

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 地球科學科

080507

河流的污染與影響

學校名稱：高雄市旗山區旗尾國民小學

作者： 小六 鍾景巨	指導老師： 張家榮 鍾志華
---------------	---------------------

關鍵詞：溫度、PH 值、金屬氧化

摘要

本研究以 PH 儀、電導度計、數位式溫度計及電子天平等儀器量測不同河流（濁口溪、美濃河、荖濃溪）、河段（上、中、下游及出海口）之水質變化情形，及其對於不同金屬的氧化情形。

研究可知，各水質 PH 值變化為 濁口溪 < 美濃河 = 荖濃溪；從上游到下游電導度呈現增加的趨勢；各河流從上游流到下游溫度皆增加，一到出海口，電導度與溫度增加的幅度就大幅上升。各種金屬片以使用出海口的水質浸泡，其氧化幅度最大，不同金屬的氧化程度則為 鐵 > 鋅 > 銅 > 鋁。

金屬浸泡於各種水質中，溶液的 PH 值皆上升，以鐵金屬的上升幅度最大；含鐵的溶液其電導度會隨著靜置時間而下降外，其餘皆上升；塗上防鏽漆可使金屬的氧化速率減緩，而通入空氣，使金屬的氧化速增快。

壹、研究動機

我們的家鄉是擁有青山綠水的美麗環境，一到假日就有很多人來此區域遊玩親近大自然，也常聽到許多人稱讚這裡的水質很好，因此看到有很多人會到此玩水、釣魚，我們常想是不是我們這裡因為沒有各種不同汙染（例：工業汙染、家庭廢水、農藥汙染等），所以水質特別好，這讓我們興起研究家鄉及附近地區河流水質的興趣，我們想這次的研究讓大家瞭解河流汙染的情形及保護河川環境的重要性。

貳、研究目的

本研究有下列目的：

- 一、研究各河流上游、中游、下游受到汙染的情形。
- 二、研究水質對於金屬氧化的影響。
- 三、研究防鏽漆對於金屬的氧化速率的影響。
- 四、研究通入空氣於金屬的氧化速率的影響。

參、研究設備及器材

編號	研究器材	製造廠商	型號
1	電子天平	AND	GF-400
2	PH 儀	TAIJI	PH300
3	電導度計	Lutron	CD-4301
4	數位式溫度計	永原儀器	SS-31A
5	打氣幫浦	AQUAFUN	CX-3000
6	金屬片	永原儀器	3×5 cm
7	防鏽漆	虹牌油漆	
8	燒杯	永原儀器	500ml
9	燒杯	永原儀器	250ml

肆、研究過程

一、各河流水質的檢測

- (一) 取出各河流(濁口溪、美濃河、荖濃溪)各河段(上游、中游、下游)及各河流匯集的出海口(高屏溪)的河水。
- (二) 測量各水質的 PH 值、電導度變化並紀錄之。
- (三) 使用數位式溫度計在同一時間測量各水質溫度並紀錄之。

二、各種水質對不同金屬片生鏽反應的影響

- (一) 在金屬片浸入各水質前測量其質量，並紀錄。
- (二) 各取 100ml 的水溶液，將金屬片放入。
- (三) 取出金屬片用衛生紙將附著在金屬表面的水分吸乾。
- (四) 分別靜置 24 小時、48 小時、72 小時、96 小時紀錄其質量變化。

三、各種水質的 PH 值對氧化生鏽的影響及氧化生鏽後 PH 值、電導度的變化

- (一) 測量放入金屬片前不同河流、河段之 PH 值，並將其紀錄。
- (二) 各取 100ml 的水溶液，將金屬片放入。
- (三) 分別靜置 24 小時、48 小時、72 小時、96 小時紀錄其 PH 值、電導度、變化。

四、塗防鏽漆對生鏽的影響

- (一) 將各種金屬片漆上防鏽漆待其乾燥後置於電子天秤上稱其質量。
- (二) 各取 100ml 的水溶液，將金屬片放入。
- (三) 分別靜置 24 小時、48 小時、72 小時、96 小時紀錄其質量變化。

五、通入空氣對於生鏽的影響

- (一) 在金屬片浸入各水質前測量其金屬片質量、溶液 PH 值、電導度，並將其紀錄。
- (二) 各取 500ml 的水溶液，將金屬片放入分別靜置 24 小時、48 小時、72 小時、96 小時紀錄其金屬片質量、溶液 PH 值、電導度值變化。

伍、研究結果

表一、各種河流性質改變狀況

測量數據 各條河流		電導度 (ms/cm)	PH 值	溫度 (°C)
濁口溪	上游	0.316	5.7	15.3
	中游	0.360	5.9	15.8
	下游	0.362	5.9	15.9
	出海口	0.907	8.6	19.2
美濃河	上游	0.349	6.9	15.7
	中游	0.463	7.1	16.5
	下游	0.517	7.8	17.1
	出海口	0.907	8.6	19.2
荖濃溪	上游	0.417	6.3	15.9
	中游	0.526	6.7	16.3
	下游	0.628	7.2	16.9
	出海口	0.907	8.6	19.2

表二、各河段含鐵金屬溶液之電導度變化

存放時間 電導度(ms/cm)		0hr	24hr	48hr	72hr	96hr
濁口溪	上游	0.316	0.297	0.275	0.248	0.227
	中游	0.360	0.347	0.325	0.323	0.319
	下游	0.368	0.352	0.331	0.329	0.326
	出海口	0.907	0.858	0.832	0.811	0.803
美濃河	上游	0.349	0.315	0.296	0.285	0.265
	中游	0.463	0.423	0.402	0.389	0.373
	下游	0.517	0.485	0.463	0.443	0.424
	出海口	0.907	0.858	0.832	0.811	0.803
荖濃溪	上游	0.417	0.412	0.458	0.457	0.455
	中游	0.526	0.373	0.370	0.365	0.357
	下游	0.628	0.415	0.398	0.376	0.362
	出海口	0.907	0.858	0.832	0.811	0.803

表三、各河段含銅金屬溶液之電導度變化

存放時間 電導度(ms/cm)		0hr	24hr	48hr	72hr	96hr
		濁口溪	上游	0.316	0.311	0.336
中游	0.360		0.361	0.363	0.370	0.375
下游	0.368		0.371	0.374	0.376	0.381
出海口	0.907		0.939	0.981	1.135	1.156
美濃河	上游	0.349	0.257	0.386	0.410	0.420
	中游	0.463	0.486	0.526	0.539	0.550
	下游	0.517	0.536	0.563	0.569	0.596
	出海口	0.907	0.939	0.981	1.135	1.156
荖濃溪	上游	0.417	0.498	0.523	0.532	0.555
	中游	0.526	0.529	0.556	0.563	0.580
	下游	0.628	0.642	0.686	0.703	0.727
	出海口	0.907	0.939	0.981	1.135	1.156

表四、各河段含鋅金屬溶液之電導度變化

存放時間 電導度(ms/cm)		0hr	24hr	48hr	72hr	96hr
		濁口溪	上游	0.316	0.336	0.346
中游	0.360		0.382	0.397	0.412	0.421
下游	0.368		0.396	0.413	0.426	0.435
出海口	0.907		0.956	1.103	1.143	1.165
美濃河	上游	0.349	0.356	0.364	0.356	0.366
	中游	0.463	0.491	0.532	0.543	0.555
	下游	0.517	0.533	0.556	0.567	0.580
	出海口	0.907	0.956	1.103	1.143	1.165
荖濃溪	上游	0.417	0.498	0.517	0.531	0.538
	中游	0.526	0.529	0.535	0.551	0.569
	下游	0.628	0.639	0.685	0.701	0.711
	出海口	0.907	0.956	1.103	1.143	1.165

表五、各河段含鋁金屬溶液之電導度變化

存放時間 電導度(ms/cm)		0hr	24hr	48hr	72hr	96hr
		濁口溪	上游	0.316	0.332	0.342
中游	0.360		0.361	0.386	0.401	0.426
下游	0.368		0.372	0.396	0.416	0.432
出海口	0.907		0.998	1.106	1.158	1.175
美濃河	上游	0.349	0.368	0.385	0.396	0.404
	中游	0.463	0.498	0.534	0.549	0.563
	下游	0.517	0.573	0.593	0.604	0.616
	出海口	0.907	0.998	1.106	1.158	1.175
荖濃溪	上游	0.417	0.436	0.458	0.472	0.495
	中游	0.526	0.551	0.591	0.614	0.628
	下游	0.628	0.632	0.653	0.638	0.647
	出海口	0.907	0.998	1.106	1.158	1.175

表六、濁口溪中游金屬溶液在不同條件下 PH 值變化

存放時間 PH 值		0hr	24hr	48hr	72hr	96hr
		鐵	有塗防鏽漆	5.9	7.2	7.2
沒有塗防鏽漆	5.9		7.6	7.8	7.9	7.9
通入空氣	5.9		7.7	7.9	8.0	8.2
銅	有塗防鏽漆	5.9	7.1	7.2	7.3	7.3
	沒有塗防鏽漆	5.9	7.2	7.7	7.7	7.7
	通入空氣	5.9	7.5	7.5	7.7	7.9
鋅	有塗防鏽漆	5.9	7.1	7.2	7.2	7.3
	沒有塗防鏽漆	5.9	7.3	7.3	7.7	7.9
	通入空氣	5.9	7.7	7.8	7.8	8.1
鋁	有塗防鏽漆	5.9	7.1	7.1	7.1	7.2
	沒有塗防鏽漆	5.9	7.3	7.3	7.6	7.8
	通入空氣	5.9	7.6	7.6	7.7	7.7

表七、美濃河中游金屬溶液在不同條件下 PH 值變化

PH 值 \ 存放時間		0hr	24hr	48hr	72hr	96hr
鐵	有塗防鏽漆	7.1	7.2	7.5	7.5	7.5
	沒有塗防鏽漆	7.1	7.2	7.4	7.5	7.6
	通入空氣	7.1	7.3	7.6	7.9	8.2
銅	有塗防鏽漆	7.1	7.1	7.1	7.2	7.3
	沒有塗防鏽漆	7.1	7.2	7.3	7.3	7.4
	通入空氣	7.1	7.2	7.4	7.8	8.0
鋅	有塗防鏽漆	7.1	7.2	7.3	7.3	7.3
	沒有塗防鏽漆	7.1	7.1	7.2	7.2	7.3
	通入空氣	7.1	7.3	7.5	7.8	8.0
鋁	有塗防鏽漆	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
	沒有塗防鏽漆	7.1	7.1	7.1	7.1	7.2
	通入空氣	7.1	7.1	7.3	7.7	7.8

表八、荖濃河中游金屬溶液在不同條件下 PH 值變化

PH 值 \ 存放時間		0hr	24hr	48hr	72hr	96hr
鐵	有塗防鏽漆	6.7	7.2	7.3	7.3	7.4
	沒有塗防鏽漆	6.7	7.2	7.3	7.4	7.5
	通入空氣	6.7	7.3	7.5	7.6	7.8
銅	有塗防鏽漆	6.7	7.1	7.2	7.2	7.2
	沒有塗防鏽漆	6.7	7.2	7.2	7.2	7.3
	通入空氣	6.7	7.3	7.5	7.5	7.6
鋅	有塗防鏽漆	6.7	7.1	7.1	7.1	7.1
	沒有塗防鏽漆	6.7	7.2	7.2	7.2	7.2
	通入空氣	6.7	7.4	7.5	7.6	7.7
鋁	有塗防鏽漆	6.7	6.7	6.9	7.0	7.1
	沒有塗防鏽漆	6.7	6.7	6.8	7.0	7.1
	通入空氣	6.7	7.1	7.2	7.4	7.6

圖1-1濁口溪上游金屬片質量之變化量

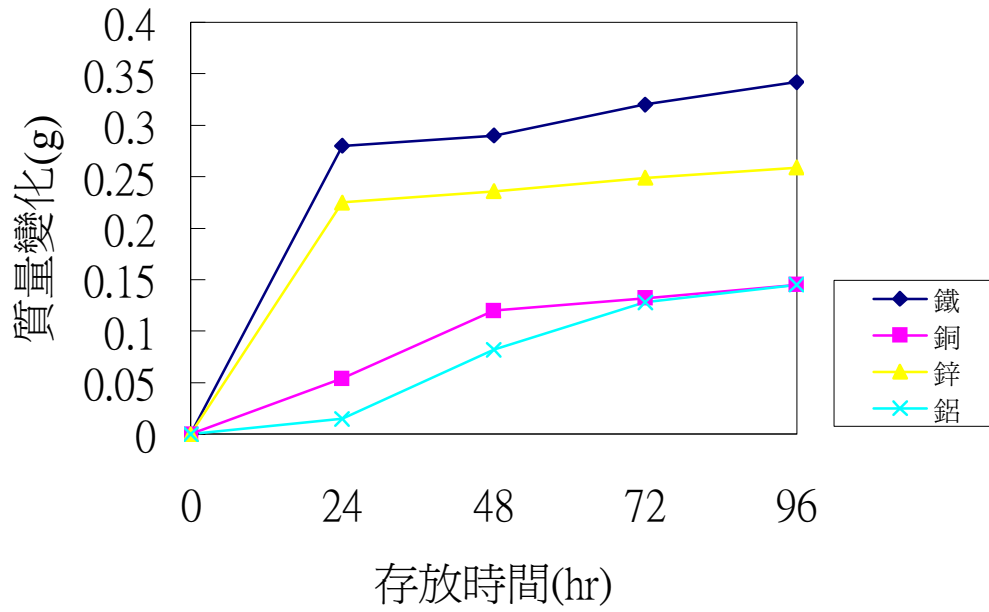


圖1-2濁口溪中游金屬片質量之變化量

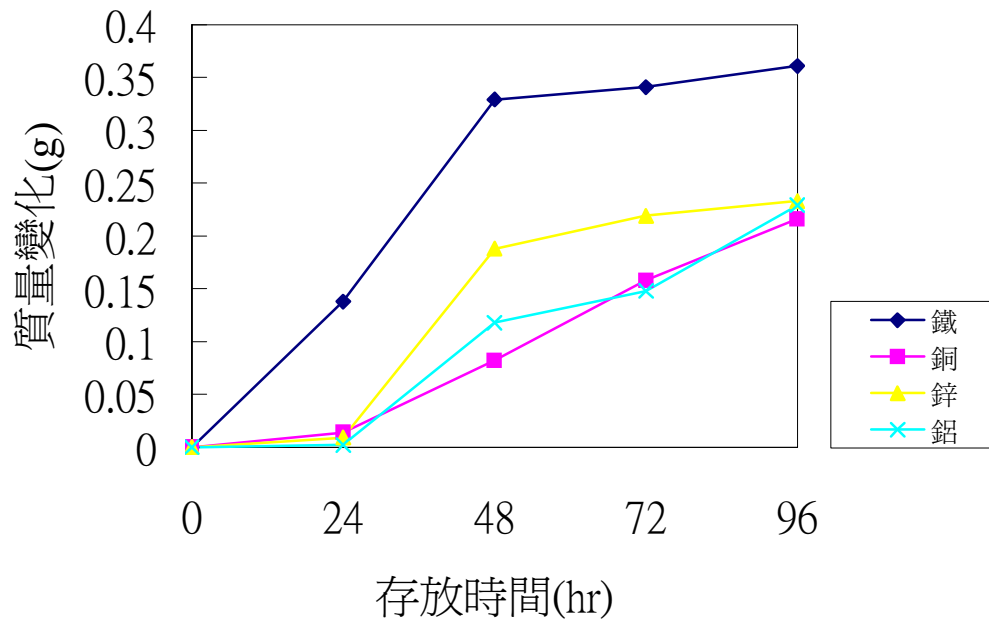


圖1-3美濃河上游金屬片質量之變化量

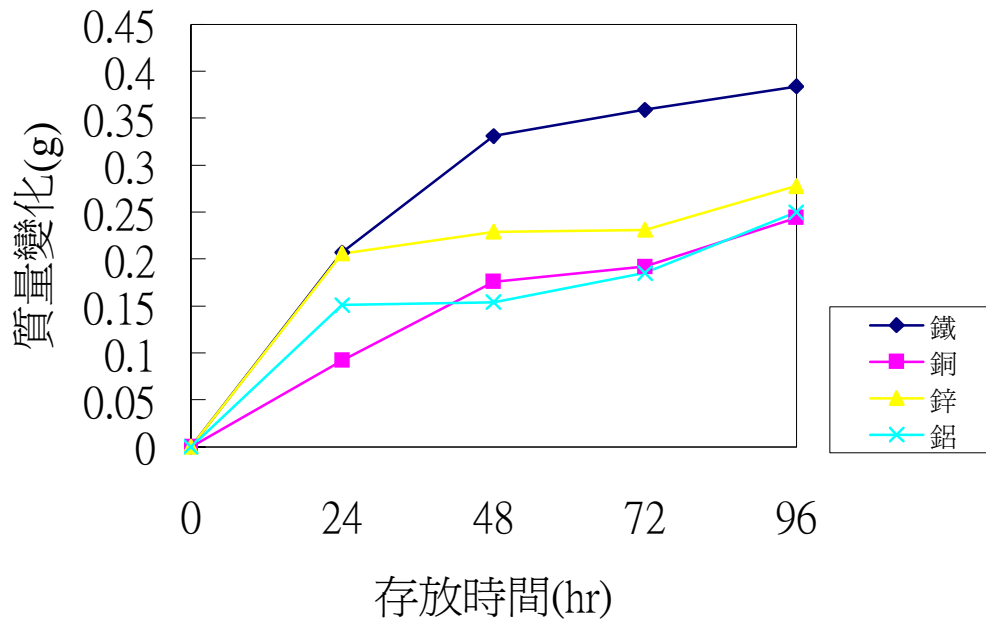


圖1-4美濃河中游金屬片質量之變化量

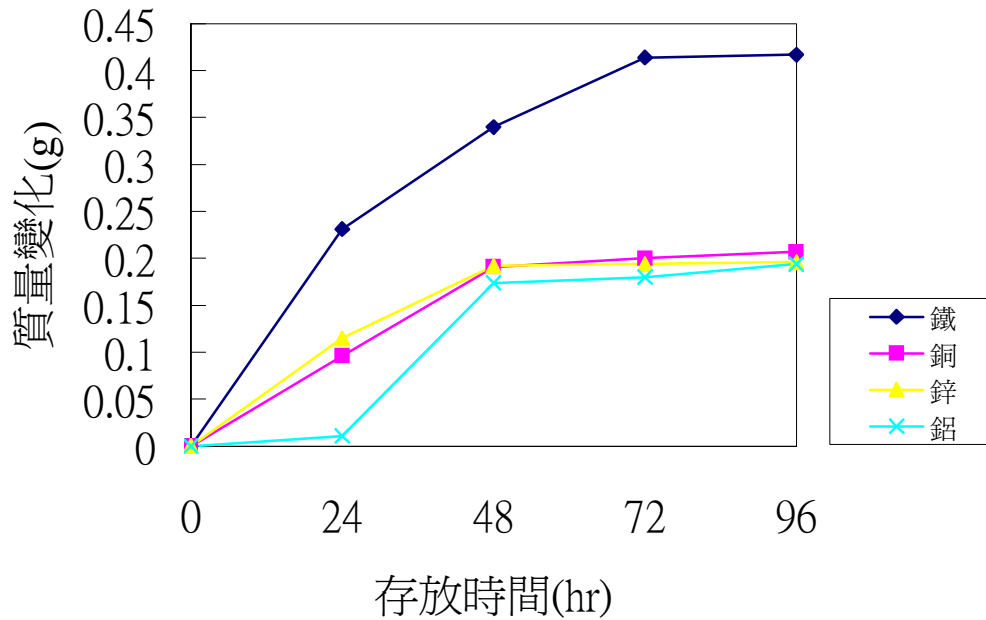


圖1-5出海口金屬片質量之變化量

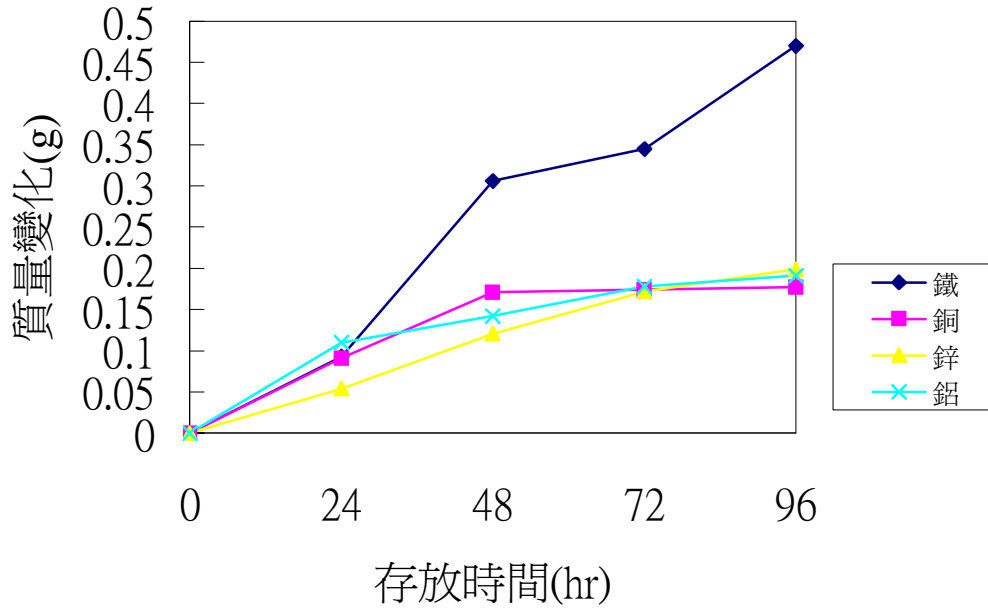


圖2-1濁口溪上溶液PH值之變化

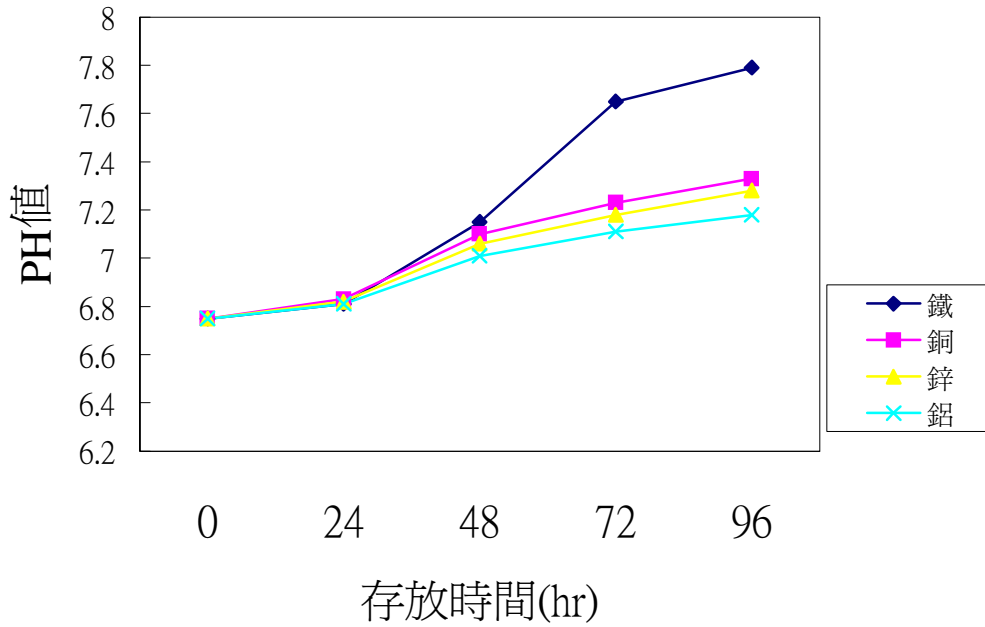


圖2-2濁口溪下游溶液PH值之變化

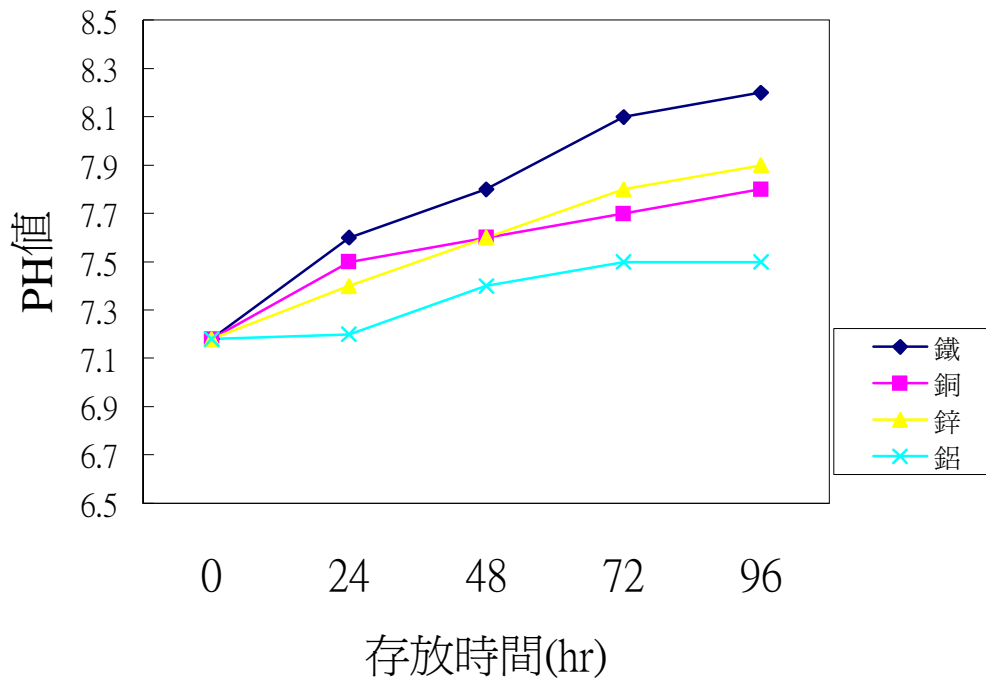


圖2-3美濃河上游溶液PH值之變化

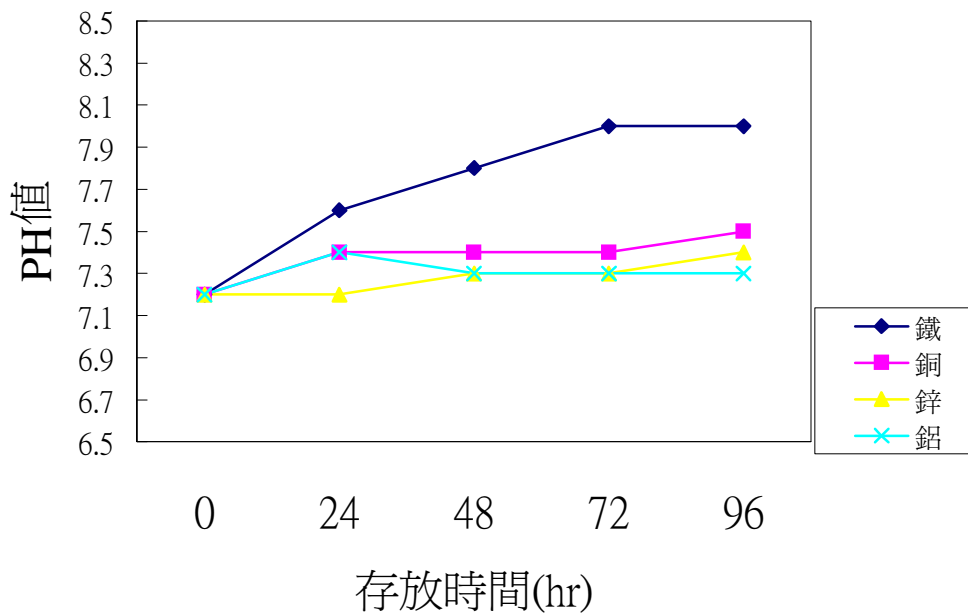


圖2-4美濃河中游溶液PH值之變化

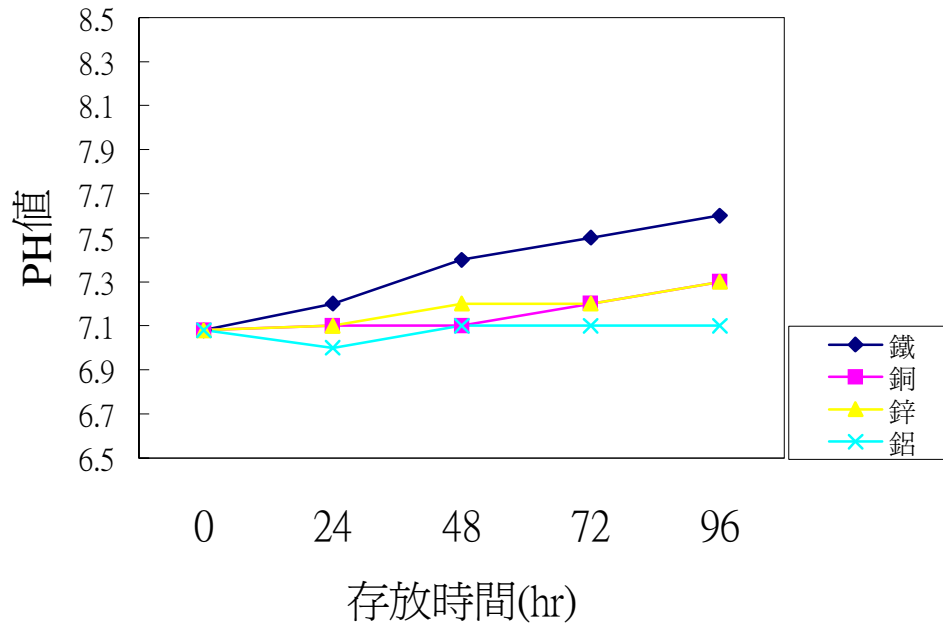


圖3-1鐵在濁口溪中游加防鏽漆的質量變化

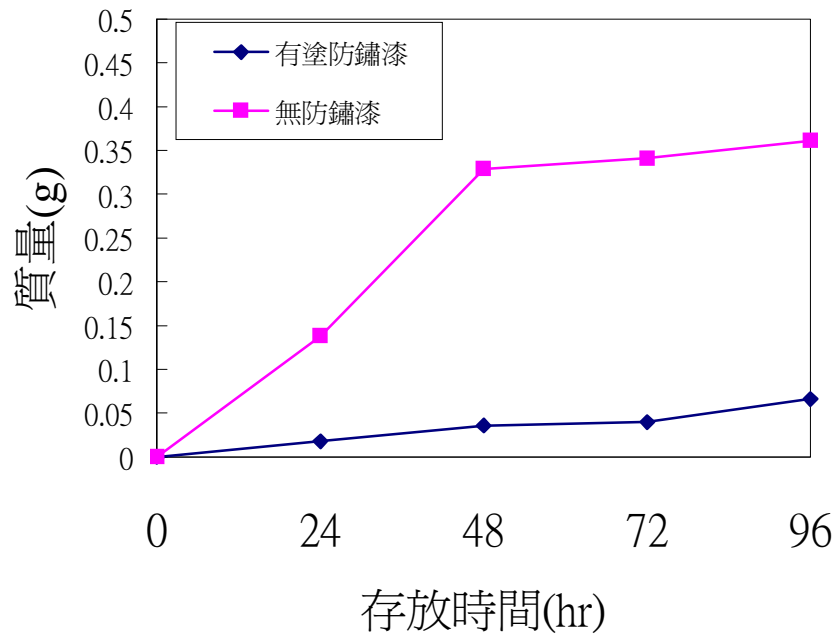


圖3-2 鋅在濁口溪中游加防鏽漆的質量變化

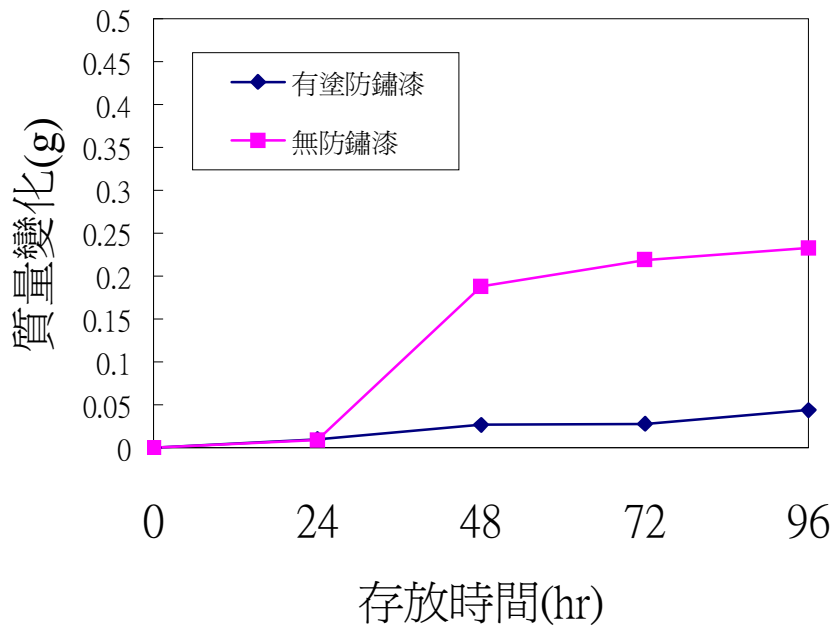


圖3-3 鐵在美濃河中游加防鏽漆的質量變化

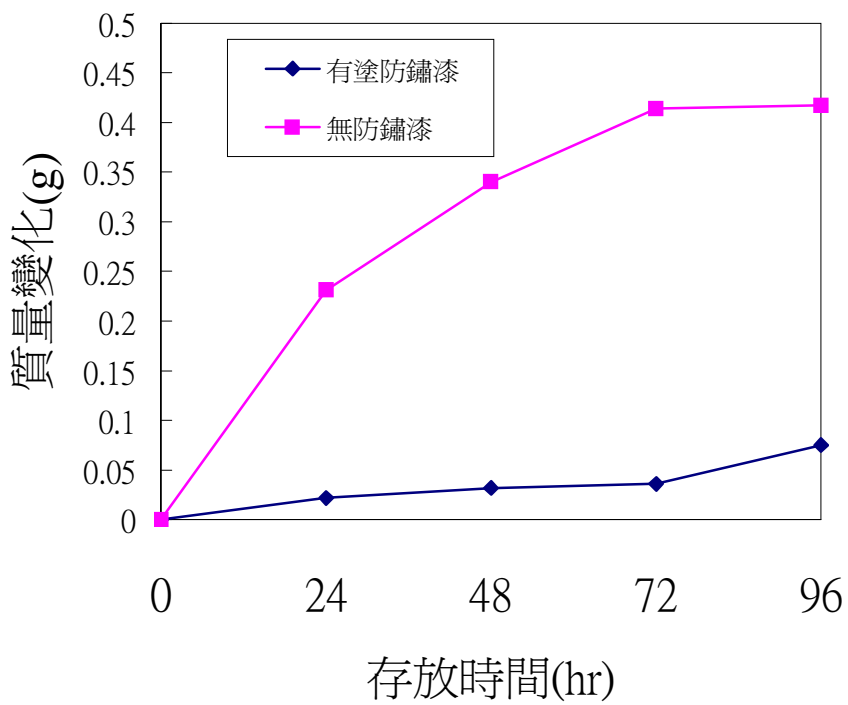


圖3-4銅在美濃河中游加防鏽漆的質量變化

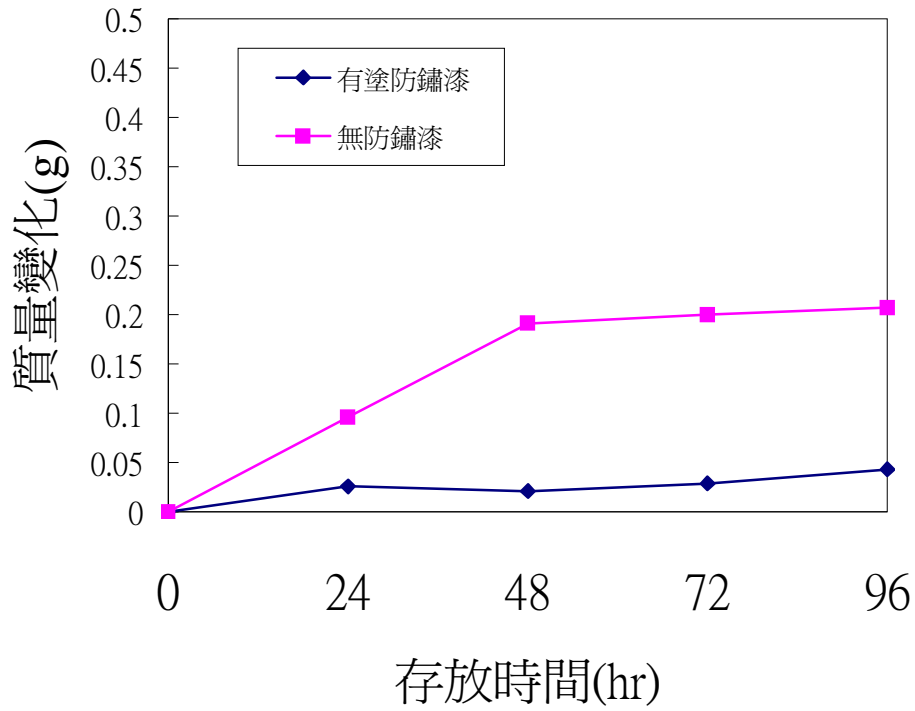


圖3-5鋅在美濃河中游加防鏽漆的質量變化

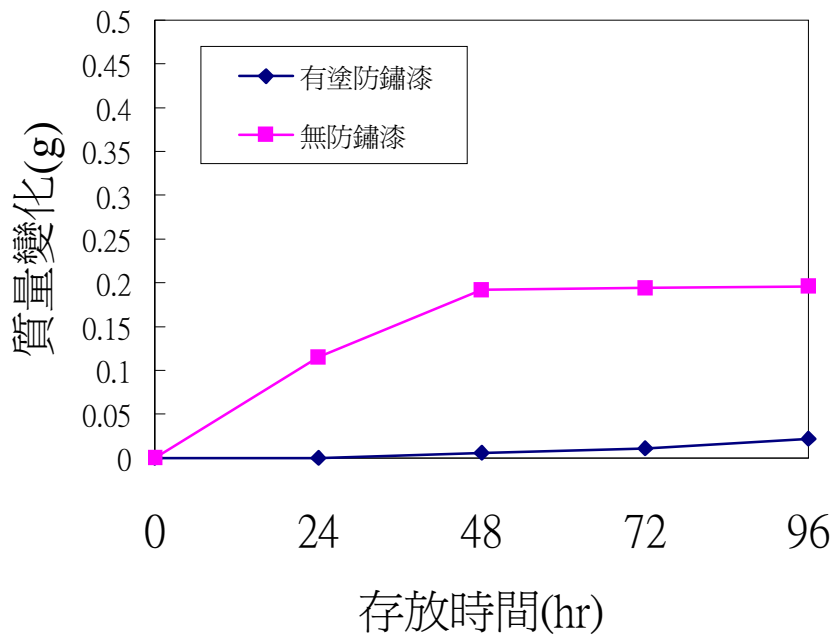


圖3-6鐵在濁口溪中游加防鏽漆的PH值變化

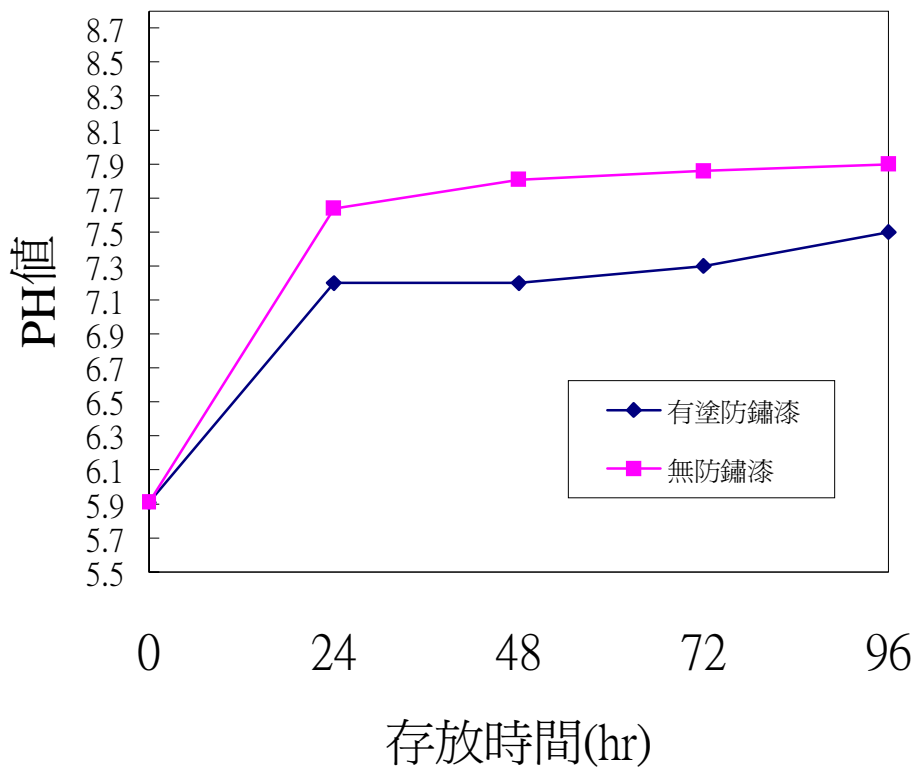


圖3-7銅在濁口溪中游加防鏽漆的PH值變化

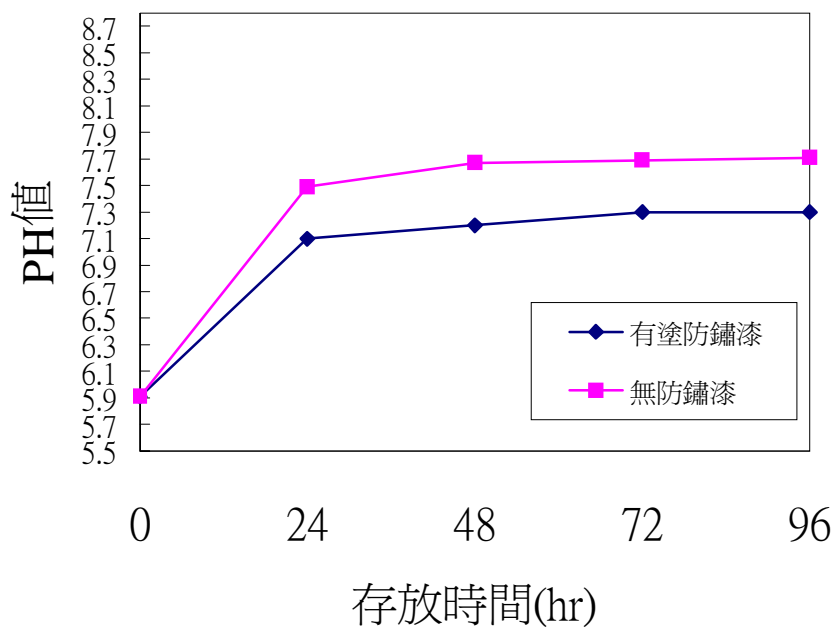


圖3-8 鋅在濁口溪中游加防鏽漆的PH值變化

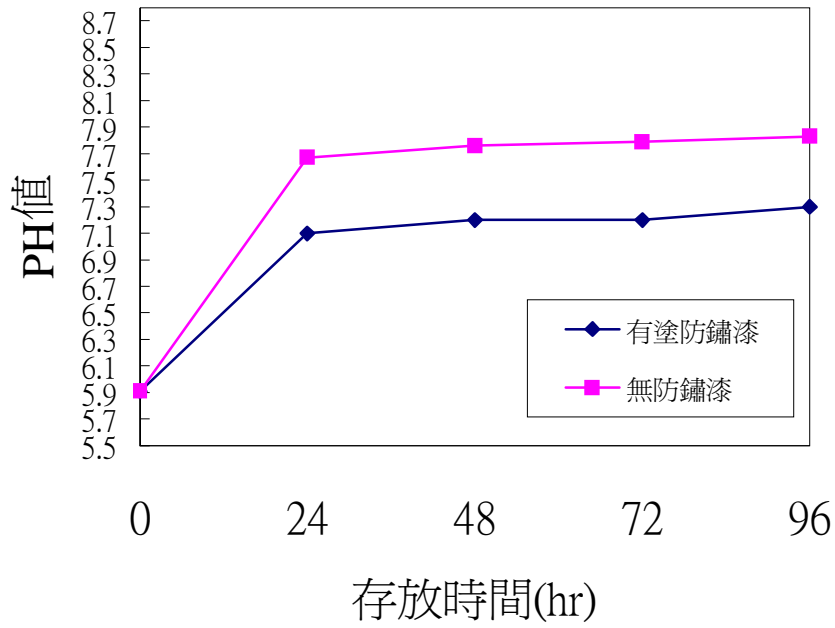


圖3-9 鋁在濁口溪中游加防鏽漆的PH值變化

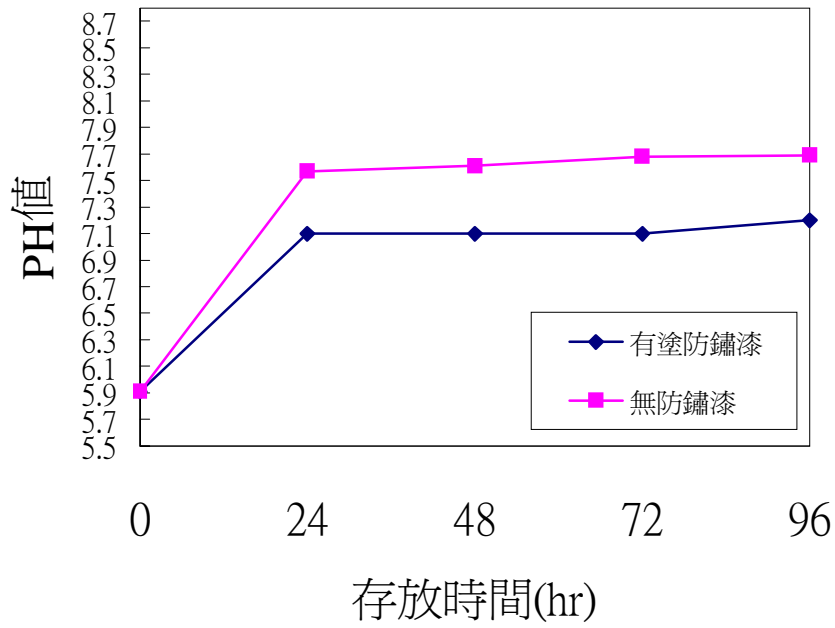


圖4-1鐵在濁口溪中游不同條件下質量之變化

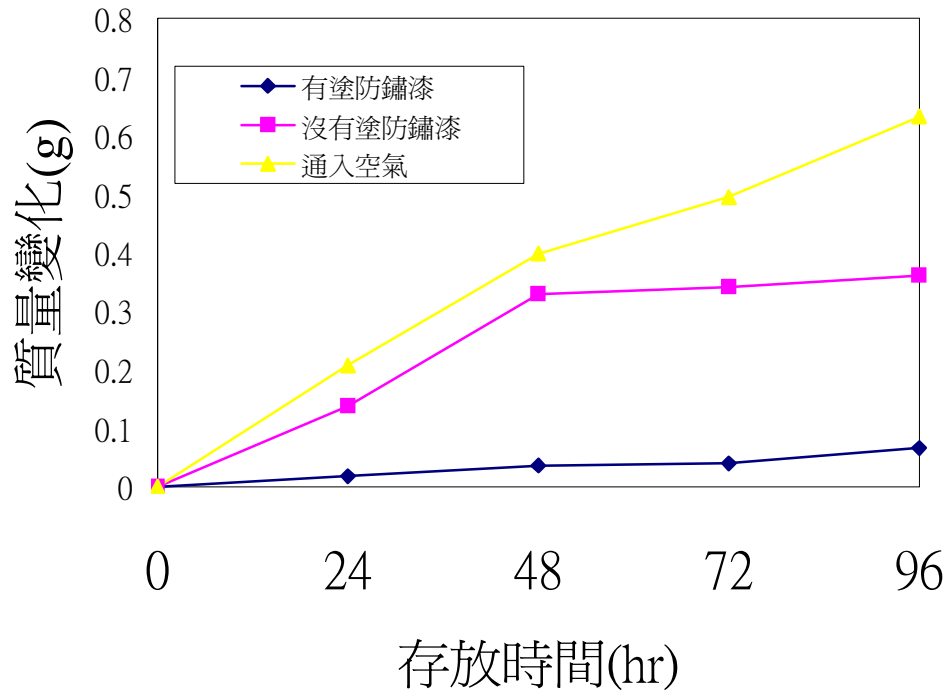


圖4-2銅在濁口溪中游不同條件下質量之變化

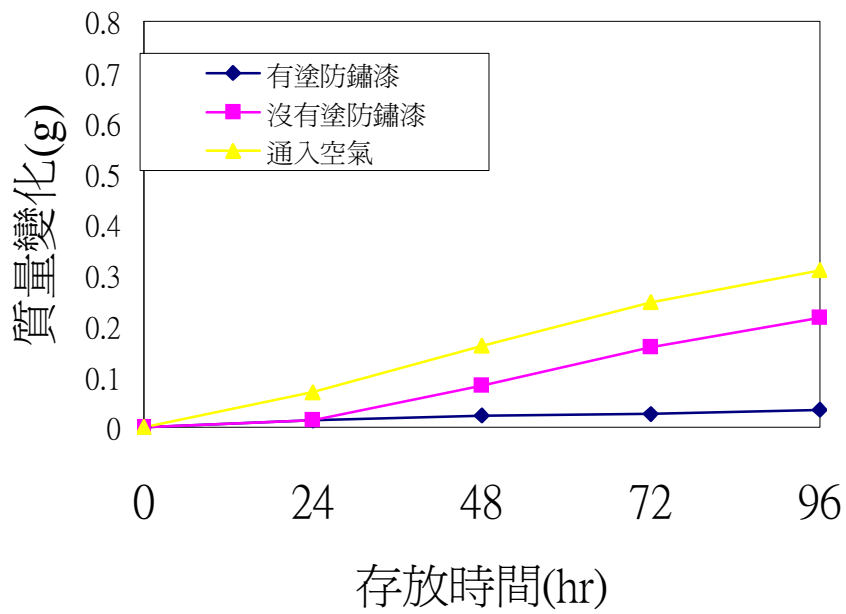


圖4-3 鋅在濁口溪中游不同條件下質量之變化

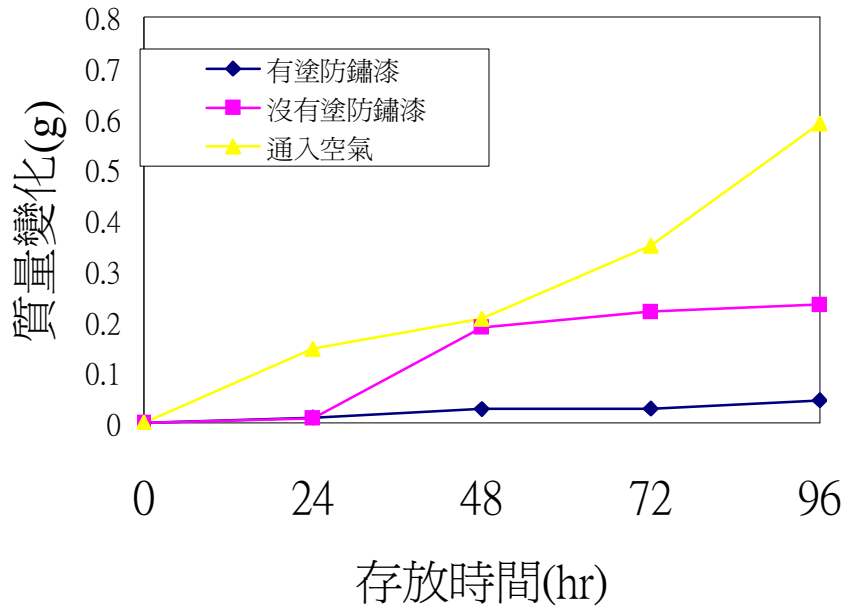


圖4-4 鉛在濁口溪中游不同條件下質量之變化

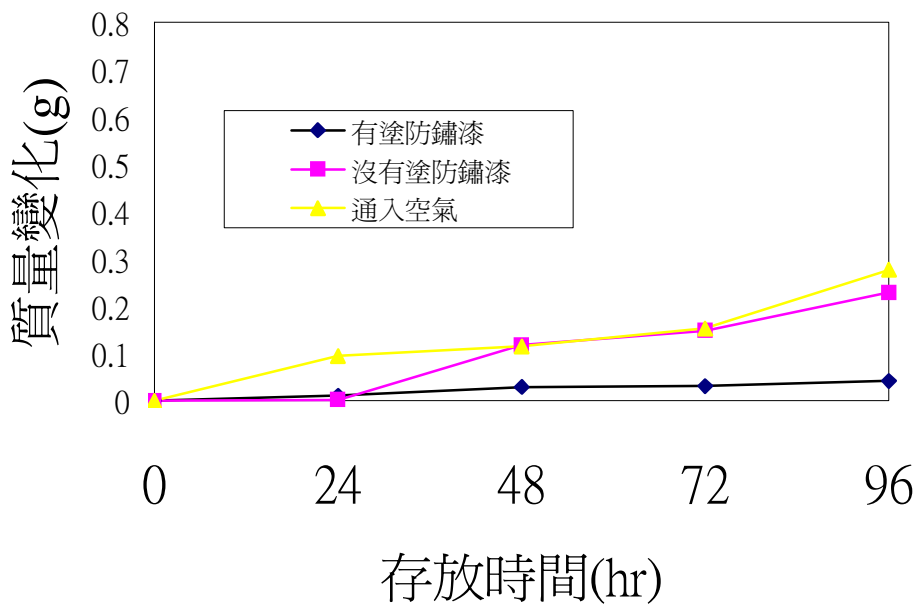


圖4-5銅在美濃河中游不同條件下質量之變化

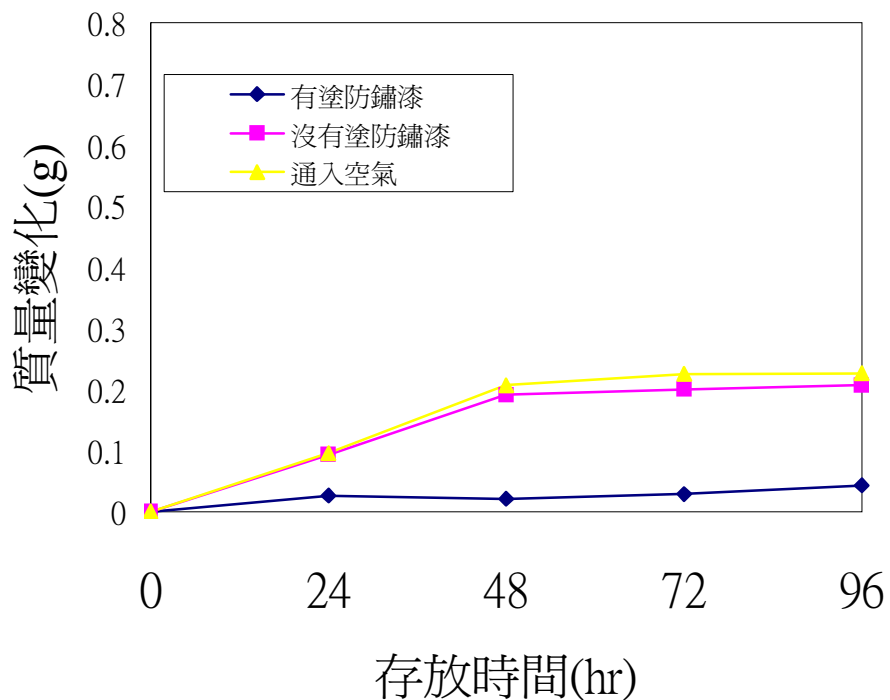


圖4-6鋅在美濃河中游不同條件下質量之變化

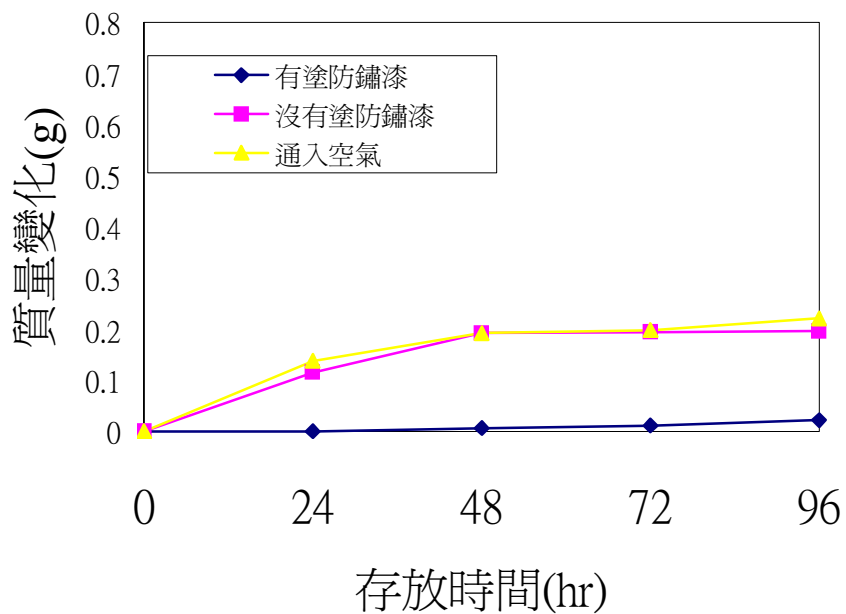


圖4-7 鋁在美濃河中游不同條件下質量之變化

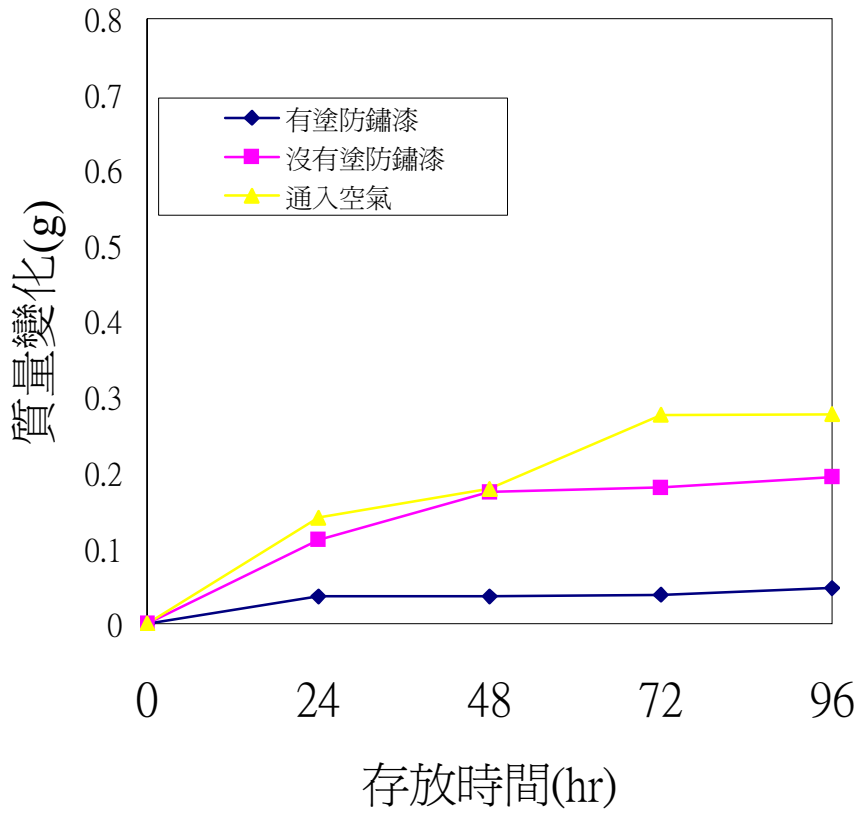


圖4-8 銅在荖濃溪中游不同條件下質量之變化

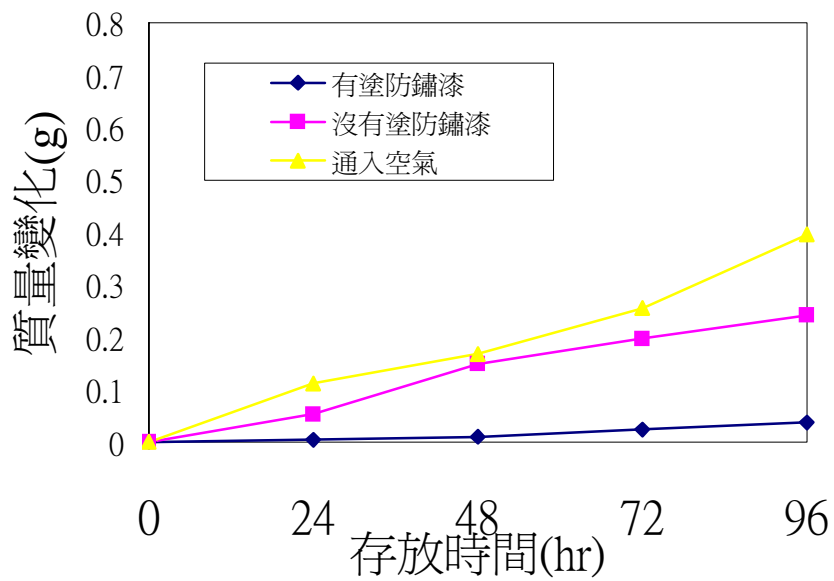


圖4-9 鋅在荖濃溪中游不同條件下質量之變化

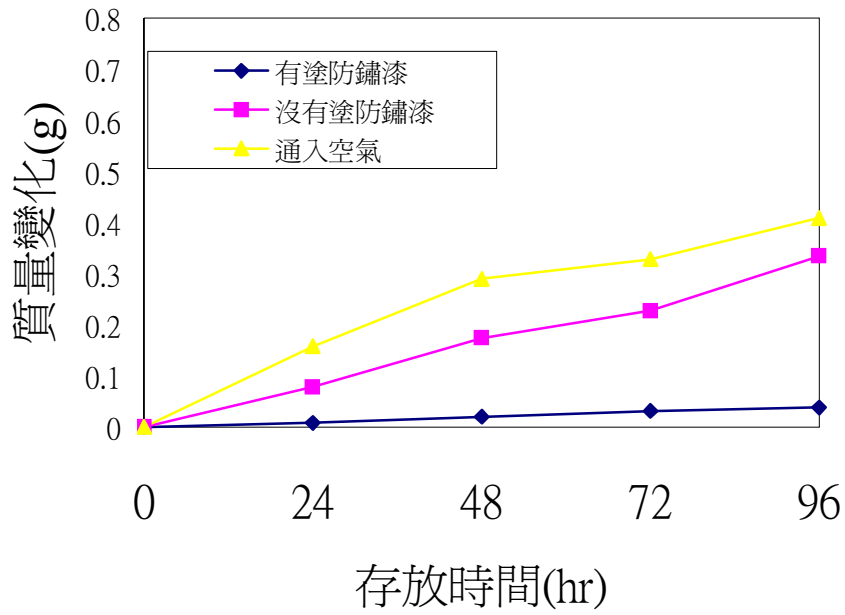


圖4-10 鉛在荖濃溪中游不同條件下質量之變化

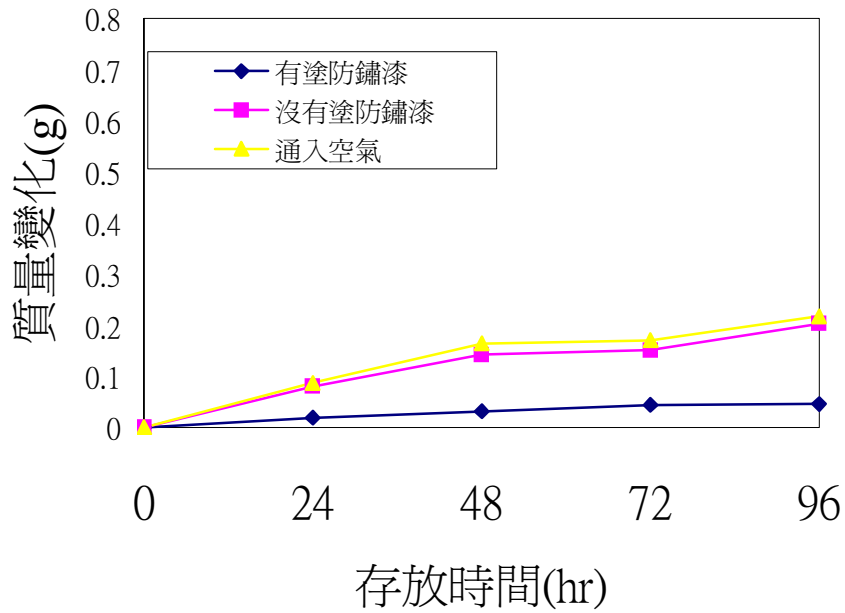


圖4-11銅在濁口溪中游不同條件下之電導度

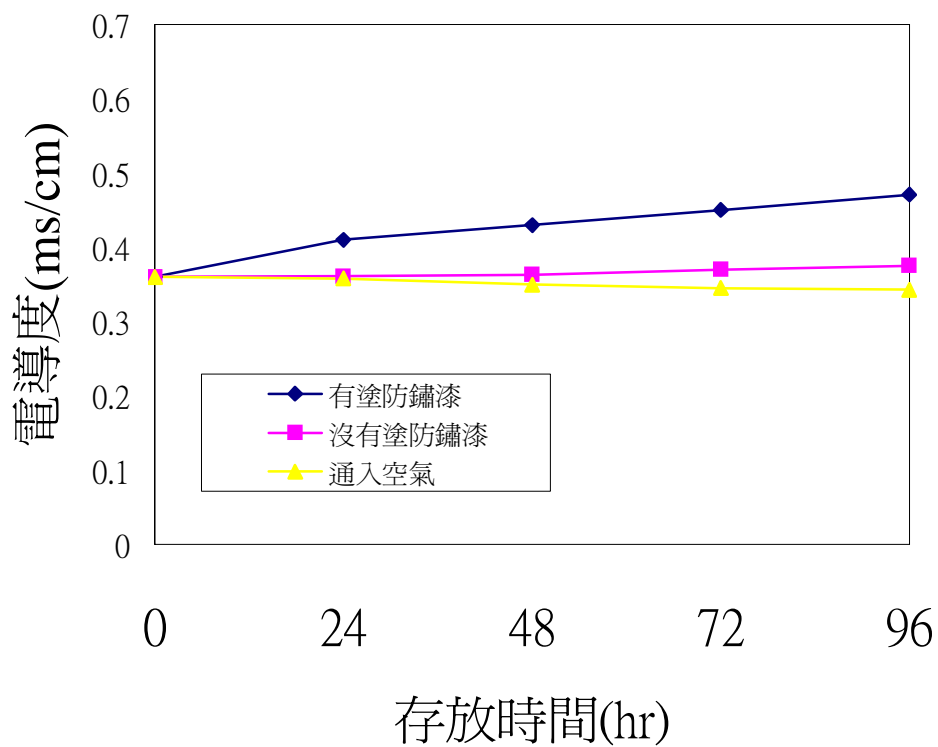


圖4-12鋅在濁口溪中游不同條件下之電導度

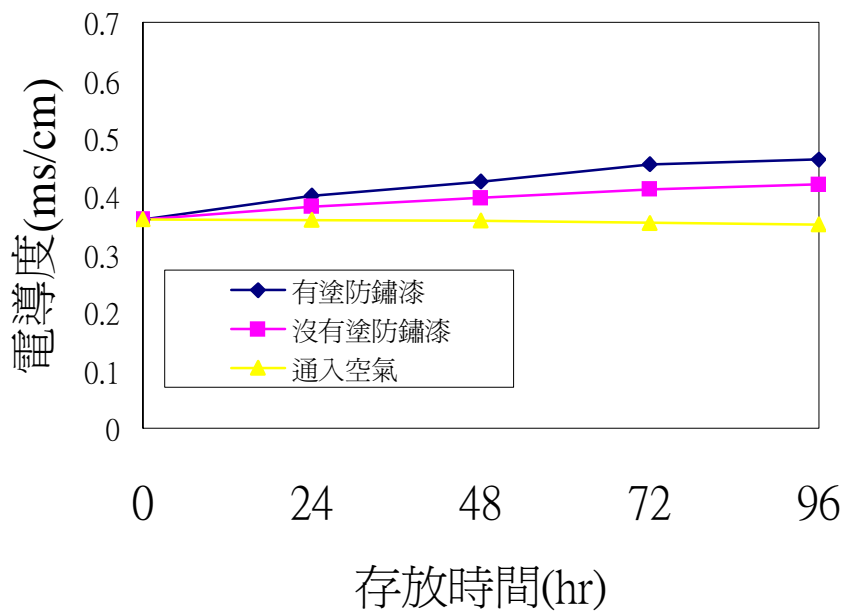


圖4-13 鋅在美濃河中游不同條件之電導度

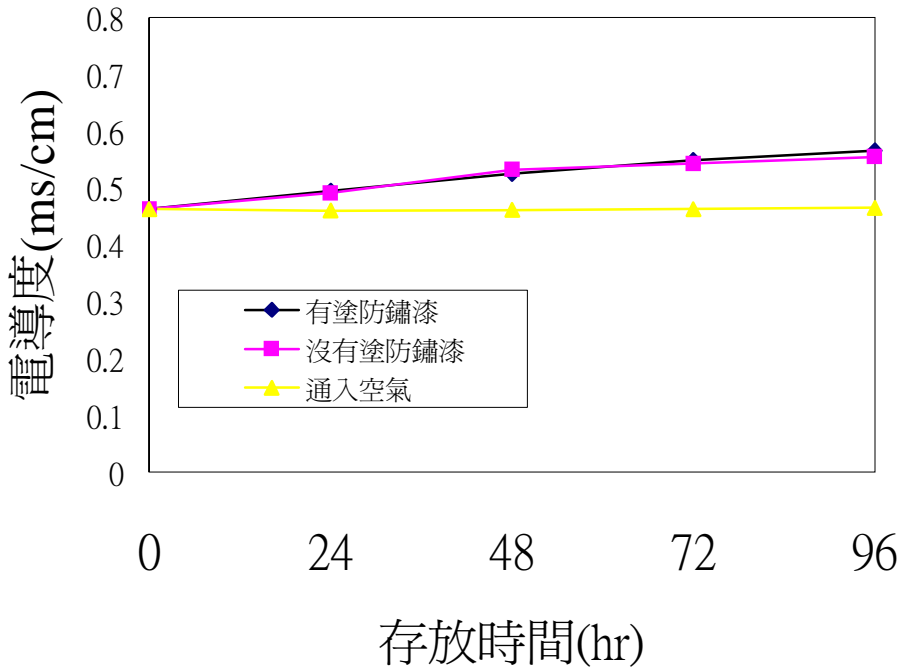


圖4-14 鐵在荖濃中游不同條件之電導度

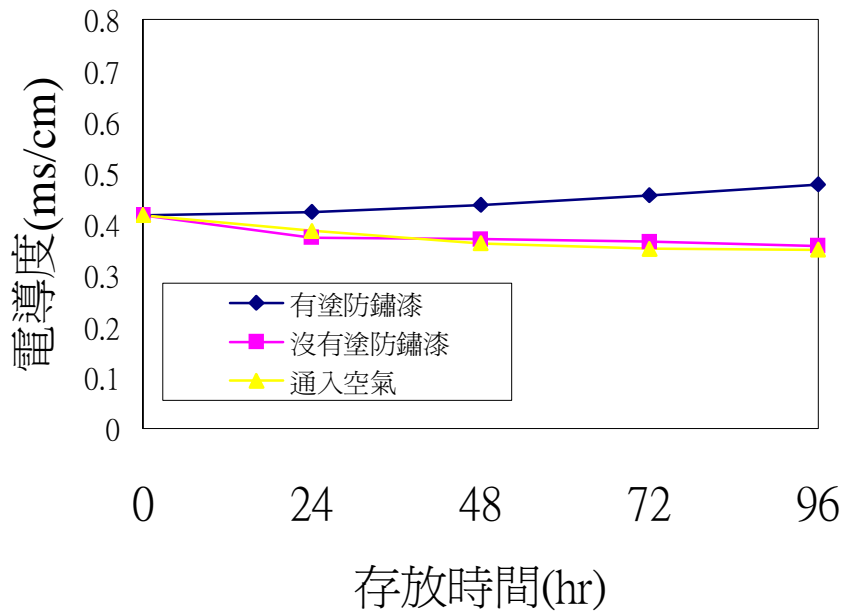


圖4-15 鋅在荖濃中游不同條件之電導度

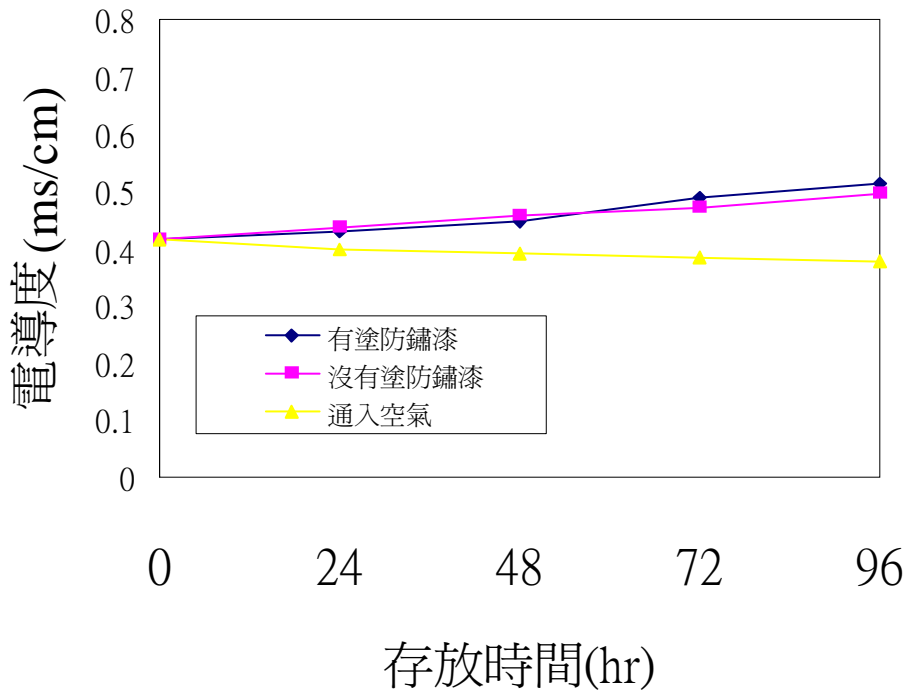
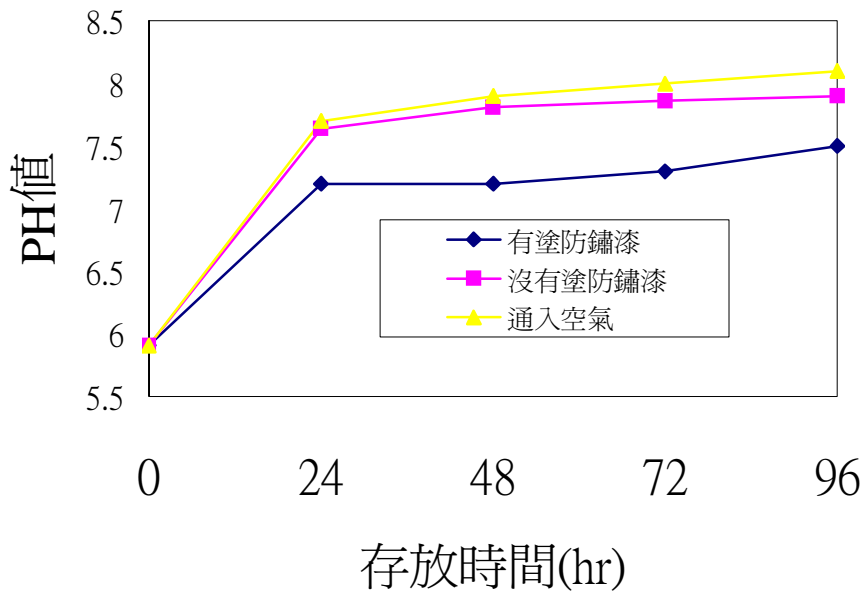


圖4-16 鐵在濁口溪中游不同條件之PH值



陸、討論

一、各河流水質的變化

(一) PH 值變化

我們測量各河流水質的變化其結果如表一，我們發現其 PH 值有上升的趨勢。以濁口溪而言，因為濁口溪上游為多納溫泉，其為碳酸水質呈弱性，所以 PH 值最低為 5.7，而到中游後微幅上升到 5.9，到下游後依然維持 5.9，從上游到下游只微幅上升了 4%，美濃河為 13%，荖濃溪為 14%；到了三條溪的共同出海口(高屏溪)靠近林園工業區之處，其 PH 值遽升到 8.6，濁口溪上升的幅度達到 51%；美濃河為 25%、荖濃溪為 37%；造成 PH 值上升的原因有：(1) 農藥、肥料等造成優氧化消耗水中的 O_2 及 CO_2 分子，(2) 家庭污水中所含的鹼性清潔劑，(3) 工廠廢水中的鹼性物質，可見河流中因為污染源中含有金屬氧化物，而金屬氧化物溶於水就成為鹼性，而三條河流上游到下游的 PH 值變化為濁口溪 < 美濃河 = 荖濃溪；我們認為這與河流長度及過地區人口、農地、工廠分佈有關；濁口溪因為長度最短，人口、耕地最少也沒有工廠的設立，所以受到的汙染也最小，PH 值變化也最小。

(二) 電導度變化

溶液的電導度是由溶液內可導電的離子所決定，電導度愈大，表示離子愈多，因水分子本身的電導度是非常低，所以電導度愈高，表示偏離純水性質愈遠，也就是被污濁的程度愈高，而從實驗值分析可知，每個河段的電導度值，都為 出海口 > 下游 > 中游 > 上游，我們發現各河流其從上游流到下游電導度增加幅度，濁口溪為 16%；美濃河為 49%，荖濃溪為 51%；但一到出海口三條河流增加的幅度立刻大幅上升 187%、160%、116%到由此可見，出海口的污染情形最為嚴重，而值得一提的是，在林園工業區附近所取樣出海口的水質其電導度高達 0.907ms/cm，亦可證明大眾媒體常言的工業污染問題，果然非常嚴重。

(三) 溫度變化

河流的污染也包含廢熱污染使水質溫度上升，水質溫度上升會使生態受影響，根據我們所查得的資料，可知河流中之生物也各具有其“理想的”生活溫度，溫度之過急變化會使水中生物不易適應而迅速死亡，一般超過生活溫度 5-9°C 時即為大多數魚類的致死溫度。隨著水溫上升，溶氧量下降 (0°C 時為 14.5ppm, 15°C 時為 10ppm, 30°C 時為 7.6ppm)，但在高溫下，魚血中的血色素與氧的親和力下降，但是代謝活動隨水溫上升卻又增加 (一般每上升 10°C 增加一倍)，魚對氧的需求增加，另外，如水體中含有較多有機物質，則水溫上升時會加快腐爛分解的速度，耗氧的過程也就加快，這些情況綜合起來顯示了水溫上升易使魚類面臨複雜的缺氧情況。水溫上升還影響水中生物的活性變化率，導致某些生物的繁殖率和壽命發生變化，例如：水溫上升會導致藻類和湖草的大量繁殖，也使許多魚類對疾病的抵抗力下降，且水中病原菌等在不同溫度情況下，繁殖能力不一樣，溫度較高其生長情況愈快。

而根據我們的數據顯示，我們發現各河流其從上游流到下游溫度會增加，其幅度 濁口溪為 4%；美濃河為 9%，荖濃溪為 6%；但一到出海口三條河流增加的幅度立刻大幅上升為 25%、22%、21%，由此可見，廢熱的汙染也形成嚴重的環保問題。

二、各種金屬在不同條件的生鏽情形

生鏽為一種氧化反應，其中水分子、氧分子與金屬反應成金屬氧化物，質量會因此而變重，因此我們藉由金屬質量變化程度來判斷其生鏽的程度。因為根據報導，現在醫學已經證明細胞的氧化是造成人類老化與癌症之主要原因，而因為金屬的腐蝕就是一種氧化反應，如果這些會造成金屬嚴重氧化的水質，經過食物鏈到我們人體之中，也會對細胞造成加速氧化的效果，進而對人體產生不良的影響，因此我們想研究在各種條件下的金屬氧化情形。

(一) 不同水質對的影響

表九、鐵金屬在不同水質 96 小時後鐵金屬質量增加的情形

河流	濁口溪上游	荖濃溪上游	美濃河上游	出海口
增加質量	0.133g	0.208g	0.276g	0.423g

由以上的結果得知，出海口的的水質會大幅增加鐵金屬的氧化情形；與濁口溪上游做比較，質量增加了 218%，可見其氧化程度的劇烈，我們認為這是因為污染程度嚴重所造成的結果，溫水中含有促進鐵金屬氧化的成分，導致氧化程度大幅提昇。

(二) 不同金屬的比較

由本實驗各組數據（圖 1-1～圖 1-5），以金屬片而言，鐵的質量變化量最大，鋅的質量變化量為第二大，銅的質量變化量為第三，但與鋅的差距很小，而鋁的質量變化量最小，而對以上的結果，我們提出以下的解釋：以金屬活性而言，鋁>鋅>鐵>銅，理應鋁的質量變化量為最大，但鋁會產生氧化物緻密層而不易被繼續氧化，因此鋁的質量變化量為最小，而同樣的，鋅也會產生氧化物緻密層，所以質量變化量為第三，也因鋁的活性比鋅大，但變化量卻比鋅小，可知鋁的氧化緻密層比鋅更進一步阻止金屬被氧化。

鐵的活性比銅大，兩者皆無氧化緻密層，所以鐵的質量變化量比銅大，屬於合理的實驗結果。

(三) PH 值對於金屬生鏽的影響

根據我們查得的資料，可知多數酸性水溶液與鐵、鎂或鋅等活性較大的金屬反應，可產生氫氣。我們查出其反應式為： $\text{金屬} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ 。所以由此可知，理論上在酸性的溶液中，生鏽反應在酸性溶液易發生，而反應後 PH 值會上升。由各組實驗數據（圖 2-1～圖 2-4）得知每組數據皆有上升的趨勢，但發生氧化生鏽最劇烈的並非在 PH 值最低的地方，而是在三條河流的出海口靠近林園工業區之處，可見生鏽反應速率並非只有 PH 值控制它，而與溶液中的電導度也有關。以本實驗所用之金屬片比較，因為鐵的反應最大，所以反應後的溶液其 PH 值變化也最大；以本實驗所採用的水質做比較，以濁口溪下游靠近林園工業區的地

方其 PH 值變化最大。

(四) 電導度對於金屬生鏽的影響

我們研究各含金屬片的溶液電導度隨靜置時間變化結果（表二～表五），我們發現含鐵的溶液其電導度會隨著靜置時間而下降外，其餘皆上升。對於上述結果，我們提出以下的解釋：溶液的電導度是由溶液內可導電的離子所決定，電導度愈大，表示含可導電的離子愈多，因水分子本身的電導度是非常低，所以電導度愈高，表示偏離純水性質愈遠，也就是被污濁的程度愈高。關於含鐵金屬溶液電導度會隨著靜置存放的時間而下降（約為 15% ~28% ），我們則認為鐵金屬氧化生鏽後，所形成的氧化物，會減少可導電離子的量，所以存放愈久，其金屬氧化物離子愈多，電導度也就隨之下降。而至於含銅、鋅、鋁金屬片的溶液電導度會上升，對此我們提出以下的解釋：因為三種金屬中銅的活性最小，鋅、鋁金屬則有氧化緻密層的保護，所以三種金屬的氧化程度皆不高，其所產生的金屬氧化物相對減少，所以因金屬氧化物而下降幅度本來就比較小；另一方面由於隨著靜置時間增加，而溶液中的水分子會因蒸發而減少，這會增加導電離子的濃度，因此亦會增加溶液的電導度。

綜合以上兩種使電導度上升及下降的因素可知：含鐵的溶液其金屬氧化物的影響大於水分子的影響，而其餘三種金屬，則是金屬氧化物的影響小於水分子的影響。

上述三種金屬溶液，含鋁金屬溶液電導度上升約為 23% ~30% ，含銅金屬溶液電導度上升約為 22% ~27% ，含鋅金屬溶液電導度上升約為 12% ~20% ，可再一次證明鋁金屬的氧化程度最小。

三、防鏽漆的作用

為了瞭解防鏽漆對於生鏽的影響，我們將金屬片塗上防鏽漆，置入各河流的中游靜置，觀察其質量、PH 值、及電導度的變化情形，並與沒有塗防鏽漆的條件做比較，其結果如圖（圖 3-1~圖 3-9、表六~表八），藉由各項數值的變化量，我們發現此實驗的各種數值得討論。

(一) 防鏽漆對於金屬生鏽的影響

以鐵的質量而言，取濁口溪中游水質河段做實驗靜置 96 小時的質量變化，沒有塗防鏽漆為有塗防鏽漆的 5.5 倍，而美濃河中游為 4.5 倍，荖濃溪中游為 7.4 倍，而銅的質量變化量依序為 6.3 倍、4.8 倍、6.4 倍，鋅質量變化量依序為 5.3 倍、8.9 倍、8.8 倍，鋁的質量變化量依序為 5.5 倍、4.1 倍、4.4 倍。其中鋁金屬的變化量最小，這可能與鋁本身已有氧化緻密層的保護所以變化量較小。

(二) 防鏽漆對於溶液電導度的影響

我們發現所有塗防鏽漆的金屬溶液電導度皆較沒有塗防鏽漆為大，鐵金屬也不例外。就鐵溶液電導度而言，以濁口溪中游水質河段做實驗，靜置 96 小時的電導度變化，有塗防鏽漆較沒有塗防鏽漆的電導度上升 0.152 ms/cm，而美濃河中游為 0.187 ms/cm，荖濃溪中游為 0.12ms/cm；而銅溶液電導度上升依序為 0.093 ms/cm、0.01 ms/cm、0.029 ms/cm；鋅溶液

電導度上升依序為 0.043ms/cm、0.011ms/cm、0.004ms/cm，鋁溶液電導度上升依序為 0.036ms/cm、0.05ms/cm、0.019ms/cm。其中鐵溶液上升度最高，表示防鏽漆對鐵的影響最大，可降低生鏽的速率。

(三) 防鏽漆對於溶液 PH 值的影響

我們發現所有塗防鏽漆的金屬溶液 PH 值皆較沒有塗防鏽漆為變化小，就鐵溶液 PH 值而言，以濁口溪中游水質河段做實驗，靜置 96 小時的 PH 值變化，有塗防鏽漆與沒有塗防鏽漆 PH 值變化量分別為 (1.59、1.99)，而美濃河中游為 (0.42、0.52)，荖濃溪中游為 (0.63、0.73)；而銅溶液 PH 值變化量依序為 (1.39、1.8)(0.22、0.32)(0.53、0.63)；鋅溶液 PH 值變化量依序為(1.39、1.92)(0.22、0.22)(0.43、0.53)；鋁溶液 PH 值變化量依序為(1.29、1.78)(0.02、0.12)(0.38、0.53)。

由上述的實驗結果我們認為防鏽漆在 96 小時之內，已經發揮了其作用，有效地阻礙了金屬與水、空氣的接觸，成功地防止金屬繼續氧化，因此各項的實驗數值變化量皆很小。

四、通入空氣對於金屬生鏽的影響

生鏽是金屬與水的氧化作用，而自然課本中又提到氧氣不易溶於水，所以我們想知道如果把空氣中的氧氣直接匯入實驗溶液中，對於生鏽會造成何者影響？其結果(圖 4-1~4-16、表六~表八)，我們發現其各項數值的變化量，以下為各種實驗數據的討論。

(一) 通入空氣對於金屬質量的影響

以鐵的質量而言，取濁口溪中游水質河段做實驗靜置 96 小時的質量變化，有通入空氣為無通入空氣的 1.75 倍，而美濃河中游為 1.69 倍，荖濃溪中游為 1.5 倍。而銅的質量變化量依序為 1.4 倍、1.1 倍、1.06 倍；鋅質量變化量依序為 2.6 倍、1.2 倍、1.2 倍；鋁的質量變化量依序為 1.1 倍、1.4 倍、1.05。由以上的實驗數據可知，鐵的變化量為最大，這可證明通入空氣對於鐵金屬的氧化反應影響最大。

(二) 通入空氣對於溶液電導度的影響

我們發現所有金屬溶液的電導度皆成下降的趨勢，銅、鋅、鋁金屬也不例外。從實驗值得知：鐵溶液電導度而言，以濁口溪中游水質河段做實驗，靜置 96 小時的電導度變化，有通入空氣較沒有通入空氣的電導度下降 0.019 ms/cm，而美濃河中游為 0.09 ms/cm，荖濃溪中游為 0.01ms/cm；而銅溶液電導度下降依序為 0.012 ms/cm、0.01 ms/cm、0.064 ms/cm；鋅溶液電導度下降依序為 0.069ms/cm、0.098ms/cm、0.071ms/cm；鋁溶液電導度下降依序 0.075ms/cm、0.084ms/cm、0.119ms/cm。

由上述的結果可知，通入空氣加速各金屬的氧化生鏽反應所形成的氧化物，其離子會增加導電性的難度，所以存放愈久，其金屬氧化物離子愈多，電導度也就隨之下降，隨著靜置時間增加，溶液中的水分子會因蒸發而減少，這會增加導電離子的濃度，因此會增加溶液的電導度。

綜合以上兩種使電導度上升及下降的因素可知，各種溶液金屬氧化物的影響大於水分子的影響，而導致電導度的下降。

(三) 通入空氣於溶液 PH 值的影響

我們發現所有金屬溶液 PH 值皆較沒有通入空氣為變化大。就鐵溶液 PH 值而言，以濁口溪中游水質河段做實驗靜置 96 小時的 PH 值變化，有通入空氣與沒有通入空氣其 PH 值變化量分別為 (2.19、1.99)，而美濃河中游為 (1.120、0.520)，荖濃溪中游為 (1.130、0.730)；而銅溶液 PH 值變化量依序為 (1.99、1.8)(0.920、0.32)(1.130、0.63)；鋅溶液 PH 值變化量依序為 (2.09、1.92)(0.920、0.22)(0.930、0.53)；鋁溶液 PH 值變化量依序為 (1.99、1.78)(0.720、0.12)(0.930、0.53)。

由上述的實驗結果，我們認為通入空氣 96 小時之內，已經發揮了其作用，有效地增加了金屬與水、空氣的接觸，成功地促進金屬繼續氧化，因此各項的實驗 PH 值數值變化量皆變大。

由以上各項實驗數值，我們提出以下的解釋：首先是通入空氣會使溶液不停的流動，這會造成更多未反應的液體與金屬接觸，提高反應的速率，其次由於氧氣為生鏽的反應物，所以通入的氧氣會對生鏽反應有所幫助，加快生鏽反應的速率，故各項數值變化量因此而增大。

柒、結論

由研究之實驗結果，可以獲得以下的結論：

- 一、三條河流上游到下游的 PH 值變化為 濁口溪 < 美濃河 = 荖濃溪。
- 二、每個河段的電導度值，都為 出海口 > 下游 > 中游 > 上游，我們發現各河流其從上游流到下游電導皆增加。
- 三、各河流水質對於金屬的氧化的程度，以下游 > 中、上游，而在三條河流匯出的出海口幅度最大。
- 四、氧化反應以金屬片做比較，鐵的質量變化量最大、鋅的質量變化量為第二大、銅的質量變化量為第三但與鋅的差距很小，而鋁的質量變化量最小。
- 五、氧化生鏽最劇烈並非在 PH 值最低的地方，而是在濁口溪下游靠近林園工業區的地方，可見氧化生鏽的反應速率並非只有 PH 值控制它，而與溶液中的電導度也有關。
- 六、靜置時，含鐵的溶液電導度會隨著靜置時間而下降（約為 15% ~ 28%）外，其餘皆上升含鋁金屬溶液電導度上升約為 23% ~ 30%；含銅金屬溶液電導度上升約為 22% ~ 27%；含鋅金屬溶液電導度上升約為 12% ~ 20%。
- 七、防鏽漆可使金屬的質量變化量減少，使所有金屬溶液的電導度皆較沒有塗防鏽漆為大，鐵金屬也不例外。
- 八、防鏽漆使金屬溶液 PH 值皆較沒有塗防鏽漆變化小。
- 九、通入空氣可使金屬的質量變化量增加，使金屬溶液 PH 值皆較沒有通入空氣變化大。
- 十、通入空氣金屬溶液的電導度皆成下降的趨勢。

捌、參考資料

- 一、施惠等（民 101）。國小自然與生活科技。台南市：南一

【評語】 080507

1. 研究主題歷屆皆有研究，創意較少。
2. 各種參數的量測與探討可加強。