



# 環工建設報導

## 造紙業廢棄物循環利用及能源回收

蔡東和 台灣區造紙工業同業公會前理事長

### 摘要

循環經濟早已是全球趨勢，也是國際造紙業永續發展之路。造紙業從過去仰賴砍樹製漿，發展至今日的精進造紙技術，大量地從消費者使用後的回收廢紙中擷取再生纖維作為造紙原料，並將回收廢紙中摻雜的廢棄物加以能源回收再利用，今日造紙業堪稱兼具先進造紙工藝與極佳能資源整合之產業，是非常典型且重要的循環經濟產業。本文將說明造紙業的能資源策略，探討造紙業如何透過廢棄物的循環利用及能源回收，發展可實現的循環經濟，並說明目前造紙循環鏈所遭遇的困境。

關鍵字：循環經濟、廢棄物能源化

### 一、造紙與能資源

現代化的造紙流程如表一所示，從原生林或回收廢紙再利用取得纖維製成紙製品，經由消費者使用後進入再利用系統，或是進行廢棄物焚化/掩埋處理，構成循環體系，使得造紙業成為完整的循環經濟產業，同時也是重要的民生基礎工業。根據台灣區造紙工業同業公會統計，2016年台灣回收紙消費量近 360 萬公噸，其中 288 萬公噸(80%)為國內收集，回收率約為 71.2%，高於全世界平均的 59%。除了少量出口，國內回收紙幾乎都作為再生原料，回收紙利用率為 75.1%，這些再生原料主要用於生產工業包裝用紙，除了創造回收紙的經濟價值外，造紙業每年回收使用約 360 萬噸巨量回收紙，相當於 7 座木柵焚化廠的年處理量，也讓 7,200 萬棵樹免於砍伐\*，如表一內圖表所示。

然而這些回收廢紙中卻含有 10~13%無法被回收利用的廢棄物，例如布帶、麻繩、不易回收的紙類、膠帶、塗料、白土等雜質...，也意謂著當國內造紙業回收使用 360 萬噸的回收廢紙，經由造紙流程取出纖維當成造紙原料後，剩下的是 40 餘萬噸的廢紙殘渣。然而，這些廢棄物並非由造紙廠所生產製造，而是社會消費紙類經由回收處理過程所殘留下來的，但其最終處理的重擔卻落到台灣的造紙業者身上；此外，回收纖維、木質素、造紙過程中的白水廢水經淨化後所產出的污泥也是造紙廢棄物之一，



也必須被委外處理、掩埋或進行熱回收處理。

此外，一年 40 餘萬噸的廢紙殘渣與污泥，約蘊藏三分之一的煤炭熱值，從廢棄物能源化的角度來看，相當於 15 萬噸的代煤量，對資源匱乏的台灣來說，這些廢棄物相當值得被回收再利用。又基於造紙業的特性，製紙流程中需要蒸氣、熱與電的投入，因此投資設置特殊設備進行再利用，將可大大優化造紙廠的能源結構，但這也需要具備一定規模產量的造紙廠才能具體實現。



表一 近年造紙產業現況說明



## 二、造紙業能資源策略

### (一) 發展背景

大型造紙廠所擁有的熱電比條件非常適合設立汽電共生廠，國內自 80 年代起先以煤炭做為高效率能源轉換的媒介；而木漿廠亦因整合性規模生產，以黑液再生能源供自給使用，使得造紙產業逐漸提升整體能源使用效率。隨著造紙業在邁向全球化及自由化的衝擊而受到嚴峻挑戰下，為了持續保有產業競爭力，除了充分應用以國內回收廢紙為主的再生資源做為原料外，更大幅提升自動化以及各式製程高效率省能設施、廢熱回收及汽電共生設備，同時精進生產操作及管理技術，得以有效逐年降低造紙業的能源消費量比重，以及單位產品能源耗量，相對地提升了產業能資源開發及成本的競爭力。

### (二) 發展契機

由於國內都市廢棄物處理問題不斷，新政策已規範都市焚化爐必須優先處理民生廢棄物，因此衍生事業廢棄物去化的問題；加上既有焚化爐對事業廢棄物處理能力不足且設備老舊，新的處理業之設立又頻遭環評卡關，還有國內掩埋場飽和與加重處理業違法罰則等，使得事業廢棄物處理成本不斷提高。而新政府為了解決這些民生問題，積極推動循環經濟與再生能源政策，並提高了再生能源躉購費率，此一境況間接可促進能資源有效回收再利用。

### (三) 發展優勢

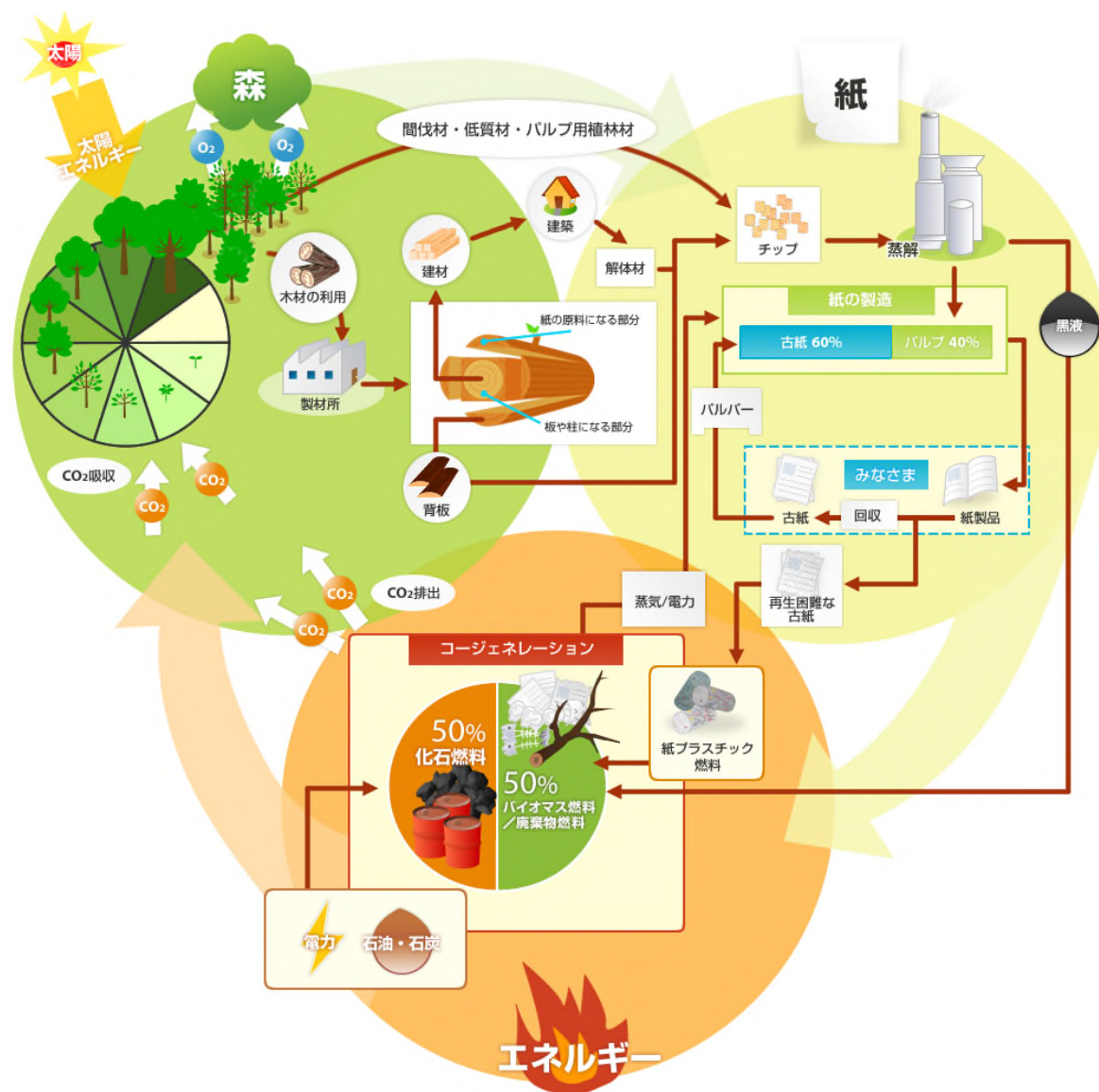
多年來造紙業配合國家 2020 年再生能源發展計劃，擁有汽電共生設備的大規模造紙廠，大都積極地進行推動廢棄物再生資源的發展利用。具正派經營與注重綠色生產的造紙業者，除了已經累積多年鍋爐操作經驗，更具備研發、工程、操作等完整技術團隊，配合學界與研究機構的技術支援，已對高熱值廢棄輪胎、製程排渣、污泥、熱固型衍生燃料等進行再生廢熱回收，並結合汽電共生高效率發電，以及新進綠色能源風力發電等之利用，以期逐步減少對化石燃料的依賴，降低二氧化碳排放量，達成提升能源轉換效率及減輕環境負荷雙重綜效，並因此創造具備國際綠色競爭力及永續發展的企業優勢。

### (四) 借鏡日本紙業經驗

如圖一所示，造紙業本身就是循環利用的產業，以 2015 年日本為例，紙產業廢棄物產生量為 510.1 萬噸，再資源化數量為 251.6 萬噸，最終處分量為 15.2 萬噸。其中廢棄物七成為有機污泥，再資源化最大宗是土木產業使用，取代了部份水泥。而日本造紙業訂下的 2020 年環境行動目標為：(1)產業廢棄物最終處分量要降低至 13 萬噸；(2)維持業界有效利用率 97.0%；(3)提升資源循環的品質，包括改善生產工程的效率、難以離解廢紙的利用技術，還有有效利用熱能回收等，持續開發與原料及燃料相關的技術應用。借鏡日本紙業經驗，管理面上應提高替代能源佔比，自行處理廠內



廢棄物以充分運用所能產生的能資源。



資料來源：日本製紙連合会 <https://www.jpa.gr.jp/env/cycloid-type/overview/index.html>

圖一、造紙業是資源循環型產業

### (五) 能資源策略

由於全球氣候變遷的議題漸漸受到社會的重視，企業發展必須兼顧環境永續的效益。為了減少溫室氣體的排放量，並邁向循環經濟產業發展，造紙業必須以能源結構優化與廢棄物自行處理為目標，也就是進行能資源整合為主要操作策略，如圖二所示，造紙業的能資源整合系統包括：

- (1) 投資先進大型紙機以提升生產效率、減少資源耗用。
- (2) 引進汽電共生設備，同時運用電力、蒸汽，以提升能源效率。
- (3) 生產用水循環使用，減少水資源耗用。
- (4) 運用區域優勢，引進風力發電、太陽能發電。
- (5) 廢棄物資源化：如將生質能及製程廢棄物製作成燃料棒，並開發污泥混燒技術，替代石化燃料；廢水處理後的沼氣再回收純化，投入熱回收鍋爐。
- (6) 生產製程以熱泵和 OCR 發電回收製程殘熱，減少製程熱源浪費。



圖二、造紙業能資源整合系統

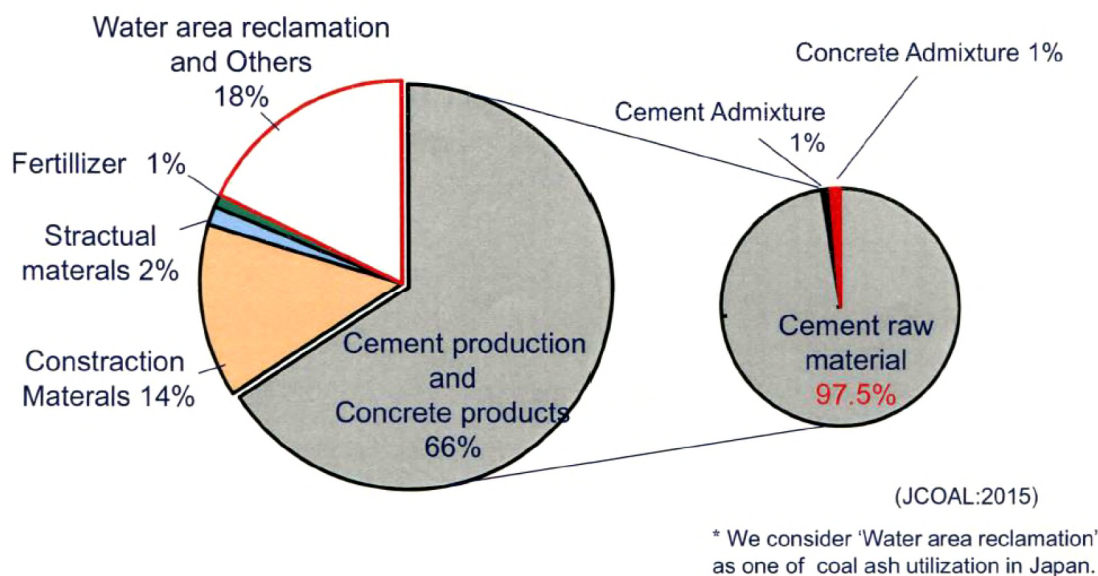
### 三、暢通循環鏈

以廢棄物循環利用和能源回收方式，逐步推動造紙業邁向循環經濟產業的過程，必須不斷提昇設備和技術，來克服相關的問題，並符合日益加嚴的環保政策與環保標準。例如：在電力上投資風力發電與太陽能發電等清潔能源，熱能上投資焚化爐、CFB、污泥乾燥、生質能/殘渣造粒、ORC 發電與沼氣鍋爐等，儘可能減少煤炭使用與委外處理廢棄物量。整體來說，整個能資源整合系統已經形成循環鏈，但混燒飛灰的去化有問題，使得循環鏈中斷。因此要順暢此循環鏈，政府必須協助企業解決混燒飛灰的去處，才能使循環鏈順暢運作。

以日本來說，根據台電 105 年「研習生質物混燒技術及煤灰再利用」之出國報告內容，截至 2013 年止，日本鍋爐飛灰、煤灰產量約 993 萬噸，再利用率自 2005 以來，



一直維持在 95~98%。煤灰再利用路徑有 66%用於水泥原料及混凝土產品，其中有 97.5%用於水泥生料、1%用於水泥熟料、1%用於混凝土摻料。有 18%用於海事工程(如：填海造陸)及其他，有 14%用於工程建設(如：道路基底、回填材料)，有 2%用於結構材料，有 1%用於肥料，詳如圖三所示。而底灰則大多再利用於道路基底與回填材料上。



圖三、日本煤灰的再利用路徑

日本對於紙業推動生質能混燒，除最高補助三分之一的投資金額外，並在生質能混燒灰去化上由政府協助以保持暢通。根據調查，日本的混燒飛灰主要是用在水泥生料，在法規上並無太多限制，但未來也計劃仿效歐洲，修改 JIS 規範來分級管理生質能混燒灰，以提昇混燒灰利用價值。其他關於混燒飛灰的研究包括電廠 RPF 飛灰與水及水泥混合後，以固化及造粒兩法利用，來作為道路路盤堆土材；日本廢輪胎片 (TDF)與煤炭混燒飛灰混入混凝土砂漿內再利用等等。此外，依日本文獻資料顯示，污泥混燒飛灰可再利用轉製之價值製品為製鋼用保溫材、土壤改良材(農業；建築土木)、水泥原料、土壤改良固化材、路盤材、廢水處理用材等等，其價值為僅次於純煤灰作為混凝土中水泥替代摻合料。

由於政府極力推廣綠色能源和無核家園，加上空污問題迫使電廠降載因應，缺電問題隨之而生。未來若是要推動生質能或是廢棄物發電，目前國內的法規尚未完備，民眾對於設廠存在疑慮且溝通困難，推動再生能源發電廠超過 500kW 需環評曠日費時且變數多，這些都還欠缺政府制定政策與法規支持，需要政府介入協助順暢造紙產業的循環鏈。



## 四、結論

### (一) 推動循環經濟，需要大企業投入

對造紙業來說，要讓整個產業投入循環經濟的循環鏈中，需要的是高資本投資，對於小規模的產業來說，投資效益較不理想。因此除了鼓勵大企業投入，更要推動產業共生，以甲公司的廢棄物是乙公司的原料（燃料），邁向「零廢棄、零排放」的 ECO 產銷系統。

### (二) 法規修改

要將廢棄物變成資源，在國內法規上仍有許多限制，包含環保法規與國家標準等需要適當修改，才能暢通循環鏈。

### (三) 混燒飛灰去化

混燒飛灰去化面臨既有掩埋場即將飽和去化困難，唯有學習日本將混燒飛灰資源化才是正確的道路。目前已知去化管道 CLSM 市場胃納有限，申請曠日費時費用又高；用在混凝土摻料又有工程管理的疑慮；若能應用在水泥原料，減少礦石的開採以達到成本（採礦、能源、碳稅...）及 CO<sub>2</sub> 排放減降，達到水泥業、造紙業與環保三贏。

### (四) 政府協調

從造紙業推動廢棄物循環利用和能源回收來看循環經濟，能資源整合是最佳選擇，優良企業已經有意願且有技術支持，唯缺政府的整合與推動，地方政府與民眾疑慮需要政府介入協調，才能推動成功。

\*註 1：木柵焚化廠設計處理量為 1,500 噸/日；1 噸廢紙約等於 20 棵樹