

# 臺灣地區2011—2020年 國有林之林火特性分析

盧守謙（大仁科技大學消防安全學程助理教授兼火災鑑識中心主任／通訊作者）

黃麗萍（林務局林政管理組組長）

林火發生與延燒是火源、氣象、森林植被和地形相互作用的結果，這些因素都會影響林火行為發展，其中，氣象條件又以氣溫、空氣濕度、風對森林火災影響最為顯著。森林火災起火的原因，會隨地理區位及發生時間而有不同的肇因，藉由分析林火原因及燃料類型，受哪些因素影響，這些因素又是如何形成的，進而掌握林火發生的因素，將有利於林火的預防及控制。因此，為瞭解國內林火特性及趨勢，本研究收集2011—2020年林火發生之歷史資料（294筆），歸納彙整及標準化處理，從年份、月份、時

段、林火原因、延燒面積、燃料型及動員人力等項目進行交叉分析，作為未來防救災措施擬定之參考。

臺灣地區國有林面積約162萬公頃，森林火災防救工作也一直為林業管理上重點工作項目。於近10年國有林區之每年林火平均發生29.44次，與1963—1991年平均發生25.42次（林朝欽，1992）相比，有逐漸增多趨勢，其中2020年最高（48件）（圖①），並以屏東林區管理處居首（占所有林區41.67%），依該處林火燃料型進行交叉分析顯示，以荊竹林為主（占該處燃

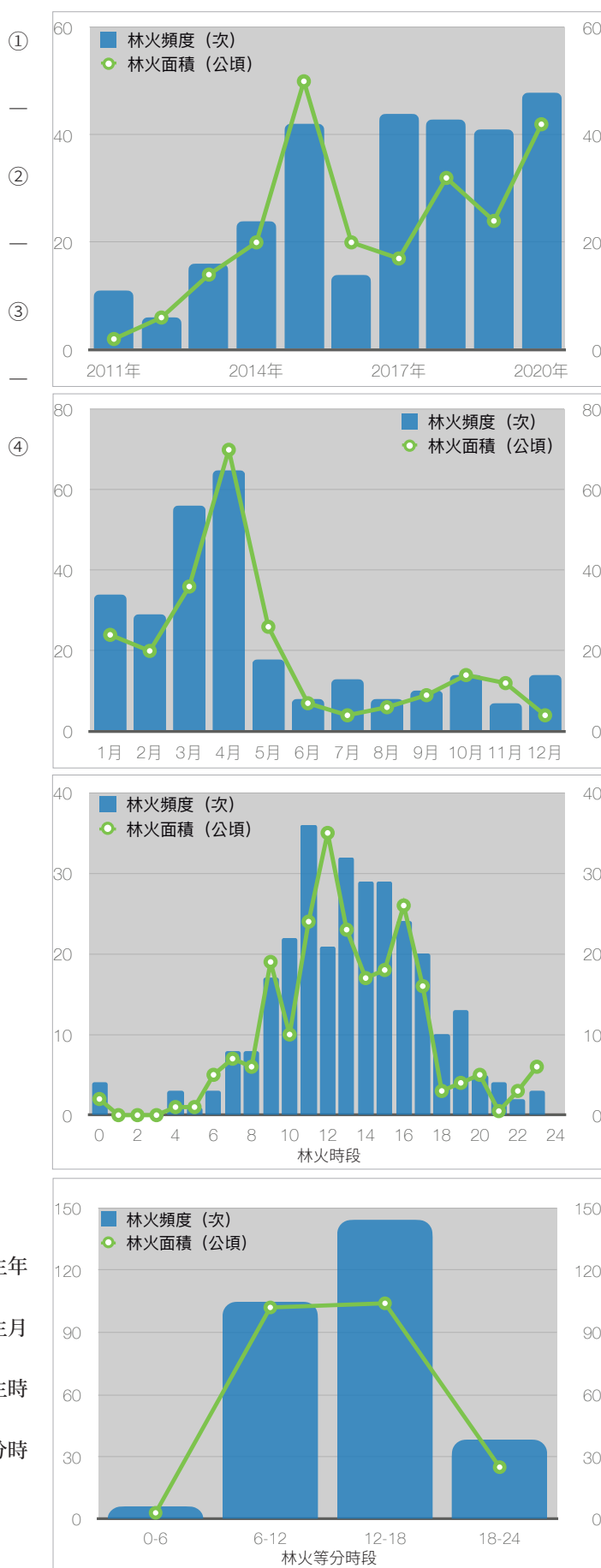
料型植群31.25%）；而2015年林火被害面積最大（延燒面積49.88公頃），主要發生地點座落於高雄市旗山地區及內門區金竹里溝坪段之林務局及國有財產產署轄管出租地，起火原因以農墾引火不慎致災（38.10%）為主。

就林火發生月份而言，近10年林火以4月份發生最多（林火65件）、3月份次之（56件）；每年6月份發生件數最少（8件）（圖②）。圖中顯示以1—4月為林火高峰期，6—9月發生次數最少，此與1963—1991年統計林火高峰期與低峰期（6—9月）

是一致的（林朝欽，1992）。近10年期間林火高峰期（1—4月）發生184件林火，經交叉分析結果以屏東林管處最多（35.32%），其次是東勢林管處（28.81%）及嘉義林管處（19.62%）。

就林火發生時段（圖③），近10年林火統計以每日之11—12時件數最多（12.59%）、其次為13—14時（10.88%）；每日清晨1—4時為無林火發生時段（0%）。歸納每日林火發生高峰期集中以11—16時（50.34%）為主，而夜間22時至翌日清晨6時之林火件數，僅占全日林火件數4.42%，此顯示與人為活動及相對濕度有關。此外，有關林火延燒面積分析，以12—13時延燒最快速（15.48%），其次為16—17時（11.26%）、及11—12時（10.58%）。以上與人為活動、溫度及相對濕度具有關鍵性之影響，而每日12—13時為每日溫度最高時段，火勢氧化熱損失少，相對易於延燒擴展。

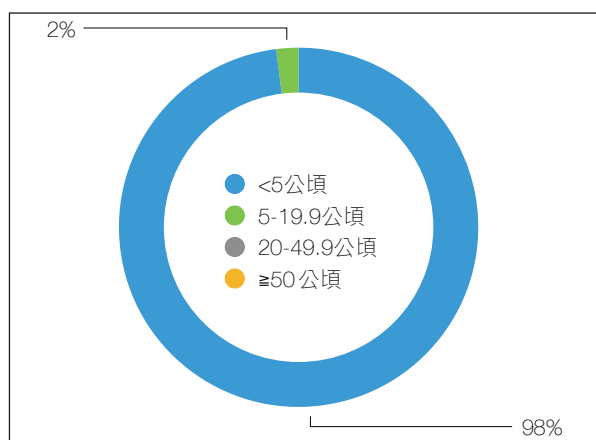
- ① 臺灣地區2011—2020年國有林之林火發生年份頻度與面積
- ② 臺灣地區2011—2020年國有林之林火發生月份頻度與面積
- ③ 臺灣地區2011—2020年國有林之林火發生時段頻度與面積
- ④ 臺灣地區2011—2020年國有林之林火等分時段頻度與面積



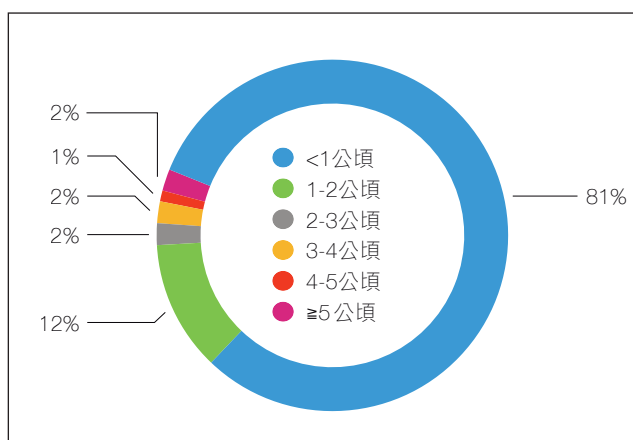
就每日四等分林火時段（6小時）來觀察（圖④），約有一半林火數集中在12—18時段（49.32%）、次之6—12時段（25.71%），最少林火時段為0—6時（2.04%）；以林火延燒面積觀察，仍集中於每日12—18時段（45.46%）與6—12時段（44.00%），最少為凌晨0—6時，僅占1.22%，主要是人為活動非常少，而夜間相對濕度高且溫度低，在大氣與燃料含水率回潮過程，導致地表燃料間延燒氧化時必須消耗掉很多熱能，同時燃燒輻射熱回饋也受到大氣濕度影響，除向上坡段延燒外，整體火勢延燒相當緩慢，如遇到天然或人造防火線阻絕，往往就能終止火勢前進。

林火延燒（Burned Area）無論最終規模如何，救火隊人員面臨的問題是如何應對滅火的困難條件，林火最終也是會停止，這是時間尺度問題。而人命損失和相關損失如何，林火發生初期之發展才是最關鍵，即每一場災難性的林火，總是先有一特定位置起火點，儘管使用最新的防火手段和滅火方法，來減少林火強度（Intensity）和蔓延速度；但起火區域在初期階段，會依林火環境本身的動力發展，如能在林火發生初期，即時採取人為干預，通常相對易於撲滅（Ubysz and Valette, 2010）。圖⑤分析了臺灣近10年林火面積，依林木被害面積四種層級區分，延燒未滿5公頃（依災害防救業務

林火撲救指揮層級為林管處或鄉鎮市區公所），占林火損害總面積98.30%之高，其餘為5—19.9公頃（指揮層級為林務局或直轄市縣市政府），僅占1.70%；近10年來林火損害面積最大之單一林火事件（延燒面積18.47公頃，為嘉義林管處轄區2015年5月15日12—13時發生林火，起火原因係由林政糾紛之縱火引起，此種蓄意起火燃燒快速，燃料型為雜木林（光蠟樹、印度紫檀、苦楝、楓香、臺灣檫、水黃皮、白千層、鐵刀木、桃花心木、茄冬及荊竹等）。其次為105年4月9日16—17時發生在東勢林管處轄區林火面積13.88公頃，起火原因是亂丟煙蒂引燃，燃料型為臺灣二葉松林；此種燃料型係火燒適存樹種，



⑤ 臺灣地區2011—2020年國有林之林火面積分布

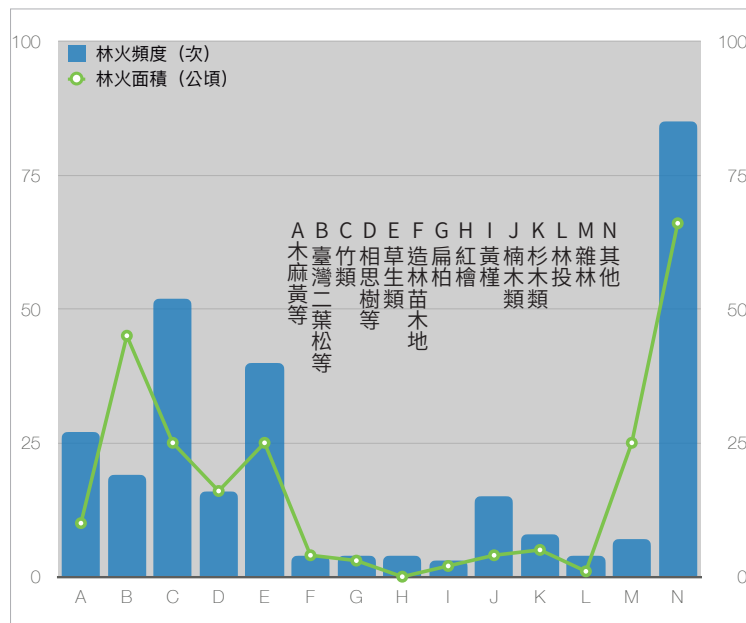


⑥ 臺灣地區2011—2020年國有林之林火面積程度分布

周期性林火使臺灣二葉松林能保持優勢種，且多位於東向及東南向較乾燥之環境，易累積多量燃料，促使火勢發生及發展（呂金誠，1990）。

此外，林火面積達20—49.9公頃（應變指揮層級為農委會）及≥50公頃（開設中央災害應變中心）規模，此10年期間皆未發生。但值得注意，今（2021）年5月杜鵑營地林火事件，位於海拔3,000多公尺，燃料型為易燃之針葉樹種，因地形險峻致地面人員難以接近，控制不易，致林火持續延燒12日，面積逾70公頃，遠高於2011—2020年期間任何單一林火事件。

細部觀察近10年期間林火面積（圖⑥），其中面積<1公頃高達81.00%，其次1—2公頃占12.59%，皆屬地表火型態，而>5公頃僅占2%；如與澳美加地區相比，林火規模相對小，依林朝欽（1992）之前研究指出，國有林單一林火事件損害面積，在中低海拔地區大致為10公頃以下，主要原因為動員撲救迅速外，植群可燃性低也是關鍵；而高海拔



⑦ 臺灣地區2011—2020年國有林之燃料型林火頻度與面積

地區則以天然針葉樹林為多，富含油脂，極易延燒，且地點偏遠，無路徑可通達，撲救不易，致林火損害面積及火勢較大之結果。另一方面，臺灣地區林火環境處於高相對濕度，燃料含水率高，一般僅形成中低強度火燒情況，多屬地表火型態，此型態火燒依Waldrop and Brose（1999）指出低及中強度之火燒，因未燒燬樹冠層，不利於需光之陽性松類天然更新；高強度之林火因燒燬大部分上層木，連帶也減少種子供應。只有中高強度之林火，雖燒燬部分林冠，卻促使地表層潛藏種子受光而萌發幼

苗，最有利於天然更新（賴國祥，2005）。

可燃物是林火燃燒的物質基礎，不同之森林生態系統，其植群分布及組成狀態也不盡相同，林火發生規律迥異。植群結構在林火行為中具相當關鍵因素，可燃物量體和含水率高低，也與植群類型密切相關。因此，林火防救工作應依此種差異性加以處理（林朝欽，1992）。觀察近10年林火燃料型植群分布（圖⑦），扣除未記錄或其他（未註明植群）外，篩選結果以竹類林火事件最多（18.03%），主



◀ 廢輪胎遇高溫融化後，現場遺留鋼絲證物



▶ 荊竹叢綁廢輪胎燒化農業廢棄物

要為荊竹（占竹類林火件數79.25%），地點多位於屏東林管處，少數位於嘉義林管處；其次是麻竹（占竹類林火件數26.42%），多位於嘉義林管處。以火災動力學解釋，竹類燃燒行為與一般植群具顯著差異，竹類木質部不易起火，竹材中空有節，一旦起火延燒，竹子內部空氣受熱持續膨脹，升壓至一定程度時，現場會出現大聲爆裂現象，並促使竹類內外部雙邊火焰行為；因此，竹類需要很大熱能始能起燃，勢必是人為因素才能成立林火條件，在近10年統計竹林起火原因以農墾用火不慎占比例最高，也有故意縱火引起。茲舉案例說明如下：

1、屏東林管處旗山工作站轄管國有林地近3年林火發生件數逐年攀高，於2020年4月4日查獲農民傅○○

於高雄美濃區縱火案，其在緊鄰第52林班地之山區道路旁，以打火機點燃落葉堆後，逕自離開現場，火勢快速延燒至第52林班地，據嫌犯陳述誤以為承租地遭林火燒毀後，可以申請災害補助金，故而放火燒燬自己租地並延燒至國有林地，焚燒林地面積0.2公頃，涉犯森林法第53條規定燒毀他人之森林罪，經判處有期徒刑7年。屏東林管處動員救火隊人力、空中勤務總隊出動直升機空中滅火等資源協助救災，歷時3日始撲滅火勢，耗費相當之勞力、時間、費用，受損金額高達新臺幣2,500,053元，已循損害賠償提起附帶民事訴訟，尚未判決。

2、2021年3—5月間屏東林管處轄高雄旗山地區，於省道臺20線高雄甲仙路段，短短4、5公里的林地，有9處起火點，且起火時間多於下午5點過後或放假日晚上，讓消防局和林務局救火隊員疲於奔命動員滅火，內政部警政署保安警察第七總隊第八大隊錄案後，於5月15日赴火場調查發現荊竹叢綁廢輪胎助燃之情形，現場遺留廢輪胎燒融後之鋼絲，研判人為縱火可能性高，案情重大，即展開調查，經密集追蹤後鎖定犯嫌，據行為人簡君陳述，近年由於荊竹林荒廢，當地林農紛紛改作麻竹筍生產，然而老荊竹質地堅硬，不易去化，簡君投入承攬廢竹林處理，再改植麻竹，以提高獲利，故向汽修業者



蒐集火場出入通道監視器影像採證縱火犯



收集廢棄輪胎綁荊竹叢引火燃燒，由於火場生成大量含高碳粒黑煙（植物性燃料燃燒不會出現濃黑煙），但廢竹林去化快，且無廢棄物，促使簡君以此為業，全案經釐清確認犯罪事實後，於2021年7月21日宣佈破案，將簡OO依違反公共危險、森林法以及廢棄物清理法等罪嫌移送地檢署偵辦。

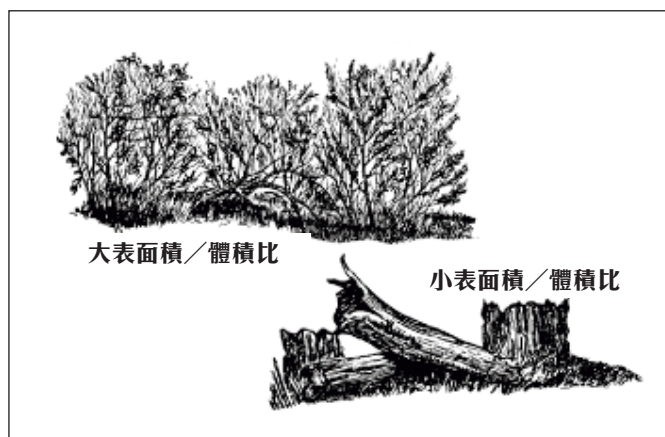
再進一步探討近10年林火燃料植群類型，次高為草生類（13.61%），以東勢林管處（臺中市清水區及沙鹿區）為多。草生類係屬易起火輕質燃料，且延燒容易，火災動力學上可瞭解草生類係屬表體比例大（表面積與體積比），起火時需分解熱源補充較少，熱傳導斷面積也大，燃燒時熱損失少，叢集狀態時會造成顯著輻射熱回饋效應，為一種易燒輕質燃料植群（圖⑧）。

在林火損害面積方面，以臺灣二葉松林占了19.50%為最大，其次為草生地，占了10.98%，竹類則為10.73%。上述荊竹類火燒事件，不同於

之前研究報告，已然成為近10年林火燃料特殊植群。此外，樹齡對林火的發生也具影響，不同樹齡或不同密度林分，易燃性也不同。幼至中齡林分尚未鬱閉，自然修枝慢，樹幹枝葉多，植被茂密，地被堆積層厚。觀察近10年期間林火燃料型，也發現造林地林火事件（圖⑦），造林樹種為青剛櫟、光蠟樹或楓香等樹種，交叉分析起火原因為引火不慎所致。

林務局自1989年改制為公務機關後，各林區管理處普遍有現場人員老化及人力不足現象，近年來雖有年輕人投入，但山區林火搶救工作仍相當艱苦；如2021年5月玉山第52林班杜鵑營地林火，由於高海拔

雲層濃厚無法施行直升機空中灑水滅火作業，大部分僅能靠地面救火隊來阻絕火勢擴展，動員來自嘉義、南投、花蓮及屏東等林同仁投入救火工作，救火隊員著重裝戴面罩，奮力砍樹開闢防火線，清除地被植物燃料，備極辛勞。觀察近10年期間林火動員方面，294件林火總動員達3800人，平均每次林火動員12.93人。如以20人等距劃分觀察，以每次出動19人以下林火事件最高（占10年出動總人數44.22%）、其次為20—39人（35.03%），而動員超過100人之林火事件僅占總數3.40%。再次分析近10年期間動員最大之單一林火事件，係2015年3月18日14—15時，在東勢林管處轄臺灣二葉松發生林火，原因為山區



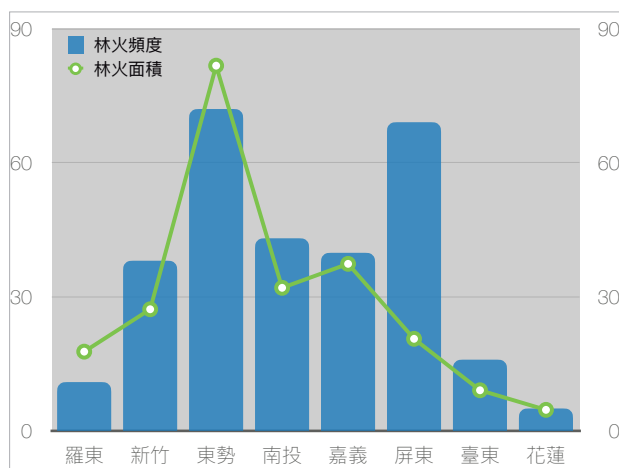
⑧ 草類或灌木叢接近地表火焰且表體比大，易燃又延燒快速

表1：2011—2020年臺灣地區國有林轄區林火頻度及林火面積統計

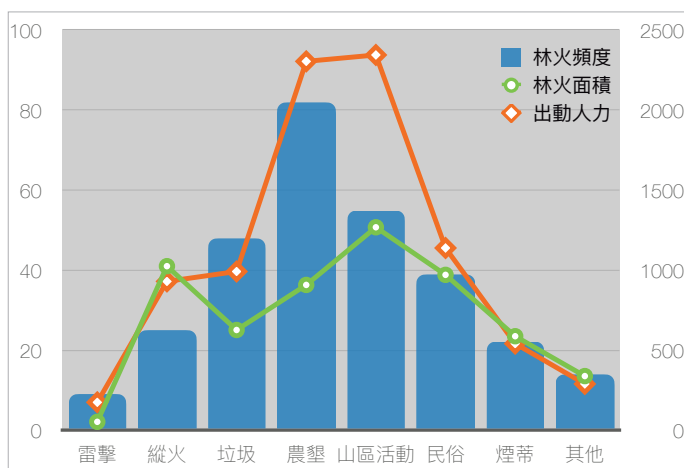
林區管理處	發生次數		燃燒面積		林區面積	燃燒面積百分比	每次林火平均面積
	頻度	(%)	(公頃)	(%)	(公頃)	(%)	(公頃)
	A	A/ΣA	B	B/ΣB	C	B/C	(B/A)
羅東	11	3.74	17.77	7.70	175735.80	0.010	1.62
新竹	38	12.93	27.25	11.81	163108.40	0.017	0.72
東勢	72	24.49	81.74	35.43	138413.40	0.059	1.14
南投	43	14.63	32.05	13.89	211822.50	0.015	0.75
嘉義	40	13.61	37.41	16.21	139654.20	0.027	0.94
屏東	69	23.47	20.64	8.95	172119.50	0.012	0.30
臺東	16	5.44	9.13	3.96	226547.9	0.004	0.57
花蓮	5	1.70	4.75	2.06	320851.00	0.001	0.95
合計	294	100.00	230.74	100.00	1,548,252.70		

表2：2011—2020年臺灣地區國有林之林火原因頻度、面積及動員人力統計

林火原因	發生次數		燃燒面積		動員人力	每次林火均人力	每次林火平均面積
	頻度	(%)	(公頃)	(%)	(人)	(人)	(公頃)
	A	A/ΣA	B	B/ΣB	C	C/A	(B/A)
雷擊等自然因素	9	3.06	2.04	0.88	173	19	0.23
蓄意縱火	25	8.50	40.97	17.76	929	37	1.64
垃圾燃燒	48	16.33	25.01	10.84	991	21	0.52
農墾引火	82	27.89	36.28	15.72	2305	28	0.44
山區活動用火 (營火、炊煮、打獵)	55	18.71	50.70	21.97	2345	43	0.92
民俗祭儀用火 (天燈、掃墓)	39	13.27	38.80	16.82	1138	29	0.99
菸蒂引起	22	7.48	23.45	10.16	540	25	1.07
其他人為因素	14	4.76	13.48	5.84	288	21	0.96
合計	294	100.00	230.73	100.00	8,709		



⑨ 臺灣地區2011—2020年各林管處轄國有林林火頻度與面積



⑩ 臺灣地區2011—2020年國有林之林火原因頻度、面積與動員人力

活動用火不慎，為控制火勢立即動員救火人力投入高達416人，且直升機空中投水百架次以上，使火場有效控制在3.30公頃面積內。

表1與圖⑨所示為2011—2020年林火頻度與損害面積統計分析，其中頻度以東勢林管處最多（占林火總件數24.49%）、屏東林管處次之（23.47%），最少為花蓮林管處（僅1.70%）。而林火面積仍以東勢林管處最多（占總面積35.43%）、嘉義林管處次之（16.21%），最少仍為花蓮林管處（僅2.06%）。如以林火面積與林區面積相比，仍以東勢林管處居首（0.059%）、其次為嘉義林管處（0.027%），最少仍屬

花蓮林管處（僅0.001%）。整體上林火面積以東勢及嘉義林管處居多，其燃料組成多為針葉樹種，且地形坡度較陡，林火延燒方向往上延燒至山嶺線，近嶺線火勢因本身熱對流又易產生飛火（或團火 Spotting Fire）型態；而近10年屏東林管處林火頻度高，但林火面積位居第五，此可解釋屏東林管處燃料型多為竹闊混合林組成，且竹類地理分布具區域分散性，難以形成大規模林火延燒型態。

火源一直是影響林火發生的決定性因子，可分為自然及人為兩種。自然火源主要是雷擊造成，統計2011—2020年發生件數僅占林火總數3.06%（表2與圖⑩）；如從全球

尺度上來看，絕大多數林火是由人為引起，與本文統計結果是一致的。觀察近10年林火原因，最多為農墾引火（27.89%）、其次為山區活動用火不慎（18.71%），山區活動用火包括營火、炊煮、狼煙或打獵等行為；再次之為燃燒垃圾不慎（16.33%）。如進行交叉分析農業燒墾引火項目，燃料植群係以竹類居多，主要多位於屏東林管處轄國有出租造林地。另一方面，燃燒垃圾引起山林火災占有一定比例，卻一直被社區居民忽視的，在東勢林管處轄區之林火特性分析，中海拔以臺中市和平區起火原因與農墾、山區活動、亂丟菸蒂等用火行為有關，而低海拔以清水區居多，主要為燃燒垃圾及民俗祭儀活



動引起，燃料型為草生類或相思樹林。

在起火原因與林火面積交叉分析方面，以山區用火不慎最多（21.97%），燃料型態為易燃性之針葉樹種。其次為蓄意縱火（17.76%），以東勢林管處與嘉義林管處轄區發生最多，東勢處林火起火原因為：燃燒垃圾、民俗祭儀、亂丟煙蒂、農業燒壟等因素引起。嘉義處林火起火原因為：山區活動、蓄意縱火、農業燒壟等因素所致。由於縱火行為往往使用燃燒加速劑或添加易燃物，起火初期即能加快延燒。另觀察每次林火平均燃燒面積，以蓄意縱火最多（1.64公頃）、僅次於菸蒂引起（1.07公頃），而最低延燒面積係為雷擊起火（0.23公頃），對此合理解釋為臺灣雷擊往往帶來低氣壓，空氣濕度高，致火勢延燒規模小。此外，林火動員投入人數分析方面，以山區活動用火不慎最高（占總出動人力26.93%）、其次為農墾引火（26.47%）；而每次林火投入人力，以平均人數比較，仍以山區活動用火不慎最高（每

次平均43人）、其次為蓄意縱火（37人），最低仍為雷擊引火（19人）。

受全球極端氣候變遷影響，臺灣山區容易形成高溫、乾燥之林火條件，對於地形複雜、生物多樣性豐富的臺灣來說，林火風險將更為嚴峻，也對當地產業經濟與生態保護帶來鉅大的挑戰，可燃物是林火行為中唯一可以調控的因素，可燃物管理更是防控森林火災發生及降低致災程度非常重要的手段。茲提出以下幾項建議，俾提高林業減災及防火能力：

1. 據林務局統計林火歷史資料及消防署統計2021年1—6月全國火災總計14,007次，起火原因為燃燒雜草、垃圾等計5,559件最高，占39.6%，第二順位是遺留火種1,673次，占11.9%，二者相加占火災總次數51.5%，顯示焚燒農業廢棄物或清除雜草、灌木、竹林及出入山區須用火炊煮及烤火取暖等用火行為，可燃物管理顯得更加重要。

2. 在林火高風險區域之易燃樹種，富含油脂之人工純林，可燃物呈垂直連續性，於防火期前應徹底清除或增加樹木枝下高，針對中幼齡造林木修枝、刈除雜草及小徑級灌木，使樹冠層無法與地表可燃物、樹幹梯狀可燃物接觸，預防高強度樹冠火發生。

3. 對於易燃且大面積純林，將其分割成若干小區塊，導入防火林帶或混植防火樹種，可發揮生物網絡的林火阻隔效果。

4. 國有林主伐、幼齡造林地砍草及中齡造林地天然枯落枝條清理、林下經濟、伐木造材產生無利用價值之枝條、樹頭、枯倒木、枝梢材及段木等，不搬出利用而大量堆積易成致火風險，建議應逐案訂定廢棄物處理計畫落實執行，降低林地可燃物承載量。

5. 林業廢棄物使林地潛藏林火風險，國外行之有年之專業性低強度火燒（即計

畫火燒)清除可燃物,在春秋季節,無風天氣,並嚴格執行防火控制措施,或可試行。

6. 荊竹純林區域,可採高效利用技術,轉為竹碳材料、保健用品等生產,或以機械粉碎處理,使可燃物轉變為密度高、空氣含量低之顆粒,易燃性大大降低,也可運用於再生能源利用,增加經濟效益。
7. 國有出租造林地應加強林農訪談,了解營林作業用火情形,並宣導森林保護辦法第12—15條用火規定及防火知識。

## 結論

林火發生規律及影響因素之研究,一直是林火管理之重要科學基礎。觀察近10年林火,發生頻度呈現加劇之趨勢,燃料累積問題一直是客觀存在之事實。而農業活動已成為臺灣林火發生之主要原因;每年林火高峰期發生於1—4月,此段期間為臺灣主要林火季節(Fire Season),而

低峰期(6—9月)則攸關於降雨分布多寡。在林火發生燃料型植群以臺灣二葉松林最多,其次為草生地及竹類,跟以往研究一樣,印證自1976年為供應國內紙漿用材而實施林相變更,大量栽植臺灣二葉松,迄今林火事件頻繁,除因易燃樹種外,也可能是地表燃料量過多所致;而草生地經常性火燒,為地被植物創造有利演變條件,此種輕質燃料已帶來林火更高風險之危險訊號。而竹類是不同於之前研究,已有逐漸增多趨勢,並自成林火燃料特殊植群,此一現象背後社會成因是值得探討。就單一林管處而言,無論林火頻度及林火面積仍以東勢林管處最多,而不同於之前研究,屏東林管處林火問題有迅速崛起之改變,顯然此問題構成已脫離生態成因,而是帶有經濟動機之社會因素介入。在林火動員人力分析,為能快速控制林火面積,顯示平均每次林火事件須出動12.93人力,因此各林管處聯合出動相互支援,在人力不足情況下,應屬必要之救災型態,以緩解媒體關注林火焦點之壓力;然而,快速有效的控制林火,致燃燒面積變小,損

害總面積遞減也意味著更多燃料得以繼續在國有林地上持續累積之事實。此外,為能正確判讀本土化林火數據,除感謝相關工作人員辛勞外,在起火原因調查資料記錄上,出現有相當比例為原因不詳或其他、空白,顯示在林火專業之鑑識工作上,仍待日後加強訓練。

在全球動態尺度上,目前與氣候變遷有關的新風險,包括更乾燥和更熱的條件,預計林火發生只會增加而不會減少。為因應氣候變遷下臺灣林區之可燃物管理,勢必尋求新的解決方法,其中歐美國家林區執行低強度之控制焚燒(Prescribed Burning)策略,尤其在依賴火燒進行更新演替之生態體系應用,或許可作為今後林政管理防救災選項之一。