

印尼林火與

霾害震撼

台灣大學森林系名譽教授／郭寶珊

去年印尼發生空前的森林大火，已燃燒達數月之久，雖然由於雨季來臨，有逐漸緩和之現象，但由此所造成之霾害，影響深遠，舉世關注。有關林火之發生與霾害之影響，台灣各媒體報導不多，筆者特搜集報紙（泰國世界日報，台灣各大報）、電視（TVBS）及有關印尼當地電腦網路等調出資訊，加以整理作有系統的報導，介紹予台灣林業之讀者參考。

一、霾害之釋義

「霾害」是一個新名詞，可能由南洋之華文報章首先引用，然後傳播到各地華人媒體，初見霾害一詞，有些

不解。查閱字典，「霾」音ㄇㄞˊ，與英文 Smog 煙霧一詞意思相近，也稱 Haze 一般形容霧裡朦朧之天氣，霾之中文意義，指由大風捲起之地上塵土，再慢慢隨風漂落，俗稱「落黃沙」，即黃土飛揚使天空呈現淡黃色之景像與陰霾之天氣。至於由林火所造成之霾害，則指樹木、灌叢、草類及腐植土層被火燃燒所放出之煙霧，其中含有有機體（植物性）與無機體（礦物性）燃燒不完全渣滓微小粒子，有時帶有臭味及有毒之物質（如一氧化碳、二氧化碳之類）隨風飄遊至空中瀰漫，而造成陰暗猶似黃昏之景象，令人有不快之感甚至影響身心健康，即現今所稱之霾害（Haze

disaster）與意。林火或森林火災（Forest fire）原本是森林保護問題，而由火燒所放出之煙霧到達空氣之中，形成空氣污染（Air pollution），影響環境品質與人體之健康及相關的公害，而成為一項嚴重的環境保護問題。印尼森林火災自去年夏秋以來，已延燒達數月之久，擴及廣大之面積與寬闊之遠近天空，影響之深遠，已由地區性問題發展到世界層面，為大家所關注，這也是近年森林資源與生態保育上一個大事件，值得林業界人士予以瞭解與關注。

二、印尼之地理與森林

印尼（Indonesia）為印度

尼西亞之簡稱，位於東南亞赤道之南北兩側，分布於南北緯0-10度之間，可稱為純正的熱帶國家，由大小13,677個島嶼所組成，其中面積較大者有卡里曼丹（Kalimantan）、蘇門答臘（Sumatra）、爪哇（Java）及西里伯斯（Celebes）等四個大島，土地總面積為1,904,345km²，約為台灣之50倍大，人口約1億5千萬人，其中一半居住在爪哇，其次為蘇門答臘，而以卡里曼丹人口密度為最低，且保有相當程度之自然性。

卡里曼丹位於世界第三大島之波羅洲（Borneo），全島總面積為763,000km²，分布於南北緯度3-5度之間，本島共有三個國家之領土：印尼國土部份則分布於波羅洲之中部至南端，面積約佔全島之70%為最廣，其餘30%弱之土地為馬來西亞（Malaysia）之兩個大州即沙撈越（Sarawak）及沙巴（Sabah），位於島之北至東北端，佔全島面積之26%多，有另一小國汶萊（Brunei）位於島之東北端，面積僅為5,788km²佔有3%

之比率。沙撈越與沙巴稱為西馬與東馬（吉隆坡）相對應（圖）。卡里曼丹佔印尼土地總面積之28%，本島中部多山，行政區劃分為西、中央、東與南四個省。

印尼是世界上有名且為亞洲之熱帶雨林（Tropical rain forest）大國，也是東南亞天然資源最豐富之國家，國土森林率高達64%，僅次於芬蘭之69%，日本與巴西之67%與66%，是世界森林資源充沛之國度。印尼森林之分布除上述三大島外，尚有新幾內亞，而森林率又以卡里曼丹之77%為最大，其林木蓄積甚至高達印尼全國森林之半，而一半之另一半又屬於有利用價值之商用林（Commercial forest），一直是供應國內與國外木材之主產地。

在全球熱帶雨林面積急速的銳減下，卡里曼丹是一處難得的少數且大片存留下來的世界寶藏，可與巴西之亞馬遜熱帶雨林相比，其森林之95%屬於天然林，除含有高價值之龍腦香科樹木外，尚有多種之野生動物，受到保護。蘇門答臘島之森林亦相當廣闊，其佔印尼全國森林面積之24%，而該國年產木材量64%出自本島。新幾內亞有豐富之森林資源，生產潛力亦甚大正在積極的開發中。人工林則以爪哇島為多，該島亦有造林木



圖 東南亞各國及附近地區



如柚木、相思樹類之輸出。印尼之木材輸出國家主要為鄰邦之馬來西亞及新加坡及較遠之台灣、日本與南韓等地。新加坡位於馬來半島即東馬來西亞之最南端，印尼蘇門答臘之東北方與卡里曼丹之西側，為亞洲高度發展中國家之一，也是全球重要之港口與貿易中心，航空及海運相當頻繁，因地理位置與印尼發生森林火災之兩大島遙遙相對，漂來之煙霧最多，造成之霾害也較其他鄰邦為嚴重，環境品質與經濟損失之影響，更是難以估計。

三、印尼之森林火災實況

多年來，熱帶林之國家包括東南亞各國（圖），發生森林火災，原是司空見慣之事，不過此次印尼之林火事件因延燒時期較久，涵蓋之面積較廣，及放散出來之

煙霧所造成之霾害，影響較深遠，嚴重污染空氣已成為當地及鄰近東協友邦之空前災難，而發展為國際性之問題。熱帶林區有兩種農耕方式，與火災發生有密切關係，一般通稱為遊墾（Shifting cultivation）（照片），即在空間擇林地而作輪迴之耕作，以求地力之恢復，另一稱刀耕火種（Slash and burn agriculture）是指農耕時之整地（Site preparation）方式，即選擇乾季將地上樹木與灌叢砍伐（不一定去利用木材）而引火將之焚燒，使成為肥料，為一種簡便省工之作業方式，農民如此，包括大型土地開發公司所從事之產業造林轉種油棕、橡膠樹及其他果樹甚至栽植商樹種時，莫不採取此一經濟易行之整地法。因這種傳統式較古老之農業方式，積習已深，遍行各地，政府也無法甚至無力加以取締，實

際上亦默認其存在之事實不加理察。就以去年夏秋之印尼森林大火而言，傳播媒體報導所示火頭分散較廣，為撲滅不易，加上新的引火整地火頭一再出現、不慎蔓延擴大、不知何日才能將火勢救熄。

據統計，在過去30年間，東南亞地區已失去超過三分之一之熱帶雨林面積，其原因固然與超伐濫伐有關、而當地居民與開發公司需要土地轉作與培植高價作物之燒林濫墾亦是要因，再者連年之森林火災發生也燒焦了大片的美林，損失森林資源莫此為甚。就以卡里曼丹為例，1982年至1983年森林大火燒毀390萬公頃之熱帶雨林，1991年又焚燒了300多萬公頃之森林，按印尼全國之森林年伐量不過100萬公頃，因火燒森林而損失資源情況之嚴重性值得重視。

今1997年，印尼發生之



林火地區，分別為蘇門答臘及卡里曼丹之西部與中部共涵蓋9個省分，由衛星探測三處之火燒場所數由早期之16處，擴增為40多處，因地形關係衛星無法測到之火場必然更多，例如印尼官方指出，今年以來，各地相繼發生之森林火災達1,000多起。此次由林火所引起之蘆葦害，受到媒體之報導始於今年8-9月間，9月25日「世界自然基金會」宣佈印尼林火為國際災害。實則今年5-6月間開始各地即有零星火災發生，可能分布零散，煙霧不大，未被媒體採訪與傳播。

今年印尼森林火災，延燒了那麼久，究竟燒毀了多少森林或林地面積，常識的推測應到達數百萬公頃。實則焚燒面積並不如想像之大，可能火場分布涵蓋了寬闊的大林區，至各方報導數值頗不一致，印尼官方特別

是環保團體稱有60-80萬公頃，可能指涵蓋之森林面積，政府為了爭取國際的支援，而環保人士則在喚起世人對火災全面影響環境問題之重視，故有些誇大報導。聯合國報導火燒面積約15到17萬公頃較為可靠，最近一次在台北舉行長期生態研究研討會上印尼代表報告接近10萬公頃，更為保守。這裡突顯了一個事實，即擴散各地之蘆葦害並非與森林焚燒而

植間存有正相關，原因在於林火之形態特殊容在下一節中敘述。

四、林火發生之原因

熱帶雨林主分布於高溫多雨年中且無明顯乾雨季區分之地區，其林相受惠於高溫與多雨之優異條件，植物動物種類繁多，密度亦大形成較高之生物龐雜度(Biodiversity)。以常綠性植



沙巴游耕地



物為主之闊葉樹林，原不具備高易燃性之條件，但林內也不乏老齡枯木與深厚之枯枝落葉層，均會助長火勢之延燒，森林火災發生之三大要素為火種、燃料及氣候（特別指低溫度、強風之氧氣供應），燃料指植物之含水量愈低易燃性愈高，在乾季實施之引火整地，正有利創造火燒易燃之林木條件。

據報告，印尼今年進入本世紀以來由於暖流之轉變造成空前之嚴重乾旱氣候，降雨既少，頻度又低、好像東南亞國家都面臨嚴重之乾旱缺水現象，有的報告強調是「聖嬰現象」所使然。這在熱帶雨林分布之印尼，更視為不尋常之早年，植物之含水量

低，一、二年生草本甚至還會乾枯，提升易燃性，原住民傳統的刀耕火種方式，隨時都在進行，在季風強大或防火不夠週詳之際，引火蔓延，擴燒至鄰接森林之事，自然容易發生。印尼政府指出今年廣泛森林火災之元兇，是農場及林業公司開墾整地之產業造林與「聖嬰現象」帶來的旱災所致。而領導印尼林業協會的人員指出伐木不是元兇，而是多項綜合的因素造成，包括乾旱、

盜伐，橡膠業者放火開墾整地等。印尼政府原訂定有禁止焚林整地法令，並對違犯者科以罰金，惟實施起來不易落實。最近東加里曼丹省救難委員會已逮捕20名涉嫌縱火農民，依法處刑。印尼林業部長承認，在過去30年內，對國內的森林並沒有得到妥善的管理，政府也未會有有效的執行有關條例，這不僅是林業公司的錯，也是政府的過失，印尼政府近已決定嚴格管制那些不慎放火燒

林的伐木公司，違者吊銷執照。

森林火災從森林燃燒的部位不同，區分為樹冠火（Crown fire）、地表火（Surface



西馬華僑農林公司之伐木業材



fire) 及地中火 (Ground fire) 三種。在溫帶林及林相單純之針葉樹樹林，發生火災燃燒較為強烈，風勢助燃時，火頭移動甚速，有時形同飛火狀，火星會隨強風漂移到 1-2km 之遙，此主為樹冠火，若草地燃燒，這一現象更為明顯，散發出之煙霧中所含燃燒不完全之有機物顆粒較少，以致較少構成嚴重之空氣污染及霾害問題。熱帶雨林屬常綠闊葉樹林，一般植物含水量較多、易燃性亦低，惟在強大之火勢下，「火不大識柴」之關係也會燃燒，一般以地表火為多，但會散放出較濃厚之煙霧，且含大量之未燃碎屑飄浮在空氣中，就增高空氣之污染度。因熱帶林也分布在深厚的泥炭沼 (Peat swamp) 上 (照片)，乾燥之泥炭形同泥煤，點火力高，在空氣較稀薄之情形下，呈悶燒狀態，更增高煙霧及空氣污染

之濃度，此稱為地中火，泥炭層可燃性生物量每 m^3 可達數噸之多，其煙霧乃為造成當地及鄰邦霾害之主要來源。

五、霾害污染之影響

霾害如上述是空氣污染之一種公害，污染物來自林火燃燒中隨氣流向空中飄遊的一些有機與無機的火燒殘屑粒子。霾害之定位以空氣中此類污染物含量之多少為基準，此一基準稱為污染物標準指數 (Pollutant Standard Index，簡稱 PSI)，用 PPM (百萬分之一) 表示， $1m^3$ 空氣容積中污染物量即 PSI 在 100 以下，認為是可以接受之標準，若超過 100 (有謂 120) 時，即視為不健康 (Unhealthy) 之空氣水準 (Level) 或品質，火災散出之煙霧除大部停留在火場當地之上空外，也隨風吹向鄰近

之東馬兩州及吉隆坡、新加坡以至泰國南方一帶。

在 9 月中旬，沙撈越之 PSI 曾高到 601，在其古晉市觀測，PSI 一度高到 839，而西馬之吉隆坡都會也高到 181，因能見度降低當時迫使許多國內班機停飛，到 9 月下旬時，吉隆坡的 PSI 則在 93-117 較安全之範圍，當時西馬之其他地區 PSI 約在 30-80 之間。不過吉隆坡的空氣污染霾害是印尼林火與當地車輛、工業排放棄氣之綜合結果，該都會人口眾多，推測 PSI 高到 500 時，就會宣布進入緊急狀態，屆時可能有 200 萬人口，必須疏散避難。據日文資料 (宮川秀樹，印尼之森林火災與煙害，1997) 所載，嚴重之空氣污染在蘇門答臘島之占碑 (Djambi) 市比作每人每天吸入 4 包香煙之量，連續 3 個月下來，對兒童所造成之影響，有其嚴重性。



由於煙霧之分布廣闊及深遠在霾害較大之日，能見度會低至 30m，使公路車輛減速擁塞，甚多之時日空中能見度低於 1,000m，使飛機就不敢升降，9 月 26 日一架印尼飛機空難造成 234 人喪生，兩個月間東馬及西馬的國內外線飛機班次有 800 餘次被迫停飛，9 宗輪船因霧大而發生相撞之意外，使一些想出國「避霾」都無法成行。蘇門答臘有 1,400 外僑曾搭乘渡輪赴新加坡避難。

香港大學污染問題專家稱，霾污染對人體健康之影響，可能包括慢性支氣管炎、肺氣腫、頭部血管疾病、肺部和心血管疾病等，霾霧中超細粒子，能進入人體肺部由血管吸收，造成嚴重的呼吸問題，並使血液濃度增高，一般在高濃度的污染物空氣中，即使戴上工業用強力口罩，也無法過濾這些微小粒子。

兩個月來，火燒濃煙之害使蘇門答臘及卡里曼丹島上居民罹患呼吸道感染及眼疾者達 32,328 人，其中兩人喪命，11 人病危。印尼環境部曾擔心，若濃煙不散必須疏散居民以減少病患。新加坡政府建議人民減少激烈的戶外活動。此種噏人的塵煙已影響到印尼首都、馬來西亞、新加坡、菲律賓及泰國等東協國家，統計因霾害致病的人數，馬來西亞達 15,000 人，泰國為 27,530 人。

六、霾害之生態沖擊

森林火災發生使煙霧瀰漫在天空，阻隔了陽光照射，也減低了植物的光合作用，使生物量減少甚至植物死亡，由此也減少動物所需之食物供應，影響了整體的食物鏈，而使昆蟲及很多動



沙撈越之國家公園



物都會大量減低其族群密度。厚實的煙霧層隔截日照，使地表的氣溫降低，天空陰暗，造成氣候之反常，使居住環境之快適性大大減低。遭受野火蹂躪之熱帶雨林，常不易在短暫數十年內恢復原來林相，因熱帶林之生物龐雜度高，其再生之循環亦較溫帶林需時較久。據專家估計（世界保育基金會）這場人為災害，雖兩千年也無法復原。

泥沼林 (Peat swamp forest) 在沙撈越有 120 萬公頃（照片），印尼可能公布更多，泥炭土是由枯枝落葉等生物殘體分解所形成之有機質，有 2-6 公尺之深，在乾季，泥炭土極易燃燒，即造成地中火，因空氣不足，泥炭會呈現燃燒狀態，排出濃厚之煙霧及燃燒不全之有機物顆粒，遊離空中成為重度之霾害，非有強度之暴雨不易使火熄滅，有謂泥炭層可繼續燃燒達數年

之久，在印尼救火之方式係掘溝 2-3 公尺深，灌注水份以截阻延燒。包括地表樹冠及地表火之燃燒，加上地中火之悶燒，在寬闊之火場上空沉集成厚密之碳素庫 (Carbon stock)，短時間又不易被氣流所稀釋，甚至會隨強烈氣流帶往遠地，影響所及含增高溫室效應，造成地球環境之變遷影響，將很深遠。

印尼林火使蘇門答臘虎及亞洲象群之生存環境遭到焚毀，威脅它們的生存，紛紛逃離棲地到農村，至少造成 4 人被虎咬死，象群奔馳踐踏農田，損失農產又造成一名農夫喪生。世界野生動物基金會稱，在蘇門答臘，野火已導致 30 隻雌性紅毛猩猩喪生，衛星照片顯示，紅毛猩猩的棲地面積僅 20% 尚能倖免於難。全球自然保護基金會稱紅毛猩猩因吸入太多濃煙，已變得昏昏沉沉，很容易被人捕獲，最近 5 個月以來，至少有 120 隻

紅毛猩猩遭到凌虐或殺害。另一霾害之趣聞，即吉隆坡市區有 90 名警察在空氣品質極劣之街道值勤，因體力不支，集體請假，已造成人手之短缺。

印尼之燒山墾荒煙霧四散，使鄰國飽受其害，今年的霾害可謂「霧滿東協」已引起許多國家之關注，東南亞地區森林 30 年間已縮少一半，後果是沙漠擴大、水土流失、河川氾濫、農產大減、魚藏量亦減半、貧困加深、經濟不振，森林之破壞為其主因。保守的估計，馬來西亞遭受霾害損失，高達十億美元，擬向印尼索賠。泰國南部為重要之旅遊點，1998 年為「神奇的泰國年」急欲招攬觀光客，此次有普吉島等五府遭受霾害，飛機班次減少，旅客亦顯著減少。沙撈越在一個星期煙霧瀰漫狀態下，旅遊業損失高達 1,500 萬美元。



七、印尼林火之撲救歷程

此次印尼之林火，因著火點散在各地，分布遼闊，加上交通不便，不易到達，不能採取防火線開築擋火截火以消滅火勢之方法，在天乾物燥之情況下，撲滅之困難度實在很大。

火燒現場不論為地上常綠性植物之燃燒及地中泥炭土之燃燒，都有些悶燒現象，致濃煙密佈地面及空中，造成救火人員及飛機臨場接近之困難度。救火首先要水源，乃根本之消火方法，試想數月未曾降雨，河川乾涸取水必定困難。不久前卡里曼丹舉行萬人祈雨會，祈求上蒼降落及時暴雨，幫忙撲救。10月中旬，因風勢轉變印尼及馬來西亞確曾降了幾天大雨，使幾處火頭熄滅，但未竟全功，乃因泥炭土地中火燃燒是無法

靠短期間降雨淋熄的，但降雨數日確能淨化各地空中之霾害程度。

人造雨又稱種雲造雨(Cloud seeding)之可能性也曾試辦，因火災地上空霾霧厚達14,000公尺厚度，飛機找不到青天也看不到地面，增加人造雨之困難度。8月中旬印尼空軍進行造雨一個月，希望消除遮天的煙霧，派出兩架螺旋槳飛機，每天灑下800kg含鹽溶劑到雲層，發生些效果。在泰國南方曾發射中國製造之造雨火箭，以滌淨霾霧，效果如何，未見報導。馬來西亞曾實施人工造雨也來洗滌陰霾空氣。

印尼總統為森林火所生霾害影響到鄰國，正式公開道歉，

同時體認印尼森林火災，已由國家問題變為世界問題，希望大家伸出援手，協助撲救，並下令軍方動員5萬多人，分區撲滅各地火災。惟印尼環境部稱，連續5個月來，試圖解除日漸擴大的森林火災危害與霾害，但效果未著。為了救火印尼已派出



沙撈越之泥炭沼林相及林地



8,000餘人，馬來西亞也增援1,200名協助，印尼政府稱救火不是需要更多人手，而是供應滅火設備。

8月中旬東協跨國環境污染委員會建議：委託加拿大特製滅火飛機來投擲水彈，若出動兩架救火飛機，每日需斥資44萬美元，欲撲滅所有火頭，需時3-4個月花費可觀。德、日、美、南韓及歐洲聯盟與國際熱帶林業組織，均向印尼表示，願意提供必要之支援。美國於10月上旬對遭受霍害威脅之印尼及馬來西亞，派出9位聯邦部門專家前往，另派一架配備空中滅火設備的C-13飛機協助救火，美國之支援以人道協助、監測空氣品質、分析煙塵對健康的影響及天氣預測等為重點。日本捐贈300個噴水器、40萬個口罩與藥品等。澳洲援助140萬美元、並派出25名消防隊員、救火飛機兩架，可

在空中灑水滅火。台商萬隆工商聯誼會理事長發動台商救災，以救助為濃煙所困之災民。印尼大火有上萬公頃之油棕園受到波及，損失可觀，而農園缺少救火設備及經驗，竟對火災束手無策。

新加坡森林專家指出(徐光蓉1997)，要控制印尼每年發生之森林火災，最佳武器是「經濟」而不是「水」，消防人員及飛機載水救火，不會有多大功效。筆者亦認為所謂「經濟」是指要改善當地之經濟條件，否則貧困農民侵佔國有林地，利用省工省力方法「刀耕火種」以「維持生計」之農業方式仍將無法根絕，又如何談防止林火呢。

後記：在印尼經過近半年之林火焚燒，造成霍害，引起世人震撼，雖經由各種方法撲救，一直無法完全救熄，近來該地已較進入雨季，想情況已較緩和。同

時，馬來西亞及玻利維亞與巴西亦相繼發生森林火災，對環境與生態必將造成相同之沖擊。反觀台灣現已進入乾季，在林務局之努力管理之下，近年林火之發生確實顯著減少，但多數林地已劃入國家公園及森林遊樂區，登山者與遊客，不經意之炊煮、取暖、煙蒂與掃墓等，極易引起火災，山區地形急峻，交通不便救火困難太多，火燒不僅是景觀之損失必增加社會成本，又易引起水土保持之問題，希望以印尼林火為殷鑑注意防火。據稱台灣業者已在印尼林產界投資金額高達50億美元之資金，發展木材工業，佔東南亞各國投資額之冠。印尼之森林破壞，對資源之供應必將造成影響，加上印尼之金融風暴，方興未艾，亦值得台灣重視，不可忽視印尼在「南向政策」中扮演之角色。提高大眾警覺與關切則本文之目的，已經達到。

你我都是救森員



森林

具有『國土保安、水源涵養、木材生產，森林育樂、生態保育』等五大功能。

任何不當的開墾或恣意的砍伐都足以造成森林資源的流失及景觀上的破壞。

爲了維護林業經營的健全發展及森林命脈的延續，讓我們全體國民都義不容辭的加入保護森林的行列吧！