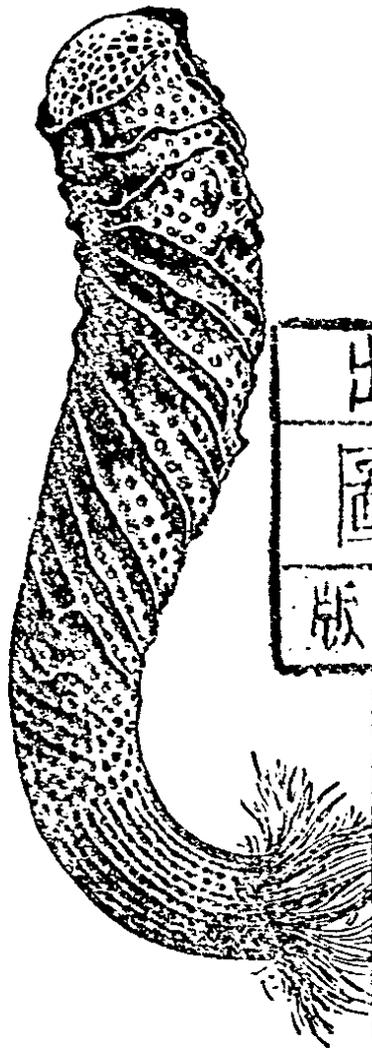


海綉

(一) 秉志著



出版總署
圖書館
版一第藏章

中央人民
政府出版
總署圖書
館藏書章

科學畫報叢書

綿 海

秉 志 著



中國科學圖書儀器公司

印 行

目次

第一章	多孔動物之起源	1
	海綿之普通徵象 各式之構造 (一)膽瓶式海綿 (二)甜餅式海綿 (三)沐浴海綿 海綿外部之特徵	
第二章	孔道系統之演化	22
	石灰質海綿 非石灰質海綿	
第三章	骨骼系統之演化	38
	石灰海綿之骨骼 非石灰海綿之骨骼 六射海綿之骨骼 四軸海綿之大骨針 兩射之小骨針 多射之小骨針 四軸海綿骨骼之布置 角質海綿	
第四章	多孔動物之組織	63
	連結組織之元質 內膚細胞 領細胞 原始細胞 生殖細胞	
第五章	海綿之生育及生理	73
	海綿之生育 海綿胚胎之發達 海綿之生理	
第六章	海綿之類別及價值	83
	海綿之分布 海綿之來源 海綿之統緒 多孔動物門之分類 (甲)石灰海綿亞門 (乙)非石灰海綿亞門 海綿之經濟價值	
第七章	結論	104

第一章

多孔動物之起源

在書室中寫字，往往用海綿擦筆。在課堂中講課，往往用海綿擦黑板。洗澡時常用海綿擦身，擦澡盆。其餘之時，用海綿擦一切什物，亦往往有之。因此之故，吾人皆與海綿熟悉。是海綿者，乃係一種擦拭器具及沐浴所用之物。此等海綿，概謂之沐浴海綿(bath sponge)，可於洋貨店買得之。其顏色率係淡黃，其實此乃海綿本體之一部，其體中各質，經人工泡製，多有已經失去者。然海綿究係何物，其來歷又如何，請一一詳細討論之。

海綿係一種動物。換言之，即是此物係一種下等獸類。此物不是無生命之物，亦不是植物，稍有科學常識之人皆知之。海綿之種類甚多，沐浴海綿不過其一種。海綿率生於海水之中，以其全體甚似一團絲綿，(第一圖)，故有此名。此不過就其普通之情形，或經人工泡製後之情形言之。其



第一圖 a. 沐浴所用之海綿

實海綿之形體不似絲綿者亦甚多，且亦有生於淡水之中者。故“海綿”之名詞概括一切種類，實覺不妥。然以沿用之故，亦不易更改，遂仍用之。

此物係下等動物，其位置只高於原生動物(protozoa)，而在所有其他一切動物之下。原生動物皆係單細胞，海綿之體，乃係多數細胞結聚而成，其體甚鬆懈。體之內外各處，有甚多洞孔，故海綿又名曰多孔動物(Porifera)。在整個動物界中最下等者，乃係原生動物，其全體只一單細胞。至於海綿則無數之細胞集成全體，此實動物進化之現象。然其在生長成熟之後，概無行動之能力，率居住一定之地點，而不能行動轉移。其體之發長，又無一定之規則，故昔日之生物學家皆認此物為植物。直至顯微鏡發明之後，經專家作精細之研究，始確定其為動物。所以今日吾人一見所常用之沐浴海綿，無論用之擦拭何物，要當知其係一種動物之遺體。此乃普通常識，人人宜有者也。

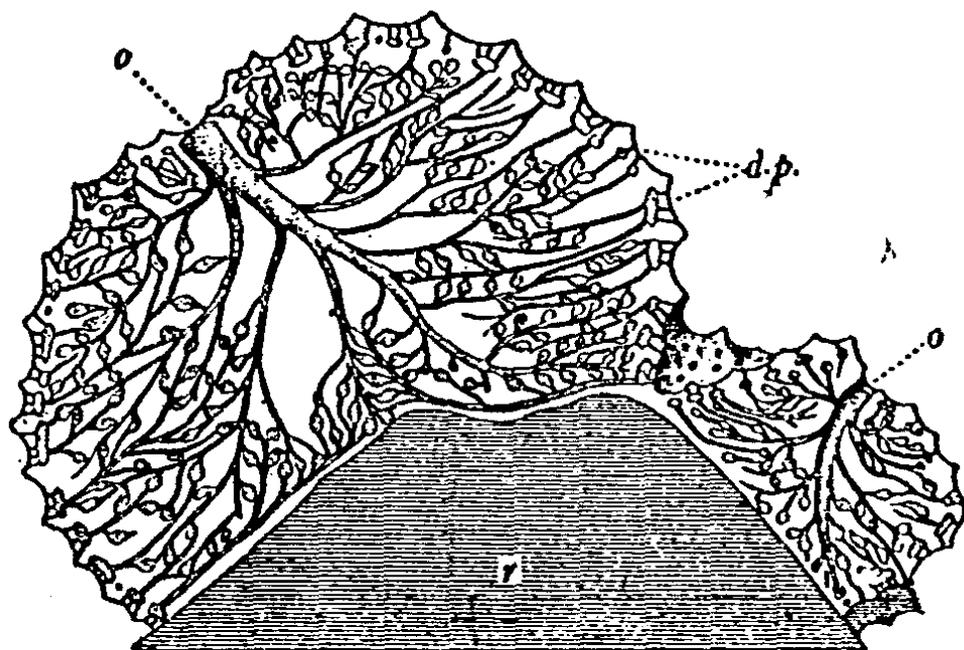
海 綿 之 普 通 徵 象

海綿係多孔動物，在整個動物界中，自成一門(Phylum)。其體積之大小，毫無一定。最小者，幾乎與一針頭相等，只憑肉眼不能察見。其大者不知幾千倍於是，全體之週徑，至有數尺之長。其身體亦變異最甚，有毫無一定之型式者；亦有身體有一定之型式，極屬勻稱者。其左右前後皆相等，若用力從其中脛剖切，成為兩部，則此兩部乃彼此相等，與高等動物之情形相似。然以多數海綿而論，乃皆無定型者，此其所以為下等之動物也。

海綿與植物有相似之現象，即其身體之發長，往往能發生幼芽。此種現象，在海綿中極屬普通，且其生芽之能力甚大。以此之故，一個海綿之體，至成熟後，發出許多幼芽。幼芽於成熟後，仍與母體相連不斷，又能發生幼芽，以此連生不已。每一芽皆係一海綿之單體。於是遂有更多之單體，集成團體，漸形複雜。最後海綿之團體究有多少單體海綿，無從別識，其型式亦竟毫無一定。

海綿之內外各處，多有洞孔，前已言之。若就其體面觀之，可以看出多數之孔。孔之大小不一，每一孔皆通於內部。內部之孔道甚多。一個單體之海綿，有孔如此之多，則一團體之海綿，其中孔道之多更可想見。在一團體中，其孔道交互綜錯，漫延旁達，極複雜之致。

此等孔道之起首謂之入孔(inhalant pores),入孔遍布於海綿之體面。吾人於沐浴海綿,見其表面上有極多之孔,大概皆係入孔。海綿生活之時,其體面上之入孔或較小,不如乾海綿體面上洞孔之大。因為海綿死後,全體乾枯,所有其他組織,多已失落,故其洞孔遂形闊大。若有生之海綿,體中之各組織皆健全,且其洞孔並不十分敞開,故形窄小耳。入孔遍於體內,然亦有各種海綿,其體面有許多之區域,為入孔密集之處。此等區域之外,則無孔洞之存在。入孔為海綿體中孔道系統(canal system)起首之處。由入孔向內,則有孔道。孔道之系統,有簡單者,有較繁者,有極形複雜者,以後當詳細敘述。此處所須言者,為幾條孔道之末端,彼此合併,成為一較大之口,或其合併所成者不止一口。此口謂之出口(osculum)。出口所在之處,必係海綿體之頂端,故亦謂之頂口(第二圖)。

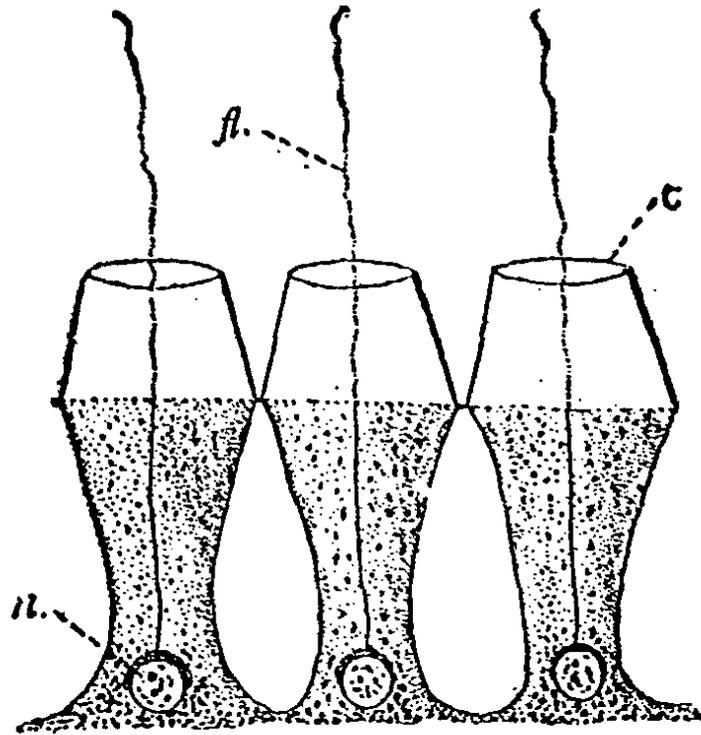


第二圖 沐浴海綿,縱切面,孔道系統。

o. 出口, d.p. 入口, r. 岩石。

吾人若觀察海綿在水中之生活情形,時時有水流由其體頂激躍上湧,即由出口噴出也。其噴水之力頗強,若一噴水機器之工作然,能使水流成相當之高射。噴出之水,含有微小之物質,皆係海綿體中所須排洩者。同時有極微細之水流,由其體面之入口,進於其體之內部。此種水流中,亦含有極微小之有機物質,海綿取以為食,以進行其營養。其中又含有氧氣,

海綿藉此亦可進行其呼吸。有時其入口或出口忽然關閉，水流之出入因之受阻，不得不暫時停止。不久其口復開，水流之出入可以恢復舊觀。其開關悉由海綿自動之力，乃甚自然，毫不費事者。

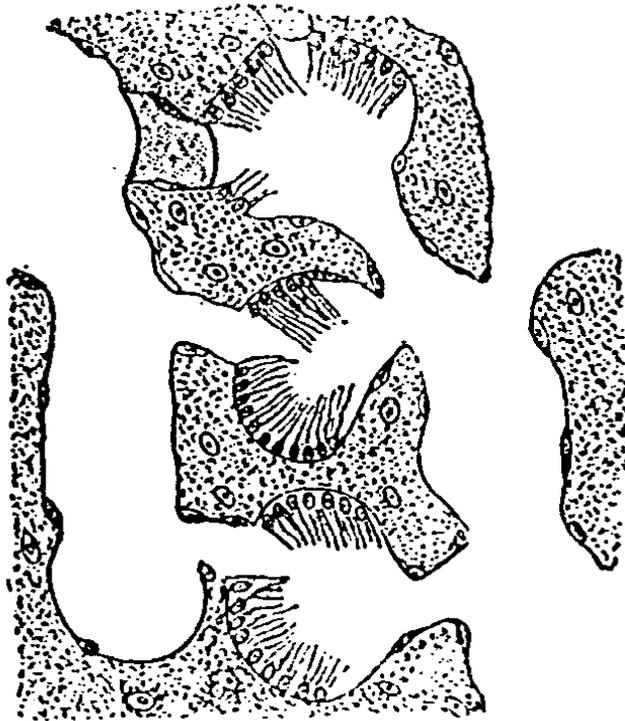


第三圖 領細胞 n. 胞核, f. 鞭毛, c. 領

海綿體內，水流循環不息者，乃由其體中一種細胞之活動所致，此種細胞之本體，有一特別之質，其形如領，故謂之領細胞(choanocytes)(第三圖)。此種細胞甚活潑，遂致以上所言之現象，為之發生，由入口向內，達於孔道，孔道之內面，為領細胞之所在。此處或為此種細胞所布滿，或只限於一部分。此種細胞，除有一領外，(此領極薄，係由該細胞之原生質 protoplasm 所成)，復有一鞭毛(flagellum)，由其體中發長而出。鞭毛擺動，可以驅迫孔道中之水，向出口外移，由此口洩於體外。體中之水既行外洩，體外之水遂由入口內進，水流之循環，以此繼續不斷。極簡之海綿，其整個孔道系統，皆係領細胞(亦名領鞭毛細胞 choanoflagellated cells, 以後仿此)布滿於內面。較複之海綿則不然，每一條孔道之內面，只有局部之各處生有此種細胞。此種細胞所生長之處，謂之鞭毛腔(flagellated chamber, 第四圖)，以每一領細胞，皆有一鞭毛之故耳。鞭毛腔之

或大或小；型式何似，及其擺布之情況，在各種海綿中極不一致，以後當詳言之。

孔道系統之中，凡不為領細胞所生之處，皆由另一種細胞替代之。此種細胞之形甚平區，故謂之平區細胞。由此種細胞構成平區之表皮組織(pavement epithelium)，第五圖(1)。海綿之體面亦係由平區表皮組織罩護之。



第四圖 沐浴海綿切面之一部。表示鞭毛腔，入水孔道及出水孔道之枝管。

在海綿體中孔道與孔道間之孔隙，係一種膠性之物質，名曰中膠層(mesoglea)。此層中有各種細胞。有似變形蟲者(ameba，第五圖)(3)；有係連結性質，名為連結組織之細胞者；復有所謂造骨細胞者(scleroblasts)，海綿之骨骼即由此發達，甚多種之海綿，皆有此種細胞。有少數之種，係無骨海綿，則無此種細胞。海綿

之有骨骼者，其中膠層之中，為其骨片所從發達，其體勢藉此可以獲得支持之力。骨骼所含者，或係礦質，如碳酸鈣(carbonate of lime)，或係矽石(silica)，或係角質之纖維，亦名海綿絲(spongins)。或係矽質所成之骨針，與角質二者相混合之質。而此種骨骼又往往為砂礫所代替。在中膠層中，只見砂礫，不復有骨骼之蹤跡。

以上所言，係海綿體質構造之大略。一切普通之海綿：其體質內外各部皆可以上所言之情形代表之。故吾人應用海綿時，或偶然在湖沼邊遇見此物之時，可以想象其全體之構造，不外上言之各現象矣。

海綿如何生育幼子，據專家所言，其方法有二。(一)有性之生殖，(二)無性之生殖。

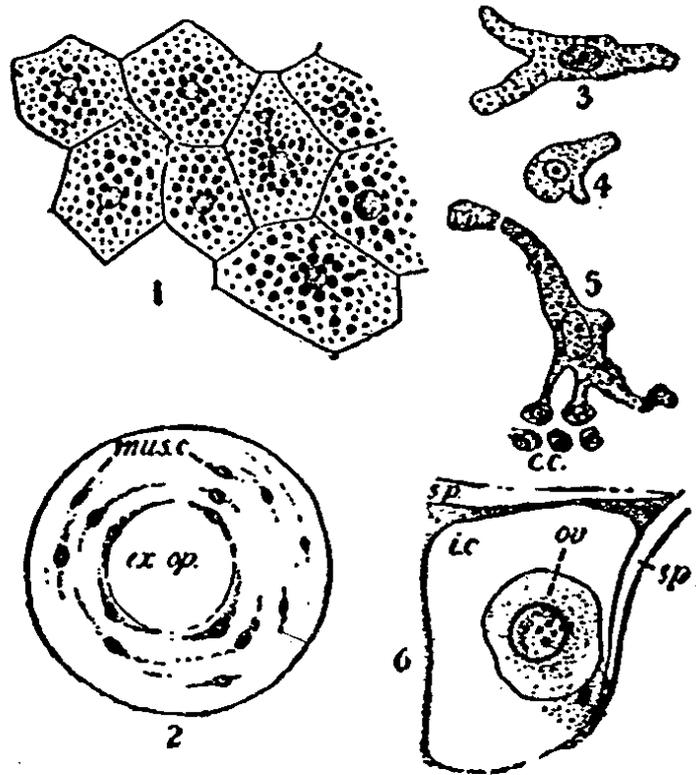
所謂有性之生殖，即其雌性生殖細胞(卵細胞)與雄性生殖細胞(精細胞)

彼此交媾，成雌雄媾精之現象，由此生育幼子。所有各種之海綿，皆有此現象。受精之卵細胞自行分裂，有繼續不斷之發達，成爲幼子(第六圖e)。

幼子體之一部生有細毛，即所謂纖毛。幼子可以在水中自由游泳。經過適當之時間，其身即附着於一種固體物質之上，不復游泳。由此經過種種變化，成爲幼稚之海綿。當其身體變化之時，身上之纖毛(即是該一部分細胞所生之鞭毛)有向其體內移動之勢，蓋因此一部分細胞向其體內凹入。體內之細胞無有鞭毛者，此細胞謂之填質細胞(parenchymal cells)，有向外移動之勢。於是身體外面之鞭毛細胞入於體內。此等細胞除各生有一鞭毛外，皆生有領形之質，即

前所言之領細胞，亦謂之領鞭毛細胞(choanoflagellated cells)，與原生動物中之領鞭毛蟲(choanoflagellata)絕對相似。將來身體發達成熟，內部所有之領細胞皆係此時所起首者。填質細胞遷徙於體之表面，成爲表皮組織。故當此變化之時期，幼子身體之外層，入於內部，至成熟時期，成爲身體之內層。幼子身體之內層移至外部，至成熟之後，反成爲身體之外層。此其有性生殖之大略也。

所謂無性之生殖，即其發生幼芽，如植物之生芽然，不必經過雌雄生殖細胞之交媾，即可由此發達成熟。幼芽往往經長久之時期，仍舊附着於母體之上而不脫離，因此之故，海綿恒有集團之構成。前曾言及，幼芽亦有生出不久，而即脫離母體者。此等幼芽繼續發長，以至成熟，成爲海綿之

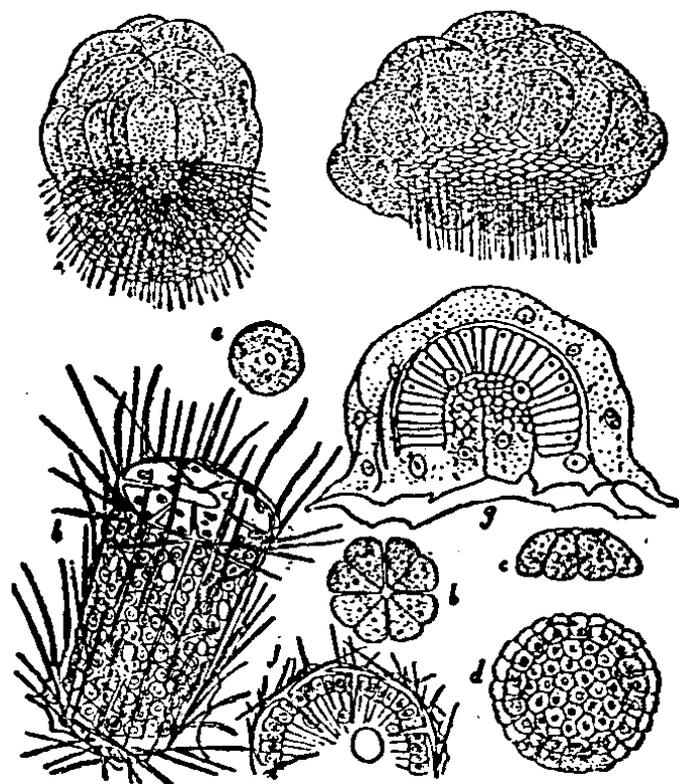


第五圖 海綿之各種細胞

1. 平區細胞 2. mus. c. 肌肉細胞. ex. op. 鞭毛腔之出水口, 3,4,5, 變形細胞, 6. 入水孔道之切面, ov. sp. sp., 骨針.

單體，此其無性之生殖之大略也。

海綿係一種下等動物，其形體及其生活之普通徵象大概如是。茲就其構造之繁簡，分別言之。



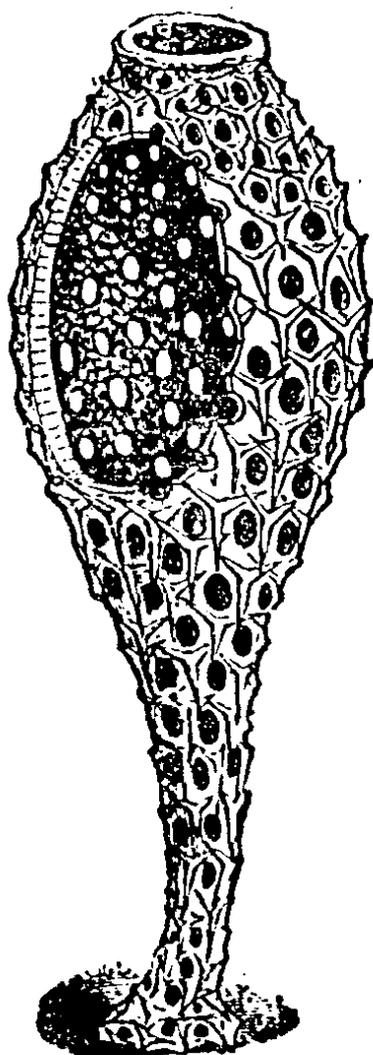
第六圖 胚胎之發達
a. 卵， b.c. 胚胎之初期， d. 胚球， e. 幼子， f. 纖毛細胞之內凹， g. 原胃時期， h. 幼穉之海綿， i. 幼穉海綿之頂部。

各式之構造

海綿之構造，大約可分為三種。（一）最簡者，其形如簡單之囊，又如一膽瓶，故謂之囊形海綿，又謂之膽瓶海綿。有所謂白腔海綿屬（*Leucosolenia*）者，即是最簡單之構造。（二）較形複雜者，最簡單之矽質海綿（*siliceous sponges*），多屬於此類。最普通者其外形上稍圓凸而不平，如甜餅狀，有所謂卜氏海綿屬者（*Plakina*），可以代表之。（三）最複雜者，此類皆角質海綿（*horny sponges*），沐浴所用之海綿可以代表之。此仍最粗之分類，為敘述便利起見，故不得不然。

(一) 膽瓶式海綿 代表此類者為白腔海綿屬，其構造極形簡單，甚多石灰質之海綿（以其體中所有之骨骼皆由灰石所成，簡稱之為石灰海綿，calcareous sponges）皆隸於此類。為何名為白腔海綿，實直譯其屬（genus）之學名（Leucoslenia）而然。為何此屬有此學名，此時尚未能確定，為便利稱引，遂用此名。

觀乎海綿，可尋求下等動物之天演現象。由原生動物而進至海綿（多孔動物）之程度，是由單細胞所成之動物，進化而至於多細胞所成之動物。由簡單而至於複雜，是動物天演中之普通現象。此種海綿乃多孔動物中之最簡單者，故為其進化之出發點。



第七圖
白腔海綿之一種，膽瓶式。之組織。

就其體式觀之，其形如一簡單之空囊，又如一膽瓶（第七圖）。其體積甚小，體壁甚薄，體之一端附着於岩，或海藻，或其他固體之上。其內面有較寬闊之空隙，此空隙即該動物之胃腔（gastral cavity）。腔有較寬之口，通於體外。口之所在，為其體之頂部，故此口名曰頂口，即其水流之出口也（Osculum）。腔之薄壁有小孔甚多，皆水流之入口。體外之水流，由此可以入於腔內。入孔，消化腔，與頂口三者，構成海綿體中之孔道系統。此最簡之構造，為所有海綿孔道系統演進之起首。

水流經過孔道系統，循環不息，因消化腔之內面，皆係領鞭毛細胞，其鞭毛擺動不息，遂使腔中之水，不斷向頂口外流，體外之水亦不斷由入口而內注。領鞭毛細胞大概係橢圓形，其中有一細胞核（參見第三圖）。細胞之一端，有一領形之薄膜。細胞之中又有一鞭毛，向外延伸，穿過領之中央，拖拽於細胞之外。鞭毛之擺動極自由。消化腔之內，其表皮乃此種細胞所構成之組織。

海綿體之外面有一單層之組織，爲平匾細胞所構成之組織，即表皮組織也。前於敘述海綿之普通徵象時，已曾言及。此種海綿既係最簡者，故其構造與上所言者相似。平匾細胞之中，有甚多細胞，其體中有一顯著之洞孔，所謂孔細胞(porocytes)者是也。此洞孔即是海綿之入口，換言之，即是一種平匾細胞，爲入水之孔所穿透也。該細胞既有此孔以穿過之，其本身又有一種機能可以自行伸縮。其孔有時洞開，有時關閉，乃此細胞之伸縮，使其孔有開闔之現象。當其開時，體外之水，可以乘隙而入。當其闔時遂不得其門而入。孔細胞構成收縮之薄膜(contracting membrane)，以之調節循環之水流，此其功用之顯著者也。除此之外，其餘之平匾細胞，在體面構成表皮組織者，雖極薄弱，而於海綿之體有保護之功用，皮下之組織，受其掩護焉。

胃腔內面之領鞭毛細胞，構成表皮組織，有消化之功用。水流中所含之養分，藉以獲取並傳輸焉。

內外二表皮組織，雖皆係極薄之層。在此種極形簡單之海綿體中，實足以代表其體壁之內層與外層。此二者之間，尚有一中層，此層亦極形簡單，即前此所言之中膠層，以其過於簡單也，亦可謂之中質。此質自爲一層，含有膠性之質。其中之變形細胞(amebocytes)，與原生動物中之變形蟲(一名阿米巴，參見第五圖 3)相似，亦與高等動物之白血球相似。此細胞時時變易其型式，時時伸出偽足，藉以行動，在中膠層之內，不斷展轉遷徙，或者因此可以有分布食料，及移去廢料之功用。海綿之卵細胞與精細胞，由變形細胞變化而成。此乃經專家研究而確定，毫無可疑者。

中膠層內之造骨細胞，係由外面之表皮細胞發達而成。體面之平匾細胞，當其分化未固定之時，有向中膠層之內遷徙者，迨其到達目的地之後，即於該處發生分泌之功用，其分泌構成海綿之骨針(spicules)。整個之海綿骨骼系統，悉由此造成。此最簡海綿體中三層之構成也。

所有多細胞動物，其身體之構造，當其胚胎發達時期，必有內層，外層，與中層，此三者謂之生殖層。所有將來出現之各種組織，皆由此三層演化而成。迨其身體成熟之後，以各種組織複雜之故，此三層或竟至於不可復認。然以大致而論，凡一動物之體，其外面之皮膚可以謂之外層。其內面

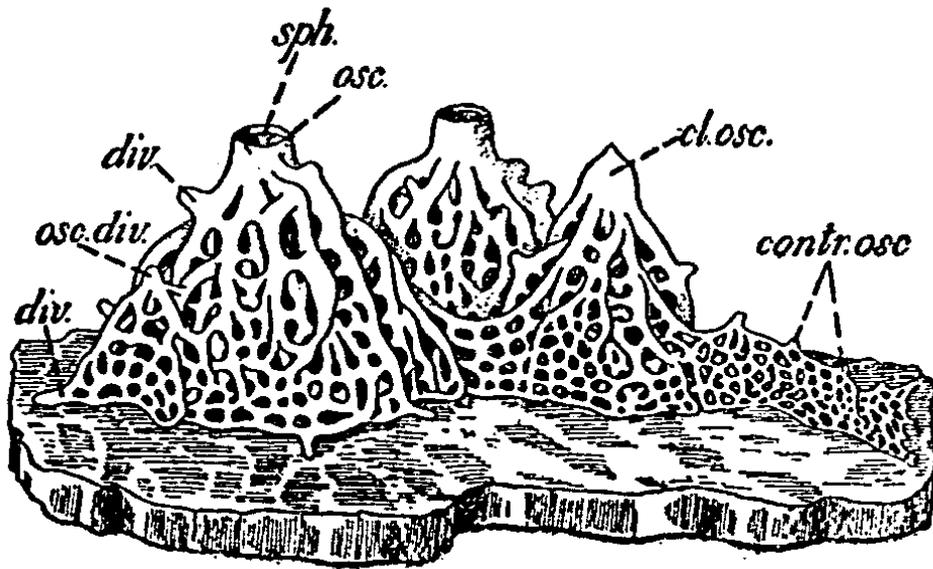
腸胃腔中所有之表皮組織可以謂之內層。其中間之肌肉，骨骼，可以代表中層。若置其他一切複雜變化而不論，則此三層尚可以約略指出。若動物愈形下等者，無論在胚胎時期，或成熟時期，此三層愈易識別。海綿在整個動物界中之位置，只較高於單細胞之原生動物，而較所有其餘之動物為下等。換言之，海綿在多細胞動物中，其位置乃最低者。以此其體中之三層，在胚胎時期及成熟時期，亦最清楚可認。唯海綿係一種奇特之動物，其胚胎之內外兩層，與成熟後之內外兩層，適得其反，前已言之。然無論如何，此三基本之體層，必須存在，此外其進化之一證。此種現象之意義，其習生物學之人，皆能知其關係之重要。讀者為吸取普通科學常識起見，對於以上所言各點，亦不可不勉強識之。

海綿之造骨細胞，可以恃其分泌之功用，產生骨片。以其多係微細之質，又其普通之形體率如針，故概謂之骨針。吾人若就海水所產之海綿，取其體上之一小塊，在玻璃片上揉碎，而用顯微鏡觀察，即可見甚多之針狀骨片，即所謂骨針也（沐浴所用之海綿，只可見海綿絲，而不見骨針，以後當論及此點）。此處所敘述者，為最簡單之海綿，觀於第七圖所示膽瓶式海綿（即白腔海綿屬），可以明悉其型式。參觀以上所言之三種體層，可以洞悉其身體之大致構造。茲因談及其中層所有之造骨細胞，遂論其所產之骨針。

白腔海綿之骨針，係石灰質之結晶，其型式計分為三種。一曰單軸式（monaxon）之骨針。二曰三射式（triradial）之骨針。三曰四射式（quadriradial）之骨針。單軸骨針最簡單，或直或曲，或一端較銳，一端較鈍，其形極近乎針狀。三射骨針，係一骨針有三射枝（rays），由一公共之中心向外指之。四射骨針，係於三射枝之公共中心復生有一較短之射枝。據專家所研究，三射式與四射式，不足以代表簡單之骨針，而係簡單骨針所構成之系統，每一系統乃三或四原始之骨針所集合而成。蓋造骨細胞各自分泌，多數之此種細胞，適彼此接近，各自以其分泌構成骨針。當骨初次形成之時，究為何式之骨針尚未固定，故謂之原始骨針，三或四原始骨針彼此相連，當其時分泌仍在進行，或甫行停止，石灰質之結晶尚未硬化，故易於膠合成一系統。此三種骨針有時可於同一種海綿之體中

見之。白腔海綿之體面及中層，皆有此三種骨針。其中在中層者，發生支持之功用，其中之柔軟組織藉以維繫。射枝之平面(plane of rays)與海綿體壁之平面相平行。四射式骨針，除多一射枝外，與三射式之形體與地位多相同，其三射枝在中層之中，與體面平行，第四射枝向內面直指，穿過領鞭毛細胞之層，即消化腔之表皮組織，透入於腔之內面，如此遂發生自衛之功用，為其足以制裁該腔內有任何寄生物之發展也。至單軸之骨針，關係亦甚重要，其排置也，係橫穿海綿之體壁，以其一端(此一端往往係較鈍者)嵌入中層之內，其他一端(此一端係較銳者)突出於體面之外，有向上之勢。海綿生於水中，體外之敵害，不易侵犯者率以此故。由是觀之，骨針有支持其體勢，維繫其組織，復有保護其身體之功用，其為此等海綿生命之所賴者，殊非淺鮮也。

白腔海綿(第二圖)為膽瓶式，或為簡囊式海綿之代表，此海綿自為一屬(genu)。此一屬中所有之各種(species)其構造皆大致相仿，然其外部之形體亦有甚多之變異。蓋因幼芽時時發生，繼續增長，至於成熟，復有團體之構成，其型式遂致參差不一，此其外形變異之所由起也。由此種海



第八圖 白腔海綿之一種。多數單體，結成一團體，為網形(或謂之櫛形)團體伸展，左部所有之出口皆洞開，右部之出口有關閉者。osc. 出口。sph. 出口之收縮帶。cl. osc. 關閉之出口。div. 旁囊。contr. osc. 團體一部分收縮，出口關閉。osc. div. 新出口所從出現之旁囊。

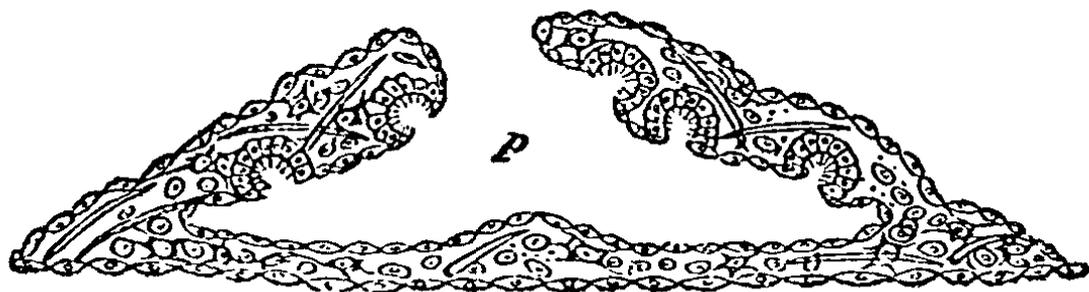
綿逐漸變化，其由簡單而入於複雜之每一步驟，尙可追尋。

海綿以雄雌媾精，產生幼子。幼子經過種種變化，成爲簡單之囊形。此處所言之白腔海綿，隸於膽瓶式者，實卽此幼穉之海綿也。其構造最爲簡單，故足以代表最簡單之單體。當成熟之後，發生幼芽。幼芽初生之時亦甚簡單，其基部與母體相連。幼芽發生漸多，遂成團體。當團體初成之時，其中每一單體尙易識別，每單體之頂口(出口)，皆歷歷可數。唯以後每一單體繼續發達，變爲細長之管，復有分管從之發生，交互綜錯，頗形複雜，成爲網狀，其單體遂不可復識矣(第八圖)。此種構造謂之櫛式構造(Clathrina type)，以其有似窗戶之格子也。此簡單海綿變爲複雜之一例，無非生芽既多，聚而不散，遂有此現象。

櫛式海綿，係一團體，而亦自成爲一單體，蓋視原來最簡之海綿單體更進一步，謂之較高階之單體(higher order of individuals)。此等現象，在下等動物及極下等動物中多有之，在動物之稍較高等者極不易見之。蓋下等動物多含有植物性，與植物生長之情形往往相似。其構造既最簡單，於發生幼芽之後，總集幼芽而合成一體，此植物生長之現象也，亦其積簡成繁，積微致鉅之趨勢，有不得不然者，此亦耐人尋味矣。

櫛式海綿有一定之外形，其中復有內腔，漸漸形成一頂口，此腔遂由此通於體外。此腔謂之偽胃腔(pseudogaster)，此頂口謂之偽頂口(Pseudosculum)。團體表面之各管，發達成保護其身體之皮膚，謂之偽皮。偽皮復爲次生之入口(secondary inhalant pores)所貫穿。此等入口布滿於偽皮之上，謂之偽入口(pseudo pores)，與囊形海綿(卽膽瓶式之白腔海綿)之原生入口(primary inhalant pores)迥然不同。簡單之海綿變爲此種較爲複雜之構造，雖其幼芽聚集，成爲團體，吾人勉強以此團體作爲單體，然究非真正之單體，故其皮膚，胃腔，入口，出口等質，悉以“偽”字名之。囊形海綿乃構造之最簡單者也，其單體係未成熟之幼子。一至成熟，則變化生焉，於是而有櫛式海綿之出現。而櫛式海綿又非真正之單體，故尋求海綿構造之進化，當以囊形海綿(膽瓶式海綿)爲出發之點，由此上溯而至一班較爲複雜之海綿。然未達至較爲複雜之程度，而有一中間之生物出現，卽是櫛式海綿，由此而後，始至較爲複雜之構造焉。此物爲何，

即所謂甜餅式(rhagon type or bun-shape)之海綿。其外形雖仍簡，而內部則甚形演進，然要爲一單體也。



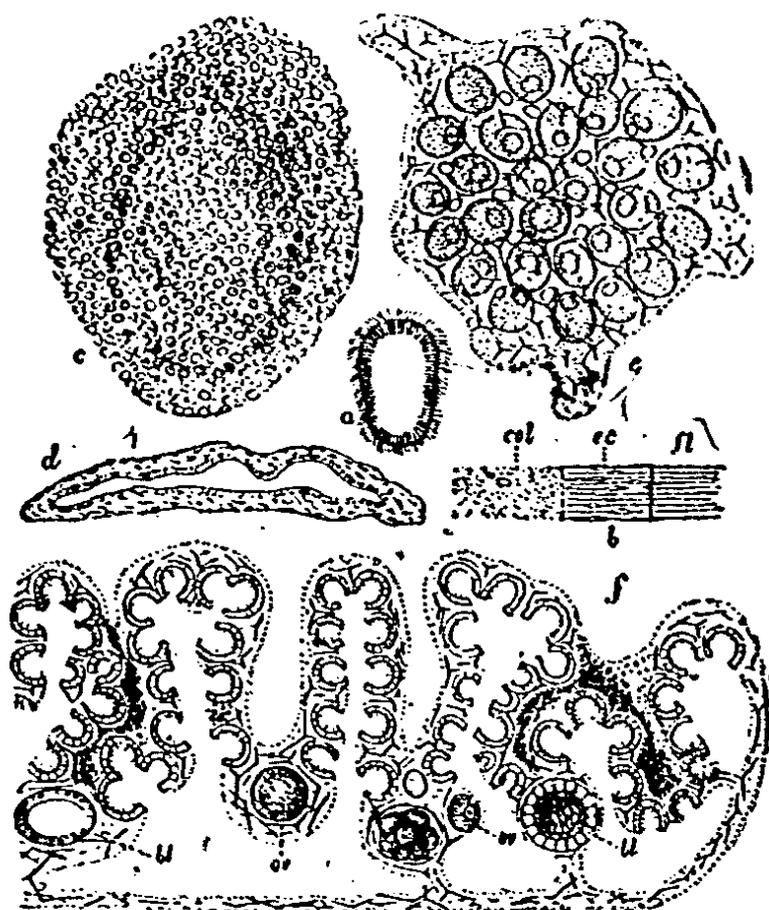
第九圖 甜餅式海綿之縱切面： P. 胃腔 O. 出口

(二)甜餅式海綿 此類之海綿皆係單體，非如櫛式海綿之叢集幼芽而成團體，有許多偽機關因之出現也。其體中之機關，乃真正機關。此類海綿之骨骼皆矽質所成，故謂之矽質海綿(siliceous sponges)。其基部甚平，而頂部圓凸如甜餅狀，故又謂之甜餅式海綿。矽質海綿之中，有一屬名爲卜氏海綿(Plakina)者(第十圖)，可以爲此類海綿之代表。以下所敘者，皆係此一屬之各種現象。

此屬中所有各種，其構造皆較簡單，然已較白腔海綿(膽瓶式，第七圖)爲複雜甚多矣。其體有一甚大之空隙，空隙有一口，通於海綿之頂部，此空隙代表胃腔。頂部之口即是出口(第九圖)。胃腔之內面係平區之表皮組織，與胃腔相通者，有許多鞭毛腔。鞭毛腔內之空隙，遠不如胃腔之大。觀第九圖所示胃腔四周之各小腔，可以見其彼此容量大小之相差。鞭毛腔有口通於胃腔，此口頗寬闊。另有一小口通於海綿之體面，此小口即其入口，爲體外水流所從入。其與胃腔相通之闊口，乃其出口。外來之水流，由入口進於鞭毛腔，經過此腔，復入於胃腔，必須由此闊口而出。

此種海綿之整個體面，皆係平區表皮組織。此組織之下面爲中膠層，此層甚形發達，故亦較厚，其中含有骨針甚多，骨針皆矽質所構成。至此吾人即可見此海綿之構造，已開始漸形演進。胃腔之外復有鞭毛腔，鞭毛腔一面與體外相通，一面與胃腔相通，是乃一種分化之現象，非如膽瓶式海綿胃腔之一味簡單矣。

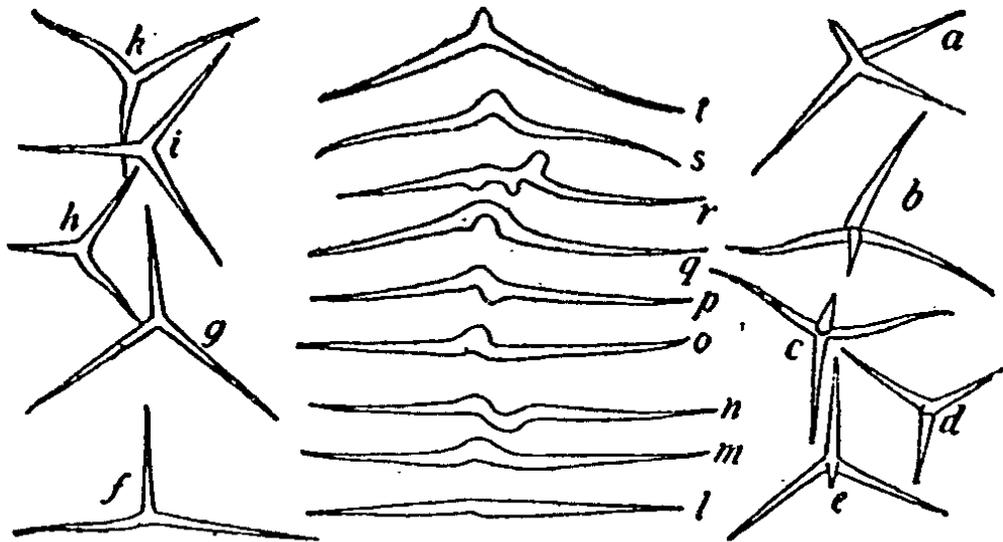
此類海綿與膽瓶式白腔海綿，最不同之處，不獨其構造較為複雜而已，



第十圖 卜氏海綿之一種： a. 有纖毛之幼胎，
b. 幼胎切面之一部，col. 內部細胞之集體，ec. 外部
柱形細胞，fl. 鞭毛，c. 胚胎之背面觀，內部胃腔隱
約可見，d. 胚胎之縱切面，e. 胚胎較成熟者，其體透
明，內部可見，f. 成熟海綿縱切面之一部，表示其領
體之曲折，ov. 卵，bl. 胚胎。

而其體中所有之骨骼，實有根本之差別。白腔海綿之骨針，皆石灰所成，故謂之石灰海綿 (calcareous)。此類海綿之骨針，乃矽質所成，故謂之矽質海綿。除此類海綿外，尚有其他甚多之海綿，其體中毫無石灰質之存在。與此類海綿共成一大組(亞門 Sulphylum)，曰非石灰質海綿 (non-calcareous)，以之別於凡有石灰質骨骼之海綿。此在海綿分類學上甚有關係，以後當更述及。惟此處所宜注意者，即是在所有非石灰質海綿之中，甜餅式海綿乃係最簡單者。

此式係暫時過渡現象，繼此發展，其構造旋即更形複雜。如卜氏海綿屬中之某一種，其體壁摺疊頗甚（第十圖），遠不如前言一種之較為平滑（第九圖）。入水之孔道與出水之孔道所成之系統，率在其摺皮之間。入水之



第十一圖 卜氏海綿之一種骨針。
a.—e. 四射骨針，f.—k. 三射骨針，l.—t. 兩射骨針。

孔道由體面達於兩摺之間，其較寬者界限不甚清楚。在另一個海綿中，該孔道甚形狹窄，其界限遂格外顯明。入水孔道之口，在體面之上，亦甚固定而顯著。體面之平區表皮組織，與其下面之中膠層，皆發長甚厚。因此之故，體壁遂生一種變化，其摺疊之紋，至此乃不易見之。入水孔道之外口，以體面皮膚發達之故，成爲皮口 (dermal pores)，其構造上已與簡單之入口有簡繁之不同。中膠層與體面平區表皮組織共成一層，謂之外體 (ectosome)。領細胞所在之腔，其內面之皮膚，謂之領體 (choanosome)。領體亦頗形摺疊，成一複雜之層。演化愈甚，構造愈繁，然此等趨勢，仍愈進而未有已也。在又一種卜氏海綿中，領體之摺疊，與孔道系統之迂迴，更形加甚。就其表面與剖切面觀之，幾無以尋求其頭緒。在此類下等動物中，有此變化之現象，亦匪夷所思矣。

此屬海綿之骨針，乃膠性之砂土所成，前已言及，其構造率係四射式。每一射枝之末端皆尖銳。由一公共之中心出發，向四處直指（第十一圖 a-e），其所成之角度，彼此率皆相等。原來之型式如此，由此有種種之變

化，逐漸發生。此四射枝之中，或有一枝之較爲伸長，或有一二射枝之退化。退化之極，竟至只餘一小部分之存在，驟視之若非四射者。此等變相，與原來之型式雖殊，然要有痕跡可尋，知其本係四射式，經過一番變化耳。

(三) 沐浴海綿 吾人敘述至此，又將述沐浴所用之海綿。此等海綿雖爲吾人所常見，然其構造實較以前所云膽瓶式海綿，與甜餅式海綿爲複雜。其所隸之一屬，曰真海綿屬(*Euspongia*)。其體中無有骨針，只有角質之纖維，故又謂之角質海綿。此海綿在海水中生活，顏色黯淡，型式毫無一定，有時或成杯形，有時不然，故此類與以上所言二者不同，不能以一定之式名之。沐浴所用之海綿，在此角質海綿類中較爲簡單，遂用之以爲敘此類海綿之起首。此一類所有之各屬各種，皆較前言二式之海綿，複雜遠甚，其體中各質皆最形複雜之構造也。

沐浴海綿生於海底，必附着於該處之地面上。其身體之表面，發生一種皮膜，以籠罩之。皮膜上有極多之圓形小突起(第一圖)，乃其體內纖維向外發長之所致。皮膜上又有極多小口，皆入口也，乃水流所從入。又有較此稍大之口，皆出口也，即其體面之水所由洩於體外者。出口之數遠較入口之數爲少。

此種動物若由水中取出，置於乾燥之處，爲時不久，其體中之柔軟組織即行腐壞，所餘者只有角質之骨骼。所謂骨骼者，與前言二式海綿所有者不同。蓋此類海綿體中，只有角質所構成之纖維，此纖維即其骨骼，以之支持維繫其體勢，吾人日用之海綿，如沐浴時擦拭身體，或平時用以擦抹各種什物之海綿，即是此角質骨骼而已。緣其體中各組織，已不復存在，唯贖此質，以便擦拂之用也。

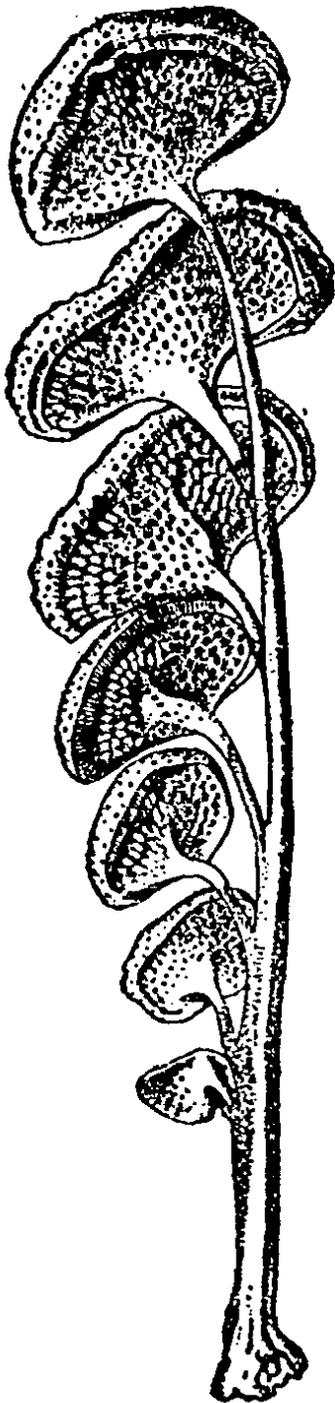
角質骨骼於發達成熟之後，在海綿體中構成密網，若仔細觀察之，乃海綿絲(spongins)之纖維所成。海綿絲與尋常絲類所含之化學組成甚相似。在海綿體面附近之處，海綿絲之分布頗有一定之式，其間之空隙格式皆秩序井然。此種海綿絲之纖維，謂之初生纖維(primary)。其餘之纖維則不然，其由一纖維發出分枝，或兩或多纖維互相合併，既無一定之秩序，而其與初生纖維間之連繫，亦不免於紊亂之狀，此謂之次生纖維

(secondaries)。初生纖維當發長之時，其梢部率不免黏取砂粒，或其他海綿之骨針，因其梢部在海綿之體面，當其幼穉嫩柔時期，既富於膠黏之性，而其所在之處又易與體外之物接觸之故耳。沐浴海綿之纖維，原以柔軟者為最佳，若有砂粒，海綿骨針，及其他物質混入，其品質之優點遂為之減色；此種變化與該海綿之經濟價值甚有關係。次生纖維較細於初生纖維，其所構之網，雖未能如初生纖維所構者之有條不紊，然其網眼甚小，其毛管吸引力亦較強，足以保持相當之水分。沐浴海綿以能吸水較多者為貴，故次生纖維乃殊有價值之物。當海綿生活健全之時，體中柔軟之組織，未嘗稍有損失。若就其切面觀之，則見其中膠層甚形發達，所有柔軟之組織，多埋藏於此層之內。就中有一種細胞有分泌之功用，時時進行其工作，以其分泌造成海綿絲，此種細胞，謂之造絲細胞(spongoblasts)。在每一纖維之左近，恒有此種細胞之密集，蓋其繼續不斷之分泌，皆成為海綿絲，復由此構成纖維。故當海綿生活健全之時，此種細胞之所在，即海綿與纖維之所在。

沐浴海綿之孔道系統甚形複雜。其起首也由體面之入口(亦謂之皮孔)向內，達於入水孔道。此孔道短而且窄，數條孔道合併，在體皮之下，成為闊大之腔。此腔之位置，係在外體之中，由此復有較大之孔道伸出。此等孔道又行分枝，每枝又復分枝，滿布於海綿體內較深之處。其最後分枝所成之微細孔道，達於鞭毛腔。鞭毛腔皆係圓球形，其內面之表皮組織，皆領細胞所構成。該腔之容量甚小，每一腔有一出水細道，腔中所容之水由此排出。入水細道之達於鞭毛腔者，不止一條。其口之通於此腔者，與以前所言白腔海綿之入口相類。每一鞭毛腔只有一出水之口，即出水細道之口，此口與白腔海綿之出口相類。出水細道彼此合併，成為較大之孔道。較大之孔道復彼此合併，成為仍形較大之孔道。最後達於海綿之體面，成較大之出口。體內各處之水，可由此而洩於體外。孔道內面皆係平區之表皮組織。各孔道間之空隙，皆為中膠層所填滿。

所敘述三種之構造，至此已畢。世界上無論何處所生之海綿，皆不出乎此三者之範圍。其不屬於膽瓶式之海綿類，必屬於甜餅式之海綿類，否則必屬於沐浴海綿類。蓋此包括最簡構造之海綿，及其較複雜者，與最複雜

者，故可網羅一切之海綿種類。然此不過其構造之大略，其詳細變異，非以上所言者可得而盡。作者有欲為讀者一言者，為求科學之知識，必須由物質之構造，作詳慎之觀察。然後再就其所發生之各現象，作進一步之觀察。然後實驗，比較，分類等工作，皆可繼續施行。此就日日攻習科學者言之，今此書之作，其目的不必只為攻習科學者閱讀之資，而欲使凡欲得科學常識之人，皆可藉此略窺生物天演之現象，而了然其意義。海綿乃下等動物之由簡而漸趨於複雜者，其構造之變化，皆天演痕跡之易於尋求者也。以上所言各種之變遷，讀之者無論為曾習生物學，或非習生物學之人，若能提綱挈領，獲其大義，即可得科學之常識。倘明瞭海綿所有之種類，不能出乎上言三者之範圍，而遇見一種海綿之時，用上言三者之大綱以鑒別之，亦不失為以科學區別物類之方法。科學者，即物窮理之學也。今借一下等簡單而且富於變化之動物，以為窮理盡性之材料，可得許多生物進化之知識，則本書所述，或為急於吸收科學常識之人所不厭煩乎。



第十二圖 花序海綿
單軸骨針海綿之美麗者，生於深海中。

以前所言海綿之各現象，不過其鳥瞰而已，其形態生理，發達，分類，分布，各現象，猶未得其詳也。茲請逐步敘述，先就其比較解剖，讀其概要，其內外各質之進化即可見其一斑。

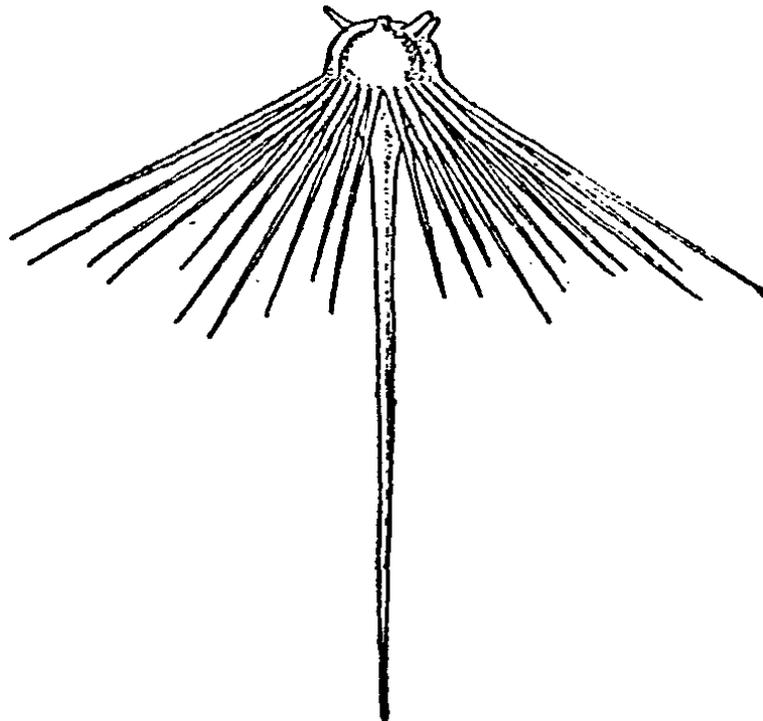
海 綿 外 部 之 特 徵

先就石灰質海綿言之。此類之海綿體積皆較微小，外形均為勻稱式。甚多種之海綿，其體率無一定型式，而微小簡單之海綿如此類中所有者，反係勻稱式，此其特別之現象也。其外形既係勻稱式，

其內部孔道之擺佈，亦莫不然。前所言之膽瓶海綿，(又名囊形海綿，或白腔海綿，皆是同一之物)即是此種形狀。由是發達，則由簡單之海綿單體，而成爲其單體集成之團體。

在石灰質海綿類中，有所謂擬無花萼式(Syconoid)之海綿，皆係最簡單之膽瓶海綿之單體集聚而成之團體。其團體之構成，係一中心之單體，周圍有許多單體以包裹之。中心之單體，有一大胃腔 該胃腔只有一出口。有較此更爲複雜者，爲擬白腔海綿(Leuconoid)類，其體亦係由多數之海綿單體合成團體。唯其構成也，頗乏一定之程序，其出口亦不止其一。發展不已，其體內各質之構造遂不免愈變愈繁。

非石灰質之海綿，其體積較大。演進之程度較深，形體上之變異亦甚多。其體亦係包括甚多單體，成爲複雜之結合。大概而論，此類海綿凡生長於海水淺處者，其形體恒無一定之式，而在深海生活者則不然，其形體頗有規則，往往極形勻稱，至於其原由則可想而知。蓋深海之中，與海水淺處之情形不同。深海中可以自由發長，外界勢力侵擾機會極少，故海綿自幼穉以至成熟，可保全其天然之發長。至於淺海則不然，時常有各種外



第十三圖 蓮根海綿 單軸海綿之又一種，生於深海中，其形如蓮根。

物，或屬於有機者，或屬於無機者，來相侵擾，足以妨礙其正常之生活，致其身體之型式，亦受有影響耳。

海綿外部形體之發達，有最奇特之外觀者，為菲律賓海中所產之花序海綿(*Esperiopsis challengerii*)如第十二圖。此海綿有一共同之軸，所有由單體結成之團體，順序排列於其上，成植物總狀花序之型式(*raceme type*)，故譯之為花序海綿。其團體之最大最老者，在此軸之極頂，愈小愈幼者，其位置乃愈下。此深海所產最奇特之一種海綿，乃不易見者也。

凡在深海生長之種，率有一長莖，此莖之功用頗為重要而顯著。莖之基部，附着於海底之固體物質，而海綿之體，可以高出於淤泥之上，不至為所埋沒。或海綿之體居於海底淤泥之面上，其莖之長尚不足以使之高舉，於是乃有他種變化因之發生。即海綿之體生出許多堅強而有力之射枝，以為其體之支柱。每一射枝係一組之骨針所組成。海綿本體之中心，成為蠟形，所有射枝皆由此發出。所謂蓮根海綿(*Crinothiza* 第十三圖)，即是此式。此種海綿不止一屬，其大概之式皆相彷彿。有所謂六射海綿者，以其骨針係六射之式也。此類海綿之生於深海者，其形體率皆美觀。如所謂天女花籃者(*Venus' flower basket* 第十四圖)，乃此類海綿之最美麗者也。

至於淺海之所生，亦有少數之種類，有一定之型式。所謂扇形海綿，杯形海綿，球形海綿，細枝海綿，皆甚普通，易於尋覓。然其大多數之種類，皆無一定之型式。無定型之海綿生長於淺海岩石之上，有時層積甚厚，或附着於海藻之上，恣所漫延，無有定向。又有在水底集成大塊，堆積成小邱。



第十四圖 天女花籃 六射海綿之一種。

者。此外尚有所謂鑽穴之海綿，性喜穿鑽他物之體。軟體動物如蚌螺等，及其他各種含有石灰質殼之生物，多為所鑽入。當其既入該物體中之時，可以造成甚繁複之腔隙洞道，由此開始，而進行發展。於較短時期中，而漫延於該物體殼之外，藉此以為根據地，繼續擴充其範圍，甚大之團體多由此構成焉。

吾人若在海濱避暑，而以採集標本為工作，恒見海水中所生之海綿，有種種不同之顏色，在近於熱帶之處，其顏色愈較鮮妍。有黃，紅，紫，棕，黑，綠，藍，等色之不同，或金紅橘色。其或濃或淡，程度亦不一。非石灰質之海綿中，凡屬較為普通之種類，多有各種色彩，且往往極形美艷，而石灰質之海綿率無色彩，暹澀淨淡。

海綿之具各種色彩者有二原因。一，因其體中之一種細胞，含有色素，此種細胞謂之色素細胞。凡有色彩之植物或動物率係此種細胞含有各種之色素所致。海綿亦不能例外。二，因其他生物之色彩，附於其體內。倘海綿體中缺乏色素細胞，而有各種海藻在其體中成共生之現象，時時遍布於其中膠層之內。此種海藻若富於色彩，遂使海綿亦呈美觀。此種色彩既發生，或輸入海綿之體中，率可以永久存在。雖在海綿既死之後，而其原來之顏色仍可歷時久遠，不少減退。唯經酒精浸泡，或乾燥過甚，則不復能保存。海綿之中，有一種名 *Suberites Wilsoni* 者，富於鮮明之紫色，雖身死已久，全身乾枯，或浸在酒精之中，其顏色仍不消失，此為與所有他種海綿不同者。

第二章

孔道系統之演化

吾人談論海綿，至此遇一煩難之問題。即其體內孔道系統之由簡而繁，有許多之變化。此現象足以表現其天演之過程，不得不擇要述之。尙望讀者略具耐心，試爲追溯，不以煩屑而生厭也。

先就其演化程度最淺者言之。如前所言之膽瓶海綿，乃海綿中之最屬簡單者，其體內所有之孔道系統亦極簡單，此係石灰質海綿類之孔道系統所由託始者。又如前所言之甜餅海綿，較膽瓶海綿已有相當之進化，其身體之構造已較爲複雜，然其孔道系統仍可謂之簡單，此係非石灰質海綿類之孔道系統所由託始者。

由此二者進尋其較複雜者，則知孔道系統之由簡單而漸趨於複雜，與其體之發生幼芽，或其體壁之自行摺疊，皆有重要之關係。海綿體上生出幼芽，其孔道必爲之增多。其體壁曲折凸凹，其孔道亦必爲之繁複。此二種現象或分別發作，或同時發作，原來之孔道系統皆隨之而有變動。

此等現象在石灰質海綿類中有之，在非石灰質海綿類中亦有之。惟自此等現象開始之後，石灰質海綿類之孔道系統，自循其應有之途徑而演進。非石灰質類之孔道系統，亦自有其途徑演化而前，與石灰質類所循者毫無關係。故以下所敘述者，係就此二者分別言其大凡。讀者縱覺其煩屑，然以此二者分別於心，亦可得其大概矣。

石灰質海綿

石灰質海綿在海綿之分類學上成一大“綱”(Class)，謂之“石灰海綿綱”(Class Calcarea)。此綱中之海綿構造簡單。其胃腔如一簡單之囊，縱

有曲折旁出之部分，其中之表皮細胞全係一種領細胞，(以後當復言之)，皆可稱爲同腔海綿(Homocoela)。

隸於此類之海綿，又於此“綱”之下成爲一“目”(Order)。“綱”之下有“目”，此分類學上之次第也。膽瓶海綿皆隸於此目，謂之“同腔目”(Order Homocoela)。然所謂“膽瓶海綿”，不過其式(type)之名，以其體之型式與膽瓶之狀相似之故耳。此名只言其形狀，爲敘述便利起見而用之，非分類學上之名詞也。

案照分類學之規矩，“目”之下則有“科”(Family)。此處所言之海綿，其科爲“白腔海綿科”(Leucosleniidae)或簡稱之曰“白腔科”。“科”之下爲“屬”(Genus)，屬之下爲“種”(Species)。有時種之下尚有“變種”(Variety)，此分類學之系統也。此處所談者，爲海綿孔道系統之演化，係屬於比較解剖之方面者，乃爲其形體上之現象。故只講到該海綿之爲何“屬”，不必再追問其爲何“種”，至於“變種”則更不必提及矣。

此處以白腔海綿屬(Leucoslenia)爲膽瓶式海綿之代表。此海綿係尚在幼稚時期，因其體之構造甚爲簡單，最易觀察，故討論孔道之演化，亦用此海綿爲出發之點。如第七圖所示，其形體之簡單一望可知。

此海綿只一單體，體壁上尙無幼芽之發生，故甚均勻，無有摺疊不平，凹凸曲折之狀。其所有孔道，以便水流入其體內及向體外流出者，不過其體壁上之圓孔(入口)。由此穿入體壁，係一直道(入水孔道)，達於其體內之空腔(胃腔)。此腔亦極簡單，內面雖有或窄或闊之處，然皆勻平，亦無摺疊突沉之情形。

吾人若想象一隻花瓶與上述海綿之型式相似者(即所謂膽瓶式)，或想象一簡單之空囊，其表面有甚多小孔。此瓶或囊之體壁較厚，小孔穿入體壁，當然必須經相當之距離，始能達到其中之空處。若設法使一種水流由外面入於其小孔，復由此經過體壁中之孔道，而達於該瓶或囊之內部。最後由其內部向其瓶或囊口流之，而洩於外面。然後又有外面之水，入於小孔，向內流之。如此流轉不息，則該海綿之循環現象，即易明瞭。

最簡之白腔海綿，其體中之水流循環，亦不過如是。在其體中之孔道系統，亦不過如一花瓶之鑽有許多小孔後所有之一切情狀而已。此孔道系

統之最形簡單者也。

然生物之演化，絕不能停止於簡單狀況之下而不前進。海綿發達至此等程度之後，可以成爲一種，復有他種(各種名可以不述)演化而出。此後出之種，其體不止一單體而已，體上又有許多分枝，分枝復彼此合併，由簡而繁，成爲網形之團體。

至此其體面之小孔(入口)既較多，或其構造亦形複雜。由入口而進於體壁內之孔道亦必不免迂迴曲折。其體內之胃腔所有現象亦不如膽瓶海綿所有之一味簡單。蓋此海綿體係許多幼芽與其原來之單體集合而成者，如前篇所言之櫛式海綿(第八圖)，卽是一例。

櫛式海綿係白腔海綿屬之一種，亦可謂之白腔海綿，係由最簡之膽瓶式海綿演進而成者。由是而談，可知海綿發達至此地步，是其進化之初步。

其體內孔道系統亦形進化。蓋其體面之入口，有一大部分亦非單體之原來小孔，多係幼芽之頂口。幼芽發長成爲分枝，分枝若多，必將海綿之體面佔滿。其原來之小孔或只有極少數之存在，或竟不可復見。分枝之體面亦各發生小孔(入口)。分枝之胃腔，達於團體之中部，與該處原來之胃腔相通。原來之胃腔本係最初之單體所有者，因此頗受影響，亦不得不有所變動，失其原來之面目。總之，海綿由單體變爲複雜之體，其體內之孔道系統勢必變爲複雜，乃可斷言者。

由此又有變化生焉。膽瓶式之單體海綿既已進化成櫛式海綿，而櫛式海綿之孔道分枝甚繁，每一孔道分枝之內面，其表皮組織皆係領細胞所構成。孔道分枝漸形擴大其直徑，其中之空隙遂漸形寬闊。演化愈深，每一分枝皆變成空闊之腔，形體毫無規則，而分枝與分枝間之空隙，因此乃形縮減，變爲甚窄之新孔道。

至此則孔道分枝之外面，變成新孔道之內面，而該分枝之內面，反爲新孔道之外面。此外面之表皮組織，皆係領細胞所成之組織，乃其原有之組織尚存在，未曾改變者。在此情況之下，吾人可以明悉此種海綿(此海綿係櫛式者之又一種，與前所言之一種不同)之孔道系統，有兩大變動。一，乃其孔道之分枝皆由窄細而變爲格外之寬闊。二，乃分枝以外之空隙變爲甚窄之孔道，而孔道分枝之本身反變爲甚寬闊之空隙。此種內面與外

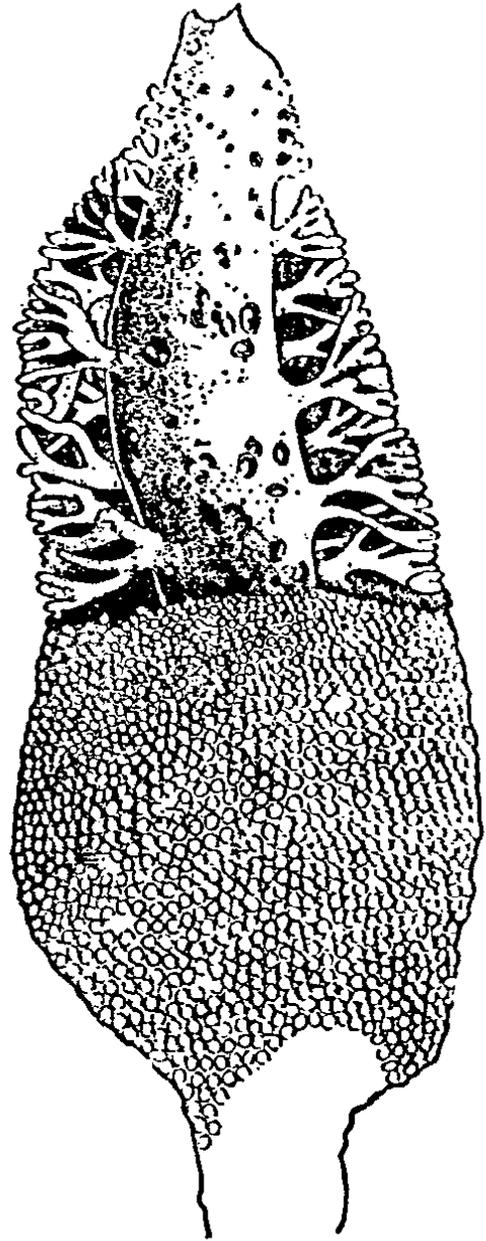
而彼此翻轉之變動，亦形體發展之新現象也。

此種構造，視原來之膽瓶式白腔海綿，已複雜特甚矣。然尚有他種之變化，在另一種之白腔海綿中見之。此種海綿原來亦可謂之膽瓶式單體，唯變化已甚，遂與其原來之構造大不相同。

此海綿(第十五圖)之中心係一較大之單體。其胃腔亦甚寬闊。胃腔之內面，係領細胞所成之表皮組織。由此單體發生幼芽，幾於遍體皆是。幼芽向週圍各方面發長，成輻射之分枝。每一分枝復生出分枝，最後分枝之末端，皆成盲囊之狀。其內面與外面隔絕而不相通。盲囊之末端，彼此互相接觸，密布於海綿之體上。

此種海綿發長至如此程度，已成一複雜之團體。其中有極多之單體，由幼芽發展而成。此團體之表面無非盲囊之末端，以其密布之故，海綿團之體面亦甚形勻密，驟視之有“天衣無縫”之致，於是可見其演化之深矣。其實盲囊與盲囊雖接觸密切，十分緊湊，而其間仍留有空隙。不過因其極小，肉眼不能察見耳。

此極小之空隙，即是水流入口。體外之水可以由此入於海綿之體內。由入口向內，係入水孔道。此孔道乃由輻射管(radial tubes)間之空隙所成。所謂輻射管者，即原來幼芽體中之腔。幼芽生出之後，發長成輻射之分枝。分枝雖甚繁多，然在分枝與分枝之間，仍留有不少空隙。此種空隙既皆在輻射管之間，故皆與盲囊間之小孔相通。觀第



第十五圖 白腔海綿之一種，縱切面之一部，表示胃腔輻射之孔道。

十五圖所示，可見輻射管之分枝，如樹枝之旁出四射。介乎其間之空隙，不啻叢枝間之空隙。此等空隙，構成孔道之系統。其複雜之現象，可以立見矣，豈上言膽瓶式單體海綿之孔道系統之一味簡單者，所得比擬哉。

此海綿之出口只有一個，在其中央胃腔之末端，此胃腔乃最闊大，即其最初單體之胃腔，與膽瓶式海綿之胃腔，其來源，其性質皆相同。唯輻射管既多，此腔之旁枝遂亦不勝其繁。每一輻射管無不與此胃腔相連相通，皆胃腔之旁枝也。胃腔有旁枝如許之繁多，其本身之構造，已不得謂之簡單矣。

海綿體外之水由入口達於入水孔道，由此復達於胃腔之旁枝（旁枝本係幼芽或輻射管所成，其體面原有小口可以入水），由旁枝達於中央之胃腔。然後再由胃腔轉至出口而洩於體外，亦大費週折矣。

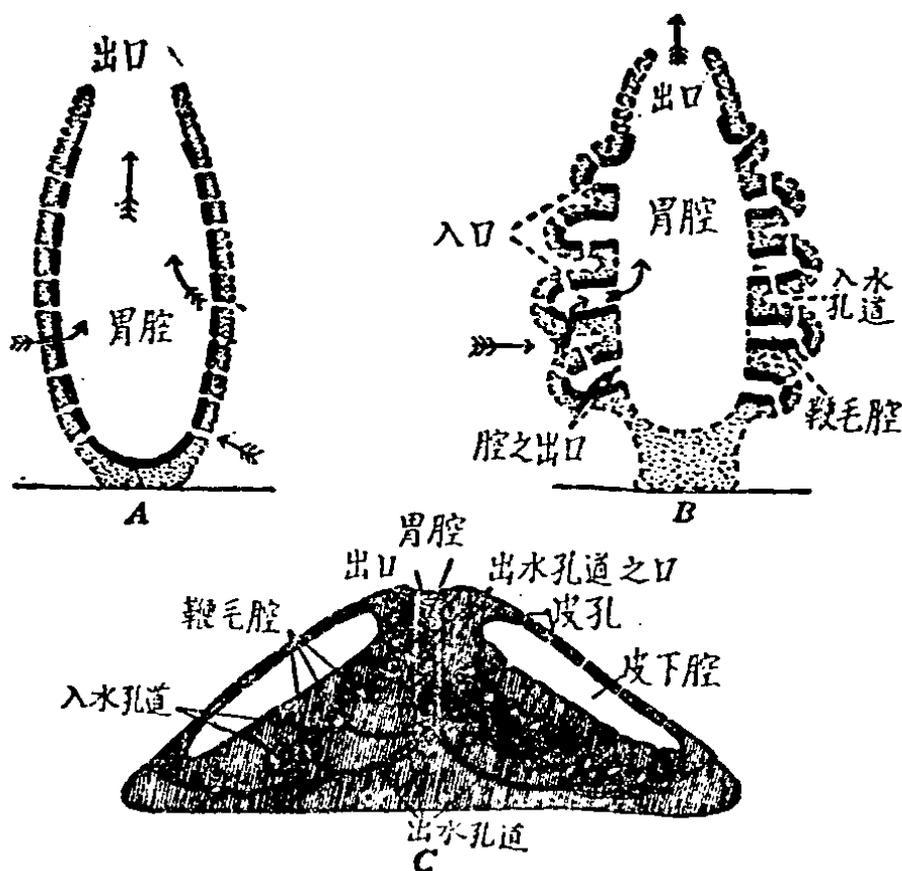
由極簡單之孔道而展轉演變，至於如此。動物界中所謂天演進化絕非直接簡單之現象，所可一言即盡，一看即了者。此在海綿類之一種構造上，略言其一二。讀者如不欲深究其詳，只稍明其大概，即可窺見一斑矣。

以上所言之海綿皆係有石灰質之骨骼者，謂之石灰質海綿。此海綿之胃腔及胃腔發生之各部小腔，其兩面之表皮組織，皆係領細胞（即領鞭毛細胞）所構成。以其腔中表皮組織如此一律，無有他種細胞之加入，故名之同腔海綿，在分類學上謂同腔海綿目（Order Homocoela）。石灰質海綿中，前已言及，又有所謂異腔目（Order Heterocoela）者，其胃腔內面之表皮組織，完全係平扁細胞所構成，無有領鞭毛細胞之存在，而領鞭毛細胞則徧布於各分腔之內。分腔皆謂之鞭毛腔，乃輻射管變化而成。輻射管乃海綿幼芽體內之腔，原與母體之胃腔相通，亦即胃腔之分枝，亦可謂胃腔之一部分。此部變為鞭毛腔，而原來母體之胃腔反無領鞭毛細胞。此處之表皮組織，盡變為平扁細胞。以其各腔內面之表皮組織，彼此互異，故有異腔海綿之名，與同腔海綿相對並立。

所有石灰質海綿，不屬同腔類，即屬於異腔類。讀者遇見一種海綿之時，倘能確知其骨骼係石灰質之性質，或自行由其體中取出若許骨針而驗之，確定其為石灰質，即可知其必屬此二“目”之一。若能進一步觀察其各腔內之表皮組織，更可知其屬於何“目”。此乃科學初步之訓練，亦值得留意。

者也。

此處所講者係異腔海綿之孔道系統。有所謂無花萼式(sycon type)者其孔道系統甚似無花萼之狀，在石灰海綿異腔目所有之種類中，最為簡單



第十六圖 孔道系統之各式，A 膀胱形之海綿，
B 無花萼形之海綿，C 甜餅形之海綿。

者(第十六圖)。故此種海綿統稱之為無花萼式海綿。其鞭毛腔之構造與其分佈，頗有一定之規則。該腔之體壁皆有入口，每二腔之間有一空隙，體外之水流由此達於入口。故此空腔為入水之孔道，水流由入口達於體內，以達於該海綿之胃腔。

胃腔雖與鞭毛腔相通，有許多分枝，不如膽瓶海綿原來胃腔之簡單，然其原來之界限，仍不難劃出。如第十六圖所示，其中間較闊之空隙，有長圓之輪廓者，即是原來胃腔之所在。原來胃腔以該海綿之演進至現在程度，其內面之表皮組織，皆變為平區細胞之組織，除此之外有甚多缺口，即是鞭毛腔之口，與原來胃腔相通之處。此口謂之出水孔道之口(apopyle)

亦可謂之內出口，以其水流之方向而言之也。有此等變化，原來之胃腔，至此乃變為中央之出水孔道。此孔道之末端，乃真正之出口(osculum)，與膽瓶海綿之出口相同。

觀於第十六圖中各箭頭所標示，可以明瞭體外水流如何進於體內，復如何由體內達於體外。此類海綿之孔道系統，可以見其大概矣。

鞭毛腔環繞中央之出水孔道(爲便於敘述起見，此孔道稱爲胃腔，gast-ral cavity)，成輻射式之排列。因其爲輻射管變化所成，其原來之位置仍行保存也。故此等腔亦稱爲輻射腔，每一輻射腔皆甚直，無曲折斜紐之狀，且其體甚簡單，未曾發生任何分枝。

鞭毛腔與鞭毛腔彼此之間，有相當之距離。其最鄰近之腔，皆不相接觸。此空隙成爲入水之孔道，前曾言之。最簡單之無花萼式海綿，其體面之皮層(dermal, cortex 又稱爲外質 ectosome)未曾發達，因此之故，所有之入水孔道，在構造上尙不健全，不得爲真正之孔道。此亦進化程度不深之現象，在下等動物中往往見之。此處竟以孔道名之者，亦係出於勉強而已。

以構造之不健全，其功用亦不免於缺陷。水流由體外達於此孔道之中，而在孔道間可以循環無阻，不能如較高等海綿之循環現象，水流必須由此孔道經過中央之腔，有分化固定之可言也。

異腔海綿孔道系統之最簡者，如上所述，由此演進，則有種種變化隨之而起。在無花萼海綿屬，鞭毛腔(即輻射腔)有彼此接觸密切(第十七圖)，竟至彼此合併者。此等腔又時發生分枝，不如以上所言者之簡單。演進之現象，顯然可見其一斑。

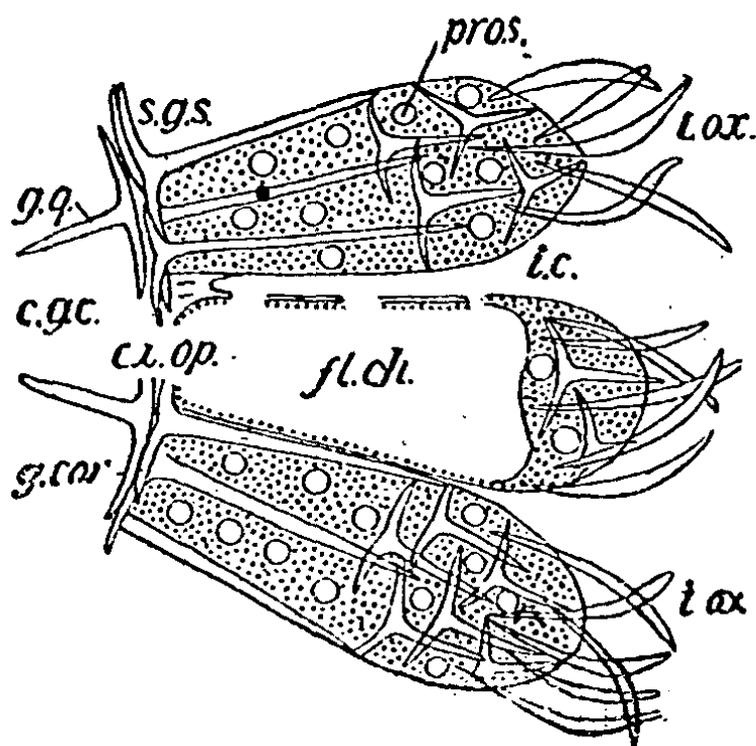
又有海綿之體面發生一薄膜，薄膜之上有極多小孔。此膜包裹海綿之整個體面，將入水孔道之末端(即其向外之口)，全行遮蓋。而以有小孔之故，水流之由體外進入體內，亦不至受阻。

孔道系統發展至如此之程度，其中所有之各部分，已可謂之應有盡有。此各部分，即入口(有時謂之皮孔)，入水孔道，鞭毛腔(有時謂之輻射腔)，出水孔道(即上言之中央出水腔，乃原來胃腔變化而成者)，及出口(有時謂之頂口，以其在海綿體之頂部也)。此各部分既完全出現，則其進化已

相當可觀。此各部分之構造，或甚健全，或尚簡陋，亦其演化程度之深淺爲之區別耳。

各部分既已完具，復有體面薄膜之發生，在最初之時，此膜乃係籠罩海綿之體者。然繼續演進，此膜遂亦參加孔道系統之變化，在更形進化之海綿(所謂格氏海綿屬 *Grantia*，即是此類之一)體面上，此薄膜發展成一健全之皮層。

此皮層復繼續發長，變成甚厚之皮。此皮之本身中，復發生一種入水之



第十七圖 無花葉式海綿之一種，橫切面之一部，
fl. ch. 鞭毛腔， ox. op. 出水孔道之口，(upopyle 亦謂之腔出口)， pros. 入口(即入水孔道與鞭毛交通之口)， c.g.c. 中央胃腔， i.c. 入水孔道，
g. cor. 胃腔皮層， g.q. 四射骨針， s.g.s. 三射骨針， t. ox. 單軸骨針。

孔道，故謂之皮層入水孔道。於是該海綿體有兩種入水孔道矣，一種即是皮層中所有者，其他一種乃是前所言之入水孔道，介乎兩鞭毛(輻射)腔之間者。此種現象顯明表示孔道系統又形進化矣。海綿之本體乃更趨於複雜。

到此地步有所謂外體(ectosome)與領體(choanosome)之可分。外體即是此含有入水孔道之厚皮,由極薄之膜發達而成者。領體即是原來之體壁,含有原來之入水孔道者。唯此處之入水孔道,夾在兩鞭毛腔之間,該腔內之表皮細胞,皆係鞭毛細胞,即是領細胞,故又謂之領鞭毛細胞,前曾言及,故此層謂之領體。此二質者可以鞭毛腔之存在與否,分別之。外體只有入水道,無有鞭毛腔。領體則有此孔道,並有此腔。

海綿體壁之變為複雜,無非孔道系統演進之故耳。孔道系統至此已甚形複雜,然更有較甚之現象發生。在若干奇特之海綿中,領體不復如前此之簡單,而有曲折摺疊之致。胃腔復有旁枝之發生,成爲一種之特別出水孔道。所有原來之鞭毛腔,至此皆不得不變動其地位,而不復環繞於胃腔之周圍,反在胃腔旁枝之四周,作成輻射之擺布。由是觀之,胃腔已更形複雜,孔道乃愈形複雜矣。

若以此與前言最簡無花萼式之孔道系統相較,其繁簡之相去甚遠。可見以下等簡單之動物如海綿(指與高等動物比較而言)者,其體中之水流循環機關,已有如此之變化。古人“生物不測”之說,非無所見而云然。該孔道之變化,在海綿中猶未已也。

非石灰質海綿

非石灰質之海綿,其解剖上之現象,前已言及。如所謂卜氏海綿者(第十圖)即非石灰質海綿之代表。其體中之孔道系統,頗形複雜,此系統由甜餅式海綿逐漸發達而成。唯甜餅式海綿之孔道系統,已係甚發達者,並非淺演之現象也,故不足以代表非石灰質海綿之孔道系統最初之型式。就海綿中觀之,孔道系統最屬簡單,而可爲非石灰質海綿最初孔道系統之代表者,首推黏液海綿(myxospongia)。此種海綿所以名爲黏液海綿者,以其體中向無較硬之骨針,其組織過於軟弱,細胞時或有黏液也。此等海綿之祖先,其孔道系統實爲非石灰質海綿所有者之所託始。故追溯其該系統演化之程序,宜以此爲起點。

黏液海綿之體中,有囊形之腔,成輻射式之擺布。所有非石灰質海綿,其孔道悉由此演化而成。由此演進之途徑,頗有痕跡之可尋。由此痕跡

而追求之，則有四類絕不相似之海綿，今日均有存在，皆其演化之結果也。

此四類之海綿為何？一、即今日生存之黏液海綿，此類海綿乃由最原始之黏液海綿，繼續演化，而生存至今尚未脫離其有黏液之特徵者。二、爲六射海綿，其體中之骨針，皆係有六條射枝者，即所謂三軸類也。三、爲四射海綿，即四軸類。四、爲真角質海綿(*Euceratosa*)，此類海綿之骨，非石灰質所成，亦非砂質所成，乃由真正之角質構造之，故有此名。前所言之沐浴海綿，即屬於此類。第二、第三、第四等類，演化較甚，與第一類不同。總之，此四類之孔道系統，皆係由原始黏液海綿之孔道系統進化而成。請依次言其大凡。

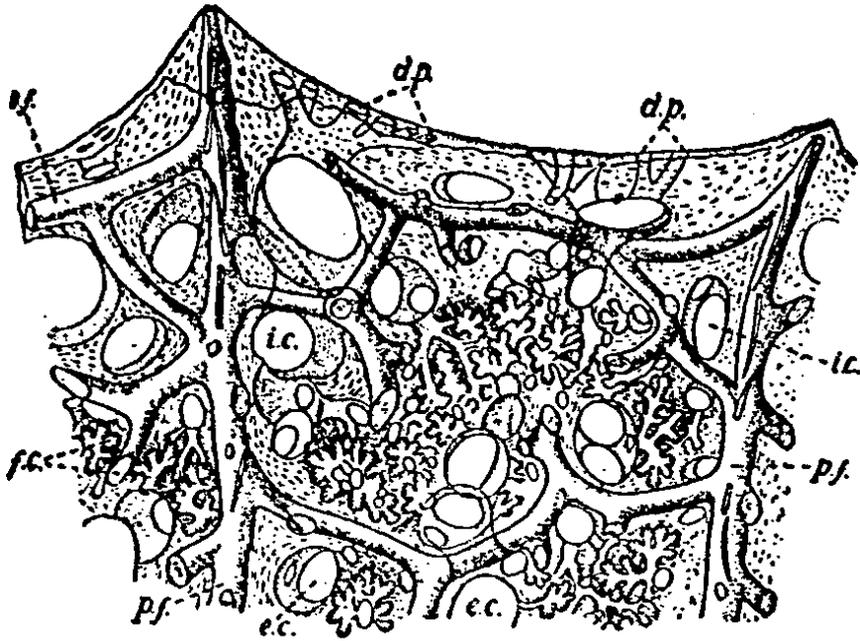
今日生存之黏液海綿中有若干屬，其體中之鞭毛腔，並不緊湊，而仍有空曠擴大之狀況者。原始之黏液海綿，其鞭毛腔即是此種現象。今日生存之若干屬仍保存其原來之性質，未嘗失去，此乃顯明易見者。唯黏液海綿類中，亦有若干屬與此相異，以較爲演進之故，致原來之特徵，均不復行存在焉。此非石灰質海綿之孔道系統，逐步演化，所循之一途徑也。

六射海綿類所有之鞭毛腔，皆形較大，又皆成輻射式之擺列。此其與原始黏液海綿孔道系統相似者，亦係保存其原來之性質者。唯該腔所作之層，曲折摺疊，漸成複雜之狀，腔層介乎二種隔帶組織(*trabecular tissues*)之間，此種組織頗形鬆稀。由其切片觀之，所有孔道，皆成無規則之狀。此其脫離原始之狀態，而趨於複雜之又一途徑也。

四射(四軸)海綿之鞭毛腔，當演進初期，已形縮小。此其演化較甚，與前言之二類，大有不同者。此現象爲四軸海綿特徵之一。前言之甜餅式海綿(卜氏海綿即其一)中，此現象特別顯著。故前謂甜餅海綿已演化較甚，不能代表非石灰質海綿孔道系統最初之型式，即以此故。總而言之，非石灰質海綿之孔道系統，雖仍能由此演進，而此時離其原來狀態，已殊遠矣。此孔道系統演化所循之又一途徑也。

真角質海綿類頗有美觀。其演化較淺者，體中之鞭毛腔皆形寬闊，此係原始之狀況仍未泯沒者。由此演進，情形漸異，進化至於較高等之種類。所謂真海綿者(*Euspongia*，參閱第二圖，第四圖)，鞭毛腔皆形縮小(第十八圖)，成爲圓球狀，遂與原始之情形絕不相似，此其演化之又一途徑也。

此四類之海綿，皆係非石灰質海綿，換言之，即其體中之骨骼，無論存



第十八圖 沐浴海綿(真海綿之一種)縱切面之一部
(pf, sf, 纖維, dp. 皮孔入口), ic. 入水孔道, ec. 出水孔道, fc. 鞭毛腔。

在與否，絕無石灰質成爲任何構造。此四類之孔道系統，足以代表所有非石灰質海綿之孔道系統。其最初係由一種原始之孔道系統(黏液海綿之祖先所有之孔道系統)開始發展，循此種途徑，遂成現在之狀況。

此處所須注意之點，爲海綿體中之組織。有所謂領體者，乃領鞭毛細胞所構成，前已言及。此質爲一最要之層，以其可以構成鞭毛腔也。鞭毛腔之層(即其腔之壁，其所謂腔層者即是此質)，於演化之中，發生摺疊現狀，於是孔道系統，遂漸趨於複雜。在今日生存之黏液海綿某屬(如所謂敖氏海綿, *Oscarella*, 即是)，此現象頗顯著。在所有之六射海綿類中，此現象可以見之。在四軸海綿類之某屬(卜氏海綿)，亦可見之。因領體之摺疊，所有入水孔道，與出水孔道之系統，以之形成。而入水孔道之一端，往往因外體之發達，竟至封閉者有之(第十九圖)。在四軸海綿中有此現象。真角質海綿綱中，有所謂真海綿屬者，其領體之摺疊愈覺複雜。入水孔道及出水孔道，其構造，其功用，其所在之位置，雖皆固定，而以領體變化特

甚之故，其來源竟不可復認。在多數情形之下，真海綿屬之體中有一種組織名曰內體 (endosome) 者，甚形發達，積成厚層，將出水孔道，及入水孔



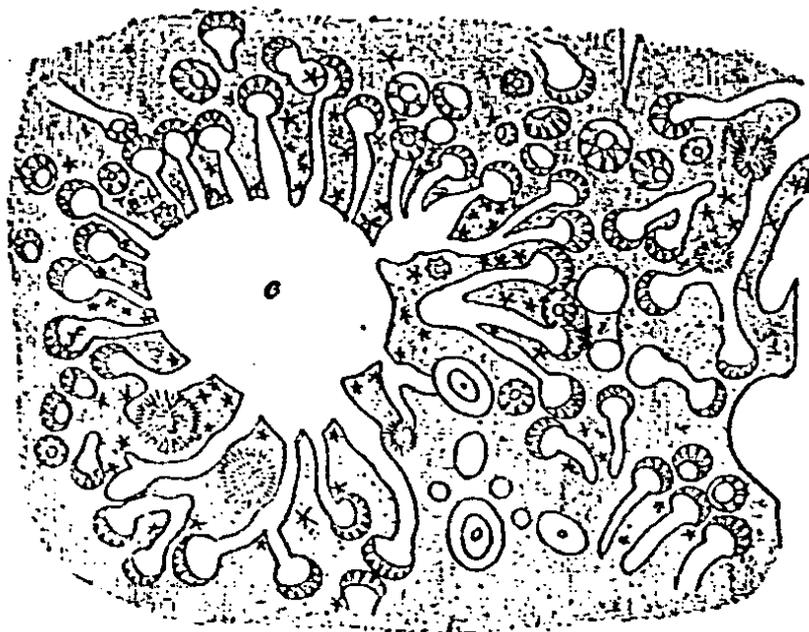
第十九圖 幼穉之 *Stellata* 屬海綿的縱切面，
o, 出口，領體摺疊為外體所包裹。

道，盡行包圍。至此則此等孔道，乃夾置於外體與內體二者之間，此種情狀，乃原始黏液海綿之所未有。故孔道系統演化至此種程度，與其起首時之簡單情形，相去已遠矣。

就各種海綿觀之，鞭毛腔與入水孔道，及出水孔道兩系統之交通，有種變異之現象。六射海綿類中有二科 (*Aplysillidae* 與 *Spongiidae*) 係所謂闊門式 (*Eurypylous*, 第十圖 f) 者，以水流所經之處皆寬闊也。此種海綿之每一鞭毛腔有數入孔，可以吸收水流。入水孔道皆較寬大，往往成一闊腔。水流由此入於鞭毛腔之中，此腔之出孔亦甚寬大，水流復由此孔而流出，達於出水孔道。出水孔道，亦以甚形廣闊之故，或亦竟成寬大之腔，其接受之水流，不止由一鞭毛腔而來，往往有數鞭毛腔之水，皆可流入。此等海綿皆以其各入水孔道與出水孔道甚形寬闊之故，謂之闊門式海綿。

唯此類中亦有例外之現象。屬於闊門式之海綿，偶然有與上所言之情形不同者，或只有一單獨之入水孔，而入水孔道皆較其他孔道為狹窄，或較同類海綿體中之入水孔道為狹窄。蓋孔道系統之演化，頗有參差不齊之致，時而偶有未盡圓滿之處，亦勢所不免。故闊門式之海綿中，非所有孔道皆格外寬闊，此不過就大部分之構造，或大部分之種類所具之現象言之耳。

由此演進，鞭毛腔及各孔道，復有變動之發生。鞭毛腔與一出水細道相接，由此前進，而達於出水孔道。此出水之孔道，其中空隙較寬於與其所接之細道。每一鞭毛腔之入水孔道，亦係細道，其出孔亦甚狹窄簡短。此等出孔，謂之細孔。凡海綿之孔道系統，有如此情形者，概謂之狹門式 (apodal, 第二十圖)，蓋由闊門式演進而成者。



第二十圖 Cydonium 屬海綿之橫切面，
表示出水孔道及其週圍之領體與狹窄之鞭毛腔。

此二式之海綿，體內所有之各孔道，彼此互異。當其由闊門式，漸行演變而成狹門式，其體中之中膠層，亦發生變動。該層於此時頗形發達，其量因之增多。所有各孔道受此層之質所擁擠，遂被迫而漸形縮細，於是寬闊之孔道多變為窄細之孔道。每一孔道橫切面之直徑，視前者大形減短，同時中膠層之質復失其原有之性質。中膠層本係透明者，又係有膠黏之

性者，在闊門式海綿之體中，此質即是此等狀況，乃以其發達增積之故，透明之性，漸漸減損，而成爲密湊之狀。其中有粒形之構造出現，而其膠性遂由此不復存在。在此情況之下，所置中膠層者，遂成一種非透明非膠黏之質矣。

海綿之外體，爲入水孔道起首之處，即水流由體之週圍，開始流入體內，必經過此處也。所有入水孔道之基部皆在海綿之外體。外體者，即其本體表面，籠罩一切之一層。外體繼續發長，入水孔道之基部，乃因之而發達。最初之時，外體不過是一極薄之膜，謂之膚膜 (dermal membrane)，此膜爲入水孔道所洞穿。入水孔道之口，在此膜上，集成數組，有一定之處，非徧布於海綿之體面，四分五散也。其所在之處，成爲特別區域，謂之孔區 (pore area)。該區之下面，有甚寬闊之皮下腔 (subdermal cavity) 領體中所有之入水孔道系統，皆係由此處起首。

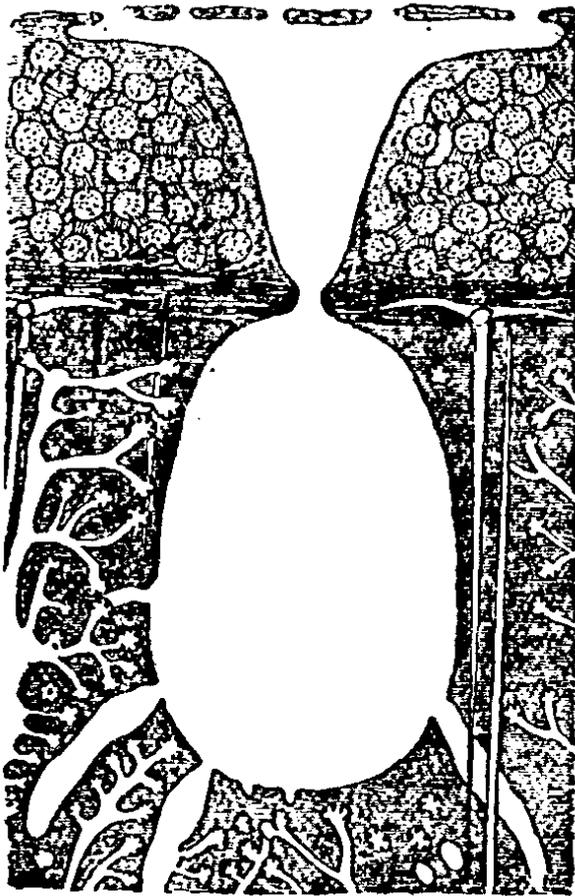
由此演進，海綿本體之發達程度愈高，其外體原係一薄膜者，遂形增厚。至是海綿之體面，有堅厚之皮膚，以之鞏固其體式。此厚皮之中，發生所謂膚腔 (chones) 者，爲數頗多，彼此相連，皆與入水孔道相通。至此，入水孔道不復直接通於皮下腔，而皮下腔與膚腔相通，入水孔道與皮下腔之間，則有膚腔以隔之，而彼此有間接之交通。介乎皮下腔與膚腔之間，則有縮環肌 (sphincter) 以關闔之 (第廿一圖)。此二腔彼此之交通，時啓時閉者，乃此質之功用也。以上所言各現象，皆關於入水孔道者。所有之變遷，乃係受海綿體質發達之影響而然。

至於海綿之出口，與其皮面之細孔，其擺布上之變異亦甚多。因此之故，海綿外部之形體，時有顯著之變動。在普通情形中，出口率係一較大之口，其所在處，係海綿體面凹凸之部分。就海綿之體面觀之，有纍纍隆起之處，即其出口所在也，故出口頗易於識別。有時此等凹凸之處，成一篩形之面積，乃出口之變形，其功用甚顯明。海綿體外一切在水流中浮游之物質，不爲海綿生活所需要者，不得混入其體中，皆以此篩質存在之故。蓋出水孔道，皆較爲寬闊，不若入水孔道之在體面附近者之窄細。若無此篩質以爲遮蔽，外質易於混入，往往有害於海綿之生活矣。

入水孔道之口，分布於海綿之體面，或毫無一定之規則，或集聚於數處，

此集聚之處，謂之孔區，前已言之。每一區較形固定，各有特別之現象，茲為稍述其一二。

海綿之中，有形體似杯之狀態者，普通謂之杯形海綿，前已時時言及。



第二十一圖 *Cydonium* 屬海綿
上部係皮層，下部係領體之構造，兩腔間
有縮環肌。

此等海綿之體，即杯壁也。杯壁之內外兩面，即其體之兩面，其入水孔在杯壁之外面，出口則適與此相反，其所在處，乃係杯之內面。

又有海綿之體似扇形者，普通謂之扇形海綿。入水孔在扇之一面，出口則在其他一面。

深海所生之海綿，有 *Tedania actiniformis* 者，其體有一環帶，海綿之體如圓柱然。此帶較窄，圍繞其頂部之下。海綿之頂部甚平，環帶之中，為入水孔所分布。平頂之上乃其出口所在。此海綿生長於海底，不至為淤泥所漬，窒礙其水流之循環者，即以此有特別構造之故。

有所謂異形海綿者 (*Xenospongia*)，其體平圓，如盤狀。盤之上面，有數條窄溝，溝內皆入水孔所分布，然此皆溝之較狹較小者也。其

最大之溝，環繞盤上面之周緣，此處亦有入水孔之出現焉。

海綿中有所謂穆氏海綿 (*Esperellamurrii*) 者，其體面上有特別之溝數條，皆入水之孔溝。此種孔溝與異形海綿所有者，皆能自行開闔，以調節水流之供給。蓋溝內有特別肌肉纖維，以資控制耳。

有稱做 *Latruncula* 之海綿屬中，有數種，於體面上生凹凸之質。此質分兩種；一係圓椎形，每一圓椎之巔有一出口；一係平頂之狀，其上有一口，乃入水之孔也。

觀以上所述，足見海綿體中所有之孔道系統，絕非簡單之構造。其最初出現時，或極簡單，然以海綿本體逐次發達，遂發生種種變遷，而有一言難盡之複雜現象。海綿本屬下等動物，其體中之一種構造，猶且如是，其他構造之演化，勢必不免於複雜，概可想見。讀者尚能提綱挈領，得其大略，亦可觀生物進化大觀之一斑矣。

第三章

骨骼系統之演化

原始海綿(Protolynthus)爲今日所有海綿種類之初祖。換言之,爲整個多孔動物門(Phylum Porifera)之起點。原始海綿生存之時,其體中或毫無骨骼系統之痕跡,此種無骨之原始形態,今日生存之種類中,尚有保存之者,厥推黏液海綿。此類海綿雖仍帶原始形態,然以體中之孔道系統,有相當進化之程度,已不復爲原始之種類矣。惟其體中毫無骨骼之存在,乃係一最要之特徵,此特徵乃黏液海綿當最初之時即有之,直至現在仍保存無失。故該類海綿,自始至終,縱有種種體質上之變化,而其無骨之原始形態則未嘗稍有變動。

海綿之中,有各種類(皆隸於 Chondrosia 一屬)其先曾有骨骼之發生,而後來經過種種發達,有變化之發生,其骨骼竟至消滅淨盡。故就此類之體質觀之,與黏液海綿之無骨骼,乃同一狀況。然若推原其始,一係原來即無骨骼,後來亦無骨骼之發生。一係原來本有骨骼,後乃盡行退化。故此二者之無骨情形雖同,而要不可同日而語耳。

又有甚多種之海綿,本體本有骨骼之發生,而骨骼未能充分發達,體外之砂粒,及其他外質,漸行侵入體內,侵佔骨骼之地位。骨骼退化,外質愈多,結果整個之骨骼系統,全行消滅,外質取而代之。故其體中之骨骼,悉爲砂粒等外質所構成,非真正之原來骨骼也。此等無骨之情形,與黏液海綿之無骨,亦不能相提並論。

故以嚴意分別之,唯黏液海綿,得稱爲真正無骨者。後二者雖然無骨,然其較早時期,實有骨骼之存在,不過後來始行消失而已。此係就海綿中之爲真正無骨,與似無骨而原係有骨者言之。

此處所欲敘述者爲海綿骨骼系統之演化。就整個之多孔動物門論之，所有海綿之種類可分兩亞門(Subphylum)：一爲石灰海綿亞門(Calcareia)，二爲非石灰海綿亞門(Non-calcareia)。

石灰海綿亞門中，只有一綱(Class)，即所謂石灰海綿綱(Class Calcareia)。此綱中所包括之海綿種類皆有骨骼系統。

非石灰海綿亞門中，共四綱：一爲黏液海綿綱(Class Myxospongida)，二爲三軸海綿綱(Class Triaxonida)，三爲四軸海綿綱(Class Tetraxonida)，四爲眞角質海綿綱(Class Eucerata)。除黏液海綿綱毫無骨骼外，其餘三綱皆有骨骼。此三綱之種類中，有少數極端退化者，其體中之骨骼不復存在。如上所言，似無骨而原來本係有骨者，卽是其例。而其大多數之種類，皆有骨骼存在，且有極形發展者。

石灰海綿綱與此三綱之種類，其骨骼皆係獨立發達者，彼此毫無因襲承繼之關係。故追溯每一綱有骨骼之海綿之演化，不得不分別敘述之，茲依次臚陳於後。

石灰海綿之骨骼

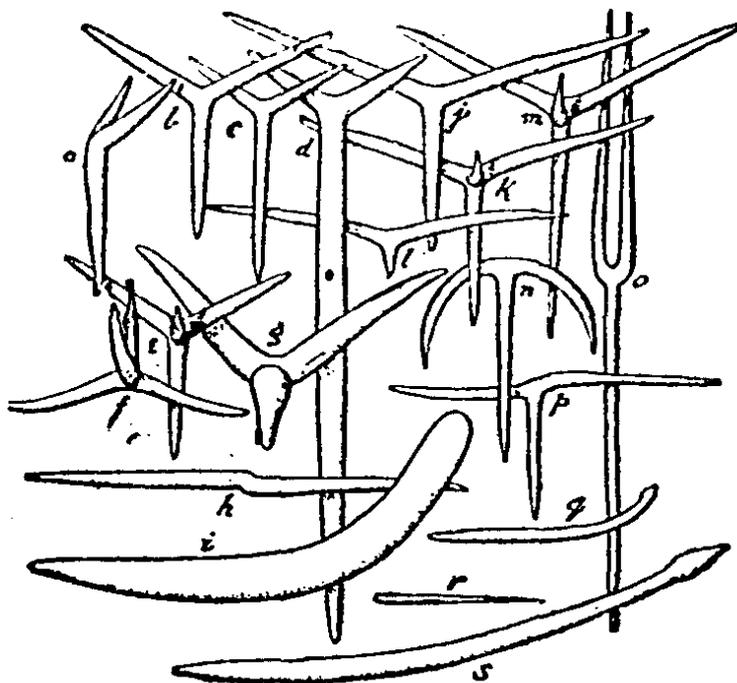
第一所須述者，爲石灰海綿之骨骼。此種骨骼乃石灰之結晶，普通皆屬於方解石(calcite)之性質。其形成也，係由造骨細胞中發達而出。造骨細胞爲何，已曾於第一章言之。

每一骨針皆有極薄之膜以包裹之，此膜謂之骨針鞘(spicule sheath)。骨針爲骨骼系最微小之部分。亦可謂骨骼系統之單位，以其形與針相似，故有此名，前已略爲述及。此處論述骨骼之系統，故復詳言之。

骨針之體，率細而長，其中心係一種有機物質所構成之縱軸。石灰海綿類之骨針，其最普通者有三式。所謂三射式(triradiata type)，四射式(quadriradiate type)，與單軸式(monaxon type)是也(第二十二圖)。三射式及四射式之骨針，皆非簡單之骨針，乃各係一種骨針所成之系統。該系統之構造，係由三或四骨針之合併而然。每一骨針各自由其造骨之細胞發生而出，其後三枝或四枝，彼此合併而成此系統。不獨三射式與四射式有此等合併之現象也，甚至單軸式之骨針亦莫不然。不過此現象在

單軸或偶然有之，非絕對普遍耳。

最簡單之四射式骨針，其所有之射枝，悉在一平面 (plane) 內，(如幾何



第二十二圖 石灰海綿之骨針。 a. 無定式, b. 正規式, c,d, 箭頭式, e, 四射式, f, 四射式, g, 箭頭式, h,i, 單軸式, j, 箭頭式, k, 四射式, l, 箭頭式, m, 四射式, n, 無定式, o, 無定式, p, 無定式, q,r,s, 單軸式。

學中所謂諸線共一平面者是也)。其射式之擺佈，亦可分為三種：(一)正規式 (regular)，所有射枝，其長短大小，形體構造，皆彼此相等 (第二十二圖 b)，其所成之角度亦然。(二)剪頭式 (sagittal)，兩個射枝相等，兩角度亦然 (第二十二圖 c,d,j)，而皆與第三射枝不相同。相等之二射枝，謂之口枝 (oral ray)，其第三枝，奇而無偶者，謂之基枝 (basal)。(三)無定式 (irregular)，此類骨針之排列 (第二十二圖 p) 與以上二式皆不同，無有一定之規則，故以無定式名之。此四射式骨針所有之現象也。

所謂四射式者，其系統之構成 (第二十二圖 e,f,k,m) 亦甚簡單。三個射枝在同一平面之上，於此平面上復加一矗立之骨針，即成四射式。此後來加上之骨針，或謂之頂枝 (apical ray)，或謂之腹枝 (gastral ray)。其餘三枝在同一平面者，概謂之面枝 (facial ray)。此第四射枝與其餘三

枝成直角。此四射式骨針之擺列狀況也。

至於單軸骨針，有甚直者，有彎曲者，形狀亦不一。骨針之兩端，彼此互異(第二十五圖 h.i.q.r.s.)，然視前二式更形簡單矣。

以上所言各種骨針，其形體之構成，其射枝之分布，皆與其在海綿體中所居之位置，有相當之關係，以各骨針皆有其應盡之功用，非如此不足以資適應耳。

多孔動物門分爲石灰海綿，與非石灰海綿二亞門。石灰海綿亞門，只有一綱，曰石灰海綿綱。此綱復分爲二目，曰同腔目，曰異腔目。

此文於論述海綿形體之變化，而屢屢提及其分類之大綱者，蓋欲讀者漸與之相習，將來於閱畢此文之後，對於整個多孔動物門之各綱各目，皆了然於心。甚至一遇見某種海綿，縱不能即識別其隸於何科何屬何種，然稍爲觀察其構造，即可知其爲何綱何目。此治生物學者所必須循之初次步驟也。大凡科學之所以異於他種學術者，以其有最清晰之系統之可尋求。其所以能得自然界之真理者在此，其所以能引人入勝者亦在此，讀者不必硬記此文中之一切事實，只求明瞭其大綱，稍記此生物之較重要之現象，提綱挈領，大處落墨，當可於其進化之各方面，得一真切之印象矣。

石灰海綿綱之同腔目，以白腔海綿爲代表。此目海綿之骨針，前已論及，茲不復贅。以下當更述及次一目，即異腔海綿目也。

此類海綿之骨骼系統之進化，其步驟之有條理可尋，視其孔道系統之進化，初無少遜。可就無花萼式之海綿一論之。

屬於此式之海綿，即皆隸於異腔目者。此式之海綿中，有所謂 *Sycetta* 屬者，爲最純粹之無花萼式海綿。以下敘述此目之骨針，足以代表其進化之起首。以下所言各點，皆係由此屬之骨針，觀察而得之事實。

此屬之鞭毛腔，在其體中成輻射式之排列。體之中央，係其腹腔之所在。腹腔之週圍，即鞭毛腔之所在。惟鞭毛腔與中央之腹腔無甚關係。

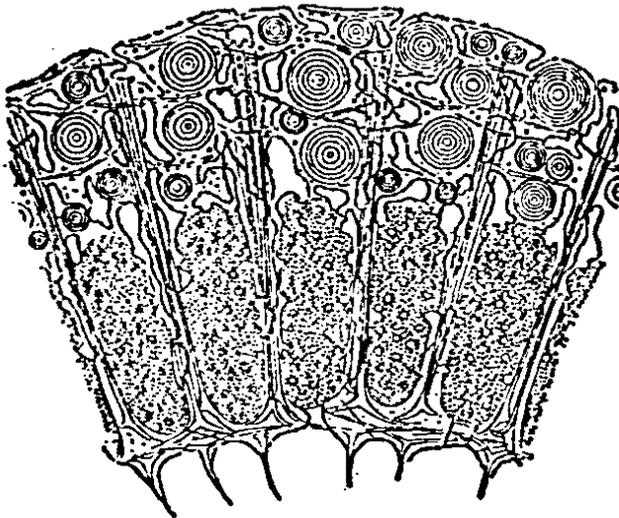
腹腔之壁，有骨骼以支持之，故頗形固定。此等骨骼，謂之腹壁骨骼(gastral skeleton)，乃四射式或四射式之骨針所構成。此等骨針或係箭頭式，其口枝皆指向海綿之出口，其基枝所直指之方向，則係海綿體之下方。此種骨針若復發生頂枝，則此枝所直指之方向，乃其腹腔。此即所

謂腹腔骨骼系統之構造，其每一骨針排列之大致也。

至於輻射之鞭毛腔，其壁層亦必須恃有骨骼以爲之支持。此處之骨骼，係一特別種，其形如丁字，謂之丁字式骨骼(tubar skeleton 第十七圖)。鞭毛腔壁頗形固定，即恃有此骨骼之故。構成此種骨骼之骨針，皆係三射式。此骨針之基枝，皆指向鞭毛腔之巔部(末端)。而其口枝之展布，與該腔之縱軸，成爲直角。

若干骨針，在同一水平線上排列之，一列之上，復有一列。以此層層相疊，成爲關節，積成整個之骨骼系統。丁字式之骨骼，發生關節之功用者，即終此節節連接之故。每一節皆甚固定，而整個骨骼可以屈折，海綿之全體亦莫不然。以其有關節之功用，故能活動也。

此種現象，與無花萼式海綿之孔道系統(輻射式之排列)有連帶之關係。



第二十三圖 Ute 海綿屬 橫切面，表示孔道系統及皮層。皮層中骨針甚大，每一同心之圓圈即骨針之橫切面。

進，其皮膚中遂有骨骼之發生。

此骨骼原係輻射腔之一部，後乃逐漸發達，自成系統，埋藏於皮膚之內。皮膚發展，往往愈變愈厚，其中之骨針，乃構成皮膚之骨骼矣。此種現象在 Ute 屬海綿之某種可以見之(第二十三圖)，其皮膚及其中之骨骼皆甚形發達者也。

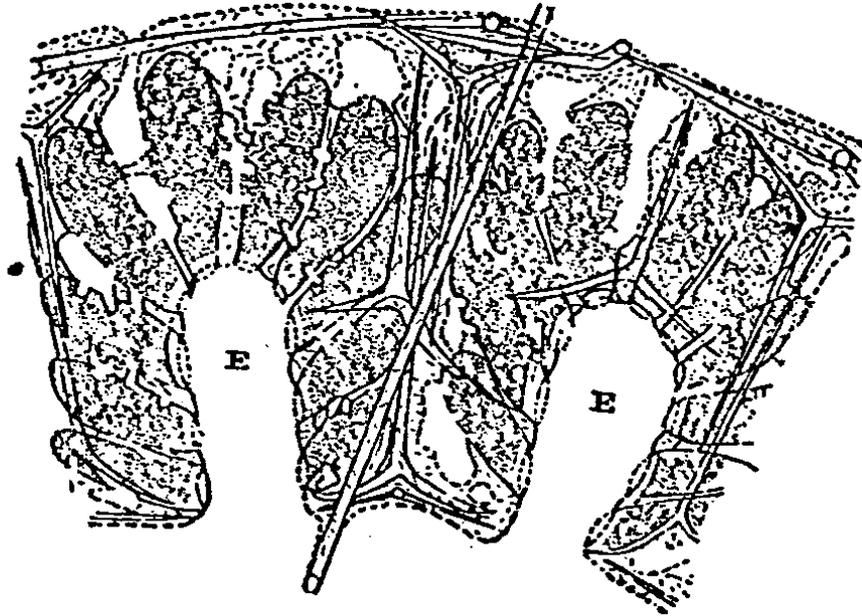
海綿腔壁骨針既已發達，於是復有一部分組成皮膚中之骨骼系統，而皮

蓋凡海綿有此等孔道系統者，其骨骼系統必具此現象。此二現象乃並行存在，在同一海綿之體中，絕無其一者出現，他一者反不出現者。

在無花萼式海綿中，其鞭毛腔皆係輻射之式，前曾言之。該腔之末端皆有單軸之骨針。骨針之一端突出海綿體面之上，驟視之，若海綿之體面生有細毛然。此海綿皮膚爲骨針所穿透者，由此演

膚亦於是甚形發達，成爲較厚之皮層。即此足見骨骼之進化，與皮膚之發達，亦甚有關係。

經過此種變遷之後，腔壁中之骨骼系統又開始有相當之變化發生。而



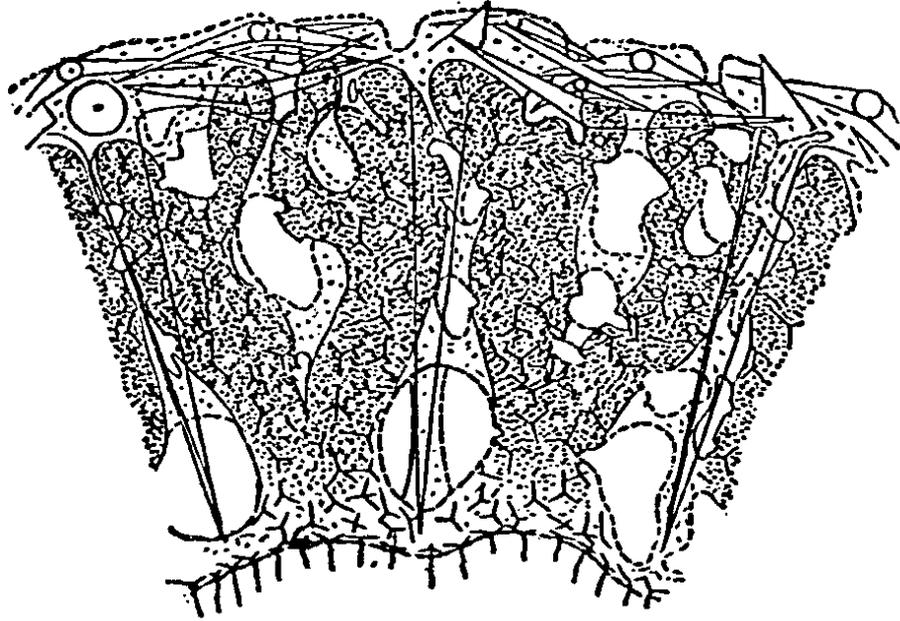
第二十四圖 *Leucilla* 海綿屬之橫切面，表示孔道系統，腔皮，出水孔道與各腔相通，此係石灰海綿類白腔海綿之一

其孔道系統，漸由無花萼式之狀況，變爲白腔式之狀況。於是腔壁骨骼發生之變化，多與孔道系統之變化相輔而進行(第二十四圖與第二十五圖)。

變化既久，最後其骨骼具有關節之功用者(即所謂丁字式骨骼)乃消滅淨盡，毫無遺跡可尋。而腔壁之中，所有之骨針皆係輻射之排列，始則零星分散於各處者，至此其量增多，幾充滿於腔壁之中，或佔據較大之一部分而盡成實質(parenchymal)之骨骼，此其變化之一種也。

繼此以往，變化仍時時發生。如腔壁之骨骼漸形退化，而有他種骨針出而代之。此新生之骨針，或爲箭頭三射式，或爲四射式。其基枝或頂枝皆由皮層之下向內部直指。腔層骨骼之有此變化，與孔道系統之型式如何，竟至無甚關係者，以在任何型式之孔道系統中，其腔層內之骨針皆可由此變遷也。

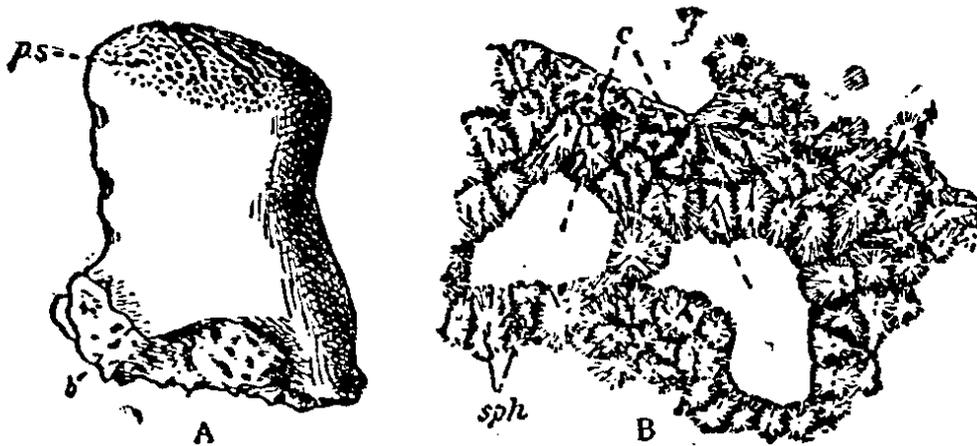
除以上所列舉之腔層骨骼與皮膚骨骼外，尚有所謂出口骨骼(oscular skeleton)者，乃係單軸骨針所構成。此等骨針皆較長，在海綿出口之周圍



第二十五圖 *Heteropegma* 海綿屬，橫切面，表示鞭毛腔分枝甚多，表示下骨針甚大。

成一縫絡(fringe)，此種現象，亦石灰海綿類中所常有者。

石灰海綿中有石灰質與纖維所成之骨針，其形頗奇特。其射枝雖係三條，為三射式之骨針，然其形與其他各種三射式之骨針皆不同，兩射枝向前，一射枝向後，其形與音叉極相似。



第二十六圖 星骨海綿，A.全體，p.s. 孔道之小口，b. 底面，B. 骨骼之切面，sph. 星形之骨，c. 孔道。

又有所謂石口海綿(Petrostomata)者,體中之骨針,皆石灰質所成。所有骨針皆融合成爲一塊而不可復分。

又有所謂星骨海綿(Astrosclera)者,其石灰質所成之骨骼頗形堅硬。其骨針由特別之造骨細胞所產生,有輻射式之構造,後變爲球形之岩石,多數集聚,極形緊湊,遂成極堅硬之骨骼。此種海綿之體質格外堅固,卽以此故(第二十六圖)。此種海綿,由表面視之,與岩石甚相似,往往多數海綿體聚成一大團體。石灰海綿之骨骼系統,大概如上所述。

非石灰海綿之骨骼

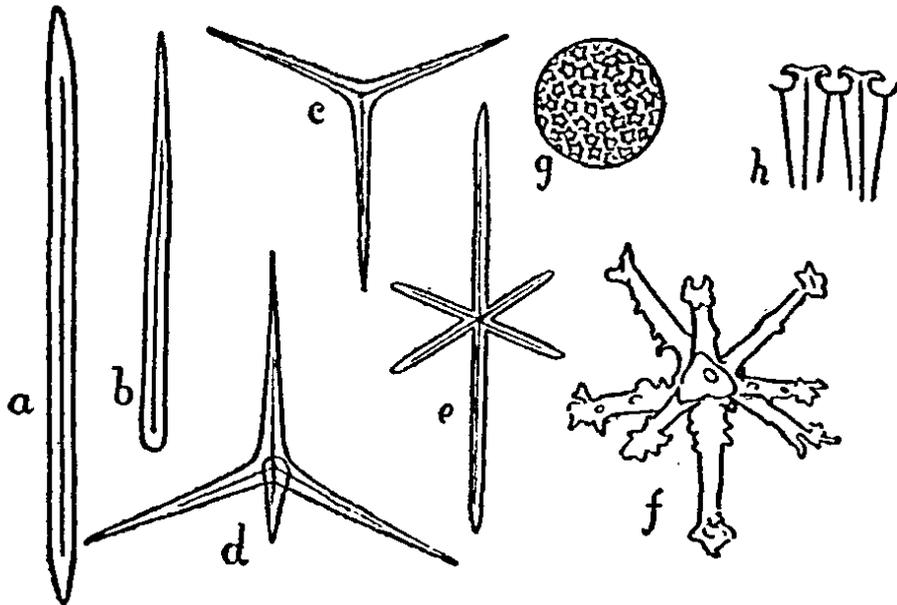
以下所言者係非石灰海綿之骨骼。此類之海綿,其骨骼係骨針所構成,與他種有骨骼之海綿,大致相同。惟此類海綿所有之骨針,非屬石灰質者。故此類海綿謂之非石灰海綿。

多孔動物門中只有二亞門:一曰石灰海綿亞門,二曰非石灰海綿亞門。六射海綿乃非石灰海綿類之一。故以骨針集聚,構成骨骼而論,其大致與以上所言之石灰海綿類亦約略相似。

六射海綿之骨骼 現在所論述者,係六射海綿之骨骼,其構成之分子,皆係矽質之骨針毫無石灰質之存在。每一骨針爲三軸式,共有六射枝。或其型式頗有變遷,與純粹之六射骨針有形體上之殊異,然仍不脫乎六射式之範圍。每骨針之每一射枝,其中心係一有機質之細軸,此點與石灰海綿之骨針亦相同。唯軸之週圍,乃膠質砂土所構成之薄層。骨針之本質,遂相迥別。薄層之外復有薄層,層之多寡不等,皆以此有機質之細軸爲中心。當海綿生活之時,此有機質之中軸甚形健全。迨海綿已死,成爲乾標本或爲藥水泡製之標本,此中軸必全形消滅,不復存在。於是骨針之中心,遂出現一空隙,以此空隙既細且長,故其形甚似一細道。此骨針構造之大致情形也。

骨骼之變異甚多,故由其形體上觀之,頗具饒有興趣之現象。故海綿雖爲極下等之動物,其體中之骨針又係微細之物,然其各種發展,各種變遷,其有耐人尋味之處。研究動物學者,觀察此種現象,深感古人天地生物不測之說爲不謬也。

六射海綿之骨骼，其骨針皆係三軸六射式。所謂三軸者，即是三個骨針彼此相切，各成直角。所謂六射者，即骨針之每一條，分爲二射枝。故三軸遂有六射枝也(第二十七圖)。此種骨針，積少成多，構成此類海綿之整



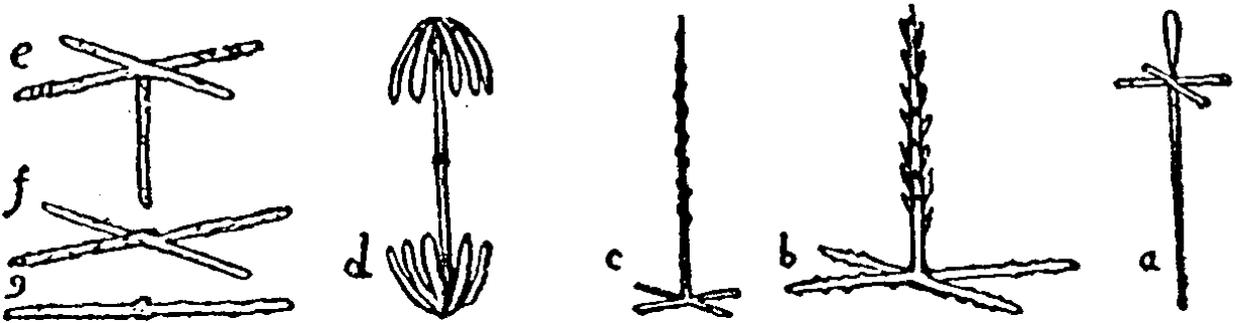
第二十七圖 矽質大骨針，a. 兩射單軸，b. 刺錐式，c. 三射，d. 四射，e. 六射，f. 多軸式，g. 實心星式，h. 即切面之一部。

個骨骼系統，謂之六射骨骼系統，亦可謂三軸骨骼系統。海綿之有此種骨骼系統者，謂之六射海綿類或三軸海綿類。故骨骼系統之名，與此類海綿之名，統由骨針之爲六射或三軸而然。

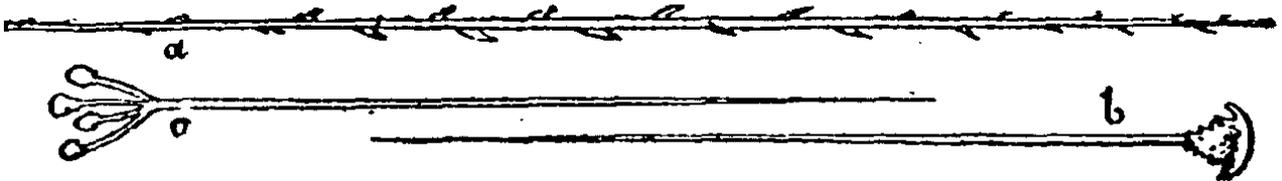
此種骨針往往發生簡化之現象，其射枝中有一，或二，或三，或四，或五枝之簡化。換言之，即失去一，二，三，四，或五射枝。因此之故，六射骨針有變爲五射，四射，三射，二射，或單骨針之可能。此其變遷之易見者，除此之外，尙有其他變化。每一射枝往往復有其自身分出之細枝。此等細枝之形體變異亦甚，或成一細刺之形，或其上生有小結，或其體頗形彎曲，或由其體上發生許多附枝或他種構造，如第二十八圖，二十九圖所示，乃其所變化之結果也。

骨針之中，有所謂六星式 (hexaster) 者，原係六射骨針之一種(第三十圖)。其體極形勻稱，射枝各自發生分枝。原來之射枝，只餘四條而非六

條者，或係其二條因簡化之故而不復存在。此四射枝謂之初生射枝。其所生出之射枝，謂之次生射枝，或謂之末端射枝。此等末端之射枝，各自成爲星形。此式之中，又復分爲各亞式，亞式之名稱以射枝之形狀而定。



第二十八圖 六射骨針之各式，d. 雙盤式，骨針皆經變化故射枝之數不限於六條。



第二十九圖 六射骨針之變相。

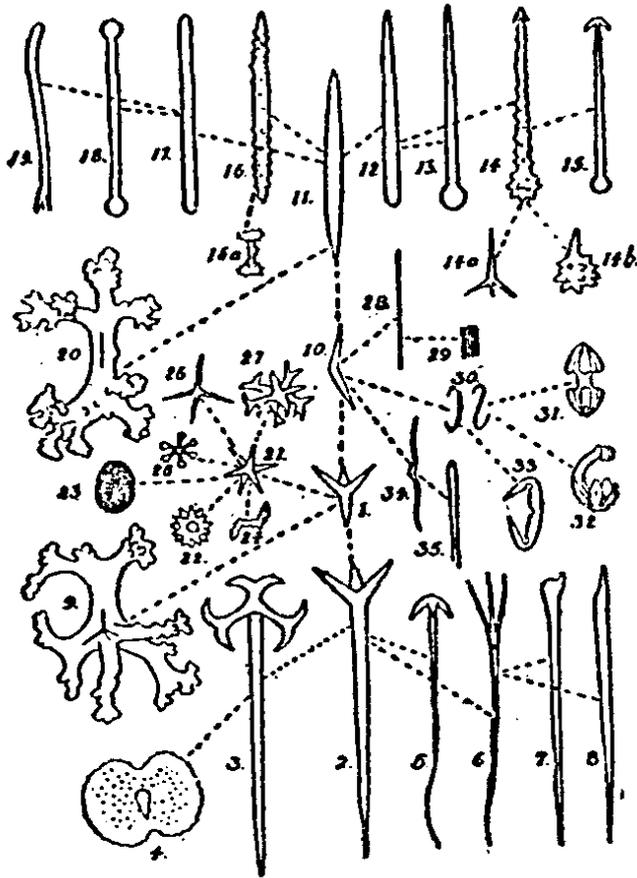
如射枝成爲花冠狀者，謂之花冠亞式(*floricome*)，有成爲羽毛狀者，謂之羽毛亞式(*plumicome*)等等是也。又有所謂雙盤亞式者(*amphidisc* 第二十八圖d)，乃係兩射之骨針。其兩條射枝，彼此相反對，而其兩端(即其射枝之末端)發生顯著之變化，成爲盤形。於是射枝之兩頭各有一圓盤狀之構造，故謂之雙盤骨針。此構造往往由平扁之狀而變爲圓球形，然以其本係由圓盤狀變化而成，故仍以雙盤名之，未曾更立名目也。圓盤之週緣，又往往發生附屬之質，皆係小齒形，惟不甚顯著易識耳。

骨針構成整個骨骼系統，在凡有骨骼之海綿中，無不如此。然其在海綿體中之擺布，頗有疏密不同之處，且其集聚之據點，亦大有分別。骨針有於海綿體中，四處散布，頗離析而不相連者。在六射海綿類，以其體中造骨細胞分泌矽質，骨針既賴矽質而構成，構成之後，仍爲矽質所黏，彼此連結，成爲網形。此種情狀，以視骨針之分散而不相統者，迥然有疏密之別矣。

矽質骨針，不獨深處於海綿之體中，而多突露於其體之表面。此等骨針

最易察見，謂之突露骨針(*prostalia*)。然突露之地位，各有不同。其在海綿體基部突出者，謂之基部突露骨針(*basalia*)。有在其體之側部突出者，謂之側部突露骨針(*pleuralia*)。有在其出口之週緣突出者，謂之周緣突露骨針(*marginalia*)。體面突露之處大約不外此三者，其例外之情形，尙未之見。

其在基部突露於外者，率成根毛(*root hairs*)之狀。因此之故，海綿之體可以附着於其體下之物質上，如岩石，淤泥，或他種物體，皆可為棲止之據點。海綿之能靜止一處，頗形穩牢者，蓋以基部之骨針突出，如植物之有根與根毛然。(玻璃索海綿 *Hyalonema* 及天女花籃海綿 *Euplectella* 等皆六射海綿之生於海底者，咸藉基部突露骨針之發達，而能在海水中挺植不移)。此則海綿本體之末端，可以成拋錨之功用者。基部突露之骨針，發長無已，其長度往往極可觀。玻璃索海綿之得是名，即以此等骨針極長之故。有所謂 *Monorhapis* 屬海綿者，體中之骨針皆係二射式。骨針之長度，可達二三尺左右，其粗度與一鉛



第三十圖 四射骨針之各種變相。

1. 初型四射骨針。2. 斜齒式骨針。3. 雙齒式骨針。4. 盤齒式骨針。5. 上齒式骨針。6. 前齒式骨針。7. 與8. 三齒之骨簡化為單軸骨針。9. 四射畸骨。10. 初型雙射骨針。11. 兩銳頭之骨針。12. 刺錐骨針。13. 圓結刺錐。14. 帶刺尖頭骨針。14.a與b偽星骨針。15. 小錨頭骨針。16. 帶刺雙尖頭骨針。16.a雙星骨針。17. 鈍頭之骨針。18. 雙結頭骨針。19. 筍頭骨針。20. 單軸畸骨。21. 星式骨針。22. 球星骨針。23. 實心骨針。24. 旋軸骨針。25. 小結星式骨針。26. 銳射星式骨針。27. Y射星骨針。28. 長髮骨針。29. 短髮骨針。30. c形與s形骨針。31. 等鉗式骨針。32. 非等鉗式骨針。33. 雙鉤骨針。34. 弓形骨針。35. 鐮形骨針。

筆相若。此海綿利用其基部突露之骨針，附着於其體下之物質，如串肉之針(skewer)，扎於肉上，自上而下，屹然穩定。海綿之體遂得植立，而不至為海水所漂動。由此觀之，基部突露之骨針，其有助於海綿之生活亦匪淺鮮矣。

此外復有所謂皮膚突露之骨針(dermalia)，乃皮膚中骨骼之特別構造也。有所謂腹部突露之骨針(gastralid)，乃胃部骨骼突露於胃腔之中者。海綿係極下等之動物，本無所謂胃之構造。此處所謂胃部，乃其體中之空腔，有消化之功用者，故強名之為胃部。讀者參閱以前言及海綿之消化腔之處，即可明瞭於其胃之來源，構造，與其位置。

介乎皮膚骨骼與胃腔骨骼之間，有所謂實質(一名填質)骨骼者(parenchymalia)，前已言及。此質乃骨骼中最重要之組織。海綿本體恃有此質以支持其腔層(chamber layer)及腔層附近之各種組織，甚屬得力。

骨針較大者，悉謂之大骨針(megascleres)。其甚微細者，悉謂之小骨針(microscleres)，在六射(三軸)海綿類中，此二者頗不易區別。以各骨針之大小，相去不甚相遠，故頗形混淆。若在四軸海綿類中，則大者小者，相差特甚，故一望即可知其屬於何種矣。

四軸海綿之大骨針 此類之海綿自成一綱，謂之四射海綿綱(Class Tetraxonida)，屬於非石灰海綿亞門(Subphylum Non-Calcareia)，與六射海綿同隸於一亞門，而各自為一綱者。其與六射海綿之區別，即一係有六射之骨針，每骨針皆係三軸，一係四軸之骨針。倘遇此二綱之海綿，外部形體有相似而不易分別之時，則取其體中之骨針，於顯微鏡下一觀察之，立時可以定其屬於何綱。

四軸海綿之骨針，亦係膠性矽質(colloidal silica)所構成。以上各篇中，屢次言及之卜氏海綿屬，為四軸海綿之最淺演者。此處又須論述之，以為尋求骨針進化之步驟(二十八圖d)。

此類海綿體中之骨針皆係四軸，由此演進，遂生種種之變遷。四軸骨針之基本形體既係有四軸，如其名所示，每一軸之中心，係有機之物質。當海綿生存之時，此有機質之中軸甚健全。若海綿喪失其生命，此有機質之中軸遂消滅，而中軸之一大部分變成空隙。此種情形，與前所言之六射海



綿正相同，與石灰海綿亦無少異。

四軸只有四射枝，且各射枝之長度皆相等，其彼此相遇而成之角度亦相等，各射枝相遇之處，為骨針之中心。其頂尖(即射枝之末端)乃佔據稜錐(金字塔形 pyramid)之四角。稜錐之四面，皆成三角形。四軸海綿之骨必須係四射者，其故乃顯而易見者也。卜氏海綿之骨針，其體積之大小，率無甚區別。此該屬海綿在四軸海綿綱中，所以為最淺演，而無甚進化者也。故雖隸於三軸海綿綱，而與同綱內所有其餘之種類皆不同。且由此一點觀之，乃較其餘者為最淺者也。

由此進化，此綱內之海綿種類，其位置漸高，於是其骨針有分化之現象。所謂分化者，即一部分之骨針，乃特別發達，其體積遂漸形長大。其餘之一部分反有收縮之趨勢，收縮日甚，其體積遂形微小。在同一種海綿之體中，其骨針乃有大者與小者之別，此即所謂大骨針與所謂小骨針之起首也。

骨針之小者，率散佈於中膠層之內，非海綿組織中重要之質。其大者，對於海綿骨骼系統之構造，甚有關係。有所謂三齒大骨針(triaene)者，蓋其三條射枝皆彼此相似，而其第四射枝，與其餘者乃格外不同。故此骨針謂之三齒式。

此式之中，最簡單者謂之斜齒式(plagiotriaene, 第三十圖2)。此骨針有三簡短之射枝，第四枝則特別延伸而成一長幹。各射枝彼此所成之角度，大約皆相等。此其一種也。其餘尚有數種可得而言之。如骨針之射枝與其長幹所成之角度，大約可成直角者，則謂之直齒式(orthotriaene)；若射枝向前突指，則謂之前齒式(protriaene 第三十圖6)；若射枝向後突指，則謂之上齒式(anatriaene 第三十圖5)；若射枝成爲二分枝，則謂之雙齒式(dichotriaene 第三十圖3)；若射枝向兩側膨脹，彼此化合，成爲平盤形，則謂之平盤式(diseotriaene 第三十圖4)。此三齒大骨針之各種變化也。

然尙不止於是，射枝或自行縮小者有之，或竟消滅不復存在者有之(第三十圖7與8)。若射枝盡行消滅，則骨針本身所餘者只有一長幹，幹之兩端，或皆尖銳，或其一端尖銳(此一端即是幹之末端)，而他一端(此即幹之

基部)則甚圓,至此則骨針已變為單軸與單枝。此種變象,不可謂不甚矣。

然變化愈演愈甚,大骨針因射枝之末端發生分枝,其最初之時此骨針原有四射枝,後竟演化日深,遂成奇特之狀,骨針之原舊型式乃不可復認。每一射枝亦失其細長之形。因發生分枝,分枝亦復變化之故,其原來射枝之數,亦不可得而尋,至此時則骨針變成一畸形之骨片矣。如第三十圖9所示,即為其一例。然以其由四射骨針之發展而成也,故名之為四射畸骨(tetracrepid desma)。

以上所言,乃四軸海綿骨針之較大者所有變化之一斑也。其中須注意者,則為四軸骨針變為單軸之現象。其變化之各步驟,饒有興趣,此乃治生物學者所樂於討論,故於此欲為讀者一述之。

骨針之為雙射枝,有由四射枝變化而來者。蓋四軸海綿,其四射之中,有二射枝因演化進行,竟至消滅,故只餘其他二射枝存在。此種現象,在卜氏海綿已曾見之。所餘之二射枝,其初甚易識別,以此射枝之間,尚餘一角度也(第三十圖10),故此時仍係二軸之骨針。唯此二軸因演化漸深,彼此竟成一直線。二軸間之角度,遂不復存。到此程度之時,則此骨針已變為單軸之式。然猶可謂之兩射骨針者,以此骨針之兩端皆尖銳也。以後其兩端漸變圓鈍,則謂之鈍頭骨針,仍可謂之兩射式(第三十圖17)。若其鈍頭增大,分為兩圓結,則謂之雙結骨針。若其一端變為圓鈍,而未會漲太,成一圓結,其他一端,仍形尖銳,則謂之刺錐骨針,(第三十圖12),以其形甚似一尋常之刺錐也。至此則兩射之形亦不可復認。總之,骨針之變化愈多,其名目亦愈繁。以極下等動物,其體中至微小之組織,而有如此層出之變化,亦云異矣。

骨針之變遷,到此地步,變成單軸與單枝,故有稱之為單射式之骨針者,前曾言及刺錐骨針(第三十圖12)即是此種骨針之一。此種骨針以其一端較銳,他一端則較鈍,形如刺錐,故有此名。此較鈍之一端,後亦可發生變化,漸形漲大,變成一圓結(第三十圖13)。骨針之表面上,亦時有變動,往往發生許多小刺,其大小,其分布,皆無一定之規則。在兩頭尖銳之骨針,與一端尖銳,一端有圓結之骨針,皆可發見此現象,如第三十圖14與16所

示者是也。

骨針之爲單軸者，其一端即變爲圓結，而其尖銳之一端，因發達而成反曲之刺，其形與小錨相類，如第三十圖15所示，爲該種骨針之代表。此種形體與前所言之上齒式骨針(*anastriaene*)相近。

有所謂偽星式之骨針(*pseudoaster*, 第三十圖14a與b),乃係由有刺之骨針發達而成。此原來有刺之骨針，有基部較形粗厚，而由此逐漸增大。至於其原有之幹，乃全行消滅，不復存在。該骨針之形體，遂與星形之微骨針相似，故有偽星式骨針之名。此種骨或最初係兩端尖銳，其體面生有細刺。骨針本身之長，逐漸縮短，而細刺反形發長。於是由長幹之骨針，變爲短幹之骨針。骨針之兩端增大，而各成星形，如第三十圖16a所示，在淡水海綿(*spongillinae*)中可以見之。

骨針之兩端尖銳者，若在海綿之體中，處於輻射之位置，換言之，即其在海綿體壁中，一端指向其中央之胃腔，其他一端指向其外圍(*periphery*)，此向外之一端，有時可以漸漸增大，成爲圓結。此結有時突露於海綿體之表面，故謂之外結骨針(*exostyle*)。此又骨針之一種也。

兩射之大骨針，因其兩端發生許多分枝，於是變成一種畸形，所謂單軸畸骨(*monocrepiadesma*)，如第三十圖20所示，其初乃係兩射骨針，而後成此變象。由其形體之外觀而論，則此骨針與四射畸骨甚相似，所以此圖所示者，與第三十圖9所示者比較之，即見其形體之相去不遠矣。

鈍頭骨針(*strongyle*)因其一端發生變化，該處出現若干之銳刺，此種骨針與幼筍之茁生相似，謂之筍頭骨針(*clodostrongyle*)，此又骨針之一別式也(第三十圖19)。

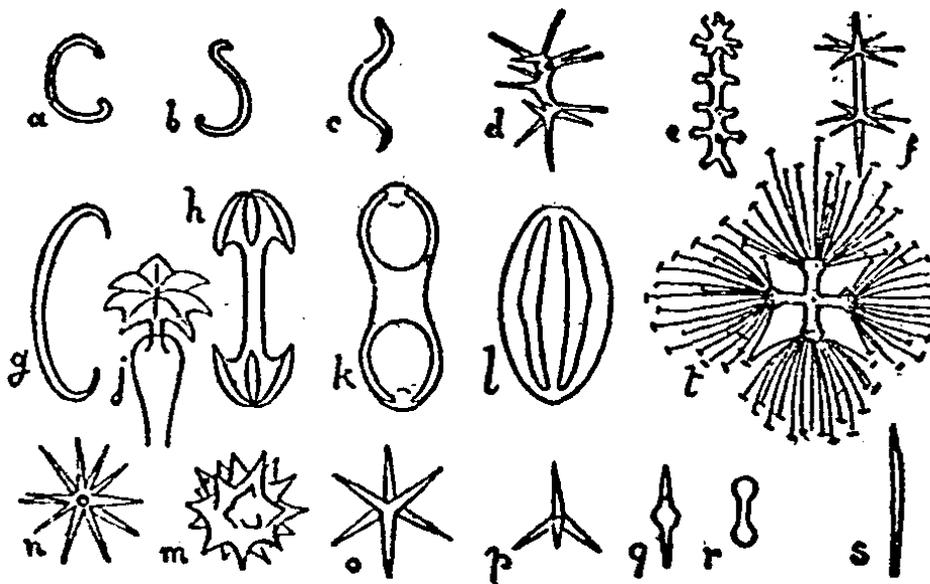
兩射之小骨針 以下所續敘者，爲小骨針之各種變化，茲先就兩射之小骨針(*diactinale series of microsclers*)，論其大概。

此類之骨針，演化之多，不遜於前所言之大骨針。其演化之發生，係託始於一種兩端尖銳之骨針。第三十圖10所示之骨針，即一切變化所起首。

此骨針之中部係一角度，此乃兩射骨針之演化程度最低者。小骨針由此開始發生演化，初爲一種變象，其形甚細而較長，於是而成長髮式之骨

針(rhaphis),如第三十圖 28 是也。次則斷變為短小,以其體如一撮之短髮,謂之短髮式骨針(trichodragma);如第三十圖 29 是也。復次,乃由此淺演之兩射骨針,演化而為弓形之骨針,如第三十圖 34,係細小兩頭尖銳之骨針,中部曲折較甚。中部之兩邊,亦稍形曲折,其兩端亦然,無以名之,故勉強謂之弓形骨針(toxon),謂其曲折而已。由弓形骨針演化,其曲折之度,愈變亦愈甚,其兩端幾至相拼,中部之左右兩部,竟至彼此平行,以其形與簡單的鑷子相髣髴,謂之鑷形骨針(第三十圖 35,labis 唇形,又 forcipiform 即鑷形之意)。又有 C 形與 S 形之骨針(第三十圖 30),亦皆由此最淺演之兩射骨針演變而成。由 C 與 S 形骨針,復行演變,至成雙鈎形(diancistron),如第三十圖 33,與袋刀之半開者相似。又有各種鉗形之骨針(chelae),如第三十圖 31 與 32 等皆是。此種骨針之形體,皆極奇特,與尋常骨針之形體,乃絕不相類者。鉗之每一端,皆變為曲折之銳齒,該齒之數亦甚多。

鉗形骨針之海綿自成一科,謂之畸齒海綿科(Desmacidontidae),其中



第三十一圖 a.c. 形骨針之一 b.s 形骨針。 c. 弓形骨針。 d. 旋星骨針。 e. 聯星骨針。 f. 雙星骨針。 g.c 形骨針之一。 h.k. 等鉗骨針。 j. 鉗骨針之頭。 l. 瓜鐘骨針。 m. 球星骨針。 n.o.p. 銳星骨針。 q.r. 簡縮之星式骨針。 s. 微小之銳頭骨針。 t. 六星骨針之一部。

變象亦指不勝屈，而每一種皆有一定之形態，爲之特徵。其中最奇特者，爲瓜錨骨針(第三十一圖 l, melonanchora)，其形如瓜，而在海綿體中，此種針能與其他鄰近之組織相連繫，以爲固定海綿體質之功用，如錨之入於水底淤泥之中，頗形牢固者，故謂之瓜錨骨針。此名詞蓋表明其形體及其功用耳。

骨針又有最奇特者，其形與琵琶相似，謂之琵琶骨針 (guitara)，乃骨針中之愈變愈奇，以兩射之小骨針，而有此種變象，不可不謂非演化之甚者。

鉗形骨針有兩鉗枝相等者，謂之等鉗式骨針(isochelae)。亦有不相等者，謂之非等鉗式骨針(anisochelae)。兩射之小骨針之變化，大概如上所述。

多射之小骨針 (polyactinal series of microscleres) 尋求此類骨針之進化，宜由淺演之四射骨針起首。其最初之變化，係其體量上之縮小，與此同時進行者，又有其射枝之增多。以此之故，則有銳射星式之骨針(oxyaster)出現，如第三十圖26。惟此時四射骨針尙無演進，故原舊之四射型式尙存在。繼此以往，則射枝即行增多矣。銳射星式骨針，每一射枝既細銳，又無顯著之中心部分爲各射枝之基部，彼此相遇於一處，此處雖較射枝之末端爲粗厚，然終係微細耳。其中心部分發展者則有球星式骨針(spheraster)出現，而射枝遂形增多。第三十圖22，爲由星式骨針(第三十圖21)演化而成之球星形骨針，該圖中所示由真正星形骨針所構之各虛線，即表明其周圍所列之各種骨針，皆係星式骨針之變象。

銳射星式骨針(第三十圖26)乃最簡單者。迨球星式骨針出現，其形體已不復如此簡單。該骨針中心之部分，甚形發達，復由此發出許多射枝，惟每一射枝既短且粗，成短突起之狀，與銳射骨針所有者，大不相同耳。

有所謂實心星式骨針者(sterraster)，第三十一圖 g，爲該骨針之全體，即多射小骨針之一種。第三十一圖 h，爲該骨針切片之一部，表示二射枝之互相密湊。實心星式骨針所有細小之射枝爲數甚多，彼此化合，該骨針爲一實心之球者，即以此故。此種構造成爲Geodiidae科之特徵。凡屬於此科之海綿，其體中必有此種骨針之存在焉。

有所謂螺旋星式骨針者(spiraster, 第三十圖 24), 表示此骨針之形體, 其中心之部分延長而凝絞, 略成螺旋之狀, 而原來之星形亦不存在。然以其原係由真正星式骨針演化而來, 故仍以螺旋星式名之。

此外尙有其餘之一種星式骨針, 每一射枝之末端膨脹成一圓結(第三十圖 25), 或每一射枝之末端, 分爲二叉枝(第三十圖 27)。骨針之形體, 變異甚多, 然皆係過於微小, 非專攻此問題者, 率忽視之。

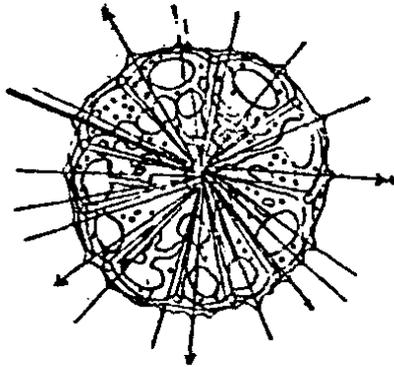
四軸海綿骨骼之布置 (arrangement of the skeleton in the Tetraxonida) 此類海綿骨骼之最淺演者, 概係零散之四射式, 分布於中膠質之中。骨針與骨針之間, 彼此毫無連絡, 中膠質所在之處, 係介乎兩腔之間; 如胃腔與輻射腔之間, 或輻射腔與輻射腔之間, 皆有中膠質充滿其中。此種骨針在中膠質內之分布, 毫無一定之規則, 以骨骼之全體而論, 凡屬此種分布之性質, 謂之分散骨骼。

海綿進化, 其體面上有外質(ectosome)之發生。外質或係甚薄之膜, 或係較厚之皮。惟既有外質以爲之皮層, 則皮膚骨骼遂亦發達。皮膚骨骼, 往往只有甚小之骨針, 然此亦有特化之性者。由此發生較重要之變化, 卽此等骨針發生三叉之射枝是也。骨針之本身有此三叉之齒, 復有一較長之幹。在海綿體中, 此齒恒伸入於外質之中, 或展布於外質之下, 構成較形健全之皮膚骨骼。至於其幹, 則向海綿體之中部延伸, 貫穿腔中之領質。此類海綿中有一屬, 名盤皮海綿屬(Discodermia)者, 其骨針之射枝(齒), 皆係砂質所構成。骨針之齒, 彼此密湊, 互相化合。在海綿之皮膚中, 成爲甲板(armour)。此質全係砂質, 其形如盤, 故有盤皮之名。骨針之齒(三叉射枝)既形發達, 如前文所言之上齒式, 及前齒式, 皆係此三叉射枝之型式。迨海綿之骨針發展, 至有一長幹與三叉之齒之時, 則上齒前齒等現象皆當出現矣。此等之齒若突出於海綿之體面, 則海綿之表皮遂有許多之棘刺, 而成棘皮之現象。海綿生活於水中, 藉此可以保護其本身, 而不受外敵之侵害。此等棘皮之功用, 與盤皮之能爲海綿身體之遮護者, 其利益亦正相似也。

在盤皮海綿屬之中, 骨針之幹, 間有甚形縮小者, 此乃例外之現象, 不易多觀者。以普通情形論之, 凡屬此類之骨針, 率係有一長幹, 其發展之狀

况極形圓滿，許多幹枝聚集成爲一束，又時時與他一類之骨針，所謂尖頭骨針者，混雜於一處。此等骨針，或其所成之骨針束，在海綿骨骼系統中，成爲重要之部分，而由海綿體之中部，向四圍放射，構成輻射之骨骼，以之支持海綿之體式，甚爲得力。大多數之四幅海綿類，其骨骼系統之構成率係如是。

又有星芒海綿者(第三十二圖)，自成爲一科，謂之星芒海綿科(Stelodidae)。其體中之骨骼，純係輻射式。與以上所言之情形相同，大多數之骨針，仍保存其原有之四射式形體，而未嘗有所改變。此種骨針亦與尖頭骨針有攙雜混合之狀況。此科之中，大多數之海綿大概如是，然亦有由



此演變，成爲另一種之現象者，如 *Tethya* 海綿，其骨骼雖係輻射式，而其骨針則盡脫離四射式之形體，而變爲單軸式。在此屬海綿之體中，只見此一類之骨針，絕無他類骨針之存在。此種變化可謂最明顯者，然其演進固不以此中止也。

骨針之形體，既由四射而變爲單軸，而其骨骼之形體，更由此而有變動。以上所言各種海綿，皆有輻射式之骨骼，至此乃變爲網式之骨骼。蓋骨針既已變爲單軸式，其輻射之擺列，尙未受有影響。此等單軸之骨針，往往多數成爲一束，其原來之骨針成束者，謂之原生束。迨後來復有新骨針發生，亦多數結成一束，謂之次生束。原生束與次生束之數皆甚多，在海綿體中一望皆是。此二種骨針束，彼此連絡，交互縱橫，此時每一骨針之三叉射枝(齒)，漸行消失，其整個骨骼，乃由骨針束組織而成，其形如網，故謂之網式骨骼。大多數之單軸海綿類皆有此特徵。此乃其骨骼系統演化之最見認識，而饒於興趣者也。

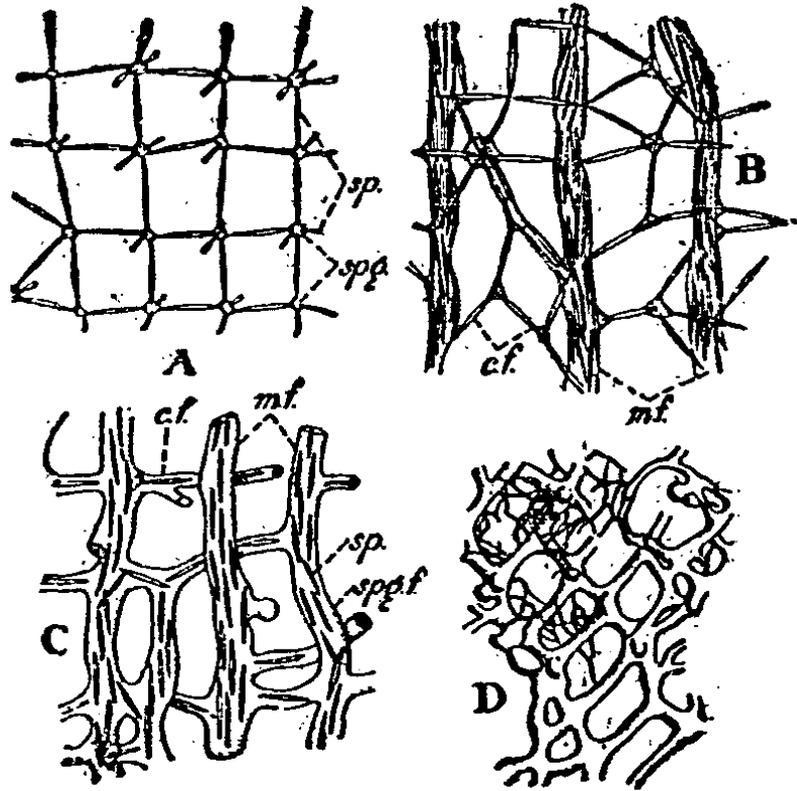
海綿有網式骨骼之後，海綿之全體乃發生變化焉。其形體發長既無一定之規則，其體積亦因而增大，是則其內部之骨骼系統與體式及體積之發展，似有連帶關係者。

介乎此類之海綿與輻射骨骼之海綿之間，有一居間式(intermediate)。

有所謂 *Tetilla* 海綿屬者，即是此式。此屬之海綿，其體積率較碩大，而其體中之骨針束 (spicule bundles)，則純係初生性質，毫無所謂次生之骨針發見於其間。以此之故，此海綿之骨針雖係由四射而變為單軸式，而其骨骼之擺布，尙未能脫離輻射式，而成為網式。故凡屬網式骨骼之海綿，其演進之程度，乃越過此居間式者也。由此觀之，海綿之達到網式骨骼之狀況，並非一蹴而幾，尙須經此一番週折而後可。

海綿之中，有所謂 C 形單軸海綿 (sigmatomonaxellida) 者，係四軸海綿綱 (Class Tetranida) 中之一目。此類原自有四軸之骨針，後經種種變化，而成為單軸之式。故雖名為單軸海綿，而仍隸於四軸海綿綱，以其骨針有曲折似 C 者，故以此名其目。此目中所有之各屬，其體中之骨骼幾無一不是網形者。在其體中有一種新生之角質，此角質即是海綿絲。

前數篇已屢次言及海綿絲之來源及性質矣。海綿絲有膠黏之性，將所有之骨針盡行包裹，成為纖維，骨針裹於纖維之中心，造成海綿絲之角質，最初之時為量甚少，後乃逐漸增多。如 *Reniera* 海綿屬 (第三十三圖 A) 中，此質已甚富，包圍每一條骨針，此時其總量與骨針之總量已相埒矣。



第三十三圖 偽角質海綿網形骨骼之演化。
A.B.C.D. 演進之步驟。 sp. 骨針。 spg. 海綿絲。 mf. 初生纖維。 cf. 次生纖維，又名連絡纖維。

及 *Desmacidonidae* 等等，角質愈增愈富，超過骨針之總量，所有骨針盡

行埋沒於此黏質之中。海綿絲既係由此質構造而成，此時海綿之骨針爲此質所裹，當骨針尙屬幼稚發長未充之時，需要相當食料之供給，而其體之周圍，悉爲此質所遮，其食料之來源竟行隔斷，骨針雖爲纖維之軸心，而陷於食料斷絕，其發長因之而停頓。遲之未久，必至夭亡，最後乃盡行消失，於是纖維之中軸，成爲空隙，不有骨針之存在(第三十三圖D)。此纖維之中心，原係有一骨針以爲之軸，後來不復有此軸。此其所經過之大略情形也。

惟海綿體內之中膠質，往往不會含有任何種骨針者，此處在海綿體中，並非造骨細胞所集聚，故不必一定有骨針也。在此種情形下，則其骨骼之成分，乃盡係角質而已。然此類海綿之中膠質內，雖無骨針，而他處當最初之時，原有骨針之存在。該類海綿並非自始即完全缺乏骨針，而純恃角質以構成其骨骼者，故有偽角質海綿(pseudoceratose)之稱。此亦骨骼系統之一種變象也。

又在 Ectyoninae 亞科之骨骼中發生一種有趣之變化，而有所謂刺錐(acanthostyles)或結錐(acanthotylostyles)等骨針之出現。〔該骨針之基部，爲海綿絲膠着於纖維之上，其巔部突入於周圍之柔軟組織中。此種骨針謂之棘骨針(echinating spicules)。其功用係抵抗海綿內部之寄生物，此乃最爲明確者。在 Agelas 海綿屬中，其角質纖維甚形發達。該網體所裹之骨針完全消失，而棘骨針以不爲角質所包裹之故，尙能存在。又在 Axinellidae 海綿科骨針之爲角質所裹者，皆具有棘骨針之性質。角質包裹此種骨針，其所構成之纖維亦有特殊之變化，其形體頗與羽毛相似。此其與以上所言各現象迥然不同者。〕

觀察海綿骨骼之演化，往往遇見一種特別之骨骼，發展於海綿體外質之中，謂之皮膚骨骼。此種構造與以前所言三齒骨針(triaenes)以其射枝(cladi)所構成之皮膚骨骼，乃迥不相同，要不可併爲一談也。故此點尙須記清，如 Geodiidae 海綿科所有各種海綿，其皮層皆甚厚(第二十圖)。此厚皮之中，爲實心式之骨針所布滿，即所謂皮膚骨骼也。

許多海綿，其體面有骨針所組織之一密層。該層中之骨針盡係單軸式，爲數甚多，故其構造極形完密。骨針成輻射之排列，其巔部(末端)透露於

海綿體面之外，成顯著之突起，此即所謂體面之突起，亦可謂皮膚骨骼之一種。又凡海綿之骨骼成爲網形者，則其本體之外質恒不甚厚，而僅係一層薄膜。此膜既極脆弱，此網形之骨骼遂發生重要之功用，緣外質賴其支持之力，故得保持其原狀，此亦皮膚骨骼之一種。惟此與海綿體內之主要骨骼略有不同。

以上所言各種骨骼多係皮膚中者，以廣義而言，皆可概括於皮膚骨骼項下。除此之外，尙有其他現象皆屬於骨骼系統之演化，未能一一悉述。唯四軸海綿中，有所謂堅石海綿屬（*Lithistida*）者，其骨骼甚形奇特，宜略言其一二，以免在敘述砂質骨針系之中，有所罣漏。

此海綿之骨針爲砂質所成，復由其餘之砂質膠黏之，成爲固結之骨骼，故其堅硬之度與岩石無異，此其名之所由來也。此種骨骼與以前所言之星骨海綿之骨骼，其堅硬之情形相似，惟其形體乃殊不相類，且星骨海綿之骨，係石灰質所成，此則爲砂石所成，讀者宜將此點看清，勿一聞其硬如岩石，遂以爲此二者係一類也。

在若干海綿屬，如 *Geodia*, *Tethya* 等等，其體中曾發見小骨針之成爲星式者，此等骨針有時能構成一固定之皮層，然此乃不常見之現象。以普通情形而論，此等骨針，率分散於中膠質內，毫無一定之規則，對於骨骼系統之構成，雖有相當之關係，然究屬次要之性質。

以上所述，及前數篇所述，關於海綿之骨骼系統，或由砂石質所成，或由石灰質所成，言之已覺甚爲詳盡。希望讀者從大處落墨，明瞭其大綱，至其各詳細之點，取以爲研究此種動物之時，需作直接觀察者之參考材料可也。然海綿骨骼系統，不獨由石灰質與砂石質造成也，除此之外，尙有由角質造成者，請從此而論其大凡。

角質海綿 真正之角質海綿（*Eucerotosa*），其骨骼系統純係海綿絲所構成，海綿絲係由一種特別細胞，名曰造絲之細胞（*spongoblasts*）者所產生。此種細胞分泌構成絲狀之質，即是海綿絲。

造絲細胞託始於海綿體之外層。因海綿本體之發達，展轉而入於中膠質之內，此質以普通正常之情形而論，率介乎外層與內層之間，而自爲一層，亦可勉強謂之中層（*mesoderm*），造絲細胞，即在此層中，以生以長

其生理上最重要之功用，即是分泌，其分泌之質，即是海綿絲。此絲質可以構成角質之纖維，亦即角質海綿之整個骨骼所由構成。

角質海綿，分真偽二類。偽角質海綿，前已言之。此處所言者，為真角質海綿類，其體中之骨骼系統，完全恃海綿絲構造而成。

海綿絲由造骨細胞分泌而生。此分泌初為一層，繼則層層相包圍，層數遂多，由此成為海綿絲，更由此成為較粗之纖維，此纖維甚形固定。每一條之中，有共心之層甚多。纖維既多在海綿體中，率有一定之構造型式，形成海綿之整個骨骼系統，此即所謂真角質海綿之骨骼。

最淺演之海綿而屬於真角質者，如 *Aplysillidas* 科，其角質所成之骨骼，率成樹形(第三十四圖)，此即普通所謂海樹者是也。在半熱帶地方，或



第三十四圖 真角質海綿之骨骼 海樹

熱帶地方，海中多產生此物。往往海濱各處，於大潮退落之後，海灘上可以發見海樹遺落於地面，蓋由深海為潮水所沖而至於此。又輪船駛過海水較深之處，海底所生之海樹，其基部不甚牢固，為海水所沖，又為輪船所鼓盪，遂隨流而飄至海岸者，亦往往有之。骨董店中所陳列之海樹，即是此物。富裕人家，其客廳中亦時以海樹作裝飾品，乃最淺演角質

海綿之整個骨骼也。至此之時，海綿體中之所有其餘之各質皆不復存在，所餘者只此角質之骨骼而已。

此類海綿當生命存在之時，所有纖維皆向上發長，如樹枝之叢生然。在此海綿之基部，其纖維格外膨脹，成一角質之厚層。其基部較為堅強，海綿之體，恃此可以附着於海底物質之上，如樹根之有所託藉然。當海綿幼

稚時，其纖維由此向上發長，旋復向周圍各方面發展，在海綿體內逐漸發長，達於其體之皮膜。海綿體面之上，有許多小圓錐形之突起，乃此等纖維之巔部所致。在海綿演化之程度未高者，大率如是，其纖維僅至成爲樹形而終不能成爲較此更爲複雜之式。蓋其有纖維皆係初生性質也，唯由此演進不已，初生纖維之外，復有所謂次生纖維者，漸次發生。此二種之纖維，交互綜錯，旁串橫貫，遂成網形之式。蓋因海綿之體積，有隨演化而增大者，徒恃樹形之骨骼系統，尙不足以盡其維繫支持之功，必須由簡而繁，由疏而密，使纖維彼此密切相連，不易渙散，然後海綿之全體皆恃此而形固定。此種關係乃最顯著易見者也。

真角質海綿之骨骼系統，發達至於如此地步，乃與以前所言之偽角質海綿之網形骨骼有相似之處。然此點必須認清者，即偽角質海綿之骨骼，其初乃係他質所成，而非原始即由角質構造者，後因其體中發生變化，而骨骼有退化之趨勢，體中適有角質產生，遂取而代之。至於真角質海綿之骨骼，乃自初生以至成熟，純粹由角質形成之，縱有種種變遷，亦不過其纖維繁簡疏密之不同，其原來之性質，固未嘗稍有變更也。故吾人雖見二類海綿同係有網形之骨骼，且其骨骼在成熟時，同爲角質之網。要當追尋其生活史中之如何變遷，以決何者爲真正之角質骨骼，何者乃中途變化而爲冒充者也。

真角質之海綿有一奇特之現象，除海綿絲所構成之纖維外，復有所謂‘骨針’者，零星分散於中膠質之中，爲數頗多。如達氏海綿屬(Darwinella)，亦一較爲淺演之真角海綿，其體中之骨骼系統，係成樹形，與第二十四圖所示者相類似。而其中膠質內則有甚微細之質，且其長度亦不甚大，驟視之，若六射式之骨針者。有時其形頗有改變，此等骨針是否純屬海綿絲，是否尙含有砂石質，此時尙未能確定，只得暫爲假定此質爲骨骼之一部，爲零散之造絲細胞分泌所成而已，此真角質海綿骨骼中之未能確定者。

該類海綿骨骼中，往往有他質異入。如淡水海綿之骨骼，盡係角質所成之網，乃一固定不易之現象，然而其純粹之程度，往往不可保持，而有一種變化之發生。蓋此種纖維之中，往往有外質之侵入，致純潔之角質變爲含垢納污之質。外質侵入者恒甚多，如砂粒，如破碎之骨針，皆是。此等外

質聚集愈夥，原來之海綿絲，或爲所擁擠於一邊，或爲所掩埋而不易見，竟有喧賓奪主之勢。其最甚者，外質量增，角質量減，骨骼之系統，幾盡係砂粒所構成。如 *Psammopemma* 海綿屬，該動物之全體，成爲砂粒之塊，只餘有少量之柔軟組織，與夫海綿絲之黏質，以膠結之而已。海綿有此變象者，謂之‘砂質海綿’。以其骨骼百分之九十以上，皆係砂質。

此現象，除真角海綿之外，在他類海綿中，亦往往可以發見，如 *Desmacidondidae* 科，亦有同樣之變象，即其一證也。

角質海綿之骨骼，最發達而且最真純者，以淡水海綿科 (*Spongillidae*) 爲第一。此科中所有各屬各種，無不產生於淡水之中。多孔動物門中，所謂真海綿 (*Euspongia*) 者，即隸於此科。真海綿只生於淡水中，故有謂之淡水海綿者，以其絕不在海水中生活也。砂粒侵入此類海綿纖維中之時極少，故得保存其原來純粹之真面目。然有時其纖維中亦不免有少數砂粒之發見。蓋多孔動物無論生於淡水，或海水之中，當其幼稚發長之時期，造骨細胞 (即所謂造絲細胞) 進行分泌。海綿絲初次產生，其本體甚柔軟，其性質頗膠黏，水流循環於其體之內外，不免含有外質，砂粒與嫩柔之海綿絲相觸，必爲所黏，縱有水流時時滌盪，而仍不能脫離。故雖以淡水海綿骨骼名爲純潔，而仍不免有外質之侵入也。

沐浴所用之海綿乃海水中所產，其價值全視其纖維之柔軟與純潔。故最佳之沐浴海綿，其纖維中必無外質，即或有之，亦必極少。然此類海綿生於海中，當其角質骨骼方行構造之始，外質侵入之機會甚多。幸而得免乎此，則此海綿將來乃爲最佳之品，不然其商業上之價值必爲之減少也。

第四章

多孔動物之組織

海綿有二種原生組織，一曰平區表皮組織(*flat pavement epithelium*)，二曰領細胞組織(*collard cell epithelium*)，後一種仍係一種表皮組織。海綿之體面爲平區表皮組織所包裹，前數篇中所言之孔道系統，其大部分皆係此種組織所構成。唯較簡單之石灰質海綿綱，同腔目，所有之各種孔道，則不在此例。其餘所有之各類海綿，其孔道系統無不有平區表皮組織也。石灰質海綿綱之同腔目，其消化腔之演化較淺，該腔之整個內面，盡係領細胞所構成之表皮組織，迨演化較深，海綿之構造由簡而繁，於是而有固定之鞭毛腔因之出現。領細胞卽是鞭毛細胞，前曾言之。此種細胞所成之表皮組織，只在鞭毛腔中可以見之，其他處則不見領細胞表皮組織之存在。故孔道系統之大部分，乃由平區表皮組織構成之。此二種原生組織之所分布也。平區表皮組織皆平區之細胞所組成，領細胞表皮組織皆領細胞所組成，每一領細胞皆有較長之鞭毛。故此二種原生組織極易識別。

除此二種組織之外，又有中膠質。此質之名，前已屢次提及，亦最重要之組織也。中膠質係一種細胞膠質，發生於海綿體壁內外兩層之間者，以其有膠黏性，故謂之中膠質，或謂之中膠層。換言之，卽海綿體中之中層也。此層之中，有所謂原始細胞(*archaeocyte*)者，以其能自行游動，又謂之游動細胞。該細胞之形狀甚與變形蟲相似。海綿之雄生殖細胞(精蟲細胞)與雌生殖細胞(卵細胞)，乃由此游動細胞變化而成者。中層本有之細胞中有他處之細胞混入，大率係由海綿體面之平區表皮組織遷徙而來。此種外來之細胞，於此層中漸生變化，發生重要之功用，而成造骨細胞，將

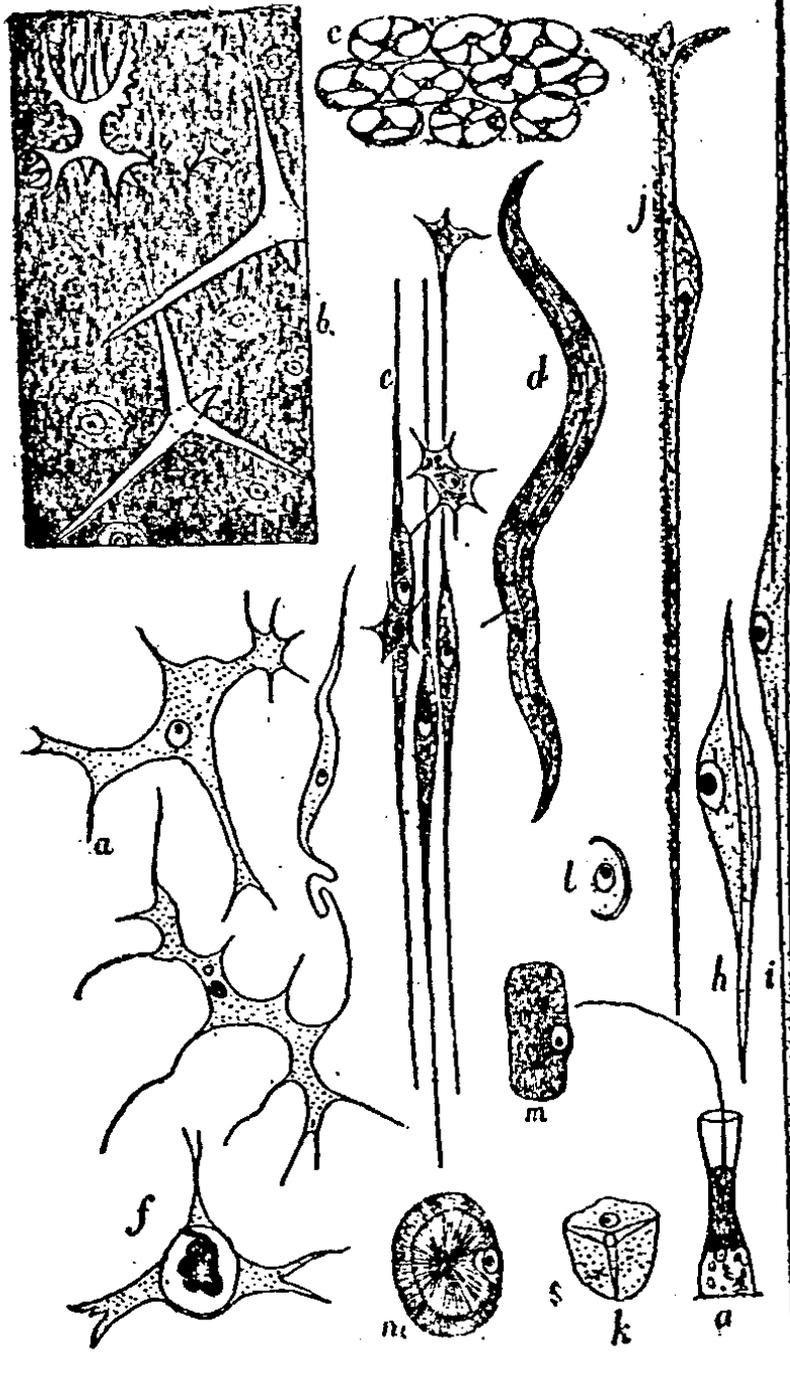
來海綿之骨骼系統，或爲石灰質者，或爲砂石質者，抑或爲角質者，皆由此造骨細胞導其源。除此之外，此外來之細胞亦可變爲連結組織之細胞，亦可發達產生連結纖維，在海綿體中司維繫連絡之職責。此於兩種原生組織之外，中膠質所以有重要之關係也。此不過略言組織之大概，海綿身體發達，各種組織之名目亦因之而多。

平區表皮組織(第五圖1)係單層細胞所成。此等細胞之形狀，皆多角而平面。其生有纖毛或鞭毛者亦時或發見，如奧氏海綿屬 (Genus *Oscarella*)，即平區細胞生有纖毛者。然此種現象不甚普通，故仍以無纖毛或鞭毛者爲正常。此種細胞有時成爲腺細胞而有分泌之功用，所產生之分泌，可成一固定之薄層，罩於海綿之體面。此種情形，在許多真角質海綿中，可以見之。又此種細胞雖形體有一定之式，然非盡屬於固定而不可變動者。有時其伸縮之性甚富，故其型式可以改變，如肌肉細胞之能收縮伸展者然。

有所謂孔細胞者，前曾言之，乃此平區細胞之一變象。在石灰質海綿類白腔海綿屬，可以見之。此海綿體上所有之入孔，係一細管之小孔，洞穿平區表皮組織。於是平區細胞，爲此細管穿透者，成爲孔細胞(*porocyte*)。此小孔之細管，更由此透過中膠層，直達於消化腔之內面(簡稱胃面 *gastral surface*)。此入口(即細管之小孔)乃極淺演而簡單者，其外部形成一收縮膜。該膜時展時縮，其中有一小圓洞，如眼之瞳孔然。因此之故，水流由此入口，進於海綿之體內，不至過多，亦不至過少，而恰當其度。換言之，即是海綿胃腔(消化腔)所容納之水，可以藉此調節焉。然則此膜之功用，其關係亦可謂甚重要矣。孔細胞有甚多粒形之質，散佈於其細胞質之中。此現象有時甚爲顯著，雖非所有孔細胞皆如是，然時時可以見之，故此等細胞，亦遂易於認識，可以區別於他種細胞。

前次所言之造骨細胞，此處尙須再爲提及，因其在海綿之組織中，佔重要之位置也。以前所未言及之各點，必須於此補充之。海綿體中所有之骨骼，其種類不同者，以其所含之化學性質各異也。所以然者，其來源不同，遂各有其異點。造骨細胞，爲骨骼所託始，造骨細胞之種類，乃非只一種也，依其性質及所生之分泌言之，此細胞可分爲三種，各以其分泌構成

絕不相同之骨骼。此三種即所謂(1)石灰質造骨細胞(calcoblast),(2)矽質造骨細胞(silicoblast),如第三十五圖 h-n 等分圖所示者,即各種矽質



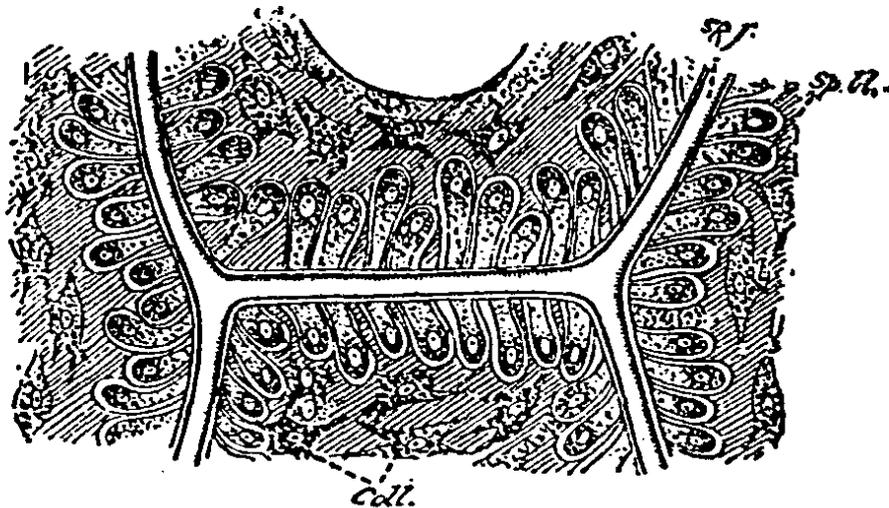
第三十五圖 海綿之組織, a. 膠性細胞, b. 脆骨滴質,其中有骨針, c. 囊滴質, d. 連結細胞, e. 肌肉細胞,其星形者係膠性細胞, f. 儲蓄細胞, g. 領細胞, h-n 矽質造骨細胞。

骨針所由產生之細胞,與夫(3)海綿絲造骨細胞(spongoblast)是也。海綿絲造骨細胞亦名造絲細胞,或謂之角質海綿造骨細胞(第三十六圖)。

前二者造成石灰質與矽質之骨針,皆恃其內部之分泌。骨針之較大者,當其最初產生之時,由一個造骨細胞繼續分泌,以形成之。迨此骨針發長,經過相當之時期,即此一細胞之分泌,實嫌其不足,故不能獨仰仗此一細胞矣,必須更有多數之同類細胞加入合作,而始得克盡全功。於是此較大之骨針以之形成,漸有健全無憾之致。

至於海綿絲之造成,則與此稍有不同。每一海綿絲之產生也,當其最初起首之時,即由多數造絲細胞彼此合作,

個個皆捐輸其分泌，頗有共赴一的，衆擎易舉之勢。當海綿絲幼稚之時，發長未艾，則有甚多造絲細胞，將其包圍，若成一外鞘然。每一造絲細胞，大略似一圓底之瓶，瓶之口頸，與絲之表面，大約成直角。瓶之基部，較爲廣闊，則向外直指。此廣闊之部，內面乃細胞核之所在，該細胞所分泌者，成爲共心之薄層。故海綿絲託始之處，係在細胞與細胞之間。（簡稱之爲間細胞之託始 *intercellular in origin*）。此種發生之現象，在海綿體表面所成之薄皮 (*cuticle*)，亦可見之。此二者發生之詳情，或竟彼此相同也。以上所言之三種細胞，皆海綿體中極重要之質，海綿身體之構造必賴乎此三者。此皆屬於平區表皮組織者。



第三十六圖 真海綿之骨骼，纖維爲造絲細胞所包圍。
sp.f. 海綿絲所成之纖維，sp.bl. 造絲細胞，coll. 膠性細胞。

連結組織之元質

中膠質(層)之中有各種連結組織之細胞，除此之外，復有所謂細胞間質 (*intercellular substance*) 者。連結組織之細胞，其性質既彼此不同，不可一概而論，細胞間質亦然。以此之故，中膠質含有此等元質，其多少之成分或不等。或所包含者純係某某元質，而他各元質竟不存在。中膠質之性質既有變異，故區別之爲四種。

(甲)膠滴質(*collenchyme*)。此係一種中膠質，在海綿體內成爲中層。

此層係一種清澈之膠性基質 (matrix), 有星形之膠性細胞 (collencyte) 埋藏於其中 (第三十五圖 a), 膠性之基質固無構造之可言, 而星形之膠性細胞, 其構造極清晰易識。其細胞核既特別顯著, 其細胞質乃富於粒形質而分佈極勻者。

(乙)肉滴質(sarcochyme)。此係另一種中膠質。其中所含之細胞間質大形減少。而連結組織之細胞爲數甚多, 擁擠聚集, 其狀甚形稠密。

(丙)囊滴質(cystonchyme)。如第三十六圖 coll. 第三十五圖 c 所示者, 卽是此種中膠質。其中含有密集之細胞, 每一細胞之形皆似一橢圓之小囊。該細胞之中, 除液體之外, 復有原生質所成之索條(strands), 以細胞核爲中心, 每一索條皆指向細胞之周緣, 而成輻射之排列。索條之數不多, 或三、或四、或五, 卽不復多於此矣。

(丁)脆骨滴質(chondrenchyme)。三十五圖 b 卽表示此種中膠質。其所以有此名者, 蓋以其構造有與脆骨相似之處, 其中所包含之細胞間質, 極形豐富。而造骨細胞散佈於基質之中者, 爲數不多, 皆歷歷可數。以有此等細胞存在之故, 各式之骨針亦於其中尋見焉。以上所言各種中膠質, 皆謂之連結組織之元質。此乃多孔動物(海綿)門中特有之現象, 而在其他任何動物門(phylum)中所未嘗發見者也。

除此等元質之外, 復有一種連結細胞(desmocyte), 皆極細柔弱之纖維細胞。所謂纖維云云者, 乃細胞本身延伸, 成爲細長之條, 其粗細之程度不等。往往一細胞向兩端伸展, 其核仍舊存在, 有較少量之原生質以包圍之。其兩端愈伸愈長, 除中部係胞核所在之處, 稍形粗闊外, 其餘延長之部乃極細, 驟視之若極細微之絲然。以其有維繫連絡之功用, 故有纖維之名。其實乃細胞之一部分。故纖維細胞者, 卽細胞本身發生伸長窄細之條帶, 而成爲纖維者也。此處所言之連結細胞, 卽有此種之性質。如第三十五圖之 d, 卽是連結細胞。此細胞雖非極細極長, 然其本身已有較甚之延伸, 成細長之狀, 其胞核不易見, 大致與高等動物之平滑肌肉細胞約略相似。此等細胞在海綿體中, 往往多數叢集, 成爲甚密之層, 或爲密集之組。在許多四軸海綿類中, 此現象尤爲顯著。該類海綿之皮層, 最富於連結細胞, 皮層較爲發達, 漸形堅韌者, 此種細胞維繫之力也。

收縮纖維亦連結組織元質之一種。其實此種纖維乃海綿之肌肉細胞(myocyte)所成,故謂之肌肉細胞,又謂之肌肉纖維。在海綿體中,最屬普通常見之質,第三十五圖中e,其有細長之纖維者,即是肌肉細胞。該細胞之中部較粗,成梭形,胞核甚清楚。海綿孔道系統之各部,多有此種細胞。孔道富於連結纖維,其直徑有時漲大,有時縮小,莫不恃此種纖維以爲之調節。在孔道之各口,及各有關於調節漲縮之處,此種纖維構成收縮環(sphincter)。第五圖2係海綿孔道中之一種隔膜,此隔膜即肌肉細胞所構造,隔膜之中央有一圓孔,值肌肉細胞收縮之時,此圓孔可縮小,或竟至於封閉。蓋肌肉細胞之纖維環繞此圓孔,其收縮展伸之度數,或大或小,該圓孔之開啓縮閉乃隨之而異。某類海綿體中,凡有孔洞之處,往往有溝槽(groove)之構造,與之相連。換言之,即是海綿體中有一種溝槽,溝槽之本身上生有許多小孔。此等溝槽謂之有孔溝槽,或簡稱爲孔溝(pore-bearing groove)。該溝槽之底,有肌肉纖維之發生,橫列於該處。其收縮也,能將該溝槽之兩沿(即兩唇)拉近,入內之水流,因此而閉之於外,不得前進。值該海綿體中水量充盈,此現象乃因而發生。在 *Xenospongia* 海綿屬,時時發見之。以上所述之各種細胞,與細胞元質等,皆屬於連結組織者,其不屬於此項之細胞,則有以下各種。

內 膚 細 胞

許多種海綿,當胚胎發達之時,即有所謂膜囊(capsule)者,以包裹其全身。膜囊之形體漸形固定,其組織係平區多角形之細胞所構成,此種細胞謂之內膚細胞(endothelial cells)。膜囊與其所包裹之胚胎,全埋藏於母體中膠質之內。構成膜囊之內膚細胞,所以有此名者,或者即因其中膠層深處之故乎。此等細胞之來源維何,此時蓋未有能確言之者,此乃未解決之問題,尚須待研究而後能作圓滿之答復。而其功用則似較顯著,胚胎爲其所裹,所有之營養滋料可由其自身供給一部分。蓋海綿之卵中,含有卵黃(yolk),乃專以供受精之卵,於發達時期,取以爲養料者。然胚胎形成之後,不能盡恃此來源,而仍須仰給於外來之滋養料,即是由母體取之。此時養料如何取得,固不易確定言之,而此膜囊實養料輸入所必經過

之途。如謂其有時足以輔助胚胎之獲取養料，或者尙係無誤乎。

領 細 胞

第三十五圖g，卽示領細胞(choanocytes)之大概。在所有海綿體中，皆有此種細胞之出現。海綿之全體乃細胞與細胞結構而成之，既有不是細胞者，乃必係由細胞所產生之質，此可斷言者。除此之外，倘有他質之發現，則必係體外之物質，偶然躡入者，故謂之外質，非海綿本體構造上之所應有者，前已言之。故論海綿本體之構造，其基本之元質厥維細胞，此在所有之生物，亦莫不然，凡有普通生物學之常識者，皆能言之。然以海綿而論，在所有種類中，最普通而又最特別者，則爲領細胞。故此種細胞者，實海綿動物之特徵也。

領細胞之形體，容有彼此不同之處，其體積之大小，更不能一致。若以大概而論，所有此種細胞，要皆相似。在尋常狀況之下，其本體或橢圓形，或圓形。往往因各細胞彼此擦擠之故，遂有型式上之變化，故領細胞有失其原來之橢圓或圓形，而成爲多角形者。該細胞之一端，有一圓錐形，或漏斗形之領，此領甚顯著，最易識別。觀察此細胞之時，若能尋見此細胞之輪廓，絕不至對於此領有不易察視之憾。領之中心，有一甚長之鞭毛以通過之。此毛係由細胞之內部，胞核所在之處出發，向細胞之一端延伸，穿過此領，而拖拽於細胞之體外，時時擺動。在正常生活狀況中，鞭毛頗活動。此毛與領不可相提並論者，以爲物甚微，不易識別。又往往因該細胞將形萎茶之時，鞭毛曲捲於領之一側，則不易察視矣。領之本體係一薄膜，內外透明，此膜乃細胞質所成，有收縮之能力，頗形柔和，毫無生硬之憾。有時領之全部皆可收縮，至於不可復見，鞭毛亦然。故遇環境不適，刺激太強之時，此二者皆可收縮。俟其時已過，細胞復形活動，領與鞭毛可以漸行伸展。此種細胞之動態，與原生動物門中之領鞭毛蟲(choanoflagellates)極相似，說者謂海綿(多孔動物)係由原生動物演化而來，此其理由之一也。

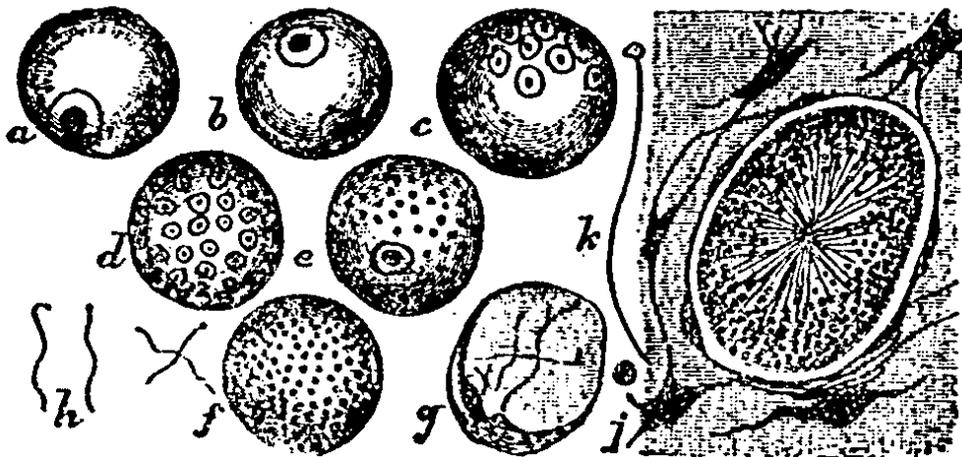
在尋常情形中，領細胞之基部較闊，由此向上(如以其基部在下)該細胞之體漸漸縮細，成一頸部。經過此頸部，則細胞之體復形寬闊。此部與其

領接近,或即是其領所在之處,謂之頂部(如以其領在上)。此細胞之胞核,或處於基部之中,或在其頂部,或介乎二者之間。領之構造,係細胞質所成,前曾言之。此構造初視之若甚簡單,仔細研究之,亦一相當複雜之質也。每一領或有一條或有二條之橫箍以維繫之,故其本體漸形堅固。互相鄰比之領細胞,每有一薄膜以爲之連絡,使不至於相離,此膜謂之索氏膜(Sollas membrane)。有時此膜或竟不存在,在如何情形之下此膜方始出現,現在動物學家之知識尙不足爲之決定也。

原 始 細 胞

海綿體之中有一種細胞,其形甚似原生動物門之變形蟲,其型式無有一定,構造較爲簡單。此種細胞未嘗經過相當之分化,而保持其原來之形態,故謂之原始細胞。換言之,卽一種最淺演之細胞也。在海綿本身發達之各時期中,體中細胞時時發生變化,由最幼稚之程度,以至發達成熟之程度,原始細胞始終無有變化。然此不過一部分之細胞如是而已。尙有他一部分之細胞,逐漸變化,成爲生殖細胞,故卵細胞與精細胞,皆由一部分之原始細胞分化而成。在成熟之海綿中,生殖細胞與原始細胞,截然分爲兩種不同之細胞,而其始則一也。

原始細胞皆係變形蟲(阿米巴蟲)之式,與高等動物之白血球頗相似。此等細胞皆有偽足(pseudopodia)。所謂偽足者,乃其細胞之一部,向前



第三十七圖 精細胞(精蟲)之發達, a-h, 精蟲發達經過之各步驟; h, 成熟之精蟲, j, 精球, k. 成熟之精蟲(係另一種海綿)。

伸展，能將該細胞之本身，拖之向前移動。此一部分之細胞，有行動之功用，與高等動物之足，功用相同，而其構造不過細胞之一部，向外伸出，其形體之簡單，無以復加，故有偽足之名。偽足不止其一，有時一細胞可有二三，或甚多之偽足，向各處伸展。有時其數極多，驟視之若太陽之射線然。其數之多寡未有一定。偽足之形，往往若一垂葉(lobe)而其末端漸形圓鈍。原始細胞之胞質中，含有粒形之質，或密或疎，未有一定。而此細胞質必有折光性。原始細胞不復分化者，其形體卽如是而已，在中膠質之內，能四處移徙(第五圖3-5)。

生 殖 細 胞

所謂生殖細胞者，包括精細胞與卵細胞二者而言之也。卵細胞(第五圖6)由變形蟲細胞(原始細胞)變化而成，前節已言之。該細胞之體積，逐漸增大，其最顯著之變動，乃其偽足收縮，不復自由伸出。故該細胞之體，漸漸變爲圓形。細胞核甚大，甚清楚，易於別識。胞核週圍之膜，所謂核膜者，亦甚固定，甚清晰。胞核之中，含有小核(nucleolei)亦甚顯著。

至於精細胞(第三十七圖)，當其成熟之時期，其形體與高等動物之精蟲甚相似。精細胞之全體分爲二部，一曰頭部，二曰尾部。其頭部乃其胞核之所在，其中所含者率係染絲之質(chromatin material)。染絲爲細胞中最重要之質，含有胞核酸蛋白質(nucleic acid proteids)，對於動物遺傳之現象極有關係者，凡習生物學者無不知之。故叙至此點，甚願普通之讀者亦能勉強記憶此種關係，乃吸收科學常識所必須有之事也。總而言之，精細胞之頭部，最爲重要，與其尾部，乃不可同日而語者也。精細胞之尾部，甚細而長，其擺動甚靈活。尾部所含者皆係細胞質，以此部分之能活動，故精細胞之全體，遂時時游動，如蝌蚪游泳然。精細胞之大概型式，與一長尾之蝌蚪略相似，所有動物之精細胞，亦大率如是。

在海綿體中，類似變形蟲之原始細胞，除變爲卵細胞者之外，尚有變爲精細胞者。當其最初之時，其所變者爲精母細胞(spermatocytes)，往往有遮蓋之細胞(covering cells)，或一或二，以包裹之。精母細胞之胞核，屢經變化(卽所謂間接分裂 mitosis)，而產生精球(sperm ball)，爲遮蓋

細胞所包括，或為一種特別之內皮組織所包裹。卵細胞亦有內皮組織包裹之。包裹此兩種細胞之內皮組織，其性質甚相似。

此兩種之生殖細胞分布於中膠層之中，卒未嘗各聚一處，成為生殖之機關，如高等動物所有之卵巢或睪丸。即此可見海綿為下等動物，其生殖系統極形淺演，不能與較高等之動物度長絜大也。

以上所言之各種細胞，不過略舉其大概，此處未能深究其詳也。然有一點須注意者，即是海綿體中無有神經細胞。此動物之體中無神經系統之存在。凡治動物學者，無不悉此事實。以其只較單細胞之原生動物稍形進化，而在所有之多細胞動物中，其位置乃最低者。動物專家嘗懷疑其體中是否尚有極簡單之感覺細胞可以存在，曾有竭力鑽研此問題者。直至今日，仍未能證實其有之也。

以上所言各種細胞，所以形成海綿全體之組織者。高等動物所有組織，可以構成其體中之各器官(organs)，由各器官復構成各系統(systems)，由各系統構成其全體。海綿係下等動物，細胞形成組織之後，其體中尚無固定之器官以之發生。即勉強命之為器官者，亦不過其腔及各孔道而已。其實本不足稱為器官，其與較高等動物體中所謂器官者較之，乃極簡陋而不健全。至於系統亦莫不然。海綿體中所謂孔道系，骨骼系等云云者，亦無非極初步，極淺薄之構造。且為數亦甚少。一言以蔽之，其所有之組織、器官、系統等構造，皆係方始萌芽者也。又海綿表皮組織中，有一種細胞，有分泌之功用，謂之腺細胞。以其功用較不顯著，故仍附於表皮細胞之項下。在一般海綿之中膠層內，除有性之生殖細胞之外，尚有一種無性之生殖細胞。此細胞亦係原始細胞之變相。當海綿生活之時，其生殖則由有性生殖細胞負其責。惟海綿本體死亡之後，其體中旋有幼芽之發生，即由此無性之生殖細胞所生出。此細胞謂之芽細胞(gemmules)，亦可附於生殖細胞之項下，故於此補充之。

第五章

海綿之生育及生理

海綿之生育

海綿之生育，有三種方法。

(一)發芽之生育(vegetative budding)。海綿之體，發生幼芽，幼芽逐漸增長，旋即脫離母體，而自成海綿。此與尋常之生芽，始終不脫離母體，只為增大海綿集團之體積者，迥然不同。此種生育之現象，頗為普通，前文中已屢次言及之。白腔海綿屬，奧氏海綿屬等，尚有一二其他之海綿屬，皆以此法以為生育。

(二)內芽之生育(gemmulation)。此種生育，即特芽細胞，前段已言及之。此芽細胞係一種特殊之生育體質，在淡水海綿中最易尋見。此細胞發生於海綿之體內，多數聚集成為團體，謂之內芽。若遇過於嚴寒，或過於乾燥之天氣，海綿本身之生命有被摧毀之可能。然以其體中生有芽細胞之故，即使在不利之時期，其生命竟至不保，能恃內芽之生育，而種嗣仍可延緒於不絕。

每一內芽含有芽細胞甚多。芽細胞原係變形蟲式，而其在內芽中甚形靜止，故又謂之靜止細胞(statocyte)。每一靜止細胞，皆富於粒形之質，皆營養之資料也。當海綿在嚴冬或旱天，陷於困難之境遇，其母體之生命，縱受極大之威脅，而內芽中各細胞以富於營養資料之故，足以支持一時。內芽復有角質之外套以包裹之。外套之表面，發生一種特別之骨針，成為堅強自衛之皮層，其保護之功用乃大有裨益於內芽之生存。

成熟之內芽，對於不利之環境，既富有養料之儲蓄，足以渡過一時之難

關，而不至瀕於飢饉。復有自衛之器具，若堅皮，若骨針，以免意外之禍患，已似差堪自謀，而可告無虞。然其自身猶有其他之抵抗力，對於不利之環境，有以應付之而不至為所尅服。此抵抗力維何，即內芽能入睡眠之狀況是也。每遇不利發展之時期，內芽即入於此種狀況，可以歷時甚久，而其本身無有變遷。迨此不利之時期已過，環境較利，內芽復能恢復其原來之面目，而繼續發達。在溫帶氣候之中，內芽於冬季，則入於睡眠之狀態。於春季，則進行其發展。此種現象，與一般較高等之動物所有之冬眠現象極相似。海綿之母體，偶值酷寒大旱，不免死亡，而內芽仍可繼續生存者，乃以此故。

內芽之發達，與尋常受精之卵之發達，大致相似。其有不同之處，即受精之卵，當開始發達之時，必須細胞分裂，即是卵細胞於受精之後，其本身由一細胞分為二細胞，復由二而四，而八，而十六，以此繼續不絕，至於甚多數，成為較圓之細胞團，其形如桑實 (mulberrg)。此時期謂之桑實時期 (morula stage)。此一般動物之卵細胞，於受精之後，發達之初步也。海綿之卵，受精後之發達亦如是，而內芽之發達則不然。內芽含有許多芽細胞，芽細胞皆係無性生殖之細胞，故無須有媾精之現象。多數芽細胞聚集成一較圓之團體，與桑實相似，故謂內芽之發達，由桑實時期起首可也。

(三)有性之生育 (sexual reproduction)。此種生育，乃卵細胞與精細胞彼此交媾，成媾精之現象。其結果係此雄雌二生殖細胞合併，成結合子 (zygote)。結合子開始發達，逐次分裂，經過各種變遷，甚形複雜，由胚胎時期而達於成熟時期。當卵細胞未受精之時，卵之本身有一種變化，其細胞內生出一圓體，謂之極體 (polar body)，由卵內排出。未幾復生一同樣之極體，由該細胞內排出。迨二極體相繼排出之後，則卵細胞已發長成熟，故此現象謂之成熟作用 (maturation)。海綿之卵細胞有此種變化，此與高等動物之卵細胞所有者相同。

在多孔動物門，其雄雌生殖細胞之交媾，詳細之情形至今猶未能明悉。動物學家，尚不知其媾精現象，究竟在何處發生。或者其交媾之地點，係在海綿本體入水孔道之中。蓋卵細胞率在此孔道之中，卵細胞由孔道內面之表皮組織向外垂墜 (第五圖6)，終久必須墜落於孔道之中也。由此點

觀之，精細胞一旦入於孔道之中，則彼此相遇，必在此處。此不過係一種推測，究竟其在何處媾精，未有能作直接之觀察者。

據一般專家之結論，謂結合子係媾精之後可造成，茲後不復停留於孔道之中，未幾即由此處返回於中膠層之內。其本身有內膚組織(endothelial)所造成之小囊以包裹之。結合子在此小囊之中，開始分裂，胚胎之發達，乃由此起首。

海綿之中，有所謂柱根海綿(Stelospongia)者，此係一屬之名。此屬中有一種海綿，名扇形海綿(flabelliformis)者，當此發達時期，其包裹結合子之小囊，所有細胞，皆甚碩大。結合子本身因細胞分裂，成爲多數細胞，當其未成爲圓圈之時，換言之，即尙未發展到桑實時期。結合子分裂所產生之多數細胞，皆謂之胚芽(blastomeres)。小囊之碩大細胞，與胚芽相連繫，此連繫之處，有各細胞原生質所造成之線索。該線索以一端達於包裹胚芽之小囊，以他一端達於胚芽。包裹胚芽之小囊，可於母體中膠層內吸收營養之資料，由此線索，輸送於胚芽，胚體藉此可由母體吸收養料。是此線索居然如哺乳類胎體之臍帶，此小囊居然如哺乳類之胎盤(placenta 胞衣)矣。以極下等之動物，其胚胎發達之時期，有此現象，與極高等之動物，可相比擬之處，亦云異矣。然此只在扇形海綿中見之，而究非普通之現象也。

海綿胚胎之發達

受精之卵細胞是爲結合子，由此起首發達，乃有分裂之現象。海綿受精卵細胞之分裂，係作全體之分裂。即是一個細胞，完全分爲二小細胞，如瓜剖爲兩半者。唯分裂之後，雖成兩小細胞，而此二者仍彼此相貼，未嘗分離，在他種動物中，其受精細胞之分裂，往往只限於該細胞之一部分，而其他一部分，卒未嘗分裂，此現象謂之局部分裂。海綿結合子之分裂，謂之全體分裂(holoblastic cleavage)。此與其他動物所有之現象，乃迥然不同者。結合子分裂爲二，復繼續分裂，皆是每一細胞作全體之分裂。新成之細胞，愈積愈多，由此成爲幼子。幼子之體上，生出許多纖毛，可以在水中自由游泳。此時幼子則脫離母體而外出，自爲獨立之生活，與其母毫

無關係矣。在水中四處游泳，迨其與一種固體之物質相接觸，幼子即將其體附着於其上，而變為靜止之生活。由此繼續發達，經過一種變蛻(metamorphosis)，而達於成熟。

各種海綿之發達，其詳細情形，多有甚不相同之處。現在以觀察所得之事實，尙未完備，故各專家所解釋者，不免有所出入。就各類海綿中，關於胚胎發達現象之觀察，最較詳細準確者，首推無花葉式之海綿，第六圖所示者，即其發達現象之一斑，茲擇其較要之各點而極述之。

其卵細胞於受精之後，發達成爲有纖毛之幼子。如上所述，此其最初時期所生之變化，而在海綿母體中進行完成之者。當此之時，幼子埋藏於母體輻射腔之腔壁中，爲內層小囊所包裹。每一受精之卵(結合子)，循細胞分裂之途徑而進行，其發展乃有一定之次序而不容稍紊者。第六圖 b 與 c，表示其已由一個結合子分裂，而成八個新細胞矣。每一新細胞，謂之胚芽(blastomere)。其分裂工作之進行，乃循其縱軸而劃開之。各胚芽之形體及體積之大小，皆彼此相似。至八個細胞之時期，其全體之形如一平區之枕墊(cushion)。其中心有一腔，謂之軸腔(axial cavity)，胚胎學中所謂胚腔(blastocoel)，或分裂腔(segmentation cavity)，即此是也。

發達至此程度，復有新現象發生，即是每一胚芽細胞，循其橫軸而分裂，成爲上下二細胞。此所謂橫分之現象也。上一細胞較小，下一細胞較大，至是其全體乃得十六個胚胎而成一圓球。其中之空腔，仍謂之胚腔。

較小之細胞，原來居於橫裂線之上方者，繼續分裂，而其分裂之進行頗較速。因此之故，此等細胞，乃驟形增多，每一細胞皆變爲圓柱之形。而其在圓球之面，仍保存其原來之單層，未嘗變動。每一細胞之外端(即露於胚球之表面者)，發生一鞭毛。此橫裂線上方所有較小之細胞，所經過之變化也。

至橫裂線下方之新細胞，皆係較大者。此種細胞亦同樣繼續分裂，唯分裂之速率較低，故此種工作之進行甚形遲緩。每一較大之細胞，其外觀有粗糙之粒形。將來此種細胞發達，成爲海綿之皮層，及由皮層變化而成之各體質。有謂海綿體中之原始細胞即其一，惟未能確定耳。自最初發達之時期，以至於胚胎成熟，此種較大之細胞，未曾發生鞭毛，此亦其特徵之

一也。此係較大細胞所經初步之變化也。

以上所言，兩種細胞，皆由結合子分裂而來，乃雄雌生殖細胞交媾後所產生之物。此兩種細胞，經過初步之變化，仍然繼續發達，以後其形體與位置之變化仍多。所有海綿全體之各組織，皆由此二種細胞發展而出。胚胎學所以饒有趣味者，以其足以闡明生物個身之發達史(ontogeny)，足以表彰天演之真象也。

海綿之卵細胞，被精蟲鑽入，於是而成媾精之現象。受精之卵細胞，逐次分裂，迨新細胞之數既多，成爲較圓之團體，謂之胚球(見第六圖d,e)。此胚球係一空心之體，其中之空隙，卽是胚腔。胚球之皮係一單層之細胞，此一層之細胞，自行分化，成爲兩種細胞。一種爲胃腔細胞(gastral-olle)，卽係有鞭毛之細胞。一種爲皮膚細胞(dermal cells)，卽是所有較大之細胞；不生鞭毛而有粒形之外觀者。

胚球完成之後，此較大之皮膚細胞，向胚球之內部進凹。此種現象，係暫時性質，不久此凹入之部分卽復行凸出。其原因爲何，誠不可得而知，或者胚球在海綿體中，受母體中骨針之迫壓而有此變動乎。當皮膚細胞凹入胚球內部之時，胚球由單層而變爲雙層，且其形亦不甚圓，與原來之型式已異。

在其他較高等之動物，當胚球完成之後，胚球一部分之細胞，有內凹之現象，此其與海綿胚球發生之現象相同者。唯此係較爲永久之性質者。該一部分之細胞於凹入之後，卽不復行凸出。此凹入之細胞，在胚胎之體中，形成最初之腸胃(archenteron 原始營養道)。胚胎發達至於此地步，已不復爲胚球。其體式既不甚圓，且其體皮又成雙層之細胞，如空囊之外，再套一空囊者然。此時之胚胎，謂之原胃(gastrula，普通亦謂之原腸)。以凹入之一部分細胞，形成原胃也。此較海綿高等之動物，胚胎發達時所有之一種步驟也。

茲處所言海綿胚胎之發達，胚球內凹之情形，與普通所見者不同。凹入之細胞，係較大之皮膚細胞，凹入之後，並不能形成原胃，不久旋即凸出，故此現象係較暫之變化。此時之胚胎，不得與原胃相比擬，故謂之“假原胃”(pseudogastrula)。

假原胃與母體之組織脫離，流落於母體輻射腔之中。輻射腔之壁，皆係領鞭毛細胞。該細胞之鞭毛，時時擺動，腔中之水因之向外流動。此假原胃為水流所沖，遂落於母體之外。故海綿受精之卵細胞，在其母體之中，循序發達，必須到假原胃之程度，而始得脫離母體也。

假原胃既由母體而外出，於是復有變化。即凹入之皮膚細胞，於此時盡行凸出。因此之故，所謂假原胃者，即不復存在，而胚球之舊觀，至此又行恢復(第六圖e)。胚球之一端，係鞭毛細胞，其他一端係內凹而復凸出之粒質細胞。此時胚球，謂之雙胚球(amphiblastula)，可以自由游動於水中。

在此時期內，粒形皮膚細胞，由胚球復行凸出之後，往往有一種變動，此變動即係加增其分裂之速率。為時未久，其數遂大增。胚球之此一部份，成一較大之積體，將胚球之內腔填滿。至此胚球已成一實心之體，此亦可能之事也。胚球至此，變為活動之幼子，其前端係鞭毛細胞所生之處。幼子恃鞭毛之擺動而游泳自如，亦恃此可以附着於水中固質物體上。

據專家所觀察，鞭毛細胞向幼子之內部凹入之後，即不復凸出。此其與皮膚細胞，乃絕不相同者。故鞭毛細胞於凹入後形成原胃(gastrula)，謂之真原胃，以別於上言之假原胃，(以此名詞極為普通，故尋常直名之為原胃)。第六圖f,g，即原胃之形體也。胚胎發達史中，胚球時期之後，即是原胃時期，故海綿胚胎之發達此二時期亦特別清楚。

皮膚細胞為數既漸多，展布於原胃之周圍，而包裹之，至是胃腔細胞(原鞭毛細胞)盡為皮膚細胞所遮掩。此時幼子不復游動，其體內有胃腔細胞所成之實塊，其外則有一層皮膚細胞以包圍之，所有皮膚細胞皆甚平區，將來海綿體質發達成熟，所謂平區表皮組織，乃由此等細胞形成之。

胃腔細胞既於胎體中積成實塊，此實塊之中心，旋有空隙出現，即胃腔也。按此胃腔，乃係第二次出現。當胃腔細胞最初凹入胚球內部之時，其中原有一空隙，即是胃腔。彼時謂之原胃時期者，乃以此故。未幾胃腔細胞將此空隙填滿，原來之胃腔，遂不存在。迨後來此實塊之中心，自行分裂，又成一空隙，故胃腔有此第二次之形成。自此之後，胃腔乃永遠存在，不至復行消滅矣。胃腔之內面，皆是胃腔細胞(即鞭毛細胞)所構成之表

皮，係一單層之細胞。鞭毛細胞自最初發生之時，原謂之胃腔細胞者，蓋其終究必在胃腔中構成其內面之表皮組織也。吾人敘述海綿胚胎之發達，至此地步，可以明顯此種細胞之關係矣。

胃腔形成之後，海綿之幼子（胚胎）發長，其體自行延長，其體面有許多皮膚細胞發生小孔，小孔穿過該細胞，成一種永久存在之質，此即海綿身體，於發達成熟之後，所有之入孔。為小孔穿透之皮膚細胞，謂之孔細胞。第七圖所示海綿體壁有此種細胞，作甚有秩序之散布，即可知此種細胞，為海綿體中甚有關係之質。

皮膚細胞，尚有一部分展轉遷徙，由體面直體內下沉，入於中膠層中。於其中逐漸變化而成為造骨細胞者，海綿體中之骨骼系統，將來悉由此導其源。

胃腔一名消化腔，其壁層之細胞，原來皆有鞭毛。至此每一細胞各發生一領形之質，所謂領鞭毛細胞之構造，於是告成。

海綿幼子之頂部，至此發生一裂口。此口旋成一孔，以通於胃腔，此孔道即是出口。幼子發達至此程度，可以自行取飲，以維持其生活。以前所言之胆瓶海綿，係一發達尚未成熟之海綿，足以代表以上所言之各點（第六圖 h）。最簡之白腔海綿，與此狀況亦極相近（第七圖）。

海綿幼子由此繼續發達，日即於成熟，胃腔發生分枝，成輻射之擺布，每一分枝成爲一輻射腔，其內面之表皮組織，皆係領鞭毛細胞所形成，故此等輻射腔，又謂之鞭毛腔。至於胃腔之內面，其初盡係領鞭毛細胞所成之組織，後乃發生變化，皮膚之平區細胞，頗有侵入其中者。迨後來侵入者愈多，領鞭毛細胞受其壓迫，竟至退化而盡形消滅，即不至盡形消滅，而其勢亦式微甚矣。總而言之，皮膚平區細胞來勢日盛，有取而代之之勢，此無花葉式海綿胚胎發達之一斑也。當其發達過程中，所謂皮膚細胞，即橫分線下面較大之細胞，與所謂胃腔細胞，即橫分線上面所有之較小細胞而生有鞭毛者，所負之責任，可謂重大矣。此不過一種海綿之發達現象，其餘者未能悉述。

海 綿 之 生 理

關於多孔動物之生理，尙無詳細之研究。所可知者，不過其最顯而易見之現象而已。吾人皆知海綿生於水中，體外之水流，入其體中，體中之水，復出於體外。海綿之生命一日存在，此水流之循環乃續繼進行者也。水流經過其體上之皮孔(ostia)，向體內進行，旋復經其出口，而向外輸泄，皆海綿之生命動作使之然。其體中之領鞭毛細胞，以其鞭毛之活潑，使水流發生波動，此可斷言者。惟各領鞭毛細胞各自掉動其鞭毛，殊不能調和一致，故其內部之活動，屬於機械性者，尙非一味簡單，非尋常意料所及者。此其生理之尙未明確者也。

由體外進入體內之水流，含有養料，海綿資之以充飢。此等養料皆極微細之質，或有生者，或已死者，盡係有機之物。此外復有氧氣，溶於水中，亦為水流帶入，乃海綿呼吸所需者也。至於外泄之水流，則將體中之糞及其他廢質，運輸於體外。

水流之速率，由皮孔與出口之開闔，以為之調節。介乎皮孔與出口之間，尙有其他孔洞，如鞭毛腔之出水孔(apopyle)亦有開闔之能力，可以為調節水流之助。肌肉所成之收縮環(第五圖2)，圍繞於出水孔之口，因此環之收縮與伸展，該孔口遂有開闔之現象。除此之外，尙有若干種入口，皆時有開闔，蓋恃孔細胞之能收縮而然。各孔道之生理工作，大略如是，此其最易了解者也。

海綿收取食料，領細胞甚有力焉。此等細胞之取食，與原生動物之領鞭毛蟲(choanoflagellates)相同。前所言之索氏膜，發生於領細胞之體上，以為各領細胞之連絡，使不至相離太遠。此膜雖屬暫時存在之質，且時或出現，時或竟不出現，亦毫無一定。然謂其有輔助領細胞攫獲食物之功用，亦屬可能之事。當食物經過鞭毛腔之時，領鞭毛細胞皆有獲取之機會，此膜若存在，想能增大該細胞等之活動能力也。

中膠層內有變形細胞，此種細胞，四處游動，食料為水流所沖，入於孔道系統之中。若不為領鞭毛細胞所取獲，往往有機會與變形細胞接觸，於是變形細胞伸張其偽足而攫取之。吾人若明瞭變形蟲如何尋覓食料，如何攫獲之，及吞噬之，即可明瞭海綿體中之變形細胞之如何得食。動物學家謂變形細胞為嗜食細胞(phagocyte)者，蓋以此故。

除領鞭毛細胞，變形細胞二者，能攫獲食物之外，尚有孔細胞可進行同樣之工作。海綿體面上之孔細胞甚多，故食物為水流沖至海綿身體之左近，迨其一進其入口，孔細胞即可取而食之，不必俟其入於孔道系統中，始有領鞭毛細胞，與變形細胞，就而吸收也。

水中極微小之有機物，皆此三種細胞所資以為食，亦即海綿所持以維持其生命者。以此三種細胞取食之功用比較之，領鞭毛細胞實最為重要。變形細胞除於吞噬食物之外，並可接受領鞭毛細胞所餘剩之食物。

消化之工作，在細胞內部進行。領鞭毛細胞之吞噬食物，或在其領之側面，或在其領之內面，臨時發生一罅隙，食物即由此而入於細胞之內。此時細胞之原生質，包圍此吞入之食物而作成一食泡(food vacuole)。食泡之內面，產生消化液，以消化食物。食泡之體積，漸形縮小者，以食物消化漸盡之故。最後不能消化之廢質，復由細胞內面外移，經過領之內面，而拋棄於外。所吸收之養料，乃由一細胞輸送於他一細胞，變形細胞之在中膠層中，原係善於流動者，於此更可輔助養料之分布。孔細胞與變形細胞之消化食物，與此現象亦大略相似。

關於海綿之排洩現象，其詳不可得而聞。所得知者，即是海綿生活於水中，其周圍之水，大概較為清澈，能在混濁之水，尋見海綿者恒少。所以然者蓋因水流由海綿之體外進入其體內，復由其體內外出。此外出之水，含有碳酸，及含氮廢料，皆對海綿之體，足以有害者。故海綿之自身，有一種能力，使由其出口外湧之水，遠離其身，並踰出其所在地點之周圍，有相當之遠。由其體面入口所流入之水皆較清潔，含有養料。吾人若作親切之觀察，可以觀海綿體頂部之出口，噴出水流向上直湧，復向外拋落，射過相當之距離，儼若一噴水之泉然。濁水皆泄於距身較遠之處，清水含有養料者，皆在距身較近之處。於此可見海綿本身之構造能將清水與濁水分離，藉以獲得給養，及排洩廢物矣。一種海綿每日由其出口排出之水，約七十八升。又有一種，其全體共有二十出口，其排出之水，每日約有十升。其排洩之力亦相當可觀矣。領鞭毛細胞，以其鞭毛之擺動，能使孔道中之水流動不息。變形蟲細胞以游動之故，亦可使廢料為之轉移。此二種細胞，對於排洩皆有相當之功用，一若營養之有需於彼等也。

海綿之體中，無有神經系統，無有感覺機關，故於外來之刺激，所發生之感應力乃極屬有限。甚多種之海綿，其全體皆能發生收縮之現象，蓋因其體內有肌肉纖維，有收縮之能力也。肌肉纖維，在其體中集聚，成爲條帶，有相當之收縮力。其收縮之時，能使海綿全體爲之改觀。惟海綿因無神經機關之故，徒恃肌肉纖維發生反應，其反應乃甚遲緩。如以一種刺激，或屬於化學者，或屬於電流者，或屬於機械或他種者，施於海綿出口之周緣，則見其收縮環徐徐闔閉，絕不似較高等之動物，一受刺激，立時反應之敏速。此海綿之所以不脫下等動物之現象也。成熟之海綿，所有之動作能力，乃其體中細胞之單獨動作而已。而其全體則無移動之能力也，至於其幼子則不然，在其體上生有纖毛（即一部分細胞之鞭毛），可以爲游泳之助。幼子當較早時期，在水中四處行動，未嘗如成熟海綿之靜止於一處而不少移。纖毛或鞭毛可以發生動作，可以調整幼子身體之運動。幼子之游泳，其方向頗有一定者，即纖毛或鞭毛有和協運動（coordination 亦名共濟運動）之明證也。此外尚有一重要之現象，即是海綿之發長，皆甚迅速。如 *Hymeniacedon* 屬之海綿，其孳精之卵細胞與一針尖之大小相似，而竟能於五個月之間，發長至甚大之體積，體積之直徑，有一英尺之長度，其發長可謂極迅速之致矣。其餘所有各種，亦大概與此相差不遠，惟其如是，故甚多種之海綿，其生命不過一年。速長與速謝，乃彼此相偕之現象乎。海綿之生理，所可知者，不過如是。

第六章

海綿之類別及價值

海綿之分布

海綿之大多數種類，率生長於海水之中。〔只有一亞科，所謂淡水海綿亞科者，(Spongillinae, 案海綿之名詞既不甚妥，故有易以水綿者，淡水海綿之名尤覺矛盾，然以沿用既久之故，只得仍之)，生長於淡水之中。此一亞科之種類，分布極廣。全世界之江河湖沼之中無不產生此物。至於其產生於海水中者，其分布之廣，亦不少遜。總而言之，此類動物，全地球所存之水中，幾無處不發見之。

海水所生之海綿，其種類較多於淡水所產者。由最淺之海水，以至於極深之處，皆有其蹤跡。且其中有相當之商業價值，故甚宜述其生產之區域，乃吸收科學常識者，所宜注意也。

美國南方之弗洛利達(Florida)沿海，及其港灣，以產生海綿著名。歐洲地中海沿岸，澳洲之各海灣及海港，古巴附近各地，皆產海綿最形豐富，遠較世界他處之海中為多。其種類亦以此等處為最繁。

六射海綿綱多生於深海中，在他處不易尋見。四軸海綿綱與真角質海綿綱，生長於海水淺處及稍深之處者甚多。在海水極深之處，只有少數之種，屬於四軸綱者，可以生長。其餘各綱皆未發見。四軸綱與六射綱(即三軸海綿綱)為最大之兩類。每一綱之種類既甚繁多，其每一種所產生之個數亦甚夥。黏液海綿綱(Myxospongia)之種數較少，故不甚普通。石灰海綿綱生長於海濱各處，凡有蔭遮之處皆於其生長最為適宜。故岩石背陰之處，或其罅縫中，或海藻茂盛之處，此類海綿乃極形繁殖。

就整個海綿動物(多孔動物)門論之,其科其屬,大多數皆分布甚廣,在世界各處,皆可尋其科與屬。至於其種則不然,其分布頗有限制。某一處之種與他一處之種相較,皆迥然不同,然關於此點,亦有例外之情形。海綿之種,因此之故,似不能只因地域以爲之區別。目下動物分類學,與動物地理分布學,日有進步,不久可發見新事實,使海綿種類與地理之關係,有所改變。凡不同地域之海綿,現在可視爲不同之種,毫不容相混者,將來研究日精,將發見居間之種類(intermediate forms)以連絡之。此居間之種類,必係生產於居間之地域者。由此以言,極不同之兩種中間,將來皆有居間之種類,構成連續不斷之組系(series)。地域之限制可以泯去矣。

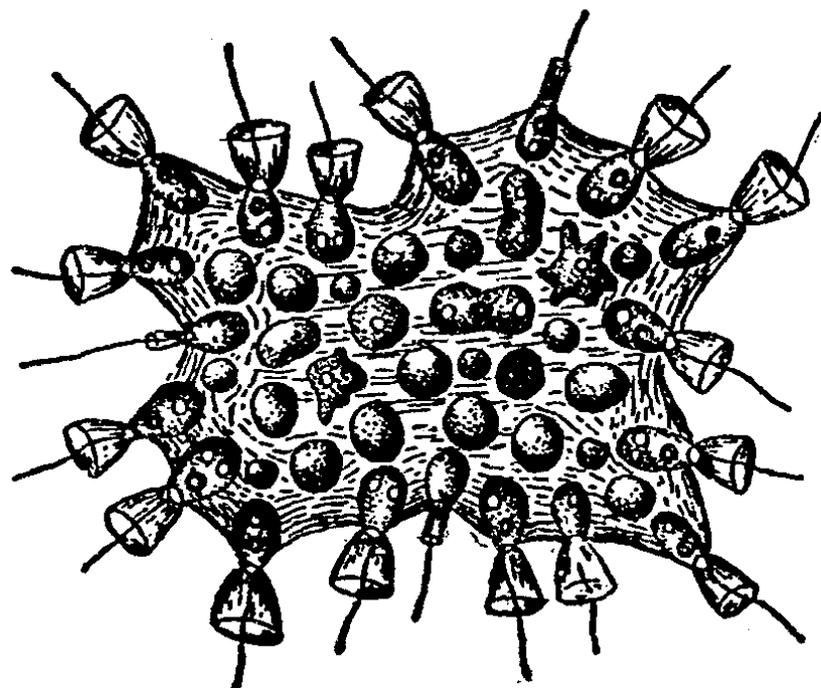
世界各處暖海中,水之熱度較高,熱度與海綿分泌之能力甚有關係。角質之海綿,其造骨(造絲)細胞之分泌,構成海綿絲,由此復構成角質之骨骼。凡海綿之有此等骨骼者,如前數篇內所言之真角質海綿,與僞角質海綿等等,皆在世界各處之暖海中生長。地球緯度不同之處,所產生之海綿皆甚不相同,其以此故乎。然無論如何,水中之熱度,對於海綿骨骼之發達,要有甚顯明之影響也。海綿在大地上之分布如是,以下更進敘其與他動物之關係。

海 綿 之 來 源

海綿在動物界(animal kingdom)中,只居於原生動物(Protozoa)之上,而在所有其他動物之下。故由極下等之動物門而上遞,則海綿係居於第二名,其位置之低,可想而知。海綿究由何動物發達,以至於現在之程度,有三種學說,以解釋此一問題,茲縷述於後:

(一)海綿係原生動物所結之團體。此一說也,動物學專家有主張之者,以爲海綿之體中,各種細胞多有獨立生活之性質。海綿體中之領鞭毛細胞,與原生動物門中之領鞭毛蟲極相同。原生動物門中有領鞭毛蟲類所組織之團體,即所謂原始海綿(Proteospongia)者,前曾言及(第三十八圖)。在此團體中,有甚多原生動物,以其體之一部,埋植於膠性基質之表面。此種原生動物,皆有鞭毛及領。除此之外,尚有他一部分之原生動

物，深居於該基質之中，皆係變形蟲。此區體係鞭毛蟲與變形蟲所組織而成，與極簡單之海綿體相似，故謂之原始海綿。謂海綿動物係導源於原生



第三十八圖 原始海綿

動物者，蓋根據海綿當胚胎發達之較早時期中，其體中只有鞭毛細胞與另一種之原始細胞。其構造與原始海綿極相近，此亦一切實之證據也。

以前所述及之白腔海綿，於發達成熟之後，其體中之領鞭毛細胞，孔細胞等，皆能變更其位置，而不固定在一處。其餘所有之海綿皆有與此相似之現象。大約其蛻變之時期中，皮膚細胞，胃腔細胞，甚至如體層，亦皆可變易其位置。海綿於發達之時，有此種現象，且此現象又甚普通易見，於此可知海綿之全體，係多數之細胞，與原生物類似者，叢集湊合之而成。其體中之構造，甚屬渙散，所有組織，皆極淺演，尙未至於固定之程度。

又海綿之生殖現象，一面由其體中產生卵細胞與精細胞，此與原生動物之孢子蟲之有性生殖相仿，而一面則由其體之發芽，或由其體中產生芽細胞，而成無性之生殖，此又與原生動物之變形蟲，鞭毛蟲，纖毛蟲，等之無性生殖者相仿。

總而言之，海綿雖為多細胞動物，其形體上，生理上之各現象，多有不脫

原生動物之狀態者，此其所以目爲原生動物所結之團體也。

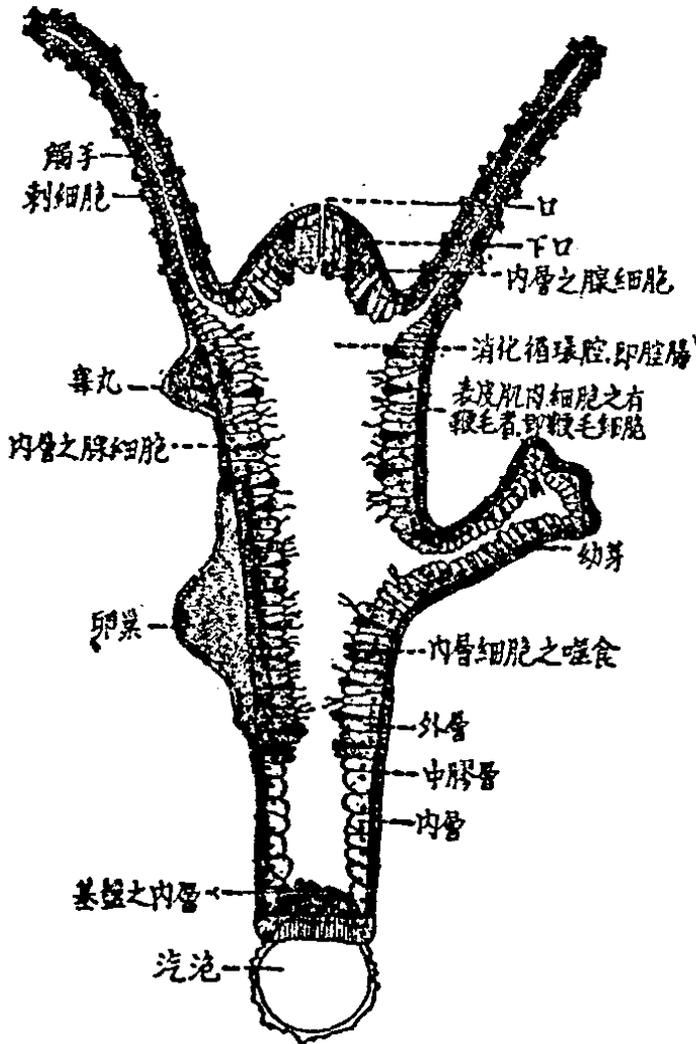
此學說雖持之有故，言之成理，然經精審研究之後，尙有令人懷疑之處，未可遽以爲毫無問題之定論。吾人若仔細觀察多數之次生動物 (metazoa 卽原生動物門以上之所有動物)，見其體中率皆有變形蟲細胞之存在。此種細胞，在較高等之動物體中，皆時有遷徙，不固守其原來之位置。故一般細胞之變更其地位，在各種動物之體中，亦可察見。當胚胎發達時期，此現象尤屬常見者，不獨在海綿體中而然。又領鞭毛細胞在較高等動物之幼子體中 (如某種棘皮動物)，亦時時發見，亦不獨海綿體中有之。況海綿體中各組織，雖極淺演，然其已有骨骼，肌肉等細胞，復有分泌及生殖消化等細胞，其分化之程度，實遠過於原生動物團體之所有者。由此觀之，謂海綿之全體，不過由原生動物之多數單細胞以成之者，實覺其尙有未妥。欲將海綿動物歸入原生動物門，今日之動物學家，多不作是想也。

(二) 海綿爲腔腸動物門之一部。動物學專家有主張此說者，蓋根據胆瓶海綿之構造 (第七圖)，而成立此學說。胆瓶海綿可視爲多孔動物天演之起點，其皮膚可視爲胚胎之外層，其胃層 (卽胃腔之表皮組織) 可視爲胚胎之內層。在此二層之間，有中膠層，可視爲胚胎之中層。胚胎之三層，謂之生成層，又曰胚層 (germ layers)。胆瓶海綿本係一海綿之胚胎，尙未成熟者，故此三層最爲清楚，而在腔腸動物門中有一種動物名曰水螅者 (Hydra)，其體中之三種胚胎層，亦最清楚。且其胃腔中之表皮組織，亦係鞭毛細胞之所構成。內外兩胚層間，亦係一中膠層 (第三十九圖)，與海綿所有者極相似。此爲海綿與腔腸動物極相近似之處。

又海綿細胞受精之後，成爲結合子，所有胚胎之發達，悉由此開始。由結合子以至於有纖毛之幼子，在經過各時期中，所有發達各現象，皆與腔腸動物胚胎發達時期中所經過者相同。此亦最好之證據，使一般動物學家相信海綿動物係腔腸動物門之一部分也。

海綿動物中最淺演者爲胆瓶海綿。所有其他之海綿，皆較此進化，其形體無不較此複雜。胆瓶海綿之祖先，謂之原始胆瓶海綿 (Protolynthus)，前已言及。此乃一想像之動物，非現在之海綿中，尙有此種原始動物之存在也。惟以胆瓶海綿及所有一切之海綿，就其胚胎之發達推究之，當多孔

動物在地球上出現之後，在極早時期中，必有此原始胆瓶海綿之存在也。



第三十九圖 水螅之縱切面

原始胆瓶海綿之構造，視原始海綿當較為複雜。然所謂原始海綿者，否果係是最初之海綿，是否其名能符其實，尙屬一疑問。而此原始胆瓶海綿乃確為一切海綿所託始，已成動物學中已定之論，關於此點以後更復論及。無論如何，原始胆瓶海綿，為胆瓶海綿及其他所有海綿之始祖，胆瓶海綿之形體，與此始祖尙相近似，而未曾經過較大之變化者。

胆瓶海綿只有一中央空腔，乃其胃腔，即腔腸也，案所謂腔腸 (coelenteron) 云云者，即是動物之體中，有一空腸，其周圍係由體壁 (body-wall) 包圍之。在其體

壁之內，只有此一空腔，空腸之外，更無他物。故此空腸為該動物之腸胃，而又為該動物之體腔 (coelom or body cavity)。是胃腸與體腔二者在此動物中，乃係一器官，所以謂之腔腸動物，如水螅，水母等物皆是。此處所講述之膽瓶式海綿，其形體乃係一空筒，除體壁之外，體內只有一空腔，謂之胃腔，胃腔之外，更無所謂體腔者，是亦腔腸之現象。在多孔動物門 (海綿) 中，所有種類，縱經許多變化，有極複雜之孔道系統，然皆謂之胃腔，由簡而繁之變化，並非於此腔之外，更有真正之體腔者出現。案真正之體腔，只在較高等之動物中有之，其起首也，係由胚胎之中層分裂為二部分。一部分與外層相湊合，成為體壁等構造。其他一部分與內層相湊合，成為

內臟等構造。此兩部中間，所餘之空腔，乃係真正之體腔。此就其大略言之，其詳細之發展，俟以後當復論及。較下等之動物，皆無體腔，即偶於體壁之內，腸胃等器官之周圍，有空隙出現，而終非真正之體腔，為其絕非由胚胎之中層構造而成。此乃動物學中最重要之事，讀者不欲藉此博取動物之基本知識則已，如其欲之，對於此點，要宜特別注意。今茲論及海綿與腔腸動物之關係，在海綿之體中，實無真體腔之痕跡。其中膠質雖可勉強代表中層，而此中層於胚胎發達之時期中，未嘗分裂為兩部分，以之構成體腔。在成熟時期，海綿之中膠層，亦未嘗分裂，成為固定之體腔。故海綿係無有真正體腔之動物，其胃腔即是體腔，其體腔即是其胃腔。然則海綿可謂一腔腸動物，此學說之獲人主持，其原因即在此。

然由其形體生理發達各方面觀之，海綿與若干腔腸動物，例如刺水母類(Cnidaria)者，相異特甚。刺水母等及尚有一部分之腔腸動物如尋常之水螭等，皆有刺細胞，該細胞係此等動物組織上之一特徵。而海綿乃絕無此種組織，是其與腔腸動物相異之一也。

腔腸動物皆有觸手(第三十九圖)，而海綿則無之，是其相異之二也。

海綿之孔道系統，入口甚多，所有水流統歸於最後之一腔，所謂胃腔者，由此經過一公共之出口以排洩之。腔腸動物無此週身遍布之小口，其體面之組織甚為完密，而其口部為吸收水流之唯一孔道。且其體中之廢料，亦悉由此口排洩之，是此一口乃並入口與出口二者之功用矣。是海綿與腔腸動物相異之三也。

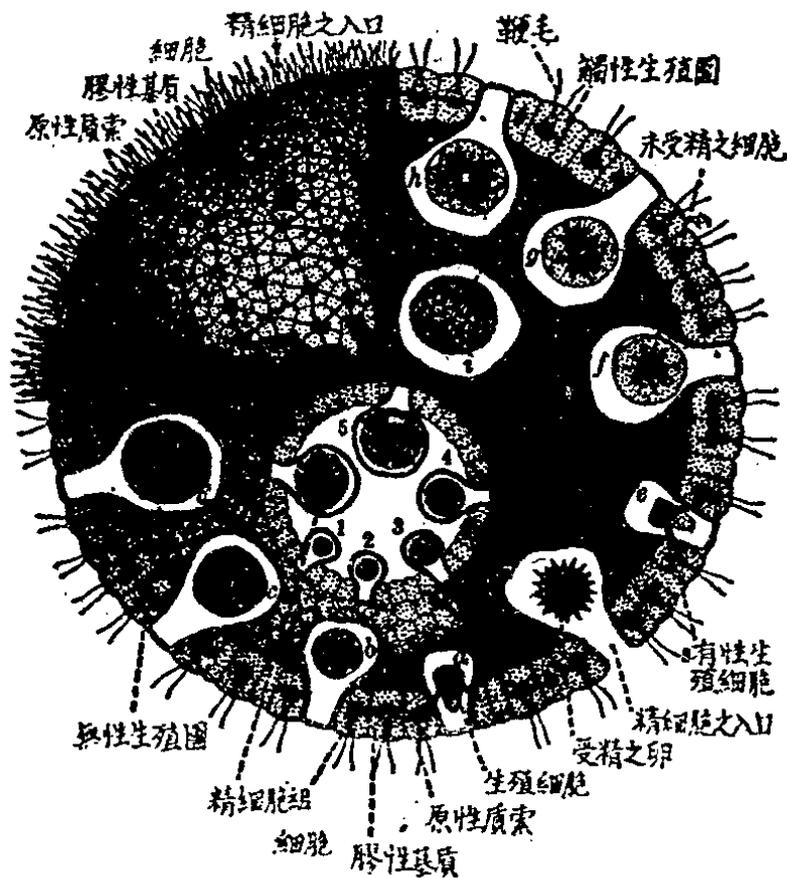
當胚胎發達之時期，腔腸動物之三胚胎層之變化之情形，與較高等動物所有者略相似。如外層構成體皮各質，內層構成腔腸內面之各質，中層雖極微薄，然其所構成者，亦係皮膚腔腸二者中間之各質。至於海綿則不然，其胃腔內面之表皮組織，皆係皮膚平區細胞所形成，此種細胞本來自外層者。且鞭毛腔中之領鞭毛細胞，亦係海綿幼子(胚胎)體面之纖毛細胞發達而成者，是乃外層而入於其體之內部。其內層之平區細胞，向體面遷徙，形成體面上之組織。是海綿胚胎發達，至於成熟之後，其內外兩層應有之位置，完全倒置矣。此點亦甚重要，願讀者亦稍予以注意。總而言之，海綿乃希奇之動物，與其他之多細胞動物(次生動物)，皆不可同日

而語。不獨其位置之低，構造之較簡單而已。此其與腔腸動物相異之四也。

有此數點，可見海綿動物門不能勉強認為腔腸動物門之一部。且此處所尋求者，為海綿果由何而來。腔腸之形體與生理各現象，較海綿為進化。根據以上所言之數點，謂腔腸動物係由多孔(海綿)動物演化而來，猶且嫌其勉強，而不足以饜學者之心。若謂海綿之來源，係腔腸動物，乃更覺其不合於理，毫無成立之學說也。

(三)近世一般動物專家，皆謂海綿與原生動物門鞭毛綱 (Flagellata) 同一原始。海綿非原生動物，此可斷言者。海綿雖係多細胞動物，而與其他之次生動物(由腔腸動物以至脊椎動物)，無有系屬上之關係，此亦可斷言者。此學說較前二學說較為穩妥，故贊成者亦較衆。

在整個動物界中，所有之動物，可分為二部。一曰單細胞動物，即原生

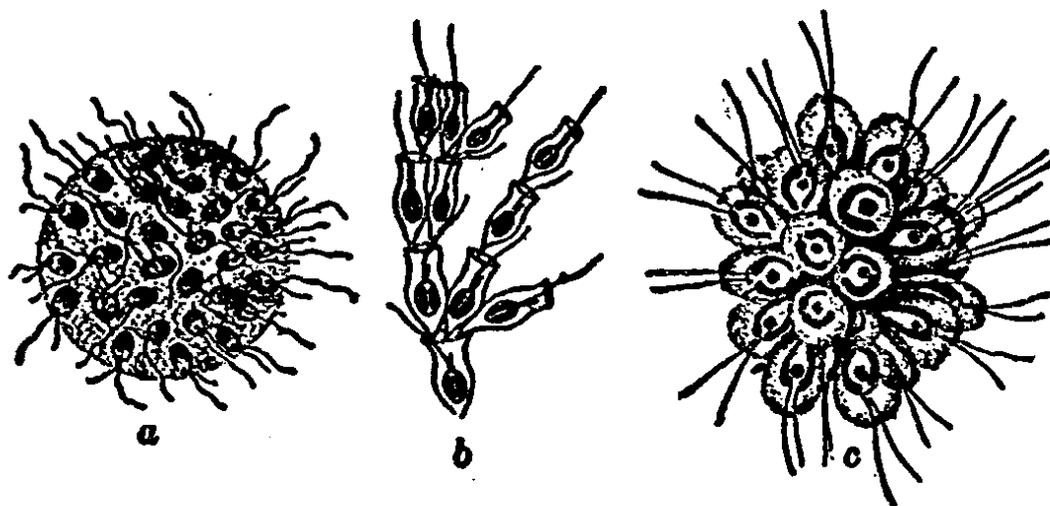


第四十圖 繡球蟲

動物門是也。二曰多細胞動物，凡原生動物門以外之動物，皆由無數之細胞構成其全體，故謂之多細胞動物 (multicellular animals)。而此一部又分爲兩組，一曰駢生動物 (Parazoa)，即多孔動物 (海綿) 是也，二曰次生動物，即包括其餘所有之動物，由腔腸動物，以至於最高等之脊椎動物是也。蓋以海綿係一希奇特別之動物，乃自成一類，與其餘之動物門，不容絲毫相混。

海綿自成一動物門，非由腔腸動物變化而來也，亦並非由原生動物變化而來也，而乃係由原生動物門鞭毛綱之祖先，逐次演進，以至於現在之程度。據現在之情形而論，海綿之進化，已超逾原生動物門鞭毛綱之程度，而較腔腸動物門之程度爲低。將來經過相當之時間，或許曠時長久，此一門之動物是否更有如何之變化，且其變化將至何等之程度，現在固未能定言。惟海綿之本身，仍有若干特徵，與原生動物所有之特徵相同。如其體中之領鞭毛細胞，與原生動物門之領鞭毛蟲相似，一也。

鞭毛蟲中有若干種，每有結成團體之現象，除所謂原始海綿而外，若繡球蟲 (colvox, 一名團走子, 第四十圖), 若金單子 (chrysomeonadida, 第



第四十一圖 a,b,c, 各種金單子

四十一圖)等等皆是。海綿體質之構造，極形淺演，與此等單細胞動物所結之團體，相去亦不甚遠，二也。

在此等單細胞動物所成之團體中其細胞已有分化之現象。如原始海綿

之團體(第三十八圖),其膠性基質之表面,皆係領鞭毛細胞蟲。該基質之中,皆係與變形蟲類似之單細胞動物,此等細胞,或者原係與領鞭毛蟲同源之動物,而以其處於該基質之中,生理上所發生之影響,使該細胞發達,不能與周圍之領細胞相似,而竟變化至與阿米巴蟲(變形蟲)相類。然無論如何,即此可見其分化工作之一斑矣。又如繡球蟲之團體,其膠性基質之中,有身體細胞與生殖細胞之分(第四十圖)。生殖細胞之中,又有無性生殖,與有性生殖細胞之分,此亦分化之現象也。其餘鞭毛動物所結之團體中,亦率可尋見分化之痕跡。由此觀之,原生動物之鞭毛網,顯然有與海綿相近之處,三也。

鞭毛蟲之祖先,有演進而成多細胞動物之趨勢。其細胞核中之染體,為其遺傳性質之所寓。任何動物有演進之趨勢者,必其染體中所含之性質,有進化之能力,其品質必較佳於不進化動物之所有者。鞭毛蟲之祖先,所生之子嗣,皆受有遺傳性質,該性質或富於進化之能力,或少有此能力,或竟無此能力,其優劣固不甚齊。故其向多細胞動物之程度進化者有之,有不能向此程度進化者有之,有向此程度進化而未能到達者有之,有向之進化,而已臻初步之程度者有之。不能結成團體之鞭毛蟲,可謂不能向多細胞動物之程度進化者。以上所言之原始海綿,繡球蟲等團體,已有細胞分化之現象者,可謂已向多細胞動物之程度進化,而尙未能達到者。至於海綿乃係向此程度進化,而已達初步之成就者。故海綿已成真正之多細胞動物,而鞭毛蟲所成之各團體,如原始海綿,如繡球蟲,如金單子等等,皆不得為多細胞動物,其進化之程度,視海綿乃瞠乎其後。此海綿與鞭毛蟲同祖先之說,較為合理也。

海 綿 之 統 緒

海綿之進化,由其形體,生理,發達,各方面,均可窺見其痕跡。茲為總論整個多孔動物之進化起見,對於所有各組之海綿,其彼此之關係必須加以討論,故海綿之種族史,乃為研究此一門動物之進化者所宜注意。

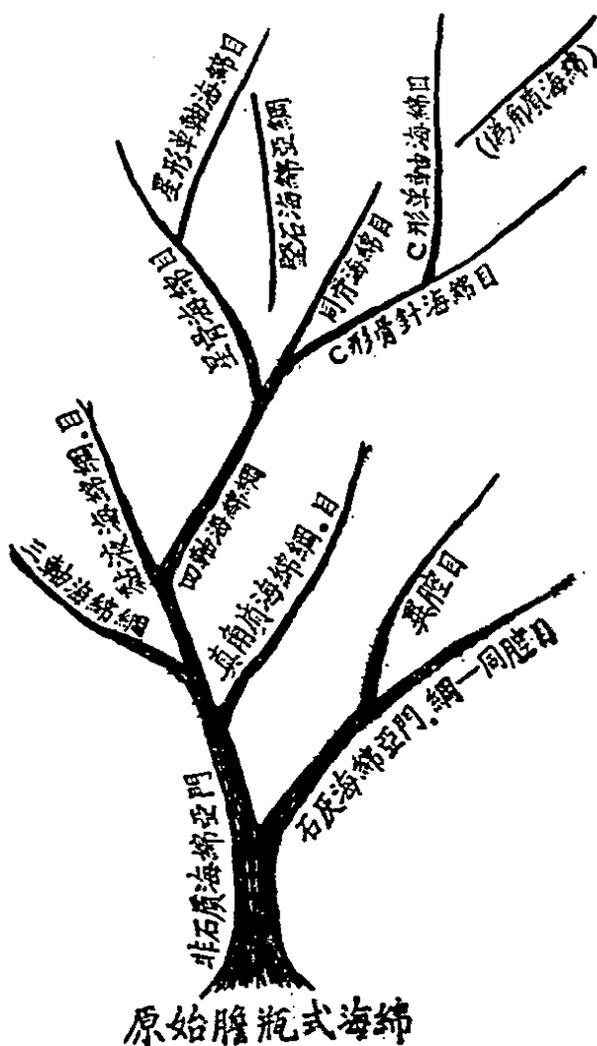
所謂種族者,即是此一門動物之發達史,多孔動物門,可分為數大組。各組之出現,有遲早之不同,各組之發展,有高下之相異。而其彼此間之

關係，有直接者，有間接者，要皆由一來源起首，如樹之有根，發出其幹，其幹旋即發出分枝，分枝旋復為幹，更有分枝由之發出。動物種系之演化，大概如是，故其種族之發達史，不啻如一株樹之發長然。動物學者根據一門動物之發達製一樹形之表(四十二圖)，以闡明其各組之關係，而其演進之現象，遂因而顯著。此種樹形之表，謂之種系樹(phylogenetic tree)，在生物學之著述中乃一普通常用之方法，談論天演者，時時用之，以為敘述解釋之輔助。海綿之種族發達史，亦可用種系樹以表明之，如第四十二圖，即最簡單之種系樹。

海綿之來源，在前節中所述者，以第三學說為最合理。此學說若果準確，則其最初之祖先，乃係一種原生動物，為鞭毛蟲等及海綿等所從出，是其與鞭毛蟲等同一來源，而鞭毛蟲非海綿之來源。

海綿由此來源演化，不知經過幾何年代，得成為極下等之多細胞動物。據專家所推測，最早出現之海綿，謂之原始胆瓶式海綿。此全係一理想之物，驟聞此說者，或疑其渺茫無稽。然由所有現在生存之海綿，及凡可得到之化石海綿(皆已絕種之海綿)，推究其已往之發達史，此理想之原始胆瓶海綿，要是信為必有之物，為所有海綿之種類所從出。故茲篇所舉之種系樹，以此理想之海綿，為起點。

原始胆瓶海綿之形體如何，吾人可參閱第七圖。該圖係胆瓶式海綿，在所有生存之海綿中，最屬



第四十二圖 海綿種系樹

簡單者，係一未完全成熟之構造。以其體質足以代表所有各種海綿形體發展之起點，故專家遂以此作為一種最簡單之種，由此可尋求其餘演化較深，位置較高之種類。胆瓶海綿既極淺演，而所謂原始胆瓶海綿者，乃更為淺演，其形體大概與胆瓶海綿相仿。而其構造及生理，必皆較胆瓶海綿更形簡單。吾人至此可以得一印象，對此理想之海綿，亦可不患其過於渺茫矣。

原始胆瓶海綿，為此種系樹之根，由此發達，生出兩大枝，代表多孔動物門之兩大系。此兩大系維何，即海綿之構造，含有石灰質，所謂石灰海綿亞門者，與海綿之構造，不含有石灰質，而含有他質，所謂非石質海綿亞門者，是已。原始胆瓶海綿，據理想所斷定，其體內係不含石灰質者。非石灰質海綿亞門，乃承繼其原來之狀況，而尚未改變者，故可謂其嫡派。石灰海綿亞門，係由非石灰質之始祖變化而出者，不得謂之嫡派。觀此兩大枝在種系樹上之託始，可以明瞭其彼此之關係，及其與原始胆瓶海綿之關係。

石灰質海綿之最簡單，演化之程度最低最淺者，為胆瓶海綿。凡與此海綿性質相類之海綿，其骨骼必係由石灰質構成之。縱其型式與原始胆瓶海綿相近，而以其含石灰質之故，已脫離其來源之舊觀矣。

除此之外，尚有所宜注意之點，即凡循此一分枝而發展之海綿，其體中之胃腔，與由胃腔生出之各腔，其內面之表皮組織(epithelium)皆領細胞(領鞭毛細胞)所構成。其各腔之內面有如此一律之組織，故謂之同腔海綿。海綿有石灰質之骨骼系統，其體中之各腔，皆係以領細胞形成其內面之表皮組織者，謂之石灰海綿綱同腔海綿目(以後簡稱石灰同腔海綿)，足以代表其全門中一大系，在種系樹上，成一大枝。

此一系中最普通顯著之種類，為櫛形海綿。此種海綿之形體乃以發芽增長之故，集合數單體而成一團體，生外觀如網之有空格，又如窗櫺之狀，故有此名(第八圖)。復有一種白海綿，亦足以代表此一系(第十五圖)。此二種海綿皆以石灰質構成骨骼，復有同腔之現象。

由石灰同腔海綿之一枝，發生一種變化，而有一類新式之海綿出現。此一類之海綿，皆以石灰質構成其骨骼，而其體中之各腔，有與同腔目之海

綿，彼此迥殊之現象。胃腔之內面，其表皮組織，不復全由領細胞所構成，其一部分已由平區表皮組織代替之。胃腔之外，復有許多分腔，其內面則盡係領細胞所成之組織，領細胞皆有鞭毛，故此等分腔，概謂之鞭毛腔。此一類之海綿，其各腔之狀況，如此不同，故稱之為異腔海綿，以其仍屬於石灰海綿綱，故又謂之石灰海綿綱，異腔目以後簡稱石灰異腔海綿）。此乃由石灰同腔海綿之一枝中，發出之新枝也。

原始膽瓶海綿所遺留之胤嗣，若石灰質海綿者，不過一旁枝，所謂小宗也，而其嫡派乃係非石灰質海綿。蓋原始膽瓶海綿，係毫無石灰質者。石灰質海綿之出現，乃係一種變象，而非石灰質海綿，乃其真正之‘肖子’，所謂大宗也。唯據專家之意見，原始膽瓶海綿與非石灰質海綿之間，尚有一空隙。蓋非石灰質海綿，並非緊接原始膽瓶海綿而出現者。此二者之間，實有斷續之處，應有一居間之種類以彌補之，此居間之物至今尚未尋得。就非石灰質海綿之普通種類，與其形體生理等現象言之，殊與原始膽瓶海綿有演化淺深之相差。即以最簡單之非石灰海綿觀之，總較原始膽瓶海綿進化為高。然以缺乏中間之物以為此二者之連絡，故勉強以最簡單非石灰質之海綿承接原始膽瓶海綿。此種系樹之根與幹間，尚有不準確之點，然以大致而論，亦不足為病也。據現在動物學者所知，除最簡單之非石灰質海綿之外，更無任何種海綿，較與原始膽瓶海綿為接近，可以承繼此種系樹之根，而向上發展。此圖以非石灰質海綿直接繼續原始海綿而起，而不於其間留一斷續之處，雖屬勉強湊合，然除此之外，亦無較佳之辦法也。

原始膽瓶海綿無有骨骼之系統。其體中之空腔，乃極簡單，除一中央之空腔外，更無其他孔道。此中央之空腔，謂之胃腔，代表其整個之孔道系統。在所有多孔動物中，其孔道系統亦屬極簡單而不發達者。動物學專家，所以皆承認極簡之非石灰質海綿為其嫡系者，即因其無骨骼系統之故也。此種徵象，於黏液海綿見之，故黏液海綿係由極簡單之非石灰質海綿，直接進化而來者。在此種系樹中，黏液海綿之綱與目，係繼續非石灰質海綿之大枝，而成直線者，即以此故。惟黏液海綿，已有相當發達之孔道系統，雖其構造頗形簡單，然與原始膽瓶海綿相較，其孔道已頗形繁複。

此乃由簡而繁之趨勢，爲生物進化所必有之現象，此類海綿之位置，所以已形較高也。黏液海綿既無骨骼，而又有較簡單之孔道系統，故仍未脫離淺演之狀態，在多孔動物門中，終不足語於高等之列。

當最簡之非石灰質海綿，漸向黏液海綿演進之時，在其過程之前半，有一新變化之發生。此種變化係無骨骼之非石灰質海綿，有一部分演變而成真角質海綿，在非石灰質海綿與黏液海綿之直線上，成一分枝。真角海綿已有骨骼系統出現。惟其骨骼係由角質纖維構造而成，其體中更無所謂骨針也。此種現象，與最簡單之非石灰質海綿所有之現象不同，與黏液海綿所有之現象亦不同。真角海綿之孔道系統，已有甚形複雜之狀。蓋由最簡單之孔道系統演進而有複雜之孔道系統。第七圖所示之孔道系統，係極簡單者。此圖雖係表示石灰質海綿(白腔海綿)之孔道系統，然以其足以代表原始膽瓶海綿之狀況，故借用之。原始膽瓶海綿演進而經過相當之階級，然後達於非石灰質海綿之地位。更由此演化，向黏液海綿之程度進步，在此時期中，其孔道系統，率係一簡單之胃腔，無有其他之分腔，即或有之，亦極簡單，故極與白腔海綿(即所謂膽瓶式海綿)之孔道系統相似。第九圖所示，係甜餅式海綿之孔道系統，此種海綿，即是真角質海綿。其體之中央，有一簡單之空腔(胃腔)。此腔本係由原始膽瓶海綿所遺傳之型式。當其演進而入於真角質海綿之途，此空腔漸漸發生分枝，始則胃腔之周圍，有許多小囊，迨此類之海綿演化既深，程度愈高，其分枝遂甚繁複，如第二圖所示是也。所謂沐浴海綿，淡水海綿(水綿)等等之有角質構成之骨骼者，皆由此項分枝發達而出。

此項分枝出現之後，在極簡單之非石灰質海綿，向黏液海綿演進之過程中，又有一分枝出現。此分枝發展之趨向，與真角質海綿之一枝，完全背道而馳，故此一枝所代表之種類，其性質與真角質海綿亦大異。每一種皆有骨骼，其骨骼系統純由砂石質之骨針集合而成。骨針既係砂石質，與真角質海綿所有之角質纖維，在形體上與化學上之性質，乃迥然不同。此種骨針有彼此不相黏連者，有彼此密切而不可解者，其密結也，乃特砂石以爲之黏合。此種海綿之體中，絕無海綿之縱跡，然無論如何，每一骨針必係三軸六射式，即其不係此式，亦必係由此式而生變化者。換言之，即

其最初之時，必係三軸與六條射枝，如第二十七圖 e，即是此式之骨針，第二十八圖乃此式而生變化者。此類海綿之孔道系統，較為簡單，反不若真角質海綿之複雜。每一鞭毛腔皆甚寬闊，其形如囊，在胃腔之周圍，成輻射之排列，蓋皆由極簡之胃腔，發出分枝，逐漸發達而然。海綿中最著名之天女花籃(第十四圖)，即屬於此類，乃一種最雅觀之海綿也。由毫無骨骼之非石質海綿，竟至有砂石質之骨針，以構成其骨骼系統。此系統發達之甚者，成為玻璃索海綿(Hyalonema)，如第四十三圖所示，即此種海綿。其砂質之骨骼成一較巨之長幹(即所謂玻璃索)，以支持其體。此種變化，乃由無骨之海綿發生，亦可謂與其原來之形體，大不相同矣。此一種演變之發生，在真角海綿出現之後。然其與真角質海綿出現之時期，相去尚不甚遠。觀此二分枝在種系樹上彼此間之距離，即可知三軸海綿網，乃隨真角質海綿網而起者也。

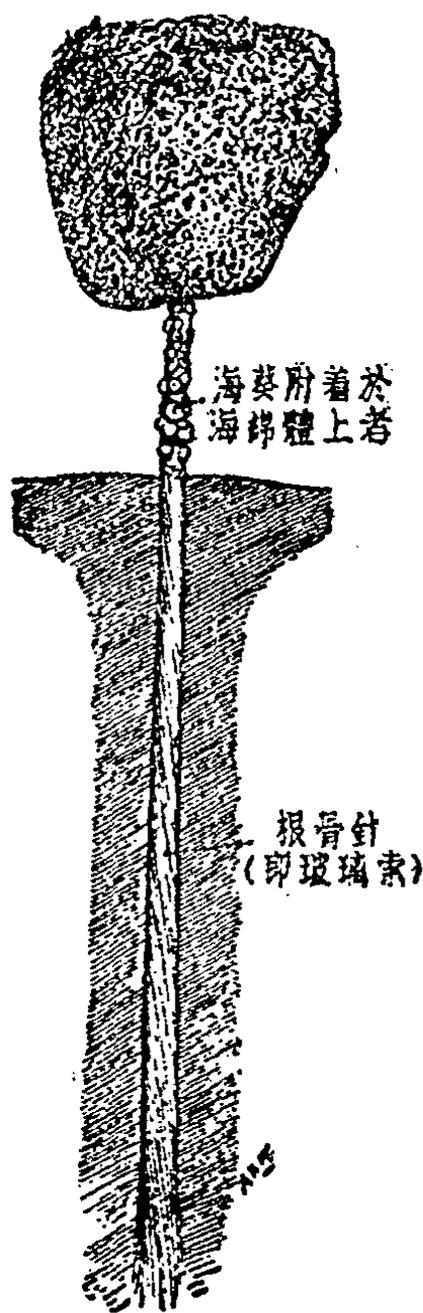
黏液海綿繼續發達，其體中之鞭毛腔發生變動，每一腔之容量，皆形縮小，其最初寬闊之舊觀已不復存在，至此復有一分枝從之出現，此新出之分枝，與真角質海綿，及三軸海綿等網，皆無關係。且其出現之時期較遲，遠在該二網之後。此新出之分枝，代表四軸海綿網。除以上所已言及之各類海綿外，其餘較高等之海綿種類，皆由此枝演化而出。此網之孔道系統，發生許多重要之變化，而其骨骼系統之演化尤甚。四軸海綿之骨針，雖係砂質所構成，然其由黏液海綿網之分枝，託始而出者，必係一種最淺演之四軸式。每一骨針，除四軸外，復有四條射枝，皆砂質所造成。骨針有零散而不相連接者，亦有彼此密結，由砂石以膠合之者，此其與三軸六射之海綿相同者。然其骨針亦有恃海綿絲以繫之者，此其與三軸骨針相異者。四軸海綿之骨針，亦有甚多之變化。第三十圖中之各式，凡其不係四軸四射者，皆其已經變化者也。四軸海綿網在種系樹上自成爲一枝，其淺演者骨針皆一律，其較爲進化者，體中有大小兩種骨針。骨針之體積雖異，而其型式仍大致相同，第二十七圖 b，即係四軸四射，未嘗有較深之分化，每一骨針未曾發生三枝小齒(triaenes)。此類海綿體中之孔道系統，亦較形簡單。此類之海綿，爲四軸網之本枝，以其骨針未嘗有較甚之變化，而大體皆相似也，故有同骨海綿(Homosclerophora)之名。在種系樹

上，繼續四軸海綿之一枝，成直線之發達。前文言及之卜氏海綿(第十圖)，即係同骨海綿目之最淺演者。所有四軸海綿綱中之其他各目，悉由此託始而演進。

由此一枝發出之分枝有二，一曰星骨海綿(*Astrophora*)，此亦一目之名。其體中之骨針，變成爲三齒者(第三十圖2-6)，其小骨針有成星形者(第三十圖21-27)，獨無有C形者(第三十圖30)。其體中之孔道系統，已發達至複雜之狀態。二曰C形骨針海綿目(*Sigmatophora*)，此一目之出現，較星骨海綿稍遲。其骨針皆係四軸四射，有以其三射枝變化而成三小齒者。其小骨針有變爲C形者，惟無星形骨針之縱跡，其孔道系統，亦愈形複雜。

以上所言之二分枝，皆由四軸海綿綱同骨海綿目之一枝，演化而出，而形體與同骨海綿乃相去甚遠。然海綿動物之演化，並未至此而終了。星骨海綿之一枝，復有分枝出現。此分枝所代表者，乃係骨針有簡化之現象者。骨針由四軸而變爲單軸(第三十圖11-13, 17-18)，小骨針必係星形，或與星形甚相似者。故此一分枝有星形單軸海綿之稱，此亦一目之名也。

C形骨針海綿目之一枝，亦發生一分枝。其所代表者，亦有簡化之現象，四軸骨針皆變爲單軸骨針，其小骨針多爲C形，若不係C形，則必雙射之式(*diactinal form*)。真正之星形小骨針，未嘗存在，即偶有與星形相似者，乃係次生之偽星形骨針(*secondary pseudasters*)絕非正常者也。



第四十三圖 玻璃索海綿

海綿之各大組，可以由種系樹代表之者，如上所述。唯此處有一困難之問題，即所謂堅石海綿綱(Lithistida)，其起首之處，尙未能確定。此類海綿之骨針皆係四軸。大骨針彼此密集，由矽土膠結之，成爲畸形之骨網(desmas)，以構成其整個之骨骼系統。此類海綿因骨網發展太盛之故，其體遂變爲堅硬之質，其名爲堅石海綿者，蓋指其硬化之現象也。堅石海綿雖託始於四軸海綿綱，而其各種類中，有骨針係四射式者，亦有係單射式者，其種之原始或不只一種，故有謂此一類之海綿係多源者(polyphyletic origin)。據現在動物學家之意見，堅石海綿之來源，究與何者爲最近，頗難言之。在此種系樹中，只得就四軸海綿綱之附近，作爲其起點之處，然不能指爲由該綱之本枝而起首者，蓋尙有一空隙未能填滿也。

此外尙有若干種類海綿，似屬於C形單軸海綿綱，其體內之骨針完全退化，由海綿絲取而代之，於是乃有角質之骨骼系統。第三十一圖乃其骨骼演進之現象。惟此有一點須明瞭者，係此種角質骨骼，非原來即有之，不過後來經過一種變化而始出現者，所謂次生之發達(secondary development)是也。因此之故，此種骨骼乃有偽角質骨骼(pseudoceratosa)之稱，謂不得與真角質海綿相混也。然此二類海綿(偽角質海綿與真角海綿)皆有發達圓滿之角質骨骼，在發長成熟之後，此二者實不易分別。以兩種極不相近之海綿，而忽有此趨合之勢(conuergence)，此乃生物天演中有趣之現象，研究生物學者，無不耳熟焉。偽角質骨骼海綿雖係四軸海綿綱之支系，而其是否確由C形單軸海綿託始而出，亦有難言之處，故在種系樹上之位置，亦係勉強安置之也。

海綿動物，爲一般普通人士所不注意，然在動物界中，甚爲奇特，以其爲多細胞動物之起首，由此可見天演運行，由最簡單之原生動物，進化至於海綿之程度，完成第一步之工作。有此種系樹以表明之，則海綿各大組進化之程序，亦可見其梗概矣。

多 孔 動 物 門 之 分 類

前篇詳述海綿各大組彼此之關係，而以種系樹代表之。茲復就多孔動

物門之各大組，言其特徵，以爲分類之大略，其表如後。

(甲) 石灰海綿亞門，石灰海綿綱 (Subphylum and Class Calcarea)。此類之海綿，其骨骼皆係石灰質所成。最普通者乃零散之骨針，皆三射式(triradiate)。此綱有二目。

(一) 同腔目(Order Homocoela)。此目所包括之石灰海綿，其胃腔及由胃腔所生之各分腔，皆有領細胞(即領鞭毛細胞)形成其裏面之表皮組織，白腔海綿即爲此目之代表(第七圖)。

(二) 異腔目(Order Heterocoela)。胃腔裏面之表皮，原係領細胞形成之組織。至是發生變遷，一部分變成平區組織。至於其餘之各腔即所謂鞭毛腔者，皆彼此分離，其裏面之表皮組織，則純爲領細胞所形成。

以上海綿皆有石灰質構成之骨骼者，其不由石灰質構成骨骼，則有如下之一大組。

(乙) 非石灰海綿亞門 (Subphylum Non-Calcarea)。隸於此一亞門之海綿，皆無石灰質之骨骼。

黏液海綿綱 黏液海綿目(Class and Order Myxospongida)，所有種類皆無骨骼。其孔道系統甚簡單，鞭毛腔率較寬大。此類海綿之缺乏骨骼，乃其原來之情形即如是，並非始有骨骼，而後來退化以至於消滅盡淨者。

三軸海綿綱 (Triaxonida 此綱亦名爲六射海綿綱 Hexactinellida) 此類之海綿，其骨骼由矽質骨針所構成。骨針或零散而不相統，或由矽土(矽氧 silica)膠結之，或成三軸六射之式，或由此式更行變化而成他式。孔道系統皆簡單。鞭毛腔亦甚大，皆囊形，在胃腔之周圍，成輻射之擺佈，有隔帶(trabecular)之組織網以間隔之。此類海綿之體中，向無海綿絲之存在。此綱有二目：

(一) 雙盤目(Amphidixophora) 三軸骨針演化，其形如一直幹，每一端有一錨形之構造(第二十八圖'd)。無以名之，乃名之曰雙盤，以每一小錨亦勉強可謂之‘盤’(dix)。前次講述骨針之型式，有所謂六星式骨針(hexaster 第三十一圖t)者，係隸於另一目者，不可與此相混。著名之玻璃索海綿，即隸於此目(第四十三圖)

(二)六星目(Hexasterophora) 三軸骨針成大星式。著名之天女花藍即隸於此目(第十四圖)。

四軸海綿綱 (Tetraxonida)。骨骼由矽質骨針所構成。骨針係零散者,或由砂土膠結之,或由海綿絲質膠結之。骨針之構造或係四軸四射式,或更由此變化而成他式。孔道系統率甚複雜,鞭毛腔大概皆小而圓。此一綱之海綿,以其骨針之變異,乃分為三亞綱(Grades)。一曰四射亞綱,二曰堅石亞綱,三曰單軸亞綱。

四射亞綱(Grade Tetractinellida)。骨針原係四軸式,後雖有變化,而其中有一部分之骨針,仍保存其四射之舊觀。其體中有大小骨針兩種,大骨針之型式,則必須四射。所謂畸形骨網(又曰畸形骨針),未曾發見。此亞綱有三目。

(一)同骨目(Homosclerophora)。骨針皆係四射式,大小骨針尚未分化,故不易識別。三齒骨針(即四射骨針,以其三條射枝變化成三小齒,或與此相近似之構造),尚未發達,孔道系統甚較簡單。

(二)星骨目(Astrophora),骨針係四射式。此外復有三齒骨針,與星形之小骨針,惟C形骨針,未嘗發見。(第三十圖2—6,21—22)。

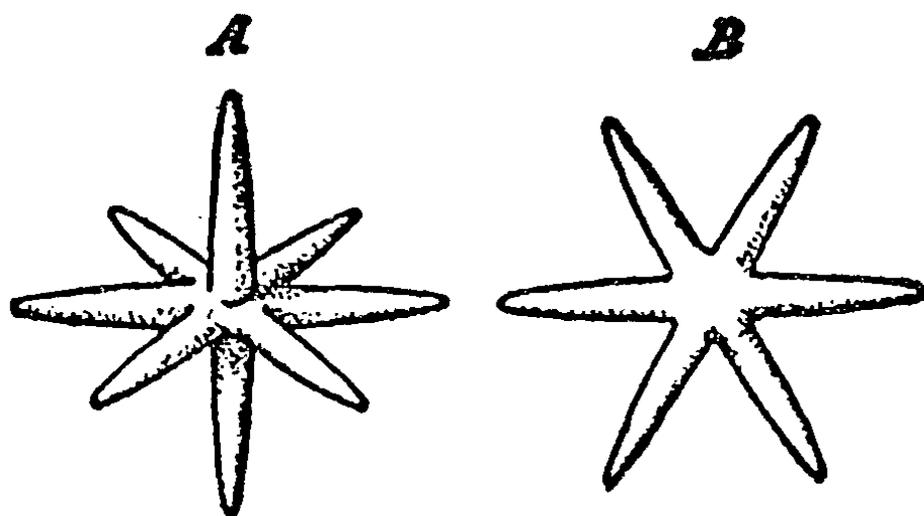
(三)C形骨目亦名C形骨針目(Sigmatophora)。骨針係四射式。此外復有三齒骨針,小骨針若存在必係C形,或與C形相近者(第三十圖30),惟無星形之骨針。

堅石亞綱 (Lithistida)四射海綿大骨針構成骨網(desma),其形不必盡係網狀,或成一種畸形,故又名畸骨,或畸形骨針(第三十圖20)。骨針彼此連合,由砂土膠結,堅如岩石。此亞綱之海綿,有四射骨針,亦有單軸骨針,乃係四軸簡化而成者。

單軸亞綱 (Grade Monaxonellida)。海綿之骨針原係四軸,其後發生變化,大骨針之四軸四射者,失去三射枝,而成單軸之式。畸形骨針未嘗發見。此亞綱有二目。

(一)星形單軸目(Astromonaxonellida)。大骨針皆係單軸(第三十圖11—18),如有小骨針則必係星形(第三十圖21,22,25)。此目所有之海綿,其祖先係星形四射式。

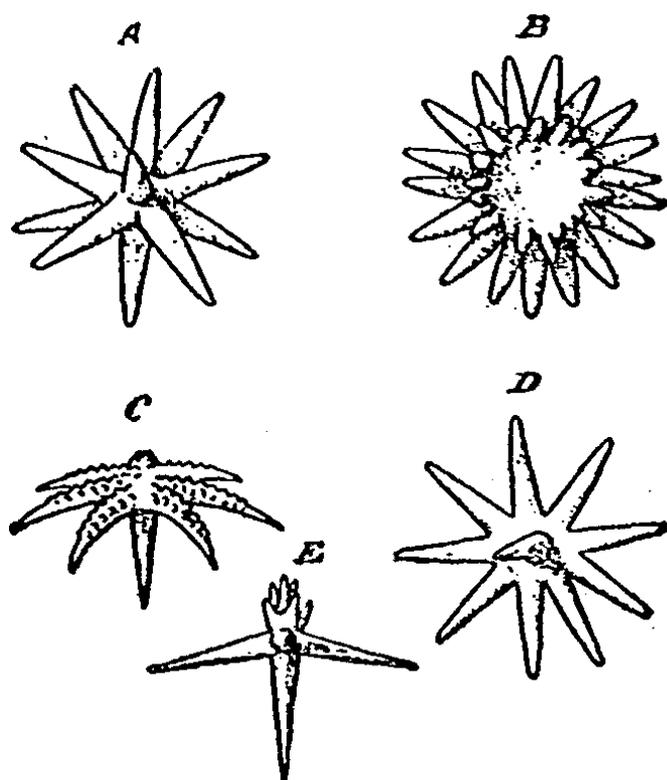
(二) C形單軸目 (Sigmatomonaxonellida)。骨針係單軸，就中有小骨針係C形(第三十一圖g)，或他種雙射之式者，正常星形之小骨針未嘗存在。(即或存在，乃係次生之偽星式 secondary pseudaster)。此目所有



第四十四圖 A. 八射骨針 B. 六射骨針。

之海綿，其祖先係帶有C形部分之四射式。

真角質海綿綱 真角質海綿目 (Class and Order Euceratosa)。此類之海綿，其骨骼既無石灰質，亦未嘗含有矽質，而完全由角質纖維形成之。此種骨骼之發達，是最初之時，即係純粹之角質，並非憑藉他質原有之骨骼，蔓延滋長，侵襲其地位而成者。惟此種骨骼時有外質之侵入，或竟被外質所代替。沐浴海綿即隸於此類(第一圖a)。



第四十五圖 A. 多射骨針 B. 玫瑰花形骨針 C.D.E. 各種釘形骨針。

以上之分類，係專指今日仍然生存之海綿而言者，皆其大組也。至於綱與目以下之各分組，各科，屬，種，變種，等，則皆未言及。讀者若只為求普通之科學常識起見，就此文之各篇，擇其易於了解者，稍為留意，即知天地間有此一種動物，其種種演變之現象，有非意料所及者，如此已可增長見聞矣。若復欲作進一步之推求，除全文中所言之各大端，尚請注意閱讀外，對此分類表，亦宜明瞭其概略。庶幾於多孔動物門之各大組，又可得其要領也。此外已絕種之海綿，尚有二組，皆係砂質海綿也。此二組不包括於上言之系統，其一組有八射式之大骨針(第四十四圖 A)，謂之八射海綿。其他一組有多軸之骨針，骨針射枝之數無有一定(第四十五圖)，乃皆古動物也。

海 綿 之 經 濟 價 值

前文中，屢次言及沐浴海綿，此種海綿與人類，可謂舊友矣。世人縱多不知海綿為何物，然皆易與沐浴海綿接觸，以其極普通常見，殊有經濟價值也。

此類海綿若以科學之方法審定之，則共有二屬。一為真海綿屬(*Euspongia*)。二為馬海綿屬(*Hippospongia*)。馬海綿由何得名則未可知。此類海綿之體中，正常孔道之外，復有分枝，橫穿旁馳，分布甚廣，其與真海綿屬，乃甚易分別者。此二屬中所有之各種，產生於世界各處之海水中，凡海水溫度較高，海水之深度，與海底之形勢相宜者，皆有此等海綿之產生。然產量最豐，產質最佳，在漁業上可稱為重要之區者，全世界只有數處。美國弗洛利達(*Florida*)省之沿岸，巴哈瑪羣島(*Bahamas*)及歐洲地中海之沿岸，皆此二屬海綿產生之名區。

地中海所產者，有二種隸於真海綿屬。一曰細海綿(*Euspongia officinalis*)。此種有二變種，皆甚柔軟細緻，其一係杯形者，尤較佳。二曰硬海綿(*Euspongia zimocca*)。其餘尚有一種，隸於馬海綿屬，即普通之馬海綿(*Hippospongia equina*)。

弗洛利達所產者共有六種，其於真海綿屬者凡二種。一曰黃色海綿(*Euspongia agaricina*)，與地中海所產之硬海綿甚相似。二曰手套海

綿(*Euspongia tubulifera*),其形似手套,故有此名,此種海綿之經濟價值甚低。其隸於馬海綿屬者凡四種,一曰羊毛海綿(*Hippospongia gossipina*),此海綿價值最高,市場中最多。二曰草海綿(*Hippospongia graminea*)。三曰腦海綿(*Hippospongia cerebriformis*),以其形似大腦也。然在市場中,此海綿亦名為草海綿。四曰鵝絨海綿(*Hippospongia maendriniformis*),此海綿不如其他各種之普通。

巴哈瑪所產之種,與弗洛利達所產者甚相似。海綿之較柔軟細緻者,可作沐浴之用。其較硬者亦然,故悉以沐浴海綿名之。然皆可依其性質之粗細堅柔,分別為擦拭各種雜物之用,惟所有海產之海綿,與他動物同生於海水之中,接觸之機會既多,牡蠣及其他各種蚌螺等頗受其害。海綿之發長甚形迅速,前曾言及。往往寄生於牡蠣等動物之殼上,以其體質之猛長,遂將其口杜塞。軟體動物(*Molluscans*)等之取食工作,大受阻礙,牡蠣,蚌,螺等因此餓斃。又甲殼動物(*Crustaceans*)如蝦,蟹,等在海水中游泳,往往誤入於海綿之胃腔中,或其較大之鞭毛腔中,一若得一甚適宜之寄所,可為其隱身之助者。無奈海綿之發長極速,未幾即有甚多之新芽發生,海綿之團體愈形複雜,其原有之各腔口,多有變動,不如以前之直接暢通於體外。甚至其腔口多有各種組織以彌縫之,水流可穿過其小孔,循環如故,而隱居其腔中之蝦蟹等,竟陷於網羅重圍之內而不得出,因此困斃者亦甚多。牡蠣蝦蟹等在漁業上皆係有經濟價值之物,以海綿蔓延滋蕃之故,乃不免大受摧殘。漁業專家對此甚為注意,研究所以防避之術者,亦無所不至。關於漁業之專門著述中,言之甚詳,此處未能悉述。吾國沿海不產生沐浴海綿,無利可言,而各種海綿之產生者亦甚繁多,其為害於有經濟價值之水產者,不知凡幾,將來國家振興漁業,望有以控制避免之也。

第七章

結 論

講論海綿之各種現象，至此已告結束。讀者就各篇之圖，觀其大凡，即可見生命現象之不可思議而悟昔人“生物不測”之說之有意義。倘更追隨每一篇所論之大綱，得一簡略之觀念，當能明瞭此種動物在自然界如何生活。於恒河沙數之生物中，而自爲一類，逐步演化，其種類廣布於地球之上，以生以殖，卒未嘗有絕種斷續之虞者，以其有所以生存之能力也。此生存之能力維何，曰細胞之能團結與各自盡其職責是也。換言之，即其細胞有合作分功之現象。

以整個之動物界而論，單細胞之原生動物，最爲下等。海綿只較高於原生動物，而較其餘所有之動物爲下，已曾於前數篇中言及。是海綿者，乃一甚下等之動物，而其需要合作，需要團結，初不亞於人類。

原生動物所有生理上之功用，悉由一單細胞擔任之，其力量之微弱，可想而知。其中亦有數種，偶有團結之趨勢，如鞭毛類之繡球蟲，原始海綿，等等，如前篇所言者，皆是。單細胞動物所結之團體，其中各細胞亦有分功之現象，然此種團體，過於脆弱，往往一遇打擊，立即崩潰，猶極不開化之民族，無團結之能力者，繼以生活所迫，暫時成爲部落，而一遇患難，遂離析分散而已。

至於海綿之身體，較原生動物所結之團體，則大爲進步。由其構造觀之，其體中含有無數之細胞，構成各種之組織。猶一國家之人民，在一國之內，有種種不同之組織也。

海綿之體質，分爲三層，在其胚胎發達之時期，所謂外層，內層，及中層者，既可識別。迨其體質成熟之後，外層成爲其皮膚之層，謂之皮層。內

層成爲胃腔之皮及各孔道內面之層，(此處不免有所變化，不必盡係內層，然以大概言之，故仍謂之內層)謂之胃層。此二者間之中層，成爲中膠層。是其原來之三層，仍可識別。海綿既有此三層，各種不同之組織遂由之出現。如皮膚之細胞，發達成爲表皮組織，及孔細胞組織。胃層之細胞，發達成爲骨骼組織，及胃腔表皮組織。中膠層則有各種游動細胞(wandering cell)及生殖細胞，此二種細胞亦皆可謂之組織。

海綿體質之構造，有此等分化，其生理上遂有極關重要之分功。如其體面上之表皮組織其中有表皮細胞，收縮細胞，骨骼纖維，海綿絲等，可以維持其體勢，胃層之組織有鞭毛腔內面之鞭毛細胞，噬食細胞，儲藏細胞等，所以進行營養之功用。皮膚之組織，有孔細胞，胃層之組織，有鞭毛細胞，所以助水流之循環，與呼吸，營養，皆有關係。皮膚之收縮細胞，有反應之能力，海綿每遇體外不利之刺激，如水中溫度之不適宜，或有化學上有害之物，與夫他種敵害相侵迫之時，而收縮其體面上之各入口，使水流不得內入，甚至其體亦能略形收縮者，即恃此等細胞之工作也。至於中膠層之組織，則有芽細胞，性細胞等，所以盡生殖之責任，以使其嗣緒之延綿。海綿之各腔，各孔道，皆爲循環，取食，排洩等之機關。總而言之，海綿之生理，皆有顯著分功用之現象。以此與單細胞之原生動物相較，其相去誠不可以道里計矣。

海綿之有此甚大之進步，無非由其細胞團結之故，非如原生動物偶然結爲團體，仍不免於渙散鬆懈也。有團結之能力，故有分功之利益。蓋在生物界中，統化(integration)與分化(differentiation)乃相輔而行，闕一不可者。譬如人類之進化，由蠻僂渾沌之時期，進而成爲有組織之集團，既已團結而不易於離散，其中之各分子，必各本其所能，而分擔其應盡之天職。故海綿之體質，不啻一初民所成之集團，已有相當之團結力，不至一遇壓迫，立見星散，如原生動物所結團體之過於脆弱。海綿體中各細胞，各組織之有分工，乃演化進步之一明證也。

然而海綿實一淺演之動物，其體中缺乏神經之構造。神經爲動物生命最要之質，猶之人類集團中必有之元首。換言之，即一國必須有政府也。下等動物，無集中神經系統者，必須有零散之神經組織或細胞，分布於周

身之各處。猶人羣無健全之政府，亦必有類似之機關，以司領導之責。今海綿竟並神經細胞亦無之。其體中只有所謂擬神經質(neuroid)者，係一種極微極細之物質，寓於細胞之原生質中，肉眼所不能察見，用特別固定液，及特別染料，製成切片，用極高倍之顯微鏡視察之，始得稍見其縱影，然此質實存於原生質內，固無可疑者，此質有傳遞之功用，而其力甚遲緩，海綿之體，恃此質以司反應之責，毫無真正神經元質之可言。動物學專家謂海綿體中有應動機關(effector)，而無接受機關(receptor)與適應機關(adjutor)，蓋以此故。一個區體之中，無集中之領導者，而其傳遞號令者，乃極微薄渙散，則其區體之幼稚下等，可想而知矣。故海綿在動物界中，雖高出於原生動物，而究不能與任何其他動物相較。

且海綿之高於原生動物，乃以體質之有組織。若以其單體作為一分子而論，其下等之現象，尤覺顯著。當其胚胎發達之初期，其幼子可於水中作自由之游泳，乃至成熟之後，即失去行動之能力，只能黏貼於他種固體之上，以繼其靜止之生活。其體中之各細胞，雖有種種之活動，而其身體絕對不能移動，以視單細胞之原生動物，可以自由生活，行動無礙者，反覺遜甚。故由體質之結構言之，海綿視原生動物，實大有進步。而由其單體言之，則整個之多孔動物門，絕無集羣合作之現象。是則海綿之體質，可以彷彿初民所結之社會，其每一細胞可以乃表每一混屯初鑿之人民，而其單體與單體之間，毫無關係之可言，不能與任何蠻僂民族所結之集團，有所比擬也。

海綿之身體，其構造甚鬆散而不完密，周身皆有空洞故有‘多孔動物’之名。在水中生活之各種動物，多有竄入其體中，為共生之寄居(symbiotic living)者，如水螅(Hydra)類，海葵類(Sea anemones)，多毛蟲，蛇尾星魚(Ophiuroid)，及各種甲殼類(Crustaceans)，皆寄於海綿之各腔及孔道之中。然海綿頻與他動物接觸，而不至受其害者，蓋以體質有特別之構造，而有以自全也。

海綿體中之骨針，及海綿絲等，既足以使其體質不適於敵物之口。而其腺細胞又能分泌一種惡味之液體，使欲噬之者皆不欲與之相近。故水中之任何動物，絕無以海綿為食者。其體雖時時受他物之陵藉，而以富於復

生(regeneration)之能力,亦卒有以自保。如海綿受他物軋壓衝撞,至於破碎,而其破裂之部分,旋於相當時間內,補苴罅漏,恢復健全之體質,與其原來之舊觀無甚差別。水中之各種動物,縱能侵入其體,而終不足以爲之害也。海綿既有此能力,培植有經濟價值之海綿者,皆利用之,以爲播植之助。種海綿者每將一海綿之體,切成碎塊,散佈於水中,以便其蕃殖。每一碎塊以後皆可發長,成爲健全之海綿,其復生能力之大,有出人意料之外者。

動物學專家曾作更進一步之實驗,將海綿之碎塊儘力使之破爛,以篩子濾之,使成零散之細胞。以顯微鏡觀之,則見海綿之原始細胞特別活動,四處運移,遇其他各種細胞則擁之驅之,使集聚成團,於是而有合體細胞(syncytium or plasmodium)之現象。此合體之細胞,於數月之後,可以發達成爲雛型之海綿,其體中遂有孔道,鞭毛腔,骨骼,及生殖機關等之出現。由此觀之,海綿復生之現象,在所有動物中,亦實罕有其匹者。

所尤奇者,海綿之原始細胞除此偉大之復生能力外,復有調節之能力。所謂調節者,即其對於同種與異種海綿之細胞,能辨別之,毫無差誤。藉此辨別之特識,而進行其糾合號召之工作。海綿之體質,已經極端破碎者,其原始細胞,在水中游動,所遇之細胞,若係由其同種之海綿而來者,則此原始細胞似能識之,乃將其糾集於一處,俾得集少成多,而爲合體之細胞團,由此開始其復生之工作。若其所遇者,係不同種海綿之細胞,則此原生細胞乃棄之而不顧,而異種海綿之細胞,碎散錯落於水中者,另由其同種之原始細胞,來糾集之。故每一種海綿之原始細胞,各有其職責。於海綿體破毀散亡之餘,各收集其同體(同種海綿之體)同宗之分子,以圖復興。比之人類,則與豪傑志士,奔走流離,卒能收拾餘燼,振興其民族者,可以媲美而無愧色。

海綿雖係甚下等之動物,而能受挫折,耐打擊,卒克保全其生命,延續其種嗣者,不已極其巧妙乎。然海綿固無知識志意者也,與人類之有思想計劃者,固不可同日而語者也。不過自然界中有一定律,凡生物之歷經淘汰而不至絕滅者,必其本身有所以自存之能力,缺乏此能力者,勢必不免於天然之淘汰。此能力者,即該生物所恃以適應環境者也。海綿所處之環

境，係在水中，其有利益於海綿之生活者，如養氣食料等，海綿恃其體中各細胞之合作，盡量利用之，其不利於其生活者，如敵害之侵陵，水浪石塊之衝擊，海綿亦恃其體中各細胞之各盡其責，有以却敵而自衛。不幸而受一部分之破壞，恃復生之能力而能恢復其舊觀，即最不幸而遭糜爛，至於極端破碎，其原始細胞，又復大顯其殊能，使生命種族，終可無恙。此其所以永遠生存於水中，縱遭極大之患難，而不至有絕種之虞也。

海綿有此特殊之現象，頗足爲人類之借鑒。然海綿終止於海綿，不能由此更進一步，演化爲較高之動物者，實受遺傳之限制。其生殖細胞之染體中，必係缺乏較高等之基因(*genes*)。此係就純粹之推想而言之，曾於前文中偶然涉及。關於此點，雖缺乏事實以證明之，將來研究進步，必有此種事實之發見，以生物學之進步而論，乃可斷言者。由其胚胎之發達觀之，與其以上之較高動物，無相承接之痕跡，其胚層之變化，與較高動物之現象，互相出入，前已言之。由此追尋其進化之程途，則見海綿之發展，即至此而已止。其餘較高等之動物，無任何門係由海綿演化而出者。余將來當爲文敘述腔腸動物，以見其亦係由原生動物，獨立發達，而成爲多細胞動物，非託始於海綿也。動物學者對於由腔腸動物門起首，所有以上之各門，均謂之次生動物(*Metazoa*)。而於海綿，則以副生動物(*Parazoa*)別之，不列於動物界進化之正統，實有充分之理由。動物之天演，至於多孔動物門(海綿)，實偶出之一旁枝，未有繼續之進展者也。

中國科學社科學畫報叢書

海 綿

中華民國三十八年九月初版

版權所有 翻印必究

編著者 秉 志

發行人 楊 孝 述

發行所
發 印 所

中國科學圖書儀器公司
上海(18)中正中路 537 號

分發行所

中國科學圖書儀器公司
南京 廣州 重慶 漢口 北平 杭州

1949
4

3826

(PS. 40)

基價 110