

【研究報告】

水温条件がヤイトハタ当歳魚の消化速度に及ぼす影響 (おきなわ産ミーバイ養殖推進事業)

鮫島翔太*, 中村勇次¹

Effect of water temperature on digestion rate of 0-year-old malabar grouper *Epinephelus malabaricus*

Shota SAMEJIMA* and Yuhji NAKAMURA¹

養魚餌料の性状や原料によって、消化速度や水温の影響は異なると予想される。そこで、ヤイトハタ当歳魚について、3つの水温条件別（高水温；約28℃，中間；約26℃，低水温；約24℃）にEP，MP，生餌の消化速度を調べた。MPとEPでは低水温条件による摂餌量の著しい低下は生じなかったが、生餌では水温が低下するに従い、摂餌量は少なくなった。摂餌後24時間までの消化速度は、いずれの餌料も高水温下で速く、水温低下に伴い減少する傾向を示した。MPは、EPと生餌に比べて、低水温条件下においても高い摂餌量（乾重量）と消化速度の値を示したことから、3種の餌料の中で最も水温の影響を受けにくいと考えられた。これらの結果から、ヤイトハタ養殖における低水温期の成長停滞は、MP給餌によって、緩和できる可能性があることが示唆された。

沖縄県の主要養殖魚であるヤイトハタは、陸上から海面まで幅広く養殖が行われている。養魚餌料の選択は、養殖環境、養殖サイズ及び飼育手法毎の適不適に加え、餌料原料となる魚粉価格やその輸送に影響する原油価格の変動にも左右される。そのため、現在ヤイトハタ養殖で使用されている餌料は、エクストルーダーペレット（EP）、モイストペレット（MP）、生餌に大別され、状況に応じて使用されている。これらの餌料は、原料、製造過程、成分組成など多くの要素が異なっていることから、養殖の効率化や安定化の推進を目指すにあたり、餌料特性（摂餌量、消化性、成長量、効率性等）を把握し、各餌料に対する総合的な評価を行う必要がある。

ヤイトハタに関する餌料別養殖試験の多くは、単一の餌料種類と成長量の関係に焦点を当てたものがほとんどであり（金城ほか，2005；知名・中村，2011；仲盛，2013），餌料毎に成長差が生じる要因や水温環境との関係性について言及された例は少ない。

餌料毎に成長差が生じる要因として、餌の嗜好性ととも消化性が重要であると考えられる。消化は、摂餌した食物の栄養を吸収するために必要な過程である。いかに栄養面で優れた餌料であっても、消化性が悪ければ、摂取される栄養素の絶対量は減少する。養魚餌料の性状や原料によって、消化速度や消化率は当然異なることから、魚の成長や健康状態への影響も様々である。そのため、対象養魚に対する適した餌料の検討において、消化に関する情報は欠かすことのできない項目である。ヤイトハタの消化速度に関しては、金城（2005）で若干の知見がある。この報告は、摂餌量と疾病発

生の因果関係を検証することを目的としており、餌料サイズや給餌量別の試験によって、それぞれの消化速度が調べられた。しかし、ここで検証されたのは、EPのみであり、現在ヤイトハタ養殖で使用されている生餌やMPの検討は行われていない。また、摂餌や消化という生理機能は、水温の影響を受けると予想されるものの、ヤイトハタの飼育管理においては、必ずしもこれらの要素が考慮されてこなかった。実際、養殖や試験飼育では、低水温時に成長量の停滞や餌料効率の低下が生じることが知られているが（大嶋ほか，2001a），各種餌料の摂餌量や消化速度に及ぼす水温の影響に関する情報は少なく、改善策の検討もなされていない。

そこで、ヤイトハタ飼育における成長過程別の摂餌特性や適する餌料に関する基礎知見を得るために、ヤイトハタ当歳魚について異なる水温条件における3種類の餌料（EP，MP，生餌）の摂餌量と消化速度について検証した。

材料及び方法

(1) 餌料

試験には、マダイ用EP（桜皇；ヒガシマル社製）、MP（県産魚粉と小型キハダの1：1混合；自家製）、生餌（小型キハダ）を用いた。EP及びMPは、粒径約8mmのものを用いた。生餌は、鰓蓋、鰭、背骨などの硬く吸収されにくい部分を取り除いた後、長径10mm程度になるように調整した。いずれの餌料も給餌まで-20℃で冷凍保存した。

各餌料の5項目（水分、粗蛋白質、粗脂質、粗繊維、粗灰分）の成分分析を日本食品分析センターに依頼し、成分組成

*E-mail : samejims@pref.okinawa.lg.jp 石垣支所（現所属：沖縄県農林水産部水産課）

¹現所属：沖縄県栽培漁業センター

を得た (表 1)。

(2) 水温別試験

試験情報の詳細を表 2 に示した。2019 年に栽培漁業センターで生産された 282 日齢のヤイトハタを試験に用いた。屋内 1 kL 角形水槽を水温別に 3 つ設けた (高水温槽, 中間槽, 低水温槽)。各水槽内はトリカルネット製のカゴ (35×60×50 cm) で仕切り, それぞれ EP 区, MP 区, 生餌区とし, 20 尾/カゴとなるように試験魚を収容した。飼育水は, 砂濾過海水を約 7 回転/日となるように, 掛け流した。高水温槽は, ヒーター (SEAPALEX 300, マルカン社製) 3 台で 28℃程度に, 中間槽はヒーター 2 台で 26℃程度に調整し, 低水温槽は水温無調整とした。各水槽にエアストーンを 2 つ設置し, 通気を施した。

試験までの約 2 週間 (2019 年 2 月 6~18 日) は, 各餌料や水温環境の馴致期間とし, 週に 2~3 回, 上記の試験区と対応するように, EP, MP, 生餌を飽食給餌した。試験当日に試験魚を空胃状態にするために, 試験 60 時間前から餌止めを行った。試験実施日 (2019 年 2 月 19 日の午前 6 時 30 分) に, 各餌料を飽食給餌した。給餌から 6, 12, 24, 36, 48 時間後に 4 尾ずつ試験区からサンプリングし, 体重と胃内容物重量を計量し, 胃内容物重量度指数 (SCI: stomach contents index) を次のように算出した。

SCI = 胃内容物重量 × 100 / (体重 - 胃内容物重量)

給餌直後のサンプリングは, 試験魚の餌吐きが懸念されたため, 実施しなかった。その代わりに, 総給餌量を収容尾数で除し, 試験魚の平均体重から SCI を算出することで代用した。SCI は, 水分を含んだ湿 SCI と水分を乾燥させた乾 SCI をそれぞれ算出した。胃内容物の乾燥は, インキュベーター (Koyo 社製) を用い, 105℃下の常圧加熱乾燥法により行った。本試験の“消化速度”とは, 胃内容物が消失する速さと定義した。

(3) 飽食給餌後の摂餌量の推定

連日給餌した場合の給餌間隔や摂餌量の把握を目的に, 飽食給餌後から 24 及び 48 時間後に再度飽食給餌を行った場合の摂餌量を推定した。つまり, 飽食給餌湿重量を 100%とし, 24 及び 48 時間後の湿 SCI%から以下のように算出した。

X 時間後の摂餌量 =

飽食給餌湿重量/尾 × (100 - X 時間後の湿 SCI%) / 100

また, 表 1 の粗蛋白質量と推定された摂餌量から X 時間後に摂餌した餌料に含まれる蛋白質量を推定した。

結 果

(1) 摂餌量に及ぼす水温の影響

まず, 湿重量ベースで平均摂餌重量 (図 1 の経過時間 0 の SCI 値) をみてみると, 高水温槽では, 生餌 (10.8), MP (6.8), EP (4.6) の順となり, 餌料毎に大きく異なった。中間槽の摂餌湿重量は, 生餌 (8.0), MP (5.6), EP (4.7) の順となり, 高水温槽と同じであったが, 低水温槽では, MP (7.0), 生餌

(5.7), EP (5.0) となり, 生餌と MP の順序が入れ替わった。一方, 乾重量ベース (図 2 の経過時間 0 の SCI 値) では, いずれの水温槽においても EP, MP, 生餌の順となった

(図 2)。EP と MP では, 高水温槽と低水温槽で, 摂餌量に大きな差は見られなかったが (それぞれ 8%, 3%), 生餌では, 水温が下がるほど摂餌量が減少し, 低水温槽は高水温槽の約 50%減の値となった (図 1a, c)。

(2) 消化速度に及ぼす水温の影響

高水温槽及び中間槽では, 時間経過と共に MP と生餌の湿 SCI は減少したが, EP については給餌から 6 または 12 時間後まで摂餌した量よりも胃内容物量が一旦増加し, その後減少する傾向にあった (図 1a~c)。低水温槽では, 生餌と MP も, 給餌から 12 時間までは, 高水温槽に比べ, 胃内容物の減少量が小さかった (図 1a, c)。高水温槽と中間槽では, 給餌から 24 時間後に, 生餌と MP が約 20%, EP 区では約 60% が未消化であった。その後, 48 時間後には, いずれの餌料も消化された (図 1d, e)。低水温槽では, 24 時間後に生餌区で約 50%, MP 区で約 30%, EP 区で約 80% が未消化で, いずれの餌料も高水温槽と中間槽より未消化の割合は多くなった。その後 48 時間後では, 生餌と MP がほぼ消化されたのに対し, EP は約 20%未消化であった (図 1f)。

次に, 乾重量ベースでみてみると, 湿重量とは異なり, いずれの水温槽でも各餌料は時間経過と共に胃内容物が減少した (図 2)。MP は, 給餌から 24 時間後の未消化率がいずれの水温槽でも 10%前後であり, 48 時間後にはほとんどが消失した。一方, EP における 24 時間後の未消化率は, 高水温槽で 17.8%だったのに対し, 低水温槽では 31.0%と多く, 48 時間後でも 7.1%が未消化であった。生餌における 24 時間後の未消化率は, 高水温区で 14.1%だったのに対し, 低水温槽では 37.8%となったが, 48 時間後にはいずれの水温槽でもほとんどが消失していた (図 2d~f)。

(3) 飽食給餌後の摂餌量の推定

飽食給餌から 24 及び 48 時間後の摂餌量と餌料中の蛋白質量の推定値を表 3 に示した。EP の 24 時間後の摂餌量は, いずれの水温条件においても MP や生餌に比べ低く, 摂取できる蛋白質量も少ないと推定された。MP は水温差による影響が小さく, 特に低水温条件では, 摂取できる蛋白質量が他 2 種の餌料に比べ多くなった。生餌の 24 時間後の摂餌量は, 水温低下に伴う減少傾向を示し, 特に低水温条件では, 摂餌量が MP を下回った。

EP の 48 時間後の摂餌量は, いずれの水温条件でも 24 時間後に比べ 2 倍以上の増加がみられた。MP は 24 時間後と 48 時間後の摂餌量の差が小さく, いずれの水温条件においても 20%程度の差であった。生餌では高水温槽及び中間槽の差が小さかったのに対し, 低水温槽では約 2 倍の差がみられた。

考 察

EP と MP は, いずれの水温槽においても摂餌量の大きな

増減はみられなかったが、生餌の給餌量は水温低下にともない減少したため (図 1a~c), EP や MP に比べ水温の影響を受けやすいことが示唆された。これについて、本試験では、いずれの餌料も給餌まで冷凍保存していたことが要因の 1 つとして考えられた。すなわち、生餌は水分量が多いことから (表 1), EP や MP に比べ摂餌時の体温低下による食欲減退の影響が大きかった可能性がある。

2019 年は暖冬の年であり、海面水温が高く維持された (沖縄気象台; <https://www.jma-net.go.jp>)。そのため、本試験における低水温槽 (水温無調整) の、平均水温も 23.9℃と高くなった。しかし、石垣島沿岸域や沖縄本島では、水温が 22℃を下回ることも珍しくないため、例年はより水温が低下すると考えられる。南方系のハタ類であるヤイトハタは、好適水温以下になった場合に、著しく摂餌量が減少すると予想されることから、EP と MP に関しても、22℃程度の条件においては、摂餌量が大きく減少する可能性がある。

EP を給餌した場合、いずれの水温条件においても湿重量が一時的に著しく増大した (図 1)。一方、乾重量では、時間経過に伴い胃内容量は減少していたため (図 2), EP は摂餌後に水分吸収が行われたと考えられる。そのため、湿重量で見たときに、EP は MP や生餌に比べ、いずれの水温区でも消化速度が最も緩やかとなり、餌料の完全な消失に最も時間を要することが明らかとなった。

餌料毎に効果の大小は異なるものの、水温条件と胃内容量の経時変化から、水温低下の影響は、特に摂餌後 24 時間までの消化速度に反映されると考えられる (図 1d~f)。胃内容物の湿 SCI の経時変化を基に飽食給餌後の摂餌量を推定した結果、生餌は低水温槽で、24 時間後の摂餌量が少なくなったため、低水温期は間欠給餌が適していると推察される。EP は摂餌後の水分吸収とゆるやかな消化速度の関係から、いずれの水温条件においても 24 時間後は、まだ多くの胃内容物が残留していると予想される。ヤイトハタ当歳魚に対し、EP を連日または間欠飽食給餌した試験によると、連日給餌した群がわずかに体重で上回ったものの、増肉係数や餌料転換効率では間欠給餌が優れたという (山内, 2015)。これらのことから、本試験で扱ったサイズのヤイトハタに関しては、EP は連日給餌よりも間欠給餌が適していると考えられる。仮に連日給餌する場合は、少量ずつの給餌が必要になるだろう。一方、MP は消化速度が速く、24 時間後も比較的多量に摂餌できると推定されたため、成長を促進するために連日給餌を行っても問題ないと考えられる。

山内 (2019) によると、ヤイトハタ 1~2 歳魚に対して EP, MP, 生餌を給餌した試験では、約半年後の平均体重が MP (2.5 kg), 生餌 (2.2 kg), EP (1.8 kg) の順になったという。このとき、低水温期における EP と生餌の成長量は、同程度であったのに対し、水温上昇に伴い、EP と生餌の成長差が大きく開いた。一方、MP は他 2 種の餌料に比べ、低水温期から高成長を示した。仲盛ほか (2004) は、マダイ用 EP

と生餌 (ソデイカ鱈の小型マグロ 1:1 混合) を給餌したところ、低水温期には成長差が小さかったのに対し、水温上昇とともに、生餌の成長量が著しく増大し、成長差が開いたことを報告している。これらの報告は本試験の摂餌量や消化速度の傾向および推定 (図 1, 2, 表 3) と概ね一致する。つまり、低水温期における EP と生餌の給餌は、どちらも成長停滞を引き起こすが、高水温期になると、生餌の摂餌量及び消化速度向上により、成長差が生じたと考えられる。一方、MP は低水温期でも比較的摂餌量が多く、消化速度も速いため、EP と生餌に比べて、高成長を示したと考えられる。これらのことから、ヤイトハタ養殖における低水温期の成長停滞は、MP 給餌によって、緩和できる可能性がある。

ヤイトハタに適した餌料を検討するにあたり、消化速度に関する情報は重要であるが、消化速度が速ければ速いほど、餌料として優れている訳ではなく、吸収される栄養素量の把握も必要である。そのため、今後、実際の吸収率や成長量などを含めて総合的に判断する必要があるだろう。

文 献

- 金城清昭, 2005: ヤイトハタ種苗の消化速度試験. 平成 17 年度沖縄県水試事業報告書 143-149.
- 金城清昭, 吉里文夫, 水谷亮介, 田辺勝, 2005: ヤイトハタの給餌率と餌料種類に関する養殖試験. 平成 17 年度沖縄県水試事業報告書 137-142.
- 大嶋洋行, 仲盛淳, 岩井憲司, 仲本光男, 渡辺丈子, 2001: ヤイトハタ人工種苗の成長試験Ⅳ. 平成 11 年度沖縄県水産試験場事業報告書 156-158.
- 沖縄気象台, 沿岸域の海面水温情報 石垣島, 2020 年 12 月 28 日アクセス. <https://www.jma-net.go.jp>
- 佐藤公一, 木本圭輔, 日高悦久, 2004: ブリ 2 年魚の配合餌料および生餌主体モイストペレットのタンパク質消化吸収率に及ぼす水温の影響. 日本水産学会誌 70, 758-763.
- 仲盛淳, 多和田真周, 狩俣洋文, 仲本光男, 道清勇介, 2004: ヤイトハタ人工種苗の餌料別成長試験. 平成 14 年度沖縄県水産試験場事業報告書 166-168.
- 知名真智子, 中村博幸, 2011: 沖縄県産魚粉を主原料とした試作配合餌料と市販マダイ用配合餌料を用いたヤイトハタの成長比較. 平成 22 年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書 149-150.
- 山内岬, 2019: 県産魚粉配合モイストペレット給餌による養殖ヤイトハタの成長および品質改善. 平成 30 年度普及に移す技術 (沖縄県).

表 1 餌料の成分組成 (%)

	水分	粗蛋白質	粗脂質	粗繊維	粗灰分
EP	10.5	45.5	11.8	0.9	13.4
MP	46.5	33.4	8.5	0.6	7.1
生餌	72.7	25.0	0.7	0.1>	2.0

日本食品分析センターに依頼

表 2 試験の設定条件

	馴致期間	実施日	日齢	平均体長 (mm)	平均体重 (g)	平均水温 (°C)
高水温槽						28.1 (27.5~29.0)
中間槽	2 月 6~18 日	2 月 19 日	282	208.6	155.4	25.9 (25.0~26.7)
低水温槽						23.9 (23.1~24.3)

表 3 飽食給餌後、24 及び 48 時間後の摂餌量の推定値

		高水温槽		中間槽		低水温槽	
		湿重量 (kg)	蛋白質量 (kg)	湿重量 (kg)	蛋白質量 (kg)	湿重量 (kg)	蛋白質量 (kg)
24 時間後	EP	3.0	1.4	3.1	1.4	1.4	0.6
	MP	7.8	2.6	6.3	2.1	7.5	2.5
	生餌	13.1	3.3	9.3	2.3	4.3	1.1
48 時間後	EP	6.8	3.1	6.1	2.8	6.1	2.8
	MP	9.7	3.2	8.1	2.7	9.7	3.2
	生餌	16.2	4.1	10.9	2.7	8.2	2.0

1,000 尾あたりの値を示す

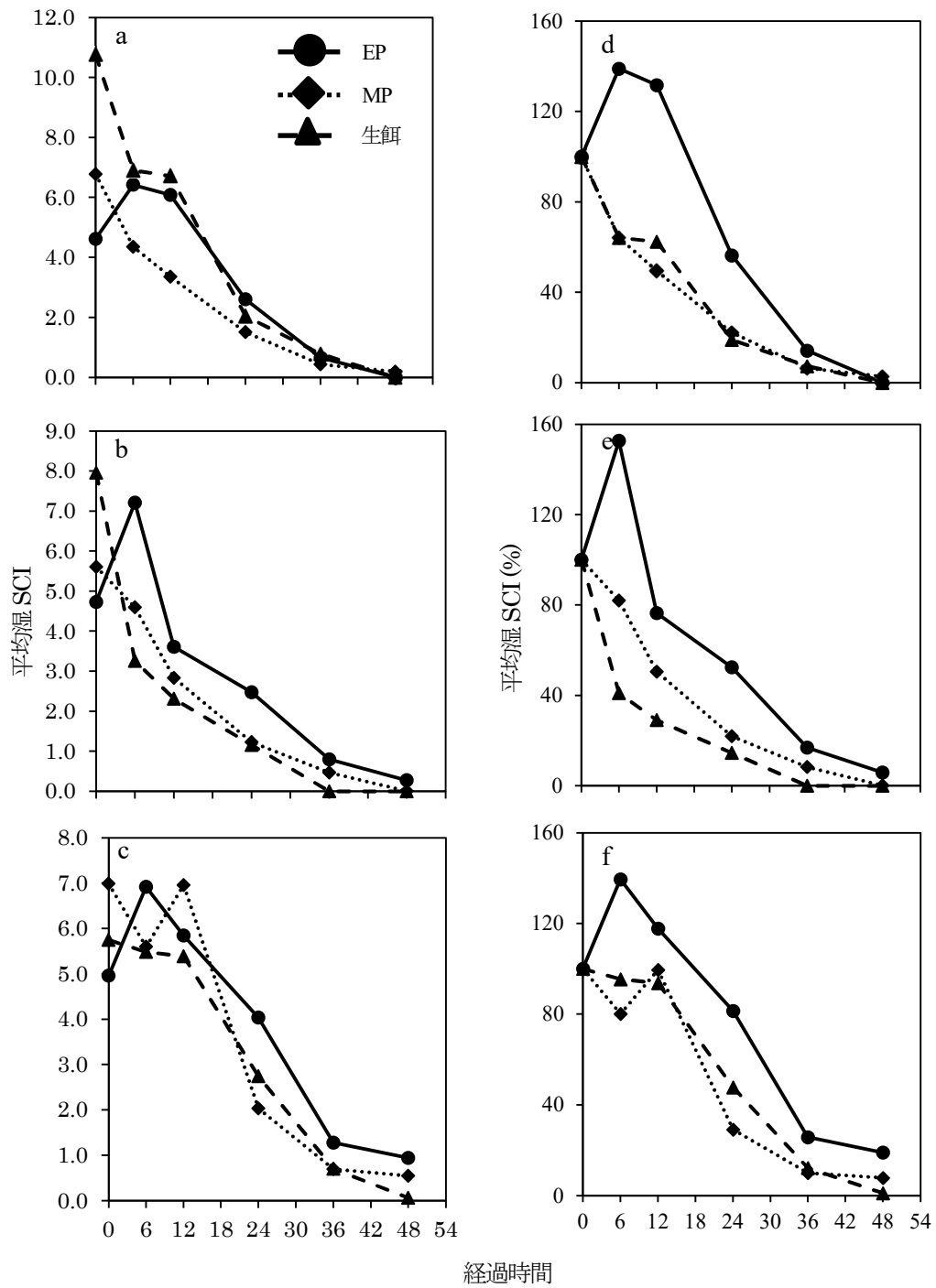


図1 給餌後の胃内容物湿重量の経時変化
a, d: 高水温槽, b, e: 中間槽, c, f: 低水温槽

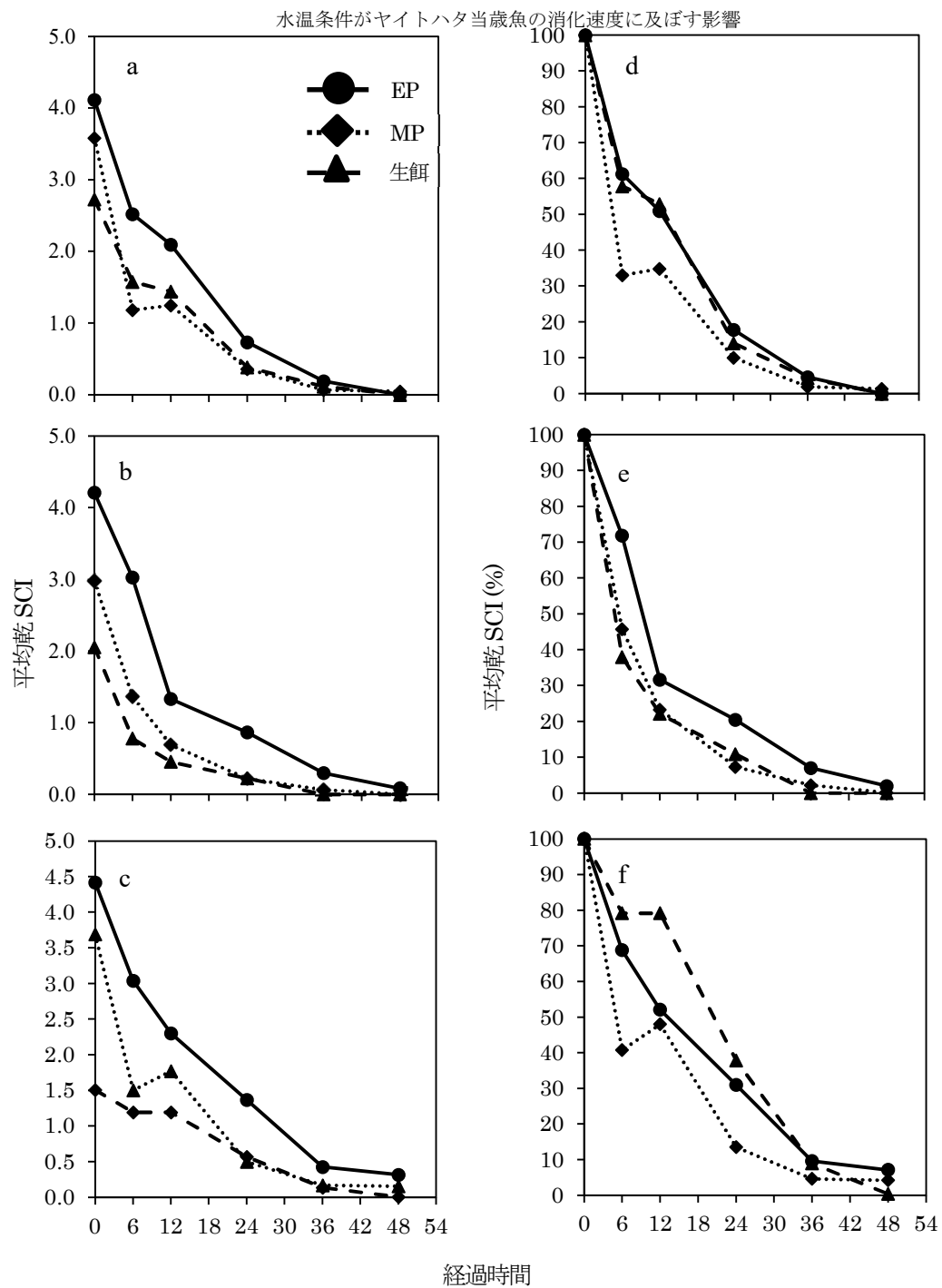


図2 給餌後の胃内容物乾重量の経時変化
a, d: 高水温槽, b, e: 中間槽, c, f: 低水温槽