

養殖マダイPagrus majorにおける消化管内容物の変化と残餌・糞に基づく炭素および窒素負荷

誌名	水産増殖 = The aquiculture
ISSN	03714217
著者	上出, 貴士 竹内, 照文
巻/号	55巻3号
掲載ページ	p. 409-415
発行年月	2007年9月

養殖マダイ *Pagrus major* における消化管内容物の変化と 残餌・糞に基づく炭素および窒素負荷

上出貴士^{1,2}・竹内照文^{1,3}

Postprandial Changes in Digesta, Leftovers and Feces, and Their Carbon and Nitrogen contents in Cultured Red Sea Breams, *Pagrus major*

Takashi UEDE^{1,2} and Terufumi TAKEUCHI^{1,3}

Abstract: For establishing a sustainable aquaculture for red sea bream, we examined postprandial changes in digesta and suspending matter discharged as leftovers and feces. Gastral digestion for extruded pellet (EP) needed 24 h in the fish weighing 158 g at water temperature range of 20.3–26.6°C. Enteral digestion for EP almost ceased at about 72 h after feeding. The C/N ratio of suspending matter was similar to EP until 3 h after feeding, and rapidly rose after then. This suggested that suspending matter until 3 h after feeding and after then was originated from leftovers and feces, respectively. EP given was discharged as leftovers and feces ranges of 3.6–15.4 and 4.1–14.7%, respectively. Moist pellet (MP) given was also discharged as leftovers and feces ranges of 10.1–19.2 and 2.6–10.8%, respectively. Feed intake, leftovers and feces of MP were 1.9, 3.5 and 1.5 times greater than those of EP, respectively. Until 3 h after feeding EP, N in leftovers was at the range of 48.3–57.4% of total N discharged. Therefore, it is intensely recommended that preferable feeding restriction with EP is effective for conducting nitrogen load reduction and sustainable aquaculture for red sea bream.

Key words: Red Sea Bream; Digestion; Suspending matter; C/N

魚類養殖は波静かな内湾を生産漁場として発展してきた。しかし、過密養殖や過剰給餌によって生簀周辺への有機物負荷を増大させ（窪田 1977）、赤潮や貧酸素水塊の発生、魚病の蔓延などを招くなど、魚類養殖の生産性を低下させる状況にある。さらに、その影響は生簀周辺にとどまらず海域の生態系にも少なからず影響を与えている（Brown et al. 1987）。

この富栄養化に対処するために、有機汚泥の浚渫や覆土などが行われているが、根本的な解決には有機物負荷の削減が必要であり（佐々木 1983）、魚類養殖に伴う余剰な窒素やリンを削減する試みが進められてきた（坂本 1986; 畑 1986）。また、1999 年には養殖漁場

の適正利用と魚病の予防・蔓延防止を図るため「持続的養殖生産確保法」が施行され、溶存酸素量、硫化物量、底生生物を指標とした漁場改善計画の策定が義務付けられている。この持続的養殖生産、すなわち、環境保全型養殖の実現に向けた取り組みとして適正な養成密度とともに残餌などによる有機物負荷についての基礎的知見の集積が不可欠である。特に後者については、生餌に関する知見（和歌山水試・和歌山増試 1974）は散見されるが、モイスト・ペレット（MP 飼料）やエクストルーダー・ペレット（EP 飼料）についてはほとんど明らかにされていない。そこで、本研究ではマダイの配合飼料の消化過程と残餌や糞排出量、およ

2007年1月25日受付：2007年6月30日受理。

¹和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場増養殖研究所（Fisheries Farming Laboratory, Fisheries Experimental Station, Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries, Tanabe, Wakayama 646-0058, Japan）。

²現所属：和歌山県日高振興局（Hidaka promotions bureau of Wakayama Prefecture, Gobo, Wakayama 644-0011, Japan）。

³現所属：和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場（Fisheries Experimental Station, Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries, Kushimoto, Wakayama 649-3503, Japan）。

びそれらによる炭素(C)と窒素(N)負荷量について検討した。

材料および方法

EP 飼料の消化過程

海面網生簀 (3 × 3 × 3 m) で養成した平均体重 158.3 g のマダイを 3 日間絶食させた後、市販の EP 飼料を飽食給餌した。給餌直前と給餌後 0.5, 2, 4, 8, 16, 21, 24, 29, 40, 48 および 72 h に、それぞれ 10 尾ずつ取り上げて、注意深く胃・腸内容物をシャーレに採取した。採取した内容物を、80℃で乾燥し恒量を求め、魚体(乾重量)に対する体重比を算出した。飼育期間(2003年6月2~3日)における午前9時の水温は22.6~23.0℃であった。

給餌に伴う懸濁物量

市販 EP 飼料の給餌に伴う懸濁物量の測定については、屋外の 1 m³ 容円形 FRP 水槽 (Fig. 1) に平均体重 60.0, 221.8, 173.3 および 481.3 g のマダイを、それぞれ 73, 51, 40 および 15 尾収容し実施した。水槽の換

水量は 12.3 ~ 14.0 kl/day であった (Table 1)。また、MP 飼料については、県内の養殖業者が使用し、配合飼料と生餌を 1 : 1 で混合したものをを用いた。マダイは平均体重 173.3 および 481.3 g で、それぞれ 40 および 15 尾を水槽に収容し実施した。水槽の換水量は、それぞれ 14.0 および 12.3 kl/day であった (Table 1)。

供試魚を約 1 週間馴致飼育し、さらに 3 日間絶食した後に残餌が出ないように注意して EP・MP 飼料を与えた。サンプリング時刻毎に排水口より 100 l の排水をナイロン・ネット (83 × 64 メッシュ, オープニング 229 μm) を用いて残餌や糞などの懸濁物を濾過・採取するとともに、この濾過海水 1 l をガラス・フィルター (GF/C) で再濾過して懸濁物を回収した。排水サイフォンから流出するものについても、常時設置するナイロン・ネットで採取し、先の懸濁物とともに 80℃で恒量に達するまで乾燥した。なお、水槽の注水部付近での水温は 20.3 ~ 28.7℃であった。

懸濁物に含まれる炭素および窒素量

陸上の 1 m³ 容円形 FRP 水槽 (Fig. 1) に平均体重 111.8, 117.3, 114.3 および 110.0 g のマダイを 40,

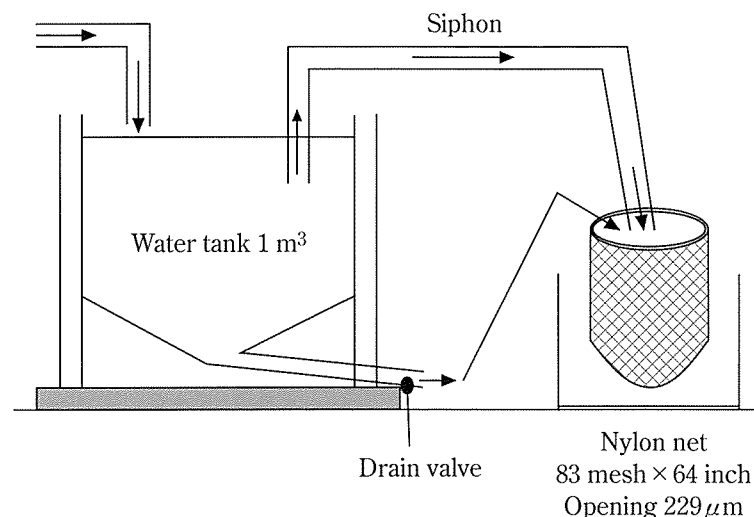


Fig. 1. Diagram of experimental device used to measure suspending matter discharged. Arrows express the flowing of sea water.

Table 1. Rearing conditions and materials used to investigate the temporal fluctuations in amount of suspending matter discharged

Exp.	Date	Water temperature (°C)	No. of fish	Mean body weight (g)	Seawater inlet (kl/day)	Feed	
						Type*	% of body weight
1	4th, 5th and 6th July 2001	26.1~28.7	73	60.0	14.0	EP	1.50
2	5th, 6th and 7th Oct. 2001	25.0~25.8	51	221.8	14.0	EP	1.16
3	25th and 26th Oct. 2002	22.6~23.9	40	173.3	14.0	EP	0.93
4	2nd and 3rd Nov. 2002	20.3~21.5					
5	27th and 28th June 2003	24.4~24.9	15	481.3	12.3	EP	1.20
6	7th and 8th July 2003	25.4~26.6					

* EP and MP indicated an extruded diet and Oregon-type moist diet commercially available.

Table 2. Rearing conditions and materials used to investigate carbon and nitrogen contents in leftovers and feces

Exp.	Date	Water temperature (°C)	No. of fish	Mean body weight (g)	Seawater inlet (kl / day)	Feed	
						Type*	% of body weight
7	29th Sep.- 1st Oct. 2005	25.1~26.0	40	111.8	25.9	EP	2.07
8	2nd - 4th Oct. 2005	25.8~26.8	40	117.3	25.1	EP	1.94
9	5th - 7th Oct. 2005	25.6~26.3	29	114.3	26.8	EP	1.70
10	14th - 17th Oct. 2005	24.7~25.9	12	110.0	24.2	EP	1.33

* show in Table 1.

Table 3. Changes in digesta of cultured red sea breams after feeding

Time after feeding (h)	No. of fish	Wet body weight (g)	Digesta in dry weight basis (g)	
			Gastral	Enteral
-0.5	5	158.7 ± 22.2	0.002 ± 0.003	0.04 ± 0.05
0.5	10	162.0 ± 12.1	2.43 ± 0.68	0.10 ± 0.05
2	10	155.6 ± 22.8	2.12 ± 0.99	0.38 ± 0.10
4	10	181.0 ± 11.5	0.95 ± 0.51	0.40 ± 0.09
8	10	160.3 ± 13.8	0.44 ± 0.27	0.32 ± 0.10
16	10	157.1 ± 19.4	0.63 ± 0.50	0.28 ± 0.15
21	10	162.3 ± 22.6	0.34 ± 0.20	0.35 ± 0.09
24	10	169.8 ± 20.3	0.11 ± 0.13	0.30 ± 0.14
29	10	171.7 ± 21.0	0.06 ± 0.10	0.25 ± 0.12
40	10	163.8 ± 16.1	0.04 ± 0.01	0.20 ± 0.09
48	10	163.3 ± 19.5	0.03 ± 0.02	0.18 ± 0.05
72	10	163.5 ± 26.1	0.02 ± 0.02	0.10 ± 0.03

40, 29および12尾収容し、市販のEP飼料を飽食給餌してから先と同じ手順で給餌後0.5, 3, 6, 24, 48 hに懸濁物を採集した (Table 2)。採取した懸濁物は80°Cで乾燥し恒量を測定するとともに、試験飼料のCおよびN含量を元素分析装置 (Elementerl 社製 Vario EL) で測定した。

結 果

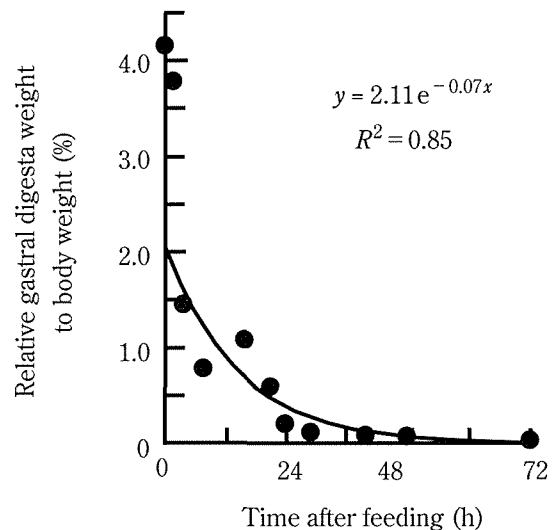
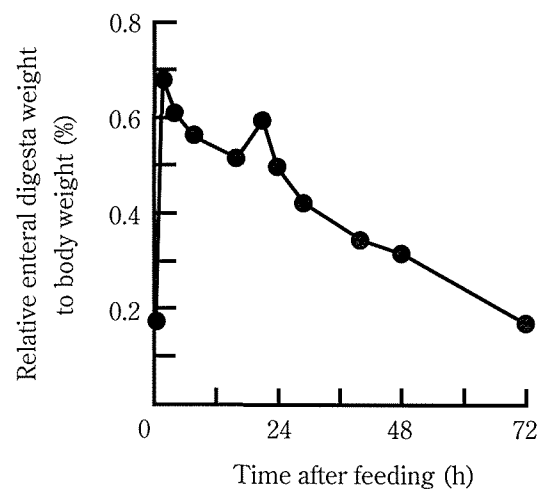
EP飼料の消化過程

給餌後の胃および腸内容物の経時変化を Table 3 および Figs. 2・3 に示した。給餌直前の胃内容物量は体重比で0.004%であった。給餌後0.5 hの胃内容物量は2.43 g, 体重比は4.16%であった。その後、胃内容物の体重比は急激に減少して、給餌後8 hに0.76%, 24 hには0.18%に低下したが、それ以降は緩やかに減少し、72 hには0.04%に達した。胃内容物の体重比と給餌後の経過時間との関係から以下の近似式を得た (Tyler 1970)。

$$y = 2.11 \times e^{-0.07x}$$

y: 胃内容物の体重比 (%), x: 給餌後の経過時間 (h)

胃内容物は給餌後直ちに増加したが、腸内容物は

**Fig. 2.** Changes in relative gastral digesta weight to body weight after feeding.**Fig. 3.** Changes in relative enteral digesta weight to body weight after feeding.

給餌直後から2 h後にかけて増加し、給餌後24 hまで体重の0.5%以上を維持した。しかし、給餌後24 hから胃から腸への内容物の移行量が激減し、給餌後72 hになって腸内容物量は給餌直前と同程度になった。

飼料形態と懸濁物量

EPおよびMP飼料給餌後のマダイ1 kgあたりの懸濁物量の変化を Fig. 4 に示した。EP飼料についてみ

ると、給餌直後において懸濁物量が多かったが、給餌後2 hには減少した。その後、6～10 hにかけて懸濁物が増加したが、24 h以後は緩やかに減少する傾向がみられた。

MP 飼料についてみると、給餌直後に1.98～2.76 g/kgの懸濁物があった。EP 飼料の給餌時より飼育水中に微小な懸濁物が浮遊し水の濁りが著しかった。懸濁物は2～3 hに最少になり、5 hから増加しはじめた。また、懸濁物は6～14.5 hに最大値に達したが、30 h以後でも0.42 gが採集されることがあり、EP 飼料を給餌した時に比べて、長時間にわたって多量に排出される傾向がみられた。

懸濁物の炭素および窒素量

飼料のC含量は45.2%、N含量は8.6%であり、C/N比は6.2であった。摂餌後における懸濁物量とそのC

およびN量の変化をFig. 5に示した。収容密度が多いほど給餌量が多く、排出量も多くなった。排出された懸濁物量は給餌後0.5 hで最も多く、3 hで減少し6 hには再び増加した後、48 hまで減少した。懸濁物のCおよびN含量も懸濁物量と同様の变化を示した。一方、C/N比は給餌後0.5および3 hまでは5.7～6.3で、6 h以後から次第に増加し、24 hおよび48 hでは12.8以上に達した。

考 察

魚類の消化時間は水温による影響を受け、適水温より高いか或いは低いと消化時間が長くなる (Tyler 1970; 狩谷 1969; Brett and Higgs 1970)。マダイでは18℃以上で盛んに摂餌するが、17℃以下では減少し、12℃以下では全く摂餌しない (山口 1978)。本研究で

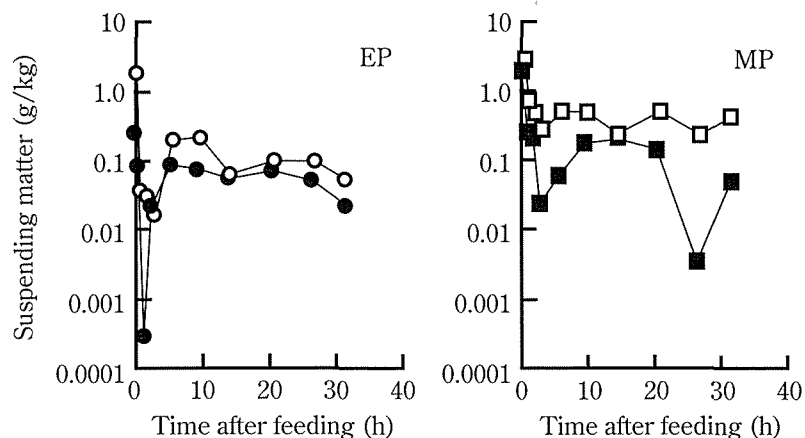


Fig. 4. Changes in suspended matter discharged per kg of red sea bream.

● and ■ were conducted in October and November 2002, respectively. ○ and □ were conducted in June and July 2003, respectively. EP and MP indicate an extruded diet and an Oregon-type moist diet, respectively.

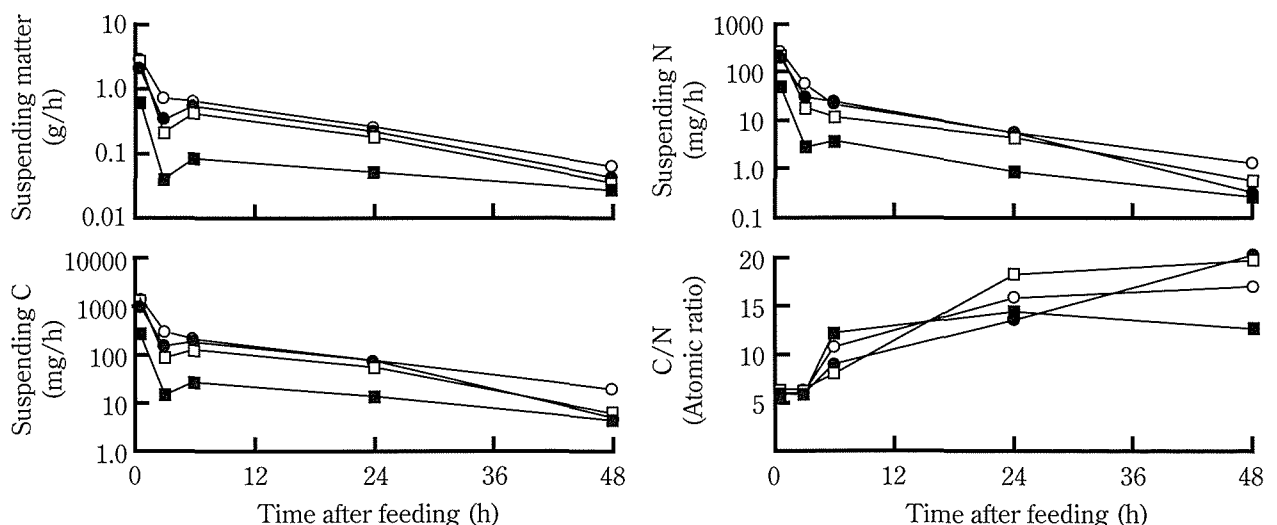


Fig. 5. Changes in suspended matter, its carbon and nitrogen contents, and C/N atomic ratio after feeding.

○ : Exp. 7, ● : Exp. 8, □ : Exp. 9, ■ : Exp. 10.

は20.3~26.6℃で飼育を行ったことから、マダイの摂餌に問題はなかったものと考えられる。魚類の消化時間については、胃内容物が0に到達する時間よりむしろ、飽食量の50、25および10%になる経過時間を目安にすると理解し易い(尾崎 1972)。先の近似式から、マダイでは胃内容物が50%になるのは摂餌後9.6 h、25%には19.3 h、そして10%には32.0 hとなり、水温の違いを考慮する必要があるものの、マダイの胃内消化の概略を理解できた。給餌直後の胃内容物は体重比で4.2%に達し、胃壁の伸張としわの消失を観察した。マサバでも胃の内容容量が増加すると胃壁が伸張し、しわの消失することが知られている(狩谷ら 1969)。一方、給餌後2 hに胃から腸へ内容物の移動が開始され、24 hにはほぼ空胃となった。東シナ海のマダイは1日1回朝から正午にかけて摂餌を行い、夜間に内容物

の消化が促進することが知られている(岡田 1965)。これらのことから、EP飼料に対する養殖マダイの胃内消化も24時間で完了すると考えられる。一方、胃における消化時間を他魚種と比較すると、生餌を与えられたマサバでは給餌後24 h(狩谷・高橋 1969)、メバルでは同じく70 h(狩谷 1969)で胃での消化をほぼ終えることが報告されており、餌の種類の違いを考慮する必要があるが、本研究におけるマダイの胃での消化時間はメバルより短く、マサバと同程度であった。

消化は消化酵素の働きによって行われることから(岩井 1991)、腸内容物の消化時間を消化管全体の消化時間とすると、マダイのそれは72時間であるとみなされる。胃の消化時間がマダイと同程度であるマサバでは、3日半を経過すると胃の収縮は一定値に収斂し、4日後には飢餓状態に入るといわれ(狩谷・高橋

Table 4. leftovers and feces after feeding EP and MP

Exp.	Feed*	Feed given		Feed intake		Load Discharged			
		(g/kg)	(%)	(g/kg)	(%)	Leftovers		Feces	
						(g/kg)	(%)	(g/kg)	(%)
1	EP	15.0	100	14.2	94.3	0.8	5.5	2.2	14.7
2	EP	11.6	100	10.8	92.9	0.8	7.0	0.8	6.5
3	EP	9.3	100	9.0	96.4	0.3	3.6	0.4	4.1
4	MP	24.4	100	21.9	89.9	2.5	10.1	0.6	2.6
5	EP	12.0	100	10.1	84.8	1.9	15.6	0.7	6.1
6	MP	22.0	100	17.7	80.8	4.2	19.2	2.4	10.8

* show in Table 1.

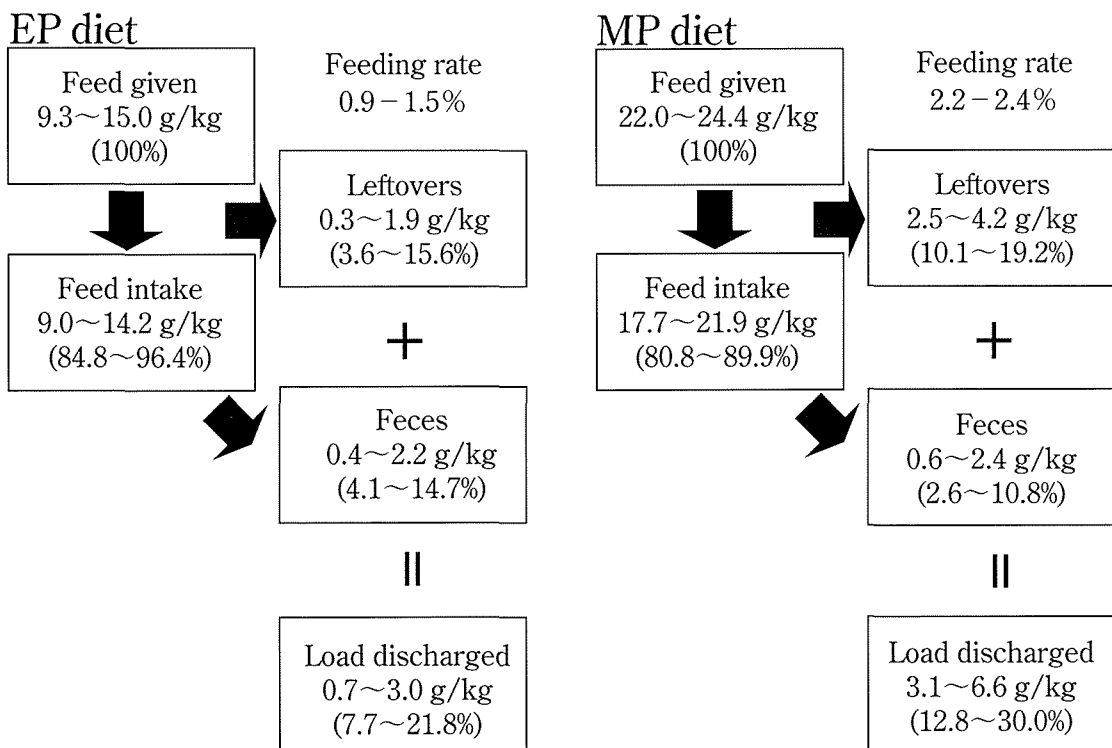


Fig. 6. Diagram indicates the load discharged of leftovers and feces after feeding EP and MP diet (per 1 kg of red sea bream). Weights in figure mean dry weights.

1969), マダイの消化時間はマサバに類似していた。また, 飼育試験において給餌間隔は平均3.4日より1.8日の方が, マダイの飼育成績が優れていた(上出未発表)。おそらく消化時間を超える給餌間隔では飢餓に近い状態になり, 消化液の合成・分泌が減少し(岩井 1991), 成長が低下するのであろう。いずれにしても, マダイの効率的な養成を目指す場合は, 絶食期間を3日間以上開けることは好ましくない。

和歌山県水産試験場・水産増殖試験場(1974)はブりに生餌を給餌した後, 懸濁物を採集してそのCおよびN含量を測定し, そのC/N比から給餌後3hまでの懸濁物を残餌, それ以降を糞として区別した。本研究においても, 給餌後3hまでの懸濁物のC/N比が飼料とほぼ同じであり, 懸濁物の排出量が給餌後2~3hに極小であること, また, 給餌後2~21hにかけて腸内容物も漸減傾向を示し, 糞の排泄も行われていることなどから, 給餌後3hまでの懸濁物は残餌, 給餌後3h以降を糞と区分することが妥当であろう。そこで, Table 3に示した胃と腸の内容物重量より給餌後31~72hで減少した腸内容物は飽食時の胃内容物の2.9%であったことから, 31h以前にはほぼ消化管での消化が終了すると考えられる。従って, Fig. 4に示した実験において排出される全懸濁物量のほぼ全量の回収が可能であったと考えられる。そこで, 今回の実験結果からマダイ湿重量1kg当たりのEP飼料およびMP飼料の給餌量, 残餌量および糞量を乾重量換算でTable 4およびFig. 6に示した。EP飼料の給餌量は比体重で0.9~1.5%であった。残餌および糞量は給餌量のそれぞれ3.6~15.6および4.1~14.7%であった。これらのことから懸濁物の排出負荷は給餌量の7.7~21.8%, 体重当たり0.7~3.0 g/kgに相当すると考えられた。一方, MP飼料の給餌量は比体重で2.2~2.4%に相当した。残餌および糞量は給餌量の10.1~19.2および2.6~10.8%に相当し, 懸濁物の排出負荷量は給餌量の12.8~30.0%, 体重当たり3.1~6.6 g/kgに相当した。このように餌の形態に伴う懸濁物量を残餌および糞に区別したところ, MP飼料はEP飼料と比較して給餌量は乾重換算で1.9倍, 残餌量は3.5倍, 糞量は1.5倍, 懸濁物量としては2.4倍であった。特に, MP飼料はEP飼料より残餌が多く(*t*-test, *p* < 0.05), 残餌による負荷が顕著であることが示された。MP飼料投与時には海水の濁りが確認され, 給餌後2~3hにおける懸濁物量はEP飼料に比べて高かった。和歌山県田辺湾では, 1970~1980年代にかけて魚類養殖が大規模に行われ, 漁場環境の悪化が指摘されていたが, 1990年代はじめにはMP飼料からEP飼料への転換が行われ(竹内ら 2001), 底泥の化学的酸素要求量(COD)や酸揮発性硫化物態硫黄量(AVS)の改善, 底層水の

溶存酸素(DO)の上昇, 赤潮の減少がみられるようになった(上出 2004a, 2004b, 2006)。本研究の結果とこれらの事実から, 田辺湾でみられた底質環境の改善は魚類養殖規模の縮小とMP飼料からEP飼料への転換が大きな要因であると考えられる。

給餌後3hまでを残餌, それ以降を糞として区別し, 懸濁物に占める残餌と糞の割合, それらのCおよびN量の比率をFig. 7に示す。マダイ湿重量1kg当たりの全排出量およびそのC含量は, それぞれ1.70~2.33 g/kgおよび0.45~0.82 g/kgであり, 残餌としての懸濁物量およびそのC含量は, それらの16.2~26.8%および28.1~36.0%であった。一方, 残餌のN含量は, 0.05~0.10 g/kgであった全排出N量の48.3~57.4%であり, 排出N量の半分以上が残餌として排出されることが明らかになった。

以上のことから, マダイへのEPおよびMP飼料の給餌により, それぞれ7.7~21.8および12.8~30.0%が懸濁物として環境中へ排出されることが示された。また, 懸濁物量やC負荷量では糞が全体の排出負荷の過半を占めたが, N負荷量では残餌による排出が多い傾向にあった。田辺湾では魚類養殖生産量と底質環境の間には密接な関係がみられ, 魚類養殖生産量は有機物負荷を良く反映することから(上出 2004a), 環

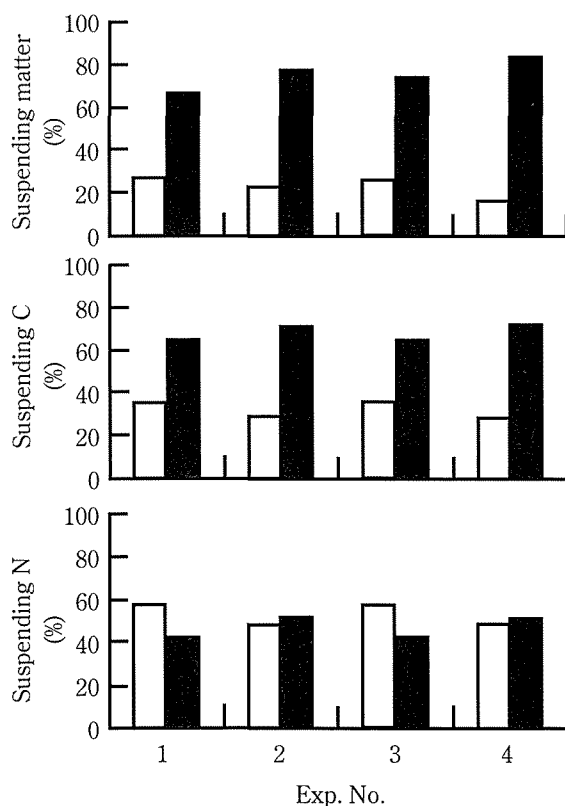


Fig. 7. Proportion of leftovers and feces in suspending matter and their carbon and nitrogen contents. □ : Leftovers, ■ : Feces.

環境保全型養殖の実現に向けて窒素負荷の軽減につながる残餌の少ない給餌の励行は不可欠なものであるといえる。

要 約

水温20.3~26.6℃で、平均体重158 gのマダイの胃でのEP飼料消化時間は24時間、腸では72時間を要していると考えられた。懸濁物のC/N比が給餌後3時間まではEP飼料と同じであり、その後急速に上昇することから、給餌後3時間までの懸濁物を残餌、それ以降を糞として区別した。給餌量に対する残餌の割合はEP飼料で3.6~15.6%、MP飼料で10.1~19.2%であった。糞はEP飼料では給餌量の4.1~14.7%が、MP飼料では2.6~10.8%がそれぞれ排泄された。MP飼料はEP飼料と比較すると、乾重換算にして給餌量で1.9倍、残餌量で3.5倍、糞量で1.5倍、懸濁物量で2.4倍となった。また、EP飼料を用いた実験において、給餌後3時間までに排出されるNの48.3~57.4%が残餌として排出されることが明らかになった。従って、残餌を抑制した給餌の励行が窒素負荷軽減に有効であると考えられた。

謝 辞

鹿児島大学水産学部門脇秀策教授には、本稿をとりまとめるのに際し、多大なるご助言をいただいた。実験に用いたマダイの飼育・管理に関しては本研究所の田中保氏並びに佐々木明生氏に多大なるご協力を頂いた。また、本研究所の田中真珠美氏にはサンプルの処理にご助力いただいた。この場を借りて深謝致します。なお、本研究は水産庁による平成13~17年度養殖水産物ブランドニッポン推進委託事業（環境保全養殖普及推進事業）により行ったものであり、ここに改めて水産庁に謝意を表します。

文 献

Brett, J. R. and D. A. Higgs (1970) Effect of temperature on the gastric digestion in fingerling Sockeye Salmon, *Oncorhynchus nerka*. *Journal Fisheries Research Board of Canada*, **27**, 1767-1779.

- Brown, J. R., R. J. Gowen and D. S. McLusky (1987) The effect of salmon farming on the benthos of a Scottish loch. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **109**, 39-51.
- 畑 幸彦 (1986) 底質改善. 漁業からみた閉鎖性海域の窒素・リン規制 (日本水産学会編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 134-149.
- 岩井 保 (1991) 魚学概論第二版, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 74-76.
- 狩谷貞二 (1969) メバルの胃内容物量と摂餌量との関係. *水産増殖*, **35**, 533-536.
- 狩谷貞二・堀田秀之・高橋正雄 (1969) マサバの胃内容量と胃粘膜絨との関係. *日水誌*, **35**, 441-445.
- 狩谷貞二・高橋正雄 (1969) マサバにおける胃内容物量と摂餌量との関係. *日水誌*, **35**, 386-390.
- 窪田敏文 (1977) 魚類養殖場. 浅海養殖と自家汚染 (日本水産学会編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 9-18.
- 岡田啓介 (1965) 黄海産若齢マダイの摂餌生態について. *水産増殖*, **31**, 999-1005.
- 尾崎久雄 (1972) 魚類生理学講座第4巻 IV消化の生理(下), 緑書房, 東京, pp. 316-323.
- 坂本市太郎 (1986) 魚類養殖の視点からの窒素・リン負荷の規制. 漁業からみた閉鎖性海域の窒素・リン規制 (日本水産学会編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 96-133.
- 佐々木克之 (1983) 総論-渥美湾における窒素およびリンの循環と生物の役割. 内湾底泥をめぐる物質収支の動態解明に関する研究 (東海区水産研究所・養殖研究所・南西海区水産研究所・水産大学校), 水産庁, 東京, pp. 5-19.
- 竹内照文・芳養晴雄・嶋本有志・田中俊充 (2001) 田辺湾南部の養殖場における環境の推移と魚病の発生状況. 和歌山農林水総合技術センター研究報告, **3**, pp. 11-16.
- Tyler, A. V. (1970) Rates of Gastric Emptying in Young Cod. *Journal Fisheries Research Board of Canada*, **27**, 1177-1189.
- 上出貴士 (2004a) 田辺湾における養殖漁場環境の変動について. 和歌山農林水総合技術センター研究報告, **5**, 117-124.
- 上出貴士 (2004b) 和歌山県沿岸における1981年から2000年までに赤潮発生状況. 和歌山県農林水産総合技術センター研究報告, **5**, 107-116.
- 上出貴士 (2006) 田辺湾南部における1985年から2000年までの8月の溶存酸素の変動について. 和歌山県農林水産総合技術センター研究報告, **7**, 123-130.
- 和歌山県水産試験場・和歌山県水産増殖試験場 (1974) 魚類養殖環境自家汚染防除技術開発研究 昭和49年度中間報告, pp. 21-30.
- 山口正男 (1978) タイ養殖の基礎と実際. 恒星社恒星閣, 東京, pp. 94-103.