

蔡倫發明紙與中國古代的永續發展

（紀念蔡倫造紙成功一千九百年）

劉廣定

（國立臺灣大學化學系，本會會友）

引言

「紙」是中國對世界文明發展產生巨大影響的四大發明之一。據史書記載，「紙」乃蔡倫在東漢和帝元興元年（公元105年）所發明。然而，近半世紀來多次考古發掘，在「西漢」或蔡倫之前的「東漢初期」遺址和墓葬中發現了一些「紙狀物」。有些人認為是「紙」，故以紙非蔡倫所發明。但又有些人由「紙狀物」質地的分析、考古斷代的可靠性以及其他旁證，肯定蔡倫發明紙之說。爭議迄未平息。淺見以為或可從不同方向探討此一問題，故於今（2005）年七月24-30日在北京市舉行的第22屆世界科學史大會，曾以英文發表“INVENTION AND RECYCLING OF PAPER. CHEMICAL TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN ANCIENT AND MEDIEVAL CHINA”論文一篇。今逢中國造紙學會第12屆年會，乃就該篇增刪改寫，求教於方家，並紀念蔡倫造紙成功一千九百年。

蔡倫造紙為書寫

「蔡倫造紙」的最早記載見於《東觀漢紀》卷二十：

蔡倫字敬仲，桂陽人，為中常侍。有才學，盡忠重慎。每至休沐，輒閉門絕賓客，曝體田野，典作尚方。造意用樹皮及敝布魚網作紙。案一本作：倫典尚方作紙，用故麻名麻紙，木皮名穀紙，魚網名網紙。元興元年奏上之。帝善其能，自是莫不用，天下咸稱蔡侯紙。(1)

較後出的《後漢書》卷一百八中也說：

蔡倫字敬仲，桂陽人也。…永元九年，監作秘劍及諸器械，莫不精工堅密為後世法。自古書契多編以竹簡，其用縑帛者謂之紙。縑貴而簡重，並不便於人。倫乃造意用樹膚、麻頭及敝布、魚網以為紙，元興元年奏上之。帝善其能，自是莫不用，天下咸稱蔡侯紙。(2)

說明當時是因為「縑貴而簡重」不便書寫而嘗試製造「紙」，也因此東漢末年人劉熙的《釋名》中「釋書契十九」即說：「紙，砥也，謂平滑如砥石也」(3)，可知平滑、利於書寫是紙的特性。再者，西漢元帝時期（公元前48-33年）史游所撰的《急就篇》（又稱《急就章》）解說眾物，其中無「紙」。與書寫有關的只包括「簡、札、檢、署、檠、牘、家」(4)。

然而，由於考古發掘所得「西漢」或「東漢初期」的「紙狀物」上並無「字跡」，有人即認為發明「紙」非為書寫，而是為包裹、襯墊等日常生活之用。(5) 最近甚至還有人認為是「包魚之用」。(6) 下節中筆者將就此點加以討論。

中國古代之永續發展觀念

近年來，「永續發展」(sustainable development，或譯成「可持續發展」)是國際上逐漸形成之重要新觀念。據1987年聯合國「世界環境與發展委員會(WCED)」報告書之定義：能滿足當代所需但不損及後代滿足其所需之發展稱為「永續發展」。這一觀念之形成始於一九五零年代後期日本因化學工業汞汙染及鎘汙染造成了嚴重「職業病」，工業的「公害」問題開始受到重視。1962年美國《寂靜的春天》(The Silent Spring)一書問世後，漸喚起世人對保護生存環境的重視。到了1984年印度波帕(Bhopal)地方化工廠異氰酸甲酯洩漏，死人數千，損失數億美元，「環境保護」意識幾乎已在各工業國家普遍生成。

1992年六月，聯合國在巴西里約熱內盧召開首屆「環境與發展」會議，議定「廿一世紀待辦事項」(Agenda 21) 40章。1993年又成立了「永續發展委員會」，宣導加強世人認識自然、保護環境之觀念外，並採積極的態度以創新之發明與設計來促成世界進步，以使環境、經濟和人類社會得以同時永續發展。國際純粹及應用化學會(IUPAC)與經濟合作發展組織(OECD)也於1999年六月在巴黎的聯合會議擬定「永續化學(Sustainable Chemistry，或譯成「綠色化學」)計畫」。其中優先推展的「研究與發展」部分又在翌年十月，於日本東京舉辦的「永續化學研習會」裏歸納出永續性產品與製程的三個大原則，其第一項即：使用可反覆利用或可再生的原料。(7)

然中國古代早有永續發展之觀念。如《孟子》「梁惠王」篇云：(8)

不違農時，穀不可勝食也；數罟不入洿池，魚鼈不可勝食也；斧斤以時入山林，材木不可勝用也。穀與魚鼈不可勝食，材木不可勝用，是使民養生喪死無憾也。養生喪死無憾，王道之始也。

大約於公元前50年西漢後期編成的《禮記》「月令」篇則說：(9)

孟春之月…禁止伐木。(卷十四)；

仲春之月…毋竭川澤，毋漉陂池，毋焚山林…。

季春之月…無伐桑柘…。

孟夏之月…毋伐大樹…。(卷十五)；

仲夏之月…毋刈艾藍以染，毋燒灰…。

季夏之月…樹木方盛…毋有斬伐…。(卷十六)；

季秋之月…草木黃落，乃伐薪為炭…。

仲冬之月…伐木取竹箭…(卷十七)。

戰國時期之《呂氏春秋》也有同樣的觀點。在在表示古代中國人早有節約、保護天然資

源之「永續發展」觀念。而不奢侈浪費也是傳統的思想，例如《韓非子》〈十過〉篇有由余對秦穆公論「得國失國」，「以簡得之，以奢失之」的說法：(10)

昔者堯有天下，飯於土簋，啜於土鋤，其地南至交趾，北至幽都，東西至日月之所出入者，莫不賓服。堯禪天下，虞舜受之，作為食器，斬山木而財之，削鋸修之跡，流漆墨其上，輸之於宮，以為食器，諸侯以為益侈，國之不服者十三…

西漢末年劉向編《說苑》時，除收此段在其〈反質〉一卷中，另有侯生說秦始皇「奢侈失本，淫佚趨末…陛下坐而待亡耳…」一文(11)。均可為證。

中國早有洗滌後可以重複使用的布類，可做為包裹、襯墊等用。故可推想：實無製造不能洗滌、不能重複使用的「紙類」為此用途之必要，蓋有違節約物資之原則也。

造紙是永續發展的最早化學實例

更重要的是：「造紙」不僅是中華民族對世界文明史的一大貢獻，而蔡倫利用樹皮、破布，舊漁網和織布剩下的麻頭等「廢棄物」製成有用物品，是永續化學發展的最早實例。

案中國人早自「漂絮」而獲纖維形成的氈狀薄片之經驗(12)。洗滌衣物時之捶打也可能發覺其陳舊者有變質的現象。蔡倫所用之破布、舊漁網和麻頭都是以纖維素為主要成分。樹皮應是指用過的「樹皮布」，(13)其中除纖維素外還有木質素。現代的方法是用鹼水（氫氧化鈉）浸煮而將兩者分離。當時何以知道這種化學反應呢？很可能是由於他用的破布，舊漁網等都曾經過多次洗滌，但其中仍混有洗滌用的草灰而具鹼性，或他先用草灰洗滌原料但未完全沖洗除淨。故在水中能將樹皮內不溶於鹼的纖維素與可溶於鹼的木質素分離。纖維素部分以水浸舂搗後分解，再經抄紙，濾去水份就能形成「紙」。前引《東觀漢紀》及《後漢書》均言是蔡倫的「造意」，實是正確的描述。

中國人在「造紙」的永續發展上還有一項值得稱道的，是將用過的廢紙製造「再生紙」。筆者推測蔡倫最初試驗時，即取製作失敗或品質不好的產物反復使用，嘗試改進。故後人因之。最早的文獻記載為北宋初年人陶穀《清異錄》，其所記為唐及五代軼事，卷四有「化化牋」條云：(14)

記未冠時遊龍門山寺，欲留詩，求紙。僧以皺紙進，余題大字曰化化牋還之。僧慚懼躬揖，請其故。答曰：紙之窟惡則供溷材，一化也。丐徒取諸園廁積之家，匠買別抄，麩麵店肆妝芭果藥，遂成此紙，二化也。故曰化化牋。備雜用可也，載字畫不可也。

說明劣質紙及污穢紙經重製而得「皺紙」，可供「雜用」而不浪廢。至於品質好的紙，再生後則可用來書寫，據潘吉星先生報告，北京中國歷史博物館所藏，北宋太祖乾德五年（公元967年）的敦煌石室寫經用麻紙含有「未經搗碎的故紙殘片」，是最早的「再生紙」實物。(15)另據《宋史》記載，南宋孝宗隆興元年（公元1163年）「湖南漕司根刷舉人廢卷及已毀抹茶引故紙應副，抄作會子」(16)，說明乃用落榜者之試卷與已廢的賣茶執照，重經製漿、抄作以造紙印鈔。此將大量廢紙回收後再生利用之舉，應是手

工業史上的最早記錄。

案化學製程之產品或廢棄物，理論上經過適當處理大多可能再利用。其中又以無機化合物及金屬，因較為安定、結構也較單純，而易達到目的。青銅、黃銅與鐵器等之重鑄，自古已然；玻璃經熔融再製，亦有長久歷史。但有機化合物則由於安定性稍差，結構、反應皆較複雜，因而困難度高，古代尤為不易。我國古代利用廢紙再生，可能是世界回收利用有機化合物之濫觴。

結論

中國人自古即有節約、保護天然資源之「永續發展」觀念。發明「紙」是為書寫，而非為包裹、襯墊等日常生活之用。蔡倫「造紙」不僅是中華民族對世界文明史的一大貢獻，他利用廢棄物「造紙」是永續化學發展的最早實例。而中國人回收廢紙再生利用應是手工業史上的最早記錄，也可能是世界回收利用有機化合物之濫觴。其價值不可忽視。

注釋

- (1) 《東觀漢紀》，中華書局「四部備要」據掃葉山房本校刊本。
- (2) 《後漢書》，文淵閣四庫全書臺灣商務印書館影印本。
- (3) 《釋名》卷六，文淵閣四庫全書臺灣商務印書館影印本。
- (4) 《急就篇》卷三，文淵閣四庫全書臺灣商務印書館影印本。
- (5) 例如: Tsien Tsuen-Hsuein, *Science & Civilisations in China*, Vol. V:1, p. 2, Cambridge University Press, 1985; Temple, R, *The Genius of China*, Simon and Schuster, pp. 81-82, 1986; 潘吉星：《中國科學技術史 造紙與印刷卷》第一章，科學出版社，1998年。
- (6) Edwards, M. "Han Dynasty," *National Geographic*, 2004, 201(2), 2-29.
- (7) 以上敘述參考 *Collection of Documents for IUPAC Workshop on Green Chemistry Education, Venice-Italy, September 12-14, 2001*.
- (8) 《孟子注疏》卷一上，「重刊宋本十三經注疏」臺灣藝文印書館影印本。
- (9) 《禮記注疏》，「重刊宋本十三經注疏」臺灣藝文印書館影印本。
- (10) 《韓非子》卷三，文淵閣四庫全書臺灣商務印書館影印本。
- (11) 《說苑》卷二十，文淵閣四庫全書臺灣商務印書館影印本。
- (12) 勞榦，《中央研究院歷史語言研究所集刊》第19本，489頁，1948年。
- (13) 凌純聲，《樹皮布印文陶與造紙印刷術發明》第一章，中央研究院民族學研究所，1963。
- (14) 《清異錄》，「叢書集成初編」臺灣藝文印書館影印本。
- (15) 潘吉星：《文物》1966年第三期，39-47頁；《中國科學技術史 造紙與印刷卷》，科學出版社，1998年，192頁。
- (16) 《宋史》卷一八一，文淵閣四庫全書臺灣商務印書館影印本。