

ヤイトハタの高密度養殖試験-Ⅱ

(ヤイトハタ等ブランド化推進技術開発事業)

金城清昭^{*1}・伊差川哲^{*2}・野甫英芳^{*2}

1. 目的

ヤイトハタの陸上養殖の生産性の向上と効率化を図るために、平成16年度から高密度養殖試験を実施している（金城ら、2006）。

今年度も昨年度に引き続き、陸上水槽でのヤイトハタの高密度養殖技術開発のための基礎的知見を得る目的で、水産試験場のFRP水槽での流水下の飼育試験と、伊平屋村漁業協同組合が運営する陸上魚類養殖施設の半閉鎖循環式水槽での高密度養殖実用化試験を実施し、ヤイトハタの高密度飼育下における成長・生残・餌料効率等の養殖特性を調べたので報告する。

なお、本試験は伊平屋村漁業協同組合との共同技術開発である。

2. 材料及び方法

平成16及び17年度ともに水産試験場八重山支場が生産したヤイトハタ種苗を用いて試験を行った。

1) 水産試験場の1kl及び2kl水槽での高密度飼育平成16年度種苗 昨年度に引き続き（金城ら、2006）、水産試験場の容量1kl円形FRP水槽で試験を継続した。飼育実験開始276日目の平成17年5月6日に収容尾数を457尾から200尾に減らし、さらに開始443日目の10月20日には容量2klのFRP水槽に移槽して水量1.5klで試験を続けた。通気は、エアストーン（50mm×50mm×170mmの角柱型）を2～3個投入して強通気した。換水率は47.3～102.7回転／日と高く維持した。

自動給餌器を用いて配合飼料（EP）を給餌し、飼料のサイズや給餌量は、餌食い、残餌量、水温などを勘案しながら適宜調節した。

また、魚病予防のために、銅イオン発生装置を常時作動させて、水槽内の銅イオン濃度を50ppb程度

（20～169ppb）を目安に電流を調節した。銅イオン濃度の測定は、ポルフィリン法で分光光度計を用いて比色分析した。測定は適宜行った。水温は休日を除いて毎日測定した。

月1回の頻度で全長・体重・個体数を測定・計数して成長と生残率を調べた。

肥満度、日間給餌率、日間増重率、増肉係数、餌料転換効率等の養殖特性値は、金城ら（1999）の計算方法に従った。

平成17年度種苗 平成17年度の種苗についても平成16年度と同様にFRP水槽での高密度飼育試験を試みた。

平成17年8月26日にヤイトハタ種苗（平均全長74.8mm、平均体重6.5g）2,000尾を2klのFRP水槽に収容し、水量1.5klで飼育を開始した。飼育実験は、平成18年3月23日までの209日間行った。通気は平成16年度と同様に行った。換水率は30.4～47.8回転／日の範囲で、水槽容量が増えたため前年度の1kl水槽の場合に比べて低かった。給餌や銅イオン発生装置の設定、水温測定、全長等の測定、個体数計数については平成16年度種苗でのそれらに準じて行った。

2) 伊平屋村漁業協同組合の陸上魚類養殖場での実用化試験

平成16年度種苗 昨年度に引き続き、伊平屋村漁業協同組合が運営する陸上魚類養殖施設の半閉鎖循環水槽を用いて高密度飼育実用化試験を継続した。

平成17年4月27日までは前年度から継続して円形6.6kl（7A水槽；底面積10㎡、使用水深66cm）の半閉鎖循環水槽で飼育を行ったが、以降は実用規模の50kl半閉鎖循環水槽（8A水槽；容量50kl）に移槽して飼育を続けた。5月24日には水産試験場から同サ

^{*1}現在の所属：栽培漁業センター ^{*2}伊平屋村漁業協同組合

イズのヤイトハタ429尾を加えて収容尾数を増した。11月16日には奇形魚を選別・除去したのち移槽し（3B水槽）、平成18年3月まで飼育試験を続けた。

6.6kl水槽の飼育は、前年度と同様にユニホースを用いて通常通気し、さらに酸素発生装置（PSA方式）からの酸素をエアストーン（50mm×50mm×170mmの角柱型）2個を用いて通気した。換水率は、およそ4回転／日（2.19～6.95回転の範囲）程度で、強制循環による回転率はおよそ100～150回転／日の範囲であった。給餌は、自動給餌器で配合飼料を給餌し、飼料のサイズや給餌量は水産試験場での飼育試験と同様に適宜調整した。また、魚病防止のために、銅イオン発生装置を常時作動させ、水槽内の銅イオン濃度を50ppb内外（17～83ppb）を目安に維持した。

50kl水槽に移槽後は、通常の通気と酸素発生装置（PSA方式）からの2個のエアストーン（50mm×50mm×170mmの角柱型）を用いた通気を併用した。換水率は1.5回転／日内外で、強制循環による回転率はおよそ30回転／日程度であった。また、給餌は手撒きで行い、魚の大きさや餌食いの状況によって餌サイズ、給餌量、給餌頻度を調節した。給餌頻度は、飼育水の濁りの状態や飼育魚の状態を観察しながら、毎日給餌や隔日給餌、あるいは3日に1回の給餌など適宜調節した。また、銅イオン発生装置を常時作動させ、水槽内の銅イオン濃度を50ppb内外（25～132ppb）を目安に維持した。

およそ月1回の頻度で全長・体重を測定して成長を調べた。生残率は全数計数時以外は、斃死魚の取上数から推定した。

平成17年度種苗 平成17年8月18日にヤイトハタ種苗（平均全長86.3mm、平均体重9.7g）9,808尾を50klの半閉鎖循環水槽（8B水槽）に収容し、種苗段階から実用規模での高密度養殖試験を行った。

平成16年度種苗を移槽した8A水槽とペアーの飼育システムであったので、空気通気、酸素通気、換水率、循環率、銅イオン濃度等の飼育条件は8A水槽と同じであった。給餌は、手撒きでほぼ毎日給餌し、餌サイズは魚の成長に合わせて大きくした。ま

た、定期測定は平成16年度の種苗と同様に行った。

また、7,755尾を収容した別の50kl水槽（4B水槽）の魚についても同様に定期的に測定して成長等を比較した。

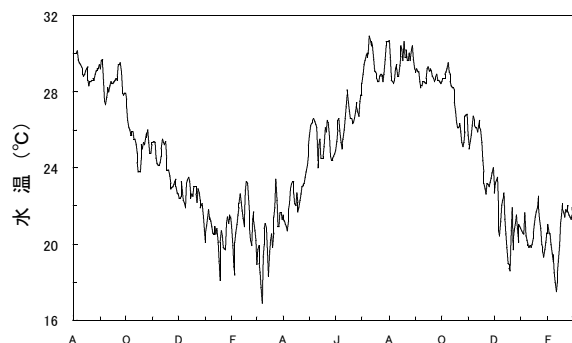


図1 平成16年8月～平成18年3月までの水産試験場FRP水槽の飼育水温

3. 結果及び考察

1) 水産試験場の1kl及び2kl水槽での高密度飼育

平成16年度種苗 飼育期間中の水温、全長、体重、肥満度、生残率、収容密度の変化を図1～6に示した。

全飼育期間中（H16年8月3日～H18年3月6日）の水温は、16.9～30.9℃の範囲で平均24.6℃であった。

飼育開始後580日目の平成18年3月6日には、平均全長及び体重はそれぞれ413mmと1,232gに達した。平均肥満度は15.98～18.24の範囲で高い値を維持した。

生残率は、飼育開始後580日目で84.5%であったが、斃死魚のほとんどは水槽からの飛び出し事故によるものであった。飛び出し事故以外の斃死は、測定後にみられ、これらはスレによる斃死であった。

収容密度は、開始時の4.14kg／klから429日目に2kl水槽へ移槽する前の168.45kg／klの高密度に達した。最終的な飼育密度は151.10kg／klで、2kl水槽内で水量1.5klに227kgの魚の飼育ができた。全飼育期間を通じて、低水温期の成長の停滞はみられたが、高密度飼育に起因すると考えられる極端な成長の停滞などは認められず、水槽容量の15.1%を魚が占める高密度飼育が実現できた。

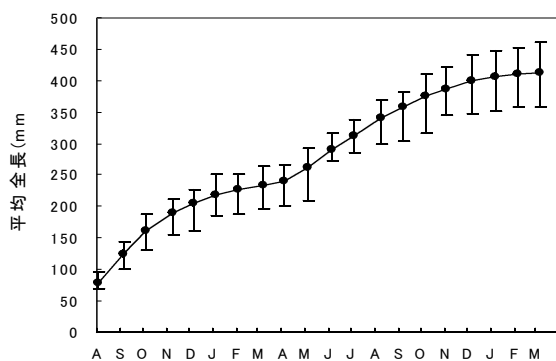


図2 水産試験場FRP水槽での平成16年種苗の成長（全長mm）

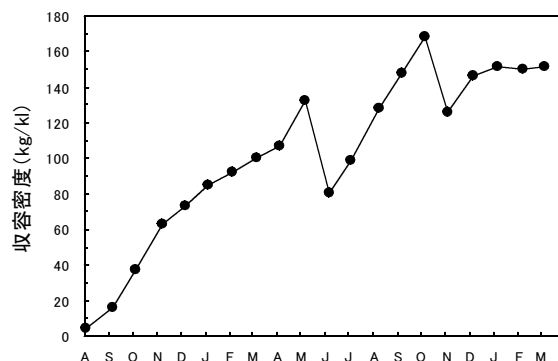


図6 水産試験場FRP水槽での平成16年種苗の収容密度の変化

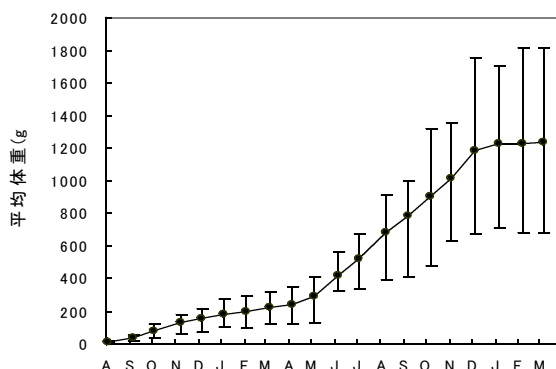


図3 水産試験場FRP水槽での平成16年種苗の成長（体重g）

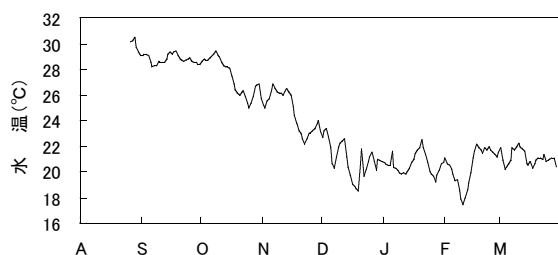


図7 平成17年8月～平成18年3月までの水産試験場FRP水槽の飼育水温

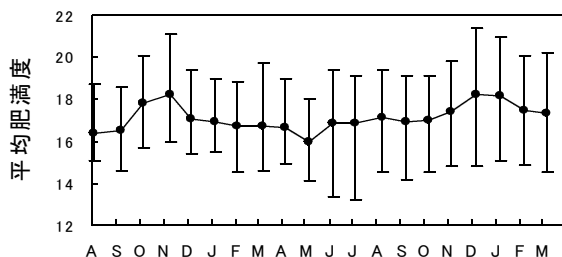


図4 水産試験場FRP水槽での平成16年種苗の肥満度の変化

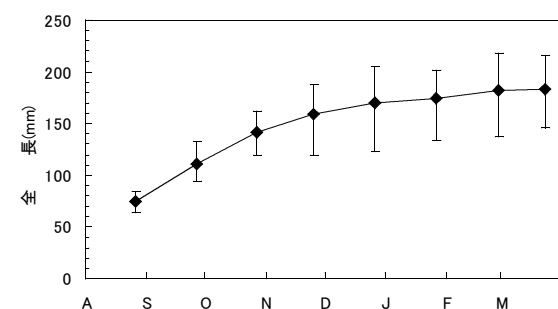


図8 水産試験場FRP水槽での平成17年種苗の成長（全長mm）

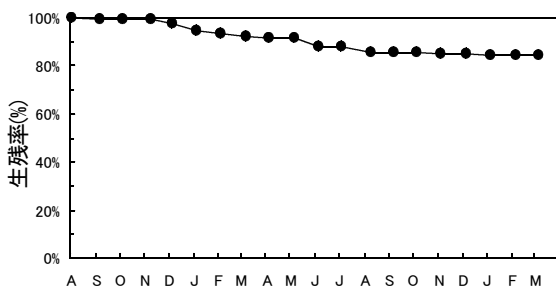


図5 水産試験場FRP水槽での平成16年種苗の生残率（％）の変化

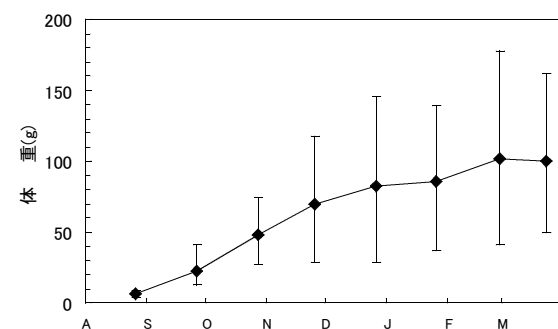


図9 水産試験場FRP水槽での平成17年種苗の成長（体重g）

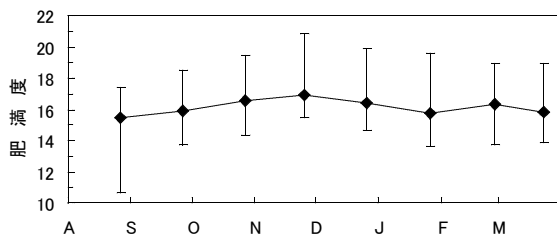


図 10 水産試験場FRP水槽での平成17年種苗の肥満度の変化

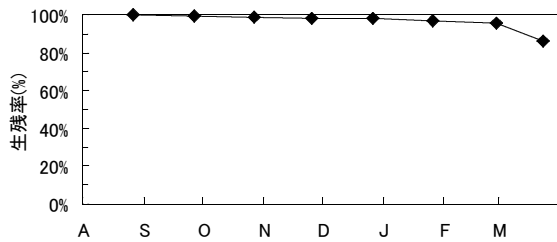


図 11 水産試験場FRP水槽での平成17年種苗の生残率の変化

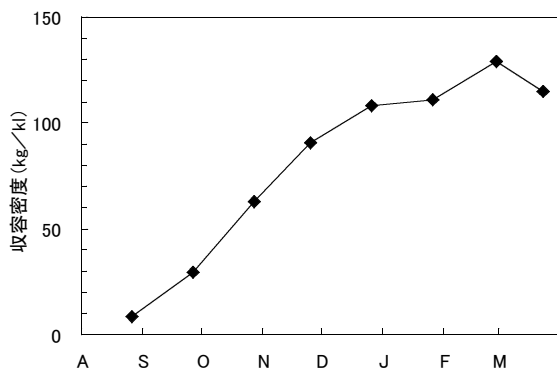


図 12 水産試験場FRP水槽での平成17年種苗の収容密度の変化

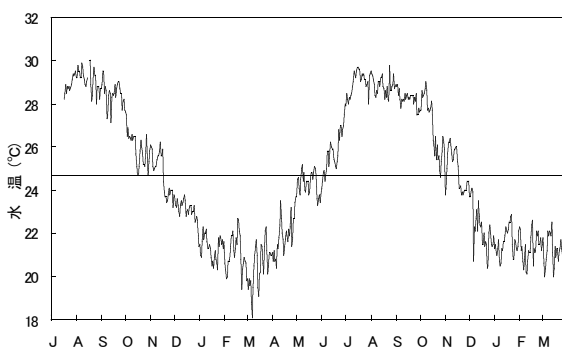


図 13 平成16年7月～平成18年3月までの伊平屋村漁協水槽の飼育水温

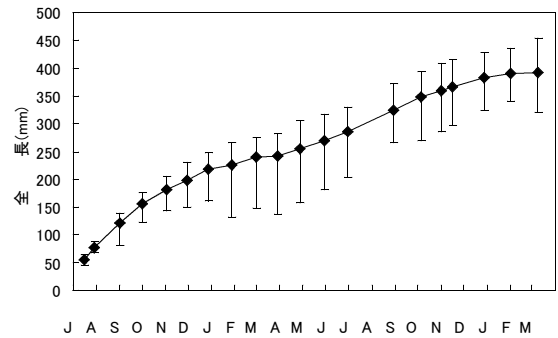


図 14 伊平屋村漁協での平成16年度種苗の成長（全長mm）

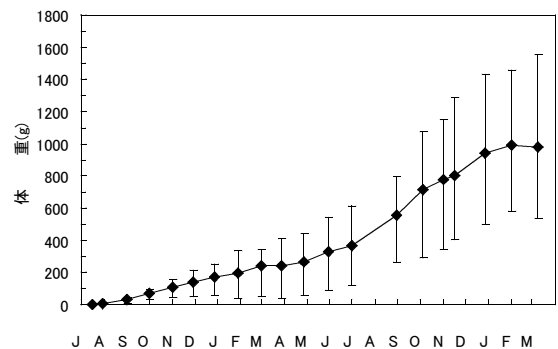


図 15 伊平屋村漁協での平成16年度種苗の成長（体重g）

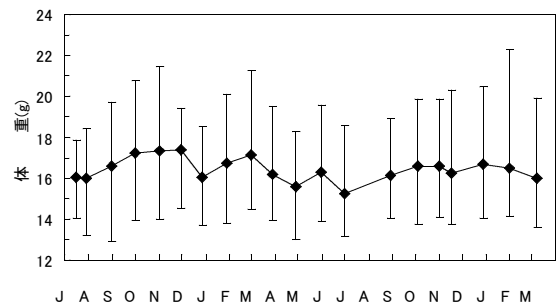


図 16 伊平屋村漁協での平成16年度種苗の肥満度の変化

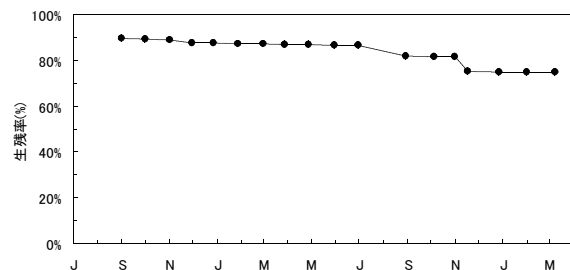


図 17 伊平屋村漁協での平成16年度種苗の生残率の変化

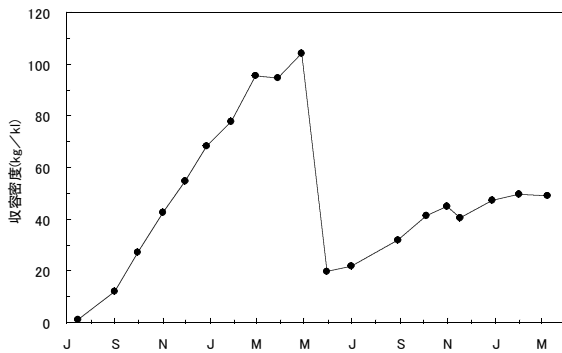


図 18 伊平屋村漁協での平成16年度種苗の
収容密度の変化

飼育期間を通じた餌料転換効率は0.77, 増肉計数は1.30と良好で, 高い飼育効率を示した。

平成17年度種苗 飼育期間中の水温, 全長, 体重, 肥満度, 生残率, 収容密度の変化を図7～12に示した。

飼育期間中の水温は, 17.4～30.5℃の範囲で平均23.7℃であった。

飼育開始後209日目の平成18年3月23日には, 平均全長及び体重はそれぞれ184mmと100gに達した。平均肥満度は15.47～16.92の範囲であった。

生残率は, 飼育開始後185日目に95.7%であったが, 209日目で86.2%に低下した。これは3月中旬に取水施設が故障して海水供給が停止し, そのため175尾が事故死したことによる。

収容密度は, 開始時には8.68kg/klであったが, 185日目は129.30kg/klに達した。

平成16年度の飼育例と同様に100kg/klを越える高密度飼育が可能であることが検証できた。しかし, 今回の試験区での成長は, 前年の成長に比べて劣っていた。この原因は, 飼育開始時期が8月下旬と前年より遅かったこと, 日間給餌率が前年に比べて低かったことなどが考えられる。また, 換水率が低かったことも原因の一つと推測されるので, 飼育水の溶存酸素量の推移と成長の関係についても, 今後精査する必要がある。

2) 伊平屋村漁協陸上魚類養殖場での実用化試験

平成16年度種苗 飼育期間中の水温, 全長, 体重, 肥満度, 生残率, 収容密度の変化を図13～18に示した。

全飼育期間中 (H16年7月15日～H18年3月8日) の水温は, 18.1～30.0℃の範囲で平均24.7℃であった。

飼育開始後601日目の平成18年3月8日には, 平均全長及び体重はそれぞれ392mmと979gに達した。

生残率は飼育開始後601日目で75.0%であった。これは奇形魚選別後の生残率であるので, 種苗から出荷サイズまでの製品歩留まりと言える。

収容密度は, 開始時の1.25kg/klから286日目に50kl水槽へ移槽する直前には104.03kg/klの高密度に達した。50kl水槽へ移槽後の最高飼育密度は49.70kg/klであった。

飼育期間を通じた餌料転換効率は0.79, 増肉計数は1.27と良好で, 高い飼育効率を示した。

伊平屋村漁協陸上魚類養殖施設の50kl水槽あたりの従来の生産量はおおよそ1t内外であることから, 生産密度は20kg/kl程度である。従って, 今回の飼育事例は, 従来飼育の2.5倍の生産密度を達成することができ, 今後, 当養殖施設での生産の効率化と増産が期待できる。

しかし, 同じ平成16年度種苗を用いた水産試験場の飼育結果に比べて成長が劣っていたことから, 今後, 換水量や通気方法などの飼育管理手法と施設面の改善や改良も必要であろう。

平成17年度種苗 飼育期間中の8B及び4B水槽での水温, 全長, 体重, 肥満度, 生残率, 収容密度の変化を図19～24に示した。

8Bの水温は, 19.6～29.8℃の範囲で平均24.1℃, 4Bでは19.9～29.2℃の範囲で平均24.1℃であった。

飼育開始後209日目の平成18年3月27日には, 平均全長及び体重は8B水槽で235mmと220g, 4B水槽で223mmと186gであった。

収容密度は, 開始時には8B水槽で1.90kg/kl, 4B水槽で1.50kg/klであったが, 221日目にはそれぞれ42.98kg/klと28.77kg/klに達した。

成長は, 収容密度の高い8B水槽が収容密度の低い4B水槽に比べて有意に優れていた ($p>0.001$)。これは飼育初期に4B水槽で原因不明の摂餌不良と斃死が発生したことにより, その後の成長に影響したものと推測される。

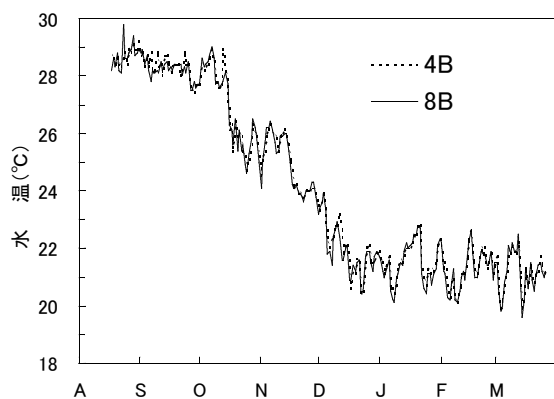


図 1 9 平成17年8月～平成18年3月までの伊平屋村漁協水槽の飼育水温

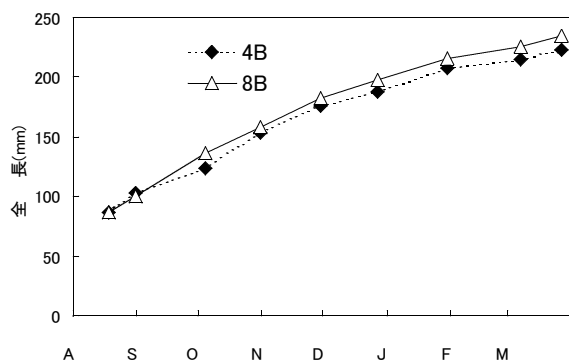


図 2 0 伊平屋村漁協での平成17年度種苗の成長（全長mm）

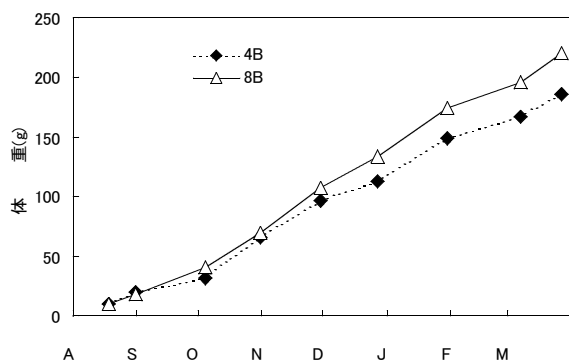


図 2 1 伊平屋村漁協での平成17年度種苗の成長（体重g）

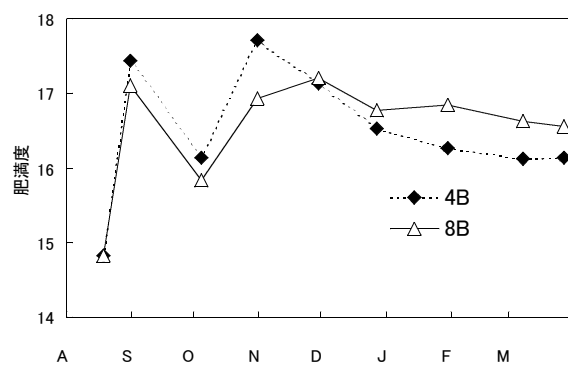


図 2 2 伊平屋村漁協での平成17年度種苗の肥満度の変化

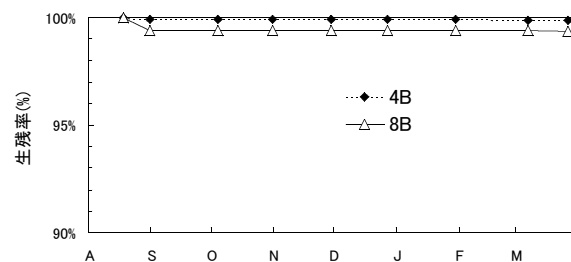


図 2 3 伊平屋村漁協での平成17年度種苗の生残率の変化

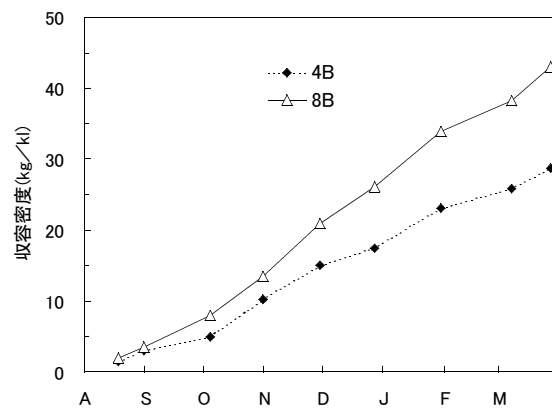


図 2 4 伊平屋村漁協での平成17年度種苗の収容密度の変化

3) ヤイトハタ陸上水槽飼育の日間給餌率、増重率及び餌料転換効率の標準式

図25～27に平成16～17年度に行った水産試験場及び伊平屋村漁協陸上魚類養殖施設での飼育結果を総合して、体重と日間給餌率、日間増重率及び餌料転換効率の関係を数式化した。

関係式は、

$$\text{日間給餌率 (\%)} = 7.5154 \times (\text{体重g})^{-0.4292}$$

$$\text{日間増重率 (\%)} = 13.351 \times (\text{体重g})^{-0.5565}$$

$$\text{餌料転換効率} = -0.1393 \times \ln(\text{体重g}) + 1.6529$$

で示された。

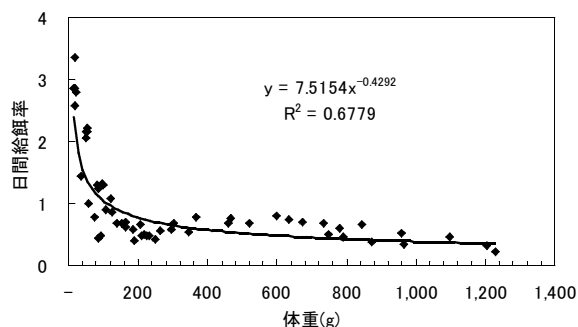


図 2 5 陸上高密度飼育におけるヤイトハタの
体重と日間給餌率の関係

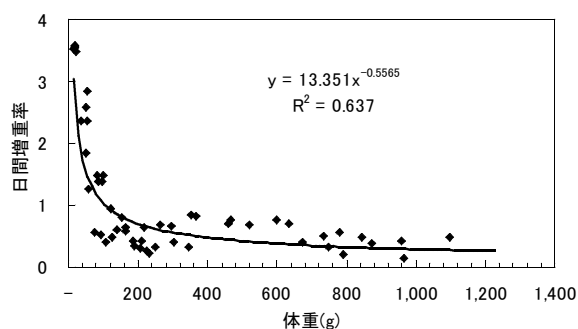


図 2 6 陸上高密度飼育におけるヤイトハタの
体重と日間増重率の関係

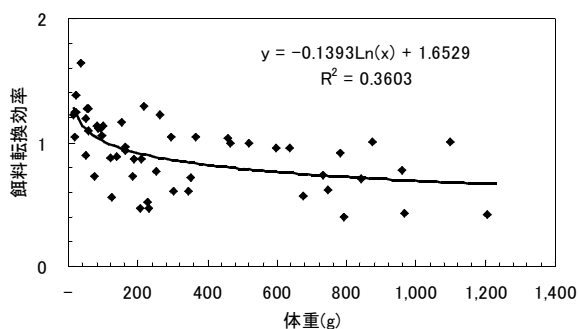


図 2 7 陸上高密度飼育におけるヤイトハタの体重
と餌料転換効率の関係

これらの関係式は、給餌計画や出荷予想など陸上養殖の飼育管理や成長・経営モデルの作成に広く活用できる。

なお、これらの関係式には水温要因は含まれていないので、実際の使用には当たっては、水温の影響を加えて考慮する必要がある。

4) ヤイトハタ陸上高密度養殖の今後

平成16及び17年度の水産試験場の水槽と伊平屋村漁協の陸上魚類養殖施設での飼育試験の結果から、一定の飼育条件が確保されれば、成長や肥満度、餌料転換効率及び増肉計数は、収容密度の高低には影響されないことが実用上明らかにできた。

今後、ヤイトハタの安定生産と増産には、海面生簀養殖技術の改善と併せて、陸上養殖の普及が大きな鍵を握るものと考えられる。そのためにはヤイトハタの高密度養殖の実用化に向けて、施設設計に必要な換水率や溶存酸素量などの閾値の把握などさらに基礎データの収集が必要である。

参考文献

- 金城清昭・中村博幸・大嶋洋行・仲本光男（1999）：
ヤイトハタの養殖試験－Ⅱ（海産魚類増養殖試験）。平成9年度沖縄水試事業報告160-164。
- 金城清昭・伊差川哲・野甫英芳（2006）：ヤイトハタの高密度養殖試験－Ⅰ（ヤイトハタ等ブランド化推進技術開発事業）。平成16年度沖縄県水試事業報告書，124-131。

Table 1: Comprehensive Data Set - Part 1												
ID	Category	Value 1	Value 2	Value 3	Value 4	Value 5	Value 6	Value 7	Value 8	Value 9	Value 10	Value 11
1	Category A	10.5	20.1	30.2	40.3	50.4	60.5	70.6	80.7	90.8	100.9	110.0
2	Category B	15.2	25.3	35.4	45.5	55.6	65.7	75.8	85.9	95.0	105.1	115.2
3	Category C	20.7	30.8	40.9	51.0	61.1	71.2	81.3	91.4	101.5	111.6	121.7
4	Category D	25.4	35.5	45.6	55.7	65.8	75.9	85.0	95.1	105.2	115.3	125.4
5	Category E	30.1	40.2	50.3	60.4	70.5	80.6	90.7	100.8	110.9	120.0	130.1
6	Category F	35.8	45.9	56.0	66.1	76.2	86.3	96.4	106.5	116.6	126.7	136.8
7	Category G	40.5	50.6	60.7	70.8	80.9	91.0	101.1	111.2	121.3	131.4	141.5
8	Category H	45.2	55.3	65.4	75.5	85.6	95.7	105.8	115.9	125.0	135.1	145.2
9	Category I	50.9	60.0	70.1	80.2	90.3	100.4	110.5	120.6	130.7	140.8	150.9
10	Category J	55.6	65.7	75.8	85.9	95.0	105.1	115.2	125.3	135.4	145.5	155.6
11	Category K	60.3	70.4	80.5	90.6	100.7	110.8	120.9	130.0	140.1	150.2	160.3
12	Category L	65.0	75.1	85.2	95.3	105.4	115.5	125.6	135.7	145.8	155.9	165.0
13	Category M	70.7	80.8	90.9	101.0	111.1	121.2	131.3	141.4	151.5	161.6	171.7
14	Category N	75.4	85.5	95.6	105.7	115.8	125.9	135.0	145.1	155.2	165.3	175.4
15	Category O	80.1	90.2	100.3	110.4	120.5	130.6	140.7	150.8	160.9	170.0	180.1
16	Category P	85.8	95.9	106.0	116.1	126.2	136.3	146.4	156.5	166.6	176.7	186.8
17	Category Q	90.5	100.6	110.7	120.8	130.9	140.0	150.1	160.2	170.3	180.4	190.5
18	Category R	95.2	105.3	115.4	125.5	135.6	145.7	155.8	165.9	175.0	185.1	195.2
19	Category S	100.9	110.0	120.1	130.2	140.3	150.4	160.5	170.6	180.7	190.8	200.9
20	Category T	105.6	115.7	125.8	135.9	145.0	155.1	165.2	175.3	185.4	195.5	205.6
21	Category U	110.3	120.4	130.5	140.6	150.7	160.8	170.9	180.0	190.1	200.2	210.3
22	Category V	115.0	125.1	135.2	145.3	155.4	165.5	175.6	185.7	195.8	205.9	215.0
23	Category W	120.7	130.8	140.9	151.0	161.1	171.2	181.3	191.4	201.5	211.6	221.7
24	Category X	125.4	135.5	145.6	155.7	165.8	175.9	185.0	195.1	205.2	215.3	225.4
25	Category Y	130.1	140.2	150.3	160.4	170.5	180.6	190.7	200.8	210.9	220.0	230.1
26	Category Z	135.8	145.9	156.0	166.1	176.2	186.3	196.4	206.5	216.6	226.7	236.8
27	Category AA	140.5	150.6	160.7	170.8	180.9	191.0	201.1	211.2	221.3	231.4	241.5
28	Category AB	145.2	155.3	165.4	175.5	185.6	195.7	205.8	215.9	225.0	235.1	245.2
29	Category AC	150.9	160.0	170.1	180.2	190.3	200.4	210.5	220.6	230.7	240.8	250.9
30	Category AD	155.6	165.7	175.8	185.9	195.0	205.1	215.2	225.3	235.4	245.5	255.6
31	Category AE	160.3	170.4	180.5	190.6	200.7	210.8	220.9	230.0	240.1	250.2	260.3
32	Category AF	165.0	175.1	185.2	195.3	205.4	215.5	225.6	235.7			

付表2 水産試験場FRP水槽でのヤイトハタ高密度飼育の養殖特性値(平成17年種苗)

	05/8/26	05/9/26	05/10/27	05/11/25	05/12/26	06/1/26	06/2/27	06/3/23
平均全長(mm)	74.79	111.11	141.8	158.9	170.1	174.2	182.3	183.6
平均体重(g)	6.51	22.11	47.77	69.21	82.52	85.69	101.33	100.14
平均肥満度	15.47	15.88	16.54	16.92	16.42	15.78	16.30	15.83
収容尾数	2,000	1,989	1,970	1,963	1,962	1,941	1,914	1,724
生残率	100.00%	99.45%	98.50%	98.15%	98.10%	97.05%	95.70%	86.20%
総重量(g)	13,018	43,978	94,107	135,859	161,912	166,324	193,946	172,641
期間増重量(g)		30,960	50,129	41,752	26,053	4,412	27,621	▲ 21,304
期間給餌量(g)		25,351	30,916	33,040	36,124	22,057	27,109	18,434
期間平均水温(℃)		28.99	27.62	24.79	21.44	20.66	20.37	20.20
期間餌料転換効率		1.23	1.64	1.28	0.72	0.28	1.11	▲ 0.12
期間増肉計数		0.81	0.61	0.78	1.38	3.57	0.90	▲ 8.52
期間日間給餌率(%)		2.87	1.44	0.99	0.78	0.43	0.47	0.42
期間日間増重率(%)		3.52	2.37	1.26	0.57	0.12	0.52	▲ 0.05
開始時からの累積値								
日数		31	62	91	122	153	185	209
水量(kl)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
収容密度kg/kl	8.68	29.32	62.74	90.57	107.94	110.88	129.30	115.09
総給餌量(g)		25,351	56,267	89,307	125,431	147,488	174,597	193,031
増重量(g)		30,960	81,089	122,841	148,894	153,306	180,928	159,623
増肉係数		0.81	0.69	0.72	0.83	0.95	0.94	1.11
餌量転換効率		1.23	1.46	1.39	1.20	1.06	1.06	0.90
日間給餌率(%)		2.87	1.68	1.31	1.17	1.06	0.89	0.93
日間増重率(%)		3.52	2.45	1.82	1.40	1.12	0.95	0.84

