

## 宮西 弘（慶應義塾大学 生物学教室）

ヒトも魚も体液の塩分組成はほぼ同じです。しかし、ほぼ塩分のない川（真水）で生きる魚は、不足する塩分を常に補給しなければならず、3%の食塩水というしょっぱい海では、塩分を出さなければ塩漬け状態です。海の魚を60kgのヒトに換算すると、1日に約1kgの食塩を摂取します。1日の食塩摂取量の目安が7～8gのヒトは、海では生きられません。しかし魚は、鰓にある“塩類細胞”を使って、川では塩分を取り込み、海では塩分を排出できます。特に海で生きるために、ヒトにはできないこの特殊な能力が必須です。

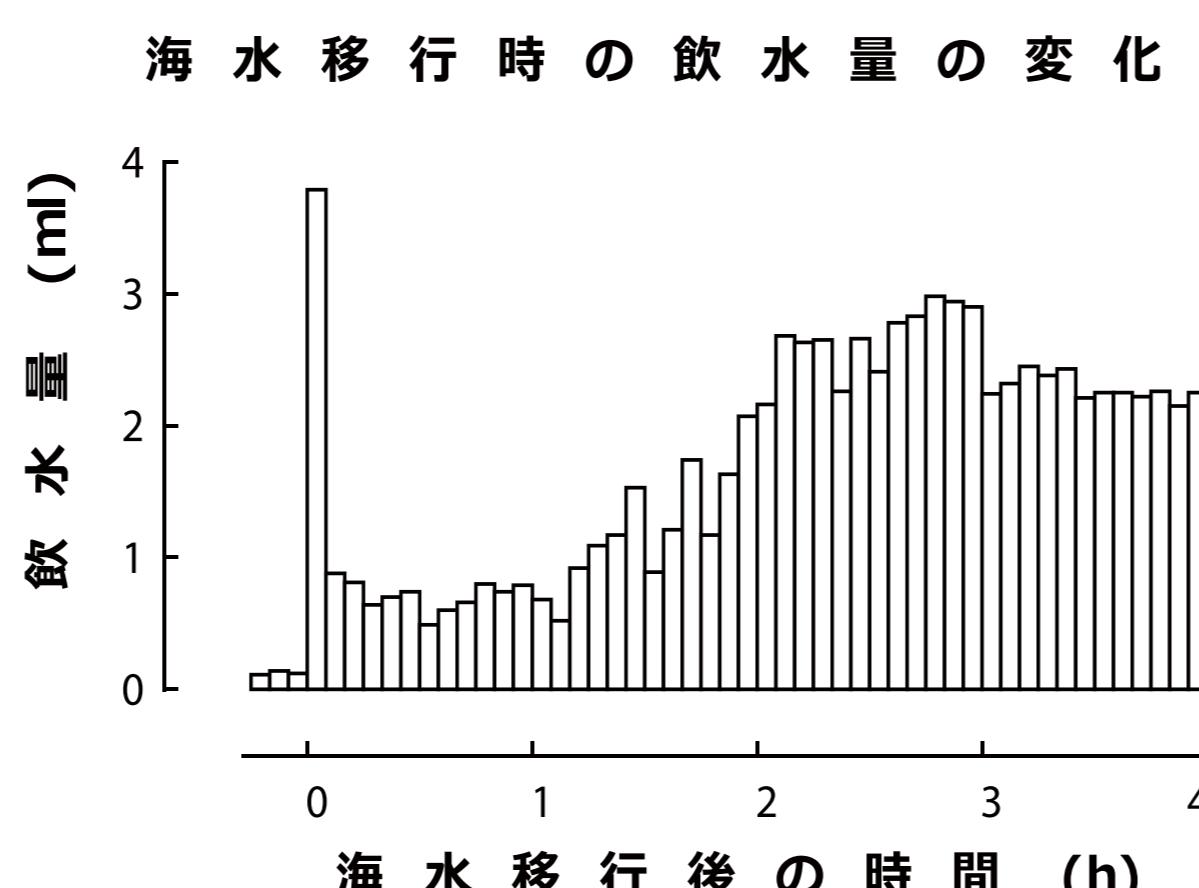
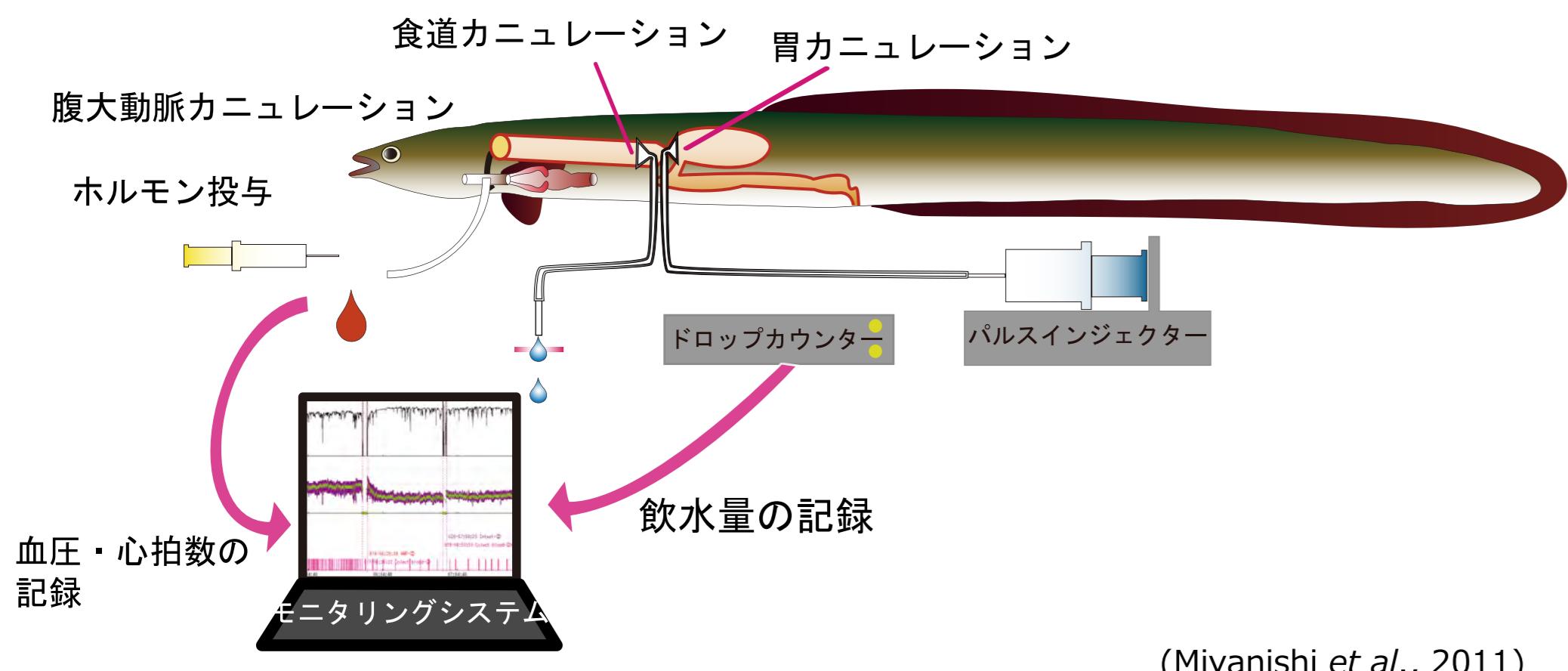
## 川や湖（淡水）で生きられるか、海（海水）で生きられるか？



ヒトは海水だけを飲んで生きられるのでしょうか？いや、生きられません。しかし、海の魚は海水しか飲めません。どうやって、生きているんでしょうか？

## 海水魚は1日にどれほど海水を飲むのか？

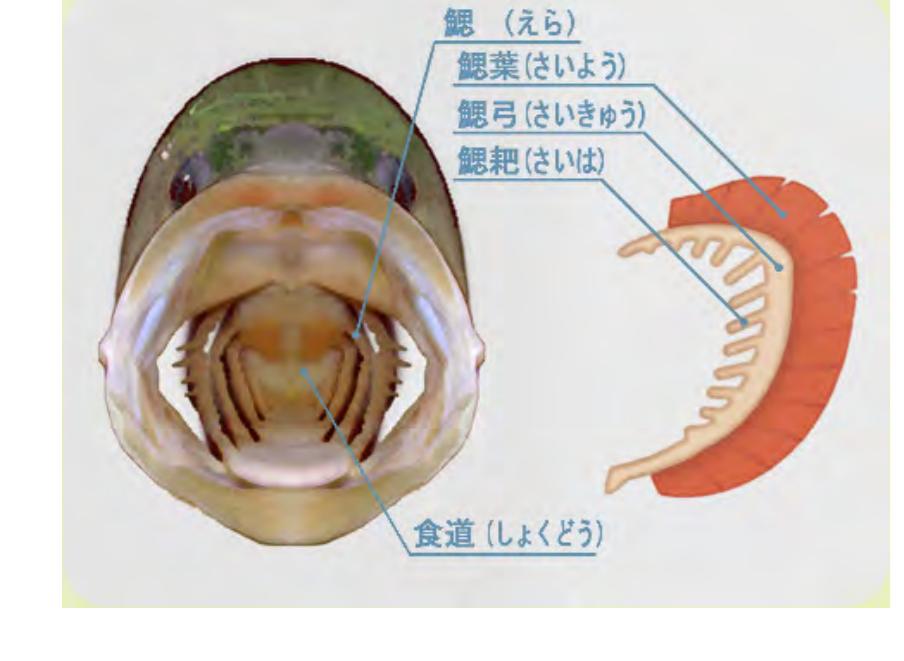
## ウナギの飲水量を調べる方法



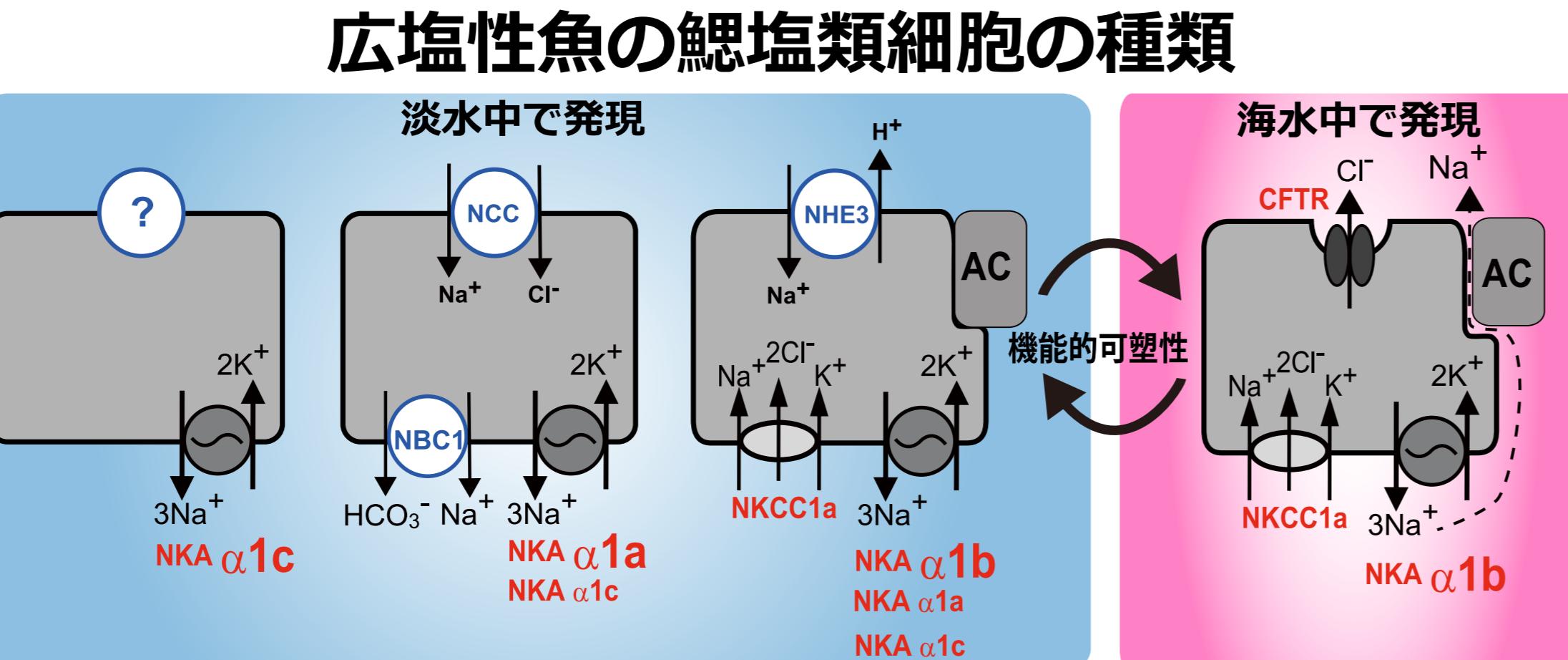
ウナギを用いて、海水の飲水量を調べると、200gのウナギで1日に約30～50mlの海水を飲んでいることが分かりました。これを60kgのヒトに換算すると約10～15Lの海水に当たります。海水は約3.5%の塩分(NaClなど)なので、350g以上の塩分を摂取するとこになります。

## 海水魚は塩分をどのように鰓から排出するのか？

## 鰓の構造

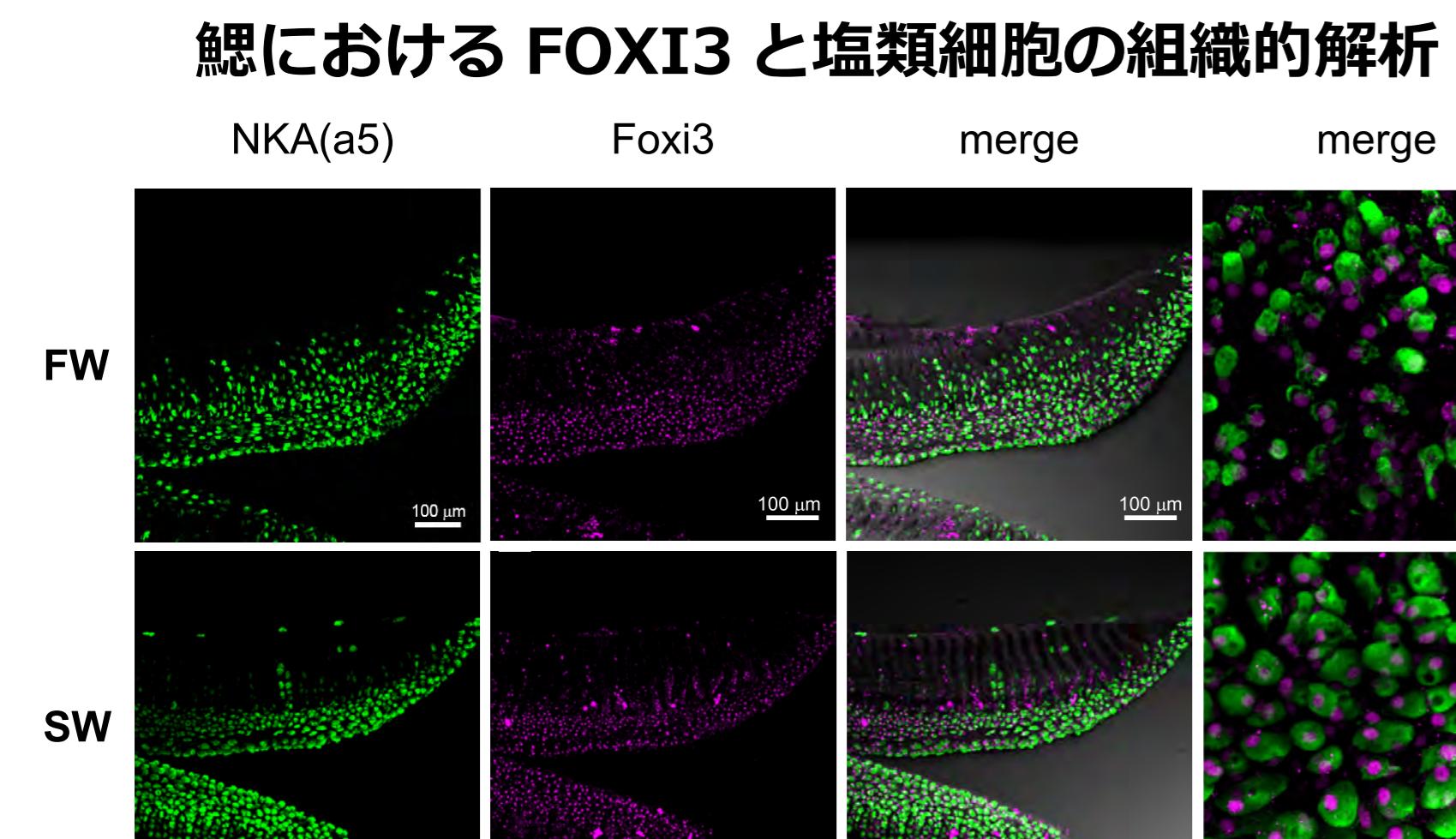


鰓は左右4対あり、呼吸や酸塩基調節、浸透圧調節を行います。歯の役割として使う魚もあります。

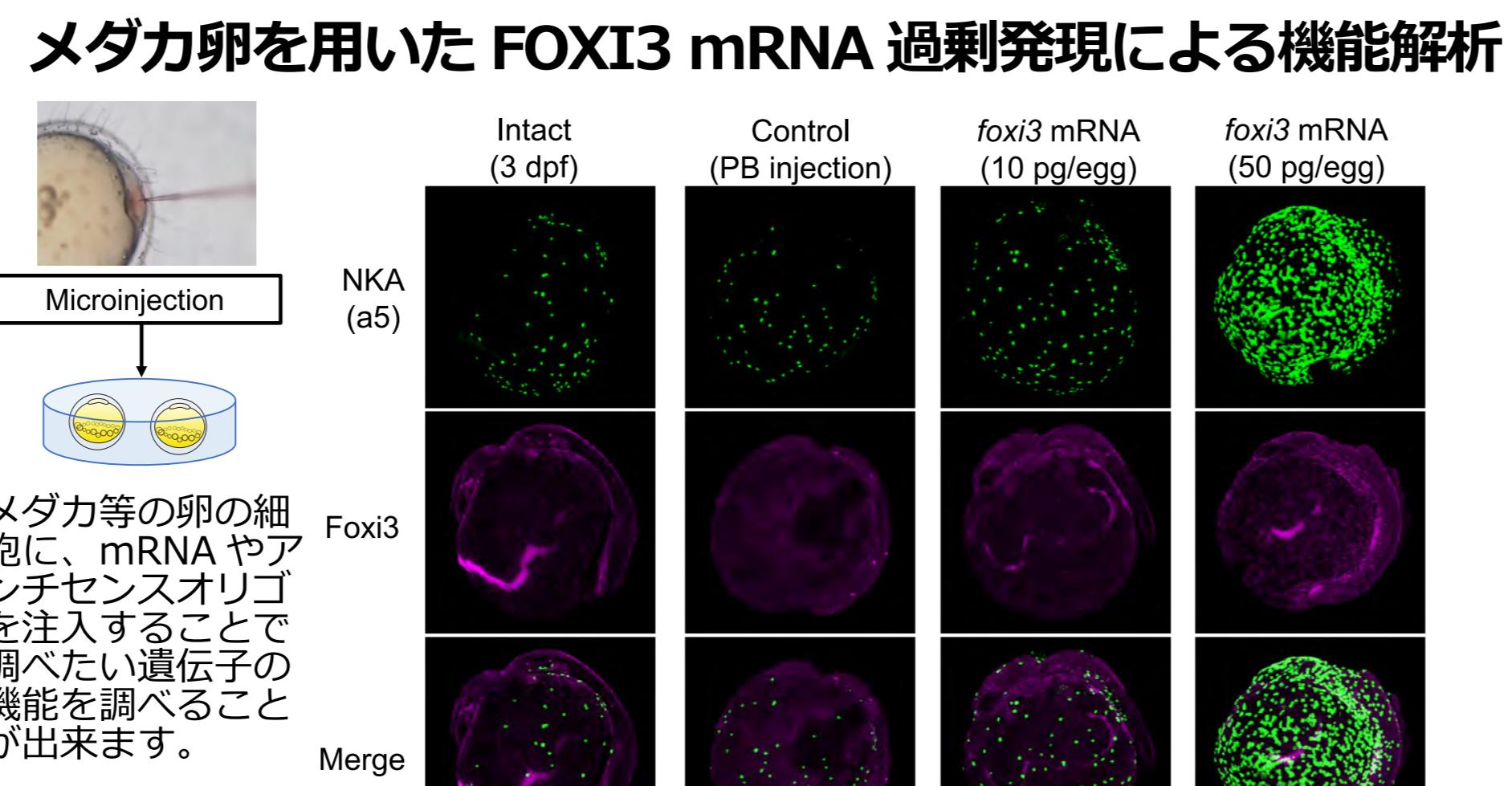


淡水では、主な塩イオンである $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ を $\text{Na}/\text{K}$ -ATPase (NKA)の駆動力により能動的に取り込みます。海水中では、淡水型塩類細胞が海水型に替わる、または新たに作られ、 $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ を排出します。

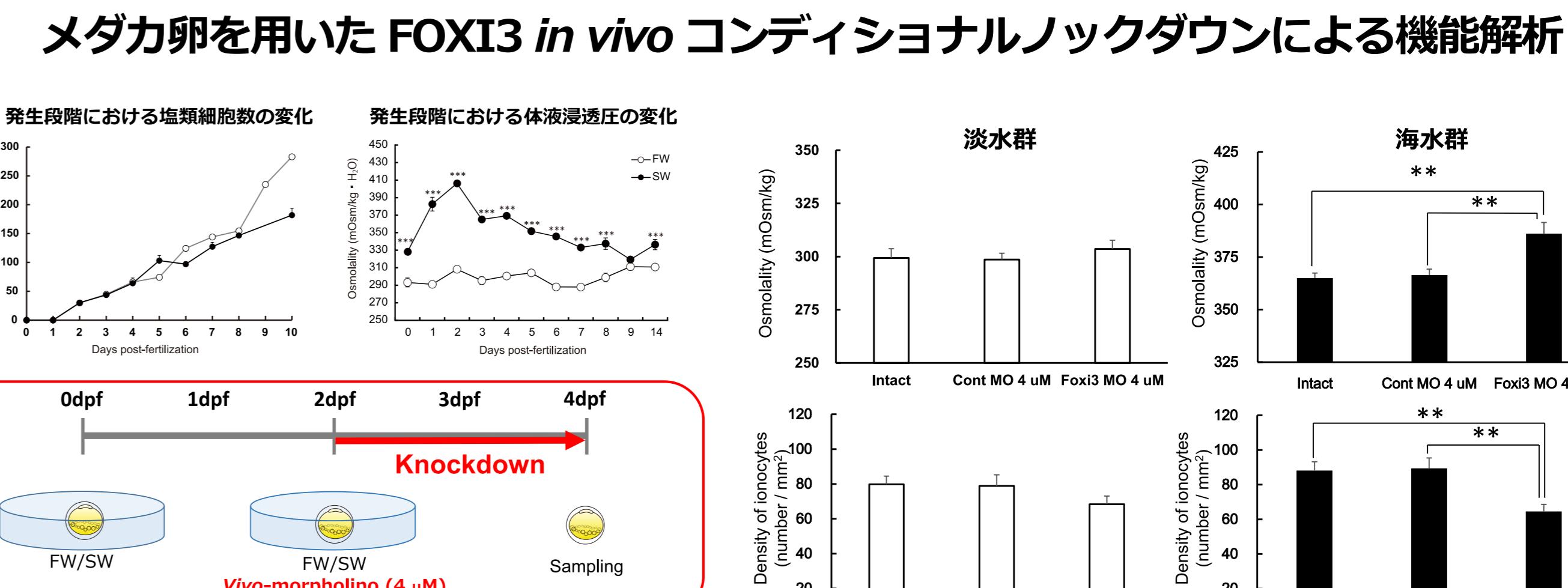
## FOXI3は広塞性魚で全ての塩類細胞に発現する



FOXI3は、淡水と海水で飼育したメダカ鰓の塩類細胞の核に発現していることが分かりました。そして、全ての塩類細胞で発現していることが分かり、淡水型および海水型の全塩類細胞の分化に関わる可能性が高いと考えられます。

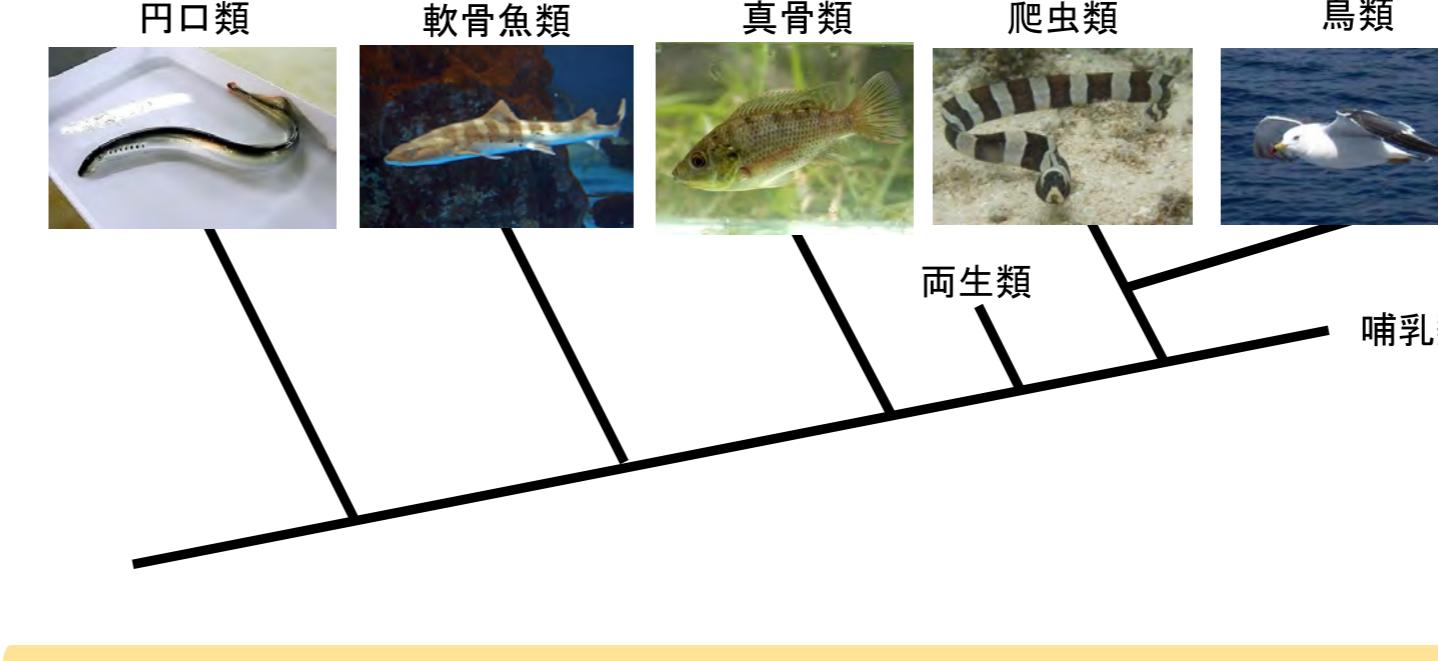


FOXI3のmRNAをメダカ卵に注入し過剝に発現させると、濃度依存的に塩類細胞(緑色)の数が顕著に増加しました。つまり、FOXI3は塩類細胞の分化・増殖に重要な働きをすることが分かります。

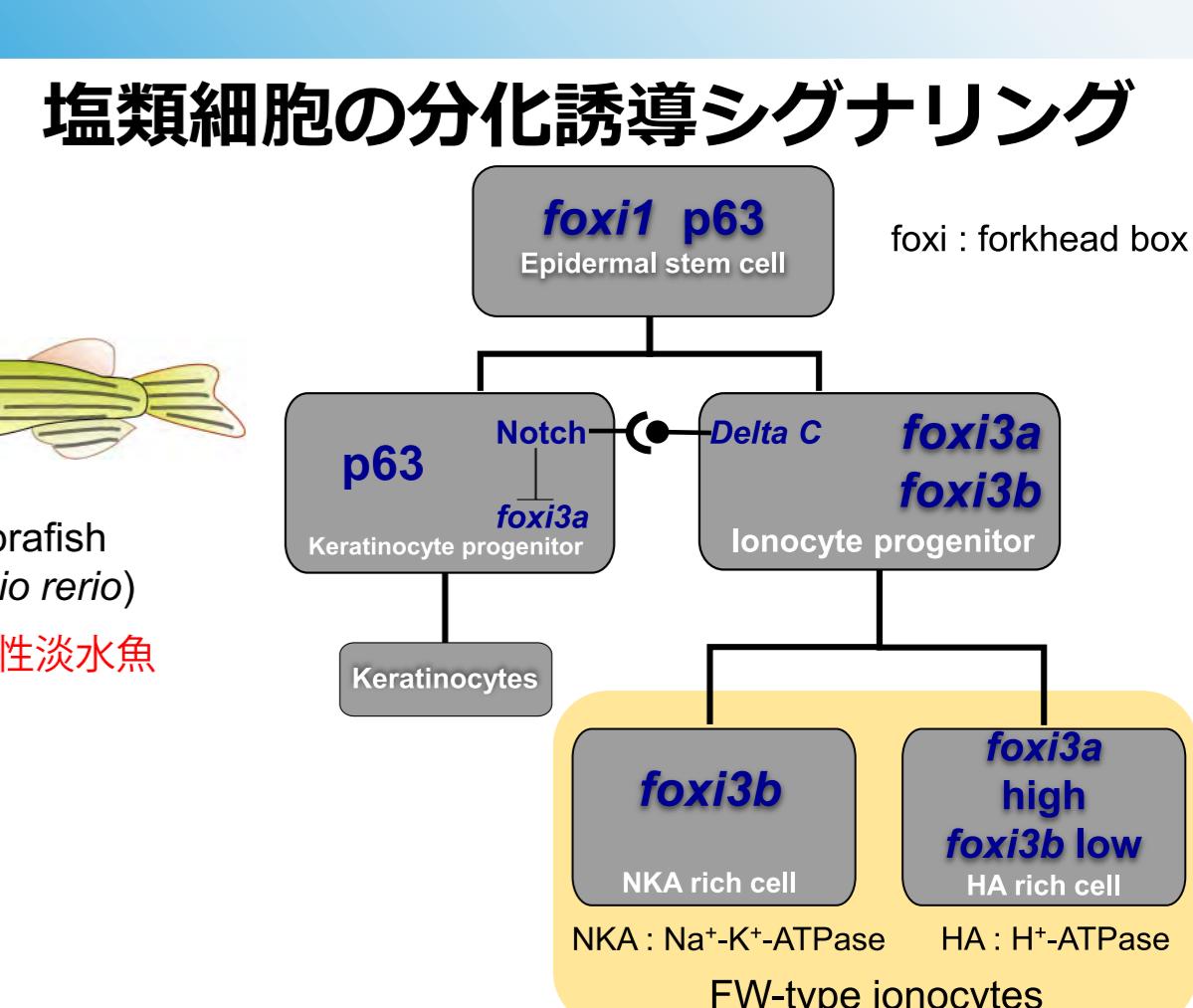


FOXI3を1細胞からノックダウンするとほぼ全ての胚が死亡し、解析が困難でした。そこで、新たなノックダウン方法を確立して、塩類細胞現れる時期からノックダウンを行います。

## 塩類細胞からの塩分排出が海で生きるために必須？



塩類排出を必要とする海水環境に生息(適応)する生物の塩類細胞における細胞レベルの分子モデルは、鰓の塩類細胞をはじめ、 $\text{Na}/\text{Cl}$ 排出組織で共通しています。つまり、海で生きるために塩分を排出する機能を持つことが必須であると考えられます。



塩類細胞の分化誘導機構はゼラフィッシュで研究が行われています。しかし、ゼラフィッシュは淡水魚なので、塩分を排出する海水型塩類細胞の分化誘導機構は全く分かっていません。

## まとめ

魚には、川でしか生きられない魚、海でしか生きられない魚、その両方で生きられる魚が存在します。塩分の異なる環境で生きるために、体内の恒常性(ホメオスタシス)を維持しなければなりません。その中で、浸透圧調節は重要であり、特に鰓に存在する塩類細胞が行う、塩分調節は様々な塩分環境で生きるために鍵となります。この塩類細胞がどのような分子機構によって分化するかがわかれれば、川や海で魚などの生物がどうして生きてこれたのか、そして生物が進化の過程の中で、どのように環境に適応し、種分化が起きてきたのかというの答えを知ることができます。さらに、塩類細胞がイオン調節をする際に多くのエネルギー(ATP)を消費します。魚を健康に育てながら、イオン調節のエネルギーを下げれば、魚の成長にエネルギーを転化でき、より健康で大きく魚を育てるという増養殖に向けた重要な基礎研究になります。塩類細胞は体内の酸塩基調節にも重要であるため、今後問題と言われている海洋酸性化に向けた対応を図る上で役立つ研究となることも期待できます。

## 今後の展望

