

飼育下のアイゴの生残および摂餌に及ぼす冬季の低水温と餌の影響

上田幸男^{*1}, 棚田教生^{*1}Influences of low water temperature and food availability in winter on the survival and feeding of the rabbitfish, *Siganus fuscescens* in captivityYukio UETA^{*} AND Norio TANADA^{*}

Rabbitfish, *Siganus fuscescens* 16.6 to 24.3cm in fork length caught off Tokushima Prefecture in the Pacific Ocean were used for these experiments. These fishes were reared by feeding fish only (experiment I) and both fish and seaweed (experiment II) under continuous flowing seawater conditions during November 2015 to February 2016 and the influence of low water temperature in winter on the survival and feeding was examined. The feeding on fishes stopped at 10.6-10.7 and on seaweed stopped at 12.9°C. *Siganus fuscescens* in experiment I started to die from 11.1°C (January 24) and one in experiment II from 10.4°C (February 11). These results show that low water temperature below 10.6-12.9°C led to exhaustion of *Siganus fuscescens*. The lower limiting water temperature for survival was estimated to be 10.4 - 11.1°C and feeding on both fish and seaweed enhanced the tolerance to low water temperature.

キーワード：アイゴ, rabbitfish, *Siganus fuscescens*, 海藻, 魚類, 摂餌, 低水温耐性, 生残率, 餌の嗜好性

アイゴ *Siganus fuscescens* は群れを形成して、ホンダワラ類、カジメ類、アマモ類、ワカメ等を摂餌し、藻場の衰退や消失を引き起こすことが報告されている(中山, 新井1999, 清水ほか1999, 増田ほか2000, 桐山ほか2001, 野田ほか2002, 藤田ほか2006, 吉田ほか2012, 磯野ほか2016)。徳島県沿岸においても2012年にアイゴの大きな群れによると推定される大規模な磯焼けが発生している(野田ほか2018)。一方、徳島県沿岸では定置網にまともって入網することがあり、比較的安価に取り引きされる(和田, 棚田2013)。また、大量に漁獲された場合には、価格が暴落し売れないことから、再放流されることもある。

アイゴの低水温に対する応答については永岡, 前川(1963)および岡本, 窪田(1961)により報告されているが、摂餌の停止, 死亡に至る過程等詳細は明らかにされていない。また、野田ほか(2011)は「アイゴは何らかの栄養上の必要性があって大型褐藻類を摂餌

するために藻場に出現している」と述べている。

そこで、本研究ではアイゴの食害を防止し、アイゴを食材として有効利用する目的で、アイゴの季節的な回遊や分布、および海藻摂餌の理由を把握するために、飼育下のアイゴに魚類と海藻を給餌し、冬季に10℃以下になる瀬戸内海の低水温がアイゴの生残および摂餌に及ぼす影響を調べた。

材料と方法

供試魚

2014年秋に徳島県南部の小型定置網で漁獲されたアイゴ当歳魚を水産研究課美波庁舎および鳴門庁舎でペレットと魚類を与えて飼育し、2015年11月29日から鳴門庁舎で試験に供した。試験開始時の尾叉長および体重は16.6~24.3cm, 78~232gであった(表1)。



写真1. 給餌したミリン科紅藻を摂食するアイゴ(2016年1月3日, 試験区II)

表1. 試験区I, IIにおける供試魚(n=5)の尾叉長と体重(2015年11月29日)

	I 区 ^{※1}		II 区 ^{※2}	
	尾叉長(cm)	体重(g)	尾叉長(cm)	体重(g)
1	23.3	228	23.3	214
2	24.3	232	23.5	220
3	23.2	232	21.2	164
4	17.3	80	17.2	82
5	18.3	130	16.6	78
平均	21.3	180	20.4	152

※1 餌として魚類を給餌

※2 餌として魚類と海藻を給餌

*1 徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課(Fisheries Research Institute Minami Branch, Tokushima Agriculture, Forestry, and Fisheries Technology Support Center, Hiwasaura, Minami, Kaifu, Tokushima 779-2304, Japan)

飼育試験

魚類(全長8~9cmの冷凍イカナゴ*Ammodytes personatus*もしくは全長12~13cmのカタクチイワシ*Engraulis japonica*) 100g/日を基本に45~100g/日与えた試験区Ⅰと、魚類(イカナゴもしくはカタクチイワシ)50g/日と植物(生のミリン科紅藻 *Agardhiella subulata*, ワカメ*Undaria pinnatifida*, マコンブ*Saccharina japonica*, サガラメ*Eisenia arborea*, アナアオサ *Ulva pertusa*, 陸上に自生する草) 50g/日を基本に22~193g/日を与えた試験区Ⅱを設けた(付表1)。両試験区ともに200Lの角形FRP水槽(102cm×102cm×深さ60cm)にアイゴ5尾を収容し、2015年11月29日から全てのアイゴが死亡する2016年2月20日まで流水下で飼育した。給餌方法については、魚類は水槽の底に捲き、海藻は潜水用ウエイトにクレモナ糸で縛り付け、水面から吊した。

生残、遊泳行動を毎日観察し、給餌翌日の残餌重量を計測した。試験区Ⅰの魚類の残餌については水槽の底からサイフォンで回収して筥に集めて計測した。試験区Ⅱでは、サイフォンで回収した魚類と海藻の残餌と糞に肉眼で分けて重量を計測するとともに、ウエイトに残った海藻の重量を計測した。

アイゴの生残については本研究では食味試験に供するために、遊泳できなくなり、底に横臥したものは死亡と見なした。

必要に応じて摂餌行動、魚類および海藻の残餌、残餌

に残されたアイゴの食痕などをデジタルカメラにより記録した。摂餌に及ぼす水温の影響を解析する目的で、両水槽と同様に鳴門庁舎地先から汲み上げて給水しているに水槽に設置されているアレック社製記録式水温塩分計ACT20-Dの1時間毎に記録されている水温データを解析に用いた。解析には24時間の平均値を用いた。

結 果

試験区Ⅰのアイゴは水温が14℃以上ある12月にはイカナゴもしくはカタクチイワシの魚類のみを与えてもよく摂餌した。最大摂餌量はカタクチイワシを給餌した水温17.7℃を呈した12月2日の86g/日(17.7g/尾・日)であった。続いてイカナゴを給餌した水温15.6℃を呈した12月23日の84g/日(16.8g/尾・日)であった(図1, 付表1)。

水温が14℃以上ある1月3日までは30g/日以上のもっとも摂餌がみられ(図1), 水温が14℃以下に低下する1月4日以降は摂餌量が徐々に低下し、水温が10.7℃に低下した2月5日には摂餌量がほぼ0g/日になった。その後も、給餌量に対して残餌量が上回る日が散見されるが、残餌が翌日計量されるまでに水中で含水したことや排泄残渣の混入に伴う誤差が生じたことによるものと考えられる。

一方、魚類と海藻を給餌した試験区Ⅱでは、海藻の最大摂餌量は水温16.9℃を呈した12月7日の78g/日(15.6g/尾・日), 魚類は水温15.5℃を呈した12月23, 24日のイカナゴ給餌で摂餌量が50g/日(10g/尾・日)で残餌は認められ

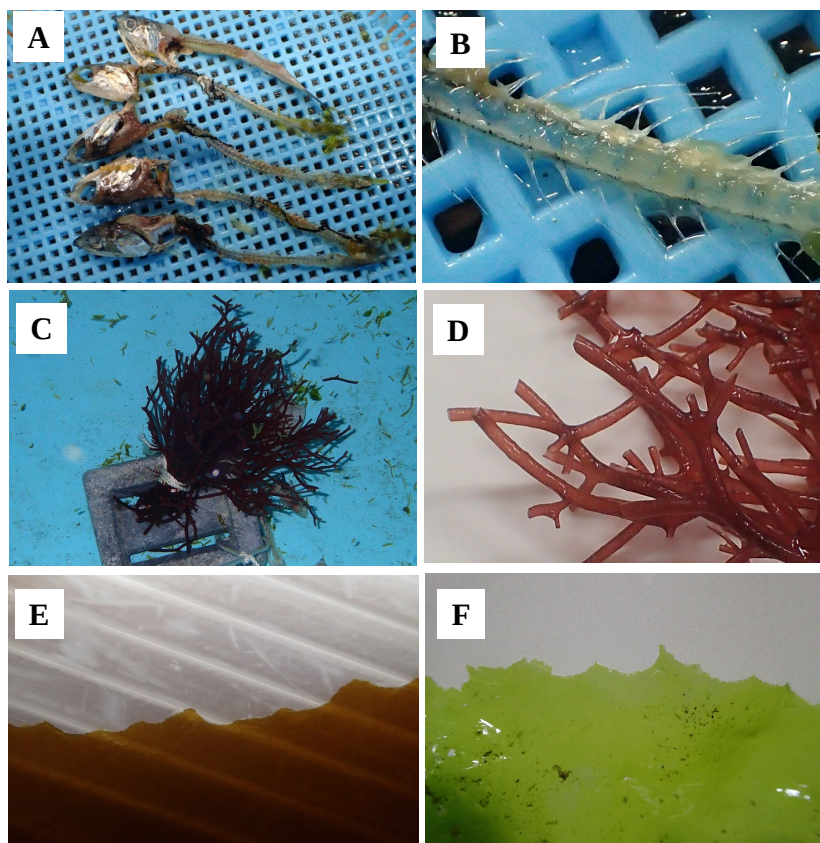


写真2. 飼育試験において観察された残餌。A, B; カタクチイワシの残餌(いずれも12月27日試験区Ⅰ)と脊椎骨(12月9日試験区Ⅱ), C, D; ミリン科紅藻の残餌(12月6日試験区Ⅱ)と摂食痕(12月9日試験区Ⅱ), E; ワカメの摂食痕(1月2日試験区Ⅱ), F; アナアオサの摂食痕(12月12日試験区Ⅱ)。

アイゴの生残および摂餌に及ぼす冬季の低水温と餌の影響

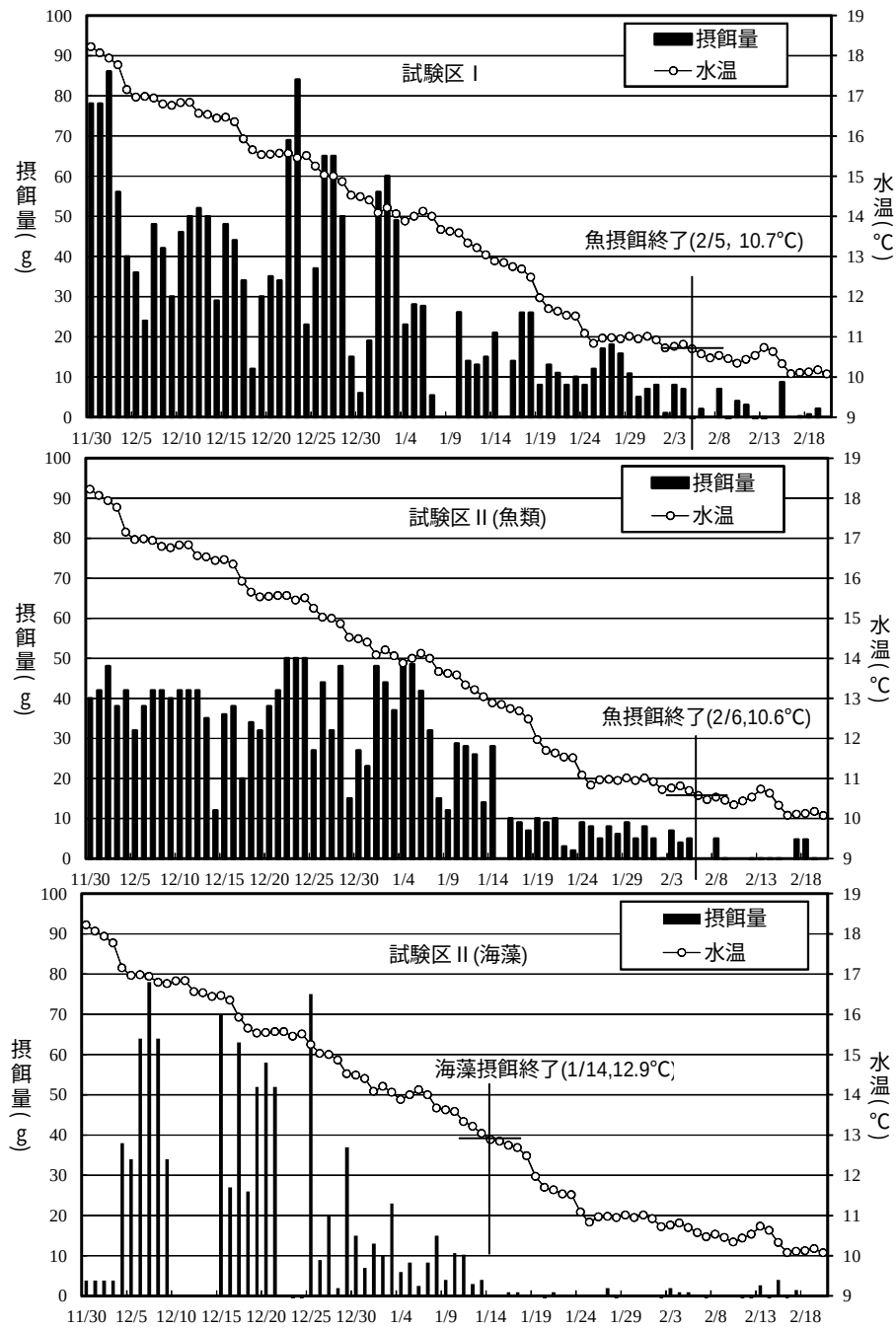


図1. アイゴ飼育試験における水温と摂餌量(n=5)の関係

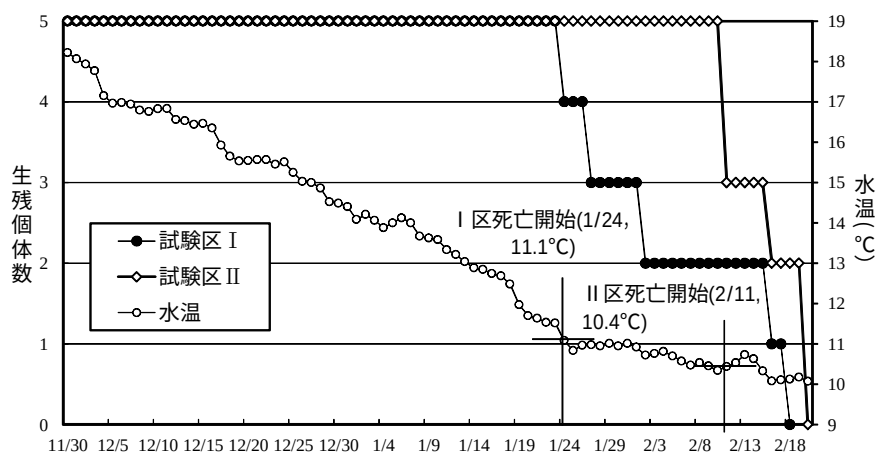


図2. 試験区 I (n=5)および II (n=5)における水温と生残個体数の関係

表2. 試験区Ⅰ, Ⅱにおける供試魚(n=5)の死亡日, 尾叉長および体重

Ⅰ区※1				Ⅱ区※2		
		尾叉長(cm)	体重(g)		尾叉長(cm)	体重(g)
1	2016年1月24日	23.7	233	2016年2月11日	23.3	191
2	2016年1月27日	24.4	236	2016年2月11日	24.1	212
3	2016年2月2日	24.5	222	2016年2月16日	17.7	87
4	2016年2月16日	19.1	127	2016年2月20日	17.5	85
5	2016年2月18日	17.3	83	2016年2月20日	20.4	162
平均(A)		21.8	180		20.6	147
試験開始時平均(B)		21.3	180		20.4	152
変化率(A/B)		1.02	1.00		1.01	0.97

※1 餌として魚類を給餌

※2 餌として魚類と海藻を給餌

なかった(図1, 付表1)。試験区Ⅱの魚類給餌区では1月7日まで30gを超える摂餌量が認められたが, 1月16日以降は10g/日に減少し, 水温10.6℃の2月6日以降は摂餌量がほぼ0g/日になった。試験区Ⅰ同様に給餌量に対して残餌量が上回る日が散見されたが, 残餌の含水や残餌への排出物の混入に伴うものと考えられる。

試験区Ⅱの海藻給餌区では水温14.5℃の12月29日まで概ね30gを超える摂餌量が確認されたが, その後の摂餌量は減少し, 水温が12.9℃になった1月14日以降は摂餌量がほぼ0g/日になった。海藻給餌区では魚類給餌区に比べて20日程早く摂餌が終了した。

餌の嗜好性と残餌の形状

試験区Ⅰ, Ⅱともに, 餌がイカナゴの場合は骨も含めてほぼ完食したが, カタクチイワシについては頭骨や脊椎骨を骨格標本のように綺麗に残した(写真2-A, B)。カタクチイワシとイカナゴの摂餌量に明瞭な差は認められなかった。

試験区Ⅱの海藻ではミリン科紅藻の摂餌量が多く, 水温16.9℃の12月7日に最大の78g/日(15.6g/尾・日), 水温15.9℃の12月23日に75g/日(15.0g/尾・日)になった。ミリン科紅藻でも太い主枝よりも, 柔らかく細い小枝の先端を好んで摂餌する傾向が認められた(写真2-C)。残餌のミリン科紅藻の先端部には鋭利な刃物で切り取ったような切り口が観察された(写真2-D)。

他の海藻では, ワカメ, マコンブ, サガラメ, アナアオサの摂餌量はそれぞれ最大で4.6, 2.6, 0, 0.4g/尾・日で, サガラメとアナアオサについては前後に給餌したミリン科紅藻に較べて摂餌量は少なかった。ワカメ(写真2-E), コンブ, アナアオサ(写真2-F)では残餌の鋸状の湾曲したアイゴ独特の食痕(木村ほか2007, 桐山ほか2001)から摂餌を確認することができた。また, 陸上に自生する草は全く摂餌がみられなかった。

低水温に伴う死亡

魚類のみを与えた試験区Ⅰでは水温が11.1℃になった1月24日から死亡が始まった。これに対し, 海藻と魚類を与えた試験区Ⅱでは10.4℃になった2月11日から立ち泳ぎや水槽の底への横臥等の異常遊泳がみられ, 試験

区Ⅰに較べて18日遅れて死亡が始まった。試験区Ⅰでは水温が10.1℃になった2月18日, 試験区Ⅱでは10.1℃になった2月20日に全ての個体が死亡した。

体重の変化

試験区Ⅰ, Ⅱの死亡時の尾叉長と体重を試験開始時と比較すると, 試験Ⅰ, Ⅱの尾叉長は1.02, 1.01倍, 体重は1.00, 0.97倍で, 共に開始時から大きな変化は認められなかった(表2)。死亡魚の内臓を観察したところ, いずれの個体も腸管の周りに腹腔内脂肪が観察できた。

考 察

食性と嗜好性

アイゴは藻類に加えて雑魚ミンチ(永岡, 前川1963), 魚肉ミンチ(新畑, 島1980), 冷凍オキアミやコイ用配合餌料(磯野ほか2016)を摂餌することから, 基本的に雑食性の魚類と考えられる。本研究の試験区Ⅱの結果から, アイゴは魚類と多様な海藻類を摂餌することから雑食性の魚類であることが再確認できた。

野田ほか(2014)は, アイゴは他種混生のガラモ場では嗜好性の高いジョロモク *Myagropsis myagroides* やヤナギモク *Sargassum ringgoldianum* subsp. *coreanum* を集中して採食する一方で, 単一種からなる藻場においては, 嗜好性の低いアラメ *Eisenia bicyclis* であっても被食を受けることを報告している。つまり, アイゴは海藻類に対する選り好みは非常に大きく, アラメ等のカジメ科海藻が特別好きな海藻ではないが, 嗜好性の高い海藻がない場合は嗜好性の低い海藻をメニューに取り入れると考えている野田ほか(2014)。本研究においても同様に給餌した紅藻ミリン科紅藻の摂餌量が褐藻類のサガラメ, 緑藻類のアナアオサに較べて圧倒的に高かったことから, ミリン科紅藻はサガラメ, アナアオサに較べて嗜好性の高い海藻と考えられる。

また, 野田ほか(2017)は水槽に5, 10, 20個体のアイゴを収容し, 餌のアラメに対する葉状部消失までの平均日数, 欠損速度, 採餌量, および脱落量を調べた。その結果, 収容個体数が多いほど, 警戒心が低下し, 食い散らかすような食べ方をすることを報告している。本研究においては水槽当たり5個体の収容密度であり, 藻類を食

い散らかすような食べ方は発現しなかったと考えられる。

Pillans *et al.* (2004) はオーストラリア産の体長90～110mmのアイゴを飼育し、生息域から採取した紅藻のトゲノリ *Acanthophora spicifera*, カタオゴノリ *Gracilaria edulis*, アマモ属の海草 *Zostera capricorni*, 褐藻のアミジグサ *Dictyota dichotoma*, ハイオオギ *Lobophora variegata*, 緑藻のオオハゴロモ *Udotea argentea* を与え、アイゴによる摂餌選択性、餌の一般成分(栄養価), 同化率, および消化管通過時間を調べた。その結果、摂餌選択性および同化率はトゲノリ, カタオゴノリ, アマモ属の海草, アミジグサ, サナダグサ, オオハゴロモの順になり、明瞭に紅藻, アマモ, 褐藻, 緑藻の順になった。さらに、栄養価に依存せず、消化管通過時間は緑藻, 褐藻, アマモ属の海草, 紅藻順になった。このことからアイゴは栄養価のみならず同化しやすい紅藻を選択的に摂餌していることを報告している。

本研究で用いたミリン科紅藻も紅藻で、細い枝状を呈し、カタオゴノリやトゲノリと形状が似ており、アイゴにとって摂餌選択性の高い海草と考えられる。本研究においてもミリン科紅藻の摂餌量が褐藻類のサガラメ、緑藻類のアナオサに較べて圧倒的に高かったことも一致する。

アイゴはヒロメの茎や中肋など固い部分を残し、柔らかい葉部のみを摂餌することが報告されている(木村1994, 木村ほか2007)。今回のミリン科紅藻においても同様に柔らかい先端部から好んで摂餌しており、細く柔らかい部分が多いミリン科紅藻は形状やテクスチャーからみてもアイゴにとって良質な餌と考えられる。

また、体が細く、骨の柔らかいイカナゴを完食し、硬いカタクチイワシの頭部や脊椎を残したことから、魚類においても食べやすい柔らかい部分を好んで摂餌するものと考えられる。つまり、餌の形状や固さはアイゴの餌嗜好の重要な要素になっていると考えられる。

摂餌量および摂餌率

桐山ほか(2001)は飼育試験からアイゴによるクロメの摂食量を調査し、水温が28℃の9月に76g/dayで最も多く、26～23℃の10月には43g/day, 19～14℃の12月には4g/dayで、高水温時に多く、水温の低下とともに減少することを報告している。

桐山ほか(2001)が試験に用いたアイゴの全長は約33cmで、本研究では尾叉長16.6～24.3cmであるため正確には比較できないが、本研究で水温18.1～14.4℃の12月の平均摂餌量は試験区Ⅰで8.6g/day, 試験区Ⅱの魚類で7.4g/day, 海藻で6.0g/day, 1月はそれぞれ4.0g/day, 3.8g/day, 0.8g/dayであった。このことから12月の餌としてカタクチイワシ、イカナゴおよびミリン科紅藻はクロメよりも摂餌量が多く、良質な餌と考えられる。

木村ら(2007)は飼育試験からアイゴのヒロメの摂餌量は水温20℃では28g/日で、水温17.5℃以下になると全く摂餌しないことを報告している。本研究におけるヒロメの近縁種のワカメの給餌では水温が14.1℃において4.6g/尾・日の摂餌がみられたが、本研究では魚類

も併用して給餌していることや、ワカメの前に長期間ミリン科紅藻を給餌したことの影響も考えられ、今後の精査が必要と考えられる。

磯野ほか(2016)はアラメを自由に摂餌させた場合、水温26℃で摂餌率は32.20%BW/day, 29℃で39.05%BW/dayであることを報告している。また、山内ほか(2006)は生簀に収容したアイゴのカジメに対する7～10月の日間摂餌率が0.2～4.0%BW/dayにあり、水温が約27℃になる9月にピークを迎えることを報告している。

本研究における12月と1月の日間摂餌率を求めると、試験区Ⅰで4.8%BW/dayと2.0%BW/day, 試験区Ⅱで8.5%BW/dayと3.0%BW/dayで海藻を摂餌した方が高い値を示し、磯野ほか(2016)および山内ほか(2006)に較べて著しく水温が低い時期ではあるが両者の中間的な値を示した。

野田ほか(2017)は飼育試験により14～30℃におけるアイゴのアラメおよびヤツマタモク *Sargassum patens* に対する摂餌率(日間採餌量)を調べたところ、ヤツマタモクで28℃で24.5%BW/dayをピークに、17～26℃で8～15%, 16℃で2.8%, 14℃で0.1%に、アラメは20～30℃で1～2.6%, 17～19℃で0.3～0.4%, 15～16℃で0.02%でほとんど摂餌がみられなくなったことを報告している。

本研究の試験区Ⅱでは水温15.6～16.5℃の12月15～21日に魚類と併用ながらミリン科紅藻で3.5～9.5%BW/day(平均体重147gとして計算)の摂餌率がみられたことから、ミリン科紅藻はヤツマタモクやアラメよりもアイゴの嗜好性が高いことがうかがえる。

低水温が摂餌と生残に及ぼす影響

永岡, 前川(1963)は1987年10月26日から12月7日に平均全長11.4cmのアイゴ300尾を4.5m×1.3m×深さ0.7mの水槽に収容し、雑魚ミンチを与えて飼育した。その結果、11月17日より急に摂餌量が減少し、水温15℃になった11月23日から摂餌がみられなくなると同時に斃死が始まり、動きが鈍くなったことを報告している。また、別の大型の池に放養したものは12月1～4日の水温8.0～11.5℃下でほとんど全部が死亡したことを報告している。これらの結果を踏まえてアイゴの摂餌限界水温を15℃前後、致死限界水温は10.0～13.5℃と結論づけている。また、岡本, 窪田(1961)は水族館において水温が12℃になる12月1日から水温が6℃まで低下する12月31日までアイゴ等の日別斃死個体数を記録した。その結果、アイゴは11℃から斃死がみられ、10～10.5℃でほとんど斃死することを報告している。本研究においては試験Ⅰで11.1℃で、試験区Ⅱで10.4℃で死亡が始まり、10℃では全ての個体が死亡したことから、永岡, 前川(1963)および岡本, 窪田(1961)の研究と概ね一致する。

山田(2006)はカジメのみを与えたカジメ区とカジメと配合飼料を与えたカジメ+配合飼料区を設けて掛け流しの飼育試験によりアイゴ成魚の成長と生残について調べている。その結果、両試験区ともに水温が15℃以下になる1月には採食量が0になるものの、カジメ+配合飼料区の方が明らかに秋冬季の生残率が高く、成

長や肥満度が高いことを報告している。ただし、飼育水温が12~13℃以上と高いためにカジメ+配合飼料区での冬季の死亡はみられない。

本研究ではこれらの報告とは供試魚のサイズが異なるものの、海藻が餌の場合で12.9℃、魚類の場合で10.6~10.7℃で摂餌が終了し、魚類のみ給餌で11.1℃、魚類+海藻給餌の場合で10.4℃から斃死がみられ始めた。このことから、動物性餌料と海藻を併用した方が低水温耐性が増すことは山田(2006)と共通するが、本研究の方が永岡, 前川(1963), 木村(1994), 山田(2006)の結果に較べてより低い温度で摂餌の停止と斃死を確認した。

アイゴの雑食性の意義

柴田ほか(2010)は炭素・窒素安定同位体比を用いて、アイゴ成魚に対する動物性餌料の重要性について調査を行い、海藻に劣らない窒素分を、少量の摂餌量で確保できる点で動物性餌料は効率的なことを述べている。また、植食性魚類の筋肉と餌の安定同位体比の関係を調べた研究では、炭素は海藻から、窒素は動物から摂取していることが報告されている(Pinnegar and Polunin 2000, Carseldine and Tibbetts 2005)。

山田(2006)は、アイゴの飼育試験においてカジメ+配合飼料区の生残率が秋冬季にカジメ区よりも高いこと、中川ほか(1984)はクロダイの配合餌料にアナアオサ粉末を添加することによって対照区に較べて著しく内臓と背肉の脂肪が増加し、低溶存酸素耐性が向上すること、海野(2010)はクロダイ *Acanthopagrus schlegelii* に海藻を食べさせることで、脂肪のエネルギーの転換効率が良くなり、冬季の生残率が高くなることを報告している。中川ほか(1984)はクロダイの海藻摂取は植食性魚のように蛋白質源やエネルギー源としての重要性よりも、藻類中の生理的な有効成分の摂取にもあるとするものであり、雑食性魚類の養成において藻類投与の重要性を示唆している。

本研究のアイゴにおいても魚類のみの給餌区よりも魚類+海藻給餌区の方が低水温期の死亡時期が遅れることから、越冬前に魚類と海藻を併せて摂取することで低水温耐性や脂質の調節などが増し、ストレスに対する抵抗力が増大する可能性が考えられる。アイゴの海藻摂取は蛋白質源やエネルギー源のみならず、水温の低下する時期を生き残るための生存戦略の可能性が考えられる。

低水温耐性からわかること

和田, 棚田(2013)は徳島県沿岸におけるアイゴの漁獲量が、水温16℃以下に下降する時期には県北でも県南でも漁獲量が激減することから、この時期にはアイゴが水温の高い海域へ移動することを推測している。本研究の魚類給餌区の摂餌終了水温(10.6~10.7℃)、海藻給餌区の摂餌終了水温(12.9℃)、斃死開始水温(11.1℃)よりも約3~6℃高い水温で、アイゴは余裕をもって避寒回遊するものと考えられる。今回の飼育試験に用いた水産研究課鳴門庁舎の汲み上げ海水は、播磨灘と

紀伊水道を結ぶ小鳴門海峡から汲み上げられており、両海域の中間的な水温を示すと考えられる。言い換えれば、水温が11℃を下回る1月下旬頃から再び水温が11℃以上に上昇する時期まで播磨灘や紀伊水道北部でアイゴが生息することは困難で、水温が低下する前に暖かい海域に移動できない個体は斃死するものと推測できる。

最後に、本研究のアイゴ飼育試験の手法と計画が不十分であり、付表1 からみても正確な摂餌量推定や餌料の種類や給餌量の統一ができていないなどの課題を残している。しかしながら、冬季の瀬戸内海の低水温環境下におけるアイゴの具体的な低水温耐性や摂餌限界水温、および魚類と海藻を摂餌することで生残率が向上するなど新たな知見が得られたので報告させていただいた。後進による精度の高い検証をお願いしたい。

謝 辞

飼育用のミリン科紅藻を提供頂いた徳島大学生物資源産業学部講師岡 直宏博士に深謝します。また、本論の考察に役立つ貴重な文献を提供いただいた水産研究・教育機構水産工学研究所柴田玲奈研究員に感謝します。本研究は「いつでも・どこでも「知の拠点」! 農林水産課題即応事業、磯焼け原因生物”アイゴ”の有効利用」で実施した。記して謝意を表する。

文 献

- Carseldine L., and Tibbetts I. R. (2005) Dietary analysis of the voracious hemiramphid *Hyporhamphus regularis* ardelio: an isotopic approach. *J. Fish. Biol.* **66**, 1589-1600.
- 藤田大介, 野田幹雄, 桑原久実(2006)海藻を食べる魚たち—生態から利用まで—. 成山堂書店, 東京, 253pp.
- 磯野良介, 島 隆夫, 渡辺幸彦, 長谷川一幸, 馬場将輔(2016)アラメ *Eisenia bicyclis* を摂餌したアイゴ *Siganus fuscus* の成長. 水産工学, **52**, 185-187.
- 木村 創(1994)養殖ヒロメにおける魚類の捕食. 和歌山県水産増殖試験場報告, **26**, 12~16.
- 木村 創, 山内 信, 能登谷正浩(2007)魚類の捕食回避に網生簀を利用したヒロメ早期収穫技術の開発. 水産増殖, **55**, 467-473.
- 桐山隆哉, 野田幹雄, 藤井明彦(2001)藻食性魚類数種によるクロメの摂食と摂食痕. 水産増殖, **49**, 431-438.
- 増田博幸, 角田利晴, 林 義次, 西尾四良, 水井悠, 堀内俊助, 中山恭彦(2000)藻食性魚類アイゴの食害による造成藻場の衰退. 水産工学, **37**, 135-142.
- 野田幹雄, 木下淳司, 棚田教生, 村瀬 昇(2018)短期間で発生したカジメ科海藻の磯焼けにおけるアイゴの食跡の特徴. 水産大学校研究報告, **66**, 印刷中.
- 野田幹雄, 北山和仁, 新井章吾(2002)響灘蓋井島の秋季と春季における成魚期のアイゴの食性. 水産工

学, **39**, 5-13.

野田幹雄, 小林孝平, 荒木めぐみ, 安倍大地, 村瀬昇(2017)アイゴの摂餌による大型海藻の藻体欠損量に影響する要因について～水温別の日間採餌量の見積と群れの大きさの影響. 海苔と海藻, **85**, 20-33.

野田幹雄, 大原啓史, 村瀬 昇, 池田 至, 山本憲一(2014)アイゴによるアラメおよび数種のホンダワラ類被食過程と群落構造の関係. 日水誌, **80**, 201-213.

野田幹雄, 大原啓史, 浦川賢二, 村瀬 昇, 山本憲一(2011)響灘蓋井島のガラモ場に出現したアイゴ成魚の餌利用ー大型褐藻類の採餌との関係ー. 日水誌, **77**, 1008-1019.

中山恭彦, 新井章吾(1999)南伊豆・中木における藻食性魚類3種によるカジメの採食. 藻類, **47**, 105-112.

Pillans R.D., C.E. Flanklin, I.R. Tibbetts(2004)Food choice in *Siganus fuscus*: influence of macrophyte nutrient content and availability. *J. Fish. Biol.* **64**, 297-309.

Pinnegar J.K., N.V.C. Plunin(2000)Contribution of stable-isotope data to elucidating food webs of Mediterranean rocky littoral fishes. *Oecologia*, **122**, 399-409.

永岡哲雄, 前川兼佑(1963)有用鹹水魚の冬季における摂餌ならびに致死限界水温に関する研究. 山口内海水試業績, **13**, 93-99.

中川平介, 笠原正五郎, 杉山瑛之, 和田 功(1984), クロダイに対するアナアオサ添加餌料の効果. 水産増殖, **32**, 20-27.

岡本仁氏, 窪田正文(1961)海水魚の低水温における致死限界の数例. 動物園水族館雑誌, **3**(1・2)14-15.

櫻井 繁・工藤孝浩(2014)神奈川県沿岸域における

アイゴ未成魚の出現について. 神水セ研報, **7**, 37-40.

柴田玲奈, 片山知史, 渡部諭史, 荒川久幸(2010)アイゴ成魚に対する動物性餌料の重要性. *La mer*, **48**, 103-111.

清水 博, 渡辺耕平, 新井章吾, 寺脇利信(1999)日向灘沿岸におけるクロメ場の立地環境条件について. 宮崎水試研報, **7**, 29-41.

新畑孝信, 島 康介(1980)アイゴの種苗生産. 栽培技研, **9**(1)75-80.

海野徹也(2010)クロダイの生物学とチヌの釣魚学. ベルソープックス, **033**, 東京, 31pp.

和田隆史, 棚田教生(2013)徳島県沿岸におけるアイゴの大量出現とその利用. 黒潮の資源海洋研究**14**, 109-114.

山田博一(2006)水槽飼育におけるアイゴ成魚のカジメ採食量とカジメ脱落量の季節変化ならびにアイゴ成魚の生残・成長におよぼす餌料の影響. 静岡水試研報, **41**, 15-19.

山内 信, 木村 創, 藤田大介(2006)アイゴ(*Siganus fuscus*)の摂餌生態と音刺激による摂餌抑制効果について. 水産工学, **43**, 65-68.

吉田吾郎, 堀 正和, 島袋寛盛, 浜口昌巳, 寺脇利信, 森口朗彦, 元谷 剛, 藤原宗弘, 相田 聡, 平田伸治(2012)2011年秋季の瀬戸内海におけるアイゴによる藻場への食害状況ー特にアマモ場について, 食害の程度と群落衰退との関係ー. 平成24年度日本水産工学会学術講演会学術講演論文集, 79-80.

付表1-1. アイゴに魚類を与えたⅠ区と魚類と海藻を与えたⅡ区の生残数と摂餌量の推移

観察日	飼育 水温 (°C)	生残 数 (A)	Ⅰ 区					生残 数 (A)	種 類	Ⅱ 区					種 類	給餌量 (g)	残餌 (g)	全接 餌量 (Bg)	摂餌量 /尾 (B/Ag)					
			餌 (魚類)							餌 (魚類)										餌 (海藻)				
			種 類	給 餌 量 (g)	残 餌 (g)	全 接 餌 量 (Bg)	摂 餌 量 /尾 (B/Ag)			種 類	給 餌 量 (g)	残 餌 (g)	全 接 餌 量 (Bg)	摂 餌 量 /尾 (B/Ag)						種 類	給 餌 量 (g)	残 餌 (g)	全 接 餌 量 (Bg)	摂 餌 量 /尾 (B/Ag)
2015/11/29	18.3	5						5						アナアサ	50	10	40	8.0						
2015/11/30	18.2	5	カクチイワシ	100	22	78	15.6	5	カクチイワシ	50	10	40	8.0	アナアサ	50	46	4	0.8						
2015/12/1	18.1	5	カクチイワシ	100	22	78	15.6	5	カクチイワシ	50	8	42	8.4	アナアサ	50	46	4	0.8						
2015/12/2	17.9	5	カクチイワシ	100	14	86	17.2	5	カクチイワシ	50	2	48	9.6	アナアサ	50	46	4	0.8						
2015/12/3	17.8	5	カクチイワシ	100	44	56	11.2	5	カクチイワシ	50	12	38	7.6	アナアサ	50	46	4	0.8						
2015/12/4	17.1	5	カクチイワシ	100	60	40	8.0	5	カクチイワシ	50	8	42	8.4	ミソ科紅藻	50	12	38	7.6						
2015/12/5	17.0	5	カクチイワシ	100	64	36	7.2	5	カクチイワシ	50	18	32	6.4	ミソ科紅藻	48	14	34	6.8						
2015/12/6	17.0	5	カクチイワシ	50	26	24	4.8	5	カクチイワシ	50	12	38	7.6	ミソ科紅藻	100	36	64	12.8						
2015/12/7	16.9	5	カクチイワシ	100	52	48	9.6	5	カクチイワシ	50	8	42	8.4	ミソ科紅藻	100	22	78	15.6						
2015/12/8	16.8	5	カクチイワシ	100	58	42	8.4	5	カクチイワシ	50	8	42	8.4	ミソ科紅藻	100	36	64	12.8						
2015/12/9	16.8	5	カクチイワシ	100	70	30	6.0	5	カクチイワシ	50	10	40	8.0	ミソ科紅藻	36	2	34	6.8						
2015/12/10	16.8	5	カクチイワシ	100	54	46	9.2	5	カクチイワシ	50	8	42	8.4	ミソ科紅藻	50	49.8	0.2	0.04						
2015/12/11	16.8	5	カクチイワシ	100	50	50	10.0	5	カクチイワシ	50	8	42	8.4	ミソ科紅藻	50	49.8	0.2	0.04						
2015/12/12	16.6	5	カクチイワシ	100	48	52	10.4	5	カクチイワシ	50	8	42	8.4	草,アナアサ	50	49.8	0.2	0.04						
2015/12/13	16.5	5	イナゴ*	100	50	50	10.0	5	イナゴ*	50	15	35	7.0	草,アナアサ	50	49.8	0.2	0.04						
2015/12/14	16.4	5	イナゴ*	100	71	29	5.8	5	イナゴ*	50	38	12	2.4	草,アナアサ	50	49.8	0.2	0.04						
2015/12/15	16.5	5	カクチイワシ	100	52	48	9.6	5	カクチイワシ	50	14	36	7.2	ミソ科紅藻	100	30	70	14.0						
2015/12/16	16.4	5	カクチイワシ	100	56	44	8.8	5	カクチイワシ	50	12	38	7.6	ミソ科紅藻	30	3	27	5.4						
2015/12/17	15.9	5	カクチイワシ	100	66	34	6.8	5	カクチイワシ	50	30	20	4.0	ミソ科紅藻	150	87	63	12.6						
2015/12/18	15.7	5	カクチイワシ	50	38	12	2.4	5	カクチイワシ	50	16	34	6.8	ミソ科紅藻	87	61	26	5.2						
2015/12/19	15.5	5	カクチイワシ	50	20	30	6.0	5	カクチイワシ	50	18	32	6.4	ミソ科紅藻	190	138	52	10.4						
2015/12/20	15.5	5	カクチイワシ	50	15	35	7.0	5	カクチイワシ	50	12	38	7.6	ミソ科紅藻	138	80	58	11.6						
2015/12/21	15.6	5	カクチイワシ	50	16	34	6.8	5	カクチイワシ	50	8	42	8.4	ミソ科紅藻	80	28	52	10.4						
2015/12/22	15.6	5	イナゴ*	100	31	69	13.8	5	イナゴ*	50	0	50	10.0	サカラム	82	82	0	0.0						
2015/12/23	15.5	5	イナゴ*	100	16	84	16.8	5	イナゴ*	50	0	50	10.0	サカラム	82	83	-1							
2015/12/24	15.5	5	カクチイワシ	100	77	23	4.6	5	カクチイワシ	100	50	50	10.0	サカラム	83	87	-4							
2015/12/25	15.2	5	カクチイワシ	100	63	37	7.4	5	カクチイワシ	50	23	27	5.4	ミソ科紅藻	160	85	75	15.0						
2015/12/26	15.0	5	イナゴ*	100	35	65	13.0	5	イナゴ*	50	6	44	8.8	ミソ科紅藻	85	76	9	1.8						
2015/12/27	15.0	5	イナゴ*	100	35	65	13.0	5	イナゴ*	50	18	32	6.4	ミソ科紅藻	76	56	20	4.0						
2015/12/28	14.9	5	イナゴ*	100	50	50	10.0	5	イナゴ*	50	2	48	9.6	ミソ科紅藻	57	55	2	0.4						
2015/12/29	14.5	5	カクチイワシ	100	85	15	3.0	5	カクチイワシ	50	35	15	3.0	ミソ科紅藻	111	74	37	7.4						
2015/12/30	14.5	5	カクチイワシ	100	94	6	1.2	5	カクチイワシ	50	23	27	5.4	ミソ科紅藻	74	59	15	3.0						
2015/12/31	14.4	5	カクチイワシ	100	81	19	3.8	5	カクチイワシ	50	27	23	4.6	マコソ*	42	35	7	1.4						
2016/1/1	14.1	5	イナゴ*	100	44	56	11.2	5	イナゴ*	50	2	48	9.6	マコソ*	35	22	13	2.6						
2016/1/2	14.2	5	イナゴ*	100	40	60	12.0	5	イナゴ*	50	6	44	8.8	ミソ科紅藻	22	12	10	2.0						
2016/1/3	14.1	5	イナゴ*	100	51	49	9.8	5	イナゴ*	50	13	37	7.4	ワカメ	93	70	23	4.6						
2016/1/4	13.9	5	イナゴ*	100	77	23	4.6	5	イナゴ*	50	1	49	9.8	ワカメ	68	62	6	1.2						
2016/1/5	14.0	5	イナゴ*	100	72	28	5.6	5	イナゴ*	50	2	49	9.7	ワカメ	62	54	8	1.7						
2016/1/6	14.1	5	イナゴ*	83	55	28	5.5	5	イナゴ*	50	8	42	8.4	ワカメ	54	51	3	0.5						
2016/1/7	14.0	5	イナゴ*	94.4	89	5	1.1	5	イナゴ*	50	18	32	6.4	ワカメ	51	43	8	1.7						
2016/1/8	13.7	5	カクチイワシ	100	100	0	0.0	5	カクチイワシ	50	35	15	3.0	ミソ科紅藻	141	126	15	3.0						
2016/1/9	13.6	5	カクチイワシ	100	100	0	0.0	5	カクチイワシ	50	38	12	2.4	ミソ科紅藻	126	122	4	0.8						
2016/1/10	13.6	5	イナゴ*	100	74	26	5.2	5	イナゴ*	50	21	28.7	5.7	ミソ科紅藻	122	111	11	2.1						
2016/1/11	13.3	5	イナゴ*	80	66	14	2.8	5	イナゴ*	50	22	28	5.6	ミソ科紅藻	111	101	10	2.1						
2016/1/12	13.2	5	イナゴ*	88	75	13	2.6	5	イナゴ*	50	24	26	5.2	ミソ科紅藻	101	98	3	0.6						

付表1-2. アイゴに魚類を与えたⅠ区と魚類と海藻を与えたⅡ区の生残数と摂餌量の推移

観察日	飼育 水温 (℃)	Ⅰ 区						Ⅱ 区										
		餌（魚類）						餌（魚類）						餌（海藻）				
		生残 数 (A)	種 類	給 餌 量 (g)	残 餌 (g)	全 接 餌 量 (Bg)	摂 餌 量 /尾 (B/Ag)	生残 数 (A)	種 類	給 餌 量 (g)	残 餌 (g)	全 接 餌 量 (Bg)	摂 餌 量 /尾 (B/Ag)	種 類	給 餌 量 (g)	残 餌 (g)	全 接 餌 量 (Bg)	摂 餌 量 /尾 (B/Ag)
2016/1/13	13.0	5	イナゴ	88	73	15	3.0	5	イナゴ	50	36	14	3	ミリン科紅藻	98	94	4	1
2016/1/14	12.9	5	イナゴ	80	59	21	4.2	5	イナゴ	50	22	28	6	ワカメ	40	40	0	0
2016/1/15	12.8	5						5						ワカメ	40	40	0	0
2016/1/16	12.7	5	イナゴ	100	86	14	2.8	5	イナゴ	50	40	10	2	ワカメ	40	39	1	0
2016/1/17	12.7	5	イナゴ	94	68	26	5.2	5	イナゴ	50	41	9	2	ミリン科紅藻	159	158	1	0
2016/1/18	12.5	5	イナゴ	90	64	26	5.2	5	イナゴ	50	43	7	1	ミリン科紅藻	158	158	0	0
2016/1/19	12.0	5	イナゴ	100	92	8	1.6	5	イナゴ	50	40	10	2	ミリン科紅藻	158	158	0	0
2016/1/20	11.7	5	イナゴ	72	59	13	2.6	5	イナゴ	50	41	9	2	ミリン科紅藻	158	159	-1	0
2016/1/21	11.6	5	イナゴ	68	57	11	2.2	5	イナゴ	50	40	10	2	ミリン科紅藻	158	157	1	0
2016/1/22	11.5	5	イナゴ	70	62	8	1.6	5	イナゴ	50	47	3	1	ミリン科紅藻	158	158	0	0
2016/1/23	11.5	5	イナゴ	100	90	10	2.0	5	イナゴ	50	48	2	0	ミリン科紅藻	158	158	0	0
2016/1/24	11.1	4	イナゴ	85	77	8	2.0	5	イナゴ	50	41	9	2	ミリン科紅藻	158	158	0	0
2016/1/25	10.8	4	イナゴ	84	72	12	3.0	5	イナゴ	50	42	8	2	ミリン科紅藻	158	158	0	0
2016/1/26	11.0	4	イナゴ	100	83	17	4.3	5	イナゴ	50	45	5	1	ミリン科紅藻	158	158	0	0
2016/1/27	11.0	3	イナゴ	100	82	18	6.0	5	イナゴ	50	42	8	2	ミリン科紅藻	158	156	2	0
2016/1/28	10.9	3	イナゴ	100	84	16	5.3	5	イナゴ	50	44	6	1	ミリン科紅藻	158	159	-1	0
2016/1/29	11.0	3	イナゴ	74	63	11	3.6	5	イナゴ	50	41	9	2	ミリン科紅藻	158	158	0	0
2016/1/30	10.9	3	イナゴ	100	95	5	1.7	5	イナゴ	50	45	5	1	ミリン科紅藻	158	158	0	0
2016/1/31	11.0	3	イナゴ	100	93	7	2.3	5	イナゴ	50	42	8	2	ミリン科紅藻	158	158	0	0
2016/2/1	10.9	3	イナゴ	55	47	8	2.7	5	イナゴ	50	45	5	1	ミリン科紅藻	158	158	0	0
2016/2/2	10.7	2	イナゴ	100	99	1	0.5	5	イナゴ	50	53	-3		ミリン科紅藻	158	160	-2	0
2016/2/3	10.8	2	イナゴ	89	81	8	4.0	5	イナゴ	50	43	7	1	ミリン科紅藻	158	156	2	0
2016/2/4	10.8	2	イナゴ	100	93	7	3.5	5	イナゴ	50	46	4	1	ミリン科紅藻	158	157	1	0
2016/2/5	10.7	2	イナゴ	89	90	-1		5	イナゴ	50	45	5	1	ミリン科紅藻	158	157	1	0
2016/2/6	10.6	2	イナゴ	80	78	2	1.0	5	イナゴ	50	50	0	0	ミリン科紅藻	158	158	0	0
2016/2/7	10.5	2	イナゴ	70	70	0	0	5	イナゴ	50	50	0	0	ミリン科紅藻, マコソブ	181	184	-3	
2016/2/8	10.5	2	イナゴ	100	93	7	3.5	5	イナゴ	50	45	5	1	ミリン科紅藻, マコソブ	184	184	0	0
2016/2/9	10.5	2	イナゴ	100	117	-17		5	イナゴ	50	59	-9		ミリン科紅藻, マコソブ	184	184	0	0
2016/2/10	10.3	2	イナゴ	100	96	4	2.0	5	イナゴ	50	50	0	0	ミリン科紅藻, マコソブ	184	184	0	0
2016/2/11	10.4	2	イナゴ	82	79	3	1.5	3	イナゴ	50	50	0	0	ミリン科紅藻, マコソブ	184	191	-7	
2016/2/12	10.5	2	イナゴ	87	90	-3		3	イナゴ	50	53	-3		ミリン科紅藻, マコソブ	191	192	-1	0
2016/2/13	10.7	2	イナゴ	56	62	-6		3	イナゴ	50	53	-3		ミリン科紅藻, マコソブ	192	189	3	1
2016/2/14	10.6	2	イナゴ	58	58	0	0.0	3	イナゴ	50	51	-1	0	ミリン科紅藻, マコソブ	189	192	-3	
2016/2/15	10.3	2	イナゴ	81	72	9	4.4	3	イナゴ	50	56	-6		ミリン科紅藻, マコソブ	192	188	4	1
2016/2/16	10.1	1	イナゴ	50	50	0	0	2	イナゴ	50	50	0	0	ミリン科紅藻, マコソブ	188	193	-5	
2016/2/17	10.1	1	イナゴ	50	50	0	0.2	2	イナゴ	50	45	5	2	ミリン科紅藻, マコソブ	193	191	2	1
2016/2/18	10.1	0	イナゴ	45	44	1		2	イナゴ	50	45	5	2	ミリン科紅藻, マコソブ	191	191	0	0
2016/2/19	10.2		イナゴ	50	48	2		2	イナゴ	50	53	-3		ミリン科紅藻, マコソブ	191	191	0	0
2016/2/20	10.1							0										

