

【研究報告】

ヤイトハタの安定採卵に向けた技術開発 —環境制御による早期採卵安定化—

松田誠司*, 鮫島翔太¹, 松崎遣大¹

Advanced spawning of Malabar grouper, *Epinephelus malabaricus* by manipulation of breeding environment

Seiji MATSUDA*, Shota SAMEJIMA¹ and Kenta MATSUZAKI¹

自然産卵用 (B群) と早期採卵用 (C群) としてヤイトハタの親魚を養成した。2021年12月から環境制御による産卵早期化を試みた。両群ともビニール被膜による水槽上部保温と地下浸透海水飼育を行い、早期採卵群にはさらに加温と長日処理を行ったが、両群とも通常の産卵時期までほとんど産卵は見られなかった。これについて、両群ともに、環境制御期間中において、産卵を誘発するための水温変動差が小さかった可能性が考えられた。さらに、早期採卵群においては、環境要因だけでなく、個体特性が産卵を抑制している可能性が考えられた。したがって、今後は環境制御と個体選抜の両方向から産卵早期化を検討する必要がある。また、地下浸透海水が親魚の健康状態、性成熟、産卵行動等に影響を与えた可能性も考えられることから、具体的な影響やメカニズムを調査し、注水方法を再検討する必要がある。

ヤイトハタは沖縄県の主要養殖対象種であり、養殖用種苗の全数を沖縄県が供給している。種苗生産用の受精卵は、主に陸上水槽内での自然産卵で確保されている。当所の陸上水槽飼育下において、本種の産卵行動は月齢に同調しており、主に4月下旬～6月の下弦から新月（以下、産卵周期）にかけて行われる（金城ほか, 1999）。しかし、通常の産卵時期から種苗生産を開始した場合、種苗配付が海水温の比較的高温になる時期（7～8月）と重なるため、養殖初期における疾病・寄生虫の発生や台風襲来等のリスクが現実化しやすく、これらに起因する養殖初期の減耗が問題となってきた。この問題は、種苗生産時期を早めることである程度改善できると考えられ、養殖初期の生残率改善の観点から、産卵時期を早期化（早期採卵）させる技術が必要とされてきた。

このような経緯から、沖縄県ではこれまでも早期採卵の技術開発を行い、2010年に環境制御を用いた3月の早期採卵に成功し（木村・岸本, 2011a）、2015年までは当方法による安定的な早期採卵を行ってきた（木村ほか, 2013; 今道ほか, 2015; 今道ほか, 2017; 今道・近藤 2017）。しかし、2016年以降は成功していない。

また、近年、本県の養殖用種苗の供給元である沖縄県栽培漁業センターでは、通常の産卵時期から開始した種苗生産において、ウイルス疾病等による生産不調が度々発生しており、種苗供給の不安定さが新たな問題となっている。この問題についても、種苗生産時期を早めることで、生残率向上や疾病の抑制による改善が見込めるため（木村・岸本, 2011b）、種苗の安定供給の観点からも、早期採卵の必要性が高まっている。

そこで、本事業ではヤイトハタの採卵および養殖の安定化

に向け、環境制御による安定した早期採卵に関する技術開発・改良を行うこととした。

材料及び方法

(1) 親魚養成・採卵

自然産卵用の親魚群（以下、B群）と早期採卵群（以下、C群）を用いた。B群は、親魚の補充を繰り返しながら10年以上維持してきた群である。2013年からこれまで、2016年（成熟雄不在）を除く各年において、種苗生産に十分な量の浮上卵（良質な受精卵）を産卵している実績がある。一方で、C群は2018年に新たに編成された群である。これまでに水槽内で産卵は確認されているものの、産卵量が少なく、浮上卵の産卵実績はほとんどない。両群ともそのほとんどの個体が年齢不明である。

群組成は、両群とも最大収容数を雄1尾、雌11尾のハレム型とし、主に250kL屋外コンクリート水槽（八角形、深さ3m）または500kL屋内コンクリート水槽（長方形、深さ5m）でそれぞれ養成した。飼育形態は、砂濾過表層海水（以下、濾過海水）または地下浸透海水（以下、地下水）の掛け流しとし、水槽替えと魚体測定を適宜行った。換水率は1回転以上/日を目安とし、所内の取水ポンプ稼働状況および後述の(2)～(3)加温による水温操作に応じて0.6回転～1.3回転/日の範囲で適宜調整した。必要に応じて銅イオン発生装置を用いた寄生虫対策を講じ、飼育水中の銅イオン濃度を、30～50μg/Lを目安に維持した。なお、産卵周期中は親魚や受

*E-mail : matsudsj@pref.okinawa.lg.jp 石垣支所

¹ 現所属 : 沖縄県農林水産部水産課

精卵への銅イオンの影響を考慮し、銅イオン発生装置は撤去した。給餌は週2回を目安とし、水槽替え等に応じて適宜餌止めした。餌には冷凍魚（主にマサバ・ムロアジ）を用い、冷凍魚1尾あたりに栄養強化剤5~10gを投与して、飽食量与えた。栄養強化剤は、ヘルシーミックス2（ビタミン剤）、アケイトPP、タウリン、アスタックTCAC1.5%（アスタキサンチン剤）、DHA-WP（DHA剤）、水道水を25:7:16:3:16:33の割合で混ぜて作成した。なお、産卵が収束した6月下旬から12月中旬までは、DHAは加えないものとした。

産卵確認は周年行い、両群とも可能な限り毎朝行った。本種は分離浮性卵を産卵するため、水槽上部の排水口からオーバーフローによる採卵を行い、採卵ネットの集卵状況から産卵の有無を判断した。採卵できた場合は、濾過海水を貯めて十分に曝気した卵分離槽（200Lアルテミアふ化槽または1kLパンライト）に全ての卵を収容し、止水無通気下で10分ほど静置した後、浮上卵または中層・沈下卵の湿重量をそれぞれ記録した。濾過海水温が飼育水温を下回る期間は、卵分離槽をヒーターで加温し、水温差が卵に与える影響を軽減した。

（2）環境制御による産卵早期化

2022年3月の産卵周期中（3月25日~4月1日）の産卵を目標に、2021年12月から環境制御による排卵誘導・産卵早期化を試みた。環境制御として、1）水槽上部保温、2）地下海水飼育、3）加温及び4）長日処理を実施した。なお、B群については、通常産卵期へ影響が及ぶ可能性と予算状況を考慮して3）、4）は実施せず、なるべく簡易で経費のかからない手法を検討することとした。

1）水槽上部保温

2021年12月下旬から実施し、2022年6月上旬まで継続した。屋外水槽飼育では、飼育水が外気温の影響を受けやすいことから、ビニール膜で水槽上部を保温することで、その影響を軽減した。今年度から、一水槽あたり大判ビニール3枚（7×14m×2枚、2×14m×1枚）を使用し、かつ、ビニール固定用の金具位置の変更等の改良を行うことで、ビニール設置作業の省力化、保温効果および耐久性の向上を図った。

2）地下海水飼育

2022年1月上旬に、濾過海水飼育から地下海水飼育に切り替え、濾過海水と地下海水の水温が同等になった2022年5月上旬まで継続した。飼育水の切り替えは3日かけて段階的に行った。地下海水飼育中はポンプ取水量等の都合により、換水率は約0.7回転/日とした。当所で取水される地下海水は、年間を通して水温がほぼ一定（24~25℃）であり、12月~4月頃までは濾過海水温を上回る（岸本・木村、2011b）。したがって、地下海水を用いることで、冬期においても飼育水温を24℃以上に維持でき、加温する場合は濾過海水よりも効率的な加温が可能となる。

3）加温

2022年1月下旬から4月下旬にかけて、各月の産卵周期中に水温のピークが来るように加温を行った。加温は、水槽内に配管したチタン管内に簡易温水ボイラーで温めた水（約57℃）を通すことによる熱交換で行った。加温設定温度のピークは1月が26℃、2、3月が27℃、4月が27.5℃とし、0.2~0.3℃/日の範囲で段階的に上下させた。

4）長日処理

2022年1月上旬から実施し、2022年6月上旬まで継続した。自然光以外の光源として、白色LED灯を用い、1水槽あたり4基設置した。LED灯はプログラムタイマーを用いて朝晩に点灯させ（6:00~8:30、17:30~22:00）、自然光と合わせて明期を16時間とした。なお、長日処理開始時の明期は11時間とし、15日かけて段階的に16時間とした。また、親魚へのストレスを考慮して、LED灯の点灯および消灯は1基ずつ10分ずらして行い、明るさの急激な変化を軽減した。

結果及び考察

（1）親魚養成・採卵

2021年は、B群で雌親魚1尾の斃死（飛び出し死）があり、C群でも雌親魚1尾の斃死（原因不明）があった。群を維持するため、両群とも新たに2~4尾の雌親魚を導入した。

雄の魚体重はB群、C群それぞれ51.3kg、44.9kgであり、雌の平均魚体重はそれぞれ23.9kg、29.5kgであった。雌親魚については、B群に小型個体がやや多いものの、両群とも40kg程度から10kg程度まで大小様々であった（図1）。2021年の年間摂餌量は、B群が368.8kg、C群が422.6kgであった。月別摂餌量は、B群では1~3月、12月に少なく、4~6月に増加したのに対して、C群では1~6月にかけて徐々に減少し、12月の減少は見られなかった。また、両群とも7~11月にかけて増加する傾向が見られた（図2）。以上のことから、餌食い等に違いはあるものの、両群ともに十分量の産卵が期待できる体重組成や雌雄比であると考えられた。しかし、2021年の採卵成績は、これまでと同様に、B群で浮上卵を大量に得られたのに対し、C群ではほとんど得られなかった（表1）。両群の産卵量に大きな差が生じる原因は不明であり、特に、C群で浮上卵が得られない原因を今後明らかにする必要がある。

（2）環境制御による産卵早期化

環境制御期間中（2021年12月~2022年5月）の自然水温（濾過海水温）、親魚群の飼育水温及び採卵量を図3に示した。（1）の採卵成績からも判断できるように、そもそも両群の産卵能力には著しい差があるため、両群の採卵結果を比較することで、環境制御の効果を比較することは適切ではない。したがって、環境制御の効果については群ごとに考察した。

B群では、飼育水温を濾過海水温よりも高く維持できた。2月中旬から膨満した雌を2尾確認したものの、3月の産卵は見られなかった。初回の産卵は4月であり、連続した産卵が確認できたのは5月であった。以上のことから、水槽上部

保温及び地下海水飼育による水温維持だけでは産卵の早期化は困難であると考えられた。一方で、24°C未満でも産卵した事例や(濱本ほか, 1986; 木村・岸本, 2011a), 水温変動が産卵を誘発している可能性も指摘されていることから(濱本ほか, 1986), 環境制御期間中の飼育水温が25°C前後で変動が少なかったことが産卵を妨げていた可能性も考えられた。今後は、濾過海水と地下海水を組み合わせるなど、環境制御期間中に意図的に水温変動を生じさせる手法で、簡易な産卵早期化が可能か検討する必要がある。

C群では、飼育水温を濾過海水水温よりも高く維持でき、産卵周期中に水温のピークが来るように加温できた。2月上旬から雄の婚姻色が見られ、2月中旬には膨満した雌が2~3尾いることを確認した。しかし、B群と同様に3月の産卵は見られず、初回の産卵は5月であった。加温については、木村・岸本(2011a)においても、本事業と同様に産卵周期に合わせて27°C前後まで行っており、加温と長日処理を行った2010年、加温のみの2011年のいずれにおいても、2度目の昇温刺激を与えた3月の産卵周期から連続した産卵が見られている。したがって、加温設定温度や水温ピークのタイミング等には問題はなかったと考えられた。長日処理については、夜のLED点灯時間(17:00~22:00)が産卵時刻と被るため(濱本ほか, 1986; 金城ほか, 1999), 産卵行動を妨げる可能性を懸念していたが、処理を継続していた5月に産卵が見られたことから、問題はなかったと考えられた。以上のことから、そもそもの産卵能力が乏しい群に対して、環境制御による産卵早期化は困難であり、本事業で産卵が見られない主因は環境ではなく、個体特性にあるものと考えられた。一方で、水温がピークに達する前の水温の下限が、木村・岸本(2011a)では22~23.5°C付近であるのに対して、本事業では24.7~24.8°Cであった。さらに先述のとおり、水温変動が産卵を誘発している可能性も指摘されていることから、過去成功例と比べて環境制御期間中の水温変動の上下幅が小さかったことが、産卵を誘発できなかった要因である可能性も考えられた。今後は、産卵を妨げる個体特性の推定及び過去成功例の水温変動の忠実な再現を試み、環境制御と個体選抜の両方向から産卵早期化を検討する必要がある。

また、両群に共通して4月にほとんど産卵がなく、飼育水を地下海水から濾過海水に切り替えた5月から連続した産卵が見られた。さらに、地下海水飼育中に一部親魚の側線、眼及び口周辺に皮膚の溶解が見られたことから、地下海水が親魚や産卵行動に何かしらの影響を与えていた可能性が考えられた。特に、皮膚の溶解等の異常は、地下海水を用いたヤイトハタ陸上養殖試験でも確認されており、有効な対処法と

して地下海水の強曝気処理が示唆されている(岸本・木村, 2011a)。しかし、過去の飼育履歴を遡ると、早期採卵に成功していた2015年頃までは1kLアルテミアふ化槽で強曝気後に飼育水槽に注水していたが、2016年以降はベンチュリー管を通して飼育水槽へ直接注水する方法に変更していた。このことから、地下海水の注水方法が産卵にも少なからず影響を与えた可能性が考えられた。今後は、地下海水が親魚や産卵行動へ与える具体的な影響やメカニズムを調査し、注水方法を再検討する必要がある。

文 献

- 濱本俊策, 眞鍋三郎, 春日公, 野坂克己, 1986: ヤイトハタ *Epinephelus salmonoides* (LACÉPÈDE) の水槽内産卵と生活史, 栽培技研, 15 (2), 143-155
- 今道智也, 岸本和雄, 山内岬, 仲本光男, 2015: ヤイトハタ種苗生産事業(ヤイトハタの採卵・卵輸送), 沖縄県水産海洋技術センター事業報告書, 75, 20.
- 今道智也, 南洋一, 山内岬, 2017: 栽培漁業センター 生産事業(2014年度のヤイトハタ早期採卵と卵輸送), 沖縄県水産海洋技術センター事業報告書, 76, 11.
- 今道智也, 近藤忍, 2017: 沖縄県栽培漁業センター 生産事業(2015年度のヤイトハタ早期採卵), 沖縄県 水産海洋技術センター事業報告書, 77, 13.
- 金城清昭, 中村博幸, 大嶋洋行, 仲本光男, 1999: ヤイトハタの親魚養成と採卵, 平成9年度沖縄県水産試験場事業報告書, 135-138.
- 木村基文, 岸本和雄, 2011a: 飼育環境制御によるヤイトハタ産卵開始時期の早期化, 沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 72, 48-52.
- 木村基文, 岸本和雄, 2011b: ヤイトハタの早期種苗生産技術の開発, 平成23年度沖縄県農林水産部 普及に移す技術.
- 木村基文, 岸本和雄, 山内岬, 2013: 大型ハタ類の採卵・種苗生産技術開発・ヤイトハタ種苗生産事業(ヤイトハタの早期採卵・循環式種苗生産・タマカイの人工授精・種苗生産・養殖試験), 沖縄県水産海洋技術センター事業報告書, 74, 30.
- 岸本和雄, 木村基文, 2011a: 地下浸透海水を使用したヤイトハタの養殖特性, 沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 72, 53-61.
- 岸本和雄, 木村基文, 2011b: 沖縄県水産海洋研究センター石垣支所敷地内で取水された地下浸透海水の性状, 沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 72, 78-81.

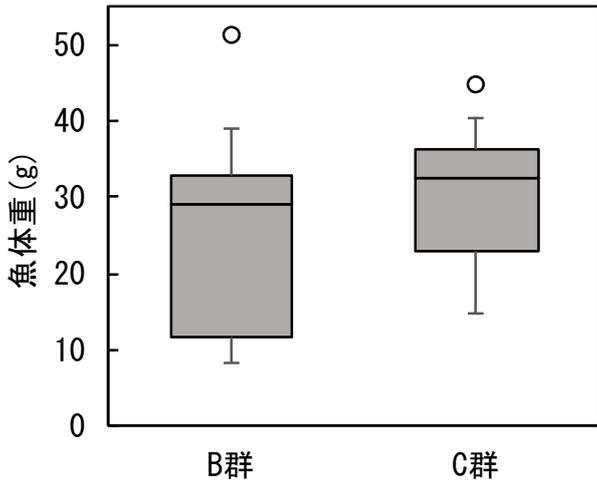


図1 ヤイトハタ親魚群の魚体重組成。箱ひげは雌の四分位数、白点は雄を示す。B群は2021年10月27日に、C群は2020年8月20日または2021年12月7日に測定した。

表I 2021年のヤイトハタ親魚群の採卵成績（自然産卵）。

	採卵回数	浮上卵量 (g)	中層・沈下卵量 (g)	浮上卵率 (%)
B群	33	34,764	33,306	51.1
C群	13	2	545	0.4

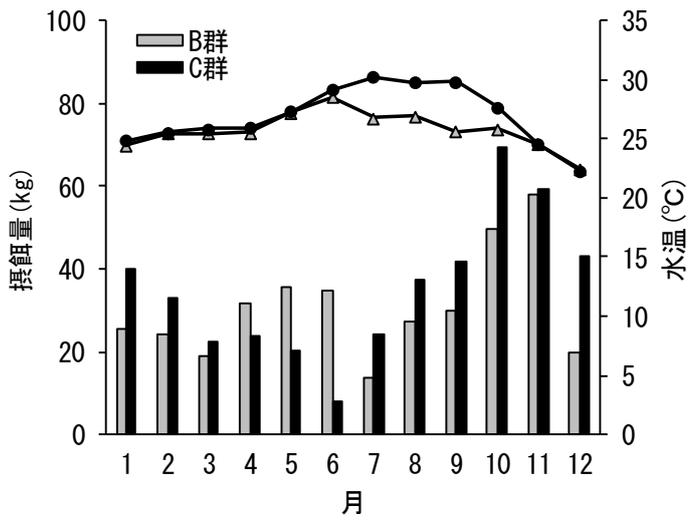


図2 2021年におけるヤイトハタ親魚群の月別摂餌量及び月別平均飼育水温。棒グラフは摂餌量、折線は水温を示す。

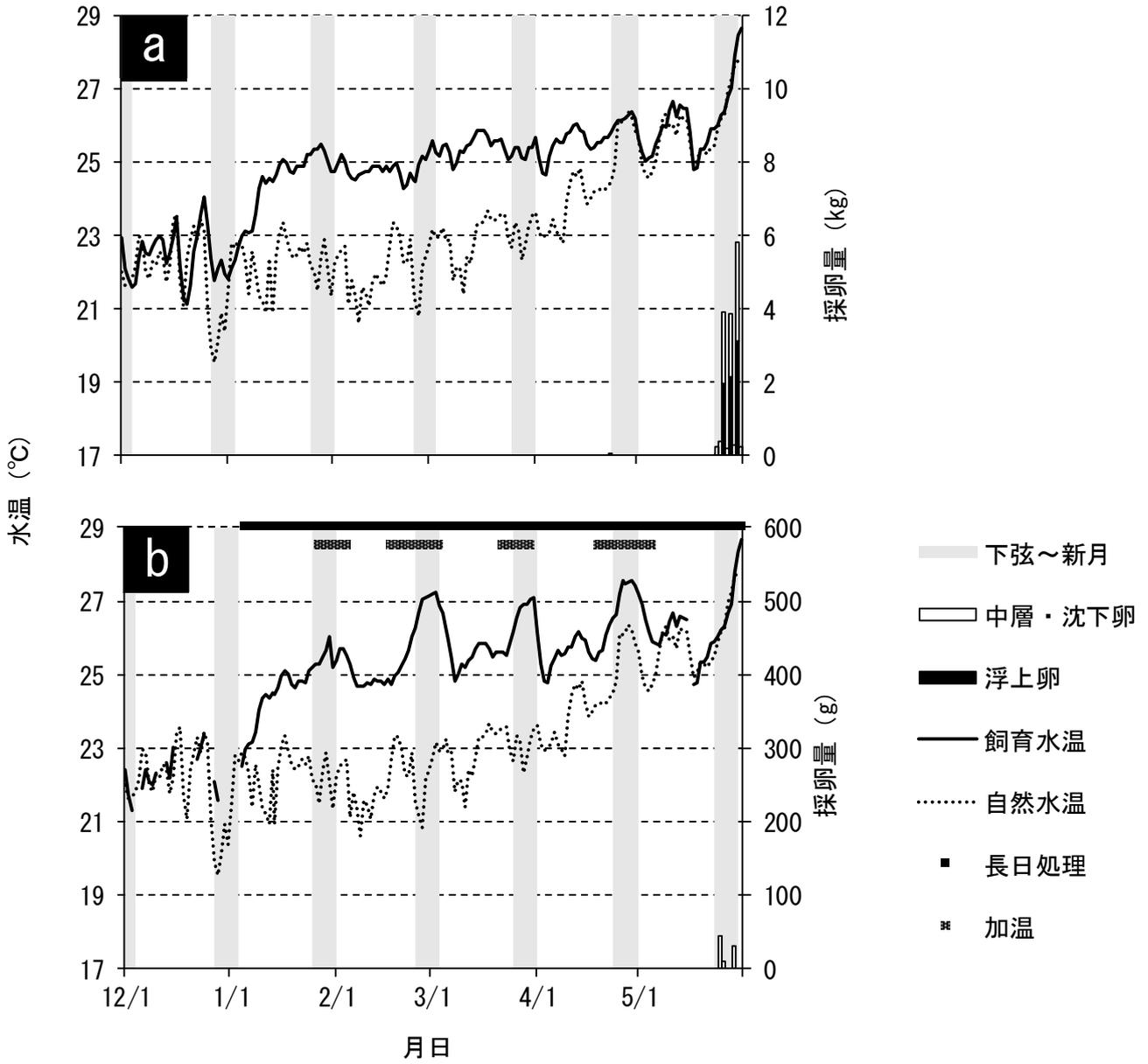


図3 環境制御期間中(2021年12月~2022年5月)の自然水温(濾過海水温)とヤイトハタ親魚群の飼育水温及び採卵量。a: B群, b: C群。折れ線は水温, 棒グラフは採卵量を示す。下弦~新月, 長日処理及び加温は期間を示す。

付録
表 ヤイトハタ親魚群の個体一覧

群	個体ID	測定日	性別	全長 (mm)	体重 (kg)	肥満度	備考
B群	412D0C4451	2021/10/27	♂	1208	51.3	29.1	
B群	1BF246160A	2021/10/27	♀	1170	39.0	24.4	
B群	412D052917	2021/10/27	♀	1053	34.9	29.9	
B群	257C66BBFC	2021/10/27	♀	1045	33.3	29.2	
B群	1C2CE9EBF6	2021/10/27	♀	1130	32.3	22.4	
B群	501F3A3C6C	2021/10/27	♀	1016	29.5	28.1	
B群	452C511326	2021/10/27	♀	1054	29.0	24.8	
B群	452C282302	2021/10/27	♀	998	24.7	24.8	
B群	0A181E0556	2021/10/27	♀	819	12.7	23.1	2021/10/27導入
B群	0A181E057A	2021/10/27	♀	812	10.9	20.4	2021/10/27導入
B群	0A181E054D	2021/10/27	♀	738	8.3	20.6	2021/10/27導入
B群	1BF1BC4D80	2021/10/27	♀	748	8.1	19.4	2021/10/27導入
C群	452851063D	2021/12/8	♂	1183	44.9	27.1	
C群	003BB92DF9	2021/12/8	♀	1150	40.4	26.6	
C群	257C660CDC	2021/12/8	♀	1187	39.0	23.3	
C群	257C669CA8	2021/12/8	♀	1124	38.0	26.8	
C群	3BB92DAD	2021/12/8	♀	1045	34.6	30.3	
C群	257C66BF34	2021/12/8	♀	1024	33.5	31.2	
C群	257C65CF58	2021/12/8	♀	1113	32.5	23.6	
C群	1C2CDA9643	2021/12/8	♀	1054	29.9	25.5	
C群	412D1D6327	2021/12/8	♀	1018	28.7	27.2	
C群	003BC910FE	2021/12/8	♀	915	17.3	22.6	
C群	2366C48	2020/8/20	♀	831	16.0	27.9	2021/4/28導入
C群	0A181E0564	2020/8/20	♀	841	14.6	24.5	2021/4/28導入

*肥満度=体重 (g) / 全長³ (cm) × 1000