The Japanese Society of Fisheries Science

平成18年度日本水産学会論文賞受賞

Thermal adaptation of Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* to temperate waters*

[Fisheries Science 2006; **72**(1): 149–156]

北川貴士,[1a] 木村伸吾,[1] 中田英昭,[2] 山田陽巳[3]
[1]東京大学海洋研究所,
[2]長崎大学水産学部,
[3]㈱水産総合研究センター遠洋水産研究所

研究内容

クロマグロ *Thunnus orientalis* はサバ科の中で最も大きく成長する魚類の一種であり，水温より高い体温を持つ。彼らの体温が高いのは，その巨躯により体内外の温度勾配が小さくなるため熱移動が小さく，物理的に体温が保たれるだけでなく，酸素受容能が高い真正血合筋が体の中心部付近に発達しているうえ，その血合筋の上下面や内臓に“奇網”を有しているためであると説明されている。奇網とは，動脈と静脈双方の小血管が薄い壁を挟んで交互に配置されている対向流交換器のことで，血液が反対方向に流れることで，有酸素運動により血合筋で発生した熱の損失を防ぐ役割を果たす。

1976年，カツオ *Katsuwonus pelamis* に関して，成長に伴う体温上昇により比較的温かい水域においてその活動性が制限される，という仮説が提出されて以来，数種のマグロ属やカツオを用い生理的体温調節機能を確かめる室内・野外実験が行われてきた。しかし，野外のクロマグロの体温生理については，この仮説がまだ完全に検証されたわけではない。

㈱水産総合センター遠洋水産研究所では，東シナ海対馬沖において，曳縄で漁獲されたクロマグロの腹腔内にアーカイバルタグ（小型記録計）を装着し，1995年から1997年の11・12月に合計229個体を放流している。放流個体は尾叉長が43から78 cmで，当歳もしくは1歳魚と推定されている。本研究では，放流後4年以内に再捕された23個体について，タグに128秒または256秒ごとに記録された水温と腹腔内温度の時系列変化を解析し，腹腔内温度の保持能力の体サイズによる相違などを検討した。以下に結果の概要を示す。

クロマグロの個体ごとの平均経験水温（T_a, ℃）範囲は15.0℃から20.7℃であり，本種の適水温範囲内（12.0℃から22.0℃）にあった。また，腹腔内温度（T_e, ℃）と水温との差と体サイズ（W, kg）との関係については，$T_e - T_a = 1.668 \times W^{0.334}$ と表すことができ，成長に伴い温度差が大きくなる傾向にあったが，その増大する割合は成長に伴い小さくなり，平均腹腔内温度は30℃をこえることはなかった。

漁獲直後の腹腔内温度変化から各個体の全熱交換係数（k, ℃ s^{-1} ℃$^{-1}$）を見積もり，体サイズとの関係を調べたところ，$k = 1.049 \times 10^{-3} \times W^{-0.695}$ で近似できた。この式から体サイズが250 kgの個体の全熱交換係数を算出したところ，過去の実測結果と大きな違いはなかった。この式により，体サイズの増大に伴い全熱交換係数が減少すること，すなわち，体の断熱性が増大することが示された。これは，腹側部体側筋の肉厚・含有脂肪率の増大や内臓にある奇網の発達によるものと考えられる。また，成長に伴い個体の体積あたりの体表面積が小さくなること（体表面積の法則）もその理由のひとつと考えられる。

個体ごとの腹腔内の産熱速度（$\dot{T}_m$, ℃ s^{-1}）を簡単な熱収支モデルで見積もった。昼間の産熱速度は平均で夜間の1.68倍であったが，体サイズが10 kg以下の個体では1.80倍，それに対し10 kg以上の個体は1.40倍程度であった。さらに昼間の産熱速度と体サイズとの関係を調べたところ，$\dot{T}_m = 1.875 \times 10^{-3} \times W^{-0.399}$ で表すことができた。これらの結果は，体サイズの増加に伴い産熱速度は徐々に低下することを意味しており，本種の代謝速度が成長とともに減少する効果（スケール効果）に起因すると考えられる。

以上を総合すると，本種は成長に伴い体の断熱性は増大するが，その一方で腹腔内の産熱速度も減少するため，体温は徐々に上昇するものの致死温度には至らない。したがって，このような機構が，体サイズの大きな本種の温帯水域での活動を可能にしているものと推察される。ただし，このような温度保持機構を維持するためには，温帯海域の低水温環境を利用することが必要不可欠であると考えられる。本種の主産卵場は亜熱帯海域にあたる北緯30°N以南・伊豆諸島以西からフィリピン近海の黒潮反流域であり，ふ化後，この海域に留まり温帯海域へ移動することができなければ，成長するに従い体温が致死温度を超えてしまう危険性がある。クロマグロはふ化後すばやく黒潮に取り込まれることにより，少ないエネルギーコストで温帯海域に逃れることができ，その結果，その良好な餌料環境を利用できると考えられる。　（北川貴士）

* 体温保持機構からみたクロマグロの温帯水域への適応

[a] Tel/Fax : 81-3-5351-6686. Email : takashik@ori.u-tokyo.ac.jp

NII-Electronic Library Service