

オウムガイの連室細管索上皮の 組織学的検討とその機能的意義*

福田芳生** 棚部一成*** 小島郁生****

はじめに

すべての現生および絶滅有殻頭足類を特徴づける構造として、隔壁により多数の部屋に分けられた気室とそれらを貫く連室細管からなる気室—連室細管系 (Siphuncular system) があげられる。この構造は頭足類の進化史の最も初期 (カンブリア紀後期) に基本体制として確立し、以後古生代から中生代のほとんどの頭足類に普遍的に認められている (Donovan, 1964)。

しかし、中生代末になると外殻頭足類の多くの部類 (アンモナイト亜綱, オウムガイ亜綱) は絶滅または衰退し、古生代末に出現して以来次第に繁栄していった内殻性コレオイド類においても殻体の退化が顕著となっていった。その結果、気室—連室細管系は消失または特殊化の傾向をたどるようになる。現生種の中でこの構造の認められるものは、わずかに3つの分類群、すなわちオウムガイ亜綱のオウムガイ属 (*Nautilus*) とコレオイド (鞘形) 亜綱、コウイカ科 (Sepiidae) の類および同亜綱、トグロコウイカ科 (Spirulidae)、トグロコウイカ (*Spirula spirula*) にすぎない (Denton & Gilpin-Brown, 1973)。

これら現生種の連室細管系の硬組織に関する研究は Appellop (1893) 以来数多くなされている (例えば Naef, 1922; Mutvei, 1964, 1972; Bandel & Boletzky, 1979; Tanabe et al., 1981) が、その生理・機能的意義については Denton & Gilpin-Brown (1961a, b, 1966, 1971, 1973) に

負うところが大きい。彼らは主として生体を用いた生態・生理学的観察と実験から、連室細管系の構造や機能を浮力調節機構との関連において考察した。その結果、現生有殻頭足類においては連室細管索上皮 (Siphuncular epithelium) は隔壁と連室細管壁の分泌=新気室の形成をつかさどるのみならず、低圧ガスの充満した気室と連室細管索相互での液体の移動、すなわち生体の浮力調節にも関与していることが判明した。

Denton & Gilpin-Brown (1973) はさらに、連室細管壁および上皮を経由する液体の移動は、すべての有殻頭足類 (絶滅種を含む) を通じて同一の機構、すなわち塩イオンの移動に伴う浸透圧によって説明でき、その機構により生体は水塊中を自在に沈降できると考えた。

この解釈は Packard (1972), Mutvei & Reymont (1973), Raup (1973) らによって積極的に支持されてきたが、ごく最近になって現生オウムガイ類では気室液体は浮力調節に関与しない事実 (Collins et al., 1980; Ward et al., 1980) や、現生・化石種間での連室細管壁の透水性や気室液体の排出速度の違い (Chamberlain, 1978; Ward & Martin, 1978; Obata et al., 1980; Tanabe et al., 1981) が明らかになった結果、有殻頭足類の連室細管の生理・機能について再検討する必要が生じてきた。特にオウムガイ類の連室細管は、絶滅種のオウムガイ類やアンモナイト類と類似の形態・構造からなる硬組織を有することから、内部の細管索の研究は有殻頭足類の機能進化に多くの知見と示唆を与えるであろう。

著者らは別報 (Obata et al., 1980; Tanabe et al., 1981) に有殻頭足類の連室細管壁の微細構造の違いをまとめ、その意義を気室液体の排出速度や生活様式の違いと関連づけて考察した。本

* 昭和56年度文部省科学研究費総研A (代表者小島郁生) 課題番号56340041の一部を使用した。

** 千葉県衛生研究所

*** 愛媛大学・理学部

**** 国立科学博物館

論ではその成果をふまえ、気室液体の移動に直接関与すると考えられる連室細管索上皮について現生オウムガイ (*N. pompilius*) を素材として光学・走査型電子顕微鏡 (SEM) による観察を行なった結果をまとめ、その生理・機能的意義について論ずる。

材料および方法

研究に使用したオウムガイ (*Nautilus pompilius* Linnaeus) は、著者の一人である棚部により1978年12月8日にフィリピン群島のネグロス島ビンDOI (Bindoy) 沖約2kmのタニオン (Tanon) 海域の海底 (深度130m) からトラップにより捕獲した雄の成体 (殻直径175mm, 体重1kg) である。この個体は捕獲後1日水槽で飼育後、弱ってはいたが生きた状態で10%ホルマリン溶液に投入され、殻付のまま日本に運搬した。そして1979年1月21日、研究室において殻体と軟部を分離後、後部外套膜端の連室細管索起始部を切除し試料とした。さらに試料はパラフィン包埋の後、厚さ5μmの縦断および横断切片を作製しH・E二重染色を施して、光学顕微鏡下での組織学的観察に供した。また、その一部を片刃のカミソリにより切断し、臨界点乾燥装置 (日立製・HCP-II型) による処理を経て金蒸着後、SEM (日立製・H-450型) により加速電圧20kVで検討した。

連室細管索と殻体硬組織との関係 (Structural relations of siphuncular cord, Siphuncular wall and septa)

オウムガイの連室細管索 (siphuncular cord) は、後部外套膜端が紐状に狭窄することによって、気室隔壁動脈 (pallioseptal artery) および静脈を包込んで形成されたもので、太さ1mm前後の弾力性に富んだ管状の組織である (図1~2)。連室細管索は外側より薄いコンキオリン層、多孔質の石灰層、厚い同心円状に重なったコンキオリン層の計3層からなる黒褐色の連室細管壁内部に収容されている (図3)。連室細管は体房部の軟体部より気室を通過し最初の部屋 (胚殻) で終息し、半楕円体状の盲管 (caecum) を形成する。連室細管は各隔壁のほぼ中央部を貫くが、その部分で隔壁は後方に頸状に延びた隔壁襟 (retrochoanitic septal neck) を形成する。気室を通じて連

室細管索は連続的に繋がるが、壁は隔壁襟内で消失し、その代りに多孔質の柱状稜柱層 (pillar zone) が挿入する (Denton & Gilpin-Brown, 1966; Mutvei, 1972; Bandel & Boletzky, 1979; Tanabe, et al., 1981)。

連室細管索そのものは連室細管内壁に密着することではなく、わずかな力を加えることによって容易に連室細管から引出すことができる。

光学顕微鏡による観察

後部外套膜端から頸部および最後の気室前半部にわたる連室細管索の縦断切片では、内臓塊に接する部分の外套膜は一層の扁平上皮からなるのに対し、隔壁に接する部分では単層の高さ30μ前後の立方上皮により構成され、明瞭な構造上の違いを認めることができる (図4)。

この2種の上皮間に内臓血管に由来する気室隔壁の動脈および静脈の分岐枝を内包する。この脈管の間隙は、疎な結合組織によって充填される。気室壁側の上皮は頸部に接近すると共に次第に高さを増し、間に分泌細胞を混じった高さ70μ前後の円柱上皮となる (図5, 7~8)。頸部に侵入すると共に上皮は細胞間隙を拡大し、高さ80~100μ前後のエオジンに濃染する特有な連室細管索主部上皮となる (図9)。核の形も立方上皮および円柱上皮の部分では、円型~楕円型であるのに対し、連室細管索主部上皮では伸張した糸状構造を呈するようになる。各々の上皮の細胞質周辺部には線条構造が認められ、細胞上部の連室細管壁側には、エオジンに淡染するコロイド状の物質の貯溜した楕円型の腔所が存在する (図9~10の矢印)。

連室細管索主部上皮の底部では基底膜の発達は弱く、その下側に疎性結合組織層が続く。この管状の連室細管索主部を取巻く上皮は、断面の上側・下側 (殻の腹側および背側) においても一様の構造を有する (図1~2)。連室細管索主部上皮下の索状構造の軸を構成する部分では、上述の疎性結合組織と広い腔所を持つ静脈洞、少数の動脈、神経線維束からなる (図2, 9)。動脈の血管壁の部分に厚い平滑筋層が存在しているため、他と容易に識別することが可能である (図12)。連室細管索主部の大部分は、静脈性の血管 (図2, 11) からなっていると言っても過言ではない。

走査型電子顕微鏡による観察

SEM観察に用いた試料は、最終気室から次の気室へ連なる連室細管索主部中央部の縦断面標本である。この連室細管索主部上皮の低倍率像を得ることによって、上皮の全体像を知ることができる(図13)。

高さ80~100 μ m前後の上皮は、連室細管壁に接する上部と結合繊維層に連なる底部との間に明瞭な構造上の違いが存在する。まず上部では、光学顕微鏡による観察で述べたコロイド状物質の貯溜していた腔所は7 $\times$ 10 μ m前後の大きさを有し(図13矢印)、その下側中央部に幅3~4 μ mの導管様構造との連絡口が位置する(図14矢印)。この導管様構造は、上皮底部に接近するに従い幅を減じ不明瞭となる。上皮上部の腔所上側は閉鎖しており、連室細管壁内側と直接連絡することがない(図13~14)。この腔所上側は、いわゆる自由面を形成し、そこに微絨毛が存在することが考えられる(Denton & Gilpin-Brown, 1966)が、今回観察の対象とした試料では、不定型の物質や結合繊維に厚く覆われているため、それを確認し得なかった。上側の腔所そのものは全く空虚なものから、その一部に不定型の物質が認められるものなど変化に富んでいる。腔所を囲む細胞質は他の部分に比較して薄く、幅2~2.5 μ m前後あるにすぎない。一方、導管様構造を囲む上皮は5 μ m前後の厚みを有する。この導管様構造周囲の細胞質中に、上皮の長軸を横断する0.1~0.2 μ m前後の直径を持つ無数の微細管を認めることができる(図17~18のmc)。この微細管は、上皮上部の腔所周囲では発達が弱く、それらは導管様構造内腔側に開口する(図16矢印)。また、その間に0.5 μ m前後の太さの線維状構造が垂直に走っている(図15矢印)。

先の微細管は上皮深部において、複雑な分岐を示す。その間に0.1 μ m前後の大きさを有する粒状構造が高い密度で分布する(図18のmt)。上皮の底部上方1/3の部分から上皮は複雑な樹根状の分岐枝を形成し、それらは基底側において放射状に広がる(図19~24)。この連室細管索主部上皮は、細胞上部の卵円型の腔所とそれに連なる導管様構造と下部の樹根状の分岐枝を合わせて一つの構成単位と考えることができる。樹根状の分岐枝下側の基底膜は網状を呈し、その下層に広い

腔所を具えた結合繊維層が続く(図20~21, 24の矢印)。

考 察

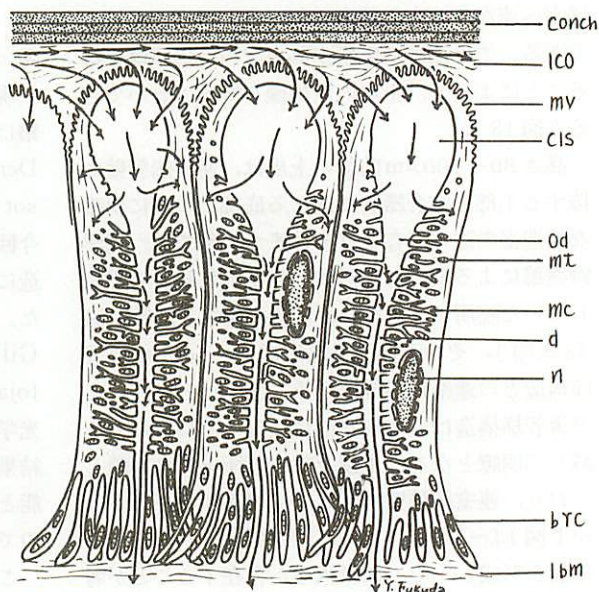
現生のオウムガイ類の連室細管索の組織学的観察は、すでにHaller (1895), Willey (1902), Denton & Gilpin-Brown (1966, 1973), Bassot & Martoja (1966)によって行われている。今回の著者らの観察も、連室細管索の一般的な構造については、従来の報告と一致するものであった。また、連室細管索上皮についてDenton & Gilpin-Brown (1966, 1973), Bassot & Martoja (1966), Greenward et al. (1980)による光学顕微鏡あるいは透過型電子顕微鏡による観察結果が得られている。それらは主として特別な機能と構造を有する連室細管索主部上皮に関するものである。

この場合、おもに隔壁の形成にかかわったと思われる最後の気室隔壁に接する連室細管索の基始部から、隔壁形成後の気室液体の排出に関与した特別な連室細管索主部上皮の部分まで連続して観察することが両者の持つ機能について、構造上の違いを明らかにするうえで必要である。この点で、今回の観察の結果、最後の気室隔壁に接する上皮が立方上皮であるのに対し、頸部後方では高円柱上皮となることは重要であろう。この高円柱上皮は外套膜端の石灰分泌細胞に類似していることから、恐らく隔壁や連室細管頸部の形成に与っていたものが、順次後方に移動し機能的にも構造的にも変化していったことが考えられる。観察に用いたオウムガイ(*Nautilus pompilius*)は重量1kgの成熟した雄の個体であることや、隔壁の形成途上の個体にあつては、特有の連室細管索主部上皮に観察される細胞上部の腔所や導管様構造が未発達であること(Denton & Gilpin-Brown, 1966, 1973)を考慮すると、石灰分泌を終えた上皮が次第に特有の連室細管索主部上皮へと移行していったと考える上記の推論は、十分根拠のあるものであろう。このことは、最終気室以降の連室細管索主部上皮は、どの部分においても特有な高円柱上皮からなる共通構造を示すことから支持できる。

今回の走査型電子顕微鏡の観察は、この特有の連室細管索主部上皮について行なった。同じ部位にあたる上皮上部の腔所はすでにDenton & Gil-

連室細管索主部上皮の微細構造および機能を示す模式図

25：連室細管壁を構成するコンキオリン層と特別な上皮との間にある疎性結合組織層を通過してきた気室液体（図中の矢印）は、まず上皮上部にある貯溜槽に入り、徐々に上皮内に再吸収されて微細管—糸粒体系（塩イオンの濃縮装置）を経て導管様構造内に排出され、基底部の樹根状分岐の間から疎な基底膜側へ移行する（conch：連室細管壁を構成する最内層のコンキオリン層、ICO：薄い疎性結合組織層、mv：微絨毛、CIS：貯溜槽、Od：導管様構造の開口部、mt：糸粒体、mc：微細管、d：導管様構造、brc：上皮基底部の複雑な樹根状の分岐点、lbm：疎な基底膜）。



25

pin-Brown (1966, 1973) の光学顕微鏡レベルの観察があるが、彼らはそれを単に縦走管 (longitudinal duct) として記載しているにすぎない。今回の観察では、上皮は下位の導管様構造に連なる大型の腔所を形成しており、その周囲の細胞質は薄く微細管の分布密度も低い。それに反して、導管様構造周囲では微細管がよく発達し、その分布密度は高い。Donten & Gilpin-Brown (1973) や Greenward et al. (1980) による透過型電子顕微鏡の観察結果では、それらの微細管は常に多数の糸粒体を伴ない、それらは体液中の Na, K などの電解質の濃縮器官としての機能を持つことを指摘している。このことからすると、上皮上部の腔所周辺では電解質の濃縮効率が他よりも低いと考えられ、上皮上部の腔所は分泌物の一時的な貯溜槽に相当する機能を持つと理解される。従って、Denton & Gilpin-Brown (1966, 1973) の縦走管 (longitudinal duct) という呼称はむしろ貯溜槽と呼んだ方がよい。オウムガイ類が新しい気室を形成する時、未完成の気室は液体成分で満されているが、新隔壁が十分に石灰化して生息深度の静水圧に耐えられるほど強固になった後に、その液体は徐々に気室液を連室細管索主部の上皮を經由して、索中心部の静脈洞に移されることが実験的に証明されている (Collins et al., 1980)。

しかし、その気室液体の移動速度や経路および深所での移動のメカニズムについては、研究者の間で必ずしも意見の一致をみていない (Denton & Gilpin-Brown, 1966, 1973; Collins et al., 1980; Ward et al., 1980; Obata et al., 1980; Tanabe et al., 1981)。そこで、今回の観察結果に基付き、連室細管索主部上皮内における気室液の移動について考察してみることにする。光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡による所見では、おそらく薄い上皮表面の微絨毛の部分で吸収され、一旦上皮上部の腔所、すなわち貯溜槽に貯込まれ、そこが一杯になった時点で、徐々に上皮内に再吸収され、内部で濃縮過程を経て、微細管の開口部より導管様構造の腔所に排出されていくものと思われる (図 25)。このような上皮内の貯溜槽は、分泌液の移動に関与する腔所が他に全く無いという連室細管索の構造上の特殊性によるものであろう。その結果、貯溜槽内の液がごく少量ずつ上皮内に再吸収される際生じる隙間に、新たな気室液体が追加されることが考えられ、従って気室が空になるまで長時間かかることが推測される。

連室細管壁を構成する主要な構造の一つである厚い同心円状に重なったコンキオリン層は、不透水層となっているため、気室液体はこの層の欠除する隔壁襟部分の柱状稜柱層 (pillar zone) から、

連室細管内壁と連室細管索上皮との間の疎性結合組織層を經由して、特有な上皮側に達することが考えられている (Tanabe et al. 1981)。

連室細管索を連室細管より容易に引出すことが可能である事実からも、連室細管索は周囲の壁構造と密着することがないとする上述の見解は支持できるのであろう。ところで、オウムガイが深所に移動した時、静水圧が増加し貯溜槽内に一部気室液体を移動させることはできても、その後の液相の移動は停滞することが考えられる。ところが実際にはそのような事実が無いのは、上皮内で浸透圧を上昇させ、静水圧に打勝つ独自の濃縮機構を持つことに理由がある (Denton & Gilpin-Brown, 1973; Greeward et al. 1980)。

オウムガイの連室細管索主部上皮基底膜側に認められるのと同様の上皮底部の複雑な樹根状の分岐枝は、高等動物の尿細管主部の上皮底部に広く観察され (Rhodin, 1954; Ericsson & Trump, 1964; Bulger, 1965; Waugh et al., 1967), それらは上皮内に再吸収された塩類を、基底側に移動させる器官の共通構造とみなせる。この著者らの見解は、Bassot & Martoja (1966) の透過型電子顕微鏡による所見と一致する (残念なことに Bassot & Martoja (1966) は電顕写真を提示していない)。このことは、気室液体が連室細管索主部の上皮側から下方へ移動する一方交通であるとする Collins et al. (1980), Greenward et al. (1980) の説を強く支持する。この樹根状の分岐枝は、上皮の保持と基底膜に対して上皮底部の接触面を増加させることにあるように思われる。上皮内の導管様構造を通過してきた気室液体は、樹根状構造の間隙をぬって基底膜側へ拡散させ、連室細管索中心部の静脈洞中へ移行して行くのであろう。

気室液体を移動し終えたオウムガイは、なお連室細管索主部上皮の形を変えることなく、それを存続させている。それは、気室液体を移動させることの他に、何らかの機能を維持していることを示唆する。著者らは、それを次のように考えている。

オウムガイが深所に移動した際、静水圧が増加することは先に述べた。その時、連室細管索の静脈洞内に体液が物理的に押込められ、内圧が上昇するであろう。その体液の一部が特有な上皮内の

腔所に吸収され、内圧の解発と体液の増量が抑えられる。つまりオウムガイは、特有な上皮内の腔所を利用して液量の調節が可能な範囲で、その生息深度の下限が規定されているものと思われる。この内圧の上昇に伴う体液の増加は、連室細管索内部の神経線維の圧迫をもたらす。オウムガイにあっては、この刺激により生息深度の水圧を感じることが推測される。

結論的に言えば、気室の形成を終えたオウムガイの成体にあっては、連室細管索および主部上皮は体液の調節と水圧の検知器として機能していると考えて良いのではないだろうか。

また、現生のオウムガイ類では、連室細管が殻の中央を走っているために、気室液体の吸収が上皮周囲において均一に行なわれるとみなせる。そのため、連室細管索主部上皮は殻の腹側においても背側においても、構造上の差異が認められない。一方、他の現生有殻頭足類のトコロコウイカ (*Spirula spirula*) では、連室細管は背側に扁平し、またコウイカ類 (*Sepia*) では腹側に扁平化している。このような類では、連室細管壁の構造が生息上の違いと対応して、連室細管索上皮の構造や機能においても、オウムガイ類のそれらと相違が存在する可能性が示唆され、今後の研究を要する。

絶滅種のアンモナイトでは、連室細管系は腹側に扁平している。この事実、連室細管索主部上皮の構造や機能が、部分によって異っていた可能性を、我々に示唆していると考えてよいかもしれない。

文 献

- Appelhoff, A. (1893): Die Schalen von *Sepia*, *Spirula* und *Nautilus*. Studien über den Bau und das Wachstum. K. Svenska Verenskapskad. Handl., 25(7):1-106.
- Bandel, K & Bolestzky, S. v. (1979): A comparative study of the structure, development and morphological relationships of chambered cephalopod shells. The veliger, 21:313-354.
- Bassot, J. M. & Martoja, M.

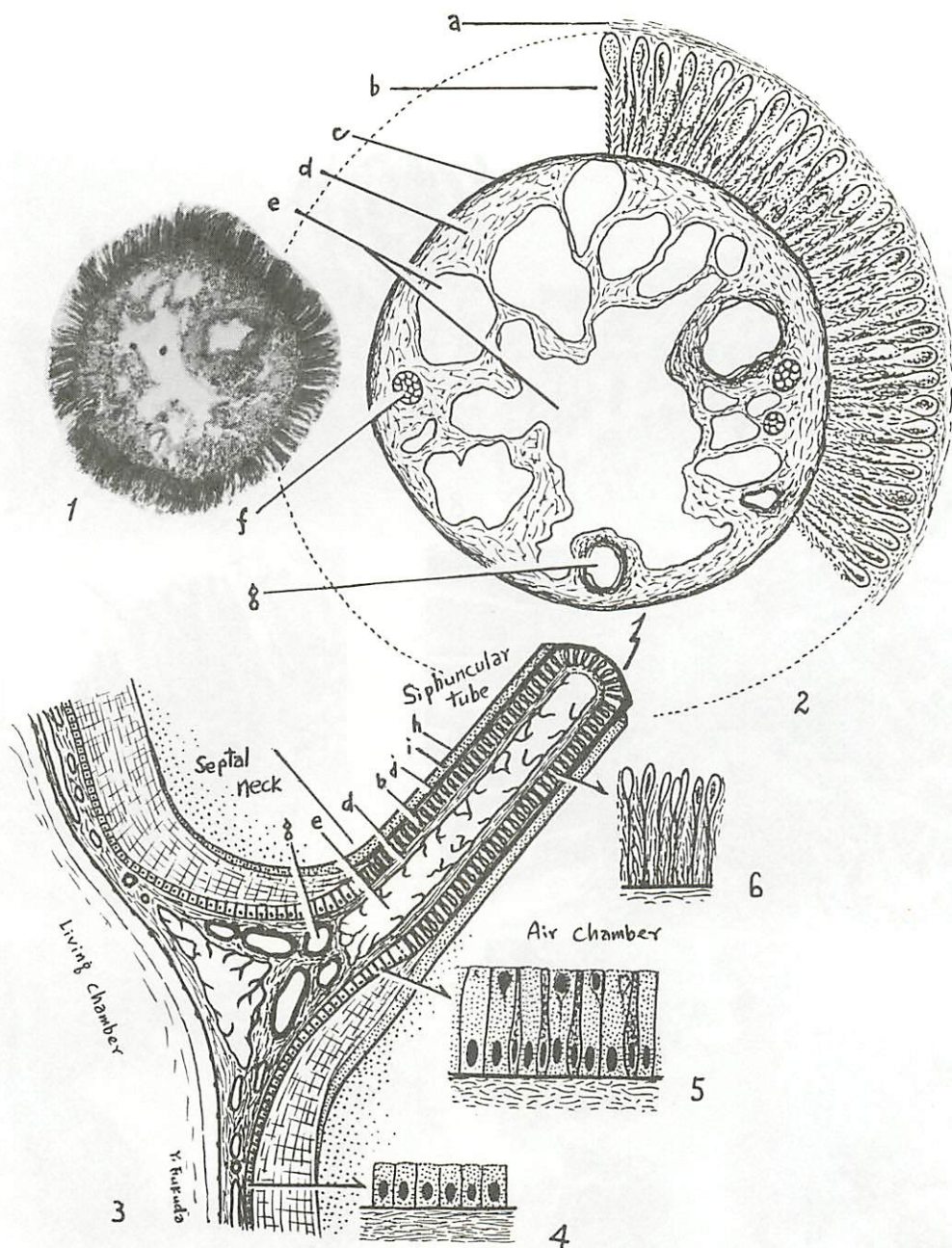
- (1966): Histologie et fonction du siphon chez le Nautilus. C. r. hebdomadaire Acad. Sci. Paris, 263:980-982.
- Bulger, R. E. (1965): The shape of rat kidney tubular cells. Am. J. Anat., 116:237-255.
- Chamberlain, J. A. Jr. (1978): Permeability of the siphuncular tube of *Nautilus*: its ecologic and paleoecologic implications. N. Jb. Geol. Paleont. Mh., 3:129-142.
- Collins, D., Ward, P. D. & Westerman, G. E. G. (1980): Function of cameral water in *Nautilus*. Paleobiol., 6:168-172.
- Denton, E. J. & Gilpin-Brown, J. B. (1961a): The buoyancy of the cuttlefish *Sepia officinalis* (L.). J. mar. biol. Ass. U. K., 41:319-342.
- & —. (1961b): The effect of light on the buoyancy of the cuttlefish. Ibid., 41:343-350.
- & —. (1966): On the buoyancy of the pearly *Nautilus*. Ibid., 46:723-759.
- & —. (1971): Further observations on the buoyancy of *Spirula*. Ibid., 51:363-373.
- & —. (1973): Floatation mechanisms in modern and fossil cephalopods. In Russell, F. S. & Yonge, M. (eds.): Advances in Marine Biology, 11:197-268. Academic Press, Lond.
- Donovan, D. T. (1964): Cephalopod phylogeny and classification. Biol. Rev., 39:259-287.
- Ericson, J. L. E. & Trump, B. F. (1974): Electron microscopic studies of the epithelium of the proximal tubule of the rat kidney. Lab. Invest., 11:1427-1456.
- Greenwald, L., Ward, P. D., & Greenward, O. E. (1980): Cameral liquid transport and buoyancy control in chambered nautilus (*Nautilus macromphalus*). Nature, 286:55-56.
- Haller, B. (1895): Beiträge zur Kenntnis der Morphologie von *Nautilus pompilius*. Denkschr. med.-naturw. Ges. Jena, 8: 189-204.
- Mutvei, H. (1964): On the shell of *Nautilus* and *Spirula* with notes on the shell secretion in noncephalopod molluscs. Ark. Zool., 16:221-278.
- & Reymont, R. A. (1973): Buoyancy control and siphuncle function in ammonoids. Palaeontology, 16:623-636.
- Naef, A. (1922): Die fossilen Tintenfische: eine paläozoologische Monographie. Gustav Fischer Verl. Jena. 322 pp.
- Obata, I., Tanabe, K., & Fukuda, Y. (1980): The ammonite siphuncular wall: Its microstructure and functional significance. Bull. Natn. Sci. Mus., Ser. C (Geol.), 6: 59-72.
- Packard, A. (1972): Cephalopods and fish: The limits of convergence. Biol. Rev., 47: 241-307.
- Raup, D. M. (1973): Depth inferences from vertically embedded cephalopods. Lethaia, 6:217-225.
- Rhodin, J. (1954): Correlation of ultrastructural organization and function in normal and experimentally changed proximal convoluted tubule cells of the mouse kidney. Thesis. Karolinska Institute, Stockholm. 76 pp.
- Tanabe, K., Fukuda, Y., & Obata, I. (1981): Functional morphology of siphuncle-

- septal neck structures in Mesozoic ammonites. *Lethaia*, (in press).
- Ward, P. D., Greenwald, L. & Greenwald, O. E. (1980): The buoyancy of the chambered Nautilus. *Sci. Amer.*, 243: 190-203.
- & Martin, A. W. (1978): On the buoyancy of the pearly Nautilus. *J. Exp. Zool.*, 205: 5-12.
- Waugh, D., Prentice, R. S. A. & Yadav, D. (1967): The structure of the proximal tubules: a morphological study of basement membrane cristae and their relationships in the renal tubule of the rat. *Am. J. Anat.*, 121:775-786.
- Willey, A. (1902): "Contribution to the natural history of the pearly Nautilus: A. Willey's zoological results." 6:691-830. Cambridge Univ. Press, London.

ABSTRACT

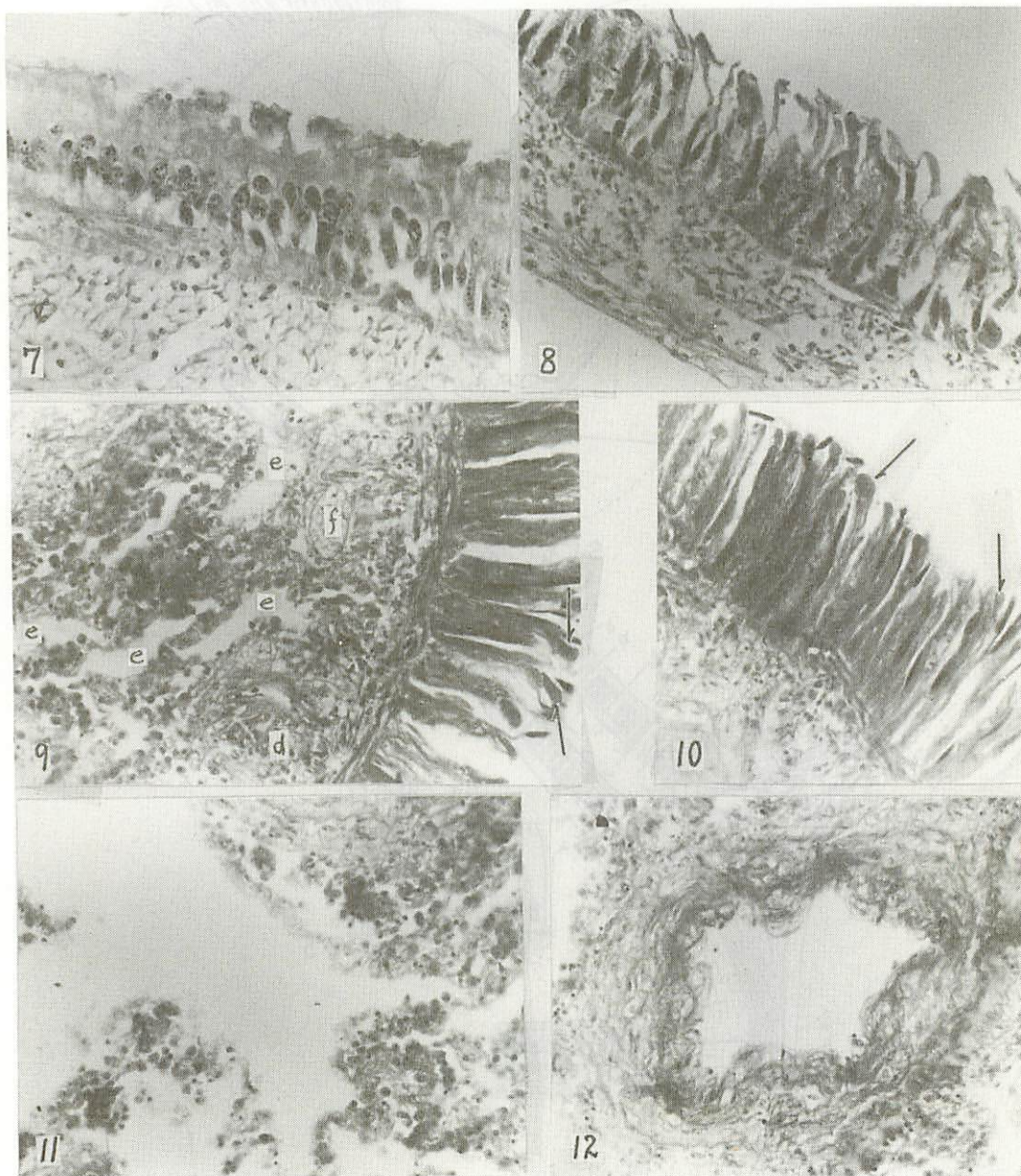
The siphuncular cord of the chambered nautilus is a long, highly flexible tube, which passes through every camerae to shell apex. It consists of arteriole, venule, spongy connective tissue, nerve fiber bundles and thin covering of epithelial cells (siphuncular epithelium).

The outermost epithelium is made up of eosinophile, high columnar cells, which are followed dorsally by cube, shell-secreting cells of the mantle in the adapical side of a newest septum. SEM observation on the longitudinal sectioned epithelium inside siphuncular tube wall shows that the apical region of the epithelial cells possess distinct oval cavities, here named cisterna. The basal extension of the cisterna is continuous with thick longitudinal ducts in the mid-epithelial portion. Cytoplasm around the ducts contain numerous mitochondria and canaliculi, and the latter ones open into the inner side of the ducts. The above structural network consisting of canaliculi and mitochondria is also present in the salt-concentrating organs of many vertebrates. The basal epithelial portion in the side of blood vessels shows a fairly complicated, rootlike divergent structure, which is compared with the deep, basal infoldings of proximal renal tubules of advanced animals. From these observations the following steps are proposed for cameral liquid removal in a new chamber formation: i.e. (1) cameral liquid derived from the narrow, fluid-permeable pillar zone within a septal neck region is temporally stored in cisternal "reservoirs" in the apical region, (2) concentration of salt ions increases gradually by the energy supplied by mitochondria, and (3) the liquid rich in salt ions in the cisterna is osmotically drained into the blood vessels via the rootlike structure of the basal epithelial portion. Our interpretation essentially coincides with the local osmosis model by



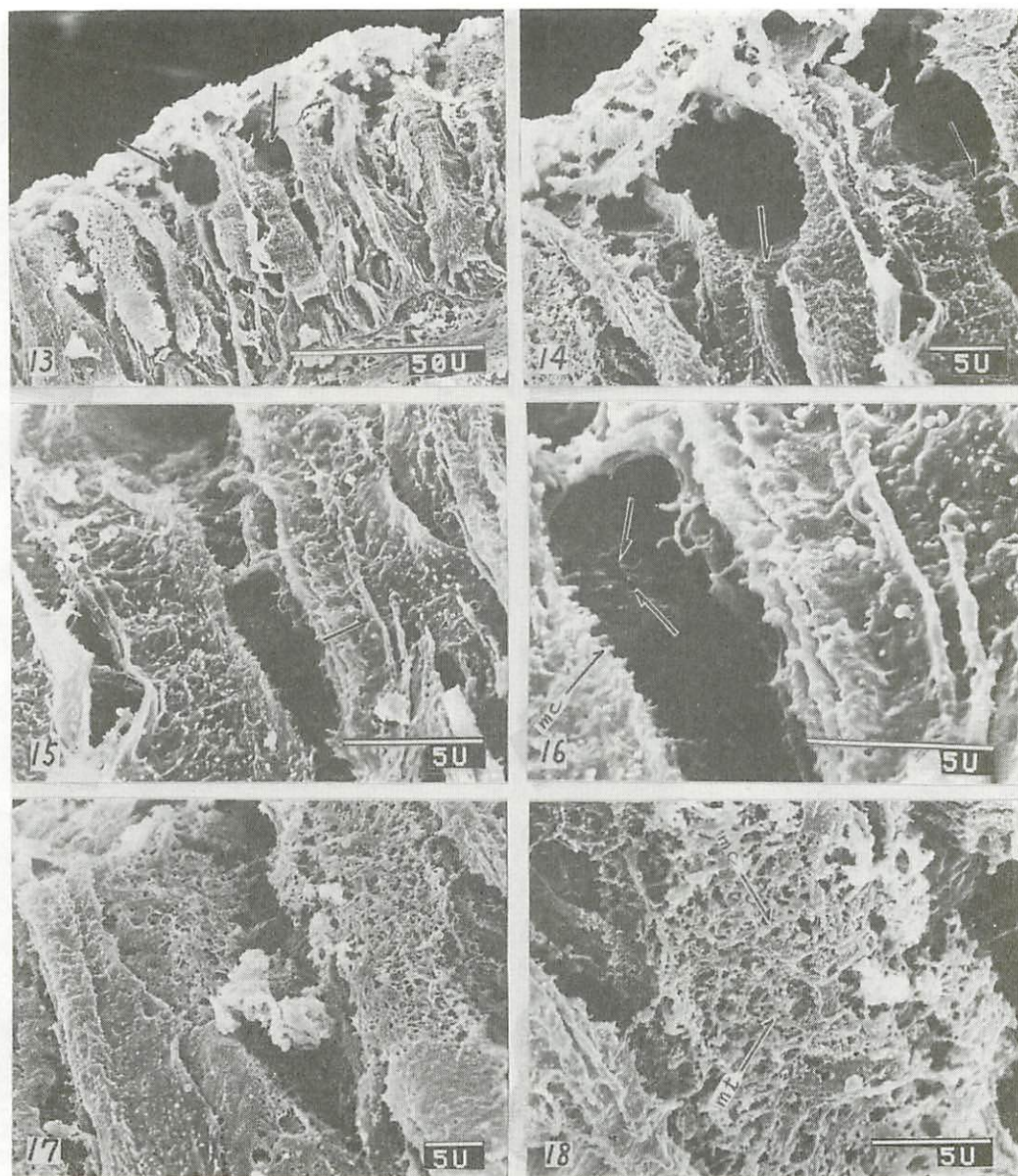
連室細管索および Septal neck の模式図

1 : *Nautilus pompilius* Linnaeus の Siphuncular cord の断面を示す光学顕微鏡 (H.E 染色, $\times 40$)。2 : 図1の模式図。3 : 住房—最終気室部分の連室細管襖網断面を示す模式図 (a : 薄い疎性結合組織層, b : 特別な連室細管索主部と上皮列, c : 基底膜, d : 疎性結合組織, e : 静脈および静脈洞, f : 神経線維束, g : 厚い平滑筋層を有する細動脈, h : siphuncular tube の最表層を被覆するコンキオリンの薄層, i : 多孔層の chalky layer, j : 厚い同心円状の層板構造からなるコンキオリン層)。4 : septa に密接する立方上皮層。5 : Septa の形成に関与したと考えられる石灰分泌細胞層。6 : 細胞上部に広い貯溜槽を持つ特別な連室細管索主部上皮層。



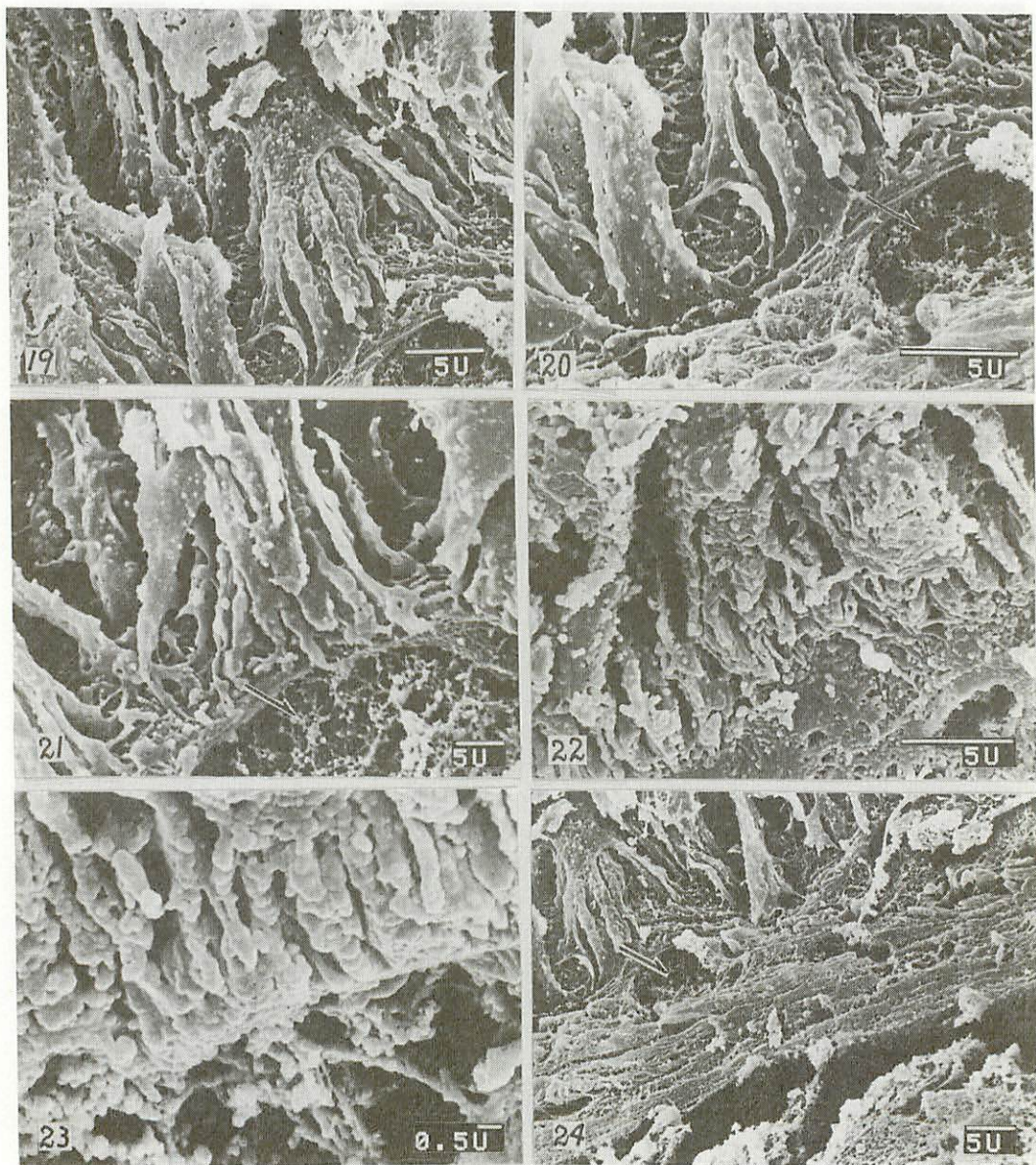
連室細管索の光学顕微鏡像

7：連室細管索の住房寄りに認められる高円柱上皮。これは septa の形成に関与した石灰分泌細胞と考えられる。8：高円柱上皮と特別な連室細管索主部上皮の移行部に存在するエオジン嗜好性を示す上皮列。9～10：特別な連室細管索主部上皮列と索中心部の大部分を占める疎性結合組織(d)，静脈および静脈洞(e)，神経線維束(f)を示す。矢印はエオジンに濃染するコロイド状物質を貯込んだ細胞上部の貯溜槽を示す。これらの特別な上皮は、図7～8の高円柱上皮に由来すると考えられる。11：索中心部の広い静脈洞(vascular sinus)を示す。12：厚い平滑筋層を有する細動脈(写真は総べてH.E染色， $\times 200$)。



連室細管索主部上皮縦断面を示すSEM像

13：細胞上部（厚い同心円状のコンキオリン層よりなる連室細管壁側）に大形の卵円型を呈した貯溜槽（矢印）を具えた特別な連室細管索主部上皮列。14：貯溜槽の一部拡大。周囲の細胞質は菲薄である。貯溜槽の直下に細胞中央部を縦走する導管様構造（矢印）が開口している。15：細胞中央部の導管様構造を示す。縦走する線条（矢印）は、上皮の伸縮に関与する張原線維の一種と思われる。16：図15の一部拡大。導管様構造内腔の小孔（矢印）は微細管（mc：micro-canaliculi）の開口部。17～18：導管様構造周囲の細胞質中に認められる微細管（mc）と、その間を埋める糸粒体（mt）を示す。この微細管—糸粒体系は、塩イオン濃縮器官に共通した構造である。（図中のUは μm を表わす）。



連室細管索主部上皮基底部を示す SEM 像

19：上皮基底部の樹根状の分岐枝を示す。この構造は脊椎動物の尿細管主部上皮底部に認められるいわゆる basal infoldings に比較することができる。20～21, 24：樹根状の分岐枝と基底膜との関係を示す。多孔質の基底膜の直下に広い間隙（矢印）が観察される。上皮内の導管様構造を通過して来た気室液体は、この基底膜を経て広い間隙に移行していくことが考えられる。22～23：複雑な樹根状分岐枝の一部拡大を示す。（図中の U は μm を表わす）。