

体温とアミノ酸

— 硬骨魚類肝臓のアミノ酸解析による比較生化学的研究 —

秋吉英雄・吉清恵介（生物資源科学部生物科学科・生命工学科）

目 的

肝臓における体温の維持・調節は不明な点が多いが、一般には類洞（毛細血管）内の血液が肝細胞間を流れることで、肝細胞から発生した熱（化学反応による熱）を受け取り、全身へ送ることで体温を上昇させていると考えられている。硬骨魚類はいわゆる変温動物であるが、魚の体温感受センサーは体表面に分布し、脳神経（自律神経系）による支配を受けていることが知られている。硬骨魚類は肝臓の組織構造、特に類洞配列が3型存在する事から、類洞配列の相違による体温維持・調節能も異なることが推察される。

2009年度学部長裁量経費“生物資源の有効活用を目指した特異な食性を有する動物肝臓および特異な土壌環境に生育する植物体に含まれる有用物質の探索”において、硬骨魚類40種の肝臓のアミノ酸組成をHPLCによって網羅的に解析し、系統発生的な相関および生態学的（食性、行動）な相関の存在を明らかにすることができた。一方、魚類の種類に関わらず、生育する海域（熱帯域、温帯域）に一致した共通のアミノ酸組成が存在する事が明らかになったものの、その理由を解明する有効な論理的展開には至らなかった。

今回、生息海域に一致した共通するアミノ酸組成型の一要因として、魚の体温との関連性を推察した。硬骨魚類は変温動物であり、一般的には、動物体の体温は生息する海域の水温に依存していると考えられるが、実際に魚体の体温を測定した研究報告例は皆無で、魚体の体温に関する基礎的研究でさえ存在しないといっても過言ではない。本課題は、様々な海域に生息する魚類の体温を測定し、生息する水温と比較することで魚類の体温に関する基礎的データを集積すると共に肝臓のアミノ酸組成を明らかにして、体温とアミノ酸の関連性を脊椎動物の中で最初に分岐した硬骨魚類で明らかにすることを目的とする。

材料と方法

材料は、系統発生的な共通派生形質をなるべく一致させる必要から、硬骨魚類正真骨下区の魚類とするが、硬骨魚類カライワシ下区、ニシン骨鰈下区の動物種を対照種とした。生息海域を①20～25℃（温帯域：日本海海面種）、②25～30℃（熱帯域：西表島）、③マイナス1.8℃

（極域：南極）で採集した個体を使用した。

1) 魚類の体温測定

材料は採集後、生きている状態で速やかに検温部分が針状の精密な温度測定器（TR-81：ティアンドデイ）によって体温測定を行った。その際、魚体には直接手を触れないようにタオルを生息水温と同温度に濡らし、魚体を包み込むようにしてバット内に静置した。測定部位は、口腔部より針状の検温部分を胃内に挿入（胃腔内温度）、無胃魚等は、食道・小腸前部内温度、肛門部より直腸内に挿入（直腸内温度）して測定した。さらに開胸し、心臓が鼓動している事を確認後、心臓の背側に検温部を触れさせて心臓周囲温度（腹腔深部温度）を測定した。

2) 肝臓及び筋肉のアミノ酸解析

魚体の体温測定後、開腹し内臓を採取、肝臓及び筋肉組織を摘出して細切（一般的には0.6～0.8g）、10倍量の8%TCA溶液を加え、ジェット型ホモジナイザーを用いて破碎した。遠沈後、ジエチルエーテルにてアミノ酸を抽出し、誘導体化してバイアル瓶にセット、超機能液体クロマトグラフィー（UFLC）にて生化学分析を行った。

結 果

硬骨魚類カライワシ下区（図1）、ニシン骨鰈下区（図2）、正真骨下区（図3）の魚体の体温を示した。

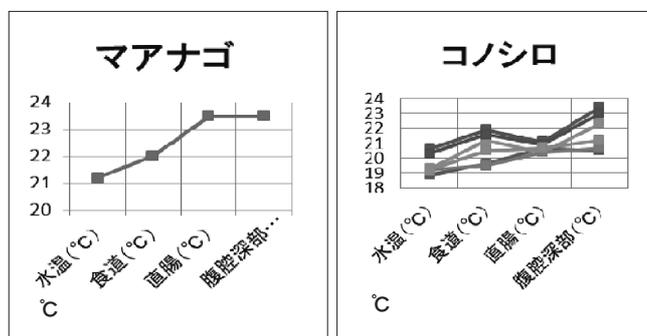


図1：カライワシ下区(マアナゴ), 図2：ニシン・骨鰈下区(コノシロ)

カライワシ下区、ニシン・骨鰈下区、正真骨下区の硬骨魚類の心臓周囲温度（腹腔深部温度）は生息水温の温度より平均して+1～3℃、高温であった。また胃腔温度（食道）+0～1℃、直腸温度+0～2℃と高温であった。一方、少数ではあったが、胃腔、直腸、腹腔深部温度が

水温より低温であった魚種が存在した。低温傾向を示した魚種は、生息水温が高い場合に低温化を示した。

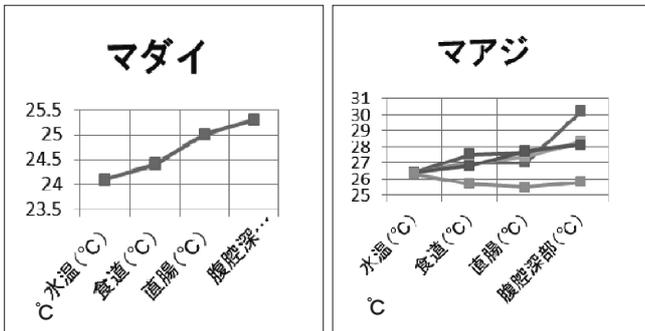


図3：正真骨下区（マダイ，マアジ）

正真骨下区で最後に分岐したフグ目の体温は、食道・小腸温度、直腸温度、腹腔深部温度いずれも生息水温と同温度であった（図4）。

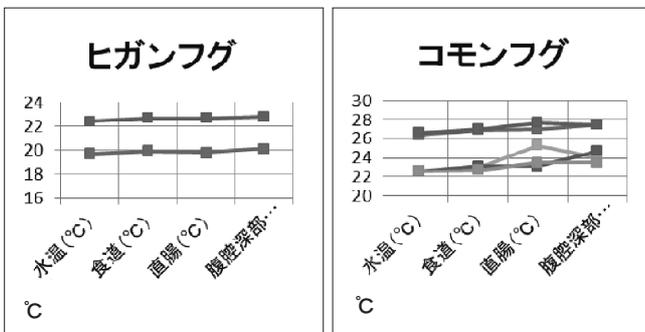


図4：正真骨下区（ヒガンフグ，コモンフグ）

生息海域（温帯・熱帯・極域）の違いによる魚種の体温
温帯域の魚種ではフグ目を除いて、腹腔深部温度が水温に比べ、+1~3℃高温、直腸温度、胃腔・食道・小腸前部温度で+0~2℃高温であった（図1-4）。骨鰈下区の淡水産魚類では、外部温度と同じか若干高い程度であったが、正真骨下区のブルーギルは、水温に比べ腹腔深部温度が3℃高温であった。

熱帯域の魚種は全般的に水温に比べ、腹腔深部温度が+1.5℃前後高温で、直腸温度、胃腔・食道・小腸前部温度で+0.2~0.5℃高温であった。水温との温度差は温帯

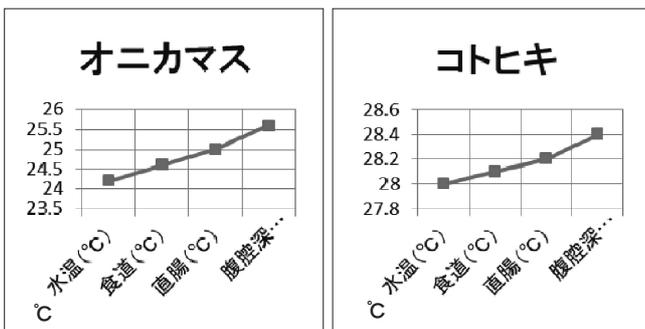


図5：熱帯域生息種 正真骨下区（オニカマス，コトヒキ）

域の魚種に較べて低かった（図5）。

極域（南極海）に生息するショウワギス（正真骨下区ノトセニア科）はマイナス1℃の水温に対して、腹腔深部温度が+1.2℃前後高温、胃腔、直腸温度で+0.2~0.6℃の高温であったが、水温との温度差は温帯域の魚種に較べて低かった。

肝臓のアミノ酸組成

全般的にアスパラギン酸、プロリン値が高かった。グリシン、アルギニンは魚種によって高低差が認められた。バリン、アラニン、ロイシン等、いわゆるBCAAは、相関的な高低差が認められた。

考 察

変温動物である魚類にも適正体温が存在しており、体内の温度を一定の範囲で保っていることが示唆された。

系統学的な位置関係による魚体体温の相違は、今回は認めなかったが、硬骨魚類の体内深部温度は、生息水温より1~3℃高温であった。生息域の異なる水温による魚種間の相違は、熱帯域（生息水温28℃）、極域（-1℃）等、今回特に認めなかったが、温帯域の魚は、熱帯域、極域の魚に較べ、水温と体内温度の差が大きかった。正真骨下区フグ目（最後に分岐した魚群）では、水温に対して、直腸腔内および深部温度は、同じ温度の傾向が認められた。外来魚であるブルーギルは、他の種に較べて体温が外部温度に較べて著しく高く、高度な体温調節能を獲得した事が、様々な生態系に適応した一要因であると推察している。

魚の体温とアミノ酸の関連性に関しては、体温に関連するアミノ酸の特定には至らなかったが、BCAAをはじめとしたグリシン、アルギニンの関与が示唆された。

今後は、実際に外部温度を変化させて、体外と体内の温度変化、肝臓のアミノ酸組成変化を連続的に同時に同調させて計測し、魚類が有する体温調節機構への肝臓の関わりを明らかにしたいと考える。

引用文献

1. Akiyoshi H, Inoue A (2004) Comparative histological study of teleost livers in relation to phylogeny. Zoological Science, 21: 841-850.
2. Akiyoshi H, Inoue A, Fujimoto M (2005) Comparative immunohistochemical study of C-RFamide localization in teleost guts in different saline habitats. Zoological Science, 22: 57-63.