Lord Howe Island coral communities. Coral Reefs 29, 399-410.
- 與那嶺盛次, 2006: シラヒゲウニの陸上養殖試験. 沖縄県水産業改良普及センター. 平成17年水産業改良普及事業実績報告書, 24-29.
- 與那嶺盛次, 2007a: シラヒゲウニの地蒔き式養殖試験II. 沖縄県水産業改良普及センター. 平成18年水産業改良普及事業実績報告書, 5-6.
- 與那嶺盛次, 2007b: シラヒゲウニの陸上養殖試験II. 沖縄県水産業改良普及センター. 平成18年水産業改良普及事業実績報告書, 45-47.
- 與那嶺盛次, 2008: シラヒゲウニの地蒔き式養殖試験III. 沖縄県水産業改良普及センター. 平成19年水産業改良普及事業実績報告書, 33-34.
- 與那嶺盛次, 2009: シラヒゲウニ地蒔き式養殖試験IV. 沖縄県水産業改良普及センター. 平成20年水産業改良普及事業実績報告書, 85-86.
- 與那嶺盛次, 2010: シラヒゲウニ地蒔き式養殖試験V. 沖縄県水産業改良普及センター. 平成21年水産業改良普及事業実績報告書, 79-80.
- 與那嶺盛次, 2011: シラヒゲウニ地蒔き式養殖試験VI. 沖縄県水産業改良普及センター. 平成22年水産業改良普及事業実績報告書, 36-37.
- 與那嶺盛次, 金田真智子, 2002: シラヒゲウニの養殖指導. 沖縄県水産業改良普及センター. 平成13年水産業改良普及事業実績報告書, 25-29.
- 與那嶺盛次, 城間一仁, 2003: シラヒゲウニの小割式養殖試験. 沖縄県水産業改良普及センター. 平成14年水産業改良普及事業実績報告書, 1-3.
- 與那嶺盛次, 城間一仁, 2005a: シラヒゲウニの養殖試験. 沖縄県水産業改良普及センター. 平成15年水産業改良普及事業実績報告書, 27-29.
- 與那嶺盛次, 城間一仁, 2005b: シラヒゲウニの小割式中間育成試験. 沖縄県水産業改良普及センター. 平成15年水産業改良普及事業実績報告書, 35-36.
- 與那嶺盛次, 城間一仁, 2005c: シラヒゲウニの種苗生産試験. 沖縄県水産業改良普及センター. 平成16年水産業改良普及事業実績報告書, 24-26.
- 與那嶺盛次, 石川貴宣, 2006: シラヒゲウニの地蒔き式養殖試験. 沖縄県水産業改良普及センター. 平成17年水産業改良普及事業実績報告書, 5-6.

シラヒゲウニ漁業の現状

表1 シラヒゲウニの種苗放流と生残率の実績（1995年～2013年）

放流群ID	年月日	海域/ 出荷先	数量	殻径（mm）			生残調査		備考	データ
				平均	最小	最大	経過日数	生残率		
1	1995/11/1	与那城	5052	16	3.5	32.3	232	31.2		沖縄県(2000)
2	1995/12/13	今帰仁	28157	9.8	2.2	26.4	7	0	減耗要因:放流直後の時化	
3	1996/1/2	与那城	2440	10.6	2.1	21.7	48	0		
4	1996/11/19	今帰仁	27425	11.7	4.2	34.3	152	14.1		
5	1996/12/4	与那城	22696	16.1	4.7	42.2	55	0	減耗要因:放流直後の時化	
6	1997/5/8	今帰仁	13470	15.2	4.2	42.2	98	3.7	減耗要因:台風	
7	1997/12/12	今帰仁	58458	10.8	1.6	24.7	84	0	減耗要因:冬季の波浪	
8	1997/12/12	今帰仁	18835	5.4	2.8	10.6	84	0	減耗要因:冬季の波浪	
9	1998/12/14	今帰仁	1041	33	24.5	41.2	85	25		
10	1999/1/20	今帰仁	506	15	3.1	40.6	35	0	減耗要因:波浪(流れ藻作用)	
11	1999/2/24	今帰仁	3352	19	6.3	33.4	14	0	減耗要因:波浪(流れ藻作用)	
12	1999/3/10	今帰仁	320	22.6	11.2	30.1	35	-	減耗要因:波浪(流れ藻作用)	
13	1999/7/15	今帰仁	1191	12.9	4.8	21.2	32	1		
14	1999/9/10	今帰仁	5547	17.6	10.2	34.2	81	0.1		
15	1999/9/10	今帰仁	9364	17.6	10.2	34.2	49	0.3		
16	1999/10/12	今帰仁	18961	23.9	11.4	38	45	0.3		
17	1999/11/18	今帰仁	16100	23.9	15.3	39.2	40	0		
18	1999/12/24	今帰仁	5043	20	10.1	29.4	25	1		
19	2001/4/26	今帰仁	7507	18.5	7.5	37.4	238	1.6	減耗要因:台風	沖縄県(2005)
20	2001/12/6	今帰仁	5479	21.8	10.1	46.2				
21	2002/10/4	今帰仁	2000	17.3			13	2.5	減耗要因:冬期時化	
22	2002/10/30	宜野座	20000	12.6					減耗要因:冬期時化	
23	2002/12/1	宜野座	12487	12.5					減耗要因:冬期時化	
24	2003/4/30	今帰仁	17000	23.9			37	0	減耗要因:潮流	
25	2003/6/11	今帰仁	23000	23.6			9	0		
26	2003/7/8	宜野座	11000	21.3			17	-		
27	2003/7/29	宜野座	16000	19						
28	2003/7/29	宜野座	14000	10.9						
29	2003/8/27	今帰仁	25000	16.2			9	15.3		
30	2003/9/26	宜野座	31000	20						
31	2003/11/11	宜野座	22000	20.4						
32	2004/5/31	宜野座	5200	30.7	12.3	48.7	107	0.3	減耗要因:台風	
33	2004/5/31	宜野座	7800	20.5	10.1	36.9	14	3.4	減耗要因:台風	
34	2004/6/23	宜野座	8400	24.4	13.8	39.2	42	2.9	減耗要因:台風	
35	2004/6/23	宜野座	16700	17.6	12.1	30.5	83	0.4	減耗要因:台風	
36	2004/7/29	宜野座	34500	22.5	14.5	42.2	131	0.2	減耗要因:冬期時化	沖縄県(2006)
37	2004/9/1	宜野座	48800	18	10.4	38.3	14	0.3	減耗要因:冬期時化	
38	2004/10/1	今帰仁	33000	21.1	13.2	37	27	0		
39	2004/11/4	今帰仁	17400	23.3	14.1	40	20	0		
40	2005/5/12	宜野座	2700	29.7	20	41.9	7	0.6		
41	2005/5/12	宜野座	6500	17.8	12.2	25.4	39	0.6		
42	2005/5/12	宜野座	6500	17.8	12.2	25.4	7	2.1		
43	2005/5/12	宜野座	400	50	23.8	78.6	7	0.5		
44	2005/5/12	宜野座	800	10.8	8.5	14.4	7	0		
45	2005/7/5	宜野座	16000	15.6	7.1	34.9	164	0.5		
46	2005/7/5	宜野座	18000	15.4	7.7	28.6	42	2.2		
47	2005/7/5	宜野座	15000	18.2	8	36	42	1		
48	2005/8/10	今帰仁	2000	18	14.4	48.9	111	0		
49	2005/8/10	今帰仁	4000	18.6	13.4	50.3	234	2.7		
50	2005/8/10	今帰仁	6000	21.3	12.6	52.6	233	11.1		
51	2005/8/10	今帰仁	33900	24.6	12.1	46	114	0		玉城(2008)
52	2005/10/21	今帰仁	26900	24.4	10.9	42.4	14	2.5		
53	2005/10/21	今帰仁	5000	24.4	10.9	42.4	14	0.2		
54	2005/10/21	宜野座	46200	13.7	3.9	24				
55	2006/6/16	今帰仁	50500	23.2			214	19.8		
56	2006/7/18	今帰仁	24800	27.2			197	29		
57	2007/4/24	今帰仁	20300	22.2			260	33.5		沖縄県栽培 漁業センター 事業報告書 (平成19年度 ～20年度)
58	2007/5/24	今帰仁	34500	13.1			30	0	減耗要因:食害+低潮時の大雨	
59	2007/6/20	今帰仁	36900	20.2			30	0	減耗要因:食害+低潮時の大雨	
60	2007/12/12	宜野座	400	51.6	43.6	61.2				
61	2007/12/20	久高島	2770	23.4	12.7	36.85				
62	2008/3/25	久高島	5315	12	4	21.2				
63	2008/3/28	宜野座	11752	14.3	4.3	29.25				
64	2008/5/9	宜野座	5918	20.9	8.2	35				
65	2008/5/23	宜野座	1197	30	7.75	39.9				
66	2008/6/17	今帰仁	43390	16.2	5.9	28.4				
67	2008/7/11	今帰仁	21913	21.2	7.4	36.35				
68	2008/11/13	宜野座	3236	39.4	22	67.2				
69	2008/12/16	宜野座	1002	35.7	16.4	64.95				
70	2009/3/19	宜野座	8717	20.3	9.05	31.65				
71	2009/3/27	宜野座	24986	16.31	7.85	26.95				

表1 続き

放流群 ID	年月日	海域/ 出荷先	数量	殻径 (mm)			生残調査		備考	データ
				平均	最小	最大	経過日数	生残率		
72	2009/5/19	本部	69000	7.7						
73	2009/5/20	伊江漁協	78000	32.3						
74	2009/7/2	水産土木建設技術	600	20						
75	2009/7/3	今帰仁	64000	30.7						
76	2009/7/24	水産土木建設技術	500	8						
77	2009/8/18	今帰仁	22000	31						
78	2009/9/25	本部	3000	38						
79	2009/11/6	今帰仁	69000	38						
80	2010/3/19	南城市	78000	20						
81	2010/5/26	伊江漁協	950	37	24.8	47.4				
82	2010/7/14	伊江漁協	1000	36.7	25.2	50.3				
83	2010/10/16	センター地先	2000	47.3	32	59.7				
84	2010/10/20	宜野座	3000	47.3	32	59.7				
85	2010/12/28	本部漁協	2700	38.2	29.2	46				
86	2010/12/28	南城・久高	2800	34.4	26.2	46				
87	2011/1/13	渡名喜漁協	1000	30.5	26.4	36.9				
88	2011/2/7	北谷漁協	3000	30.8	22.5	39.3				
89	2011/3/7	名護	6000	30.3	23.2	40.2				
90	2011/3/9	伊江漁協	5000	22.8	18.9	28.3				
91	2011/3/29	国頭	5000	26	18.3	38				
92	2011/3/28	宜野座	10000	26	18.3	38				
93	2011/4/15	西海区	1000	10						
94	2011/5/17	金武町	10000	30.6						
95	2011/6/16	宜野座	15000	32						
96	2011/6/27	国頭	10000	33						
97	2011/7/5	那覇	5000	34.6						
98	2011/7/13	伊江	10000	31.4						
99	2011/7/13	宮古島	10000	12.6						
100	2011/7/14	糸満	1000	30.3						
101	2011/7/29	宮古島	20000	14						
102	2011/8/18	名護	10000	35.9						
103	2011/9/7	琉球大学	800	15						
104	2011/9/27	北谷	2000	36.4						
105	2011/10/7	宜野座	15000	34.3						
106	2011/11/10	宮古島	16000	11.5						
107	2011/11/18	宮古島	14000	10.6						
108	2011/12/1	宮古島	10000	10.3						
109	2011/12/8	宮古島	5000	11.7						
110	2011/12/28	今帰仁	5500	30.1						
111	2012/1/19	今帰仁	4500	30.3						
112	2012/2/7	浦添宜野湾	2700	20.8						
113	2012/2/28	浦添宜野湾	1000	11.8						
114	2012/6/26	国頭	4200	36.5						
115	2012/8/9	宮古島	20000	10.8						
116	2012/8/15	宮古島	20000	10						
117	2012/8/31	宮古島	20000	10.6						
118	2012/9/6	北大東村	3000	10.4						
119	2012/9/10	今帰仁	2500	11.3						
120	2012/9/21	糸満	2500	11.2						
121	2012/9/26	北谷	3000	30.6						
122	2012/9/26	北谷	2500	11.2						
123	2012/10/5	国頭	5000	30.1						
124	2012/10/5	国頭	2500	11.1						
125	2012/11/13	名護	10000	30.4						
126	2012/11/30	宜野座	15000	30.4						
127	2012/12/12	今帰仁	5000	30.6						
128	2012/12/14	今帰仁	10000	29.9						
129	2012/12/19	伊江	6000	31.1						
130	2013/1/10	宜野座	15000	30.4						
131	2013/2/28	宮古島	20000	10.1						
132	2013/3/8	北大東村	1000	10.9						
133	2013/3/11	宮古島	20000	10.3						
134	2013/4/24	石川	4000	29						
135	2013/5/14	金武町	9350	32						
136	2013/9/8	与那原	2000	30						
137	2013/9/13	恩納村	3000	33						
138	2013/9/25	伊江	5000	32						
139	2013/9/28	名護	10000	32						
140	2013/9/30	沖縄市	1000	29						
141	2013/10/17	糸満	5000	33						
142	2013/11/5	宜野座	15000	37						
143	2013/11/12	国頭	8000	38						
144	2013/11/18	北谷	2000	35						
145	2013/11/1	今帰仁	5000	41						
146	2013/11/21	今帰仁	10000	40						
147	2013/11/27	宜野座	7500	40						
148	2013/12/17	宮古島	5000	26						

沖縄県栽培
漁業センター
事業報告書
(平成21年度
～25年度)