

紙板機的微生物控制對系統中白水水質及濕端操作的改善

蘇裕昌*

Effects of Microbial Control in a Paper Board Machine System on Improvement of Whitewater Quality and Wet-End Operation Efficiency

Yu-Chang Su*

Summary

Raw materials for linerboard manufacturing contain much amounts of starch, than those of other of paper species, and lead to microbial proliferation and causes for slime formation. Starch decomposition worsening water quality, ORP, pH, conductivity, PCD, Turbidity were increased, And negative effects of wet-end chemicals fixing were also shown. Excessive microbial proliferation resulted anaerobic state of whole board manufacture process and this promotes the decomposition of starch by microorganisms. However, if the system is keeping aerobic microbial decomposition of starch will be inhibited.

In this paper, firstly discussion on the starch and its decomposition products in the system causing reduction of productivity, paper quality. And evaluation of resulting problems were also made.

Secondly, discussion on using of new microbial control concepts with Fuzzicide are suitable for the use of achievement of microbial control, by inhibition of amylase activity to prevent decomposition of starch, resulting cleanliness of the system were reviewed

Lastly, results of using Fuzzicide for new microbial control concept for the whole papermaking system on water quality, wet-end operation efficiency, and confirmation of enhancement on paper machine productivity and reduction of specific consumption of process were also discussed.

Keywords: vacuum system, liquid ring pump, system curve, vacuum pump curve, operating point. slime control, inorganic slime control reagents, fuzzicide, microbial control concepts, whitewater quality, wet-end-operation

一、緒言

最近各國之紙板製造工廠的趨勢，抄紙系統的密閉化、採用中性抄紙、降低用水原單位、瓦楞廢紙原料配合率的增加、環境負荷少之價廉廢紙原料、大型高速紙機大量生產等，因此導致在抄紙系統形成碳酸鈣等，及粘著物或菌泥等有機物等容易附著堆積環境。此外，抄紙機的高速化，製品機上塗布之輕量化等原因，僅僅少量的異物混入或掉落等也會容易導致發生紙張之缺點、斷紙等，更隨著抄紙機的大型高速化，而延長連續操業時間，導致紙機白水槽、或損紙槽內由於無機物及有機物堆積與累積，而影響抄紙機生產效率等。因此，不僅抄紙系統中的原料系統、備漿/調漿系統、回收系統等，整體造紙系統中均必須

建立可維持潔淨的處理技術為目前的現況(蘇裕昌，2016a)、(蘇裕昌，2016b)、(蘇裕昌，2017)、(日高勝彥 et al., 2010)。此外，因節水、省資源的關心與活動高騰，而有用水的密閉化，廢紙配合的增加，塗布損紙的配合量增加等的實施，系統內白水中的澱粉濃度呈增高的趨勢，澱粉類成分及其降解產物等，可以作為細菌增殖的營養源，而使微生物容易多量繁殖，高度的活化了抄紙系統中厭氧性菌的代謝活動，而使系統中的硫酸根轉換成硫化氫、澱粉等碳水化合物轉換為有機酸等臭味物質的發生(蘇裕昌，2016a)、(外城稔雄，2013)。有機酸的高生成量導致系統pH的降低、碳酸鈣的溶解而使導電度的上昇、白水硬度上昇，而降低上膠劑等濕端添加製品的安定性、定著性能變

差的疑慮及系統留存率的降低(蘇裕昌, 2016a)、(蘇裕昌, 編排中)。除此之外, 紙板製造工場, 使用低品質瓦楞廢紙及雜誌廢紙等不安定品質的原料, 也必需製備出一定品質的產品, 同時也必須維持國內外包裝材料市場的價格及競爭力的要求下, 必須達到更進一步的生產性向上與降低原單位等要求。

本文報告首先討論(1).系統中的澱粉及其分解產物如何影響生產性及品質降低的現況及導致各種障礙的發生可能性進行討論及評估。並討論(2).採用適合在中鹼性抄紙系統使用之無機類抗菌劑 Fuzzicide 之新微生物控制概念、達到微生物控制、以 Fuzzicide 抑制微生物所生成並釋出多量澱粉分解酵素的「澱粉酶」活性防止對內添澱粉分解、及其對系統的潔淨化的影響。最後針對(3).Fuzzicide 之新微生物控制概念對全系統中水質中的微生物控制、潔淨化處理、與改善濕端操作的處理結果, 並確認到提升紙機的生產性與降低藥品原單位等進行報告與討論。

二、抄紙系統中的澱粉及其分解產物對紙機生產性及其對成紙的品質影響

(一)、造紙系統中使用的澱粉

製紙產業中澱粉以複數的目的被大量使用(石田光雄, 2010)、(外城稔雄, 2013), 其使用量可以說是全產業中使用最多的, 在備漿及抄紙工程中, 以內添法、或表面上膠的方式添加澱粉以提升紙力與挺度等、改善填料留存、改善紙匹脫水性、提升印刷耐受力及其他表面性質等, 更由於廢紙或損紙作為原料, 這種原料中在最初的製造加工工程中使用有多數及多種類的澱粉, 隨廢紙原料的使用將澱粉帶入系統(如表 1)(石田光雄, 2010)。近年來為了節水省資源的關心與活動高騰, 如用水的密閉化、廢紙配合的增加、塗布損紙的配合量增加等的實施, 系統內的澱粉濃度呈增高的趨勢。結果, 導致在備漿及抄紙工程中, 由於澱粉作為微生物營養源而使微生物容易繁殖, 更因微生物生成並釋出多量澱粉分解酵素「澱粉酶」促進內添澱粉的分解, 而可能導致各種障礙的發生。

表 1. 造紙系統中使用澱粉的種類及使用目的(石田光雄, 2010)

用途	澱粉種類	澱粉的形態及特性	使用法及使用效果
內添用澱粉	陽離子性 兩性	粘度：高 帶正電	在紙漿懸浮液中添加, 紙力提升、填料留存改善、紙匹脫水改善
上膠輥用澱粉	氧化澱粉 酸變性澱粉 酵素變性澱粉	粘度：中•低 流動性佳	澱粉溶液在紙匹表面塗布、提升表面強度、紙力提升、提升印刷耐受力、挺度提升、及其他表面性質的改善
塗布用澱粉	氧化澱粉 酸變性澱粉 酵素變性澱粉 磷酸澱粉	粘度：低 流動性佳 與顏料混合性佳 不會凝集	顏料與澱粉液體混合之塗料在乾燥紙面上均一塗布扮演增粘劑的機能製備出容易均一塗布之塗料提升紙張表面強度
層間接著用澱粉	未加工澱粉 磷酸澱粉	粘度：高 配合紙板抄造條件之糊化溫度	在紙層與紙層間噴入澱粉, 不須製備澱粉糊之設備, 紙層與紙層間距強接著力
瓦楞紙板用澱粉	未加工澱粉 可溶性澱粉	粘度：高 糊劑具強鹼性	澱粉以強鹼糊化在波浪形的瓦楞頂上塗布與平面的裱面紙板接著不須設備也可製糊

(二)、備漿及抄紙工程中所使用的澱粉

備漿及抄紙工程中為了提高留存/滷水性、微細成分的定著、乾燥紙力的增強、提升上膠度等目的等，常在紙漿漿液中添加內添澱粉(如表 1)。一般，內添澱粉常預先在澱粉上導入離子性基的陽離子性澱粉、或兩性變性澱粉之故，幾乎可以多量定著在纖維上而少部分流出在白水中。此外，在紙板製造工程的全工程中，除了使用內添澱粉以外，尚有使用表面上膠澱粉、塗布(塗布液的黏著劑，及增加層間接著的噴霧型紙力劑)等用途的澱粉，此時所採用的澱粉一般為未變性澱粉。各種用途使用的澱粉比率，表面上膠澱粉:塗布澱粉:內添澱粉:噴霧澱粉約為 60:15:15:10。因此在製造各種紙製品時，以經由上膠輾上膠的乾損紙上含有較多量的澱粉，是備漿、抄紙製程白水中主要的澱粉供給源(圖 1)(日高勝彦 et al., 2010)。再者，廢瓦楞紙原料中尚含多量的貼合糊劑澱粉等。在備漿工程、抄紙工程流入白水系統的澱粉，被主要的細菌的微生物分解成為作為能量源的糖原(Glycogen)貯藏蓄積，或著細菌為了抵抗外界嚴峻環境、殺菌劑等而細胞變換為細胞外多聚糖(Extracellular polysaccharide)。糖原等貯藏性物質是等為主要增加排放水的負荷，微生物所蓄積之細胞外多糖類則是微生物形成菌泥，造成汙染紙機系統、紙面缺點、或活性汙泥發泡等的原因(益永茂樹 et al., 1980)。近年造紙白水系統中澱粉的增加常被認為是造成增大廢水負荷的重要原因之一，在原料調製、抄紙工程及廢水處理工程中因為有多量澱粉的存在，影響與利用澱粉作為營養源的微生物之代謝活動，而造紙工場造成生產性及影響後續廢水活性汙泥處理等(山本琢二, 2006; 2015)。

(三)、紙板與其他紙種製程中的澱粉含量對微生物增殖的影響及比較

以瓦楞廢紙為原料製造裱面紙板及芯紙時，因廢紙中含有的澱粉類乾燥紙力劑、層間接著劑、表面上膠劑、瓦楞機接著劑等，其中的澱粉含量約 10%左右。以這些瓦楞廢紙作為原料使用，如圖 1 所示在紙板製造工程各系統中原料漿液中所含之澱粉量，較其他紙種約多含 2~10 倍。

紙板製造工程中因這些澱粉可作為微生物的營養源之故，較其他紙種有較高的平均菌數(如圖 2)，菌數與澱粉量約呈正相關。此外，在系統中內多數厭氧菌的存在消費了系統內的溶存氧氣，使氧化還原電位(Oxidation Reduction Potential, ORP)呈負電，因而全系統白水常呈厭氧狀態是以

廢紙做原料抄製紙板工程時的特徵(圖 3)。在如此狀況下的紙板製造工程，因而可預想可能會較其他紙種的製程，因微生物所起問題應較為嚴重，來自菌泥本身的缺點以外的問題並不明顯。再者，在紙板製造現場，隨原料在夏季時因微生物產生之腐敗導致紙力的降低，紙力劑、上膠劑等濕端藥品的使用量增加，及可能導致硫化氫、揮發性脂肪酸等地臭問題的發生，而被推論也是來自微生物未能達到充分的控制產生的問題(桂仁樹 et al., 2011)。

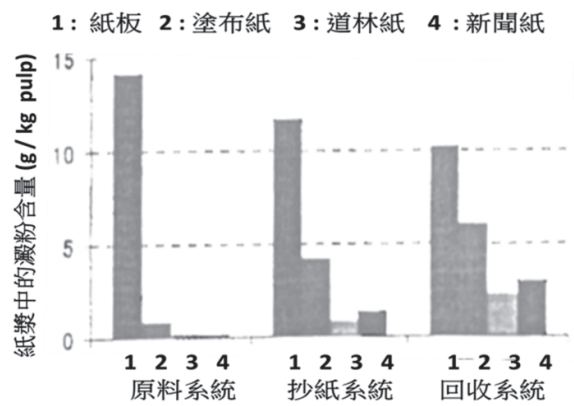


圖 1. 各紙種漿液中澱粉量的比較(桂仁樹 et al., 2011)

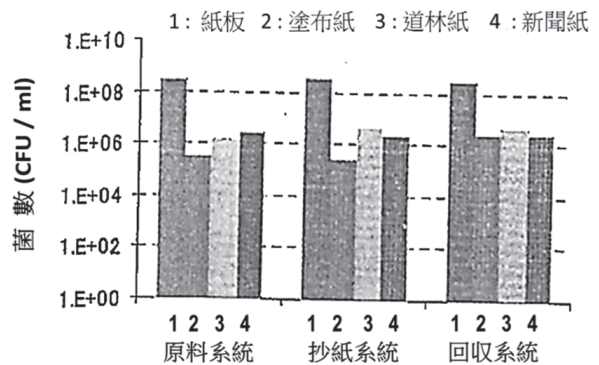


圖 2. 各紙種漿液中菌數平均值的比較(桂仁樹 et al., 2011)

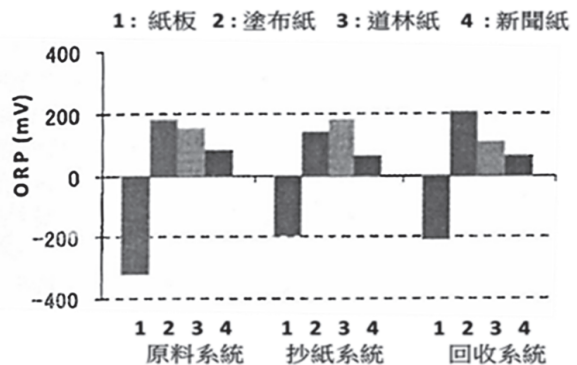


圖 3. 各紙種漿液中 ORP 的比較(桂仁樹 et al., 2011)

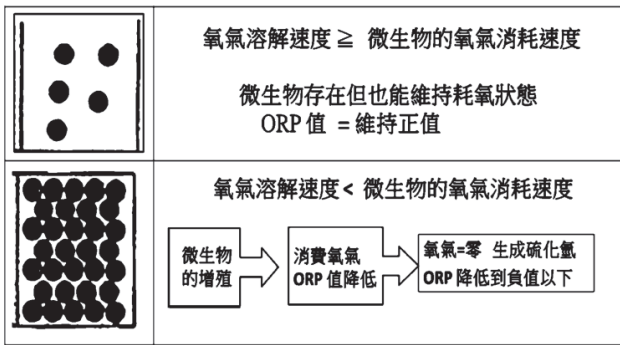


圖 4. 以 ORP 監測系統中微生物之增殖及狀態(桂仁樹 et al., 2011)

(三)、微生物分解瓦楞廢紙中澱粉對系統狀態的影響

1. 澱粉分解的實驗室試驗及試驗條件

一般紙板製造工程中系統內全體呈厭氧狀態為其特徵。因此，分別比較在好氧與厭氧狀態下微生物對澱粉分解量的影響以實驗室試驗進行確認。實驗室試驗用漿液是以瓦楞紙以自來水混合後以打漿機打漿至 CSF=300 mL 左右，以紙機白水並進行種菌的接種。漿液在 35°C 培養 3 天，條件 1. 好氧狀態：將漿液振盪強制的導入空氣。條件 2. 厭氧狀態：將漿液靜置使其達到無氧狀態。

上述培養前後紙中的澱粉量已知重量的手抄紙浸漬在 90°C 加熱之純水中，水中溶出之澱粉量以碘澱粉反應的比色法定量之並計算單位紙漿重量中的澱粉含量。系統的好氧與厭氧狀態的確認可以使用 ORP 計判斷，如圖 4 所示，水中的溶存氧氣多量存在時的好氧狀態(ORP 呈正電)，水中的氧氣被微生物消耗而降低 ORP 電，甚至氧氣被完全消費，而導致硫化氫等生成的厭氧狀態(ORP 呈負電)。

2. 在好氧與厭氧狀態下微生物對澱粉分解實驗室試驗的試驗結果

在試驗條件下以強制性的導入空氣 3 天而維持在好氧狀態(ORP 呈正電)(如圖 5)。則漸漸地將低 ORP 而達厭氧狀態(ORP 呈負電)，實際上與在紙板製造工程的狀況相同。結果顯示無論在好氧與厭氧狀態下，菌數均呈增加的趨勢，無法確認有大的差異(如圖 6)。但是，紙中澱粉量，在好氧狀態下的培養前後紙中澱粉降低率約為 10%，但在厭氧狀態下紙中澱粉的降低率高達 55%(圖 7)。由上述的結果，可推論與菌數間不呈相關關係。漿液的狀態由好氧狀

態改變成厭氧狀態，則微生物對瓦楞廢紙中的澱粉分解量有增加的現象。此外，由測定培養前後手抄紙(基重 120 g/m²)的比破裂強度可發現與紙中澱粉量同樣，在厭氧狀態下破裂強度呈大幅度的降低(圖 8)。

由上述的以上的實驗室試驗結果，系統的厭氧及好氧的狀態對紙漿上所含有澱粉含有量對紙力有很大的影響，明確的顯於示由微生物對澱粉的分解與分解程度、對紙力劑的留存量有很大的影響。推論在紙板製造工程中，如能有效的抑制微生物對瓦楞廢紙中澱粉的分解，可大幅度提升生產性、與降低藥品原單位的可能性。

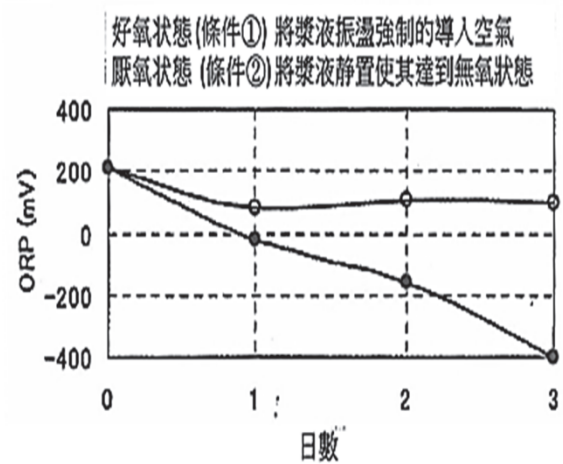


圖 5. 好氧及厭氧環境下白水中 ORP 的變化(桂仁樹 et al., 2011)

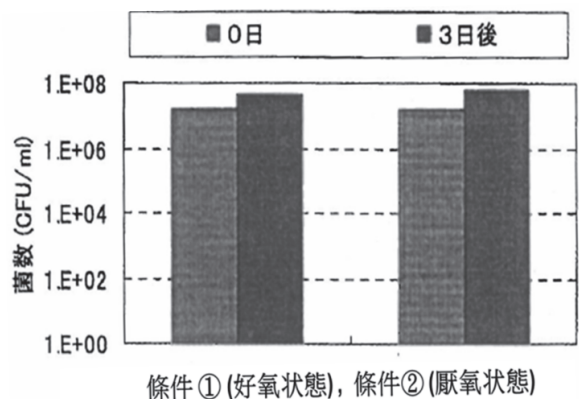


圖 6. 好氧及厭氧環境下白水中菌數的變化(桂仁樹 et al., 2011)

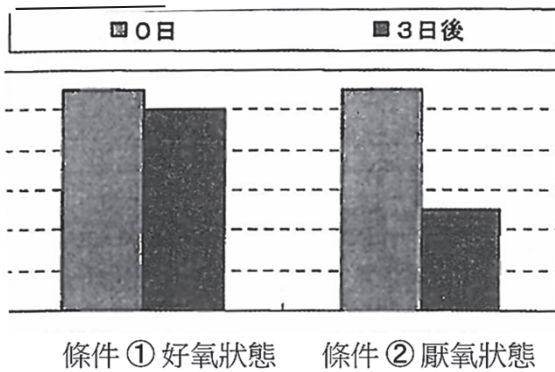


圖 7. 好氧及厭氧環境下紙漿中澱粉量的變化(桂仁樹 et al., 2011)

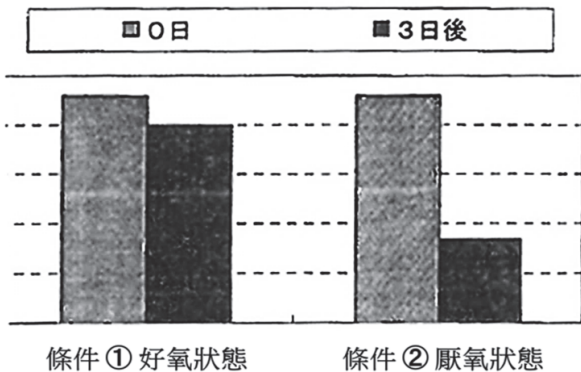


圖 8. 好氧及厭氧環境下手抄紙破裂強度的變化(桂仁樹 et al., 2011)

3. 在好氧與厭氧狀態下微生物對澱粉的分解機制

微生物在菌體外釋放出的澱粉分解酵素 (α -Amylase)，將澱粉分解成葡萄糖，將此葡萄糖作為微生物的營養源進行生育與增殖。在好氧狀態與厭氧狀態下微生物能量(ATP)生成路徑不同，在好氧狀態下由 1 分子的葡萄糖可以分解生成成二氧化碳與作為能量的的 38 個分子的腺苷三磷酸(Adenosine triphosphate；以下簡稱 ATP)。相對的，在厭氧狀態下醋酸的發酵反應中，由 1 分子的葡萄糖僅可生成醋酸與 4 個分子的 ATP。因此，在厭氧狀態下微生物的能量生成效率變差很多，為了得到與好氧狀態下同等級的能量使澱粉分解成葡萄糖，因而必須釋放出更多量的澱粉去分解酵素(圖 9)。因為此二者的能量生成路徑的不同，微生物在瓦楞廢紙中澱粉的分解量在好氧與厭氧狀態下有很大的差異，紙板製造工程中，與其重視菌數的降低，不如使控制系統內的狀況為好氧狀態、或厭氧狀態更為重要。

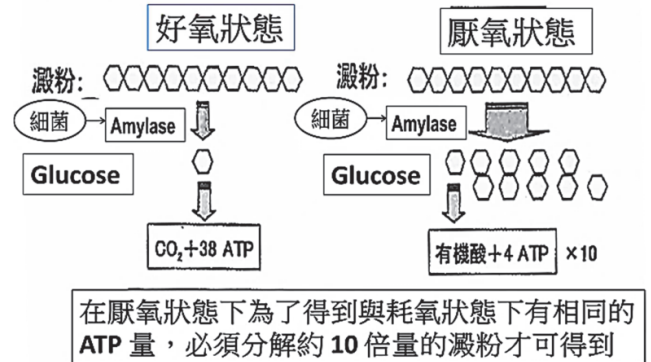


圖 9. 在好氧與厭氧狀態下微生物對澱粉的分解機制(桂仁樹 et al., 2011)

(四)、備漿及抄紙工程系統在好氧與厭氧狀態下對澱粉酶對澱粉的分解

澱粉酶為將澱粉加水分解的酵素的總稱。微生物生成之澱粉酶如 α -Amylase、 β -Amylase、Glucoamylase、Isoamylase 等之加水分解酵素接續的將澱粉分解為糊精(Dextrin)、寡糖、最終分解成葡萄糖，並利用此做為系統中微生物的營養源使微生物進行生育、增殖(圖 10)。特別是微生物附著增殖所形之菌泥上的微生物(厭氧菌)較水中浮遊菌具有較多澱粉酶的生成。此外，一般 α -澱粉酶在 pH=5.5~8.0，70°C 的環境下呈安定狀態、此環境與中性抄紙的抄紙機的水質條件一致之故。因此，澱粉的含量的多寡與製紙工程中微生物的成長有直接的關係，可以說澱粉酶活性越高澱粉的分解量越高，越適合微生物的生長與增殖、也因而越適合菌泥生成的環境(日高勝彥 et al., 2010)。

圖 11 為在各紙種的抄紙機系統中，從原料系統、抄紙系統、回收原料系統，測定各位置漿液中各紙種抄紙機內纖維中澱粉的含量及澱粉酶的活性的結果如圖 12，顯示各紙種的抄紙機中各工程中的漿液均存在有澱粉酶，除乾損紙漿液外其他紙料中的酵素活性約為 0.002 CU/mL 左右，但是，在乾損紙漿液中顯示高活性 0.007 CU/mL，推論這現象是因含有多量澱粉的乾損紙漿槽內因微生物的多量增殖的進行所導致。使用以測定微生物污染的指標之一的 ATP 測試法的 ATP-生物冷光檢測法的測定結果顯示乾損紙的漿液中的微生物污染呈最高電(圖 13)。

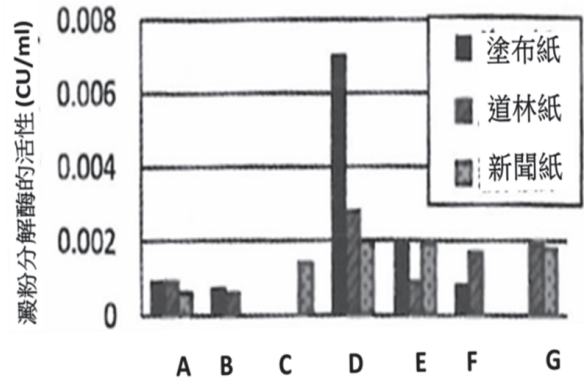
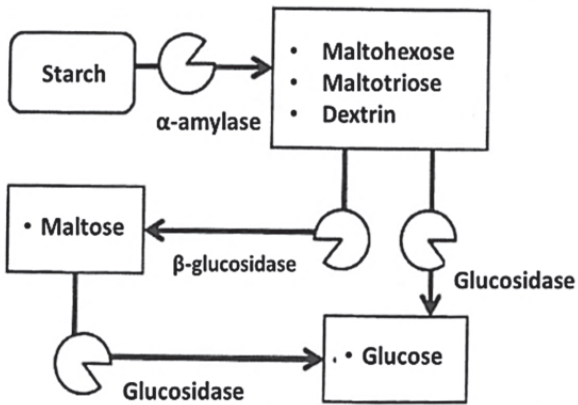


圖 12. 各紙種抄紙機內各原料將液中澱粉分解酶的活性 (日高勝彥 et al., 2010)

A : NBKP, B : LBKP, C: DIP, D : Drybroke, E : Wetbroke, F : 回收原料, G : 流漿箱,

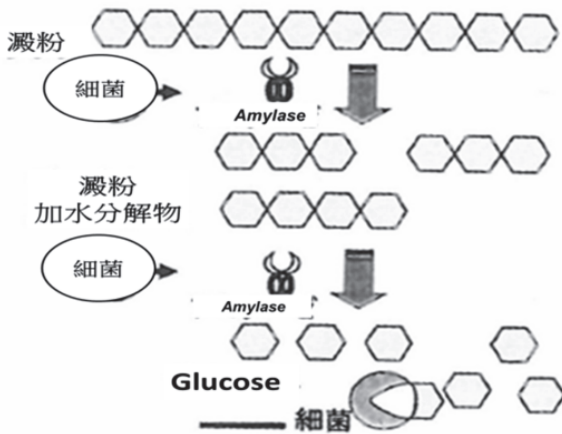


圖 10 澱粉的微生物分解(蘇裕昌 2016b)(桂仁樹 et al., 2011)

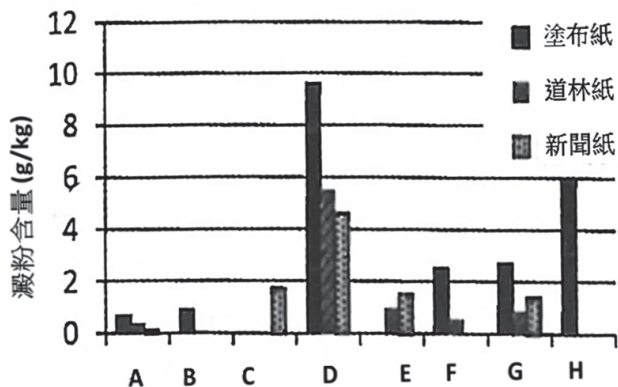


圖 11. 各紙種抄紙機內纖維中澱粉的含量(日高勝彥 et al., 2010)

A : NBKP, B : LBKP, C: DIP, D : Drybroke, E : Wetbroke,, F : 回收原料, G : 流漿箱, H : 頭箱

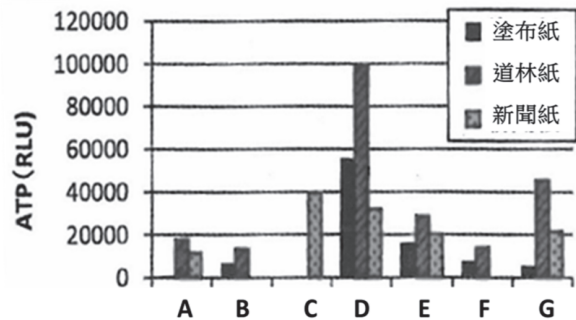


圖 13. 抄紙系統內各種原料中的 ATP 活性(日高勝彥 et al., 2010)

A : NBKP B : LBKP, C: DIP, D : Drybroke, E : Wetbroke, F : 回收原料, G : 流漿箱,

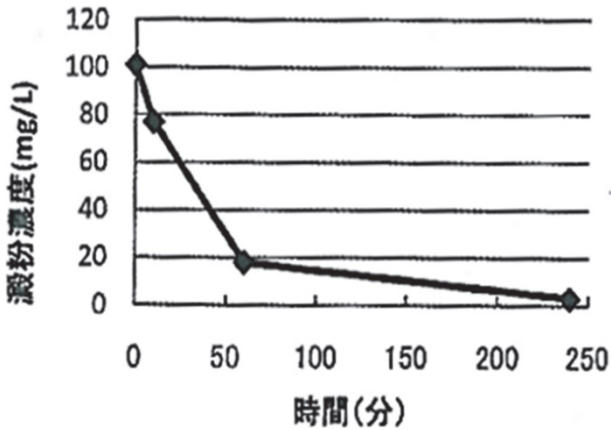


圖 14. 添加兩性澱粉糊後測定時間序列後的澱粉濃度變化(日高勝彥 et al., 2010) (澱粉酶活性=0.002 CU/mL)

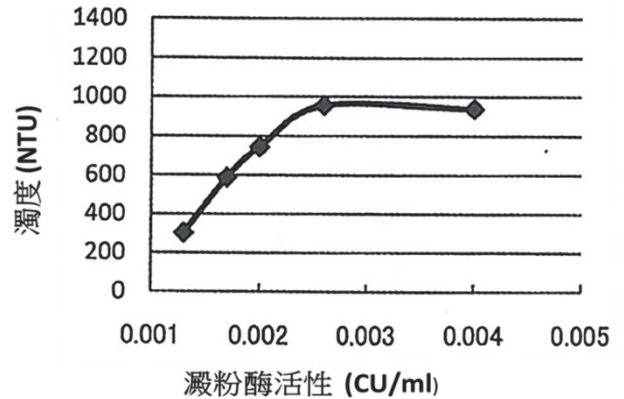


圖 16. 澱粉酶活性 VS.濁度(日高勝彥 et al., 2010)

(五)、澱粉酶對澱粉的分解對紙機生產性及對成紙品質的影響評估

1. 實驗室試驗的內容及試驗目的

實驗室調製標準漿料(0.9% LBKP、0.1% 碳酸鈣、1% 硫酸鋁)的漿料溶液，進行探討 α -澱粉酶的存在下添加兩性澱粉後對生產性及品質向上效果的影響評估。

(1) 對濾水性與濾液濁度的影響

在標準漿液中添加 α -澱粉酶(活性 0~0.004 CU/ml)、7 kg/t(對紙漿)兩性澱粉，經 20 秒攪拌後，使用動態濾水試驗器測量濾水量及過濾漿液後濾液的濁度，結果如圖 15 及圖 16 二圖分別顯示，隨液中澱粉酶活性的增加濾水性降低、及濾液濁度上昇的結果，因而可確認在 α -澱粉酶的存在而導致微細成分的定著惡化。

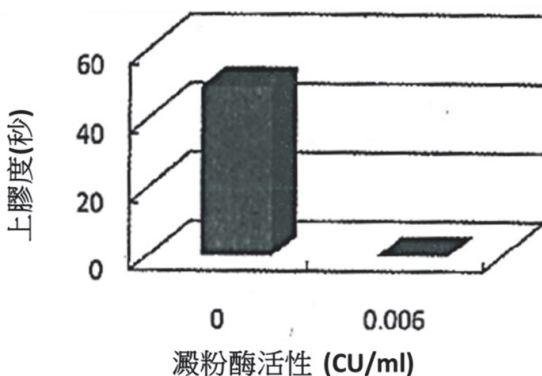


圖 15. 澱粉酶活性 Vs.濾水量(日高勝彥 et al., 2010)

(2) 對成紙紙力的影響

標準漿液中添加不同活性的 α -澱粉酶、5 kg/t 兩性澱粉，經 5 分鐘攪拌後使用此漿液抄製手抄紙，測定抗張強度結果如圖 17，顯示在 α -澱粉酶活性 0.006 CU/mL 的活性條件下內添加兩性澱粉後對紙力的提升效果，隨 α -澱粉酶活性的增大而呈降低的趨勢。

(3) 對上膠度的影響

在標準漿液中依序添加 α -澱粉酶、兩性澱粉 10 kg/t 及中性松香上膠劑 5 kg/t 等，經攪拌 30 秒後使用此漿液抄製手抄紙，測定上膠度其結果如圖 18，顯示澱粉酶活性在 0.006 CU/mL 時上膠度有大幅度的降低。

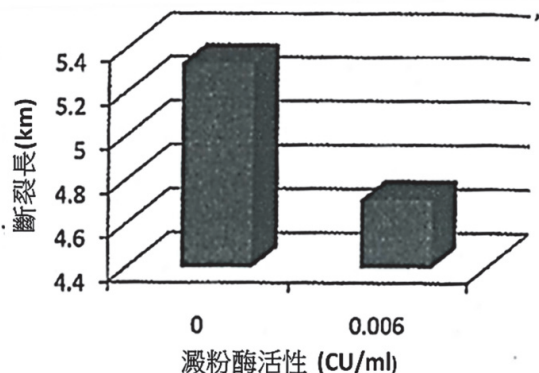


圖 17. 澱粉酶活性 Vs.斷裂長(日高勝彥 et al., 2010)

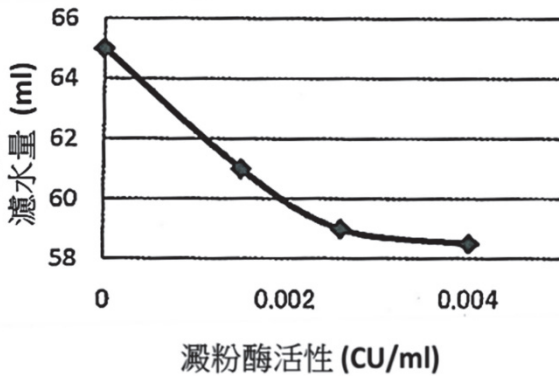


圖 18. 澱粉酶活性 V.S.上膠度(日高勝彥 et al., 2010)

(4) 綜合實驗室試驗的結果

綜合上述實驗室的試驗結果並依此擬進行後續據實機試驗，確認由於 α -澱粉酶活性的存在導致兩性澱粉的加水分解，阻害了添加兩性澱粉的目的機能，而導致對濾水性、微細成分的定著、紙力的提升、上膠度的改善等均呈負的相關。因此推論，添加內添澱粉的抄紙機中，若有微生物污染的進行則不僅可能會導致菌泥汙染抄紙機，而導致斷紙等紙機操作性及成紙缺點等障礙，推論因微生物生成之澱粉酶及釋出促使一部分的內添澱粉分解的增加，而降低留存性、濾水性、影響成紙的紙力、上膠度的降低，因而可能必需增添各種內添藥品等。

三、新紙板機的菌泥控制及微生物控制概念及對濕端水質的改善

(一)、白水系統的微生物控制

1. 菌泥及菌泥控制對策(Slime control strategy)

(1). 菌泥的定義

菌泥是指的附著於固體表面的微生物增殖體及其粘著一起的物體的總稱。換句話說含有生物體與非生物體之集合體，在水中固體表面形成之粘著物、或膠狀(Gelatin)之薄片物。各部位的菌泥組成量與發生原因各有不同之發生原因。菌泥的種類主要的可分為二大類。一類為微細纖維或纖維素與濕強劑、分散劑之未溶解部份或填料之滑石粉、白土等複合形成的集合體稱之為物理化學性菌泥，另一類主要是由於微生物生育為起因所形成的菌泥，稱之為微生物

性菌泥。但白水系統中隨著微生物污染程度的增加;物理化學性菌泥與微生物菌泥會變得無法區分，而且成因也會因此難以判定。

(2) 菌泥的發生

由於水質的惡化所產生的問題有微生物的發生、粘著物、發泡、產品及添加物的留存、抄紙機的灑水性等問題。抄紙工程中採用大量的循環工業用水且是屬於開放系，而且造紙原料大部分是天然物質，在製程的各部分會因微生物的存在而導致各種問題的發生，其中最常發生的菌泥(Slime)為最常見。

菌泥主要產生在抄紙工程，微生物以自水中的醣類為營養源，形成淡黃、淡褐、粉紅色、紅色之粘著物質狀的代謝產物，此等粘著性物質再與其他有機物或其他菌種結合形成粘著/沉積物稱之菌泥，菌泥在紙機系統剝落；即形成紙漿液中的異物，在成品紙張的表面形成大小不一之斑點，而導致產品品質低落，或影響紙匹強度而造成斷紙之現象。若在紙機上的附著發生頻繁，則一定需要停機將之洗淨不可，或發生斷紙而導致生產效率下降，或導致紙張上斑點、破孔等的發生使紙品品質變差而導致損紙之增加，使原料及能源浪費之結果。

(3) 菌泥的形成的模式

圖 19 為所推論之菌泥的形成過程模式圖，菌泥的發生與複雜的復合因子相聯，少量的因子變化即可能產生很大的影響，如菌泥的特性及發生量均會有很大的變化。

(4). 影響微生物生長生殖(菌泥生成)之因子

抄紙工程中採用大量的循環工業用水且是屬於開放系，而且造紙原料大部分是天然物質，在製程的各部分會因微生物的存在而導致各種問題的發生，其中最常發生的菌泥為最常見。影響菌泥生成之因子(a).用水的溫度。(b).用水的 pH。(c).用水中的營養源。(d).用水中的溶氧量等(蘇裕昌，2000)。

附着、增殖	菌泥/Biofilm 的生成	菌泥/Biofilm 的成長	菌泥的剝離
微生物在壁面附着、增殖	微生物生產細胞外高分子、形成粘膜層(菌泥層)	與夾雜物(樹脂、結垢物、填料等)其他微生物結合、菌泥變大。菌泥下層腐敗而易剝離。	白水流動剝離、脫落，發生在紙中生成斑點、斷紙等菌泥障礙。

圖 19. 菌泥形成、菌泥/Biofilm 的成長及剝離過程

(二)、菌泥的控制

1. 菌泥控制劑的種類及其菌泥控制機制

所謂菌泥是指配管內、或漿槽、白水槽內側抄紙機、設備等壁面附着之泥狀粘着物的總稱。菌泥控制劑是指在工程中控制微生物由來的堆積(附着)物的藥品。依菌泥控制劑的種類可以分類為殺菌型、抑制・防黴菌型、及其他類型(如酵素類等)。

菌泥控制劑主要的使用方法是在從一次扇泵開始到造紙機的漿液入口為止的送漿系統(Approach system)的白水循環系統中斷斷續續的添加以達所定濃度，防止菌泥的附着，降低來自菌泥來的缺點或斷紙。菌泥控制劑效果發生的管理方法常以藥品添加前後白水中菌數的降低做為控制指標(蘇裕昌，2000)。目前常用的殺菌型的菌泥控制劑是常以 1 天進行 3~4 次衝擊性的添加方式為主流。

菌泥控制劑的主要作用為(1).殺菌作用：對成長途中菌泥的表面、菌泥控制劑作用，達到降低白水中微生物菌數，防止微生物在壁面上附着與增殖。(2).抑制作用：對成長途中的菌泥層作用，殺死史接觸溶液側微生物，得到降低微生物膜微生物膜(Biofilm)內測的微生物代謝效率而達到微生物膜成長的鈍化效果與降低異物附着速度。

以菌泥控制劑進行菌泥的控制的作用階段可分為 3 個

階段。(1).有效成分迅速的滲透到菌泥內部、由內部開始破壞菌泥結構。(2).選擇性對菌泥形成菌行殺菌及生長、增殖抑制作用以達到維持長期間持續的對菌泥控制效果。(3).以安定性的菌泥控制劑的鹵化物與次氯酸鈉比較，對微生物的抑制性高、對金屬的腐蝕性非常低。

2. 菌泥控制劑的變遷

隨著抄紙技術的進步菌泥對策的重要性也雖知增加。酸性抄紙往中性抄紙的變遷、廢紙利用率與水回收率的持續上昇，導致抄紙工程之菌泥的形成潛力(Slime potential)也隨之增大，也被要求更高菌泥控制效果。因此菌泥控制技術也隨之發展，從 1970 年代到目前可約略將其劃分為 3 個階段，表 1 為抄紙系統所使用代表性菌泥控制劑的變遷。

第一階段、第二階段及第三階段以採用「有機類殺菌增殖抑制劑與其基礎技術確立」，目前已經確立菌泥控制的基礎技術，以複數之有機類殺菌增殖抑制劑組合等設計，進行有效率的防止菌泥的發生。

第三階段以後以「無機類氧化劑與全系清淨化」為目標之處理方法，開始應用無機類殺菌劑的以稱之 Fuzzicide 為例進行處理案，達到大幅改善防止菌泥的效果。特別是在全工程中進行 Fuzzicide 處理達到全系統的潔清淨化，達到菌泥相問題的控制如防止斑點等的形成。

在經過第三階段(2000 年以後)，以「微生物控制與水質安定化」為目標。了解微生物的代謝活動導致水質的變動，尚起菌泥的發生，不只是因菌泥發生導致操作性惡化、也會成成品質，採用監測技術/加藥控制/解析技術等組合之

S.sensing 系統能控制水質的安定化、作業安定化、降低成本等多重目的為目標(杉卓美及飯泉太郎，2002)(桂仁樹 et al., 2011)(日高勝彥，2014)進行處理。

表 2 各階段抄紙系統所使用菌泥控制劑的變遷(杉卓美及飯泉太郎，2002)

1970~1980	微生物增殖抑制劑:MBTC、MIT、BBAB
1980~1990	殺菌劑:DBNPA、二硫醇(Dithiol)類
1990~2000	殺菌劑+配合劑:DBNPA+BBAB、DBNPA+二硫醇(Dithiol)類
2000~	無機類菌劑 Fuzzicide

MBT：Methylene bithiocyanate，MIT：2-Methyl-4-isothiazolin-3-one，BBAB：bisbromoacetylbutene

3. 新型無機性菌泥控制劑(殺菌劑)—以 Fuzzicide 為例

Fuzzicide 是以不具抗菌性的無機化合物(溴化胺：Ammonium Bromide)與氧化劑(次氯酸鈉)反應所生成之無機類抗菌劑。Fuzzicide，是由不具抗菌性的無機化合物與次氯酸鈉反應所生成的無機類抗菌劑(如圖 20)。一般的氧化型抗菌劑，氧化力越強則殺菌能力也越強，如在溶存有機物少的自來水中可以發揮優良的殺菌效果。然而，在溶存有機物多的白水系統中則氧化力越強則會降低與微生物間的反應效果。次氯酸鈉等氧化劑是很很好的例子，因而在常應用在自來水的殺菌上使用，但是若應用在含有高有機物的白水系統中，因殺菌力的降低必須添加高濃度才能顯示其殺菌效果。此外，氧化力強的藥品對不銹鋼等金屬具有腐蝕性、與染料反應則會製品影響色度、與紙力劑或步留劑等高分子化合物反應影響抄紙機濕端的操作，因此，必須細心注意氧化力強的殺菌劑的適用與濃度管理。



Bromide Activated Chloroamine

圖 20. Fuzzicide 由溴化胺與次氯酸鈉反應所生成的無機類抗菌劑

Fuzzicide 遠較舊型有機類抗菌劑 DBNPA(2,2-dibromo-3-nitrile-propionamide)有優越的殺菌效果。再者，Fuzzicide 也較次氯酸鈉的氧化力低之故，對溶存有機物的反應性較小，在白水中顯示優越的殺菌效果，可強度的滲透深入有機物層的菌泥層內發揮抗菌力。但是，高濃度的 Fuzzicide，安定性低、因而無法以高濃度

製品供應。因此常必須在處理機旁設置專用生成 Fuzzicide 設備現地製備後再行添加。此設備以電腦控制常以無機化合物：氧化劑莫耳比 1:1 的反應製備之。杉卓美(2009)進一步檢討新反應條件製備較安定溴化胺一次氯酸鈉反應物的化學特性與殺菌效果，反應物在中性範圍下其氧化能力較弱。也因此本化合物與溶存有機物間的反應性弱，在高溶存有機物存在下也能在系統內殘留殺菌性，較次氯酸鈉發揮較高的殺菌效果。此外，本化合物具優越的殺菌效果，如在白水回用時溶存有機物被濃縮，各種菌種存在的製漿造紙製造工程中，也能發揮優越對微生物膜(Biofilm)的生成抑制及附着防止效果。

在最近 10 年間 Fuzzicide 在日本，已經有約 100 台抄紙機的使用實績，Fuzzicide 與以往最常用代表性的菌泥控制劑如次氯酸鈉及 DBNPA 等，其性質及使用特性的比較如表 3 所示。與以往的菌泥控制劑相較，Fuzzicide 不僅單獨對細菌有抗菌力、對黴菌或酵母菌也具優越的菌泥控制效果與持續菌的抗菌能力。例如，Fuzzicide 添加在白水循環系統時，也可在其後續的工程如 PDF、或加壓浮除(DAF)等白水回收系統發揮抗菌效果。此外，Fuzzicide 的氧化力不很強之故，不會對不鏽鋼的腐蝕效果也不會對染料產生影響、也不會因此生成有機氯化物。採用 Fuzzicide 為殺菌劑的微生物控制方法，不只可在紙板製造工程中抑制澱粉的分解，對濕端改善，從水質改善到提升、抄紙藥品的定著、各種原單位降低、成紙缺點的降低、且能實現生產性的提升。再者，菌泥控制劑(殺菌劑)，不僅防止因菌泥發生的障礙也可降低，來自備漿・抄紙工程微生物的澱粉酶活性對濕端的不良影響，抑制對紙機操作性以及成紙品質降低等機能(日高勝彥 et al., 2010)。

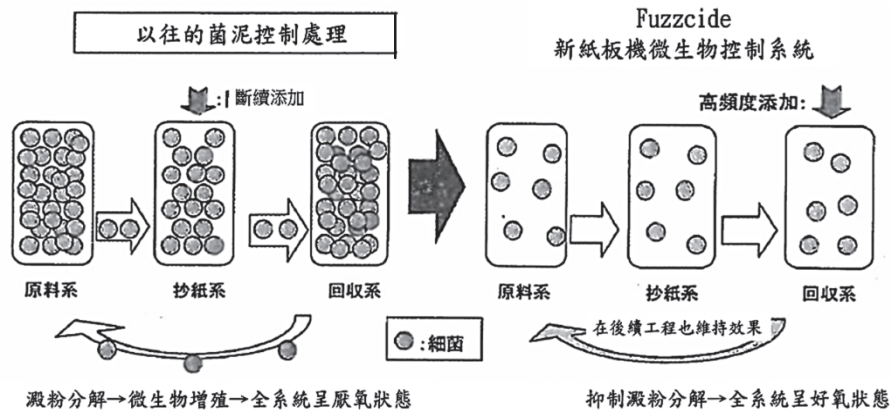


圖 21. 全系統的好氧狀態化對微生物分解的抑制示意圖(桂仁樹 et al., 2011)

表 3 Fuzzicide 與次氯酸鈉、DBNPA 菌泥控制劑的應用性與效果比較(鈴木裕之 et al., 2008)

項目	Fuzzicide	次氯酸鈉	DBNPA
氧化力	中	強	中
殺菌性：細菌	◎	◎	○
黴菌、酵母菌	◎	△	△
菌泥控制效果	◎	△	△
效果持續性	◎	△	△
適用 pH	5.5 以上	7~8.5	8.5 以下
對不鏽鋼的腐蝕效果	無	有	無
對染料的影响	無	強	無
有機氯化物的生成	不生成	生成	不生成
對皮膚的刺激	極弱	弱	強

4. 新型菌泥控制劑 Fuzzicide 的最適處理法及特色

Fuzzicide 殺菌劑不僅對細菌也對黴菌、酵母菌、等均具強抗菌力，且具有優越的菌泥控制效果。特別是 Fuzzicide 與其他無機類抗菌劑相較，其氧化力較弱為其特色，Fuzzicide 在紙板製造工程中的添加結果顯示，即使在溶存有機物較多的廢紙系統中，即使其藥劑消耗量較少，但在添加後工程仍可持續維持效果。依據本 Fuzzicide 微生物控制的概念是，在紙板製造工程的原料系統~抄紙系統~回收系統的全部均必須維持好氧狀態，只要任何一個位置有厭氧微生物增殖，呈厭氧狀態下微生物生成之多量澱粉分解酵素會迴流全系統，而無法抑制澱粉的分解(圖 21)。Fuzzicide，添加原料稀釋水中，其優越的效果持續性使原料系統到抄紙機內的全系統均能維持安定的好氧狀態，而可達到抑制系統內全體澱粉的分解，Fuzzicide 可稱為達成微生物控制的最適菌泥控制劑之一。

四、紙板機的菌泥控制及紙機潔淨化處理

(一)、菌泥控制劑的應用無論殺菌劑添加作業中抄紙系統內的菌泥處理、及紙機潔淨化處理時系統

的潔淨性，均無法以目視確認各貯存槽內之潔淨性之故，必須為了把握紙機上即時(Real time)的水質資訊。因此必須監測機上各部位試料的氧化還原電位(Oxidation Reduction Potential)，以把握系統內的潔淨度的維持(或微生物的狀態)。試料中若有氧氣、或氧化體等存在實則 ORP 呈正電，若有氫氣及硫化氫等硫化物等還原性物質的存在時則 ORP 呈負電。例如，菌數增加則因好氧呼吸而氧氣的消費(厭氧發酵)增高，導致性 ORP 電的降低，更因菌數增加級菌泥的附著的增加，導致氧氣消耗殆盡而轉變為厭氧發酵而導致硫化物等的還原體的增加 ORP 電變為負值如圖 22，在負值時系統微厭氧狀態而有菌泥的發生。唯 ORP 電與水試中的菌數呈某種程度的相關(圖 23)。

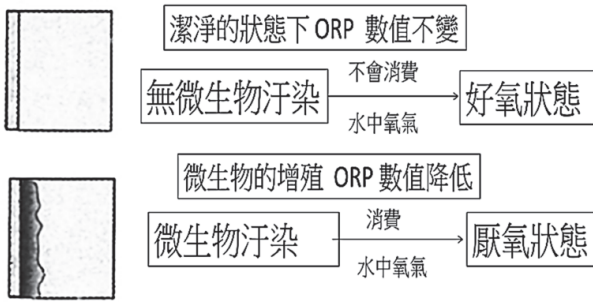


圖 22. 微生物的增殖與 ORP 間的相關(鈴木裕之 et al., 2008)

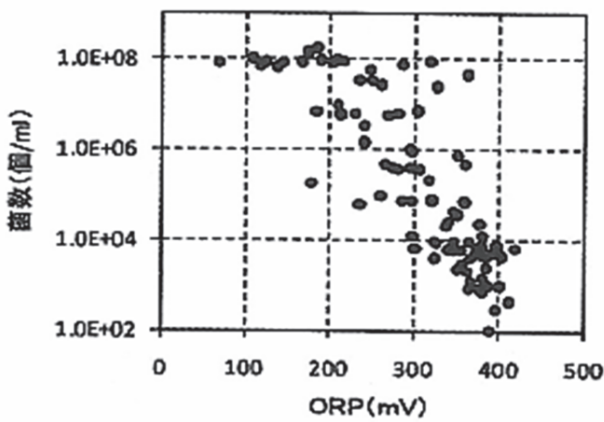


圖 23. 微生物的菌數與 ORP 間的相關(鈴木裕之 et al., 2008)

(二)、菌泥控制及處理結果

菌泥控制劑主要的使用方法是在從一次扇泵開始到造紙機的漿液入口為止的送漿系統(Approach system)的白水循環系統中斷續的添加以達所定濃度，防止菌泥附著，降低來自菌泥來的缺點或斷紙。菌泥控制劑效果發生的管理方法常以藥品添加前後白水中菌數的降低做為控制指標。

抄造道林紙時以往進行對在白水儲槽(White silo)添加殺菌劑的菌泥對策，一般只在在加送漿系統的入口添加有機類菌泥控制劑，添加方法常僅在白水儲槽 1 處進行藥劑添加如表 3，由有機改用將其改用無機殺菌劑 Fuzzicide 後，各位置含白水一次循環系統中的菌泥汙染而得到進一步的控制及改善。在連續操業期間中防止菌泥汙染的附着及堆積的效果比較顯示如照片 1，顯示 Fuzzicide 添加組較舊型有機劑添加組的菌泥控制效果較佳。以 Fuzzicide 處理時藥品添加前後的菌數及 ORP 測定結果如圖 25 及表 5。添加後在連續操作期間中菌數稍有增加但並沒有太大的變化，但在抄紙系統內的全領域中的 ORP 在操作後半(8 天以後)顯示降低的趨勢，推論具最低 ORP 值之乾損紙槽(DBchest)中可能有微生物的增殖。

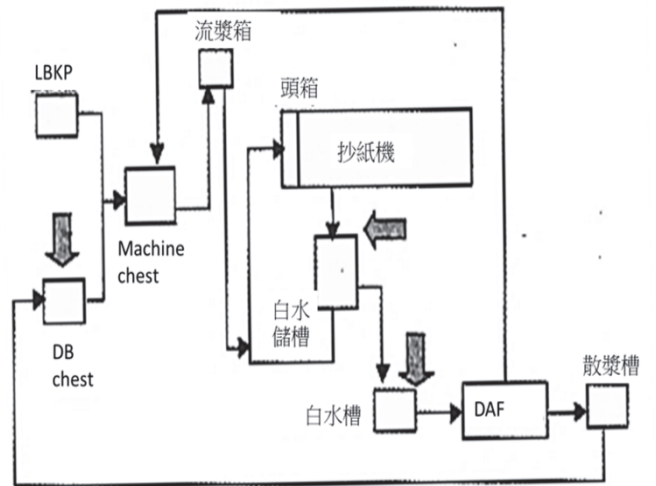


圖 24. 抄造道林紙時製造流程及菌泥控制劑的添加位置(鈴木裕之 et al., 2008)



照片 1. DBNPA 處理後(左)與 Fuzzicide 處理後(右)在一次篩選機上菌泥的附著比較(鈴木裕之 et al., 2008)

表 4. 菌泥控制劑及潔淨化處理藥品添加規劃(鈴木裕之 et al., 2008)

添加位置	舊菌泥控制 有機類藥劑	菌泥控制 Fuzzicide	潔淨化處理 Fuzzicide
白水儲槽	4 times /day	4 times /day	6 times /day
白水回收槽	—	—	6 times /day
乾損紙槽	—	—	6 times /day
藥劑使用量	5 kg/day	5 kg/day	50 kg/day

表 5. 菌泥控制劑處理藥品添加後各位置白水 ORP 及菌數的變化(鈴木裕之 et al., 2008)

	乾損紙槽		紙機儲槽		白水儲槽		加壓處理水	
	ORP (mv)	菌數 (個/ml)	ORP (mv)	菌數 (個/ml)	ORP (mv)	菌數 (個/ml)	ORP (mv)	菌數 (個/ml)
第 3 天	257	1.5E+07	224	4.0E+06	252	1.9E+07	251	1.1E+07
第 8 天	96	1.5E+07	118	1.5E+06	118	2.6E+07	122	2.5E+07
第 15 天	36	1.5E+07	94	1.2E+07	77	9.2E+07	83	7.8E+07

藥劑添加方法如表 4

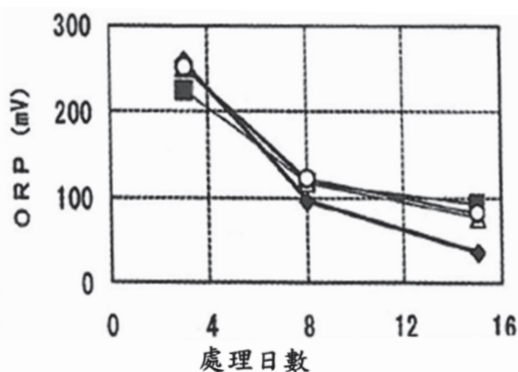


圖 25. 菌泥控制劑處理藥品添加後各位置白水中 ORP 及菌數的變化(鈴木裕之 et al., 2008)

◆：乾損紙槽 ■：紙機儲槽
 △：白水儲槽 ○：加壓處理水

藥劑添加方法如表 4

連續作業時間等而達到生產性向上的目的的概念(桂仁樹 et al., 2011)。藥品的添加處理方法，常不採用連續性的添加，如活用 Fuzzicide 的特性如與白水中溶存有有機物間的低反應性及後續工程中也具持續效果等優點間的間歇性添加。與上述菌泥控制相對的，潔淨化處理如表 3，潔淨化處不僅在抄紙系統進行殺菌處理，而在原料系統、備漿/調漿系統、回收系統等全體系統內進行在每天六次的間歇式的添加方法進行殺菌劑的添加，以抑制微生物增殖。

表 6 中顯示，採用以 Fuzzicide 潔淨化處理初期，ORP 也在低值。但是隨著潔淨化處理的進行，即使在(5-15 天)而抑制住系統內全體微生物的增殖，隨作業時間的進行菌數呈降低、ORP 呈上升之趨勢，達到實現系統內全體的潔淨化(圖 26)。顯示系統中的菌數得到抑制或控制、系統的環境一直都維持在好氧的狀態，推論殺菌劑的添加量可往低添加調整的空間，及可延長持續的作業時間。

(三)、系統內以微生物控制之潔淨化的概念的處理及系統內潔淨化及處理結果

所謂系統內潔淨化不只是防止由扇泵到造紙機的漿液入口為止的送漿系統的防止菌泥附著(杉卓美及飯泉太郎, 2002)，而是指包含在原料系統、備漿/調漿系統、抄紙系統、回收系統等全部系統內進行殺菌劑的添加防止微生物污染、維持潔淨的狀態，降低成紙缺點與斷紙，延長

表 6. 潔淨化處理藥品處理藥品添加後各位置白水的 ORP 及菌數的變化(鈴木裕之 et al., 2008)

	乾損紙槽		紙機儲槽		白水 Silo		加壓處理水	
	ORP (mv)	菌數 (個/ml)	ORP (mv)	菌數 (個/ml)	ORP (mv)	菌數 (個/ml)	ORP (mv)	菌數 (個/ml)
第 5 天	94	1.8E+06	66	1.5E+06	71	8.3E+06	83	6.1E+07
第 12 天	261	1.1E+06	167	4.2E+06	162	4.7E+06	185	6.5E+07
第 15 天	333	2.0E+01	181	1.8E+06	188	3.3E+06	225	4.6E+07

藥劑添加方法如表 4

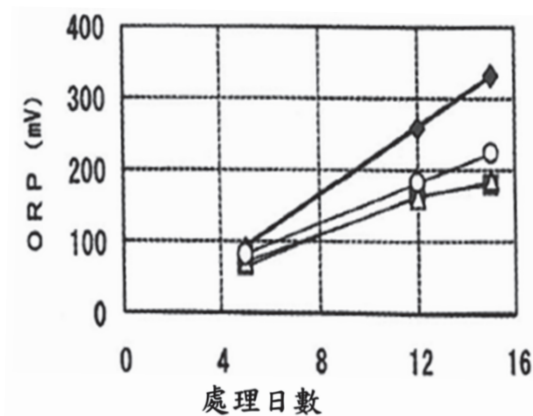


圖 26. 潔淨化處理藥品處理藥品處理藥品添加後各位置白水中 ORP 的變化(鈴木裕之 et al., 2008)

- ◆：乾損紙槽 ■：紙機儲槽
- △：白水儲槽 ○：加壓處理水藥劑添加方法如表

(四)、進行以 Fuzzicide 全系統潔淨化處理的實機使用案例

下述為以 Fuzzicide 進行全系統潔淨化處理時(進行降低澱粉酶)的驗證處理說明。為了使系統內全域的潔淨化為目標，在抄紙機的抄紙系統的白水槽、回收系統的清白

水中等 2 處添加 Fuzzicide，添加位置如圖 27。處理結果，除了塗布損紙槽以外，大概均可將 ATP 抑制在低數值，推論在全系統的澱粉酶活性高狀態下，損紙配合量增加則抄紙機微生物汙染的可能性增高，而導致其他操作性等問題的發生。本抄紙機處理的最初，僅在抄紙系統白水槽，回收系統的清白水添加 Fuzzicide，而想要達到系統內全域清淨化為目標。其結果，除了損紙槽以外大略可相當的抑制 ATP 值，全系統的澱粉酶活性仍維持在高的狀態(圖 28)。

若增加損紙配合量，則抄紙機的操作性呈惡化的傾向。這顯示因損紙槽的殺菌劑 Fuzzicide 處理的不充分，導致微生物汙染進行，損紙槽仍扮演澱粉酶供給源而回流系統內全體。因此在損紙槽追加添加 Fuzzicide，而得到損紙槽中的 ATP 呈大幅度的降低，不僅達到損紙槽中的 ATP 的降低，系統內全域的澱粉酶活性也得到 U454 抑制(圖 29)。更進一步由進行 ORP 連續測定的結果(圖 30)，顯示 Fuzzicide 追加添加前損紙槽之 ORP 呈低值且有大的變動，自損紙槽 Fuzzicide 開始添加起，ORP 即開始呈上昇的現象，其後白水的 ORP 也同樣的呈安定狀態，而判定損紙槽中已經達成的潔淨化。由上述的結果可說明因損紙槽的澱粉酶流入各部位之故，使防止系統內添澱粉的分解不完全而導致在備漿即抄紙工程的潔淨不充分，應將全系統徹底的進行控制，才可能達到系統的潔淨化。

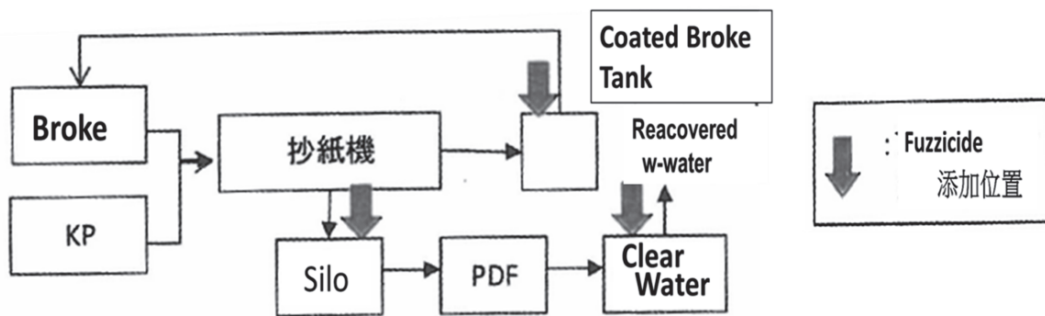


圖 27. 抄紙機流程配置及 Fuzzicide 的添加位置(日高勝彥 et al., 2010)

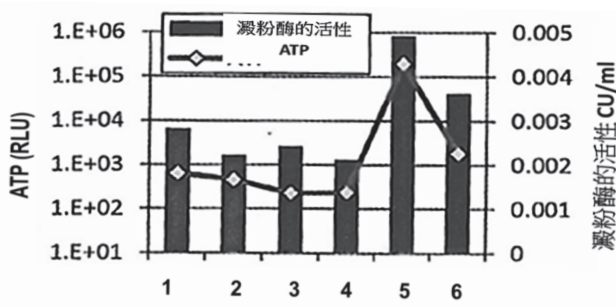


圖 28. CB 槽處理前的各部位漿料中的澱粉酶活性(日高勝彦 et al., 2010)

1:mixing, 2:white water, 3:recocered material,
4:Clear water. 5:CB broke, 6:Broke

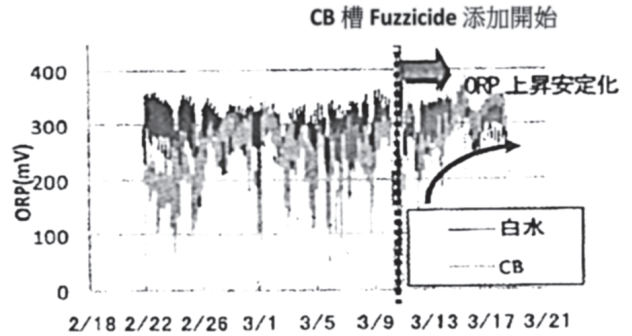


圖 30. CB 槽 Fuzzicide 處理前後的 ORP 變化(日高勝彦 et al., 2010)

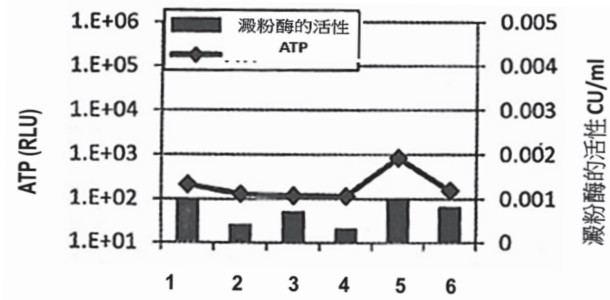


圖 29. CB 槽處理後的各部位漿料中的澱粉酶活性(日高勝彦 et al., 2010)

1:mixing, 2:whitewater, 3:recoceredmaterial,
4:Clearwater. 5:CBbroke, 6:Broke

如圖 11 及圖 12 所示，抄紙機中澱粉酶可以在乾損紙 (Drybroke) 為中心，從原料系統到回收系統為止的漿液中均存在有相當量的澱粉及澱粉酶，在整個備漿及抄紙系統中被檢出。這是由於在乾損紙所發生的微生物污染較大導致更多量澱粉酶的生成，而迴流到整個系統之故。因此，不僅必須在備漿、及抄紙階段時防止被微生物的污染，也必須確認及防止或控制乾損紙主的原料系統、在備漿及抄紙系統，甚至回收系統等造紙的全系統的抑制菌的汙染進行潔淨化處理，否則無法完全防止其所分泌釋出之澱粉酶生成及對內添澱粉的分解抑制，才可能得到全系統維持在高潔淨度(如圖 31)。此外，以菌泥控制劑(殺菌劑)的添加抑制微生物的汙染，不僅防止因菌泥發生的障礙也可降低，也同時可抑制來自備漿及抄紙工程中微生物的澱粉酶活性對濕端的不良影響，抑制對紙機操作性以及成紙品質降低等不良影響。

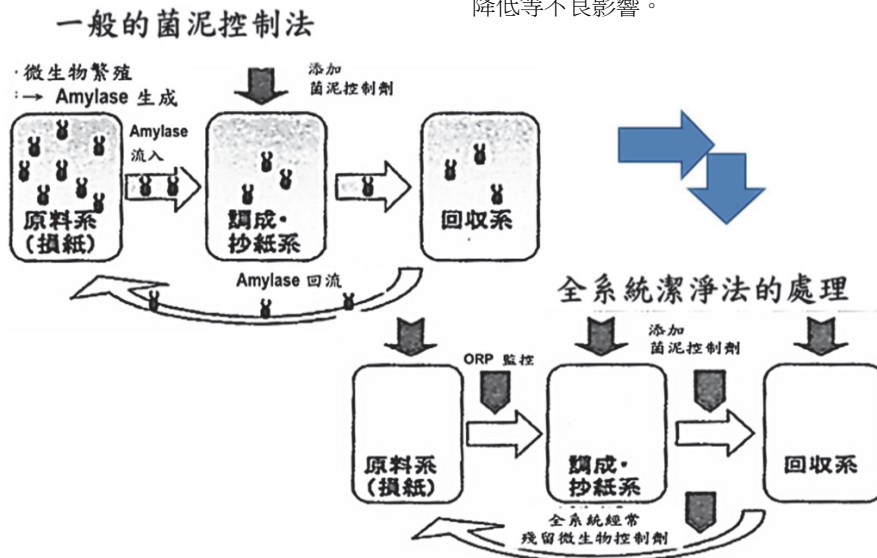


圖 31. 抄紙的全系統進行潔淨化處理用以澱粉酶的抑制概念示意圖(日高勝彦，2014)

(五)、新微生物控制概念的實驗室試驗

新微生物控制概念的實驗室試驗結果，顯示在厭氧狀態下微生物增加對瓦楞廢紙中澱粉分解率，其結果導致紙力的降低。但是，即使有微生物的存在使其在維持好氧狀態下，則微生物能量生成路徑可以維持在好氧呼吸反應，由確認達到抑制澱粉的分解，可防止紙力的降低。實際上，在紙板的製造工程中將空氣強制性的導入其應用性較低，因而檢討使用殺菌劑的方法。換句話說，由殺菌將減少微生物的全體量，相對於空氣中氧氣溶入水中的溶解速度，壓低微生物對溶存氧氣的消費速度使系統中維持好氧狀態。

提出，不只原料系統到抄紙系的整系統維持好氧狀態，控制微生物的能量生成路徑，而達到控制瓦楞廢紙中防止澱粉的過度分解與紙力降低的新微生物控制方法。

3. 以 Fuzzicide 對紙板機實機使用案例

以 Fuzzicide 進行紙板機新微生物控制實機應用，不僅可抑制澱粉分解與紙力劑的添加量，對其他效果及優點的確認處理事例介紹。表 7 為以 Fuzzicide 進行紙板機之新微生物控制概念實施之實機應用時的條件。

表 7. 以 Fuzzicide 進行紙板機新微生物控制實機應用時的條件(桂仁樹 et al., 2011)

1. 5 層抄表面紙板，生產量 350t/日，抄紙 pH=6.5~7.5
2. 紙板機抄造時微生物控制劑藥品的添加位置如圖 32 所示。藥品添加方法如表 8。
3. 本抄紙機也發生樹脂障礙，特別是在夏天與紙力劑添加量的原單位增加為問題。
4. 以往，有機性的菌泥控制劑僅在在表層的白水循環系統添加

表 8. 實機使用 Fuzzicide 的微生物控制試驗藥品的添加法(桂仁樹 et al., 2011)

添加位置	添加頻度
面下層網下白水槽	每日添加 24 次/day
中層網下白水槽	每日添加 24 次/day
底層網下白水槽	每日添加 24 次/day
回收白水槽	每日添加 12 次/day
白水處理槽	每日添加 6 次/day
添加量	160 kg/day

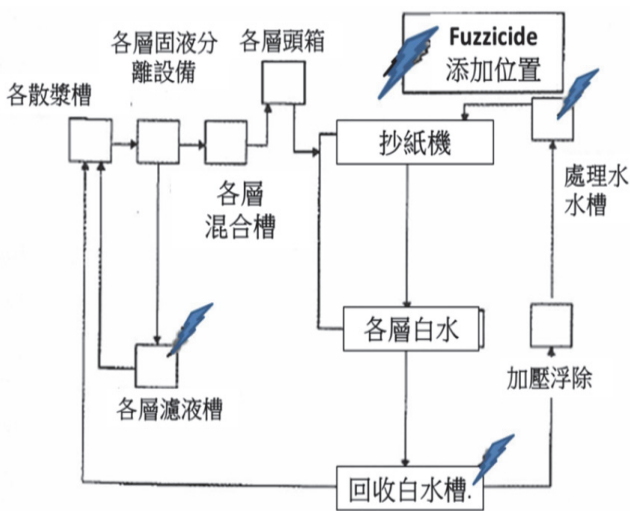


圖 32. 紙板機抄造紙板時微生物控制劑藥品添加位置(桂仁樹 et al., 2011)

在原料稀釋水、各層網下濾液槽、回收白水槽中高頻度添加 Fuzzicide 如圖 32 與表 8，抑制住散漿槽中的微生物增殖，原料系統的水質由厭氧狀態變化並維持在好氧狀態。推論，自原料系統、抄紙系統、流入回收系統的作業水中微生物量 (殺菌劑添加前空白組的菌數) (圖 33) 降低的結果，使系內全體的微生物的氧氣消費速度降低，而達到變化為 ORP 為正值的好氧狀態 (圖 34)。其中，圖 33，圖 34 中的取樣點 No. 1~7 為散漿槽到流漿箱，No.8~13 為唇口到白水槽、No.14~20 回送白水槽到回收白水處理水等位置之取樣點，明確的顯示的說明系統內全體水質變化為好氧狀態，微生物的能量生成路徑由厭氧醱酵反應轉換為好氧呼吸反應。

紙板機的微生物控制對系統中白水水質及濕端操作的改善

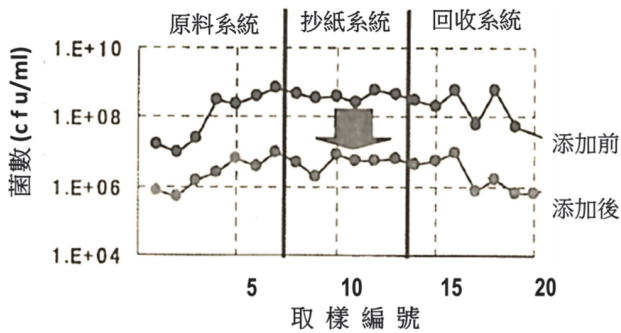


圖 33. Fuzzicide 添加前後對紙板機各系統及各部位白水中微生物菌數的影響(桂仁樹 et al., 2011)

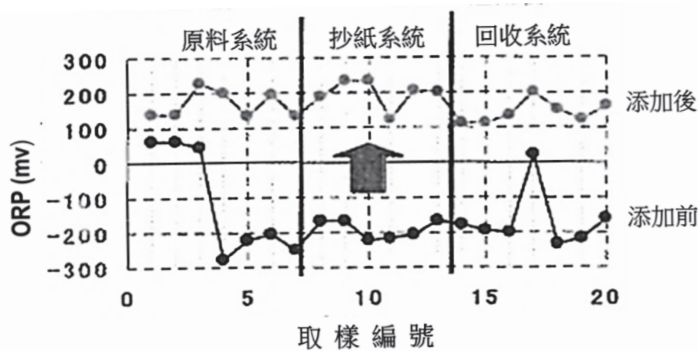


圖 34. Fuzzicide 添加前後對紙板機各系統及各部位白水的 ORP 的影響(桂仁樹 et al., 2011)

實際在紙板機上，進行機上 Fuzzicide 的微生物控制試驗顯示，可達到抑制使澱粉分解量，紙中澱粉量呈增加的趨勢(表 9)，並使系統之 ORP 電呈正值，並確認紙力劑的加量可降低 15%(圖 35)。更由於，降低由於厭氧狀態微生物對澱粉分解生成物的有機酸量，其結果使系統內 pH 上昇，抑制碳酸鈣溶解等導致電導度也呈降低的趨勢。再者，達到紙力劑添加量抑制的主要原因，不只抑制來自瓦楞廢紙的澱粉分解達到系統的潔淨以外，導電度的降低也使紙力劑等濕端藥品定著量的提升。對其他藥品如染料定著的提升，染料原單位可降低 15%，陽離子需求量與濁度可分別降低 50%，樹脂缺點的發生率降低 30%(桂仁樹 et al., 2011)。

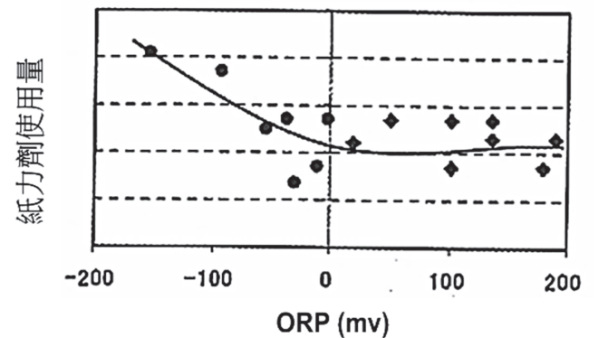


圖 35. 系統白水的 ORP 與紙力劑使用量的相關(桂仁樹 et al., 2011)

(二)、以 Fuzzicide 對紙板機實機使用微生物控制試驗對水質的改善

表 9. 實際機上使用 Fuzzicide 的微生物控制試驗對系統水質的改善(桂仁樹 et al., 2011)

	原料系統		抄紙系統	
	使用前	使用後	使用前	使用後
菌數(CFU/ml)	1.8E+08	1.2E+06	1.6E+08	1.0E+06
紙中澱粉量(mg/kg)	9	23.3	1.4	29.3
有機酸量(mg/L)	719	147	210	117
pH	6.8	7.7	6.6	7.6
導電度(mS/m)	193	112	180	115
陽離子需求量(μeq/L)	186	101	199	75
濁度(NTU)	736	335	354	87

五、結論

1. 紙板製造工程較其他紙種的原料中含有多量的澱粉之故，不只導致微生物的增殖而生成菌泥障礙，也隨著澱粉的分解後水質的惡化，水系統中的 ORP、pH、導電度、陽離子要求量、濁度等，並對紙力及濕端藥品的定著有不良的影響。
2. 由微生物過度的增殖使紙板製造工程中的全系統呈厭氧狀態，此厭氧狀態促進微生物對澱粉的分解，但是若能使系統呈好氧狀態則可抑制微生物對澱粉的分解。
3. 利用微生物的好氧與厭氧狀態下微生物的生成能源路徑不同，藉由微生物的控制，微生物的能量生成路徑由厭氧醱酵反應轉換為好氧呼吸反應。提案出對紙板製造工程以 Fuzzicide 進行之微生物控制規畫，溶存有機物多的系統也能在殺菌劑消耗量少的條件下，仍可在添加後的後續工程持續殺菌效果。換句話說，以 Fuzzicide 進行的殺菌作用降低微生物全體的菌數量及微生物對溶氧的消費速度，使自空氣中溶解入白水中的氧氣速度大於微生物對溶存氧氣的消費速度，而使系內維持在好氧狀態。維持自原料系統經由抄紙系統到整個系統全部在好氧狀態，也抑制瓦楞廢紙中對澱粉的分解與防止紙力下降之新微生物控制的方法。
4. 採用 Fuzzicide 之新微生物控制方法，不只達到抑制紙板製造工程中澱粉的分解，對濕端水質的改善及對抄紙藥品定著的提升，造紙系統中各種原單位的降低，並可實現從降低紙品缺點到提升生產性。
5. 此外，今後，紙及紙板製造工程的節水、系統內進行更進一步密閉化時，本微生物控制方法對抑制系統內的導電度、陽離子需求，濕端藥品的定著及防止粘著物、結垢，菌泥等的沉積障害的發生，及水質的安定化等扮演相當重要的角色。

六、參考文獻

1. 蘇裕昌 2000 菌泥的發生及對策。漿紙技術 4(3)：13-20
2. 蘇裕昌 2016a 抄紙製程及廢水處理工程中的臭味的發生及處理對策。漿紙技術 20(1):1-21.
3. 蘇裕昌 2016b 澱粉對廢水活性汙泥處理時的影響及因應對策。漿紙技術 20(4):13-21.
4. 蘇裕昌 投稿中 紙板機抄紙白水系統中溶解性及膠體狀物質對抄紙的影響及其處理對策。漿紙技術 投稿中
5. 益永茂樹、中西準子、楠井隆史、河崎哲久 1980 活性汚泥における糖除去と汚泥中蓄積物。土木學會論文報告書第 104 号(12): 81-93.
6. 杉卓美、飯泉太郎 2002 新しいスライムコントロール技術。紙パ技協誌 56(6): 829-833.
7. 山本琢二,2006 紙パルプ排水処理用微生物製劑の技術動向について。紙パルプ技術タイムス(7): 1187-1192.
8. 杉卓美 2009-安定化された臭化アンモニウム-次亜塩素酸ナトリウム反應物の化學特性と殺菌效果。Journal of antibacterial and antifungal agents 37(9):641-649.
9. 石田光雄, 2010 紙に使用されるでん粉。 http://www.alic.go.jp/joho-d/joho07_000044.html
10. 鈴木裕之、柏木 聡、岩田壯介、日高勝彦、杉卓美 2008 Fuzzicide の潔淨化處理による生産性向上。。紙パ技協誌 62(11): 1377-1382.
11. 日高勝彦、杉卓美、鈴木裕之 2010 紙製造工程における澱粉制御による生産性・品質向上。紙パ技協誌 64(9):1031-1035.
12. 日高勝彦、杉卓美、鈴木裕之 2010 紙製造工程における澱粉制御による生産性・品質向上。紙パ技協誌 64(9):1031-1035.
13. 桂仁樹、日高勝彦、鈴木裕之 2011 板紙向け新微生物コントロールコンセプトによる水質とウェットエンドの改善。紙パ技協誌 65(5): 452-456.
14. 鈴木裕之、柏木 聡、岩田壯介、日高勝彦、杉卓美 2008 Fuzzicide の潔淨化處理による生産性向上。紙パ技協誌 62(11):1377-1382.
15. 桂仁樹、日高勝彦、鈴木裕之 2011 板紙向け新微生物コントロールコンセプトによる水質とウェットエンドの改善。紙パ技協誌 65(5): 452-456.
16. 日高勝彦 2014 スライムコントロール劑の變遷と最新技術のご紹介。紙パ技協誌 68(10):1117-1123.
17. 日新化學研究所 2014 スライム形成過程。 <http://www.nissin-kk.co.jp/products.html>
18. 山本琢二 2015 澱粉の活性汚泥處理に与える的影響と對策。紙パ技協誌 69(11):1187-1192.

*蘇裕昌 國立中興大學森林系教授

*Dr. Yu -Chang Su, Professor, Dept. of Forestry, National Chung-hsing University.