シンポジウム記録 魚類行動生理学の基礎と水産研究への応用

I-2. 太平洋サケの母川記録・回帰行動の生理機構

上田 宏

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・
大学院環境科学院I-2. Physiological mechanisms of imprinting and
homing migration in Pacific salmon

HIROSHI UEDA

*Field Science Center, Graduate School of Environmental
Science, Hokkaido University, Sapporo, Hokkaido 060-
0809, Japan*

太平洋サケは、稚幼魚が生まれた川（母川）から海に降河する時に、母川の何らかの因子を記憶（記録）する。その後、大海原を数年間索餌回遊しながら成長して親魚になり、性成熟の開始が引き金となって産卵回遊を開始して母国の沿岸まで回遊する。彼らは記録した母川の因子を想起して遡河し、繁殖して子孫を残して一生を終えるというドラマチックな生活史を営む。母川の因子に関しては、1950年代に米国で、母川固有のニオイであるという嗅覚仮説が提唱された。しかし、半世紀以上たった今も、稚幼魚がどのように母川のニオイを記録し、親魚がどのようにそのニオイを想起するのか、また母川固有のニオイはどのような成分であるのかは不明な点が多く残されている。

太平洋サケの稚幼魚が降河回遊する時は、銀化をして海水適応能を獲得するので、銀化に関連する様々な内分泌的变化の研究が行われてきた。その中でも特に脳-下垂体-甲状腺（BTT）系ホルモンが銀化に重要な役割を演じることが報告されてきたが、母川記録に関する研究は行われてこなかった。そこで、千歳ふ化場から千歳川と石狩川を経て石狩湾に降河回遊するシロザケ稚魚をサンプリングしてBPT系ホルモンの動態を解析した。ふ化場から放流直後に脳内の甲状腺刺激ホルモン放出ホルモン（TRH）遺伝子発現量が増加し、降河回遊中に脳下垂体の甲状腺刺激ホルモン（TSH） β サブユニット遺伝子発現量、および体内の甲状腺ホルモン（T3・T4）含有量が増加した。哺乳類では、記憶に関連する因子として海馬に存在するNMDA型グルタミン酸受容体（NMDA受容体）が重要な役割を演じていることが報告されている。NMDA受容体の必須サブユニットであるNR1遺伝子発現量は、シロザケ稚魚の降河回遊に伴い、TRH遺伝子発現量が増加した後に増加した。シロザケ稚魚は、ふ化場から河川に放流される環境の変化が刺激になり、TRHが活性化され、母川のニオイを記録する可能性が示唆された。

太平洋サケの親魚が産卵回遊して母川回帰する時は、生殖腺の成熟と密接な関係があるため、性成熟に関連する種々の内分泌学的変化の研究が行われてきた。その中でも特に脳-下垂体-生殖腺（BPG）系ホルモンが重要な役割を演じることが報告されてきたが、母川想起に関する研究は少なかった。そこで、ベーリング海から千歳ふ化場に回帰するシロザケ親魚をサンプリングしてBPG系ホルモンの動態を解析した。脳のサケ型生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン（sGnRH）前駆体遺伝子発現量は、脳部位ごとに発現のピークが異なるが増加する傾向を示し、また雄の終脳と視床下部においてベーリング海で高い発現量を示す傾向が認められた。脳下垂体から分泌される生殖腺刺激ホルモン（LH）量および血中ステロイドホルモン（E2・T・11KT・DHP）量は、多少の雌雄差は認められるが産卵回遊および遡河回遊に伴い増減した。NR1遺伝子発現量は、雌雄とも遡河回遊に伴い増加したが、雄の終脳においてベーリング海でも高値を示した。石狩湾において捕獲した海水中のシロザケ親魚にGnRHアナログ（GnRHa）を投与したところ、NR1遺伝子発現量が雄の嗅球で増加した。さらに、石狩川水系河川水に対する嗅覚応答（EOG）を測定したところ、GnRHa投与した雄親魚の石狩川水と千歳川水に対するEOGが上昇した。ベーリング海からふ化場に回帰するシロザケは、ベーリング海においてsGnRHが活性化して産卵回遊を開始し、遡河回遊にもsGnRHが主導的役割を果たして母川想起する可能性が示唆された。

母川固有のニオイに関しては、4種の太平洋サケ（サクラマス・ベニザケ・シロザケ・カラフトマス）を用いたY字水路における人工河川水の選択行動実験および種々の河川水に対するEOG実験により、各河川で組成が異なり、季節および年により変化しない溶存遊離アミノ酸（DFAA）組成が重要であることを確認している。また、河床の付着微生物の集合体であるバイオフィームが放出するDFAA組成が、河川水中のDFAA組成と同じであることから、DFAAの起源の一つはバイオフィームであると考えている。科学技術振興機構（JST）の復興促進プログラムにより実施した「東北地方の高回帰性サケ創出プロジェクト」において、岩手県の下安家ふ化場からNR1遺伝子発現量を増加させる効果がある ω 3含有餌料をサクラマススモルト1,500尾に給餌し、PITタグ標識して放流したところ、1年後の夏～秋に5尾が回帰した（回帰率0.333%）。安家川におけるサクラマス親魚の回帰率は過去最高で0.118%であるので、約3倍の効果が認められた。今後、母川記録機能を向上させて、我国の太平洋サケ資源を安定的に回帰させる人工ふ化放流技術に応用されることが期待される。