

NAMI 納米複合疏水和疏油 可生物降解紙材料

“ 一次性塑膠製品例如餐具、食品包裝或個人護理產品難以回收，經常被當成垃圾而棄置於堆填區，而塑膠製品大多未能生物降解，長期加重堆填區的負荷。根據香港特區政府環境保護署發表的《香港固體廢物監察報告》，2019年於堆填區棄置的塑膠都市固體廢物每日平均量為2,320公噸，其中塑膠餐具佔160公噸。自2018年以來，全球多個國家及地區已對特定的一次性塑膠製品（例如膠袋、餐具、飲管和發泡膠餐盒）的使用、生產或進口實施了限制。《巴塞爾公約》自2021年開始加強對塑膠廢料越境轉移的管制，而中國內地亦已在2018年底全面禁止所有廢塑膠進口。因此當業界不能避免使用一次性包裝時，應盡量使用可生物降解或可回收的包裝材料。 ”

回收複合紙包裝

空氣中的氧氣可與油或脂肪產生氧化反應，而水分則可引致食品或產品的質地、風味、營養價值和微生物的生長發生變化，導致食品或產品的質量下降。因此食品和個人護理產品的包裝物料一般會使用由紙、塑膠如聚乙烯（PE）、聚對苯二甲酸乙二醇酯（PET），以及鋁組成的複合紙包裝。PE、PET和鋁均具有良好的氧氣和水分阻隔性能，可避免環境中的水分和氣體對食品或產品的活性成分產生影響。

雖然PE、PET、鋁和紙皆為可回收物料，但因為被食物、飲料和其他化學成分污染，導致這些複合紙包裝難以回收。由於分類、收集和清潔這些複合紙包裝再進行材料層分離和回收的工序繁複和困難，因此香港目前仍未能大量回收複合紙包裝。以紙包飲品等多層複合紙利樂包裝（Tetra Pak）為例，現時香港只有一家回收廠，將紙包飲品盒中的紙與塑膠、鋁分離，並製成再生紙漿出口，或加工成如廁紙或抹手

紙等再生紙製品。因目前技術未能有效地分離飲品盒中剩餘的塑膠和鋁，所以只可製成「膠鋁混合物」（PolyAl），降級再造成一次性物品。

現時複合疏水和疏油材料

儘管紙和纖維素材料具有非常好的生物降解性，但其氧氣和濕氣阻隔性能較差，所以紙包裝材料常會使用塑膠和含氟化合物，例如全氟烷基和多氟烷基物質（PFAS）及六氟環氧丙烷二聚酸（HFPO-DA 或 GenX）化合物與紙漿混合或塗佈在包裝紙上。但PFAS對人體有潛在害處；另外，美國國家環境保護局指出，口服接觸GenX化合物對作實驗動物的肝臟、腎臟、血液、免疫系統及發育中的胎兒產生影響。GenX類化學品對光解、水解和生物降解具有穩定性，在空氣、水、土壤和沉積物中具有持久性（即半衰期超過六個月）。由於在環境中具有高度持久性，在一些地區的地表水、地下水、成品飲用水、雨水和空氣排放物中也曾發現GenX化學品。

因此，當不可避免需要使用一次性包裝時，應針對良好耐水性和耐油性、在可生物降解及不含 PFAS 或 GenX 的前提下，研發新型的包裝材料，以替代含有 PolyAI 和對健康有潛在不利影響的氟化紙包裝。

NAMI 納米 複合疏水和疏油之 可生物降解材料

為了滿足市場、工業及消費者對高性能可生物降解包裝材料的需求，納米及先進材料研發院（下稱：NAMI），研發以紙或纖維素為基礎材料的納米複合疏水和疏油的可生物降解材料，其潛在應用包括一次性餐具，以及冷凍食品、個人護理和衛生等產品的包裝。雖然紙張成本低並可生物降解，但其強度、耐油和防潮、阻隔氧氣和水蒸氣性能均不及常用的塑膠複合材料。這款新研發的納米複合可生物降解紙包裝材料在拉伸強度、黏合性、氧氣透過率（OTR）、水蒸氣透過率（WVTR）、紫外線／可見光阻隔能力、疏水性、疏油性、耐水性和耐油性等特性經過優化，以配合不同包裝材料產品的應用。

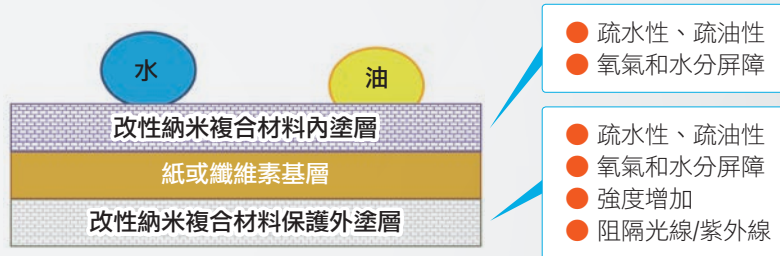
NAMI 納米複合材料以液態形式施加在紙張或纖維素基礎材料的表面上，乾燥後形成固態納米複合材料薄膜層。圖一概括了這納米複合疏水和疏油可生物降解紙材料的基本材料層分佈及部分特性。

NAMI 對可生物降解聚合物及部分配方原材料進行化學改性，使納米複合材料的表面具有疏水及疏油性，可用於食品或個人護理產品的接觸層；除此之外，又在納米複合材料配方中加入納米顆粒如天然納米黏土，納米顆粒與可生物降解聚合物和紙張表面相互作用，形成分散良好的納米複合材料，從而對氧氣和水蒸氣的穿透形成曲折的路徑（如圖二），增強納米複合材料的氧氣和水蒸氣阻隔性能，有助保持產品的質量並延長其保質期。

根據不同用途及所需特性，NAMI 亦可對納米複合材料進行成分材料化學改性及配方調整，例如在納米複合材料配方中加入符合食品安全的其他納米材料，以增強複合紙材料的阻隔紫外線／可見光或抗菌等能力；此外，亦會對研發的納米複合包裝紙材料進行一系列的分析測試，例如拉伸強度、OTR、WVTR、食品安全接觸測試及產品穩定性測試等，以配合不同業界合作夥伴的需要。

NAMI 開發的納米複合疏水和疏油可生物降解紙材料為減少一次性塑膠製品提供了有效的替代方案。此納米複合材料不含 PFAS，並可生物降解，適合應用於食品、個人護理和衛生用品等的包裝材料。NAMI 亦與本地業界合作夥伴共同努力將材料技術商品化，期望為行業提供一種新型環保包裝材料，取代現有不可生物降解或對健康有潛在影響的包裝物料。■

圖一 NAMI 納米複合疏水和疏油可生物降解紙包裝的材料層分佈及部分特性。



圖二 納米複合材料層可有效阻隔氧氣和水分的穿透。

