

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高級中等學校組 工程學(二)科

佳作

052403

防鏽防蝕的黑色素—探討芝麻黑色素對於氧化鐵的保護

學校名稱：國立中科實驗高級中學

作者： 高二 羅宇浩 高二 張智淵 高二 陳弘軒	指導老師： 林靜英
-----------------------------------	--------------

關鍵詞：黑色素、防鏽、氧化鐵

摘要

以浸泡提取法萃取出黑芝麻中的黑色素，並用高斯計測量其與氧化鐵(三氧化二鐵)混合物的磁場變化，以了解黑色素還原氧化鐵成為磁鐵礦(四氧化三鐵)的能力。結果發現，黑色素溶液還原氧化鐵粉末的最佳反應濃度為 33%，而在氧化鐵粉末及芝麻黑色素溶液重量比為 1:5 的比例時，有最大的磁場變化平均值。

將氧化鐵、鐵、銅、鋁片在浸泡於黑色素溶液後，與相同環境條件下未浸泡在黑色素溶液的金屬做比較，測定各金屬在兩個禮拜後的失重率，結果發現浸泡黑色素的鐵與銅金屬，其失重率小於對照組，而氧化鐵及鋁金屬經浸泡黑色素的失重率則大於對照組，推測芝麻黑色素對於鐵、銅金屬可能具有延緩氧化的能力，而對於氧化鐵及鋁金屬效果不明顯。

壹、研究動機

在日常生活中，我們不難發現許多材料都會面臨的一個問題，也就是物質在大氣中暴露會使得發生氧化、生鏽。人們為了克服這項問題，開發了不少塗料能夠藉由塗覆在物質表面上而達到防止生鏽的效果。雖然其防鏽效果非常好，但是那些塗料多半會造成環境遭受污染。環境污染一直是全球關注的議題，於是我們試著思考是否有更環保、更簡便的材料。



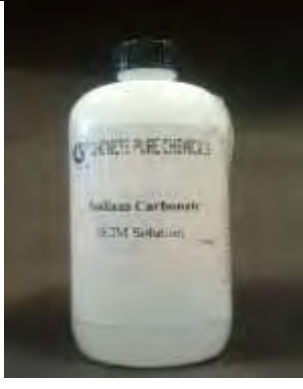


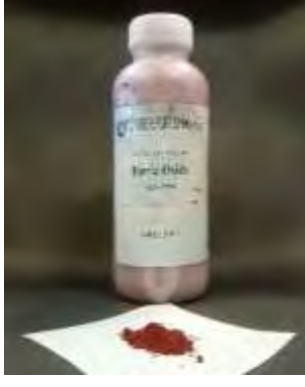


我們在其他網站連結中發現一篇碩士論文，文中指出，黑芝麻中的黑色素可將氧化鐵(三氧化二鐵)還原成為磁鐵礦(四氧化三鐵)，可能達到防蝕防鏽的功能。於是，我們想驗證此說法，並進一步了解黑色素的防鏽防蝕能力，試圖開發新的防鏽塗料，便展開以下一系列的實驗。

貳、研究目的













- 一、以磁場變化量找出黑色素溶液還原氧化鐵粉末的最佳反應濃度。
- 二、以磁場變化量找出黑色素還原氧化鐵的能力在何種添加比例下最佳。
- 三、實測芝麻黑色素處理過後是否減緩金屬的氧化。




參、研究設備及器材

一、藥品




			
氫氧化鈉	鹽酸	碳酸鈉	硫酸
			
硝酸	氧化鐵粉末	黑芝麻	蒸餾水

二、器材

			
玻璃棒	Sample 瓶	秤量紙	燒杯
			
量筒	刮杓	滴管	7cm 濾紙
			
Parafilm	鑷子	試管	滴定管

			
布氏漏斗	布氏燒瓶	洗滌瓶	直線切鉗

三、設備

			
精密電子秤	抽濾裝置	恆溫循環水槽	PH 儀
			
高斯計及 Labquest 測量儀器	電腦	烘箱	通風櫥

肆、研究過程或方法

一、文獻回顧

(一) 芝麻黑色素(Melanin)

黑芝麻是胡麻科胡麻屬植物的黑色種子，在亞洲、非洲、中南美洲等熱帶國家均有大量的種植。黑芝麻含有豐富的營養物質，對於體內自由基的清除也有很大的助益，而且會隨著濃度可以增強清除的效果。黑芝麻成分含有豐富的黑色素，此種色素具有很好的抗氧化作用，尤其在鐵離子、亞鐵離子及銅離子上，皆具有良好的保護效果。由以上可知，黑芝麻對於醫療保健，甚至在建築界中都有極大的潛力。

資料來源：<http://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10295-2006191767.htm>

(二) 黑芝麻黑色素萃取方法

1. 將洗淨的黑芝麻，按黑芝麻與氫氧化鈉溶液 1:4 的重量比例，加入 1%的氫氧化鈉溶液。
2. 在攝氏 50 度的恆溫水槽下浸泡 8 小時，利用抽濾裝置濾出溶液保留。
3. 芝麻濾渣經烘箱烘乾後，再按 1:2 的重量比例，加入 1%的氫氧化鈉溶液。
4. 在攝氏 50 度的水中浸泡 10 小時，利用抽濾裝置濾出溶液保留。
5. 芝麻濾渣再按 1:1 的重量比例加入 50 度的水洗滌，利用抽濾裝置濾出溶液保留。
6. 合併三個濾液，使用 pH 儀及滴定裝置加入鹽酸酸化至 pH2.5。
7. 靜置 12 小時後黑色素沉澱於底部，利用滴管吸去上層清液。
8. 利用抽濾裝置，得到稠狀黑色不溶物。
9. 用少量蒸餾水洗滌，再依一定比例將稠狀黑色不溶物溶於 2%碳酸鈉溶液中。
10. 取得芝麻黑色素。

資料來源：中華人民共和國專利局。發明專利申請公開說明書
公開號:CN 1059540A

(三)金屬秤重及化學清洗法標準流程

表 1

化學清洗法使用藥品及條件

材料	化學藥品	時間(min)	溫度(°C)
氧化鐵	以 10 mL 鹽酸 HCl($\rho=1.19\text{g/mL}$)，加入蒸餾水至 20mL	10	室溫(23.5)
鐵	以 10 mL 鹽酸 HCl($\rho=1.19\text{g/mL}$)，加入蒸餾水至 20mL	10	室溫(23.5)
銅	以 2 mL 硫酸 H ₂ SO ₄ ($\rho=1.84\text{ g/mL}$)，加入蒸餾水至 20 mL	1~3	室溫(23.5)
鋁	20 mL 硝酸 HNO ₃ ($\rho=1.42\text{ g/mL}$)	1~5	室溫(23.5)

資料來源:交通部運輸研究所。大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境分類之研究
 編號:103-36-7740 MOTC-IOT-102-H1DA003b

二、研究流程

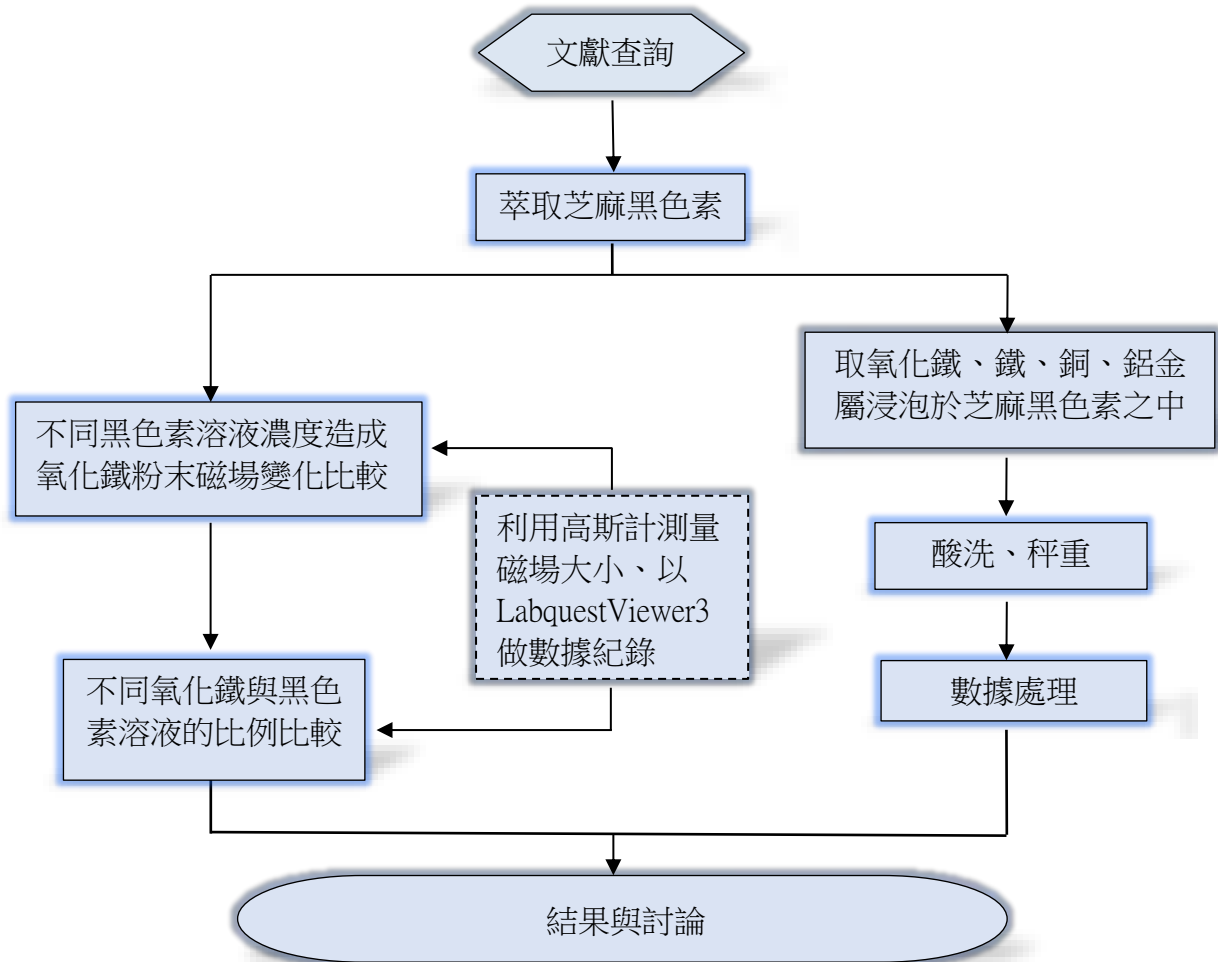


圖 1、研究架構流程圖

三、前置實驗:

(一) 萃取黑色素

1. 根據文獻查詢的黑芝麻黑色素的萃取實驗方法萃取芝麻黑色素。



圖 2、抽濾後的三瓶濾液

四、實驗一：

(一) 目的：測定最適芝麻黑色素濃度，決定出調整加入碳酸鈉的比例。

(二) 步驟：

1. 將上一步驟所得到的稠狀黑色不溶物取出，放入 sample 瓶。
2. 分別將稠狀黑色不溶物及碳酸鈉溶液以 1:1、1:2、1:3、1:4 進行調配。
3. 分別得到 25%、33%、50%、75%及 100%的芝麻黑色素溶液各 1 公克。
4. 將氧化鐵粉末利用電子秤分別秤取 1 公克。
5. 將氧化鐵粉末倒入裝有芝麻黑色素溶液的 sample 瓶中。
6. 架設高斯計等磁場觀測儀器。
7. 於每一次測量之前將高斯計歸零。
8. 再倒入氧化鐵粉末十分鐘後，進行磁場變化觀測，一次收集數據時間為 10 秒鐘。
9. 分析數據，並找出讓 1 克氧化鐵粉末產生最大的磁場變化量的黑色素濃度。

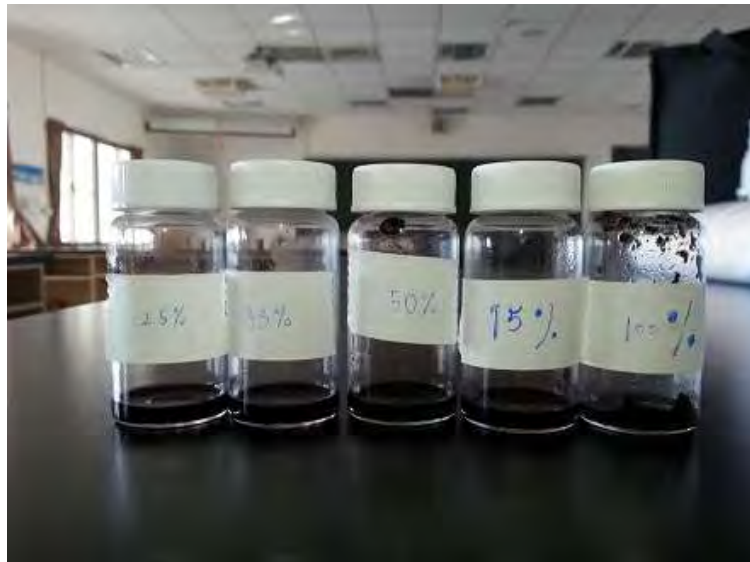


圖 3、各濃度芝麻黑色素溶液

五、實驗二：

(一) 目的：測定最適黑色素溶液與氧化鐵粉末比例。

(二) 步驟：

1. 於上一實驗得知 33%的芝麻黑色素溶液為最佳濃度。
2. 使用電子秤稱取氧化鐵粉末各 1 公克，放入事先準備好的三個 sample 瓶中。
3. 依照氧化鐵粉末及芝麻黑色素溶液=1:1、1:2、1:3，加入 33%芝麻黑色素溶液。
4. 於倒入的同時利用手機計時器計時。
5. 架設高斯計等磁場觀測儀器。
6. 於每一次測量之前將高斯計歸零。
7. 於倒入後 30 分鐘時進行測量。
8. 分析數據，找出產生最大磁場變化的氧化鐵粉末:黑色素溶液的比例。
9. 我們得知氧化鐵粉末:黑色素溶液=1:3 時磁場變化量最大。
10. 推測黑色素溶液越多，磁場變化越大。
11. 以上述方法進一步探討氧化鐵粉末:黑色素溶液=1:1/2、1:3、1:4、1:5 及 1:10。
12. 分析數據，找出產生最大磁場變化的氧化鐵粉末:黑色素溶液的比例。



圖 4、各氧化鐵與芝麻黑色素溶液比例

六、實驗三：探討芝麻黑色素的防鏽效果

(一) 目的：將各種金屬浸泡芝麻黑色素溶液後，放置一段時間，檢測其防鏽效果。

(二) 步驟：

1. 取氧化鐵、鐵、銅、鋁金屬彈簧。
2. 利用直線切鋏將各個金屬彈簧裁切成適當的大小。
3. 利用電子秤將各個金屬秤重，並記錄於 Excel 中。
4. 取二十四個燒杯，分別放入秤重過後的金屬。
5. 其中十二個燒杯加入芝麻黑色素，另外十二個則不加入作為實驗的對照組。
6. 於燒杯上方利用 Parafilm 覆蓋，並利用牙籤在二十四個樣品上分別戳 16 個洞。
7. 為了保持生鏽的環境條件的相同，將二十四個樣品放置於陰暗潮濕的廁所中。
8. 於兩個禮拜後，取出，並且將各個金屬進行酸洗。
9. 將酸洗後的金屬使用電子秤秤重，紀錄於 Excel 中。
10. 分析數據得知各金屬的失重及失重率，得知芝麻黑色素對各個金屬的防鏽效果。

伍、研究結果

一、實驗一：調配芝麻黑色素濃度

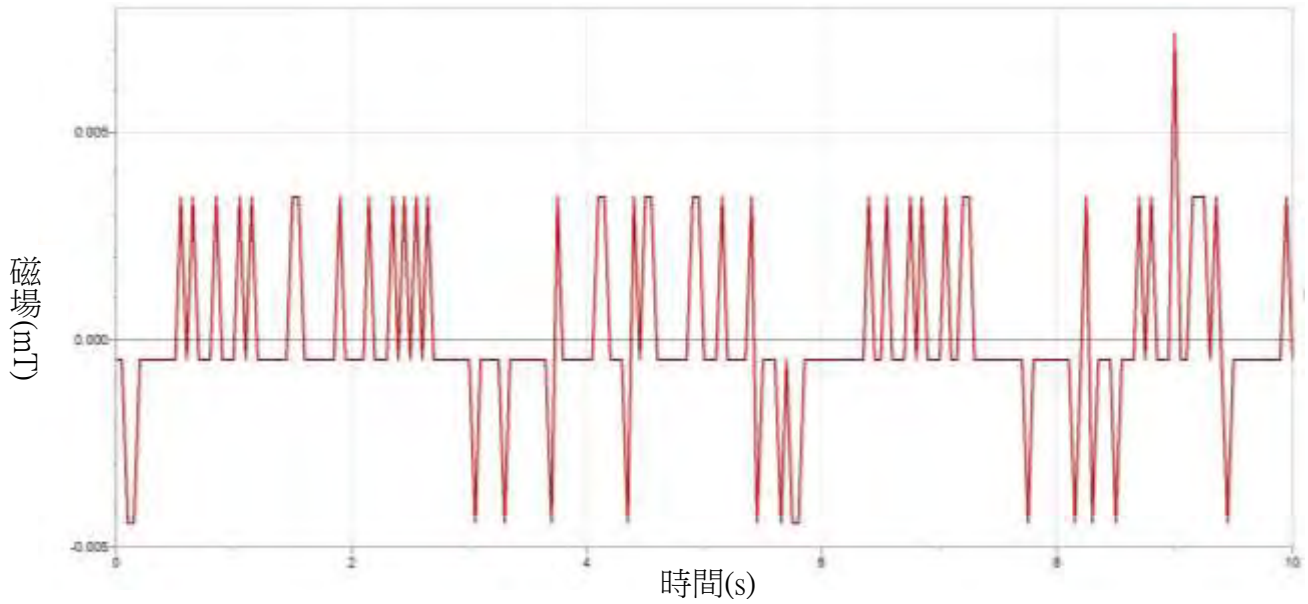


圖 5、25%芝麻黑色素於 10 分鐘時的十秒磁場變化實測情形

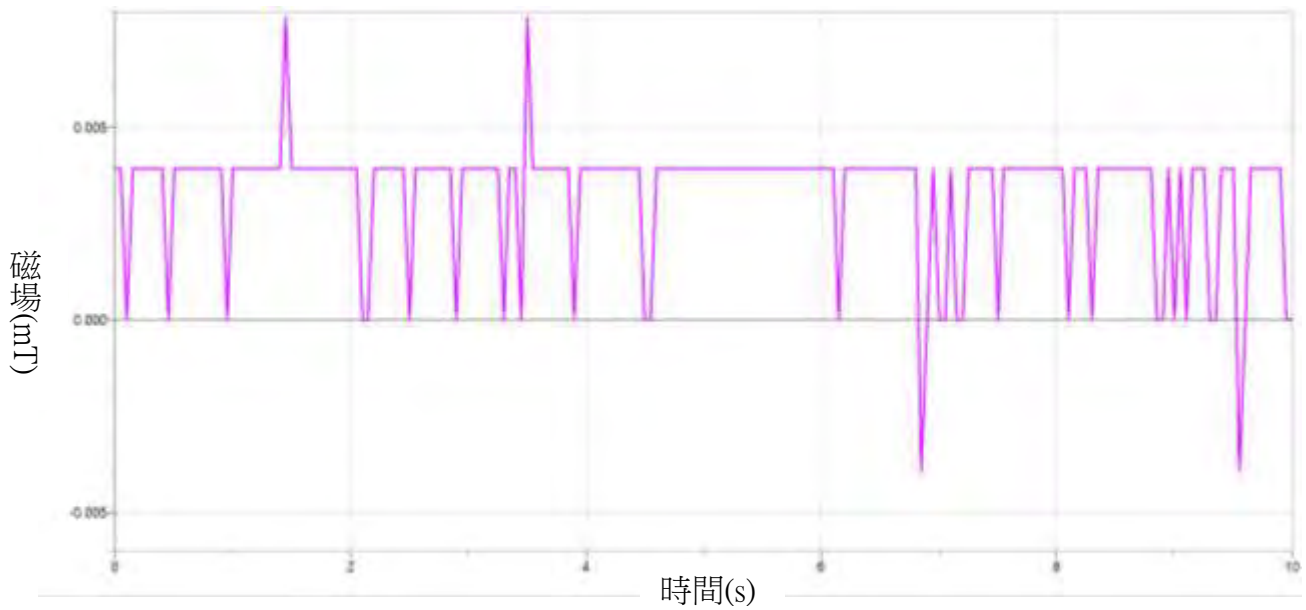


圖 6、33%芝麻黑色素於 10 分鐘時的十秒磁場變化圖

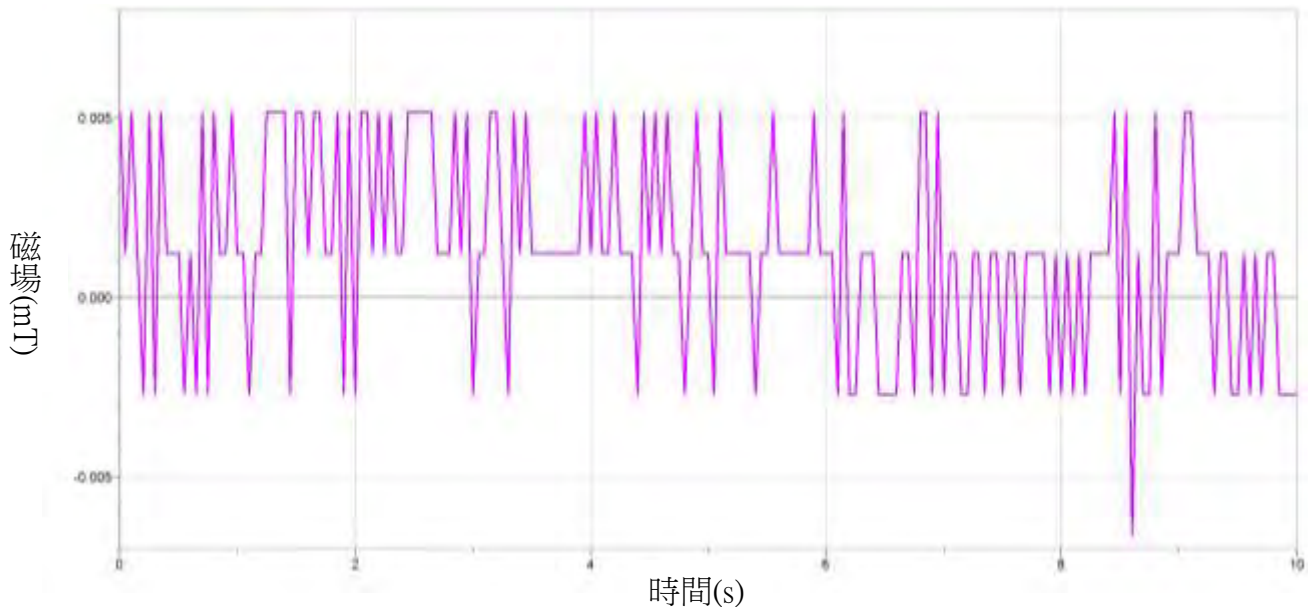


圖 7、50%芝麻黑色素於 10 分鐘時的十秒磁場變化圖

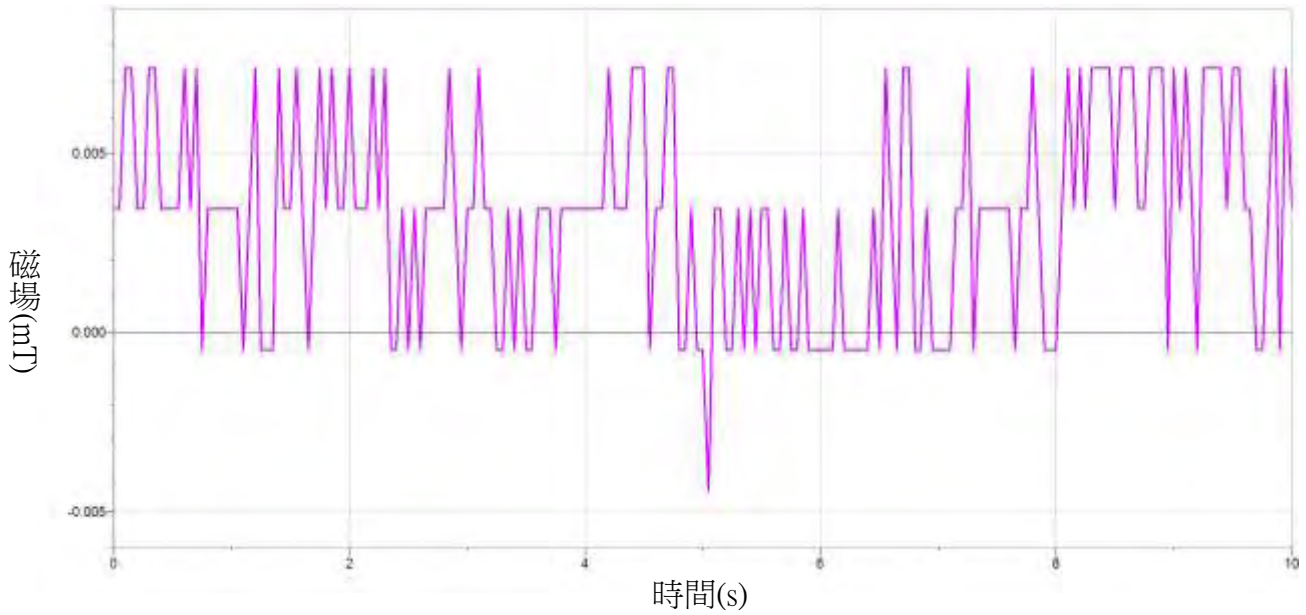


圖 8、75%芝麻黑色素於 10 分鐘時的十秒磁場變化圖

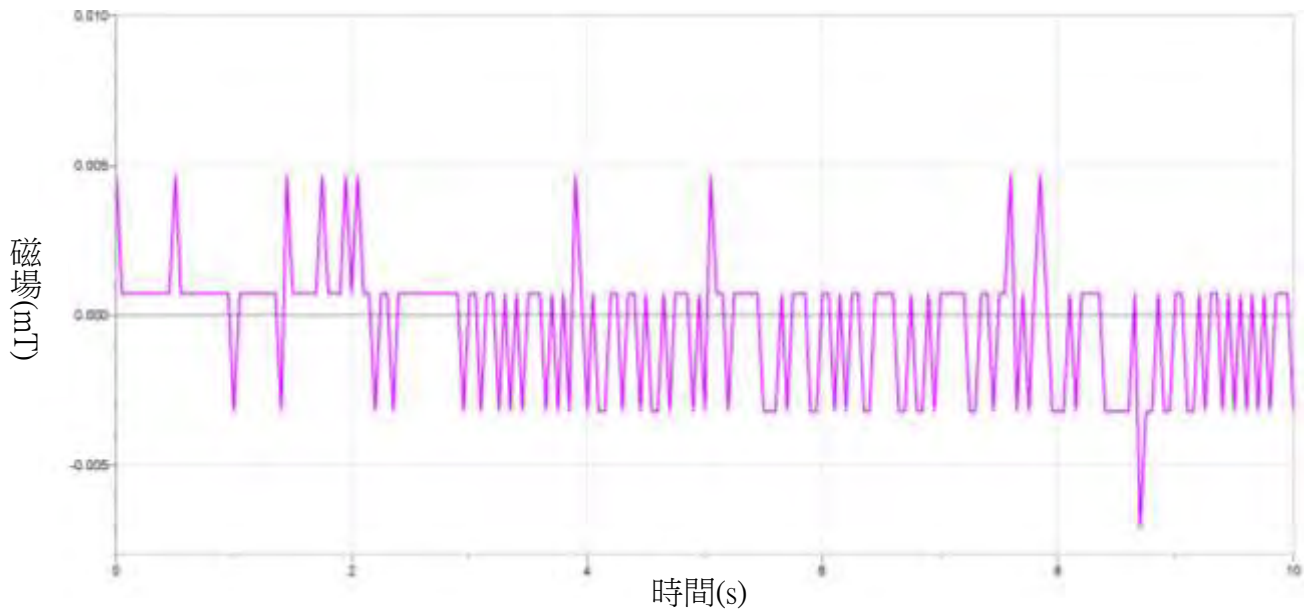


圖 9、100%芝麻黑色素於 10 分鐘時的十秒磁場變化圖

表 2

不同濃度芝麻黑色素溶液與氧化鐵粉末反應 10 分鐘後 10 秒磁場變化數據統計表(單位 mT)

	25%	33%	50%	75%	100%
平均值	-0.000002	0.003310	0.001269	0.003229	-0.001235
最大值	0.007381	0.007874	0.005167	0.007381	0.005659
最小值	-0.004429	-0.003937	-0.006643	-0.004429	-0.006151
中位數	-0.000492	0.003937	0.001230	0.003445	-0.002214
標準差	0.002044	0.001645	0.002805	0.002925	0.002207

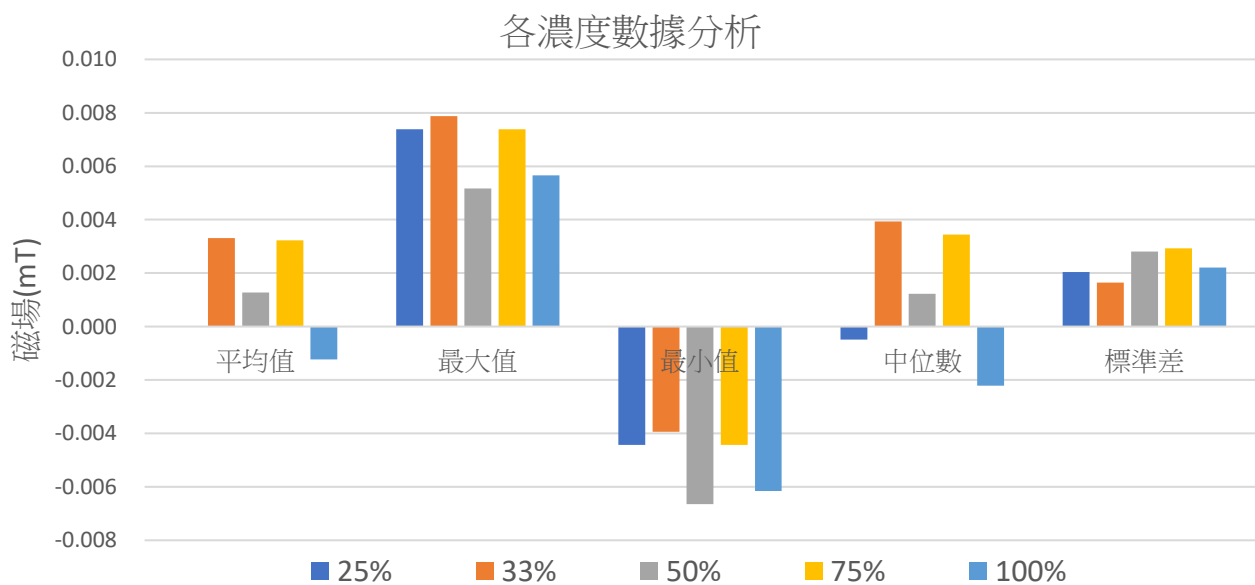


圖 10、不同濃度芝麻黑色素與氧化鐵粉末反應 10 分鐘後磁場變化數據統計圖

(一) 由數據分析結果發現，33%芝麻黑色素在平均值和中位數的部分在我們測試的五個濃度之中最高，而其又大於本身的標準差，因此我們推斷 33%為使氧化鐵還原成磁鐵礦的最佳反應濃度。

二、實驗二：調整黑色素與氧化鐵的比例

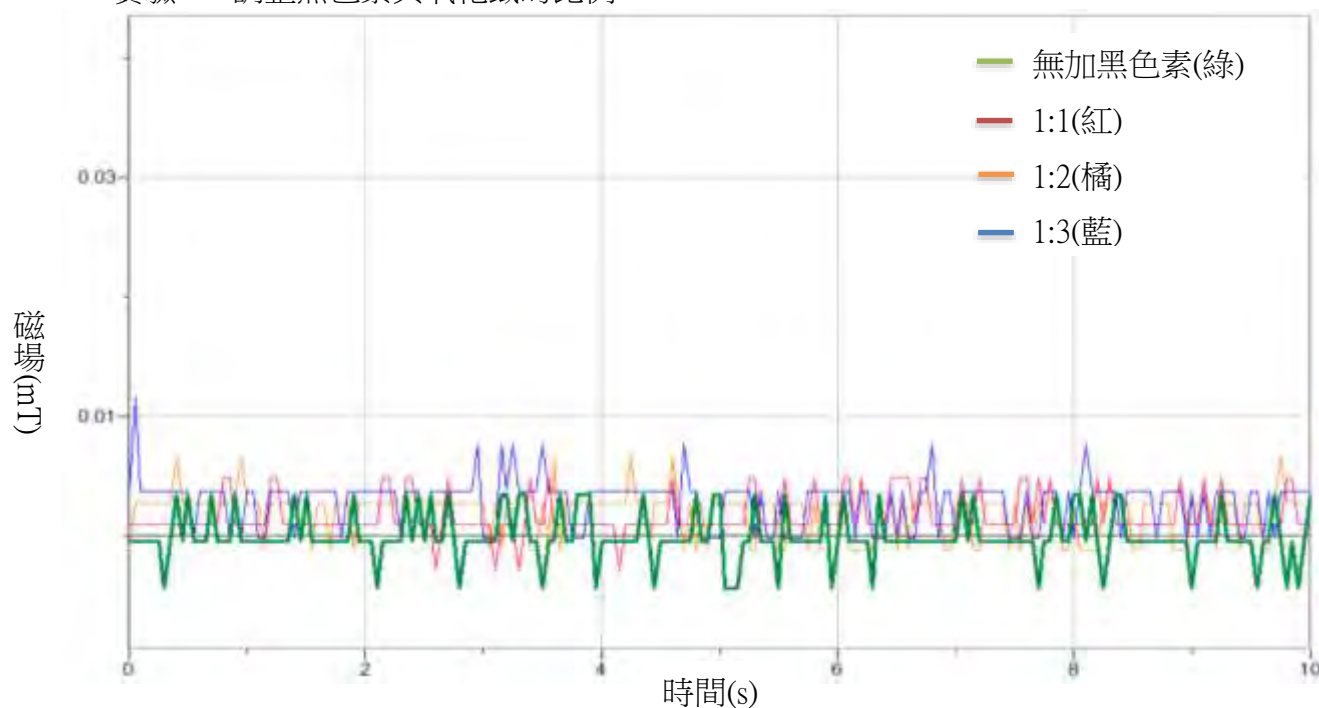


圖 11、氧化鐵粉末:33%黑色素溶液=1:1、1:2、1:3 反應 30 分鐘時的磁場變化情形圖

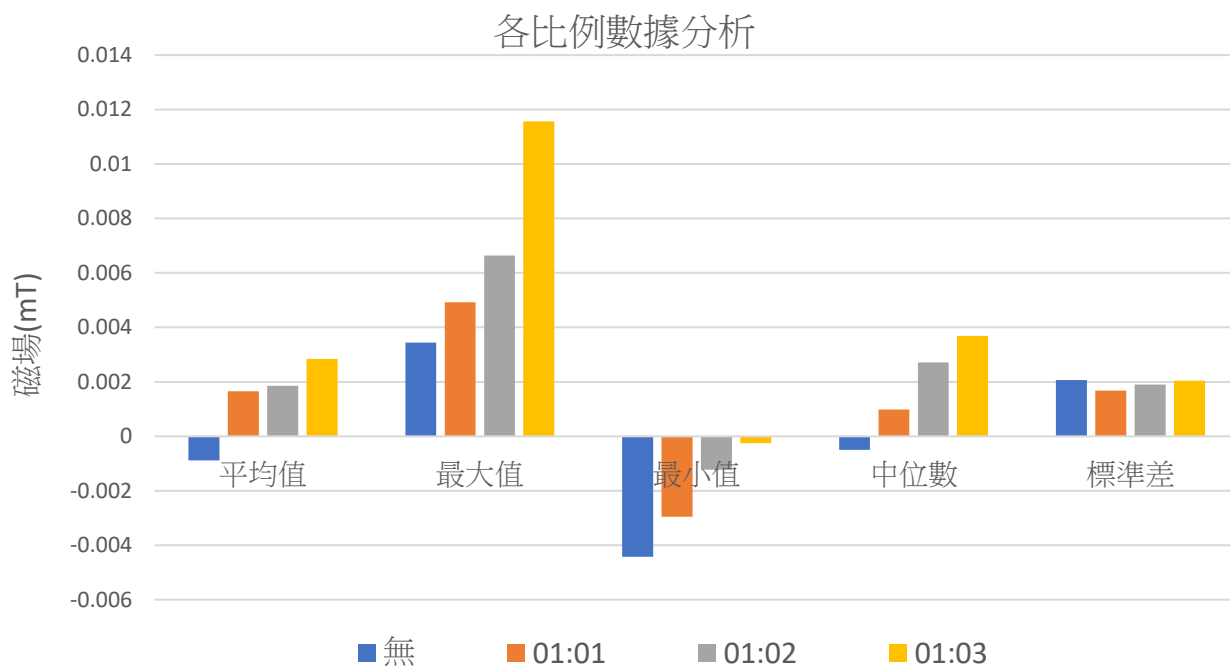


圖 12、氧化鐵粉末:33%芝麻黑色素=1:1、1:2、1:3 於反應 30 分鐘時磁場變化數據統計圖

(一) 由圖 12 可得知，氧化鐵粉末與芝麻黑色素的比例越大者，在三十分鐘時磁場的變化也就越大，故我們推測比例越大，磁場越強，促使我們更進一步的去檢驗如下的更多不同的比例以及探討時間與磁場的關係。

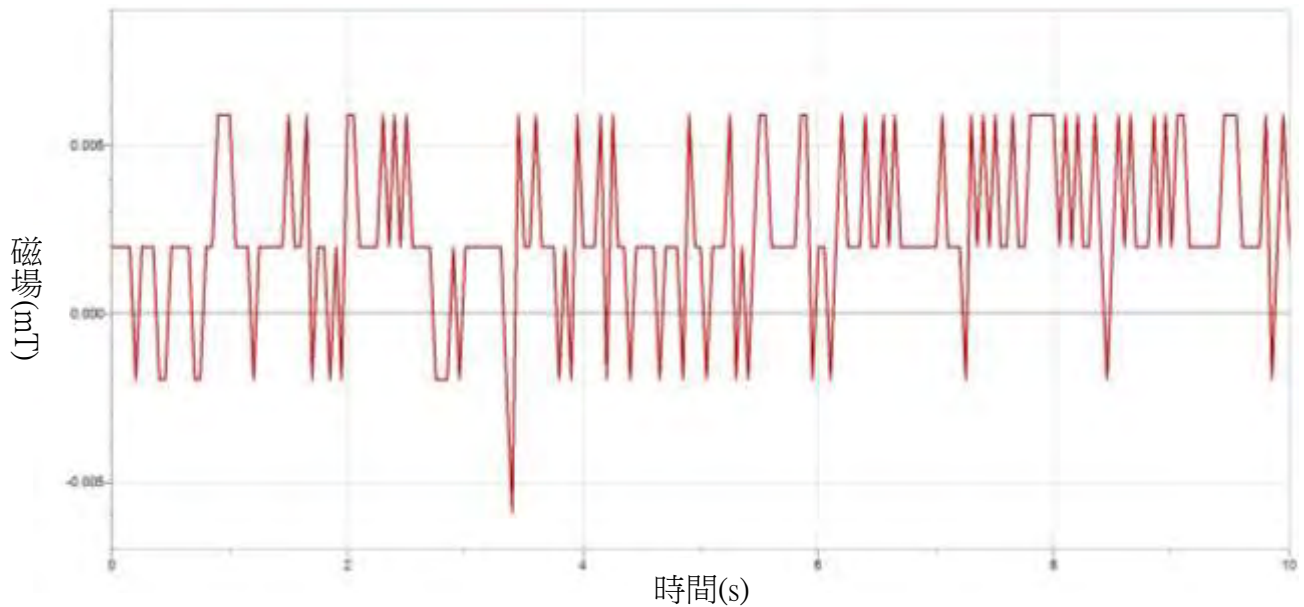


圖 13、氧化鐵粉末:33%芝麻黑色素=1:1/2 在反應 30 分鐘時的磁場變化圖

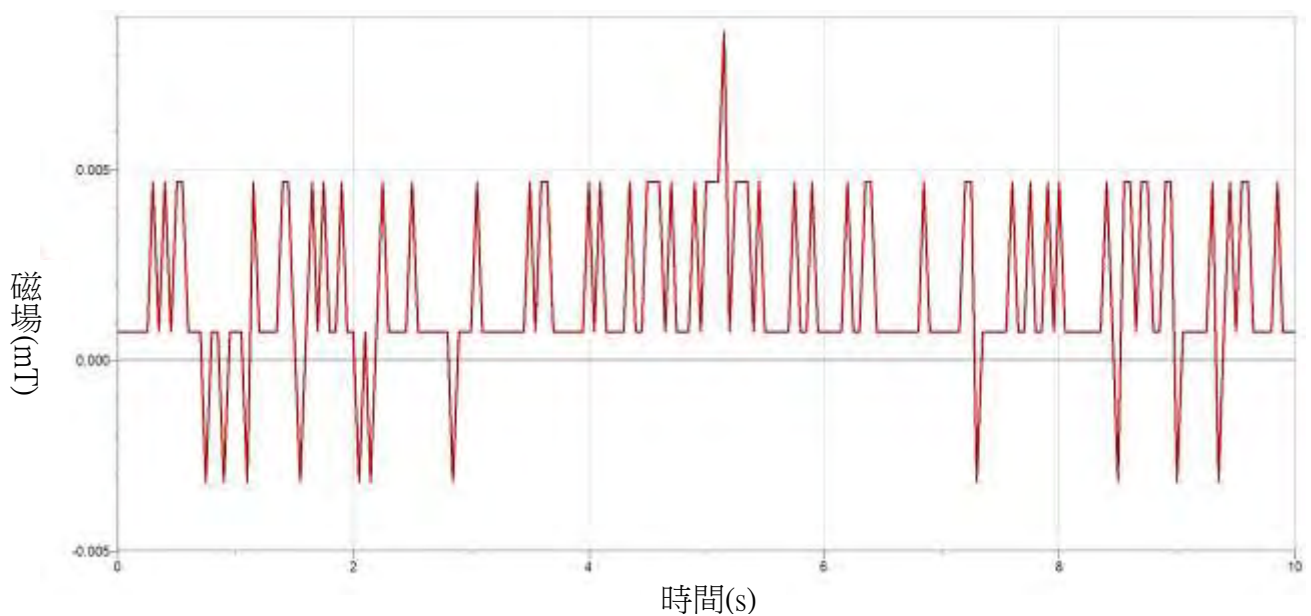


圖 14、氧化鐵粉末:33%芝麻黑色素=1:3 在反應 30 分鐘時的磁場變化圖

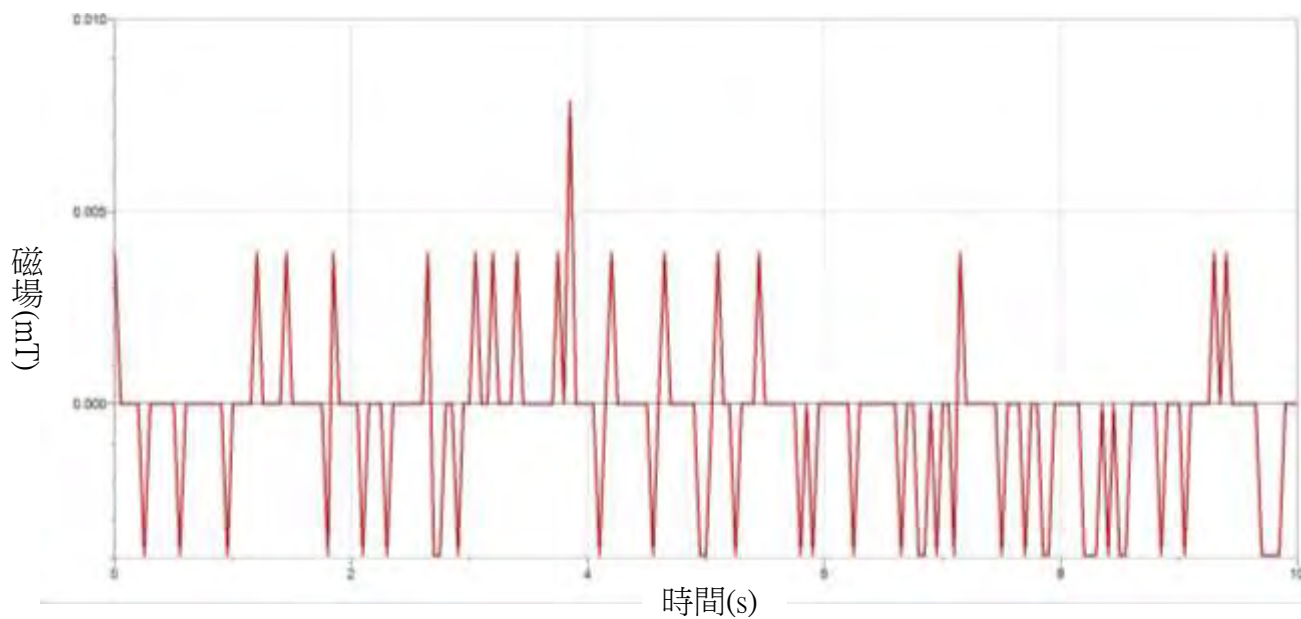


圖 15、氧化鐵粉末:33%芝麻黑色素=1:4 在反應 30 分鐘時的磁場變化圖

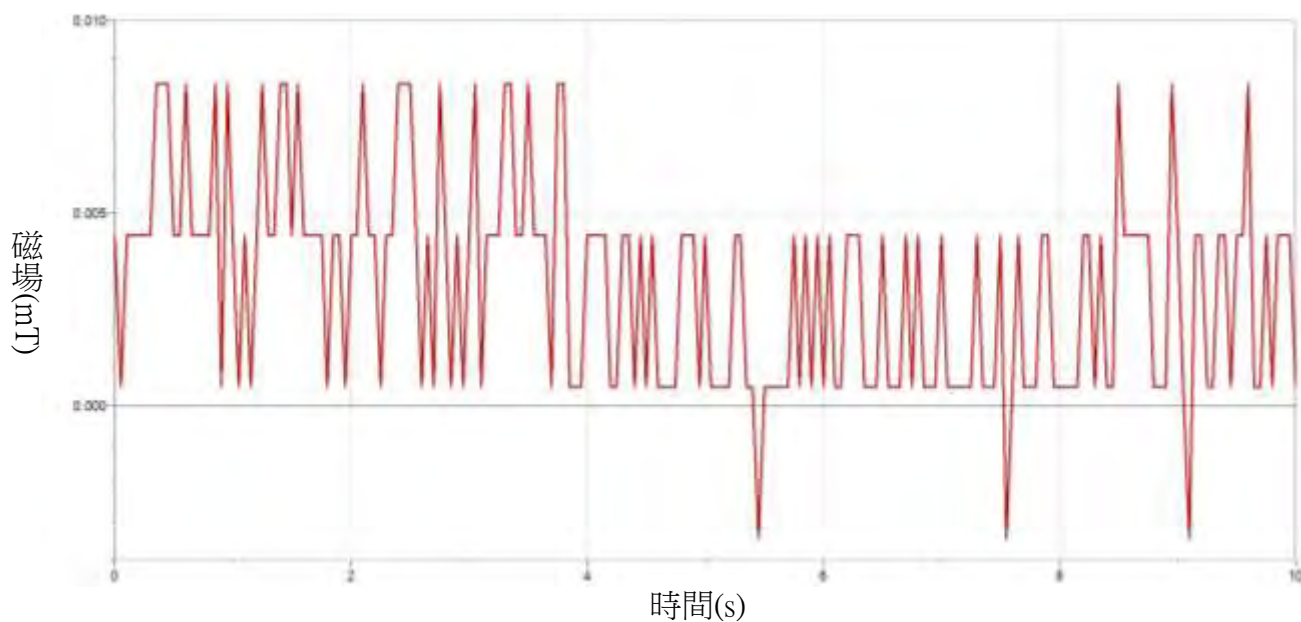


圖 16、氧化鐵粉末:33%芝麻黑色素=1:5 在反應 30 分鐘時的磁場變化圖

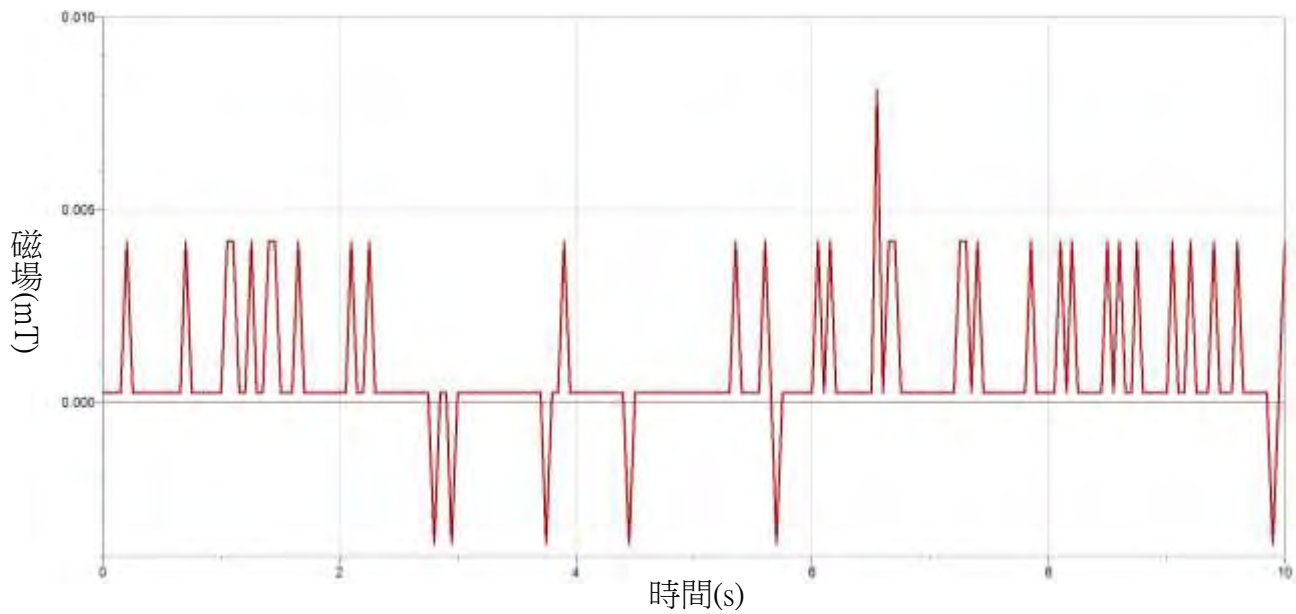


圖 17、氧化鐵粉末:33%芝麻黑色素=1:10 在反應 30 分鐘時的磁場變化圖

表 3

不同氧化鐵粉末:33%芝麻黑色素溶液比例於反應三十分鐘時磁場變化數據統計表(單位 mT)

	1:1/2	1:3	1:4	1:5	1:10
平均值	0.002341	0.001639	-0.000392	0.003175	0.000775
最大值	0.005905	0.008612	0.007874	0.008366	0.008120
最小值	-0.005905	-0.003199	-0.003937	-0.003445	-0.003691
中位數	0.001968	0.000738	0	0.004429	0.000246
標準差	0.002477	0.002147	0.002083	0.002750	0.001702

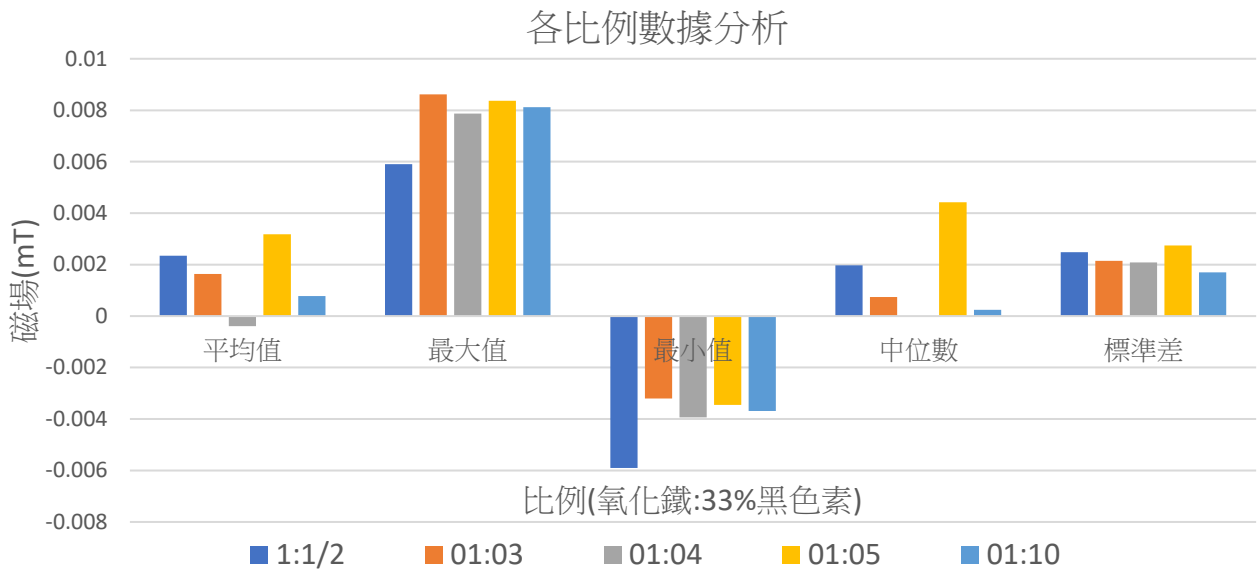


圖 18、不同氧化鐵粉末:33%芝麻黑色素溶液比例於反應 30 分鐘磁場變化數據統計圖

(二) 由數據結果分析發現，1:5 的比例在平均值和中位數的部分在我們所測試的五個比例之中最高，因此我們推斷在氧化鐵粉末:33%芝麻黑色素溶液在重量比為 1:5 時為最佳的反應比例

(三) 經過實驗我們發現不是加入越多芝麻黑色素溶液，還原成磁鐵礦的能力也越好。

三、實驗三：探討芝麻黑色素的防鏽效果

表 5-1

實驗組(金屬浸泡芝麻黑色素溶液 1 日)氧化前後重量變化表

	鐵	氧化鐵	銅	鋁
原重平均(g)	8.825 ± 0.134	8.363 ± 0.494	7.803 ± 0.670	7.132 ± 0.319
後重平均(g)	8.804 ± 0.136	8.288 ± 0.497	7.790 ± 0.673	7.114 ± 0.323
失重平均(g)	0.021 ± 0.003	0.075 ± 0.004	0.013 ± 0.003	0.018 ± 0.005
失重率平均	0.242% ± 0.031%	0.901% ± 0.095%	0.174% ± 0.049%	0.259% ± 0.082%
腐蝕速率平均(g/天)	0.001524 ± 0.000180	0.005357 ± 0.000258	0.000952 ± 0.000206	0.001310 ± 0.000352

表 5-2

對照組(金屬未浸泡黑色素) 氧化前後重量變化表

	鐵	氧化鐵	銅	鋁
原重平均(g)	8.30 ± 1.032	8.984 ± 0.433	8.226 ± 0.577	7.089 ± 0.094
後重平均(g)	8.260 ± 1.034	8.935 ± 0.431	8.200 ± 0.573	7.068 ± 0.090
失重平均(g)	0.044 ± 0.002	0.049 ± 0.005	0.026 ± 0.005	0.021 ± 0.004
失重率平均	0.536% ± 0.081%	0.542% ± 0.055%	0.315% ± 0.042%	0.296% ± 0.057%
腐蝕速率平均(g/天)	0.003143 ± 0.000143	0.003476 ± 0.000352	0.001857 ± 0.000327	0.001500 ± 0.000311

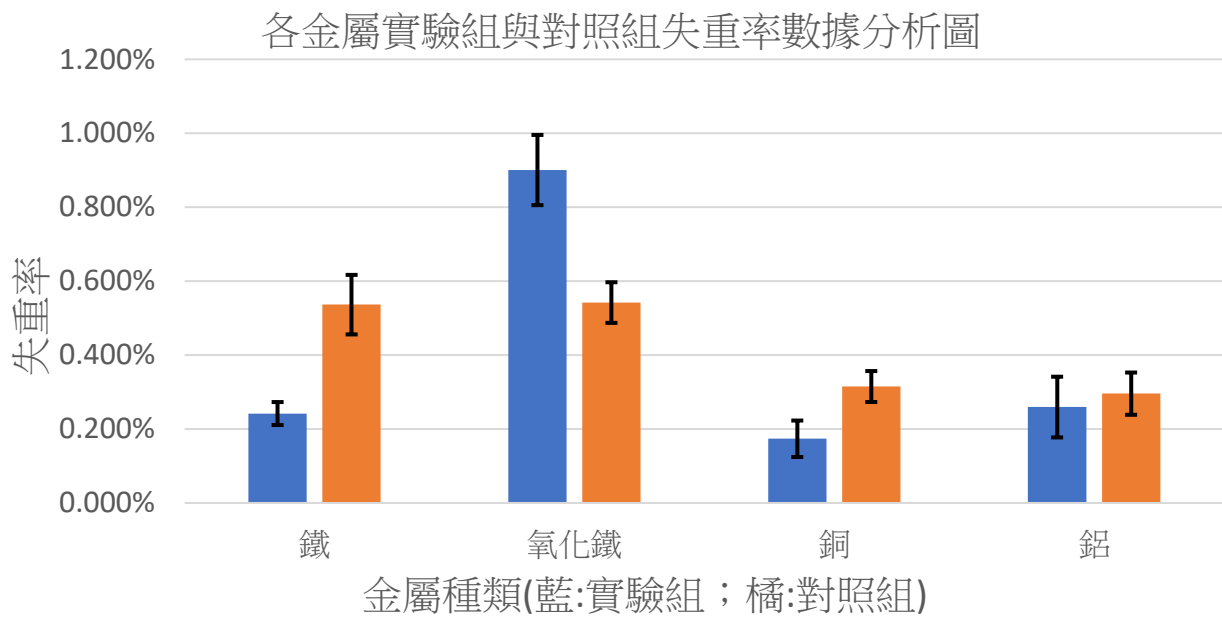


圖 19、不同種類金屬實驗組及對照組平均失重率數據統計圖

表 6
實驗組及對照組失重率差值及 T 檢定結果表

	鐵	氧化鐵	銅	鋁
對照組失重率-實驗組失重率	0.295%***	-0.358%***	0.141%**	0.036%

註:* p < 0.10. **p < 0.05. ***p < 0.01。

(一) 由表 6 鐵金屬，浸泡黑色素的實驗組對於未浸泡黑色素的對照組，因 T 檢定 p 值 < 0.01，我們可以以 99%信心水準說明在重量減少的程度上，鐵金屬經過芝麻黑色素溶液處理，在統計上呈顯著效果。

(二) 由表 6 氧化鐵金屬，浸泡黑色素的實驗組失重率比沒有塗黑色素的對照組失重率來得高(對照組失重率-實驗組失重率為負值)，這項結果並不符合我們的預期，可能導致的原因將於以下討論三進行說明。

(三) 由表 6 銅金屬，浸泡黑色素的實驗組對於未浸泡黑色素的對照組，因 T 檢定 p 值 < 0.05，我們可以以 95%信心水準說明在重量減少的程度上，銅金屬經過芝麻黑色素溶液處理，在統計上呈顯著效果。

(四) 對於鋁金屬，雖然實驗組失重率大於對照組，但是重量減少的程度上統計呈不顯著。我們推測其氧化後的氧化層之功能與黑色素類似，造成實驗組與對照組的失重率接近。

陸、討論

一、實驗一：分別取黑色不溶物和碳酸鈉溶液配置 25%、33%、50%、75%、100% 的黑色素溶液，探討還原氧化鐵粉末的最佳反應濃度。

(一) 磁場變化的原理是由於黑芝麻黑色素具有將氧化鐵(三氧化二鐵)還原成磁鐵礦(四氧化三鐵)的能力，並且由實驗可以推斷黑色素的確能將氧化鐵還原成磁鐵礦使得產生磁場變化，但是我們不知道黑色素和氧化鐵反應的最佳濃度，故設計此一實驗。

(二) 由表 2、圖 10 我們發現 33%濃度的芝麻黑色素溶液在平均值、中位數皆為五者中最大，而又大於本身標準差，因此我們推測 33%濃度的芝麻黑色素溶液較其他四個濃度穩定且具有較高的防鏽能力，並在後續實驗中皆使用 33%的黑色素溶液。

二、實驗二：依照氧化鐵粉末:33%黑色素溶液=1:1/2、1:3、1:4、1:5、1:10 製造出不同的比例，探討黑色素還原氧化鐵的能力在何種添加比例下最佳。

(一) 我們先取氧化鐵粉末:33%芝麻黑色素溶液=1:1、1:2、1:3 的比例進行磁場變化的初步探討，並由圖 12 發現 1:3 的平均值較 1:2 大，而 1:2 的平均值又較 1:1 大，故我們推測 33%黑色素與氧化鐵粉末的比例越大，磁場也越大，也促使我們又設計了更多的比例探討比例大小是否與磁場大小相關。

(二) 由表 3、圖 18 我們發現氧化鐵粉末:33%黑色素溶液=1:5 時，平均值和中位數為五者中最大，而其大於本身的標準差，我們由此推斷 1:5 的比例為五者中最佳。

三、實驗三：實測芝麻黑色素對於氧化鐵、鐵、銅、鋁金屬的延緩氧化效果。

(一) 由前面兩組實驗，我們可以合理判斷芝麻黑色素的確有能力將氧化鐵還原成磁鐵礦。然而，第三組實驗顯示氧化鐵的失重率在浸泡黑色素後，反而增加

了。我們試圖推測此現象可能的原因。由於本實驗是在浸泡黑色素前測重，並以失重率判斷其氧化程度。芝麻黑色素有能力將氧化鐵還原成磁鐵礦，而磁鐵礦的密度(5.17g/cm³)略小於氧化鐵的密度(5.24g/cm³)，造成實驗組失重；表面同時有氧化鐵及磁鐵礦，亦可能使與空氣接觸表面積增加，反而加速氧化。以上過程可能使得實驗組的失重率顯得較高。

(二) 由表 5、6 發現，黑色素對於鐵及銅金屬具有延緩氧化的效果，根據文獻

(一) 黑色素對於保護鐵離子、銅離子具有良好作用，故這項結果符合我們實驗的觀察結果。

(三) 由表 5、6 發現，黑色素對於鋁金屬的保護效果未達到統計上顯著。

柒、結論

(一) 芝麻黑色素有能力將氧化鐵還原成磁鐵礦。

(二) 以 33% 的芝麻黑色素碳酸鈉溶液處理，能夠使 1 公克的氧化鐵粉末產生的磁場平均值最大。

(三) 將氧化鐵粉末浸泡於黑色素溶液，氧化鐵粉末及芝麻黑色素的比為 1:5 時，還原成磁鐵礦的能力最好。

(四) 對於不同種類金屬，鐵及銅金屬浸泡於芝麻黑色素有延緩氧化的效果。對於鋁金屬而言，延緩效果不佳。對於氧化鐵則不但沒有，甚至還有加速失重的現象。

捌、參考資料

許嘉峰(民 102)。1.利用黑色素將鐵鏽轉化為磁鐵礦(四氧化三鐵)之防鏽研究 2.利用紫外光生成二氧化矽(碩士論文)。取自

<https://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gs32/gswweb.cgi?o=dnclcdr&s=id=%22101NYPI5124037%22.&searchmode=basic>

康靜靜(民 104)。黑芝麻黑色素的分離及其結構性質的研究(碩士論文)。取自

<http://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10403-1015627737.htm>

徐利萍(民 95)。黑芝麻中黑色素的萃取、純化及其性質的研究(碩士論文)。取自

<http://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10295-2006191767.htm>

交通部運輸研究所。大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境分類之研究。

編號:103-36-7740 MOTC-IOT-102-H1DA003b

中華人民共和國專利局。發明專利申請公開說明書

公開號:CN 1059540A

【評語】 052403

本作品採用自然作物黑芝麻，提取黑色素，驗證芝麻黑色素可將氧化鐵還原成磁鐵礦，達防蝕防鏽功能。本作品亦延伸其實驗於不同種類金屬，以秤重法發現將鐵及銅金屬浸泡於芝麻黑色素有延緩氧化的效果，然對於鋁金屬，延緩效果不佳。對於氧化鐵則不但沒有，甚至還有加速失重的現象。作者參考專利文獻以氫氧化鈉溶液萃取芝麻黑色素，惟未分析所萃取芝麻黑色素的純度及成分。在黑色素溶液還原氧化鐵粉末實驗主要分析設備為高斯計量測磁場，作者宜提供高斯計的精準度及靈敏度，並提供實驗環境背景磁場。實驗數據整理的呈現宜參考正式之學術論文、報告之格式。未來宜針對芝麻黑色素對鐵及銅延緩其氧化之反應機制深入探討。

摘要

以**浸泡提取法**萃取出黑芝麻中的黑色素，並用高斯計測量其與氧化鐵(三氧化二鐵)混合物的磁場變化，以了解黑色素還原氧化鐵成為磁鐵礦(四氧化三鐵)的能力。結果發現，黑色素溶液還原氧化鐵粉末的**最佳反應濃度為33%**，而在**氧化鐵粉末及芝麻黑色素溶液重量比為1:5的比例時，有最大的磁場變化平均值**。

將氧化鐵、鐵、銅、鋁片在浸泡於黑色素溶液後，與相同環境條件下未浸泡在黑色素溶液的金屬做比較，測定各金屬在**兩個禮拜後的失重率**，結果發現浸泡黑色素的鐵與銅金屬，其失重率小於對照組，而氧化鐵及鋁金屬經浸泡黑色素的失重率則大於對照組，推測**芝麻黑色素對於鐵、銅金屬可能具有延緩氧化的能力，而對於氧化鐵及鋁金屬效果不明顯**。

動機

在日常生活中，我們不難發現許多材料都會面臨的一個問題，也就是物質在大氣中暴露會使得發生氧化、生鏽。人們為了克服這項問題，開發了不少塗料能夠藉由塗覆在物質表面上而達到防止生鏽的效果。雖然其防鏽效果非常好，但是那些塗料多半會造成環境遭受污染。環境污染一直是全球關注的議題，於是我們試著思考是否有製作起來更環保、更簡便的塗料能取代它。

我們在其他網站連結中發現一篇**碩士論文**，文中指出，**黑芝麻中的黑色素可將氧化鐵(三氧化二鐵)還原成為磁鐵礦(四氧化三鐵)**，可能達到防蝕防鏽的功能。於是，我們想驗證此說法，並進一步了解黑色素的防鏽防蝕能力，試圖開發新的防鏽塗料，便展開以下一系列的實驗。

研究目的

- 一、以磁場變化量找出黑色素溶液還原氧化鐵粉末的最佳反應濃度。
- 二、以磁場變化量找出黑色素還原氧化鐵的能力在何種添加比例下最佳。
- 三、實測芝麻黑色素處理過後是否減緩金屬的氧化。

研究器材

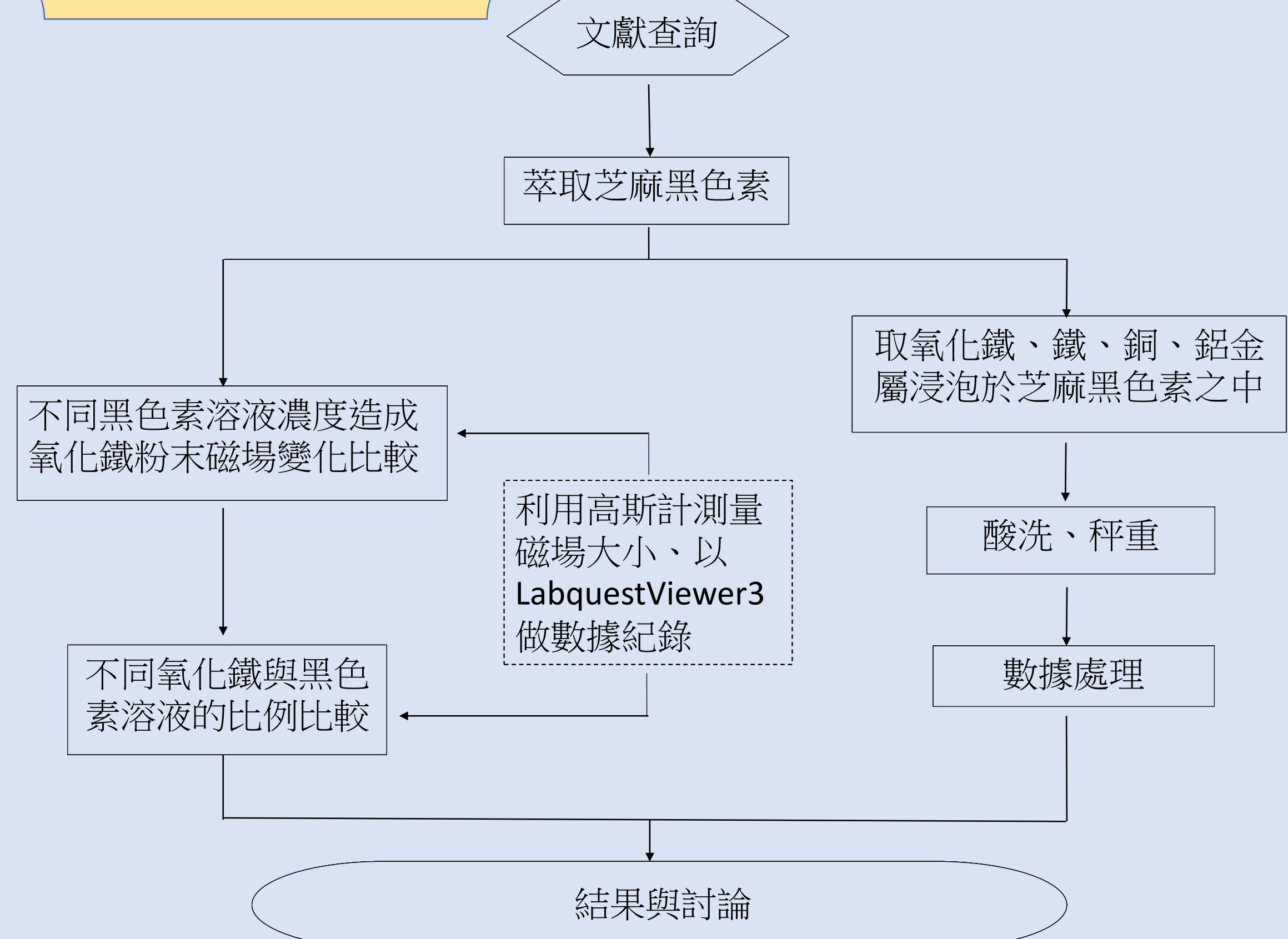
一、藥品試劑

氫氧化鈉、鹽酸、碳酸鈉、硫酸、硝酸、氧化鐵粉末、黑芝麻

二、儀器設備

Sample瓶、7cm濾紙、Parafilm、直線切鈹、滴定裝置、精密電子秤、抽濾裝置、恆溫循環水箱、pH儀、高斯計及Labquest Viewer測量儀器、電腦、烘箱

實驗流程圖



實驗方法

(一) 黑芝麻黑色素萃取

1. 加入1%NaOH溶液於黑芝麻中，並在50°C的恆溫水槽下浸泡8小時，利用抽濾裝置濾出溶液保留。
2. 依上述步驟，得到第二瓶濾液。
3. 芝麻濾渣加入50°C水洗滌，利用抽濾裝置濾出溶液保留。
4. 合併三個濾液，使用pH儀及滴定裝置加入HCl酸化至pH2.5。
5. 靜置12小時後黑色素沉澱於底部，利用抽濾裝置得到稠狀黑色不溶物(以下稱此物質為**萃取原液**)。
6. 依一定比例將萃取原液溶於2%碳酸鈉溶液中。



圖(1)抽濾後濾液



圖(2)抽濾裝置

(二) 化學清洗法使用藥品及條件

材料	化學藥品	時間 (分)	溫度 (°C)
氧化鐵	以10 mL HCl($\rho=1.19\text{g/mL}$), 加入蒸餾水至20mL	10	23.5
鐵	以10 mL HCl($\rho=1.19\text{g/mL}$), 加入蒸餾水至20mL	10	23.5
銅	以2 mL H ₂ SO ₄ ($\rho=1.84\text{g/mL}$) 加入蒸餾水至20 mL	3	23.5
鋁	20 mL HNO ₃ ($\rho=1.42\text{g/mL}$)	5	23.5

註：於23.5°C恆溫水槽中進行酸洗

實驗過程及研究結果

【實驗一】調配黑色素濃度對磁場變化影響。

分別將萃取原液及碳酸鈉溶液進行調配，得到**25%、33%、50%、75%及100%**的芝麻黑色素碳酸鈉溶液各**1公克**。

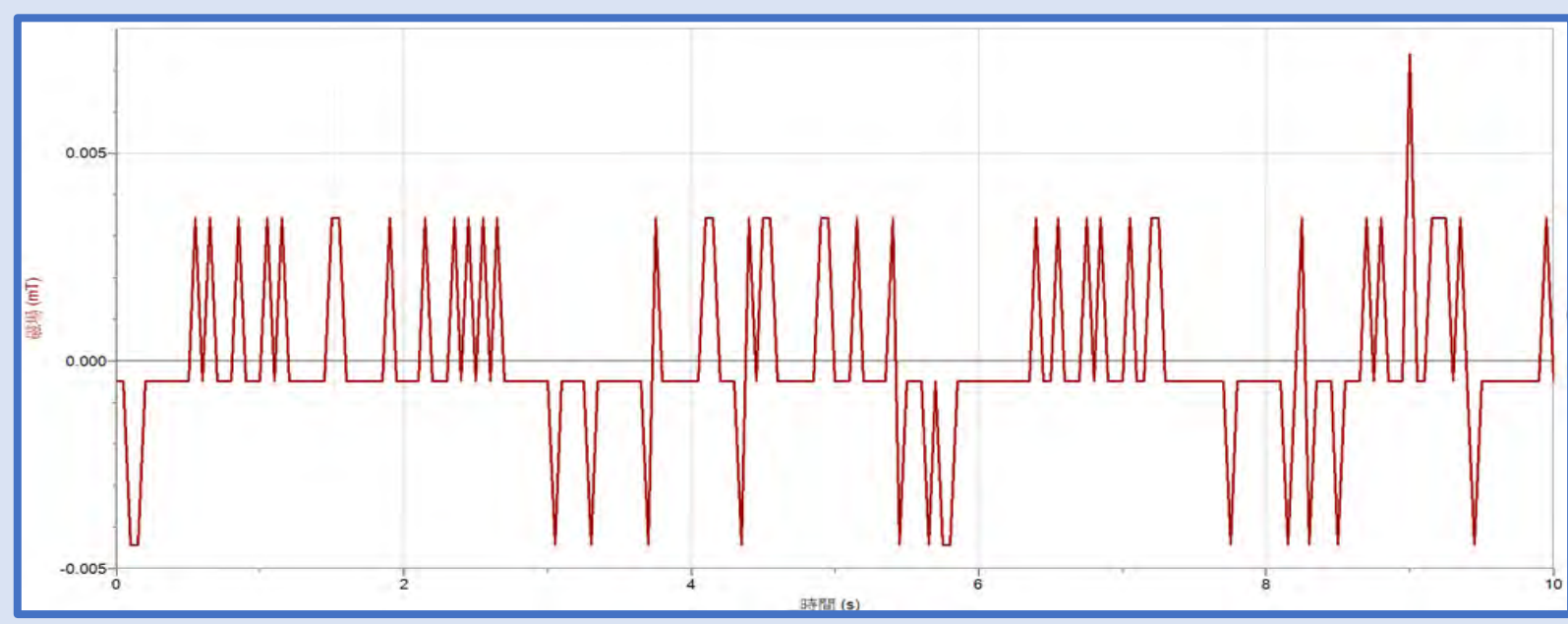
10分鐘後

架設高斯計等磁場觀測儀器，並於每一次測量之前將高斯計歸零。

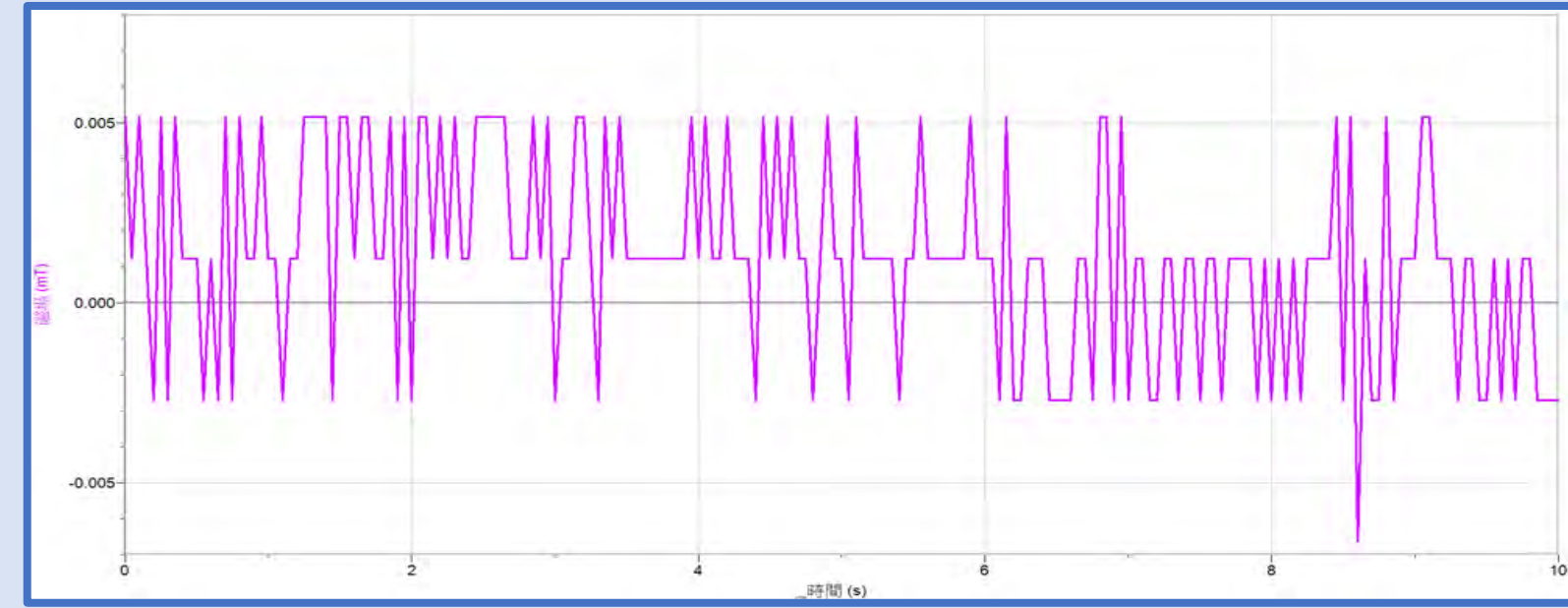


【結果】

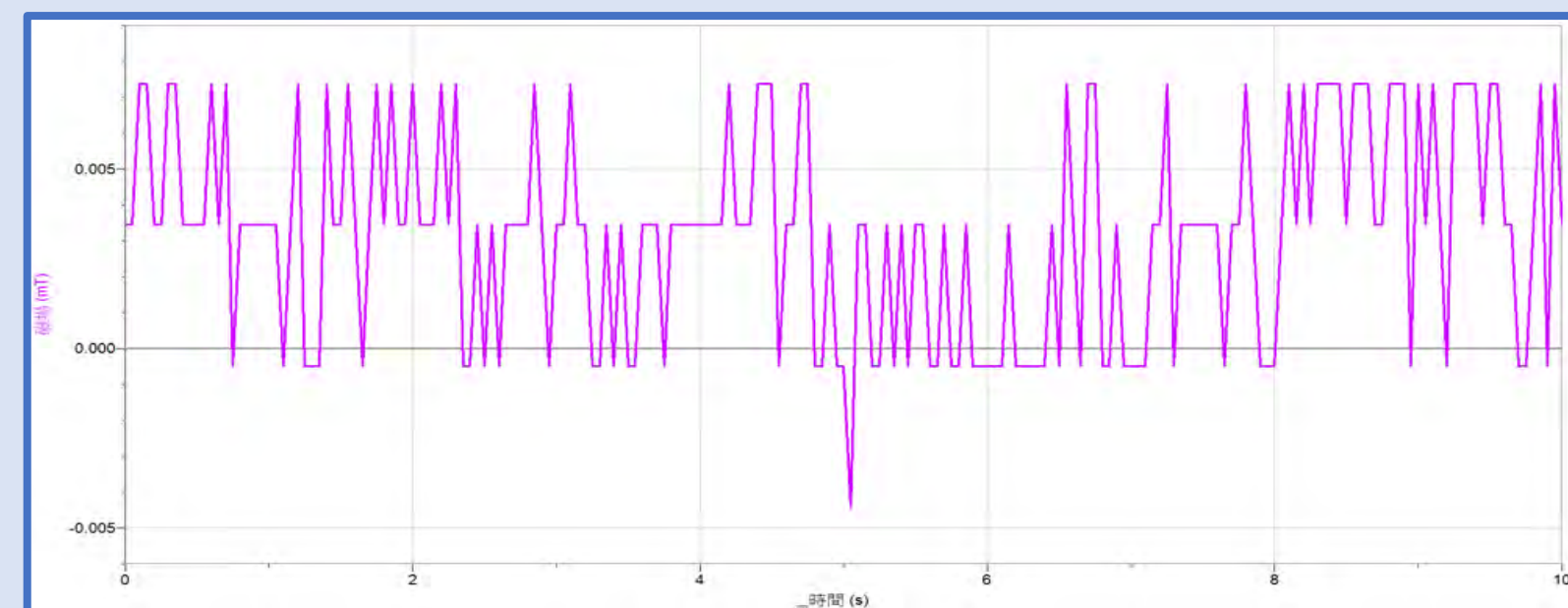
由數據分析結果發現，**33%芝麻黑色素**在平均值和中位數的部分在我們測試的五個濃度之中最高，而其又大於本身的標準差，因此我們推斷**33%**為使氧化鐵還原成磁鐵礦的最佳反應濃度。



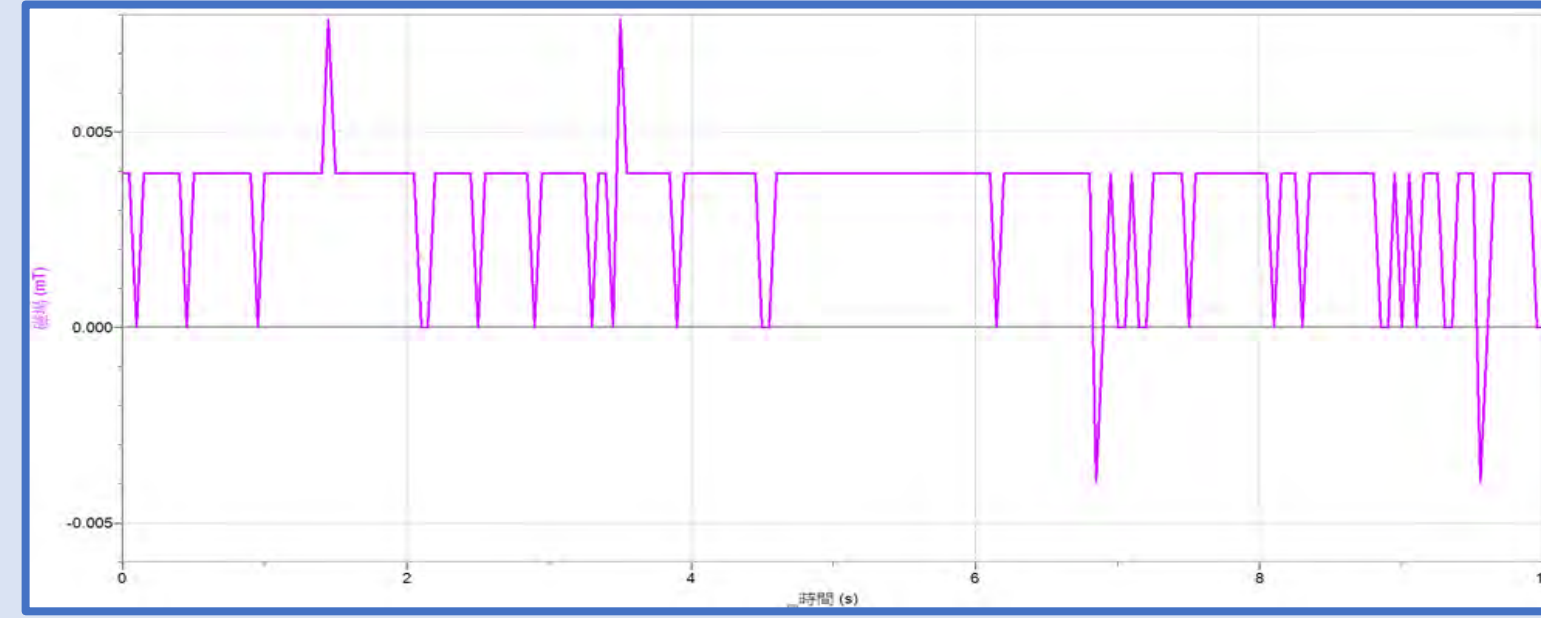
圖(3-1) 25%芝麻黑色素10秒磁場變化實測



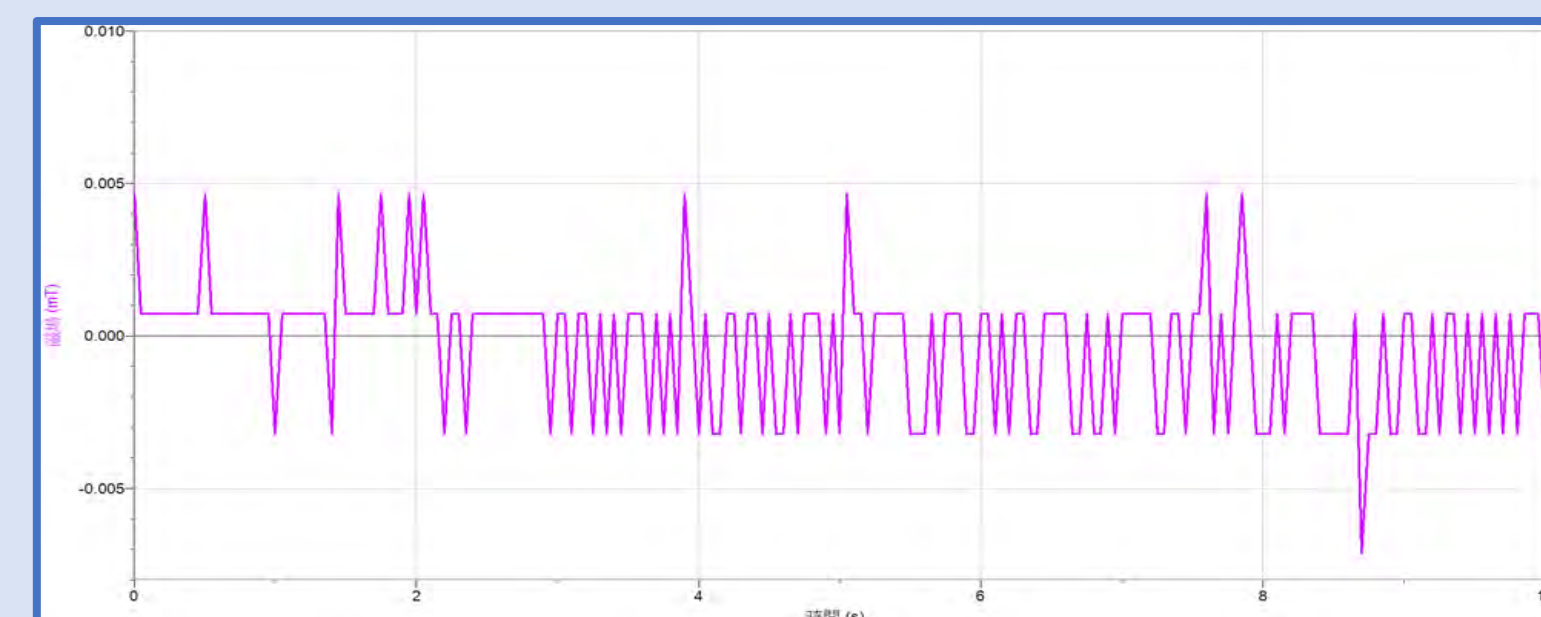
圖(3-2) 33%芝麻黑色素10秒磁場變化實測



圖(3-3) 50%芝麻黑色素10秒磁場變化實測

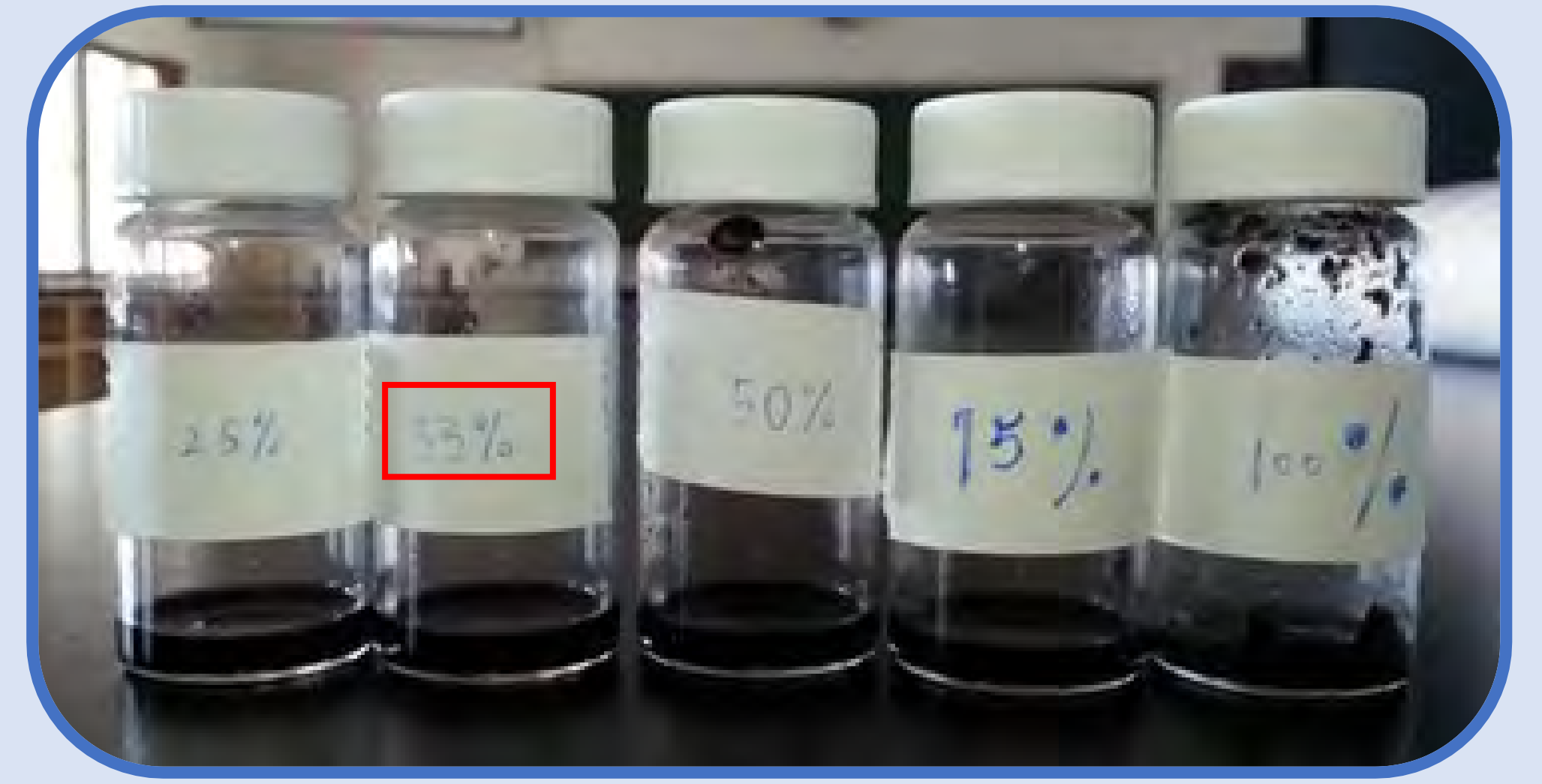


圖(3-4) 75%芝麻黑色素10秒磁場變化實測



圖(3-5) 100%芝麻黑色素10秒磁場變化實測

註：縱座標為磁場(mT)；橫坐標為時間(s)



圖(4)各濃度芝麻黑色素溶液

【實驗二】測定最適黑色素溶液與氧化鐵粉末比例。

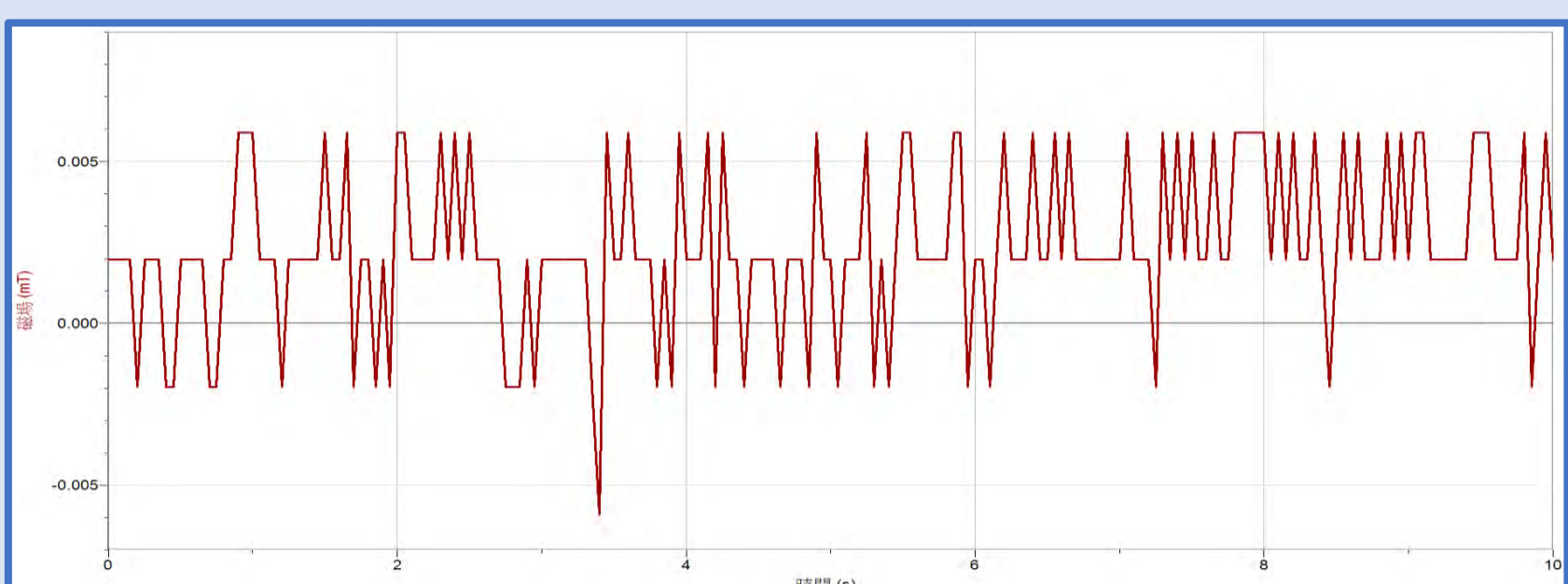
依照**氧化鐵粉末:芝麻黑色素溶液= 1:0.5、1:3、1:4、1:5及1:10**，加入**33%**芝麻黑色素溶液。

30分鐘後

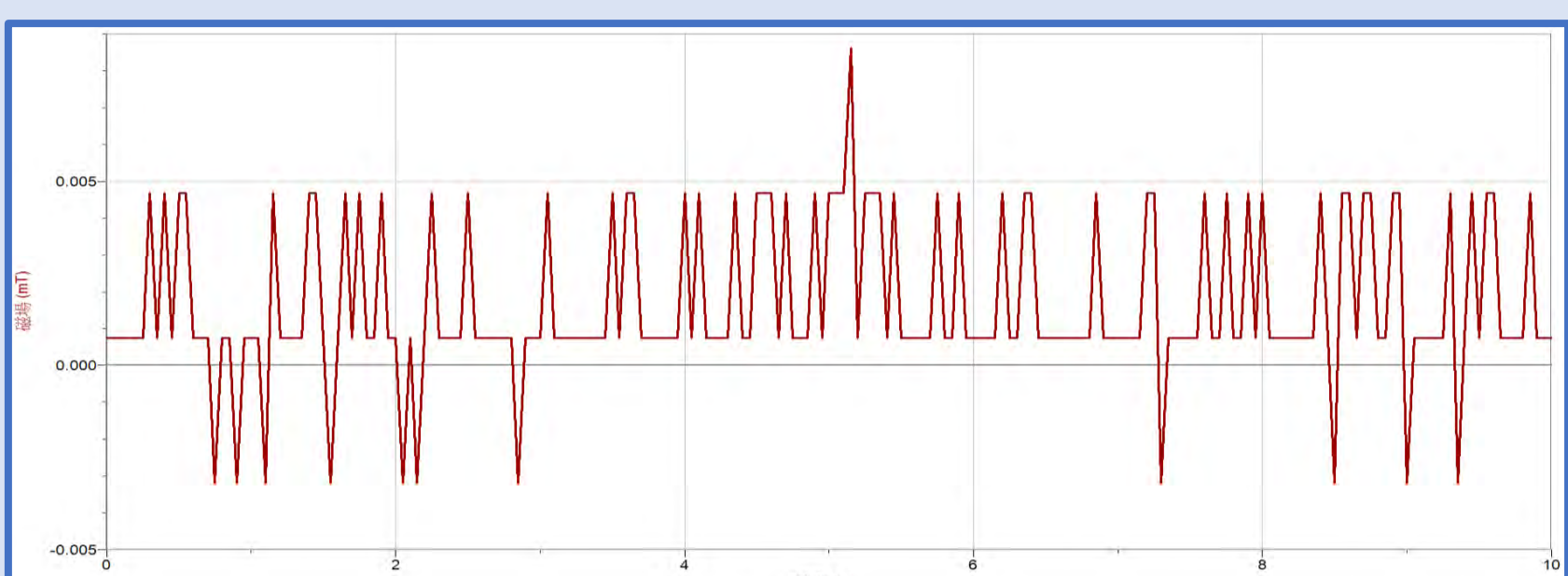
架設高斯計等磁場觀測儀器，並於每一次測量之前將高斯計歸零。

【結果】

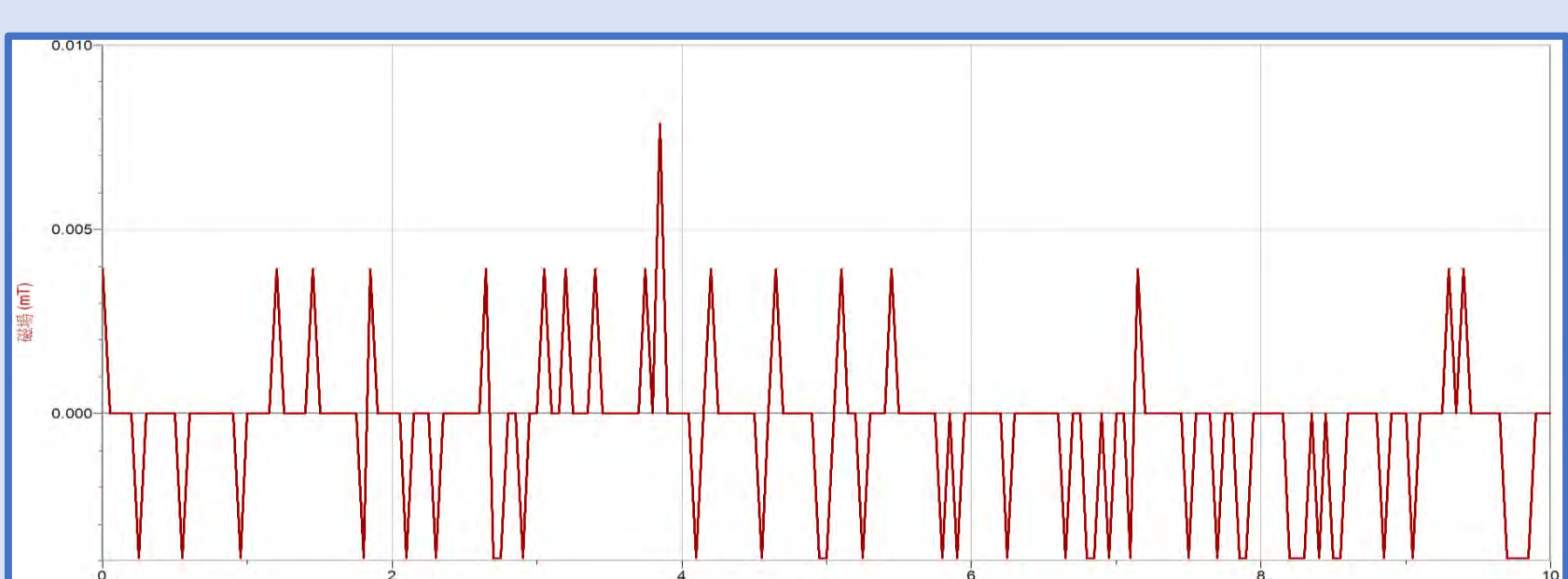
(一) 由數據結果分析發現，**1:5的比例**在平均值和中位數的部分在我們所測試的五個比例之中最高，而其又大於本身標準差，因此我們推斷在氧化鐵粉末:33%芝麻黑色素溶液在重量比為**1:5**時為最佳的反應比例
(二) 經過實驗我們發現不是加入越多芝麻黑色素溶液，還原成磁鐵礦的能力也越好。



圖(5-1)氧化鐵粉末:33%芝麻黑色素=1:0.5的磁場變化



圖(5-2)氧化鐵粉末:33%芝麻黑色素=1:3的磁場變化



圖(5-3)氧化鐵粉末:33%芝麻黑色素=1:4的磁場變化

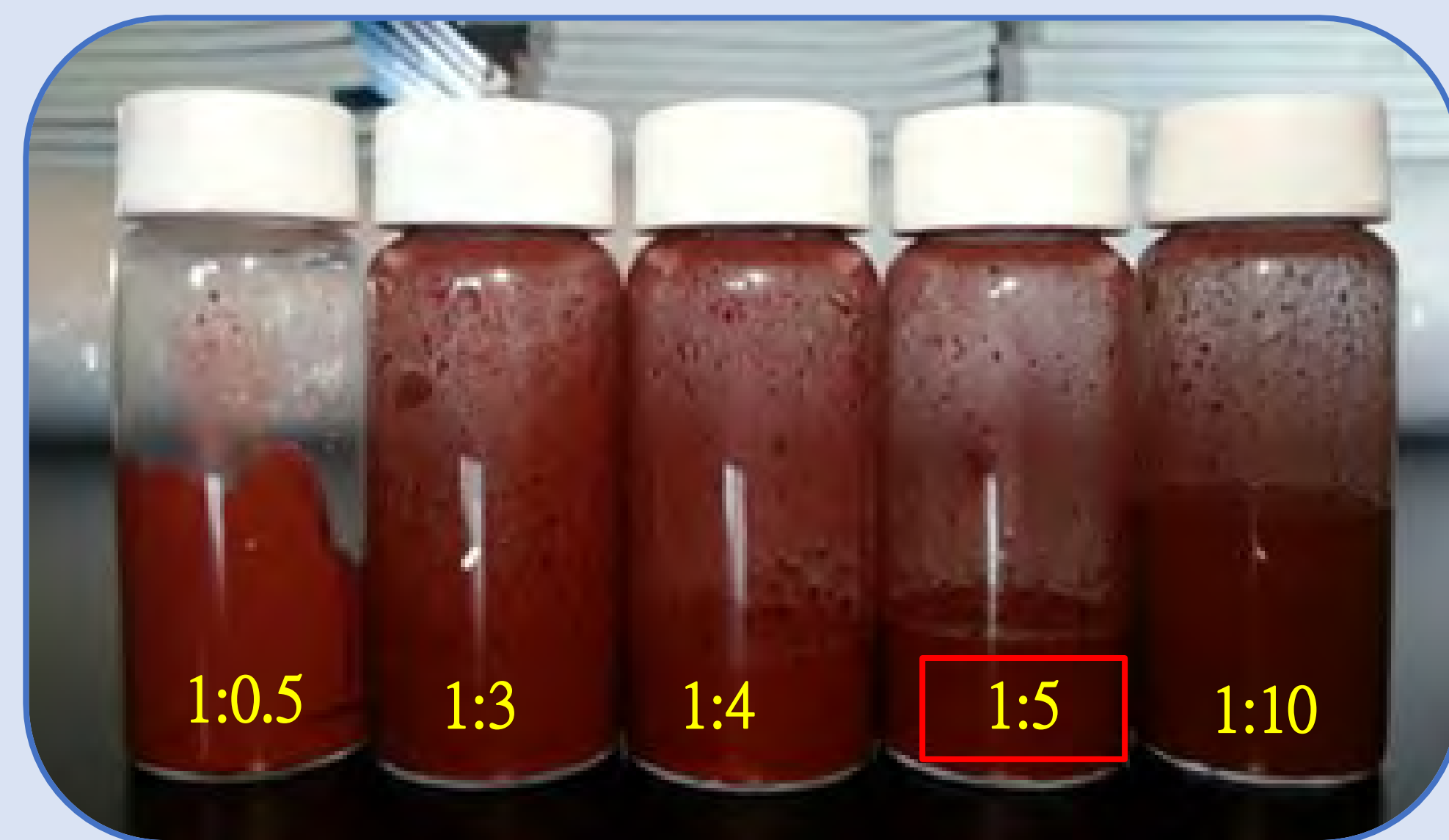


圖(5-4)氧化鐵粉末:33%芝麻黑色素=1:5的磁場變化



圖(5-5)氧化鐵粉末:33%芝麻黑色素=1:10的磁場變化

註：縱座標為磁場(mT)；橫坐標為時間(s)



圖(6)各氧化鐵與芝麻黑色素溶液比例

【實驗三】探討芝麻黑色素的防鏽效果。

1. 取**氧化鐵、鐵、銅、鋁金屬彈簧**，利用直線切鉗將各個金屬彈簧裁切成適當的大小。
2. 十二個燒杯加入芝麻黑色素，另外十二個則不加入作為實驗的對照組。
3. **兩個禮拜後取出**，並且將各個金屬進行**酸洗**。
4. 分析前後測量數據得知**各金屬的失重及失重率**，得知芝麻黑色素對各個金屬的防鏽效果。

實驗組(金屬浸泡芝麻黑色素溶液1日)氧化前後重量變化表

	鐵	氧化鐵	銅	鋁
原重平均(g)	8.83 ± 0.13	8.36 ± 0.49	7.80 ± 0.67	7.13 ± 0.32
後重平均(g)	8.80 ± 0.14	8.29 ± 0.50	7.79 ± 0.67	7.11 ± 0.32
失重平均(g)	0.02 ± 0.003	0.08 ± 0.004	0.01 ± 0.003	0.02 ± 0.005
失重率平均	0.242% ± 0.031%	0.901% ± 0.095%	0.174% ± 0.049%	0.259% ± 0.082%
腐蝕速率平均(g/天)	0.001524 ± 0.000180	0.005357 ± 0.000258	0.000952 ± 0.000206	0.001310 ± 0.000352

對照組(金屬未浸泡黑色素) 氧化前後重量變化表

	鐵	氧化鐵	銅	鋁
原重平均(g)	8.30 ± 1.03	8.98 ± 0.43	8.23 ± 0.58	7.09 ± 0.09
後重平均(g)	8.26 ± 1.03	8.94 ± 0.43	8.20 ± 0.57	7.07 ± 0.09
失重平均(g)	0.04 ± 0.002	0.05 ± 0.005	0.03 ± 0.005	0.02 ± 0.004
失重率平均	0.536% ± 0.081%	0.542% ± 0.055%	0.315% ± 0.042%	0.296% ± 0.057%
腐蝕速率平均(g/天)	0.003143 ± 0.000143	0.003476 ± 0.000352	0.001857 ± 0.000327	0.001500 ± 0.000311

【結果】

(一) 黑色素對氧化鐵及鋁金屬不具明顯延緩氧化效果。

(二) 鐵金屬及銅金屬經過芝麻黑色素溶液處理，在統計上呈顯著效果。

討論與結論

【實驗一】

(一) 由實驗可以推斷黑色素的確能將氧化鐵(三氧化二鐵)還原成磁鐵礦(四氧化三鐵)使得產生磁場變化，但是我們不知道黑色素和氧化鐵反應的最佳濃度，故設計此一實驗。

(二) 由數據結果顯示，33%濃度的芝麻黑色素溶液在平均值、中位數皆為五者中最大，而又大於本身標準差，因此我們推測33%濃度的芝麻黑色素溶液較其他四個濃度穩定且具有較高的防鏽能力，並在後續實驗中皆使用33%的黑色素溶液。

【實驗二】

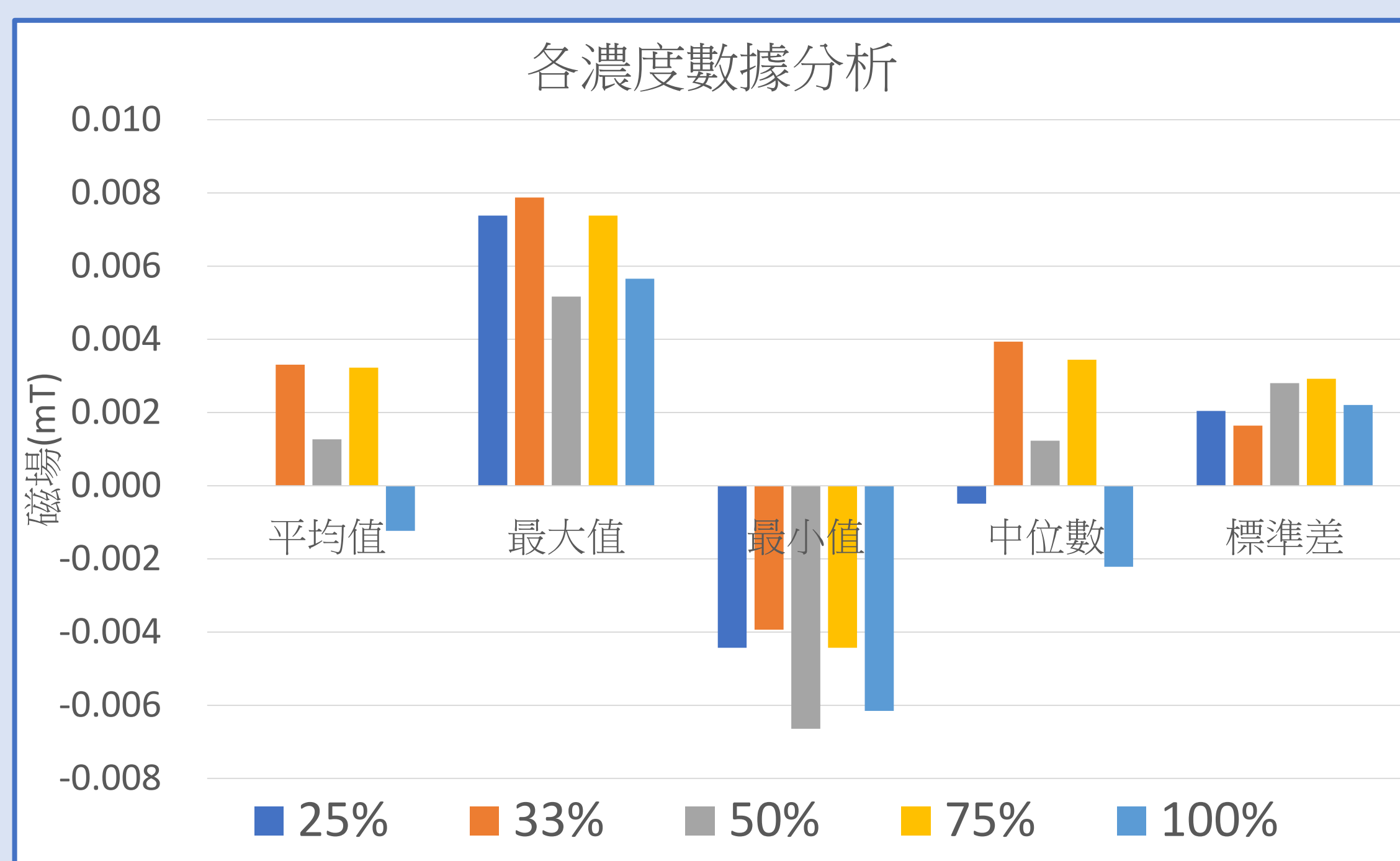
(一) 我們先取氧化鐵粉末:33%芝麻黑色素溶液=1:1、1:2、1:3的比例進行磁場變化的初步探討，並由數據結果顯示1:3的平均值最大，故我們推測33%黑色素與氧化鐵粉末的比值越大，磁場也越大，也促使我們又設計了更多的比例探討比例大小是否與磁場大小相關。

(二) 由數據結果顯示，氧化鐵粉末:33%黑色素溶液=1:5時，平均值和中位數為五者中最大，而其大於本身的標準差，我們由此推斷1:5的比例為五者中最佳。

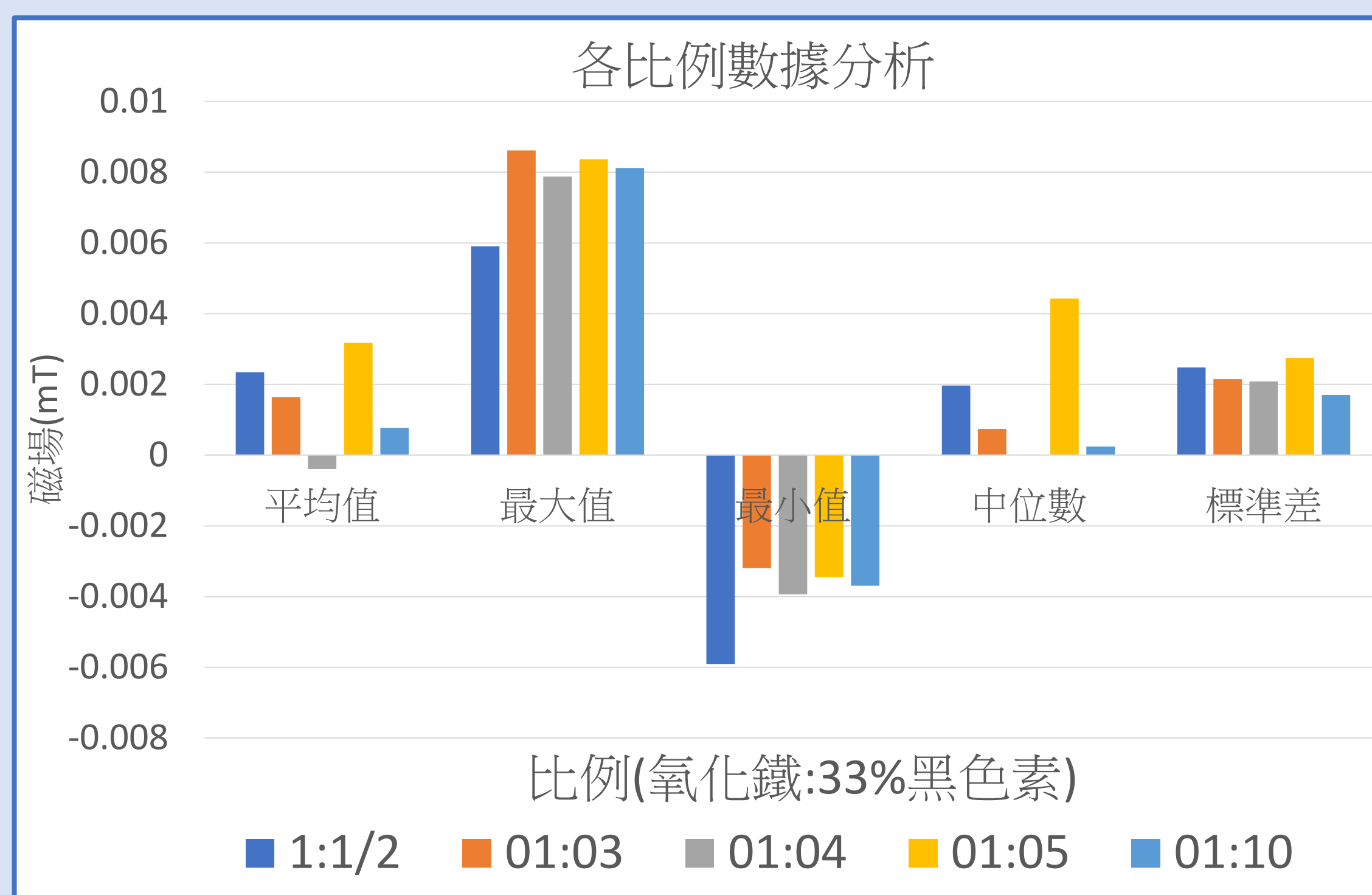
【實驗三】

(一) 由下表得知，浸泡黑色素的實驗組對於未浸泡黑色素的對照組，T檢定p值分別小於0.01及0.05。鐵金屬經芝麻黑色素處理後，氧化失重的程度較對照組輕微，在統計上顯著且達99%信心水準。對於銅金屬，經過芝麻黑色素處理後，氧化失重的程度較對照組輕微，在統計上顯著且達95%信心水準。根據文獻資料，黑色素對於保護鐵離子、銅離子具有良好作用，故這項結果符合我們實驗的觀察結果。

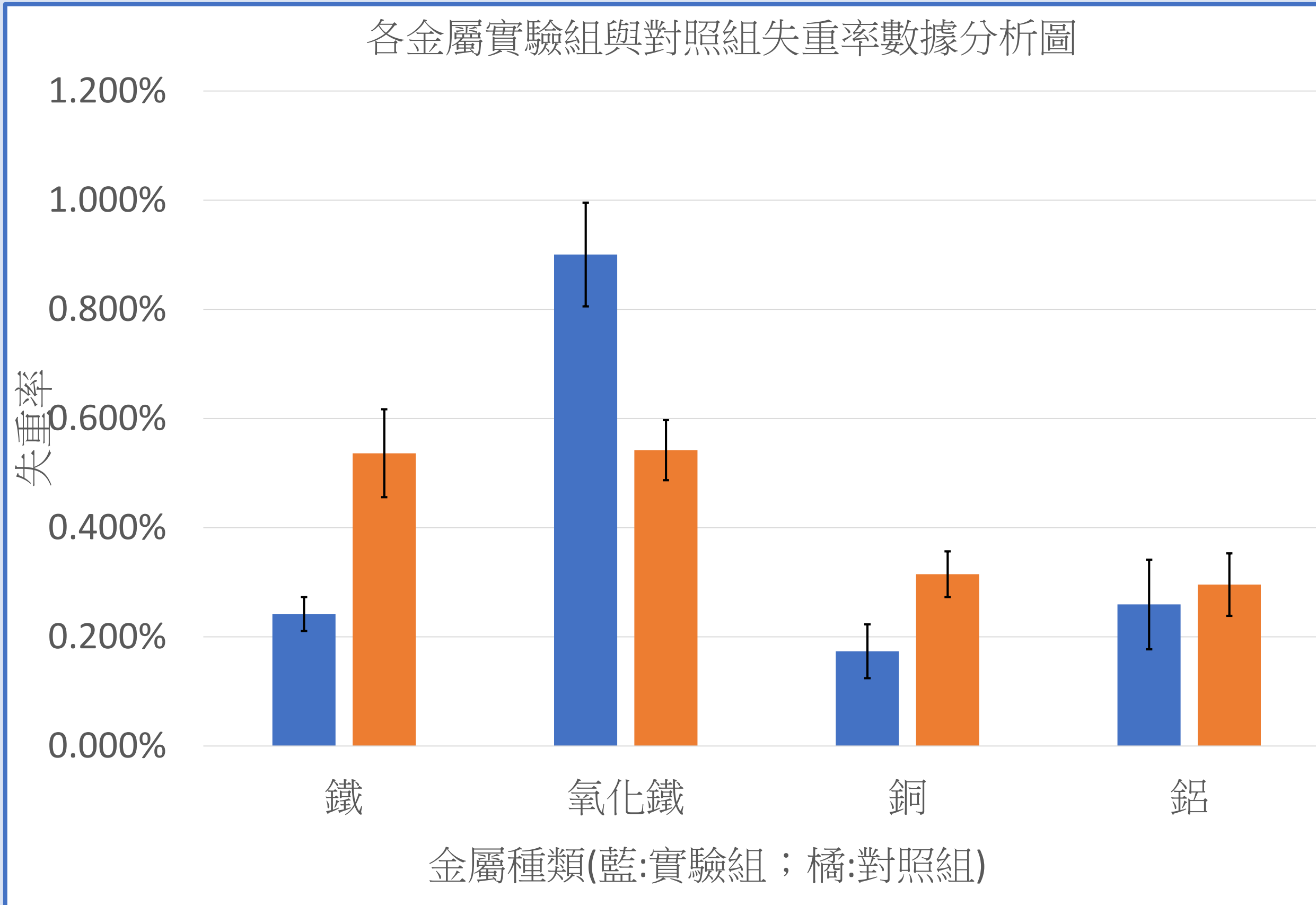
(二) 對於鋁金屬，雖然實驗組失重率大於對照組，但是重量減少的程度上統計呈不顯著。我們推測其氧化後的氧化層之功能與黑色素類似，造成實驗組與對照組的失重率接近。



圖(7)各濃度數據分析



圖(8)各比例數據分析

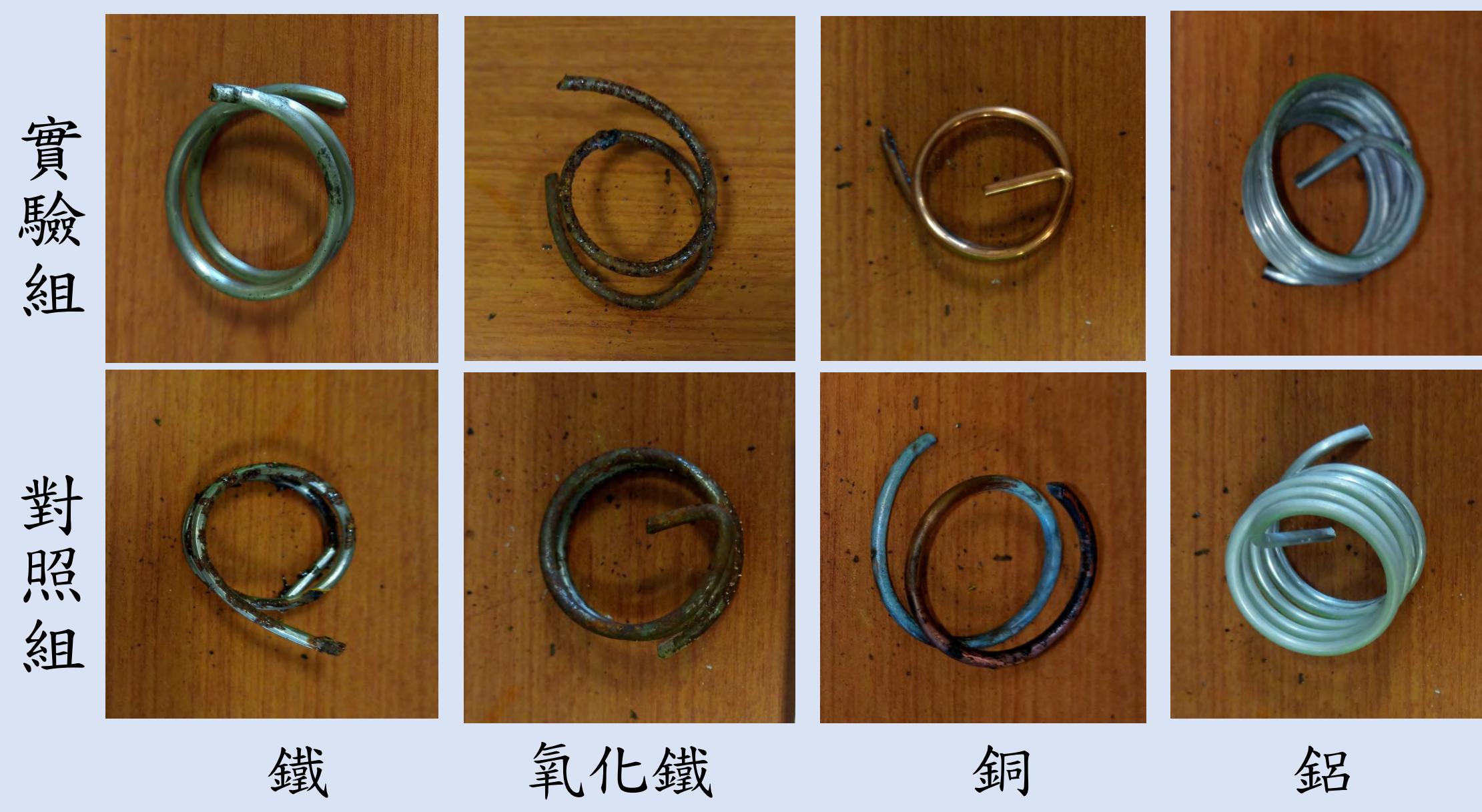


圖(九)不同種類金屬實驗組及對照組平均失重率數據統計圖

實驗組及對照組失重率差值及T檢定結果表

	鐵	氧化鐵	銅	鋁
對照組失重率-實驗組失重率	0.295%***	-0.358%***	0.141%**	0.036%

註:* p < 0.10. **p < 0.05. ***p < 0.01。



參考資料

- 許嘉峰(民102)。1. 利用黑色素將鐵鏽轉化為磁鐵礦(四氧化三鐵)之防鏽研究2. 利用紫外光生成二氧化矽(碩士論文)。取自 <https://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gs32/gsweb.cgi?o=dnclcdr&s=id=%22101NYPI5124037%22.&searchmode=basic>
- 康靜靜(民104)。黑芝麻黑色素的分離及其結構性質的研究(碩士論文)。取自 <http://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10403-1015627737.htm>
- 徐利萍(民95)。黑芝麻中黑色素的萃取、純化及其性質的研究(碩士論文)。取自 <http://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10295-2006191767.htm>
- 交通部運輸研究所。大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境分類之研究。編號:103-36-7740 MOTC-IOT-102-H1DA003b
- 中華人民共和國專利局。發明專利申請公開說明書 公開號:CN 1059540A