

神奈川県相模川水系のカワアナゴ *Eleotris oxycephala* 集団に対する温排水の影響

山川 宇宙 (筑波大学 生物学類)

指導教員：今 孝悦 (筑波大学 生命環境系)

【背景と目的】

下水処理場や発電所などからの温排水は、河川や沿岸域の水温を上昇させ、水圏生態系の改変を招く。高緯度地域における温排水は、好暖水温種の摂餌生態や繁殖生態の改変を伴ってそれらの生存を促進し得るが、そうした影響を野外で検討した事例は極めて乏しい。これは高緯度地域において温排水の影響下でない場合、好暖水温種が低水温期に大きく個体数を減じるため、温排水の有無によって生じる影響を直接評価し難いことに起因する。

カワアナゴ *Eleotris oxycephala* は亜熱帯から暖温帯に分布するハゼ亜目カワアナゴ科の両側回遊魚で、紀伊半島南岸や四国太平洋側沿岸、九州南岸に分布主体がある典型的な好暖水温種である。関東地方周辺が太平洋側の分布北限とされるものの、特に、南関東地域では厳冬期（1-2月）を除けば低水温期でも多くの個体が生残している。したがって、当該地域における本種を対象とすることで、低水温期でも温排水の影響下にある水域とない水域間で、それらの生態を直接評価することが可能となる。

本研究では、好暖水温種に対する温排水の影響を調べることを目的として、カワアナゴを対象に、神奈川県相模川水系の温排水の影響がある水域と影響がない水域で食性や肥満度、生殖腺体指数および遺伝構造を評価した。

【材料と方法】

1. 物理環境要因、餌生物およびカワアナゴの採集

2015年11月下旬~12月上旬（低水温期）、2016年5月中旬（水温上昇期）、8月下旬~9月上旬（高水温期）に、相模川本流の湘南銀河大橋下右岸（温排水の影響あり：以下、温排水域）と相模川水系小出川支流千の川（温排水の影響なし：以下、対照水域）で物理環境要因を計測し、餌生物およびカワアナゴを採集した。

2. カワアナゴの消化管内容物分析および安定同位体比分析

各個体の消化管内容物を精査し、各餌生物の出現頻度（%F）、体積百分率（%V）、RI（ $RI = \%F \times \%V$ ）を算出するとともに、空胃率も求めた。また、各個体における各餌生物の存在・不在データをを用いて PerMANOVA を行い、両水域間および3時期間で食性の差異があるのか調べた。有意差が検出された場合には、SIMPER を行って有意差に対する各餌生物の貢献度を求めた。加えて、炭素・窒素安定同位体比分析により、カワアナゴの体組織に対する各餌生物の寄与率を調べた。

3. カワアナゴの肥満度および生殖腺体指数（GSI）の算出

幼魚、雄成魚、雌成魚の肥満度を算出した。雌成魚については、GSI も求めた。

4. カワアナゴの水域内および水域間の遺伝的変異の評価

温排水域および対照水域から採取した全61個体からDNAを抽出し、MIG-seqを用いて一塩基多型（single nucleotide polymorphism, SNP）を検出した。ヘテロ接合度期待値（ H_E ）により水域内の遺伝的多様性を評価し、水域間の遺伝的分化程度

は固定指数（ F_{ST} ）を用いて評価した。また、STRUCTURE解析を行い、両水域における個体レベルでの遺伝構造も調べた。

【結果と考察】

1. カワアナゴの食性と餌環境について

温排水域では、消化管内容物中のユスリカ科幼虫の%FやRIが高く、安定同位体比分析でもユスリカ科幼虫の寄与率は高かった。一方、対照水域では、水温上昇期を除いてユスリカ科幼虫の%FやRI、寄与率は低かった。PerMANOVAでは、幼魚、成魚ともに両水域間で食性の差異が認められ、この有意差に最も貢献している餌生物はユスリカ科幼虫であることがSIMPERにより判明した。これらの結果から、温排水域では対照水域と異なり、ユスリカ科幼虫が主餌料となることが示唆された。

餌環境をみると、ユスリカ科幼虫の個体数が対照水域と比べて有意に多く、そうした餌生物の現存量の相違が、両水域のカワアナゴの食性の差異にも反映されていると考えられる。

2. カワアナゴの空胃率、肥満度、GSIについて

空胃率は、対照水域では低水温期に高かったのに対し、温排水域では低水温期でも低かった。これは、温排水域では低水温期の水温低下が緩和され、カワアナゴの採餌活性が高く保たれることに起因すると考えられる。

肥満度をみると、成魚では、低水温期は温排水域の方が対照水域よりも有意に高かった。空胃率の結果からも示唆されたように、温排水域では低水温期でも十分な採餌活動が認められ、良好な栄養状態が維持されたものと推察される。一方、幼魚では両水域間で肥満度に有意差は認められなかったが、当該水域への加入時期や加入前の餌環境が影響を及ぼしているのかも知れない。

雌成魚のGSIに関して、温排水域では水温上昇期および高水温期に高く、対照水域では高水温期でのみ有意に高かった。これは、対照水域での繁殖期が高水温期に限定されるのに対して、温排水域では水温上昇期から既に繁殖期が開始される可能性を示唆している。温排水域では、低水温期でも肥満度が高く、生殖腺への投資が早期に整うのであろう。さらに、高水温期間でも高いGSIを保っており、水温上昇期から高水温期にわたる長い繁殖期間を有する可能性も考えられる。

3. カワアナゴの遺伝的変異について

MIG-seqにより1417 SNP 遺伝子座が検出された。 H_E は、温排水域では0.320、対照水域では0.321であり、各水域の遺伝的多様性は同程度であった。 F_{ST} は0.010と低く、この値は有意であったが、両水域間での遺伝的分化はほとんどないことがわかった。STRUCTURE解析でも両水域間での遺伝的分化はみられなかったが、両水域全体でみると遺伝的に異なる2系統およびそれらの雑種系統があることがわかった。これらのことから本種は両側回遊を行うため、複数系統が同所的分布し、またそれらの間での雑種形成が進んでいることが示唆された。また、両水域間での食性や肥満度でみられた差異は、遺伝的要因ではなく、温排水の有無という環境要因によるものであることが明らかとなった。