

魚類におけるセシウムの動態

金子 豊二

東京大学大学院農学生命科学研究科

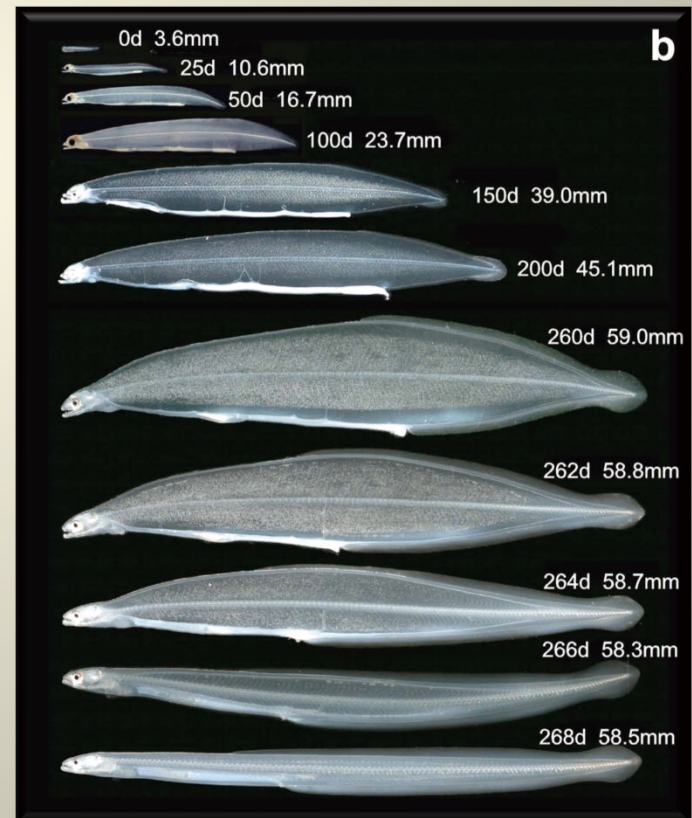
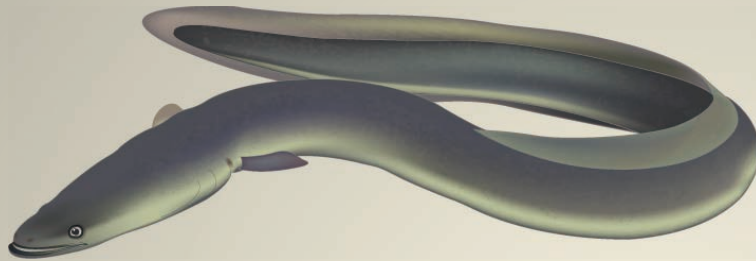
淡水魚(キンギョ)



海水魚(トラフグ)



通し回遊魚(ウナギ)



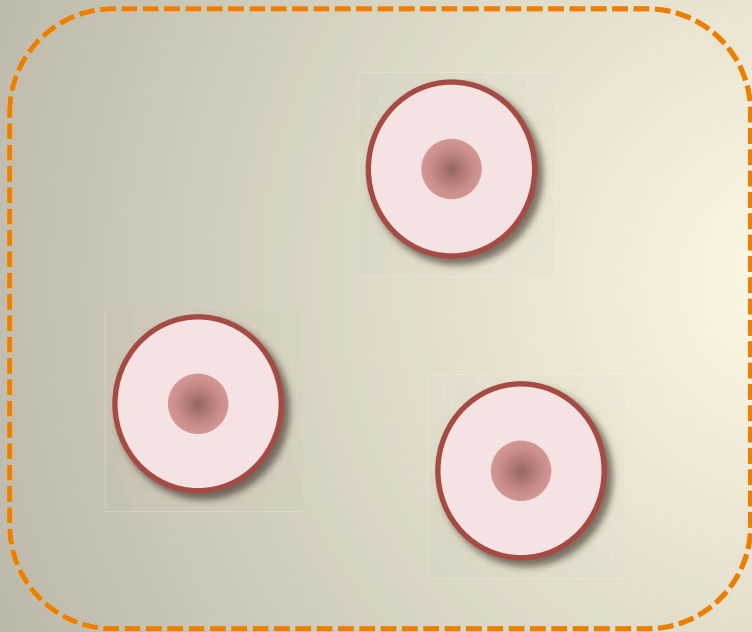
広塩性魚(ティラピア)



魚の浸透圧調節のしくみ

單細胞動物と多細胞動物

單細胞動物



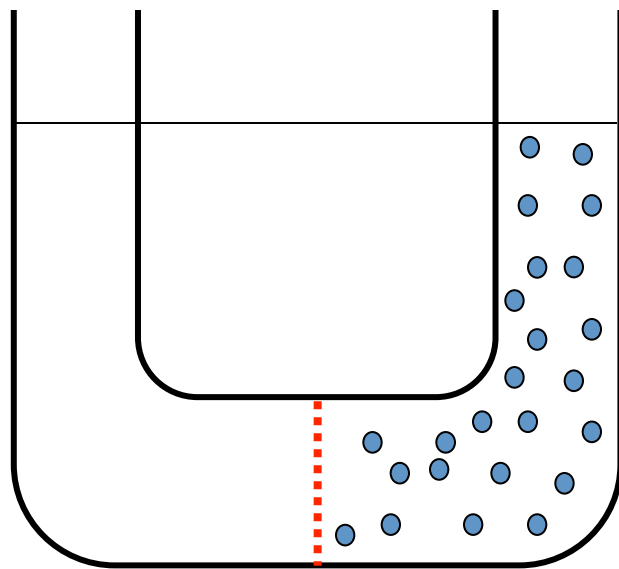
多細胞動物



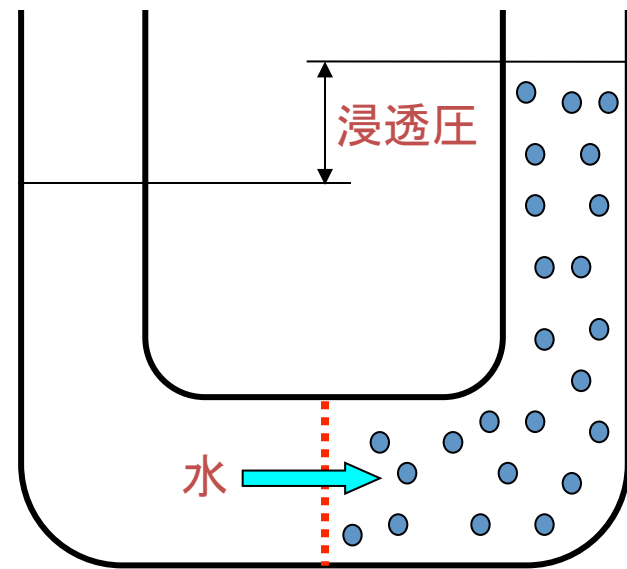
外部環境

浸透圧とは？

● 溶質

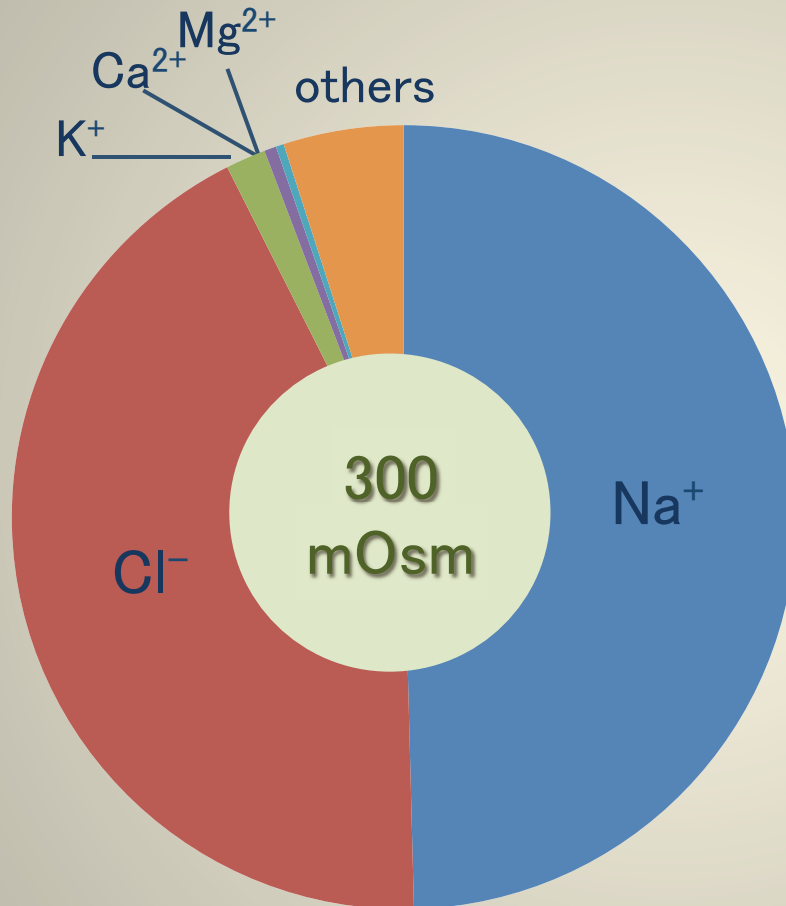


半透膜



半透膜

血漿のイオン組成



Na^+ : 140 – 160 mM

Cl^- : 120 – 140 mM

K^+ : 3 – 5 mM

Ca^{2+} : 1.5 mM

Mg^{2+} : 1 mM

魚類の分類

無顎上綱	ヌタウナギ綱		ヌタウナギ類	ヌタウナギ
	頭甲綱 (ヤツメウナギ綱)		ヤツメウナギ類	カワヤツメ スナヤツメ
顎口上綱	軟骨魚綱	全頭亜綱	ギンザメ類	ギンザメ
		板鰓亜綱	サメ類 エイ類	サメ エイ
	硬骨魚綱	条鰭亜綱	軟質類 全骨類 真骨類	チョウザメ アミア・ガー 多くの種
		肉鰭亜綱	肺魚類 総鰭類	ハイギョ シーラカンス

【体液のイオン組成の特徴】

- ・ イオン濃度、浸透圧とも海水とほぼ等しい
- ・ 尿素・TMAOを蓄えることで浸透圧は海水とほぼ等しい
- ・ イオン濃度、浸透圧は海水の約1/3に維持される

体液調節の仕組みから魚類をグループ分けする



完全順応型 [ヌタウナギ類のみ]

- Ø イオン濃度・浸透圧ともに海水とほぼ同じ
- Ø 海産無脊椎動物と同じく、浸透圧調節能を欠く



半調節型 [鰐板類(エイ・サメ)など]

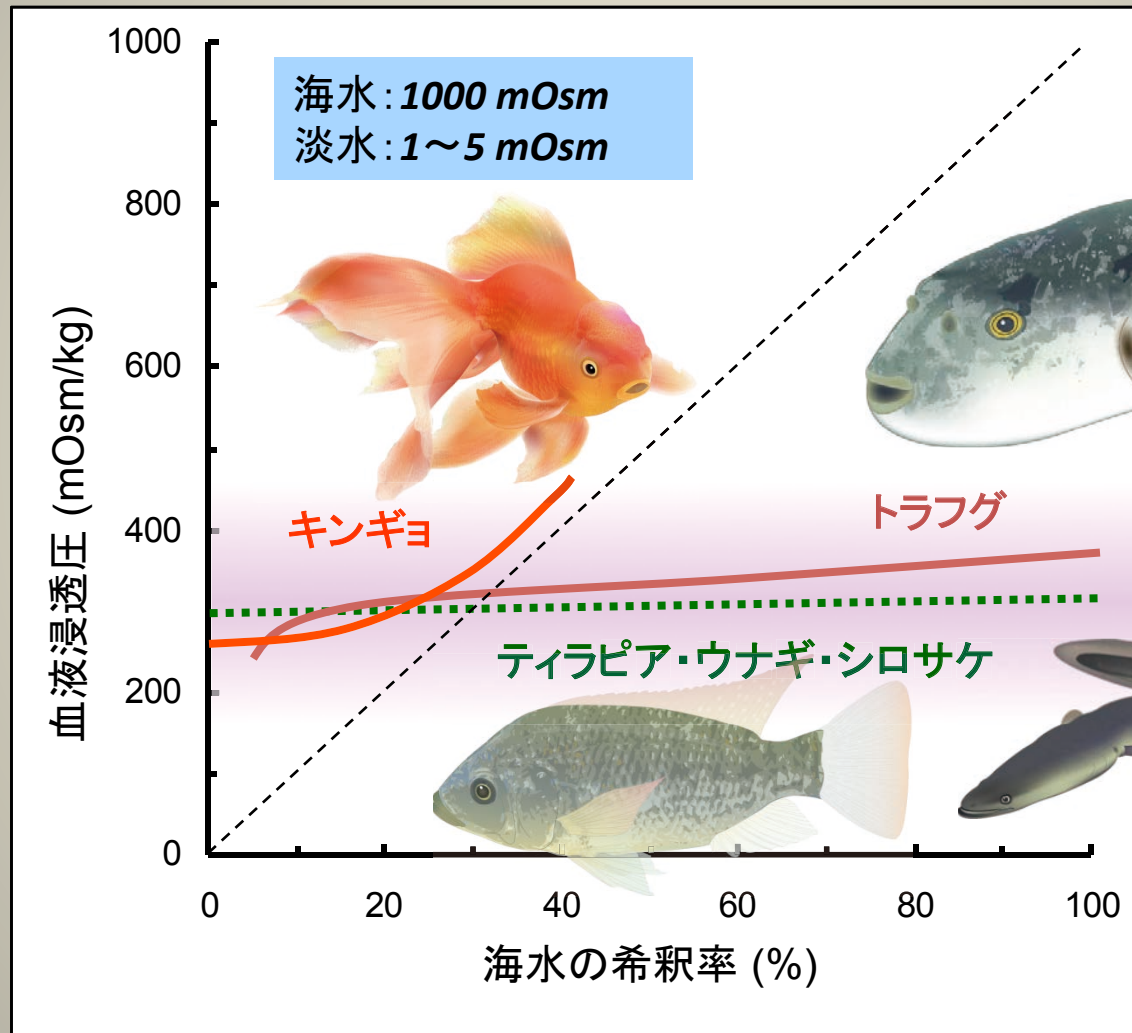
- Ø イオン濃度は海水の約半分に調節
- Ø 浸透圧は海水とほぼ同じレベルに調節(尿素蓄積)



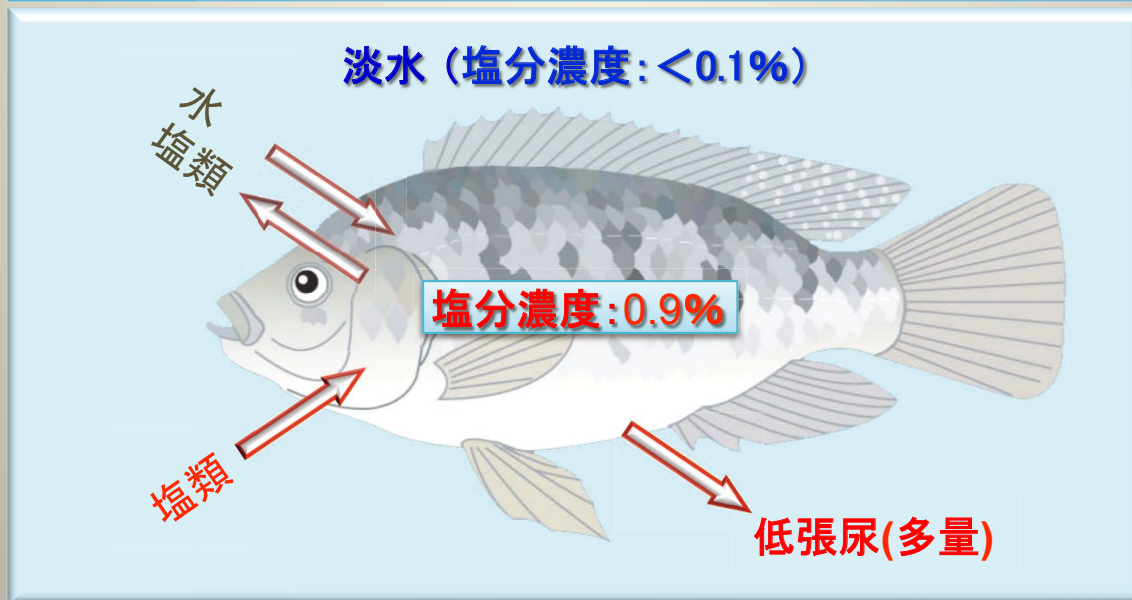
完全調節型 [ヤツメウナギ・真骨魚類]

- Ø イオン濃度・浸透圧ともに海水の約 $1/3$ に調節
- Ø 高等脊椎動物と同様

魚類の塩分耐性と浸透圧

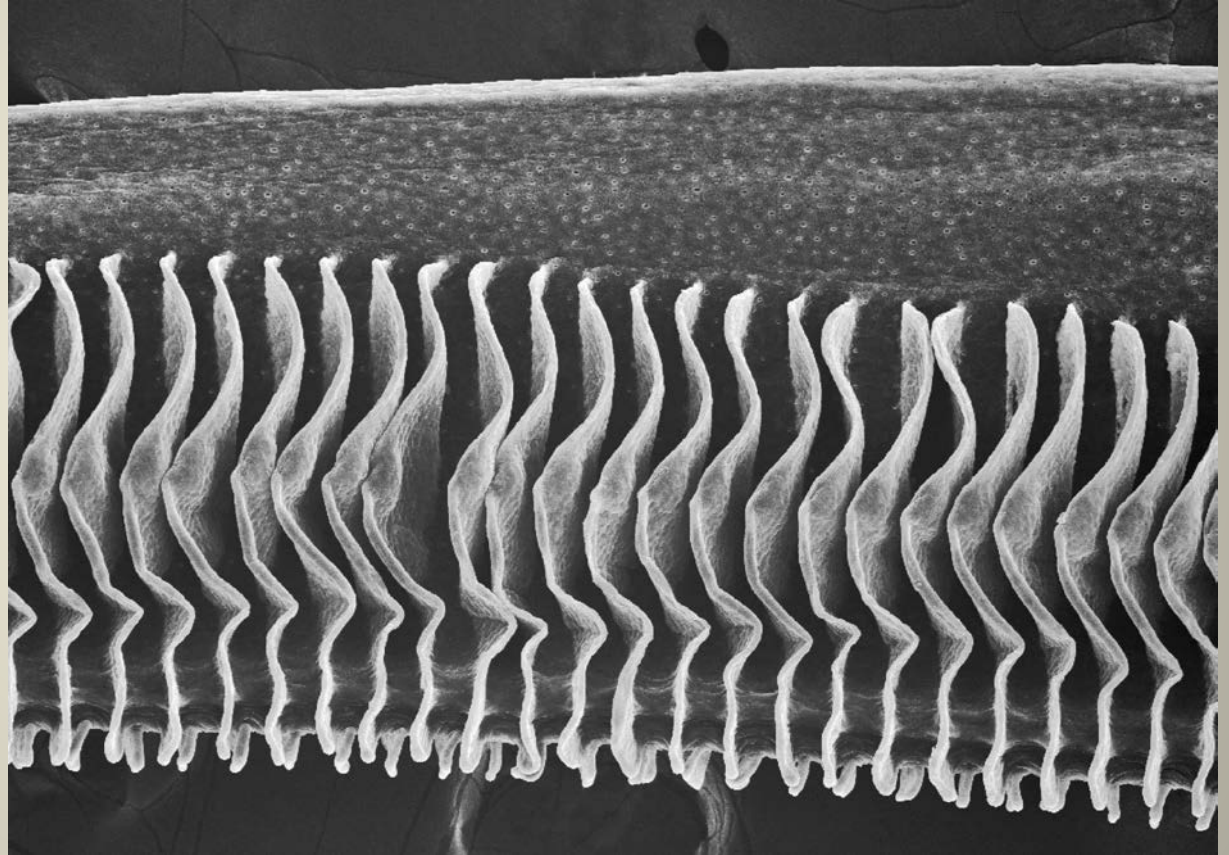
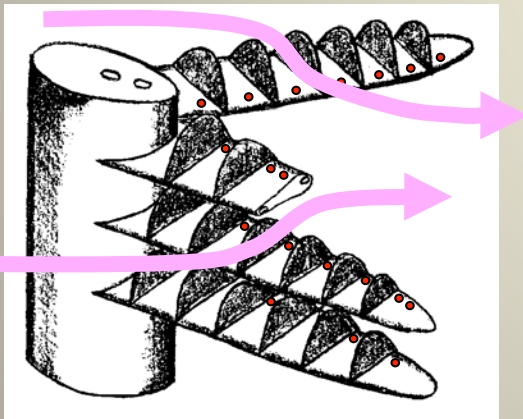
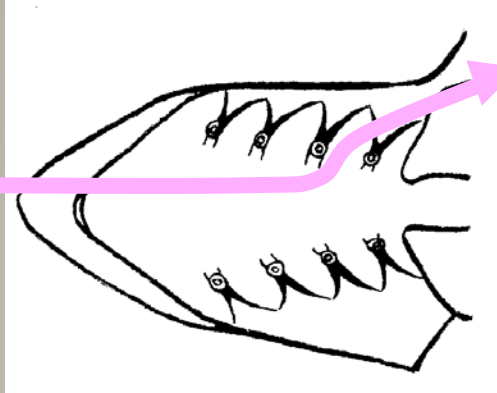


魚類の浸透圧調節：塩類と水の調節

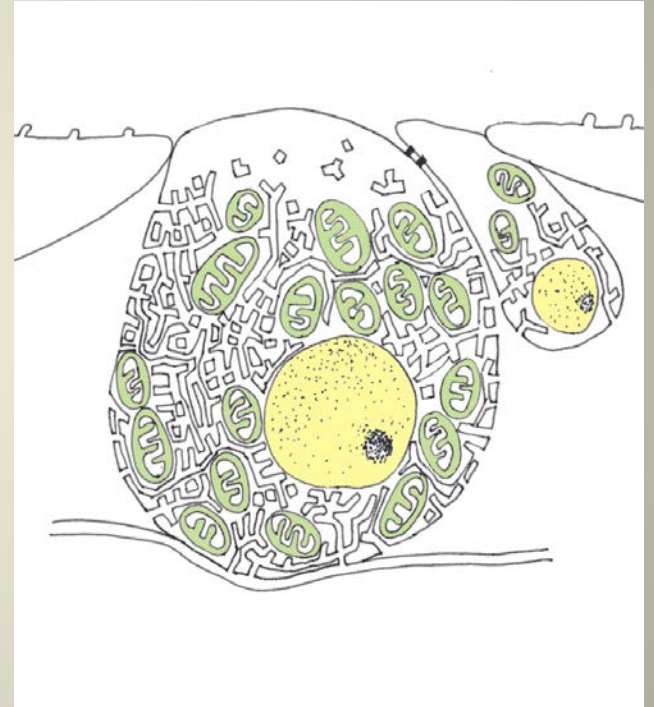
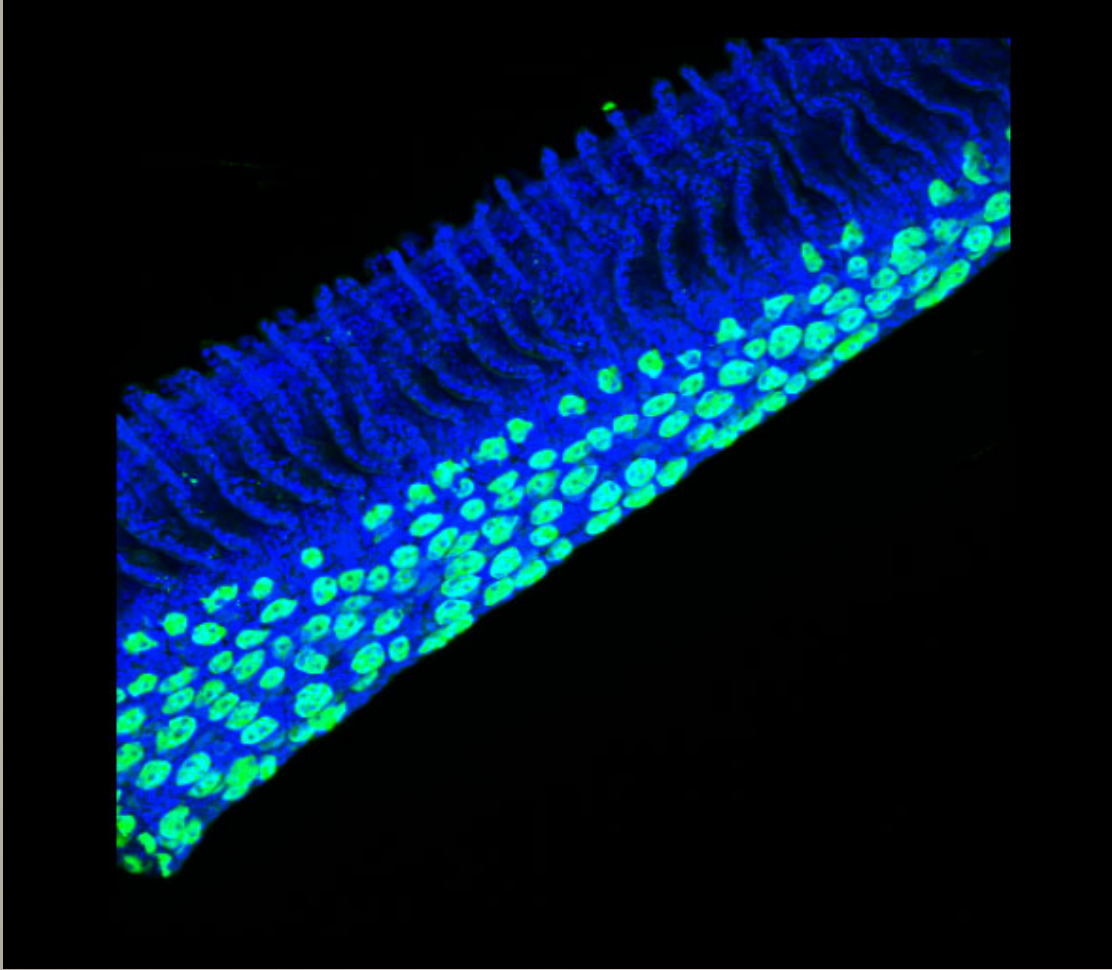


鰓と塩類細胞

鰓の構造

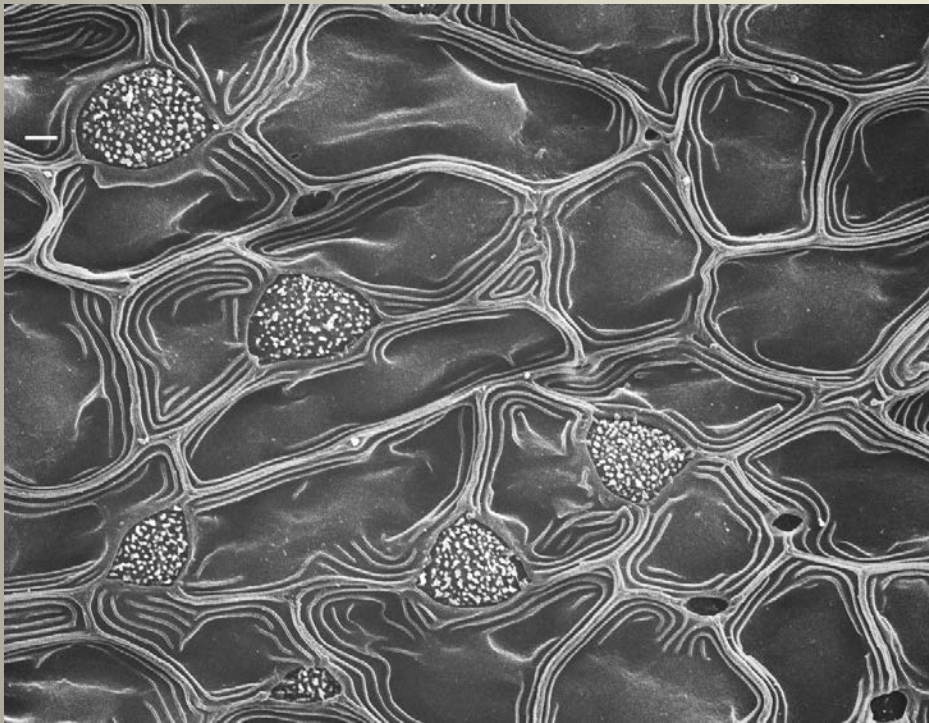


鰓の構造と塩類細胞の分布

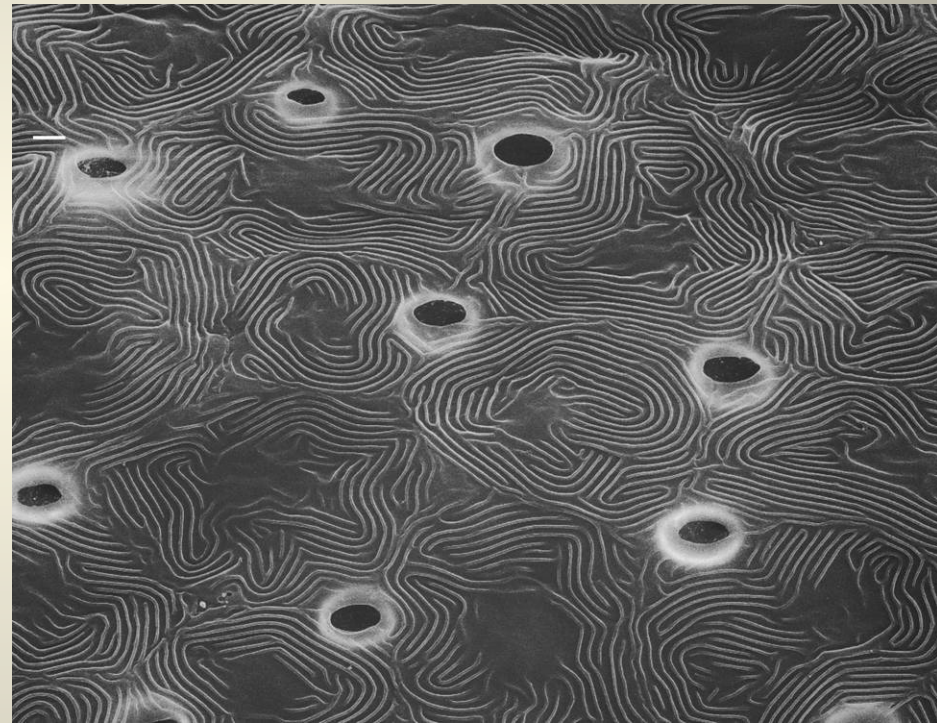


ティラピア鰓の表面構造と塩類細胞

淡水

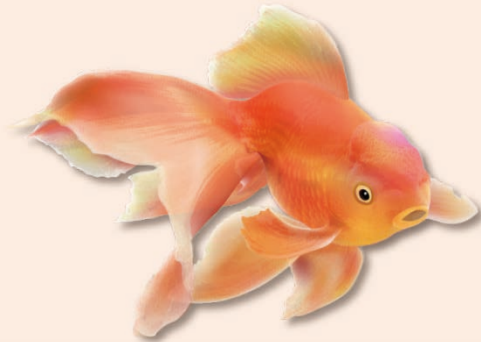


海水



広塩性魚と狭塩性魚の塩類細胞

淡水魚



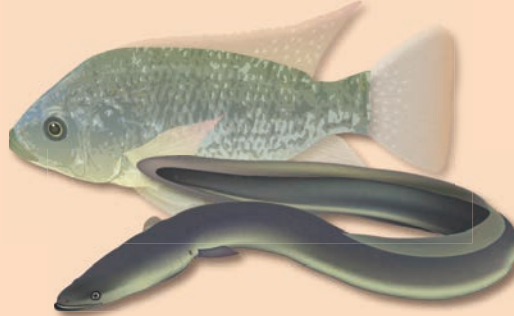
塩類



塩類細胞

塩類の**取込**

広塩性魚



塩類



塩類細胞

塩類の**取込**と**排出**

海産魚



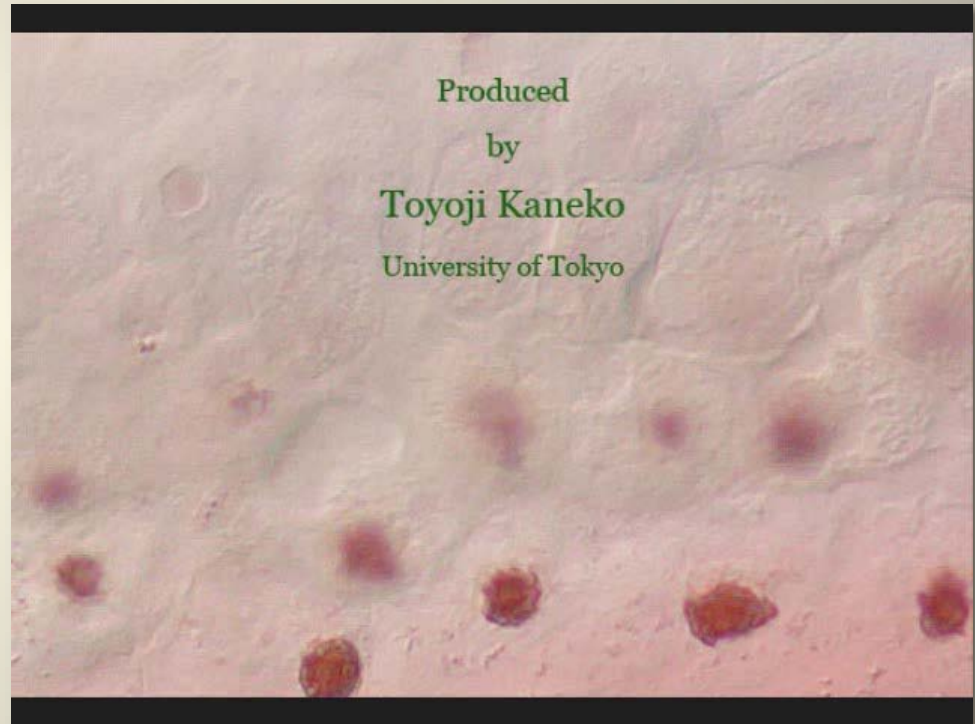
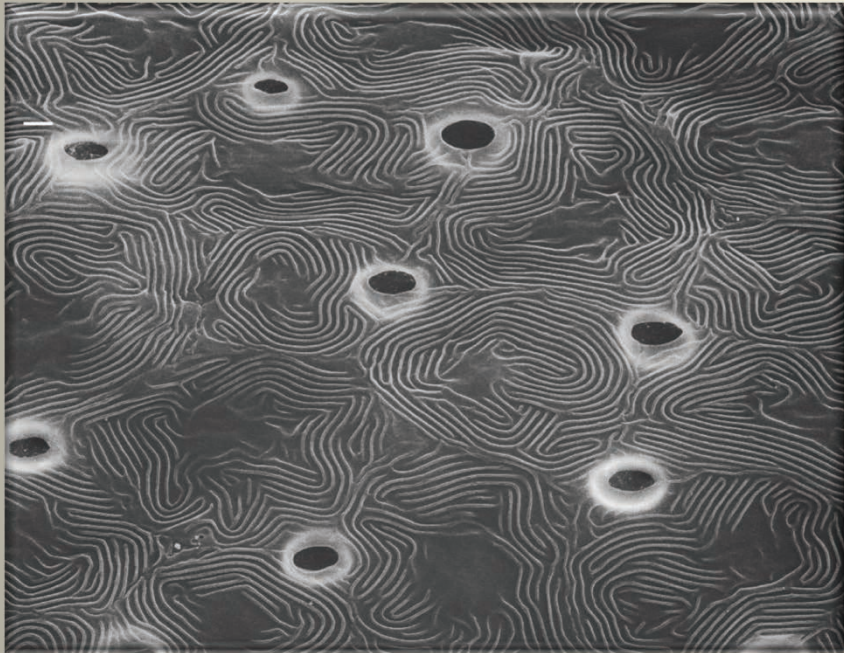
塩類



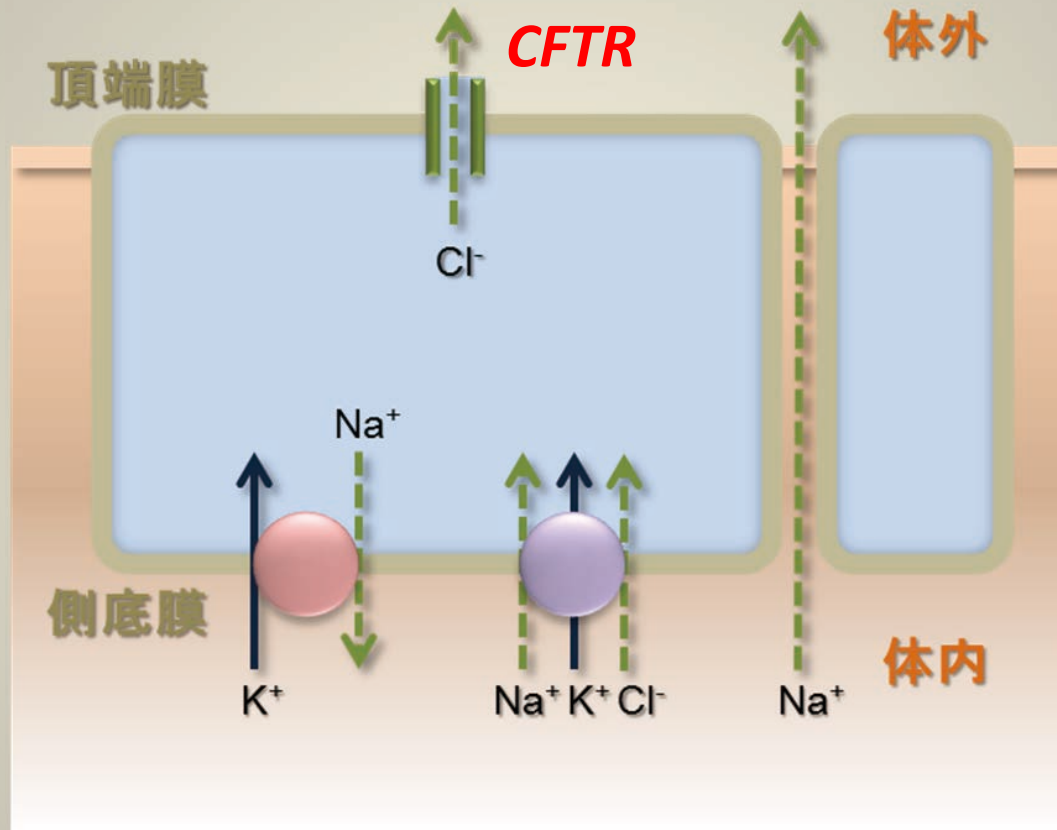
塩類細胞

塩類の**排出**

海水型の塩類細胞は塩類を排出する



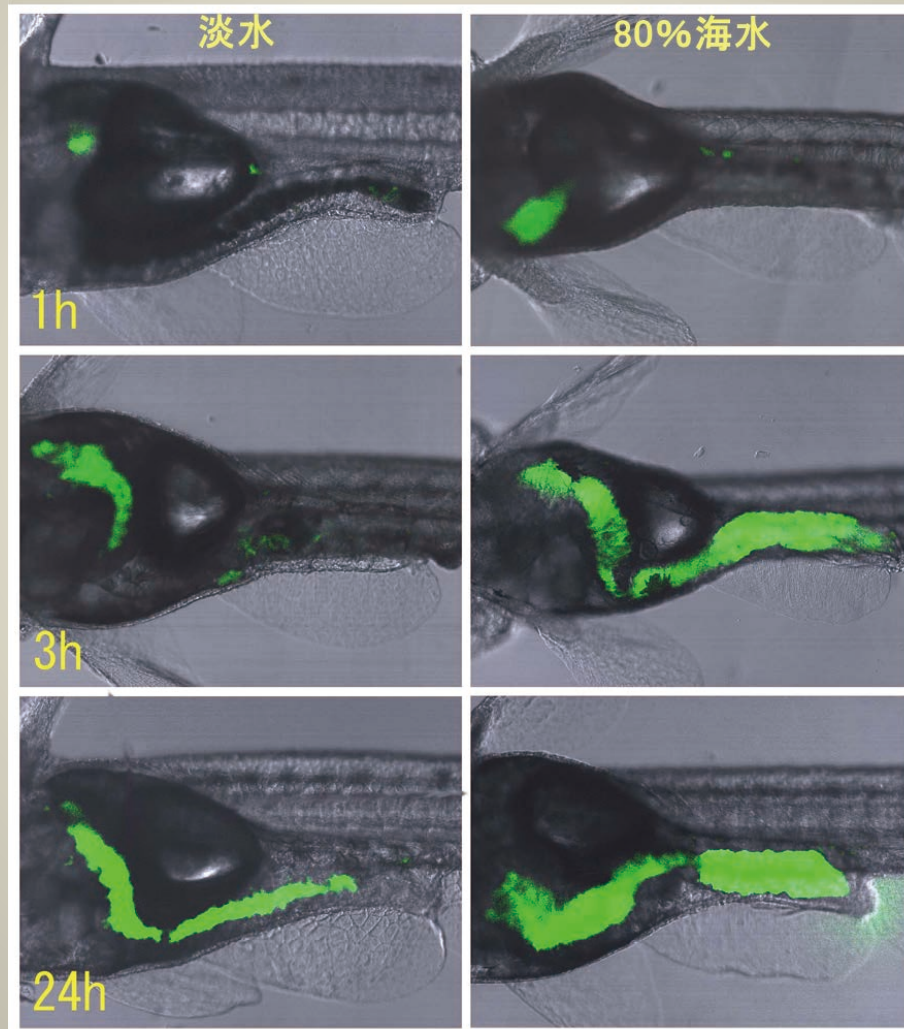
塩類細胞の Na^+/Cl^- 輸送モデル



浸透圧調節と水飲み

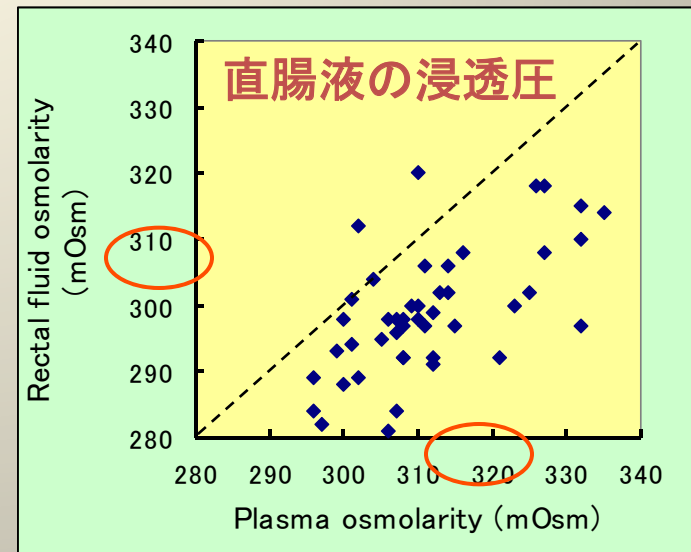
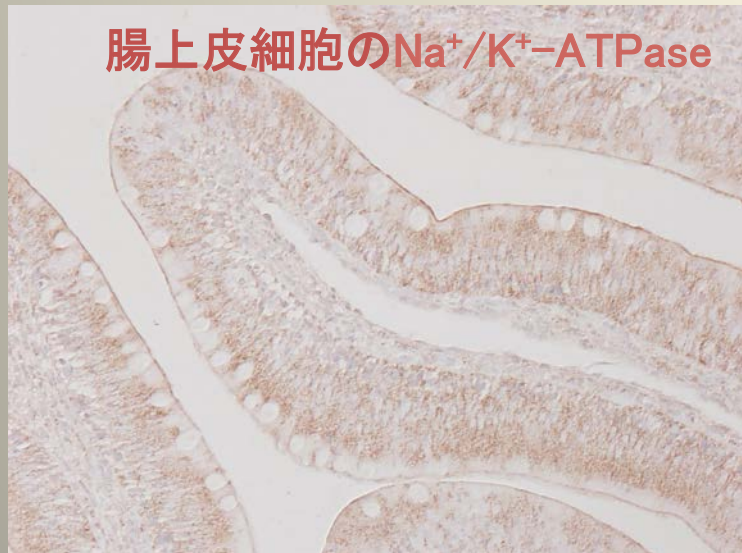
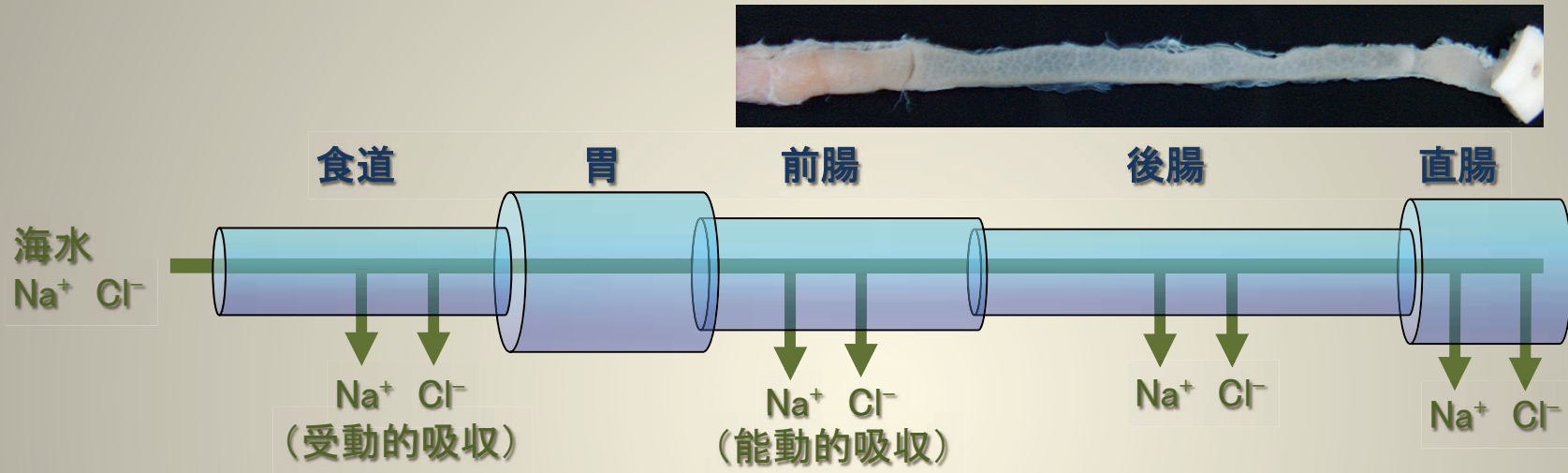
海水魚は海水を飲む

メダカ仔魚の水飲み

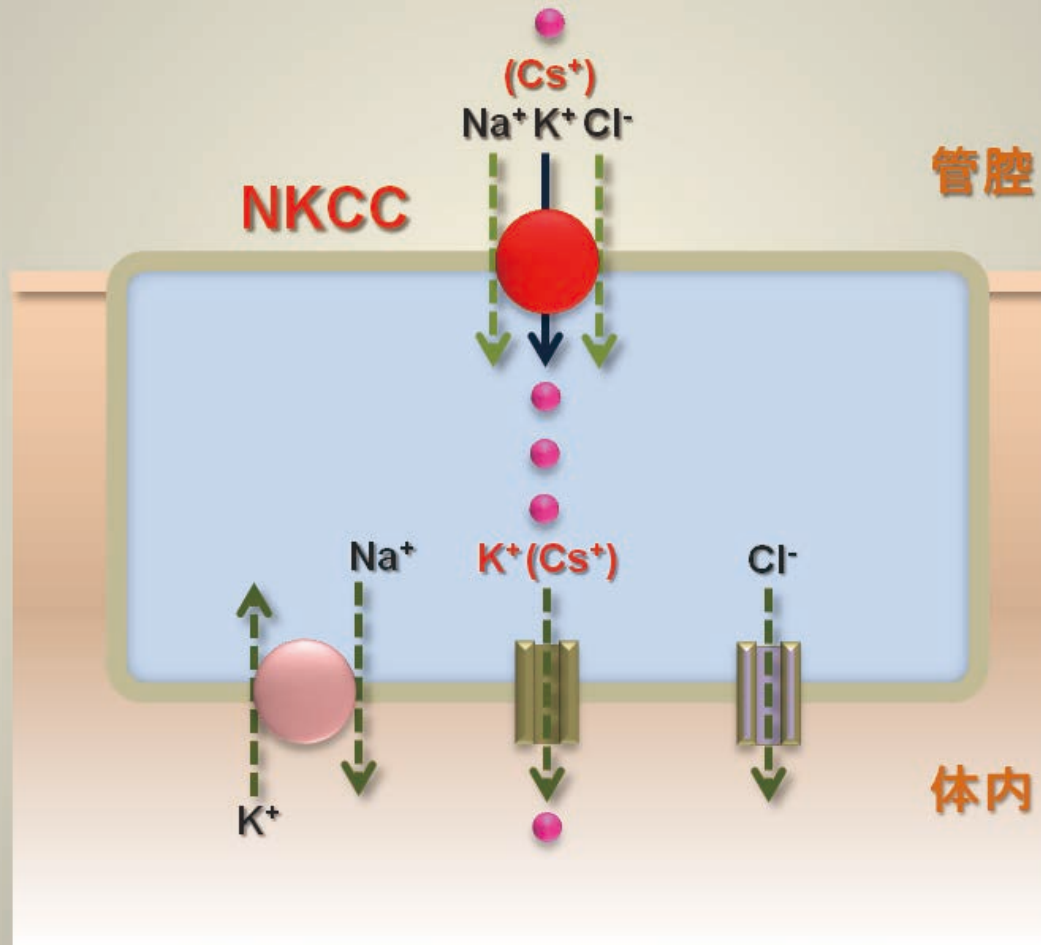


腸における水の吸収(1)

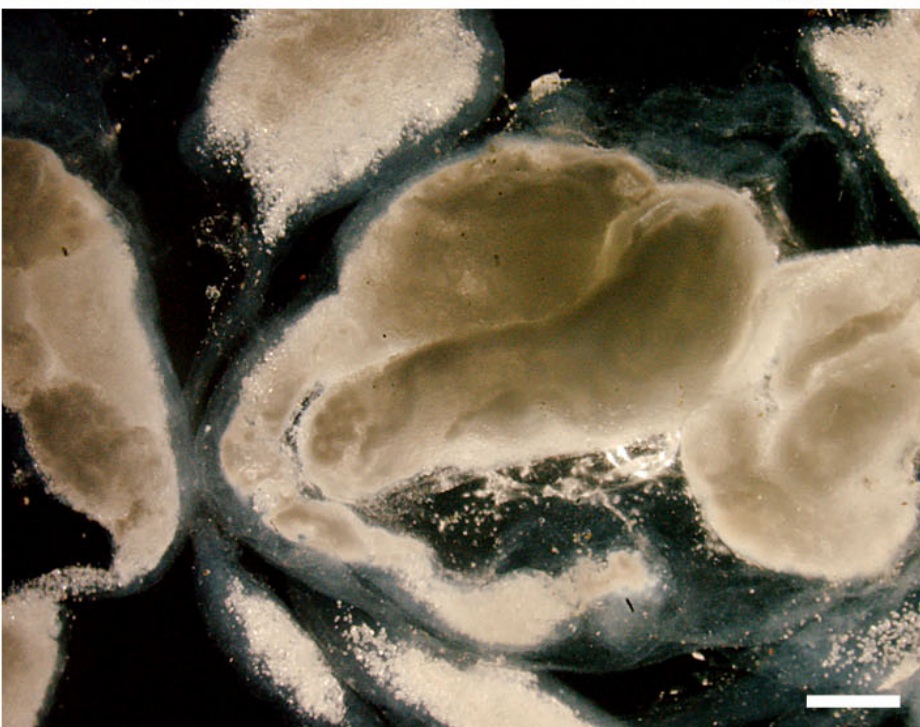
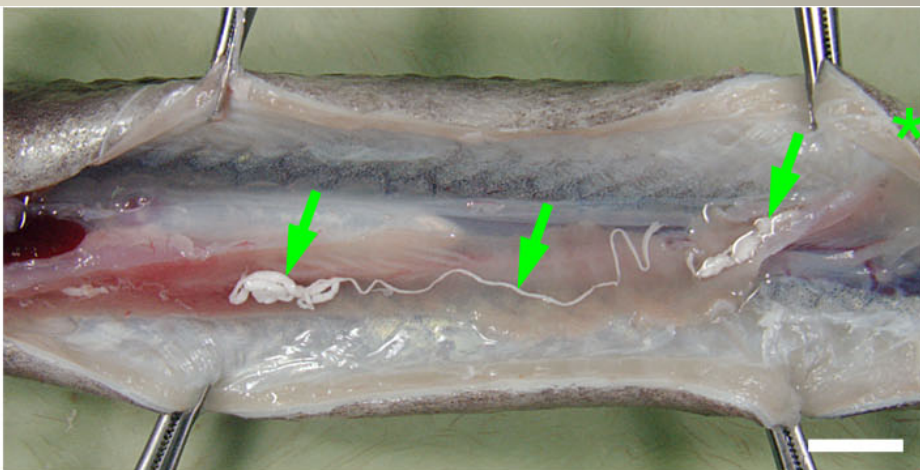
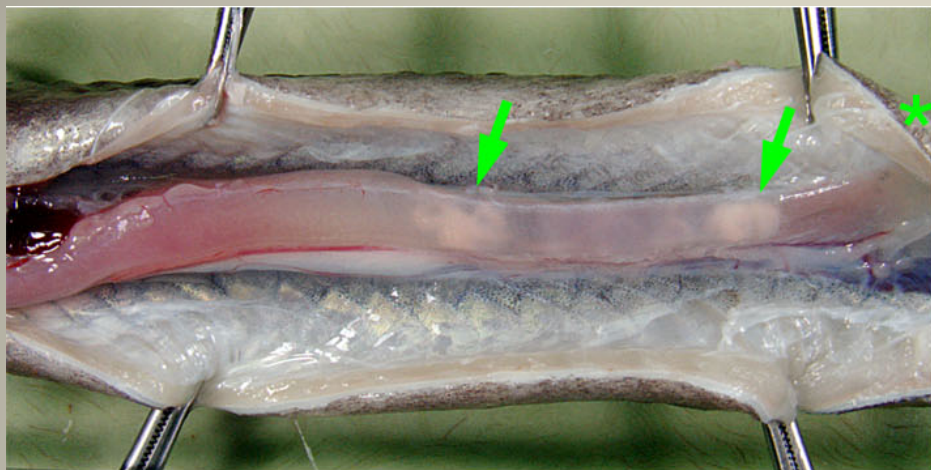
1価イオンを吸収し飲んだ海水の浸透圧を下げる



腸における1価イオンの取込み

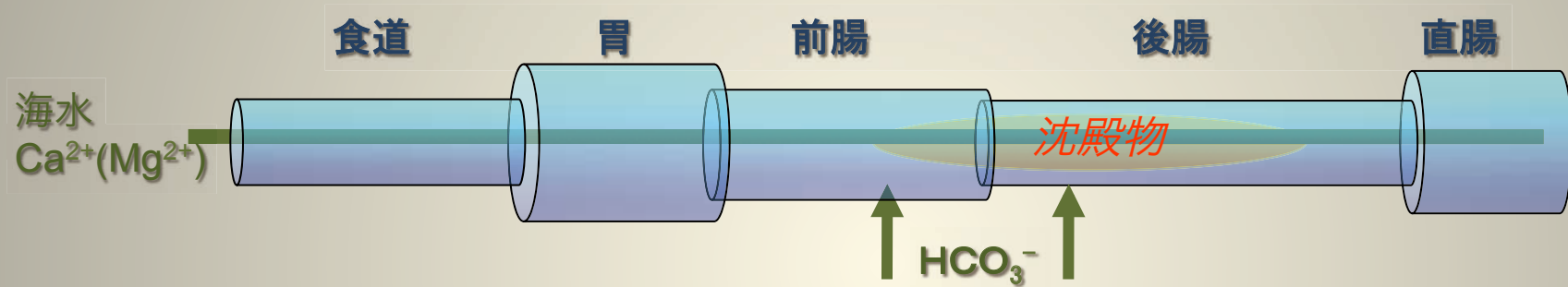


海ウナギの腸管内に見られるカルシウムケーキ

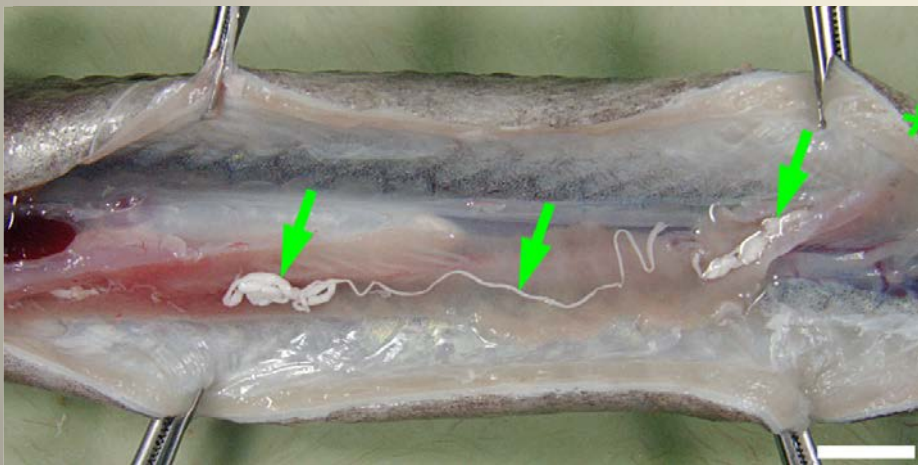


腸における水の吸収(2)

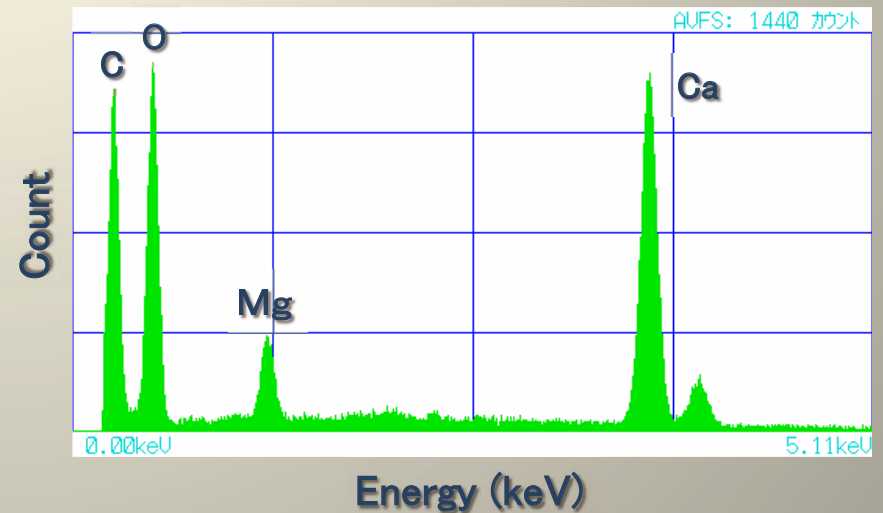
- ・ 1価イオンを吸収し飲んだ海水の浸透圧を下げる
- ・ 2価イオンは不溶化し、排泄する



海水ウナギの消化管に見られる白い沈殿物

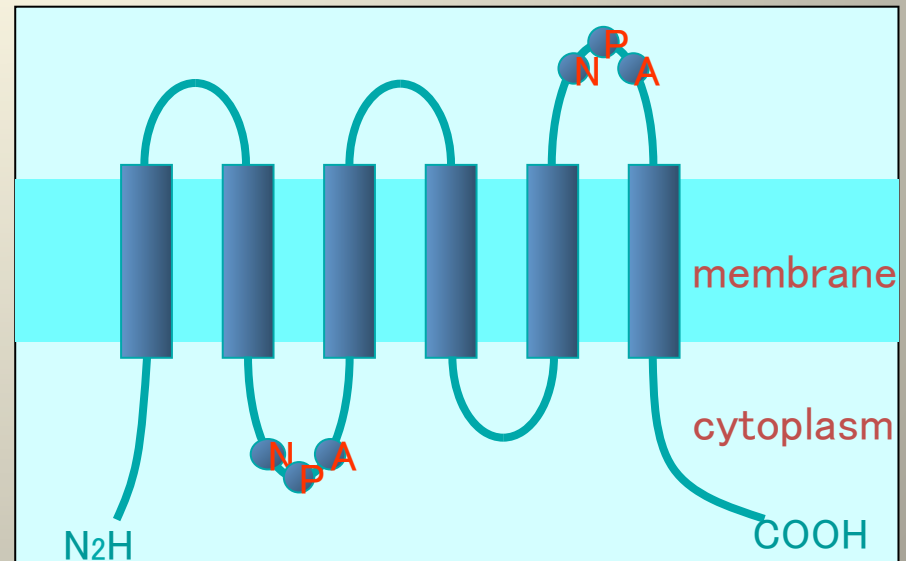
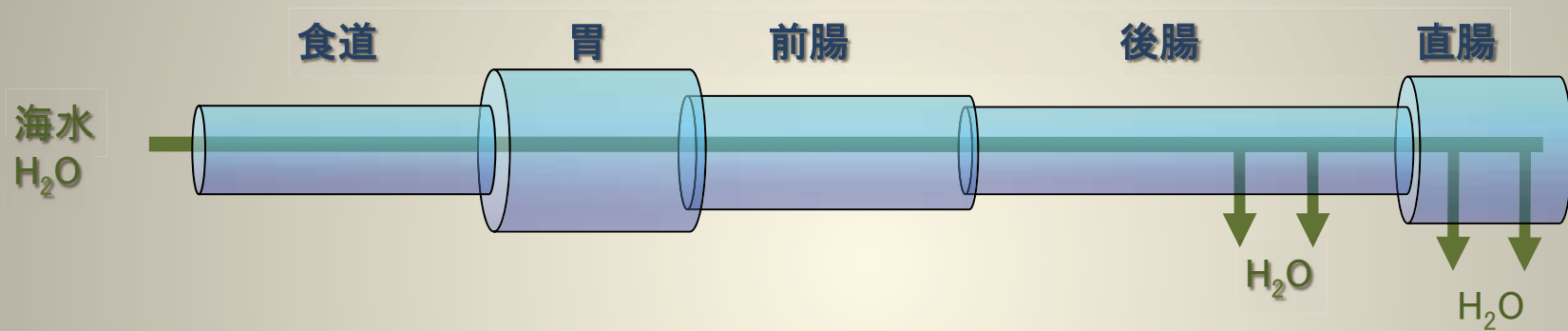
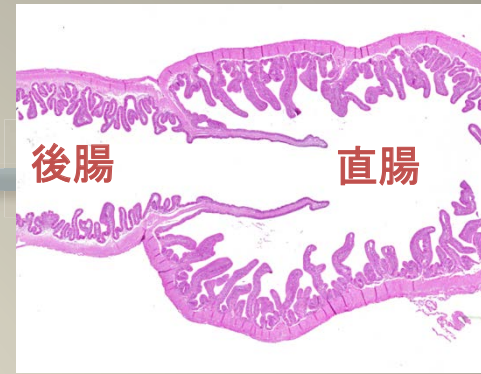


沈殿物のマイクロX線分析



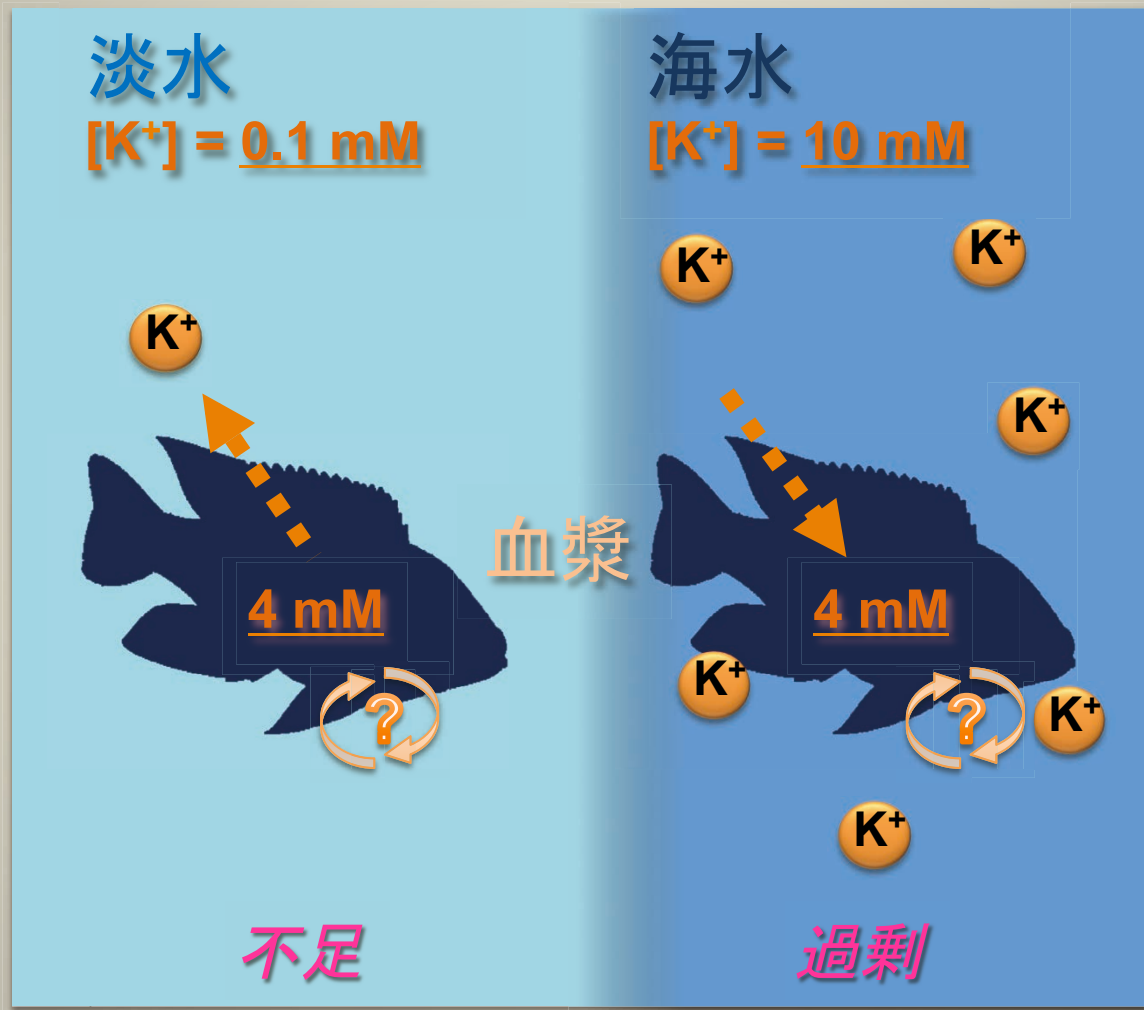
腸における水の吸収(3)

- ・ 1価イオンを吸収し飲んだ海水の浸透圧を下げる
- ・ 2価イオンは不溶化し、排泄する
- ・ 浸透圧が低下した海水から水を吸収する

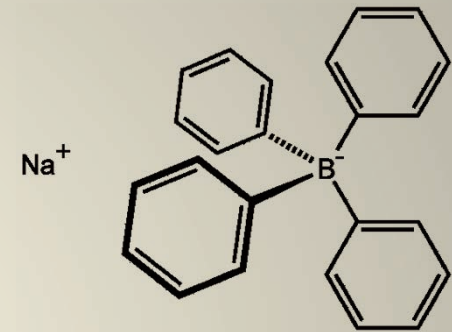
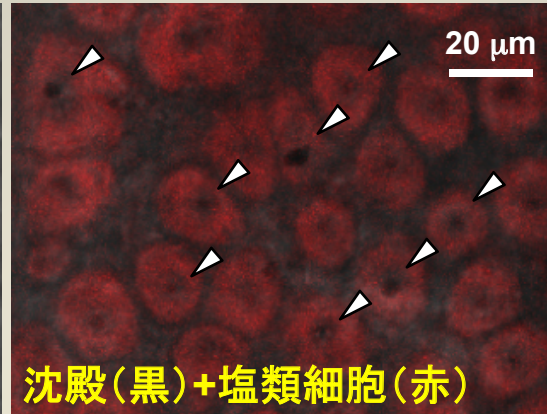
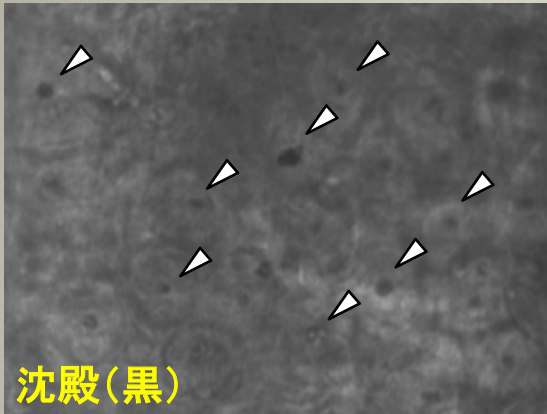


海水魚はエラからカリウムを排出する

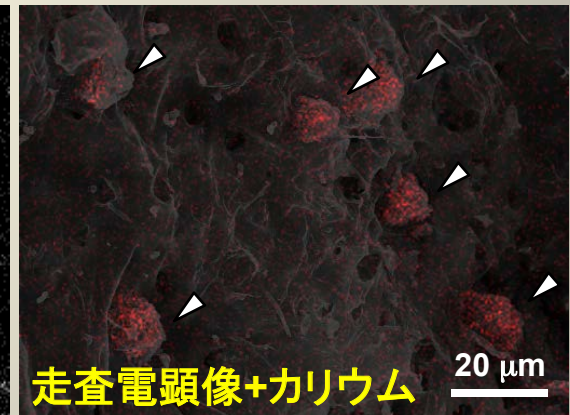
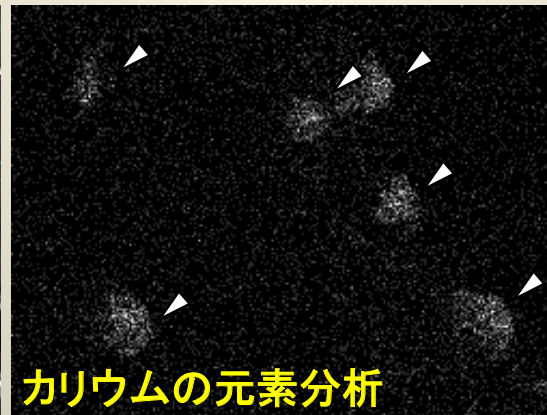
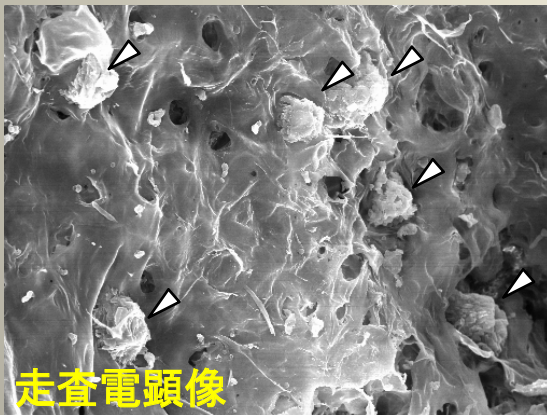
淡水魚と海水魚におけるカリウム(K^+)の動態



海水魚のエラの塩類細胞はカリウム(K^+)を排出する

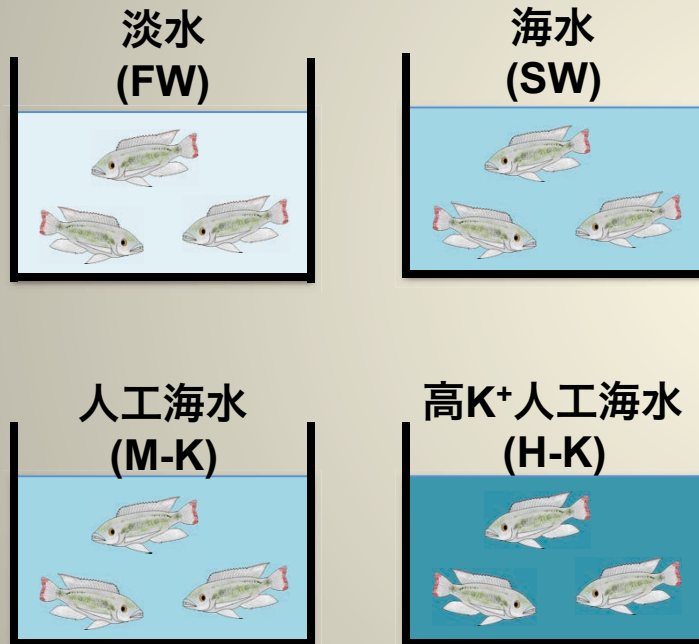


テトラフェニルホウ酸ナトリウム

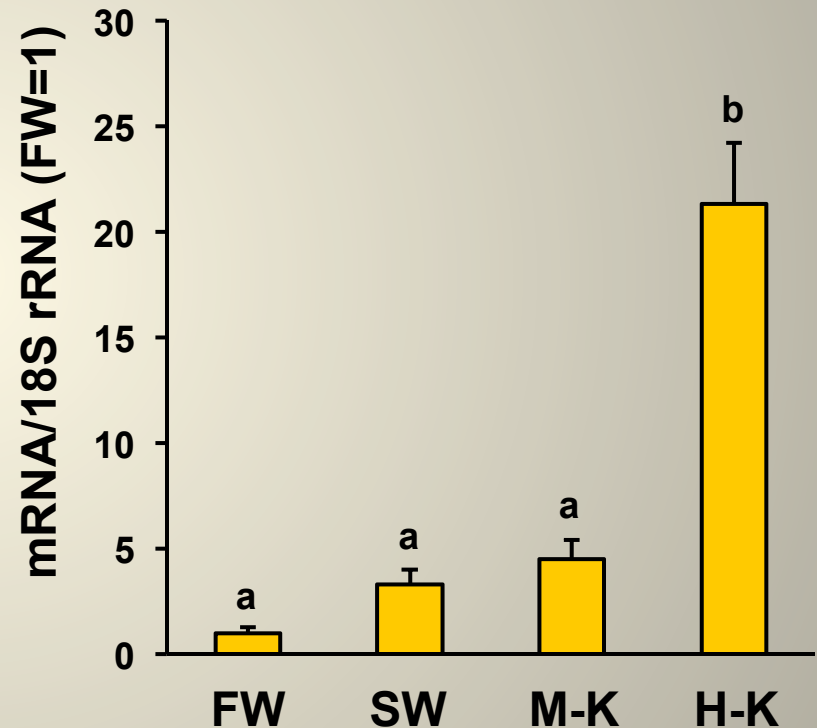


K^+ 輸送体のうち、ROMKが K^+ 濃度変化に応答する

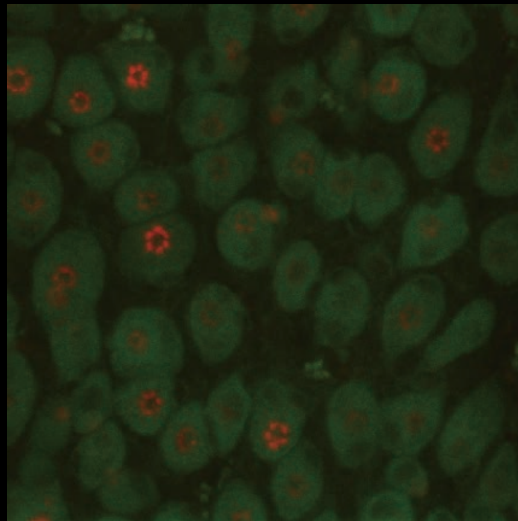
4つの環境水で飼育



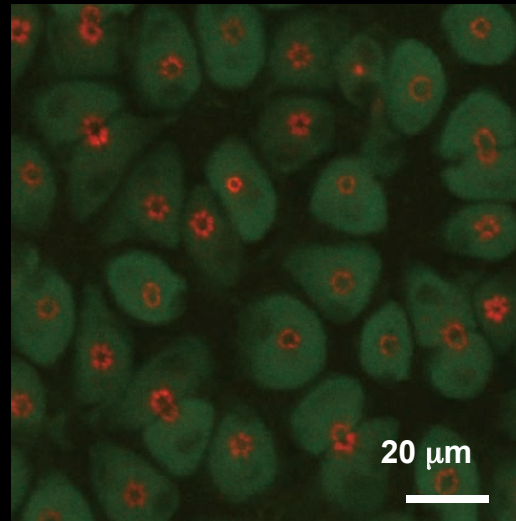
ROMKのmRNA発現量



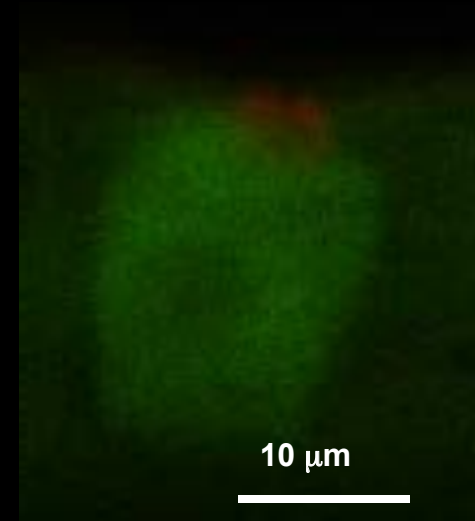
ROMKは塩類細胞の開口部に局在し、 K^+ を排出する



人工海水



高 K^+ 人工海水

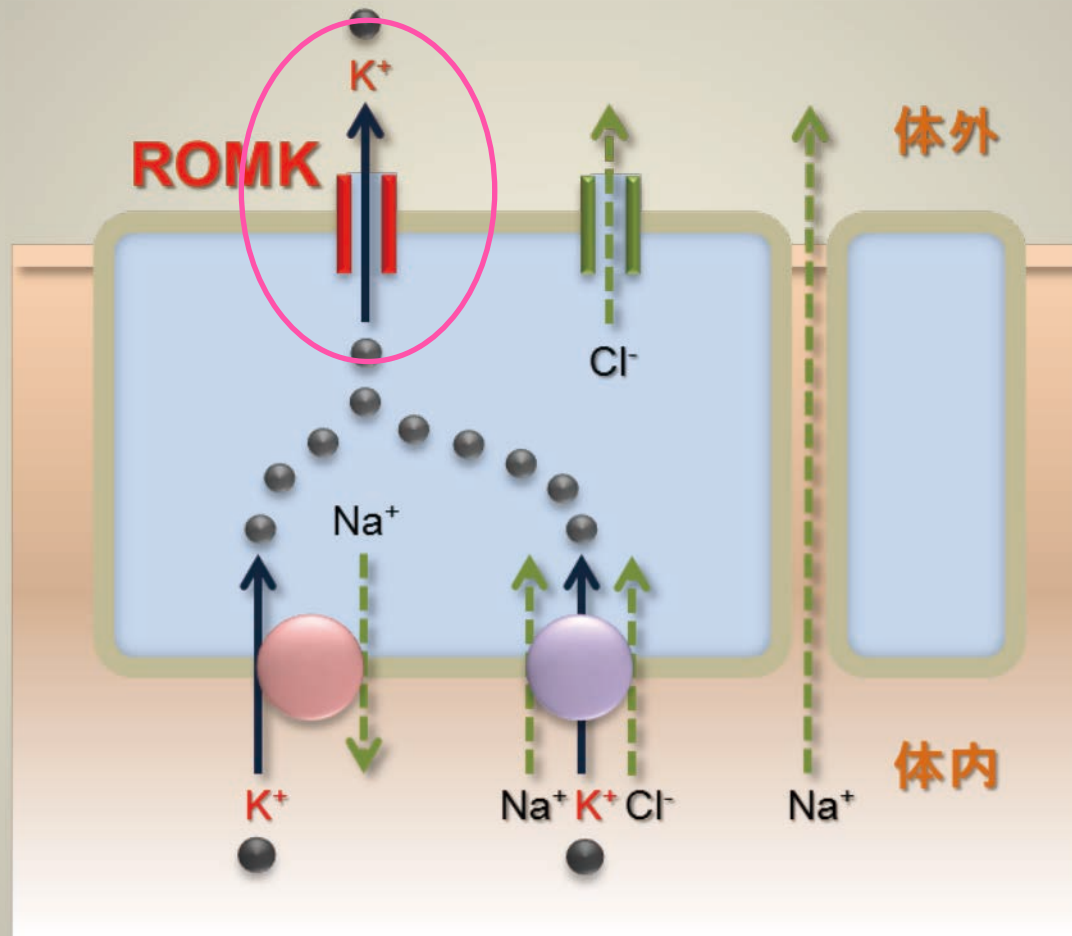


横から見た図

赤: ROMK (カリウム輸送体)

緑: Na^+/K^+ -ATPase (塩類細胞)

塩類細胞の K^+ 輸送モデル



カリウムはROMKを介して排出される

セシウムもエラの塩類細胞から排出される

海水魚のエラの塩類細胞は Cs^+ ・ Rb^+ も排出する

鰓に Cs^+ / Rb^+ を注入した後、テトラフェニルホウ酸で沈殿を形成

1	IA
1	H 水素 1.00784
3	Li リチウム 6.941
11	Na ナトリウム 22.989770
19	K カリウム 39.0983
37	Rb ルビジウム 85.4678
55	Cs セシウム 132.90545
87	Fr フランシウム (223)

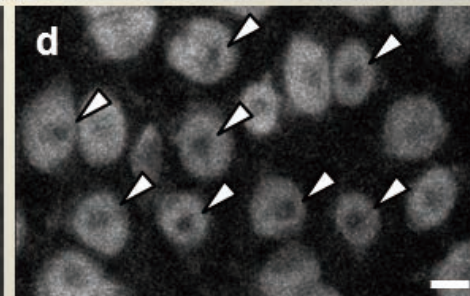
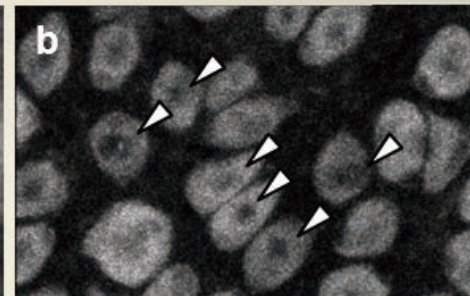
Rb^+
ルビジウム

Cs^+
セシウム

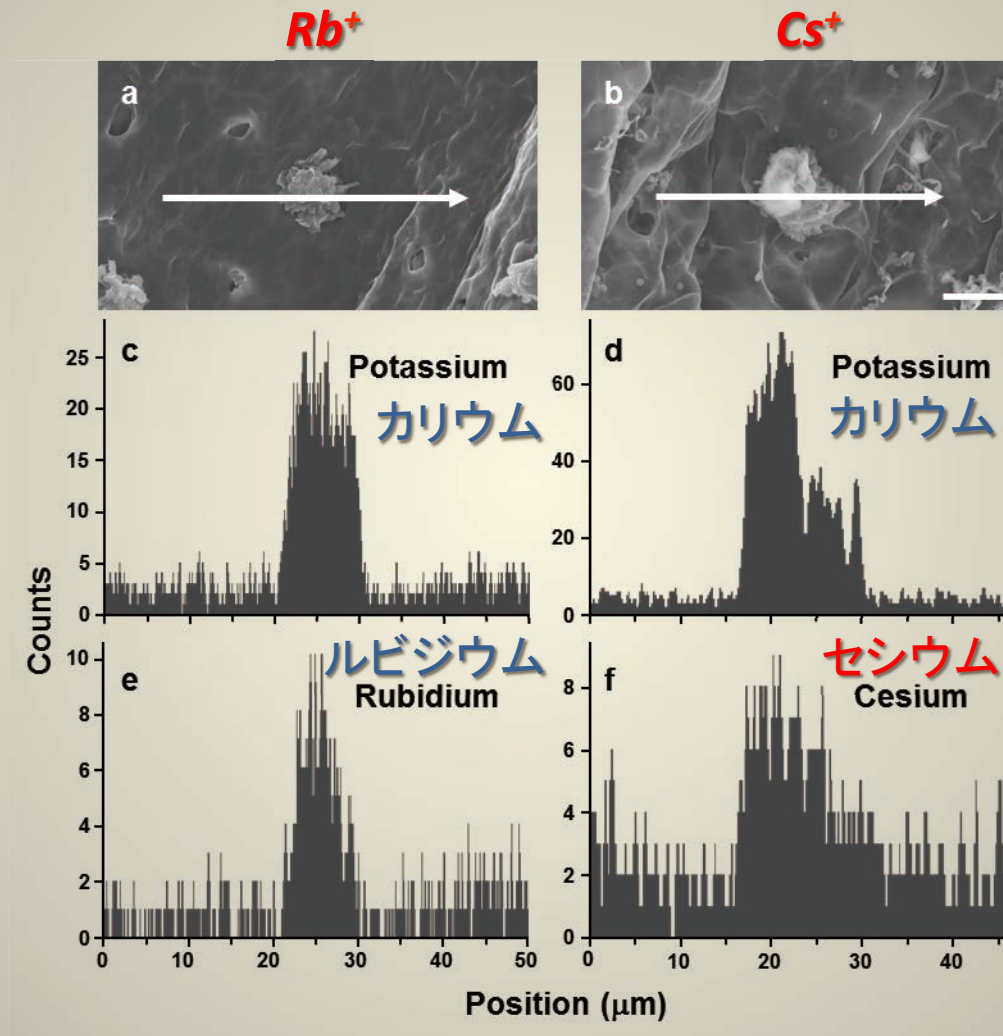
形成された沈殿



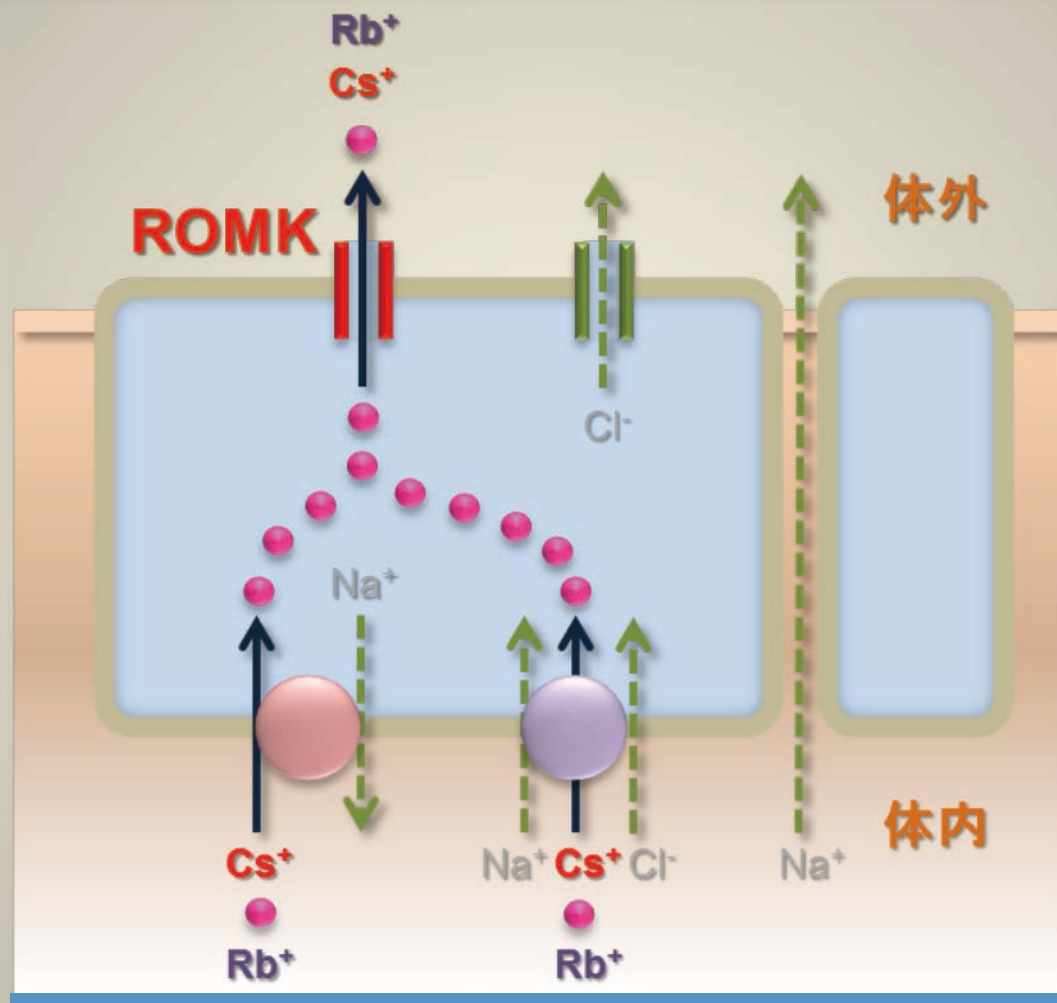
塩類細胞



沈殿には Cs^+ ・ Rb^+ が含まれる(X線分析)



塩類細胞の $\text{Cs}^+/\text{Rb}^+/\text{K}^+$ 輸送モデル



放射性セシウムによる水 産動物の汚染

放射性同位元素の物理学的半減期と生物学的半減期

(物理学的)半減期:

物質の量が半分になるのにかかる期間

^{134}Cs 約2年

^{137}Cs 約30年

生物学的半減期:

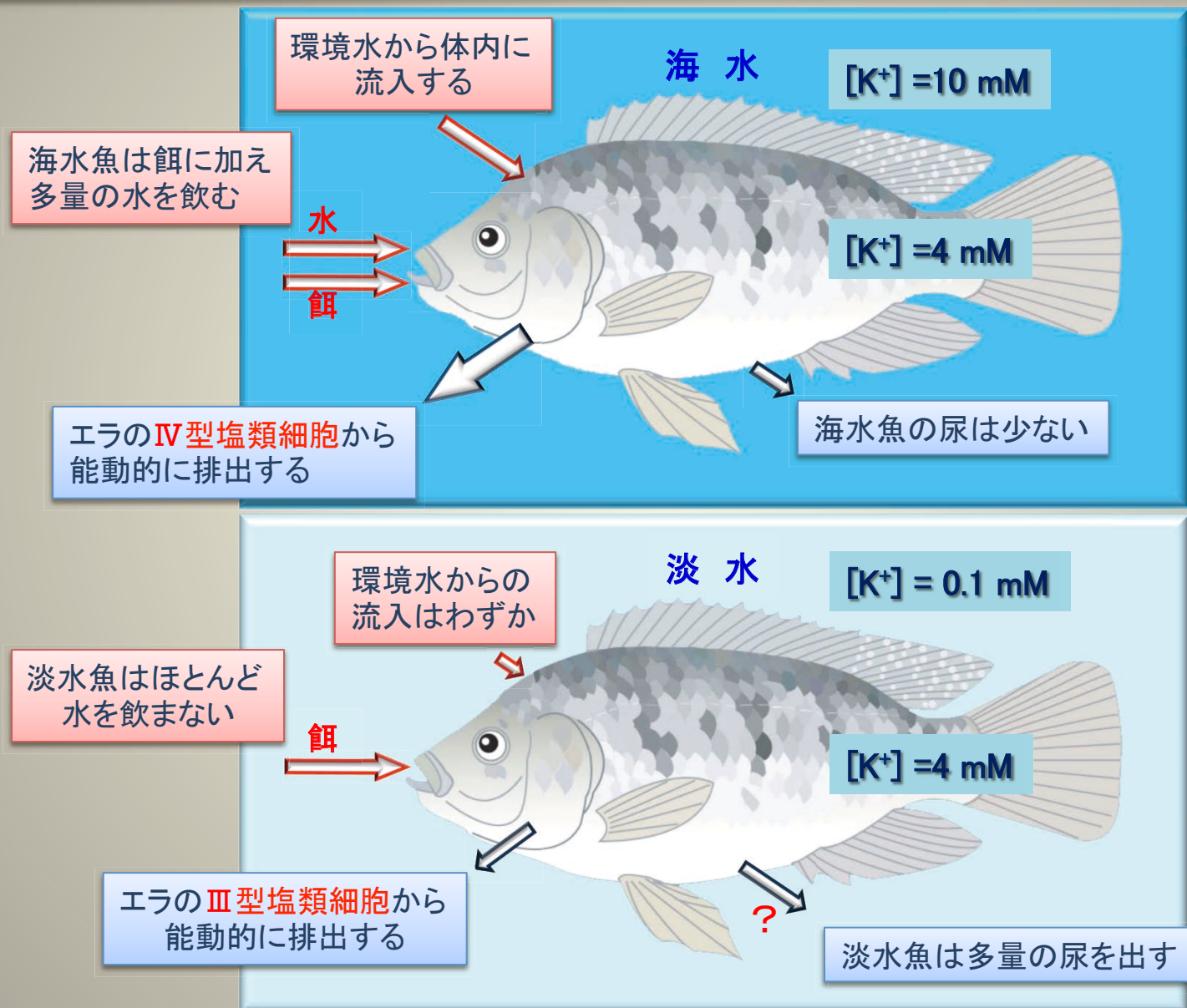
生物の体内に取り込まれた物質の量が半分になるのにかかる期間

(^{137}Cs) 海水魚 50日(?) 淡水魚 100日(?)

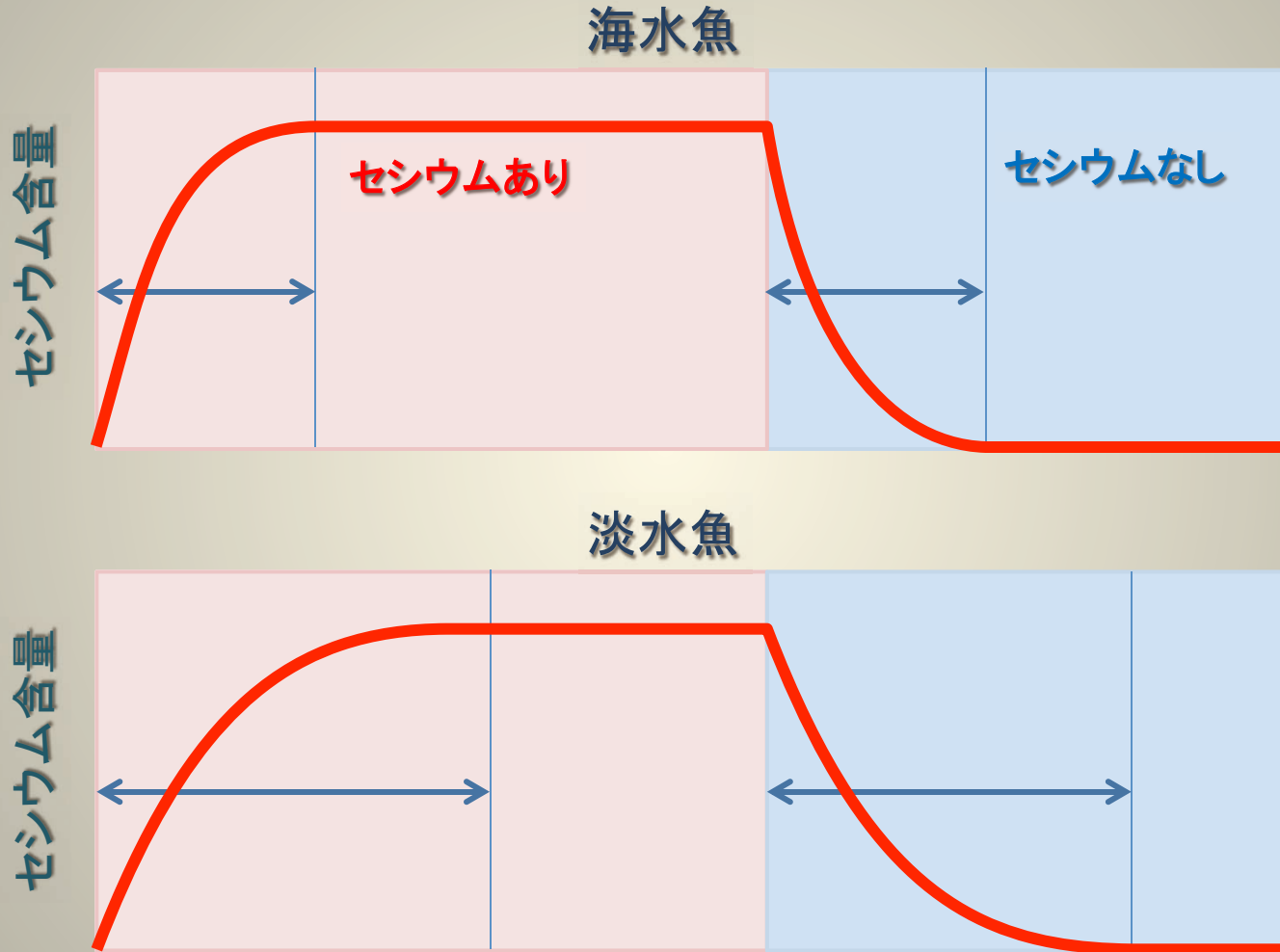
半減期の10倍の期間で1/1000まで減少する

アイナメ: $25800 \text{ Bq/kg} \rightarrow 26 \text{ Bq/kg}$ (500日)

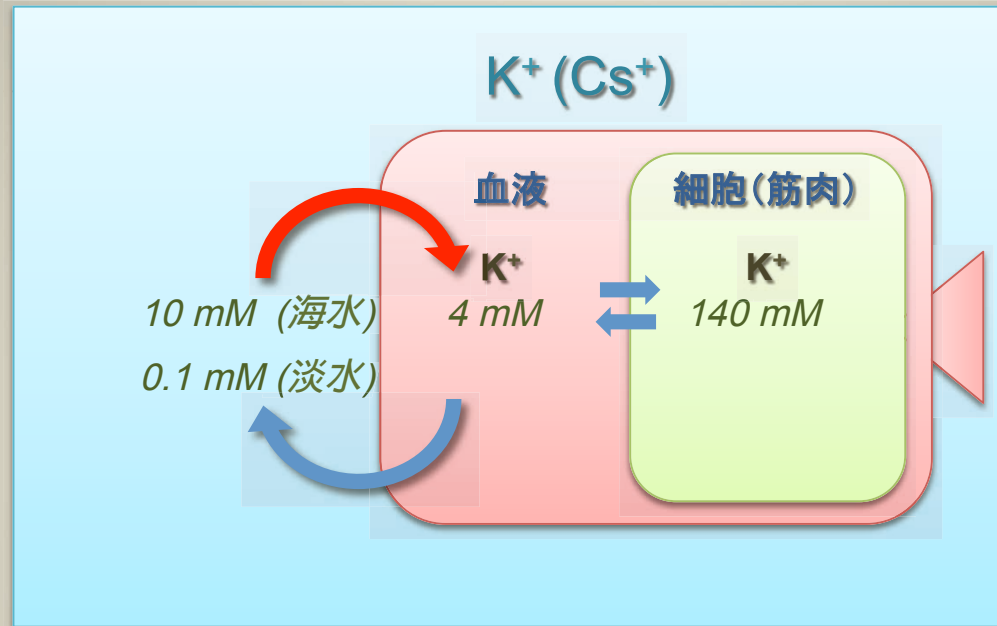
海水魚と淡水魚におけるセシウムの動態



海水魚と淡水魚におけるセシウムの取込みと排出



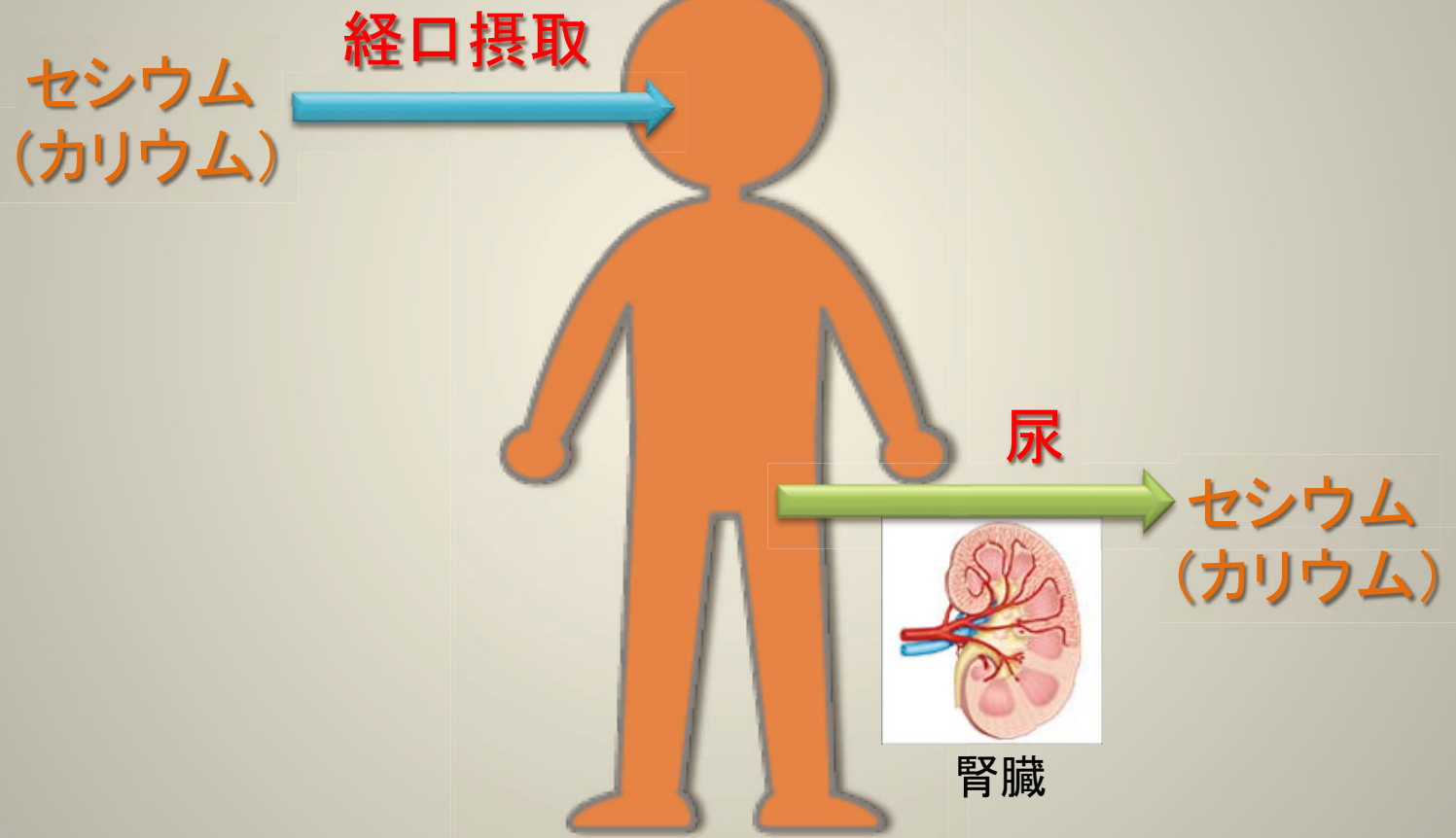
では、除染の効率を高めるには...



「きれいな水の中で K^+ の代謝回転を速める」

- Ø 環境水に K^+ を加える(体表と消化管からの取込み)
- Ø 餌に K^+ を添加する(消化管からの取込み)

ヒトにおけるセシウム（カリウム）の取り込みと排出は？



海産無脊椎動物はセシウムで汚染されにくい？

海産生物可食部の濃縮係数

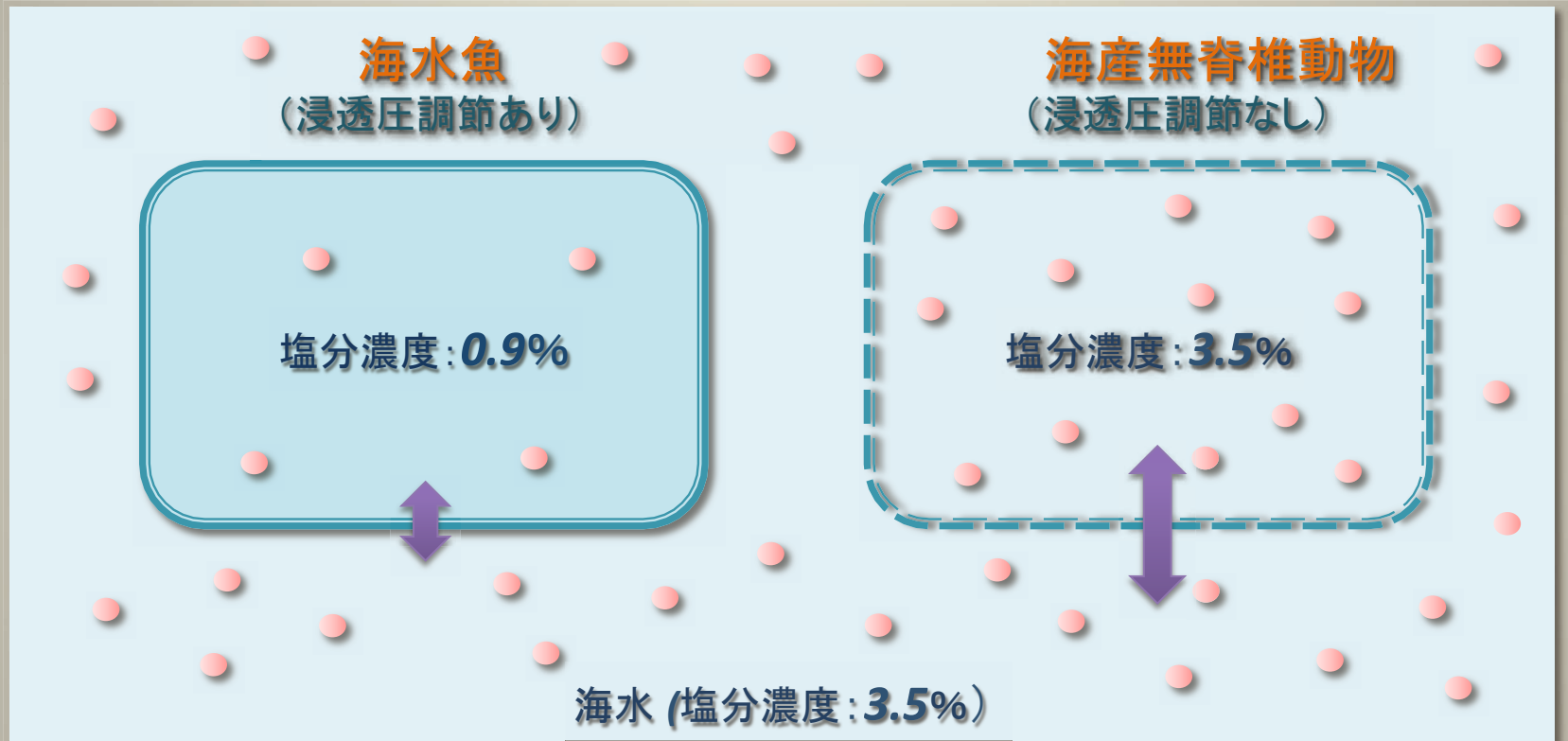
元素	魚 類	甲 殻 類 (エビ・カニ)	軟 体 類 (貝類)	頭 足 類 (イカ・タコ)	海 藻 類
Cs	100	50	60	9	50
Sr	3	5	10	2	10
I	9	3	10	—	10000

(IAEA テクニカル レポート シリーズ No.422より)

33

Copyright © 2012 Marine Ecology Research Institute. All Rights Reserved

海産無脊椎動物はセシウムで汚染されにくい？



○ 無脊椎動物では、体内外でイオンが比較的自由に移動する

○ Cs^+ が体内に取り込まれても速やかに拡散して体外に出てしまう

ま と め

○海水魚のエラの塩類細胞からカリウム (K^+)が排出される

○セシウム(Cs^+)とルビジウム(Rb^+)も K^+ 排出経路を介して塩類細胞から排出される

○本成果は魚体内におけるセシウムの動態の全容解明につながるものと期待される

○ K^+ の代謝回転を速めることで、 Cs^+ の除染効率を高めることができる。