

動物の進化

大月町のソフトコーラル

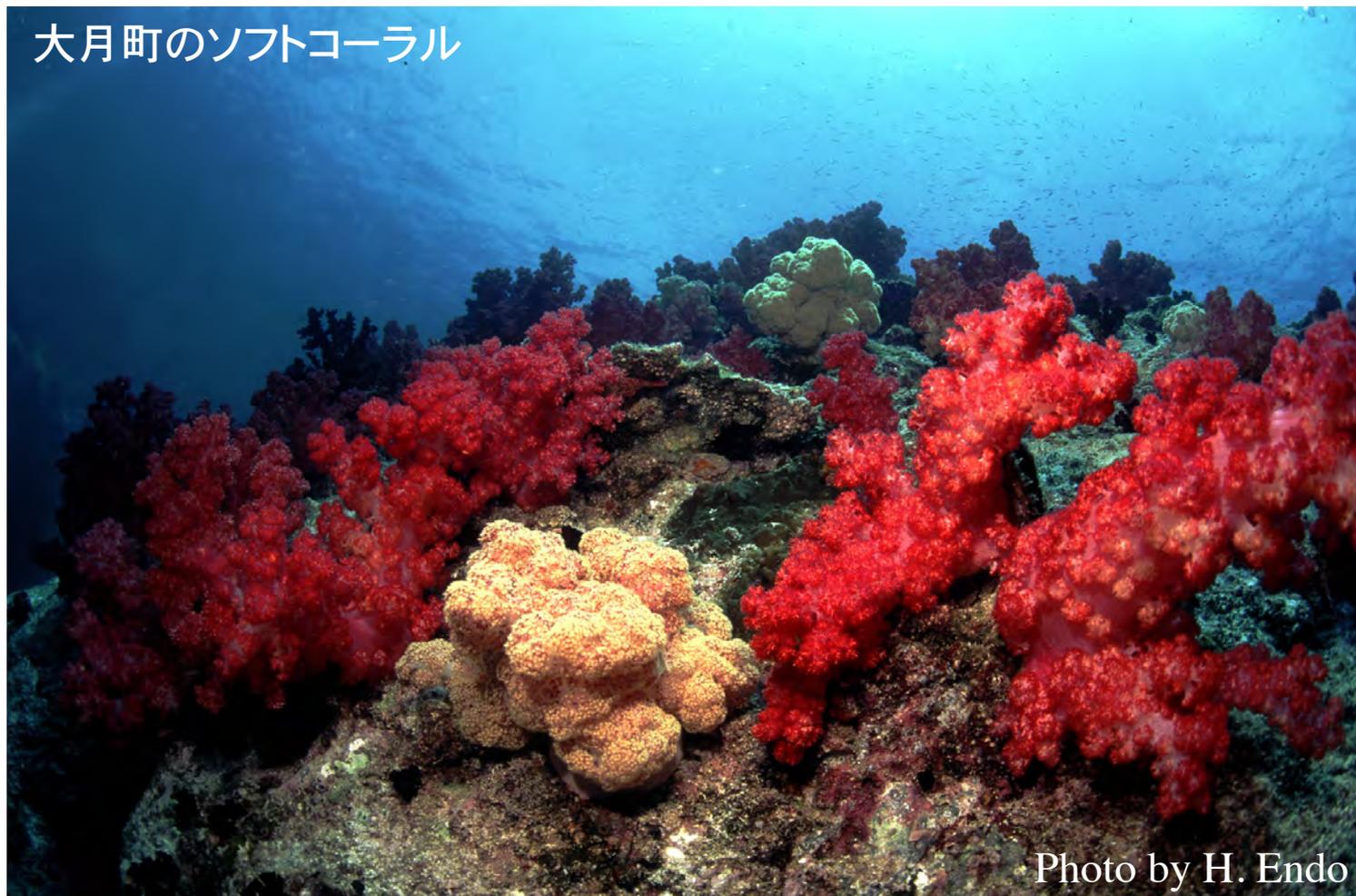
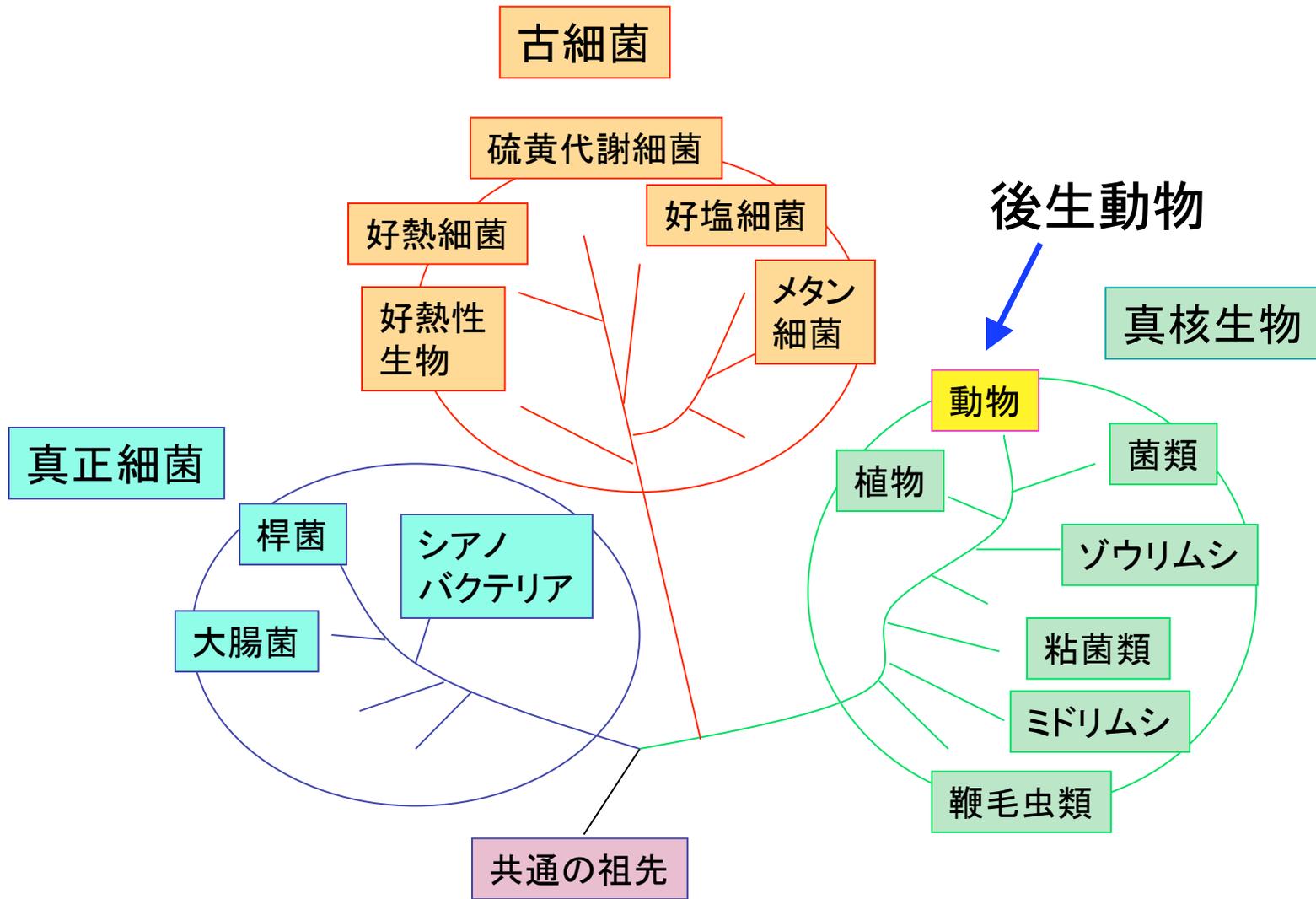


Photo by H. Endo

理工学部生物科学科海洋生物学研究室 遠藤広光

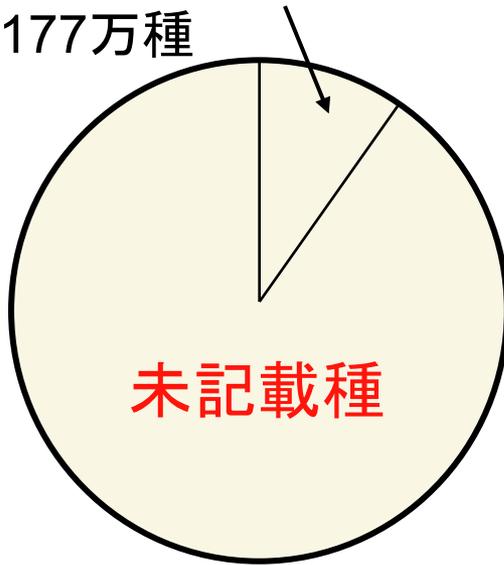
生物の3つのドメイン



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”

生物群 (既知種)

推定種数

細菌 (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?

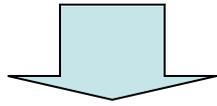
合計

数千万~1億以上

動物界(後生動物=多細胞の動物)の祖先は?

1) 群体鞭毛虫仮説・ガストレア説(ドイツのヘッケル)

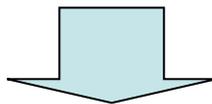
群体の襟鞭毛虫類あるいは緑藻類に由来



祖先は群体性の単細胞生物

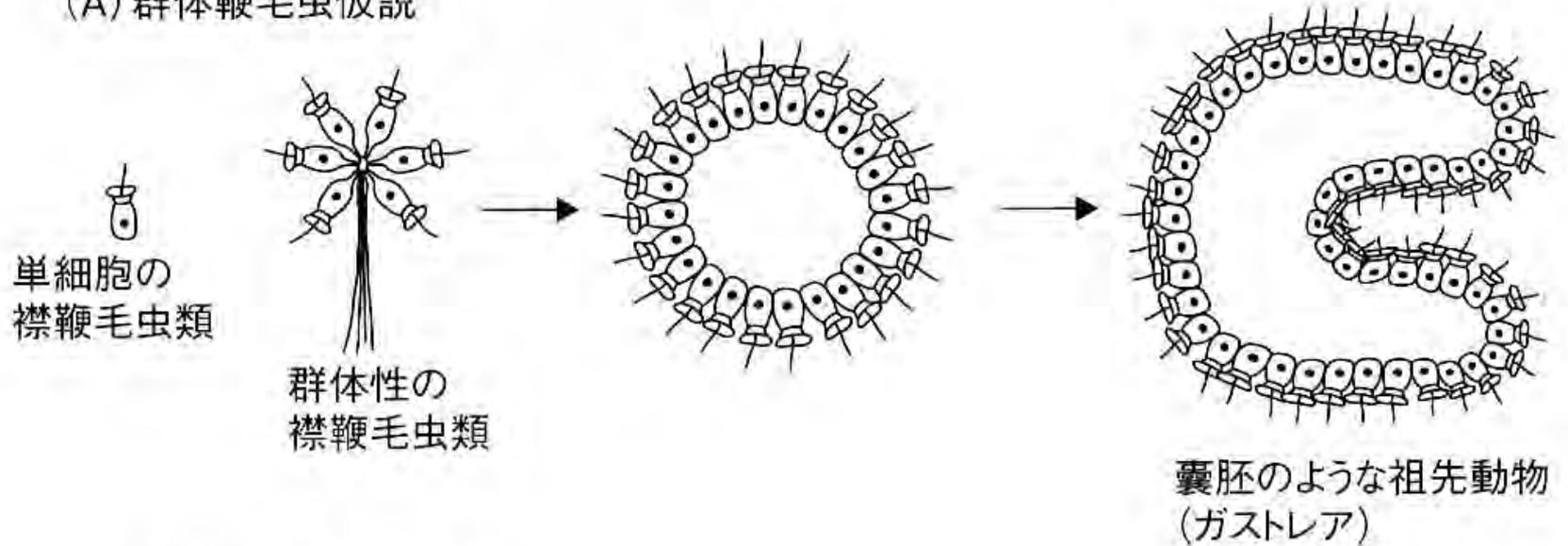
2) 多核体繊毛虫仮説(ユーゴスラビアのハッジ)

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

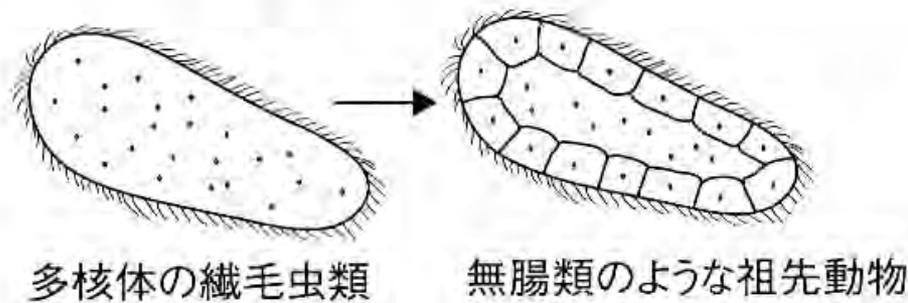
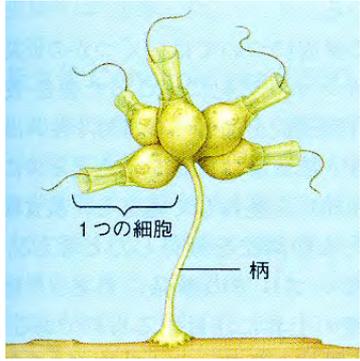


図 5.4 ヘッケルの群体鞭毛虫仮説と
ハッジの多核体繊毛虫仮説
(古屋, 2007 などを参考に作図)

分子系統仮説による後生動物の姉妹群

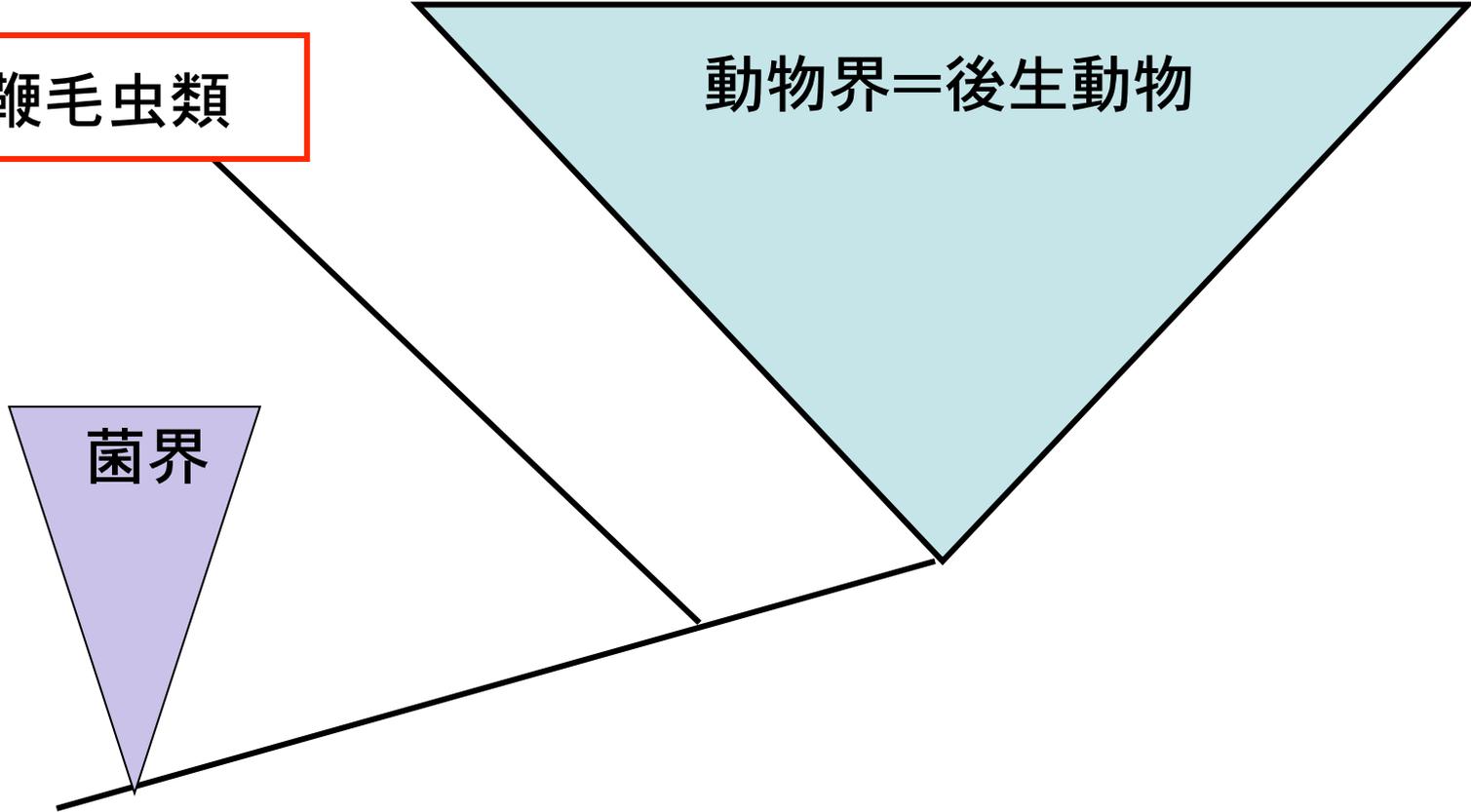


エリヒゲムシ(襟鞭毛虫)の群体
*高さ約 0.02 mm

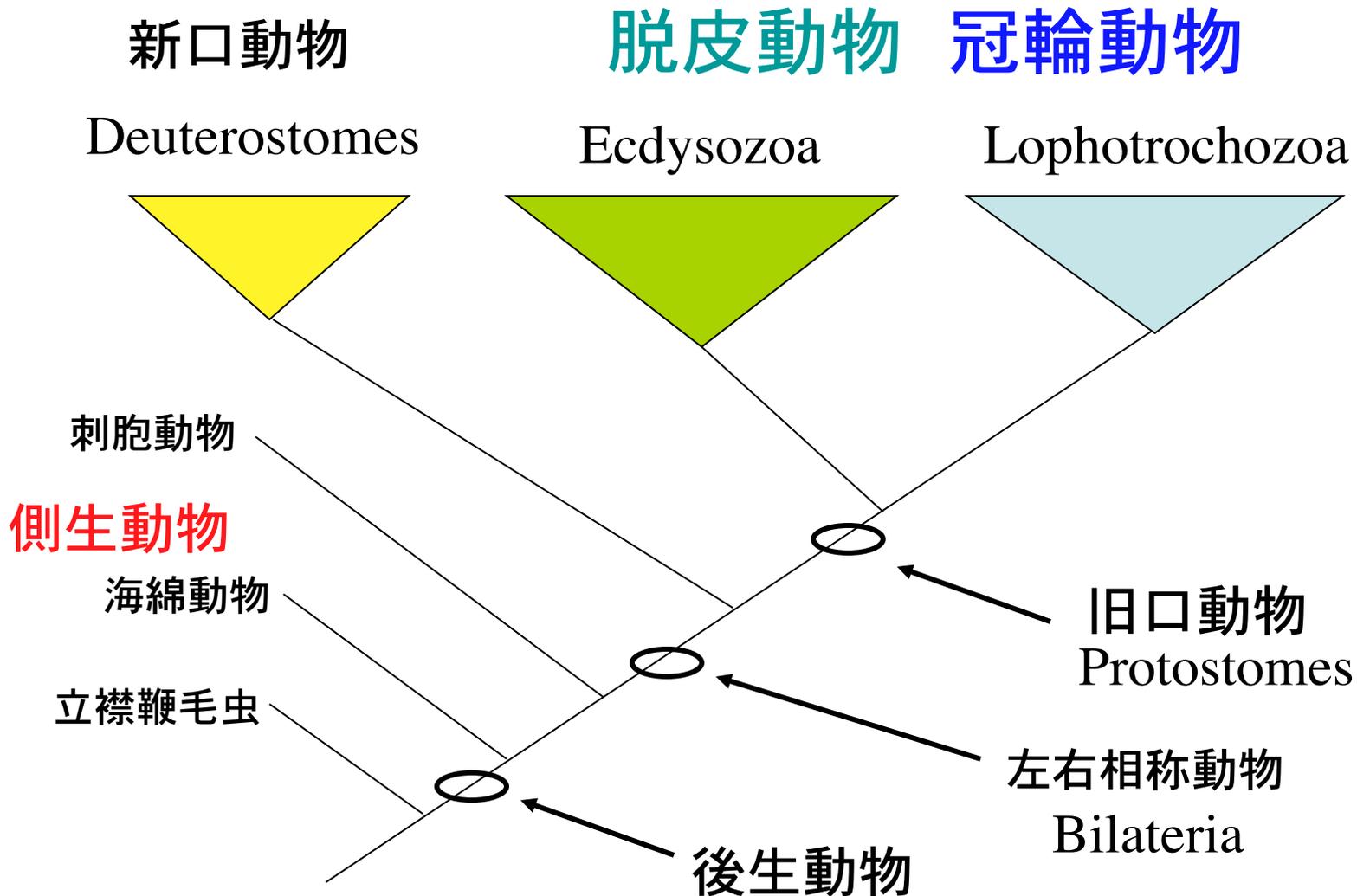
襟鞭毛虫類

動物界=後生動物

菌界



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28目約8,800種
ほとんどは海産,一部は淡水産

石灰海綿綱



エモチアミカイメン

普通海綿綱



クロイソカイメン

オオパンカイメン



六放海綿綱

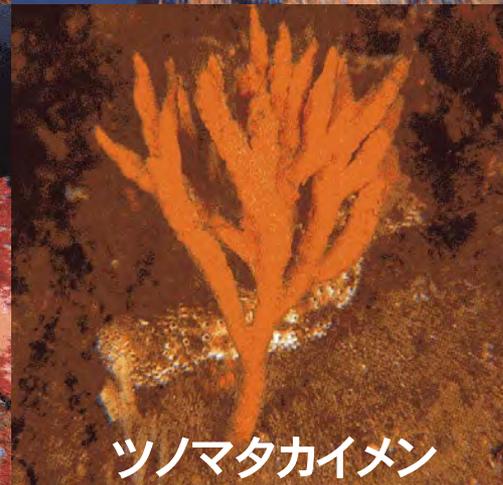


カイロウドウケツ類

ザラカイメン



ツノマタカイメン



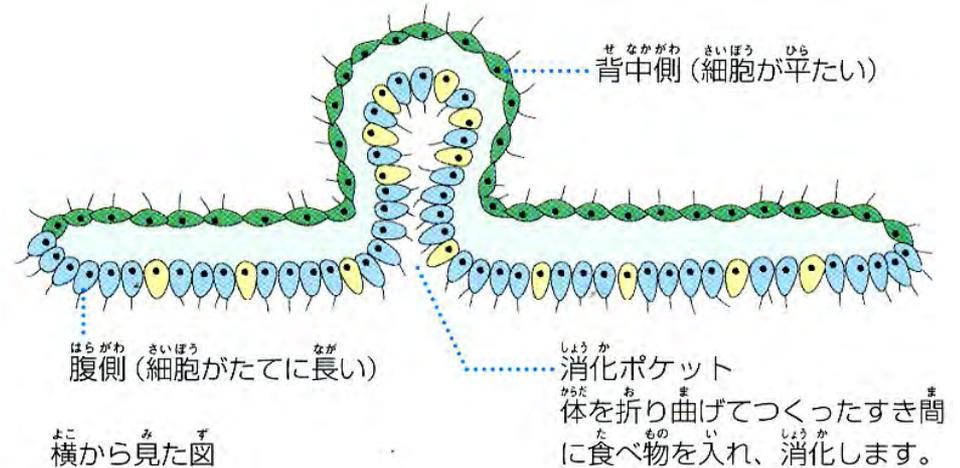
他に硬骨海綿綱

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13,200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



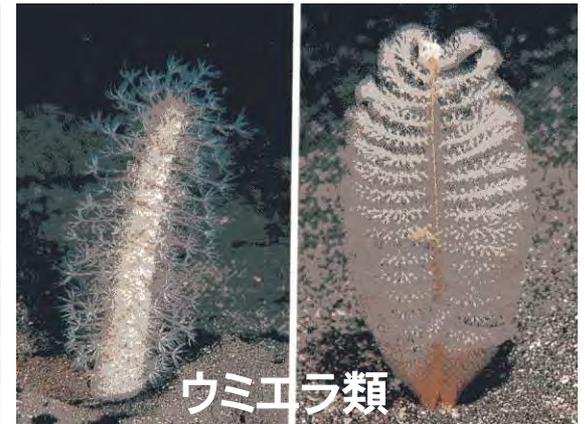
ムラサキハナギンチャク



タコクラゲ



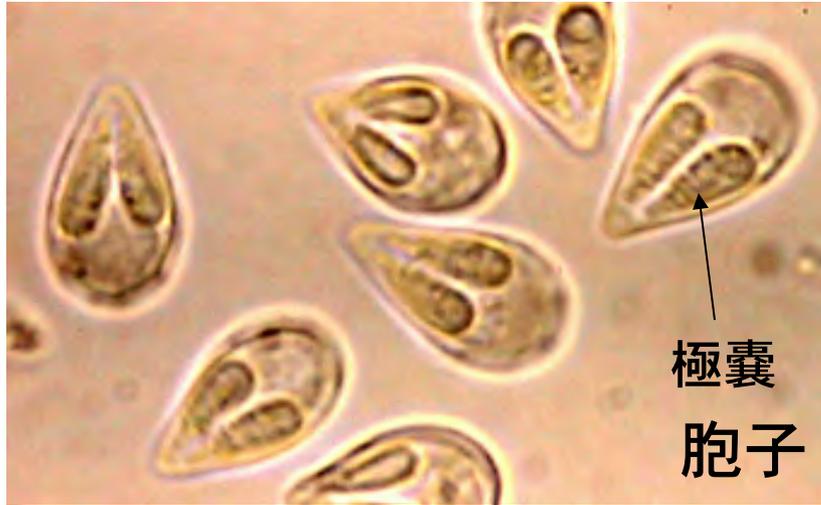
ヒラノウサンゴ



ウミユラ類

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

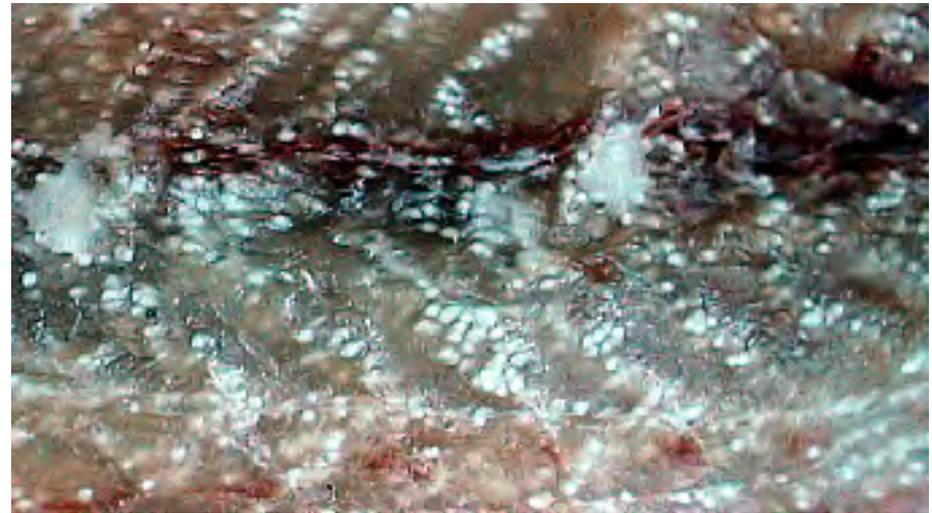


2綱3目約 1000 種
すべて寄生性

*多細胞の後生動物が
退化的に進化した
極嚢は刺胞細胞に似る



ミクソゾアのシスト



筋肉中のミクソゾア

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

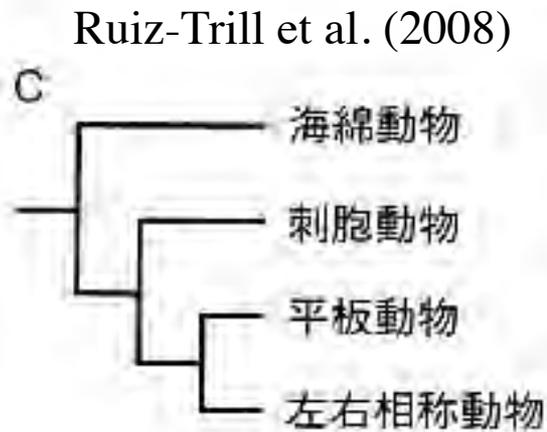
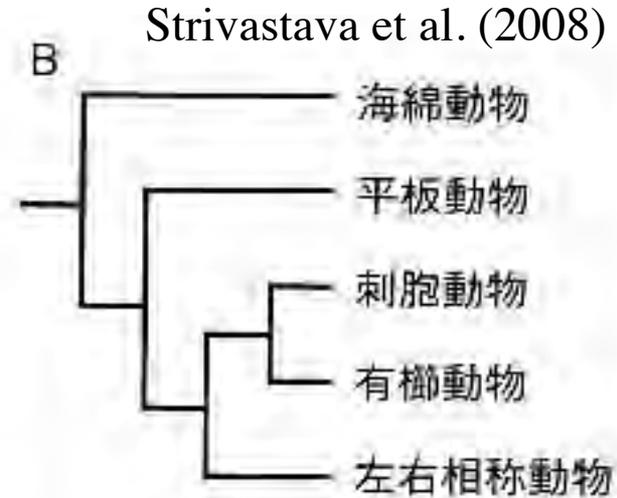
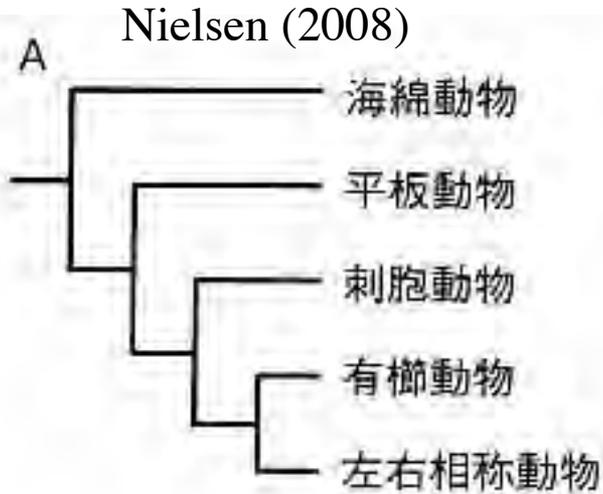


クシヒラムシ類

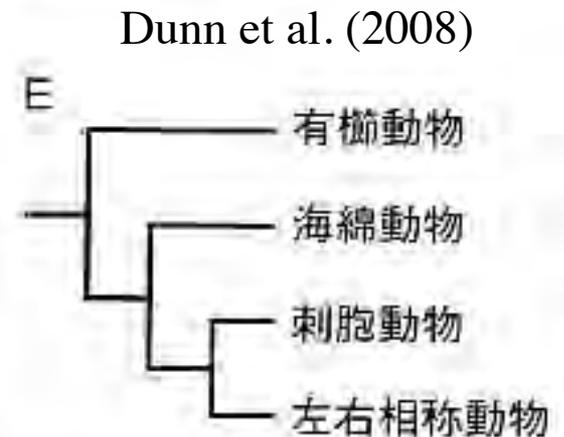
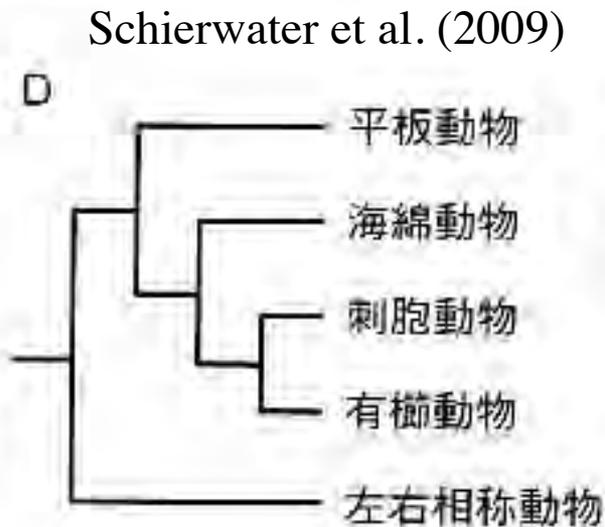
世界に6目20科約100種
有触手綱 フウセンクラゲ目
カブトクラゲ目
オビクラゲ目
クシヒラムシ目
無触手綱 ウリクラゲ目

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

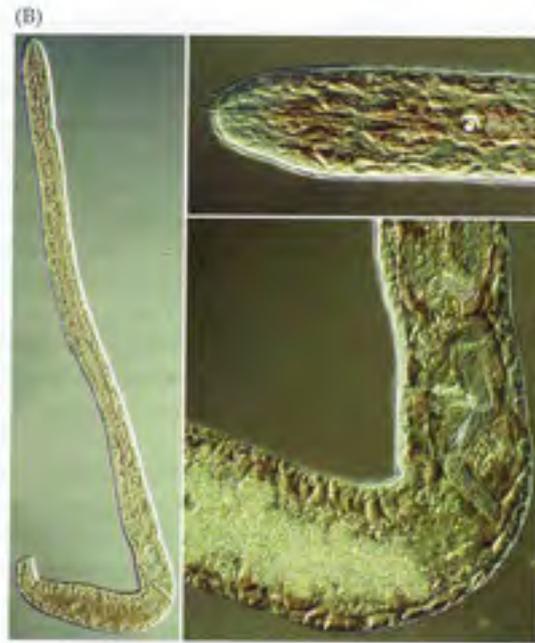


*平板動物なし

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



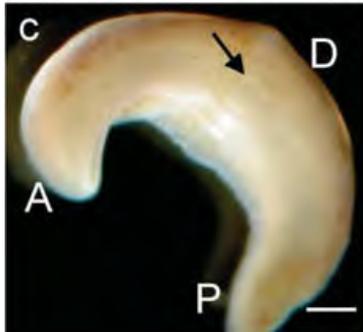
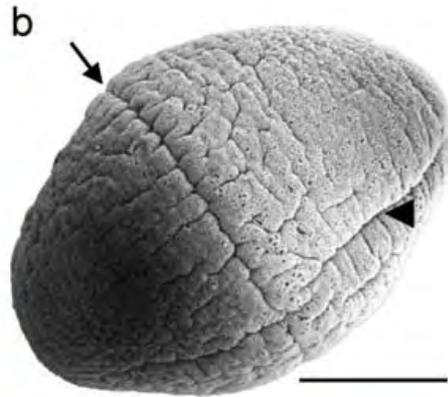
無腸動物亜門
2 綱 約 400 種

珍渦虫動物亜門
1 属 2 種

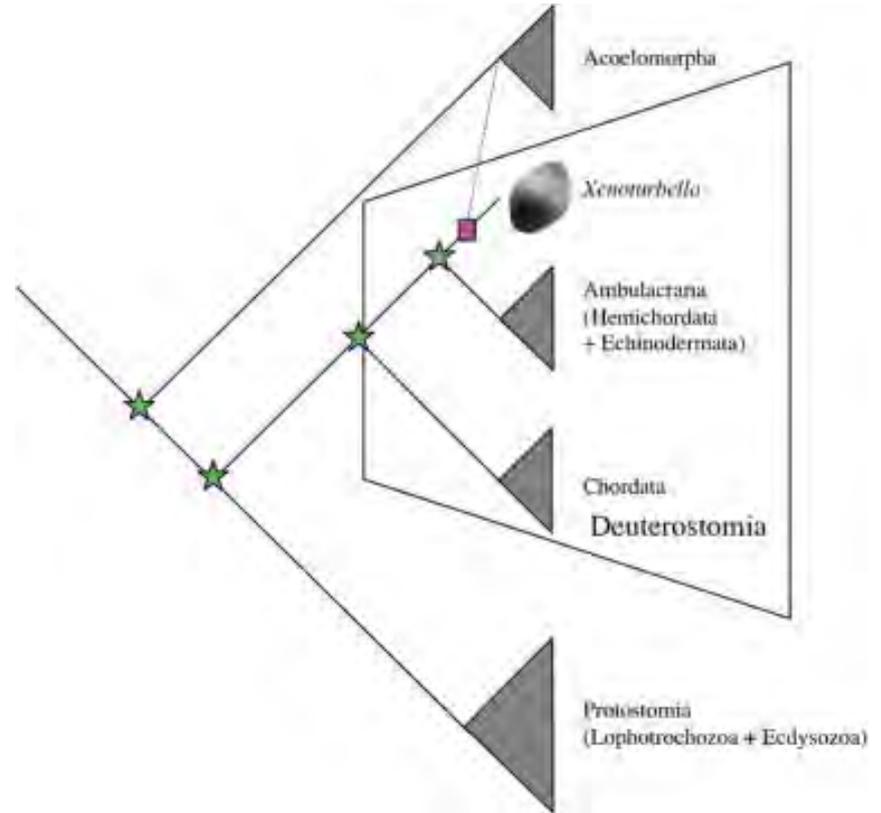
Figure 9.21 *Xenoturbella bocki*. Live specimen, from 80 m depth, off the west coast of Sweden.

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130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5mm～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

新口動物

脱皮動物

冠輪動物

Deuterostomes

Ecdysozoa

Lophotrochozoa

刺胞動物

海綿動物

立襟鞭毛虫

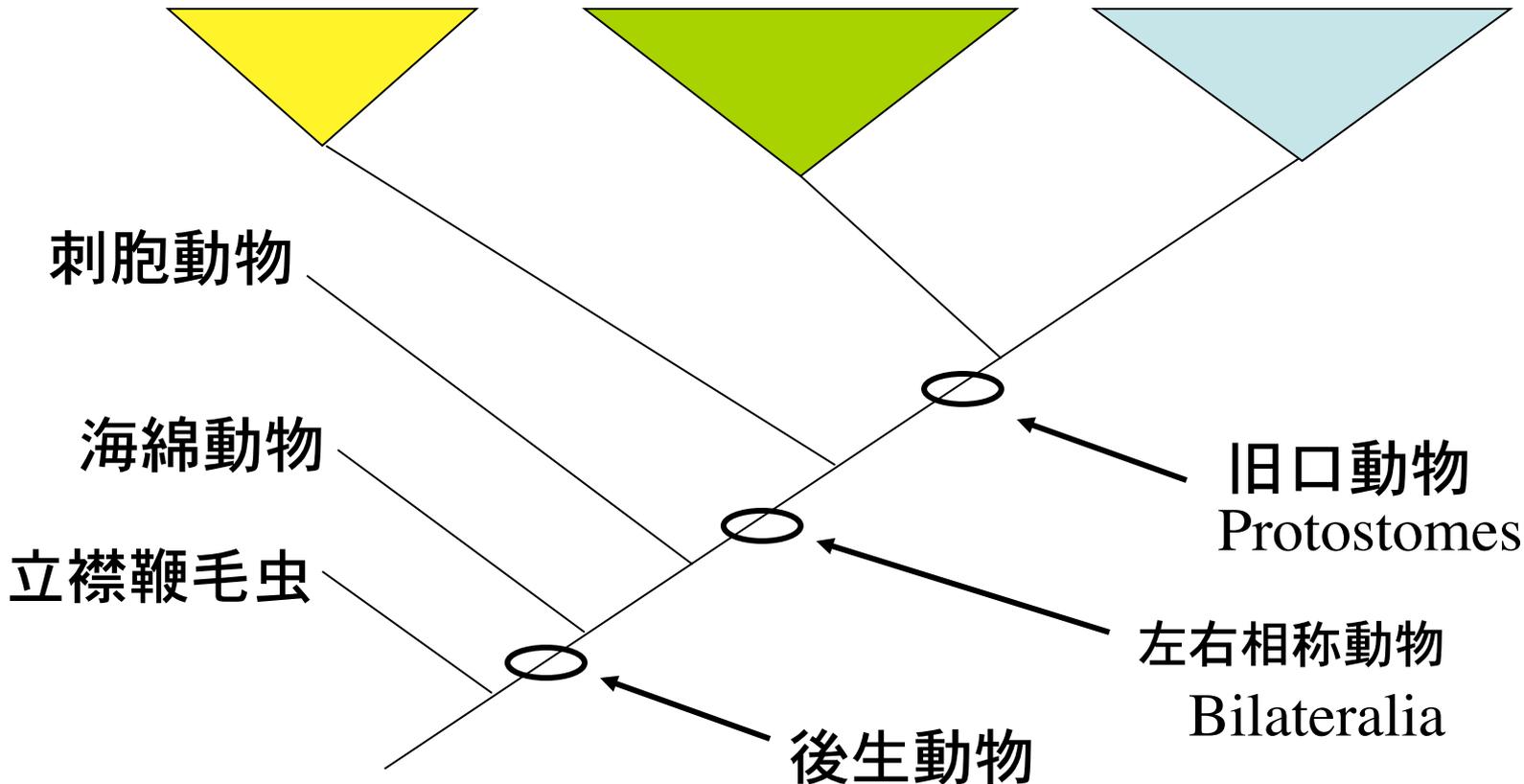
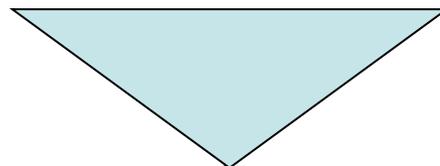
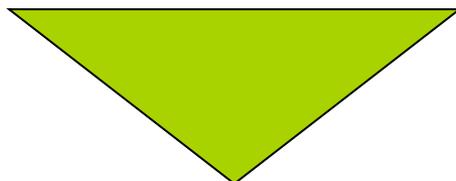
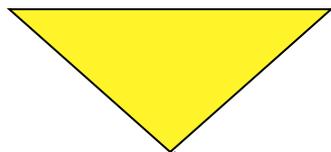
旧口動物

Protostomes

左右相称動物

Bilateria

後生動物



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(有髭とユムシを含む)

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26,500種

オオミスジコウガイビル



クロスジニセヒラムシ



単生類(フタゴムシ)



オオツノヒラムシ



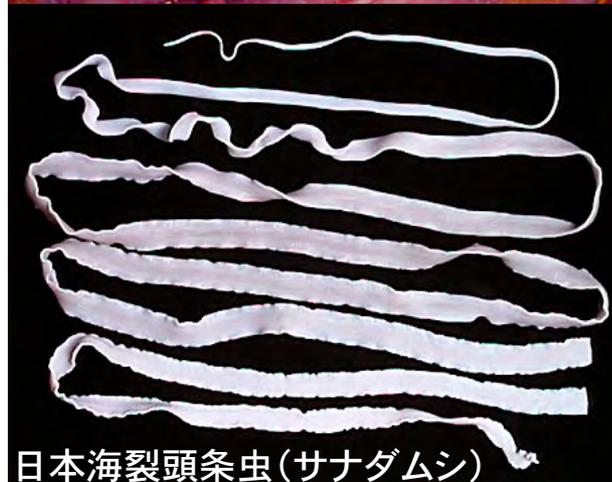
深海魚に寄生する条虫類



淡水性ウズムシ類



日本海裂頭条虫(サナダムシ)



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1mm 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20種)
菱形動物門 (約70種)



ミサキニハイチュウ 体長0.3mm



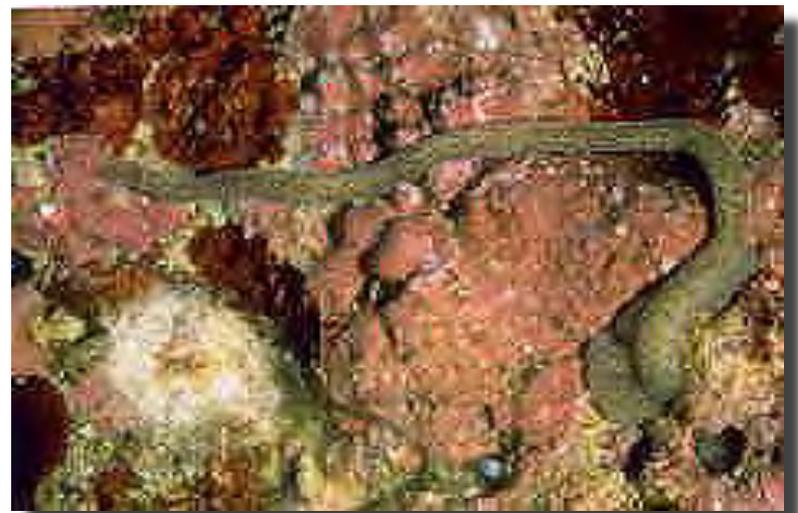
ヤマトニハイチュウの頭部(左)
スケールバーは10マイクロメートル
マダコの腎のう内に寄生する
ニハイチュウの走査型電子顕微鏡像
(右)

世界に3目80種
底生の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1300種



写真は日本動物大百科7無脊椎動物より引用

軟体動物 Mollusca (その1)

双神経亜門 Amphineura



無板綱(カセミミズ類)
2亜綱5目 26科約 260種
*最近は尾腔綱と溝腹綱に分割



多板綱(ヒザラガイ類)
1目9科約 800種

軟体動物 Mollusca(その2)



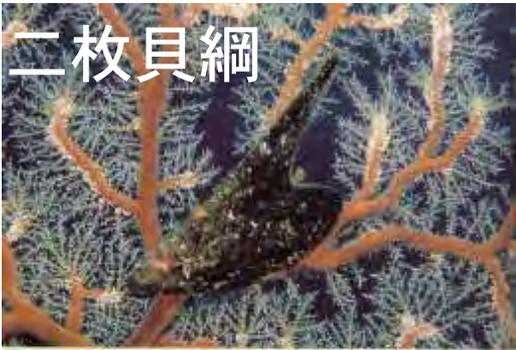
腹足綱



頭足綱



掘足綱



二枚貝綱



貝類亜綱 Conchifera

- 腹足綱 **Gastropoda**
- 頭足綱 **Cephalopoda**
- 掘足綱 **Scaphopoda**
- 二枚貝綱 **Bivalvia**
- *单板綱 **Monoplacophora**

写真は日本動物大百科7無脊椎動物より引用

腹足綱(巻貝類)

約7万種



オキナエビス



アンボイナ



マツバガイ



アオミオカタニシ



ホシダカラ



ボウシュウボラ



写真は日本動物大百科7
無脊椎動物より引用

腹足綱(巻貝類)その2



腹足綱(後鰓類=ウミウシ類)



日本に13目約80科210属650種(世界に15目)

二枚貝綱



ユキミノガイ



ホタテガイ



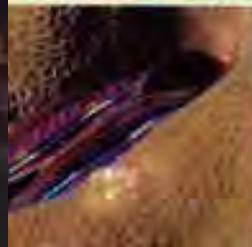
ミズイリショウジョウガイ



アコヤガイ



ウグイスガイ



ヒオウギガイ

頭足綱(タコ・イカ類)



世界で5目約 650 種

原始頭足亜綱 オウムガイ
後生頭足亜綱 イカ・タコ類

写真は日本動物大百科7無脊椎動物より引用

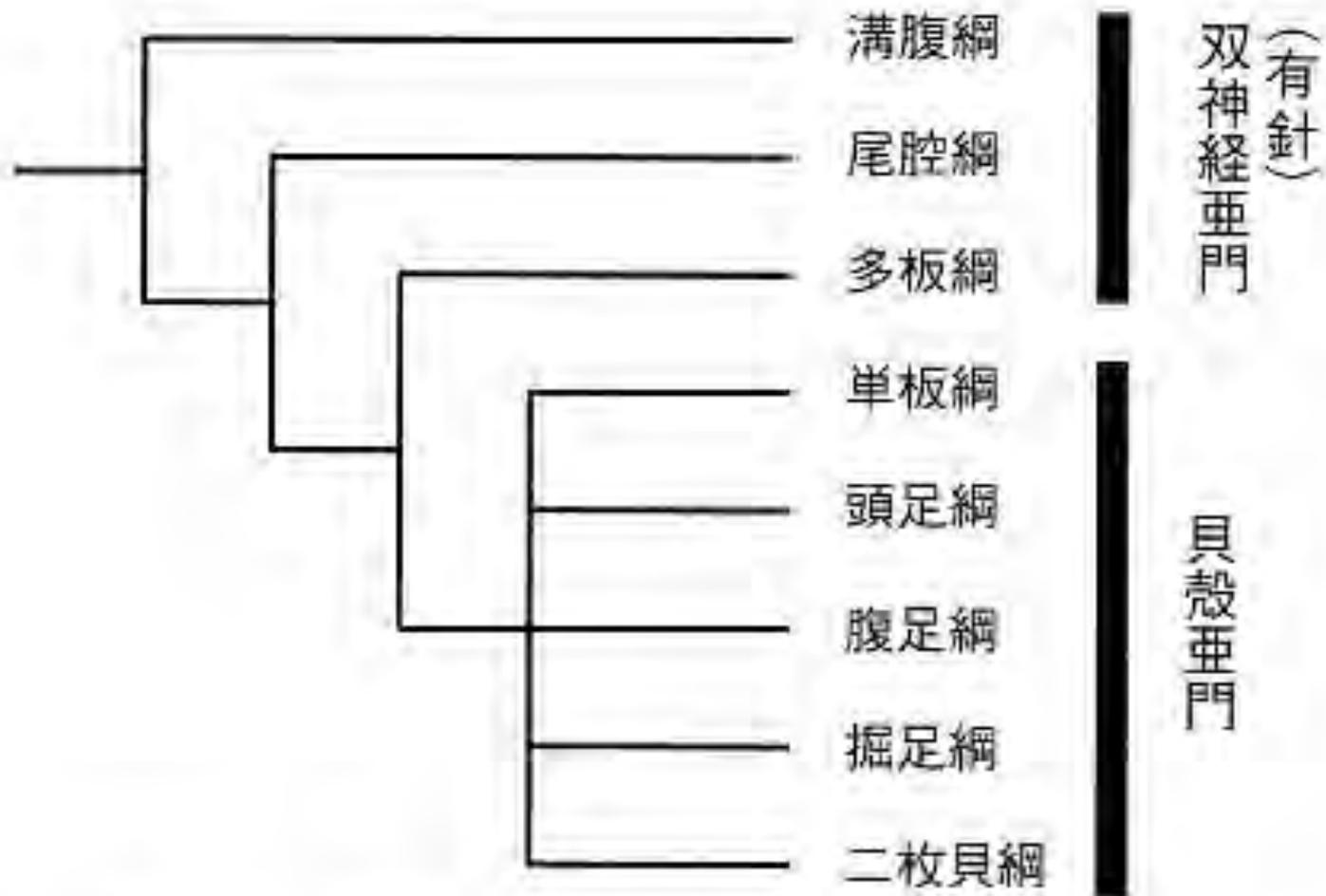


図 6.14 軟体動物門の各綱の系統関係

貝殻亜門の5綱については系統がはっきりしていない。(上島, 2000 ほかに基づく)

環形動物 Annelida

世界で4綱33目約120科16,500種
世界の水域と陸上 サイズ1mm~150cm



カンザシゴカイ



ウミケムシ

多毛綱



イソゴカイ



ヤマビル



貧毛類

フトミミズ



シーボルトミミズ



卵

卵のう

多毛綱 Polychaeta
貧毛綱 Oligochaeta
ヒル綱 Hirudinoidea

*吸口虫綱 Myzostomideaは多毛綱の1目とされることもある

写真は日本動物大百科7無脊椎動物より引用

有鬚(ゆうしゅ)動物 Pogonophora

ヒゲムシ類 2目6科14属150種

ハオリムシ類 十数種以上



世界の 100 m 以深の海底や熱水噴出孔付近に生息

環形動物多毛類の一群

サイズ 全長 30 cm ~ 1m

写真は日本動物大百科7無脊椎動物より引用

ユムシ動物 Echiura

3目約135種 世界中の潮間帯から深海 サイズ 約 8~50cm



ユムシ



ミドリユムシ

環形動物多毛類の一群

星口動物 Sipuncula

2綱4目6科17属約320種



サメハダホシムシ



スジホシムシモドキ



スジホシムシ

世界中の潮間帯から深海
サイズ 数mm~50cm

写真は日本動物大百科7無脊椎動物より引用

内肛動物 Entoprocta

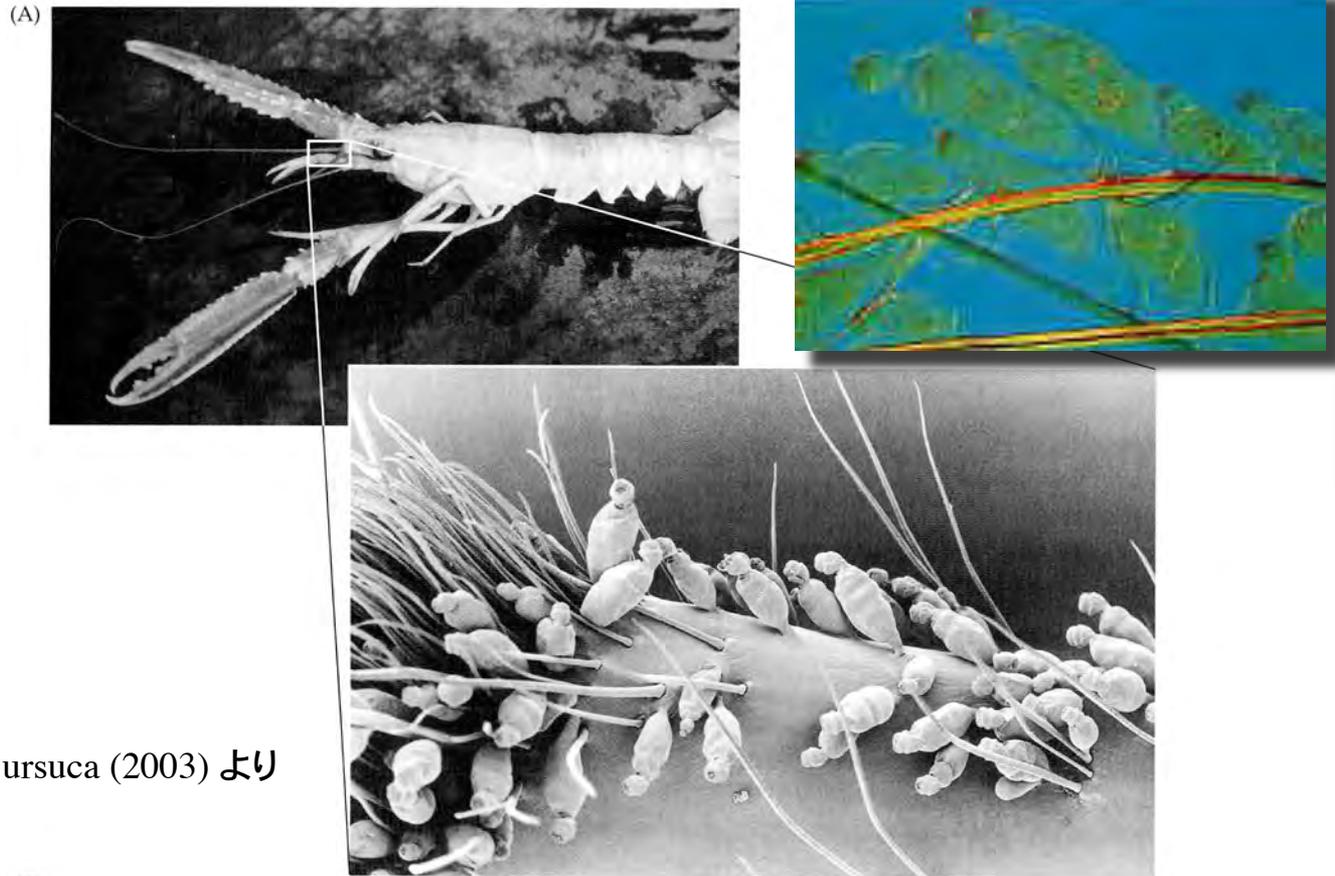
4科約 200 種



世界の海域に分布(1種のみ淡水産)
サイズ 体長5mm 以下

有輪動物門 Cycliophora

1995年12月に新門として *Symbion pandra* が記載された。2種が知られる。



Bursca and Bursuca (2003) より

ノルウェー^(R)産のアカザエビの1種の口器に外部寄生し、複雑な世代交代を行う。

カラー写真は日本動物大百科7無脊椎動物より引用

有顎(担顎)動物 Gnathifera

Kristensen and Funch (2000) が微顎動物とともに設立

輪形動物門 Rotifera

(+鉤頭動物 Acanthocephala)

顎口動物門 Gnathostomulida

微顎動物門 Micrognathozoa

微小な「顎」をもつグループ

顎口動物 Gnathostomulida

2目18属約 100 種

体長約1mm



体長約 0.1 mm



分布 世界の海底 サイズ 体長1mm以下

微顎動物 Micrognathozoa

2000年に記載された *Limnognathia maerski* 1種のみが知られる

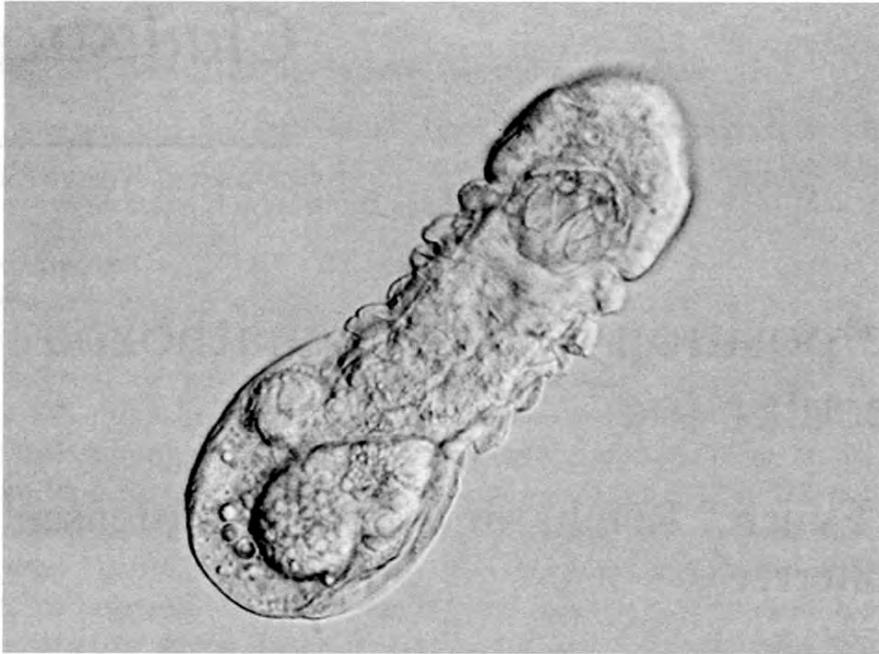


Fig. 1. The type species of the new phylum Micrognathozoa, *Limnognathia maerski*, from Greenland was photographed using differential interference contrast microscopy, Nomarski technique. The specimen is 118 μm in length.

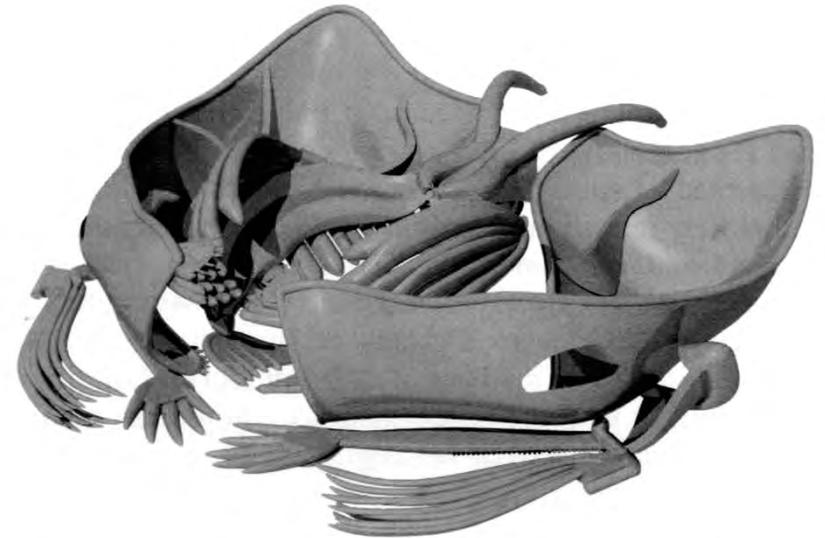


Fig. 2. Three-dimensional reconstruction of the jaws in *Limnognathia maerski*, viewed from a dorsorostral angle. The micrognathozoan jaw apparatus is perhaps the most complicated type among all invertebrates.

グリーンランドの冷泉で発見された

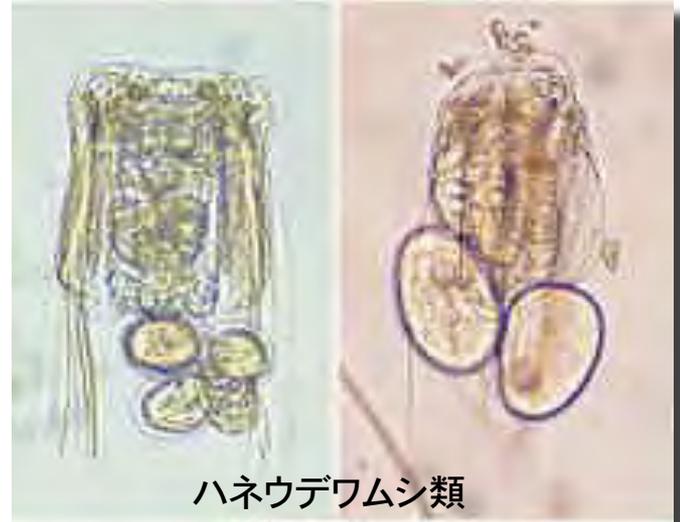
Giribet et al. (2004) より

輪形動物門 Rotifera

4綱9目31科1800種 *鉤頭動物と合わせて約 3200 種
分布 世界中の水のある場所 サイズ ほとんど体長1mm 以下



シオミズツボワムシ



ハネウデワムシ類



輪毛虫類の受精卵



トゲヒルガタワムシ類

カメノコウワムシ類

写真は日本動物大百科7無脊椎動物より引用

鉤頭動物 Acanthocephala

3綱8目700~1000種



ミンククジラの小腸壁に付着する鉤頭虫

脊椎動物の腸内寄生虫として世界各地に分布
サイズ 体長数 mm ~ 1m

写真は日本動物大百科7無脊椎動物より引用

有顎動物の「顎」

微顎動物

顎口動物

輪形動物

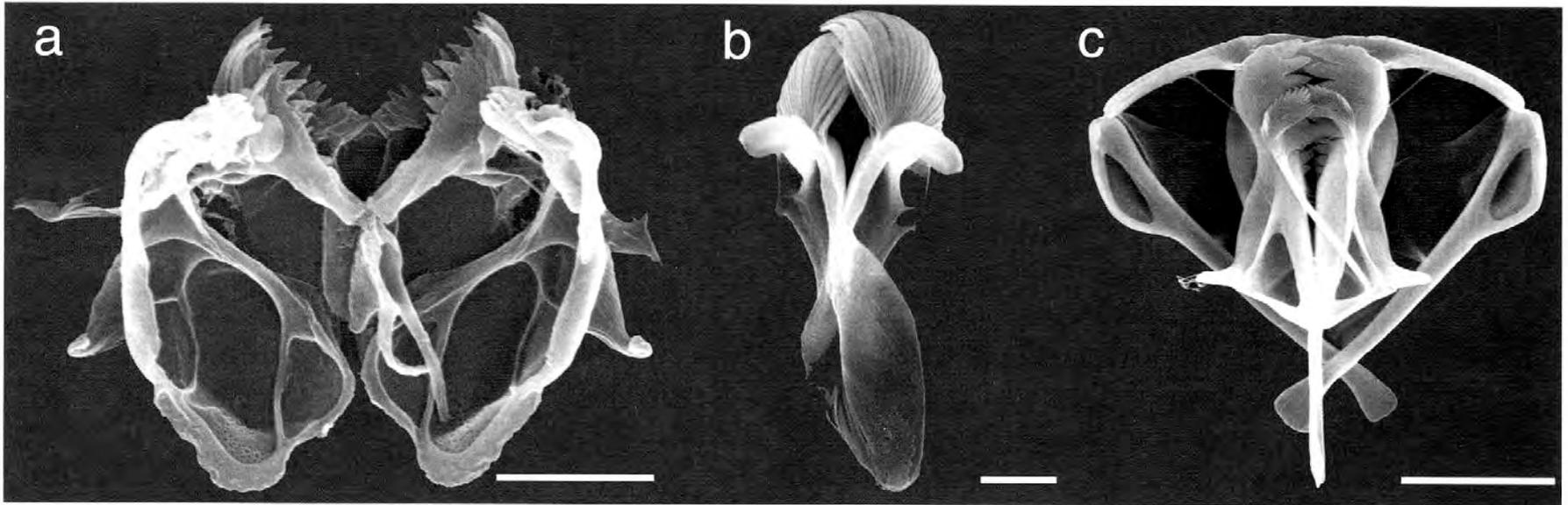


Fig. 8. Scanning Electron Microscopy microphotographs of jaw apparatuses treated with sodium hypochlorite: (a) Micrognathozoa (*Limnognathia maerski*), (b) Gnathostomulida (*Rastrognathia macrostoma*), and (c) Rotifera (*Dicranophorus forcipatus*). Comparative studies suggest that the micrognathozoan main jaw, the gnathostomulid lamella symphyses and the rotifer incus are homologous. Scale bars for (a) and (b) are 5 μm , scale bar for (c) is 20 μm .

Giribet et al. (2004)より

筳虫(ほうきむし)動物 Phoronida

世界に2属 11種 沿岸域に分布



ヒメホウキムシ

サイズ 全長数cm~20cm



群生するヒメホウキムシ



アクチノロカ幼生

写真は日本動物大百科7無脊椎動物より引用

外肛動物(コケムシ類) Ectoprocta

2綱3目140科約1000属約 6000 種



群体性の固着動物

分布 世界中の海域の潮間帯
から深海,一部は淡水 域

サイズ 群体は数 mm ~ 1 m,
個虫は1mm 前後

腕足動物 Brachiopoda



ミドリシャミセンガイ



ホウズキガイの1種



タテスジホウズキガイ

世界に2綱5目112属約 400 種

潮間帯から深海まで サイズ 数cm

最近の分子系統仮説による新たな分類群

新口動物

脱皮動物

冠輪動物

Deuterostomes

Ecdysozoa

Lophotrochozoa

刺胞動物

海綿動物

立襟鞭毛虫

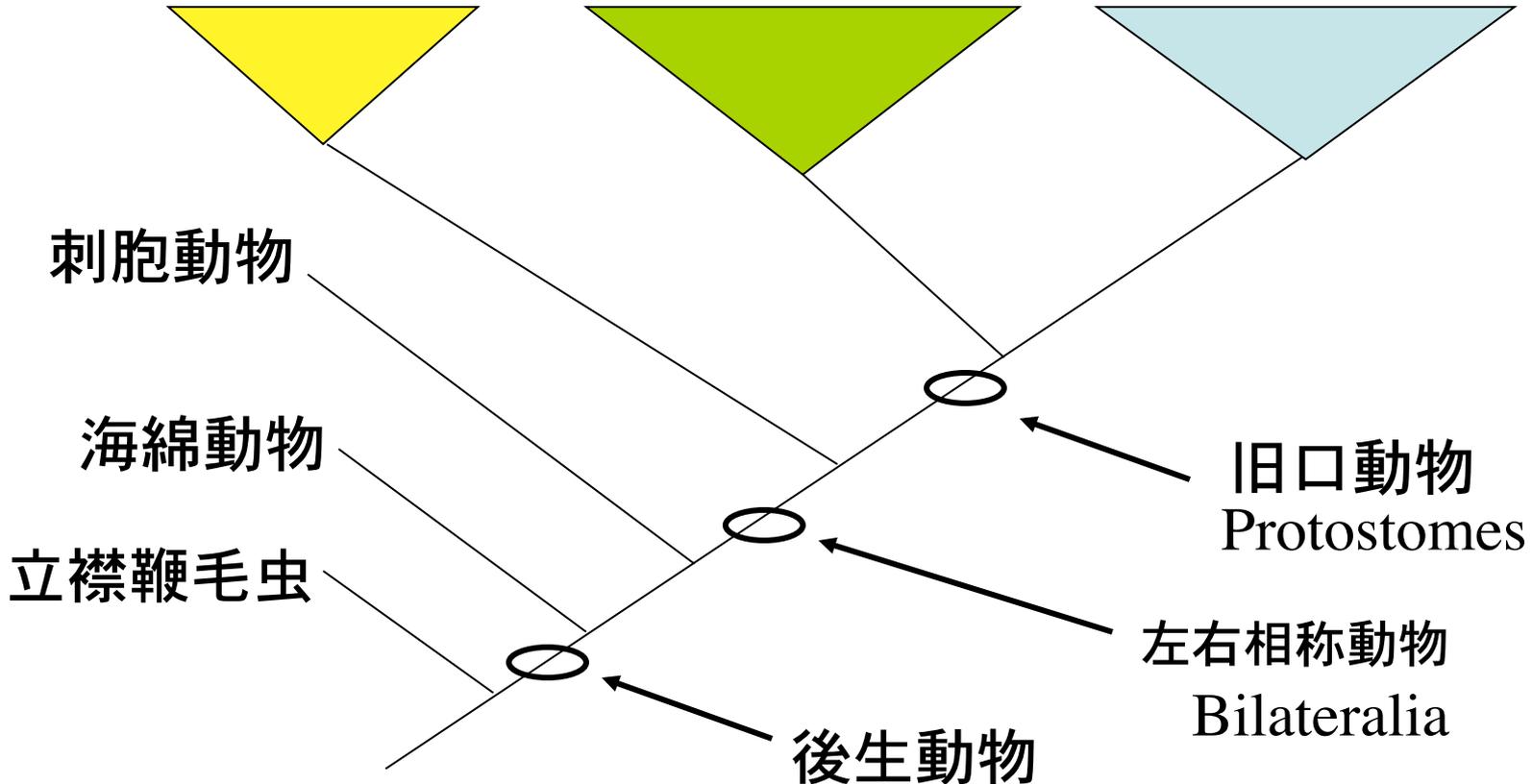
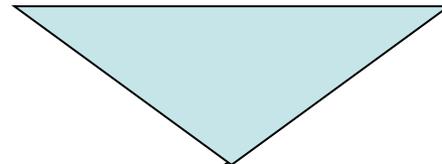
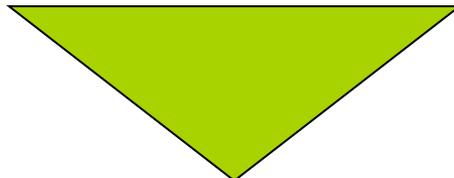
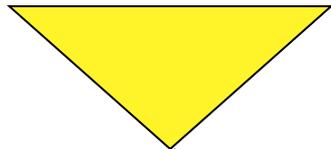
旧口動物

Protostomes

左右相称動物

Bilateria

後生動物



脱皮動物 Ecdysozoa

脱皮により成長する

緩歩動物,有爪動物

有棘動物(動吻,胴甲,鰓曳)

線形動物,類線形動物

節足動物(舌形を含む)

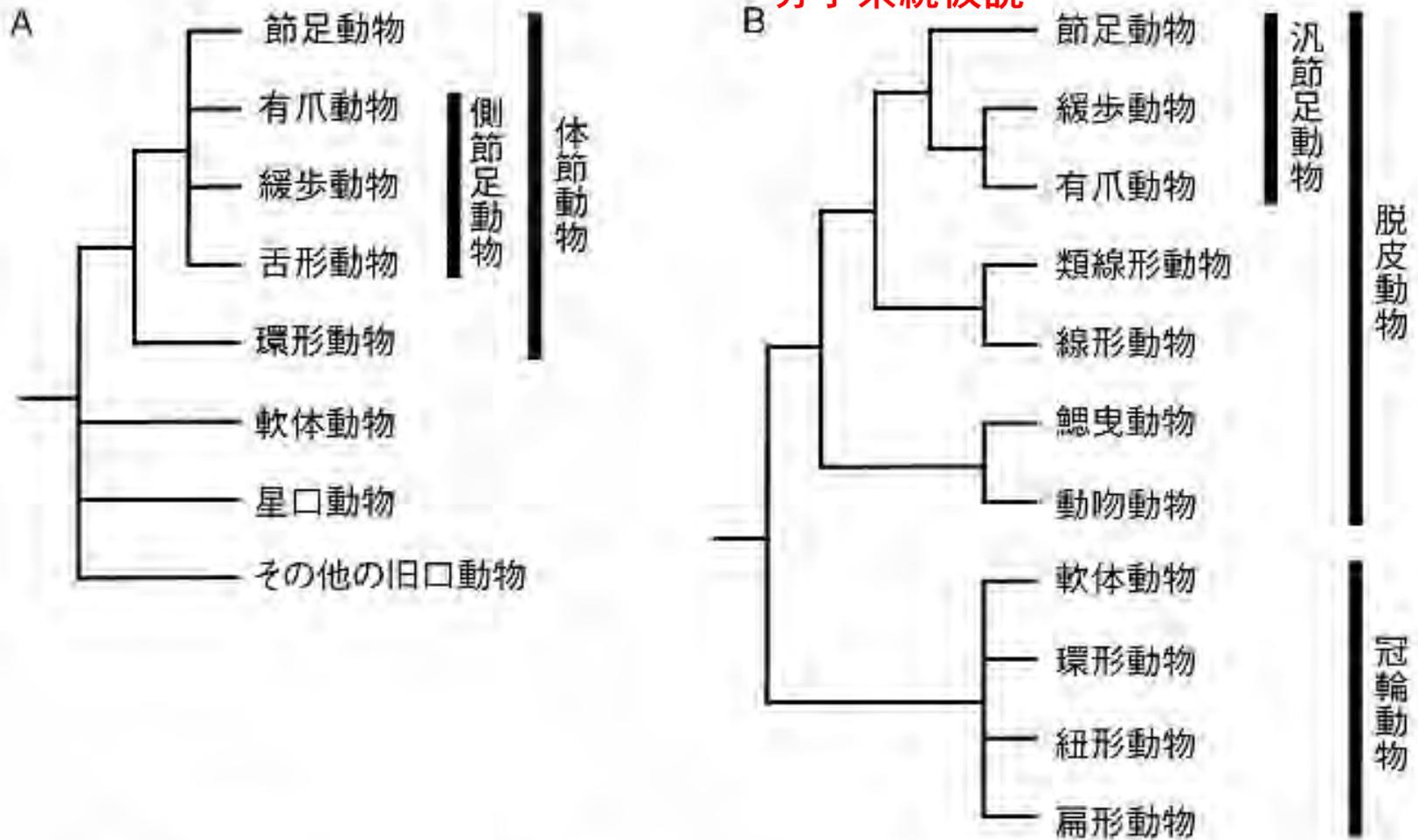


図 6.25 節足動物門の系統

A：体節制を重視した伝統的な仮説， B：18S および 28S rDNA に基づく分子系統． A では環形動物門との関係が強調されているが， B では環形動物門はまったく異なる系統となっている．（上島，2008 より）

線形動物 Nematoda

世界で2綱約25,000種(推定1億?)
世界のあらゆる生息域
サイズ 微小~1m 以上



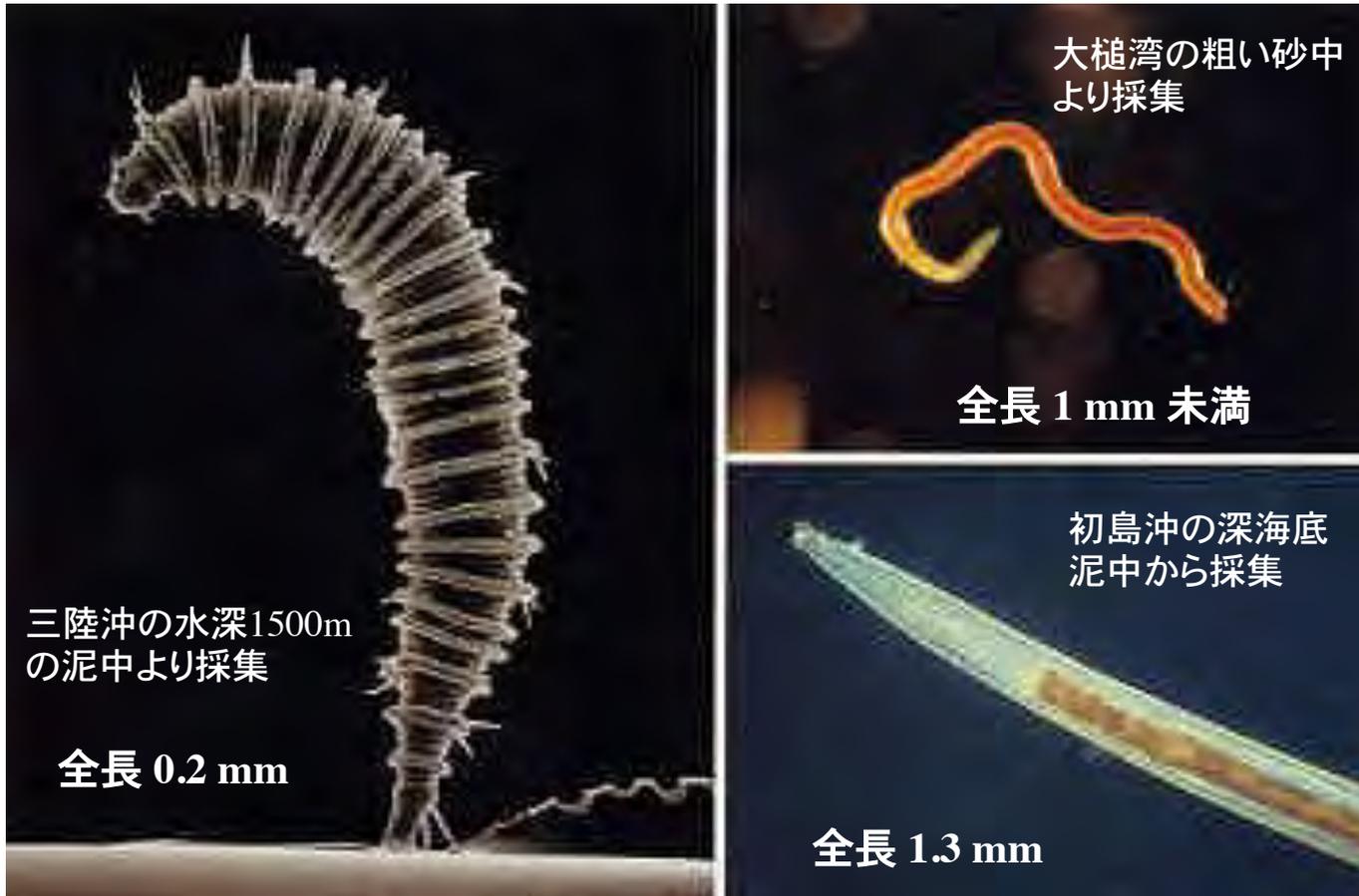
ホッケの肝臓に寄生する
アニサキスの幼虫



寄生性線虫類
様々な動植物に寄生

写真は日本動物大百科7無脊椎動物より引用

線形動物 Nematoda(その2)



自活性線虫類 体長は 0.1~3 mm 程度

類線形動物 Nematomorpha

世界に2目約 360 種

分布 寒帯や高山を除く世界各地 サイズ 数cm~1m



カマキリから出た
ハリガネムシ
宿主の何倍もの長さをもつ

成虫期は水中で自由生活,幼虫期は昆虫などの節足動物に寄生する.

有棘動物門 Phylum Cephalorhyncha

吻に棘をもつグループ

動吻動物 Kinorhyncha

胴甲動物 Loricifera

鰓曳動物 Priapulida

動物動物 Kinorhyncha



2目8科 15 属約 150 種

分布 世界の海の好氣的な砂泥底

サイズ 体長1mm以下

キョクヒチュウの1種

鰓曳動物 Priapulida



3科7属20種

世界の海域,大型種は
冷水域に分布

体長1mm 以下~10 cm

*化石種が3科6種知られる

胴甲動物 Loricifera



メスの成体



ヒギンズ幼生

カイコウコウラムシ

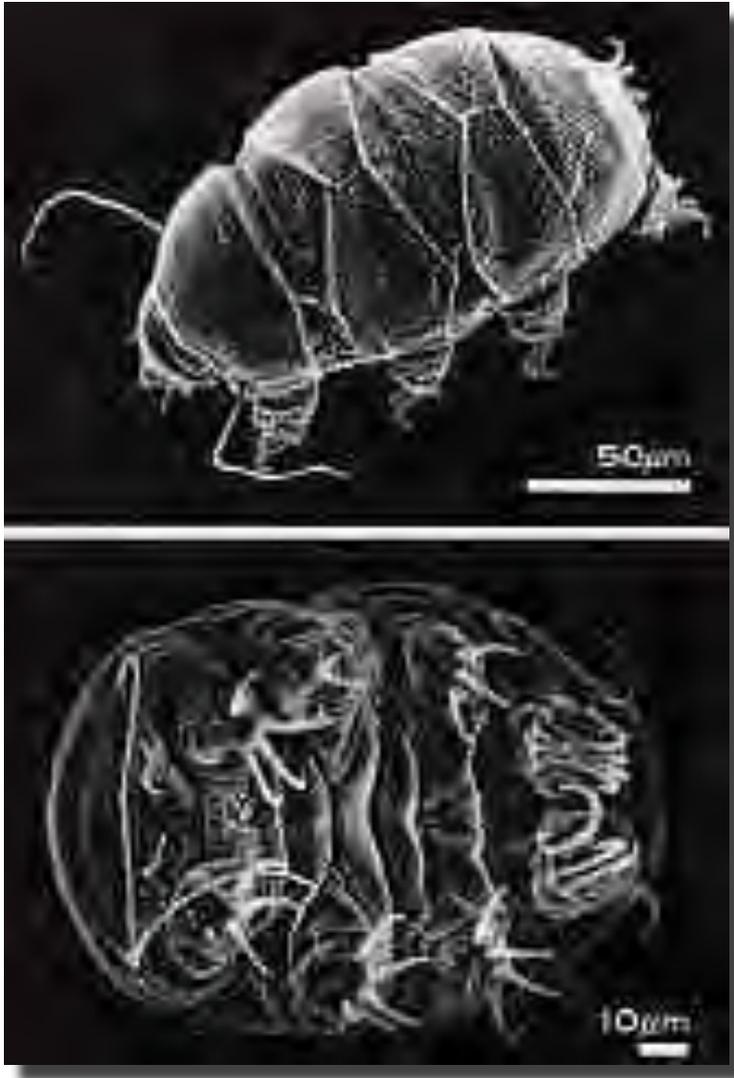
1983年に記載された門

2科3属35種

分布 世界の海の海底

サイズ 体長1mm以下

緩歩(かんぽ)動物 Tradigrada



クマムシ類

世界で約 1200 種

世界のあらゆる環境
に分布する
体長 0.1~1.2 mm

有爪(ゆうそう)動物 Onychophora



中南米・オセアニア・アフリカの水辺や森林に分布する

体長は1~15 cm 程度

カギムシ類

節足動物 Arthropoda (水生)

ウミグモ類



エビ類



フリソデエビ

ミジンコ類



ゾウミジンコ

貝虫類



ウミホタル

シャコ類



モンハナシャコ

ミジンコ類



ホウネンエビ



寄生性カイアシ類

フジツボ類



カブトガニ



カニ類



タカアシガニ



ヤドカリ類

節足動物(陸生)



鋏角亜門:クモ類,サソリ類など
甲殻亜門:等脚類(ダンゴムシ類)など
多足亜門:ヤスデ類,ムカデ類など
六脚亜門:昆虫類

舌形動物 Pentastomida



シタムシ類,五口虫類

世界で約60種

実は,寄生性の節足動物

成虫は脊椎動物(主にハ虫類)の呼吸器系に寄生

体長 数 mm~1m

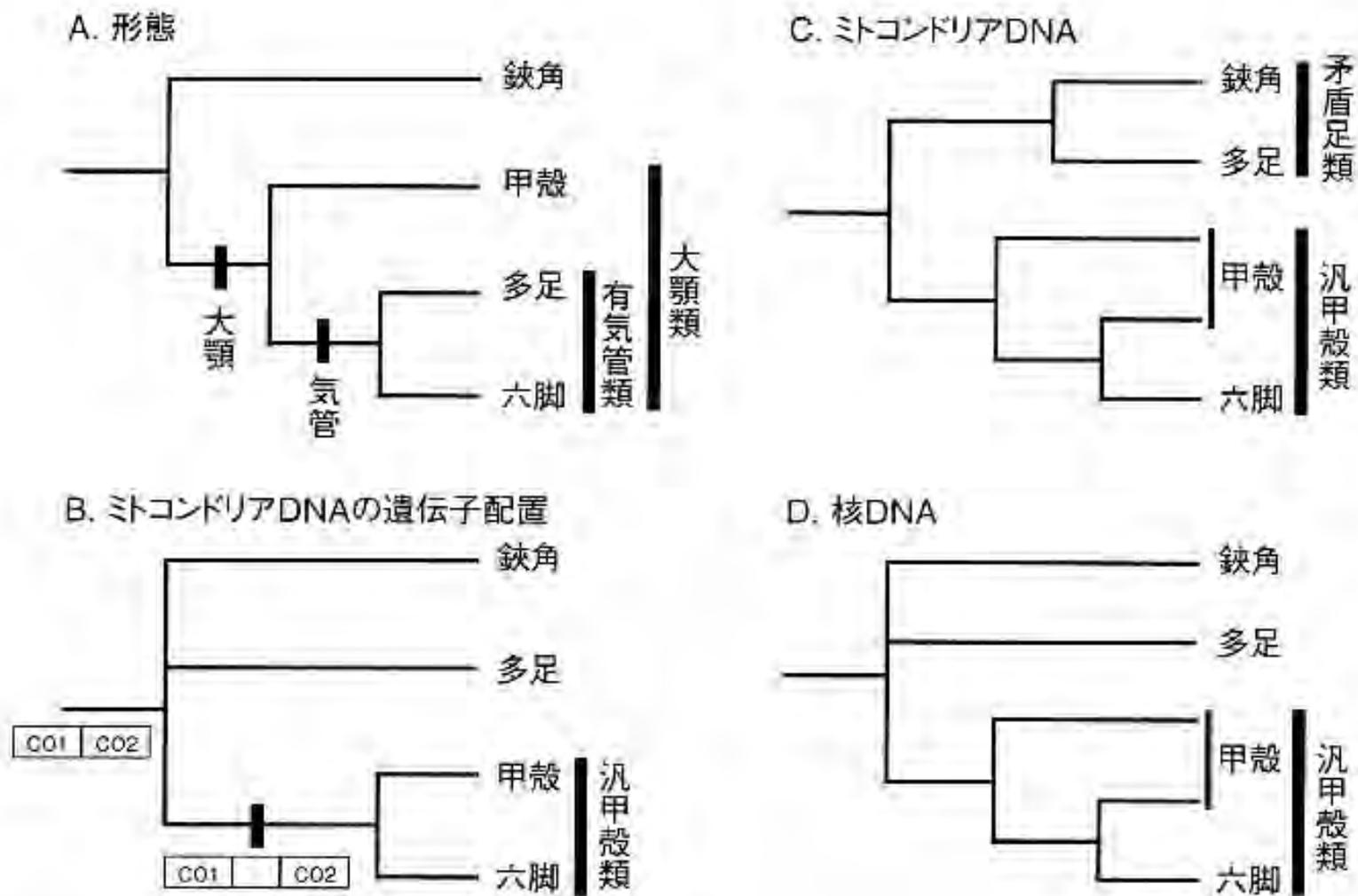


図 6.27 節足動物の各亜門の系統関係

形態、ミトコンドリア DNA の遺伝子配置、ミトコンドリア DNA の塩基配列、核 DNA の塩基配列に基づいた系統樹、ミトコンドリア DNA の遺伝子配置 (B) では、CO1 と CO2 という 2 つの遺伝子が、鋏角類と多足類では隣接しているのに対し、甲殻類と六脚類ではほかの遺伝子が間に挟まり離れている。(上島, 2008 より)

新口動物は分子系統解析でも単系統群

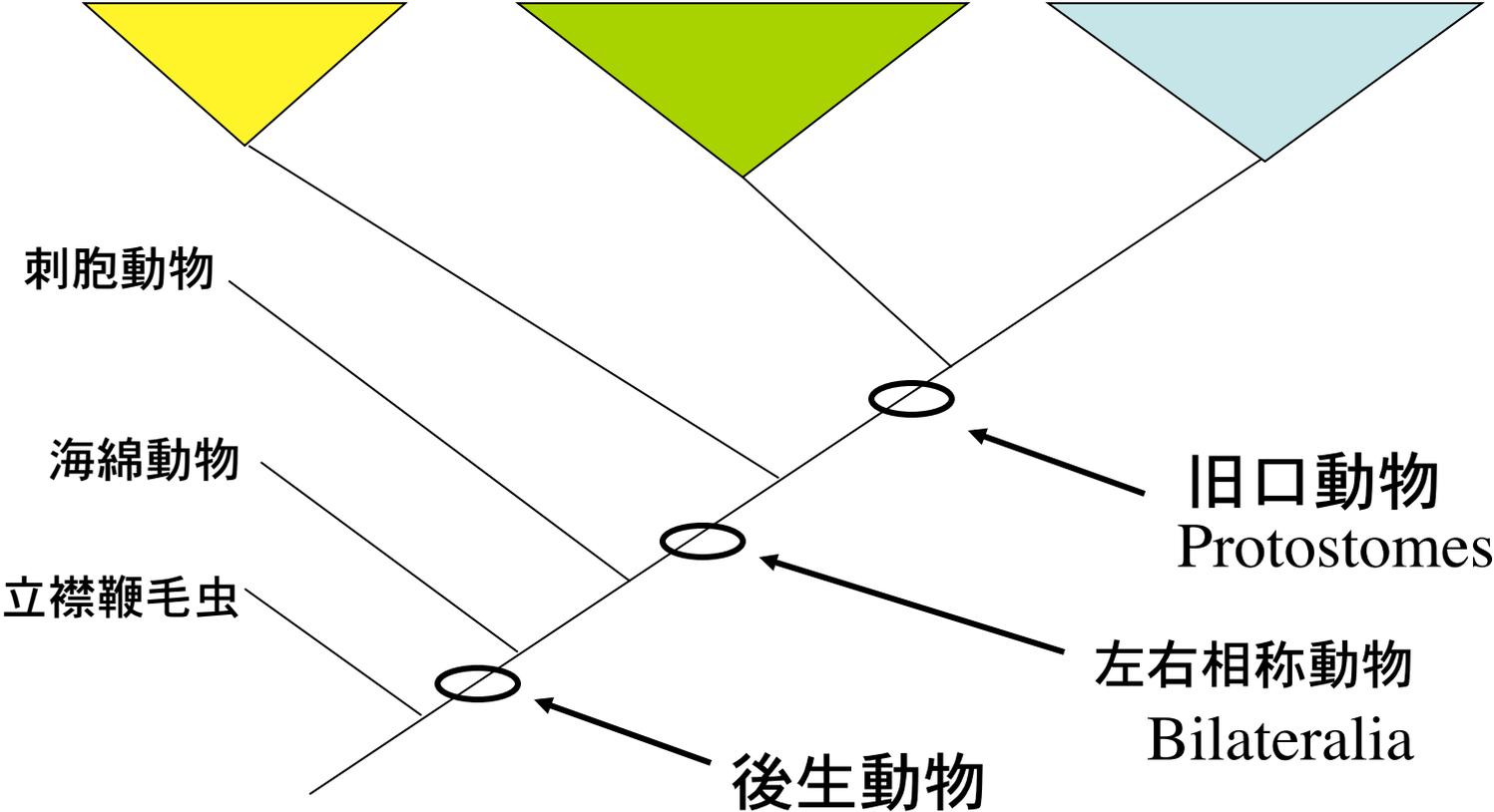
新口動物

脱皮動物 冠輪動物

Deuterostomes

Ecdysozoa

Lophotrochozoa



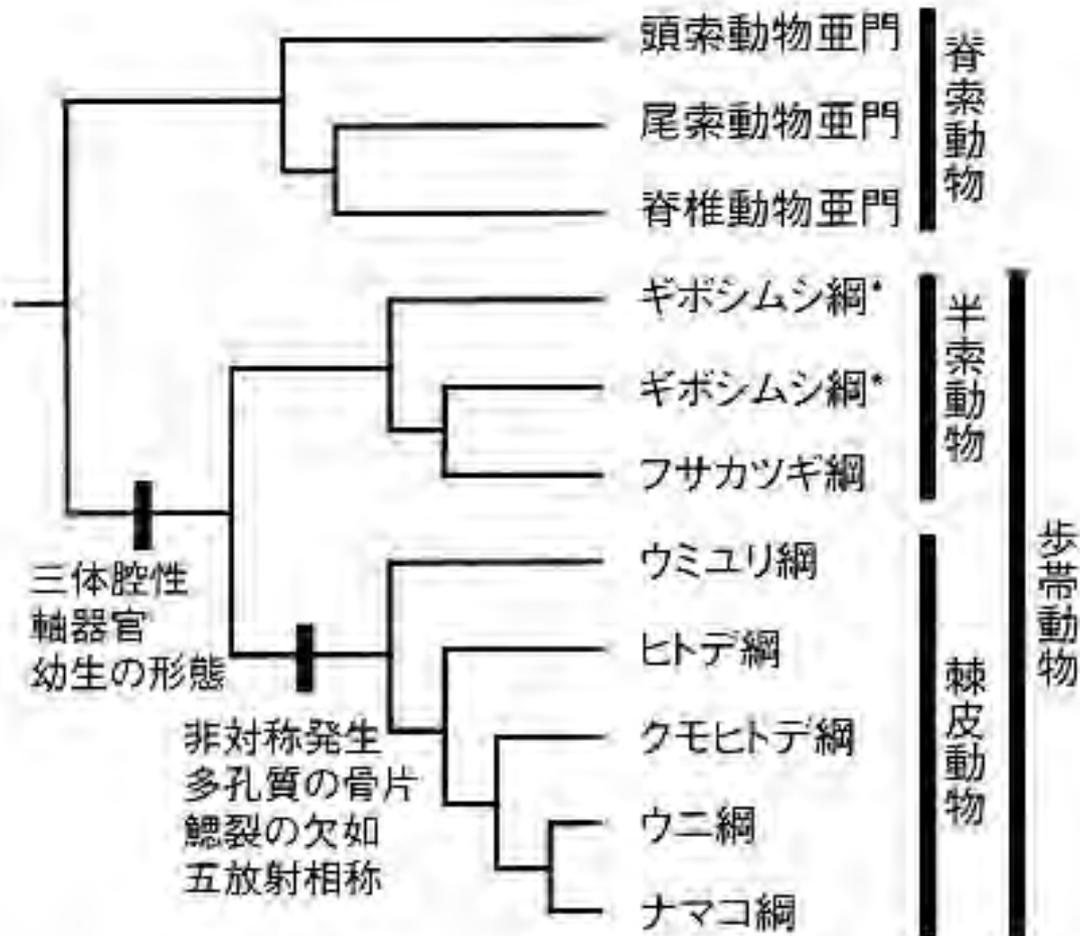


図 6.34 新口動物の系統
ギボシムシ綱は側系統群となっている。(Cracraft & Donoghue, 2004 ; Putman *et al.*, 2008 を参考に作図)

棘皮動物 Echinodermata

約 7,550 種

ウミシダ類



ナマコ類



クモヒトデ類



ウニ類



ヒトデ類



ウミユリ綱, ヒトデ綱, ウニ綱
クモヒトデ綱, ナマコ綱

写真は日本動物大百科7無脊椎動物より引用

半索動物 Hemichordata

*鰓列(さいれつ)をもつ



ギボシムシ綱 Enteropneusta
4科12属約75種

世界の潮間帯から深海の砂泥底
全長 数cm ~ 2 m
単独性で群体を作らない



フサカツギ綱 Pterobranchia
2科3属約20種

世界の50m以深の海底(まれに潮間帯に出現)
全長 数mm 群体を作り,棲管中にすむ

脊索動物 Chordata



マボヤ



オオサルパ



ヒカリボヤ



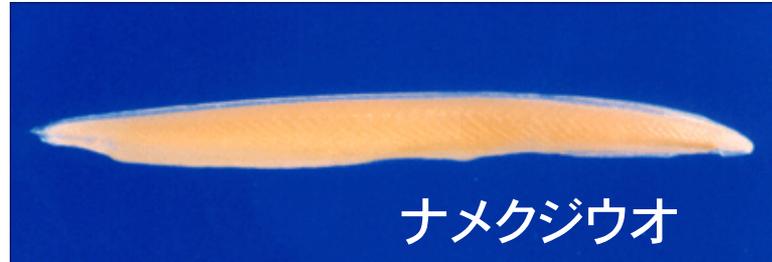
イタボヤ類の群体



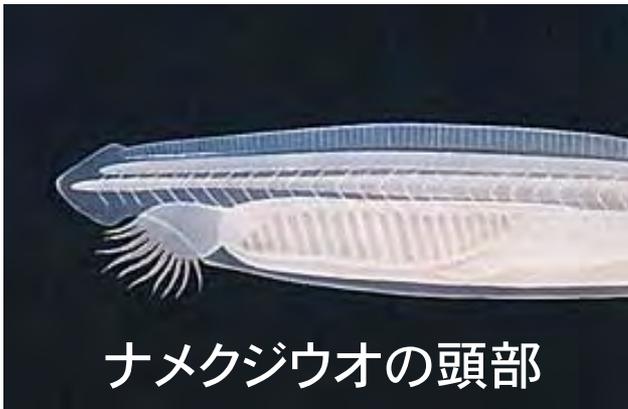
チャツボボヤ

尾索動物亜門 Urochordata
ホヤ綱 Ascidiacea
2目15科約170属約2,800種
オタマボヤ綱 Appendicularia
3科14属63種
タリア綱 Thaliacea
3科22属約74種
頭索動物亜門 Cephalochordata
脊椎動物亜門 Vertebrata

頭索動物亜門 Cephalochordata



ナメクジウオ

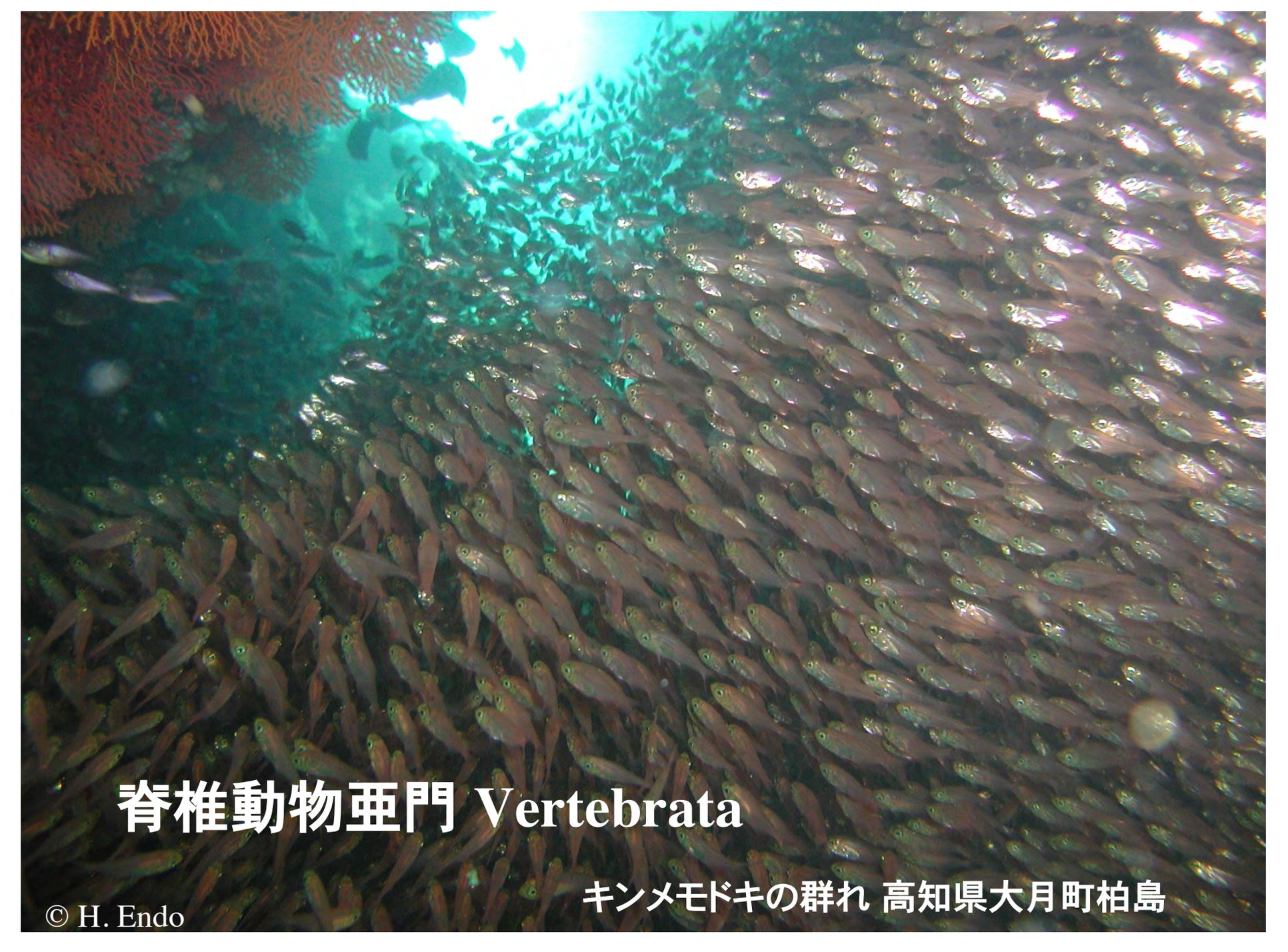


ナメクジウオの頭部

世界に1科2属約 33 種
日本に2属3種

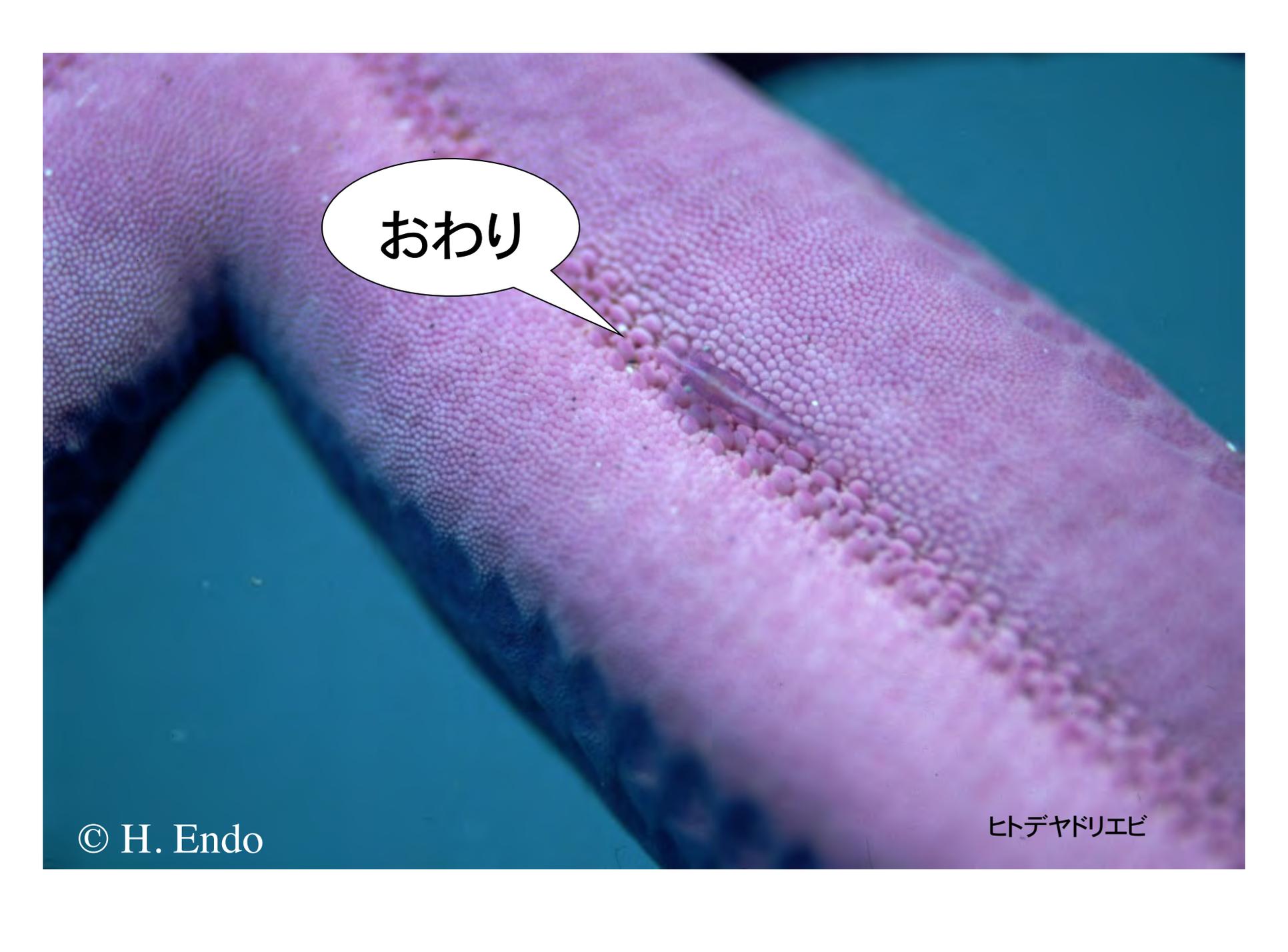
世界の温暖な海域の潮間帯から
水深 200 m 以浅の海底にすむ

サイズ 数 cm～6cm

A large school of fish, likely Kinmemodoki, swimming in the water. The fish are densely packed and appear to be moving in a coordinated manner. The background shows a coral reef structure, and the water is illuminated with a blue-green light, possibly from an artificial light source. The overall scene is underwater and captures a natural behavior of the fish.

脊椎動物亜門 Vertebrata

キンメモドキの群れ 高知県大月町柏島

A close-up photograph of a textured, pinkish-purple surface, likely the skin of a ray or shark. The texture consists of numerous small, rounded bumps arranged in a regular pattern. A speech bubble is overlaid on the image, containing the Japanese text 'おわり' (Owari), which means 'The End' or 'Over'. The background is a solid, dark blue color.

おわり