Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.,
Vol. 67, pp. 1~11 (2018)

園芸ポットを用いたマダコの垂下式籠養殖と適環境

門脇秀策[1*]・藤原裕明[2]・加世堂照男[1]・尾上敏幸[1]

Aquaculture and Favorable conditions of *Octopus vulgaris* using flower pots in basket cages

Shusaku Kadowaki[1*], Hiroaki Fujiwara[2], Teruo Kasedou[1] and Toshiyuki Onoue[1]

Key words: *Octopus vulgaris*; Growth; Mortality, Water temperature; Salinity, Stocking density

Abstract

This study was carried out on aquaculture of *Octopus vulgaris* and *Ulva pertusa* using flower pots in basket cages. In order to better understand *O. vulgaris* farming the effects of water temperature, salinity and stocking density on growth and mortality of *O. vulgaris* were investigated. Exp. I compared between flower pot and ceramic pot on the growth rate of *O. vulgaris*. Exp. II compared the effects of *Ulva* the growth rate of *O. vulgaris* in the basket cages. Exp. I–VIII examined the number of pots (P) suitable for one *O. vulgaris* (O) and the mortality by cannibalism influence of interval between pots. There was no significant difference between ceramic and flower pots on *O. vulgaris* growth. *O. vulgaris* growth was higher in the pots with *U. pertusa* than the pots without *U. pertusa*. The higher growth (10.7 g/indiv./day) was obtained at 22.9℃ and the density of 11.3 kg/m^3. Mortality of *O. vulgaris* was low when P/O ratio was high and interval of pot was wide. Water temperature 20–24℃, salinity 25 and P/O ratio 1.7 and the distance of between pots 1.1 m were suitable for growth and survival of *O. vulgaris*.

緒　言

マダコ *Octopus vulgaris*（以下，タコ）は我国沿岸漁業の漁獲物として重要[1,2]であるが，タコの養殖[3]や畜養[4]に関する知見は少ない。また，タコの養殖は成長が速く，高単価であり，小規模かつ短期間の蓄養が可能であることから，有望な養殖対象魚種[5,6]の一つと言える。タコ類の国内漁獲量は4～6万トン，輸入量は11万トンである[7]。しかし，2003年より主な輸入先であったモロッコでタコの禁漁規制が行われ，我国の需要に対する供給が危惧されている。

本研究対象のタコは，八腕目マダコ科に属し，熱帯，亜熱帯から温帯域，太平洋，大西洋，北海，地中海，紅海，インド洋および西インド諸島に広く分布する[8]。従来，タコ成体の適水温は15～23℃であり，28℃以上および6℃以下では斃死し，寿命は1～1年半といわれている[5]。また，タコは肉食性で，魚類，貝類および甲殻類を好み，共喰いが見られる[9]。産卵期は春季と秋季の年2季あり，雌ダコは産卵後に摂餌を停止し卵の保育をするため，卵がふ化した後は衰弱して斃死することから，雌ダコの養殖は不適と考えられている[10]。

本研究は，マダコの垂下式籠養殖法の創出を目的として，好適な水温や塩分，養殖籠内における適正な収容密度を把握するために実施した。すなわち，漁獲された商品価値の低い小型サイズのタコを商品価値の高い出荷サイズまで増重させるために，園芸用ポットを活用して，低コストで簡便な短期間の養殖が可能で，かつ生残率が

[1] 鹿児島大学水産学部附属海洋資源環境教育研究センター東町ステーション
(Azuma-cho Station Education and Research Center for Marine Resources and Environment, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 4-50-20 Shimoarata, Kagoshima, 890-0056, Japan）
E-mail: kshu@384.jp, kadowaki@fish.kagoshima-u.ac.jp
[2] HITOWA ケアサービス㈱，(1-4-5 Roppongi, Minatoku, Tokyo, 106-0032, Japan).

Table 1. Experimental conditions of *Octopus vulgaris* cultured in basket cages.

Exp in 2006	Unit	I	II	III	IV	V
Contents		(1), (2)	(2), (3)	(3), (5)	(2), (3), (5)	(2), (3), (5)
Date		Jun 6–27	Jul 6–25	Jul 31–Aug 22	Aug 31–Sep 21	Sep 21–Oct 12
Periods	(days)	21	19	22	21	21
WT	(℃)	20.1–22.7	23.1–25.6	26.0–28.2	25.2–27.3	24.2–25.7
O. Vulgaris	(g)	330–465	490–645	520–650	640–730	755–785
U. pertusa	(g)	0, 100	0, 100	100	0, 100	0, 100
No. of Pot (P)	(indiv.)	1 or 8	16	16	8 or 16	8 or 16
No. of Octopus (O)	(indiv.)	1	3	4	4 or 8 or 12	2 or 4 or 6
P/O		1.0 or 8.0	5.3	4.0	1.3 or 2.0	2.7 or 4.0
Interval of pots	(m)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

Exp in 2007	Unit	VI	VII	VIII
Contents		(3), (4)	(3), (4), (5)	(3), (4), (5)
Date		Jun 8–Jul 11	Jul 4–Aug 5	Aug 9–31
Periods	(days)	33	32	22
WT	(℃)	20.2–23.5	23.0–26.3	25.5–27.8
BW of *O. Vulgaris*	(g)	470–690	670–845	650–780
Ulva pertusa	(g)	100	100	100
No. of Pot (P)	(indiv.)	30 or 40	60 or 80	30 or 40
No. of Octopus (O)	(indiv.)	18 or 24 or 30 or 32 or 40	36 or 48 or 60 or 80	24 or 32
P/O		1.0 or 1.3 or 1.7	1.0 or 1.7	1.3
Interval of pots	(m)	0.8 or 1.1	0.8 or 1.1	0.8 or 1.1

(1): Ceramic pot or polyethylene flower pot, (2): With or without Ulva pertusa, (3): P/O and Interval of pots, (4): Stocking density, (5): Cannibalism

90％以上で経営が成り立つ新しい垂下式籠養殖技法について基礎的知見を得たので報告する。

実 験 方 法

本実験は，マダコの垂下式籠養殖の水温や塩分の適環境，タコ 1 個体に対するポット数，ポット間距離および適正密度を把握するために，八代海南西域に位置する鹿児島県長島町の鹿児島大学水産学部附属海洋資源環境教育研究センター東町ステーション地先の海面筏でおこなった。実験内容は，Table 1 に示したように，2006 年 6 月 6 日～10 月 12 日（Exp. Ⅰ～Ⅴ）および 2007 年 6 月 8 日～8 月 31 日（Exp. Ⅳ～Ⅷ）にそれぞれ実施した。両年の各実験区の飼育期間は 19～22 日間および 22～33 日間とした。

まず，Exp. Ⅰは園芸用ポットと素焼蛸壷による成長を比較した。次に，Exp. Ⅱはアオサの有無による成長を比較した。さらに，Exp. Ⅲ～Ⅴではポットの個数（P）とタコの収容個体数（O）の P/O 比を指標として，P/O 比とタコ斃死数との関係の飼育・解析実験をおこなった。続いて，Exp. Ⅵ～Ⅷでは，タコ相互が対面するポット間距離とタコ斃死率との関係の飼育・解析実験をおこなった。

2006 年の実験でタコの養殖籠は，外籠および内籠とで構成し海面下 3 m 層に垂下した。2007 年の実験では降水による Sal. の低下が予想される日には，養殖籠を 3 m 層から 10 m 層へ移動して垂下した。外籠は目合 1 cm の黒色ポリエチレン網および目合 8 mm の黒色ネトロン網とした。外籠上部はタコの逃亡防止と同時に給餌時に籠の開閉を簡便にするために，円形パイプ枠を三回転させて開閉する絞り止めとした。内籠は園芸用ポットを結着する黒色ポット枠（縦 43 cm，横 38 cm，高 10 cm）および暗青色の園芸ポット（上部直径 16 cm，底部直径 10 cm，高 21 cm）をインシュロックで固定した。内籠と外籠の底部の接続はインシュロックで結着した。

2006 年に作成した養殖籠は箱型とし，0.6 m^3 容（縦 1 m ×横 1 m ×深 0.6 m）で，ポットの最大セット数は 20 個とした。一方，2007 年に改良した籠は，Fig.1 に示したように，円筒型とし内籠を積み重ねることでタコの高密度飼育を可能にした。さらに，共喰い防止のために，タコが相互に向き合うポット間の距離は，タコ腕長の 2 倍を目安とした。円筒型籠は 2 種類（直径 1.2 m，深 1.7 m または直径 1.5 m，深 1.7 m）でタコの成長や生残を比較した。外籠の中央底部にはプラスチック製丸ザル（目合 2 mm，上部直径 30 cm，下部直径 27 cm，高 10 cm）を設け，直径 4 mm ロープで昇降することにより，籠の底部に沈降した残餌や糞および斃死ダコを回収でき

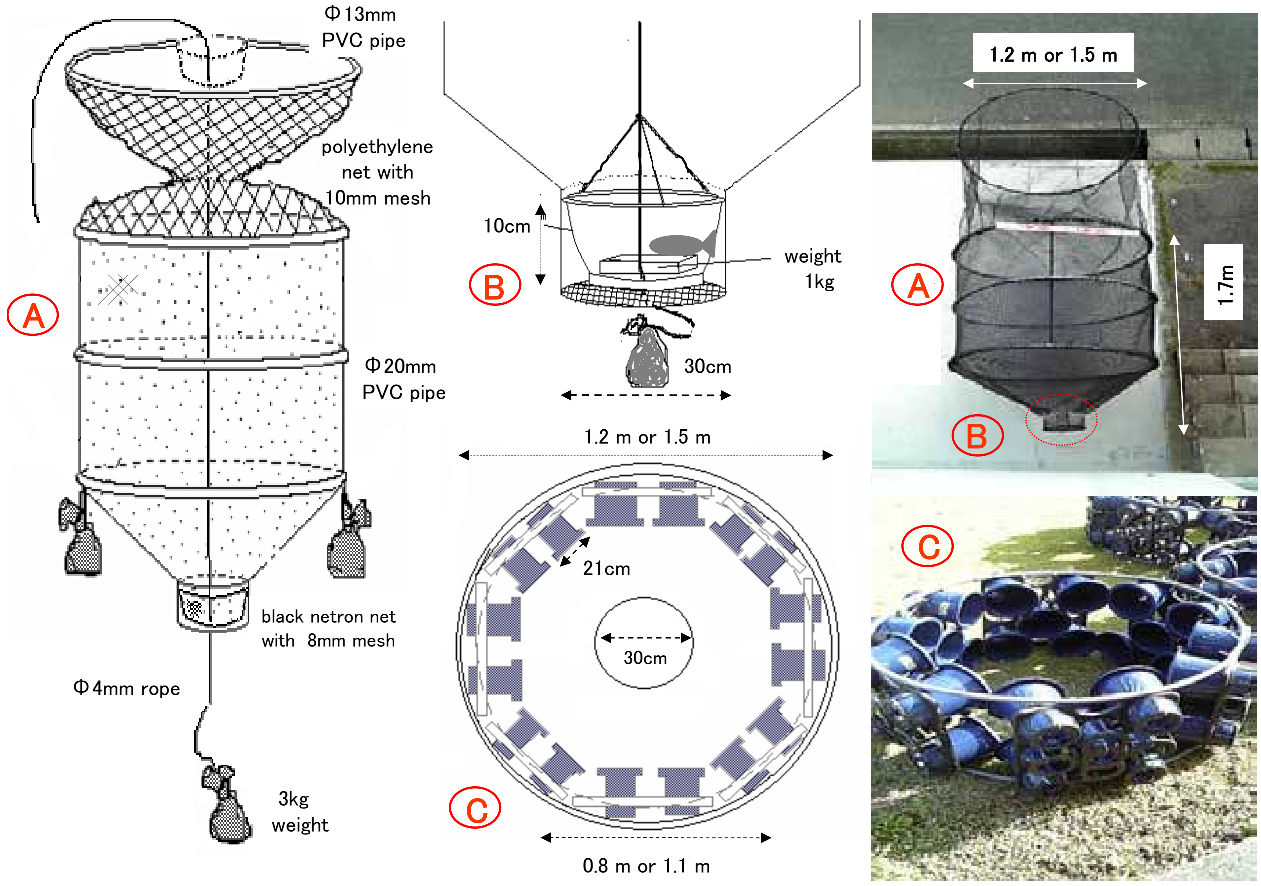

Fig.1. Schematic view of 2007 type modified basket cage for *Octopus vulgaris* culture.

るよう工夫した。ザルの底部にはロープを降ろした際にザルが常に定位置に復帰できるよう 3 kg の重りをつけた。以上の円筒型タコ養殖籠は，内籠を積み重ねることによって，高密度でかつ集約的にタコを養殖することが可能である（特許出願 2009-72156）。

Exp. Ⅰは，上記の改良マダコ養殖籠の園芸ポットの有用性を調べるために，天草郡苓北町㈲木山陶石工業所製造の素焼き蛸壺（上部直径 16 cm，底部直径 13 cm，最大幅 19 cm，高 26 cm，中型釉薬有り）区と園芸ポット区によるタコの成長および生残を比較検討した。

供試タコは，八代海南西域で蛸壺漁によって漁獲され東町漁協の魚市場に水揚げした雄（265～1,090 g）のみを直ちに選別して供試した。雌雄の区別は，タコの背面側からみた右の第三腕である生殖腕で区別した[11]。タコの体重は，水揚げされたのち，直ちに 1 個体ずつ農産物出荷用の通称タマネギネットに収容して水切り後，デジタル天秤（Yamato USD-200W，精度 5 g）で湿重量を計量した。タコの体重は，Exp. Ⅰ～Ⅴでは毎週 1 回測定したが，Exp. Ⅵ～Ⅷではタコのストレスを少なくするために，実験開始日と終了日の 2 回のみ計量することにした。なお，実験期間中にマダコが斃死した場合には，翌日に同等体重のタコを加入した。餌は冷凍カタクチイワシを 10～30 g に粉砕し手撒きで給餌した。給餌量は飽食給餌となるように日間給餌率を 10～20% とした。残餌と糞は給餌直前に籠中央底部のザルとタモ網で回収し，60～80℃ で 48 h 乾燥後，天秤（島津製作所 ELECTRONICSCALE 精度 0.1 g）で計量し，残餌・糞量として湿重量に換算した。

タコの摂餌量，増肉係数および餌料転換効率は，Exp. Ⅰ（20.1～22.7℃）で斃死率 0% を得た実験例を正常飼育とみなして，次式で算定した。

摂餌量＝（総給餌量－総残餌・糞量）

増肉係数＝摂餌量／（終了日の平均体重―開始日の平均体重）

餌料転換効率＝ 100 ×増重量／摂餌量

Exp. Ⅰ，Ⅱ，ⅣおよびⅤは，タコ籠内に酸素供給，水質浄化[12,13]の機能を有するアナアオサ（以下，アオサ）を添加して，アオサ有区と無区とで成長の相違を比較した。供試アオサは東町ステーション地先水域に自生しているアオサを用いた。生鮮アオサは水道水に 24 h 浸漬

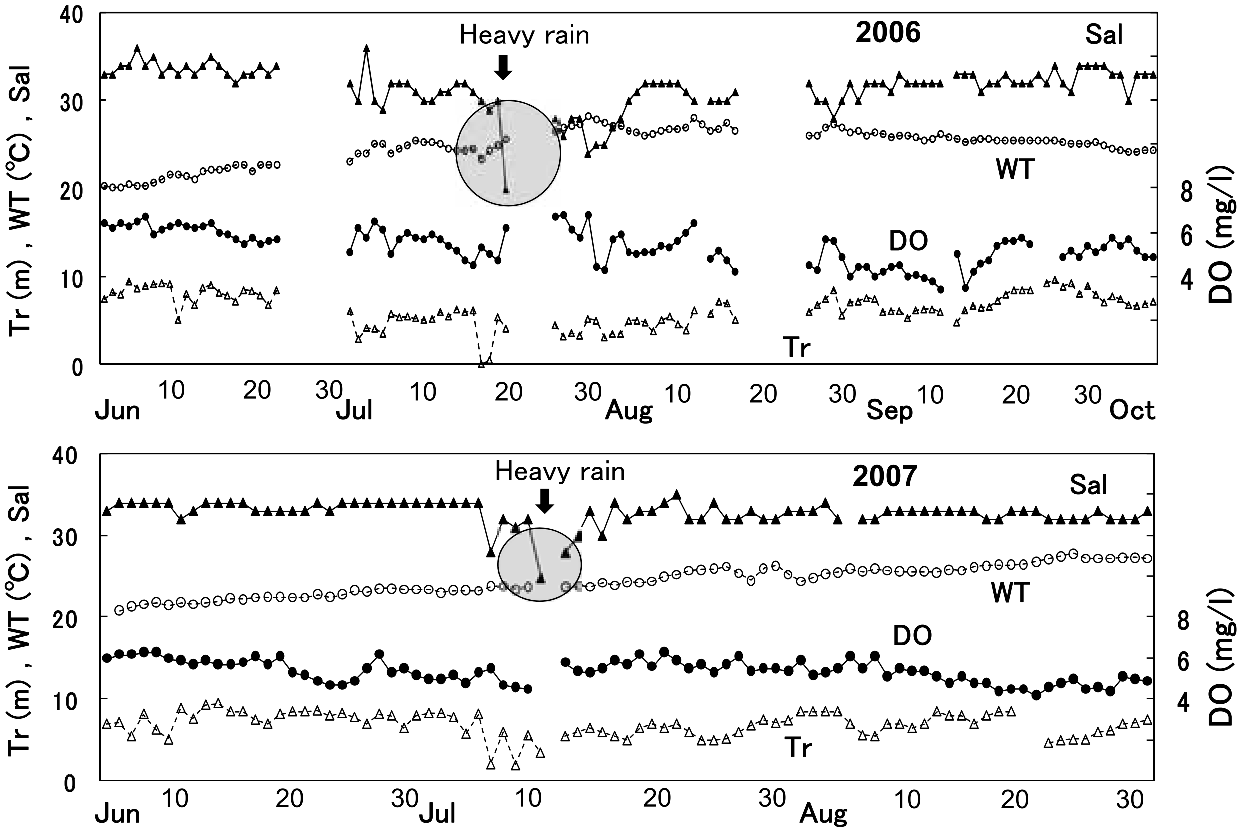

Fig.2. Environmental conditions for *Octopus vulgaris* cultured at 3 meter layer.
(WT; Water Temperature, Sal; Salinity, DO; Dissolved Oxygen, Tr; Transparency)

した淡水浴で付着生物を除去し，洗濯脱水機で約 30 秒間脱水した後，1 籠に 100 g（Yamato USD-200W，精度 1 g）を添加し，毎週 1 回計量して 100 g を保持することにした。本実験は，養殖経営が成り立つ斃死率 10％以下の実験例のみを対象にして解析した。

Exp. Ⅵ～Ⅷは，マダコの収容密度および水温が成長や斃死に与える影響を調べ，タコの成長が最大となる収容密度および水温を解析した。さらに，タコの収容密度が斃死に及ぼす影響を把握する目的で，収容個体数（O）に対する籠内のポット数（P）を P/O 比で表した。P/O 比と斃死率との関係ならびにタコが籠内で対面するポット間の距離と斃死率との関係について検討した。ポット間の距離は 0.6 m，0.8 m および 1.1 m，P/O 比は 1.0，1.3 および 1.7 をそれぞれ設定した。

タコの養殖籠を垂下した海面下 3 m 層の水温（WT），溶存酸素量（DO），塩分濃度（Sal）および透明度（Tr）は，毎日一回午前 8 時頃に測定した。WT 及び DO は YSI 社製 58 型 DO メーター，Sal はアタゴ社製屈折型塩分濃度計，Tr は直径 30 cm 白色セッキ透明度板を用いてそれぞれ計測した。

結　果

水温，塩分および斃死原因

2006 年の Exp. Ⅰ～Ⅴにおける WT，Sal，DO および Tr は，それぞれ 20.1～28.2℃，20～35，3.4～6.8 mg/L および 0.5～9.5 m であった。一方，2007 年の Exp. Ⅵ～Ⅷ の WT，Sal，DO および Tr は，20.2～27.8℃，25～35，4.2～6.3 mg/L および 2.0～9.5 m であった（Fig.2）。

タコは塩分の低下に弱く，2006 年 7 月 25 日の台風による大雨によって，僅か 1 日で Sal. が 32 から 20 へ急激に下降した際に，海面下 3 m 層に垂下していた全個体の 76％が斃死した。

Exp. ⅣおよびⅤでは水温が下降する 9 月期に放精後，寿命による斃死が見られた。一方，Exp. Ⅵ～Ⅷにおけるタコの斃死は，前年と比較して収容密度を高くした実験を行ったことから，相互に腕や胴を捕食し合う「共食い」で死亡する現象が顕著であった（Fig.3）。共喰い現象は 7 月中旬の 24℃以上から頻繁に観察され始め，8 月下旬（27℃）まで継続した（Fig.4）。

園芸ポットと素焼き蛸壷との成長比較

Exp. Ⅰでは，タコの斃死率が 0％であった 8 例を対象

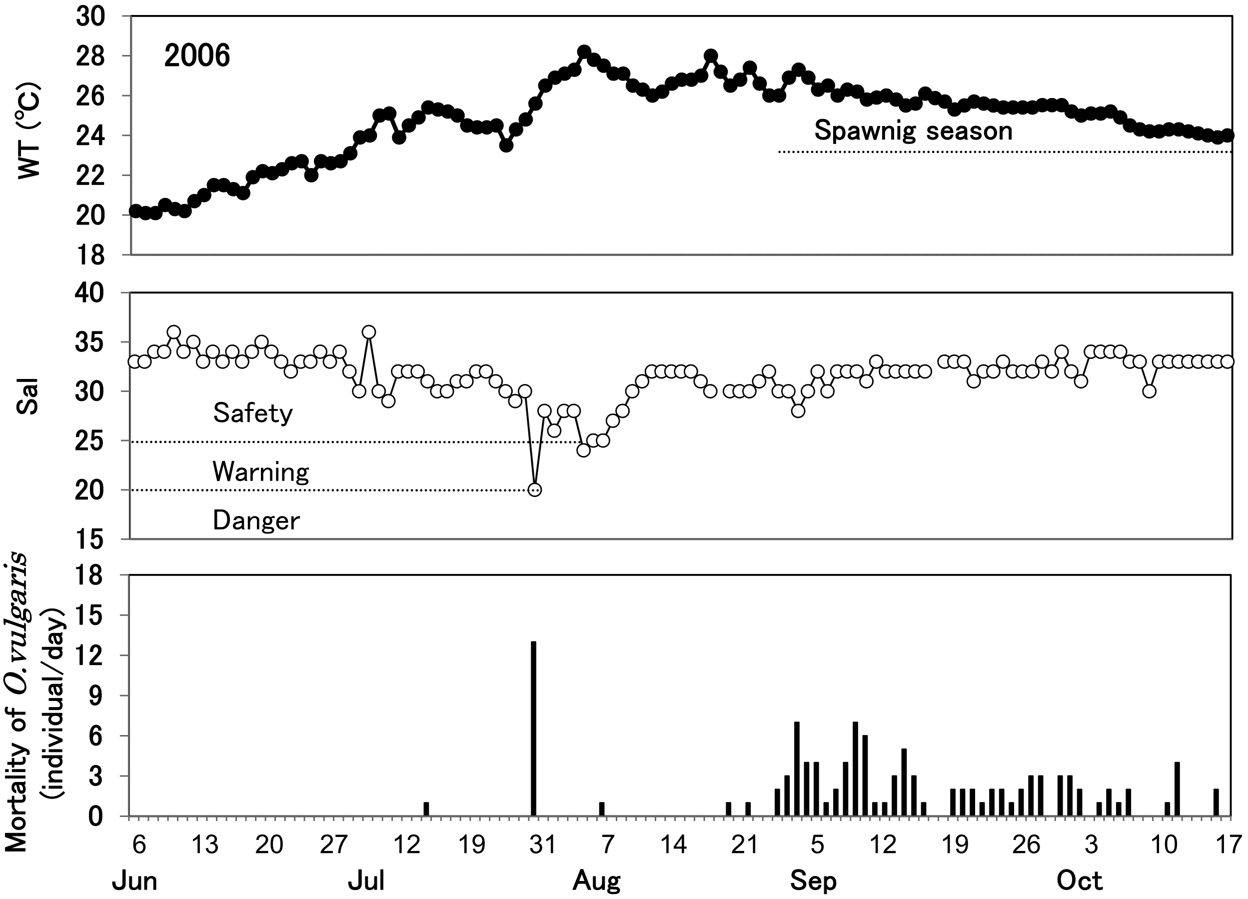

Fig.3. Relationship between mortality of *Octopus vulgaris*, water temperature and salinity in 2006.

にして，園芸ポットと素焼き蛸壷との相異によるタコの成長を比較した。園芸ポット区の体重は，開始日に 313 ± 43 g，終了日に 513 ± 135 g であった。一方，素焼き蛸壷区のタコの体重は，開始日に 300 ± 7 g，終了日に 502 ± 88 g であった。園芸ポット区および素焼き蛸壷区の日間成長率は，それぞれ 2.2%および 2.4%であり，スチューデントの t 検定（n = 8，危険率 5%）を行った結果，両区に有意な差は見られなかった（Fig.5）。

アオサの有無による成長比較

Exp. Ⅰ，Ⅱ，ⅣおよびⅤでは，タコの斃死率が 10% 以下であった 8 例を対象にして，アオサの有区と無区とでマダコの成長の相違を比較した。アオサ有区でのタコの平均体重は開始日で 327 ± 22 g，終了日に 700 ± 231 g であり，アオサ無区でのタコの平均体重は開始日で 297 ± 32 g，終了日に 640 ± 77 g であった。アオサ有区でのタコの成長速度は，84 ± 10 g/week，無区では 30 ± 11 g/week であった。アオサ有区と無区の週間成長率は，それぞれ 2.3%および 1.2%であり，スチューデントの t 検定（n = 8，危険率 5%）で解析した結果，両区に有意な差が見られた（Fig.6）。

水温と成長速度および斃死率との関係

タコの日間成長速度と水温との関係は，タコの斃死率が 10% 以下であった 7 例を対象にして，Fig.7 および次式に示した。

$$Y = -1.64 \cdot X^2 + 75.5 \cdot X - 853 \quad (1)$$

（$r^2 = 0.80$, $n = 7$, $P<0.05$）

ここで，Y：マダコの日間成長速度（g/indiv./day），X：水温（℃）とした。

（1）式の極大値より，タコの日間最大成長速度は，22.9℃で 10.7 g/indiv./day と算出された。

次に，Exp. Ⅵ，ⅦおよびⅧより，タコの週間斃死率と水温との関係は，Fig.8 に示した。週間斃死率が 10% 以下の水温は 22.1～24.2℃であった。23.9℃以上の水温では週間斃死率が 30% 以上となり，26.6℃では最大週間斃死率 153% を示した。

Table 1. に示した P/O 比が異なる場合，週間斃死率と水温との関係は，次式で示した。

P/O 比が 1.0 および 1.3 の場合，

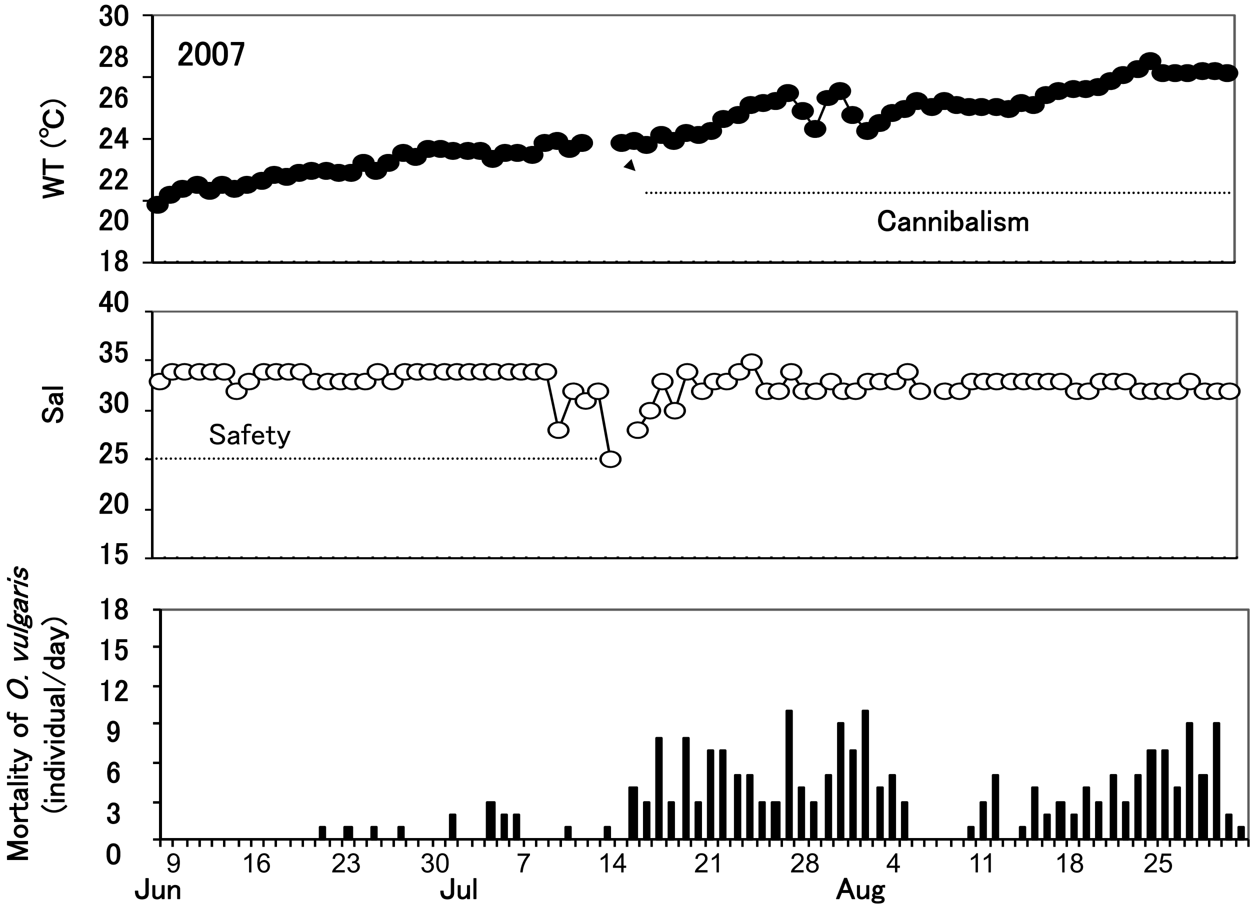

Fig.4. Relationship between mortality of *Octopus vulgaris*, water temperature and salinity in 2007.

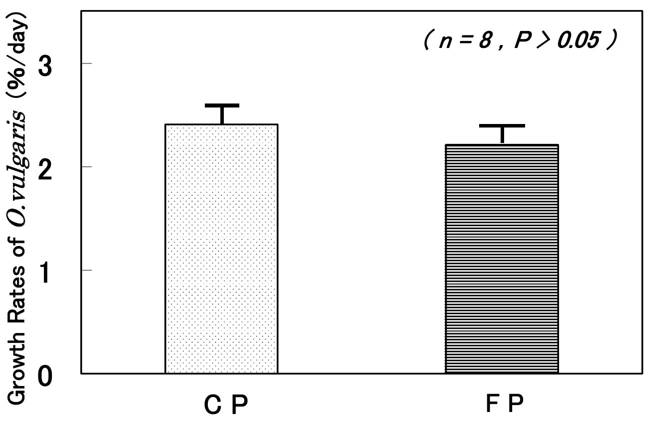

Fig.5. Comparison between ceramic and polyethylene flower pot cultured in basket cages on daily growth rate of *Octopus vulgaris*.
(CP; Ceramic pot, FP; Flower pot)

$Y = 3.3 \cdot X^2 + 34.4 \cdot X$　　(2)

（$r^2 = 0.96$, n = 8, P <0.05）

P/O 比が 1.7 の場合，

$Y = 11.5 \cdot X^2 + 6.49 \cdot X$　　(3)

（$r^2 = 0.62$, n = 4, P <0.05）

ここで，Y：マダコの週間斃死率（%），X：水温（℃）とした。

P/O 比が 1.7 では，1.0 や 1.3 と比較して，水温上昇期の 24〜25℃にも関わらず週間斃死率は 10〜30%と低い斃死率を示した。

収容密度と成長速度および斃死率との関係

タコの日間成長速度と収容密度との関係は，タコの斃

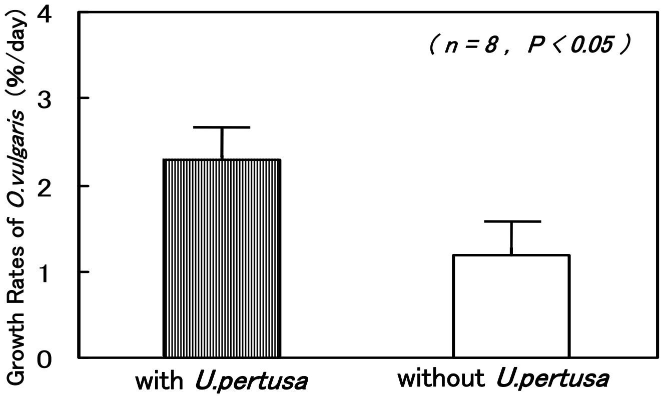

Fig.6. Comparison between with and without Ulva pertusa cultured in basket cages on daily growth rate of *Octopus vulgaris*.

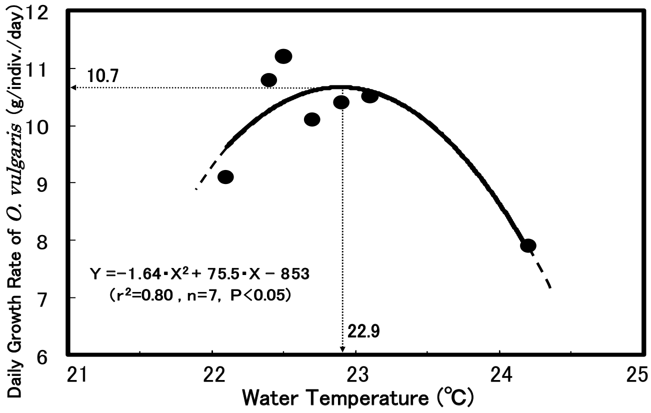

Fig.7. The relationship between water temperature and daily growth rate of *Octopus vulgaris* cultured in basket cages under less than 10% mortality per three weeks.

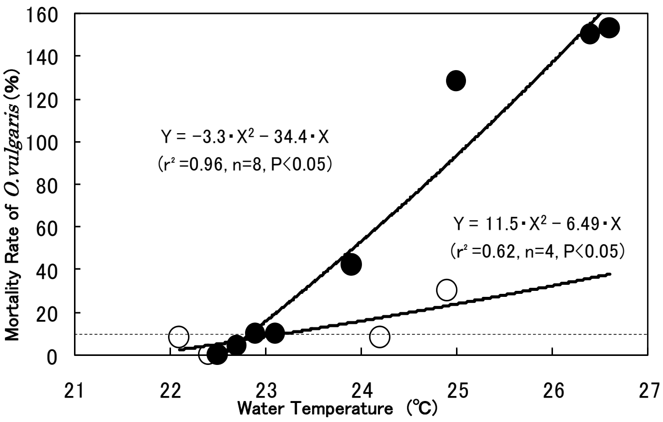

Fig.8. The relationship between water temperature and mortality rate of *Octopus vulgaris* cultured in basket cages.
(●; P/O = 1.0, 1.3, ○; P/O = 1.7)

死率が10％以下であった7例を対象にして，Fig.9および次式に示した。

$$Y = -0.021 \cdot X^2 + 0.48 \cdot X + 8.0 \quad (4)$$

（$r^2 = 0.79$, n = 7, $P<0.05$）

ここで，Y：マダコの日間成長速度（g/indiv./day），X：収容密度（kg/m^3）とした。

（4）式の極大値より，タコの収容密度が11.3 kg/m^{3}の場合，タコの日間最大成長速度は10.7 g/indiv./dayであると算定された。

次に，タコの収容密度は4.2～10.8 kg/m^{3}の範囲であ

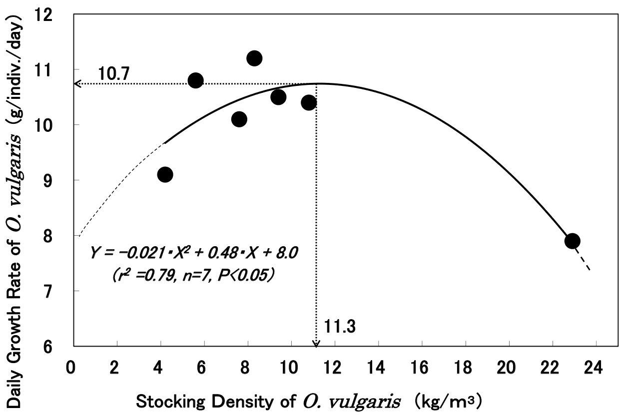

Fig.9. The relationship between growth rate and stocking density of *Octopus vulgaris* cultured in basket cages under less than 10% mortality per three weeks.

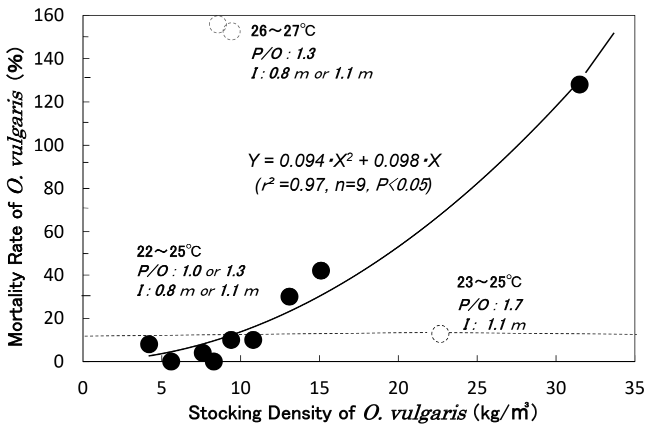

Fig.10. The relationship between stocking density and the mortality rate of *Octopus vulgaris* cultured in basket cages. I; Interval between pots

り，タコの収容密度と週間斃死率との関係は，Fig.10 および次式に示した。

$$Y = 0.094 \cdot X^2 + 0.098 \cdot X \quad (5)$$

（$r^2 = 0.97, n = 9, P<0.05$）

ここで，Y：マダコの週間斃死率（%），X：収容密度（kg/m^3）とした。

P/O 比と週間斃死数との関係

Exp. Ⅱ～Ⅴより，タコ個体当りのポット数を示す P/O 比が週間斃死数に及ぼす影響について Fig.11 に示した。ポット間距離が 0.6 m の条件で，P/O 比が高いほど，高水温ほど斃死個体は少なかった。すなわち，25～27℃の高水温では，P/O 比が 1.0 および 2.0 の場合，斃死数はそれぞれ 15 個体および 9.5 個体と高かった。しかし，Exp. Ⅱの 23.1～25.6℃（7 月期）に，P/O 比を 5.3 にしてタコ 1 個体当たりのポット数を多くすると，斃死数は 0.2 個体に低減した。

マダコの週間斃死数と P/O 比との関係は，次式で示した。

$$Y = 0.43 \cdot X^2 - 5.93 \cdot X \quad (6)$$

（$r^2 = 0.94, n = 8, P<0.05$）

ここで，Y：マダコの週間斃死数（indiv），X：P/O 値とした。

P/O 比，ポット間距離，マダコの週間斃死数の相互関係

Exp. Ⅵ～Ⅷで得られた P/O 比，ポット間距離，斃死個体数との相互関係は，Fig.12 にまとめた。週間斃死率は，22.6 ± 0.8（20.2～23.5）℃で 0～10%，24.5 ± 1.0（23.0～26.3）℃で 8～128% および 26.5 ± 0.7（25.5～27.8）℃で 150～153%であった。

6 月上旬から 7 月上旬（23.0～26.3℃）では，P/O 比が 1.0 の場合，ポット間距離を 0.8 m から 1.1 m に広くすると，斃死率は 128%から 40%に明らかに激減した。さらに，P/O 比を 1.7 にしてタコ 1 個体当たりのポット数を多くすると，ポット間距離が 1.1 m で，斃死率はさらに減少して 8%の最小値を示した。

増肉係数および餌料転換効率

Exp. Ⅰ（20.1～22.7℃）で得た生残率 100%を対象と

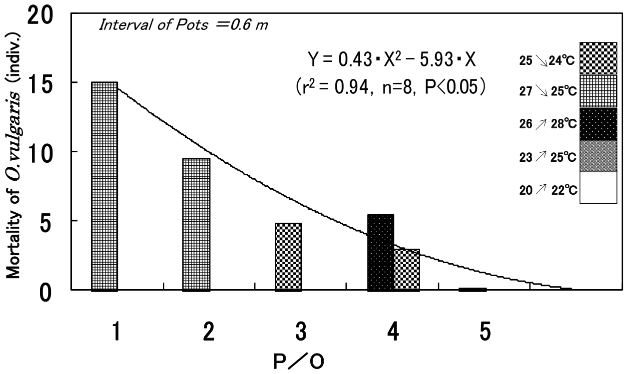

Fig.11. The relationship between P/O and the mortality of *Octopus vulgaris* cultured in basket cages. (P; number of pots, O; number of *Octopus*)

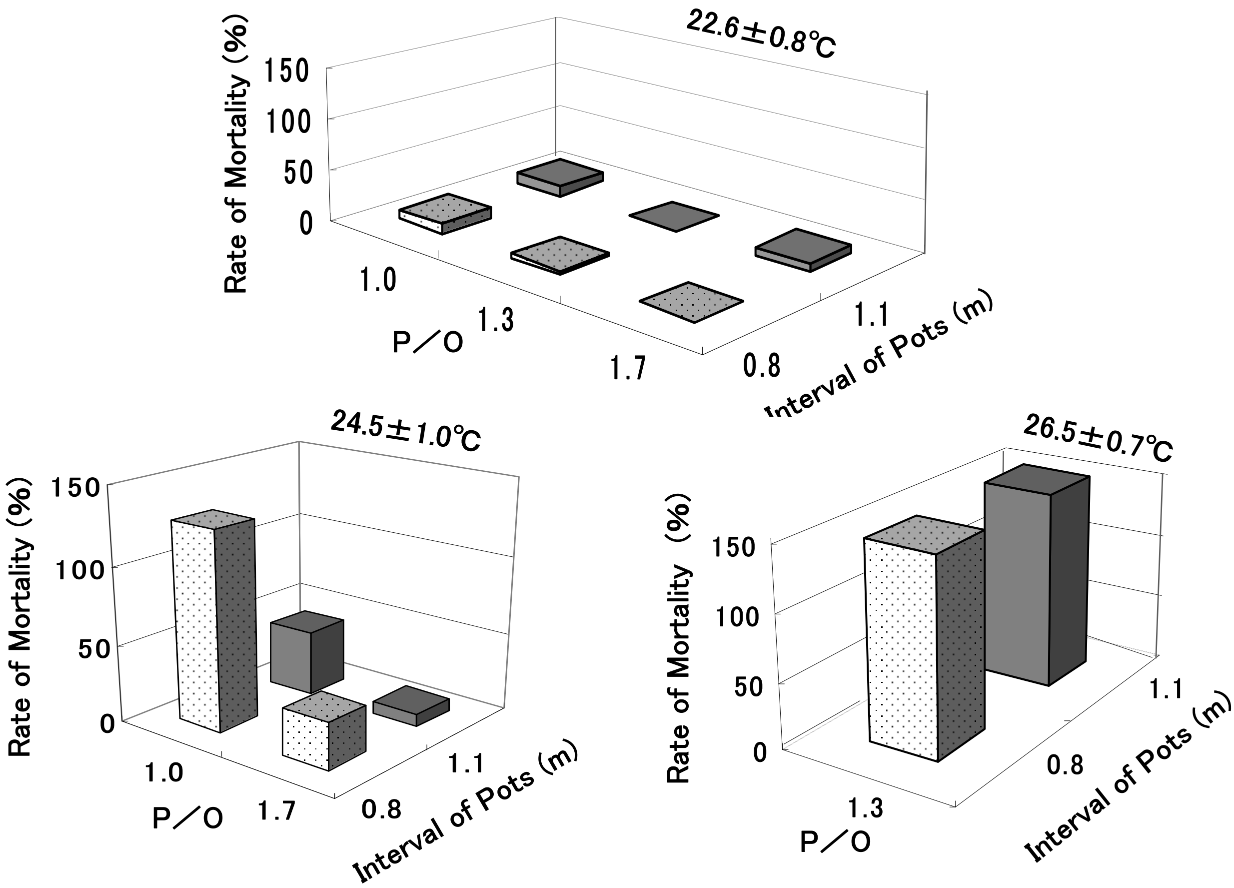

Fig.12. The relationship between P/O, interval of pots and the mortality of *Octopus vulgaris* cultured in basket cages at different water temperatures. (P; number of pots, O; number of *Octopus*)

して，適水温における養殖タコの増肉係数および餌料転換効率を算定した。冷凍カタクチイワシの総給餌量は 1,352 g，総残餌量は 221 g であったことから，総摂餌量は 1,131 g と算出された。また，実験開始日および終了日のタコの平均体重はそれぞれ308 gおよび509 gであったことから，増重量は 201 g と算出された。以上のことから，養殖タコの増肉係数および餌料転換効率は，それぞれ 5.6 および 17.7%と算定された。

考　察

タコ養殖籠と園芸ポットの活用

タコの成長は，ポット区と蛸壷区とで有意差がみられ

なかったことから，垂下式タコ養殖籠として園芸ポットの有用性が認められた。園芸ポットの利点は，①．園芸ポットの単品重量は 0.2 kg であり，素焼蛸壺の 4.5 kg と比較して軽量である。②．素焼蛸壷の単価は約 1,300 円であるのに対して，園芸ポットの単価は約 100 円と低コストである。③．素焼蛸壷は落とすと割れるが園芸ポットは割れず耐久性がある。④．園芸ポットはポット枠への脱着や付着物の除去作業が簡便である。⑤．ポットのサイズはタコの成長段階に応じて可変できる。⑥．ポットを籠内で縦列に積み重ねて多段式にすることにより，集約的かつ高密度な垂下式籠養殖が可能である。

以上のことから，園芸ポットは，軽量，低価格，耐久性，作業性，選択性があることから，高密度で集約的なタコの短期畜養や長期養殖が可能であり，垂下式タコ籠養殖の飼育に有効と考えられる。

成長および斃死からみた適水温と塩分耐性

タコの斃死率が 10％以下を対象にして，20.1～28.2℃でタコの成長や斃死に及ぼす水温の影響を解析した。（1）式の X 切片より，20℃および 26℃の水温で成長速度は 0 となったことから，タコの成長に対する許容水温は 20～26℃と推察される。伊丹（1965）[5]は，瀬戸内海域でのタコの適水温を 15～23℃としているが，本実験の八代海南西域におけるタコの成長に対する適水温は 3～5℃上昇している。

2006 年 9 月上旬（27℃）～10 月中旬（25℃）の水温が下降する産卵期における斃死は，共食いはみられず，放精後の寿命により死亡したと考えられる。一方，2007 年 7 月中旬（24℃）～8 月下旬（28℃）の高水温期に，タコの斃死が増大した原因は，個体相互で腕をちぎりたり，胴を傷つけあっていたことから共喰いによるといえる。

Exp. Ⅰ～Ⅴと Exp. Ⅵ～Ⅷとの間で，水温に大差は見られなかった。しかし，Exp. Ⅰ～Ⅴでのタコの日間成長率は 2.1％であったのに対して，Exp. Ⅵ～Ⅷでのそれは 1.1％に半減した。その理由は，前者は後者より高密度であったこと，さらに日間給餌率を 20％から 10～15％と少量に設定したことから，低成長率で推移したと考えられる。

一方，伊丹（1965）[5]はタコの塩分濃度の耐性は 29 以上と述べている。しかし，本研究では，Sal が 25 以上では斃死が見られず，わずか 1 日で Sal が 25 から 20 に急激に低下した際に斃死率が 76％に上昇したことから，Sal が 25 以上では「安全」，20～25 の範囲は「注意」および 20 以下では「危険」と考えられる。

以上のことから，タコの養殖や蓄養は，WT 20～24℃，Sal 25 以上の水域で実施することが適環境といえる。大雨や降水によって塩分濃度が急激に低下する時期は，タコの養殖カゴを Sal 25 以上の水域への移動または高塩分層まで深吊りする対応策が必要である。

収容密度と成長および斃死との相互関係

（4）式の Y 切片より，収容密度 0 kg/m^3 でマダコの日間成長速度は 8.0 g/indiv./day と求められた。この値は潜在的なタコの日間成長速度と推察される。一方，飽食給餌が可能な養殖タコは，天然タコよりも 1.3 倍の日間成長速度を示すと考えられる。また，（5）式より，タコの斃死は収容密度が高くなるにつれ増大する。しかし，低密度にも関わらず，高水温で高斃死率を示すことから，第一義的な斃死の要因は水温といえる。

P/O 値およびポット間距離と斃死率との関係

7 月～9 月上旬（25.5～27.8℃）の高水温期では，タコ個体当りのポット数を示す P/O 値やポット間距離に関わらず高い斃死率を示した。P/O 値が 1.0 の場合，ポット間距離が 1.1 m での斃死率は 42％であり，ポット間距離が 0.8 m での斃死率 128％と比較して低下した。最小斃死率 10％は P/O 値が 1.7 と高く，ポット間距離が 1.1 m と広い例であった。7～8 月の 24～25℃で共喰いによる斃死が見られたが，P/O 値が 1.7 と高い場合では低い斃死率を示した。これらの現象は，タコ個体当りのポット数が多いことがマダコに生息場所の選択性を高め，摂餌競争や共喰いによるストレスを軽減できたためと考えられる。

以上のことから，養殖タコ高密度によるストレスの軽減策として，23～26℃の水温上昇期では P/O 値を高めることやポット間距離を広くすることは，タコの高密度かつ集約的な垂下式籠養殖にとって , 斃死率を低く抑える有効な養殖技法であるといえる。

タコの成長とアオサとの複合養殖

一般に，増肉係数は，内的要因として活動代謝の大きい魚貝類では高く，飽食給餌や成長段階に伴って高くなり，外的要因として低酸素や適水温の範囲外で高くなる[14]。冷凍イワシを給餌した場合の増肉係数は，クロマグロで 14～15，ブリで 7～8，ヒラメやフグで 3～4 である[14]。本実験で冷凍カタクチイワシを給餌したマダコの増肉係数は，水温上昇期の 20～23℃で 5.6 であり，ブリより低く，ヒラメやフグより高い値であった。

今後，養殖タコの餌料の確保対策として，養殖魚介類の加工残渣の有効利用は，タコ生産費低コスト化のポイントといえる。また，蛸壷漁で漁獲された低価格の小型タコ（300～600 g）の成長速度は，3 週間で 1.7 倍と極めて早いため，小ダコの短期養殖は有効な手段といえる

ことが判明した。今後，共喰いを防止する飼育技術と給餌方法の工夫が残された課題といえよう。

また，アオサ有区でタコの成長が向上した理由は，アオサによる酸素供給やタコの排泄代謝産物であるアンモニア態窒素が吸収され水質浄化効果[12,13]が考えられる。今後，タコとアオサの共生は，タコ養殖籠内に天然海藻と人造海藻を入れて比較することによって，海藻による水質浄化や酸素供給，隠れ場の提供によるストレスの軽減について，タコ養殖の生産工程に応じたアオサとタコの共生比を調べる必要があると考えられる。

要　約

本研究は，園芸用ポットを活用したマダコ，*O.vulgaris* の垂下式籠養殖の飼育環境と養殖技術の基礎的知見を得る目的で，マダコの成長と斃死に及ぼす水温，塩分および収容密度の影響を調べた。実験は，園芸用ポットと素焼き蛸壷との成長比較，アオサの有無によるタコの成長比較，斃死に及ぼすタコ個体数（O）に対する園芸用ポット数（P），すなわち P/O 比ならびにポット間距離の影響について検討した。

園芸用ポットと素焼き蛸壷とでは成長に有意差は無かった。タコの成長はアオサの有無により有意差がみられた。タコの日間最大成長速度は，収容密度 11.3 kg/m^3，20.2～23.5℃，斃死率 0％の飼育条件下で，10.7 g/indiv./day と算定された。タコの斃死率は，P/O 比が高く，かつポット間距離が広い区で低い傾向を示した。タコの垂下式籠養殖の適環境は，水温 20～24℃，塩分 25 以上であり，P/O 比 1.7，ポット間距離 1.1 m が短期的養殖の適条件であることがわかった。さらに，タコとアオサとが共生する複合養殖は，タコの成長に有効であることが判明した。

謝　辞

本研究にご支援を賜った（株）ジファスコーポレーションの谷口雄二郎氏，（株）ホットランドの佐瀬守男氏ならびに佐瀬充廣氏に心から感謝の意を表する。

引用文献

1）椎野孝雄（1969）水産無脊椎動物学．培風館，東京，pp. 209–211.

2）宮本秀明（1949）水産講座漁業編　イカ・タコ漁業　タイ漁業　採藻・採介漁業．**5**，大日本水産会，東京，pp. 27–34.

3）林 勇夫（2006）水産無脊椎動物学入門．恒星社厚生閣，東京，pp. 163–165.

4）Sakaguchi, H., T. Hamano and A. Nakazono (2002) Growth of *Octopus vulgaris* in the northeastern Iyo-Nada of the Seto Inland Sea. Japan, *Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanogr*, **66**: 11–15.

5）伊丹宏三（1965）マダコ　浅海養殖の 60 種．大成出版社，東京，pp. 111–119.

6）川本信之（1978）タコ．養魚学各論，恒星社厚生閣，東京，pp. 685–692.

7）小西孝蔵（2006）ポケット水産統計 平成 17 年度版．農林水産省統計部，東京，pp. 246–247.

8）井上喜平治（1951）タコの養殖．水産界，**802**，東京，pp. 46–64.

9）斎藤達夫（1991）沿岸至近域における海洋生物の生態知見　魚類・イカ・タコ類編．財団法人海洋生物環境研究所，pp. 561–594.

10）藤本知之（1967）マダコの蓄養．養殖，**5**，緑書房，東京，pp. 32–34.

11）刀禰勇太郎（1994）蛸．法政大学出版局，東京，pp. 175–190.

12）耒代勇樹・門脇秀策（2004）浅海養魚場における栽培ワカメ *Undaria pinnatifida* の生長過程と N，P 吸収速度，水産増殖．**52**: 365–374.

13）Kadowaki S. and Y. Kitadai (2007) Advantages of environmentally sound poly-eco-aquaculture in fish farms. In "Proceedings of international workshop on innovative technologies for eco-friendly fish farm management and production of safe aquaculture foods", 2006, Bali, Indonesia, Food and Fertilizer Technology Center, 130–140.

14）永井康豊・長瀬俊哉・中奥龍也（1996）気になる用語と数字の総チェック（上）．養殖，**33**: 52–60.