

植物形態學

嚴楚江著



蕨類植物

第四編 目 次

第一章 蕨類概論.....	177	第四章 木賊綱.....	208
I. 莖之解剖.....	177	木賊目.....	208
II. 根之解剖.....	179	木賊.....	208
III. 葉之解剖.....	179	古木賊類.....	207
蕨類植物之分類.....	181	蘆木.....	207
第二章 石松綱.....	182	桫欏木.....	209
石松目.....	182	擬鮑尼木.....	209
無葉舌(孢子同型)亞目.....	182	木賊綱提要.....	210
石松.....	182	第五章 蕨綱.....	211
舌葉蕨.....	188	(一) 厚囊蕨亞綱.....	211
有葉舌(孢子異型)亞目.....	187	瓶爾小草目.....	211
卷柏.....	187	瓶爾小草.....	211
水韭.....	190	蕨幕.....	213
古代石松類.....	192	擬蕨幕.....	213
原生鱗木.....	192	觀音座蓮目.....	214
鱗木.....	193	觀音座蓮.....	214
原始封印木.....	194	原始觀音座蓮.....	215
封印木.....	193	(二) 單囊蕨亞綱.....	216
普羅洛米亞.....	196	蕨目.....	216
石松綱提要.....	197	薇.....	216
第三章 裸蕨綱.....	199	海金沙.....	218
松葉蕨目.....	199	裏白.....	219
松葉蕨.....	199	蘋.....	221
裸蕨目.....	200	苔蘚.....	222
萊尼蕨.....	201	蘘.....	223
裸蕨.....	201	瘤足蕨.....	225
昆木.....	202	紗櫟.....	225
裸蕨綱提要.....	203	姬蕨.....	227

蕨.....	238
鐵線蕨.....	231
虎尾蕨.....	232
狗脊.....	234
紫萁.....	235
波紅腺蕨.....	236
水龍骨.....	237
槲蕨類目.....	239
槲蕨類.....	240
滿江紅.....	241
古真蕨類.....	243

原生蕨.....	244
蕨綱提要.....	244
第六章 蕨類植物演化之商討.....	247
導源.....	247
關係.....	247
蕨類植物羣.....	249
器官之演化.....	249
孢子體.....	249
配子體.....	252
結語.....	252

第 四 編

蕨 類 植 物

第一章 概 論

蕨類植物 (Pteridophytes) 又稱羊齒，爲維管植物中之一羣。其單價、雙價植物體之生長，各自分離。有性、無性世代之交替，明顯不亂。其雙價之孢子植物體具根、莖、葉與維管束之分化。維管束之中復有韌皮 (phloem)、木質 (xylem)、維管束鞘 (pericycle) 諸組織之形成，其外尚有內皮層 (endodermis) 以爲範圍。雖次生組織 (secondary tissue) 罕見於現代之蕨類，其初生之構造 (primary structure) 則與種子植物無甚軒輊。孢子植物體之減數分裂舉行於孢子囊內之孢子母細胞 (spore mother cell)，單價配子體之孢子由此形成。孢子因科、屬之不同而有圓球、二面、四面，與同形、異形 (homo-, hetero-spory) 之別。配子植物體簡單微小，無甚分化，或爲薄片狀，或成塊狀體，或作線體而分歧，亦有分裂滋長而不出孢子之外者。大、小配子器同體或異體而生，其爲同體者而大、小配子器發育時期又常有先後之別。大、小配子器之外周均有不育細胞以爲圍護。器所生長之地位又依種類而各有不同，有者下陷於配子體之組織中，亦有高出於外者。小配子進入大配子器而行交配，然後分化爲胚胎，發育成幼苗。以其有胚胎，故有名之爲有胚植物 (Embryophyta) 者。

I. 莖之解剖 蕨類植物種類繁多，構造複雜。莖部維管束中木質、韌皮兩部生長式樣之多，尤非其他植物所可及。茲摘其主要，簡略書述之。

甲 初生構造 (primary structure)

- 1. 分生組織 (meristem)** 蕨類之分生組織多爲一單獨之頂端細胞 (apical cell)，凡各組織無不由是分化。此細胞具四平面，狀如一倒立之金字塔。
- 2. 表皮層 (epidermis)** 莖部最外層之細胞，概稱表皮層。蕨類表皮層之發生，爲直接自皮層分裂而成，並非由幼莖尖端之表皮原 (protoderm) 所分化。故表皮與皮層之間，界限參差不齊。表皮之式樣亦因莖之分異而不同，在同一莖部其地下與地上部份亦不相同。毛及氣孔 (stomata) 通常具備，但亦有不具者。
- 3. 皮層 (cortex) 與基本組織 (ground tissue)** 組織之介乎表皮與中柱之間者爲皮層組織。莖內中柱分裂過甚，

維管束散佈生長，髓部 (pith) 與皮層之界綫分劃無從時，則維管束之外概稱基本組織而不分皮層與髓部。蕨類皮層細胞全部之構造全屬一致，或內外之分化不同，而有裏、外皮層之別 (inner, outer, cortex)，甚有多至三層者如松葉蘭 (Psilotum) 是，松葉蘭莖之外皮層為綠色組織，中皮層 (middle cortex) 為厚壁組織 (sclerenchyma)，而裏皮層則為厚角組織 (collenchyma)。蕨類皮層中均有葉跡 (leaf trace)。葉隙之有無則視種類而定，通常葉型小者無葉隙而大者有之。內皮層除蕨 (Pteridium) 與卷柏 (Selaginella) 而外，通常仍認為皮層最內而靠近中柱之組織，其上有條狀加厚之凱氏帶 (Casparin strips)。蕨類莖中常有除皮層最內之內皮層外，另有發生於髓部外周者，是以有外內皮層與內內皮層之別。

4. 中柱 (stele) 蕨類中柱式樣之多，為植物界之冠。茲擇取主要者分述於下：(一) 原生中柱 (protostele) 中柱之中央全部細胞分化為木質部 (xylem)，而韌皮組織 (phloem) 圍繞外周。(二) 管狀中柱 (siphonostele) 中柱中央之薄壁細胞並不分化為木質部，而成髓部 (Pith)。髓之外周通常具有內內皮層 (inner endodermis)。(三) 雙韌管狀中柱 (amphiphloic siphonostele) 韌皮部分內外二層，夾生於木質部之內外二周。(四) 網狀中柱 (dictyostele) 又稱分裂管狀中柱 (dissected siphonostele) 此中柱為管狀中柱之有多裂者。(五) 分體中柱 (meristele) 分裂管狀中柱之各維管束，由筒狀之排列分化為不規則之生長，以分散於莖內。在同一蕨類植物體內，自幼苗及於長成，其中柱之形式亦有分化。如最初為原生中柱者，當植物體漸長，中柱之形式亦隨之而更改，可由原生者成為管狀、網狀、最後分裂為分體者。大凡蕨類中柱之構造最初幼小時概屬原生者。其後如何，則視種類而定。有始終為原生中柱者，亦有成管狀甚或成分體中柱者。中柱之外圍概有維管束鞘 (pericycle)。

木質部之分化 蕨類木質部之分化，可分外始 (exarch)、中始 (mesarch) 及內始 (endarch) 三式。外始者木質部細胞之成熟自靠近維管束鞘之內周開始而逐漸及於莖或根之中央。換言之，即先行分化成熟之原生木質部 (protoxylem) 生長於中柱外周，而後生木質部 (metaxylem) 分化於內周。內始式與外始式適相反向，其原生木質部分化於中柱之內周，而後生木質部反在外周，中始式為後生木質部圍繞原生木質部而生。關於中柱形式及木質部之分化，學者一致認為原生中柱及外始式之木質部最為低下，分體中柱及內始式之木質部為最進化。

乙 次生組織 (secondary tissue) 古代蕨類均有次生組織，次生組織之來源有二：其一為初生形成層 (primary cambium)，由此分化者為次生木質部及次生韌皮部。另一為木栓形成層 (phellogen)，木栓組織 (phellum) 由是而分生。現代蕨類通常罕具次生組織，有之者則為水韭 (Isoetes)，蕨蓀 (Botrychium)，擬蕨蓀 (Helminthostachys) 而已。水韭與

蕨類均有初生形成層，而木栓形成層則僅見於蕨類。

II. 根之解剖

甲 初生構造 1. 頂端分生組織 蕨類根部分生組織與莖尖相同，多為一單獨之倒金字塔形細胞。 2. 表皮層 表皮組織與皮層之分化至不明顯，根毛由表皮細胞凸出延長而成，通常為單細胞，罕有複細胞者。發生於根基部之根毛及莖表面之毛，亦有自相穿織成為寬厚之假薄壁組織 (pseudoparenchyma) 層以圍繞於莖外者。 3. 皮層 皮層組織有全部細胞構造一致者，亦有分為內外二層者。如分內外二層時，其在外周者通常為薄壁細胞而內部者為厚壁組織。皮層最內之組織則為內皮層。 4. 中柱 維管束鞘為內皮層之內周，為中柱之外圍組織。根內木質部與韌皮部為相互而生，是為間隔排列 (radial arrangement)。中柱之式樣為原生中柱，無他式者。而木質部之分化概為外始式。其原生木質部 (protoxylem point) 之多少，殊不一致，有單原型 (monarch)、雙原型 (diarch)、三原型 (triarch)、四原型 (tetraarch) 等等。

乙 次生構造 蕨類根部罕有發生次生組織者，有之者則為蕨類，擬蕨類，觀音座蓮 (Angiopteris)、(Marattia) 等，數種而已。在此數種蕨類之根部，其皮層之外周有木栓形成層。至於次生維管組織，除少數古代蕨類而外，罕有發生者。

III. 葉之解剖

甲 初生構造 1. 表皮層 蕨類植物之葉，無論大小，均有表皮層、葉肉 (mesophyll) 與維管束 (葉脈) 三者。葉之表皮組織與莖內相彷彿，其與皮層之分別，比較明顯。葉片兩面之表皮或相類似，或有不同。氣孔 (stomata) 通常在葉之上下兩面均有發生，亦有發生胞間隙者 (intercellular space)。除氣孔而外，另有發生毛、刺、蜜腺 (nectary)、排水器 (hydathod) 等構造者。 2. 葉肉 (mesophyll) 葉內通常有葉肉，葉肉通常分佈生長於總脈附近，但偶有不及於葉緣或某一部份者。葉肉細胞通常無甚分化，但亦有分作柵欄 (palisade) 與海绵組織 (spongy tissue)。者葉肉中常具有氣隙 (air space) 或氣室 (air chamber)，亦竟有具氣道 (air canal) 或膠質管以及其他特殊細胞或構造者。 3. 中柱 蕨葉之中柱或有或無。通常單葉具單中柱，而對分叉之葉則具中柱兩條。中柱之外周具有內皮層及維管束鞘，亦有無之者。韌皮組織有圍繞木質組織而生長者，但通常生於木質部之下方。亦有韌皮部之分化限於葉之基部，而木質部單獨分化及於尖端者。小葉蕨類，其葉片既已纖小，而維管束又復細微，故原生與後生木質部之分化，殊難辨別。書籍所載，蕨葉木質部之分化，雖有外始、中始、內始三式之不同，而實則

在此纖小葉脈中能分辨與否，無甚重要。而大葉蕨類其葉脈之構造與分佈，殊為繁複。有因葉片退化而退化者，亦有生長密接彼此不分者。而初生、後生木質部與韌皮部之分化，殊有明顯可觀者。

乙次生組織 葉部通常無次生組織，但亦偶有發生者。蕨類葉柄之基部，具木栓組織。觀音座蓮等則有木栓與皮孔 (lenticel) 之發育。

IV. 孢子囊 蕨類植物孢子囊外形各別，有圓球、腎臟、囊袋諸式。通常膨凸高舉生長於孢子體之上，罕有下陷其中者。減數分裂舉行於內，結果孢子產生其中。孢子囊頂生枝頭 (裸蕨綱) 或葉之邊緣與背部及面部。在小型葉類 (Microphyllous) 各科屬中，子囊通常向軸 (adaxial) 而生於葉之上面。在大葉類 (Macrophyllous) 則生於葉之邊緣或離軸 (abaxial) 而生於葉背。

孢子囊之形成 蕨類有因孢子囊構造與形成之不同而分厚囊 (Eusporangiateae) 與薄囊 (Leptosporangiateae) 兩類者，前者囊壁具有細胞多層，後者僅具一層。發育之先，二者之原始細胞 (initial) 均無甚不同。在厚囊者其第一次分裂時為橫斷分裂，將原始細胞橫分為上、下二枚，上者為初生囊壁細胞 (primary wall cell)，下者稱孢子原 (archesporium)。初生囊壁細胞橫斷或垂周分裂多次，成子囊壁多層 (石松) 或一層 (薇)。孢子原分裂多次成為孢子母細胞，行減數分裂後，成為四裂孢子，最後分散為孢子。薄囊蕨子囊之原始細胞最初亦行橫斷分裂成為上、下二細胞。下者為柄細胞，由此可能再行橫分數次，日後成為孢子囊之柄。上細胞行魚鱗式之斜分數次，結果分成生長於頂端之倒金字塔形具有四平面細胞一枚，由此橫斷分裂成上、下二枚，在上者名外細胞，日久分化為子囊壁。下者名內細胞，即孢子原，日後分化為孢子組織，而終成孢子 (海金砂科)。

氈絨層 (Tapetum) 緊貼子囊壁內周之組織名氈絨組織。此組織並不產生孢子而為不育組織。

柱體 (Columella) 及隔片 (Trabecula) 在孢子囊中，除產生孢子之子細胞外，亦有發生其他不育組織者，如隔片 (水韭)，中央短柱 (杭尼蕨 Hornea) 及孢子原下墊 (石松) (Sub-archesporial-pad) 等。

環帶 (Annulus) 子囊壁之細胞有加厚之壁而成特殊之構造者，名為環帶。孢子囊之開裂每賴此構造。環帶之有無及其式樣如何，與生長之位置等，均各因科屬種類而有分異。觀音座蓮 (Angiopteris) 及小葉蕨類之孢子囊均無環帶。薇 (Osmunda) 之孢子囊無柄，具環帶而不甚發達。海金砂 (Lygodium) 之孢子囊亦無柄，而環帶限生於子囊之頂端。真白 (Dicranopteris) 之子囊亦無柄，而環帶發達成一全完圈帶，橫繞於子囊之中腰。蕨 (Pteridium) 與鐵線蕨 (Adiantum) 等之子囊具有長柄，而環帶縱繞全囊。此外我國特有之瘤足蕨 (Plagiogyria) 其子囊及環帶之構造與其他水龍骨科 (Polypodiaceae) 蕨類雖屬相同，但其縱繞之環帶，至子囊底部之處，每略偏斜而不與子囊柄相接觸。

孢子囊羣 真蕨每一孢子

葉所產生之子囊爲數繁多，通常每數子囊自成一羣，是名囊子囊羣 (sorus)。其外表爲一單獨之子囊，而內部構造分爲數室者則名複子囊 (syngium)。孢子之體型 蕨類除產生同型孢子者外亦有在同一植物而產生大、小不同之孢子者，如卷柏 (Selaginella)、水韭 (Isoetes)、蕨 (Marsilea) 等均是。大孢子產生於大孢子囊中 (megasporangium)，大配子體 (megagametophyte) 由此發育。小孢子 (microspores) 產生於小孢子囊中 (microsporangium)，小配子體 (microgametophyte) 由此發生。大、小孢子囊之體積有別 (滿江紅 Azolla 等) 或無別 (卷柏)，而孢子之體積與產量則必有不同。小孢子體積必較小於大孢子而其產量必較繁多。

蕨類植物之分類

近三十年來，蕨類化石之發現日益衆多。蕨類與其他植物之關係，漸臻明確。舊時現爲不相聯之種子植物，已與蕨類成爲不可分離之一羣。故有將全部維管植物分作下列四羣者：

(一) (1) 松葉蕨羣植物 (Psilopsida)，內含松葉蕨及裸蕨二目 (Psilotales, Psilophytales)。(2) 石松羣植物 (Lycopsidea)，內含石松 (Lycopodiales)、卷柏 (Selaginellales)、鱗木 (Lepidodendrales)、普勒樂明蕨 (Pleuromeiales)、水韭 (Isoetales) 五目。(3) 楔葉蕨羣植物 (Sphenopsida)，內含哈尼蕨 (Hymeniales)、楔葉樹 (Sphenophyllales)、木賊 (Equisetales) 諸目。(4) 蕨羣植物 (Pteropsida)，內含真蕨類植物 (Filicinae)、裸子植物 (Gymnospermae) 與被子植物 (Angiospermae)。(二) 亦有主張暫存蕨類與種子植物之舊，而將前者分爲裸蕨 (Psilophytinae)、石松 (Lycopodinae)、木賊 (Equisetinae)、真蕨 (Filicinae) 四綱者。(三) 更有分爲裸蕨、石松、松葉蕨 (Psilotinae)、關節 (Articulatae)、真蕨五綱者。(四) 此外亦有依葉形之大小先分爲兩大類，然後再分綱目者。(五) 關於現代真蕨之分類意見紛紜，系統繁多。(1) 有主張分真蕨爲厚囊蕨及薄囊蕨兩亞綱者 (Eusporangiatae, Leptosporangiatae)，屬於前亞綱者有瓶爾小草 (Ophioglossales) 及觀音座蓮 (Marttiiales) 二目，屬於後亞綱者有真蕨 (Filicales)、槐葉蕨 (Salviniales) 二目【90】。(2) 亦有以真蕨作爲綱而分瓶爾小草、觀音座蓮、與真蕨三目者【61】。(3) 另有將昔人認爲屬於水龍骨科 (Polypodiaceae) 諸蕨類，須分作三十三科者【61】。(4) 此外有以孢子之同型或異型與植物之水生或陸生，用作分類之標準者，但最近亦漸有主張不如此分者【16, 90】。

第二章 石松綱 LCOPODINAE

本綱特徵 本綱植物之孢子植物體具根、莖、葉之分化。葉爲小型之單葉，螺旋狀生長於枝、莖上，無葉柄，通常僅具總脈一條。中柱之構造有原始(protosele)、管狀(siphonostele)、網狀(dictyostele)、分體(meristele)各式。孢子囊單生於葉之上面，爲向軸者(adaxial)。

石松目 LYCOPODIALES

本目特徵 石松目植物體具小型葉片，是爲小葉蕨類(microphyllous pteridophytes)。具葉舌(ligule)或否。莖通常分枝，直立或匍匐，孢子囊靠近葉之基部，同軸生長。營養葉及孢子葉之構造無甚分別。孢子囊單生，具數細胞數層，爲厚膜式(eusporangiate type)。配子體之體積微小，成塊狀，或在孢子之內發育。本目植物有因葉舌之有無，而分爲無葉舌、孢子同型(Erigulatae, Homosporeae)亞目，及有葉舌、孢子異型(Ligulatae, Heterosporeae)亞目者。

無葉舌(孢子同型)亞目

石 松 Lycopodium

孢子體 莖 石松屬植物，概爲多年生草本，莖細而長，作對叉分(dichotomous branching)，直立、半直立或匍匐生長，亦有成地下莖及纏繞他物，或附於高樹之枝幹垂懸而生者。**葉** 莖上密生小型單葉。葉披針形，無葉柄(petiole)，有總脈(mid-rib)而長不及於葉之尖端，具鋸齒，作螺旋、輪狀、相對、或不規則之排列。**孢子囊** 孢子囊腎臟形，單生生長於孢子葉(sporophyll)上面之葉腋中。凡孢子囊生於葉之上面者，概稱向軸孢子囊(adaxial sporangium)(第75圖A—B)。**孢子葉** 孢子葉與葉之外形相同或否。各種石松孢子葉之分化，各有不同。有全部葉片均爲孢子葉者，(長葉石松 *L. pithyoides*)或葉與孢子葉分級間隔而生者(蛇足草 *L. serratum*)，亦有孢子葉僅生於枝之頂端者(溼地杉蘭 *L. inundatum*)，更有孢子葉相當特化而集生成棒狀之子囊球(strobilus)者(石松 *L. clavatum*)。而最進化者則爲地網子(*L. complanatum*)，其子囊球下之莖竟特化爲細長之孢子球莖。基部之葉均特化爲極疏小型之苞片(第75圖C—G)。**根** 石松之主根不甚發達，當幼苗能獨

立生活後，即多死亡，而普通所見生長於枝、莖之下面者，均為不定根。不定根單生或叢生，為明根之雙叉分枝或否，根有根冠。而陸生者根毛殊為發達。

內部構造 莖 分生細胞 (apical cell) 莖之尖端具有分生細胞。凡表皮、皮層與中柱無不由是形成。而此三組織在石松莖中，均有明顯之分化。 **表皮層 (epidermis)** 表皮層含細胞一層，具有氣孔。 **皮層** 各種石松皮層之厚薄不甚相同。細胞之構造亦不一致。有為永遠柔軟之薄壁組織者。亦有分為內外二層，而有薄壁與厚壁組織之分化者。而全部細胞硬化，成為厚壁組織者亦有之。 **葉跡 (Leaf trace)** 在皮層之內常有葉跡，由皮層網出分化而達於葉內。 **內皮層** 內皮層是皮層之內周，其細胞具有加厚之凱氏條。 **中柱** 維管束通常含細胞三至六層，處內皮層之內周。在其內者為維管組織，幼莖之中心無髓 (pith)，應為原生中柱，而木質部之形成則為外始式。原生木質部通常成二至四叢，但亦有多數者 (protoxylem points)。韌皮部與木質部相互間隔而生，是為間隔排列 (radial arrangement)。介乎韌皮與木質二叢之間，有薄壁組織一狹層。此種中柱之構造，學者認為最為下等而原始者。石松幼莖之構造雖如上所述，但成長之石松其莖部之構造，則各依種類而有不同。有始終為原生中柱者，亦有木質部自下而上，漸行分裂成為離散之離散中柱者 (plectostele 亦有稱為分離中柱 meristele 者)。而韌皮部組織分離離散，夾雜混處於各木質部之間。石松之木質細胞概為兩端尖斜之管胞 (tracheid)。其後生木質細胞 (metaxylem) 具梯形加厚之花紋。韌皮組織中有篩管與薄壁細胞，篩管 (sieve tube) 殊為簡單，僅為延長之細胞兩端略為尖斜而已，篩板 (sieve plate) 散生於側壁上，不似高等植物之集中生長於一定之部份 (第 75 圖 H)。

根 石松根之構造，與高等植物相同，亦有表皮層、皮層、中柱之分化。據云亦有根冠及根冠原 (calyptragen)。老根皮層細胞之在外周者，通常硬化，成為厚壁組織。中柱為原生中柱，木質部之形成為外始式。原生木質部由一原型至六原型 (monarch 至 hexarch) 均有。其為二原型 (diarch) 者，與其他植物之構造不同，木質部長成一開口之管柱，而在口之兩邊各有原生木質部一叢，其餘部份則為後生木質部 (第 75 圖 I)。其韌皮組織僅有一叢，居於木質部之中央。

葉 葉原素概由莖之表皮細胞一枚所分化而成。幼苗第一葉通常無甚分化，且無葉脈。自第二葉起始有總脈之發生。脈不分枝，其構造為原生中柱。皮層發達或否。葉肉 (mesophyll) 無甚分化。細胞為多角形無胞間隙，或為圓形而有胞間隙。表皮層發達，氣孔生於一面或兩面 (第 75 圖 J)。

孢子囊 當孢子葉之細胞尚在幼小之時，孢子囊即行發育。孢子囊發育之初，孢子葉上面

近於基部一行排列之表皮細胞三至七枚，依孢子葉表皮之平面而行平周分裂(periclinal division)成爲上、下兩層。下層爲日後孢子囊柄及孢子囊基部之母，上層爲孢子囊之所導源。上層再行平周分裂爲內、外二層，外層爲孢子囊壁原始細胞，內層爲孢子原(archesporial cell)。孢子囊壁原始細胞繼續行平周及輻射分裂，最後成爲細胞數層。在外周者爲子囊壁，最內者名氈絨層(tapetum)。氈絨細胞含豐富之原生質，且常有多核現象。孢子原經過多次分裂，成爲孢母細胞，然後舉行減數分裂成爲四裂孢子，最後分散爲孢子。孢子具四面，基部成圓形或半球形，其餘三面概爲平面。孢子甚小，直徑大概不過 0.03 毫米而已，色澤甚淡，孢壁甚薄，光滑具孔紋，亦有具六角或網狀之加厚者。孢子壁上有隆起之脊，脊三叉分，孢子之三平面由此分隔。孢子內含葉綠素少許(第 76 圖 A--D)。

配子體 石松之孢子謝落後，有於數日之內即行萌發者，亦有延緩三至八年之久方始萌發者。由孢子之萌發至其成熟而發生繁殖器官少者需時八個月，多者爲六至十五年。配子體生長之快慢與生理情況多少有關，能行光合作用者較快，其無色腐生者至爲遲緩。孢子萌發之時，原生質體膨脹將外孢壁依脊線而裂開。內孢壁由裂口向外鼓凸，孢子之原生質遂先行分裂爲二細胞，其一較小而接近孢子之底部者爲假根細胞(rhizoidal cell)。假根細胞不久退化成爲一空細胞。孢子第二次分裂將另一細胞分爲二枚，其一與假根細胞鄰接者名基部細胞(basal cell)。另一爲配子體之分生細胞(apical cell)。由分生細胞繼續不斷分裂，遂成爲配子植物體。石松之配子植物體亦稱原葉體(prothallium)。當配子體分裂至細胞五枚時，與之共生之菌類開始侵入基部細胞中。配子體細胞受其刺激方能繼續分裂生長。成長之配子體，有狀類胡蘿蔔而上部具分裂之冠部者。亦有全體下部尖細上部平闊而具向上捲曲之邊緣形如一盤者。不問配子體之形狀如何，有性繁殖器官均生長於其上(第 76 圖 E--I)。

小配子器 石松之大、小配子器同體而生(monoeious)，均生於冠(crown)部。小配子器通常先行發育，而大配子器則被遲緩。發育自冠之中部開始而漸及於邊緣。在無色而腐生之種類大、小配子器分別生長於原葉體冠部之邊緣，且每數枚葉生一邊。而綠色種類之大、小配子器則混合生長，小配子器下陷於配子體之組織中或稍隆起。其體積之大小與產量之多寡，雖在同一植物亦不一致。小配子器發育之時，原葉體冠部上面表皮細胞之生長特別迅速，此生長迅速之細胞即爲小配子器原始細胞，或簡稱小配子器原(antheridial initial)。小配子器原之第一次分裂爲平周分裂。結果分成內外二細胞。外細胞爲小配子器壁原始細胞(primary wall cell)，由此分裂爲單層多細胞之壁。內細胞爲小配子細胞之原始細胞(primary microgametogenous cell)，由此縱橫分裂成爲一圓四方形之小配子母細胞(microga-

mete, mother cell), 小配子由此產生。小配子頭尖尾鈍, 前端有纖毛。纖毛之數通常二根, 罕有三根者(第 76 圖 J—N)。

大配子器 大配子器除頸(neck)而外, 均下陷於配子體之組織中。其生長於地下之配子器者, 爲細長管筒狀而具有長頸。但生長於地上之配子器者, 則體形較短。無論器之長短其底部均有大配子細胞一枚(megagamete cell), 其上則有腹管細胞(ventral canal cell)一枚, 再上則爲頸管細胞(neck canal cell)。頸管細胞之數目每因器之長短而有不同, 在長頸之器中通常爲六枚或較多, 但亦有多至十至十三枚者。在短頸之器中則通常爲一枚而已。大配子器發育時, 其最初分裂之步驟與小配子器無殊。亦由配子體之表皮細胞膨大而成爲原始細胞, 其第一次之分裂亦爲平周分裂。外細胞爲頸之原始細胞(primary neck cell), 由此分裂數次, 成爲頸細胞數層, 每層含細胞四至六枚。內細胞先行平裂成爲上、下二細胞, 在上者名中央細胞(central-cell), 在下者名基部細胞。基部細胞分裂後, 成爲器之底細胞。中央細胞自行平裂, 成爲原始頸管細胞(primary neck canal cell)與原始腹管細胞。前者居於上而後者居於下。頸管細胞由原始頸管細胞分化而來。而大配子與頸管細胞則均爲原始腹管細胞所分化(第 76 圖 O—Q)。

胚 胎 石松大小配子交配如何, 尙無記載。關於胚胎之發育, 每因配子體之生態狀況而有不同。茲將地下與地上配子體胚胎發育之情形分別書述之:

(1) 地下配子體之胚胎發育時, 先由結合子依大配子器之縱切線作橫斷分裂成爲上、下二細胞。貼近大配子器之頸部者爲上細胞, 上細胞不再分裂, 是爲胚之蒂帶, 或稱胚蒂(suspensor)。石松胚胎之蒂帶與其他植物不相類同, 因並不生長延長將胚胎伸送進入配子體之組織中。在下而近於器底之另一細胞, 則稱下細胞, 幼胚第二次之分裂舉行於此。第二次分裂爲橫裂, 與第一次之分裂適成直角, 此時幼胚共有細胞三枚。幼胚之第三次分裂仍爲縱裂, 但與第二次之分裂適成十字形, 幼胚至此共含細胞五枚。第四次之分裂則爲橫裂, 幼胚經分裂四次後, 共得細胞九枚, 除蒂帶細胞而外, 胚胎本身含細胞八枚, 而此八細胞與日後幼植物之器官均有一定之關係。在此八細胞之上方而接近蒂帶之四細胞, 日後分化成足(foot), 是伸長入於配子組織中, 爲吸收固定之用。在下之四細胞中, 其居於一邊之二枚分化成莖, 另二細胞成葉。而根則爲日後所分化, 並不由此八細胞所直接發生。如上所述, 爲地下生長配子體發育幼苗之步驟。

(2) 地上配子體所發育之胚胎與上述情形略有不同, 當幼胚分裂成爲八細胞時, 其居於上方之四細胞中僅有二枚分化成爲足, 另二細胞分裂成爲球狀體, 名曰原球(protoecorm)。原球之上部發生筒形、綠色、葉狀物(亦稱原葉 protophyll)。幼莖由各葉狀構造之中央或旁側生出。(第 78 圖 R—V)。

產地地點 石松生於山野樹林中，我國南部各省均有生產。其常見者有石松（*L. clavatum*）、地刷子（*L. complanatum*）、小杉蘭（*L. selago*）、蛇足草（*L. serratum*）、垂懸石松（*L. carinatum*）等。

舌葉蕨 *Phylloglossum*

孢子體 莖 舌葉蕨之孢子植物體甚為矮小，全體之高度不過二、三厘米而已。植物之基部有一卵狀肉質球塊名為原球（protocorm）。**葉** 細長之葉數條輪生其上，名為原葉（protophyll）。**根** 根亦自球之上方近於原葉基部之處所發生。其數為一至三條。根不發生旁根，且其維管束每與葉脈相連通。**子囊球** 由原葉之中央向上發生直立之桿是為子囊球桿，桿之頂端生長子囊球（strobilus）。**孢子葉** 孢子葉（sporophyll）為同穗式（urostachys），色黃，而體短闊，腎狀之孢子囊（sporangium）生長其上。孢子葉居球之下層者無柄，其孢子囊則具短柄為向軸而腋生者。在球中部之孢子葉則具短柄，而孢子囊反無柄，且由球桿生出，是為莖生（cauline）孢子囊。孢子葉之排列為每三葉成一輪，但在球之上端者無甚次序。**孢子囊** 孢子囊黃色，一室，子囊壁含細胞二、三層，成熟時為直縫開裂。**孢子** 孢子黃色，具四面。上三面平而底面凸出成半球形且具有網狀花紋（第 77 圖 A—C）。

內部構造 莖 原球之基部維管組織極不發達。基部之上則為雙輻管狀中柱（amphiphloic siphonostele）及至子囊球桿之基部，通常成為管狀中柱（siphonostele）。再上達於子囊球桿則成為網狀中柱（dictyostele）。木質部之分化為中始式（mesarch），蓋後生木質部圍繞原生者而分化。**根** 根之構造非常簡單，其中柱為單原環或二原環。原球之分生細胞（apical cell）生於球之上部頂端近旁，而不在球之基部（第 77 圖 D—G）。

配子體 配子體大概與含有綠色之石松相似。多半為管筒狀，長約二至六毫米，其上有不規則之冠部，冠生於地面上，綠色。地下部份有內生菌類（endophytic fungus）與之共生。

配子器 大、小配子器同生冠部，二者均與石松相類似。小配子如何尚無發現者。

胚 胎 此植物之胚胎亦與綠色配子體之石松相類似。其是留於配子器之地位。其葉與莖

之尖端向下斜長由原葉體之旁而穿出。此時胚胎狀似一筒，其後筒之上部分化為原葉，原葉亦有維管束之分化，下部膨大成球是為原球（第 77 圖 H）。

產地地點 此植物之產地僅限於澳洲西南部，塔司馬尼亞（Tasmania）及紐西蘭（New Zealand）而已。

有葉舌（孢子異型）亞目

卷 柏 *Selaginella*

孢子體 卷柏之孢子植物體為草本，具根、莖、葉之分化。**莖** 莖匍匐，直立或為攀援，通常纖小。葉型小，單生，鱗片狀，由圓形或卵形，至於尖長，成螺旋狀或交叉繞生於莖之周圍，在節間組織則多作四行排列，在上方兩行較小，在下者較大。葉腋生長小片名為葉舌（ligule）。節間莖多具根托（rhizophore），由莖分枝處發出而向地生長，不定根由其尖端生出。**根** 根與石松相似，其初生根（primary root）不久即行枯萎，而日後之根均為莖之下面或根托之尖端所發生之不定根。（adventitious root）。根概為對叉分。**孢子囊** 孢子囊通常腎形或倒卵形，罕有扁平者，具短柄。孢子囊有大、小之分。大孢子囊（megasporeangium）之外形通常較大，綠色或白色，內有黃色、橙黃或石灰色之大孢子。小孢子囊（microsporangium）之壁甚薄因小孢子成熟之時為紅、黃或棕褐色，故孢子囊亦現色素。無論大、小孢子囊均向軸生長於孢子葉上面，且居於葉之基部而在葉舌之後。**孢子葉** 孢子葉（sporophyll）通常較營養葉為小，而二者無甚分異，密集生長於枝之尖端，成一四角形棒狀孢子囊球。孢子葉之生長大孢子囊者，名大孢子葉（megasporophyll），生小者名小孢子葉（microsporophyll）。卷柏之大、小孢子葉同株同枝或異株而生，亦有與營養葉相間而散生不成球狀者。其為同株而生者則又有大者在後小者居前，亦有全球中惟最後者生大孢子葉一枚，而餘者全屬小孢子葉者。此外又有由下而上，大、小孢子葉各成二行，分開生長者（第 78 圖 A）。

內部構造 分生細胞 卷柏莖端具有分生細胞一或多枚，凡莖部組織均由此分化而成。**表皮層及皮層** 表皮及皮層組織由同一細胞所分化而成，故二者實屬同源。表皮組織含細胞一層，無氣孔。皮層組織含細胞數層，細胞通常為多角或圓形之薄壁組織，其在外

周者可能成厚壁細胞，多角者無胞間隙，圓形者有之。**中柱** 中柱亦為一單獨之細胞所分化而成，與表皮及皮層雖同為頂端細胞所分化但並不同源。中柱之構造自原生中柱至管狀中柱均有之。其木質部之發育概為外始式。木質部為管胞所構成，但亦有具類似導管之木質部者。韌皮部之構造與石松完全相同。

內皮層 卷柏之內皮層至為特別，皮層與中柱之間每有空隙，而內皮細胞自行分割成輻射排列，連接於皮層與中柱之間，以其與其他植物不同，有名之為網脈(trabeculae)者。

維管束鞘 居於內皮層內周之組織名維管束鞘，卷柏之維管束鞘通常具有單層細胞而已(第78圖B)。

根 卷柏之根概甚細微。中柱至小。具木質與韌皮組織各一歲，為單原型。

根托 根托究屬何種器官則言人人殊，以其向地生長，且無葉片故為根之特性，而在構造方面亦有認為與根類似者。但既無根毛又缺根冠，且為外生發育(exogenous origin)則為莖之特性。而構造方面亦為一特化之莖，故有認為莖者。此外另有以根托為一特殊器官者。根托之尖端向地生長，由此分生而發育真根。但根托亦可因環境之變更而生長成為平常之莖。

葉 葉之雛體稱葉原基(leaf primordium)，卷柏之葉原基發生於莖尖附近，其原始細胞似由一表皮細胞所分裂而成。當葉原基發育之時，葉脈隨之而分化，卷柏葉片惟有總脈一條，其分佈自葉之基部直達尖端。葉脈在莖內與中柱直接之部份則稱葉跡。卷柏葉之外周具表皮組織一層，氣孔生於一面或兩面。葉內細胞亦有分化成為柵欄與海綿二組織者。葉肉細胞彼此相鄰，因成氣隙。細胞中含有大型杯狀葉綠體一或數枚。葉綠體之中有梭形澱粉核狀體。除卷柏而外其他植物之含此特殊構造者，惟水韭與角蕨目蕨類而已。

葉舌 葉舌為一特殊器官，其構造成舌狀或扇狀之小薄片，向軸而生於葉之基部，其發育與成熟均較早於葉片。

孢子葉 無論大、小孢子葉，其構造均與營養葉無甚不同，亦具有葉舌，惟在其後生孢子囊而已。

孢子囊 孢子囊具原始細胞數枚，發生於孢子葉腋以上之莖部。當孢子葉向外擴張伸長時，居於基部之孢子囊原始細胞亦隨葉之伸長而被拉向外移動，最後成為向軸而生長於孢子葉基部之孢子囊。因此，孢子囊之來源為莖而非葉，故名莖源孢子囊(cauline sporangium)。卷柏孢子囊發育之時，為厚囊式之發育(eusporangiate type)，即子囊原始細胞初次之分裂為平周分裂，由一細胞分裂成上、下二細胞。以後，上細胞分裂多次成為孢子囊壁，而下細胞為孢子原(archesporium)。日後由孢子原再行不斷分裂遂成孢母組織(sporogenous tissue)。卷柏孢子囊雖有大、小之別，但其構造無甚差異。孢子囊壁具細胞二層，鈣質層(tapetum)處壁之內周，為孢母組織所分化而成。孢母組織居囊之中央，最後分裂成為孢子。孢子囊開裂時，其上部為縱裂，下部則否。孢子囊因乾燥而收縮，孢子因其收縮而被彈射於外。據云大孢子可被彈六至十厘米，而小孢子則為一、二厘米之遠。

孢子 大、小孢子在發育之初，彼此並無分異，待孢母組織分化

爲孢子母細胞時，在一孢子囊中着孢子母細胞中十之八、九發育爲四裂孢子則結果成爲多數之孢子是爲小孢子 (microspore)，其囊則稱小孢子囊 (microsporangium)。小孢子金字塔形三面平而一面圓凸，具壁二、三層，外孢壁較厚而內壁薄。若一孢子囊中，除孢子母細胞一枚發育外，其餘全行退化，則結果此囊中含孢子四枚。但亦有偶有例外者。此種孢子之體積較小孢子大至多倍是爲大孢子 (mega-, macro-spore)，其產生大孢子之囊則稱大孢子囊 (mega-, macro-sporangium)。植物之孢子具大、小不同型之現象者，稱異孢現象 (heterospory)，此植物則爲具有異孢性質之植物，倘若孢子爲同型而並無大、小之分者則稱同型孢子，其現象爲同孢現象 (homospory, isospory) (第78圖 C—E)。

配子體 大、小孢子分別分化爲大、小配子體。大配子由大配子體，小配子由小配子體而發生。

小配子體 (microgametophyte) 小配子體之發育開始於小孢子被謝落之前。當小孢子尚在小孢子囊中之時，其原生質分裂爲大、小不同之二細胞，小者名原葉細胞 (prothallial cell)，大者爲小配子器原始細胞 (antheridial initial)。原葉細胞不再分裂，亦不長大。小配子器原始細胞縱橫，經多次分裂，結果成爲居於中央之細胞四枚及四周小配子器之壁細胞。屬中央之四細胞即小配子產生細胞 (microgametogenous cell)，由此分裂爲一百二十八或二百五十六小配子母細胞。當小配子器發育不久其壁細胞逐漸退化而終至消失。器壁細胞消失後，小配子母細胞遂分化成爲具有長纖毛兩根之小配子，小配子既成熟小孢子由尖端處向三方面裂開後，小配子遂得外出，經游泳而到達大孢子 (第78圖 F—L)。

大配子體 (megagametophyte) 大配子體亦在大孢子之內發育。發育之初，大孢子細胞核漸漸加大。繼而分裂爲多數游離細胞核且發生一大型之中央液泡。同時原生質在孢子尖端之下者，逐漸分化成細胞二、三層。而液泡之中亦漸爲細胞質所充塞。不久孢子壁被膨脹，將其尖端向三方開裂成一三叉口，配子組織遂裸露於外，且漸呈綠色並向外發生假根 (第78圖 M—R)。

大配子器 凡在裸露組織表面之細胞均能發育爲大配子器。而通常在三叉口之最中央者每先行發育。大配子器原始細胞發育時，先橫分爲上、下二細胞，上者名初生蓋細胞 (primary cover cell)，日後作十字架縱裂成蓋細胞 (cover cell) 四枚。下者爲中央細胞 (central cell)，由此再分爲在上之初生管細胞 (primary canal cell) 及在下之初生腹細胞 (primary ventral cell)。初生管細胞成熟爲頸管細胞 (neck canal cell) 一枚。大配子細胞及頸管細胞均由初生腹細胞所分化而成。大配子器除蓋細胞而外，全部陷於配子組織中。當其成熟時，器之內部除大配子細胞而外完全退化，成一團膠質，並吸收水份而起膨脹，蓋細胞因受膨脹而被推擠向外裂開 (第78圖 S—U)。

交配 小配子被引誘而進入大配子器，遂與大配子融合成爲結合子。

胚 胎

結合細胞第一次之分裂，每依照大配子器頸管直線而橫斷分裂為上、下二細胞，上細胞延長生長日後成為胚蒂(suspensor)，下細胞為胚細胞(embryonic cell)。胚蒂細胞分裂或不分裂，亦略有分裂成數細胞者。胚蒂通常延長甚劇，能將幼胚推送進入營養組織中，但亦有並不分裂延長而無甚作用者。胚胎細胞初時橫裂，繼而縱裂及斜裂，遂成頂端細胞一枚與旁側細胞二枚。頂端細胞日後分化成莖之尖端，是為莖之分生細胞(stem apical cell)，卷柏之莖由是分化而成。旁側之二細胞為葉之分生細胞(leaf apical cell)。胚足居一葉之下其發育較莖、葉為遲，且不甚發達。根之發育最為遲緩當胚已長成方始分化(第78圖 V—Z及R)。

卷柏胚胎之發育各依種類而有不同，以上所述，不過其中最為普通者而已。

產地地點

此科約有六百種，分佈甚廣，多數生長於熱、亞熱、溫各帶陰濕地區，但亦有生長高山極能抗旱者，吾國有四十餘種分佈南北各地。筆者所見在北京西郊及景山，南京紫金山，杭州西湖，江西南昌，雲南昆明各地，均盛產之。

水 韭 Isoetes

孢子體

水韭為水生草本植物，莖甚扁其下鬚根叢生，葉狹長叢生莖上，略似韭菜，每葉基部有向軸而生之孢子囊一枚(adaxial sporangium)。葉舌成舌狀薄片亦生於葉上基部而較子囊為高，蓋膜(velum)為極薄之膜層，亦於葉舌與子囊之間，由上向下垂懸生長將子囊蓋蔽(第79圖 A—C)。

孢子囊

水韭亦為異孢植物，孢子囊之在外圍者，通常為大孢子囊，內部者為小孢子囊。大、小孢子囊與子囊之外形均無甚分異。

內部構造 莖

在莖上端之中央每向下凹陷而四周則向上隆起，分生組織生長於莖端中央下陷部份。成熟莖之構造為原生中柱，木質部為外始式。韌皮部甚為簡單，無篩板之分化，圍繞於木質部而生。再外則有形成層(cambium)，以其與其他植物之形成層不同，有名之為梭狀細胞層(prismatic layer)者。形成層之外周則為皮層，最外則有栓內層(phelloderm)，木栓形成層(phellogen)，與木栓層(phellum)。水韭之莖因上半部發生葉跡(leaf trace)故名為莖，而下半部份發生根跡(root trace)，故有命名為「根型」者(rhizomorph)。(第79圖 E—F)。

根

根雙叉分，尖端具分生組織，成熟部份具皮層及中柱之分化，中柱為單原型，木質、韌皮兩部各生於中柱之一邊。維管束之外為內皮層，其上有凱氏加厚構造，皮層組織中每發