

松斑天牛之為害現狀、對策與效果

——揭開松枯病原因之諸學說——

◎山根明臣教授(Prof. Akiomi Yamane)撰 郭寶章譯／台灣大學森林系名譽教授

1. 緒言

日本朝日「電視上新聞站」及NHK之「特寫之現代」，都將松枯病問題拿出來討論，成為有關方面之重要話題。除特集節目外，松斑天牛也成為地方上新聞，不過與上述特集相同，不免有些誤會之報導。松枯病在近4-5年來受到重視，原因之一是否為松斑天牛媒介(以下稱天牛)所致？或最近有松林枯死原因為大氣污染，或為土壤優養化與酸性化促使松樹衰弱是造成枯死原因等等說法。

松枯病並非近年來之問題，有其長久之為害歷史，由過去所累積之研究發現了松材線蟲，到由此開發新的防除技術，其為害情況只能就現狀加以敘述。本文為增加一般人對松斑天牛問題之深入瞭解，對本雜誌(本文原載日本林業技術, NO.652, 1996)讀者之所週知之事也——解說。

2. 為害之推移

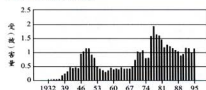
日本全國遭受松材線蟲之為害森林，在此數年間在100萬立方公尺範圍變動，此為1979年受害記錄243萬立方公尺之40%，而與1949年戰前與戰後之激烈規模相匹敵。日本松類呈塊狀之枯死紀錄之出現，不是很久之事，例如1897年代後半，以長崎市之受害為開始。1926

年代初期，山陽及九州地區也有各地相繼蔓延，其中以兵庫、長崎及岡山各縣之受害情形較為嚴重，1932年到1946年幾年間，三個縣之受害情形已超過200萬立方公尺。

戰後之激害是受到GHQ(聯合國軍事最高司令部)自然資源局美方之森林害蟲專家之建議、經在行政組織之整備、預算確保、防除技術等各點檢討之後，做了綜合的與根本的對應，加上社會經濟背景之支援，得以緩和為害之影響。其後，隨著高經濟之成長，到1965年後半再出現100萬立方公尺及1975年之超過200萬立方公尺之激烈發生。在1978到1979年之夏季，由於異常之高溫少雨，不僅受害量增加，發生之區域亦形擴大。受害總量其後減少到100萬立方公尺之基準，隨著氣象條件之影響，在此基準面上推移(圖一)。

敗戰之後受害量達到120立方公尺之高峰，1945年代後由於徹底之防除減到30萬立方公尺，為最盛期之四分之一，此一成功，乃受到佔領美軍之大力指導與協助，以及對松材之需求大增，受害枯木又可供薪材之活用背景，勞動力當時之供給也十分充足，可謂在對松害防治上最優惠條件下之成功實例。到1990年減少到受害最小值之30%，與休戰後

當時之受害面積增加相較，可謂有其成果，特別是海岸保安林，因松林及香菇材生產大部分之受害情形均較降低，且呈安定之狀態。但由於對松林之努力，採取放棄政策地區之受害情況仍佔有全國受害量之大部分。



圖一. 日本全國松斑天牛為害量之推移(1932-1995)

3. 受害激增之原因、背景

所以造成受害之頻頻激增，有其時代背景與原因。夏季高溫少雨，颱風吹襲之不良氣象條件，在戰爭期間與戰後松林過度伐採，受害材之蓄積與搬移，松林之撫育不足，1955年代之薪材受到石油天然氣之燃料革命，以致減少利用枯木，農村人口之過疏化與勞力不足，松材需求減少，也因材價低迷，使生產意願減退，防除努力之放棄，對廉價之受害木不想砍除，加重了病原之侵入，媒介者松斑天牛之防除困難等原因，而造成今日之嚴重狀態。

4. 新防除技術之開發

自從松材線蟲被發現以來，所開展之松枯病防除新技術，要述如次：

1. 驅除—自1971年新發現松材線蟲之後，有關松斑天牛之驅除方法即加以評估，並構築對此媒介昆蟲之驅除法。通常是將受害木伐倒、聚集、撒布藥劑焚燒等處理之。在偏僻之山區，對天牛幼蟲寄

生之被害木木材及小枝之處理，較為困難，將木材打成木片(chip)加以利用，也能達成驅除目的。焚燒、破碎與燻蒸均是費工之作法，不過較伐倒、藥劑撒布更能達到確實之驅除目的，故予以獎勵。

2. 預防撒布—在松材線蟲發現後，對需要保護之松林樹冠採取預先施以農藥之撒布，以阻止飛來天牛之後食成長，此為松材線蟲傳播防止計畫之一新技術。其方法有直昇機空中撒布與地面撒布兩種，在基礎試驗之後，證實了各地之實用化與有效性，示如表一。

表一. 預防性空中撒布之枯損防治效果(靜岡縣)

區分	區劃 各0.1ha	年度	總株數 (株)	枯損株數 (株)	枯損率(%)
撒布區	A	1979年	187	2	1.1
		1980年	184	3	1.6
		1981年	179	4	2.2
	B	1979年	111	1	0.9
		1980年	107	1	0.9
		1981年	104	1	1.0
無撒布區	A	1979年	102	12	11.8
		1980年	87	33	37.9
		1981年	54	16	29.6
	B	1979年	138	6	4.3
		1980年	132	15	11.4
		1981年	114	18	15.8

如表一所示，撒布區之枯損率遠較對照區為低，存有十分效果，惟效果之程度依週邊之情況而異，假如鄰近有被害林分之分布，其又位於天牛可以飛翔之範圍內，枯損率雖較對照區為低，但不致停留在此低微為害水準而會有增大受害程度之可能。

在公園之內，每株松樹都很重要，依照上述之枯損防止效果，不能令人滿意，應該增多撒布次數，並努力減少撒布之不均衡，在重要期間內為了防止天牛之後食，要採取修正之作法。其一例

為在千葉縣之高爾夫球場上14,000株松樹中約2,000株在2年內連續枯萎，為防止擴張，除年間撒布5次外，另增加特別伐除處理及一部分松樹施行樹幹注入法，其結果松樹之枯損株數，初年度為600株，第二年減為200株，第3年更減少60株，第四年剩22株，如此年年有三分之一減低情形，同時之事例在其他地區也有。

按上例所示，即或是施行徹底之預防撒布，每年僅能減少三分之一，而不易完全阻止天牛之後食，傳播松材線蟲，同時為害可能來自潛伏於前年之枯萎小枝上徑所殘留之線蟲傳播，因之對後食期間以外可能有其他之感染路徑等加以調查，例如，地下部之感染可能性在根部癒合之後，其線蟲也會由枯死部位，向另一方移動。

在受害現場，調查根之接觸與癒合之程度，其結果示如表二，在三株受害木中，其中一株發現僅有一個癒合根，此二株松樹距離極為接近，根株之間隔不過30公分距離，距離既達1公尺以上之相同受害木，即未見其癒合，在實地狀況，松樹幼齡林人工林、株間1公尺以內之接近距離內，生長之情形並不常見。

因之實際上並無癒合之可能性，然而在高齡高密度之天然林中，因株距較近，離鄰接之松樹間發生癒合之可能性將較高些。

3.抗線蟲劑之樹幹注入—樹幹注入是在病原瞭解之後所開發之新的預防技術，因選用家畜之驅蟲劑，其對人畜之毒性較低，其目的是在發病之前使藥劑在樹體內侵透與移行，以防止由天牛所傳播線蟲之增殖。本法是用鑽孔機將樹幹開一

表二. 松類根系之接觸、癒合狀況之調查
(樣區10*10m, 根系調查達地下30cm處)

場所	胸高直徑、樹高 密度、林齡等	接觸 癒合程度	1	2	3	合計
			個數	百分(%)	個數	
千葉縣 霞取郡 山田町	D8H:9-24cm, h:11-17m 18株/100m ² , 其中五株 為伐根, 40-50年生, 黑松		292	171	1	464
			62.9	36.9	0.2	100
茨城縣 水戸市 加倉井	D8H:19-31cm, h:12-17m 10株/100m ² 40-50年生, 患松		554	18	0	572
			96.9	3.1	0	100
千葉縣 船橋市	D8H:9-24cm, h:11-17m 11株/100m ² 40-50年生, 黑松		633	192	0	825
			76.7	23.3	0	100

接觸、癒合之程度

1. 根系互相接觸，但兩者之表皮組織並未癒合
2. 交合之兩根系表皮受傷，有樹脂滲出，不算癒合
3. 根系確認為癒合

穴口，注入藥劑，有造成材部之傷害與成本增高缺點，但防止枯損之效果相當確實。其藥效可維持2-3年，因藥劑之移行是靠樹液，無活力之樹木不能滲入移行，故無法達到防止之功效。

4. 抵抗性育種—日本之本地松類對於各種線蟲之感受性均強，惟赤松較之黑松有抵抗力，惟有其變異之幅度。曾對赤松進行選育，而選出抵抗力強之赤松，已達實用階段，黑松之選拔亦見曙光，在自然條件下，連續的淘汰，最後選出抵抗力強之個體，亦存有希望。
5. 其他防除法—有關天敵微生物之利用，誘引劑之活用，誘導抵抗性之發現等新技術亦在開發與期待之中。

5. 防除效果

有關松材線蟲之各種說法存有置疑，故使防除功效不明朗與發生誤解，防除若不奏效，而訂定決策是不正確之事，在此有必要就各地所做預防撒布之實況加以介紹。

山形縣—山形市山寺地區，在兩年間空中撒布之後，為害已受控制，故而

終止撒布，致數年後再次發病，高田町進行廣狀6年間之撒布，即無發生為害。山形市千歲山園有林因反對撒布聲勢增大，3年內停止撒布，而後受害開始並見增加。

德島縣—大里之松原於1983年起進行空中撒布，同時也做地上撒布3次，尚包括樹幹注入等，僅見微害發生。

神奈川縣—真鶴半島上之黑松在藩領時代，即編為魚附林，多300年生以上之巨木，於1960年發現受害，1972年設置灌溉系統，進行預防性撒布，受害木亦進行徹底之伐倒處理，使區內之受害，每年僅為零至數株，頗有效果。

富山縣—松田江之長濱於1965年受害，1973年起連續3年施行空中噴藥，結果為害減少，1978年由於異常的高溫少雨，為害再度發生，1980年起實施伐倒驅除與地面撒布，連續數年，現今僅呈微害之推移。

鹿兒島縣—吹上濱有南北約28km面積達1,500ha之砂丘，300年前建造了松林，對來侵之危害，有相當之耐性，惟自1992年南部松林之受害急增並向北蔓延，1992年受害量高達1.6萬立方公尺，1993年則降到1萬立方公尺，1994年僅為9千立方公尺，激增之原因並不明瞭，在檢討中明瞭，這是未付諸防除努力的一個實例。

東京都—島嶼地區於1965年代受害，經徹底加以防除。神津島到1990年止10年間並無受害，惟於1991年再發。式根島於1925年代後半，經徹底防除而無害再發。三宅島之赤松保留區有野島分布，無法實施空中撒布，以伐採焚燒

為準，加以防治。島嶼因有隔離之環境條件，應該更有效果。惟地形、土地利用等複雜因素，限制了防除法之施行。因此，以採取伐後集聚、燻蒸、打碎木片，公園木則以樹幹注入等保護松林。

群馬縣—1978年病症侵入後擴大，1984年之高溫少雨又使為害增大，採用預防撒布、樹種變更等著有效果，為害有減少趨勢。1994年遇酷暑，前景無法預測。赤城神社行道樹，松樹之樹齡達400年之巨木，施以樹幹注入外，預防撒布以保護之。

愛媛縣—受害高峰為1980年受害材積達8.6萬立方公尺，到1994年減到6,000立方公尺，約減少7%，著有效果。志島原面向瀨戶內海，有一白砂青松之名勝地，在網敷天滿宮境內，有10ha達3,000株200年之黑松，年進行3次之地面撒布與焚燒等，保存情況良好。

千葉縣—施行空中與地面撒布之預防措施，九十九里(地名)海岸林保護情況良好。

和歌山縣—美濱町煙樹濱，面積達79ha，黑松、赤松之胸高直徑20公分以上佔6.5萬株，推定樹齡約200-250年生，並含有幼齡林10萬株以上，空中撒布50ha3次，地面撒布14ha3次，全面防除外，並對週邊松林施行樹種變更，幾乎已看不見為害，設置煙樹濱保護育成會以落實松林之保護。

除以上實例外，尚不乏成功之例，分布全國之黑松海岸林其抗病性弱，努力的預防與徹底驅除對病害防除的結果。

6. 防除未能奏效之實例

上述鹿兒島縣吹上濱，因並未施行任何防除對策，對病害而言，不算成功之例。對此等失敗之例予以調查可獲以下之瞭解(1.)在被保護之松林，周圍存有激害林，天牛可以飛來為害(2.)伐倒驅除實施不夠徹底(3.)由於預算及勞力不足，全面處理困難(4.)預防撒布之終止(5.)異常氣象(6.)地方居民對松林之保護意願低落等，上述各點中任何一項都會造成松枯病之發生，使防除困難。

7. 其他

用藥劑與微生物製劑對樹勢恢復是有顯著效果，可由枯枝上再生綠葉之事實加以印證，惟松類樹木之芽如僅萌長在長枝之先端，則在其他處之不定芽殆不易萌發。若針葉繼續萎凋變色，將使病況前進，完全治癒是不可能之事，目前對綠之再生尚不可置信。

土壤之優養化與大氣污染所造成之土壤酸性化會減少菌根菌，使樹勢衰弱而促成發病一說，並非松材線蟲入侵之主因，是一項誤解。松材線蟲入侵之後，由於土壤條件造成不同之發病狀況，以致枯萎，但不能忘卻基本之事實。

結論

本稿所述之防除技術，乃在松材線蟲發現之初所發展者，由實際之效果以印證松材線蟲說法之正確性。

自然界存有多數之未知現象，研究人員應以謙虛之態度，來處理新的事項。對松材線蟲之再現性，將其科學的

根據加以否定，是不合科學的。因之松材線蟲問題該加重科學立場之論議，同時，對松林之保護提高大眾的關心一點，亦須加強，並要努力推廣啓發性活動。



圖二 東亞地區松材線蟲之被害地及發生年(1990年12月)



圖三 北美大陸原產松類對松材線蟲之抵抗力(古野等1993)



圖四 亞洲大陸、歐洲大陸原產松類對松材線蟲之抵抗力(古野等1993) 記錄參看圖二