

# 魚類養殖における飼料高騰対策に向けた補償成長の活用

## Ⅲ 絶食にともなう養殖ブリの血液性状の変化について

増養殖環境課 岡部 正也

### 1 背景・目的

養殖魚において、適度な絶食は細胞内の物質代謝を活性化させ、成長ホルモンの分泌促進を促すことで健康状態の改善に寄与することが報告されている (Ntantali et al. 2023)。一方で、飢餓状態に陥るほどの過度な絶食は、栄養状態を悪化させ、給餌再開後に成長不良や生理障害を引き起こすおそれがある。魚類では、絶食に伴い以下のような変化が生じることが知られている (山口 2000a)。

**血中**：遊離脂肪酸の増加、非必須アミノ酸の減少

**筋肉**：収縮タンパク質及び脂質含量の減少

**全身**：水分含量、タンパク質、リン脂質及び高度不飽和脂肪酸の減少、細胞膜の分解

ブリ養殖において補償成長を安全かつ効果的に利用するためには、これらの生理的变化がどの程度の絶食期間で生じ、給餌再開後どの程度で回復するかを把握することが不可欠である。

そこで本課題では、養殖ブリの絶食に伴い生じるエネルギー代謝や生理状態の変化を把握するため、ヒトの臨床検査で用いられる血液生化学的分析法を用いて、ブリの血漿中に含まれる化学成分を分析した。今年度は、陸上7トンFRP水槽(以下「陸上水槽」という。)及び海上小割生け簀(以下「海上小割」という。)で絶食試験を実施した養殖ブリについて血液を採取し、生化学分析を行った。

### 2 材料及び方法

陸上水槽及び海上小割で絶食試験\*に供したブリから採取した血液を3000 G、15分間遠心分離し、得られた血漿を分析に用いた。血漿サンプルは分析に供するまで-80℃のディープフリーザー中で凍結保存した。血液成分の分析は、高知大学農林海洋学部水族栄養学研究室 益本俊郎 前教授の協力を得て、表1に示した項目について臨床検査用生化学検査システム(富士ドライケム3500V 富士フィルム株式会社)により行った。測定結果の統計学的検定には、JASP Version 0.95.4 (JASP Team 2025)を用い、Kruskal-Wallis検定により有意差を確認後、Bonferroni補正したDunn検定により供試魚群間の有意差の有無を検討した(表2)。

\*各試験区の飼育条件の詳細については、「Ⅱ 長期間の絶食が養殖ブリの免疫に及ぼす影響について」の項目を参照。

### 3 結果及び考察

各供試魚群における血液化学成分の分析結果を表1、表2、図1及び図2に示す。

脂質及びタンパク質に関連する成分の変動傾向は、陸上水槽での12日間絶食区(以下「12D」という。)及び海上小割での3週間絶食区(以下「3W」という。)においてよく一致した(表1、図1及び図2)。これは、飼育環境の違いにかかわらず、絶食がブリのエネルギー源として脂質及びタンパク質の代謝を促進することを示すものと考えられる。

一方で、炭水化物及び無機塩類については、両区で一貫した変動傾向は認められなかった(図1、図2)。このことから、これらの成分は飼育環境の違いなどによる絶食以外の要因の影響を受けて変動する可能性が高い。また、海上小割で2週間絶食後1週間給餌を行った区(以下「2W1F」という。)の各血液化学成分には、他の絶食区で見られたような顕著な変動は見られなかった(表1、図2)。これは、絶食期間中に変動した各成分が再給餌によって回復したためと推察される。

以上の結果に基づき、本課題では、絶食の直接的な影響を評価するため、主に12D及び3Wの試験区の結果を中心に考察を進めることとした。

**グルコース (Glu) :** 12Dと3Wの血中Glu濃度には、絶食に伴う一貫した変動傾向は認められなかった(図1、図2)。また、陸上水槽で行った12D及び対照区では、実験開始時におけるGlu濃度が著しく高かった(図1)。

魚類の血糖値は、ストレスにより急上昇することが知られている(会田・潮 2019)。したがって、この現象は、供試魚を試験区に配分する際のハンドリングや、一時的な過密状態が急性ストレスとなり生じた可能性が高い。

以上の結果から、Glu濃度は絶食以外の要因でも大きく変動することがあるため、長期間の絶食がブリの生理状態に与える影響を評価するための指標として用いることは困難であると判断した。

**中性脂肪 (TG) :** 血中TG濃度は、12Dと3Wのいずれにおいても絶食に伴い著しく上昇した(表1、表2、図1及び図2)。

ブリは、イワシ類などの高脂肪な餌生物を捕食する肉食魚であり、エネルギー源として脂質を効率的に利用する能力が極めて高い。したがって、本課題で観察された血中TG濃度の上昇は、絶食によりエネルギー供給が絶たれたことにより、ブリ特有の高い脂質利用能が誘発され、内臓脂肪や筋肉に貯蔵されていた脂肪が優先的に分解・動員された結果であると推察される。脂質は、タンパク質や糖質と比較して単位重量あたりのエネルギー価が最も高く、体組織を構成するタンパク質をエネルギーとして消費するのを抑制する「タンパク質節約効果」に寄与する(竹内 2009)。

以上の結果から、12日以上に及ぶ絶食はブリの脂質利用能を著しく亢進させることが明らかとなった。

**総タンパク (TP)・アルブミン (Alb) :** 血中TP及びAlb濃度は、12Dと3Wのいずれにおいても、絶食に伴い顕著な減少傾向を示し、給餌再開後8日以上経過しても絶食前のレベルに回復しなかった(表1、表2、図1及び図2)。

前述のとおり、ブリは絶食が続くと、まず主要なエネルギー源として貯蔵脂質を動員し、体組織を構成するタンパク質がエネルギーとして消費されるのを抑制する機構を持つ。しかしながら、本課題で観察されたTP及びAlbの減少は、長期にわたる絶食により脂質の動員だけではエネルギー需要を賄いきれなくなり、体構成タンパク質がエネルギー源として分解され始めたことを示唆する。飢餓時には血中へ活発に放出される貯蔵脂質に対し、筋肉などの体タンパク質はその分解・動員に限界があるため、飢餓の進行に伴い肝臓での血漿タンパク質の合成低下と組織でのエネルギー消費が進み、血中濃度が低下したものと推察される(山口 2000a)。

以上の結果から、12日間以上に及ぶ絶食は、ブリを深刻な飢餓状態に陥らせ、本来は体を構

成するために保持されるべきタンパク質をエネルギー源として消費させてしまうことが明らかとなった。

**総コレステロール (TCho)** : 血中総コレステロール (TCho) 濃度は、12D と 3W のいずれの試験区においても、絶食に伴い減少する傾向を示した (表1、表2、図1及び図2)。

コレステロールの血中濃度は、主に飼料からの摂取と肝臓での生合成によって調節されている (山本 2009、田中 2023)。したがって、本課題で観察された血中 TCho 濃度の減少は、絶食により飼料からのコレステロール供給が途絶えたことが直接的な原因であると考えられる。コレステロールは、細胞の構造と機能を維持する細胞膜における流動性を確保するとともに、成長・成熟・ストレス応答を司るステロイドホルモンに必須の前駆体でもある (会田・潮 2019)。

したがって、その血中濃度の低下は、細胞膜機能の低下やホルモン合成能力の減退につながるおそれがある。

**無機塩類 ( $\text{Na}^+$ ・ $\text{Cl}^-$ ・ $\text{K}^+$ )** : 陸上水槽の供試魚の血中  $\text{Na}^+$ ・ $\text{Cl}^-$ ・ $\text{K}^+$  濃度には、絶食に伴う一貫した変動傾向は認められなかった (表1、表2、図1及び図2)。一方、海上小割では、実験開始時におけるすべての試験区で  $\text{Na}^+$  及び  $\text{Cl}^-$  濃度が著しく高かった (図2)。

魚類はストレス下で浸透圧調節機能が低下し、海水中の  $\text{Na}^+$  や  $\text{Cl}^-$  が体内に流入して血中濃度が上昇することが知られている (Wendelaar Bonga 1997)。実験開始時の海上小割の水温はブリの生息限界に近い  $30^\circ\text{C}$  台であったことから、この高水温がストレスとなり、血中電解質濃度上昇の引き金となったと推察される。これに対し、 $\text{K}^+$  の濃度には、高水温下においても変動が見られなかった。 $\text{K}^+$  は主として細胞内に存在し (山口 2000b)、体内動態が海水由来の  $\text{Na}^+$  や  $\text{Cl}^-$  とは異なるためと考えられる。

以上の結果から、電解質濃度は絶食以外の要因でも大きく変動することがあるため、長期間の絶食がブリの生理状態に与える影響を評価するための指標として用いることは困難であると判断した。

## 4 まとめ

養殖ブリを12日以上絶食させた結果、エネルギー代謝及び生理状態に以下の変化が認められた。

- ・中性脂肪のエネルギー源としての利用が亢進した。
- ・脂質のタンパク質節約効果を上回るエネルギー消費が生じ、エネルギー源として体タンパク質の分解・動員が開始された。
- ・絶食により低下した血中タンパク質濃度は、給餌再開後8日以上経過しても絶食前のレベルに回復しなかった。
- ・餌料由来のコレステロールの供給が絶たれたことにより、血中のコレステロール濃度が低下以上により、12日以上絶食はブリの栄養状態を悪化させ、「痩せ」による商品価値の低下につながるおそれがあると考えられた。したがって、補償成長を安全かつ効果的に活用するためには、より短い絶食期間の設定を検討する必要がある。

## 5 引用文献

会田勝美・潮 秀樹 (2019) 第10章 代謝. 増補改訂版 魚類生理学の基礎. 会田勝美・金子豊二 編. 恒星社厚生閣, pp204-215.

JASP Team (2025). JASP (Version 0.95.4)[Computer software]. <https://jasp-stats.org/>

村井武四 (2009) 3. 魚類のエネルギー代謝. 改訂 魚類の栄養と飼料. 渡邊 武 編. 恒星社厚生閣, pp 32-57.

Ntantali O., E.M.Malandrakis, W.Abbink, J.Bastiaansen, I E.C.oannis and T.Karapanagiotidis, (2023) Effects of short-term intermittent fasting on growth performance, fatty acids profile, glycolysis and cholesterol synthesis gene expression in European seabass *Dicentrarchus labrax*. *Fishes.*, 8, 582, 1-14.

竹内俊郎 (2009) 4.3. 脂質. 4. 魚類の栄養と栄養素に対する要求. 改訂 魚類の栄養と飼料. 渡邊 武 編. 恒星社厚生閣, pp 115-134.

田中文彦 (2023) 忙しい人のための代謝学 ミトコンドリアがわかれば代謝がわかる. 羊土社.

Wendelaar Bonga S. E. (1997) The stress response in fish. *Physiological reviews.*, 77(3), 591-625.

山口勝巳 (2000a) 第 10 章 魚介類の絶食の生化学. 水産生物化学. 東京大学出版会, pp 136-142.

山口勝巳 (2000b) 第 5 章 魚介類の無機質とその機能. 水産生物化学. 東京大学出版会, pp 72-79.

山本剛史 (2009) 10.3. 原料の利用性改善. 10. 飼料. 改訂 魚類の栄養と飼料. 渡邊 武 編. 恒星社厚生閣, pp 115-134.

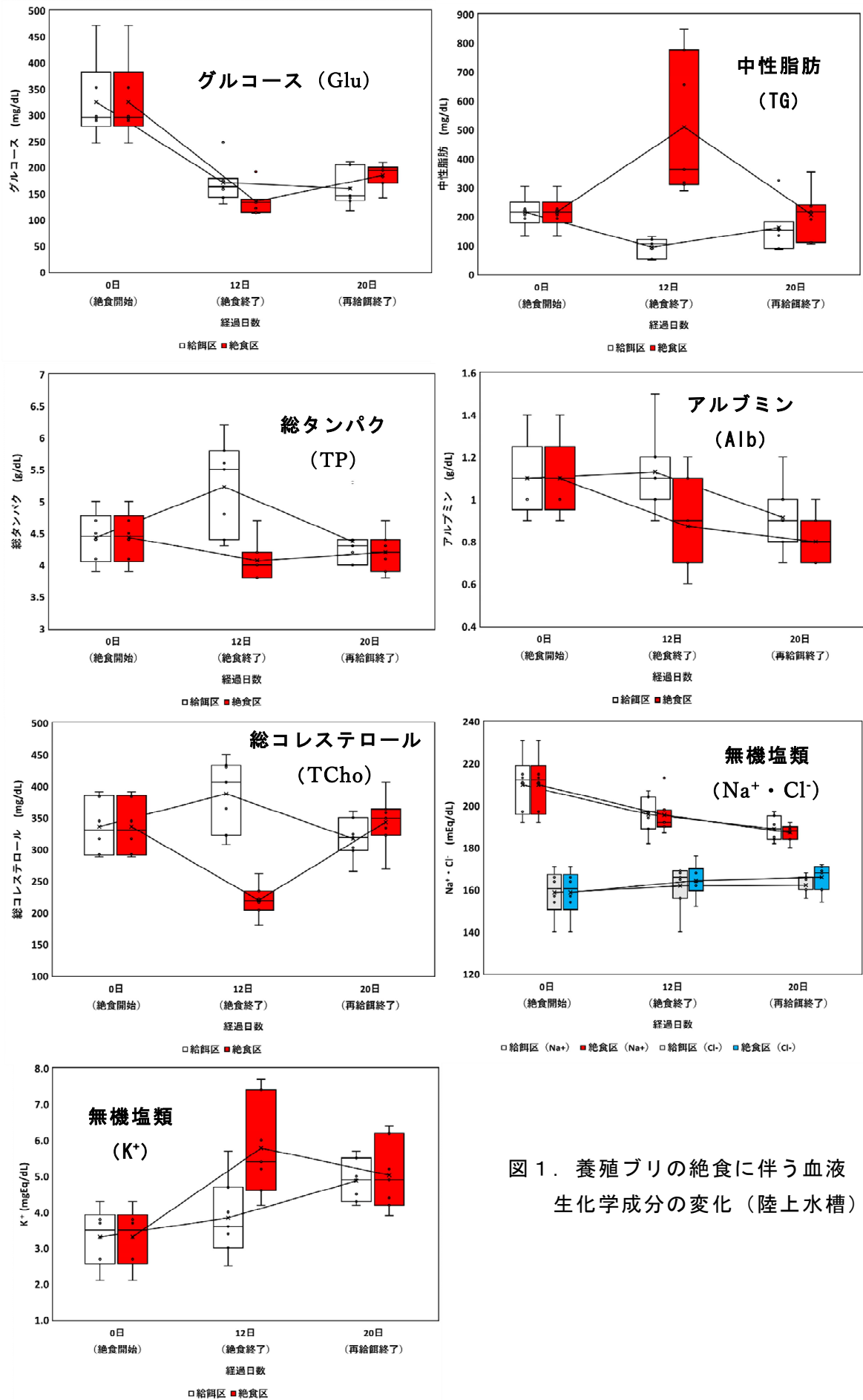


図1. 養殖ブリの絶食に伴う血液生化学成分の変化 (陸上水槽)

魚類養殖における飼料高騰対策に向けた補償成長の活用  
 III 絶食にともなう養殖ブリの血液性状の変化について

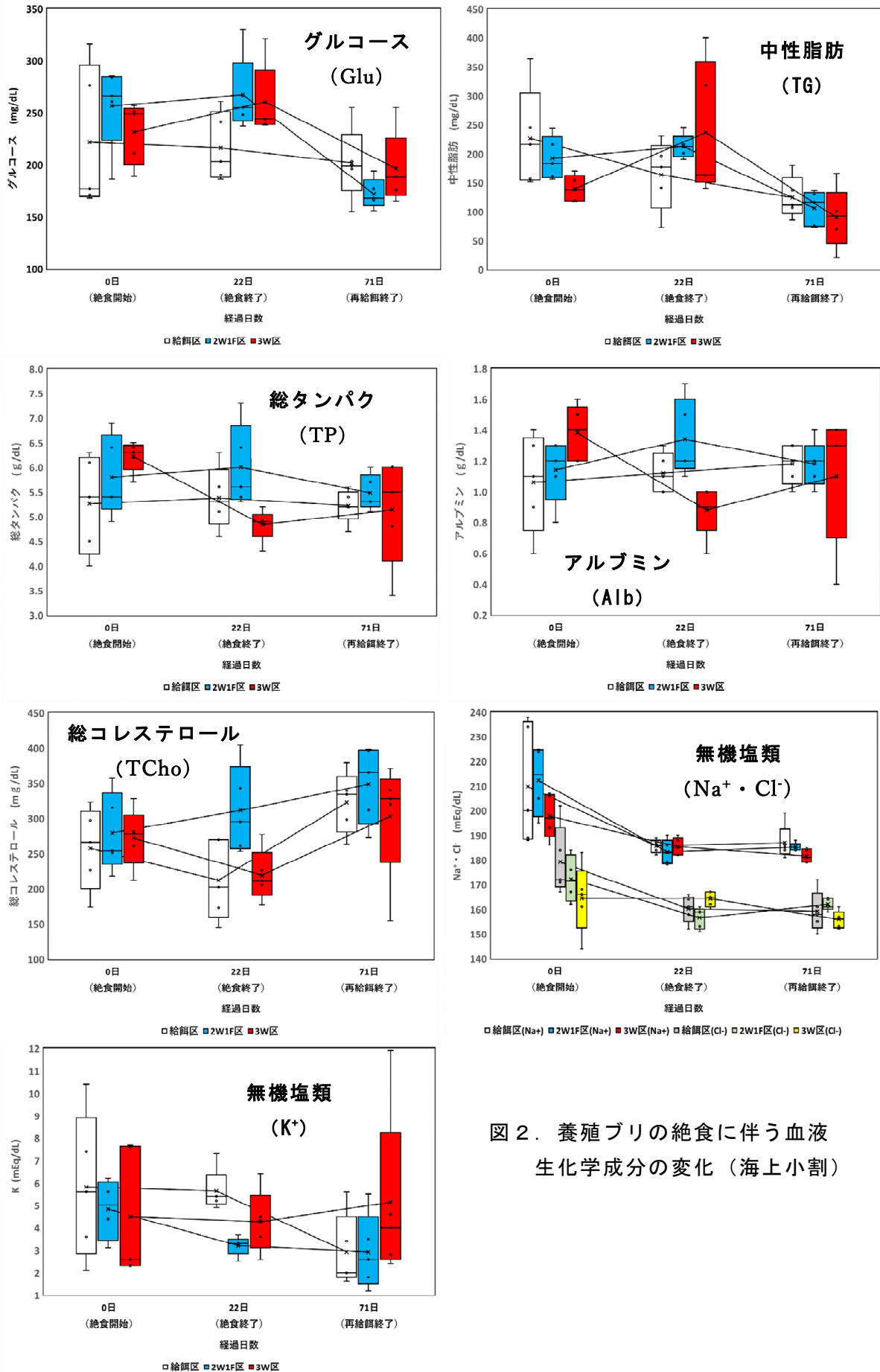


図2. 養殖ブリの絶食に伴う血液生化学成分の変化 (海上小割)

表1 養殖ブリの絶食終了時における血液生化学成分の変動

栄養素	血液生化学成分	陸上水槽		海上小割	
		1 2 D	3 W	2 W 1 F	
炭水化物	グルコース	⇨	↗	⇨	
	総タンパク	⇩	⇩	⇨	
タンパク質	アルブミン	⇩	⇩	⇨	
	中性脂肪	⇩	↗	⇨	
脂質	総コレステロール	⇩	⇩	⇨	
	Na <sup>+</sup>	⇨	⇨	⇨	
無機塩類	Cl <sup>-</sup>	⇨	⇨	⇨	
	K <sup>+</sup>	↗	⇨	⇩	

⇩ : 有意に増加  
⇩ : 有意に減少  
⇨ : 変化なし  
↗ : 増加傾向  
⇩ : 減少傾向

表2 統計学的有意差が認められた血液生化学成分

(上: 陸上水槽、下: 海上小割)

		12D区(12日目)	給餌区(再給餌8日目)	12D区(再給餌8日目)
絶食開始時		<b>GLU · K<sup>+</sup></b>	<i>GLU · Na<sup>+</sup></i>	<b>Na<sup>+</sup></b>
給餌区(12日目)		<b>TG · TP · TCHO</b>		<i>ALB</i>
12D区(12日目)			<i>TG</i>	<i>TCHO</i>

		絶食終了時(21日目)		再給餌終了時(50日目)	
		2W1F区	3W区	給餌区	3W区
絶食開始	給餌区	<i>Cl<sup>-</sup></i>		<i>Cl<sup>-</sup></i>	<i>Na<sup>+</sup></i>
	2W1F区				<i>Na<sup>+</sup></i>
	3W区		<i>TP · ALB</i>		
絶食終了時(21日目)	2W1F区				<i>TG</i>

赤字: 有意に増加    青字: 有意に減少    太字: P<0.01    斜体: P<0.05

表中の略称は本文を参照