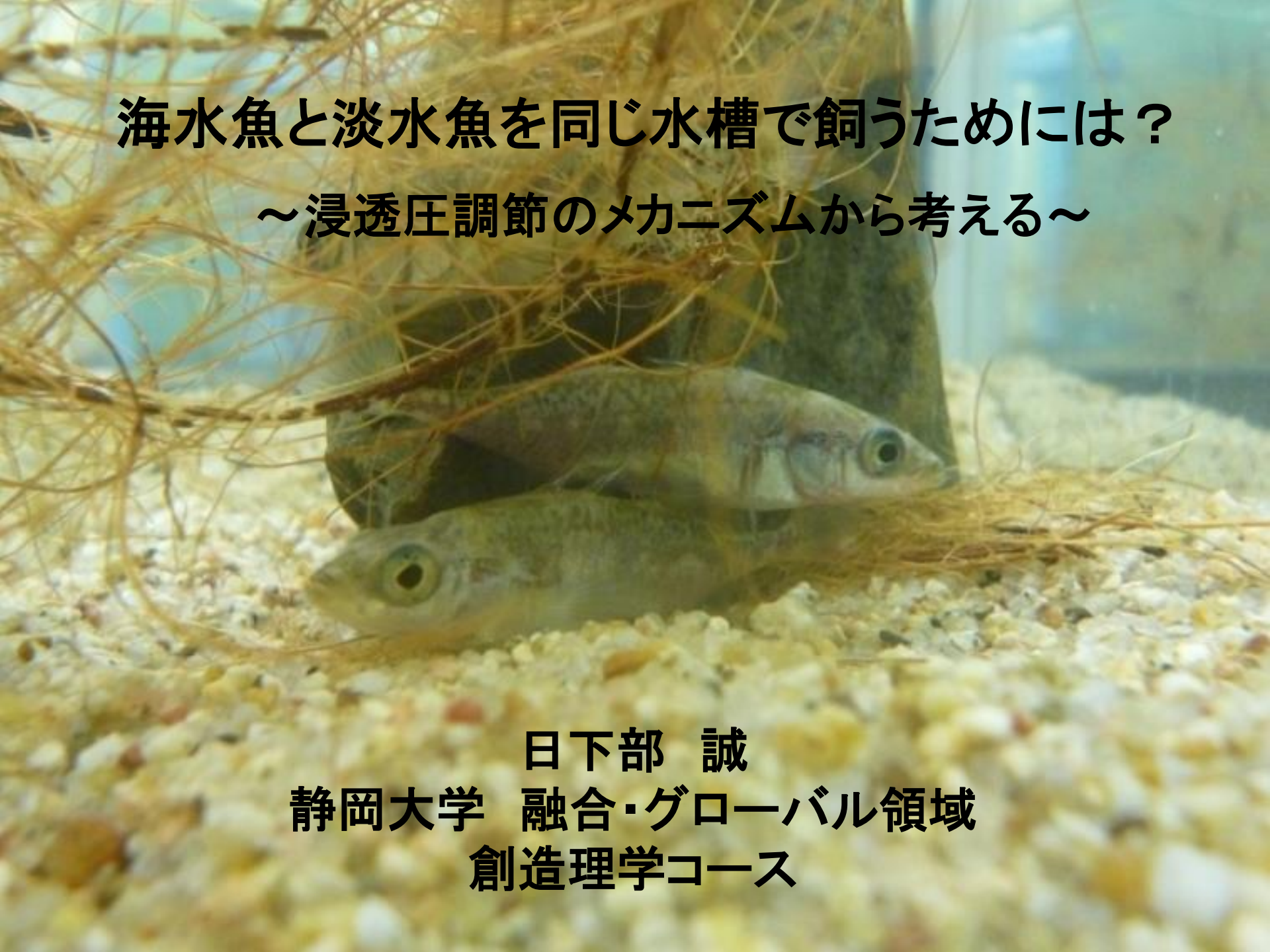


A photograph of two small, silver fish with large eyes swimming in an aquarium. The fish are positioned horizontally, one slightly above the other. They are surrounded by a dense mass of dry, brown seaweed or artificial plants on the left and top. The bottom of the tank is covered with light-colored, coarse-grained gravel. The background is a blurred view of the aquarium's interior.

**海水魚と淡水魚を同じ水槽で飼うためには？**

**～浸透圧調節のメカニズムから考える～**

**日下部 誠**

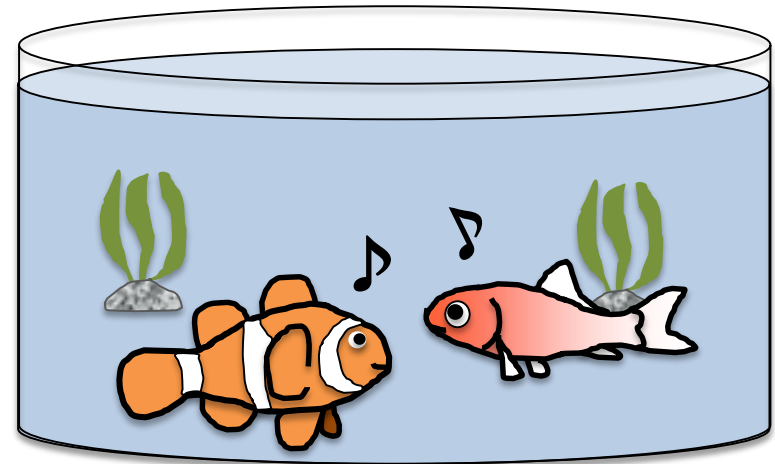
**静岡大学 融合・グローバル領域**

**創造理学コース**

# 今日の話

## ～魚の浸透圧の調節～

- 金魚とクマノミを一緒に飼うことが出来る？
- 浸透圧調節とは？
  - 形態の変化
  - ホルモンによるコントロール
  - **イオンの輸送**



# 浸透圧調節

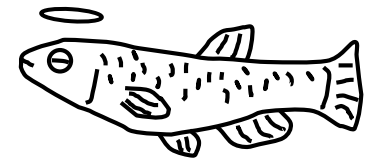
浸透圧調節とは、動物が体液の浸透圧を一定に保つように調節することである。浸透圧調節により、生体内の水とイオンのバランスが維持される。

# なぜ浸透圧を調節するのか？

体液の浸透圧やイオン濃度が限界を超えると？

- 細胞の形態や構造が変化する
- イオン輸送や細胞の透過性が壊れる
- タンパク質が壊れる
- 細胞が壊れる

⇒ 生物が生きることが出来なくなる



# 浸透圧から見た適応戦略

## 1. イオン、浸透圧順応型

血漿イオン濃度が海水とほぼ同じ  
円口類



ヌタウナギ

## 2. イオン調節型、浸透圧順応型

血漿イオン濃度は海水より低い  
尿素を蓄え浸透圧は海水とほぼ同じ  
軟骨魚類、シーラカンス



サメ

## 3. イオン、浸透圧調節型

血漿イオン濃度と浸透圧が海水の約3分の1  
真骨類、爬虫類、鳥類、哺乳類

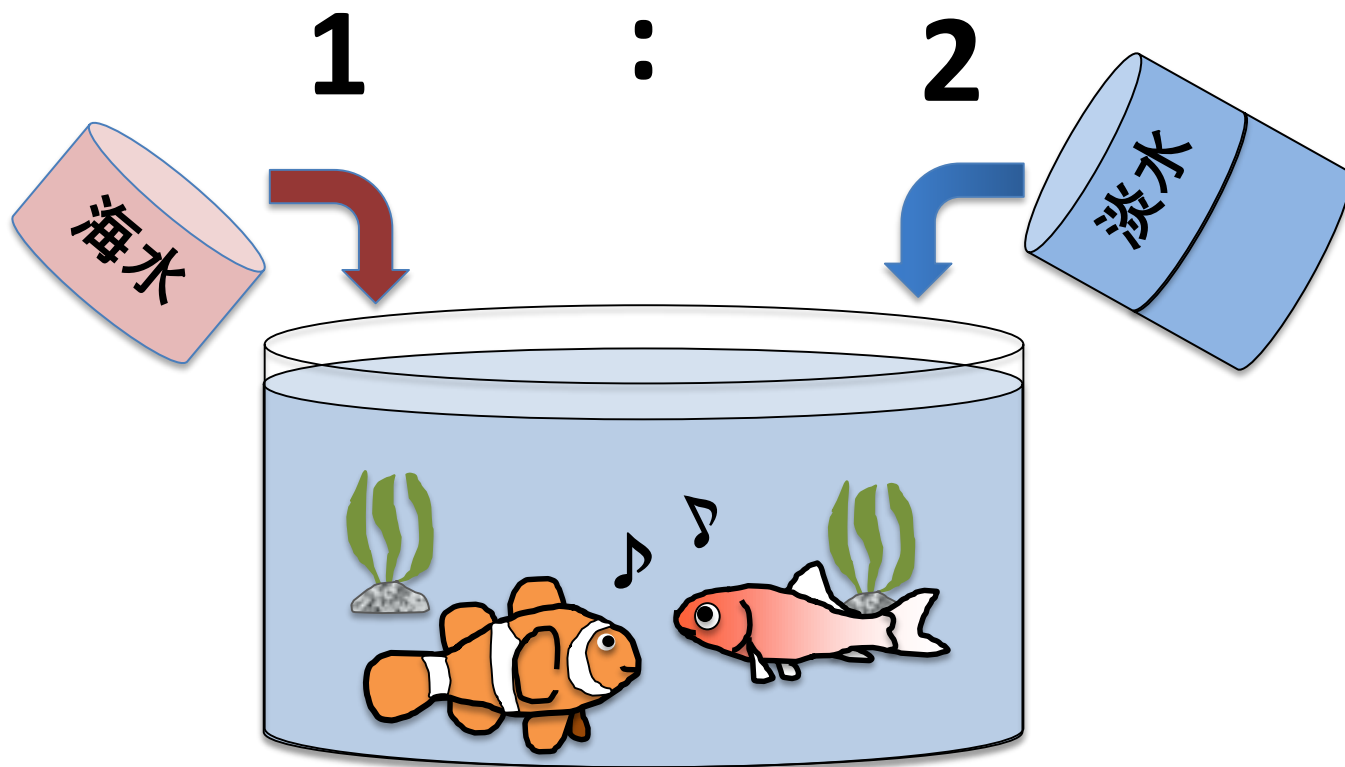


ウナギ

# 海水魚の血漿イオン濃度

| 動物    |                                                                                     | Na     | Cl  | K   | Ca | Mg | SO <sub>4</sub> | Urea     | 浸透圧  |     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----|-----|----|----|-----------------|----------|------|-----|
|       |                                                                                     | (mmol) |     |     |    |    |                 | (mOsmol) |      |     |
| 海水    |                                                                                     | 450    | 524 | 9   | 10 | 53 | 27              | 0        | 1029 |     |
| ヌタウナギ |    | 485    | 508 | 10  | 6  | 26 | 18              | 3        | 1034 |     |
| ドチザメ  |    | 247    | 221 | 8   | 3  | 5  | 2               | 342      | 1030 |     |
| ウナギ   |  | 海水     | 175 | 155 | 3  | 2  | 3               | 1        | 3    | 377 |
|       |                                                                                     | 淡水     | 150 | 105 | 3  | 2  | 2               | 0        | 2    | 328 |

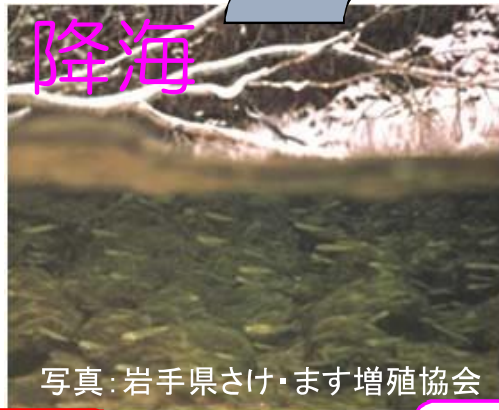
金魚とクマノミを一緒に飼うことができる？



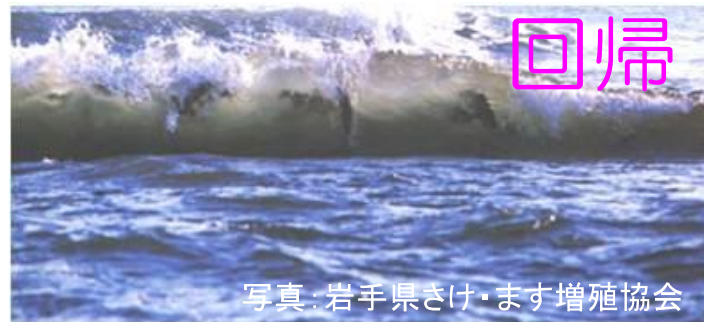
$\doteq 330 \text{ mOsmol}$



降海



回帰



飼育・放流

ふ化



サケの一生

産卵



採卵・受精・卵管理



# 日本のサケ科魚類

サケ科 Salmonidae

イトウ属 Hucho



イトウ

イワナ属 Salvelinus



イワナ・アメマス



オショロコマ



カワマス

サルモ属 Salmo



ブラウントラウト

サケ属 Oncorhynchus



シロザケ



ベニザケ



ギンザケ



ニジマス



マスノスケ



ヤマメ・サクラマス



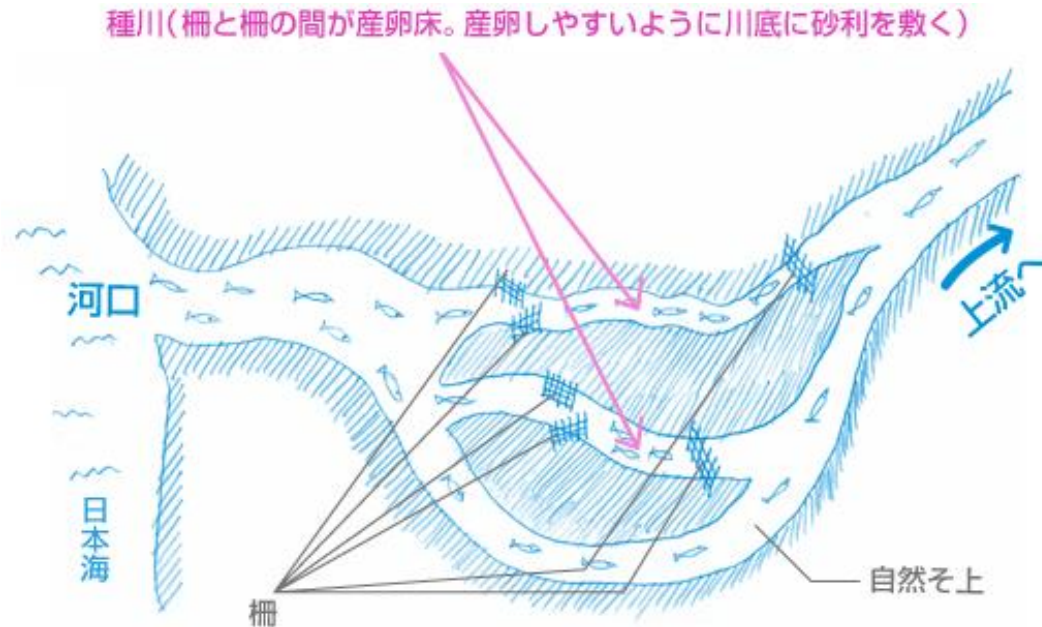
カラフトマス

# サケ養殖の歴史

## アイスランドのサケ養殖

サケの養殖は、1900年頃に始まった。アトランティックサーモンの卵を受精・孵化させて、稚魚を川に放流した。

## 新潟県三面川の「種川(たねがわ)の制」



江戸時代、村上藩(現在の新潟県村上市)の三面川(みおもてがわ)において、サケが子を産卵する川の瀬に、適所を選んで柵(さく)を作り、サケを囲い込み、産卵させ、春3月になってサケの子が川を下る季節に川漁を一切禁じた。

# サケの一生

沿岸に来遊したサケ



サケは北の海を回遊

3～5年後に生まれた川（母川）に回帰

1g前後で放流→3～4kgで回帰

3000倍以上に成長

母川を遡上するサケ



サケは母川のにおいを頼りに母川遡上

銀色の体（銀毛）は、川にのぼると黒くなり、  
ブナの木のような模様（ブナ毛）ができる

写真：岩手県さけ・ます増殖協会

# サケの一生

## 遡上するサケ



産卵場は湧水のある所

写真：岩手県さけ・ます増殖協会

## 産卵するサケ



メス1尾あたり約3000粒産卵

産卵したサケは、やがて力尽きる

写真：岩手日報社



# サケの一生

## サケの誕生



卵は川底の砂利の間で発生が進む

毎日の平均水温を足した値（積算水温）が  
480℃になるとふ化（8℃の水温だと約  
2ヶ月後）

ふ化したサケ仔魚は、卵黄のうの養分で成長



写真：岩手県さけ・ます増殖協会

# サケの一生

海への旅立ちの準備



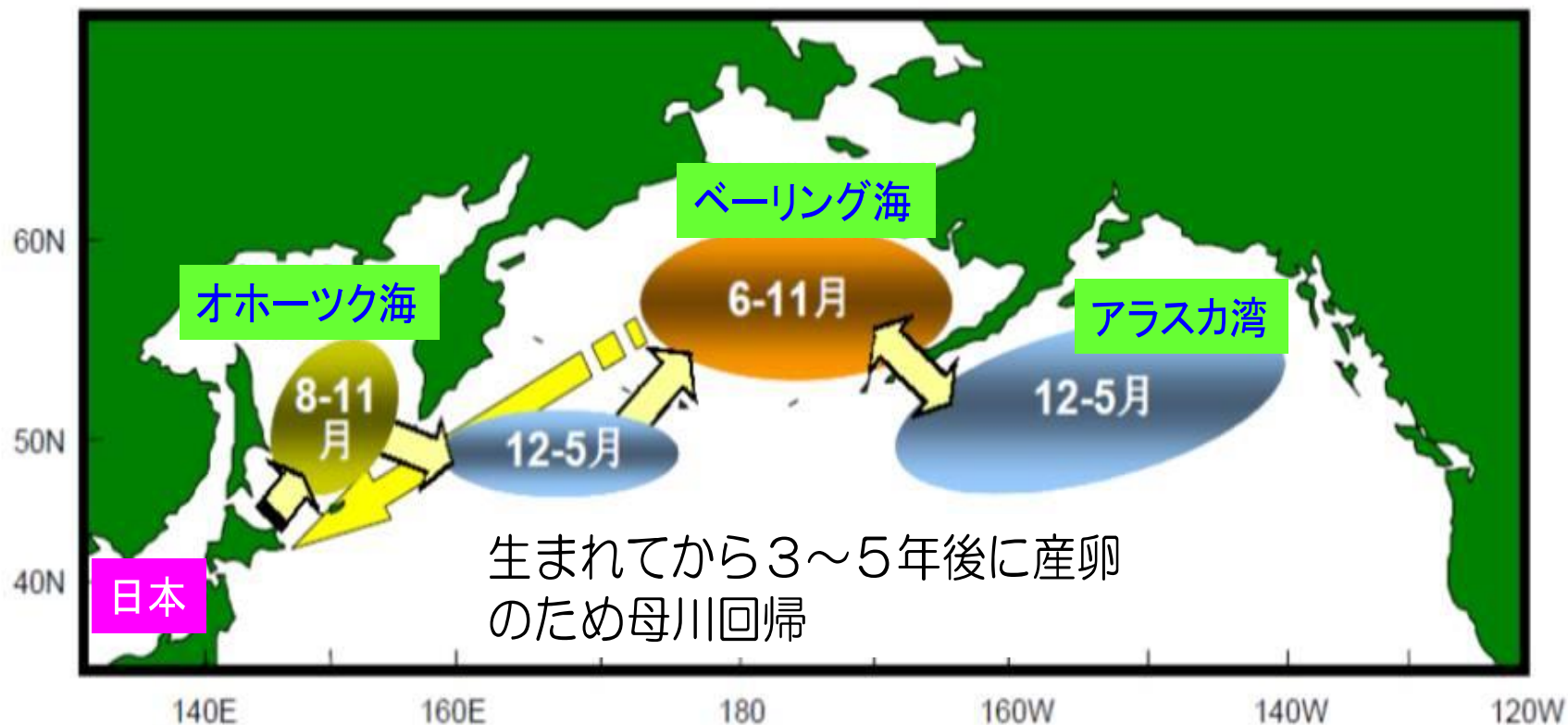
砂利から出た稚魚は川の昆虫などを食べて成長（約2ヶ月）

成長した稚魚は春の3～5月にかけて海にくだる

海にくだった稚魚は湾内でプランクトンを食べさらに成長

体長8～10cmになる5月下旬から6月上旬頃に北の海へと旅立つ（岩手）

# 放流後は人の手の届かないところへ



さけ・ます資源管理センターニュース（浦和 2000）より



# 遺伝的系群識別法

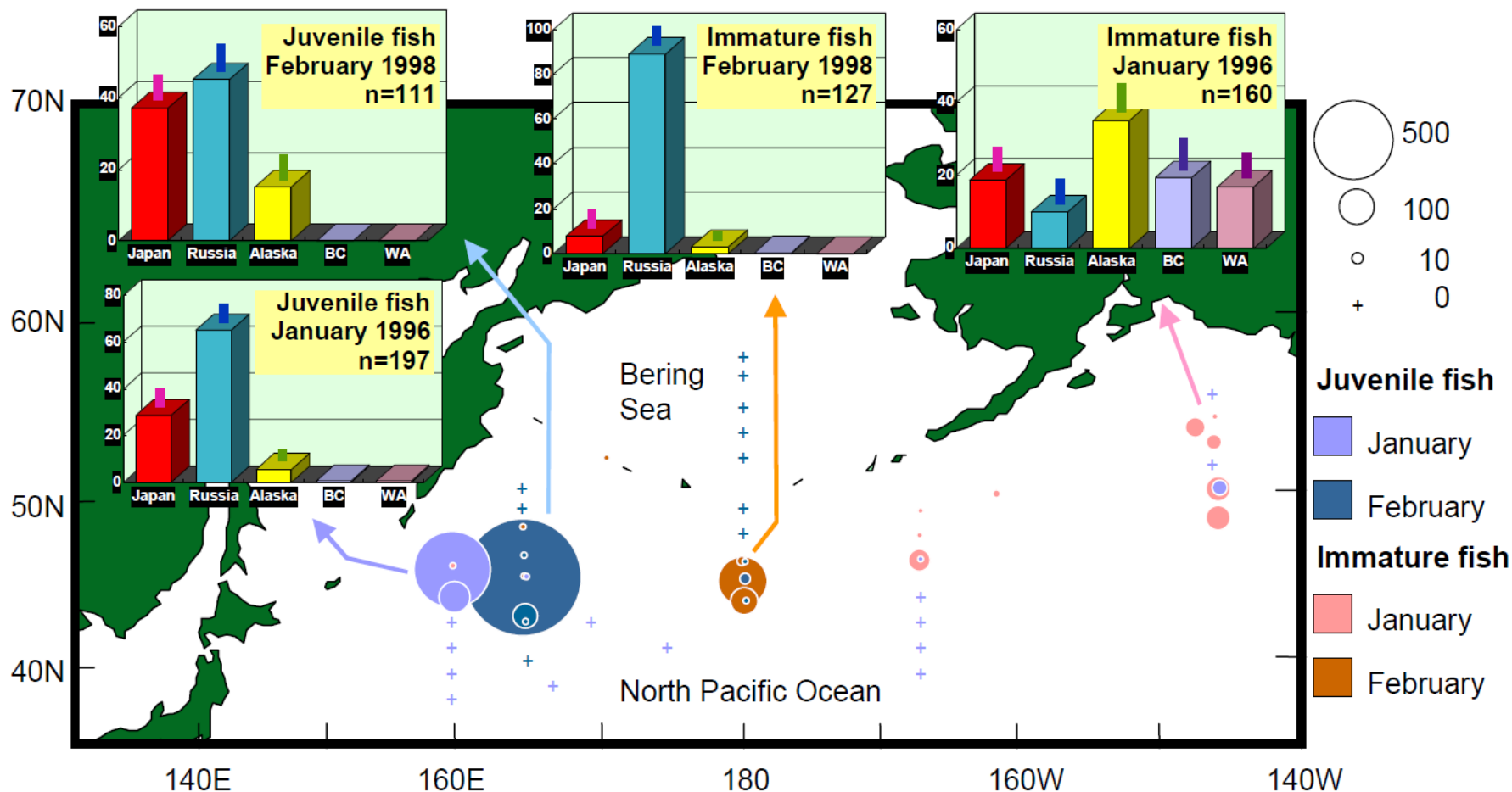
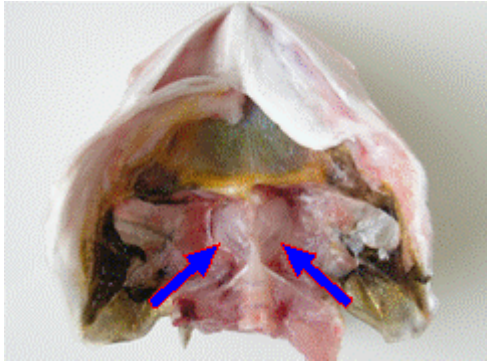


図3. 1996年1月と1998年2月における越冬期サケの分布密度 (開洋丸によるトロール網1時間曳での漁獲尾数, Ueno et al. 1999) と遺伝的系群識別により推定された系群組成 (Urawa and Ueno 1997, 1999). 縦棒は推定値の標準偏差.

遺伝子の配列情報を系群識別のツールとして使う

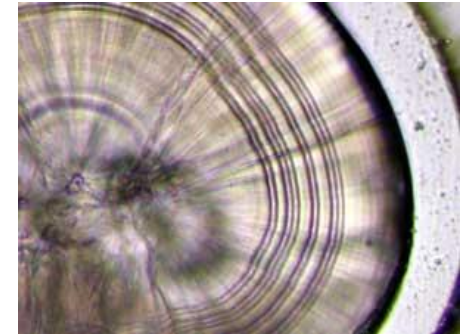
# 耳石温度標識の技術



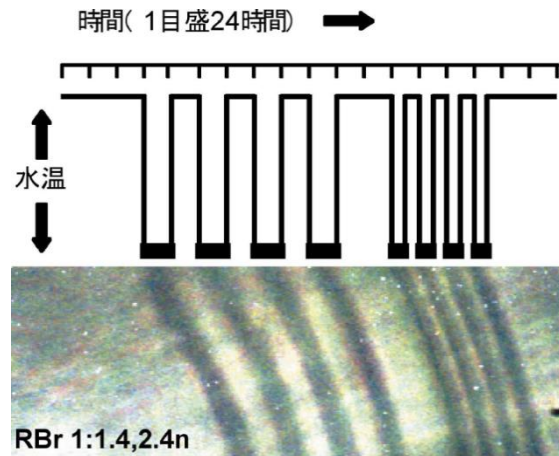
イシモチの頭ですが。。。



耳石とは、魚の頭の内耳にある炭酸カルシウムの結晶



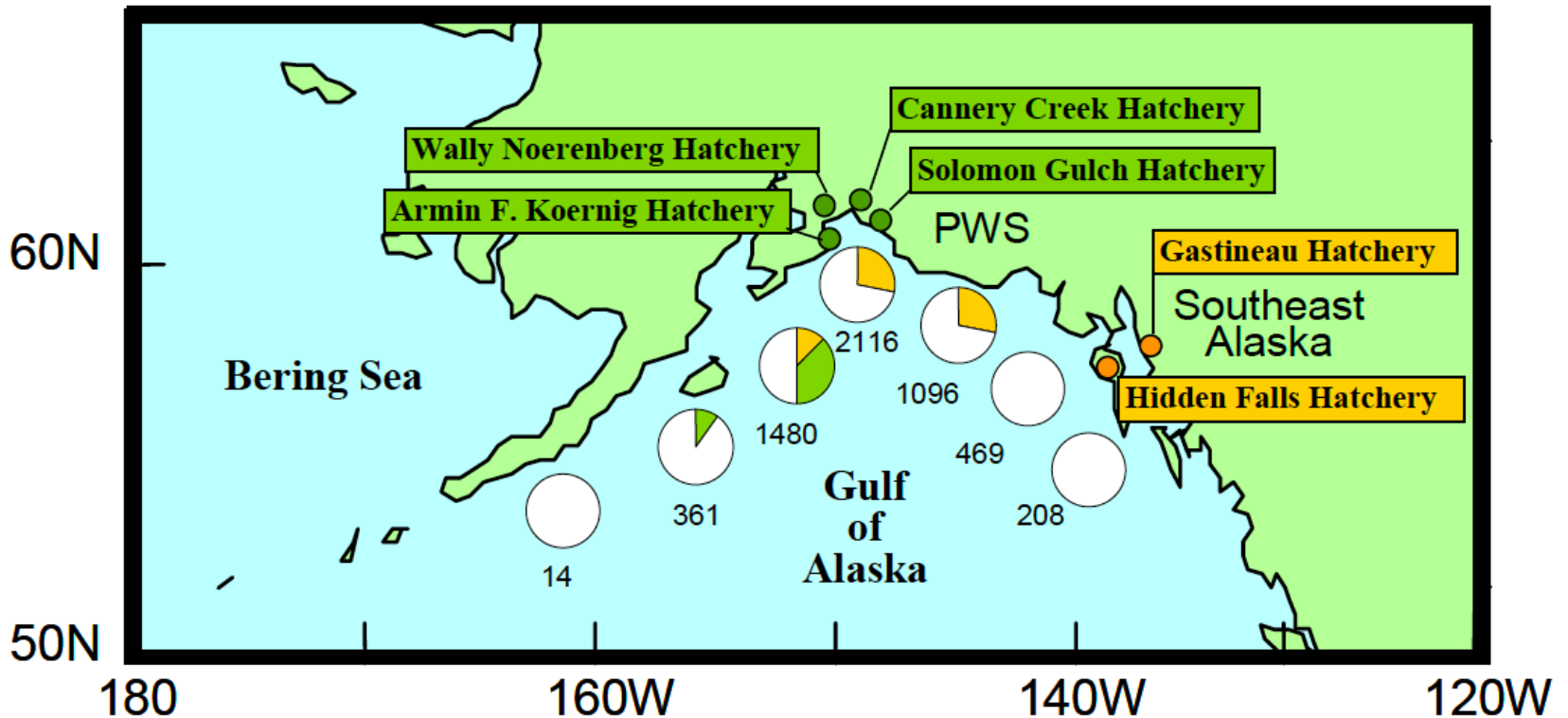
水温などの環境が急に変化すると、耳石に濃い輪紋が形成される。



水温を人為的に変化させることで、一度に50万の卵に標識を付けることが出来る。放流場所毎に違うパターンの標識を付けている。

**バーコードと同じ！**

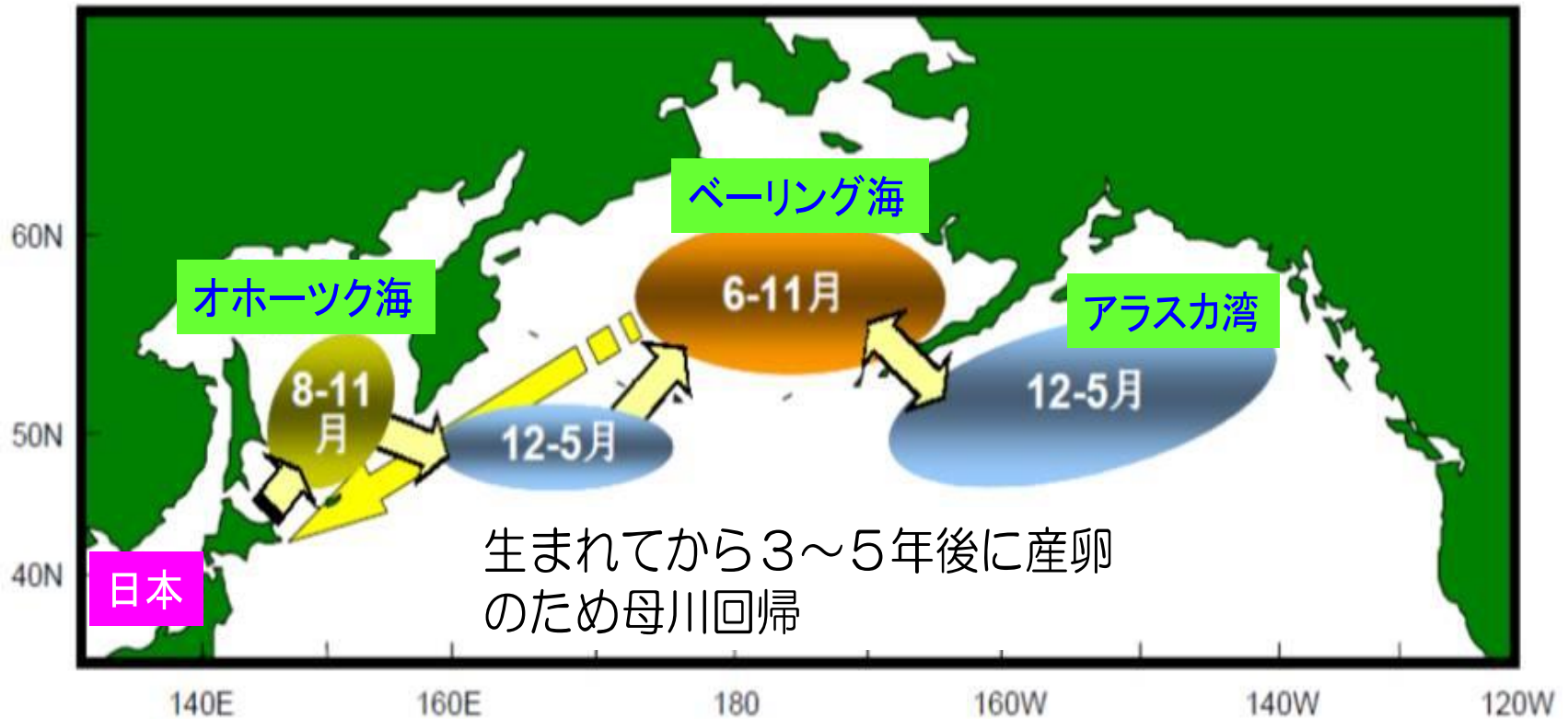
# 耳石温度標識の技術



浦和 (2001)「さけ・ます類の耳石標識」より

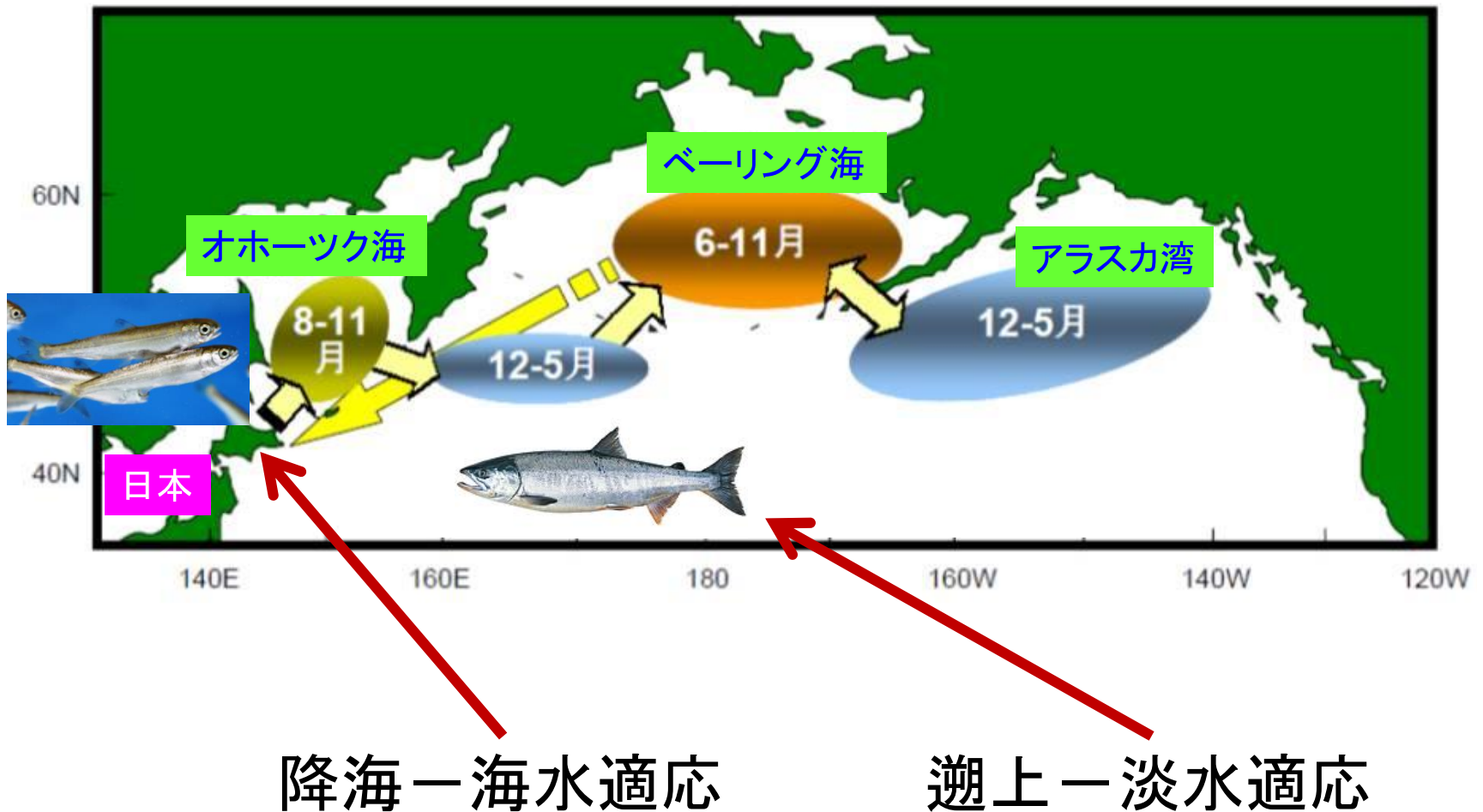
国際資源調査において、オホーツク海、ベーリング海及びアラスカ湾周辺海域で採捕したサケ未成魚(1～3歳魚程度)の中に耳石温度標識魚が確認されている。日本で生まれたサケの北太平洋における分布状況を把握する上で大変重要な情報。

# サケの回遊と浸透圧調節



さけ・ます資源管理センターニュース（浦和 2000）より

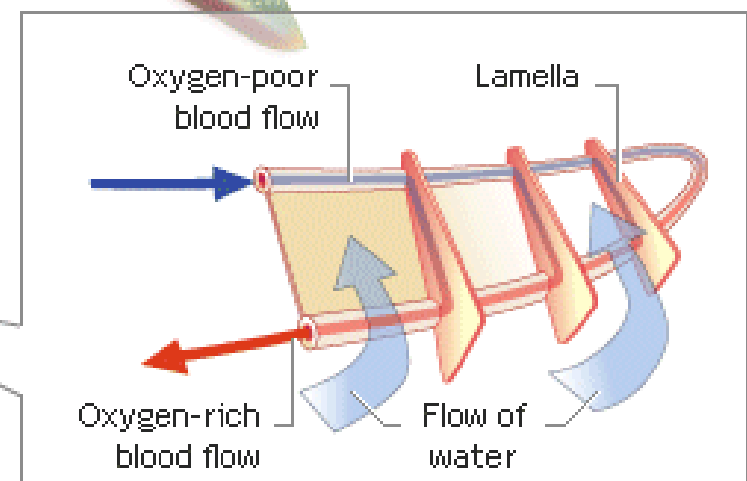
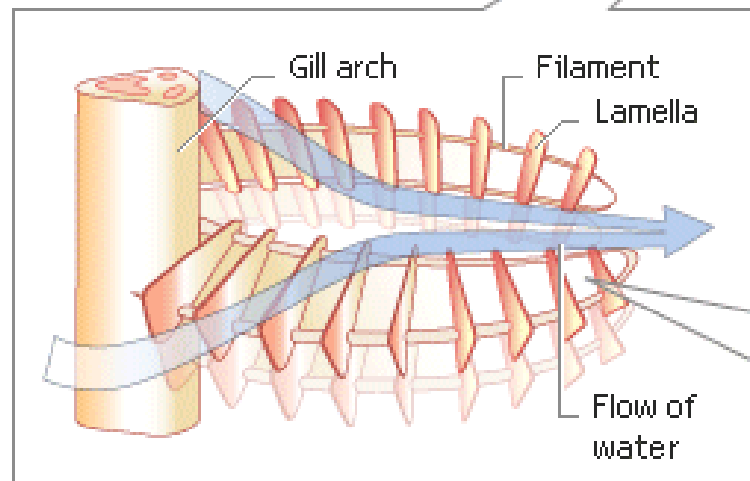
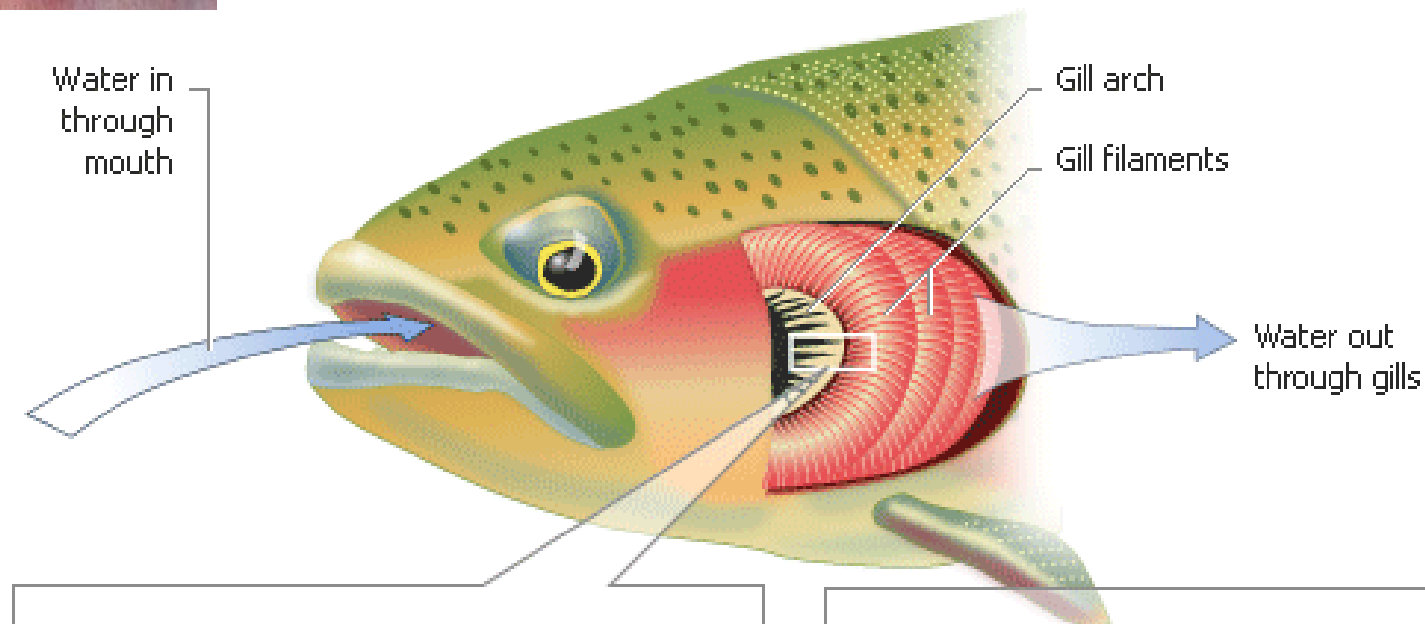
# サケの回遊と浸透圧調節





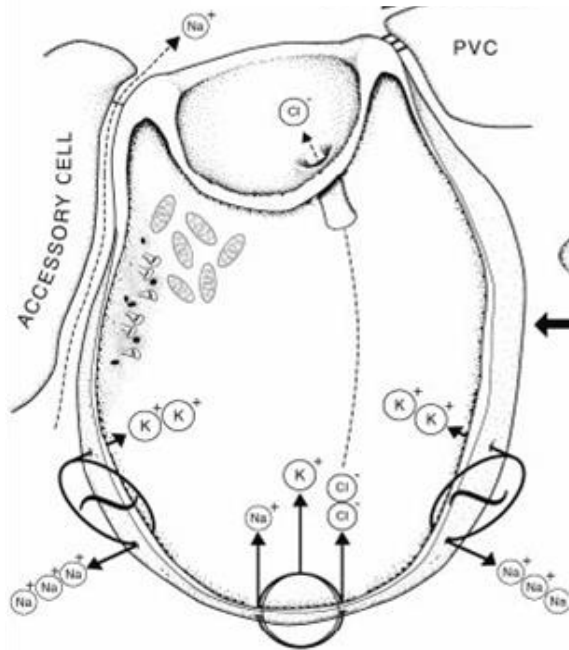


# 鰓の構造



# 海水および淡水における鰓の塩類細胞の形態

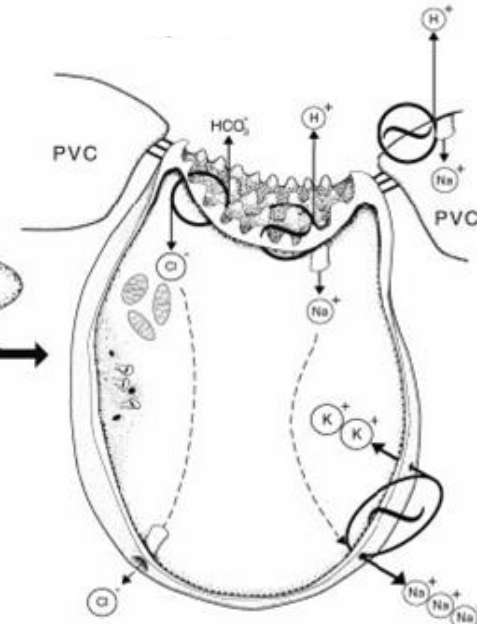
海水



イオンの排出

Seawater type ionocytes are generally larger and contain a deep apical crypt

淡水



イオンの取り込み

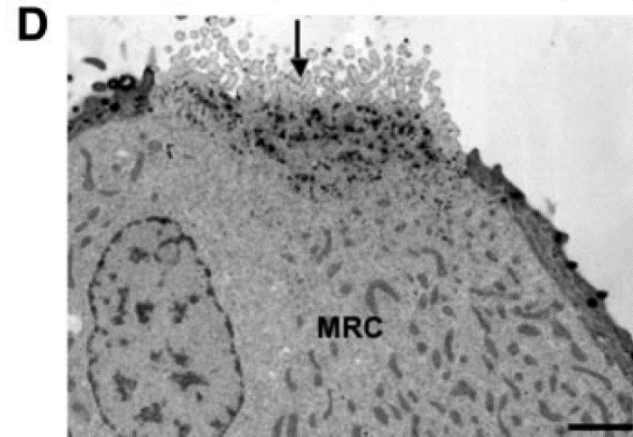
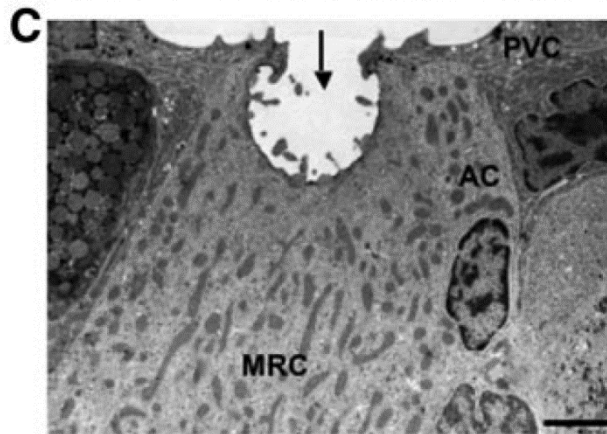
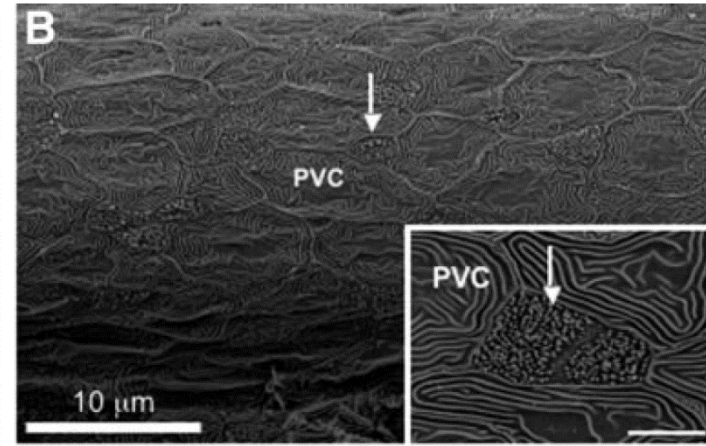
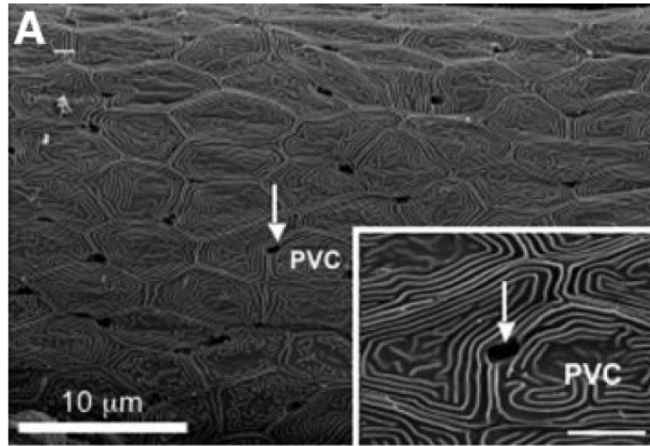
The apical surface of freshwater type ionocyte is broad and contains numerous microvilli

# キリフィッシュの鰓の走査型電子顕微鏡写真



海水

淡水



MRC - mitochondrionrich cell (塩類細胞)

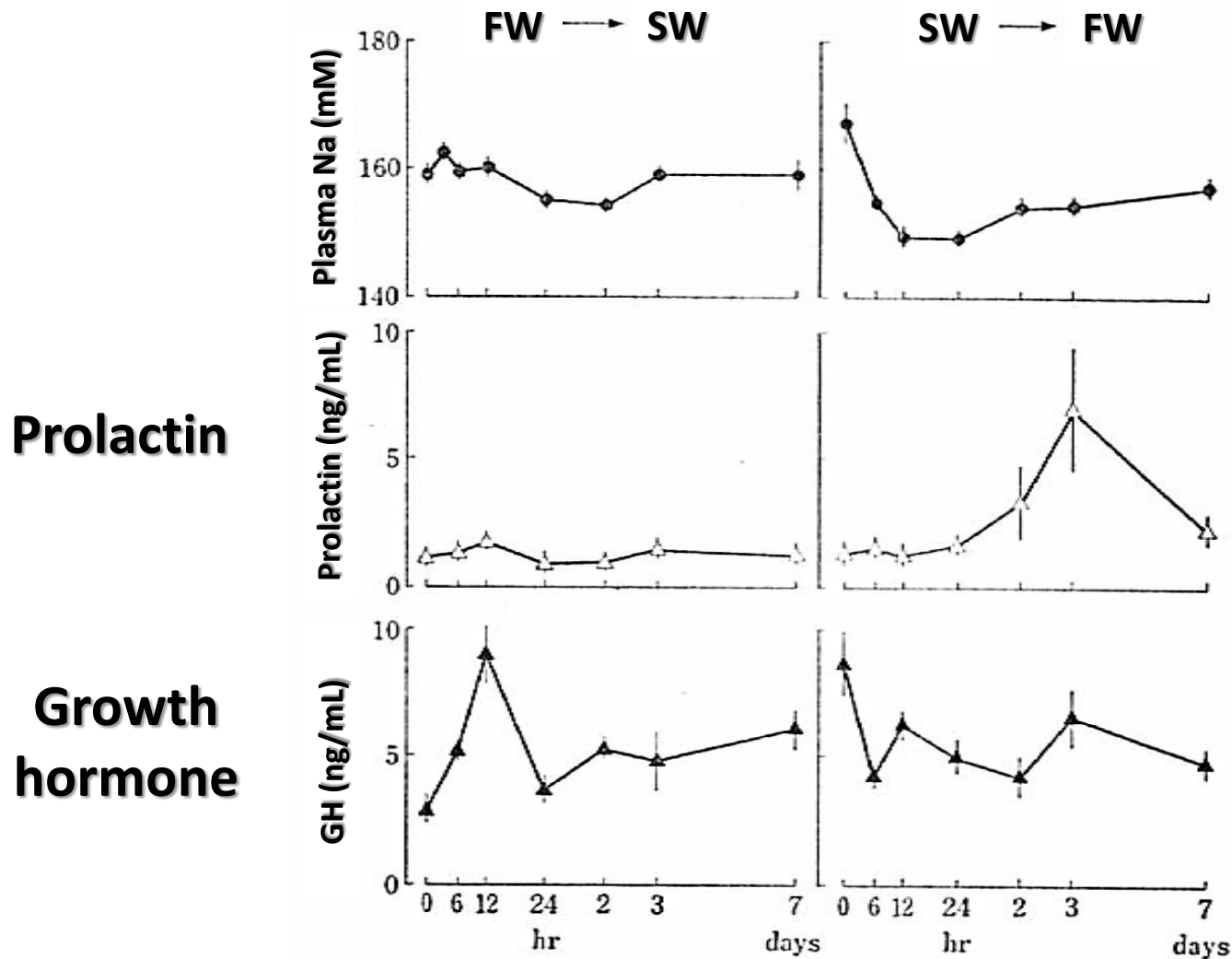
PVC - pavement cell (表皮細胞)

(Evans et al. Physiol Rev 85: 97–177, 2005)

# 浸透圧の内分泌調節

- Prolactin (プロラクチン)
- Growth hormone (成長ホルモン)
- Cortisol (コルチゾル)

# Endocrine control of osmoregulation



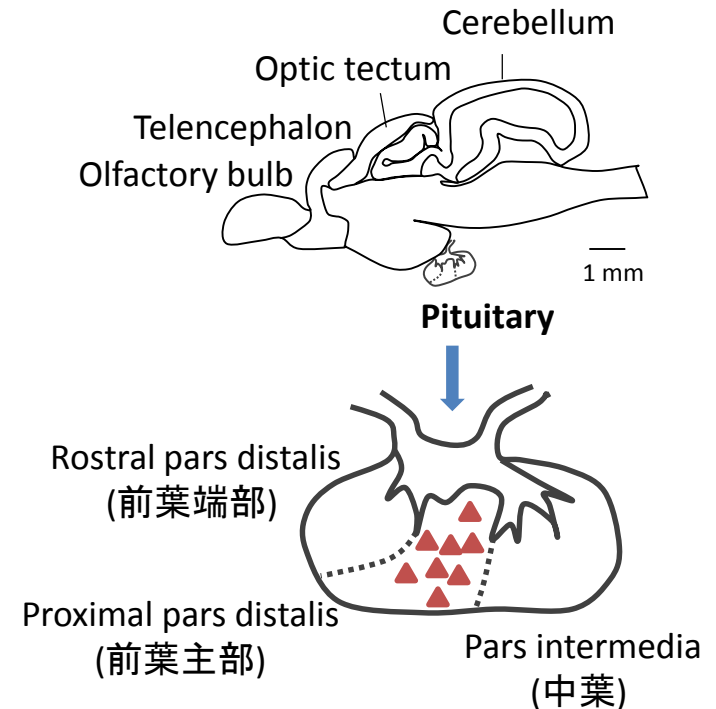
Changes in plasma hormone levels following seawater transformation in juvenile chum salmon



# ホルモンによる浸透圧調節

## 成長ホルモン(GH ▲)

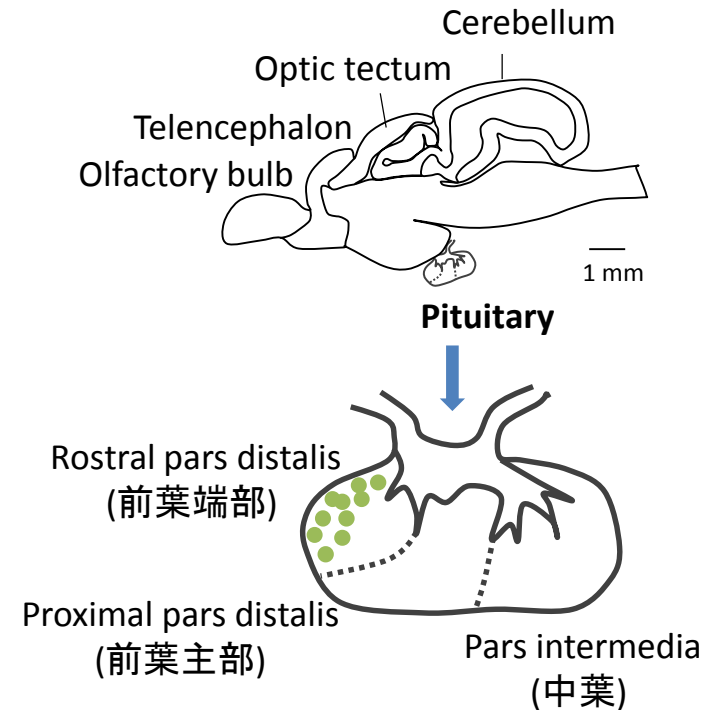
- GH 細胞は下垂体の前葉主部に存在する
- GH投与により海水適応能が高まる
- GHが肝臓に働くことによって産生されるインシュリン様成長因子I (IGF-I)も海水適応能を高める
- GH と IGF-I は塩類細胞の数と大きさを増加させる



# ホルモンによる浸透圧調節

## プロラクチン(PRL ●)

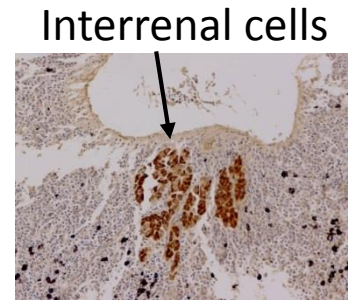
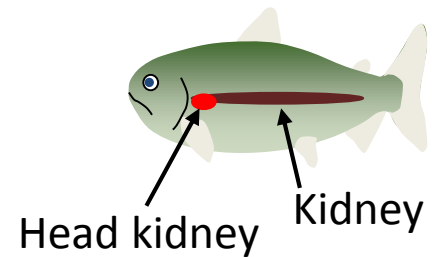
- PRL 細胞は下垂体の前葉端部に存在する
- PRL は鰓、腸、腎臓などの浸透圧調節組織においてイオンの取り込みと流出の抑制に働く



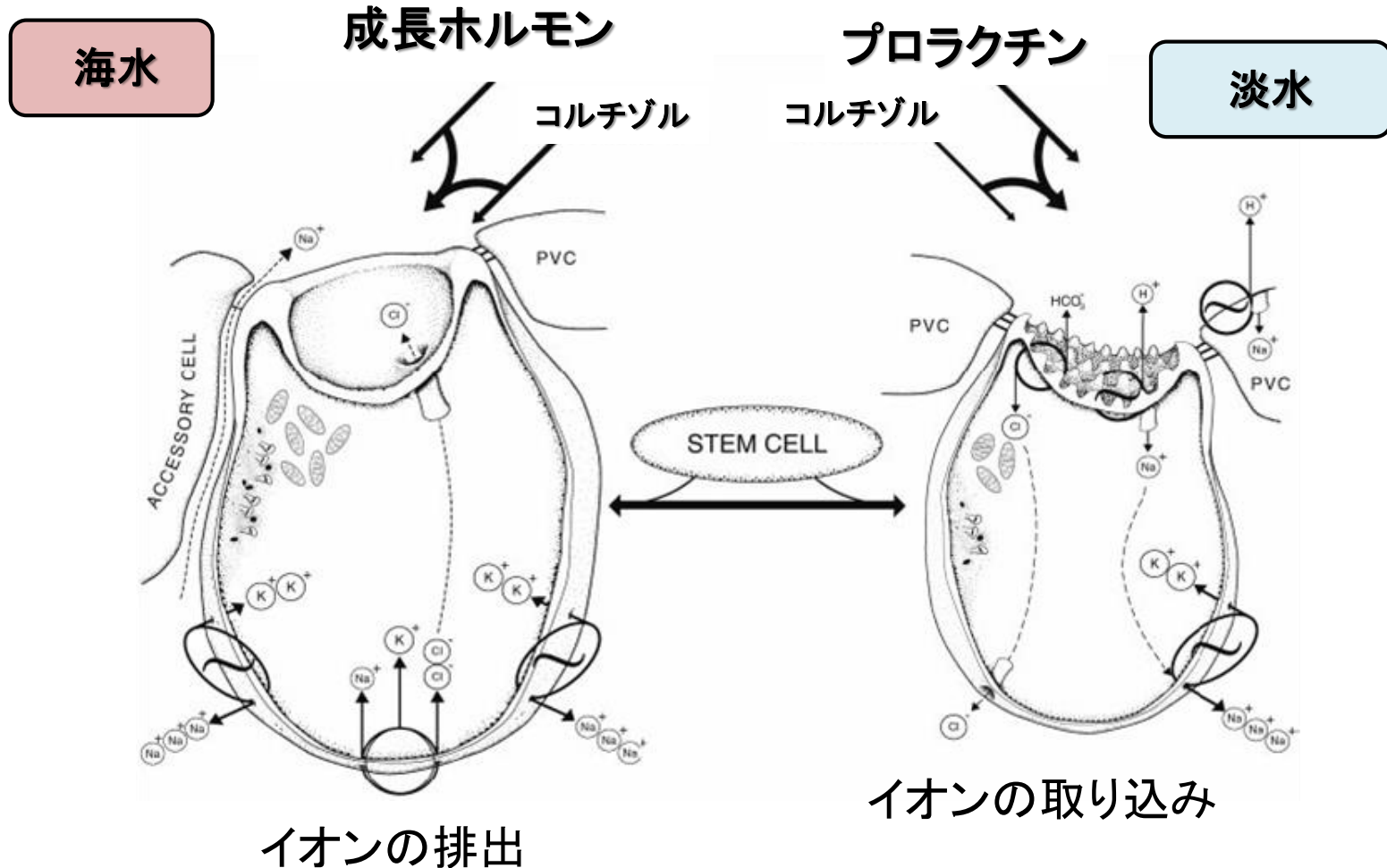
# ホルモンによる浸透圧調節

## コルチゾル

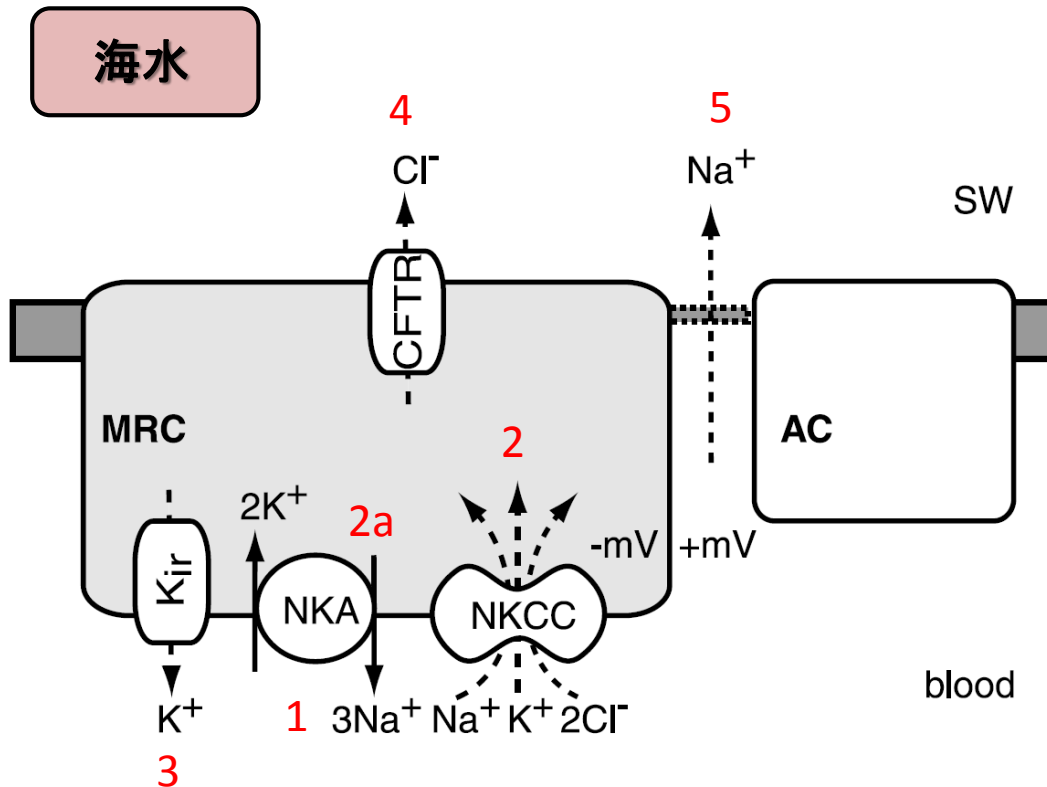
- コルチゾルは頭腎の間腎細胞から分泌される
- コルチゾル投与により、鰓のナトリウムポンプ活性が上がる
- GH が細胞分裂(幹細胞の増加)を促し、コルチゾルは塩類細胞への分化をコントロール
- コルチゾルはプロラクチンとの作用により、イオンの取り込みにも関わっている



# ホルモンによる浸透圧調節



# 塩分排出のモデル



Sodium/potassium pump Na/K-ATPase (NKA)

Na-K-Cl cotransporter (NKCC)

Cystic fibrosis transmembrane conductance regulator (CFTR)

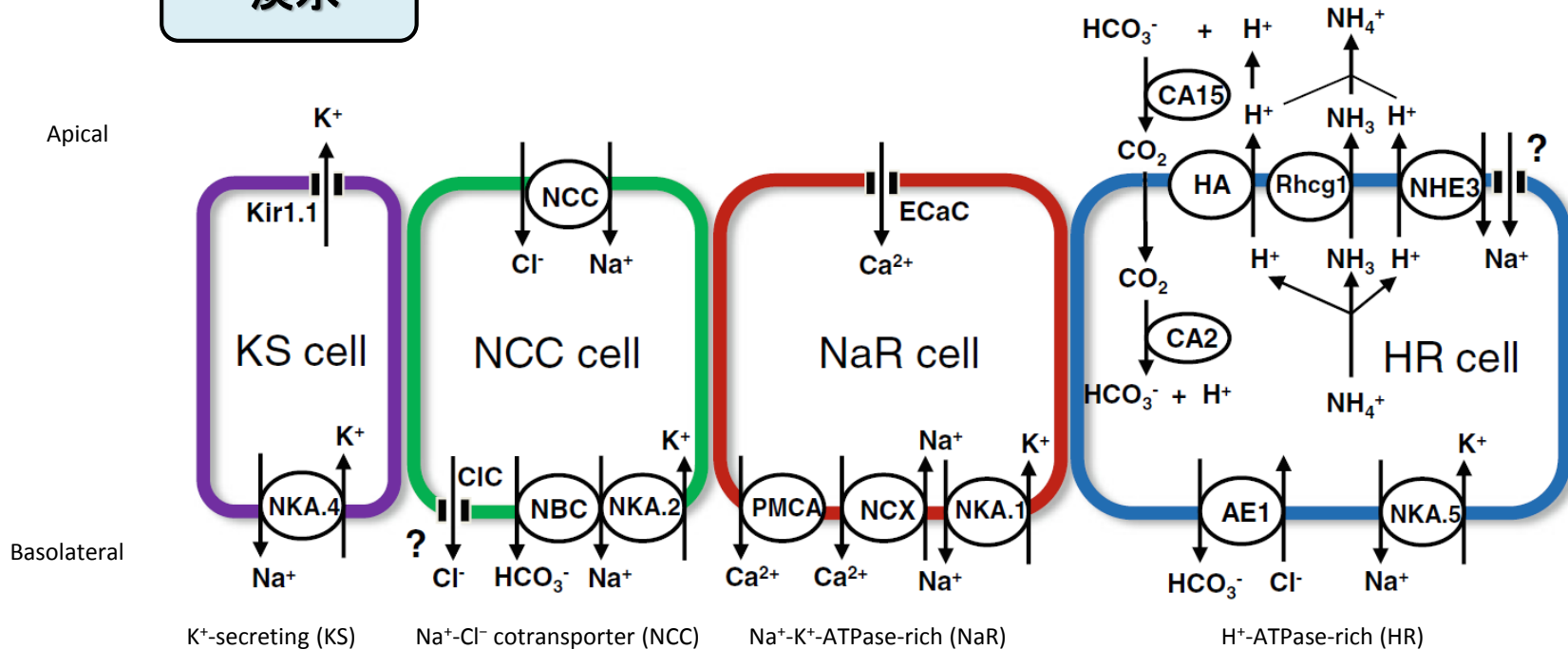
- (1) ナトリウムポンプ (NKA) がイオン勾配を作る.
- (2) イオンの勾配が NKCC を動かす原動力となる.
- (2a) NKAによってナトリウムが外に出る
- (3) カリウムがカリウムポンプにより排出される.
- (4) クロリドイオンがCFTRから排出される
- (5) クロリドイオンの排出によって起きる電氣的な勾配によって、ナトリウムイオンが細胞間隙を通して排出される.



# 塩分取り込みのモデル



淡水



AE1 - anion exchanger1b

CA2 - carbonic anhydrase 2-like a

CA15 - carbonic anhydrase 15a

ClC - Cl<sup>-</sup> channel

ECaC - epithelial Ca<sup>2+</sup> channel

HA - H<sup>+</sup>-ATPase

ROMK - renal outer medullary K<sup>+</sup> channel (Kir1.1)

NBC1 - electrogenic Na<sup>+</sup>-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> cotransporter 1b

NCX - Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> exchanger1b,

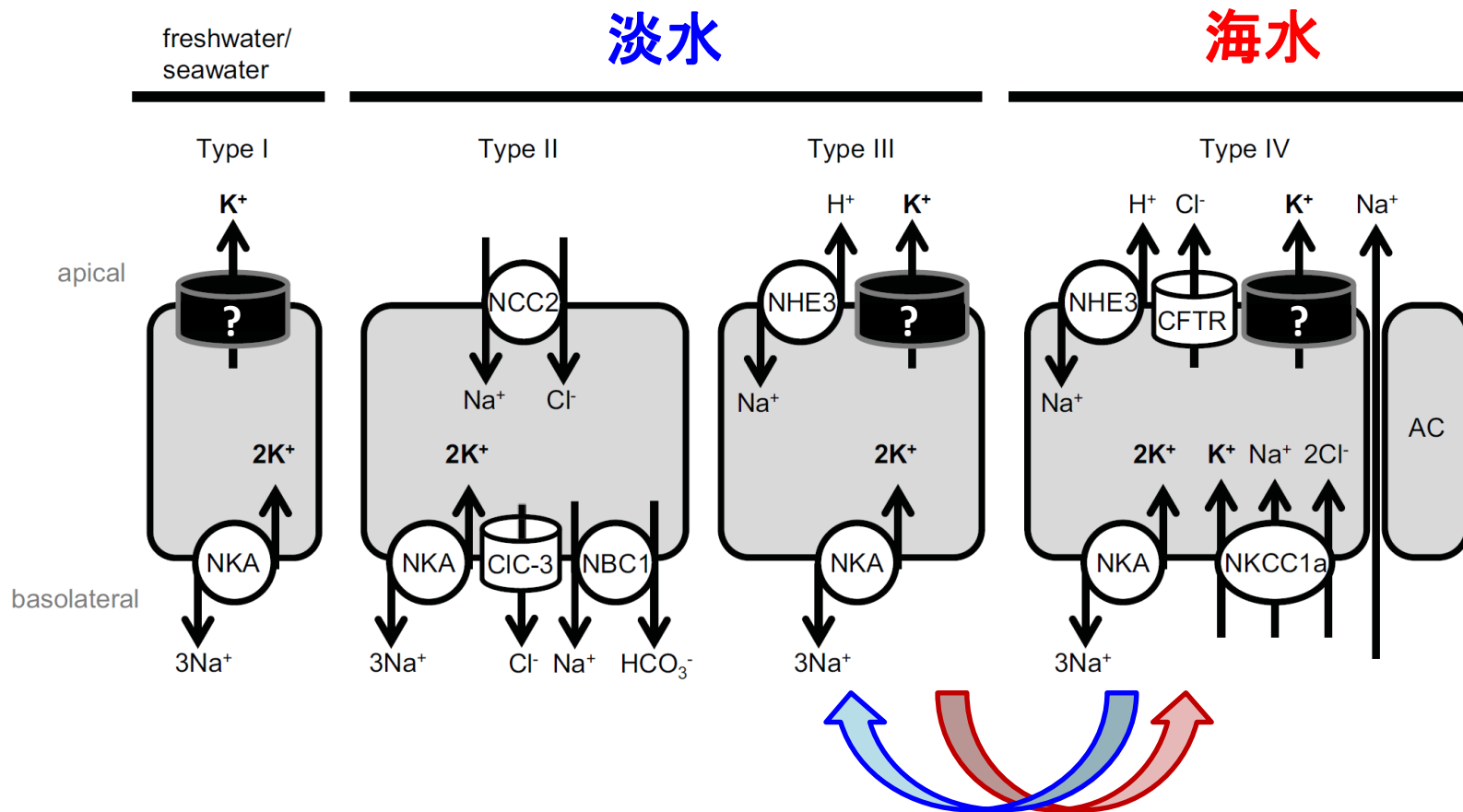
NHE - Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> exchanger 3b,

NAK.1~5 - Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase α1 subunit subtypes (atp1a1a.1~5)

PMCA - plasma membrane Ca<sup>2+</sup>-ATPase 2

Rhcg1 - rhesus glycoprotein

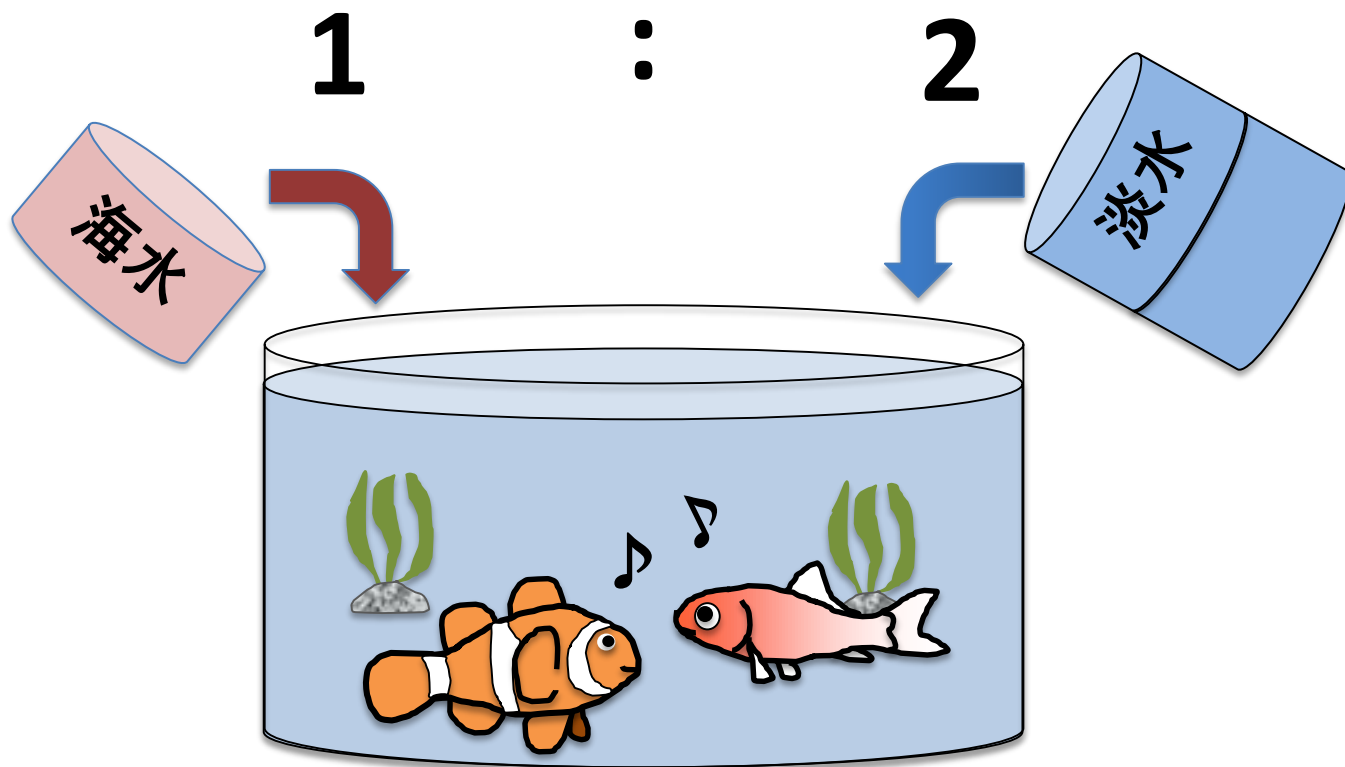
# 広塩性魚の鰓の可塑性



# 海水魚の血漿イオン濃度

| 動物    |                                                                                     | Na     | Cl  | K   | Ca | Mg | SO <sub>4</sub> | Urea     | 浸透圧  |     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----|-----|----|----|-----------------|----------|------|-----|
|       |                                                                                     | (mmol) |     |     |    |    |                 | (mOsmol) |      |     |
| 海水    |                                                                                     | 450    | 524 | 9   | 10 | 53 | 27              | 0        | 1029 |     |
| ヌタウナギ |    | 485    | 508 | 10  | 6  | 26 | 18              | 3        | 1034 |     |
| ドチザメ  |    | 247    | 221 | 8   | 3  | 5  | 2               | 342      | 1030 |     |
| ウナギ   |  | 海水     | 175 | 155 | 3  | 2  | 3               | 1        | 3    | 377 |
|       |                                                                                     | 淡水     | 150 | 105 | 3  | 2  | 2               | 0        | 2    | 328 |

金魚とクマノミを一緒に飼うことができる？

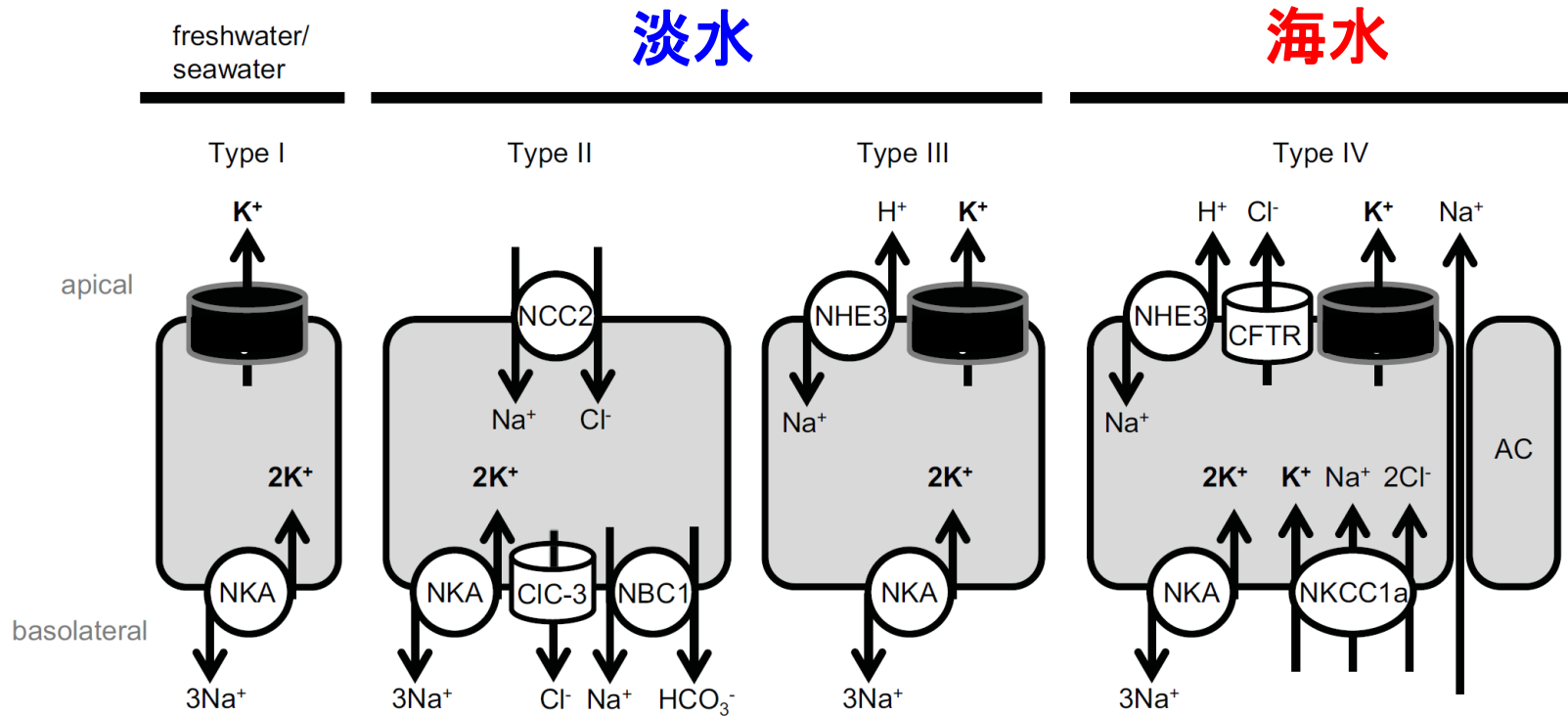


$\approx 330 \text{ mOsmol}$

# Plasma ion concentration of saltwater fish

|       |                                                                                    | Na     | Cl  | K   | Ca | Mg | SO <sub>4</sub> | Urea     | osmotic pressure |     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----|-----|----|----|-----------------|----------|------------------|-----|
|       |                                                                                    | (mmol) |     |     |    |    |                 | (mOsmol) |                  |     |
| 海水    |                                                                                    | 450    | 524 | 9   | 10 | 53 | 27              | 0        | 1029             |     |
| ヌタウナギ |   | 485    | 508 | 10  | 6  | 26 | 18              | 3        | 1034             |     |
| ドチザメ  |   | 247    | 221 | 8   | 3  | 5  | 2               | 342      | 1030             |     |
| ウナギ   |  | SW     | 175 | 155 | 3  | 2  | 3               | 1        | 3                | 377 |
|       |                                                                                    | FW     | 150 | 105 | 3  | 2  | 2               | 0        | 2                | 328 |

# カリウムの調節



腎髄質外部  $K^+$ チャネル(ROMK) がティラピアの塩類細胞の  
カリウム輸送に関わっている.



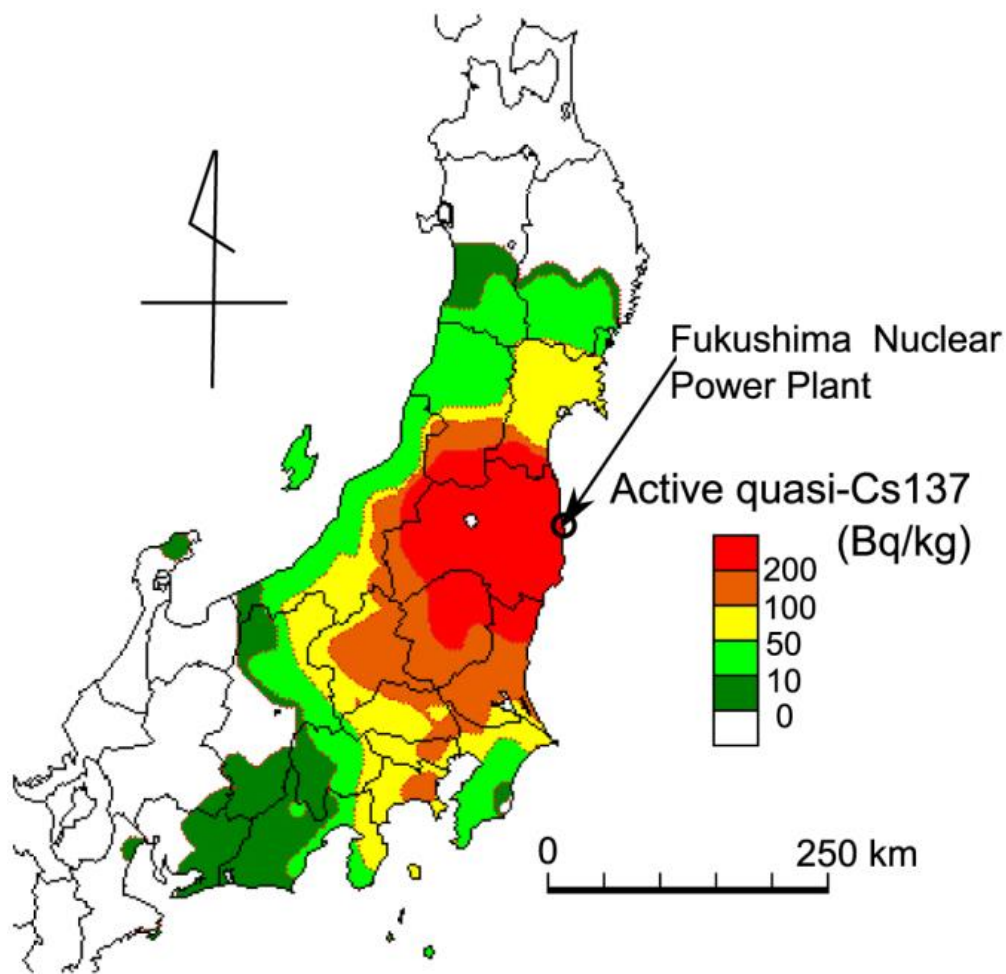
# 東日本大震災 2011年3月11日



東京電力福島第一原子力発電所

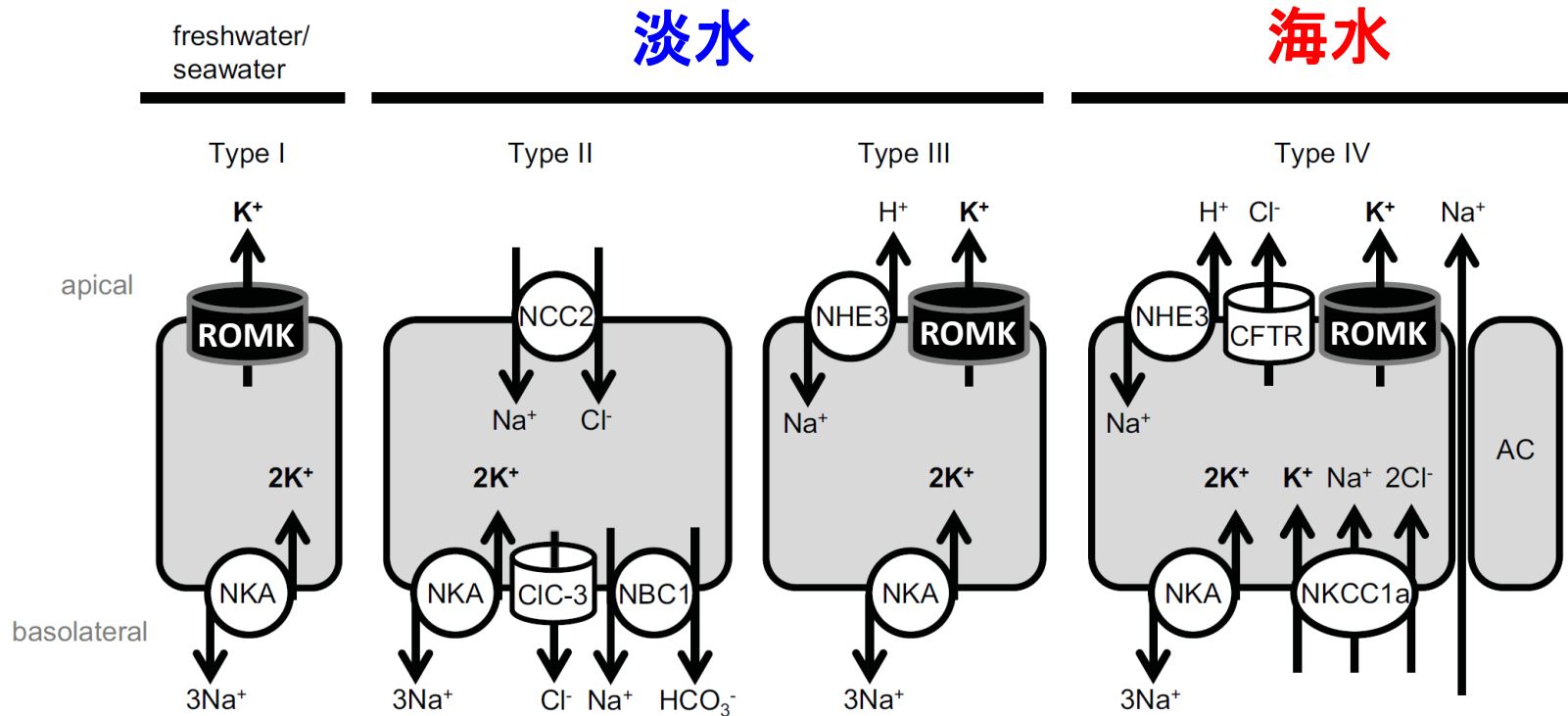
# 東日本における鮎のセシウム汚染

2011年5月から9月まで



アユ (*Plecoglossus*)

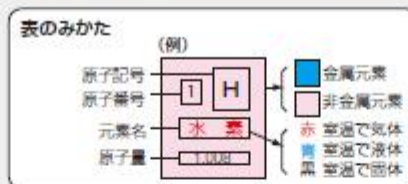
# カリウムの調節



腎髄質外部  $K^+$ チャネル(ROMK) がティラピアの塩類細胞の  
カリウム輸送に関わっている。

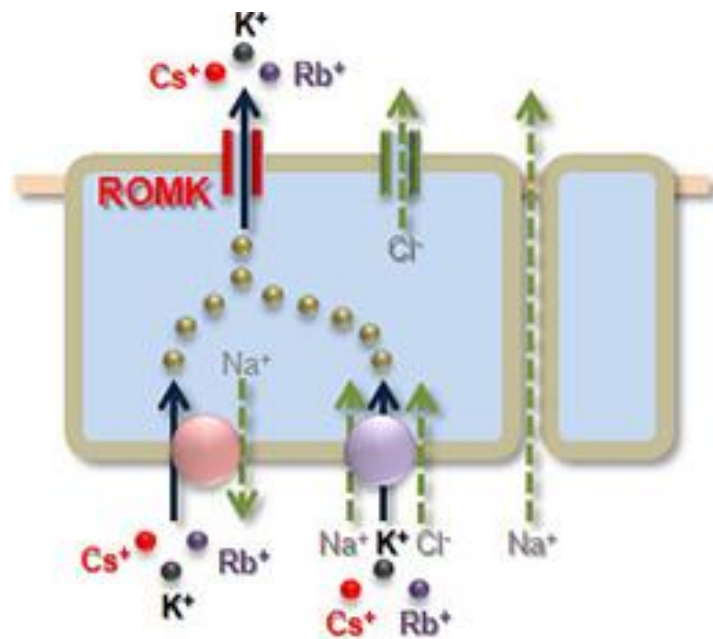
# 周期表

| 族周期 | 1                                   | 2                                    | 3                                   | 4                                   | 5                                 | 6                                  | 7                                  | 8                                  | 9                                  | 10                                 | 11                             | 12                                 | 13                                  | 14                                  | 15                                 | 16                                 | 17                                 | 18                                | 族周期 |
|-----|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----|
| 1   | <sup>1</sup> H<br>水素<br>1.008       |                                      |                                     |                                     |                                   |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                |                                    |                                     |                                     |                                    |                                    |                                    | <sup>2</sup> He<br>ヘリウム<br>4.003  | 1   |
| 2   | <sup>3</sup> Li<br>リチウム<br>6.941    | <sup>4</sup> Be<br>ベリリウム<br>9.012    |                                     |                                     |                                   |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                |                                    | <sup>5</sup> B<br>ホウ素<br>10.81      | <sup>6</sup> C<br>炭素<br>12.01       | <sup>7</sup> N<br>窒素<br>14.01      | <sup>8</sup> O<br>酸素<br>16         | <sup>9</sup> F<br>フッ素<br>19        | <sup>10</sup> Ne<br>ネオン<br>20.18  | 2   |
| 3   | <sup>11</sup> Na<br>ナトリウム<br>22.99  | <sup>12</sup> Mg<br>マグネシウム<br>24.31  |                                     |                                     |                                   |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                |                                    | <sup>13</sup> Al<br>アルミニウム<br>26.98 | <sup>14</sup> Si<br>ケイ素<br>28.09    | <sup>15</sup> P<br>リン<br>30.97     | <sup>16</sup> S<br>硫黄<br>32.07     | <sup>17</sup> Cl<br>塩素<br>35.45    | <sup>18</sup> Ar<br>アルゴン<br>39.95 | 3   |
| 4   | <sup>19</sup> K<br>カリウム<br>39.1     | <sup>20</sup> Ca<br>カルシウム<br>40.08   | <sup>21</sup> Sc<br>スカンジウム<br>44.96 | <sup>22</sup> Ti<br>チタン<br>47.88    | <sup>23</sup> V<br>バナジウム<br>50.94 | <sup>24</sup> Cr<br>クロム<br>52      | <sup>25</sup> Mn<br>マンガン<br>54.94  | <sup>26</sup> Fe<br>鉄<br>55.85     | <sup>27</sup> Co<br>コバルト<br>58.93  | <sup>28</sup> Ni<br>ニッケル<br>58.69  | <sup>29</sup> Cu<br>銅<br>63.55 | <sup>30</sup> Zn<br>亜鉛<br>65.39    | <sup>31</sup> Ga<br>ガリウム<br>69.72   | <sup>32</sup> Ge<br>ゲルマニウム<br>72.61 | <sup>33</sup> As<br>ヒ素<br>74.92    | <sup>34</sup> Se<br>セレン<br>78.96   | <sup>35</sup> Br<br>臭素<br>79.9     | <sup>36</sup> Kr<br>クリプトン<br>83.8 | 4   |
| 5   | <sup>37</sup> Rb<br>ルビジウム<br>85.47  | <sup>38</sup> Sr<br>ストロンチウム<br>87.62 | <sup>39</sup> Y<br>イットリウム<br>88.91  | <sup>40</sup> Zr<br>ジルコニウム<br>91.22 | <sup>41</sup> Nb<br>ニオブ<br>92.91  | <sup>42</sup> Mo<br>モリブデン<br>95.94 | <sup>43</sup> Tc<br>テクネチウム<br>(99) | <sup>44</sup> Ru<br>ルテチウム<br>101.1 | <sup>45</sup> Rh<br>ロジウム<br>102.9  | <sup>46</sup> Pd<br>パラジウム<br>106.4 | <sup>47</sup> Ag<br>銀<br>107.9 | <sup>48</sup> Cd<br>カドミウム<br>112.4 | <sup>49</sup> In<br>インジウム<br>114.8  | <sup>50</sup> Sn<br>スズ<br>118.7     | <sup>51</sup> Sb<br>アンチモン<br>121.8 | <sup>52</sup> Te<br>テルル<br>127.6   | <sup>53</sup> I<br>ヨウ素<br>126.9    | <sup>54</sup> Xe<br>キセノン<br>131.3 | 5   |
| 6   | <sup>55</sup> Cs<br>セシウム<br>132.9   | <sup>56</sup> Ba<br>バリウム<br>137.3    | *<br>57-71<br>ランタノイド                | <sup>72</sup> Hf<br>ハフニウム<br>178.5  | <sup>73</sup> Ta<br>タンタル<br>180.9 | <sup>74</sup> W<br>タングステン<br>183.8 | <sup>75</sup> Re<br>レニウム<br>186.2  | <sup>76</sup> Os<br>オスミウム<br>190.2 | <sup>77</sup> Ir<br>イリジウム<br>192.2 | <sup>78</sup> Pt<br>白金<br>195.1    | <sup>79</sup> Au<br>金<br>197   | <sup>80</sup> Hg<br>水銀<br>200.6    | <sup>81</sup> Tl<br>タリウム<br>204.4   | <sup>82</sup> Pb<br>鉛<br>207.2      | <sup>83</sup> Bi<br>ビスマス<br>209    | <sup>84</sup> Po<br>ポロニウム<br>(209) | <sup>85</sup> At<br>アスタチン<br>(210) | <sup>86</sup> Rn<br>ラドン<br>(222)  | 6   |
| 7   | <sup>87</sup> Fr<br>フランシウム<br>(223) | <sup>88</sup> Ra<br>ラジウム<br>(226)    | **<br>89-103<br>アクチノイド              |                                     |                                   |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                |                                    |                                     |                                     |                                    |                                    |                                    |                                   |     |
|     |                                     | *                                    | 57 La<br>ランタン<br>138.9              | 58 Ce<br>セリウム<br>140.1              | 59 Pr<br>プラセオジム<br>140.9          | 60 Nd<br>ネオジム<br>144.2             | 61 Pm<br>プロメチウム<br>(145)           | 62 Sm<br>サマリウム<br>150.4            | 63 Eu<br>ユークリウム<br>152             | 64 Gd<br>ガドリニウム<br>157.3           | 65 Tb<br>テルビウム<br>158.9        | 66 Dy<br>ジスプロシウム<br>162.5          | 67 Ho<br>ホルミウム<br>164.9             | 68 Er<br>エルビウム<br>167.3             | 69 Tm<br>ツリウム<br>168.9             | 70 Yb<br>イットリビウム<br>173            | 71 Lu<br>ルテチウム<br>175              |                                   |     |
|     |                                     | **                                   | 89 Ac<br>アクチニウム<br>(227)            | 90 Th<br>トリウム<br>232                | 91 Pa<br>パラドキシム<br>231            | 92 U<br>ウラン<br>238                 | 93 Np<br>ネプツニウム<br>(237)           | 94 Pu<br>プルトニウム<br>(239)           | 95 Am<br>アメリシウム<br>(243)           | 96 Cm<br>キュリウム<br>(247)            | 97 Bk<br>バークリウム<br>(247)       | 98 Cf<br>カリフォルニウム<br>(251)         | 99 Es<br>エンスカイム<br>(252)            | 100 Fm<br>フェルミウム<br>(257)           | 101 Md<br>メンデルシウム<br>(258)         | 102 No<br>ノーベリウム<br>(259)          | 103 Lr<br>ローレンシウム<br>(260)         |                                   |     |
| 族周期 | 1                                   | 2                                    | 3                                   | 4                                   | 5                                 | 6                                  | 7                                  | 8                                  | 9                                  | 10                                 | 11                             | 12                                 | 13                                  | 14                                  | 15                                 | 16                                 | 17                                 | 18                                | 族周期 |



アルカリ金属

## 鰓のカリウム排出の経路からのセシウムの排出



魚は海水の環境でセシウムを速く吸収するが、速く排出することが出来る。



魚は淡水の環境ではセシウムの吸収は遅いが、排出も遅い。



# 浸透圧の研究は...

## 4-3 恒常性を保つ働き

個体の恒常性は、浸透圧や温度など、体液の物理的・化学的条件が一定に保たれることによって成り立っている。

### 1 浸透圧の調節

ゾウリムシを調べてみると、外部の環境に応じて収縮胞を動かし、浸透圧を一定に保っていることがわかる。無脊椎動物や魚類、哺乳類にも、体液の浸透圧を一定に調節するしくみがそなわっている。

**探究活動 10** ゾウリムシの浸透圧調節 (p.238参照)

**カニの浸透圧調節** 外洋に生活するケアシガニは、体液の浸透圧を調節するしくみをもたないため、体液は外液の浸透圧に等しい。一方、淡水と海水の混ざりあう河口付近に生活するチチュウカイミドリガニは、海水中では浸透圧調節を行わず、体液の浸透圧は外液に等しくなる。しかし、多量の淡水が混ざりあう場所では、体内の水分を排出し、外液から塩分を吸収して浸透圧を一定の範囲に保っている。

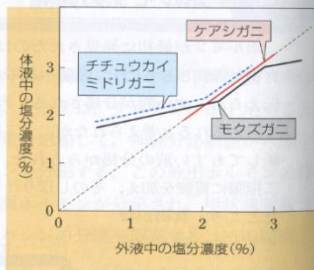


図53 カニの浸透圧調節

**魚類の浸透圧調節** 淡水魚の体液の浸透圧は、外部の浸透圧よりも高いので、周囲の水がえらや口腔の上皮から体内に浸入する。このため、淡水魚は、腎臓でつくった濃度の薄い尿を多量に排出することによって体液の浸透圧を調節している。また、体液中の無機塩類は、たえず体外に拡散して失われるが、えらや腸の細胞の働きによって能動的に取り込まれる。

これに対して、海水魚の体液の浸透圧は、海水の浸透圧よりもかなり低いので、体内の水分はえらや口腔の上皮からたえず失われる。このため海水魚は、つねに海水を多量に飲み込んで腸から吸収し、体液と等張な濃い尿を少量排出する。また、体内に入った過剰な無機塩類は、えらにある塩類分泌細胞の働きによって能動的に排出される(図54)。

また、川と海を往き来するウナギやサケのような魚は、えらにおける能動輸送の方向を換えて浸透圧調節を行っている。

このように、魚類は、環境に応じて腎臓・えら・腸などの働きによって、体液の塩分濃度を調節し、浸透圧を一定に保っている。これらの働きにはいろいろなホルモンが関与している。

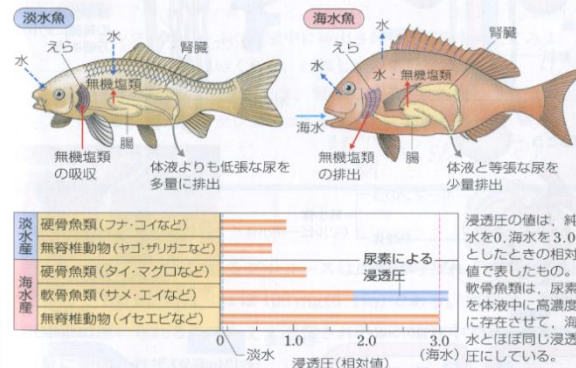


図54 魚類の浸透圧調節と動物の体液の浸透圧

**哺乳類の浸透圧調節** 哺乳類は、腎臓などの働きによって体液中の塩分濃度をほぼ一定に保ち、浸透圧を調節している。

腎臓では、腎動脈から送り込まれた血液が糸球体でろ過され、タンパク質を除く血しょう成分のほとんどは、ボーマンのうへ出て原尿となる。原尿は腎細管へ送られ、ここでグルコース、アミノ酸、無機塩