

ヤイトハタ種苗の消化速度試験 (ヤイトハタ等ブランド化推進技術開発事業)

金城清昭^{*1}

1. 目的

昨年度に実施したヤイトハタの海面生質養殖試験において、配合飼料の給餌量の急激な増加や飼料サイズの大型化と、イリドウイルス症発症に伴う大量斃死の発生との関連が疑われた（金城ら, 2006）。

この因果関係を解明するには、生理学的な側面からの適正飼料サイズと量についての知見の収集が必要である。

一方、ヤイトハタが配合飼料を消化する速度についての知見はまったく見当たらない。そこで給餌条件と斃死の関連を解明するための基礎的な知見を収集する目的で、魚体と配合飼料のサイズ及び給餌量と消化速度の関係について調べたので報告する。

2. 材料及び方法

消化速度実験には、平成16～17年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た。

実験には長さ2.5m、横0.8m、深さ0.6mのFRP水槽を用い、これにポリエチレン製のカゴ（66cm×47cm×33cm）を設置して実験区とした。複数の実験区を設定する場合は、同一水槽に複数のカゴを5個まで設置した。

消化速度実験を行う7～10日以前に供試魚を実験区に収容し、配合飼料を十分に摂餌するようになるまで環境に馴致させた。その後4～5日間餌止めをして空胃の状態にしたのち、所定の実験を行った。

実験は、供試魚に所定のサイズ及び量の配合飼料を給餌した後、各実験ごとに定めた時間間隔で必要個体数をサンプリングして冷凍保存した。サンプリングの際に摂餌した飼料を吐き出す場合があったので、1尾ずつ個別にユニパックに入れて保存した。実験終了後、全長、体重、内蔵重量、胃重量、胃の

みの重量など必要項目を測定し、胃内部に残った配合飼料の重量を求めて胃内容物重量比を計算した。

胃内容物重量比（％）は、

$$\frac{\text{胃内容物重量g}}{\text{（体重g - 胃内容物重量g）}} \times 100$$

で求めた。

配合飼料の給餌量は給餌前の状態の重量で示したが、摂餌後の胃内部に残った配合飼料の重量は吸水した状態の重量で示した。従って給餌量から計算した給餌率と、飽食状態の胃内容物重量から計算した胃内容物重量比は、配合飼料が水分を吸収しているので異なった値を示す。

ここでいう「消化速度」とは、「胃の内部から内容物（配合飼料）が消失していく過程の速さ」と定義する。

表 1 実験－1 と 2 の実験設定

	実験－1	実験－2
供試個体数	60	40
全 長(mm)		
平 均	155.4	204.9
最 小	129	193
最 大	180	218
体 重(g)		
平 均	58.72	137.84
最 小	35.7	113.7
最 大	83.4	165.9
水温範囲(°C)	19.8-22.1	21.7-23.3
総給餌量(g)	153	-
給餌率(給餌量／総体重量)	4.34%	-

*1現在の所属：栽培漁業センター

1) 飽食量を給餌した場合の消化速度試験

実験-1 平均全長・体重が155.4mm (129～180mm) 及び58.7g (35.7～83.4g) のヤイトハタ種苗に粒径4.5mmのEP飼料 (日本農産工業製, 商品名: みさき4P) を飽食させて消化速度を調べた。実験時の水温は平均20.8℃ (19.8～22.1℃) であった (表1)。

実験区に種苗60尾を収容し, 配合飼料を飽食させた後, 1時間20分後, 7時間30分後, 23時間30分後, 47時間30分後, 55時間30分後の6回, 各10個体ずつサンプリングして冷凍保存し, 後日測定して胃内容物重量比の変化を調べた。

実験-2 平均全長・体重が204.9mm (193～218mm) 及び137.8g (113.7～165.9g) のヤイトハタ種苗に粒径4.5mmのEP飼料 (日本農産工業製, 商品名: みさき4P) を飽食させて消化速度を調べた。実験時の水温は平均22.4℃ (21.7～23.3℃) であった (表1)。

実験区に種苗40尾を収容し, 配合飼料を飽食させた後, 1時間後, 8時間後, 23時間後, 48時間後, 72時間後の5回, 各8個体ずつサンプリングして冷凍保存し, 後日測定した。

表2 実験-3の実験設定

	飽食給餌区(1P)	50%給餌区(1P)	25%給餌区(1P)	飽食給餌区(2P)	飽食給餌区(3P)
供試個体数	35	35	35	34	35
配合飼料の種類	みさき1P	みさき1P	みさき1P	みさき2P	みさき3P
粒径(mm)	1.3	1.3	1.3	2.1	3.3
重量(g/個)	0.002	0.002	0.002	0.008	0.022
全 長(mm)					
平 均	63.87	64.47	63.25	65.90	64.41
最 小	59.3	54.5	55.5	56.8	57.8
最 大	69.1	75.0	70.0	73.5	72.0
体 重(g)					
平 均	3.90	3.94	3.63	4.25	4.01
最 小	2.92	2.32	2.42	1.97	3.07
最 大	5.08	5.5	4.54	5.95	5.58
総給餌量(g)	6.2	3.1	1.6	7.5	8.6
給餌率(給餌量/総 体重量)	4.54%	2.25%	1.26%	5.19%	6.12%

2) 異なる給餌率と飼料サイズでの消化速度試験

実験-3 平均全長・体重が64.4mm (55～75mm) 及び4.0g (2.0～6.0g) のヤイトハタ種苗に粒径の異なる3種類のEP飼料を与えて消化速度を調べた (表2)。実験時の平均水温は30.4℃ (30.1～30.9℃) であった。

5つの実験区を設け, 各区に34～35尾の種苗を収容した。このうちの3つの区には粒径1.3mmのEP飼料 (日本農産製, 商品名: みさき1P) をそれぞれ飽食

量, 飽食量の50%量及び25%量与えた。残り2つの区には, 粒径がそれぞれ2.1mmと3.3mmのEP飼料 (日本農産工業製, 商品名: みさき2P及び3P) を飽食量与えた。

各区にそれぞれ所定量の配合飼料を給餌した後, 1時間30分後, 6時間30分後, 12時間後, 24時間後, 36時間後の5回, 各6～7個体ずつサンプリングして冷凍保存し, 後日測定した。

表3 実験－4の実験設定

	飽食給餌区	50%給餌区	25%給餌区
供試個体数	40	40	34
全 長(mm)			
平 均	191.0	187.6	187.5
最 小	172	169	161
最 大	202	206	200
体 重(g)			
平 均	109.7	100.1	99.5
最 小	86	86	64
最 大	130	125	120
総給餌量(g)	178	89	37
給餌率(給餌量 ／総体重量)	4.06%	2.22%	1.09%

実験－4 平均全長・体重が188.8mm (161～206mm) 及び103.3g (64.2～130.2g) のヤイトハタ種苗に粒径4.5mmのEP飼料（日本農産工業製，商品名：ふくよか4P）を与えて消化速度を調べた（表3）。実験時の平均水温は24.7℃（24.1～25.4℃）であった。

3つの実験区を設け，各区に34～40尾の種苗を収容し，それぞれ飽食量，飽食量の50%量及び25%量を与えた。所定量を給餌後，1時間後，8時間後，24時間後，48時間後，72時間後の5回，各6～8個体ずつサンプリングして冷凍保存し，後日測定した。

3. 結果及び考察

1) 飽食量を給餌した場合の消化速度試験

実験－1 実験の結果を表1と図1に示した。

飽食給餌1時間20分後の胃内容物重量比は，平均6.42%（3.51～8.24%）で，配合飼料を60粒摂餌している個体もみられた。7時間30分後では胃内容物重量比は平均6.47%（3.28～10.57%）と変化はなかったが，その後は消化が進んで23時間30分後には2.93%まで減少し，空胃個体もみられた。これ以降，徐々に胃内容物重量比は減少し，53時間30分後には平均0.99%（0.05～3.38%）になった。

胃内容物がほとんどみられない個体が23時間30分

後から53時間30分後の4回のサンプリングでそれぞれ確認された一方，3.36～7.97%の高い胃内容物重量比を示した個体も観察された。これは摂餌しなくなるまで時間をかけて供試魚に給餌したにもかかわらず，均等に摂餌できておらず，すべての個体が飽食状態に達せずに個体間に摂餌率の違いが生じていたことによると推測される。しかし，53時間30分後でも胃内容物重量比が3.38%の個体がみられたことから，平均体重58.7gのヤイトハタは平均水温20.8℃では飽食給餌後53時間30分を経過しても摂餌した配合飼料を完全に消化できないと考えられた。

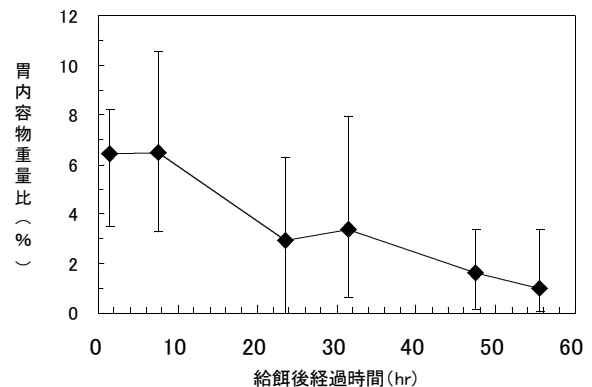


図1 実験－1：飽食給餌後の胃内容物重量比の経時変化

実験-2 実験の結果を表1と図2に示した。

飽食給餌1時間後の胃内容物重量比は、平均6.12% (3.13~9.77%) で、配合飼料を96粒摂餌していた個体もみられた。8時間後、23時間後、48時間後、72時間後の胃内容物重量比は、それぞれ平均5.66% (1.79~8.35%)、4.13% (1.83~5.58%)、1.77% (0.60~3.52%)、0.16% (0.02~0.42%) で時間の経過とともに減少し、72時間後にはほぼ消化し終えていた。

従って、平均体重137.8gのヤイトハタは、平均水温22.4℃では飽食した配合飼料を全部消化するのに72時間程度を要すると考えられる。

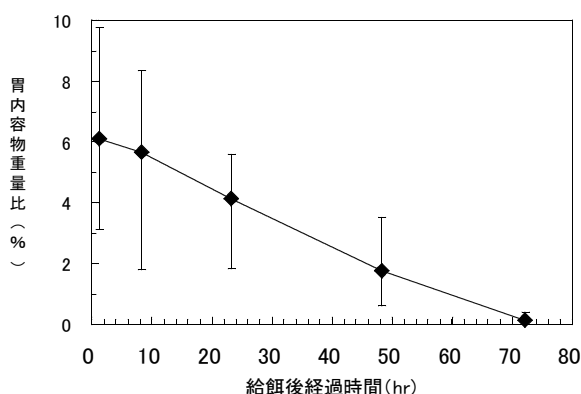


図2 実験-2：飽食給餌後の胃内容物重量比の経時変化

2) 異なる給餌率と飼料サイズでの消化速度試験

実験-3 実験の結果を表2と図3~7に示した。

1P (粒径1.3mmの飼料) の飽食給餌区では、給餌1時間30分後の胃内容物重量比は平均11.11% (9.51~12.44%)、6時間30分後7.61% (4.91~10.82%)、12時間後4.20% (2.10~7.23%)、24時間後1.31% (0.01~2.71%)、36時間後0.00% (0.00%) と変化した (図3)。

1Pを50%量給餌した区では、1時間30分後に平均6.67% (4.31~10.47%)、次いで3.98% (1.28~5.69%)、1.75% (0.74~2.86%)、0.10% (0.00~0.70%)、0.00% (0.00%) と変化した、24時間後にはほとんどの個体が空胃状態であった (図4)。

1Pを25%量給餌した区では、1時間30分後に平均2.48% (1.19~4.33%)、次いで2.07% (0.25~

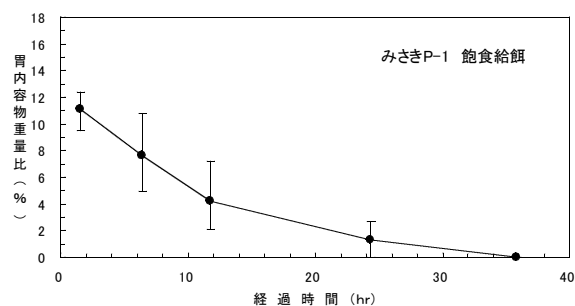


図3 実験-3：飽食給餌区 (1P) の胃内容物重量比の経時変化

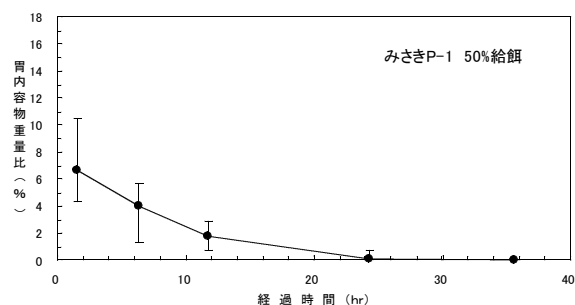


図4 実験-3：50%給餌区 (1P) の胃内容物重量比の経時変化

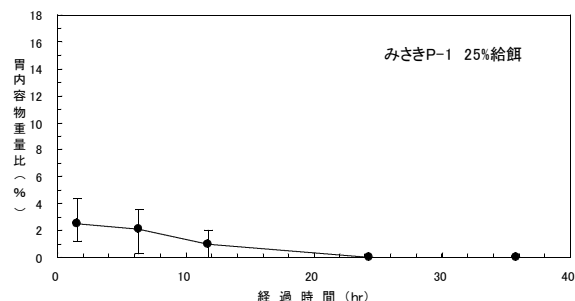


図5 実験-3：25%給餌区 (1P) の胃内容物重量比の経時変化

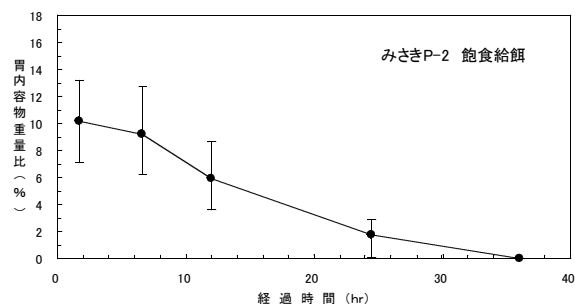


図6 実験-3：飽食給餌区 (2P) の胃内容物重量比の経時変化

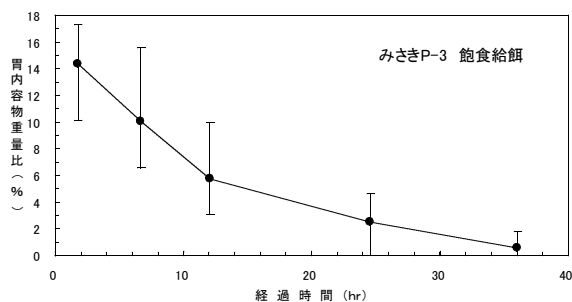


図7 実験－3：飽食給餌区（3P）の胃内容物重量比の経時変化

3.55%), 0.93% (0.00～1.97%), 0.00% (0.00%), 0.00% (0.00%) と変化し, 12時間後から空胃個体がみられ始め, 24時間後にはすべての個体が空胃であった (図5)。

2P (粒径2.1mmの飼料) を飽食給餌した区では, 1時間30分後に平均10.13% (7.09～13.21%), 次いで9.23% (6.25～12.76%), 5.94% (3.60～8.63%), 1.77% (0.05～2.85%), 0.00% (0.00%) と変化し, 24時間後にはほぼ空胃状態の個体がみられ, 36時間後にはすべての個体が空胃であった (図6)。

3P (粒径3.3mmの飼料) を飽食給餌した区では, 1時間30分後に平均14.37% (10.11～17.31%), 次いで10.03% (6.56～15.56%), 5.73% (3.07～9.98%), 2.51% (0.02～4.66%), 0.55% (0.00～1.78%) と変化した。24時間後にはほぼ空胃状態の個体がみられた一方, 36時間後でも胃内容物重量比が1.78%を示す個体がみられ (図7), 5つの試験の中で最も消化速度が遅かった。

以上の実験結果から, 平均体重4.0gのヤイトハタは平均水温30.4℃では少なくとも粒径2.1mm以下の配合飼料を飽食給餌した場合に飼料を完全消化するのに24時間程度を要することがわかる。一方これより大きい3.3mmの飼料では36時間を経過しても完全に消化できないことを示した。また, 同一サイズの飼料では, 給餌率が低くなると消化速度が速まることを示した。

飽食給餌区の給餌率は, 1Pで4.54%, 2Pで5.19%, 3Pで6.12%であった。また, 1Pの50%量給餌区

で2.25%, 同じく25%給餌区で1.26%であった (表2)。一方, 給餌1時間30分後の胃内容物重量比は, 飽食給餌区の1Pで11.11%, 2Pで10.13%, 3Pで14.37%, 1Pの50%量給餌区で6.67%, 1Pの25%量給餌区で2.48%であった。胃内容物重量比は, 給餌率の2.0～3.0倍の値を示したことから, 配合飼料は摂餌後に胃内部で水分を吸収して膨れて2～3倍に増重したことがわかる。

実験－4 実験の結果を表3と図8～10に示した。

粒径4.5mmの配合飼料を飽食給餌した区では, 給餌1時間後の胃内容物重量比は平均8.83% (5.96～10.87%), 8時間後8.08% (4.97～9.91%), 24時間後4.74% (2.82～7.19%), 48時間後1.18% (0.16～2.50%), 72時間後0.09% (0.02～0.23%) と変化した (図8)。48時間後にはほぼ空胃の個体がみられ始め, 72時間後にはほとんどが空胃状態であった。

50%量給餌区では, 1時間後に平均5.16% (2.60～7.68%), 次いで4.95% (1.92～6.79%), 2.23% (0.06～6.35%), 0.09% (0.05～0.16%), 0.11% (0.05～0.22%) と変化した (図9)。24時間後にはほぼ空胃の個体がみられ始め, 48時間後にはほとんどの個体が空胃状態で, 飽食区よりも空胃個体の出現は24時間早かった。

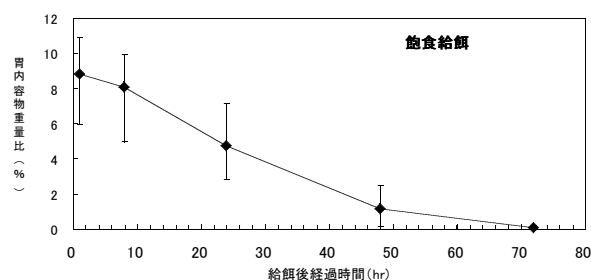


図8 実験－4：飽食給餌区の胃内容物重量比の経時変化

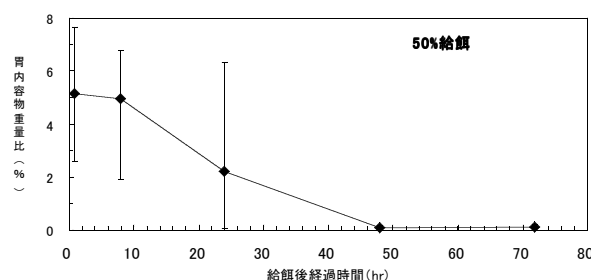


図9 実験－4：50%給餌区の胃内容物重量比の経時変化

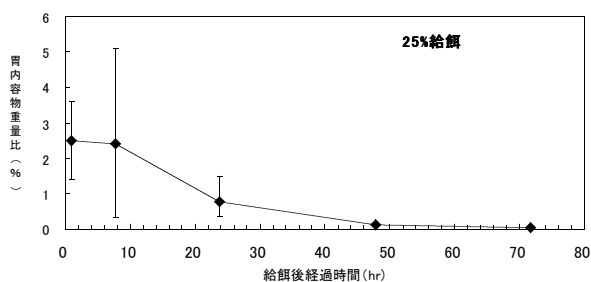
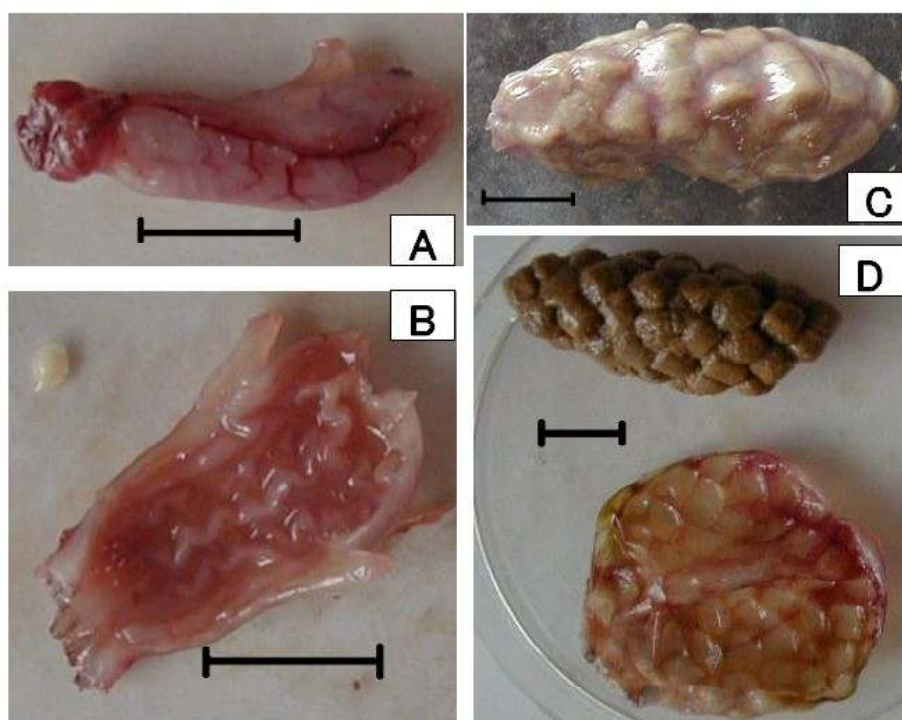


図10 実験－4：25%給餌区の胃内容物重量比の経時変化

25%量給餌区では、1時間後に平均2.50%（1.41～3.61%）、次いで2.42%（0.33～5.11%）、0.77%

（0.35～1.50%）、0.12%（0.09～0.14%）、0.05%（0.03～0.09%）と変化した（図10）。1時間後の胃内容物重量比は50%給餌区の半分以下であったが、胃内容物重量比の経時変化は50%給餌区と類似した傾向を示し、48時間後にはほとんどの個体が空胃状態であった。

以上の実験結果は、平均体重103.3gのヤイトハタは平均水温24.7℃では、飽食給餌した場合に完全消化するには48時間から72時間を要することを示した。また、飽食量の25%と50%給餌では完全消化に要する時間は24～48時間の範囲であることを示した。



図中のスケールは1cm
A:空腹状態の胃
B: 空腹状態の胃を切開したところ
C: 飽食状態の胃
D: 飽食状態の胃内容物(配合飼料)と胃壁

図11 空胃及び飽食状態のヤイトハタの胃の全体と切開した状態

3) 消化過程からみた適正な給餌量と飼料サイズ

実験1と2の結果から58～138gの種苗に対する低水温期の給餌頻度は、飽食給餌した場合には3日に1回の頻度が適正と考えられた。

空胃状態と飽食給餌1時間後の胃をそれぞれ図11に示した。空胃状態の胃は厚みがあって弾力性があ

り、胃壁内面にはいく条もの皺がみられて伸縮性に富んでいた（図11,A,B）。これとは対照的に飽食給餌1時間後の胃は配合飼料で充満して胃壁は伸張して薄くなり、外見からも配合飼料の粒が確認できるほどであった（図11,C）。胃を切開すると、胃壁は伸張しきって薄くなり、配合飼料の粒の跡形が明瞭

に残っていた（図11,D）。

ヤイトハタの消化速度は、魚体や飼料のサイズ、給餌量、水温条件などによって異なると考えられる。体重4～138gの種苗を対象とした今回の実験では、飽食給餌の場合の消化速度は50%以下の給餌に比べて時間を要した。また、小さなサイズの配合飼料の方が大きなサイズに比べて消化速度が速かった。従って、消化速度の観点からは、このサイズのヤイトハタ種苗には摂餌するのに困らない程度のやや小さめのサイズの配合飼料を飽食しない量与えるのが望ましいと考えられる。

金城ら（2006）は、配合飼料の給餌量の急激な増加や飼料サイズの大型化と、イリドウイルス症発症に伴う大量斃死の発生との関連性を疑っており、今回の実験や胃の観察から過剰給餌が魚体にストレスを与える可能性が示唆された。

一方、給餌率と成長、生残及び餌料転換効率の関係を調べた結果では、ある程度給餌率を下げても生残率は大きく変わらず、成長や肥満度はやや低下するものの、餌料転換効率は逆に向上したことが報告されている（大嶋ら, 2002；金城ら, 本報）。

餌は魚（生命）にとって生存・成長するためのエ

ネルギーと栄養の源であると同時に、体外から取り込んだ異物でもある。そのため、過剰な給餌（摂餌）は免疫機能に対する過剰な負担を強いることになり、体内に潜伏している細菌やウイルスを解発する引き金とも成りうると推測される。今後、給餌（摂餌）の量や質と免疫機能の関係についての研究が望まれる。

参考文献

- 金城清昭・屋比久宏（2006）：銅イオン発生装置を用いたヤイトハタ海面養殖試験（ヤイトハタ等ブランド化推進技術開発事業）。平成16年度沖縄水試事業報告書，132-136。
- 大嶋洋行・仲盛 淳・仲本光男・伊禮父日（2002）：ヤイトハタ人工種苗の養殖初期の給餌率別成長試験。平成12年度沖縄水試事業報告書，182-185。
- 金城清昭・吉里文夫（印刷中）：ヤイトハタの給餌率と飼料種類に関する養殖試験（ヤイトハタ等ブランド化推進技術開発事業）。平成17年度沖縄水試事業報告書（本誌）。