

探討海洋底泥厭氧微生物在不同有機物環境影響鋼鐵材料腐蝕機制

謝炎恭¹、洪臧變¹、張晁瑞²、吳哲宏^{2*}

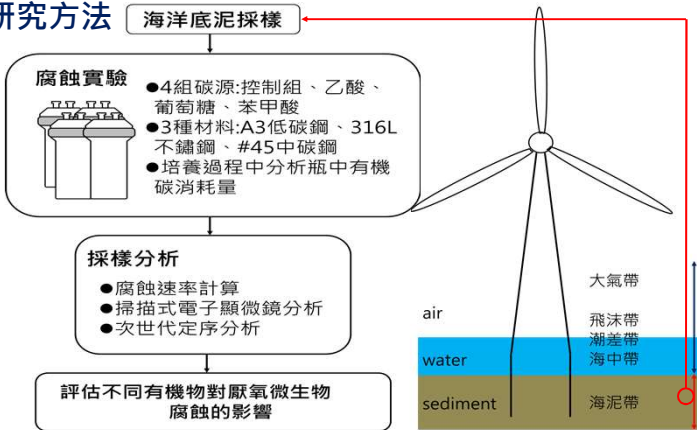
¹國家海洋研究院海洋生態及保育研究中心

²國立成功大學環境工程研究所

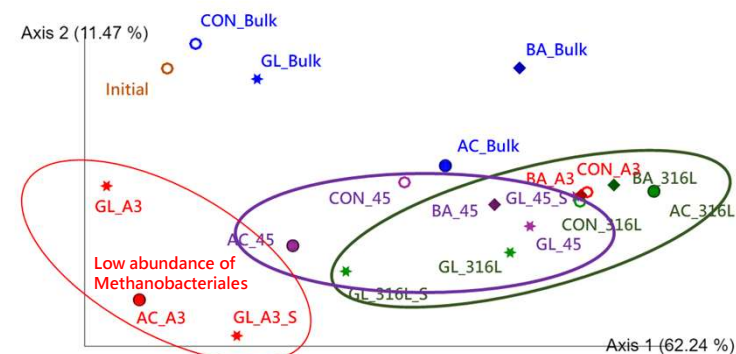
前言

離岸風力發電是臺灣未來綠色能源發展的重要產業，離岸風機的水下結構長期浸泡在海水且基樁立於海床中，使風機基樁構件需面對海洋嚴苛腐蝕環境之考驗，其結構物腐蝕防治將是離岸風機長期穩定運轉的重要課題。海洋縱向深度廣大，氧化還原條件和水質隨著海洋深度而有所不同，導致造成鋼鐵腐蝕的機制不盡相同。海洋環境隨著深度的不同可區分成大氣帶、飛沫帶、潮差帶、海中帶及海泥帶等。鋼鐵材料的腐蝕機制及防治策略在富氧的海水環境中研究較完整而詳盡，然而在缺氧的海泥帶中，鋼鐵的腐蝕機制目前所知相當有限。在厭氧環境中會有各式相關的還原氧化反應及產酸反應，這些反應都可能和金屬腐蝕有關而導致微生物腐蝕。從微生物代謝的角度，這些微生物會利用有機物作為電子來源，經生化代謝後把電子以直接或間接方式轉移到最終電子接受者如硫酸鹽、硝酸鹽、鐵離子等。由於海泥中可能沉積大量有機物，故有機物的含量多寡及是否適合厭氧生物利用很有可能是影響腐蝕速率的關鍵因子。本研究於實驗室中建立厭氧海洋底泥系統，探討在乙酸、葡萄糖、苯甲酸等有機物存在的海水環境中，海洋底泥厭氧微生物群對鋼鐵腐蝕的影響。

研究方法



微生物組成分析



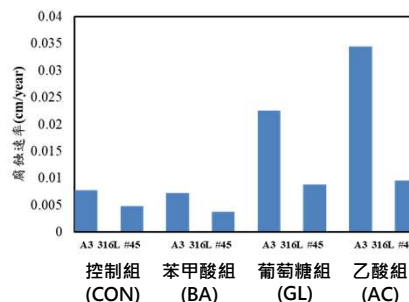
PCoA analysis of 515F-926R amplicons based on weighted UniFrac distance. Symbols: AC: Acetate; GL: glucose; BA: Benzoic acid; CON: Control; Bulk: Sediment which was not attach on the slide

結果與討論

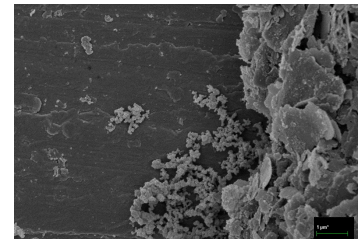
腐蝕速率

$$\text{腐蝕速率}(R_{\text{corr}}) = (\Delta m / A \cdot \rho \cdot t)$$

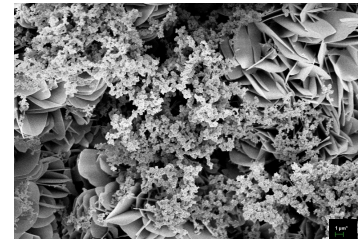
Δm =質量損失(g)
 A =試片暴露面積(cm^2)
 t =暴露時間，年(year)
 ρ =金屬材料之密度 (g/cm^3)



SEM影像分析



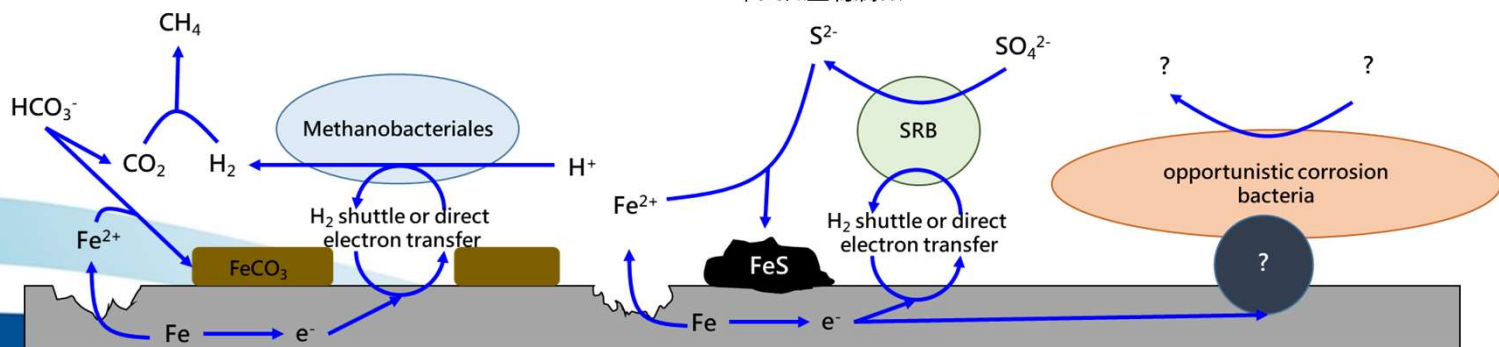
微生物附著在金屬的情形



可能形成的無機鹽保護層及微生物

結論

不論是在無碳源的控制組或是有碳源的組別，都可以觀察到程度不一的腐蝕，以碳源視角探討，腐蝕速率：乙酸>葡萄糖>控制組~苯甲酸，根據研究結果顯示碳源因素的確會影響腐蝕速率，另以鋼鐵材料角度研析，腐蝕速率：A3低碳鋼>316L不鏽鋼>#45中碳鋼。綜合初步結果呈現很可能是不同碳源可培養出不同能夠從金屬板上獲取電子的微生物的因素，這些微生物的功能目前仍不清楚。菌群分析顯示在腐蝕速率較高的樣本中，Methanobacteriales 比例(1.3~2.6%)較其他樣本低(20~60%)，可能是Methanobacteriales 利用碳酸根後導致微環境pH值上升，使碳酸鹽類更容易在金屬表面沉澱形成保護層，進而保護金屬不受微生物腐蝕。



厭氧微生物對鐵腐蝕機制示意圖