

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學科

080823

學校會再淹水嗎

學校名稱： 臺北縣三重市正義國民小學

作者：	指導老師：
小六 楊皓中	蕭雅慧
小六 林子涵	陳玉君
小五 許嘉芳	
小五 林貞君	
小五 葉喜寶	
小五 李宜庭	

關 鍵 詞：雨量、淹水、雷射水平儀

學校會再淹水嗎

摘要：本研究以調查、測量學校地勢高低、周邊水溝、加蓋屋頂、與抽水機設施為研究對象與範圍，研究結果發現：一、學校加蓋斜屋頂隔熱防水，造成雨水急速流入排水溝導致校內淹水。二、學校西側人行道設計不良與正門連接市公所主排水幹，若發生急雨或大雷雨時，會再淹水，甚至倒流入校園。三、建議市公所設於本校東門的水位偵測器應每個月定期維護，防止儀器失靈導致淹水。四、研究建議往後研究可自行設計雨量計，蒐集本校雨量資料，並在雷雨或急雨時收集斜屋頂透過排水管流入本校校內排水溝的水量資料，建立應變預警措施。

壹、研究動機：

兩年前的艾莉颱風因為捷運箱涵破洞，我們學校大淹水成了台灣地區最有名的淹水學校，就在去年（94 年）五月，學校排水系統還未改善前仍然有一次大水淹水。淹水的景象讓我們小朋友和老師們都惡夢連連。雖然學校的防水設施已改善，但只要大雨一來，學校的校長、老師、主任、都像驚弓之鳥，就防淹水位置。學校很多老師或主任都告訴我們最近三四年以來，只要大雨持續下 30 分鐘或是午後一場較大的雷陣雨學校就淹水，我們想知道學校淹水和學校的地勢高低、防水斜屋頂、學校的排水溝、學校的抽水機數量與抽水機抽水能力、校外排水設施是否與學校淹水有關？雖然我們年紀還小，但是我們還是想透過調查、實驗來了解學校淹水是什麼原因。

貳、研究目的：

- 一、透過模型製作了解學校淹水的變因，與試驗是否有無再淹水的可能。
- 二、了解學校與週遭環境地勢的高低，是否和淹水有關。
- 三、實地查訪學校周邊環境，了解是否還有哪些因素可能還會造成學校淹水
- 四、將研究結果提供市公所與學校改善學校淹水困境。

參、研究設備及器材：

(一)雷射水平儀	(二)簡易學校模型	(三) 噴水器	(四) 量杯
(五) 雕刻刀	(六) 細水管	(七) 水族缸抽水機	(八) 寶特瓶
(九) 塑膠容器	(十) 多孔水管接頭	(十一) 熱熔槍(膠)	(十二) 塑膠盆
(十三) 廣告原料	(十四) 100 公尺皮尺	(十五) 寶麗龍板	(十六) 木板

肆、研究過程及方法：

- 一、聽學校工友阿姨說以前學校的操場是個大池塘是真的嗎？

資料搜尋：我們到學校校史室翻閱學校舊照片資料，發現學校以前的操場確實是個低窪的大操場，而且經常淹水（如下照片）。



學校操場是水塘



後來變菜園（右邊有人在種菜）



淹大水鵝媽媽帶著小鵝走過操場



第一任校長站在淹水的操場中

討論：從歷史的照片可以清楚看出工友阿姨說的一點都沒錯，學校真的是在低窪的水池旁一步步建設起來的。

二、學校最近五年內淹水紀錄表

搜尋資料：查訪中央氣象局網站並比對學校日誌結果如下：

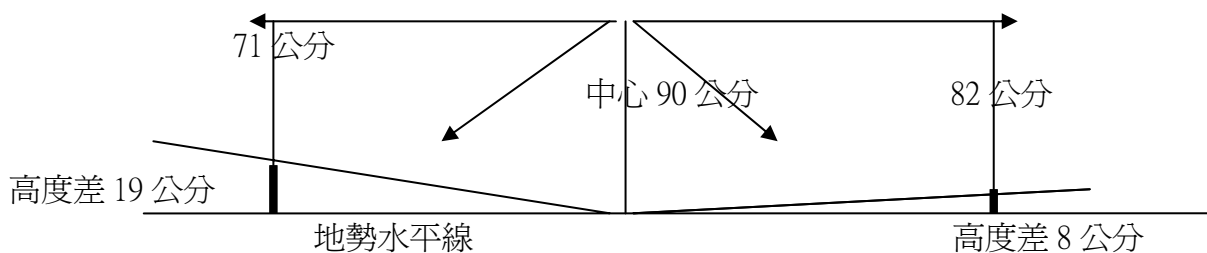
年度	月份	（雨量 mm）	氣候	淹水（√）未淹水（×）	說明
90	9月16日	（245.7）	納莉	√	最高淹水約 90 公分
	9月17日	（425.2）	納莉	√	
91	7月10日	（98）	娜克莉	√	最高淹水約 40 公分
92	—	—	—	×	—
93	8月24日	（192）	艾莉	√	最高淹水約 105 公分
	8月25日	（118）	艾莉	√	最高淹水約 105 公分
	9月10日	（133.3）	海馬	√	最高淹水約 40 公分
	9月11日	（321）	海馬	√	最高淹水約 65 公分
	10月25日	（119）	納坦	√	最高淹水約 38 公分
	12月4日	（91.1）	南馬督	√	最高淹水約 35 公分
94	5月15日	（162）	梅雨（滯留鋒）	√	最高淹水約 50 公分
最近一次淹水 94 年 5 月 15 日淹水				90 年 9 月 16 日納莉颱風	

	
一般午後大雨走廊就淹水了	93 年 8 月 25 日艾利颱風大水從窗戶直接灌入教室
	
最近一次淹水 94 年 5 月 15 日淹水	90 年 9 月 16 日納莉颱風

三、目前學校還是像設校之初地勢那麼低嗎？

測 量：夜間時段到學校利用雷射水平儀來測量全校地勢的高低（同學爸爸指導我們水平儀射出的光線是在同一水平面上。分別測量出光線到地面的距離，就可以知道各地之間高低的差距）。以學校操場中心圍標測基準點，測量出的水平高度差距愈大，表示地面愈低。經測量每間教室地勢的高度，並在操場以中間十字形每隔 10 公尺測量一次，我們把校地高低標示於後。

結 果：（本測量採用相對位置比較地高低，數字越小表示地是越高，數字越大表示地勢越低，說明如下圖，左側地勢最高，所以水平儀測得數據最小，次高為右側）





這是雷射水平儀



水平儀的雷射線條



我們量出地面的高度



我們認真的紀錄結果



我們去正義北路上測量



水平儀投射出來的情形

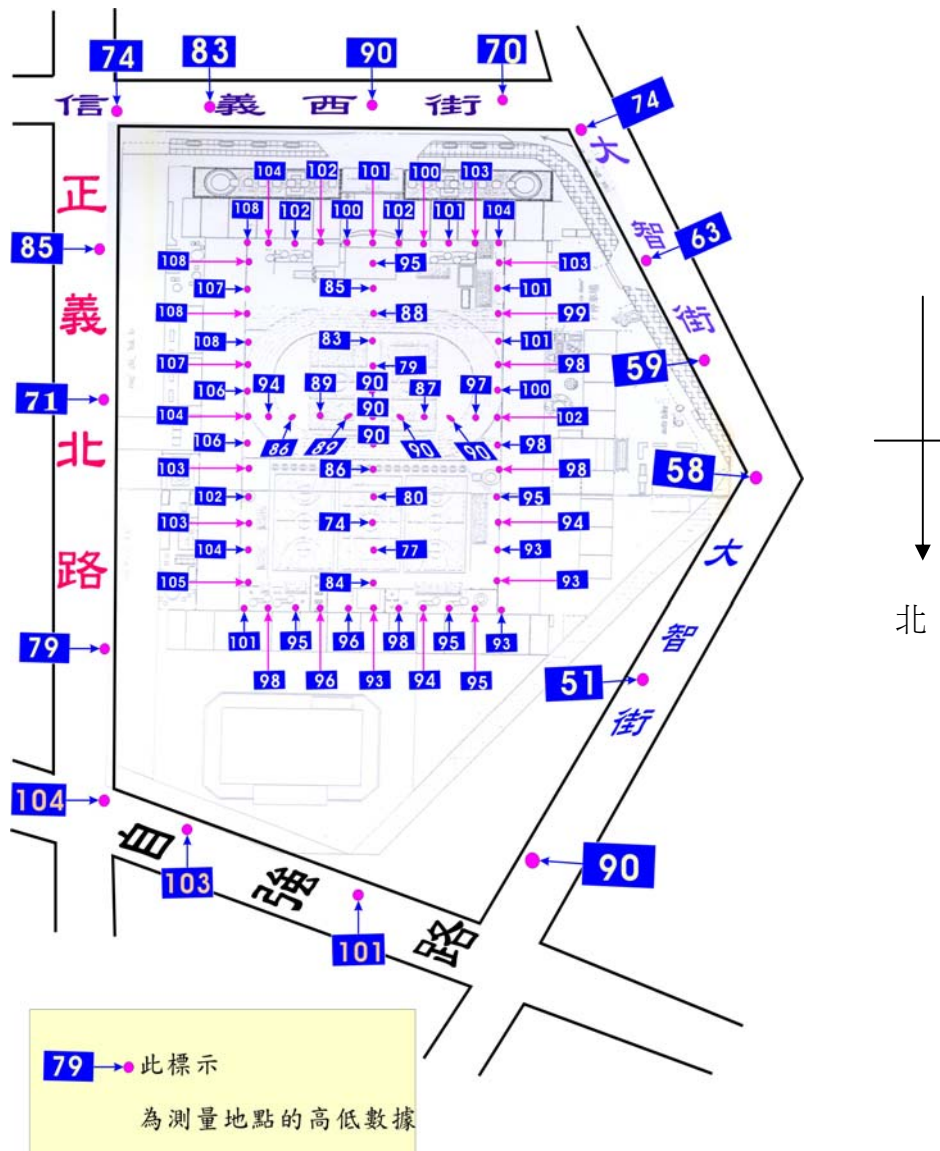


這是水位偵測器



我們在校外測量

學校地勢高低示意圖：



討 論：由上圖得知在校園內，東南側地是最低、其次東北、再次為西南，校內地勢最低；路面部分，北側最低、其次南側道路、再次為東側道路，西側路面地勢最高。

四、目前學校的抽水設備足夠使用嗎？

訪 問：訪問學校總務主任並了解學校的抽水設施：

結 果：抽水機如下

	位置	功能	數量	馬力	抽水量	
抽水機	東側	抽出校外	3	60 匹	1296000 公升/h	每秒 120 公升
	東南側	抽出校外	1	5	36000 公升/h	每秒 10 公升
	西側通道	校外流入本校積水抽至東校園用	1	5	36000 公升/h	每秒 10 公升

蓄洪池一座：長 5 公尺×寬 3 公尺×高 3 公尺

柴油發電機一部：供三部大型抽水機抽水使用

五、大雨來得時候為什麼都會灌進學校來，是學校周邊的道路比學校高嗎？

測 量：測量學校周邊東側與南側道路與學校中心操場的高度比：

結 果：以學校操場為中心點（90cm）

測量點	教室位置	通道處	校外水溝蓋	校外馬路中心點
東側	74cm	31cm	71cm	70cm
南側	82cm	85cm	95cm	75cm

討 論：由以上資料可以發現學校東側因為在去年從新施作抽水設施和挖掘通往市公所排水幹管所以地勢較難測，與操場中心都要高出約 20 公分以上。

六、以前學校可以裝入多少水量而不淹水？

測 量：學校是口字型的建築、以皮尺及公文尺實際測量學校的長、寬，與學校的水溝長、寬、深度，及學校屋頂

結 果：

	長	寬	高（平均深度）	數量	容量（ $\times 1000$ 公升）	備註
學校操場	108.8m	90.8m	0.05m	1	493952	教室與操場落差約 5 公分
學校水溝（南北向）	110m	0.5m	0.3m	2	32640	
學校水溝（東西向）	87m	0.5 m	0.3m	1	13050	東西向的北測水溝需減 5 m 無水溝部分
學校水溝（東西向）	92m	0.5m	0.3m	1	13800	
總計					553442	假設水不流出學校情況（未加上屋頂上的降雨）

討 論：學校總體積容水量除以學校長、寬、發現只要每小時約下 5.5 毫米雨量學校未有抽水機排水措施本校就會淹水。

七、學校主任說：「自從學校在平頂樓房上加蓋了防水波浪型鐵皮斜屋頂後，學校反而更容易淹水了」平屋頂真的可以多蓄些水，減緩淹水速度嗎？

學校模型製作：實地測量學校樓房高度、寬度與樓頂女兒牆高度並依據 1：200 的比例，以珍珠板當校地，三夾板建構校舍模型，再測量學校新舊水溝的寬度與深度，以雕刻刀挖出縮小後的深度，作出簡易的學校模型。



量出水溝的長寬



量一量水溝的深度



認真剪裁女兒牆模型



我們把校地模型畫出來



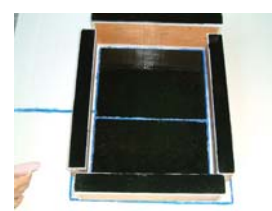
把女兒牆固定在屋頂



大家一起分工合作



屋頂塗成黑色



校地模型完成圖

實 驗：將學校模型放在地上，在固定時間內（6 分鐘）使用 2 支噴水器各裝 300c.c. 清水，同時以每秒鐘噴一次的速度噴往校舍模型中，模擬下雨（水量共 600c.c.），觀察降雨並量測學校模型中的平頂屋頂與女兒牆所形成的蓄水屋頂，是否具有緩衝學校淹水的功效。

結 果：學校屋頂可蓄水量

	長	寬	高（平均深度）	數量	容量（×1000公升）	備註
學校屋頂（南北向）	130 m	10m	0.2m	2	520000	女兒牆高 25 公分，假設 5 公分高的水量是透過排水管排入水溝
學校屋頂（東西向）	112 m	10m	0.2m	2	448000	
總量					968000	

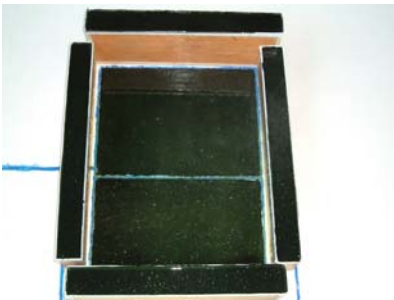
模型試驗結果：

次數	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次
屋頂是否具備蓄水功能	✓	✓	✓	✓	✓
屋頂最高蓄水高度	0.3 cm	0.2cm	0.3cm	0.2cm	0.2cm

討 論：由以上數據知道，平頂屋頂確實可以盛裝學校水溝無法容納多餘的水量。

八、學校屋頂加裝防水斜屋頂學校真的比較容易淹水嗎？

實 驗：以塑膠瓦楞板製作斜屋頂，並根據上述實驗步驟噴水測量並觀察學校淹水情形。

次數	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次
水溝滿水	✓	✓	✓	✓	✓
					
屋頂沒加蓋時的噴水狀況		水溝滿水		校園淹水的情形	

滿水時間	1 分 36 秒	1 分 24 秒	1 分 25 秒	1 分 38 秒	1 分 16 秒
校內淹水高度	0.1 公分	0.1 公分	0.2 公分	0.1 公分	0.2 公分
校園內淹水情形	全面淹水（如下圖示）	全面淹水	全面淹水	全面淹水	全面淹水

計 算：假若降落屋頂的雨量每小時 5 公分高全部流入學校水溝

	長	寬	高（平均深度）	數量	容量（×1000 公升）	備註
學校屋頂（南北向）	130 m	10m	0.05m	2	65000	女兒牆高 25 公分，假設 5 公分高的水量是透過排水管排入水溝
學校屋頂（東西向）	112 m	10m	0.05m	2	56000	
總量					121000	

依據實驗步驟四學校舊水溝容量：

	長	寬	高（平均深度）	數量	容量（×1000 公升）	備註
學校水溝（南北向）	110m	0.5m	0.3m	2	32640	
學校水溝（東西向）	87m	0.5 m	0.3m	1	13050	東西向的北測水溝需減 5 m 無水溝部分
學校水溝（東西向）	92m	0.5m	0.3m	1	13800	
總計					59490	假設水不流出學校情況（未加上屋頂上的降雨）



加蓋屋頂後的噴水情形



淹水情況（水染白色清楚多了）

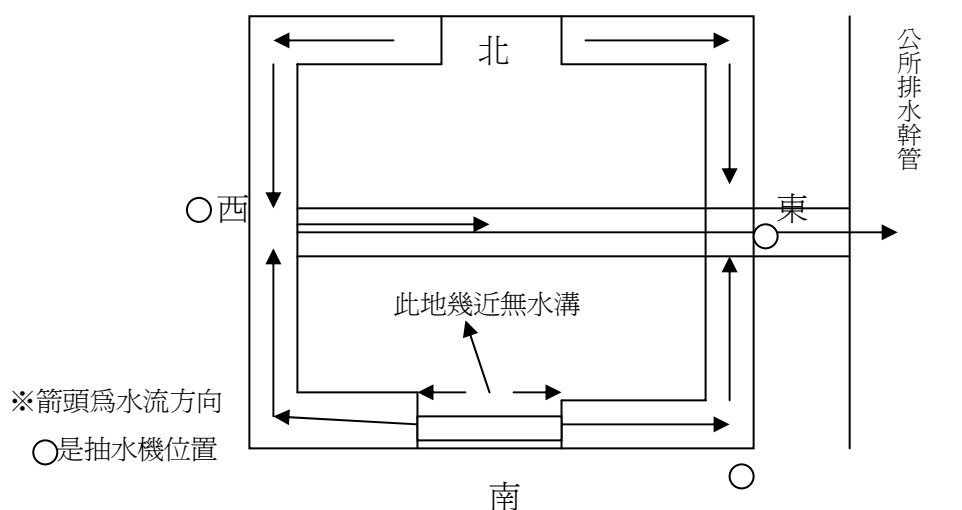
討 論：屋頂水量流入水溝量是 121000 公升，水溝容量減屋頂水量是：

$59490 - 121000 = -61510$ （公升）由算式得知學校的舊水溝水量無法應付場與屋頂的降雨量。

九、還有哪些因素造成裝設斜屋頂以後學校仍然淹水？

調 查：實際調查校園舊有水溝的設置方式與導流方式，並利用圖示說明

結 果：經實地調查校園水溝設置圖如下



方位	北	西北	西	西南	南	東	東北	東南
水溝深度	15	22	56	25	12	52	25	16
地勢高度	93	93	102	103	101	104	105	108
水溝淤塞與否	否	否	否（有3公分污泥）	否（有5公分污泥）	否	否	否	否（有3公分污泥）

討 論：調查學校水溝深度發現約 29.75 公分深，所以實際可容納水量可能更少。且學校北側水溝水竟分成兩股，往西部份須再繞經半個校園才能從中間操場流出校園，南側校園，往西水溝也無法直接順流入東校園的排水溝，流出校外。

十、學校在校園舊水溝內測再加挖新水溝，新舊水溝可防止或減緩學校淹水嗎？

實 驗：在原模型內側水溝再加挖新水溝，依據上述相同步驟觀察並測量是否會淹水及淹水狀況。並實地測量學校的新水溝長、寬、深度了解新水溝容量。

結 果：

次數	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次
水溝滿了嗎	√	√	√	√	√
水溝滿水時間	3 分 24 秒	3 分 15 秒	3 分 25 秒	2 分 59 秒	3 分 36 秒
校內淹水高度	小於 0.1 公分	小於 0.1 公分	小於 0.1 公分	小於 0.1 公分	小於 0.1 公分
校園內淹水情形	遠離水溝部分	遠離水溝部分	遠離水溝部分	遠離水溝部分	遠離水溝部分

學校新水溝容量：

	長	寬	高 (平均深度)	數量	容量(×1000 公升)	備註
學校水溝(南北向)	100m	0.4m	0.7m	2	56000	
學校水溝(東西向)	90m	0.4 m	0.7m	2	50400	東西向的北側水溝需減 5 m 無水溝部分
總計					106400	假設水不流出學校情況(未加上屋頂上的降雨)



大家一起加挖新水溝



噴水模擬下雨



量一量水淹的高度

討 論：新舊水溝容量相加為 $106400 + 59490 = 165890$ (公升) 由實驗得知學校加挖新水溝校內淹水的時間稍微延後了，也就是不要下急雨或豪大雨學校不會淹水了。

十一、在未裝設抽水機下，急雨會造成學校淹水嗎？

實 驗：在水溝四周鑽洞模擬出水口，將水導流至校外大水溝。在不同時間情形下(12、9、6、3、1 分鐘)使用 2 支噴水器(各裝 300c.c.)注入水量(共 600c.c.)，而校舍的屋頂為斜面時，觀察校地積水分布及水溝排水的狀況。

觀 察：

時間	12 分鐘	9 分鐘	6 分鐘	3 分鐘	1 分鐘
水溝滿了嗎	×	×	✓	✓	✓
水流出的量	415c.c.	426c.c.	452c.c.	398c.c.	435c.c.
水溝滿水時間	—	4 分 07 秒	1 分 25 秒	43 秒	11 秒
備註	水溝雖然會滿出來，但是水會從地下水管排出				



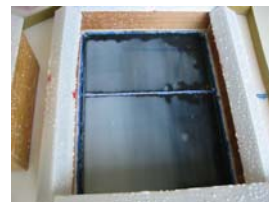
我們噴水的實況一



寶特瓶代表校外大水溝



噴水實況二



淹水實況

討 論：(一) 加設出水口後，水就不會積了，因為水溝通暢時，校園並不容易積水。
(二) 校園的水溝經常清理，但是下急雨時，仍然會積水的原因可能是校外地 勢比校內高的原因。

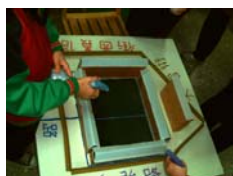
十二、在一定時間內，不同降雨量會造成學校淹水嗎？

實 驗：以學校模型，在同時間內依雨量大小不同（每次使用不同數量的噴水器）注入， 在相同時間（3 分鐘），而校舍的屋頂為斜面時，觀察校地積水分布及水溝排水的狀況。

觀 察：



1 支噴水器



2 支噴水器



3 支噴水器



4 支噴水器



5 支噴水器

噴水器支數	1 支噴水器 (150c.c.)	2 支噴水器 (300c.c.)	3 支噴水器 (450c.c.)	4 支噴水器 (600c.c.)	5 支噴水器 (750c.c.)
出水口流出的水量總和	128c.c.	233c.c.	308c.c.	398c.c.	503c.c.
排水量的百分率	85%	78%	68%	66%	67%
水溝滿了嗎	×	✓	✓	✓	✓
水溝滿的時間	—	2 分 12 秒	1 分 46 秒	1 分 27 秒	1 分 04 秒
備 註	完全沒有淹水	舊水溝的水先滿了出來但是水很快就排光了	操場很快就淹水了，但是排水的速度也很快	雨量變的更大，雖然會淹水，但是不會太久。	很快就淹水，但仍然可以排水。

討 論：（一）水溝滿的時間，依雨量的大小而有所不同，雨量愈大，水溝滿的時間就愈短；雨量愈小，水溝滿的時間就愈長。

（二）用一支噴水器時，水溝並沒有淹水，從出水口排出的水量達 85%。用兩支噴水器時，水溝的水滿出來了，從出水口排出的水量達 78%。用 3 支、4 支、5 支噴水器時，操場都會淹水，但排出的水量都維持在 67% 左右。

十三、若暴雨發生，學校在沒有抽水設備下會發生淹水嗎？。

實 驗：依據前述實驗步驟，在 6 分鐘內注入 2000ml 水，而校舍的屋頂為斜面時，觀察校地積水分布及水溝排水的狀況。

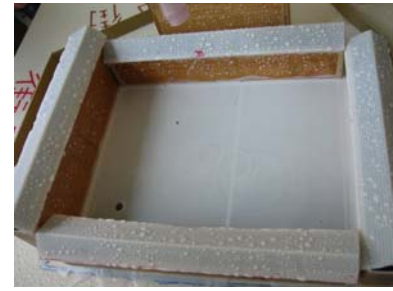
觀 察：



我們快速的噴水



水快速流出來



地面上仍會積水，但過些時間便排光了

次數	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次
水溝的水滿的時間	55 秒	53 秒	1 分 03 秒	1 分 09 秒	58 秒
雨停後操場的水排光的時間，	59 秒	1 分 08 秒	1 分 02 秒	1 分 10 秒	56 秒

討 論：由實驗數據知道當超大豪雨（雨量大小的測量標準可分為小雨，每小時降雨 0.5mm 以下，、中雨每小時降雨 0.5mm ~ 4mm 及豪雨、大雨每小時降雨 4mm 以上）或暴雨學校在沒有抽水設施下必淹水。

十四、若暴雨發生，學校有具備抽水機情況下會淹水嗎？

計 算：1296000 + 36000 = 1299600 公升/小時

1299600 + 106400（新水溝量）+ 26850（舊水溝量）+ 493952（操場可蓄水量）
= 1926802

學校周邊面積：150 公尺（南北向）× 150 公尺（東西向，含西側路面）
= 22500 平方公尺]

1926802（公升）/（22500 m² × 1000）= 0.086（m）

由計算推算預估目前學校降雨最大量為每小時 86 毫米，若超過可能就有水淹到教室中的可能。

實 驗：以學校模型在 30 秒內注入大量的水，而校舍的屋頂為斜面時，觀察校地積水分布及水溝排水的狀況。

觀 察：觀察未安裝抽水馬達與裝設抽水馬達淹水的情況，結果如下。

未裝馬達時：



大量的水注入校園



雨水導流至大水槽



淹水的情況

實 驗

水量	1000cc	2000cc	3000cc	4000cc	5000cc
水溝淹的高度	0.4cm	0.8cm	1.2cm	1.5cm	1.9cm
水倒完時，水溝的水消退的時間	1 分 12 秒	1 分 46 秒	2 分 16 秒	2 分 52 秒	3 分 23 秒

裝馬達時：



大量的水注入校園



量一量淹水高度



使用抽水機抽水實況

水量	1000c.c.	2000c.c.	3000c.c.	4000c.c.	5000c.c.
水溝淹的高度	0.4cm	0.7cm	1.0cm	1.4cm	1.8cm
水倒完時，水溝的水消退的時間	1 分 17 秒	1 分 32 秒	2 分 02 秒	2 分 26 秒	3 分 08 秒

討 論：安裝馬達時，模擬當 1000ml 水注入操場，學校立即淹水。雖然操場淹水，但是水會慢慢消退，不會讓教室淹水，與我們預估，豪雨（每小時約 5cm）或急雨不會積水，水溝水消退的時間會快一些但是超大豪雨或是暴雨學校必淹水。

伍、研究討論：

- 一、因本校立校之初即地勢低窪為一個大水塘，周邊社區道路興建後與大樓興建後，附近住家的排水（污水）平時即依靠學校週邊排水溝排水，當急雨或大雨發生，住家污水加上雨水必導致周邊排水溝無法容納，而本校排水溝的容量又有限，所以在未改善排水設施前本校逢大雨必淹水。
- 二、本校已近 50 年未改建，在校內排水溝未改建前已無法承受午後急雨洩洪，透過模擬實驗，本校的排水溝僅足以容納校內最大雨量每小時 5 公分的雨量，超過校內即有可能淹水。
- 三、經過實驗模擬，學校加蓋斜屋頂防水，導致原平頂屋頂失去容納急雨或豪雨的功能所以，校內過淺的排水溝，短時間無法容納大量雨水必導致校內淹水。
- 四、經研究計算與實地測量發現本校舊水溝容量為：59490 公升，新水溝容量為：106400 公升，再自然流出校園不須經抽水機抽水足以應付每小時 50 毫米的雨量，若在新抽水機抽水，應該可以應付每小時 86 毫米以內雨量而不淹水。
- 五、經過推算與實驗本校的抽水機抽水量加上水溝滿水與操場積水，可承載淹水容量為 1926802 公升。超過此雨量降在校園範圍內，例如，每小時下雨超過 86 毫米時，學校內的總降雨量會達到 1935000 公升，我們認為可能會再度發生水淹教室的淹水災情。

- 六、探查學校周邊排水溝發現：市公所為方便週邊居民行走與學生上下學方便將西側人行道建於排水溝上，導致排水孔高於路面約 18 公分到 20 公分，而靠近住家部分又未設排水溝，在急雨或大雷雨時，路面雨水無處宣洩必全部集中由本校西側門再灌入校園中。
- 七、學校正門水溝雖較深且通暢，但靠近住家部份無水溝，路面靠住家部份地勢高，靠本校水溝雖低，但是，市公所主排水幹管，受到人行陸橋影響阻斷，僅一支口徑 20 公分小水管與主幹管連接，導致路面積水必往本校方向流動入水溝，若市公所未再大雨前即時啟動抽水應變，本校東南側一定會再淹水，造成學生上下學不便，甚至可能大水會由本校正門倒流入校園（老師說該地去年 94 年，午後雷雨已發生至少三次以上的大淹水）。
- 八、為防止再淹水，本校已在正門及西側門作防水閘門，東側門做大型抽水機兩部，經訪問本校總務主任，除非本市大淹水應不會如往年（94 年以前）逢雷雨校園即淹水，且學校已訂定應變措施會在大雨前相關人員即就崗位防止淹水。

陸、研究結論：

- 一、根據實驗與時地查訪本校應不至於有在淹水可能，惟地勢低仍是本校淹水之最大因素，建議往後學校改建務必能將學校校地適度墊高，並請市公所一併改善西側人行道設於排水溝之問題。
- 二、建議市公所先於西側人行道高出路面部份邊緣，適度鑿孔讓路面積水可順利流入排水溝以免西側路面積水全部由本校西側門全部灌入本校校園中。
- 三、市公所設於本校東門的水位偵測器應每個月定期維護測試，防止儀器失靈，導致本校雨水無法順利流入市公所排水幹管，致使本校淹水。
- 四、研究建議若往後本校若改建，應設置雨水回收利用水塔，減少淹水並可節約用水。
- 五、研究建議往後研究可自行設計雨量計，蒐集本校雨量資料，建立地區性雨量資料，並在雷雨或急雨時繼續收集斜屋頂透過排水管流入本校校內排水溝的水量資料，建立應變預警措施。

柒、參考資料

- 一、90、91、92、93、94 年 xx 國小學校日誌
- 二、中央氣象局網站：<http://www.cwb.gov.tw/>
- 三、慈濟月刊 454 期 報導日期：2004/09/25

評語

080823 學校會再淹水嗎

本件作品充分表現出小朋友對校園常淹水的憂心與對學校的愛心，希望找出校園淹水的原因與解決之道。然而校園淹水的原因與附近及整個區域的地形、地勢、排水系統及土地利用等許多複雜的因素有關，也與降雨強度延時及水文條件有關。希望小朋友在未來更朝此方向努力進修，學習更多的知識後，再返校對母校校園淹水的問題，提出更實用解決之道。