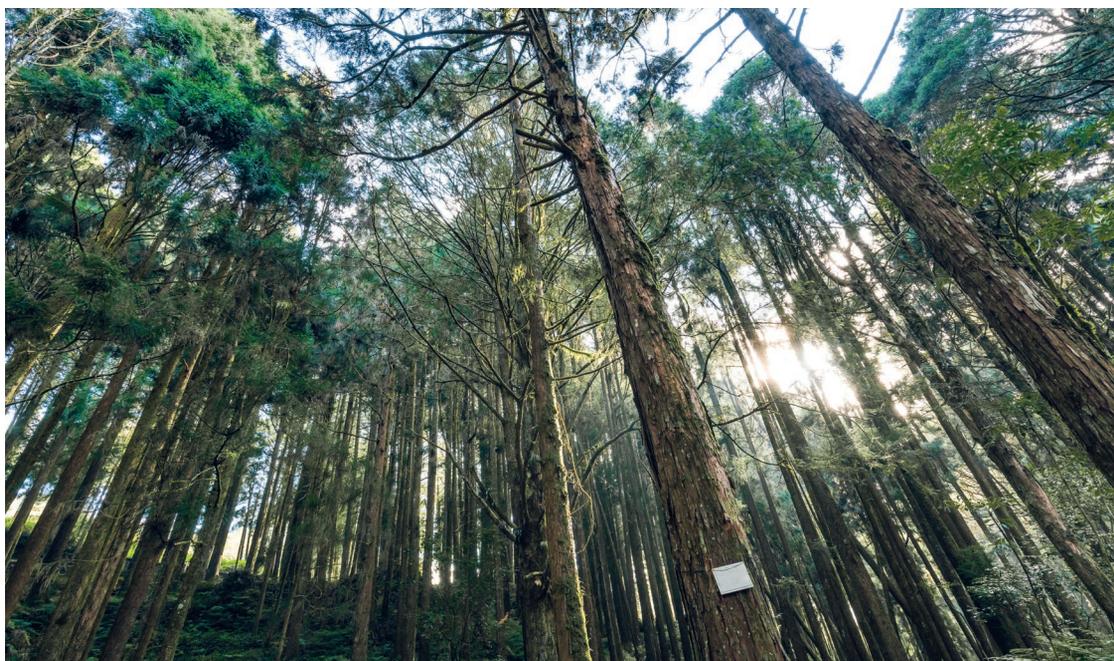


# 國產材自給率提升至10% 的可能作法

文、圖／王松永（國立臺灣大學森林環境暨資源學系名譽教授）

卓志隆（通訊作者 | 國立宜蘭大學森林暨自然資源學系教授）



■ 森林就像一個存放二氧化碳的天然倉庫（豐年社提供）

## 國產材的減碳潛力

森林是陸域生態系的重要基礎，在2007—2016年的10年期間，每年推估自大氣中吸收約30億噸碳，相當於全球化石燃料燃燒與工業製程所產生碳排量的32%。而伐採木材製品（Harvest wood product, HWP）的儲碳量，相當於陸域生態系每年所吸收碳量的10%，約0.3—3億

噸（須鎗秋櫻子等，2020）。2020年後，「巴黎協定」締約國將接續京都議定書，在1990年後新植林的森林碳匯及伐採木材製品的碳儲存量，均會被政府間氣候變遷專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）所認可。

森林領域的減緩地球暖化策略，主要包括降低森林減少與劣化、擴大森林面積、增加森林生長量、加強木材利用，及增加

替代化石燃料能源等。要在國內擴大森林面積似乎已沒有多餘的空間，惟有加強永續經營現有人工林，增加林地面積的林木蓄積量，不但可增加林地碳匯，並可增加林木收穫量，打造健康永續的林業。

HWP 的碳儲存量評定方法採用京都議定書第二約束期（2013—2020 年）的生產量法（Production approach for Kyoto protocol, PAKP），是指將其產業用原木之中，為其他國家 HWP 生產而被輸出的產品，是不計算在任何國家的碳儲存量，而國產木竹材製品，在國內使用消費，其碳儲藏量可計算在我國減碳額度，此可說明推動國產木竹材應用的重要意義。林業及自然保育署（下稱林業保育署）於 2017 年宣告重啟林業，鼓勵國人使用國產木竹材，期能提高國產林自給率，並建造成健康、永續的人工林使木材資源能生生不息，取之不盡，用之不竭。另為配合農業部訂定

於 2040 年達到「淨零碳排」政策，國產材自給率將達到 10%，國產原木生產量需達 50—60 萬  $m^3$ ，本文就如何達成國產材自給率 10% 目標，提出規劃建議。

## 林木（竹）收穫量與自給率規劃建議

### 林木資源

根據林業保育署資料，國內森林覆蓋率約 60%，為達成 2040 年「淨零碳排」，國產材自給率達到 10% 的目標。可考慮收穫的林木資源如下：

1. 國有林林木經營區內的生產性人工林面積有 116,000 公頃（蓄積量約 1,558 萬  $m^3$ ），平均單位公頃林木蓄積量為 134  $m^3/ha$ ，但由於國內欠缺人工林各樹種、各齡級確實的面積與生長數據，因此對各項人工林經營與收穫決策，如估算碳吸存、訂定自給率、收穫作業與規劃更



■ 生生不息的林業產業鏈

新造林等，均造成困難。因此本文規劃可由蓄積量較高的林地先進行林木收穫，預估可收穫的每公頃林木材積量為 250 m<sup>3</sup>/ha。此部分林地可作為第一階段（2025 年）開始進行林木收穫對象。

2. 1997 年起參與獎勵造林政策面積共 39,606 公頃，包含私有林與租地造林、公有林等，其中將屆滿 20 年的獎勵造林地有 11,683 公頃，都是未來可發展國產材生產的潛力地區。林業保育署為避免獎勵造林於 20 年獎勵期滿後無後續產銷輔導措施，以致造林成果無法銜接產業，降低其經濟效益，進而減低林農收益，因此於 2019 年 4 月推出「林業永續多元輔導方案」，增添補助，並能增進林木形質，與產業界銜接，增加林農經濟效益。因此這些透過獎勵造林的林木等期

望經過撫育、疏伐後，產生品質較佳且有規模的林木收穫量，因此規劃於第二階段（2035 年）針對獎勵造林的林木開始進行收穫與更新造林作業。

3. 竹林資源中純竹林面積共 112,549 公頃（竹類占 80% 以上），竹類占 20% 以上的竹木混淆林 114,900 公頃，合計 227,449 公頃。以竹類占林分 50% 以上者均視為竹林，如此臺灣全島竹林面積計有 183,330 公頃，推估竹材的蘊藏量約有 15.8 億支，若每支竹稈的平均鮮重與生材密度分別為 10 kg 與 800 kg/m<sup>3</sup>，則整體竹材資源利用價值相當於 1,975 萬 m<sup>3</sup> 的蓄積量。因近 20 餘年來，許多竹林將屆生命週期，如能適度的採伐可促使竹林活化，且竹林生長快速，約 4 年即可成熟利用，可補充林木的不足。



■ 柳杉小面積皆伐後的更新狀況

## 林木收穫如何達到自給率 10%的規劃構想

### ■ 第一階段（2025 年開始）

依現存人工林的林木生長狀況，第一階段林木收穫對象建議可從國有林生產性人工林，林木蓄積量較高區域進行，每公頃林木收穫量預估為 250 m<sup>3</sup>/ha，第一年收穫林木材積規劃為 11.25 萬 m<sup>3</sup>，轉換的原木材積為 7.875 萬 m<sup>3</sup>（立木搬出利用率以 0.7 計），木材自給率為 1.31%（國內木材消費量以 600 萬 m<sup>3</sup> 計），林木伐

採後可供再造林地面積為 450 公頃，其後每年收穫林木材積以 3.75 萬 m<sup>3</sup> 逐年增加，至第 10 年（2034 年），林木收穫量可達 45 萬 m<sup>3</sup>，木材自給率為 5.25%，伐材後，可供再造林地面積 1,800 公頃。依此方式進行，於第 16 年（2040 年），林木收穫量可達 67.5 萬 m<sup>3</sup>，木材自給率為 7.88%，伐採後可供再造林地面積 2,700 公頃，累計 16 年再造林地面積已達 2.52 萬公頃。

### 收穫林木材積與需更新造林地面積及國產材自給率

年度	收穫林木材積 (m <sup>3</sup> )		需更新造林面積 (ha)		原木材積 (m <sup>3</sup> )	木材自給率 (%)
	8 個分署	1 個分署	8 個分署	1 個分署		
2025	112,500	14,063	450	56.25	78,750	1.31
2026	150,000	18,750	600	75.00	105,000	1.75
2027	187,500	23,438	750	93.75	131,250	2.19
2028	225,000	28,125	900	112.50	157,500	2.63
2029	262,500	32,813	1,050	131.25	183,750	3.06
2030	300,000	37,500	1,200	150.00	210,000	3.50
2031	333,500	42,188	1,350	168.75	236,250	3.94
2032	375,000	46,875	1,500	187.50	262,500	4.38
2033	412,500	51,563	1,650	206.25	288,750	4.81
2034	450,000	56,250	1,800	225.00	315,000	5.25
2035	487,500	60,938	1,950	243.75	341,250	5.69
2036	525,000	65,625	2,100	262.50	367,500	6.13
2037	562,500	70,313	2,250	281.25	393,750	6.56
2038	600,000	75,000	2,400	300.00	420,000	7.00
2039	637,500	79,688	2,550	318.75	446,250	7.44
2040	675,000	84,375	2,700	337.50	472,500	7.88
總計			25,200	3,150		

### ■ 第二階段（2035 年開始）

林木收穫對象建議為 1997 年參與獎勵造林面積的 3.9 萬公頃林地，包含私有林、租地造林及公有林。自 2025 年經過 10 年期間的林木撫育作業，應已有用材可供伐採，因此從 2035 年即可進行林木收穫。部分經營良好的公有林、租地造林，從第一階段已可進行林木伐採作業，此部分可增加林木收穫材積及再造林地面積，依實際作業，可分別累加在林木收穫材積及更新造林面積中。

### ■ 竹林收穫規劃（2025—2040 年）

依林業保育署林業統計資料，近 10 年桂竹、孟宗竹、荊竹、長枝竹、麻竹、綠竹與其他竹種的生產支數比例分別為

91.5%、5.8%、0.8%、0.7%、0.2%、0.04%、1.0%，依現存的竹林資源狀況與生產量比率，竹材收穫即第 1 年（2025 年），竹材收穫量規劃為 150 萬支，對象以生產稈材的桂竹、孟宗竹與荊竹為主，生產量比例規劃為 92%、6% 與 2%，即桂竹、孟宗竹與荊竹生產量分別為 138 萬支、9 萬支與 3 萬支，桂竹、孟宗竹與荊竹每支稈材分別以 10 kg、30 kg、25 kg 計；竹材平均密度以 800 kg/m<sup>3</sup> 計，則桂竹、孟宗竹與荊竹轉換的實材積量分別為 17,250 m<sup>3</sup>、3,375 m<sup>3</sup> 與 937.5 m<sup>3</sup>，合計為 21,562.5 m<sup>3</sup>，竹材自給率為 0.36%（國內木材需求量以 600 萬 m<sup>3</sup> 計）。依第四次森林資源調查結果，桂竹、孟宗竹與荊竹單位面積支數分別為 16,148 支 / ha、8,864 支 / ha 與



■ 竹東林業產創育成基地林業人才培訓戶外場域

10,344 支 / ha，即伐採後更新面積分別為 85.5 ha、10.2 ha 與 2.9 ha，合計為 98.6 ha，此部分面積應可納入新植造林面積計算。其後每年收穫竹材支數以 50 萬支逐年增加，至第 10 年（2034 年），竹材收穫量可達 600 萬支，實材積量為 86,250 m<sup>3</sup>，竹材自給率為 1.44%，伐竹後，伐採後更新面積 394 公頃。依此方式進行，於第 16 年（2040 年），竹材收穫量可達 900 萬

支，實材積量為 129,375 m<sup>3</sup>，竹材自給率為 2.16%，伐採後更新面積 591 公頃。而累計 16 年更新的竹林面積達 5,516.9 公頃。

透過本文的收穫生產規劃，尚不考慮 3.9 萬公頃的獎勵造林的收穫生產，依國有林中生產性人工林與竹材收穫規劃，於 2040 年國產木竹材自給率可提升至 10.04% (7.88%+2.16%=10.04%)，達到 10% 的政策目標。

收穫竹材材積與更新面積及國產竹材自給率

年度	生產支數 (萬支)	實材積 (m <sup>3</sup> )	更新面積 (ha)	竹材自給率 (%)
2025	150	21,562.5	98.6	0.36
2026	200	28,750	131.4	0.48
2027	250	35,937.5	164.2	0.60
2028	300	43,125	197.0	0.72
2029	350	50,312.5	229.9	0.84
2030	400	57,500	262.7	0.96
2031	450	64,687.5	295.5	1.08
2032	500	71,875	328.4	1.20
2033	550	79,062.5	361.2	1.32
2034	600	86,250	394.1	1.44
2035	650	93,437.5	426.9	1.56
2036	700	100,625	459.7	1.68
2037	750	107,812.5	492.6	1.80
2038	800	115,000	525.4	1.92
2039	850	122,187.5	558.2	2.04
2040	900	129,375	591.1	2.16
總計			5,516.9	

## 林木收穫所需機械設備與人力規劃

### 林木收穫作業機械規劃

臺灣目前林木收穫作業瓶頸主要是集材作業、造材作業與狹窄作業道運材作業，若能順利導入塔式集材機集材技術、造材加工機自動化造材、附裝材機械臂的裝運材車，將可明顯提升臺灣林木收穫作業效率，降低原木生產成本，提高國產材與進口材的競爭力。另林木收穫作業過程所產生的剩餘資材亦須透過破碎機將其轉換為生質能源、林地養分等利用，確保林木資源可被充分利用。林木收穫作業所需機具如下：

- 伐木造材所需機具為鏈鋸，預估 1 人每日作業量約 15 m<sup>3</sup>，1 部經費以 35,000 元計。造材加工機適用全木集材作業的立木造材，其液壓配管、自動化控制與造材機械設施約 500 萬元／部，每日最大作業量約 150 m<sup>3</sup>。
- 集材所需機具包含怪手（配合絞盤），固定式集材機，塔式集材機。
- 原木整堆及裝材，所需機具為挖掘機配合旋轉式原木抓鉤。
- 森林作業道的裝運材作業，需要輪胎式或履帶式裝運材車。
- 殘材處理作業需要破碎機。

### 林木收穫作業機具作業量與經費評估

作業種類	機械種類	每日預估作業量	機械預估經費	說明
1. 伐木造材	鏈鋸	15 m <sup>3</sup> /人	3.5 萬元/部	適用 18 吋導板
	造材加工機	150 m <sup>3</sup> /部	500 萬元/部	不含挖掘機
2. 集材	怪手（配合絞盤）	18 m <sup>3</sup> /人 (3 人/組)	480 萬元/部	馬力 120 HP（含絞盤裝配），集材距離 50 m 內
	固定式集材機	4 m <sup>3</sup> /人 (6 人/組)	300 萬元/部	馬力 120 HP，集材距離 200 m
	塔式集材機	15 m <sup>3</sup> /人 (3 人/組)	900 萬元/部	載重 3 噸，含 130 HP 曳引機（300 萬元），集材距離 200 m
3. 原木整堆及裝材	旋轉式原木抓鉤	裝車 30 m <sup>3</sup> /人 (2 人/組) 整堆 25 m <sup>3</sup> /人	80 萬元/部	須配合怪手作業
4. 裝運材作業	輪胎式裝運材車	60 m <sup>3</sup> /人	180 萬元/部 (含曳引機)	5 km 範圍的小搬運，須配合曳引機作業，載重量為 3.0 噸。
	履帶式裝運材車	80 m <sup>3</sup> /人	250 萬元/部	5 km 範圍的小搬運，最大載重量為 3.8 噸。
5. 殘材處理作業	破碎機		400 萬元/部	馬力 202 HP



■ TST Junior 3T 塔式集材機下坡集材教育訓練



■ Koller K301-2H 塔式集材機應用於桂竹上坡集材作業

### 林木收穫作業所需人力與經費

國內林業產業鏈的形成，需上游林木生產銜接中游林產業，再與下游的建築、

營建、環保、民生、家具、文創等產業相結合。產業上游不僅扮演著原料供給，立木收穫（伐採）的角色，更需在伐採地進行第二

代造林，再進行撫育，疏伐以至於最終的林木收穫，形成一個永續循環的人工林。

林業保育署已不再採直營作業方式，即林木收穫與再造林撫育等業務均需委外執行，為使這些業務能由林業相關人員執行，林業保育署已積極輔導成立各地「林業產銷合作社」，最主要的工作，即是執行永續經營人工林上游的林木收穫，與再造林、撫育、疏伐等工作。如此，林業產業鏈才不致於斷鏈，原料（原木）可持續穩定供應至中游製材廠等。為使工作順利

的進行，合作社應配置林木的收穫團隊（即伐木、集材、造材、運材等），與造林、撫育、疏伐團隊，其所需人員，機械設備應配合每年預定進行收穫林木材積數量相對應的需求。但合作社成員大多為經濟弱勢團體，無法採購所需相關機械，建議透過林業保育署購入，再租借給這些合作社應用，或以補助租金方式，以減輕合作社的經濟負擔。

依國內目前包含伐木造材、集材、裝材、運材、卸材至原木整堆整理的木材收穫

### 1 家林業生產合作社生產原木材積與作業人力及費用需求

年度	生產原木材積 (m <sup>3</sup> /年)	作業人力需求 (人)	生產費用 (萬元)
2025	7,500	25	2,700
2026	10,000	34	3,600
2027	12,500	42	4,500
2028	15,000	50	5,400
2029	17,500	59	6,300
2030	20,000	67	7,200
2031	22,500	75	8,100
2032	25,000	84	9,000
2033	27,500	92	9,900
2034	30,000	100	10,800
2035	32,500	109	11,700
2036	35,000	117	12,600
2037	37,500	125	13,500
2038	40,000	134	14,400
2039	42,500	142	15,300
2040	45,000	150	16,200

作業平均每人日作業量約 1.5 m<sup>3</sup> 計，若每年可作業時間為 200 日，則生產 7,500 m<sup>3</sup> 原木需要人力估計為 25 人。包含直接作業費用及間接管理費用的每 m<sup>3</sup> 原木生產費用以 3,600 元計。以 1 家合作社每年執行林木收穫作業生產原木材積所需作業人力與費用的預估，人力為直接生產人力，間接人力不包括在內。從 2025—2040 年止，每年逐年增加 2,500 m<sup>3</sup>/年進行估計，全國需有 10 家合作社或團隊共同參與作業，林木收穫材積量才能達到所規劃約 45 萬 m<sup>3</sup> 原木材積，約占自給率的 7.5%。因此整體作業人力需求為表格所示的 10 倍，即第一年為 250 人、第二年 340 人，至 2040 年需要作業人力需求達 1,500 人。因應林木收穫人力需求，林業主管機關應積極培育人

力，並確保人力可在國產材產業鏈上持續工作。

## 從政策到行動 振興國產材產業鏈

為活化森林、林業及木材產業並達成減碳目標，須有系統地透過政策擬定、獎勵林業與木材合作社組織成立、林業與木材人才培育、引進高性能林業機械及健全路網設施等方案。本文期望作為林業機關推動活絡林業經濟與木材產業發展政策的參考，逐步擴大與實現國產材產業鏈的振興及永續發展，達到 2040 年國產材 10% 自給率的目標。🌱

(參考文獻請逕洽作者)



■ 製材工廠整理木材 (豐年社提供)