



# @ High School

浜松日体高等学校

宮田季和, 藤島 陸, 林本章央, 石原和起, 高橋 徹, 村松拓実,  
鈴木那加, 加藤寛明, 堀川勝行, 坂本 聡 (顧問: 河合克仁)

## 魚類の生活環境の違いによるレチナールの多様性

本研究は、日本農芸化学会2013年度大会（開催地：東北大学）での「ジュニア農芸化学会」において発表された。動物は、網膜の視細胞中に存在するロドプシンと呼ばれるタンパク質で光を受容するが、このロドプシンは、レチナールと呼ばれる発色団と、オプシンと呼ばれるタンパク質で構成されている。一部の魚類では、生息する光環境に応じて、異なる2種類のレチナールを用いていることが知られているが、その詳細は不明な点が多い。発表者は、汽水湖に注ぐ河川の河口付近の魚類に含まれるレチナールを分析し、その種類と生活環境の関係について調べており、得られた結果は魚類の進化の過程を推定するうえで非常に興味深いものとなっている。



### 本研究の目的、方法および結果<sup>\*1</sup>

**【目的】** 海水魚は短波長吸収型のレチナール (A1) を、淡水魚や何種類かの汽水性の魚類では主に長波長吸収型のレチナール (3,4-ジデヒドロレチナール, A2) を利用していることが知られている (図1)。また回遊性魚類は、A1, A2の両方を生息環境に合わせて使い分けるとされている。発表者は、淡水性魚類が進化の過程で海中に比べて長波長側の光を情報として積極的に利用するためにレチナールをA1からA2に変化させたと考えた。この仮説をもとに汽水域に注ぐ河川の河口付近に生息する魚類のレチナールを調べ、レチナールの種類と生活環境の関係を明らかにすることで、魚類の進化の過程を推測した。

### 【実験方法】

1. 魚の採集 調査に用いた19種類の魚類は、都田川の

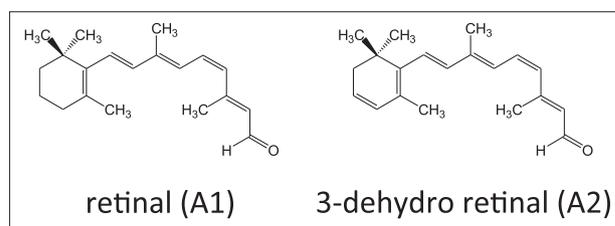


図1 ■レチナールA1とA2の構造

A1+オプシンの光吸収極大は約500 nmなのに比べて、A2+オプシンの光吸収極大は約522 nmであり、A2はA1に比べて長波長の光を受容しやすい。

河口から約4 km上流で採集した。当該地点は汽水域である浜名湖から離れており、直接海水の影響は受けないが、淡水性の水生生物に混じって浜名湖と外洋の遠州灘とを行き来する回遊性の魚類も数多く採集された。

2. 分析試料の調製 暗室下で調査対象の魚を氷上に置き、低温麻酔を十分に施した状態で眼球を取り出し、ガラスホモジナイザーに入れた。ホモジナイザーにリン酸緩衝液200  $\mu$ L入れ、ホモジナイズした。さらにヒドロキシルアミン溶液200  $\mu$ Lを加え攪拌した後、 $-20^{\circ}\text{C}$ で保存しておいたメタノールを500  $\mu$ L入れ、再び攪拌し5分静置した。その後、ジクロロメタンを500  $\mu$ L入れて攪拌した。さらにヘキサン1 mL、蒸留水1 mLを入れて攪拌した。パストゥールピペットで全量をふた付き試験管に移した後、遠心分離機で $4^{\circ}\text{C}$ 、3,000 rpmで5分間遠心分離した。上清をVバイアルに移したのち、 $\text{N}_2$ ガスを用いて、有機溶媒を溜去し、HPLC分析試料とした。

3. HPLC分析 上記試料をHPLCにより検出波長360 nmで分析した。A1, A2の溶出時間を決定するために、市販のA1 all-trans, A2 all-transを標準試薬として

<sup>\*1</sup> 講演要旨集とポスターを部分的に改変転載。

測定した（本実験では、レチナール抽出時の光条件の違いによるall-trans型と11-cis型の比率変化については考慮していない）。各試料のクロマトグラムと標準試薬を比較して、A1, A2のいずれをもつのかを特定した。

**【結果と考察】** HPLCの分析結果を①生活環境で分類、②生活様式で分類、③回遊の種類で分類、④婚姻色をもつ種、の4つのカテゴリーに着目して示した（表1）。

その結果、海洋性魚類からはA1のみが検出され、淡水性魚類ではオイカワなどからはA1, A2が、シマドジョウからはA2のみが検出された。このことから水深が浅い淡水域に生息する魚類は海洋性の魚類よりも長波長吸収型の発色団（A2）を活用していると見られる。また淡水性魚類において河川流域による発色団の違いは見られなかった。

回遊性魚類は回遊の仕方でも分類できる。本研究で採集した魚類には、アユのように普段は河川で生活し産卵も生まれるのも河川だが、生活環の一部で海に降り再び河川をさかのぼる両側回遊魚類と、ウナギのように普段は河川で生活し、海に降りて産卵、誕生した稚魚が河川をさかのぼる降河回遊魚類が含まれていた。これら回遊魚のレチナールを調べたところ、アユからはA1, A2共に

検出されたがウナギからはA1のみが検出されたことから、回遊性の生物のすべてがA1, A2を共にもっているわけではないことがわかった。なおサケ類のように河川で産卵、生まれるが生活の大部分を海で過ごし、産卵のときに再び河川に戻ってくるような回遊性魚類（遡河回遊魚類）などでは、A1, A2を共にもっていることが知られている。

同じ科の生物では、同じ種類のレチナールをもつことが多かった。このことから近い系統のものは、同じ種類のレチナールをもつと考えられた。婚姻色の現れる種では、淡水性・回遊性にかかわらずA1, A2が共に検出された。婚姻色は主に赤色であり、A2を用いることがオス同士の威嚇やメスの獲得、生殖にも有利である可能性が考えられた。

以上のことから、魚類は水深の浅い淡水域で長波長側のレチナールを用いており、回遊性の魚類の中では婚姻色の現れる種、遊泳する種はA1, A2を共に用いている、また近い系統の種は同じ種類のレチナールをもっていると考えられた。

本研究によって得られた知見をもとに、魚類の中にA1とA2を使い分けるものがあることについて、以下の

表1 ■ 各魚類に含まれるレチナールの種類と生活環境、生活様式、回遊の種類、婚姻色の有無

目	科	種	A1	A2	①生活環境	②生活様式	③回遊の種類	④婚姻色	
ダツ	サンマ	サンマ	+	-	海洋性				
スズキ	タイ	マダイ	+	-	海洋性				
	カマス	カマス	+	-	海洋性				
	カワアナゴ	カワアナゴ	+	+	回遊性	底生	両側回遊		
	ハゼ	ウキゴリ	ウキゴリ	+	-	回遊性	底生	両側回遊	
		ゴクラクハゼ	ゴクラクハゼ	+	-	回遊性	底生	両側回遊	
トウヨシノボリ		トウヨシノボリ	+	-	回遊性	底生	両側回遊		
	チチブ	チチブ	+	-	回遊性	底生	両側回遊		
ウナギ	ウナギ	ウナギ	+	-	回遊性	底生	降河回遊		
サケ	アユ	アユ	+	+	回遊性	遊泳	両側回遊	有	
ボラ	ボラ	ボラ	+	+	回遊性	遊泳	周縁魚		
カサゴ	カジカ	ウツセミカジカ	+	-	回遊性	底生	両側回遊		
ナマズ	アカザ	アカザ	+	+	淡水性	底生			
コイ	コイ	オイカワ	+	+	淡水性	遊泳		有	
		カワムツ	+	+	淡水性	遊泳		有	
		アブラハヤ	+	+	淡水性	遊泳			
		カマツカ	+	+	淡水性	底生			
		ギンブナ	+	+	淡水性	遊泳			
	ドジョウ	シマドジョウ	-	+	淡水性	底生			

“+”は検出を“-”は未検出を示す。

ように考えた。複数のレチナールを有するものが遊泳性の魚類に多く、底生の魚類に少ないことや、回遊性魚類や淡水性魚類に多く海洋性魚類には見られないことは、生活史における光環境の大きな変化への適応の結果であると考えられる。

また泥の中に生息するシマドジョウからA2のみが検出されたのは、一生のうちで光環境の変化が少なく、複数種のレチナールを使い分ける必要がなくなったためではないかと考えられた。

本研究により、レチナールの種類から見た魚類の進化に関して次のような仮説が立てられる(図2)。

A1のみをもつ海洋性の魚類から海洋と河川を行き来する回遊性魚類(降河回遊魚と両側回遊魚)に分かれ、そこから光環境の変化に適応できるようA1, A2を共にもつ淡水にのみ生息する淡水性魚類が分かれた。さらにA1, A2を共にもつ遡河回遊魚類や、A2のみをもつシマドジョウのような淡水底生域に適応した種に分かれた。

## ● 本研究の意義と展望

魚類の生息域は海、湖、あるいは河川と多岐にわたることから、魚は多様な光環境に適応した視覚を進化させてきたと言われている。これまでの研究から魚類は、目の構造や視細胞の視物質を変化させることで、その生息する光環境に適応してきたと考えられている。本研究も、視物質に用いられている発色団の変化による視覚適応に焦点を当てているが、汽水湖に注ぐ河川の下流域と

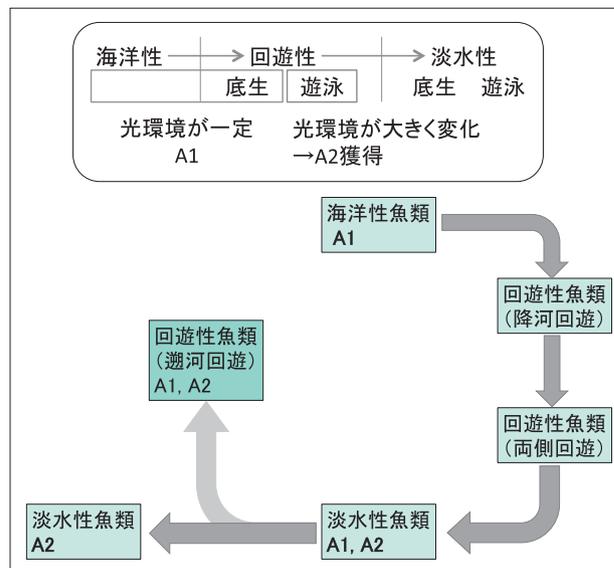


図2 ■ 魚類に含まれるレチナールの変化と進化の予想図

いう複雑な環境に生息する種々の魚類がもつレチナールの違いを調べることで、レチナールの使い分けと魚類の進化を結びつけるなど、学術的に非常に興味深いものとなっている。本発表で発表者が指摘しているように、魚類に含まれているA1とA2の存在比を定量的に示すようにすれば、レチナールの種類と魚類の関係がいっそう見えてくるものと期待される。今後のますますの発展を期待したい。

(文責「化学と生物」編集委員)