

養成マアナゴの成長等に及ぼす飼育密度の影響

家戸敬太郎・瀬川 叡・山田伸一・岩間達也・村田 修

Effect of stocking density on growth performance of Japanese conger *Conger myriaster*

Keitaro Kato, Satoshi Segawa, Shin-ichi Yamada, Tatsuya Iwama, and Osamu Murata

The effects of stocking density on the growth performance of Japanese conger *Conger myriaster* were investigated. Japanese conger (average body weight, 126 g) were reared in the 500L polyethylene tanks under the different stocking densities; 5, 10 and 15 kg/m³ for 12 weeks with running water system. No significant effect of stocking density on the daily feeding rate, SGR, weight gain and feed efficiency were observed. These results indicate that the suitable stocking density of Japanese conger is more than 15 kg/m³.

マアナゴは *Conger myriaster* は、北海道噴火湾以南の日本各地、東シナ海に分布し、アナゴ類では最も上質とされ、蒲焼き、甘煮、天ぷら、すしなどとして利用される(落合・田中 1986)。農林水産省の海面漁業生産統計調査 (http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html)によると、漁獲量の記載が始まった1995年のあなご類の漁獲量は12,978トンであったのが、2014年には4,011トンにまで約7割も減少しており、漁獲量の最も多い瀬戸内海では5,877トンから1,000トンにまで8割以上も減っている。マアナゴを古くから消費してきた瀬戸内海の周辺地域では国内産のマアナゴを供給することが困難になっている。こうした中、マアナゴの養殖に期待が集まっており、採卵技術開発を中心に種苗生産に関する研究が行われてきている(Horie et al. 2002; 堀江ら 2001; 宇藤・堀江 2011; Utoh et al. 2013)。しかし、マアナゴの養殖技術に関する研究はまだほとんど行われておらず、飼育条件下での成長(根本ら 2004; 五利江・大谷 1997)、配合飼料による飼育例(五利江 2008)について報告されている程度である。そこで本研究では、マアナゴの陸上養殖技術開発のひとつとして、陸上水槽におけるマアナゴの適正な飼育密度に関する知見を得るため、養成マアナゴの成長等に及ぼす飼育密度の影響について調べた。

富山実験場 (Toyama Station, Kairyumachi, Imizu, Toyama 933-0222, Japan)

材料および方法

本学水産研究所富山実験場において天然稚魚から養成した平均体重 126 g のマアナゴを用いた。飼育水量を 250L とした 500L 容ポリエチレン水槽に、飼育密度が 5, 10 および 15 kg/m³ となるように 3 試験区を設定しマアナゴを収容して流水飼育した。各区とも 3 水槽ずつとした。各水槽にはシェルターとして長さ 50 cm、直径 150 mm の塩化ビニール製パイプ 1 本を投入し、さらに供試魚の飛び出しを防止するために蓋を設置した。飼育水槽には、溶存酸素濃度が 100% 以上を維持するように酸素をバブリングした砂利濾過海水を紫外線滅菌したものを 50 回転/日となるように注水した。飼育水温は 21.2 ± 0.8℃ であった。2 週間目毎に魚体重を測定し、測定時に体重増加分の魚を間引いて密度の調整を行いながら 12 週間飼育した。各区の飼育密度の推移を Fig. 1 に示した。

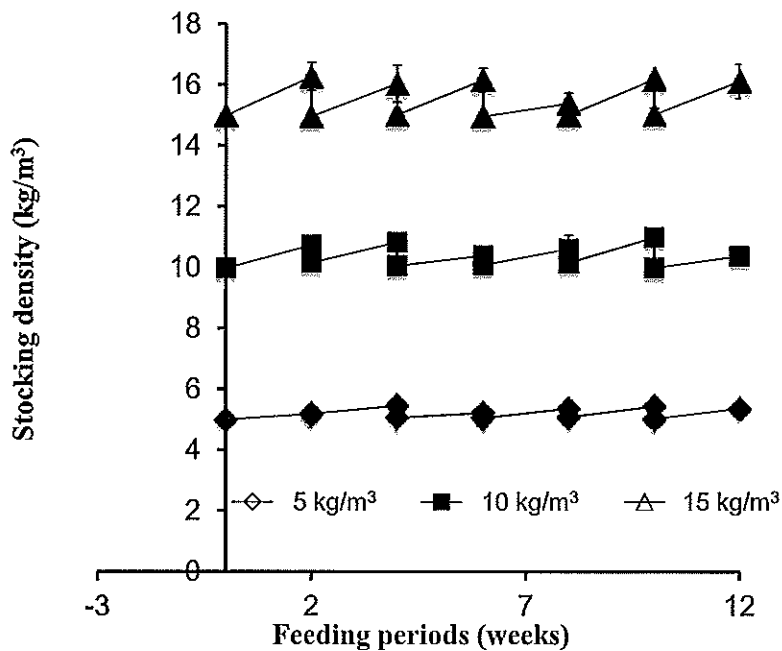


Fig. 1. Changes in the stocking density of the experimental tanks in 5, 10 and 15 kg/m³ groups.

飼料には、市販のウナギ用配合飼料（日清丸紅飼料）に等量の水道水および配合飼料の 10% の重量のフィードオイル（日清丸紅飼料）を加えて混合した練り餌を用いた。飼料の一般成分組成を AOAC 法で測定した結果、飼料の水分は 49.9%、乾物重量当たりの粗タンパク質 48.3%、粗脂質 14.4%、粗糖質 22.7%、灰分 15.3% であった。原則として日曜日を除く週 6 回夕方に給餌し、翌朝に残餌を回収した。回収した残餌を乾燥して重量を測定し、各水槽の摂餌量を求めた。

体重測定の結果および摂餌量から、下記の式を用いて、日間摂餌率 (%), SGR, 増重率 (%) および飼料効率 (%) を算出した。

日間摂餌率 (%) = $100 \times (\text{乾物給餌量}) / [(\text{実験開始時の魚体重} + \text{実験終了時の魚体重}) / 2]$
 / (飼育日数)

SGR = $100 \times (\text{LN 実験終了時の魚体重} - \text{LN 実験開始時の魚体重}) / (\text{飼育日数})$

増重率 (%) = $100 \times (\text{実験終了時の魚体重} - \text{実験開始時の魚体重}) / (\text{実験開始時の魚体重})$

飼料効率 (%) = $100 \times (\text{実験終了時の魚体重} - \text{実験開始時の魚体重}) / (\text{乾物摂餌量})$

統計解析には JMP10 (SAS Institute) を用いた。各区 3 水槽の測定値の平均値を Bertlett 検定により等分散性を確認後, one-way analysis of variance (ANOVA) で有意差がみられた場合に Tukey-Kramer 検定により多重検定を行った。

結 果

各区の増重率の推移を Fig. 2 に示した。増重率は飼育密度の増加に伴って高くなる傾向を示したが、試験期間を通して標準偏差が大きくどの試験区間にも有意な差はみられなかった。各区の 2 週間毎の飼育結果を Table 1 に示した。日間給餌率および SGR には増重率と同様に試験期間を通して有意な差はなかった。飼料効率は試験開始直後の 2 週間において、5 kg/m³ 区よりも 10 および 15 kg/m³ 区の方が有意に高い値を示したが、それ以降では試験区間で有意な差は認められなかった。

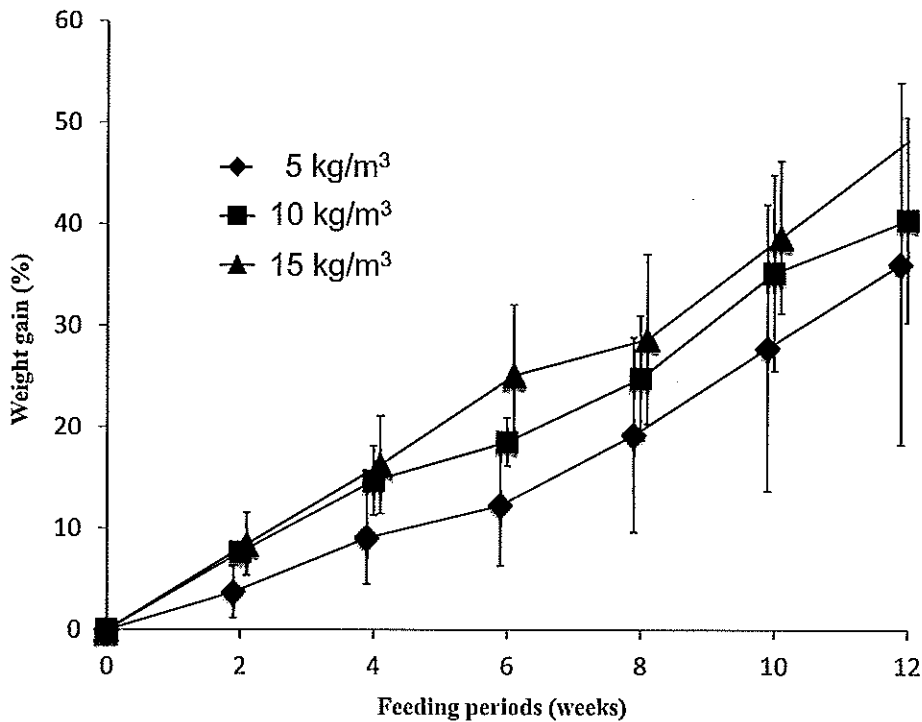


Fig. 2. Effect of stocking density on the weight gain in Japanese conger.

Table 1. The effect of stocking density on the daily feed intake, SGR and feed efficiency in Japanese conger

	Stocking density (kg/m ³)	Feeding periods (weeks)					
		0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12
Daily feed intake (%)	5	1.83 ± 0.34	1.64 ± 0.36	1.89 ± 0.41	2.16 ± 0.60	2.10 ± 0.50	2.21 ± 0.33
	10	1.58 ± 0.09	1.65 ± 0.07	2.31 ± 0.24	2.42 ± 0.51	2.05 ± 0.33	2.30 ± 0.12
	15	1.78 ± 0.16	1.92 ± 0.24	2.23 ± 0.13	2.16 ± 0.06	2.09 ± 0.13	2.09 ± 0.17
SGR	5	0.24 ± 0.17	0.36 ± 0.12	0.21 ± 0.19	0.42 ± 0.26	0.48 ± 0.21	0.44 ± 0.21
	10	0.49 ± 0.05	0.45 ± 0.22	0.24 ± 0.08	0.36 ± 0.22	0.56 ± 0.19	0.27 ± 0.02
	15	0.54 ± 0.19	0.49 ± 0.24	0.52 ± 0.18	0.20 ± 0.16	0.54 ± 0.08	0.49 ± 0.15
Feed efficiency (%)	5	12.4 ± 7.8 ^a	21.2 ± 3.1	10.1 ± 7.4	18.8 ± 7.5	22.3 ± 5.6	19.9 ± 8.8
	10	31.2 ± 4.9 ^b	27.8 ± 14.8	10.1 ± 2.9	14.4 ± 7.7	27.1 ± 5.4	11.8 ± 1.1
	15	29.8 ± 7.6 ^b	26.5 ± 15.3	23.2 ± 6.8	9.1 ± 7.4	25.7 ± 2.4	23.9 ± 8.1

^{ab} Means with different superscripts are significantly different (Tukey-Kramer HSD test, $P < 0.05$).

考 察

本実験では、5 から 15 kg/m³ の範囲では密度の増加に伴って増重率が高くなる傾向がみられたが、標準偏差が大きく有意な差は認められなかった。標準偏差が大きくなった原因にマアナゴにおける雌雄の成長差（根本ら 2004；田島・臼井 2012；宇藤・堀江 2011）が考えられる。本学富山実験場におけるマアナゴ養殖の経験から、魚体重が 250 g 以上の個体はほとんどが雌であることが分かっているが、本実験開始時の魚体重が 126 g であったため、雌雄とも混在しており実験が進むにつれて成長の雌雄差が表れてその結果、水槽間でのばらつきが大きくなったと考えられる。マアナゴの飼育実験で成長を比較する場合には、250 g 以上の雌のみを用いる方が望ましいことが考えられた。

各飼育水槽には塩ビ製のパイプをシェルターとして投入した。通常の陸上養殖では、マアナゴはこのパイプの中にほとんど隙間がなくなるぐらいに入る習性がある。パイプの数や大きさを変えることで飼育密度をさらに高めることができる可能性があり、飼育密度とシェルターとの関係を詳細に検討する必要がある。

飼育密度の適正レベル以上への増加は、摂餌や成長に悪影響を及ぼすことが多い（Holm et al. 1990；Christiansen et al. 1992；Björnsson 1994 など）が、100–125 kg/m³ というような極めて高い飼育密度でも成長の低下がみられないタイセイヨウサケの報告（Kjartansson et al. 1988）や、高密度の方が成長が優れるホッキョクイワナのような報告（Baker and Ayles 1990；Jørgensen et al. 1993；Wallace et al. 1988）もある。本実験条件下では、5 から 15 kg/m³ の範囲では飼育成績にほとんど差異はみられず、マアナゴの陸上水槽での飼育密度の上限は 15 kg/m³ 以上であると考えられた。鹿児島県におけるカンパチの収容密度は 15–20 kg/m³（高岡, 2005）、マダイの適正飼育密度は当歳魚で 4–10 kg/m³、1 歳魚以上では 10–20 kg/m³ 程度（宮下・瀬岡 2005）とマアナゴとほぼ同じであり、トラフグの 2–3 kg/m³（高岡 2000；松里 1982）およびクロマグロの 3 kg/m³ 以下（澤田 2005）よりもマアナゴは高い密度でも飼育することができるといえる。ちなみに同じウナギ属のニホンウナギ養殖における飼育密度は 20–

30 kg/m³と高く (隆島・田中 2005), マアナゴがこのような高い密度で飼育できるかどうか今後さらに検討する必要がある。

文 献

- Baker, R.F. and G.B. Ayles. The effects of varying density and loading level on the growth of Arctic char (*Salvelinus alpinus* L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *World Aquacult.*, **21**, 58-62.
- Björnsson, B. (1994) Effects of stocking density on growth rate of halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) reared in large circular tanks for three years. *Aquaculture*, **123**, pp. 259-270.
- Christiansen, J.S., Y.S. Svendsen and M. Jobling (1992) The combined effects of stocking density and sustained exercise on the behaviour, food intake, and growth of juvenile Arctic char (*Salvelinus alpinus* L.). *Can. J. Zool.*, **70**, 115-122.
- Horie, N., T. Utoh, Y. Yamada, A. Okamura, H. Zhang, N. Mikawa, A. Akazawa, S. Tanaka and H. Oka (2002) Development of embryos and larvae in the common Japanese conger *Conger myriaster*. *Fish. Sci.*, **68**, 972-983.
- 堀江則行・宇藤朋子・山田祥朗・岡村明浩・張 寰・三河直美・田中 悟・岡 英夫 (2001) ホルモン投与によるマアナゴの催熟と排卵誘発. *日本水産学会誌*, **67**, 842-849.
- Holm, J.C., T. Refstie and S. Bo (1990) The effect of fish density and feeding regimes on individual growth rate and mortality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, **89**, 225-232.
- Jørgensen, E.H., J.S. Christiansen and M. Jobling. Effects of stocking density on food intake, growth performance and oxygen consumption in Arctic char (*Salvelinus alpinus*). *Aquaculture*, **110**, 191-204.
- Kjartansson, H., S. Fivelstad, J.M. Thomassen and M.J. Smith. Effects of different stocking densities on physiological parameters and growth of adult Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) reared in circular tanks. *Aquaculture*, **73**, 261-274.
- 松里寿彦 (1982) 養殖フグの病気と対策. *養殖*, **19**, 62-66.
- 宮下 盛・瀬岡 学 (2005) マダイ・マチダイ. *水産増養殖システム 1 海水魚*. 熊井英水編. 恒星社厚生閣, 東京, pp. 45-81.
- 根本芳春・河合 孝・石田敏則 (2004) 飼育下におけるマアナゴの生存、成長および性比. *福島水試研報*, **12**, 7-12.
- 落合 明・田中 克 (1986) マアナゴ. *魚類学 (下)*. 恒星社厚生閣, 東京, pp. 576-580.
- 澤田好史 (2005) クロマグロ. *水産増養殖システム 1 海水魚*. 熊井英水編. 恒星社厚生閣, 東京, pp. 173-204.
- 田島良博・臼井一茂 (2012) 東京湾におけるマアナゴ *Conger myriaster* の生物学的特性. *神水セ研報*, **5**, 55-62.
- 高岡 治 (2000) トラフグ. *最新海産魚の養殖*. 熊井英水編. 湊文社, 東京, pp. 140-147.
- 高岡 治 (2005) カンパチ. *水産増養殖システム 1 海水魚*. 熊井英水編. 恒星社厚生閣, 東京, pp. 31-43.

- 隆島史夫・田中秀樹 (2005) ウナギ. 水産増養殖システム 2 淡水魚. 隆島史夫・村井 衛編. 恒星社厚生閣, 東京, pp. 271-284.
- 宇藤 (飯田) 朋子・堀江則行 (2011) マアナゴの種苗生産技術に関する研究. 日水誌, 77, 775-778.
- Utoh, T., N. Horie, A. Okamura, N. Mikawa, Y. Yamada, S. Tanaka, H. Oka and K. Tsukamoto (2013) Water temperature manipulation can induce oocyte maturation and ovulation in the common Japanese conger, *Conger myriaster*. *Aquaculture*, 392-395, 120-127.
- Wallace, J.C., A.G. Kolbeinshavn and T.G. Reinsnes (1988) The effects of stocking density on early growth in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *Aquaculture*, 73, 101-110.