

厭氧生物對降解四氯乙烯及其中間產物之探討

組員：底宗鴻、洪乙乘

摘要

- 硝酸根 - 四氯乙烯的降解效果隨硝酸鹽濃度增加而減少。
- 硫酸根 - 效果並不明顯，乙烯的生成則明顯受到硫酸鹽的存在與否所影響 (硫酸鹽還原菌)。
- 篩除甲烷菌 - 熱篩法、BES添加促進四氯乙烯代謝。
- 添加乳酸 - 產氫菌及脫氯菌為混合族群中代謝四氯乙烯的主要菌種。

前言

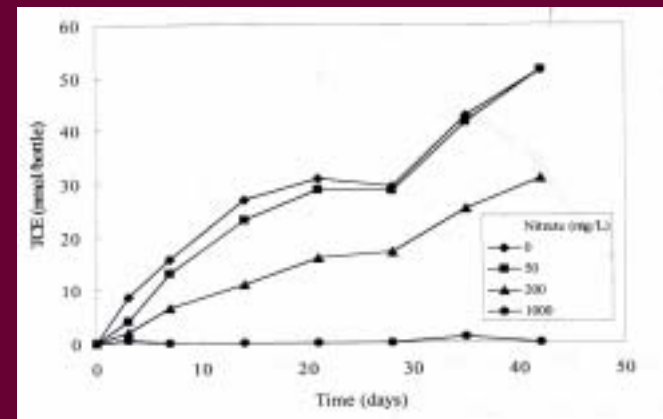
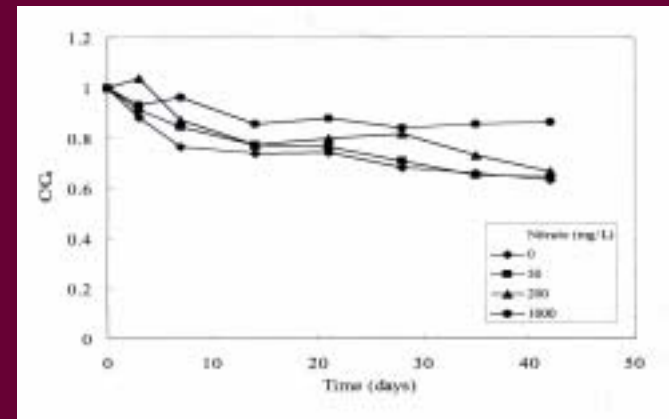
- 四氯乙烯(tetrachloroethylene, PCE)由於具有安定、不易燃及高揮發等特性，因此廣泛的使用於工業及乾洗業中作為溶劑及乾洗劑。
- 微生物利用基質生長、代謝污染物的過程，實際上就是在進行各種氧化還原反應，我們將以此特點來分解四氯乙烯降低其毒性，並討論各不同環境的四氯乙烯降解情形。

實驗藥品

- 菌種培養 - 本實驗使用的顆粒污泥(直徑約為0.5-1.0 mm)取自於食品廠所有的廢水處理廠UASB厭氧生物處理槽。
- 藥品 - 研究所使用的化學藥品主要有四氯乙烯、三氯乙烯、順-二氯乙烯、氯乙烯及乙炔。

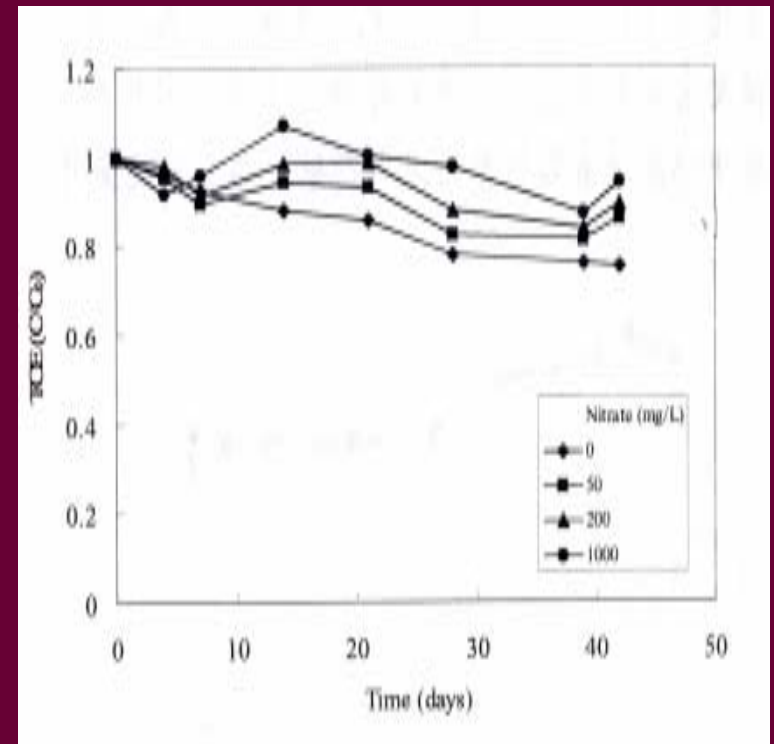
不同硝酸鹽濃度對四氯乙烯降解的影響

- 四氯乙烯降解情形 - 四氯乙烯的降解率受到氧化還原電位的提升而抑制。
- 降解四氯乙烯時三氯乙烯的累積情形 - 累積量同四氯乙烯降解情形。



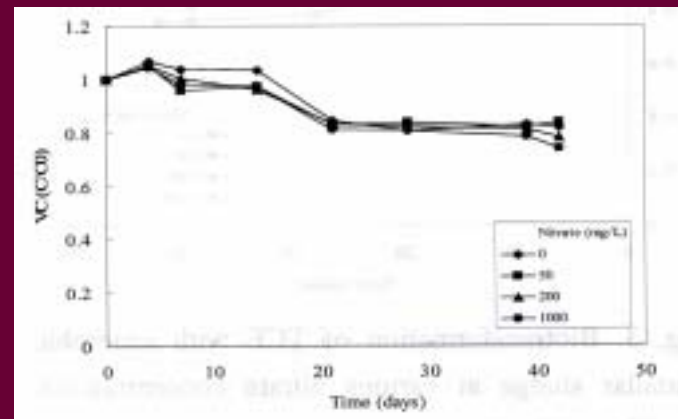
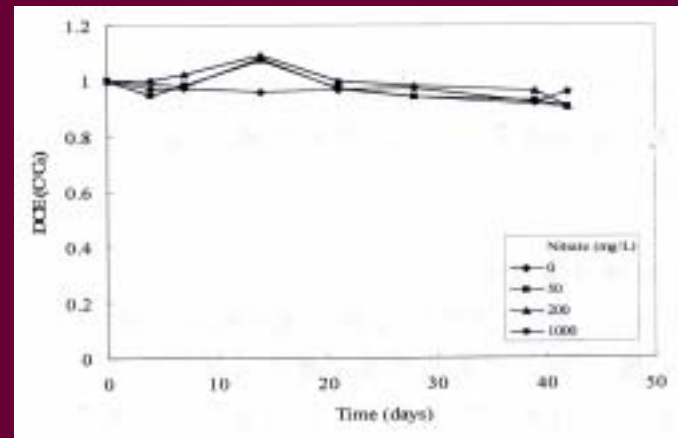
不同硝酸鹽濃度對三氯乙烯降解的影響

- 當水體中有硝酸鹽存在時，微生物降解三氯乙烯明顯受到硝酸鹽濃度的增加而受到抑制，可見三氯乙烯的降解在氧化還原電位較低的環境下會有較好的降解效果。



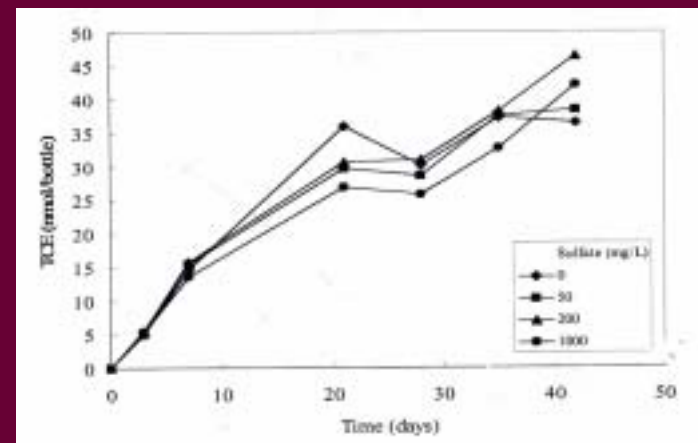
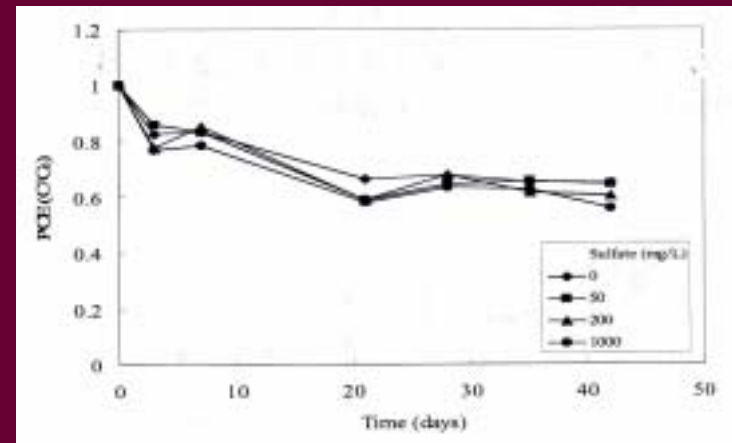
不同硝酸鹽濃度對順二氯乙烯、氯乙烯降解的影響

- 二氯乙烯並沒有明顯的被降解，推測水中之二氯乙烯濃度下降主要來自於微生物體的吸附作用所造成。
- 氯乙烯的降解與乙炔的生成似乎並不受硝酸鹽濃度的影響，其降解率並沒有明顯的區別。



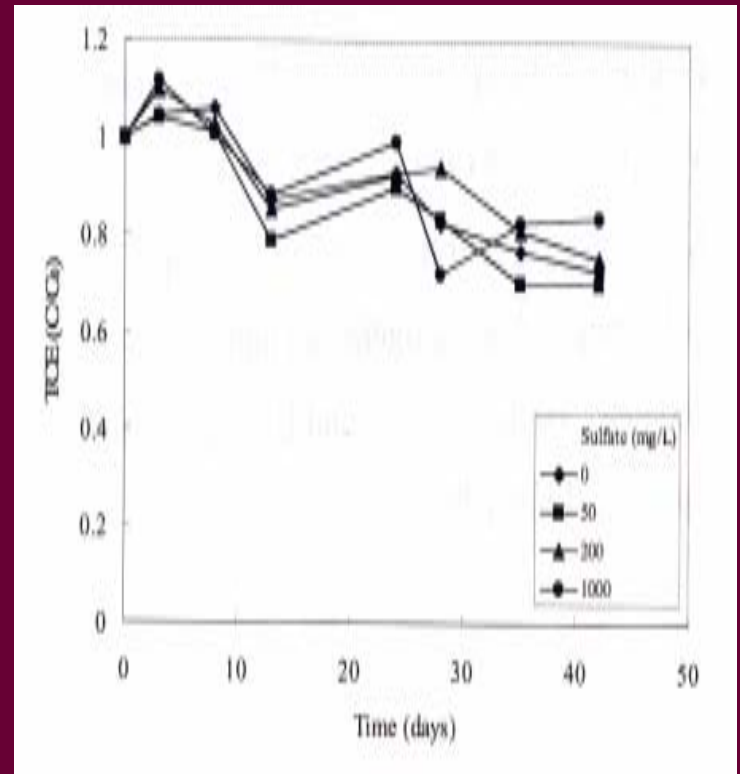
不同硫酸鹽濃度對四氯乙烯降解的影響

- 四氯乙烯降解情形 - 四氯乙烯的降解量並沒有明顯的改變。
- 降解四氯乙烯時三氯乙烯的累積情形 - 由於硫酸鹽的添加對四氯乙烯的降解並沒有明顯的影響，因此三氯乙烯的累積量也沒有明顯的變化。



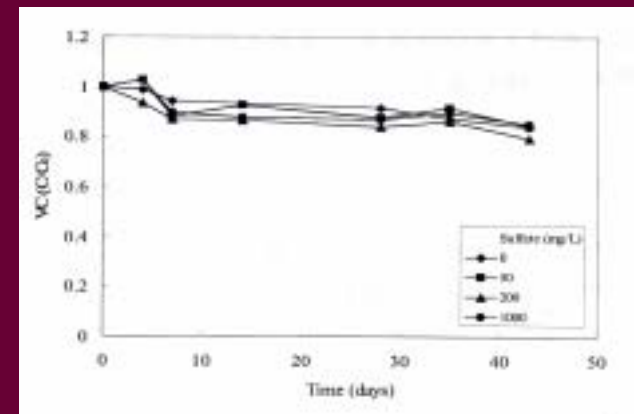
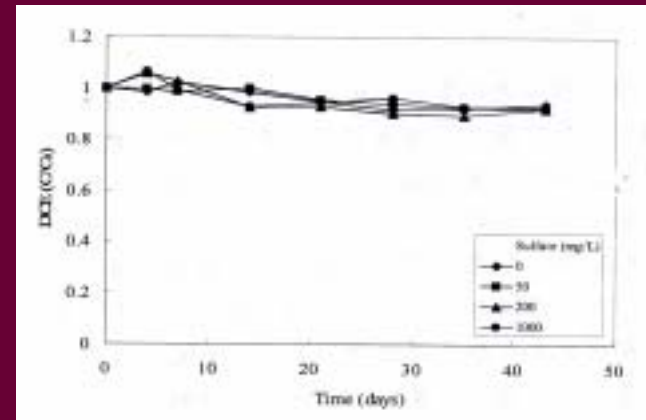
不同硫酸鹽濃度對三氯乙烯降解的影響

- 硫酸鹽濃度為0-50mg/l時，三氯乙烯的降解率有隨硫酸鹽的增加而有上升的趨勢；但是當硫酸鹽濃度達到200mg/l時，三氯乙烯的降解量不但沒有繼續提升，反而有抑制的現象。



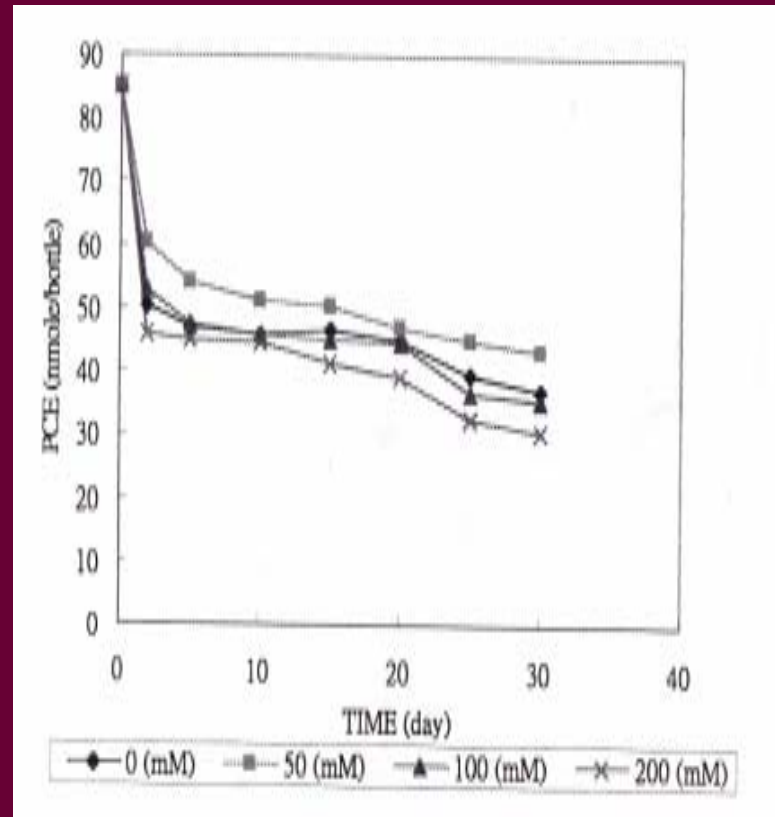
不同硫酸鹽濃度對順二氯乙烯、氯乙烯降解的影響

- 二氯乙烯降解情形 - 反應中二氯乙烯的生物反應現象並不明顯。
- 氯乙烯降解情形 - 反應中氯乙烯的降解率並沒有明顯的差異，而乙炔的生成量也沒有隨著硫酸鹽濃度的改變而有不同的降解情形。



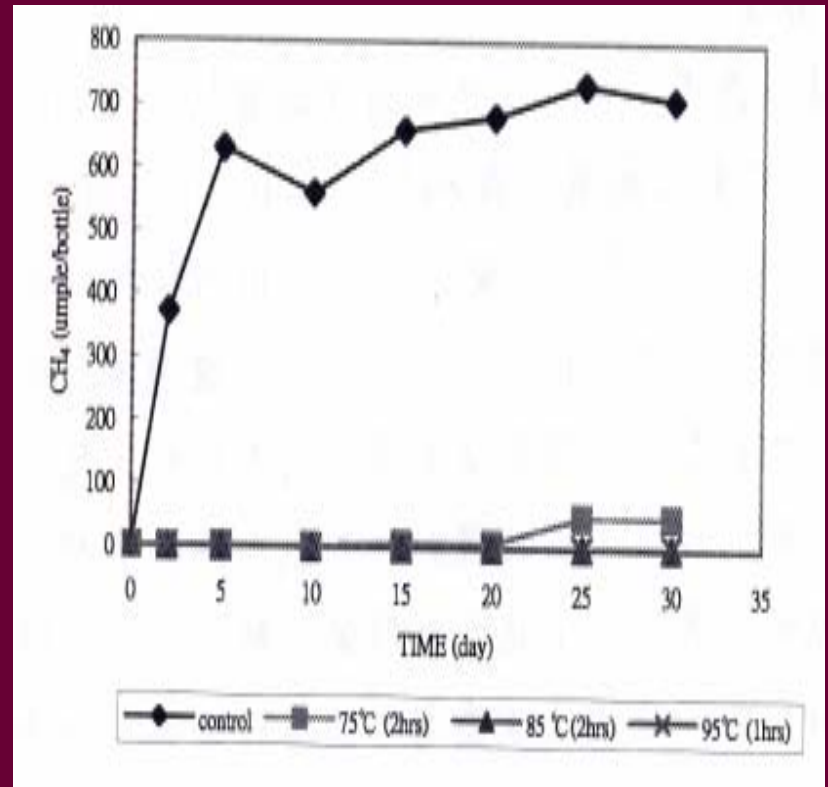
添加不同濃度BES對四氯乙烯降解之影響

- 四氯乙烯的降解情況，不但沒有被BES所抑制，反而在實驗的後期有較高的脫氯速率。可以發現本系統中的非甲烷族群比起甲烷族群更具脫氯效果及能力。



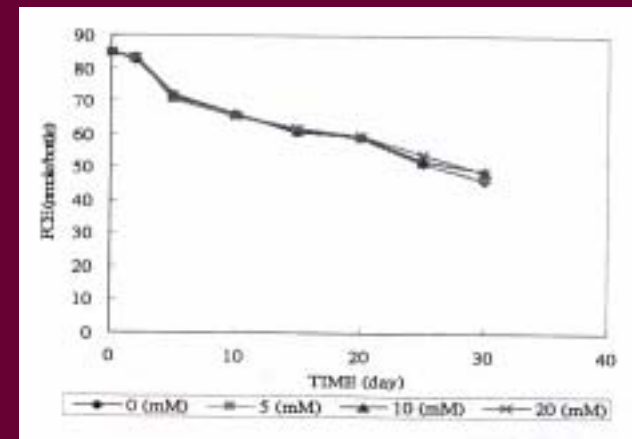
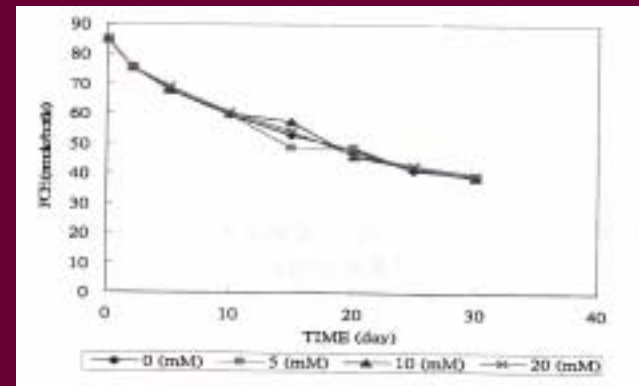
不同濃度熱篩甲烷生成情形

- 發現85 2小時及95 1小時對於甲烷菌的抑制都有不錯的效果，由於採行95 1小時的熱篩具較高溫度，水分極易蒸散，故採行85 2小時為最可行的熱篩法。



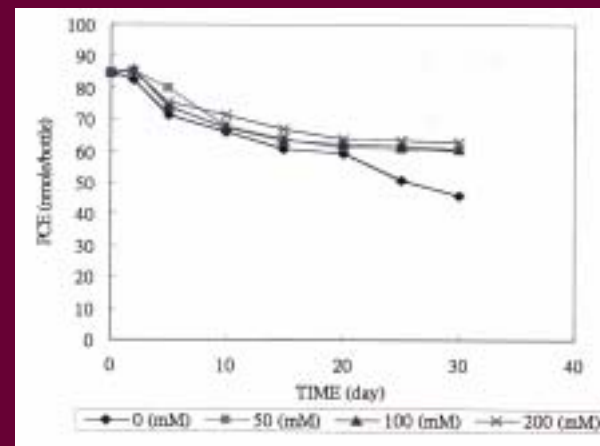
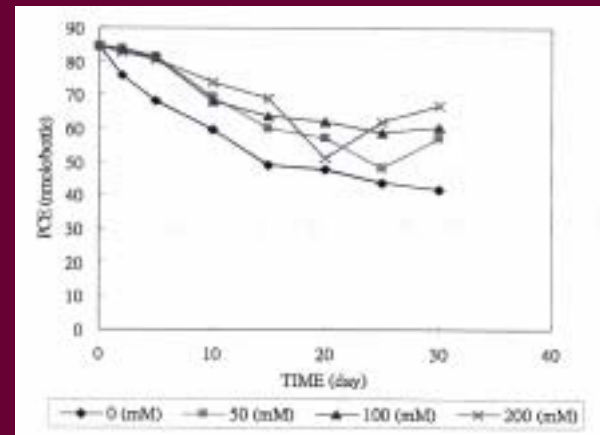
熱節對低濃度之硫酸鹽四氯乙烯降解之影響

- 隨著硫酸鹽濃度的增加，四氯乙烯的降解量並沒有隨之增加，硫酸鹽對於四氯乙烯的降解並無促進的效果，混合族群中似乎沒有因硫酸鹽濃度的增加，促使硫酸鹽還原菌的作用。



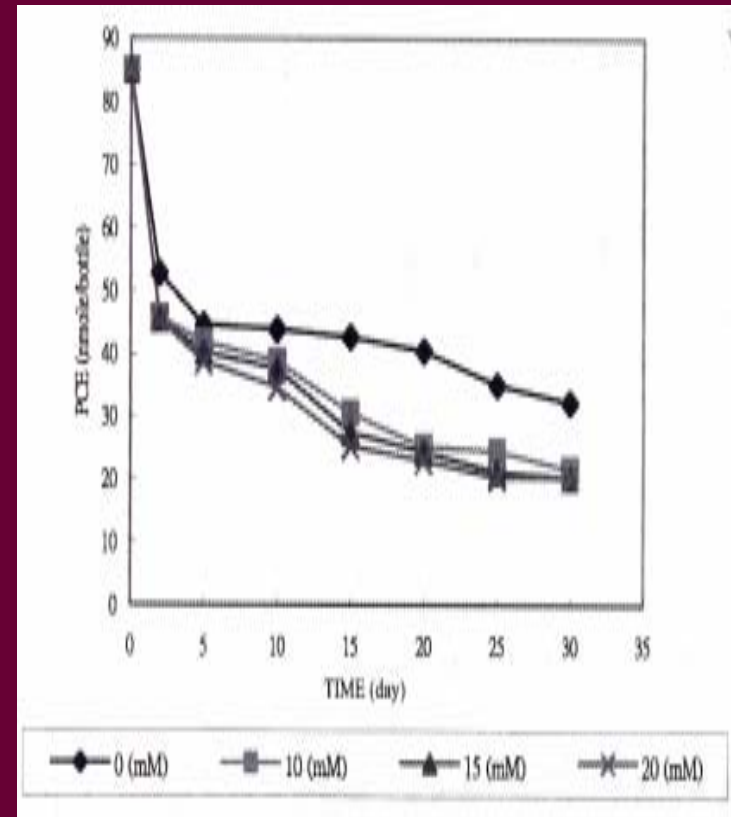
熱節對高濃度之硫酸鹽四氯乙烯降解之影響

- 隨著硫酸鹽濃度的增加，四氯乙烯的降解量出現抑制的現象，硫酸鹽對於四氯乙烯的降解並無促進的效果。顯示混合族群處於較高濃度的硫酸鹽時，並不會使硫酸鹽還原菌處於優勢。至可能是由於鹽類濃度過高的影響，促使菌體的不適應或死亡。



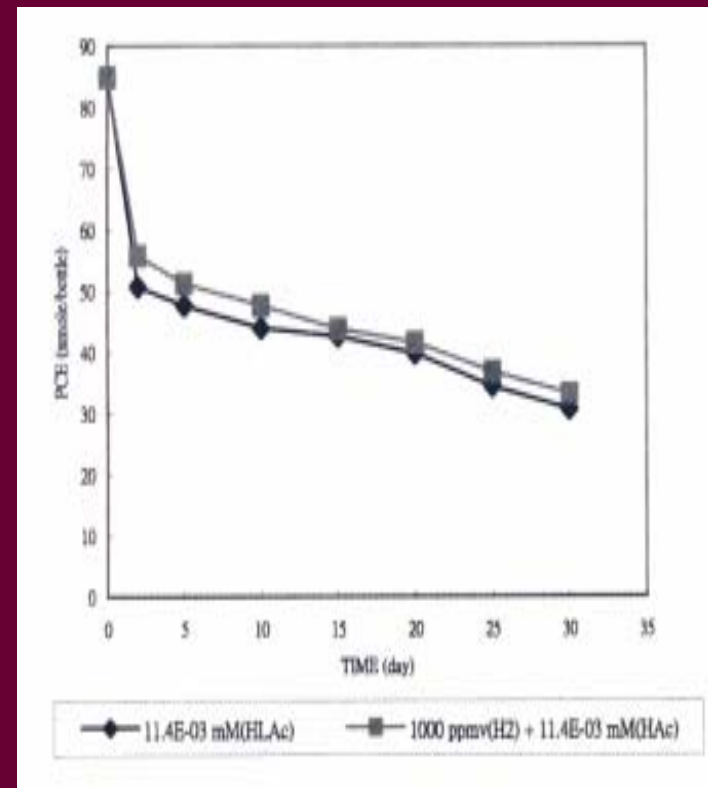
不同濃度乳酸對四氯乙烯降解之情形

- 乳酸的添加確實可以大幅的促進四氯乙烯的降解量，顯示在無甲烷菌及硫酸鹽還原菌的狀態下，產氫菌及鹵化呼吸菌應為主要的脫氯族群。



添加不同乳酸及醋酸鈉、氫氣對四率乙烯降解之情形

- 四氯乙烯透過產氫菌代謝量約佔總代謝量的5%，而透過鹵化呼吸菌的約佔總代謝量的95%。由上述的結果我們可以推測在無甲烷菌及硫酸鹽還菌狀態下，鹵化呼吸菌為本混合族群中對四氯乙烯較具降解能力及完全脫氮的菌群。



結論

- 水中硝酸根會影響水中的氧化還原電位，隨著硝酸鹽濃度的提升，反應中甲烷產生量隨之減少，四氯乙烯降解量也隨之減少，但乙烯的生成卻不受影響，可見顆粒性污泥中四氯乙烯的降解除除了甲烷菌外，仍有非優勢菌種在進行氯化乙烯的降解。三氯乙烯的降解亦因為硝酸鹽的添加影響其降解的效果，但是硝酸鹽的添加對氯乙烯降解的影響卻不明顯，可見四氯乙烯厭氧降解過程中，將四氯乙烯降解至三氯乙烯與進行下一降解步驟的菌種可能不同。

- 硫酸根對顆粒性污泥中的甲烷菌降解四氯乙烯造成的影響並不明顯，因為硫酸鹽的添加並不會明顯影響厭氧環境下水中的氧化還原電位，因此反應系統中甲烷化現象仍非常旺盛。由此可見，地下水中常出現的電子接受者 (NO_3^- 及 SO_4^{2-})，由於其在地下水中的濃度不高，因此在以顆粒性污泥處理受四氯乙烯污染的地下水時，將不會對處理結果有顯著的影響。

- 由抑制劑添加實驗隨著抑制劑的濃度增加，四氯乙炔的總降解量逐漸增加，三氯乙炔出現消耗而且乙炔的總累積量亦增加，顯示非甲烷族群中對於四氯乙炔具有較佳的降解及完全的脫氯。
- 在硫酸鹽添加試驗中可以發現，於未熱篩組與熱篩組中添加低濃度硫酸鹽時，顯示硫酸鹽的添加並不會出現四氯乙炔的脫氯甚至出現抑制。

- 於等量添加實驗中可以發現，乳酸組的四氯乙烯總降解量為54.23nmole/bottle，醋酸及氫氣組的四氯乙烯總降解量為51.66nmole/bottle顯示本族群在無甲烷菌及硫酸還原菌的狀態下，較具脫氯能力及完全脫氯的族群為鹵化呼吸菌。
- 鹵化呼吸菌為本混合族群對四氯乙烯較具降解能力及完全脫氯的族群，若能提供足夠碳源及足夠的氫氣，乳酸是添加基質最佳選擇之一，它能透過產氫菌產生醋酸和氫氣提供鹵化呼吸菌利用。

參考資料

- 中華民國環境工程學會第27屆廢水處理技術，物化處理程序「水體中不同電子接受者對顆粒性污泥降解四氯乙烯及其厭氧中間產物之影響研究」
- 中華民國環境工程學會第27屆廢水處理技術，物化處理程序「厭氧生物處理四氯乙烯代謝方式之探討」