

臺灣二〇〇三年國際科學展覽會

科 別：植物學科

作品名稱：台北市內湖區金面山地衣調查與空氣污染對地衣
影響之探究

得獎獎項：植物學科佳作

學 校：臺北市立麗山高級中學

作 者：林怡欣

作者簡介



壹、姓名：林怡欣

貳、學校：臺北市立麗山高級中學

參、班級：三年八班

肆、興趣與專長：英文、生物學、化學、資料蒐集統整、科學研究

伍、得獎紀錄：

一、2001 年以作品「磁力懸浮法測量液體密度之研究」獲得全國科展高中物理組第一名。

二、2002 年以作品「神秘的空氣污染指標生物—地衣」獲得旺宏科學獎佳作。

三、2002 年以作品「臺北市內湖金面山區地衣調查與空氣污染對地衣影響之探究」

獲得東吳大學中學生生物科學研究競賽佳作。

四、2001 年獲得英文作文比賽全校第二名。

陸、未來期許：希望未來能投入科學研究相關領域及發展生化科技。

Abstract

This research was carried out between July 2001 and June 2002 on the Jinmian Mountain in Neihu, Taipei City and consisted of an on-the-spot exploration and collection of lichen. The **Taipei Municipal Lishan High School** was the center of this research, and the researched territory consisted of the areas between the mountain at the back of the school (Jinmian Mountain) and the intersection between Gangcian Rd. and Huanshan Rd. in front of the school's main gate. Comparison of external appearance, dissectional observation (manual breaking technique), and chemical analysis (Thin Layer Chromatography, TLC) were the research methods applied to determine the genus of the lichen and the influence of the degree of air pollution on the distribution of the lichen.

By the end of the research in June 2002 the presence of three **types** of lichen on the Jinmian Mountain was observed: crustose lichen: *Lepraria*, *Spheophorus*, *Megalospora*; fruticose lichen: *Cladonia*; foliose lichen: *Xanthoparmelia*, *Parmotrema*, *Parmelia*. Seven different genus of lichen have been found.

The research has been done on the distribution of these different genus of lichen in the area of the Jinmian Mountain and The **Taipei Municipal Lishan High School**: By observation the sidewalk trees near the mountain's area, we found the covering area of the lichen on the stems apparently increases, while on the trees in the city district, only crustose lichen grow. The fruticose and foliose lichen only grow near the top of the Jinmian Mountain. This impoverishment of the diversity of lichen in the city district might (indirectly) be an indicator of the considerable decline of air quality in the city. The outcomes of this research regarding the description and distribution of the lichens contribute to the knowledge on lichens in the Jinmian Mountain area in the Neihu District, and may raise the similar research in the future as well.

Key words: Lichen, Thin Layer Chromatography, Air pollution.

中文摘要

本研究工作自 2001 年 7 月至 2002 年 6 月止，在臺北市內湖區金面山進行地衣實地探勘採集調查，以位於臺北市內湖區之麗山高級中學之校園為中心點，範圍由校園金面山至學校前門所面對的港墘路與環山路口。應用「外部型態比較」，「切片觀察(徒手切片技術)」與「化學分析(薄層色層分析 Thin Layer Chromatography, TLC)」等三種方法，鑑定所採集之地衣所屬種類，並探討空氣污染程度對金面山地衣類分佈狀況的影響。

調查至 2002 年 6 月為止，本研究已發現生長於金面山區之數種地衣，其中殼狀地衣包含有：癩屑衣屬(*Lepraria*)、球粉衣屬(*Spheophorus*)、大孢衣屬(*Megalospora*)等三屬；屬於莖狀地衣的僅有石蕊屬(*Cladonia*)；為葉狀地衣的則有：黃梅衣屬(*Xanthoparmelia*)、裸緣梅衣屬(*Parmotrema*)、梅衣屬(*Parmelia*)等三屬，合計共七個屬。

本研究針對臺北市金面山區及麗山高級中學之校園附近市區道路地衣類分佈的情形做調查，結果發現行道樹上之附生地衣在較靠近山區的地方，於樹幹上的生長覆蓋面積才會有明顯增加的情形，又其中在市區道路上只發現殼狀地衣生長，而莖狀及葉狀地衣則出現於金面山頂附近，所以就此情況而言，除了金面山區外，市區已呈現地衣沙漠化之狀況，間接顯示，市區的空氣污染是相當嚴重的。本研究將所調查結果之各屬地衣類進行特徵描述與分佈地區之標定，以便於日後臺北市內湖區金面山地衣之鑑識及後續相關研究之進行。

關鍵詞：地衣、薄層色層分析法、空氣污染

壹、前言：

一、地衣概論：

地衣是一群原始的低等生物，型態各異，包含其地衣體外型、顏色、與生長環境都有很大的歧異性，地衣體的生物多樣性明顯異於其它植物，其分類如下：

1. 真菌＋藻類（85%，大部份為綠藻）。
2. 真菌＋藍綠藻（10%，Cyanobacteria 不為原生生物界中的藻類，為原核生物界中之生物）。
3. 真菌＋藍綠藻＋綠藻（3~4%）的共生體（複合體，不為植物、菌物等定位）（梁，1996；尤，1997）。

地衣亦是地球上最古老的生物之一，因對環境之適應能力強，例如在寒冷又乾燥南極洲還可發現其蹤影。地衣中所共生的真菌其中 98% 為子囊菌（Ascomycetes），1.6% 為不完全菌（Deuteromycetes），0.4% 為擔子菌（Basidiomycetes），全世界已知的地衣有 500 屬 18000 種，而臺灣地區有 144 屬 521 種 10 亞種及 31 變種 18 變型（賴，2000）。

地衣以無性（營養體繁殖）或有性的方法繁殖，有些種類僅以無性方式繁殖，或僅以有性方式繁殖，亦有兩種皆有。在進行有性繁殖時，共生菌單獨產生孢子，這些被釋放的孢子必須遇到適合的共生藻才能形成新的地衣體（賴，1976；尤，1997；賴，2000）。

（二）地衣型態：

根據地衣的外部型態，一般可分為三種生長型(growth type)：

1. 殼狀地衣（Crustose）：

在岩石表面或樹皮上結成一層薄殼狀，緊密的附著在它底下的生長基質，像是漆上去一般。其地衣體含有上皮層、藻層、髓絲層，常以下表面髓絲層菌絲緊密的固著於生長基質，低等的殼狀生長型往往缺乏明顯內部分化，地衣體深入到生長基質內生長，而較高等的殼狀生長型有明顯的分層，石內生（Endolithic）的地衣體常缺乏上皮層，藻細胞分佈在岩石外層的晶體下面，常由子囊果辨識其存在，樹皮內生

（Endophloeodal）的地衣體，也由子囊果辨識其存在與否，如缺乏子囊果時可由樹皮表面的深色或淡色斑點辨識（楊王與賴，1978；吳，1987；梁，1996；尤，1997；賴，2000）。

2. 葉狀地衣（Foliose）：

其地衣體平鋪在生長基質上，只以一部份固著於生長基質的表面，如假根。其地衣體含有上皮層、藻層、髓絲層、下皮層，地衣體呈扁平的單葉或複葉狀，近圓形或不規則形狀擴展開來，有絨毛、假根、臍等附屬結構幫助地衣體附著於生長基質上（楊王與賴，1978；吳，1987；鍾，1995；梁，1996；尤，1997；賴，2000）。

3. 莖狀地衣（Fruticose）：

地衣體成分枝態，儼如小灌木狀，地衣體的分枝常是圓柱狀或棱柱狀，有時為扁平的條帶狀至寬扇狀，整個外型通常呈直立的灌叢狀或懸垂的細絲狀，基部直接與生長基質相連，或以附著器（Hapteron）固著於生長基質上，其地衣體內部均呈輻射狀，從分枝橫切面可見皮層、藻層、髓絲層都分別排列成圓環狀，位於中間的稱為微軟骨質中軸（Axis）（楊王與賴，1978；吳，1987；梁，1996；尤，1997；賴，2000）。

如果再細分上述三種生長型之間，又有三種類型：

1. 絲狀（Filamentose）：

地衣體常呈絨毯狀，其型態決定於共生的絲狀藻類，地衣體由真菌的菌絲體包圍著絲狀體的藻類形成的，這是一種較為低等的生長型（楊王與賴，1978；吳，1987；梁，1996；尤，1997）。

2. 鱗葉狀（Squamulose）：

地衣體由小型鱗葉（Squamules）組成，鱗葉一般直徑在 1mm 以下，內部構造相似於葉狀地衣，但常缺乏下皮層與假根，此種生長型由鱗殼狀發展而來（楊王與賴，1978；吳，1987；梁，1996；尤，1997）。

3. 鱗殼狀（Placodioid）：

為殼狀地衣進一步分化成較高等的一個生長型，它們界於殼狀與鱗葉狀之間，地衣體常呈正圓形，中央呈龜裂狀或顆粒狀的硬殼，周圍分裂成放射狀的裂瓣（楊王與賴，1978；吳，1987；梁，1996；尤，1997）。

根據藻細胞在地衣體內的分佈，地衣體則可分為兩種結構型：

A. 異層型：

藻細胞排列在上皮層與髓絲層之間，形成一層明顯的藻層，此型的地衣體內部構造以共生真菌菌絲為主體（吉村，1987；梁，1996；賴，2000）。

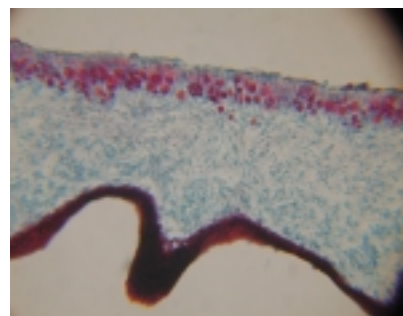
B. 同層型：

藻細胞分佈在髓絲層之中，沒有明顯的藻層、髓絲層之分。通常地衣體之內部構造會隨成長型的不同而有所差異（吉村，1987；梁，1996；賴，2000）。

(三) 地衣分層、附屬結構與相關術語：

1.分層：

葉狀及莖狀地衣的地衣體，通常具有相當複雜的構造（王與賴，1978；賴，1982；吳，1987；吉村，1987；賴，2000）（見彩圖一）。



彩圖一、複式顯微鏡（放大倍數：10×40）下觀察地衣切片。

(1) 上皮層：

上皮層厚約 10~15 μm ，表面常覆有角質層，以抵擋乾旱及體外強光的照射。有些種類具有下皮層，這些都是地衣體的保護組織（楊王與賴，1978；賴，1982；吉村，1987；吳，1987；賴，2000）。

(2) 藻層：

地衣類的共生藻則侷限於上皮層與髓絲層中間的一層，在有一些由藍綠藻類共生形成的地衣種類，藻類細胞可以被徹頭徹尾地分開散佈於髓絲層之中。因藻類需要日光以進行光合作用，所以都位居於靠近上表面的層次（楊王與賴，1978；賴，1982；吉村，1987；吳，1987；賴，2000）。

(3) 髓絲層：

皮層之內為髓絲層，佔據了地衣體的大部份，由共生的真菌的菌絲不規則地交結在一起組成（楊王與賴，1978；吳，1987；吉村，1987；賴，2000）。

(4) 下皮層：

作為保護地衣體的組織（楊王與賴，1978；吳，1987；吉村，1987；賴，2000）

2.附屬結構：

(1) 假根(Rhizine)：

由下皮層伸出的根狀菌絲束，僅具有附著基質的作用。是由無色或黑色的菌絲束組成，主要發生於下皮層的外層菌絲組織中。假根的機能是使地衣體固著於基質上（楊王與賴，1978；吳，1987；吉村，1987；梁，1996；尤，1997；賴，2000）。

(2) 絨毛 (Tomentum)：

是由一系列有組織的菌絲束組成，它們沒有假根堅實緊密，外貌為疏鬆絨毯狀、毛狀或棉狀，一般發生於缺乏下皮層或下皮層發育不良的地衣體上（楊王與賴，1978；吳，1987；吉村，1987；梁，1996；尤，1997；賴，2000）。

(3) 緣毛(Cilia)：

生於地衣體邊緣的細毛，形似眼睫毛。或稱為睫狀毛，常發生於葉狀地衣體裂片的邊緣上（楊王與賴，1978；吳，1987；吉村，1987；梁，1996；尤，1997；賴，2000）。

(4) 臍 (Umbilicus)：

是由緊密癒合的纖維狀菌絲組成，常發生於葉狀地衣的下表面上，藉以固著基質（楊王與賴，1978；吳，1987；吉村，1987；梁，1996；尤，1997；賴，2000）。

(5) 粉芽(Soralium)：

著生於地衣體表面，由藻類和菌絲組成的小顆粒，很容易脫落，為無性繁殖的

單位（賴，2000）。少數菌絲纏繞著一個或幾個藻細胞，由地衣體內突破上皮層以後，在表面上形成的一層粉末狀微粒（楊王與賴，1978；吳，1987；梁，1996；尤，1997）。

（6）裂芽(Isidium)：

具皮層、藻層和髓絲層的地衣體小突起，具無性繁殖的作用（賴，2000）。地衣體表面上的小突起，它們的皮層、藻層和髓絲層都直接與地衣體相連通，所含的共生藻也相同，它們與粉芽不同的是具有完整的皮層包裹，與小裂片的區別是裂芽無背腹之分（楊王與賴，1978；吳，1987；梁，1996；尤，1997）。

（7）小裂片(Lobules)：

呈小葉狀，有明顯的背腹之分。常發生在葉狀地衣的邊緣上（楊王與賴，1978；吳，1987；梁，1996；尤，1997）。

（8）頭狀體(Cephalodia)：

原葉體上的突出物，相當於一塊疣狀的微小原葉體，它們與地衣體是不相連通的，具有皮層、髓絲層及含有與母體原葉體的共生藻不同的藻類（通常為藍綠藻）（楊王與賴，1978；吳，1987；梁，1996；尤，1997）。

（9）杯點(Cyphella)：

具皮層的小凹陷，通常為圓形或卵圓形，邊緣突起，髓絲層組織不外露（賴，2000）。呈近圓形的小孔穴，常發生在葉狀地衣體的下表面。是由地衣體的髓絲層細胞向外突破下皮層以後，形成有明顯界線的皿狀凹陷（楊王與賴，1978；吳，1987；梁，1996；尤，1997）。

（10）假杯點(Pseudocyphellae)：

露出髓絲層的小凹陷，看上去像一個白（或有色的）點（賴，2000）。常發生在葉狀地衣體的下表面，有時也存在上表面或在莖狀地衣體的表面。同樣是由髓絲層突破皮層而形成的，它們呈不整齊的斑點狀凹穴，往往被菌絲所填充，致使假杯點與地衣體表面在同一平面上或突出。與杯點的區別是孔穴周圍無整齊的界線（楊王與賴，1978；吳，1987；梁，1996）。

3.相關術語：

（1）下地衣體(Hypothallus)：

地衣體下面或周圍著生的菌絲，常為黑色（賴，2000）。

（2）小疣(Tubercule)：

顆粒狀的突起（有瘤的）（賴，2000）。

（3）小鱗片(Squamule)：

微小的裂片（賴，2000）。

（4）小鱗葉(Phyllocladia)：

小鱗葉狀裂片，常用於描述石蕊屬(Cladonia)的初生地衣體（賴，2000）。

（5）子座(Stroma)：

由一團不育菌絲組織組成，其內可埋生子囊果（賴，2000）。

- (6) 子實層(Hymenium)：
位於子囊果的中間層（賴，2000）。
- (7) 子囊(Ascus)：
生於子囊果子實層內的囊狀構造，內具子囊孢子--通常簡稱孢子（賴，2000）。
- (8) 子囊盤(Apothecium)：
為子囊果的一種類型，通常呈盤狀或線盤狀，頂部開放；由上而下，分別為囊層被，子實層（含子囊和側絲）和囊層基（賴，2000）。
- (9) 子囊殼(Perithecium)：
為子囊果的一種類型，通常呈瓶狀或囊狀，頂端有一孔口，內含子囊和側絲（賴，2000）。
- (10) 分生孢子器(Pycnidia)：
產生分生孢子的一種呈球形或瓶狀的菌絲體結構，埋生於地衣體內，並開口於地衣體表面（與子囊殼結構相像，但子囊殼內含有子囊）（賴，2000）。
- (11) 網塊（龜裂片）(Areole)：
被細密的龜裂紋分割成小的多邊形或近似圓形地衣體的分隔面（即龜裂片）（賴，2000）。
- (12) 衣纓(Cephalodium)：
由菌絲組織包裹共生藻組成的瘤狀物，僅生於共生藻為綠藻的某些地衣體上。又稱頭狀體（賴，2000）。
- (13) 孢子(Spore)：
即為子囊孢子，為子囊地衣的繁殖單位（賴，2000）。
- (14) 皮層(Cortex)：
僅由菌絲組織組成的類似於高等植物皮層的結構，位於地衣體外表面（賴，2000）。
- (15) 地衣體(Thallus)：
由藻類和菌類細胞組成的共生複合體（賴，2000）。
- (16) 具泡狀突起的(Pustulate)：
具有頂端破裂的小泡（賴，2000）。
- (17) 具粉霜的(Pruinose)：
富有通常為白色或淡灰色的微細粉末（賴，2000）。
- (18) 乳突(Papills)：
細小的瘤狀突起（賴，2000）。
- (19) 粉芽堆(Soralium)：
指保持一定形狀的粉芽群（賴，2000）。
- (20) 菌絲(Hypha)：
組成地衣（和真菌）的絲狀體（賴，2000）。
- (21) 側絲(Paraphysis)：
為生於子實層子囊間的不孕性菌絲體（賴，2000）。

(22) 子器柄(Podetium)：

石蕊的直立柄（次生地衣體部份）（賴，2000）。

(23) 果托緣部(thalline margin)：

包含藻類和菌類細胞的子囊果外層（賴，2000）。

(24) 果殼(Exciple)：

僅由菌絲（不含共生藻）組成的子囊果外圍組織，亦稱果殼緣部（賴，2000）。

(25) 果殼緣部(Proper margin)：

即果殼（賴，2000）。

(26) 啞鈴形孢子(Bipolar spores)：

中央橫壁甚厚，且由一細孔連接兩細胞的雙孢子（賴，2000）。

(27) 對極形孢子(Bipolar spores)：

即啞鈴形孢子（一種雙孢子類型）（賴，2000）。

(28) 磚壁形孢子(Muriform or muricate)：

具縱膈和橫膈的多隔膜孢子，形似磚牆（賴，2000）。

(29) 繁殖體(Propagule)：

可發育成新個體的地衣體碎片（賴，2000）。

(30) 囊層基(Hypothecium)：

子囊果中位於子實體下層的結構，常為褐色（賴，2000）。

(31) 囊層被(Epithecium)：

位於子實體的最上層，由包裹在膠狀物質中的側絲末端組成，通常與下層的顏色不同（賴，2000）。

(32) 纖絲(Fibril)：

纖細的小枝（賴，2000）。

（四）地衣的經濟價值：

地衣的經濟用途極多，自古即為人類所利用，包括：

1. 醫藥：

Vernia furfuracea 被埃及人作為醫療之用，希臘名醫 Hippocrates 也用 *Usnea barbata* 治療子宮毛病，中國人用 *Usnea longissima* 作為感冒和肺結核治療劑（賴與江，1995；梁，1996）。

地衣類的原葉體內含有一些特殊的成分（如松蘿酸）總稱為地衣類物質（Lichen Substances），通常以結晶狀態存在於髓絲層中的菌絲表面上，不溶於水，只能以有機溶劑抽取之。

至今已發現的地衣物質不下 200 多種，其化學成分大多為弱酚類酸脂肪酸。一般而言，它們對革蘭氏陽性菌具有強烈的抑制作用，而對革蘭氏陰性菌則較無作用。

自古地衣類便為人類利用於醫藥方面。兜衣屬因其外形酷似肺部，在中古世紀被用來治療肺病。地捲屬的粉末與黑椒粉混合，曾廣被用為治狂犬病的良方。中藥以松蘿屬的一些種類作為祛痰劑。用冰島苔為原料製作的成藥，在今日的瑞典藥房中仍有出售，據稱對治療糖尿病、肺病及喉鼻膜炎等極具功效。這些都是民間藥物的利用。

由地衣中提製抗生素，是當今最重要而熱門的用途。山石蕊屬中抽取的松蘿酸，在歐洲被製成一種烏斯諾藥膏，對治療燒傷及皮傷等，比盤尼西林更為有效，可以抑制分枝桿菌的繁衍。

黑石耳屬產於高山嚴寒地帶的岩石表面，本省亦有三種，據最近的研究報導中披露，由其所抽出的碳水化合物有抑制癌細胞的功效。在植物病理學的研究上，地衣類產生的物質已經證實可以抑制植物病毒，如煙草嵌鑲病和蕃茄壞疽病等病害的蔓延。

醫學上有報告，為地衣類可引起伐木工人皮膚發疹及過敏，追溯其因，是由一些地衣類所含的松蘿酸所引起的；衣服上附著的粉芽，可由工人傳遞至家人而產生過敏反應（劉，1977；楊王與賴，1978；林，1980；吳，1987；賴與江 1995；梁，1996）。

2. 食用：

地衣類自古即為人類利用，沙漠住民將地衣當作食物。聖經舊約出埃及記第十六章中所記載的聖食嗎哪就是一種殼狀地衣。日本人將一種黑石耳屬的葉狀地衣稱為岩茸，視為珍饈。明代萬曆 24 年（西元 1596 年）李時珍所著「本草綱目」中，即載有這種地衣稱之為「石耳」，這是因為它產於石崖上之故。地衣亦為寒帶動物的重要食料，在寒帶針葉樹林上生長的松蘿屬可為鹿食用。旅鼠亦食用凍原中之地衣。石蕊屬的馴鹿苔是我們較熟悉的一種地衣，高可達尺餘，是凍原中馴鹿的主要糧食。利比亞沙漠中的羊群亦食用地衣類賴以成長（楊王與賴，1978；林，1980；吳，1987；賴與江 1995；梁，1996）。

3. 飼料：

在格陵蘭、冰島、斯堪的那維亞半島北部、西伯利亞、阿拉斯加與加拿大北部，飼養馴鹿的主要飼料是地衣，尤其在秋冬兩季，其他草本、木本植物缺乏的時候，馴鹿可從積雪下挖掘地衣來充飢。所謂的馴鹿地衣(*Reindeer lichen*)，種類有 *Cladonia rangiferina* Web、*Cl. alpestris* Rabenh.、*Cl. sylvatica* Hoffm. 在挪威北部 *Cl. alpestris* 收割

食者能取上部的 1/4 或 2/3，否則由於地衣的生長緩慢，須等三十年後才可再取，但每一千平方公尺可收穫一千四百至一千五百公斤的地衣(吳，1987；林，1980；梁，1996)。

4. 釀造：

地衣體內富含醣類。在 *Cetraria islandica* 和 *Cladonia rangiferina* 兩種地衣含有高達 66% 的多醣，這些多醣經水解成葡萄糖，即可發酵生產酒精。以 *Cladonia rangiferina* 為例，每公斤的地衣體發酵就可產生 176~282 毫升的酒精(吳，1987；林，1980；梁，1996)。

5. 染料：

在發現從煤焦油中可提煉染料之前，地衣類是非常重要的天然染料。自古希臘起，地中海地區的人們便以地衣為染料。據希臘聖哲 Theophrastus 氏 (371~287 B.C) 的記載，當時染羊毛所用的染料就是使用克里特島上產的地衣類。之後在英國、冰島等北歐國家的荒原高地居民均之利用地衣類作染料用，而以地衣類的通俗名稱為名的染色方法，至今仍沿用之。腓尼基人所象徵神聖地位的紫色，當時亦取材自地衣類。十四世紀初期，義大利商人 Freder 將地中海東部的染色方法傳到國內，他在佛羅倫斯設廠，從事自染料衣屬 (*Roccella*) 地衣類中提製染料，將其產品命名為 Orseille，因產品暢銷，頓成巨富，於是將其家名改為 Orcellarii，其後又再改名為 Rucellarii 及 Rucellai，這是本屬地衣學名 *Roccella* 的由來(楊王與賴，1978；林，1980；吳，1987；梁，1996；賴，2000)。

6. 香料與化妝品：

十六世紀起或更早，Cladoniaceae、Stictaceae、Parmeliaceae 和 Usneaceae 等科的地衣及被用來作為香料和化妝品工業的原料，其製造方法是將乾燥的地衣磨成粉直接加入香料或化妝品中(梁，1996)。

近年來中國大陸的研究人員發現產在雲南地區的一種地衣 *Evernia* 可作為香料的來源，經過試驗、成分分析後已於 1985 年正式生產新的地衣香料，取名為：中國橡苔(Oak moss) 1 號和 2 號，其主要成分為扁枝衣酸乙酯(吳，1987；梁，1996)。

地衣亦可被用來抽取精油及香料。古埃及人將地衣作為木乃伊的包裝材料。造園及園藝上，亦有用山石蕊做為點綴裝飾或觀賞之用(楊王與賴，1978；林，1980；梁，1996)。

7. 其他：

地衣上有其他經濟用途，例如在南撒哈拉沙漠，*Parmelia andina* 用來填於菸管吸用；造園及園藝方面亦有用 *Cladonia* 作為點綴及裝飾之用(楊王與賴，1978；梁，1996)。

(五)研究動機：

在國、高中的生物課本中提及生物間的相互關係時，曾指出藻類和真菌會共生而形成地衣，雖課文內容中有簡要的敘述，但仍無法清楚地介紹地衣的型態與構造，更不確定地衣在生物分界上的分類地位，甚至一度認為樹枝上、石頭上隨處可見的苔蘚類就是地衣，之後至各大圖書館及網路查閱了許多相關的資料，並詢問學校生物科老師，才曉得原來苔蘚類和地衣類無論在外觀型態、內部構造及生活方式等方面皆有許多的差異，因而使我對地衣類生物產生了莫大的興趣。因此，藉由高二的專題研究課程，即選定了地衣做為更深入研究的主題。

地衣(Lichen)為真菌與藻類或藍綠藻的共生複合體。在生態系的消長中，荒蕪岩石上最先出現的是低等原始地衣類，經由地衣類的生物地質物理風化作用與生物地質化學風化作用，岩石漸漸風化成土壤(高中南一版基礎生物課本)，進而其他的無維管束植物及維管束植物才依序出現，逐漸演替至一個多樣性高的巔峰生態系，地衣可說是生態系形成的先驅者(林，1980；賴，1980；賴，1982；梁，1996；賴與江，1995；賴，2000)。更有報導指出火星表面所吸收的波長與地衣的光譜吻合，某些學者便大膽推測火星上有地衣體存在(賴，2000)。由以上描述可知，地衣無疑是生態上的拓荒者，生物多樣性的先驅，所以我們更可以推測，在生態學上較原始低等的地衣，可能具有不同於其他高等植物的生存力與其他不同的生物特質，等待人類的發現。但有鑒於國內對地衣的研究歷史與研究人員的不足，造成一般人對地衣還是不甚了解，且由蒐集資料的過程中不難發現國內學術界對地衣在生態學上的定位與分類依舊分歧不定，尚未有一個統一遵循的系統，特此集結綜合了國內各種地衣相關之學術研究報告，統整了一篇地衣研究報告。

臺北市立麗山高級中學校區位於內湖區金面山腰下，金面山空氣環境良好，動植物相豐富，地衣種類繁多且覆蓋率高，因此本研究以臺北市內湖區金面山做為採集地衣樣本的樣區，觀察及研究地衣的生長與環境污染對地衣的生存有何程度的影響，做出其種類型態及分佈地區的紀錄報告，並建立資料庫以利日後鑑識及相關工作的進行。

(六) 研究目的：

- 1.研究臺北市內湖區金面山地衣的生長狀況，分佈情形，鑑定其種類，採樣製做成標本，並將之調查結果存檔於作者校園生物實驗室，作為日後研究者之持續研究方向，建立資料庫以供學弟妹們繼續作長期性的觀察調查與研究。
- 2.探討地衣類在生物界中的分類地位。
- 3.分辨地衣類與苔蘚類、藻類之不同處。
- 4.統合整理歷年來學者對臺灣地區地衣的相關研究報告，使日後的研究者較容易更進一步了解地衣類。
- 5.將採集回來的地衣體，以人工培養，在實驗室中分離其藻類與地衣型真菌，並觀察其藻類與真菌在分離後各自的生長狀況，探討：
 - (1) 分離之後地衣型真菌是否能獨立生長並繁殖，如不能獨立生長則需要哪些生長條件。
 - (2) 分離後藻類與真菌的生長速率與分離前做比較。
- 6.萃取地衣物質中的抗生素為醫療用途。
- 7.提昇國人對於地衣的重視，開創臺灣學術界對於地衣的研究風氣。
- 8.觀察地衣體受空氣污染後其表面的變化及實際生長情況。
- 9.比較空氣污染程度不同的山區與市區道路對地衣的生長情形及種類分佈的影響。
- 10.利用灰分處理，測量受空氣污染後之地衣其水分，可燃分及灰分的變化量，進而分析其遭受污染之程度。
- 11.利用元素分析儀測得地衣體受空氣污染後的碳、氫、氧變化量，分析其污染之成分與增加量。
- 12.二氧化硫為空氣污染中之主要污染源，利用分光光度計(UV)針對地衣體受空氣污染後，二氧化硫於其內含量的變化情形，藉以判斷其受污染程度。
- 13.綜合以上各儀器與技術所得之污染量值及數據，以地衣當指標生物分析本樣區之空氣污染是否已超過標準值，足以對人體造成危害威脅，並藉研究結果向有關單位提出反應，作為日後改善空氣污染之依據。

貳、研究方法或過程：

探究臺灣地衣的歷史記載及研究，當可遠溯到 1919 年日本學者世岡所發表「臺灣產地衣類」一文，曾記載臺灣的地衣類 15 種。早期研究臺灣產地衣類的日本學者有世岡久彥（Sasaoka），安田篤（Yasuda）及朝比奈太彥（Asahina）等人。朝比奈太彥的地衣類採集品送往奧國當代的地衣類學泰斗查爾布魯克（A. Zahlbrucknes）鑑定。1933 年查氏便根據朝比奈太彥，佐佐木舜一（Sasaki）、川上瀧彌（Kawakami）、緒方正資（Ogata）以及法國採集家豪理（U. Faurie）等人在臺灣採集的地衣標本，加以鑑定後，發表「臺灣的地衣類（Flechten der Insel Formosa）」一文，記載共 81 屬、260 種，其中多數為新種地衣。其後朝比奈太彥及佐藤正己（Sato），大丸懿（Inumaru）等人陸續有零星之報告發表，刊登在植物研究雜誌與期刊及植物分類地理雜誌中，光復之後，1963 年日本神戶大學臺灣山岳學術調查隊抵臺採集三週，隊員中西哲（Nakanishi）負責苔蘚類及地衣類的採集，並將地衣類的標本送回日本供日本地衣類學者加以研究。日本科學博物館的黑川道（Kurokawa）博士亦於 1963 年 12 月及 1965 年元月兩度來臺採集地衣類標本（當時國內有莊清漳陪同黑川道到處採集），爾後並發表了若干有關臺灣產地衣類的研究報告（楊王與賴，1978；林，1980；林，1985；賴，2000）。

至於國內學者在地衣方面的正式研究，當首推楊王貞容所從事地衣藻菌分離（Isolation）研究。同時，莊清漳及賴明洲亦展開了地衣的採集工作。尤其賴明洲於臺灣大學碩士班就學期間，在劉棠瑞教授、楊寶瑜教授和楊王貞容副教授的指導下，在全島各地採集大量地衣類標本，並根據日據時代鈴木時夫（Suzuki），中村泰造（Nakamura）及島田彌市（Shimada）等人的採集品加以研究鑑定，而於 1973 年與楊王貞容共同發表「臺灣地衣類目錄」一文，另於 1976 年再發表「臺灣地衣類補遺」。1975 年賴明洲在其所著之「臺灣植物總覽」一書中，便已登錄有臺灣產地衣類的大略資料了；從 1978 年至 1984 年之間，賴明洲並數度赴歐洲及日本，美國華盛頓 Smithsonian Institution（US）、哈佛大學 Farlow Herbarium（FH）、匹茲堡 Carnegie Museum（CM）、芬蘭赫爾辛基大學 Botanical Museum（H）、日本東京國立科學博物館（TNS）、廣島大學（HIRO）、京都大學（KYO）等地，研究存放之來自臺灣和亞洲各地的地衣類標本，對臺灣產的地衣類已大致作了完整的探討（林，1980；林，1985）。

1978 年賴明洲獲入選美國國會獎學金赴美京華盛頓於史密森研究院（Smithsonian Institution）下轄美國國立植物標本館，追隨當代地衣學大師 M. E. Hale, Jr. 學習梅衣科地衣之分類及地衣化學分類。同年秋季赴芬蘭 Helsinki 大學植物系與 Teuvo Ahti 學習石蕊地衣類之分類。受教於這兩位國際聞名的地衣類權威的殊遇，奠下了爾後賴明洲專攻梅衣科島衣類屬群（Cetrarioid lichenes）的基礎。過去二十年間，賴明洲一共發現了梅衣科的四個世界新屬，即 *Cetrellopsis* (1980)，*Esslingeriana* (1980)，*Allocetraria* (1991)，*Vulpicida* (1993) 等，並曾分別於 1992 年及 1993 年應邀赴瑞典（第二屆國際地衣學研討會）及日本（第十五屆國際植物學會議）發表有關世界梅衣科島衣類屬群的專題研究報告。這些研究爾後並引起愛沙尼亞的 T. Randlane 及 A. Saag, A. Thell 等人的重視而從事一系列有關島衣類屬群的訂正研究（賴，2000）。

蒐集國內歷年來共二十四篇地衣類相關研究（見表一），其中為地衣概論與圖鑑的

有：1973 年楊王貞容與賴明洲的「臺灣地衣類目錄」；1975 年賴明洲的「臺灣植物總攬」；1976 年楊王貞容與賴明洲的「臺灣地衣類補遺」；1978 年楊王貞容與賴明洲的「地衣植物群」；1982 年賴明洲的「什麼是地衣？」；1984 年劉棠瑞的「地衣植物門」；1984 年賴明洲的「地衣植物簡介」；1995 年賴明洲與江勁武的「植物分類攬勝」；2000 年賴明洲的「臺灣地衣類彩色圖鑑（一）」。

關於地衣分類與資源調查的有：1979 年賴明洲的「梅衣類地衣之分類」；1980 年林涵西的「臺灣產石蕊地衣類之研究」；1985 年林仲剛的「臺灣產兜衣屬地衣之研究」；1986 年賴明洲的「墾丁國家公園苔蘚地衣類植物之調查研究」；1990 年賴明洲的「陽明山國家公園苔蘚地衣類植物之資源調查」；1993 年賴明洲與錢之廣的「中國島衣類屬群分類綱要考察與研究」；1995 年賴明洲與錢之廣的「中國島衣類屬群分類綱要考察與研究」；2001 年賴明洲的「臺灣梅衣科島衣類屬地衣類的分類研究」。

地衣與空氣污染之相關研究的有：1975 年賴明洲與陳學潛的「都市空氣污染的生物指標-地衣類」；1988 年賴明洲與林仲剛的「空氣污染的生物指標-苔蘚地衣類植物」；1995 年蕭淑玲與陳佳芬的「臺北市區及陽明山區樹生型地衣生態之調查研究」；1997 年尤淑美的「利用地衣作為臺北地區空氣污染指標之研究」。

關於地衣藻菌分離研究的有：1996 年梁志欽的「以薄膜培養法合成地衣及其生長速率的測定」；1998 年王西華的「實現沙漠綠化技術開發」。

地衣抽出物之相關研究僅有 1977 年劉秀琴的「地衣抗生物質之初步研究-地衣丙酮抽出物對細菌的影響」。由以上各研究整理資料顯示，臺灣的地衣類研究已漸漸起步。

地衣類在臺灣的研究傳統及歷史並不長，研究的人口可說是鳳毛麟角，只有極少數中的少數人（林，1980；賴，2000）。而在近幾年來更是少有研究發展，原因除了地衣酸化學分析及地衣化學分類等研究方法比其他生物難度高外，本土教材或入門的中文學習書籍及資料不多也是一大主因（賴，2000）。而在對於地衣的研究初期，除了資料蒐集方面發現不多外，尤其在地衣的研究及鑑定方法上也曾遭遇到瓶頸且無從求救，幸虧當時連絡上目前臺灣少數熟知地衣研究方法的專家，於臺中科學博物館植物學組的研究員，經該研究員耐心悉心的指導各項地衣採集技術、地衣鑑定化學分析方法……等，現在才能初步對臺北市內湖區金面山區的地衣類生態做調查以及分類。盼日後能有更多研究者投入此研究領域，將臺灣的地衣類做出更多的研究與發展。

(一) 研究設備器材：

1. 臺北市內湖區金面山地衣之調查：

- (1) 封口袋數個。
- (2) 美工刀、皮刀數支（見彩圖十）。
- (3) 放大鏡數支。
- (4) 數位相機一台（Nikon coolpix885，324 萬像素）。
- (5) 溫濕度計一台（WISEWIND LOT NO96036-8）。
- (6) 光照度計一台（TERS-1330）。
- (7) 乾燥箱數個（見彩圖十一～十三）。
- (8) 描圖紙數張（見附圖二、附圖三）。
- (9) 指南針一個。
- (10) 2B 鉛筆、細簽字筆數支。
- (11) 2 公尺捲尺一個。
- (12) 金面山地圖（見附圖一）。

2. 地衣鑑定

- (1) 型態觀察（徒手切片）：
- (2) 地衣體。
- (3) 通草數個（中藥）。
- (4) 鑷子數支。
- (5) 培養皿數個。
- (6) 載玻片、蓋玻片數個。
- (7) 雙面刮鬚刀數個（Gillette）。
- (8) 解剖顯微鏡一台（LW Scientific）。
- (9) 複式顯微鏡一台（UNICO G302）。

3. 薄層色層分析法 (Thin Layer Chromatography, TLC) :

(1) 溶劑系統 (Solvent system)

hexane-ethyl ether-formic acid (5 : 4 : 1) (見彩圖二)。

(2) 展開槽 (Tank)。

為透明玻璃製品，使用尺寸為 25 × 11 × 24 cm (見彩圖三)。

(3) 丙酮 (acetone)。

(4) 矽膠薄板 (Merck TLC plate Silica gel 60 F254)

大小約為 20 × 20 cm，矽膠厚度為 0.2 mm，表面上已塗有波長在 254nm 的螢光劑，支持板為鋁板 (見彩圖四)。

(5) 附蓋子之小玻璃瓶數個 (裝分析地衣與丙酮作萃取地衣物質用)
(見彩圖五)。

(6) 滴管、毛細管 (見彩圖二十三)。

(7) 紫外光燈 (SPECTROLINE) (見彩圖四十二)。

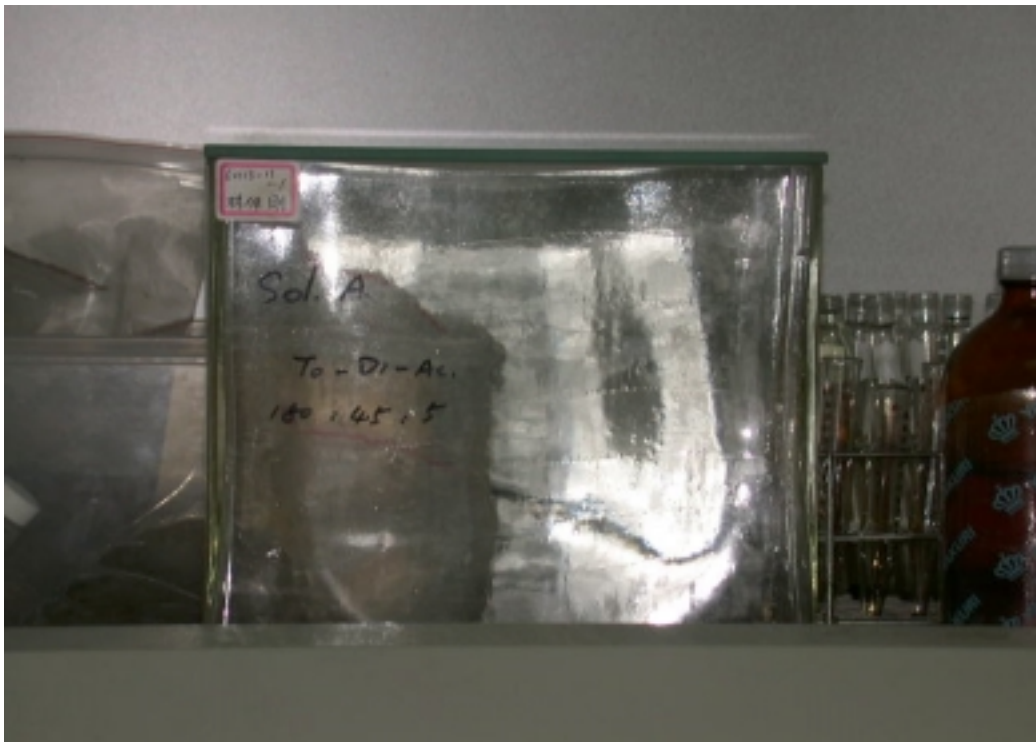
(8) 2B 鉛筆、直尺 (cm) 等。

(9) 對照 R_f 值用的地衣酸 (即 Marker control) :

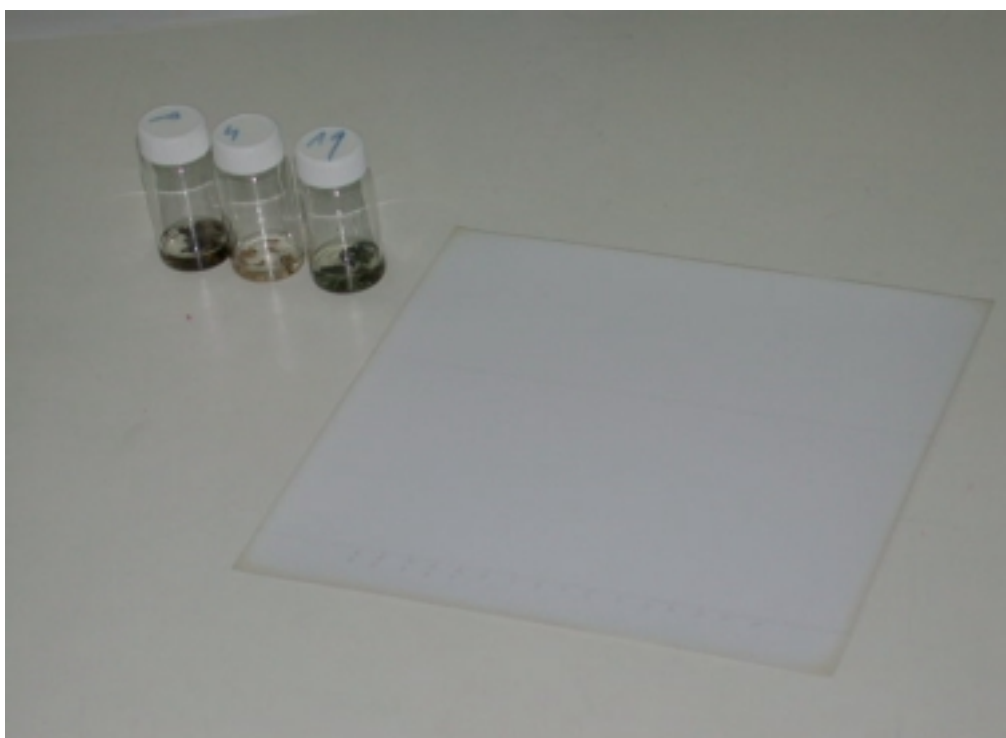
(此次實驗為臺中科博館之樣本及參考 1980 年林涵西「臺灣產石蕊地衣類之研究」中的實驗結果之鑑定無誤標本作為對照組)。



彩圖二、溶劑系統



彩圖三、展開槽



彩圖四、矽膠薄板（右）與小玻璃罐（左）



彩圖五、裝有丙酮抽出地衣物質的小玻璃罐

（二）研究過程與方法：

1.臺北市內湖區金面山地衣之調查：

調查臺北市金面山的地衣種類並且繪製成地衣分佈圖。調查時，紀錄海拔高度（m）、光照度（LUX）、溫度（℃）、溼度（%）、生長基質（岩壁、附生樹種.....）、地理方位。由生長基質之基底至兩公尺高處，求出表面積，並以透明油紙（或描圖紙）覆在地衣上，描下地衣外圍輪廓（見彩圖六），帶回實驗室，計算地衣生長面積，由此二數據計算出每一生長基質上的地衣覆蓋度（cover percentage），即每平方公尺的生長基質上所覆蓋的地衣面積（ cm^2 ）。紀錄地衣類別，另外照相存檔再以皮刀刮下部分地衣（見彩圖七、八）存放於溫度 20℃、溼度 50% 乾燥箱（見彩圖十一～十三）中，以便做為日後鑑定、比對、進行切片及顯微觀察，藉以鑑定地衣的種類，並且存檔及實驗之用（賴，1990；蕭與陳，1995；尤，1997）。



彩圖六、地衣生長面積描圖



彩圖七、採集地衣



彩圖八、採集地衣



彩圖九、採集過程中攀岩



彩圖十、採集用皮刀



彩圖十一、箱中放入乾燥劑保持地衣標本乾燥



彩圖十二、將採集的地衣標本一一放入乾燥箱中保存



彩圖十三、存放好地衣標本的乾燥箱

2.地衣鑑定

目前地衣的分類研究，除了型態的觀察外，並利用顏色試驗、螢光反應以及薄層色層分析法等化學方法，以期能更精確的鑑定出各種地衣所含之地衣物質，作為在地衣分類上的依據（林，1985）。

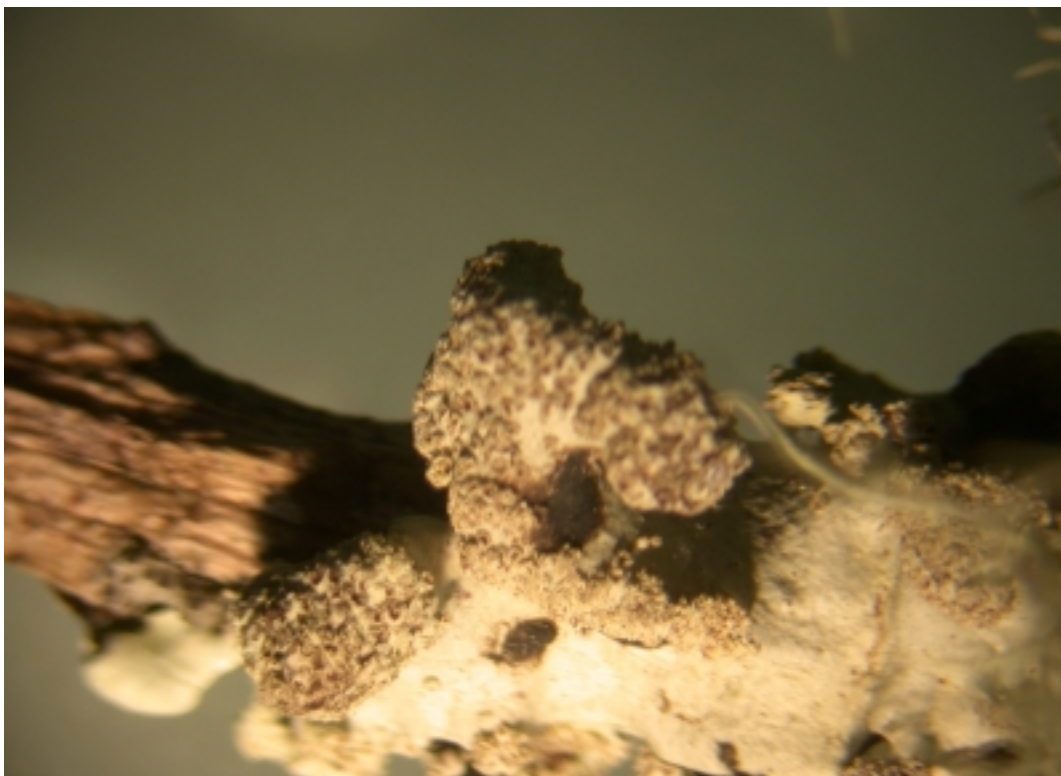
而我所使用的方法為薄層色層分析法，針對金面山所採之石蕊屬地衣，並參考1980年林涵西「臺灣產石蕊地衣類之研究」中的實驗結果作為對照，鑑定其地衣種類。

（1）型態觀察

在進行地衣鑑定工作時，首先要觀察其外觀特徵，如地衣體形狀、色澤（見彩圖十四～二十），並且借助放大鏡及解剖顯微鏡來觀察地衣體表面的附屬結構，例如：假根（rhizine）、粉芽（soredia）、裂芽（isidia）、杯點（cyphella）及衣纓（cephalodium）等，接著再利用徒手切片法（見彩圖二十一～二十四）將地衣體進行切片，利用複式顯微鏡觀察其內部構造。於鏡檢的同時，要注意地衣體的皮層（cortex）、藻層（algal）、髓絲層（medulla）及絨毛（tomentum）的特徵（見彩圖二十五～二十八），並利用目鏡的測微尺來測量子囊果及孢子的大小（吳，1987；賴與錢，1992；尤，1997）。



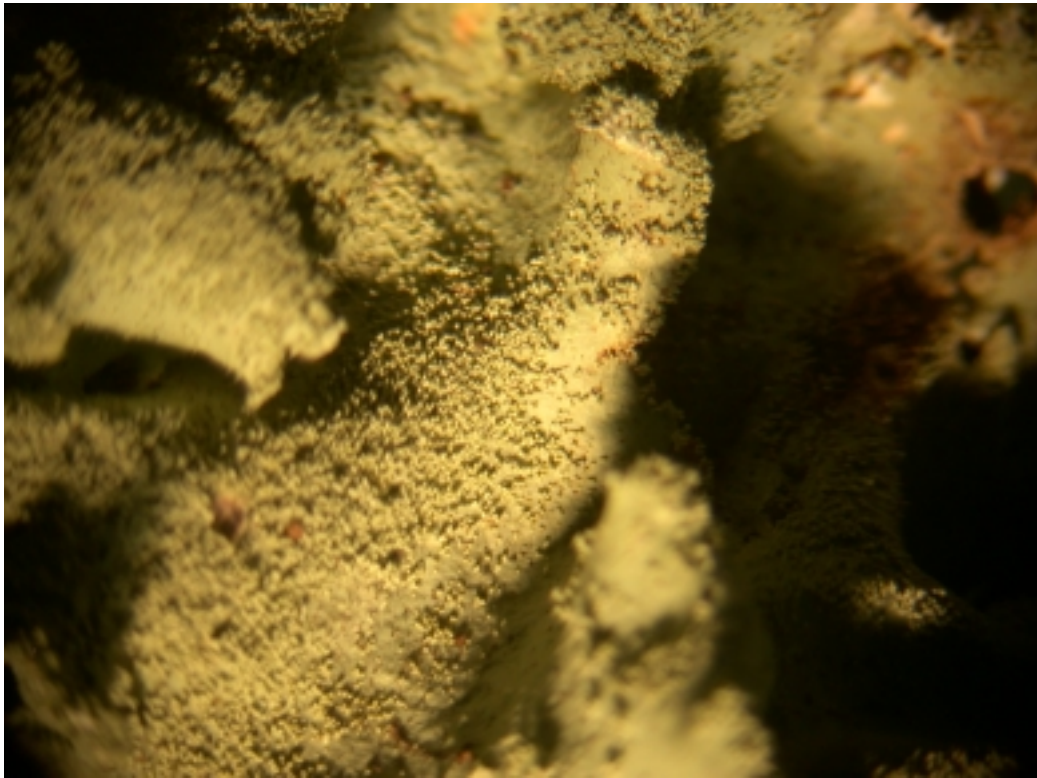
彩圖十四、解剖顯微鏡（放大倍數：10×4）下觀察到的石蕊屬莖狀地衣
採集地點：臺北市內湖區金面山



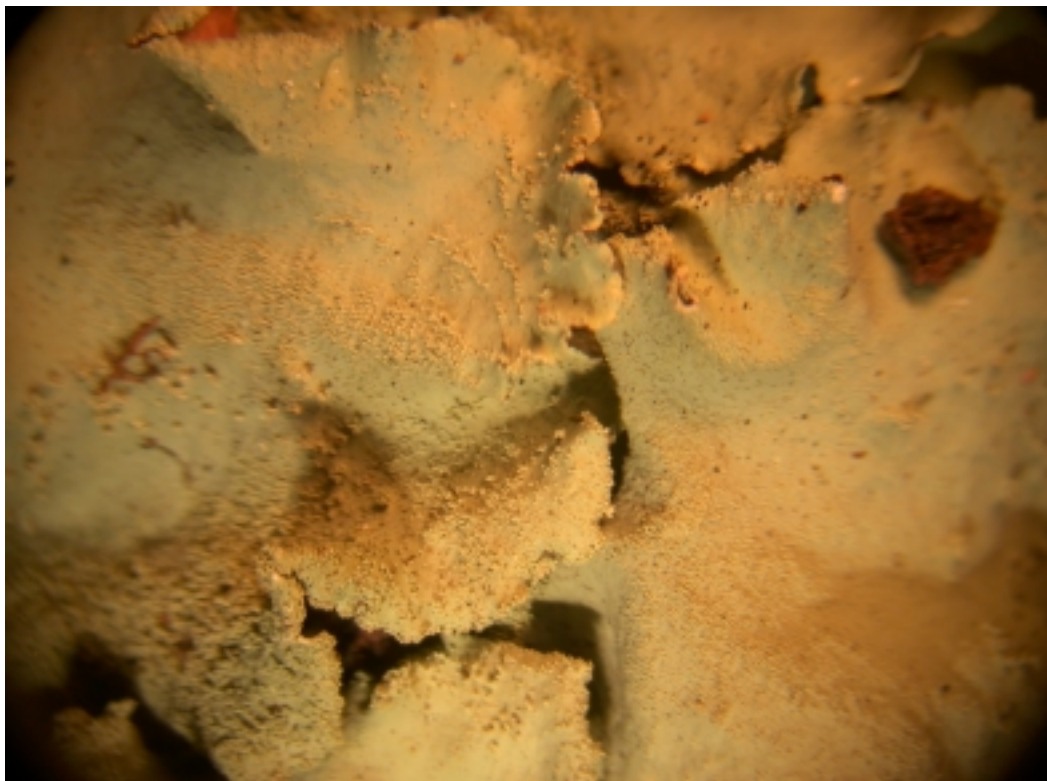
彩圖十五、解剖顯微鏡（放大倍數：10×4）下觀察葉狀地衣
採集地點：豐原東勢大雪山



彩圖十六、解剖顯微鏡下（放大倍數：10×4）觀察葉狀地衣葉緣
採集地點：臺北市內湖區金面山



彩圖十七、解剖顯微鏡（放大倍數：10×4）下觀察葉狀地衣表面
採集地點：臺北市內湖區金面山



彩圖十八、剖顯微鏡（放大倍數：10×4）下觀察葉狀地衣表面
採集地點：臺北市內湖區金面山



彩圖十九、剖顯微鏡（放大倍數：10×4）下觀察地衣型真菌的形狀
採集地點：臺北市內湖區金面山



彩圖二十、解剖顯微鏡（放大倍數：10×4）下觀察樹枝狀地衣
採集地點：豐原東勢大雪山



彩圖二十一、將地衣體夾入通草中以雙面刮鬚刀削下



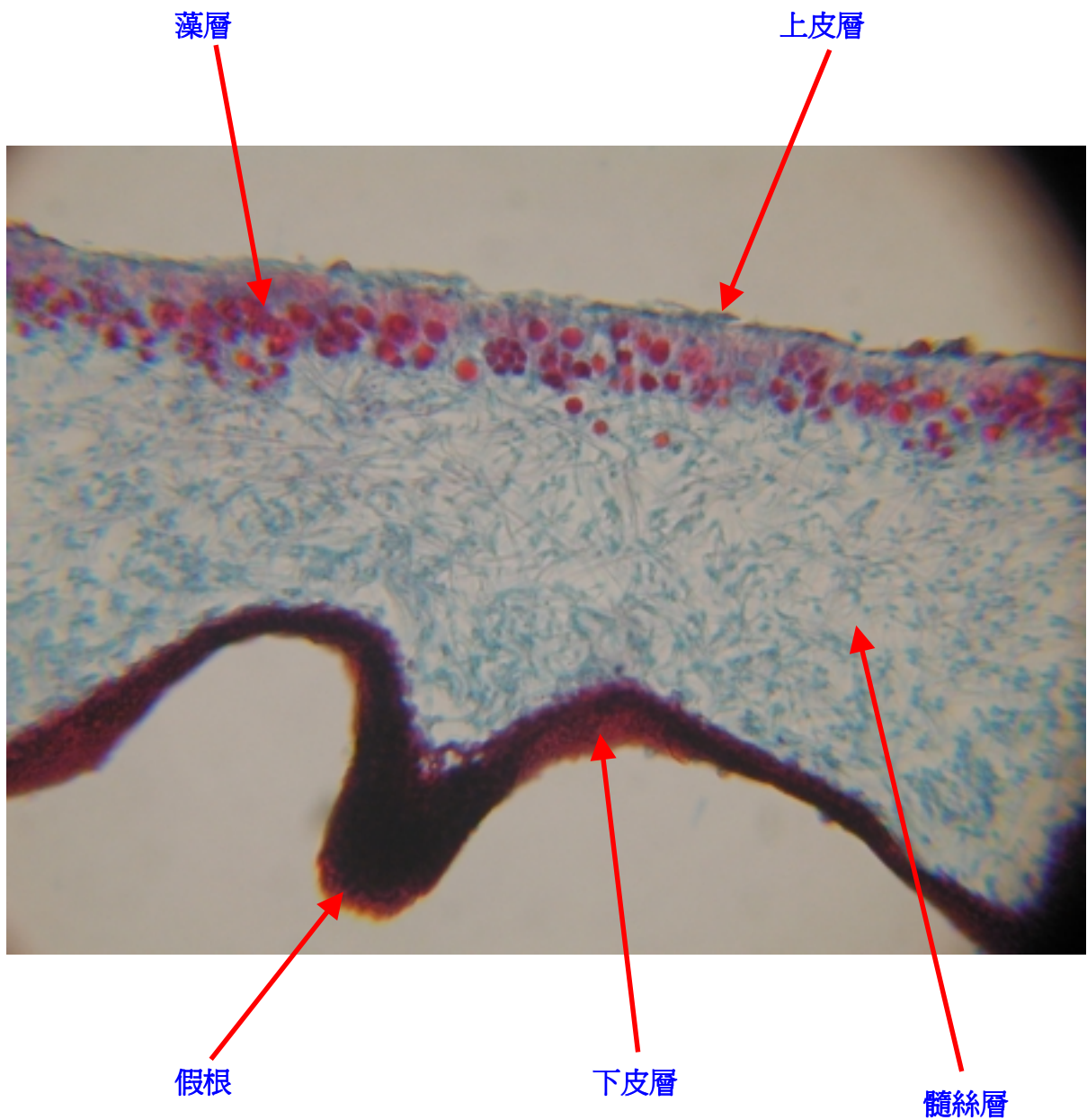
彩圖二十二、將削下的細碎地衣放入裝有自來水的培養皿中



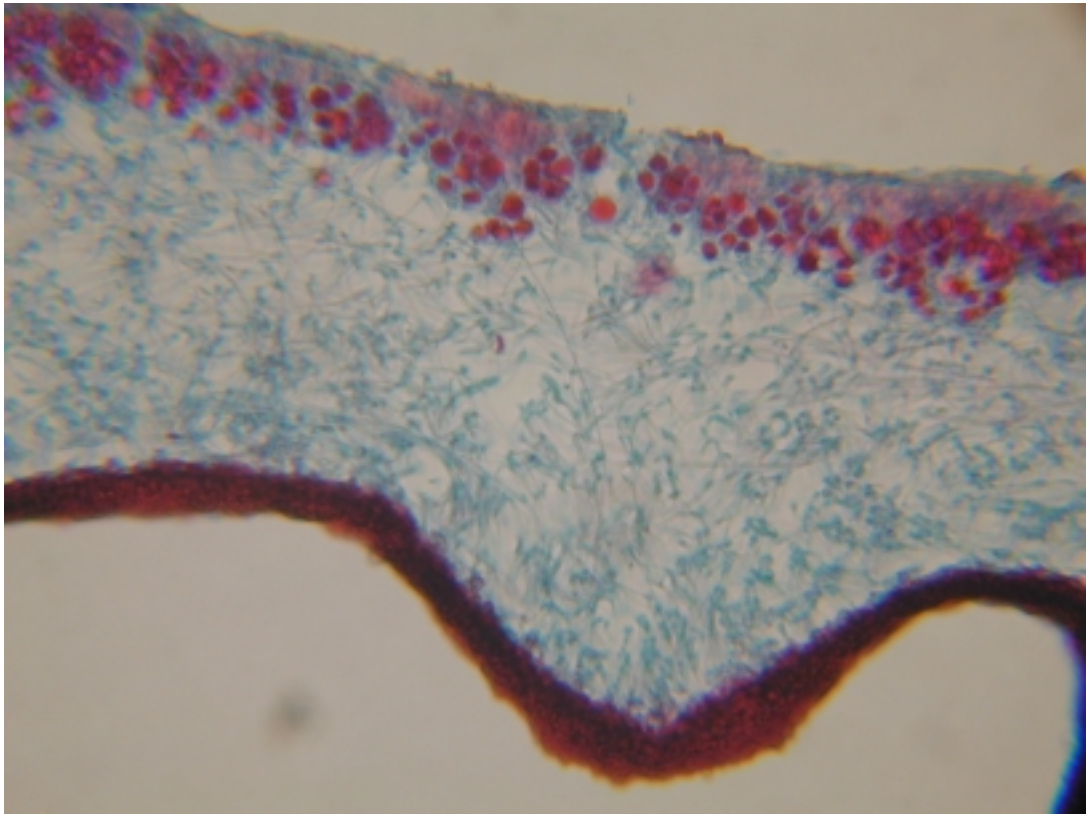
彩圖二十三、以鑷子取出漂浮在水面上的細碎地衣體



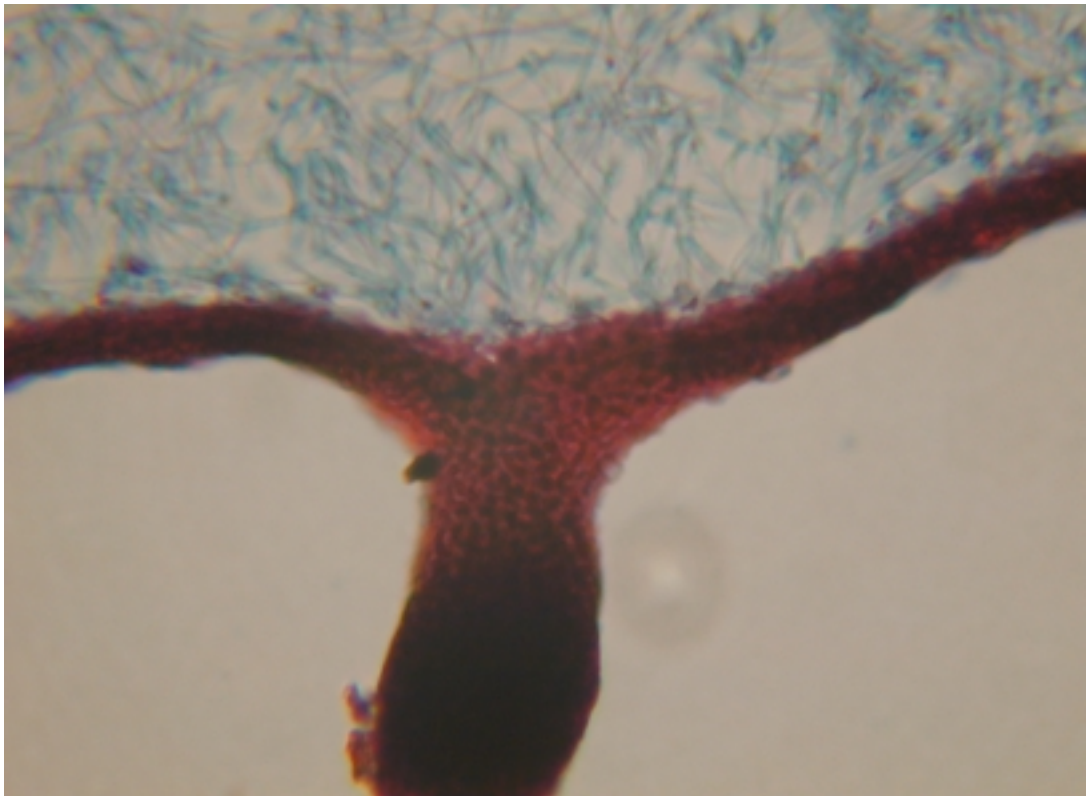
彩圖二十四、將細碎地衣體放入玻片中製成地衣切片



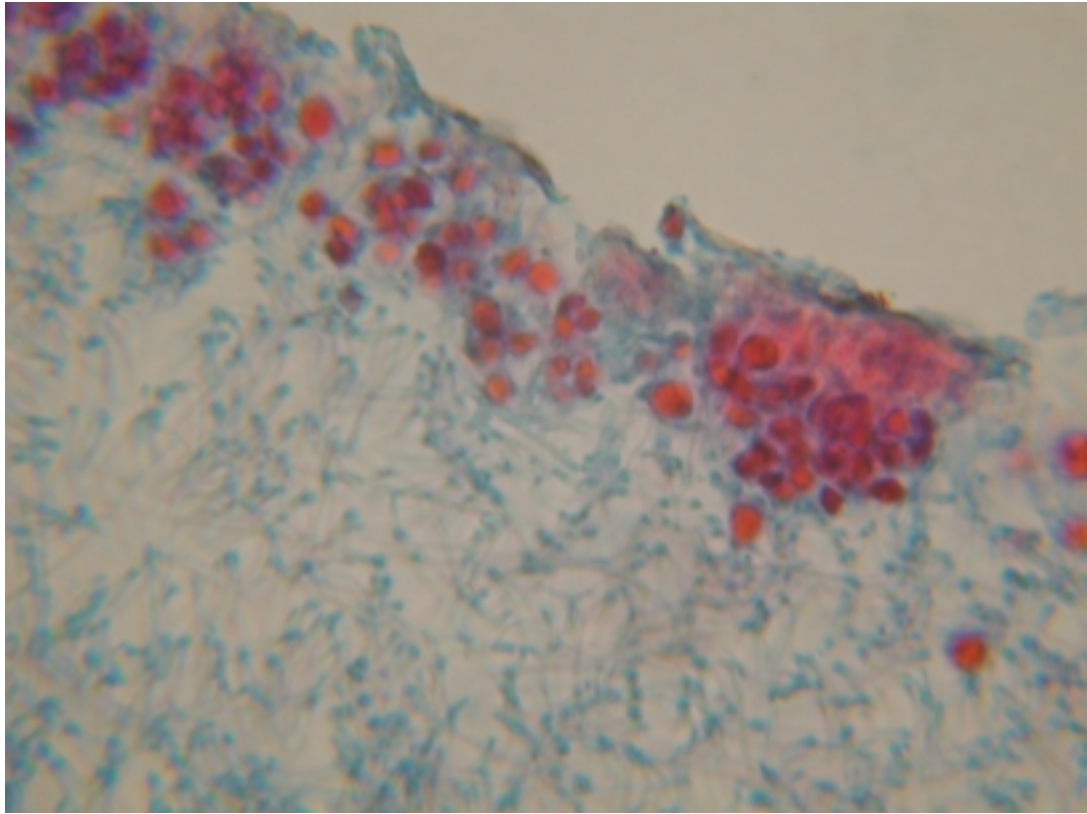
彩圖二十五、此圖為複式顯微鏡（放大倍數：10×40）下觀察的地衣分層切片
圖中可明顯觀察到地衣體分層
由上而下分別為上皮層、藻層、髓絲層、下皮層及假根



彩圖二十六、複式顯微鏡（放大倍數：10×40）下觀察地衣切片，有明顯的分層



彩圖二十七、顯微鏡（放大倍數：10×40）下地衣體中的假根，用以附著於生長基質吸收養分等



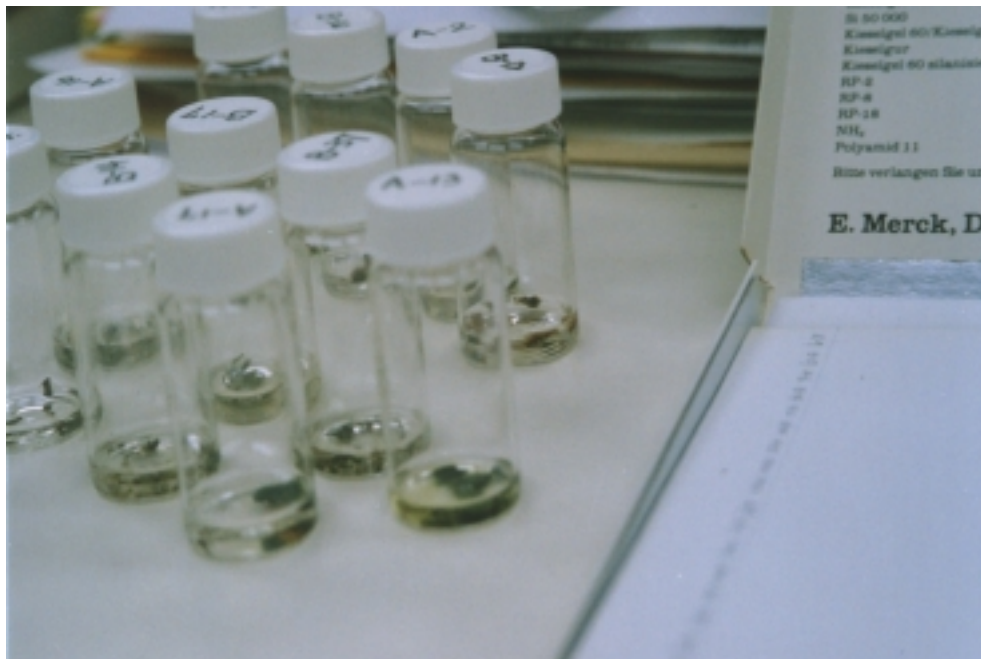
彩圖二十八、剖顯微鏡（放大倍數：10×40）染藍色部分為地衣體中的髓絲層

(2) 薄層色層分析法 (Thin Layer Chromatography, TLC)

關於地衣的分類研究上,化學分析佔有極重要的地位。由於地衣所特有的地衣物質 (lichen substance), 可佔其地衣原葉體乾重的百分之三至二十之多, 且極大多數地衣皆具有十分固定的地衣物質組成,不會因其生長基質或地理分佈上的不同而有所差異; 因此, 在彼此間型態上差異並不十分顯著時, 便必須利用地衣本身的化學成分來作為其分類上的依據。自 1969 年美國 C. Culberson 等人將薄層色層分析 (TLC) 的方法應用在地衣的化學分類上, 並且大量分析出各種地衣物質在薄層色層分析上的 R_f 值資料以來, 便使地衣的分類研究朝向更精確方向邁進 (劉, 1977; 林, 1980; 林, 1985; 梁, 1996)。



彩圖二十九、滴管與毛細管



彩圖三十、矽膠薄板與待鑑定地衣萃取液



彩圖三十一、利用丙酮溶出地衣物質

A. 實驗方法與步驟

- a. 取一片矽膠板，用 2B 鉛筆在其 2 cm 及 12 cm 高度上畫一條橫線，用來代表溶劑展開的起始點與終止點。在起始的橫線上每格 0.9 cm 描上一點（最多可描得 21 點，即一張矽膠薄板可同時處理、分析 21 個樣本）（見彩圖三十四）。
- b. 撕取少量的待分析之地衣於玻璃罐中（在各玻璃罐上標示樣本編號），再以滴管吸取丙酮滴進罐中，以萃取出其所含地衣物質（見彩圖三十、三十一）。
- c. 趁丙酮尚未完全揮發之前，利用滴管吸取罐中之萃取液，並滴再矽膠板上的一個描點，一描點約滴上 5~8 次的萃取液即可，並在描點下方注明所分析樣本的編號（見彩圖三十二）。



彩圖三十二、用滴管滴下地衣萃取液於矽膠薄板上

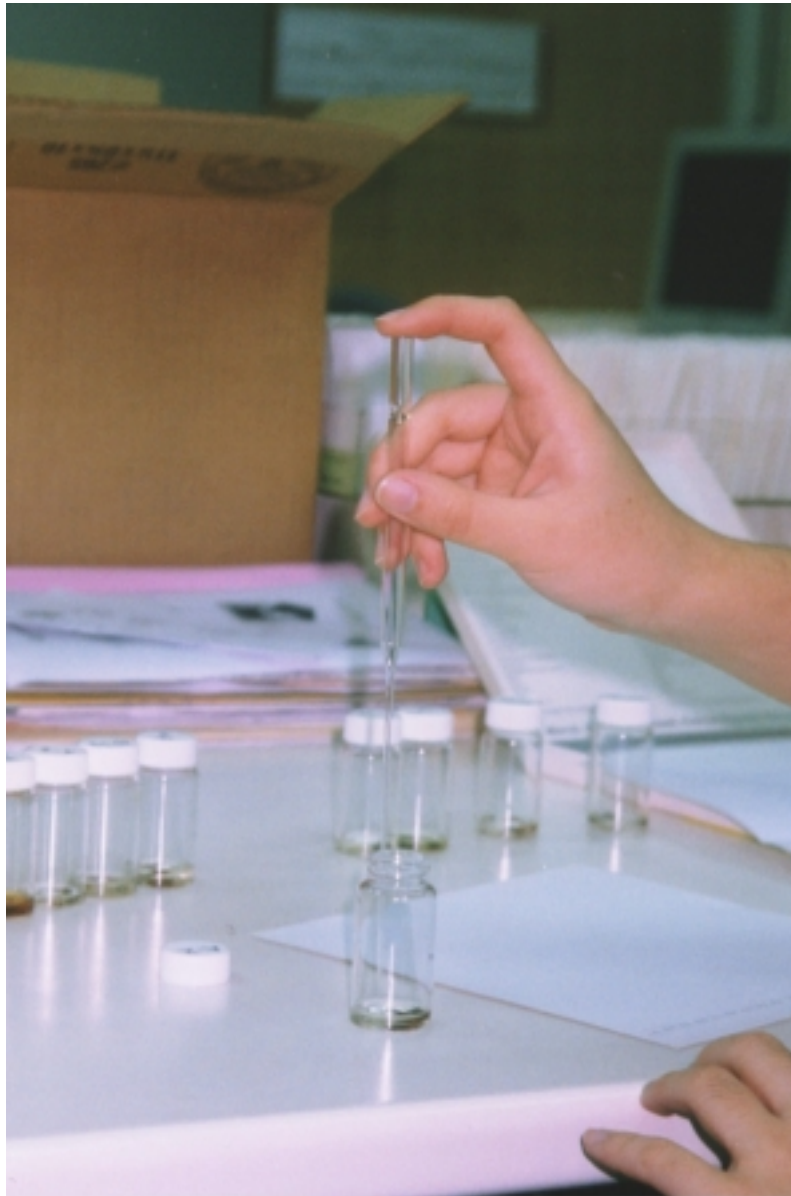


彩圖三十三、將撕碎的地衣體裝入小玻璃罐中



彩圖三十四、裝有待鑑定地衣體的小玻璃罐與矽膠薄板

d.處理完一份標本後，以丙酮充分清洗毛細管內、外，使不再殘留任何雜質後，便可以同一根滴管進行第二樣標本的處理；其步驟同 C 者。在起始橫線上的第一描點、中央描點、及最末描點滴上 Marker control，用以避免因環境狀況不同而致 R_f 值發生差異的困攪（見彩圖三十五）。



彩圖三十五、以滴管萃取地衣物質



彩圖三十六、將地衣體撕碎



彩圖三十七、將撕碎的地衣體放入罐中



彩圖三十八、將丙酮滴入裝有地衣體的罐中



彩圖三十九、滴下地衣萃取液於矽膠薄板上

e.完成滴加萃取液的矽膠薄板，置入已加有溶劑的展開槽中（槽內的溶劑高度必須是低於各個描點上的 spot，約 1.2 ~ 1.5 cm。）通常在約 30~45 分鐘後，溶劑便已向上展開到終止的橫線；應立即取出矽膠薄板並置於抽風機中，任其乾燥（約 5~10 分鐘）（見彩圖四十、四十一）。

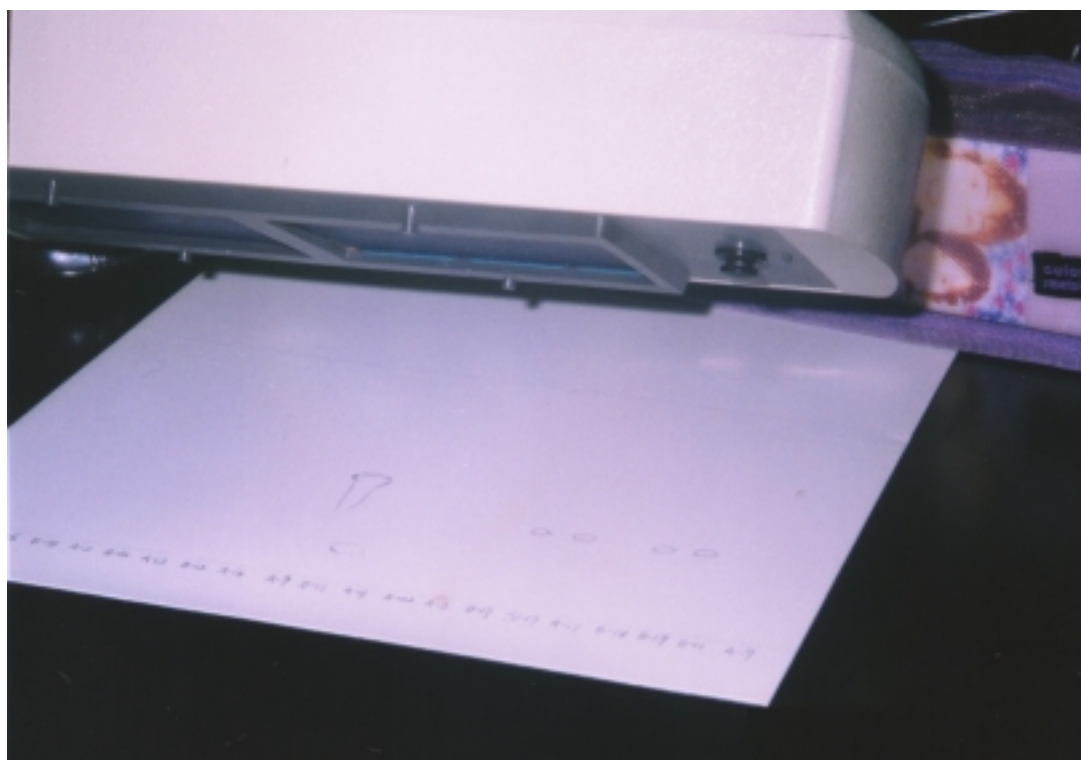


彩圖四十、放入展開槽的矽膠薄板



彩圖四十一、在抽風機中待地衣物質展開

f.乾燥後的矽膠薄板，將之置放在短波 253~254nm 紫外光燈下檢視之（見彩圖四十二），並用 2 B 鉛筆將矽膠薄板上所顯現出來的各個 spot 全部加以圈描起來。

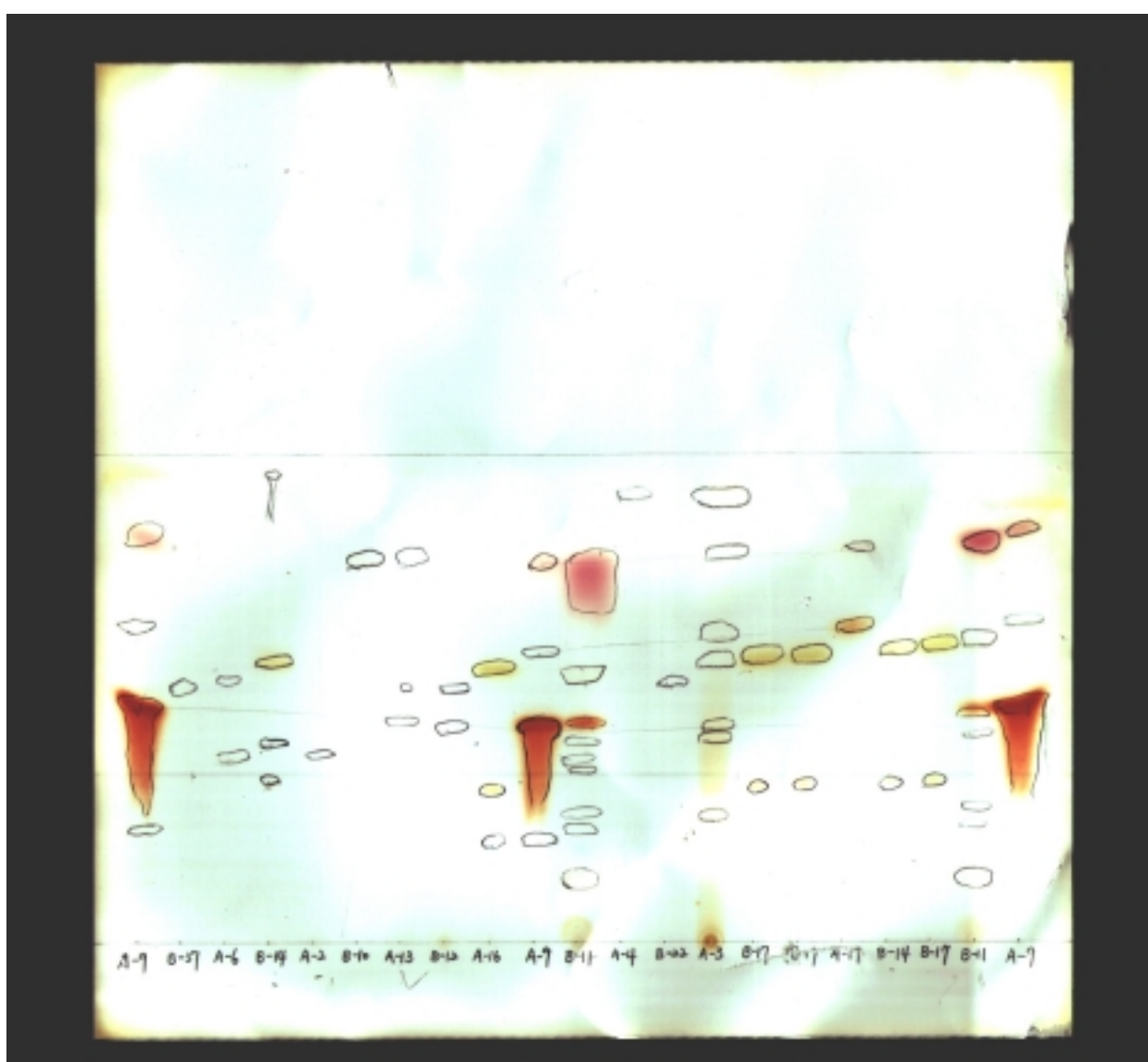


彩圖四十二、以紫外光燈照射矽膠薄板

g.決定及計算各個 spot 的 R_f 等級 (R_f class) 及 R_f 值 (R_f value)，利用林涵西及林仲剛之實驗結果及樣本作爲對照，將層析圖由起始線至終止線劃分成十個等級，便可比較各個 spot 與對照組的位置，並訂出各個 spot 的等級，以及計算其 R_f 值 (林，1980；林，1985)：

$$R_f \text{ 值} = \frac{\text{溶質展開的距離}}{\text{溶劑展開的距離 (10 cm)}}$$

最後，便可綜合以上所得的各個 spot 的顏色、 R_f 值、 R_f 等級等資料，驗可藉以判斷出各個化學成分的類別 (見彩圖四十三)。



彩圖四十三、矽膠薄板上所展開之地衣物質

參、研究結果與討論：

(一) 臺北市內湖區金面山（見彩圖四十四）地衣之調查：

對於調查所採集之地衣進行鑑定工作。本研究共採集到十七種地衣，其中包括十一種殼狀地衣，三種葉狀地衣及三種莖狀地衣。

經由外部型態觀察、薄層色層分析法等方法鑑定出來的殼狀地衣包括有：癩屑衣屬 (*Lepraria*)、大孢衣屬 (*Megalospora*)、球粉衣屬 (*Sphaeophorus*) 三屬（見彩圖四十五～五十）。葉狀地衣包括有：裸緣梅衣屬 (*Parmotrema*)、梅衣屬 (*Parmelia*)、黃梅衣屬 (*Xanthoparmelia*) 三屬（見彩圖五十一～六十九）。鑑定出的莖狀地衣僅有石蕊屬 (*Cladonia*)（見彩圖七十～七十五）。以上各屬地衣之鑑定依據如下：



彩圖四十四、金面山地理環境

1. 癩屑衣屬 *Lepraria*

屬於不完全衣 (*Lichenes Imperfecti*)，爲一最簡單的地衣，地衣體粉末狀，在基質上常形成不定型的粉屑層，極度不分化，常生長於土石或樹幹上，其內之共生菌和共生藻僅作鬆散結合，有的種類外形近似鱗葉狀，具粉芽或無粉芽，不形成子實體（楊王與賴，1978；吉村，1982；賴與錢，1992；梁，1996；尤，1997）。詳細地衣物質比對請見附錄。



彩圖四十五、樹生型殼狀地衣
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖四十六、石生型殼狀地衣 拍攝地點：臺北市內湖區金面山

2.大孢衣屬 *Megalospora*

本地衣樣本為臺中科學博物館植物學組研究員協助鑑定而得之為大孢衣屬。本屬為殼狀地衣。詳細地衣物質比對請見附錄。



彩圖四十七、樹生型殼狀地衣
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖四十八、石生型殼狀地衣 拍攝地點：臺北市內湖區金面山

3.球粉衣屬 *Sphaecophorus*

本地衣樣本為臺中科學博物館植物學組研究員協助鑑定而得之為球粉衣屬。本屬為殼狀地衣。詳細地衣物質比對請見附錄。



彩圖四十九、樹生型葉狀地衣
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖五十、樹生型殼狀地衣 拍攝地點：臺北市內湖區金面山

4. 裸緣梅衣屬 *Parmotrema*

地衣體葉狀，近圓形，直徑達 20mm 以上，以假根附著於基質。裂片分裂，相互疊蓋，寬 5~20mm，端圓或凹，邊緣具褐色鑲邊；上表面淡灰綠色，平滑，下凹，後表面具淺褶；下表面中央部分黑色，具皺褶，具假根；邊緣褐色，具光澤，裸露而無假根。

共生藻為共球藻屬。子囊果未見。裂芽在地衣體中央部分甚眾，出生於地衣體脊突上，後擴展到整個表面；裂芽初為球形，小，頂端色較暗，後伸長為圓柱並分枝而略呈珊瑚狀。在紫外燈照射下無螢光反應產生。所含的化學成分包括黝黑茶漬素和茶漬酸。其棲息的基質為岩石和樹幹。此種地衣在開發地區以外的地區是最常見的地衣。本屬的主要特徵為：裂片甚寬（5~20mm 寬），

頂端圓形，大多具緣毛，上表面有的亦具網狀斑紋，但頂端平滑連續或僅具點狀斑紋；下表面黑色或褐色，邊緣常具較寬的裸露帶，假根單一不分枝或稀假根二型

（dimorphic），即某些種類具有長、短不一的假根。分生孢子大多為亞葫蘆形；子囊盤通常近柄生至柄生，盤面常穿孔。除某些溫帶種類外，大多數種類分佈在熱帶，尤其在海拔 500-2000 公尺間的山區內最為豐富多樣。臺灣產 26 種。在所採集之裸緣梅衣屬葉狀地衣樣本中，唯一一種已鑑定出其種類的為大裸緣梅衣 *Parmotrema tinctorum*：

地衣體疏鬆貼生於基質，裂片寬 10~15mm，無緣毛，具裂芽；下表面黑色，假根疏鬆，粗糙。子囊盤盤面不穿孔。本種是一種常見地衣，特徵明顯，易於鑑別；裂芽形狀變化甚大，單一或常呈顆粒狀或珊瑚狀，裂片大型，下表面邊緣裸露帶寬。化學成分：黑茶漬素（Atranorin）、茶漬衣酸（Lecanoric acid）。分佈：泛熱帶和溫帶地區。臺灣產於低海拔平地及中海拔山地（賴，1979；賴與錢，1993；尤，1997；賴，2000；賴，2001）。詳細地衣物質比對請見附錄。



彩圖五十一、樹生型葉狀地衣

拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖五十二、大裸緣梅衣 *Parmotrema tinctorum*
 拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖五十三、葉狀地衣體疏鬆貼生於基質
 拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖五十四、樹生型葉狀地衣
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖五十五、大裸緣梅衣上表面淡灰綠色
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖五十六、大裸緣梅衣爲金面山地區常見的地衣
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖五十七、大裸緣梅衣在開發地區以外的地區是最常見的地衣
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖五十八、大裸緣梅衣邊緣常具較寬的裸露帶
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖五十九、常見地衣與苔蘚類共棲
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖六十、大裸緣梅衣裂片大型，下表面邊緣裸露帶寬
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖六十一、大裸緣梅衣裂片分裂，相互疊蓋
拍攝地點：臺北市內湖區金面山

5. 梅衣屬 *Parmelia*

狹義的梅衣屬 (*Parmelia. str*) 現由三十八種以上表面具假杯點的種類組成。Hale (1978) *P. saxatilis* (L.) Ach. 為模式種，重新定義本屬的特徵為：地衣體裂片大多為近線形，1.5~10mm 寬，頂端截形，無緣毛；上表面淡灰綠色至白色，具假杯點，假杯點大多線形，罕點狀，粉芽和裂芽有或無，無皮上微孔；下表面黑色，假根大多羽狀分枝，或單一不分枝至叉狀分枝。分生孢子大多為近雙菱形；果托常具假杯點。皮層內主要含黑茶漬素和氯化黑茶漬素；髓絲層大多含水楊嗒酸、原島衣酸和 *echinocarpic* 酸等。主要分佈於東亞和澳大利亞的北方至溫帶地區。亞洲東部為本屬的分佈中心，共有十七種分佈，其中十種為特有種。臺灣產十種（賴，1979；賴與錢，1993；賴，2000；賴，2001）。詳細地衣物質比對請見附錄。



彩圖六十二、地衣體有絨毛、假根、臍等附屬結構
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖六十三、石生型葉狀地衣
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖六十四、樹生型葉狀地衣
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖六十五、亞洲東部爲梅衣屬的分佈中心
拍攝地點：臺北市內湖區金面山

6. 黃梅衣屬 *Xanthoparmelia*

本屬自 1974 年由 Hale 提出模式種迄今至 1990 年，全世界已經描述的種類有 406 種之眾，是梅衣類屬群中種類最多的一個屬。其主要特徵為：裂片狹窄，不規則至二叉分裂，無緣毛，有時具黑色鑲邊；上表面亮黃綠色至近黃褐色，大多連續，少量具斑紋，均有具孔皮上層，無假杯點，罕具粉芽；髓層大多白色，少量為部分或全部具色素；下表面淡褐色至黑色，多具假根，假根大多為單一不分枝，罕無假根。分生孢子多為雙菱形。罕圓柱型。上皮層恆含松蘿酸。主要分佈於南非、澳大利亞等地的乾旱或半乾旱地區，亞洲已知僅有十三種；大多石生，少量土生。台灣產三種(尤，1997；賴，2000；賴，2001)。詳細地衣物質比對請見附錄。

由於本屬種眾多，種間差異較難掌握，為此，Kurokawa(1989)提出可用於本屬的分類特徵為：

- (1)地衣體貼生的緊密程度
- (2)裂片的寬度和形狀
- (3)下表面的顏色
- (4)假根的密度
- (5)有否裂芽
- (6)裂芽的形狀及大小
- (7)髓絲層次生化學產物



彩圖六十六、黃梅衣屬地衣體裂片狹窄，不規則至二叉分裂
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖六十七、黃梅衣屬地衣體上表面亮黃綠色至近黃褐色
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖六十八、黃梅衣屬地衣體下表面淡褐色至黑色，多具假根
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖六十九、黃梅衣屬主要分佈於南非、澳大利亞等地
拍攝地點：臺北市內湖區金面山

7. 石蕊屬 *Cladonia* Wigg

下生菌絲形成帶褐色之假根，自初生地衣體腹面或子器柄基部生出，用以附著於基質。初生地衣體鱗片狀或葉狀，通常宿存，上皮層發達。子器柄單一或具各種形式之分枝，頂端有杯或無杯，著生鱗葉或缺如，粉芽有或無。子器柄之基部大部份宿存，頂端生長至一定高度即行停止。皮層通常發達，成局部或全部龜裂為網眼狀或粉芽狀，或有突起。髓層有內髓(軟骨層)及外髓之分。子囊盤小型到大型，紅色、褐色、或淡黃色、單一或聚集成團，著生於子器柄頂端或杯緣，其發育隸屬網衣型(*lecidine* type)(即子囊盤壁的構造上沒有地衣體組織之加入)。節的區分主要依據子囊盤的顏色(賴，2000)。

石蕊類地衣均以無性繁殖為主。初生葉狀體及子器柄於乾燥時極為脆弱，易受外力而斷裂為碎片。有時受風力傳播到遠處，遂發芽生長成新的葉狀體。石蕊屬具錯綜之分枝，其較老的子器柄倒伏後，常生出許多不足枝(*adventitious branch*)，大多數種類均可行成粉芽(*soredium*)，行使繁殖作用，為常見的無性繁殖方式。針芽(*isidium*)則極少見。雖然石蕊類地衣常見有子囊盤以及孢子，但很少以此方式來繁殖(林，1980；賴，2000)。詳細地衣物質比對請見附錄。

TLC: squamatic acid 分佈：歐亞大陸北部及加拿大沿岸。本省產於中海拔地區(林，1980；賴，2000)。詳細地衣物質比對請見附錄。



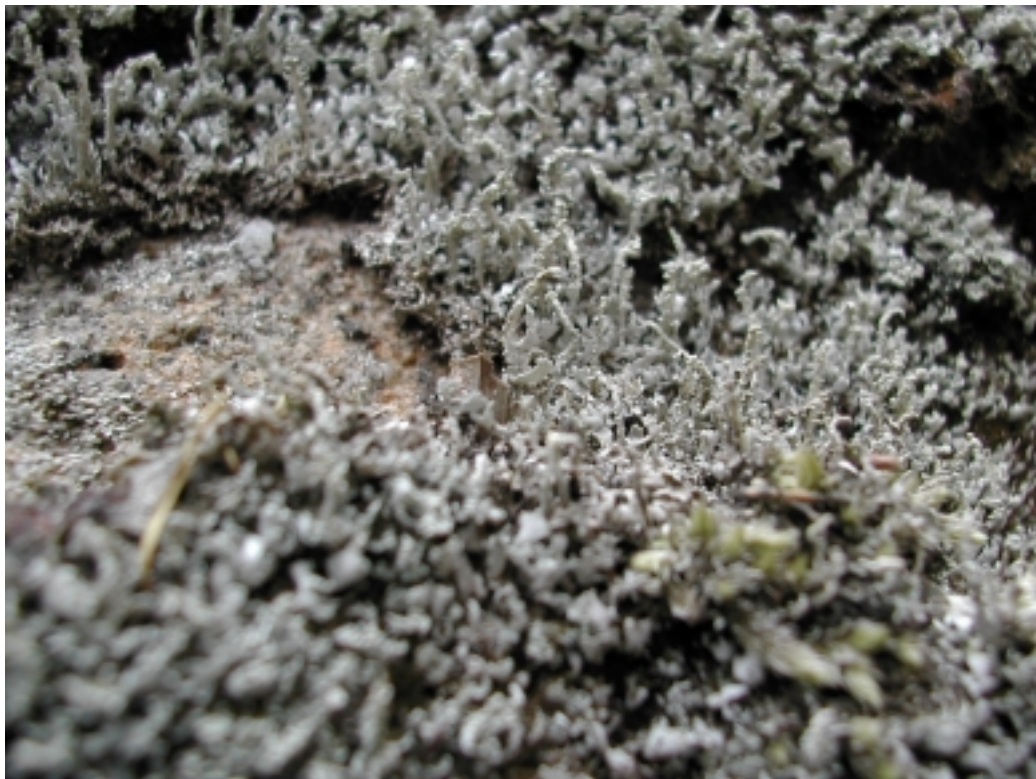
彩圖七十、子器柄單一或具各種型式之分枝
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖七十一、頂端有杯或無杯，著生鱗葉或缺如，粉芽有或無
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖七十二、石蕊屬地衣節的區分主要依據子囊盤的顏色
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖七十三、莖狀地衣子器柄基部生出，用以附著於基質
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖七十四、莖狀地衣基部直接與生長基質相連
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖七十五、岩縫中的莖狀地衣
拍攝地點：臺北市內湖區金面山

肆、結論與應用：

臺灣橫跨熱帶及亞熱帶氣候，境內高溫多雨，全島峰巒綿亙，溪谷縱橫，各類地形齊備，植物種類及所構成之植群多樣性高且豐富。而影響臺灣的各種植物群落分佈的重要因素是氣候，特別是熱量和水分以及二者的配合狀況。氣候按照緯度有規律的變化，致植物群落的分佈也沿著這種環境梯度的改變而有所變化。隨緯度的減少，熱量依次逐漸增高；而隨海拔的升高也引起了熱量和水分的重新分配，所以在全臺範圍內形成不同的氣候-植物帶。因此，地衣類在臺灣的分佈及其生物多樣性異常特殊。目前已知共有 54 科，144 屬，580 種及種以下分類單位(賴，2000)。

本研究由 2001 年 7 月開始著手調查研究臺北市內湖區金面山地衣類生態至 2002 年 6 月。有研究報告指出：靠近內湖及南港一帶的山區，可能因為濕度較適合，地點偏離市區，植物相種類豐富且數目多，污染物較少，以致於地衣出現的頻率及覆蓋度都較高，而在我們的調查與採集工作中，發現內湖區金面山的地衣分佈多樣且覆蓋度高，更能發現許多對空氣污染較為敏感的葉狀地衣(尤，1997)。

本研究共採集十七種包括石生型、樹生型、地生型之各種殼狀、莖狀、葉狀之數種地衣，經過型態分析、徒手切片實驗、顯微鏡下觀察及化學分析法 TLC 實驗等各項鑑定方法後，共鑑定出包含七個屬，分別為殼狀地衣的癩屑地衣(*Lepraria*)、大孢衣屬(*Megalospora*)及球粉衣屬(*Sphaeophorus*)；莖狀地衣的石蕊屬(*Cladonia*)及葉狀地衣的裸緣梅衣屬(*Parmotrema*)、梅衣屬(*Parmelia*)、黃梅衣屬(*Xanthoparmelia*)。又其中有唯一一種已鑑定出所屬種類為葉狀地衣中的大裸緣梅衣(*Parmotrema tinctorum*)，此種地衣在金面山上分佈於海拔較高處，有石生型、樹生型及地生型，且覆蓋度高。

愈近嚴重污染的工業中心地帶，地衣的種類就愈為減少。由參考資料足以顯示污染地衣的種類數目已遽減，在英國曾選擇各古老林地及公園區比較其現存地衣類的種類。由倫敦附近的愛平森林(Epping Forest, Essex)所保存的極為完整的資料中顯示，在上世紀的中葉時期至少有 120 種樹生地衣類存在，但在 1970~74 年重新調查的結果，僅存 38 種，而接近倫敦的部分僅可以找到 18 種。近年 Leicestershire 地區內的地衣種類中有 154 種(佔 47%)已完全消失殆盡。此外，工業區或都市生長的許多地衣類的原葉體，其大小也發生顯著變化而縮小，或不生長子實體(而以無性生殖取代)等現象(賴與陳，1977；吳，1987；賴，2000；尤，1997)。

雖說地衣是對空氣污染較敏感的低等植物，但是地衣種類甚多，各種之間也有所差異。地衣依其棲息基質(substrate)的不同，一般認為對污染之敏感度，是由樹棲性(corticolous)、石棲性(saxicolous)到地棲性(terricolous)遞減；而依其生長型態之不同，一般也認為殼狀地衣對污染的忍受能力高於葉狀及莖狀地衣(賴與陳，1977；吳，1987；吳與趙，1992；尤，1997)。

在金面山地衣的分佈上，海拔較低處可能因接近市區，空氣污染較嚴重，只發現數種殼狀及石蕊屬的莖狀地衣，直到海拔較高處才見到對空氣敏感度較高葉狀地衣的蹤跡，此現象與過去文獻結果相符合(賴與陳，1977；吳，1987；尤，1997)。

就本研究調查殼狀、莖狀及葉狀地衣在作者校園附近至金面山的分佈情形，來間接說明目前的空氣污染是否已造成地衣沙漠化。所謂地衣沙漠化，其理論是由

Barkmann(1958)所提出，其定義為沒有葉狀地衣與莖狀地衣生長的地區，稱之為地衣沙漠。本研究針對臺北市金面山區及作者校園附近所生長的地衣種類進行調查，結果發現行道樹上之附生地衣只有在靠近山區的地方，地衣於樹幹上的覆蓋面積才會有明顯增加的情形。又其中在市區道路上只發現生長殼狀地衣而並無莖狀及葉狀地衣存在，所以就此情況而言，除了金面山區以外，市區可以說已接近地衣沙漠化之狀況，間接顯示，空氣污染的情形是相當嚴重的(梁，1996；尤，1997；王，1998)。

由藻類與真菌共生的地衣類為生態與生物多樣性的先驅者，不但具有特殊的生長型態與方式，值得生物學家更多的研究與觀察，在地衣體內的抗生物質更可以最為具療效的醫藥供人類治病，另外還有許多包括食用、飼料、釀造、染料、香料、化妝品及其他多種功能，實在值得我們去多做研究與發展。

苔蘚類、藻類和地衣類在一般人的印象幾乎是沒有分別，且苔蘚類、藻類與地衣類常共棲在同一生長基質上(見彩圖七十六~七十九)，然而事實上苔蘚類和地衣類無論在外觀、內部構造及生活形態上皆有許多的差異，且不難辨認，在解剖顯微鏡下觀察，能清楚的看見地衣類與苔蘚類、藻類的在外部型態的差異(見彩圖八十、八十一)為此我們也將地衣類與苔蘚類之不同處作一些比較(賴，1986；亞洲地衣同好會，1989；賴，1990；賴，1995；賴與江，1995)

我所蒐集的文獻中，經過一再的考察與探討，顯示在國內外學術界研究地衣的學者對於地衣的分界尚還分歧不定，如在 2001 年出版的朗文英和雙解生物學辭典中，將地衣分類於真菌界中的一群；中山自然科學大辭典第八冊及 1977 年國立台灣大學植物學研究所劉秀琴於其碩士論文中將地衣分類為地衣植物群。而地衣的命名上，則是根據地衣中地衣型真菌種類為主要命名依據(賴，1975)，因地衣的生長型態(外型)為殼狀、莖狀、葉狀等大多數是由地衣中的真菌種類鎖定，且在不同的地衣種類中可發現相同的藻類，針對此問題我曾請教過專家給予指導，國立臺灣師範大學生物學系教授認為地衣屬於真菌界，臺中科學博物館植物學組研究員則認為地衣屬於植物界，其原因是地衣中的地衣型真菌生長需依賴地衣中的藻類行光合作用並吸收水分而得以生存，地衣究竟屬於真菌界或植物界？甚至是其它物界？仍須日後研究者更明確的研究探討與界定(川村，1938；科學月刊，1974；戴與朱，1982；林，1985；劉，1984；賴，1984；賴與錢，1992；曾與陳，1985；王與周，1995；吳，1996；王等，1999；裘，2001)。

地衣類在臺灣的研究傳統及歷史並不長，研究的人口可說是鳳毛麟角，只有極少數中的少數人(賴，2000)。尤其近五，六年來只有 1996 年梁志欽的「以薄膜培養法合成地衣及其生長速率的測定」、1997 年尤淑美的「利用地衣作為臺北地區空氣污染指標之研究」、賴明洲 2000 年出版的「臺灣地衣彩色圖鑑(一)」、賴明洲 2001 年發表於特有生物研究期刊中的「臺灣梅衣科島衣類屬地衣類的分類研究」等四篇地衣相關研究與一本本地衣圖鑑（見表一）。此外學術界在地衣研究方面也缺發新研究者的投入，致使地衣研究已呈現近停頓的狀態，為此我們感到惋惜，盼日後能有更多的研究者能加入地衣研究的行列，將臺灣多樣的地衣做出更多更豐富的發展與相關研究。



彩圖七十六、地衣類與藻類共棲
 拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖七十七、地衣類與苔蘚類共棲
 拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖七十八、葉狀地衣與氣生藻類共棲
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖七十九、葉狀地衣與苔蘚類共棲
拍攝地點：臺北市內湖區金面山



彩圖八十、解剖顯微鏡（放大倍數：10×4）下觀察白髮藻
採集地點：臺北市內湖區金面山



彩圖八十一、解剖顯微鏡（放大倍數：10×4）下觀察莖狀地衣
採集地點：臺北市內湖區金面山

表一、臺灣歷年來地衣類相關研究

研究內容	年代	作者	研究主題	出處
地衣概論與圖鑑	1973	楊王貞容、賴明洲	臺灣地衣類目錄	Taiwania 18
	1975	賴明洲	臺灣植物總攬	臺灣中華書局
	1976	楊王貞容、賴明洲	臺灣地衣類補遺	Taiwania 21
	1978	楊王貞容、賴明洲	地衣植物群 Lichenes	中山自然科學大辭典第八冊
	1982	賴明洲	什麼是地衣？	科學月刊 52
	1984	劉崇瑞	地衣植物門	國立編譯館
	1984	賴明洲	地衣植物簡介	科學月刊
	1995	賴明洲、江勁武	植物分類攬勝	地景出版
	2000	賴明洲	臺灣地衣類彩色圖鑑（一）	行政院農業委員會
地衣分類與資源調查	1979	賴明洲	梅衣類地衣之分類	中華林學季刊
	1980	林涵西	臺灣產石蕊地衣類之研究	國立台灣大學森林學研究所碩士論文
	1985	林仲剛	臺灣產兜衣屬地衣之研究	國立中興大學植物學研究所碩士論文
	1986	賴明洲	墾丁國家公園苔蘚地衣類植物之調查研究	墾丁國家公園管理處
	1990	賴明洲	陽明山國家公園苔蘚地衣類植物之資源調查	內政部營建署陽明山國家公園印製
	1993	賴明洲、錢之廣	中國梅衣類屬群分類綱要考查與研究	自然科學博物館
	1995	賴明洲、錢之廣	中國島衣類屬群分類綱要考查與研究	自然科學博物館
	2001	賴明洲	臺灣梅衣科島衣類屬地衣類的分類研究	特有生物研究 3
地衣與空氣污染之相關研究	1975	賴明洲、陳學潛	都市空氣污染的生物指標－地衣類	中華林學季刊 10
	1988	賴明洲、林仲剛	空氣污染的生物指標－苔蘚地衣類植物	中華林學季刊 21
	1995	蕭淑玲、陳佳芬	臺北市區及陽明山區樹生型地衣生態之調查研究	華岡理科學報 12
	1997	尤淑美	利用地衣作為臺北地區空氣污染指標之研究	國立臺灣大學植物病蟲害系研究所碩士論文
地衣藻菌分離之相關研究	1996	梁志欽	以薄膜培養法合成地衣及其生長速率的測定	國立臺灣大學農業化學研究所博士論文
	1998	王西華	實現沙漠綠化技術開發	化工技術 6
地衣抽出物之相關研究	1977	劉秀琴	地衣抗生物質之初步研究－地衣丙酮抽出物對細菌的影響	國立臺灣大學植物學研究所碩士論文

近年來工商業，交通，人口發展迅速，而人類活動對於週遭環境及動、植物所造成的影響，已成為討論保護自然環境與人體健康此切身的課題，目前空氣污染的嚴重性逐年增加，雖然科學家已發展出各式各樣的監測方法加以檢測，但其精密儀器價格昂貴，無法普遍架設，為了節省經費並能廣泛的進行監測，乃有學者研究利用指標生物--地衣。

歐美各國對環境污染公害問題的研究極為重視，其研究方向著重於有害氣體對植物生育的毒害作用，而導致植物的發病或群落的遭受破壞等問題，近年來由利用一些對污染氣體特別敏感而具有指示性作用的低等地衣、苔蘚類植物，來當作空氣污染程度的警戒指數，即所謂空氣污染的生物性指標(賴，2000)。

地衣(lichen)是一種十分特殊的生物，由真菌與藻類所組成，目前以監測空氣污染的特性最受到學者的重視，近幾年來不斷的有研究以地衣為課題，來進行對環境品質的生物監測(尤，1997)，地衣之所以作為空氣污染的指標，是因其對空氣污染相當敏感，它在解剖構造上相當簡單，僅由一層或少數幾層的細胞所構成，無維管束的構造，植物體表亦無蠟質的角質層所覆蓋，其背腹面皆可直接承受來自空氣中的污染物，尤其是附生於樹幹上的種類，由於其生活所需的水分與養分主要來自於雨水與露水，幾乎不受附生基質的干擾，所以往往能快速的將雨水與露水中的污染物，吸收到地衣體內，等累積到一定劑量後即表現出病徵(賴與林，1988；尤，1997)。

雖說地衣是對空氣污染較敏感的低等植物，但是地衣種類甚多，各種之間也有所差異。地衣依其棲息基質(substrate)的不同，一般認為對污染之敏感度，是由樹棲性(corticolous)、石棲性(saxicolous)到地棲性(terricolous)遞減；而依其生長型態之不同，一般也認為殼狀地衣對於污染的忍受能力高於葉狀及樹枝狀地衣。地衣在受到污染物傷害後，其病徵主要出現於原葉體(thallus)上，Weetmore(1988)指出，在空氣污染地區地衣體中的藻類最先受到傷害，所以首先出現的病徵為變色(discoloring)及藻類死亡，爾後加速整個地衣的死亡。一般地衣受害後所呈現的病徵有(賴與林，1988；尤，1997)：

- 1.地衣體邊緣出現明顯的黑斑(black spot)或褐化的現象。
- 2.地衣體的表面，產生細小的淡色斑點或黑褐色壞疽。
- 3.地衣體因共生藻受到毒害，而導致地衣體崩解。
- 4.地衣體表現不正常的裂縫。
- 5.長期處於污染的環境下，則會發生嚴重的生長衰退的現象，甚至消失。

鑑於我們平日於作者校園上下學所經市區馬路空氣污染十分嚴重，尤其是汽機車所造成的廢氣，藉此比較山區與市區不同的空氣污染程度，對地衣生長所造成的影響，並利用金面山區所採集對空氣污染較莖狀與殼狀地衣為敏感之葉狀地衣裸緣梅衣屬作為檢測樣本，由金面山區採集移植至學生平常上下學常經過的校門口前港墘路環山路口之行道樹上，接受數週之汽機車，雨水等或者其它污染源所造成的污染，其後觀察地衣體表徵的變化，藉著本研究嘗試利用地衣對空氣污染敏感的特性，將內湖區金面山的地衣移植至市區中的道路接受較多的空氣污染，觀察受空氣污染後地衣體的變化情形。

而平日學生上學途中，所經校門前之環山路港墘路口（見彩圖八十四～八十七），馬路上來往的汽機車等空氣污染嚴重，與學校後山金面山區空氣新鮮的環境（見彩圖八十二、八十三）相差甚遠，我不禁懷疑市區的空氣污染已經過於嚴重，是否影響到我們的呼

吸系統與身體健康呢？於是利用金面山上的空氣污染指標生物--地衣進行此研究。

藉著本研究嘗試利用地衣對空氣污染敏感的特性，將內湖區金面山上的地衣移植至市區中的道路接受較多的空氣污染，觀察受空氣污染後地衣的變化情形，並將受污染後之地衣利用灰分處理，元素分析儀與分光光度計（UV）測量出地衣體內二氧化硫與其它污染物的增加量，進而得知是否內湖市區的空氣污染程度已高於標準值，影響並危害人體健康，進而推展至台北市其它市區，為此我們能朝防治空氣污染的方向更多邁進。



彩圖八十二、金面山植物相豐富



彩圖八十三、金面山空氣新鮮適合地衣類生長

（一）地衣移植

方法：

選用金面山上對空氣污染較敏感之裸緣梅衣屬地衣，分批移植至市區道路上接受數週之空氣污染，並於其後觀察地衣體外觀變化情形與內部污染物之增加（尤，1997）。

（二）利用灰分處理測量受空氣污染後之地衣其水分，可燃分及灰分的變化量，進而分析其所受污染之程度。

方法：

利用灰分處理技術，檢測受污染後地衣體之水分，灰分及可燃分之變化量，並將各週所測量之不同量值互相做比較，判斷其污染物之增加及變化情形。

（三）利用元素分析儀測得地衣體受空氣污染後的碳、氫、氧變化量，分析其污染物之成分與增加量。

方法：

利用化學方法取得地衣之萃取液，再將含地衣物質之萃取液利用元素分析儀，檢測受污染後之地衣體內部碳、氫、氧之含量變化情形，並藉以判斷其所受污染之物質及來源。

（四）二氧化硫為空氣污染中之主要污染源，利用分光光度計（UV）針對地衣體受空氣污染後，二氧化硫於其內含量的變化情形，藉以判斷其受污染之程度。

方法：

利用分光光度計（UV）針對受污染後之地衣體其內部空氣污染主要來源之二氧化硫的變化量，探討二氧化硫對地衣體之影響。

（五）綜合以上各儀器與技術所測得之污染量值及數據，分析本樣區之空氣污染是否已超過標準值，足以對人體造成危害威脅，並藉研究結果向有關單位提出反應，作為日後改善空氣污染之依據。

方法：

利用灰份處理，元素分析儀或分光光度計（UV）等檢測此地衣受空氣污染後，其內部二氧化硫或其他污染物質的累積與改變。藉此空氣污染的生物性指標--地衣，檢測出臺北市內湖區作者校園鄰近市區內道路等環境之空氣污染是否已過於嚴重並超過標準值，足以對學生們人體造成傷害。有研究論文指出：內湖及南港一帶的山區，可能因為濕度適合，地點偏離市區，植物像豐富且數目多，污染物較少，以致於地衣出現的頻率及覆蓋度都較高（尤，1997），因此本研究可由內湖區進而推展至台北市其它地區各校園等，證明台北市空氣污染的嚴重程度，是否以對人體造成嚴重影響，並對環保單位提出反應，而可以尋求有效改善空氣污染之方法。

經由本研究探討空氣污染程度對地衣的影響，以及藉由觀察地衣體受空氣污染後的變化而得知空氣污染程度是否已超過標準值，已經對人體造成影響與傷害，藉此向有關之環保單位提出反應，並且做出有效的空氣污染防治方法為其應用。



彩圖八十四



彩圖八十五



彩圖八十六



彩圖八十七

伍、參考資料：

- 川村清一. 1938. 生物學實驗法講座 菌類實驗法. 東京市：建文館.
- 尤淑美. 1997. 利用地衣作為臺北地區空氣污染指標之研究.
國立臺灣大學植物病蟲害學系研究所碩士論文.
- 王也珍、周文能. 1995. 有趣的真菌. 臺北市：國立自然科學博物館.
- 王西華. 1998. 實現沙漠化技術開發. 化工技術 6(11)：130-134.
- 王也珍、吳聲華、周文能、張東柱、陳桂玉、陳淑芬、陳城箴、曾顯雄、劉錦惠、謝文瑞、謝煥儒、鍾兆玄、簡秋源. 1999. 臺灣真菌名錄.
臺北市：行政院農業委員會.
- 安田篤. 1939. 日本產地衣類圖說. 仙臺市：齊藤報恩會學術研究總部.
- 吉村庸. 1987. 原色日本地衣植物圖鑑. 大阪市：保育社株式會社.
- 左藤正己. 1938. 地衣類實驗法. 出版者不詳.
- 林涵西. 1980. 臺灣產石蕊地衣類之研究.
國立臺灣大學森林學研究所碩士論文.
- 林仲剛. 1985. 臺灣產兜衣屬地衣之研究.
國立中興大學植物學研究所碩士論文.
- 吳金陵. 1987. 中國地衣植物圖鑑. 中國展望出版社.
- 吳金陵、趙鵬. 1992. 地衣對放射性核素的吸收與積累及其在環境檢測中的應用. 西北植物學報 12(2):169-172.
- 吳聲華. 1996. 臺灣高等真菌：子囊菌與擔子菌的認識.
臺中市：自然科學博物館.
- 科學月刊主編. 1974. 科學月刊自然叢書--真菌. 臺北：科學月刊社.
- 亞洲地衣同好會. 1989. 亞洲苔蘚地衣學報.
臺北縣三重：亞洲苔蘚地衣同好會.
- 朝比奈太彥、柴田承二. 1949. 地衣成份 化學. 東京：河出書房.
- 曾聰徹、陳瑞青. 1985. 真菌學之最近發展. 臺北市：行政院農業委員會.

- 楊王貞容、賴明洲. 1973. 臺灣地衣類目錄. *Taiwania* 18(1):83-104.
- 楊王貞容、賴明洲. 1976. 臺灣地衣類補遺. *Taiwania* 21(2):226-518.
- 梁志欽. 1996. 以薄膜培養法合成地衣及其生長速率的測定.
國立臺灣大學農業化學研究所博士論文.
- 裘維蕃. 2001. 菌物世界漫遊. 臺北市：牛頓出版.
- 劉秀琴. 1977. 地衣抗生物質之初步研究-地衣丙酮抽出物對細菌的影響.國立臺灣大學
植物學研究所碩士論文.
- 劉棠瑞. 1984. 植物分類學 地衣植物門（附錄）1-15.
臺北市：國立編譯館.
- 賴明洲. 1975. 臺灣植物總攬. 臺灣中華書局. 1-5.
- 賴明洲、陳學潛. 1977. 公害研究方法簡介：
都市空氣污染的生物指標-地衣類.
中華林學季刊 10(3):113-129.
- 賴明洲. 1979. 梅衣類地衣之分類. 中華林學季刊 12(2):135-141.
- 賴明洲. 1982. 什麼是地衣？ 科學月刊 52：46-50
- 賴明洲. 1984. 地衣植物簡介. 科學月刊 7（1）：23-26.
- 賴明洲. 1986. 墾丁國家公園苔蘚地衣類植物之調查研究.
墾丁國家公園管理處.
- 賴明洲、林仲剛. 1988. 空氣污染的生物指標-苔蘚地衣類植物.
中華林學季刊 21(1):127-138.
- 賴明洲. 1990. 陽明山國家公園苔蘚地衣類植物之資源調查.
內政部營建署 陽明山國家公園印製.
- 賴明洲、錢之廣譯. 1992. 香港地衣. 香港：香港市政局.
- 賴明洲、錢之廣. 1993. 中國梅衣類屬群(Parmelioid lichens)分類綱要考察與研究.
自然科學博物館. 13：27-52.
- 賴明洲、錢之廣. 1995. 中國島衣類屬群(Cetrioid lichens)分類綱要考查與研究.
自然科學博物館. 14：1-21.

- 賴明洲. 1995. 苔蘚植物研究手冊.
南投縣竹山鎮：臺大農學院實驗林管理處.
- 賴明洲、江勁武. 1995. 萬花世界：植物分類攬勝. 臺北市：地景出版.
- 賴明洲. 2000. 臺灣地衣類彩色圖鑑(一). 臺北市：行政院農業委員會.
- 賴明洲. 2001. 臺灣梅衣科島衣屬地衣類的分類研究.
特有生物研究 3：49-66.
- 鍾兆玄. 1995. Notes on Some Follicolous Lichenized Fungi from Taiwan
臺灣葉生地衣化真菌記要.
TAIWANIA:Sciences Roport of Plant Biology40(2):151-155.
- 戴郁軌、朱凱俊. 1982. 真菌名詞辭典. 臺北市：名山出版社.
- 蕭淑玲、陳佳芬. 1995. 臺北市區及陽明山區樹生型地衣生態之調查研究.
華岡理科學報 12：315-338.

陸、附錄：

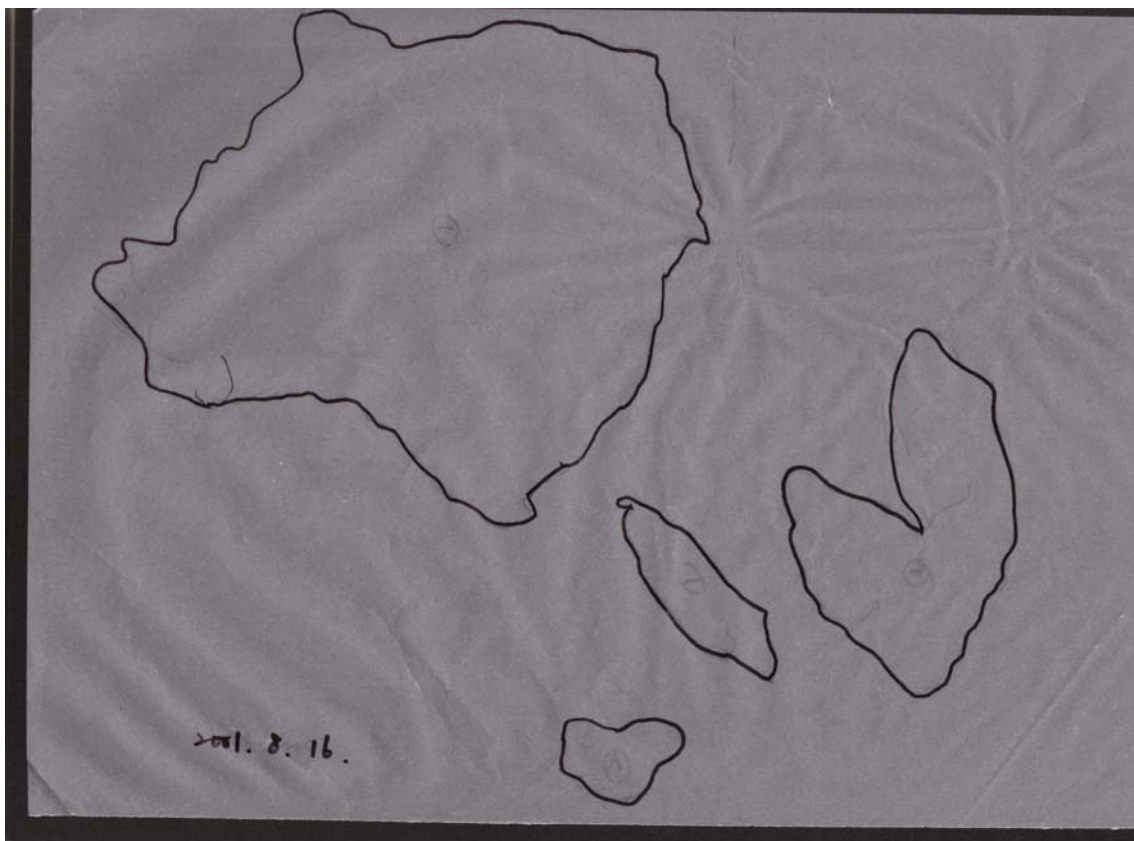


附圖一、臺北市內湖區臺北市立麗山高級中學與金面山位置地圖

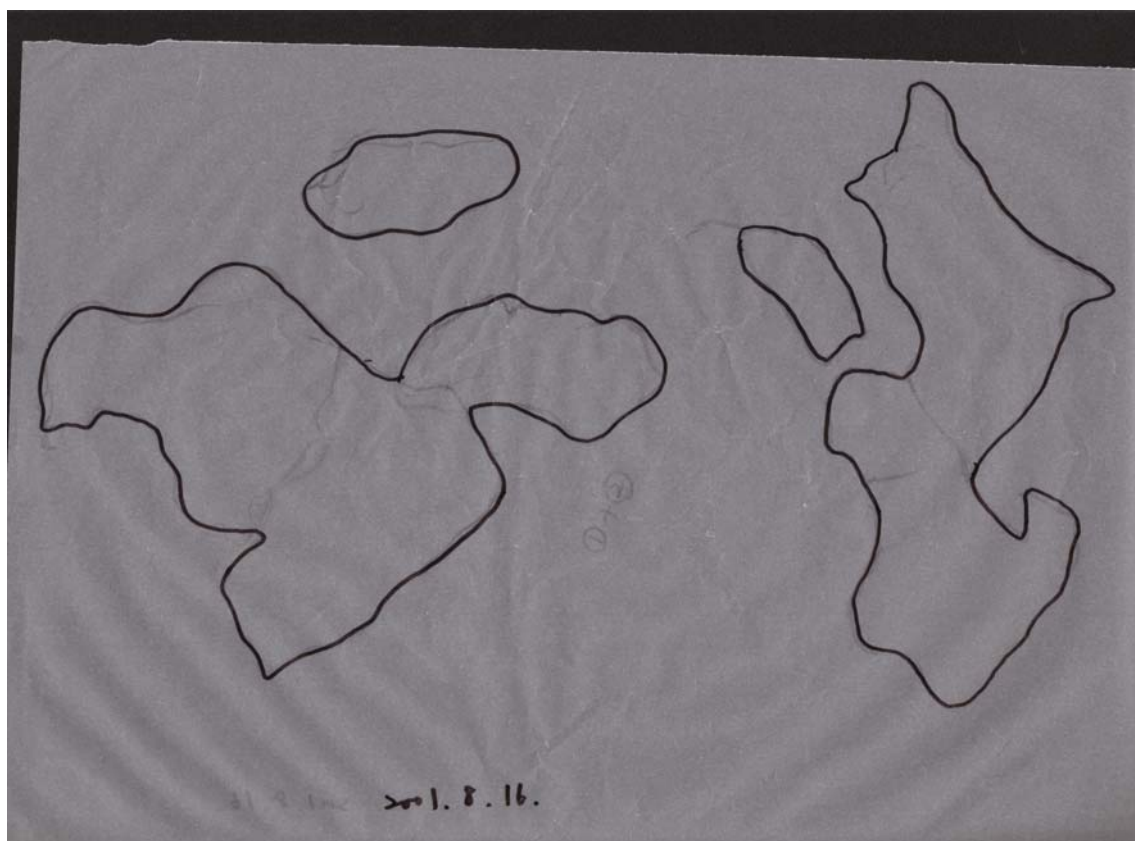
出處：臺北市政府建設局

時間：中華民國八十六年六月

(而臺北市立麗山高級中學校園建校於中華民國八十九年)



附圖二、地衣生長面積描圖（此描圖紙為 A4 規格）



附圖三、地衣生長面積描圖（此描圖紙為 A4 規格）

TABLE I

TLC DATA FOR 149 LICHEN PRODUCTS CHROMATOGRAPHED IN THREE SOLVENT SYSTEMS

<i>R_F</i> class			Compound	Example, <i>R_F</i> × 100 values (<i>R_F</i> of X/ <i>R_F</i> of N, <i>R_F</i> of A ^a)		
A	B	C		A	B	C
1	1	1	Rhodocladonic acid	0	0	0
1	1	1	Consalazinic acid	2/39, 72	1/26, 76	0/27, 77
1	3	2	Fumarprotocetraric acid	1/41, 73	25/28, 75	7/29, 77
1-2	3	1	Unknown Q with hypoprotocetraric acid	3/42, 75	19/32, 77	2/31, 78
1-2	3	2	Protocetraric acid,	3/40, 74	19/30, 77	4/28, 78
1-2	3	2	Sublimbatic acid	4/42, 72	23/34, 80	10/30, 79
✓ 1-2	3	2-3	<u>Thamnolic acid</u>	3/42, 76	25/32, 79	13/28, 79
1-2	3	3	Hypothamnolic acid	4/40, 75	25/30, 77	18/28, 79
1-2	4	1-2	Caperatic acid	4/41, 78	27/29, 76	6/34, 81
1-2	5	1-3	Unknown red pigment ^b	19/42, 73	38/28, 79	19/27, 78
○ 2	1	1-2	Constictic acid	7/42, 77	3/34, 79	3/28, 80
2	1-2	1	Erythrin	6/41, 76	5/32, 79	1/29, 77
2	1-2	1-2	Unknown in <i>Ochrolechia</i> spp.	8/42, 73	4/27, 78	2/27, 78
2	2	1-2	Porphyrilic acid	9/41, 75	11/30, 75	6/30, 78
2	2	1-2	Unknown PQ-4 ^c	15/43, 76	7/32, 77	4/29, 77
2	2	2	Unknown ^d	11/42, 73	5/28, 78	9/27, 78
2	2	2	Salazinic acid	10/39, 72	7/30, 74	4/28, 77
2	2	2	Connorstictic acid	11/39, 72	11/30, 74	2/28, 77
2	2	2	Variolaric acid	18/42, 76	13/30, 77	8/28, 80
2	2-3	2	Unknown S-2 with stictic acid	14/40, 73	14/26, 76	10/29, 79
✓ 2	3	3	Decarboxythamnolic acid	5/42, 76	25/33, 79	18/28, 79
2	3	3	<u>Squamatic acid</u>	10/42, 76	25/30, 74	25/29, 78
2	3-4	2	Unknown ^e	6/42, 76	27/30, 77	6/28, 80
2	3-4	2	Pannaric acid	8/42, 77	28/30, 74	9/28, 79
2	4	2	Endocrocin	8/40, 76	33/32, 79	8/29, 77
2	4	2	Echinocarpic acid	11/41, 77	33/32, 79	11/29, 78
2	4	2	Siphulin	14/42, 77	27/27, 77	4/29, 78
2	5	2	Pulvinic acid	4/42, 77	36/27, 76	7/29, 80
2	5	2	Barbatolic acid	7/43, 75	48/33, 77	19/31, 77
2	5	2	Conpsoromic acid	15/41, 75	36/30, 77	12/28, 80
2	5	2-3	Unknown with hypoprotocetraric acid ^f	16/41, 75	36/30, 77	14/27, 79
2	5	3	Physodalic acid	10/43, 77	31/27, 76	19/29, 80
2	5	3-4	Unknown with echinocarpic acid	18/41, 77	38/32, 79	27/29, 78
2	5	4	Haemathamnolic acid	15/40, 74	35/29, 77	27/28, 79
2-3	3-4	2-3	Unknown with protocetraric acid	19/42, 74	32/34, 82	14/28, 78
2-3	3-4	3	Unknown PQ-2 ^g	22/42, 73	25/27, 76	18/28, 78
2-3	4-5	2-3	Unknown dibenzofuran (?) ^h	22/42, 72	37/34, 80	18/30, 79
2-3	5	2-3	Diploschistesic acid	21/43, 75	39/32, 80	13/28, 79
1-3	1-2	3	Haemoventosin	33/42, 73	2/27, 78	17/27, 79
3	2-3	3	Galbinic acid	29/41, 75	12/29, 77	16/28, 79
○ 3	2	3	Lepraric acid	27/40, 74	11/29, 77	21/28, 78
3	2	3	Stictic acid	32/42, 77	9/27, 77	18/28, 78
3	3	2	Arthoniaic acid	31/37, 73	15/28, 76	13/29, 79
3	3	2	Unknown PQ-2 ^e	34/43, 76	27/32, 77	8/29, 77
3	3-4	5	Unknown in <i>Lecanactis</i> spp.	21/42, 76	32/33, 79	41/28, 79
3	4-5	2-3	Alectoronic acid	33/43, 75	34/33, 76	17/31, 77
3	5	3	Unknown PQ-3 ^e	25/44, 76	42/32, 77	20/29, 77
3	5	3	Physodic acid	25/42, 74	35/27, 76	18/29, 79
○ 3	5	3	Gyrophoric acid	24/40, 74	42/30, 77	24/28, 79
3	5	3	Hypoprotocetraric acid	25/40, 75	43/29, 77	22/28, 79
3	5	3	Unknown PO-1 ^g	29/42, 73	32/27, 76	24/28, 78
3	5	3	Lecanoric acid	28/40, 75	44/30, 76	22/28, 79
3	5	3	Olivetoric acid	34/40, 76	37/28, 76	22/28, 78
3	5	4	Norobtusatic acid	27/40, 76	50/28, 76	30/28, 79

(Continued on p. 118)

附錄、地衣物質 R_F 值對照表

J. Chromatogr., 72 (1972) 113-125

TABLE I (continued)

R_F class			Compound	Example, $R_F \times 100$ values (R_F of X/ R_F of N, R_F of A ^a)		
A	B	C		A	B	C
3	5	4-5	Lividic acid	32/40, 74	35/29, 77	31/28, 78
3	5	5	Rangiformic acid	29/41, 75	38/29, 76	33/28, 80
3	5	5	Lobaric acid	30/40, 75	46/29, 76	38/29, 80
3	5	5	Picrolichenic acid	38/43, 77	39/27, 76	36/29, 79
3	5	5	Protolicheterinic acid	35/40, 75	47/29, 76	37/28, 81
3	5	5	<u>Psoromic acid</u>	36/41, 73	41/27, 75	41/29, 76
3	5	5	4-O-Methylphysodic acid	37/41, 74	43/28, 76	40/27, 76
3	5-6	4	Alectoralic acid	39/43, 74	48/29, 75	39/28, 77
3	5-6	5	4-O-Methylgyrophoric acid	32/40, 75	56/28, 76	46/29, 80
3	6	5	Virensic acid	26/42, 76	57/30, 77	38/28, 80
3	6	5	Obtusatic acid	35/40, 76	64/29, 76	48/28, 78
3-4	3	3	Strepsilin	41/42, 78	21/27, 77	24/28, 78
3-4	5	5	Baeomycesic acid	39/42, 76	40/32, 79	42/28, 79
3-4	6	4-5	Anziaic acid	40/42, 76	59/29, 74	33/28, 76
3-4	6	5	Evernic acid	38/41, 76	61/32, 79	43/29, 77
3-4	6	5	Grayanic acid	38/40, 75	62/30, 77	44/28, 79
1-4	1-4	1-4	Polyporic acid	43/41, 73	28/27, 75	27/29, 76
4	2	2	Chromone (?) with lepranic acid	39/40, 74	4/29, 77	12/28, 79
4	4	4	Norstictic acid	—	—	—
4	4	4	4-O-Demethylplanaic acid	42/41, 74	32/31, 76	27/27, 76
4	5	4-5	Paludosic acid	39/41, 73	35/27, 75	33/30, 76
4	5	5	Glomelliferic acid	41/41, 73	43/28, 76	42/28, 77
4	5	5	α -Collatolic acid	40/41, 73	32/28, 75	35/28, 77
4	5	5	Miriquidic acid	41/42, 76	48/28, 76	45/29, 78
4	6	5	4-O-Demethylbarbatic acid	39/41, 77	60/32, 79	39/29, 78
4	6	5	Roccellic acid	42/41, 75	60/29, 77	48/28, 80
4	6	5	Colensoinic acid	40/41, 73	73/34, 79	42/28, 80
4	6	5-6	Sekikaic acid	45/42, 78	57/27, 77	51/28, 79
4	6	5-6	DiffRACTaic acid	44/42, 76	64/32, 80	51/28, 78
4	6	5-6	Barbatic acid	44/42, 77	69/27, 75	52/29, 78
4	6-7	5-6	Divaricatic acid	39/39, 73	75/32, 80	51/29, 78
4	6-7	5-6	<u>Didymic acid</u>	44/42, 75	77/32, 80	52/28, 78
4-5	3-4	5	Schizopeltic acid	42/37, 75	27/30, 74	51/32, 79
4-5	5	3	Rhodophycin	44/42, 77	32/27, 76	23/29, 76
4-5	5	5	Microphyllinic acid	43/40, 76	35/28, 76	42/28, 79
4-5	6	5-6	Homosekikaic acid	47/42, 72	69/33, 79	56/29, 77
4-5	6-7	5-6	Imbricatic acid	43/42, 76	75/29, 77	48/27, 80
4-5	6-7	5-6	Stenosporic acid	45/42, 77	73/27, 77	54/29, 78
4-5	7-8	5-6	Perlatolic acid	44/43, 73	74/29, 73	52/28, 76
1-5	1-3	1-4	Entothein	47/43, 75	16/29, 76	25/29, 76
5	2-3	3	Yellow-green pigment SV-11 ^a	48/43, 75	30/32, 76	21/30, 76
5	4	4-5	Unknown PQ-1 ^a	50/43, 76	33/32, 77	32/29, 77
5	5	3	Unknown in <i>Sticta</i> spp.	47/42, 72	43/33, 79	24/30, 79
5	5	3	Norlobaridone	50/40, 76	36/28, 76	21/29, 79
5	5	5	2'-O-Methylanziaic acid	46/42, 73	40/28, 73	34/29, 76
5	5	5	Planaic acid	52/43, 73	38/28, 77	50/29, 79
5	5	5	Confluent acid	54/43, 74	32/28, 76	48/29, 79
5	5	5	Zeorin	55/41, 76	42/30, 77	43/28, 80
5	5-6	5	Cryptochlorophaeic acid	46/42, 77	46/34, 79	37/28, 80
5	5-6	5-6	2'-O-Methylperlatolic acid	55/43, 74	50/28, 73	52/28, 76
5	6	5	Licheterinic acid	44/41, 75	63/29, 77	43/28, 80
5	6	5	Thiophanic acid	55/41, 73	56/30, 80	52/29, 79
5	6	5	Merochlorophaeic acid	55/40, 75	56/28, 76	61/29, 80
5	6	5	Ergosterol	56/40, 76	66/32, 79	49/29, 77
5	6	5	Emodin	57/40, 77	61/32, 80	39/28, 77

(Continued on p. 119)

TABLE I (continued)

R_F class			Compound	Example, $R_F \times 100$ values (R_F of X/ R_F of N, R_F of A ^a)		
A	B	C		A	B	C
5	6	5-6	2-O-Methylperlatolic acid	48/44, 75	60/28, 76	52/29, 79
5	6	5-6	Ursolic acid	59/42, 77	50/27, 77	52/29, 78
5	7	5-6	Sphaerophorin	48/42, 76	76/30, 77	54/29, 76
5-6	5	5	Unknown triterpene ¹	58/43, 75	34/29, 76	42/29, 76
5-6	5	5	Loxodin ¹	58/40, 76	40/28, 76	35/28, 79
5-6	5	5-6	Pseudoplacodiolic acid	60/41, 75	52/34, 80	56/29, 78
5-6	6	5	Evans's substance H	54/40, 75	61/29, 76	48/28, 81
6	3	5	Acetylportentol	65/42, 76	29/34, 79	45/29, 80
6	5	5	Methyl gyrophorate	60/40, 75	44/28, 76	43/29, 80
6	5	5	Triterpene in <i>Physcia</i> spp.	64/42, 72	43/33, 80	44/30, 79
6	5	6	Gangaleoidin	64/40, 74	43/29, 77	54/28, 79
6	5	6	Rhizocarpic acid	73/43, 76	41/29, 76	66/29, 78
6	6	5	Ethyl orsellinate	62/41, 71	66/32, 79	44/29, 77
6	6	6	4-O-Methylcryptochlorophaeic acid ²	60/40, 75	61/28, 76	66/29, 80
6	6	5	Unknown triterpene (?) ³	67/42, 72	53/33, 79	46/30, 78
6	6	6	Placodiolic acid	67/42, 76	63/26, 77	67/27, 80
6	6	6	Thiophaninic acid	65/40, 73	68/30, 80	65/29, 77
Q	6	6	Scrobiculin	69/42, 78	55/27, 77	52/28, 79
Q	6	6	Methyl 3,5-dichlorolecanorate	67/40, 75	62/28, 76	66/29, 80
6	6	6	Usnic acid	70/42, 76	70/26, 77	71/27, 79
6	6-7	6	Diploicin	64/41, 76	79/32, 80	66/28, 78
6-7	5	6	Nephroarctin	69/42, 73	53/28, 79	66/27, 78
6-7	5-6	6	Epanorin	74/40, 76	52/32, 79	66/29, 77
6-7	7	6	Vicanicin	73/42, 75	75/30, 77	70/28, 80
6-7	7-8	6-7	Fragilin	73/41, 76	82/32, 79	72/29, 77
7	6	7	Pinastric acid	72/41, 73	57/28, 76	76/27, 76
7	6	7	Pannarin	73/41, 73	68/27, 75	76/27, 76
7	6	7	Leprapinic acid	74/40, 75	59/29, 77	81/28, 79
7	6	7	Lichexanthone	74/40, 74	72/29, 77	78/28, 78
o	7	6	Tenuiorin	77/42, 77	58/27, 77	76/28, 79
7	6	7-8	Parietin	74/41, 73	72/28, 76	77/27, 76
7	6	7-8	Unknown with pannarin ⁴	72/38, 73	69/33, 78	75/28, 77
✓	7	6	Vulpinic acid	76/42, 77	66/27, 77	82/29, 78
7	7	7	Atranorin	—	—	—
7	7	7	Chloroatranorin	76/42, 77	79/34, 79	80/27, 80
7	7-8	8	Calycin	79/42, 77	81/34, 79	88/27, 80
7	8	8	Pink pigment in <i>Asahinea</i> spp.	76/41, 76	84/33, 79	86/30, 78
7	8	8	Pink pigment ⁵	73/42, 72	86/34, 80	87/29, 78
7-8	6	6-7	Unknown CS-1 ⁶	77/41, 75	51/29, 77	76/28, 80
8	8	8	Pulvinic dilactone	77/41, 74	82/28, 75	89/27, 76

^a The two numbers following the oblique (/) are measurements in millimeters to the norstictic acid line (R_F of N) and the atranorin line (R_F of A) (ref. 2).

¹ In *Melanotheca cruenta* (Mont.) Müll. Arg.

² In *Parmelia quintaria* Hale.

³ In *Parmelia chalybaeizans* (B. Stein. & Zahlbr.) Gyeln.

⁴ In *Alectoria virens* Tayl.

⁵ In *Parmelia weberi* Hale.

⁶ In *Pertusaria panyrga* (Ach.) Mass.

⁷ In *Lepraria* spp.

⁸ A common accessory pigment in lichens.

⁹ In *Dirinaria aegialita* (Ach.) B. Moore.

¹⁰ In *Pyxine caesiopruinosa* (Nyl.) Imsh.


¹¹ In *Lecanora* spp.

¹² In *Solenopsis candicans* (Dicks.) J. Stein.

¹³ In *Cladonia subcariosa* Nyl.

TABLE II

TLC DATA FOR 37 HYDROLYSIS PRODUCTS OF NATURALLY OCCURRING DEPSIDES AND THEIR O-METHYLATED DERIVATIVES

R_F class			 substitution						Example, $R_F \times 100$ values (R_F of X/ R_F of N, R_F of A*)		
A	B	C	1	2	3	4	5	6	A	B	C
1-2	2	2	COOH	HO	COOH	CH ₃ O	H	CH ₃	3/43, 75	11/29, 75	7/29, 78
2-3	4-5	3	COOH	HO	HO	CH ₃ O	H	C ₂ H ₅	26/38, 73	32/30, 75	22/29, 78
2-3	6	5	COOH	HO	Cl	HO	Cl	CH ₃	20/42, 73	60/27, 76	31/29, 78
3	3	2	COOH	CH ₃ O	H	HO	H	CH ₃ COC ₂ H ₁₁	24/44, 76	21/28, 76	7/29, 79
3	3	2-3	COOH	CH ₃ O	H	HO	H	CH ₃	27/40, 75	22/29, 77	13/27, 79
3	4	3	COOH	CH ₃ O	H	HO	H	C ₂ H ₅	33/40, 74	29/29, 77	20/28, 78
3	5	3	COOH	HO	HO	HO	H	C ₂ H ₁₁	32/40, 76	49/34, 77	23/29, 77
3-4	5	3-4	COOH	CH ₃ O	H	HO	H	C ₂ H ₁₁	40/42, 73	31/28, 77	27/29, 79
3-4	5	3-4	COOH	HO	H	HO	H	CH ₃	40/43, 74	49/30, 77	28/29, 77
4	4-5	5	COOH	CH ₃ O	H	CH ₃ O	H	CH ₃	41/40, 75	32/29, 77	44/29, 78
4	5	3	H	HO	H	HO	H	CH ₃	42/41, 76	37/28, 76	17/28, 78
4	5	5	COOH	CH ₃ O	CH ₃	CH ₃ O	H	CH ₃	45/41, 75	48/30, 78	50/29, 78
4	6	4	COOH	HO	H	HO	H	C ₂ H ₅	41/40, 76	58/33, 77	32/29, 78
4-5	6-7	5-6	COOH	HO	H	CH ₃ O	H	CH ₃ CH ₂ COC ₂ H ₅	45/42, 74	74/27, 76	53/29, 78
5	4-5	4	COOCH ₃	CH ₃ O	H	HO	H	CH ₃	48/40, 75	31/29, 77	28/29, 78
5	5	5	COOH	CH ₃ O	H	CH ₃ O	H	C ₂ H ₅	47/40, 74	41/29, 77	50/29, 78
5	5	5	COOCH ₃	HO	HO	HO	H	C ₂ H ₅	51/42, 75	48/29, 76	35/29, 78
5	5	5	COOCH ₃	HO	CH ₃ O	HO	H	C ₂ H ₅	56/42, 75	37/29, 76	45/29, 77
5	5	5	COOCH ₃	CH ₃ O	H	HO	H	C ₂ H ₅	55/40, 74	40/30, 75	35/29, 78
5	5	5-6	COOH	CH ₃ O	H	CH ₃ O	H	C ₂ H ₁₁	51/40, 75	46/29, 77	53/29, 79
5	6	4-5	COOH	HO	H	HO	H	C ₂ H ₁₁	45/42, 74	58/27, 76	35/29, 78
5	6	5	COOH	HO	CH ₃	HO	H	CH ₃	45/42, 73	60/30, 74	42/29, 78
5	6	5	COOH	HO	H	HO	H	C ₂ H ₁₅	44/39, 75	68/33, 77	38/29, 78
5	6	6	COOH	HO	H	CH ₃ O	H	CH ₃	48/43, 74	70/33, 77	56/29, 78
5	7	6	COOH	HO	CH ₃	CH ₃ O	H	CH ₃	52/42, 73	75/29, 75	60/29, 78
5	7	6	COOH	HO	H	CH ₃ O	H	C ₂ H ₅	50/39, 75	75/30, 75	60/29, 78
5-6	5	5	COOCH ₃	CH ₃ O	H	HO	H	C ₂ H ₁₁	56/40, 75	43/29, 77	36/27, 78
5-6	5-6	5	COOH	HO	H	HO	H	CH ₃ COC ₂ H ₁₁	59/41, 77	54/28, 76	39/30, 77
5-6	7-8	6	COOH	HO	H	CH ₃ O	H	C ₂ H ₁₁	56/42, 74	78/27, 76	60/29, 79
6	5	5	COOCH ₃	CH ₃ O	HO	CH ₃ O	H	C ₂ H ₅	62/43, 75	38/29, 76	46/29, 78
6	6	5	COOCH ₃	HO	H	HO	H	CH ₃	58/39, 73	60/29, 76	45/32, 83
6	6	5	COOCH ₃	HO	H	HO	H	C ₂ H ₅	61/41, 75	65/27, 75	45/29, 78
6	6	5	COOCH ₃	HO	CH ₃	HO	H	CH ₃	64/41, 75	70/30, 78	52/27, 79
6	6	5-6	H	CH ₃ O	H	HO	H	C ₂ H ₁₁	65/42, 74	70/27, 76	53/29, 79
6	6	6	COOCH ₃	HO	H	HO	H	C ₂ H ₁₁	64/42, 73	69/27, 76	48/29, 79
6	6-7	5	COOCH ₃	HO	H	HO	H	C ₂ H ₁₅	67/42, 75	76/27, 78	48/28, 81
7-8	6-7	7-8	COOH	HO	H	CH ₃ O	H	CH ₃ COC ₂ H ₁₁	77/40, 76	71/34, 72	78/29, 7

* See footnote to Table I.

J. Chromatogr., 72 (1972) 113-125

附錄、地衣物質 R_f 值對照表

TABLE III

TLC DATA FOR 24 O-METHYLATED DERIVATIVES OF LICHEN PRODUCTS

<i>R_F</i> class			<i>Compound</i>	<i>Example, R_F × 100 values</i> (<i>R_F</i> of X/ <i>R_F</i> of N, <i>R_F</i> of A*)		
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
5	5	5	Methyl hypoprotocetrarate	57/42.75	48/33.78	41/30.79
5-6	5-6	5	Methyl lecanorate	61/43.75	49/30.75	42/29.77
6	4	6	Methyl schizopeltate	68/40.73	33/32.79	56/28.77
6	4-5	6	Methyl 2,2'-di-O-methyleverate	71/42.76	33/31.80	56/28.79
6	5	5	Methyl physodate	60/39.72	38/27.77	38/27.77
6	5	5	Methyl lividate	62/39.72	33/27.77	48/27.77
6	5	5	Dimethyl caperitate	71/43.75	40/30.75	49/29.77
6	6	5-6	Methyl 4-O-demethylbarbatate	68/44.76	65/29.77	53/28.77
6	6	6	Methyl norobtusate	65/44.75	57/29.77	52/29.78
7	5	6	Methyl 2',4-di-O-methylhypoprotocetrarate	73/42.75	47/27.77	64/30.79
7	5	6	Methyl 4-O-methylphysodate	72/39.72	47/26.76	64/27.77
7	5	6	Methyl 2,2',4-tri-O-methyldivaricate	76/42.76	43/31.80	64/29.79
7	6	6-7	Methyl diffractate	76/41.75	70/30.78	77/27.79
7	6	7	Methyl sekikate	76/43.75	65/29.76	76/30.78
7	6	7	Methyl everate	73/40.73	72/32.79	76/28.77
7	6	7	Methyl 2-O-methylperlatolate	75/39.73	74/32.79	76/28.78
7	7	8	Methyl divaricate	77/43.76	77/30.76	80/30.78
7	8	8	Methyl imbricate	77/42.76	80/26.76	84/27.80
7-8	5	6	Methyl planate	78/42.76	50/29.77	68/28.78
7-8	6	7	Methyl 2'-O-methylperlatolate	76/40.73	74/32.79	75/28.77
7-8	7-8	8	Methyl barbatate	78/44.76	80/29.77	84/29.77
7-8	8	8	Methyl stenoporate	77/43.75	80/30.76	83/30.78
7-8	8	8	Methyl sphaerophorate	78/42.76	81/27.77	85/27.80
8	8	8	Methyl perlatolate	79/43.76	82/30.76	85/30.78

* See footnote to Table I.

J. Chromatogr., 72 (1972) 113-125

TABLE IV

TLC DATA FOR MISCELLANEOUS DERIVATIVES OBTAINED BY CATALYTIC REDUCTION, DECARBOXYLATION OR HYDROLYSIS OF SOME REPRESENTATIVE NON-DEPSIDE LICHEN PRODUCTS

<i>R_F</i> class			<i>Compound</i>	<i>Example, R_F × 100 values</i> (<i>R_F</i> of X/ <i>R_F</i> of N, <i>R_F</i> of A*)			<i>Parent compound type</i>
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	
1	3	1	Hydrolyzed caperatic acid (= norcaperatic acid)	0/42.72	26/33.79	1/30.79	Fatty acid ester
2	5	2-3	Hydrolyzed hypoprotocetraric acid	15/40.76	33/30.77	14/31.82	Depsidone
3	3	3	Hydrolyzed lividic acid	27/40.76	27/30.78	22/30.81	Depsidone
3	3	4	Hydrolyzed schizopeltic acid (= di-O-methylpannaric acid)	22/43.75	18/29.75	32/29.77	Dibenzofuran ester
3	4	3	Reduced psoromic acid (= hypopsoromic acid)	25/42.74	32/34.82	17/28.79	Depsidone aldehyde
3	4-5	3	Decarboxylated porphyritic acid (= porphyritic)	37/42.72	35/34.80	21/30.79	Dibenzofuran carboxylic acid
3	5	2	Hydrolyzed physodic acid	23/41.76	37/34.77	10/30.76	Depsidone
3	5	3	Hydrolyzed lobaric acid	28/40.76	35/29.78	27/30.81	Depsidone
3	5	5	Hydrolyzed grayanic acid	30/40.76	43/29.78	33/30.81	Depsidone
3-4	5	5	Hydrolyzed colensoinic acid	38/40.76	57/30.78	36/30.81	Depsidone

* See footnote to Table I.

附錄、地衣物質 R_F 值對照表

TABLE V

SPOT COLORS FOR PROMINENT COMPOUND TYPES ON PLATES SPRAYED WITH 10% H_2SO_4 AND HEATED TO 110° FOR 15-30 min

Color	R_{254}	Compound type	Examples from Table I
Colorless, faint brown or gray	—	Fatty acids	Caperatic acid Lichesterinic acid <u>Protolichesterinic acid</u> Rangiformic acid Roccellic acid Acetylportentol <u>Ursolic acid</u> <u>Zeorin</u>
✓ Brown, pink or yellow-brown	—	Alicyclics	Anziaic acid Confluentiac acid Divaricatic acid Erythrin Evernic acid Glomelliferic acid Gyrophoric acid Lobaric acid 4-O-Methylphysodic acid Loxodin Norlobaridone Physodic acid Alectoronic acid Arthoniaic acid α -Collatolic acid Microphyllinic acid
Deep yellow (\pm gray rim)	+	Orcinol <i>para</i> -depsides and tri-depsides with reduced side-chains or a 2-keto side-chain on one ring	Colensoinic acid Grayanic acid Cryptochlorophaeic acid <u>Homosekikaic acid</u> Merochlorophaeic acid Paludosic acid Scrobiculin Sekikaic acid <u>Atranorin</u> Baeomycesic acid Chloroatranorin 4-O-Demethylbarbatic acid DiffRACTAic acid Squamatic acid Fumarprotocetraric acid Physodalic acid Protocetraric acid Constictic acid Norstictic acid Salazinic acid Stictic acid Pannaric acid Porphyrilic acid Schizopeltic acid
Pale green or pale yellow-green	+	Orcinol depsidones with 1-keto or 2-keto A-ring side-chain and reduced B-ring side-chain ^a	
Pale pink	+	Orcinol <i>para</i> -depsides and depsidones with 2-keto side-chains on both rings	
Reddish	+	Orcinol depsidones with reduced side-chains	
Brown, brown-purple or purple	+	Orcinol <i>meta</i> -depsides ^b	
✓ Yellow or lemon yellow (\pm gray rim)	+	β -Orcinol <i>para</i> -depsides	
Uniform dark gray or black	+	β -Orcinol depsidones related to protocetraric acid ^c	
Bright yellow, orange or red	+	β -Orcinol depsidones related to norstictic acid ^d	
Blue or blue-gray	+	Dibenzofurans related to pannaric acid	

^a The depsone picrolichenic acid gives a similar color.

^b Similar colors are produced by the benzyl ester alectorialic acid, the β -orcinol *meta*-depside thamnolic acid and the β -orcinol depsidone psoromic acid.

^c Similar colors are produced by the chlorinated depsidone pannarin and the β -orcinol depsidone virensic acid.

^d Several compounds of unknown structure, e.g. connorstictic, consalazinic, echinocarpic and galbinic acids, give similar colors and are probably related chemically to norstictic acid.

J. Chromatogr., 72 (1972) 113-125

附錄、地衣物質 Rf 值對照表

(TLC Data for Lichen Substances from Taiwan Cladoniform Lichens Chromatographed in Two Solvent Systems)

Rf classes		Compounds	Example Rfx100 Values (Rf of x / Rf of N*, Rf of A*)		Spot coloration with H ₂ SO ₄ and heat; colour reaction and UV analysis
A	B		A	B	
7	7	Atranorin			Yellow; PD+
4	6	Barbatic acid	42/43, 67	55/26, 59	Yellow
4	6-7	Didymic acid	44/43, 67	55/27, 55	Pinkish gray; C+ blue-green
1	3	Fumarprotocetraric acid	1-2/40, 68	24/28, 54	Dark gray; PD+
4	6	Homosekikaic acid	42-43/40, 67	50/26, 57	Yellow-brown
3	5	Protolichesterinic acid	35/40, 75	47/29, 76	
3	5	Psoromic acid	35/43, 69	37/26, 56	Dull yellow or brown; PD+
2	3	<u>Squamatic acid</u>	9-10/40, 67	24/27, 59	Yellow; UV+++
1	3	Thamnolic acid	2/42, 70	19/26, 53	Brownish; PD+
6	6	Usnic acid	62/40, 66	48/26, 54	Greenish; UV quench
5-6	5-6	Zeorin	52/40, 67	37/25, 57	Pink or pale brown; UV-

* Rf of N : Rf value of Norstictic acid

Rf of A : Rf value of Atranorin

(N. and A. are marker controls)

(List of Chemical Substances Found in the Cladoniform

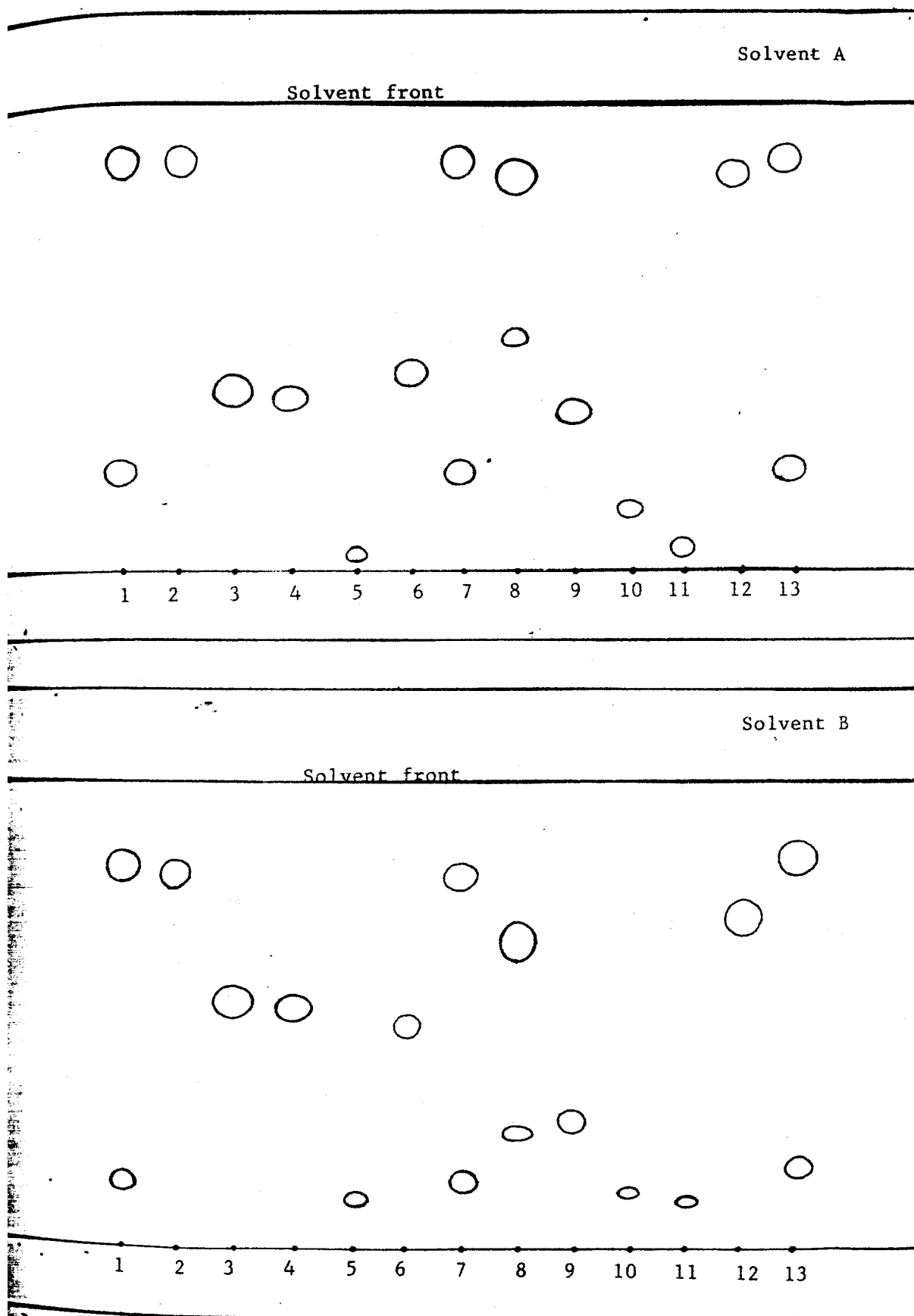
Lichens of Taiwan)

Species	Compounds	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Cladonia aggregata</i>			+										
<i>Cladonia ciliata</i> var. <i>tenuis</i>					+							+	
<i>Cladonia mitis</i>												+	
<i>Cladonia rangiferina</i> ssp. <i>grisea</i>		+			+								
<i>Cladonia Chasmariae</i>													
<i>Cladonia crispata</i> var. <i>cetrariiformis</i>										+			
<i>Cladonia furcata</i>					+								
<i>Cladonia scabriuscula</i>					+								
<i>Cladonia squamosa</i>										+			
<i>Cladonia Ochrophaeae</i>													
<i>Cladonia calycantha</i>					+								
<i>Cladonia chlorophaea</i>					+								
<i>Cladonia coniocraea</i>					+								
<i>Cladonia conistea</i>		+			+								
<i>Cladonia cornuta</i> var. <i>goenlandica</i>					+								
<i>Cladonia gymnopoda</i>					+								
<i>Cladonia ochrochlora</i>					+								
<i>Cladonia perfoassa</i>					+								
<i>Cladonia pityrea</i>		*			+	+							
<i>Cladonia pseudogymnopoda</i>					+								
<i>Cladonia pyxidata</i>					+								
<i>Cladonia squamosissima</i>					+								
<i>Cladonia subconistea</i>		+							+				
<i>Cladonia submultiformis</i>		*			+	+							
<i>Cladonia subpityrea</i>								+	+				
<i>Cladonia Cocciferae</i>													
<i>Cladonia bacillaris</i>			+	*									
<i>Cladonia bellidiflora</i>										+		*	
<i>Cladonia esor</i>							+					+	+
<i>Cladonia floerkeana</i>			+	+									
<i>Cladonia macilenta</i>			+	+							+		
<i>Cladonia pseudodidyma</i>				+						+			
<i>Cladonia vulcani</i>											+	+	
<i>Cladonia vulcanica</i>											+		
<i>Cladonia yunnana</i>										+			
Compounds		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

1=Atranorin, 2=Barbatic acid, 3=Didymic acid,
4=Fumarprotocetraric acid, 5=Homosekikaic acid, 6=Isousnic acid,
7=Protolichesterinic acid, 8=Psoromic acid, 9=Squamatic acid,
10=Thamnolic acid, 11=Usnic acid, 12=Zeorin

* 附屬成份：含量少或僅部份標本含有之。

附錄、臺灣產石蕊地衣類所含之地衣酸（林，1980）



附錄、臺灣產石蕊地衣類所含地衣酸之層析圖（林，1980）

- 1.Marker controls--Atranorin &
Norstictic acid
- 2.Atranorin
- 3.Barbatic acid
- 4.Didymic acid
- 5.Fumarprotocetraric acid
- 6.Homosekikaic acid
- 7.Marker controls
- 8.Isousnic acid & Zeorin
- 9.Psoromic acid
- 10.Squamatic acid
- 11.Thamnolic acid
- 12.Usnic acid
- 13.Marker controls

附錄、臺灣產石蕊地衣類所含地衣物質

評語

一個非常完整的調查，研究者非常認真，但一些實驗設計(如地區的選擇、污染之定義及量化等)可再加強。