

2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組成果報告格式

題目名稱： 探討水溝沼氣對金屬造成的影響

一、摘要

本研究旨在探討住家環境中金屬鏽蝕的情形及尋找還原鏽蝕後的金屬的方法。由於家中金屬製品的鏽蝕現象，首先選用常見的金屬放置在不同地點，分析其鏽蝕程度與成因。實驗結果顯示，黃銅只在鄰近水溝的地下室有明顯變化，而鐵最易鏽蝕，且鏽蝕程度以開放環境的後院與空曠地最嚴重。我們推測鄰近水溝產生的沼氣為黃銅鏽蝕的主要原因，並證實汙水未接管的水溝產生的沼氣是導致銅及其合金快速鏽蝕的主因，進一步對比硫化氫與氧氣環境，發現硫化氫對銅的反應性高於氧氣，而鐵則易受氧化影響。最後，成功找出用鋁箔紙、小蘇打粉和食鹽水還原鏽蝕的銅及鐵的最佳方法及配方。

二、探究題目與動機

家中新買的水龍頭經過一段時間後，在不同部位產生了程度不一的鏽蝕及黑點（如圖 1），日常使用的鑰匙圈和金屬飾品（如圖 2）也在使用不久後出現了變黑的情形，除濕機內部的銅管甚至在一年內便嚴重鏽蝕而無法運作，我們猜想可能是空氣中的某些成分與金屬反應導致這樣的結果，但經過大家互相討論後發現，並不是每個人家裡都有相同的情形，在上網查閱資料後，發現使金屬產生鏽蝕的氣體除了氧氣之外，另有可能是硫化氫氣體。而在下水道（水溝）中，有機物質經過微生物厭氧發酵後產生沼氣，包含甲烷、二氧化碳、硫化氫等氣體，因此我們認為，住家環境中的金屬能在較短的時間內即產生嚴重鏽蝕的原因，可能與鄰近水溝排放的沼氣有關，於是進行一系列的研究，並希望找出讓鏽蝕的金屬還原的方法，恢復日常用品的美觀與使用功能。



三、探究目的與假設

由於家中的水龍頭不同部位鏽蝕的程度不一，代表在相同環境下，不同金屬的耐蝕性有所不同。此外，放置於不同地點的金屬鏽蝕情形也有差異，因此我們選用家中常見的金屬材料，包括銅、鐵、鎳、鋁、鋅、黃銅和三種不同型號不鏽鋼進行比較，同時，為了模擬家中不鏽鋼水龍頭或水槽表面因經常刷洗而可能產生的影響，我們將不鏽鋼樣品分為經砂紙打磨和未經打磨兩種狀態。

我們推測，一般住家環境中硫化氫氣體的主要來源可能為鄰近的排水溝。因此，我們進一步探討鄰近排水溝是否連接汙水管線與金屬鏽蝕程度之間的關聯性，並希望確認金屬鏽蝕後的產物，找出使金屬鏽蝕的真正原因。

基於上述想法，我們訂定以下的探究目的及假設：

(一) 觀察各種金屬在不同環境中產生鏽蝕的情形。

- (二) 探討鄰近水溝的金屬鏽蝕情形與汙水接管的關係。
- (三) 探討不同種類金屬在環境中鏽蝕的反應及其產物。
- (四) 設法還原鏽蝕後的金屬。

四、探究方法與驗證步驟

<實驗材料與前處理>

- 準備大小皆為 $1 \times 5 \text{ cm}^2$ 的下列金屬片：銅、鐵、鎳、鋁、鋅、黃銅、201 不鏽鋼 (成分含 18% 鉻、5.5% 鎳、5.5% 錳)、304 不鏽鋼 (成分含 18% 鉻、8% 鎳、2% 錳)、430 不鏽鋼 (成分含 18% 鉻、0% 鎳、1% 錳)、鍍鉻不鏽鋼。
- 將各金屬片放入稀釋後的清潔劑浸泡攪拌 3-5 秒後，以清水沖洗乾淨，接著放入乙醇內攪拌 10-15 秒後取出擦乾，再測量質量，記錄為 M_0 。其中，三種不鏽鋼分成兩組，一組先以砂紙磨過，另一組保持原狀。清洗的全程需配戴手套，避免將指紋留在金屬片上影響實驗結果。

<實驗後處理>

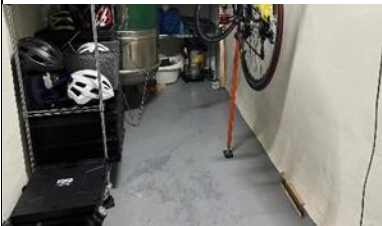
- 金屬片經反應後，測量其質量並記錄為 M_1 ，並將反應後質量變化百分率以 $\frac{(M_1 - M_0)}{M_0} \times 100\%$ 表示。
- 反應後的各金屬片，以流動的清水和軟毛刷初步清除表面的鏽蝕產物，再反覆以下表 (一) 各金屬的清洗方法浸泡、清水沖洗後，使鏽蝕的產物清除乾淨再秤重，記錄為 M_2 ，則清洗後質量減少百分率為 $\frac{(M_0 - M_2)}{M_0} \times 100\%$ ，金屬片減少的質量即生成鏽蝕物的量。

表(一) 依 CNS14222 配製金屬腐蝕生成物清除溶液，清洗金屬片表面的鏽蝕物

材料	化學藥品	時間(分)	溫度(°C)
黃銅	100g 氧化銨，加入蒸餾水至 1000ml	4	70
銅	100ml 硫酸，加蒸餾水 1000ml	2	20~25
不鏽鋼	100ml 硝酸，加蒸餾水至 1000ml	20	60
鐵	50g 氫氧化鈉+200g 鋅粒，加蒸餾水至 1000ml	30~40	80~90

(一) 觀察各種金屬在不同環境中產生鏽蝕的情形。

<步驟>準備鐵、鎳、鋁、鋅、黃銅、201 不鏽鋼、304 不鏽鋼及 430 不鏽鋼等常見於家庭製品及五金材料的金屬片，將金屬片固定於木架上，並分別放置於六處地點，每週觀察變化，並於放置兩個月後收回，記錄結果。

地點	家中地下室	家中一樓車庫	家中後院
照片			
說明	鄰近廚房汙水排放水溝，可能接觸沼氣	封閉空間，可能接觸汽機車廢氣	通風的半開放空間，上有遮陽罩

結果			
	鐵產生明顯紅棕色鏽蝕，且黃銅變色出現深棕色斑點	只有鐵產生明顯紅棕色鏽蝕	只有鐵產生明顯紅棕色鏽蝕
地點	學校廁所洗手台下方	專科教室內	學校空曠地
照片			
說明	可能濕氣較高	偶爾使用的密閉空間，使用時會開冷氣	通風開放空間
結果			
	只有鐵產生明顯紅棕色鏽蝕	只有鐵產生輕微紅棕色鏽蝕	只有鐵產生明顯紅棕色鏽蝕

<結果>

- 隨著每週觀察的結果發現，各地點皆是鐵片最先出現鏽蝕的情形，且鏽蝕產物皆為紅棕色，放置愈久、鏽蝕面積愈大。黃銅片隨著放置時間愈久，顏色會逐漸變得暗沉，只有在地下室放置的黃銅片有逐漸變色且出現深棕色斑點的現象；鎳、鋁、鋅及無論是否經砂紙磨過的不鏽鋼外觀都幾乎沒有變化。

- 兩個月後各地點鏽蝕程度的比較如下：

鐵鏽蝕程度：後院≡空曠地>車庫>地下室>廁所>>教室

黃銅鏽蝕程度：地下室>>後院≡空曠地≡車庫≡廁所>教室

我們認為鐵片表面的紅棕色鏽蝕產物應為氧化鐵，由於後院和空曠地直接暴露於大氣環境中，容易受到雨、露水及日夜溫差變化的影響，加速了鐵的氧化；而教室環境相對乾燥且溫度穩定，鏽蝕程度最為輕微。而在黃銅的部分，我們發現在地下室的黃銅反應和其他地點有非常顯著的差異，但由鐵生鏽程度的結果推論，在地下室的環境中，氧氣、濕度及溫度變化與車庫、廁所並無顯著差別，因此我們判斷可能是鄰近地下室的水溝產生沼氣進入地下室，造成黃銅鏽蝕。

- 由於黃銅為鋅、銅合金，但在地下室的鋅、鎳、鋁及不鏽鋼皆未出現鏽蝕情形，為了確認鄰近水溝的環境是否為導致黃銅鏽蝕的主要原因，我們決定針對可能產生反應的金屬：黃銅、銅（黃銅中的成分）、鐵及鍍鉻不鏽鋼（家中水龍頭的材質），將其放置在水溝旁，以便更直接地觀察和確認水溝環境對各種金屬材料的鏽蝕影響。

（二）探討鄰近水溝的金屬鏽蝕情形與汙水接管的關係。

由於一般下水道分為汙水系統及雨水系統，因此我們分成汙水已接管、汙水未接管及雨水水溝三類地點放置金屬片，除了找出使金屬鏽蝕的因素之外，也可以了解不同系統的水溝對金屬造成的影響是否有所差異。

<步驟>

1. 利用高雄市政府公共民生管線查詢系統中提供的管線圖資，可以獲得汗水及雨水下水道系統管線的分布圖（如下圖3），從生活週遭的水溝中選取汗水未接管的水溝4處、汗水已接管的水溝2處及雨水水溝3處，上方各放置一個三角錐。

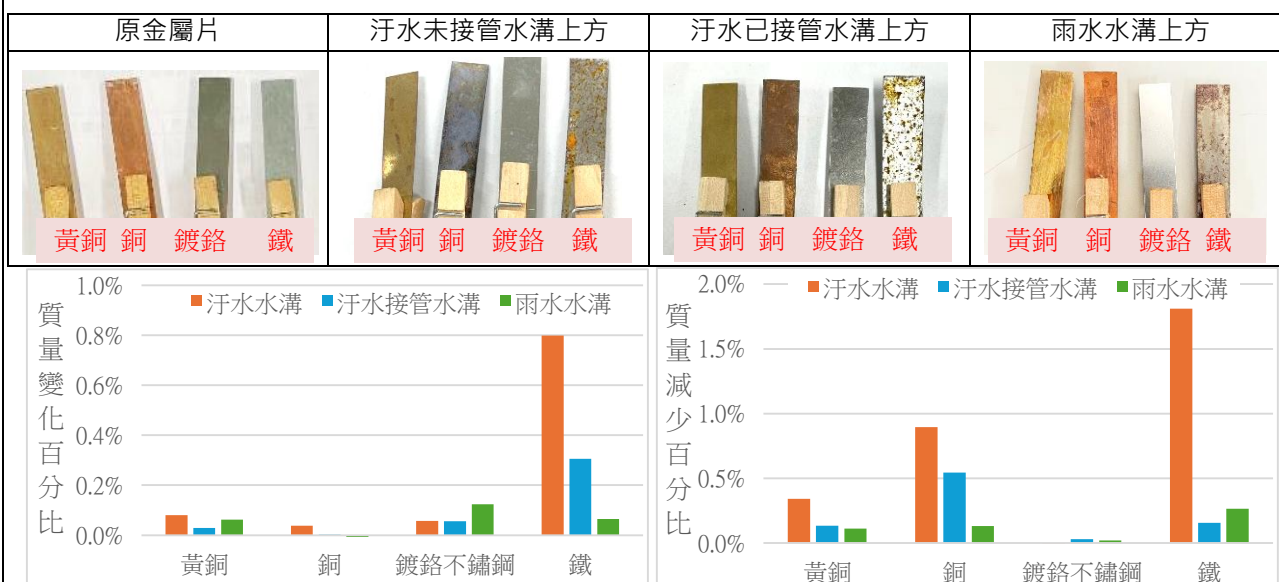


（圖3）汗水及雨水下水道系統管線的分布圖

（圖4）將金屬片置於水溝上方的三角錐上

2. 將黃銅、銅、鍍鉻不鏽鋼及鐵片固定在木架上，並放置在上述地點的三角錐頂端（如上圖4），8天後取回金屬片，觀察結果、秤重，並取各類地點質量變化的平均值。

<結果>



（圖5）不同水溝環境下，各金屬反應後的質量變化百分比 （圖6）不同水溝環境下，各金屬清除鏽蝕物後的質量減少百分比

1. 放置在汗水未接管水溝上方的金屬片中，鍍鉻不鏽鋼只有些微暗沉，黃銅有棕色斑點，銅整片變藍黑色，鐵有明顯紅棕色鏽蝕。由反應後質量變化的結果可以發現，鐵片質量顯著增加，其他金屬片的質量變化則十分微小。另外，在清除金屬表面的鏽蝕產物後，鐵跟銅的質量有顯著減少，代表被鏽蝕的情形最嚴重，鍍鉻不鏽鋼則幾乎不變。
2. 放置在汗水接管水溝上方的金屬片外觀看起來鏽蝕的情況輕微，鐵外表上有紅棕色鐵鏽和一些黃褐色斑點，黃銅、銅、鍍鉻不鏽鋼只有稍顯暗沉。鐵片反應後質量略增，其餘金屬則無明顯差異。
3. 擺放在只經雨水的水溝的金屬片，鐵稍微生鏽，其餘金屬僅變得較為暗沉。

（三）探討不同種類金屬在環境中鏽蝕的反應及其產物。

由前面的實驗結果可以發現，在一般環境及水溝附近，以鐵、黃銅和銅鏽蝕的情形最為明顯，然而我們不確定產生鏽蝕的現象是因為金屬被氧氣氧化還是被硫化氫硫化所導致，為了釐清金屬在不同環境下產生鏽蝕的主要成因，於是我們先在網路上查找鐵和銅被氧化及硫化產物的特徵，並自製其氧化物及硫化物做為對照樣本以供比對。

< 步驟 >

1. 準備四個密封罐，內部皆黏貼 10 個木夾，將銅及鐵片各 5 片以木夾固定，並在密封罐蓋子上鑽一小孔，以橡皮塞塞住後，再用矽利康將細縫處全部密封。
2. 配製硫化氫氣體吸收液：將 1 % 硫酸鋅水溶液 200g 與 2 % 的氫氧化鈉水溶液 120g 混合後，逐漸加入硫酸銨固體直到溶液澄清。
3. 在通風櫥中製備硫化氫氣體：裝置如右(圖 7)，將硫化亞鐵置於試管內，從薊頭漏斗緩緩加入 2M 鹽酸，即開始產生硫化氫氣體，起始在試管中的空氣及多餘的硫化氫氣體將排入吸收液中，透過針筒抽取試管中的硫化氫氣體，分別打入兩個密封罐中，使裡面的金屬與硫化氫反應形成金屬硫化物。
4. 另兩個密封罐除了空氣之外，再額外打入 3 mL 水，加快金屬氧化的速率，使其形成金屬氧化物。



(圖 7) 製備硫化氫氣體

< 結果 >

金屬	氧化物種類	氧化物特徵	硫化物種類	硫化物特徵	原金屬片	含水密封罐中金屬片	含硫化氫密封罐中金屬片
鐵	氧化鐵	紅棕色固體	硫化鐵	黃綠色			
	氧化亞鐵	黑色粉末	硫化亞鐵	黑色固體			
銅	氧化銅	黑色粉末	硫化銅	黑色晶體			
	氧化亞銅	紅棕色固體	硫化亞銅	藍黑色晶體			

1. 由實驗結果發現，鐵的活性較大，在有水氣的情況下，只需五天表面即能生成紅棕色的**氧化鐵**，但對硫化氫的反應性較差，與原先鐵片的樣貌相差無幾。而銅的活性小，即使是在水氣存在下，氧化的情形仍十分有限，難以在短時間內形成銅的氧化物，但卻能快速和硫化氫反應，形成看起來有光澤的深藍灰色表面，與**硫化亞銅**的外觀特徵相符。
2. 對照研究二的結果，在汙水未接管的水溝上方濕度高，鐵片鏽蝕的產物應以氧化鐵為主，而銅片則受到水溝沼氣中硫化氫的作用，快速的產生硫化亞銅，黃銅產生顏色變深及有深棕色斑點的情形，應與其成分中含銅有關。

(四) 設法還原鏽蝕後的金屬。

被沼氣鏽蝕後的金屬是否有還原的可能呢？我們以網路上銀飾店提供的還原方法嘗試還原前一實驗中的被氧化的鐵片(氧化鐵)及硫化的銅片(硫化亞鐵)，希望能恢復金屬的美觀。

< 方法一 > 用牙刷沾小蘇打粉直接刷金屬表面

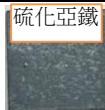
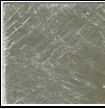
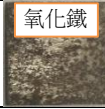
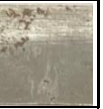
< 方法二 > 將小蘇打粉與水以 2：1 的比例製成膏狀物，再以布或海綿擦拭金屬表面

<方法三> 蘇打粉、鹽與鋁箔沸水清潔法：將鋁箔紙鋪在燒杯的底部，加入 200mL 的水、5 克食鹽及小蘇打粉，將溶液煮沸後再放入金屬，當鋁箔紙變褐色後取出金屬，以布擦拭。

<方法四> 用鋁箔紙包住金屬及小蘇打粉，加入煮沸後的 2.5% 食鹽水浸泡約 20 分鐘，取出後以布擦拭。

因為 <方法三> 和方法四 > 中的小蘇打粉未明確標示用量，因此我們分別添加 5g、10g、15g 小蘇打粉，觀察何者最易使金屬還原，並比較金屬還原的情形是否受小蘇打添加量的影響。

<結果>

方法 (小蘇打 添加量)	原金屬	反應後	方法一	方法二	方法三 (15g)	方法三 (10g)	方法三 (5g)	方法四 (15g)	方法四 (10g)	方法四 (5g)
銅		硫化亞鐵 								
鐵		氧化鐵 								

方法一對於還原銅片幾乎沒有效果，方法二可以讓銅片上的鏽蝕有塊狀的剝落，亦能些微清除鐵片上的氧化物。方法三還原效果較佳，可見到較暗沉的紅棕色銅，而方法四最優，在清洗硫化物及氧化物上可以獲得明顯的成效，其中，小蘇打的添加量並非愈多愈好，而是在添加量為 10g 時有最佳的還原結果。

五、結論與生活應用

- (一) 金屬在不同環境中產生鏽蝕的情形可能受環境的溫、濕度及通風程度影響，鐵片最易鏽蝕，產物以紅棕色的氧化鐵為主；在地下室的黃銅會受沼氣中的硫化氫作用而變色；鋅、鎳、鋁及不鏽鋼在兩個月的時間內沒有明顯變化。
- (二) 汙水未接管的水溝會產生含硫化氫氣體的沼氣，此為導致鄰近銅及其合金快速鏽蝕變色的主要原因，由經汙水接管後的水溝銅片沒有顯著反應的情形可知，鄰近住家的水溝沼氣可透過汙水接管明顯改善。
- (三) 金屬可與氧氣形成氧化物，也可與硫化氫產生硫化物，在沼氣環境下，鐵較易形成紅棕色的氧化鐵，而銅較易與硫化氫反應產生灰藍色的硫化亞銅。
- (四) 用鋁箔紙包住鏽蝕後的氧化鐵或硫化亞銅及小蘇打粉，加入煮沸後的 2.5% 食鹽水浸泡約 20 分鐘，取出後以布擦拭，可使其還原。

我們的研究結果可以運用在日常金屬用品維護或環境的管理，若是家中鄰近汙水未接管的水溝，在需要裝設金屬裝置時，建議選用不鏽鋼或鍍鉻材質製品，避免使用銅或鐵這類易鏽蝕的金屬。若金屬已鏽蝕，也可以嘗試用鋁箔紙泡小蘇打粉、食鹽水還原金屬。

參考資料

1. 中華民國國家標準 CNS 14122 金屬及合金腐蝕-大氣腐蝕-試片腐蝕生成物清除法。
2. EDJ 銀飾店。銀飾變黑小蘇打 - 最新圖解教學。取自 <https://reurl.cc/EVGg6m>