

林業生涯四十載：漫談中美林業實務

文／圖 ■ 張森 ■ 路易斯安那州立大學可再生自然資源學院教授

一、序言

首先跟各位談一下什麼是我們學林業的職業驕傲，什麼是沒有任何人能做或能比我們做得更好的？就是說我們的核心能力（Core Competence）是什麼？我個人認為我們學林業最大的驕傲就是我們可以把幾十萬棵的樹苗種到現場，基本上不加撫育，一年後有 90% 的樹苗都能成活。樹高平均增加 30 公分。要想誇下這個海口，當然要下很大的功夫。還要做到物美本廉，才算有本事。

與美國南方相比，臺灣造林費每公頃 12 萬元，第 2 至 6 年撫育費每年 4 萬元，美國南方每公頃南方松造林費新臺幣 3.5 萬元，而後不撫育。由此可見，臺灣的造林成本是相當昂貴的，要想改善造林的績效，必須從提升造林的效率、降低成本開始。

但在做任何決定之前，首先要想好我們種樹的目的，有了目的，種樹才有所依據。這是一個戰略的決定，選錯樹種，日後其他方面做得再好，也無法彌補戰略的錯誤。是真正的“一著錯，滿盤輸”。

二、造林樹種的選擇

美國人對外來樹種沒有興趣，所有的精力集中在鄉土樹種，在南部就是南方松，在西部就是花旗松。南方松面積大約 2 千 5 百萬公頃，是臺灣面積的 7 倍。占美國林地的 12%。在 4 種南方松 - 火炬松，濕地松，短葉松和長葉松中，主要是以火炬松（也叫德達松）和濕地松為主（如圖 1），前者大約是南方松造林的 70%，後者 20%，其他兩個樹種約 10%。

花旗松和南方松：小徑材作紙漿，中徑材作刨鋸材，大徑材鋸板材，充分反映出「生產大中小徑材，多重利用，提供短中長期收入，彈性營林」的造林指導原則。

火炬松



溼地松



圖 1、火炬松與濕地松的涵蓋區

30 年前，曾建議臺灣針葉樹集中精力種臺灣肖楠，現在推動相思樹造林，也是依循這個指導原則。相思樹是臺灣森林覆蓋面積最大的鄉土樹種，大概是臺灣林地面積的 20%。然而多年來，一提到相思樹，一般人就想到薪炭材，認為相思樹分叉彎曲，樹形惡劣，不堪大用，只配作薪炭林（圖 2），



▲ 圖 2、樹型惡劣的相思樹林（新竹十九公頃青青草原）

其實真是冤枉了相思樹。通直、圓滿、枝下高大的相思樹依然存在（如圖 3、圖 4），正等待我們去發現，以便採種，採穗，嫁接，大徑的相思材，可製成板材，做成傢具，厚重典雅，比美紅木。紫檀（圖 5），加工成地板材，抗壓耐磨。是最高級的地板材（圖 6）。



▲ 圖 3、3 株相思樹優良母樹（攝於花蓮富里）



▲ 圖 4、通直圓滿，枝下高大的相思樹（攝於高雄甲仙）



▲ 圖 5、厚重典雅的相思樹家具



▲ 圖 6、相思樹地板（攝於南投水里）

目前，市場上稱相思樹為臺灣黑檀，30公分直徑以上原木叫價每公噸8,000元起跳。價格節節上揚。中小徑材作太空包、段木，生產香菇，也可作紙漿材生產紙漿，市場需求強烈。大中小徑材多重利用，創造短、中、長三期收入。更何況，相思樹造林成活容易，生長快速。耐風、耐旱、耐貧瘠，還能固氮、改善土壤肥力，是闊葉樹造林的最佳選擇。此外衡諸美國的經驗，我們應該先集中精力搞好2、3個樹種，不宜散彈打鳥，臺灣人力、財力、物力不容許我們那樣做。

選定好了造林樹種，只是第一步，接下來才是林業實務的開始。馬上要想到的是種源的問題。到底最好的臺灣肖楠和相思樹的種源在哪兒？

三、良種（種源）

換一個角度來看造林，如果我們種水稻，我們一定會問種子的品種（品系），適合什麼樣的土地，試驗田的產量如何？稻穀的品質如何，市場銷路如何？重要的是生產水稻我們下的賭注不過是3個月，我們卻如此小

心。就算壓錯了寶，也不過就是 3 個月。反過來說，造林的賭注太多了。我們造林拿什麼東西當賭注？除了錢之外，時間是我們最大的賭注。隨便一賭就是三、四十年！照說我們非常注意種源與品質。相對農業來說，三、四十年是 3 個月的一百多倍，而我們卻對種子的來源，幾乎一無所知。種源到底有多重要，請看下面十五年生南方松後裔試驗的結果。

表 1、十五年生火炬松後裔試驗結果

地區 項目	Louisiana 北部	Mississippi 北部	190 公路 Hwy 190 以南 (本 地種 Local)	Livingston Parish, Louisiana (East)
存活率 Survival	68.4%	76.4%	69.8%	84.3%
銹病感染率 Rust Infection	31.5%	30.1%	16.3%	8.2%
樹高 Height	55.6'	57.5'	62.8'	63.5"
胸徑 Diameter	7.5"	8.1"	8.7"	9.6"
材積 Volume	170.1 cu.ft./ac./yr. - 11.9 cu.m/ha/yr. - 2.2 cds./ac./yr.	212.2 cu.ft./ac./yr. - 14.8 cu.m/ha/yr. - 2.8 cds./ac./yr.	253.2 cu.ft./ac./yr. - 17.7 cu.m/ha/yr. - 3.3 cds./ac./yr.	330.6 cu.ft./ac./yr. - 23.1 cu.m/ha/yr. - 4.3 cds./ac./yr.

Livingston Parish 的南方松是美國南方松最好的種源，從 1950 年代起，就進行採穗、育種。有經驗的人，一看就知道哪幾個家系有 Livingston Parish 的親本。而我們對臺灣針葉五木的優良種源幾乎一無所知，後裔試驗的結果也付諸闕如。種源不明，後果嚴重（圖 7）；而優良種源，則能育成優美的人工林（圖 8）。



▲ 圖 7、臺灣光蠟樹平地造林



▲ 圖 8、優良種源的德達松造林地。

四、優良母樹的認定

優良母樹的重要性不容置疑，沒有優良的種子，是不可能種出像樣的人工林的。今天巴西是全世界桉樹造林最成功的國家，所有國家桉樹造林的種子都來自巴西，但是當年巴西第一次桉樹造林，結果一塌糊塗，桉樹之父 Edgard Campinhos 帶了 30 個人，在澳洲花了 11 個月，看過 10 萬棵母樹，最後選了 1,000 個家系，帶回巴西，開始育種，經過多年努力，現在桉樹大面積生產，平均每公頃年生長量 40 立方公尺，輪伐期 7 年，實驗地最高年產量 70 立方公尺，巴西今天成為桉樹造林的王國，完全是當年選種打下的基礎。

我大二那年，曾隨歐辰雄老師從已被選定的優良母樹上採收杉木毬果，但老師當時對我說他不認為那棵樹是棵優良母樹，這句話給我留下很深的印象，顯然母樹的認定有相當的主觀成份。目前找尋相思樹優良母樹，也發現同樣的情形。對優良母樹的認定，有很大的差異，也就是說臺灣迫切需要的是建立一個量化的母樹鑑定標準，把主觀的成份降到最低。

美式的作法，將重要的樹木特性建立打分標準，對候選的優勢木及臨近的 5 棵樹進行對比打分，達到一定標準的才列入備選。南方松的打分標準如圖 9。這次準備透過相思樹優良母樹的鑑定，建立一套適合臺灣的優良母樹量化標準，把主觀的成份降到最少，同時將每一棵優良母樹進行 GPS 定位，並建立 DNA 指紋，作為日後採穗、採種的依據。

SECTION 8
SUPERIOR TREE RATING SHEET

Forest: _____ Forest Tree No. _____
 Ranger District: _____ Species: _____
 State: _____ Reference Point: _____
 County: _____ Bearing and distance
 to superior tree: _____
 Grades: _____ Description of
 reference point: _____
 Date: _____

The comparison trees will be the same species and located upon the same site, aspect, and slope, and within the same stand as the superior tree candidate.

Five Nearest Dominants or Co-dominants within Five Years of
Select Tree

	Total Ht.	Branch Ht.	DBH 17.3"	Form Class	Vol.	Age	Spec. Gravity
1							
2							
3							
4							
5							
Total							
Avg.							
Select Tree							

Site Index: _____

Selected Tree Score 1/

- Total Height.....
- Form Class.....
- Volume.....
- Age.....
- Crown Diameter.....
- Branch Diameter.....
- Branch Angle.....
- Straightness.....
- Pruning Ability.....

Total Score.....

Evidence of Flowering
Yes _____ No _____

1/ Trees with a minus score in more than one category will not be considered.

Remarks:

Comparisons for Categories 5, 6 and 7

Select tree is smaller, larger or same, compared to comparison trees for -

Crown Diameter			Branch Diameter			Branch Angle		
Smaller	Larger	Same	Smaller	Larger	Same	Smaller	Larger	Same

▲ 圖 9、南方松優良母樹鑑定標準

（一）種子園

我在美國學造林管理的第一個震撼就是所有的南方松種子園都建立在平坦的沙土地上。前者很容易瞭解，美國土地多，選平地建種子園，便於機械操作，後者與我原來對種子園的瞭解恰恰相反，向造林前輩們請教，才知道植物在逆境中，感覺到生命受威脅的時候，就會拼命開花結果，不想絕子絕孫。

種子園建立在沙土地上，就是要利用沙土貧瘠，造成逆境，再利用滴灌，控制母樹攝取的水分養分，促進開花結果；如果建立在肥沃的壤土上，母樹都長枝葉去了，難得開花結果。過去在建立例如肖楠、臺灣杉種子園時，可能沒有注意到這個種子園的基本

觀念，結果造成現在母樹只長枝葉、不開花結果的現象。

實務方面，南方松種子園株行距 10 公尺乘 10 公尺（圖 10），除了利用沙土地創造逆境，更透過滴灌，控制水分養分，催花促果，此外還在離母樹主幹 4 公尺的地方，每年切側根四邊中的一邊，給母樹施加壓力，催母樹開花結果。



▲ 圖 10、火炬松種子園

（二）後裔試驗

沒有後裔試驗的種子園，無法驗證育種的績效，形同虛設，所以後裔試驗是建立種子園非常重要的一環。前面看到的種源實驗，其實是後裔試驗對照組的一部分。育種的效果如表 2：

育種之後，最好的家系比本地的野生種，15 年後存活率提高 17%，樹高增加 4.5 英尺，胸徑加大 1.8 吋，銹病感染率降低 6%，可利用材積增加 65%。由此可見慎選優良母樹重要性和有計劃育種的效果。臺灣的種子園大多設在土壤肥沃的山坡地上，無法控制水分、養分，造成母樹不開花結果，更別提因為地形關係，在作業上所帶來的困擾了。

表 2、最優良家系與本地品種十五年生後裔試驗結果

- Best Family Performance
- -Cross: B-2-1x B-5-3
- -存活率 Survival: 86.5 %
- -樹高 Height: 67.2'
- -胸徑 Diameter: 10.5"
- -材積 Volume: 416.6 cu.ft./ac./yr.
-29.1 cu.m/ha/yr. -5.4 cds./ac./yr.
- -銹病感染率 Rust Infection: 10.0 %

- *Checklot Performance (對照組)
- South of Hwy 190 (Local) (本地種)
- -存活率 Survival: 69.8 %
- -樹高 Height: 62.8'
- -胸徑 Diameter: 8.7"
- -材積 Volume: 253.2 cu.ft./ac./yr.
-17.7 cu.m/ha/yr. -3.3 cds./ac./yr.
- -銹病感染率 Rust Infection: 16.3 %

五、壯苗

臺灣的苗圃，幾乎全部建立在土壤肥沃的壤土地上，自從民國 50 年代中期，更大量採用塑膠袋裝填肥沃的客土育苗，沿用至今。這種育苗方法，目的在提高造林成活率，但衍生了一些問題。眾所周知，塑膠袋育苗，經常造成盤根的問題，這就好比我們給樹苗纏足，到了造林地，拿掉塑膠袋，種在地上，成了解放腳。不管是纏足或是解放腳，種在造林地上，站不站得住，有時都成問題，上面臺灣檫木造林地上，有些樹苗，還要靠撐架才站得住，對日後林木的生長，更有負面的影響。為了造林成活，而不顧日後造林能否成林乃至成材，是否明智，值得商榷。就算不用塑膠袋，在肥沃的壤土上育苗，環境優越，結果樹苗地上部分

拼命長，相對龐大，地下部分相對弱小，起苗的時候，又折損一批根系，元氣大傷，用這種草莓族苗木造林，成活率不高，盡在意料之中。

六、沙地苗圃

苗圃其實就是造林的新兵訓練中心，凡是當過兵的人都知道，新兵一定要嚴格訓練，否則一上戰場，不死即傷。因此之故，所有南方松的苗圃，一律設在貧瘠的沙土地上。這是在美國學造林的第二個震撼。利用大田沙床，精密播種（圖 11），行距 15 公分，株距 2.5 公分，每平方公尺播種 200 粒。



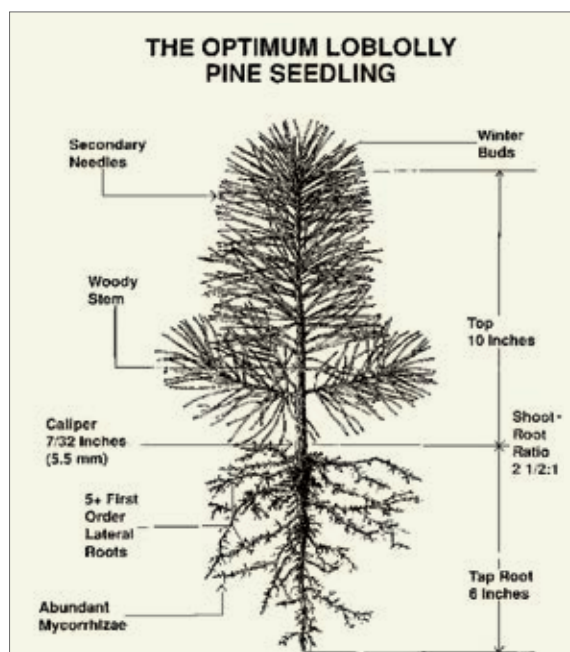
▲ 圖 11、雙排（double drill）精密播種

培育裸根苗。培養時為及早適應野外惡劣生長立地，不搭蔭網、定期切側根兩次、出栽前地上部切頂 3 次至同一規格、經常斷水斷肥，抑制地上部生長促進根系發育（如圖 12）。透過嚴格的新兵訓練，目的在培養如圖 13、14 的壯苗。

苗木強調的是根系的發育，根長 15 公分，必須有 5 條以上的側根，側根上長滿菌根，地徑 5.5 公厘，苗高 25 公分，地上地下部的



▲ 圖 12、沙床培育裸根苗



▲ 圖 13、火炬松理想苗木標準圖

重量比是 2.5 比 1。苗木出圃前還要練苗，這些飽經折磨的苗木，一旦種在造林地上，因為林地的條件比苗圃好，苗木容易成活、長大。一般來說，一年生的苗木苗高在 50 公分左右。

出圃的苗木，每把 250 株，根部泡過保水膠後，4 把 1,000 株，打成一包或一袋，立刻送進冷庫攝氏 3 度冷藏。等候客戶前來領



▲ 圖 14、壯碩的松樹裸根苗與盤根的相思樹塑膠袋苗

取。通常苗木冷藏 4 週之內，對成活率沒有顯著影響。

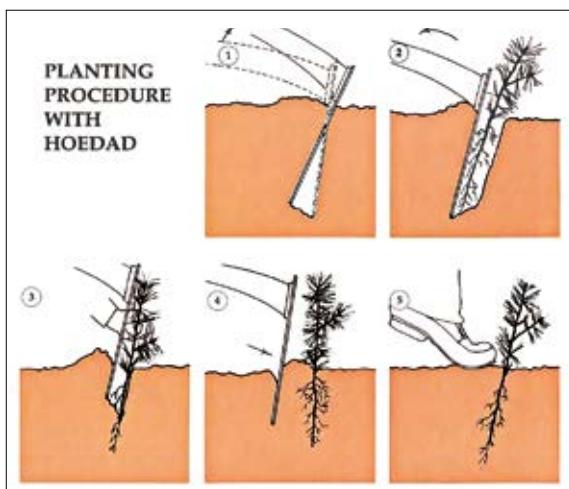
成本是培育裸根苗的一個重要原因，目前美國南方松樹裸根苗的成本是穴植管苗的 1/3，前者每株新臺幣 1.35 元，後者新臺幣 4 元。臺灣塑膠袋苗每株 17 元，是美國的南方松穴植管苗的 4 倍，這是臺灣造林費居高不下的的一個原因。每株造林成本關係到造林密度以及日後的疏伐、營林，以及能否獲利，下面再討論。

七、整地與栽植

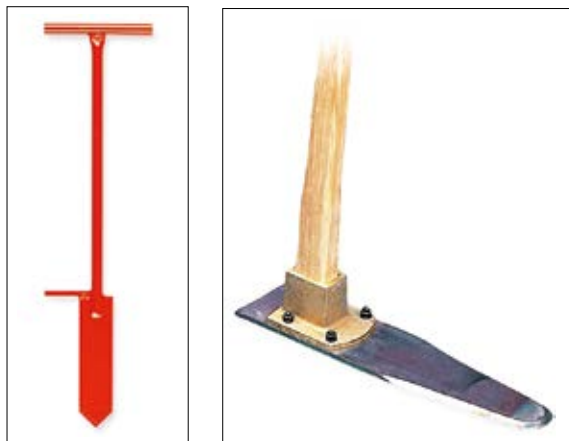
南方松造林整地主要是機械整地（mechanical site preparation）與殺草劑整地

（chemical site preparation）。機械整地常見的有 drum-chop，用一個有刀刃的滾筒把林地上的雜草灌木打碎，任其腐朽，及 shear, rake, pile and bed，用一個像推土機的鏟刀把雜灌木鏟倒（shear）、扒起（rake）、堆成排（pile），然後築床（bed）。堆起來的東西，過去常常放火燒掉，現在因為煙霧管制，燒的比較少，經常留在林地任其腐爛。機械整地費用大約是每公頃 500 美元，也因為煙霧管制，近年來，採用殺草劑整地的逐年增加，常用的殺草劑例如 Round-up、Oust 等等，費用便宜得多，每公頃大約 180 到 200 美元。如果營林控制得當，主伐前一年，控制焚燒林地，便利林分調查及伐木作業，造林時，常常不需整地，更加降低造林費用。臺灣林地鮮有控制焚燒，伐木後雜灌木叢生，整地費用高昂，乃在意料之中，然而不許使用殺草劑，自廢武功，任憑整地費用飛漲，令人費解。

造林栽植，南方松無論裸根苗或穴植管苗一律以一鋤法行之（圖 15），簡單易行，效率高，一般每人每天可栽植 2,400 株苗木，若造林地條件良好，生產力更高。常用栽植工具，主要為植樹器或山鋤（圖 16）。相對而言，在臺灣塑膠袋苗平均每株重 1 公斤，造林工人每次只能背負 30 株苗木，平均每日栽植 200 株樹苗，塑膠袋苗嚴重戕傷栽植效率，建議及早改用穴植管苗，乃至裸根苗造林，提升栽植效率。



▲ 圖 15、山鋤一鋤法工序



▲ 圖 16、植樹器（上左），山鋤（上右），窄頭鋤（下）

八、造林驗收與獎勵

造林完成後，業主即請林業技師進行驗收。若造林為政府獎勵造林，州政府即派員驗收。南方松造林驗收，以 1/100 英畝圓形樣區行之，逢機取樣，20 英畝以下取 16 個樣區（圖 17）。

▲ 圖 17、造林驗收及成活率調查表

現場驗收時，攜帶約 1 公尺長標杆，枝末端繫上 11.78 英尺繩子一條，取樣時將標桿插在地上，拿著繩子末端走一圈，畫出一個 1/100 英畝的圓形樣區，同時點數苗木株數，以每英畝 680 株為例，每樣區大約 6 至 8 株，不會數錯，再加上取樣容易，樣區取得多，提高取樣精確度。

點數栽植株數同時，檢查苗木是否栽植太淺、填土太鬆、死傷苗，另外每樣區用窄頭鋤（圖 16）抽檢栽植品質，檢查是否有窩

根現象。如此一來，驗收時，同時檢查造林的品質與數量。

反觀臺灣造林驗收，皆以 1/20 公頃長方形樣區行之，每樣區 20x25 公尺，首先樣區設立費時，再則點數容易出錯，以造林每公頃 1,500 株為例，點數樣區內 75 株苗木，容易出錯。復以樣區設立費時，樣區少，驗收精密度低，損及驗收報告信賴度。建議考慮以 4 公尺長繩子繫於標杆上，建立 1/200 公頃圓形樣區，因操作容易，可以設 4 倍於目前的樣區，提高驗收精確度。以目前每公頃 3 個 1/20 公頃的長方形樣區為例，若換成 12 個 1/200 公頃圓形樣區，同樣是 12 個點，後者的抽樣強度提高，更有進者，前者的自由度是 2，後者的自由度是 11，抽樣的精密度及作業的效率，孰優孰劣，建議做幾次平行實驗，便有分曉。

造林當年秋天，進行成活率調查，以同樣多的 1/100 英畝樣區，進行調查，記錄於同一張驗收報告上。一則調查造林成活率，二則複查驗收報告，其中奧妙，不言而喻。

為提高造林品質，提升成活率，林業公司經常設立獎勵制度。例如我常去拜訪的公

司，即設有當成活率高於 95% 以上時，每高出 1%，即另外給付 1% 之造林費以示鼓勵。絕大部分的造林包工，都認真栽植，希望秋後可以領到這筆獎金。

九、造林密度與營林

造林成活後，有了良種壯苗，速生豐產可期。最佳造林密度的決定，除了經濟上的考量，也必須將日後的市場與操作包括進去。以南方松為例，直徑年生長約半英寸，目標定在 12 年生胸高直徑 6 英寸時，進行疏伐，因此栽植計劃在 8 ~ 9 年生時達到林分鬱閉，引起樹冠下部枝條枯死，達成天然修枝；或在疏伐時，將枯死的枝條打落，完成修枝。疏伐後之林相，如圖 9。疏伐強度大約砍伐 50% 的株數及 40% 的胸高斷面積。現場操作，以行列疏伐進行，每四行砍一行，中間三行由兩邊巷道擇其劣者例如分叉或被壓木砍除。8 ~ 10 年後，林齡 20 ~ 24 年生時進行第二次疏伐。此時再砍伐大約 45% 的株數，35 ~ 40% 的胸高斷面積。現場操作，將保留三行的中間一行砍伐，然後兩旁生長緩慢，樹型

欠佳者亦同時移除。再 10 ~ 12 年後，林分 32 ~ 35 年生時，進行主伐。以株數計，造林每英畝 680 株，一年後 90 % 成活，約為 600 株。十二年生時疏伐前大約 520 株，疏伐後大約 260 株，二十二年生時，疏伐前大約 240 株，疏伐後每英畝 125 株。三十二年生主伐大約 110 株。多年經濟分析結果顯示，當利率超過 6 % 時，無第二次疏伐，二十四年生時即進行主伐。當利率在 5 ~ 6 % 之間時，疏伐兩次然後主伐。第一次疏伐，經濟效益非常顯著，可以增加土地期望值 35 % 左右。第二次疏伐，效益不大，增加土地期望值 3 ~ 5 % 左右。

十、結語

參考美國南方林業經驗，提出以上諸點，供國內先進同儕參考。同時也提出以下幾點建議：

1. 慎選造林樹種，必須大中小材皆可利用，多重利用，創造短中長期收入，彈性營林。另外樹種最好有特殊用途，為國外材所無法取代者，否則與國外廉價大宗木材正面衝突，

兇多吉少。肖楠與相思樹皆基於以上考量。

2. 針闊葉樹各選 1、2 種，徹底尋找優良母樹，建立 GPS 座標、DNA 指紋檔案。我們人力、財力、物力有限，無力亂槍打鳥。

3. 種子園亟待建立，生產良種，以為日後造林基礎。

4. 全面降低苗木生產成本，迫在眉睫，塑膠袋育苗，利少弊多，應及早廢除，儘速重建裸根苗育苗技術。

5. 整地除草禁用除草劑，是否明智，對水質有何影響，值得檢討。

6. 造林栽植密度須與疏伐、主伐相結合，確保疏伐木銷路。尤其應避免日後非商業性疏伐，徒增營林成本。

7. 造林驗收建議採用 1/200 公頃圓形樣區，實際操作，簡單易行，可多設樣區提高驗收精度。📍

(圖片／高遠文化)