

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

佳作

082912

窮人的水擦黑板

學校名稱：新北市新莊區新泰國民小學

| | |
|--------|-------|
| 作者： | 指導老師： |
| 小六 陳冷華 | 洪才鈞 |
| 小六 黃暉倫 | 林庭瑩 |
| 小五 廖承皓 | |
| 小六 劉劭逸 | |

關鍵詞：板擦、粉筆灰、水擦黑板

摘要

黑板的使用會造成粉筆灰的累積、飄散，目前雖有標榜無灰的黑板產品，但依舊無法在一般校園間普及，因此本研究希望能提出一個實用的改善方法。我們從擦拭黑板的落塵情形一路測試到實際的書寫，證實了傳統在擦拭時有 54.91% 的粉筆灰被板擦吸附、40.19% 散佈在環境，其中只有 11.25% 掉落在板溝附近，這也使得環境中的 PM_{2.5} 濃度上升 3.5 倍，利用本研究開發的水擦板擦擦拭時飄落的粉筆灰僅有 1.09%，大幅減少了落塵的情形，並且以濕抹布加刮刀的方式擦拭，相較於不使用刮刀的組別字跡清晰 1.5 倍，甚至比一般板擦的字跡清楚 20%，本研究證實了新開發的水擦板擦可以適用於校園中的黑板，能有效減少擦黑板所產生的落塵、增加書寫時的清晰度，是改善教室環境的新利器。

壹、研究動機

黑板是每個學生跟老師最熟悉的教具之一，我們每天使用它來進行教學、書寫，但長久以來黑板的使用很容易有粉筆灰飄散、堆積的情形，甚至進而影響到學生及老師的健康。因此，人們不斷地想要努力克服這個問題，從最早期板擦方式為板擦互相拍打，使粉筆灰掉落，但掉落下來的粉筆灰有一半被風吹風走，一些則留在原地，另一些就被打板擦的人給吸進肺裡。到現在開始出現新的清板擦工具，包含了板擦刷、板擦吸塵器等，也開始有人針對粉筆的材質進行改良，將原本使用的硫酸鈣替換為對人體較為健康的碳酸鈣，甚至有的廠商為了要讓粉筆灰更快的落地而在配方裡增加了油脂類的增重物，這些發明解決了板擦清潔的問題，讓粉筆使用的更安全，但在書寫黑板跟擦拭過程中大量產生的粉筆灰依然沒有解決。

目前也有業者開發了電子黑板、白板、水擦黑板等教書寫產品，能夠做到無灰、安全使用的程度，雖然我們早已知道粉筆灰如此的困擾，但是各所學校並沒有有效的辦法去做改善，最主要的原因不外乎是經費不足、使用不習慣、反光等問題，以電子黑板為例，一部電子白板大約十多萬元而且尺寸還不及傳統黑板的

三分之一，白板雖然與黑板類似，但會有反光的問題以及用久了會擦不乾淨，近期開始出現的水擦黑板則是以水性蠟筆進行開發，配合著專用的黑板塗料以及專用板擦就可以達到與黑板相近的使用感受，不過水擦黑板的專用粉筆單價極高是傳統粉筆的 24 倍，又有太久沒擦拭會卡顏色的問題對於一般的學校來說是一筆極大的開銷。

在沒辦法使用高科技的方式時，那就只好回頭來面對我們所遇到的問題”粉筆灰”在其它的科展報告中曾有人利用吸塵器的方式開發板擦，也有人利用了靜電的方法來進行吸附，甚至有一些團隊以可食用的材料來進行粉筆的開發，這些研究中我們都看到了各種不一樣的可能性，在市面上已經有廠商開發出商品化的電動板擦，但是我們想像一下，當你需要擦黑板時要先開個電源，放下時在開個電源，突然想到還有個沒擦到時又再重復一次，有時候還會遇到要使用時沒有電力的情況，久了之後我們就會開始懷念起傳統板擦，而放棄使用這種高科技電子產品了，所以到目前粉筆灰的問題還是沒有一個有效且實用的解決方案，因此我們想再針對擦黑板這件事進行改善。

在看過學校新安裝的幾面水擦黑板後我們開始有個想法，解決粉筆灰的問題還是用水來處理最有效。

貳、研究目的

傳統黑板一直以來都是教學場合的重要教具，但在使用時會產生大量的粉塵也是令人為之詬病的缺點，而目前市面上仍然沒有一個便利、實用的解決方案，因此我們想針對減少使用傳統黑板時，所產生的粉塵進行研究，分析黑板使用時的粉塵量、實驗可以減少水擦黑板等待乾燥時間的方法，以及模擬在教學時，使用水擦的方式清潔黑板的效果，並且提出有效的水擦方法能實際應用在各式的黑板上，開發出窮人也能使用的水擦黑板。

參、研究設備及器材

一、研究設備：

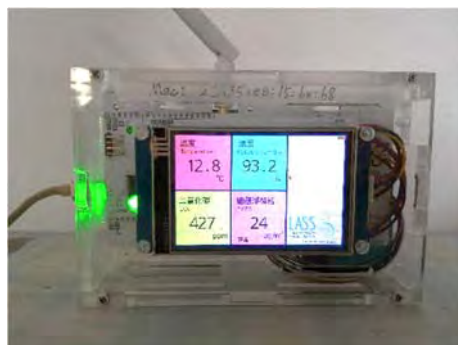
電腦、LASS4U 空氣盒子、照像機、投影機、吸塵器、板擦吸塵器、ImageJ。

二、研究器材：

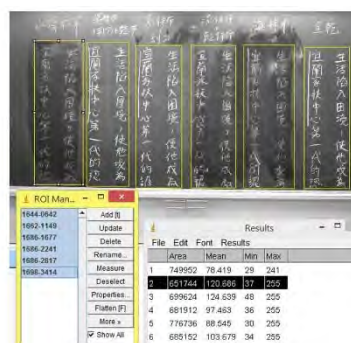
粉筆、水擦粉筆、板擦、抹布、刮刀、拖把、水桶。

三、LASS4U 空氣盒子

LASS (Location Aware Sensing System) 是一套「環境感測器網路系統」，他參與了 PM_{2.5} OPEN DATA 的計畫，能夠在網路上隨時知道各個測站所收集到資訊，而 LASS4U 即是 LASS 推出微型空品監測器也就是我們俗稱的空氣盒子，能夠監測空氣中的溫度、濕度、PM_{2.5}、二氧化碳等環境數值，PM_{2.5} 就是俗稱的細懸浮微粒，我們利用其機器測量 PM_{2.5} 濃度的功能，來作為實驗中粉筆灰粉塵濃度測量的依據。



LASS4U 空氣盒子



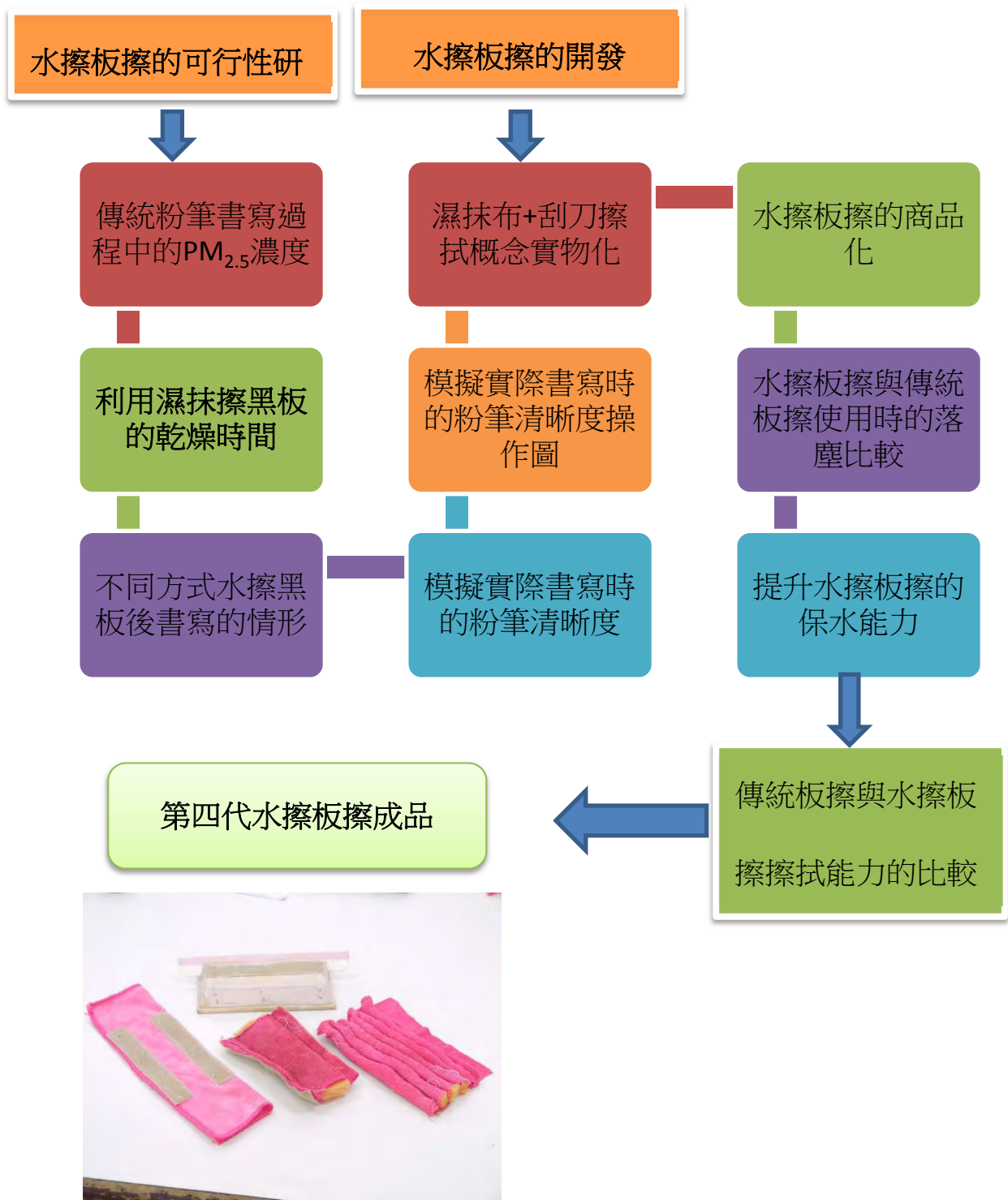
ImageJ 的操作畫面

四、ImageJ 影像分析軟體

ImageJ 是一套常用於生物技術影像分析的軟體，能夠計算影像中的訊號強弱，因此我們使用它來分析粉筆筆跡的清晰度，利用實驗照片將其灰階化後，圈選需要分析的區域，並進行影像分析來得到範圍內的影像數據，就可以得知區域內的粉筆書寫的筆跡清晰度。

肆、研究方法

實驗架構：



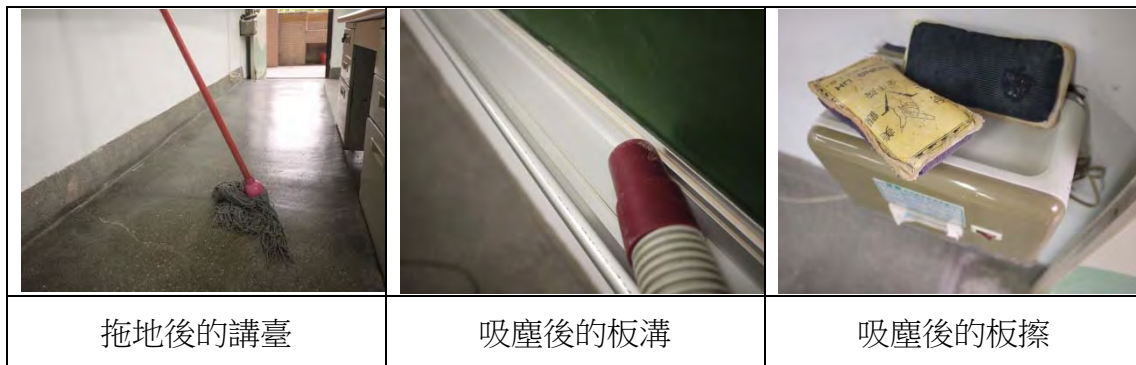
● 水擦板擦的可行性研究

研究一、傳統粉筆書寫過程中的 PM_{2.5} 濃度

一、實驗環境的控管

在每一次的實驗開始前，為了要求能夠在一致的實驗環境下進行比較，因此我們對於實驗的進行設計了一套標準流程。

- (一)、黑板以濕抹布擦拭乾淨待自然乾燥至沒有反光的程度。
- (二)、板溝以吸塵器吸取粉筆灰，並用濕抹布擦拭，減少粉筆灰的揚塵
- (三)、板擦以吸塵器吸除殘留的粉筆灰。
- (四)、講台以拖把濕拖，降低移動時的揚塵。
- (五)、門窗關上，避免外在的空氣影響 PM_{2.5} 的數值。



二、實驗說明：

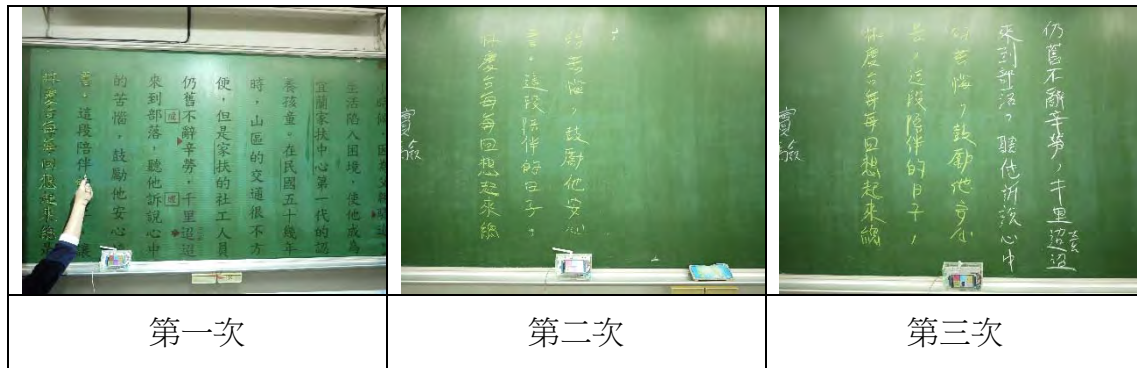
在先前的研究中指出，粉筆書寫的過程中落塵的主要範圍是在黑板附近，因此我們將 LASS4U 架設在講板溝上測量書寫時的 PM_{2.5} 濃度，並利用投影機投射出六上國語課本中的課文段落進行書寫，保持每次實驗時的書寫量及字體大小，書寫完成後再使用板擦擦拭，完成一次實驗，過程中使用 LASS4U 的 PM_{2.5} 感測器來進行測量，取得一般板擦擦拭時的 PM_{2.5} 濃度數據。

三、實驗方法：

- 1、將實驗環境以控管的方法清潔。
- 2、以六年級國文課文做為範本，書寫於黑板上。
- 3、以板擦進行擦拭並用 LASS4U 記錄過程中的最大濃度。

四、 實驗結果

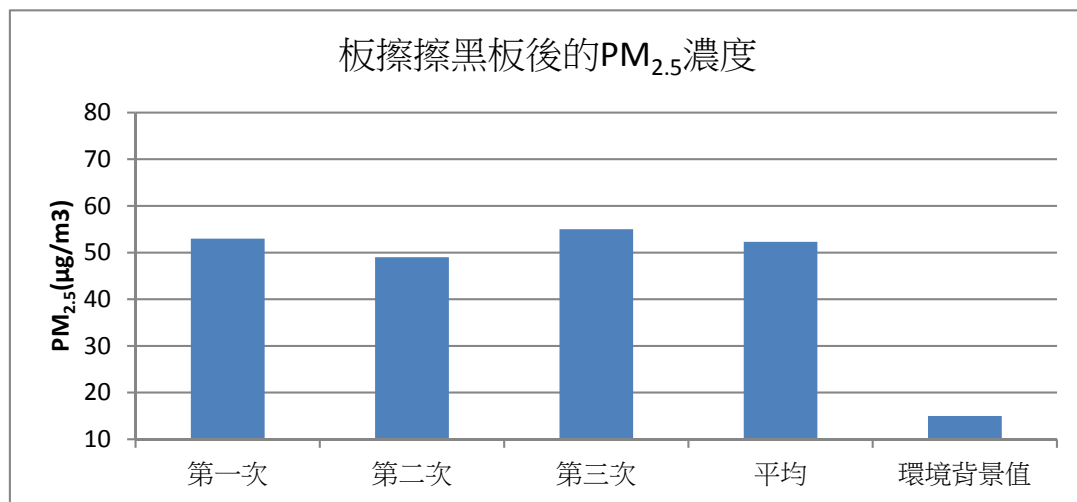
三次實驗平均 PM_{2.5} 濃度大約為 52 μg /m³，與環境背景值的 15 μg /m³ 大約提高了 3.5 倍在過程也可以看到不論是在書寫的過程中或是擦拭時都可以明顯的看到粉筆灰飄落的情形。



表一、板擦擦黑板後的 PM_{2.5} 濃度

| | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 背景值 | 平均 |
|--|-----|-----|-----|-----|------|
| PM _{2.5} 濃度(ug/m ³) | 53 | 49 | 55 | 15 | 52.3 |

圖一、板擦擦黑板後的 PM_{2.5} 濃度



五、 實驗發現：

- 板擦擦拭時會產生大量的落塵
- 板擦擦拭時會導致 PM_{2.5} 的濃度上升
- 以背景值 15 μg /m³ 來說平均上升了 3.5 倍

研究二、利用濕抹布擦黑板的乾燥時間

一、實驗說明

我們都了解用濕抹布可以將黑板的粉筆灰擦拭乾淨，但為什麼我們還是習慣使用板擦來拭黑板？最主要的原因是由於粉筆的原料是使用硫酸鈣或是碳酸鈣，這兩種物質接觸到水就會凝結在一起，變的不易書寫進而產生字跡不清的問題，使得大多數的教室只會在打掃時間用水來擦黑板，因此只要能夠克服乾燥的問題，不僅可以減少擦黑板所製造的粉筆灰，也能讓黑板更為清潔。

二、實驗方法

- 1、利用濕抹布、乾抹布、及常用來刮水的刮刀進行實驗。
- 2、分為濕抹布(濕)、濕抹布擦後用乾抹布擦拭(濕乾)、濕抹布擦後用刮刀刮水(濕刮)、濕抹布擦後用刮刀刮水後再用乾抹布擦拭(濕刮乾)。



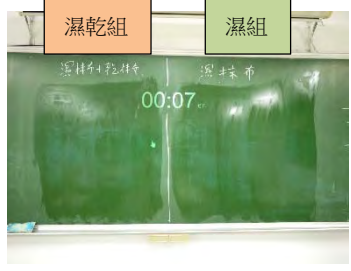
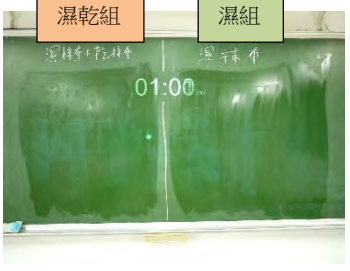

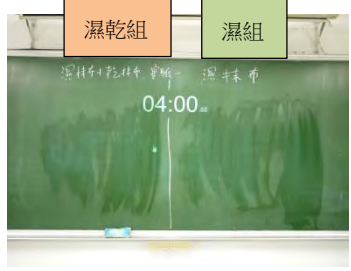
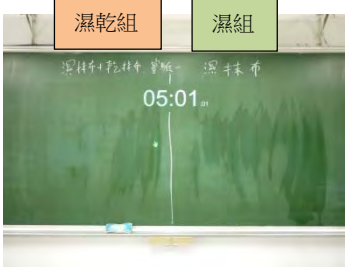
- 3、由操作後同時計時，計算不同的清潔方式操作後所需要的乾燥時間。
- 4、照片記錄後以 ImageJ 影像軟體來進行分析，利用濕黑板與乾黑板的色差來進行比對進而算出乾燥時間。

三、實驗結果

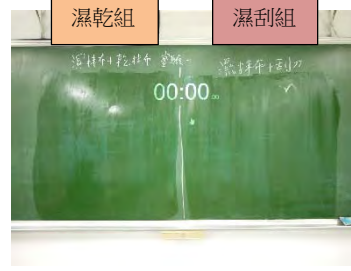

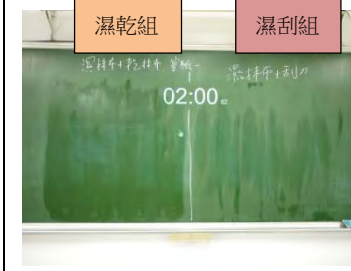
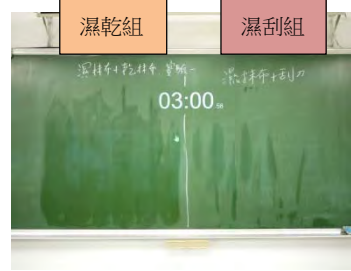
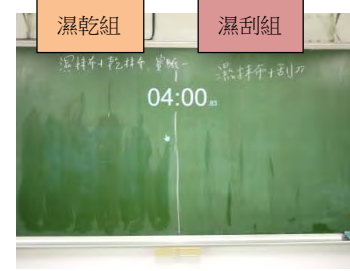
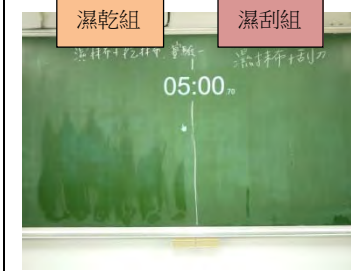
兩兩一組進行比較不同擦拭方式所需的乾燥時間，其中時間需要最久的是濕抹布組別，大約需要 5 分鐘以上才能完全乾燥，而濕抹布+刮刀及

濕抹布+刮刀+乾抹布的乾燥時間最快，只需三分鐘黑板就能夠完全乾燥。

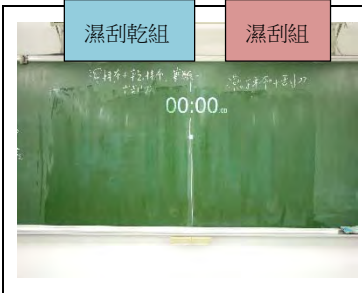
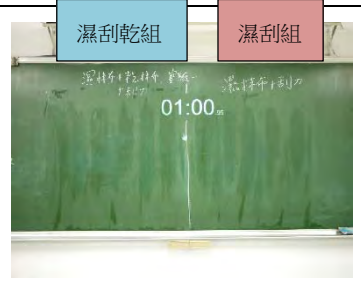
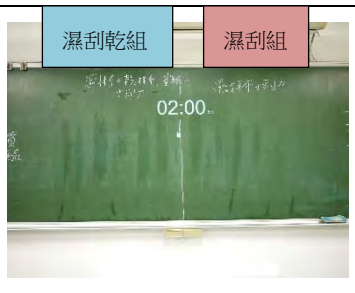
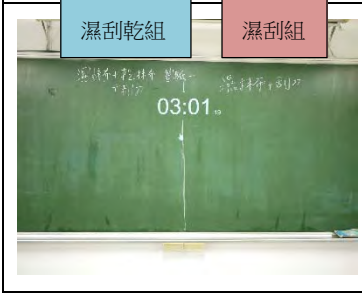
表二、濕抹布擦拭(右)與濕抹布擦拭+乾抹布擦拭(左)乾燥時間的比較。

| | | |
|---|---|--|
|  |  |  |
| 0 分鐘 | 1 分鐘 | 3 分鐘 |
|  |  | |
| 4 分鐘 | 5 分鐘 | |

表三、濕抹布擦拭+刮刀刮水(右)與濕抹布擦拭+乾抹布擦拭(左)的乾燥時間

| | | |
|---|---|--|
|  |  |  |
| 0 分鐘 | 1 分鐘 | 2 分鐘 |
|  |  |  |
| 3 分鐘 | 4 分鐘 | 5 分鐘 |

表四、濕抹布擦拭+刮刀刮水(右)與濕抹布擦拭+刮刀刮水+乾抹布擦拭(左)
乾燥時間的比較。

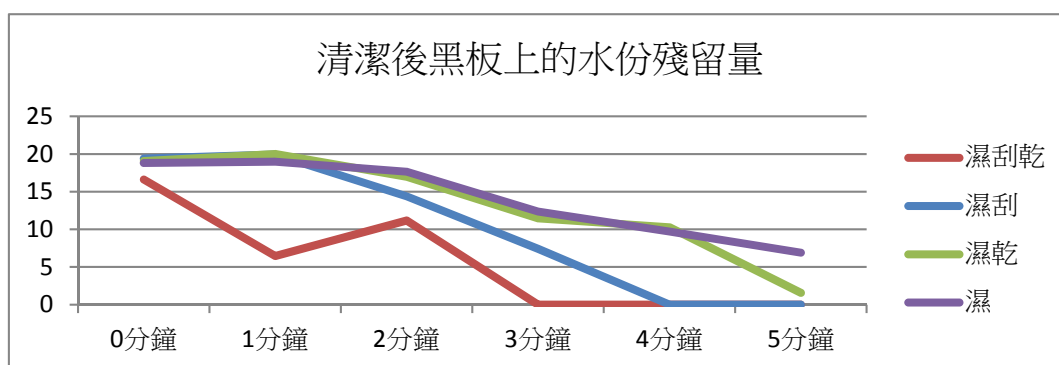
| | | |
|---|---|--|
|  |  |  |
| 0 分鐘 | 1 分鐘 | 2 分鐘 |
|  | | |
| 4 分鐘 | | |

表五、清潔後黑板上的水份殘留量。

| 時間 | 0 分鐘 | 1 分鐘 | 2 分鐘 | 3 分鐘 | 4 分鐘 | 5 分鐘 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 濕刮乾 | 16.63 | 6.456 | 11.178 | 0 | 0 | 0 |
| 濕刮 | 19.407 | 19.932 | 14.397 | 7.429 | 0 | 0 |
| 濕乾 | 19.087 | 20.033 | 16.992 | 11.464 | 10.289 | 1.583 |
| 濕 | 18.809 | 18.987 | 17.665 | 12.38 | 9.714 | 6.915 |

* 數字越小代表越接近乾燥的黑板

圖二、清潔後黑板上的水份殘留量。



四、實驗發現

- 濕抹布擦拭黑板大約需要 5 分鐘以上才能乾燥
- 加上刮刀的使用可以讓黑板更快乾燥
- 最快乾燥的組別是濕刮乾組的 3 分鐘

研究三、不同方式水擦黑板後書寫的情形

一、實驗說明

了解了不同擦拭方式所需的時間後，我們想探討黑板在沒有乾的情況下對於書寫的影響程度，因此我們使用同時比較的方式，在黑板上進行濕抹布擦拭、濕抹布+刮刀刮水並在 5 秒、10 秒、15 秒、20 秒、30 秒、40 秒寫上秒數，與在乾的黑板所寫下的字跡進行比對推估書寫上去的筆跡清晰度。

二、實驗方法

- 1、使用投影機投影計時器。
- 2、以濕抹布擦拭的方式清潔黑板。
- 3、立刻依照秒數 5 秒、10 秒、15 秒、20 秒、30 秒、40 秒寫上秒數。
- 4、拍下照片記錄後以 ImageJ 影像軟體來進行分析計算出黑板上粉筆灰顏色區塊的值。
- 5、以濕抹布+刮刀刮水的方式清潔後再重複步驟 3、4。

三、實驗結果

測量黑板在擦拭後 40 秒的時間，每隔五秒鐘書寫一次，觀察粉筆的筆跡是否有被潮濕的黑板所影響，在濕抹布的組別中可看到在 20-25 秒的時後字跡變淡了。

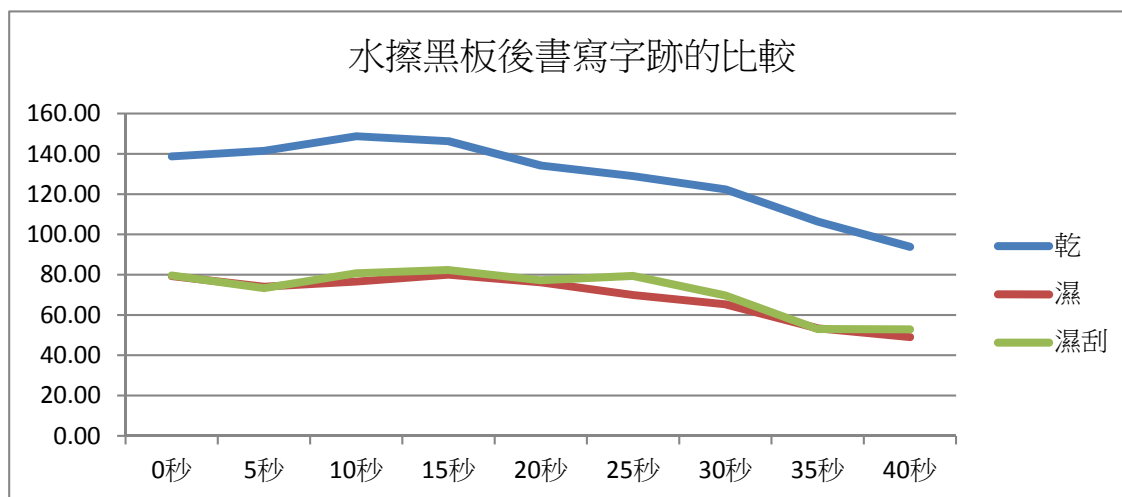
表六、不同方式水擦黑板後書寫的情形。

| | | | | | | | | | |
|----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 乾 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| 濕 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| 濕刮 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |

表七、不同方式水擦黑板後書寫筆跡的濃淡比較。

| | 0秒 | 5秒 | 10秒 | 15秒 | 20秒 | 25秒 | 30秒 | 35秒 | 40秒 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 乾 | 138.76 | 141.56 | 148.81 | 146.28 | 134.24 | 129.01 | 122.37 | 106.39 | 93.86 |
| 濕 | 79.33 | 74.10 | 76.59 | 80.05 | 76.26 | 69.93 | 65.38 | 53.39 | 49.02 |
| 濕刮 | 79.63 | 73.34 | 80.78 | 82.38 | 77.29 | 79.40 | 69.75 | 53.06 | 52.91 |

圖三：不同方式水擦黑板後書寫筆跡的濃淡比較



乾：乾燥，對照組

四、實驗發現

- 乾、濕、濕刮的字跡濃淡變化的曲線相似
- 粉筆在濕的黑板上書寫一兩個字時字跡不會有影響
- 需要更長的句子書寫才能看得出差異

研究四、模擬實際書寫時的粉筆清晰度

研究一、實驗說明

一般黑板的書寫通常是一段話或是一篇文章，所以我們想模擬實際在操作的情形，將黑板以乾、濕、濕+乾、濕+刮、濕+刮+乾等 5 種清潔方式進行清潔，利用課文中的兩句話的進行書寫，比對各組別字跡的清晰度，並與專用的水擦粉筆進行比較。

研究二、實驗方法

- 1、以乾淨的濕抹布擦拭黑板，並等到乾燥。
- 2、以乾、濕、濕+乾、濕+刮、濕+刮+乾等 5 種清潔方式進行清潔。
- 3、以投影機投影課文中的兩行句子進行描寫。
- 4、再用水擦粉筆書寫於濕的傳統黑板上。
- 5、拍下照片記錄後以 ImageJ 影像軟體來進行分析計算出黑板上粉筆灰顏色區塊的值，回推字跡的清晰度。

研究三、實驗結果

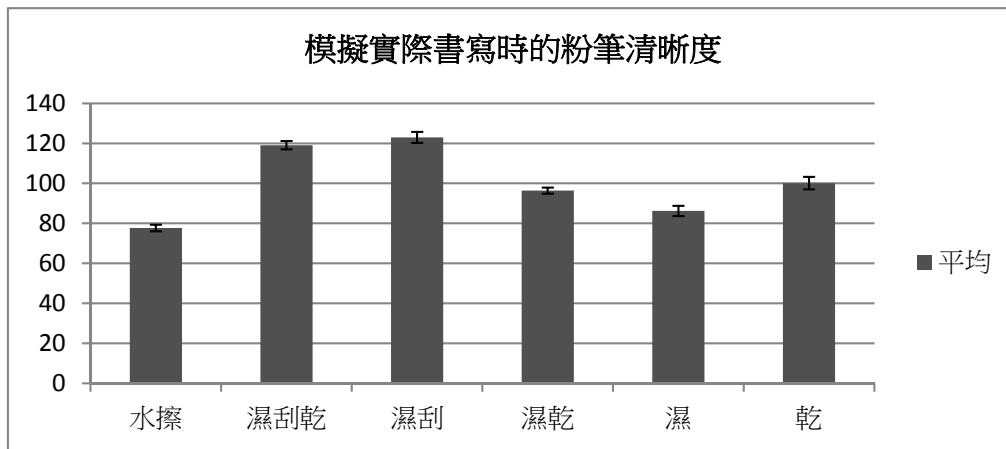
利用課文中的兩句話，以投影機將一致的模板投影在黑板上，並依照各種不同清潔方式，清潔後馬上以新的粉筆進行書寫，其中濕、濕+乾組別明顯有被受潮的問題影響，書寫出來的字就較不清楚。

表八、模擬實際書寫時的粉筆清晰度統計表

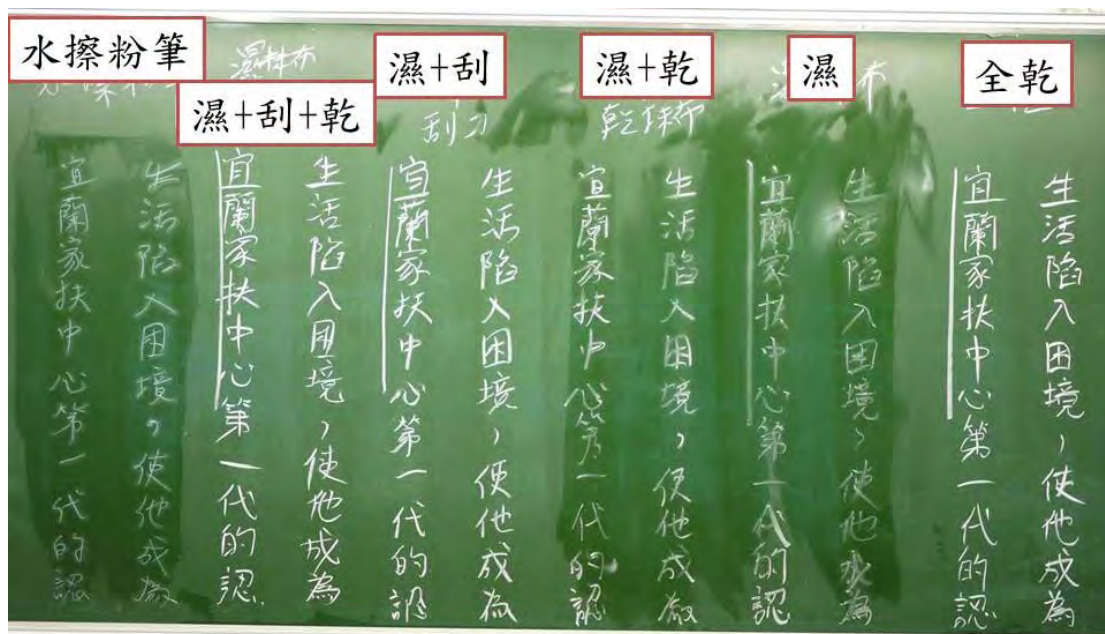
| 名稱 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 平均 | 標準差 |
|-----|--------|--------|--------|--------|------|
| 水擦 | 78.42 | 78.74 | 75.77 | 77.64 | 1.63 |
| 濕刮乾 | 120.69 | 116.72 | 119.78 | 119.06 | 2.08 |
| 濕刮 | 124.64 | 119.80 | 124.44 | 122.96 | 2.74 |
| 濕乾 | 97.46 | 94.66 | 96.97 | 96.36 | 1.50 |
| 濕 | 88.55 | 83.45 | 86.57 | 86.19 | 2.57 |
| 乾 | 103.68 | 98.22 | 98.38 | 100.09 | 3.11 |

- 以 ImageJ 進行定量分析之結果

圖四、模擬實際書寫時的粉筆清晰度統計圖



圖五、模擬實際書寫時的粉筆清晰度操作圖



研究四、實驗發現

- 濕刮乾、濕刮的清晰表現較其它的組別表現更好
- 水擦粉筆在傳統黑板上使用效果不好
- 濕刮乾、濕刮的組合可以應用在黑板的擦拭上

● 水擦板擦的開發

研究五、濕抹布+刮刀擦拭概念實物化

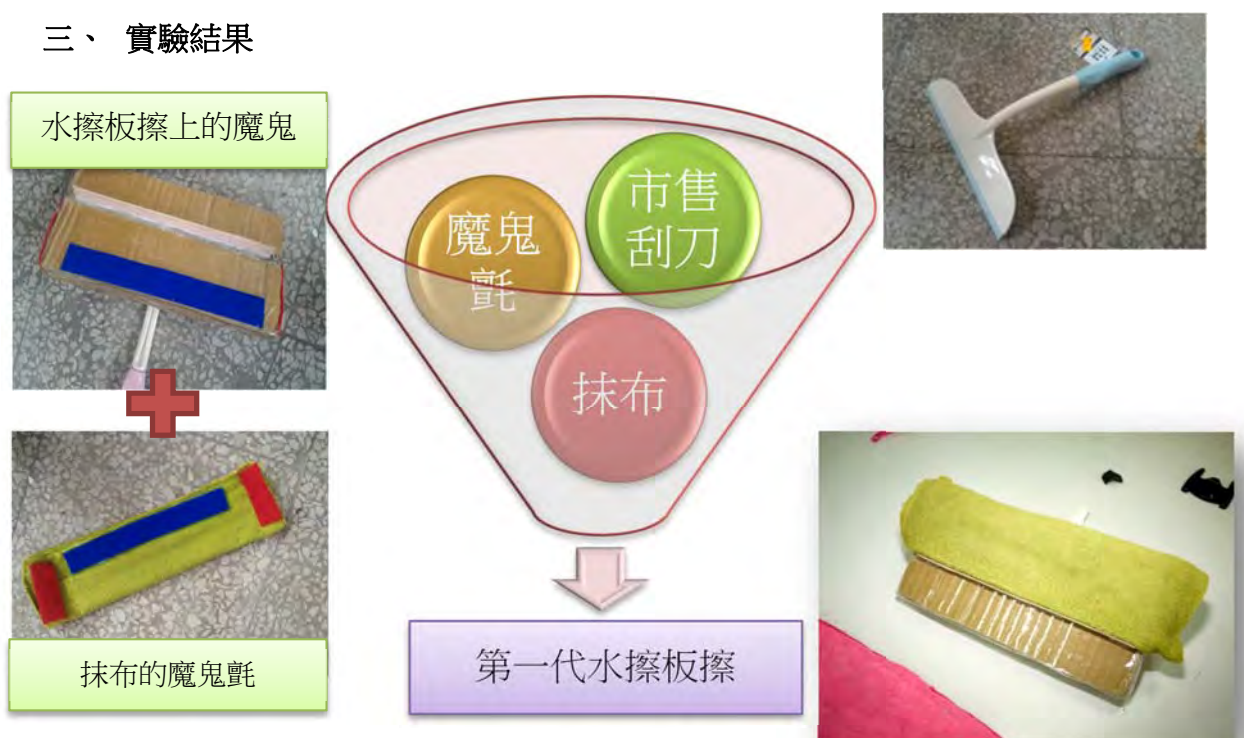
一、實驗說明

在確認以濕抹布+刮刀可以作為黑板清潔的方法後，我們希望可以將這種擦拭方式實際利用在黑板書寫的擦拭上，因此我們以現有的材料進行組裝，利用市售的刮刀來進行加工，在刮刀的上方以厚紙板黏貼平台，並在此平台以魔鬼氈黏上抹布來達到濕抹布+刮刀擦拭的效果並完成了第一代的水擦板擦，也是第一次完成了濕抹布+刮刀擦拭概念實物化。

二、實驗方法

- 1、在刮刀的末端往上 4cm 的位置以厚紙板黏貼與刮刀垂直的平台。
- 2、平台上用魔鬼氈的針面於刮刀後方黏上用來固定抹布。
- 3、抹布上用熱融膠黏上魔鬼氈的毛面。
- 4、將厚紙板的部份以透明膠帶黏增加防水能力。
- 5、完成了第一代的水擦板擦。

三、實驗結果



四、實驗發現

- 第一代水擦板擦將濕抹布加刮刀的清潔方式實物化
- 成品的大小較大，實際使用上較不方便

研究六、水擦板擦的商品化

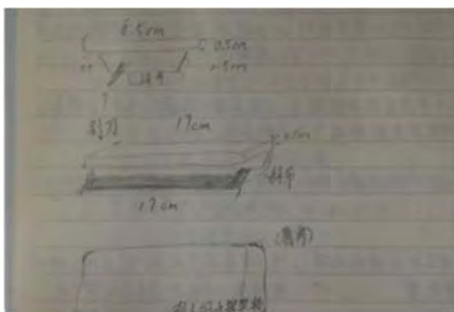
一、實驗說明

第一代的水擦板擦已經可以將黑板擦拭乾淨並且明顯的減少落塵的產生，但是本體的大小過大，老師在上課時使用會顯得礙手礙腳，因此我們希望能夠改良第一代水擦板擦，讓水擦板擦的大小可以與一般板擦相同，並且能夠保有水擦板擦減少落塵的優勢。

二、實驗方法

- 1、量測傳統板擦的長、寬、高，測量後約 17 cm*8.5 cm*2.5 cm。
- 2、利用此一大小畫出改良後板擦的設計圖(需包含刮刀、抹布)。
- 3、以木頭作為結構依照設計圖的尺寸進行切割。
- 4、使用熱融膠將切割過後的刮刀嵌入溝槽。
- 5、以不鏽鋼釘將魔鬼氈的勾面釘在抹布區域的上下兩端。
- 6、用針線把魔鬼氈的毛面縫製在適當大小的抹布上完成後即為商品化的水擦板擦。

三、實驗結果



第二代水擦板擦手稿



第二代水擦板擦的製作

四、實驗發現

- 改良後的第二代水擦板擦更適合在教室的環境中使用
- 其大小接近傳統板擦的大小可以放置在黑板的板溝上
- 實際的使用效果還需要更多的測試

研究七、水擦板擦與傳統板擦使用時的落塵比較

一、實驗說明

為了測試水擦板擦在實際使用上的落塵情形，我們以傳統板擦做為比較對象進行了水擦板擦與傳統板擦使用時的落塵比較實驗，主要是要了解第二代的水擦板擦是不是能有較的降低板擦在擦拭時的落塵情形。

二、實驗方法

- 1、在黑板上以紙膠帶貼出寬 75cm 的實驗範圍。
- 2、以乾淨的濕抹布擦拭黑板 3 次後等待乾燥，依照固定的擺設方式進行實驗環境的佈置。
- 3、利用電子秤測量紙盒的原始重、板擦的原始重及粉筆書寫前的重量，再使用 LASS 4U 空氣盒子記錄環境中 PM_{2.5} 的濃度。
- 4、使用已知重量的粉筆在範圍內塗約 3.5g 的粉筆量，記錄使用後的粉筆重量，減去原使重量即可得到實際書寫粉筆量。
- 5、記錄紙盒在粉筆書寫後的重量，將其數字減去紙盒原始重，即可得到書寫時落下的粉筆灰重-粉筆書寫落塵量。
- 6、記錄書寫時的 PM_{2.5} 最大值以及書寫後的 PM_{2.5} 最大值。
- 7、將實驗器材依固定的擺設方式放回準備進行擦拭的實驗。
- 8、以板擦將範圍內的黑板擦拭至色調均勻，過程中記錄 LASS 4U 所測量的 PM_{2.5} 最大值取得擦拭時的 PM_{2.5} 濃度，並在擦拭結束後記錄 PM_{2.5} 的最大值做為擦拭後的 PM_{2.5} 濃度。
- 9、測量擦拭後板擦的重量減去板擦原始重即可得到板擦上粉筆灰量。

- 10、測量紙盒擦拭後的重量減去紙盒書寫後的重量即可得到板擦擦拭時的實際板擦擦拭落塵量。
- 11、將擦拭後的情形以相機拍下照片以進行後續擦拭能力的比較。
- 12、以上述的實驗步驟重複進行三次以取得實驗趨勢，並以水擦板擦進行擦拭取得數據進行比較。

計算方式：

- 黑板上的粉筆量 = 書寫粉筆量-粉筆書寫落塵量
- 隨風飄散的粉筆灰量 = 黑板上的粉筆量 - 粉筆書寫落塵量 - 板擦擦拭落塵量
- 粉筆書寫時殘留在黑板的比例 = $\frac{\text{書寫粉筆量}-\text{粉筆書寫落塵量}}{\text{實際書寫粉筆量}} \times 100\%$
- 粉筆書寫時掉落的落塵比例 = $\frac{\text{粉筆書寫落塵量}}{\text{實際書寫粉筆量}} \times 100\%$
- 粉筆最後殘留在板擦上的比例 = $\frac{\text{板擦上粉筆灰量}}{\text{實際書寫粉筆量}} \times 100\%$
- 板擦吸附的粉筆灰比例 = $\frac{\text{板擦上粉筆灰量}}{\text{黑板上的粉筆量}} \times 100\%$
- 板擦擦拭時產生的落塵比例 = $\frac{\text{板擦擦拭落塵量}}{\text{黑板上的粉筆量}} \times 100\%$

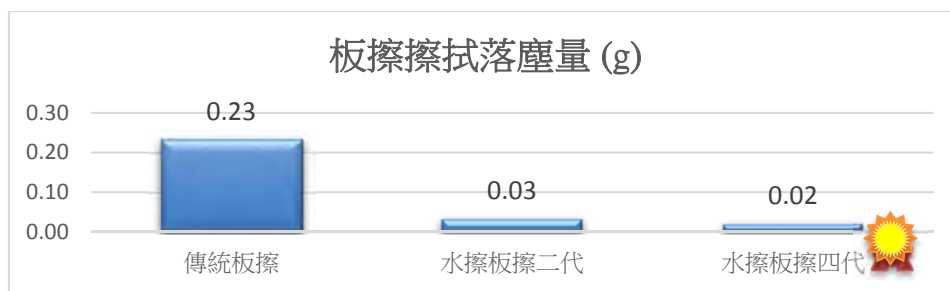
三、實驗結果

(一)、使用黑板時所產生的粉筆灰分佈情形

| | 傳統板擦 | 水擦板擦二代 | 水擦板擦四代 |
|-----------|------|--------|--|
| 書寫粉筆量 | 3.52 | 3.47 | 3.44 |
| 粉筆書寫落塵量 | 1.01 | 0.97 | 1.06 |
| 板擦上粉筆灰量 | 1.50 | -0.53* | -2.23* |
| 板擦擦拭落塵量 | 0.23 | 0.03 | 0.02  |
| 黑板上的粉筆量 | 2.52 | 2.50 | 2.39 |
| 隨風飄散的粉筆灰量 | 0.78 | 2.54* | 4.59* |

- 實驗以三重複取平均值來表示，單位為公克(g)

* 由於水擦板擦在擦拭時會有水份散失而產生負值，無法使用累加的方式求得粉筆灰量。



粉筆書寫的方式

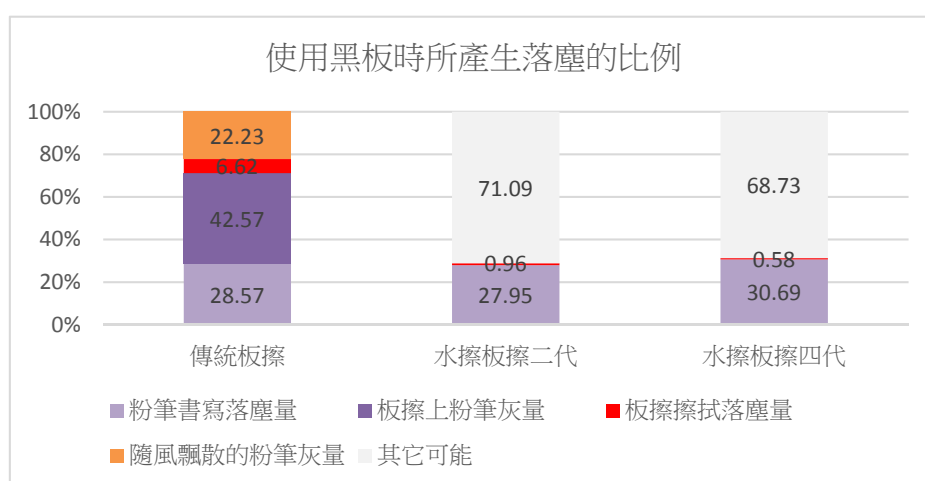


傳統板擦擦拭時的情形

(二)、使用黑板時所產生落塵的比例

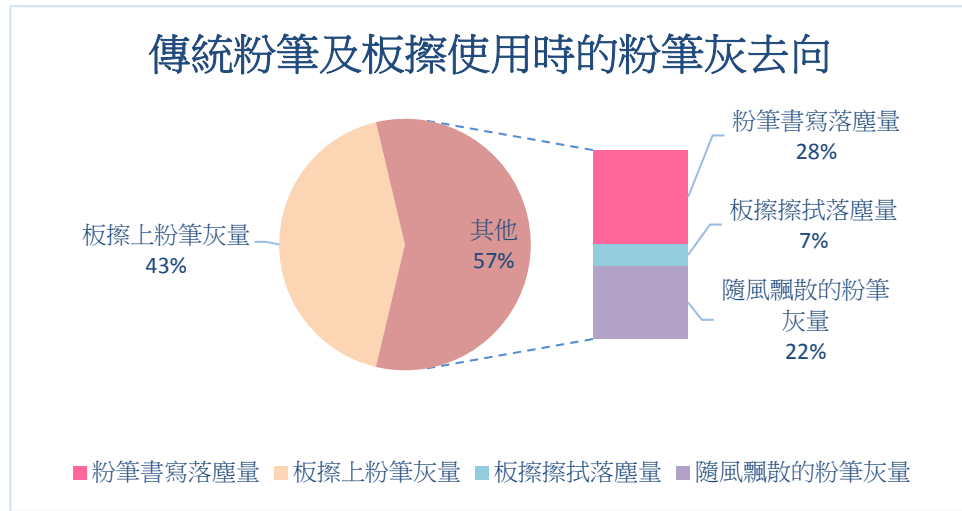
| | 傳統板擦 | 水擦板擦二代 | 水擦板擦四代 |
|-----------|--------|--------|--------|
| 粉筆書寫落塵量 | 28.57% | 27.95% | 30.69% |
| 板擦上粉筆灰量 | 42.57% | - * | - * |
| 板擦擦拭落塵量 | 6.62% | 0.96% | 0.58% |
| 隨風飄散的粉筆灰量 | 22.23% | - * | - * |
| 其它可能 | - | 71.09% | 68.73% |

*由於水擦板擦在擦拭時會有水份散失而產生負值，其比例無法判定因此列為其它可能。



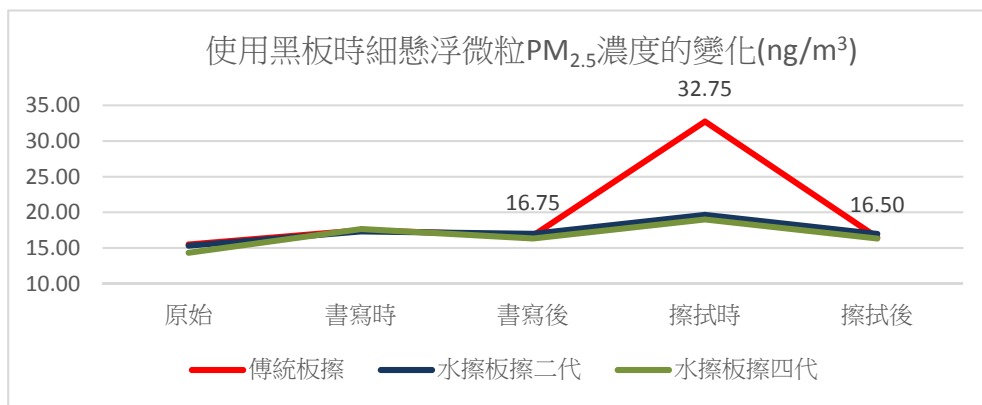
- 雖然水擦板擦的飄落粉筆灰無法精準的判定因此列為其它可能，不過我們從已知的擦拭落塵量來觀察，以水擦板擦二代的方式進行擦拭時可以

有效的減少 85%的落塵量，而水擦板擦四代則可以減少至 91%，可見其降低落塵的能力十分出色。



- 另外我們將傳統粉筆及板擦使用時的粉筆灰去向特別的列出來分析，由上可以得知，在使用一隻粉筆從書寫到擦拭的過程中，只有 43%是收集在板擦中的，其它 57%會在書寫、擦拭的塵中飄落或是隨風飄散，長期的吸入這些粉塵將會影響到使用者的呼吸道健康，這也是為什麼本研究努力想降低粉筆灰飄散的原因之一。

(三)、使用黑板時細懸浮微粒 PM_{2.5}濃度的變化



| 單位(ng/m ³) | 傳統板擦 | 水擦板擦二代 | 水擦板擦四代 |
|------------------------|-------|--------|--------|
| 原始 | 15.50 | 15.33 | 14.33 |
| 書寫時 | 17.50 | 17.33 | 17.67 |
| 書寫後 | 16.75 | 17.00 | 16.33 |
| 擦拭時 | 32.75 | 19.67 | 19.00 |
| 擦拭後 | 16.50 | 17.00 | 16.33 |

- 由 PM_{2.5} 的濃度可以了解到當環境中的粉塵增加時，PM_{2.5} 的濃度就會上升由上圖可知，當使用傳統板擦擦拭時環境中的 PM_{2.5} 濃度上升超過 1.9 倍，而在實驗中也發現到，當清潔 LASS4U 機器上的粉筆灰時 PM_{2.5} 的濃度還飆高到 373ng/m³ 的極端值，代表了粉筆灰的顆粒中含有許多粒徑小於 2.5 微米的顆粒，對人體的危害更是不言而喻。



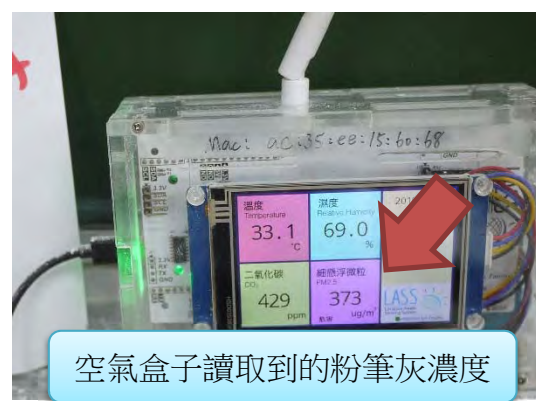
傳統板擦擦拭後的效果



水擦板擦二代擦拭後的效果



水擦板擦二代使用後的刮刀



空氣盒子讀取到的粉筆灰濃度

四、實驗發現

- 使用水擦板擦可以有效的降低擦黑板時所產生的粉塵約 85-91%
- 水擦板擦的粉筆灰擦拭量因為水份流失的關係無法使用累加的方式計算，將另行以 PM_{2.5} 濃度的實驗表示水擦板擦擦拭時所產生的落塵濃度
- 傳統粉筆及板擦只能回收 43% 的粉筆灰，其它 57% 會在使用的過程中成為粉塵，而其中含有許多 PM_{2.5} 存在，對使用者的健康造成極大的威脅
- 使用不同的工具來清潔時黑板的潔淨程度會有所落差，由其是水擦板擦二代在使用後會留下明顯的粉筆痕跡，我們推斷這是因為二代的保水能力不足，沒有足夠的水份讓粉筆灰溼潤，因此我們針對了保水能力進行

改良也就造就了水擦板擦三代及四代的開發

研究八、提升水擦板擦的保水能力

一、實驗說明

由於落塵量的實驗讓我們發現到水擦板擦二代清潔能力不足的情形，在傳統板擦與水擦板落塵量的實驗的比較中我們發現，雖然水擦板擦再使用時不會產生大量的落塵，但是擦拭後會看到很明顯的粉筆的顏色殘留在黑板上，推測是由於抹布沒辦法給予刮刀足夠的水份，使得刮刀僅能將粉筆灰均勻的刮開，但沒辦法被濕抹布給帶離才會導致大量的粉筆灰被殘留在黑板上，因此我們設計了可以攜帶更多水量的水擦板擦，將原有的濕抹布中間放入了海綿，一款是放入一塊大海綿，另一款則是參考板擦的方式加入了波浪狀的設計在波浪的中間塞入了海綿條，並且設計了可以測試擦拭後清晰度的實驗。

二、實驗方法

- 1、將抹布中加入海綿來提升吸水量。
- 2、以板擦作為靈感利用波浪的造型來增加抹布的接觸面積。

三、實驗結果



水擦板擦二、三、四代



水擦板擦一代抹布



水擦板擦二代抹布



水擦板擦四代抹布

研究九、傳統板擦與水擦板擦擦拭能力的比較

一、實驗說明：

在研究三中發現到了水擦板擦二代的清潔能力有待加強，因此我們改良了抹布的組成，提升了保水能力，並且設計了清潔能力的實驗要來了解改良後的效果，我們以 7.5cm 作為間隔，在每個間隔中均勻書寫 0.7g 粉筆以板擦由 1 至 7 的順序擦拭，再進行影像分析，計算擦拭後的黑板與擦拭前的差異，並將白色面積計量推估出各個板擦的清潔能力。

二、實驗方法

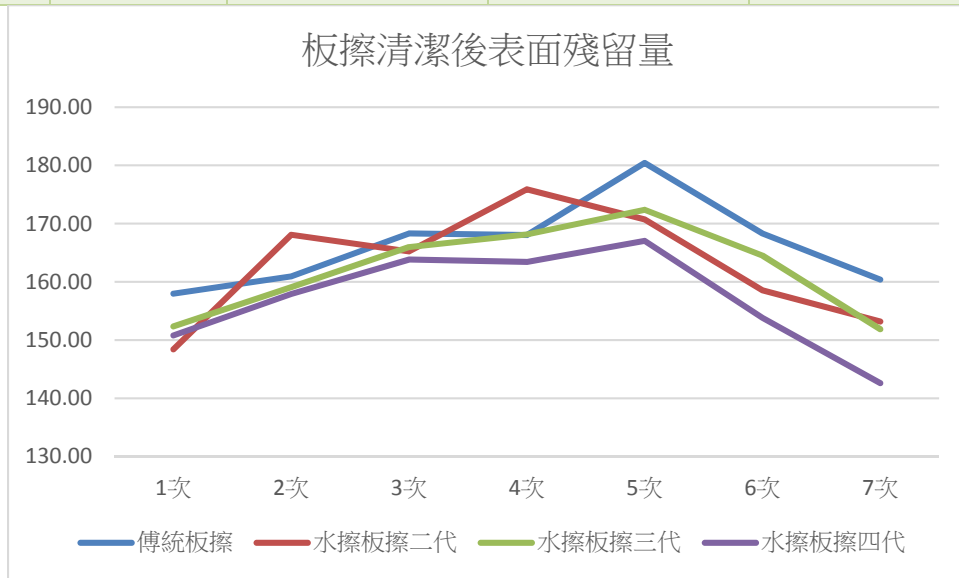
- 1、在黑板上用紙膠帶貼出間隔 7.5 cm 的範圍一共七條。
- 2、在每條範圍內中均勻的書寫約 0.7g 的粉筆。
- 3、以板擦由 1 至 7 的順序擦拭一次，將擦拭後的結果拍照記錄。
- 4、使用 ImageJ 分析各範圍的清晰度，並用圖表進行比較。
- 5、取實驗後的圖片匯入 ImageJ 中進行 8 位元的色彩轉換。
- 6、利用螢光定量的模式，將黑板作為暗區，而粉筆灰殘留的白色區域作為螢光進行定量，得知實驗範圍內的粉筆灰殘留量。
- 7、將每次實驗的數據記錄後進行比較得出其擦拭能力。

三、實驗結果



(一)、不同板擦擦拭後黑板表面殘留影像分析

| 擦拭次數 | 傳統板擦 | 水擦板擦二代 | 水擦板擦三代 | 水擦板擦四代 |
|------|--------|--------|--------|--------|
| 1次 | 157.98 | 148.41 | 152.33 | 150.82 |
| 2次 | 160.96 | 168.11 | 159.08 | 157.93 |
| 3次 | 168.33 | 165.24 | 165.97 | 163.82 |
| 4次 | 168.03 | 175.90 | 168.15 | 163.43 |
| 5次 | 180.44 | 170.74 | 172.38 | 167.06 |
| 6次 | 168.32 | 158.56 | 164.53 | 153.83 |
| 7次 | 160.40 | 153.20 | 151.86 | 142.61 |



- 上圖可以了解到傳統板擦擦拭時，大約在第 4-5 次殘留量最高，而二代的水擦板擦在清潔能力上較傳統板擦相近，第三代的板擦保水量提升後，表面的殘留量即隨之下降，而第四代則是四款板擦中效果最好的，不論是 1 到 7 次的擦拭，清潔能力都較傳統板擦出色。

四、實驗發現

- 四款板擦中，以傳統板擦及二代板擦能力較差
- 三代與四代板擦提升保水力後，清潔能力大大提升
- 三代、四代板擦清潔力較傳統板擦好，又不易落塵適合做為取代傳統板擦的產品

伍、討論

我們從擦窗戶的過程中得到了個靈感，為了不要讓水留下水痕，我們會想辦法把水趕快弄乾，最有效的方法就是使用刮刀將水給刮開，因此我們想測試將刮刀應用在板擦中的可行性做了以下實驗。

研究一我們測量了傳統粉筆在書寫時會產生多大的揚塵，我們利用了PM2.5的濃度做為指標，由表(一)可以得知三次的實驗以板擦擦拭後所測得的濃度分別為53、49、55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，而同時在環境中所測得的PM2.5濃度則為15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，這也表示了當我們在使用黑板板擦時會產生高於環境3.5倍的高濃度粉塵，這也就是為什麼我們想要針對板擦擦拭做為改善重點的主要原因。

研究二以比較的方式來了解不同擦拭方法所需要乾燥的時間，分別使用了濕抹布(濕組)、濕抹布擦後用乾抹布擦拭(濕乾組)、濕抹布擦後用刮刀刮水(濕刮組)、濕抹布擦後用刮刀刮水後再用乾抹布擦拭(濕刮乾組)這四種方式，由圖(二)的曲線可以了解，在三分鐘的時候濕刮乾組的水份是最早消失的，而再來是在四分鐘的濕刮組以及五分鐘的濕乾組，最後是超過五分鐘的濕組，乾燥的時間長度是濕組>濕乾組>濕刮組>濕刮乾組，可以很清楚的了解刮刀是可以應用在黑板上使用並且效果十分的好，在乾燥的時間上相較於濕組的情況省下一半以上的時間。

研究三我們認為三分鐘的時間仍不足以稱為一個實用的工具，因此我們想測試在擦拭後直接書寫的效果，我們以乾組、濕組、濕刮組三種模式進行比較，在擦拭後的固定時間進行書寫，由圖(三)所示，乾組的字跡仍是最為清晰的都有100以上的值而濕組及濕刮組則落在80~50之間，而隨時秒數的增加乾組、濕組、濕刮組的差距縮小至30左右，在20秒開始濕刮組的清晰度開始上升，也就代表了，大約在擦拭後20秒濕刮組的字跡開始變的清晰，也就更有利於在課堂上做使用。

研究四模擬了真實在上課時應用的效果，我們在清潔後直接書寫指定

的課文來測試濕刮組、濕刮乾組的實用性，由(圖五)可以很清楚的看到濕組、濕乾組，因為水分過多而導致粉筆在書寫的過程中出現了上色不均的情形，嚴重影響了觀看的品質，這也是為什麼不會有老師拿著一條濕抹布在上課時邊寫邊擦的原因了，在濕刮及濕刮乾的表現上幾乎與全乾的效果一致甚至以圖(四)的數字分析來看清晰度更強過了乾的 100 來到了 120 的等級，這也驗證了濕刮組、濕刮乾組在實際使用上的可行性，而在圖(五)中我們也使用了學校新裝設的水擦黑板專用粉筆來書寫，可以看到使用在傳統黑板上的效果不佳，甚至在實驗後進行擦拭的時出現了卡色擦不乾淨的情形。

研究五則是希望將濕抹布加刮刀的概念實體化，我們用現有的材料來進行組裝利用了現有的刮刀及常見的厚紙板來進行開發，組裝成第一代的水擦板擦，並且可以使用，雖然它的厚紙板非常怕水，也沒辦法長時間的使用，但第一代的板擦讓我們確認了開發水擦板擦的決心。

研究六以一般教室所使用的傳統板擦做為開發藍圖，考量了實用性-能相容於一般黑板板溝的大小、方便性-可以隨時清洗的魔鬼氈抹布可在下課時進行清洗，並且不必乾燥即可馬上使用，以及耐用性-以用木頭做為主要的結構，並用可以更換的方式進行組裝，讓水擦板擦壞了還可以用更換零件的方式進行維修，使水擦板擦更具有產品的競爭力。

研究七為了證明水擦板擦具有減少落塵、以及讓黑板可以更乾淨的特色，我們進行了使用黑板時的粉筆灰落塵追蹤，與教室中的沙塵暴中所提到的數據相似，粉筆在書寫的整個過程中會掉落約 57% 的粉筆灰在環境中，而最後儘有 43% 的量是被板擦給吸附住的，如果再以拍打的方式清潔板擦那飄散的量會更為驚人，而在我們測量 PM2.5 的時候也發現到，粉筆灰的顆粒雖然肉眼可見，但其中有許多的量是屬於 PM2.5 的細懸浮微粒，對於長期使用的老師來說真的是健康的一大威脅，從擦拭的過程中傳統板擦大約會飄落 6.62% 的粉筆灰量在板溝中，但也有一些會隨風散佈到更遠的位置，而使用水擦的方式僅僅只會飄落 0.58-0.96% 大幅的減少了擦拭黑板時所飄

落下來的粉筆灰，其飄落量只有傳統板擦的 10-15%，另外由於是水擦的關係，所有的粉筆灰都會被水吸附，不容易造成二次汙染，也不會看到有人拿著板擦在走廊拍著大量的灰，只需要將抹布拆下清洗就可以再次使用，但在落塵的實驗中我們也查覺到，第二代的水擦板擦清潔能力是有待加強的，於是我們開始了研究八，提升水擦板擦的保水性。

水擦板擦最重要的概念是以濕抹布將粉筆灰洗下來後，再用刮刀將多餘的水份刮除，保持黑板表面處於乾燥的狀況，也因此才能達到隨擦隨寫的效果，但第二代的水擦板擦具有很致命的問題，水份不足，因此沒有辦法把黑板上的粉筆灰潤濕，反而變成刮刀拖著水滴刮著黑板的粉筆灰到處跑，才會造成黑板越擦越髒的困境，因此研究八我們針對了提升保水性進行改良，也是利用家中最常見海綿夾在抹布中間，型成了第三代水擦板擦的設計，另外我們也參考了傳統板擦的波紋設計，傳統板擦主要是利用板擦上的布面將粉筆灰擦下，但擦下的粉筆灰會直接掉落，為了不讓這種情形發生，傳統板擦在布面上加入了凹槽來卡住粉筆灰，所以我們在第四代的板擦上加入了凹槽，利用海綿放在抹布下支撐，創造出了更多的吸附量，也增加了與黑板的接觸面積，後續的實驗也證實了此一設計能提供更好的清潔能力。

有了更好的設計後，我們隨即展開了擦拭能力的測試，實驗中將黑板區分成七個區域，分別把每個區域平均的書寫上固定的量的粉筆灰，再以不同的板擦來進行擦拭，結果顯示，傳統板擦的殘留量是最高的，但第二代的水擦板擦清潔的力與傳統板擦相似，甚至在第二次擦拭的時候殘留量高於傳統板擦，而第三代的表現較傳統板擦優良可以確認，增加保水性可以提高擦拭時的清潔度，而且清潔過後的效過十分良好，我們所使用的書寫量，依照以前實驗數據大約可以書寫三面滿滿的黑板，因此對於一般上課使用十分夠用。

我們在製作這份研究時，有許多人懷疑著到底用水擦黑板會不會有

問題，甚至還有老師說曾經有人用水擦黑板，過了一年後整個黑板就都裂開來了，對於這個問題我們心中也有許多疑問，不過在查完資料後發現，現在有許多的家庭中會塗上一面可以隨時塗鴨的黑板牆，油漆商為了讓使用時更健康，大多推薦水性的黑板漆產品，例如虹牌的水性黑板漆強調了安全無毒外，還強調可以直接用濕抹布清潔，甚至耐磨 10000 次，這也讓我們的心中放下了一個大石頭，而另一篇文章也顯示著，有些廠商會因為黑板漆太過黏稠，因此會用調薄劑做稀釋，而這個步驟如果使用了錯誤的溶劑，就會造成油漆乾裂的情況，而對於我們來說，或許用水來擦拭會導致黑板的壽命減少，但是我們希望的是可以讓環境變得更好，可能會讓黑板的壽命變少，但我們想保護的是老師及上課學生的健康呀！

陸、結論

本研究從粉筆書寫的落塵情形一路測試到實際的書寫，我們證實了傳統粉筆在書寫時會產生大量的落塵，使得環境中的 PM_{2.5} 濃度上升 3.5 倍，利用濕抹布擦拭可以使落塵大量減少，但濕抹布的擦拭會需要五分鐘以上的時間等待乾燥，若我們以刮刀加以輔助可以讓等待乾燥的時間減少至 3 分鐘，而在實務上濕抹布加刮刀擦拭黑板的方式，在擦拭後只需要 20 秒字跡的清晰度就會開始上升，如果以句子進行書寫相較於不使用刮刀的組別字跡清晰 1.5 倍，甚至比一般板擦的字跡清楚 20%，因此我們確認使用濕抹布加刮刀的方式清潔黑板，不儘可以減少落塵，還可以在上課中使用，甚至比一般板擦的還要清晰，而我們所開發的水擦板擦能夠讓擦拭黑板時飄落的粉筆灰減少 90%，相較傳統板擦還能提供更乾淨 10% 的使用感受，重點是，只需要一般的傳統黑板加上第四代的水擦板擦，人人都可以使用減灰、便利的水擦板，這就是我們要創造的窮人的水擦黑板！

柒、參考文獻

- 一、林怡伶、蔡宛芯、葉文琦、林廷翰、莊寓勝（2008）。教室中的沙塵暴—粉筆灰落塵的觀察與改善。中華民國第四十八屆中小學科學展覽會國小組。高雄縣岡山鎮岡山國民小學。
- 二、孔祥瑜、張芳瑀、魏佩瑩（2008）。石化豆花—可以吃的粉筆！。中華民國第四十八屆中小學科學展覽會國中組。花蓮縣私立海星高級中學。
- 三、楊巧萱、陳煜哲、林書凡、黃琮仁（2008）。吃粉筆灰的精靈--新式板擦的設計。中華民國第四十八屆中小學科學展覽會國小組。臺北市萬華區華江國民小學。
- 四、林宜萱、廖子漩、吳柔蓉、張維心、高維駿、楊文禮(2008)。我把蛋殼變粉筆了！中華民國第四十八屆中小學科學展覽會國小組。雲林縣西螺鎮中山國民小學

【評語】 082912

本作品先探討傳統板擦所造成的灰塵問題，雖然類似主題已有許多研究，但本作品提出水擦板擦的想法與實物，並提出檢測板擦效能的方法，流程合理且有效，再依據測試結果優化設計的作品，增加實用和可行性，為一完整之作品，故推薦為佳作。

研究一、

傳統板擦擦拭過程中的PM2.5濃度

| 濃度 (µg/m ³) | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 平均 | 背景值 |
|-------------------------|-----|-----|-----|------|-----|
| | 53 | 49 | 55 | 52.3 | 15 |

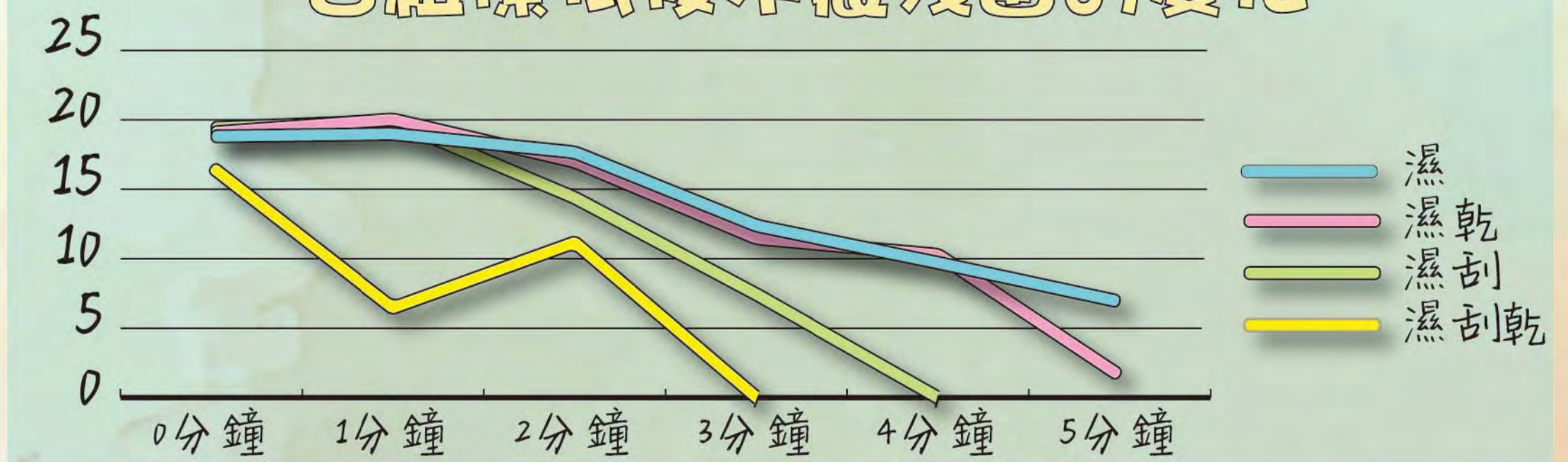
- 板擦擦拭時會導致PM2.5的濃度上升
- 以背景值15ug/m³來說上升了3.5倍

研究二、

利用濕抹布擦拭黑板的乾燥時間

以左側的組別擦拭黑板後，記錄乾燥時間，並以ImageJ來觀察乾燥時黑板的變化。

各組擦拭後水痕殘留的變化

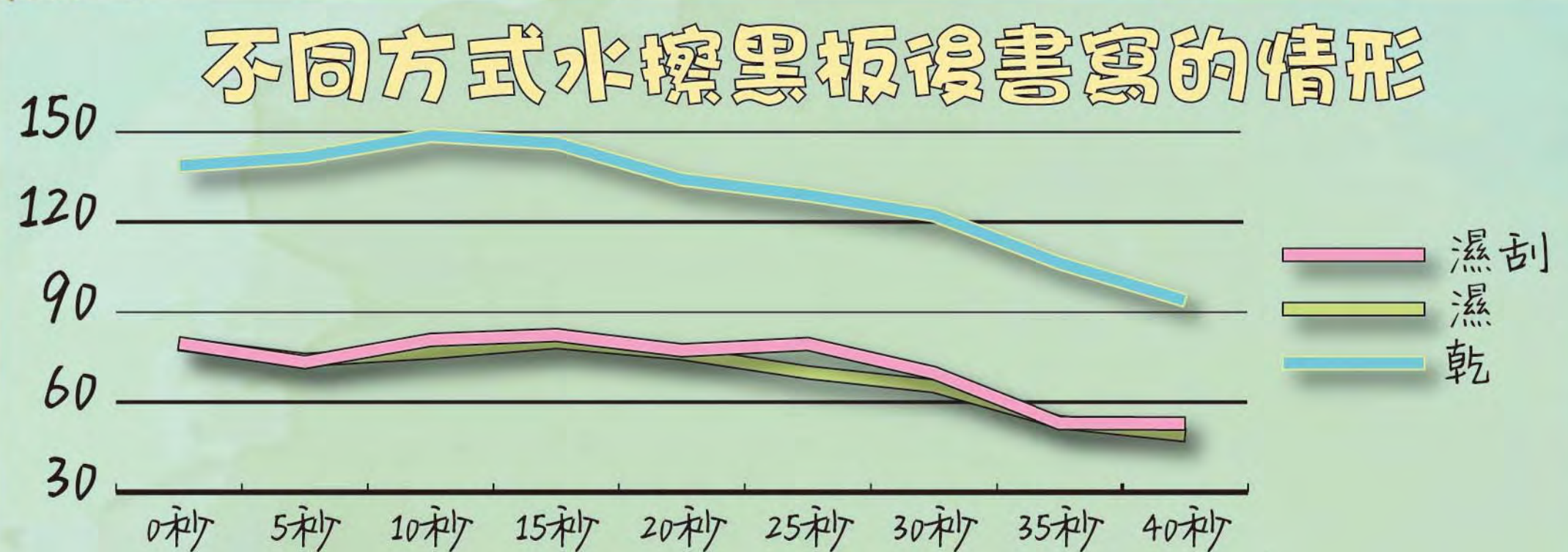


- 濕抹布擦拭黑板需要5分鐘的乾燥時間
- 最快乾燥的組別是濕刮乾組的3分鐘

研究三、

不同方式水擦黑板後書寫的情形

擦拭後依秒數寫上對應數字，以ImageJ分析筆跡與黑板的對比值。

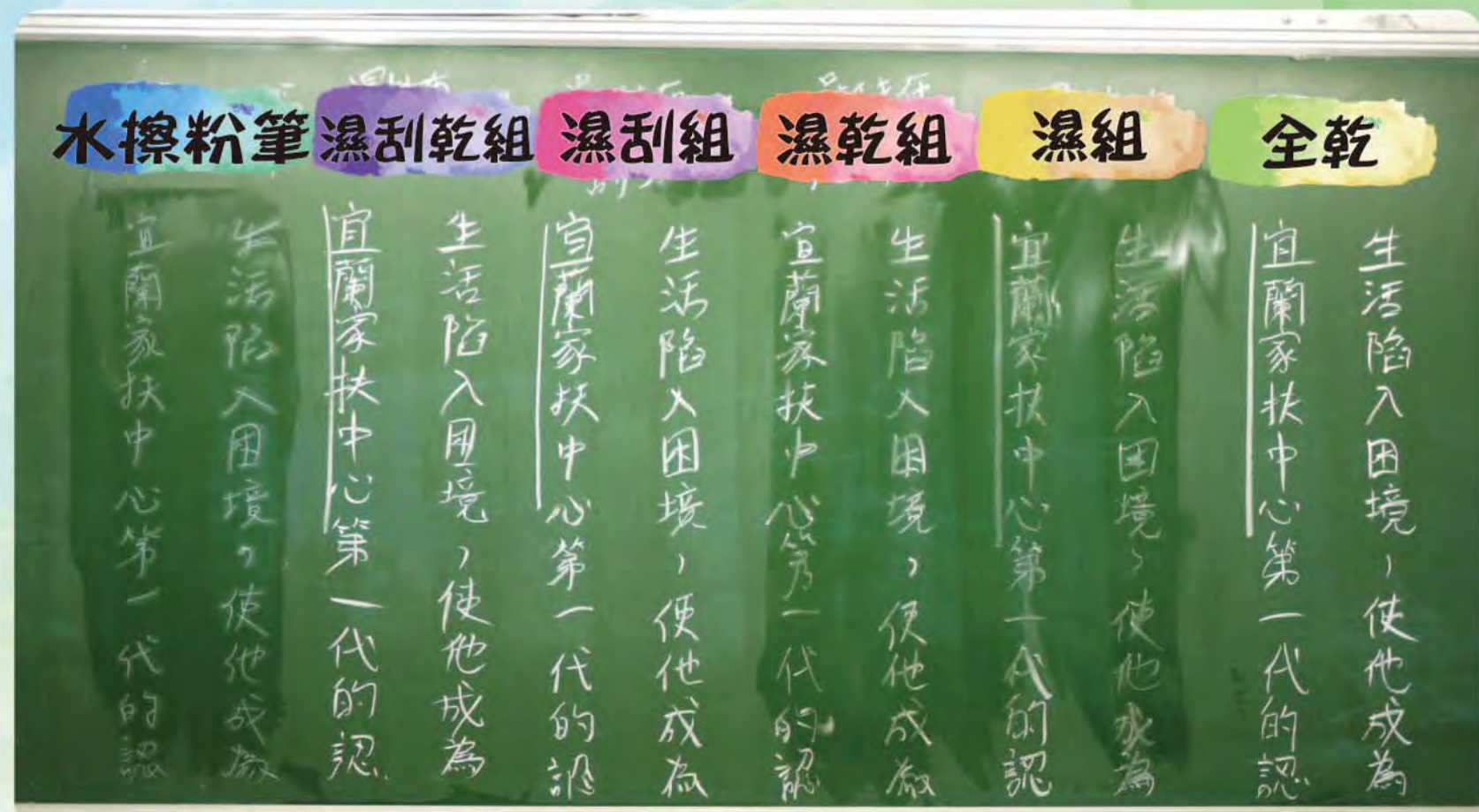


- 乾、濕、濕刮的字跡濃淡變化相似
- 需以較長的句子書寫比較才有差異

研究四、

模擬實際書寫時的粉筆清晰度

各組清潔後投影書寫相同句子，於書寫後拍攝照片以ImageJ將各組的筆跡進行分析、比較。



各組擦拭後書寫字句的清晰度



- 濕刮乾、濕刮的清晰表現較其它的組別表現更好
- 濕刮乾、濕刮的組合可以應用在黑板的擦拭上

參考文獻：

- 教室中的沙塵暴-粉筆灰落塵的觀察與改善。
中華民國第四十八屆中小學科學展覽會國小組
- 吃粉筆灰的精靈-新式板擦的設計。
中華民國第四十八屆中小學科學展覽會國小組

水擦板擦的開發



結論


本研究成功開發了適用所有黑板的水擦板擦，能夠有效的減少板擦擦拭時所產生的落塵92%，降低60%的PM2.5濃度，用最少的成本，滿足在教學上的使用，並提供更健康的學習環境。

目的

- 1、了解傳統黑板粉塵飄散的情形
- 2、了解水擦板擦的使用效果
- 3、開發新世代水擦板擦
- 4、比較水擦板擦與傳統板擦的差異

誰說擦黑板一定會掉灰？

新世代水擦板擦解決你掉灰的困擾！



摘要

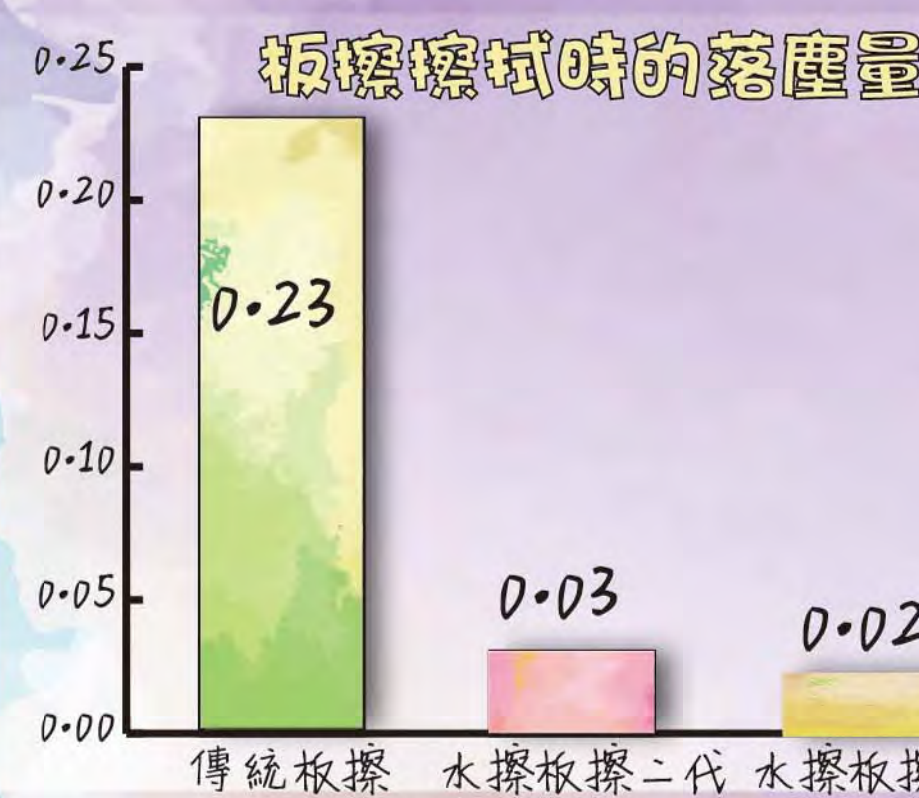
黑板的使用會造成粉筆灰的累積、飄散，本研究希望能提出一個實用的改善方法。我們從擦拭黑板的落塵情形一路測試到實際的書寫，證實了傳統板擦在擦拭時有40.19%的粉筆灰散佈在環境，這也使得環境中的PM2.5濃度上升3.5倍，利用本研究開發的水擦板擦擦拭時飄落的粉筆灰僅有1.09%，大幅減少了落塵的情形，且相較於一般板擦擦拭的字跡清楚20%，本研究證實了新開發的水擦板擦可以適用於校園中的黑板，能有效減少擦黑板所產生的落塵、增加書寫時的清晰度，是改善教室環境的新利器。

研究五、水擦板擦的商品化



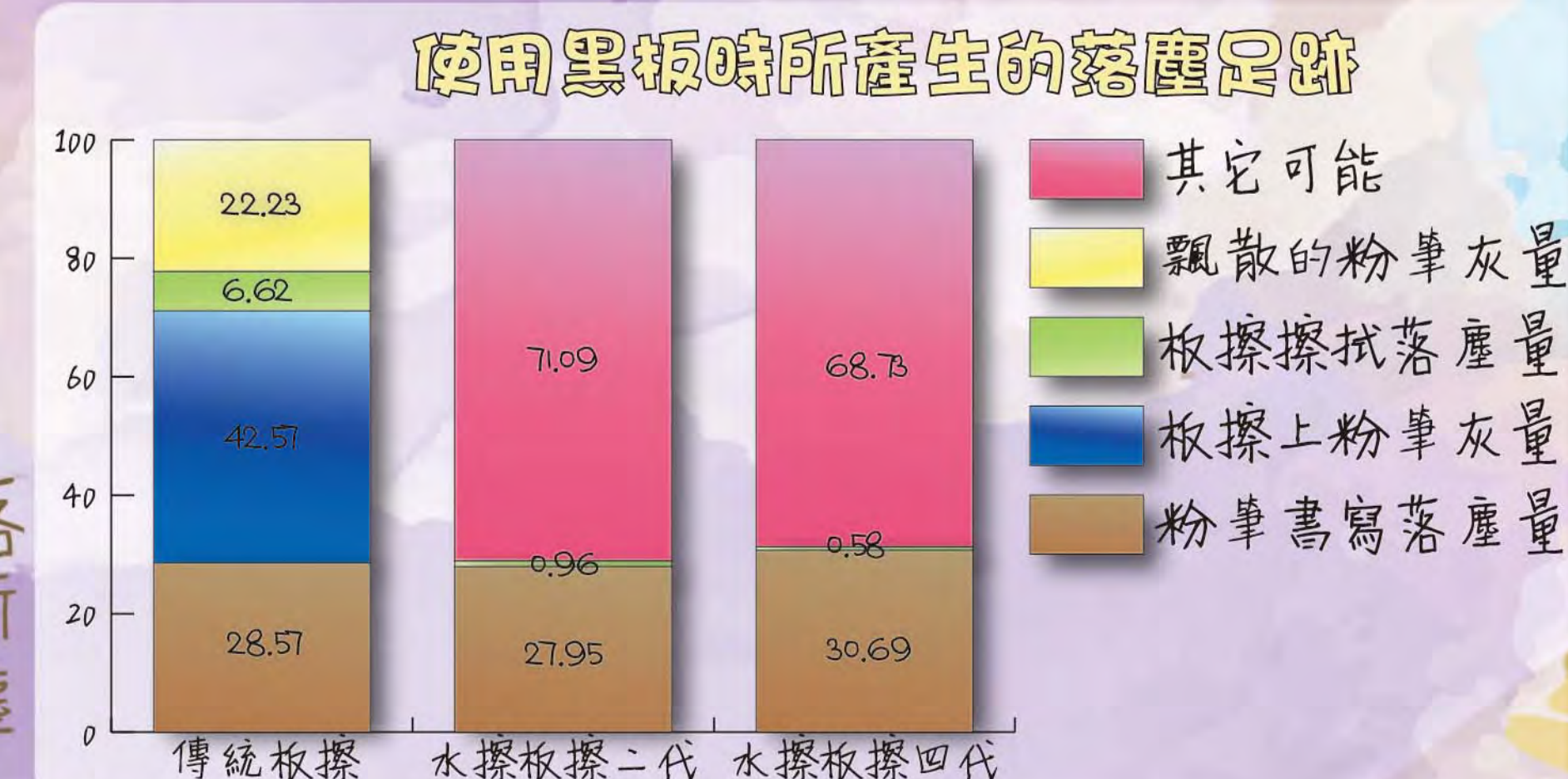
研究六、與傳統板擦使用時的落塵比較

在75cm的固定範圍中，書寫3g的粉筆，觀察水擦板擦及傳統板擦使用時的落塵量、落塵位置、PM_{2.5}濃度變化等數值進行比較。



依實驗設計分別使用不同板擦擦拭，將板溝上的收集盒進行稱重，得出擦拭時的平均落塵量。

- 以水擦板擦擦拭能減少92%的落塵
- 四代水擦板擦較二代的落塵量少，但差距微乎其微



將實驗收集到的落塵重進行計算，推斷出使用黑板時的落塵足跡。

- 傳統板擦擦拭時會有明顯的粉筆灰飄落
- 水擦板擦則不明顯，但由於水份散失的問題無法明確了解筆灰的流向

- 依照功能性共開發出四代水擦板擦
- 使用效果還需另行以實驗了解

討論



本研究為了要改善教室中的粉筆灰落塵，結合了市售水擦黑板的概念，針對一般教室的黑板開發水擦板擦，由研究二、三、四的實驗中證實了，一般黑板可以利用濕抹布加刮刀的方式來清潔，不僅黑板能夠變清晰甚至不需等待就可以馬上書寫，我們便利用這個概念將它產品化，製成了可以放置於黑板上的水擦板擦，並針對水擦板擦二代會長粉筆灰泥的問題，增加了海棉、溝槽來提高水擦板擦的含水量以及攜帶更多的粉筆灰泥，提升了水擦板擦的實用性，由研究六、七的結果顯示，水擦板擦對於書寫3g的粉筆量進行擦拭，使用後能夠保持黑板原有的清潔，足以滿足一般課堂上的使用需求。

研究的過程中我們十分訝異粉筆灰飄散在環境中的嚴重性，由研究六的結果可以得知，水擦板擦能有效減少92%的落塵，我們堅信，水擦板擦雖然不是最便宜、最好用的板擦，但它能夠有效的改善粉筆灰飄散的問題，甚至可以使用於家中的黑板牆面，能夠用最少的成本，享受到了水擦黑板般的清爽環境，這就是本研究的宗旨！

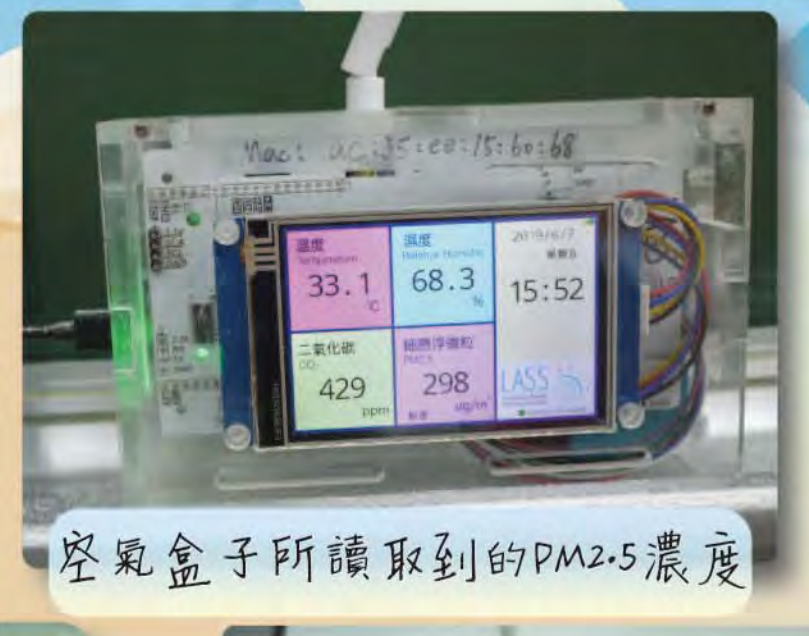
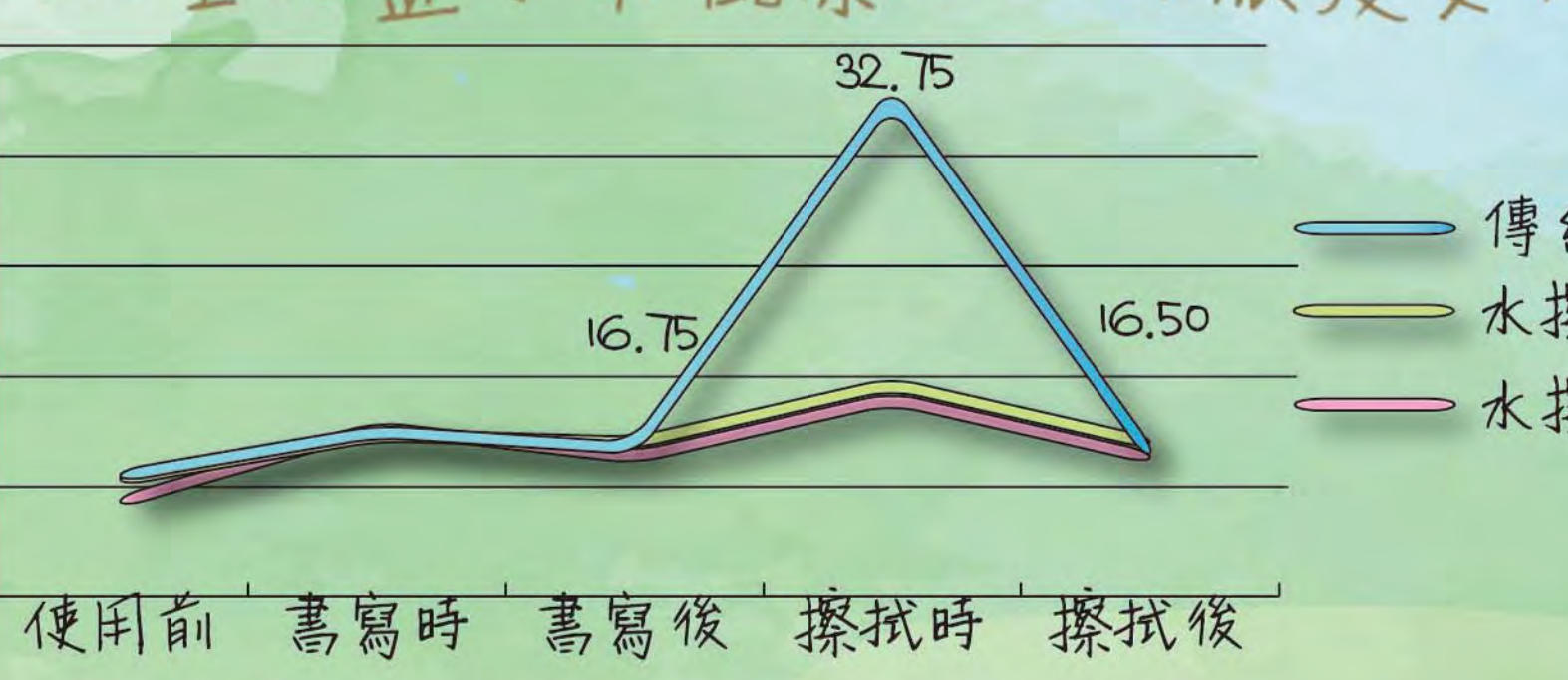
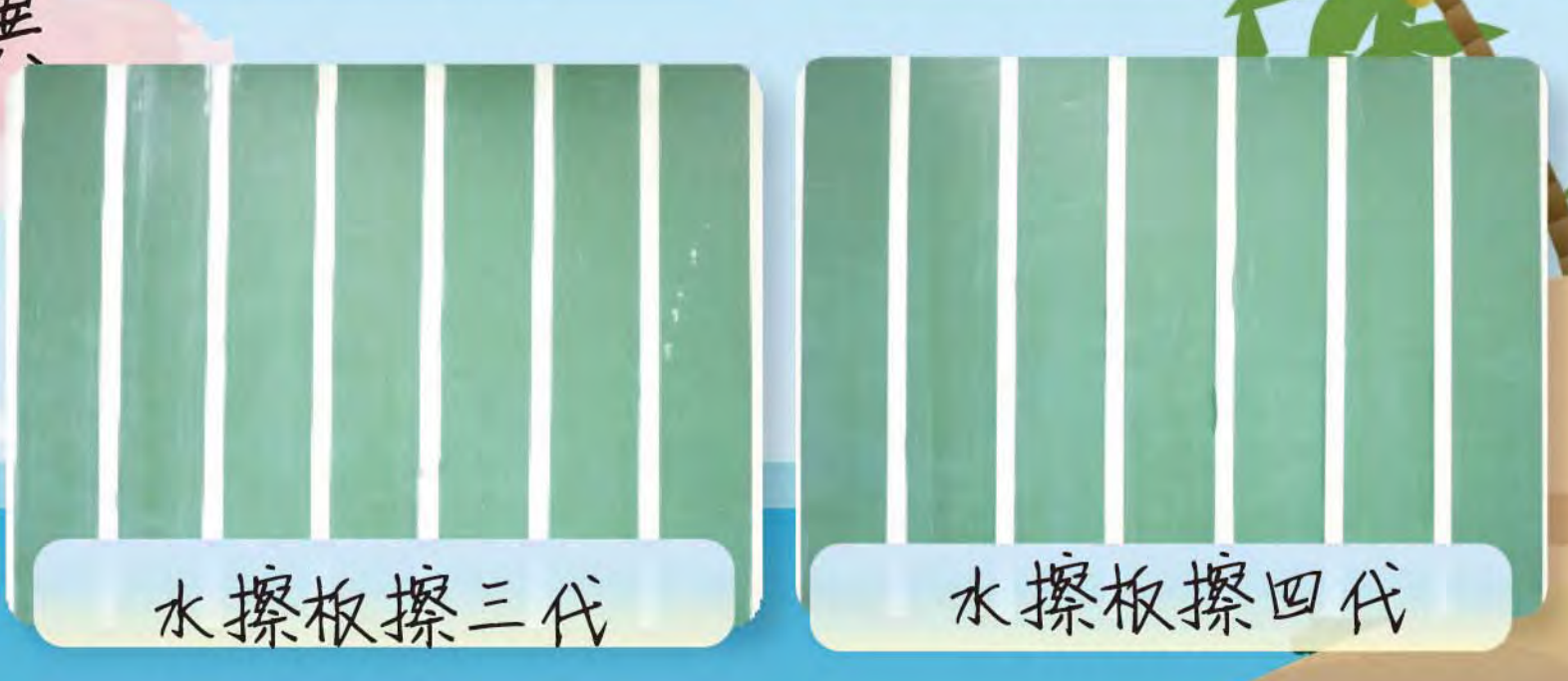
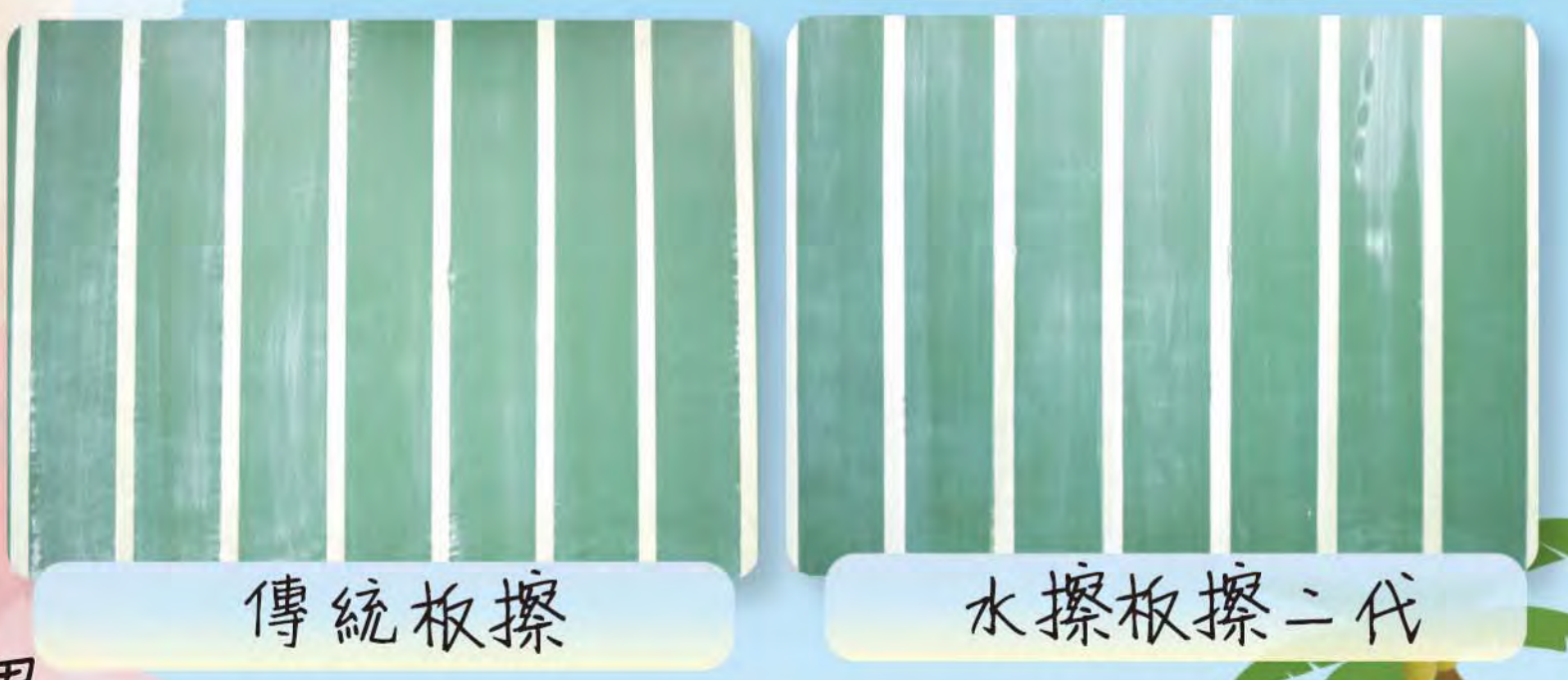
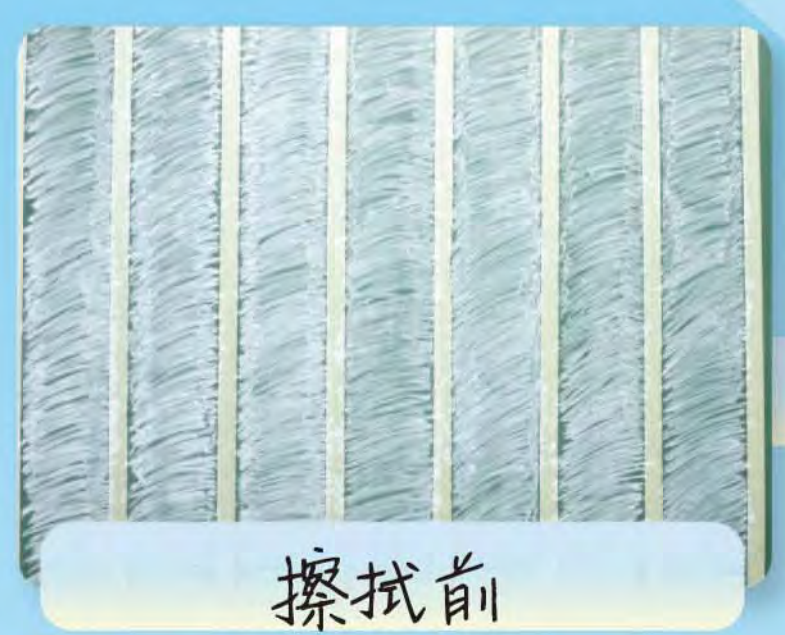
研究七、

傳統板擦與水擦板擦擦拭能力的比較

為了測試水擦板擦的清潔能力，我們以固定的面積來比較擦拭次數增加後是否會影響黑板的清潔度

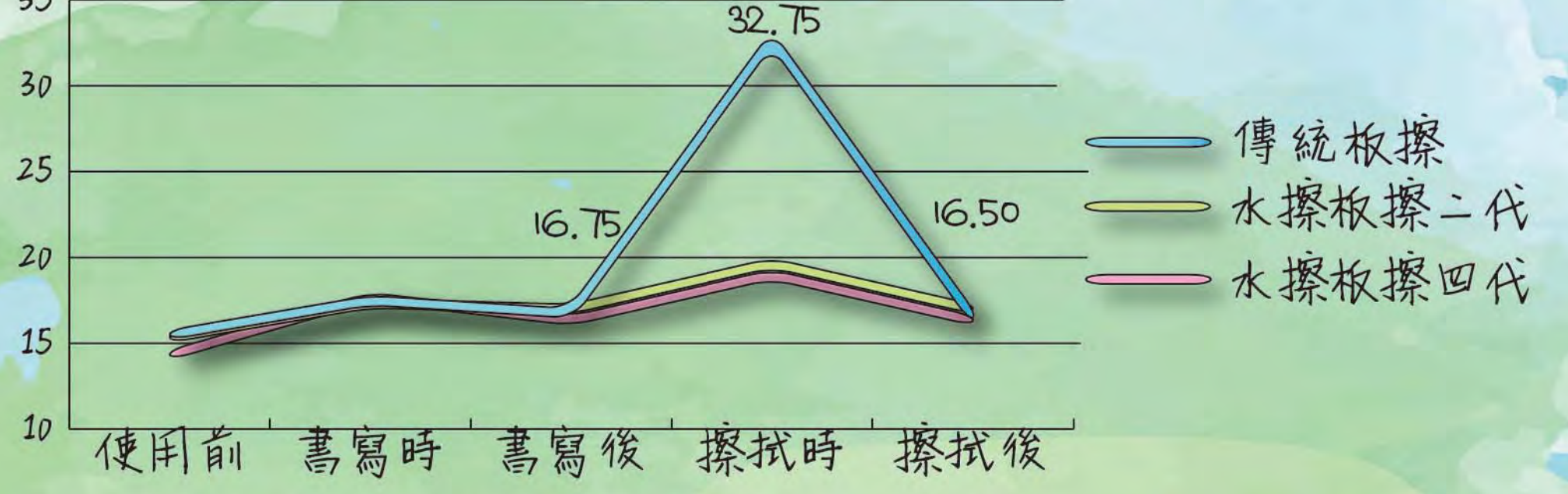


- 在1~4次時清潔度差異不大，直到5~6次時才開始有差異
- 第七次的擦拭時板擦的粉筆殘留量開始增加。
- 在次數增加時水擦板擦四代可以有較好的清潔度



使用黑板時顯淨微粒PM_{2.5}濃度變化(nq/m³)

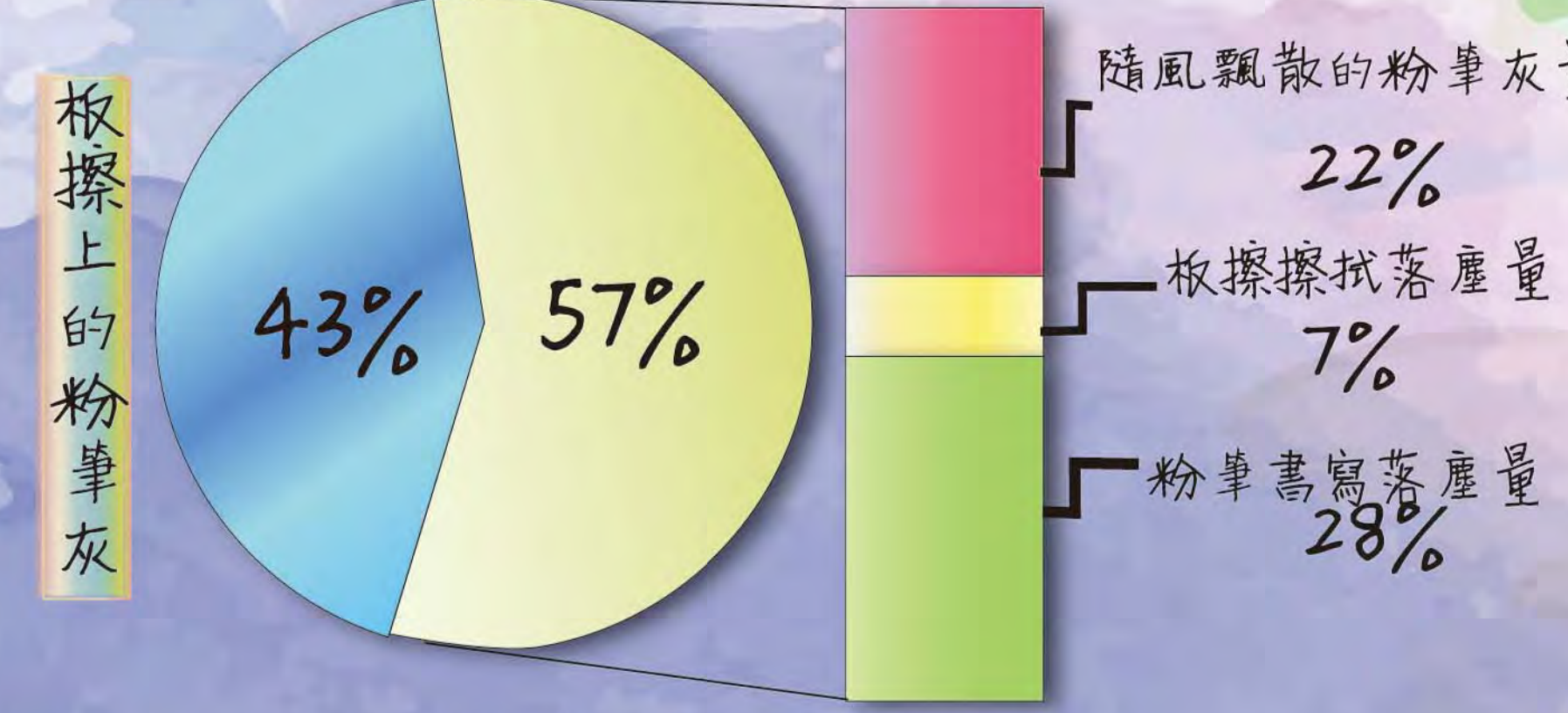
於書寫下方的板溝中，我們放置了LASS4U空氣盒子來觀察PM_{2.5}的濃度變化。



- 使用的過程中在擦拭時的PM_{2.5}濃度上升最多
- 傳統板擦擦拭時的PM_{2.5}已經接進橙色燈號

傳統粉筆及板擦使用時的粉筆灰去向

我們將傳統黑板使用時所會產生的粉筆灰做記錄，以百分比的方式表示粉筆灰的去向。



- 粉筆在書寫時就已經飄落了28%的粉筆灰
- 使用板擦擦拭後僅能將43%的粉筆灰收集於板擦中
- 其於約有29%的粉筆灰飄散在環境中