

動物系統学・無脊椎動物学

大月町のソフトコーラル

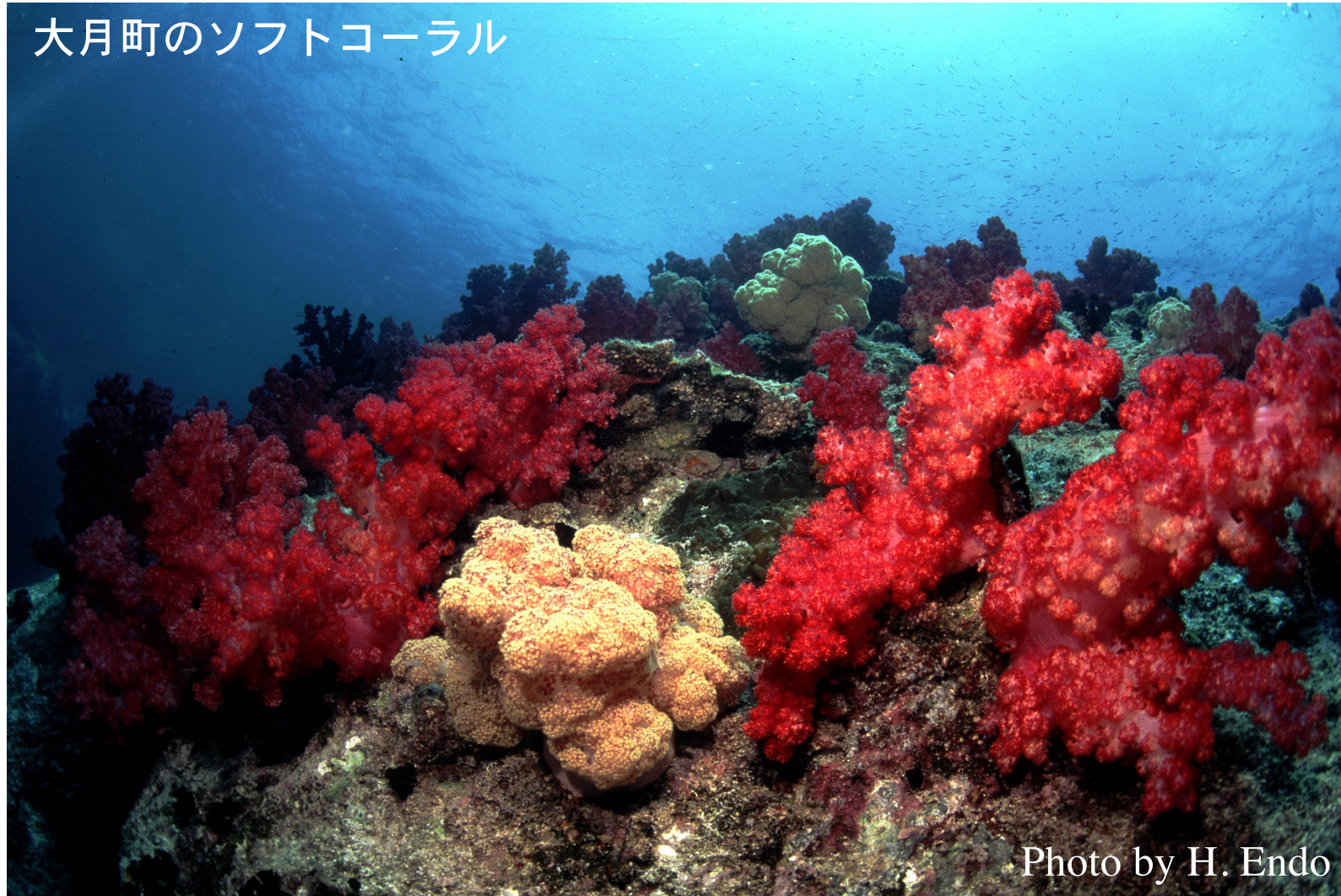
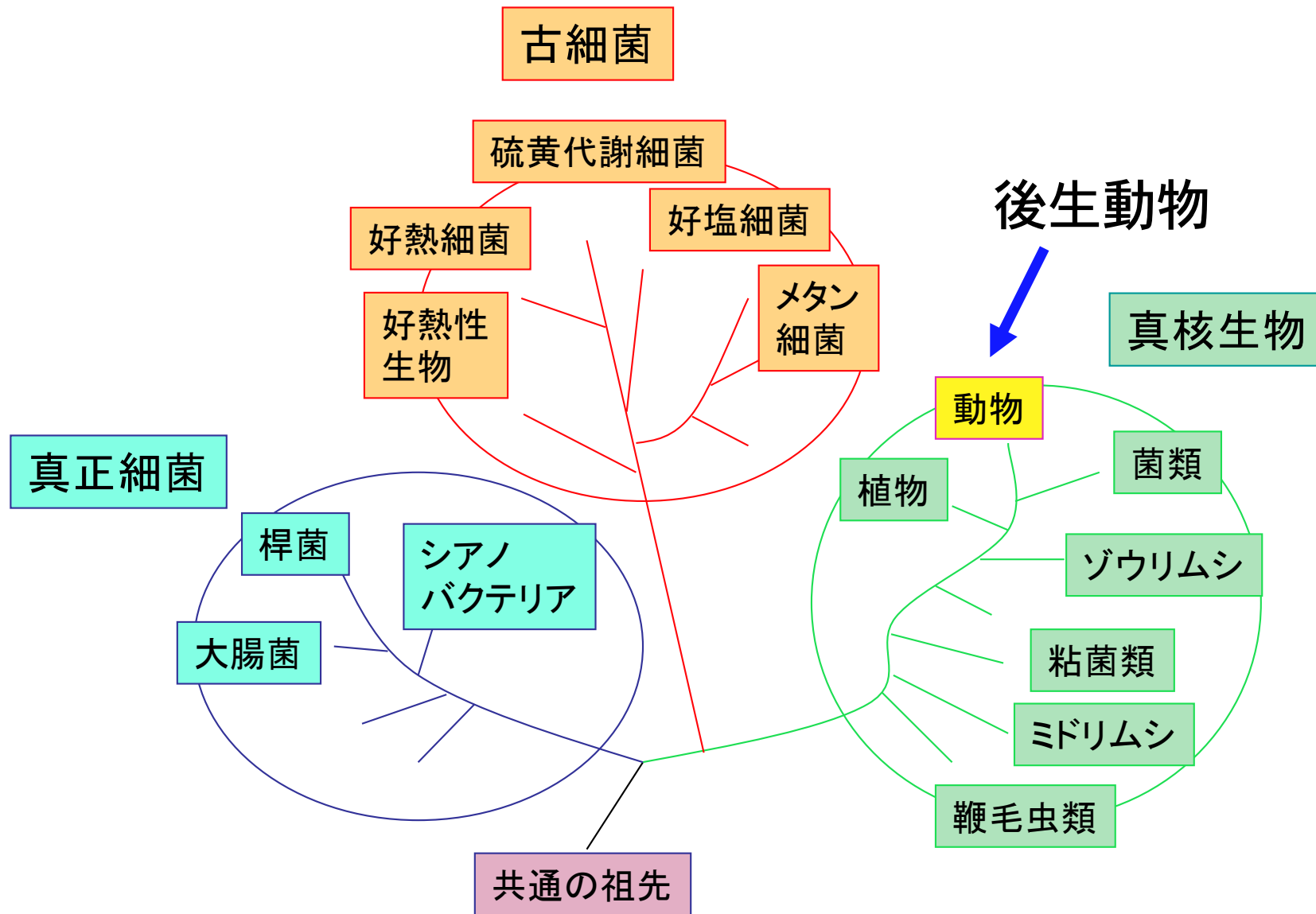


Photo by H. Endo

理工学部 遠藤広光

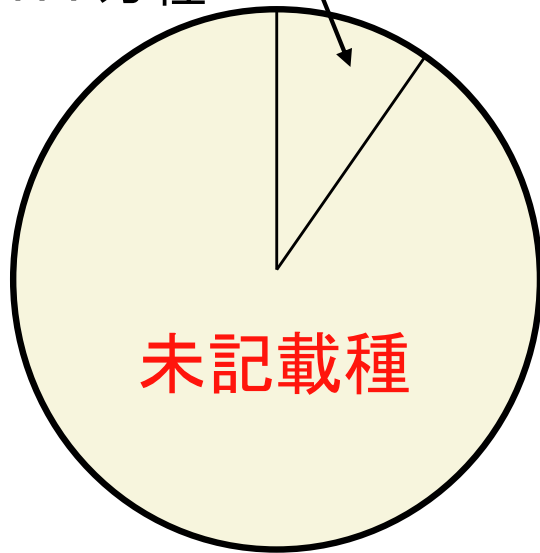
生物界の3つのドメイン



種多様性：動物の種数は？

記載された種

177万種



未記載種

動物の約 96%
は“無脊椎動物”

岩槻(2003), 寺山(2005)より

生物群(既知種)

推定種数

細菌類(1万)

~10万

原生生物(4万)

10万

藻類(4万)

10万

植物(27万)

30万~50万

菌類(7万2千)

50万~150万

動物(135万)

500万~1億以上

うち線虫類(1万5千) 50万~1億?

うち昆虫類(103万) 5000万~1億?

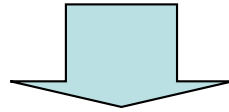
合計

数千万~1億以上

後生動物（＝多細胞動物）の起源は？

1) 群体鞭毛虫仮説・ガストレア説（ドイツのヘッケル）

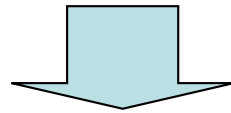
群体の襟鞭毛虫類あるいは緑藻類に由来



祖先は群体性の単細胞生物

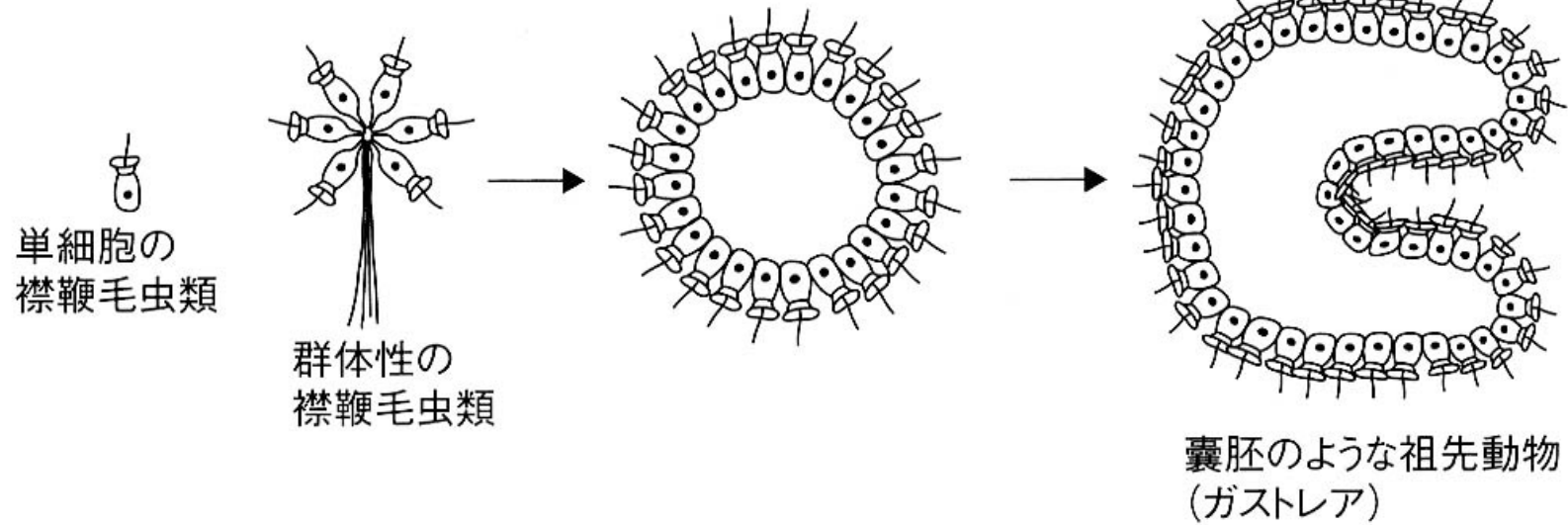
2) 多核体（合胞体）繊毛虫説（ユーゴスラビアのハッジ）

祖先は繊毛虫類に由来



祖先は左右相称性の単細胞生物

(A) 群体鞭毛虫仮説



(B) 多核体繊毛虫仮説

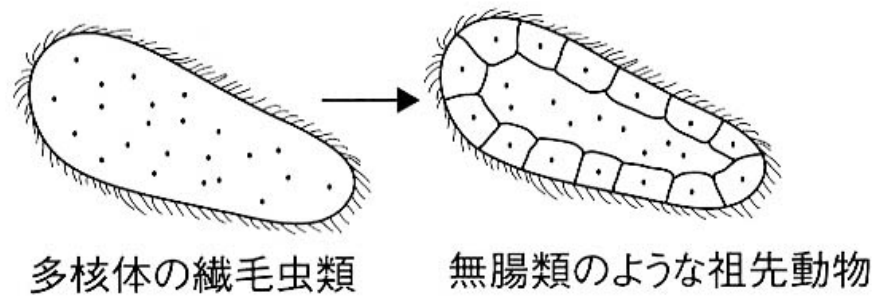
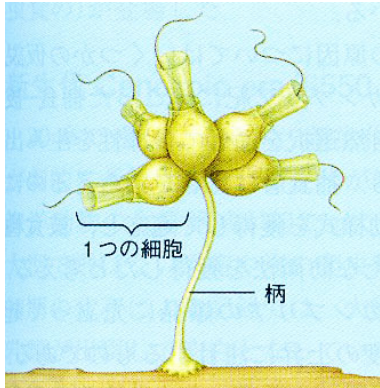


図 5.4 ヘッケルの群体鞭毛虫仮説と
ハッジの多核体繊毛虫仮説
(古屋, 2007 などを参考に作図)

分子系統仮説による後生動物の姉妹群

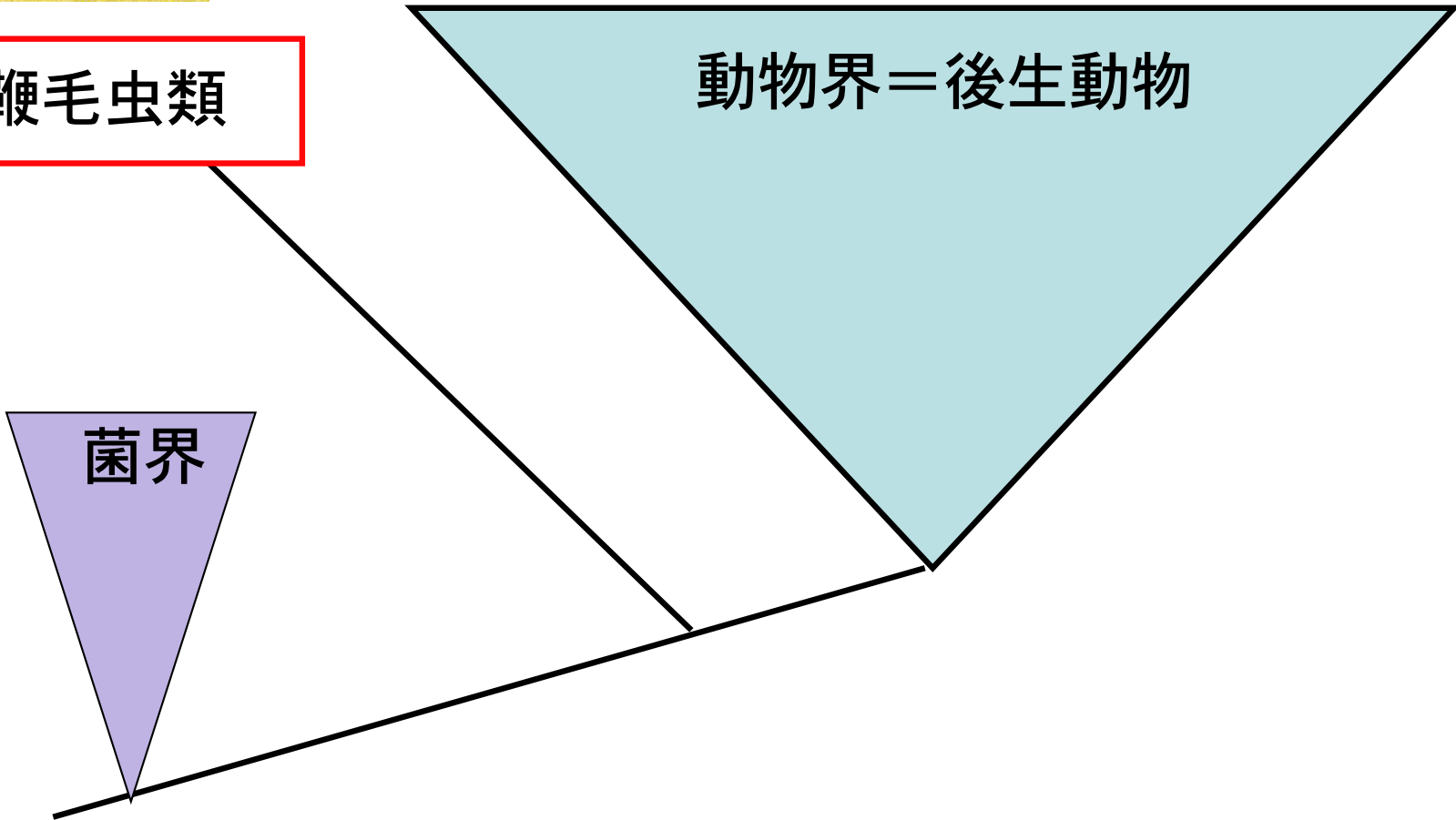


エリヒゲムシ（襟鞭毛虫）の群体
* 高さ約 0.02 mm

襟鞭毛虫類

動物界 = 後生動物

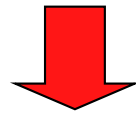
菌界



単細胞から多細胞へ

多細胞化にともなう問題点は？

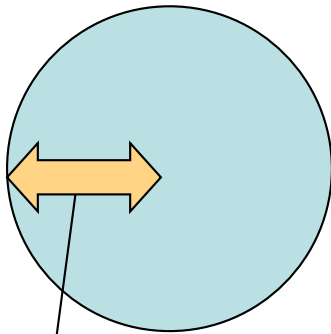
- 動物細胞のサイズ
体積と表面積の問題
- 体のサイズと形
物質輸送と拡散作用



動物の移動方法，体の構造，生活様式

体サイズが増加すると....

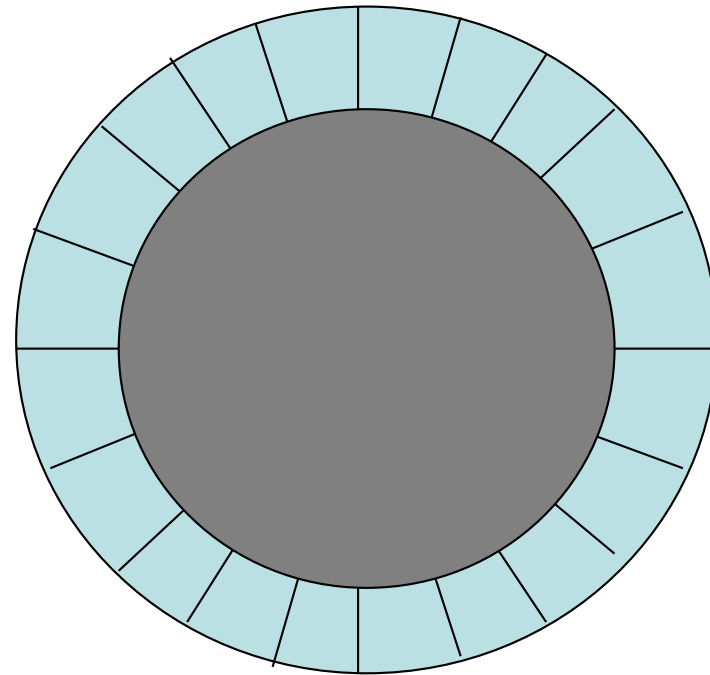
単細胞生物



物質は**拡散**で移動

大きさが2倍になると
表面積は4倍
体積は8倍

祖先的な体制の多細胞生物



体サイズの大型化に伴い
細胞が体の表面に列ぶ
(海綿動物など)

単細胞生物から多細胞の動物へ

1) 多細胞化の利点は？

体サイズの大型化
機能の分業
体内環境の安定

2) 多細胞化が要求するものは？

循環系，神経系，消化系，
排出系，骨格・筋肉系の発達

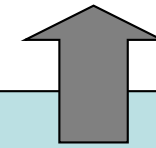
動物界

35 門前後

? ミクソゾア

体制が単純で系統的位置は？

平板 中生



退化的進化

側生動物
海綿

二胚葉動物
刺胞 有櫛

三胚葉動物 真体腔

旧口（前口）動物

擬体腔動物

胴甲 輪形 腹毛 動物 鉤頭
鰓曳 有輪 線形 類線形

紐形 星口 外肛 筭虫 腕足 内肛
緩歩 節足 有爪 軟体 有鬚 環形

ユムシ *毛顎

無体腔 扁形 顎口

新口（後口）動物

棘皮 半索
脊索
尾索
頭索
脊索

動物界の系統

門の違い → 基本的な体制の違い

およそ30~40門

ボディプラン Body plan
あるいは
バウプラン Bauplan

細胞の単複
組織 (tissue) や器官 (organ) の有無
体軸の対称性
胚葉性
体腔の構造 など

後生動物の共有派生形質

- 1) 多細胞化
- 2) 筋肉細胞と神経細胞
- 3) コラーゲンとプロテオグリカンなどをもつ
結合組織
- 4) 3種類の細胞間結合 細胞の接着様式
密着結合, デスモソーム (接着斑), ギャップ結合
- 5) 遺伝子の塩基配列, Hox 遺伝子をもつ

二胚葉性と三胚葉性

各胚葉から生ずる器官

胚葉 (germ layer)

外胚葉 (ectoderm) : 表皮, 感覚器官, 神経,
脳

体サイズの大型化と関係

中胚葉 (mesoderm) : 骨, 筋肉, 真皮, 結合組織, 心臓,
血管, 血球, 腎臓, 生殖巣

↓
体腔 (coelom)

内胚葉 (endoderm) : 腸, 食道, 胃, 肝臓, 膵臓, 肺, 鰓

胚葉性なし = 海綿動物

二胚葉性 = 刺胞動物と有櫛動物 (実は三胚葉性?)

平板動物や中生動物も三胚葉性らしい

前口動物と新口動物

	卵割様式	原口	体腔	幼生
前口	らせん卵割 決定的卵割	口	裂体腔	トロコフォア
新口	放射卵割 非決定的卵割	肛門	腸体腔	ディプリュールラ

体軸と対称性（相称性）

- 球相称（spherical symmetry）
- 放射相称（radial symmetry）
- 左右相称（bilateral symmetry）

体軸



中心点

垂直

水平

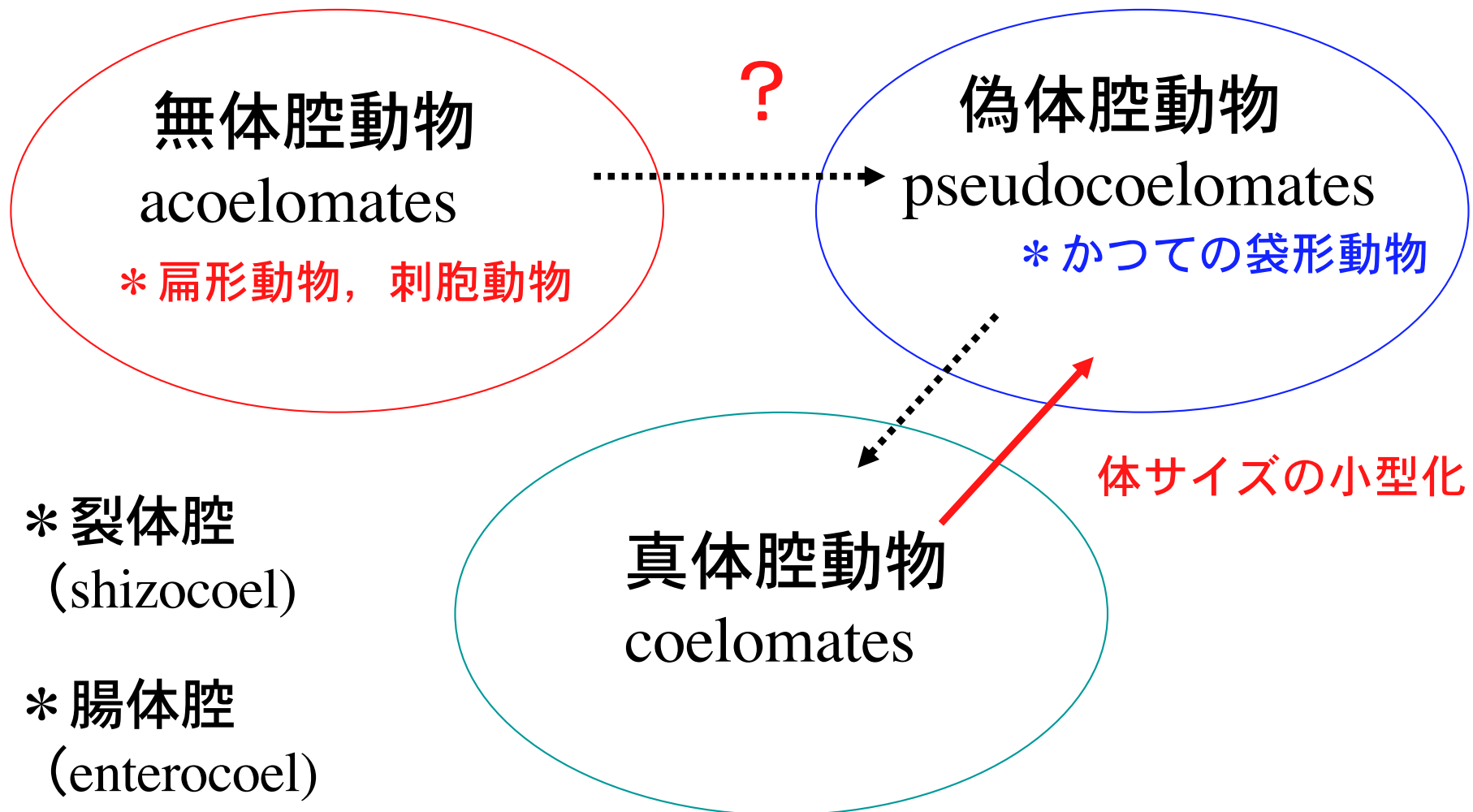
- 非相称（asymmetry）

不定形，樹状，対数らせん など

左右相称 → 運動性向上 頭化（cephalization）

体腔 (coelom)の進化

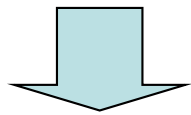
- 体腔は中胚葉がつくる筒状空間 静水骨格



消化管の開口（肛門の進化）

口のみで，肛門なし

* 扁形動物，刺胞動物



エネルギー獲得の上では
効率が悪い

口と肛門がある

口が前方，肛門が後方

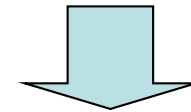
* 左右相称動物

口が腹側，肛門が背側

* 放射相称の動物

口と肛門は背側

* 放射相称の動物



効率のよい消化管

循環系

Circulatory system

- 体サイズの大型化による循環系の発達

循環系なし 体腔を利用

水溝系 胃水管系

閉鎖循環系 (closed ~) 毛細血管網が発達

開放循環系 (open ~) 毛細血管網はない

血体腔 hemocoel

(血洞 blood sinus)

骨格系

- 静水骨格 hydrostatic skeleton **筋静水系**
様々な無脊椎動物，刺胞の触手，棘皮の管足
- 外骨格 exoskeleton **脱皮 molting**
サンゴ類や貝殻（炭酸カルシウム）や節足の殻
- 内骨格 endoskeleton
海綿動物や棘皮動物の骨片

神経系

- 左右相称動物 はしご状神経系
 神経索 (nerve cord)の統合
 脳神経節 (cerebral ganglion)の発達 頭化
- 放射相称動物 散在神経系

感覚器 (sense organ) と 受容器 (receptor)

触受容器, 重力覚 (平衡器, 平衡石), 音受容器,
圧力受容器, 磁気受容器, 光受容器, 化学受容器

視覚の発達 フェロモン

排出と浸透調整

- 排出

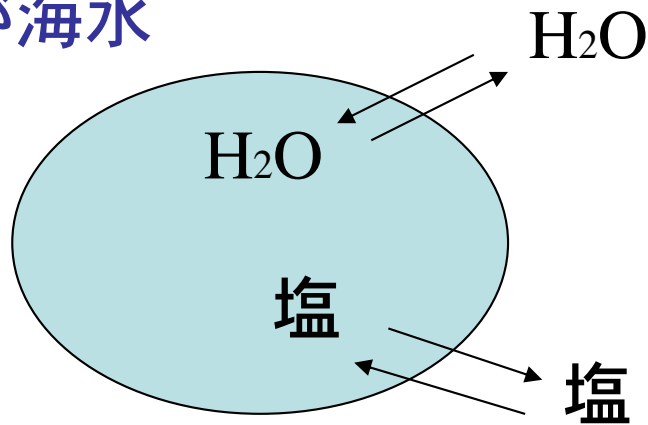
原腎管
protonephridium



後腎管
metanephridium

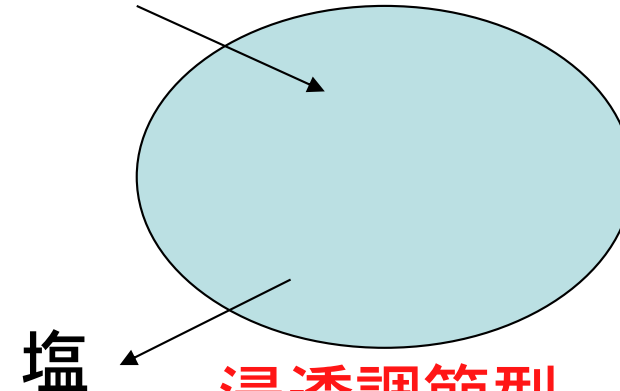
- 浸透調整

外が海水



浸透順応型
osmoconformer

H₂O 外が淡水



浸透調節型
osmoregulator

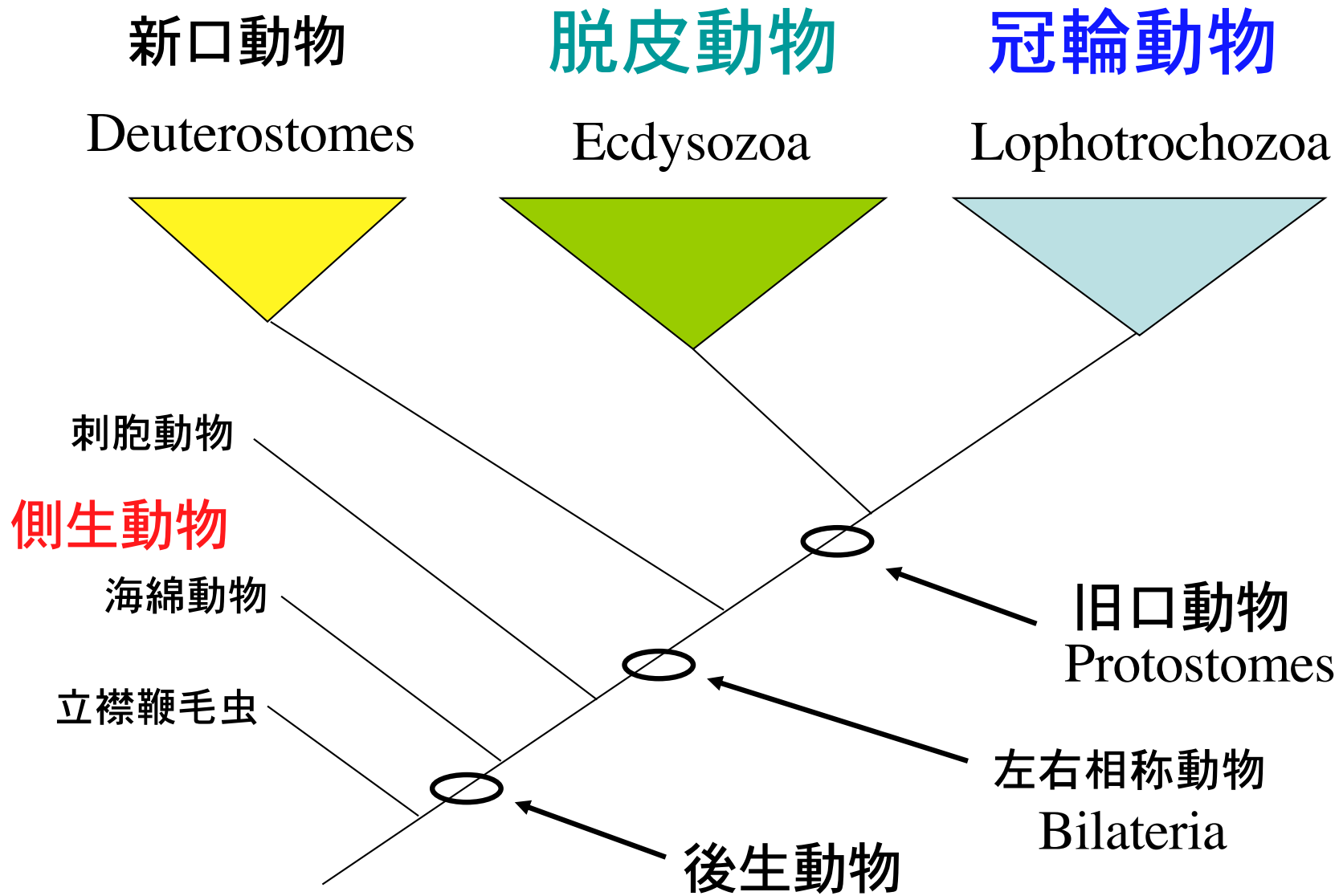
広塩種と狭塩種

生殖樣式

- 有性生殖 sexual reproduction
雌雄同體現象，性轉換現象（雄性先熟，雌性先熟）
- 無性生殖 asexual reproduction
出芽
- 單偽生殖

★世代交代

最近の分子系統仮説による新たな分類群

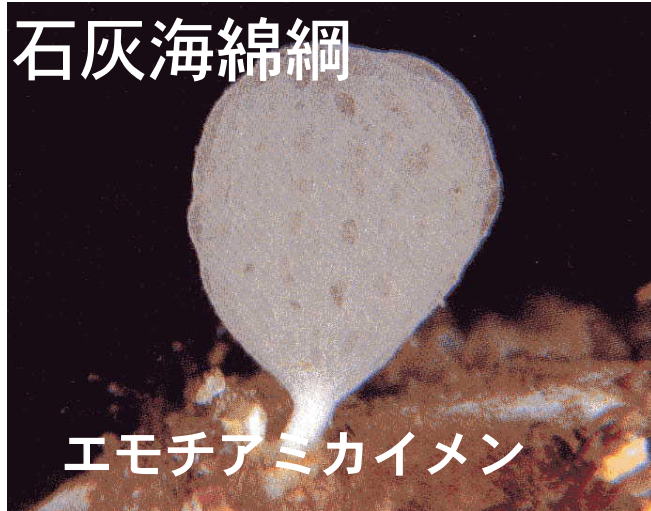


海綿動物 Porifera

世界に4綱 約9,200種

ほとんどは海産，一部は淡水産

石灰海綿綱



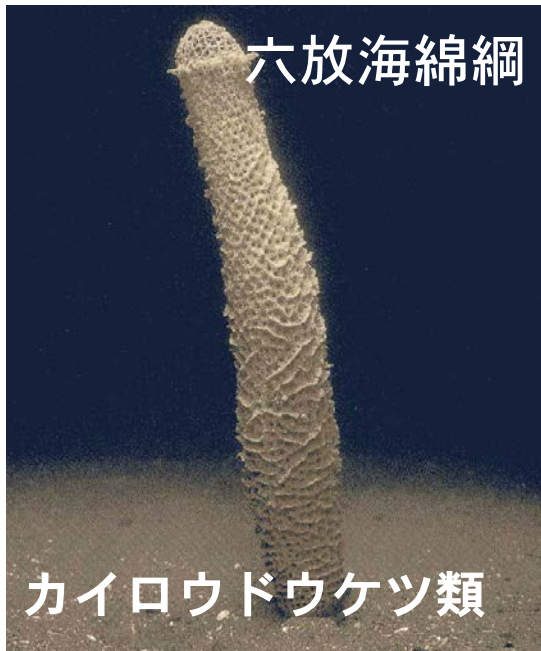
普通海綿綱



オオパンカイメン



六放海綿綱



ザラカイメン



ツノマタカイメン



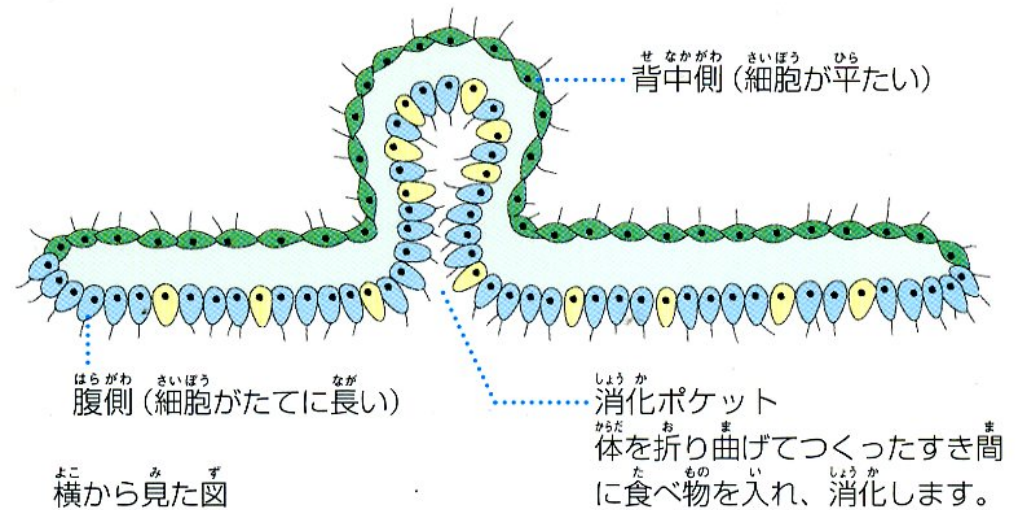
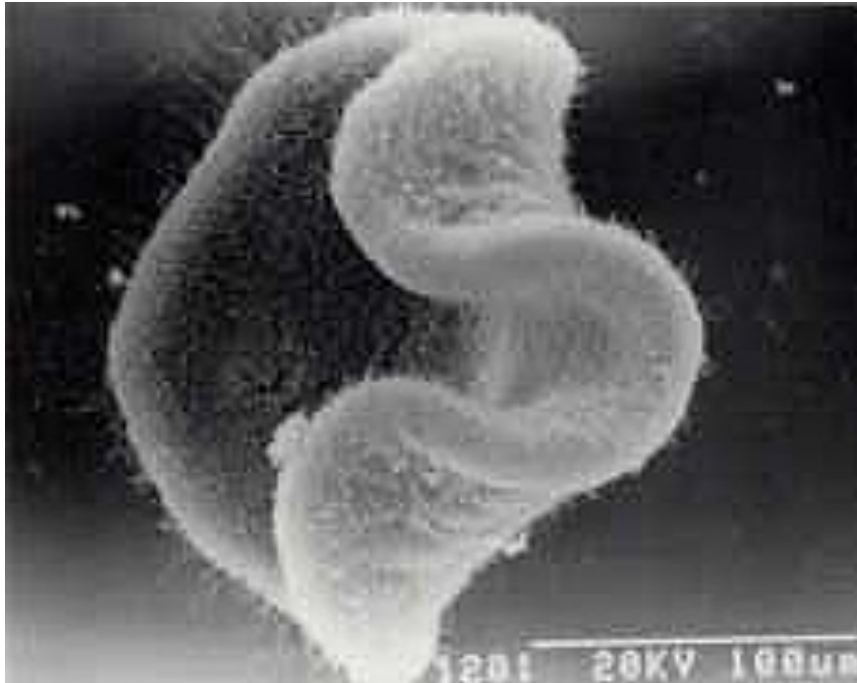
他に硬骨海綿綱

写真は日本動物大百科 7 無脊椎動物より引用



カイメン類に擬態するオオモンカエルアンコウ

平板（板形）動物門 Placozoa



センモウヒラムシ

Trichoplax adhaerans の1種のみ

分布 世界の暖海域（沿岸のサンゴ礁域）

サイズ 全長 0.2～1mm

写真は日本動物大百科7 無脊椎動物（左）と
小学館図鑑NEO水の生物（右上下）より

刺胞動物 Cnidaria

4 綱31 目263 科約13,400 種

ヒドロ虫綱, 箱虫綱, 鉢虫綱, 花虫綱
+ ミクソゾア



オオイソバナ



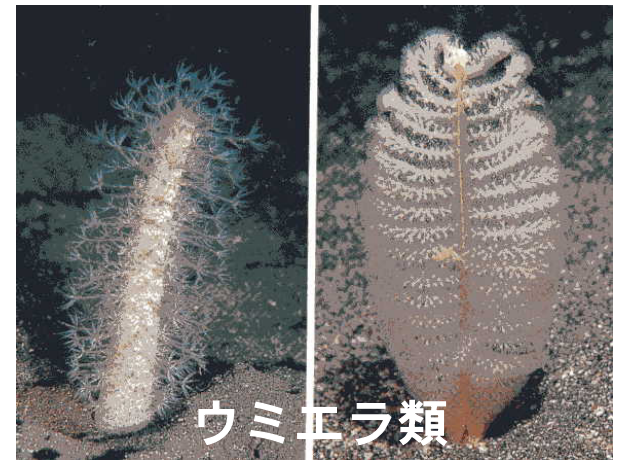
ムラサキハナギンチャク



タコクラゲ



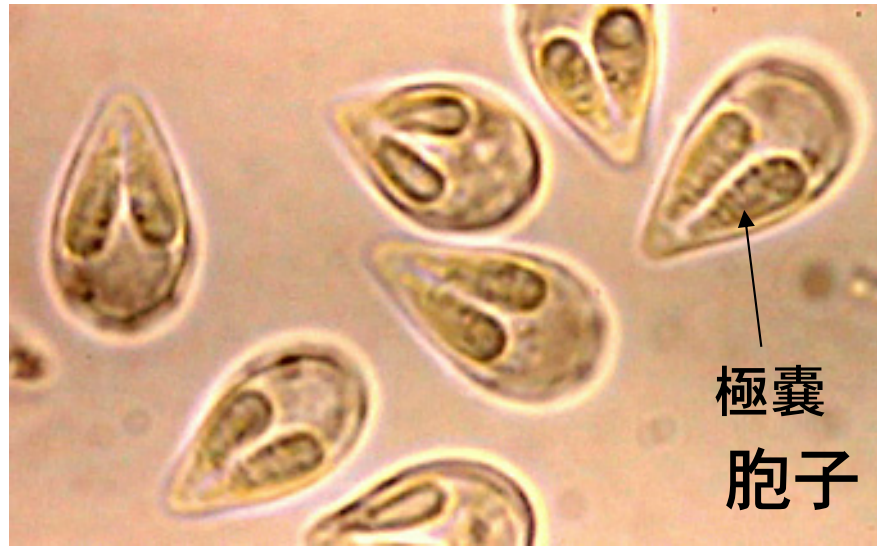
ヒラノウサンゴ



ウミエラ類

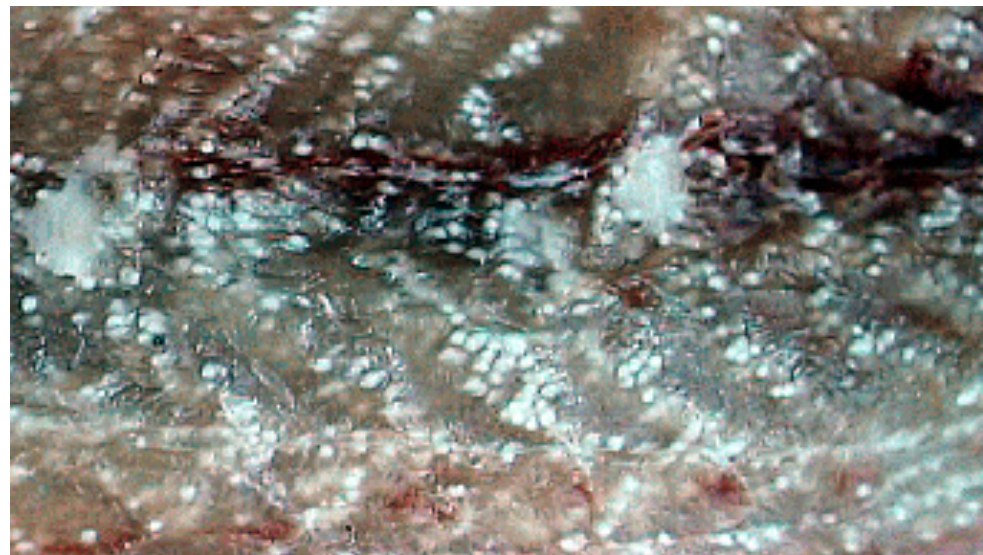
写真は日本動物大百科 7 無脊椎動物より引用

ミクソゾア Myxozoa



2網3目約1,000種
すべて寄生性

* 多細胞の後生動物が
退化的に進化した
極囊は刺胞細胞に似る



有櫛 (ゆうしつ) 動物 Ctenophora



北極海のクシクラゲ



カブトクラゲ



ウリクラゲ属の1種



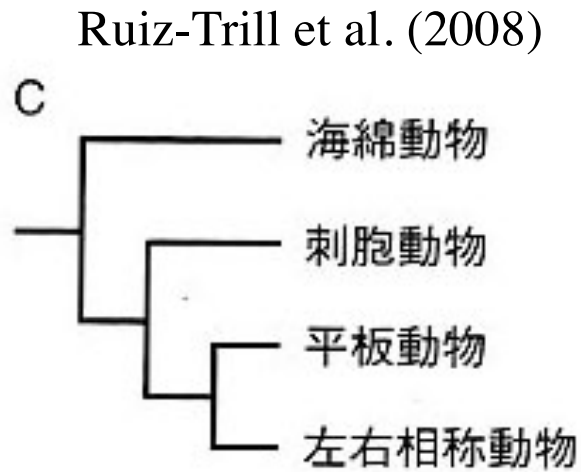
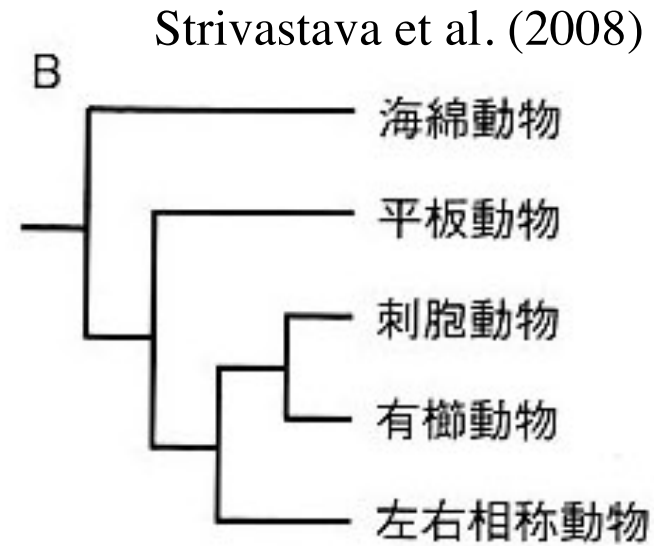
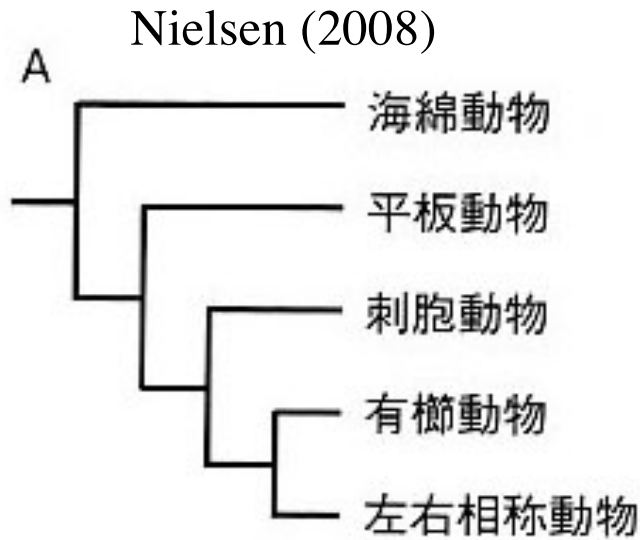
クシヒラムシ類

世界に 6 目 20 科 約 190 種

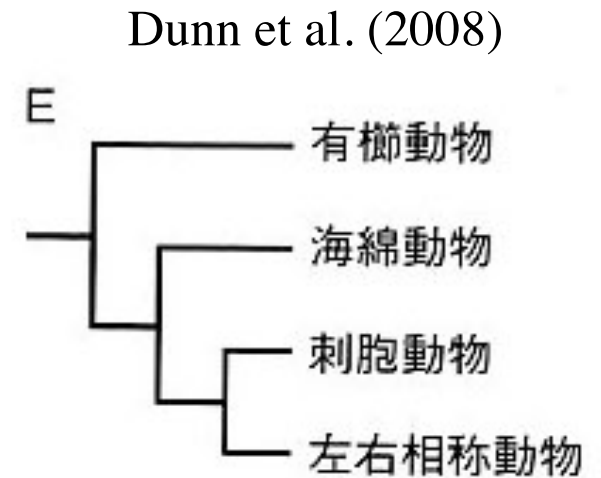
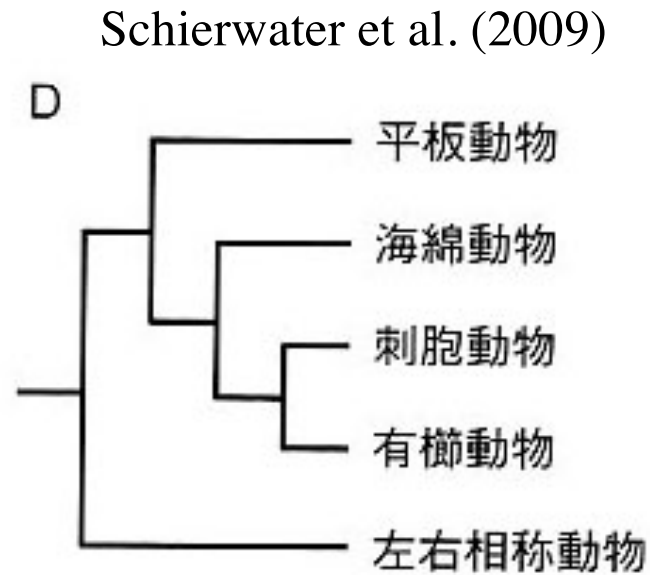
有触手綱	フウセンクラゲ目
	カブトクラゲ目
	オビクラゲ目
	クシヒラムシ目
無触手綱	ウリクラゲ目

写真は日本動物大百科 7 無脊椎動物より引用

前左右相称動物の4動物門の系統



*有櫛動物なし

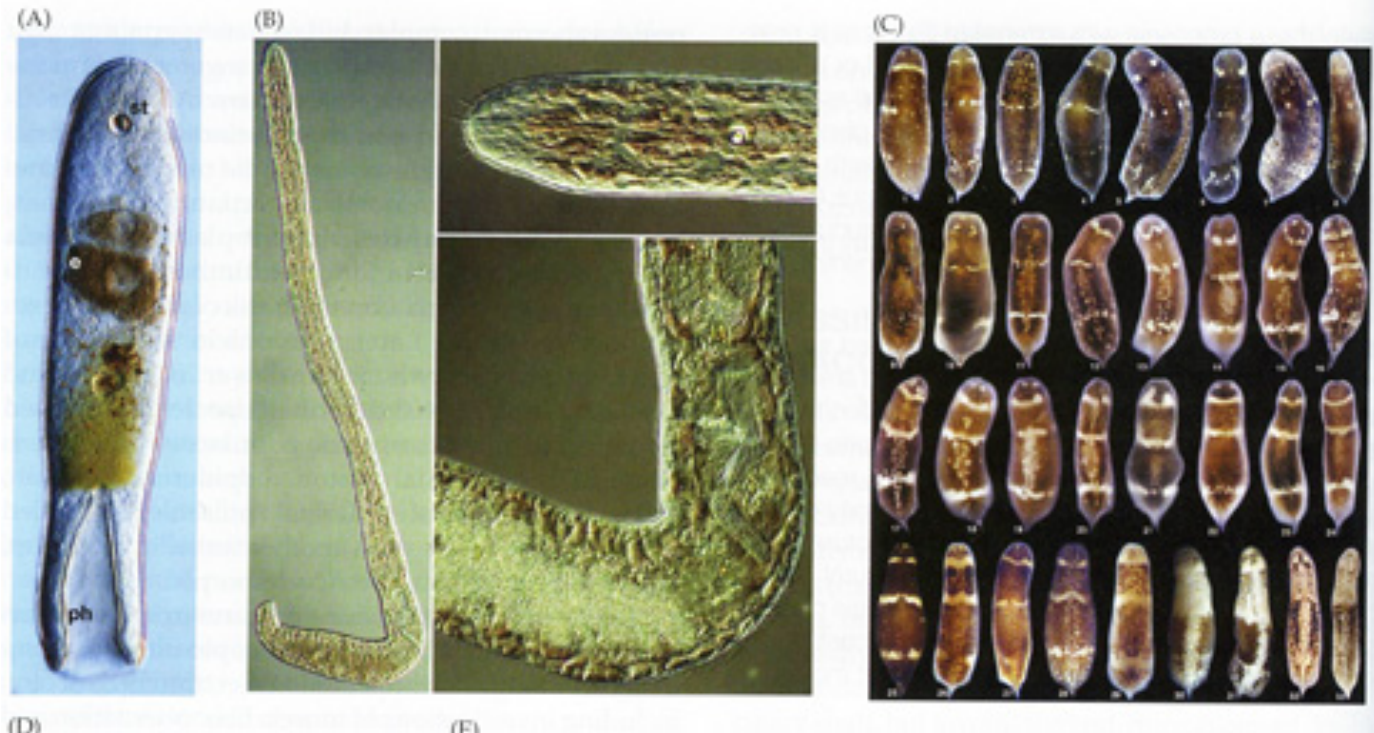


*平板動物なし

珍無腸動物門 Xenacoelomorpha

無腸類

1~5 mm
海~汽水産



珍渦虫類

最大 4 cm
海産



Figure 9.21 *Xenoturbella bocki*. Live specimen, from 80 m depth, off the west coast of Sweden.

無腸動物亜門

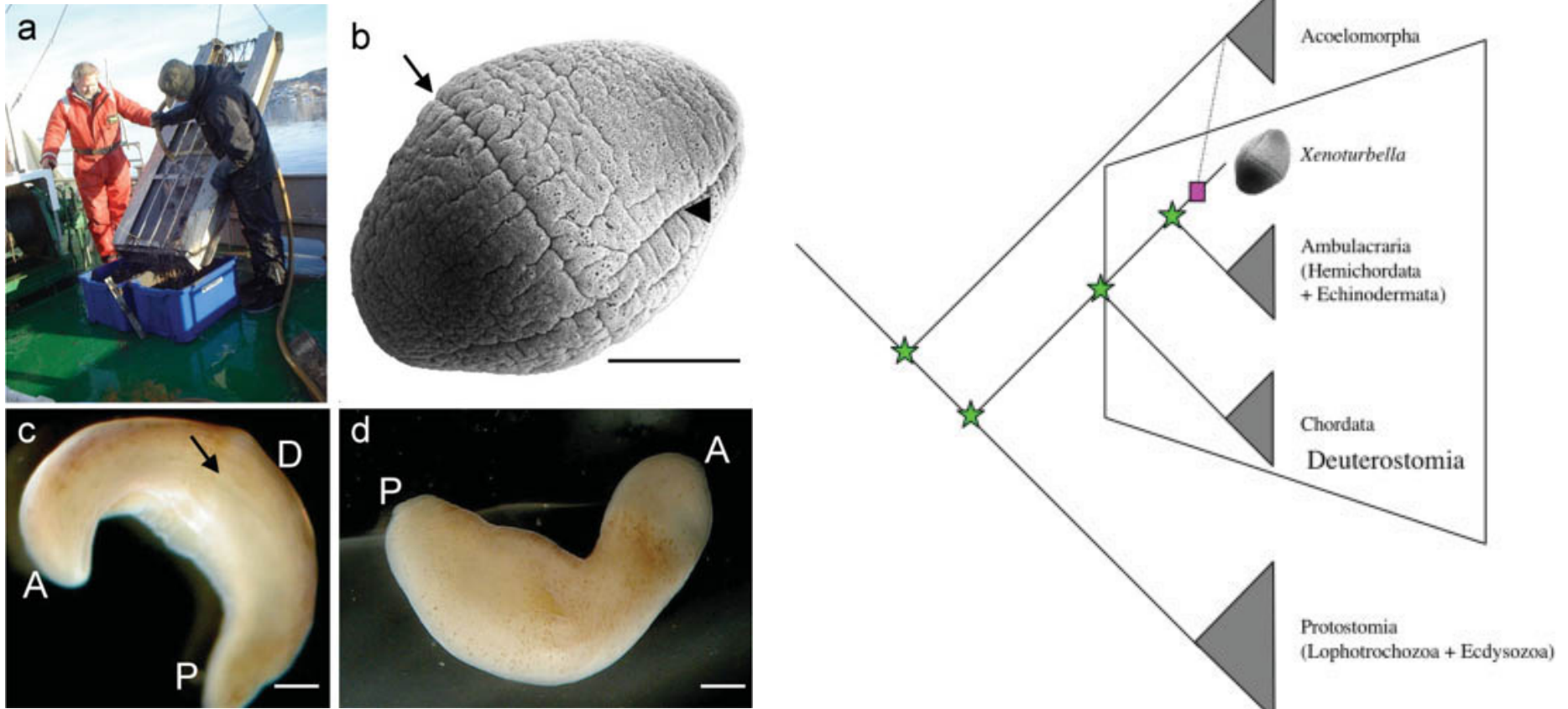
2 綱 約 440 種

珍渦虫動物亜門

1 属 2 種

Bursca et al. (2016) Invertebrates, 3rd ed. より

珍渦虫 *Xenoturbella bocki*



Scale bars = 1 mm

Telford, M. J. 2008. Xenoturbellida: the fourth deuterostome phylum and the diet of worms. *Genesis*, 46: 580–586.

毛顎動物門 Chaetognatha

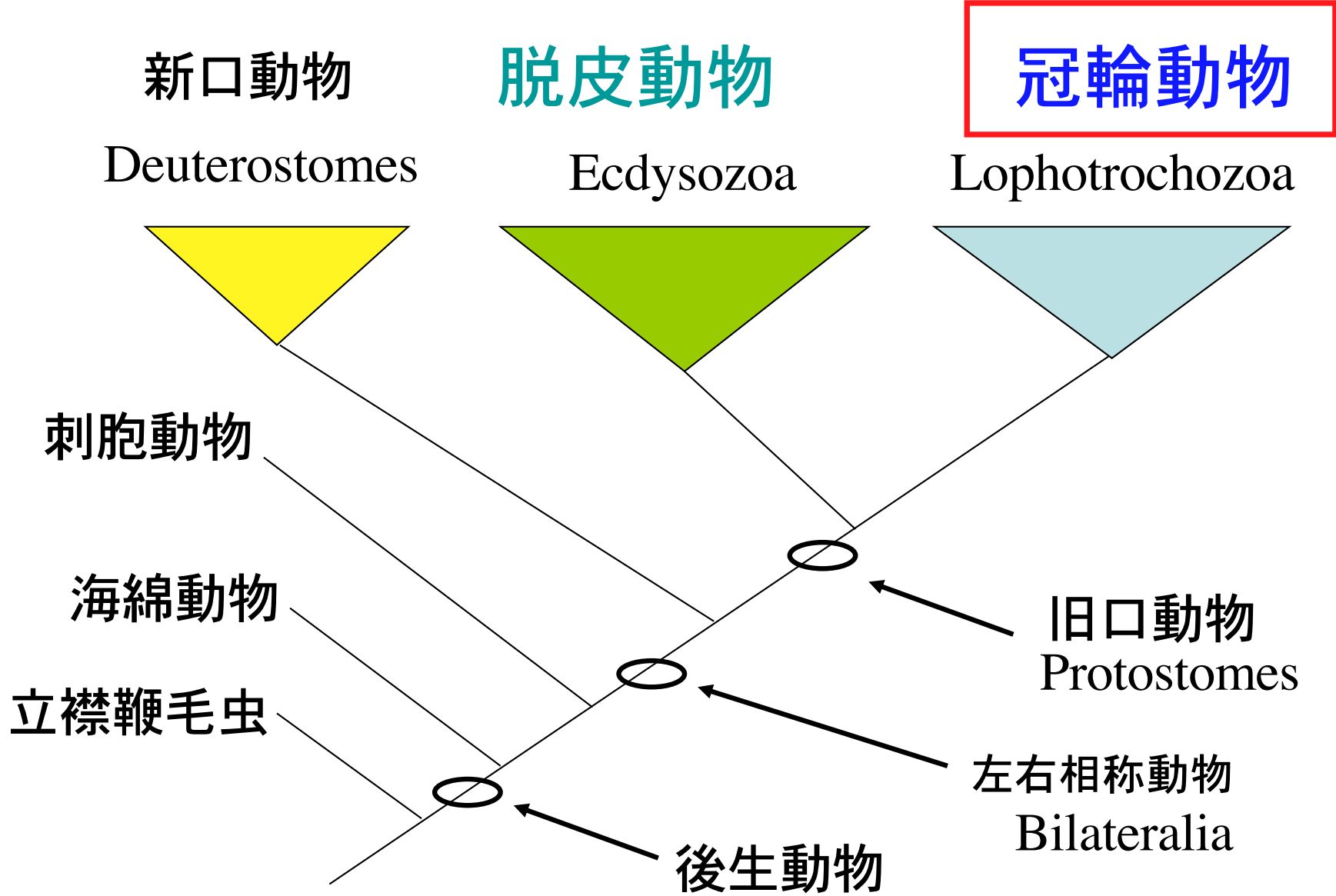
ヤムシ類 世界で2目6科12属170種



世界の海洋に広く生息する大型プランクトン
サイズ 全長 5 mm~10 cm

写真は日本動物大百科7 無脊椎動物より引用

最近の分子系統仮説による新たな分類群



冠輪動物 Lophotrochozoa

トロコフォア型（繊毛冠）の幼生期をもつ
移動や摂食に繊毛を使う

扁形動物

有顎動物（輪形，鉤頭，顎口，微顎）

腹毛動物，内肛動物，外肛動物，有輪動物，
箒虫動物，腕足動物，紐形動物，軟体動物，
環形動物（有鬚とユムシを含む）

星口動物

中生動物？ ミクソゾア？ 毛顎動物？

★体節性は必ずしも系統を反映しない

扁形動物 Plathelminthes

4 綱約35目29,500種



淡水性ウズムシ類



写真は日本動物大百科 7 無脊椎動物・国立科学博物館ホームページより引用

サンゴ礁に生息するヒラムシ類

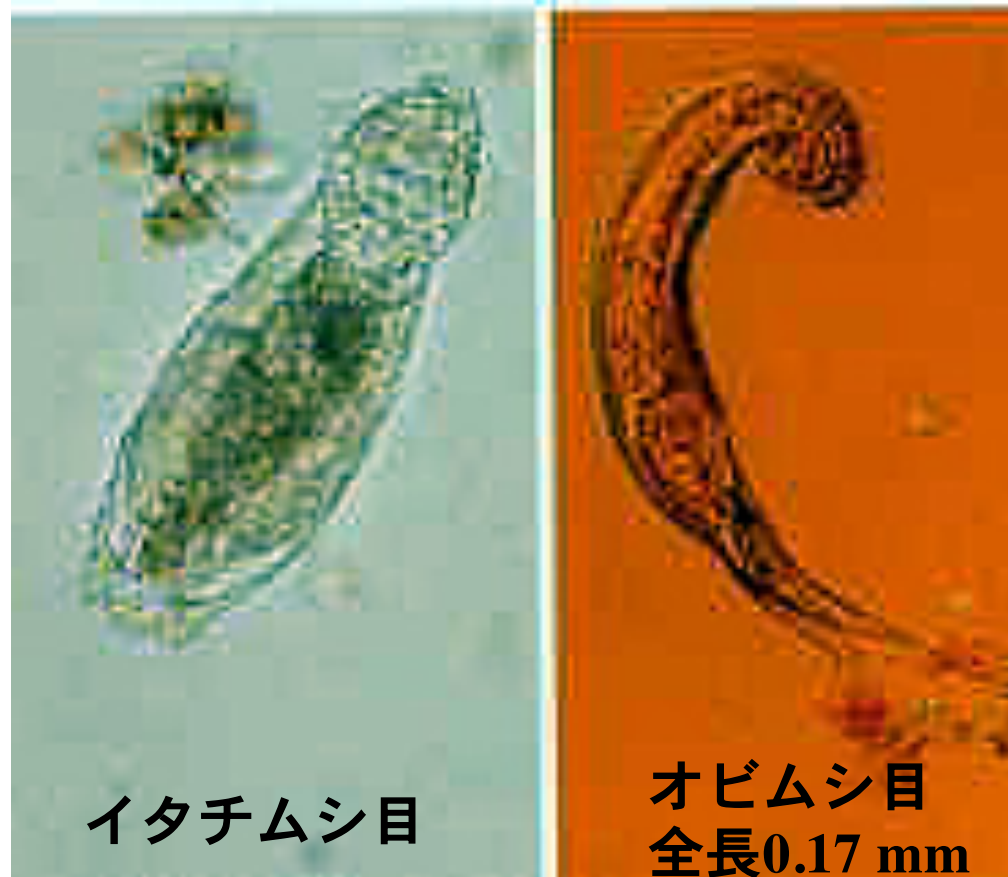


軟体動物の後鰓類（ウミウシ）
によく似て様々な色彩の種がいる。

ウミウシに擬態する種も見られる。

腹毛動物 Gastrotricha

2目13科約 800 種



分布 世界の海域および淡水域の海底 サイズ 体長は 1 mm 以下

写真は日本動物大百科 7 無脊椎動物より引用

中生動物 Mesozoa

直泳動物門 (約30種)
菱形動物門 (約110種)



ミサキニハイチュウ 体長0.3mm



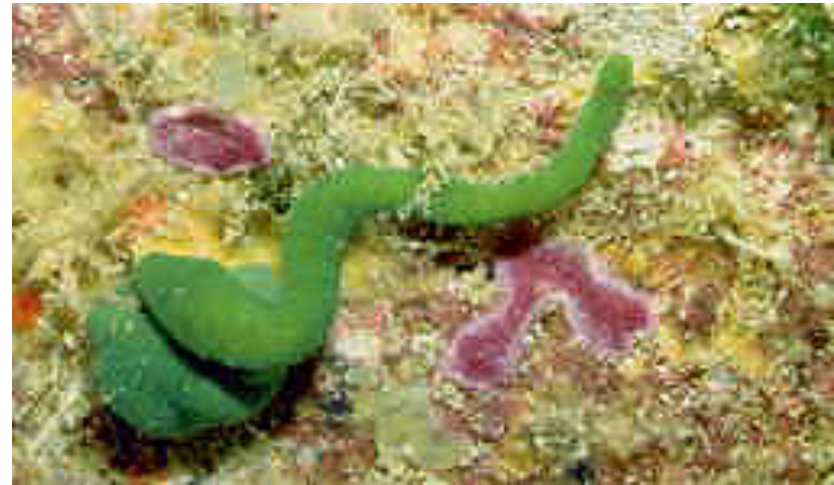
ヤマトニハイチュウの頭部 (左)
スケールバーは10マイクロメートル
マダコの腎のう内に寄生する
ニハイチュウの走査型電子顕微鏡像
(右)

底生性頭足類の腎のうに寄生

写真は日本動物大百科 7 無脊椎動物より引用

紐形動物 Nemertea

世界で 2 綱 5 目 28 科 約 1360 種



写真は日本動物大百科 7 無脊椎動物より引用