

魚のエラからセシウムが 排出される

金子 豊二

東京大学大学院農学生命科学研究科

1

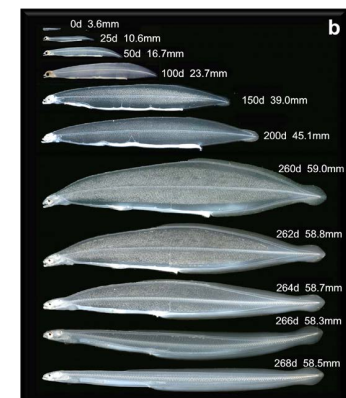
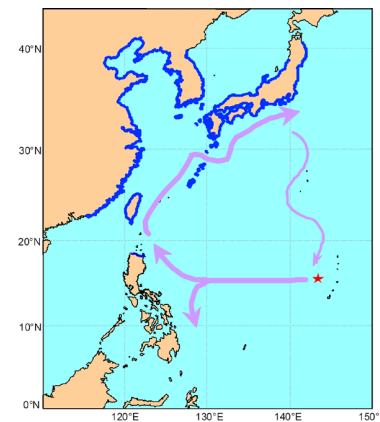
海水魚(トラフグ)



淡水魚(キンギョ)



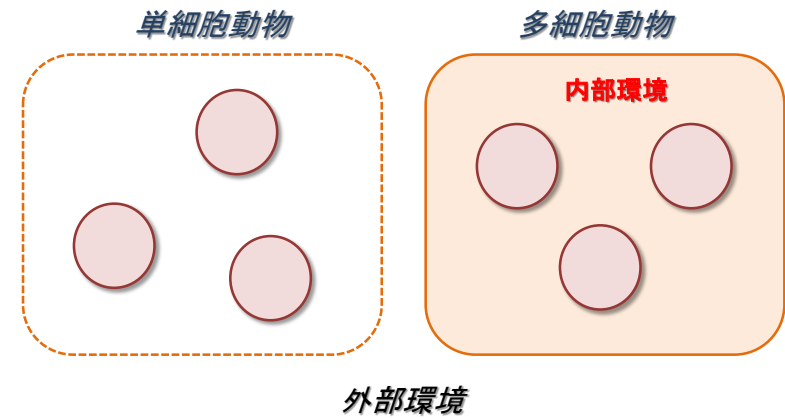
通し回遊魚(ウナギ)



広塩性魚(ティラピア)



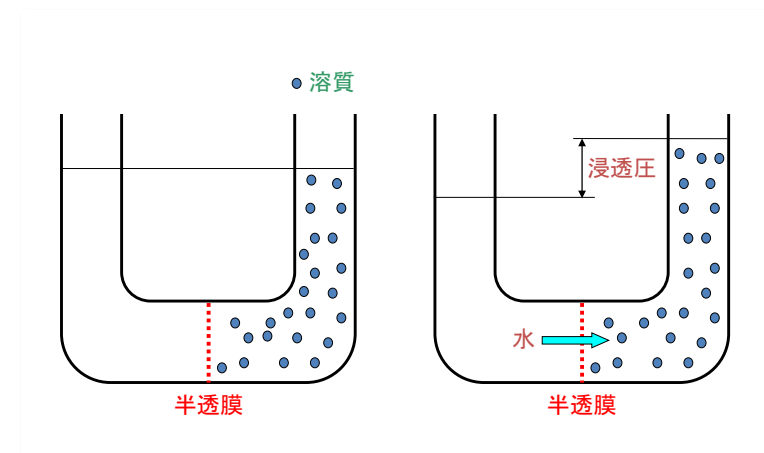
単細胞動物と多細胞動物



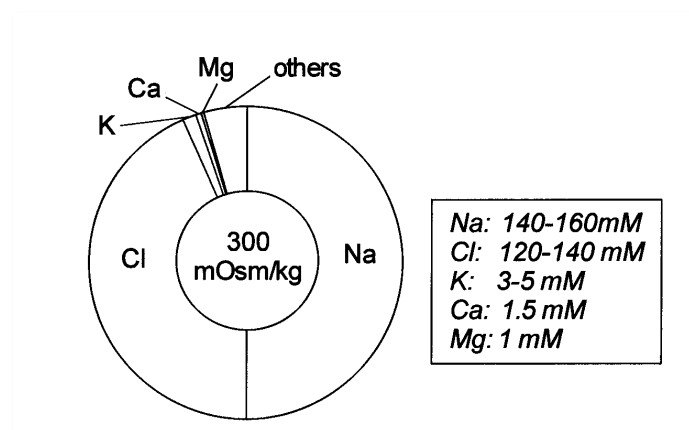
7

魚の浸透圧調節のしくみ

浸透圧とは？



血漿のイオン組成



魚類の血漿イオン組成と浸透圧

魚 種*	環境水	Na (mM)	Cl (mM)	K (mM)	Mg (mM)	Ca** (mM)	Urea (mM)	浸透圧 (mOsm/kg)
海水		439	513	9.3	50	9.6	0	1050
円口類								
スタウナギ (<i>Myxine glutinosa</i>)	海水	486	508	8.2	12	5.1	—	1035
ヤツメウナギ (<i>Petromyzon marinus</i>)	海水	156	159	32	7.0	3.5	—	333
ヤツメウナギ (<i>Lampetra fluviatilis</i>)	淡水	120	104	3.9	2.0	2.5	—	272
板鰓類								
ドチザメ (<i>Triakis scyllium</i>)	海水	231	299	6.3	2.3	3.7	304	1077
ネコザメ (<i>Heterodontus japonicus</i>)	海水	278	355	12.6	1.8	4.5	220	1080
アカエイ (<i>Dasyatis sephen</i>)	淡水	146	175	15.4	1.3	3.1	48	488
真骨類								
ニジマス (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	淡水	164	—	3.6	0.9	2.9	—	306
コイ (<i>Cyprinus carpio</i>)	淡水	130	125	2.9	1.2	2.1	—	274
ウグイ (<i>Tribolodon hakonensis</i>)	淡水	154	124	—	1.8	2.9	—	310
ウミメダカ	淡水	160	—	—	—	3.1	—	330
(<i>Fundulus heteroclitus</i>)	海水	178	—	—	—	3.1	—	337
ティラピア	淡水	163	140	4.5	—	(1.6)	—	309
(<i>Oreochromis mossambicus</i>)	海水	175	161	4.1	—	(1.8)	—	328

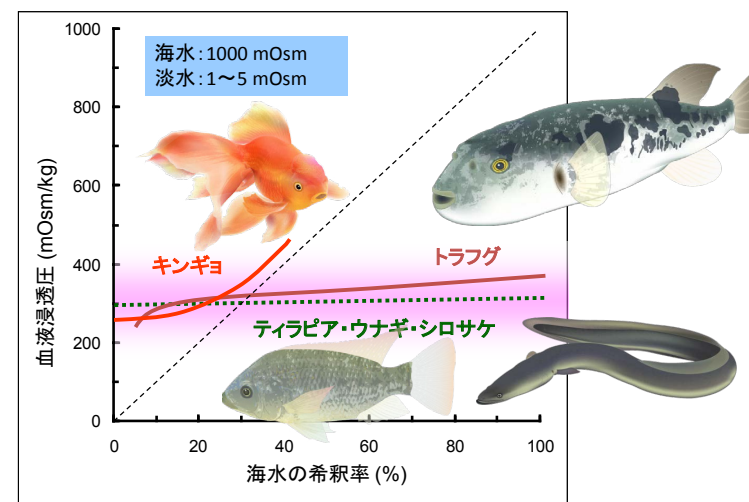
魚類の分類

無顎上綱	スタウナギ綱		スタウナギ類	スタウナギ
	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	軟骨類 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

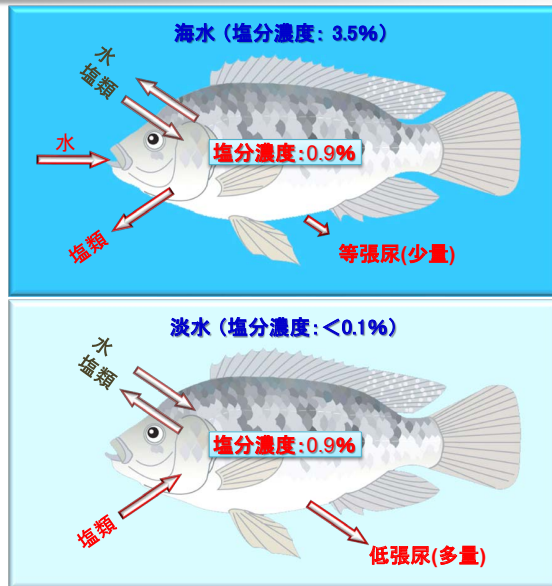
【体液のイオン組成の特徴】

- ・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

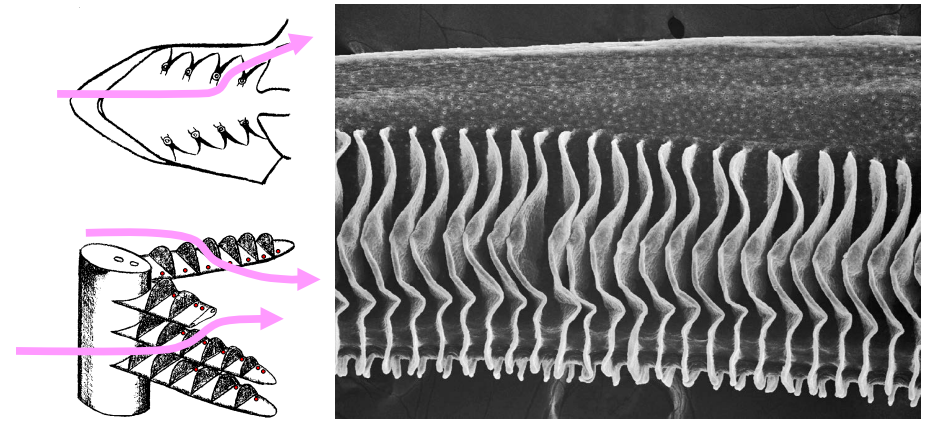
魚類の塩分耐性と浸透圧



魚類の浸透圧調節: 塩類と水の調節

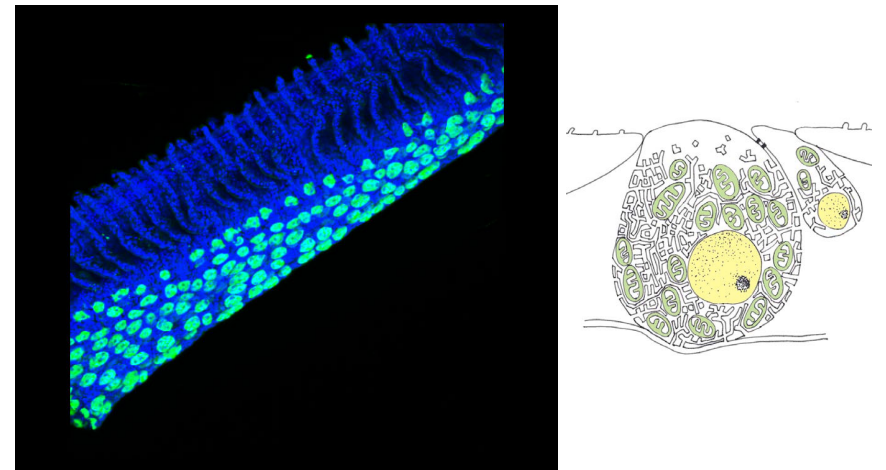


鰓の構造



鰓と塩類細胞

鰓の構造と塩類細胞の分布

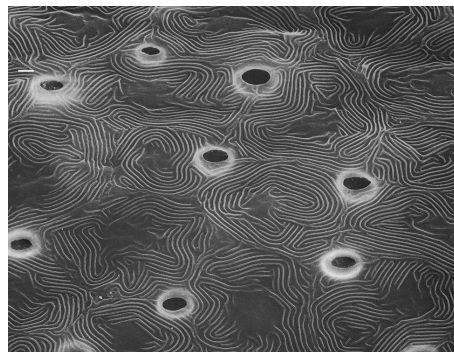


ティラピア鰓の表面構造と塩類細胞

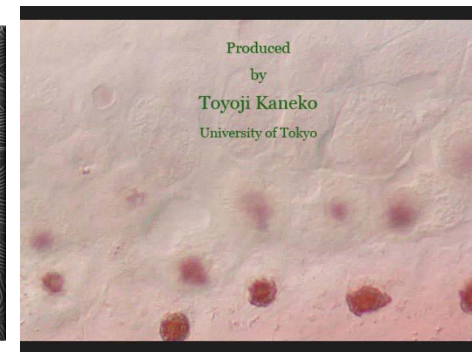
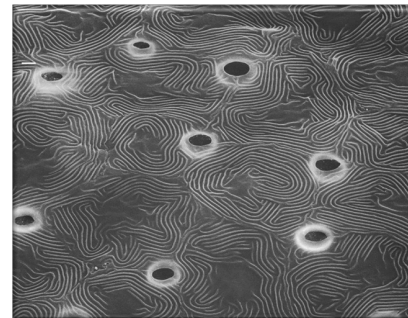
淡水



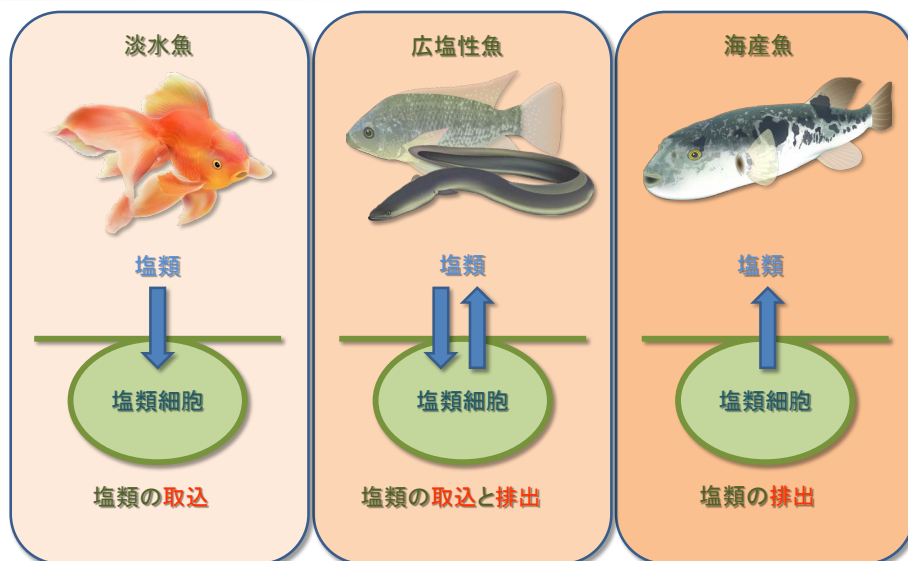
海水



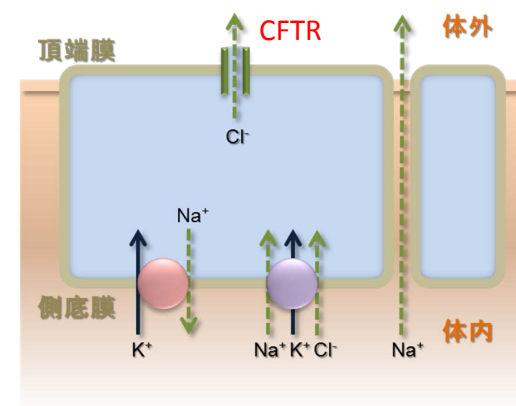
海水型の塩類細胞は塩類を排出する



広塩性魚と狭塩性魚の塩類細胞



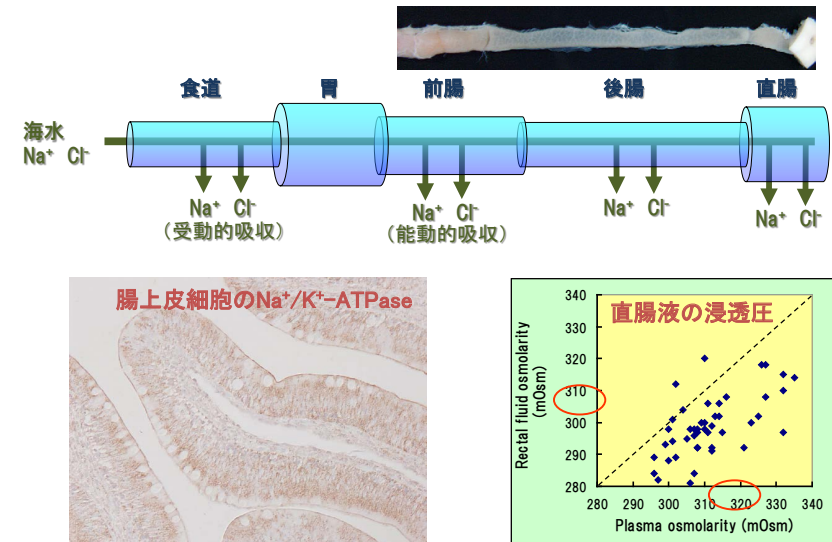
塩類細胞の Na^+/Cl^- 輸送モデル



浸透圧調節と水飲み

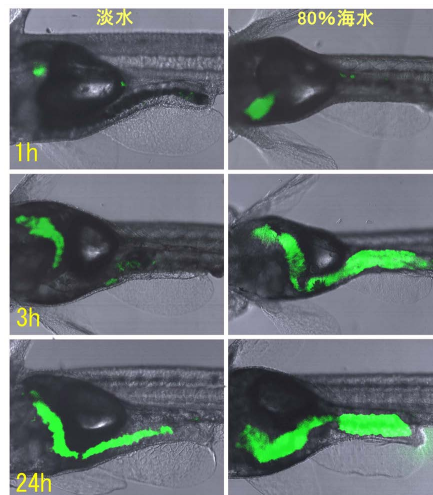
腸における水の吸収(1)

1価イオンを吸収し飲んだ海水の浸透圧を下げる

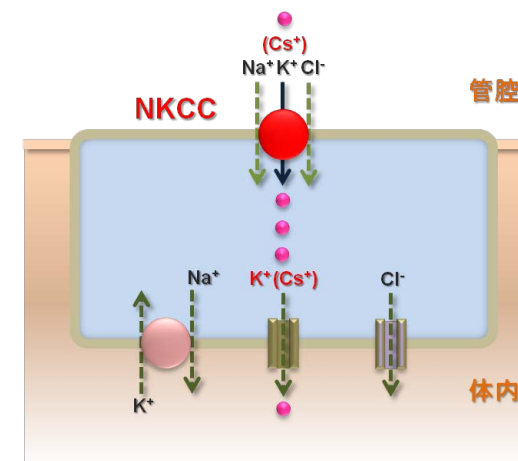


海水魚は海水を飲む

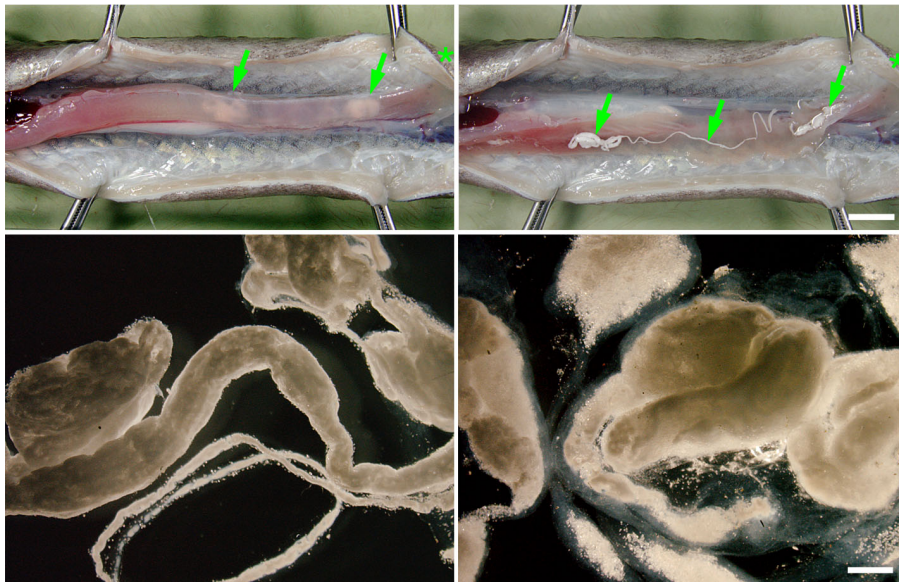
メダカ仔魚の水飲み



腸における1価イオンの取込み

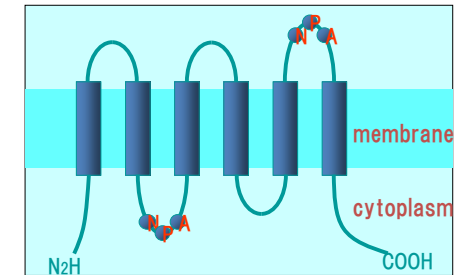
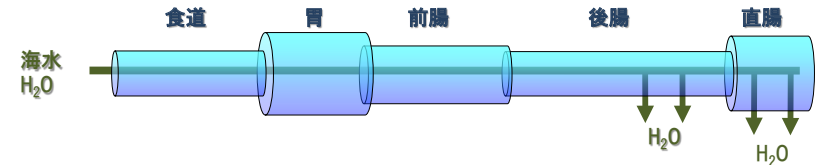
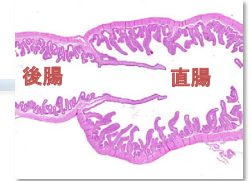


海ウナギの腸管内に見られるカルシウムケーキ



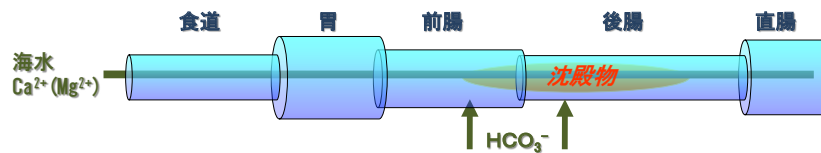
腸における水の吸収(3)

- 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

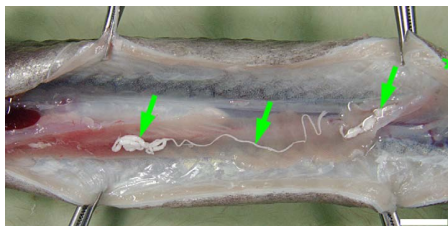


腸における水の吸収(2)

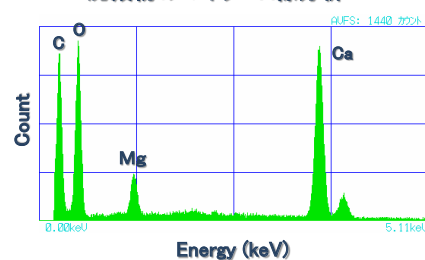
- 1価イオンを吸収し飲んだ海水の浸透圧を下げる
- 2価イオンは不溶化し、排泄する



海水ウナギの消化管に見られる白い沈殿物

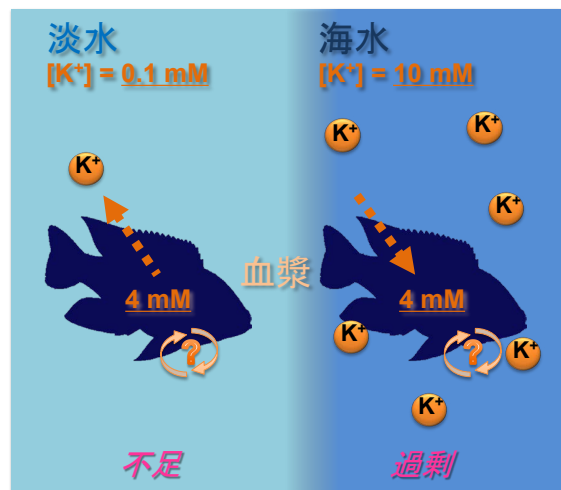


沈殿物のマイクロX線分析



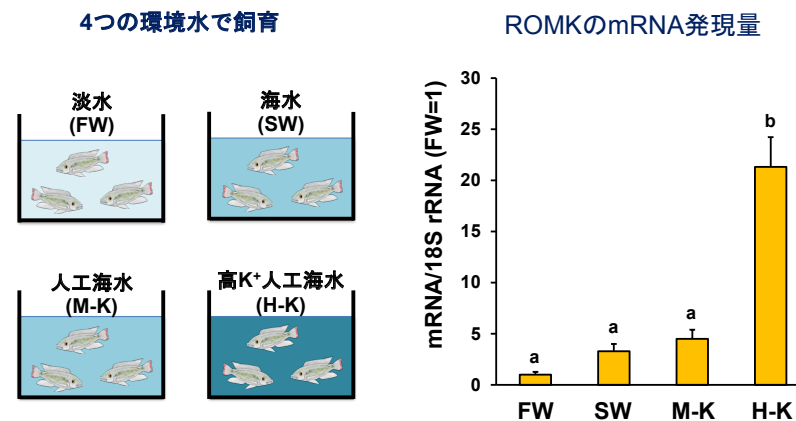
海水魚はエラからカリウムを排出する

淡水魚と海水魚におけるカリウム(K^+)の動態

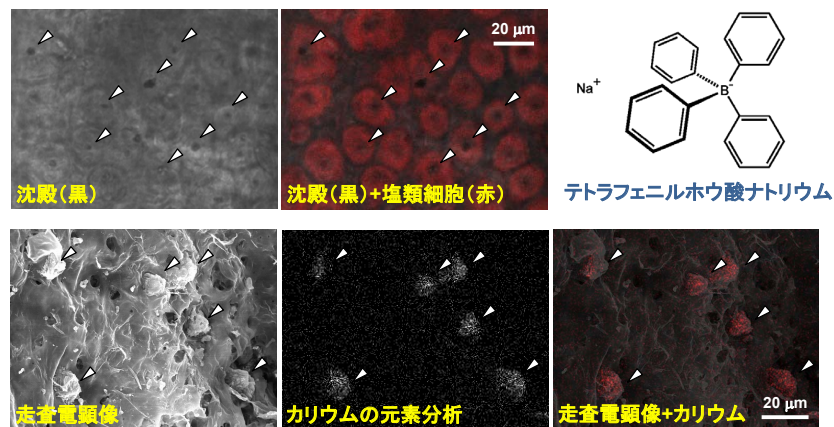


29

K^+ 輸送体のうち、ROMKが K^+ 濃度変化に応答する

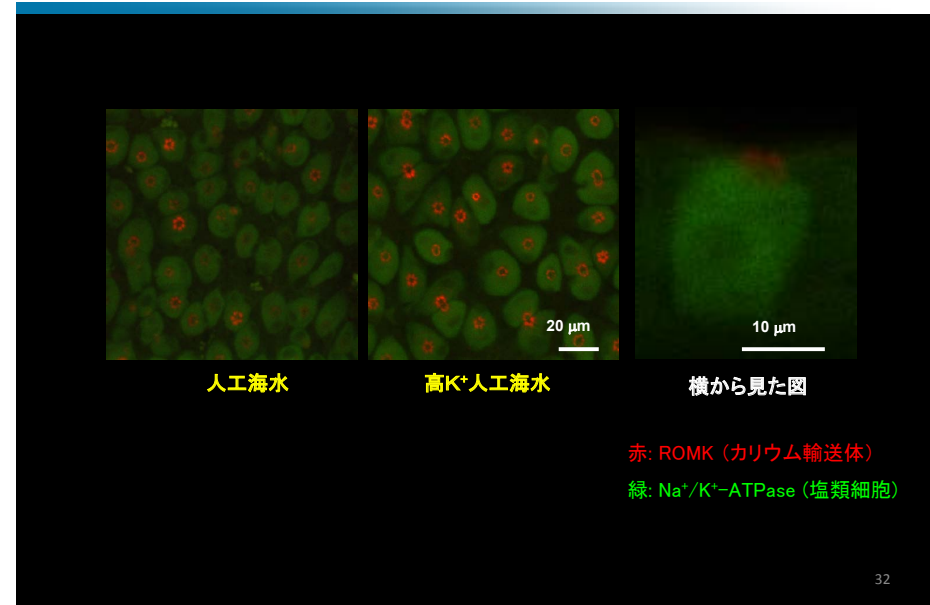


海水魚のエラの塩類細胞はカリウム(K^+)を排出する



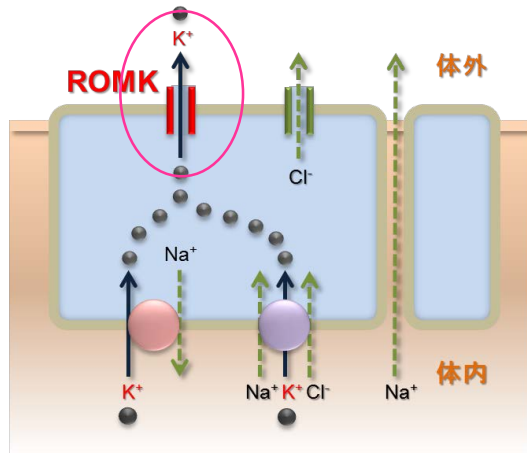
30

ROMKは塩類細胞の開口部に局在し、 K^+ を排出する



32

塩類細胞のK⁺輸送モデル

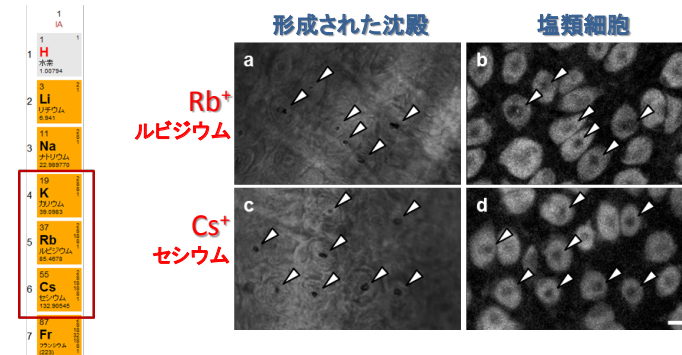


カリウムはROMKを介して排出される

33

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

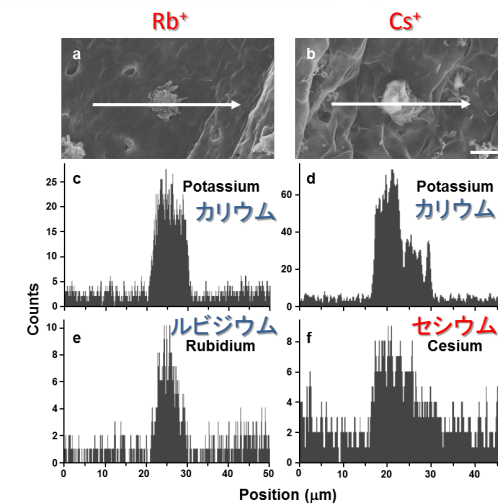


35

セシウムもエラの塩類細胞から
排出される

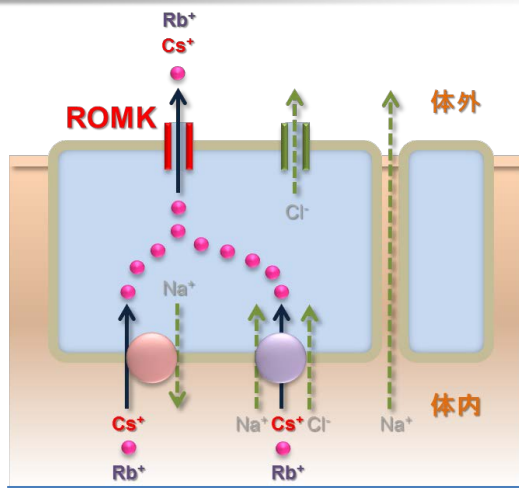
34

沈殿にはCs⁺・Rb⁺が含まれる(X線分析)



36

塩類細胞のCs⁺/Rb⁺/K⁺輸送モデル



37

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

¹³⁴Cs 約2年 ¹³⁷Cs 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

(¹³⁷Cs) 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

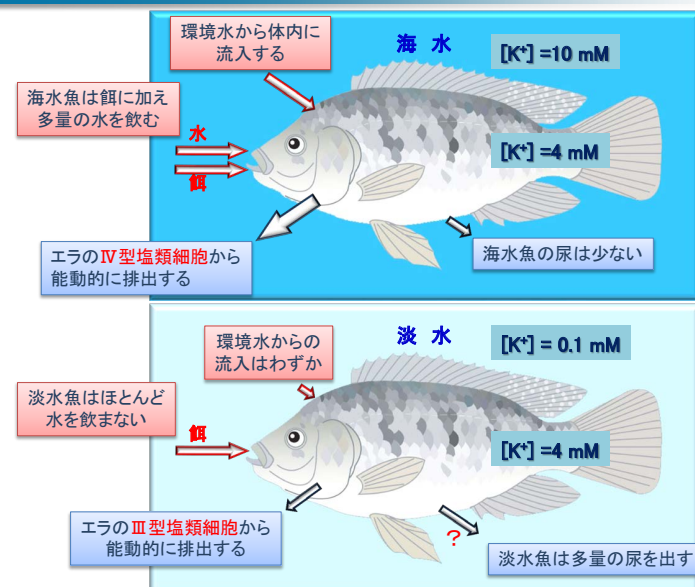
アイナメ: 25800 Bq/kg → 26 Bq/kg (500日)

39

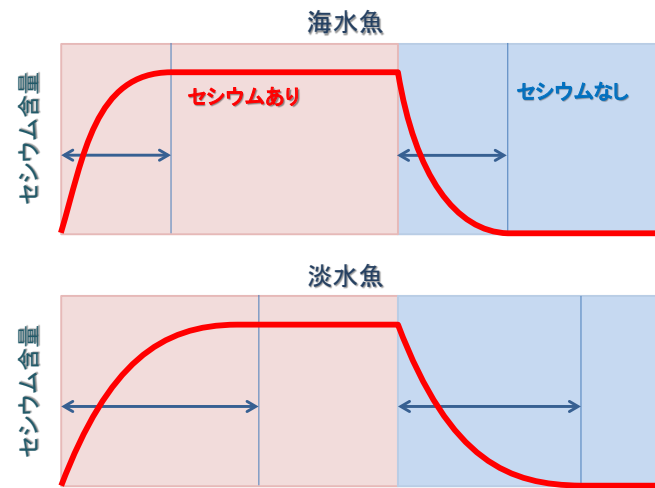
放射性セシウムによる 水産動物の汚染

38

海水魚と淡水魚におけるセシウムの動態

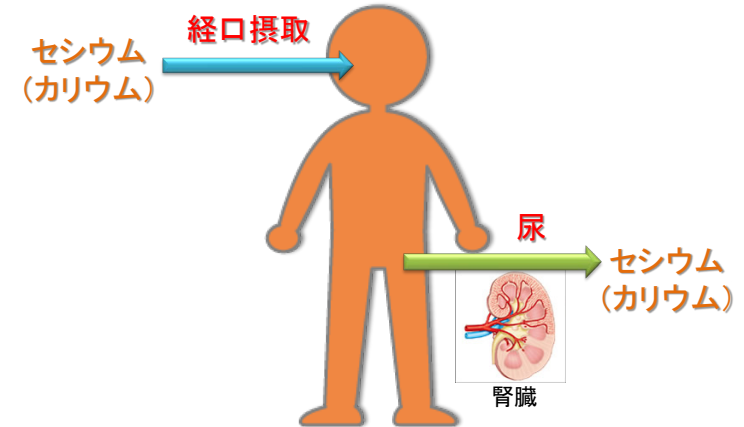


海水魚と淡水魚におけるセシウムの取込みと排出

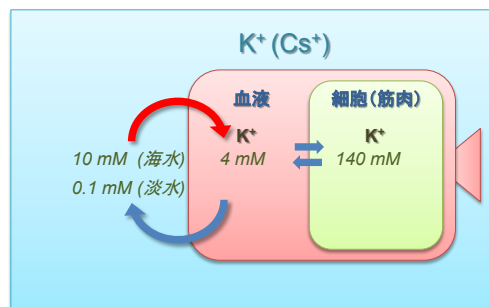


生物学的半減期: 海水魚 < 淡水魚

ヒトにおけるセシウムの取り込みと排出は？



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」

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

海産無脊椎動物はセシウムで汚染されにくい？

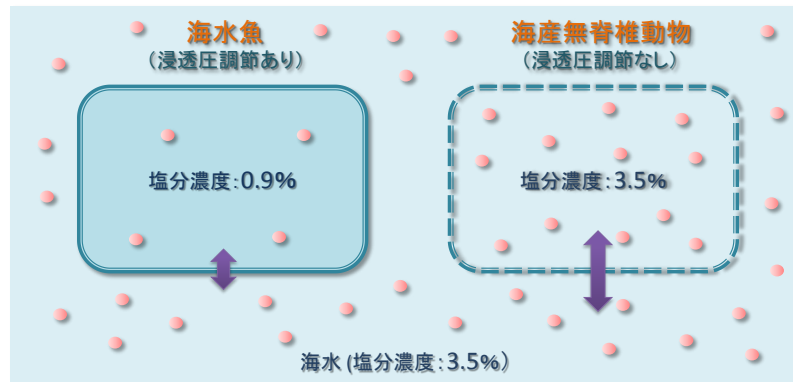
海産生物可食部の濃縮係数

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)

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

45

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。